

JAERI - M
88-265

高温ガス炉用量産試作燃料コンパクトの
露出ウラン率およびSiC破損率の検査

1989年1月

小林 紀昭・小倉 浩一・小川 徹・福田 幸朔

JAERI-M レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の間合わせは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）
あて、お申しこしてください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城
県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

JAERI-M reports are issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division, Department
of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun,
Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1989

編集兼発行 日本原子力研究所
印刷 山田軽印刷所

高温ガス炉用量産試作燃料コンパクトの露出ウラン率
およびSiC破損率の検査

日本原子力研究所東海研究所燃料・材料工学部

小林 紀昭・小倉 浩一・小川 徹・福田 幸朔

(1988年12月14日受理)

本報告は、高温工学試験研究炉（HTTR）用燃料コンパクトおよびその燃料コンパクト製造に使用した被覆粒子の露出ウラン率およびSiC破損率を測定した結果についてまとめたものである。露出ウラン率の測定は、電気解砕-硝酸浸出法を採用した。SiC破損率は、被覆燃料粒子の第4層熱分解炭素層を燃焼・除去後、SiC層の破損した粒子を硝酸浸出により検出する方法、いわゆるバーン・リーチ法で測定した。露出ウラン率の結果は、 1×10^{-8} から 10^{-4} の桁までの値を得た。SiC破損率の結果は、 10^{-4} から 10^{-3} の桁であった。また、SiC層の破損した粒子の検出できる割合は、酸化-硝酸浸出の回数と関連していることがわかった。

Determination of defective SiC fraction
and free uranium fraction in the HTGR fuel compacts

Fumiaki KOBAYASHI, Kouichi OGURA, Toru OGAWA
and Kousaku FUKUDA

Department of Fuels and Materials Research
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 14, 1988)

Free uranium fraction and defective SiC fraction in fuel compacts and coated fuel particles were determined. For determination of the free uranium in the fuel compacts, the nitric acid leaching after electric disintegration of the compacts was adopted. Defective SiC layer was detected by a burn-leach method where the particles were burnt in air and leached with nitric acid. The free uranium fractions were in order of 10^{-8} to 10^{-4} . The defective SiC fractions were in order of 10^{-4} to 10^{-3} . We found a correlation between the value of defective SiC fraction and the times of burn and leaching.

Keywords : Coated Particle, Fuel, Compact, Silicon Carbide, Defective Fraction, Electric Disintegration, Nitric Acid Leaching, Free Uranium

目 次

1. はじめに	1
2. 検査試料	1
3. 検査方法	2
3.1 被覆燃料粒子および燃料コンパクトの露出ウラン率検査	2
3.2 被覆燃料粒子および燃料コンパクトのSiC破損率検査	2
4. 検査結果および検討	3
5. 結 論	4
謝 辞	4
参考文献	5

Contents

1. Introduction	1
2. Specimens	1
3. Inspection methods	2
3.1 Free uranium fraction in coated particles and fuel compacts .	2
3.2 Defective SiC fraction in coated particles and fuel compacts	2
4. Results and discussion	3
5. Conclusions	4
Acknowledgements	4
References	5

1. はじめに

日本原子力研究所で建設を予定している高温工学試験研究炉（以下、HTTRと略す）用燃料として考えられる被覆粒子燃料の照射挙動を調べるため、JMTRを使用してガス・スィープ・キャプセルによる照射試験を行ってきた⁽¹⁾⁽²⁾。昭和62年度2月から照射を開始した85F-5Aガス・スィープ・キャプセルの照射条件は、照射試料温度1300℃、照射サイクルは、15（照射時間：約7,500時間）、到達燃焼度は約50,000 MWd/t・Uを目標としている。このキャプセルに装荷した試料は、昭和60年度に製造した量産仕様燃料で、その長期照射健全性を確認することを目的としている。被覆燃料粒子の照射挙動、特に照射時のFPガス放出は、燃料製造時の被覆層の貫通破損割合に影響されることが知られている⁽³⁾。また、SiC被覆層が破損していると、他の被覆層が健全であってもCsのような金属FPを放出しやすくなる⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

本報告書は、照射キャプセルに装荷した試料と同一製造バッチの燃料コンパクトおよび燃料コンパクト製造に用いた被覆燃料粒子の露出ウラン率とSiC破損率の結果、さらに、SiC破損率検査の測定方法について詳細な検討を行った結果をまとめたものである。露出ウラン率とSiC破損率の結果は、照射時に得られるFPガス放出率の解析や、照射後試験で得られる結果を解析する上で重要な基礎データとなるものである。さらに、この検査を通して次のことが明らかとなった。被覆燃料粒子のSiC破損率の検査法として最も一般的に行われており、本報告でも採用したバーン・リーチ法の検査条件下で得られたSiC破損率は、酸化と硝酸浸出を繰り返すと上昇することが確認され、今後、検査条件の検討が必要であることがわかった。

2. 検査試料

85F-5Aキャプセルに装荷した燃料コンパクトは、昭和60年度に製作されたものであり、被覆燃料粒子の製造規模は、量産規模以前の数百g/バッチに対して2kg/バッチの量産試作燃料である。本報告で実験に用いた燃料コンパクト（記号は製作年度に因み、85FPと表す）製造に用いた被覆燃料粒子（記号を85FPCと表す）は、HTTR燃料設計に基づいて製造したUO₂燃料核直径が600μmで熱分解炭素およびSiC層を四重に被覆した直径920μmの粒子である。被覆燃料粒子中に含まれる全ウラン量は、被覆燃料粒子を機械的に破壊した後、加温した硝酸溶液（約7規定溶液）で数時間ウランを溶解した後、還元-酸化法により定量した⁽⁶⁾。Fig.1に被覆燃料粒子の外観と断面を示す。Table 1に被覆燃料粒子の特徴と実験に使用した85FPC 1および85FPC 2の量を示す。燃料コンパクトは、外径、内径および長さ以外はHTTR燃料設計に従って製造した。燃料コンパクトの外観をFig. 2に示す。この写真でNo. 3, No. 5およびNo. 10が試験検査に供した燃料コンパクトで外表面、内表面とも外観に異常は認められなかった。燃料コンパクトの概略をTable 2に示す。燃料コンパクトの全ウラン量は²³⁵Uから放出されるγ線の放射

