

謝 辞	1
日本語版への序	2
単位についての注	8

第1章 放射線と人の健康 22

この本の読者として想定している人々	22
この本で使われる数字について	22
この本の趣旨	23
この本で解答される実際的问题	24
解答を得る方法	25
専門家の意見が合わないとき、誰を信じればよいか	26
仮定と近似	27
データの取舍の選択	28
この本で明らかにされること、されないこと	28

第2章 放射線の種類と性質 30

第1節	放射線のエネルギー	30
	エネルギーの形態	30
	原子とイオン	32
	放射線の発見と定義	33
	電子のエネルギー	34
	電子エネルギーとX線エネルギーの関係	35
	X線の物質透過	35
第2節	放射線による生体影響の仕組み	37
	X線の影響	37
	高速電子のエネルギーと化学的、生物学的エネルギー	38
	放射線によるイオン生成の特殊性	40
	アルファ線、ベータ線、ガンマ線	41
	ベータ線、アルファ線の生体組織との相互作用	43
	線エネルギー付与 (LET)	43
	生体内でのベータ線とアルファ線の飛程	46
第3節	放射性崩壊の性質と測定	47
	安定核種と放射性核種	47
	放射性崩壊の速さ	49
	放射性崩壊の単位：キュリー	51
	半減期と危険度	54
第4節	線量と吸収エネルギー	56

内部被曝と外部被曝	56	自然放射線と人工放射線	59	被曝線量：ラドの意味	59	被曝線量：レムとRBEの意味	61	累積線量	61	全身被曝と部分被曝	62	被曝線量：レントゲンの意味	64	放射線の桁違いの効果	65
-----------	----	-------------	----	------------	----	----------------	----	------	----	-----------	----	---------------	----	------------	----

第3章 ガンの起源 67

	「ガンの原因」の意味	67
	低線量放射線の問題	68
第1節	ガンとはなにか	69
	ガンは一つの細胞から始まる	69
	ガンの定義	70
	ガンの共通的特徴	71
第2節	染色体の基礎知識	72
	細胞核内の事象	72
	顕微鏡で見た染色体	74
	臓器による染色体の違い	78
第3節	ガン細胞の染色体異常	79
	初期の研究	79
	ボバリの研究	80
	ボバリ説に対するその後の証拠	81
	初期ガン細胞と臨床ガン細胞	83
第4節	細胞の放射線損傷とガン	84
	有糸分裂（細胞分裂）	84
	有糸分裂での変異，染色体損傷，および放射線	86
	放射線による染色体損傷	90
	放射線による動原体欠陥：同腕染色体とガン	101
	有糸分裂の不分離現象	103
第5節	染色体とガンの遺伝	104
	遺伝的欠失と発ガンの危険性	104
	遺伝的転座と発ガンの危険性	105
	放射線影響の今後	106

第4章 放射線によるガンと白血病 107

潜伏期	108	潜伏期の特徴	109	潜伏期の社会的政治的側面	111
放射線の危険性を評価する「理想的」研究	112	ガン線量の個人への適用	120	放射線による寿命の短縮	121
	122	「理想的」実験と現実的対応	122		

第5章 放射線と発ガンの定量的関係の基礎 123

人間に関する証拠 123 被曝線量率, 分割被曝, および線量-反応関係 127 用語について 127

第1節 最大1ラド当り過剰率と追跡期間不足の補正 131

観測値と期待値の差 134 被曝後のO/E値の変化 135 O/E値が最大になるのはいつか 138 被曝後40年後のO/E値はどうなるか 138 変換係数の基礎 140 変換係数の求め方 149 疫学的な証拠 153

第6章 放射線によるガンの疫学的研究 155

第1節 広島・長崎のガン 156

線量評価 157 年齢別平均被曝線量の推定 158 最大1ラド当り過剰率への変換 161 年齢による感受性の違い 164

第2節 強直性脊椎症の関連ガン 165

被曝線量の評価 165

第3節 広島・長崎の悪性リンパ腫および多発性骨髄腫 169

第4節 甲状腺ガンおよび甲状腺腫 171

甲状腺ガン発生率に関するヘンペルマンらの研究 172 甲状腺ガン発生率に関するショアらの研究 174 甲状腺ガン発生率に関するジャノワーとミテネンの研究 175 甲状腺ガン発生率に関するモーダンらの研究 176 甲状腺腫に関するヘンペルマンらの研究 177 甲状腺腫に関するショアらの研究 179 甲状腺腫に関するジャノワーとミテネンの研究 180 広島・長崎の甲状腺ガン 180 甲状腺ガンと甲状腺腫に関する否定的結果 182

