

研究結果

測定器をマンホール内部の排水溝へ設置し、15分間隔で1週間の計数率を自動的に測定器内に取込みデータを取得した(グラフ 1,2)。測定された A, B, C 地点について、土日祝日も含む1週間の平均計数率(BGの40cpsを差し引いた net 計数率)と、土日祝日を除外した平日のみの1週間(A, Cは5日間, Bは4日間)の平均計数率から、その核種が単独で存在したとしての平均放射性同位元素濃度を算出した結果を表2と表3に示す。参考として規制される各核種の排水中の濃度限度を表4に示す。

考察

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、平日のみの場合の濃度は高値を示した。このことから核医学検査で使用した核種が管理区域外系の排水に流入していることが考えられる。特にB地点では平日に高い計数率が継続し平均濃度がA地点比5倍程度、C地点に比10倍程度高値であった。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、放射性同位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。

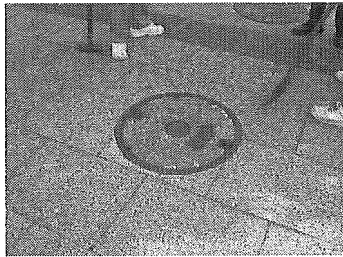
今回、排水中の放射能濃度を算出した手順には多くの仮定や近似が設定されており、ある程度の誤差が生じていることは否めない。参考値として現行法令の規制濃度と比較、検証した。Ga-67, Tc-99m, I-123, I-131は γ 線エネルギーと放出率が大きく違わないため換算係数が類似となり平均濃度は4核種とも同程度となる。濃度限度の差によりI-123はB地点で濃度限度を超え、I-131は全地点で規制濃度限度を超える値となった。F-18は換算係数が小さいため平均濃度も低く、濃度限度以下の値であった。Tl-201は換算係数が大きく平均濃度も高値となりB地点では濃度限度を超える値となった。但し、あくまでも瞬間値であることを付記しておく。

結論

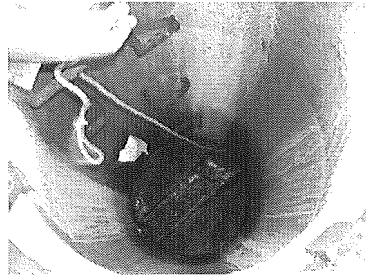
連続モニタリングを行った全ての測定地点にて管理区域外の排水に瞬間的に有意な放射能を検知した。混入した放射性同位元素は患者に投与された放射性同位元素が排泄物中に移行し流出したためと考えられた。現行法令上は3ヶ月間の濃度規制がしかれており瞬間的な濃度が規定以上を示しても問題となるものではない。特に今回の測定では1日の中で有意なピークが検知されたのは2~3回程度であり、その他のほとんどの時間帯に異常はなく現行法令上問題はない。しかし、事業所の敷地境界部レベルにて十分な希釈がなされていない状態で放射性同位元素が流出している事実が判明したことを踏まえ、サンプリングによるより正確な放射能濃度測定をしておくことが必要と考えられた。

図 1

測定地点



測定器設置



使用測定器



図 2

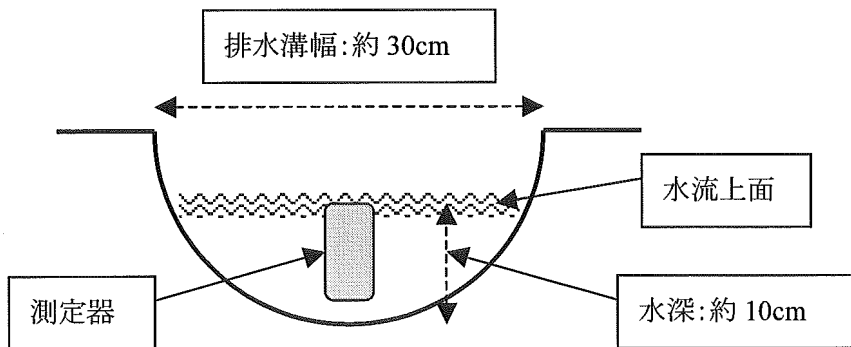


表 1 換算係数

核種	F-18	Ga-67	Tc-99m	I-123	I-131	Tl-201
換算係数	7.90E-03	2.12E-02	2.08E-02	2.22E-02	1.70E-02	6.92E-02

(単位 : (Bq/cm³) / (cps))

表 2 排水中の平均濃度の計算結果 (1 週間 (7 日) 平均値)

