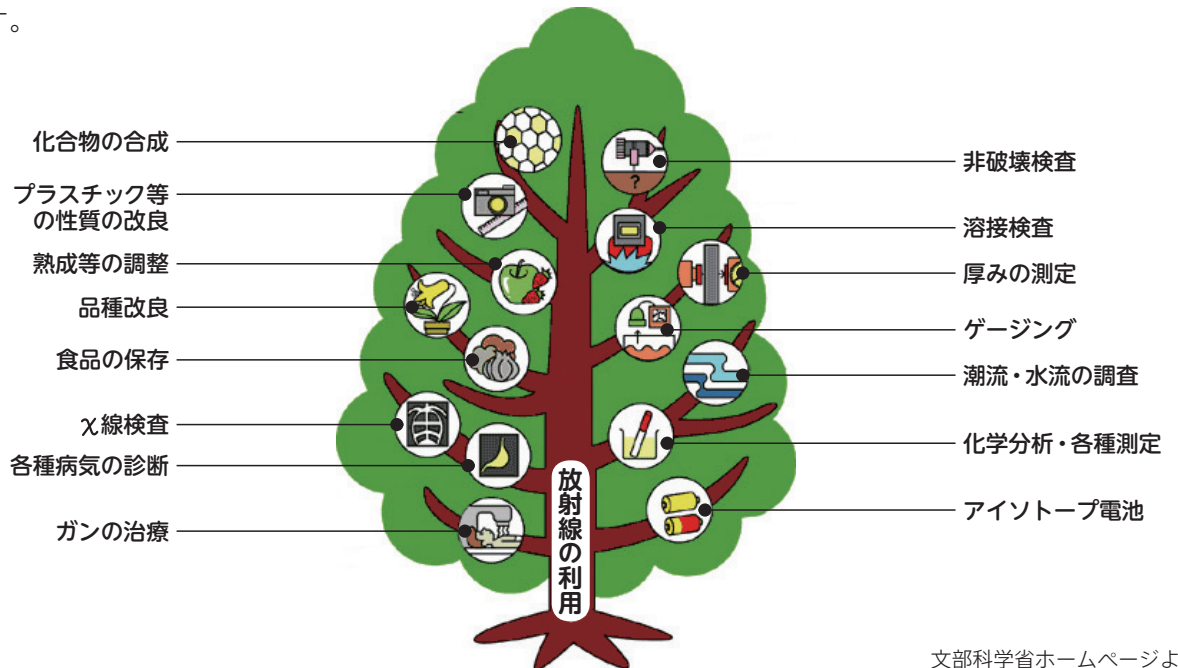


2-1 放射線の利用

1. 放射性同位元素や放射線は、日常生活や私たちの身近で、様々な活用されています。活用例を以下に示します。



分野	核種等	用途
医療分野	χ線	χ線透視、レントゲン撮影、χ線CT検査
	テクネチウム-99m (モリブデン-99)	血液の流れや臓器(肝臓、肺など)の診断(人体に投与)
	ヨウ素-123、131	甲状腺の診断(人体に投与)
	ヨウ素-125	採血した血液中の甲状腺刺激ホルモンの定量
	リン-32等	各種RI 新薬開発
	硫黄-35	遺伝子工学におけるDNA塩基配列の解析(農業分野でも利用)
	コバルト-60	人工臓器、医療用具(注射針等)、実験動物用飼料の滅菌
	コバルト-60、セシウム-137、イリジウム-192、直線加速装置	がん等の放射線治療
工業分野	イリジウム-192	非破壊検査(ジェットエンジンのタービン等の検査)
	セシウム-137、クリプトン-85	厚さ計(鉄板、紙、ゴム等の厚さ管理など)
	コバルト-60、セシウム-137	液面計、レベル計(タンク内の原料の定量)
	アメリカシウム-241	硫黄計(重油や石油製品中の硫黄含有量の測定)
	電子線	電線被覆材の耐熱性向上、タイヤの成形加工
分農 業	コバルト-60	品種改良(イネ「レイメイ」大豆「ライデン」) ウリミバエの根絶(サナギに照射し不妊化) 食品照射(じゃがいもの発芽防止)
分環 境	ニッケル-63	水中や大気中の微量有害物質(PCB、有機水銀など)の測定(ガスクロマトグラフィ)
その他 生活 分野	クリプトン-85、プロメチウム-147	蛍光灯のグロー放電管
	アメリカシウム-241	煙感知器
	炭素-14	年代測定

2-2 放射性同位元素等、放射性医薬品の形態

1. 「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」の規制を受けるものには、大きく「非密封線源」、「密封線源」、「放射線発生装置」があります。



写真1

非密封線源(例)

