

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。 0 1. 10. - 4 [技術情報室]

緊急時医療処置に係る調査研究(Ⅱ)

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)

1 9 9 7 年 3 月

財団法人 原子力安全研究協会

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)

この資料は、動燃事業団社内における検討を目的とする社内資料です。ついては、複製、転載、引用等を行わないよう、また、第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。

本資料についての問い合わせは下記に願います。

〒107 東京都港区赤坂1-9-3
動力炉・核燃料開発事業団
技術協力部 技術管理室

社 内 資 料
PNC 1533 97-003
1997年3月

緊急時医療処置に係る調査研究（Ⅱ）

篠原照彦※

要 旨

本調査研究の目的は、作業者に対する緊急時医療について、国内外の情報収集と技術的・制度的な観点からの検討を行い、それらの結果を踏まえて、事業者および関連医療機関の関係者向けの実務的な緊急時医療処置マニュアル作成のための検討を行うことである。

本年度は、上記目的達成のための第二段階として、DTPA療法を中心とした具体的な医療処置法および放射線管理上の対応に関する国内外の情報を収集し、以下の調査研究を実施した。

(1) 文献調査

内部被ばく時の診断治療法と症例、DTPAの有効性、BNFLセラフィールド事業所のプロトコールなど、海外関連文献の調査を行った。

(2) 実用再処理施設における内部被ばく医療処置の現状に係る海外調査

実用再処理施設を有するフランス、イギリスにおける内部被ばく医療処置の現状を把握するため、DTPAの投与事例、安全性、投与方法、投与基準、モニタリング手法および施設における除染処置室などを実地に調査した。

(3) 内部被ばく緊急時医療処置マニュアル作成のための検討

上記の調査結果などを踏まえ、プルトニウムとアメリシウムによる内部汚染を対象とした具体的な医療処置法および関係者向け説明資料などを含め、緊急時医療処置マニュアル作成のための検討を行った。

本報告書は、(財)原子力安全研究協会が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号080D0227

事業団担当者 浅野智宏（本社安全部安全管理課主査）
篠原邦彦（東海事業所安全管理部安全対策課長）
百瀬琢磨（東海事業所安全管理部安全対策課係長）

※緊急時医療処置検討委員会委員長（国立水戸病院放射線科医長）



OFFICIAL USE ONLY
PNC EJ1533 97-003
March 1 9 9 7

Study on Emergency Medical Treatment(II)

Teruhiko Shinohara※

Abstract

The urgent medical treatment is important for personnel accidentally contaminated with radionuclides. Thus, practical manual of urgent medical treatment for radiologically contaminated personnel is needed in the nuclear facilities.

The object of this study is to collect several information in Japan and foreign countries in view of medical treatment and radiation management. On the base of these information, we will study for making a manual.

The following items have been studied in this year.

- (1) Review of the relating literatures
- (2) Reserach on the present state of the medical treatment for internal radionuclide contamination in United Kingdom and France which are operating reprocessing plants practically.
- (3) Study for making a manual on urgent medical treatment for internal radionuclide contamination.

Work performed by Nuclear Safety Research Association under contracts with Power Reactor and Nuclear Development Corporation.

PNC Liaison : Tomohiro Asano, Safety Division, Head Office.
Kunihiko Sinohara, Health and Safety Division, Tokai Works.
Takumaro Momose, Health and Safety Division, Tokai Works.

※Chairman of Expert Committee on Emergency Medical Treatment.

緊急時医療処置検討委員会

委員構成

平成9年3月現在

(敬称略・順不同)

委員長	篠原 照彦	国立水戸病院放射線科医長
委員	赤沼 篤夫	放射線医学総合研究所放射線障害医療部長
"	明石 真言	放射線医学総合研究所放射線障害医療部第一研究室長
"	青山 英康	岡山大学医学部教授
"	衣笠 達也	三菱重工業(株)神戸造船所神戸病院外科医長
"	草間 朋子	東京大学医学部助教授
"	小泉 彰	放射線医学総合研究所内部被ばく・防護研究部第四研究室長
"	須藤 清二	動力炉・核燃料開発事業団東海事業所産業医
"	福田 俊	放射線医学総合研究所 内部被ばく・防護研究部第三研究室主任研究官
"	赤羽 恵一	国立公衆衛生院放射線衛生学部医療放射線室研究員
アドバイザー	浅野 智宏	動力炉・核燃料開発事業団安全部安全管理課主査
"	篠原 邦彦	動力炉・核燃料開発事業団(東海)安全管理部安全対策課長
"	百瀬 琢磨	動力炉・核燃料開発事業団(東海)安全管理部安全対策課係長

諸 表 リ ス ト

- 表 2. 1 海外調査計画の概要
- 表 2. 2 プルトニウム摂取量と除去効果
- 表 2. 3 I P S N の W B C の機能特性
- 表 2. 4 D T P A 療法におけるスピンヘラー使用法
- 表 2. 5 H e y l 社の連絡先
- 表 2. 6 セラフィールド事業所におけるプルトニウム体内汚染時の処置目安
- 表 2. 7 欧米諸国における内部被ばく医療処置の現状（一覧表）
- 表 3. 1 D T P A 投与の考え方と投与基準（案）
- 表 3. 2 D T P A 投与の適用上の考え方と暫定基準（案）
- 表 3. 3 D T P A 投与基準と適用上の暫定基準（案）のまとめ
- 表 3. 4 D T P A 療法の継続適否の判断目安
- 図 2. 1 I P S N における医療施設の概観
- 図 2. 2 ラ・アーク事業所における医療施設の概観

目 次

まえがき	1
第1章 文献調査.....	3
第2章 実用再処理施設における内部被ばく医療処置に関する海外調査.....	13
2.1 フランス	14
2.1.1 原子力安全防護研究所（IPSN）	14
2.1.2 COGEMAラ...アーク事業所.....	21
2.2 イギリス	26
2.2.1 国立放射線防護庁（NRPB）	26
2.2.2 BNFLセラフィールド事業所.....	28
2.3 まとめ	36
第3章 内部被ばく緊急時医療処置マニュアルの作成検討.....	42
3.1 医療処置の観点から見たプルトニウム	42
3.2 放射線管理上の初期対応の原則	42
3.3 DTPA療法の適応判断のための摂取量の評価	43
3.3.1 摂取量の評価法.....	43
3.3.2 摂取量評価法の優位性とDTPA療法の適応判断.....	44
3.3.3 摂取量評価値と年摂取限度との関係.....	45
3.3.4 DTPA投与基準の検討.....	46
3.4 初期段階における具体的な医療処置	48
3.4.1 プルトニウムの化学形とDTPAの有効性.....	49
3.4.2 DTPAの1回投与量.....	50
3.4.3 DTPA療法適用中の医療監視.....	50
3.4.4 DTPA療法の継続適否の判断.....	51
3.5 DTPA投与に係る関係者向け説明資料（Q&A）	52
あとがき	64
付録1 内部被ばく時対応マニュアル（案）	65
付録2 検討経過.....	85

まえがき

原子力発電所等における災害時の一般公衆を対象とした緊急時医療については、国、地方自治体レベルで緊急時医療体制などの諸整備が進められている。

一方、原子力施設内作業員の緊急時医療については、法令に基づき事業者の責任において必要な措置を講ずることとなっている。このため、動力炉・核燃料開発事業団においても、事業所内で措置できるものについては緊急医療棟の整備などを実施してきている。

しかし、高度な医学的処置を、あるいは過剰な被ばくで外部医療機関との連携を必要とするような場合については、地域医療機関との連携を含む緊急時医療体制、医療処置（治療）法とその適用基準、要員・機材の確保などを含む事前の具体的な対応計画が未整備となっている。

我が国では、プルトニウムやアメリシウムによる作業員の内部被ばく事例が、今日までに数件報告されている。これらの事例は、年摂取限度を超えるほどの被ばくには至っておらず、緊急の医療処置としてDTPA療法などが適用された経験はない。欧米では、DTPAはすでに一般医薬品、あるいは治験薬として数多くの適用経験を有することが報告されているが、我が国ではDTPAは一般医薬品ではないため適用し難い状況にある。

このような背景を考慮し、プルトニウムやアメリシウムによる作業員の内部被ばく時において、我が国で適用できる医療処置法について検討しておくことは、作業員の安全と健康を確保する上で極めて意義深いことである。その際には、海外の事例や経験を参考とすることも重要である。

本調査研究の目的は、プルトニウムやアメリシウムによる作業員の内部被ばく緊急時医療処置について、事業者および関連医療機関の関係者向けの実務的なマニュアルを作成するための検討を行うことである。

平成7年度においては、作業員に対する緊急時医療（キレート剤投与を含む）について国内外の情報を収集・検討し、プルトニウムなどによる内部被ばく時の緊急時医療処置マニュアルに関する基本的な骨子案を作成した。

今年度においては、引き続きDTPA療法を中心とした具体的な医療処置法および放射線管理上の対応に関する国内外の情報を収集し、マニュアル内容の充実を図るため、以下

の調査検討を行った。

(1) 文献調査

内部被ばく時の診断治療法と症例、DTPAの有効性、BNFLセラフィールド事業所のプロトコールなど、海外関連文献の調査を行った。

(2) 実用再処理施設における内部被ばく医療処置の現状調査

実用再処理施設を有するフランス、イギリスにおけるDTPAの投与事例、DTPAの安全性、投与方法、投与基準、モニタリング手法および施設における除染処置室などを実地に調査し、内部被ばく医療処置などに係る現状の把握に努めた。

(3) 内部被ばく緊急時医療処置マニュアルの作成検討

上記の結果も踏まえ、放射線管理上の初期対応と摂取量評価、初期段階における医療処置に係る範囲の考え方および具体的な処置法、および社会的・心理的側面も考慮したDTPA投与に係る関係者向け説明資料(Q&A)について、調査検討を行った。

第1章 文 献 調 査

プルトニウムとアメリシウムにより体内汚染した作業者に対する具体的な医療処置法および関係者向け説明資料などを含め、緊急時医療処置マニュアル作成のための検討に資するため、DTPA療法を中心とした具体的な医療処置法および放射線管理上の対応に関する海外文献調査を行った。主な内容としては、内部被ばく時の診断治療法と症例、DTPAの有効性、セラフィールドのプロトコールなどである。

以下に、本文献調査に使用した主な文献の要旨および邦訳文を記す。

<要約文献>

1. 放射性物質の体内摂取時の診断治療法および治療の可能性
2. DTPAの有効性：セラフィールドにおける経験

<翻訳文献>

3. プルトニウムにより体内汚染した作業者の管理のためのセラフィールドのプロトコール（DTPA投与を含む）－最終ドラフト－

文献 1	放射性物質の体内摂取時の診断治療法および治療の可能性 Inkorporationsdiagnostische Massnahmen und therapeutische Massnahmen und therapeutische Möglichkeiten bei Inkorporationen mit radioaktiven Stoffen. KfK 4871
出典	K f K - 4 8 7 1, April 1991.

はじめに

医学、生物学、工学および産業における非密封の放射性物質の取扱いは、著しく増加したが、放射性物質の体内摂取は稀な出来事であるため、体内摂取という予期しない事態に参画を求められた医師は、対処方法についてある種の不安を抱く。体内摂取時の診断処置に関する理解の増進に資するために、体内摂取の個々の経路とその物理的・化学的機構、治療法、超ウラン元素を体内摂取した際の処置などについて述べる。

序論

体内摂取は、外部汚染とは対照的に直接の診断が困難であり、摂取量(intake)、取込み量(uptake)、沈着量(deposition)といった概念が重要となる。

体内摂取のモード

体内摂取に関連する放射性物質の摂取は、三つの経路、①呼吸摂取、②経口摂取、③創傷による摂取に分類される。呼吸による体内摂取は、実際上の見地からは最も多く、経口摂取と創傷による摂取がこれに続く。創傷のない皮膚汚染による体内摂取は、放射線防護医学的には重要でない。

体内摂取時の診断法

体内摂取の診断は、常に患者の詳細な状態または事故の履歴の調査から始まる。この場合、保健物理担当者により既に現場で調べられた皮膚表面汚染、空气中放射能、または拭取り試験で得られた作業場の放射能値の初期データが重要となる。

治療法

①応急処置

応急処置のためには、嚥下による体内摂取が起こった直後に、口および鼻前庭の洗浄を行うことが有用である。この際、十分な量の歯磨きをつけて歯を磨き、次に口を濯ぐことが、口腔内と鼻・咽頭領域に沈着した放射性吸入物の除去に役立つ。

②胃腸管からの放射性核種の吸収低減

経口摂取の際の医療処置としては、胃内容物の取出しとそれに続く胃洗浄を行う。その際、一般には水または生理的食塩水の洗浄液に薬用炭を添加することができる。これにより、胃中になお残留しているかもしれない放射能と吸着剤との結合が促進される。また、既に腸内に存在する放射性物質については、薬剤または浣腸によって腸内容物の除去の促進を試みることができる。下剤の選択に際しては、下剤が放射性核種と可溶性の化合物を作ることにより、腸からの再吸収を促進することがないように注意しなければならない。

③傷口沈着物の体内各部への移行阻止

創傷汚染に対する治療処置の目的は、潜在的な体内摂取を予防するため、傷口に存在する放射能の全体をできる限り除去することである。最適な処置を実施するためには、事故現場で応急処置を行わなければならない。これに続く医療処置は、創傷の種類とその重篤さ、傷口の放射性沈着物の放射能毒性に左右され、1) 保守的外科処置、2) 積極的な外科処置、3) 薬剤による補足的治療がある。

④通過部位に存在する放射性核種の沈着阻止

放射性ダストの吸入の場合、適当な薬剤（エムスゾル、エムス塩）の吸入により気道の粘膜の分泌を刺激することにより、間接的にこのコンパートメントの早い生物学的浄化を達成することができる。放射性核種またはその混合物が既に血中に存在し、腸-腸循環中に入っていないならば、排泄促進処置（キレート剤投与）により、ある種の放射性核種が血中から人体臓器中への沈着を有効に阻止することができる。

症例報告

超ウラン元素の体内摂取時の治療の際に選択される薬剤は、ジエチレントリアミ

ン五酢酸（D T P A : Ca-DTPAまたはZn-DTPA）である。

Ca-DTPAは、比較的強い排泄促進効果があるため、主に初期治療に用いられる。一方、Zn-DTPAは副作用（腎臓およびヘム合成）がCa-DTPAより少ないために、主に長期治療の際に使われる。投与方法が異なる場合（吸入投与と静脈内点滴）でも、プルトニウムの体内摂取に対する排泄促進作用は同じであるが、治療に有効な吸入剤としてCa-DTPA100mgを投与する場合には、最初の投与量として10mlの生理的食塩水に溶解した1gのD T P Aが必要である。正確に治療有効量を投与するためには、薬剤の静脈内投与が望ましい。これまでの治療経験から、超ウラン元素の体内摂取について、以下の勧告が導かれる。

a)年摂取限度の50～100%という低い範囲の放射能の体内汚染に際しては、20mlの生理的食塩水で希釈した500mgのZn-DTPAをボールの形でゆっくり静脈注射する。

b)年摂取限度の100%を超える放射能の体内汚染に際しては、250mlの生理的食塩水に溶解した1gのCa-DTPAを、約20～30分間かけて静脈中に点滴する。

吸入、経口または筋肉内といったキレート剤の投与方法を綿密に評価した結果では、D T P Aの静脈内投与が投与量の正確さの点で優れている。放射性物質の摂取量に関する最初の情報がないために、キレート剤の適用を決定することが困難な場合には、“疑いがあれば、適用ありとみなす”というルールが当てはまる。

文献 2	DTPAの有効性：セラフィールドにおける経験 The Effectiveness of DTPA - Experience at Sellafield Dr. Wood, Dr. Britcher & Mr. McGinn (BNFL, Sellafield)
出典	Portsmouth 94 Proceedings p.165-168, Nuclear Technology Publishing

はじめに

キレート剤DTPA（ジエチレントリアミンペンタ酢酸）は、プルトニウムと結合して身体からプルトニウムの排泄を促進することが知られている。BNFL（英国核燃料公社）のセラフィールドでは1960年代半ばから、傷口汚染あるいは吸入によって、プルトニウムの摂取が起こった場合には、人体から放射能の除去を促進するために、慣例的にDTPAのカルシウム塩（1回投与量 0.25g）が静脈注射によって投与されている。

事例の選択

セラフィールドの化学的な工程では、硝酸プルトニウムと酸化プルトニウムによる内部被ばくが主になる。再処理区域における硝酸プルトニウムの（肺）移行特性は、分離された直後のプルトニウムは肺から他の臓器などへ移行しやすく、時間が経つと硝酸プルトニウムは不溶性かつ重合体－粒子状－の酸化プルトニウムになるので移行しにくくなる。

1965～93年に起こったDTPA投与事例の中から、明らかな急性被ばくで比較的重複でなく、しかも事故後にプルトニウムが検出できる適当な数の尿サンプルがある被ばく事例20件を選択し、創傷と吸入の両被ばく経路、および異なる化学形（硝酸型、酸化型）に対するDTPAの有効性を概観した。

評価方法

人体から放射能の除去を促進するDTPAの効果は、体中にある全放射能に対するDTPA投与の作用によって排泄した放射能の増加分の割合（%）として、次式で評価した。

$$\text{効果} = \frac{(\text{実際の排泄量}) - (\text{自然排泄が予測された量})}{(\text{評価された摂取量})} \times 100(\%)$$

評価された摂取量は、DTPA投与後から、時間を区切りながらプルトニウムの排泄量を測定し、自然排泄量と同レベルになった時点で、効果がなくなったと判断した。この時点で健全とみなされ、そして摂取量の最善の推定ができたと評価された。予想排泄値は摂取量の最良の推定に合わせながら作成された。それ故に、この摂取量の基礎に基づいて期待されるように設定されたデータが作成されている。

討 論

DTPAは、プルトニウムの酸化物よりも硝酸塩を摂取した場合に、プルトニウムを排泄促進する効果が高い。生成後から時間を経た硝酸プルトニウムの肺移行特性は、生成分離後のプルトニウムとは明らかに異なり、クラスYの化合物に近い様相で挙動する。硝酸プルトニウムに汚染された最近の事故では、DTPAの効果は生成直後のプルトニウムに比べて低くなっている。DTPAの効果は、体内でDTPAによって「捕獲」できるプルトニウムの量と一部関係しており、摂取量が多い場合にはDTPAと結合する機会が多いので除去効果が大きいですが、摂取量が少ないと効果が小さい。また、検証した事例から、DTPAはできる限り早く投与されるべきであること、また被ばくの可能性が識別された後には投与を正当に実行できることが一般に認められている。

まとめ

DTPA療法は、長期間、しばしば数カ月に渡って、プルトニウムの尿中排泄を促進させてきた。DTPAは酸化プルトニウムよりも硝酸プルトニウムに被ばくした例で高い効果がある。さらに、DTPAは生成分離された硝酸プルトニウムに対してより効果的である。一方、生成分離から時間を経た硝酸プルトニウムに対して認められた効果は、酸化プルトニウムでみられた効果と大きな相違はない。DTPAは、創傷汚染に用いる場合よりも吸入被ばく後の長期使用の方が、プルトニウム排泄レベルを増加させることは明らかである。

プルトニウムにより体内汚染した作業者の管理のための
セラフィールドのプロトコール（DTPA投与を含む）
-最終ドラフト-

1. 吸入事故

- a. プルトニウム摂取量を予想する時に、鼻をかむ（ノーズブロー）方法の信頼性が考察された。セラフィールドの経験では、鼻をかむ方法は通常は過大評価になるが、稀には過小評価になる場合もある。鼻をかむ方法で陽性であれば、プルトニウムの取込みがあったと疑うべきである。ただし、鼻腔用の綿棒が将来採用されたならば、再考する必要がある。
- b. 鼻をかんだサンプルのアルファ放射能の検出限界は、約5 Bqである。
- c. 従って、鼻腔洗浄の対策レベルは5 Bqである。
- d. セラフィールドにおける物質の挙動を我々の最近の理解に基づき、そして英国の法体系で認められた最新のモデルを用いると、鼻をかんだ時の60Bqは、セラフィールドの代表的な建屋ではおおよそ500Bqのアルファ放射能を摂取し、この値から順次計算すると、骨表面に対する1994年1月にDr. Britcherが提案した助言は参考になる。

従って、年摂取限度 {ALI} の摂取量があったことを意味する。このレベルは、全身計測によって決めるには低すぎる。なぜなら、全身計測では、このレベルの10倍以下の摂取量を確定することができないからである。

- e. 従って、DTPAの投与を考慮する場合には、次のような処置の原則が提案された。

典型的なセラフィールドの生成分離から時間が経った物質（プルトニウム）に対しては、摂取が疑われた時にはDTPAを投与する必要はないが、摂取量が確定した場合には投与の必要性を検討する。

生成分離されて間もないプルトニウムについては、摂取量を確定することが困難であっても、摂取量を確定することなくDTPAの投与を検討する必要があるかもしれない。

典型的なセラフィールドの生成分離から時間が経った物質（プルトニウム）に対し

て、鼻をかんだ時に600Bq以上あった時でも、全身計測では摂取量を十分に確定するほどの感度が得られないかもしれないため、計測は次の作業日にも継続して行われるべきである。

ある被災者は、次の作業日に全身計測を受けられないかもしれない。たとえば、10日間の休暇や年休をとるかもしれない。そのような場合には、被災者と全身計測要員が同時に出勤するまでに、全身計測要員を召集するか、全身計測を延期するかを決めなければならない。

被災者の精神状態や不安のレベルは、全身計測を行うか否かを決定する上で重要である。もし、被災者の精神を和らげるために、勤務時間外に全身計測要員を召集する必要があるならば、この決定は施設の勤務管理者によって行われるべきである。

鼻をかんだ結果、プルトニウムが検出された被災者は大変心配するので、結果の有意性やその後の継続的な検査の理由について、注意深い説明が必要になる。この段階で、DTPA療法を推奨するか否かの説明も必要になる。

