

す。この放射線管理者とは具体的に誰を指すのでしょうか？

Q. 防護具は必要でしょうか？また、防護具の効果を教えてください。

Q. トイレの清掃時にはどのような注意が必要ですか？

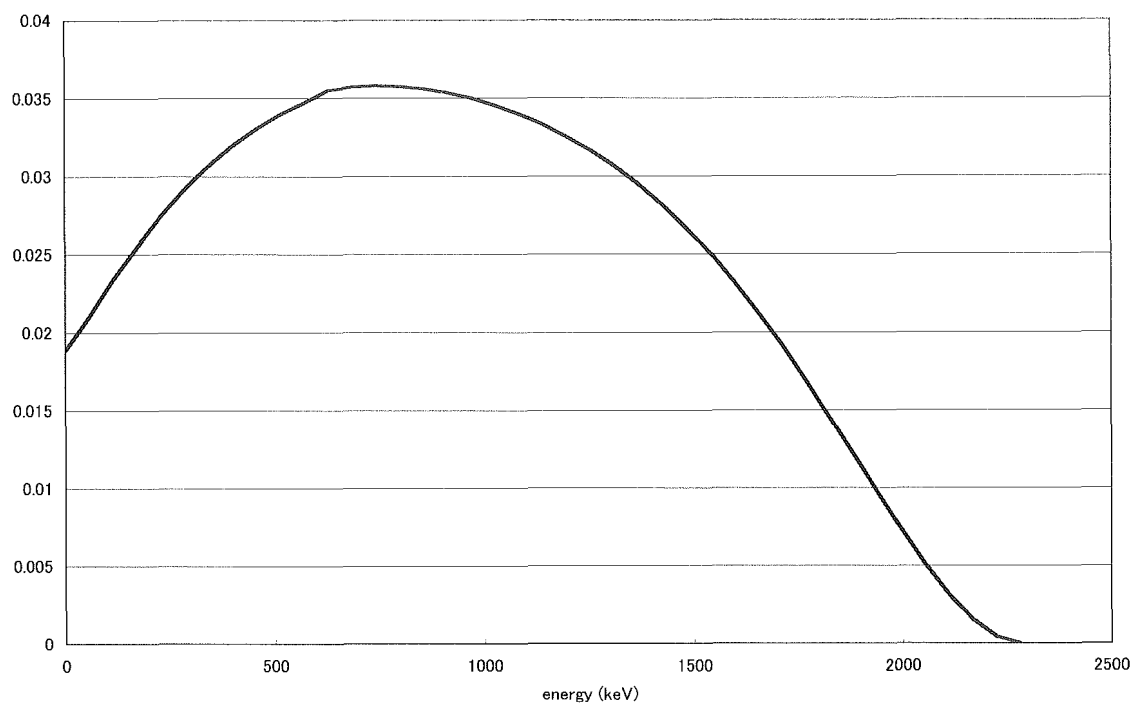


図 1. ^{90}Y から放出される電子の運動エネルギー分布（出典：ICRU Report 56）

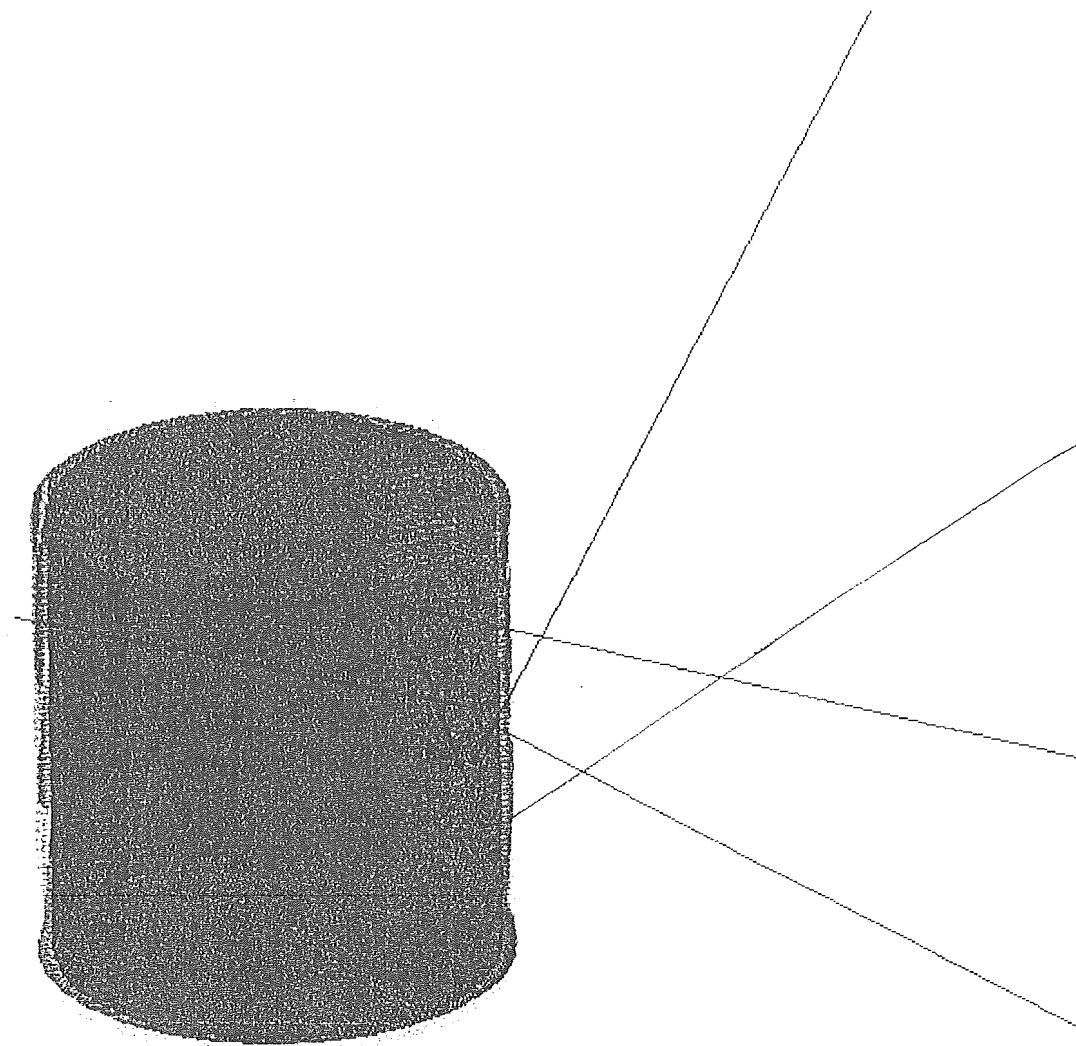


図2 患者の頸部に集積した Y-90 に由来した放射線の飛跡

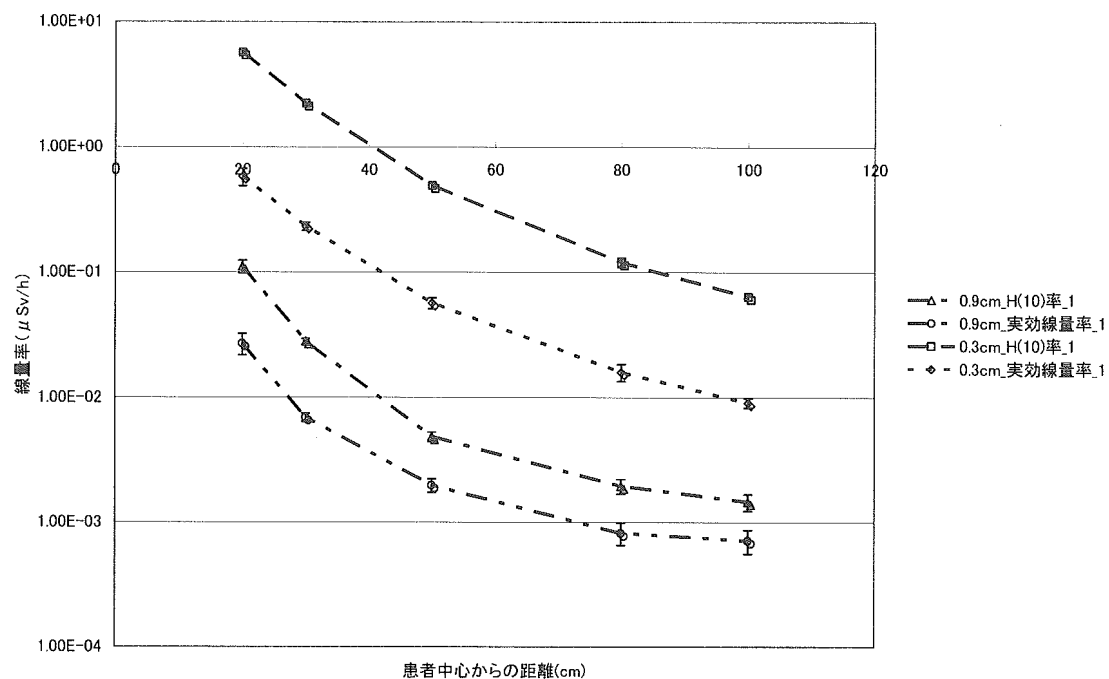


図 3 集積部位の深さ別の患者周囲の線量率（実効線量率、1cm 線量当量率）

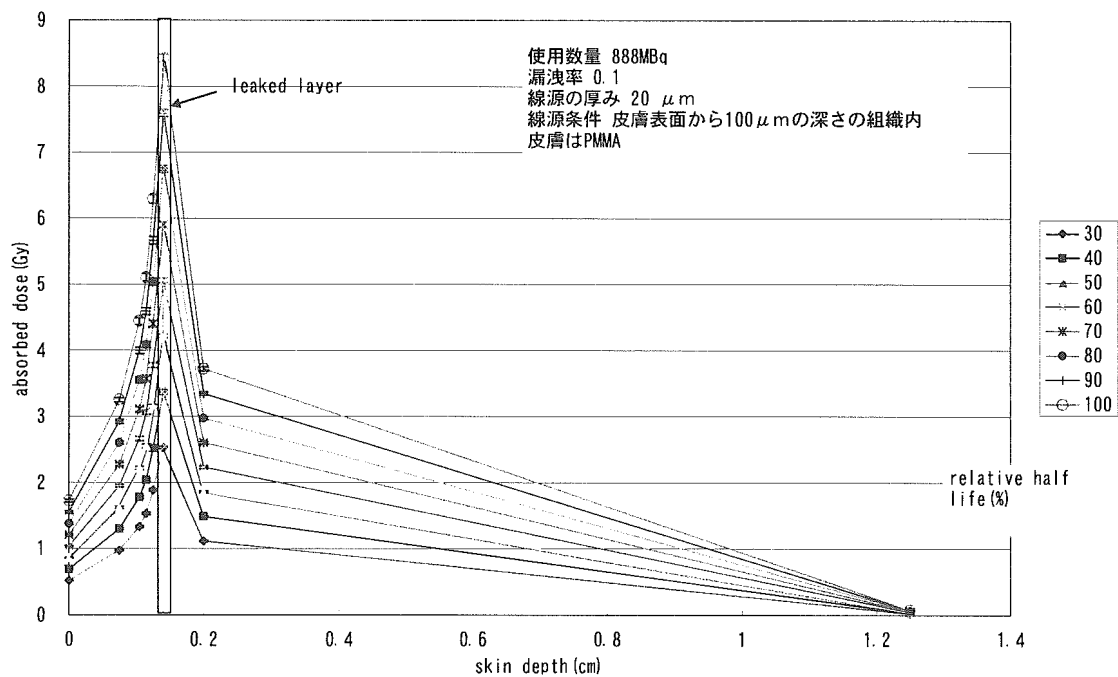


図 4. ^{90}Y が皮下に漏洩した場合の組織吸収線量分布

表 1 ^{90}Y の制動放射による実効線量率定数

	nGy/h/MBq
原子番号 20	2. 6
アクリル	0. 89

表 2 患者から距離 1mにおける制動放射による実効線量率

	$\mu\text{Gy/h/patient}$
原子番号 20	2. 3
アクリル	0. 79

表 3 EGS4 を用いた患者周囲の線量率の計算結果

$\mu\text{Gy/h/MBq}$	20cm	30cm	50cm	80cm	100cm
1_0.9cm_H(10) 率	1. 11E-01	2. 80E-02	4. 84E-03	1. 94E-03	1. 45E-03
1_0.9cm_実効線量率	2. 70E-02	6. 92E-03	1. 98E-03	8. 19E-04	7. 11E-04
1_0.3cm_H(10) 率	5. 68E+00	2. 22E+00	4. 92E-01	1. 20E-01	6. 39E-02
1_0.3cm_実効線量率	5. 82E-01	2. 32E-01	5. 68E-02	1. 59E-02	9. 07E-03

表 4 イブリツモマブ チウキセタンを経口摂取した場合の内部被ばく(Sv/Bq)

	3 か月 (両性)	5 歳 (両性)	10 歳 (両性)	作業 者 (男)
食道	1. 7E-12	4. 5E-14	2. 7E-14	1. 3E-14
胃壁	1. 7E-08	3. 6E-09	2. 0E-09	1. 1E-0. 9
小腸壁	3. 6E-08	9. 6E-09	5. 7E-09	2. 6E-09
大腸上部	1. 9E-07	5. 1E-08	3. 1E-08	1. 4E-08
