

放射線作業環境中におけるPuエアロゾルの粒径分布について

— プルトニウム転換技術開発施設における工程設備更新工事に伴う測定結果 —

1994年12月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001

放射線作業環境中におけるPuエアロゾルの粒径分布について

—プルトニウム転換技術開発施設における

—工程設備の更新工事に伴う測定結果—

実施責任者 石田 順一郎*
報告者 二之宮 和重*
田崎 隆*
小池 雄二**
石松 信彦***

要

旨

放射性物質の吸入摂取による内部被ばく線量評価では、年摂取限度（以下「ALI」という。）が吸入した放射性物質の空気力学的放射能中央径（以下「AMAD」という。）を $1\mu\text{m}$ と仮定して得られた値であるため、実際に吸入した放射性物質のAMADが著しく異なる場合は粒径による補正を行う必要がある。しかし、実際の放射線作業環境中における放射性エアロゾルの粒径分布等に関する報告例はほとんどないのが現状である。

そこで、プルトニウム転換技術開発施設（以下「転換施設」という。）で実施された工程設備の更新工事に伴う代表的な放射線作業環境中におけるPu（酸化プルトニウム）エアロゾルの粒径分布測定を行った。その結果、更新した各工程設備の切断作業に伴い発生するエアロゾルの粒径分布に有意な差はなく、AMADとしては約 $3\mu\text{m}$ 、幾何標準偏差（以下「 σ_g 」という。）は約2であった。

* 安全管理部 放射線管理第二課

** 常陽産業(株)

*** 検査開発(株)

目 次

1. 緒 言	1
2. 粒径分布測定の概要	2
2.1 粒径分布の測定原理	2
2.2 粒径分布測定装置の概要	3
2.3 粒径分布測定の対象	4
2.4 粒径分布測定の実施場所	5
2.5 粒径分布の測定手順	6
3. 放射線作業の概要	7
3.1 P03 (分析試料採取系) フィルタユニットの切断	7
3.2 P14 (焙焼還元工程) 焙焼還元炉の切断	8
3.3 P61,62 (分析工程) グローブボックスの切断	8
3.4 P71 (廃液蒸発処理工程) 廃液蒸発缶の切断	9
4. 粒径分布の測定結果	11
4.1 フィルタユニットの切断に伴う粒径分布	11
4.2 焙焼還元炉の切断に伴う粒径分布	14
4.3 グローブボックスの切断に伴う粒径分布	18
4.4 廃液蒸発缶の切断に伴う粒径分布	23
5. ま と め	26
付録 AMADと推定被ばく線量の関係	27

目 次 (表・図編)

表 1	ロープレッシャーインパクト (LP-20-RAS) 仕様	3
表 2	ロープレッシャーインパクト (LP-20-RAS) 分級仕様	4
表 3	粒径分布測定の対象	4
表 4	フィルタユニット切断に伴う粒径分布の測定結果	11
表 5	焙焼還元炉切断に伴う粒径分布の測定結果	14
表 6	グローブボックス切断に伴う粒径分布の測定結果	18
表 7	廃液蒸発缶切断に伴う粒径分布の測定結果	23
表 8	放射線作業環境中における酸化PuのAMAD	26
図 1	インパクトと捕集板の位置と空気の流れ	2
図 2	ロープレッシャーインパクト構成図	3
図 3	粒径分布測定の実施場所 (転換施設、1階)	5
図 4	粒径分布測定フロー図	6
図 5	フィルタユニット概略図	7
図 6	炉芯管の概略図	8
図 7	グローブボックスの概略図	9
図 8	廃液蒸発缶の概略図	10
図 9	フィルタユニット切断時における粒径分布	12
図 10	フィルタユニット切断時における粒径積算分布	13
図 11	焙焼還元炉切断時における粒径分布	15
図 12	焙焼還元炉切断時における粒径積算分布	17
図 13	グローブボックス切断時における粒径分布	20
図 14	グローブボックス切断時における粒径積算分布	21
図 15	廃液蒸発缶切断時における粒径分布	24
図 16	廃液蒸発缶切断時における粒径積算分布	25

1. 緒 言

内部被ばくの評価においては、線量算定のためのモデルとそのモデルに用いられる各種パラメータの数値の選定が基本となっており、ICRP Publication 30の呼吸器系モデルによると、摂取した核種の摂取量と化学形、粒径が与えられれば、身体各器官の線量が算定でき、荷重係数を用いて実効線量当量を求めることができる。また、ICRPでは核種ごとに放射性物質のAMADが $1\ \mu\text{m}$ の場合のALIと誘導空气中濃度限度（以下「DAC」という。）を勧告しており、我が国の法令でもICRPの勧告値に基づいてALIとDACを定めている。

AMADが $1\ \mu\text{m}$ と異なる場合には原則として補正が必要となるが、現実的には吸入時の粒径を得ることは困難であるため、AMADを $1\ \mu\text{m}$ として評価が行われてきた。

ICRPの呼吸器モデルで要求される各種パラメータの中で、放射性物質の核種の判定及び放射能測定に関しては、技術的にもほぼ確立されていると考えられる。また、化学形については、各工程ごとの化学形から十分に推測が可能である。

したがって、本報告書では、吸入摂取時の線量当量評価結果を左右する放射性物質の粒径について、転換施設の工程設備更新工事に伴い実施された放射線作業環境中のPuエアロゾルの粒径分布測定を行った結果について報告する。

2. 粒径分布測定の概要

2.1 粒径分布の測定原理

測定方法としては、慣性衝突法を原理とするカスケードインパクト法を用いた。その原理は、図1に示すように、ノズルから捕集板に向かって粒子を含んだ空気を噴出させたとき、空気中の粒子が慣性力によって捕集板上に衝突、分離捕集されるものである。このノズルの口径を順次小さくすることにより空気の流速は次第に大きくなり、下流にいくほど小さい粒子を分離捕集する。

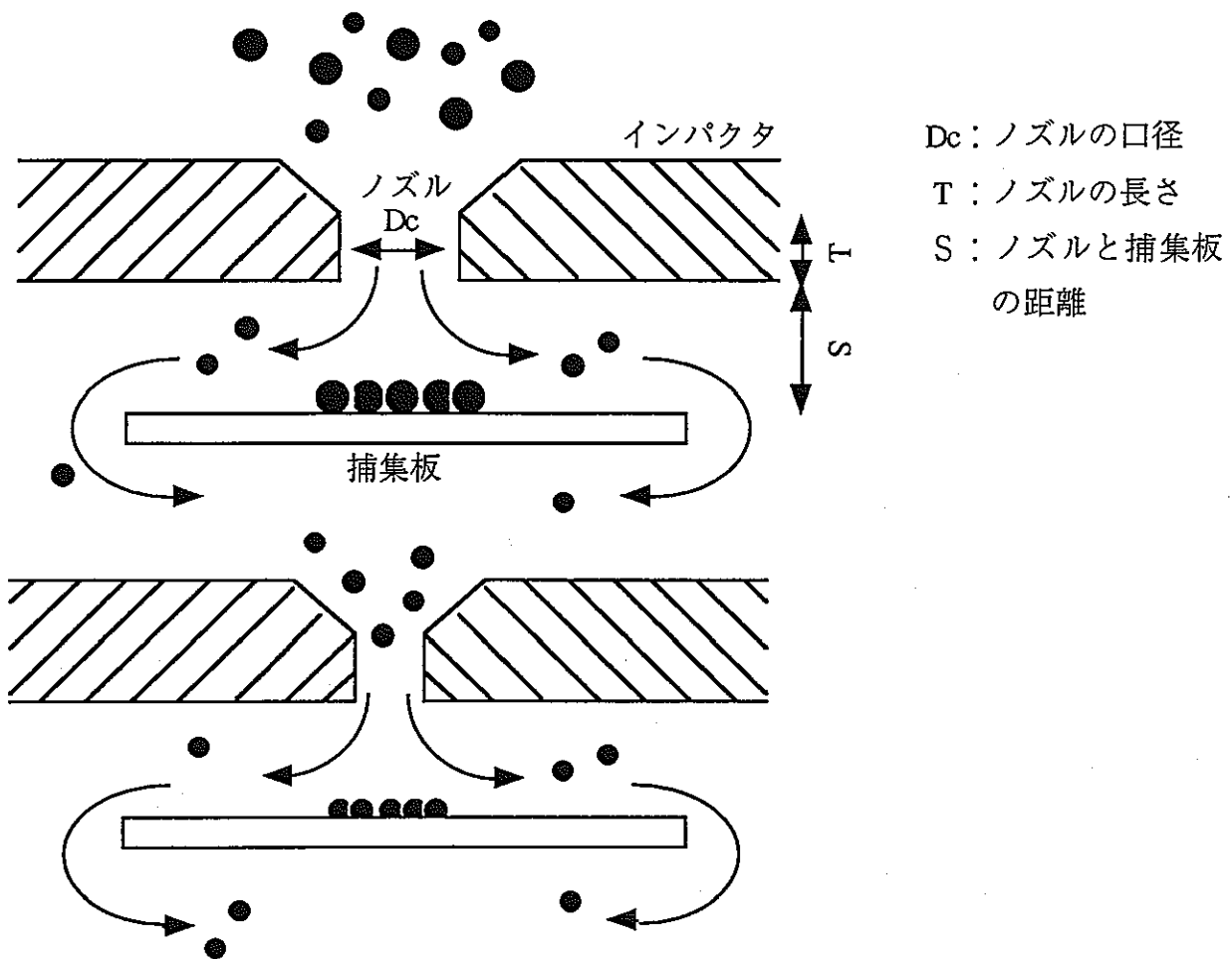


図1 インパクトと捕集板の位置と空気の流れ

インパクトにおいて分離捕集される粒子の大きさは、ノズルから噴出される粒子の慣性力、すなわち、次式に示す無次元の慣性パラメータ (ψ) によって決定される。

$$\psi = (C \times \rho_p \times D_p^2 \times V_0) / (18 \times \mu \times D_c)$$

ここで、Cはカニングム補正係数、 ρ_p は粒子密度、 D_p は粒径、 V_0 はノズルからの噴出速度、 μ はガスの粘性係数、 D_c は円形ノズルの直径である。

カニングム補正係数は、粒子が $1 \mu\text{m}$ 以下の微小粒子領域において、気体分子による粒子の運動に対する抵抗力が低下することを補正する係数で、気体分子の平均自由行程 (λ) を用いて次式で表される。

$$C = 1 + 2.514 \times (\lambda / D_p) + 0.80 \times (\lambda / D_p) \exp [-0.55 \times (D_p / \lambda)]$$

以上の計算式から、粒径は次式により求められる。

$$D_p = \sqrt{18 \times \mu \times D_c \times \psi / C \times V_0 \times \rho_p}$$

2.2 粒径分布測定装置の概要

粒径分布の測定には、低圧型カスケードインパクタ（ロープレッシャーインパクタ LP-20-RAS, 東京ダイレック(株)製）を使用した。本インパクタは、多段多孔式カスケードインパクタをそのまま応用し、低圧条件下（最大 -550mmHg ）で慣性衝突捕集させることにより $0.05 \mu\text{m}$ までの微小粒子を分級捕集できるように設計されたものである。

