

目次

第1章 人間と環境放射線モニタリング	1	2.7 放射性降下物からの放射線	25
1.1 放射線とは	1	2.7.1 放射性降下物の一般概要	25
1.2 環境放射線	3	2.7.2 放射性降下物の核種組成と時間変化	26
1.3 モニタリング	3	2.7.3 放射線場としての特徴	26
1.4 放射線環境	3	2.8 原子力施設由来の放射線	29
1.5 放射線被曝	3	2.8.1 原子力施設由来の放射線源	29
1.6 放射線源	4	2.8.2 各種線源による放射線の変動特性	30
1.7 環境におけるモジュレーション, モディ フィケーションとモニタリング	6	2.9 日本人の外部被曝線量	34
1.8 放射線の単位	7	2.9.1 被曝放射線の種類	34
		2.9.2 自然放射線被曝	35
第2章 環境における放射線の分布と変動	9	第3章 環境における放射性核種の分布と挙動	38
2.1 環境における放射線	9	3.1 環境における放射性核種	38
2.2 宇宙線	10	3.1.1 自然放射線源ならびに核実験	38
2.2.1 1次宇宙線	10	3.1.2 原子力発電所	46
2.2.2 2次宇宙線	11	3.1.3 再処理工場	63
2.2.3 モジュレーション	13	3.2 環境中での放射性核種の挙動	71
2.3 大地からの放射線	13	3.2.1 気圏における挙動	71
2.3.1 根源的な源と巨視的な特徴	13	3.2.2 陸圏における挙動	84
2.3.2 直接の源たる土壌	14	3.2.3 海洋における挙動	90
2.3.3 間接的な源たる岩石	14	3.3 環境における放射性核種の分布	100
2.3.4 日本におけるバックグラウンド 放射線レベル	15	3.3.1 気圏における分布	100
2.3.5 大地の放射線の計測と留意すべき点	15	3.3.2 陸圏・淡水圏における分布	120
2.4 大気からの放射線	17	3.3.3 海洋における分布	124
2.5 建造物と放射線	20	3.4 食物を通しての放射性核種の取り込み	136
2.5.1 はじめに	20	3.4.1 はじめに	136
2.5.2 建築様式について	20	3.4.2 日常食	136
2.5.3 建造物の遮蔽効果	21	3.4.3 栄養調査法	136
2.5.4 建築材料中の放射能	21	3.4.4 海産物消費実態調査法	140
2.5.5 屋内と屋外の線量率の比	21	3.4.5 食品摂取量の変動幅について	141
2.5.6 宇宙線による屋内線量	22	3.4.6 おわりに	141
2.5.7 屋内のラドン	24	3.5 日本人の内部被曝線量とその変動	142
2.6 海上での放射線	24	3.5.1 はじめに	142
		3.5.2 ^{137}Cs の内部被曝線量とその変動	143

