

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  $99.6\text{m}^3$  と算出された. これに基づき  $100\text{m}^3$  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中濃度限度比の和は, 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  $^{131}\text{I}$  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.

## 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。

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

Table 1. 設立主体別の病床数内訳

設立主体	200床未満	200～499床	500～999床	1000床以上	回答数
国立病院	0	25	26	0	51
公的病院	16	140	65	2	223
大学附属病院	3	9	39	25	76
民間病院	65	157	64	6	292

Table 2. 設立主体別のアンケート発送件数と回答数

設立主体	アンケート発送件数	(%)	回答数	(%)
国立病院	105	8.9	51	8.0
公的病院	403	32.4	223	34.7
大学附属病院	118	10.3	76	11.8
民間病院	589	48.5	292	45.5

Table 3. 病院規模(病床数)別の排水量との関係

病床数(床)	施設数	施設平均排水量(m <sup>3</sup> )	1病床平均排水量(m <sup>3</sup> )
～199	64	4693.0	35.5
200～499	289	10710.3	31.5
500～999	173	23762.6	37.2
1000～	28	44922.4	38.3
	合計 554 施設		平均 35.0

Table 4. 排水量区別の排水中放射性同位元素濃度比の和の関係

排水量区分(m <sup>3</sup> )	区分別 施設数	届出量で算出した濃度限度比 の和>1の施設数(率)	使用量で算出した濃度限度比 の和>1の施設数(率)
000-4999	119	86(72.3%)	17(14.2%)
5000-9999	193	115(59.6%)	5(2.6%)
10000-14999	93	48(51.6%)	1(1.1%)
15000-19999	29	14(48.3%)	2(6.9%)
20000-24999	21	5(23.8%)	1(4.8%)
25000-29999	10	3(30.0%)	0
30000-99999	20	5(25.0%)	0
100000以上	14	1(7.1%)	0

資料 1.

「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 厚生労働省厚生科学研究事業(日下部班)

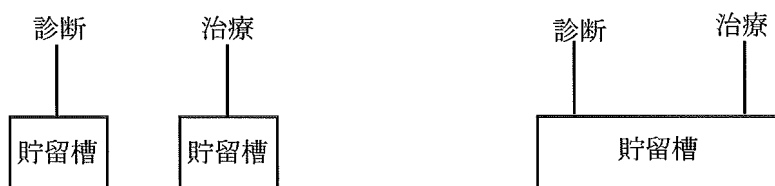
排水に関するアンケート

設問1 貴施設で診療用放射性同位元素による放射線治療を行っていますか？

- I-131 による外来治療を行っている(500MBq 以内)。
- I-131 による放射線治療病室での治療を行っている。
- 診断のみで、治療は行っていない。
- Sr-89 が製品化されたら治療を行う予定である。
- その他( )

設問2 設問1で I-131 による放射線治療病室での治療を行っているとお答えいただいた施設のみ回答ください。貯留槽はどのような形態ですか？

- 治療専用(独立)
- 診断・治療兼用



設問3 導入槽、浄化槽、貯留槽、希釈槽の大きさを教えてください。

- 診断のみ       診断・治療兼用
- 導入槽       なし ・  あり      m<sup>3</sup> ×      基
- 浄化槽       なし ・  あり      m<sup>3</sup> ×      基
- 貯留槽       なし ・  あり      m<sup>3</sup> ×      基
- 希釈槽       なし ・  あり      m<sup>3</sup> ×      基

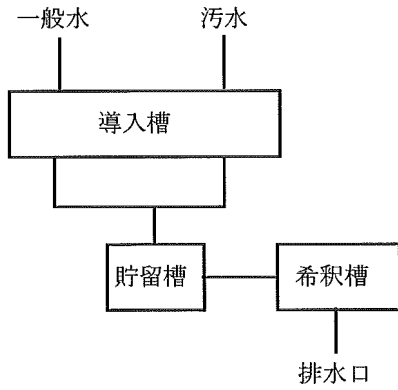
治療専用(治療専用独立の排水設備がある場合)

- 導入槽       なし ・  あり      m<sup>3</sup> ×      基
- 浄化槽       なし ・  あり      m<sup>3</sup> ×      基
- 貯留槽       なし ・  あり      m<sup>3</sup> ×      基
- 希釈槽       なし ・  あり      m<sup>3</sup> ×      基

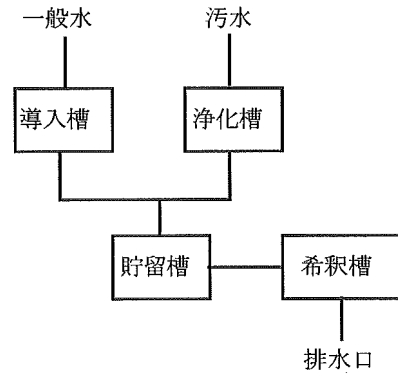
設問 4 排水設備の形態を次に例示する A～D の図から選んでください。いずれにも当てはまらない場合はその他の図に線で描いてください。

例

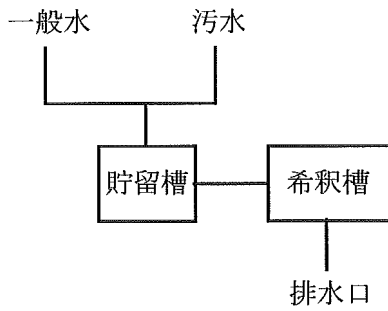
A.



