

既に実施している施設数は（380→522）施設、数ヶ月以内に管理を実施する予定の有る施設数は（77→81）施設、実施していない施設数は（282→202）施設、その他（9→27）施設であった。

平成 13 年度から平成 14 年度の調査時までには、何らかの方法で実施している施設の増加数は 142 施設であり、平成 13 年度における調査結時に、実施を予定していた施設数の 81 施設を上回っている。この結果は感染性固体状廃棄物の管理の必要性への理解度が浸透され、実行されつつある状況を示したものと評価できる。

設立主体別の回答数の推移は、国立病院施設数（364→387）施設、公的病院数（241→286）施設、大学附属病院（77→87）施設、民間病院（364→387）施設である。管理の実施できている状況を設定主体別の回答施設数に対する率で示すと、国立病院（62.1→76.4）%、公的病院（52.3→60/8）%、大学附属病院（53.2→65.5）%、民間病院（47.3→61.0）%であり、管理を実施している施設は、平成 13 年度に比較して 12%増加した結果となっている。

7) 現在実施している管理方法について（図 9）

現在実施している管理方法に対する回答施設数の推移は（463→522）施設であり、管理方法として個別に管理する方法を採用している施設数は（333→347）施設、集中管理を採用している施設数は（76→76）施設、個別管理と集中管理を併用している施設数は（49→70）施設、その他（5→29）施設であった。全体的には、個別管理方式が多く採用されているが、増加率としては集中管理と個別管理の併用方式が増加しつつある状況と云える。

D. 考察

平成 14 年度に実施したアンケートの回答率は 67.8%であり、平成 13 年度に実施した調査の回答率 62.1%から上昇した。この状況は、固体状放射性廃棄物の合理的管理に対する認識度が、本事業等を通して高まった結果とも評価できる。

また、1)～3)に項目における。

- 1) 核医学施設の独立部門としての設定状況について。
- 2) 安全管理組織の設立状況について。
- 3) 放射線管理の実務担当者職種について。

の安全管理組織の在り方において、責任範囲の明確化が回答施設数の増加に関与し、

- 4) 一般病棟患者のオムツの仕分けの実施状況について。

における、実際の管理に結びつく結果となったことは、今後の安全管理の在り方を示唆するものとして注目する必要がある。

しかし、平成 14 年度に調査対象施設とした 1,215 施設中、回答が得られなかった施設は 391 施設であるが、これらの殆どの施設において 固体状排泄性医療放射性廃棄物（オムツ等）管理が実施されているかどうかについて期待を抱くことは、安全管理の観点からすると危険と云わざるを得ない。

E. 結論

複数年における調査の結果、今後は、本事業の継続および関連学会の協力等を得て、都道府県別で較差の大きい固体状排泄性医療放射性廃棄物（オムツ等）管理状況（図 10）を参考にして、啓発事業等を推進する必要がある。

