

〔目 次〕

序／放射線(能)の量と単位

1	総 論	1
1.1	緒論(環境放射能研究のあゆみ).....佐伯誠道.....	2
1.1.1	はじめに	2
1.1.2	環境放射能調査と放射生態学研究に関する国際的なあゆみ	3
1.1.3	日本における環境放射能調査の開始	4
1.1.4	日本における放射生態学研究の開始	6
1.1.5	調査研究体制の現況	8
	海外における調査研究体制 / 日本における調査研究体制	
1.1.6	おわりに	11
1.2	環境における自然放射性物質.....阿部史朗 阿部道子.....	14
1.2.1	はじめに	14
1.2.2	大気圏の自然放射性物質	20
1.2.3	陸圏の自然放射性物質	22
1.2.4	水圏の自然放射性物質	24
1.2.5	人間の放射線被曝	25
1.3	環境における人工放射性物質 I (放射性降下物).....市川龍資.....	28
1.3.1	放射性降下物の環境中挙動	28
	核実験の開始と放射性降下物 / フォールアウト ⁹⁰ Sr と ¹³⁷ Cs の変遷 / ⁹⁰ Sr, ¹³⁷ Cs の降下率と地上蓄積	
1.3.2	中国核実験の影響	30
1.3.3	地球規模の放射性降下物	34
1.4	環境における人工放射性物質 II (原子力施設).....北原義久 篠原邦彦.....	38
1.4.1	原子力発電所	38
1.4.2	再処理工場	40
1.4.3	環境中における主要な放射性物質	42
	³ H / ¹⁴ C / ¹²⁹ I / ²³⁹ Pu	
1.5	環境放射能安全管理概論.....佐伯誠道.....	47
	(放射性物質の挙動概要と環境アセスメント, 環境モニタリング)	
1.5.1	はじめに	47
1.5.2	大 気	47
1.5.3	陸, 河川, 湖・池	49
1.5.4	海 洋	51
	固体廃棄物の深海投棄処分 / 液体廃棄物の沿岸海域への放出処分 / 被曝線量推定と海水の最大許容濃度	

2	気圏における挙動	57
2.1	大気中における拡散	坂上治郎.....58
2.1.1	原子力気象	58
2.1.2	流動	58
2.1.3	拡散	59
2.1.4	拡散量 A, B の距離との関係	61
2.1.5	風向の移動	62
2.1.6	鉛直拡散	63
2.1.7	安定度	64
2.1.8	風洞実験	65
2.1.9	沈降	65
2.1.10	今後の問題点	66
2.2	気体放射性物質 (^{14}C , ^3H など) の挙動	樫田義彦 岩倉哲男.....67
2.2.1	発生	67
	自然発生 / 核爆発 / 原子炉 / 核燃料再処理 / その他の発生源	
2.2.2	^3H , ^{14}C の環境中の挙動	73
	^3H の挙動 / ^{14}C の挙動 / 食物連鎖と地球規模の循環	
2.2.3	希ガスの挙動	78
	^{85}Kr の海への移行 / ^{85}Kr の洗浄と沈着 / ^{85}Kr の大気拡散	
2.3	核爆発実験に由来する粒子状放射性物質の挙動	渡部輝久.....83
2.3.1	核爆発実験による粒子状放射性物質の生成	83
2.3.2	粒子状放射性物質の大気中における挙動	84
2.3.3	核爆発実験による粒子状放射性物質の降下量の予測	90
2.3.4	核爆発実験によって生成した ^{90}Sr および超ウラン元素の存在量	91
2.4	核爆発実験に由来する放射性粒子の性状	真室哲雄.....95
	形状と色 / 母体物質 / 溶解性 / 放射能と粒径の関係 / Radionuclide fractionation / ウランおよびプルトニウムの存在	
2.5	原子力施設に由来する粒子状放射性物質の挙動	渡部輝久.....104
2.5.1	はじめに	104
2.5.2	粒子状放射性物質の沈着	104
2.5.3	降雨による沈着	105
2.5.4	粒子状放射性物質の植物への沈着とウェザリング	106
2.5.5	再浮遊	107
2.5.6	原子炉施設からの粒子状放射性物質の放出例	108
2.6	大気から植物への放射性物質の移行 (吸着)	大桃洋一郎.....110
2.6.1	はじめに	110