使用した装置の構成図は、図 2 に示すとおりである。また、装置の仕様及び分級仕様を表 1 及び、表 2 に示す。

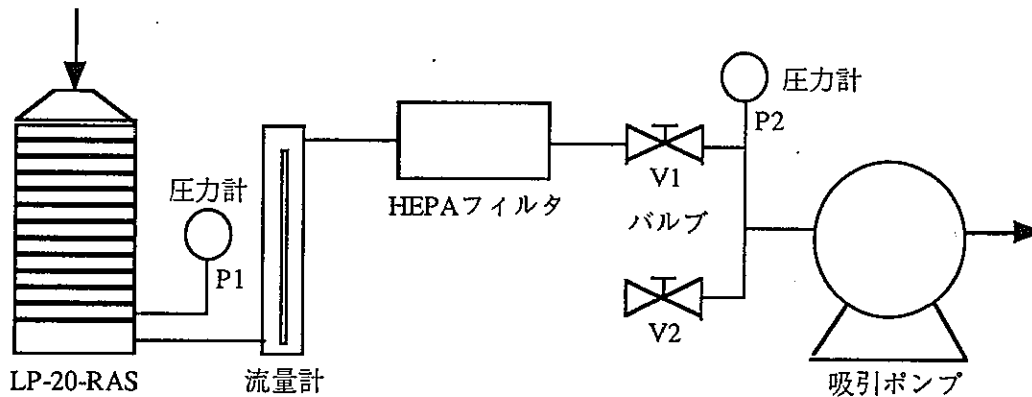


図 2 ロープレッシャーインパクタ構成図

表 1 ロープレッシャーインパクタ (LP-20-RAS) 仕様

分級特性	$0.05 \sim 11.0 \mu\text{m}$
分級段数	12段
吸引流量	$20 \text{ l} / \text{min} (\pm 10\%)$
吸引圧力	-550 mmHg
捕集板	59ϕ 濾紙

表2 ロープレッシャーインパクト (LP-20-RAS) 分級仕様

ステージ No.	20℃,1atmにおける50%分離径 (μm)	ノズル径 (mm ϕ)	ノズル数
0	11.0以上	2.52	98
1	8.0	2.00	98
2	5.4	1.17	229
3	3.4	0.86	229
4	1.9	0.59	229
5	1.0	0.40	229
6	0.71	0.32	229
7	0.47	0.25	229
L1	0.27*	0.25	110
L2	0.22*	0.25	80
L3	0.10*	0.25	80
L4	0.05*	0.25	110
バックアップ	0.05以下	フィルタ	

*：圧力補正により算出

2.3 粒径分布測定の対象

本報の粒径分布測定は、転換施設において実施した。転換施設では、平成5年9月から約1年間かけて焙焼還元炉、廃液蒸発缶、フィルタユニット、グローブボックス等の主要設備の更新工事が実施され、これらの更新対象設備は撤去し1ヵ所に集められた後、切断してから廃棄された。本報では、これら撤去設備の切断に係わる放射線作業に着目し、各工程別に撤去設備の切断時における粒径分布の測定を実施した。この結果は、放射線作業環境中の放射性エアロゾルの粒径分布であると同時に、各工程別の粒径分布を反映していると考えられる。

粒径分布を測定した工程と切断した撤去設備の一覧を表3に示す。

表3 粒径分布測定の対象

工程No.	工 程	切断した撤去設備	核 種
P03	分析試料採取系	フィルタユニット	酸化プルトニウム
P14	焙焼還元工程	焙焼還元炉	
P61,62	分析工程	グローブボックス	
P71	廃液蒸発処理工程	廃液蒸発缶	

2.4 粒径分布測定の実施場所

撤去設備の切断作業は、転換施設A128室（基礎実験室）の間仕切り内にグリーンハウス（以下「GH」という。）を設営して実施された。粒径分布の測定は、十分な作業エリアが確保できなかったため、主作業場所であるGH1の天井部（床上約2m）からサンプリングラインを通じて間仕切りの外で実施した。

実施された放射線作業と粒径分布の測定に係る位置関係を図3に示す。

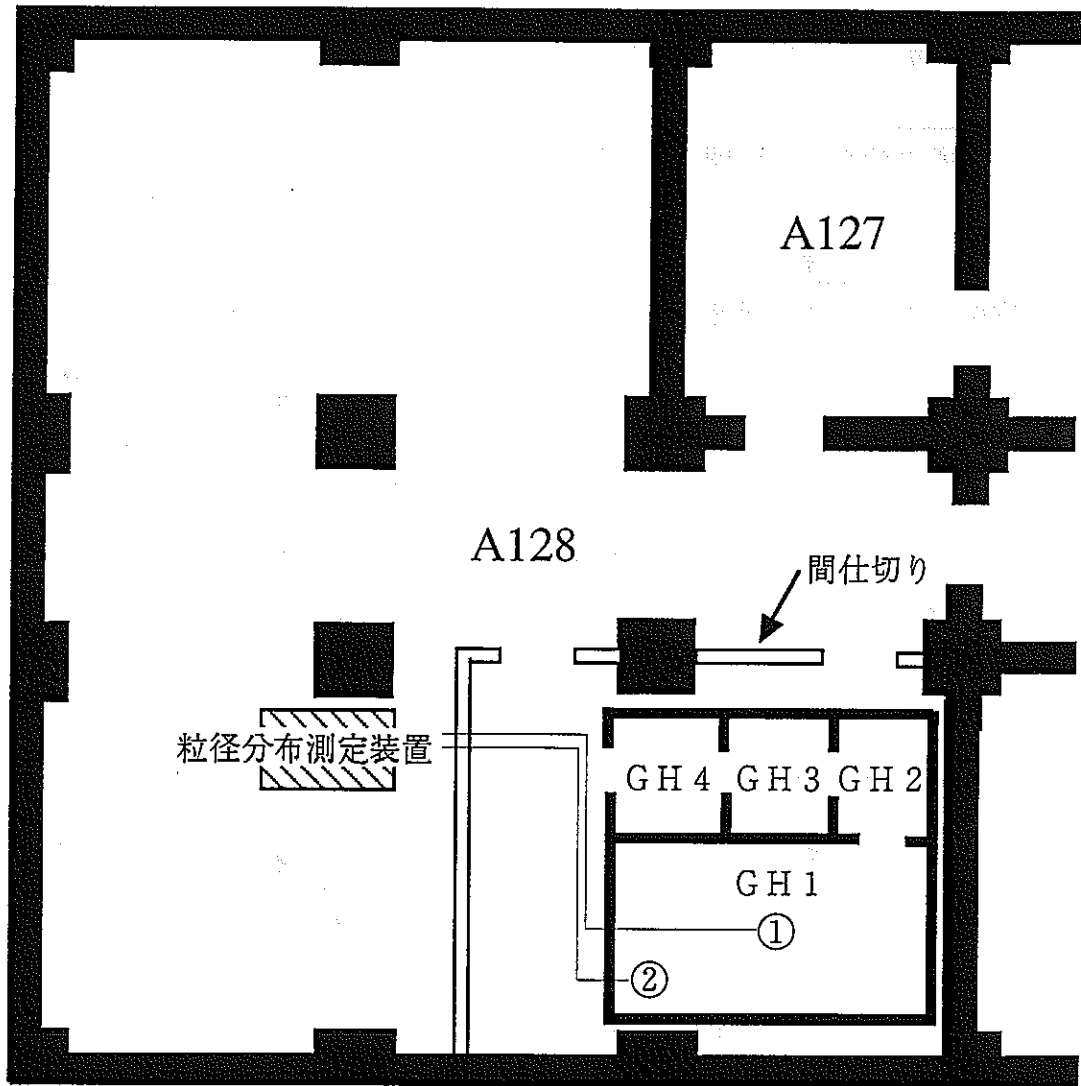


図3 粒径分布測定の実施場所（転換施設、1階）

GH1内の粒径分布を測定するためのサンプリングラインは、GH内の空気流線を考慮して①②の2カ所に設置し、作業者の作業場所と空気流線から任意のサンプリングラインを接続して粒径分布の測定を実施した。なお、サンプリングする放射性エアロゾル量は、併設したα線ダストモニタの指示値により調整した。

2.5 粒径分布の測定手順

粒径試料の採取は、対象となる撤去設備の切断に伴う作業環境中の放射性物質濃度の上昇が確認された時点でロープレッシャーインパクトによるサンプリングを開始し、併設したダストモニタの指示値において任意の捕集量が得られた時点でサンプリングを終了した。

粒径分布の測定は、各粒径ごとに分級された粒径試料を回収してマイラ膜で覆った後に酸化プルトニウムの放射能強度を測定し、その捕集割合から粒径分布を得た。

粒径分布の測定フローを図4に示す。

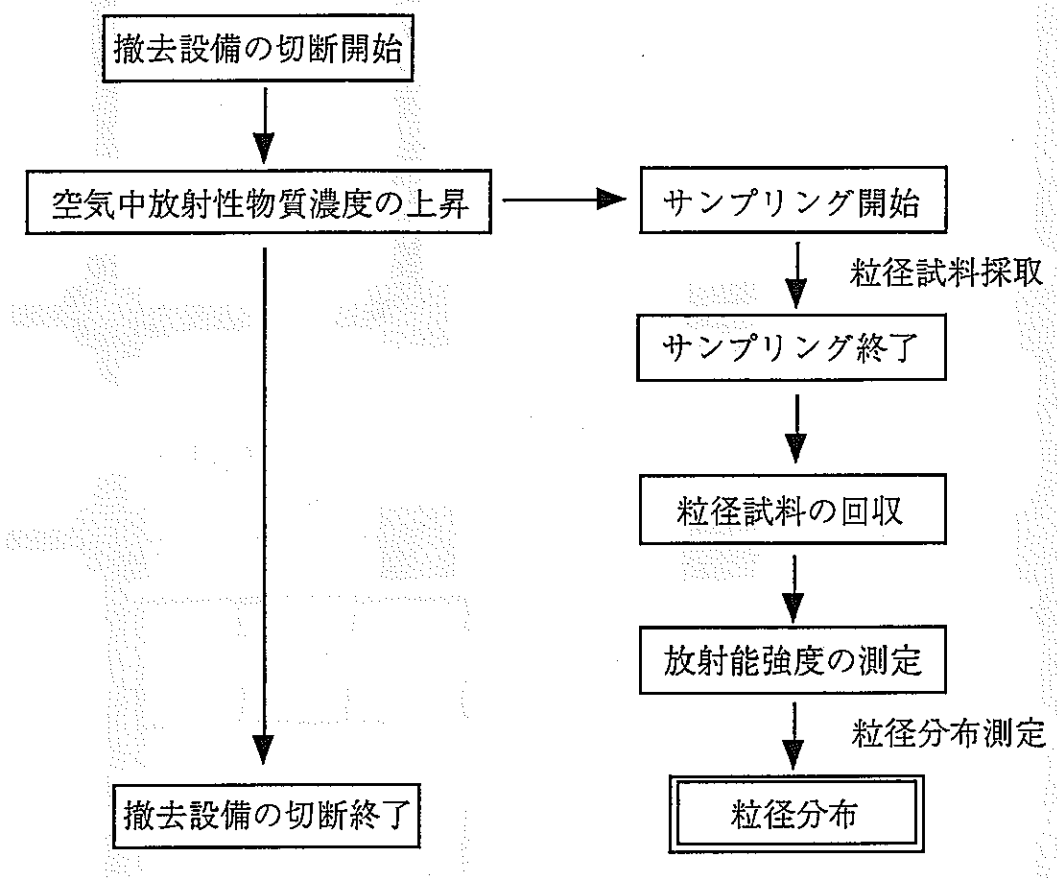


図4 粒径分布測定フロー図

なお、粒径分布の測定結果についてはJIS K 0302（排ガス中のダスト粒径分布の測定方法）に基づき粒径評価を実施した。

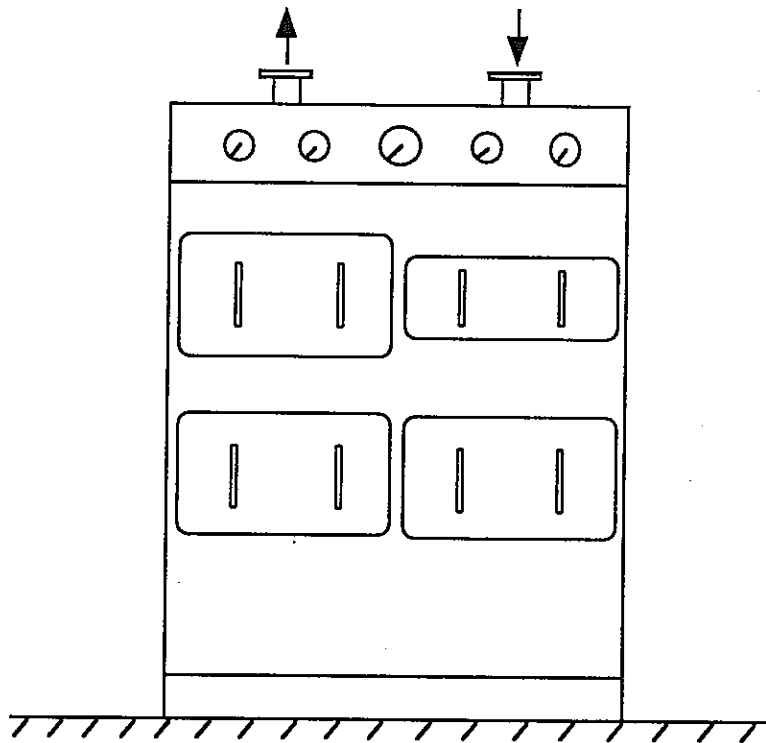
3. 放射線作業の概要

3.1 P03（分析試料採取系）フィルタユニットの切断

本報で粒径分布の測定対象とした分析試料採取系（以下、「P03工程」という。）は、粉末調整系、粉末取扱系からの分析試料をサンプリングし、気送方式により分析系に移送する工程であり、フィルタユニットは、P03工程の気送に伴う排気中の放射性物質を除去するために4段の高性能フィルタで構成されている。また、本工程で取り扱われる物質は、工程のフローから酸化ウランと酸化プルトニウムの混合酸化物粉末（以下、「MOX粉末」という。）であり、それらの放射性崩壊系列からみて測定される粒径は実質的に酸化プルトニウムの粒径分布とみなせる。