1. はじめに

日本原子力研究所で建設を予定している高温工学試験研究炉（以下、HTTRと略す）用燃料として考えられる被覆粒子燃料の照射挙動を調べるため、JMTRを使用してガス・スィープ・キャプセルによる照射試験を行ってきた⁽¹⁾⁽²⁾。昭和62年度2月から照射を開始した85 F-5 Aガス・スィープ・キャプセルの照射条件は、照射試料温度 1300℃、照射サイクルは、15（照射時間：約 7,500 時間）、到達燃焼度は約 50,000 MWd/t・Uを目標としている。このキャプセルに装荷した試料は、昭和60年度に製造した量産仕様燃料で、その長期照射健全性を確認することを目的としている。被覆燃料粒子の照射挙動、特に照射時のFPガス放出は、燃料製造時の被覆層の貫通破損割合に影響されることが知られている⁽³⁾。また、SiC被覆層が破損していると、他の被覆層が健全であってもCsのような金属FPを放出しやすくなる⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

本報告書は、照射キャプセルに装荷した試料と同一製造バッチの燃料コンパクトおよび燃料コンパクト製造に用いた被覆燃料粒子の露出ウラン率とSiC破損率の結果、さらに、SiC破損率検査の測定方法について詳細な検討を行った結果をまとめたものである。露出ウラン率とSiC破損率の結果は、照射時に得られるFPガス放出率の解析や、照射後試験で得られる結果を解析する上で重要な基礎データとなるものである。さらに、この検査を通して次のことが明らかとなった。被覆燃料粒子のSiC破損率の検査法として最も一般的に行われており、本報告でも採用したバーン・リーチ法の検査条件下で得られたSiC破損率は、酸化と硝酸浸出を繰り返すと上昇することが確認され、今後、検査条件の検討が必要であることがわかった。

2. 検査試料

85 F-5 A キャプセルに装荷した燃料コンパクトは、昭和60年度に製作されたものであり、被覆燃料粒子の製造規模は、量産規模以前の数百g/バッチに対して2kg/バッチの量産試作燃料である。本報告で実験に用いた燃料コンパクト（記号は製作年度に因み、85 FPと表す）製造に用いた被覆燃料粒子（記号を85 FPCと表す）は、HTTR燃料設計に基づいて製造したUO₂燃料核直径が600 μmで熱分解炭素およびSiC層を四重に被覆した直径920 μmの粒子である。被覆燃料粒子中に含まれる全ウラン量は、被覆燃料粒子を機械的に破壊した後、加温した硝酸溶液（約7規定溶液）で数時間ウランを溶解した後、還元-酸化法により定量した⁽⁶⁾。Fig.1に被覆燃料粒子の外観と断面を示す。Table 1に被覆燃料粒子の特徴と実験に使用した85 FPC 1および85 FPC 2の量を示す。燃料コンパクトは、外径、内径および長さ以外はHTTR燃料設計に従って製造した。燃料コンパクトの外観をFig. 2に示す。この写真でNo. 3, No. 5およびNo. 10が試験検査に供した燃料コンパクトで外表面、内表面とも外観に異常は認められなかった。燃料コンパクトの概略をTable 2に示す。燃料コンパクトの全ウラン量は²³⁵Uから放出されるγ線の放射

能強度から求めた⁽⁷⁾。

3. 検査方法

3.1 被覆燃料粒子および燃料コンパクトの露出ウラン率検査

被覆燃料粒子および燃料コンパクトの露出ウラン率の検査は、被覆燃料粒子表面に付着したり、また、被覆四層全てを通して貫通破損した被覆燃料粒子や燃料コンパクトマトリックスに含まれるウラン量（以後、露出ウランと表わす）の割合を求めるもので、この露出ウラン量に対して検査対象に含まれる全ウラン量の比と定義する。被覆燃料粒子の露出ウラン率は、被覆燃料粒子を硝酸溶液（約7規定溶液）中で20時間以上煮沸した後、硝酸溶液中のウランを定量する方法で測定した。燃料コンパクトの露出ウラン率は、燃料コンパクトを電気化学的方法で黒鉛マトリックスと被覆燃料粒子に解砕した後、前記の被覆燃料粒子の方法と同じく硝酸溶液（約7規定溶液）中で20時間以上煮沸した後、硝酸ウランを定量する方法で測定した⁽⁸⁾。本報告では、被覆燃料粒子および燃料コンパクトの露出ウラン率を測定する過程で硝酸浸出時間の影響や、被覆燃料粒子および燃料コンパクト表面に付着したウラン量についても調べた。

ウラン硝酸浸出後の硝酸溶液中のウラン定量法は、極めてウラン量が少ない場合の定量法として用いられるウラン蛍光光度法を採用した⁽⁸⁾⁽⁹⁾。検査手順と検査に使用した試料名をFig. 3に示す。

