

JAERI-M

9339

高温ガス炉用燃料コンパクトの被覆粒子
破損率およびウラン汚染率の検査

1981年2月

湊 和生・飛田 勉・福田幸朔・井川勝市

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしてください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

高温ガス炉用燃料コンパクトの被覆粒子破損率
およびウラン汚染率の検査

日本原子力研究所東海研究所燃料工学部
湊 和生・飛田 勉・福田幸朔・井川勝市

(1981年1月27日受理)

JMTRで照射した75F-5Aガス・スイープキャプセルに封入した燃料コンパクトと同一製造バッチの燃料コンパクト3種類について、被覆粒子破損率、黒鉛マトリックスのウラン汚染率、および被覆粒子最外層のウラン汚染率の検査を行なった。被覆粒子破損率および黒鉛マトリックスのウラン汚染率の検査は、燃料コンパクトの電気化学的解砕一酸浸出法で行ない、その結果、前者は 10^{-5} の桁の値、後者は 10^{-7} の桁の値を得た。また、被覆粒子最外層のウラン汚染率の検査は、最外層の化学的酸化一酸浸出法を用いて行ない、 10^{-8} の桁の値を得た。

Determination of failed-particle fraction and uranium
contamination fraction in HTGR fuel compacts

Kazuo MINATO, Tutomu TOBITA, Kousaku FUKUDA
and Katsuichi IKAWA

Division of Nuclear Fuel Research,
Tokai Research Establishment, JAERI

(Received January 27, 1981)

As a pre-irradiation examination, failed-particle fraction in the fuel compacts and uranium contamination fractions in the graphite matrix and the outer PyC layer of the coated fuel particles were determined. Samples were taken from three batches from which fuel compacts loaded in 75F-5A gas-sweep capsels were prepared. Electrolytic disintegration and acid leaching method was used to determine failed-particle fraction and uranium contamination fraction in the graphite matrix. The results of the former fraction were the values of the order of 10^{-5} and the latter, 10^{-7} . Uranium contamination fraction in the outer PyC layer was obtained from chemical oxidation and acid leaching method, and the values were the order of 10^{-8} .

Keywords;

HTGR, Fuel Compact, Coated Fuel Particle, Uranium Contamination,
Failed Particle Fraction, Pre-irradiation Inspection,
Acid Leaching Method

目 次

1. はじめに	1
2. 検査方法	2
2.1 燃料コンパクトの被覆粒子破損率	2
2.2 被覆粒子最外層のウラン汚染率	3
3. 結果および検討	3
3.1 燃料コンパクトの被覆粒子破損率	3
3.2 被覆粒子最外層のウラン汚染率	4
4. 結 論	5
謝 辞	5
参考文献	6

Contents

1. Introduction	1
2. Determination methods	2
2.1 Failed-particle fraction	2
2.2 Uranium contamination fraction in outer PyC layer	3
3. Results and discussion	3
3.1 Failed-particle fraction	3
3.2 Uranium contamination fraction in outer PyC layer	4
4. Conclusion	5
Acknowledgement	5
References	6

1. はじめに

高温ガス炉用燃料の1つのタイプとして、被覆燃料粒子を黒鉛マトリックス中に分散させて焼成した、燃料コンパクトが用いられている。被覆燃料粒子は、二酸化ウラン (UO_2) の燃料核を熱分解炭素 (PyC) と熱分解炭化ケイ素 (SiC) により四重に被覆したものであり、直径が約 1 mm の球状である。これらの被覆層は、粒内で発生するガス状、および固体状の核分裂生成物 (FP) を粒内に保持しておく微小圧力容器として、また、拡散障壁としての重要な機能を有している。したがって、被覆層に破損が生じた場合、FP は多量に燃料から放出され、原子炉一次冷却材中の FP 濃度が高まる。また、ウランが被覆層中や黒鉛マトリックス中に汚染していた場合、それらに起因する FP は、被覆粒子内の FP よりも容易に放出される。これらのことから、通常運転状態における冷却材中の FP 濃度は、被覆層の破損率、ならびに被覆層および黒鉛マトリックス中のウラン汚染率にほぼ支配される。

被覆層の破損は、照射によっても生じるが、照射前にも存在する。照射前の被覆層破損およびウラン汚染は、(1)被覆層の蒸着、(2)被覆粒子のオーバコート、(3)燃料コンパクトの成型および焼成、などの製造工程において主に発生するが、製造時の取り扱いが原因となることもある。

照射前の被覆粒子破損率やウラン汚染率を知ることは、その燃料コンパクトの良否を判断する上で、また、照射試験においては、FP の放出挙動を調べる上での基礎データとして、重要である。

この報告書は、JMTR で照射された 75F-5A ガス・スリープキャプセルに封入した燃料コンパクトと同一製造バッチの燃料コンパクトについての被覆粒子破損率およびウラン汚染率の炉外評価試験をまとめたものである。検査の対象は、75FP2A、75FP3A、および 75FP4A の3種類の燃料コンパクト各1個であった。これらの燃料コンパクトの概略を Table 1 に示す。

この評価試験は、Fig. 1 に示したように、大きく2段階に分けられる。1つは、燃料コンパクトを電気化学的に黒鉛マトリックスと被覆粒子とに解砕し、碎浸出を行ない、ウランを定量したことである。これによつて、被覆粒子破損率および黒鉛マトリックス中のウラン汚染率が得られた。2つめは、燃料コンパクトから解砕された被覆粒子の最外層中のウラン汚染率を検査したことである。

この報告書では、評価試験を上記の2つに分けて記述した。第2章では、それぞれの試験方法について述べた。第3章では、それらの試験結果を記述したとともに、試験方法および結果の検討を行なった。

2. 検査方法

2.1 燃料コンパクトの被覆粒子破損率

燃料コンパクト中の破損粒子量および黒鉛マトリックス中のウラン汚染量を測定する方法は、⁽¹⁾塩化物揮発法、^{(2), (3)}低照射FP放出法、⁽⁴⁾乾式酸化-酸浸出法、電気化学的解砕-酸浸出法などがある。ここでは、最も一般的な方法として行われてきた、電気化学的解砕-酸浸出法を用いた。

この方法では、硝酸溶液中で燃料コンパクトに直流電流を流すことによって、燃料コンパクトを被覆粒子と黒鉛マトリックスとに電気化学的に解砕した後、ウランを酸浸出させた。

燃料コンパクトの電気化学的解砕では、7N硝酸溶液を電解液およびウランの浸出液として用いた。燃料コンパクトをガラス製のホルダーに入れて溶液中に浸し、白金の電極をセットした後、数アンペアの直流電流を流すと、燃料コンパクトは陰極側から電気化学的に解砕されていき、破覆粒子と黒鉛粉末とになった。すべて解砕されるまでに、約3アンペアの通電で10時間程要した。

