

## 目次

## [物理学]

1. 予備知識	21
1.1 粒子の運動量とエネルギー	21
1.2 光子のエネルギーと運動量	22
1.3 粒子のドブロイ波	22
1.4 クーロンエネルギー	22
1.5 エネルギーの単位	23
2. 原子の構造	27
2.1 原子模型	27
2.2 励起と電離	29
2.3 X線	30
2.4 オージェ効果	34
3. 原子核の構造	40
3.1 原子質量単位	40
3.2 結合エネルギーと原子核の大きさ	41
4. 放射性壊変	48
4.1 $\alpha$ 壊変	48
4.2 $\beta$ 壊変	50
4.3 $\gamma$ 線の放出と原子核のエネルギー準位	53
4.4 自発核分裂	55

4.5 壊変の法則	55
4.6 壊変図式	58
5. 核反応	67
5.1 核反応の表式	67
5.2 核反応の運動学	68
5.3 核反応断面積	70
5.4 放射性核種の生成	72
5.5 核反応の種類	73
5.6 放射化	79
6. 加速器	91
6.1 加速器の原理	91
6.2 加速器の種類	92
7. 荷電粒子と物質の相互作用	103
7.1 電離と励起	103
7.2 阻止能と飛程	104
7.3 電子と物質の相互作用	106
7.4 重荷電粒子と物質の相互作用	108
8. 光子と物質の相互作用	119
8.1 光電効果	119
8.2 コンプトン効果	121
8.3 電子対生成	123
8.4 光子の減衰と物質へのエネルギー伝達	123
8.5 衝突カーマ, 吸収線量, 照射線量	127
9. 中性子と物質の相互作用	135
9.1 中性子捕獲反応	135
9.2 弾性散乱	136
9.3 その他の中性子核反応	136

## 〔化 学〕

1. 放射性壊変と放射能	145
1. 1 元素の周期表	145
1. 2 放射能とその単位	147
1. 3 放射性核種の質量と放射能(Bq)の関係式	148
1. 4 半減期と原子数	150
1. 5 部分半減期	151
1. 6 単核種元素	152
2. 放射平衡	156
2. 1 過渡平衡	156
2. 2 永続平衡	159
2. 3 放射平衡が成立しない場合	161
2. 4 ミルキング	162
2. 5 分岐壊変する核種での放射平衡	163
3. 天然放射性核種	171
3. 1 壊変系列を作る天然の放射性核種	171
3. 2 壊変系列を作らない天然放射性核種	174
3. 3 天然誘導放射性核種	175
4. 核反応と RI の製造	181
4. 1 核反応の種類	183
4. 2 主な核反応の原子番号, 質量数の関係	183
4. 3 励起関数	186
4. 4 $1/v$ 法則	187
4. 5 原子断面積と同位体断面積	188

4. 6 無担体 RI の調製法	188
5. 核分裂	196
5. 1 自発核分裂	197
5. 2 誘導核分裂	197
5. 3 核分裂生成物	199
6. 放射性核種の分離法	204
6. 1 分離法の特徴	204
6. 2 共沈による分離法	205
6. 3 溶媒抽出による分離法	208
6. 4 イオン交換樹脂による分離法	211
6. 5 ラジオコロイド	218
6. 6 イオン化傾向	220
6. 7 イオンの沈殿生成と系統分離	221
7. 放射化分析	229
7. 1 概要	229
7. 2 生成放射能の計算	229
7. 3 放射化分析の利点と欠点	232
7. 4 アクチバブルトレーサー	236
7. 5 PIXE 法	236
8. ホットアトム化学	241
8. 1 概要	241
8. 2 比放射能の高い RI の製造	243
8. 3 ホットアトム効果を利用する比放射能の高い RI の製造例	244
9. RI の化学分析への利用	248
9. 1 放射化学分析	248
9. 2 放射分析	249
9. 3 同位体希釈分析法	250

10. トレーサーとしての化学的利用	260
10. 1 利用上の留意点	260
10. 2 年代決定への利用	262
10. 3 有機標識化合物	263
11. 放射線化学	278
11. 1 放射線化学反応の基礎過程	278
11. 2 一次過程の概要	279
11. 3 二次過程の概要	281
11. 4 二次過程の素反応	282
11. 5 化学線量計	284
11. 6 放射線と高分子化合物	287
12. 放射性同位元素装置機器	291
12. 1 放射性同位元素装置機器の原理	291
12. 2 特定設計認証機器としての利用	296

## 〔生物学〕

はじめに	303
1. 放射線の人体に対する影響の概観	306
2. 放射線影響の分類	311
2. 1 確率的影響と組織反応（確定的影響）	311
2. 2 身体的影響と遺伝性影響	313
3. 線質の違いによる放射線影響の修飾	318
3. 1 線エネルギー付与（LET）と生物学的効果比（RBE）	318
3. 2 直接作用と間接作用	321
3. 3 フリーラジカルの生成と消長	322

