

プルトニウム燃料第一開発室におけるグローブボックス内の火災について (原因と対策)

平成 22 年 9 月 1 日
核燃料サイクル工学研究所

1. はじめに

平成 22 年 7 月 23 日(金)午前 9 時 53 分頃、東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所のプルトニウム燃料第一開発室でグローブボックス内火災が発生した(図-1 参照)。初期消火後(午前 9 時 55 分頃)、東海村消防へ連絡するとともに、研究所内へ連絡した。午前 10 時 10 分頃、東海村消防が到着し、当該室の放射線状況が確認された午前 10 時 46 分頃に現場に立ち入り、午前 10 時 58 分に火災と判定されるとともに鎮火が確認された。この火災において、負傷者はなく、環境への影響もなかった。また、施設・設備に故障はなかった。

火災に至った直接原因、その背景となる間接原因を究明するとともに、再発防止対策、水平展開方針の検討を行った。

2. 火災発生の原因

発生現場の状況確認(図-2、図-3、表-1 参照)、各種試料の分析等(図-4、図-5 参照)を実施し、その結果について各種専門分野の社内有識者から成る「火災事故調査検討タスクフォース」にて検討し、原因の推定を行った。

(1) 直接原因

窒化物燃料

粉末状試料、塊状試料及びペレット状試料を用いて空気中で加熱試験を行った結果(図-4 参照)、急激な酸化反応は 250 ~ 400 で観察されたが、室温では酸化反応は急激に進むことはなかった。また、図-5 の溶融物から採取した粉末状試料の X 線回折測定の結果と合わせて、窒化物燃料は火災発生の原因から排除できる。

マウント

セルロース系樹脂(表-2 参照)を用いたマウント(平成 7 ~ 8 年頃調製)がプラスチック製サンプルビン内で密閉保管されていた。樹脂に含まれていたニトロセルロースは自然分解および放射線分解により劣化・変質が進んだ。その結果、ニトロセルロースが自然発火、あるいは衝撃もしくは摩擦等により発火し(表-3 参照)、プラスチック製サンプルビンの一部に延焼した。

なお、上記の火災発生の直接原因については、消防大学校消防研究センターの専門家により、その可能性が十分考えられるとのコメントを得ている。

(2) 間接原因

窒化物燃料の X 線回折測定試料の作製用にセルロース系樹脂を選定した当時、使用する化学薬品の危険性を事前に検討するルール(製品安全データシート(MSDS))

制度)がなく、当該樹脂がニトロセルロースを含有するという潜在的な危険性に気づかずに使用していた。

窒化物燃料を含むセルロース系樹脂が安定な状態に処理されることなく、一時的な保管が継続された。この間、2度の改組による業務の移管及び担当者の異動により、当該窒化物燃料の形態や状況についての安全情報が十分に継承されなかった。

3. 再発防止対策

(1) 直接原因に対する対策

今後、核燃料物質の分析等の目的ではニトロセルロースを含有するセルロース系樹脂は使用しない。

また、ニトロセルロースを含有するセルロース系樹脂で固定した核燃料物質の測定試料としては、プルトニウム燃料第一開発室に残存する窒化物粉末のX線回折測定試料のみであり、これについては、速やかに酸化処理すべく、核燃料物質使用施設変更許可申請の手続きを開始している。酸化処理までの間、アルゴンガスを通気して安全に管理している。

(2) 間接原因に対する対策

新たに使用する化学薬品類の性状把握について

化学薬品類を使用する際には、現在では、「労働安全衛生マネジメントシステム」において、MSDSを確認し、使用に係る安全性を十分に評価する手順が定められている。この手順の運用について再度周知徹底する。さらに、MSDS制度施行(平成13年)前に化学薬品類と混合された発火のおそれのある核燃料物質について調査し、必要な処置を行う。

安全情報の継承について

核燃料物質使用施設の品質保証システムの文書であるプルトニウム燃料施設品質保証運転管理要領書に、核燃料物質の形態や状況を含む「引継計画書」を作成する旨を明確に規定し、それに基づく業務の引継ぎを行うことで、安全情報の継承を図る。