(H-3、C-14、P-32等の標識化合物を収納したバイアル)

写真2 密封線源(例)

遠隔照射治療用コバルト60大量線源(上段左、医療用)

金198グレイン(上段中央矢印部の粒状のもの、医療用)

ラルス用イリジウム192線源(上段右のワイヤー状のもの、医療用、先端部が線源)

医療用シード(粒状のもの)

非破壊検査用イリジウム線源(中段左、工業用、左側先端部が線源)

コバルト60少量線源(中段右、工業用)

コバルト60照射用大量線源(下段、工業用)

医療機器



写真3

放射線発生装置(例)

2. 「薬事法」の規制を受ける放射性医薬品は、人体への投与や血液検査などに用いられるため、密封線源が用いられているものではありません。



L型輸送物の収納物(例)



A型輸送物の収納物(例)

写真4

放射性医薬品(例)

※写真：日本アイソトープ協会

2-3 放射性物質の危険性

1. IAEA (国際原子力機関) が示している放射線源の潜在的危険性に応じたカテゴリ分けを参考に以下に示します。ただし、通常、強い放射線を出す線源は、密封され、遮へい容器に入っていますが、下表においては、仮に遮へい容器から線源がむき出しとなった場合の危険性を表しています。

カテゴリ	線源の危険性	機器の具体例(国内)
1 (放射能 $\geq 1000 \times D$) 約250施設	人体に極端に危険 数分から1時間で死に至る。 (遮へいなく接近)	・照射装置(滅菌、研究用) ・遠隔照射治療装置 ・ガンマナイフ・血液照射装置
2 ($1000 \times D > \text{放射能} \geq 10 \times D$) 約300施設	人体に非常に危険 数時間から数日で死に至る。 (遮へいなく接近)	・工業用非破壊検査装置 ・アフターローディング照射装置
3 ($10 \times D > \text{放射能} \geq D$) 約100施設	人体に危険 数日から数週で死に至る。 (遮へいなく接近)	・工業用ゲージ(レベル計等) ・原子炉起動用中性子線源 ・照射装置(研究用等)
4 ($D > \text{放射能} \geq 0.01 \times D$)	人体に危険でない 一時的な症状が出る (接触又は何週間か接近した場合でも致死量を被ばくしない。)	・低線量近接照射治療装置 ・校正用線源 ・厚さ計、タバコ量目制御装置
5 ($0.01 \times D > \text{放射能}$ 及び $\text{放射能} > \text{規制免除値}$)	人体に危険が最も少ない 永久的な障害が起こる可能性はない。	・永久インプラント線源 ・眼科小線源 ・水分計

放射能：放射性物質の有する放射能量(単位：Bq)

D値：核種毎に外部被ばくと内部被ばくを考慮して放射線影響を引き起こす可能性の大きさに基づき設定された放射能

【参考：D値】


単位：GBq

核種	D値×10	D値	D値×0.01
⁶⁰ Co	300	30	0.3 (300MBq)
⁷⁵ Se	2,000	200	2 (2,000MBq)
⁶⁸ Ge	700	70	0.7 (700MBq)
¹²⁴ Sb	400	40	0.4 (400MBq)
¹³⁷ Cs	1,000	100	1 (1,000MBq)


核種	D値×10	D値	D値×0.01
¹⁶⁹ Yb	3,000	300	3 (3,000MBq)
¹⁹² Ir	800	80	0.8 (800MBq)
²¹⁰ Po	600	60	0.6 (600MBq)
²⁴¹ Am	600	60	0.6 (600MBq)
²⁵² Cf	200	20	0.2 (200MBq)

出典：IAEA Safety Standards RS-G-1.9

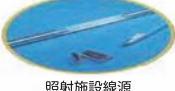
食品商社ガンマ線照射棟




照射装置(ジャガイモ)




照射施設線源



ガンマナイフ



血液照射装置



**カテゴリ1
対応施設、機器(例)**

※文部科学省資料に基づき作成

※対象機器(例)のカテゴリは、あくまで例であり、収納する放射性物質の量により、異なるカテゴリに入ることがある。

**カテゴリ2
対象機器(例)**



リモート
アフターローディングシステム



非破壊検査装置

4.5mm×0.9mmの線源を食道や気管支、子宮等の体内の管腔に入れたり、病変そのものに刺し放射線治療を行うシステム

**カテゴリ3
対象機器(例)**



レベル計



線源容器



密度計

AEL-75407連続用レベル計線源容器

2-4 放射性輸送物の外観①

※輸送物標識と車両標識については、附属資料2-8参照。

1. L型輸送物

放射性同位元素、放射性医薬品(L型輸送物の代表的な例)



