放射線管理技術

(VI)

放射性同位元素の貯蔵保管および運搬†

鈴木 英 世

日本放射性同位元素協会

1. 貯蔵および保管

放射性同位元素（以下 RI）は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（以下障害防止法）によってすべて貯蔵施設（貯蔵室、貯蔵箱）で保管しなければならない。しかし密封された RI を耐火性の構造の容器に入れて保管するときはその容器が貯蔵施設となる。

貯蔵室は主要構造部*を耐火構造とし、又は不燃材料で作ること。その開口部**は建築基準法による甲種防火戸**とする。貯蔵箱も耐火性のものでなければならない。

これらのとびら、ふたなどにはかぎなど閉鎖のための設備または器具を設ける。

貯蔵施設内における 1 週間の立入時間全部について 100 ミリレム以下になるように遮蔽する。 α 線または低いエネルギーの β 線のみを出す核種の場合には、遮蔽は比較的簡単でガラス容器または薄い金属容器で良いが、 γ 線または高いエネルギーの β 線を出す娘核種をとまうものはこの点も考慮しなければならない。 ^{106}Ru は β 線のみを出す娘核種の ^{106}Rh は β 線のエネルギーも高くまた γ 線も出す。この ^{106}Ru と ^{106}Rh は放射平衡となっているので ^{106}Rh に注目して遮蔽を考えなければならない。ほかにこれに類したものに ^{140}Ba - ^{140}La , ^{28}Mg - ^{28}Al , ^{72}Se - ^{72}As , ^{85}Sr - $^{85\text{m}}\text{Rb}$, ^{132}Te - ^{132}I などがある。また ^{90}Sr - ^{90}Y のように、 ^{90}Y の β 線が 2.25 MeV と大きく容器の壁などにより制動放射線を出す

ので、これの遮蔽を考慮しなければならない。

1.1 RI 容器の備うべき条件

RI を入れる容器はつぎのような条件を満たさなければならない。

イ 容器の外における空気を汚染するおそれのある RI を入れる容器は気密な構造とすること。

ロ 液体状の RI を入れる容器は液体がこぼれにくい構造とし、かつ液体が浸透しにくい材料を用いること。

ハ 液体又は固体状の RI を入れる容器で、きれつ、破損等の事故を生ずるおそれのあるものには受皿、吸収材その他 RI による汚染のひろがりや防止するための施設、又は器具を設けること。

RI は表 1 に示すように非常に微量であり、いわゆる一般の物理化学的な常識がいつも通ずるとはかぎらない。密封しないと空気を汚染する RI の例としては Ra がある。 ^{226}Ra の崩壊により娘核種として ^{222}Rn ガス

† Radiation Safety Technique (VI) Storage, Safe-keeping, and Transportation of Radioisotopes, Hideyo SUZUKI: Japan Radioisotope Association, Honkomagome, Bunkyo-ku, Tokyo.

* 壁、柱、床、はり、屋根、階段並びに当該施設を区画する壁及び柱をいう。

** 出入口のとびら、窓など

*** 1. 骨組を鉄製とし両面にそれぞれ厚さが 0.5 mm 以上の鉄板を張ったもの。

2. 鉄製で鉄板の厚さが 1.5 mm 以上のものなど

表 1

核 種	1 mCi の重量* (mg)	化合物の例	比 放 射 能**	mg/mCi***
³ H	1.02×10^{-4}	H ₂ O	5 Ci/ml	2×10^{-1}
¹⁴ C	2.18×10^{-1}	CH ₃ ・COOH	60mCi/mM	1
³² P	1.15×10^{-6}	H ₃ PO ₄	CF	3.7×10^{-5}
⁵⁹ Fe	2×10^{-5}	FeCl ₃	2 mCi/mg	5×10^{-1}
⁹⁰ Sr	7.04×10^{-3}	Sr(NO ₃) ₂	CF	1.66×10^{-2}
¹³¹ I	8.1×10^{-6}	NaI	CF	9.5×10^{-6}