3. 4 間接作用の修飾要因	324
3. 5 高 LET 放射線と低 LET 放射線の影響の比較	328
4. 分子レベルの影響	332
4. 1 DNA の構造	332
4. 2 DNA 損傷	335
4. 3 DNA 損傷の修復	337
5. 細胞レベルの影響	343
5. 1 細胞周期による放射線感受性の変化	343
5. 2 分裂遅延と細胞死	344
5. 3 細胞の生存率曲線	348
5. 4 SLD 回復と PLD 回復	352
5. 5 突然変異・染色体異常	355
6. 臓器・組織レベルの影響	364
6. 1 ベルゴニー・トリボンドーの法則	364
6. 2 臓器・組織の放射線感受性	365
6. 3 臓器・組織の組織反応（確定的影響）	365
7. 個体レベルの影響	377
7. 1 個体レベルの組織反応（確定的影響）	377
7. 2 確率的影響	381
8. 胎児影響	390
9. 生物領域における放射線の利用	395
9. 1 生化学領域における標識化合物を用いたトレーサー実験	395
9. 2 骨髄移植	398
9. 3 がん治療	399
9. 4 核医学診療	403
10. 体内被ばく	408
10. 1 放射性物質の体内への摂取経路	408

10. 2 臓器親和性	409
10. 3 放射性物質の体内動態	411
10. 4 体内放射能の測定方法	412
10. 5 サブマージョン	413

## 〔測定技術〕

1. はじめに	419
1. 1 どのような量を測定するのか	419
1. 2 どのようにして測定するのか	422
2. 気体の検出器	424
2. 1 電離箱	424
2. 2 比例計数管	430
2. 3 ガイガー・ミュラー (GM) 計数管	434
3. 固体・液体の検出器	450
3. 1 NaI (Tl) シンチレーション・カウンタ	450
3. 2 その他のシンチレーション・カウンタ	456
3. 3 半導体検出器	458
3. 4 液体シンチレーション・カウンタ	470
3. 5 イメージングプレート	475
4. 個人被ばく線量の測定器	487
4. 1 蛍光ガラス線量計	487
4. 2 OSL 線量計	488
4. 3 熱蛍光線量計 (TLD, Thermoluminescent Dosimeter)	490
4. 4 フィルム線量計 (フィルムバッジ)	492
4. 5 固体飛跡検出器	492

4. 6 電子式個人線量計	493
5. その他の測定器	499
5. 1 中性子検出器	499
5. 2 化学線量計	504
5. 3 アラニン線量計	505
5. 4 ラジオクロミック線量計・PMMA 線量計	505
5. 5 $\beta$ - $\gamma$ 同時計数法	505
6. 放射線測定の実際	510
6. 1 計数値の統計	510
6. 2 空間線量の測定	514
6. 3 放射能の測定	516
6. 4 個人被ばく線量の測定	520
6. 5 測定器の校正	521

## 〔管理技術〕

はじめに	543
1. 予備知識	545
1. 1 放射線管理のあり方	545
1. 2 放射線の利用とそれに伴う被ばく	546
1. 3 自然界の放射線からの被ばく	548
2. 放射線の障害防止に係る体系	555
2. 1 1990年勧告 (Publ. 60)	555
2. 2 2007年勧告 (Publ. 103)	560
3. 被ばく管理に用いる量と基準	571
3. 1 防護量	571

3. 2 実 用 量	574
3. 3 防護の基準	576
4. 個人被ばくの管理	584
4. 1 個人被ばく管理の概要	584
4. 2 個人被ばく管理の目的	584
4. 3 外部被ばく線量の管理	585
4. 4 内部被ばく線量の管理	586
4. 5 測定の種類と信頼性確保	587
4. 6 健康診断	588
5. 体外からの放射線に対する防護	595
5. 1 外部被ばく線量の評価方法	595
5. 2 外部被ばくに対する防護	597
6. 体内に取り込まれた放射性物質に対する防護	606
6. 1 内部被ばく線量の評価方法	606
6. 2 体内取り込みの経路	608
6. 3 体内の放射性核種量の減少	610
6. 4 内部被ばくに対する防護	610
7. 場所の管理	619
7. 1 放射線施設における管理	619
7. 2 規制対象となる放射性同位元素	619
7. 3 密封放射性同位元素の取扱い施設	620
7. 4 非密封放射性同位元素の取扱い施設	622
7. 5 環境放射線の管理	628
8. 管理上重要な放射性核種	639
8. 1 核分裂生成物	639
8. 2 天然放射性核種	645
8. 3 中性子源	650