3.5.3	^{40}K の内部被曝線量とその変動	144	5.2.1	地方自治体および設置者のモニタリング例	198
3.5.4	^{131}I による甲状腺被曝線量とその変動	145	5.2.2	空間放射線線量および連続モニタ	202
3.5.5	おわりに	146	5.2.3	関連気象情報	204
第4章 環境放射線モニタリングの考え方		147	5.2.4	積算線量	205
4.1	環境放射線モニタリングの枠組	147	5.2.5	地方自治体ごとの特徴	207
4.1.1	環境放射線モニタリングの対象	147	5.2.6	環境試料モニタリング例	207
4.1.2	環境放射線モニタリングの経緯	148	5.2.7	陸上試料モニタリング	207
4.1.3	環境放射線モニタリングの基本的な考え方	149	5.2.8	海洋試料モニタリング	209
4.1.4	環境放射線モニタリングにおける一般的考え方	153	5.2.9	環境試料の放射能測定	210
4.2	環境放射線モニタリングと行政との係わり	156	5.3	測定の考え方と手法	211
4.2.1	アセスメントとモニタリング	156	5.3.1	分析・測定法マニュアルの解説	211
4.2.2	モニタリングにおける地方自治体, 設置者, 国の役割	157	5.3.2	測定法の選択	215
4.2.3	評価機構等	159	5.3.3	合理化	215
4.2.4	環境放射線モニタリングの全体像	163	5.3.4	試料採取および前処理方法	215
4.3	基準, 目標, 指標	163	5.3.5	定量可能レベルと供試量	217
4.3.1	コンサバティブかリアリスティックか	164	5.4	環境放射線モニタリングに用いる測定器	219
4.3.2	基準などに使われる線量の種類	165	5.4.1	種類と用途	219
4.3.3	基準などの種類	165	5.4.2	保守管理・校正	222
4.4	被曝経路と環境放射線モニタリング	166	5.5	測定と記録	227
4.4.1	被曝経路と環境試料	166	5.5.1	測定上の留意点	227
4.4.2	空間放射線モニタリング	173	5.5.2	測定データの記録	229
4.4.3	陸上試料のモニタリング	179	5.6	測定値の吟味と評価	238
4.4.4	海洋試料のモニタリング	182	5.6.1	測定値と変動	238
4.5	質の保証	183	5.6.2	測定値の吟味	242
4.5.1	手法	183	第6章 被曝線量評価		254
4.5.2	クロスチェック (比較分析) の現状	184	6.1	被曝線量評価の考え方	254
第5章 環境放射線モニタリングの実際		186	6.1.1	事前評価	254
5.1	環境放射線モニタリング計画の立案	186	6.1.2	運転中評価	256
5.1.1	計画作成に当って	186	6.1.3	総合評価	256
5.1.2	環境放射線モニタリング計画に当っての基本的考え方	190	6.1.4	被曝線量の評価方法について	257
5.1.3	計画立案の具体的手順	191	6.1.5	ICRPの1977年勧告以降の動向	258
5.1.4	実施計画の見直し	197	6.2	環境放射線モニタリングデータに基づく線量計算	259
5.1.5	モニタリングと環境パラメータ	197	6.2.1	被曝経路	259
5.2	モニタリングの実際例	198	6.2.2	被曝線量算出方法	262
			6.3	放出源情報に基づく線量計算	271
			6.3.1	大気経由	271
			6.3.2	気体廃棄物中に含まれる放射性物質に起因する被曝線量計算	274
			6.3.3	液体廃棄物中に含まれる放射性物質に起因する被曝線量計算	280

6.3.4	気体廃棄物中および液体廃棄物中に含まれる放射性ヨウ素を同時に摂取する場合の甲状腺被曝線量計算	238
第7章 測定結果の評価と公表 285		
7.1	評価と公表	285
7.1.1	評価	285
7.1.2	公表	285
7.2	結果の見方, 使い方に関する留意点	287
7.2.1	測定結果の変動要因の把握	287
7.2.2	空間放射線線量率測定値の取り扱いについて	288
7.2.3	放射性核種の分析	288
7.2.4	検出下限値	289
7.2.5	指標生物データの取り扱い上の注意点	290
7.2.6	測定結果相互の関連性	290
7.2.7	被曝線量推定値	290
7.2.8	測定結果の基準値などとの比較	290
7.3	おわりに	291

目 次

第 1 章

表1.1	化学的なエネルギーと放射線の エネルギー	1
表1.2	放射線環境	4
表1.3	自然放射線源	4
表1.4	人工放射線源	4
表1.5	人間活動に伴う放射線源	4
表1.6	集団と被曝線量	7

第 2 章

表2.3.1	土壌中放射性核種による線量寄与	14
表2.3.2	岩石中の放射性核種濃度	15
表2.4.1	地上 1 m における大気中各種放射能に よる線量率の概算値	18
表2.4.2	地上 1 m における線束密度, 線量率と ラドン (^{222}Rn) 娘核種濃度の関係 と平均エネルギー	18
表2.4.3	地上 1 m における $100\text{pCi}/\text{m}^3$ のラドン 娘核種によるエネルギー・スペクトル	19
表2.4.4	地上 1 m における $100\text{pCi}/\text{m}^3$ のラドン 娘核種による角度分布	19
表2.4.5	線束密度および線量率と高さの関係, $E > 50\text{keV}$ の光子に関するもの (図2.4.1 の分布に対応)	19
表2.4.6	大気中の放射性核種からの β 線線量 率	20
表2.5.1	大地の γ 線による屋内の空気吸収線量 率のサーベイ結果	23
表2.6.1	海水中の放射性物質による照射線量率	24
表2.8.1	観測対象として考えるべき線源の種類 と性質	29
表2.8.2	自然放射線と施設寄与分の特性比較	30
表2.9.1	環境からの放射線被曝	34
表2.9.2	自然放射線被曝	34
表2.9.3	人間活動に伴って変化する放射線被曝	34
表2.9.4	人工発生源による外部被曝	35
表2.9.5	自然放射線による外部被曝	35
表2.9.6	線量計算手順	35
表2.9.7	宇宙線被曝の内訳	36
表2.9.8	宇宙線被曝電離成分寄与の地域分布, 時間変動	36

