プルトニウム配分作業時におこった指先刺傷事故とその措置について

江 藤 秀 雄*

An Accidental Injection into Finger Tip in Preparation Procedure of Pu-239 Solution

By Hideo ETOH

An accident of internal exposure took place on March 10, 1966 at National Institute of Radiological Sciences, when a researcher was engaged in preparation and fractionization procedures of Pu-239 solution to be used in the research project on internal exposure by Pu-239.

A man of 37 years old carrying out the procedure within a glovebox had his left forefinger accidentally stuck into through four-fold layers of rubber gloves by a highly contaminated needle of injection pump he had used in fractionization work, when he tried to dispose it by his right hand into a plastic tube held by his left hand.

Speedy and accurate determination of the contaminated portion of the finger and its levels of radioactivity followed by a surgical removal of contaminated tissues and other adequate medical treatments, including the administration of chelating agent, made the radiation hazards retained at the minimum.

This paper describes briefly the circumstances, causes and medical and health physical treatments of this accident.

1. 緒 言

本研究所においては「特別研究課題」の一つとして、「プルトニウムによる内部被曝に関する調査研究」をとりあげ、昭和40年度より着手しているが、本研究に使用するためのプルトニウム（以下 Pu と記す）を昭和41年2月23日日本原子力研究所より搬入し、同年3月10日実験用 Pu 溶液の作成および配分作業を実施した。ところがこの作業中不幸にして配分作業担当者（研究員、37才）が Pu 溶液によって汚染された注射針で指先に刺傷するという事件が発生した。これに関しては事件発生状況、原因等を明らかにするとともに、事後処置についても詳しく報告することが、今後の Pu 取扱いの安全を期するうえに重要な参考となるものと考え、「プルトニウム配分作業時に発生した指先刺傷に関する報告書」（昭和41年8月）を作成し、すでに関係各方面に配布してあ

る。したがってここでは同報告書を要約するに止める。

2. 配 分 作 業 計 画

(a) Pu 試料は硝酸プルトニウム $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ 1.08 g, (Pu として 0.5g, Net の Pu-239 として 28.36mCi) のものである。Pu 粉末は管状の透明プラスチック容器内にあり、さらにこの容器は不透明のプラスチック容器に収められていた。そしてその外側を不透明なビニールで2重に、またその上を透明なビニールで2重にシールしてあった。なお内部の容器の形状については予め軟X線透視により判明していた。

(b) 配分用グローブボックスとしては当研究所通称 α 線棟内の化学実験室に設置されているものを使用した。その作業時の見取図は第2図に示す如くである。な

* 放射線医学総合研究所 (National Institute of Radiological Sciences)

お2重箱は Pu 粉末の飛散を防止するためにグローブボックス内にさらにもうけた厚紙製のボックスである。最初の計画では、粉末状 Pu の溶液化にあたり、粉末のまま小容器より大容器に移す際に、粉末の飛散を極力防止する意味でグローブボックスの排気を一時停止することが考えられた。しかし、その後上記の厚紙製ボックスをもうけ、Pu 粉末の溶液化作業をこの2重箱内の空気の移動のすくない状態で行い、この間のグローブボックスの排気は通常通り行うことに決定した。

(c) 配分作業は本文の末尾に記載した 配分作業実施計画に基づいて行われた。

3. 事件発生の状況

Pu を貯蔵庫より取出しグローブボックスへ搬入後、配分作業担当者は薄地の木綿手袋の上にさらに手術用ゴム手袋をはめ、グローブボックス前面部に取付けてあるネオプレン作業用グローブの右部へ右手を、中央部に左手を挿入し、上部ガラス面よりのぞきながらグローブボックス内で、更に手術用ゴム手袋をはめた（すなわち全部で4重の手袋の装着）。作業実施計画(1)に従い4重のビニール袋をハサミにより開封後、容器より本容器のびんを取り出して、あらかじめ用意しておいたポリエチレンの容器に移し、つぎに(2)に従い、種々の補助具を使用し、きわめて慎重に小びん中の Pu 粉末の全量を目盛付