* 核種のための重量

** 市販品の大略の値, CF は carrier free の略

*** 第3欄の化合物が第4欄の比放射能のとき mCi あたりの値となる。

が発生する。

半減期3.8日で radioactive な Po, Pb などに変わり固体となつてあちこちに付着してしまう。

医学関係に用いられる ⁸⁵Kr, ¹³³Xe を生理食塩水に溶かしたものがあつたが徐々にガスとなって逸散する。¹²⁵I, ¹³¹I などヨウ素の化合物も医学方面に多く利用されているが化学的にあまり安定でなかったりまたは放射線自己分解でヨウ素が遊離昇華することもある。Ba*CO₃などの炭酸塩では密封が悪いと空気中のCO₂ガスと同位体交換反応がおこり、炭酸塩の比放射能が低下するだけでなく radioactive な *CO₂ ガスにより空気が汚染する。一般的にいつて、RI の化合物は上記のような場合以外でもすべて密封して保管するのが良い。有機化合物の場合、揮発性のものがあるがこれらの保管が悪いとふつう、量が少ないためにすぐに揮発してしまい、空気を汚染させるとともに実験にも支障をきたすことになる。

一般の使用者にはあまり関係はないが、RI の量がきわめて多い水溶液では、溶媒が放射線損傷により分解しガスを発生、容器内の圧力を高め、RI が漏出することも考えられる。

ロ、ハ、としてはふつうガラスビンが用いられているが鉛容器または缶、ビーカー、シャーレなどの底に紙綿などを敷きこれに入れて保管する。しかしこれらの外側の容器は使用にさいしてそのまま持ち込まず使用専用の容器に移しかえることがのぞましい。さもないと使用中に容器を汚染させそのままふたたび貯蔵室（または箱）に返され汚染を広げる危険性がある。貯蔵室は汚染されないことを前提として作られているが万一のことを考えて排気設備はあったほうが良いだろう。

1・2 小線源の保管

医療用に用いられている ⁶⁰Co, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, Ra など

の小線源を使用している所では在庫の管理、患者の掌握を確実にしない、紛失、盗難、事故被曝などが無いようにしなければならない。またよい被曝をさけるために各線源を鉛製の引出し、鉛容器などにはっきり区別して保管し、容器外側に放射能強度、形状がすぐわかるように、数字、色別けなどで明示しておくが良い。工業用の線源は厚さ計、ラジオグラフィなどに用いられているが、線源は格納部に保管されていることになるので、使用していないときに格納されているかどうか確かめる。医療用、工業用の大量線源も同様に確実に格納されていることを確かめる。

1・3 保管の記録

RI を保管するときは RI の種類、数量、期間、方法、場所、保管従事者の氏名について記帳する。

1・4 放射性廃棄物の保管

RI の使用にともない、生ずる廃棄物の処理は液体、気体についてはそれぞれ排水設備、排気設備により許容濃度以下にして排出するが、固体や濃度の高い液体の廃棄物は廃棄物集荷処理機関（現在、RI 協会）に引渡す方法がある。廃棄物が生じてから処理機関に引渡すまでの間は使用者が管理保管しなければならない。廃棄保管施設の位置、構造などについては RI 貯蔵施設に準ずるが、両者を兼用することは放射線管理上避けたほうがよい。室の大きさは廃棄物の集荷回数*と廃棄物の排出量からみて容器の格納スペースを決める。室の位置はこれらの容器を出入れしやすい所が良い。

廃棄物保管容器は RI 廃棄物を収納しておくためのものであるから内部に入れた RI または RI 汚染廃棄

* 関東、関西地区	年2回程度
東北、中部、中国、九州 地区	年1回程度
その他	隔年ごと程度

物によって腐食されたり、外部に漏出したりするようなおそれのない材料、構造でなければならない。また容器には標識をつける。現在、これらの廃棄物保管容器としては RI 協会（廃棄物処理課）において貸与している放射性廃棄物貯蔵容器を用いていることが多いのでつぎにその種類と大きさを示す。

イ 可燃物用容器 200 l オープンドラム缶 (62cm ϕ × 90cm)

