

令和2年度原子力規制庁委託成果報告書

原子力施設等防災対策等委託費
(被ばく解析手法の整備)に関する研究

日本原子力研究開発機構

令和3年3月

本報告書は、原子力規制委員会原子力規制庁からの委託により実施した業務の成果をとりまとめたものです。

本報告書に関する問い合わせは、原子力規制庁までお願いします。

まえがき

東京電力（株）福島第一原子力発電所事故の教訓を反映し、平成24年に制定された原子力災害対策指針では、従来の「重点的に充実すべき地域の範囲（EPZ）」に代わり、新たに、「予防的防護措置を準備する区域（PAZ）」と「緊急時防護対策を準備する区域（UPZ）」の概念が導入された。これに伴い、対策を考慮すべき範囲の“めやす半径”が、EPZの約10kmからUPZの約30kmへと拡大した。このため、地域防災計画を策定すべき自治体が大幅に増加し、重大事故時における防災対策の在り方の重要性が増している。原子力規制庁は重大事故時の環境影響を評価するため、レベル3PRA解析に必要なコードの改良整備を進めているところである。レベル3PRAコードの防護措置モデルは、一般的に簡易的な評価手法が用いられていることから、防災への適用に向けて、より現実的な被ばく低減効果を評価できる防護措置モデルを整備する必要がある。

このような背景を基に、日本原子力研究開発機構安全研究センターは、原子力規制庁長官官房技術基盤グループより原子力規制庁の原子力施設等防災対策等委託費による委託業務として、令和2年度「被ばく解析手法の整備」を受託した。本事業では、重大事故時の環境影響を評価するため、確率論的環境影響評価コードOSCAAR（以下、OSCAAR コード）を整備する。大気拡散・沈着解析モデル、被ばく評価モデル及び防護措置解析モデルについて、モデルの改良を検討する。また、OSCAAR コードで用いる評価モデルを検討するため、確率論的環境影響評価の実施に必要な項目を整理する。

目次

まえがき	i
目次	iii
表リスト	v
図リスト	viii
事業の概要	xi
1. はじめに	1
1.1. 目的	1
1.2. 範囲	1
2. OSCAARコードの概要	3
第2章の参考文献	4
3. 大気拡散・沈着モデルの比較	5
3.1. レベル3 PRAコードのベンチマーク	5
3.2. サイト近傍気象の異常年検定	5
3.3. 特徴的な気象シーケンスの抽出	37
3.3.1. 観測データとGPVデータの比較	37
3.3.2. 東海第二における気象シーケンス抽出	37
3.3.3. 福島第一原子力発電所における気象シーケンス抽出	37
3.4. OSCAARとMACCS2のベンチマーク試験	40
3.5. RAMS/HYPACTとの比較	72
第3章の参考文献	76
4. 被ばく評価モデルの検討	78
4.1. 外部被ばく線量係数に関する検討	78
4.1.1. サブマージョンモデルと有限雲モデルによる線量評価	78
4.1.2. 有限雲モデルとサブマージョンモデルの比較	81
4.1の参考文献	107
4.2. 内部被ばく線量係数の検討	108
4.2.1. 移行係数	110
4.2.2. 農作物、肉・乳製品、水、土壌の消費量と自給率	114
4.2.3. 線量係数	115
4.2の参考文献	176
5. 防護措置解析モデルの検討	184
5.1. 避難モデルの検討	184
5.1.1. 避難モデルと避難データの概要	184

5.1.2. 避難データの整備	185
5.2. 除染モデルの検討	205
5.2.1. 除染係数	205
5.2.2. 被ばく低減係数.....	206
5.2の参考文献	212
5.3. 移転モデルの検討	214
5.3.1. OSCAARにおける移転の費用算定モデル	214
5.3.2. 福島事故に基づく移転費用の算定.....	218
5.3.3. OSCAARへの福島事故に基づくモデルの取り込み	221
5.3の参考文献	238
6. OSCAARコードの整備に関する検討	239
6.1. 最新知見の反映.....	239
6.1.1. 大気拡散・沈着解析（ADD）	239
6.1.2. 被ばく評価（EARLY及びCHRONIC）	239
6.1.3. 防護措置解析（PM）	240
6.1.4. 健康影響評価（HE）	242
6.1.5. 経済影響評価（ECONO）	242
6.2. 研究目的とその目的達成のために必要な検討.....	243
6.2.1. OIL基準に関する検討で必要な改良	243
6.2.2. PAZ及びUPZに関する検討で必要な改良.....	244
6.3. その他の検討事項（技術的課題、社会情勢、定期的見直し）	245
(1) 大気拡散・沈着解析（ADD）	245
(2) 被ばく評価（EARLY及びCHRONIC）	245
(3) 防護措置解析（PM）	245
(4) 健康影響評価（HE）	246
(5) 経済影響評価（ECONO）	246
(6) その他.....	246
6.4. 今後の開発の方針について.....	246
付録 レベル3PRA評価モデル等に関する国内外調査	250

表リスト

表 3.2.1	JAEA気象観測所2015年の風向別出現頻度の異常年検定	7
表 3.2.2	JAEA気象観測所2016年の風向別出現頻度の異常年検定	8
表 3.2.3	JAEA気象観測所2017年の風向別出現頻度の異常年検定	9
表 3.2.4	JAEA気象観測所2018年の風向別出現頻度の異常年検定	10
表 3.2.5	JAEA気象観測所2019年の風向別出現頻度の異常年検定	11
表 3.2.6	JAEA気象観測所2015年の風速別出現頻度の異常年検定	12
表 3.2.7	JAEA気象観測所2016年の風速別出現頻度の異常年検定	13
表 3.2.8	JAEA気象観測所2017年の風速別出現頻度の異常年検定	14
表 3.2.9	JAEA気象観測所2018年の風速別出現頻度の異常年検定	15
表 3.2.10	JAEA気象観測所2019年の風速別出現頻度の異常年検定.....	16
表 3.2.11	JAEA気象観測所2015年の月別降水量の異常年検定	17
表 3.2.12	JAEA気象観測所2016年の月別降水量の異常年検定	18
表 3.2.13	JAEA気象観測所2017年の月別降水量の異常年検定	19
表 3.2.14	JAEA気象観測所2018年の月別降水量の異常年検定	20
表 3.2.15	JAEA気象観測所2019年の月別降水量の異常年検定	21
表 3.2.16	アメダス浪江2015年の風向別出現頻度の異常年検定.....	22
表 3.2.17	アメダス浪江2016年の風向別出現頻度の異常年検定.....	23
表 3.2.18	アメダス浪江2017年の風向別出現頻度の異常年検定.....	24
表 3.2.19	アメダス浪江2018年の風向別出現頻度の異常年検定.....	25
表 3.2.20	アメダス浪江2019年の風向別出現頻度の異常年検定.....	26
表 3.2.21	アメダス浪江2015年の風速別出現頻度の異常年検定.....	27
表 3.2.22	アメダス浪江2016年の風速別出現頻度の異常年検定.....	28
表 3.2.23	アメダス浪江2017年の風速別出現頻度の異常年検定.....	29
表 3.2.24	アメダス浪江2018年の風速別出現頻度の異常年検定.....	30
表 3.2.25	アメダス浪江2019年の風速別出現頻度の異常年検定.....	31
表 3.2.26	アメダス浪江2015年の月別降水量の異常年検定	32
表 3.2.27	アメダス浪江2016年の月別降水量の異常年検定	33
表 3.2.28	アメダス浪江2017年の月別降水量の異常年検定	34
表 3.2.29	アメダス浪江2018年の月別降水量の異常年検定	35
表 3.2.30	アメダス浪江2019年の月別降水量の異常年検定	36
表 3.3.1	東海第二における気象シーケンス抽出結果	38
表 3.3.2	福島第一原子力発電所における気象シーケンス抽出結果	39
表 3.4.1	評価ソースターム	43

表 3.4.2	OSCAARで使用される拡散パラメータ式の係数	44
表 4.1.1	拡散パラメータ式の係数	80
表 4.2.1	農作物の移行係数に関する文献リスト	124
表 4.2.2	農作物の生産密度導出に使用した統計データ及び作物種	132
表 4.2.3	農作物の生産密度（全国）	133
表 4.2.4	家畜の牧草及び水の摂取量、ミルクの生産率に関する文献リスト	134
表 4.2.5	ミルク及び家畜の移行係数に関する文献リスト	136
表 4.2.6	牛の牧草摂取量、ミルク生産率、家畜の水摂取量のまとめ	140
表 4.2.7	現行OSCAARコードの移行速度デフォルト値と文献調査で得られた移行係数から求めた移行速度の比較。	140
表 4.2.8	調査対象項目一覧	141
表 4.2.9	水の摂取量に関する文献リスト	142
表 4.2.10	土壌の摂取量に関する文献リスト	143
表 4.2.11	“国民健康・栄養調査”での地域ブロック	144
表 4.2.12	地域ブロック毎の作物、肉・乳製品の摂取量	145
表 4.2.13	年齢区分別・男女の作物、肉・乳製品の摂取量	148
表 4.2.14	年齢区分別・男性の作物、肉・乳製品の摂取量	151
表 4.2.15	年齢区分別・女性の作物、肉・乳製品の摂取量	154
表 4.2.16	主要食品群で分類した品目リスト	157
表 4.2.17	自給率算出項目	159
表 4.2.18	国内自給率（令和元年度（概算値）より）	160
表 4.2.19	国内自給率（平成30年度（確定値）より）	161
表 4.2.20	水の摂取量のまとめ	162
表 4.2.21	土壌の摂取量のまとめ	162
表 4.2.22	呼吸器系内の各領域での沈着率	163
表 5.1.1	サイト毎の避難データの整備可否の検討結果	191
表 5.1.2	評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離	192
表 5.1.3	評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（泊）	193
表 5.1.4	評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（東通）	194
表 5.1.5	評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（女川）	194
表 5.1.6	評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（柏崎刈羽）	195
表 5.1.7	評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（敦賀）	196
表 5.1.8	評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（美浜）	197
表 5.1.9	評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（大飯）	198

表 5.1.10	評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（高浜）	...199
表 5.1.11	評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（島根）	...200
表 5.1.12	評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（伊方）	...201
表 5.1.13	評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（玄海）	...201
表 5.1.14	評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（その他のサイト）	.....202
表 5.1.15	出発地メッシュの距離番号に対するメッシュ毎の移動距離	.....204
表 5.2.1	FDNPP事故後における線量評価に使用した除染係数 (DF)	.....210
表 5.2.2	都市部モデルにおける除染シナリオ	.....210
表 5.2.3	地表面に対する相対沈着量（Jones,A. et al., 2009）	.....210
表 5.2.4	都市部モデルを使用した除染前後の線量寄与の計算結果	.....211
表 5.3.1	「個人」に係る賠償の状況	.....227
表 5.3.2	防護対策と評価コストの関係	.....227
表 5.3.3	帰還困難区域の移転世帯数と移転期間	.....228
表 5.3.4	居住制限区域の移転世帯数と移転期間	.....228
表 5.3.5	避難指示解除準備区域の移転世帯数と移転期間	.....228
表 5.3.6	賠償金と算定額の比較	.....228
表 5.3.7	個人に係る賠償項目	.....229
表 5.3.8	財物に係る賠償項目	.....229
表 5.3.9	移転に係る賠償項目とOSCAARにおける移転コストの対応関係	.....230

図リスト

図 3.1	東海第二原子力発電所における2019年2月20日17:00	45
図 3.2	東海第二原子力発電所における2019年7月30日11:00	46
図 3.3	東海第二原子力発電所における2019年7月26日11:00	47
図 3.4	東海第二原子力発電所における2019年5月12日21:00	48
図 3.5	東海第二原子力発電所における2019年4月3日10:00	49
図 3.6	東海第二原子力発電所における2019年8月27日6:00	50
図 3.7	東海第二原子力発電所における2019年8月15日15:00	51
図 3.8	東海第二原子力発電所における2019年11月6日2:00	52
図 3.9	東海第二原子力発電所における2019年10月4日9:00	53
図 3.10	東海第二原子力発電所における2019年12月2日18:00	54
図 3.11	東海第二原子力発電所における2019年1月16日12:00	55
図 3.12	東海第二原子力発電所における2019年8月16日23:00	56
図 3.13	東海第二原子力発電所における2019年3月17日5:00	57
図 3.14	福島第一原子力発電所における2018年4月18日8:00	58
図 3.15	福島第一原子力発電所における2019年7月15日22:00	59
図 3.16	福島第一原子力発電所における2018年12月5日7:00	60
図 3.17	福島第一原子力発電所における2018年3月17日12:00	61
図 3.18	福島第一原子力発電所における2018年4月4日20:00	62
図 3.19	福島第一原子力発電所における2018年8月19日21:00	63
図 3.20	福島第一原子力発電所における2018年6月18日10:00	64
図 3.21	福島第一原子力発電所における2018年11月4日14:00	65
図 3.22	福島第一原子力発電所における2018年10月27日16:00	66
図 3.23	福島第一原子力発電所における2018年1月15日4:00	67
図 3.24	福島第一原子力発電所における2018年1月23日16:00	68
図 3.25	福島第一原子力発電所における2018年9月10日11:00	69
図 3.26	福島第一原子力発電所における2018年6月5日21:00	70
図 3.27	確率論的解析結果の比較	71
図 3.28	RAMS/HYPACTによる7日間積算被ばく線量分布	74
図 3.29	距離ごとの最大線量の比較	75
図 4.1	サブマージョンモデルと有限雲モデルの概念図	81
図 4.2	地表面空気中放射能濃度（左：放出高50 m、右：放出高100 m）	82
図 4.3	ヨウ素核種の放出高50 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量の関係	83

図 4.4	希ガス核種の放出高50 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量の関係	84
図 4.5	セシウム核種の放出高50 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量の関係	85
図 4.6	ヨウ素核種の放出高100 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量の関係	86
図 4.7	希ガス核種の放出高100 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量の関係	87
図 4.8	セシウム核種の放出高100 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量の関係	88
図 4.9	ヨウ素核種の放出高50 mについての大気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率の関係	89
図 4.10	希ガス核種の放出高50 mについての大気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率の関係	90
図 4.11	セシウム核種の放出高50 mについての大気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率の関係	91
図 4.12	ヨウ素核種の放出高100 mについての大気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率の関係	92
図 4.13	希ガス核種の放出高100 mについての大気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率の関係	93
図 4.14	セシウム核種の放出高100 mについての大気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率の関係	94
図 4.15	拡散度と地上における放射性核種濃度の概念図	94
図 4.16	ヨウ素核種の放出高50 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係	95
図 4.17	希ガス核種の放出高50 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係	96
図 4.18	セシウム核種の放出高50 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係	97
図 4.19	ヨウ素核種の放出高100 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係	98
図 4.20	希ガス核種の放出高100 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係	99
図 4.21	セシウム核種の放出高100 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係	100

図 4.22	ヨウ素核種の放出高50 mについての気安定度別放出源からの距離と 周辺線量当量率換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係	101
図 4.23	希ガス核種の放出高50 mについての気安定度別放出源からの距離と 周辺線量当量率換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係	102
図 4.24	希ガス核種の放出高50 mについての気安定度別放出源からの距離と 周辺線量当量率換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係	103
図 4.25	ヨウ素核種の放出高100 mについての気安定度別放出源からの距離と 周辺線量当量率換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係	104
図 4.26	希ガス核種の放出高100 mについての気安定度別放出源からの距離 と周辺線量当量率換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係	105
図 4.27	希ガス核種の放出高100 mについての気安定度別放出源からの距離と 周辺線量当量率換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係	106
図 4.28	土壌から経口摂取までの移行図	165
図 4.29	農作物への移行係数のまとめ。	165
図 4.30	牛の牧草摂取量と体重の関係	166
図 4.31	牛の水摂取量と体重の関係	166
図 4.32	ミルク、家畜への移行係数のまとめ。	167
図 4.33	呼吸軌道内の各領域における沈着率	167
図 4.34	DCALで計算した経口摂取に対する実効線量係数と f_1 の関係の例	168
図 4.35	DCALで計算した経口摂取時の各組織の等価線量と f_1 の関係の例	169
図 4.36	IDCCで計算した経口摂取に対する実効線量係数と f_1 の関係の例。	170
図 4.37	DCALで求めた各核種の内部被ばく線量係数と f_1 の関係式の傾き a	171
図 4.38	DCALで求めた各核種の内部被ばく線量係数と f_1 の関係式の決定係数 R^2	172
図 4.39	胃腸管モデル（ICRP Publ.30（ICRP, 1979）を基に作成）	174
図 4.40	IDCCで求めた各核種の内部被ばく線量係数と f_1 の関係式の傾き a	174
図 4.41	IDCCで求めた各核種の内部被ばく線量係数と f_1 の関係式の決定係数 R^2	175
図 4.42	IDCCとDCALで求めた内部被ばく線量係数の比	175
図 5.1	避難モデルで使用される避難データの例	189
図 5.2	避難データの移動のイメージ	189
図 5.3	整備した避難データの例（東通サイト、距離番号12）	190
図 5.4	単一家屋モデルの計算体系	209
図 5.5	都市部モデルの計算体系	209

事業の概要

本事業は、重大事故時の環境影響評価手法の高度化及びその知見の蓄積のため、大気拡散・沈着解析に関して複数のモデル間での評価結果の比較を行うとともに、最新知見に基づいて被ばく評価モデル及び防護措置モデルに関する検討を行い、これらのモデルを確率論的環境影響評価コードOSCAARに組み込むためのプログラム改良及びデータ整備を行った。

大気拡散・沈着解析のモデル間比較については、日本原子力研究開発機構(JAEA)にて開発を行っているレベル3PRAコードOSCAAR (Off-Site Consequence Analysis code for Atmospheric Release in Reactor Accident) と米国Sandia National Laboratories (SNL) にて開発を行っているレベル3PRAコードMACCS (MELCOR Accident Consequence Code System) について、同じ気象条件で被ばく線量計算を行い、各コードの結果を比較考察した。

被ばく評価モデルについては、外部被ばく及び内部被ばくに関する線量換算係数の評価を行った。外部被ばくについて、サブマージョンモデルと有限雲に対するモデル(有限雲モデル)について、それぞれクラウドシャインによる被ばく線量を評価・比較し、OSCAARへの適用について検討した。内部被ばくについては、吸入摂取時の粒径及び経口摂取時の胃腸管吸収率を変えた際の線量換算係数をそれぞれ整備し、粒径の異なる放射性物質の吸入や、土壌に付着した場合などの難溶性セシウムの経口摂取に対しても線量を評価できるようにした。

防護措置モデルについては、昨年度実施したOSCAARコード用の避難モデルに関して、避難計画の策定されている国内のサイトについてデータベースを作成した。また、除染に関して、福島第一原子力発電所事故(以下、福島事故)時の経験をもとに、除染をすることによって家屋内での線量率がどのくらい低減するのかを係数として整備した。また、移転に関して、福島事故の経験をもとに、OSCAARの移転費用の算定モデルを改良するために、(i) OSCAARの費用算定モデルの概要を示し、(ii) 他のモデルとの比較のために米国EPAで用いられている費用算定モデルを調査した。また、東京電力によって公開された情報を(東京電力ホールディングスHP、2020)もとに、これらのモデルと福島事故での経験を比較して、(i) 及び(ii) に欠けている項目がないか分析して抽出するとともに、それらの項目を定量的に評価するためのモデルについても検討した。

1. はじめに

1.1. 目的

重大事故時の環境影響を評価するため、確率論的環境影響評価コードOSCAAR（以下「OSCAAR コード」という）を整備する。大気拡散・沈着解析モデル、被ばく評価モデル及び防護措置解析モデルについて、モデルの改良を検討する。また、OSCAAR コードで用いる評価モデルを検討するため、確率論的環境影響評価の実施に必要な項目を整理する。

1.2. 範囲

1.1に記載した目的のもと、本報告書では、第2章においてOSCAARコードの概要を述べ、その後、第3章、第4章及び第5章において、大気拡散沈着モデルの比較分析、被ばく評価モデルの検討結果、防護措置モデルの検討結果についてそれぞれ記載する。また、第6章には今後のOSCAAR整備に関する検討の結果を記載した。

第3章では、JAEAにて開発を行っているレベル3PRAコードOSCAARと米国SNLにて開発を行っているレベル3PRAコードMACCSについて、同じ気象条件で被ばく線量計算を行い、各コードの結果を比較考察した結果について記載した。

第4章では、被ばく評価モデルの検討結果について記載しており、4.1において外部被ばく、4.2において内部被ばくに関する線量換算係数の評価を行った。外部被ばくについて、サブマージョンモデルと有限雲に対するモデル(有限雲モデル)について、それぞれクラウドシャインによる被ばく線量を評価・比較し、OSCAARへの適用について検討した。内部被ばくについては、吸入摂取時の粒径及び経口摂取時の胃腸管吸収率を変えた際の線量換算係数をそれぞれ整備し、粒径の異なる放射性物質の吸入や、土壌に付着した場合などの難溶性セシウムの経口摂取に対しても線量を評価できるようにした。

第5章では、防護措置モデルの検討結果について記載しており、5.1、5.2及び5.3において、それぞれ避難モデル、除染モデル及び移転モデルについて検討を行った。避難モデルについては、昨年度実施したOSCAARコード用の避難モデルに関して、避難計画の策定されている国内のサイトについてデータベースを作成した。また、除染に関して、福島第一原子力発電所事故（以下、福島事故）時の経験をもとに、除染をすることによって家屋内での線量率がどのくらい低減するのかを係数として整備した。また、移転に関して、福島事故の経験をもとに、OSCAARの移転費用の算定モデルを改良するために、(i) OSCAARの費用算定モデルの概要を示し、(ii) 他のモデルとの比較のために米国EPAで用いられている費用算定モデルを調査した。また、東京電力によって公開された情報を（東京電力ホールディングスHP、2020）もとに、これらのモデルと福島事故での経験を比較して、

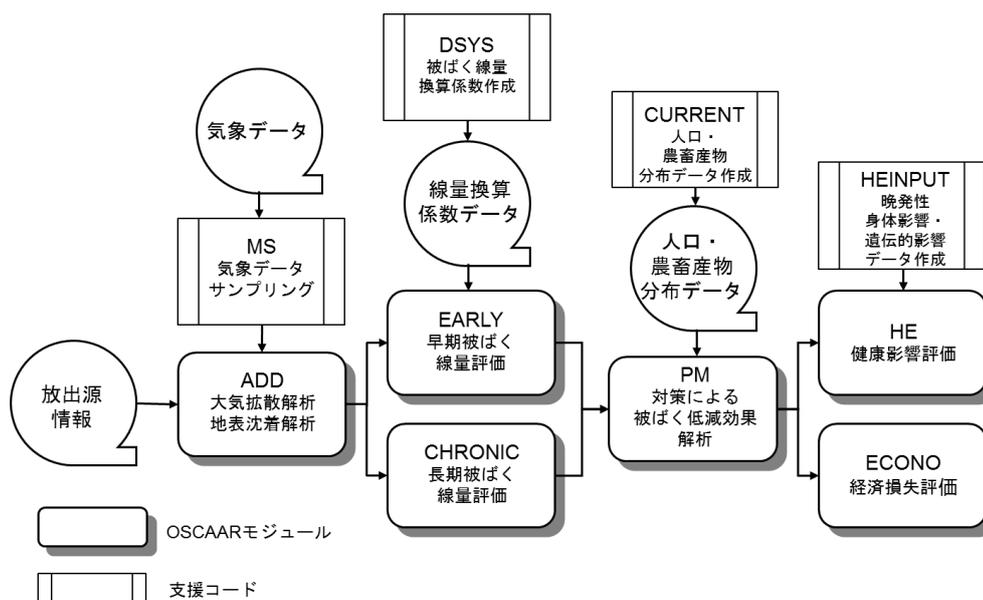
(i) 及び (ii) に欠けている項目がないか分析して抽出するとともに、それらの項目を定量的に評価するためのモデルについても検討した。

第6章は、現在の国内外におけるレベル3PRAのニーズを取りまとめるとともに、そのニーズに応えるための技術的課題についても整理した。

2. OSCAARコードの概要

旧日本原子力研究所（以下、原研）は確率論的リスク評価（PRA）に関する研究の一環として、原子炉事故時の公衆の放射線影響を確率論的に評価する環境影響評価（レベル3PRA）手法の確立を目指し、1990年に確率論的環境影響評価コードOSCAAR（Off-Site Consequence Analysis code for Atmospheric Release in Reactor Accident）コードを開発した（本間, 2000a）。そして、確率論的環境影響評価コードの国際比較計算への参加（OECD, 1994; CEC, 1994）、チェルノブイル事故等で得られた環境中の実測データを基にした、被ばく評価上重要なI-131やCs-137の食物連鎖を含む生態圏における移行モデルに関する検証（Homma et. al, 2000a; Homma and Matsunaga, 2000b）、特定シナリオに対してモンテカルロ法に基づく入力パラメータの不確かさ伝播解析・感度解析手法を導入したレベル3PRAに係わる不確かさ評価（Homma, 1998）等を通じて、OSCAARコードの適用性能の確認や機能の検証作業を行ってきた。

OSCAARコードの構成を図2.1に示す。OSCAARコードは事故時に放出された放射性物質の環境中移行（ADD）、それに伴う公衆への被ばく（EARLY及びCHRONIC）、防護対策による被ばく低減効果（PM）、被ばく集団の健康影響（HE）及び経済影響（ECONO）を推定するための一連の計算モジュールとデータファイルで構成される。また、計算に用いる気象条件、線量換算係数、人口分布及び農畜産物生産分布、被ばく集団の生涯リスク等、OSCAARコードに必要な入力データについては、計算モジュールとは独立した支援コードを用いて事前に用意する必要がある。



第2章の参考文献

- 本間俊充, 石川淳, 富田賢一, 村松健 (2000a). 軽水炉モデルプラントの広範な事故シナリオに対する環境影響評価, 日本原子力研究所報告書 JAERI-Research 2000-060.
- CEC (1994). Probabilistic accident consequence assessment codes, Second international comparison, Technical report, A joint report by the European Commission and the OECD Nuclear Energy Agency.
- Homma, T. (1998). Accident Consequence Assessments and their uncertainty, *Comparative Evaluation of Environmental Toxicants -HEALth Effects of Environmental Toxicants Derived from Advanced Technologies-*, Edited by J. Inaba and Y. Nakamura, Kodansha Scientific LTD., Tokyo.
- Homma, T., Y. Inoue and K. Tomita (2000a). OSCAAR Calculations for the Hanford Dose Reconstruction Scenario of BIOMASS Theme 2, JAERI-Research 2000-049.
- Homma, T. and T. Matsunaga (2000b). OSCAAR Calculations for the Iput Dose Reconstruction Scenario of BIOMASS Theme 2, JAERI-Research 2000-059.
- OECD (1994). Probabilistic Accident Consequence Assessment Codes, Second International Comparison, Overview Report, A joint report by the OECD Nuclear Energy Agency and the Commission of the European Communities. Nuclear Energy Agency OECD, Paris, France.

3. 大気拡散・沈着モデルの比較

3.1. レベル3 PRAコードのベンチマーク

日本原子力研究開発機構 (JAEA)にて開発を行っているレベル3PRAコード OSCAAR (Homma, 2002) と米国Sandia National Laboratories (SNL)にて開発を行っている3PRAコードMACCS (MELCOR Accident Consequence Code System) (SNL, 1990) について、同じ気象条件で被ばく線量計算を行い、各コードの結果を比較考察する。

評価は東海第二及び福島第一原子力発電所周辺に対して行う。評価気象は、まずは2019年から過去5年間のサイト近傍気象の異常年検定³⁾を行い、評価年を選定した後、評価年における風速と降水量の解析結果及び線量の確率論的解析結果から得られる特徴的な気象シーケンスを抽出し、コード比較用気象シーケンスとして決定論的解析に使用し、各コードによる評価結果を比較する。また、評価年における確率論的解析の結果比較も実施する。

決定論的解析については、OSCAARとMACCS以外にも、RAMS/HYPACT (Pielke et al., 1992; Walko et al., 1995) による評価も行い、同様に評価結果を比較する。

3.2. サイト近傍気象の異常年検定

東海第二及び福島第一原子力発電所近傍の気象についての異常年検定を実施する。検定は、2015年から2019年までの5年間について、各年の年間の風向、風速、降水量について評価を行う。

異常年検定はF分布検定の手順により、実施した。検定年の標本 X_0 が比較年の n 個の標本 X_i の分散から見て X_0 と標本の平均値 \bar{X} との差が優位である場合、 X_0 を棄却する評価方法である。分散比 F_0 は式(3.2.1)のように算出される。

$$F_0 = \frac{(n-1)(X_0 - \bar{X})^2}{(n+1)S^2} \quad (3.2.1)$$

ここで、

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / n \quad (3.2.2)$$

検定年は1年、比較年は10年分、優位水準は5%とする。自由度 ν_1 が1、 ν_2 が9となるF境界値である $F_9^1(0.05)$ はF分布表から5.12となる。 F_0 とF境界値が $F_0 < F$ の関係となれば、採択される。

検定に使用する気象データは最近傍の観測地点における測定データを使用することとし、東海第二については日本原子力研究開発機構原子力科学研究所内の気象観測所（JAEA気象観測所）における測定データ、福島第一原子力発電所についてはアメダス浪江観測所（アメダス浪江）における測定データを解析し、検定を行った。これらの結果をそれぞれ表 3.2.1~表 3.2.15及び表 3.2.16~表 3.2.30に示す。

検定の結果、棄却された項目数はJAEA気象観測所では、2018年が3、2015年と2016年が2、2017年と2019年が1であった。一方、アメダス浪江では、2016年と2019年が2、2015年と2017年が1、2018年が0であった。よって、各サイトの評価年は以下のように設定した。

- ・ 東海第二 2019年
- ・ 福島第一原子力発電所 2018年

表 3.2.1 JAEA気象観測所2015年の風向別出現頻度の異常年検定

風向	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			2015		5.12	上限	下限
北	2.49	3.67	3.15	3.63	3.11	3.37	3.45	3.72	3.26	3.19	3.30	0.34	3.20	0.08	○	4.16	2.45
北北東	10.49	14.42	10.53	13.57	13.28	11.96	12.18	12.74	10.85	11.34	12.13	1.29	14.80	3.51	○	15.36	8.91
北東	12.91	12.13	11.64	13.02	12.08	11.85	10.12	10.56	11.56	10.25	11.61	0.97	11.53	0.01	○	14.04	9.19
東北東	7.67	7.22	7.31	8.43	8.45	7.52	6.42	6.55	8.52	6.54	7.46	0.77	7.57	0.02	○	9.39	5.54
東	5.28	5.14	4.75	4.72	5.65	4.10	3.69	3.72	4.59	4.55	4.62	0.61	4.80	0.07	○	6.15	3.09
東南東	3.43	3.38	2.43	2.91	3.01	2.93	2.63	2.48	2.34	2.62	2.82	0.36	2.33	1.48	○	3.72	1.91
南東	2.87	2.61	2.08	2.26	2.40	2.62	2.87	2.30	2.11	2.22	2.43	0.28	2.03	1.70	○	3.13	1.74
南南東	3.95	3.65	4.65	3.22	3.11	4.75	5.49	4.61	3.52	3.50	4.04	0.75	2.95	1.78	○	5.91	2.18
南	1.88	2.22	2.80	1.97	2.51	2.54	2.86	2.95	3.28	3.00	2.60	0.44	2.75	0.10	○	3.70	1.50
南南西	2.55	2.79	4.16	2.73	3.56	5.15	4.58	4.15	4.12	3.76	3.75	0.81	3.39	0.16	○	5.78	1.73
南西	3.97	3.94	4.16	3.46	4.52	6.28	6.25	5.50	5.41	5.10	4.86	0.95	5.65	0.58	○	7.22	2.49
西南西	5.36	5.64	6.88	5.20	5.94	6.46	5.52	5.74	6.05	7.15	5.99	0.62	7.39	4.21	○	7.53	4.45
西	6.45	6.49	7.67	7.23	6.44	4.92	4.35	4.43	4.52	6.85	5.94	1.19	6.09	0.01	○	8.91	2.96
西北西	12.34	12.17	13.77	13.16	12.26	9.74	10.04	9.54	10.08	11.06	11.42	1.44	10.53	0.31	○	15.03	7.80
北西	10.58	7.47	7.64	7.58	6.97	9.43	11.47	12.22	11.75	10.65	9.58	1.91	7.63	0.85	○	14.35	4.80
北北西	5.47	4.77	4.63	5.04	4.83	4.77	6.23	6.88	6.06	5.42	5.41	0.72	4.74	0.71	○	7.21	3.61
静穏	2.32	2.28	1.77	1.87	1.89	1.62	1.86	1.91	1.97	2.78	2.03	0.32	2.62	2.74	○	2.83	1.22

表 3.2.2 JAEA気象観測所2016年の風向別出現頻度の異常年検定

風向	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015			2016		5.12	上限	下限
北	3.67	3.15	3.63	3.11	3.37	3.45	3.72	3.26	3.19	3.20	3.37	0.22	3.85	3.79	○	3.92	2.83
北北東	14.42	10.53	13.57	13.28	11.96	12.18	12.74	10.85	11.34	14.80	12.57	1.38	12.84	0.03	○	16.03	9.11
北東	12.13	11.64	13.02	12.08	11.85	10.12	10.56	11.56	10.25	11.53	11.47	0.87	12.88	2.15	○	13.65	9.30
東北東	7.22	7.31	8.43	8.45	7.52	6.42	6.55	8.52	6.54	7.57	7.45	0.77	6.63	0.94	○	9.37	5.53
東	5.14	4.75	4.72	5.65	4.10	3.69	3.72	4.59	4.55	4.80	4.57	0.58	3.94	0.99	○	6.01	3.13
東南東	3.38	2.43	2.91	3.01	2.93	2.63	2.48	2.34	2.62	2.33	2.71	0.32	2.52	0.27	○	3.51	1.90
南東	2.61	2.08	2.26	2.40	2.62	2.87	2.30	2.11	2.22	2.03	2.35	0.26	2.03	1.23	○	3.00	1.70
南南東	3.65	4.65	3.22	3.11	4.75	5.49	4.61	3.52	3.50	2.95	3.94	0.82	3.65	0.11	○	5.99	1.90
南	2.22	2.80	1.97	2.51	2.54	2.86	2.95	3.28	3.00	2.75	2.69	0.37	3.45	3.48	○	3.61	1.77
南南西	2.79	4.16	2.73	3.56	5.15	4.58	4.15	4.12	3.76	3.39	3.84	0.72	4.04	0.06	○	5.64	2.04
南西	3.94	4.16	3.46	4.52	6.28	6.25	5.50	5.41	5.10	5.65	5.03	0.92	5.84	0.64	○	7.33	2.72
西南西	5.64	6.88	5.20	5.94	6.46	5.52	5.74	6.05	7.15	7.39	6.20	0.70	5.49	0.83	○	7.95	4.44
西	6.49	7.67	7.23	6.44	4.92	4.35	4.43	4.52	6.85	6.09	5.90	1.18	5.01	0.47	○	8.85	2.95
西北西	12.17	13.77	13.16	12.26	9.74	10.04	9.54	10.08	11.06	10.53	11.23	1.43	11.34	0.00	○	14.81	7.66
北西	7.47	7.64	7.58	6.97	9.43	11.47	12.22	11.75	10.65	7.63	9.28	1.96	9.53	0.01	○	14.18	4.38
北北西	4.77	4.63	5.04	4.83	4.77	6.23	6.88	6.06	5.42	4.74	5.34	0.74	5.45	0.02	○	7.20	3.47
静穏	2.28	1.77	1.87	1.89	1.62	1.86	1.91	1.97	2.78	2.62	2.06	0.36	1.52	1.84	○	2.95	1.16