測定地点	計数率 (net)cps	F-18	Ga-67	Tc-99m	I-123	I-131	Tl-201
A	31.25	0.25	0.66	0.65	0.69	0.53	2.16
B	158.48	1.25	3.35	3.29	3.52	2.70	10.96
C	16.30	0.13	0.34	0.34	0.36	0.28	1.13

(単位 : Bq/cm³)

表3 排水中の平均濃度の計算結果（土日祝を除く1週間平均値）

測定地点	計数率 (net)cps	F-18	Ga-67	Tc-99m	I-123	I-131	Tl-201
A	38.04	0.30	0.80	0.79	0.85	0.65	2.63
B	266.74	2.11	5.64	5.54	5.93	4.54	18.45
C	19.75	0.16	0.42	0.41	0.44	0.34	1.37

(単位: Bq/cm³)

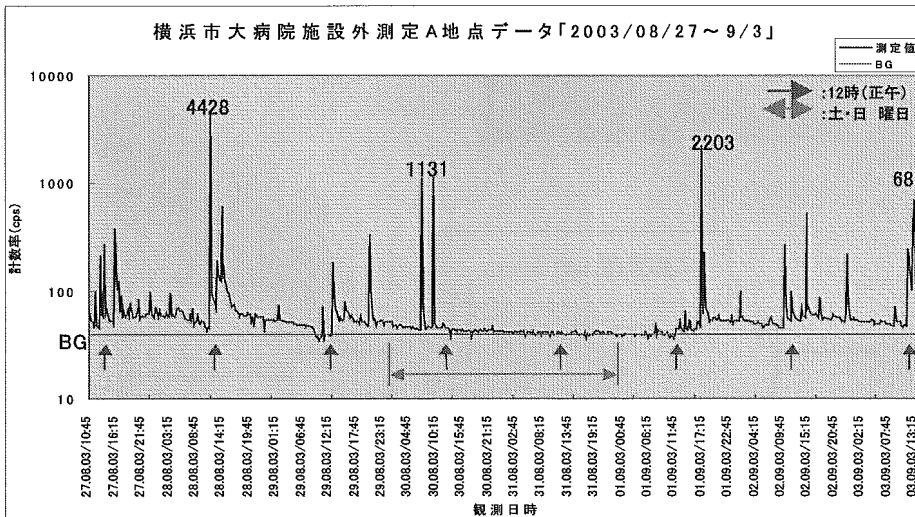
表4 排水の濃度限度

核種		F-18	Ga-67	Tc-99m	I-123	I-131	Tl-201
濃度限度	Bq/cm ³	20	40	40	4	0.04	9

出典:「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」(平成12年10月23日 科学技術庁告示第5号)

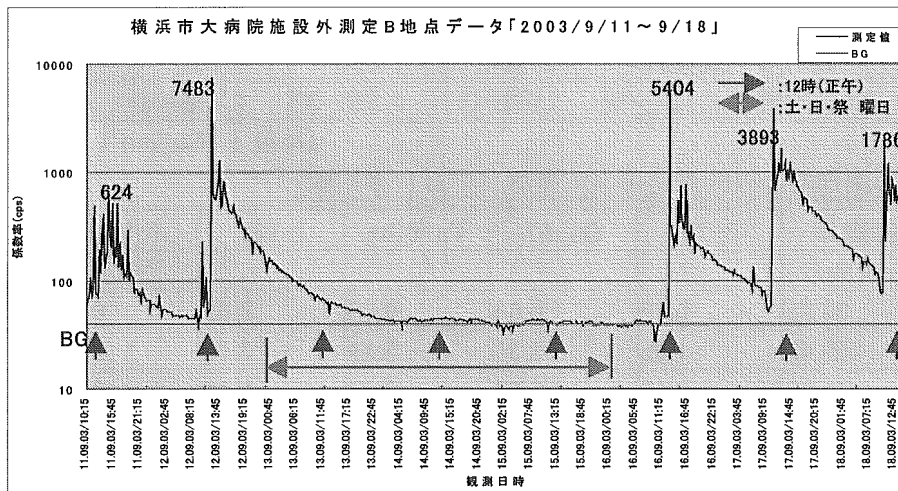
グラフ1: 測定結果(時系列的な計数率(cps)の変化)

A地点



グラフ2: 測定結果(時系列的な計数率(cps)の変化)

B地点



「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
④核医学診療施設における管理区域外系排水のサンプリング調査
～施設境界部における排水中放射性同位元素濃度の定量的測定～