ゴム手袋、敷紙、実験植物、木片など焼却可能なものを収納する。これらは一度ポリ袋などに入れて口をとじて入れる。汚染されたものをそのまま投げこんでよくと周囲を汚染させることも考えられる。収納のために用いるポリ袋以外のビニルシート、ポリエチレンシート、プラスチック製などは焼却が困難なので必ず不燃物として処理する。

ロ 不燃物用容器 50 l オープンドラム缶 (37cm ϕ × 57cm)

金属、ガラス、陶磁器、プラスチック製品など焼却不能または困難なものを収納する。この場合も一度ポリ袋などに入れて口をとじて入れる。ガラス破片、注射針などがっているものは袋をやぶらないような措置をしておく。この容器は、収納物の性質上重量が大となることも考えられるので取扱いに注意を必要とする。

ハ スラリー用容器 20 l 陶ビン (30cm ϕ × 45.5cm)
ぬれた口紙、紙、紙綿、泥土、ピットの沈殿物などドロドロの状態になったもので、可燃物、不燃物いずれでも水分を含んだものをスラリーといい、この20 l 陶ビンに収納する。

ニ 動物用容器 20 l 陶ビン (30cm ϕ × 45.5cm)

動物の死体、およびその部位、卵、排泄物（しきわらを含む）など腐敗のおそれのあるものを収納する。動物は腹部を開き10～20%濃度のホルマリンとともに容器に入れる。なお動物にかぎらず液体などは容器の8分目程度を収納の限度とする。これは発生ガスにそなえたり、集荷のさいに蓋を石膏づけしたりするためである。

ホ 酸性、塩基性液体用容器 25 l ポリエチレンビン (30cm ϕ × 53cm), 20 l 陶ビン (30cm ϕ × 45.5cm)

実験、除染等のさいの高濃度 RI 廃液で、酸性、アルカリ性のものをこの容器に収納する。この容器に廃液をあけるときにまわりにこぼさないように注意する。

ヘ 有機液体用容器 20 l 陶ビン (30cm ϕ × 45.5cm)
有機溶媒などの廃液を収納する。揮発性のものが多

いので注意を要する。

ト エアフィルター

よく用いられるフィルターの大きさは50×50×5 cm³程度であるがそれをポリエチレンなどのシートで包みテープなどにより2重に密封のうえ、段ボール箱などに収納しておく。

なお廃棄物を廃棄物保管室内の所定の容器に収納するまで、一時的に実験室内の作業台、フードなどのそばに廃棄物をおくことが多い。そのための容器として固体のものは金属缶、ポリ袋など、液体類はガラスビン、ビーカーなどを用いることが多い。

廃棄した核種、数量は記録しておかなければならない。また容器の外側を汚染させないようにし容器の漏えい線量は表面で200mR/h、1 m の距離で10mR/h 以下になるようにしなければならない。

1.5 無機 RI の保管

無機の RI はいろいろの使用者の希望にあわせるために原液そのまま手を加えず、また輸送のための諸条件をみたすためにペニシリンビンを用いているので濃度、比放射能ともに高いことが多い。そのまま保管しておくとき陽イオン RI やまたは³²Pのように時としてガラス壁に吸着されることもあるので、なるべく早く使用の目的に合う範囲内で溶剤を加えて濃度を下げたり、キャリアを加えて比放射能を下げることによって吸着を防ぐようにする。

1.6 医薬用 RI の保管

医学、薬学方面に利用される RI は、ヨウ素の化合物が多いが放射線により自己分解を起こしたりヨウ素が遊離して診断などに誤りを生ずることがある。これを防ぐためにメーカーは保存温度、有効期間などの条件を明示しているのでこれによって保管する。保存条件を表2に示す。

1.7 有機 RI の保管

標識有機化合物は、そのものの性質としてあまり安定でないもの、溶液の場合きわめて低濃度であることが多い、または放射線により自己分解をおこす、などで純度が低下し、実験の結果が思わぬことになることがある。よい実験結果を得るためにはまず RI の良い保管からということになろう。