大腸下部	4. 3E-07	1. 2E-07	6. 9E-08	3. 2E-08
精巣	1. 7E-12	4. 5E-14	2. 7E-14	1. 3E-14
子宮	1. 7E-12	4. 6E-14	2. 7E-14	

文献

-
- ⁱ NRPB. W-63 Radiological Assessments for Small Users. 2004
- ⁱⁱ Glenda Crockett. Sources and fate of discharges of liquid radioactive waste to public sewers. Radiological Protection Bulletin. 226, 19-24, 2000
- ⁱⁱⁱ 千葉日報. 小櫃川から微量の放射性物質検出 木更津市. 2005 年 9 月 8 日朝刊
- ^{iv} <http://www.jrias.or.jp/index.cfm/6,0,125,215.html>
- ^v 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行令第 1 条第 4 号の薬物を指定する告示 (平成 17 年文部科学省告示第 140 号)
- ^{vi} 文部科学省科学技術学術政策局原子力安全課長、厚生労働省医政局指導課長「医療機関において調剤される PET 検査薬等の取扱いについて」(平成 17 年 9 月 28 日)
- ^{vii} 古賀佐彦: 患者自身以外の医療被ばくとは ボランティア(志願者)の医療被ばくを中心に . 医療放射線防護. 13, 3-7, (1998).
- ^{viii} 織内昇: 抗体療法 最近の進歩 RI 標識抗体の臨床応用の現状と将来展望 Y-90 標識抗 CD20 抗体による悪性リンパ腫の治療を中心として. 医学のあゆみ. 211(7), 752-756, (2004).
- ^{ix} 山下孝: 新しい医療技術(密封線源利用)に伴う安全利用 X 線診療室(IVR)における血管内放射線治療の安全利用. 医療放射線防護. 29, 19-21, (2000).
- ^x Mark S. Kaminski, Melissa Tuck, Judith Estes, et al: ¹³¹I-Tositumomab Therapy as Initial Treatment for Follicular Lymphoma. N Engl J Med, 352, 441-449, (2005).
