

JNC TN7410 90-024

~~JNC SN7410 90-024~~

本資料は、~~7~~年 9月 2/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  
(ペレットサンプルによる試験報告)  
(中間報告その5)

1990年8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

滝 富弘, 佐藤浩吉, ※滝本定男

## 要 旨

本報は、これまでの粉状サンプルによる横型管状炉を使用した基礎試験を終了し、続いて実施したペレット状サンプルによる「基礎試験-3」の揮発条件の設定に関する試験結果をまとめたものである。

試験の内容は、粉状サンプルの試験データを基準として、原料をペレット化した場合の反応条件を設定するため、炭材の添加量、酸素ガス濃度、ペレット粒径、保持時間等の主要因子について条件設定を行い、その試験結果を述べてある。特に、炭材として活性炭の代わりに炭種の異なった石炭を使用したところ、炭種によってウランの揮発成績に差異があるので石炭を使用する場合は、炭種を選択、又は使用方法等に留意しなければならないことがわかった。

※ 原産(株)

# 目 次

	頁
1. はじめに .....	1
2. 供試料 .....	1
3. 鉍石組成 .....	1
3-1 主要構成鉍物 .....	1
3-2 化学分析値 .....	1
4. 試験装置及び方法 .....	2
4-1 ペレット試料の調製 .....	2
4-2 乾ペレットの性状 .....	2
4-3 反応装置及び試験方法 .....	2
5. 試験結果と考察 .....	3
5-1 横型管状炉でのペレット状サンプルによる試験 .....	3
5-1-1 塩素ガス量一定で窒素ガス及び酸素ガス流量の影響 .....	3
5-2 たて型炉でのペレット状サンプルによる試験 .....	3
5-2-1 全ガス量一定で保持温度の影響 .....	3
5-2-2 全ガス量・反応時間一定で活性炭添加量の影響 .....	4
5-2-3 活性炭添加量と酸素ガス流量及び保持時間の影響 .....	4
5-2-4 塩素ガス・窒素ガス流量の影響 .....	5
5-2-5 ペレット量20g 供試した場合の保持時間の影響 .....	5
5-2-6 保持温度1050℃でペレット量を増加した場合の影響 .....	5
5-2-7 異種添加物の影響 .....	6
5-2-8 ペレット粒径の影響 .....	7
5-2-9 活性炭添加した場合の粉状サンプルとペレット状サンプルの比較 .....	7
5-2-10 石炭の種類と酸素ガス流量・保持時間の影響 .....	8
(石炭：2%添加の場合)	
5-2-11 石炭の種類と酸素ガス流量・保持時間の影響 .....	9
(石炭：5%添加の場合)	
5-2-12 石炭の種類とペレット粒径・酸素ガス流量及び保持時間の影響 .....	10
5-2-13 揮発残渣の物性調査 .....	15
6. 試験結果のまとめ .....	17

7.	今後の試験計画 .....	18
8.	参考文献 .....	20
9.	添付資料(表及び図) .....	21~64

## 1. はじめに

前報中間報告その4 (PNC SN 7410 89-023)は<sup>(1)</sup>、粉状サンプル10gでの横型管状炉による「基礎試験-2」の結果、含ウランリン鉱石からウランの揮発率90%以上の成績が得られる反応条件の設定ができたことを報告した。

本報は、鉱石を実際に処理するプラントでは、原料を塊状(ペレット化又はブリケット化)で取り扱うことが容易と考えられることから、炭材を配合した混合鉱石を8~16mmφのペレット(球状)に加工し、さらにこのような塊状鉱石の処理に通常使用されているたて型炉を新設し、種々実施した試験結果を報告する。

粉状サンプルがペレット状サンプルに変わったことで、塩化揮発反応機構に変化が生ずるとすれば、鉱石と反応ガスとの接触の度合、揮発塩化物の拡散の難易等の反応性に関して、ペレット状サンプルの場合は粉状に較べて表面積が小さく、しかも密度が高いので不利であることは言うまでもない。従って、反応温度と保持時間の関係、炭材添加量と酸素濃度の関係、或いは炉型の違いによる反応効率といった因子について、粉状サンプルとは、若干異なる条件設定が必要であることが予想されることから、粉状サンプルでの試験項目を基本として条件設定を行い試験の進展をはかった。

また、炭材を試験の初期段階では活性炭を使用したか、途中から最も実用的炭材と考えられる石炭を使用して、塩化揮発法における炭材としての使用の可否、又は優劣等について試験を実施した。

その結果、石炭化度の低い、かつ炭、亜炭といった低級石炭が適当な炭種であることがわかった。

## 2. 供試料

中央アフリカ バクーマ鉱石 (PNC94+153)

粒径 < -100mesh (100%)

## 3. 鉱石組成

### 3-1 主要構成鉱物

Quartz, Gypsum, Micaclaymineral, Kaolinitemineral, Smectite, なお、ウランは Apatite に伴うものである。

### 3-2 化学分析値

化学分析値を表-1に示す。

#### 4. 試験装置及び方法

##### 4-1 ベレット試料の調整

-100mesh under に粉碎した鉍石に、炭材として粉末活性炭、又は微粉碎した石炭を所定量添加し十分に混合した後、水を適量を加え、手造りでベレット状とした。途中からはポパール液（0.25%ポリビニールアルコール）を用いて造粒した。

生ベレットの含有水分量は20~25%であるので、乾燥器（温度 110℃）で一昼夜乾燥し、水分のない乾ベレットを供試サンプルとした。

##### 4-2 乾ベレットの性状

測定した数例の結果を下記に示す。

###### ・粒 径

φ mm	内 容
8	7.7~8.3 平均 ≒ 8.0 , 1ヶの重量 ≒ 0.45~0.50 g
10	9.5~11.0 " ≒ 10.4 , " ≒ 0.90~1.10 g
13	12.0~13.2 " ≒ 12.7 , " ≒ 1.80~2.00 g
16	15.8~17.2 " ≒ 16.5 , " ≒ 3.70~4.50 g

###### ・かさ比重 : 約0.85~0.95 (10~13φ, 炭材5%添加の場合)

測定法 : 100mlビーカーの 100ml目盛まで乾ボールを充てんして重量を測定

###### ・圧かい強度 : 約10~30kg

測定法 : 油圧・振子式圧かい強度測定機（能力2 t）で測定

##### 4-3 反応装置及び試験方法

反応装置及び温度パターンを図-1に示す。

試験方法は、

- ・反応管内に試料を入れたのち、チッ素ガスで反応管内の空気をチッ素置換し、炉内温度 600℃まで昇温する。
- ・温度 600℃に達したのち、塩素ガス、酸素ガスをそれぞれ所定流量供給開始し、更に炉内温度を保持温度まで昇温する。
- ・保持温度で一定時間保持する。
- ・一定時間経過後、塩素ガス、酸素ガスの供給を停止し、チッ素ガスを通じながら炉内温度を下げる。
- ・炉内温度が300~400℃に低下したのち、試料（残渣）を取り出し、残渣重量を秤量する。

- 残渣中の各成分 ( $U_3O_8$ ,  $P_2O_5$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ) を分析し、元鈹の含有量と比較し、各成分の揮発率を算出する。

## 5. 試験結果と考察

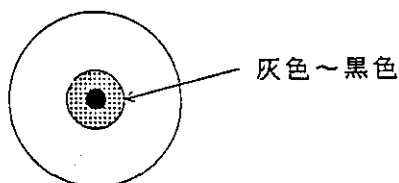
### 5-1 横型管状炉でのペレット状サンプルによる試験

#### 5-1-1 塩素ガス量一定で窒素ガス及び酸素ガス流量の影響

試験結果を表-2, 図-2に示す。

- (1) ペレットを石英ポートに5ヶ×2列=10ヶを入れ、反応内管の中心部に装入した後、図-1の温度パターンによって試験を行った。その結果、保持温度=1000℃、反応時間=60分の反応条件でもウランの揮発率は30~40%と低く、粉状サンプルでのデータと大差が生じた。
- (2) 揮発残渣のペレットを乳棒でたたいて割ってみると、大部分のペレットの中心部が下図のように灰色~黒色を呈していることから推察して、添加した活性炭の一部が未反応のため残留したものと考えられる。

(残渣ペレット)



また、残渣を微粉碎して、分析用のサンプルを調製すると短時間内に少しながら湿状を呈する。

これらの現象からウラン揮発率をアップするためには反応時間の大幅な延長と、

塩素ガス、酸素ガス等の雰囲気調整が必要と考えられる。

- (3) 試験報告書 (PNC SN 7410 87-002) <sup>(2)</sup> の末尾に参考データとしてペレットによる試験結果を次のように述べている。「反応時間、酸素濃度、キャリアガス量等を変化させることによって粉状サンプルの場合と同程度のウラン揮発率が得られる。」しかし、当時のバクーマ鈹石サンプル、試験装置、試験方法等と現状とは異なっているが、今回の横型管状炉でのペレット状サンプルの試験結果から推察しても、粉状と同程度のウラン揮発率を得るためには、反応時間を粉状に較べて相当長くする等の条件設定を与えてやらないと困難であるといえる。

### 5-2 たて型炉でのペレット状サンプルによる試験

#### 5-2-1 全ガス量一定で保持温度の影響

試験結果を表-3, 図-3に示す。

- (1) ペレットサンプルの装入は、図-1に示すようにセラミック製多孔板の上にペレットを乗せる方法であるため、横型管状炉と違って、反応ガスがペレットとペレ

トの間隔を通過するので反応ガスとペレットの接触が良く、反応ガスの反応効率も良いと考えられる。

(2) ウランの揮発率は、粉状、ペレット状とも同じく温度依存性の高い傾向を示している。また、反応時間を50分→65分と延長することによって粉状と同程度の揮発率が得られる。保持温度は、粉状と同じく1000℃付近が適温である。

(3) 不純物の揮発率は、粉状の場合より低く、同じウラン揮発率で比較すれば、このデータからはペレット状サンプルの方が有利と考えられる。

#### 5-2-2 全ガス量、反応時間一定で活性炭添加量の影響

試験結果を表-4、図-4-1、4-2に示す。

(1) 活性炭の添加量は粉状、ペレット状とも同じく2.5~5.0%程度必要である。

図-4-1の※印は、 $O_2$ :35ml/分に増量した場合のデータで、活性炭の添加量が高い場合は酸素ガス流量を増すことによってウランの揮発率を5%添加時とほぼ同じ値が得られるが、不純物の揮発率がアップする傾向となるので活性炭の過剰添加は避ける必要がある。

(2) 図-4-2は、ペレットサンプル量を2倍の20gに、保持温度を100℃アップした1100℃、反応時間を50分→60分に延長した反応条件での揮発率の変化を調査したデータである。

ウラン、不純物とも前試験(10g, 1000℃)と同じ傾向を示し、本試験装置でサンプル20g供試しても90%近いウランの揮発率が得られることが確かめられた。また、1100℃での保持時間20分の温度条件ではサンプルのシンターが起こってないことも確認できた。

#### 5-2-3 活性炭添加量と酸素ガス流量及び保持時間の影響

試験結果を表-5-1、5-2、図-5-1、5-2、5-3に示す。

参考図として、粉状のデータを図-5-4に示す。

(1) 図-5-1は、活性炭5%添加での粉状とペレット状サンプルのウラン揮発率を示した図であるが、ペレット状の場合は、酸素ガス流量の違いによってウラン揮発率に大きな影響を与えることから、酸素ガス流量を25ml/分(5%濃度)付近に調整する必要があることを示している。

(2) 図-5-2は、保持時間によるウラン揮発率の変化を示した図であるが、活性炭2.5~5%添加の場合は、時間延長と共に少しずつ揮発率がアップしているのでウラン揮発率90%台を得るためには、活性炭添加量は2.5%以上、保持時間30分以上必要であると考えられる。

(3) 図-5-3は、活性炭添加量と酸素ガス流量の影響と、不純物の挙動を示している。この図からウランを塩化揮発するためには、活性炭添加量に対し最適な酸素



ガス流量域が存在していることがわかる。

この関係は粉状の場合も同じである。又、不純物の揮発率は、粉状データと同様に活性炭添加量 0.5～5%では、酸素ガス流量の増量と共に減少傾向を示し、ウランとは違った挙動を示している。

#### 5-2-4 塩素ガス、窒素ガス流量の影響

試験結果を表-6, 図-6に示す。

- (1) 活性炭添加量 2.5%, 5%の双方について同条件で流量の影響を調査したが、このデータからは、塩素ガス流量 100ml/分(濃度20%), 全ガス流量 500ml/分がバラツキの少ない揮発率を示し、適当な条件と考えられる。
- (2) 参考として、粉状でのデータを図示してあるが、ペレット状サンプルも粉状と同じ傾向を示す。

#### 5-2-5 ペレット量20g 供試した場合の保持時間の影響

1000℃の保持温度で、ペレット量20g 供試した場合に保持時間の延長によってウラン揮発率90%台確保の可否について調査した。その試験結果を表-7, 図-7に示す。

- (1) 図-7から、

活性炭添加量 = 5%
塩素ガス流量 = 100ml/分(濃度20%)
酸素ガス流量 = 25~35ml/分(濃度5~7%)
窒素ガス流量 = 375~365 ml/分
保持時間 = 60分(反応時間80分)

の反応条件で、

ウラン揮発率90%台が得られる。

#### 5-2-6 保持温度1050℃でペレット量を増加した場合の影響

次段階の試験項目として「揮発塩化物の回収方法」が予定されているが、回収試験の精度を高めるには、揮発塩化物の物量が多い程ベターであると考えられるので、たて型炉へのペレット供試量を増加させてその変化を調査した。保持温度=1050℃(600℃→1050℃昇温時間は約30分)は、これまでの基準保持温度+50℃と若干高い温度に設定した。

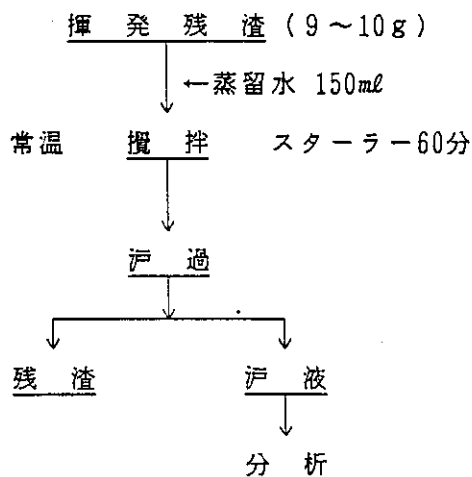
試験結果を表-8, 図-8に示す。

- (1) 図6-8から、10φペレット量50g(サンプル装入部の容積のほぼ100%)の場合のウラン揮発率は、反応時間90分(昇温:30分, 保持:60分)で60%である。また、残渣ペレットを上, 中, 下の3層に区分し、それぞれの分析値からウランの層別揮発率を推定すると、下層:90%, 中層:65%, 上層:25%となる。ペレットサンプルは固定層であるため下層のペレットは、ほぼ全面にわたって新鮮な反応ガスと接触しているため揮発率が高いのは当然のことで、実際の場合は移動

層となるため適当な滞留時間（保持時間）を設定することによって安定した揮発率が得られると考えられる。

- (2) ペレット量30g（ペレット10ヶ×3層）の場合は、ウラン揮発率は85%（下層：93%，中層：88%，上層：73%）である。
- (3)  $U_3O_8$  揮発量の変化を見ると、ペレットサンプル40gから平行状態を示すことから現在のたて型炉で、現状の反応条件下では $U_3O_8$  の揮発量の最大は約90mg（PNC94+153の場合）と推察される。
- (4) 50gサンプルの揮発残渣を微粉碎（分析用サンプル）し、水で抽出して溶解性ウランが含有しているかどうかの抽出試験を実施したが、各層ともウランは検出されなかった。このことから、下層で揮発したウランの塩化物の一部が、ある条件によって上層のペレットに固定されているのではという懸念に対しては否定されたと考えられる。

〔抽出試験〕



分析結果

	PH	$U_3O_8$ (mg)	CaO (mg)
上層	5.5	Tr	234
中層	5.5	Tr	121
下層	5.5	Tr	51

濾液のCaO成分を分析した結果、51→121→234mgと順次ほぼ倍増している。水に溶解するCa塩としては、この場合 $CaCl_2$ と考えられるが、上層程含有量が多いということは、上層と下層では反応雰囲気異なり、リン酸カルシウムの塩化反応による $CaCl_2$ の生成を考えると、還元環境の方が反応が進行し易いことから、上層程酸素濃度が低くなっているためと予想される。

5-2-7 異種添加物の影響

塩素ガス流量 100ml/分を一定にして、固体塩化剤である $CaCl_2$ 、 $NaCl$ を使用した場合、活性炭+ $CaCl_2$ 、木屑（木炭の代用）等についてウラン揮発への影響の有無を調査した。

試験結果を表-9-1, 9-2, 図-9に示す。

- (1)  $CaCl_2$  添加は、図-9から無添加よりウラン揮発率は若干高いが、表-9-1, 9-2から保持時間45分では殆ど同じ揮発率を示し、 $CaCl_2$  添加の効果は

得られなかった。

- (2) NaCl 添加は、ウランの揮発率65~75%と低く、NaCl 添加はウランの揮発を抑制する負の方向に効いているように考えられる。
- (3) 木屑（ノコ屑）を約2%添加した場合、無添加より若干ウランの揮発率が高いが、保持時間45分と長くすると無添加とほぼ同じ揮発率が得られたことから木屑の特異な影響は得られなかった。
- (4) 活性炭+CaCl<sub>2</sub> 添加した場合、活性炭5%添加時のウラン揮発率と同じであり、CaCl<sub>2</sub> を添加した影響は得られなかった。
- (5) (1)、(4)からCaCl<sub>2</sub> 添加がプラスとはならないが、NaCl のように負の効果が見られないことから、CaCl<sub>2</sub> を造粒工程でのバインダーとして使用することは可能と考えられる。

#### 5-2-8 ペレット粒径の影響

これまでの試験は、ペレット粒径を約10φm/m 基準として実施してきたが、塩化反応の速度は、塩素ガスがペレット表面から内部へ浸透しウラン等と塩化反応する速度と、生成塩化物の蒸気がペレットの外部へ揮発していく速度によって大きな影響を受けるので、ペレット粒径の大小、ペレットを構成する鉱石粒子の形状、密度等といった物性の違いが塩化揮発反応の重要な因子であるので、ペレット径を10φ→13φ→16φと大きくしてその影響を調査した。

試験結果を表10-1、表10-2、図-10に示す。

- (1) 図-10から、活性炭添加量（5%）、温度、ガス流量等の反応の主要条件を一定とし、単にペレット粒径のみを変化させた場合のウラン揮発率を示した図であるが、10φでは問題ないが、13φ、16φと粒径が大きくなると、保持時間が短い程ウラン揮発率への影響が大きく、16φでは影響が大きく現れている。
- (2) 図-10から、炭材無添加の場合は、塩素ガス流量、窒素ガス流量一定の中性雰囲気の中で、ペレット粒径を変化させた場合のウラン揮発率を示した図であるが、保持時間0分→30分間では粒径の違いによる影響が現れているが、30分→60分では10φ、13φ、16φのウラン揮発率は殆ど同じ数値、同じ傾向を示している。

#### 5-2-9 活性炭添加した場合の粉状サンプルとペレット状サンプルの比較

これまでのペレット状サンプルについて、各成分の揮発率を、横型管状炉での粉状サンプルデータと比較すると次のようにまとめられる。

##### (1) ウラン

活性炭添加量、保持温度、反応ガス濃度等の設定は粉状の場合と同様でよいが、保持時間を延長する必要がある。ただし、ペレットの場合に注意することは、酸素ガス量の設定で、例えば活性炭5%添加のとき酸素ガス量が少なくなると、ウ

ランの揮発率が急激に低下することである。

(2) 不純物

揮発率について、粉状のデータと比較して特異な傾向も見られず、ほぼ同様であるが、全般的に粉状よりやや低い揮発率を示す。

(3) 反応条件の設定

項 目	単 位	横 型 管 状 炉	た て 型 炉
サ ン プ ル 量	g	粉 状 : 10 g	ペレット : 10~20 g
粒 度		-100 mesh	$\phi$ : 10m/m
保 持 温 度	℃	1000	1000
反 応 時 間	分	40~45分	50~80分
活 性 炭	対鉍石重量%	2.5~5	2.5~5
塩 素 ガ ス 流 量	ml/分	100	100
酸 素 ガ ス 流 量	ml/分	12~25	12~25
窒 素 ガ ス 流 量	ml/分	388~375	388~375
(酸素・塩素) 供給開始	℃	600	600
600℃→1000℃昇温時間	分	30	20

以上の反応条件でウランの揮発率を90%以上とし、P, Al, Si等を10%以下の揮発率に抑制することができる。

(4) たて型炉では、ペレットサンプル20gまでは前記反応条件でウランの揮発率90%が得られる。

(5) ペレット状サンプルの場合は、ペレット粒径によって同じ反応条件でもウラン揮発率の変化が大きいため特にC/O<sub>2</sub>の微調整が必要と考えられる。