放射線作業では、撤去されたフィルタユニット内からHEPAフィルタを取り外し、ローターバンドソー、ニブラを用いて切断した後、切断物の梱包と廃棄物用コンテナへの収納が実施された。

切断されたフィルタユニットの概略図を図5に示す。



(概寸：W 1100×H 1665×D 450 mm)

図5 フィルタユニット概略図

本作業に伴う粒径分布の測定は、フィルタユニットの切断時において2回に分けて実施した。

3.2 P14（焙焼還元工程）焙焼還元炉の切断

焙焼還元工程（以下、「P14工程」という。）は、硝酸ウランと硝酸プルトニウムの混合溶液を脱硝して得られた脱硝粉末を焙焼し、さらに窒素—水素混合ガスを流しながら還元する工程である。そして、焙焼還元炉は、この脱硝粉末を焙焼還元する電気炉で、炉殻と炉芯管で構成されている。また、本工程で取り扱われる物質は、焙焼還元により生成したMOX粉末であり、測定される粒径は酸化プルトニウムの粒径分布とみなせる。

放射線作業では、撤去された焙焼還元炉の炉芯管をディスクグラインダを用いて切断した後、切断物の梱包と廃棄物用コンテナへの収納が実施された。

切断された焙焼還元炉の炉芯管の概略図を図6に示す。

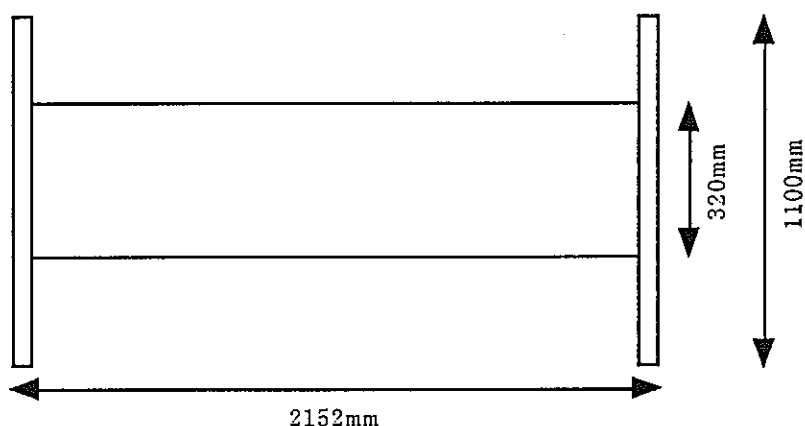


図6 炉芯管の概略図

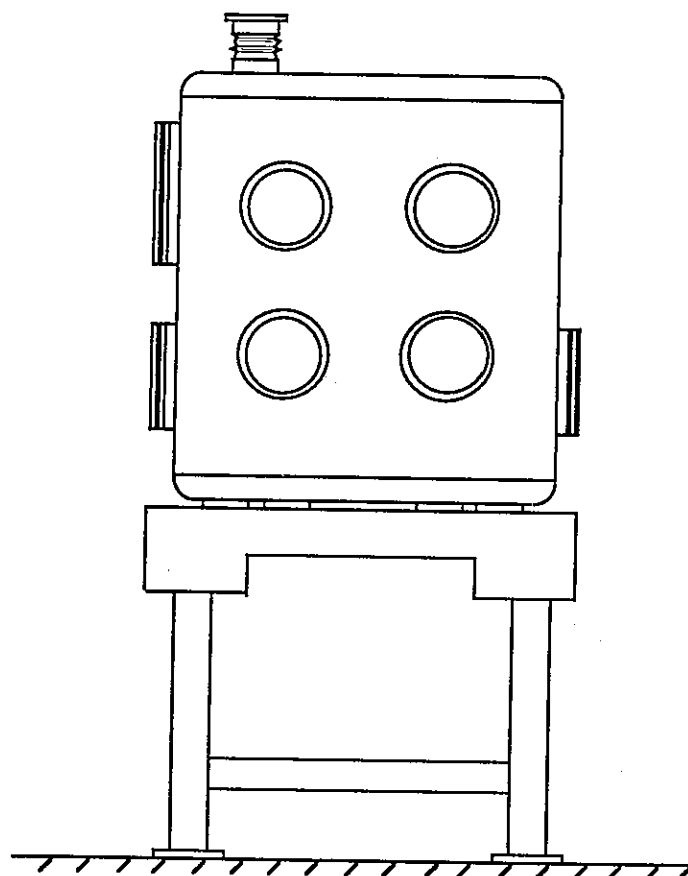
本作業に伴う粒径分布の測定は、炉芯管汚染部の養生の開梱及びペイント固定、炉芯管切断時の3点において実施した。

3.3 P61,62（分析工程）グローブボックスの切断

分析工程（以下、「P61,62工程」という。）は、P03工程から送られてくる試料の工程分析及び機器分析を行う工程である。そして、グローブボックスは、気密性により放射性物質を封じ込めた状態でグローブを介して取り扱う工程設備である。また、本グローブボックスで取り扱われる物質は、主にMOX粉末の分析試料であるため、測定される粒径は酸化プルトニウムの粒径分布とみなせる。

放射線作業では、撤去されたグローブボックス4基を電気丸のこぎりを用いて切断した後、切断物の梱包と廃棄物用コンテナへの収納が実施された。

切断されたグローブボックスの概略図を図7に示す。



(概寸：W 800×H 1866×D 486 mm)

図7 グローブボックスの概略図

本作業に伴う粒径分布の測定は、グローブボックスの切断時において3回に分けて実施した。

3.4 P71（廃液蒸発処理工程）廃液蒸発缶の切断

廃液蒸発処理工程（以下、「P71工程」という。）は、主に硝酸ウランと硝酸プルトニウムの混合溶液をマイクロ波により加熱脱硝したときに生じる蒸発成分の凝縮液を蒸発濃縮する工程である。そして、廃液蒸発缶は、廃液の蒸発濃縮を行う工程設備である。また、本工程で取り扱われる物質は、主に脱硝により生じた凝縮液であるため、測定される粒径は酸化プルトニウムの粒径分布とみなせる。

放射線作業では、撤去された廃液蒸発缶をバンドソーを用いて切断した後、切断物の梱包と廃棄物用コンテナへの収納が実施された。

本作業に伴う粒径分布の測定は、廃液蒸発缶の切断時において2回に分けて実施した。切断された廃液蒸発缶の概略図を図8に示す。

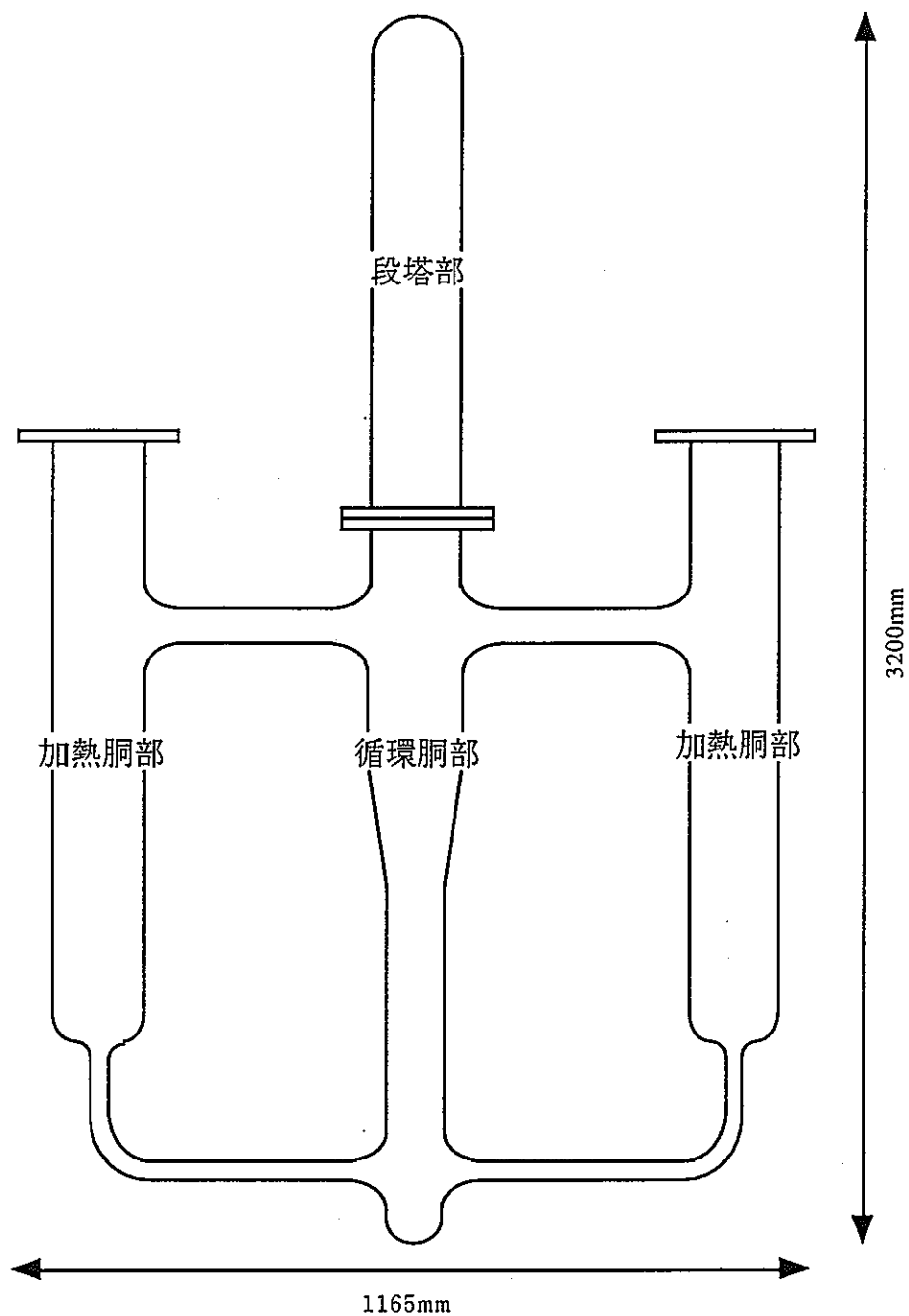


図8 廃液蒸発缶の概略図

4. 粒径分布の測定結果

4.1 フィルタユニットの切断に伴う粒径分布

P03工程から撤去されたフィルタユニットの切断作業における酸化プルトニウムの粒径分布の測定結果を表4に示す。

表4 フィルタユニット切断に伴う粒径分布の測定結果

実施作業 分離径(μm)	フィルタユニットの切断 (その1)		
	捕集量(Bq)	捕集割合(%)	累積捕集割合(%)
>11.0	5.50	9.00	91.00
8.0	3.00	4.91	86.09
5.4	3.00	4.91	81.18
3.4	19.50	31.91	49.28
1.9	23.30	38.12	11.15
1.0	5.50	9.00	2.15
0.71	0.93	1.52	0.63
0.47	0.20	0.33	0.30
0.27	0.09	0.15	0.15
0.22	0.09	0.15	0
0.10	0	0	0
0.05	0	0	0
<0.05	0	0	0
合計	114.20	100.00	