3.2 被覆燃料粒子および燃料コンパクトのSiC破損率検査

SiC破損率検査は、SiC被覆層の破損した被覆燃料粒子の割合を調べるもので、その破損率は、被覆燃料粒子の第4層の高密度熱分解炭素（以下、PyCと略す）を酸化、除去した後、硝酸溶液（約7規定溶液）で5時間以上煮沸し、溶出したウラン量を測定することにより、その量と試料中の全ウラン量の比から求める。SiC破損率検査の前に「3.1 露出ウラン率検査」で露出ウラン率の検査を行った試料を引続き使用する場合は、以上の方法で求めたSiC破損率に露出ウラン率の値を加えた値が、被覆燃料粒子の真のSiC破損率となる。被覆燃料粒子の第4層PyCは、空气中、850℃の酸化条件で第4層PyCが完全に燃焼、除去されたことを確認した後、さらに同じ条件で9時間以上酸化し、破損粒子に含まれるウランを硝酸溶液で溶出、定量した。さらに、本報告では、酸化-硝酸浸出の回数の影響を調べるため、酸化-硝酸浸出を繰り返した実験と、硝酸浸出の影響を調べるために試料を酸化後、硝酸浸出を行わずに外観検査でSiC破損粒子数を計算し、SiC破損率を求める実験も合わせて行った。実験手順は、Fig. 3に示すように被覆燃料粒子、燃料コンパクトとも露出ウランを測定した後、SiC破損率の測定を行った方法と、直接、試料を空气中で酸化し、コンパクトマトリックスや第4層被覆を除去する方法により行った。硝酸浸出後の硝酸溶液中のウラン定量法は、露出ウラン率の測定の場合と同じくウラン蛍光光度

法を採用した。

4. 検査結果および検討

被覆燃料粒子の露出ウラン率の結果をTable 3に示す。被覆燃料粒子の露出ウラン率は、 10^{-8} のオーダーであり、1粒子分のウラン量の割合である 8×10^{-5} と比較して低く、被覆層を貫通して破損した粒子は存在していないことを示している。被覆燃料粒子から硝酸溶液中に溶出したウラン量の溶出時間に対する変化をFig. 4に示す。被覆燃料粒子(85 FPC1)を室温(約20°C)硝酸溶液中に浸した直後から微量のウランが溶出していることが認められた。このウランは、被覆燃料粒子製造時に粒子表面に付着したもので、さらに長時間、硝酸浸出を行うと露出ウラン率が若干上昇するのは、被覆燃料粒子の最外被覆層の外表面近くに存在するウランが溶出されたものと考えられる。

燃料コンパクト解砕時間および解砕後の硝酸浸出時間に対する燃料コンパクトから硝酸溶液中に溶出したウラン量の変化をFig. 4に図示する。この実験で85 FP-3解砕のため硝酸溶液中に浸漬して電流を通じる前(2~3分)に微量のウランが溶出しているのが認められた。さらに85 FP-10についても同程度のウラン量が検出された。このウランは、燃料コンパクト製造時の表面汚染によるものと考えられる。被覆燃料粒子の破損が認められない85 FP-3の露出ウラン率の結果から解砕終了時の値と開始前の値との差は、コンパクトマトリックスに含まれているか、または、被覆燃料粒子表面のウランによるものである。この差と85 FPC1の結果からコンパクトマトリックスに含まれているウラン量が求まる。コンパクトマトリックスの重量(約20g)からコンパクトマトリックスに含まれるウランの重量比は、 4.9×10^{-7} となる。燃料コンパクト中の被覆燃料粒子に破損がない場合のウランの分布は、コンパクト表面に9%、コンパクトマトリックスに86%、被覆燃料粒子に5%となり、これらの汚染ウランを合計すると 5.7×10^{-7} と低い値である。この汚染ウランの同位体比は、我々が先に報告した結果⁽⁸⁾やE. Walluraの結果⁽¹⁰⁾から天然組成と推定され、主として核分裂生成物に関係する ^{235}U を基準として考えると本試料と天然ウランの濃縮度の違いから全ウラン量に対する汚染ウランの割合は、 2×10^{-8} と非常に低くなる。また、その量も以前に報告した結果⁽⁸⁾と一致していることから燃料製造時にこの程度の混入は避けられないものと思われる。85 FP-10の露出ウラン率は、20時間の硝酸浸出で 1×10^{-7} と平衡値になっており、被覆燃料粒子1粒子分のウラン量 8×10^{-5} に近いことからこのコンパクトは、破損粒子を1個含んでいることがわかる。

被覆燃料粒子および燃料コンパクトのSiC破損率の結果をTable 4に示す。被覆燃料粒子、燃料コンパクトとも試料間で一桁近い差が認められ、検査の方法の違いによるものと推定された。この違いを検討したのが次の結果である。Fig. 5に酸化時間に対するSiC破損率の結果を図示する。途中で硝酸浸出を行わずに酸化を繰り返した2試料(85 FP-5, 85 FPC2)は、SiC破損率の上昇が少ないか、または、認められないのに対して酸化-硝酸浸出を繰り返した3試料(85 FPC1, 85 FP-3, 85 FP-10)は、SiC破損率が約2倍から10倍上昇した。この

ことは、第4層PyC層を除去した粒子のSiC被覆層表面が硝酸により影響を受け、SiC層の微小な欠陥が拡大してSiC層の破損に至ったものと考えられる。W. J. Kovacsは、バーン・リーチ法と水銀圧入法によるSiC破損率の結果には大きな差があり、この違いは、SiC層の微小な欠陥によるものとしている⁽¹⁾。本実験の酸化一硝酸浸出を繰り返した実験で得られたSiC破損率の結果も同種の欠陥の寄与によるものと推定される。この種の欠陥をSiC破損率に含めるのが妥当か否かは現在の段階で判定は困難である。本報告では、SiC破損率の値として従来⁽¹²⁾と同じく空气中850°Cで第4層除去後、9時間以上放置した後、硝酸浸出した値で代表させることとし、酸化一硝酸浸出を繰り返した実験結果は参考値として扱うことにする。