5-2-10 石炭の種類と酸素ガス流量・保持時間の影響（石炭2%添加の場合）

石炭添加の予備試験（帯広炭）で、2%添加でもウランの揮発率が高いことから炭材を活性炭から実用的である石炭に変え試験の進展をはかった。

・石炭のサンプルは、勸石炭技術研究所（春日部試験所）に依頼したところ10サンプルを入手することができた。その中から4銘柄を選び手持の帯広炭を加え5銘柄について試験を行った。

一般的な石炭の性状と本試験に供した石炭の工業分析値を表-14-1, 14-2に示す。

・石炭中に含有するSiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>も塩化反応によって揮発する成分であるが、分析データがないため、化学大辞典の「石炭の灰分」の項からSiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の含有量をそれぞれ50%と25%に固定して石炭中の含有量を推定した。この推定値を基に、鉍石と石炭の混合試料中のSiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を算出し、

残渣品位の分析値を差し引いて、揮発率をそれぞれ求めた。

- ・石炭は、外国炭の中からコールバレー炭（れき青炭）とベルガ炭（かっ炭）を選び、手持ちの帯広炭（亜炭～かっ炭）の3銘柄について、それぞれ2%添加し、酸素ガス流量保持時間を変化させ、その影響を調査した。

試験結果を表-11、図-11-1、11-2に示す。

- (1) 図-11-1から、酸素ガス流量=12ml/分（約濃度 2.5%）に、ウラン揮発率のピークがある。
- (2) 保持時間30分を60分に延長してもウランの揮発率は2～5%とわずかである。しかし、3銘柄とも約90%の揮発率が得られる。
- (3) 図-11-2から酸素ガス流量12ml/分以上で不純物の揮発率はほぼ横ばいとなる。

#### 5-2-11 石炭の種類と酸素ガス流量・保持時間の影響（石炭5%添加の場合）

石炭の2銘柄（北鮮無煙炭、太平洋炭）を追加した5銘柄について、5%添加時の酸素ガス流量・保持時間を変化させて、その影響を調査した。

試験結果を表-12-1、12-2、12-3、図-12に示す。

- (1) 図-12から無煙炭(a)、れき青炭(b)(c)、かっ炭（亜炭）(d)(e)の3炭種別に異なった傾向を示している。そこで表-14-2 工業分析表から炭種別に各分析項目の平均値を求め、成分比較をするために無煙炭(a)を1としての倍率と、(a)を省き、れき青炭(b)(c)を1としたときの倍率を求めた。その値を以下に示す。

石炭銘柄	水分			揮発分			固定炭素			発熱量		
	(%)			(%)			(%)			(KCal/kg)		
(a)	3.6	1	—	3.2	1	—	81.0	1	—	6.560	1	—
(b)+(c)	7.0	1.9	1	39.0	12.2	1	44.6	0.55	1	6.435	0.98	1
(d)+(e)	14.8	4.1	2.1	46.0	14.4	1.2	26.8	0.33	0.60	4.650	0.71	0.72

上表から考察すると、

- (i) (a)と(b)+(c)、(d)+(e)では、揮発分含有量について、10倍以上の差が出ているが、この差異が(a)が他と異質のウラン揮発率を示すことに関与しているのではないかと推察される。揮発分の測定値は、石炭を950℃で7分間加熱したときの減量分であるから、石炭の揮発分は、Cl<sub>2</sub>ガスを導入する600℃から保持温度1000℃に到達する時間内（約20分）に殆ど分解して揮発しているものと考えられる。

石炭の熱分解炭化過程で発生する石炭ガスは、石炭の種類や熱分解方式によって性状は様々であるが、何の成分ガスが塩化揮発反応にどのような影響を与えているのかわからないが揮発分の多い石炭が塩化揮発に有利と考えら

れる。他に固定炭素も勿論関係していると考えられる。

- (iii) (b) + (c) と (d) + (e) の比較で、水分は乾燥装置（温度 105～110℃）で1時間加熱してその減量から求めた値である。石炭中の水分はC1、ガスを導入する600℃以前に除去されているので塩化反応に直接関係が無いものとするれば、固定炭素含有量が量的に言って大きな差と考えられる。固定炭素の多い(b) + (c) は (d) + (e) と異なり酸素ガス流量に鋭敏で、ウラン揮発率を高めるために必要な酸素ガス流量域の存在があることは図上からもはっきりしている。

しかし石炭2%添加時では、(c)、(d)、(e)炭とも酸素ガス流量は12ml/分がウラン揮発率のピークを示し、揮発率の値にも大きな差がなく石炭5%添加時のような炭種別の特異な傾向は現れなかった。ことから石炭添加量の差（5% - 2% = 3%）3%分に相当する固定炭素量が塩化揮発反応に何らかの影響を与えているために、異なったウランの揮発率を示すものと推察される。

- (2) 保持時間による影響は、2%添加時とほぼ同様で、保持時間を30分延長してもウランの揮発率のアップは2～6%とわずかである。

また、炭種別のウラン揮発率は、(d)、(e)炭が2%添加より約3%アップし90%台となる。

- (3) この試験結果から適当な炭種を選定すると、酸素ガス流量の変動に対して鈍感で余り影響を受けないか炭（亜炭）等の石灰化度の低い低級石炭が有利と考えられる。

- (4) 不純物の挙動については図示していないが、表12-1、12-2、12-3のとおり特異な変化はない。

#### 5-2-12 石炭の種類とペレット粒径・酸素ガス流量・保持時間の影響

活性炭添加、無添加時のペレット粒径による影響調査では10φが13φとわずかに大きくなってもウラン揮発率への影響が見られることから、石炭の4銘柄について8φ、10φ、13φ、16φのペレット径に調製し影響を調査した。

試験結果を表-13-1、13-2、13-3、13-4、13-5、図-13-1、13-2、13-3に示す。

- (1) 図-13-1は、コールバレー炭、ベルガ炭、帯広炭の3銘柄について粒径と酸素ガス流量の関係を示した図であるが、コールバレー炭の場合は8φ→10φ→13φと粒径が大きくなるとウランの揮発率に大きく影響を及ぼすが、酸素ガス流量を多くすることによってウランの揮発率を高める傾向にある。

ベルガ炭、帯広炭では、コールバレー炭のような粒径の違いや酸素ガス流量の影響は少なく、全く異なった傾向を示す結果が得られた。

不純物の揮発率を各銘柄の10φペレットの結果のみ図示してあるが殆ど同じ傾向を示している。

(2) 図-13-2は、粒径と保持時間の関係を示した図であるが、コールバレー炭は酸素ガス流量をアップし、保持時間60分以上の条件でないとウラン揮発率90%台は得られないと予想される。

(3) 図-13-3は、16φペレットだけの石炭銘柄別、添加量別について保持時間の関係を示した図であるが、ベルガ炭、帯広炭の2銘柄はペレット粒径が16φとなっても、石炭添加量の2.5~5.0%、酸素ガス流量12~25ml/分の条件で保持時間を60分とすればウランの揮発率を90%台に乗せることができる。しかしながら、コールバレー炭、幌内炭のれき青炭に属する銘柄は、粒径13φと同様に揮発条件の設定変更を行わないと90%台の揮発率のアップは望めないと予想される。

参考に、石炭添加量7.5%の例を、帯広炭についてだけ、酸素ガス流量との関係を図示した。添加量が多くなると酸素ガス流量も増加させる必要のあることを示しているがウランの揮発率はやっと90%程度であり、石炭5%以上の添加は必要でないことを示している。

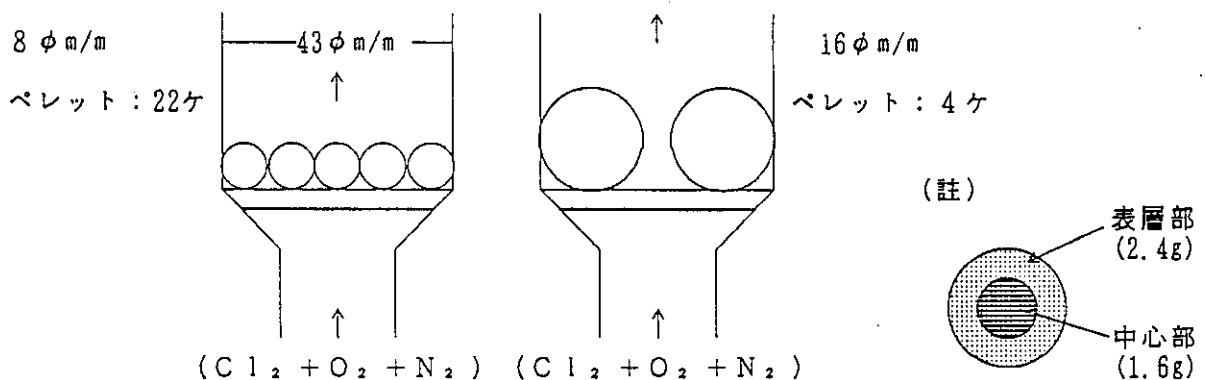
(4) 帯広炭5%添加のペレット粒径8φと16φでの各成分の揮発率を比較すると、

	サンプル (g)	保持時間 (分)	揮 発 率 (%)				反 応 条 件
			U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	
8 φ	1.1	3.0	8.9	2	4	2	Cl <sub>2</sub> : 100ml/分 O <sub>2</sub> : 25ml/分 N <sub>2</sub> : 375ml/分 } ×1000℃
	1.1	4.5	9.1	2	6	1	
	1.0	6.0	9.2	4	4	2	
16 φ	1.7	3.0	8.6	2	4	1	同 上
	1.8	4.5	9.0	2	4	2	
	1.8	6.0	9.2	3	4	1	

上記の通り殆ど同じ揮発率を示す。

ペレット1ヶの重量は、8φ≒0.5g、16φ≒4.0gであるから、直径が2倍であっても重量は約8倍である。またペレット個数を11/0.5≒22個、18/4≒4個と仮定すれば表面積は、約1:1.4の比で8φの方が大きい。

図示すると、



このようにペレットの装入状態は、16φより8φの方がはるかに密状態のため、ガスとの接触が充分で反応効率が高いと考えられる。

しかし、上表に示すように、保持時間30分のところで殆ど同じ揮発率であるから、16φのペレットでも帯広炭の場合の反応速度は8φと同程度と考えられる。この現象は、炭材無添加時のペレット粒径の場合に良く似ている。又、このような反応速度に関する情報を得るためには、反応初期のデータ取りが必要となってくる。

(5) φ16ペレットの表層部と中心部の成分分布について

反応後のペレットを乳棒で軽くたたくと、表層部分が割れて中心部が丁度梅や桃の種のような形となって残るので、周囲を綺麗に削り取って中心部分とし、重量を測定し成分分析を行った。

結果を〔例-1〕、〔例-2〕に示す。

〔例-1〕

帯広炭：5%
Cl <sub>2</sub> ：100ml/分
O <sub>2</sub> ：25ml/分
N <sub>2</sub> ：375ml/分
保持温度：1000℃

保持時間 (分)	ペレット		U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	CaO (%)
	部位	割合 (%)					
30	表層	56	0.037	15.14	5.22	52.60	23.16
	中心	44	0.053	15.74	5.25	55.33	19.93
	(差)			0.016	0.60	0.03	2.73
45	表層	60	0.027	15.29	5.25	52.06	23.68
	中心	40	0.043	15.74	5.20	55.08	19.44
	(差)			0.016	0.45	0.05	3.02
60	表層	61	0.019	14.94	5.25	52.76	23.46
	中心	39	0.038	15.63	5.20	55.89	19.47
	(差)			0.019	0.69	0.05	3.13



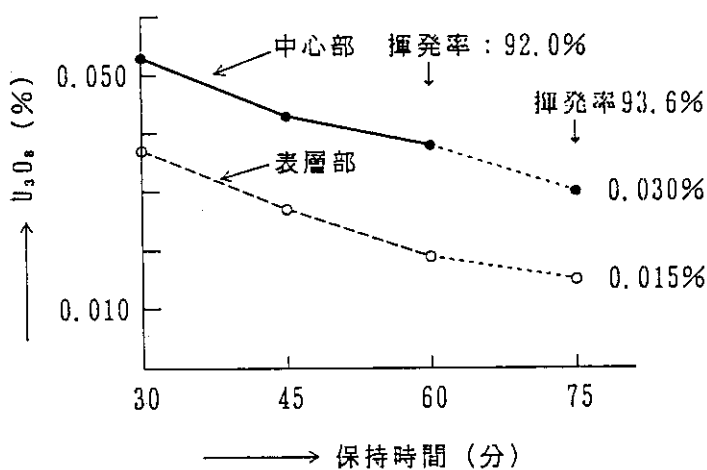
〔例-2〕

保持温度：1000℃  
 保持時間：60分  
 Cl<sub>2</sub>：100ml/分  
 O<sub>2</sub>：コルパレ-  
 45ml/分  
 O<sub>2</sub>：幌内  
 45ml/分  
 O<sub>2</sub>：帯広(5%)  
 25ml/分  
 O<sub>2</sub>：帯広(2.5%)  
 12ml/分  
 N<sub>2</sub>：388~355  
 ml/分

粒径 (φ)	石 炭 銘 柄	ペレット		U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	CaO (%)
		部位	割合 (%)					
16	コ-ルパレ- (5%)	表層	7 6	0.038	15.47	5.20	52.32	23.27
		中心	2 4	0.066	15.79	5.10	57.74	17.89
		(差)		0.028	0.32	0.10	5.42	5.38
16	幌 内 (5%)	表層	7 4	0.034	15.54	5.25	52.71	23.03
		中心	2 6	0.076	15.84	5.51	56.91	18.39
		(差)		0.042	0.30	0.26	4.20	4.64
16	帯 広 (5%)	表層	6 1	0.019	14.94	5.25	52.76	23.46
		中心	3 9	0.038	15.63	5.20	55.89	19.47
		(差)		0.019	0.69	0.05	3.13	3.99
16	帯 広 (2.5%)	表層	8 0	0.022	15.57	5.20	53.49	22.08
		中心	2 0	0.025	15.67	5.20	54.53	20.56
		(差)		0.003	0.10	0	1.04	1.52
13	帯 広 (5%)	表層	6 1	0.021	15.17	5.14	52.37	23.54
		中心	3 9	0.027	15.82	5.12	55.81	19.34
		(差)		0.006	0.65	0.02	3.44	4.20

(i) 〔例-1〕の分析表から、保持時間別のU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>品位の減り具合をみると、表層部は0.037%→0.027%→0.019%、中心部は0.053%→0.043%→0.038%で、保持時間15分間毎の揮発量は微量である。

又、中心部のU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>品位は、保持時間60分で0.038%で、表層部の0.019%の2倍である。



左図から、保持時間75分のU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>を表層=0.015%、中心=0.030%と仮定してU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>の揮発率を推定すると、約93.6%となり保持時間60分より1.6%揮発率がアップするに過ぎない。

(ii) [例-1] の分析表から

SiO<sub>2</sub>, CaO成分を表層部と中心部で比較すると、表層部は中心部に較べてSiO<sub>2</sub>は約3%低く、CaOは逆に約4%高い分析値を示している。他に、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は表層部が約0.6%程低い。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は分析誤差範囲で僅差と考えられる。

硫酸焼鉍ペレットの場合は、固体塩化剤としてCaCl<sub>2</sub>を5~7%添加して塩化揮発反応を行っているが、焼成ペレットの表層部分にCaCl<sub>2</sub>分が濃縮されてCaO含有量が多くなっている。このため、CaCl<sub>2</sub>を過剰に添加すると、ペレットの表層でCaOとSiO<sub>2</sub>が反応し、通常よりも低い温度でスラッグ化が始まり、金属塩化物の揮発を抑制し揮発率が低下するために、このプロセスでは塩化剤の添加不足と同様に過剰添加の防止に留意し、管理を強化している。

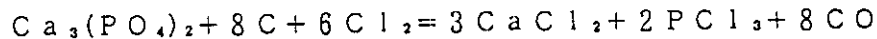
PNCの場合は、塩化剤としてCl<sub>2</sub>ガスを使用しているが、鉍石中には約20%強のCaO含有量があり、しかも塩化され易い化合物であるので前記の硫酸焼鉍ペレットと同じような濃縮現象が起きているものと考えられる。

(iii) [例-2] の分析表から

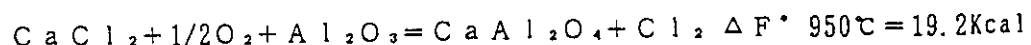
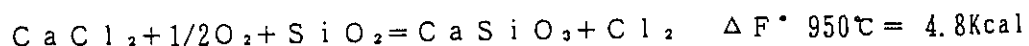
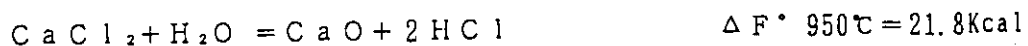
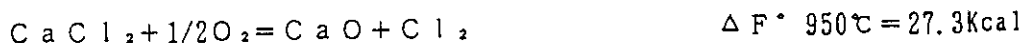
(i) U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>品位から、コールバレー炭、幌内炭はペレット表層部と中心部の品位差が0.028%~0.042%と大きい。

(ii) SiO<sub>2</sub>, CaO成分について、コールバレー炭、幌内炭も帯広炭と同じ傾向を示す。又、帯広炭2.5%の場合は、CaOの差は1.5%、SiO<sub>2</sub>の差は1.0%と小さいが、ウランの揮発率は5%添加時と変わらない。

この現象を文献等から考察すると、鉍石中のCa<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>成分は、ペレットの表面でCl<sub>2</sub>ガスと容易に反応しCaCl<sub>2</sub>を生成し<sup>(2)</sup>、次第にペレット内部へ進行していく。



生成したCaCl<sub>2</sub>の、mp: 772℃, Bp: 1412℃であるから1000℃以下の塩化反応域では液体となるが、揮発しないため次第に表層部を覆うようになるのではないかと考えられる。C量が多いと反応はより活発となる。又、生成したCaCl<sub>2</sub>は反応系内のO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等と下記の反応が、





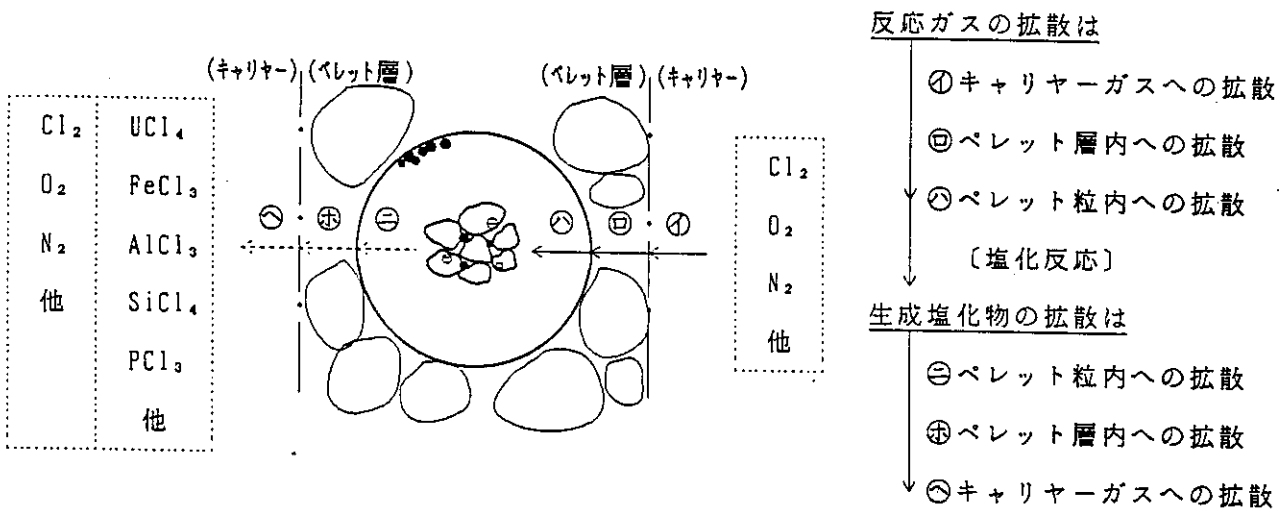
連続して行われ、最終的には表層部分のCaO品位が高くなるものと推察される。ある条件では添加されるC量とCaO品位に相関があるかも知れない。

参考として、反応の推進力を示す自由エネルギー値<sup>(3)</sup>を付記してあるが、この数値から推察して、バクーマ鉱石の塩化反応は、約半量近く含有しているSiO<sub>2</sub>と1/5のCaOが大きな影響力を持ち、反応に密接に関与しているものと考えられる。

以上述べたように、炭種によって塩化揮発反応に及ぼす影響が異なるため、ウランの揮発率に優劣が生じている。その原因は、含有成分の含有量を基にして、反応形態の違いによって形成される反応雰囲気的なものか、反応速度的なものか、或いは他の要因によるものか予想することも難しく、原因を究明することは非常に困難であると考えられる。