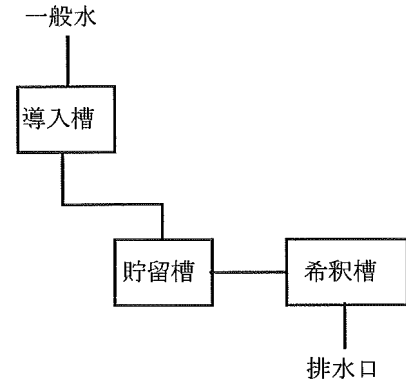
B.



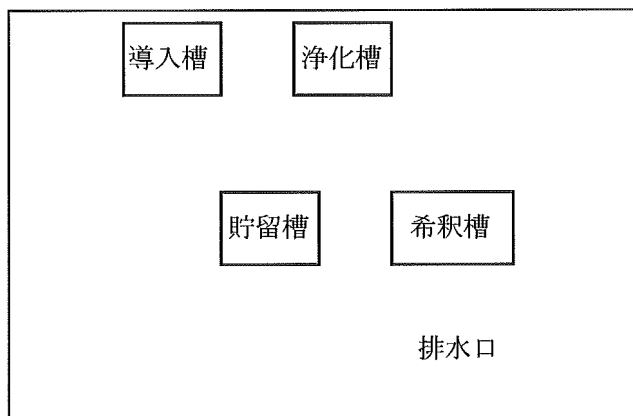
C.



D.



その他



設問 5 診療用放射性同位元素使用施設の排水量を教えてください。

・1日の排水量(医療法届出計算上)  $\text{m}^3$

・実際の排水回数 年 回

設問 6 排水濃度以下である確認の方法

- 排水モニターによる測定
- 排水時サンプリングによる測定
- その他( )

設問 7 貴施設における届出数量等を教えてください(平成 13 年 4 月 1 日～平成 14 年 3 月 31 日)。

実際の使用量に関しては、可能な範囲でご記入をお願いいたします。

核種	1 日最大 使用予定 数量 (MBq)	3 月間使用 予定数量 (MBq)	年間使用予 定数量 (MBq)	実際の 6 月一ヶ月 の使用量 (MBq) 検定日時 の量	実際の 1 年間の使 用数量 (MBq) 検定日時 の量	実際の 1 年間の使 用数量 (MBq) 実際の投 与量
I-125						
Ga-67						
Tc-99m*						
In-111						
I-123						
I-131						
I-131 (放射線治 療病室入 院)						
Cr-51						
Tl-201						
Fe-59						
Sr-89**						

\*Mo-99 分は、Tc-99m に換算して記入ください。

\*\*Sr-89 については、設問 1 で使う予定とお答えいただいた施設は、予想数をお書き  
下さい。

設問 8 貴施設(事業所)全体の 1 ヶ月平均排水量を教えてください(上水道使用量から算出下  
さい)。

m<sup>3</sup>

また、地下水、雨水等併用している場合はおおよその量を教えてください。

併用している。 m<sup>3</sup>

\* ご協力ありがとうございました。

資料 2.

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)「医療法施行規則の一部を改正する省令の施行について」(関係部分を下記に示す)

4. 排水・排気に係る放射性同位元素の濃度の算定

- (2) 排水に係る放射性同位元素の濃度の算定に当たっては、次式により核種ごとの 3 月間の平均濃度を求め、つぎ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、この割合の和が 1 を超える場合にあっては、従来どお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算出をして差し支えない。

(3 月間の平均濃度)

$$\begin{aligned} &= (\text{貯留時の放射エネルギー}) / (\text{貯留槽 1 基の貯留量}) \\ &= (\text{一日の最大使用量}) \times (\text{混入率}) (\text{注 5}) \times [(1 - \exp(-\lambda t_1)) / \lambda] \times \exp(-\lambda t_2) / (\text{貯留槽} \\ &\quad \text{1 基の貯留量}) \end{aligned}$$

$\lambda$ : 核種の崩壊定数(/日) =  $0.693/T$

T: 核種の物理的半減期(日)

t1: 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)

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

小数点以下を切り上げた値とする。

t2: 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。正、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、排水及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 5): 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。

「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  
②核医学診療施設における管理区域排水系の実態調査  
～貯留槽における排水中放射性同位元素濃度の測定～

## 研究目的

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 にて行った全国の核医学診療施設を対象としたアンケート調査の結果、事業所全体の1ヶ月排水量が平均20,000m<sup>3</sup>と多量であることに着目し、米国の規制法をモデルとしてシミュレーションを行った。すなわち、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使用量と事業所1ヶ月間の排水量を用いた排水中濃度限度比の和を算出した。その結果、放射性同位元素の使用量の全てが排水系に流入したとしても、解析対象となった499施設のうち473施設(94.8%)で濃度限度比の和は1未満であった。さらに1ヶ月間の事業所排水量が25,000m<sup>3</sup>以上の施設に限定すると濃度限度比の和は全ての施設で1未満となり、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られた。このことから液体状放射性同位元素の廃棄に関しての規制法については、現行法令とは異なった視点からの合理的管理についても検討の余地があるものと考えられた。これをより深く解析するためアンケート調査に協力頂いた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、より適正な管理を検討する。