- ^{xi} Kaminski MS, Zasadny KR, Francis IR, et al: Radioimmunotherapy of B-cell lymphoma with ¹³¹I anti-B1 (anti-CD20) antibody. N Engl J Med, 329, 459-465, (1993).
- ^{xii} <http://www.mhlw.go.jp/shingi/2005/10/dl/s1031-9d.pdf>
- ^{xiii} International Commission on Radiation Protection: ICRP Publication 94, Release of patients after therapy with unsealed radionuclides. Oxford. (2004).
- ^{xiv} 厚生省医薬安全対策課長: 平成 10 年 6 月 30 日付け通知 放射性医薬品を投与された患者の退出について. (1998)
- ^{xv} 厚生労働省: 平成 14 年 医療施設調査. 東京. (2003).
- ^{xvi} 日本アイソトープ協会: アイソトープ等流通統計 2005. 東京. (2005).
- ^{xvii} 光石忠敬 (訳). 国際医科学評議会 Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOMS). 被験者に対する生物医学研究についての国際的倫理指針、臨床評価 1994 ; 22 (2、3)

平成17年度厚生労働科学研究費補助金（医療安全・医療技術評価総合研究事業）
「医療放射線分野における法令整備等含めた管理体制に関する研究」

分担研究報告書

医療機関における適切な放射線防護及び関係する制度についての研究

課題（2）：診療用放射性同位元素使用室への入退出時における患者の
スリッパ履き替えの必要性についての検討

分担研究者 山口 一郎 国立保健医療科学院生活環境部 主任研究官

研究協力者

天野 昌治	日本画像医療システム工業会 (株) 島津製作所 医療機器事業部技術部 主任技師
池渕 秀治	(社) 日本アイソトープ協会 医療情報室 室長
岩永 哲雄	(社) 日本アイソトープ協会 医療情報室 課長
大山 昇次	全国保健所技師会 会長 (東京都台東保健所)
金谷 信一	東京女子医科大学病院 核医学・PET検査室
高橋美保子	(社) 日本アイソトープ協会 医療情報室
迫 義知	大阪府健康福祉部医務・福祉指導室
森 一五	東京都福祉保健局医療政策部 医療安全課 指導係
諸澄 邦彦	埼玉県立がんセンター放射線技術部副技師長