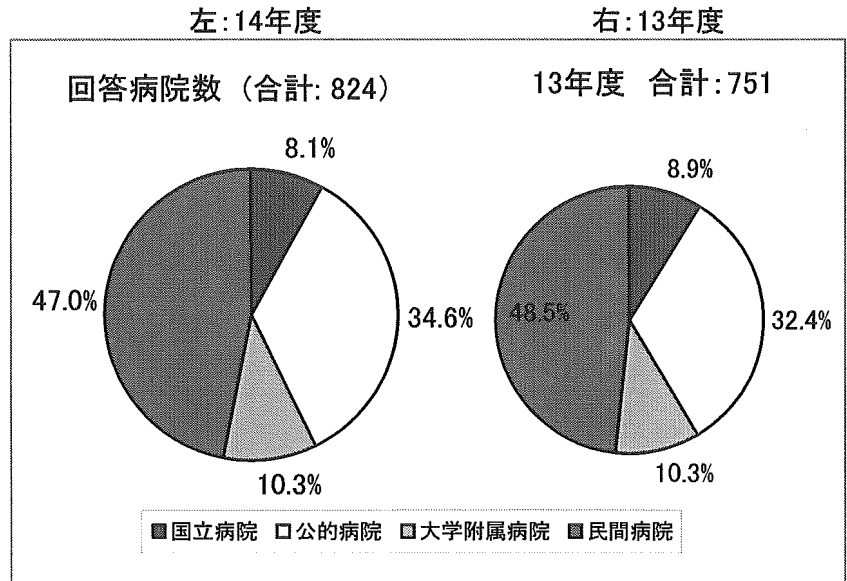
F から H 該当なし

アンケート回答率

発送件数	1215
回答件数	824
回答率	67.8%

設立主体	回答数
国立病院	67
公的病院	285
大学附属病院	85
民間病院	387
合計	824

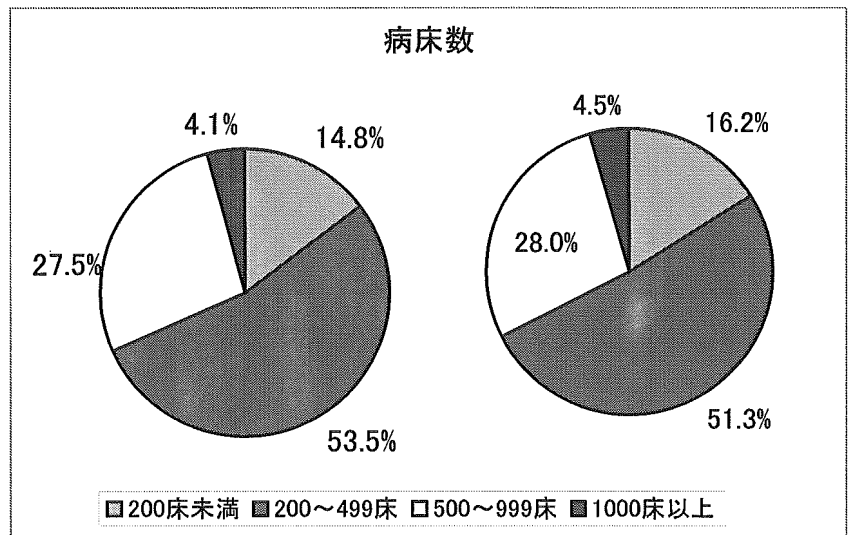
図1



1. 病床数

	病床数(回答数)
200床未満	122
200~499床	441
500~999床	227
1000床以上	34
合計	824

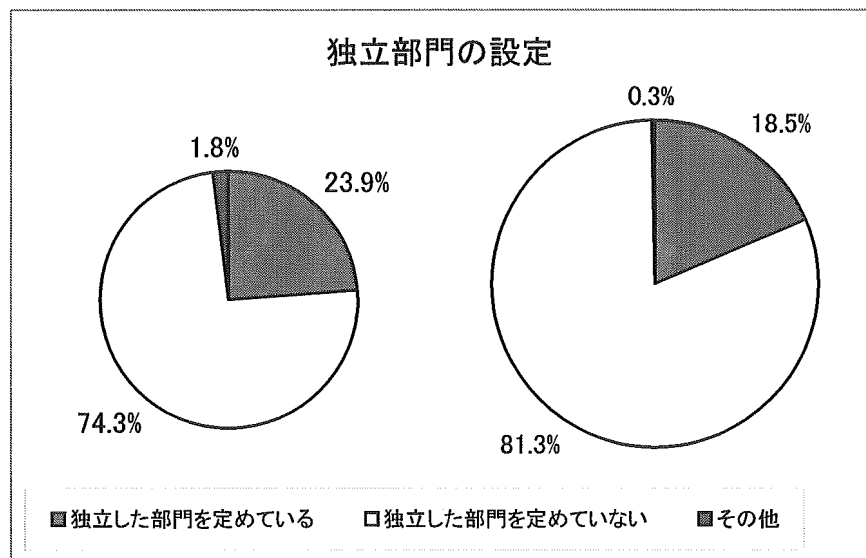
図2



2. 独立部門の設定

	独立部門の設定
独立した部門を定めている	195
独立した部門を定めていない	606
その他	15
合計(回答数)	816

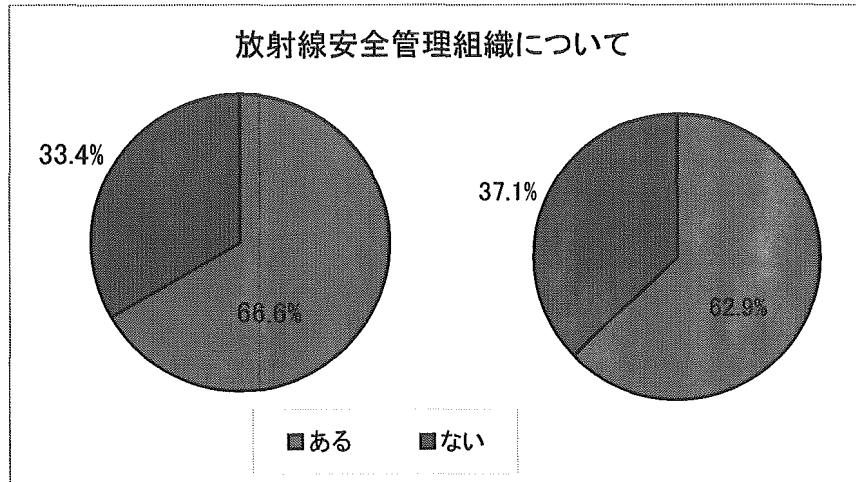
図3



3. 放射線安全管理組織について

放射線安全管理組織について	
ある	539
ない	270
合計(回答数)	809

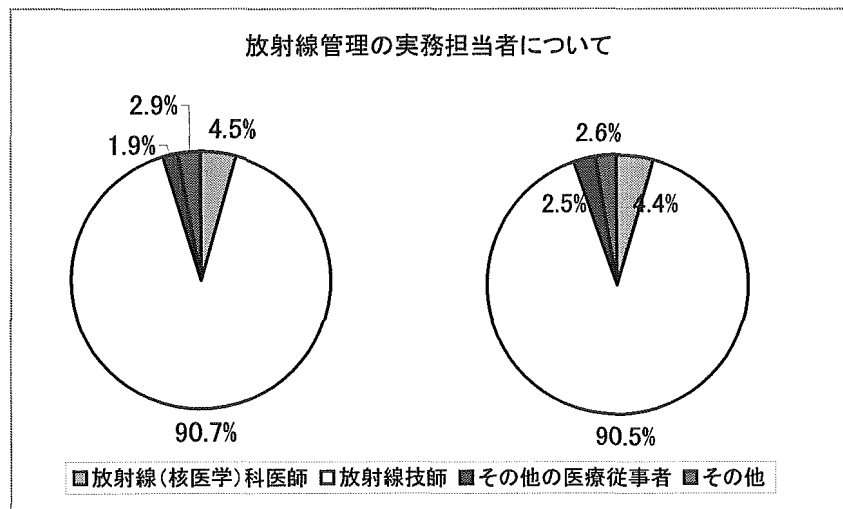
図4



4. 放射線管理の実務担当者について

放射線管理の実務担当者について	
放射線(核医学)	39
放射線技師	791
その他の医療従	17
その他	25
合計	872

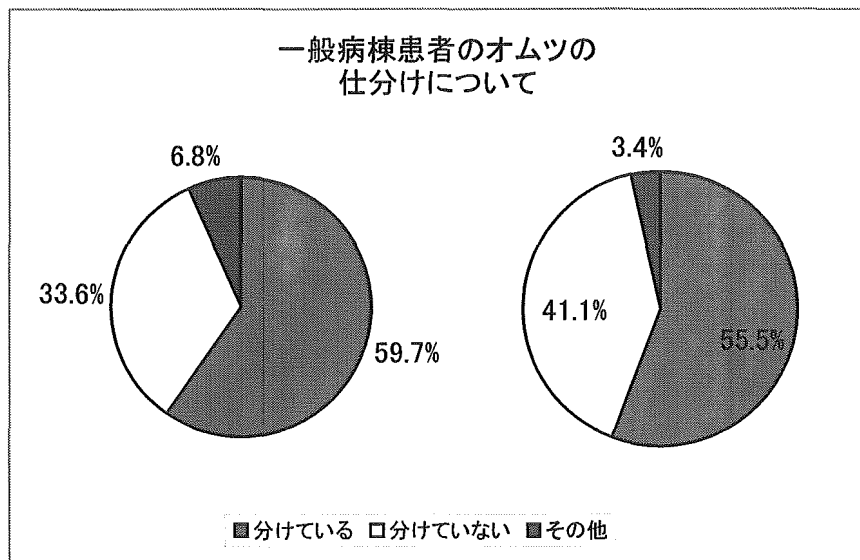
図5



5. 一般病棟患者のオムツの仕分けについて

一般病棟患者のオムツの仕分けについて	
分けている	485
分けていない	273
その他	55
合計	813

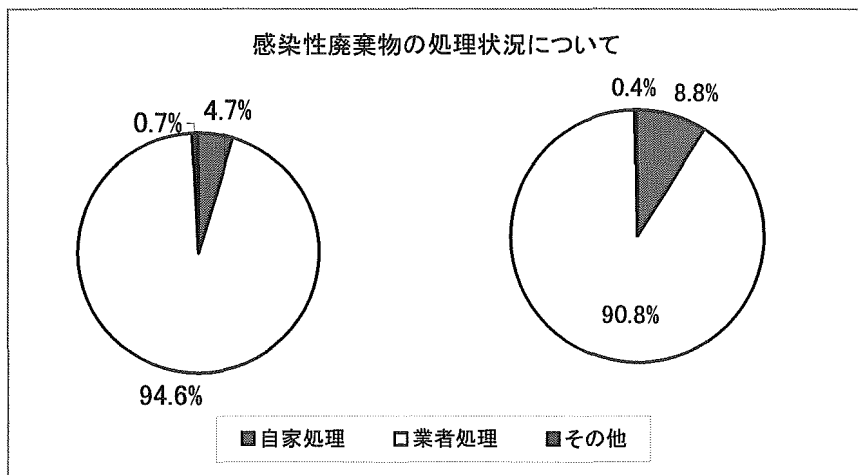
図6



6. 感染性廃棄物の処理状況について

	処理状況について
自家処理	39
業者処理	782
その他	6
合計 (複数回答あり)	827

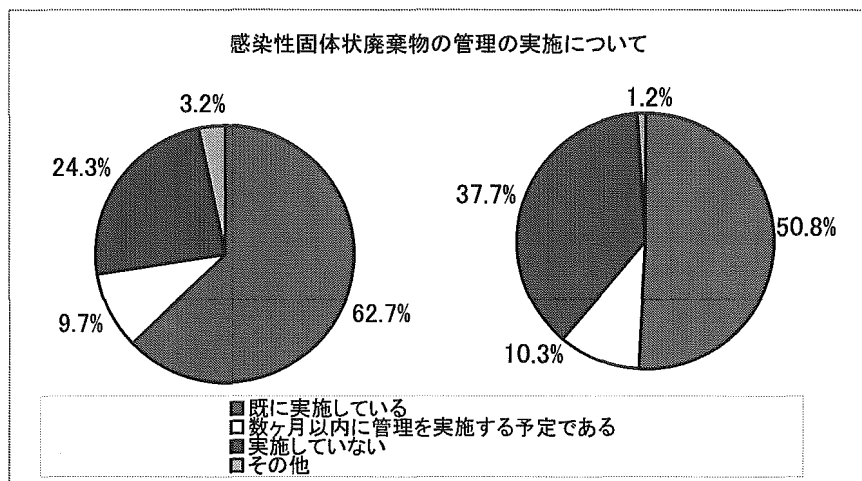
図7



7. 感染性固体状廃棄物の管理の実施について

	感染性固体状廃棄物の管理の実施について
既に実施している	522
数ヶ月以内に管理を実施する予定である	81
実施していない	202
その他	27
合計	832

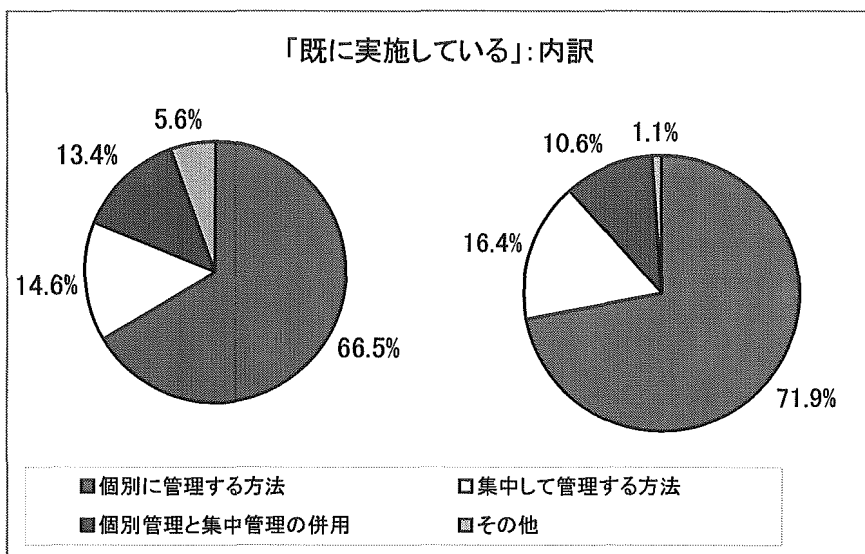
図8



「既に実施している」: 内訳

	感染性固体状廃棄物の管理の実施について
個別に管理する方法	347
集中して管理する方法	76
