

放射線源の安全確保とセキュリティ

保物セミナー2007

社団法人日本アイソトープ協会

アイソトープ部業務二課 木村俊夫

放射線源の安全確保とセキュリティ対策

はじめに

放射線源の使用には潜在的な放射線被ばくによるリスクを含んでおり、旧ソ連、東欧、タイなどでは身元不明線源による一般公衆の被ばくを含む深刻な事故が発生した。これにより、安全確保に向けた対策の必要性が国際的に強調された。

一方、2001年9月に起こった米国同時多発テロ以降、ダーティボムの可能性も考えられるようになり、セキュリティの強化がさげばれた。

これらのことから、線源の事故や悪意を持った行為に起因する有害な影響から、個人、社会、環境を防護する方策を検討する必要がでてきた。

身元不明線源による事故例 (タイ王国におけるCo-60による放射線被ばく事故)

2000年2月に、タイ王国のサムートプラカーン地方で、放射線被ばく事故が発生した。コバルト-60線源を装着した遠隔放射線治療器が使用不能になった後、長期にわたる管理の怠慢と、さらに、この機器が放射線に関する知識が全くない人々の手で、取り壊されたため起こった事故である。不快症状を訴えて来院した複数の患者の容態から、急性放射線症の疑いを抱いた医師によりタイ原子力庁への通報で事態が発覚した。

調査によれば2月1日から約20日間、線源を装着した治療器の所在は不明であった。また、線源は密封状態に保たれていたが、遮へいのない状態で、解体された建家内にスクラップに紛れて放置されていたことが判明した。そのため10名の重度の被ばく者が発生し、内3名は治療中に死亡した。



図1 発見された線源をトングを用いて鉛容器に収納する

【出典】 IAEA: The Radiological Accident in Samut Prakarn, STI/PUB/1124, p.19,2002.2



図2 放射線治療器に装着されていた円筒形⁶⁰Co線源

【出典】 IAEA: The Radiological Accident in Samut Prakarn, STI/PUB/1124, p.10,2002.2

身元不明線源による事故例 (ブラジル)

1987年9月 ブラジルのゴイアニアで非密封放射性物質による被ばく事故

遠隔治療用の密封線源(約100gの粉末状セシウム-137(50.9TBq)を、金属製カプセルに封入したもの)を装着した機器が空き地に約2年間放置され、これが放射線に対する知識のない者の手で解体され、さらに密封カプセルまでが破壊された。そのため、Cs-137の粉末が露出し、これに直接触れた人々、解体に関係した複数の人々、さらに居住者を含む周辺の人々と周辺環境が非密封放射性物質によって汚染された。

約6か月を要した汚染除去・復旧まで多くの人が放射線により外部および内部被ばくをした。解体後1か月で4名が死亡し、重症者を含め300人近い人々が被ばくした。

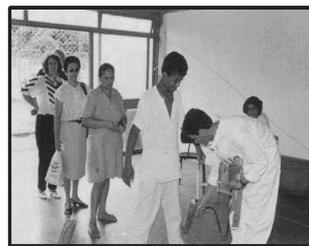


図3 ゴイアニアオリンピックスタジアムで放射線サーベイを受ける住民
【出典】 IAEA: The Radiological Accident in Goiania, Photographs 5, 1988年9月



図4 放射能除染作業(家屋の解体)

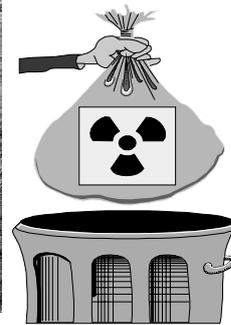
【出典】 IAEA: The Radiological Accident in Goiania, Photographs 13, 1988年9月

身元不明線源による事故例(グルジア)

2001年12月グルジアで不法投棄された放射線源が発見された



問題点: 放射線源の不法投棄



グルジアにおけるIAEAの緊急活動
137Cs 12個, 60Co 1個, 226Ra
200個を発見

出典:IAEAホームページ

放射線源の安全確保とセキュリティ対策

IAEA(国際原子力機関)は、放射線源の安全確保とセキュリティに関する国際的検討を踏まえ、2004年「放射線源の安全とセキュリティに関する行動規範 (Code of Conduct on the safety and Security of Radioactive Source IAEA/CODEOC/2004)」を定め、各国の政策、法律、規則等の制定に当たっての指針として提示した。

放射線源の安全とセキュリティに関する行動規範

(Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Source IAEA/CODEOC/2004)