目次

研究要旨	
研究要旨	3
A.研究目的.....	3
B.研究方法.....	4
B.1.1 課題解決のための分析	4
B.1.2 前提となるモデル	4
B.1.3 シナリオの設定	4
1) 診療用放射性同位元素使用室内の汚染の程度.....	4
2) 線源条件.....	4
3) 幾何学的条件および滞在時間条件.....	4
4) 線量の計算方法	5
C.研究結果.....	6
C.1 核医学施設における床の汚染状況の測定結果	6
C.2 床の汚染に由来した被ばく線量推計結果	6
1) F-18 の汚染による線量.....	6
2) Tl-201 の汚染による線量	7
3) 履き替えによる転倒リスク.....	8
4) スリッパ履き替えを推奨しない場合の利益	8
D.考察	9
1) 線量推計結果についての考察	9
① 受付事務職員の線量	9
② 病院内の待合室の幼児.....	9
③ 外来患者、家族、介護者	9
④ 入院患者 A.....	9
⑤ 入院患者 B.....	9
⑥ 清掃職員.....	9
3) 法令適用面の検討	11
E.結論.....	12
F. 研究発表.....	12
G.知的所有権の取得状況	13
謝辞	13

研究要旨

核医学施設では、放射能汚染の拡大の防止のため、これまでスタッフおよび患者のスリッパ履き替えが推奨されてきた。しかし、患者のスリッパ履き替えのために、スノコなどが必要となり、これがバリアとなる。また、スリッパは転倒防止の観点からは履物として必ずしも望ましくない。このため、転倒事故が発生しており、医療安全の視点から新たな課題として認識されつつある。このように、核医学施設での患者のスリッパ履き替えには、利点と欠点があり、施設の特性に応じて科学的根拠に基づく合理的な放射線安全管理手順の確立が求められている。そこで、診療用放射性同位元素使用室への入退出室時にスリッパの履き替えを不要とする場合の放射線防護上の要件を検討した。

その結果、日常の診療において、十分な配慮を行えば、核医学施設の床に大きな汚染が起こり、それが拡大することは考えがたく、また、床の汚染に由来した他の患者等の被ばく線量は十分に小さいことが確認された。この結果、転倒の危険性が高い患者において、医療機関が放射線防護上必要な配慮をなせば、必ずしも、核医学施設の出入りにおいて、履物を交換する必要はなく、むしろ、総合的に観点では医療安全に資すると考えられた。この場合の放射線防護上の措置としては、汚染事故やその拡大防止策が講じられていることが求められる。一方、男子トイレでは比較的大きな放射能汚染が発生する可能性が認められた。このため、汚染防止や汚染拡大策を取るとともに、清掃作業者の無用な被ばくを避ける工夫が求められる。

A. 研究目的

手術室、ICU 等でも靴の履き替えは感染予防にはならないことが最近の科学的知見として得られている¹。このため、病院機能評価対策マニュアルでは、手術室、ICU 等において履き替え無しでの入室とするよう記載されている。また、感染症対策の見直しの一環として、科学的根拠による感染防止の観点から医療法施行規則が今年度改正された²。

一方、核医学施設では、放射能汚染の拡大の防止のため、これまでスタッフおよび患者のスリッパ履き替えが推奨されてきた³。

しかし、スリッパ履き替えのために、ス

ノコなどが必要となり、歩行機能の障害がある患者ではこれがバリアとなる。また、歩行機能の障害がある患者に対しては、スリッパは転倒防止の観点から履物として必ずしも望ましくないとされており、医療安全の視点から新たな課題として認識されつつある。また、欧米諸国での視察によると、核医学施設で患者がスリッパに履き替える例は皆無とされている。このため、国立国際医療センターでは 2005 年 12 月 5 日より患者のスリッパ履き替えを取りやめている。

このように、核医学施設での患者のスリッパ履き替えには、利点と欠点がある。他方、患者のスリッパ履き替えは、法令で明確には定められていない。このため、法令

適用面では、医療機関が、患者のスリッパ履き替えを中止することに問題は見あたらない。いずれにしても、より望ましいルール作りのために、施設の特性に応じて科学的根拠に基づく合理的な放射線安全管理手順の確立が求められている。そこで、診療用放射性同位元素使用室への入退出室時に患者のスリッパの履き替えを不要とする場合の放射線防護上の要件を明らかにする

B. 研究方法

B. 1. 1 課題解決のための分析

感染症予防対策と放射線安全対策は方針が相反することがある。

例えば、準備室の安全を考えると、感染症予防では医薬品などへの病原菌の混入を防ぐためにある程度陽圧にするのが望ましい。その一方、放射線防護上は、放射性物質の拡散を防ぐためには陰圧にした方が望ましい。

原理的には、このような課題は、トレードオフ分析で最適解を探索するのが解決法としてよいと考えられる。また、トレードオフ分析の対象となる対策は、トレードオフ分析を行う前に、その対策そのもののEvidenceの確認も必要であると考えられる。

いずれにしても、スリッパ履き替えの有効性は、床の汚染事故の発生確率やスリッパ履き替えによる汚染拡大防止効果などにより決定される。そこで、スリッパ履き替えの正当性が検証されうる条件を明らかにすることを目的に分析を行った。

B. 1. 2 前提となるモデル

- ① 患者のスリッパの履き替えに関する検討なので、使用室内の床を汚染した診

療用放射性同位元素（以下 RI）を患者（あるいは従事者）のスリッパにより管理区域外に拡大した場合の一般公衆等の線量を推計する。分析に先立ち、汚染の状態を実測で確認した。

- ② 核医学検査室内等における放射能汚染は、患者のスリッパにより病院内に拡大する。

B. 1. 3 シナリオの設定

- 1) 診療用放射性同位元素使用室内の汚染の程度

① 診療用放射性同位元素使用室の室内の法定定期測定している汚染密度（放射能）を調査し、調査データを基に変数として設定する。

- 2) 線源条件

・ 診療用放射性同位元素使用室内の汚染が患者のスリッパにより管理区域外に拡大すると仮定

・ 汚染の程度のうち汚染密度は変数として与える。

・ 汚染の程度のうち汚染面積は変数として与える。

- 3) 幾何学的条件および滞在時間条件

- ① 院内職員

* 安全側に見て、受付職員は座った状態

* 足は汚染床に密着、椅子の高さは 40cm

* 8 時間／日、5 日／週、52 週／年勤務として年間評価

- ② 核医学検査室受付、病院内の待合室あるいはとある場所の幼児

* 安全側に見て、幼児は床に這い這いの状態

* 幼児の腹部を中心に足 2 足分の範囲で

衣服にすべての RI が付着（汚染）。

- * 衣服を脱ぐまで（8 時間）、被ばくする
- * 年 4 回、母親あるいは当該幼児の病気のために通院として年間評価
- * 物理学的減衰は見込む
- * 衣服は皮膚と密着