鼻をかんだ時に600Bq以上あれば、全身計測で摂取量が確定できるかもしれないので、直ちに全身計測を実施すべきである。また、放射線計測、保健物理、医療業務の適当な幹部の経験者の会合が召集される必要がある。彼らは、被ばく歴を含む個々の例の既知の事実、汚染した放射性物質の混合成分の割合や溶解度について検討する。この各会議は、摂取が疑われるレベルを確定できるような全身計測の予測値を助言する。

摂取が強く疑われるか、全身計測によって摂取量が確定した後の評価が行われる場合には、致命的ながんを誘発する、おおよその放射線量の長期リスクを計算するべきである。通常、そのリスクは非常に小さい。セラフィールドの経験では、静脈注射で0.25gのDTPAを1回投与すると、上昇するリスクが30%以上にならないように減少させることが示されている。しかし、まったく無効であったり、さらにリスクを低減するかもしれない。

DTPAの投与決定は、個々の例におけるこのような事実に関する見識と推察によって行われる。ただし、被ばく歴を持っている作業者については、その決定を容易に行うことは難しい。

2. 創傷汚染

- a. 創傷によるプルトニウムのアルファ放射能の検出限界は、セラフィールドの代表的な

プルトニウムのアルファ核種が混合されている場合には約6 Bqである。この放射能が完全に傷から移行すると仮定すれば、検出された放射能から骨表面の預託線量当量は約100mSvになる。Am-241に壊変するPu-241があったと仮定するならば、骨表面の総預託線量当量は、最悪の例では年摂取限度の約2/5に相当する約180mSvになる。

- b. 創傷切除を深刻に考える行動段階は、150Bqとされている。これは、5 nCi (185Bq)の放射能で汚染された創傷の周囲組織に、悪性のものを取り巻く組織について記述されたためである。切除の検討のための対策レベルは150Bqであるが、より高い放射能でも切除による生命組織への損害リスクを避けて、切除しないこともできる。
- c. セラフィールドの経験では、創傷がプルトニウムの侵入口である例では、DTPAの効果は最も低い。また、創傷部に残っている放射能は、傷口から移行するよりも創傷部位の周囲組織によって移行できないように囲まれ、留まっているようである。従って、全放射能の10%以下の除去により、理論上の長期発がんリスクを有意に減少できる場合に限り、DTPAは投与されるべきである。
- d. 従って、施設あるいは外科部門における創傷のアルファ汚染処置の原則は、以下のようになる。

①創傷部を覆い、その周辺の皮膚を除染すること。

②汚染レベルが減少するように、創傷部の汚染検査を繰り返しながら、洗浄すること。

③洗浄により放射能を6 Bq以下に低下させることができない場合には、放射能レベルを確定するために全身計測の値を参照とする。もし、勤務外であれば、施設勤務管理者を通じて全身計測要員を召集する。放射能レベルが150Bq以上であるならば、切除の必要性を考慮することとする。

④切除した創傷部にDTPAを使用する必要はない。DTPAの投与は、長期発がんリスクの有意な低減が、個々の例で期待できる時に限り考慮される。

要 約

項 目	放射能レベル（指示値）	措 置
吸 入	ノーズブロウで 5 Bqまたは5 Bq以上	<ul style="list-style-type: none"> ・鼻腔洗浄。 ・生物学的試料分析の開始。
	ノーズブロウで 60～600Bq	<ul style="list-style-type: none"> ・次の作業日に全身測定し、または必要に応じ全身計測要員を召集する。 ・生物学的試料分析の開始。 ・結果の意味とその後の処置のモニタリング。
	ノーズブロウで 600Bq以上	<ul style="list-style-type: none"> ・直ちに全身計測。 ・生物学的試料分析の開始。 ・医師、線量計測要員、保健物理要員による迅速な現場協議。 ・摂取が確定するか、引き続き事故例の協議で理論上の長期がんリスクを推定し、DTPA投与を検討する。
創傷汚染	6 Bq以下	<ul style="list-style-type: none"> ・創傷が指定されたプルトニウム区域で生じた場合、生物学的試料分析。
	6 Bq以上	<ul style="list-style-type: none"> ・洗浄の繰返しと創傷モニタリング。 ・生物学的試料分析。
	洗浄繰返し後も6 Bq以上	<ul style="list-style-type: none"> ・放射能レベル確認のための全身計測を参照のこと。勤務外であれば全身計測要員を召集すること。生物学的試料分析。
	繰返し洗浄した後も6 Bq以上の放射能が全身計測により確認された場合	<ul style="list-style-type: none"> ・切除の検討。 ・生物学的試料分析。
	切除できない放射能が存在する場合	<ul style="list-style-type: none"> ・DTPA投与の検討。 ・生物学的試料分析。

出典：Sellafield Protocol for the management of Personnel who receive accidental uptake of Plutonium, including DTPA administration. RW19794.DOC.

第2章 実用再処理施設における内部被ばく医療処置に関する海外調査

作業者に対する内部被ばく時医療処置に関する実務的なマニュアルの作成検討に資するため、実用再処理施設を有するフランス、イギリスの事業所および関連研究機関を訪問し、実用再処理施設における内部被ばく医療処置の現状を実地に調査した。

表2.1 海外調査計画の概要

1. 調査員	
篠原 照彦	(国立水戸病院放射線科医長)
衣笠 達也	(三菱重工業(株)神戸造船所神戸病院外科医長)
長井 明夫	((財)原子力安全研究協会調査2部課長代理)
須藤 清二	(動力炉・核燃料開発事業団東海事業所産業医)
百瀬 琢磨	(動力炉・核燃料開発事業団東海事業安全対策課係長)
2. 調査日程	
平成9年1月12日(日)	出発ーフランスへ移動ー
1月13日(月)	原子力安全防護研究所 (IPSN)
1月14日(火)	ー移動ー
1月15日(水)	COGEMAラ・アーク事業所
1月16日(木)	ーイギリスへ移動ー
1月17日(金)	国立放射線防護庁 (NRPB)
1月18日(土)	
1月19日(日)	ー移動ー
1月20日(月)	BNFLセラフィールド事業所
1月21日(火)	ー日本へ移動ー
1月22日(水)	帰国

今回の調査では、DTPA療法に関して、これまでの文献調査および昨年実施した米国の現状調査から得られた情報を実地に確認するとともに、さらに新たな情報やサイトの医療施設(除染/処置室)などの現状も把握することができた。

以下に、フランス、イギリスにおける内部被ばく医療処置に係る体制、考え方、DTPA療法、モニタリング手法などに関する調査結果を述べる。

2.1 フランス

2.1.1 原子力安全防護研究所 (IPSN)

日 時：平成9年1月13日 (月)

面会者：Mr. Bernard Guillemard (Managaer, International Cooperation, IPSN)

Dr. Daniel Robeau (Deputy Director of Protection, IPSN)

Dr. Bernard Le Guen (Service de Dosimetrie, IPSN)

Dr. M. H. Henge-Napoli (DPHD/SDOS/LEAR, IPSN)

Dr. Catherine Raffaitin-Bodin (Centre D'Etudes Nucleaires, IPSN)

Dr. Didier Frank (Service de Dosimetrie, IPSN)

(1) 施設の概要

原子力安全防護研究所 (IPSN) は、1976年に原子力庁 (CEA) の中に創設され、原子力安全、人間・環境の防護に関する研究および専門的な評価を行うとともに、国当局に原子力リスクの管理に必要な専門的評価といった技術支援を行う指定機関でもある。IPSNの職員数は約1,200人であり、国内11カ所に配置され、主に6つの部門、①原子力施設の安全、②放射性物質の輸送と保障措置、③事故研究および防止、④環境防護、⑤保健防護、⑥緊急時対応と教育訓練に関する活動を幅広く行っている。この内、⑤保健防護部門では、放射線事故の診断・治療、電離放射線の影響、および職業被ばくや事故被ばくの疫学調査などに関する研究が行われている。

IPSNでは原子力安全・放射線防護に関する種々の研究が遂行されているが、その優先度は事故時の高線量被ばくに対する放射線防護、疫学 (低レベル被ばく)、放射線生態学、およびPWR安全の順となっている。

(2) 内部被ばく医療処置に関する考え方

内部被ばくは外部被ばくと異なり、如何に線量を低減するかということを念頭において対処することが重要である。内部被ばくの恐れのある者が発生した場合には、早期に治療を行う必要がある。そのためには施設の産業医の役割も重要であるが、さらに施設周辺の警察、消防、救急医療関係者などによるチームワークを必要とする。

内部被ばくが起こり得る潜在的な状況としては、①核燃料サイクル、②廃炉・廃

棄物処理、③放射能取扱い施設などの諸過程があげられる。

体内汚染の主な経路には、①吸入、②傷口、③経口摂取、④皮膚（肌）がある。この内、経口摂取については、主に飲食物の摂取を通じて放射性物質が体内に取込まれる場合（チェルノブイル原子力発電所事故のケース）である。起こり得る可能性は研究施設では少ないものの、一般公衆にとっては最も高いが、いずれもマイナーなケースである。

吸入事故は、爆発、火災、輸送中の火災、原子力発電所や再処理施設で封込めが十分でなくなった場合のエアロゾル放出などに伴い発生し得る。吸入事故の場合には、体内に取込まれた放射エネルギーを迅速に評価することが重要である。また、粒子サイズ（AMAD）、電荷、粒子の化学形（可溶性か不溶性か）、空気中濃度、吸入した際の行動状況（活動中か、座っていたか）などの情報も重要となる。

吸入事故の場合の処置方法は、汚染物質の性格により異なる。例えば、不溶性のプルトニウムの場合は肺洗浄することが有効であるが、ほとんど用いられていない。可溶性のプルトニウムの場合は、時間を稼ぐためにキレート剤DTPAをできる限り早く投与することが重要となる。ただし、DTPAは必ずしも有効でない場合があり得ることも知っておく必要がある。

創傷（傷口）汚染は、爆発、グローブボックスの中に切れ物があつて傷を受け、汚染した場合などが考えられる。傷口から入った放射性物質の体内挙動は、物理的・化学的性質により知ることができ、ケセンスキーの被ばく線量評価モデルが使用されている。不溶性プルトニウムによる創傷汚染の処置としては、骨への沈着を防止するため、外科的切除を行った上、補助的に傷口をDTPAを用いて直接洗い流すことである。

肌（皮膚）を通じた汚染は、エアロゾルにより皮膚が汚染したり、汚染した者が脱衣しなかったために救助者が汚染したりするケースである。β放出体による汚染の場合は、重篤な熱傷をもたらす恐れがあることに注意する。処置としては、衣服を早めに処理すること、汚染された衣服の除去（脱衣）、除染が重要となる。

放射線防護のための資機材としては、防護服、呼吸保護具、検出器、除染用器具、クリネックス（ティシュペーパー）、事故発生直後の（被災者の了解を得た）情報シートなどを予め準備し、何時でも利用可能な状態にしておくことが重要である。

体内汚染時の処置（治療）の目的は、①侵入部位からの移行の低減、②排泄促進、③物質の希釈・キレート化を図ることである。応急処置として、プルトニウムによる体内汚染の恐れがある場合には、DTPA（Ca-DTPA、Zn-DTPA：Zn-DTPAは毒性が少ない米国で好まれて利用されている）を早期に適用することが重要である。DTPAの早期投与によるプルトニウムとのキレート結合により便・尿から排泄させ、プルトニウムの骨や肝臓への沈着を低減することができる。従って、体内汚染の恐れのある作業者は、医師が来る前に自らDTPA（スピンヘラー）を使用することが望まれている。

プルトニウムの排泄量はDTPAを投与しているか否かで異なり、創傷汚染により1年間にわたりDTPAを静脈内投与した事例から、DTPAの効果は50%に及ぶと評価されている。ただし、その効果は汚染の形態や事故の状況にも依存し、DTPAを投与しなかった場合とでは、その効果に10倍程度の差が見込まれる。

体内汚染作業者の処置法に関するガイドブック

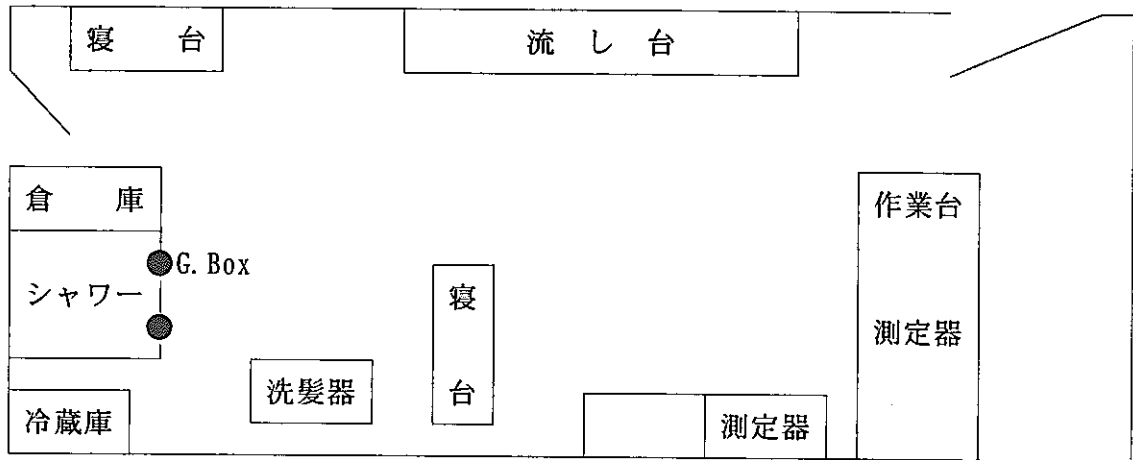
Radiation Protection Dosimetryによる“作業者の体内放射能汚染事故時の処置に関する手引き”（本書の仏語翻訳版はIPSNにより刊行済み）は、欧州共同体（EC）および米国エネルギー省（DOE）の共同作業による報告であり、体内汚染の際の治療の原則が示されている。放射性物質が体内に取込まれた場合、長期的な健康リスク（発がん）を低減するための方法として、キレート化と安定元素による固着防止法がある。除染剤を使用する場合も有り得るが、汚染物質の化学形や性質により用途が異なる。各種薬剤の投与方法、投与量、投与する際の注意事項（毒性や認可の問題など）が示されており、非常に参考となる。

医療施設（除染・処置室）

医療施設は、各原子力施設および研究所で整備されている。IPSNでも、一般的な除染処置室の他、重度汚染者用の除染室と集団汚染者用の除染室が整備されている。さらに国レベルでは、大規模な放射線事故に対応するため、保健省および労働省監督下の電離放射線防護局（OPRI）が全身カウンタ（WBC）や測定器などを搭載した移動用車両などを整備し、放射線被ばく医療支援システムを構築している。

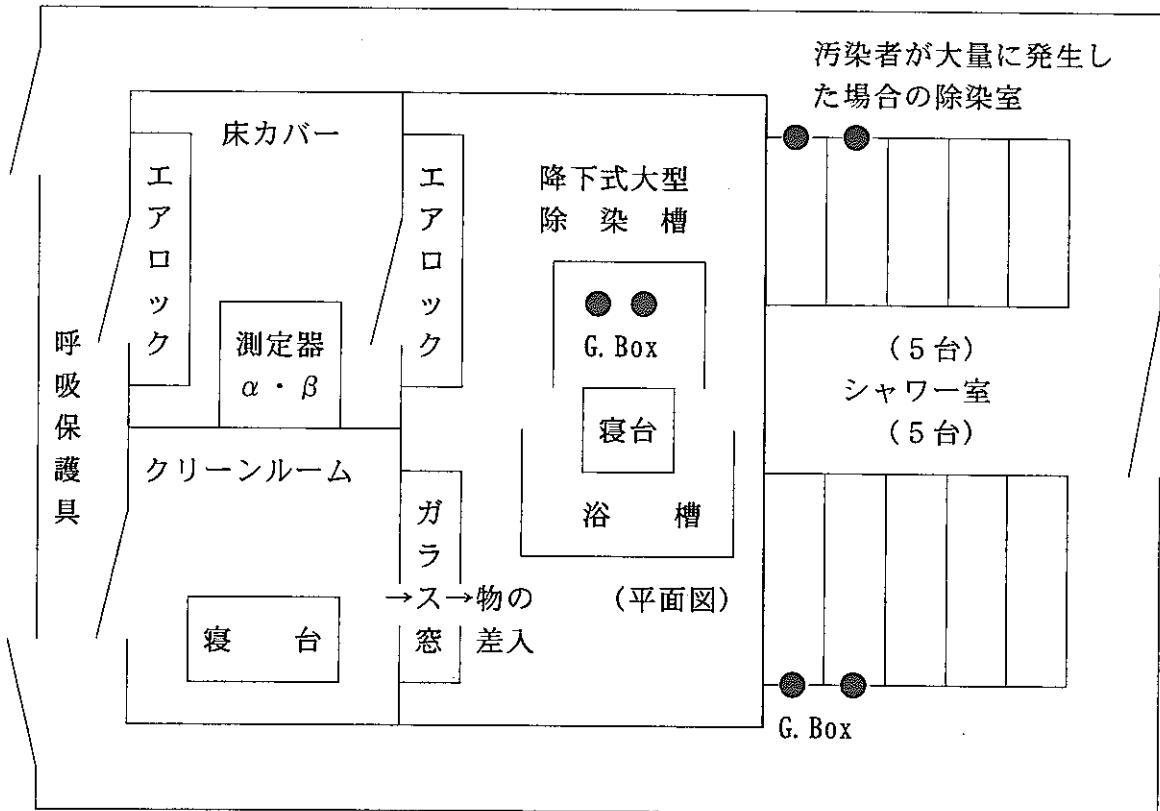
図2.1 I P S Nにおける医療施設の概観

<一般的な除染処置室>



<重度汚染者が発生した場合の除染処置室>

<集団汚染者用の除染室>



医療関係者の教育訓練

医師に対する教育訓練は、元来は産業医の養成を目的としたものであるが、国の総合病院であるコッシャン病院を中心に実施されている。6カ月のカリキュラムが組まれ、理論80時間とキューリー病院やOPRIにおける実習が準備されている。講

師には専門家の他に産業界からも派遣され、受講生数は年間20人程度である。原子力庁（CEA）やCOGEMAなどの原子力施設では、ICRP新勧告に対応するために産業医の教育訓練に積極的に努めており、IPSNでも教育訓練のためのカリキュラムの開発に努めている。

被ばく線量の記録報告

内部被ばくの処置に関しては、規制当局には最終的に摂取線量が報告される。しかし、医師にとってはDTPA投与後の残留線量がDTPAの効果を知る上で重要となる。従って、記録としては当初の摂取値と残留線量の両方が残ることになる。

(3) プルトニウムによる体内汚染時の医師の対応

まずは、除染処置が必要か否かを判断することが重要である。フランスでは、預託線量よりも年摂取限度（ALI）で評価しているが、実際はアクションレベルとして空气中汚染濃度限度（LDCA）が設定されている。これらの目安により、一般的には除染処置を行うか否かは躊躇することなく判断できる。

ALIの1～10倍では、処置に伴うプラス効果とマイナス効果を検討する余地がある。ALIの10倍以上では必ず処置を行い、その後の継続的な処置を検討する。しかし、ALIは排泄量をベースに算定される値であり、理論と実際では異なる可能性も有り得る。このため、医師は体内汚染の疑いがある作業員に対する応急処置としては、吸入の場合にはネブライザーまたはスピンヘラーにより第1回目のDTPA吸入投与を行い、投与後の排泄物をより正確に評価した上で、第2回目以降の投与を判断することが重要である。創傷汚染の場合は、DTPAにより傷口を洗い流し、必ず静脈注射を行う。ただし、体内汚染の恐れがあるからといって、必ずしも医療処置を行う必要があるとは限らないことにも留意することが重要である。

摂取量に関する判定評価に関しては、空气中に浮遊している放射性物質濃度（DCA）や鼻スミヤの測定、傷口の測定、全身計測（WBC）、バイオアッセイなどが行われる。放射性物質の性状（可溶性か不溶性か）、粒子サイズ（AMAD）や化学形はインピトロで評価し、各々のALIを求めて最終的に判定する。なお、ピエールラット研究所では平常時における原子力施設の空気サンプリングを行い、各々の作業環境における放射性物質に特有なALIの算定評価データを纏めており、このデータが参考とされている。放射性物質の粒子サイズや移行可能性を早期に判

定することも、DTPAの効果を決定する上で重要である。放射性物質の体内挙動は、その物理的・化学的特徴に依存し、肺クリアランスは粒子サイズが小さいほど滞留時間は長くなる。

表2.2 プルトニウム摂取量と除去効果

A L I		肺
Pu-239	10倍	1.1%
Pu-239	2,200倍	9.8%
Pu-239	2,900倍	33.3%

注：摂取量が多いと除去効果も大きくなる。

また、移行可能性が高い物質は標的臓器に早く到達し、定着する恐れがある。なお、DTPAは可溶性の硝酸型のプルトニウムに対しては効果はあるが、不溶性で酸化型のプルトニウムに対しては効果がない。

DTPA療法

I P S N（フォントネローズ）でも、プルトニウムによる汚染事故に対して、1960年代からDTPAが使用されており、静脈内投与の年間平均件数は1970年代で31件、1980年代で8.5件、90年代で5件を数えるが、重篤な副作用の発生や尿素窒素およびクレアチニンの変化は報告されていない。

体内汚染事故が発生した場合、放射線防護課より連絡（カルテを含む）が入る。医療施設では、医師5名、看護婦3名が床にビニールシートを敷くなどして、被災作業者の受入れ準備に当たる。放射線防護課から転送されるカルテには、汚染した者の氏名、吸入か創傷か皮膚汚染か、測定したDAC（Bq/hr）など、医師にとって重要な情報が記されており、これにより処置のプロトコールが決定される。またノーズブロウ（鼻をかんだ紙）も送られ、測定結果は30分以内に得られる。

吸入による体内汚染の場合、DACが40Bq/hr以下では、DTPAのスピンヘラー（1カプセル50mg）による吸入（2～3回）を行う。40～500Bq/hrでは、DTPAのスピンヘラー吸入投与もしくは静脈内投与を検討し、鼻をかんで20pCiを超えた場合には、スピンヘラー吸入投与を行う。500Bq/hr以上では、250mgのDTPAを5～10分かけてゆっくりと静脈注射する。

