

## 目次

<b>第 1 章 放射線と物質の相互作用</b>	<b>3</b>
1-1 放射線の定義	3
1-2 質量とエネルギー	4
1-3 質量欠損と結合エネルギー	7
1-4 放射線源と放射線の種類	8
(1) 放射性壊変 (radioactive decay または disintegration)	9
(2) 逐次壊変	9
(3) 放射平衡	10
(4) $\alpha$ 壊変 ( $\alpha$ 線放射)	13
(5) $\beta$ 壊変 ( $\beta$ 線放射)	14
(6) $\gamma$ 壊変 ( $\gamma$ 線放射)	15
(7) X 線	17
(8) 中性子	17
1-5 放射線と物質との相互作用	18
1-6 荷電粒子と物質との相互作用	18
(1) 相互作用の種類	18
(2) 衝突過程の kinematics	20
(3) 阻止能 (stopping power)	21
(4) 阻止能と線エネルギー付与 (LET, linear energy transfer)	23
(5) 重い荷電粒子の飛程	25
(6) 電子の飛程	27
(7) 制動放射 (bremsstrahlung)	28
(8) 放射エネルギー損失と放射長 (radiation length)	30

(9) チェレンコフ放射 . . . . .	32
(10) クーロン場による散乱 (弾性散乱) . . . . .	33
1-7 $\gamma$ 、X 線と物質との相互作用 . . . . .	34
(1) 極微少過程 . . . . .	35
(2) 微少過程 . . . . .	36
(3) 光電効果 (photoelectric effect) . . . . .	36
(4) コンプトン散乱 (Compton scattering, incoherent scattering) . . . . .	38
(5) 電子対生成 . . . . .	41
(6) 陽電子の消滅 . . . . .	43
(7) 吸収の全断面積 . . . . .	44
1-8 中性子と物質との相互作用 . . . . .	46
(1) 断面積 . . . . .	46
(2) エネルギーと運動量の保存 . . . . .	47
(3) 複合核 . . . . .	50
(4) 核反応におけるチャンネルの概念 . . . . .	51
(5) 弾性散乱によるエネルギー損失 . . . . .	53
(6) 非弾性散乱 . . . . .	56
(7) 捕獲 . . . . .	56
(8) 核変換 . . . . .	57
(9) 核分裂 . . . . .	57
(10) 中性子のエネルギーによる分類 . . . . .	59
<b>第 2 章 放射線の量と単位</b> . . . . .	<b>61</b>
2-1 線源の強度と粒子束 . . . . .	61
2-2 エネルギー吸収と線量 . . . . .	63
(1) 付与エネルギー (energy imparted) . . . . .	63
(2) 吸収線量 (absorbed dose) . . . . .	64
(3) 照射線量 (exposure) . . . . .	65
(4) 照射線量と空気吸収線量との関係 . . . . .	66
(5) カーマ (kerma) . . . . .	66

(6) カーマと吸収線量の関係 . . . . .	67
2-3 吸収線量の測定—空洞理論 . . . . .	72
(1) 空洞が小さい時 . . . . .	73
(2) 空洞が大きい時 . . . . .	74
(3) 空洞が中間の大きさの時 . . . . .	75
2-4 線量当量 . . . . .	75
(1) 線量当量 (dose equivalent, $H$ ) . . . . .	75
(2) 等価線量 (equivalent dose, $H_T$ ) . . . . .	78
(3) 実効線量当量 (effective dose equivalent, $H_E$ ) . . . . .	78
(4) 実効線量当量、組織線量当量の実用量 . . . . .	79
(5) 場の測定に用いる線量当量 . . . . .	83
(6) 個人の測定に用いる線量当量 . . . . .	84
(7) 預託線量当量 (committed dose equivalent, $H_{50,T}$ ) . . . . .	89
<b>第 3 章 放射線の物質による減衰</b> . . . . .	<b>91</b>
3-1 $\gamma$ 線の物質中での減衰 . . . . .	91
(1) 一次 $\gamma$ 線 (直接線) の減衰計算 . . . . .	93
(2) 二次 $\gamma$ 線 (散乱線) を含む計算 . . . . .	101
(3) 点減衰核法 . . . . .	110
(4) 1cm 線量当量の計算法 . . . . .	111
3-2 中性子の物質中での減衰 . . . . .	115
3-3 制動放射線の物質中での減衰 . . . . .	121
3-4 後方散乱 . . . . .	124
(1) $\gamma$ 線と中性子のアルベド . . . . .	124
(2) 後方散乱線束・線量の計算 . . . . .	127
3-5 ダクトストリーミング . . . . .	127
(1) 直線状ダクト . . . . .	128
(2) 屈曲ダクト . . . . .	130
3-6 遮蔽材料 . . . . .	132
(1) $\beta$ 線遮蔽 . . . . .	132