実施作業 分離径(μm)	フィルタユニットの切断 (その2)		
	捕集量(Bq)	捕集割合(%)	累積捕集割合(%)
>11.0	8.80	3.45	96.55
8.0	3.80	1.49	95.06
5.4	5.70	2.23	92.83
3.4	62.70	24.57	68.26
1.9	118.60	46.48	21.77
1.0	38.00	14.89	6.88
0.71	10.30	4.04	2.85
0.47	4.50	1.76	1.08
0.27	1.40	0.55	0.53
0.22	0.61	0.24	0.29
0.10	0.28	0.11	0.18
0.05	0.15	0.06	0.13
<0.05	0.32	0.13	0
合計	114.02	100.00	

粒径分布の測定結果から、粒径分布については、全捕集量に対する各段ごとの捕集量の捕集割合を図9に、積算分布については、捕集割合を粒径の小さな粒子側から加算するふり下積算分布を図10に示す。

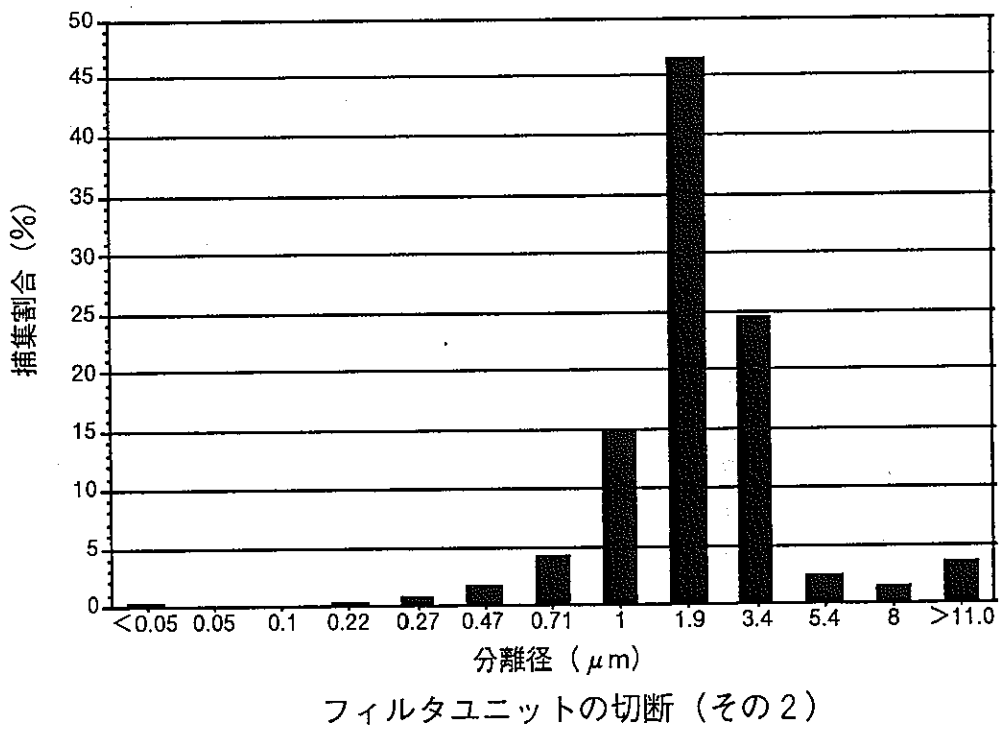
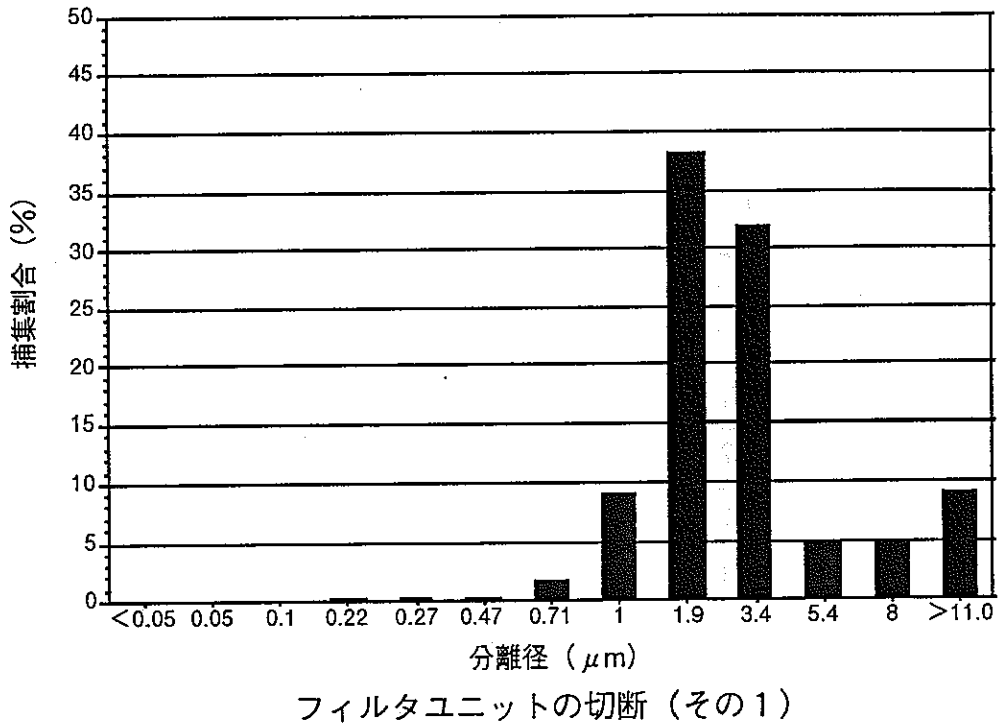
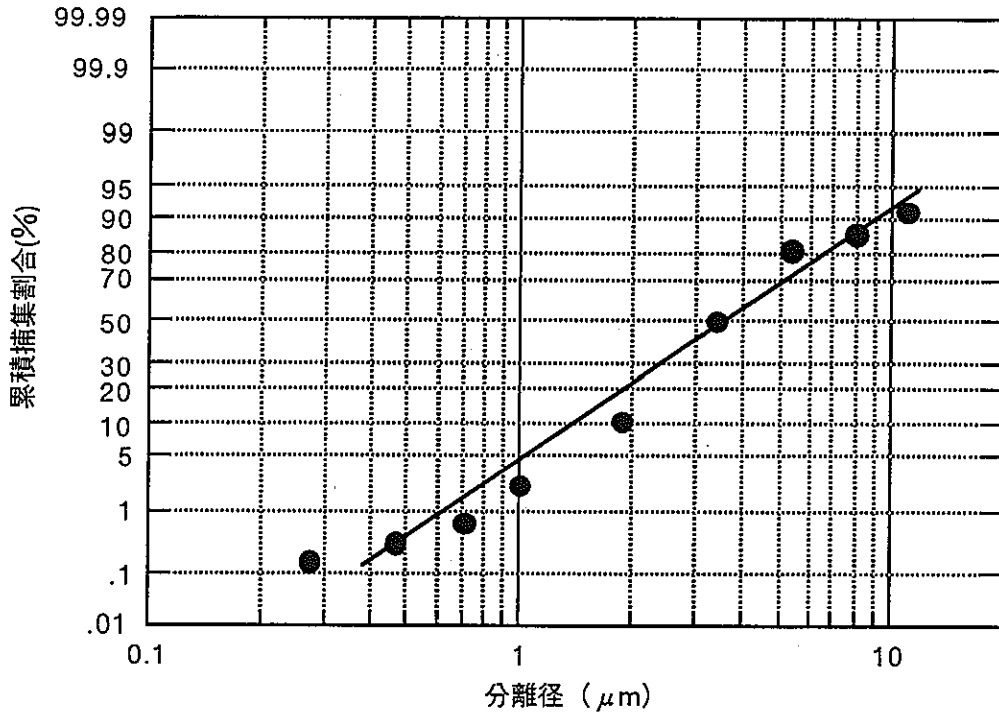
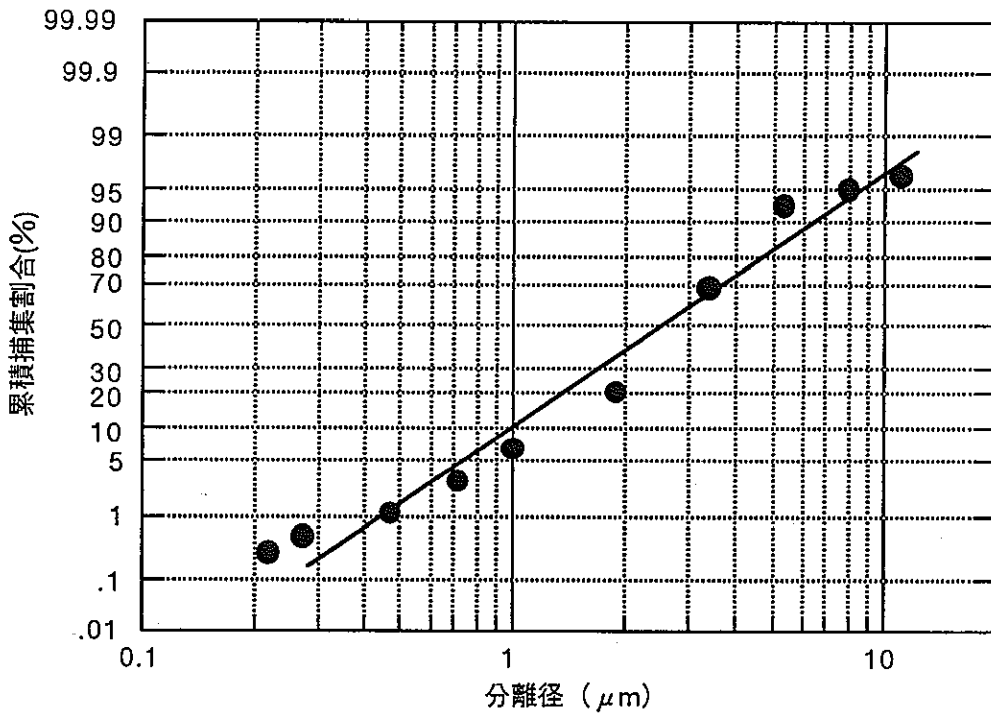


図9 フィルタユニット切断時における粒径分布



フィルタユニットの切断 (その1)



フィルタユニットの切断 (その2)

図10 フィルタユニット切断時における粒径積算分布

4.2 焙焼還元炉の切断に伴う粒径分布

P14工程から撤去された焙焼還元炉の切断作業における酸化プルトニウムの粒径分布の測定結果を表5に示す。

表5 焙焼還元炉切断に伴う粒径分布の測定結果

実施作業	炉芯管汚染部の養生の開梱		
分離径(μm)	捕集量(Bq)	捕集割合(%)	累積捕集割合(%)
>11.0	132.70	9.47	90.53
8.0	52.70	3.76	86.77
5.4	70.70	5.05	81.72
3.4	616.70	44.01	37.72
1.9	485.80	34.67	3.05
1.0	37.40	2.67	0.38
0.71	3.50	0.25	0.13
0.47	1.30	0.09	0.04
0.27	0.44	0.03	0.01
0.22	0	0	0.01
0.10	0	0	0.01
0.05	0	0	0.01
<0.05	0.07	0.01	0
合計	1401.31	100.00	