(日本アイソトープ協会提供)

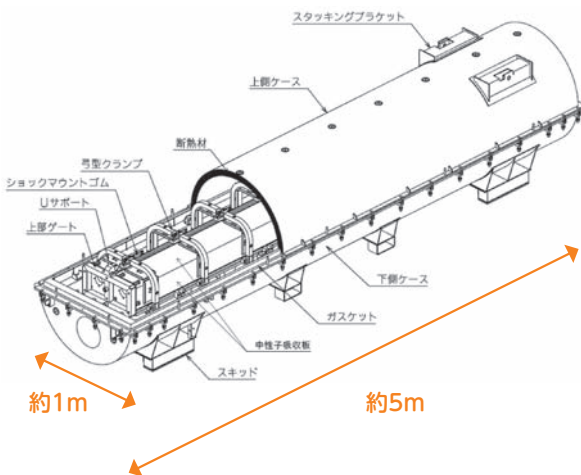
2. A型輸送物

(1) 放射性同位元素、放射性医薬品(A型輸送物の代表的な例)

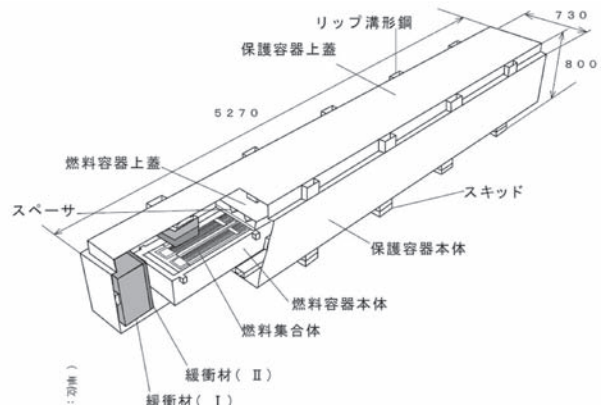


(日本アイソトープ協会提供)

(2) 核分裂性輸送物



原子力発電用新燃料輸送容器 (PWR)



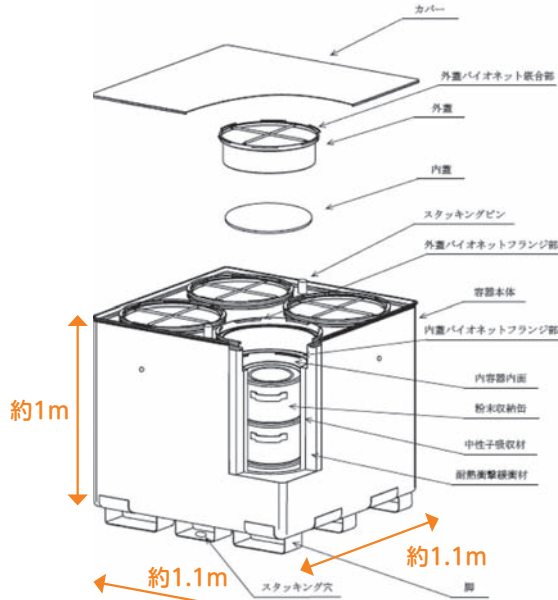
原子力発電用新燃料輸送容器 (BWR)

(電気事業連合会提供)

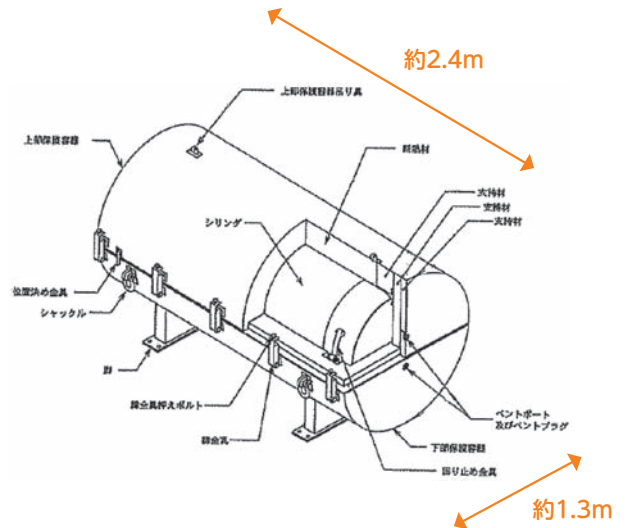
2-4 放射性輸送物の外観②

2. A型輸送物(前頁からの続き)

(3) 核分裂性輸送物



ウラン粉末輸送容器



6フッ化ウラン(UF6)輸送容器

(電気事業連合会提供)