燃料コンパクトが解砕された後、ウランの酸浸出を行なった。解砕された黒鉛マトリックスおよび被覆粒子の入った硝酸溶液をそのまま煮沸し、黒鉛マトリックス中の汚染ウラン、および破損粒子のウランを浸出させた。酸浸出後、被覆粒子、黒鉛粉末、および硝酸溶液にそれぞれ分離した。

硝酸溶液中のウランは、⁽⁵⁾蛍光分析法と気送管照射による低照射放射化分析法で独立に測定した。

ウラン蛍光分析法では、試料溶液1mlを白金製試料皿に採り、赤外線ランプで蒸発乾固させた。これに、炭酸カリウム・炭酸ナトリウム・フッ化ナトリウムの混合融剤1gを加え、ガスバーナーで90秒間熔融の後、デシケーター中で室温まで冷却した。熔融してから30分以上経過の後、ウラン蛍光分析計にかけて、標準ウラン試料で作成した検量線をもとに、試料中のウランを定量した。

気送管照射による低照射放射化分析法は、ウランの核分裂生成物のある核種を計数し、ウランを定量する方法である。まず、試料溶液1mlをアルミ箔の上に採り、赤外線ランプで蒸発乾固させた。つぎに、そのアルミ箔をまるめて石英管に封入後、原子炉で照射した。ここでは、ウランの核分裂生成物のうち、Zr-95、およびLa-140を計数し、同時に照射した標準ウラン試料の計数値と比較して、それぞれウラン量を求めた。

また、解砕された黒鉛粉中のウラン量は、気送管照射による低照射放射化分析法を用いて測定した。すなわち、黒鉛粉を約1g計り採り、ポリエチレン袋に封入後、原子炉で照射した。ウランの定量法は前述の場合と同じで、Zr-95、およびLa-140の計数値から、それぞれ求めた。

2.2 被覆粒子最外層のウラン汚染率

燃料コンパクトを解砕して得られた被覆粒子の最外層、すなわち第4層熱分解炭素(PyC)中のウラン汚染量の測定には、乾式酸化一酸浸出法と化学的酸化一酸浸出法の2通りの方法を用いた。どちらの方法でも、第4層PyCを酸化し、ウランを酸浸出するということは同じである。また、ウラン汚染量を測定するためには、被覆粒子に破損がないことが必要である。

乾式酸化一酸浸出法では、まず、被覆粒子を空气中で約750°Cに加熱し、第4層PyCを酸化させた。つぎに、硝酸を加えて煮沸し、被覆粒子および容器壁などからウランを溶液中に浸出させた。この浸出液中のウランを蛍光分析法により定量し、第4層PyC中のウラン汚染量を求めた。

化学的酸化一酸浸出法では、硝酸に重クロム酸カリウム($K_2Cr_2O_7$)を溶解させた飽和溶液に被覆粒子を入れ、約140°Cで加熱し、第4層PyCを酸化させるとともに、ウランを浸出させた。酸化されたPyC量は、酸化前後の重量変化から算出した。この浸出液中のウランを低照射放射化学分析法により定量し、汚染ウラン量を求めた。

3. 結果および検討

3.1 燃料コンパクトの被覆粒子破損率

燃料コンパクトを電気化学的に解砕した結果、大部分の被覆粒子を黒鉛マトリックスから分離できた。Fig.2に燃料コンパクトから解砕された被覆粒子の外観写真を示す。光沢があるのは、被覆粒子の表面にオーバコートした黒鉛マトリックスがまだ付着しているためである。また、Fig.3に示すように、黒鉛が解砕されず、被覆粒子が黒鉛中に残ってしまったものも少しあった。これは、電気化学的解砕が終わりに近づくと、まだ解砕されていない小さな燃料コンパクト片へ効率よく通電できないからで、最後に、この部分が解砕されずに残るのである。

2.1で述べたように、硝酸溶液中に浸出したウランの定量には、2通りの方法を用いた。また、黒鉛粉中のウランの定量も行なった。これらの測定したウラン量は、つぎに示す一般的に用いられている、被覆粒子破損率および黒鉛マトリックスのウラン汚染率として表わした。

$$\text{被覆粒子破損率} = \frac{\text{酸浸出されたウラン量}}{\text{全ウラン量}}$$

$$\text{黒鉛マトリックスのウラン汚染率} = \frac{\text{黒鉛マトリックス中のウラン量}}{\text{全ウラン量}}$$

ここで、全ウラン量というのは、燃料コンパクトに含まれている被覆燃料粒子量から求めた計算値である。

2.2 被覆粒子最外層のウラン汚染率

燃料コンパクトを解砕して得られた被覆粒子の最外層、すなわち第4層熱分解炭素(PyC)中のウラン汚染量の測定には、乾式酸化-酸浸出法と化学的酸化-酸浸出法の2通りの方法を用いた。どちらの方法でも、第4層PyCを酸化し、ウランを酸浸出することは同じである。また、ウラン汚染量を測定するためには、被覆粒子に破損がないことが必要である。

乾式酸化-酸浸出法では、まず、被覆粒子を空气中で約750°Cに加熱し、第4層PyCを酸化させた。つぎに、硝酸を加えて煮沸し、被覆粒子および容器壁などからウランを溶液中に浸出させた。この浸出液中のウランを蛍光分析法により定量し、第4層PyC中のウラン汚染量を求めた。

化学的酸化-酸浸出法では、硝酸に重クロム酸カリウム($K_2Cr_2O_7$)を溶解させた飽和溶液に被覆粒子を入れ、約140°Cで加熱し、第4層PyCを酸化させるとともに、ウランを浸出させた。酸化されたPyC量は、酸化前後の重量変化から算出した。この浸出液中のウランを低照射放射化学分析法により定量し、汚染ウラン量を求めた。

3. 結果および検討

3.1 燃料コンパクトの被覆粒子破損率

燃料コンパクトを電気化学的に解砕した結果、大部分の被覆粒子を黒鉛マトリックスから分離できた。Fig.2に燃料コンパクトから解砕された被覆粒子の外観写真を示す。光沢があるのは、被覆粒子の表面にオーバコートした黒鉛マトリックスがまだ付着しているためである。また、Fig.3に示すように、黒鉛が解砕されず、被覆粒子が黒鉛中に残ってしまったものも少しあった。これは、電気化学的解砕が終わりに近づくと、まだ解砕されていない小さな燃料コンパクト片へ効率よく通電できないからで、最後に、この部分が解砕されずに残るのである。