実施作業	炉芯管内汚染部のペイント固定		
分離径(μm)	捕集量(Bq)	捕集割合(%)	累積捕集割合(%)
>11.0	23.70	3.71	96.29
8.0	11.40	1.78	94.51
5.4	22.10	3.46	91.05
3.4	183.80	28.74	62.31
1.9	253.60	39.66	22.65
1.0	83.40	13.04	9.61
0.71	31.60	4.94	4.66
0.47	13.00	2.03	2.63
0.27	10.40	1.63	1.00
0.22	4.20	0.66	0.35
0.10	1.40	0.22	0.13
0.05	0.28	0.04	0.08
<0.05	0.54	0.08	0
合計	639.42	100.00	

表5 焙焼還元炉切断に伴う粒径分布の測定結果 (続き)

実施作業	炉芯管の切断		
分離径(μm)	捕集量(Bq)	捕集割合(%)	累積捕集割合(%)
>11.0	8.60	10.10	89.9
8.0	5.00	5.87	84.04
5.4	4.10	4.81	79.22
3.4	24.20	28.41	50.92
1.9	25.70	30.17	20.65
1.0	10.10	11.86	8.79
0.71	3.20	3.76	5.04
0.47	1.10	1.29	3.74
0.27	1.60	1.88	1.87
0.22	0.63	0.74	1.13
0.10	0.22	0.26	0.87
0.05	0.17	0.20	0.67
<0.05	0.57	0.67	0
合計	85.19	100.00	

粒径分布の測定結果から、粒径分布については、全捕集量に対する各段ごとの捕集量の捕集割合を図11に、積算分布については、捕集割合を粒径の小さな粒子側から加算するふるい下積算分布を図12に示す。

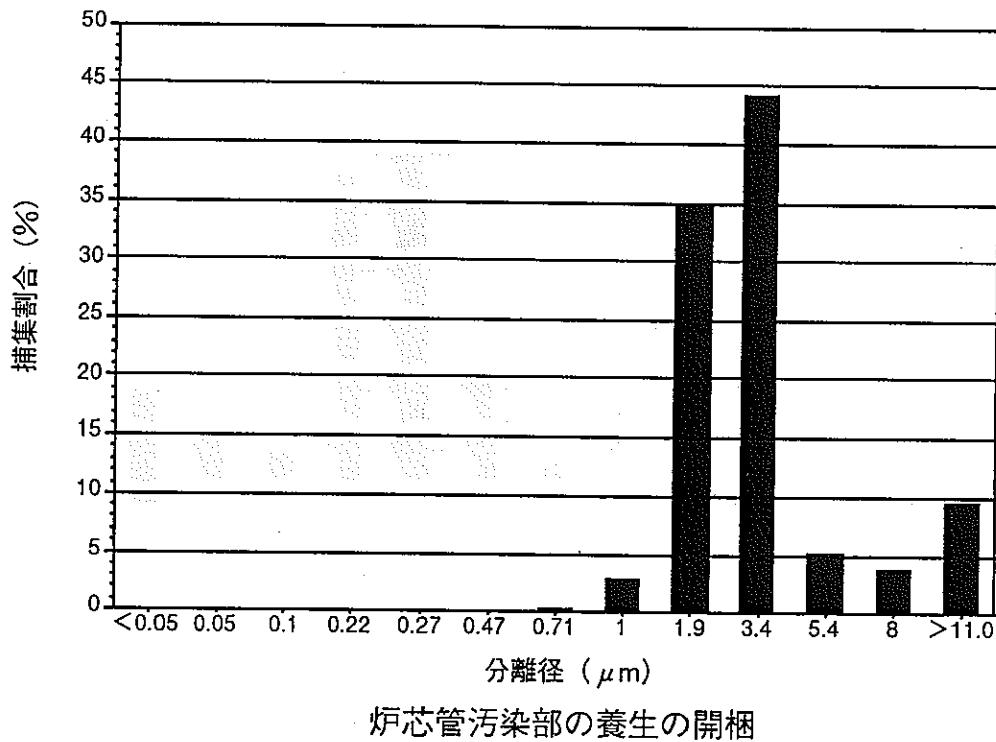
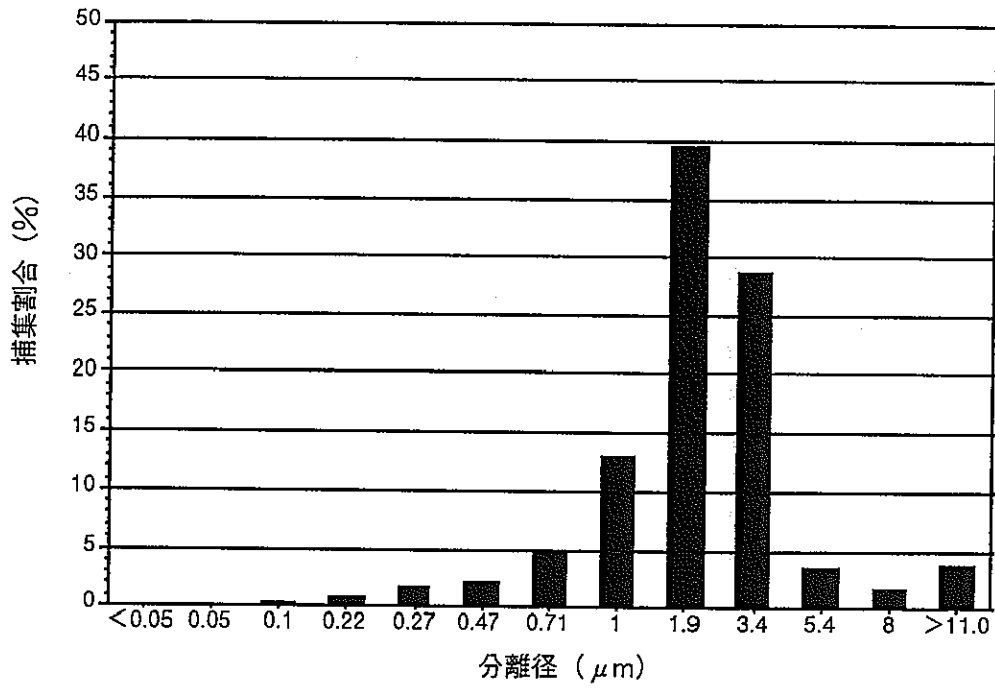
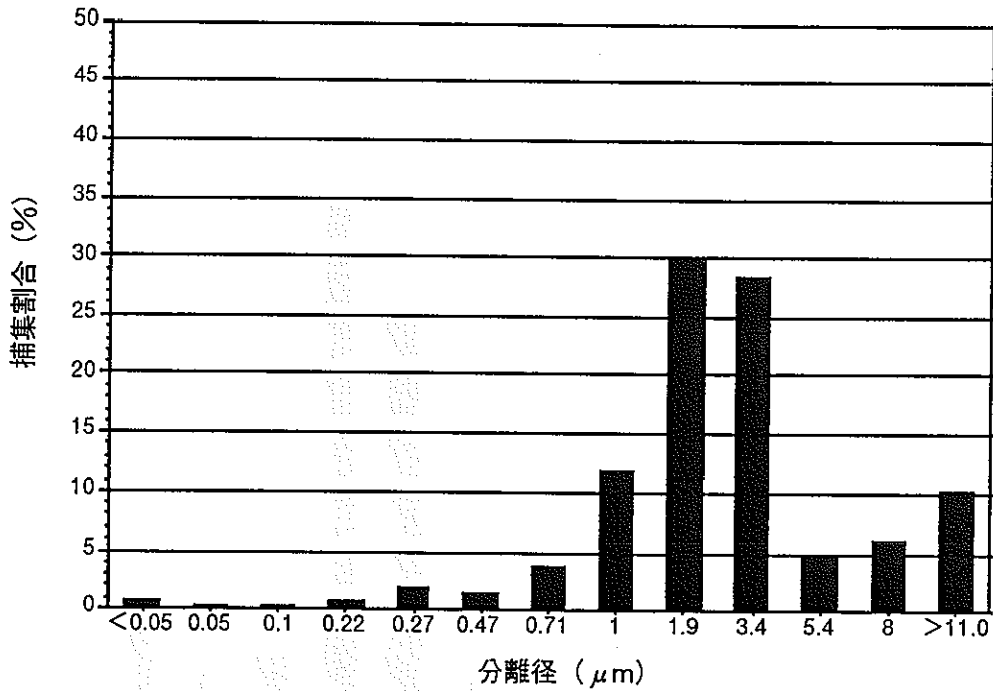


図11 焙焼還元炉切断時における粒径分布

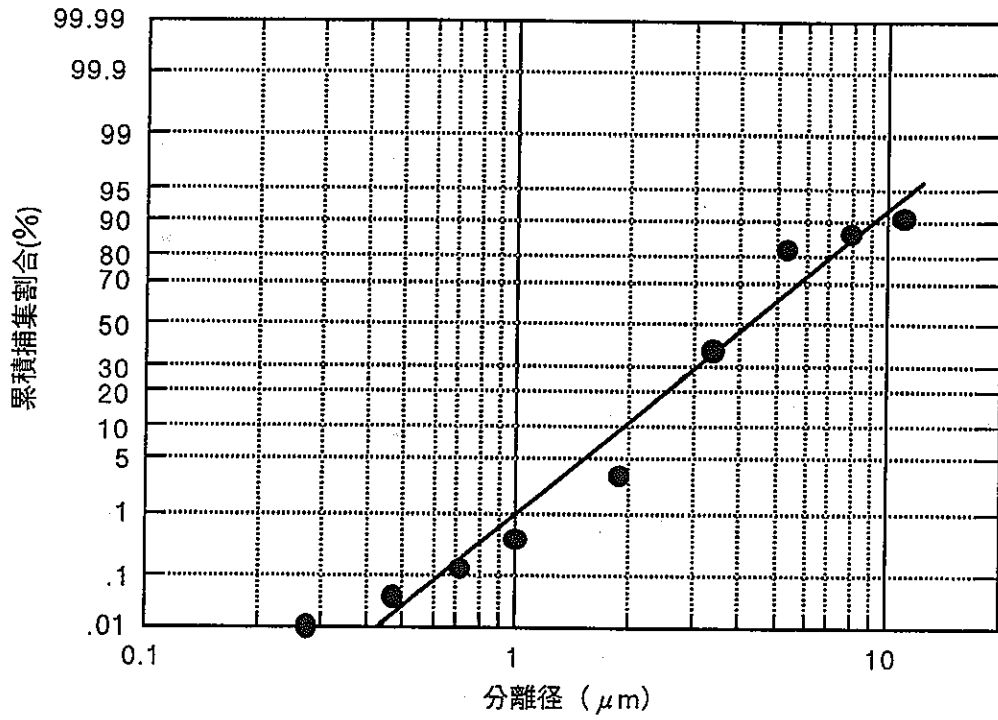


炉芯管内汚染部のペイント固定

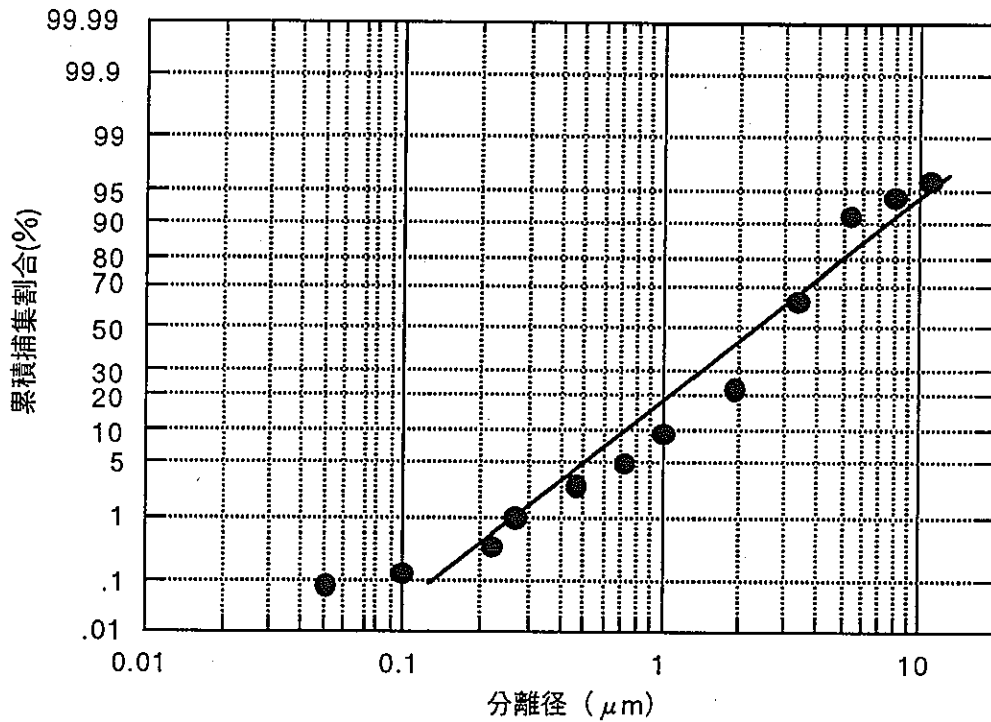


炉芯管の切断

図11 焙焼還元炉切断時における粒径分布 (続き)