表2.9.9	大地 (大気を含む) の天然放射性核種 からの空間放射線によって日本人が受 ける年間線量当量	37
--------	--	----

第 3 章

表3.1.1	現在までに発見されている天然放射 性核種の起源と数	38
表3.1.2	壊変系列を構成しない原初天然放射性 核種	39
表3.1.3	地球起源放射性核種	40
表3.1.4	宇宙線生成放射性核種	41
表3.1.5	主な天然核種の存在比または生成率	42
表3.1.6	大気圏核爆発実験の内訳	45
表3.1.7	核分裂生成物の収率	45
表3.1.8	原子力発電所の運転・建設状況	47
表3.1.9	^{235}U の熱中性子による代表的な核分 裂生成物と核分裂収率	49
表3.1.10	ウラン原子炉燃料の中で問題となる核 分裂核種の計算値	50
表3.1.11	主要な放射化生成物と生成核反応	51
表3.1.12	炉水中腐食生成物濃度	51
表3.1.13	その他の放射化生成物と生成核反応	51
表3.1.14	各発電所の年度別気体廃棄物放出量 (希ガス)	57
表3.1.15	各発電所の年度別気体廃棄物放出量 (気体廃棄物中の ^{131}I)	57
表3.1.16	各発電所の年度別液体廃棄物放出量 (トリチウムを除く液体廃棄物)	58
表3.1.17	各発電所の年度別液体廃棄物放出量 (液体トリチウム)	58
表3.1.18	諸外国の原子力発電所の放射性廃棄物 放出実績	59
表3.1.19	1979年の米国の原子力発電所の気体廃 棄物の核種組成	60
表3.1.20	1979年の米国の PWR, BWR, 英国 の GCR の液体廃棄物の核種組成	61
表3.1.21	福井県の原子力発電所の液体廃棄物の 核種組成	62
表3.1.22	各国の再処理工場一覧	64
表3.1.23	1975年~1979年の再処理工場から大気 中への放射性物質放出量	65

表3.1.24	東海再処理工場からの放射性気体廃棄物の放出実績	66	表3.3.10	日本の河川水中のU, Th, Raの含有量	122
表3.1.25	再処理した使用済燃料の発電容量	66	表3.3.11	日本の河川水中の ^{239, 240} Pu濃度	124
表3.1.26	再処理工場から水圏への放射性物質放出量	67	表3.3.12	ウラン, トリウムおよびアクチノウラン系列放射性核種の壊変型半減期と海水中濃度	125
表3.1.27	Sellafield再処理工場からの液体廃棄物中放射性物質の同位体組成	68	表3.3.13	壊変系列を作らない1次天然放射性核種の海水中濃度	125
表3.1.28	東海再処理工場からの放射性液体廃棄物の放出実績	70	表3.3.14	宇宙線生成核種の海水中平均濃度	125
表3.2.1	地表面粗度の長さ	72	表3.3.15	プルトニウムの収支	128
表3.2.2	Pasquillの安定度階級	73	表3.3.16	北太平洋中部海水中の ¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Srおよび ^{239, 240} Pu存在量(1980年~1982年)	129
表3.2.3	放射性粒子の沈着速度の測定例	78	表3.3.17	茨城沿岸表面海水中の放射性核種濃度	130
表3.2.4	通常粒子の沈着速度の測定例	78	表3.3.18	沿岸表面海水中の放射性核種濃度	130
表3.2.5	ガスの沈着速度の測定例	78	表3.3.19	沿岸海底堆積物中の放射性核種濃度	131
表3.2.6	図3.2.20の計算に用いられた条件	81	表3.3.20	茨城沿岸魚類の ¹³⁷ Cs濃度	131
表3.2.7	雨による粒子の捕捉効率	82	表3.3.21	茨城沿岸海産生物の ¹³⁷ Cs濃度	132
表3.2.8	土壌から農作物への移行係数	87	表3.3.22	茨城沿岸海藻の ¹³⁷ Cs (⁹⁰ Sr)濃度	132
表3.2.9	放射性核種の農作物(可食部)への移行率	88	表3.3.23	敦賀湾(浦底湾)のホンダワラの ¹³⁷ Cs (⁶⁰ Co)濃度	133
表3.2.10	水中濃度および濃縮係数	89	表3.4.1	日常食中の ⁹⁰ Srおよび ¹³⁷ Cs分析結果	137
表3.2.11	海洋における放射性核種および微量元素の物理化学的存在形態	91	表3.4.2	秋田市内における食品群別 ¹³⁷ Csおよび ^{239, 240} Pu摂取量	137
表3.2.12	放射性核種の海水中における粒子状での存在割合の比較	91	表3.4.3	食料需要表から得られた食品摂取量と放射性核種平均濃度	138
表3.2.13	重要放射性核種に対応する微量元素の外洋水中濃度と物理化学的形態	92	表3.4.4	ハウレンソウ表面についての放射性物質の水洗による除去率	138
表3.2.14	IAEAの「定義と勧告」再改訂版に見られる分配係数(Kd)と濃縮係数(Cf)	96	表3.4.5	野菜表面の汚染除去による ⁹⁰ Srの減少	139
表3.3.1	大気中に存在する主な核種	101	表3.4.6	農産物中の放射性核種分析	139
表3.3.2	宇宙線生成核種の分布と地表大気中濃度	109	表3.4.7	海産生物中の放射性核種分析値	140
表3.3.3	天然トリチウムの垂直分布	110	表3.4.8	フノリ中の ¹²⁹ I, ¹²⁷ Iレベル	140
表3.3.4	⁹⁰ Sr年間降下量と累積降下量	117	表3.4.9	那珂湊沿岸漁業者の海産物を通じて摂取する放射性核種の年摂取量(推定値)とALI(年摂取限度)との比	140
表3.3.5	⁹⁰ Sr降下量の緯度分布	118	表3.5.1	²²² Rn, ²²⁰ Rnおよびそれらの娘核種を吸入することで生ずる年間実効線量当量	143
表3.3.6	PuとAmの降下量および空気中濃度の積算値	119			
表3.3.7	種々の岩石に含まれる ⁴⁰ K, ²³⁸ Uおよび ²³² Thの放射能濃度	120			
表3.3.8	丘砂および関東ローム中の ⁴⁰ K, ²³⁸ U, および ²³² Thの放射能濃度	121			
表3.3.9	日本各地の土壌中に含まれる ⁴⁰ K, ²³⁸ Uおよび ²³² Thの放射能濃度	121			