D T P Aの50%致死量 (LD₅₀) は200gであるが、4年5カ月にわたり120gを投与した事例もある。1回当たりの投与量は0.25gであり、低カルシウム血症、一時的な亜鉛欠乏症および筋肉の痛みが稀に起こり得るが、これまでの経験ではすぐに回復するので副作用として大きな問題には至っていない。

今後の方向性

D T P Aは確かに効果はあるが、100%ではない。ウランや超ウランなどへの対応も考慮して、新しいキレート剤として3,4,3 L I H O P Oの研究開発が行われている。これまでにヒヒに対する腎毒性に関する研究が行われ、一定の濃度では毒性は認められていない。人間に対する毒性研究は今後の課題となっている。

(4) 肺洗浄

肺洗浄の目的は、肺胞中に残存する放射性物質の粒子を洗い流すことである。肺洗浄のメリットとしては除染だけでなく、肺の炎症を起こすようなそれ以外の物質も洗い流し、病気を軽減することが挙げられる。その反面、麻酔が必要となり、麻酔によるリスクを考慮する必要もある。このため、肺洗浄は大量の放射性物質を体内に取込んだ場合に限り考慮すべき処置法であることに留意する必要がある。

肺洗浄の実施の目安はA L Iの100倍である。被ばく後の摂取量評価の後、A L Iの100倍以上であることを確認してから実施する必要がある。肺洗浄に当たっては、D T P Aを添加していない生理食塩水を用いて片肺毎に5回洗浄するとともに、同時にD T P Aの静脈注射を行う。

これまでにビーグル犬とヒヒ（バブーン猿）により、肺洗浄に関する多くの実験が行われ、50%以上を洗い出したとの結果も得られている。

(5) 内部被ばくモニタリング

プルトニウムの体外計測にあつては、弱いX線しか測定することができない。D T P A投与に関するA L Iが1,500Bq、D A Cが200Bq（24時間後）に対し、現行のW B Cの検出限界は3,000～4,000Bqであり、十分に検出することはできないので、改善が求められている。ただし、アメリカシウムやネプツニウムは、構成比を基に低レベルで検出することができる。

現在、ピエールラット研究所で、シリコンを使ったW B Cの開発が進められている。シリコンを用いた場合、全体的（包む形）に測定することが可能となり、検出

効率も高くなる。ゲルマを使った検出器を12個並べると検出部表面は400cm²となり、シミュレーションの結果、1,000～1,500Bqの検出限界が得られている。

今後、肺モニタとして、今年末までにシステム機能を証明し、来年中にはプロトタイプとしてシステムアップする予定である。

表2.3 I P S NのW B Cの機能特性

ゲルマニウム検出器を利用 遮蔽物には古い鉛（厚み15cm、核実験前のもの）を使用 セシウム、ストロンチウムも測定可能 複数の核種による汚染も検知・区分が可能 NaIを100%とすると、70%効率 分解能3% ノイズは、外の100分の1 大きな窒素タンクが必要 検出部直下のみ測定可能 解に関する効率が悪い 検出部が4つ

2.1.2 COGEMAラ・アーク事業所

日 時：平成9年1月15日（水）

面会者：Mrs. Vansteelant Jacqueline (Resau Eurisys, COGEMA)

Dr. Jacques Betis (General Manager, General Nuclear Safety and Quality, COGEMA La-Hague)

Dr. Philippe Royer (Cheif du Service Medical du Travail, COGEMA La-Hague)

Mr. Laurent Exmelin (Analyses Medicales, Radiotoxicologie Anthroporadiometrie, COGEMA La-Hague)

(1) 施設の概要

ラ・アーク事業所は、国内外の事業者の使用済み燃料を再処理する業務を提供しており、施設はパリ西方約300kmノルマンディー地方のラ・アーク岬にある。この施設は、1959年にフランス原子力庁（CEA）によって設立され、1966年より操業を開始している。その後、1976年にはCEAの100%子会社であるフランス核燃料公社（COGEMA）の所有になり、今日に至っている。

この再処理工場には、UP2とUP3という2つの主要な施設がある。UP2は、1966年に黒鉛ガス炉の使用済み燃料再処理施設として運転を開始したが、1987年以降は軽水炉（PWRおよびBWR）の使用済み燃料を再処理するために使用してい

る。その後、増設工事により、1994年から当初の2倍の処理能力800t/年となった。UP3は、主に海外の電力会社からの使用済み燃料を再処理するために、1990年に運転を開始した。処理能力はUP2と同じである。これらの施設は、輸送キャスク受入施設、使用済み燃料貯蔵プール、ピューレックス法を採用した一連の機械化学処理施設、廃液処理施設、排水の海中放出施設、液体・固体廃棄物の一時貯蔵施設などから構成されている。

再処理により、ウランとプルトニウムの99.88%は回収され、放射能はガラス固化体に α 核種で99.5%、 β ・ γ 核種で97.1%が封入される。また、被覆管や核分裂生成物(FP)はガラス固化、工程から生じる固体はコンクリート固化、液体沈澱物はアスファルト固化されて、上澄液は浄化して再利用されている。なお、再処理された使用済み燃料および廃棄物は、5年程度保管された後、事業者に戻送される。

従業員の被ばく線量は0.4mSv/年・人であり、この地方の天然放射能による被ばく量3mSv/年・人よりもかなり低い。

再処理施設では、スタックなどの発生源を監視するため、3地点で全 α 放射能、全 β 放射能、Kr-85などを測定している。サイト内および周辺地域では敷地境界3地点と敷地外2～5kmの5地点にモニタリングポストを設置して、空間線量率と大気浮遊塵の全 β 放射能を測定・監視している。また、気象観測も行われており、発生源およびモニタリングポストのデータとともにオンラインで収集され、データは国の電離放射線防護局(OPRI)にも送られている。サンプリングによる放射能モニタリングは、排水、地下水、植物、牛乳、海藻、海水、河川水、飲料水などを対象に行われており、分析データは毎月1回印刷物として関係者に配布されている。プルトニウムについては、全 α 放射能として分析しており、化学分離による測定は行われていない。なお、環境放射能の測定結果はデータベース化されており、シェルブール市庁舎などでCRT画面を見ながら検索することもできるようなシステムになっている。

(2) 事業所内の医療体制

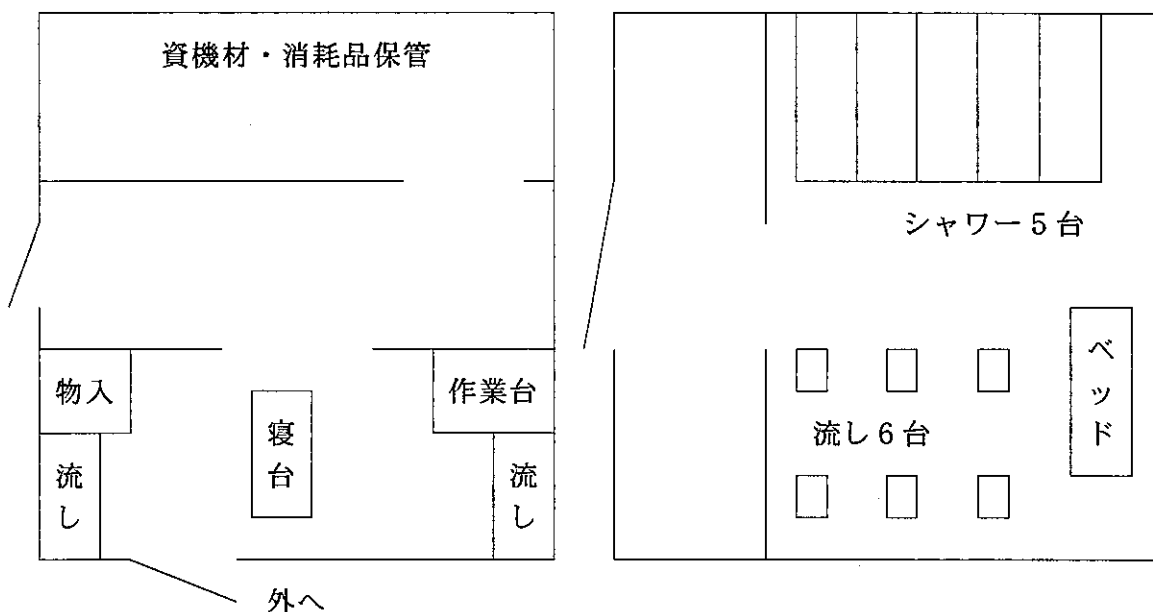
ラ・アーク事業所では、放射線事故に対応するための緊急被ばく医療体制が整備されており、被災作業者に対する医療処置は労働医務部(SMT)の医療チームが対処することになっている。

この労働医務部（SMT）は、産業医4名と産業医学に適用される放射線防護の免許所有者1名、看護婦13名、労働科学者1名、安全衛生および労働環境の管理業務に係る上級技師2名、さらに保健婦2名、事務員1名で構成され、COGEMAで生成する有害物に関して、職員や関連労働者の健康と利益を守るため、医学的巡視および監視、労働衛生調査、人間工学的調査を日常的に行っている。勤務時間外にあっても対応できるように、サイト内に常駐する看護婦1名と在宅の当直医1名による24時間の医療体制を確保されている。また、放射線事故による汚染者および被ばく者に対する処置（治療）室と専門的な処置のための設備を備えた除染室も整備されている。

図2.2 ラ・アーク事業所における医療施設の概観

<サージカルルーム>

<除染室>



作業者の内部被ばく事故が発生した場合には、放射線管理要員が被災作業員に対して最初に対応し、放射線測定を行ったり、放射線防護の準備を行ったり、DTPAを医療チームに渡したりする。被災作業員は事業所内の医療施設に到着後、医療チーム（SMT）により管理され、脱衣、除染、検査など適切な処置が行われる。被災作業員を病院へ移送する必要がある場合には、救急要員（FLS：消防・救急隊員）が、ビニールで保護して、ミニバスで移送する。

COGEMAとシェルブールにある陸軍病院との間には、汚染した作業員に対する医療支援に関する協定（機密扱い）が締結されている。この協定には、外科医が

創傷汚染を切除するためにサイトに派遣されること、陸軍病院付属の医療センターは事業所で発生した汚染作業者を処置のために受入れることなどが含まれている。

(3) 内部被ばく事故の初期段階における処置法

医療部門の常設の手順書により、放射線管理要員はプルトニウムによる体内汚染の恐れがある被災作業員に対しては防護措置として、DTPA投与のためのスピンヘラーを与えるよう要求されており、被災作業員はDTPAのスピンヘラーによる吸入投与を自ら行うことになる。

(4) DTPA療法

1) DTPAの薬事上の位置づけ

DTPAの市場出荷は許可されておらず、オルレアンにある陸軍保健部（SSA）中央薬剤センターから供給されている。

2) DTPAの安全性

DTPA療法は数10年間も行われ、副作用は報告されていない。実際問題として、DTPA療法はプルトニウムの尿排泄を50%も増加させている。

3) DTPA投与に関するプロトコール

放射線管理要員または看護婦により実施される防護措置を除き、医師のみがそれぞれのケースに従い、DTPAの第1回投与を決定することができる。

4) DTPAの投与法

DTPA療法に関しては、現場における初期処置としてのスピンヘラーによる吸入法が用いられている。

表2.4 DTPA療法におけるスピンヘラー使用法

1. 保護ケースをねじり取る。
2. 白い細長いチップから灰色のマフを分離する。
3. 詳細な部品：チップ、螺旋、カプセル（組立部品のための）
4. カプセルを螺旋の中に入れ、大きな先端まで挿入する。
5. 2～3回マフへ前後させる。
最後には、マフの位置を高く上げねばならない。
6. 十分に深呼吸する。
チップを口に入れる。
頭を後ろに反らして十分に摂取する。
息を吐く前に2秒間吸い込む。
2～3回繰返す。
・カプセルが完全にかからであることを確認する。

また、DTPA療法に関しては、次の2つの投与方法も用いられている。

①静脈注射：生理食塩水に10cm³のDTPA含有のアンフル半分を直接静脈内に投与する。

②生理食塩水に250cm³のDTPA含有のアンフル半分を15分以内に注射する。

なお、DTPAを処方する際、取込んだプルトニウムの物理的・化学的形態または粒子サイズ（AMAD）などの情報は必要とされていない。

5) DTPA投与に対する被災作業者との合意

DTPAを投与する際には、医師は被災作業者の質問のすべてに答える必要が求められている。一方、作業者に対してもDTPA投与に関するインフォームドコンセント（被災作業者に対する説明と合意）に関する特別な教育訓練が行われており、3年毎に再教育が実施されている。

6) 予期せぬ副作用が生じた場合の補償

副作用が生じた場合には、職業傷害として考慮され、被災作業者は社会保障制度により補償されることになる。また、雇用者および医師も責任を請け負うことになる。

(5) 被ばく線量の測定評価

職員の平常時および事故時の線量測定評価については、安全品質管理部（D/SQ）に属する医学分析室（LAM）が行っている。医学分析室（LAM）は、薬剤師3名、技術者1名、技師19名、業務管理係5名で構成されており、法律に基づき、原子力施設で働く職員に対する放射毒性学的検査と血液学的検査を通じて個人監視を日常的に行っている。放射毒性学的検査では、便、尿、組織片など生物学的試料を基に、 α 核種（アクチニド）、 β および γ 核種（FP）、および純 β 放出核種（トリチウムおよびストロンチウム）が対象とされている。

体内汚染の恐れのあるすべてのケースが生じた場合には、個人モニタリングが開始される（格納容器の喪失、空気汚染の増加、グローブボックスにおける創傷、日常的な医療検診の有所見者、ノーズスワブ陽性者）。

プルトニウムの取込み量の初期評価については、以下の測定・分析が行われる。

・鼻汁を分析（ α 、 β ・ γ 計測）する。

・鉍化作用、イオン交換または抽出による色層分析（法）および低バックグラン

ドの耐久性（長く続きする）の α スペクトロメトリの後に、24時間の尿排泄物でプルトニウム（Pu-238, 239, 241）および超プルトニウム元素（アメリシウム、セシウム）を分析する。

- ・排泄物の灰を全 α 計測した後に、プルトニウムおよび超プルトニウム元素を分析し、それから上述の方法による溶解（分離）と放射化学分析を行う。
- ・核分裂生成物の γ 放出体による非汚染を確実にするため、NaIまたはGeHP検出器で全身の系統的な γ スペクトロメトリを行う。
- ・ホスウィッチ型NaI/CsI検出器でX線スペクトロメトリによる肺anthroporadiometryを行う。これにより、Am-241は容易に検出される。排泄物の放射化分析または周辺環境の標準鼻汁を基にしたPu-239の100%に相当する肺に取込まれた放射能を計算する。

線量測定評価に関しては、医師には作業者が摂取した放射性物質による被ばく線量を推蔽（精査）する責任があり、ICRP Pu1.54を基礎としている。

2.2 イギリス

2.2.1 国立放射線防護庁（NRPB）

日 時：平成9年1月17日（金）

面会者：Miss F. A. Fry (Assistant director, NRPB)

Dr. J. R. Harrison (Assistant Director Medical, NRPB)

Dr. G. N. Stradling (Biomedical Effect Department, NRPB)

Dr. Robin Wood (Chief Medical Advisor, Safety Directorate, UKAEA)

(1) 施設の概要

NRPBは、放射線防護法（1970年制定）に基づき、人類を放射線から防護することを目的に、政府とは独立した機関として1970年10月に設立された組織である。現在、職員約350名を擁し、①非電離放射線（紫外線および電磁波の健康影響、生物学的影響）、②環境・物理科学（放射線生物学、放射線リスク評価、事故影響評価、緊急時対応）、③医療（疫学、診断、医療被ばく）など、放射線防護全般に関する調査研究、評価、情報提供および技術的貢献、ならびに政府に対する放射線防護に関する勧告などが行われている。

(2) D T P A 療法

1) D T P A 療法の意義

キレート療法は、すでに毒物中毒や放射能事故などの際に実施されている。代表的なキレート剤D T P Aは、吸入摂取や創傷汚染などにより体内に取込んだプルトニウムやアメリシウムなど超ウラン元素の体外排泄促進剤として使用されている。D T P Aは、Experimental Drug（治験薬）としてのリスクといったマイナス効果もあるが、プルトニウムなどによるがんリスクを低減させることに有意であり、全体として利益は不利益よりも大きい。

2) D T P A の社会的位置づけ

D T P Aは一般に認可された薬品ではなく、治験薬であり、市販されていない。認定された医師に限り、D T P Aを処方することができる。

3) D T P A 投与の判断目安

D T P A投与に関して、国レベルでの基準は策定されていない。実際にD T P Aを使用しているのは事業者（BNFL）であり、D T P A投与に関する手順などは、Radiation Protection Dosimetryによる“作業者の体内放射能汚染事故時の処置に関する手引き”（1992）なども参考として、施設事業者の責任においてプロトコルが準備されている。しかし、実際の処置に当たっては、これらのプロトコルはもとより、処置を行う専門家や施設事業所内の医師が、これまでの経験と知識などに基づいて、体内汚染者に対して適切な医療処置が行われている。

D T P Aは、超ウラン核種の排泄促進に効果的であり、可溶性プルトニウムに対してはより効果が高い。D T P Aはできる限り早い時期（1～2時間後）に投与すべきとしている。プルトニウムの体内取込みの恐れがある場合には、硝酸プルトニウム、酸化プルトニウムの化学形を問わず、まずは検査用に1回投与することが重要である。

4) D T P A 投与量と投与方法

D T P Aの投与量は1日1回0.25gであり、静脈注射またはエアロゾルにより投与する。汚染を伴う負傷はまず洗浄し、キレート剤を傷口にかけ超ウラン核種が体液に取込まれる前にキレート化することが重要である。

5) D T P Aに関する禁忌および副作用

これまでに、副作用の発生は報告されていない。この程度の投与量では、副作用の発生を考慮する必要はない。

6) インフォームドコンセント

DTPA療法に関するインフォームドコンセントについて、所定の様式は準備されていない。しかし、投与に当たっては、医者と被験者との間で話し合いを持ち、医師が最終的に決定する。

2.2.2 BNFLセラフィールド事業所

日時：平成9年1月20日（月）

面会者：Mrs. Carol M Leak (Information Officer, Public Relations,
Pelham House, BNFL)

Dr. Ian W McAndrew (Senior Medical Officer, Occupational Health
Department, Sellafield, BNFL)

(1) 施設の概要

英国核燃料公社（BNFL）は、核燃料サイクルに係るあらゆる業務を提供しており、ウラン燃料の供給、燃料製造、濃縮、輸送、再処理および廃棄物処理などを行っている。本社はチェシャー州ウォリントン市近郊のリズレーにあり、イングランドとスコットランド南部に4つの事業所がある。燃料製造はプレストン郊外のスプリングフィールドで、ウラン濃縮はチェスター郊外のケーペンハーストで、再処理はセラフィールドで行われている。

セラフィールド事業所は、イングランドのカンブリア州西部のアイリッシュ海岸部に位置し、広大な敷地には再処理施設をはじめ、旧軍用炉などの施設が点在している。この事業所では、1952年から使用済みマグノックス炉燃料の再処理を行っており、既に15,000tを超える再処理後のウランを改良型ガス冷却炉（AGR）での再利用のために提供してきている。

新しい再処理施設ソーブ（THORP：Thermal Oxide Reprocessing Plant）は、1988年から使用済み燃料の受入および水中貯蔵を開始し、1993年より通常運転に入り、軽水炉およびAGRの使用済み燃料の再処理を行っている。この施設は、①燃料受入貯蔵、②機械操作による燃料取出しおよび溶解工程、③ウラン、プルトニウム、核分裂生成物の化学分離工程の操業区域に大別される。放射性廃棄物処理につ

いては、高レベル廃棄物はガラス固化し、2重構造のステンレススチール製タンクに入れて貯蔵している。中レベル廃棄物は、スチール製容器にコンクリート詰めした後、サイト内の候補地に埋設することが計画されている。低レベル固体廃棄物については、ドラム缶に入れて圧縮し、コンテナにコンクリートを入れた後、6 kmほど離れた貯蔵所に保管されている。低レベル廃液は、放出管（岸から2.5km先）を通じてアイリッシュ海へ放出されている。

環境モニタリングについては、毎年広範囲かつ1,000件に及ぶサンプリング調査が行われている。大気放出された核種の影響を調査するため、10km圏内の農家を対象に毎月1回、牛乳（ミルク）の採取と分析が行われている。また、湖、川では月1回、水道水は週1回行われており、牛肉や羊肉も試料の対象となっている。さらに、アイリッシュ海沿岸の南北60kmについても、サーベイ、シルト、砂、沿岸水、海産物（エビ、カニ、アサリ、カラスガイ、巻貝、指標生物として海藻）を対象とした調査が行われている。これらの調査結果は、地元地区代表で構成された地域社会評価会議（LCLC）に対して公表されるとともに、BNFLより毎年報告書として発表されている。

(2) 事業所内の医療体制

BNFLセラフィールド事業所では、 α ・ β / γ 放出体の汚染による軽度の被ばくからプルトニウムの摂取による重大事故、さらには臨界事故に至るまで、あらゆる放射線事故に対応する体制が整備されている。

労働衛生管理部では、放射線事故に対応できるよう訓練を受けた医師（2名）や看護婦（18名）、補助要員（3名）、技師（2名）から構成された医療チームが24時間体制で組織されている。さらに、重傷の作業員や大量の放射線を受けた作業員の治療に関しては、セラフィールド地域の担当医療機関であるウェストカンバーランド病院や主要大学付属病院であるニューカッスル病院との間で協力支援体制も整備されている。

すべての看護要員は、放射能汚染を受けた作業員を実際に対処した経験を有している。こうした事業所の医療体制については、ウェストカンバーランド病院による協力支援体制も含め、社内研修や国の原子力施設検査局（NII）による事業所内訓練の一部として、定期的に訓練が行われている。

事業所内では、微量の放射線を受けた（作業者が汚染管理区域から退域して更衣室に入り、そこで完全に除染できない）ケースを含め、1年当たり約150件の汚染事故が発生した。この内、除染に医師の関与を必要としたケースは約5%（7～8件）にすぎず、さらにDTPA投与を必要とするケースは1年当たり2%（3件）未満となっている。