個別管理と集中管理の併用	70
その他	29
合計	522

図9



都道府県別 管理を実施/予定している施設の%

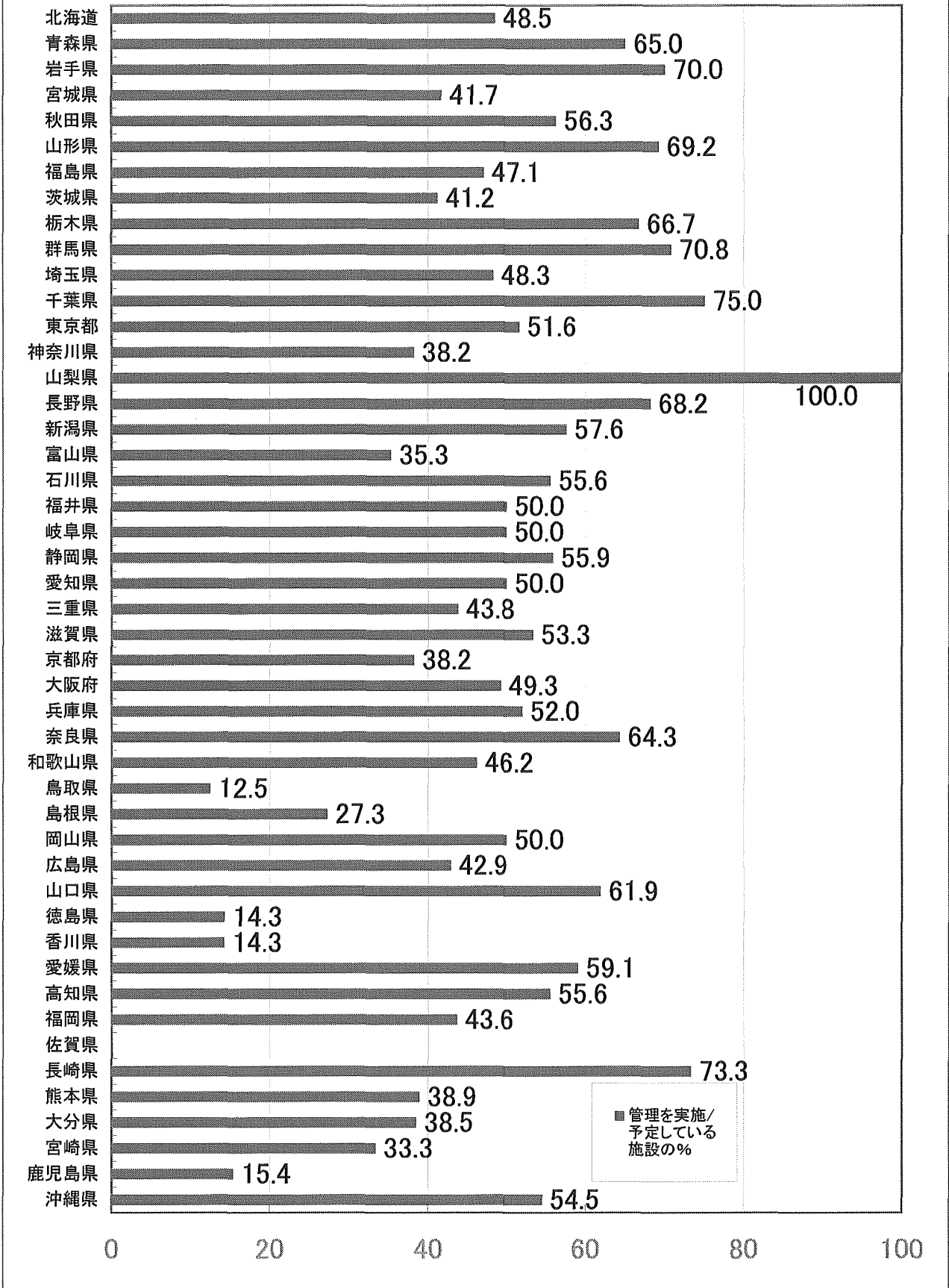


図10

平成 15 年度厚生労働科学研究費補助金（医薬安全総合研究事業）分担研究報告書

「医療行為に伴い排出される放射性廃棄物の適正管理に関する研究」

WG1-2 医療行為に伴い排出される液体状放射性廃棄物の合理的管理

分担研究者：井上登美夫 横浜市立大学医学部放射線医学教室 教授

研究要旨 医療現場における放射性同位元素の排水管理状況を明らかにし、より合理的な放射線管理への提言の基礎資料とすることを目的として平成 14 年度厚生労働省厚生科学特別研究事業「医療行為に伴い排出される放射性廃棄物の適正管理に関する研究班」ワーキンググループ 1-2 として全国の核医学診療施設を対象にアンケート調査を実施した。対象は 1,215 施設、回答数（率）642 施設（52.8%）を得た。また、米国の液体状放射性同位元素の下水への放出規定をモデルとし、放射性同位元素の使用量と事業所の 1 ヶ月排水量から排水中放射性同位元素濃度比を算出したところ、専用治療病室を有さない 499 施設のうち 473 施設においては、1 未満であった。さらに 1 ヶ月事業所排水量が 25,000m³ 以上の施設に限定すれば濃度限度比の和は全ての施設で 1 未満であり、これらの条件下では既に安全な管理が可能となっていると考えられた。つまり、管理区域系の排水系が事業所の排水と合流してから敷地外へ排出される形態をとる場合は、米国方式の濃度規制も適用可能であると考え、現行法令とは異なった視点からの合理的管理について検討するため、アンケート調査に協力いただいた施設数十施設を中心に貯留槽に流入する排水の放射能濃度の測定を依頼し、1 施設を除き全ての施設で現行法令規定以下であった。「導入槽の用量が希釈や減衰が可能なもの」あるいは「院外放流前に管理区域外系の排水と合流する形態をとる場合」十分に希釈、減衰され濃度限度以下として施設外へ排水できるものと考えられた。また、貯留槽、希釈槽の設置及びそのメンテナンス費用を削減できるとすると大規模施設で約 2,000 万円あまり節約できると概算され、排水設備の専有面積の縮小といったメリットがあると考えられた。

実際に、1 施設において事業所境界部における排水中放射性同位元素濃度を連続モニタリング及びサンプリング測定し、瞬間的に濃度限度を超える数値となるもの、ほとんどの時間帯に異常はなく現行法令上も問題はなかった。