### 5-2-13 塩化揮発残渣の物性調査

ペレット状サンプルの塩化揮発反応の速度を考えると、揮発塩化物やキャリアガスの拡散が重要となる。



#### ・気孔率の計算方法

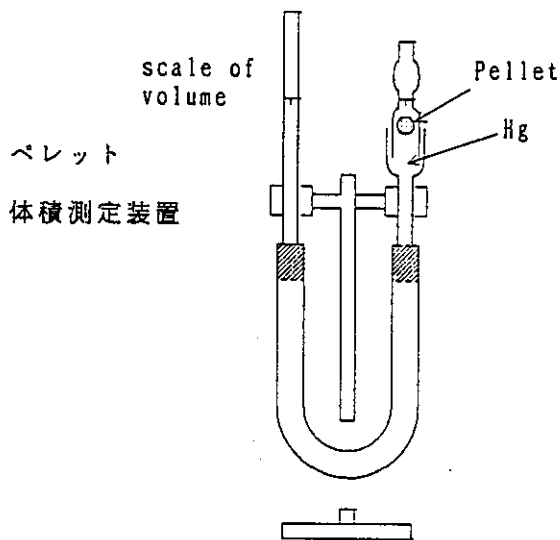
$$P = \frac{S - S_A}{S} \times 100$$

P : 気孔率 (%)

S<sub>A</sub> : 見掛比重

S : 真比重 …… バクーマ鉱石 = 2.83

- 見掛比重 (S A) の測定
- ペレット体積測定装置で体積を測定する ..... V
  - ペレットの重量を天秤で測定する ..... W



$$S A = \frac{W}{V}$$

塩化揮発反応は、反応ガスがペレット表面から①へ侵入して、目的とする成分と反応し塩化反応で生成した例えば  $UCl_4$  の蒸気は、②を通過してペレット粒外へ出て③を通り抜けキャリアーによって運ばれる。この中で拡散速度に最も影響を与えるだろうと考えられるのは、①、②部の拡散で、ペレット粒径の大小によって速度が変化する。又、同じ粒径であってもガスや塩化物蒸気の通路が一杯ある方がベターである。すなわち気孔率が大きい程拡散速度は早いと考えられる。

気孔率は、焼成品の全容積に対する気孔の容積の百分率であって、気孔には外に通じている見掛け気孔（又は開放気孔）率と、外に通じていない気孔をも含めた真の気孔（又は全気孔）率がある。気孔率の実例として、硫酸焼鉍ペレットの塩化揮発プロセスでは、乾燥ペレットの開放気孔率は約40%、全気孔率は約45%で、重金属の塩化揮発の最終段階の温度1100℃付近から急激に開放気孔は減少し、1200℃以上では殆どその存在が認められない。この理由は、硫酸焼鉍ペレットは約1250℃の高温で焼成されるのでスラッグの生成が行われているからである。

開放気孔がなくなっていくことは、揮発した塩化物の通り道がなくなることの意味するので、このプロセスでは如何にして1100℃以前に効率よく塩化揮発反応を行わせるため、ペレットの性状、塩化剤 ( $CaCl_2$ ) の添加量、温度パターン、キャリアーガス性状、操炉運転条件等多くの条件設定によって操業管理を行っている。

PNCの場合は、温度1000℃を最高と考えているのでスラッグの生成は起こらないので、表-15に示すように気孔率は45~50%と高く、ペレット粒内での拡散は前例とは異なっているので、保持時間を長くすることによって揮発率のアップが可能と考えられる。以上のことから、揮発残渣について、炭種又は保持時間の違いによって気孔率に変化があるかどうかを知るために調査した結果を表-15に示す。炭材

添加量5%、保持温度1000℃一定での結果であるが、表-15からわかるように殆ど同じ気孔率であった。

しかし、昇温過程を含めてもっと条件を変えて試験を行った場合は、何か変化が見られるかも知れないので、今後、機会を見て実験を行う予定である。なお、圧かけ強度は約100kgの測定値を示しているが、一般に実機による造粒の場合は、手造りペレットより強度アップと言われているので、揮発残渣処理工程でのペレットの崩壊や粉化現象については特に問題はないと考えられる。

## 6. 試験結果のまとめ

「基礎試験-3」で計画した、①たて型炉による塩化揮発条件の設定、②横型管状炉との比較、等については、本報の試験報告書の内容の通りほぼ終了したと考えている。

試験結果の要約を以下に述べる。

- (1) 横型管状炉によるペレット状サンプルでのウラン揮発率は、活性炭使用の場合に、ウランの揮発率は約40%程度であるが、たて型炉を用いた場合は、横型炉-粉状サンプルで得られた反応条件を若干調整することによってウランの揮発率90%台を確保できる。
- (2) 石炭を炭材として用いることは可能で、添加量は炭種にもよるが2~5%で充分と考えられる。ウランの揮発率は活性炭添加時と変わらず、90%台を確保できる。

試験では、無煙炭、れき青炭、かっ炭(亜炭)の炭種の中から5銘柄を使用した。炭種によって反応条件を調整する必要がある。例えば、同じ添加量の場合に、石炭化度の低いかっ炭(亜炭)等は、酸素ガス量は少なくても良いが、石炭化度の高い無煙炭、れき青炭等は酸素ガス量を多くしなければならない。

- (3) ペレット粒径の塩化揮発反応に及ぼす影響を調査するため、粒径を8φ、10φ、13φ、16φ(m/m)として数種の石炭で行ったが、粒径の小さい方がウランの揮発率は高いが、8φ→13φ間では大差は見られない。もし、粒径による影響が顕著に現れてくるとすればれき青炭等は13φ、かっ炭(亜炭)等では16φ以上と考えられる。
- (4) 炭材無添加(鉍石単味)の場合、ウラン揮発率は10φ~16φペレット粒径で、保持温度:1000℃、保持時間:60分の中性雰囲気(窒素ガス気流)の条件で塩素ガス(20%濃度)を使用すると約85%である。しかし、若干の酸素ガス(濃度2.5%)が混入することによってウラン揮発率は80%に低下し、酸素濃度:5%では更に低下し70%台となる。このことから実操業を想定した場合、完全な中性雰囲気を維持しながらの操業は、技術的に困難と考えられるのでこのような操業方式は採用できない。そこで、短時間の反応でウラン揮発率90%以上を得るためには、塩化揮発反応工程で少量の炭材添加は必要な条件となる。

- (5) 石炭を使用した場合の反応条件の設定は、活性炭を使用した場合の反応条件とほぼ同じである。ただし石炭の選定にあたっては、(2)、(3)項からかっ炭（亜炭）が、ペレット粒径の違いによって酸素濃度の影響をあまり受けないことから最適の炭種と考えられる。
- (6) 塩化揮発工程及び揮発残渣処理工程でのペレットの崩壊や粉化現象は、揮発残渣の圧力強度 100kgから推察して特に問題はないと考えられる。

以上の試験結果から、現有のたて型炉を使用してバクーマ鉱石からウランを90%以上塩化揮発させるための最適な反応条件は次のようになる。

	項目	単位	内容	
炭材	石炭		かっ炭又は亜炭	
	添加量	%	対鉱石重量の 2.5% (最高 5%)	
ペレット	粒径	m/m	10φ ~ 16φ	
	供試料	g	12 ~ 16	
反応条件	保持温度	℃	1000	
	保持時間	分	45 ~ 60	
	ガス量	Cl <sub>2</sub>	ml/分	100 (濃度 20%)
		O <sub>2</sub>	ml/分	12 ~ 25 (濃度 2.5~ 5%)
		N <sub>2</sub>	ml/分	388 ~ 375
全ガス量		ml/分	500	
備考 1) (Cl <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> ) ガス供給開始温度: 600℃ 2) 600℃→1000℃昇温時間: 約20分				

## 7. 今後の試験計画

含ウランリン鉱石中のウランを塩化物として揮発させる反応条件の基礎的な要因の影響調査は、本報に述べた通りでほぼ終了したものと考えている。しかし、本報でも触れているが、リン酸カルシウムの塩化挙動に関しては推察の域にとどまっており、今後に残された要因の1つで大きな課題と考えられる。

その理由は、カルシウムを多量含有する鉱石の場合、塩化反応によって、CaCl<sub>2</sub>を主体とする融解相を形成し、ウランの揮発を物理的に阻害する等の悪影響を与えているのではないかと推察されているので、その解明が必要である。

現在、供試しているバクーマ鉱石のCaO含有量は21%であるが、試験結果から推定すれば20%前後のCaO含有量では問題ないようである。しかしブラジルイタタイヤ鉱石のようにCaO含有量48%の場合は、1887年実施した予備試験の塩化揮発残渣から明らかに

融解相が観察されている。

今後、塩化製錬法の適用性を拡大していくためには、融解相の解明は必要不可欠であるので更に塩化反応性について調査・研究を継続していく計画である。

更に、平成2年度の主テーマである揮発した塩化物の回収試験があるが、7月から本格的に試験を開始し各成分の物量バランスをとり、ウランの揮発挙動を定量的に把握する計画で試験を進めている。

以 上

## 参 考 文 献

1. 滝, 佐藤, 滝本, 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 (中間報告その-4), 動燃事業団技術資料 PNC SN 7410 89-023, 1989年6月
2. 滝, 半田, 河本他, 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1報), 動燃事業団技術資料 PNC SN 7410 87-002, 1987年3月
3. 江島, 亀田, 塩化揮発法に関する基礎的実験 (塩化カルシウムの酸化反応について), 東北大学選鉱製錬研究所報告第143号, 昭和39年6月
4. 竹中, 佐藤, 南條, ウランの乾式製錬に関する基礎的研究 (II), 動燃事業団技術資料, PNC SJ 7601 90-001, 1990年3月



表 - 1 化学分析値

	バクーマ (PNC94+153) 鉍石
U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	0.320 %
ThO <sub>2</sub>	5 Ppm
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	14.38 %
SiO <sub>2</sub>	46.04 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.659 %
T-Fe	1.604 %
FeO	0.129 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.151 %
TiO <sub>2</sub>	0.211 %
CaO	21.04 %
K <sub>2</sub> O	1.225 %
MgO	0.705 %
Na <sub>2</sub> O	0.444 %
MnO	0.092 %
Cl <sup>-</sup>	<0.01 %
Ni	0.005 %
Pb	0.011 %
Zn	0.015 %
S	1.061 %
CO <sub>2</sub>	0.939 %
Zr	114 Ppm
H <sub>2</sub> O (-)	1.414 %
H <sub>2</sub> O (+)	2.515 %
C	0.22 %

表-2 塩素ガス量一定で窒素ガス及び酸素ガス流量の影響

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉍含有量-残渣含有量 揮発率= $\left( \frac{\text{元鉍含有量} - \text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}} \right) \times 100$			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
1	9.97	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	30	30	60	26	1	5	1
2	9.87	10	100	25	625	750	活性炭	5	1000	30	30	60	29	1	7	1
3	9.90	10	100	25	875	1000	活性炭	5	1000	30	30	60	29	2	5	1
4	10.23	10	100	35	365	500	活性炭	5	1000	30	30	60	37	1	3	1
5	10.19	10	100	35	625	750	活性炭	5	1000	30	30	60	38	2	7	1
6	10.12	10	100	35	875	1000	活性炭	5	1000	30	30	60	36	2	6	1
7	20.48	10	100	35	625	750	活性炭	5	1000	60	30	90	40	2	7	1

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-3 全ガス量一定で保持温度の影響

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉍含有量-残渣含有量 揮発率= $\left(\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}\right) \times 100$			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
1	11.98	10	100	25	375	500	活性炭	5	900	37	13	50	56	11	13	1
2	12.06	10	100	25	375	500	活性炭	5	950	35	15	50	74	5	7	1
3	10.35	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	30	20	50	90	6	3	1
4	10.99	10	100	25	375	500	活性炭	5	1050	20	30	50	90	6	2	1
5	11.28	10	100	25	375	500	活性炭	5	850	55	10	65	47	3	2	2
6	11.88	10	100	25	375	500	活性炭	5	900	52	13	65	75	3	3	2
7	11.38	10	100	25	375	500	活性炭	5	950	50	15	65	84	3	3	2
8	11.40	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	45	20	65	93	4	4	2
9	11.90	10	100	25	375	500	活性炭	5	1050	35	30	65	92	4	4	2

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-4 全ガス量・反応時間一定で活性炭添加量の影響

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉍含有量-残渣含有量 揮発率= $\left(\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}\right) \times 100$			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
1	11.05	10	100	25	375	500	活性炭	0	1000	30	20	50	70	2	4	1
2	11.65	10	100	25	375	500	活性炭	2.5	1000	30	20	50	89	2	4	1
3	10.35	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	30	20	50	90	6	3	1
4	11.23	10	100	25	375	500	活性炭	10	1000	30	20	50	73	7	6	8
5	12.19	10	100	35	365	500	活性炭	10	1000	30	20	50	90	5	3	6
6	12.17	10	100	35	365	500	活性炭	10	1000	45	20	65	92	5	3	6
7	20.03	10	100	25	375	500	活性炭	0	1100	20	40	60	77	2	4	1
8	21.05	10	100	25	375	500	活性炭	2.5	1100	20	40	60	88	2	4	1
9	22.18	10	100	25	375	500	活性炭	5	1100	20	40	60	88	9	4	1
10	21.19	10	100	25	375	500	活性炭	10	1100	20	40	60	85	13	12	10

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-5-1 活性炭添加量と酸素ガス量の影響

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												揮発率= $\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}} \times 100$			
	試料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
1	11.75	10	100	0	400	500	活性炭	5	1000	30	20	50	51	6	6	3
2	11.34	10	100	12	388	500	活性炭	5	1000	30	20	50	54	6	7	2
3	11.12	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	15	20	35	84	1	1	1
4	10.35	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	30	20	50	90	4	3	1
5	11.40	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	45	20	65	93	4	4	2
6	12.55	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	60	20	80	94	3	4	3
7	11.30	10	100	35	365	500	活性炭	5	1000	30	20	50	89	3	3	1
8	11.85	10	100	0	400	500	活性炭	2.5	1000	30	20	50	64	3	7	3
9	11.23	10	100	12	388	500	活性炭	2.5	1000	30	20	50	87	2	5	2
10	11.78	10	100	25	375	500	活性炭	2.5	1000	15	20	35	85	3	1	1
11	11.65	10	100	25	375	500	活性炭	2.5	1000	30	20	50	89	2	4	1
12	12.44	10	100	25	375	500	活性炭	2.5	1000	45	20	65	93	2	2	2
13	12.37	10	100	35	365	500	活性炭	2.5	1000	30	20	50	90	2	3	1
14	12.05	10	100	0	400	500	活性炭	1	1000	30	20	50	78	6	10	2
15	12.44	10	100	12	388	500	活性炭	1	1000	30	20	50	86	3	4	2

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-5-2 活性炭添加量と酸素ガス量の影響

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94+153)

反 応 条 件													元鉍含有量-残渣含有量 揮発率= $(\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}) \times 100$			
No.	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
16	11.27	10	100	12	388	500	活性炭	1	1000	45	20	65	87	2	2	2
17	11.67	10	100	25	375	500	活性炭	1	1000	30	20	50	81	2	4	1
18	11.82	10	100	35	365	500	活性炭	1	1000	30	20	50	81	2	4	1
19	11.36	10	100	0	400	500	活性炭	0.5	1000	30	20	50	80	1	8	1
20	11.62	10	100	12	388	500	活性炭	0.5	1000	30	20	50	84	1	5	2
21	11.72	10	100	12	388	500	活性炭	0.5	1000	45	20	65	84	1	3	2
22	11.29	10	100	25	375	500	活性炭	0.5	1000	30	20	50	78	1	4	1

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-6 塩素ガス・窒素ガス流量の影響

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉍含有量-残渣含有量 揮発率= $(\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}) \times 100$			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
1	11.04	10	50	25	425	500	活性炭	2.5	1000	30	20	50	70	2	4	1
2	11.65	10	100	25	375	500	活性炭	2.5	1000	30	20	50	89	2	4	1
3	11.12	10	150	25	325	500	活性炭	2.5	1000	30	20	50	87	6	8	1
4	10.99	10	100	25	125	250	活性炭	2.5	1000	30	20	50	85	4	5	1
5	11.32	10	100	25	625	750	活性炭	2.5	1000	30	20	50	85	2	4	1
6	10.98	10	50	25	425	500	活性炭	5	1000	30	20	50	81	4	4	1
7	10.35	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	30	20	50	90	4	3	1
8	10.90	10	150	25	325	500	活性炭	5	1000	30	20	50	93	2	5	3
9	11.26	10	100	25	125	250	活性炭	5	1000	30	20	50	90	2	3	3
10	11.33	10	100	25	625	750	活性炭	5	1000	30	20	50	92	2	3	3

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-7 ペレット量20g 供給した場合の保持時間の影響

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉍含有量-残渣含有量 揮発率=( $\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}$ ) × 100			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (mL/分)	O <sub>2</sub> (mL/分)	N <sub>2</sub> (mL/分)	合計 (mL/分)	種類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
1	20.02	10	50	25	375	500	活性炭	2.5	1000	30	20	50	68	7	3	1
2	20.39	10	100	25	375	500	活性炭	2.5	1000	60	20	80	81	6	4	1
3	20.69	10	150	35	365	500	活性炭	2.5	1000	30	20	50	73	1	2	1
4	20.11	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	30	20	50	84	5	4	1
5	20.44	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	60	20	80	91	2	4	2
6	20.55	10	50	35	365	500	活性炭	5	1000	30	20	50	79	4	2	1
7	20.62	10	100	35	365	500	活性炭	5	1000	60	20	80	93	4	4	2
8	21.28	10	150	25	375	500	活性炭	10	1000	30	20	50	60	7	8	7
9	21.29	10	100	25	375	500	活性炭	10	1000	60	20	80	88	7	9	7
10	20.22	10	100	35	365	500	活性炭	10	1000	30	20	50	68	6	5	6
11	21.58	10	100	35	365	500	活性炭	10	1000	60	20	80	92	5	4	6
12	20.46	10	100	35	615	750	活性炭	10	1000	30	20	50	67	2	7	2

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量



表-8 保持温度1050℃でペレット量を増加した場合

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94-I-153)

反 応 条 件													元鉍含有量-残渣含有量 揮発率= $(\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}) \times 100$			
No.	試料		ガス量				添加物		揮発条件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (mℓ/分)	O <sub>2</sub> (mℓ/分)	N <sub>2</sub> (mℓ/分)	合計 (mℓ/分)	種類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
1	11.90	10	100	25	375	500	活性炭	5	1050	35	30	65	92	2	4	2
2	20.00	10	100	25	375	500	活性炭	5	1050	30	30	60	86	2	3	1
3	20.92	10	100	25	375	500	活性炭	5	1050	60	30	90	88	3	5	2
4	30.99	10	100	25	375	500	活性炭	5	1050	30	30	60	81	3	5	1
5	31.19	10	100	25	375	500	活性炭	5	1050	60	30	90	85	3	6	3
6	40.32	10	100	25	375	500	活性炭	5	1050	60	30	90	77	2	1	1
7	50.89	10	100	35	365	500	活性炭	5	1050	60	30	90	60	2	1	1

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-9-1 異種添加物の影響

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉍含有量-残渣含有量 揮発率= $(\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}) \times 100$			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
1	10.24	10	100	0	400	500		0	1000	30	20	50	77	2	7	2
2	12.12	10	100	0	400	500		0	1000	45	20	65	86	2	8	2
3	12.25	10	100	0	400	500		0	1000	60	20	80	85	5	9	2
4	12.36	10	100	12	388	500		0	1000	30	20	50	80	2	5	1
5	11.05	10	100	25	375	500		0	1000	30	20	50	70	2	4	1
6	10.90	10	100	0	400	500	木屑	2	1000	30	20	50	78	3	8	2
7	12.29	10	100	0	400	500	木屑	2	1000	45	20	65	85	4	7	2
8	10.96	10	100	5	395	500	木屑	2	1000	30	20	50	84	2	4	2
9	10.84	10	100	12	388	500	木屑	2	1000	30	20	50	84	3	3	2
10	10.71	10	100	25	375	500	木屑	2	1000	30	20	50	77	4	3	1
11	12.08	10	100	0	400	500	CaCl <sub>2</sub>	4	1000	30	20	50	82	2	4	2
12	12.15	10	100	0	400	500	CaCl <sub>2</sub>	4	1000	45	20	65	82	3	4	2

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-9-2 異種添加物の影響

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉍含有量-残渣含有量 揮発率= ( $\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}$ ) × 100			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
13	12.07	10	100	12	388	500	CaCl <sub>2</sub>	4	1000	30	20	50	87	3	2	2
14	13.91	10	100	12	388	500	CaCl <sub>2</sub>	4	1000	45	20	65	87	2	3	1
15	11.94	10	100	0	400	500	NaCl	4	1000	30	20	50	69	4	6	2
16	12.50	10	100	0	400	500	NaCl	4	1000	45	20	65	74	3	7	2
17	12.85	10	100	12	388	500	NaCl	4	1000	30	20	50	65	3	7	2
18	11.17	10	100	25	375	500	活性炭 CaCl <sub>2</sub>	5 5	1000	30	20	50	83	2	5	1
19	11.52	10	100	25	375	500	活性炭 CaCl <sub>2</sub>	5 5	1000	60	20	80	93	5	4	1
20	11.80	10	100	35	365	500	活性炭 CaCl <sub>2</sub>	5 5	1000	30	20	50	82	4	3	1
21	22.01	10	100	25	375	500	活性炭 CaCl <sub>2</sub>	5 5	1000	40	20	60	81	2	7	2