2.6.2	^{90}Sr , ^{137}Cs による米麦子実の直接汚染	111
2.6.3	^{131}I の農作物への移行	113
2.7	大気から生物(人体)への放射性物質の移行(吸入) ……………安本 正……………	117
2.7.1	はじめに	117
2.7.2	人体の呼吸器系の構造と機能の概要	117
2.7.3	大気中の放射性物質の形状	121
2.7.4	大気中ガス状 RI の取り込み	123
2.7.5	大気中の RI エアロゾルの呼吸器内挙動	123
2.7.6	RI の化学的特性による吸入後の挙動	125
2.7.7	おわりに	129

③ 陸圏, 淡水圏における挙動……………131

3.1	土壌中における水の挙動 ……………木村重彦……………	132
3.1.1	飽和流	133
	ダルシー理論 / ビンガム流理論	
3.1.2	不飽和流	141
3.1.3	亀裂・空洞での流れ	144
3.2	放射性物質の土壌への吸着 ……………福井正美……………	146
3.2.1	吸着現象の諸問題	146
3.2.2	吸着パラメーターの評価への適用例	148
3.3	通気層と帯水層における放射性核種の移動 ……………森澤真輔……………	152
3.3.1	はじめに	152
3.3.2	放射性核種の移動特性	153
	放射性核種移動の実例 / 放射性核種移動に影響を及ぼす環境因子	
3.3.3	放射性核種移動の予測モデル	159
	数学モデル / 実験モデル(井上の方法) / 統計モデル	
3.3.4	野外における放射性核種移動の予測	164
	帯水層 / 通気層	
3.3.5	放射性核種移動に関する研究の将来展望	167
3.4	土壌中における放射性核種の存在形態 ……………本間美文 茅野充男……………	170
3.4.1	土壌構成物質による吸着や沈着, 固定	170
	陽イオン交換基への吸着 / 陰イオン交換基への吸着 / その他の吸着や沈着 / 固定	
3.4.2	存在形態の変動要因	172
	吸着イオンの置換溶出 / 土壌溶液中の陰イオンの増加 / pH の変化 / 土壌の酸化還元状態の変化	
3.4.3	可給態	174
	土壌から植物への移行 / 可給態成分	
3.4.4	土壌中の安定同位体元素との同位体交換	176

土壌中の交換体イオン量 (E 値および Lp 値) / 同位体交換の難易度による土壌中の安定元素の類別

3.5	放射性物質の表土から淡水系への移動	鎌田 博	178
3.5.1	はじめに		178
3.5.2	表土から淡水系への移動モデル		178
3.5.3	表土および根圏域における放射性核種の移動		179
3.5.4	土壌中における放射性物質の深度分布		180
3.5.5	通気層から帯水層への放射性物質の移行		183
3.5.6	放射性物質の土壌から淡水系への流出		184
3.5.7	上水道浄水場における放射性物質の除去		187
3.6	放射性物質の植物による吸収	小林宏信	189
3.6.1	放射性物質の環境から植物への移行経路		189
3.6.2	放射性降下物による米麦子実の農耕地土壌の放射能汚染の経年的推移		190
3.6.3	農耕地土壌-栽培植物系における放射性物質の挙動について		192
	農耕地土壌中における核種の形態と挙動 / 放射性物質の水田畑土壌からの農作物による吸収 (間接経路からの移行)		
3.6.4	おわりに		197
3.7	放射性物質の畜産生物への移行	大桃洋一郎 宮本 進	200
3.7.1	乳用動物体内での代謝と乳への移行		200
	^{131}I / ^{90}Sr / ^{140}Ba - ^{140}La および ^{181}W / ^{137}Cs (^{134}Cs)		
3.7.2	鶏体内での代謝と鶏卵への移行		204
	^{131}I / ^{89}Sr / ^{134}Cs		
3.8	放射性物質の淡水生物への移行	清水 誠	206
3.8.1	はじめに		206
3.8.2	淡水生物の濃縮係数		206
	淡水生物と海産生物の濃縮係数の比較 / 環境水中の共存元素の影響の一例 / 超ウラン元素		
3.8.3	環境中での淡水生物中の放射性核種のレベル		80
	放射性降下物 / 原子力施設からの放出放射性核種		
3.8.4	おわりに		214

4 海洋における挙動 215

4.1	海洋中における拡散	福田雅明	216
4.1.1	はじめに		216
4.1.2	海の流れ		216
4.1.3	水平拡散		218
	瞬間点放出 / 連続放出 / パラメータの推定		
4.1.4	鉛直拡散		229
4.2	海洋における放射性物質の鉛直分布	長屋 裕	231