第 4 章

表4.1.1	施設内のモニタリングと施設外のモニタリングの目的集成	147
表4.1.2	環境放射線モニタリングの対象	148
表4.1.3	本書のモニタリング対象	148
表4.1.4	環境放射線モニタリングの傾向とその対象	148
表4.1.5	線量推定法の精密さ, 正確さの方向	149
表4.1.6	計測面では	149
表4.1.7	環境放射線モニタリングの基本目標	150
表4.1.8	53年1月「環境放射線モニタリングに関する指針」の作成意図と方針	150
表4.1.9	環境放射線モニタリングの基本目標の具体化と目標値との関連	150
表4.1.10	モニタリング指針(昭58.7)の具体的目標	151
表4.1.11	環境放射線モニタリングの目標(ICRP Pub.7)(参考)	152
表4.1.12	環境放射線モニタリングにおける地方自治体と施設設置者との関連	153
表4.1.13	環境放射線モニタリングの条件	156
表4.2.1	環境に係わる安全確保の仕組みを時間的に見れば	157
表4.2.2	環境放射線モニタリングに関連する各県の協定等項目	160
表4.2.3	各県における連絡の場	162
表4.2.4	モニタリングでよりどころとしている指針など	163
表4.2.5	アセスメントとモニタリング	163
表4.3.1	モニタリング結果の評価	163
表4.3.2	ConservativeかRealisticか	164
表4.3.3	モニタリング値からの線量推定法の方向	164
表4.3.4	線量の種類	165
表4.3.5	比較対象の基準など	166
表4.4.1	環境放射線モニタリングの具体的目的(昭53.1モニタリング指針から)	170
表4.4.2	放出放射性物質の測定対象核種, 測定下限濃度および計測頻度	171
表4.4.3	対象とする環境試料と放射性核種	172
表4.4.4	通常観測	173
表4.4.5	特別観測	173
表4.4.6	空間放射線計測の直接目的	175

表4.4.7	空間放射線モニタリング地点配置と頻度	176
表4.4.8	空間 γ 線の連続モニタ	177
表4.4.9	気象観測要素	178
表4.4.10	Ge半導体検出器による定量可能レベルの一例	180
表4.4.11	放射化学分析における供試量と定量可能レベル(β 線計測)量	181
表4.4.12	^{131}I の各分析法における供試量と定量可能レベル	181
表4.5.1	手法	183
表4.5.2	放射性核種分析・元素分析における手順などの評価項目	185
表4.5.3	評価基準	185