保管中の分解は、化合物、核種、比放射能、保管条件によって大きく異なりこの分解を完全におさえることはできずまた共通の対策もなく経験にたよっている

表2 医, 薬学利用 RI の保管*

核 種	主 成 分	保 存 条 件			指定保存条件のときの有効期間	商 品 名(例)**
		温 度 ℃	光	栓		
^{125}I	ヨウ化人血清アルブミン	2~4				エムエーエー-I 125
	//	2~8				リサ
	トリヨードサイロニン	2~8	遮 光	密 栓		
	//				6 週	トリオメット
	サイロキシソ	2~8	遮 光	密 栓		
	//				6 週	テトラメット
^{131}I	ヨウ化馬尿酸ソーダ		遮 光	密 栓		
	T-4 キット	2~8	遮 光		6 週	テトラソルブ
	ヨウ化人血清アルブミン	2~10			4 週	
		2~10			2 週	エムエーエー
		2~4			20 日	エムエーエー-H
		2~8			4 週	アイソジェクス
		<10			4 週	リサ
	ヨウ化凝集人血清アルブミン	2~10			30 日	凝集アルブミン
	ヨウ化インシュリン	冷 所			2 週	イスセイ
	トリヨードサイロニン	2~8	遮 光		3 週	トリオメット
		2~8	遮 光	密 栓	3 週	
	ヨウ化馬尿酸ソーダ		遮 光	密 栓		
	ヨウ化サラミン酸ソーダ	冷 所	遮 光	密 栓		
	サイロキシソ	2~8	遮 光	密 栓		
^{59}Fe	クエン酸鉄アンモン	2~8			2 カ 月	アイロソルブ
^{197}Hg	クロルメロドリン	<10 (凍結不可)				
^{203}Hg	クロルメロドリン	<10 (凍結不可)			1 カ 月	ネオヒドリン
	ハイドロキシプロパン水銀	<10			10 日	

* カタログより作成した。

** 商品名と成分名が同一のものは省略した。

面が多い。

標識化合物の自己分解の原因は放射線の一次的、二次の影響によるものと単なる化学的、生物学的要因による分解とにわけられる。これらに対する一般的な対策を述べる。

a) 放射線による自己分解の低減

標識化合物の自己分解の大半は放射線に原因しておりその割合は吸収されたエネルギーに比例する。つまり ^3H は ^{14}C に比べて低エネルギーであるため、 ^3H -化合物のほうが ^{14}C -化合物より分解が大きい。そのために放射線の影響をできるだけ少なくすることが必要となる。そのためとられる手段としてはつぎのようなものがある。

イ 標識分子を分散させる。

相互の放射線による影響をさけるため溶液とする。凍結乾燥する。ロ紙などに吸着させる。希釈剤を加えるなどの方法により分散させる。

ロ 比放射能を低くする。

実験にさしつかえのない程度に担体を加えて比放射能を低くする。一般に比放射能と自己分解は比例する。

ハ 放射能濃度を低くする。

溶液とする場合できるだけ濃度を低くしておく。しかし溶剤が不純であればそれによる影響は濃度がうすいほど大きくなるので純度の高い溶剤を使用する。溶剤中に溶けこんでいる酸素の影響も考えなければなら

ない。

ニ 少量ずつ保管する。

放射線による相互の影響をできるだけ避けるため大量のものをいっしょに保管しないほうがよい。

ホ radical scavenger を加える。

radical scavenger として効果のあるベンゼン溶液にすることは非常に有効である。水溶液の場合には少量の(数%)エタノール、ベンジルアルコールなどを加え、放射線分解を顕著に防止できる例も報告されている。

また同じ理由から保管中に他の放射線にさらされることのないように注意する。強いエネルギーの β 核種

や、 γ 核種などといっしょに保管することは避け、またX線からも保護したほうが良いだろう。

b) 有機化合物としての一般的注意

標識有機化合物は一般に低濃度、微量を取り扱うことが多く、加水分解、酸化、光、微生物などによる影響を顕著に受ける。一般的注意としてはつぎのようなものがある。

イ 有害な不純物を除去する

できる限り純粋な状態で保管することが肝要である。不純であれば不安定さはより増大するのがふつうである。また保管容器やアンプルは完全にきれいにしておくことが必要である。

