資料

韓国における医療利用に伴う放射性廃棄物の管理と
処分の実施状況調査渡辺 浩・長岡宏明¹⁾・山口一郎²⁾・堀内承治³⁾・井本厚志⁴⁾論文受付
2008年10月14日論文受理
2009年4月14日

Code No. 633

独立行政法人労働者健康福祉機構横浜労災病院

1) 岩手医科大学附属病院

2) 国立保健医療科学院

3) 大阪市立総合医療センター

4) 社会福祉法人宇治病院

緒言

放射性物質は人体に影響を与える可能性があるとして本邦だけでなく世界的に法令で取扱いが規制されている。放射性廃棄物(本稿では説明のない場合は固体状のものに限る)の扱いも規制対象の一つである。このうち、短半減期核種による放射性廃棄物は、比較的短い期間で放射活性が十分に小さくなり人体への影響が無視できるレベル(数十 μSv)になる¹⁾。放射性医薬品として用いられる医療用放射性核種は世界的に半減期60日以下のものが多い。そのため欧米等では短半減期核種由来の放射性廃棄物は一定期間保管し減衰させた後は非放射性廃棄物として処分

できるよう規制が整備されている(DIS: Decay in Storage)²⁾。しかしながら、本邦ではこれまでPET4核種を除きいったん放射性廃棄物となったものは人体に影響を及ぼさないレベルに放射能が減衰しても放射性廃棄物として扱うことが法令で求められてきた。このような状況下、本邦でも医療用短半減期核種由来の放射性廃棄物にDISやクリアランスを取り入れるための検討がなされてきた³⁻⁷⁾がいまだに実現に至っていない。一方、隣国韓国では、医療用短半減期核種由来の放射性廃棄物のクリアランス制度が導入されており、同じアジア地域で経済、医療および放射線防護レベルが近似する韓国の放射性廃棄物の実態

Investigation of Actual Condition of Management and Disposal of Medical
Radioactive Waste in KoreaHiroshi Watanabe, Hiroaki Nagaoka,¹⁾ Ichiro Yamaguchi,²⁾ Shoji Horiuchi,³⁾ and Atsushi Imoto⁴⁾

Department of Radiological Technology, Yokohama Rosai Hospital

1) Central Radiology Department, Iwate Medical University Hospital

2) Department of Environmental Health, National Institute of Public Health

3) Central Radiology Department, Osaka City General Hospital

4) Department of Radiology, Uji Hospital

Received October 14, 2008; Revision accepted April 14, 2009; Code No. 633

Summary

In order to realize the rational management and disposal of radioactive waste like DIS or its clearance as performed in Europe, North America, and Japan, we investigated the situation of medical radioactive waste in Korea and its enforcement. We visited three major Korean facilities in May 2008 and confirmed details of the procedure being used by administering a questionnaire after our visit. From the results, we were able to verify that the governmental agency had established regulations for the clearance of radioactive waste as self-disposal based on the clearance level of IAEA in Korea and that the medical facilities performed suitable management and disposal of radioactive waste based on the regulations and superintendence of a radiation safety officer. The type of nuclear medicine was almost the same as that in Japan, and the half-life of all radiopharmaceuticals was 60 days or less. While performing regulatory adjustment concerning the rational management and disposal of radioactive waste in Korea for reference also in this country, it is important to provide an enforcement procedure with quality assurance in the regulations.

Key words: radioactive waste, radiopharmaceutical, decay in storage, clearance, Korea

別刷資料請求先: 〒222-0036

神奈川県横浜市港北区小机町3211

独立行政法人労働者健康福祉機構横浜労災病院中央放射線部 渡辺 浩 宛

を把握することは本邦の検討においても重要である。

そこでわれわれは、韓国の主要な医療機関での医療用放射性廃棄物の管理と処分の実施状況を調査したのでその結果を報告する。

1. 調査方法

われわれは、2008年5月13～14日に韓国の医療機関における放射性廃棄物の管理と処分について、サムソンメディカルセンタ、セブランス病院ならびにインハ大学病院の計3施設の視察調査を行った。視察前の同年4月に事前調査としてアンケート用紙をサムソンメディカルセンタに送信し回答を得た。さらに、視察後の同年5月下旬にセブランス病院およびインハ大学病院にもアンケート用紙を送信し同様に回答を得た。

また、アンケート調査は下記の項目について行った。

- ① DISの実施状況
- ② 申請手続きと認可
- ③ 非密封放射性核種の種類
- ④ 半減期別管理
- ⑤ 減衰保管期間の算定と考え方
- ⑥ 放射性廃棄物の管理方法(容器への貼付)
- ⑦ 放射線安全管理者制度
- ⑧ 放射性廃棄物管理記録
- ⑨ 保管場所