事業所内には、工場附属診療所と事業所附属診療所の2箇所を除染施設が整備されている。この内、工場附属診療所が主たる除染施設として、24時間体制で対応している。事業所附属診療所は、小規模かつ補助的な除染施設であり、日常的な除染のために利用されることは稀であり、通常は日中のみ一般的な診察が行われている。ただし、例えば放射性物質の放出方向の風下に当たる場合や放射能汚染を受けた重傷の作業員や重病人がいる場合など、工場附属診療所が利用不可能な場合は使用されることになっている。

現行の規制では、原子力施設と病院など医療機関との間で正式な協力支援に関する協定の締結は義務づけられていない。ただし、医療機関は、国家医療制度の下で地域社会に対して医療を提供する責任があり、この地域社会の中に企業も含まれている。

このため、BNFLでは、放射線事故の特殊性を考慮して、地域担当病院のウェストカンバーランド病院との間で非公式に協力支援に関する協定を締結し、放射線被ばくを受けた被災作業員が必要な治療を受けられ、また専門知識を有する事業所の要員が病院の医療要員を支援することができるような体制が整備されている。ここでは、治療に当たる病院の医療要員は、放射性物質による汚染を受けた被災作業員の処置について、セラフィールド事業所労働衛生管理部の訓練を受けており、この訓練にはセラフィールド事業所の医師、看護婦、保健物理要員も病院の医療要員を支援するため、必要に応じ派遣される。

(3) 内部被ばく事故の初期段階における処置

プルトニウムによる創傷汚染や吸入事故の初期段階における標準的な対処手順は、以下の通り。

①被災作業員を処置する医療要員が危険にさらされる状態にあるか否かを判断する。

- ・防護マスクや防護服など、必要な防護措置を講じる。

②被災作業者の容態やケガの状態が救急処置を必要とするか否かを判断する。

・救急を要する医療処置や外科処置を放射線防護処置より優先して行う。

③創傷の場合、創部を保護しながら、石鹼水、過マンガン酸カリウム、メタ硫酸水素ナトリウム溶液などを用いて、周辺部をできる限り完全に除染する。

・創傷部位の汚染レベルを測定評価する。

・洗浄やガーゼ・脱脂綿による葉の塗布、クリーム塗布、包帯など適切な方法で創部を除染する。

・汚染レベルが高く、創傷部位の切除が必要と思われる場合は、切除を考慮する。

④プルトニウムを吸入した場合には、それ以上の吸入リスクを避けるため、被災作業者を防護しながら、顔と頭（および他の身体部位）を必要に応じて除染する。

⑤DTPAの使用を考慮する。DTPAの使用については、医師が保健物理責任者と相談して最終的に決定することが多い。

⑥作業者が重傷を受け、迅速な医学的処置を必要とする場合は、事業所内で被災作業者の容態を一度安定させてから、ウェストカンバーランド病院に搬送される。病院では、放射線防護や除染の処置よりも、まずは被災作業者の治療が優先して行われる。

(4) DTPA療法

1) DTPAの薬事上の位置づけ

イギリスでは、DTPAの医薬品としての製造は許可されておらず、厳密には臨床試験（治験）薬として、認定医師のみが指定された被災作業者に適用することができる。なお、BNFLでは、ドイツのHeyl社からDTPAを入手している。

表2.5 Heyl社の連絡先

Heyl社: Chemisch-Pharmazeutische Fabrik GmbH & co. KG Goerzallee 253 D-14167/Berlin(Zehlendorff) TEL: 237150607 FAX: 237151288
--

2) DTPAの安全性

BNFLでは、独自にDTPAの毒性や使用した場合に起こり得る副作用に関

する研究は行われていない。DTPAに対する信頼性は、国外、特にアメリカの研究成果に基づくものである。BNFLでも、DTPAを40年以上にわたり使用してきているが、使用上の問題や安全性に関する疑問は一度も生じていない。

DTPAの主な副作用として、DTPAを複数回投与した場合に発現する可能性のある亜鉛欠乏症に留意する必要がある。しかし、副作用が発現するほどの量を投与したことがないためか、この問題が生じたことは一度もない。ただし、亜鉛欠乏症の恐れがある場合には、通常使用するカルシウムの形態（Ca-DTPA）に代わり、亜鉛の形態（Zn-DTPA）で使用する。なお、被災作業者が特異体質の場合には、副作用の発現リスクがあることに注意を要する。

3) DTPA投与に関するプロトコール

DTPA投与を決定する際の参考となるような国際的に合意されたマニュアルやプロトコール、介入基準などはない。BNFLでは、アメリカ国内の研究と事業所における経験に基づいて、投与方針を決定しているが、経験則に拠るところが多い。

BNFLでは、事故が生じた場合にDTPAの使用を考慮すべきアクションレベル（措置レベル）が、創傷とノーズブロウに関して設定されている。

創傷については、これまでに創傷部に150Bqのプルトニウムを浴びるという事故が発生し、事故後何年も経てから創傷部位に悪性の変化が見られたケースがあったため、150Bqと低い線量レベルとなっている。しかし、創傷部の切除やDTPAを投与すべきか否かは、創傷部位（他の解剖学的に重要な組織を危険にさらすことなく切除できるか否か）や汚染物質の性質、特に相対的な溶解度などを考慮して、それぞれのケースに応じて決定している。一方、ノーズブロウの場合については、創傷の場合とは異なり、詳細な研究に基づき、600Bqというアクションレベルが設定されている。

このように、DTPA投与に関する画一的な規則はなく、それぞれのケースに応じて、被災作業者を処置する医師が保健物理要員と相談した上で決定している。決定に際しては、投与した場合の利点とリスク、また体内に沈着した物質より害を受けるリスクなど、各要因のバランスが考慮される。

表2.6 セラフィールド事業所におけるプルトニウム体内汚染時の処置目安

項目	放射能レベル	措置
吸入	ノーズブロウで 5 Bqまたは 5 Bq以上	<ul style="list-style-type: none"> ・鼻腔洗浄。 ・生物学的試料分析の開始。
	ノーズブロウで 60～600Bq	<ul style="list-style-type: none"> ・次の作業日に全身測定し、または必要に応じ全身計測要員を召集する。 ・生物学的試料分析の開始。 ・結果の意味とその後の処置のモニタリング。
	ノーズブロウで 600Bq以上	<ul style="list-style-type: none"> ・直ちに全身計測。 ・生物学的試料分析の開始。 ・医師、線量計測要員、保健物理要員による迅速な現場協議。 ・摂取が確定するか、引き続き事故例の協議で理論上の長期がんリスクを推定し、DTPA投与を検討する。
創傷 汚染	6 Bq以下	<ul style="list-style-type: none"> ・創傷が指定されたプルトニウム区域で生じた場合、生物学的試料分析。
	6 Bq以上	<ul style="list-style-type: none"> ・洗浄の繰返しと創傷モニタリング。 ・生物学的試料分析。
	洗浄繰返し後も 6 Bq以上	<ul style="list-style-type: none"> ・放射能レベル確認のための全身計測を参照のこと、勤務外であれば全身計測要員を召集すること、生物学的試料分析。
	繰返し洗浄した後も 6 Bq以上の放射能が全身計測により確認された場合	<ul style="list-style-type: none"> ・切除の検討。 ・生物学的試料分析。
	切除できない放射能が存在する場合	<ul style="list-style-type: none"> ・DTPA投与の検討。 ・生物学的試料分析。

4) DTPAの投与方法

DTPAの投与方法として、BNFLでは静脈注射とネブライザー（噴霧吸入器）による吸入が採用されている。ただし、フランスで使用されているDTPAのスピネラーによる吸入投与は採用されていない。

静脈注射の場合は、DTPAの標準バイアル1管（5ml中に1gのDTPA含有）の4分の1を注射用水（生理食塩水）17.5mlに加えて希釈したDTPA溶液20mlを2～3分かけて注射する。このため、DTPAの投与量は250mgである。

吸入投与の場合は、ネブライザーを用いて、DTPA溶液（5ml中DTPA 1.25mlを含有）を数分間かけて吸入させる。

この2つの投与方法の優劣性を示す明確な根拠はないが、一般には放射性物質の

吸入事故の場合は吸入法が適用される。ただし、創傷汚染の場合でも、被災作業者が注射に対して大きな不安を抱いている場合には、吸入法が採用された事例もあった。同様に、吸入事故の場合にも、注射で投与された事例もあった。

5) D T P A 投与に対する被災作業者との合意

D T P A の使用が望ましいと決定した場合、その旨を決定に至った理由とともに被災作業者に伝える。また、D T P A 使用の利点とリスクについても説明し、投与を受ける意思が被災作業者にあるか否かを確認する。その場合、正式な書面での合意は不要であるが、医師と看護婦が必ず立ち会って、被災作業者に内容を伝え、口頭で被災作業者の合意を得ることが求められる。

また、被災作業者が受けたと予想されるプルトニウムの摂取量、その除去方法、D T P A の作用、さらにD T P A の副作用は知られていないが、知る限りでは他の薬と同様に予期し得ない副作用が発現するリスクが少ないながらもあることなどを被災作業者に説明する。次に投与方法を説明し、被災作業者の合意が得られた場合は、注射、吸入の内、それぞれのケースに最良と思われる方法を選択して投与する。

6) 予期せぬ副作用が生じた場合の補償

B N F L では、医師や看護婦が行った行為から発生する損害賠償責任に関しては、従業員の場合と同様に全員の責任を担保する保険に加入しており、万一、D T P A 投与に伴う副作用により被災作業者に被害が生じた場合には、B N F L が保険会社を通じて補償金を支払うことになる。補償金額は、保険会社が査定した額、または金額について当事者間で係争中の場合は裁判所が決定した金額となる。

(5) 被ばく線量の測定評価

1) 平常時のモニタリング

電離放射線を取扱う作業を行う事業者は、電離放射線規則(IRR-85)により、従業員が受ける線量の測定評価に関して、認可を受けた線量測定センター(ADS)と取決めを結ぶことが義務づけられている。線量測定センターでは、線量測定評価の方法と手順の要点を記した報告書を国の原子力施設検査局(NII)に提出し、NIIはこの報告書を受けて認可を与えることになる。

セラフィールド事業所においては、様々な建屋内に設置されたエアアラームや

個人の汚染検査、ノーズブロウなど、事故時被ばくを管理するシステムが平常運転体制に組込まれている。内部被ばくという観点からでは、最も注意を要する物質はプルトニウムなどのアクチノイド核種である。プルトニウムの場合、個人エアサンプラ（PAS）による検出が線量限度の10分の1というモニタリングに必要なレベルで測定できる唯一実践的な方法である。このPASを日常的に支給される作業者は、尿検査を数回にわたり受ける他、アクチノイド核種による胸部被ばくを測定するために生体内（インビボ）測定を年1回受けることになる。平常時の個人モニタリングにより、異常な結果が検出されなかった場合には、調査が行われる。作業者が放射線管理区域で創傷を受けた場合には、直ちに工場附属診療所に報告される。

2) 特別モニタリング

放射能摂取の恐れのある事故が発生した場合には、被ばく線量を測定評価することを目的とした特別モニタリングが行われ、尿検査や大便検査、生体内測定の単独あるいは組み合わせにより評価される。

放射能摂取の恐れがある場合には、一般に尿検査が3回行われる。吸入摂取の恐れがある場合には、併せて大便検査が3回行われる。経口摂取については、防護管理を簡単に講じられるので、一般には問題とはならない。創傷を受けた場合には、工場附属診療所で創傷用探針を使って調べる他、必要に応じて全身カウンターで測定し、汚染物質の核種や濃度を調べたり、数日間にわたり汚染状況をモニタリングすることもあり得る。プルトニウムによる汚染の恐れがある区域で創傷を受けた場合は、創傷用探針による測定値が検出限界値（プルトニウム α 放出体で約6 Bq）以上か否かにかかわらず、安全管理対策として必ず尿検査を行う。また、どんな場合でも、尿検査を再度行うことが必要となることもあるが、摂取量が多い場合には特に必要である。

プルトニウムによる胸部被ばくを測定する生体内（インビボ）測定は、その検出限界値がALIの数10倍であるため、使用が大きく制限されている。そのため、Pu-241の娘核種であるAm-241の生体内測定を行い、プルトニウム α 放出体とAm-241の割合を算出することにより、プルトニウム α 放出体の濃度を予想することができる。この測定には、ホスウィッチ検出器が使用され、そのAm-241の検出限界

値は肺で約15Bqである。

中～高エネルギー γ 放出体の場合、体内摂取量の生体内測定は検出限界値が低く、この種の測定に伴う不確定要素が少ない生体内測定で簡単に行うことができる。これには、NaIシンチレーション検出器を6台使用し、ベッド上に寝かせた人体の上部に3台、下部に3台において測定する。プラント内には核分裂生成物（FP）であるCs-137が存在する区域があるため、当該区域におけるCs-137とプルトニウム α 放出体の濃度割合を算出できれば、Cs-137の生体内測定結果からプルトニウム α 放出体の線量を予測することが可能となる。Cs-137の検出限界値は全身で80Bqである。

3)線量測定評価

モニタリング結果や尿検査の結果などの全データを考慮して、線量測定評価が行われる。データの解釈には、国際放射線防護委員会（ICRP）が発表した代謝モデルや核種組成や溶解度に関する知見も参考とされる。最終的な評価はそれぞれのケースの状況に応じて行われ、特定のモニタリング方法による測定結果に基づくものとは限らない。

2.3 まとめ

今回の実用再処理施設を有するフランス、イギリスを対象とした海外調査を通じ、海外では原子力施設・事業所などでは、医療施設（除染/処置室）および地域医療機関との協力支援体制も含め、放射線事故への対応体制が整備されていることを実地に把握することができた。また、プルトニウムおよびアメリシウムによる内部被ばく医療処置、特にDTPA療法に関しては、昨年実施した米国の現状調査および文献調査により概ねの状況を把握していたが、特に今回の調査では以下の点を実地に確認することができた。

- ①DTPA療法は、極く一般的に行われていること。ただし、DTPA療法について、国レベルの画一的な基準は明確に定められている訳ではなく、現場の医師や専門家などの知識や経験などに基づく判断に委ねられていること。
- ②DTPAは市販されておらず、特定の医師が使用することができること。
- ③DTPAの1回投与量は250mgであり、米国の適用量とは異なること。
- ④DTPAは可溶性プルトニウムに対して高い効果を持つが、早期段階では化学形を問わず、まずは検査の目的で1回投与すること。

- ⑤D T P Aの安全性（副作用）については問題視されていないこと。
- ⑥D T P Aの投与方法には静脈注射とネブライザーによる吸入投与があること。
- ⑦少なくとも、医師が口頭で被災者に説明し、同意を得る必要があること。

また、D T P A療法に関する新たな情報としては、以下の点があげられる。

- ①フランスでは、吸入事故の場合、スピンヘラーによるD T P A（粉末）の吸入投与方法が採用されていること。体内汚染の恐れのある被災者は、医師が到着する前でも自らスピンヘラーを使用するよう指導されている。
- ②C O G E M Aでは、インフォームドコンセントに関する教育訓練が作業者に対して定期的に行われていること。
- ③D T P A投与により副作用が作業者に生じた場合でも、作業者は社会保障制度や保険などにより救済（補償）されること。

表2.7 欧米諸国における内部被ばく医療処置の現状（一覧表）

（その1）

項目	アメリカ	フランス	イギリス
①被ばく医療体制	放射線緊急時への医療対応体制が整備されている。ロスアラモス国立研究所（LANL）では、ESH-2緊急時対応計画により所要の措置を講じている。	放射線事故への対応体制が整備されている。事故の際には、施設内関係者の協力はもとより、警察、消防、救急医療関係者などによる連携を図ることが重要である。	BNFLでは、放射線事故に対応するため医師、看護婦、補助要員、技師による医療チームが24時間体制で組織されている。
②医療施設（除染処置室）	LANLでは、ESH-2緊急時対応計画により、汚染患者を取扱う医療施設が整備されている。放射線・化学事故における施設での対応手順も用意されている。	IPSNでは、一般的な除染処置室、重度汚染者用の処置室、集団汚染者用の除染室が整備されている。COGEMAでも、診療室と除染室が整備されている。	BNFLでは、プラント付属診療所と事業所付属診療所（補助用）が整備されている。
③地域病院との協力支援体制	ロスアラモス国立研究所（LANL）では、エネルギー省（DOE）の省令に基づき、汚染及び負傷患者が適切な医療処置と治療を受けられるよう、ロスアラモス医療センターと相互協力に関する覚書きを締結している。	COGEMAとシェルブール陸軍病院との間には、被災作業員に対する医療支援（外科医のサイト派遣、受入れ）に関する協定が締結されている。	現行規制では、医療機関との協力支援協定は求められていない。BNFLでは、放射線事故の特殊性を考慮して、ウェストカンバーランド病院と協力支援協定を締結している。
④DTPAの薬事的な位置づけ	プルトニウムやアメリカシウムの除去のための治験薬として、食品医薬品局（FDA）により認可されており、エネルギー省（DOE）との契約の下、オークリッジ連合大学から共同研究者としての医師に配布される。	市場出荷は許可されておらず、オルレアンの陸軍保健部（SSA）中央薬剤センターから供給される。	医薬品としての製造は許可されておらず、Experimental Drug: 治験薬として、認定医師のみが指定された被災作業員に適用することができる。BNFLでは、独国Heyl社から入手している。
⑤DTPAの効果	硝酸化合物のような可溶性塩には有効であるが、酸化物のような不溶性化合物には無効である。キレート効率、内部汚染直後または1時間以内が最も大きい。汚染核種の化学型の同定よりも、一刻も速く第1回目のDTPA投与を行うことが重要である。	DTPA療法はプルトニウムの尿排泄を50%も増加させている。内部汚染の恐れのある作業員は、医師が来る前に自らDTPA（スピンヘラー）を使用することが望まれている。	DTPAは、TRU核種の排泄促進に効果的であり、可溶性プルトニウムに対してはより効果が高くてできる限り早期に投与すべきである。プルトニウムの体内取込みの恐れがある場合には、化学形を問わず、まずは検査用に1回投与することが重要である。
⑥DTPAの投与量と投与方法	1回当たり1,000mg。分割投与しないこと。投与経路としては、原液を3~4分間以上かけての静脈内注射、点滴としての静脈内投与、ネブライザーによる吸入がある。但し、静脈内投与は2時間以上に長引かせない。	1回当たり250mg。吸入の場合にはネブライザーまたはスピンヘラーにより第1回目のDTPA吸入投与を行い、投与後の排泄物を評価して、第2回目以降の投与を判断することが重要である。創傷汚染の場合は、DTPAにより傷口を洗い流し、必ず静脈注射を行う。	1回当たり250mg。吸入の場合は、静脈注射またはエアロゾルにより投与する。創傷汚染の場合はまず洗浄し、DTPAにより洗い流す。BNFLでは静脈注射とネブライザー（噴霧器）による吸入が採用されている。一般に吸入事故の場合は吸入法が適用される。

項目	アメリカ	フランス	イギリス
⑦DTPAの 投与基準	<p>DTPA投与に際しては、国立放射線防護測定審議会報告(NCRP No. 65)などに基づき、ORISE作成のDTPA説明書がプロトコールとして広く利用されている。</p> <p>ロスアラモス国立研究所では、①空気中濃度×作業時間、②事故発生場所の表面密度、③鼻スミヤのカウント数(3,000dpm)、④皮膚の汚染レベル、⑤創部のカウント数などのデータなどをDTPA投与処置に関する判断材料として用いている。</p>	<p>年摂取限度(ALI)で評価しており、ALIの1~10倍では、処置を検討し、ALIの10倍以上では必ず処置を行う。実際はアクションレベルとして空气中汚染濃度限度(LDCA)が設定されている。吸入汚染の場合は、DACが40Bq/hr以下ではスピンヘラー吸入投与を行う。40~500Bq/hrでは、スピンヘラーもしくは静脈内投与を検討し、ノーズブローで20pCi以上の場合には、スピンヘラーを行う。500Bq/hr以上では、静脈注射を行う。</p>	<p>DTPA投与に関する画一的な規則はなく、それぞれのケースに応じて、被災作業者を処置する医師が保健物理要員と相談した上で決定している。</p> <p>BNFLでは、DTPA投与を検討するためのアクションレベル(措置レベル)として、創傷汚染では150Bq、吸入の場合はノーズブローでは600Bqという目安が設定されている。</p>
⑧DTPAの 安全性	<p>DOEの経験では1965年以来、安全性が確認されている。</p> <p>些細かつ一時的な下痢、嘔吐、アレルギー性発疹、筋肉内注射の直後の痛みを除いては、直接的かつ顕著な副作用はヒトでは観察されておらず、深刻かつ長期的な後遺症も報告されていない。</p> <p>繰返し投与を行うと、体内の亜鉛や鉄といった必須元素を枯渇させ得るが、バランスのとれた食事や代替食品の適用により、元素の殆どを取り戻すことができる。</p>	<p>DTPA療法は数10年間も行われ、何等の副作用も報告されていない。稀に低カルシウム血症、一時的な亜鉛欠乏症及び筋肉の痛みが起こり得るが、すぐに回復するので副作用として大きな問題には至っていない。</p> <p>DTPAの50%致死量(LD₅₀)は200gである。</p>	<p>これまでも副作用の発生は報告されておらず、この投与量では、副作用を考慮する必要はない。BNFLでも、使用上の問題や安全性に関する疑問は一度も生じていない。主な副作用として、複数回投与した場合に亜鉛欠乏症が発現する可能性があるが、その恐れがある場合には、Ca-DTPAに代わり、Zn-DTPAを使用する。</p>
⑩インフォームド コンセント	<p>FDAは、治験薬DTPAによる療法の開始前に薬物が何故与えられるのか、薬物が与えられない場合に起こり得る結果など、インフォームドコンセントとして患者に知らせ、患者が同意書にサインすることを求めている。ORISEが所定の基本様式を用意している。</p>	<p>DTPAを投与する際には、医師は被災作業者の質問のすべてに答える必要が求められている。COGEMAでは、作業者に対してもインフォームドコンセントに関する特別な教育訓練が3年毎に実施されている。</p>	<p>BNFLでは、DTPAの使用が望ましいと決定した場合、正式な書面での合意は不要であるが、医師と看護婦が必ず立ち会って、被災作業者に内容を伝え、口頭で被災作業者の合意を得る。</p> <p>インフォームドコンセントに関する所定の様式はない。</p>
⑨副作用に対 する補償	<p>これまでに約600件に及ぶDTPA投与の事例があるが、この種の裁判訴訟はまったく起こされていない。</p>	<p>COGEMAでは、副作用が生じた場合には、職業傷害として考慮され、被災作業者は社会保障制度により補償されることになる。また、雇用者および医師も責任を請負うことになる。</p>	<p>BNFLでは、副作用により被災作業者に被害が生じた場合には、保険会社を通じて補償金を支払うことになる。</p>

入 手 資 料 一 覧

(1) フランス

I P S N

- 1) Nuclear Safety and Radiological Protection Infrastructure in France.
- 2) Treatment de la Contamination Interne Accidentelle des Travailleurs.
- 3) Model d'Emploi du SPINHALER de DTPA.
- 4) Fiche de Renseignements des Accidents du Travail(1).
- 5) 1995 Activity Report.