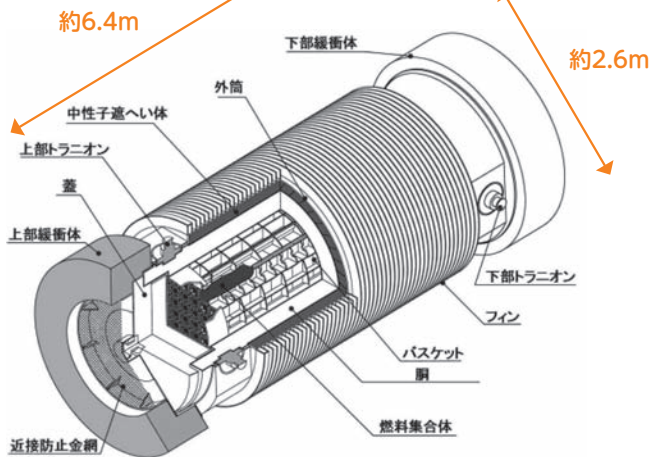
3. B型輸送物

(1) 放射性同位元素



(日本アイソトープ協会提供)

(2) 核分裂性輸送物



使用済燃料輸送容器

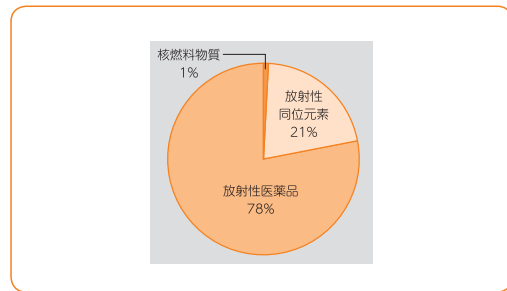
(電気事業連合会提供)

2-5 放射性物質の輸送回数と主要輸送経路

1. 放射性物質の輸送回数(平成20年度)

	B型	A型	L型	IP型	合計
核燃料物質	90	674	11	682	1,457
放射性同位元素	436	22,664	35,519	0	58,619
放射性医薬品	0	207,375	11,232	0	218,607
合計	526	230,713	46,762	682	278,683