4.2.1	はじめに	231	
4.2.2	北太西洋西部での鉛直分布	231	
4.2.3	放射性核種の物理的性状と鉛直移動	235	
4.2.4	放射性核種の化学的性状と鉛直移動	236	
4.3	放射性物質の海水中における挙動と化学形	238	本田嘉秀
4.3.1	はじめに	238	
4.3.2	海洋環境中における放射性物質の分布と移行	238	
4.3.3	海水中における放射性物質の物理化学形	240	
4.3.4	海水中における放射性物質の挙動と化学形に影響を及ぼす要因	242	
4.3.5	海洋環境中における放射性核種の生物変換	243	
4.3.6	おわりに	245	
4.4	海底堆積物中への放射性物質の蓄積	247	長屋 裕
	——浦底湾の場合——		
4.4.1	はじめに	247	
4.4.2	海底堆積物の放射性核種蓄積能力	247	
4.4.3	浦底湾海底堆積物中の人工放射性核種の起源とその濃度の経年変化	249	
4.4.4	堆積物中の ⁶⁰ Co 汚染の水平分布	250	
4.4.5	汚染堆積物微粒子の拡散	251	
4.4.6	まとめ	252	
4.5	海洋生物への放射性物質の濃縮に関する機構	254	上田泰司 中村良一
	(食物連鎖, 堆積物など)		
4.5.1	はじめに	254	
4.5.2	放射性物質の濃縮係数	255	
	主要な放射性物質の生物濃縮の特徴 / 放射性物質の濃縮係数算定法 / 食物連鎖における被食, 捕食の関係		
4.5.3	放射性物質の生物濃縮に対する食物連鎖の影響	257	
	生物による餌からの放射性物質の蓄積 / フィールドにおける研究 / 超ウラン元素の生物濃縮に 及ぼす食物連鎖の影響 / 食物連鎖による生物濃縮に対する諸因子の影響		
4.5.4	汚染堆積物から生物への放射性物質の移行	261	
4.6	海洋生物への放射性物質の濃縮に与える環境要因の影響	265	小柳 卓 平野茂樹
4.6.1	はじめに	265	
4.6.2	海洋における放射性核種の物理化学的形態とその生物濃縮に対する影響	265	
4.6.3	放射性核種の生物濃縮におよぼす塩分, 水温, pH などの影響	269	
4.6.4	放射性核種の生物濃縮におよぼす海底堆積物の影響	270	
5	人体の放射性物質	275	
5.1	食物の放射性物質	276	大桃洋一郎
5.1.1	水産物の放射性核種濃度	276	

5.1.2	畜産物の放射性核種濃度	277	
5.1.3	農産物中の放射性核種濃度	278	
5.1.4	日常食	279	
5.1.5	日常食による放射性核種摂取量の推定	280	
5.1.6	栄養調査方式およびその他の方法による放射性核種摂取量の推定	281	
5.1.7	調理による放射性核種濃度の変化	282	
5.2	人体のセシウム-137		内山正史……………285
5.2.1	はじめに	285	
5.2.2	蓄積機序	285	
	蓄積に関するパラメータ / 消化管吸収 / 体内分布 / 生物学的半減期と排泄 / 全身の代謝モデル		
5.2.3	体内量の推定	288	
5.2.4	体内量の動向	290	
	成人男子の体内量 / 体内量の年齢、性依存 / 新生児、乳児の体内量		
5.2.5	人体が受ける内部被曝線量	292	
5.2.6	おわりに	293	
5.3	人体のストロンチウム-90		田中義一郎……………296 河村日佐男
5.3.1	骨中の ⁹⁰ Sr および安定 Sr	296	
5.3.2	日本人における平均骨中 ⁹⁰ Sr 濃度の時間経過	296	
5.3.3	骨中 ⁹⁰ Sr 濃度の地域差について	297	
5.3.4	⁹⁰ Sr 濃度の骨格内分布と指標骨種	297	
5.3.5	⁹⁰ Sr の食餌から骨への移行	298	
5.3.6	骨中安定 Sr と ⁹⁰ Sr の比放射能	299	
5.3.7	⁹⁰ Sr からの骨線量	300	
	骨全体に対する吸収線量 / 骨の放射線感受性組織に対する吸収線量		
5.4	人体のプルトニウム		河村日佐男……………305
5.4.1	プルトニウムの生成と性質	305	
5.4.2	環境試料中の微量プルトニウムの分析法	306	
5.4.3	環境におけるプルトニウム	307	
	放出源 / 地表空気中の Pu / 陸上環境における分布と移行 / リサスペンション (再浮遊) / 海洋環境における移行		
5.4.4	人体におけるプルトニウム	309	
	一般人の器官・組織中の ^{239,240} Pu 濃度 / ^{239,240} Pu の体内分布 / 体内 ^{239,240} Pu 濃度の地球上の地理的分布		
5.4.5	プルトニウムの人体への移行・蓄積のモデルとその問題点	311	
	呼吸器系への沈着とクリアランスのモデル / 胃腸管吸収 / 環境中 Pu の人体への移行モデルと線量算定 / 環境中 Pu の胃腸管吸収率 / 骨線量算定のモデル / 大気圏内実験による被曝線量		
5.5	放射性物質の生体内代謝		稲葉次郎……………317
5.5.1	トリチウムの体内代謝	317	