C O G E M A (La Hague)

- 6) Answers to the NSRA Questionnaire.
- 7) The Nuclear Fuel Cycle.
- 8) COGEMA-La Hague Reprocessing Plant.
- 9) COGEMA Nuclear Materials Reprocessing and Recycling(Aug, 1996).
- 10) Service Medical du Travail.
- 11) Laboratoire D'Analyses Medicales.
- 12) La Surveillance De L'Environnement a La Hague.
- 13) Vous Habitez Pres de l'Etablissement de La Hague...
- Prefecture de La Manche(Sep, 1993)

(2) イギリス

N R P B

- 14) Medical aspects of radiation accidents(Jan, 1997).
- 15) The Effectiveness of DTPA - Experience at Sellafield, Portsmouth
94 Proceedings p.165-168, Nuclear Technology Publishing.
- 16) Sellafield Protocol for the management of Personnel who receive accidental uptake of Plutonium, including DTPA administration. RW19794.DOC.
- 17) Recent Progress in Decorporation of Plutonium, Americium and Thorium/
Radiation Protection Dosimetry Vol. 53, 1994.

- 18) Optimising the Removal of Inhaled Pu and Am from the Rat by Administration of Zn-DTPA in Drinking Water / Human & Experimental Toxicology (1995).
 - 19) Decorporation of Thorium-228 from the Rat by 3, 4, 3-LiHOPO and DTPA after Simulated Wound Contamination / Human & Experimental Toxicology (1995).
 - 20) Use of Animal Studies for Assessing Intakes of Inhaled Actinide-Bearing Dusts, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles, Vol. 197, No. 2 (1995).
 - 21) NRPB Annual Report 1995-1996
 - 22) Professional Training at NRPB.
 - 23) Courses on Radiological Health and Safety at NRPB.
- BNFL (Sellafield)**
- 24) Sellafield Occupational Health Department
 - 25) Sellafield, BNFL
 - 26) Health and Safety - Annual Report 1995.

第3章 内部被ばく緊急時医療処置マニュアルの作成検討

3.1 医療処置の観点から見たプルトニウム

プルトニウムは α 線とX線を放出し、半減期がPu-238で86年、Pu-239では24,360年と非常に長い間放射線を放出し、生物学的半減期はともに100年となっている。

プルトニウムが体内に取込まれた場合、プルトニウムは肝と骨とに滞留し、肝では徐々に減少するが、骨ではほとんど減少せず、生物学的半減期は肝で40年、骨で100年となっており、骨や造血組織の障害を誘発させる恐れがある。ただし、不溶性のプルトニウム化合物（例えば酸化プルトニウム）の場合、消化管からの吸収の可能性は非常に低い。

吸入被ばくの際の線量評価に当たっては、Pu-239が放出するX線を捕らえて評価する全身計測法と吸入後3ないし5日までの糞便を計測するバイオアッセイ法があるが、一般にバイオアッセイ法の方が検出下限が低く有意義である。

3.2 放射線管理上の初期対応の原則

事故により作業員が放射性物質を体内に摂取した、またその恐れがある場合（創傷汚染を含む）には、被災者の救命を最優先に考え、被災者の健康と安全を確保するために、適切な医療処置をできる限り迅速に行うことが重要である。

すなわち、生命にかかわる重度の負傷、合併症などを負っている場合には、放射性物質の摂取あるいは汚染の有無に拘らず、被災者に適切な医療処置を行い、被災者の健康状態が許す時に限り、体表面の除染および体内除染処置を開始することに留意すべきである。

内部被ばく時における事業所の役割は、被災者の事故状況の把握、核種の化学形の同定、摂取量の推定と評価、線量計測、被ばく線量の推定と評価などを迅速かつ的確に実施するとともに、事業所内の産業医への連絡、近隣の医療機関あるいは放射線医学総合研究所などの外部医療機関への診察依頼を迅速に行い、医療機関へ測定結果を含む被災状況に関する情報を正確に提供することである。

一方、被災者に対する救護や応急処置などの医療処置が円滑かつ適切に行われるためには、事故現場に居合わせた作業員や事故現場に職務上関与が深い放射線管理要員などによる被災者に対する迅速な初期対応が不可欠とされる。

欧州共同体委員会（CEC）および米国エネルギー省（DOE）の共同報告書「作業者の体内放射能汚染事故時の処置に関する手引」（U. S. DOE RPD Vol. 41 No. 1, 1992）によれば、一般に体内汚染発生直後の対応としては、直ちに適切な医療要員もしくは放射線管理要員に通知するとともに、被災者の重篤度や汚染の度合いに応じて、以下の対応をすることが重要とされている。

- (1)放射線管理責任者および医師に通知する。
- (2)被災者を汚染した環境から搬出する。
- (3)救命および応急処置を行う。
- (4)皮膚や粘膜表面に付着している外部汚染を除去する。
- (5)放射性物質の種類および摂取量を明らかにする。
- (6)摂取量が年摂取限度（ALI）を超えると予想される場合、キレート療法などを考慮する。
- (7)被災者の過度な不安を取り除き、安心させて、処置について説明する。
- (8)事業所内診療所もしくは必要に応じて地域医療機関などへの被災者の搬送準備を行う。

従って、事故現場に居合わせた作業員や放射線管理要員などは、体内汚染発生後、直ちに被災者を現場から救出し、事業所内の医務室など医師による処置が受けられる場所へ連れて行くことが、事業所における初期対応上の基本的な範囲と考えるべきである。この際、被災者にとって有益であることが、体内除染を含め、あらゆる対応上の基本的原則である。このため、日頃から教育訓練を通じ、被災者に対する止血などの一般的な応急処置、また必要に応じて、蘇生法、人工呼吸などの救命救急処置などについても臨機応変に対応できることが望ましい。

3.3 DTPA療法の適応判断のための摂取量の評価

3.3.1 摂取量の評価法

プルトニウムやアメリカシウムにより体内汚染した被災者に対する緊急の医療処置として、DTPA療法の適用については、被災者本人の希望を含め、最終的には医師の総合的な判断事項である。医師がDTPA投与の適否を決定する際の重要な判断のための情報として、鼻スミヤ、肺モニタ、バイオアッセイによる摂取量評価がある。ただし、初期の評価結果から求めた摂取量は、被ばく線量を評価する上で、必ずしも精度の高い値

ではないことに留意すべきである。

(1) 鼻スミヤ法

プルトニウムなどによる体内汚染が発生した場合、被災者の有意な汚染の有無は事故直後の鼻スミヤにより検出される可能性が最も大きく、DTPA療法の適応を決定するための迅速な判断指標とする。しかし、鼻スミヤでは、体内の摂取量を高い精度でもって把握することは困難であり、鼻スミヤ値から求められる摂取量は、その後のバイオアッセイなどによって得られる摂取量などと比べ、誤差が大きいことが知られている。

(2) 肺モニタ法

肺モニタは、鼻スミヤの後に引き続いて得られる摂取量を評価するデータであり、体内の放射性物質を直接的に計測するため、測定結果の精度は高い。しかし、肺モニタによるプルトニウム計測はプルトニウムから放出される特性X線を直接的に計測する場合には検出感度が低く、年摂取限度程度の摂取の場合には測定が極めて難しい。初期の摂取量評価の手段としては、肺モニタでAm-241計測を行い、Pu/Am比からプルトニウムの摂取量を評価する方法は、検出下限が低いため実用的であるが、初期処置の判断のためには鼻スミヤ法に比べて時間的な制約がある。

(3) バイオアッセイ法

バイオアッセイは、人体からの排泄物（便・尿）中の放射性物質を測定する方法であり、体内の放射能の移行に関する動態モデルを適用することから、摂取量の評価に関する精度としては、肺モニタに次いで高く、また検出下限が十分に低いことから最も実用的である。ただし、測定結果が得られるまでに、2週間程度の時間を必要とすることが緊急時処置にとって欠点である。

3.3.2 摂取量評価法の優位性とDTPA療法の適応判断

鼻スミヤの評価はより迅速ではあるが、精度が低い。一方、肺モニタは鼻スミヤよりも迅速性は劣るが、精度が高い。このため、肺モニタの評価値は鼻スミヤより優位となるが、検出下限が高いため、年摂取限度の数値を超える大きな摂取量がなければ検出されない。バイオアッセイ法による評価は、比較的精度が高く、検出下限も低いことから、摂取量の評価に関しては優位性は高いが、逆に迅速性が損なわれる。

そこで、迅速性を求められるDTPA療法を開始するか否かを判断する際には、摂取

量の評価法としては、早期の段階では迅速性の高い鼻スミヤ法と時間を要するが肺モニタ法が実用的である。摂取量の評価法として鼻スミヤ法の大きな誤差が問題とされるが、初期対応が最も重要である。鼻スミヤ法の誤差に十分留意することで特段の問題はないと考える。

このため、実際の運用では鼻スミヤによって、摂取直後の第1回目のキレート剤投与の適応を判断せざるを得ない。その際、鼻スミヤの値からの摂取量の評価が過小評価にならないように心掛けるべきである。

しかし、体内摂取量が多く、かつ肺モニタによる測定結果を3時間以内に得られる場合には、医師は鼻スミヤよりも肺モニタの測定値から評価された摂取量をDTPA投与の判断情報として適用すべきである。この場合、肺モニタの結果が出た時点で鼻スミヤよりも肺モニタ値による適応判断を優先する。もし、第1回目のキレート剤投与開始前に肺モニタ値により不適応という判断がなされた場合にはキレート剤投与は行わず、肺モニタ値による適応判断に従うべきである。肺モニタによる計測の結果が3時間を超えるか、超えることがあらかじめ予想される場合には、キレート剤投与の効果の観点から鼻スミヤの計測結果に基づき判断することが適当である。

3.3.3 摂取量評価値と年摂取限度との関係

DTPA療法の判断基準の設定に際して、次の2つの理由により、職業被ばくに対する年摂取限度と比較することが妥当と考えられる。

- ①年摂取限度は法規制値であり、この値を超えた内部被ばくが生じた場合には何らかの医療処置に関する判断の設定が必要である。
- ②DTPA療法には、治療に対する心理的不安や時間的拘束といったデメリットの他に、軽微な副作用を伴う可能性もある。このため、DTPA治療は、被災者個人の健康リスクおよび心理状態に対して考慮されるものであり、社会的インパクトの大きさを治療適応の判断がなされるべきではない。

ドイツのカーlsruエ原子力研究所の治療処置マニュアルでは、“体内摂取の恐れがある場合には治療導入の適応ありと見なす”とされている。ドイツではDTPAは既に医薬品として認可され、安心して使用できる社会的な状況が整備されている。一方、我が国ではDTPAが放射性物質による体内汚染を除去するための医薬品として認可されていない。また安全性の確認も不十分であり、さらに投与経験が全くない現状では、

D T P A療法のメリットが吸入プルトニウムの障害リスクを十分上回ること、また被災者本人の希望などによって正当化される必要がある。

このため、D T P A投与の判断基準として、リスクを過大に評価せず、かつD T P A療法のデメリットを考慮した最小量として、年摂取限度を用いた投与基準の策定のための検討が必要となる。

3.3.4 D T P A投与基準の検討

昨年度の本調査研究の報告では、摂取量の評価とキレート剤投与との関係について、“D T P A投与は早いほど効果的である。摂取直後の第1回目のD T P Aを速やかに投与するか否かについては、鼻スミヤの値をもって判断することが現実的である。なお、摂取量が高く、かつ肺モニタによる測定結果を3時間以内に得られる場合には、医師は鼻スミヤよりも肺モニタの測定値から推定された摂取量をD T P Aの判断材料として投与の適用をすべきである”としている。

このD T P Aの投与の判断に際しては、被災者の汚染状況、身体的精神的な特徴などを考慮し、個々の事例毎にメリットとデメリットなどを考慮して、適切な決定が速やかに行われることが望ましい。D T P A投与基準は、無用な混乱を防止し、かつ医療処置を円滑に行う上で重要な判断要素となる。

ここでは、今日における国内外の最新の知見を踏まえ、医師によるD T P A投与の基準を明確にするため、年摂取限度（A L I）との関係で、代表的なキレート剤であるD T P A投与基準（案）について検討し、その結果を表3.1に示す。このD T P A投与の考え方と投与基準（案）は、以下の基本的な要件を考慮するとともに、被災者本人の意思も尊重することを前提にしたものである。

- ①内部被ばくによる被災者の健康リスク
- ②D T P A投与に係る諸外国の経験
- ③放射線業務従事者の線量限度（年摂取限度）など

また、表3.1の投与基準（案）を基に、鼻スミヤと肺モニタによる現場の測定値との関係を考慮したD T P A投与の適用上の考え方と投与基準（案）を表3.2に示す。

表3.1 DTPA投与の考え方と投与基準（案）

<p><u>基本的考え方</u></p> <p>被災者のプルトニウム摂取量が、年摂取限度（AL I）を超えていると判断された場合には、被災者の要望も考慮し、Ca-DTPAの静脈注射を行う。</p> <p><u>投与基準</u></p> <p>AL Iの10倍以上：投与する。 AL Iの 5倍以上：原則として投与を勧める。 AL Iの 1倍以上：投与を検討する。 AL Iの 1倍以下：原則として投与しなくて良い。</p>
--

表3.2 DTPA投与の適用上の考え方と暫定基準（案）

鼻スミヤ	<p><u>暫定基準</u></p> <p>次の放射エネルギーを超えるα線が検出された場合には、被災者の希望も考慮し、DTPA投与の適否を判断する。</p> <p>10 Bq以上：投与する。 5 Bq以上：原則として投与を勧める。 1 Bq以上：投与を考慮する。 1 Bq以下：原則として投与しなくてよい。</p> <p><u>算出根拠</u></p> <p>仮想された高線量被ばく（例えば摂取した放射性物質が硝酸プルトニウムで粒子径が$1\mu\text{m}$、初期便中の排泄量が鼻スミヤ値の100倍となるような被ばく）の場合。この条件でAL Iの10倍の摂取量に相当する鼻スミヤ値を算出した。</p>
肺モニタ	<p><u>投与基準</u></p> <p>次の場合には、被災者の要望も考慮して、DTPA投与の適否を判断する。</p> <p>(A) 摂取量が直接あるいは換算で4,200Bqを超えるプルトニウムが検出された場合 (B) 摂取したプルトニウムにアメリシウムが混在しない場合に検出限界を超えるプルトニウムが検出された場合。また、同位体比からAm-241のγ線計測に基づき、プルトニウム摂取量の算定が可能な場合には、摂取量換算で420Bqを超えるプルトニウムが検出された場合。</p> <p><u>算出根拠</u></p> <p>AL Iの10倍のプルトニウム摂取があれば検出可能である。胸壁などによる減衰が小さい場合には、さらに少ないプルトニウム量が検出可能である。AL Iの1倍程度のプルトニウムは直接検出できないため、混在する可能性の高いアメリシウムを検出して算出する。</p>

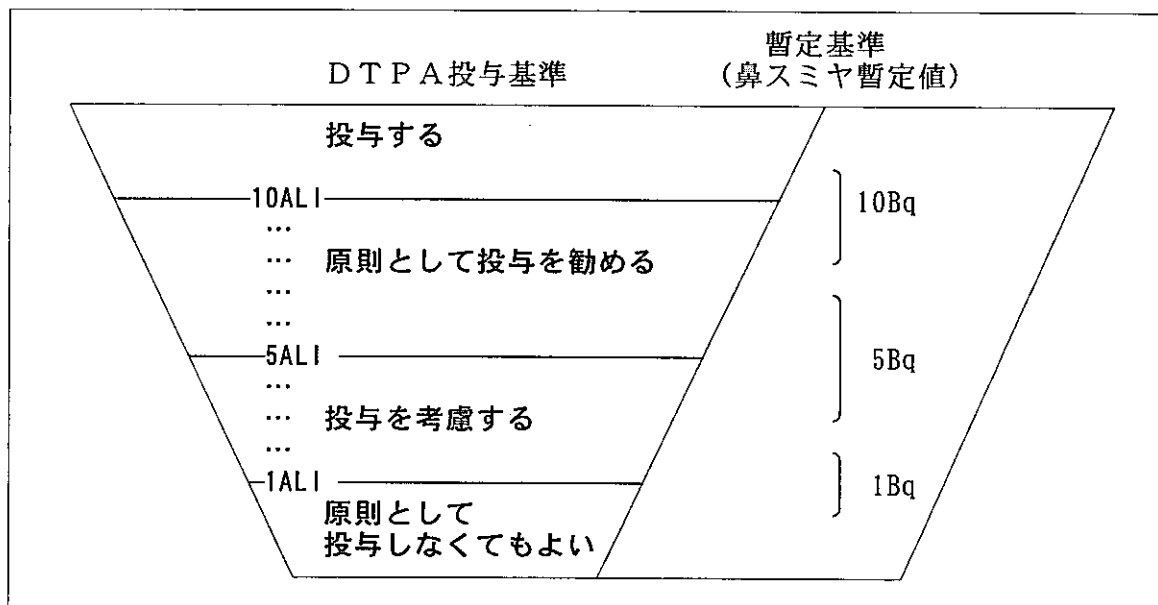
これらの数値は、今後DTPAの安全性が十分明らかになるとともに、線量計測技術の進展やDTPA療法に関する経験の蓄積などと相まって、適時見直される必要がある。また、DTPA療法には、次のような適用上の問題点もあり、これらの点については引き続き検討することが望まれる。

①投与方法としては静脈内注射を考慮しているが、ネブライザによる投与もあり、その場合には上記の考え方が変わる可能性がある（疑わしきはDTPAを吸入すること）。

②鼻スミヤ以外の方法の可否

イギリスやフランスでは“鼻をかむ”（ノーズブロウもしくはノーザルスワップ）により試料を採取している。

表3.3 DTPA投与基準と適用上の暫定基準（案）のまとめ



3.4 初期段階における具体的な医療処置

プルトニウムやアメリシウムにより作業者が体内汚染、またはその恐れのある場合に、これらの核種を体外へ迅速に排泄させるためのDTPA投与の判断は、医師（事業所の産業医や健康管理医などを含む）によって行われるべきである。

このDTPA療法に関しては、欧米諸国の現状調査および関連文献調査により概ね以下のように国際的な現状を整理することができる。

①DTPA療法は、極く一般的に行われているが、現実的な処置に当たっては、現場の医師や専門家などの知識や経験などに基づく判断に委ねられている。

- ②ドイツ以外、DTPAは市販されておらず、また、欧米においては特定の医師のみが使用することができる。
- ③DTPAの1回投与量は欧州では250mgであるが、米国では1gである。
- ④DTPAは可溶性プルトニウムに対して高い効果を持つが、早期段階では形状を問わず、まずは体内への取り込みに関する検査の目的も兼ねて1回投与している。
- ⑤DTPAの安全性（副作用）については、あまり問題視されていない。
- ⑥DTPAの投与方法には、静脈内投与とネブライザーによる吸入投与がある。さらにフランスでは、吸入事故の場合の投与方法として、DTPAの粉末をスピンヘラーにより吸入する投与方法が採用されており、体内汚染の恐れのある被災者は医師が到着する前でも自らスピンヘラーを使用するよう指導されている。
- ⑦少なくとも、口頭による説明と同意は必要であること。

これらの国際的な状況なども踏まえ、かつ、我が国の現状も勘案し、DTPA療法を中心とした具体的な医療処置に関する調査検討を行った。

3.4.1 プルトニウムの化学形とDTPAの有効性

プルトニウムなどを摂取した被災者に対して、適切なDTPA療法を迅速に行うためには、放射性物質の摂取量および種類（化学形や物理的性状）などに関する情報が不可欠となる。しかし、これらの情報は事故発生の現場の状況や線量計測技術の問題などから、正確に迅速に特定できない場合も考えられる。また、インフォームドコンセントを円滑に行う上でも、プルトニウムの化学形とDTPAの有効性について考え方を整理しておく必要がある。

これまでの知見によれば、DTPA（Ca-DTPAやZn-DTPA）は、硝酸化合物や塩化物のような可溶性塩には有効であるが、高燃焼酸化物のような不溶性化合物には効果は小さいとされている。

海外では、DTPA療法の適用上の考え方はあくまでも被災者のために有益であることが基本とされており、投与に伴うベネフィットとリスクを勘案し、かつ医師の経験則に基づく判断で行われているのが現状である。そして、DTPAは可溶性プルトニウムに対して高い効果を持つが、早期段階では化学形を問わず、まずは検査の目的も兼ね1回投与している。これは、化学形を特定するまでの時間を待たずに迅速なDTPA投与の時期を逸する恐れがあること、かつDTPA投与によるリスクよりもベネフィッ

トのほうが全体的に多いことを経験的に把握しているためである。

何れにしても、体内汚染の疑いがある場合には原則としてDTPA療法 of 適否を検討し、化学形、物理形が不明な場合でも、第1回のDTPA投与が考慮されることが望ましい。その際、プルトニウムの化学形とDTPAの有効性の関係は、以下のように説明することができる。