第 5 章

表5.1.1	モニタリング計画	186
表5.1.2	環境放射線モニタリング設備の実際例	189
表5.1.3	Ge半導体検出器による核種分析の検出目標値	194
表5.1.4	全身線量が5mrem/yとなる食品中の核種濃度	194
表5.2.1	各府県の調査報告書に見る空間放射線および連続モニタリングの規模	199
表5.2.2	空間放射線線量および連続モニタリングの集約(1サイト当り)	200
表5.2.3	各府県の調査報告書に見る環境試料の放射能モニタリングの規模	201
表5.2.4	環境試料の放射能モニタリングの集約	202
表5.3.1	科学技術庁放射能測定法シリーズ	211
表5.3.2	放射化学分析における供試量と定量可能レベル(β 線計測)	217
表5.3.3	^{131}I の各分析法における供試量と定量可能レベル	218
表5.3.4	^{239}Pu , ^{240}Pu 分析における供試量と定量可能レベル	218
表5.3.5	ゲルマニウム半導体検出器による定量可能レベルの一例	218
表5.4.1	検出器の概要	219
表5.4.2	環境 γ 線のモニタリングに用いられているTLD	220
表5.4.3	放射線別測定法	220
表5.4.4	β 線のエネルギー測定器の特徴	221

表5.4.5	NaI (Tl), Ge (Li) 両検出 体によるスペクトルメータの比較……………	221
表5.4.6	基準 γ 線源の核種と核定数……………	225
表5.5.1	全 β 放射能測定結果 (データ記録様式 と記載上の注意) ……………	231
表5.5.2	核種分析結果 (データ記録様式と記載 上の注意) ……………	232
表5.5.3	環境放射線測定結果 (データ記録様式 と記載上の注意) ……………	233
表5.5.4	地方自治体で使われている報告様式例…	234
表5.5.5	測定対象物に対する慣例的測定単位……	238
表5.6.1	$t(\phi, \alpha)$ 表……………	246
表5.6.2	最大値または最小値を検出するときの 棄却限界……………	247
表5.6.3	ASTM: E178-61Tの棄却限界表…	248
表5.6.4	核実験後の松葉中の ^{54}Mn の量……………	251

第 6 章

表6.2.1	1 Bq を経口摂取した場合の成人の実 効線量当量……………	263
表6.2.2	1 Bq を呼吸摂取した場合の成人の実 効線量当量……………	264

表6.2.3	1 pCi を経口摂取した場合の成人の 全身および臓器預託線量当量……………	268
表6.2.4	1 pCi を呼吸摂取した場合の成人の 全身および臓器預託線量当量……………	269
表6.2.5	標準人の臓器 (成人の臓器の質量と有 効半径) ……………	270
表6.2.6	標準の摂取量と排出量……………	270
表6.3.1	気象観測 (通常観測) ……………	272
表6.3.2	大気安定度分類表……………	272

第 7 章

表7.1.1	測定結果の変動要因……………	288
表7.1.2	放射性核種の存在……………	289
表7.1.3	気体廃棄物中の放射性希ガスの年度別 放出実績……………	291
表7.1.4	気体廃棄物中の放射性ヨウ素 (^{131}I) の年度別放出実績……………	292
表7.1.5	液体廃棄物中の放射性物質 (^3H を除く) の年度別放出実績……………	293
表7.1.6	液体廃棄物中のトリチウムの年度別放 出実績……………	294

目 次

第 1 章

図1.1	放射線とエネルギー量子……………	2
図1.2	被曝のプロセス……………	5
図1.3	放射線に関連する線量などの表現……………	7
図1.4	問題とする時間と被曝線量……………	8
図1.5	放射線防護上に用いられる線量用語……………	8

