

緊急被ばく医療マニュアル

放射線の外部被ばく・内部被ばくの診療マニュアル

緊急被ばく医療マニュアル

【初版】

編著

細井 義夫

東北大学 大学院医学系研究科 放射線生物学分野 教授
東北大学 災害科学国際研究所 災害放射線医学分野 教授

I 総論

II 東海村JCO臨界事故での経験

III 各論

血液内科、下部消化管、皮膚、頭頸部・上部消化管、
リスクコミュニケーション、染色体による線量評価



書籍名：緊急被ばく医療マニュアル
フルカラー A4版

定価：4,800円(税込)(予価)

発行元：株式会社R&D

ISBN：978-4-8020-8254-9

発行年月：2022年4月

Amazonで販売

(オンデマンド(ペーパーバック))

I 総論

第1章：放射線の基礎知識、線量評価、急性放射線症候群、
個人用保護具(PPE)

細井義夫：東北大学医学部放射線生物学分野 教授

第2章：外部被ばくと内部被ばくの治療

細井義夫：東北大学医学部放射線生物学分野 教授

II 東海村JCO臨界事故での経験

第3章：東海村 JCO 臨界事故-放射線緊急事態としての臨
界事故対応と急性放射線症候群の診療を中心に-
前川和彦：東京大学 名誉教授

第4章：高線量被ばくによる放射線皮膚障害とその治療
田中秀治：国士舘大学 救急システム研究科 教授

第5章：染色体異常を用いた線量評価の課題

神田玲子：量研機構 放射線医学研究所 副所長

III 各論

第6章：放射線による骨髄抑制の治療(サイトカイン療法と
造血幹細胞移植)

大西康：東北大学病院 血液内科 講師

第7章：放射線による下部消化管障害

千野晶子：がん研有明病院 消化器センター

下部消化管内科 副部長

第8章：放射線皮膚障害と脂肪組織移植による治療

吉村浩太郎：自治医科大学 形成外科学部門 教授

第9章：頭頸部および食道の放射線障害とその治療-放射
線療法および放射線化学療法の有害反応の実際-

奥野達哉：大阪労災病院 腫瘍内科 部長

第10章：被ばく医療におけるリスクコミュニケーション

神田玲子：量研機構 放射線医学研究所 副所長

第11章：染色体を用いた線量評価の概要

三浦富智：弘前大学 被ばく医療総合研究所

リスク解析・生物線量評価部門教授

本書籍は、原子力規制委員会・原子力規制庁の補助を受けて、平成29年度原子力
人材育成等推進事業費補助金(原子力規制人材育成事業)「医学部における放射
線健康リスク科学教育の必修化を支える教育システムの構築」事業の一環として
作成しています。



放射線健康リスク科学教育センター

『緊急被ばく医療マニュアル』の内容

全編フルカラーのわかりやすい図表を多用した構成となっています



図2-4-A-2 処置室の養生の参考例 (撮影場所: 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構)

- ・床全体にポリ塩化ビニルシートを貼る。
- ・処置室は医療用防水シートで覆われている。
- ・処置室の中心部はペルトパーテーションにより区切られている。

5-3-G 爪と爪床の変化

- ① 爪甲剥離症: 爪が先端からはがれ浮き上がってしまう状態を指す。
- ② 爪異常発症: 手足の爪がややくらい白く膨らんだ変形した状態になることを指す。
- ③ 爪下線状出血 (爪下線状出血とは、手指の爪甲下に生じる微細な線状の出血である)。

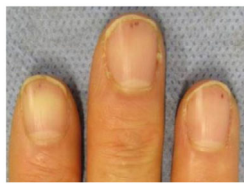


図5-3-G-1 爪下線状出血

【処方例1】
治療開始初日1回のみ、ジトリンベントールカル静注1000mgを1日1回点滴静注し、治療開始2日目以降はアネントリンベントール静注1055mgを1日1回点滴静注する。