研究目的

横浜市立大学医学部附属病院の放射線管理区域外の排水を事業所敷地境界部にて連続モニタリングを施行したところ、測定した3箇所全てで1日に2～3回瞬間的ではあるが有意な放射能が検知された。モニタリング測定値より算出した排水中放射能濃度は仮定や近似値が用いられており誤差範囲が広いものと考えられた。より正確な数値を算出するため排水をサンプリングし放射能を測定することによる検討が必要と考えられた。前回最も高値が検知された測定地点1箇所にて、ピークが検出された時間帯にて、サンプリングを試み濃度算出を行った。

研究方法

測定は2003年10月20日月曜日の10時45分から15時の間に行った。測定地点は前回の調査のB地点のマンホール内である。サンプリングは10時45分から15時の間、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採取した。合計18検体を採取後、同日18時より横浜市立大学医学部附属病院放射線管理区域内にあるシンチレーションカウンタにて各検体の濃度を測定した。

研究結果

サンプリングした18検体中、15検体の液体中放射性同位元素濃度は検出限界以下を示した。検出限界値はTc-99m換算で $0.7\text{Bq}/\text{cm}^3$ である。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(表1)。

考察

今回の測定にてほとんどの時間帯が検出限界以下を示すことが証明された。但し、12時45分、13時45分、14時30分に流出した排水中には有意な放射性同位元素が認められた。これらの検体につき解析した(表2)。

12時45分の検体は当日、1日後に測定した数値が逆転しており、説明が困難な点があるが4日後、7日後のカウントから推測するとTl-201またはGa-67が混入していると考えられる。半減期補正係数から考えるとTl-201またはGa-67の採取日当日のカウントを予想すると、7日後からの換算値は $0.28 \div 0.2 = 1.4\text{cps}$ 、4日後からの換算値は $0.67 \div 0.4 = 1.67\text{cps}$ となり、およそ1.5cpsであったと考えられる。また、採取当日の使用された診療用放射性同位元素はTc-99m 14500MBq, Tl-201 185MBq, Ga-67 296MBq, I-123 111MBqであり、I-123が妨害核種となるがこれを無

視した場合の Tl-201, Ga-67 の使用割合は Tl-201:Ga-67=4:6 となる。つまり 1.5cpsのうち Tl-201 は 0.6cps となる。Tl-201 の効率を 10%とした場合、濃度は 4 Bq/cm³, Ga-67 の効率 60%とした場合、濃度は 1Bq/cm³となる。

13 時 45 分の検体は1日後 Tc-99m ではほぼ 0.8cps になる。1 日後, 4 日後の測定値から採取日当日の Tl-201 または Ga-67 のカウントを予想すると, 4日後の Tc-99m はほぼ 0 となるので, Tl-201 または Ga-67 のカウントは 1 日後から換算すると (5.46-0.8)/0.8=5.8cps, 4 日後から換算すると 2.34/0.4=5.85cps となる。この割合を用いると Tl-201 は 2.3cps で およそ 15 Bq/cm³, 残りを Ga-67 とすれば 3.8 Bq/cm³, Tc-99m は 7 Bq/cm³となる。

14 時 30 分の検体は1日後 Tc-99m ではほぼ 7.6cps になる。1 日後, 4 日後の値から採取日当日の Tl-201 または Ga-67 のカウントを予想すると 4 日後には Tc-99m はほぼ 0 になるので Tl-201 または Ga-67 のカウントは, 1 日後から換算した場合, (8.64-7.6)/0.8=1.25cps , 4 日後から換算した場合 1/0.4=2.5cps となる。カウントにばらつきを認めたが 平均値をとり 1.8cps と仮定し, 上記の割合を用い算出すると Tl-201 は 0.7cps, およそ 4.6Bq/cm³ となる。残りを Ga-67 とすれば 1.2Bq/cm³と Tc-99m は 119 Bq/cm³となる。

以上の算出結果より, 13 時 45 分のもは²⁰¹Tlが, 14 時 30 分のもは^{99m}Tcが表 3 に示される濃度限度を超える値となった。前回モニタリング測定により算出された B 地点の平日一週間の排水中放射能濃度は^{99m}Tcが 5.54Bq/cm³, ⁶⁷Gaが 5.64 Bq/cm³, ²⁰¹Tlが 18.45Bq/cm³であった。今回の算出値との解離を認めた。但し, 18 検体中 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殆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。また, モニタリング測定では有意な放射能検知のピークは1日に 2~3 回であったが今回もその結果と合致していた。