これらのアンケートと視察結果をもとに韓国の医療機関における放射性廃棄物の管理と処分について報告するとともに本邦における放射性廃棄物の管理と処分の違いを明らかにした。

2. 結果

2-1 DISの実施状況

DISの実施状況を、「YES」「NO」「OTHER METHOD」の選択肢で回答を求めた結果、3施設とも「YES」と回答した。

2-2 申請手続きと認可

医療機関は、教育科学技術部告示 第2001-30号「放射性廃棄物のクリアランス(韓国語では“自体処分”)に関する規程」にしたがって、あらかじめ下記に列挙した事項を定めた放射性廃棄物のクリアランス(自体処分)の手順書を含む放射性廃棄物のクリアランス計画書を所管行政機関に提出し、承認を受けなければならない。また、そのクリアランスの手順書にしたがってクリアランスに関する諸般業務を遂行しなければならないことになっている。なお、⑦に挙げた“クリアランスによって付随的に発生する放射性廃棄物”

とは、医療機関の担当者が放射性廃棄物であったものをクリアランスする際に使用した手袋や靴カバー等のことである。

- ① 発生する廃棄物の核種別の種類
- ② 核種別および廃棄物別の自施設での保管期間とその期間の評価方法
- ③ 廃棄物の分離貯蔵の方法
- ④ クリアランスと関連した記録内容と様式
- ⑤ 廃棄物の放射線/エネルギーの測定方法
- ⑥ クリアランスの方法
- ⑦ クリアランスによって付随的に廃棄物が発生する場合、この付随的な廃棄物の処分方法

2-3 非密封放射性核種の種類

DISを実施している非密封放射性核種の種類を、 ^{99m}Tc , ^{201}Tl , ^{67}Ga , ^{111}In , ^{123}I , ^{125}I , ^{131}I , ^{18}F , ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{89}Sr , ^{90}Y , Otherから選択するよう求めた結果、全施設が例として挙げた全核種を対象核種として回答し、セブランス病院だけが ^{166}Ho を追加した。

2-4 半減期別の管理

放射性核種の半減期別の管理を行っているか、「YES」、「NO」を選択肢として示したうえで回答を求めた結果、3施設とも「YES」と回答した。

また、保管期間を半減期別のグループごとに確認した結果をTable 1に示す。

2-5 減衰保管期間の算定と考え方

韓国の放射性物質の規制を所管する教育科学技術部は、2001年11月28日付の教育科学技術部告示第2001-30号で放射性廃棄物の処分に関する規程を改めた。

この規程は国際原子力機関(IAEA)の国際基本安全基準(BSS)¹⁾に基づき人体への影響が無視しうるレベル以下のものの規制を免除あるいは除外し規制の枠組みから外し、合理的な放射性廃棄物の管理と処分を行うことを目的にしたもので、個人に対して $10\mu\text{Sv}$ 、集団積算線量 $1\text{man} \cdot \text{Sv}$ に相当する放射能濃度を許容基準とし、それ未満となったものは非放射性廃棄物として処分することを可能にした。Table 2に韓国の許容基準(核種別の濃度限度)を示す。

韓国の主要医療機関を調査し、非放射性廃棄物として処分できる減衰保管期間の算定方法を確認した。算定式は以下のとおりである。

$$Y(i)/X(i) \cdots \cdots (1)$$

ただし、 $Y(i)$: 放射性核種Iの放射能濃度

Table 1 Radiopharmaceuticals in radioactive waste and storage period in major Korean hospitals

Group number	Samsung Medical Center		Severance Hospital		Inha University Hospital	
	Radiopharmaceuticals	Storage period	Radiopharmaceuticals	Storage period	Radiopharmaceuticals	Storage period
1	^{99m}Tc	8 days	^{99}Mo	80 days	^{99m}Tc	6 days
2	^{131}I	73 days	^{99m}Tc , ^{131}I , ^{166}Ho , ^{18}F , ^{111}In , ^{67}Ga , ...	200 days	^{123}I	14 days
3	^{201}Tl	76 days	—	—	^{131}I	1.5 months
4	^{32}P	7 months	—	—	^{201}Tl	49 days
5	^{125}I	26 months	—	—	^{125}I	16.6 months

The management method classified by radiopharmaceuticals of radioactive waste is left to the discretion of the hospital. However, it depends on the storage period for critical radioactive waste (radiopharmaceutical).

Even if it is the same radiopharmaceutical, the storage period changes with the weight of radioactive waste.