【処方例2】
トリベンテートカル静注1000mgを吸入投与する (吸入のみ汚染の場合)。



図5-4-1 ジトリンベントールカル静注1000mg (Ca-DTPA) とアネントリンベントール静注1055mg (Zr-DTPA)

プルニウムの治療薬として利用可能であるが、保険適用外となる。
(画像提供: 日本メジファックス株式会社)

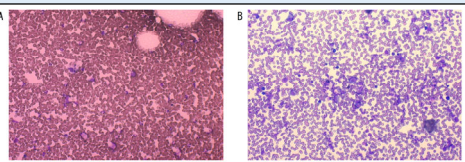


図4-3-C-1 A氏のPBST前後の右後脚骨髄の骨髄生検像

A: 被ばく後3日目 軽度の低形成骨髄で、myeloid系の前駆細胞を認めるが細胞膜が不明瞭で、apoptosisを起こしているものや、核が2分層や多分層になっているものなど異型性のある細胞が目立つ。erythroid系の細胞は殆ど認められない。骨髄巨核球 (megakaryocyte, Mk) は2個目。

B: PBST後16日目 正常形成骨髄で、myeloid系は相対的過形成で前駆細胞を多数認める。顆粒球系では中毒性顆粒が目立つ。erythroid系は低形成、各分化段階の細胞を認める。異型性はなし。Mkは多数認められる。この日の骨髄が経過中最も良好な造血像を呈した。

8. 放射線皮膚障害に対する治療

原則的に、放射線皮膚障害の治療は温熱熱傷の治療と同様に、全身管理と局所管理からなる (図8-1-1)。急性放射線性の全身治療は他項に譲るが、骨髄抑制に対するサイトカイン投与や造血幹細胞移植、消化管障害などに加えて、呼吸、循環、栄養、代謝管理が、局所管理と組み合わせられて治療に成功する。治療にあたっては、温熱熱傷と類似が、放射線皮膚障害の特徴である、遅発性、難治性、進行性などの特徴を十分理解する必要がある。

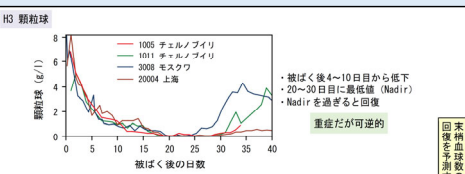
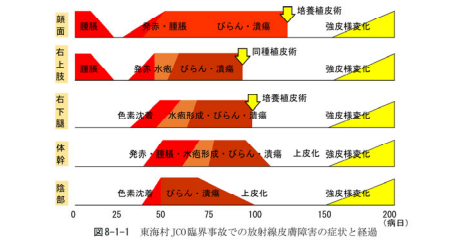


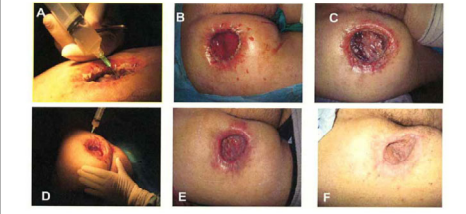
図2-2-D-3 射中線動能と造血回復予測

H3 顆粒球
- 被ばく後4~10日目から低下
- 20~30日目に最低値 (Nadir)
- Nadirを過ぎると回復
- 重症だが可逆的

H4 顆粒球
- 被ばく後初期に顆粒球が増加する (Initial granulocytosis)
- 被ばく後4日目までにはNadirとなり、その後造血は回復しない
- 非可逆的