4. 水平展開

原子力機構において、「ニトロセルロースを含有するセルロース系樹脂で固定した核燃料物質の測定試料の使用状況調査」を実施した結果、類似する使用はなかった。さらに、「空气中で発火の危険性のある化学的に活性な核燃料物質や危険物等についての管理方法等」を調査しており、その結果を踏まえて、必要な対応を計画的に進める。また、新たな化学薬品類を使用する際には、MSDSを活用して使用に係る安全性を十分に評価すること及び核燃料物質の形態や状況に関して引継ぎを行うことを周知徹底して事故の未然防止を図る。

以上

用語集

1. 窒化物燃料

ウラン又はウランとプルトニウムを窒素と化合させた燃料のことであり、ウラン窒化物燃料(UN) 又はウランとプルトニウム混合窒化物燃料(UN-PuN)をいう。窒化物燃料は、酸化物燃料に比べ熱伝導性が良いため高線出力設計が可能である。また、核分裂生成ガス放出率が小さいメリットもある。

2. 酸化物燃料

ウラン又はウランとプルトニウムを酸素と化合させた燃料のことであり、ウランとプルトニウムの混合酸化物燃料をMOX燃料(Uranium-Plutonium Mixed Oxide Fuel)という。

使用済燃料中に含まれるプルトニウムを再処理により取り出し、二酸化プルトニウム (PuO_2) と二酸化ウラン (UO_2) とを混ぜたものである。主として高速増殖炉の燃料に用いられるが、既存の軽水炉用燃料ペレットと同一の形状に加工し、核設計を行ったうえで適正な位置に配置することにより、軽水炉のウラン燃料の代替として用いることができる(これをプルサーマル利用と呼ぶ)。

3. X線回折測定

X線が物質の結晶格子で回折を示す現象を利用して物質中の結晶構造の情報を得る測定手法である。試料に様々な角度でX線を照射し、その回折線について回折角度や回折強度を解析することによって、結晶内部で原子がどのように配列しているかを決定するものである。

4. マウント

X線回折測定用として、窒化物粉末が空気との反応による変質を防止するために、セルロース系樹脂と窒化物粉末を混ぜて乾燥させた板状のもの(約15mm×10mm×1mm)をマウントと呼んでいる。

5. 熱分析

物質を加熱しながら重量変化と反応による発熱及び吸熱を測定する手法のことである。

6. M_3O_8

Mは金属を意味し、ここでは80%ウランと20%プルトニウムが混ざった金属を示す。 M_3O_8 は、酸化物燃料を酸化することによって形成される酸化数の最も大きい酸化物である。空気中において約800℃以上で加熱すると得られる。

7. M_4O_9

Mは金属を意味し、ここでは80%ウランと20%プルトニウムが混ざった金属を示す。酸化物燃料を酸化することによって形成される酸化物の一種である。酸化物燃料として用いられる MO_2 を酸化すると最初に現れる酸化数の比較的小さい酸化物のことである。

8. MSDS (Material Safety Data Sheet の略：製品安全データシート)

化学物質に係る事故を未然に防止することを目的とし、化学物質を安全に取扱うために必要な情報(成分や性質、取扱方法等)を伝達するために、供給者から取扱者へ提供する説明書のことである。

9. 労働安全衛生マネジメントシステム

組織で働く従業員の安全・健康の維持を目的として、「労働安全衛生方針」を明らかにし、計画を策定して手順を定め、実施し、見直して改善するための組織体制を含むマネジメントシステム。労働安全衛生に係る方針や目標を定め、その目標を達成するための「仕組み」を中心とした改善活動であり、特徴としては作業におけるリスクを洗い出し、分析・評価して影響度に応じたリスク・コントロールを行っていく点にある。