表3 有機標識化合物の保管

化 合 物	比 放 射 能	保 存 温 度	保 存 状 態	分 解 率
Acetic anhydride-T(G)	~500mCi/mM	-20°C	ベンゼン溶液	<10%/年
Adenosine-T(G)	~10Ci/mM	+2°C	凍結乾燥	<10%/年
DL-nor-Adrenalin-7-T	~5 Ci/mM	+2°C	水溶液	<3%/月
Aldosterone-1, 2-T	~2 Ci/mM	+2°C	ベンゼン-エタノール溶液, 真空溶封	<10%/年
Arginine-T(G)	~500mCi/mM	+2°C	水溶液	<10%/年
Fluorouracil-6-T	~1 Ci/mM	+2°C	水溶液	<5%/年
Folic acid-T(G)	~1 Ci/mM	-20°C	凍結乾燥	<5%/年
Glucose-6-T	~5 Ci/mM	+2°C	水溶液	<5%/年
Glycine-2-T	~200mCi/mM	-40°C	凍結乾燥	<5%/年
L-Leucine-T(G)	~400mCi/mM	-20°C	凍結乾燥	<5%/年
L-Methionine (methyl-T)	~100mCi/mM	-20°C	凍結乾燥, 真空溶封	<10%/年
Methyl iodide-T	~100mCi/mM	-20°C	アンプル入	<5%/年
Orotic acid-5-T	~15Ci/mM	+2°C	水溶液	<5%/月
Thymidine-6-T	~5 Ci/mM	+2°C	水溶液	1~2%/月
Thymine-T(G)	~1 Ci/mM	+2°C	水溶液	2~3%/月
Uridine-5-T	~5 Ci/mM	+2°C	水溶液	1~2%/月
Adenosine-8- ¹⁴ C	~50mCi/mM	0°C	凍結乾燥, N ₂ ガス	—
A.T.P.-8- ¹⁴ C	~40mCi/mM	-20°C	2%エタノール水溶液, 真空溶封	—
Cortisol-4- ¹⁴ C	~60mCi/mM	室 温	エタノール, ベンゼン溶液, N ₂ ガス, 遮光	—
D-Glucose-1- ¹⁴ C	~5 mCi/mM	-20°C	凍結乾燥, 真空溶封	1~2%/年
Glycine-1- ¹⁴ C	~50mCi/mM	0°C	凍結乾燥, N ₂ ガス	—
D-Mannose-1- ¹⁴ C	~5 mCi/mM	-40°C	凍結乾燥, 真空溶封	—
L-Methionine (1, 2, 3, 4- ¹⁴ C)	~50mCi/mM	-20°C	凍結乾燥, N ₂ ガス	<2%/年
Mevalonic acid-2- ¹⁴ C(Lactone)	~10mCi/mM	室 温	ベンゼン溶液, N ₂ ガス	—
D-Riboflavin-2- ¹⁴ C	~40mCi/mM	-40°C	N ₂ ガス, 遮光	<1~2%/年
D-Ribose- ¹⁴ C-(U)	~20mCi/mM	-20°C	3%エタノール水	—
Testosterone-4- ¹⁴ C	~60mCi/mM	0°C	ベンゼン溶液, N ₂ ガス	—
Thymidine-2- ¹⁴ C	~60mCi/mM	0°C	水溶液	<1%/年
Thymine-2- ¹⁴ C	~50mCi/mM	0°C	凍結乾燥	—
L-Tyrosine- ¹⁴ C(U)	~500mCi/mM	-20°C	2%エタノール水	<1%/年
Uracil-2- ¹⁴ C	~60mCi/mM	0°C	凍結乾燥, N ₂ ガス	—

ロ 低温で保管する

一般に化合物の安定性は低温度のほうが良い。ふつうの冷蔵庫、フリーザーで十分であろう。しかし、 ^3H 化合物の水溶液の場合には凍結させると分解を早めることが知られており 2°C ぐらいの冷蔵庫内に保管する。その理由として $0\sim 100^\circ\text{C}$ ではラジカルの反応性が大きくなること、凍結するとき溶質分子がクラスターを形成しトリチウムの場合 β 線のエネルギーのほとんどがクラスター内に吸収されることなどが考えられている。