8. 4 種々の放射性核種	651
9. 放射性同位元素の使用	659
9. 1 密封放射性同位元素の使用	659
9. 2 非密封放射性同位元素の使用	666
10. 放射性同位元素の保管及び運搬	676
10. 1 放射性同位元素の保管	676
10. 2 放射性同位元素等の運搬	679
11. 放射性廃棄物の処理	685
11. 1 気体廃棄物	686
11. 2 液体廃棄物	686
11. 3 固体廃棄物	689
12. 事故対応	694
12. 1 放射線事故	694
12. 2 事故の分類	694
12. 3 事故の予防	696
12. 4 初動対応	696
12. 5 被ばく事故への対応	699
12. 6 火災への対応	700

## 〔法 令〕

## はじめに

1. 本書を用いて法令の勉強を始めるにあたって	711
2. 法令についてのあらまし	713
3. 平成13年以降の放射性同位元素等規制法（放射線障害防止法）関係の 法規制の変更	722

1. 法の目的	726
1.1 原子力基本法の本質	726
1.2 放射性同位元素等規制法の目的	727
1.3 放射性同位元素等規制法の規制の概要	727
2. 定義	732
2.1 放射線	732
2.2 放射性同位元素, 放射性同位元素装備機器, 放射線発生装置等	733
2.3 放射性同位元素等, 取扱等業務, 放射線業務従事者等	738
2.4 実効線量限度, 等価線量限度, 表面密度限度, 空气中濃度限度等	739
2.5 線量の計算, 濃度との複合等	741
3. 使用の許可及び届出, 販売及び賃貸の業の届出 並びに廃棄の業の許可	746
3.1 使用の許可	746
3.2 使用の届出	747
3.3 販売, 賃貸の業の届出及び廃棄の業の許可	749
3.4 欠格条項	754
3.5 許可の基準及び許可の条件	755
3.6 許可証	755
3.7 事務的内容等の変更	756
3.8 技術的内容の変更	757
3.9 許可使用者の変更の許可を要しない技術的内容の変更	759
4. 表示付認証機器等	766
4.1 放射性同位元素装備機器の設計認証等	766
4.2 認証の基準	769
4.3 設計合致義務等	772
4.4 認証機器の表示等	772
4.5 認証の取消し等	773

4.6 みなし表示付認証機器	774
5. 放射線施設の基準	779
5.1 管理区域等の定義	779
5.2 使用施設等の基準	780
5.3 貯蔵施設等の基準	786
5.4 廃棄施設の基準	788
5.5 標識と表示	794
6. 許可届出使用者, 届出販売業者, 届賃貸業者, 許可廃棄業者等の義務等	804
6.1 施設検査, 定期検査及び定期確認	804
6.2 使用施設等の基準適合義務及び基準適合命令	807
6.3 使用及び保管の基準	808
6.4 運搬の基準, 運搬に関する確認等	813
6.5 廃棄の基準等	828
6.6 測定, 放射線障害予防規程, 教育訓練, 健康診断, 記帳等	836
6.7 許可の取消し, 合併, 使用の廃止等	857
6.8 譲渡し, 譲受け, 所持, 海洋投棄等の制限	861
6.9 取扱いの制限	863
6.10 事故及び危険時の措置	864
6.11 放射性汚染物でないことの濃度確認等	867
7. 放射線取扱主任者等	877
7.1 放射線取扱主任者の選任	877
7.2 放射線取扱主任者試験	879
7.3 合格証, 資格講習, 免状の交付等	880
7.4 放射線取扱主任者免状	883
7.5 放射線取扱主任者の義務等	883
7.6 放射線取扱主任者定期講習	884

目 次

7. 7 研修の指示	886
7. 8 放射線取扱主任者の代理者	886
7. 9 解 任 命 令	887
7. 10 特定放射性同位元素防護管理者	887
7. 11 許可届出使用者等の責務	888
8. 登録認証機関等	892
9. 報告の徴収, その他	894
9. 1 報告の徴収	894
9. 2 そ の 他	896
10. 定義, 略語及び主要な数値	898
10. 1 おもな定義及び略語	898
10. 2 記憶すべきおもな数値	909
11. 試験における法令の重要ポイント	917
参 考 告 示 別 表	919
演習問題の解答	926
付 録	
1. 基本定数	947
2. 粒子の質量	947
3. 時 間	948
4. 質量とエネルギー各々の単位の関係	948
5. 接頭語とその記号	948
6. 放射能(数量)に対する BSS 免除レベル	949
7. 放射能濃度に対する BSS 免除レベル	950
8. 主要放射性核種	951
索 引	955