7-2 チリの被ばく事故と骨髄由来間葉系幹細胞治療

局所補助療法として間葉系幹細胞治療法の基礎研究が進められ、2005年のチリのイリジウム192線源被ばく事故での cytokine release syndrome に対する治療では、局所的な局所照射をきたした手指と臀部病変に間葉系幹細胞治療法が初めて臨床応用された。本症例では、発症初期より切除範囲を決定する創部除染と、創傷治癒促進のためのサイトカインと栄養因子供給を目的とした間葉系幹細胞局所注入療法が次に述べるように行われた (図7-2-1) 10。被ばく後75日目に非被ばく側の脚骨髄から自己骨髄液を採取し、細胞成長因子としてヒト血小板抽出液を添加した培地で骨髄細胞を14日間で最大数まで培養、ヒト血清アルブミンを加えて投与後、残りの骨髄細胞を維持培養し、7日後に再度の局所投与のために回収した。間葉系幹細胞の表面マーカーとしてCD45/CD105/CD73/CD90+による選別が行われており、汚染検査も行った。被ばく後90日目に108×10⁶細胞、99日目に230×10⁶細胞、病変周囲の皮膚・筋層および創底部へ局所注入され、人工皮膚で被覆された。本治療により、創部縮小は改善、治癒促進が認められ、被ばく後7ヶ月半には、整容上の後遺症は認められ機能障害を残さずに治癒した。



3-1-B 強度変調放射線治療 (IMRT)

放射線治療計画装置による最適化計算により、癌組織には高い放射線量を与え、さらに隣接する正常組織には放射線量を低く抑えることを可能にした治療方法であり、前線療法では近年主流となっている。そのため、当院でのIMRTによる放射線性肺炎の発症頻度は減少している (図3-1-B-1)。

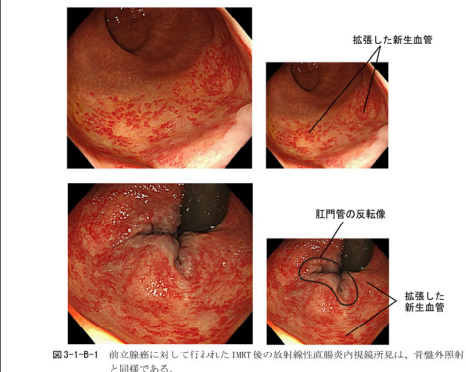
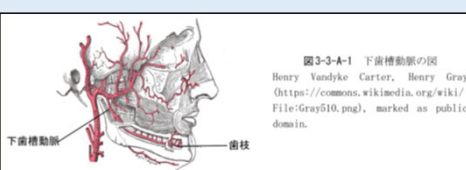


図3-1-B-1 前立腺癌に対して行われたIMRT後の放射線性肺動脈内視鏡所見は、骨盤外照射と同様である。



図2-2-C-2 Grade 1~3
60代女性。歯肉からの頸部リンパ節転移に対し、シスプラチン (CDDP) を使用した化学放射線療法 (70 Gy/35回) 後の放射線皮膚炎。放射線治療は両側鎖骨・鎖骨上窩に40 Gy/20回照射し、右鎖骨の転移リンパ節に30 Gy/15回追加照射し、全部で70 Gy/35回照射した。線量の評価は頸部・鎖骨上窩のリンパ節転移での吸収線量を示す。40 Gy照射部分にGrade 1の皮膚炎、70 Gy照射部分にGrade 3の皮膚炎が認められる。



3-3-B 放射線下顎骨壊死/放射線性骨髄炎に対する対処法

顎骨壊死が軽度であれば、顔面口の中を消毒・洗浄し、腐骨分離を期待する治療を行う。腐骨分離とは、壊死した骨が自然に排出されることである。この腐骨分離によって、壊死した骨が自然に排出されて正常な軟骨に覆われれば、手術による切除が不要になる。状態が進行していかなくても、継続的に消毒を続けることで、壊死した骨が骨を削いで分離することがある。膿を生じている場合には、抗菌薬を投与しながら消毒を行う。消毒を継続する期間は、3ヶ月から半年程度継続することもある。腐骨分離によって、壊死した骨の排出が期待できないときは、手術による切除を検討する。特に顎前部の放射線治療による顎骨壊死の場合、手術が選択されることが多い。顎骨壊死の程度に応じ、顎の骨を大きく切除することもある (図3-3-B-1、図3-3-B-2)。なお、壊死した顎の骨を切除した後は、顎や足の骨を移植し、人工の歯を埋め込むインプラント治療を行うこともある。