管理区域外系の排水と他の排水が合流後に事業所外へ放流する形態は、米国の核医学施設で導入されている排水形態であり、管理区域内ばかりでなく、患者から排泄された放射性同位元素を含めた濃度規制となっている。これは、事業所全体の排水量にて放射性同位元素の希釈がなされると考えられるので、貯留槽や希釈槽の設置はなくとも安全な管理が可能である。そして、使用できる放射性同位元素量は事業所排水量から算定することとなるため、今後、我国でも新設又は改修の核医学施設では合理的な管理となり得ると考えられた。

研究協力者：成田 浩人 東京慈恵会医科大学附属病院放射線部
雫石 一也 横浜市立大学医学部放射線医学教室

小林 一三	国立国際医療センター放射線診療部 (前：国立埼玉病院放射線科)
山本 哲夫	柏戸記念財団
金谷 信一	東京女子医科大学放射線科
塚田 勝	国立がんセンター放射線診断部
渡辺 浩	横浜労災病院中央放射線部
岩永 哲雄	社団法人日本アイソトープ協会
池淵 秀治	社団法人日本アイソトープ協会
草間 経二	社団法人日本アイソトープ協会
田中 守	アロカ株式会社
並木 宣雄	日本メジフィジックス株式会社
藤村 洋子	日本メジフィジックス株式会社
堀越 亜希子	日本メジフィジックス株式会社

A. 研究目的

現代の先進医療において核医学診断は CT や MRI などの形態画像診断機器では推し量ることのできない情報を提供する有用な検査である。核医学の有用性が確立している反面、非密封放射性同位元素を使用するという性質上、その使用と管理には法的に厳しい規制が加えられている。今回平成 14 年度厚生労働厚生科学特別研究事業「医療行為に伴い排出される放射性廃棄物の適正管理に関する研究班」ワーキンググループ 1-2 は、さらなる排水に関する合理的な放射線管理の提言への基礎資料の作成となることを目的として全国の核医学診療施設に再度アンケート調査を実施し現状の把握を試みた。また、米国の液体状放射性同位元素の下水への放出規定をモデルとしたシミュレーションを行った。これは通常使用する放射性同位元素が全て排水中に流入したとする最大限危険度の高い場合を仮定したものであり、事業所(病院)全体の排水量にて 1 ヶ月間の平均排水中放射性同位元素濃度を算出し、使用核種ごとの濃度限度比の和を求めた。

また、実測によりそのシミュレーションの合理性を裏付ける資料を作成することを目的とした。

B. 研究方法

1. 排水に関するアンケート調査(WG1-2 資料1)

調査は調査票を核医学診療施設に送付して回答を求めるアンケート方式にて実施した。対象は放射性医薬品を使用した実績のある 1,215 施設とし調査票を送付し、アンケート回答についてはワーキンググループにて記入事項の不備等を審査し採用施設を決定した。また、各施設の放射性同位元素別の届出量と実際の使用量、事業所全体の 1 ヶ月排水量から各々の排水中放射性同位元素濃度を求め濃度限度比の和を算出した。特に一ヶ月間で使用する放射性同位元素が仮に全て排水系に流入した場合のシミュレーションに注目した。

2. 貯留槽における排水中放射性同位元素濃度の測定 (WG1-2 資料 2)

2-1 予備測定

I-131 入院治療を行っている数施設において測定を行う。入院を行っていない横浜市立大学医学部附属病院にて導入槽、貯留槽にてモニタリング測定を行い適切な測定方法につき検討し、実測調査依頼の方法論をまとめる。

2-2 全国核医学施設における貯留槽排水中放射性同位元素濃度測定

I-131 入院治療を行っていない核医学診療施設に限定し、排水形態の分かっている 55 施設を対象とし、排水モニタにて測定を依頼する。

3. 施設境界部における排水中放射性同位元素濃度の定性的測定 (WG1-2 資料 3,4)

3-1 連続モニタリング

施設境界部 3 箇所 (A、B、C) のマンホール内排水路を測定対象とし、15 分間隔で 1 週間の計数率を自動的に測定器内に取り込み、データを取得する。測定器から得られた有意な計数率の平均を求め、測定器に放射線の計数を与える被測定水の範囲 (水量と形状)、計算手順を単純なモデルで近似して計数率を濃度に換算する換算係数を算出する。

3-2 サンプル測定

測定はマンホール内 B 点で行い、サンプリングは 10:45 から 15:00 の間、15 分毎にマンホール内の排水溝を流れる排水をバケツにて汲み上げ検体として 1.5ml 採取する。合計 18 検体を採取後同日シンチレーションカウンタにて濃度を測定する。

C. 研究結果

1. 排水アンケート結果 (WG1-1 資料 1)

今回調査対象とした 1215 施設に調査票を送付し 642 施設 (52.8%) から回答を得た。排水中放射性同位元素濃度の計算にあたっては各施設での放射性同位元素の取り扱い状況が異なることを予想し 3 種類の施設群に分類した。1) 核医学の診断検査のみを行っている施設、2) 核医学の診断検査と ^{131}I による外来治療 (500MBq 以内) を行っている施設、3) 核医学の診断検査と放射線治療病室での ^{131}I 治療を行っている施設の 3 群である。この設問に対し 638 施設より有効回答 (有効回答率 99.4%) が得られ、核医学の診断検査のみを行っている施設は 536 施設 (83.5%)、 ^{131}I による外来治療 (500MBq 以内) を行っている施設は 53 施設 (8.3%)、放射線治療病室で治療を行っている施設は 49 施設 (7.6%)、その他 4 施設 (0.6%) であった。

排水設備について、導入槽を有する施設においては 1 槽の場合が 93.9% とほとんどであり、特に小容量 (5m³ 未満) のものが 69.8% と多いことがわかった。また、導入槽を持たない施設も 201 施設 (36.9%) あることがわかった。貯留槽は 2 槽または 3 槽を設置している施設が多く各々 62.9%、24.1% であった。貯留槽の総容量は施設間で様々であったが、10 m³ 以上 50m³ 未満までのものが多く 64.9% を占めた。希釈槽は 1 槽のみの設置である施設が 98.0% を占め、容量も 10 m³ 未満が 47.5% と最も多かった。排水設備の形態では本アンケートであらかじめ選択枝として用意した 4 つのパターン

分類(A:一般水・汚水ともに-導入槽-貯留槽-希釈槽-排水口, B:一般水-導入槽, 汚水-浄化槽 各々から貯留槽-希釈槽-排水口, C:一般水・汚水ともに貯留槽-希釈槽-排水口, D:一般水のみ 導入槽-貯留槽-希釈槽-排水口)にその他を加え質問した. この設問の有効回答数(率)は 626 施設(97.5%)であり, A:76 施設(12.1%), B:195 施設(31.2%), C:80 施設(12.8%), D:29 施設(4.6%), その他 246 施設(39.3%)であった.

診療用放射性同位元素使用施設の排水量については、医療法届出計算上の一日の排水量と実際の一年間の排水回数について質問した. 有効回答数(率)は一日排水量についてが 533 施設(83.0%), 一年間の排水回数についてが 586 施設(91.3%)であった. 一日の排水量は 0.2 m³ 未満 129 施設(24.2%), 0.2 m³ 122 施設(22.9%), 0.2 m³ より多く 0.5 m³ 以下 176 施設(33.0%), 0.5 m³ より多く 1 m³ 以下 58 施設(10.9%), 1 m³ 以上 48 施設(9.0%)であった. 一年間の排水回数は 1 回以下 143 施設(24.4%), 2~6 回 309 施設(52.7%), 7~12 回 81 施設(13.8%), 13 回以上 53 施設(9.1%)であった.

排水中濃度実測方法は、有効回答数(率)は 617 施設(96.1%)であった. 貯留槽における排水モニタによる測定が可能な施設は 409 施設(66.3%), 排水時サンプリングによる測定が可能な施設は 192 施設(31.1%), その他 16 施設(2.6%)であった.

