

東京大学放射線取扱者再教育資料 No.37 (2019)

1. 単位シーベルトをめぐる新たな動向と論点
2. バイスタンダー効果と放射線適応応答
3. 放射性物質の受渡しと輸送の手続き
4. 東京大学における放射線障害予防規程の改正上の留意点
5. エックス線発生装置の安全管理

1. 単位シーベルトをめぐる新たな動向と論点

放射線の単位、シーベルト (Sv) は放射線防護に用いる被ばくの単位として使われています。放射線の物理量には、フルエンス、カーマ、吸収線量があり、これらの物理量を使って、放射線防護のための規制や管理を行うことは可能ではあるものの複雑です。放射線の種類や被ばくの様式によって、放射線による影響の大きさが異なっていることがわかっているからです。そのため、放射線の種類や被ばくの様式の違いを考慮した単一の指標で測ることができれば規制や管理が簡便になりわかりやすくなります。そこで登場したのが実効線量です。ラドンの内部被ばくと外部被ばくを比較できるようにした歴史的経緯があります。ここで、放射線による影響の大きさは、低線量における放射線発がんおよび遺伝性影響のリスク (発生確率) に焦点を当てたものです。

実効線量 E は、放射線 R に対するある臓器 T の臓器平均吸収線量 ($D_{T,R}$) に 2 つの加重係数を乗じて、すべての臓器について合計した量を表します。評価の中間で定義されているのが等価線量 H です。

$$E = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}$$
$$H = \sum_R w_R D_{T,R}$$

1 つ目の加重係数は、放射線加重係数 (w_R) と呼ばれ、全ての異なる放射線を統一して扱うことができるようにしています。放射線が飛跡の単位長さあたりで平均して失うエネルギーのことを LET (線エネルギー付与) と言いますが、LET の異なる放射線では同じ吸収線量であっても生物影響が異なり、リスクが異なるからです。例えば、中性子やアルファ線は γ 線・X 線に比べて高い生物効果をもたらします。そこで、放射線による違いを γ 線に対する相対比とした評価された放射線加重係数が定義されています。吸収線量に放射線加重係数を乗じた線量は等価線量と呼ばれています。2 つ目の加重係数 (w_T) は、組織加重係数と呼ばれています。臓器・組織による単位線量あたりのリスクの違いに注目して、すべての臓器・組織で合計すると 1 となるように各臓器のリスクを相対割合で示した係数です。例えば、全身に均一に被ばくした場合と一部の臓器が被ばくした場合で、比較可能な量になっています。この量を用いることで、内部被ばくのように臓器ごとに異なる被ばくと、全身均一な外部被ばくとをリスクという同じ土俵で比較できるのです。

世界の自然放射線からの平均被ばく線量は、実効線量で年 2.4mSv と評価されています。この量の内訳は、大地放射線、宇宙線からの外部被ばく、ラドンおよびその子孫核種の吸入による内部被ばく、食品からの放射性カリウムからの内部被ばくなどを合計した線量です。つまり、実効線量は、放射線の種類も被ばく様式も異なるときに全ての放射線被ばくをひとつの数値で表現できる便利な量なのです。

近年、実効線量に関する問題が指摘されてきました。第一が、単位が等価線量と同じであるために、混乱が起きやすいという点です。さらには、組織反応 (確定的影響) を制限するためには等価線量よりも吸収線量が適切であるという指摘があります。これまでは組織反応の等価線量限度 (皮膚や水晶体) が保守的であることから、等価線量を用いて評価してきました。そこで、ICRP (国際放射線防護委員会) は最新のレポートで、組織反応 (確定的影響) を制限するために使用するのは吸収線量とすることにして、等価線量は実効線量を計算するために必要な中間的な量とみなすべきであり、単独で利用することはしないとしています。さらには、シーベルトは実効線量の単位として確率的影響 (がんと遺伝性影響) を制限するための防護量と理解すべきです。実効線量は、低線量における放射線発がんおよび遺伝性影響のリスク (発生確率) に焦点を当てたものであるため、適用範囲は 100mSv 以下となりますが、例外的に緊急時被ばく状況では

1Sv 程度までは使用してもよいとされています。組織反応（確定的影響）を制限するために吸収線量を使用するのは明瞭ですが、中性子などの高 LET 放射線の RBE（生物学的効果比）が組織反応ごとに必要となります。