表 3.2.3 JAEA気象観測所2017年の風向別出現頻度の異常年検定

月	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			2017		5.12	上限	下限
北	3.15	3.63	3.11	3.37	3.45	3.72	3.26	3.19	3.20	3.85	3.39	0.25	4.03	5.48	×	4.01	2.78
北北東	10.53	13.57	13.28	11.96	12.18	12.74	10.85	11.34	14.80	12.84	12.41	1.25	12.55	0.01	○	15.52	9.29
北東	11.64	13.02	12.08	11.85	10.12	10.56	11.56	10.25	11.53	12.88	11.55	0.95	10.80	0.51	○	13.93	9.17
東北東	7.31	8.43	8.45	7.52	6.42	6.55	8.52	6.54	7.57	6.63	7.39	0.81	5.62	3.99	○	9.41	5.38
東	4.75	4.72	5.65	4.10	3.69	3.72	4.59	4.55	4.80	3.94	4.45	0.57	3.53	2.15	○	5.88	3.02
東南東	2.43	2.91	3.01	2.93	2.63	2.48	2.34	2.62	2.33	2.52	2.62	0.24	2.32	1.36	○	3.21	2.03
南東	2.08	2.26	2.40	2.62	2.87	2.30	2.11	2.22	2.03	2.03	2.29	0.26	2.15	0.26	○	2.94	1.64
南南東	4.65	3.22	3.11	4.75	5.49	4.61	3.52	3.50	2.95	3.65	3.94	0.82	3.95	0.00	○	5.99	1.90
南	2.80	1.97	2.51	2.54	2.86	2.95	3.28	3.00	2.75	3.45	2.81	0.39	3.30	1.25	○	3.80	1.82
南南西	4.16	2.73	3.56	5.15	4.58	4.15	4.12	3.76	3.39	4.04	3.96	0.63	4.42	0.43	○	5.54	2.39
南西	4.16	3.46	4.52	6.28	6.25	5.50	5.41	5.10	5.65	5.84	5.22	0.87	6.51	1.79	○	7.40	3.03
西南西	6.88	5.20	5.94	6.46	5.52	5.74	6.05	7.15	7.39	5.49	6.18	0.72	6.27	0.01	○	7.97	4.39
西	7.67	7.23	6.44	4.92	4.35	4.43	4.52	6.85	6.09	5.01	5.75	1.19	4.53	0.86	○	8.73	2.78
西北西	13.77	13.16	12.26	9.74	10.04	9.54	10.08	11.06	10.53	11.34	11.15	1.40	11.51	0.05	○	14.65	7.65
北西	7.64	7.58	6.97	9.43	11.47	12.22	11.75	10.65	7.63	9.53	9.49	1.86	10.80	0.40	○	14.15	4.82
北北西	4.63	5.04	4.83	4.77	6.23	6.88	6.06	5.42	4.74	5.45	5.41	0.72	6.38	1.50	○	7.21	3.60
静穏	1.77	1.87	1.89	1.62	1.86	1.91	1.97	2.78	2.62	1.52	1.98	0.38	1.36	2.15	○	2.94	1.02

表 3.2.4 JAEA気象観測所2018年の風向別出現頻度の異常年検定

風向	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017			2018		5.12	上限	下限
北	3.63	3.11	3.37	3.45	3.72	3.26	3.19	3.20	3.85	4.03	3.48	0.30	3.77	0.79	○	4.22	2.74
北北東	13.57	13.28	11.96	12.18	12.74	10.85	11.34	14.80	12.84	12.55	12.61	1.08	13.48	0.54	○	15.30	9.92
北東	13.02	12.08	11.85	10.12	10.56	11.56	10.25	11.53	12.88	10.80	11.47	0.98	10.56	0.71	○	13.91	9.03
東北東	8.43	8.45	7.52	6.42	6.55	8.52	6.54	7.57	6.63	5.62	7.22	0.97	6.04	1.22	○	9.64	4.81
東	4.72	5.65	4.10	3.69	3.72	4.59	4.55	4.80	3.94	3.53	4.33	0.62	3.64	0.99	○	5.88	2.77
東南東	2.91	3.01	2.93	2.63	2.48	2.34	2.62	2.33	2.52	2.32	2.61	0.25	2.56	0.03	○	3.23	1.99
南東	2.26	2.40	2.62	2.87	2.30	2.11	2.22	2.03	2.03	2.15	2.30	0.26	2.26	0.02	○	2.94	1.66
南南東	3.22	3.11	4.75	5.49	4.61	3.52	3.50	2.95	3.65	3.95	3.87	0.78	2.99	1.04	○	5.83	1.92
南	1.97	2.51	2.54	2.86	2.95	3.28	3.00	2.75	3.45	3.30	2.86	0.42	3.13	0.34	○	3.91	1.81
南南西	2.73	3.56	5.15	4.58	4.15	4.12	3.76	3.39	4.04	4.42	3.99	0.64	4.55	0.62	○	5.60	2.38
南西	3.46	4.52	6.28	6.25	5.50	5.41	5.10	5.65	5.84	6.51	5.45	0.87	8.33	8.91	×	7.63	3.27
西南西	5.20	5.94	6.46	5.52	5.74	6.05	7.15	7.39	5.49	6.27	6.12	0.68	6.89	1.06	○	7.82	4.42
西	7.23	6.44	4.92	4.35	4.43	4.52	6.85	6.09	5.01	4.53	5.44	1.05	4.54	0.61	○	8.06	2.82
西北西	13.16	12.26	9.74	10.04	9.54	10.08	11.06	10.53	11.34	11.51	10.93	1.11	10.09	0.47	○	13.70	8.15
北西	7.58	6.97	9.43	11.47	12.22	11.75	10.65	7.63	9.53	10.80	9.80	1.79	10.27	0.06	○	14.28	5.32
北北西	5.04	4.83	4.77	6.23	6.88	6.06	5.42	4.74	5.45	6.38	5.58	0.72	5.80	0.08	○	7.39	3.77
静穏	1.87	1.89	1.62	1.86	1.91	1.97	2.78	2.62	1.52	1.36	1.94	0.42	1.09	3.32	○	3.00	0.88

表 3.2.5 JAEA気象観測所2019年の風向別出現頻度の異常年検定

風向	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018			2019		5.12	上限	下限
北	3.11	3.37	3.45	3.72	3.26	3.19	3.20	3.85	4.03	3.77	3.49	0.31	3.79	0.76	○	4.26	2.73
北北東	13.28	11.96	12.18	12.74	10.85	11.34	14.80	12.84	12.55	13.48	12.60	1.07	13.25	0.30	○	15.27	9.93
北東	12.08	11.85	10.12	10.56	11.56	10.25	11.53	12.88	10.80	10.56	11.22	0.86	10.40	0.76	○	13.36	9.08
東北東	8.45	7.52	6.42	6.55	8.52	6.54	7.57	6.63	5.62	6.04	6.99	0.93	6.96	0.00	○	9.32	4.65
東	5.65	4.10	3.69	3.72	4.59	4.55	4.80	3.94	3.53	3.64	4.22	0.64	3.58	0.82	○	5.82	2.63
東南東	3.01	2.93	2.63	2.48	2.34	2.62	2.33	2.52	2.32	2.56	2.57	0.23	2.50	0.10	○	3.14	2.01
南東	2.40	2.62	2.87	2.30	2.11	2.22	2.03	2.03	2.15	2.26	2.30	0.26	2.22	0.08	○	2.94	1.66
南南東	3.11	4.75	5.49	4.61	3.52	3.50	2.95	3.65	3.95	2.99	3.85	0.80	3.34	0.33	○	5.86	1.84
南	2.51	2.54	2.86	2.95	3.28	3.00	2.75	3.45	3.30	3.13	2.98	0.30	3.81	6.20	×	3.74	2.22
南南西	3.56	5.15	4.58	4.15	4.12	3.76	3.39	4.04	4.42	4.55	4.17	0.50	4.06	0.04	○	5.42	2.92
南西	4.52	6.28	6.25	5.50	5.41	5.10	5.65	5.84	6.51	8.33	5.94	0.98	5.37	0.28	○	8.38	3.50
西南西	5.94	6.46	5.52	5.74	6.05	7.15	7.39	5.49	6.27	6.89	6.29	0.64	5.68	0.75	○	7.88	4.69
西	6.44	4.92	4.35	4.43	4.52	6.85	6.09	5.01	4.53	4.54	5.17	0.88	4.09	1.22	○	7.38	2.95
西北西	12.26	9.74	10.04	9.54	10.08	11.06	10.53	11.34	11.51	10.09	10.62	0.84	10.89	0.08	○	12.72	8.52
北西	6.97	9.43	11.47	12.22	11.75	10.65	7.63	9.53	10.80	10.27	10.07	1.63	11.70	0.82	○	14.15	5.99
北北西	4.83	4.77	6.23	6.88	6.06	5.42	4.74	5.45	6.38	5.80	5.66	0.70	7.27	4.32	○	7.41	3.90
静穏	1.89	1.62	1.86	1.91	1.97	2.78	2.62	1.52	1.36	1.09	1.86	0.50	1.09	1.99	○	3.10	0.62

表 3.2.6 JAEA気象観測所2015年の風速別出現頻度の異常年検定

風速 (m/s)	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			2015		5.12	上限	下限
0.0~0.4	6.19	6.57	5.84	6.10	5.65	4.50	5.09	5.08	4.95	7.37	5.73	0.82	6.96	1.82	○	7.78	3.68
0.5~1.4	43.49	42.96	44.69	43.91	43.70	42.57	44.49	40.41	40.19	42.48	42.89	1.47	39.26	4.98	○	46.56	39.21
1.5~2.4	25.30	23.73	23.88	24.48	25.91	26.30	26.35	24.94	27.43	25.92	25.42	1.12	25.17	0.04	○	28.23	22.62
2.5~3.4	14.25	15.03	14.97	14.32	14.15	14.80	13.53	15.72	15.66	13.65	14.61	0.72	16.58	6.18	×	16.41	12.81
3.5~4.4	6.67	7.14	7.00	7.21	6.18	7.13	6.61	8.65	7.70	6.50	7.08	0.67	7.55	0.41	○	8.74	5.41
4.5~5.4	2.51	2.61	2.53	2.29	2.57	2.69	2.57	3.40	2.67	2.22	2.61	0.30	3.27	3.89	○	3.36	1.85
5.4~6.4	0.93	1.21	0.79	0.89	1.19	1.22	0.87	1.43	0.94	1.19	1.07	0.20	1.05	0.00	○	1.56	0.57
6.5~7.4	0.30	0.27	0.21	0.47	0.32	0.52	0.27	0.30	0.22	0.32	0.32	0.09	0.14	3.06	○	0.56	0.08
7.5~8.4	0.18	0.19	0.02	0.29	0.22	0.21	0.14	0.02	0.13	0.14	0.15	0.08	0.02	2.26	○	0.35	-0.04
8.5~9.4	0.10	0.13	0.06	0.05	0.08	0.07	0.07	0.03	0.01	0.11	0.07	0.03	0.00	3.55	○	0.16	-0.01
9.5<	0.07	0.16	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.10	0.10	0.05	0.05	0.00	0.80	○	0.18	-0.08

表 3.2.7 JAEA気象観測所2016年の風速別出現頻度の異常年検定

風速 (m/s)	比較年										平均値	S	検定年 2016	F	F(5%) 5.12	棄却限界(5%)	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015						上限	下限
0.0~0.4	6.57	5.84	6.10	5.65	4.50	5.09	5.08	4.95	7.37	6.96	5.81	0.89	4.72	1.22	○	8.04	3.58
0.5~1.4	42.96	44.69	43.91	43.70	42.57	44.49	40.41	40.19	42.48	39.26	42.46	1.80	40.05	1.46	○	46.98	37.95
1.5~2.4	23.73	23.88	24.48	25.91	26.30	26.35	24.94	27.43	25.92	25.17	25.41	1.12	25.29	0.01	○	28.22	22.60
2.5~3.4	15.03	14.97	14.32	14.15	14.80	13.53	15.72	15.66	13.65	16.58	14.84	0.92	15.68	0.69	○	17.13	12.55
3.5~4.4	7.14	7.00	7.21	6.18	7.13	6.61	8.65	7.70	6.50	7.55	7.17	0.66	9.21	7.75	×	8.83	5.51
4.5~5.4	2.61	2.53	2.29	2.57	2.69	2.57	3.40	2.67	2.22	3.27	2.68	0.36	3.36	2.89	○	3.58	1.79
5.4~6.4	1.21	0.79	0.89	1.19	1.22	0.87	1.43	0.94	1.19	1.05	1.08	0.19	1.24	0.61	○	1.56	0.60
6.5~7.4	0.27	0.21	0.47	0.32	0.52	0.27	0.30	0.22	0.32	0.14	0.30	0.11	0.27	0.06	○	0.58	0.03
7.5~8.4	0.19	0.02	0.29	0.22	0.21	0.14	0.02	0.13	0.14	0.02	0.14	0.09	0.13	0.02	○	0.36	-0.08
8.5~9.4	0.13	0.06	0.05	0.08	0.07	0.07	0.03	0.01	0.11	0.00	0.06	0.04	0.01	1.37	○	0.16	-0.03
9.5<	0.16	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.10	0.10	0.00	0.04	0.05	0.03	0.03	○	0.18	-0.09

表 3.2.8 JAEA気象観測所2017年の風速別出現頻度の異常年検定

風速 (m/s)	年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			2017		5.12	上限	下限
0.0~0.4	5.84	6.10	5.65	4.50	5.09	5.08	4.95	7.37	6.96	4.72	5.63	0.91	3.94	2.84	○	7.89	3.36
0.5~1.4	44.69	43.91	43.70	42.57	44.49	40.41	40.19	42.48	39.26	40.05	42.17	1.93	40.29	0.78	○	47.00	37.35
1.5~2.4	23.88	24.48	25.91	26.30	26.35	24.94	27.43	25.92	25.17	25.29	25.57	0.98	26.60	0.91	○	28.01	23.12
2.5~3.4	14.97	14.32	14.15	14.80	13.53	15.72	15.66	13.65	16.58	15.68	14.91	0.95	16.82	3.32	○	17.28	12.53
3.5~4.4	7.00	7.21	6.18	7.13	6.61	8.65	7.70	6.50	7.55	9.21	7.37	0.90	8.14	0.59	○	9.63	5.12
4.5~5.4	2.53	2.29	2.57	2.69	2.57	3.40	2.67	2.22	3.27	3.36	2.76	0.41	2.77	0.00	○	3.78	1.73
5.4~6.4	0.79	0.89	1.19	1.22	0.87	1.43	0.94	1.19	1.05	1.24	1.08	0.19	0.92	0.53	○	1.57	0.59
6.5~7.4	0.21	0.47	0.32	0.52	0.27	0.30	0.22	0.32	0.14	0.27	0.30	0.11	0.30	0.00	○	0.58	0.03
7.5~8.4	0.02	0.29	0.22	0.21	0.14	0.02	0.13	0.14	0.02	0.13	0.13	0.08	0.11	0.03	○	0.34	-0.08
8.5~9.4	0.06	0.05	0.08	0.07	0.07	0.03	0.01	0.11	0.00	0.01	0.05	0.03	0.06	0.04	○	0.13	-0.04
9.5<	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.10	0.10	0.00	0.03	0.03	0.04	0.05	0.11	○	0.13	-0.06

表 3.2.9 JAEA気象観測所2018年の風速別出現頻度の異常年検定

風速 (m/s)	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017			2018		5.12	上限	下限
0.0~0.4	6.10	5.65	4.50	5.09	5.08	4.95	7.37	6.96	4.72	3.94	5.44	1.03	3.61	2.56	○	8.02	2.86
0.5~1.4	43.91	43.70	42.57	44.49	40.41	40.19	42.48	39.26	40.05	40.29	41.73	1.81	37.75	3.98	○	46.25	37.22
1.5~2.4	24.48	25.91	26.30	26.35	24.94	27.43	25.92	25.17	25.29	26.60	25.84	0.84	26.26	0.20	○	27.93	23.74
2.5~3.4	14.32	14.15	14.80	13.53	15.72	15.66	13.65	16.58	15.68	16.82	15.09	1.11	16.34	1.03	○	17.87	12.31
3.5~4.4	7.21	6.18	7.13	6.61	8.65	7.70	6.50	7.55	9.21	8.14	7.49	0.92	9.11	2.53	○	9.79	5.18
4.5~5.4	2.29	2.57	2.69	2.57	3.40	2.67	2.22	3.27	3.36	2.77	2.78	0.40	4.24	10.76	×	3.79	1.78
5.4~6.4	0.89	1.19	1.22	0.87	1.43	0.94	1.19	1.05	1.24	0.92	1.09	0.18	1.95	18.94	×	1.54	0.65
6.5~7.4	0.47	0.32	0.52	0.27	0.30	0.22	0.32	0.14	0.27	0.30	0.31	0.10	0.49	2.40	○	0.57	0.05
7.5~8.4	0.29	0.22	0.21	0.14	0.02	0.13	0.14	0.02	0.13	0.11	0.14	0.08	0.17	0.14	○	0.33	-0.05
8.5~9.4	0.05	0.08	0.07	0.07	0.03	0.01	0.11	0.00	0.01	0.06	0.05	0.03	0.05	0.01	○	0.13	-0.04
9.5<	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.10	0.10	0.00	0.03	0.05	0.03	0.04	0.03	0.00	○	0.13	-0.06

表 3.2.10 JAEA気象観測所2019年の風速別出現頻度の異常年検定

風速 (m/s)	年										平均値	S	検定年 2019	F	F(5%) 5.12	棄却限界(5%)	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018						上限	下限
0.0~0.4	5.65	4.50	5.09	5.08	4.95	7.37	6.96	4.72	3.94	3.61	5.19	1.14	3.50	1.80	○	8.03	2.34
0.5~1.4	43.70	42.57	44.49	40.41	40.19	42.48	39.26	40.05	40.29	37.75	41.12	2.00	37.79	2.26	○	46.12	36.12
1.5~2.4	25.91	26.30	26.35	24.94	27.43	25.92	25.17	25.29	26.60	26.26	26.02	0.71	27.72	4.72	○	27.79	24.24
2.5~3.4	14.15	14.80	13.53	15.72	15.66	13.65	16.58	15.68	16.82	16.34	15.29	1.14	17.13	2.14	○	18.13	12.45
3.5~4.4	6.18	7.13	6.61	8.65	7.70	6.50	7.55	9.21	8.14	9.11	7.68	1.03	8.32	0.32	○	10.26	5.09
4.5~5.4	2.57	2.69	2.57	3.40	2.67	2.22	3.27	3.36	2.77	4.24	2.98	0.56	3.32	0.31	○	4.37	1.58
5.4~6.4	1.19	1.22	0.87	1.43	0.94	1.19	1.05	1.24	0.92	1.95	1.20	0.30	1.44	0.53	○	1.95	0.45
6.5~7.4	0.32	0.52	0.27	0.30	0.22	0.32	0.14	0.27	0.30	0.49	0.31	0.11	0.45	1.22	○	0.59	0.04
7.5~8.4	0.22	0.21	0.14	0.02	0.13	0.14	0.02	0.13	0.11	0.17	0.13	0.06	0.24	2.66	○	0.28	-0.03
8.5~9.4	0.08	0.07	0.07	0.03	0.01	0.11	0.00	0.01	0.06	0.05	0.05	0.03	0.03	0.16	○	0.13	-0.04
9.5<	0.03	0.01	0.01	0.00	0.10	0.10	0.00	0.03	0.05	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	○	0.13	-0.05

表 3.2.11 JAEA気象観測所2015年の月別降水量の異常年検定

月	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014						2015	5.12	上限	下限
1	74.00	42.00	62.50	9.50	82.00	2.00	4.00	26.50	55.00	21.50	37.90	25.50	61.50	0.70	○	101.69	-25.89
2	32.50	61.00	33.00	60.00	46.50	78.00	69.00	67.50	32.50	178.00	65.80	39.20	44.50	0.24	○	163.86	-32.26
3	65.50	52.50	56.50	56.00	98.00	116.50	70.50	140.50	64.00	103.50	82.35	28.23	79.00	0.01	○	152.97	11.73
4	44.50	83.50	72.00	188.50	180.50	190.00	114.50	95.00	130.50	156.50	125.55	42.20	95.00	0.43	○	231.12	19.98
5	48.50	121.00	117.50	153.50	63.50	133.50	152.50	302.50	80.00	156.50	132.90	61.74	88.50	0.42	○	287.36	-21.56
6	61.50	145.00	156.50	117.50	123.50	154.00	94.00	174.50	115.00	225.00	136.65	35.82	116.00	0.27	○	226.25	47.05
7	239.00	345.00	230.00	51.50	55.50	72.00	216.00	101.00	161.00	145.00	161.60	87.54	174.50	0.02	○	380.58	-57.38
8	284.00	76.50	58.00	141.50	181.50	11.00	108.50	32.00	66.00	95.50	105.45	51.14	60.00	0.65	○	233.38	-22.48
9	65.50	141.00	170.00	147.00	11.50	251.00	244.50	220.50	127.50	50.50	142.90	74.04	191.00	0.35	○	328.13	-42.33
10	154.00	209.00	147.00	155.00	233.00	205.50	165.50	123.50	296.00	226.00	191.45	47.91	33.50	8.89	×	311.29	71.61
11	45.50	100.00	33.50	60.50	165.00	73.50	64.50	55.50	17.50	49.00	66.45	38.51	157.00	4.52	○	162.79	-29.89
12	9.00	159.50	79.50	47.00	85.50	126.00	33.00	54.00	36.50	58.00	68.80	38.77	25.00	1.04	○	165.77	-28.17

表 3.2.12 JAEA気象観測所2016年の月別降水量の異常年検定

月	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015			2016		5.12	上限	下限
1	42.00	62.50	9.50	82.00	2.00	4.00	26.50	55.00	21.50	61.50	36.65	26.49	57.00	0.48	○	102.91	-29.61
2	61.00	33.00	60.00	46.50	78.00	69.00	67.50	32.50	178.00	44.50	67.00	39.71	20.00	1.15	○	166.33	-32.33
3	52.50	56.50	56.00	98.00	116.50	70.50	140.50	64.00	103.50	79.00	83.70	26.44	30.50	3.31	○	149.84	17.56
4	83.50	72.00	188.50	180.50	190.00	114.50	95.00	130.50	156.50	95.00	130.60	40.34	102.50	0.40	○	231.50	29.70
5	121.00	117.50	153.50	63.50	133.50	152.50	302.50	80.00	156.50	88.50	136.90	62.99	83.00	0.60	○	294.48	-20.68
6	145.00	156.50	117.50	123.50	154.00	94.00	174.50	115.00	225.00	116.00	142.10	35.99	101.50	1.04	○	232.13	52.07
7	345.00	230.00	51.50	55.50	72.00	216.00	101.00	161.00	145.00	174.50	155.15	63.51	39.00	2.74	○	314.03	-3.73
8	76.50	58.00	141.50	181.50	11.00	108.50	32.00	66.00	95.50	60.00	83.05	48.12	345.00	24.24	×	203.43	-37.33
9	141.00	170.00	147.00	11.50	251.00	244.50	220.50	127.50	50.50	191.00	155.45	74.40	163.50	0.01	○	341.57	-30.67
10	209.00	147.00	155.00	233.00	205.50	165.50	123.50	296.00	226.00	33.50	179.40	67.51	88.00	1.50	○	348.27	10.53
11	100.00	33.50	60.50	165.00	73.50	64.50	55.50	17.50	49.00	157.00	77.60	46.14	70.00	0.02	○	193.02	-37.82
12	159.50	79.50	47.00	85.50	126.00	33.00	54.00	36.50	58.00	25.00	70.40	29.97	47.00	0.50	○	145.37	-4.57

表 3.2.13 JAEA気象観測所2017年の月別降水量の異常年検定

月	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016						2017	5.12	上限	下限
1	62.50	9.50	82.00	2.00	4.00	26.50	55.00	21.50	61.50	57.00	38.15	26.10	19.00	0.44	○	103.45	-27.15
2	33.00	60.00	46.50	78.00	69.00	67.50	32.50	178.00	44.50	20.00	62.90	41.13	15.00	1.11	○	165.78	-39.98
3	56.50	56.00	98.00	116.50	70.50	140.50	64.00	103.50	79.00	30.50	81.50	30.24	54.50	0.65	○	157.16	5.84
4	72.00	188.50	180.50	190.00	114.50	95.00	130.50	156.50	95.00	102.50	132.50	36.56	95.50	0.84	○	223.94	41.06
5	117.50	153.50	63.50	133.50	152.50	302.50	80.00	156.50	88.50	83.00	133.10	64.96	67.50	0.83	○	295.60	-29.40
6	156.50	117.50	123.50	154.00	94.00	174.50	115.00	225.00	116.00	101.50	137.75	37.50	63.50	3.21	○	231.55	43.95
7	230.00	51.50	55.50	72.00	216.00	101.00	161.00	145.00	174.50	39.00	124.55	57.74	98.00	0.17	○	269.00	-19.90
8	58.00	141.50	181.50	11.00	108.50	32.00	66.00	95.50	60.00	345.00	109.90	90.48	106.00	0.00	○	336.25	-116.45
9	170.00	147.00	11.50	251.00	244.50	220.50	127.50	50.50	191.00	163.50	157.70	74.31	130.00	0.11	○	343.59	-28.19
10	147.00	155.00	233.00	205.50	165.50	123.50	296.00	226.00	33.50	88.00	167.30	72.14	311.50	3.27	○	347.77	-13.17
11	33.50	60.50	165.00	73.50	64.50	55.50	17.50	49.00	157.00	70.00	74.60	44.23	32.00	0.76	○	185.25	-36.05
12	79.50	47.00	85.50	126.00	33.00	54.00	36.50	58.00	25.00	47.00	59.15	28.02	19.00	1.68	○	129.24	-10.94

表 3.2.14 JAEA気象観測所2018年の月別降水量の異常年検定

月	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017			2018		5.12	上限	下限
1	9.50	82.00	2.00	4.00	26.50	55.00	21.50	61.50	57.00	19.00	33.80	26.44	32.50	0.00	○	99.95	-32.35
2	60.00	46.50	78.00	69.00	67.50	32.50	178.00	44.50	20.00	15.00	61.10	43.79	8.00	1.20	○	170.65	-48.45
3	56.00	98.00	116.50	70.50	140.50	64.00	103.50	79.00	30.50	54.50	81.30	31.43	172.00	6.82	×	159.91	2.69
4	188.50	180.50	190.00	114.50	95.00	130.50	156.50	95.00	102.50	95.50	134.85	38.31	90.00	1.12	○	230.68	39.02
5	153.50	63.50	133.50	152.50	302.50	80.00	156.50	88.50	83.00	67.50	128.10	68.01	153.00	0.11	○	298.23	-42.03
6	117.50	123.50	154.00	94.00	174.50	115.00	225.00	116.00	101.50	63.50	128.45	43.25	114.00	0.09	○	236.65	20.25
7	51.50	55.50	72.00	216.00	101.00	161.00	145.00	174.50	39.00	98.00	111.35	56.84	88.50	0.13	○	253.54	-30.84
8	141.50	181.50	11.00	108.50	32.00	66.00	95.50	60.00	345.00	106.00	114.70	90.36	108.00	0.00	○	340.75	-111.35
9	147.00	11.50	251.00	244.50	220.50	127.50	50.50	191.00	163.50	130.00	153.70	74.72	218.50	0.62	○	340.61	-33.21
10	155.00	233.00	205.50	165.50	123.50	296.00	226.00	33.50	88.00	311.50	183.75	83.75	47.50	2.17	○	393.25	-25.75
11	60.50	165.00	73.50	64.50	55.50	17.50	49.00	157.00	70.00	32.00	74.45	46.24	51.50	0.20	○	190.12	-41.22
12	47.00	85.50	126.00	33.00	54.00	36.50	58.00	25.00	47.00	19.00	53.10	30.16	27.50	0.59	○	128.54	-22.34

表 3.2.15 JAEA気象観測所2019年の月別降水量の異常年検定

月	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018			2019		5.12	上限	下限
1	82.00	2.00	4.00	26.50	55.00	21.50	61.50	57.00	19.00	32.50	36.10	25.20	8.00	1.02	○	99.14	-26.94
2	46.50	78.00	69.00	67.50	32.50	178.00	44.50	20.00	15.00	8.00	55.90	46.61	40.00	0.10	○	172.50	-60.70
3	98.00	116.50	70.50	140.50	64.00	103.50	79.00	30.50	54.50	172.00	92.90	40.15	68.50	0.30	○	193.33	-7.53
4	180.50	190.00	114.50	95.00	130.50	156.50	95.00	102.50	95.50	90.00	125.00	35.83	73.00	1.72	○	214.64	35.36
5	63.50	133.50	152.50	302.50	80.00	156.50	88.50	83.00	67.50	153.00	128.05	67.99	93.50	0.21	○	298.13	-42.03
6	123.50	154.00	94.00	174.50	115.00	225.00	116.00	101.50	63.50	114.00	128.10	43.35	159.50	0.43	○	236.55	19.65
7	55.50	72.00	216.00	101.00	161.00	145.00	174.50	39.00	98.00	88.50	115.05	53.95	101.50	0.05	○	250.02	-19.92
8	181.50	11.00	108.50	32.00	66.00	95.50	60.00	345.00	106.00	108.00	111.35	89.93	89.50	0.05	○	336.31	-113.61
9	11.50	251.00	244.50	220.50	127.50	50.50	191.00	163.50	130.00	218.50	160.85	77.12	133.00	0.11	○	353.76	-32.06
10	233.00	205.50	165.50	123.50	296.00	226.00	33.50	88.00	311.50	47.50	173.00	93.12	317.50	1.97	○	405.95	-59.95
11	165.00	73.50	64.50	55.50	17.50	49.00	157.00	70.00	32.00	51.50	73.55	46.59	121.50	0.87	○	190.09	-42.99
12	85.50	126.00	33.00	54.00	36.50	58.00	25.00	47.00	19.00	27.50	51.15	31.11	48.50	0.01	○	128.96	-26.66

表 3.2.16 アメダス浪江2015年の風向別出現頻度の異常年検定

風向	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			2015		5.12	上限	下限
北	5.84	6.07	5.72	6.90	6.60	4.84	4.47	4.69	4.96	4.65	5.48	0.83	5.88	0.20	○	7.54	3.41
北北東	3.73	4.48	4.35	4.59	4.87	4.00	3.18	3.52	3.59	3.72	4.00	0.52	3.72	0.24	○	5.30	2.71
北東	3.14	3.11	3.41	3.37	3.46	3.29	2.89	3.60	3.14	3.12	3.25	0.20	3.14	0.27	○	3.75	2.76
東北東	1.72	2.16	1.87	2.27	2.34	2.55	2.87	3.58	3.23	3.10	2.57	0.58	3.37	1.57	○	4.01	1.13
東	2.55	2.55	2.08	2.26	2.32	3.92	4.12	4.00	3.90	4.23	3.19	0.85	4.51	1.95	○	5.33	1.05
東南東	5.83	5.83	6.42	6.46	5.69	6.63	6.39	5.21	5.54	5.38	5.94	0.48	5.33	1.32	○	7.13	4.75
南東	5.49	5.04	4.50	4.61	5.31	5.72	5.76	4.49	4.52	4.40	4.98	0.52	5.01	0.00	○	6.28	3.68
南南東	5.58	6.16	5.76	5.18	6.57	6.48	6.55	5.92	6.24	5.28	5.97	0.49	5.89	0.02	○	7.19	4.76
南	2.59	2.50	2.67	2.15	3.23	2.99	3.56	3.52	3.14	4.00	3.03	0.54	3.37	0.32	○	4.38	1.69
南南西	1.97	1.64	1.43	1.22	1.90	3.12	3.17	2.56	3.13	3.15	2.33	0.74	3.33	1.50	○	4.19	0.47
南西	3.48	2.94	2.36	2.23	3.46	4.61	4.35	4.43	5.12	4.92	3.79	0.99	5.29	1.85	○	6.28	1.31
西南西	5.74	4.43	3.97	3.93	5.39	7.26	7.27	7.16	8.00	7.95	6.11	1.53	8.67	2.27	○	9.95	2.27
西	8.46	6.70	6.94	6.63	7.70	9.16	9.88	9.57	10.18	11.72	8.69	1.62	10.44	0.95	○	12.73	4.65
西北西	9.53	8.55	9.68	8.86	8.99	9.84	10.98	10.85	10.69	11.67	9.97	0.99	12.13	3.93	○	12.43	7.50
北西	7.68	8.98	7.39	7.57	8.34	7.89	8.65	9.16	9.27	9.32	8.42	0.71	9.90	3.50	○	10.21	6.64
北北西	7.90	9.61	8.21	8.25	9.78	8.27	8.07	9.20	8.04	8.41	8.57	0.65	9.18	0.71	○	10.21	6.94
静穏	18.74	19.25	23.24	23.50	14.02	9.44	7.82	8.55	7.31	4.99	13.69	6.63	0.84	3.07	○	30.27	-2.89