第5節 唾液腺腫瘍 184

ショアらの研究 184 頭部白癬治療被曝に関するモーダンらの研究 185 広島の唾液腺腫瘍に関する武市らの研究 185

第6節 脳腫瘍 187

脳腫瘍に関するショアらの研究 187 頭部白癬児童の脳腫瘍に関するモーダンらの研究 188

- 第7節 皮膚ガン 188
 皮膚ガンに関するショアらの研究 188 皮膚ガンに関するヘンペルマンらの研究 189 皮膚ガンに関する否定的結果：広島・長崎データ 190 強直性脊椎症関連の皮膚ガン 190 透視検査と皮膚ガンに関するデラルーらの研究 191 産後乳腺炎と皮膚ガンに関するショアらの研究 191 透視検査と皮膚ガンに関するミューデンの研究 191 皮膚ガンに関するシェフコバらの研究 192 医師に関するマタノスキーらの研究 192 日本の皮膚ガンに関する高橋の研究 192 マーシャル諸島における皮膚ガン 192 悪性黒色腫に関するオースチンの研究 193 皮膚ガンの最大1ラド当り過剰率が小さい理由 194
- 第8節 骨盤内臓器ガン 194
 骨盤内臓器ガンに関するブリンクリーとヘイビットルの研究 194 腸および他の骨盤内臓器ガンに関するスミスとドールの研究 195
- 第9節 職業上の被曝による放射線誘発ガン 196
 ハンフォード死亡調査 197 職業被曝によるガン発生に否定的な研究 201
- 第10節 年齢別最大1ラド当り過剰率の総合評価 201
- 第11節 広島・長崎に基づく値がもっと大きい可能性 205
 人為的しきい値について 208
- 第12節 自然放射線と医療放射線に対する補正 209

第7章 乳ガン 211

- ノバスコシア結核療養所——研究の始まり 212
- 第1節 乳ガンの定量的解析 215
 ノバスコシア結核療養所——その後の研究 216 マサチューセッツ州での透視検査 219 広島・長崎被爆生存者 220 ロチェスターの急性産後乳腺炎治療の症例 226 スウェーデンの症例 229
- 第2節 乳ガンデータの総合評価 231

第8章 年齢別のガン線量 237

- 第1節 年齢別最大1ラド当り過剰率 237

年齢別最大1ラド当り過剰率の総合評価 238 20歳以下の値に関する議論 238 年齢別最大1ラド当り過剰率の最終版 243

- 第2節 年齢別ガン線量の算出 243
計算例 244

第9章 ガン線量の具体的な適用 254

- 第1節 個人が被曝した場合 254
第2節 集団が被曝した場合 257
混合年齢集団に対するガン線量の算出 257 放射線の害を被るのは誰か 270 ガン線量：自然発生率の変動による影響 271 ガン線量：他の国々への適用 272
第3節 BEIR 委員会等の危険度との比較 274
BEIR-III報告の欠陥 275 UNSCEAR 報告の欠陥 282 もっとひどいかもしいない不一致 282

第10章 部分被曝と臓器別ガン線量 283

- 第1節 最大1ラド当り過剰率の共通性 283
放射線誘発ガンに関する三つの法則 284 データ解析における落とし穴 285 第二法則の直接的な証拠 287 第二法則に関するまとめ 295
第2節 臓器別ガン線量 295
寄与率の値 300 寄与率を用いると誤りをおかすか？ 300
第3節 臓器別ガン線量の使い方 300
第4節 複数臓器の被曝と臓器の部分被曝 305
臓器の部分被曝の危険度評価 305
第5節 ガン線量を変更する手順 307
ガン線量の変更 307 臓器別ガン線量の変更 309
第6節 ガンの発生率と死亡率 310
第7節 倍加線量 312
考え方の変遷 312 全身被曝の倍加線量 314 臓器別の倍加線量 314 倍加線量と年齢 316

第11章

線量-反応関係と「しきい値」 317

原子力・医療放射線にとっての直線関係の意味 319

第1節 直線性と上に凸の曲線 320

広島・長崎被爆生存者の乳ガン発生率 320 広島・長崎における白血病 327 広島・長崎の全ガン死の直線関係 328 直線モデルによる危険度の過小評価 331 胎内被曝に関するスチュワートらの研究 333

第2節 低線量で1ラド当りの影響は減少するか 334

線量2乗項の由来 335 線量2乗項の定量的意味 336 2飛跡事象と1飛跡事象の混合の意味 339 凸曲線・染色体欠失・発ガンメカニズム 344 生物学的効果比が変化するという問題 345