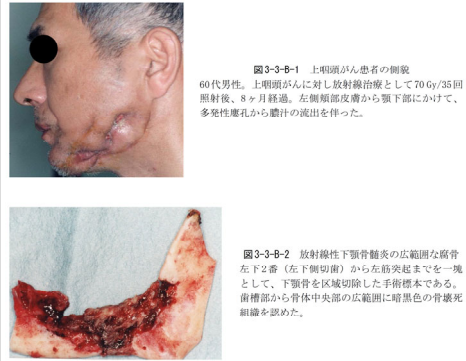


図3-3-B-2 放射線性下顎骨壊死の広範囲な腐骨左下2番 (左下側切歯) から左顎突起までを一塊として、下顎骨を区域切除した手術標本である。歯槽部から骨体中央部の広範囲に暗黒色の骨壊死組織を認めた。

表1-4-B-1 防護措置の区分 レベルB	
呼吸の防護	<ul style="list-style-type: none"> ・自給式空気呼吸器 ・参考例: ライフセーフA1-12 (株式会社重松製作所)
衣服	<ul style="list-style-type: none"> ・フード付き全身化学防護服 ・参考例: マイクロケム4000 (株式会社重松製作所)

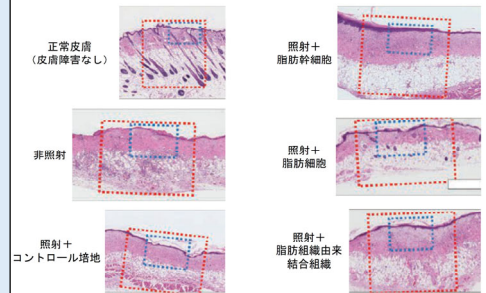


図6-1-2 創治後の照射された組織 (放射線照射後42日目、皮膚欠損創作後15日目) 照射された組織は非照射の組織に比べて皮下組織の線硬化が認められた。ヒト由来の脂肪幹細胞、脂肪組織、MCMの創周囲への局所注射により創治癒は改善された。

3-3 リスクコミュニケーションで伝える情報

リスクコミュニケーションで伝える情報の一つは、問題となっているリスクの程度です。放射線の場合、線量がわかればリスクを推定することができます。そして、ほかのリスクと比べてどうか、リスクを受けることで得られるベネフィットはどのくらいなのか、もしリスクをもっと下げるとなるとどのくらいのコストになるのか、といった情報も必要になります。放射線防護の言葉では、「行為の正当化」や「防護の最善化」と呼びますが、善より便益が大きき、合理的に達成できる限りリスクが低い状態になっているか、判断できる情報を提示することがリスクコミュニケーションの基本です。こうした情報を伝えて、リスクが受容できるかどうか、できないとしたらどうするかを関係者が決めるのがリスクコミュニケーションです (図3-3-1)。

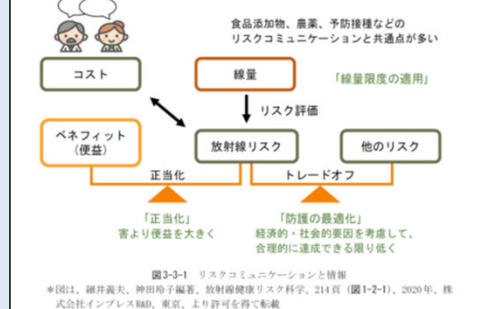


図3-3-1 リスクコミュニケーションと情報
*原典: 藤井義夫、神田裕子編著。放射線健康リスク科学、214頁 (図1-2-1)、2020年、株式会社インプレスR&D、東京、より許可を得て転載