## 研究方法

### I 貯留槽排水中放射性同位元素濃度測定の予備測定-1

予備測定としてI-131入院治療を有する施設である東京女子医科大学附属病院、東京慈恵会医科大学附属病院にて測定を事前に行った。東京女子医科大学附属病院では貯留槽レベルにてモニタリング測定を実施し、東京慈恵会医科大学附属病院では導入槽に流入する一般水系配管のすぐ直下にサンプリングポイントを設け平成15年6月2日～6月7日(6月7日を除く)の16時に1ccずつ2本の検体をサンプリングし、オートウェル型シンチレーションカウンタにてバックグラウンド用検体とともに各60分間の測定を行った。測定核種はI-131とし換算した。

### II 貯留槽排水中放射性同位元素濃度測定の予備測定-2

予備測定としてI-131入院治療を行っていない施設である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、全国核医



学施設への実測調査依頼の方法論をまとめる。

測定期間は平成 15 年 7 月 10 日～7 月 17 日の 1 週間。東芝テクノサービスに依頼し、導入槽に流入する配管(入水管)、導入槽内(入水管直下と出水管付近の 2 箇所)、導入槽から流出する配管(出水管)の 4 箇所に検出器を設置し(図 1.)、経時的なカウント、トレンドグラフを測定し、濃度推定モデルを考案し検出器別実測線量率と推定濃度を求める。バックグラウンドは別に導入槽設置室の壁際に 1 箇所設置した。

### III 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

予備測定の結果より 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 54 施設を対象とし、貯留槽流入直後の放射性同位元素濃度を各施設に設置されている排水モニタにて測定を依頼した。測定開始日は 1 日 3 回、2 日目以降 5 日目までは開始日にて最も高値を示した時間を 1 日 1 回ずつの測定することとした(資料 1.)。

## 研究結果

### I 貯留槽排水中放射性同位元素濃度測定の予備測定-1

I-131 入院治療を行っている東京女子医科大学附属病院、東京慈恵会医科大学附属病院における排水中放射性同位元素濃度測定の結果、ともに高値が検出された。東京慈恵会医科大学附属病院で得られた導入槽一般水のサンプリング検体を当日 I-131 にて換算した濃度限度比は全ての検体にて 1 を大きく超えた(24.3～56.5 倍)。一週間後に再度検体のカウントを測定したが、いずれも濃度限度比は 8.9～19.0 倍と高値が持続した(表 1.)。東京女子医科大学では貯留槽でのモニタリング測定を行ったがやはりピークが検出された。

### II 貯留槽排水中放射性同位元素濃度測定の予備測定-2

各検出器が検知した 1 週間のトレンドグラフより、FDG-PET 検査施行日である火曜日～土曜日の毎日午前 9～10 時の間に半減期約 2 時間のピークが検出された。また、月曜日 17 時すぎに半減期約 7 時間のピークを認めた。導入槽内の排水が H レベルとなり自動移送が行われた 7 月 16 日(水)8 時 16 分に出水管検出器にトレンドグラフ上、他の測定日と比べ有意な変化はなかった。導入槽内の 2 つの検出器にてピークを認めたが 24 時間以内に必ずバックグラウンドレベルまで低下していることが確認された(図 2.)。

### III 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診療施設 55 施設のうち 35 施設から回答を得た(回答率 63.6%)。そのうち有効回答施設 30 施設(回答率 54.5%)であった。除外となった 4 施設は希釈槽のみモニタするシステムのため集計から除外した。また、残りの 1 施設は期限内に貯留槽に排水が貯まらず測定できなかつたため除外となった。30 施設のうち 2 施設は排水モニタによるデータではなく用手的サンプリングにてのガンマカウンタで計測したデータであった。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, Ga-67 にて換算した場合は 30 施設全てで濃度限度以下を示した。

TI-201にて換算した場合、28施設で濃度限度以下を示し(93.3%)、2施設が濃度限度を超える計算結果となった。また、29施設は貯留槽の前に導入槽が設置されていた。下水の放流形態としては、管理区域系の排水が直接院外へ放流されるタイプが6施設、管理区域外系の排水と合流した後放流されるタイプが13施設であった(詳細不明が11施設)。

## 考察

### I 貯留槽排水中放射性同位元素濃度測定の予備測定-1

東京慈恵会医科大学附属病院はI-131入院治療病室を有し、治療期間中、患者から排泄される便や尿は汚水系排水として浄化槽を経由し導入槽に流入するため、今回のサンプリングポイントに混入することはなく測定結果への影響はないはずである。但し、うがいや洗面の排水は一般水系排水として導入槽に流入しサンプリング検体へ混入することが予想される。採水時に入院治療患者はいなかったが、測定直前の5月12日、5月19日、5月26日に各々3700MBqが患者に投与されていた。今回の測定結果にて著明な高値が検出された理由として5月26日に投与された患者は、5月29日まで入院治療をうけており、その生活用水が一般排水系の配管に付着していたことが考えられる。この結果よりI-131入院治療施設においては現状の規制のもとでの管理が適正であると考えられた。