表 3.2.17 アメダス浪江2016年の風向別出現頻度の異常年検定

風向	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015			2016		5.12	上限	下限
北	6.07	5.72	6.90	6.60	4.84	4.47	4.69	4.96	4.65	5.88	5.48	0.83	5.55	0.01	○	7.55	3.41
北北東	4.48	4.35	4.59	4.87	4.00	3.18	3.52	3.59	3.72	3.72	4.00	0.52	3.82	0.10	○	5.30	2.71
北東	3.11	3.41	3.37	3.46	3.29	2.89	3.60	3.14	3.12	3.14	3.25	0.20	3.49	1.13	○	3.75	2.76
東北東	2.16	1.87	2.27	2.34	2.55	2.87	3.58	3.23	3.10	3.37	2.73	0.55	3.08	0.34	○	4.10	1.37
東	2.55	2.08	2.26	2.32	3.92	4.12	4.00	3.90	4.23	4.51	3.39	0.91	4.16	0.59	○	5.66	1.12
東南東	5.83	6.42	6.46	5.69	6.63	6.39	5.21	5.54	5.38	5.33	5.89	0.51	4.81	3.68	○	7.16	4.61
南東	5.04	4.50	4.61	5.31	5.72	5.76	4.49	4.52	4.40	5.01	4.94	0.49	5.42	0.78	○	6.17	3.71
南南東	6.16	5.76	5.18	6.57	6.48	6.55	5.92	6.24	5.28	5.89	6.00	0.47	6.70	1.80	○	7.18	4.83
南	2.50	2.67	2.15	3.23	2.99	3.56	3.52	3.14	4.00	3.37	3.11	0.52	4.66	7.12	×	4.42	1.80
南南西	1.64	1.43	1.22	1.90	3.12	3.17	2.56	3.13	3.15	3.33	2.46	0.79	3.47	1.32	○	4.44	0.49
南西	2.94	2.36	2.23	3.46	4.61	4.35	4.43	5.12	4.92	5.29	3.97	1.08	4.61	0.28	○	6.67	1.27
西南西	4.43	3.97	3.93	5.39	7.26	7.27	7.16	8.00	7.95	8.67	6.40	1.70	6.93	0.08	○	10.67	2.14
西	6.70	6.94	6.63	7.70	9.16	9.88	9.57	10.18	11.72	10.44	8.89	1.69	9.50	0.10	○	13.13	4.65
西北西	8.55	9.68	8.86	8.99	9.84	10.98	10.85	10.69	11.67	12.13	10.23	1.16	11.11	0.48	○	13.13	7.32
北西	8.98	7.39	7.57	8.34	7.89	8.65	9.16	9.27	9.32	9.90	8.65	0.79	10.47	4.36	○	10.62	6.67
北北西	9.61	8.21	8.25	9.78	8.27	8.07	9.20	8.04	8.41	9.18	8.70	0.63	8.99	0.17	○	10.29	7.11
静穏	19.25	23.24	23.50	14.02	9.44	7.82	8.55	7.31	4.99	0.84	11.90	7.39	3.25	1.12	○	30.39	-6.60

表 3.2.18 アメダス浪江2017年の風向別出現頻度の異常年検定

月	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			2017		5.12	上限	下限
北	5.72	6.90	6.60	4.84	4.47	4.69	4.96	4.65	5.88	5.55	5.43	0.81	4.76	0.56	○	7.44	3.41
北北東	4.35	4.59	4.87	4.00	3.18	3.52	3.59	3.72	3.72	3.82	3.94	0.49	3.69	0.21	○	5.17	2.70
北東	3.41	3.37	3.46	3.29	2.89	3.60	3.14	3.12	3.14	3.49	3.29	0.20	2.98	1.90	○	3.80	2.78
東北東	1.87	2.27	2.34	2.55	2.87	3.58	3.23	3.10	3.37	3.08	2.83	0.52	3.11	0.24	○	4.13	1.53
東	2.08	2.26	2.32	3.92	4.12	4.00	3.90	4.23	4.51	4.16	3.55	0.89	3.72	0.03	○	5.77	1.33
東南東	6.42	6.46	5.69	6.63	6.39	5.21	5.54	5.38	5.33	4.81	5.79	0.61	5.04	1.26	○	7.30	4.27
南東	4.50	4.61	5.31	5.72	5.76	4.49	4.52	4.40	5.01	5.42	4.97	0.51	4.51	0.67	○	6.26	3.69
南南東	5.76	5.18	6.57	6.48	6.55	5.92	6.24	5.28	5.89	6.70	6.06	0.51	5.62	0.60	○	7.34	4.77
南	2.67	2.15	3.23	2.99	3.56	3.52	3.14	4.00	3.37	4.66	3.33	0.65	3.57	0.12	○	4.96	1.69
南南西	1.43	1.22	1.90	3.12	3.17	2.56	3.13	3.15	3.33	3.47	2.65	0.79	3.36	0.66	○	4.62	0.67
南西	2.36	2.23	3.46	4.61	4.35	4.43	5.12	4.92	5.29	4.61	4.14	1.04	4.70	0.24	○	6.73	1.55
西南西	3.97	3.93	5.39	7.26	7.27	7.16	8.00	7.95	8.67	6.93	6.65	1.58	8.19	0.77	○	10.59	2.71
西	6.94	6.63	7.70	9.16	9.88	9.57	10.18	11.72	10.44	9.50	9.17	1.53	10.68	0.79	○	13.00	5.34
西北西	9.68	8.86	8.99	9.84	10.98	10.85	10.69	11.67	12.13	11.11	10.48	1.04	11.76	1.23	○	13.09	7.88
北西	7.39	7.57	8.34	7.89	8.65	9.16	9.27	9.32	9.90	10.47	8.80	0.96	9.77	0.85	○	11.19	6.40
北北西	8.21	8.25	9.78	8.27	8.07	9.20	8.04	8.41	9.18	8.99	8.64	0.57	9.63	2.45	○	10.06	7.21
静穏	23.24	23.50	14.02	9.44	7.82	8.55	7.31	4.99	0.84	3.25	10.30	7.36	4.92	0.44	○	28.71	-8.12

表 3.2.19 アメダス浪江2018年の風向別出現頻度の異常年検定

風向	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017			2018		5.12	上限	下限
北	6.90	6.60	4.84	4.47	4.69	4.96	4.65	5.88	5.55	4.76	5.33	0.82	5.16	0.03	○	7.39	3.27
北北東	4.59	4.87	4.00	3.18	3.52	3.59	3.72	3.72	3.82	3.69	3.87	0.48	3.33	1.02	○	5.07	2.67
北東	3.37	3.46	3.29	2.89	3.60	3.14	3.12	3.14	3.49	2.98	3.25	0.22	2.92	1.79	○	3.80	2.70
東北東	2.27	2.34	2.55	2.87	3.58	3.23	3.10	3.37	3.08	3.11	2.95	0.41	3.02	0.02	○	3.99	1.91
東	2.26	2.32	3.92	4.12	4.00	3.90	4.23	4.51	4.16	3.72	3.71	0.74	3.79	0.01	○	5.56	1.86
東南東	6.46	5.69	6.63	6.39	5.21	5.54	5.38	5.33	4.81	5.04	5.65	0.60	5.34	0.21	○	7.16	4.14
南東	4.61	5.31	5.72	5.76	4.49	4.52	4.40	5.01	5.42	4.51	4.98	0.51	5.25	0.24	○	6.26	3.70
南南東	5.18	6.57	6.48	6.55	5.92	6.24	5.28	5.89	6.70	5.62	6.04	0.52	6.45	0.50	○	7.35	4.73
南	2.15	3.23	2.99	3.56	3.52	3.14	4.00	3.37	4.66	3.57	3.42	0.62	3.06	0.28	○	4.96	1.87
南南西	1.22	1.90	3.12	3.17	2.56	3.13	3.15	3.33	3.47	3.36	2.84	0.70	3.12	0.13	○	4.58	1.09
南西	2.23	3.46	4.61	4.35	4.43	5.12	4.92	5.29	4.61	4.70	4.37	0.86	5.03	0.47	○	6.52	2.23
西南西	3.93	5.39	7.26	7.27	7.16	8.00	7.95	8.67	6.93	8.19	7.08	1.35	7.89	0.30	○	10.45	3.70
西	6.63	7.70	9.16	9.88	9.57	10.18	11.72	10.44	9.50	10.68	9.54	1.39	10.48	0.37	○	13.03	6.06
西北西	8.86	8.99	9.84	10.98	10.85	10.69	11.67	12.13	11.11	11.76	10.69	1.07	10.62	0.00	○	13.36	8.02
北西	7.57	8.34	7.89	8.65	9.16	9.27	9.32	9.90	10.47	9.77	9.03	0.87	8.87	0.03	○	11.21	6.85
北北西	8.25	9.78	8.27	8.07	9.20	8.04	8.41	9.18	8.99	9.63	8.78	0.62	10.03	3.32	○	10.33	7.23
静穏	23.50	14.02	9.44	7.82	8.55	7.31	4.99	0.84	3.25	4.92	8.47	6.08	5.62	0.18	○	23.68	-6.74

表 3.2.20 アメダス浪江2019年の風向別出現頻度の異常年検定

風向	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018			2019		5.12	上限	下限
北	6.60	4.84	4.47	4.69	4.96	4.65	5.88	5.55	4.76	5.16	5.16	0.63	5.69	0.58	○	6.74	3.57
北北東	4.87	4.00	3.18	3.52	3.59	3.72	3.72	3.82	3.69	3.33	3.74	0.44	3.83	0.03	○	4.83	2.66
北東	3.46	3.29	2.89	3.60	3.14	3.12	3.14	3.49	2.98	2.92	3.20	0.24	3.04	0.40	○	3.79	2.62
東北東	2.34	2.55	2.87	3.58	3.23	3.10	3.37	3.08	3.11	3.02	3.02	0.35	3.24	0.33	○	3.89	2.16
東	2.32	3.92	4.12	4.00	3.90	4.23	4.51	4.16	3.72	3.79	3.87	0.56	3.67	0.10	○	5.27	2.47
東南東	5.69	6.63	6.39	5.21	5.54	5.38	5.33	4.81	5.04	5.34	5.54	0.54	4.76	1.65	○	6.89	4.18
南東	5.31	5.72	5.76	4.49	4.52	4.40	5.01	5.42	4.51	5.25	5.04	0.50	4.49	0.98	○	6.30	3.78
南南東	6.57	6.48	6.55	5.92	6.24	5.28	5.89	6.70	5.62	6.45	6.17	0.45	7.32	5.41	×	7.29	5.05
南	3.23	2.99	3.56	3.52	3.14	4.00	3.37	4.66	3.57	3.06	3.51	0.48	3.93	0.64	○	4.70	2.32
南南西	1.90	3.12	3.17	2.56	3.13	3.15	3.33	3.47	3.36	3.12	3.03	0.44	3.27	0.24	○	4.14	1.92
南西	3.46	4.61	4.35	4.43	5.12	4.92	5.29	4.61	4.70	5.03	4.65	0.49	4.71	0.01	○	5.88	3.43
西南西	5.39	7.26	7.27	7.16	8.00	7.95	8.67	6.93	8.19	7.89	7.47	0.86	7.24	0.06	○	9.63	5.32
西	7.70	9.16	9.88	9.57	10.18	11.72	10.44	9.50	10.68	10.48	9.93	1.01	9.15	0.48	○	12.46	7.40
西北西	8.99	9.84	10.98	10.85	10.69	11.67	12.13	11.11	11.76	10.62	10.87	0.88	11.24	0.15	○	13.07	8.66
北西	8.34	7.89	8.65	9.16	9.27	9.32	9.90	10.47	9.77	8.87	9.16	0.73	9.97	1.01	○	10.99	7.34
北北西	9.78	8.27	8.07	9.20	8.04	8.41	9.18	8.99	9.63	10.03	8.96	0.69	9.51	0.51	○	10.69	7.23
静穏	14.02	9.44	7.82	8.55	7.31	4.99	0.84	3.25	4.92	5.62	6.68	3.46	4.92	0.21	○	15.33	-1.98

表 3.2.21 アメダス浪江2015年の風速別出現頻度の異常年検定

風速 (m/s)	比較年										平均値	S	検定年 2015	F	F(5%) 5.12	棄却限界(5%)	
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014						上限	下限
0.0~0.4	42.64	19.25	23.24	24.13	22.33	15.71	13.08	13.96	12.63	9.67	19.66	8.99	2.58	2.95	○	42.16	-2.83
0.5~1.4	25.67	38.30	37.89	37.78	36.76	36.50	36.81	35.10	35.84	37.29	35.80	3.50	44.79	5.42	×	44.54	27.05
1.5~2.4	15.35	21.23	19.76	19.36	20.84	23.56	24.41	23.72	24.62	25.49	21.84	2.97	25.28	1.10	○	29.26	14.41
2.5~3.4	8.89	11.47	10.70	10.56	11.23	12.70	13.94	15.04	13.54	13.84	12.19	1.82	14.30	1.09	○	16.75	7.63
3.5~4.4	4.39	5.61	4.75	4.62	5.25	5.91	6.45	6.86	6.53	6.96	5.73	0.91	6.84	1.22	○	8.00	3.46
4.5~5.4	1.84	2.38	1.85	2.07	2.14	2.74	2.78	3.17	3.52	3.60	2.61	0.62	3.28	0.94	○	4.17	1.04
5.4~6.4	0.78	1.04	0.83	0.88	0.93	1.45	1.16	1.25	1.66	1.46	1.14	0.29	1.72	3.30	○	1.87	0.42
6.5~7.4	0.31	0.46	0.42	0.41	0.31	0.63	0.74	0.42	0.83	0.98	0.55	0.22	0.61	0.05	○	1.10	0.00
7.5~8.4	0.09	0.14	0.29	0.11	0.15	0.26	0.34	0.28	0.40	0.37	0.24	0.11	0.30	0.22	○	0.51	-0.02
8.5~9.4	0.04	0.07	0.18	0.02	0.06	0.17	0.20	0.13	0.21	0.19	0.13	0.07	0.22	1.37	○	0.30	-0.05
9.5<	0.00	0.05	0.09	0.06	0.01	0.37	0.10	0.07	0.22	0.14	0.11	0.10	0.09	0.03	○	0.37	-0.15

表 3.2.22 アメダス浪江2016年の風速別出現頻度の異常年検定

風速 (m/s)	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015			2016		5.12	上限	下限
0.0~0.4	19.25	23.24	24.13	22.33	15.71	13.08	13.96	12.63	9.67	2.58	15.66	6.42	6.55	1.65	○	31.72	-0.40
0.5~1.4	38.30	37.89	37.78	36.76	36.50	36.81	35.10	35.84	37.29	44.79	37.71	2.53	39.34	0.34	○	44.05	31.37
1.5~2.4	21.23	19.76	19.36	20.84	23.56	24.41	23.72	24.62	25.49	25.28	22.83	2.19	25.25	1.00	○	28.31	17.34
2.5~3.4	11.47	10.70	10.56	11.23	12.70	13.94	15.04	13.54	13.84	14.30	12.73	1.54	15.59	2.81	○	16.59	8.87
3.5~4.4	5.61	4.75	4.62	5.25	5.91	6.45	6.86	6.53	6.96	6.84	5.98	0.84	7.55	2.88	○	8.08	3.88
4.5~5.4	2.38	1.85	2.07	2.14	2.74	2.78	3.17	3.52	3.60	3.28	2.75	0.60	3.28	0.64	○	4.24	1.26
5.4~6.4	1.04	0.83	0.88	0.93	1.45	1.16	1.25	1.66	1.46	1.72	1.24	0.31	1.41	0.26	○	2.01	0.47
6.5~7.4	0.46	0.42	0.41	0.31	0.63	0.74	0.42	0.83	0.98	0.61	0.58	0.20	0.56	0.01	○	1.09	0.07
7.5~8.4	0.14	0.29	0.11	0.15	0.26	0.34	0.28	0.40	0.37	0.30	0.26	0.09	0.29	0.07	○	0.50	0.03
8.5~9.4	0.07	0.18	0.02	0.06	0.17	0.20	0.13	0.21	0.19	0.22	0.15	0.07	0.09	0.50	○	0.31	-0.02
9.5<	0.05	0.09	0.06	0.01	0.37	0.10	0.07	0.22	0.14	0.09	0.12	0.10	0.08	0.12	○	0.36	-0.13

表 3.2.23 アメダス浪江2017年の風速別出現頻度の異常年検定

風速 (m/s)	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			2017		5.12	上限	下限
0.0~0.4	23.24	24.13	22.33	15.71	13.08	13.96	12.63	9.67	2.58	6.55	14.39	6.83	9.59	0.40	○	30.82	-17.17
0.5~1.4	37.89	37.78	36.76	36.50	36.81	35.10	35.84	37.29	44.79	39.34	37.81	2.58	34.96	1.00	○	90.04	-84.88
1.5~2.4	19.76	19.36	20.84	23.56	24.41	23.72	24.62	25.49	25.28	25.25	23.23	2.23	24.39	0.22	○	63.24	-58.78
2.5~3.4	10.70	10.56	11.23	12.70	13.94	15.04	13.54	13.84	14.30	15.59	13.14	1.70	15.03	1.01	○	39.28	-35.89
3.5~4.4	4.75	4.62	5.25	5.91	6.45	6.86	6.53	6.96	6.84	7.55	6.17	0.95	8.93	6.89	×	23.29	-21.39
4.5~5.4	1.85	2.07	2.14	2.74	2.78	3.17	3.52	3.60	3.28	3.28	2.84	0.60	4.09	3.52	○	10.83	-9.62
5.4~6.4	0.83	0.88	0.93	1.45	1.16	1.25	1.66	1.46	1.72	1.41	1.28	0.30	1.74	1.87	○	4.65	-4.04
6.5~7.4	0.42	0.41	0.31	0.63	0.74	0.42	0.83	0.98	0.61	0.56	0.59	0.20	0.69	0.19	○	1.91	-1.51
7.5~8.4	0.29	0.11	0.15	0.26	0.34	0.28	0.40	0.37	0.30	0.29	0.28	0.08	0.26	0.03	○	0.74	-0.57
8.5~9.4	0.18	0.02	0.06	0.17	0.20	0.13	0.21	0.19	0.22	0.09	0.15	0.06	0.19	0.42	○	0.55	-0.42
9.5<	0.09	0.06	0.01	0.37	0.10	0.07	0.22	0.14	0.09	0.08	0.12	0.10	0.14	0.02	○	0.44	-0.25

表 3.2.24 アメダス浪江2018年の風速別出現頻度の異常年検定

風速 (m/s)	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017			2018		5.12	上限	下限
0.0~0.4	24.13	22.33	15.71	13.08	13.96	12.63	9.67	2.58	6.55	9.59	13.02	6.26	9.98	0.19	○	31.23	-18.71
0.5~1.4	37.78	36.76	36.50	36.81	35.10	35.84	37.29	44.79	39.34	34.96	37.52	2.71	34.76	0.84	○	89.68	-84.25
1.5~2.4	19.36	20.84	23.56	24.41	23.72	24.62	25.49	25.28	25.25	24.39	23.69	1.92	24.66	0.21	○	63.60	-59.76
2.5~3.4	10.56	11.23	12.70	13.94	15.04	13.54	13.84	14.30	15.59	15.03	13.58	1.56	16.50	2.87	○	42.85	-39.72
3.5~4.4	4.62	5.25	5.91	6.45	6.86	6.53	6.96	6.84	7.55	8.93	6.59	1.13	7.94	1.16	○	20.99	-18.72
4.5~5.4	2.07	2.14	2.74	2.78	3.17	3.52	3.60	3.28	3.28	4.09	3.07	0.61	3.53	0.48	○	9.43	-8.22
5.4~6.4	0.88	0.93	1.45	1.16	1.25	1.66	1.46	1.72	1.41	1.74	1.37	0.29	1.23	0.17	○	3.38	-2.79
6.5~7.4	0.41	0.31	0.63	0.74	0.42	0.83	0.98	0.61	0.56	0.69	0.62	0.19	0.56	0.07	○	1.59	-1.21
7.5~8.4	0.11	0.15	0.26	0.34	0.28	0.40	0.37	0.30	0.29	0.26	0.28	0.08	0.42	2.50	○	1.14	-0.97
8.5~9.4	0.02	0.06	0.17	0.20	0.13	0.21	0.19	0.22	0.09	0.19	0.15	0.07	0.22	0.89	○	0.61	-0.48
9.5<	0.06	0.01	0.37	0.10	0.07	0.22	0.14	0.09	0.08	0.14	0.13	0.10	0.19	0.41	○	0.58	-0.39

表 3.2.25 アメダス浪江2019年の風速別出現頻度の異常年検定

風速 (m/s)	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018			2019		5.12	上限	下限
0.0~0.4	22.33	15.71	13.08	13.96	12.63	9.67	2.58	6.55	9.59	9.98	11.61	5.08	9.79	0.10	○	24.32	-1.10
0.5~1.4	36.76	36.50	36.81	35.10	35.84	37.29	44.79	39.34	34.96	34.76	37.22	2.83	34.86	0.57	○	44.30	30.13
1.5~2.4	20.84	23.56	24.41	23.72	24.62	25.49	25.28	25.25	24.39	24.66	24.22	1.28	24.47	0.03	○	27.42	21.03
2.5~3.4	11.23	12.70	13.94	15.04	13.54	13.84	14.30	15.59	15.03	16.50	14.17	1.43	14.64	0.09	○	17.74	10.60
3.5~4.4	5.25	5.91	6.45	6.86	6.53	6.96	6.84	7.55	8.93	7.94	6.92	0.98	8.64	2.49	○	9.38	4.46
4.5~5.4	2.14	2.74	2.78	3.17	3.52	3.60	3.28	3.28	4.09	3.53	3.21	0.52	4.30	3.59	○	4.51	1.92
5.4~6.4	0.93	1.45	1.16	1.25	1.66	1.46	1.72	1.41	1.74	1.23	1.40	0.25	1.89	3.06	○	2.03	0.78
6.5~7.4	0.31	0.63	0.74	0.42	0.83	0.98	0.61	0.56	0.69	0.56	0.63	0.18	0.86	1.25	○	1.09	0.17
7.5~8.4	0.15	0.26	0.34	0.28	0.40	0.37	0.30	0.29	0.26	0.42	0.31	0.08	0.39	0.97	○	0.50	0.12
8.5~9.4	0.06	0.17	0.20	0.13	0.21	0.19	0.22	0.09	0.19	0.22	0.17	0.05	0.07	2.91	○	0.30	0.04
9.5<	0.01	0.37	0.10	0.07	0.22	0.14	0.09	0.08	0.14	0.19	0.14	0.09	0.10	0.13	○	0.38	-0.09

表 3.2.26 アメダス浪江2015年の月別降水量の異常年検定

月	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			2015		5.12	上限	下限
1	88.00	48.00	35.00	14.00	84.50	3.00	8.50	36.00	36.00	20.00	37.30	27.87	75.50	1.54	○	107.03	-32.43
2	71.00	80.00	29.00	37.00	48.00	65.50	68.50	44.00	21.00	164.00	62.80	38.43	44.50	0.19	○	158.95	-33.35
3	84.00	115.00	20.00	53.50	52.00	101.00	16.00	136.00	5.00	128.50	71.10	46.03	167.50	3.59	○	186.24	-44.04
4	36.00	95.00	109.00	380.00	152.50	234.50	60.00	28.50	188.50	125.50	140.95	100.93	113.00	0.06	○	393.44	-111.54
5	89.00	91.00	148.00	143.50	59.50	149.50	182.00	320.50	40.50	136.00	135.95	74.66	51.50	1.05	○	322.72	-50.82
6	57.00	208.00	117.00	127.00	143.50	115.50	69.50	217.50	124.00	254.50	143.35	60.87	111.50	0.22	○	295.62	-8.92
7	242.00	335.00	414.00	50.50	100.00	114.50	202.00	158.50	147.50	153.00	191.70	105.57	190.50	0.00	○	455.79	-72.39
8	265.00	54.00	111.00	334.00	174.50	11.50	98.00	18.50	53.50	214.50	133.45	104.08	213.00	0.48	○	393.82	-126.92
9	223.00	325.00	167.00	112.50	16.50	307.50	348.50	175.00	170.00	81.00	192.60	103.59	419.00	3.91	○	451.75	-66.55
10	68.00	634.00	211.00	166.00	384.00	173.00	136.50	225.50	382.00	328.50	270.85	156.77	3.50	2.38	○	663.01	-121.31
11	53.00	113.00	43.00	76.00	218.00	56.50	45.50	35.00	12.50	99.50	75.20	55.43	190.00	3.51	○	213.85	-63.45
12	59.00	127.00	59.00	44.00	62.00	230.50	45.50	48.50	58.50	58.50	79.25	55.19	46.00	0.30	○	217.32	-58.82

表 3.2.27 アメダス浪江2016年の月別降水量の異常年検定

月	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015			2016		5.12	上限	下限
1	48.00	35.00	14.00	84.50	3.00	8.50	36.00	36.00	20.00	75.50	36.05	25.77	89.50	3.52	○	100.52	-28.42
2	80.00	29.00	37.00	48.00	65.50	68.50	44.00	21.00	164.00	44.50	60.15	38.69	21.50	0.82	○	156.94	-36.64
3	115.00	20.00	53.50	52.00	101.00	16.00	136.00	5.00	128.50	167.50	79.45	54.42	28.00	0.73	○	215.58	-56.68
4	95.00	109.00	380.00	152.50	234.50	60.00	28.50	188.50	125.50	113.00	148.65	95.42	133.50	0.02	○	387.35	-90.05
5	91.00	148.00	143.50	59.50	149.50	182.00	320.50	40.50	136.00	51.50	132.20	77.80	72.00	0.49	○	326.83	-62.43
6	208.00	117.00	127.00	143.50	115.50	69.50	217.50	124.00	254.50	111.50	148.80	55.06	180.00	0.26	○	286.53	11.07
7	335.00	414.00	50.50	100.00	114.50	202.00	158.50	147.50	153.00	190.50	186.55	104.24	24.50	1.98	○	447.31	-74.21
8	54.00	111.00	334.00	174.50	11.50	98.00	18.50	53.50	214.50	213.00	128.25	98.53	401.00	6.27	×	374.73	-118.23
9	325.00	167.00	112.50	16.50	307.50	348.50	175.00	170.00	81.00	419.00	212.20	124.02	346.50	0.96	○	522.44	-98.04
10	634.00	211.00	166.00	384.00	173.00	136.50	225.50	382.00	328.50	3.50	264.40	166.03	32.00	1.60	○	679.75	-150.95
11	113.00	43.00	76.00	218.00	56.50	45.50	35.00	12.50	99.50	190.00	88.90	64.44	52.50	0.26	○	250.11	-72.31
12	127.00	59.00	44.00	62.00	230.50	45.50	48.50	58.50	58.50	46.00	77.95	55.80	46.00	0.27	○	217.55	-61.65

表 3.2.28 アメダス浪江2017年の月別降水量の異常年検定

月	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			2017		5.12	上限	下限
1	35.00	14.00	84.50	3.00	8.50	36.00	36.00	20.00	75.50	89.50	40.20	30.31	43.00	0.01	○	116.01	-35.61
2	29.00	37.00	48.00	65.50	68.50	44.00	21.00	164.00	44.50	21.50	54.30	39.66	13.50	0.87	○	153.51	-44.91
3	20.00	53.50	52.00	101.00	16.00	136.00	5.00	128.50	167.50	28.00	70.75	54.99	82.50	0.04	○	208.32	-66.82
4	109.00	380.00	152.50	234.50	60.00	28.50	188.50	125.50	113.00	133.50	152.50	93.94	73.50	0.58	○	387.50	-82.50
5	148.00	143.50	59.50	149.50	182.00	320.50	40.50	136.00	51.50	72.00	130.30	79.01	123.00	0.01	○	327.94	-67.34
6	117.00	127.00	143.50	115.50	69.50	217.50	124.00	254.50	111.50	180.00	146.00	52.64	96.00	0.74	○	277.67	14.33
7	414.00	50.50	100.00	114.50	202.00	158.50	147.50	153.00	190.50	24.50	155.50	101.61	166.50	0.01	○	409.67	-98.67
8	111.00	334.00	174.50	11.50	98.00	18.50	53.50	214.50	213.00	401.00	162.95	124.06	152.00	0.01	○	473.31	-147.41
9	167.00	112.50	16.50	307.50	348.50	175.00	170.00	81.00	419.00	346.50	214.35	126.13	181.00	0.06	○	529.86	-101.16
10	211.00	166.00	384.00	173.00	136.50	225.50	382.00	328.50	3.50	32.00	204.20	125.24	392.50	1.85	○	517.48	-109.08
11	43.00	76.00	218.00	56.50	45.50	35.00	12.50	99.50	190.00	52.50	82.85	64.74	10.00	1.04	○	244.79	-79.09
12	59.00	44.00	62.00	230.50	45.50	48.50	58.50	58.50	46.00	46.00	69.85	53.94	19.50	0.71	○	204.79	-65.09

表 3.2.29 アメダス浪江2018年の月別降水量の異常年検定

月	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017			2018		5.12	上限	下限
1	35.00	14.00	84.50	3.00	8.50	36.00	36.00	20.00	75.50	89.50	40.20	30.31	45.00	0.02	○	116.01	-35.61
2	29.00	37.00	48.00	65.50	68.50	44.00	21.00	164.00	44.50	21.50	54.30	39.66	0.00	1.53	○	153.51	-44.91
3	20.00	53.50	52.00	101.00	16.00	136.00	5.00	128.50	167.50	28.00	70.75	54.99	195.00	4.18	○	208.32	-66.82
4	109.00	380.00	152.50	234.50	60.00	28.50	188.50	125.50	113.00	133.50	152.50	93.94	61.50	0.77	○	387.50	-82.50
5	148.00	143.50	59.50	149.50	182.00	320.50	40.50	136.00	51.50	72.00	130.30	79.01	108.00	0.07	○	327.94	-67.34
6	117.00	127.00	143.50	115.50	69.50	217.50	124.00	254.50	111.50	180.00	146.00	52.64	128.00	0.10	○	277.67	14.33
7	414.00	50.50	100.00	114.50	202.00	158.50	147.50	153.00	190.50	24.50	155.50	101.61	93.50	0.30	○	409.67	-98.67
8	111.00	334.00	174.50	11.50	98.00	18.50	53.50	214.50	213.00	401.00	162.95	124.06	151.50	0.01	○	473.31	-147.41
9	167.00	112.50	16.50	307.50	348.50	175.00	170.00	81.00	419.00	346.50	214.35	126.13	169.50	0.10	○	529.86	-101.16
10	211.00	166.00	384.00	173.00	136.50	225.50	382.00	328.50	3.50	32.00	204.20	125.24	71.50	0.92	○	517.48	-109.08
11	43.00	76.00	218.00	56.50	45.50	35.00	12.50	99.50	190.00	52.50	82.85	64.74	25.00	0.65	○	244.79	-79.09
12	59.00	44.00	62.00	230.50	45.50	48.50	58.50	58.50	46.00	46.00	69.85	53.94	17.00	0.79	○	204.79	-65.09

表 3.2.30 アメダス浪江2019年の月別降水量の異常年検定

月	比較年										平均値	S	検定年	F	F(5%)	棄却限界(5%)	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018			2019		5.12	上限	下限
1	84.50	3.00	8.50	36.00	36.00	20.00	75.50	89.50	43.00	45.00	44.10	28.90	6.50	1.39	○	116.39	-28.19
2	48.00	65.50	68.50	44.00	21.00	164.00	44.50	21.50	13.50	0.00	49.05	43.73	6.50	0.77	○	158.45	-60.35
3	52.00	101.00	16.00	136.00	5.00	128.50	167.50	28.00	82.50	195.00	91.15	62.28	79.00	0.03	○	246.94	-64.64
4	152.50	234.50	60.00	28.50	188.50	125.50	113.00	133.50	73.50	61.50	117.10	60.49	58.50	0.77	○	268.42	-34.22
5	59.50	149.50	182.00	320.50	40.50	136.00	51.50	72.00	123.00	108.00	124.25	78.82	86.50	0.19	○	321.41	-72.91
6	143.50	115.50	69.50	217.50	124.00	254.50	111.50	180.00	96.00	128.00	144.00	54.12	134.50	0.03	○	279.38	8.62
7	100.00	114.50	202.00	158.50	147.50	153.00	190.50	24.50	166.50	93.50	135.05	50.17	244.00	3.86	○	260.56	9.54
8	174.50	11.50	98.00	18.50	53.50	214.50	213.00	401.00	152.00	151.50	148.80	109.64	84.50	0.28	○	423.07	-125.47
9	16.50	307.50	348.50	175.00	170.00	81.00	419.00	346.50	181.00	169.50	221.45	122.10	133.50	0.42	○	526.89	-83.99
10	384.00	173.00	136.50	225.50	382.00	328.50	3.50	32.00	392.50	71.50	212.90	144.10	732.00	10.62	×	573.37	-147.57
11	218.00	56.50	45.50	35.00	12.50	99.50	190.00	52.50	10.00	25.00	74.45	69.44	44.50	0.15	○	248.16	-99.26
12	62.00	230.50	45.50	48.50	58.50	58.50	46.00	46.00	19.50	17.00	63.20	57.62	16.00	0.55	○	207.34	-80.94

3.3. 特徴的な気象シーケンスの抽出

大気拡散計算に使用するサイト気象はGPVデータから該当座標又は範囲のデータを抽出し、使用する。そのため、評価対象気象シーケンスはGPVデータを基にして抽出する。気象シーケンスは風速、降水量、被ばく線量の3項目について5時間平均値の統計解析を行い、各項目の50%値及び95%値に該当する開始時刻の気象シーケンスを抽出する。期間は1年間及び四季ごとに分けて解析を行った。四季の分類は以下の通りである。

- ・ 春 3月1日0時～5月31日23時
- ・ 夏 6月1日0時～8月31日23時
- ・ 秋 9月1日0時～11月30日23時
- ・ 冬 12月1日0時～12月31日23時、1月1日0時～2月28日23時
(うるう年の場合は2月29日23時まで)

被ばく線量の50%値及び95%値については、以下の条件の基、OSCAARによる確率論的解析により求めた。放出総量の設定値に特に意味はないため、この解析で得られる線量の絶対値は重要ではなく、値の大小を比較するためだけのものである。

- ・ 対象核種 I-131
- ・ 放出高さ 50 m
- ・ 放出 5時間一定で放出総量 $1.0e+20$ Bqとなるように放出
- ・ 評価量 吸入による内部被ばく実効線量（防護措置無し、50年預託）

3.3.1. 観測データとGPVデータの比較

被ばく線量評価に用いるサイト気象はGPVデータから作成する。GPVデータは離散的な実測値を基に、モデル（完全圧縮系非静力学方程式系）を用いて格子データに解析したものであるため、実測データと差が生じることが考えられる。そこで、気象観測所における測定データと同位置のGPVデータのうち、風速及び降水量を抽出して比較する。比較を行う気象観測所は、JAEA気象観測所とアメダス浪江に対して行う。

3.3.2. 東海第二における気象シーケンス抽出

東海第二原子力発電所で2019年のGPVデータを抽出、解析した結果を表3.3.1に示す。

3.3.3. 福島第一原子力発電所における気象シーケンス抽出

福島第一原子力発電所における2018年のGPVデータを抽出、解析した結果を表3.3.2に示す。

表 3.3.1 東海第二における気象シーケンス抽出結果

評価項目	対象期間	確率	パーセンタイル値 ※1	平均化開始日時 または放出開始日時 (JST)	
降水量	1年間	50%	0 mm/h	※2	
		95%	0.89 mm/h	2019/2/20 17:00	
風速	1年間	50%	1.8 m/s	2019/7/30 11:00	
		95%	4.0 m/s	2019/7/26 11:00	
	春	50%	2.0 m/s	2019/5/12 21:00	
		95%	4.0 m/s	2019/4/3 10:00	
	夏	50%	1.6 m/s	2019/8/27 6:00	
		95%	3.6 m/s	2019/8/15 15:00	
	秋	50%	1.8 m/s	2019/11/6 2:00	
		95%	4.1 m/s	2019/10/4 9:00	
	冬	50%	2.0 m/s	2019/12/2 18:00	
		95%	4.5 m/s	2019/1/16 12:00	
	被ばく線量	1年間 ※3	50%	120.0 Sv	2019/08/16 23:00
			95%	290.0 Sv	2019/03/17 05:00