3-2 全血を用いる場合

- 1) 全血および20%FBS含有RPMI1640培地1:9の割合で混合する。
- 2) 分裂増殖剤としてPHA、細胞周期をM期に同期させるためのルルセミド、抗生物質としてカナマイシンを加える。
- 3) 37℃、5%CO₂下で48時間培養する (図3-2-1)。

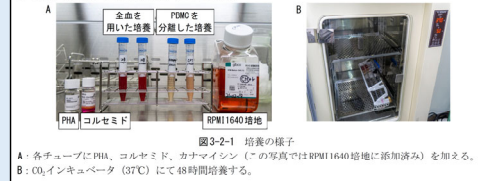


図3-2-1 培養の様子
A: 各チューブにPHA、ルルセミド、カナマイシン (Aの写真よりRPMI1640培地に添加済み) を加える。
B: CO₂インキュベーター (37℃) に48時間培養する。

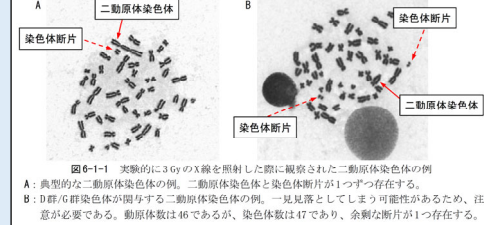


図6-1-1 実験的に3 GyのX線を照射した際に観察された二動原体染色体の例
A: 典型的な二動原体染色体。二動原体染色体と染色体断片が1つずつ存在する。
B: D群/G群染色体が関与する二動原体染色体の例。一見見落とす可能性があるので、注意が必要である。動原体数は46であるが、染色体数は47であり、余剰断片が1つ存在する。

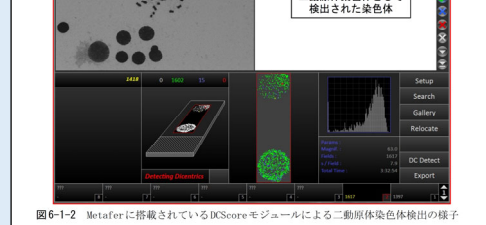


図6-1-2 Metaferに搭載されているDCScoreモジュールによる二動原体染色体検出の様子

放射線健康リスク科学

—放射線生物学・放射線防護・被ばく医療—

医学教育モデル・コア・カリキュラム対応

放射線健康リスク科学

-放射線生物学・放射線防護・被ばく医療-

【新訂第1版】

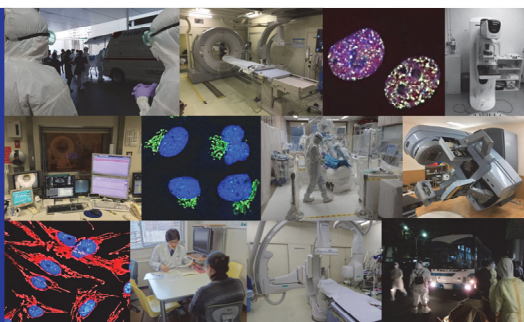
編著

細井 義夫

東北大学 大学院医学系研究科 放射線生物学分野 教授

神田 玲子

量子科学技術研究開発機構 放射線医学研究所 副所長



第1章: 医学のための放射線物理学

第2章: 放射線生物学 I (分子レベル・細胞レベル)

第3章: 放射線生物学 II (組織レベル・個体レベル)

第4章: 放射線発がん・自然放射線・放射線防護

第5章: 医療における放射線被ばく・電磁波の
人体影響

第6章: 放射線腫瘍生物学

第7章: 被ばく医療・放射線災害医療

第8章: 放射線リスクコミュニケーション(1)と放射線
災害におけるメンタルヘルス

第9章: 放射線リスクコミュニケーション(2)

[執筆者]