第3節 分割照射であれば安全か 346

分割照射に関する証拠 347 低線量率被曝の神話 348

第4節 しきい値の存在 350

しきい値存在に関する証拠 351 しきい値に対抗する論理 353

第5節 公衆の健康 353

「ささいな危険」とは何か 353 公式見解と現実 354

第12章

内部被曝と被曝線量の評価方法 357

体内のベータ線放出核種からの被曝線量評価 357 体内のアルファ線放出核種からの被曝線量評価 360 体内のガンマ線放出核種からの被曝線量評価 360 ガンマ線内部被曝の一般的取り扱い 361 被曝期間の長短 362 内部被曝核種の体内での残留期間 362 放射性崩壊と生物学的除去の競合 363 トリチウム：一般公衆の関心事 365 まとめ 367

第13章 アルファ線による内部被曝： ラジウムとラドン娘核種 368

ラジウム226によるガン誘発 369 ラジウム224による骨肉腫 377
 ラドンとウラン鉱山労働者の肺ガン 380 他の呼吸器疾患とラドン
 被曝 387 ラドンとラドン娘核種による一般公衆の被曝 388 自
 然環境中でのラドンと娘核種による被曝 392 ラドンと建築材料と
 換気 395 原子力開発によるラドンの長期被曝 397 鉱滓山周辺
 住民の肺ガン 400 人・WLM単位の肺ガン線量 402

第14章 人工アルファ線放出核種： プルトニウムと超ウラン元素 404

プルトニウムの生成 405 超ウラン元素の生成量 407 超ウラン
 核種全体の健康影響 408 原子炉プルトニウムのアルファ放射能 409
 プルトニウムの健康影響 409 プルトニウムによる肺ガンの誘発 411

第15章 プルトニウムの吸入による肺ガン 427

- 第1節 大気圏核実験降下物による影響 428
 プルトニウム降下物による肺ガン 428
- 第2節 プルトニウム被曝労働者 436
 ロッキーフラッツの被曝労働者 437 マンハッタン計画の被曝労働
 者 439

第16章 プルトニウム社会における肺ガン 448

閉じ込めとモニタリングの問題 449 核燃料サイクルからのプルト

ニウムと核実験からのプルトニウム 450 プルトニウム社会における肺ガン死 451 他のプルトニウム, キュリウム, アメリシウム 453

第17章 原子力社会がもたらす被曝とその影響 456

原子力産業が約束する被曝 456 被曝線量とガン死数 458 原子力発電に伴う被曝線量の評価方法 459 被曝線量を評価する常識的方法 467 核燃料サイクルに伴うガン死 473 軍事利用からの放射能と商業利用からの放射能 474 セシウム137の閉じ込めの経験 475

第18章 自然放射線, 生活用品, 職業による被曝 477

第1節 自然放射線とその影響 477

自然放射線の起源 478 建築材料の問題 483 宇宙線を避けるため, デンバーから引っ越すべきか 483 自然放射性核種の吸入 484 個人の危険度と集団の危険度 485 自然放射線によるガンや白血病の調査 486 技術進歩による自然放射線被曝の増加 492

第2節 工業製品や生活用品に伴う放射性核種 496

夜光時計 496 二つの倫理上の問題 497 増大する放射性物質関連商品 497

第3節 職業上の被曝とその影響 500

職業被曝に関する考え方 501 職業被曝の実態 502 労働者, 弁護士, 裁判官のための職業被曝の危険度計算 506 非職業的被曝への表56の応用 511

第19章 医療用放射線による被曝 530

第1節 X線: 被曝線量のあいまいさ 531

X線検査装置とその使用の実態 531 カナダにおけるX線被曝線量の

- 調査 532 医者と患者の当面の目標 534 被曝臓器の数と種類、
被曝の頻度 535 説明と同意の必要性、相互の立場の尊重 536
- 第2節 X線：被曝線量があいまいなときどうするか 537
臓器の被曝線量に関係する三つの要因 538 役に立つ二つの概算法
法 539 複数臓器の被曝を伴う胆嚢検査 540 X線検査に伴うガ
ン死の危険度評価 541 女性に対する危険度と被曝時年齢が異なる場
合の危険度 544 X線検査の平均被曝線量とは何か 545 歯のX
線検査と脳腫瘍 546 なぜこんなに多くのX線検査を受けるのか
547 問題をよく認識することが解決への道 549
- 第3節 医療に用いられる放射性ヨウ素 550
放射性ヨウ素と甲状腺障害 550 甲状腺機能亢進症と甲状腺ガンに
おけるヨウ素131による全身被曝線量 552 甲状腺機能亢進症とヨウ
素131：フライタスらの研究と勧告 553 甲状腺機能亢進症とヨウ素
131：バイエルバルテスの研究と勧告 556 甲状腺ガンとその治療に
用いられるヨウ素131 556 甲状腺ガンをヨウ素131で治療した場合
のガン死の危険性 560