※1 有効数字3桁四捨五入

※2 降水量の50%値は0 mm/hであり、同条件の日数が多数であるため、データなしとした。

※3 I-131放出総量 1.0×10^{20} Bqの場合の線量であり、線量そのものは重要ではない。

表 3.3.2 福島第一原子力発電所における気象シーケンス抽出結果

評価項目	対象期間	確率	パーセンタイル値 ※1	平均化開始日時 または放出開始日時 (JST)	
降水量	1年間	50%	0 mm/h	※2	
		95%	0.98 mm/h	2018/4/18 8:00	
風速	1年間	50%	2.0 m/s	2018/7/15 22:00	
		95%	4.1 m/s	2018/12/5 7:00	
	春	50%	2.3 m/s	2018/3/17 12:00	
		95%	4.2 m/s	2018/4/4 20:00	
	夏	50%	1.7 m/s	2018/8/19 21:00	
		95%	3.6 m/s	2018/6/18 10:00	
	秋	50%	1.8 m/s	2018/11/4 14:00	
		95%	3.6 m/s	2018/10/27 16:00	
	冬	50%	2.4 m/s	2018/1/15 4:00	
		95%	4.8 m/s	2018/1/23 16:00	
	被ばく線量	1年間 ※3	50%	120 Sv	2018/09/10 11:00
			95%	310 Sv	2018/06/05 21:00

※1 有効数字3桁四捨五入

※2 降水量の50%値は0 mm/hであり、同条件の日数が多数であるため、データなしとした。

※3 I-131放出総量 1.0×10^{20} Bqの場合の線量であり、線量そのものは重要ではない。

3.4. OSCAARとMACCS2のベンチマーク試験

表 3.3.1及び表 3.3.2の気象条件に対して、OSCAARとMACCSによるクラウドシャイン、グラウンドシャイン、吸入被ばくの実効線量を計算し、比較を行った。評価条件を以下に示す。

➤ 放射性核種の放出

Cs-137 100TBq放出に相当する「原子力災害事前対策の策定において参照すべき線量のめやすについて」(H30.10.17 原子力規制委員会)に記載されたシナリオ(原子力規制庁, 2018)を基に、表 3.4.1に示すソースタームを作成した。

- ・ 炉停止から放出までの経過時間：24時間
- ・ 放出高：50 m
- ・ 放出継続時間：5時間 (一定放出)

➤ 評価線量

屋外に7日間滞在した場合の実効線量を評価した。被ばく経路は吸入被ばく、クラウドシャイン、グラウンドシャインの3経路とした。

➤ 沈着パラメータ

乾性沈着及び湿性沈着に関する各パラメータはOSCAARとMACCSで同じものを使用した。

乾性沈着速度は以下のように設定した。

- ・ 有機ヨウ素：5.0e-4 (m/s)
- ・ 粒子状物質：1.0e-3 (m/s)
- ・ 希ガス：沈着しない

湿性沈着はウォッシュアウト係数 Λ (/s)を降水量 I (mm/h)の関数として、以下の式のように求められる。

$$\Lambda = A \times I^B \quad (3.4.1)$$

この時の、定数 A 及び B は以下のように設定した。

- ・ 有機ヨウ素： $A=1.0e-6$ 、 $B=0.8$
- ・ 粒子状物質： $A=1.0e-4$ 、 $B=0.8$

➤ 拡散パラメータ

拡散パラメータはOSCAARとMACCSともに以下の式から求められている。

$$\text{水平方向方向} : \sigma_y = A_y \cdot x^p \quad (3.4.2)$$

$$\text{鉛直方向} : \sigma_z = A_z \cdot x^q$$

OSCAARの場合、表 3.4.2のように、移流距離分類ごとに係数を変化させているが、MACCSの場合、各大気安定度に対して、1種類のパラメータ設定に制限されているため、本評価では、移流距離1 km以上で使用されるパラメータを用いた。また、MACCSでは拡散パラメータ式の係数は10以下の入力制限があったため、大気安定度FのAzを10.0とした。

図 3.1から図 3.13が東海第二原子力発電所、図 3.14から図 3.26が福島第一原子力発電所の結果を示す。OSCAARとMACCSの評価結果の比較から、以下のことが考察される。

- ・OSCAARよりもMACCSで算出された線量の方がいずれの被ばく経路及び日時も高くなった。この違いは気象の入力方式の違いによるものと考えられる。風向風速条件の入力は、OSCAARの場合は風速の東西成分と南北成分の2成分で入力するため、詳細な風向の設定が可能である。一方、MACCSの場合は16、32、64方位での入力であるため、OSCAARよりも風向設定の自由度は低い。また、風速の方位分類数は線量評価の際の同心円メッシュの方位分類数に一致するため、OSCAARの出力と合わせるため、本評価では32方位に設定した。線量評価メッシュはOSCAARとMACCSいずれも32方位に分割されているため、MACCSの場合は評価点が常にプルームの中心軸直下に位置することになり、最大線量が線量評価値として算出される。OSCAARの場合はプルームの中心軸と評価点が異なるため、被ばく線量が低く算出されることがほとんどとなった。特にサイトから離れるに従って、メッシュの円弧が長くなるため、その差は大きくなるものと考えられる。また、大気安定度がより安定で拡散が小さい条件でも差が大きくなると考えられる。

- ・放射性プルームの移流経路の違いは図 3.13で特徴的に表れている。OSCAARの場合は、プルーム放出後の風向によって、プルームの移流経路が東方向から北方向へ複雑に変化している。一方、MACCSの場合は最初に放出された方向から変化しない。同様の特長は図 3.15や図 3.26にも見られる。

- ・放射性プルームの移流方向はOSCAARとMACCSで若干異なっている。これは、先述のような風速の設定方法の違いもあるが、MACCSがサイト気象のみに対して、移流を計算しているのに対し、OSCAARの場合はサイト気象に加えて、GPVデータを基に作成された格子データを使用している。よって、サイトから離れるに従い、評価に使用する気象データが異なるため、計算結果の差が増加すると考えられる。

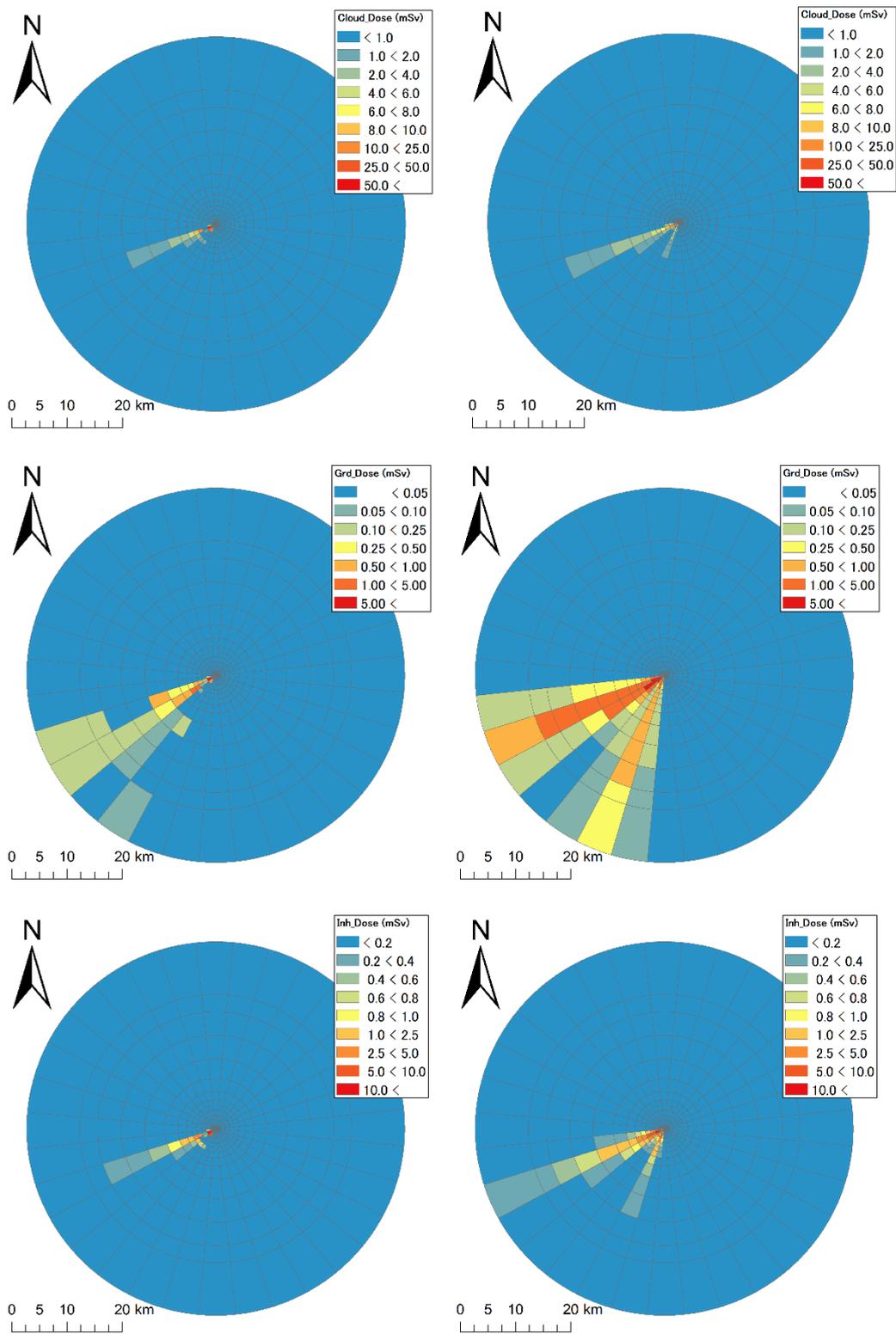
図 3.27に確率論的解析の結果比較結果を示す。解析では、1年間の気象を1時間ごとにサンプリングし、8760通りの評価を行った。いずれのサイトもMACCSの方がOSCAARの場合よりも50%値及び95%値が高くなっており、50%値を比較すると1.2倍から2.3倍程度高くなった。

表 3.4.1 評価ソースターム

核種		半減期	環境への放出量 (TBq)	核種		半減期	環境への放出量 (TBq)	
希ガス	Kr-85	10.8年	3.98E+04	Ru類	Co-58	71日	5.12E-03	
	Kr-85m	4.5時間	2.32E+04		Co-60	5.3年	1.07E-02	
	Kr-87	1.3時間	2.87E+00		Mo-99	2.7日	7.72E+00	
	Kr-88	2.8時間	5.49E+03		Tc-99m	6.0時間	5.43E-01	
	Xe-133	5.2日	4.82E+06		Ru-103	39.3日	8.18E+00	
	Xe-135	9.1時間	2.64E+05		Ru-105	4.4時間	1.28E-01	
ヨウ素類	I-131	8日	6.99E+02	Ru-106	Ru-106	1.0年	2.76E+00	
	I-132	2.3時間	7.87E-01		Rh-105	1.5日	3.13E+00	
	I-133	21時間	7.02E+02		Ce類 及び La類	Y-90	2.7日	4.35E-01
	I-134	0.9時間	9.58E-06			Y-91	58.5日	7.47E+00
	I-135	6.6時間	1.18E+02			Zr-95	64日	1.03E+01
Cs類	Rb-86	18.7日	2.73E+00	Zr-97		16.7時間	3.87E+00	
	Cs-134	2.1年	1.61E+02	Nb-95		35日	1.02E+01	
	Cs-136	13.2日	4.44E+01	La-140	1.7日	7.26E+00		
	Cs-137	30.2年	1.00E+02	Pr-143	13.6日	8.56E+00		
Sr類	Sr-89	50.5日	1.27E+02	Nd-147	11.0日	3.64E+00		
	Sr-90	28.8年	1.18E+01	Am-241	432.2年	9.21E-04		
	Sr-91	9.6時間	2.83E+01	Cm-242	163日	2.83E-01		
	Ba-140	12.8日	2.20E+02	Cm-244	18.1年	2.22E-02		
Te類	Te-127	9.4時間	4.37E+00	Ce-141	32.5日	9.55E+00		
	Te-127m	109日	1.88E+00	Ce-143	1.4日	5.54E+00		
	Te-129	1.2時間	5.95E-05	Ce-144	285日	7.40E+00		
	Te-129m	33.6日	1.03E+01	Np-239	2.4日	8.52E+01		
	Te-131m	1.3日	4.41E+01	Pu-238	87.7年	1.98E-02		
	Te-132	3.2日	3.74E+02	Pu-239	2.41×10 ⁴ 年	2.22E-03		
	Sb-127	3.9日	2.33E+01	Pu-240	6564年	2.84E-03		
	Sb-129	4.4時間	2.35E+00	Pu-241	14.4年	8.17E-01		

表 3.4.2 OSCAARで使用される拡散パラメータ式の係数

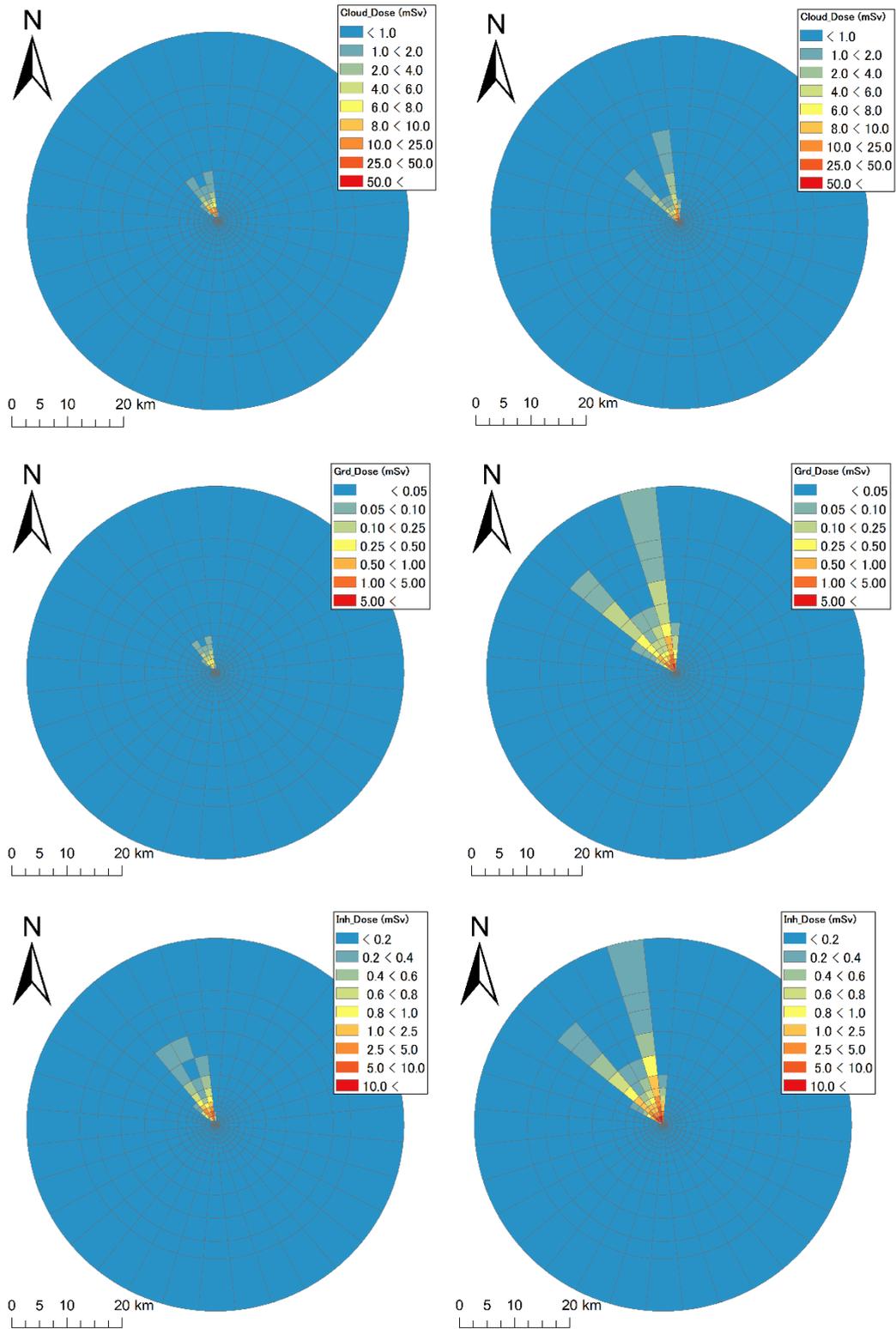
大 気安 定度	Ay	p	X < 0.1 km		0.1 km < d < 1 km		1km < d	
			Az	q	Az	q	Az	q
A	0.3658	0.9031	0.192	0.936	0.00066	1.941	0.00024	2.094
B	0.2751	0.9031	0.156	0.922	0.0382	1.149	0.055	1.098
C	0.2089	0.9031	0.116	0.905	0.113	0.911	0.113	0.911
D	0.1471	0.9031	0.079	0.881	0.222	0.725	1.26	0.516
E	0.1046	0.9031	0.063	0.871	0.211	0.678	6.73	0.305
F	0.0722	0.9031	0.053	0.814	0.086	0.740	18.05	0.180



(降水量の95%値)

図 3.1 東海第二原子力発電所における2019年2月20日17:00

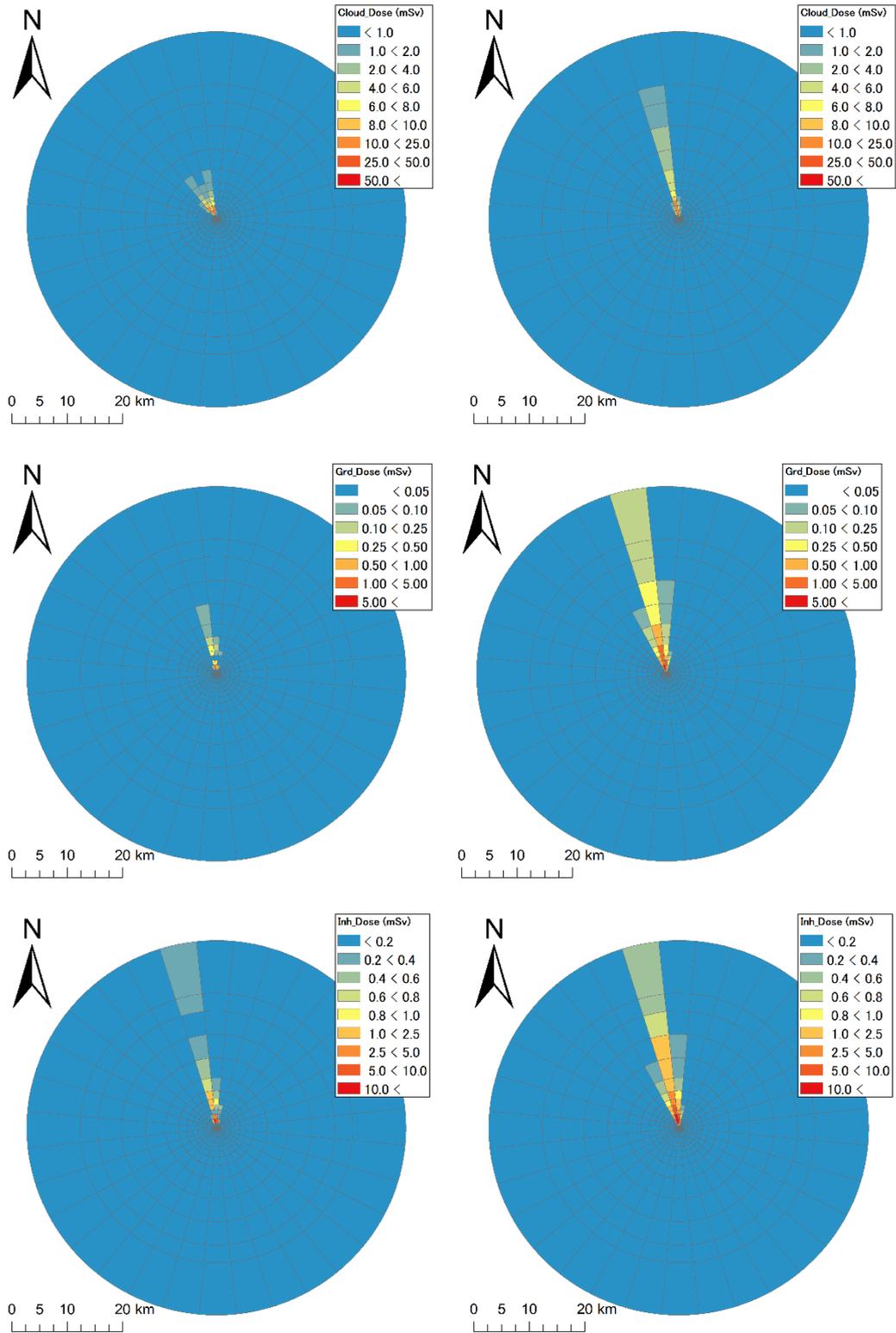
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(風速の50%値)

図 3.2 東海第二原子力発電所における2019年7月30日11:00

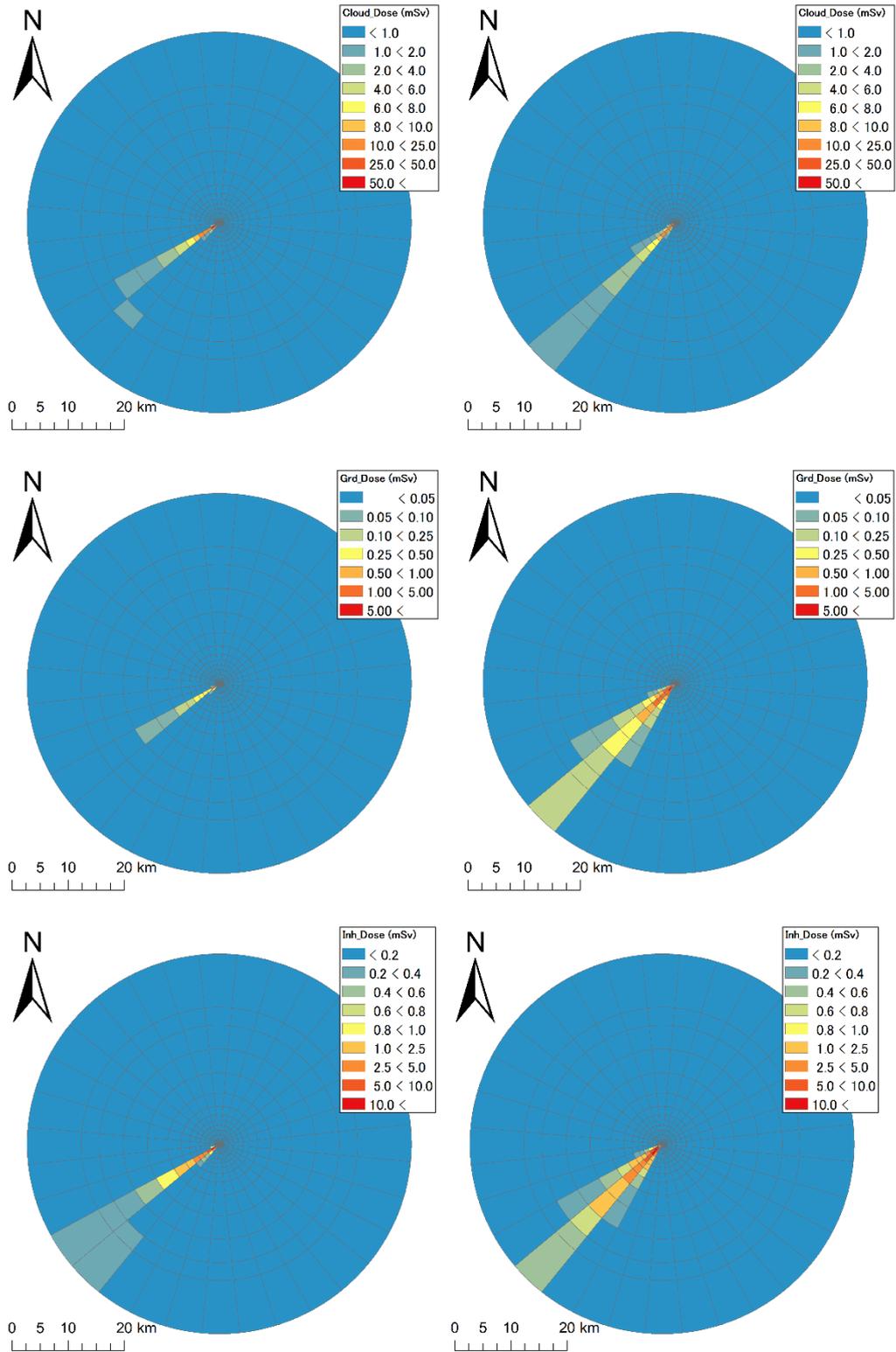
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(風速の95%値)

図 3.3 東海第二原子力発電所における2019年7月26日11:00

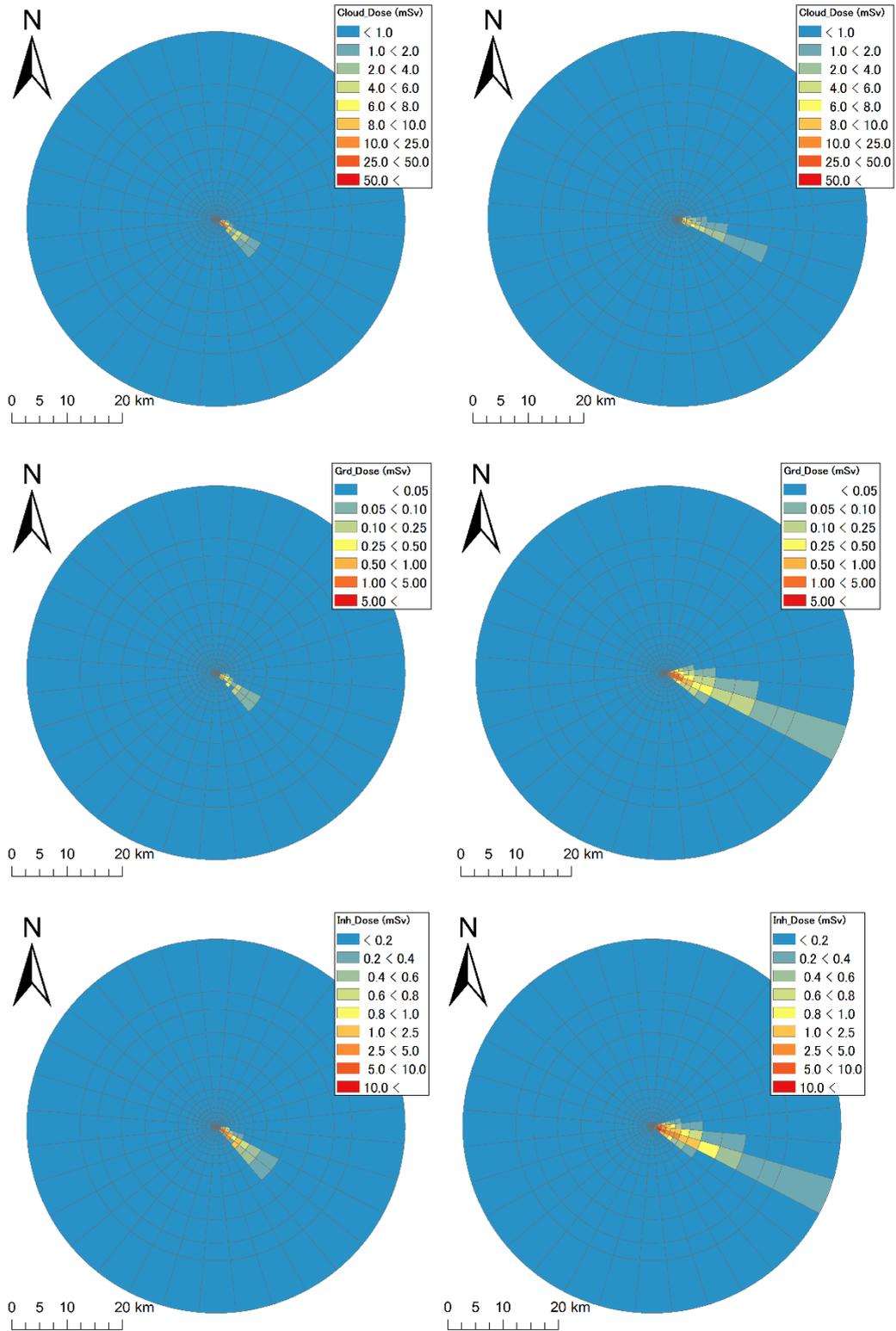
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(春季風速の50%値)

図 3.4 東海第二原子力発電所における2019年5月12日21:00

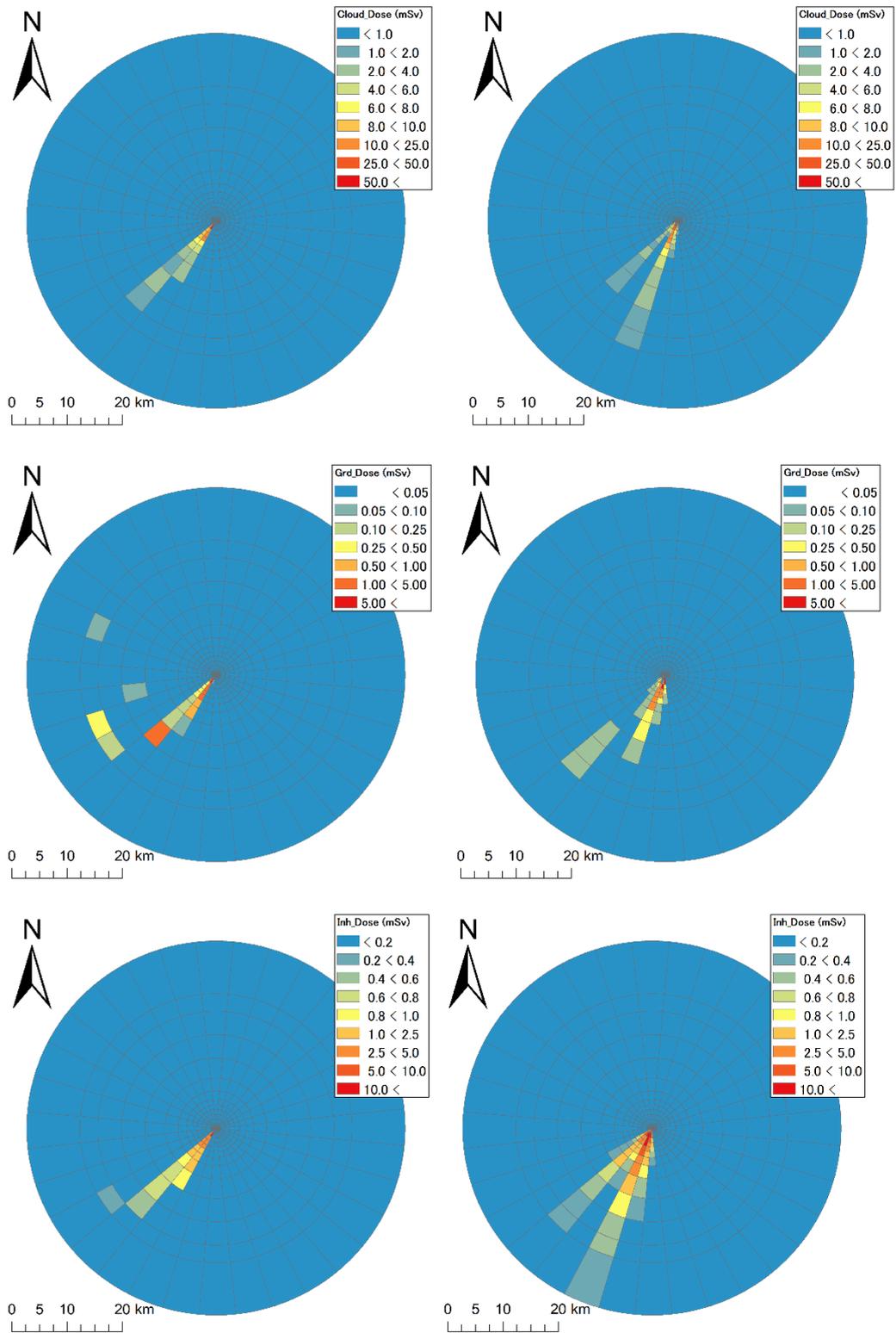
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(春季風速の95%値)

図 3.5 東海第二原子力発電所における2019年4月3日10:00

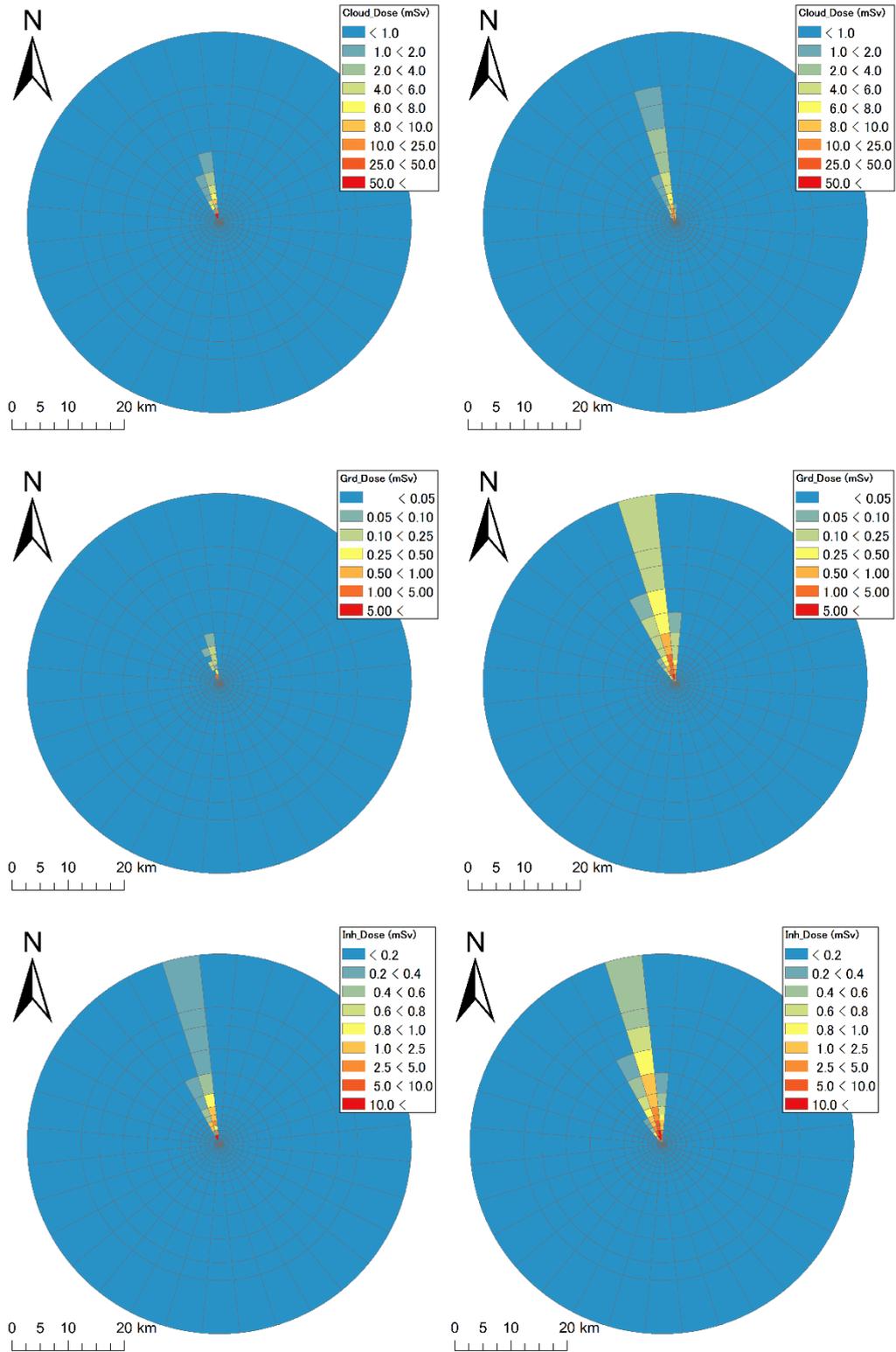
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(夏季風速の50%値)