第二の問題は、実効線量がリスク予測に使用されることです。実効線量は最適化や限度などの基準と比較してコンプライアンスの証明に使用するツールであり、リスク予測に使用するものではありません。にもかかわらず、放射線影響の大きさを表現している指標であることから、安易にリスク計算に利用されることが多く見られます。リスクは、年齢、性、集団の特性に依存します。組織加重係数は、一定の年齢構成をもつ仮想的な集団を対象に年齢と性について平均化して評価したものであり、特定の年齢に適用できるものではありません。実効線量は、放射線防護上の規制や管理を決定するために世界共通の物差しとして利用できるように組み立てられているからです。

医療では、特定の患者が受けた放射線の量について入射表面空気カーマ、CTDI（CT線量指標）などの表記が利用されています。このような測定量は施設、機器、手技などの比較に活用できますが、リスクの相対比較にはなっていません。実効線量は医療における放射線防護の改善に使うことのできる有用なツールとなるものでしょう。実効線量を用いて計算したリスクと、特定の年齢・性の違いを考慮して計算したリスクを比べても、実効線量は医療従事者と患者に対するリスクコミュニケーションの目的には異なる医療検査を大まかにカテゴリー分けする指標として使用できるでしょう。しかし、実効線量は、放射線の影響の大きさであるリスクを念頭に定量化した指標であっても、リスクの近似指標であって、リスク解析に用いる適切な指標ではないのです。

シーベルトで表現しているのは、欧米とアジアの7カ国の集団の平均リスクです。放射線防護では100mSv以下の低線量であってもリスクは線量に比例し、急性被ばくでも慢性被ばくでも同じ効果があると仮定しています。現在のリスク評価の基礎には急性高線量率被ばくの原因データがあります。低線量・低線量率のリスクに推定する上での制約を明らかにすることも重要ですが、個人の特性をできるだけ反映した健康リスクを評価するためには、年齢や性以外にも、その個人が属する集団（民族や人種によるがん罹患の違い）や生活習慣（喫煙、飲酒など）による影響を考慮したリスク解析が求められることでしょう。

◆参考資料

[1] Harrison, JD. et al. 2016. Use of effective dose. Ann. ICRP 45(1S), 221-228

大分県立看護科学大学
教授 甲斐倫明
再教育項目：話題

2. バイスタンダー効果と放射線適応応答

従来、放射線による影響は、直接照射された細胞の核内 DNA が標的となり、照射を受けた細胞そのものが突然変異、がん化に関わると長い間考えられてきました。しかし 1990 年代以降、周囲の照射されていない細胞にも影響が認められることが世界中の多くの研究室で確認されています。具体的には、低線量の放射線を細胞群に照射すると、放射線を直接照射された細胞だけでなく、照射されなかったはずの細胞にまでも、遺伝的不安定性、DNA 損傷、染色体異常、細胞分裂・増殖阻害、アポトーシス（細胞の自殺）、突然変異の誘発など多岐にわたる放射線の影響が観察されるようになったのです。その後、この現象は「バイスタンダー効果」という用語で呼ばれるようになり、そのメカニズムには放射線に直接照射された細胞と照射されていない細胞間のシグナル伝達が重要な役割を果たすことが示唆されました。

現在、バイスタンダー効果の成因として、細胞間接着装置であるギャップ結合や、細胞間のシグナル分子である活性酸素 (ROS)、一酸化窒素、サイトカインなどが密接に関与すると考えられています。また、エネルギー供与体であるアデノシン三リン酸 (ATP) と細胞膜上に発現する ATP 受容体 (P2 受容体) を介したシグナル伝達の関与も報告されています。シャーレの中の培養細胞（ヒト正常細胞）を使った実験では、たとえば、隣り合って密着している細胞同士を結ぶ小さなトンネル（ギャップ・ジャンクション）を閉じる薬剤や、培養液に分泌された活性酸素種を捕捉・中和する薬剤を添加すると、バイスタンダー効果が抑制される、などの結果が得られています。

古典的・伝統的な放射線生物学では、1) 低線量と高線量の照射には質的な違いはない、2) ヒットされた細胞だけが影響を受ける、という、当たり前と考えられていた前提がありました。しかし、これらの前提が実は間違っていて、とくに低線量の放射線では、1) 生体応答の寄与が照射効果を左右すること、2) 影響を受けるのは直接ヒットした細胞に限らないことが明らかになってきました。前者の例が「放射線適応応答」であり、後者の例が「バイスタンダー効果」です。