5. 結 論

85F-5Aガス・スィープ・キャプセルに装荷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とその燃料コンパクト製造に使用した被覆燃料粒子について露出ウラン率およびSiC破損率を測定した結果、次のことが明らかになった。燃料コンパクト露出ウラン率は、 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ の範囲にあり、また、貫通破損粒子を含まない燃料コンパクトの露出ウラン率の結果から燃料コンパクト中の汚染ウランの割合は、 5.7×10^{-7} であった。燃料コンパクトのSiC破損率は、従来の検査方法で得た値は、 $(4 \sim 10) \times 10^{-4}$ の範囲にあることがわかった。また、バーン・リーチ法によるSiC破損率の実験から酸化一硝酸浸出を繰り返すとSiC破損率が増加することが確認された。この効果の原因を究明するために水銀圧入法や酸化一硝酸浸出を繰り返す実験、SiC被覆層の欠陥およびこの種の欠陥がFP放出に及ぼす効果等についてより詳しい研究が必要と思われる。

謝 辞

本研究を行うにあたって有益な助言をして頂いた燃料照射研究室員に感謝します。また、本報告書の作成にあたって激励下さった燃料・材料工学部近藤部長ならびに柴次長に感謝します。

ことは、第4層PyC層を除去した粒子のSiC被覆層表面が硝酸により影響を受け、SiC層の微小な欠陥が拡大してSiC層の破損に至ったものと考えられる。W. J. Kovacsは、バーン・リーチ法と水銀圧入法によるSiC破損率の結果には大きな差があり、この違いは、SiC層の微小な欠陥によるものとしている⁽¹⁾。本実験の酸化一硝酸浸出を繰り返した実験で得られたSiC破損率の結果も同種の欠陥の寄与によるものと推定される。この種の欠陥をSiC破損率に含めるのが妥当か否かは現在の段階で判定は困難である。本報告では、SiC破損率の値として従来⁽¹²⁾と同じく空气中850°Cで第四層除去後、9時間以上放置した後、硝酸浸出した値で代表させることとし、酸化一硝酸浸出を繰り返した実験結果は参考値として扱うことにする。

5. 結 論

85F-5Aガス・スweep・キャプセルに装荷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とその燃料コンパクト製造に使用した被覆燃料粒子について露出ウラン率およびSiC破損率を測定した結果、次のことが明らかになった。燃料コンパクト露出ウラン率は、 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ の範囲にあり、また、貫通破損粒子を含まない燃料コンパクトの露出ウラン率の結果から燃料コンパクト中の汚染ウランの割合は、 5.7×10^{-7} であった。燃料コンパクトのSiC破損率は、従来の検査方法で得た値は、 $(4 \sim 10) \times 10^{-4}$ の範囲にあることがわかった。また、バーン・リーチ法によるSiC破損率の実験から酸化一硝酸浸出を繰り返すとSiC破損率が増加することが確認された。この効果の原因を究明するために水銀圧入法や酸化一硝酸浸出を繰り返す実験、SiC被覆層の欠陥およびこの種の欠陥がFP放出に及ぼす効果等についてより詳しい研究が必要と思われる。

謝 辞

本研究を行うにあたって有益な助言をして頂いた燃料照射研究室員に感謝します。また、本報告書の作成にあたって激励下さった燃料・材料工学部近藤部長ならびに柴次長に感謝します。

ことは、第4層PyC層を除去した粒子のSiC被覆層表面が硝酸により影響を受け、SiC層の微小な欠陥が拡大してSiC層の破損に至ったものと考えられる。W. J. Kovacsは、バーン・リーチ法と水銀圧入法によるSiC破損率の結果には大きな差があり、この違いは、SiC層の微小な欠陥によるものとしている⁽¹⁾。本実験の酸化-硝酸浸出を繰り返した実験で得られたSiC破損率の結果も同種の欠陥の寄与によるものと推定される。この種の欠陥をSiC破損率に含めるのが妥当か否かは現在の段階で判定は困難である。本報告では、SiC破損率の値として従来⁽²⁾と同じく空气中850°Cで第四層除去後、9時間以上放置した後、硝酸浸出した値で代表させることとし、酸化-硝酸浸出を繰り返した実験結果は参考値として扱うことにする。

5. 結 論

85 F-5 Aガス・スリーブ・キャプセルに装荷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とその燃料コンパクト製造に使用した被覆燃料粒子について露出ウラン率およびSiC破損率を測定した結果、次のことが明らかになった。燃料コンパクト露出ウラン率は、 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ の範囲にあり、また、貫通破損粒子を含まない燃料コンパクトの露出ウラン率の結果から燃料コンパクト中の汚染ウランの割合は、 5.7×10^{-7} であった。燃料コンパクトのSiC破損率は、従来の検査方法で得た値は、 $(4 \sim 10) \times 10^{-4}$ の範囲にあることがわかった。また、バーン・リーチ法によるSiC破損率の実験から酸化-硝酸浸出を繰り返すとSiC破損率が増加することが確認された。この効果の原因を究明するために水銀圧入法や酸化-硝酸浸出を繰り返す実験、SiC被覆層の欠陥およびこの種の欠陥がFP放出に及ぼす効果等についてより詳しい研究が必要と思われる。