### II 貯留槽排水中放射性同位元素濃度測定の予備測定-2

トレンドグラフにより火～土曜日の午前9～10時にピークを認めた。測定後の調査よりFDG分注後のシリンジ内の誤差分を流しに直接廃棄していたことがわかり半減期も一致していた。その値の最大値で換算するとバックグラウンド線量率の1000倍程度の $37.5 \mu\text{Sv/h}$ と算出され、その際、線量率上昇が同期していた他の検出器の記録が $13.2 \mu\text{Sv/h}$ であることから濃度を推定した。条件として導入槽(分配槽)の水位を50cmと仮定するとF-18換算では約59Bq/ccとなった。濃度算出モデル(180cm×160cm×30cmの水にF-18が均一に存在すると仮定で計算すると51MBqに相当し、当日のFDG使用量は2168MBqであり、このうちの2.4%が流しに廃棄されていたこととなる。

月曜日の17時すぎのピークについても調査の結果、唾液腺シンチグラフィが施行されており、このとき患者の唾液を流しに廃棄したことがわかった。

FDG、Tc-99mの人為的廃棄によるピークは認めたものの、その他の時間帯に異常は検出されなかった。また、検出されたピークは全ての検出器にてバックグラウンドレベルまで低下している。このことから検出された排水中の放射性同位元素の半減期は比較的短く、貯留槽へ流出するまでには減衰してしまうことが証明された。

今回の測定より、核医学検査施行中、特に放射性同位元素を患者に投与する時間帯に異常高値が検出されたことを考慮し、全国核医学施設を対象とした測定では測定初日に3回測定してもらい、その結果最も高値を示した時間帯に以後4日間1日1回の測定を依頼することとした。

### III 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

濃度限度比の和が1を超えた2施設につき追跡調査及び解析を行った。1施設は2日目の値が0.08倍を示し、混入核種のほとんどが Tc-99m であることがわかり実際は濃度限度比が1未満であることを確認した。よって29施設(96.6%)が貯留槽レベルで既に十分な希釈、減衰がなされていることが確認された。

もう1施設については核種ごとの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、濃度限度比の和が1.2となった。但し、翌日のカウント数は著減を示し、全く問題とならない程度にまで減衰している。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。

今回、調査協力が得られた核医学診療施設の管理区域系の排水形態について分類を行った(資料2)。分類の方法であるが、まず導入槽の有無にて2つのグループに分けた。その後、一般水系と汚水系の排水がそれぞれいくつの槽を経由した後、貯留槽に流入するかで6種類の形態に分類された。各々の形態につきその性質、特徴につき考察した。「導入槽なし」は貯留槽へ排水を輸送する上で建築構造上、導入槽が必要である施設が多いため、この形式をとることは非現実的であると思われた。「一般水、汚水が導入槽前に1槽を経由する場合(1-1槽型)」は今回の調査で最も多く認められた形態である。このタイプには2種類があり、メンテナンスのことを考慮すると汚水系には浄化槽が設置されていることが望ましい。「一般水は1槽、汚水は2槽を経由する場合(1-2槽型)」は二番目に多かった形態である。理論上は減衰、希釈とコスト面のバランスがとれた排水形態と考えられる。「一般水、汚水が導入槽前に2槽を経由する場合(2-2槽型)」は小容量である浄化槽に一般水系を連結しており、このようなタイプの施設はほとんどない。特に排水量が多い施設はこの形態は不向きであり、複数(多数)の浄化槽が必要となるためコスト的に不利である。但し、一般水、汚水ともに2槽を経てから貯留槽に至るため途中の減衰や希釈が最も期待できる排水形態である。

現行法令内で規制緩和が可能となりう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、以下の条件のもと可能であると考えられる。つまり、導入槽での測定にて1施設を除き全ての施設で現行法令規定以下であったことから「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」と考えられる。但し、1施設とはいえ、瞬間値として高濃度が検知されたことから、以下の条件が付帯すべきと考える。つまり、「導入槽の容量が希釈や減衰が可能なものである」場合、または「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」場合である。

前者の十分な導入槽容量については、前年度アンケート調査結果によると、1日に管理区域から出る排水量は「0.2 m<sup>3</sup>未満 129施設(24.2%)、0.2 m<sup>3</sup>122施設(22.9%)、0.2 m<sup>3</sup>より多く0.5 m<sup>3</sup>以下 176施設(33.0%)、0.5 m<sup>3</sup>より多く1 m<sup>3</sup>以下 58施設(10.9%)、1 m<sup>3</sup>以上 48施設(9.0%)」であり、1 m<sup>3</sup>以下の施設が91%を占めている。通常使用する核種を考慮した場合、およそ1週間分の排水を導入槽にて貯留できる容量があれば十分な減衰がなされると考えられる。すなわち、7 m<sup>3</sup>程度の容量を有する導入槽があることが条件となる。具体的には約8割を示す施設(1日排水量が0.5 m<sup>3</sup>以下)では3.5 m<sup>3</sup>程度の導入槽があればよい計算となる。アンケート