核燃料サイクル工学研究所

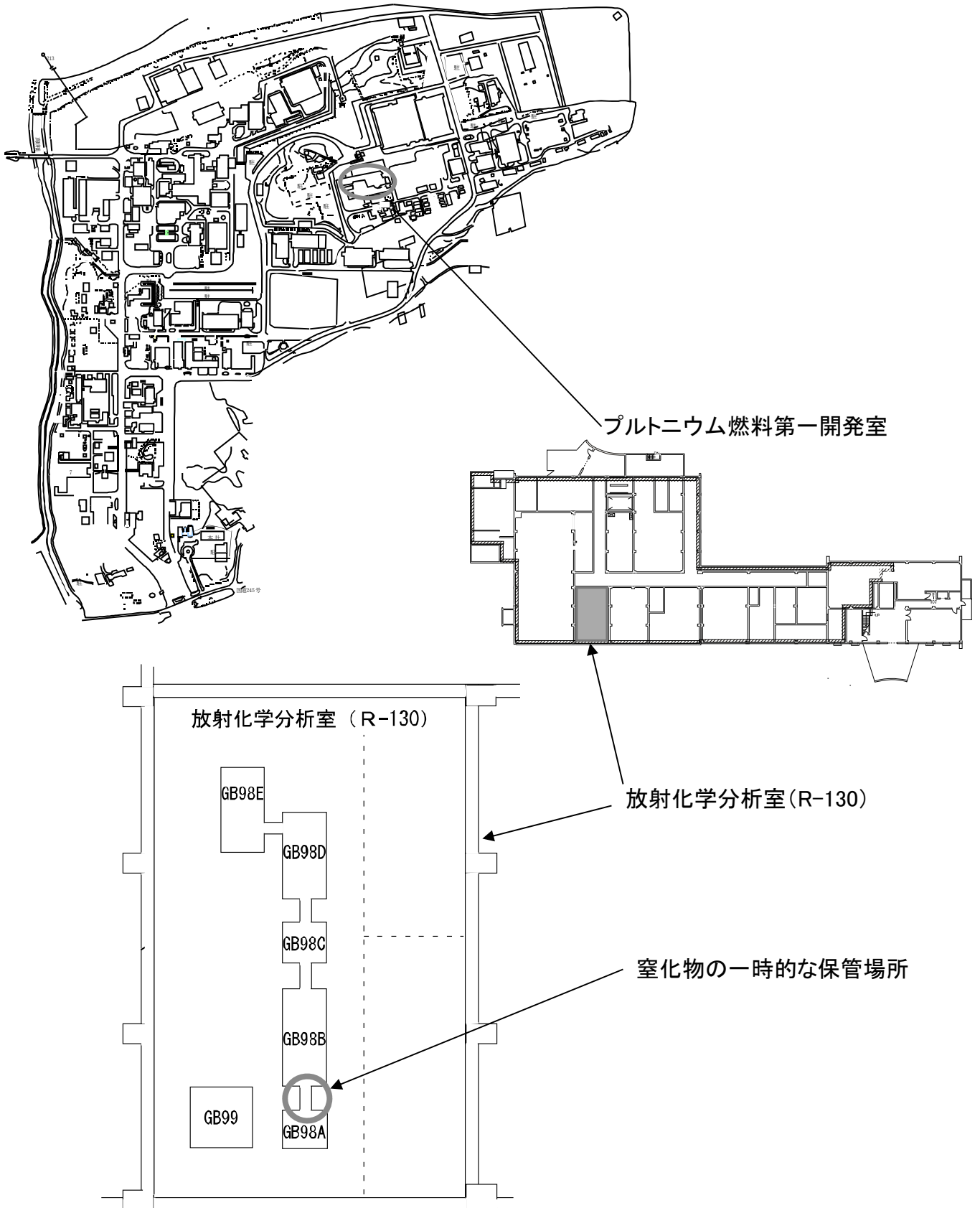


図-1 火災発生場所

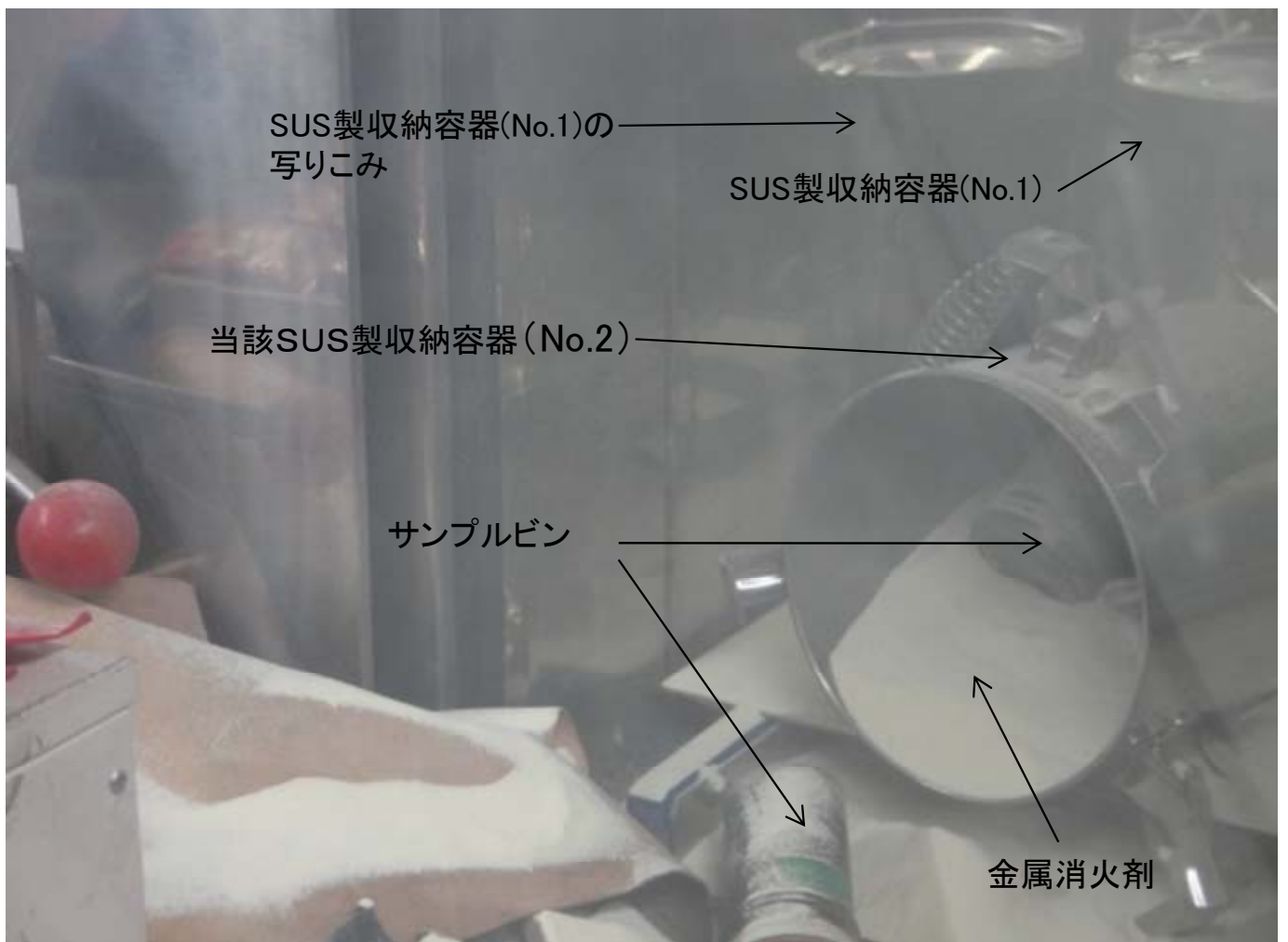


図-2 金属消火剤散布により消火したSUS製収納容器(No.2)の状況写真

- ・サンプルビンの数: 7個
- ・内訳:
 - プラスチック製サンプルビン【A】: 4個
 - プラスチック製サンプルビン【B】: 1個
 - SUS製サンプルビン【C】: 2個