第 2 章

図2.2.1	1次宇宙線のエネルギースペクトル……………	11
図2.2.2	宇宙線各成分の高度変化……………	12
図2.2.3	宇宙線の地磁気緯度分布……………	13
図2.3.1	日本のバックグラウンド放射線の分布……………	16
図2.4.1	ラドン (^{222}Rn) 娘核種濃度, ^{208}Tl , ^{214}Bi , ^{40}K および線量率の時間 変動……………	17
図2.4.2	異なる土壌乾燥度における大気中ラド ン娘核種濃度と線束密度の関係……………	18
図2.4.3	散逸率1原子/ $\text{cm}^3 \cdot \text{s}$ の源に対する ^{214}Pb と ^{214}Bi 濃度の計算値……………	18
図2.4.4	地上1mでのラドン娘核種濃度と線量 率の関係と経験式……………	18
図2.5.1	土壌の深さごとに計算した地上1mに おける全被曝線量率に対する天然放射 性核種の相対寄与……………	21
図2.5.2	建築材料から生じる屋内線量率……………	22
図2.5.3	屋内と屋外の線量率の相関……………	22
図2.6.1	3インチφ球型NaI (Tl) シン チレータの宇宙線に対する応答……………	25
図2.7.1	1951年～1968年までの英国グループに おける蓄積放射性降下物からの吸収線 量率……………	26
図2.7.2	1963年10月における放射性降下物から の強いγ線成分を含むパルス波高スペ クトル分布……………	27
図2.7.3	低自然放射能の腐食土質原野での光子 エネルギースペクトル分布……………	27
図2.7.4	地表蓄積放射性降下物からの地上1m における照射線量率の計算値と実測値 の比較……………	27
図2.7.5	放射性降下物の放射性核種の土中深度 分布……………	28

図2.8.1	スタック風下350mにおける ^{41}Ar プ リウムγ線の観測例……………	31
図2.8.2	スタック風下490m, 安定度Bにおけ る風軸横断線上の ^{41}Ar からの照射 線量率分布の変動……………	31
図2.8.3	地面からのγ線成分を遮蔽し測定した ^{41}Ar プリウムγ線の連続測定結果……………	32
図2.8.4	環境で観測された人工線源によるスカ イシャインγ線……………	32
図2.8.5	タービンより200m離れた地点の10 $\text{cm} \phi \times 10 \text{cm NaI (Tl)}$ シン チレーションスペクトロメータによる パルス波高分布の測定例……………	33

第 3 章

図3.1.1	^{235}U の熱中性子および速中性子 (14MeV) による核分裂生成物の収率……………	41
図3.1.2	原子力発電設備の概況……………	46
図3.1.3	原子力発電所立地図……………	48
図3.1.4	気体廃棄物処理系統説明図……………	53
図3.1.5	液体廃棄物処理系統説明図……………	54
図3.1.6	固体廃棄物処理系統説明図……………	55
図3.1.7	わが国の原子力発電所の液体廃棄物放 出量 (除 ^3H) ……………	56
図3.1.8	ピューレックス法の概略……………	63
図3.1.9	東海再処理工場の工程図……………	63
図3.1.10	Sellafield再処理工場から液体廃棄物 中に放出された全α放射能……………	69
図3.1.11	Sellafield再処理工場から液体廃棄物 中に放出された全β放射能……………	69
図3.1.12	Sellafield再処理工場から液体廃棄物 中に放出された ^{137}Cs ……………	69
図3.2.1	大気の区分……………	71
図3.2.2	低層大気の区分……………	71
図3.2.3	状態曲線と乾燥断熱線との関係……………	72
図3.2.4	温度勾配と煙の型との模式図……………	72
図3.2.5	パフモデルの一例……………	73
図3.2.6	水平拡散幅と垂直拡散幅……………	74
図3.2.7	主軸上の着地濃度の煙突高による変化 (中立の場合) ……………	74