炉芯管汚染部の養生の開梱



炉芯管内汚染部のペイント固定

図12 焙焼還元炉切断時における粒径積算分布

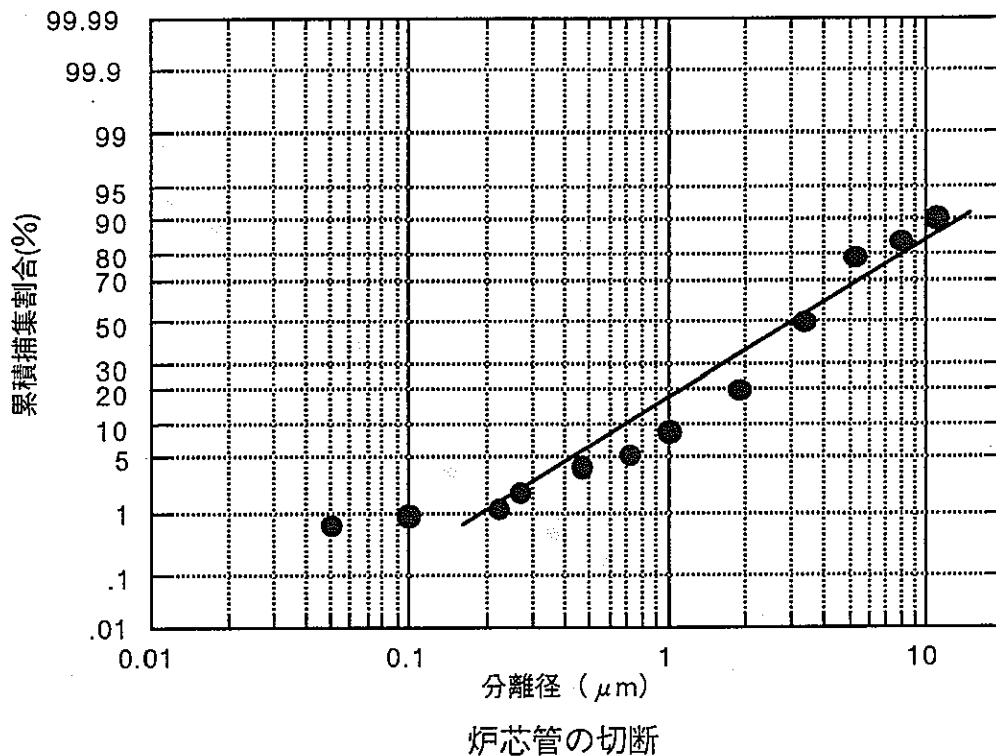


図12 焙焼還元炉切断時における粒径積算分布（続き）

4.3 グローブボックスの切断に伴う粒径分布

P61,62工程から撤去されたグローブボックスの切断作業における酸化プルトニウムの粒径分布の測定結果を表6に示す。

表6 グローブボックス切断に伴う粒径分布の測定結果

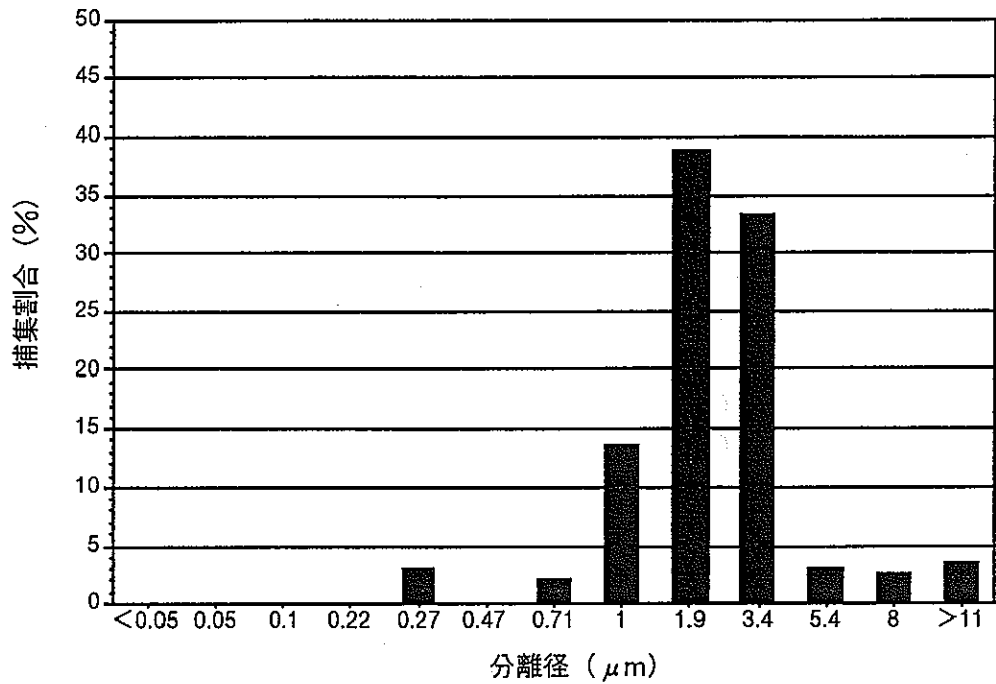
実施作業	グローブボックスの切断（その1）		
分離径(μm)	捕集量(Bq)	捕集割合(%)	累積捕集割合(%)
>11.0	0.13	3.60	96.40
8.0	0.09	2.60	93.80
5.4	0.11	3.00	90.80
3.4	1.20	33.20	57.60
1.9	1.40	38.70	18.90
1.0	0.50	13.80	5.10
0.71	0.07	2.00	3.00
0.47	0	0	3.00
0.27	0.11	3.00	0
0.22	0	0	0
0.10	0	0	0
0.05	0	0	0
<0.05	0	0	0
合計	3.62	100.00	

表6 グローブボックス切断に伴う粒径分布の測定結果 (続き)

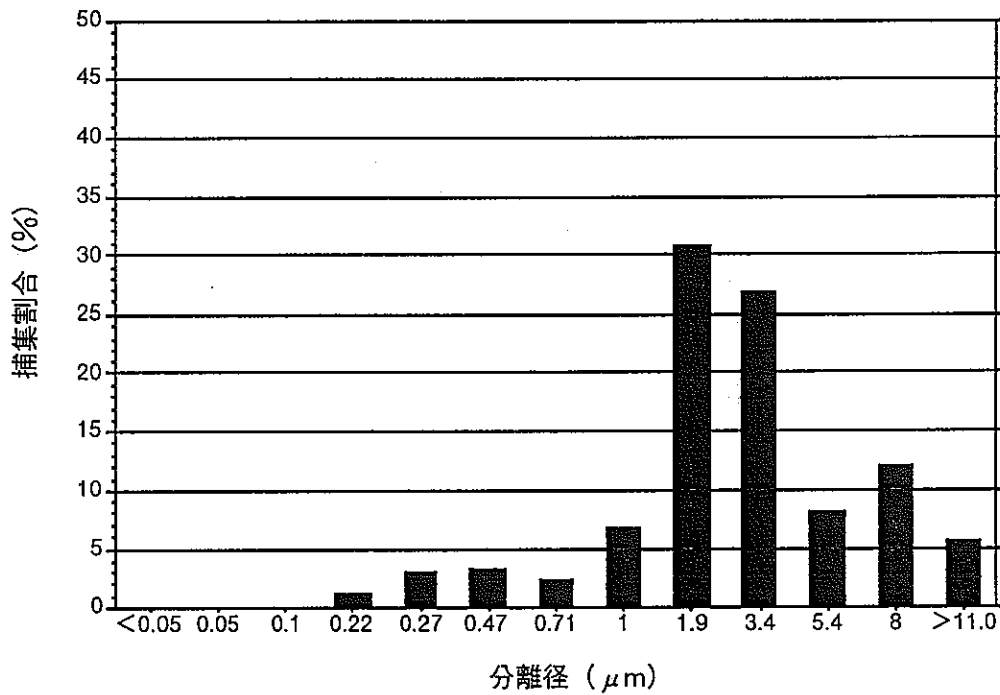
実施作業	グローブボックスの切断 (その2)		
分離径(μm)	捕集量(Bq)	捕集割合(%)	累積捕集割合(%)
>11.0	1.00	5.50	94.50
8.0	2.20	12.10	82.40
5.4	1.50	8.20	74.20
3.4	4.90	26.90	47.20
1.9	5.60	30.80	16.40
1.0	1.20	6.60	9.80
0.71	0.44	2.40	7.40
0.47	0.59	3.20	4.20
0.27	0.56	3.10	1.10
0.22	0.20	1.10	0
0.10	0	0	0
0.05	0	0	0
<0.05	0	0	0
合計	16.53	100.00	

実施作業	グローブボックスの切断 (その3)		
分離径(μm)	捕集量(Bq)	捕集割合(%)	累積捕集割合(%)
>11.0	1.40	4.20	95.80
8.0	0.80	2.40	93.30
5.4	1.90	5.80	87.60
3.4	9.20	27.90	59.70
1.9	16.00	48.50	11.20
1.0	3.30	10.00	1.20
0.71	0.31	0.90	0.30
0.47	0	0	0.30
0.27	0.09	0.30	0
0.22	0	0	0
0.10	0	0	0
0.05	0	0	0
<0.05	0	0	0
合計	33.00	100.00	

粒径分布の測定結果から、粒径分布については、全捕集量に対する各段ごとの捕集量の捕集割合を図13に、積算分布については、捕集割合を粒径の小さな粒子側から加算するふるい下積算分布を図14に示す。

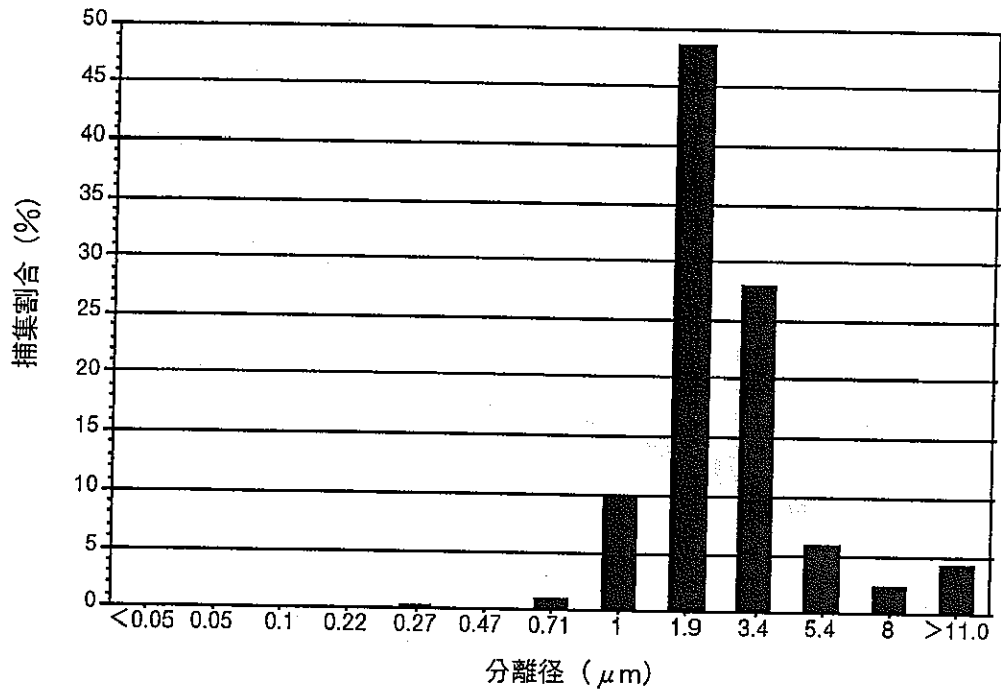


グローブボックスの切断 (その1)