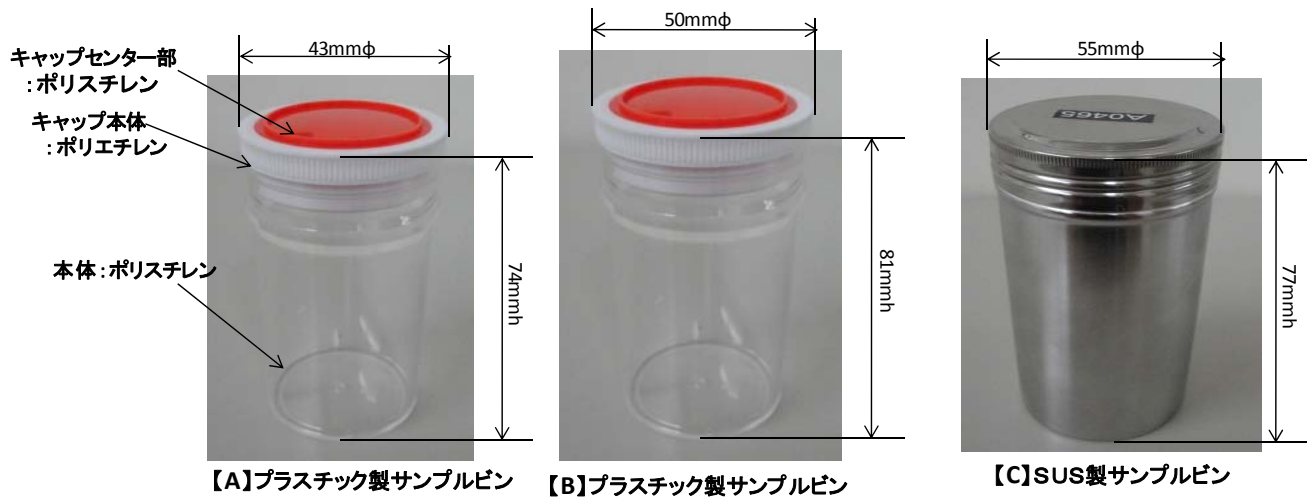


図-3 SUS製収納容器(No.2)と収納物

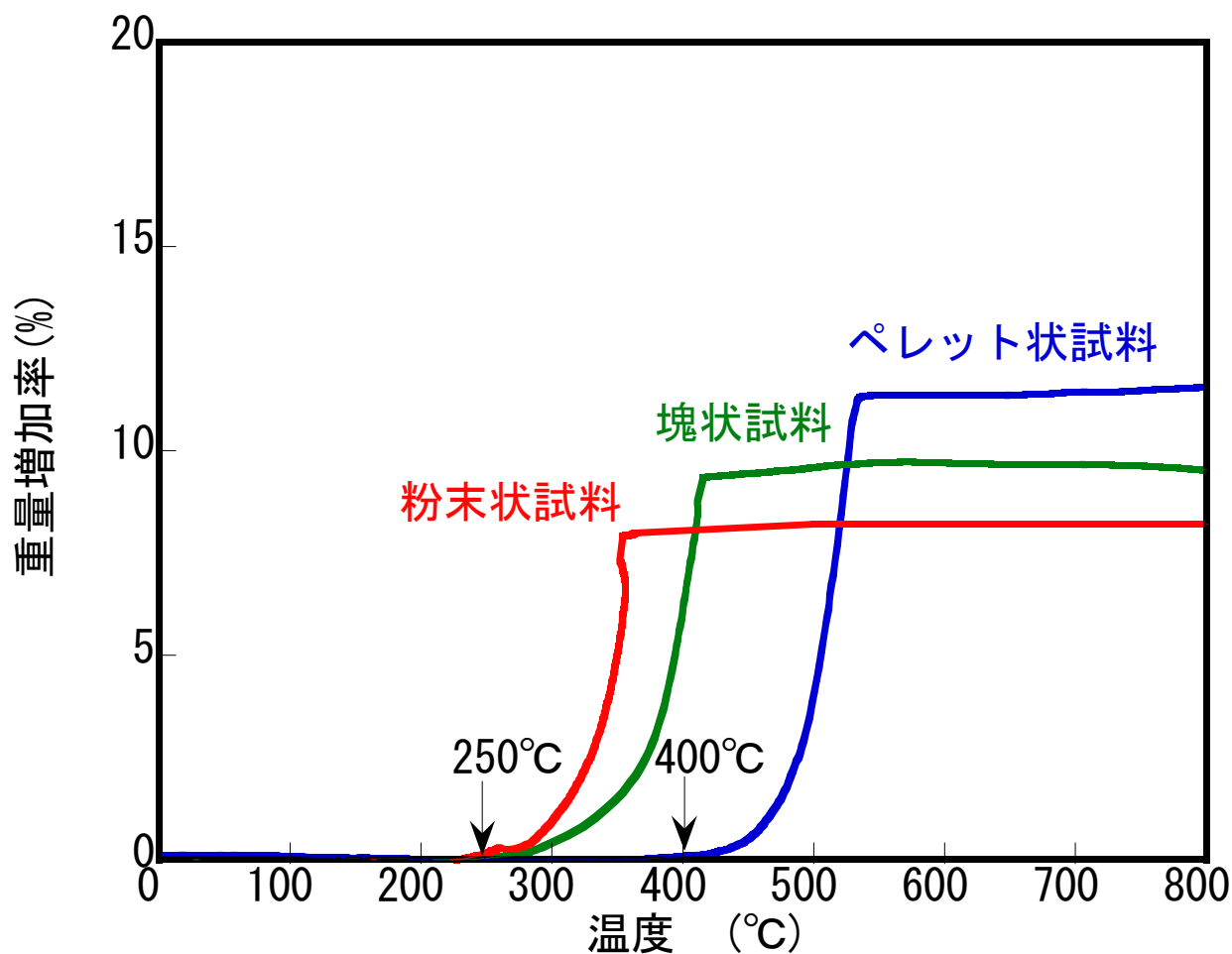


図-4 粉末状試料、塊状試料及びペレット状試料の熱分析結果（空气中、15°C/min）

- (1) 粉末状試料、塊状試料及びペレット状試料の空气中における熱分析結果を示す。
- (2) 酸化反応は、250～400°Cで観察され、酸化特性は試料の性状によって変化した。
- (3) 粉末状試料は、3種類の試料の中でもっとも速い酸化速度であった。