管理区域外系排水より放射能が検知されたことは特に驚くことではない。診断もしくは治療のため非密封放射性同位元素を投与された患者が管理区域外にてトイレにて排泄する場合, 管理区域外系の排水中に放射能が混入することは予想されていたことである。但し, 我が国での液体状放射性廃棄物の規制法では患者に投与された分の放射性同位元素についての言及はない。しかしながら, 実際には今回の調査結果のように管理区域外系排水への混入が確認され, より合理的な濃度規制を考える場合, 管理区域内だけではなく, 管理区域外を含めた病院全体の濃度規制が妥当であると考えられる。この考え方にて濃度規制をしいている国が米国である。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。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が今後奨励されるべきであり普及が望まれる排水形態、濃度規制であると思われる。

結論

管理区域外の排水系よりのサンプリング調査により、モニタリング測定と同様の時間帯に放射能が検出された。瞬間的な高値を認めたが、その他の時間帯では検出限界以下であることが確認されたことにより問題とはならないことが証明された。

管理区域外の排水系より放射能が検知されたことをふまえ、今後我が国における合理的な濃度規制を考えた場合、これまでの管理区域内のみの規制ではなく病院全体の排水系を含めた濃度規制が望ましいと考えられた。

表1 測定結果 単位 cps

試料名	当日	1日後	4日後	7日後
12:45試料	1.22	1.97	0.67	0.28
13:45試料	13.16	5.46	2.46	0.28
14:30試料	126.95	8.64	1	0

表2 算出された濃度 単位Bq/cm³

試料名	^{99m} Tc	²⁰¹ Tl	⁶⁷ Ga
12:45検体	-	4.0	1.0
13:45検体	7	15	3.8
14:30検体	119	4.6	1.2

表3 排水の濃度限度

核種		Ga-67	Tc-99m	Tl-201
濃度限度	Bq/cm ³	40	40	9

出典；「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」（平成12年10月23日 科学技術庁告示第5号）

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」

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

核医学施設における排水管理の合理的処理方法に関するガイドライン(案)の作成

分担研究者：成田 浩人 東京慈恵会医科大学附属病院放射線部 技師長補佐

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、15 年度には、数十施設において排水中の放射能濃度を実測した。診療用放射性同位元素使用に伴う液体状放射性廃棄物は、管理区域内洗浄液や患者の排泄物から発生する。患者の排泄は貯留槽に連結された管理区域のトイレだけで行われるわけではなく、院内の一般トイレでも行われる。現行の管理区域内からの排水を貯留して排水口での放射能濃度を算定する管理方法よりも、医療機関である事業所全体の使用水量を元にして放射能濃度を算定する方がより合理的と考えられた。アンケート調査、実態調査を元に当該施設が使用する診療用放射性同位元素が全て排水経路を通して廃棄されたとしても、その事業所が使用する排水量で、全ての核種が濃度限度以下とする管理をすることが可能であることを示した。当該事業所の管理者が適切な管理運営を行うことが必要であり、そのための実践的なガイドラインを作成した。

研究協力者：井上登美夫 横浜市立大学医学部放射線医学教室

粟石 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

医療行為に伴い排出される液体状の診療用放射性同位元素又は放射性同位元素によって汚染された液体状の物の廃棄については、医療法施行規則第 30 条の 11 に基づき、対応しているが、本研究班において、合理的な管理方法を検討し、核医学施設における排水管理の合理的な処理方法が取りまとめられた。実践に当たり安全性を配慮して実施することが重要であり、医療行為に伴い排出される液体状放射性廃棄物をその使用する施設の管理者が責任を持って適正に管理・運営することにより、医学の進歩を妨げることなく合理的に管理することを目的としてガイドラインを作成する。

B. 研究方法

日本の排水管理の現状を排水規制の現状と平成14年度のアンケート調査より実態を把握し、また、諸外国における排水管理の現状を調査し、合理的な排水管理を行うための範囲や、管理基準を決定する。ガイドラインの考え方の根拠を後述する形式とする。

C. 研究結果

核医学施設における排水管理の合理的な処理方法に関するガイドライン案を作成した(別添資料)。本ガイドラインの対象となる放射性廃棄物は、医療行為に伴い排出される液体状放射性廃棄物であり、放射性同位元素等の使用に伴う放射線障害の防止に関する法律に規制される放射性同位元素及び使用に伴って生じた放射性廃棄物は含まないとした。医療行為であっても、診療用放射性同位元素を投与して、放射線治療病室に入院を必要とする行為に伴う液体状放射性廃棄物に関しては、従来どおり貯留して減衰を考慮する管理とし除外した。但し、診断あるいは医薬安発第70号(平成10年6月30日)の「放射性医薬品を投与された患者の退出について」による退出基準を充たした治療(入院を要さない治療)を行う排水系と放射線治療病室に入院を要する I-131 内用療法等の排水系が各々分離されている場合はこの限りでないとした。核医学施設を有する事業所が使用排水する全ての排水によってその事業所外での濃度限度を下回ることを科学的に許容することとなるので、その排水量の算出は、上水道使用量や地下水くみ上げ量など根拠ある数値を用いて行うこととした。