「放射線源の安全とセキュリティに関する行動規範」の概要(1)

目的

現在利用されている放射線の使用を阻害することなく、

- ・放射線源の安全とセキュリティを維持する
- ・許可なく近寄ること、破壊活動・紛失、盗難、許可のない移動を防ぐ
- ・被ばく事故の可能性や、人・社会・環境に対して影響を与える線源の悪意ある使用を減少させる
- ・放射線に関連する事故、悪意ある行動による被ばくを防止する

適用範囲とカテゴリ

人、社会、環境に対して重大な影響をおよぼすおそれのある密封線源
(核燃料物質は含まない)

- ・安全、セキュリティ:カテゴリ1,2,3
- ・輸出入、線源登録:カテゴリ1,2

IAEAが示す線源のカテゴリ分類

カテゴリ	放射能	線源の危険性	機器の具体例(国内使用例より)
1	1000D超	遮蔽なく近づいた場合、数分から1時間で死に至る。	・遠隔照射治療装置、ガンマナイフ ・放射線滅菌装置
2	10D超～1000D	遮蔽なく近づいた場合、数時間から数日で死に至る。	・血液照射装置 ・照射装置(研究用等)
3	D超～10D	あまりあり得ないが、遮蔽なく近づいた場合、数日から数週で死に至る	・リモートアフターローディング装置 ・非破壊検査装置
4	0.01D超～D	とても可能性は低いですが、永久的な障害が起こる可能性がある。直接触れたり、何週間も近づいた場合には一時的な症状が出る。	・固定式工業用ゲージ ・校正用線源
5	Exempt～0.01D	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 ・静電除去装置 ・固定式工業用ゲージ ・校正用線源 ・ガスクロマトグラフ

CATEGORIZATION OF RADIOACTIVE SOURCES RS-G-1.9

IAEAは、放射線源の安全確保に関連する活動を適切なレベルによって規制することを目的として「放射線源のカテゴリ分類(RS-G-1.9)」を発行し、放射線源を5つのカテゴリに分類した。カテゴリ分類は、放射線源の安全性とセキュリティが失われる可能性をリスク評価し、重大な危険性があるものからそうでないものまでを5つに分類したものである。

D値をもとに5つのカテゴリに区分している。D値の例: Co-60 30GBq, Cs-137 100GBq, Ir-192 80GBq

「放射線源の安全とセキュリティに関する行動規範」の概要(2)

行動規範の要求事項

線源安全管理のための法令の整備

放射線防護のために必要な設備、機関の整備

規制当局、緊急時対応部署への教育の実施

△ 線源登録制度の確立

⇒ 日本では平成21年度から放射線登録制度の運用開始を目指している

身元不明線源に関する事故発生時の影響国への通知

関係者への身元不明線源の測定方法の導入

線源の再利用、リサイクルの推進

機器製造者、使用者の安全とセキュリティに対する責任

自国内の脅威の定義、評価

他国からの情報の秘密保持

△ 放射線源の輸入と輸出(輸出入ガイダンス)

⇒ 日本では平成18年1月から輸出貿易管理令の改正

放射線源の輸出入に関するガイダンスの概要

GUIDE ON THE IMPORT AND EXPORT OF RADIOACTIVE SOURCES IAEA/CODEC/IMP-EXP/2005

○適用範囲 : カテゴリ1、2に分類される放射線源

○共通事項

輸出入に際してのPoint of Contactを定め、IAEAに登録

自己評価アンケートの回答をIAEAに提出(各国が利用)

○輸出許可

輸出国は、線源の輸出についての承認手順を確立し、以下を確認

- ・ カテゴリ1線源の場合には輸入国の事前承諾を求める
- ・ 輸入国が行動規範に沿った規制の枠組みを有していること
- ・ 受領者の違法な経歴、当局による輸出拒否、悪意ある行動等のリスク

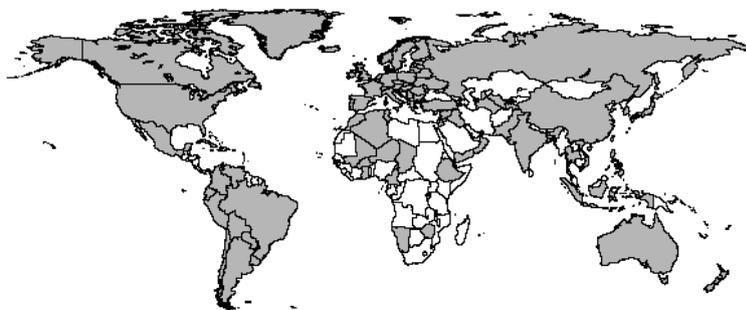
○発送前通知

輸入国への発送前通知が必要

○例外的状況

医療上の大きなニーズ、切迫した放射線障害のおそれ又はセキュリティ面での脅威等正当化できるような例外的状況があるときは許可できる

International support for the Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources (as of 04 July 2007)