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-10-1 ペレット粒径の影響

鉱石：中央アフリカバクーマ鉱石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉱含有量-残渣含有量 揮発率= ( $\frac{\text{元鉱含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉱含有量}}$ ) × 100			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
1	10.35	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	30	20	50	90	6	3	1
2	11.40	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	45	20	65	93	4	4	2
3	12.55	10	100	25	375	500	活性炭	5	1000	60	20	80	94	3	4	3
4	14.42	13	100	25	375	500	活性炭	5	1000	0	20	20	29	2	3	3
5	13.63	13	100	25	375	500	活性炭	5	1000	30	20	50	79	2	3	2
6	13.18	13	100	25	375	500	活性炭	5	1000	60	20	80	90	2	4	3
7	15.98	16	100	25	375	500	活性炭	5	1000	30	20	50	55	2	2	2
8	15.54	16	100	25	375	500	活性炭	5	1000	60	20	80	85	4	5	2

炭材添加量(%)：鉱石重量に対する添加量

表-10-2 ペレット粒径の影響

鉍石：中央アフリカバクターマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉍含有量-残渣含有量 揮発率= $\left(\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}\right) \times 100$			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
1	11.17	10	100	0	400	500		0	1000	0	20	20	59	1	6	2
2	11.91	10	100	0	400	500		0	1000	30	20	50	80	2	6	2
3	12.13	10	100	0	400	500		0	1000	60	20	80	87	2	7	3
4	14.46	13	100	0	400	500		0	1000	0	20	20	49	1	5	2
5	13.58	13	100	0	400	500		0	1000	30	20	50	79	2	6	3
6	13.69	13	100	0	400	500		0	1000	60	20	80	86	2	8	3
7	16.01	16	100	0	400	500		0	1000	0	20	20	45	1	5	2
8	15.81	16	100	0	400	500		0	1000	30	20	50	78	1	6	3
9	16.23	16	100	0	400	500		0	1000	60	20	80	85	1	6	3

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-11 石炭の種類と酸素量・保持時間の影響(2% 添加)

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉍含有量-残渣含有量 揮発率= $\left(\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}\right) \times 100$			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種 類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
1	11.21	10	100	0	400	500	コールパレー	2	1000	30	20	50	67	4	8	3
2	11.32	10	100	5	395	500	コールパレー	2	1000	30	20	50	76	3	5	2
3	11.22	10	100	12	388	500	コールパレー	2	1000	30	20	50	85	2	4	1
4	12.96	10	100	12	388	500	コールパレー	2	1000	45	20	65	90	2	3	2
5	14.11	10	100	12	388	500	コールパレー	2	1000	60	20	80	90	3	4	2
6	11.92	10	100	25	375	500	コールパレー	2	1000	30	20	50	77	2	4	1
7	11.12	10	100	0	400	500	ベルガ	2	1000	30	20	50	77	4	10	2
8	11.36	10	100	12	388	500	ベルガ	2	1000	30	20	50	86	2	3	2
9	11.83	10	100	12	388	500	ベルガ	2	1000	45	20	65	86	2	4	2
10	11.47	10	100	12	388	500	ベルガ	2	1000	60	20	80	88	4	6	2
11	11.46	10	100	25	375	500	ベルガ	2	1000	30	20	50	80	2	3	2
12	12.02	10	100	0	400	500	帯広	2	1000	30	20	50	80	4	10	2
13	12.00	10	100	12	388	500	帯広	2	1000	30	20	50	87	3	5	2
14	12.73	10	100	12	388	500	帯広	2	1000	45	20	65	89	3	4	2
15	11.37	10	100	12	388	500	帯広	2	1000	60	20	80	89	3	5	2
16	11.94	10	100	25	375	500	帯広	2	1000	30	20	50	83	2	4	2

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-12-1 石炭の種類と酸素量・保持時間の影響 (5%添加)

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉍含有量-残渣含有量 揮発率=( $\frac{\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}$ ) × 100			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> : (ml/分)	O <sub>2</sub> : (ml/分)	N <sub>2</sub> : (ml/分)	合計 (ml/分)	種 類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
1	11.42	10	100	12	388	500	北鮮	5	1000	30	20	50	38	4	5	4
2	11.82	10	100	25	375	500	北鮮	5	1000	30	20	50	43	4	3	2
3	12.22	10	100	35	365	500	北鮮	5	1000	30	20	50	48	3	4	1
4	11.14	10	100	45	355	500	北鮮	5	1000	30	20	50	53	2	3	1
5	11.40	10	100	60	340	500	北鮮	5	1000	30	20	50	58	3	3	1
6	12.18	10	100	12	388	500	太平洋	5	1000	30	20	50	41	2	5	2
7	11.91	10	100	25	375	500	太平洋	5	1000	30	20	50	73	2	4	2
8	11.82	10	100	35	365	500	太平洋	5	1000	15	20	35	83	2	3	2
9	12.36	10	100	35	365	500	太平洋	5	1000	30	20	50	86	2	4	1
10	11.80	10	100	35	365	500	太平洋	5	1000	45	20	65	86	2	4	2
11	11.47	10	100	35	365	500	太平洋	5	1000	60	20	80	91	2	4	2
12	12.30	10	100	45	355	500	太平洋	5	1000	30	20	50	90	2	3	1
13	12.15	10	100	12	388	500	コールパレー	5	1000	30	20	50	50	3	5	2
14	12.16	10	100	25	375	500	コールパレー	5	1000	30	20	50	68	3	4	2
15	11.68	10	100	35	365	500	コールパレー	5	1000	15	20	35	85	1	4	1

炭材添加量(%) : 鉍石重量に対する添加量

表-12-2 石炭の種類と酸素量・保持時間

鉍石：中央アフリカバクマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉍含有量-残渣含有量 揮発率=( $\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}$ ) $\times 100$			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				元鉍含有量			
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種 類	添加量 (%)	保持温度 (°C)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)	U <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
16	12.62	10	100	35	365	500	コールパレー	5	1000	30	20	50	85	2	4	1
17	11.19	10	100	35	365	500	コールパレー	5	1000	45	20	65	90	2	4	2
18	12.02	10	100	35	365	500	コールパレー	5	1000	60	20	80	91	3	4	2
19	12.33	10	100	45	355	500	コールパレー	5	1000	30	20	50	86	2	4	1
20	12.10	10	100	12	388	500	ベルガ	5	1000	30	20	50	83	3	4	2
21	11.88	10	100	25	375	500	ベルガ	5	1000	15	20	35	83	1	3	1
22	11.19	10	100	25	375	500	ベルガ	5	1000	30	20	50	89	2	3	1
23	11.66	10	100	25	375	500	ベルガ	5	1000	45	20	65	91	2	4	2
24	11.59	10	100	25	375	500	ベルガ	5	1000	60	20	80	91	2	3	2
25	12.12	10	100	35	365	500	ベルガ	5	1000	30	20	50	88	2	3	1
26	11.29	10	100	45	355	500	ベルガ	5	1000	30	20	50	89	1	3	1
27	11.55	10	100	12	388	500	帯広	5	1000	30	20	50	86	4	4	2
28	12.07	10	100	25	375	500	帯広	5	1000	15	20	35	83	2	3	1
29	11.44	10	100	25	375	500	帯広	5	1000	30	20	50	87	2	3	1
30	12.26	10	100	25	375	500	帯広	5	1000	45	20	65	91	5	6	2

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量



表-12-3 石炭の種類と酸素量・保持時間

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉍含有量-残渣含有量 揮発率=( $\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}$ ) × 100			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種 類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
31	10.95	10	100	25	375	500	帯広	5	1000	60	20	80	92	4	4	2
32	11.78	10	100	35	365	500	帯広	5	1000	30	20	50	86	2	3	1
33	11.45	10	100	45	355	500	帯広	5	1000	30	20	50	87	2	3	1
34	12.19	10	100	35	365	500	コールバレー	10	1000	30	20	50	91	5	8	7
35	12.17	10	100	35	365	500	コールバレー	10	1000	45	20	65	92	5	8	7
36	21.58	10	100	35	365	500	コールバレー	10	1000	60	20	80	92	5	9	7

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-13-1 石炭の種類とペレット粒径・酸素ガス量及び保持時間の影響

鉱石：中央アフリカバクーマ鉱石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉱含有量-残渣含有量 抑発率=( $\frac{\text{元鉱含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉱含有量}}$ ) × 100			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		抑 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種 類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
1	10.25	8	100	12	388	500	ベルガ	5	1000	30	20	50	88	2	5	2
2	10.39	8	100	25	375	500	ベルガ	5	1000	30	20	50	90	1	3	1
3	11.09	8	100	25	375	500	ベルガ	5	1000	45	20	65	89	2	4	2
4	10.06	8	100	25	375	500	ベルガ	5	1000	60	20	80	90	2	4	2
5	10.59	8	100	35	365	500	ベルガ	5	1000	30	20	50	87	1	5	1
6	10.59	8	100	45	355	500	ベルガ	5	1000	30	20	50	88	1	3	1
7	10.55	8	100	12	388	500	コールバレー	5	1000	30	20	50	63	3	7	2
8	10.60	8	100	25	375	500	コールバレー	5	1000	30	20	50	76	3	5	1
9	10.53	8	100	35	365	500	コールバレー	5	1000	30	20	50	87	2	5	1
10	11.57	8	100	35	365	500	コールバレー	5	1000	45	20	65	90	3	4	2
11	9.89	8	100	35	365	500	コールバレー	5	1000	60	20	80	90	4	4	2
12	10.34	8	100	45	355	500	コールバレー	5	1000	30	20	50	88	2	3	1
13	14.74	13	100	12	388	500	コールバレー	5	1000	30	20	50	39	2	4	1
14	15.19	13	100	25	375	500	コールバレー	5	1000	30	20	50	54	1	5	1
15	15.39	13	100	35	365	500	コールバレー	5	1000	30	20	50	69	1	4	1

炭材添加量(%)：鉱石重量に対する添加量

表-13-2 石炭の種類とペレット粒径・酸素ガス量及び保持時間の影響

鉱石：中央アフリカバクーマ鉱石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉱含有量-残渣含有量 揮発率=( $\frac{\text{残渣含有量}}{\text{元鉱含有量}}$ ) × 100			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				元 鉱 含 有 量			
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種 類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
16	14.63	13	100	35	365	500	コールパレー	5	1000	45	20	65	78	2	5	2
17	14.27	13	100	35	365	500	コールパレー	5	1000	60	20	80	82	2	5	2
18	15.42	13	100	45	355	500	コールパレー	5	1000	30	20	50	82	2	4	1
19	13.13	13	100	45	355	500	コールパレー	5	1000	45	20	65	87	2	6	2
20	10.05	8	100	12	388	500	帯広	5	1000	30	20	50	91	4	5	2
21	11.02	8	100	25	375	500	帯広	5	1000	30	20	50	89	2	4	2
22	10.64	8	100	25	375	500	帯広	5	1000	45	20	65	91	2	6	1
23	9.52	8	100	25	375	500	帯広	5	1000	60	20	80	92	4	4	2
24	10.60	8	100	35	365	500	帯広	5	1000	30	20	50	87	2	4	2
25	11.30	8	100	45	355	500	帯広	5	1000	30	20	50	87	1	5	1
26	14.50	13	100	12	388	500	帯広	5	1000	30	20	50	84	2	4	2
27	14.58	13	100	25	375	500	帯広	5	1000	0	20	20	59	1	6	2
28	14.22	13	100	25	375	500	帯広	5	1000	30	20	50	87	1	4	1
29	14.02	13	100	25	375	500	帯広	5	1000	45	20	65	91	3	5	2
30	14.54	13	100	25	375	500	帯広	5	1000	60	20	80	93	3	7	2
31	14.21	13	100	35	365	500	帯広	5	1000	30	20	50	88	2	3	1

炭材添加量(%)：鉱石重量に対する添加量

表-13-3 石炭の種類とペレット粒径・酸素ガス量及び保持時間の影響

鉍石：中央アフリカバクーマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉍含有量-残渣含有量 揮発率=( $\frac{\text{元鉍含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}$ ) × 100			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
32	14.45	13	100	45	355	500	帯広	5	1000	30	20	50	87	1	3	1
33	14.55	13	100	25	625	750	帯広	5	1000	30	20	50	92	2	5	2
34	16.07	16	100	12	388	500	帯広	2.5	1000	0	20	20	46	3	5	3
35	17.75	16	100	12	388	500	帯広	2.5	1000	30	20	50	85	1	3	2
36	16.01	16	100	12	638	750	帯広	2.5	1000	30	20	50	86	2	4	2
37	17.78	16	100	12	388	500	帯広	2.5	1000	45	20	65	90	2	4	2
38	17.09	16	100	12	388	500	帯広	2.5	1000	60	20	80	93	2	5	2
39	17.16	16	100	12	638	750	帯広	2.5	1000	60	20	80	91	2	5	2
40	16.82	16	100	25	375	500	帯広	5	1000	30	20	50	86	2	4	1
41	17.77	16	100	25	375	500	帯広	5	1000	45	20	65	90	2	4	2
42	18.15	16	100	25	375	500	帯広	5	1000	60	20	80	92	3	4	1
43	17.16	16	100	25	375	500	帯広	7.5	1000	30	20	50	74	1	4	2
44	16.94	16	100	35	365	500	帯広	7.5	1000	30	20	50	76	1	4	1
45	16.80	16	100	25	375	500	帯広	7.5	1000	45	20	65	81	1	3	1
46	16.24	16	100	35	365	500	帯広	7.5	1000	45	20	65	84	2	5	1
47	16.16	16	100	35	365	500	帯広	7.5	1000	60	20	80	87	2	4	2

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-13-4 石炭の種類とペレット粒径・酸素ガス量及び保持時間の影響

鉱石：中央アフリカバクーマ鉱石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件												元鉱含有量-残渣含有量 揮発率= $(\frac{\text{元鉱含有量}-\text{残渣含有量}}{\text{元鉱含有量}}) \times 100$			
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種 類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
48	15.68	16	100	45	355	500	帯広	7.5	1000	30	20	50	81	1	4	1
49	15.64	16	100	45	355	500	帯広	7.5	1000	60	20	80	90	1	4	1
50	15.89	16	100	45	355	500	コールバレー	5	1000	30	20	50	78	1	5	2
51	15.82	16	100	45	355	500	コールバレー	5	1000	60	20	80	86	2	6	2
52	50.96	16	100	45	355	500	幌内	5	1000	30	20	50	77	1	3	2
53	16.18	16	100	45	355	500	幌内	5	1000	60	20	80	86	1	5	2
54	15.53	16	100	25	375	500	ベルガ	5	1000	30	20	50	83	1	2	1
55	15.64	16	100	25	375	500	ベルガ	5	1000	60	20	80	89	2	3	1
56	16.10	16	100	12	388	500	ベルガ	2.5	1000	30	20	50	85	2	2	1
57	15.58	16	100	12	388	500	ベルガ	2.5	1000	60	20	80	92	2	4	1
58	16.02	16	100	12	388	500	コールバレー	2.5	1000	30	20	50	69	1	2	1
59	15.62	16	100	12	388	500	コールバレー	2.5	1000	60	20	80	83	2	5	1

炭材添加量(%)：鉱石重量に対する添加量

表-13-5 石炭の種類とペレット粒径・酸素ガス量及び保持時間の影響

鉍石：中央アフリカバクターマ鉍石 (PNC94+153)

No.	反 応 条 件											元鉍含有量-残渣含有量 揮発率=( $\frac{\text{残渣含有量}}{\text{元鉍含有量}}$ ) × 100				
	試 料		ガ ス 量				添 加 物		揮 発 条 件				U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)
	量 (g)	粒 径 (m/m)	Cl <sub>2</sub> (ml/分)	O <sub>2</sub> (ml/分)	N <sub>2</sub> (ml/分)	合計 (ml/分)	種 類	添加量 (%)	保持温度 (℃)	保持時間 (分)	昇温時間 (分)	反応時間 (分)				
60	14.06	13	100	12	388	500	ベルガ	5	1000	30	20	50	77	1	6	2
61	13.87	13	100	25	375	500	ベルガ	5	1000	30	20	50	86	1	1	1
62	14.00	13	100	25	375	500	ベルガ	5	1000	60	20	80	91	2	3	1
63	28.71	13	100	25	375	500	帯広	5	1000	30	20	50	82	1	3	2
64	27.79	13	100	25	375	500	帯広	5	1000	60	20	80	91	1	3	1
65	27.65	13	100	25	375	500	活性炭	5	1000	30	20	50	70	1	4	3
66	28.92	13	100	25	375	500	活性炭	5	1000	60	20	80	83	1	5	3

炭材添加量(%)：鉍石重量に対する添加量

表-14 - 1 石炭の工業分析表 (石炭の一般性状)

炭種 \ 項目	水分 (%)	灰分 (%)	揮発分 (%)	固定炭素 (%)	発熱量 (Kcal/kg)	着火温度 (℃)
無煙炭	1~5	2~20	5~15	50~60	7,000~7,500	440~500
れき青炭	1~5	4~20	25~45	40~50	6,000~7,000	325~400
かつ炭	4~15	10~25	30~45	30~40	5,000~6,000	250~450
炭質亜炭	10~25	15~30	40~45	20~30	3,500~4,500	—
水質亜炭	10~25	3~10	45~55	20~30	4,000~5,000	

(省エネルギー手帳抜粋)

表-14 - 2 石炭の工業分析表 (供試石炭)

名称 \ 項目	水分 (%)	灰分 (%)	揮発分 (%)	固定炭素 (%)	発熱量 (Kcal/kg)	炭種	ボタン指数	
北鮮無煙	北鮮	3.6	12.2	3.2	81.0	6,560	無煙炭	0
太平洋	日	6.1	8.9	45.5	39.5	6,670	れき青炭	0
幌内	日	3.2	18.9	38.8	39.1	6,360	れき青炭	2
コールバレー	加	8.0	9.9	32.5	49.6	6,200	れき青炭	0
ベルガ	米	18.9	11.7	42.0	27.4	4,710	かつ炭 (亜炭)	0
帯広	日	10.7	12.9	50.1	26.3	4,590	かつ炭 (亜炭)	—

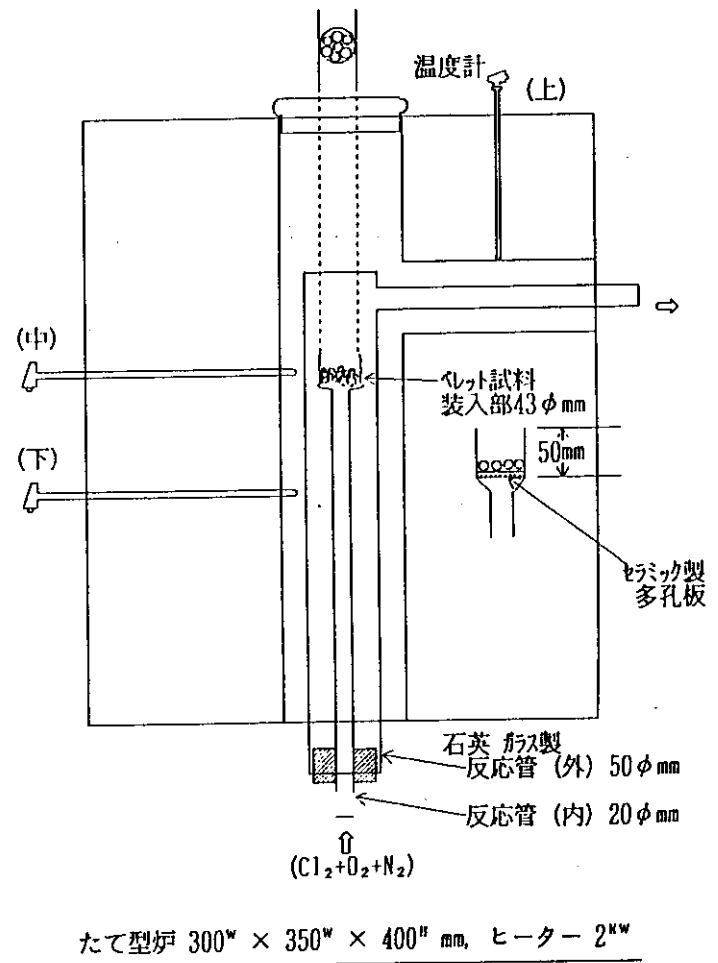
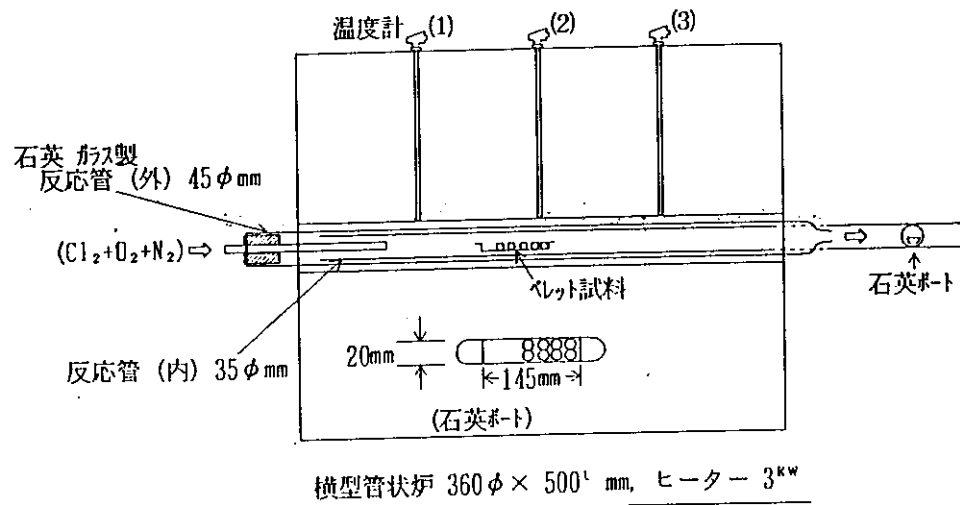
((財) 石炭技術研究所 分析値)