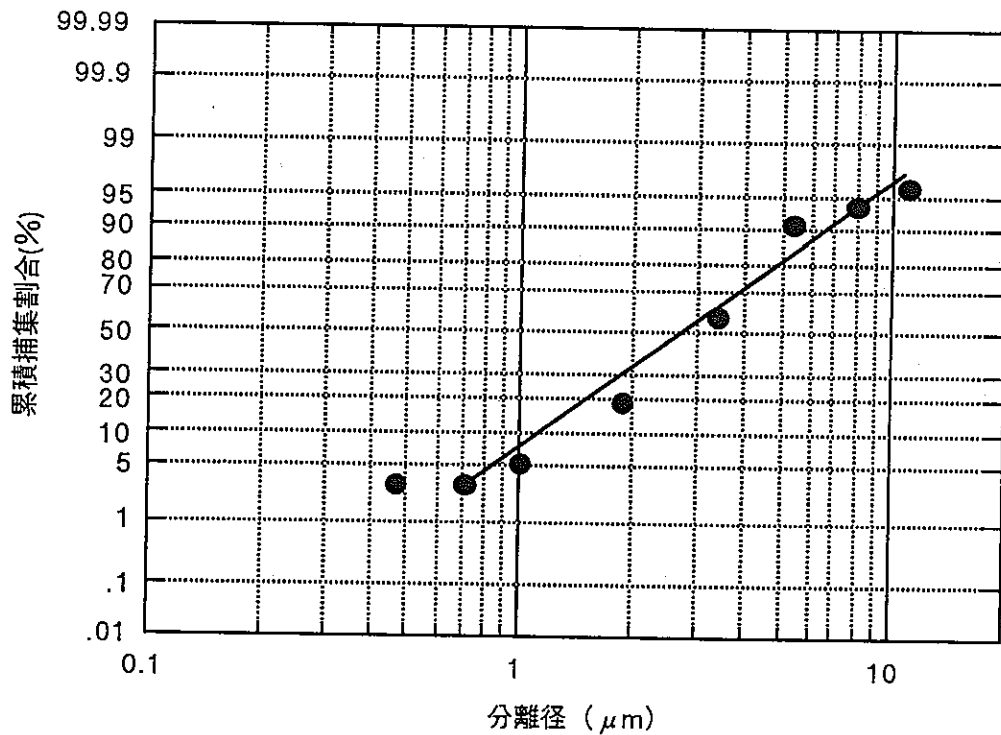
グローブボックスの切断 (その2)

図13 グローブボックス切断時における粒径分布



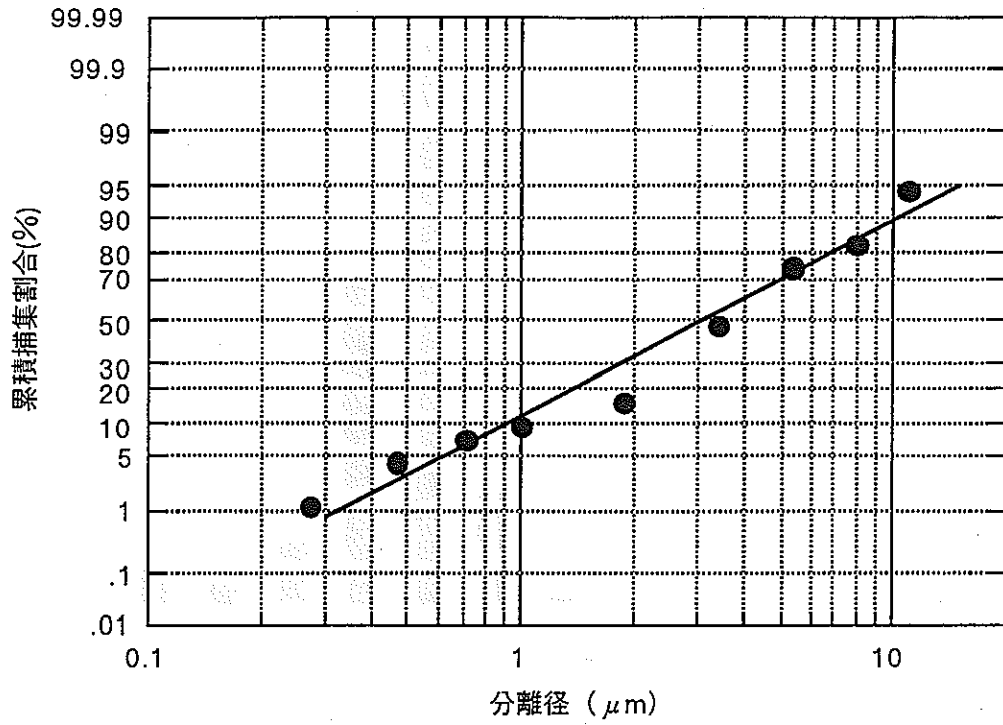
グローブボックスの切断 (その3)

図13 グローブボックス切断時における粒径分布 (続き)

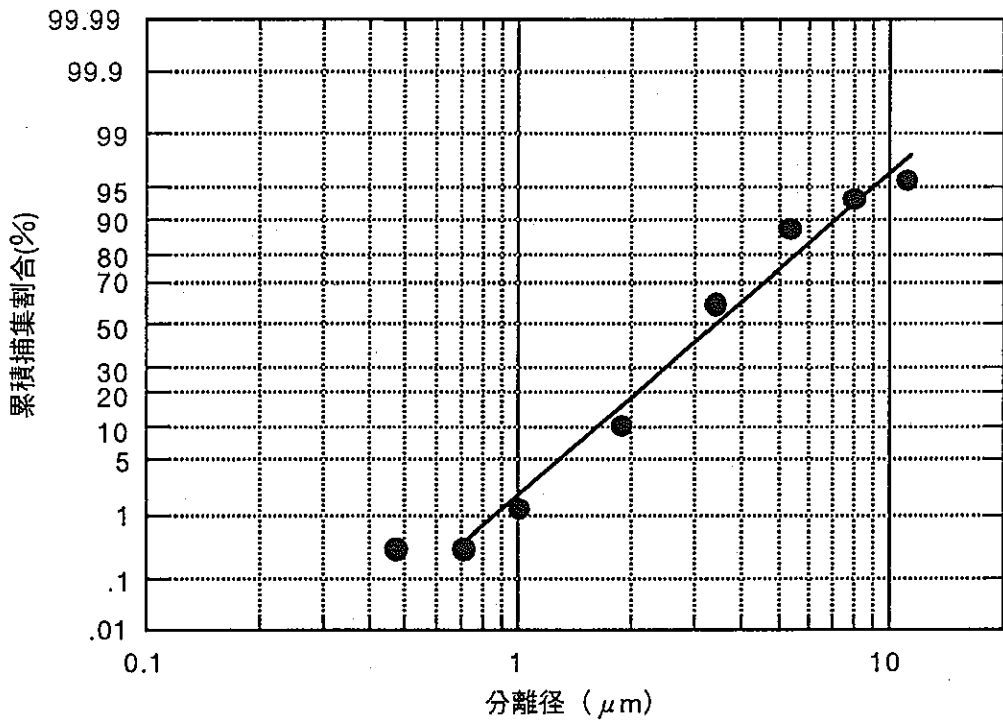


グローブボックスの切断 (その1)

図14 グローブボックス切断時における粒径積算分布



グローブボックスの切断 (その2)



グローブボックスの切断 (その3)

図14 グローブボックス切断時における粒径積算分布 (続き)

4.4 廃液蒸発缶の切断に伴う粒径分布

P71工程から撤去されたグローブボックスの切断作業における酸化プルトニウムの粒径分布の測定結果を表7に示す。

表7 廃液蒸発缶切断に伴う粒径分布の測定結果

実施作業	廃液蒸発缶の切断 (その1)		
分離径(μm)	捕集量(Bq)	捕集割合(%)	累積捕集割合(%)
>11.0	14.40	4.40	95.60
8.0	8.70	2.70	92.90
5.4	9.10	2.80	90.20
3.4	97.40	29.80	60.40
1.9	136.60	41.70	18.60
1.0	43.50	13.30	5.30
0.71	10.80	3.30	2.00
0.47	4.10	1.30	0.80
0.27	1.60	0.50	0.30
0.22	0.53	0.20	0.10
0.10	0.32	0.10	0
0.05	0.15	0	0
<0.05	0	0	0
合計	33.00	100.00	

実施作業	廃液蒸発缶の切断 (その2)		
分離径(μm)	捕集量(Bq)	捕集割合(%)	累積捕集割合(%)
>11.0	13.60	11.93	88.07
8.0	7.20	6.31	81.76
5.4	9.20	8.07	73.69
3.4	39.00	34.20	39.48
1.9	32.90	28.85	10.63
1.0	8.00	7.02	3.61
0.71	2.40	2.10	1.51
0.47	0.74	0.65	0.86
0.27	0.63	0.55	0.31
0.22	0.17	0.15	0.16
0.10	0	0	0.16
0.05	0	0	0.16
<0.05	0.18	0.16	0
合計	114.02	100.00	

粒径分布の測定結果から、粒径分布については、全捕集量に対する各段ごとの捕集量の捕集割合を図15に、積算分布については、捕集割合を粒径の小さな粒子側から加算するふり下積算分布を図16に示す。