Legend
Written to IAEA to express support for the Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources

行動規範を支持する旨の政治的支持表明を行っている国

出典:IAEAホームページ

International support for the IAEA Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources (as of 04 July 2007)



Legend
Written to IAEA to express support for the 'Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources'

輸出入ガイダンスを支持する国は、IAEA事務局長に政治的支持表明の書簡を提出することになっている。

出典:IAEAホームページ

行動規範の要求事項に対する対応(1)

輸出入ガイダンスに対する対応(輸出貿易管理令の改正)

○平成18年1月1日からIAEAが作成した放射線源の輸出入に関するガイダンス(以下、ガイダンス)の規制対象となっている放射性同位元素を輸出する場合には、経済産業大臣の承認が必要となった。

【参考】外国為替令及び輸出貿易管理令の一部を改正する政令(平成17年12月2日政令第358号) ガイダンス上規制すべき貨物を輸出貿易管理令別表第2の21の2の項に追加。

○具体的な規制対象貨物は、以下のとおり。

規制対象貨物	貨物例
①放射能が300GBq以上の放射性同位元素(機器に装備されたものを含む)	遠隔照射治療装置、ガンマナイフ、血液照射装置、照射装置(滅菌等)
②放射能が100GBq以上300GBq未満の放射性同位元素を装備した透過写真撮影用ガンマ線照射装置及び近接照射治療装置	工業用非破壊検査装置、アフターローディング

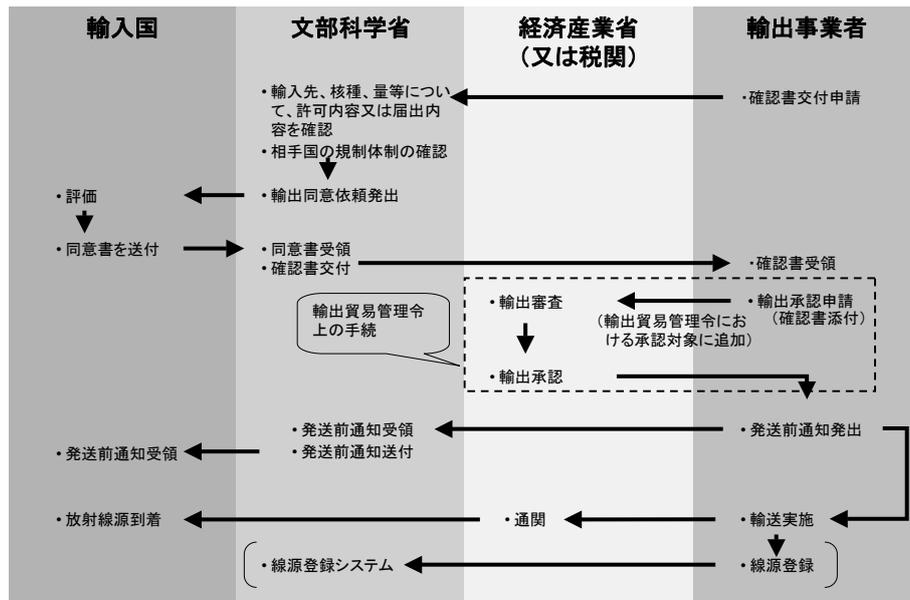
【参考】規制対象貨物を定める告示(平成17年12月15日経済産業省告示第334号)

【注意】これらの放射性同位元素及び機器を輸出する者は、「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」に基づく販売、賃貸の届出を行った者に限られる。

○輸出承認申請の流れ

- ①文部科学省が発行する輸出確認証の交付を受ける。
- ②上記①の交付を受けた後、経済産業省貿易審査課において輸出承認申請を行う。
- ③輸出承認証取得後、税関において輸出申告を行う。

放射性同位元素輸出時の手続き等の流れ



カテゴリ1、2に分類される放射線源の例

(1)放射線滅菌用線源(Co-60)