事業所全体の排水量については、事業所全体の 1 ヶ月平均の排水量につき質問し、上水道使用量を参考値とし有効回答施設数(率)569 施設(88.6%)を得た(なお、未記入及び 100m³ 未満の施設は除外した.). このうち上水道使用量のみから算出した施設は 411 施設(72.2%)で平均排水量は 20,870m³. 地下水, 雨水等のみからの算出した施設は 16 施設(2.8%)で平均排水量は 24,314m³. 上水道と地下水, 雨水の併用施設は 142 施設(25.0%)で平均排水量は 20,168m³ であった. また、病院規模(病床数)と排水量の関係について 1 病床平均排水量が 1 m³ 未満もしくは 1,000 m³ 以上の施設を除外した. この結果 554 施設が対象となり、施設規模が大きくなればなるほど排水量は多く、1 病床平均排水量は 31.5~38.3m³(平均 35.0m³)となり概ね同じ値であることが示唆された.

排水中放射性同位元素濃度限度比の和に関する解析については、排水濃度を計算により求めるためアンケートの設問 7, 8 にて診療用放射性同位元素届出数量, 使用量, 事業所全体の一ヶ月排水量の調査を行い、放射線治療病室を有さない 568 施設を対象とし、このうち 1 ヶ月事業所排水量が 1,000m³ 未満の施設は除外し、499 施設の解析を行った. 各事業所全体の 1 ヶ月の排水量区別にみると、届出量にて算出された濃度限度比の和は全ての排水量区分にて 1 を超える施設を認めた. 事業所全体の排水量が 25,000m³ 以上の 44 施設では実際の使用量にて算出された濃度限度比の和は 1 未満となった. また、排水量が 25,000m³ 未満に区分される施設では届出量により算出された濃度限度比の和が 1 以上を示す場合が 268 施設で認められたが、実際の使用量で算出した場合は 26 施設を除く 473 施設で濃度限度比の和は 1 未満を示した.

2. 貯留槽における排水中放射性同位元素濃度の測定(WG1-2 資料 2)

2-1 予備測定

I-131 入院治療を行っている 2 施設とも高値が検出された. 横浜市立大学における連続測定で毎

日半減期約 2 時間のピークが検出された。月曜日 17 時過ぎに半減期約 7 時間のピークを認めた。24 時間以内に必ずバックグラウンドレベルまで下がっていることが確認された。

2-2 全国核医学施設における貯留槽排水中放射性同位元素濃度測定

実測を依頼した全国核医学施設 55 施設のうち有効回答 30 施設(回答率 54.5%)であった。測定データ、バックグラウンド値、正味計数値より核種ごと(Tc-99m、Tl-201、Ga-67)に換算し濃度を算出した。その結果、Tc-99m と Ga-67 にて換算した場合は、30 施設全てで能後限度以下を示した。Tl-201 に換算した場合、2 施設(6.7%)で濃度限度を超える計算結果となった。

3. 施設境界部における排水中放射性同位元素濃度の定性的測定(WG1-2 資料 3,4)

3-1 連続モニタリング

核医学検査が行われていない土日祝日の計数率は、低く推移しており、平日のみの場合濃度は高値を示した。

3-2 サンプルング測定

サンプルングした 18 検体中有意な高値を示したものは 3 検体あり、12 時 45 分、13 時 45 分、14 時 30 分に採取したものであった。

D. 考察

放射性同位元素を用いる核医学診療は現在の医療において欠くことのできない検査法、治療法として日常診療に用いられている一方で、非密封放射性同位元素を使用するため法的に様々な規制が加えられ安全管理の徹底が義務づけられている。現状における我が国の排水規制は濃度規制が適用されており、これは各核種に対し医療法施行規則別表第 3、第 3 欄で規定された排水濃度限度が定められ、排水中の放射性同位元素は各核種の値を各核種の濃度限度で除した値の和が 1 以下になるように定められている(資料 2.)。今回「医療行為に伴い排出される放射性廃棄物の適正管理に関する研究」班では、より合理的な放射線管理の実現を可能とするため、全国の核医学診療施設を対象にアンケート調査を行い、放射性同位元素の使用実態とその排水中濃度を解析し、また排水中の放射性同位元素濃度を実測した。

排水アンケートの対象は放射性医薬品を使用した実績のある 1,215 施設とし、642 施設(52.8%)からの回答を得た。回答率は 1999 年に行われた日本核医学会 RI 内用療法ガイドライン作成ワーキンググループのアンケート調査時と同等であり十分な解析対象となりえるデータと考えられた。国立病院、公的病院、大学附属病院、民間病院に分類した設立母体別に集計したアンケート発送数と回答数の割合は各々ほぼ同等であり、偏りのない回答が得られた。また設立母体別の規模としては大学附属病院が 500 床以上を主体とするのに対し、その他の病院では概ね 200~999 床を主体とし幅広く分布していた。放射線治療病室を有する病院は 642 施設中 49 施設(7.6%)と少数であり、そのうちの 30 施設(61.2%)が大学附属病院であった。このことから放射線治療病室を有する施設は、大規模病院であることが多く、事業所全体の排水量も多いことが予想された。

各施設の排水設備は様々な形態や容量のものが認められたが、大学病院などでは大容量の排

水設備が所持することが多く、民間病院では小規模なものから大規模なものまで様々であった。

今回の回答施設では現行法令すなわち厚生労働省医薬局長通知（平成 13 年 3 月 12 日、医薬発第 188 号）による貯留槽容量と1日の最大使用量から算出された放射性同位元素濃度比の和が 1 以上となる施設が数件認められた。それらの施設には届出量等の見直しの助言を行った。その他の全ての施設では法令規制であった。また、設問 8 における事業所排水量の回答については信憑性の乏しい数値は除外した。除外基準についてであるが、一人あたりの一日に使用する生活用水を 332 リットル/人・日（国土交通省土地・水資源局「平成 14 年版 日本の水資源について」より）、一病院最低 20 床有すると仮定し、一ヶ月 30 日として一ヶ月平均の生活用水を $332 \times 20 \times 30 = 199200$ リットルと算出した。さらに日常では風呂、トイレ、炊事、洗濯にそれぞれ 20～26% 使用しているものとし、また、医師・看護師等の医療スタッフ、外来患者などの使用も含め、上記の 50% と仮定したところ 1 ヶ月 99.6m^3 と算出された。これに基づき 100m^3 未満と回答した施設は除外の対象とした。

今回は加えて、現行法令とは別の視点から濃度規制が可能となるか否かについて検討してみた。米国における液体状放射性同位元素の下水への放出規定は「認可を受けた放射性物質の量は、被認可者が 1 ヶ月間に下水に放出する量を下水に放出する水の平均月間量で割った濃度が附属書に表示された値を超えないものであること。及び 1 種類以上の放射性核種を放出する場合は、(i) 被認可者が下水処理系に放出する各放射性核種の実際の月間平均濃度を附属書に示される核種の濃度で割ることにより、被認可者は下水処理系への放出毎に附属書に示される限度の割合を決定しなければならない。(ii) 個々の核種に対する分数の合計が 1 を超えない」とされている。すなわち、1 ヶ月間の事業所全体の排水量によりその施設が使用できる放射性同位元素の使用量が規定されている。今回のアンケート調査結果よりわが国でも事業所全体の 1 ヶ月排水量が上水道使用のみの施設で平均 $20,870\text{m}^3$ 、地下水・雨水のみ使用の施設でも平均 $24,314\text{m}^3$ と多量であることに着目し、放射線治療病室を有さない施設に限定し 1 ヶ月分の放射性同位元素届出量、使用量、事業所 1 ヶ月排水量から米国の排水管理規定をモデルとした場合につき検討した。

その結果、専用治療病室を有さない核医学診療施設を対象とした場合、放射性同位元素の使用量と事業所からの排水量から算出された排水濃度限度比の和は、解析対象となった 499 施設のうち 473 施設で 1 未満であった。特に 1 ヶ月事業所排水量が $25,000\text{m}^3$ 以上の施設では実際の使用量で算出した濃度限度比の和は全ての施設で 1 未満となり現行法令による規制と同じ結果が得られた。以上の結果より事業所排水量と実際の放射性同位元素使用量にて規制する濃度管理形態が現行の濃度規制と同等の役割を担うものと考えられた。但し米国では管理区域系排水が必ず管理区域外系の排水と合流してから敷地外へ排出される形態をとることが前提となっている。我が国においても、このような排水形態であるならば、今回提案する濃度管理法が現実的なものとなりうると思われる。