2.1で述べたように、硝酸溶液中に浸出したウランの定量には、2通りの方法を用いた。また、黒鉛粉中のウランの定量も行なった。これらの測定したウラン量は、つぎに示す一般的に用いられている、被覆粒子破損率および黒鉛マトリックスのウラン汚染率として表わした。

$$\text{被覆粒子破損率} = \frac{\text{酸浸出されたウラン量}}{\text{全ウラン量}}$$

$$\text{黒鉛マトリックスのウラン汚染率} = \frac{\text{黒鉛マトリックス中のウラン量}}{\text{全ウラン量}}$$

ここで、全ウラン量というのは、燃料コンパクトに含まれている被覆燃料粒子量から求めた計算値である。

蛍光分析法および低照射放射化分析法による被覆粒子破損率，ならびに低照射放射化分析法による黒鉛マトリックスのウラン汚染率の結果をTable 2に示す。また，それぞれの方法において，標準ウラン試料によって作成した検量線をFig. 4とFig. 5に示す。

まず，被覆粒子破損率のうち，低照射放射化分析法による結果について検討する。Table 2に示したように，測定には，Zr-95とLa-140の2種類の核種を用いた。どちらの方法によっても，結果は誤差範囲内で一致した。また，被覆粒子破損率は，75FP2Aは 10^{-6} ，他の2つは 10^{-5} の桁であり，75FP2A，75FP3A，75FP4Aの順に大きくなっている。Table 1に示したように，75FP2Aは粒子充填率が2v/oで，他の2つは30 v/oである。また，75FP2Aと75FP3Aは，予備設計仕様の被覆粒子で，75FP4AのMK-Ⅲ仕様の被覆粒子よりも小さい。検査個数がそれぞれ1個なので断言はできないが，充填率が大きい方が，また，被覆粒子径が大きい方が，被覆粒子破損率が大きいという結果となった。

つぎに，蛍光分析法と低照射放射化分析法による被覆粒子破損率の結果について比較する。Table 2からわかるように，これらはほぼ一致した結果を得た。蛍光分析法では，湿度，試料の熔融時間，試料の冷却方法，また，試料熔融後から分析するまでの時間など，数々の因子が⁽⁵⁾蛍光量に影響する。したがって，これらの条件をできる限り一定に保ちながら，分析を行なった。

ここで得られた被覆粒子破損率の値($10^{-6} \sim 10^{-5}$ の桁)は，他の製造バッチの燃料コンパクトの被覆粒子破損率と同程度であった。なお，燃料コンパクトの被覆粒子破損率の製造仕様値は， 1×10^{-4} 以下であり，いずれもこの仕様値を満たしていた。

最後に，黒鉛マトリックス中のウラン汚染率について述べる。Table 2に示したように，低照射放射化分析法によって，Zr-95とLa-140を計数して定量したが，どちらの方法によっても，結果は誤差範囲内で一致した。ウラン汚染率は3試料とも 10^{-7} の桁であり，これらの試料間での汚染率の差はほとんど認められなかった。また，黒鉛マトリックス中のウラン量と浸出液中のウラン量を比較すると，後者の方が2桁程大きく，黒鉛マトリックス中にあるウランは，微量であることがわかった。

3.2 被覆粒子最外層のウラン汚染率

燃料コンパクトから解砕された被覆粒子の最外層のウラン汚染量を2.2で述べた方法によって定量し，前節の場合と同様に，つぎに示す一般的に用いられている，被覆粒子最外層のウラン汚染率として表わした。

$$\text{被覆粒子最外層のウラン汚染率} = \frac{\text{被覆粒子最外層のウラン}}{\text{全ウラン量}}$$

検査に用いた被覆粒子は，X線ラジオグラフィによって健全粒子であることを確かめた。Fig. 6に検査前の被覆粒子のX線ラジオグラフを示す。

被覆粒子最外層のウラン量の測定には、2.2で述べたように2通りの方法を試みたが、乾式酸化一酸浸出法では汚染量を定量できなかった。というのは、被覆粒子の最外層を燃焼させると、どの試料でも、被覆粒子が破損してしまったからである。加熱温度を700°C程度に下げても結果は同じであった。被覆粒子の最外層を燃焼させ、酸洗浄した後の外観写真をFig.7に示す。これらには、破損した粒子のSiC層片が見える。

つぎに、化学的酸化一酸浸出法による結果を検討する。この場合、ウランの定量には低照射放射化分析法を用いた。Fig.8に被覆粒子最外層を化学的酸化した後の外観写真を示す。Fig.2と比較すると、表面の状態が変化したことがよくわかる。また、破損は見られなかった。被覆粒子最外層のウラン汚染率をTable 2に、また、標準ウランによって作成した検量線をFig.9に示す。Table 2からわかるように、被覆粒子最外層のウラン汚染率は、どの試料でも 10^{-8} の桁の値であり、あまり差はなかった。これらの被覆粒子は電気化学的解砕後に酸浸出したものなので、被覆粒子表面のウラン汚染はないと考えられる。ここで得た被覆粒子最外層のウラン汚染率の値は、Steward⁽⁶⁾によって報告されている値とほぼ一致した。

4. 結 論

JMTRで照射した75F-5Aガス・スイープキャプセルに封入した高温ガス炉用燃料コンパクトと同一製造バッチの75FP2A, 75FP3A, および75FP4Aの3種類の燃料コンパクトを対象に、被覆粒子破損率、黒鉛マトリックスのウラン汚染率、および被覆粒子最外層のウラン汚染率について、炉外評価試験を行なった。被覆粒子破損率および黒鉛マトリックスのウラン汚染率の検査は、燃料コンパクトの電気化学的解砕一酸浸出法を用いて行ない、前者は 10^{-5} の桁の値、後者は 10^{-7} の桁の値を得た。被覆粒子最外層のウラン汚染率の検査において、乾式酸化一酸浸出法では、被覆粒子が破損してしまい評価ができなかったが、化学的酸化一酸浸出法では、 10^{-8} の桁の値を得た。

なお、これらの値は、75F-5AキャプセルのFPガス放出挙動の解析に、基礎データとして有効に用いられた。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、御激励下さった燃料工学部長下川純一氏に、また論文閲読に御助力下さった主任研究員・佐々木泰一氏に感謝致します。また、本実験に助力して下さった、燃料照射研究室の諸兄に感謝致します。