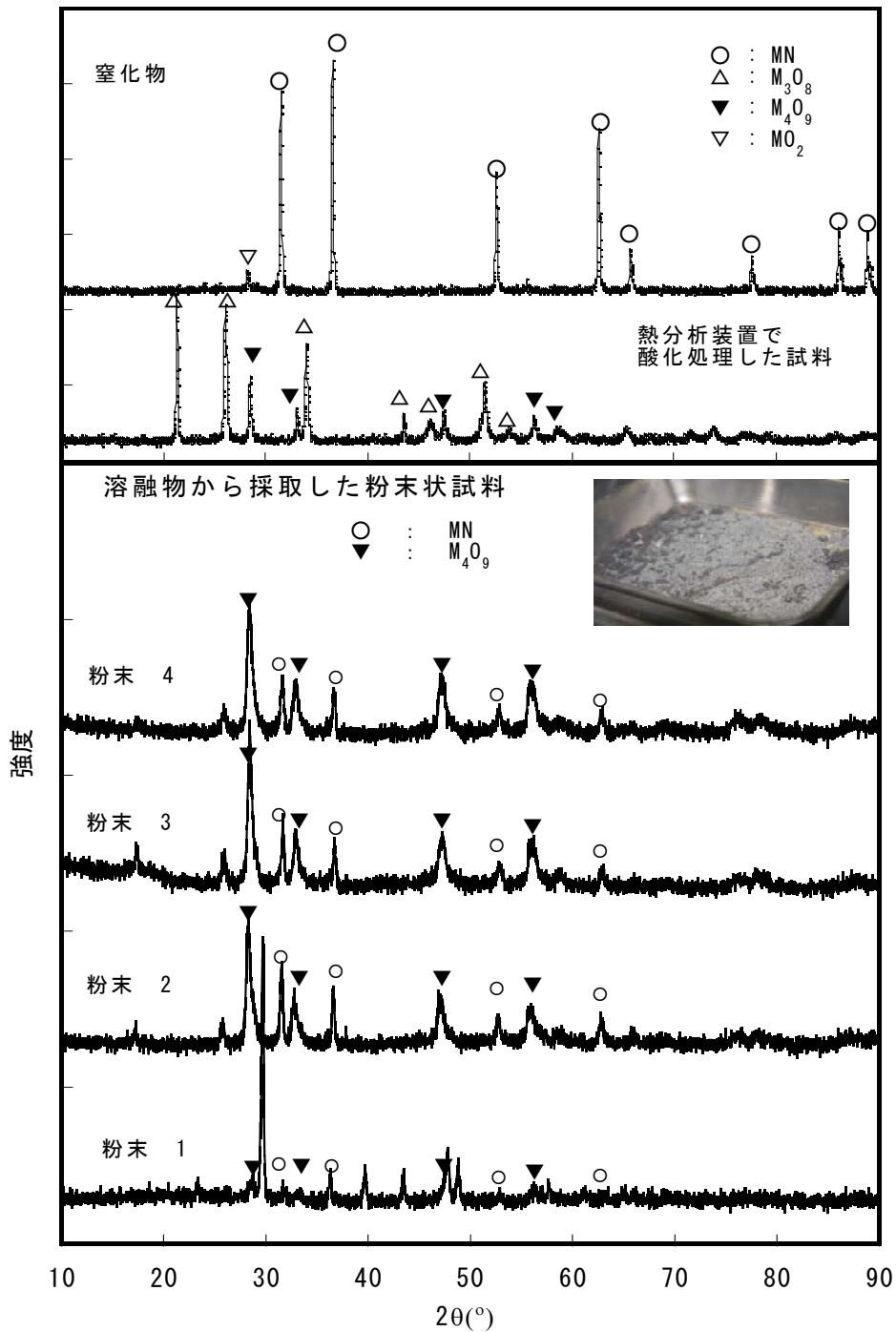


図-5 溶融物から採取した粉末状試料のX線回折測定結果

〔 上段にはウラン-プルトニウム混合窒化物(MN)と1000°Cで酸化処理した試料の測定結果、下段は溶融物の4箇所から採取した粉末状試料の測定結果を示す。 〕

・溶融物から採取した粉末状試料は、MNと酸化物(M_4O_9)の混合物であり、酸化処理した試料に見られるような明確な M_3O_8 は確認されなかった。

表-1 発火したSUS製収納容器(No.2)内収納物の調査結果

No.	容器	目視確認結果		在庫リスト情報	
		外観	内容物		
2-1	【C】SUS製 サンプルビン	ID確認可 スス状の付着物あり	ビニル製試料袋に 収納	ウラン窒化物	塊状
2-2	【C】SUS製 サンプルビン	ID確認可 スス状の付着物あり 溶融物がついていた。	ビニル製試料袋に 収納(一部溶融)	ウラン-プルトニウム 混合窒化物	塊状
2-3	【B】プラスチック製 サンプルビン	ID確認可 変色・熱影響無し	粉末	ウラン-プルトニウム 混合窒化物	粉末
2-4	【A】プラスチック製 サンプルビン	ID確認不可、IDは推定 容器横に溶融した穴	粉末	ウラン-プルトニウム 混合窒化物	スクラップ
2-5	【A】プラスチック製 サンプルビン	ID確認不可、IDは推定 プラスチック製サンプルビンが溶融し、ひと塊になっており、No.2- 2に溶着していた。		ウラン窒化物	マウント
2-6	【A】プラスチック製 サンプルビン			ウラン-プルトニウム 混合窒化物	塊状
2-7	【A】プラスチック製 サンプルビン			ウラン-プルトニウム 混合窒化物	粉末

表-2 現在市販されているセルロース系樹脂の成分(抜粋)

成分名	含有率(%)	常温で 揮発
ニトロセルロース	10-20	×
ポリ酢酸ビニル樹脂	1-10	×