調査では「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(5m<sup>3</sup>未満)のものが69.8%と多い」とされ、今後、3.5～7m<sup>3</sup>の導入槽の設置は現状と比較してもそれほど非現実的なことではない。導入槽容量を明確な根拠のもと計算された容量とすることにより、貯留槽及び希釈槽の設置を省くことが可能となる。今回のアンケート調査にて「貯留槽は2槽または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かかるコスト削減、メンテナンス費用の削減、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る。具体的なコスト削減の金額について病院規模別に概算値を算出してみた(表2)。病院規模を4種類に分け、それぞれの平均と思われる排水形態のつと排水設備費用と年一回の点検費をまとめた。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、大々規模にあたり排水設備にかかる初期設置費用は7500万円となる。年一回の点検費は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るものと仮定すると約2345万円のコストダウンとなる。またこれにかかる点検費も当然軽減することになる。実際、横浜市大では2年前に貯留槽に腐蝕が発見され4槽全てを新規のものと取り替えたが、そのときの費用は約2000万円であり、この概算値とほぼ一致している。

もう一つの奨励される排水形態として管理区域外系の排水と合流後に事業所外へ放流する形態があげられる。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り、管理区域内ばかりでなく、管理区域外にも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。放射性同位元素を投与された患者が管理区域外にて放射性同位元素を排泄することは周知の事実であり、この濃度規制は患者が院内にて生活していることを想定すればより合理的なものと考えられる。今回の調査では13施設(43.3%)がこのタイプの排水形態であった。これら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、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と考えられる。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出されることになる。今後我が国でも新設の核医学施設では奨励されるべき排水形態であり普及が望まれる。

## 結論

貯留槽、導入槽流入排水の放射能実測調査によりI-131入院治療施設では濃度限度を大きく上回る結果となり、1週間後もその値は持続することから現行法令による規制が適正なものと考えられた。

貯留槽流入排水の放射能実測調査によりI-131入院治療を行わない施設では1施設を除いた96.6%の施設では濃度限度以下を示し、すでに貯留槽流入レベルで十分に希釈、減衰がなされた排水であることが確認された。つまり導入槽より下流に設置される貯留槽、希釈槽の設置意義は乏しいことが判明した。また、コスト的な観点からみても、新設の核医学施設で貯留槽、希釈層を設置しない場合の排水設備形態を考えたとき、施設規模にもよるがおよそ660～2345万円程度の費用の削減が見込め経済的にも有利である。

今回の調査にて1施設にて瞬間値として濃度限度比の和が1を超える施設が認められた。これは瞬間値であり現行の濃度規制にのっとり3ヶ月間の排水量と届け出放射性同位元素量から算出した濃度限度に問題はない。しかしながら、事故や人為的な処理などの不測の事態に対応できるよう少なくとも1週間程度の排水量を貯留できる容量の(導入)槽を設けるべきと考えられ、具体的にはおよそ3.5~7m<sup>3</sup>の容量が適当と考えられた。

また、もう一つの奨励される排水形態として管理区域外系の排水と合流後に事業所外へ放流する形態があげられた。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り、管理区域内ばかりでなく、管理区域外にても排泄された放射性同位元素を含めた濃度規制に対応している。今回の調査では13施設(43.3%)がこのタイプの排水形態であった。これら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、貯留槽や希釈槽の設置はなくても安全な管理が可能であると考えられる。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出されることになる。今後我が国でも新設の核医学施設では奨励されるべき排水形態であり普及が望まれる。

排水中濃度測定方法について  
MSR-600シリーズの場合（記録計のついているタイプ）

お忙しいところ恐縮ですが下記の方法により排水モニタによる排水貯留槽中の放射能濃度の測定をお願いします。

## 1. 測定の目的

今回の測定はRI使用施設から排水された直後の濃度を測定することを目的としています。

## 2. 測定期間

2003年10月中の任意の5日間(できれば月～金曜日)

## 3. 測定回数

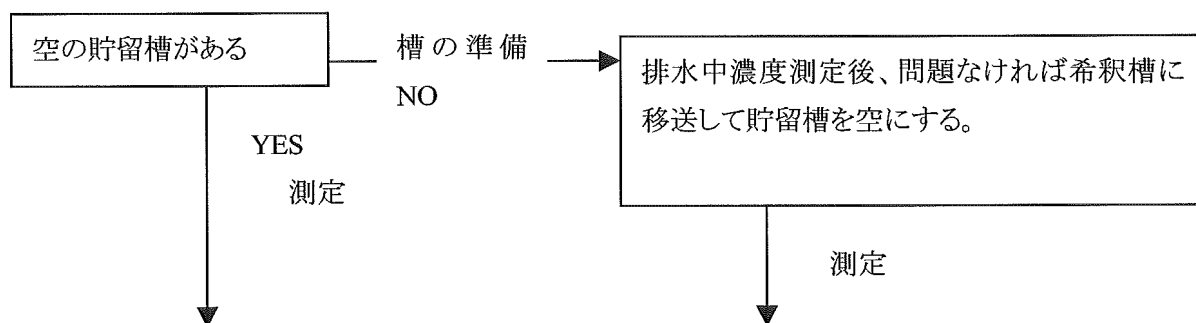
初日 11:00 14:00 16:00 頃の3回

2日目～5日目 上記時間で放射能濃度の一番高かった時間 に一回/日  
合計7回測定してください

## 4. 送付いただきたい報告

添付測定結果事項にご記入ください。

## 5. 測定手順



貯留槽の前に導入槽がある場合には導入槽の排水が貯留槽に移送された直後に測定してください。

- ① 排水制御盤でバルブを切り替えてこの空の貯留槽に排水に流入するようにする。
- ② 中央監視装置水モニタの オペレートランプ兼スイッチを ON にし動作状態にする。