(2)	$\gamma$ 線遮蔽	132	(5)	ガラス線量計	189
(3)	中性子遮蔽	133	(6)	シリコン線量計	190
<b>第4章</b>	<b>放射線の計測</b>	<b>135</b>	4-6	中性子個人線量の測定	190
4-1	$\gamma$ 線エネルギースペクトルの測定	135	(1)	フィルムバッジ	190
(1)	シンチレーションスペクトロメータ	135	(2)	TLD アルベド型線量計	191
(2)	Ge 半導体検出器	141	(3)	固体飛跡検出器	193
4-2	中性子エネルギースペクトルの測定	142	(4)	バブル線量計	194
(1)	有機シンチレータ	143	(5)	シリコン半導体線量計	195
(2)	反跳陽子比例計数管	148	<b>第5章</b>	<b>加速器の種類と利用の現状</b>	<b>199</b>
(3)	$^3\text{He}$ 比例計数管	150	5-1	共振変圧器型加速器(電子線発生装置)	199
(4)	多減速材付検出器	151	5-2	X線発生装置	199
(5)	放射化検出器	153	5-3	ベータトロン	201
(6)	飛行時間分析(TOF)法	158	5-4	リニアック(線形加速器)	202
(7)	カウンターテレスコープ	161	5-5	マイクロトロン	205
(8)	その他の測定器	162	5-6	サイクロトロン	206
4-3	$\gamma$ 線空間線量の測定	163	5-7	小型(ベビー)サイクロトロン	207
(1)	線量測定法	163	5-8	コッククロフト-ワルトン型加速器	208
(2)	1cm線量当量 $H_{1\text{cm}}$ の測定	165	5-9	バンデグラフ型加速器	209
(3)	電離箱による吸収線量(組織吸収線量)の測定	167	5-10	イオン注入・照射装置	211
(4)	環境モニタリング	169	5-11	微量元素分析装置	211
4-4	中性子空間線量の測定	170	5-12	強力中性子源	212
(1)	線量測定法	170	5-13	シンクロトロン	214
(2)	組織等価型検出器による線量当量の測定	172	5-14	電子貯蔵リング(放射光施設)	216
(3)	レムカウンタによる線量当量の測定	176	5-15	自由電子レーザー	217
4-5	$\gamma$ 線個人線量の測定	180	<b>第6章</b>	<b>加速器施設の安全設計の考え方</b>	<b>219</b>
(1)	測定方法	180	6-1	放射線遮蔽設計の考え方	219
(2)	フィルムバッジ	183	6-2	障害防止法令による安全規制	220
(3)	TLD(熱蛍光線量計、thermo-luminescent dosimeter)	185	6-3	安全管理システム	223
(4)	ポケット線量計	189			

<b>第 7 章 加速器からの放射線と放射能の生成</b>	<b>231</b>
7-1 概要	231
7-2 ビーム損失量の評価	233
7-3 放射線源の評価 — 陽子・イオン加速器の場合	238
(1) 中性子生成断面積データ	241
(2) 中性子生成量	249
7-4 放射線源の評価 — 電子加速器の場合	269
7-5 放射化による放射能の生成	273
(1) 低、中エネルギー荷電粒子(電子を除く)による放射化	274
(2) 高エネルギー反応による放射化	275
(3) 電子による放射化	282
(4) 中性子による放射化	284
<b>第 8 章 加速器施設の遮蔽設計計算法の概要</b>	<b>287</b>
8-1 バルク遮蔽	287
(1) 陽子加速器	287
(2) 電子加速器	306
8-2 ストリーミング	322
(1) 迷路からのストリーミング	322
(2) 迷路終端部の扉による中性子、二次 $\gamma$ 線の減衰	328
8-3 スカイシャイン	331
(1) $\gamma$ 線スカイシャイン	331
(2) 中性子スカイシャイン	332
8-4 放射化	340
(1) 機器の放射化	340
(2) 空気の放射化	347
(3) 水の放射化	348
(4) コンクリートの放射化	350

<b>第 9 章 放射線の輸送計算 (I) — 輸送方程式</b>	<b>353</b>
9-1 ボルツマン輸送方程式の導出	353
(1) $\gamma$ 線および中性子の物質透過の問題に対する輸送理論の応用	353
(2) 粒子伝播に関する時間に独立なボルツマンの輸送方程式	354
9-2 単一エネルギー粒子に対するボルツマンの輸送方程式	356
(1) 球面調和関数展開 (Spherical Harmonics Expansion) による解	357
(2) 離散型座標展開 (Discrete Ordinate Expansion) による解	360
9-3 球座標における輸送方程式	363
9-4 多群輸送方程式とその積分形	366
<b>第 10 章 放射線の輸送計算 (II) — モンテカルロ法</b>	<b>371</b>
10-1 確率変数	371
(1) 離散型確率過程	371
(2) 連続型確率過程	372
(3) 確率変数の求め方	372
10-2 ランダム歩行問題における分散減少法	374
(1) アナログ型モンテカルロ法	374
(2) ノンアナログ型モンテカルロ	376
10-3 放射線の物質内輸送現象への応用	378
(1) 線源の決定	379
(2) 飛行距離の決定	381
(3) 新しい空間座標の決定	383
(4) 体系内かどうかの決定	383
(5) 衝突の決定	384
(6) 衝突後の新しい方向座標の決定	384
(7) 考えている領域における結果の貯蔵	385
10-4 衝突過程の取扱い	387
(1) 中性子	387
(2) 光子	392
10-5 輸送方程式とモンテカルロ法の関係	394

10-6 電磁カスケードモンテカルロ . . . . .	396
10-7 ハドロンカスケードモンテカルロ . . . . .	403
(1) 核構造モデル . . . . .	404
(2) 飛程、衝突点、衝突反応の種類および衝突された粒子の運動量のサンプリング法 . . . . .	405
(3) モンテカルロ法による蒸発過程の計算法 . . . . .	407
<b>参考書</b>	<b>409</b>
<b>参考文献</b>	<b>412</b>
<b>索引</b>	<b>430</b>