放射線適応応答とは、低線量の放射線を予め照射しておくことによって、その後の高線量の照射に対して抵抗性を示す現象です。たとえば、マウスに致死線量 (6.5 Gy) を照射する 2 週間前に、特に影響の出ない線量 (0.5 Gy) を照射しておく、致死線量照射の 1 ヶ月後の生存率が 10% から 80% に増加したなどの報告があります。このような救命効果を発揮するためには、予め照射の時期や線量が非常に重要です。そのメカニズムの詳細は分かっていませんが、放射線抵抗性に関連する酵素などが誘導されることも一因と考えられています。

バイスタンダー効果で伝わる作用が放射線の傷害作用だけでなく、放射線適応応答のように、放射線に対する防御作用や抵抗性を誘導するという報告もあり、組織レベルの防御に働く面も示唆されています。おそらく正常な個体の中でも同様の働きが起こっていると考えられており、バイスタンダー効果の分子メカニズムの全容解明が現在期待されています。

大学院工学系研究科
特任専門員 飯塚裕幸
再教育項目：人体影響

3. 放射性物質の受渡しと輸送の手続き

放射性同位元素を他の施設で使用する場合、法令に従って適切な管理を行う必要があります。放射線施設から持ち出すとき、運搬を行うときに必要な事項をあらかじめ確認しておきましょう。

1 放射性物質の受け渡し

放射性同位元素を他の事業所で使用する場合は、その施設に取扱いの承認があるか、または届出されているかを確認する必要があります。受け渡す放射性同位元素の核種だけでなく、放射能についても確認が必要です。密封線源については、放射能が一致していて、個数が上限を超えないこと、非密封線源は貯蔵能力の範囲内であることを確認します。その施設ですでに同じ核種を保管している場合は、合計が貯蔵能力を超えないことを確認してもらうことが必要になります。

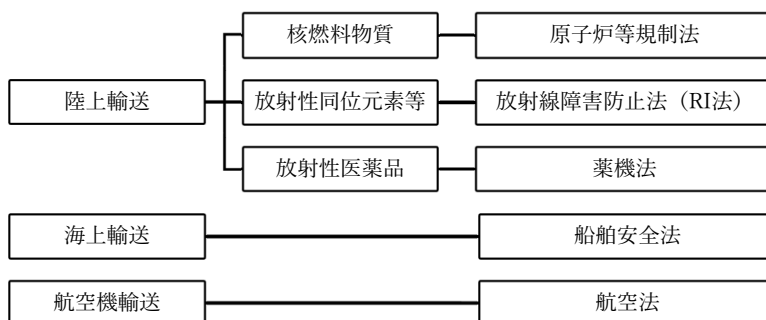
自分が使用している施設から払い出した場合は、「払出の記録」をつける必要があります。施設から出た年月日、相手の施設の名称、払い出した放射性同位元素の核種、放射能（密封線源の場合は個数も）を記録します。

また、受け渡しの際は、相手が確実に受け取ったということがわかるように、受領書を発行してもらい、その書面を保管するとよいでしょう。

2 放射性物質の運搬

2.1 運搬に係る法令

放射性物質を運搬する際には、様々な法令に従って運搬する必要があります。輸送手段や放射性物質の種類によって、規制を受ける法令が異なります。該当する法令の内容はすべて守る必要があります。



2.2 輸送物

放射性物質を入れた輸送物は、その収納物（放射性物質）と、輸送容器の組み合わせによっていくつかの種類に分けられます。代表的なものは、L型輸送物、A型輸送物、B型輸送物などです。

L型輸送物：一つの輸送物の中に収納される放射性同位元素等の放射能がごく少量の輸送物。収納量を制限することで危険性を極めて小さくしたもの

A型輸送物：収納される放射性同位元素等の放射能が一定量以下の輸送物。収納量を一定以下に制限すると同時に、通常伴う悪条件に耐える強度を輸送物に持たせたもの

B型輸送物：収納される放射性同位元素等の放射能が一定量を超える輸送物。過酷な事故にも耐えられる強固な輸送容器を用いることで安全性を確保したもの

L型輸送物の基準は次の通りです。

収納される放射性物質は、その数量（放射能）が核種毎に規定された値（A1 値の 1/1000 または A2 値の 1/1000）を下回るものに限定されます。

輸送容器は、容易、かつ、安全に取扱うことができる構造とし、運搬中に亀裂・破損等の恐れがないようにします。梱包容器を開けたときに見やすい位置に「放射性」等の文字が読めるようにしておく必要があります。また、放射性物質の使用に必要な書類以外の書類を収納することはできません。輸送物の表面における線量は $5\mu\text{Sv/h}$ 以下として