D. 考察

診療用放射性同位元素の使用は、患者の検査や治療のために広く用いられてきたが、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。全国的に行ったアンケート調査結果に基づき、現行の管理区域内からの排水を貯留して排水口での放射能濃度を算定する管理方法よりも、医療機関である事業所全体の使用水量を基にして放射能濃度を算定する方がより合理的と考えられた。このことは、我国の下水道の普及率が高いことを考慮すると、環境汚染や一般公衆の被ばくの観点からも適切な管理方法であると考えられる。すなわち、当該施設が使用する診療用放射性同位元素が全て排水経路を通じて事業所外に廃棄されたとしても、その事業所が3月間に使用する全ての核種が濃度限度以下となる管理が可能であ

ることが示唆された。

E. 結果

医療機関である事業所全体の使用水量を基にして放射能濃度を算定する合理的な管理方法を行うためには、当該事業所の管理者が適切な管理運営を行うことが必要であり、そのための実践的なガイドラインを作成した。

参考資料・文献

- 1) 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年厚生労働省科学研究費補助金(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)
- 2) 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
- 3) Management of radioactive waste arising from medical establishments in the European Union. Nuclear safety and the environment of the EUROPEAN COMMISSION; EUR 19254 EN, Brussels, 1999
- 4) 米国原子力規制委員会規則：§ 20.2003 Disposal by release into sanitary sewerage, Part 20 Standards for protection against radiation, NRC Regulations(10 CFR), Last revised August, 05, 2003
- 5) アイソトープ手帳第10版、社団法人日本アイソトープ協会, 2001

F. 健康危惧情報

なし

G. 研究発表

なし

H. 知的財産権の出願、登録状況(予定を含む)

なし

核医学施設における排水管理の合理的処理方法に関するガイドライン（案）

平成 16 年 3 月

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）
「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」
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

目 次

1. 液体状放射性廃棄物の合理的管理に至った背景	119
2. ガイドラインの目的	120
3. 適用範囲	121
4. 管理基準	122
5. 日本の排水管理の現状	123
6. 諸外国における排水管理の現状	126
7. 直接排水に関する根拠	131
8. 施設基準	132
9. 管理方法	134
10. 管理者の責任	140
11. 参考資料・文献	141
12. 用語の定義	142

1. 液体状放射性廃棄物の合理的管理に至った背景

診療用放射性同位元素の使用は、患者の検査や治療のために広く用いられてきたが、その管理方法に関しては非合理的な面があった。現行の管理区域内からの排水を貯留して排水口での放射能濃度を算定する管理法よりも、医療機関である事業所全体の使用水量を基にして放射能濃度を算定する方がより合理的と考えられる。このことは、わが国の下水道の普及率が高いことを考慮すると、環境汚染や一般公衆の被ばくの観点からも適切な管理法であると考えられる。

今回、このガイドラインによる管理の科学的根拠は全国的に行ったアンケート調査結果に基づいている。すなわち、当該施設が使用する診療用放射性同位元素が全て排水経路を通じて事業所外に廃棄されたとしても、その事業所が3月間に使用する排水量で全ての核種が濃度限度以下となる管理が可能であることが示された。以上より当該事業所の管理者が適切な管理運営を行うことによって、現在の管理よりも合理的かつ適正な管理方法を行えるとの判断がなされた背景がある。

2. ガイドラインの目的

医療行為に伴い排出される液体状の診療用放射性同位元素又は放射性同位元素によって汚染された物（液体状放射性廃棄物）の廃棄については、医療法施行規則第30条の11に基づき対応してきたところであるが、平成15年度に合理的な管理方法を検討する「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」班で核医学施設における排水管理の合理的な処理方法の検討が取りまとめられた¹⁾。その報告を受け、放射線被曝に関する公衆の安全性を確保し、かつ合理的に液体状放射性廃棄物を処理するためのガイドラインを策定した。今後、医療行為に伴い排出される液体状放射性廃棄物を管理する場合には、本ガイドラインを参考とし合理的かつ適正な処理を実施することが重要である。