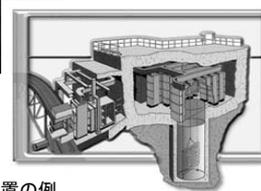
線源



ラックに組み込まれた線源



輸送容器



照射装置の例

核種: Co-60(半減期: 5.271年)
形状: 棒状 寸法(mm): $\phi 11.1 \times 451.6$
放射能: 約370TBq(1本あたり)
線源の本数: 数百本(装置1台あたり)

線源は加国製または英国製である。20年程度使用され、その後海外メーカーに返却される。

カテゴリ1、2に分類される放射線源の例

(2)血液照射装置(Cs-137線源装備)



Cs-137装備血液照射装置(例)

線源は、円柱状または棒状で、輸送容器を兼ねる。照射装置の容器に装填され、制御装置部分と分けて加国または仏国から輸入される。

核種: Cs-137(半減期: 30.04年)
形状: 棒状 寸法(mm): $\phi 12.6 \times 270$
放射能: 10TBq~100TBq

写真提供: 丸紅(株)

カテゴリ1、2に分類される放射線源の例
(3)遠隔治療装置(Co-60線源装備)

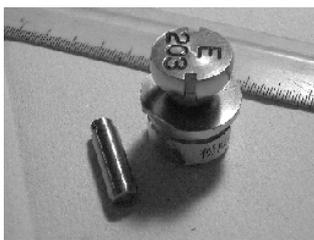


核種:Co-60(半減期:5.271年)
形状:円柱状 寸法(mm): $\phi 19.5 \times 30$
放射能:371TBq~222TBq

^{60}Co 遠隔治療装(111TBq)
上方の線源格納容器に
保管されている。

写真提供:東芝メディカルシステムズ(株)

カテゴリ1、2に分類される放射線源の例
(4)固定式マルチビーム遠隔治療装置(ガンマナイフ)



線源およびホルダー

核種:Co-60(半減期:5.271年)
形状:円柱状寸法(mm): $\phi 8 \times 27.2$
放射能:1.11TBq $\times 201$
(1台の装置に201個の線源が装填される。)



ガンマナイフ装置

写真:エレクタ(株)カタログより

カテゴリ3に分類される放射線源の例

(1) リモートアフターローディング装置



線源：右側のワイヤの先端部にIrが封入されている

核種：Co-60またはIr-192(半減期：73.83日)

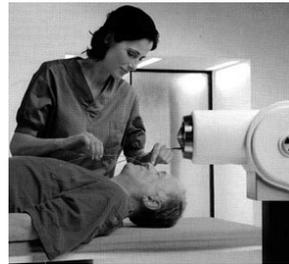
(少数であるがCs-137も使用されている)

形状：ステンレス製ワイヤの先端に管状の線源が溶接されている寸法(mm)：φ1.1×5(ワイヤの長さ：2,585)

放射能：74GBq～370GBq



輸送容器(左)、装置(右)

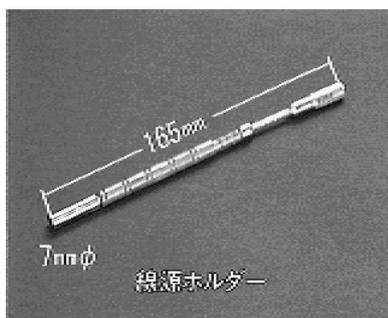


使用準備状況

写真提供：(株)千代田テクノル

カテゴリ3に分類される放射線源の例

(2) 非破壊検査装置(Ir-192)



Ir-192線源ホルダー

核種：Ir-192(半減期：73.83日)

形状：円柱状(ホルダに収納されている)

寸法(mm)：φ5×8(ホルダの寸法：φ7×165)

放射能：100GBq～740GBq

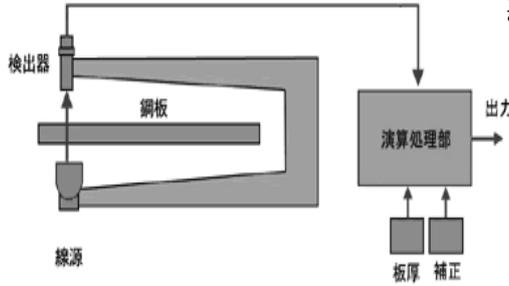


Ir-192非破壊検査装置

写真提供：ポニー工業(株)

カテゴリ2,3,4,5に分類される放射線源の例 工業用ゲージ(厚さ計、レベル計、密度計)

工業用ゲージとしては、厚さ計、レベル計、密度計などがある。目的および検査対象物の材質などに応じて、Co-60, Kr-85, Sr-90, Cs-137, Pm-147, Am-241/Be, Cf-252などの核種が使用されている。アイソトープ協会が販売した線源を装備機器メーカーが装置に組み込んで販売されるものが多い。