③ 外来患者、家族、介護者

- * 幾何学的条件は、院内職員と同様
- * 院内で 2 時間座って待っていると、年間 4 回通院すると仮定して、年間評価

⑤ 入院患者 A

- * 幾何学的条件は、院内職員と同様
- * 院内で合計 0.5 時間／回座って待っていると、年間 100 回検査を受けるために待つと仮定して、年間評価

⑥ 入院患者 B

- * 病室のベッドの下に汚染が拡大したと仮定
- * 24 時間ベッドに寝ており、1 ヶ月間入院した場合の年間評価
- * ベッドの高さは 40mm

小児の場合は、③～⑥のシナリオをそのままあてる。ただし、線源から臓器への距離は変える（足の皮膚までを除いて）。

⑦ 清掃職員

- * 汚染面から従事者の皮膚の距離を 15cm とし、その距離で 5 分間滞在。これを 1 週間で 5 回繰り返す。
- 一回の投与数量は 260MBq (3.7MBq/kg, 体重 70kg) とし、待機室の滞在時間を 40 分間とした。PET 診療室に移動する前にトイレで

排尿するとし、この時排泄する放射能は残存放射能の 20%とした（厚生労働科学研究（井上班）報告書。なお、その後は体内に投与された FDG は代謝されずトラップされるために尿中にはほとんどでないと考えられる）。排尿した尿のうち 5%で周囲が汚染されるとした。汚染の厚みは $10\mu\text{m}$ とし比重 $1\text{g}/\text{cm}^3$ の水として存在するとした。線量は、(1) 医療従事者等の平均吸収線量、(2) 医療従事者等の皮膚の吸収線量を計算した。また、(3) トイレの床等の表面汚染密度も同様の設定で推計した。

4) 線量の計算方法

光子及び電子のモンテカルロ法による輸送コードである EGS4 (Electron Gamma Shower Version 4) を用い、このモデルに基づき従事者等の線量（平均組織吸収線量および皮膚吸収線量）を推定した。従事者等は $30\times 30\times 40\text{cm}$ の直方体とし、足は $30\times 30\times 3\text{cm}$ の直方体とした。

(1) F-18 の陽電子の運動エネルギー分布は表 1 に示したデータを用いた。

(2) Tl-201

計算で設定した崩壊時に放出する光子の運動エネルギーを表 1 に示す。

表 1 Tl-201 から放出される光子の運動エネルギーと放出割合

運動エネルギー	放出割合
0.0306MeV	0.0025
0.0322 MeV	0.0026
0.135 MeV	0.026
0.167 MeV	0.1
0.0708 MeV	0.737

0.0803 MeV	0.803
0.00999 MeV	0.46

内部転換電子の運動エネルギーは下記の通りとした。

0.03 MeV 0.06%

0.17 MeV 1.9%

オージェ電子は蛍光収率を考え無視した。

C. 研究結果

C.1 核医学施設における床の汚染状況の測定結果

核医学施設における床の汚染状況の測定結果を表2～4に示す。

表2. A施設における測定結果

場所	核種	汚 染 面 密 度 (Bq/cm ²)
管 理 区 域	Tc- 99m	8.5
内トイレ	F - 18	20.4
保 管 廃 棄 室	Tc- 99m	0.0015
処置室	Tc- 99m	0.0012
準備室	Tc- 99m	0.0008
廊下	Tc- 99m	0.0002
スリッパ	Tc- 99m	0.0002
体 外 計 測 室	Tc- 99m	0.0005

表3. B施設における測定結果

場所	核種	汚 染 面 密 度 (Bq/cm ²)
処置室	Tl-201	0.00073
準備室	Tc-99m	0.0067

	Tl-201	0.0024
体外計測室	Tl-201	0.0005

表4 C施設における測定結果

場所	核種	汚 染 面 密 度 (Bq/cm ²)
管理区域外 トイレ	Tc- 99m	0.029

表5 検出限界密度

	Tc-99m	Ga-67	Tl-201
検出限界密 度 (Bq/cm ²)	9.8E-05	0.00086	0.00037
汚染密度限 度との比	2.4E-06	2.1E-05	9.1E-06

最も汚染しうる場所としては男子トイレが考えられた。線源は患者なので、患者が使用するのであれば、管理区域外のトイレでも汚染が起こりえる。一方、処置室や廊下は極めて軽微であり、検出されたとしても汚染密度限度の1/1000よりも低いレベルであり、日常の管理測定では検出できない程度であった。

C.2 床の汚染に由来した被ばく線量推計結果

1) F-18の汚染による線量

汚染時の汚染密度を2Bq/cm²とした場合の計算結果を示す。

この汚染密度による汚染面積が900cm²で100個のF-18が崩壊した際の放射線の飛跡を図2に示す。

① 受付事務職員の線量

表 6 に受付事務職員の線量推計結果を示す。
900cm² の汚染であった場合の職員の実効線量は年間 0.4μSv であった。

② 病院内の待合室の幼児

病院内の待合室の幼児の線量推計結果を表 7 に示す。皮膚の吸収線量は平均値で示した。

900cm² の汚染であった場合の幼児の実効線量は年間 45μSv。服全体が汚染するとほぼ汚染面積に比例して線量が大きくなる。

ICRU Report 56 (1997) によると汚染面積が 1cm² の汚染だと、深さ 70μm では、1,574 nGy/h/Bq/c m²、深さ 0.4mm では、458 nGy/h/Bq/c m² となる。