謝 辞

本研究を行うにあたって有益な助言をして頂いた燃料照射研究室員に感謝します。また、本報告書の作成にあたって激励下さった燃料・材料工学部近藤部長ならびに柴次長に感謝します。

参 考 文 献

- (1) 福田 幸朔, 小川 徹, 他, "被覆燃料粒子ガススィープキャプセル照射試験 (I)
(74 F - 9 J キャプセルによる照射)" JAERI-M 84 - 054 (1984)
- (2) 小川 徹, 福田 幸朔, 他, "被覆燃料粒子ガススィープキャプセル照射試験 (II)
(75 F 4 A, 75 F 5 A キャプセルによる照射)" JAERI-M 87 - 020 (1987)
- (3) 福田 幸朔, 小林 紀昭, 他, " OGL - 1 第 3 次, 第 4 次および第 5 次燃料体の照射試験"
JAERI-M 86 - 092 (1986)
- (4) Ketterer, J. W. ; Bullock, R. E. " Capsule HRB-15 B postirradiation
examination report " GA - A - 15940 (1981)
- (5) 小川 徹, 福田 幸朔, 他, "被覆粒子燃料からの照射中金属 FP 放出 - 74 F 9 J, 75
F 5 A, 75 F 5 A スィープガスキャプセル" JAERI-M 85 - 041 (1985)
- (6) 日本原子力研究所 核燃料・炉材料等分析委員会, "二酸化ウランの分析"
JAERI 4053 (1971)
- (7) 倉田 有司, 菊地 輝男, 他, "燃料コンパクトのウラン量検査法" JAERI-M 7406
(1977)
- (8) 小林 紀昭, 福田 幸朔, "高温ガス炉用燃料コンパクトの電気解砕-硝酸浸出法による
露出ウラン率検査法" JAERI-M 87 - 023 (1987)
- (9) E. E. Wallura, J. Rottmann, et al. "Determination of uranium
concentration profiles in the pyrocarbon of coated nuclear fuel
particles" Jul - 772 - RW (1971)
- (10) E. Wallura, "On the uranium-contamination in pyrolytic carbon by
the production of coated particles with oxide fuel" Jul - 989 - RW
(1973)
- (11) W. J. Kovacs, "Characterization of defective SiC coatings in TRISO
HTGR fuel particles" GA - A 16215 (1981)
- (12) 未公開, 被覆粒子燃料研究状況報告・第 31 号 JAERI - memo (1986) p 94

Table 1 Characterization of 85FPC coated particles for the experiments.

Items		Results
UO ₂ kernel	U-235 enrichment(w/o)	4.926
	O/U ratio	2.007, 2.008
	diameter (μm)	583
	density (Mg/m^3)	10.24, 10.20 (PSA), 10.32, 10.29 (Hg-Method)
coating layer	1st layer	thickness (μm) density (Mg/m^3)
		57 1.17, 1.18
	2nd layer	thickness (μm) density (Mg/m^3) OPTAF crystallite size(\AA)
		32.0 (PSA), 31.5 (Xray-Microscope Method) 1.85 1.01 29
	3rd layer	thickness (μm) density (Mg/m^3)
		22.0 (PSA), 25.3 (Xray-Microscope Method) 3.20
	4th layer	thickness (μm) density (Mg/m^3) OPTAF crystallite size(\AA)
		48.5 1.87, 1.87 (Liquid-Substitute), 1.86 (Sink-float) 1.00 35
coated particle	diameter (μm) density (Mg/m^3) crushing load(kg/particle) U fraction(%)	903 4.07 (PSA), 4.18, 4.19 (Hg) 2.8 59.5
	weight for the experiments (g)	85FPC1 : 20.0 (11.90 g·U) 85FPC2 : 20.0 (11.90 g·U)

Table 2 Outline of the 85FP fuel compacts for the experiments.

Samples	85FP-3	85FP-5	85FP-10
outer diameter (mm)	24.04	24.04	24.04
inner diameter (mm)	8.06	8.07	8.06
length (mm)	40.06	40.06	40.06
U contents (U-235 g/cm)	0.150 (12.18 g U/compact)	0.150 (12.19 g U/compact)	0.149 (12.14 g U/compact)
density (g/cm ³)	2.44	2.43	2.43
Particle loading fraction (v/o)	31.4	31.4	31.4

Table 3 Results of free U fraction of the coated particles and the fuel compacts.

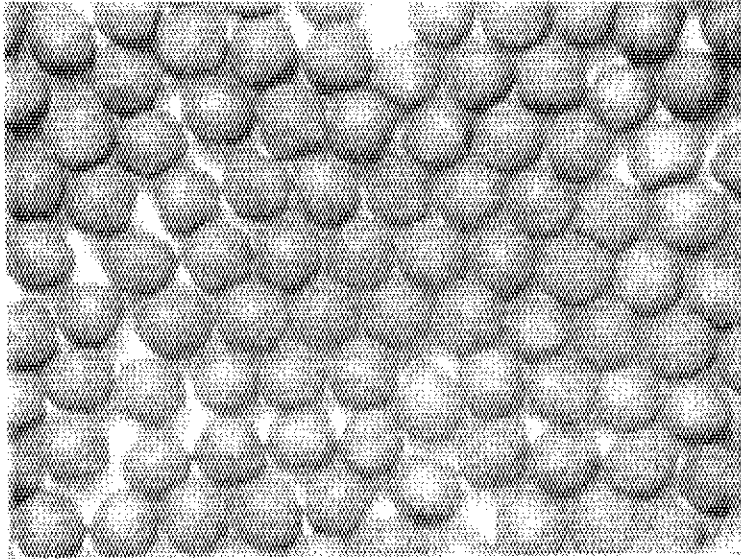
Samples	Weight (g)	Content U (g)	Leached U (g)	Free U fraction
coated particles (85FPC1)	20.000	13.50	5.76E-7	4.27E-8
fuel compact (85FP-3)	39.291	12.18	1.13E-5	9.28E-7
fuel compact (85FP-10)	39.270	12.14	1.40E-3	1.15E-4

Table 4 Changes of defective SiC fraction
for each step of burn-leaching method.