このガイドラインは、医療行為に伴い排出される液体状放射性廃棄物をその使用する施設の管理者が責任を持って適正に管理・運営することにより、医学の進歩を妨げることなく合理的に管理することを目的とする。

また、国民の安全確保と共有する環境の保全ならびに資源の有効利用を目的とする。

3. 適用範囲

本ガイドラインの対象となる放射性廃棄物は、医療行為に伴い排出される液体状放射性廃棄物に限定する。すなわち、放射性同位元素等の使用に伴う放射線障害の防止に関する法律に規制される放射性同位元素およびその使用に伴って生じた液体状放射性廃棄物は含まれない。また、医療行為であっても、診療用放射性同位元素を投与して、放射線治療病室に入院を必要とする行為に伴う液体状放射性廃棄物に関しては、従来通り貯留して減衰を考慮する管理とし除外する。この根拠としては本ガイドライン作成にあたり、実測調査にて安全性が確認されなかったことが挙げられる。但し、診断あるいは医薬安発第70号（平成10年6月30日）の「放射性医薬品を投与された患者の退出について」による退出基準を充たした治療（入院を要さない治療）を行う排水系と放射線治療病室に入院を要する¹³¹I内用療法等の排水系が各々分離されている場合はこの限りではない。

対象とする核種は医療行為に伴い患者に直接投与する診断用および治療用の放射性同位元素であって、排水に入り込まない気体状や固体状以外の核種である。尚、半減期が30分未満の核種については算定から除外する。

このガイドラインにおいて、貯留槽など一時的に保管管理することなく排水可能とする条件として、入院を要する¹³¹I内用療法による治療を行う施設であって、その貯留する槽が診断領域の使用核種の貯留と同一の槽を用いる場合を除外する。

4. 管理基準

診療用放射性同位元素を使用する事業所は、その事業所が排水する 3 月間平均排水量から当該事業所が使用できる 3 月間最大使用予定数量を算出する。

3 月間最大使用予定数量は、医療に用いられる診療用放射性同位元素であって、3 月間平均事業所排水量で除した値が、医療法施行規則第 30 条の 26 で第 1 項に定める濃度限度以下となる数量であり、2 種類以上の診療用放射性同位元素を用いる場合にあっては、それらの診療用放射性同位元素の濃度の割合の和が 1 以下とする当該施設の排水量によって規定される。

排水量は年間において変動するものであるため、3 月間で実際に使用した診療用放射性同位元素の総量を把握し、濃度限度の割合の和が 1 以下であることの確認と記録が必要である。

3 月間平均事業所排水量の算出は、上水道使用量や地下水くみ上げ量など根拠ある数値を用いて行わなければならない。新設等の場合は病床数や勤務する職員数などから 3 月間平均事業所推定排水量を概算する。

5. 日本の排水管理の現状

5.1 日本の液体放射性廃棄物に係る排水規制の現状

法的規制値等

・医療法施行規則第30条の11第1項第2号に定める排水設備を設けることになっている。

・医療法施行規則第30条の26第1項による排水中の濃度限度規制。

・医療法施行規則に関わる局長通知 医薬発第188号（平成13年3月12日）
第二 個別事項

（六）線量等の算定等

4 排水・排気等に係る放射性同位元素の濃度の算定

（2） [略] …… 排水に係る放射性同位元素の濃度の算定に当っては、次式により、核種ごとの3月間の平均濃度を求め、次に当該濃度を規則別表第3の第3欄に示す濃度限度（注1）で除して核種ごとの割合を求め、これらの割合の和を算出すること。なお、この割合が1を超える場合にあっては、従前通り希釈槽の希釈能力を考慮しつつ、最高10倍の希釈を行うこととして最終的な割合の和を算出して差し支えないこと。

（3月間の平均濃度）

$$= (\text{貯留時の放射エネルギー}) / (\text{貯留槽1基の貯留量})$$

$$= (\text{一日の最大使用量}) \times (\text{混入率}) (\text{注2}) \times [(1 - \exp(-\lambda t_1) / \lambda)] \\ \times \exp(-\lambda t_2) / (\text{貯留槽1基の貯留槽})$$

λ : 核種の崩壊定数 (/日) = 0.693/T

T : 核種の物理的半減期 (日)

t_1 : 貯留槽1基の満水期間あたりの日の最大使用予定数量の使用日数
(日)

$$t_1 = (\text{3月間の最大使用予定数量} / \text{1日最大使用予定数量}) \\ \div (\text{91} / \text{貯留槽1基の満水日数})$$