5.5.2	放射性コバルトの体内代謝	319
5.5.3	放射性ヨウ素の体内代謝	322
6	人体の放射線被曝線量評価	327
6.1	線量評価概論	市川龍資.....328
6.1.1	線量評価における諸概念	328
	個人に対する線量と集団に対する線量 / 原因に関連づけた線量評価 / 実効線量当量の環境被曝線量評価への導入 / デミニミス線量	
6.1.2	被曝経路モデルと線量係数	332
	線量計算のための移行モデル / 自然生成量と比較する線量計算方式 / Specific activity を用いる方式 / 線量換算係数 / 線量評価における年齢差の考慮	
6.2	標準日本人	田中義一郎.....336
6.2.1	体格	336
6.2.2	食習慣	337
6.2.3	臓器質量(重量)	338
6.2.4	元素の体内量および代謝	341
6.2.5	日本人におけるヨウ素の代謝	343
6.2.6	おわりに	343
6.3	国民線量	丸山隆司.....345
6.3.1	集団線量	345
6.3.2	集団線量(当量)預託	346
6.3.3	遺伝有意線量	346
6.3.4	平均骨髓線量(CMD)と白血病有意線量(LSD)	347
6.3.5	がん有意線量(MSD)	348
6.3.6	臓器・組織線量	349
6.3.7	実効線量当量	350
6.3.8	国民線量計算例	351
6.4	リスク評価	小林定喜.....354
6.4.1	リスク学——リスクの推定・評価・解析——	354
	放射線のリスク(Risk)の定義 / 放射線のリスク学	
6.4.2	リスクの大きさ——種々のリスク推定値	356
	非確率的影響のリスク / 確率的影響のリスク	
6.4.3	リスク評価の例	360
	日本における原子力発電従事者の職業被曝のリスク / 米国スリーマイル原子力発電所事故による一般公衆の発癌リスク評価 / 実際の事例における放射線リスク評価上の問題点	
6.4.4	リスクの社会的側面——社会心理および社会経済に係わる問題	363
	リスクの認識 / リスク評価と害の指標——リスクと害の社会経済的表現	
6.4.5	リスク解析	366

7	環境放射生態学実験法	369
7.1	概 論	佐伯誠道.....370
7.1.1	環境放射生態学研究の基本的な方法	370
7.1.2	環境調査のための模型実験	370
7.1.3	ラジオアイソトープ (R. I.) ・トレーサー法による生物実験	371
7.1.4	環境における放射能調査ならびに安定元素濃度調査	371
7.1.5	環境放射能データの信頼性向上	372
7.1.6	環境放射能の調査研究に関する実験方法の選択	373
7.2	環境試料の採集法と前処理	375
7.2.1	気 体	岩倉哲男.....375
	はじめに / 採集法 / 前処理 (試料調製法)	
7.2.2	粉じん	阿部史朗.....380
	粉じん採取で考慮すべき点 / サンプルング器材とその性能 / 捕集試料の処理	阿部道子
7.2.3	土 壌	渋谷政夫.....384
	はじめに / 土壌採取法 / 前処理法 / 共通事項の記載 / おわりに	
7.2.4	農作物	小林宏信.....390
	はじめに / 穀類 / 野菜類 / 茶葉 / 牧草類 / 乾物試料および液状試料としての調製法 / 試料採取 に関する必要記載事項 / おわりに	
7.2.5	水	鎌田 博.....395
	はじめに / 試料採集法 / 試料前処理法 / おわりに	
7.2.6	海水および海底堆積物	長屋 裕.....399
	はじめに / 沿岸海水および堆積物 / 大量採水器—外洋海水 / 大量採泥器—深海堆積物	
7.2.7	海洋生物	鈴木 讓.....404
	はじめに / 魚類の採集 / 無脊椎動物の採集 / 海藻の採集 / 海洋生物の灰化	
7.3	放射能測定法概要	岡野真治.....410
7.3.1	はじめに	410
7.3.2	環境試料の放射能測定	410
	α 線の測定 / β 線の測定 (電子線) / γ 線放出核種の測定	
7.3.3	環境試料の測定に際しての検出限度	419
7.3.4	環境放射能の現場測定	419
7.4	放射化学分析法概要	池田長生.....421
7.4.1	放射化学分析法とその必要性	421
7.4.2	放射化学分析法の考え方	422
	対象核種と分析目標値 / 分析法の備えるべき条件	
7.4.3	灰化と溶解・浸出	423
7.4.4	濃 縮	424