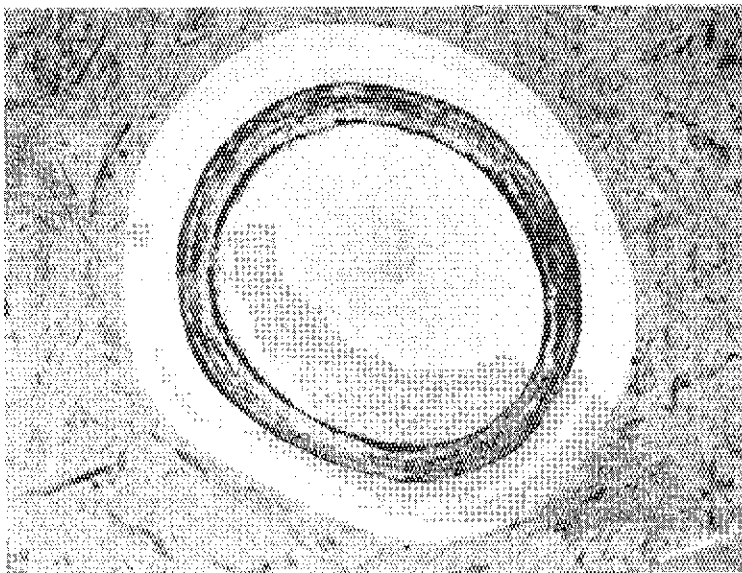
Samples	Oxidation times (h)	Results	
		value of each step	total
85FPC-1 *1 (Particles)	0-20	6.46E-4	6.91E-3
	20-40	5.18E-3	
	40-60	7.84E-5	
	60-122	1.01E-3	
85FPC-2 (Particles)	0-62	7.13E-4 *2	8.91E-4
	62-123	0 *2	
	123-196	1.78E-4	
85FP-3 *1	0-20	6.27E-4	9.80E-4
	20-40	3.53E-4	
	40-60	1.64E-7	
	60-80	3.28E-7	
85FP-5	0-40	4.35E-4 *2	4.35E-4
	40-63	0 *2	
85FP-10*1	0-20	8.57E-4	2.21E-3
	20-40	7.08E-4	
	40-102	6.45E-4	

*1 Defective SiC fraction was measured after determination of free U fraction.

*2 The value was obtained by outview method.



(a) Outview



(b) Ceramograph

Fig. 1 Outview and ceramograph of coated particles (85FPC).