また、1 ヶ月間の事業所排水量が $25,000\text{m}^3$ 未満の場合でも届出量で算出された濃度限度比が 1 以上となる施設は各排水量区分別にみると 23.8%～72.3% と高率であるが、使用量で算出された濃度限度比の和が 1 を超える施設は 1.1%～14.2% と低率であることがわかる。このように届出量と使用

量で算出される濃度限度比の和に著明な乖離が確認された。この理由として届出された核種のうちいくつかの核種が未使用のままか、使用してもごく僅かであったことがあげられ特に ^{131}I がその原因であった。つまり、わが国では届出量よりも使用量を用いて算出された濃度限度比の方がより現実に即した数値を示した。

貯留槽において排水中放射性同位元素濃度測定で、濃度限度比の和が1を超えた2施設における追跡調査で、1施設は混入核種のほとんどが Tc-99m であることから実際は濃度限度比 1 未満であった。もう 1 施設は使用実態並びに測定値の推移から 3 核種の濃度を具体的に推算したところ、濃度比のわが 1.2 となった。但し翌日のカウント数は著減を示し、全く問題にならない程度までに減衰していた。このように瞬間的に高値を示すことはあっても、貯留槽内に数日間貯留する現状を考慮すると十分な減衰、希釈がなされることになる。現行法令内で規制緩和が可能となり得る条件及び排水形態とは、「I-131 入院治療を実施していない核医学施設である」と限定した上で、以下の条件のもとに可能であると考えられる。「導入槽が設置されている場合、貯留槽以下の槽の設置の意義は極めて乏しい」。但し 1 施設ではあるが、瞬間的に高濃度が検知されたことから、「導入槽の用量が希釈や減衰が可能なものである」場合、又は「院外放流前に管理区域外系の排水と合流する形態をとる場合」。前者の十分な導入槽の用量については、前年度のアンケート結果より 1 日に管理区域から出る排水量は、 0.5m^3 以下の施設が 8 割を占めている。すなわち多くの施設では 3.5m^3 程度の導入槽があればよいとの計算となる。今回のアンケート調査にて貯留槽は 2 槽又は 3 槽を設置している施設が多いことから推察するに、設置に係るコスト削減、メンテナンス費用の削減、専有面積の縮小といったメリットがあると考えられる。例えば、横浜市立大学医学部附属病院の管理区域系の排水形態は、導入槽 1 槽、貯留槽 4 槽、希釈槽 1 槽であり、大規模排水施設に係る初期設置費用は 7,500 万円となる。年 1 回の点検費は、100 万円である。このうち上記のごとく貯留槽、希釈槽の設置が省略できれば、約 2,345 万円のコストダウンとなる。実際 2 年前貯留槽に腐食が発見され 4 槽全て新規の物と取り替えたが、その費用は焼く 2,000 万円であった。もう 1 つ奨励される排水形態として管理区域外計の排水とその他の排水が合流後に事業所外へ放流する形態があげられる。

事業所境界部における測定で、連続測定において特に B 地点では、平日に高い計数率が継続し、A 地点、C 地点と比較するとそれぞれ約 5 倍、10 倍高かった。これは、B 地点の排水系が病棟及び外来のトイレの排水系統が主流であることが原因と考えられ、放射性フォウイ元素を投与された患者からの排泄物中の放射能が検出されたものと推察される。排水中の放射能濃度を算出した手順には多くの仮定や近似が設定されており、ある程度の誤差が生じるのは否めない。Tl-201 は、換算計数が大きく平均濃度も高値となり、B 地点で瞬間的に濃度限度を超える値となった。サンプリング測定に対し、18 件対中 15 検体については検出限界以下を示し、15 分間隔の検体採取とはいえほとんどの時間帯については、放射能が検出されないことが証明された。モニタリング測定では有意な放射能検知ピークは 1 日 2~3 回であったが、今回もその結果と合致していた。敷地境界部で放射能が検知されたことは驚くことではない。診断もしくは治療のために非密封の放射性同位元素を投与された患者が管理区域外のトイレにて排泄する場合、排水中に放射能が混入することは予想さ

れたことである。但し、我国の液体状放射性廃棄物の規制では、患者に投与された分の放射性同位元素について言及はない。しかし、実際には今回の調査のように管理区域外系排水へ混入が確認され、より合理的な濃度規制を考える場合、管理区域だけでなく、管理区域外を含めた病院全体の濃度規制が必要であろうと考えられる。これは、米国の核医学施設で導入されている排水形態である。管理区域内ばかりでなく、管理区域外にても患者から排泄された放射性同位元素を含めた濃度規制となっている。これらの施設では、事業所全体の排水量にて放射性同位元素の希釈がなされると考えられるので、安全な管理が可能となる。そして、使用できる放射性同位元素の量は、事業所排水から算出されるため、合理的な考え方といえる。

E. 結論

今回、新たな濃度規制のモデルとして米国方式にてシミュレーションを行った。その結果、放射線治療病室を有さない施設に限定した場合、一定以上の事業所排水量が得られる施設では放射性同位元素使用量で算出される濃度限度比の和は 1 未満となることが計算上明らかとなった。このシミュレーションでは使用した全ての放射性同位元素が排水系へ流入するという最悪の事態を想定した算出法であり、それでも十分な希釈が得られることが結果となったことの意義は大きい。現行法令にて仮定されている排水系への放射性同位元素の混入率は 1% であるから通常の診療では十分な安全域が確保されたものであるといえる。また、実際に放射性同位元素を投与された患者はトイレなど管理区域外にて体外へ放射性同位元素を排出する可能性が以前より懸念されており、これを考慮した場合、今回のような管理区域外の排水を含めた濃度規制がより適切と考えられる。そして、事業所排水量から使用する放射性同位元素量を規制する新しい濃度管理が適用されるならば、現在多くの施設で設置されている貯留槽、希釈槽の設置の義務はなくなることとなる。これは今後の核医学診療施設が新設される場合や既存の施設が排水設備のメンテナンスを行う場合にコスト的な恩恵を受けることが予想される。また、現行法令下では排水監視設備を設置し、排水中の放射能濃度を監視することが求められている。当然、濃度の監視が可能である設計であることは必要なことと思われるが、今回提案した濃度規制を適用する場合にはこれまで義務づけられてきた厳重な濃度監視設備の設置については検討の余地があるものと思われる。

謝辞: アンケート調査にご回答をいただきました全国の核医学診療施設および検査センターの諸氏に深謝致します。

【参考文献】

- 1) 核医学診療施設における放射線管理状況のアンケート調査-特に排水設備への放射性同位元素混入率について- 日本核医学会 RI 内用療法ガイドライン作成ワーキンググループ 遠藤啓吾、小泉満、木下富士美、中沢圭治; 核医学 36:1023-1031, 1999

F. 健康危惧情報

なし

G. 研究発表

1. 論文投稿

核医学診療施設における液体状放射性廃棄物管理状況のアンケート調査-平成15年厚生労働科学研究費補助金（医薬安全総合研究事業）「医療行為に伴い排出される放射性廃棄物の適正管理に関する研究」 雫石一也、他；核医学 41：2004（投稿中）

H. 知的財産件の出願、登録状況（予定を含む）

なし

「医療行為に伴い排出される放射性廃棄物の適正管理に関する研究」

WG1-2 医療行為に伴い排出される液体状放射性廃棄物の合理的管理

①全国核医学診療施設放射性同位元素廃棄に関する排水に関するアンケート調査

研究要旨 医療現場における放射性同位元素の排水管理状況を明らかにし、より合理的な放射線管理への提言の基礎資料とすることを目的として平成 14 年度厚生労働省厚生科学特別研究事業「医療行為に伴い排出される放射性廃棄物の適正管理に関する研究班」ワーキンググループ 1-2 として全国の核医学診療施設を対象にアンケート調査を実施した。対象は 1215 施設、回答数(率)642 施設(52.8%)を得た。その結果、ほとんどの施設で現行法令に基づいた排水中放射性同位元素の濃度限度比は1未満を示し法令の規定内であった。また、米国の液体状放射性同位元素の下水への放出規定をモデルとし、放射性同位元素の使用量と事業所の1ヶ月排水量から排水中放射性同位元素濃度比を算出したところ、専用治療病室を有さない499施設のうち473施設においては、1未満であった。さらに1ヶ月事業所排水量が 25,000m³以上の施設に限定すれば濃度限度比の和は全ての施設で1未満であった。