被覆粒子最外層のウラン量の測定には、2.2で述べたように2通りの方法を試みたが、乾式酸化一酸浸出法では汚染量を定量できなかった。というのは、被覆粒子の最外層を燃焼させると、どの試料でも、被覆粒子が破損してしまったからである。加熱温度を700°C程度に下げても結果は同じであった。被覆粒子の最外層を燃焼させ、酸洗浄した後の外観写真をFig.7に示す。これらには、破損した粒子のSiO層片が見える。

つぎに、化学的酸化一酸浸出法による結果を検討する。この場合、ウランの定量には低照射放射化分析法を用いた。Fig.8に被覆粒子最外層を化学的酸化した後の外観写真を示す。Fig.2と比較すると、表面の状態が変化したことがよくわかる。また、破損は見られなかった。被覆粒子最外層のウラン汚染率をTable 2に、また、標準ウランによって作成した検量線をFig.9に示す。Table 2からわかるように、被覆粒子最外層のウラン汚染率は、どの試料でも 10^{-8} の桁の値であり、あまり差はなかった。これらの被覆粒子は電気化学的解砕後に酸浸出したものなので、被覆粒子表面のウラン汚染はないと考えられる。ここで得た被覆粒子最外層のウラン汚染率の値は、Steward⁽⁶⁾によって報告されている値とほぼ一致した。

4. 結 論

JMTRで照射した75F-5Aガス・スweepキャプセルに封入した高温ガス炉用燃料コンパクトと同一製造バッチの75FP2A, 75FP3A, および75FP4Aの3種類の燃料コンパクトを対象に、被覆粒子破損率、黒鉛マトリックスのウラン汚染率、および被覆粒子最外層のウラン汚染率について、炉外評価試験を行なった。被覆粒子破損率および黒鉛マトリックスのウラン汚染率の検査は、燃料コンパクトの電気化学的解砕一酸浸出法を用いて行ない、前者は 10^{-5} の桁の値、後者は 10^{-7} の桁の値を得た。被覆粒子最外層のウラン汚染率の検査において、乾式酸化一酸浸出法では、被覆粒子が破損してしまい評価ができなかったが、化学的酸化一酸浸出法では、 10^{-8} の桁の値を得た。

なお、これらの値は、75F-5AキャプセルのFPガス放出挙動の解析に、基礎データとして有効に用いられた。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、御激励下さった燃料工学部長下川純一氏に、また論文閲読に御助力下さった主任研究員・佐々木泰一氏に感謝致します。また、本実験に助力して下さった、燃料照射研究室の諸兄に感謝致します。

被覆粒子最外層のウラン量の測定には、2.2で述べたように2通りの方法を試みたが、乾式酸化一酸浸出法では汚染量を定量できなかった。というのは、被覆粒子の最外層を燃焼させると、どの試料でも、被覆粒子が破損してしまったからである。加熱温度を700°C程度に下げても結果は同じであった。被覆粒子の最外層を燃焼させ、酸洗浄した後の外観写真をFig.7に示す。これらには、破損した粒子のSiC層片が見える。

つぎに、化学的酸化一酸浸出法による結果を検討する。この場合、ウランの定量には低照射放射化分析法を用いた。Fig.8に被覆粒子最外層を化学的酸化した後の外観写真を示す。Fig.2と比較すると、表面の状態が変化したことがよくわかる。また、破損は見られなかった。被覆粒子最外層のウラン汚染率をTable 2に、また、標準ウランによって作成した検量線をFig.9に示す。Table 2からわかるように、被覆粒子最外層のウラン汚染率は、どの試料でも 10^{-8} の桁の値であり、あまり差はなかった。これらの被覆粒子は電気化学的解砕後に酸浸出したものなので、被覆粒子表面のウラン汚染はないと考えられる。ここで得た被覆粒子最外層のウラン汚染率の値は、Steward⁽⁶⁾によって報告されている値とほぼ一致した。

4. 結 論

JMTRで照射した75F-5Aガス・スweepキャプセルに封入した高温ガス炉用燃料コンパクトと同一製造バッチの75FP2A, 75FP3A, および75FP4Aの3種類の燃料コンパクトを対象に、被覆粒子破損率、黒鉛マトリックスのウラン汚染率、および被覆粒子最外層のウラン汚染率について、炉外評価試験を行なった。被覆粒子破損率および黒鉛マトリックスのウラン汚染率の検査は、燃料コンパクトの電気化学的解砕一酸浸出法を用いて行ない、前者は 10^{-5} の桁の値、後者は 10^{-7} の桁の値を得た。被覆粒子最外層のウラン汚染率の検査において、乾式酸化一酸浸出法では、被覆粒子が破損してしまい評価ができなかったが、化学的酸化一酸浸出法では、 10^{-8} の桁の値を得た。

なお、これらの値は、75F-5AキャプセルのFPガス放出挙動の解析に、基礎データとして有効に用いられた。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、御激励下さった燃料工学部長下川純一氏に、また論文閲読に御助力下さった主任研究員・佐々木泰一氏に感謝致します。また、本実験に助力して下さい、燃料照射研究室の諸兄に感謝致します。

参 考 文 献

- (1) Koss P. and Bildstein H. : Conf-660524 (1966)
- (2) Chenebault P. and Pointud M.L. : French Pat. 2188250/A/07 (1972)
- (3) Chenebault P. and Pointud M.L. : U.S. Pat. 3842283 (1974)
- (4) Tobita T. and Iwamoto K. : JAERI-M 5265 (1973)
- (5) Akaishi J. and Yabe A. : JAERI-memo 3622 (published) (1969)
- (6) Steward K.P. : GA-9608 (1969)

Table 1 Outline of fuel compacts prepared for the determination.

Sample	75FP2A-6	75FP3A-3	75FP4A-6
Coated particle			
Coating type	TRISO	TRISO	TRISO
Diameter of particle (μm)	768	766	911
Diameter of UO_2 kernel (μm)	505	507	617
Fuel compact			
Particle loading (%)	22.0	29.8	29.9
Outer diameter (mm)	24.0	24.0	24.0
Inner diameter (mm)	8.0	8.0	8.0
Length (mm)	40.0	40.0	40.0

Table 2 Determined values for failed particle fraction and uranium contamination fraction.