表-15 揮発残渣の物性調査

(炭材: 5%, 保持温度 1,000℃)

石炭 名柄	反 応 条 件				物 性					U <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 揮発率 (%)
	試料 (g)	φ (m/m)	O <sub>2</sub> (ml/分)	反応時間 (分)	見掛比重	気孔率 (%)		圧がい強度 (kg)		
(活性炭)	13.75	13	35	50	1.34	52.7	(平均) 53.0	58	(平均) 49	87
					1.32	53.4		40		
ベルガ	13.87	13	25	50	1.51	46.6	47.2	100	95	86
					1.48	47.7		90		
ベルガ	14.00	13	25	80	1.46	48.4	49.0	78	81	91
					1.43	49.5		84		
ベルガ	15.53	16	25	50	1.48	47.7	48.0	74	89	83
					1.46	48.4		104		
ベルガ	15.64	16	25	80	1.49	47.3	45.2	120	114	89
					1.50	43.0		108		
コールバレー	14.73	13	35	50	1.48	47.7	48.0	96	96	85
					1.46	48.4		95		
太平洋	15.21	13	35	50	1.50	43.0	44.8	110	110	86
					1.50	46.6		110		
帯 広	13.95	13	35	50	1.47	48.1	47.7	96	143	86
					1.49	47.3		190		





[ 温度パターン ]

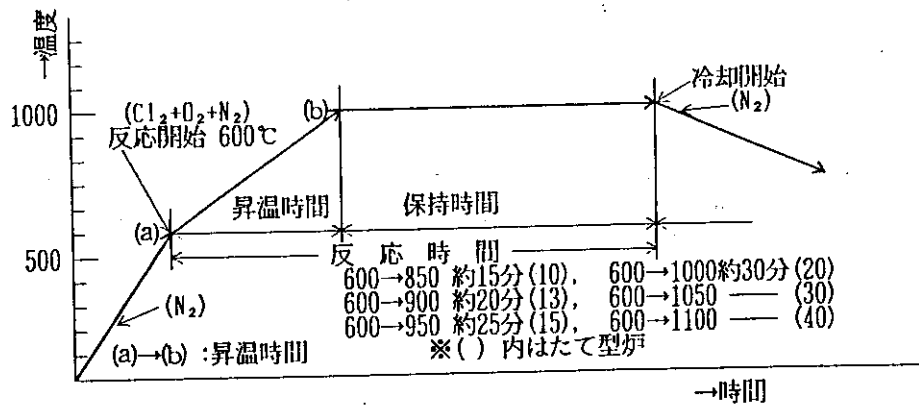


図-1 反応装置及び温度パターン

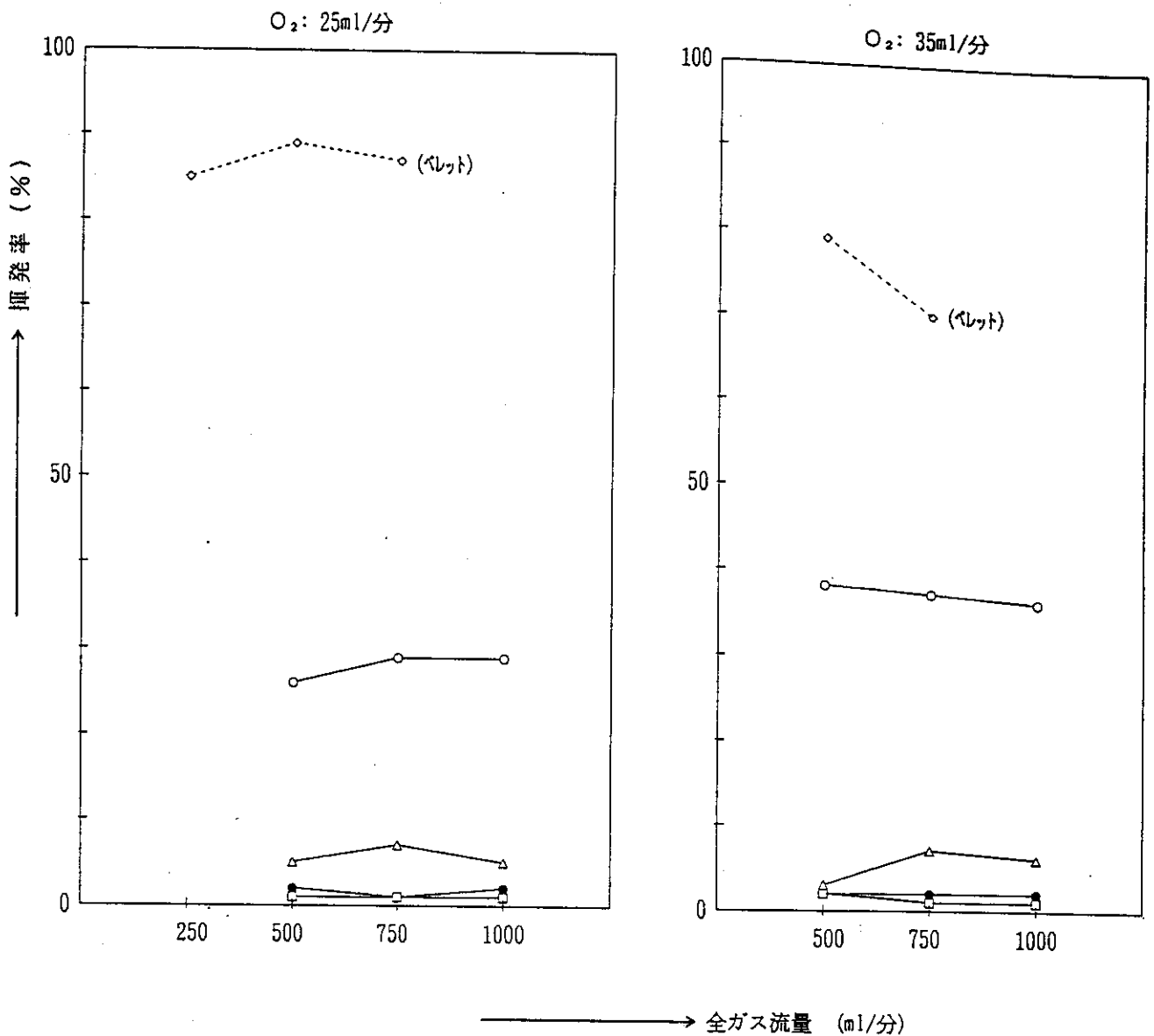


図-2 塩素ガス量一定で窒素ガス及び酸素ガス流量の影響

ペレット量 : 10~11g  
 保持温度 : 1000℃  
 反応時間 : 60分

活性炭添加量 : 5% (対鉍石重量)  
 塩素ガス流量 : 100ml/分

参考○印 : たて型炉  $\left\{ \begin{array}{l} \text{O}_2: 25\text{ml/分, サンプル } 10\text{g, 反応時間 } 50\text{分} \\ \text{O}_2: 35\text{ml/分, サンプル } 20\text{g, 反応時間 } 50\text{分} \end{array} \right.$

◇ : U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (ペレット)    ○ : U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>    △ : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>    ● : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>    □ : SiO<sub>2</sub>

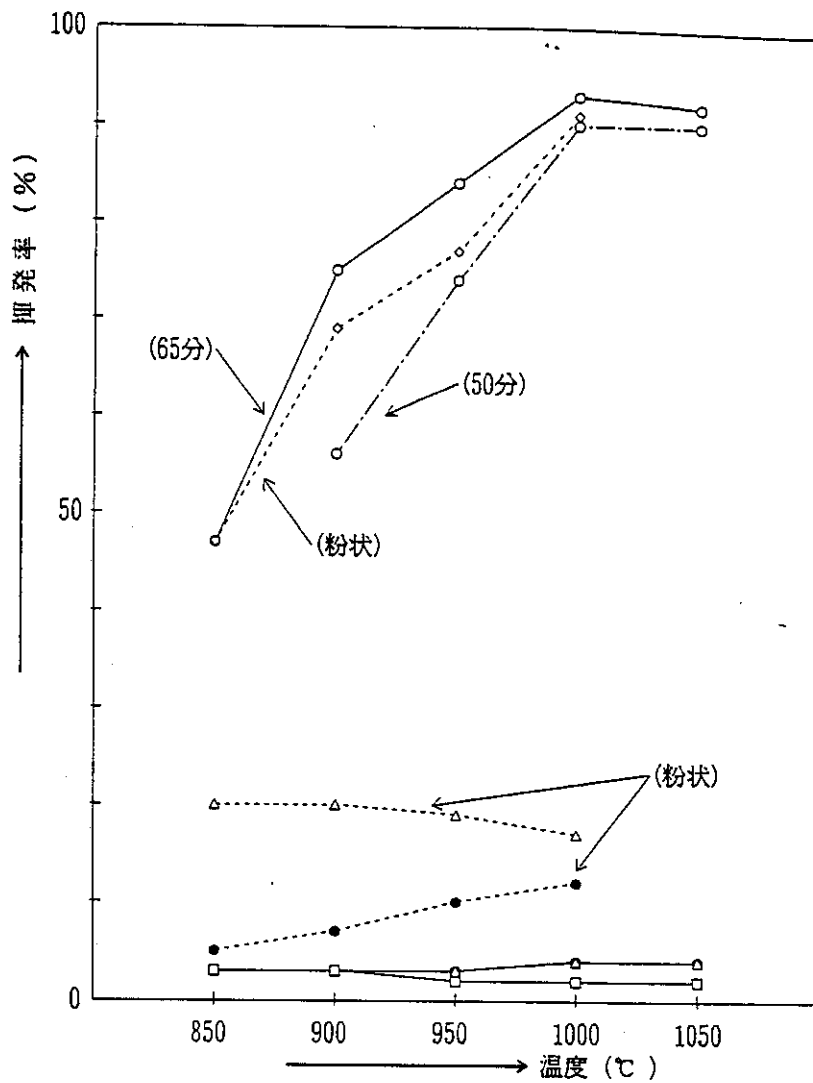


図-3 全ガス量一定で保持温度の影響

ペレット量 : 11~12g  
 反応時間 : 50分, 65分  
 活性炭添加量 : 5% (対鉍石重量)

塩素ガス流量 : 100ml/分  
 酸素ガス流量 : 25ml/分  
 窒素ガス流量 : 375ml/分

参考◇印: 横型管状炉 (粉状10g, 反応時間 40分)

◇: U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (粉状)    ○: U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>    △: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>    ●: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>    □: SiO<sub>2</sub>

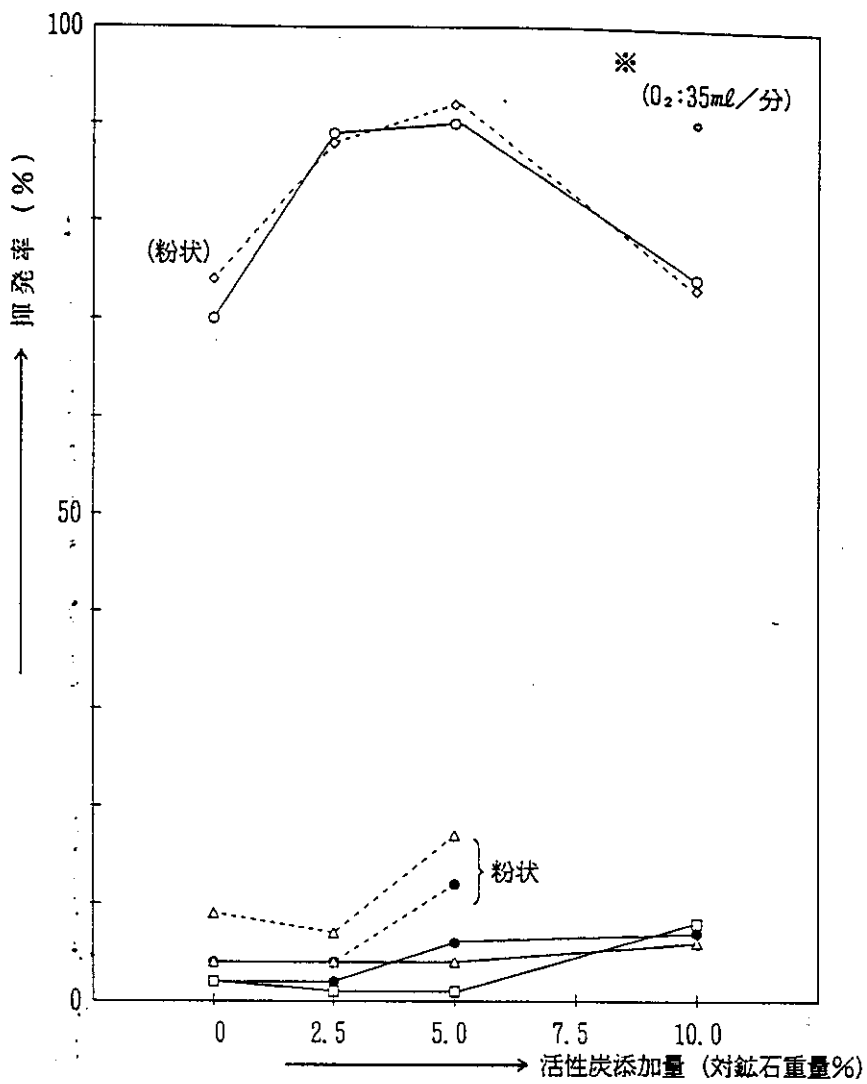


図-4-1 全ガス量, 反応時間一定で活性炭添加量の影響

ペレット量 : 11~12g  
 保持温度 : 1000℃  
 反応時間 : 50分  
 塩素ガス流量 : 100ml/分  
 酸素ガス流量 : 25ml/分  
 窒素ガス流量 : 375ml/分

参考◇印 : 横型管状炉 (粉状10g, 反応時間 40分)

◇ : U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (粉状)    ○ : U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>    △ : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>    ● : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>    □ : SiO<sub>2</sub>

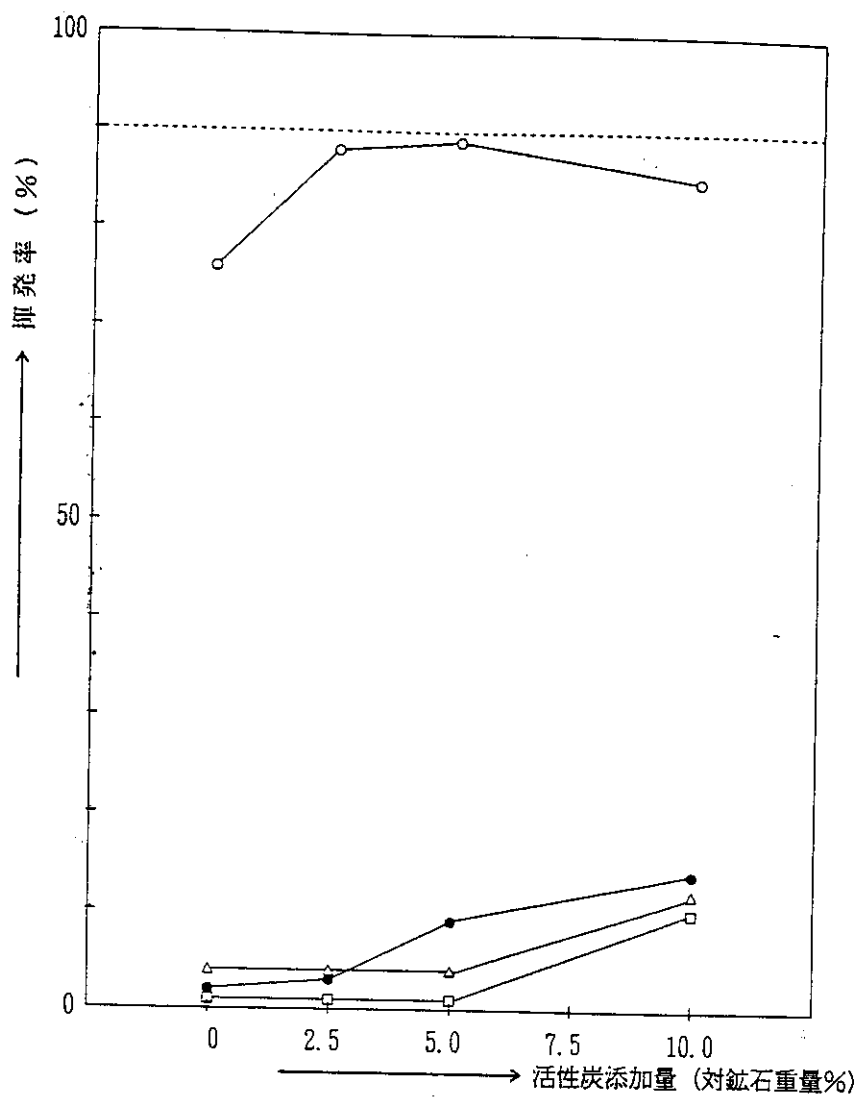


図-4-2 全ガス量, 反応時間一定で活性炭添加量の影響 (保持温度1100℃)

ペレット量 : 20~22g  
 塩素ガス流量 : 100ml/分  
 窒素ガス流量 : 375ml/分

保持温度 : 1100℃  
 酸素ガス流量 : 25ml/分

○ : U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>    △ : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>    ● : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>    □ : SiO<sub>2</sub>

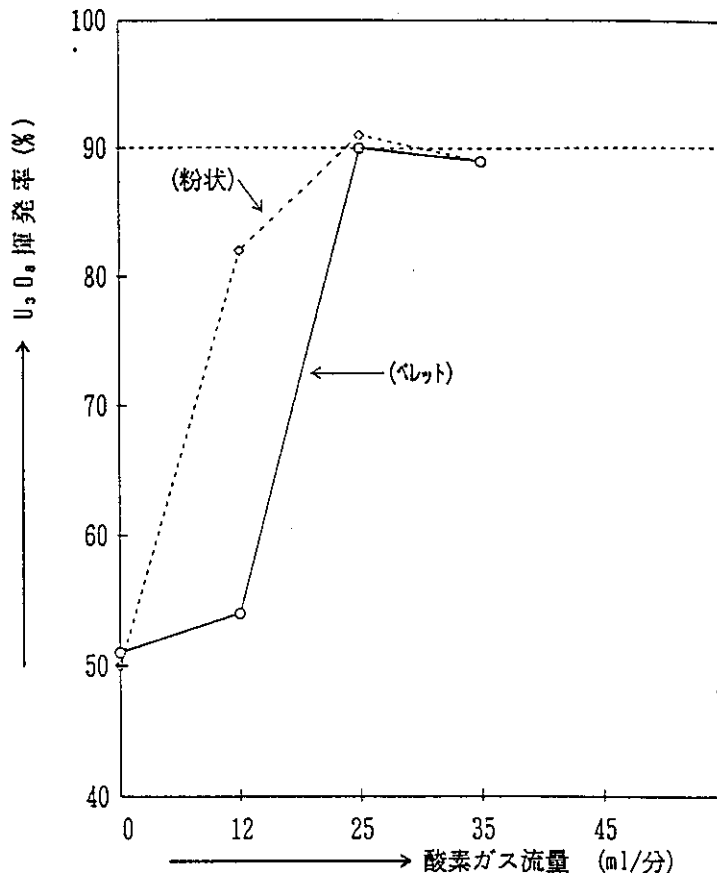
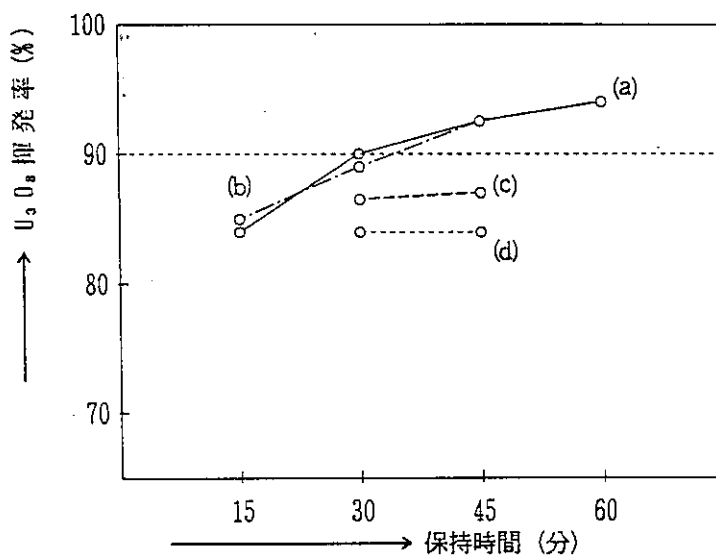


図-5-1 酸素ガス流量の影響 (C = 5%)



活性炭添加量と酸素ガス流量

- (a) : 5% O<sub>2</sub>= 25ml/分,
- (b) : 2.5% O<sub>2</sub>= 25ml/分,
- (c) : 1% O<sub>2</sub>= 12ml/分,
- (d) : 0.5% O<sub>2</sub>= 12ml/分,