次に表示パネルの設定を下記のようにしてください

バルブ設定スイッチ 測定する槽の NO デシスイッチで設定  
コントロール切換スイッチ 「AUTO」  
プリセットタイムスイッチ 10分で設定

- ③ 指定の時間にオート動作 スタートスイッチを押してください。測定が開始されます。
- ④ 測定終了すると表示部に積算平均値が  $A \times 10^B$  で表示されますのでそのまま記録ください。

—測定結果報告書—

測定日時		積算平均値 cps
例) 2003.10.20 13:00		$4 \times 10^1$
1 日 目		
1 日 目		
1 日 目		
2 日 目		
3 日 目		
4 日 目		
5 日 目		

表示パネルに $A \times 10^B$ と表示されますのでそのままお書きください。

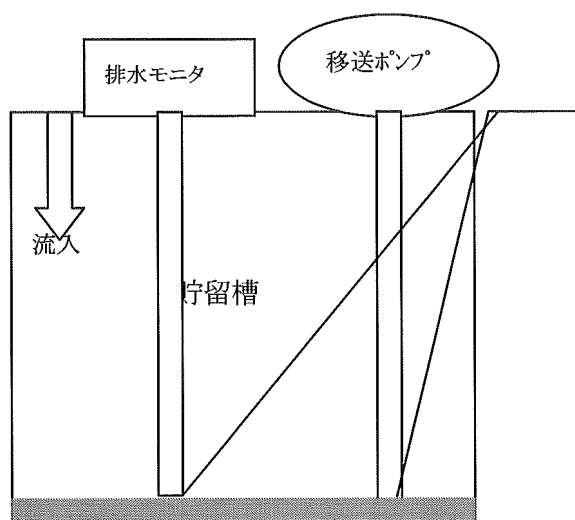
バックグラウンド	cps
----------	-----

(バックグラウンドは測定から測定の間がバックグラウンドになります。  
記録計より読み取ってください)

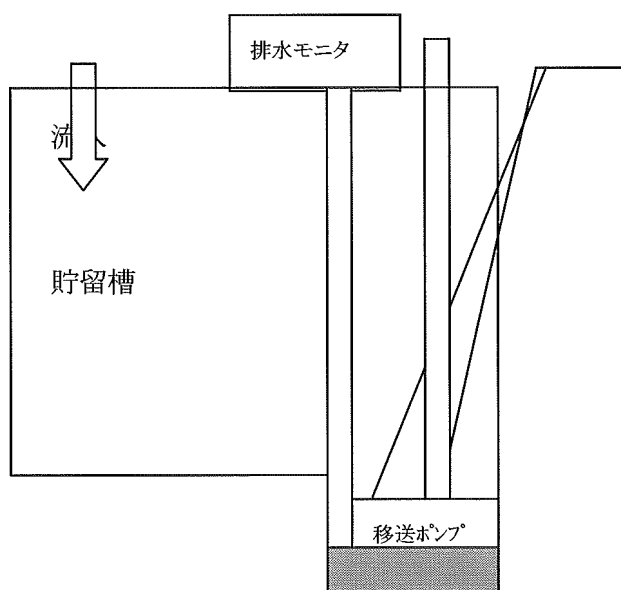
測定上の注意

1. 空の貯留槽がない場合、強制的に移送することになります。これは通常の排水管理事項と違うことを行います。このため希釈槽の希釈能力を超えてしまうこともあり、その後の排水計画に負担がかかることも考えられますので、水中濃度をご留意の上、ご負担のかからない範囲でお願いします。
2. サンプルングする槽はRI使用施設から排水直後が対象になります。その為バルブにより槽が切り替えることのできる場合はどの貯留槽も対象にできますが、流路が固定される場合は最初に流入する槽が対象になります。
3. 貯留槽にはいくつか異なる構造があります。特に排水モニタで測定する場合は排水が流入しても構造によっては下記に示すようにすぐ排水モニタがサンプルングできない場合

があります。その場合は何度か測定してください。その為に報告事項に流入開始日から測定日までの日数記入欄を求めました。



満水になった場合、移送ポンプで左図のように槽の水を汲み上げますが配管が必ずしも貯留槽の底面まで届いていない場合もあり、完全には空にならない場合があります。加えて排水モニタのサンプリング配管の高さもあり、構造によっては、貯留槽が空になるとしばらく排水モニタリングができないことがあります。



左図のように移送ポンプが水中ポンプになっていると槽のほとんどの水が移送でき上記構造よりも貯留槽を空の状態できます。この場合は排水モニタのサンプリング配管も深く入る場合もあり排水の流入直後からモニタができる場合がありますので、水位の上昇を見たらモニタを作動させて下さい。



