

目 次

第1章 原子核	13
1.1 放射化学の特徴	13
1.2 原子核	13
1.2.1 原子核の構造	13
1.2.2 質量数	14
1.2.3 質量欠損	14
1.2.4 魔法数	15
1.2.5 核模型	16
1.3 放射性同位体	17
1.3.1 核種	17
1.3.2 同位体、同中性子体	18
1 演習問題	19
第2章 放射性壊変と放射能	22
2.1 放射性壊変とその形式	22
2.2 α 壊変	22
2.3 β 壊変	24
2.3.1 β^- 壊変	24
2.3.2 β^+ 壊変	25
2.3.3 (軌道)電子捕獲	25
2.3.4 β 粒子のエネルギー・スペクトル	25
2.3.5 β 粒子の飛程	26
2.3.6 β 粒子と物質との相互作用	26
2.4 γ 線放射と核異性体転移	27
2.4.1 γ 線と物質との相互作用	27
2.5 放射性壊変の法則と半減期	29
2.5.1 放射能の単位と半減期	29
2.5.2 放射性核種の質量と放射能および半減期の関係	29
2.6 壊変図式	32

2 演習問題	33
第3章 原子核と軌道電子の相互作用	35
3.1 概 要	35
3.2 半減期に及ぼす化学結合の影響	35
3.3 メスバウアー分光学	36
3.3.1 原 理	36
3.3.2 線 源	36
3.3.3 メスバウアー・スペクトルから得られる情報	37
3.3.4 メスバウアー分光学の応用	37
3.4 ポジトロニウム化学	38
3.5 中間子化学	38
3.6 ホットアトム化学	39
3.6.1 概 要	39
3.6.2 比放射能の高い RI の分離	40
3.6.3 分 離 例	41
3.6.4 ラベルつき有機化合物の放射合成	42
3 演習問題	43
第4章 放射平衡とジェネレータ	46
4.1 娘核種が安定核種のとときの減衰曲線	46
4.2 親核種と娘核種がともに放射性核種のとときの減衰曲線	47
4.3 過渡平衡 $\lambda_1 < \lambda_2$	49
4.4 永続平衡 $\lambda_1 \ll \lambda_2$	50
4.5 ジェネレータ	51
4.5.1 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレータの構造	51
4.5.2 その他のジェネレータ	54
4 演習問題	55
第5章 天然の放射性核種	57
5.1 壊変系列をつくる天然の放射性核種	57
5.1.1 ウラン系列 [(4n+2)系列]	57
5.1.2 トリウム系列 [(4n)系列]	58
5.1.3 アクチニウム系列 [(4n+3)系列]	58

5.1.4 ネプツニウム系列 [(4n+1)系列]	58
5.2 壊変系列をつくらぬ天然の放射性核種	60
5.2.1 種 類	60
5.2.2 ^{40}K	60
5.3 天然の誘導放射性核種	60
5.3.1 宇 宙 線	60
5.3.2 天然の核反応でつくられる放射性核種	61
5.3.3 人間活動で生成する天然の放射性核種	61
5.4 年代測定	62
5.4.1 放射性核種は天然の時計	62
5.4.2 年代測定に使用する放射性核種	62
5.4.3 年代決定法の原理	62
5.4.4 地球の年齢	65
5.4.5 天然原子炉	66
5 演習問題	67
第6章 RI のトレーサ利用における放射線の測定	70
6.1 β^- 放出体の液体シンチレーションカウンターによる測定	70
6.2 クエンチング (消光作用) とその補正	71
6.3 試料の調製と化学発光	71
6.4 γ 線の放射能測定	72
6.5 計数値の統計的変動	72
6 演習問題	74
第7章 放射性核種の製造	77
7.1 核 反 応	77
7.2 核反応断面積と励起関数	78
7.3 照射時間と生成放射能	80
7.4 核分裂による放射性核種の製造	81
7.4.1 自発核分裂	82
7.4.2 誘導核分裂	83
7.4.3 主な核分裂生成物	85
7 演習問題	88

第8章 放射性核種の分離・精製	91
8.1 共沈法	91
8.1.1 RIの分離法の特徴	91
8.1.2 共沈現象	93
8.1.3 共沈による無担体分離	94
8.1.4 担体	94
8.1.5 $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ と $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ からの $^{32}\text{PO}_4^{3-}$ の無担体分離	95
8.1.6 ^{90}Sr – ^{90}Y からの ^{90}Y の分離	96
8.1.7 金属イオンの系統分離と沈殿生成	97
8.2 溶媒抽出法	100
8.2.1 溶媒抽出の特徴	100
8.2.2 溶媒抽出法の分類	100
8.2.3 分配の法則	101
8.2.4 分離例	102
8.3 イオン交換法	104
8.3.1 イオン交換	104
8.3.2 イオン交換樹脂の分類	105
8.3.3 強酸性陽イオン交換樹脂に対する金属イオンの吸着傾向	106
8.3.4 強塩基性陰イオン交換樹脂に対する金属イオンの吸着傾向	108
8.3.5 強塩基性陰イオン交換樹脂カラムによる重金属イオンの分離	110
8.4 その他の分離法	111
8.4.1 ラジオコロイド法	111
8.4.2 蒸発法	112
8.4.3 イオン化傾向によるRIの分離	115
8 演習問題	117
第9章 標識化合物の合成	127
9.1 合成法の分類	127
9.2 ^3H (同位体交換反応、接触還元)	128
9.3 ^{14}C	129
9.4 ^{32}P 、 ^{35}S	130
9.5 放射性ヨウ素標識化合物	130
9.5.1 酸化的ヨウ素標識	130