③ 外来患者、家族、介護者

外来患者、家族、介護者の線量推計結果を表 8 に示す。900cm² の汚染であった場合の患者等の実効線量は年間 30nSv となった。

④ 入院患者 A

入院患者 A の線量推計結果を表 8 に示す。900cm² の汚染であった場合の入院患者の実効線量は年間 270nSv となった。

⑤ 入院患者 B

入院患者 B の線量推計結果を表 8 に示す。900cm² の汚染であった場合の入院患者の実効線量は年間 480nSv となった。

⑥ 清掃職員

(1) トイレにおける清掃職員の平均吸収線量：1.34±0.034mGy/year

(2) トイレにおける清掃職員の線源面

の皮膚の平均吸収線量（線源との距離は 15cm）：32±1.3 mGy/year

陽電子断層撮影診療放射性同位元素室内のトイレの「人が触れる」床が 4m² である場合、検査前の排尿時の周囲汚染による平均表面汚染密度は 51Bq/cm²、検査 120 分後に管理区域を退出するとして退出直後に公衆トイレで排尿した場合の周囲汚染による平均表面汚染密度は 19Bq/cm² となった。

2) Tl-201 の汚染による線量

汚染時の汚染密度を 2Bq/cm²、汚染面積を 900cm² とした場合の線量推計

① 受付事務職員の線量

受付事務職員の床を汚染した Tl-201 による線量を表 11 に示す。900cm² の汚染であった場合の職員の実効線量は年間 3pSv となった。

② 病院内の待合室の幼児

病院内の待合室の幼児の床を汚染した Tl-201 による線量を表 12 に示す

900cm² の汚染であった場合の幼児の実効線量は年間 4nSv。服全体が汚染するとほぼ汚染面積に比例して線量が大きくなる。

皮膚の吸収線量は平均値である。ICRU Report 56 (1997) によると汚染面積が 1cm² の汚染だと、深さ 70μm では、208 nGy/h/Bq/c m² となる。

③ 外来患者、家族、介護者

外来患者、家族、介護者の幼児の床を汚染した Tl-201 による線量を表 13 に示す。

900cm² の汚染であった場合の患者等の実効

線量は年間 10nSv となった。

④ 入院患者 A

入院患者 A の床を汚染した Tl-201 による線量を表 14 にしめす。900cm² の汚染であった場合の入院患者の実効線量は年間 64nSv となった。

⑤ 入院患者 B

入院患者 B の床を汚染した Tl-201 による線量を表 15 にしめす。900cm² の汚染であった場合の入院患者の実効線量は年間 0.9nSv となった。

3) 履き替えによる転倒リスク

1/1000 の確率で管理区域の入退出時に転倒すると仮定すると、1000 人患者が管理区域に入退出する場合に想定される転倒患者数はポアソン分布に従うので、転倒者 0 人の確率 0.391、1 人 0.349、2 人 0.181、3 人 0.06、4 人以上 0.02 となり、6 割程度の確率で転倒事故が発生すると考えられる。

転倒リスクは医療機関内のインシデントレポートからデータを得ることも考えられ、より正確なデータがあると事故のインパクトをより適切に見積もることができる。

ヒヤリ・ハット事例（重要事例）情報データベースにおける転倒事故事例にはスリッパ履き替えに起因したものの登録はない。

特定機能病院、国立病院・療養所の医療機関を対象に、インシデント事例（患者に傷害を及ぼすことはなかったが、日常診療の場で“ヒヤリ”としたり“ハッ”としたりした事例）を収集し、集計・分析した結果等を広く医療機関、国民に公表しているこの医療安全対策ネットワーク事業（ヒヤ

リ・ハット事例収集・分析）における平成 14 年全般コード化情報集計結果によると転倒事故は 3739 件おこっている。このうち、件数が多かった場面は移動中の 1107 件（30%）、その他の療養生活に関する場面 1241 件（33%）である。また、移動介助で 219 件（6%）、着替え中には 55 件（2%）であった。

核医学施設入出時や入室後の転倒リスクは、核医学検査を受ける患者の特性に依存する。近年、転倒しやすい患者が核医学検査を受ける機会が増加していると考えられることから、そのリスクは無視できないと推定される。

4) スリッパ履き替えを推奨しない場合の利益

- ・災害時等の怪我防止
- ・緊急時の患者誘導に迅速に対応できる。
- ・履き替えによる転倒を防止できる。
- ・複数人の使用による感染の広がり防止

どこの医療機関でも年間 1 例程度は共用スリッパへの履き替えを拒否されることがあるとされている。

- ・歩行困難患者への対応軽減

転倒防止のため、歩行困難患者は、靴を脱がさずベッドにろ紙を敷いて撮影している医療機関がある。履き替えをやめると手間を減らせる。

- ・靴の間違いの防止

履き替えをやめるとスリッパからの履き間違えを減らせる。大学病院では年間複数人の患者が他人の靴で帰宅する人がいるとされている。

・履き替えをやめると、多数の実習生など学生がきたときにスリッパが足りなくなる問題が回避できる。

・履き替えをやめると、静電気によるスリッパへの細かいゴミの付着が防げるので清潔が保てる。

D. 考察

1) 線量推計結果についての考察

① 受付事務職員の線量

900cm² の汚染であった場合でも、職員の実効線量は年間 0.4μSv に過ぎない。このため、そのリスクは事実上無視しうる。

② 病院内の待合室の幼児

900cm² の汚染であった場合の幼児の実効線量は年間 45μSv であった。ただし、服全体が比較的高度に汚染すると線量限度に近くなることも考えられる。このようなことが繰り返されない限りは、ほぼリスクは無視しうると考えられる。また、この線量は床汚染の程度を小さくするとさらに下げることが出来る。2Bq/cm² の汚染は、検出が極めて容易であることから、履物モニターやエリアモニタの活用により、それ未満の汚染であることが比較的低コストで確認できる。また、トイレでの汚染が病院内の汚染の原因と考えられるため、トイレでの汚染防止やトイレからの汚染防止策を検討することに意義があるかもしれない。