Table 2 Acceptance criteria and radiopharmaceutical-specific concentrations

Radiopharmaceutical					Concentration limits
H-3	C-14	F-18	Na-24	P-32	100 Bq/g
S-35	K-42	Ca-45	Ca-47	Sc-46	
Cr-51	Fe-59	Ga-67	Ge-71	Se-75	
Br-82	Sr-89	Rb-86	Mo-99	Tc-99m	
In-111	Sn-113	I-123	I-125	I-131	
Pr-144	Yb-169	Au-198	Tl-201	Hg-203	
and other beta/gamma-emitter radiopharmaceuticals with half-lives equal to or shorter than 100 days					
Other radiopharmaceuticals					Individual dose shall be below 10 μSv/y and collective dose of groups shall be below 1 man · Sv/y.

X (i) : Table 2に示された放射性核種Iの濃度限度

式(1)に示された濃度比が1未満となる期間保管した場合に放射性廃棄物としてではなく処分が可能となる。なお、核種が複数の場合は濃度比の和が1未満となる必要がある。

次に計算例を示す(告示に例示されている)。

^{99m}Tc 注射器1個に残る放射能を500MBqと設定し、注射器1個の重量が3gの場合、減衰保管前の放射能濃度を167MBq/gとする。167MBq/gが100Bq/gとなるための最短期間n[半減期]は、

$$100\text{Bq/g}=167\text{MBq/g}\times 10^6/\text{M}\times (1/2)^n$$

$$n=20.7$$

これに安全係数1.2を乗じると24.8となり、保管期

間は最低で約25半減期(約7日)となる。

2-6 放射性廃棄物の管理方法(容器への貼付)

放射性廃棄物は保管容器に一定期間、放射性廃棄物を入れた後、封印し、2-5で求めた期間保管する。この保管容器にはFig. 1に示した保管票を貼付し保管している放射性廃棄物に含まれる放射性核種、放射性廃棄物の種類、保管容器の識別番号、放射性廃棄物を入れた期間、封印した日付、保管期間等を記入することが義務付けられている。なお、放射性核種や放射性廃棄物の種類はコード化されている。

2-7 放射線安全管理者制度

韓国では放射性核種を取り扱うことができる施設の条件として専門の資格を保有した放射線安全管理者がいなければならない。携帯式免許状をFig. 2に示す。放射線安全管理者の資格には1種と2種があり、1種の国家資格試験の合格者は年間に10人前後

Fig. 1 Tag attached for container collection in Korea
(a) Example of the Samsung Medical Center
(b) Example of the Severance Hospital

According to the regulations involving radioactive waste, it is necessary to attach a tag that contains the code classification (radiopharmaceutical, type of waste), date of generation, date of sealing, anticipated disposal date, etc., to the storage container.

a | b

という難関となっている。

また、韓国の規程によれば、放射線安全管理者は、①放射性廃棄物の処分の計画作成、指示および監督をし、必要な措置を講じるとともに処分の結果を病院長に報告すること、②放射性廃棄物の処分と関連する事項を確認し、その記録を保管することが義務付けられている。

さらに、放射線安全管理者は、上記放射性廃棄物管理の監督だけでなく、医療従事者の被ばく管理や放射線作業者に対する教育訓練等の業務を行っている。

2-8 放射性廃棄物管理記録

放射性廃棄物処分の記録には、放射性廃棄物のコード番号、発生日、発生源、放射性核種、放射性廃棄物の種類、体積、封入日とそのときの表面線量率、処分の日付とその際の表面線量率、放射線安全管理者の確認(捺印)等を記すことになっている。

2-9 保管場所

保管容器は放射性廃棄物保管施設に保管することが義務付けられている。韓国の保管の状況をFig. 3に示す。

3. 考察

韓国では ^{166}Ho を除いて本邦と同じ放射性核種を使用しておりすべて半減期60日以下であった。これらのすべての放射性核種由来の放射性廃棄物は、IAEAのクリアランスレベルの考え方を取り入れ算定式1に基づき、放射性廃棄物に含まれる放射性核種の半減期および重量等から減衰保管期間を求め、管理区域

Fig. 2 A Korean radiation safety officer's pocket-type license

The radiation safety officer shall establish, direct, and proctor the plans for the clearance of waste, and will report the results of clearance to the president of the hospital.

The radiation safety officer shall ensure the details related to the clearance of waste and maintain appropriate records.