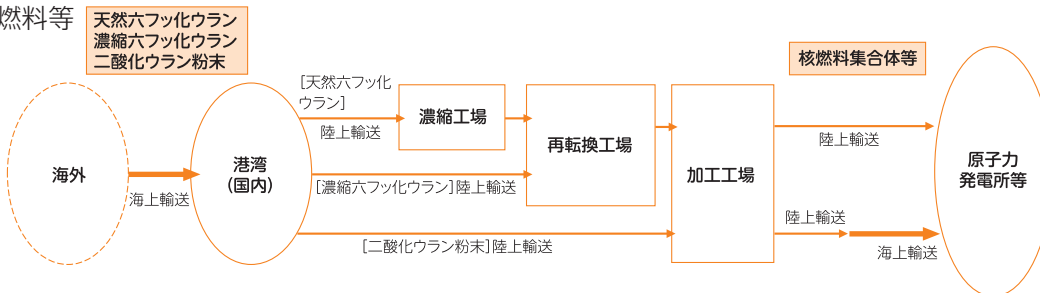
放射性物質の種類別輸送回数



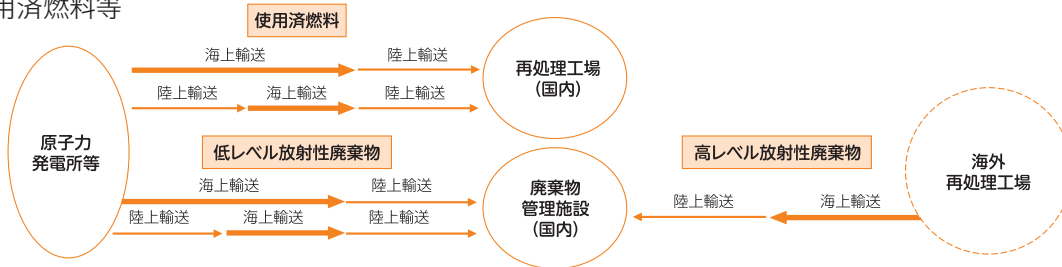
※国土交通省資料より

核物質の主要輸送経路の概要

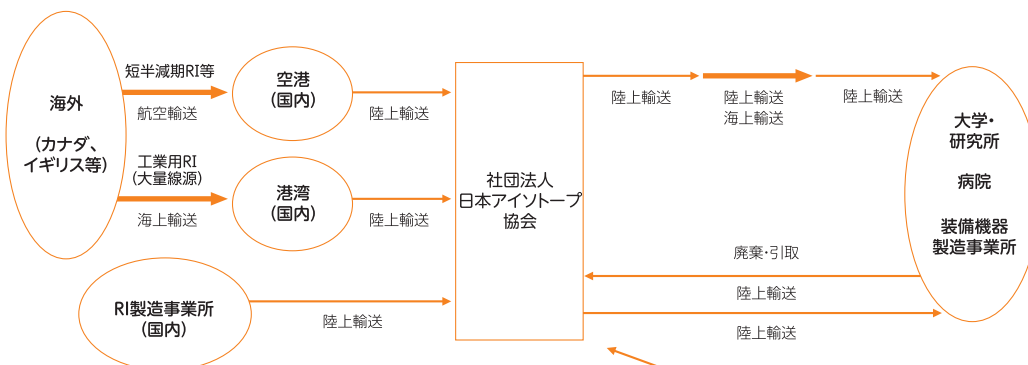
(1) 新燃料等



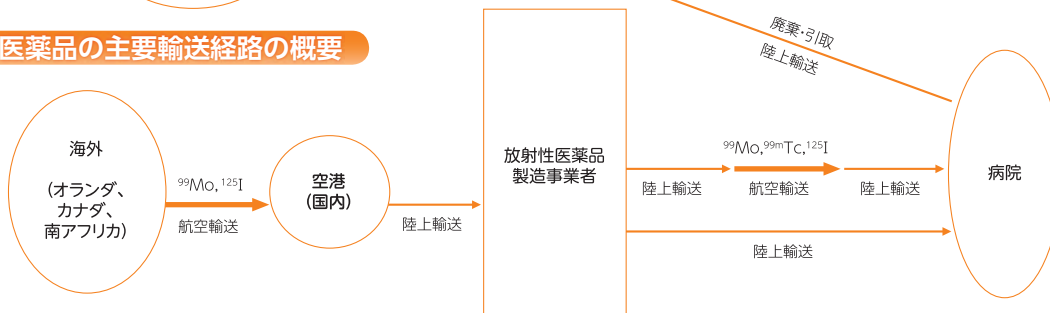
(2) 使用済燃料等



放射性同位元素の主要輸送経路の概要



放射性医薬品の主要輸送経路の概要



※「輸送における核物質及び放射性物質の規制概要」(国土交通省)より

2-6 放射性物質輸送の安全規制にかかわる法体系概要

放射性物質輸送の安全規制にかかる法体系概要

	陸上輸送		海上輸送	航空輸送
	輸送物	輸送方法		
核燃料物質	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">原子炉等規制法</div> 所外運搬規則 核燃料物質等車両運搬規則		船舶安全法 (国土交通省)	航空法 (国土交通省)
放射性物質	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">放射線障害防止法</div> 施行規則 放射性同位元素等車両運搬規則			
放射性医薬品	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">薬事法(厚生労働省)</div> 放射性医薬品の製造及び取扱規則 放射性物質等の運搬に関する基準			

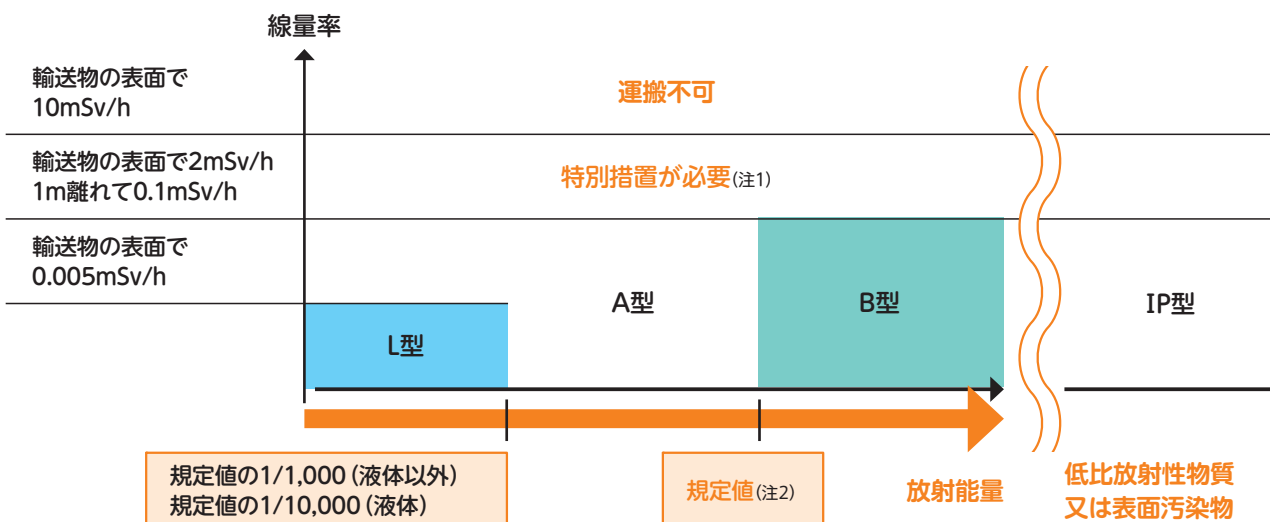
- ▶ 原子炉等規制法：核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律
 - └ 所外運搬規則：核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則