③ 外来患者、家族、介護者

900cm² の汚染であった場合の患者等の実効線量は年間 30nSv に過ぎない。床の汚染から線量はほぼ無視できる。むしろ、RI を投与された患者からの線量の方が大きいいため、検査数が多い施設では、管理区域からの退出の基準や他の検査の制限などの行為基準の設定を検討した方が有益かもしれない。

い。

④ 入院患者 A

900cm² の汚染であった場合の入院患者の実効線量は年間 270nSv に過ぎない。線源との接触は回数が多くても一回当たりの接触時間を制御すると線量を小さくできる。

⑤ 入院患者 B

900cm² の汚染であった場合の入院患者の実効線量は年間 480nSv に過ぎない。院内に滞在している患者では、院内の居住空間に線源が近づくことの影響を受けやすい。

⑥ 清掃職員

A 施設ではトイレの汚染が 20Bq/cm² であり、シミュレーション計算とほぼ同程度であった。

線源との接触時間などをかなり過大に評価してもトイレを汚染した排泄物からの被ばく線量はごくわずかであると考えられる。少なくとも、清掃従事者が若年でない場合には、放射線防護上、清掃従事者のトイレでの被ばくを考慮し管理区域内にトイレを設けなくてはならないとする必然性は乏しい。

ただし、このモデルでは公衆の被ばく線量限度を超えた。看護職員や清掃職員の安全を確実に確保するために、少なくとも検査前に利用する（RI 投与後の初回排尿）トイレは管理区域に設けるなど対策を講じた方がよいかもしれない。

また、尿が周辺に漏れると陽電子によるエネルギー付与が無視できなくなることがある。さらに、検査前の排尿時の周囲汚染による表面汚染密度が限度を超える可能性

があるため、管理区域退出前に利用するトイレを管理区域内に設けることは、法令の遵守という観点からは正当化される。

一方、検査 120 分後に管理区域を退出した場合には、退出直後に公衆トイレで排尿した場合の周囲汚染はかなり過大に評価しても特殊な状況でなければ法令で定める表面汚染密度を超えない。ただし、表面密度限度は再浮遊係数等を見直すとより合理的とできる可能性があるかもしれない。もっとも、この程度の汚染でも何も処置せずに触る気になれる放射線診療従事者は少ないと思われることから、従事者の気持ちに配慮した防護基準の整備も求められるかもしれない。

いずれにしても、医療機関内のトイレでは容易に検出できる放射能汚染が起こりえる。どこまで対策を取るかは、清掃職員の意見も取り入れるべきかもしれない。

2) スリッパ履き替えを廃止した場合の放射線防護のための代替案

①診療用放射性同位元素使用室前に汚染ふき取りマットをおくことにより、汚染数量を低減できる可能性がある。上記の計算において、ふき取りマットをおくことを前提にすれば、その効率を乗じて評価できる。

②患者が管理区域を退出する際に、靴を脱いで汚染がないことを確認する場合（患者に限って）は、履物を変える必要はないこととする。この場合は上記の評価が必要ない。

③最大の汚染源は男子トイレである。管理

区域の内外に関わらず、放射性医薬品の投与後、比較的短時間の患者が利用するトイレは床が汚染する可能性がある。とりわけ、運動エネルギーが比較的大きい（陽）電子を放出する核種は、作業者の皮膚に相対的に大きなエネルギーを与えうる。このため、トイレの床が汚染しないように何らかの工夫をする。あるいは、床の汚染がスリッパを介して広がらないような措置を講じる。さらに、清掃作業者の無用な被ばくを避ける工夫をする。最近では、水分検知シートを活用した放射能汚染検知シートが市販されており¹、それを利用するのも一つの方法である。いずれにしても、十分な教育訓練と確実な日常モニタリングの実施が求められる。

¹ ・可逆性タイプ

(1) 塩化コバルト紙

塩化コバルトの特性を利用したもの。ADVANTEC 社から製品が出ている。

(2) 特殊加工紙

すりガラスを濡らすと透けて見える事を応用したもの。三島製紙株式会社から「急乾帳（水筆用紙、水像紙）」という製品が出ている。

・不可逆性タイプ

(3) 水溶性染料タイプ

単純に水溶性染料を印刷したタイプ。水に濡れると染料が溶けて流れることを利用している。携帯電話などに付いている。

(4) 発色形インジケータタイプ

インキ中に分散していた染料が、水に濡れて溶解することにより発色する。放射線施設向けには長瀬産業株式会社、コニカミノルタ株式会社から商品が販売されている。また、結露インジケータとしては日油技研工業株式会社から発売されている商品もある。これらは、上述の水溶性染料タイプよりも高感度となっている。ただし、水没状態だと、(3) 水溶性染料タイプと同じく染料が流出する。

診療用放射性同位元素使用室の床が汚染していた場合、スリッパ履き替えをしないと、周辺区域にある程度の床汚染が容易に広がると推測される。核医学施設汚染事故としては、以下のものが考えられる。

1. 心筋負荷検査（トレッドミルまたはバイク使用運動負荷時）の静脈を確保したライン外れによる汚染。
2. 心筋負荷検査（臥床状態にてペルサンチン薬剤負荷による）の静脈を確保したライン外れによる汚染。
3. 脳血流検査のダイナミック撮像におけるボーラス注入時の、静脈確保ライン外れまたは、三方活栓操作間違いによる逆流による汚染。
4. 骨シンチ検査における早期血流像撮像時におけるボーラス注入時の、静脈確保ライン外れによる汚染。
5. 各種検査における薬剤投与ライン抜去時、針先（特にエラスター針使用時）よりの RI 飛散による汚染。
6. 薬剤投与ライン抜去後の止血不良による血液漏れによる汚染。
7. 導尿バック使用患者のライン外れによる汚染。

この他には、バイアル等で供給された放射性医薬品のシリンジへの分注時の汚染がありえとの指摘がある。スリッパ履き替えを取りやめた場合には、これらによる放射能汚染の拡大を防止する措置を講じる必要がある。