第20章 白血病 565

- 第1節 発症追跡調査：広島・長崎データ 566
放射線による白血病誘発の年齢依存性 566 白血病線量 568 全
身被曝と部分被曝 570 白血病と固型ガン：影響の大きさの比較 571
- 第2節 広島・長崎の被曝線量評価に関する重大な疑問 571
白血病誘発は被曝線量に比例するか 571 白血病データを用いた2.5
km以遠での真の被曝線量の推定 581 広島・長崎の線量評価に対す
るその他の重要な批判 583 ネバダの『スモーキー』核実験参加兵
士における白血病過剰 585
- 第3節 白血病に関する履歴比較調査 587
履歴比較調査の特徴 587
- 第4節 医療被曝白血病に関する3州調査 592
発症追跡調査結果との比較 594
- 第5節 リノスらによる医療被曝白血病の研究 597
0ラドから300ラドが「低線量」という奇妙な扱い 598 300ラドま
で低線量としたことに関する興味深い発見 599 慢性リンパ性白血
病の奇妙な取り扱い 600 生涯線量の問題 601 他の研究結果に
対する全くの誤解 602 診断前1年間の被曝除外の問題 603 対

第21章 胎内被曝による先天的影響 606

確率的影響と非確率的影響 607

第1節 非確率的影響：中枢神経系，骨格，臓器，代謝系 607

発生過程で生じる影響 607 胎内での発生異常を定量するときの問題点 608 先天的異常形成における染色体の役割 609 広島・長崎の被爆生存者が示す証拠 624

第2節 胎内被曝の確率的影響：ガン，白血病 634

アリス・スチュワート博士の研究以前の医学的知識 634 スチュワートによる研究の基本原則 636 スチュワートの研究に対するいくつかの批判 638 スチュワートの胎内被曝研究に対立する証拠といわれるもの 640 乳児死亡率と胎内被曝 649 放射線影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）報告の有益な警告 651

第22章 放射線による遺伝的影響 653

第1節 はじめに 653

第2節 遺伝障害の種類 656

染色体病：モノソミーとトリソミー 657 染色体病：欠失と転座 657 性染色体と伴性遺伝病 671 常染色体優性遺伝病 672 優性，劣性および不規則遺伝病の定義 675 染色体喪失と異常遺伝子 676

第3節 遺伝子・染色体病は過小評価されている 677

なぜ公的機関による見積もりが低すぎるか 677

第4節 突然変異率と平衡発生頻度の関係 680

突然変異による病気の発生件数と突然変異率 680 突然変異の主要な影響としての不妊 681 放射線により突然変異率が増えるとどうなるか 686 ある期間だけ放射線による突然変異が加えられた場合 687 遺伝的影響の疫学的研究で犯しやすい誤り 688 劣性遺伝病は徐々に現われる 690 種々のメカニズムで起こる突然変異の倍加線量を求める努力 690 まとめ：現時点の知識の貧弱さ 692

第5節 広島・長崎被爆生存者の子供の若年死 692

研究方法 692 広島・長崎の調査結果 693 なぜ証拠が消されてしまったか 697 広島・長崎の研究で得られた倍加線量 698 広島・長崎の研究は砂漠に落ちた針を探すにも等しい 700

第6節 放射線で誘発されるトリソミー 701

2種類のトリソミー 701 有糸分裂中の人間細胞でのトリソミー生成実験 702 親の被曝と子供のトリソミー 703 ダウン症候群の自然発生率と母親の年齢 704 内田らによる履歴比較調査と発症追跡調査 704 スチープンソンらによる履歴比較調査と発症追跡調査 708 マーモルらによる履歴比較「複数施設」調査 709 複数の小規模な研究を集計する方法 709 シングラーらによるジョン・ホプキンス病院の履歴比較調査 710 アルバーマンらによる英国ガイズ病院での研究 712 シャルとニールの広島・長崎被爆生存者についての研究 716 ダウン症候群についてのまとめ 719

第7節 1世代1ラドの被曝により生じる遺伝子・染色体障害の数 720

常染色体優性遺伝病と伴性遺伝病 721 劣性遺伝病 722 染色体病 723 不規則遺伝病 725

第8節 不規則遺伝病の新しい解釈 728

染色体の姿がとらえられるまで 729 不規則遺伝病との関係 730 欠失や転座と不規則遺伝病 730 不規則遺伝病の仕組みを知る必要性 731 科学者一般の思考法 731

付章 大きい数, 小さい数, および単位のおつかい 732

主な放射能の特性一覧

訳者あとがき 著者紹介 参考文献 索引