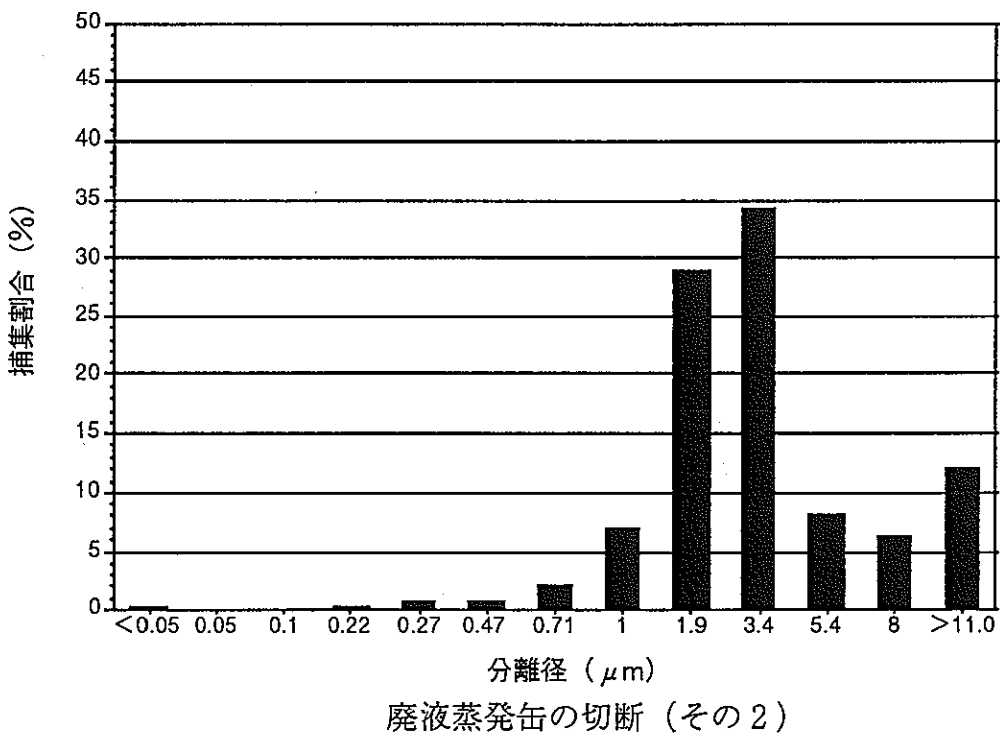
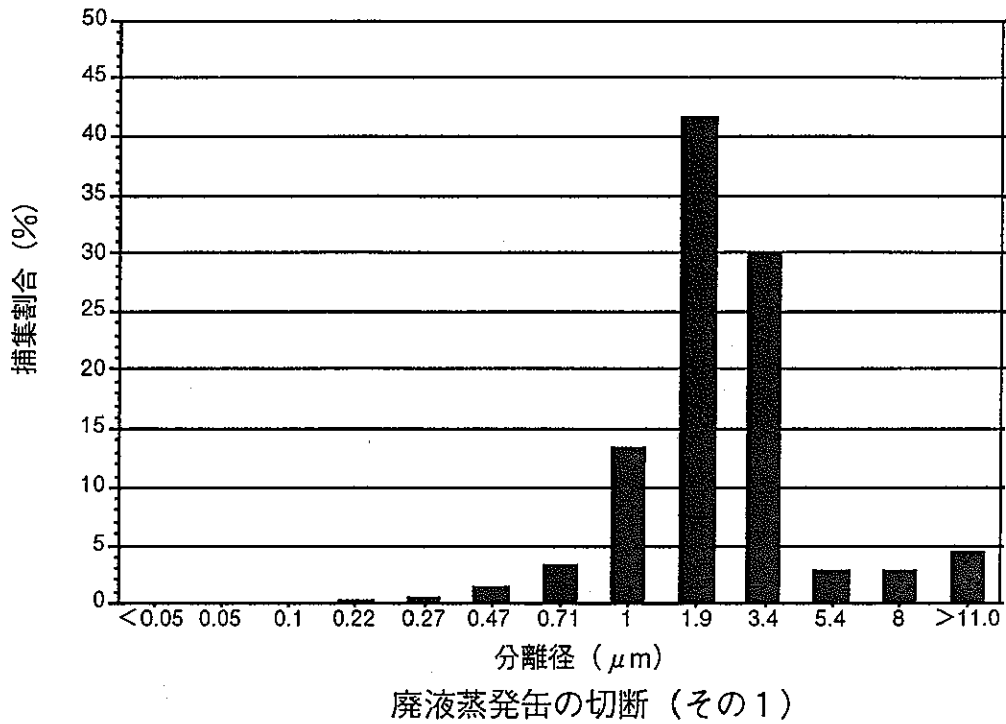
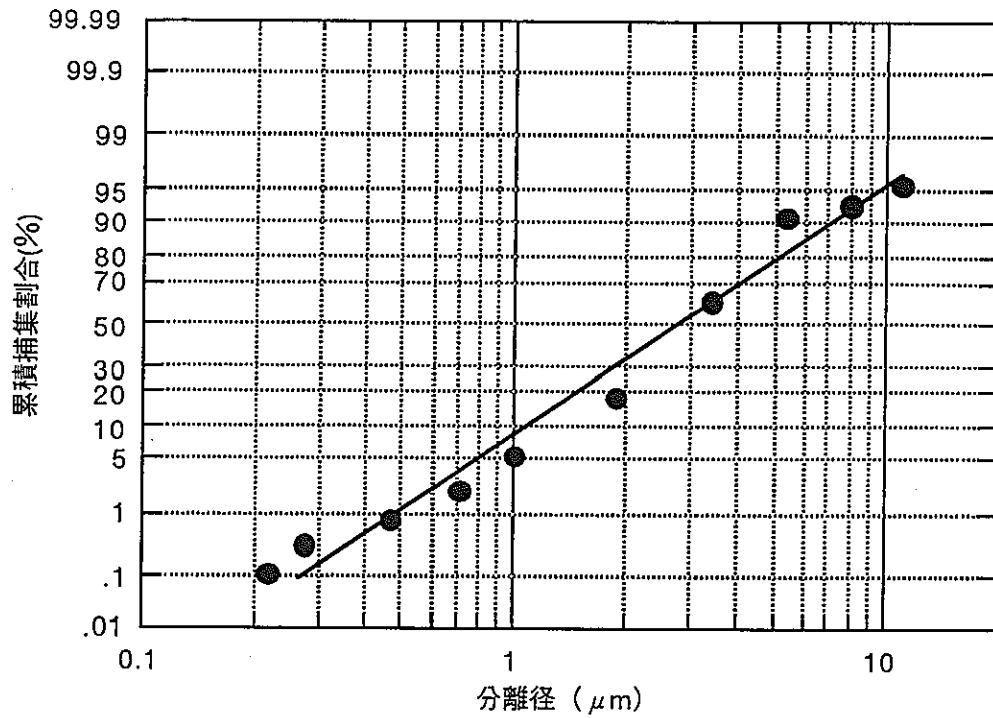
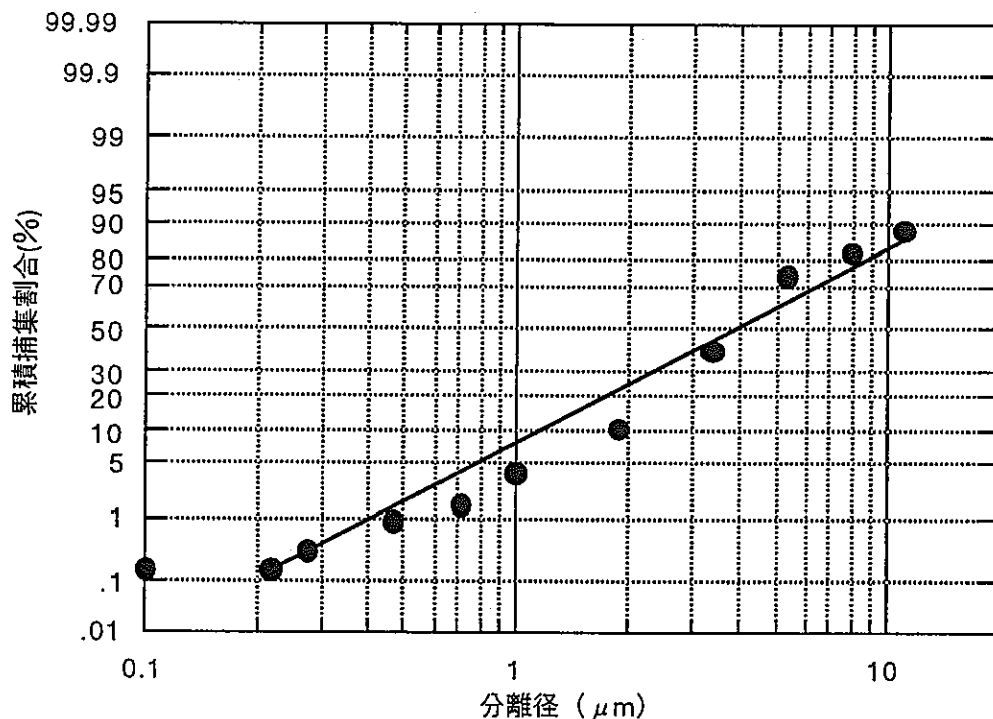


図15 廃液蒸発缶切断時における粒径分布



廃液蒸発缶の切断 (その1)



廃液蒸発缶の切断 (その2)

図16 廃液蒸発缶切断時における粒径積算分布

5. ま と め

転換施設で実施された工程設備の更新工事に伴う放射線作業の作業環境中における酸化プルトニウムのAMADを表8に示す。

表8 放射線作業環境中における酸化PuのAMAD

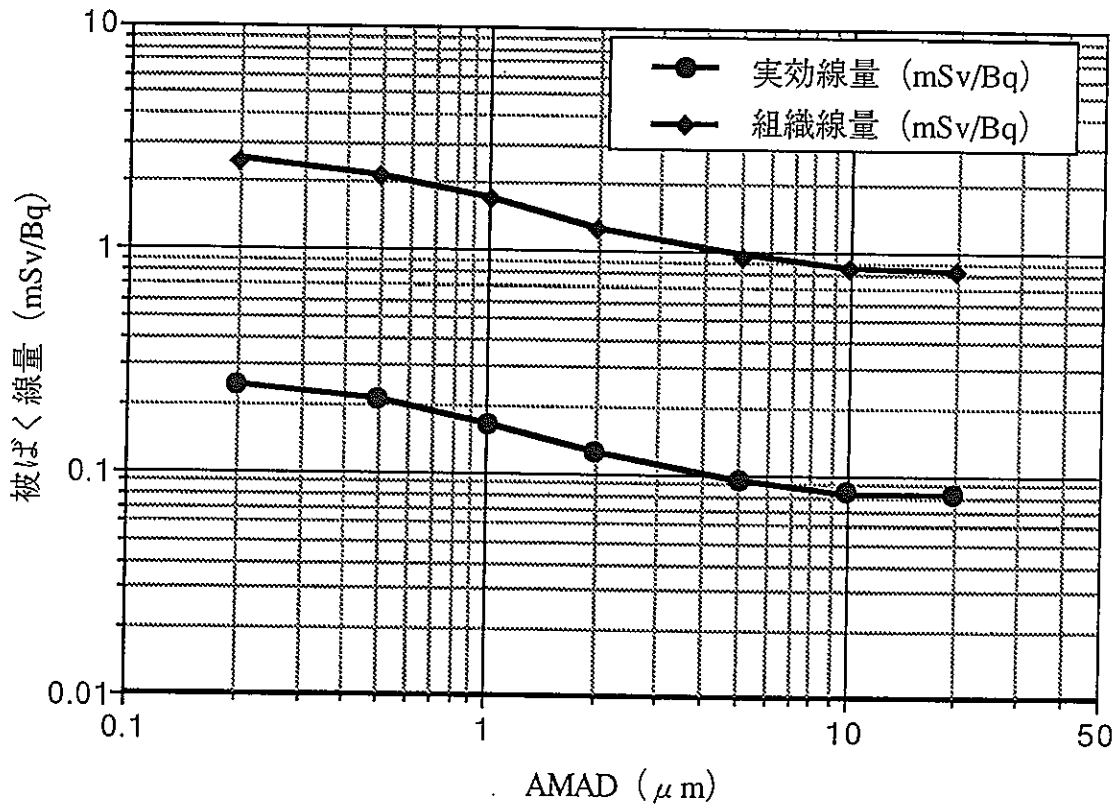
工 程	作業の概要	AMAD(μ m)	σ_g
P03工程	フィルターユニットの切断 (その1)	3.6	2.2
	〃 (その2)	2.5	2.1
P14工程	炉芯管汚染部の養生の開梱	4.1	1.9
	炉芯管内汚染部のペイント固定	2.3	2.7
	炉芯管の切断	3.0	3.4
P61,62工程	グローブボックスの切断 (その1)	2.7	2.0
	〃 (その2)	3.0	2.6
	〃 (その3)	3.3	1.9
P71工程	廃液蒸発缶の切断 (その1)	2.8	2.1
	〃 (その2)	3.9	2.6

酸化プルトニウムの粒径分布については、いずれの放射線作業環境中においてもAMADが約3 μ m前後、 σ_g は約2前後で標準偏差の小さい対数正規分布にほぼ適合しており、工程や切断方法（切断工具）等にかかわらず同様の分布傾向を示した。また、この結果から、一般的な内部被ばく評価において用いられるAMAD1 μ mでは、十分に安全側の評価となっていることが検証された。

これらのデータは、今後同種の作業や工程等におけるPuエアロゾルの拡散挙動及びフィルタの捕集効率の評価、または吸入摂取時の内部被ばく評価等を行う上で非常に有効なものとなる。したがって、その他の施設や工程についても放射性エアロゾルに関するデータの蓄積を図っていく必要がある。

付録 AMADと推定被ばく線量の関係

酸化プルトニウムを吸入摂取した場合にバイオアッセイによって評価される酸化プルトニウム 1 Bq当たりの推定被ばく線量とAMADの関係を以下に示す。



バイオアッセイにおけるAMADと推定被ばく線量
(安全対策課 線量計測係にて算出)