3) 法令適用面の検討

①医療法

医療法では、診療用放射性同位元素使用室への出入りにおいて、患者が履物を交換

するという規定は設けられていない。医療法第 25 条第 1 項の規定に基づく立入検査要項においても、特段の規定は設けられていない。ただし「医療監視要項」の、放射線管理 6 の中で、6-6 の取扱者の遵守事項 1) 作業衣の着用とあり、

- 1) 取扱者遵守事項が守られている。
- 2) 診療用放射性同位元素使用室又は廃棄施設においては作業衣等を着用して作業している。

と記載されている。この規定において、放射線診療従事者については専用のスリッパを使用するように規定しているとも考えられる。

また、昨年度の報告書に記載したように、東京都のマニュアルでは、「(2) 核医学検査室 1 RI 検査室の出入りで、RI 専用スリッパの履き替え時には付き添う。」という表現がある。この表現は、スリッパ履き替えを汚染拡大防止のため当然必要な行為と捉えたものである。すなわち、医療法施行規則第 30 条の 20 第 1 項第 1 号の作業衣等にはスリッパも含まれると東京都では解釈している。この根拠は、汚染の拡大は履物を介する頻度が最も高いと思われ、同第 3 号に規定する管理区域外への汚染物持ち出し禁止の実効を挙げるためにも履き替えは必要としているものである。しかし、「汚染の拡大は履物を介する頻度が最も高い」ことの根拠や「管理区域外への汚染物持ち出し禁止の実効挙げるためにも履き替えは必要」であることの根拠は何ら示されていない。いずれにしても、スリッパへの履き替えを前提としてその際の転倒などの危険を未然に防ぐための記述となっている。

②労働安全衛生法

電離放射線障害防止規則において、
(飛来防止設備等)

第二十六条 事業者は、放射性物質を取り扱うことにより、放射性物質の飛沫又は粉末が飛来するおそれのあるときは、労働者とその放射性物質との間に、その飛沫又は粉末が労働者の身体又は衣服、履物、作業衣、保護具等身体に装着している物(以下「装具」という。)に付着しないようにするため板、幕等の設備を設けなければならない。ただし、その設備を設けることが作業の性質上著しく困難な場合において、当該作業に従事する労働者に第三十九条第一項に規定する保護具を使用させるときは、この限りでない。

と定められており、核医学施設で働く労働者には履物を与える必要がある。なお、この規定では、必ずしも放射性物質取扱い用の履物を専用にしなくてもよいと読み取れるが、その趣旨から、専用の履物を用いる必要があると規定しているものと考えられる。

③放射線障害防止法

昨年度の報告書にも示したように文部科学省が示している「放射線障害防止法に基づく安全管理ガイドブック」では、検査のポイントとして、障害防止法規則第15条第7号に基づき、「密封されていない放射性同位元素を使用する作業室内での作業は、作業衣等を着用して行われているか。作業室から退出する際、着替えが行われているか。(管理区域からの退出時に着替えを行っている場合の可の場合がある。)」とされ、そ

の検査方法は、「現場への立入等から判断する。」とされている。しかし、履き替えについての記述はない。

E. 結論

これまで核医学施設では患者の履物の交換がなされていた。しかし、その有効性についての科学的な根拠はなく、常識的に習慣的にされていたものと考えられた。

一方、日常の診療において、十分な配慮がなされていれば、診療中に全く気づかないままに核医学施設の床に大きな汚染が起ることは考えがたい。また、日常診療における床のわずかな汚染に由来した他の患者等の被ばく線量は十分に小さい。このため、医療機関が放射線防護上必要な配慮を行えば、転倒の危険性が高い患者において、必ずしも、核医学施設の出入りにおいて、履物を交換する必要はないと考えられる。その場合の放射線防護上の措置としては、汚染事故やその拡大防止策が講じられていることが求められる。

他方、男子トイレでは比較的大きな放射能汚染が発生する可能性がある。このため、汚染防止や汚染拡大策を取るとともに、清掃作業者の無用な被ばくを避ける工夫が求められる。

F. 研究発表

Yamaguchi I, Narita H, and Kobayashi K.
Exposure Doses to Medical Workers
Concerning Positron Emission
Tomography; Proceedings of the 3rd
international EGS workshop. KEK
Proceedings 2005-3; 2005. P. 280-4

G. 知的所有権の取得状況

なし

謝辞

核医学施設内の調査にご協力頂いた各医療機関に感謝申し上げます。

また、床を汚染した放射性同位元素による他の患者等の被ばくシナリオは、横浜労災病院 中央放射線部 渡辺浩 主任放射線技師の助言により作成した。

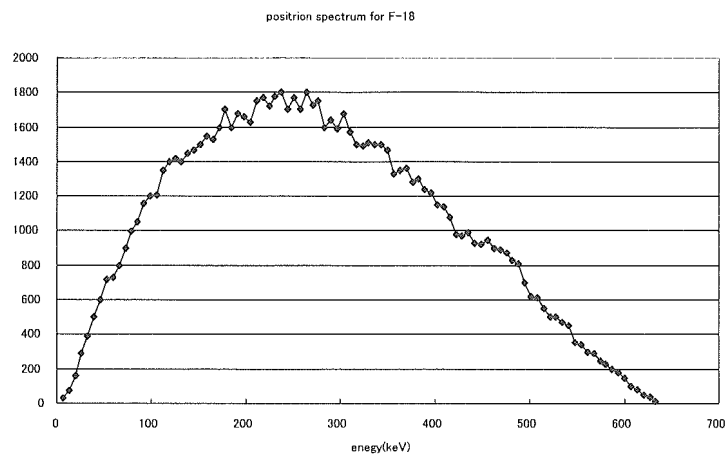


図1 . F-18 から放出される陽電子のエネルギー分布(出典:Sébastien Jan, Johann Collot, Marie-Laure Gallin-Martel, Philippe Martin, Frédéric Mayet, Edwige Tournefier, GePEToS : A Geant4 Monte Carlo simulation package for Positron Emission Tomography)