ハ その他

直射日光、高温高湿条件下がよくないのは一般有機化合物と同じである。容器内を不活性ガスで置換しておくか真空中で溶封しておくことも効果がある。また水溶液で保管するときは微生物による分解にも注意し、無菌的に取り出し小分けをしておくとか、なるべく低温に保管しておく。

市販品は仕様書が添付され保存条件が記載されていることが多いのでこれに準じて保管するのが良い。その一例を表3に示す。

2. 運 搬

RI の運搬は、運搬に従事する者、および一般公衆に対して放射線障害をおこさせることがないように、適当な遮蔽容器や運搬具を使用し、また RI が体内に吸収されることがないように容器を使用して行なわれなければならない。このために現在つぎのような法律などがあり、これらによって運搬することになる。

施設内	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
自動車など	放射性物質車両運搬規則など（以下運輸省令）
鉄道	同上
航空	航空法施行規則及告示
船舶	危険物船舶運送及び貯蔵規則
郵便	郵便法

施設内の運搬については被ばく線量を少なく汚染のおそれのないように下記のような事項に準じて行なうが、嚴重な容器、包装、標札などをはぶくことができる。

2.1 RI の運搬についての注意事項

RI の使用者および運搬を委託された者は、RI を運搬するときはつぎのような点に従って行なうことになるが、実際には運搬するものがこのような措置をする

ことは困難なので使用者が実施し、十分な指示をあたえなければならないことになる。

イ RI は容器に入れること

ふつうはビン、金属カプセルなどにはいっており、裸の RI はほとんど考えられない。

ロ 空気を汚染するおそれのある RI は気密な容器に入れること。

^3H 、 ^{85}Kr などのガス状の単体、メタンなどのガス状の化合物、エタノールなどの蒸発しやすい化合物、ヨウ素、ナフタリンのように昇華するもの、またはラジウムのように崩壊によりラドンガスを発生するもの、などはガラスアンプル、ボンベ、金属製密封容器に入れる。

ハ 液体の RI はこぼれにくく、溶液が浸透しにくい材料を用いた容器を用いること。

ふつうペニシリンビンに入れてゴム栓をしてアルミキャップが捲きしめてあったり、アンプルに封入してある。ねじ蓋ビンは倒れたりまたはビンの内外の圧力差などで漏えいすることがあるのでさけたほうがよい。

ニ 液体状または固体状の RI を入れた容器ででき、破損などの事故による汚染のひろがり防止することができる材料でつむこと。

前記のように RI はガラス容器にはいっていることが多いのでビン、アンプルなどをポリ袋に入れシールしたり、紙綿などでつつんでおくのが良い。

ホ RI を入れた容器は容易に破損しないように措置すること。

RI のはいっているガラス容器は小形なものが多いので外圧には強いが、容器を紙綿、発泡スチロールなどでつつみ缶に入れることにより外圧のショックを吸収できる。

ヘ 運搬する RI は容器に入れ、またはその容器を梱包したときつぎの値の放射線量をこえないようにすること。

- 容器（または梱包表面）において 200ミリレム/時 、ただし郵送するときは 10ミリレム/24時間
- 容器（または梱包）表面から 1m の距離において 10ミリレム/時 以下

という2つの値でおさえられ両方の条件を満たさなければならない。a については障害防止法も運輸省令も同じ値であるが b については運輸省令は RI から 1m の距離において 10ミリレム/時 となっている。実際に運搬するときに運輸省令に該当することがほとんどなのでこれに従うことになる。RI より 1m で 10ミ

リレム/時で、包装表面で200ミリレム/時になる点は $200 \times x^2 / 100^2 = 10$ により計算すると x は22.4cmとなる。つまり包装の表面はRIより22.4cm以上離れていなければならないことになる。郵送するときの10ミリレム/24時間は24時間の積算線量ということであるが実際には $10/24 = 0.4$ ミリレム/時ということになる。 ^3H 、 ^{14}C などの軟ベータの核種もこのなかにはいる。

ト 運搬する者の被曝線量を年間1.5レム以下になるように遮蔽したり、距離をとる、時間をなるべく短くするようにする。この考えをうけて、運輸省令では運搬する者と包装表面との距離をつぎのようにすることを定めている。