核種: Co-60, Kr-85, Sr-90, Cs-137, Pm-147,
Am-241/Be, Cf-252など
形状: 円柱(φ5.2×8.5mm)、円盤(φ22×6mm)
等
放射能: 数十MBq～数TBq

行動規範の要求事項に対する対応(2)

『放射線源登録の確立』への対応

日本は、個々の線源を特定し、所持、移動、在庫確認等の情報を把握することによる追跡可能な制度の準備を進めている。

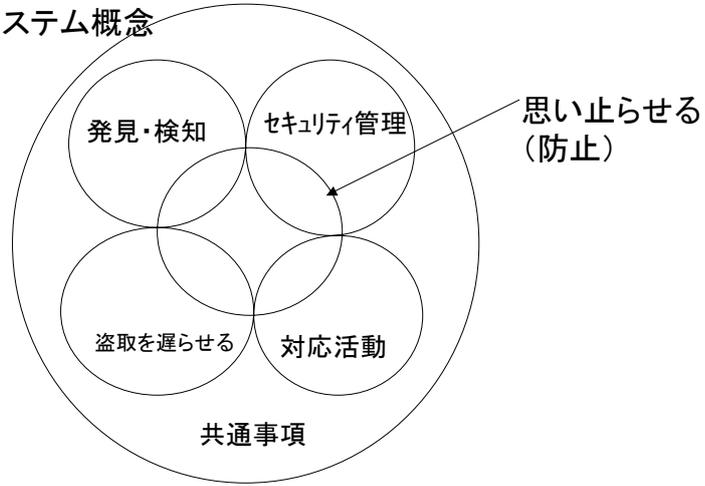


放射線源登録スキーム(輸入・使用の例)

出典: 第22回放射線安全規制検討会資料22-4(文部科学省ホームページ)

行動規範の要求事項に対する対応(3)

セキュリティシステム概念

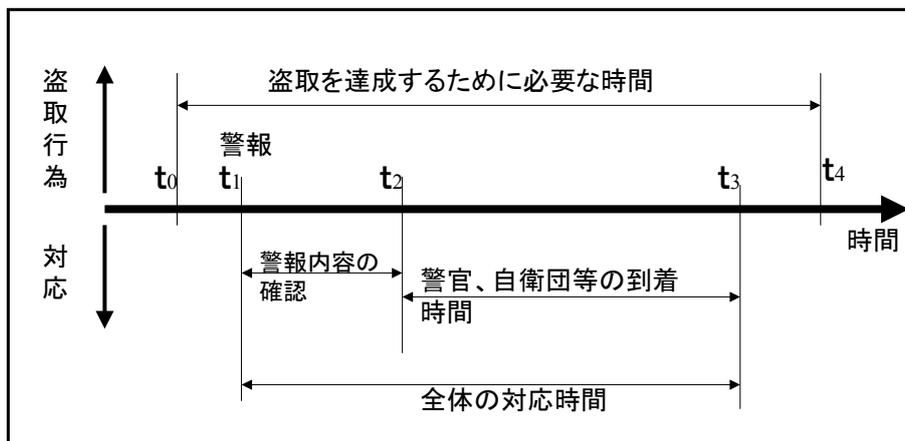


Security of Radioactive Sources:Guideline

(IAEA 2006年 DRAFT版より)

盗取行為等への対応の概念

$t_3 < t_4$ であれば盗取を阻止することができる



Security of Radioactive Sources:Guideline

(IAEA 2006年 DRAFT版より)

線源使用事業所におけるセキュリティ対策例

日本ではすでに放射線障害防止法に則り適切な安全管理がなされているが、セキュリティの面についても注意を払い管理を維持することが望まれる。

セキュリティ対策として以下のようなことが挙げられる。(青字は状況に応じて・・)

(1) 線源を持ち出しにくくする

- ・貯蔵室、貯蔵箱の施錠
- ・装置機器を固定する
- ・フェンス

(2) 不審者を寄り付きにくくする(盗取をあきらめさせる)

- ・管理区域への入室退室の管理
- ・監視カメラ
- ・夜間センサーライト

(3) 紛失しない(盗難に早期に気づく)

- ・使用後毎の保管確認
- ・定期的な在庫確認
- ・放射線モニターによる異常線量監視

(4) 連絡体制

- ・盗難時の早期連絡

セキュリティ対策例 (外国の例)



赤外線人感センサ



簡易なゲートモニタ



鍵による室管理