Sample	75FP2A-6	75FP3A-3	75FP4A-6
Failed particle fraction			
Fluorometric analysis method	1.1×10^{-5}	4.4×10^{-5}	9.5×10^{-5}
Activation analysis method (Zr-95)	$(8.6 \pm 3.2) \times 10^{-6}$	$(5.4 \pm 1.0) \times 10^{-5}$	$(9.3 \pm 0.6) \times 10^{-5}$
Activation analysis method (La-140)	$(6.8 \pm 1.8) \times 10^{-6}$	$(5.0 \pm 0.6) \times 10^{-5}$	$(8.2 \pm 0.5) \times 10^{-5}$
Uranium contamination fraction in graphite matrix			
Activation analysis method (Zr-95)	$(5.3 \pm 2.6) \times 10^{-7}$	$(4.0 \pm 1.6) \times 10^{-7}$	$(7.9 \pm 0.6) \times 10^{-7}$
Activation analysis method (La-140)	$(4.2 \pm 1.2) \times 10^{-7}$	$(2.8 \pm 1.6) \times 10^{-7}$	$(7.6 \pm 0.5) \times 10^{-7}$
Uranium contamination fraction in outer PyC layer			
Activation analysis method (La-140)	$(6.0 \pm 2.6) \times 10^{-8}$	$(4.4 \pm 1.2) \times 10^{-8}$	$(8.2 \pm 1.1) \times 10^{-8}$

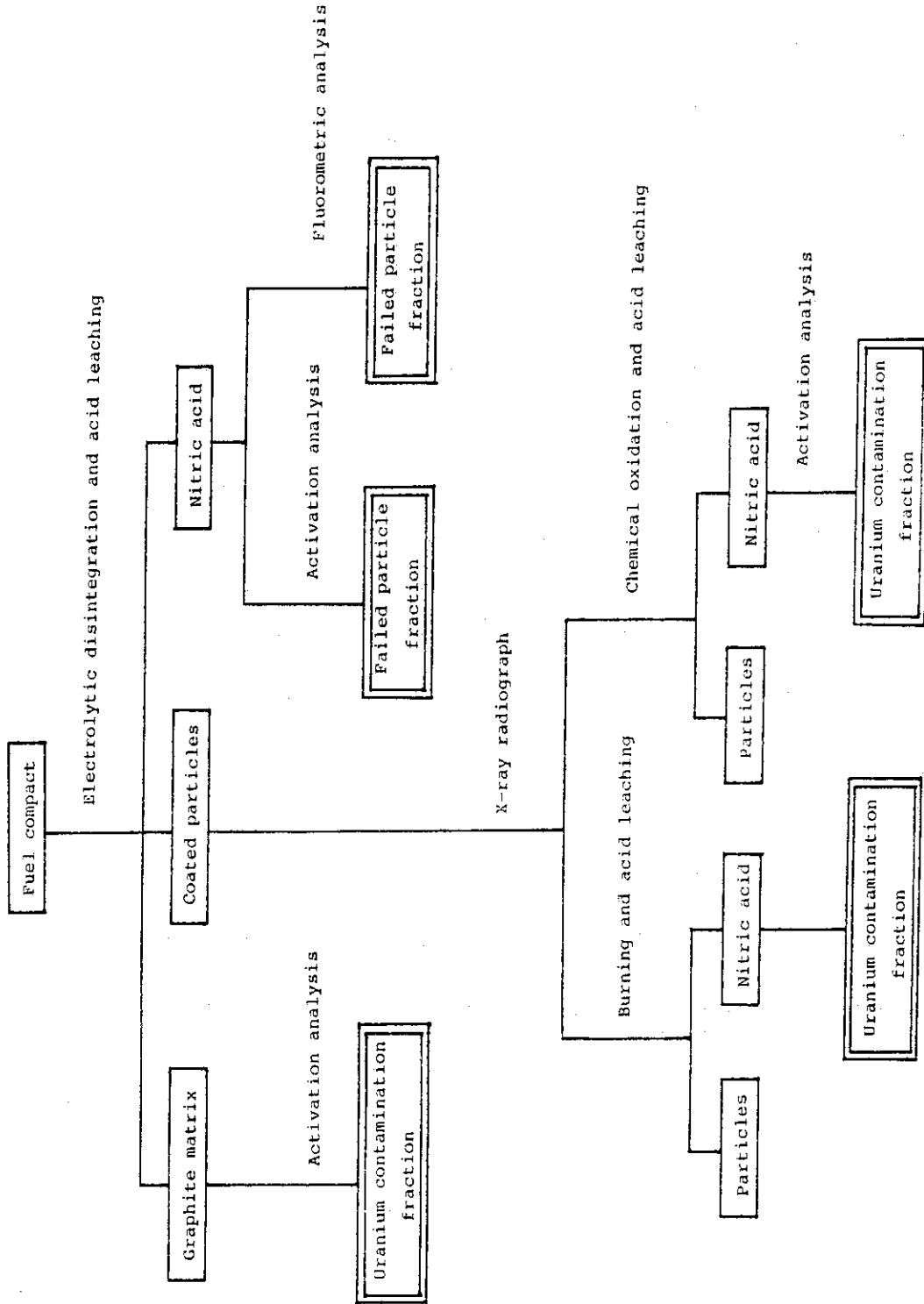
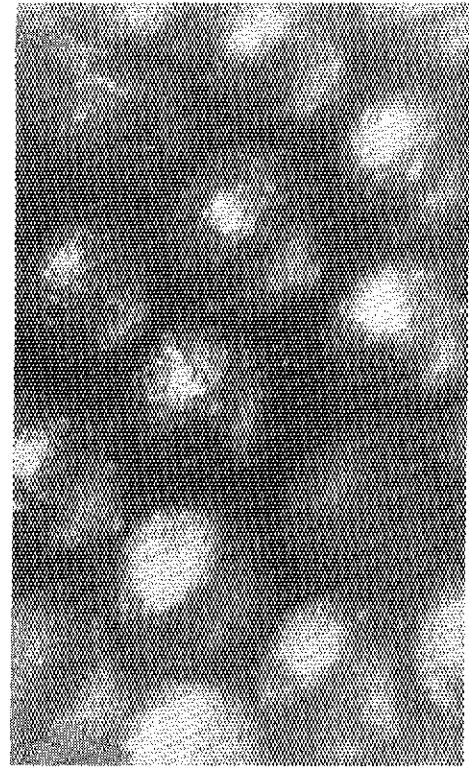
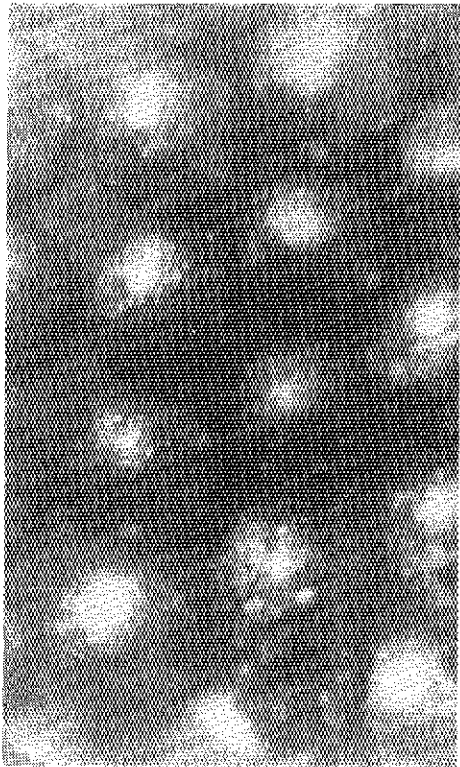


Fig. 1 Method of determining failed particle fraction and uranium contamination fraction.