- ①硝酸プルトニウムの場合、期待できる効果は大きい。
- ②酸化プルトニウムの場合、期待できる効果は小さい。
- ③硝酸型と酸化型などの混合プルトニウムの場合、期待される効果は不明である。
- ④化学形が不明な場合、期待される効果は不明である。

3.4.2 DTPAの1回投与量

プルトニウムやアメリシウムにより体内汚染した被災者に対し、体外排泄を促進するためのDTPAを投与する目安となる基準を策定する場合には、DTPAの効果と安全性（副作用を考慮）を基本的に考慮する必要がある。また、これ以外にも、内部被ばくそのものに対する被災者の心理的状況およびDTPA投与に伴う被災者の侵襲（例えば、点滴に伴う被災者の時間的・身体的拘束）などについても考慮する必要がある。

これまでの知見によれば、DTPAの1回投与量は欧州では250mgであるが、米国では1gとされている。日本人は欧米人に比べ体重も少ないこと、またできる限りDTPA投与に伴うリスクの軽減を図るため、0.25g～1gまでの幅を持たせることも一案である。この場合、初期段階では検査のために0.25gのDTPAを投与し、効果を確認するとともに、体内汚染の程度に応じては1gのDTPA投与もあり得る。なお、1ショットか点滴かという投与法の選択については、被災者の状況に応じて考慮することが望まれる。

3.4.3 DTPA療法適用中の医療監視

一般にDTPA療法の開始前、治療中、治療後には、DTPA治療の効果を判断するために放射能測定を適切に行うとともに、被災者の心身状況を確認するため、DTPA療法の開始前後においては、被災者に対する医療観察を行う必要がある。

- (1)被災者の脈拍、血圧をチェックする。
- (2)血液およびバイオアッセイ用の便・尿を採取し、検査を行う。

また、DTPAの投与中に、被災者から便や尿の異常や下痢が観察された場合には、

D T P A 投与を中止することを考慮する。

3.4.4 D T P A 療法の継続適否の判断

D T P A 療法を継続するか否かは、正確な線量評価および便・尿からの排泄レベルを確認して判断することが基本である。現実的には第 2 回目の D T P A 投与は、摂取後 2 日目以降になるため、D T P A 投与を継続するか否かは、肺モニタその他による測定結果も加味して、判断することもできる。

しかし、年摂取限度付近の摂取の場合では、肺モニタは検出精度が低いため、正確な測定が困難である。このように肺モニタの測定で十分な精度を得られない摂取の場合には、感度と精度の最も高いバイオアッセイによる摂取量評価の結果が得られるまでは、鼻スミヤの値から過大評価側の摂取量に基づき、D T P A の投与継続を判断せざるを得ない。

そこで、さらなる D T P A の投与継続の適否については、バイオアッセイによる摂取量評価の結果が得られた段階で、再度判断すべきである。しかし、バイオアッセイは摂取量評価において最も信頼性が高い一方、測定結果が得られるまでには 2 週間程度（尿分析でも 5 日）を必要とするのが現状である。このため、5 日目までに被災者の尿中の排泄データを評価し、D T P A 療法の継続適否を判断することも考えられる。

さらに、最も優位性の高いバイオアッセイの結果が最小検出量以下であれば、D T P A による排泄効果がなくなったものと評価し、D T P A 療法の完了または中止を検討すべきであろう。

酸化プルトニウムを体内摂取した場合、酸化プルトニウムは数週間から数年かけて尿中に排泄される。この際も、鼻スミヤの測定結果により第 1 回の D T P A 療法の適否を判断することになる。このため、体内摂取したプルトニウムの化学形が不明であったり、酸化プルトニウムの恐れがある場合には、鼻スミヤの測定結果により、検査のための第 1 回目の D T P A 投与を行うことになるが、その後の投与方法および投与期間については、プルトニウムの化学形その他が判明した段階で再度検討する必要がある。

表3.4 DTPA療法の継続適否の判断目安

第2回目以降のDTPA療法の継続性の適否については、DTPAを5日間投与して、尿分析の結果を見つつ、バイオアッセイの摂取量評価が得られた段階で、再度判定するものとする。

なお、体内摂取したプルトニウムの化学形が不明であったり、酸化プルトニウムの恐れがある場合には、鼻スミヤの測定結果により、検査のために第1回目のDTPA投与を判定するが、その後の投与方法および投与期間については、プルトニウムの化学形その他が判明した段階で再度検討するものとする。

3.5 DTPA投与に係る関係者向け説明資料（Q&A）

事故により作業者がプルトニウムやアメリシウムなどの放射性物質を体内に摂取した場合には、キレート剤DTPA投与による放射性物質の体外排泄の促進によって体内の臓器・組織における被ばく（内部被ばく）が低減されることとなる。

DTPAは医師の判断の下に被災者の同意を得た後に投与されることになるが、実務的には、DTPA投与に関する説明や手続きに多くの時間を要すると考えられる。

被災者に対して、社会的・心理的な考慮が払われることが重要である。もし、被災者がDTPA療法に関して十分に知らされなかったら、体内汚染に伴う障害よりも、心理的なストレスが最も深刻な結果となる恐れがあるため、医師と被災者との十分なコミュニケーションにより、被災者の心理的不安が解消されることが重要である。

海外では、特に米国のハンフォード環境保健研究所では、DTPAとは何か、DTPAはどう働くか、DTPAの投与時期はいつか、DTPAは安全か、副作用はあるか、同意書にサインしなければならない理由などを示したパンフレットを作成している。

そこで、医師をはじめとする緊急時医療要員が被災者の同意の下にDTPA療法を迅速に行うことができるよう、これまでに得た国内外の関連文献なども参考として、DTPA投与に係る関係者向け説明資料について、被災者の社会的・心理的側面も勘案して、検討しておくことは意義深いことである。

今後、このような説明資料を通じて、医師がDTPA療法について日頃より理解を深めておくことは重要である。また、プルトニウムやアメリシウムなどの放射性物質を体内摂取する恐れのある業務従事者も、職場での教育訓練を通じて、DTPA療法などに関して日頃より理解を深めておくことが望まれる。

以下に、医師をはじめとする緊急時医療要員が被災者の同意の下にDTPAの投与が迅速に行うことができるよう、DTPA投与に係る関係者向けの説明資料をQ&A形式で例示する（別添参照のこと）。

D T P A 投与に係る関係者向け説明資料（Q & A）の例

〇〇事業所において、作業者がプルトニウムやアメリシウムにより体内汚染する可能性はごく僅かです。しかし、万が一、そのような事態が起こった場合にも、体内の放射性物質を迅速に除去し、作業者の健康と安全を守る効果的な医療処置が適切に実施できるような体制が準備されています。

この資料は、プルトニウムやアメリシウムにより体内汚染した作業者に対する最適な処置としてD T P Aとその治療法（体内汚染の除去に最良な処置）などについて、関係者向けに説明するものです。

- Q 1. キレート剤とは何ですか？
- Q 2. D T P Aとは何ですか？
- Q 3. なぜ、D T P Aを投与するのですか？
- Q 4. いつ、どのようにD T P Aを投与するのですか？
- Q 5. D T P Aは安全ですか？
- Q 6. D T P A投与に伴う副作用はありませんか？
- Q 7. なぜ、同意書にサインしなければならないのですか？

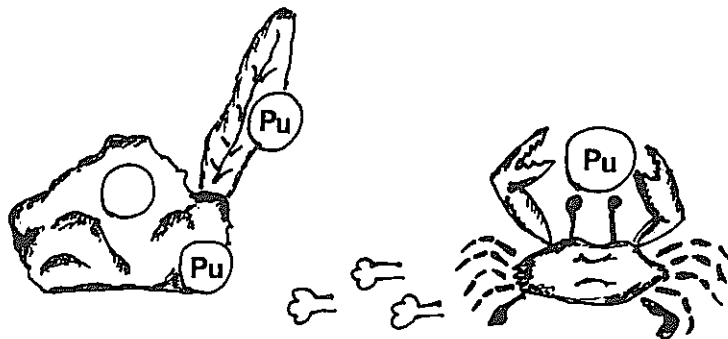
Q 1. キレート剤とは何ですか？

キレート剤とは、金属元素とキレート結合と呼ばれる特殊な結合力で、特殊な構造の安定な化合物（錯化合物と呼ばれる）を作る薬物です。

このキレート結合は非常に強力であり、他のものと結合した金属元素をも引き剥がしてしまう力があります。この作用を利用して、キレート剤は体内に入ったプルトニウムや鉛のような重金属元素を体の外に除去する、排泄促進剤として用いられます。また、そのような物質が体内にあるかどうかを知るために診断目的として投与することもあります。体の中でキレート剤と結合した金属元素は、二度と他の臓器や組織に蓄積することなく、短時間のうちに尿中に排泄されます。

キレート剤では、EDTAやDTPAと呼ばれる薬物が有名です。特に、DTPAはプルトニウムの体内除去を目的に開発され、国際的に認められた現在最も信頼性の高いキレート剤です。

キレート剤の「キレート」という言葉は、カニのハサミを意味するギリシャ語から名付けられていて、カニがハサミで物を鋏むような構造で金属元素と結合します。



Q 2. D T P Aとは何ですか？

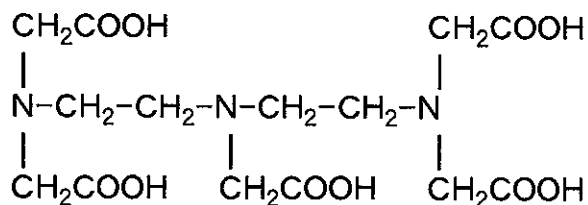
D T P Aとは、化学的な名称が「ジエチレントリアミン五酢酸 (Diethylenetriamine-pentaacetic Acid)」という化合物のかしら文字を並べた略称で、重金属元素と強いキレート化合物を作る薬物です。

D T P Aにはカルシウム化合物と垂鉛化合物があり、これらはプルトニウムやアメリシウムなどの放射性元素を体内から追い出す、体外排泄促進剤として欧米主要国で広く使用されています。

投与されたD T P Aは、血液の中でプルトニウムなどと結合し、骨や肝臓などの臓器・組織にプルトニウムが沈着することを防ぐと同時に、速やかに腎臓から排泄されます。その結果、体内組織の被ばく線量を減らし、被ばくによるリスクを低減します。外国においては過去30年にわたりD T P Aはプルトニウムとアメリシウムの排泄促進剤として用いられてきた実績があって、効果的で安全なキレート剤であることが確認されています。

D T P Aは消化器から非常に吸収され難いため、ヒトへの投与は主として注射投与が行われます。その他には、吸入投与法も検討されています。

D T P Aは、次のような化学構造式をもっています。



Q 3. なぜ、DTPAを投与するのですか？

体内にプルトニウムやアメリシウムが取込まれた場合、これら放射性物質が排泄されるか、あるいは外科的に取り除かれるまで、その周辺組織は放射線に照射され続けます。体内に入った後、何らかの人為的な処置を与えなければ、プルトニウムやアメリシウムの一部がゆっくりと排泄されるだけで、残りは最終的に骨や肝臓へ移行して沈着し、将来的にがんを誘発する恐れがあります。

しかし、DTPAを投与した場合には、血液中でプルトニウムやアメリシウムを含むある特定の重金属とDTPAが結合して、錯体を形成（キレート形成）することにより、これら放射性物質は腎臓から尿中へ排泄されます。このキレート形成が続く間、DTPAはプルトニウムやアメリシウムを体内から除去し続けます。こうして、内部被ばく線量を有効に低減することになります。DTPA療法は、現段階ではそれらの放射性物質を除去することができる（傷の外科的処置を除く）、唯一の実践的な方法なのです。

したがって、万が一これらの放射性物質を作業者が体内に取り込んだ際には、被ばく後できる限り迅速にDTPAの投与を受けることを、必要（状況）に応じて医師から勧められることもあります。

Q 4. いつ、どのようにDTPAを投与するのですか？

事故の結果、プルトニウムやアメリシウムによる汚染があると思ったら、すぐに監督者が放射線管理者に知らせることが重要です。もし、体内汚染があれば、監督者や放射線管理者などから得た情報を、〇〇事業所の医師が検討して、DTPA療法を行う必要が有るか無いかを判断します。（その体内摂取量が、法律で定めた摂取限度を超えている恐れがあれば、汚染物質を体内から除去するためにDTPA療法を実施するかどうか判断します。）その際には、汚染の状態、体内への侵入経路、DTPA療法による放射性物質を除去することにより期待できる効果も考慮します。DTPA療法を薦められたら、この療法を受けるかどうかを決めるのは被災者ご自身です。そしてDTPA療法を受けることに決めた場合には、DTPA療法の適用に関する同意書にご自身でサインして頂きます。

DTPA投与の目安

- 1)体内摂取量が法律で定められた摂取限度{ALI}の10倍を超えるとき。
- 2)体内摂取が明らかな場合は、汚染物質の化学的性質や汚染の状態などにより、投与するか否かを担当医師が判断します。

DTPAの投与方法

- 1)一般には静脈内投与します。その場合、ゆっくり時間をかけて注入するため、点滴注入をすることもあります。
- 2)DTPA投与は原則として〇〇事業所の医務棟で担当医師が行います。

DTPAによる治療計画

- 1)治療開始から原則として5日間は、Ca-DTPAを1日1回0.25～1g静脈内投与します。
- 2)短期間のCa-DTPA投与によって体内汚染レベルが十分に低下しない場合には、Zn-DTPAを1日0.25～1g継続的に経口投与します。
- 3)上記の治療を適正に行い、治療を終える時期を確認するために、排泄物を採取してその中の放射性物質の濃度を測定します。
- 4)放射性物質やキレート剤投与による副作用による健康への影響を判断するため、血

液検査、血圧測定（特にキレート剤投与時）、尿検査、および必要な判断を行います。

5) 重度の腎疾患あるいは骨髄形成機能低下（白血球数減少症、血小板減少症など）があれば、投与を見合わせます。

6) 便・尿の検査で異常が認められた場合には、DTPA療法を中止することがあります。

Q 5. DTPAは安全ですか？

DTPAは経静脈内に投与した後、最初の1時間で尿中に約50%が排泄されます。すでに日本でも ^{99m}Tc -DTPAとして病気の診断に使用されています。しかし、その使用量はキレート療法に使われる場合より微量です。

人においては、DTPAによる重大な副作用は報告されていません。しかし、妊婦、小児、重篤な腎臓疾患や血液疾患のある者に投与は致しません。米国の調査では、下痢、嘔気、アレルギー性皮疹、DTPAの筋肉注射によるその部位の疼痛など、一過性で軽度の副作用が547人中2.7%に見られています。しかし、これらの副作用がすべて直接DTPAによるとは考えられてはいませんし、重篤で長期にわたる副作用も報告されていません。ただし、短期間に繰り返しDTPAを投与した場合には、嘔気、嘔吐、下痢、悪寒、発熱、搔痒感、痙攣が最初の24時間以内に起こることがあります。また長期間、Ca-DTPAを投与した場合には亜鉛欠乏症が起きることもあります。7ヶ月以上の治療期間で総量123gのCa-DTPAを受けた1人の患者に嗅覚脱失が報告され、亜鉛欠乏によるものではないかと考えられています。この場合DTPA治療を100日中止したところ、患者の嗅覚は回復しています。また亜鉛を補充すると速やかに回復し、亜鉛代謝異常が生じても、一過性であることが判明しています。

参考文献

- 1) "DTPA Therapy: The U. S. Experience 1985-1987"
The Medical Bases for Radiation Accident Preparedness, 1990.
- 2) "DTPA: A Drug for the Safe Removal of Plutonium and Americium"
Hanford Environmental Health Foundation (HEHF)

Q 6. D T P A 投与に伴う副作用はありませんか？

アメリカ、フランス、ドイツ、イギリスなどの国々では1960年代から、D T P Aはプル
トニウムなどにより吸入汚染したり、創傷汚染したヒトに対する治療のために投与されて
きました。それらの総投与件数は、1,100件以上に及んでいます。今日までの使用経験では、
重篤な副作用は観察されていません。アメリカでは、D T P A投与を受けた547人の2.7%
に、投与後24時間以内に、下痢、嘔吐、アレルギー性発疹、寒気、痙攣、発熱、筋肉注射
時の注射部位の筋肉痛が観察されたとの報告があります。いずれも一過性で重い症状では
なく、投与の中断でこれらの症状は消失しています。

なお、Ca-DTPAの数ヶ年にわたる長期投与例（100g以上）では、嗅覚の低下が見られた例
があります。投与中止後約100日で嗅覚は回復しており、亜鉛（Zn）の欠乏によるものと考
えられています。Ca-DTPAの多量の頻回投与でマンガン（Mn）、亜鉛（Zn）などの体内微量
元素の欠乏が生じる恐れがあります。また、肝や腎への影響も考慮されています。

Q7. なぜ、同意書にサインしなければならないのですか？

我が国ではDTPAは、薬事法に基づく医薬品として承認されていません。しかし、アメリカ、ドイツ、フランス、イギリスなどでは、作業者の体内に入ったプルトニウムおよびアメリシウムを除去する最良の治療薬として使用されています。このため、プルトニウムおよびアメリシウムによる体内汚染した作業者に対して治療が必要になった場合には、アメリカ連邦食品医薬品局（FDA）によって治験薬として承認されており、かつ緊急時放射線支援センター訓練サイト（REAC/TS）から支給されたDTPAがキレート剤として使用されます。または、ドイツから輸入されたDTPAが使用されます。

食品医薬品局（FDA）は、プルトニウムやアメリシウムで汚染した人に対する治療上の使用を承認しましたが、その使用に際しては書類の提出を要求しています。これは、エネルギー省（DOE）が、プルトニウムやアメリシウムにより汚染した人の晩発的な健康影響を観察するために、生涯にわたりその人を追跡できるように、DTPA治療を受けた全ての人の健康管理のため登録を実施しているからです。

食品医薬品局（FDA）による治験薬の制度では、一人一人がDTPA療法を始める前に同意書に署名することを要求しています。この同意書とは、投与に先立ち、何故、DTPAが与えられているのか、もしDTPAが与えられない場合にはどんな結果が起こり得るかを患者が知っているということを示すものです。

このように、我が国においても同様の主旨に基づき、治療を受ける被災者の理解と人権、人命尊重の意味からも、DTPAを投与する際には患者の同意を得ることが必要とされていますので、事前に患者は同意書に署名しなければならないこととなります。患者は同意書に署名する前に、同意書に記載された内容について医師から詳細な説明を受けることになっています。

DTPA療法が体内に取込まれりたプルトニウムやアメリシウムの量を減らす最良の方法ですが、被災者には、以下の権利があります。

- 1) DTPA療法を拒否することができます。
- 2) DTPA療法の開始前および治療途中において、何時でも本人の意志で中止すること

ともできます。

3) アメリカの緊急時放射線支援センター訓練サイト (REACT/T S) に治療結果が報告されることを拒否することができます。

本治療の開始前および治療の途中でも本治療に関する疑問については、医師あるいは関係者にいつでも問い合わせして下さい。

また、D T P A療法に係わる全ての費用を被災者の方が負担する必要はありません。

あ と が き

これまでに我が国でも、プルトニウムやアメリシウムによる作業者の内部被ばく事例が数件報告されているが、幸いにも年摂取限度を超えるほどの被ばくには至っておらず、緊急の医療処置（DTPA療法）を行った経験はない。また、DTPAは欧米では医薬品、あるいは治験薬として数多くの適用経験を有するが、我が国では一般医薬品でなく、社会的に適用し難い状況にある。

このような背景を考慮し、プルトニウムなどによる作業者の内部被ばく時において、我が国で適用可能な医療処置法について調査検討することは、作業者の健康と安全を確保する上で極めて意義深いことである。

このため、本年度は昨年度に引き続き、DTPA療法を中心とした具体的な医療処置法などに関する文献調査、実用再処理施設における内部被ばく医療処置の現状調査を行った。さらに、これらの調査結果も踏まえ、事業者および医療機関の関係者向けの実務的な緊急時医療処置マニュアルの内容充実に資するため、放射線管理上の初期対応と摂取量評価、具体的な処置法などについて検討した。そして、内部被ばくによる被災者のリスク、DTPA投与に係る国際的な経験、放射線業務従事者の線量限度などを踏まえ、DTPA投与基準（案）と鼻スミヤおよび肺モニタの摂取量評価の結果に基づくDTPA療法適用上の暫定基準（案）などを取りまとめた。

しかし、これらの投与基準（案）や適用上の暫定基準（案）に示した数値は、今後DTPAの安全性が十分明らかになるとともに、DTPA療法に関する経験の蓄積や線量計測および線量評価に係る技術の進展などと相まって、適時見直しすることが重要である。

また、我が国ではDTPA療法の経験がなく、DTPA療法が正当化されるためには、DTPA療法に関する説明資料などを通じて、医療関係者および作業者の理解の増進を図ることも重要である。

さらに、DTPA療法の継続の適否、DTPA投与後の線量評価、治療終了後の被災者に対する追跡調査の在り方などについても積極的に解決するため、引き続き、内部被ばく医療処置に関連する医学的・技術的な調査検討が行われることが望まれる。

付録1 内部被ばく時対応マニュアル（案）

昨年度は、「内部被ばく緊急時医療処置マニュアルの作成検討」の結果を踏まえ、事業所における緊急時対応上の参考となるよう、プルトニウムおよびアメリシウムを対象核種とした内部被ばく時対応マニュアル（案）を作成した。このマニュアル（案）は、中間段階ではあるが、DTPA療法を含む医療処置によって被災者の被ばく線量をできる限り合理的に低減させることを主眼としたものである。

本年度は、さらに文献調査や実用再処理施設における内部被ばく医療処置の現状調査を通じ、DTPA療法を中心とした具体的な医療処置法および放射線管理上の対応に関する調査検討の結果を踏まえ、新たにDTPAの投与量、投与基準および適用上の暫定基準などの改訂（案）を盛り込んだ。