- ▶ 放射線障害防止法：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

2-7 放射性物質輸送物の輸送容器の基準等①

1. 輸送容器の区分

輸送される放射性物質については、収納される放射エネルギー、放射線量率によって、L型、A型とB型に区分されています。また、低比放射性物質(放射能の濃度が低い放射性物質)、表面汚染物(放射性物質以外の固体で表面が放射性物質に汚染されているもの)を輸送するものとしてIP型があります。



注1) 安全な輸送を確保するために必要な措置を講じ、かつ、これらの規定によらないで輸送しても安全上支障がない旨の国土交通大臣の承認を受けた場合に可能。

注2) 規定値には、A1値、A2値の2種類があり、A1値は、一定の容器(※)に収納する場合で、外部被ばくのみを考慮した値、A2値は、内部被ばくも考慮した値です。A1値及びA2値は、容器が破損して内部が漏れ出した場合等に対応した被ばく評価がなされており、大量の被ばくが生じないような値となっています。

※輸送物が事故に遭遇した際にも、収納物が飛散して汚染しないよう、一定の基準を満たしたカプセル(ステンレスなどで密封され、衝撃試験や浸漬試験などの項目に合格)に収納する場合(「特別形輸送物」)。

2. 放射性輸送容器と収納物の例については、次表参照。

大	容器の区分	核燃料物質、核原料物質	放射性同位元素(RI) 放射性医薬品
	B型輸送物 (収納量が多いが 容器は極めて頑丈)	<ul style="list-style-type: none"> ●使用済燃料(※) ●高レベル放射性廃棄物(※) ●MOX新燃料集合体(※) 等 	<ul style="list-style-type: none"> ●コバルト(⁶⁰Co)大線源 (がんの遠隔照射治療、放射性滅菌)
	A型輸送物 (収納量を一定量以下)	<ul style="list-style-type: none"> ●発電用新燃料集合体(※) ●少量の放射性試料 等 	<ul style="list-style-type: none"> ●セシウム(¹³⁷Cs)(計測機器) ●イリジウム(¹⁹²Ir)(非破壊検査) ●テクネチウム(^{99m}Tc)、 ガリウム(⁶⁷Ga) 等(診療) ●モリブデン(⁹⁹Mo)ーテクネチウム(^{99m}Tc) ジェネレーター(体内診断用放射性医薬品)
	L型輸送物 (収納量を極小)	<ul style="list-style-type: none"> ●微量の放射性試料 等 	<ul style="list-style-type: none"> ●微量の線源 ●水素(トリチウム)(³H)、 炭素(¹⁴C)標識化合物 等
小	IP型輸送物	<ul style="list-style-type: none"> ●低レベル放射性廃棄物 ●未照射天然ウラン ●原子炉廃材 等 	<ul style="list-style-type: none"> ●低レベル放射性廃棄物

※核分裂性物質収納輸送物

2-7 放射性物質輸送物の輸送容器の基準等②

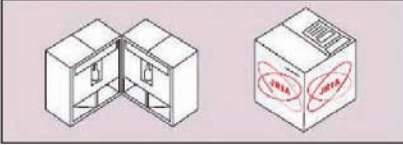
3. 輸送容器の性能

- (1) L型輸送物、A型輸送物及びIP型輸送物では、輸送中に苛酷な事故に遭遇し、万一収納物の漏えいが生じた場合でも一般公衆の被ばくが線量当量限度を超えないよう、収納物の放射能等を制限するという考え方をとっています。
- (2) これに対し、B型輸送物では、輸送容器自体で安全性を担保するという考え方であり、苛酷な事故に遭遇した場合でも十分に耐えられるよう極めて頑丈なものとするのが要求されています。
- (3) 核分裂性輸送物の場合は、輸送中のいかなる場合においても臨界にならないことが基本条件であることから、A型輸送物やIP型輸送物であっても、輸送容器はB型輸送物と同様に苛酷な事故に遭遇した場合でも臨界にならないことが要求されています。