図-5-2 活性炭添加量と保持時間の影響

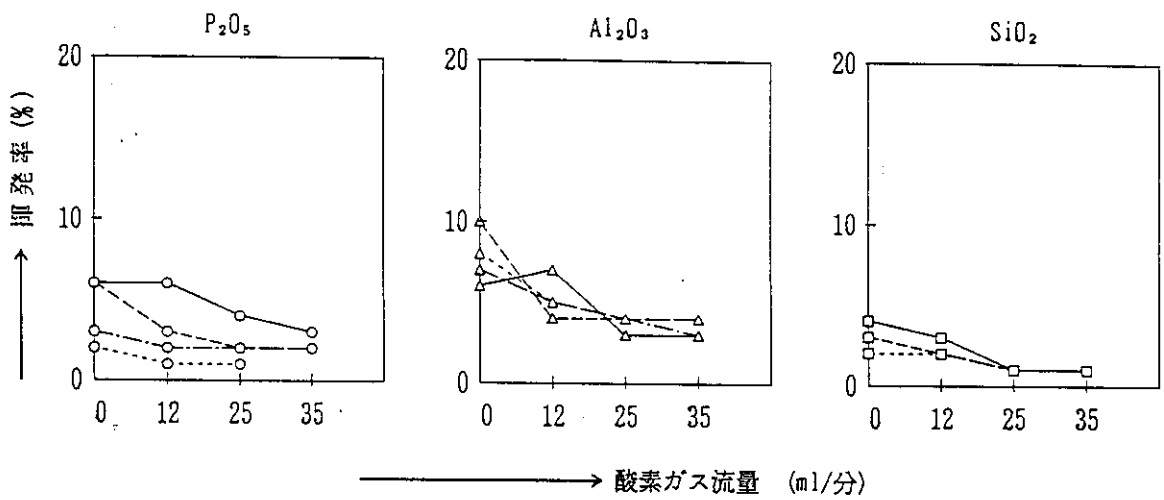
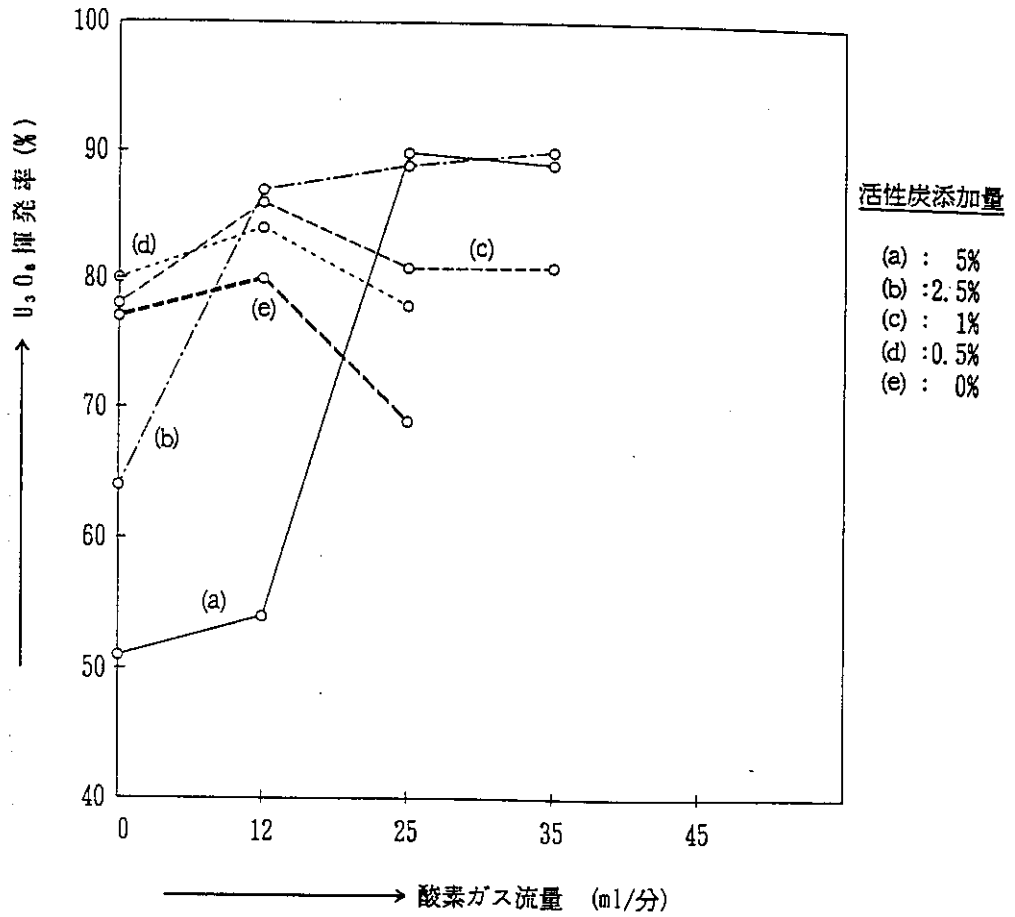


図-5-3 活性炭添加量と酸素ガス流量の影響 (ペレット)

ペレット量: 11~12g      酸素ガス流量: 100 ml/分  
 保持温度: 1000℃      全ガス量: 500 ml/分  
 反応時間: 50分

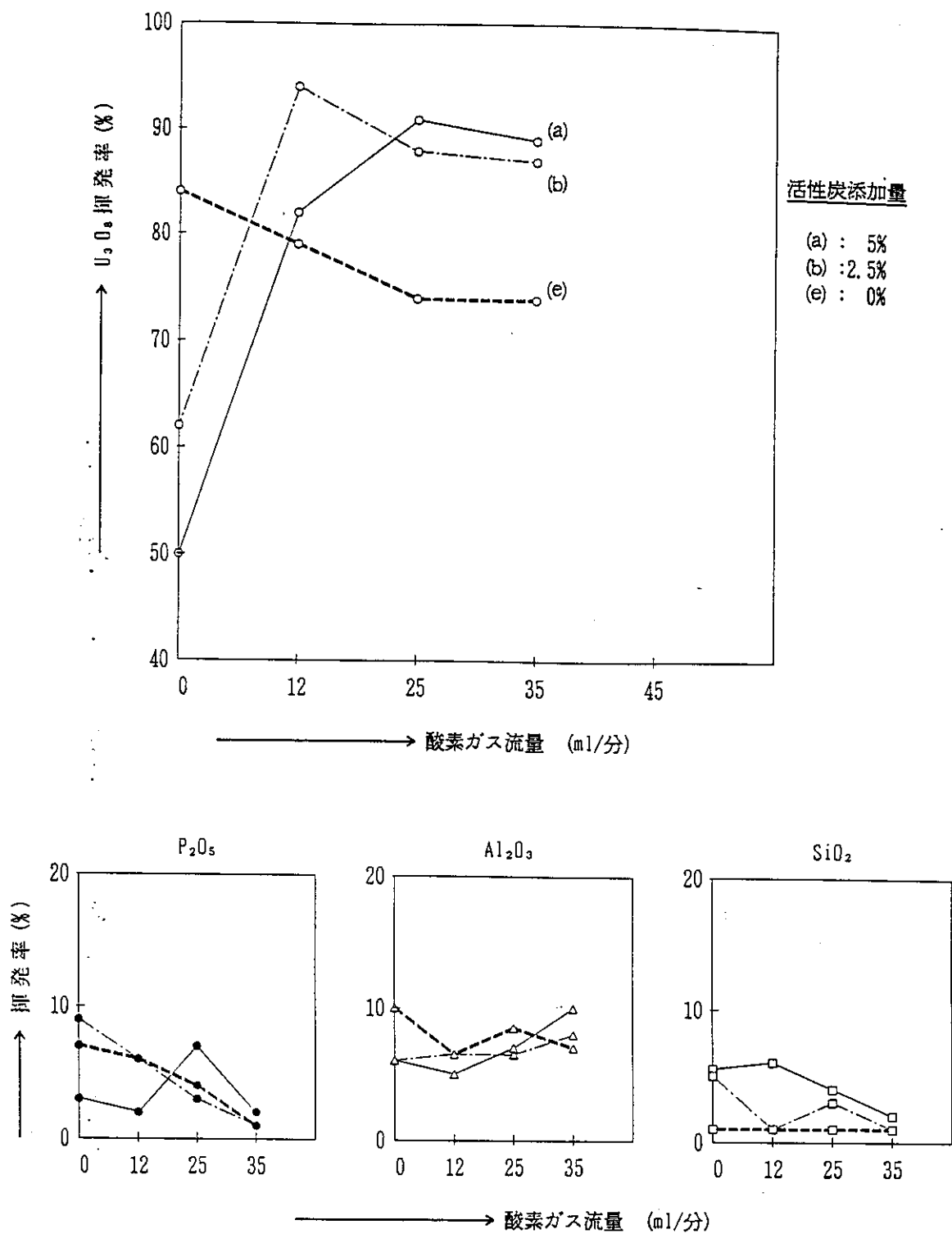


図-5-4 活性炭添加量と酸素ガス流量の影響 (粉状)

横型管状炉, 粉状10g, 反応時間: 40分



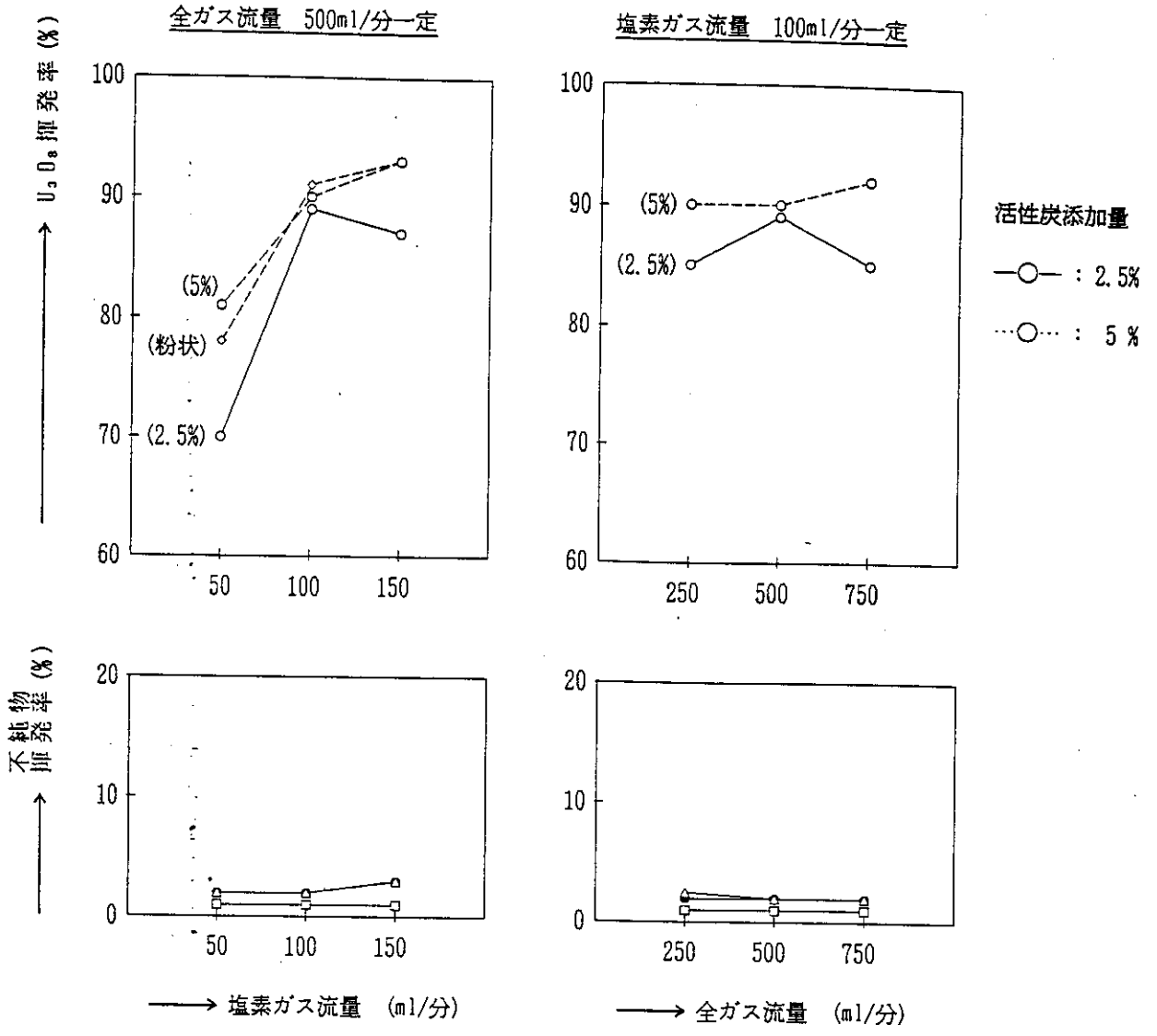


図-6 塩素ガス・チッソガス流量の影響

ペレット量 : 11~12g      活性炭添加量 : 2.5%, 5% (対鉍石重量)  
 保持温度 : 1000℃      酸素ガス流量 : 25ml/分  
 反応時間 : 50分

参考◇印 : 横型管状炉 (粉状10g, 活性炭 5%, 反応時間 40分)

◇ : U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (粉状)    ○ : U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>    △ : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>    ● : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>    □ : SiO<sub>2</sub>

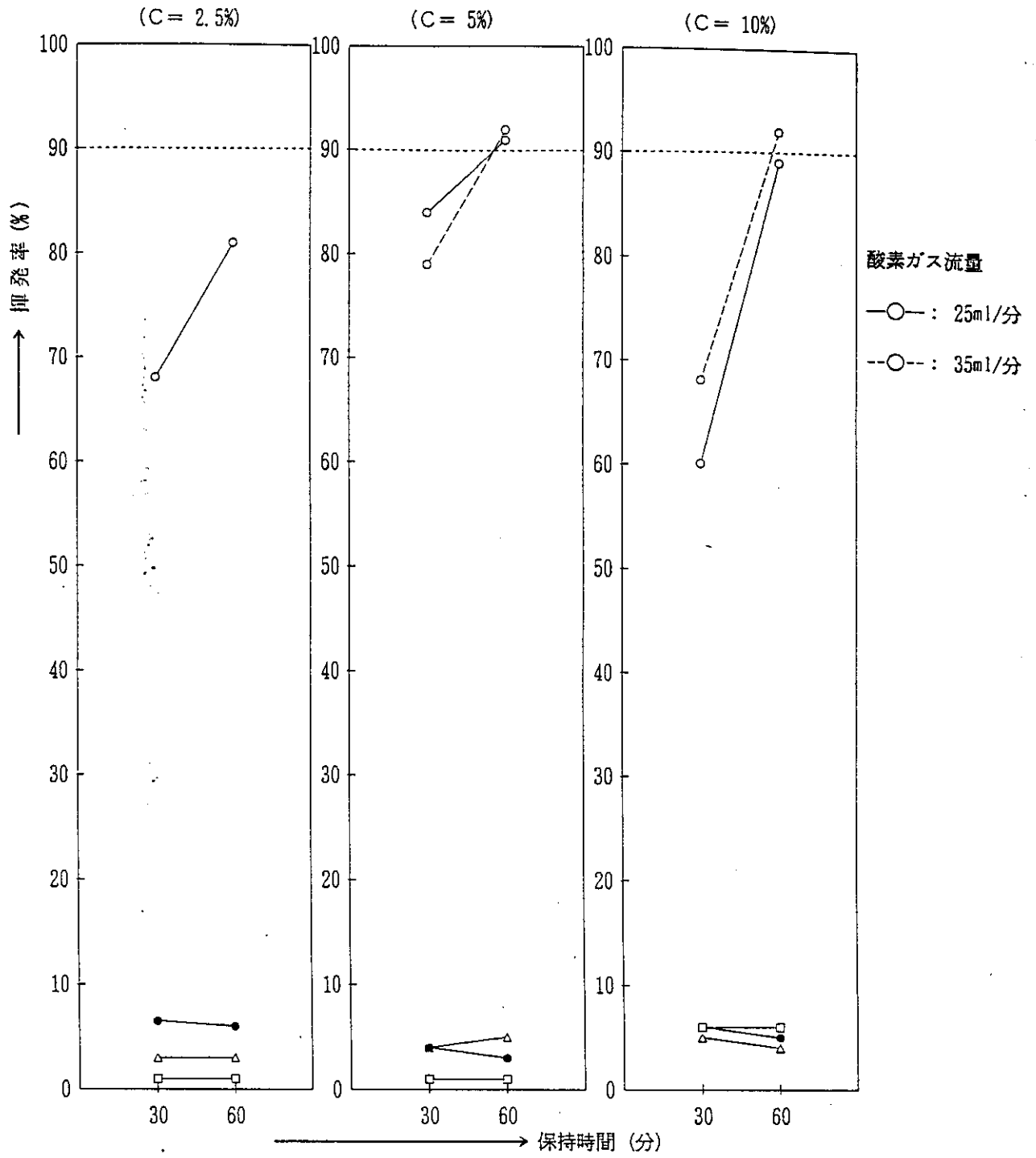


図-7 ペレット量20g 供試した場合の保持時間の影響

ペレット量 : 20~21g  
 保持温度 : 1000℃  
 活性炭添加量 : 2.5%, 5%, 10%  
 塩素ガス流量 : 100ml/分  
 窒素ガス流量 : 375ml/分  
 酸素ガス流量 : 25ml/分, 35ml/分

○ :  $U_3O_8$     △ :  $Al_2O_3$     ● :  $P_2O_5$     □ :  $SiO_2$

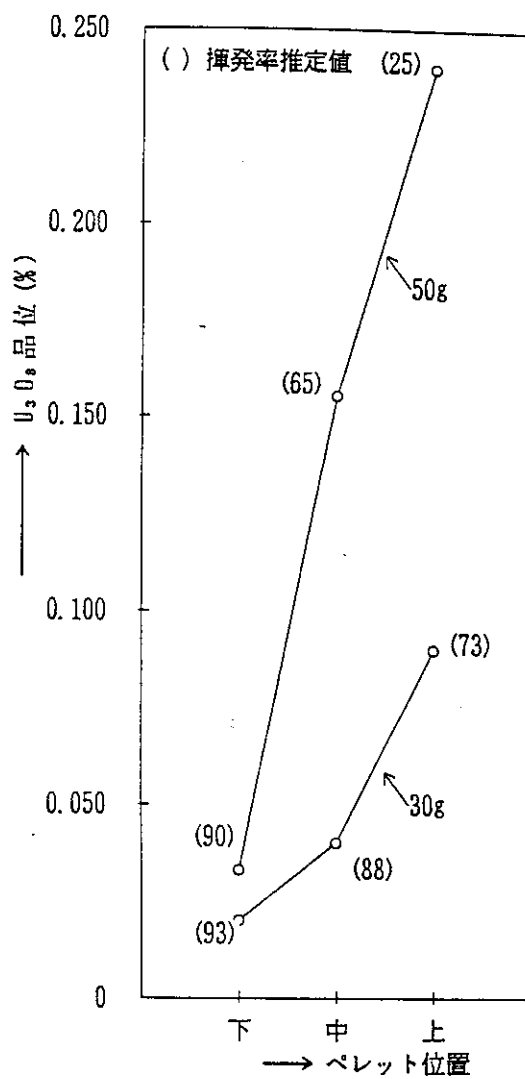
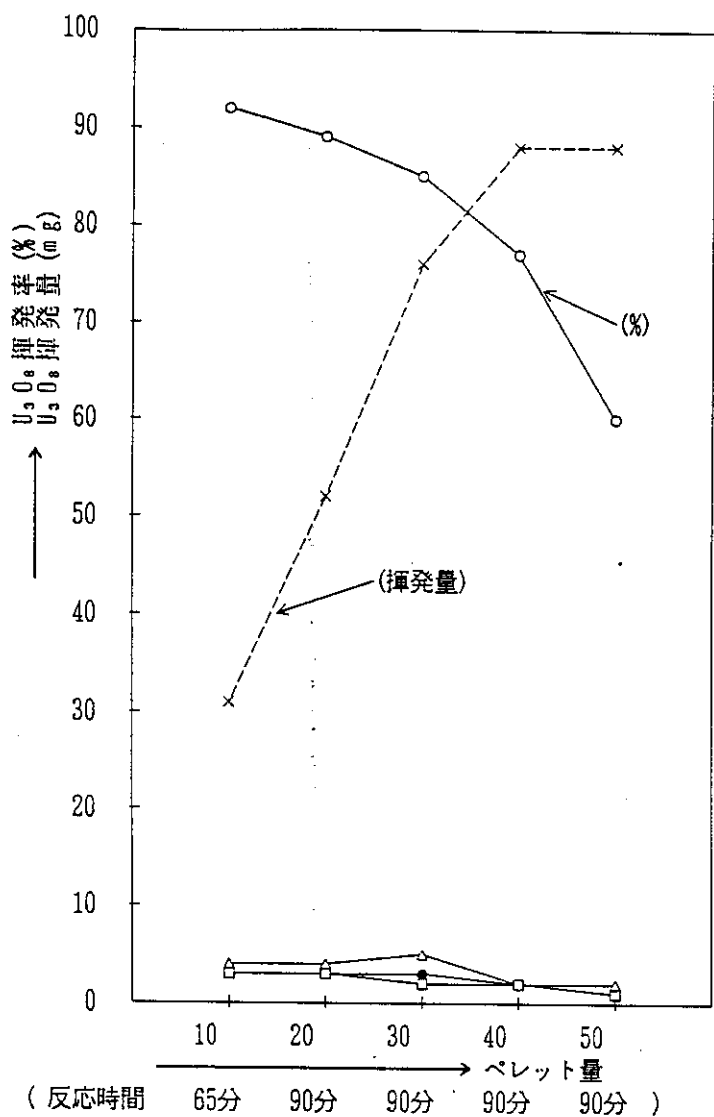
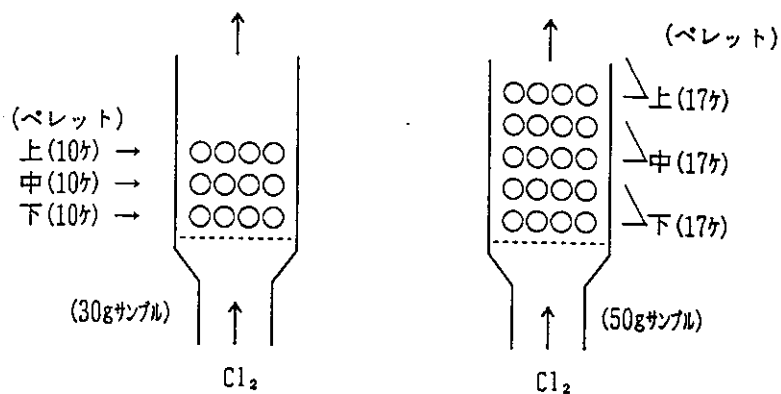
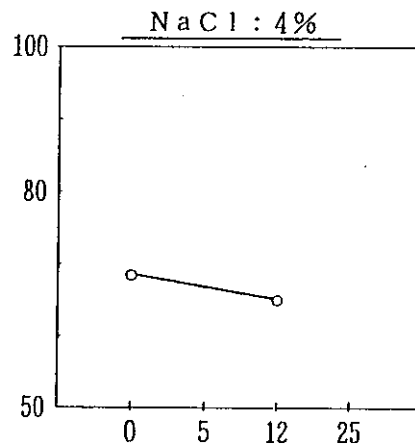
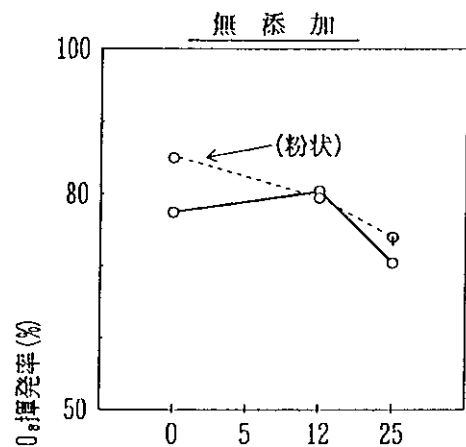