しかし、本マニュアル（案）が真に実用的なものとなるためには、具体的な医療処置法、社会的側面や線量評価技術の開発整備など種々の観点から引き続き検討を行うとともに、技術や知見の進展などに応じて順次改善を加えていくことが重要である。

内部被ばく時対応マニュアル（改訂案）

1. 目的

本マニュアルは、東海事業所において作業者がプルトニウムとアメリシウムを摂取した場合の緊急の医療処置について、判断の目安、関係者の役割、手順などを明示し、円滑かつ的確な対応を図ることを目的とする。

2. 適用範囲

- (1) 本マニュアルに定める医療処置の対象者は、職員およびこれに準ずる者とする。
- (2) 本マニュアルは内部被ばくのうち、プルトニウムなどの超ウラン元素の摂取が主な被ばくとなる場合に適用する。その他の核種による内部被ばく、外部被ばく、体表面汚染、外傷、外傷汚染、およびこれらを伴う内部被ばくについては別途定める。
- (3) 本マニュアルは、関係者が緊急時の適切な対処の参考とすべきものであるが、医師の判断を拘束しない。
- (4) 本マニュアルは、東海事業所内または近隣地域医療機関において行う初期の医療処置について適用するものである。ただし、長期的な医療処置、もしくは高い摂取量が予想される作業者に対する医療処置については、具体的内容を含まない。それらについては、事例毎に対応していくこととする。

3. 医師への診察要請

電離放射線障害防止規則第44条には、作業者が放射性物質を誤って吸入摂取し、経口摂取した場合には、事業者は速やかに医師の診察または処置を受けさせる旨規定されている。

内部被ばく時にはこれを準用し、所長から産業医または産業医が不在などの場合には予め指定した医師に診療を要請する。

4. 責任者の役割

内部被ばく時の医療処置に係る各責任者の役割は、以下の通りとする。

(1) 所長

- ①産業医へ診療を依頼する。
- ②産業医が不在の場合には外部医療機関などの医師へ診療を依頼する。

③必要に応じて医師に対し下記の情報を提供する。

- ・事故などに関する一般的な情報
- ・放射線業務従事者指定状況（被ばく前歴など）に関する情報
- ・線量計測情報
- ・その他

(2) 安全管理部長

- ①作業者の汚染状況を把握し除染する。
- ②摂取量の測定、評価を行う。
- ③放射線業務従事者指定状況（被ばく前歴）を把握する。
- ④放射線管理情報を収集する。
- ⑤被ばく線量の評価を行う。

(3) 施設・作業担当部長

- ①被災者の所内搬送を行う。
- ②事故などに関する情報を収集する。

(4) 管理部長

- ①被災者の所外移送を行う。
- ②その他

(5) 産業医および指定された医師

- ①被災者に対する診療を行う。

5. 処置レベルの推定

緊急性を要する医療処置の判断に資するため、適切な考え方に基づき摂取量の推定を行う。推定結果の摂取量は、あくまで医療処置の適用を検討するためののみ用いる材料であり、確定された摂取量と解釈してはならない。

5.1 測定の実施基準

5.1.1 肺モニタおよび全身カウンタによる測定

- (1) 鼻スミヤによって有意な値が検出された場合には、直ちに肺モニタおよび全身カウンタによる測定を行い、摂取量の推定を行う。

5.1.2 鼻スミヤによる推定

- (1) 肺モニタにより十分な測定感度が得られない場合には、鼻スミヤから大まかな摂

取量の推定を行う。

5.1.3 バイオアッセイの実施

- (1) 肺モニタおよび全身カウンタによる測定後、直ちに作業者に対して糞および尿の採取を依頼する。

5.2 摂取量の推定方法

- (1) 「処置レベル設定のための考え方」を参考として、医療処置のための摂取量を推定する。

6. 報告および処置

- (1) 線量測定の結果については、中間段階における結果も含めて適宜医師へ報告する。
- (2) 医療処置については、すべて医師の判断や指示に従って対応する。
- (3) 医療処置の参考として、キレート剤投与の目安、キレート剤の処方、および被災者への説明方法については、別途定める。

7. 処置後の線量評価

(－要検討－)

8. 外部医療機関連絡先

	機関名	医師名	連絡先	備考
1	国立水戸病院 ・救命救急センター		029-231-5211	産業医の指示に基づく場合、産業医不在の場合など
2	科学技術庁 放射線医学総合研究所		043-251-2111	キレート剤投与に関する問合せ、中長期的な医療処置など
3	国立療養所晴嵐荘病院		029-282-1151	汚染を伴う外傷など
4	茨城町国保病院		029-292-0200	肺洗浄など

以上

参考1. キレート剤投与に関する目安

1. 目安を設定する際に考慮すべき事項

被災者に対するキレート剤（DTPA）投与のための目安となる基準作成にあたっては、以下の事項を基本的に考慮する必要がある。

- ①DTPAの効果
- ②DTPAの安全性（副作用）

これ以外に、内部被ばくそのものに対する被災者の心理的状況、およびDTPA投与に伴う患者の侵襲などについても考慮する必要がある。

2. キレート剤投与に関する目安

過去のキレート剤投与事例についての経験、動物実験による毒性試験などの結果を考慮すると、硝酸プルトニウム摂取直後の処置としては、Ca-DTPAの静脈内注射が最も効果的である。そこで、初期処置としてはCa-DTPAを静脈投与することとし、さらに以下の要件も考慮して、DTPAの投与基準を以下のように定める。

- ①内部被ばくによる被災者のリスク
- ②DTPA投与に係る国際的な経験
- ③放射線業務従事者の線量限度など、

<改訂案>

被災者のプルトニウム摂取量が、年摂取限度（ALI）を超えていると判断された場合には、以下の基準に照らし、Ca-DTPAの静脈内注射を行う。

{投与基準}

- ALIの10倍以上：投与する。
- ALIの 5倍以上：原則として投与を勧める。
- ALIの 1倍以上：投与を検討する。
- ALIの 1倍以下：原則として投与しなくて良い。

ただし、プルトニウムの摂取量が年摂取限度以下であっても、被災者自らがDTPAの投与を希望した場合には、投与を考慮する。

上記の基準は、以下の背景のもとに設定した。

- ①DTPAの人体投与は、アメリカ、ドイツ、イギリス、フランスなどで行われており、体外排泄促進剤としての効果は人で確認されている。
- ②DTPA投与に伴う副作用は皆無ではなく、一過性の副作用が認められているという報告がある。
- ③年摂取限度の摂取に伴う被ばく線量（預託線量）は通常の放射線作業の職業被ばくの上限值として法令で定められた値であり、当然のことであるが、これ以下の被ばく線量の場合には、医療処置の対象にならない。仮に1回のみ放射性物質の摂取で、年摂取限度ぎりぎりの摂取があったとしても、内部被ばくの場合は、実効半減期で減衰していくので、被ばくの形態としては慢性被ばくに相当し、通常の放射線作業の被ばく形態と変わらない。年摂取限度の摂取に伴う被ばくによる健康影響のリスクは、通常の放射線作業でも容認されているので、事故被ばくの場合であっても容認されるであろう。
- ④年摂取限度以下のプルトニウム摂取があったか否かを、迅速に評価する方法は、特殊な場合を除き現状ではない。従って、年摂取限度以下の摂取の場合は、Pu摂取量を定量的に評価することができない。
- ⑤ネブライザーによるCa-DTPA投与は副作用の心配が少なく、被災者への負担も比較的少ない。（要検討）

<プルトニウムの化学形が不明な場合>（注：引き続き、検討が必要）

被災者のプルトニウムの化学形が不明な場合には、まずは検査用のために第1回のDTPA投与を行い、その後の投与方法および投与期間については、尿分析などにより、プルトニウムの化学形が判明した段階で再決定するものとする。

<酸化プルトニウム>（注：引き続き、検討が必要）

酸化プルトニウムが気道内に侵入した場合には、ネブライザによりCa-DTPAを吸入させた後、去痰剤の投与などにより排出の促進をする。

3. キレート剤投与に係る適用上の目安

鼻スミヤおよび肺モニタから得られた情報を基にした、キレート剤投与に係る適用上の暫定基準を以下のように定める。

<改訂案>

鼻スミヤにより、以下の基準を超える α 線が検出された場合には、被災者の希望も考慮し、DTPA投与の適否を判断する。

{暫定基準}

- 9.0Bq以上：投与する。
- 4.5Bq以上：原則として投与を勧める。
- 0.9Bq以上：投与を考慮する。
- 0.9Bq以下：原則として投与しなくてよい。

肺モニタにより、以下の基準を超えるプルトニウムが検出された場合には、被災者の希望も考慮して、DTPA投与の適否を判断する。

{暫定基準}

- (A) 摂取量換算で4,200Bqを超えるプルトニウムが検出された場合。
- (B) 摂取したプルトニウムにアメリシウムが混在しない場合には検出限界を超えるプルトニウムが検出された場合。また、同位体比からAm-241の γ 線計測に基づき、プルトニウム摂取量の算定が可能な場合には、摂取量換算で420Bqを超えるプルトニウムが検出された場合。

上記の基準は、以下の背景のもとに設定した。

(1) 鼻スミヤを用いた適用上の暫定基準

想定される最悪のケース(線量当量が最大になるケース)は、摂取した放射性物質が硝酸プルトニウムで、粒子径が $1\mu\text{m}$ 、初期糞中への排泄量が鼻スミヤ値の100倍となる場合であり、この条件でALIの10倍の摂取量に相当する鼻スミヤ値を算出した。

(2) 肺モニタを用いた適用上の暫定基準

AL I の10倍のプルトニウム摂取があれば検出可能である。胸部による減衰が小さい場合には、さらに少ないプルトニウム量を検出可能である。AL I の1倍程度のプルトニウムは直接検出できないため、混在する可能性の高いアメリシウムを検出する。

4. キレート剤投与の継続適否の判断目安

D T P A 療法を継続するか否かは、正確な線量評価および糞・尿からの排泄レベルを確認して判断することが基本であり、次のような目安を定める。

<改訂案>

第2回目以降のD T P A 療法の継続性の適否については、D T P A を5日間投与して、尿分析の結果を見つつ、バイオアッセイの摂取量評価が得られた段階で再度判定する。

上記の基準は、以下の背景のもとに設定した。

- ①現実的には第2回目のD T P A 投与は、摂取後2日目以降になるため、肺モニタによる測定結果も加味して、判断することもできる。
- ②肺モニタの測定で十分に感度を得られない摂取の場合には、感度と精度の最も高いバイオアッセイによる摂取量評価の結果が得られるまでは、過大評価側である鼻スミヤの値からの摂取量に基づき、D T P A の投与継続を判断せざるを得ない。
- ③さらなるD T P A の投与継続の必要性については、バイオアッセイによる摂取量評価の結果が得られた段階で、再度判断すべきである。
- ④しかし、バイオアッセイは摂取量評価において最も信頼性が高い一方、測定結果が得られるまでには2週間程度（尿分析でも5日）を必要とするのが現状である。
- ⑤このため、5日目までに被災者の尿排泄データを評価し、D T P A 療法の継続適否を判断することが適当である。

参考 2. キレート剤 D T P A の処方

静脈内投与

1. 用法、用量

- (1) 1日1回0.25gないしは1gを静脈内投与する。一連続投与期間は、原則として5日以内とする。
- (2) 投与に係る所要時間については、静脈注射の場合では4分以内、点滴の場合では2時間以内とする。

2. 使用上の注意

- (1) ネフローゼ症候群、骨髄疾患、骨髄形成機能の低下（例えば白血球減少症、血小板減少症）が判明している場合には、Ca-DTPAの静脈内投与は行わない。
- (2) Ca-DTPA投与中、下痢、嘔吐、アレルギー性疾患、蛋白尿、血尿、尿円柱が出現した場合には、投与の中止を検討する。
- (3) Ca-DTPA注入の間、血圧を厳重に観察する。
- (4) プルトニウムの化学形とD T P Aの有効性の関係は以下の通り。
 - ①硝酸プルトニウムの場合、期待できる効果は多い。
 - ②酸化プルトニウムの場合、期待できる効果は少ない。
 - ③硝酸型と酸化型などの混合プルトニウムの場合、期待される効果は不明である。
 - ④化学形が不明な場合、期待される効果は不明である。

吸入投与

（要検討）

皮膚への投与（要検討）

- (1) 健丈な皮膚および粘液膜面に対しては2%のCa-DTPAで洗い流す。
- (2) 傷については、20%に濃縮したCa-DTPAで洗い流す。

参考3. 被災者への説明

1. 被災者への説明および同意

- (1) 産業医もしくは指定された医師は、様式1の別添面談票を用いて、被災者に対しキレート剤投与に関する説明（様式2および3を参照）を行い、同意を得た上で投与を行うこと。

様式1. 面談表

<h2 style="margin: 0;">面 談 票</h2>				
平成 年 月 日				
氏名： _____ 印				
所属： _____				
住所： _____				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><tr><td style="padding: 5px;">面談要旨</td></tr><tr><td style="padding: 5px;">別紙様式1および様式2の通り</td></tr><tr><td style="padding: 5px;"><特記事項></td></tr></table>		面談要旨	別紙様式1および様式2の通り	<特記事項>
面談要旨				
別紙様式1および様式2の通り				
<特記事項>				
以上の説明を致しました。				
平成 年 月 日				
担当医師 _____ 印				
医師所属 _____				

様式2. キレート剤治療に関する説明要旨

下記の主旨を_____氏に説明しました。

平成 年 月 日
担当医師 _____ 印

記

1. 状 況

_____氏はプルトニウムもしくはアメリシウムにより体内汚染に曝されている可能性が高い。

その体内摂取量は、現時点（平成 年 月 日 時 分）で、法律で定められた摂取限度を超えている可能性がある。汚染物質を体内から除去するにはキレート療法が考えられる最良の方法である。

2. キレート療法の目的

治療に用いられるキレート剤（Ca-DTPAまたはZn-DTPA）は、日本では薬事法に基づく医薬品として承認されていない。

しかし、米国、ドイツ、フランス、イギリスなどでは体内に入ったプルトニウムおよびアメリシウムを除去する治験薬として使用されている。

今回、治療に用いるキレート剤は、米国連邦食品医薬品局によって使用を承認されている治験薬であり、米国緊急時放射線支援センター訓練サイトから供給されたものである。

3. キレート療法における副作用

キレート剤の使用に伴う重篤な副作用は、報告されていない。ただし、希に悪心（はきけ）、嘔吐、悪寒（さむけ）、発熱、湿疹などの副作用が生じることが報告されている。キレート療法に伴う副作用の治療も本治療の対象に含まれる。

4. 治療計画

様式2に示された治療方法による。

5. 本キレート剤を供給する緊急時放射線支援センター訓練サイトは、治療結果を報告することを義務付けている。

6. 権 利

1) 本治療の開始前および治療途中において、いつでも自分の意志で本治療を中止できる。

2) 本治療に係わる全ての費用を負担しない。

3) 本治療の開始前および治療途中において、いつでも本治療に関する疑問について問い合わせることができる。

問い合わせ先 _____ 医師
電話番号（勤務先） _____
電話番号（自 宅） _____

上記の説明を受けました。

平成 年 月 日

患者氏名 _____ 印

参考4. 処置レベル設定のための考え方 (医療処置のための摂取量の推定方法)

1. 肺モニタによる測定

肺に沈着したプルトニウムから放出される低エネルギーの特性X線（14keV～21keV）を肺モニタで検出し、肺中のプルトニウム量を測定する。

肺モニタは体内のプルトニウムを直接測定することから、比較的短時間でプルトニウムの摂取量の評価が可能であるが、原理的に検出限界が大きい。

東海事業所のホスウィッチ型肺モニタにより30分間測定した場合、作業者の平均的な胸壁厚2.1cmで、Pu-239に対して肺沈着量約1.3kBqという検出限界値が得られている。この値は、硝酸プルトニウムとして摂取量に換算すると約5kBq（実効線量当量についてALIの約12倍）^{*1}となる。（要検討）

なお、Pu-241がβ崩壊によって生成する²⁴¹Amの混在割合について正確な情報が得られる場合には、Am-241が放出する60keVのγ線を検出することによってALIを下回る摂取量の評価が可能な場合がある。再処理施設の場合、ウラン・プルトニウムとFP（核分裂生成物）の分離精製後約200日を超えるプルトニウムは、アメリシウムが測定可能なレベルまで生成するので、アメリシウム測定に基づく推定が可能である。この場合、鼻スミヤまたは呼吸領域近くの空気サンプリング試料の核種分析結果を入手することが重要である。

2. 全身カウンタによる測定

ホールボディカウンタとは、FP（核分裂生成物）などから放出されるエネルギーの高いγ線（約100keV以上）を体外から測定する装置であり、肺の中のプルトニウムを測定する肺モニタとは検出原理が異なる。

超ウラン元素の摂取が主となる被ばくにおいては、FPなどによる被ばく線量への寄与は相対的に小さいため、それらの核種を対象とした医療処置が検討される事例は少な

^{*1}) プルトニウムの化学形Pu(NO₃)₄、吸入摂取後5時間後に肺モニタ測定を行った場合には、初期摂取量の約26%が肺内に沈着していることになる（ICRP Pub. 30の呼吸器系モデルによる）。従って、検出限界1.3kBqの肺沈着量は、1300/0.26=5,000Bqの初期摂取量に相当する。クラスWのPu-239に対するALIは、骨表面の線量について220Bq、実効線量当量について420Bqである。

い。鼻スミヤの測定値で α 放射能しか検出されていない場合にはホールボディカウンタによる測定は必要ないが、 $\beta \cdot \gamma$ 放射能が検出された場合には念のため、肺モニタの測定と同時に全身カウンタによる測定も行う。

3. 鼻スミヤに基づく摂取量の推定

鼻スミヤとはろ紙付の綿棒で鼻腔内を拭き取り、ろ紙に付着した放射能を測定するものであり、放射性物質の吸入の有無の判定に用いる。肺モニタの測定結果を補完するために、経験に基づく仮定の下におおまかな内部被ばく線量の推定に用いることがある。

鼻スミヤによる内部被ばく線量の推定方法の流れは、次のとおりである。

- I 鼻スミヤの採取
- II 鼻スミヤの測定
- III 初期糞中放射能の推定
- IV 摂取量の推定

鼻スミヤに基づく内部被ばく線量当量推定の流れを図1に示す。

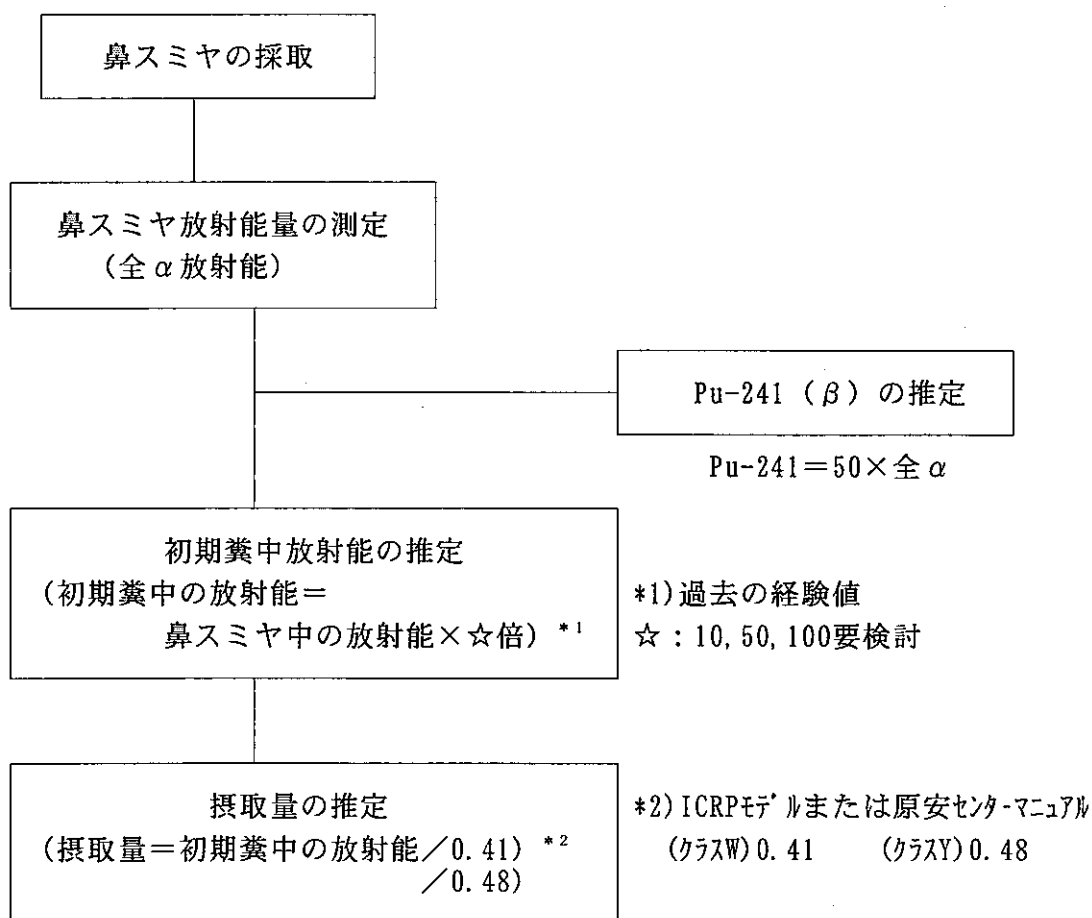


図1. 鼻スミヤに基づく内部被ばく線量当量の流れ

プルトニウムについては、鼻スミヤの値の約（10、50、100：要検討）倍が初期糞中に排泄されるというデータが経験的に得られている。

摂取したプルトニウムの化学形が $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ の場合、これは吸入のクラスWに相当する。ICRP Publ. 30 の呼吸器系モデルによれば、AMAD（空気力学的放射能中央径）が $1\ \mu\text{m}$ でクラスWの化合物を吸入した場合、初期糞中に排泄される割合は摂取量の41%である。