導入槽（無）

導入槽（有）

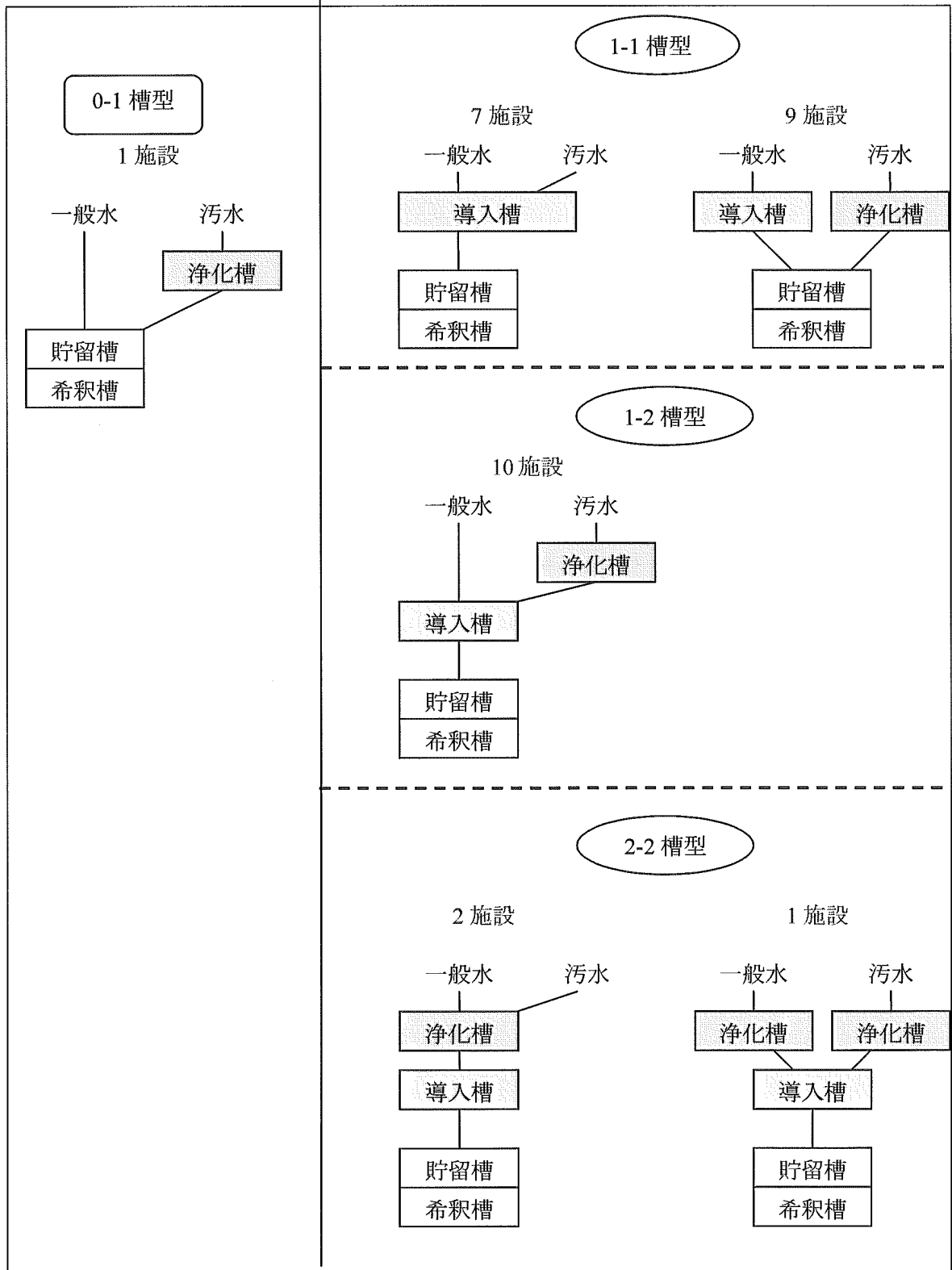
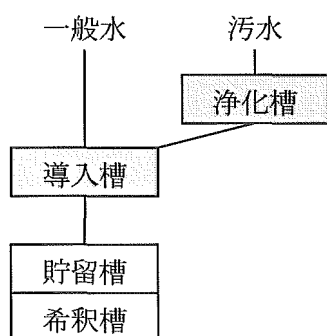


表 1. 東京慈恵会医科大学附属病院 排水形態及び導入槽一般水放射能濃度測定



測定核種:I-131

測定日時	サンプリング当日	濃度限度比	サンプリング一週間後	濃度限度比
	濃度		濃度	
2003/6/2	2.19E+00	54.7	7.59E-01	19
2003/6/3	1.56E+00	39.2	5.77E-01	14.5
2003/6/4	9.72E-02	24.3	3.55E-01	8.9
2003/6/6	1.03E+00	25.8	4.16E-01	10.4
2003/6/7	2.26E+00	56.5	5.04E-01	10.4

濃度単位:Bq/cm<sup>3</sup>

表 2.