図-8 保持温度1050℃でペレット量を増加した場合

ペレット量 : 10~50g  
 保持温度 : 1050℃  
 活性炭添加量 : 5%(対鉍石重量)

塩素ガス流量 : 100ml/分  
 窒素ガス流量 : 375ml/分  
 酸素ガス流量 : 25ml/分

○ : U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>    △ : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>    ● : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>    □ : SiO<sub>2</sub>



反応条件

- ペレット粒径 = 10φm/m
- 保持温度 = 1000℃
- 保持時間 = 30分
- 塩素ガス流量 = 100ml/分
- 全ガス流量 = 500ml/分

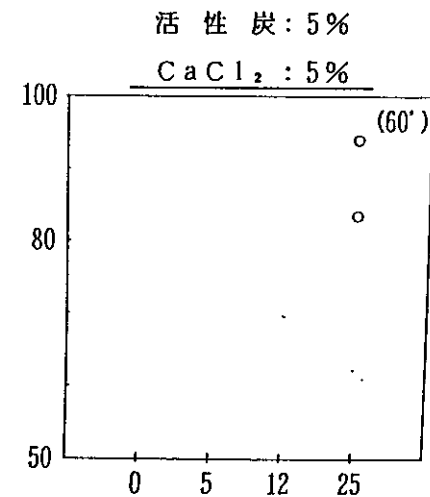
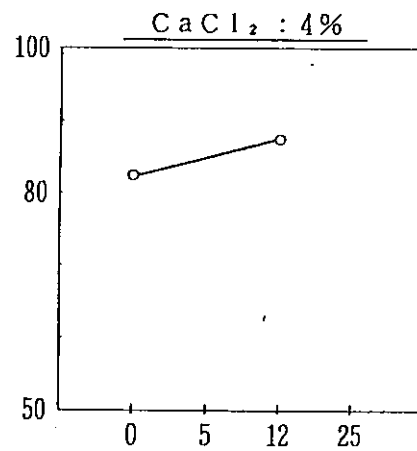
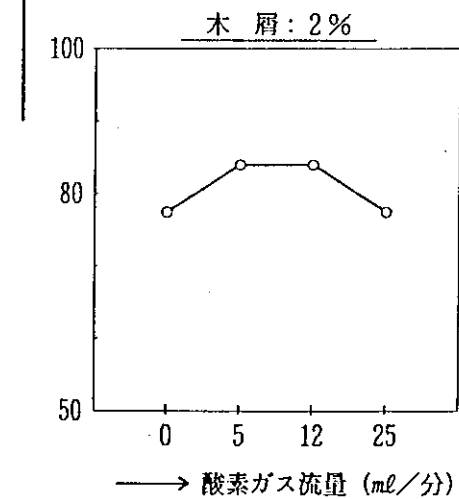
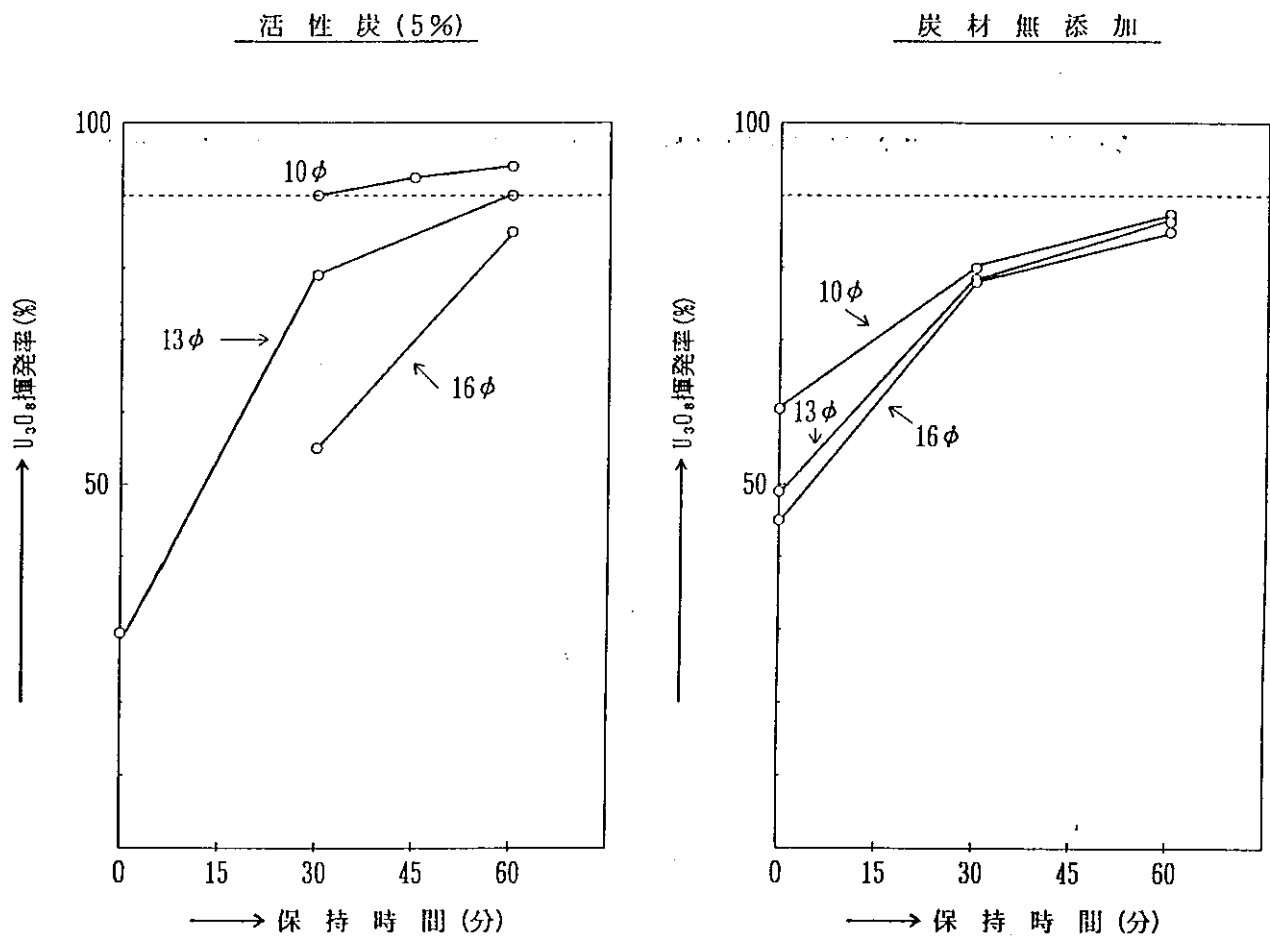


図-9 異種添加物の影響

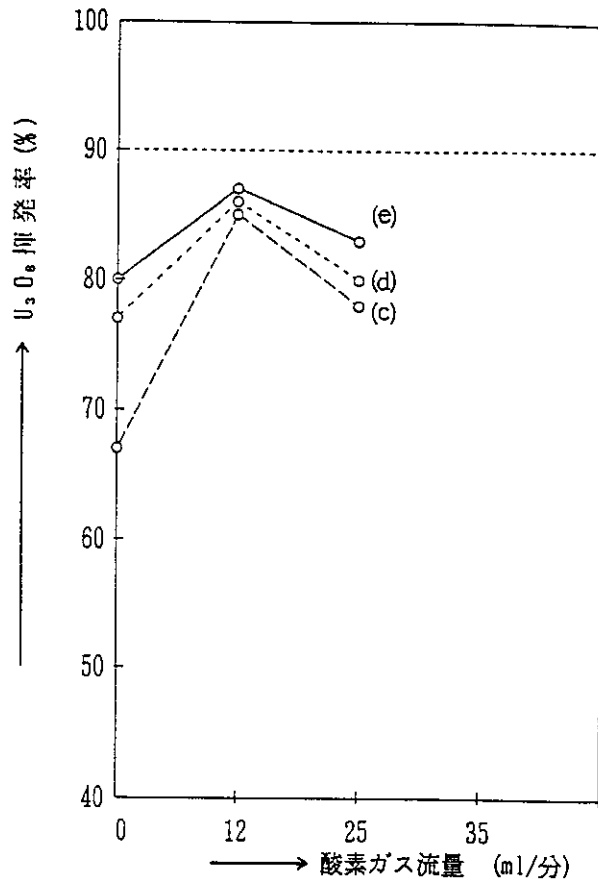


反応条件

	活性炭	無添加
炭材添加量	5%	0
保持温度	1000℃	1000℃
塩素ガス	100ml/分	100ml/分
酸素ガス	25ml/分	0 ml/分
全ガス量	500ml/分	500ml/分
600℃~1000℃ 昇温時間	20分	20分

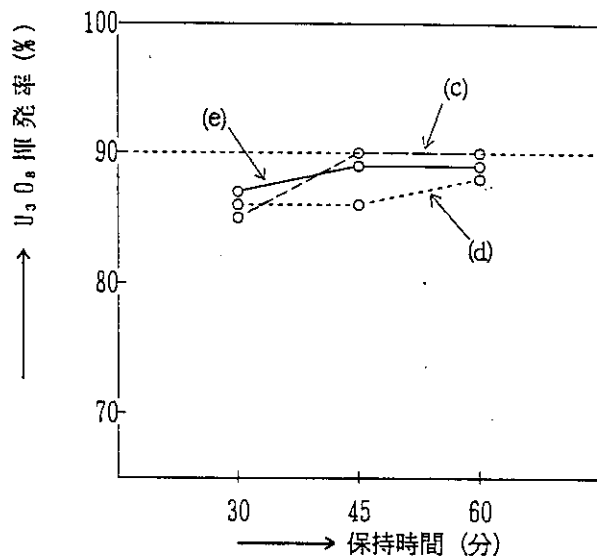
図-10 ペレット粒径の影響

(石炭 : 2%)



石炭の銘柄

- (c) : コールバレー炭
- (d) : ベルガ炭
- (e) : 帯広炭



- (c) : O<sub>2</sub> = 12ml/分
- (d) : O<sub>2</sub> = 12ml/分
- (e) : O<sub>2</sub> = 12ml/分

図-11-1 石炭の種類と酸素ガス流量・保持時間の影響 (2%添加)

