

第9章 放射線（放射性物質）・X線の安全

9.1 放射線（放射性物質）・X線の規制

放射線は“・アルファ線，重陽子線，陽子線，ベータ線，電子線，中性子線，ガンマ線，エックス線その他電磁波または粒子線で直接又は間接に空気を電離する能力を有するもの・”（放射線障害防止の技術的基準に関する法律）と定義されている。放射線は通常の生活環境でも，宇宙船，土壌・岩石，食物等から 2.4 mSv/年程度の被曝を受けている。しかし，自然状態を超える量の被曝は健康上好ましいことではなく，あるしきい値以上の放射線に一時に被曝すると急性の放射線障害（皮膚の紅斑，白血球の減少，脱毛など）を引起こし，またしきい値以下の場合でも発癌等の晩発性障害や遺伝的影響を，ある確率で引起こすことが知られている。そのため，放射線の使用は，急性の障害を引起こさないことは勿論，確率的影響が社会的に容認されるレベル以下であるように規制される。

ある物質が放射線から与えられたエネルギーを表わすのが吸収線量で，1 J/kg の吸収に対して 1 Gy（グレイ）という単位を与えている。しかし同じ吸収線量でも放射線によって生物に与える効果が違うので，それを考慮して同じ数値なら同じ生物学的影響を与えるようにしたものを線量当量といい，Sv（シーベルト）という単位で表わしている。放射線取り扱いに従事している人が 1 年間にこれ以上被曝してはいけないという量（線量当量限度）は 50mSv（ミリシーベルト）であり，また 1 週間に 300 μ Sv 以上の被曝を受ける恐れのある場所は管理区域として，一般人がみだりに立ち入れないようにしなくてはならない。

放射線物質は法律上は，放射線同位元素と核燃料物質（トリウム，ウラン，プルトニウムおよびこれらを含む化合物）に大別される。前者は「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」（放射線障害防止法）によって，後者は「核原料物質，核燃料物質および原子炉の規制に関する法律」（原子炉等規制法）によってその使用が規制されている。放射性同位元素は，例えばトレーサーとして用いられるような非密封線源と，⁶⁰Co 照射装置，ガスクロマトグラフ用エレクトロンキャプチャデテクター等の密封線源とに分けられる。放射線障害防止法は，放射性同位元素の他に，放射線（100 万電子ボルト以下の電子線および X 線を除く）発生装置も規制している。そして放射性同位元素や放射線発生装置を使用する場合にはあらかじめ，文部科学大臣の承認を受けなくてはならない。

100 万電子ボルトより低いエネルギーの電子線，X 線の発生装置は「放射線障害防止法」の規制の範囲にはないが，労働安全衛生法電離放射線障害防止規則により規制される。また，法規制対象外の微弱な密封線源（3.7MBq 以下）が校正線源，機器組み込み線源として使われることがあるが，被曝防止や廃棄については規制された線源と同様な扱いをすることが望ましい。

これらの法律や規制に基づき，秋田大学では「秋田大学放射性同位センター放射線障害予防規程」および「秋田大学エックス線障害予防規程」を定めている。この中で，秋田大学安全・環境委員会放射性同位元素専門委員会を置くこと，放射線取り扱い主任者を置くこと，エックス線装置等ごとに使用責任者を指名すること，放射線や X 線を取り扱う者を登録制にし，必要な教育訓練や健康診断を受けさせること，放射線施設の維持，管理に関すること等が定められている。

本学部における放射線および X 線を利用した研究・教育活動はこれらの規定のもとに行なわれ，その安全確保が図られている。一方，学外の原子炉，シンクロトロン等を共同利用，共同研究で使用することもあるが，その場合は各施設の利用規定を遵守することで安全確保が保証される。

9.2 放射線取り扱い者の登録

放射線, または X線を取り扱おうとする者は原則としてまず秋田大学放射性同位元素センターの行なう講習 (例年5月) を受講しなければならない。放射線取り扱い者は健康診断を受けることが必要である。これらの要件を満たしている職員 (学生) は, 所属する部局の長の同意を得て, 所定の登録申請書をセンター長宛に提出し, 許可を得なければならない。

9.3 放射線取り扱い者の義務

放射線取り扱い者の守るべき事項は, 放射線作業を行なう際にはフィルムバッジを携帯する, 作業に当たってなるべく放射線被曝を少なくする方法を取る, 年1回放射線取り扱い者の指示により教育訓練を受ける, 健康診断を受ける等である。

9.4 放射線に関する付表

表1 放射線に関する諸単位

物理量	名称	記号	内容
エネルギー	電子ボルト	eV	$1.602\ 176\ 462\ (63) \times 10^{-19}\text{J}$
断面積	バーン	b	$1 \times 10^{-28}\text{m}^2$
放射能	ベクレル	Bq	1s^{-1} (1Bq= $2.703 \times 10^{-11}\text{Ci}$)
〃	キュリー	Ci	$3.7 \times 10^{10}\ \text{s}^{-1}$
吸収線量	グレイ	Gy	1J/kg (1Gy=100rad)
〃	ラド	rad	$1 \times 10^{-2}\text{J/kg}$ (1rad= $1 \times 10^{-2}\text{Gy}$)
照射線量	クローン毎キログラム	C/kg	3876R
〃	レントゲン	R	$2.58 \times 10^{-4}\text{C/kg}$
線量当量	シーベルト	Sv	1J/kg (1Sv=100rem)
〃	レム	rem	$1 \times 10^{-2}\text{J/kg}$ (rem= $1 \times 10^{-2}\text{Sv}$)