小数点以下を切り上げた値とする。

t_2 : 放置期間 (日)

（注1）：同一核種につき化学系が不明な場合に合っては、規則別表第3の第1欄により使用核種中最も厳しい値となる化学形等の濃度限度を用いること。ただし、薬事法に基づいて承認されている放射性医薬品についての空気、排水および排気

濃度算定に当たっては、当該医薬品の化学形の濃度限度を用いても差し支えないこと

(注 2)：混入率については原則として 10^{-2} とする。ただし、合理的な理由又は明確な証拠資料を有している場合は、資料等の根拠に基づきこれ以外の数値を用いても差し支えないものとする。

◇具体的な算定手順

- ① 廃液中に存在する核種ごとに 3 月間の平均濃度 (Bq/cm³) を求め、その値を以下の表 1 (右欄) に示された数値で割った値を求める。
- ② 全核種について、①の総和を計算する。
- ③ 総和が 1.0 以下であれば、排水濃度規制を担保したことになる。
1～10 の値であれば、希釈により 1 以下にできる。

表 1 医療用核種の排液中の濃度限度

核種	化学形等	排液中又は排水中の濃度限度 (Bq/cm ³)
¹⁸ F	すべての化合物	2×10^1
⁵¹ Cr	三価、六価の化合物 [経口摂取]	2×10^1
⁶⁷ Ga	すべての化合物	4×10^0
⁸⁹ Sr	チタン酸ストロンチウム以外の化合物	3×10^{-1}
^{99m} Tc	すべての化合物	4×10^1
¹¹¹ In	すべての化合物	3×10^0
¹²³ I	ヨウ化メチル以外の化合物	4×10^0
¹³¹ I	ヨウ化メチル以外の化合物	4×10^{-2}
²⁰¹ Tl	すべての化合物	9×10^0

注) ^{81m}Kr, ¹³³Xe (気体) については、数値が決められていない

5.2 核医学排水管理の実態

全国の核医学検査実施施設 1,215 施設の 52.8%から回答を得た結果として核医学診断検査のみを行っている 536 施設では、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%) である。この結果は法的規制が全国に行き届いていて良く管理されていることを示している。

5.3 事業所の排水量の実態

上水道使用量のみから算出した 411 施設 (72.2%) の事業所全体の 1 月間の平均排水量は 20,870 m^3 であった。地下水、雨水等のみからの算出した 16 施設 (2.8%) では 24,314 m^3 であった。また、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 20,168 m^3 であった。さらに全国の約半数の事業所の排水量は 20,000 m^3 を超えていた。また、施設規模が大きくなればなるほど排水量は多く、1 病床あたりの 1 月間平均排水量は 31.5~38.3 m^3 (平均 35.0 m^3) であった。

6. 諸外国における排水管理の現状

表 2 EU 連合内における医療機関から発生する放射性液状廃棄物の排水管理状況 (EUR 19254 EN より抜粋) ³⁾

国名	主な核種	規制法令/組織	規制内容	放射性液体廃棄物に対する現実的な対応
ベルギー	^{99m} Tc ¹²⁵ I	Ministry of Public Health (組織)	全般的な記載がされているが、正確な基準がなく幅広い解釈が可能。	・濃度限度の規定に従い排水溝へ直接放出されるか施設で減衰保管された後に処理される。 ・放射性廃棄物の国営処理機関として ONDRAF がある。
デンマーク	^{99m} Tc ¹²⁵ I ¹³¹ I	Order No. 485 (国内) ・国際的ガイダンス	直接下水道に送れるもの「class-1」更なる処理が必要なもの「class-2」に分類される。	・低レベル放射性廃棄物は「class-2」から物理的減衰や希釈により「class-1」へ移行させる。 ・甲状腺の ¹³¹ I 治療が増加しており、600MBq を超える投与量の患者は病院へ残り、専用の排水ルートをもつ病院のトイレを使用、尿は 0.1MBq/L 以下に希釈されて排水される。
フィンランド	^{99m} Tc ²⁰¹ Tl ¹²⁵ I ¹³¹ I	・Radiation Act ・Radiation Degree	下水道システムに排出する基準として ① 1 回に排出する最大放射能 2.5ALI かつ 100MBq 以下 ② 1 ヶ月の最大放射能 25ALI ③ 1 年間の最大放射能 100GBq と規定。	・放射性物質を含む患者の排泄物は廃棄計画なしに下水道に排出できるが、 ¹³¹ I の 555MBq を超える量を投与された患者は、平均して 3 日間入院する。 ・インビトロ施設における液状 (上清) は下水道システムへ放出される。
フランス	^{99m} Tc ¹²³ I ¹³¹ I	・3 組織で管理 (厚労省に該当する機関、放射線防護組織、放射性廃棄物を管理する機関)	環境へ廃棄できるしきい値として、 ① 非常に高い放射毒性を持つ核種 3.7kBq ② 高い放射毒性を持つ核種 370kBq ③ 弱い放射毒性を持つ核種 3700kBq が指示される。	・放射性物質の取扱いにより生ずる液体廃棄物と ¹³¹ I 治療患者の排泄物 (尿) は区別される。 ・通常の液体廃棄物は、一般の排水系と施設専用の排水系の間に設置される貯蔵タンクで減衰後、放射能レベルが指定値 (7Bq/L) より低ければ、一般排水系に排出される。 ・740MBq を超える ¹³¹ I 投与患者の尿は、一旦専用の尿収集タンクへ貯留される。
ドイツ	^{99m} Tc ¹²⁵ I ¹³¹ I	・放射線防護法令 (StrlSchV)	RI を取扱う全医療施設に対して法令に従い監督官庁によって資	・100 日未満の短半減期放射性廃棄物は、通常減衰保管後に公衆下水道ネットワークへ排水される。入院患者の排泄物も同