有機溶剤 (アセトン、酢酸ブチル等)	70-85	○

出典：製品安全データシート(マウントに使用したセルロース系樹脂と同種のもの)

マウントに使用されていた樹脂は、セルロース系樹脂であり、その主要な成分は左表のとおり。

マウントを構成する成分の多くは、常温で揮発する性質であることから、マウントに加工後10年以上経過した現在では、主要な成分は、ニトロセルロースと考えられる。

製造メーカーに問い合わせたところ、マウントに使用した当時のセルロース系樹脂中のニトロセルロースの含有率は同等であることを確認した。

表-3 ニトロセルロースの性質

項目	性質
比重	1.7
発火点	160～170℃ (劣化が進んだものは40℃程度の低い温度で自然発火するという報告がある)
自然発火	消防法で規定された第5類危険物(自己反応性物質)
主な用途	ラッカー塗料, 火薬
貯蔵	水、アルコールで湿綿し、安定化させ、冷所に貯蔵。 点火源となる熱源を避け、打撃、分解に注意。
劣化	硝酸＋セルロースに分解し、分解熱を伴う。
分解生成物	化学的に不安定

ニトロセルロース(C₁₂H₁₄N₆O₂₂)の主要な性質は左表のとおり。

消防法で第5類危険物に指定された、同一分子内に可燃性部分と酸素供給部分が存在する自己反応性物質である。また、常温でも乾燥すると、打撃、摩擦等により発火することがある。劣化(硝酸＋セルロースへの分解)に伴い発熱(分解熱)する。分解生成物は化学的に不安定である。ニトロセルロースを主成分とするセルロイドの劣化はニトロセルロースの分解により生じ、分解中期には表面にベタ付きが生じ、分解後期にはクラックが生じる。

出典:

- セルロイド安全取扱いマニュアル、ダイセルファインケム(株)、2008.4.25
- 危険物取扱者試験 合格ナビ
- 製品安全データシート
- 化学物質等安全データシート
- 写真の手入れ、取り扱い、保存、マークルーサ、2006
- 火薬ケミストリー、長田英世