4. 以下に、各輸送物の試験の基準の概要を図示します。

(1) L型容器の基準

L型輸送物の代表的な例

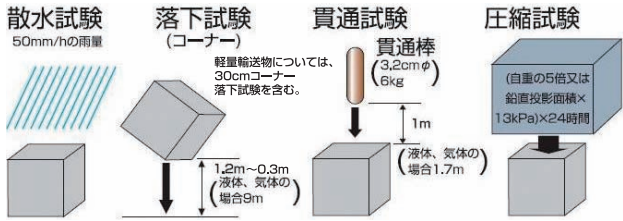


L型の包装基準

- 容易にかつ安全に取り扱える
- 運搬中亀裂、破損等が生じない
- 不要な突起物がなく除染が容易

「アイソトープ輸送ガイド」
(日本アイソトープ協会)より

(2) A型輸送容器の基準



「アイソトープ輸送ガイド」
(日本アイソトープ協会)より

(3) B型輸送容器の基準

一般の試験条件				
環境試験 38℃で 1週間放置	水の吹き付け試験 1時間に 50mmの雨量	自由落下試験 1.2m等 からの落下	圧縮試験 輸送物自重の 5倍で24時間	貫通試験 6kgの丸棒を1m の高さから落下
特別の試験条件				
落下試験-I 9mの高さから 落下	落下試験-II 1mの高さから 丸棒上に落下	耐火試験 800℃ で30分	浸漬試験-I 0.9mの水中 に8時間	浸漬試験-II 15mの水中 に8時間
浸漬試験-III 200mの水中 に1時間				

(注) 輸送容器は、その中に収納される核燃料物質等の放射能の量および濃度などによりIP型、L型、A型、B型に区分される。本図は、B型(核分裂性)輸送物の技術基準に基づく試験条件。

(※) 浸漬試験-I：核分裂輸送物
浸漬試験-II：収納物の放射能 $10^5 A_2$ 値以下
浸漬試験-III：収納物の放射能 $10^6 A_2$ 値以上

「MOX燃料の海上輸送の安全確保」(国土交通省)より

2-8 輸送物標識と車両標識、携行書類①

1. 輸送物標識

	第1類 白標識	第2類 黄標識	第3類 黄標識	臨界安全指数(※2)
標 識				
表示箇所	輸送物の表面2か所(タンク又はコンテナの場合は4か所)			左記標識の 近接した個所
輸送物表面に おける1cm 線量等量率	5μSv/h以下	5μSv/hを超え 500μSv/h以下	500μSv/hを超え 2mSv以下	—
輸送指数(※1)	0	1.0以下	10以下	—

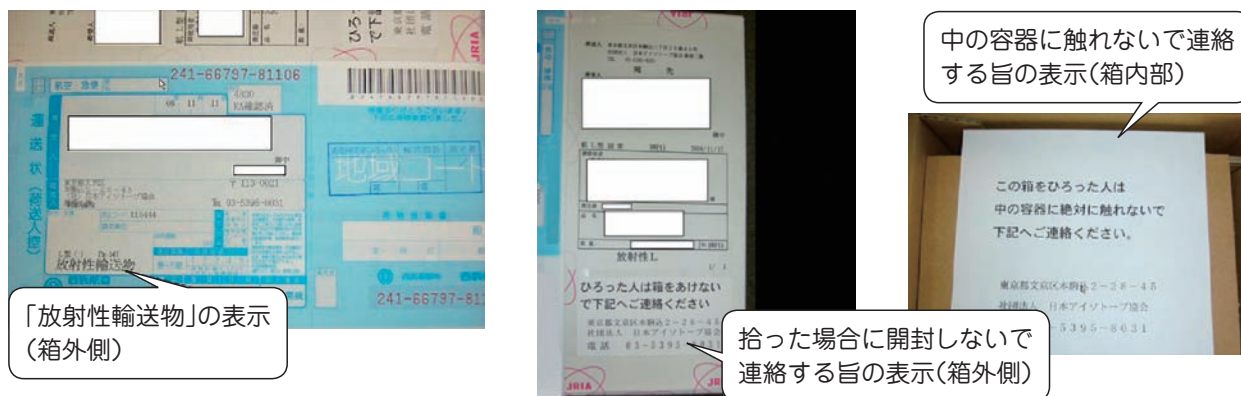
※1 輸送物表面から1mの位置での測定値(μSv/h)の1/10で表します(小数点第2位は切り上げ、0.05以下は0とすることができます。)

(例) 0.0035mSv/hとすると
0.0035×100=0.35 → 輸送指数0.4となる

※2 核分裂性輸送物を輸送する場合に付けることとされており、臨界安全指数=50÷(輸送制限個数)で表わされます。

2. L型輸送物の表示

L型輸送物については、法令上、輸送物表面の放射性標識の表示義務はありませんが、放射性同位元素を輸送する場合には、通知により以下のような表示がされることとなっています。



3. 車両標識

運搬車両には、次の標識を付けることとされています(放射性医薬品L型を除く。)