			格が付与される。この資格にはRI取扱いに係る詳細な条項が含まれている。	様。 <ul style="list-style-type: none"> 一部の液体放射性廃棄物は法令に従い、一時的保管施設へ管理を委託する。 一部の液体放射性廃棄物は管理を特別な機関に委託される。
ギリシャ	^{99m} Tc ¹²⁵ I ¹³¹ I	・法令上の2文書 (Gazette347/A/20) (Gazette539/B/19)	RI 使用施設をA-1～A-4に区分、濃度が3.7kBq/ml未満ならば下水道へ排水可。 液シン溶液はその1/2。放射能の1日最大排出量は施設区分により異なる。1ヶ月最大排出量は、1日最大量の10倍以下。	<ul style="list-style-type: none"> 公衆下水道システムへの液体廃棄物処分は、廃棄物が速やかに希釈されることが可能で放射性物質の最大濃度が3.7kBq/mlよりも低ければ許可される。³Hまたは¹⁴Cを含む液体シンチレーション溶液は、濃度が1.85kBq/mlより低ければRIと見なされない。 RIを投与した患者の排泄物は放射能レベルに関係なく下水道へ放出されるが、¹³¹I治療患者の排泄物は特別な貯蔵タンクに収集され、¹³¹Iを一定レベルまで減衰させる。
アイルランド	^{99m} Tc ¹³¹ I	Radiological Protection Act 下に設立された組織 Radiological Protection Institute of Ireland (RPII)	RPII は病院を5レベルに分類。レベル3はビトロ検査、4は核医学診断、5は放射線治療を行う施設。また廃棄処分の限度値を法令で告示(S. I. 151/1993)	<ul style="list-style-type: none"> 病院で使用された非密封放射性物質の大部分は、規制の課されない患者の排泄物として下水道に放出される。他の液体廃棄物や長半減期の核種の廃棄物については、総放射能や比放射能が、BSS免除量を基にRPIIが示した限度値よりも低ければ排水できる。 現場では、保管又は希釈のいずれかにより限度値よりも低いレベルが達成できる。ただし、¹⁴Cに関しては、使用者の多くが廃棄物を処分する際に困難な経験をしている。
イタリア	^{99m} Tc ¹²⁵ I ¹³¹ I	・Legislative Decree n. 230 (1995 公布) ・Decree n. 185 (1964)	実際にはまだ古い規則(n. 185)に従っているケースが多く、新しい法令(n. 230)はEuratom Directives に準拠しているものの部分的に施行されているに過ぎない。	<ul style="list-style-type: none"> n. 230では75日より短い半減期及び1Bq/gより低い濃度のRIを含む廃棄物は、放射性廃棄物の範疇から除外されると規定している。 n. 185では1年間で処分される放射性廃棄物の総量と濃度の免除しきい値を提示している。 放射性液体廃棄物を自施設で処分できる許可を与えられた病院は殆どなく、通常の管理はしきい値を超えないようにしている。¹⁴Cと³Hのシンチレーション廃棄物は一時保管。 核医学診断や短期間の代謝治療を受けた患者の排泄物は、放射能レベルを考慮した上で環