図 3.6 東海第二原子力発電所における2019年8月27日6:00

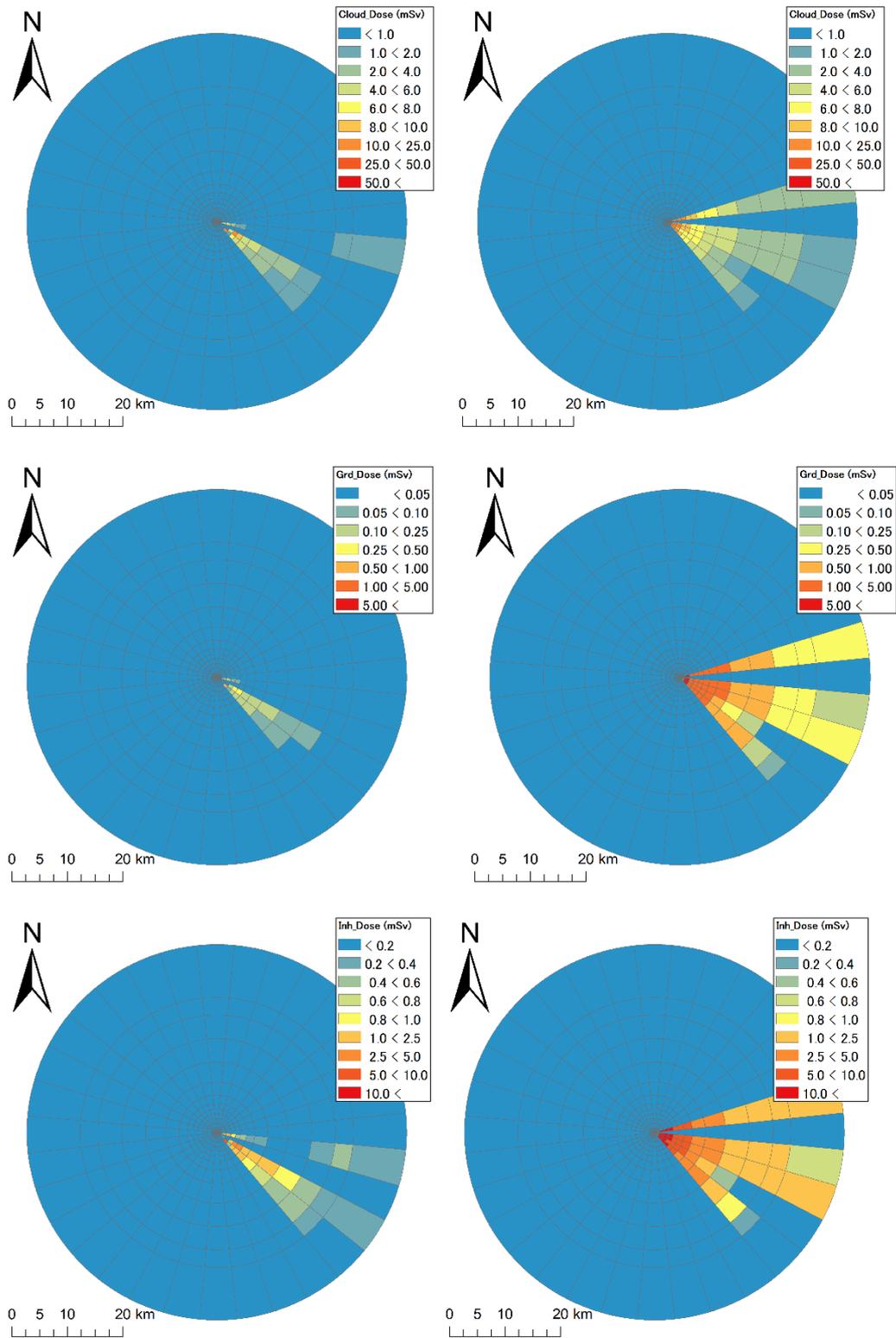
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(夏季風速の95%値)

図 3.7 東海第二原子力発電所における2019年8月15日15:00

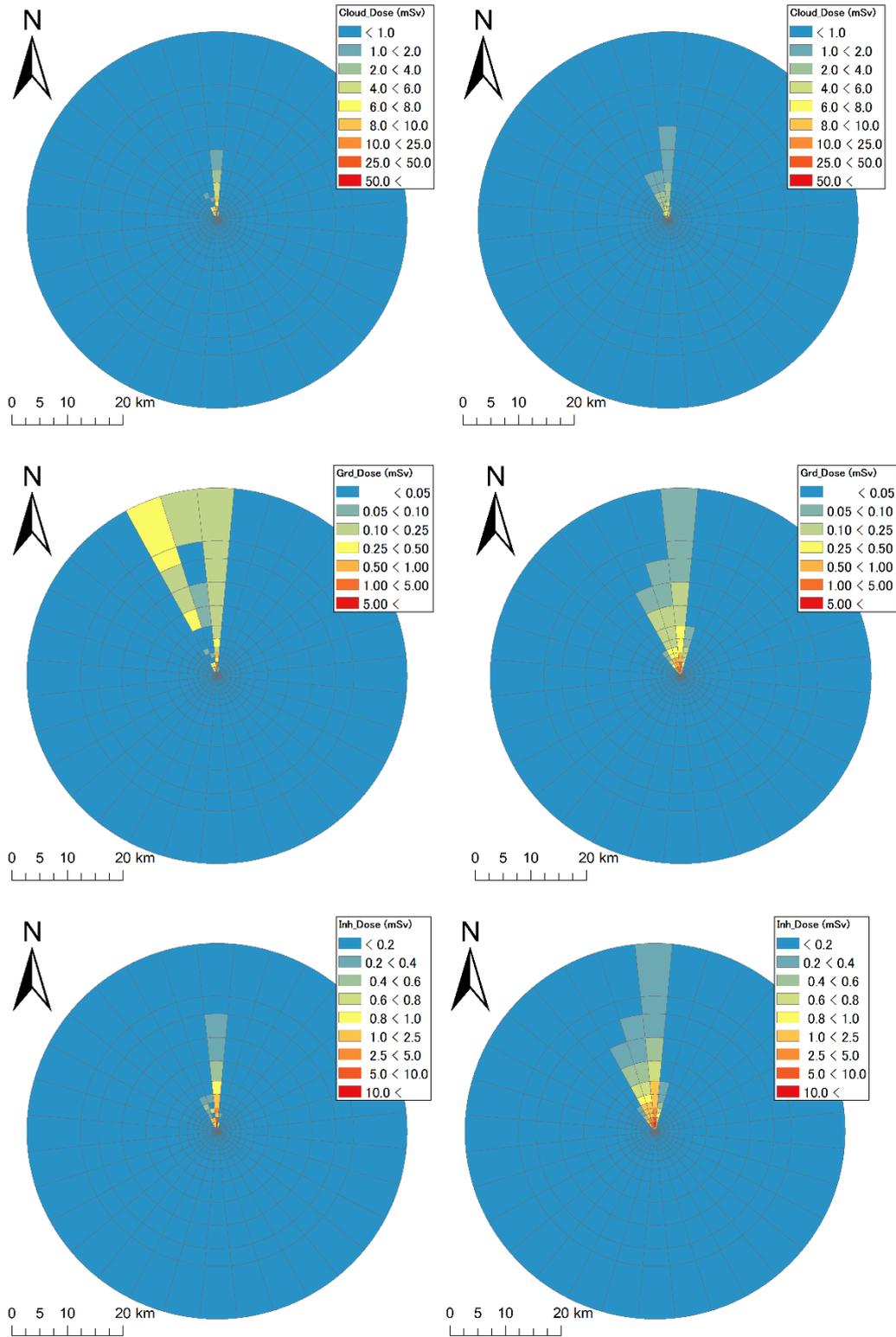
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(秋季風速の50%値)

図 3.8 東海第二原子力発電所における2019年11月6日2:00

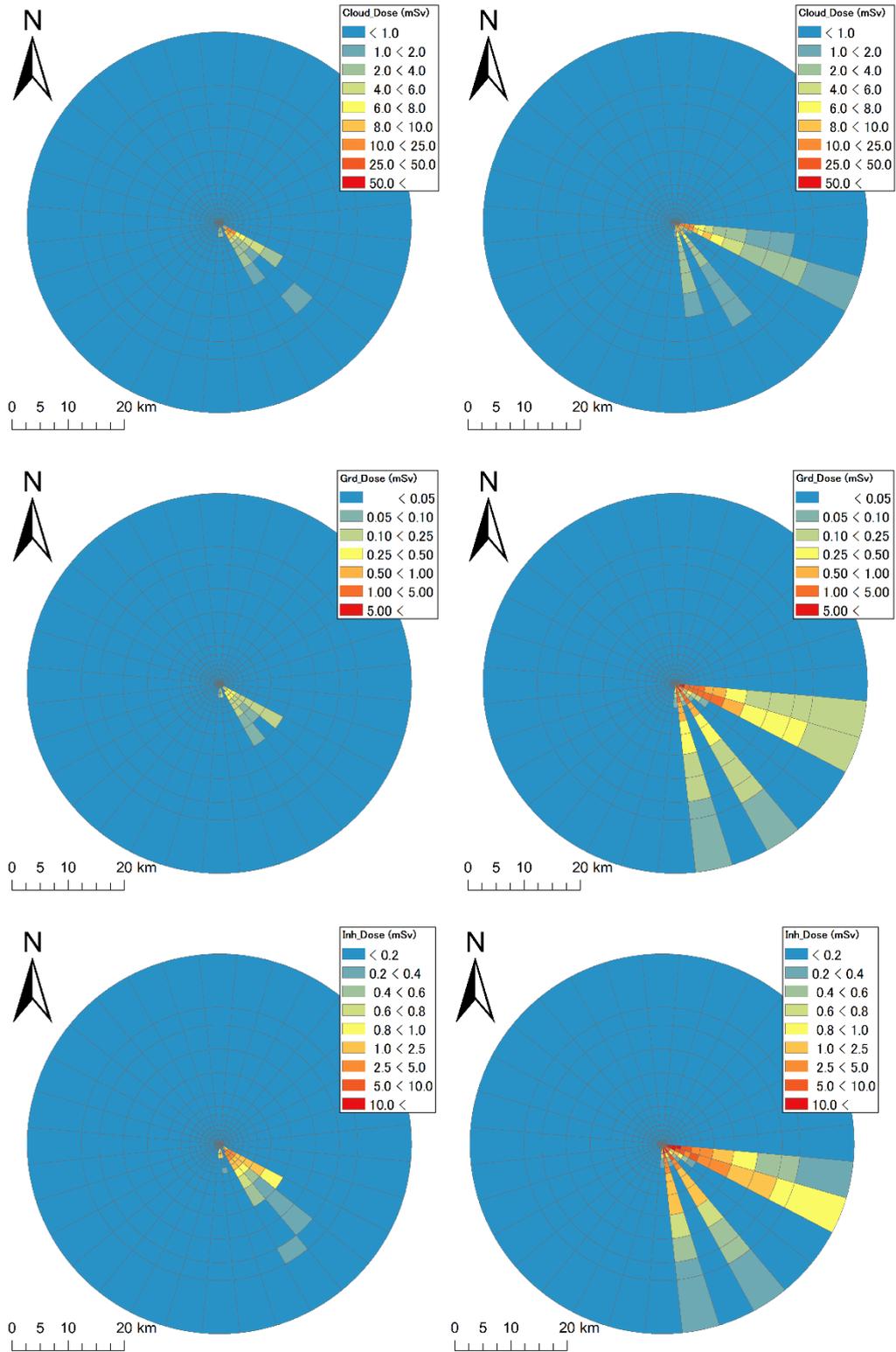
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(秋季風速の95%値)

図 3.9 東海第二原子力発電所における2019年10月4日9:00

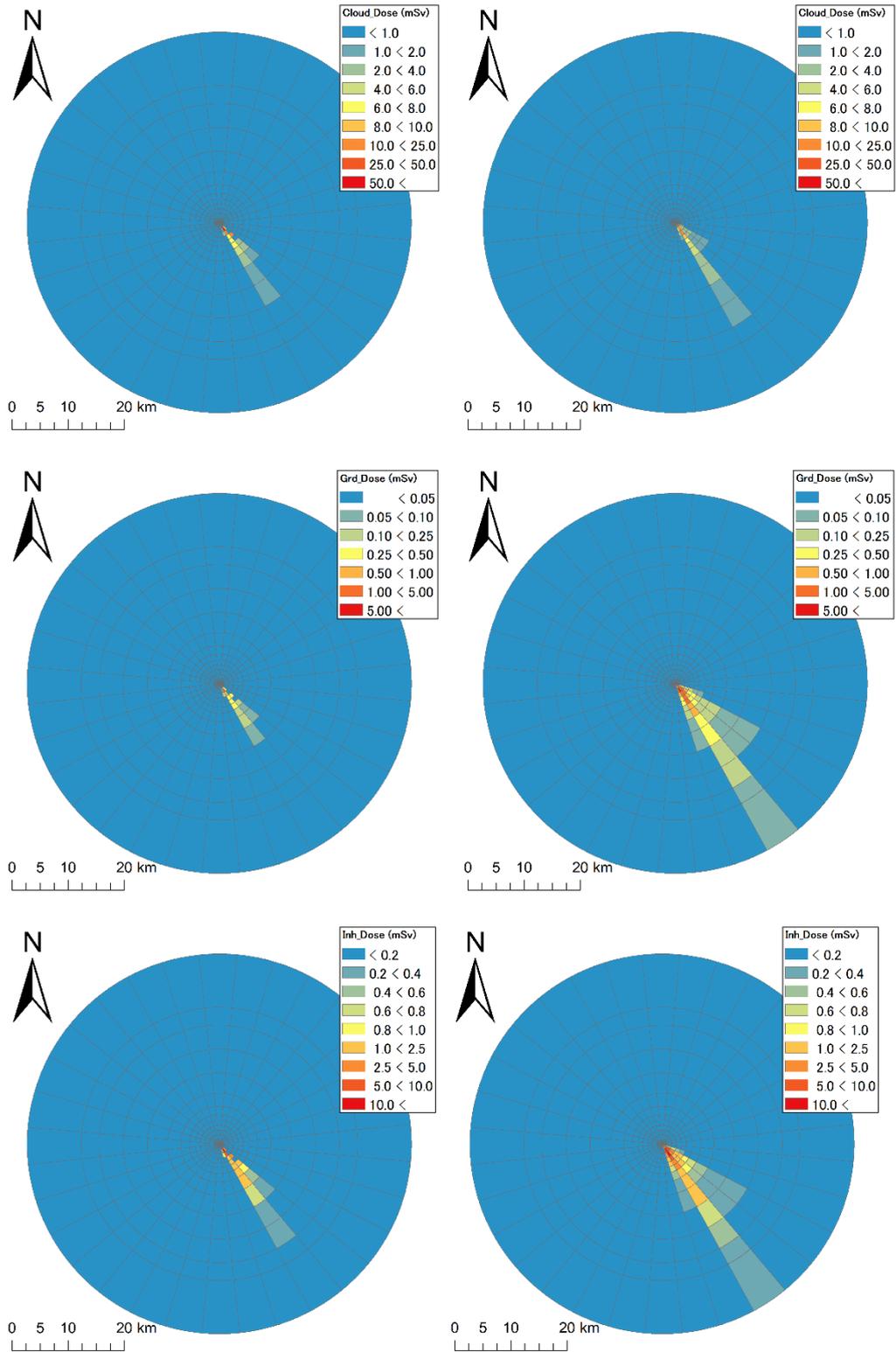
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(冬季風速の50%値)

図 3.10 東海第二原子力発電所における2019年12月2日18:00

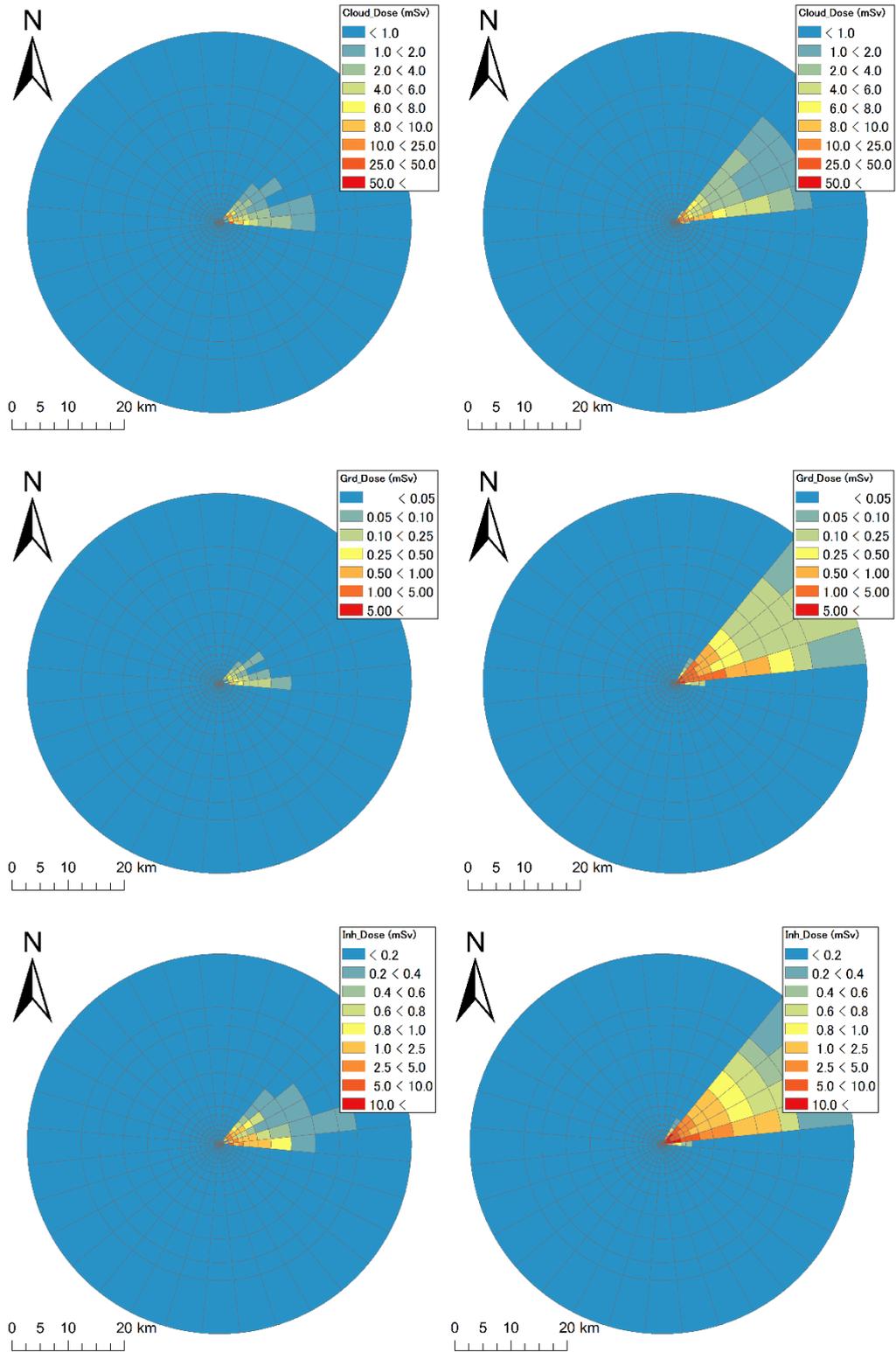
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(冬季風速の95%値)

図 3.11 東海第二原子力発電所における2019年1月16日12:00

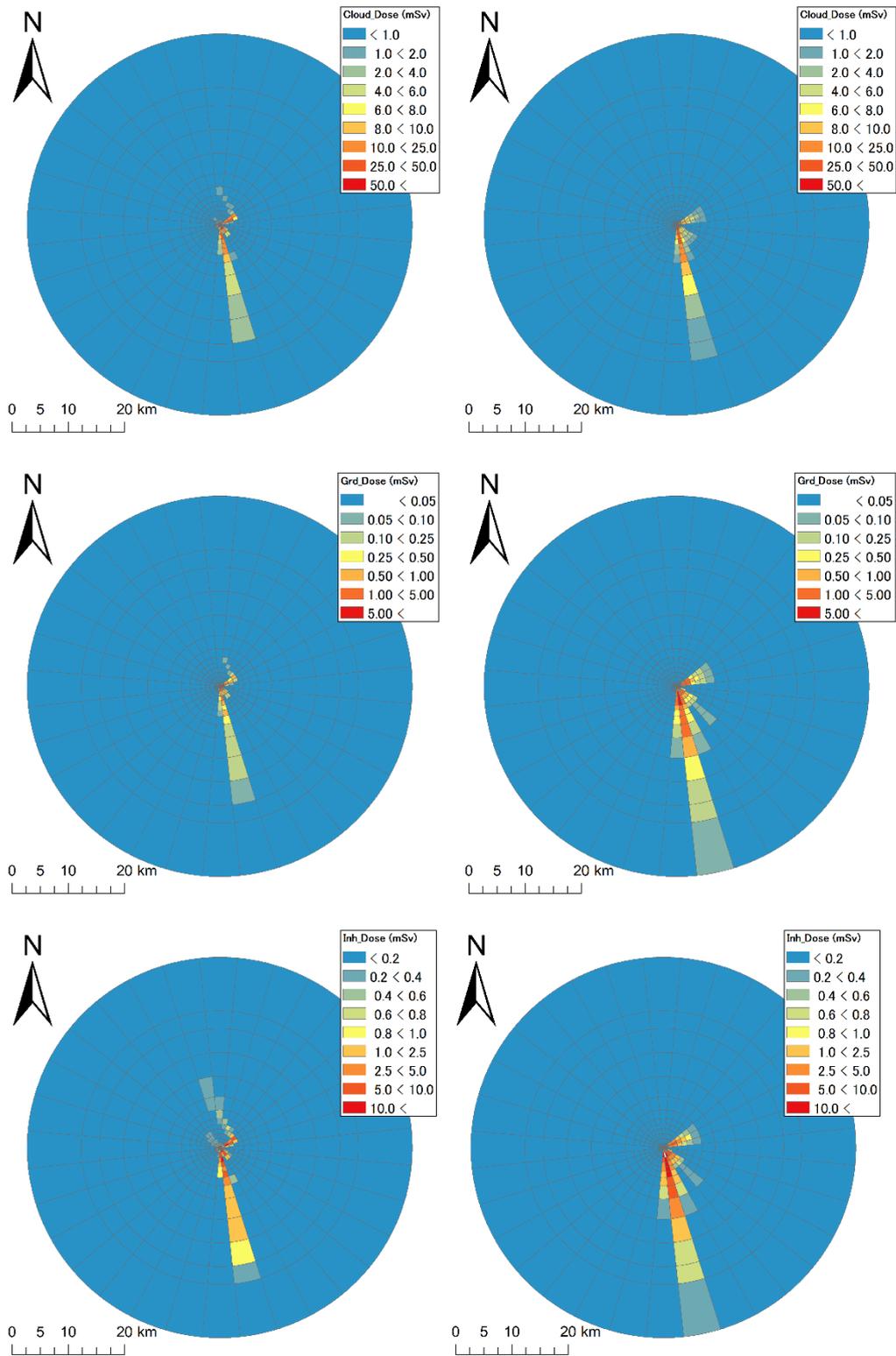
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(被ばく線量50%値)

図 3.12 東海第二原子力発電所における2019年8月16日23:00

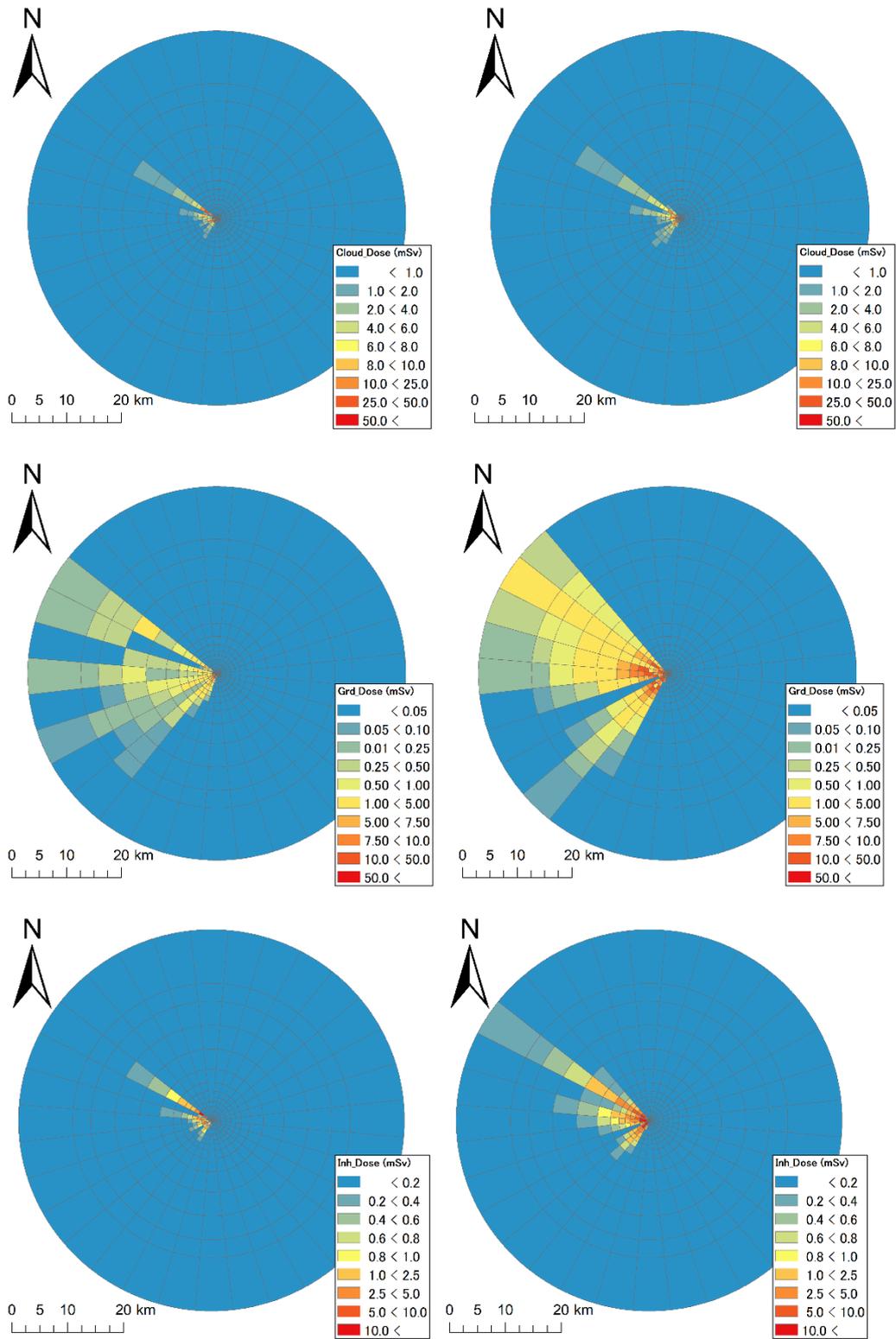
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(被ばく線量95%値)

図 3.13 東海第二原子力発電所における2019年3月17日5:00

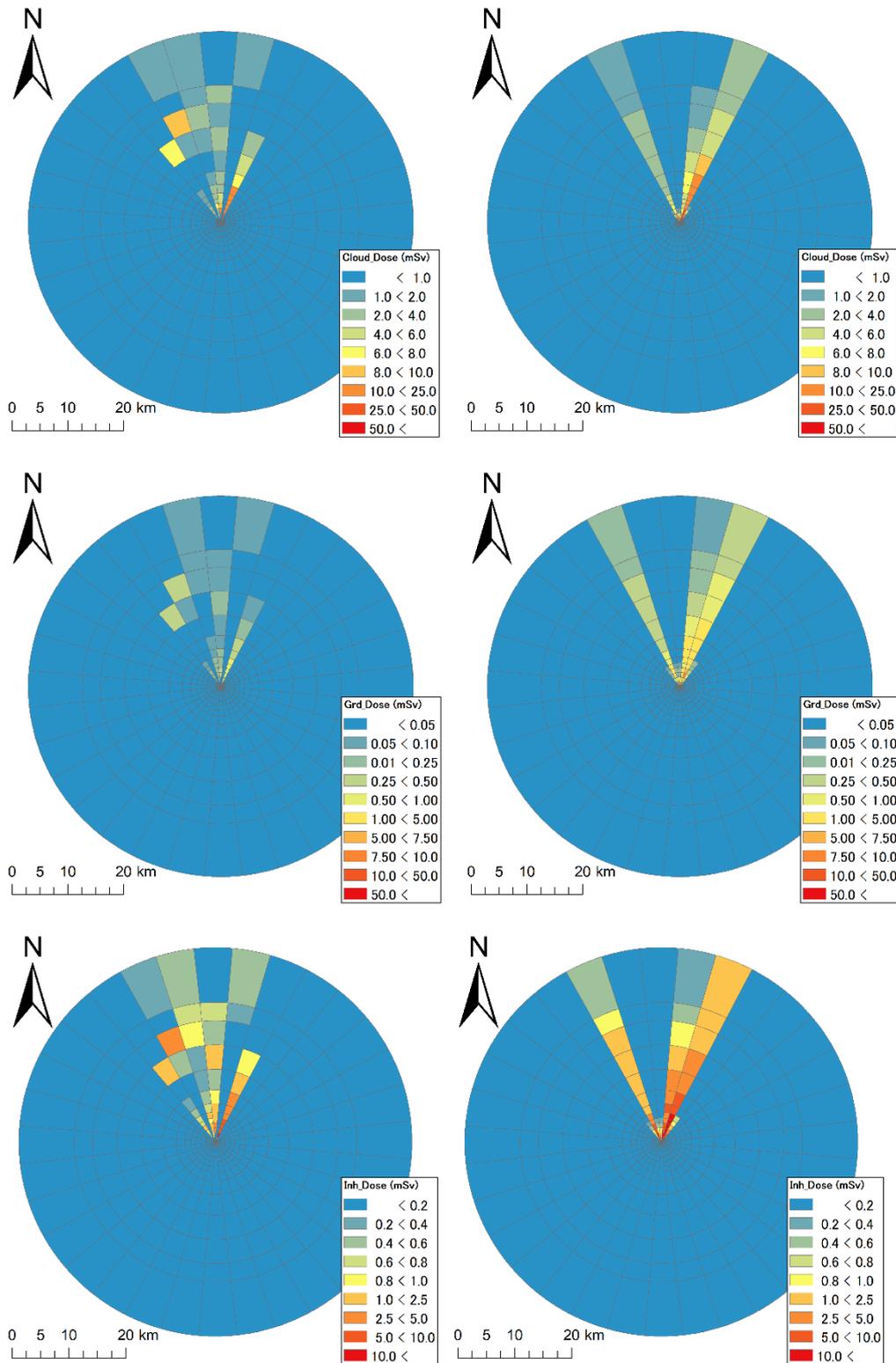
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(降水量の95%値)

図 3.14 福島第一原子力発電所における2018年4月18日8:00

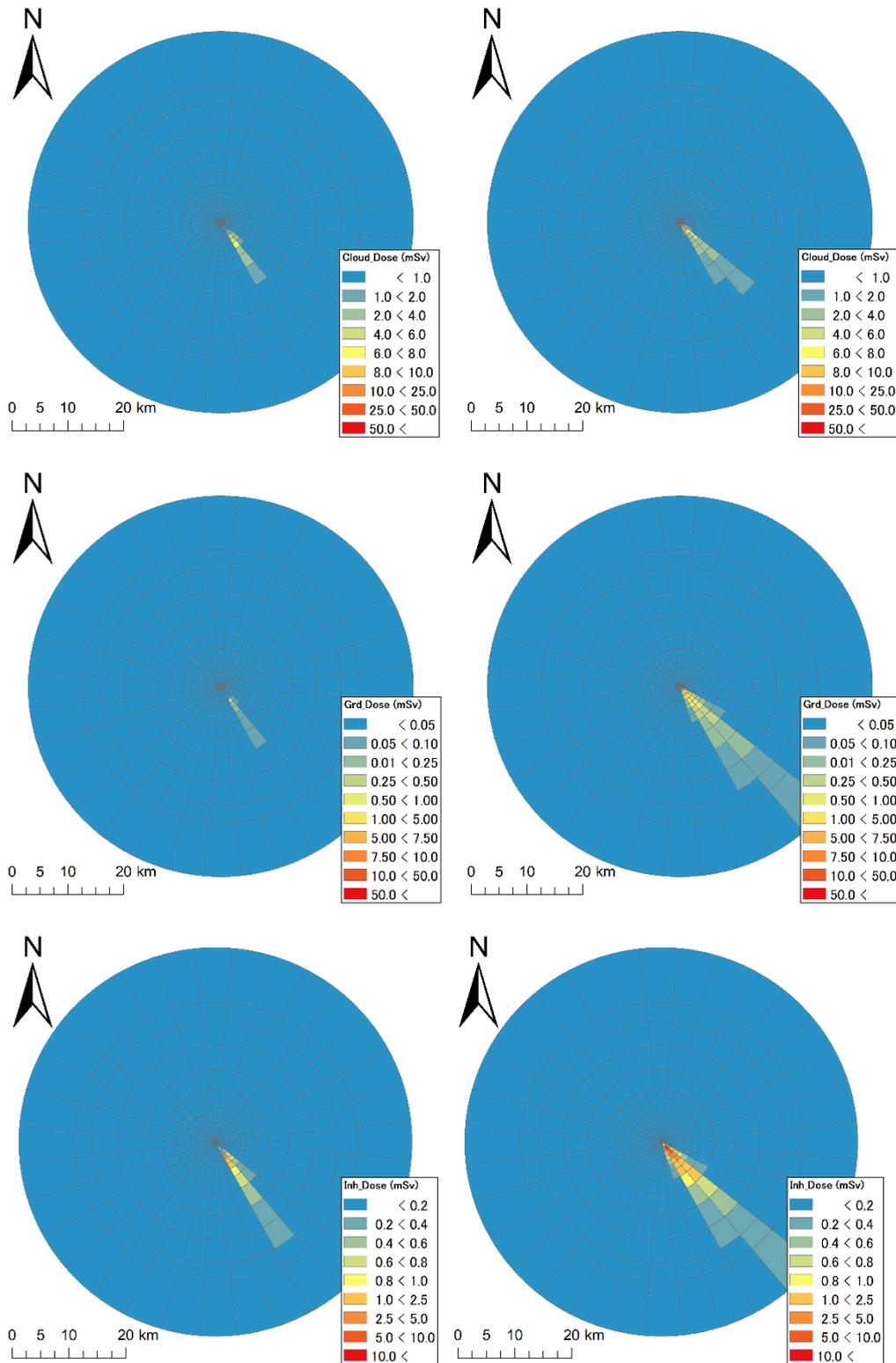
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(風速の50%値)