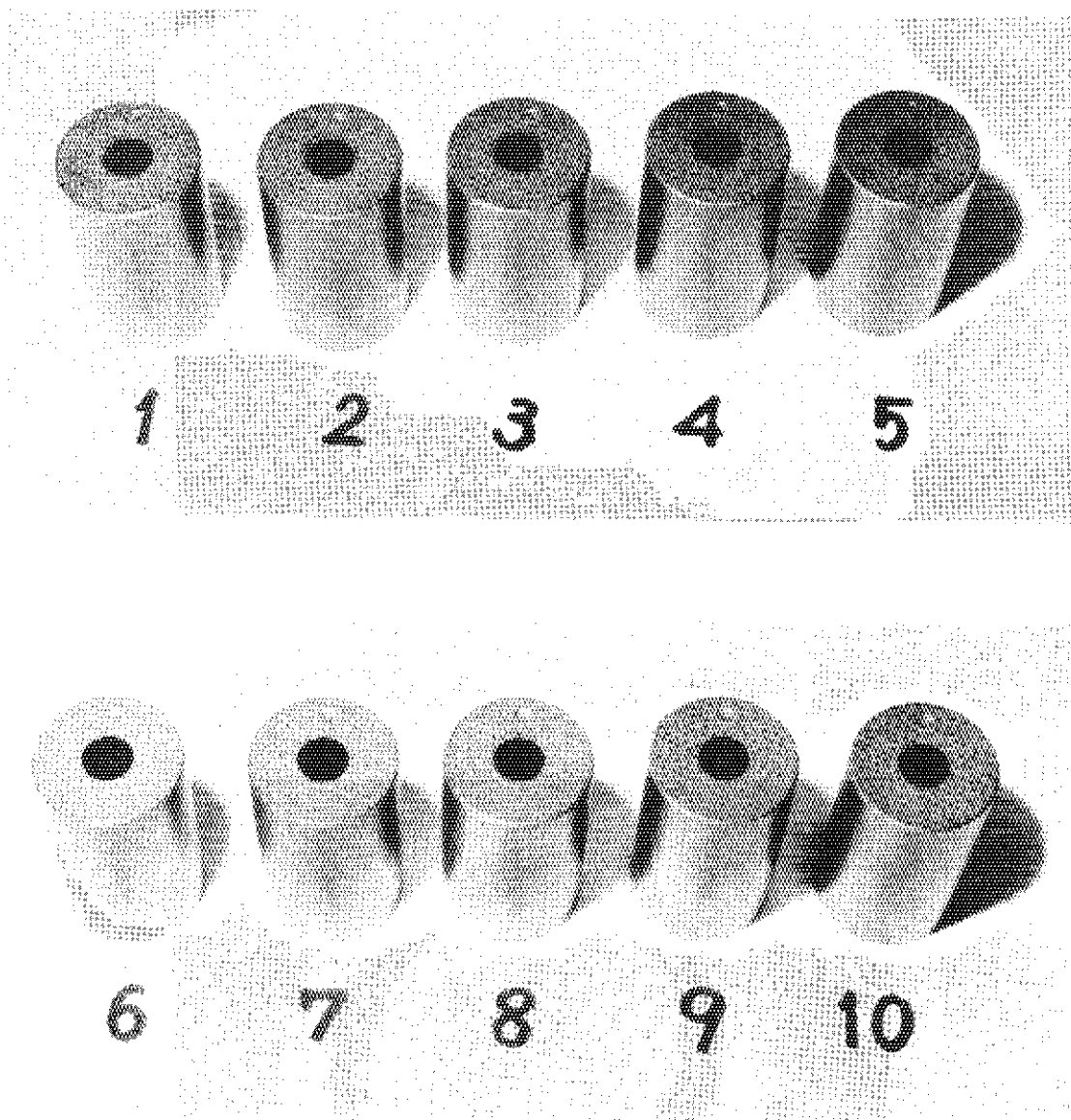


Fig. 2 Outview of fuel compacts.

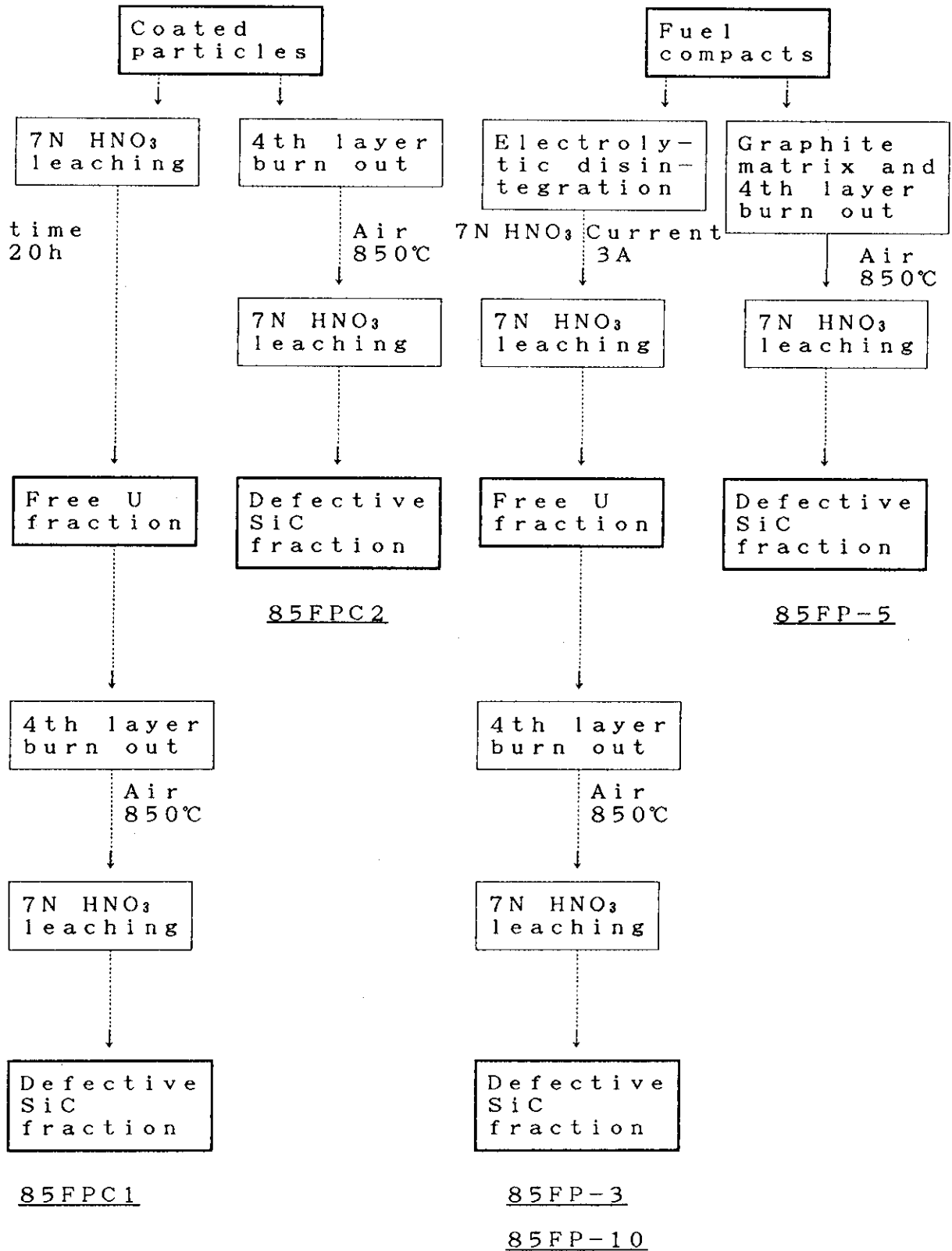


Fig. 3 Methods for determining free uranium fraction and defective SiC fraction of the fuels for an irradiation experiment by 85F-5A gas swept capsule.