(a) 75FP2A

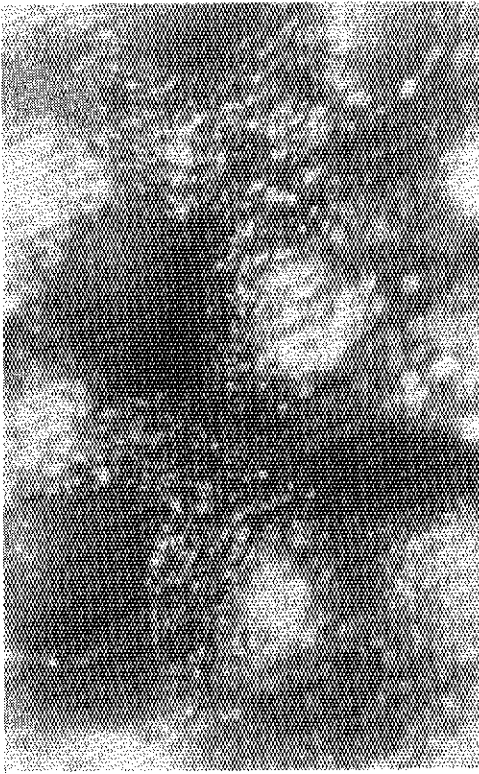


(b) 75FP3A

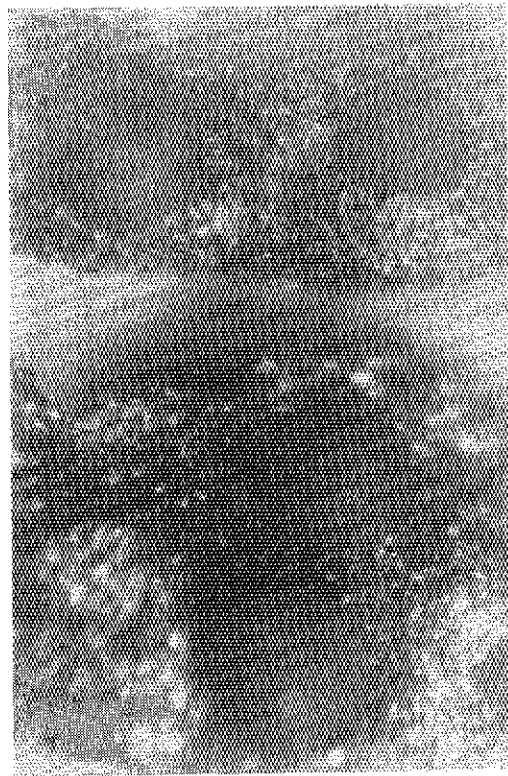


(c) 75FP4A

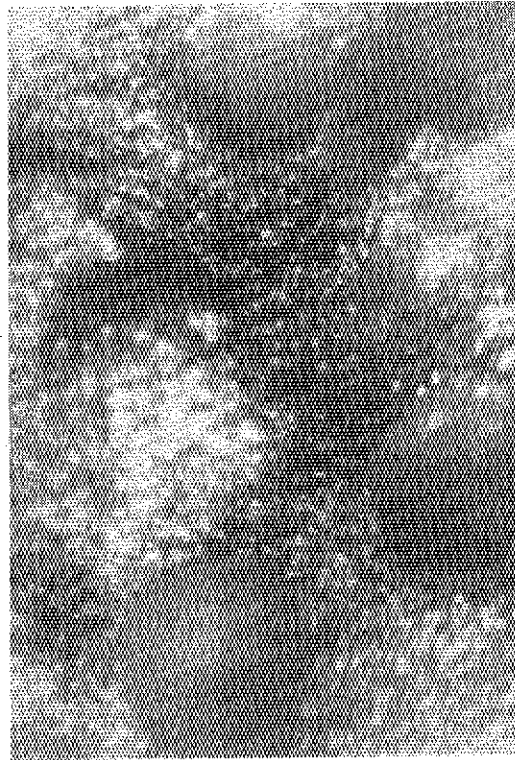
Fig. 2 External views of coated fuel particles after electrolytic disintegration of the compacts.



(a) 75FP2A



(b) 75FP3A



(c) 75FP4A

Fig. 3 External views of coated fuel particles with graphite matrix after electrolytic disintegration of the compacts.

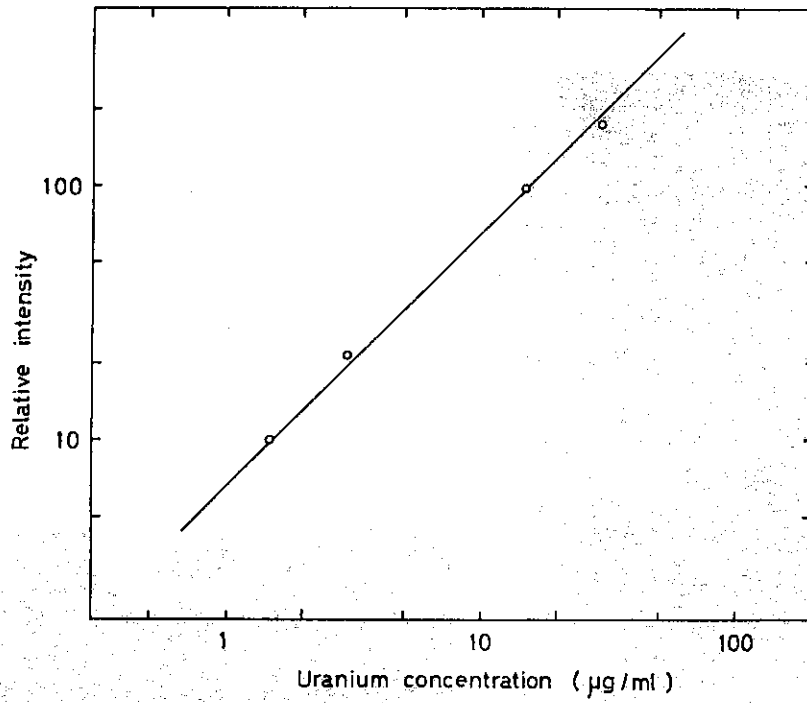


Fig. 4 The calibration curve for the fluorometric analysis.