A. 研究目的

現代の先進医療において核医学診断は CT や MRI などの形態画像診断機器では推し量ることのできない情報を提供する有用な検査である。近年では我が国でも Positron Emission Tomography (PET) が保険適応となったことで、よりその実用性と有用性が認知された。また、核医学は癌診療における診断確定や病期の決定だけでなく放射線治療にも利用されており現代医療では欠くことのできないものとなっている。治療の有用性が確立している反面、非密封放射性同位元素を使用するという性質上、その使用と管理には法的に厳しい規制が加えられている。その中でも核医学診療施設からの排水における放射性同位元素濃度限度については、医療法施行規則別表第 3、第 3 欄に濃度限度が示されている。核医学診療施設で用いる放射性同位元素が排水中にどの程度流入するかを調査した報告は 1999 年に日本核医学会 RI 内用療法ガイドライン作成ワーキンググループによるものがある。これによればインビボ検査施設に関しては排水への混入率は現行適用されている 1%よりも 0.1%とした方が実態をより正確に反映したものであると報告された¹⁾。

今回平成 14 年度厚生労働省厚生科学特別研究事業「医療行為に伴い排出される放射性廃棄物の適正管理に関する研究班」ワーキンググループ 1-2 は、さらなる排水に関する合理的な放射線管理の提言への基礎資料の作成となることを目的として全国の核医学診療施設に再度アンケート調査を実施し現状の把握を試みた。また、米国の液体状放射性同位元素の下水への放出規定²⁾をモデルとしたシミュレーションをおこなった。これは通常使用する放射性同位元素が全て排水中に流入したとする最大限危険度の高い場合を仮定したものであり、事業所(病院)全体の排水量にて1ヶ月間の平均排水中放射性同位元素濃度を算出し、使用核種ごとの濃度限度比の和を求めた。放射性同位元素については現行法令通りの1日の最大使用量(届出量)と実際の使用量の 2 パタ

ーンにつき各々算出し解析を行う。

B. 研究方法

調査は調査票を核医学診療施設に送付して回答を求めるアンケート方式にて実施した(資料 1)。対象は放射性医薬品を使用した実績のある1,215施設とし調査票を送付し、平成14年2月末日をもって調査票の回収を締め切りとした。調査項目は1)施設の規模 2)診療用放射性同位元素による放射線治療の実施の有無 3)貯留槽の形態 4)導入槽、浄化槽、貯留槽、希釈槽の容量と数量 5)排水設備の形態 6)診療用放射性同位元素使用施設の排水量 7)排水濃度測定法 8)診療用放射性同位元素の届出数量と実際の使用数量 9)事業所1ヶ月排水量の9項目である。なお、アンケート回答についてはワーキンググループにて記入事項の不備等を審査し採用施設を決定した。また、設問7,8の回答結果を用い各施設の放射性同位元素別の届出量と実際の使用量、事業所全体の1ヶ月排水量から各々の排水中放射性同位元素濃度を求め濃度限度比の和を算出した。特に一ヶ月間で使用する放射性同位元素が仮に全て排水系に流入した場合のシミュレーションに注目した。

C. 研究結果

1. 回答率と施設の規模区分

今回調査対象とした1215施設に調査票を送付し642施設(52.8%)から回答を得た。回答施設の内訳は病床数別では200床未満84施設(13.1%)、200~499床331施設(51.6%)、500~999床194施設(30.2%)、1,000床以上33施設(5.1%)であった(Table 1.)。設立母体別では国立病院51施設(8.0%)、公的病院223施設(34.7%)、附属病院76施設(11.8%)、民間病院292施設(45.5%)であった(Table 2.)。病床数500床以上の病院からの回答は35.3%であり比較的多くの中規模以上の病院からの協力が得られた。

2. 診療用放射性同位元素による放射線治療の実施の有無

排水中放射性同位元素濃度の計算にあたっては各施設での放射性同位元素の取り扱い状況が異なることを予想し3種類の施設群に分類した。1)核医学の診断検査のみを行っている施設、2)核医学の診断検査と¹³¹Iによる外来治療(500MBq以内)を行っている施設、3)核医学の診断検査と放射線治療病室での¹³¹I治療を行っている施設の3群である。この設問に対し638施設より有効回答(有効回答率99.4%)が得られ、核医学の診断検査のみを行っている施設は536施設(83.5%)、¹³¹Iによる外来治療(500MBq以内)を行っている施設は53施設(8.3%)、放射線治療病室で治療を行っている施設は49施設(7.6%)、その他4施設(0.6%)であった。

なお、放射線治療病室を有する49施設には、使用している貯留槽が診断用のものと独立しているか、共通であるかを質問した。治療専用の貯留槽を有する施設は49施設中14施設(28.6%)であり、診断と治療兼用型は35施設(71.4%)であった。

3. 排水設備について

アンケート回答のあった642施設における導入槽、浄化槽、貯留槽、希釈槽の槽数と総容量に関する設問についての有効回答数(率)は導入槽 545 施設(84.9%), 浄化槽 412 施設(64.2%), 貯留槽 615 施設(95.7%), 希釈槽 609 施設(94.9%)であった(なお、未記入及び「有り」にチェックがあったものの容積に記載がないものについては除外した。単位の明らかな間違いについては訂正後採用した。)。導入槽の槽数は、導入槽なし 201 施設、1 槽 323 施設、2 槽 19 施設、3 槽 2 施設であり、容量は 5 m³未満 240 施設、5m³以上 10m³未満 49 施設、10m³以上 30m³未満 45 施設、30m³以上 10 施設であった。浄化槽の槽数は設置なし 156 施設、1 槽 182 施設、2 槽 72 施設、3 槽 2 施設であり、容量は 5 m³未満 170 施設、5m³以上 10m³未満 41 施設、10m³以上 30m³未満 33 施設、30m³以上 12 施設であった。貯留槽の槽数は、1 槽 45 施設、2 槽 387 施設、3 槽 148 施設、4 槽 20 施設、5 槽以上 15 施設であり、総容量は 10 m³未満が 112 施設、10m³以上 20m³未満 179 施設、20m³以上 50m³未満 220 施設、50m³以上 100m³未満 58 施設、100m³以上 46 施設であった。希釈槽の槽数は設置なし 9 施設、1 槽 588 施設、2 槽 8 施設、3 槽 4 施設であり、容量は 10 m³未満 285 施設、10m³以上 20m³未満 162 施設、20m³以上 40m³未満 115 施設、40m³以上が 38 施設であった。

核医学診断検査のみを行っている 536 施設より得た導入槽、浄化槽、貯留槽、希釈槽に関する有効回答数(率)は各々導入槽 437 施設(81.5%), 浄化槽 340 施設(63.4%), 貯留槽 516 施設(96.3%), 希釈槽 510 施設(95.1%)であった。導入槽の槽数は、設置なし 155 施設、1 槽 268 施設、2 槽 12 施設、3 槽 2 施設であった。浄化槽の槽数は、設置なし 137 施設、1 槽 150 施設、2 槽 53 施設であった。貯留槽の槽数は、1 槽 39 施設、2 槽 339 施設、3 槽 116 施設、4 槽 14 施設、5 槽以上 8 施設であった。希釈槽の槽数は設置なし 6 施設、1 槽 494 施設、2 槽 6 施設、3 槽 4 施設であった。

また、治療専用の独立した排水設備を有する 14 施設における導入槽の槽数は、設置なし 6 施設、1 槽 6 施設、2 槽 2 施設であった。浄化槽の槽数は、設置なし 7 施設、1 槽 3 施設、2 槽 4 施設であった。貯留槽の槽数は、2 槽 3 施設、3 槽 4 施設、4 槽 4 施設、5 槽 3 施設であった。希釈槽の槽数は、設置なし 4 施設、1 槽 10 施設であった。