図3.2.8	主軸上の着地濃度の安定度による変化 ($H=100\text{ m}$) の場合……………	74	図3.3.8	f 値とエアロゾル数密度との関係……………	105
図3.2.9	平均東西流の緯度高度分布……………	75	図3.3.9	自然のエアロゾル (A) とラドン娘核 種エアロゾル (B) の粒度分布……………	105
図3.2.10	平均子午面循環 (12月～2月) ……	75	図3.3.10	トロンと娘核種の垂直分布の計算……………	106
図3.2.11	緯度方向の拡散の計算例……………	76	図3.3.11	トロンの高度分布の測定例……………	106
図3.2.12	下部成層圏大循環のBrewer-Dobson …… モデル……………	76	図3.3.12	^{212}Pb (ThB) の季節変化……………	107
図3.2.13	空気塊の平均的移動……………	76	図3.3.13	^{210}Pb の大気中濃度の緯度分布……………	107
図3.2.14	重力沈降速度……………	77	図3.3.14	^{210}Pb の雨水中濃度の緯度分布……………	107
図3.2.15	ヨウ素の沈着速度のまとめ……………	79	図3.3.15	^{210}Pb の地表空气中濃度の季節変化 (インド) ……	108
図3.2.16	沈着速度の測定値……………	79	図3.3.16	^{210}Pb の地表空气中濃度の季節変化 ……	108
図3.2.17	Sehmelのモデルによる沈着速度の予 測値……………	80	図3.3.17	北半球中緯度における ^{210}Pb 沈着量 の経度依存性……………	108
図3.2.18	Wet Removal過程のよび方……………	80	図3.3.18	^{210}Pb の緯度-高度分布の計算値と 測定値……………	108
図3.2.19	液滴の平衡半径と相対湿度との関係……………	81	図3.3.19	地表空气中の ^7Be と ^{22}Na 濃度の 変化……………	109
図3.2.20	雲によるエアロゾルの除去効率の計算 例……………	81	図3.3.20	^7Be と ^{22}Na の降下率の季節変化……………	110
図3.2.21	Washout係数と降雨強度の関係……………	83	図3.3.21	大陸性および海洋性観測地点における 降水中トリチウム濃度の経年変化……………	111
図3.2.22	雨滴によるエアロゾル粒子の拡散除去 の計算……………	83	図3.3.22	水蒸気中トリチウム濃度 (pCi/ℓ) の変化 (勝田市と東海村) ……	111
図3.2.23	雨によるエアロゾル粒子のOverall Scavenging Rateの計算例……………	83	図3.3.23	空气中トリチウム濃度 (pCi/m^3) の変化 (勝田市と東海村) ……	111
図3.2.24	いろいろな高度におけるエアロゾルの 平均滞留時間……………	84	図3.3.24	トリチウム高濃度期 (1963年7月) に おける降水中トリチウム濃度 (TU) の地理的分布……………	112
図3.2.25	^{90}Sr の帯水層内における移動の予測 値と実測値との比較……………	85	図3.3.25	海上地点での降水中トリチウム濃度の 緯度分布……………	112
図3.2.26	Cs の土壌中移動のカラム実験データ と予測結果との比較……………	85	図3.3.26	核実験開始以前のトリチウム濃度……………	113
図3.2.27	放射性降下物 ^{90}Sr の実測分布と予測 結果との比較……………	86	図3.3.27	水蒸気中トリチウム濃度の高度分布……………	113
図3.2.28	降水量および降水と地下水中の ^{90}Sr 濃度……………	86	図3.3.28	H ₂ Oの混合比の高度分布……………	113
図3.2.29	コマツナによる I^- および IO_3^- の生 育段階別吸収……………	88	図3.3.29	対流圏および表面海水中の過剰 ^{14}C の変化……………	114
図3.3.1	ラドン娘核種濃度の日変化の測定例……………	101	図3.3.30	成層圏, 対流圏および地上における過 剰 ^{14}C の変化……………	114
図3.3.2	ラドン濃度の時間変化……………	102	図3.3.31	1980年10月16日の大気圏内核爆発によ る対流圏フォールアウトの軌跡……………	115
図3.3.3	日本各地のラドン濃度の季節変化……………	102	図3.3.32	New York市における ^{90}Sr の月間降 下量の変化……………	116
図3.3.4	ラドンの高度分布の計算……………	103	図3.3.33	南北両半球における ^{90}Sr の月間降下 量の変化……………	116
図3.3.5	ラドンの高度分布測定値の平均……………	103	図3.3.34	^{90}Sr の成層圏存在量の変化……………	116
図3.3.6	海岸から内陸への距離別に求めたラド ン濃度の高度分布……………	104			
図3.3.7	大気境界層におけるラドンと短寿命娘 核種の垂直分布の計算……………	104			