第1図 プルトニウム入りのビンを取り出すまでの図

第2図 配分用グローブボックス見取図

1. 第1原液, 2. 第2原液, 3. 第1. 2原液瓶蓋置台, 4. No. 1, No. 2 注射筒, 5. 3N-HNO₃, 6. ポリ手袋ゴム手袋, 7. パラフィルム, ティシュペーパー, ビニール沪紙, 8. 第1原液用コンテナ, 9. 廃棄物用ビニール袋, 10. 廃棄物用紙筒, 11. 第2原液用コンテナ, 12. ビニール袋, 13. パラフィルム, ティシュペーパー, 輪ごむ, ビニール沪紙, 14. 第3原液用コンテナ, 15. 第3原液用ペニシリン瓶, 16. 標準線源作製用セット, 17. グローブ, 18. 2重箱

試験管に移し、さらに 3 N-HNO₃ を添加振とうして濃液の作成を終えた。計画(3)に移り、グローブボックス内の 2 重箱の上部ポリエチレンを一部切開し、第 1 原液の作成を終え、ついで(4)に移り第 2 原液の作成をも終了した。事件はこの後に起った。すなわち、(4)の過程で使用した汚染注射器を廃棄するため前もって注射筒廃棄用として用意し、2 重箱の内側にセロテープで固定しておいた 15mmφ のポリエチレン試験管 (第 3 図) 中へ格納しようとしたとき、注射器の先端が (試験管が動揺しないよう管の側面上部を押えていた) 左手の示指の先端に 4 重の手袋を通して接触した。その際同部位の最外層の手術用ゴム手袋の表面に溶液のあとがにじみ出ていたのでまさしく刺傷のおこったものと考え直ちに本作業を中止した。

第 3 図 ポリエチレン試験管

4. 事 後 処 置

(a) 事件発生後直ちに両手にはめていた 4 重の手袋をつぎつぎにはずして、左手示指の先端をガスフローサーベーターで検査したが、その結果汚染の事実が判明したので、指端を圧迫したところ少量の出血が認められた。水・生理的食塩水、3N-HNO₃ による洗浄を繰返し行った後、損傷部位の表面検査を傷口モニターにより計測した。上記の応急措置ならびに放射能測定の結果、患部に 0.1 μCi 程度の汚染があるものと推定されたので外科的措置が必要であると判断された。一方別個の検出器を整備し、これを 265 チャンネル波高分析器に接続して放射能の精密測定を行うこととした。(5 (a))

(b) 損傷部を中心とする部分 (径 5mm, 深さ 5mm の円錐形部分) の切除の実施が決定され、当研究所病院部

第 4 図 損 傷 部

において第 4 図に示す如く表皮部クサビ形状の切開手術が行われた。この切開は念のため表皮、真皮部をさきの形状のクサビ形に切開したうえ、さらにその真皮部で脂肪層についた部分を若干切りとったうえ、2 針縫合した。手術後の測定によれば汚染の大部分は切除部分にあったものと推定され、この段階で一応外科的処置は十分であると考えられた。

(c) Pu の体内侵入の危険を考え事故後より採尿し、また手術前に血液を採取した。直ちに EDTA の静注液の手配を行い、以後 EDTA の点滴を行いつつ尿中の排出量をチェックすることが必要と考えられ、事後の医療的処置および監視のため傷害者を当日より病院部入院させ、3 月 15 日までの間、EDTA 溶液 (EDTA 1g を 5% のブドウ糖 500cc にとこしたものを 1 日 2 回、合計 10 回、したがって EDTA 10g) の点滴を行った (3 月 16 日退院)。なお 3 月 11 日午後採血し、検査した結果では正常基準範囲内であった。

5. そ の 他

(a) 放射能計測：手術前第 1 回測定の結果では約 24 nCi の Pu-239 の存在がみとめられた。創傷は点状であるので、Pu-239 の大半が創傷部周囲の表面汚染部位にあるのか、または創傷内に侵入したのかを知る目的で、約 0.07mm 厚の鉛箔に小孔を設けたものをコリメーターとして創傷部以外を覆い測定を行った。その結果、汚染の約 80% は創傷部以外の表面にあるものと判断されたので、手術前にさらに除染を行ったところ汚染量はほぼ予想通りの値にまで低下した。手術後直ちに測定を行ったが、汚染創傷部において放射能は約 0.5nCi に減少し、大部分が切除肉片に移行したことが判明した。上記の諸結果ならびにその後の測定経過は図 5 に示す如くである。これより明らかなように手術後、表皮脱落までの汚染量にはほとんど変化なく、汚染の移動はみとめられなかった。3 月 21 日、表皮第 1 層の脱落により放射