放射単位数* の合計	包装または容器表面からの 距離 (m)	
	運搬時間が 8時間以内	運搬時間が 8時間以上
10未満	0.9	1.5
10以上20未満	1.2	2.0
20以上30未満	1.5	2.7
30以上	1.8	3.0

航空機では放射性物質は人からつぎの表に定める距離以上離して積載しなければならない。

放射単位数*の合計	距離 (m)
10未満	1.0
10以上20未満	1.3
20以上30未満	1.6
30以上	2.0

チ 包装または容器はつり輪またはフックなどを設けるなど荷役に便利な構造であること。

ある程度の重量がある場合には、ホイスト、ホークリフトなどがつかえるようにしたり、比較的小さいものでも鉛容器などを使って重くなると運ぶとき人がかかえてしまうのでつり輪やフックなどをつけるべきであろう。

リ 包装の大きさは外接する直立方体の各辺が10cm以上であること。

包装が小さいと運搬途中で見失う可能性もあるし表面線量も大きくなるのである程度大きいほうがよい。

ヌ 原則として1個の容器には、

a) Ra, Po その他のラジウム系元素では2000 mCi 以下

b) 固形の ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{192}Ir では300 Ci 以下

c) その他の RI は2700 mCi 以下

しか入れることができない。

b) は固形の線源のみが該当し、同じ核種であって

も液体であればc項となる。 ^3H 、 ^{14}C その他多くのRIがc項に該当する。

ル ヌに決められている数量をこえたり、または包装を省略するときは運輸大臣の許可を必要とする。運搬に使用する自動車は消火器を備えなければならない。医療用、工業用などの大線源(^{60}Co 数千キュリーなど)、 ^3H 、 ^{85}Kr ガスでアンブルやボンベにはいり分割して運送できない場合、大線源用の数トンもある鉛容器などが許可を得て運搬されている。数量をこえたり包装を省略する理由などをつけて許可の申請を行なう。受付窓口は運搬の手段にかかわらず自動車局車両課になっている。

オ 第一種放射性物質**は放射単位数の合計が40をこえて同一の車両に積載してはいけない。

ワ 火薬、高圧ガス、揮発油、アルコールなどの引火性のもの、強酸その他とは混載できない。

万一事故があった場合には、混載物の爆発、火災などにより RI が飛散する可能性が大きくなるので混載を禁じられている。

カ 運搬中に駐車するときは見張人をおく。赤旗(赤色合図燈)をそなえて事故があったときは合図をすること。万一の事故の場合は警察官または海上保安官に連絡するとともに荷送人、荷受人などの連絡方法を決めておきあらかじめ対策をたてておくこと。

ヨ フェリーなどは自動車または鉄道と同じ扱いとなる。

タ 一般旅客が同乗する車内などには RI を持ち込むことができない。

レ RI を郵送することは原則として禁じられているが前記の梱包の諸条件を満たし、表面線量が10ミリレム/24時間以下であれば郵送できる。

郵送の場合、より確実にするために書留速達、配達証明付がのぞましい。なお速達小包の場合重量は4kg以下、普通小包で6kg以下で、大きさはいずれも各辺の合計が100cm以下でなければならない。立方体で一边が33.3cmとなる。