図 3.15 福島第一原子力発電所における2019年7月15日22:00

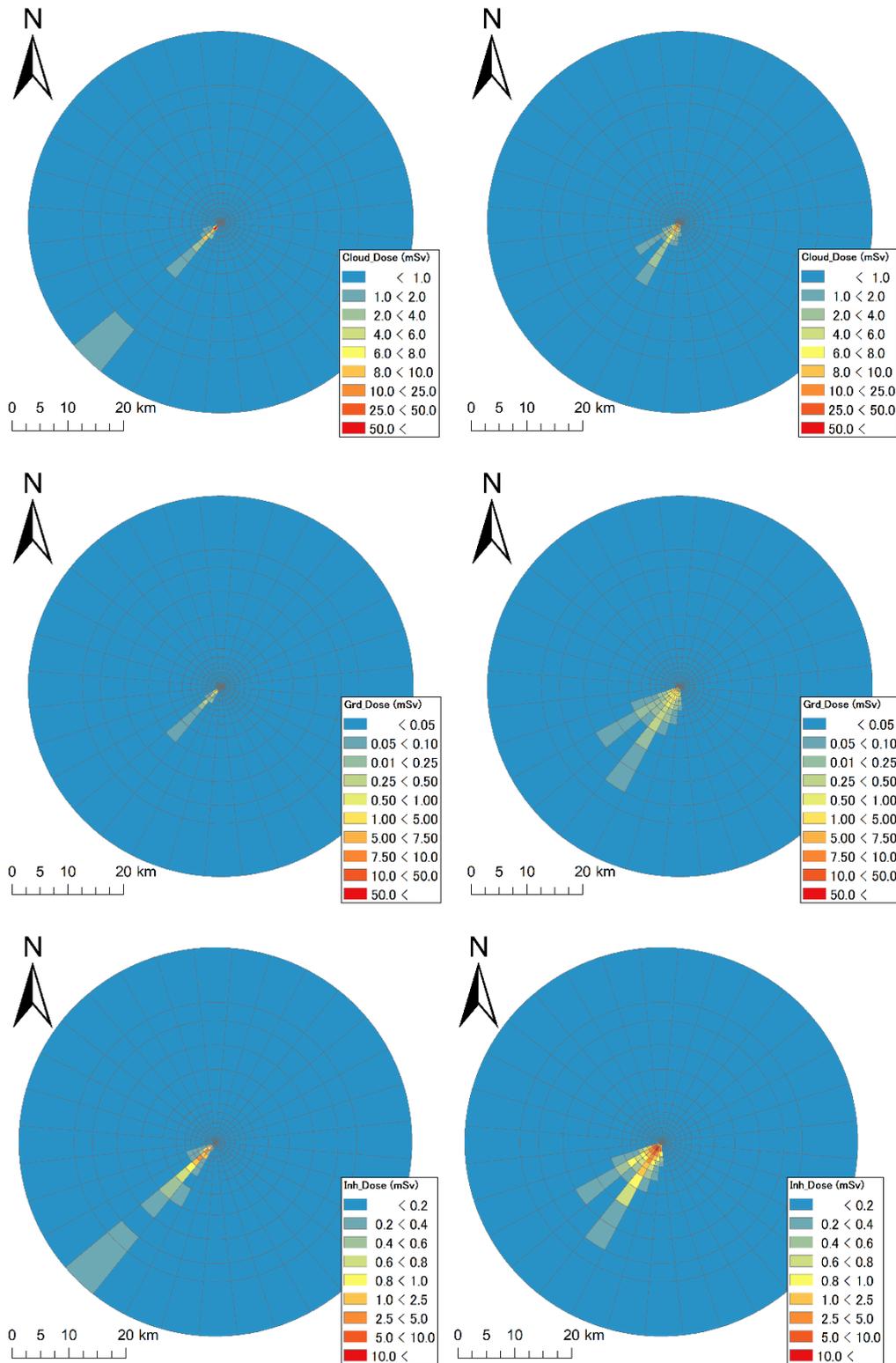
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(風速の95%値)

図 3.16 福島第一原子力発電所における2018年12月5日7:00

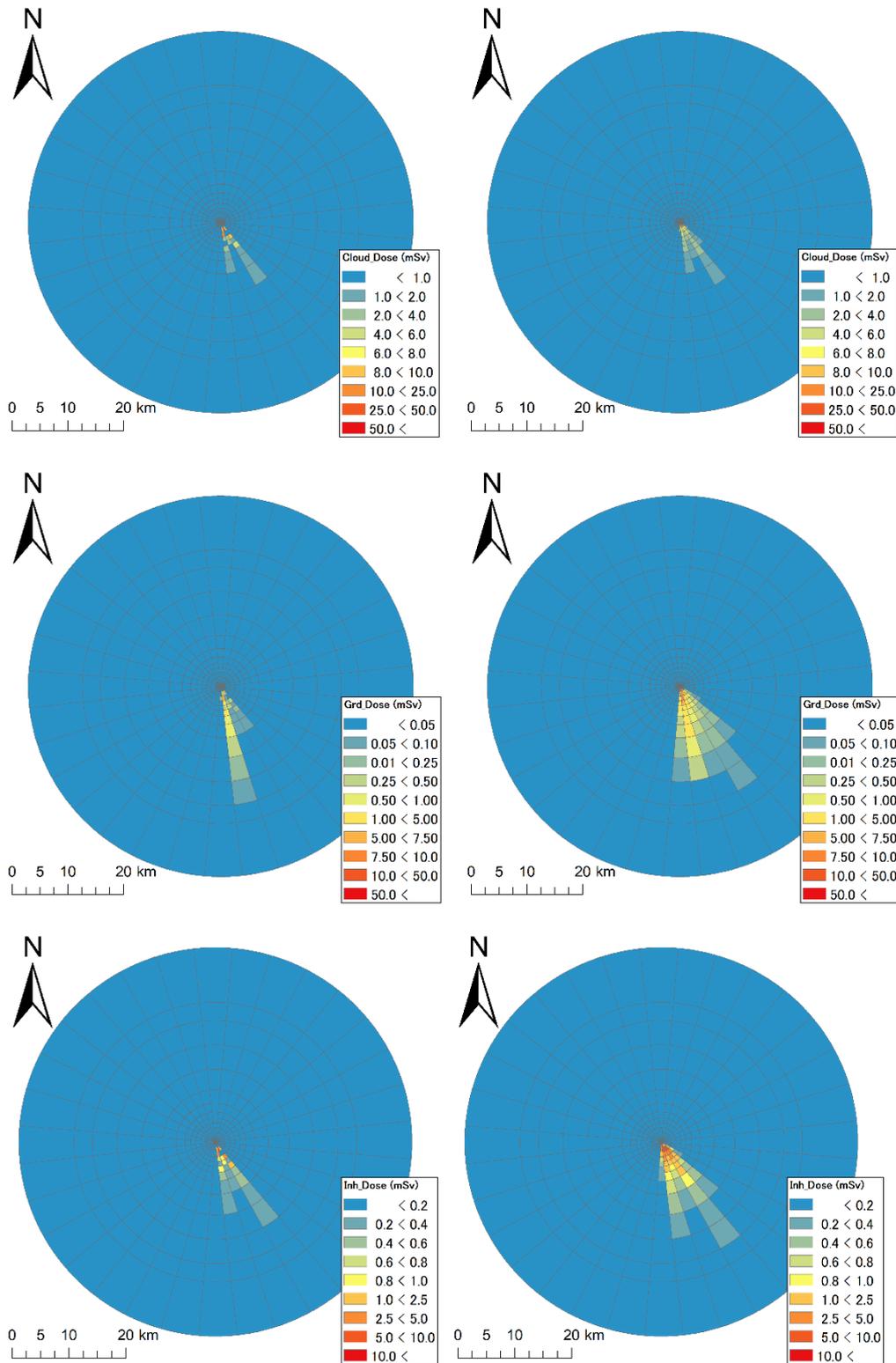
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(春季風速の50%値)

図 3.17 福島第一原子力発電所における2018年3月17日12:00

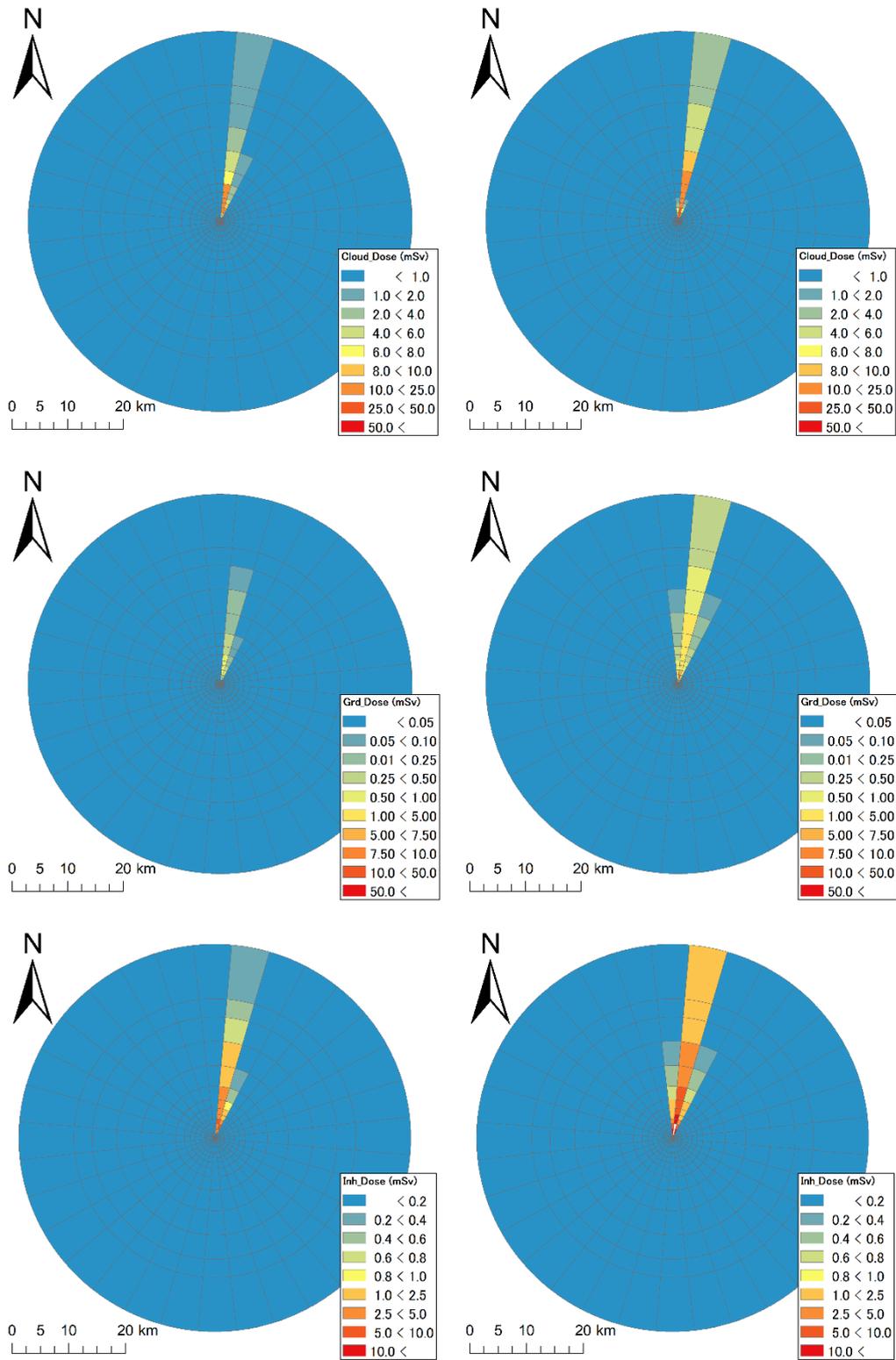
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(春季風速の95%値)

図 3.18 福島第一原子力発電所における2018年4月4日20:00

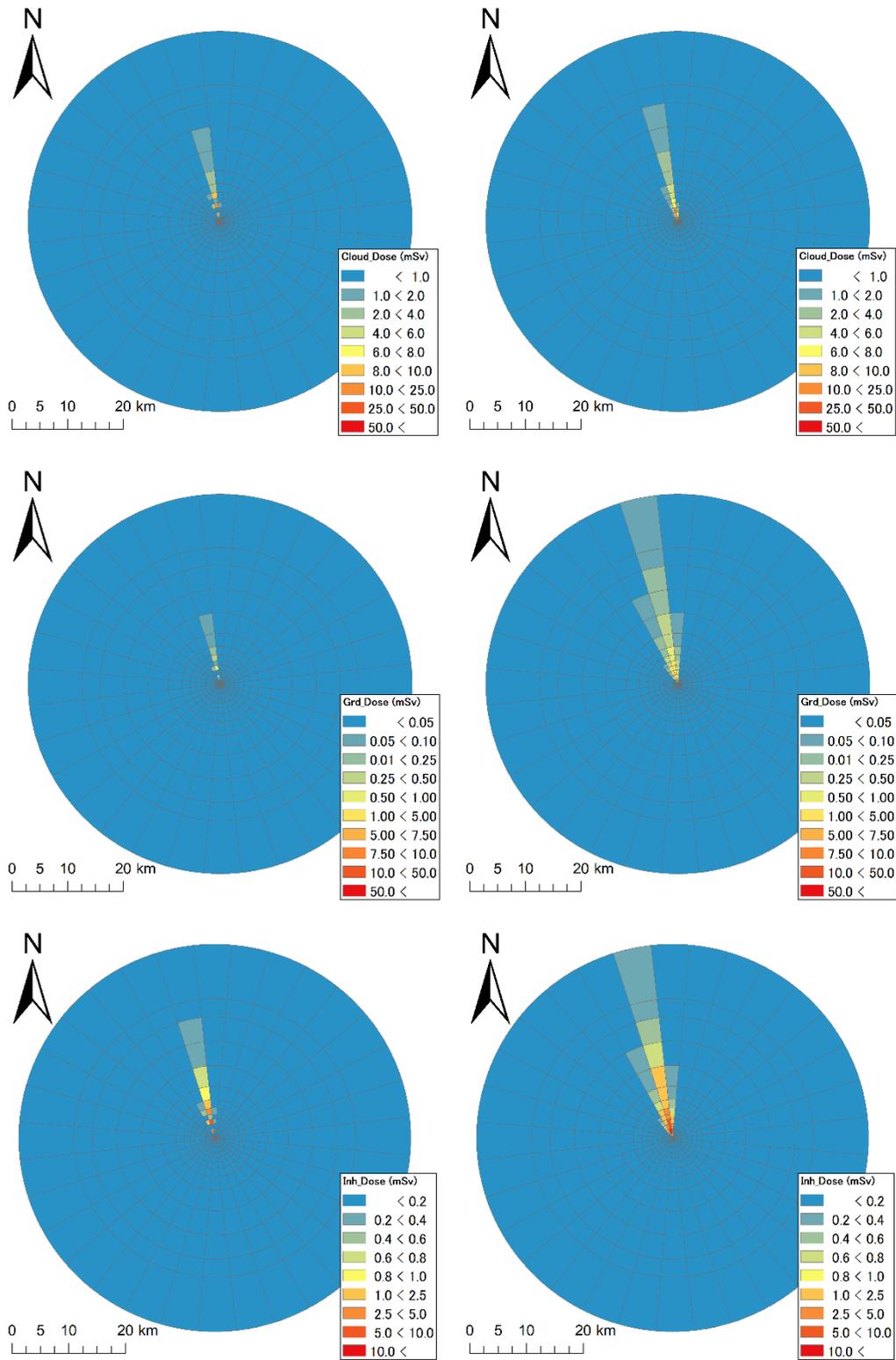
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(夏季風速の50%値)

図 3.19 福島第一原子力発電所における2018年8月19日21:00

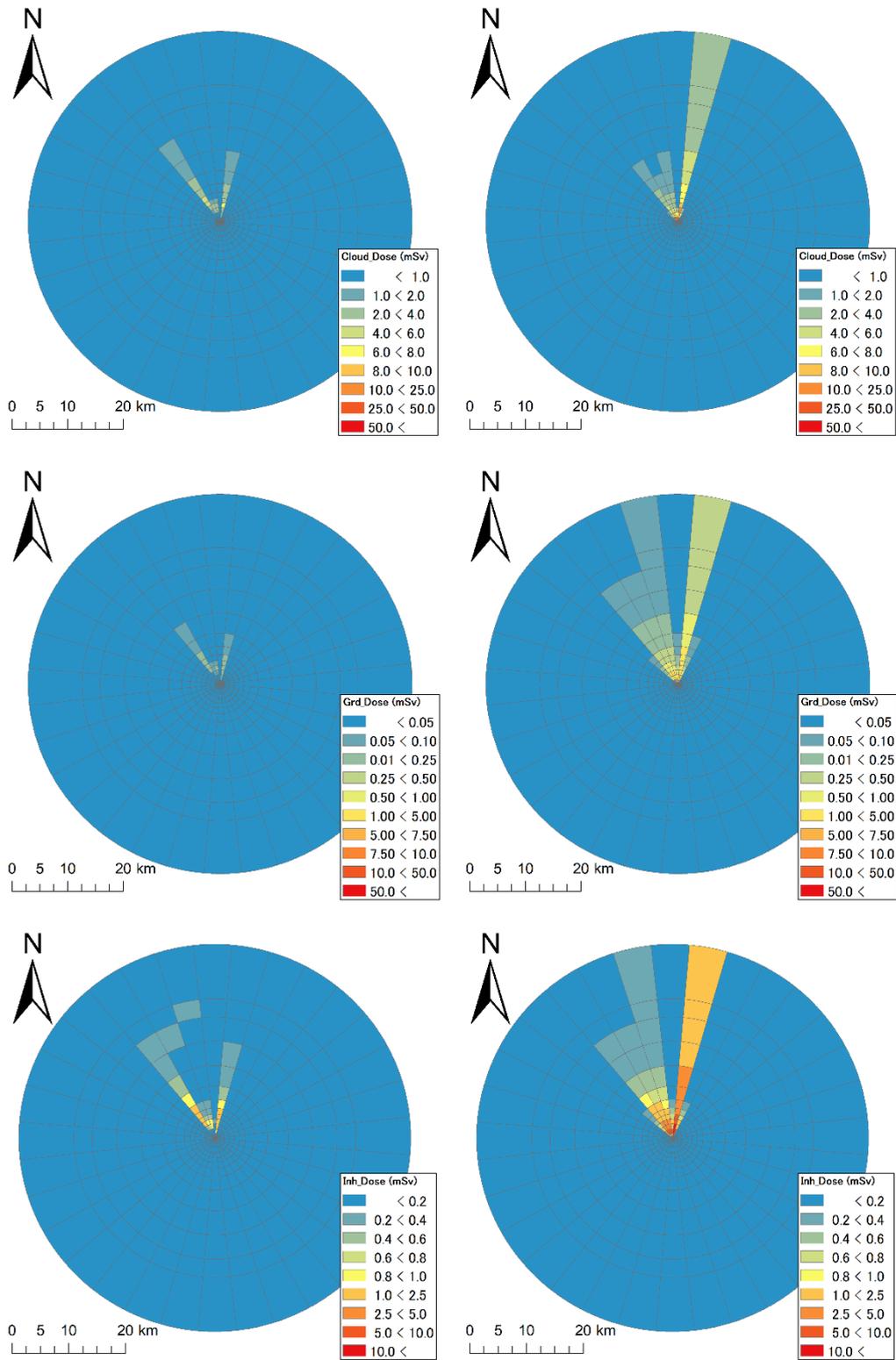
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(夏季風速の95%値)

図 3.20 福島第一原子力発電所における2018年6月18日10:00

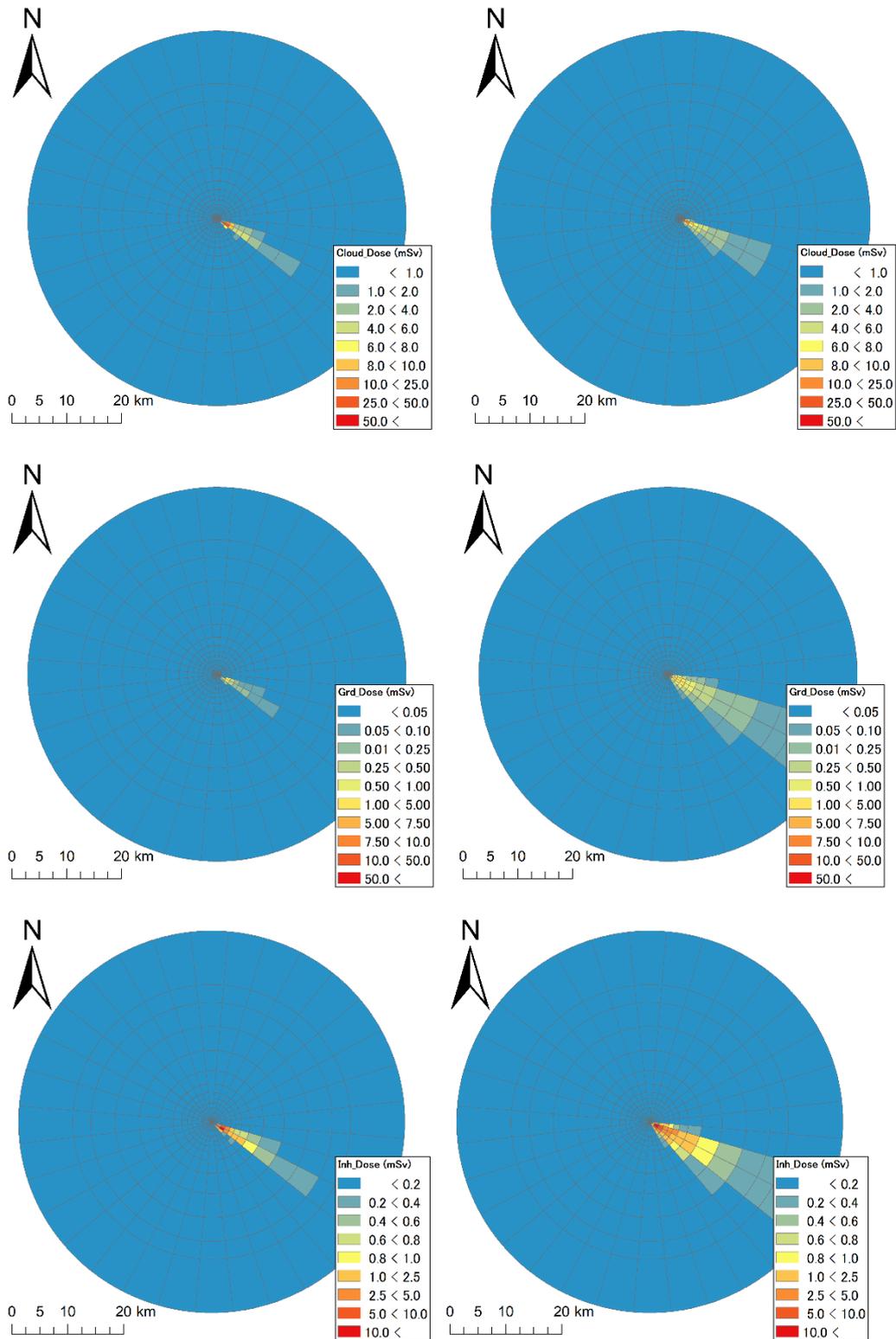
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(秋季風速の50%値)

図 3.21 福島第一原子力発電所における2018年11月4日14:00

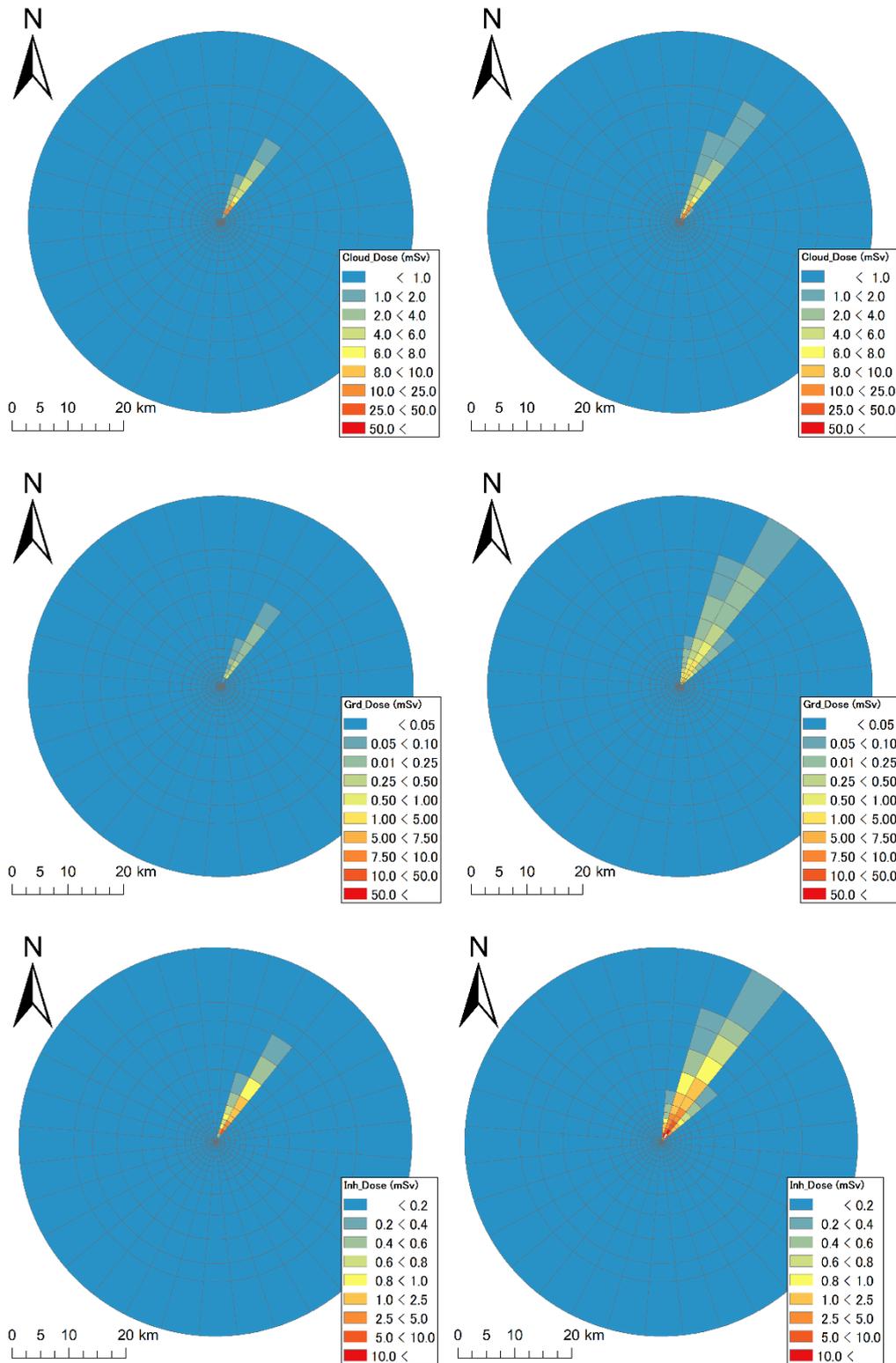
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(秋季風速の95%値)

図 3.22 福島第一原子力発電所における2018年10月27日16:00

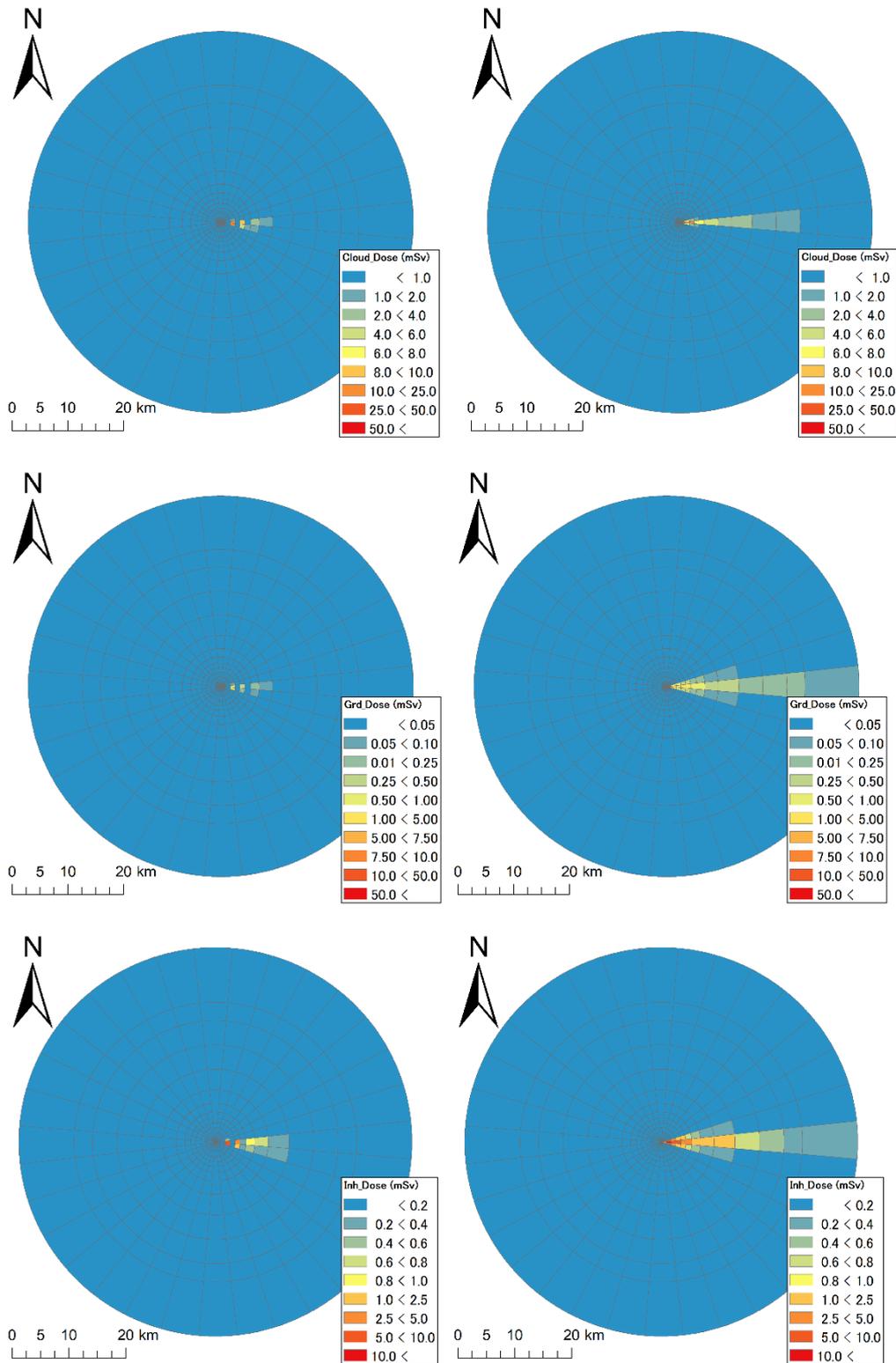
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(冬季風速の50%値)

図 3.23 福島第一原子力発電所における2018年1月15日4:00

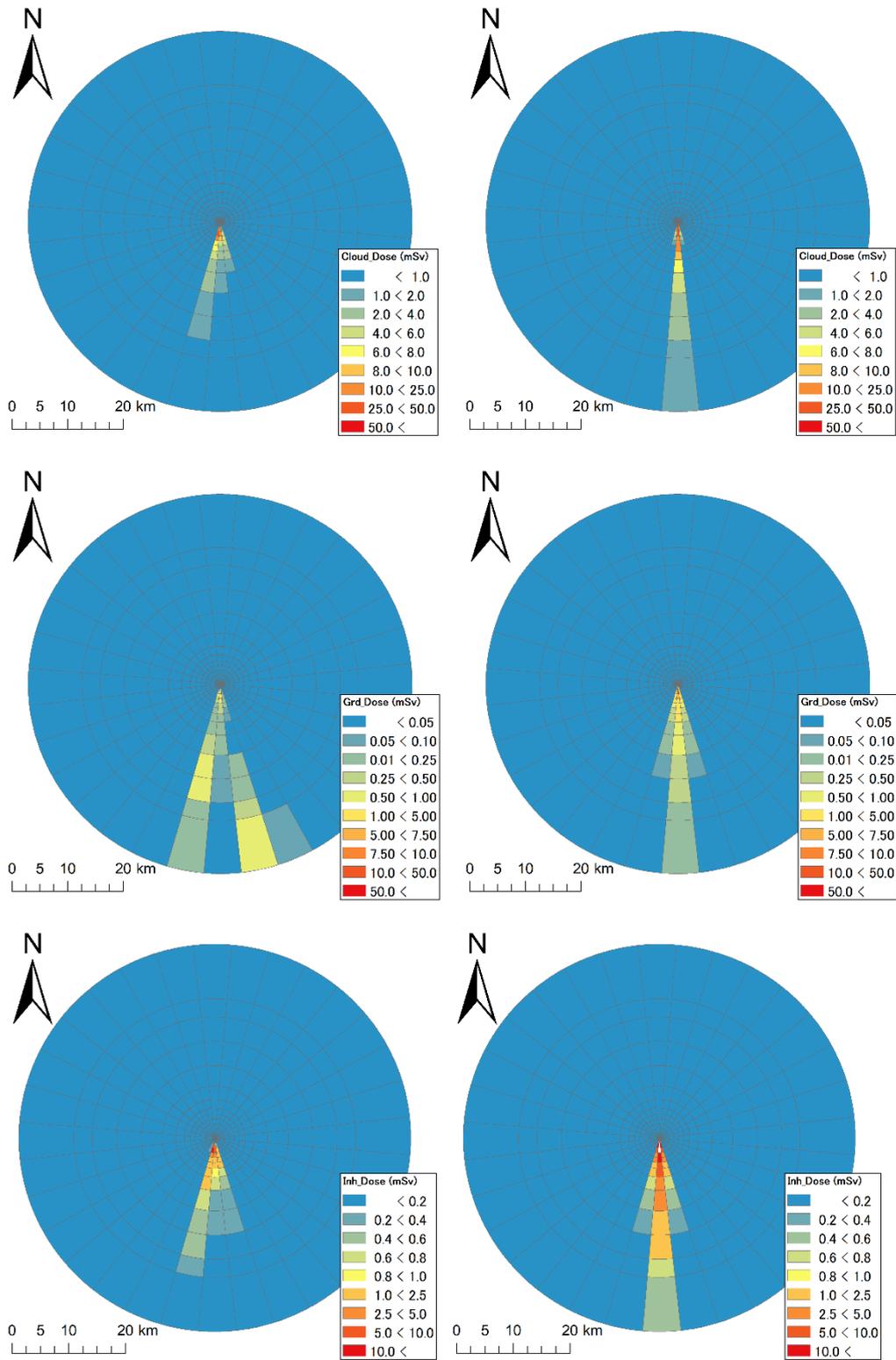
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(冬季風速の95%値)