表2 さまざまな線量当量の比較

線量当量とは、人体や生物への影響を考慮するときに用いる量、グレイなどで表される放射線量に放射線の種類による影響のちがいを表す係数を掛けたもの。

() 内数字は部分被曝

単位;ミリシーベルト (mSv)

医療	16,000 ●チェルノブイリ事故での最高の被曝線量当量
	7,500 ●瞬間全身的に被曝したときの致死量 (原爆で亡くなった人など、当時はこの半分で亡くなっている)
	(3,000) ●脱毛線量 (瞬間に頭部などに被曝した場合)
	(2,000) ●ガン治療に用いる1回分の線量当量, ガン細胞を殺す目的。腫瘍部分だけなので命には影響しない。通常週5回で6週間
	450 ●チェルノブイリ5km 圏から避難した人の平均被曝
	50 ●放射線を扱う職業の人の年間上限値 (ICRP 基準, 日本も同)
	(15) ●胃のレントゲン透視1回分の皮膚の線量当量
	10~ ●インド、ブラジルなど特別大地放射線の高い土地 (年間)
	2.4 ●日本人の受ける年間平均自然放射線の線量当量
	2 ●日本の放射線職業人の年平均線量当量
医療	1 ●一般公衆の年間被曝上限値。人工放射線のみで、かつ医療を除く線量当量
	0.4 ●富士山頂で1年暮らしたとき、平地で暮らすより増加する。 宇宙船による線量当量(0.7-0.3=0.4)
	(0.3) ●胸部レントゲン1回分の皮膚の線量当量
	0.2 ●著者のこれまでの最高年間被曝量 (自然放射線を除く) ●東京-ニューヨーク間をジェット旅客機で往復したとき
	0.16 ●人間が体内にある天然放射性物質で被曝する年間平均量
	0 ●放射線照射食品(ただし、一般食品と同様微量の天然放射性物質は含まれている)

表3 ICRP 1990 年勧告による線量限度

職業被ばく

実効線量	50mSv/y および 100mSv/Sy 内部被ばくに係る年摂取限度は 20mSv/y にもとづいて算出されている。
組織等価線量	眼の水晶体 150mSv/y 皮膚 500mSv/y
妊娠女性従事者	申告後の残りの妊娠期間中、腹部表面において 2mSv

公衆被ばく

実効線量	1mSv/y
組織等価線量	眼の水晶体 15mSv/y 皮膚 50mSv/y

実効線量 $E = \sum_T \omega_T \cdot H_T$

ω_T : 下の表による組織荷重係数
 H_T : 組織 T の等価線量

組織・臓器	組織荷重係数	組織・臓器	組織荷重係数
生殖腺	0.20	肝臓	0.05
骨髄 (赤色)	0.12	食道	0.05
結腸	0.12	甲状腺	0.05
肺	0.12	皮膚	0.01
胃	0.12	骨表面	0.01
膀胱	0.05	残りの組織・臓器	0.05
乳房	0.05		

表4 通常のバックグラウンドの地域における自然放射線源
 からの一人あたりの年実効線量当量の推定値

UNSCEAR (国連科学委員会) 1988 年報告による

線源		年実効線量当量 [μ Sv]		
		対外照射	体内照射	合計
宇宙線	電離性成分	300		300
	中性子成分	55		55
宇宙線生成核種		15		15
	^{40}K	150	180	330
	^{87}Rb		6	6
	^{238}U 系列			
	$^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{U}$		5	
	^{230}Th		7	
	^{226}Ra	100	7	1340
	$^{222}\text{Rn} \rightarrow ^{214}\text{Po}$		1100	
	$^{210}\text{Pb} \rightarrow ^{210}\text{Po}$		120	
	^{232}Th 系列			
	^{232}Th		3	
	$^{228}\text{Ra} \rightarrow ^{224}\text{Ra}$	160	13	340
	$^{220}\text{Rn} \rightarrow ^{208}\text{Tl}$		160	
合計 (まとめてある)		800	1600	2400

表5 放射線診断による実効線量

放医研環境セミナーシリーズ No.22 「生活と放射線」 p.97 による

種 類	調 査	1件あたりの実効線量 [mSv]	国民一人あたりの実効線量 [mSv/y]
一般 X線診断	1986	1.27	1.47
X線 CT	1989	8.3	0.80
集団検診 (胃)	1991	0.60	0.04
(胸部)	1991	0.05	0.01
歯科 X線診断	1989	0.03	0.023
核医学診断	1982	4.2	0.03