ソ 航空機の場合には未露出または未現像フィルムからつぎの表に定める距離以上離して積載しなければならない規則がある。

ツ RI の運搬はつまり施設への出入りとなるので受渡についての記録をつけておかねばならない。ふつ

* 放射単位数とは、容器内の放射性物質から1m離れた位置における毎時の生体実効線量率をミリレムで表示した数値をいう。

** 包装表面の線量率が10ミリレム/24時間以上のも

地：黄，文字：黒，マーク：赤紫
(注) マークの半径2.5cm以上

図 1

地：白，文字：赤，枠：赤
第 1 号様式

地：白，文字：青，枠：青
第 2 号様式

図 2

地：黄，文字：黒，マーク：赤紫，マークの半径：10cm
第 3 号様式

図 3

地：黄，文字：黒，マーク：赤紫
(注) マークの半径2.5cm以上

図 5

ラベルG，地：白，文字：赤
(注) ラベルに示した文字のうち日本語若しくは英語のいずれか一方を省略し，又は適切な図若しくは文字を加えることができる。

ラベルH，地：白，文字：青
(注) ラベルGと同じ。

図 4

JIS Z9103-1960

地：黄，扇形：赤紫，円：赤紫，中心の円の半径A，円と扇形の間隔 $\frac{A}{2}$ ，全体の半径5A

図 6

放射単位数の合計	距離(m)
10未満	5
10以上20未満	7
20以上30未満	8
30以上	10

うの事業所では受取ることが大部分と思われるが大学などの大きな組織では受取る窓口と使用者との連絡が時としてうまくいかないことがあるのであらかじめはっきりさせておく必要がある。発送については運送業者名、経路、航空便では便名などをあらかじめたしかめておいたほうが良い。

2・2 標識など

障害防止法、運輸省令、郵便法などそれぞれ各種の標識等があるので以下図とともに述べる。

2・2・1 容器またはこん包表面にはRIの種類、数量を明示し標識をつける(図1)(障害防止法)。

イ 包装表面の見やすいところに標札をつける。包装表面で10ミリレム/24時間以上、第一号様式。包装表面で10ミリレム/24時間以下、第二号様式。荷主の欄には住所および名称を入れる(図2)(運輸省令)。

ロ 第二種放射性物質*で容器包装を含めて、トン以下の場合をのぞいて昼間では第三号様式(図3)の運搬標識を車体の見やすいところに付け、夜間にあつては赤色燈を車両の前、後部につけなければならない。軽車両(自転車、リヤカーなど)にあつては後部のみでよい(運輸省令)。

赤色燈は点滅したり回転するものはだめで、また車両の屋根の上に取り付けてはいけない。ただし緊急自動車としての指定を公安委員会から得ていれば別である。

またこの赤色燈はRIの運搬中でないときはカバーをかぶせておく(運輸省令)。

ハ 航空輸送の場合、包装表面にラベルG、またはラベルHをつける(図4)。

このラベルはイの標札に第一群、第二群、第三群の該当する文字を加えて使用してもよい。

ここでいうグループ別はつぎのとおりである。

グループⅠ γ線、γ線と荷電粒子線を放出する放射性物質

グループⅡ 中性子線を放出する放射性物質

グループⅢ 荷電粒子線のみまたは包装表面において10ミリレム/24時間をこえないγ線を放出する放射性物質

ニ 一般には公示されていないが郵便局長宛の通達によると郵便物は図5のような標識をつけることになっている。

ホ 国鉄に託送するときはイの第一種放射性物質の標札に表面線量率を書き加え、第一種、第二種いずれか相当する標札を3枚梱包表面に添付する。なお各標識などに使用されている放射能マークはJISにもとづいている(図6)。

以上RIの保管、貯蔵、運搬について述べたが細かい点については省略したので各関係法律など、および下記の図書を参考にされれば幸いである。

参考図書

多くの成書が出ているがその一部をあげておく。

放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法令集

RI協会

同上の概説とその要点

//

放射線施設の火災対策(改版中)

//

アイソトープ便覧(改版中)

丸 善

ラジオアイソトープ 講義と実習

//

ラジオアイソトープ 密封線源とその取扱

//

放射線取扱施設の設計

技報堂

放射線利用施設の設計法

オーム社

医療用アイソトープ使用施設設計基準資料

RI協会

有機化合物関係

J.R. Catch: ^{14}C compounds, Butterworths (London), (1961)

同上 邦訳 長谷川賢: ^{14}C 化合物, 東京化学同人

E.A. Evans: Tritium and its compounds, Butterworths (London), (1966)

R.J. Bayly & E.V. Evans: "Stability and Storage of Compounds Labelled with Radioisotopes", J. Labelled Compounds, **2**, (1) (1966)

同上 邦訳: *Radioisotopes*, **16**, (6) 293 (1967)

* 包装表面で10ミリレム/24時間以下

カット写真: RI貯蔵箱(日本放射性同位元素協会製)