図3.3.35	^{90}Sr の降水中濃度および降水による降下量の季節変化……………	116	図4.4.3	大気中に放出された放射性物質と人との間の単純化された経路……………	169
図3.3.36	^{90}Sr の地表大気中濃度の変化……………	117	図4.4.4	地中または表面水(海洋を含む)に放出された放射性物質と人との間の単純化された経路……………	169
図3.3.37	^{90}Sr の降下積算量(mCi/km^2)の地理的分布……………	118	図4.5.1	Quality Assurance対象の違い……………	183
図3.3.38	^{90}Sr の成層圏における分布, 1965年3月~5月……………	119	第5章		
図3.3.39	^{86}Kr の大気中濃度の測定値と予測値……………	120	図5.1.1	環境放射線モニタリング施設の実例……………	188
図3.3.40	日本各地の ^{90}Sr の年間降下量……………	122	図5.1.2	放射性気体廃棄物と人体被曝の主経路と調査対象項目……………	191
図3.3.41	わが国における ^{90}Sr の積算降下量……………	122	図5.1.3	放射性液体廃棄物と人体被曝の主経路と調査対象項目……………	192
図3.3.42	日本の地域別, 水田作土中の ^{90}Sr 含量の比較……………	122	図5.1.4	代表的なテレメータシステム(福井県の例)……………	193
図3.3.43	日本各地の土壌中における放射性降下物 ^{90}Sr の垂直移動の推移……………	123	図5.2.1	空間放射線測定地点(鹿児島)……………	203
図3.3.44	茨城県におけるフォールアウト ^{90}Sr の垂直分布……………	123	図5.2.2	空間放射線測定地点(福井全県)……………	204
図3.3.45	日本近海海水 ^{90}Sr , ^{137}Cs の経年変化……………	126	図5.2.3	TLD測定地点図(静岡)……………	205
図3.3.46	北太平洋西部表面海水中の ^{90}Sr と ^{137}Cs の分布……………	127	図5.2.4	積算線量測定地点(敦賀地区)……………	206
図3.3.47	太平洋東部表面海水(1982年~1983年)の ^{239}Pu , ^{240}Pu 濃度と太平洋全域の1960,1970年代の濃度……………	128	図5.3.1	試料採取地点設定……………	216
図3.5.1	成人男子群の ^{137}Cs による全身内部被曝線量の暦年変動……………	143	図5.4.1	積分型モニタの設置……………	223
図3.5.2	^{137}Cs 内部被曝線量の加齢, 性との関係……………	144	図5.4.2	$\text{NaI}(\text{Tl})$ シンチレーション検出器の増幅度の時間変化……………	223
図3.5.3	成人男子, 完全母乳栄養児, 完全人工栄養児の ^{137}Cs 内部被曝線量の暦年変動……………	144	図5.4.3	Chiltonなどの半実験的結果(曲線)と測定結果……………	224
図3.5.4	壮年期における成人男子の ^{40}K 内部被曝線量と加齢の関係……………	145	図5.5.1	定点観測結果……………	228
図3.5.5	^{40}K 内部被曝線量と加齢, 性との関係……………	145	図5.5.2	環境試料の測定フロー……………	229
図3.5.6	経口摂取した ^{131}I 標識ヨウ化ナトリウムの甲状腺による摂取率の変化……………	145	図5.6.1	度数分布図と度数分布曲線……………	240
第4章			図5.6.2	空間線量1時間値, 1カ月分($n=744$)の度数分布……………	240
図4.2.1	モニタリング実施体制……………	158	図5.6.3	正規分布と確率……………	241
図4.3.1	RealisticとConservativeの比較……………	165	図5.6.4	正規分布の累積分布関数……………	241
図4.4.1	深層防護方式……………	166	図5.6.5	空間線量1時間値の時刻別平均値……………	242
図4.4.2	環境放射線モニタリング計画立案手順……………	168	図5.6.6	空間線量1時間値の日別平均値……………	242
			図5.6.7	空間線量1日値, 1年分($n=363$)の度数分布……………	242
			図5.6.8	空間線量1日値の毎月の度数分布……………	243
			図5.6.9	空間線量1日値の月別平均値……………	242
			図5.6.10	度数分布図……………	249
			図5.6.11	^{235}U の熱中性子による核分裂に際して放出される主な核種と分裂後の放射能の推移……………	250

図5.6.12	γ 線照射線量率の月変化モニタリングステーション……………	251	図6.2.4	経口摂取放射性物質の体内移行割合……………	267
図5.6.13	降雨による γ 線とプルームからの γ 線の分離……………	252	図6.3.1	y方向拡がりのパラメータ (σ_y) ……	273
第6章			図6.3.2	z方向拡がりのパラメータ (σ_z) ……	273
図6.2.1	大気中に放出された放射性物質と人との間の単純化された経路……………	260	図6.3.3	風下軸上照射線量率分布図……………	277
図6.2.2	地中または表面水(海洋も含む)に放出された放射性物質と人との間の単純化された経路……………	260	図6.3.4	風下軸上地表濃度分布図……………	277
図6.2.3	呼吸摂取放射性物質の体内移行割合……………	267	図6.3.5	等照射線量率分布図……………	278
			図6.3.6	地表等濃度分布図……………	278
			第7章		
			図7.1.1	JRR-2から放出された ^{41}Ar による照射線量率の変化……………	286