ください。その他、安全性を確保するために定められた条件を満たす必要があります。

A 型輸送物や B 形輸送物の場合は、収納できる放射能の基準値が大きくなる一方、輸送容器の基準が厳しくなります。落下試験や貫通試験など、事故を想定した試験で性能を維持する必要があります。B 型輸送物ではさらに水中でも性能が維持されるかどうかを確認する試験もあります。

これらの基準に加えて、UF6 や核分裂性の核燃料物質等を輸送する場合には臨界に達しないなどの条件も加えられます。

2.3 運搬車両

輸送物を運搬する車両についても条件があります。火薬類、高圧ガス等の危険物との混載はできません。運搬中に輸送物の安全が損なわれないように積載し、運転席や車両の表面などの線量が限度値を下回っていることを確認する必要があります。

その他、輸送物の種類によって条件が変わりますので注意してください。

3 緊急時

運搬をしている最中に事故や災害が発生した場合は、落ち着いて行動しましょう。

まずは身の安全を確保してください。怪我をした人がいた場合は消防への通報などを行い、けが人の救出や避難を行いましょう。火災が発生した場合は、消防へ通報した後、消火、延焼の防止等に努めます。

また、運搬中の放射性輸送物の状態を確認し、破損などの異常がみられる場合はその写真を施設の管理者へ送り、指示を仰ぎましょう。その際に、異常のある輸送物には素手で触れないよう手袋などを使用してください。管理者と連絡が取れたら、その指示に従って、立入禁止などの措置を行います。

輸送を行う際には、緊急連絡先などが記載された書類を携行し、事故等が起こった場合はその書類の内容に従って行動しましょう。

日本アイソトープ協会

品証・安全管理室

課長 藤島かおり

再教育項目：核燃料物質・取扱

4. 東京大学における放射線障害予防規程の改正上の留意点

はじめに

本稿では放射線障害予防規程の改定が必要な項目と、全学における共通事項についてまとめます。昨年度の本資料にも述べた通り^[1]、放射線の規制に関する法令の改正が昨年より行われています。まもなく、2019年9月1日から放射線規制法への法律名の変更を含めた新しい法令が全面施行されます。その中の施行規則第21条の改正に伴い、放射線障害予防規程を定める必要のある全ての放射線事業所は、予防規程の改正を行い、2019年8月30日までに原子力規制委員会に届出が必要が生じました。2017年12月に原子力規制庁が示した「放射線障害予防規程に定めるべき事項に関するガイド(原規放発第17121320号^[2])」には、具体的な項目が盛り込まれており、少なくともこれらの項目を漏れなく予防規程に含むことが必要になりました。改正を要する箇所を以下の表にまとめます。

表 施行規則第21条の改定に伴い、放射線障害予防規程に定めるべき事項の新旧対照表

施行規則第21条 改正後	改正前
1 放射線取扱主任者その他の放射性同位元素等又は放射線発生装置の取扱いの安全管理(放射性同位元素等又は放射線発生装置の取扱いに従事する者の管理を含む。)に従事する者に関する職務及び組織に関すること	1 放射性同位元素等又は放射線発生装置の取扱いに従事する者に関する職務及び組織に関すること 1の2 放射線取扱主任者その他の放射性同位元素等又は放射線発生装置の取扱いの安全管理に従事する者に関する職務及び組織に関すること
2 放射線取扱主任者の代理人に関すること	1の3 放射線取扱主任者の代理人の選任に関すること
3 放射線施設の維持及び管理(第22条の3第1項の規定により管理区域でないものとみなされる区域に立ち入る者の立入りの管理を含む。)並びに放射線施設(届出使用者が密封された放射性同位元素の使用をし、又は密封された放射性同位元素若しくは放射性同位元素によって汚染された物の廃棄をする場合にあっては、管理区域)の点検に関すること	1の4 放射線施設の維持及び管理(第22条の3第1項の規定により管理区域でないものとみなされる区域に立ち入る者の立入りの管理を含む。)に関すること 1の5 放射線施設(届出使用者が密封された放射性同位元素の使用をし、又は密封された放射性同位元素若しくは放射性同位元素によって汚染された物の廃棄をする場合にあっては、管理区域)の点検に関すること
13 放射線障害のおそれがある場合又は放射線障害が発生した場合の情報提供に関すること	(なし)
14 第29条第1項の応急の措置(以下この号において「応急の措置」という。)を講ずるために必要な事項であつて、次に掲げるものに関すること(原子力規制委員会が定める放射性同位元素又は放射線発生装置の使用をする場合に限り) イ 応急の措置を講ずる者に関する職務及び組織に関すること ロ 応急の措置を講ずるために必要な設備又は資機材の整備に関すること ハ 応急の措置の実施に関する手順に関すること ニ 応急の措置に係る訓練の実施に関すること ホ 都道府県警察、消防機関及び医療機関その他の関係機関との連携に関すること	(なし)
15 放射線障害の防止に関する業務の改善に関すること(特定許可使用者及び許可廃棄業者に限り)	(なし)