能は 0.068 ± 0.010 nCi に低下し、同23日表皮第2層および痂皮脱落によって汚染は検出限界以下となった。このような急激な汚染の低下は汚染がほとんど表皮にあったことを意味するものである。なお図中の糸と記してあるのは抜糸の放射能を示す。

第5図 傷モニタによる測定結果

(b) Bioassay : 緊急医療処置を定めるためにも Pu の体内摂取量の程度を緊急に知る必要があったので、技術上種々の不完全の点のあることを覚悟の上で尿、血液等の Bioassay を行い、その成績より Pu の体負荷量の評価を試みた。Bioassay の試料には (i) 手術時に取り除いた組織片、(ii) 事件発生書より一定期間内に排せつされた尿および尿、(iii) 事故発生後、および医療監視中の血液を選んだ。この他に手術中に傷部の血液をぬぐったガーゼについて分析を行ったが、その結果はほとんど negative であったので考慮に入れなかった。尿については事件発生直後より3月19日までの全尿を採取したが、いずれの試料においてもその放射能は測定器の検出限界以下であって、Pu-239 の含有量とバックグランドとの差を有意に認めることができなかった。したがって尿中への Pu の排せつがあったとしてもきわめて僅かであったものと考えられる。いずれにしても技術的観点から今

回は尿の Bioassay から Pu の体負荷量の推定はできなかった。

血液については第1回手術前、第2回3月12日、第3回の EDTA 点滴中、第3回目3月16日退院の直前のものにつき測定したが、現在の分析計測技術の限界内ではともかくも Pu が検出された。しかも退院前に採取した血液中の血清中に Pu が測定されたことは障害者の体内になお若干の Pu の残留していることを示すものである (10pCi のオーダーと推定される)。

(c) 事件発生の原因に関する考察 : 以下に傷害を受けた作業担当者自身の考察を要約する。直接的原因としては (i) 既述の廃棄用ポリエチレン試験管は2重箱の内側にセロテープで固定されていたが、注射筒を格納する際にこれが万一にも脱落し、開栓のまま放置してある第1、第2原液溶液容器を転倒するかも知れないと、偶発的事件の発生を一瞬危懼し、なかば反射的に安全確保の意味で左手の指でその試験管上部をささえたが、この動作 (予定外の突発的行動) がかえって危険を招いた。(ii) 注射筒をもった右手の甲で自身の視界をさえぎり、注射筒の格納位置をあやまった (廃棄用ポリエチレン管の設定位置が悪かった)。(iii) この場合の操作には特に必要としなかったにも拘らず鋭利な注射針 (1/2皮下針) を用いた。などの点があげられる。また間接的原因としては (i) 4重の手袋をはめ、かつ長時間はめつづけていたため血行不良による感覚の鈍化が起り、右手が目標をはずれていたこと、および左手に注射針がふれた際当然反射的にさけ得たはずであるのにそれができなかった、(ii) 手袋が実験者の手指に適合せず、指先の前方にかなりあまりがあり、作業がやりにくかった、(iii) 本作業に対してはグローブボックス自体がかなり狭く、開栓中の2つの原液容器を転倒させぬよう気をくばったために注意力の集中が完全に行なわれなかったと思われるなどの点があげられる。そして以上の考察より考えられる将来の改善策として、(i) 作業時間の短縮 (少なくとも30分以下)、また長時間作業の場合には手袋をすべて脱いで休息する、(ii) 「手くらがり」 (Visual glue) に充分注意し、器材の配置をきめる、(iii) 必要以上に手袋を重ねることは作業能率が落ちるだけでなく、場合によってはかえって事故を起こす危険のあることに留意する、(iv) グローブボックス内で使用する安全作業のための専用器材の開発が必要である (たとえばビニールテープの着脱用の器具、ガラス栓を安全に、かつ強くつかむことのできる器具、とくに短いピペットと安全ピペッター、グローブボックス内に入れて使えるベニシリンビン