第1-8章: 細井義夫 東北大学医学部 放射線生物学
分野 教授

第9章: 神田玲子 量研機構 放射線医学研究所
副所長

- ・ 第一種/第二種放射線取扱主任者試験・放射線科専門医認定試験・医学物理士認定試験・診療放射線技師国家試験等の過去問を参照にして作成
- ・ 全編を通してフルカラーのわかりやすい図表を多用
- ・ 放射線生物学や被ばく医療の専門家による監修

書籍名: 放射線健康リスク科学—放射線生物学・放射線防護・被ばく医療—
(263頁)フルカラー A4版

定 価: 円(税込)

ISBN: 978-4-8020-9877-9

発行元: 株式会社R&D

発行年月: 2022年4月

Amazonで販売(オンデマンド(ペーパーバック))

本事業は、原子力規制委員会・原子力規制庁の補助を受けて、平成29年度原子力人材育成等推進事業費補助金(原子力規制人材育成事業)「医学部における放射線健康リスク科学教育の必修化を支える教育システムの構築」として実施しています。



放射線健康リスク科学教育センター

全編フルカラーのわかりやすい図表を多用した構成となっています

1-4-A α壊変 (アルファ壊変)

α壊変は、ヘリウムの原子核であるα粒子を原子核から放出するものです(図1-4-1)。ヘリウム原子核は、陽子2つと中性子2つからなりますので、元の原子核は陽子が2つ減り、中性子が2つ減り、原子番号が2つ減り、質量数は4つ減ります。放出されたヘリウム原子核はα線と呼ばれます。

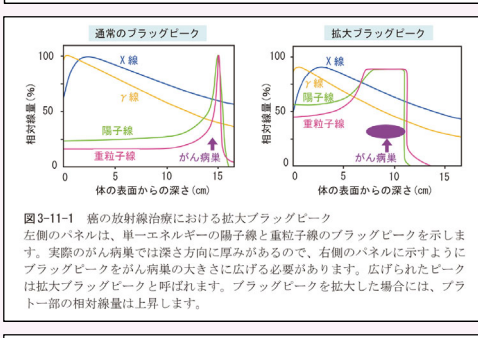
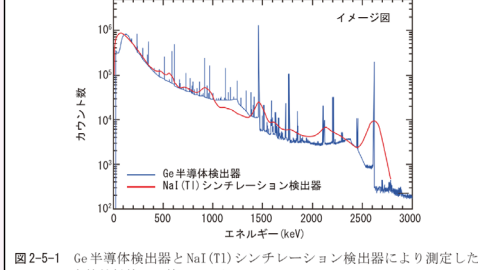
図1-4-1 α壊変の模式図

図1-8-1 小腸上皮における細胞増殖・分化と放射線感受性

小腸の上皮は絨毛と呼ばれる突起が表面に林立し、その近傍に腸腺高と呼ばれる窪みが存在します。腸腺高の底の部分に幹細胞が位置します。幹細胞が分裂し、増殖細胞となり増殖し、そこで作られた成熟細胞が絨毛の先端に向けて移動し、やがて先端から脱落します。幹細胞と増殖細胞は、放射線感受性で、成熟細胞は放射線抵抗性です。

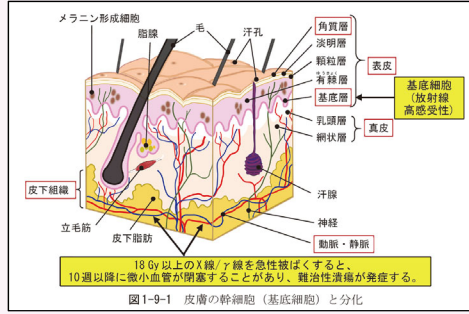
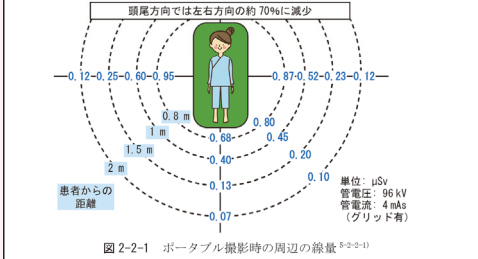
図1-12-1 細胞のアポトーシス