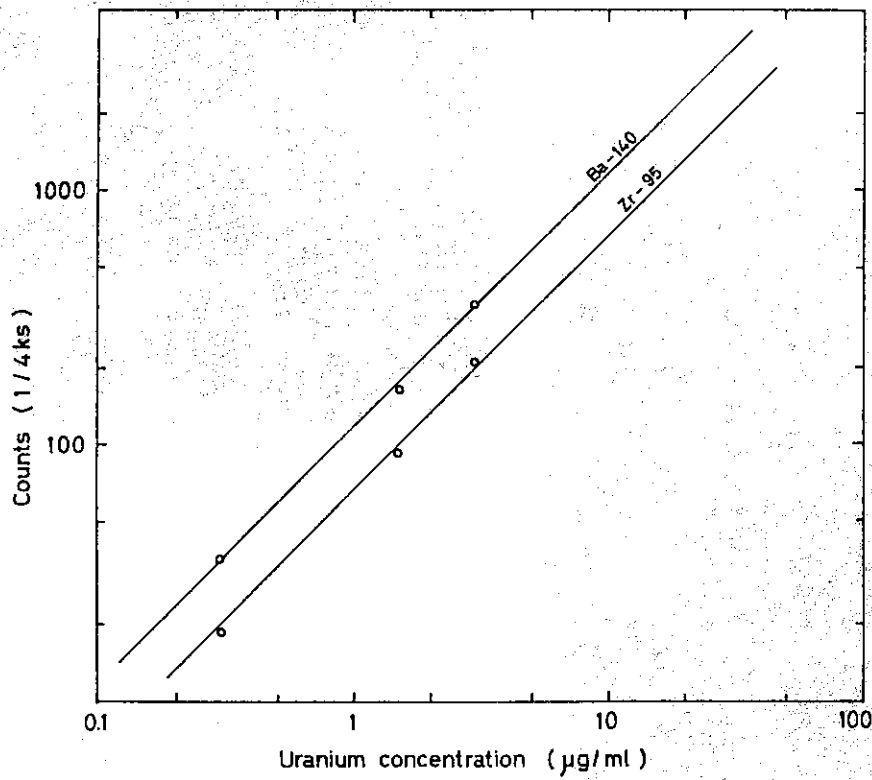
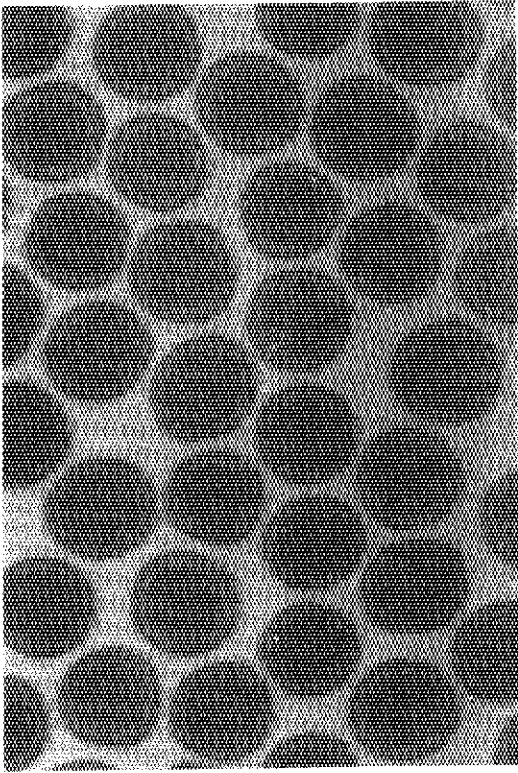
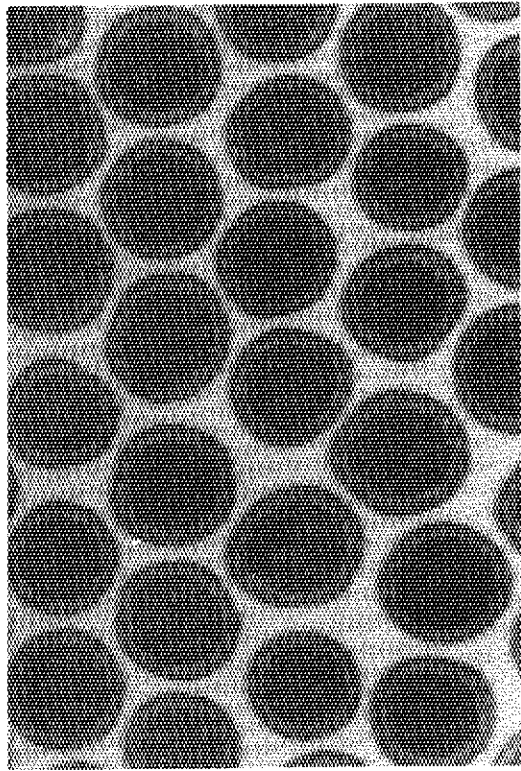


Fig. 5 The calibration curves for the activation analysis.