以上の結果より、導入槽を有する施設においては 1 槽の場合が 93.9%とほとんどであり、特に小容量(5m³未満)のものが 69.8%と多いことがわかった。また、導入槽を持たない施設も 201 施設(36.9%)あることがわかった。貯留槽は 2 槽または 3 槽を設置している施設が多く各々 62.9%、24.1%であった。貯留槽の総容量は施設間で様々であったが、10 m³以上 50m³未満までのものが多く 64.9%を占めた。希釈槽は 1 槽のみの設置である施設が 98.0%を占め、容量も 10 m³未満が 47.5%と最も多かった。

排水設備の形態では本アンケートであらかじめ選択枝として用意した 4 つのパターン分類(A:一般水・汚水ともに導入槽-貯留槽-希釈槽-排水口, B:一般水-導入槽, 汚水-浄化槽 各々から貯留槽-希釈槽-排水口, C:一般水・汚水ともに貯留槽-希釈槽-排水口, D:一般水のみ導入槽-貯留槽-希釈槽-排水口)にその他を加え質問した。この設問の有効回答数(率)は 626 施設(97.5%)であり、A:76 施設(12.1%), B:195 施設(31.2%), C:80 施設(12.8%), D:29 施設(4.6%), その他 246 施設(39.3%)であった。

4. 診療用放射性同位元素使用施設の排水量

医療法届出計算上の一日の排水量と実際の一年間の排水回数について質問した。有効回答数(率)は一日排水量についてが 533 施設(83.0%), 一年間の排水回数についてが 586 施設(91.3%)であった。一日の排水量は 0.2 m³未満 129 施設(24.2%), 0.2 m³122 施設(22.9%), 0.2 m³より多く 0.5 m³以下 176 施設(33.0%), 0.5 m³より多く 1 m³以下 58 施設(10.9%), 1 m³以上 48 施設(9.0%)であった。1 年間の排水回数は 1 回以下 143 施設(24.4%), 2~6 回 309 施設(52.7%), 7~12 回 81 施設(13.8%), 13 回以上 53 施設(9.1%)であった(なお, 未記入及び貯留槽と同値が記入されていた回答については除外した。単位の明らかな間違いについては訂正後採用した。)

5. 排水中濃度実測方法

有効回答数(率)は 617 施設(96.1%)であった。貯留槽における排水モニターによる測定が可能な施設は 409 施設(66.3%), 排水時サンプリングによる測定が可能な施設は 192 施設(31.1%), その他 16 施設(2.6%)であった。

6. 事業所全体の排水量

事業所全体の 1 ヶ月平均の排水量につき質問し, 上水道使用量を参考値とし有効回答施設数(率)569 施設(88.6%)を得た(なお, 未記入及び 100m³未満の施設は除外した。)。このうち上水道使用量のみから算出した施設は 411 施設(72.2%)で平均排水量は 20,870m³。地下水, 雨水等のみからの算出した施設は 16 施設(2.8%)で平均排水量は 24,314m³。上水道と地下水, 雨水の併用施設は 142 施設(25.0%)で平均排水量は 20,168m³であった。また, 病院規模(病床数)と排水量の関係について算出した(Table 3)。解析するにあたり1病床平均排水量が現実的でない数値を示した施設については除外した。具体的には 1 病床平均排水量が 1 m³未満もしくは 1,000 m³以上の施設を除外した。この結果 554 施設が対象となり, 施設規模が大きくなればなるほど排水量は多く, 1 病床平均排水量は 31.5~38.3m³(平均 35.0m³)となり概ね同じ値であることが示唆された。

7. 排水中放射性同位元素濃度限度比の和に関する解析

排水濃度を計算により求めるためアンケートの設問 7, 8 にて診療用放射性同位元素届出数量, 使用量, 事業所全体の 1 ヶ月排水量の調査を行い, 現行法令すなわち厚生労働省医薬局長通知(平成 13 年 3 月 12 日, 医薬発第 188 号)(資料 2。)による放射性同位元素濃度比の和を算出し, 現在の状況の把握を試みた。放射線治療病室を有さない 568 施設を対象とし, このうち 1 ヶ月事業所排水量が 1,000m³未満の施設は除外し, 499 施設の解析を行った。各事業所全体の 1 ヶ月の排水量区分別にみると, 届出量にて算出された濃度限度比の和は全ての排水量区分にて 1 を超える施設を認めた。事業所全体の排水量が 25,000m³以上の 44 施設では実際の使用量にて算出された濃度限度比の和は 1 未満となった。また, 排水量が 25,000m³未満に区分される施設では届出量により算出された濃度限度比の和が 1 以上を示す場合が 268 施設で認められたが, 実際の使用量で

算出した場合は 26 施設を除く 473 施設で濃度限度比の和は 1 未満を示した (Table 4.)。

D. 考察

放射性同位元素を用いる核医学診療は現在の医療において欠くことのできない検査法、治療法として日常診療に用いられている一方で、非密封放射性同位元素を使用するため法的に様々な規制が加えられ安全管理の徹底が義務づけられている。現状における我が国の排水規制は濃度規制が適用されており、これは各核種に対し医療法施行規則別表第 3、第 3 欄で規定された排水濃度限度が定められ、排水中の放射性同位元素は各核種の値を各核種の濃度限度で除した値の和が 1 以下になるように定められている (資料 2.)。今回「医療行為に伴い排出される放射性廃棄物の適正管理に関する研究」班では、より合理的な放射線管理の実現を可能とするため、全国の核医学診療施設を対象にアンケート調査を行い、放射性同位元素の使用実態とその排水中濃度を解析した。

対象は放射性医薬品を使用した実績のある 1,215 施設とし、642 施設 (52.8%) からの回答を得た。回答率は 1999 年に行われた日本核医学会 RI 内用療法ガイドライン作成ワーキンググループのアンケート調査時と同等であり十分な解析対象となりえるデータと考えられた。国立病院、公的病院、大学附属病院、民間病院に分類した設立母体別に集計したアンケート発送数と回答数の割合は各々ほぼ同等であり、偏りのない回答が得られた。また設立母体別の規模としては大学附属病院が 500 床以上を主体とするのに対し、その他の病院では概ね 200~999 床を主体とし幅広く分布していた。放射線治療病室を有する病院は 642 施設中 49 施設 (7.6%) と少数であり、そのうちの 30 施設 (61.2%) が大学附属病院であった。このことから放射線治療病室を有する施設は、大規模病院であることが多く、事業所全体の排水量も多いことが予想された。

各施設の排水設備は様々な形態や容量のものが認められたが、大学病院などでは大容量の排水設備が所持することが多く、民間病院では小規模なものから大規模なものまで様々であった。排水設備の形態の調査では一般水が導入槽へ、汚水が浄化槽へ流入した後、ともに一つの貯留槽を介し、希釈槽を経て排水される B タイプが最も多く 31.2% を占めた。この形態は事故や人為的に放射性同位元素が排水系に流入した場合、安全な減衰、希釈が期待できる管理形態の一つと考えられた。回答には「その他」の排水形態が 246 施設で認められ、多種多様な排水設備形態の把握が今回の調査で可能となった。中には、B タイプに類似するが、汚水が浄化槽-導入槽-貯留槽と連結されている施設も認め、患者に投与した放射性同位元素が院内にて排泄される場合、より減衰が期待できる形態と考えられた。

今回の回答施設では現行法令すなわち厚生労働省医薬局長通知 (平成 13 年 3 月 12 日、医薬発第 188 号) (資料 2.) による貯留槽容量と 1 日の最大使用量から算出された放射性同位元素濃度比の和が 1 以上となる施設が数件認められた。それらの施設には届出量等の見直しの助言を行った。その他の全ての施設では法令規制であった。また、設問 8 における事業所排水量の回答については信憑性の乏しい数値は除外した。除外基準についてであるが、一人あたりの一日に使用する生活用水を 332 リットル/人・日 (国土交通省土地・水資源局「平成 14 年版 日本の水