の口金の巻締器など）、(v) グローブを付けて作業する場合の作業時間の作業能率または作業能力との関連についての研究の必要性などが強調されている。

6. 結 語

本配分作業の実施にあたってはもちろんあらかじめその作業手順について十分その安全性を検討したつもりであったが、思わぬ不測の原因が重なりかかる事態の発生をみるにいたったことは誠に遺憾なことであった。しかし、幸にして迅速に汚染部位の測定が行われ、かつ適切な医療的処置がとられたため災害を最小限にとどめ得たが、傷害をうけた当事者自身が Pu に関して深い理解を持っていたことも災害の軽減に大いに役立ったものと考えている。(筆者は本特別研究班長として本件関係者一同の努力と誠意に心から感謝したい。)

プルトニウム配分作業実施計画 (一部省略)

配分の具体的手順はつぎのとおりである。

1. 入手プルトニウムの密封ビニールをグローブボックス内で切開し、中のプラスチック容器内の小ビン入りのプルトニウムをそのまま用意した新しい小容器に小ビンのままビンセットで移す。輸送用内容器がすでに汚染していることが明確だったからである。
2. 小ビン中のプルトニウム粉末を 30cc の小ビーカーに移し、少量の 3N-HNO₃ を小噴射ビンで加えガラス棒で混合し、よく溶かす。Pu (NO₃)₄ の溶解度は 0.5g Pu/cc of 3N-HNO₃ であるから十分溶解、褐色に着色するはずである。
3. 溶解した Pu 溶液を目盛付試験管に移し、3N-HNO₃ を加えて総量 9.45cc にする。これを第 1 原液 (3mCi ²³⁹Pu/cc) とする。
4. 第 1 原液から 1.0cc を微量注射器で取り、あらかじめ 29.0cc の 3N-HNO₃ を入れた 50cc 容積の共せん三角 コルベン 内に入れ 混合する。これを第 2 原液 (100 μCi/cc) とする。この液は将来物理測定班により濃度が校正される予定である。
5. 第 2 原液から 0.25cc 用の微量注射器で 0.1cc ずつ

密封ペニシリンびん中に注入する。同じ操作で 5 本作り、注射用原液 (10 μCi) とする。

6. 以上に使用した 器具および 資材は 密封容器におさめ、さらにポリエチレンシールをして廃棄できる状態とし、グローブボックス内に保存する。
7. 第 1 原液、第 2 原液、注射用原液 No. 2~No. 5 はそれぞれ透明プラスチック容器に収容して、ポリエチレン袋で密封し、グローブボックスから取り出しプルトニウム貯蔵庫へ収納する。
8. 注射用原液 No. 1 は密封した状態で取り出し、注射用グローブボックスへ移し保管する。

配分にともなう安全管理のおもなものはつぎのとおりである。

- ① 配分を実施するグローブボックスは核燃料物質を扱うための条件を備えるように改造が完了したが、配分に際してはグローブボックス内においてプルトニウムの飛散をさけるため、さらにボール紙で作成した箱の中で配分を実施することとした。またグローブボックス内はろ紙、ビニールシート等を用いて内張りし、汚染を最少限にとどめるようにしている。
- ② 配分時のダストサンプリングはグローブボックス実験室、グローブボックス前面にダストサンブラを 2 台設置し吸引する。集塵した ミリボア AA ろ紙はライファン膜でおい、半導体検出器を使用し 400 チャンネル波高分析器で測定する。
なお、バックグラウンドの測定は終了している。
- ③ グローブボックス内で使用した器具類は密封したうへ保管廃棄するが、これら使用器具およびグローブボックス内部は配分終了後スミヤ法で汚染の分布を調査し、今後の安全管理上の資料とする。
- ④ 配分に際して主作者等の尿はバックグラウンドとして採取済みであるが配分後もサンプリングし、内部被曝の検査および今後の資料にあてる。

なお、上記配分操作上の手順は前日までにモックアップテストを実施する予定である。