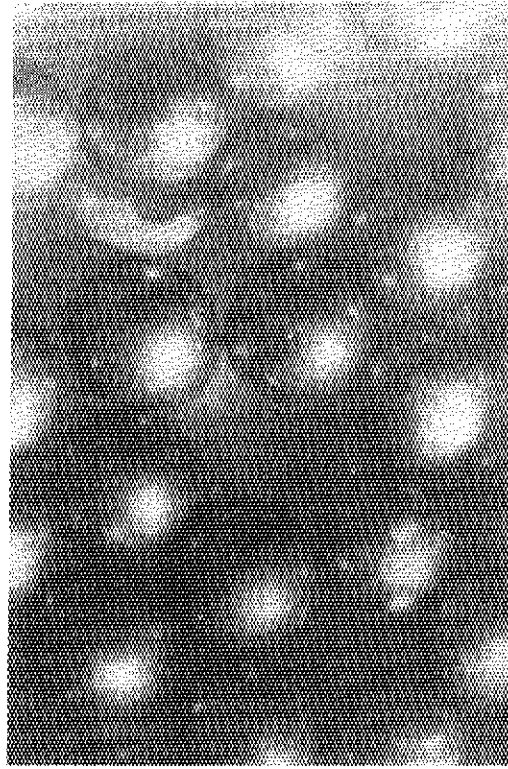
(a) 75FP2A

(b) 75FP3A



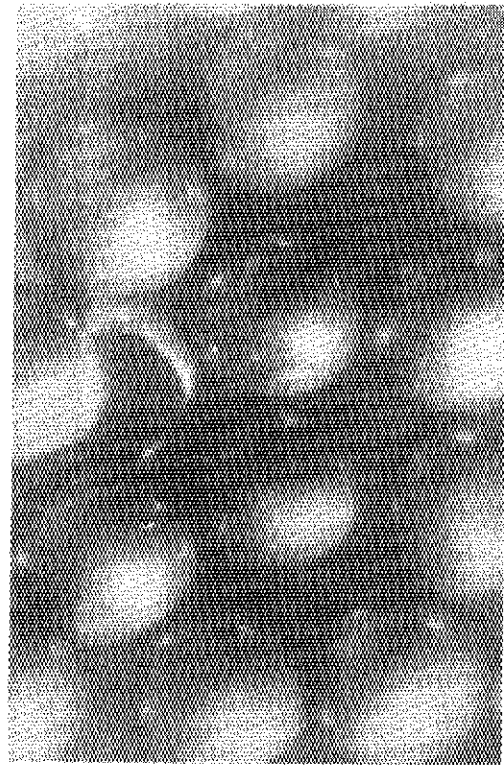
(c) 75FP4A

Fig. 6 X-ray radiographs of coated fuel particles before oxidation of the outer PyC layers.



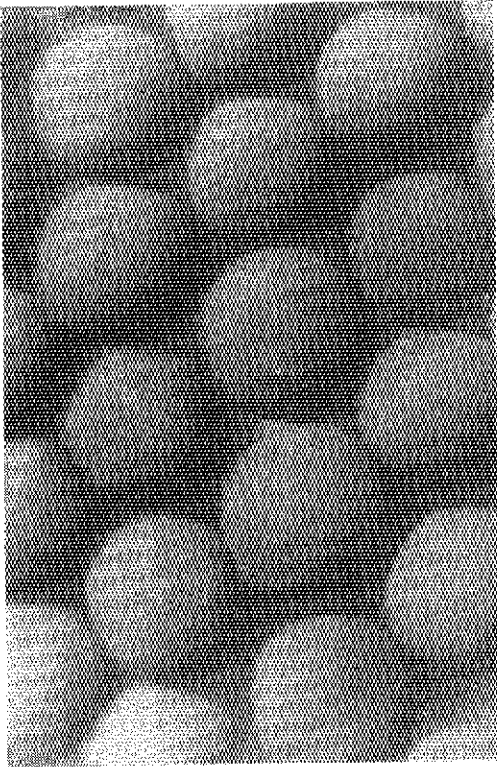
(a) 75FP2A

(b) 75FP3A

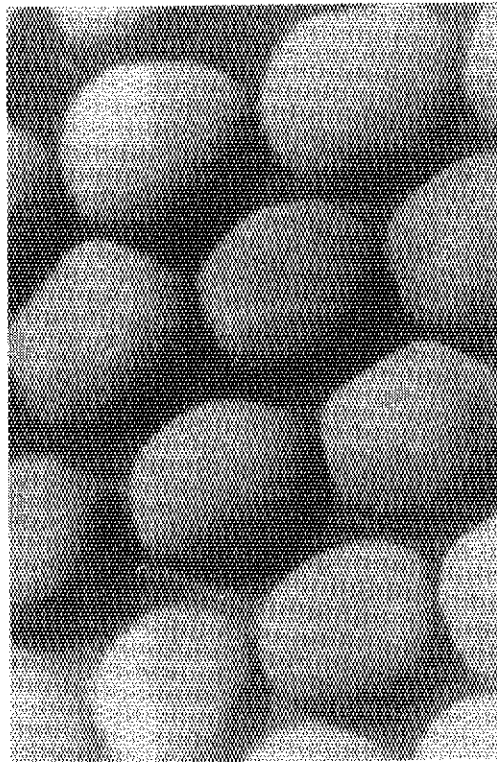


(c) 75FP4A

Fig. 7 External views of coated fuel particles after burning of the outer PyC layers.



(a) 75FP2A



(b) 75FP3A

(c) 75FP4A

Fig. 8 External views of coated fuel particles after chemical oxidation of the outer PyC layers.

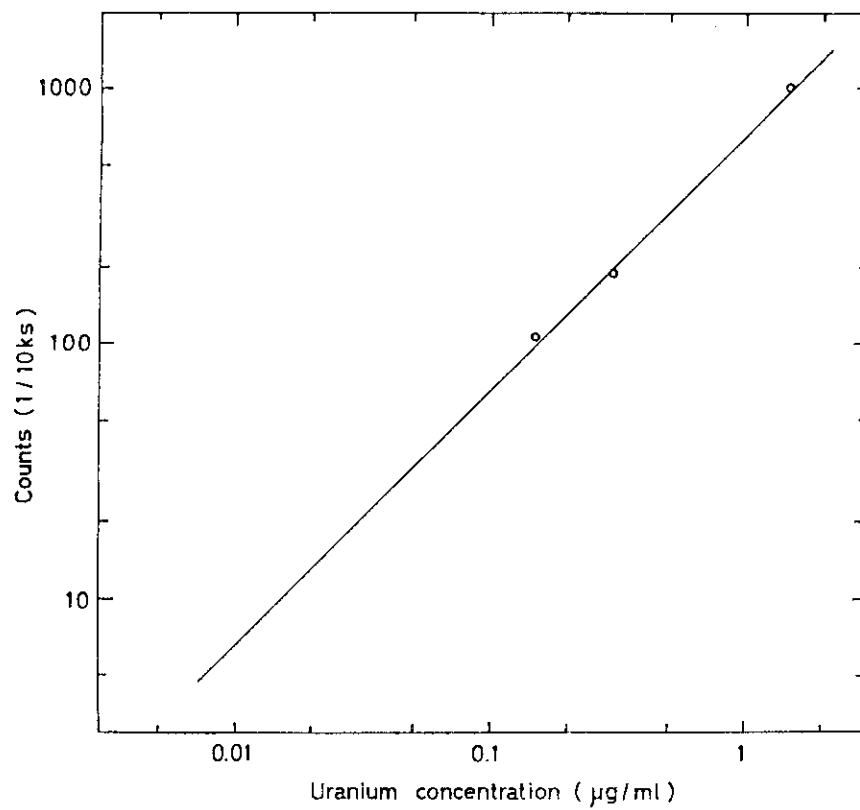


Fig. 9 The calibration curve for the activation analysis.