本学における放射線障害予防規程改正の方針

放射線障害予防規程は、それぞれの放射線事業所のローカルルールとして実状に応じて制定し、必要に応じて改定すべきものです。しかし、全学として一括で行われている教育訓練や健康診断、さらには事故が起きた際の情報公開等については、全学で足並みを揃えるべき箇所があります。そのため、放射線管理部は、これらについて全学で共通の方針を示すことにしました。例を以下に示します。

1. 放射線障害予防規程の位置づけ

放射線障害予防規程は、部局の規程である。ゆえに、組織代表者(各事業所の放射線安全管理上の最終責任者)は、部局長とします。

2. 放射線障害予防規程の中で定義できないもの

全学の安全管理組織である環境安全本部の放射線管理部の位置づけ等、部局の規程で定義できないものは上位規則を参照して予防規程本文には内容を書かないこととします。想定される上位規則は以下の通りです。

- (1) 東京大学の放射線障害の防止に関する管理規程(東京大学規則)
- (2) 東京大学教職員の環境安全衛生管理規程(東京大学規則)
- (3) 東京大学環境理念・東京大学環境基本方針(総長裁定)
- (4) 東京大学の環境安全衛生管理組織の責任及び権限(総長裁定)
- (5) 東京大学環境安全本部内規(総長裁定)

- (6) 全学の放射線教育に関する方針（放射線管理部裁定）
- (7) 全学の放射線健康診断に関する方針（放射線管理部裁定）
- (8) 全学の放射線障害の防止に関する業務評価に関する方針（放射線管理部裁定）

東京大学規則および総長裁定の内容は、学内専用のサイトに公開されています^{[3],[4]}。放射線管理部裁定の内容は、現時点では公開されていませんが、今後公開されて常時参照できるようになる予定です。

3. 教育訓練内容

これまで通り全学的に統一し、記述が必要な「教育訓練内容の決定の手順」、「省略する場合の基準およびその改廃手順」、「内容、時間等の変更及び改善」は放射線管理部で全学の方針を決めます。再教育訓練は、現状通り各事業所がそれぞれ独自に行います。

4. 地震等の災害時の措置に関する基準

予め定めた災害時の連絡通報体制に従い、予め定めた点検担当者が別に定める項目について点検を行い、その結果を主任者、施設長及び環境安全本部長に報告しなければなりません。

5. 情報提供（新設）

事故等の報告を要する放射線障害のおそれがある場合又は放射線障害が発生した場合には、施設長は環境安全本部と連携してホームページに事故の状況及び被害の程度等を掲載することにより公衆及び報道機関へ情報提供するとともに、外部からの問合せに対応するため、事業所内に問合せ窓口を設置します。

6. 特定許可事業所における業務の改善（新設）

特定許可事業所とは、「下限数量の10万倍以上の非密封RIを貯蔵する能力がある事業所」、「1個または1式で10TBqを超える密封RIを使用する事業所」、「全ての放射線発生装置使用事業所」のいずれかに該当する事業所のことです。本学では、アイソトープ総合センター、医学部附属病院、新領域創成科学研究科、医科学研究所、医科研究病院、原子力専攻、宇宙線研究所附属神岡宇宙素粒子研究施設、タンデム加速器研究施設が該当します。これらの部局等については、各施設の状況について報告し、意見を求める委員会を年度に一度開催する予定です。