7.4.5	分離・精製法	425
	沈殿法 / 溶媒抽出法 / イオン交換法	
7.4.6	測定試料の調製	427
	溶液のまま測定する方法 / 固体として測定する方法	
7.4.7	回収率の測定	429
7.4.8	標準物質の測定	430
7.4.9	データの表示	431
7.4.10	正しい分析結果を得るために	431
7.5	安定元素定量法	432
7.5.1	原子吸光分析法	河村日佐男 432
	原子吸光分析法の特徴と限界 / 原理と装置 / バックグラウンド吸収とその補正 / 原子吸光分析における原子化法の選択 / 試料の採取と調製 / 共存物質による化学干渉とその除去法 / 品質管理と保証	
7.5.2	放射化分析法	村松康行 441
	放射化分析の種類 / 照射条件 / 分析試料の調製 / 比較標準試料 / 照射に際しての注意 / 測定法およびデータ解析	
7.5.3	プラズマ発光分光分析法	河村日佐男 445
	プラズマ発光分光分析法の特長 / 装置の概略 / スペクトル・プロファイルの測定およびバックグラウンドの補正 / ICP の特性 / プラズマ発光分光分析の応用	
7.5.4	荷電粒子励起 X 線 (PIXE) 分析法	石川昌史 451
	PIXE の原理 / 測定・分析装置 / スペクトルの解析 / 元素濃度の算出 / 試料の調製 / PIXE の応用 / 走査分析	
7.6	生物実験法	461
7.6.1	RI トレーサー植物栽培実験法	大桃洋一郎 本間 美文 461
	土壤に添加した RI の作物への移行に関する実験の場合 / 大気中に放出された放射性核種の葉面からの移行に関する実験の場合	
7.6.2	RI トレーサー活魚飼育実験法	中原元和 467
	はじめに / 施設 / 水槽 / 予備飼育 / 生物量と必要海水量 / 個体差とサンプル数 / 海水交換法 / 実験水温 / 餌 / 経口投与方法	
7.6.3	RI トレーサー小動物飼育実験法	稲葉次郎 473
	RI トレーサー動物飼育実験の特徴 / 実験用小動物の種類 / RI 投与動物の飼育管理 / RI の動物への投与と試料の採取と測定 / 汚染対策	
8	資料	479
8.1	被曝線量評価の手順と評価モデル	飯島敏哲 480
8.1.1	被曝線量評価の手順	480
	発生源 / 環境中移行 / 被曝線量 / 放射線影響	
8.1.2	被曝線量評価の方法	483
	外部被曝線量の計算方法 / 内部被曝線量の計算方法	

8.1.3	関連パラメータの値について	489	
	外部被曝線量の計算 / 内部被曝線量の計算		
8.2	放射性核種の海洋生物への濃縮係数	495	小柳 卓
8.2.1	はじめに	495	
8.2.2	濃縮係数の定義と意味	495	
8.2.3	濃縮係数の算定	496	
8.2.4	食物連鎖と濃縮係数	501	
8.2.5	濃縮係数の応用	502	
8.3	安定微量元素濃度 (農畜産物)	506	大桃洋一郎
8.4	安定微量元素濃度 (海洋生物)	514	石井紀明
8.4.1	はじめに	514	
8.4.2	元素分析	515	
	海洋生物中の微量元素濃度 / 類似元素の含量比較		
8.4.3	組織レベルにおける微量元素の分析	518	
8.4.4	局所分析	519	
8.4.5	ゲル濾過クロマトグラフィー	521	
8.4.6	化学種分析	521	
8.4.7	微量元素濃度の変動	523	
	海水中の元素濃度と化学形 / 成長 (年齢, 体重, 体長) / 地域性 / 季節変動 / 生息水深 / 底質		
8.4.8	指標生物の検索	526	
8.5	安定微量元素濃度 (人体)	529	田中義一郎
8.6	食物摂取量	534	大桃洋一郎 住谷みさ子
8.6.1	はじめに	534	
8.6.2	日本人の食物摂取量の特徴	535	
8.6.3	食品摂取量の変遷	536	
8.6.4	厚生省の国民栄養調査	537	
8.6.5	食品消費実態調査のリクティカル・グループ抽出への適用	538	
索引		543	