内の保管廃棄室で減衰保管した後、非放射性廃棄物として処分されていた。ただし、減衰保管期間の回答が同じ放射性核種であっても施設によって異なっていたのは、放射性廃棄物の重量や医療機関ごとにクリアランスの品質保証として設けた手順等の差ではないかと推察されたが詳細については今後の検討課題であると考えている。

韓国では放射性廃棄物の管理と処分を適切かつ確実に行うための規程が設けられており、医療機関ではその規程に基づき、保管容器に保管された放射性

Fig. 3 The storage situation of radioactive waste in Korea
(a) The Samsung Medical Center
(b) The Severance Hospital

a | b

核種や放射性廃棄物の種類等を明記した票を貼付し、処分するまでの過程を記録していた。また、放射線安全管理者制度を設け義務を明確にしていた。本邦において医療用短半減期核種由来の放射性廃棄物の管理と処分を行えるようにするためには、そのシステムの品質保証をいかに行うかにかかっている。したがって、本邦で韓国のような合理的な管理と処分を行えるようにするには、放射線管理者制度や明確な管理手順を盛り込んだガイドラインあるいはマニュアルを整備することが重要であると考えられるが、これらについては日下部⁷⁾や筆者らによって検討されている。今後は、合理的な管理と処分の法整備のために、医療放射線管理に対する信頼の向上を図るとともに国民に安心していただくためのリスクコミュニケーションを行うことが重要である。また、法整備の際には品質保証が確実に実行できるよう実務担当者の啓発を十分に行う必要があると考えられた。

なお、今回調査を行った韓国の主要な医療機関における核医学の実施状況は渡辺ら⁸⁾が報告しているので参考になる。

4. まとめ

われわれは、韓国における放射性廃棄物の管理と処分の実施状況を調査・報告した。韓国ではIAEAの

クリアランスレベルを基に放射性廃棄物を非放射性廃棄物として処分することを所管行政機関が定めていた。医療機関は規程に基づき放射線安全管理者の監督の下に適切かつ確実な放射性廃棄物の処分が行われていた。韓国の例を参考に本邦においても合理的な放射性廃棄物の管理と処分に関する実施手順と適切に管理するための品質保証を法令に定めることが重要である。本稿が本邦における医療用短半減期核種由来の放射性廃棄物の合理的な管理と処分に貢献できれば幸甚である。

なお、本稿は日本放射線技術学会放射性廃棄物等の管理と処分に関する研究班ならびに日本核医学技術学会国際交流・研修派遣者制度における活動の一環として行った。

謝 辞

本調査の貴重な機会を与えていただいた韓国核医学技術学会の金 昌浩会長(インハ大学病院)と会員の皆様、また、アンケートならびに訪問調査にご協力いただいた陳 旻浩氏、石 在東氏(以上、サムソンメディカルセンタ)、ならびに林 在植氏、李 昌浩氏(以上、セブランス病院)、さらに韓国資料を和訳していただいた陳 正賢氏に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) IAEA. SAFETY SERIES No. 115. International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. 1996.
- 2) European Commission. Council Directive 96/29/EURATOM. 1996.
- 3) 戸川貴史, 橋本 順, 百瀬 満. 欧米諸国の法令研究及び実態調査. 平成15年度厚生科学研究費補助金報告書(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総括・分担研究報告書. 2004.
- 4) 日下部きよ子. 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. 平成14年度厚生労働科学研究費補助金(医薬安全総合研究事業)総括・分担研究報告書. 2003.
- 5) 日下部きよ子. 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. 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)総括・分担研究報告書. 2004.
- 6) 日下部きよ子. 医療放射性廃棄物のクリアランスに関する研究. 平成16年度厚生労働科学研究費補助金(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の確立に関する研究」総括・分担研究報告書. 2005.
- 7) 日下部きよ子. 医療放射性廃棄物のクリアランスに関する研究. 平成17年度厚生労働科学研究費補助金(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の確立に関する研究」総括・分担研究報告書. 2006.
- 8) 渡辺 浩, 長岡宏明, 山口一郎, 他. 韓国の主要医療機関における核医学診療の実態. 核医技 2008; 28(4): 285-287.

図表の説明

- Fig. 1 韓国の放射性廃棄物収集容器に貼付するための保管票
(a)サムソンメディカルセンタ, (b)セプランス病院
放射性廃棄物に関する法令に基づいて, 核種と放射性廃棄物の種類のコード番号, 発生日付, 封入日付ならびに処分予定日等を記入した保管票を放射性廃棄物収集容器に貼付しなければならない.
- Fig. 2 韓国の放射線安全管理者の携帯式免許状
放射線安全管理者は, 廃棄物のクリアランスの計画を策定, 指示および監督しクリアランス結果を病院長に報告する.
放射線安全管理者は, 廃棄物のクリアランスと関連する事項を確認し, この適切な記録を保管する.
- Fig. 3 韓国の放射性廃棄物の保管状況
(a)サムソンメディカルセンタ, (b)セプランス病院
- Table 1 韓国の主要医療機関における放射性廃棄物中の核種と減衰待ち保管期間
放射性廃棄物の核種別の管理方法は医療機関に任されている. ただし, 減衰するまでの保管期間は決定放射性廃棄物(核種)に由来する.
同じ核種でも放射性廃棄物の重量によって保管期間は異なる.
- Table 2 許容基準と核種別の濃度