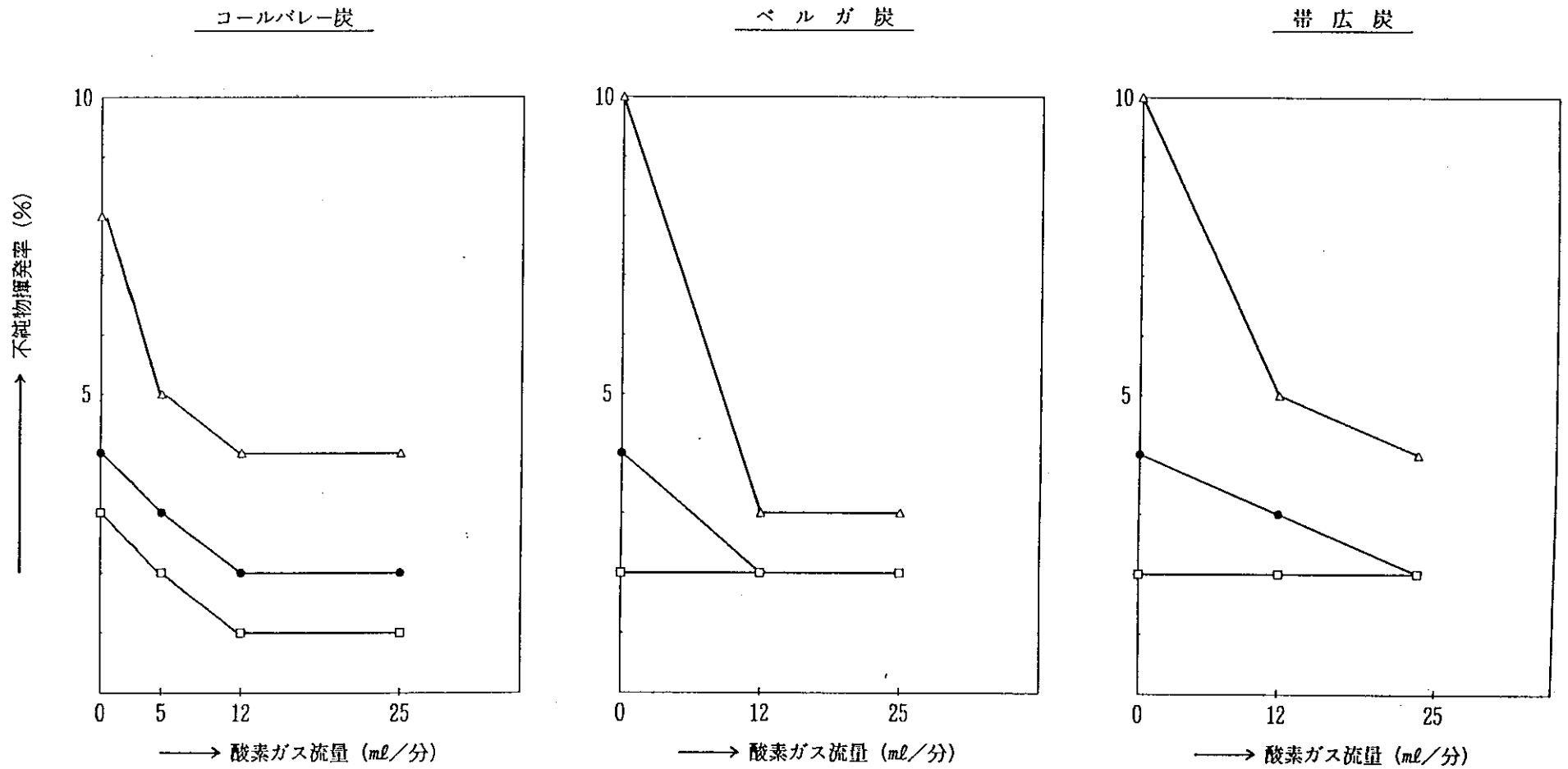


図-11-2 石炭の種類と酸素ガス流量の影響

$\Delta$  :  $Al_2O_3$     $\bullet$  :  $P_2O_5$     $\square$  :  $SiO_2$

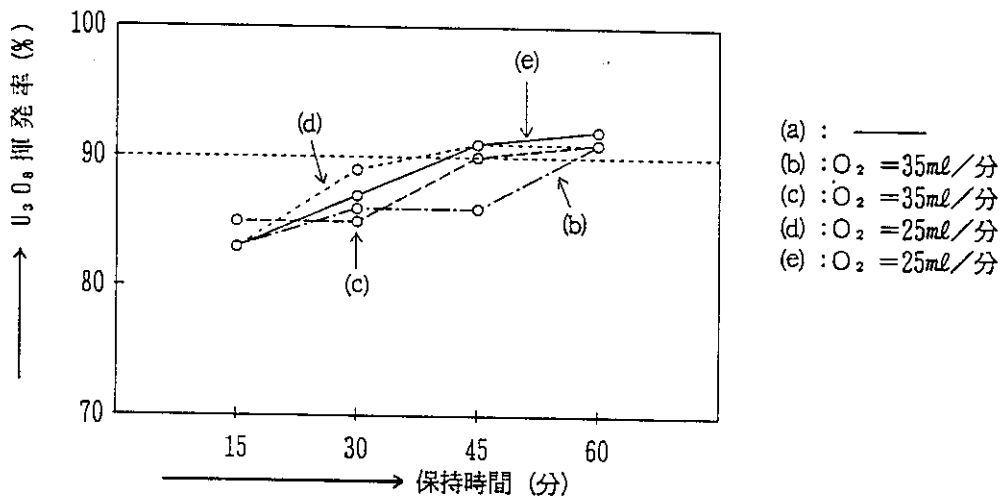
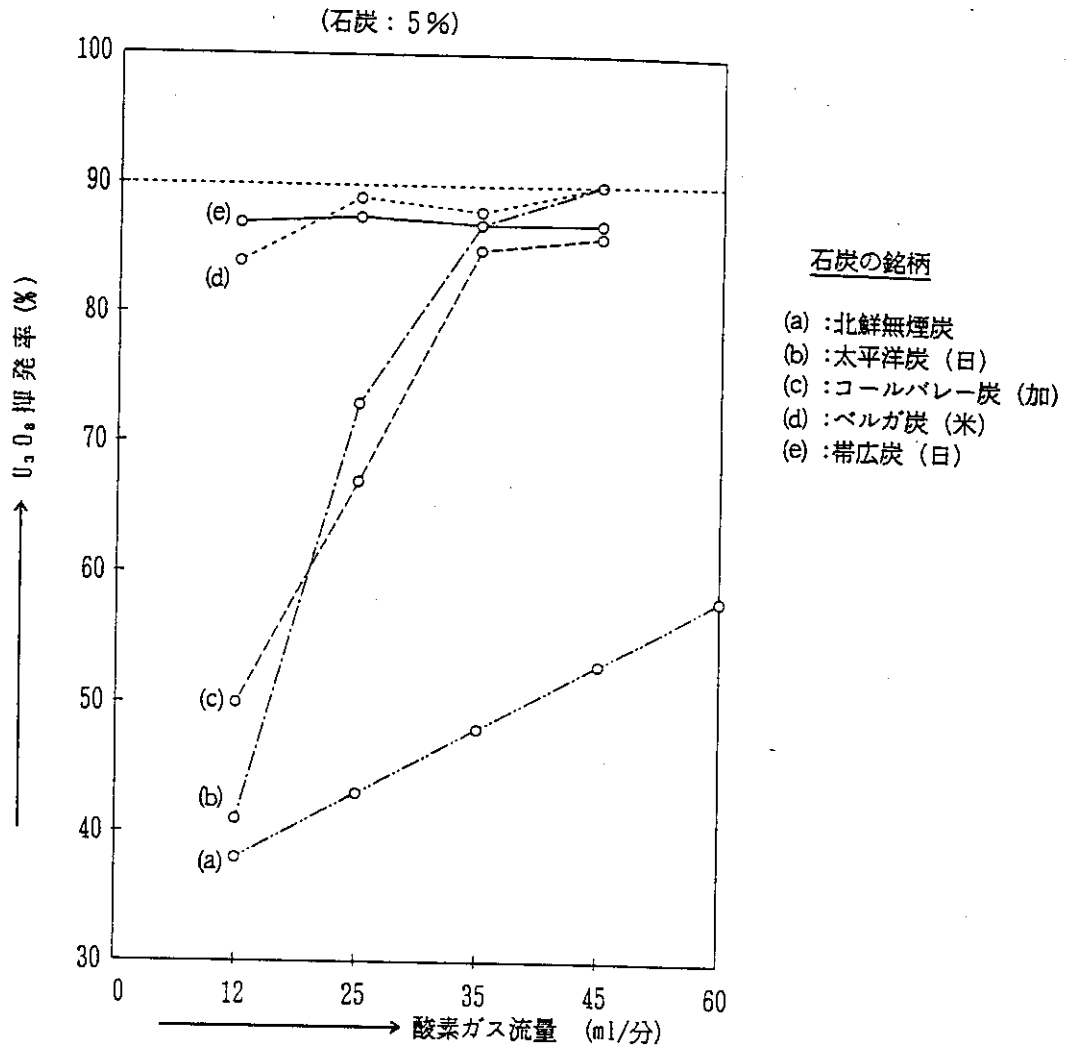
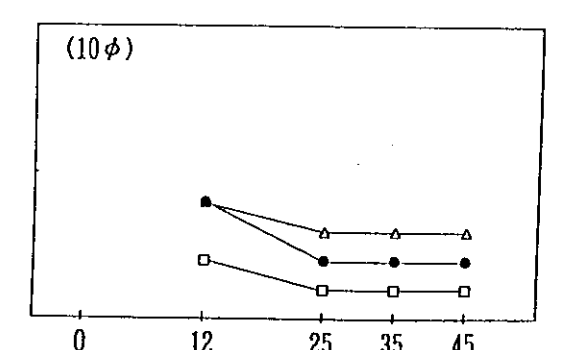
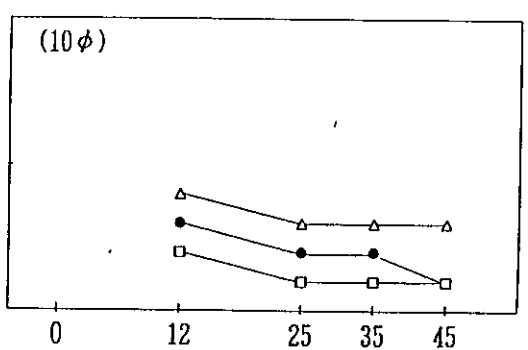
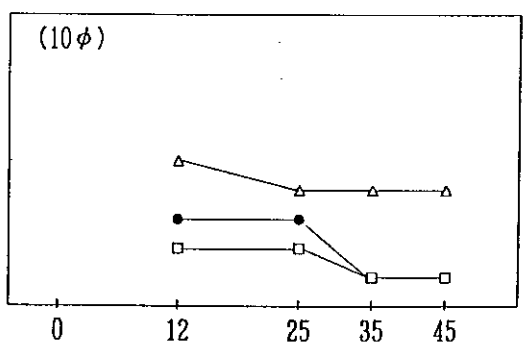
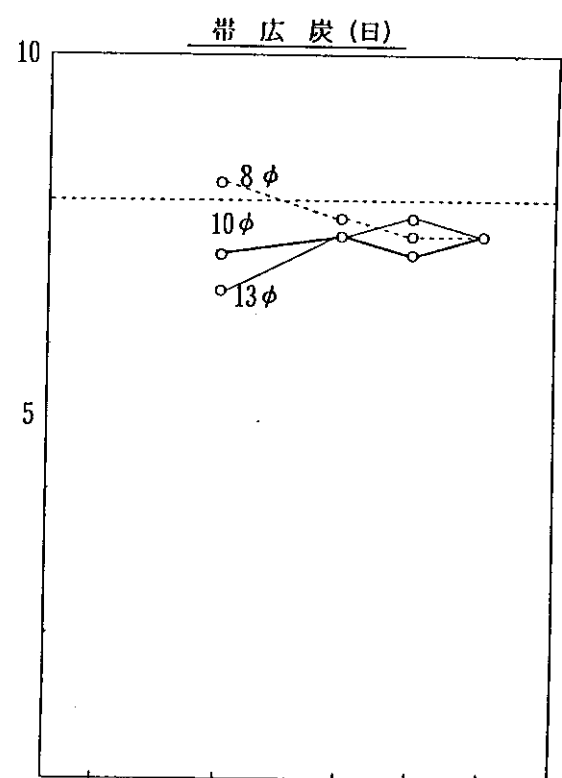
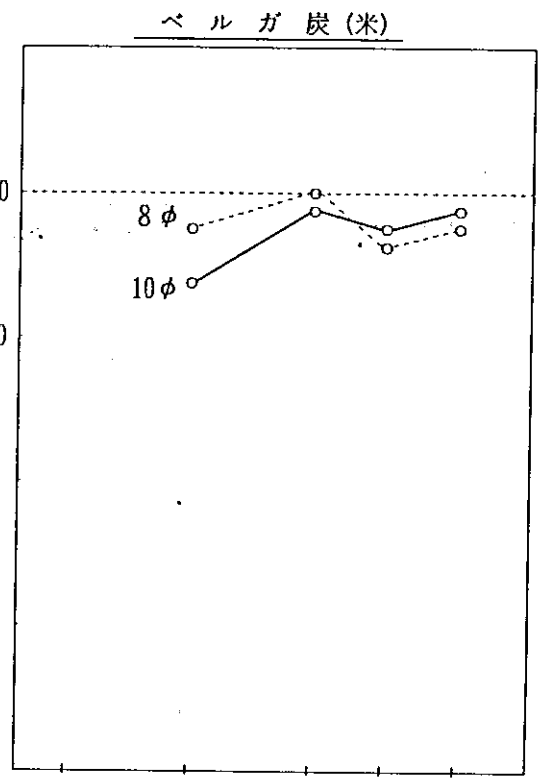
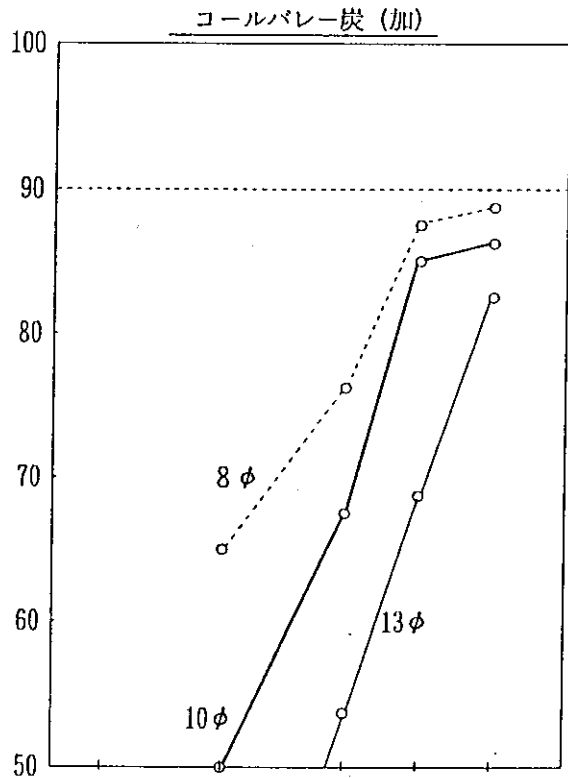
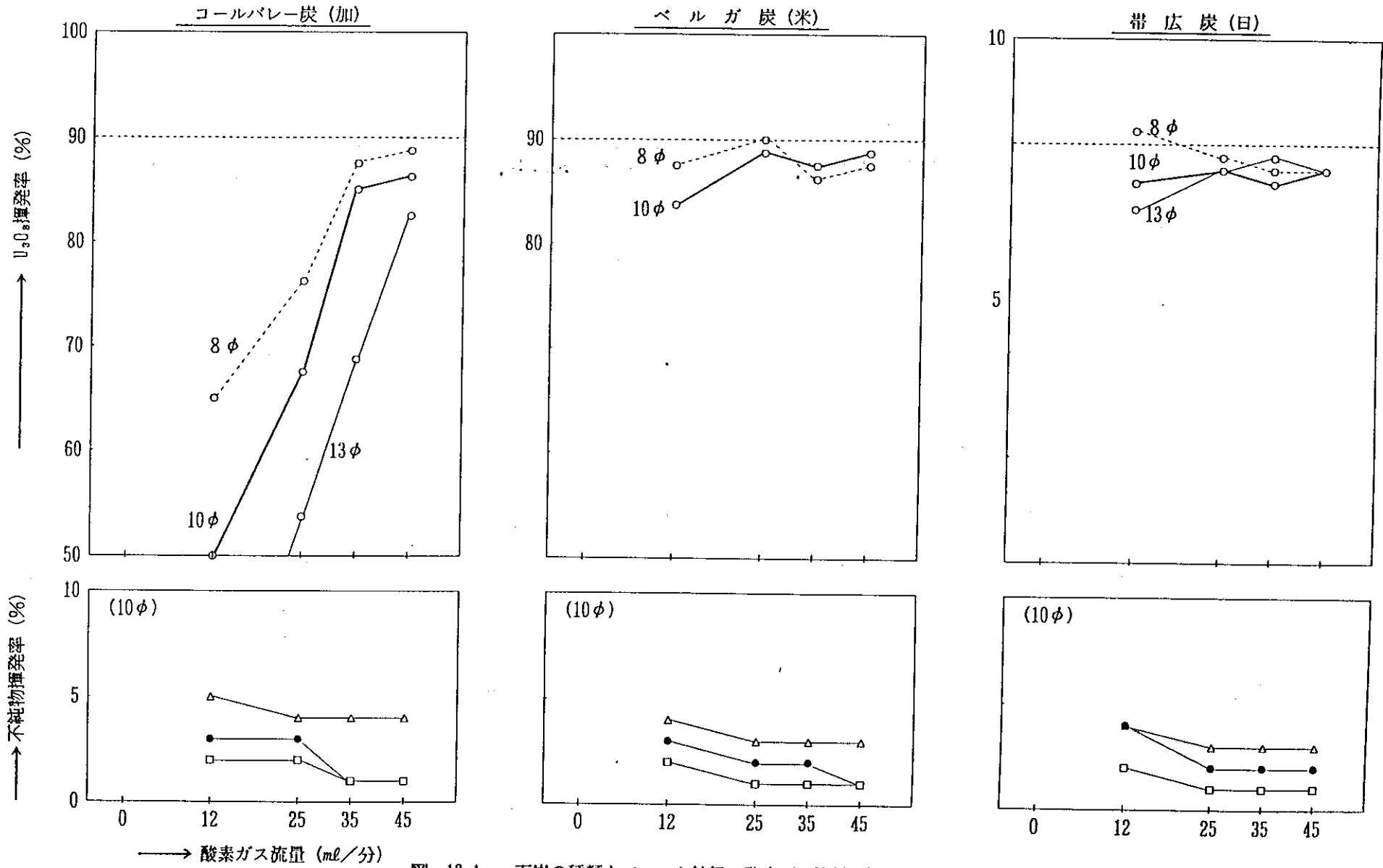


図-12 石炭の種類と酸素ガス流量・保持時間の影響 (5%添加)





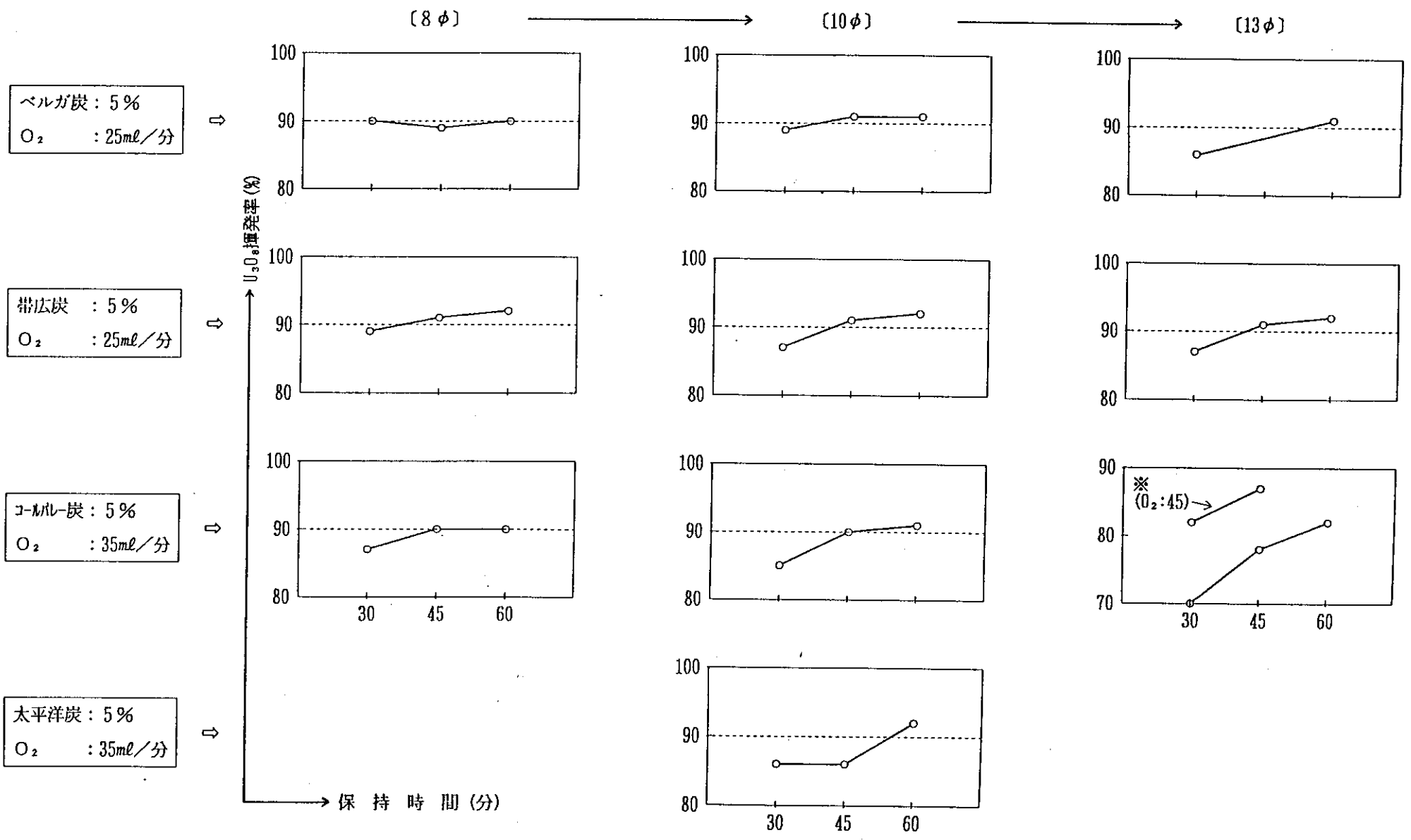


図-13-2 石炭の種類とペレット粒径・保持時間の影響

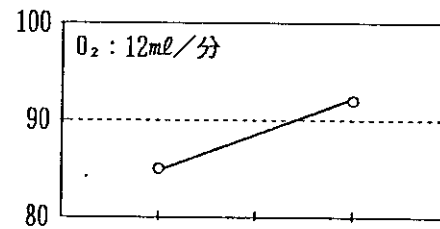
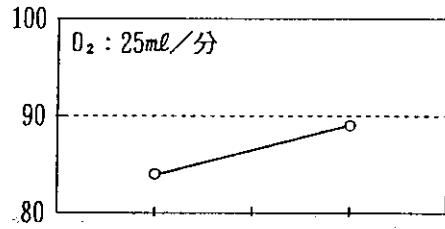
[16φ]

(石炭: 5%)

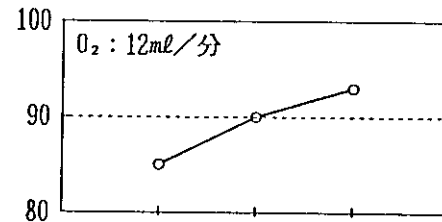
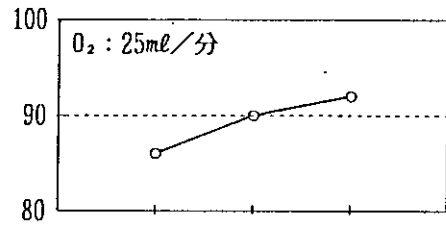
(石炭: 2.5%)

(石炭: 7.5%)

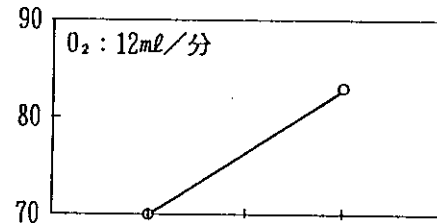
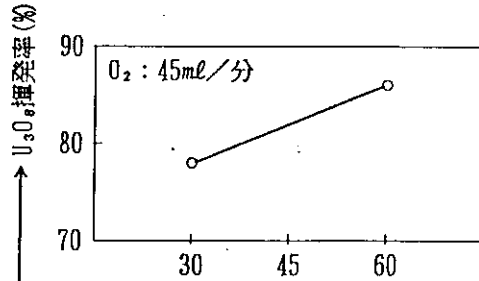
ベルガ炭



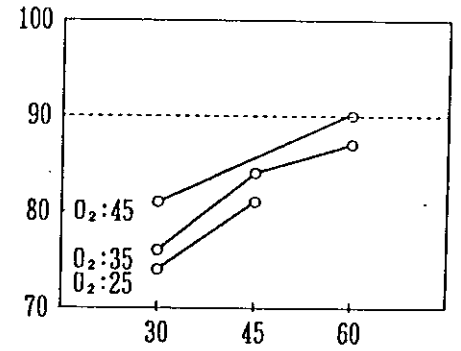
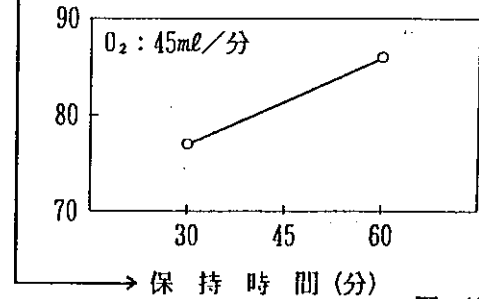
帯広炭



コールバレー炭



幌内炭



63

図-13-3 石炭の種類とペレット粒径・保持時間の影響

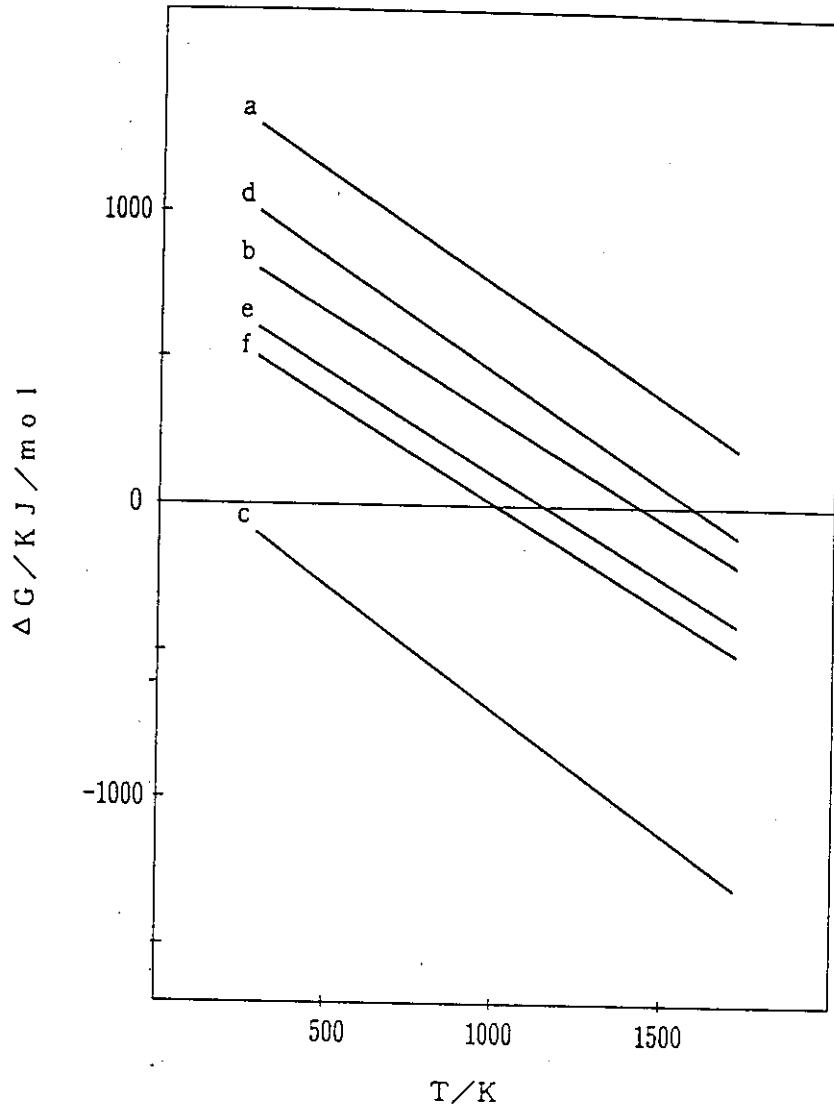


図-14  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ の関与する反応の自由エネルギー変化<sup>(4)</sup>