図 3.24 福島第一原子力発電所における2018年1月23日16:00

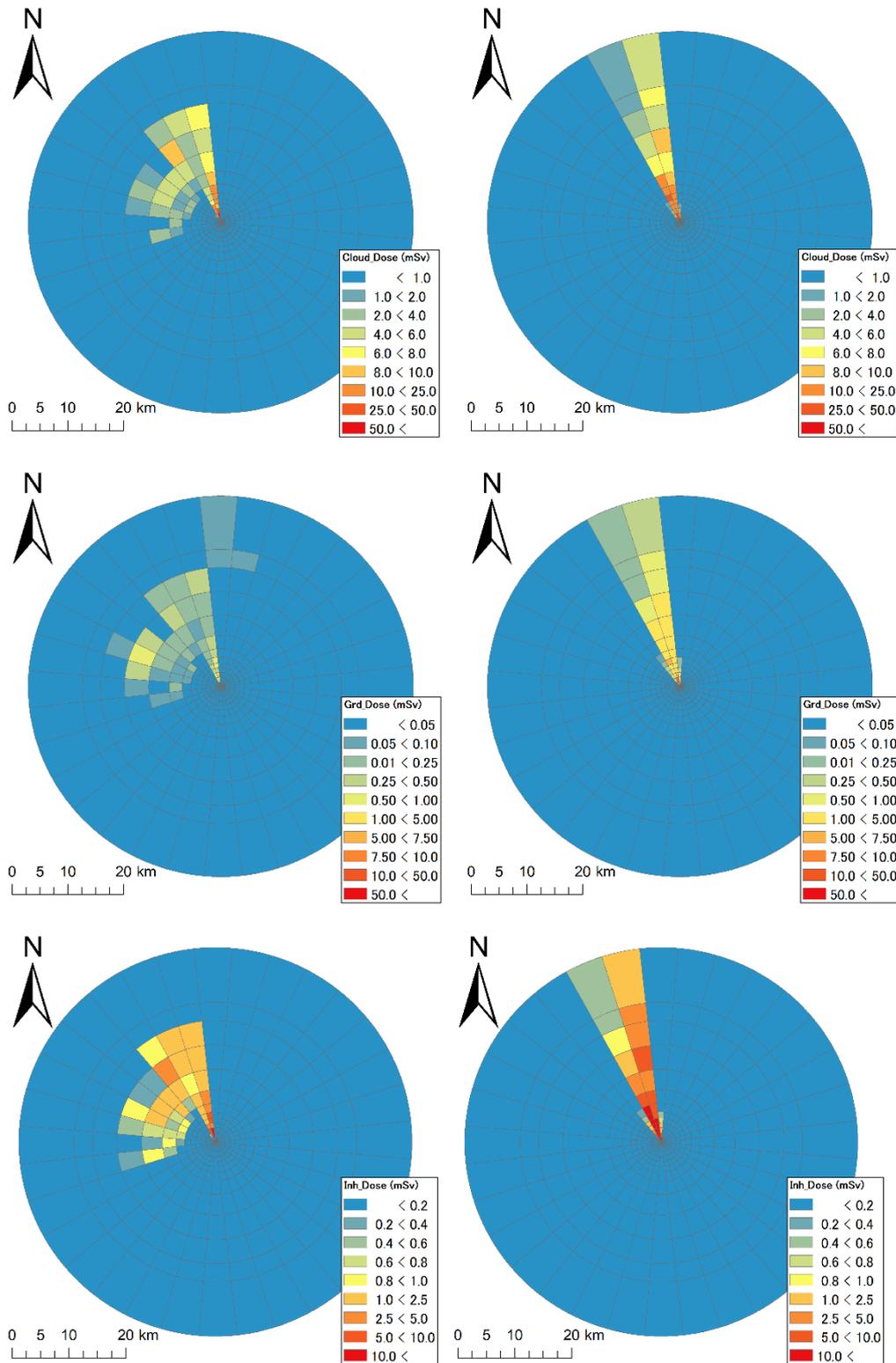
(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(被ばく線量50%値)

図 3.25 福島第一原子力発電所における2018年9月10日11:00

(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)



(被ばく線量の95%値)

図 3.26 福島第一原子力発電所における2018年6月5日21:00

(左列 : OSCAAR、右列 : MACCS)

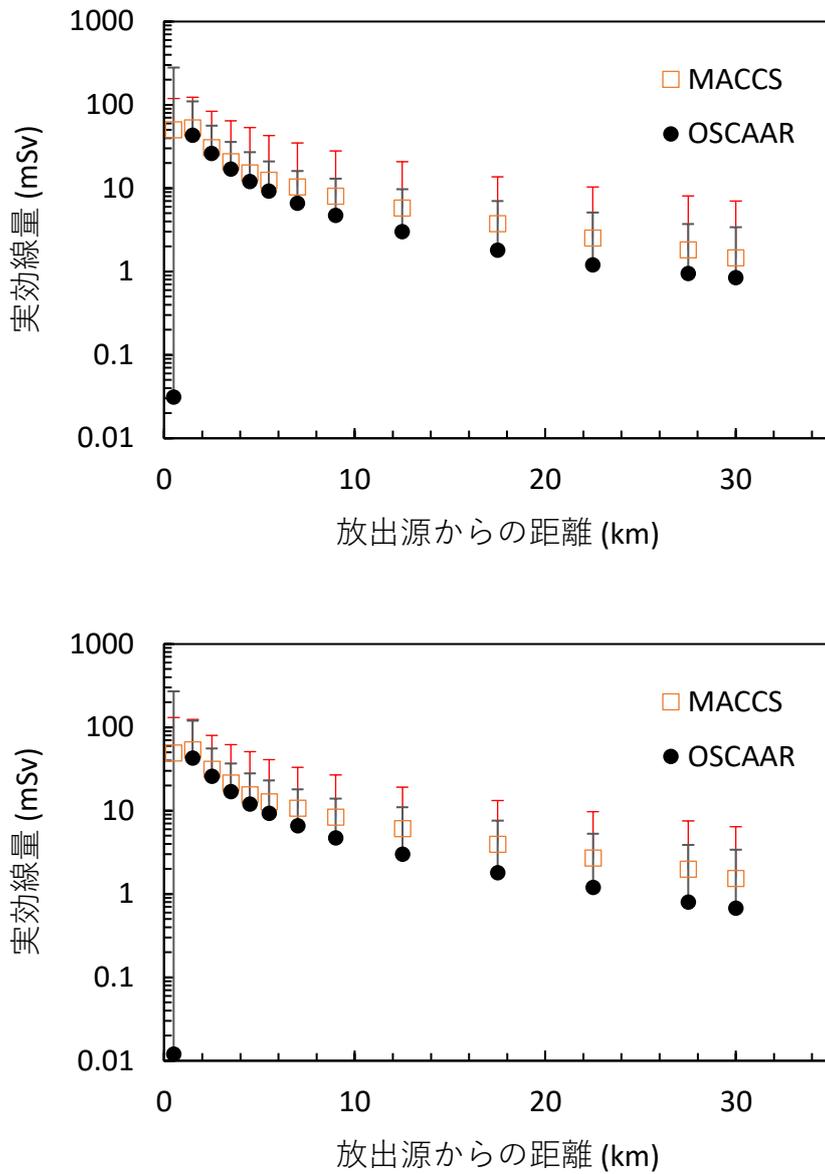


図 3.27 確率論的解析結果の比較

(上図 : 東海第二原子力発電所周辺、下図 : 福島第一原子力発電所周辺)
プロットは50%値、エラーバーは95%値を示す。

3.5. RAMS/HYPACTとの比較

OSCAAR及びMACCSによる評価結果に対して、さらに精緻な手法として、RAMS/HYPACTを用いた評価結果と比較を行う。

RAMS/HYPACTは米国コロラド大学が中心となって開発した大気拡散シミュレーションコードである。気象予報コードであるRAMSと粒子輸送コードであるHYPACTから成る。HYPACTはオイラー型モデルとラグランジュ粒子モデル、両方を用いたハイブリッドモデルによる粒子輸送が可能である。いずれも1km～1,000 kmのメソスケールに適用できる。RAMS/HYPACTはOSCAARやMACCSに比べて、複雑な地形や物理法則を考慮できるが、計算コストが高い。

以下の日時に対して、I-131による7日間積算被ばく線量を比較する。RAMS/HYPACTを用いて算出された被ばく線量分布を図 3.28に示す。

- ・ 2018/04/18 08:00 (福島第一原子力発電所周辺)
- ・ 2019/02/20 17:00 (東海第二原子力発電所周辺)
- ・ 2019/07/26 11:00 (東海第二原子力発電所周辺)
- ・ 2019/07/30 11:00 (東海第二原子力発電所周辺)

2018/04/18 08:00 (福島第一原子力発電所周辺) について、図 3.14のOSCAAR及びMACCSによる評価結果と図 3.28の左上図のRAMS/HYPACTによる評価結果を比較すると、線量分布の広がり方は概ね一致していることがわかる。しかし、RAMS/HYPACTの場合は最大線量が北西方向に偏って伸びる分布を示しているのに対し、その他の手法では、南西方向から北西方向へ一様に分布する結果となった。要因として、地形やそれに伴う気象場の違いが考えられる。

2019/02/20 17:00 (東海第二原子力発電所周辺) について、図 3.1のOSCAAR及びMACCSによる評価結果と図 3.28の右上図のRAMS/HYPACTによる評価結果を比較すると、OSCAARの結果とRAMS/HYPACTの結果は線量分布が南南西から西南西へ分布しており、概ね一致している。MACCSについては、線量分布が南から西南西の範囲に分布していた。

2019/07/26 11:00 (東海第二原子力発電所周辺) について、図 3.3のOSCAAR及びMACCSによる評価結果と図 3.28の左下図のRAMS/HYPACTによる評価結果を比較すると、被ばく線量分布の方向は概ね一致していることがわかる。

2019/07/30 11:00 (東海第二原子力発電所周辺) について、図 3.2のOSCAAR及びMACCSによる評価結果と図 3.28の左下図のRAMS/HYPACTによる評価結果を比較すると、OSCAAR及びMACCSの評価結果は北北西と北西方向の2方向に線量分布が生じている一方、RAMS/HYPACTは北西方向に線量分布が伸びているが、途中から北方向に進

路が変わっていることがわかる。図 3.2のOSCAARの吸入被ばく線量分布をみると、北西方向の線量分布が途中から北方向に変化していることが見られる。ガウスパフモデルでは放射性プルームの移流進路方向の変更ができるため、MACCSと計算結果が異なっている。今回比較した全ての気象場について、移流方向及び被ばく線量の分布傾向はRAMS/HYPACTとOSCAAR、MACCSで概ね類似していることがわかった。

図 3.29に各手法で評価した放出源からの距離に応じた積算被ばく線量の最大値を示す。2018/04/18 08:00（福島第一原子力発電所周辺）では、RAMS/HYPACTとOSCAARの結果が概ね一致しており、MACCSの結果が低くなった。2019/02/20 17:00（東海第二原子力発電所周辺）では、4kmから10kmの距離ではRAMS/HYPACTとOSCAARの結果が概ね一致していたが、以遠ではRAMS/HYPACTの結果がOSCAARを下回る結果となった。2019/07/26 11:00（東海第二原子力発電所周辺）では、距離6kmから22kmの範囲ではRAMS/HYPACTの結果とOSCAARの結果が概ね一致していた。2019/07/30 11:00（東海第二原子力発電所周辺）では、距離18km以遠でOSCAARとRAMS/HYPACTの結果が概ね一致していた。全体としては、気象条件にもよるが、放出源からの距離が近い領域では、RAMS/HYPACTの結果がOSCAARよりも低くなる傾向が見られた。これは、RAMS/HYPACTが地形、温度等を考慮して気象場を作成しており、放射性プルームの移流方向が3次元の拡散の解析手法も異なるためであると考えられる。遠方になるほどRAMS/HYPACTの結果とOSCAARの結果が近い値となったのは、拡散が進み、上記のような効果が薄まったためであると考えられる。

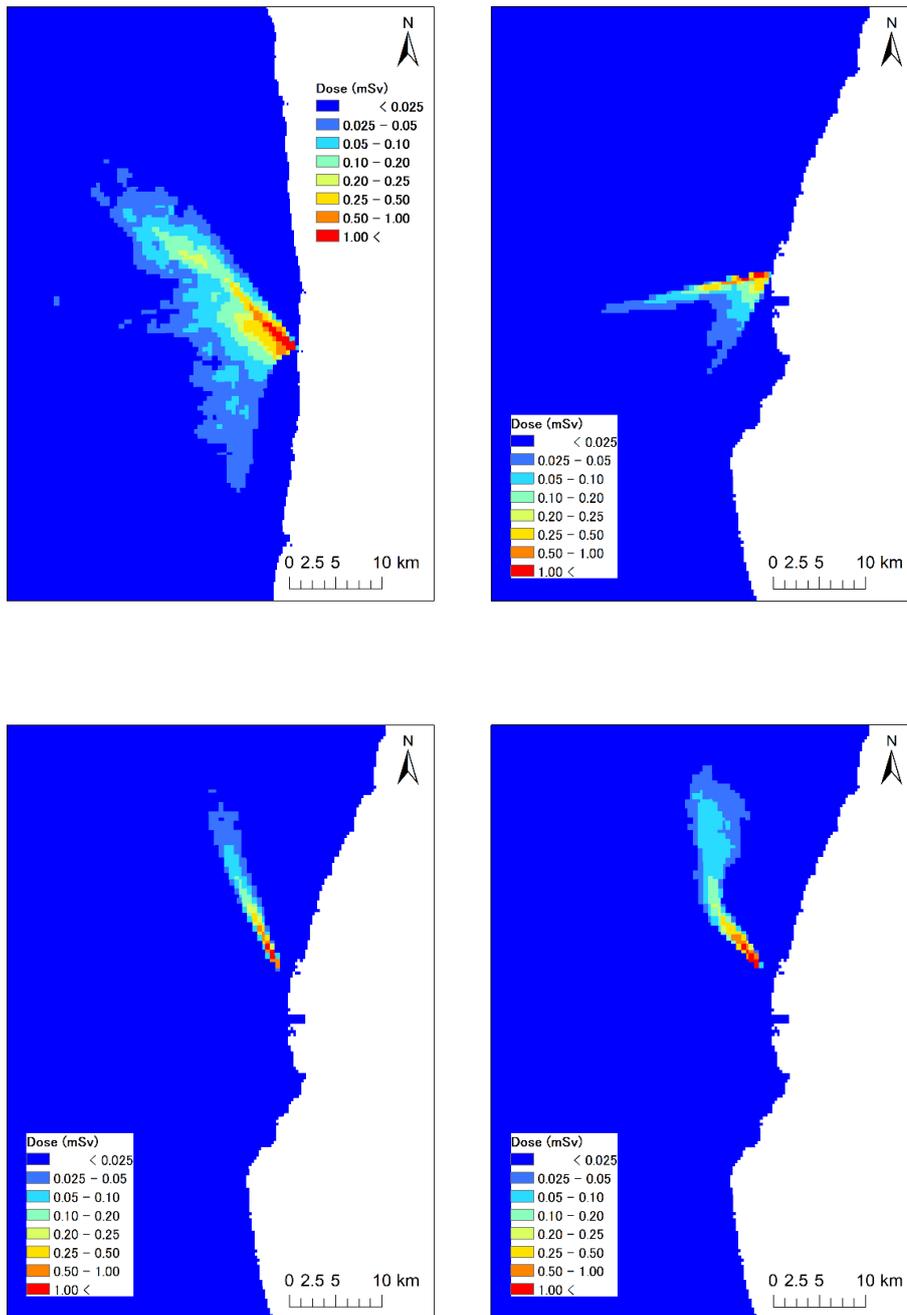


図 3.28 RAMS/HYPACTによる7日間積算被ばく線量分布

左上：2018/04/18 08:00（福島第一原子力発電所周辺）、
 右上：2019/02/20 17:00（東海第二原子力発電所周辺）、
 左下：2019/07/26 11:00（東海第二原子力発電所周辺）、
 右下：2019/07/30 11:00（東海第二原子力発電所周辺）

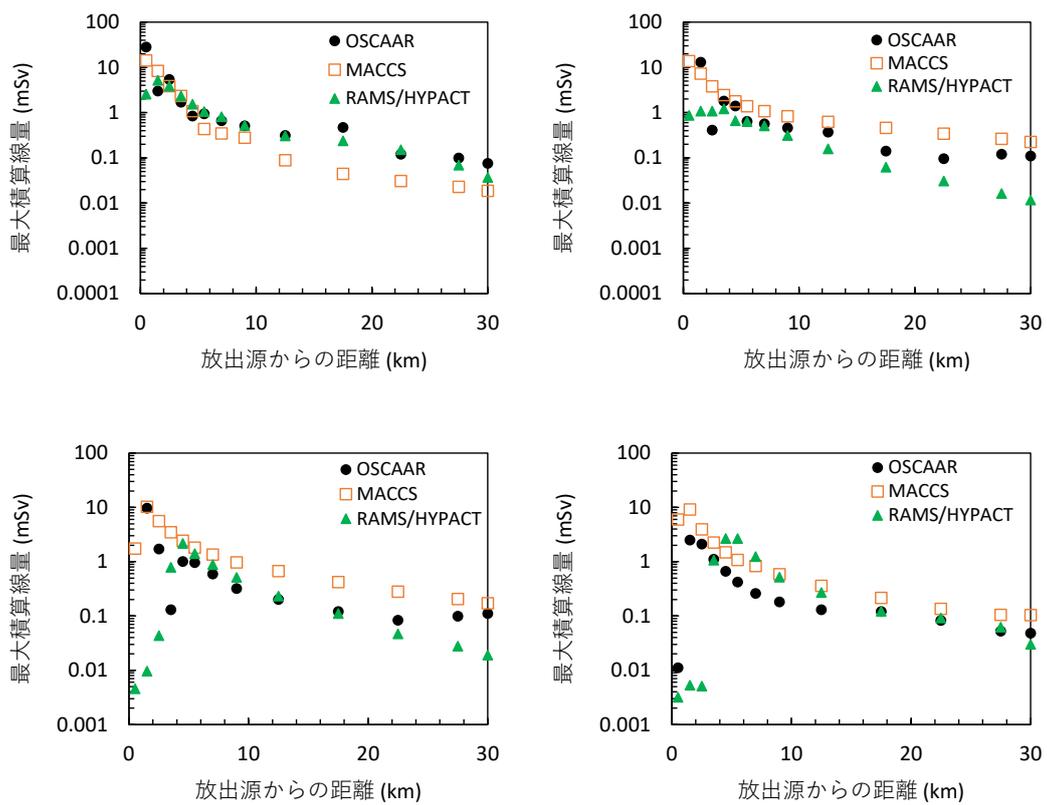


図 3.29 距離ごとの最大線量の比較

左上：2018/04/18 08:00（福島第一原子力発電所周辺）、
 右上：2019/02/20 17:00（東海第二原子力発電所周辺）、
 左下：2019/07/26 11:00（東海第二原子力発電所周辺）、
 右下：2019/07/30 11:00（東海第二原子力発電所周辺）

第3章の参考文献

- Homma, T., 2002, Oscaar development and applications, Proceedings of 4th International MACCS User Group Meeting, p57-66, 2002/10
- Pielke, R. A., Cotton, W. R., Walko, R. L., Tremback C. J., Lyons. W. A., Grasso, L. D., Nicholls, M. E., Moran, W. A., Wesley, D. A., Lee, T. J. and Copeland, J. H.: A Comprehensive Meteorological Modeling System-RAMS, Meteorol. Atmos. Phys., 49, 69-91 (1992)
- Sandia National Laboratories, MELCORE Accident Consequence Conde System (MACCS), NUREG/CR-4691, 1990
- Walko, R. L., Tremback, C. J. and Bell, M. J.: The Hybrid Particle and Concentration Transport Model Verison 1.0, User's guide (1995)
- 原子力規制庁, 2018, 原子力災害時の事前対策における参考レベルについて(第4回), 平成30年9月12日, (<https://www.nsr.go.jp/data/000245214.pdf>)
- 公害研究対策センター, 窒素酸化物総量規制マニュアル, 2000

4. 被ばく評価モデルの検討

4.1. 外部被ばく線量係数に関する検討

原子力発電所事故によって放射性核種が放出された場合、放射性核種は雲状の塊（放射性プルーム）として、拡散しながら遠方へ移流していく。被ばく線量評価を考える場合、実際には、地上の線量評価点の上空の概ね放出高付近を最大濃度として放射性プルームが分布している。

クラウドシャインによる被ばく線量を評価する際、公開版OSCAARでは、地表における放射性核種濃度が無限空間に広がっているとするサブマージョンモデルが適用されている。しかし、実際の放射性プルームは濃度分布を伴う有限体積を持った形状であり、放出高や放射性プルームの拡散具合、ガンマ線のエネルギーによって、評価される被ばく線量はサブマージョンモデルのものと異なることが予想される。

そこで、サブマージョンモデルと有限雲に対するモデル（有限雲モデル）について、それぞれクラウドシャインによる被ばく線量を評価・比較し、OSCAARへの適用について検討する。

4.1.1. サブマージョンモデルと有限雲モデルによる線量評価

サブマージョンモデルでは、**図 4.1**のように、放射性核種が一様な濃度で無限に広がっていると仮定している。この時の一様放射性核種濃度は地上における放射性核種濃度とされている。一方、有限雲モデルでは、**図 4.1**のように、3次元ガウス分布を持つ放射性核種濃度を線源分布として仮定している。

それぞれの大気中放射性核種からの外部被ばく線量評価手法を比較するため、モンテカルロ粒子輸送コードPHITS（Sato et al., 2018）を用いて、地上における周辺線量当量（ $H^*(10)$ ）と実効線量を評価・比較する。有限雲モデルの線源体系は3章で言及したガウスパフモデルを用いて算出する。比較する条件は、放出高が地上100 m及び地上50 mの場合、大気安定度がA、B、C、D、E、Fの場合について評価を行う。

放出源からの距離及び大気安定度ごとの地上空気中放射能濃度はOSCAAR（Homma, 2002）で使用しているガウスパフモデル式に従い、計算を行った。サブマージョンモデルでは、この濃度が一様に分布している。時刻 t における評価点 (x,y,z) での放射性核種濃度 $\chi(x,y,z,t)$ は式(4.1.1)のように計算される。地上空気中放射能濃度計算結果を**図 4.2**に示す。

$$\begin{aligned} \chi(x, y, z, t) &= \sum_{i=1}^N \chi_i(x, y, z, t) \\ &= \sum_{i=1}^N \frac{2Q(t)}{(2\pi)^{1.5} \sigma_{y,i}^2} \exp\left[-\frac{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}{2\sigma_{y,i}^2}\right] \exp\left[\frac{(z_i - z)^2}{2\sigma_{z,i}^2}\right] \end{aligned} \quad (4.1.1)$$

ここで、 $\sigma_{y,i}$ 及び $\sigma_{z,i}$ は*i*番目のパフの水平方向拡散パラメータと鉛直方向の拡散パラメータを指しており、式(4.1.2)のように計算される。

$$\begin{aligned} \sigma_{y,i} &= A_y \cdot d_i^p \\ \sigma_{z,i} &= A_z \cdot d_i^q \end{aligned} \quad (4.1.2)$$

式(4.1.2)の各係数はOSCAARでは表 4.1.1の値が使用されている。

大気安定度、風向、風速が一定の場合の放出源からの距離及び大気安定度ごとの放射性プルーム移流経路直下の地上空气中放射能濃度計算結果を図 4.2に示す。各条件の3次元空气中放射能濃度に対する地上1 mにおける周辺線量当量と実効線量はモンテカルロ粒子輸送コードPHITSを用いて計算した。3次元空气中放射能濃度を3次元メッシュデータとしてPHITSの入力ファイルの[Source]セクションに入力することによって、3次元濃度分布を持つ線源を設定した。この時、メッシュの分割は鉛直方向5 m間隔、水平方向は 3σ の範囲を100分割してメッシュを構築した。

各条件に対する有限雲モデルと無限雲モデルの被ばく線量を図 4.3から図 4.14に示す。図 4.3から図 4.5はそれぞれ希ガス類、ヨウ素類、セシウム類について、放出高50mの場合の放出源からの距離と実効線量の関係を大気安定度ごとに示している。図 4.6から図 4.8はそれぞれ希ガス類、ヨウ素類、セシウム類について、放出高100mの場合の放出源からの距離と実効線量の関係を大気安定度ごとに示している。図 4.9から図 4.11はそれぞれ希ガス類、ヨウ素類、セシウム類について、放出高50mの場合の放出源からの距離と周辺線量当量の関係を大気安定度ごとに示している。図 4.12から図 4.14はそれぞれ希ガス類、ヨウ素類、セシウム類について、放出高100mの場合の放出源からの距離と周辺線量当量の関係を大気安定度ごとに示している。

サブマージョンモデルの場合、A及びBについては、放出点からの距離が遠くなるに従い、実効線量が減少している。C、D、E、Fについては、放出点からの距離の増大に従い、初めは実効線量が増加し、ある距離で最大値を示した後、減少す

る傾向が見られた。図 4.5のように、①放射性プルームの拡散が進んでいない場合、②放射性プルームの拡散が進んだ場合、③放射性プルームの拡散がさらに進んだ場合で地上における放射性核種濃度が拡散度によって変化するためであり、①、③、②の順に放射性核種濃度が大きくなる。図 4.3から図 4.5のA、Bについては、評価点の最小距離である0.5km地点で放射性プルームの拡散が進んでいるのに対して、その他の大気安定度では、拡散が進んでいない状態であると考えられる。放出高が100mの場合である図 4.6から図 4.8は、放出高が50mである図 4.3から図 4.5と比較して、それぞれの分布の増加減少が緩やかであり、最大値を示す放出源からの距離も遠くなっている。これは、放出高が高くなることによって、十分に拡散が進んだ状態になるまで、距離を有することが要因であると考えられる。

有限雲モデルの場合、上空の線源からの寄与を考慮しているため、放出源からの距離が近い領域でも、被ばく線量が低く評価されることはなく、いずれの大気安定度でも放出源からの距離が遠くなるに従い、実効線量が減少する傾向が見られた。

有限雲モデルとサブマージョンモデルを比較すると、いずれの大気安定度の場合もある距離以遠で両モデルによる被ばく線量評価結果が一致又はサブマージョンモデルの方が大きくなった。被ばく線量評価結果が一致する点は放出高が遠いほど遠くなった。これは、地上評価点位置と放射性プルームの位置と拡散度に依存する。例えば、図 4.3の大気安定度Dの場合は放出点からの距離10km以遠、大気安定度Fの場合は11km以遠ではサブマージョンモデルを適用しても問題ないということになる。

実効線量と周辺線量当量とを比較して、放出源からの距離と線量の分布に大きな違いは見られなかった。

表 4.1.1 拡散パラメータ式の係数

大気安定度	Ay	P	d < 0.1 km		0.1 km < d < 1 km		1 km < d	
			Az	q	Az	q	Az	q
A	0.3658	0.9031	0.192	0.936	0.00066	1.941	0.00024	2.094
B	0.2751	0.9031	0.156	0.922	0.0382	1.149	0.055	1.098
C	0.2089	0.9031	0.116	0.905	0.113	0.911	0.113	0.911
D	0.1471	0.9031	0.079	0.881	0.222	0.725	1.26	0.516
E	0.1046	0.9031	0.063	0.871	0.211	0.678	6.73	0.305
F	0.0722	0.9031	0.053	0.814	0.086	0.740	18.05	0.180

4.1.2. 有限雲モデルとサブマージョンモデルの比較

有限雲モデルとサブマージョンモデルの地上濃度に対する線量換算係数を比較するため、サブマージョンモデルの場合の線量換算係数に対する有限雲モデルの場合の線量換算係数の比を比較した。線量換算係数に地上放射性核種濃度を乗じることによって線量を算出できる。

放出源からの距離と線量換算係数比の関係を図 4.16 から図 4.27 に示す。図 4.16 から図 4.18 は放出高 50m の場合の実効線量換算係数比、図 4.19 から図 4.21 は放出高 100m の場合の実効線量換算係数比、図 4.22 から図 4.24 は放出高 50m の場合の周辺線量当量比、図 4.25 から図 4.27 は放出高 100m の場合の周辺線量当量比を示している。いずれの条件でも、放出源からの距離の増大に応じて線量換算係数比が減少し、概ね 1 に収束した。線量換算係数比が 1 に収束する距離は大気安定度が安定なほど遠くなる。また、放出高が高くなるに従い、遠くなる。これは、前項の分布をから自明である。最も近い評価点である 0.5km 地点では、大気安定度 F の場合の線量換算係数比は実効線量でも周辺線量当量でも、放出高 100 m の場合は最大 $1.0e+15$ 程度であり、放出高 50 m の場合は最大 $1.0e+3$ 程度となった。

有限雲モデルとサブマージョンモデルの被ばく線量評価結果の違いは放出源からの距離が近いほど大きくなる。また、大気安定度によってはその差が非常に非常に大きくなる。今後、OSCAAR に有限雲モデルを適用する場合、ガウスパフモデルで算出した評価点放射性核種濃度、サブマージョンモデルの線量換算係数、線量換算係数比を乗じることによって評価が可能である。

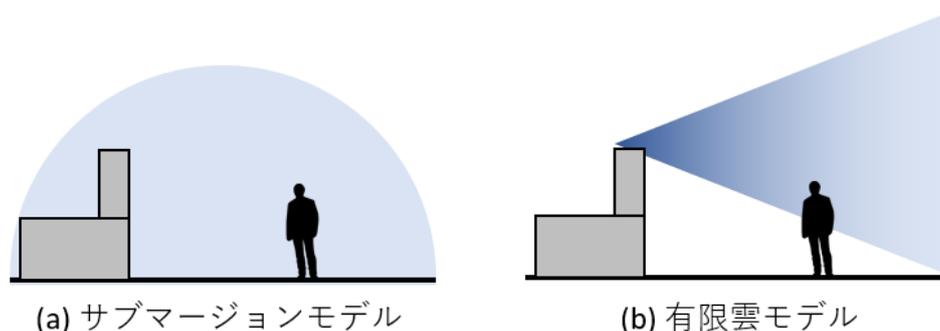


図 4.1 サブマージョンモデルと有限雲モデルの概念図

(a)サブマージョンモデル、(b)有限雲モデル

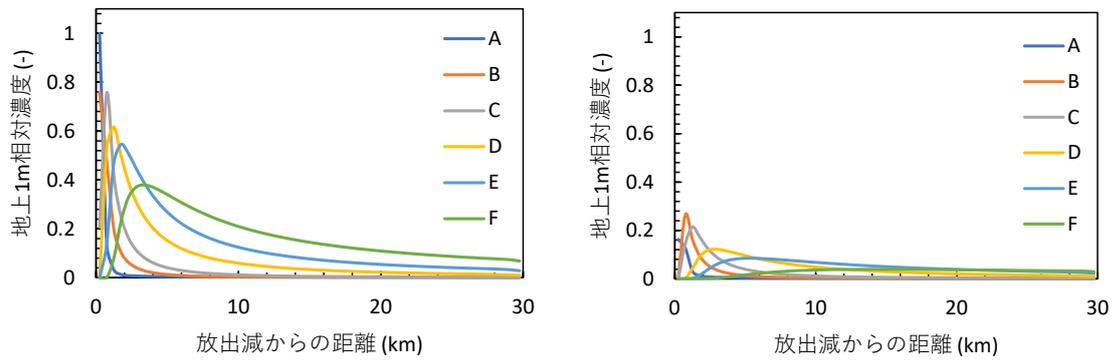


図 4.2 地表面空气中放射能濃度 (左 : 放出高50 m、右 : 放出高100 m)