ユーザーとして注意すべきポイント

全ての事業所で、新たな放射線障害予防規程が今年度に施行されます。大きな改訂箇所は、管理する側の役割や権限に関するものがほとんどです。しかし、この改正の際に、各事業所で実態に応じた内容の見直しが行われるはずですが、原子力規制委員会は、今回の予防規程改正後も、各事業所の実態に合った積極的な見直しを求めています。放射線障害予防規程は、変更すると30日以内に原子力規制委員会に届け出る必要がありますので、届け出る必要のない下部規程を設けて、詳細はその中に記す方針をとる事業所が多いと予想されます。特に、事故を発見した際の連絡通報体制については必ず確認してください。その他の必要な事項についても、下部規程を含めてご確認ください。

◆参考資料

- [1] 東京大学放射線取扱者再教育資料 No.36（2018） <https://www.ric.u-tokyo.ac.jp/reeducation/reeducation36.pdf>
- [2] 原子力規制庁「放射線障害予防規程に定めるべき事項に関するガイド（原規放発第17121320号）」
<http://www.nsr.go.jp/data/000215736.pdf>
- [3] 東京大学規則集（学内専用） https://www.ut-portal.u-tokyo.ac.jp/gakunai/gen/kisoku/mokuji_j.html
- [4] 総長裁定一覧（学内専用） <https://www.ut-portal.u-tokyo.ac.jp/wiki/index.php/総長裁定>

アイソトープ総合センター
助教 桧垣正吾
再教育項目：法令・安全取扱

5. エックス線発生装置の安全管理

東京大学にはおよそ 300 台の研究用エックス線装置が設置されています。その種類は多岐にわたり、被ばくを防ぐ安全機能のレベルも様々です。ここでは、エックス線装置を取扱う際の使用及び管理上の留意事項について、その概要をまとめています。詳細については環境安全本部の便利帳ページ^{*}を参照するようにしてください。

一般的な大前提として、装置の取扱者や装置管理者には以下が求められます。

- ✓ 新規の装置を設置する際には部局管理責任者を通じて事前に所定の手続きをすること
- ✓ エックス線を防ぐための安全装置を改造や解除しないこと
- ✓ ビームの調整やメンテナンス等では、エックス線電源を切り、シャッターが閉じていることを確認すること

特に、装置の取扱者には、以下が求められます。

- ✓ X-CDE（装置の外側にまで被ばくリスクが想定されるもの）の取扱者は所定の位置に放射線測定器を着用すること
- ✓ 使用記録を作成し、整備すること
- ✓ シャッターの開閉はエックス線の発生の有無を確認してから行うこと
- ✓ 異常を認めた場合は、すみやかにエックス線を切り、装置の管理責任者へ連絡すること
- ✓ 一台のエックス線装置を複数の研究室または研究者で共有する場合は、使用時に、装置使用者の表示を行うこと
また、装置内の状況について使用前確認を行い、使用後には基本設定に戻すこと

また、装置の管理責任者には、以下が求められます。

- ✓ 測定の結果や使用の状況に基づき、必要に応じて遮蔽を行うこと
- ✓ 緊急連絡先・線量測定の結果・装置に関する表示・エックス線作業主任者（管理責任者）名を掲示すること
- ✓ すべての装置について東京大学が定める年に 1 回の定期検査を実施し、かつ X-CDE については、電離則で定められた（固定使用の場合は 6 ヶ月に 1 回の）作業環境測定をすること

最近では、研究開発及び教育で使用されている研究用エックス線装置は、設計の段階から安全性を考慮している装置が多くを占めてきていますが、実験・研究の際にエックス線装置を安全に取り扱うために、装置の構造・特性を十分に理解しておくことが重要です。

※ 参考ページについては、東大ポータル便利帳 (<https://www.ut-portal.u-tokyo.ac.jp/wiki/>) にアクセスし、以下のよう
に選択してください。

環境安全本部> 環境安全本部一覧> エックス線装置・電子顕微鏡

◆参考文献

- [1] 林恵利子, 小池裕也, 木村圭志, 飯本武志, 小佐古敏荘, 中西友子, 研究用エックス線装置の安全管理方法に関する考察, *Radioisotopes*, 58, 195-207 (2009)
- [2] Takeshi IIMOTO, Eriko HAYASHI, Keiji KIMURA, Takahiko SUZUKI, Asaya KOBASHI and Satoru TANAKA; Optimized Safety Management for X Ray Irradiators with Various Levels of Potential Exposure Risk Used for Researches; *Radiation Emergency Medicine Vol. 3, No. 1*, 45-49 (2014)

環境安全本部

久木田沙斗里、木村圭志、飯本武志

再教育項目：安全取扱・電離則