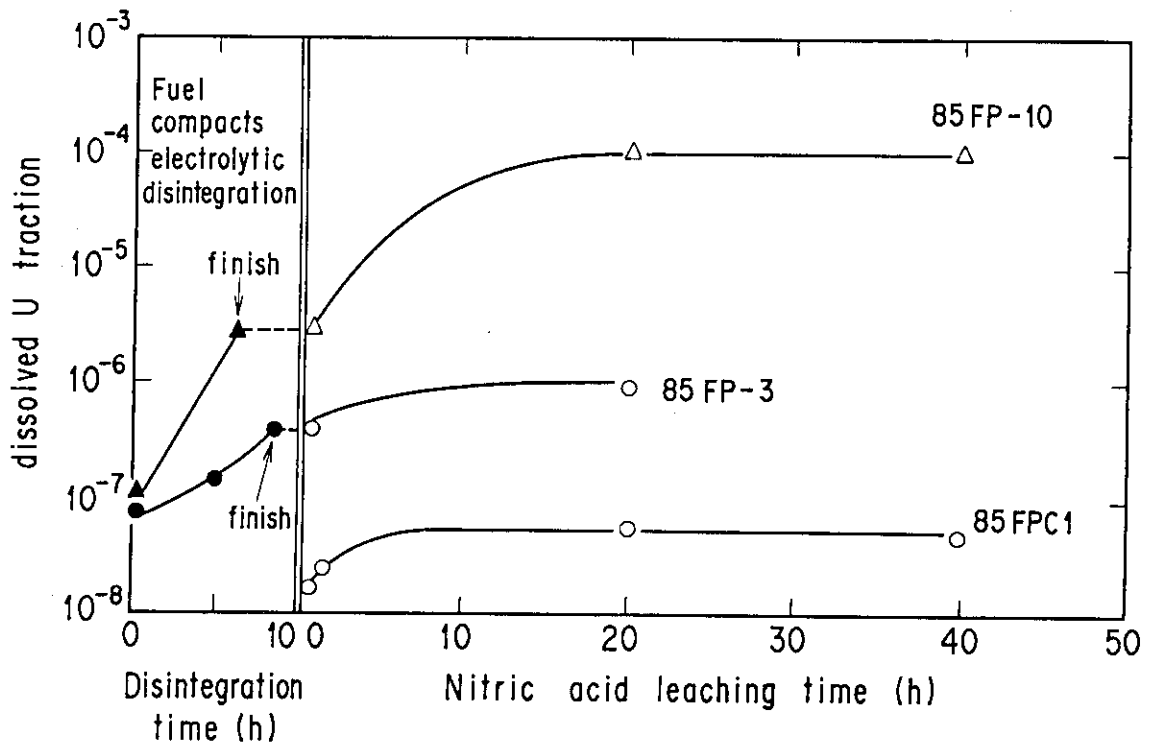


Fig. 4 Changes of dissolved U fraction on coated particles and fuel compacts.

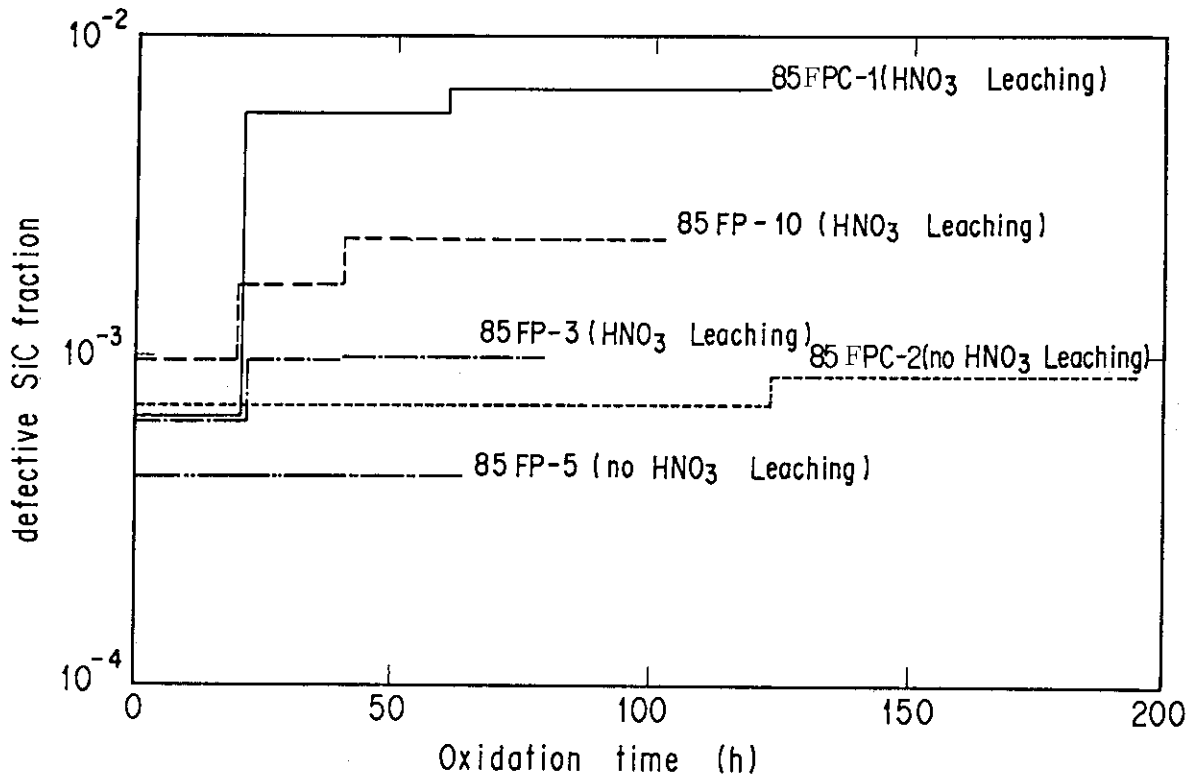


Fig. 5 Changes of defective SiC fraction by oxidation times.