車両標識(例)

2-8 輸送物標識と車両標識、携行書類②

4. 携行書類

放射性同位元素(L型輸送物を除く。)、放射性医薬品(L型輸送物を除く。)及び核燃料物質・核原料物質の輸送に従事する者については、放射性輸送物等に係る放射性輸送物の種類、量、取扱方法その他の運搬に関し留意すべき事項及び事故が発生した場合の措置について記載した書類を携行することとされています。

放射性物質 輸送時携行書類《例示》

緊急連絡先	荷主(もしくは荷送人)	〇〇〇〇株式会社
	住所	〇〇県〇〇郡〇〇町〇〇
	担当及び電話	〇〇 〇〇 〇〇
		平日日中: 〇〇〇〇-〇〇-〇〇〇〇 夜間休祭日: ××××-××-××××
運搬する放射性物質	品名	〇〇×××
	輸送物の型式	型(非核分裂性)
	核種及び放射能量	〇-××× 〇〇Bq
	化学的性状・物理的性状(常温)	〇〇・固体
	輸送物の種類(標識)	なし
	輸送物の輸送指数	×××
運搬区間・方法	荷送人(発地)	〇〇〇〇株式会社(住所:〇〇県〇〇郡〇〇町〇〇)
	荷受人(着地)	株式会社△△△△(住所:〇〇県△△市△△)
	輸送従事者	××運送株式会社
	受渡し地点・予定時刻	着地・〇月〇日 午後 予定

《注意事項》

●積載時の注意

- ・運搬において、移動、転倒、転落等により、放射性輸送物の安全性が損なわれないよう積載すること。
- ・火薬類、高圧ガス等ほかの危険物と混載しないこと。
- ・1車両に積載する輸送指数の合計が〇〇を超えないこと。
- ・車両の両側面及び後部に車両標識をつけること。(A型のみ)
- ・夜間は車両の前部及び後部に赤色灯をつけること。

●運搬経路に関する注意

- ・輸送の安全を充分考慮し、発地から着地まで最適なルートを走行すること。また、途中空路を使用する際は、危険品申告書に使用空港を記載すること。

●取扱の注意

- ・関係者以外の者が通常立ち入る場所で積み込み、取卸しをしないこと。
- ・非開放型の車両に施錠等の措置がなされている場合を除き、運搬の途中駐車をするときは見張人を配置すること。

●事故時の措置

- ・交通事故等で積荷に異常が生じた場合は最寄りの警察署(110)に通報すること。
 - ・車両火災が発生した場合は、備え付けの消火器で消火するとともに、最寄りの消防署(119)に通報すること。
 - ・盗難、紛失、その他の事故が発生した場合は、最寄りの警察署(110)に通報すること。
- 以上の措置をとるとともに、出来るだけ早く荷送人に連絡すること。

2-9 携行する測定機器と保護具の例

核燃料輸送物の隊列輸送の測定機器と保護具の例

No.	品名	数量
(共通資材)		
1	サーベイメータ	
	空間線量率測定用	1台 ^{注1)}
	汚染検査用(含スミヤ用チップ)	1台
2	立入制限区域設定用器材	
	ロープ	約100m
	スタンド	1式
	標識	1式
3	化学消火器(ABC消火器)	各車2個
4	拡声器	2個
5	発煙筒	各車1個
6	赤旗	各車2個
7	夜間信号用ランプ	
	赤色灯	3個
	懐中電灯(大型)	各車1個
8	簡易保護衣	20着 ^{注2)}
9	ボロ(布ウエス)	約2kg
10	ポリ又はビニール袋	1式
11	ペーパーウエス	6箱
12	ゴム手袋	20組 ^{注2)}
13	オーバシューズ	20組 ^{注2)}
14	フィルタマスク	20個 ^{注2)}
15	防塵メガネ	20個 ^{注2)}
16	ポリ又はビニールシート	1本
17	ビニールテープ	1式
18	停止表示板	各車1枚
19	無線機	1式
20	携帯電話	1台
21	個人被ばく測定器(予備) ^{注3)}	10個 ^{注2)}
(UF6用特殊資機材)		
22	防毒マスク	4個 ^{注2)}
23	防護服	4着 ^{注2)}
24	ガス検知器(HFガス)	1台
25	化学消火器(CO ² 消火器)	2本

注1) 核分裂性輸送物の場合は、中性子線量計(1台/輸送)を含むこと。

注2) うち10個は消防機関等への貸与用とすること。また、UF6用特殊資機材についても必要に応じ消防機関等へ貸与すること。

注3) 現場において測定値が確認できるもの。

「原子力施設等における消防活動対策ハンドブック」(消防庁)より