アポトーシスでは、まず、核クロマチンの凝縮、DNA断片化、ホスファチジルセリンの細胞膜外側への露出、細胞の縮小が起こります。次に、細胞は、細胞膜のバリア機能を保ったままアポトーシス小体という断片になり、細胞は断片化されます。細胞の断片化が生じると、周辺のマクロファージなどがアポトーシス小体を貪食し、細胞の内容物の流出は起こりません。このため、炎症を伴うことなくアポトーシスは非常に短時間に処理されてしまいます。



2-2 ポータブル撮影時の医師、看護師等の被ばく線量

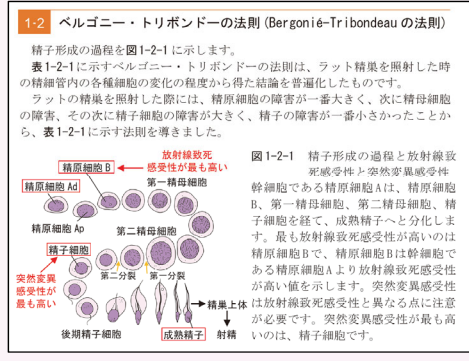
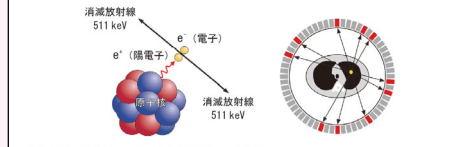
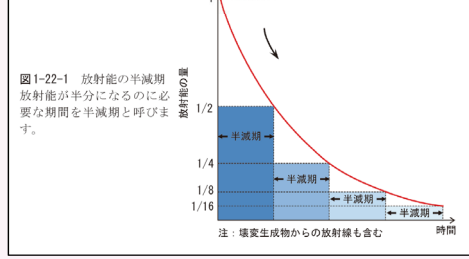
- 図2-2-1、表2-2-1に示す通り、ポータブル撮影時の左右方向の周辺の線量は、2メートル離れた時には、成人の胸部撮影で0.1μSv、成人の腹部撮影で0.5μSvです。
- ポータブル撮影時の医師、看護師等の被ばく線量は職業被ばくで、患者の被ばくは医療被ばくです。



1-22 放射能と半減期

放射能とは、放射性物質が自発的に壊変して放射線を放出する能力のことです。単位は、その放射性物質に含まれる放射性核種が単位時間に壊変する数であって、毎秒あたり1壊変する放射能を1Bq(ベクレル)と定めています。以下に半減期に関する重要なポイントを示します。

- 放射能は時間の経過に伴い指数関数的に減少します(図1-22-1)。
- 放射能が半分になるのに必要な期間を半減期と呼びます(図1-22-1)。
- 半減期は放射性核種ごとに決まった値を示します(表1-22-1)。
- 半減期は放射性核種がおかれている温度、湿度、気圧などの条件によらず一定の値を示します。



3-1-F 目で見る食品中の放射能

では、こうした誤解をどのように解いたらいいのでしょうか、よく行われるのは自然放射線をビジュアル化する方法です。放射線教育では、霧箱を使ったりサーベイメータを使って、身の回りの放射線をビジュアル化することが行われていますが、ここでは食品中の放射能をビジュアル化した例をご紹介します。生き物は全て細胞でできていますが、細胞の中にはカリウムが含まれています。このカリウムにはごくわずかに放射線を出すカリウムが含まれています。これは自然由来の放射性物質です。イメージングプレートと呼ばれる感光紙のようなものを使うと、カリウムからの放射線を調べることができます。