摂取したプルトニウムの化学形が PuO_2 の場合、これは吸入のクラスYに相当し、初期糞中に排泄される割合は摂取量の48%である。

これらのパラメータからプルトニウムの化学形に応じ、鼻スミヤの値の（ $***/0.41$ ）倍または（ $***/0.48$ ）倍を摂取量とする。

摂取量推定にあたっては、プルトニウムの同位体組成を考慮しなければならないが、多くの場合初期の段階で核種組成データが得られないため、 α 放出核種についてはすべてがPu-238と仮定する。また、Pu-241（純 β 放出核種）も考慮しなければならないが、過去の現場における β/α 比の測定結果に基づき、 α 放射能の50倍として初期推定を行う。なお、同位体組成比が得られる場合には、その値を用いる。

4. バイオアッセイ法による摂取量評価

バイオアッセイは、人体からの排泄物（尿、糞）中の放射性物質の量を測定する方法であり、 α 線放出核種や純 β 放出核種による内部被ばくの評価に特に有効である。プルトニウムの内部被ばくの評価においては、体外計測で検出されなかった場合、本方法によって摂取量を評価する。

バイオアッセイ試料（糞および尿）の採取は摂取後5日間行い、それらの試料を化学処理し、放射能の測定を行う。この値が初期糞中放射能となる。測定終了までには1試料につき8日間程度必要であり、最終的な評価までには通常2週間程度必要である。

しかし、糞中に排泄される放射能のピークは、通常2日～3日目に現れることから、被ばくの傾向は10～11日後には判明することが多い。バイオアッセイの分析結果の途中経過は適宜医師へ報告し、その後の処置の判断に資する。

鼻スミヤ法を用いた内部被ばく線量当量の評価

1. 鼻スミヤ法

鼻スミヤ法は、吸入摂取の有無を判断するのに簡便で有効な第一次情報源となるもので、ろ紙付の綿棒で鼻腔内をスミヤ摂取し、そのろ紙を放射能測定装置で測定する方法である。この方法は、吸入または吸入の恐れがあった者に対して実施し、

(イ)吸入摂取の有無の判定

(ロ)吸入摂取量のたまかな推定に有効である

この場合、検出限界は、 α 線計測で 7×10^{-2} Bq、 β (γ) 線計測で1 Bq程度である。二酸化プルトニウム (PuO_2) のような粒子状の放射性物質を取り扱う作業で吸入が生じた場合には、鼻スミヤ中の放射能と初期糞中の放射能との間に一定の関係があることが経験的に知られている。

2. 鼻スミヤの採取基準

(1) 主 旨

鼻スミヤの採取は、放射性物質の体内摂取による被ばく評価など、放射線防護上必要不可欠なものである。特にプルトニウム取扱い施設では、プルトニウムの放射性毒性が強いことから、異常発生時には必ず採取し、当事者などの安全を確認することが原則である。

(2) 採取基準

鼻スミヤの採取基準については、身体除染マニュアル (N852-81-13) に次のように記載されており、これに基づいて実施する。また、採取基準の詳細については(4)に示す。

①空気汚染が発生、または空気汚染の可能性が生じ、吸入摂取の疑いがある場合

②身体および作業衣などに表面汚染が検出され、吸入摂取の疑いがある場合

(3) 採取の判断

①上記基準のどちらか一方に合致すると放管員が判断した場合

②上記基準に合致しないが、担当課長または放射線管理第一課長が必要と判断した場合

③現場作業員から依頼された場合

(4)採取基準の詳細

<呼吸保護具未装着時>

- ①空気汚染が発生、または空気汚染の可能性が生じた場合は室内作業員全員
- ②①において、室外作業員でも放射線管理第一課長が必要とした場合
- ③身体および作業衣などに表面汚染が検出された作業員
- ④③において、その他の同室作業員でも放射線管理第一課長が必要と判断した場合
- ⑤床などの表面に汚染が検出された周辺で作業をしていた者であって、放射線管理第一課長が必要と判断した場合

<呼吸保護具装着時>

呼吸保護具装着時は、原則として鼻スマイは採取しないが、呼吸保護具の使用が適切でない場合、またはその恐れがある場合に採取する。

また、呼吸保護具未装着時の項目に該当し、かつ下記項目に該当するか、その恐れがある場合に採取する。

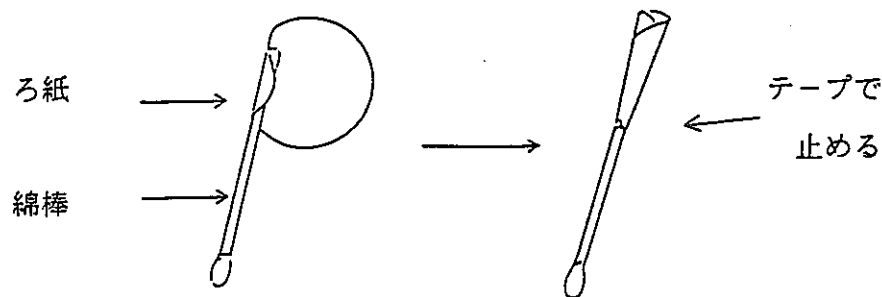
- ①呼吸保護具の使用基準目安を超えて使用した場合
- ②面体式呼吸保護具を顔面から一時的にでも密着させないで使用した場合
- ③呼吸保護具に汚染が検出され、かつ脱装時に吸入摂取の疑いがある場合
- ④定期点検を受けていない呼吸保護具を使用した場合
- ⑤呼吸保護具が正常に機能していない場合
- ⑥呼吸保護具の使用上の注意事項が守られていない場合

3. 試料の採取および測定

(1)採取準備

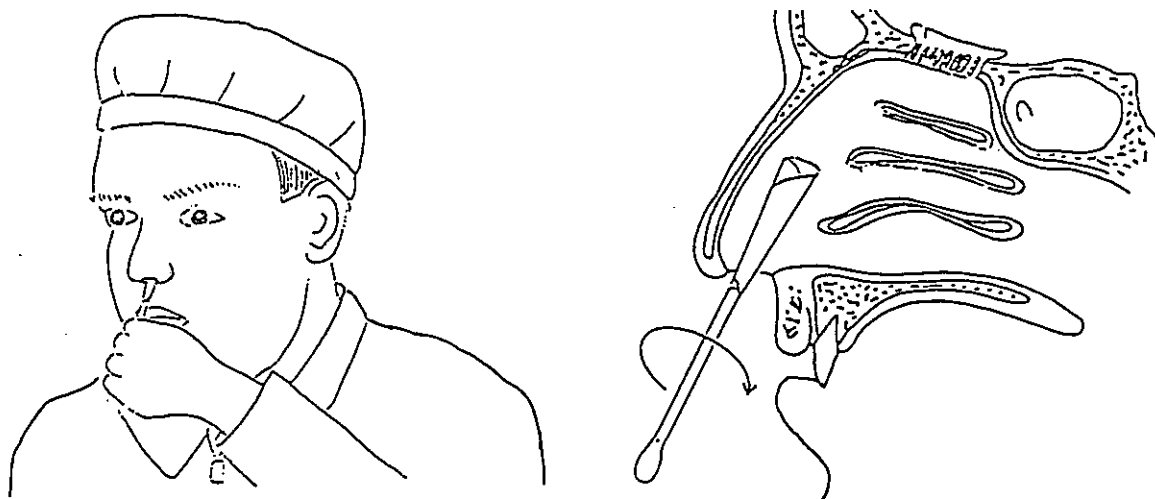
綿棒にろ紙を巻き付けてテープで止める。

(使用ろ紙：東洋ろ紙 No.5 A 40mmφ)



(2)採取手順

- ①鼻スミヤの綿棒下部を持つ。
- ②鼻スミヤのろ紙部を鼻毛の伸びている付近（入口より1～2 cm位奥）迄ゆっくり挿入する。
- ③鼻内部の汚れを取るように、綿棒をゆっくり2回転（ろ紙がほぐれない方向）させる。左と右は別々のろ紙で採取する。
- ④鼻スミヤをゆっくり抜き取り、試料測定者に渡す。



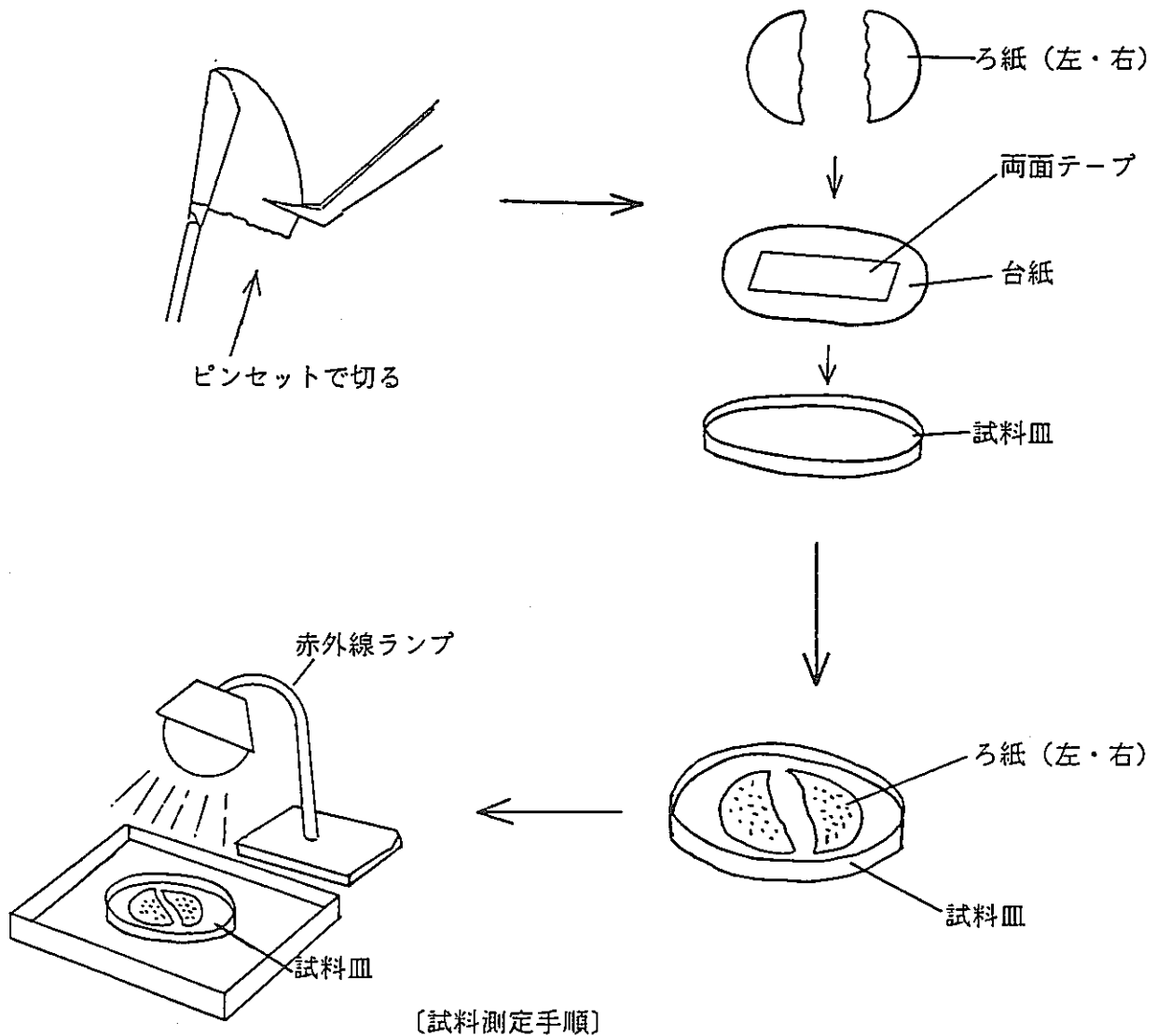
注) 試料の採取は、原則として当事者自身が行うが、採取前に身体サーベイを行い異常の無いことを確認する。また手部などの汚染により当事者自身で採取不可能な場合は、他の人に採取してもらう。

(3)測定

試料測定者は、ろ紙を綿棒よりピンセットで外し、あらかじめ両面テープが貼りつけられた台紙にろ紙を貼りつけた後、その台紙を試料皿に入れ赤外線ランプを使用して乾燥させる。

ろ紙の測定は α 、 β 線とも放射能測定装置（検出限界は、 α 線 7×10^{-2} Bq、 β 線 1 Bq程度）を用いて行う。

測定の結果、検出限界を超える汚染が検出された場合には、ろ紙上の放射性物質のスペクトル分析を実施し、核種の定性を行う。



(4) 結果の記入と報告

測定結果は、「鼻スミヤ測定記録シート」に記入し放射線管理第一課長に報告する。

4. 摂取量と線量評価

(1) 初期排泄糞中放射能

鼻スミヤ中のPu-239の量と初期排泄糞中プルトニウム量との比は個人差、粒子径などに依存するが、鼻スミヤ中のプルトニウム量の10倍程度が糞中プルトニウム量として排泄されることが経験的に得られている。プルトニウム吸入による初期糞便排泄パターンでは、吸入後5日間でほぼ排泄されていることが分かっている。

その他の核種についてはデータが数多くないため、プルトニウムで得られた経験則

に安全係数 2 を乗じて考える。これらの結果はプルトニウム燃料開発施設での鼻スミヤの結果ともよく一致している。

$$E_r(\text{Pu}) = 10 \times N_s$$

$$E_r(\text{F.Pなど}) = 2 \times 10 \times N_s$$

$$= 20 \times N_s$$

E_r : 初期排泄糞中放射能 (Bq)

N_s : 鼻スミヤ中の放射能 (Bq)

付録2 検討経過

1. 緊急時医療処置検討委員会の開催

第7回 平成8年10月 9日（水）

第8回 平成8年11月 7日（木）

第9回 平成8年12月18日（水）

第10回 平成9年 2月 5日（水）

第11回 平成9年 3月13日（木）

2. 緊急時医療処置検討委員会における主な指摘事項

(1) マニュアル作成全般

- ・我が国のマニュアルでも、最初の1 shotの投与量（1gか250mgか）など、具体的な投与方法（注射か点滴かなど）についても述べておく必要がある。
- ・我が国では、緊急的には医師の裁量により緊急避難的な非医薬品の投与は可能との姿勢はあるようだが、実際の場合で医師が対処しやすいマニュアルを作っておくことは重要である。

(2) 摂取量の評価

① 鼻スミヤ

- ・鼻スミヤについては、ふき取り効率を均一に、またかえって迅速に行えるという利点から放射線管理要員が行うべきか、あるいは出血などの鼻腔の損傷を防ぐという点から本人が行うべきか、検討しておく必要がある。いずれの場合も、損傷を防ぐことに留意することが重要である。
- ・訓練をしておくことが重要である。
- ・綿棒の長さなどは、予め決めておくとよい。
- ・ろ紙を湿らせておくと、損傷も防げて、ふき取り効率も上がると考えられる。
- ・鼻スミヤ自体は今までも多く行われており、確立された方法である。
- ・セラフィールドでは「鼻をかむ（ノーズブロー）」ことが試料採取法として用いられているが、この方法では鼻の周囲や手などに汚染の拡がる恐れがある。
- ・鼻スミヤの不確定要因である「口呼吸と鼻呼吸の比率」は、個人によって、また

その時の作業状態や姿勢などによって異なるが、初期便中放射能／鼻スミヤ比を100倍と設定することによってカバーできる。

(3) DTPA療法の適用規準

- ・投与基準を述べる際、考え方の主旨を明確にするため、「①内部被ばくによるリスク、②国際的な経験、③放射線業務従事者の線量限度、を考慮した結果である」ことを述べておくとよい。
- ・文献「プルトニウムを事故的に摂取した職員の管理のためのセラフィードのプロトコール」によると、医療処置の基準は、鼻スミヤでは600Bq、創傷汚染では6 Bqであった。
- ・判断規準は、実用的かつ実務的であることが望ましい。
- ・海外では一般にAL Iの10倍を医師の判断目安としているが、AL Iの10倍という目安の妥当性を検討しておく必要がある。
- ・コスト－ベネフィットで考えるなら、AL Iのリスク、DTPAの効果や副作用などの確率を求めるべきである。
- ・DTPAの副作用とAL Iのリスクは、「確率」として数字で比較することはできるが、被災者本人にとっての確率は0か1かであり、本人の意志が問題となる。
- ・個人がAL IのリスクとDTPAの副作用のバランスをどう考えるかということと、心理面の検討は分けて考えるべきである。
- ・「AL Iの10倍を超えると投与し、1倍以下ではアクションを起こさない。」とする目安は国際的な動きとも合致し、マニュアルに盛り込むのも一案である。
- ・「AL Iの10倍を超えたら必ず投与を行い、〇〇倍を超えたらCa-DTPAの1 shotを検討する。」とするのも一案である。
- ・1 AL I以下の場合、「投与が不要である」という表現は誤解を招く恐れがあるので、避けた方がよい。また、鼻スミヤや肺モニタの結果から本人に説明し、本人の希望を考慮することが望ましい。
- ・AL Iの5倍に相当する鼻スミヤの暫定レベルは、どのような考え方で求めたらよいか。単に5倍(4.5Bq)としてよいか検討する必要がある。
- ・1 AL I、5 AL I、10 AL I、それぞれの値の付近に評価された場合のことを考慮すると、あまり明らかな線引きにせず、連続的なものと解釈できるようにした方

がよいのではないか。

- ・「生涯線量」で検討するという方法もあるが、その際はAL Iとの関連性を検討しておく必要がある。
- ・DTPAについては、社会的にオーソライズされて投与しやすい体制が整備されることが望まれる。
- ・便バイオアッセイ／鼻スミヤ測定値のプロットについては、酸化Puと硝酸Puに分けて検討を試みる必要があろう。
- ・プルトニウムの粒型のデータがあるが、これはDTPA投与までに特定することは難しい。ただし、平均的な値ならば、その作業工程によって予めわかる。
- ・鼻スミヤで9 Bq以下の場合は、肺モニタの結果を基に投与を検討することになる。
- ・鼻スミヤ値から摂取量を評価した結果、評価が甘かったなどの誤解を受ける可能性があるため、公表の際には「摂取量」ではなく、単に「DTPA投与のための評価」と表現することが適切である。

(4) 具体的な医療処置法

- ・創傷による汚染については切除かDTPA投与かは、その時の状況によって対応すべきである。
- ・創傷汚染の経験を基に、現実の場で医療処置を行うであろう医師に向けて書かれた文献「放射性物質の体内摂取時の診断処置と治療」も参考とする。
- ・実際に、内部被ばくを低減できる処置があるにもかかわらず、医師が処置を行わないと決断することは難しい。

(5) DTPA療法

①投与法（吸入投与他）

- ・DTPAは、溶液の他にフランスでは粉末も使用されている。
- ・実際の事故の際、DTPAの吸入投与例はフランスではあるようだが、レポートとしては見当たらない。
- ・吸入投与についての海外の事例などが入手できれば、日本でも吸入投与しやすくなると思われる。
- ・どの投与法が現在オーソライズされているかを考慮することよりも、まずは効果について検討し、どの方法がオーソライズされるべきか、検討することも一案で

ある。

- ・吸入投与の目的は、手軽に投与できること、粒子を細かくすると肺の深部まで到達して血管内に取り込まれ、早い吸収が期待できることである。
- ・被災者自身による投与であるから、特に投与量については問題が生じやすい。さらに、医師による2次的な処置の際、吸入投与の影響（投与量、およびそれによるPuの排泄の状況など）を把握しなければならない。
- ・吸入投与のヒトへの適用のためには、まずげっ歯類で効果が認められなければならない。
- ・ラットによる実験では、DTPAは24時間で排泄されている。しかし、実験動物とヒトでは呼吸（呼吸数、深部まで届くような呼吸かどうかなど）の違いがある。また、動物実験では嘔吐などが見えにくいこともある。
- ・吸入投与に関しては、酸化Puに対する処置という意味も含めて考えるべきである。
- ・点滴の場合、仰々しいという印象を与えてしまうが、血管を確保でき、その後何らかの対処がやりやすいというメリットがある。一方、短時間の注射の場合、核種の血中濃度に対し、タイミングが難しいという欠点もある。

②硝酸Pu/酸化Puなどについて

- ・文献中に記載されている事例によると、硝酸PuではDTPAの有効性は比較的高く、酸化Puでは低かった。
- ・同じ硝酸Puでも生成後から時間を経たもの（aged）か否かで効果は異なっていた。agedの方が効果は低かった。この原因としては、①Pu-241からAm-241と変わったことによる挙動の違いのためか、②古い燃料中のPuの組成の変化のためか、③もともとは硝酸Puだったものが壁面などについて自然に酸化した、あるいは酸化Puのように粉末、ミストのような挙動をするためか、などが考えられる。
- ・工程によってはpHも違うので、効果に違いが生じることも有り得る。
- ・経年した核種を吸入するケースの方が多いと考えられる。
- ・事故が起こった際、その作業工程から硝酸Puか酸化Puかの判断は前もって出来ているが、経年したものの否かについては判断し難い。
- ・経年した核種の場合、硝酸Puと酸化Puの中間的な性質を持っていると考えられる。
- ・仮に間違いなく酸化Puであると判明している場合の処置をどうするか、DTPA

投与の対象を「酸化Pu以外」としておくか、明確にしておくべきである。

- ・文献によると、酸化Puに対してDTPAは全く効果が無かったわけではない。

③2回目以降の投与などについて

- ・まずはCa-DTPA、その後は他の方法も組み合わせて議論すべきである。

④その他全般

- ・プルトニウム吸入によってガンが起こったという報告は無いが、骨への沈着を減少させることができるので、DTPA投与についてはコスト-ベネフィットを考慮した上で慎重に検討すべきである。
- ・Volf氏によると、DTPAの効果ばかりが報告されてきたために絶対的な信頼感を与えてしまった感がある。今後は効果とともに制限的な考え方を議論していくことも必要との意見である。

(6)社会的・心理的側面の検討

- ・ALIを超えたという社会的問題と、DTPAを投与するという一個人に与える影響のバランスをどのように考えたらよいかの検討も必要であろう。
- ・実際の治療上の重要な問題となるので、専門の方の意見を伺うことが望ましい。
- ・患者の心理に対する対応とマスコミへの対応とを区別し、前者については臨床心理専門の医師に説明して頂き、後者についてはQ & Aの中で検討していく方が現実的であろう。