9.5.2 同位体交換による標識	130
9.5.3 有機金属化合物との置換反応	131
9.6 金属放射性核種による標識	131
9.7 タンパク質の標識	131
9.7.1 放射性ヨウ素による標識	131
9.7.2 金属放射性核種による標識	132
9.8 短寿命放射性核種 (^{11}C 、 ^{18}F)	133
9.8.1 ^{11}C	133
9.8.2 ^{18}F	133
9.9 標識位置	133
9.9.1 標識化合物の分類	133
9.9.2 標識位置	133
9.10 標識化合物の比放射能	134
9.11 標識化合物の品質管理	134
9.12 標識化合物の分析法	135
9.12.1 ペーパークロマトグラフィー	135
9.12.2 薄層クロマトグラフィー	137
9.12.3 高速液体クロマトグラフィー	137
9.12.4 ろ紙電気泳動法	138
9.13 標識化合物の保存法	139
9 演習問題	141
第10章 RIの化学分析への利用	144
10.1 放射化分析	144
10.1.1 放射化分析の概要	144
10.1.2 放射化分析の原理	144
10.1.3 生成放射能の計算	145
10.1.4 放射化分析の実施方法と応用	146
10.1.5 放射化分析の特徴	147
10.2 ICP質量分析 (ICP-MS)	149
10.2.1 ICP質量分析の概要	149
10.2.2 機器の構成	149
10.2.3 ICP質量分析法による放射性核種の定量	150
10.3 放射化学分析	150

10.3.1	放射分析の概要	150
10.3.2	放射分析による定量例	152
10.3.3	同位体希釈法	152
10.3.4	不足当量法	155
10.4	ラジオイムノアッセイ (RIA)	156
10.5	イムノラジオメトリックアッセイ (IRMA)	159
10	演習問題	161
第11章	標識化合物のトレーサ利用	165
11.1	オートラジオグラフィ	165
11.1.1	概 要	165
11.1.2	マクロオートラジオグラフィ	167
11.1.3	マイクロオートラジオグラフィ	168
11.1.4	超マイクロオートラジオグラフィ	168
11.1.5	イメージングプレート	168
11.2	薬物動態代謝	172
11.2.1	トレーサ技術の進展	172
11.2.2	薬物の吸収と血中濃度	172
11.2.3	薬物の体内分布と代謝・排泄	173
11.2.4	薬物動態試験と標識薬物の最近の利用法	173
11.2.5	ヒトでの薬物動態試験への利用	174
11.3	遺伝子工学・分子生物学への応用	174
11.3.1	遺伝子発現と生体成分の標識化合物	174
11.3.2	ジデオキシ法による DNA 塩基配列の決定	175
11.3.3	ハイブリダイゼーション法を用いた遺伝子解析	175
11.3.4	遺伝子の発現解析	177
11.3.5	遺伝子発現にかかわる転写因子の解析	178
11.3.6	蛋白質の発現解析	178
11	演習問題	179
第12章	放射性医薬品	181
12.1	放射性医薬品の概要	181
12.2	インビボ診断用放射性医薬品の具備すべき条件	181
12.3	^{99m} Tc 製剤	181

12.4	その他の SPECT 製剤	183
12.4.1	¹²³ I 製剤	183
12.4.2	²⁰¹ Tl	184
12.4.3	⁶⁷ Ga-citrate	184
12.4.4	¹¹¹ In-DTPA-Octreotide	184
12.5	PET 用製剤	184
12.5.1	ポジトロン核種	185
12.5.2	ポジトロン標識放射性薬剤の製造	185
12.5.3	ポジトロン標識放射性薬剤の品質管理	187
12.6	アイソトープ治療	188
12.6.1	[¹³¹ I]NaI	189
12.6.2	[¹³¹ I]MIBG	189
12.6.3	⁸⁹ Sr	189
12.6.4	⁹⁰ Y 標識抗 CD20 単クローン抗体	189
12	演習問題	190
第13章	放射線化学	192
13.1	放射線化学反応の基礎過程	192
13.2	一次過程の概要	192
13.3	二次過程の概要	194
13.4	二次過程の反応機構	195
13.5	化学線量計	196
13.6	放射線と高分子化合物	197
13	演習問題	199
第14章	診療放射線技師国家試験問題	203
参 考 文 献		213
演習問題解答		215