規模別排水設備の費用

規模	仕様	排水設備費用	年一回点検費
大々規模	浄化槽 10人槽×2 浄化槽 5人槽×1 調整槽 6m <sup>3</sup> ×1 貯留槽 20m <sup>3</sup> ×4 希釈槽 20m <sup>3</sup> ×1	7500万円	100万円
大規模	浄化槽 7人槽×2 調整槽 1.5m <sup>3</sup> ×1 貯留槽 15m <sup>3</sup> ×3 希釈槽 15m <sup>3</sup> ×1	5900万円	80万円
中規模	浄化槽 5人槽×2 調整槽 1.5m <sup>3</sup> ×1 貯留槽 10m <sup>3</sup> ×2 希釈槽 10m <sup>3</sup> ×1	4700万円	70万円
小規模	浄化槽 5人槽×2 調整槽 1.5m <sup>3</sup> ×1 貯留槽 5m <sup>3</sup> ×2 希釈槽 5m <sup>3</sup> ×1	4200万円	60万円

この中で浄化槽、調整槽の合計は全体の6~8%に相当する。

貯留槽の寿命は15年以上あると考えられるが、水位計やポンプは数年で修理交換が必要になることが多くその場合は数十万円の費用が別に維持費として発生する。

この他に排水設備を設置するスペース、架台等が費用の要素になるがこの点は計算に入れていない。

### 設備費用内訳

単位 万円

規模	仕様	槽内訳	配管工事	電気系装	諸経費	合計
大々規模	浄化槽 10人槽×2	180	3400	580	700	7500
	浄化槽 5人槽×1	45				
	調整槽 6m <sup>3</sup> ×1	250				
	貯留槽 20m <sup>3</sup> ×4	2345				
	希釈槽 20m <sup>3</sup> ×1					
大規模	浄化槽 7人槽×2	130	2900	500	660	5900
	調整槽 1.5m <sup>3</sup> ×1	170				
	貯留槽 15m <sup>3</sup> ×3	1540				
	希釈槽 15m <sup>3</sup> ×1					
中規模	浄化槽 5人槽×2	90	2400	420	640	4700
	調整槽 1.5m <sup>3</sup> ×1	170				
	貯留槽 10m <sup>3</sup> ×2	980				
	希釈槽 10m <sup>3</sup> ×1					
小規模	浄化槽 5人槽×2	90	2350	420	510	4200
	調整槽 1.5m <sup>3</sup> ×1	170				
	貯留槽 5m <sup>3</sup> ×2	660				
	希釈槽 5m <sup>3</sup> ×1					

配管工事には ポンプ類、電動弁、水位計類、現場操作盤が含まれる

上記価格は概算のため予算、仕様により若干変動がある

「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」  
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  
③核医学診療施設における管理区域外系排水のモニタリング調査  
～施設境界部における排水中放射性同位元素濃度の定性的測定～

## 研究目的

診療用放射性同位元素は患者に投与され人体内に存在するものに関しては障害防止法の適応外となり管理の対象からはずれる。但し、投与された核種の半減期によっては患者が管理区域外で生活する期間に再度体外へ放たれることが考えられる。今回、病院内の管理区域外系の排水を敷地境界部にてサンプリングし濃度測定することにより実際、放射性同位元素は検出されるのか、された場合、どの程度の濃度であるのかにつき検証した。

## 研究方法

横浜市立大学附属病医院の放射性管理区域外系排水の流出する経路を調査し、そのうちの 3 箇所につき放射性同位元素が検出されるかを検証する。

施設境界部排水（マンホール内排水路）の 3 ヶ所（A, B, C 地点）を測定対象とした。測定期間は 1 箇所につき 1 週間とし 2003 年 8 月 27 日（水）午前より 9 月 18 日（木）午後迄とした。測定方法は防水対策を施した測定器をマンホール内部の排水溝へ設置し（浸し）、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（図 1）。得られたデータを種々の仮定の下に、排水中の平均放射能濃度を概略計算した。なお、計算結果は、必要なパラメータの多くが不明なため、仮定や単純化した近似モデルを用いている。推定計算の手法としては測定器から得られた有意な計数率の平均を求め、次に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した。そして、この換算係数と平均計数率から濃度を算出した。

仮定として、①有意な計数率の上昇分（net 計数率）が排水中放射性同位元素濃度に比例するものとする。②測定期間（1週間）中の定期的（15 分間隔）測定データの全てを対象に、一つ一つのデータであるグロス計数率からバックグランド計数率を差し引いたものを上昇分（net 計数率）とし、その平均を濃度算出対象の計数率とする。③測定期間（1週間）中の流量および流速は不変とする。以上の三項目を設けた。次に単純化した近似モデルについてであるが、④測定場所（排水溝）における体系（水位、測定器の位置）が図 2 の状態であるとして、その状態が測定期間中一定であるとした。⑤測定器単体の〔計数率（cps）→線量率（ $\mu$  Sv/h）〕の変換係数は Cs-137 線源で得られたものを使用するか、それを基本として Co-57 線源との計数効率比の補正を加えたものを使用する。どちらを使用するかは核種の光子エネルギーにより決める。⑥体系（測定器と被測定水との位置関係および形状）から導かれる〔線量率（ $\mu$  Sv/h）→RI濃度（Bq/cc）〕の換算係数は“排水設備での測定”で使用した配管外付けの場合の理論計算による係数から推定する。⑥“排水設備での測定”で算出しなかった核種については、上記の換算係数を基にして、光子エネルギーと $\gamma$ 線放出率の差を補正して換算係数を求める。以上より算出した換算係数を表1に示す。