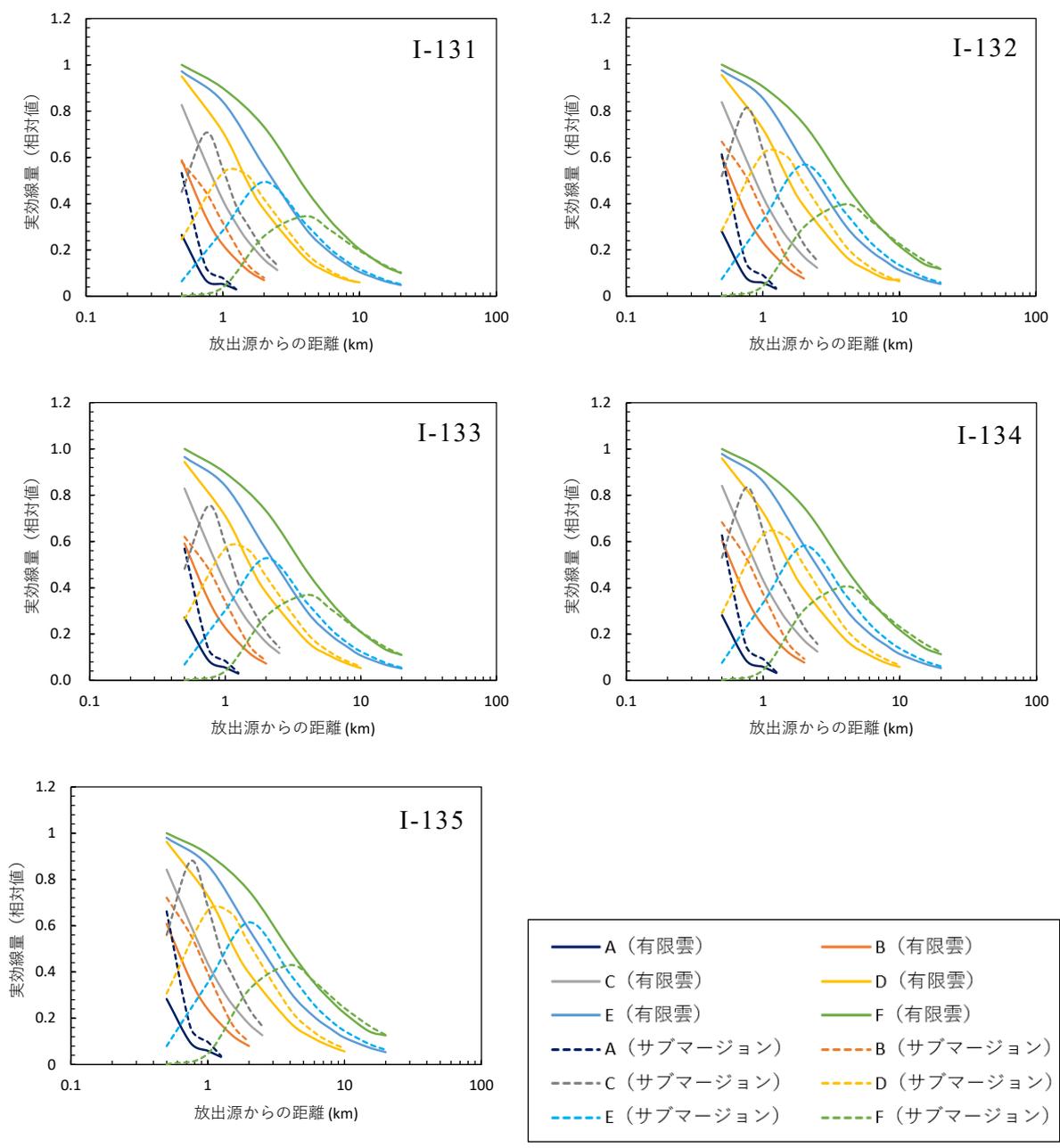


図 4.3 ヨウ素核種の放出高50 mについての気安定度別放出源からの距離と実効線量の関係

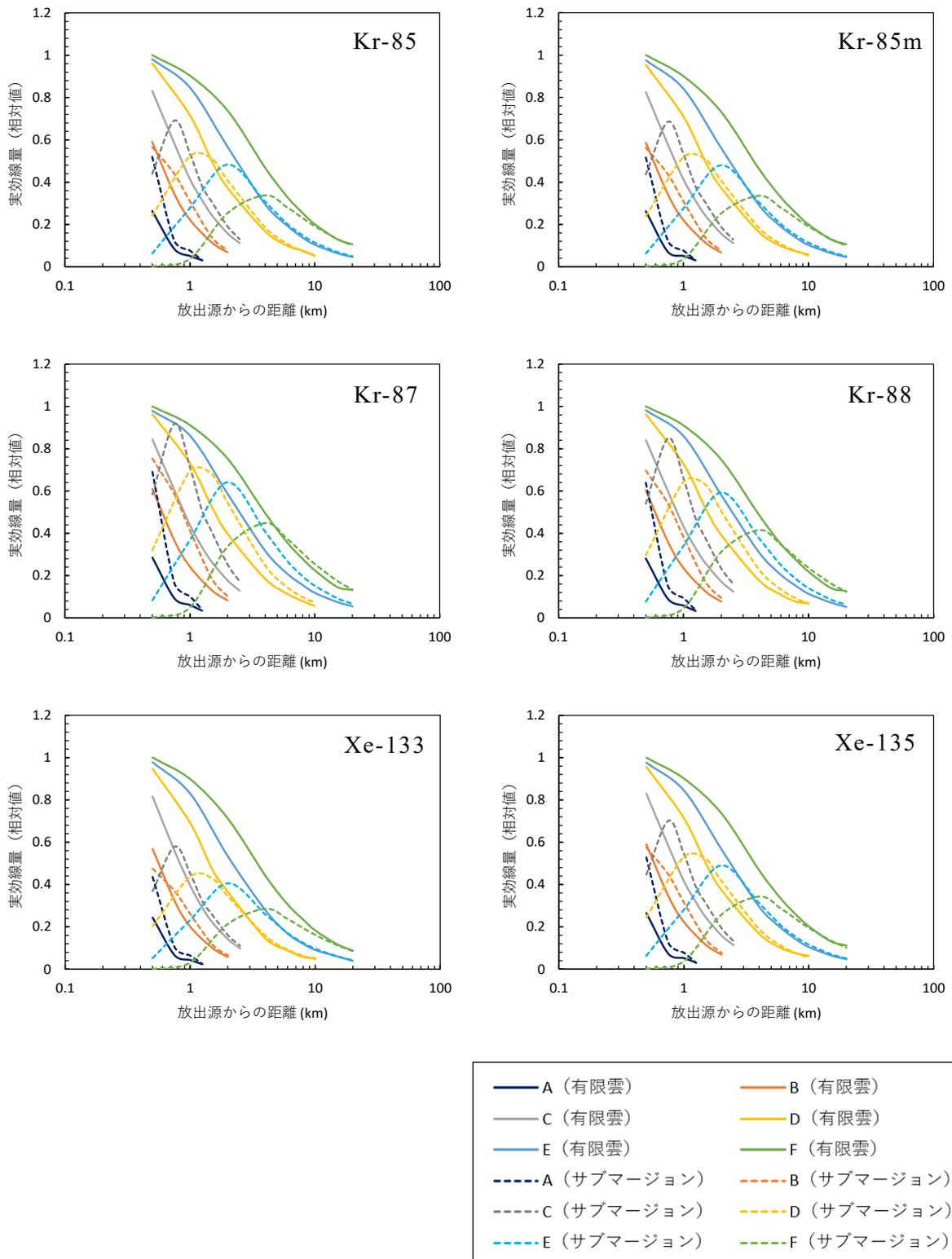


図 4.4 希ガス核種の放出高 50 m についての大気安定度別放出源からの距離と実効線量の関係

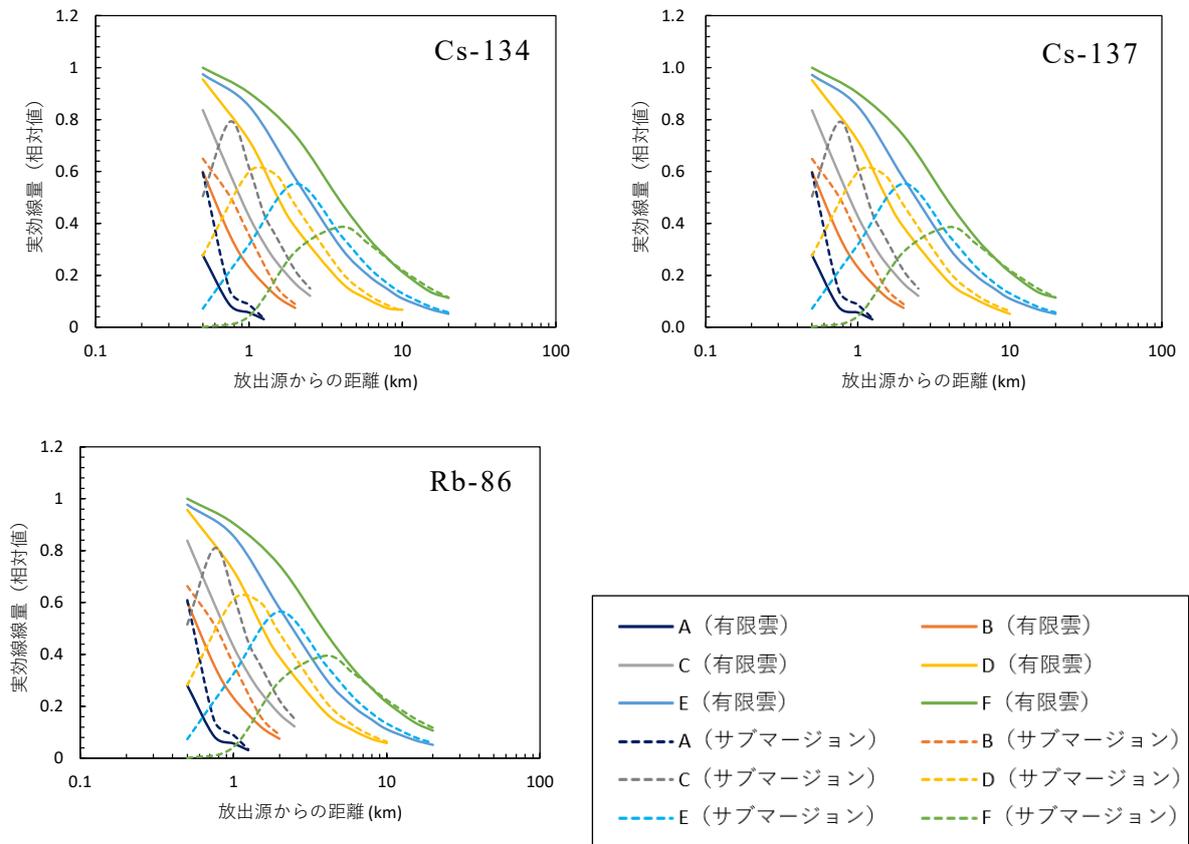


図 4.5 セシウム核種の放出高50 mについての気安定度別放出源からの距離と実効線量の関係

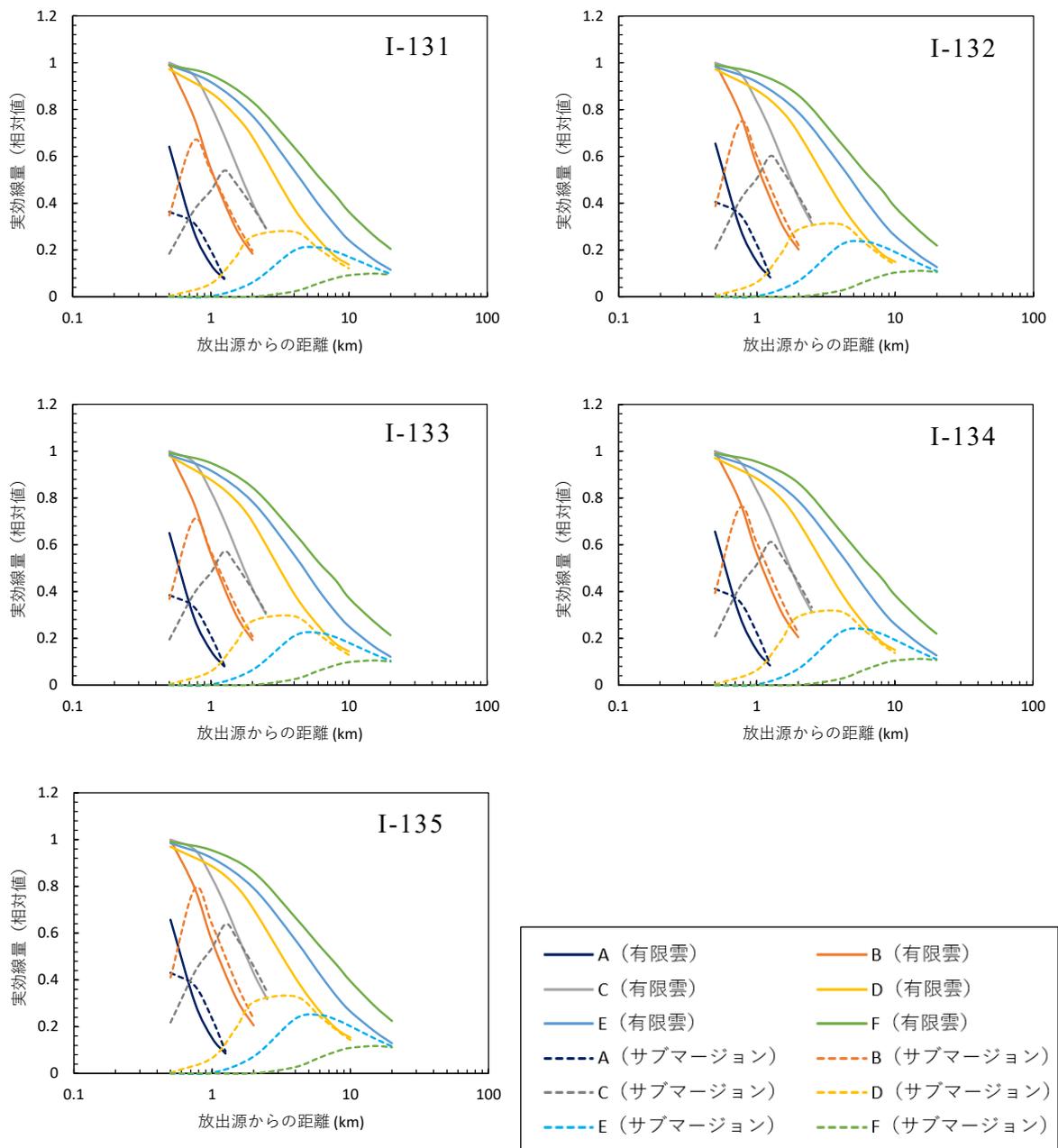


図 4.6 ヨウ素核種の放出高100 m についての大気安定度別放出源からの距離と実効線量の関係

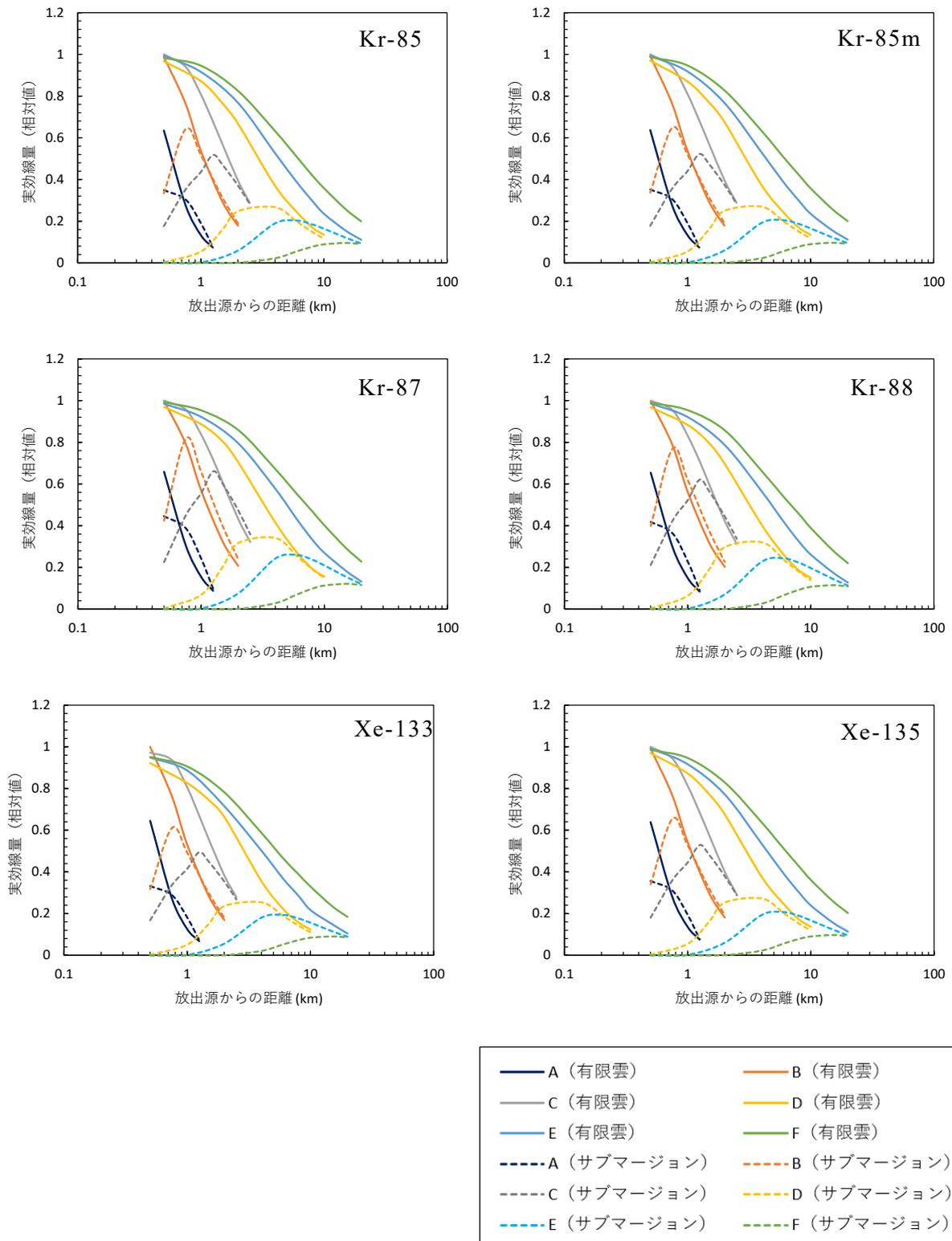


図 4.7 希ガス核種の放出高100 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量の関係

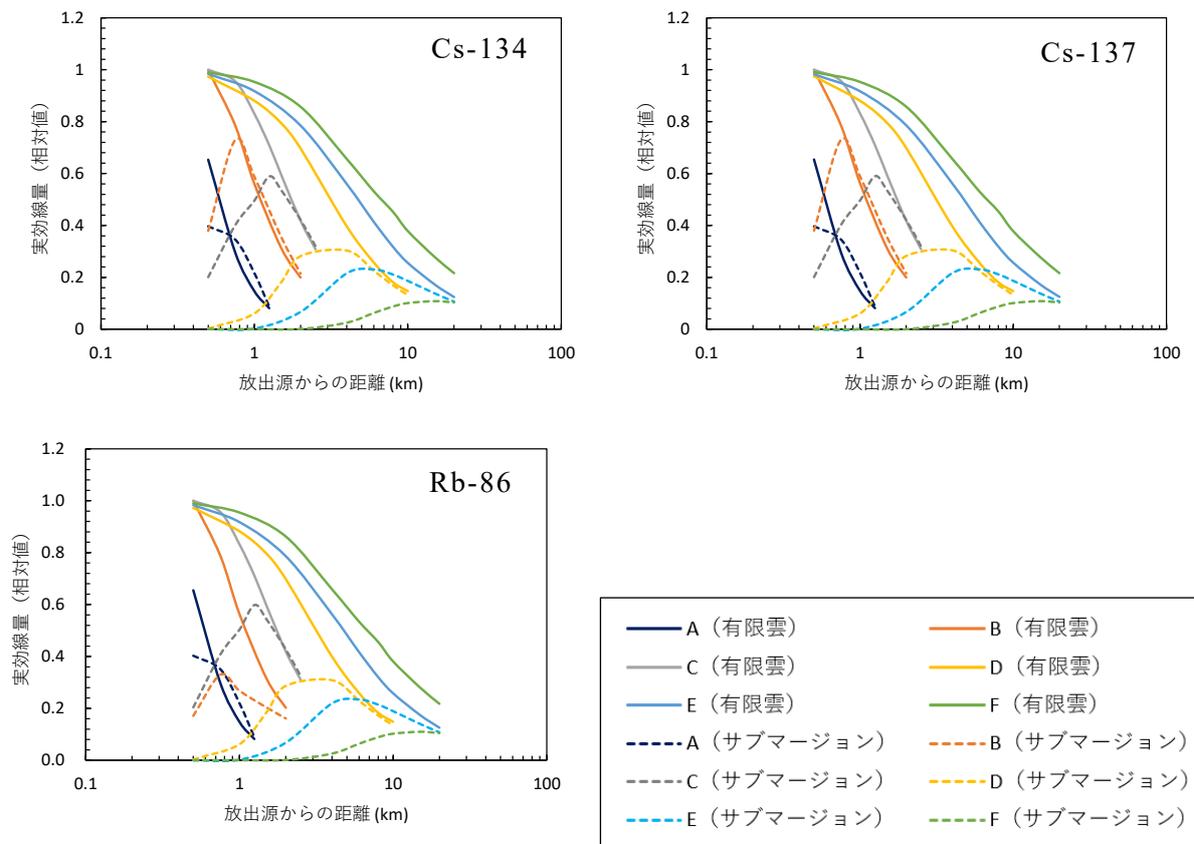


図 4.8 セシウム核種の放出高100 mについての気安定度別放出源からの距離と実効線量の関係

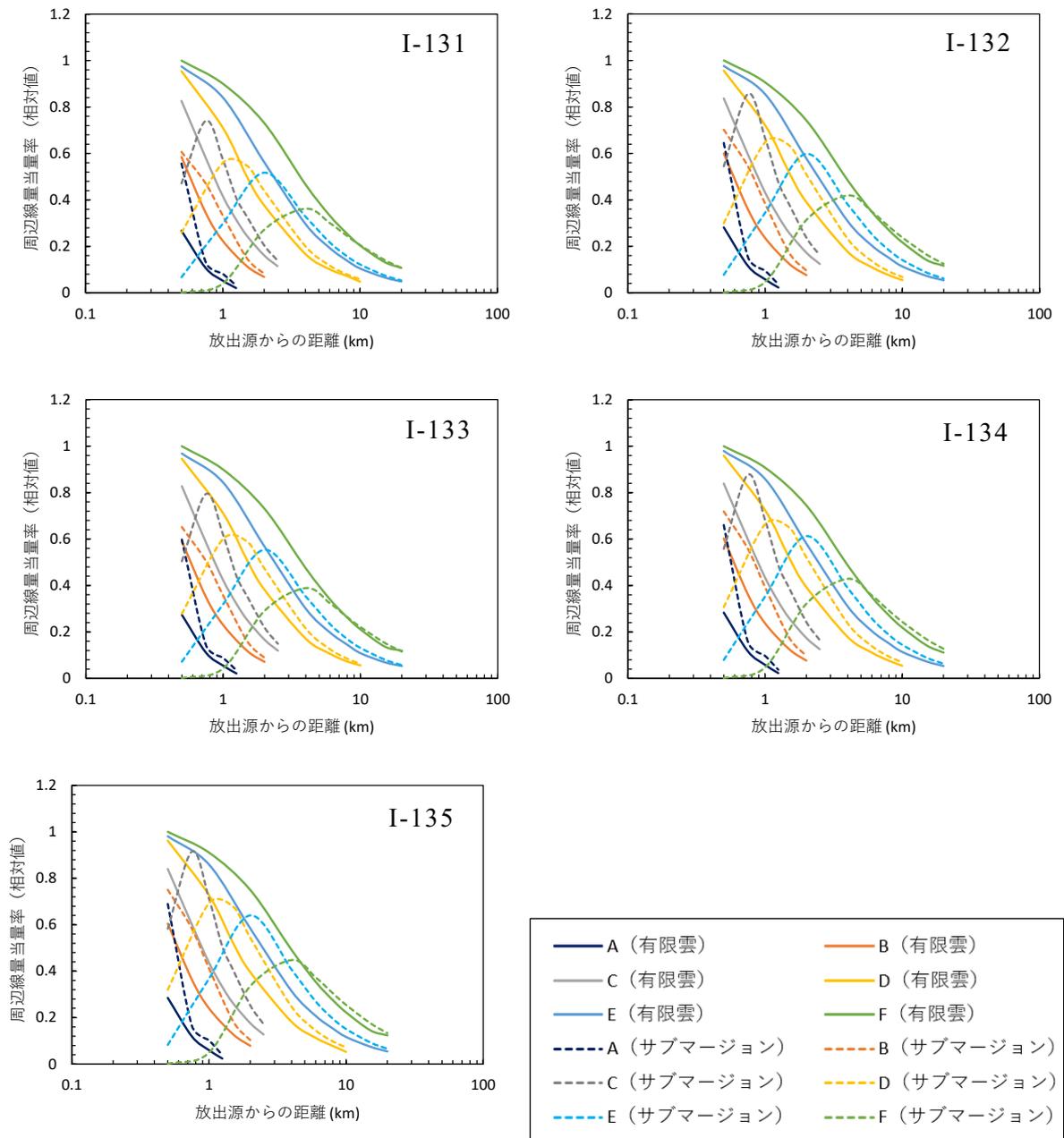


図 4.9 ヨウ素核種の放出高50 mについての気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率の関係

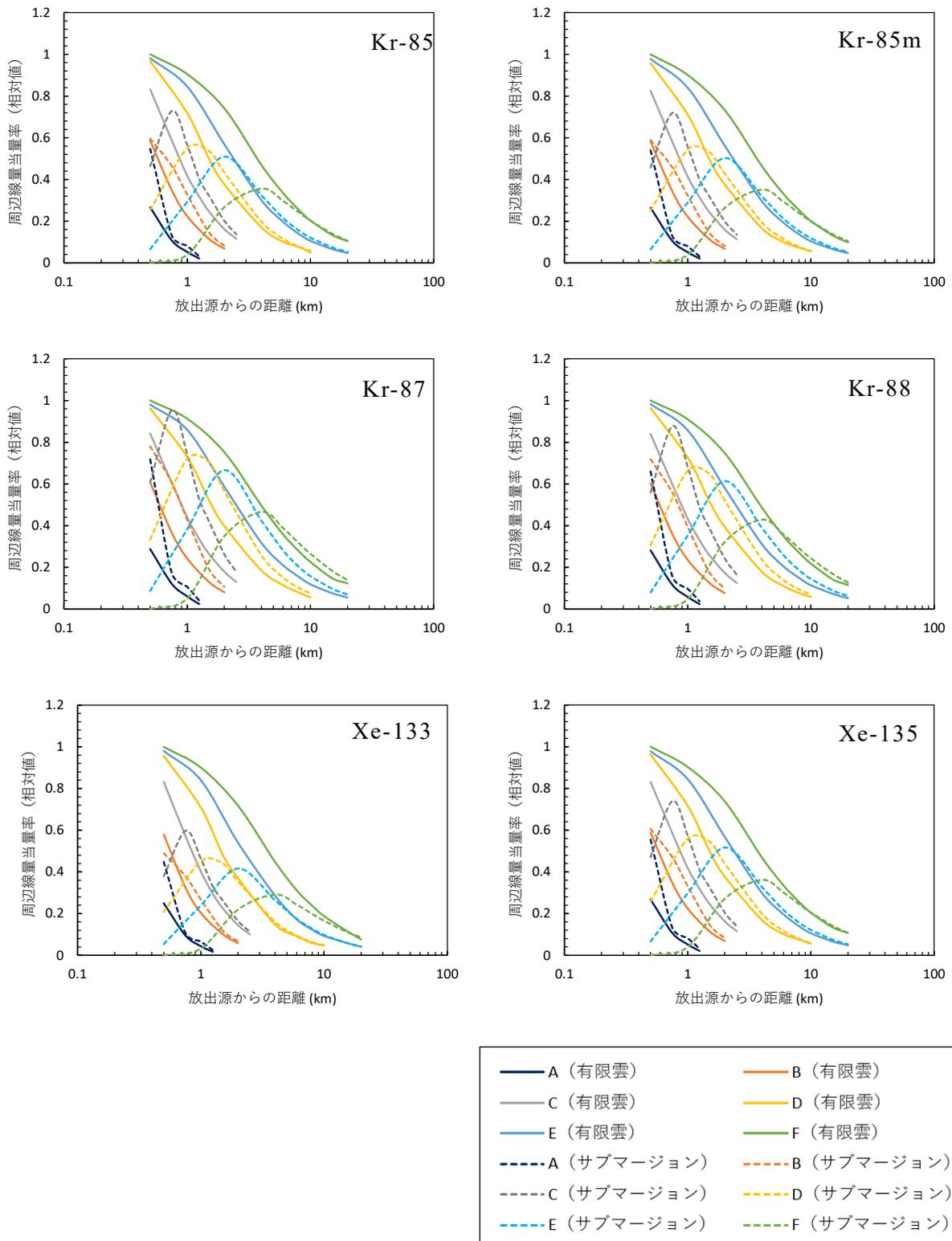


図 4.10 希ガス核種の放出高50 mについての大気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率の関係

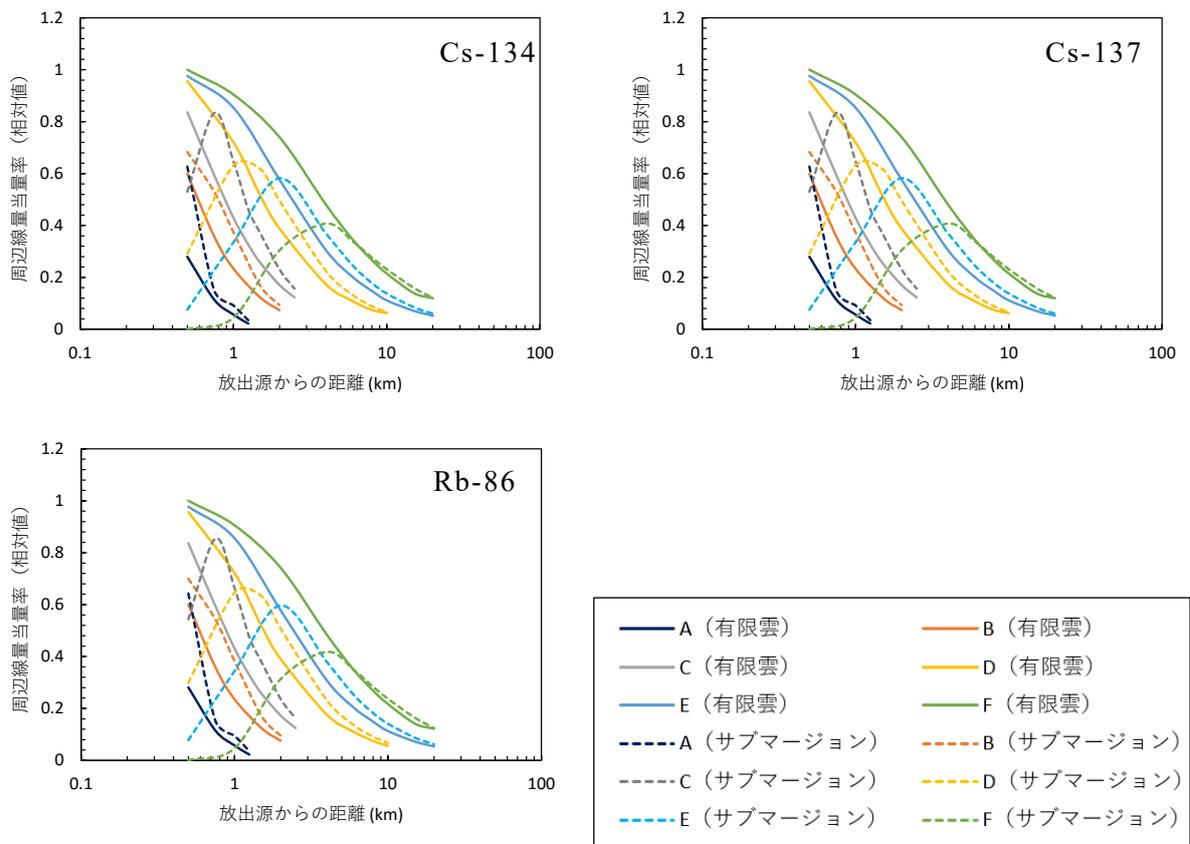


図 4.11 セシウム核種の放出高50 mについての気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率の関係

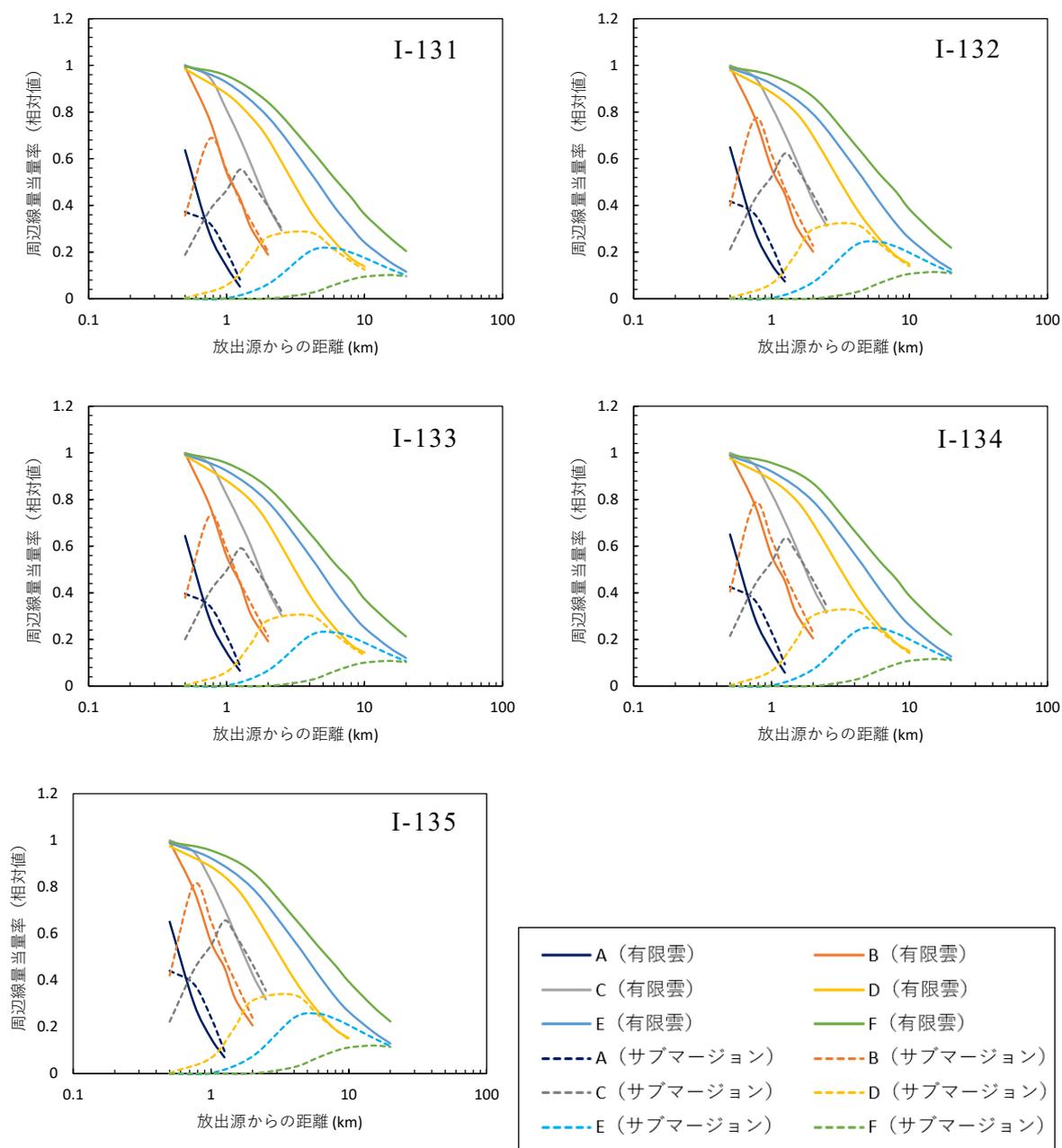


図 4.12 ヨウ素核種の放出高100 mについての気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率の関係

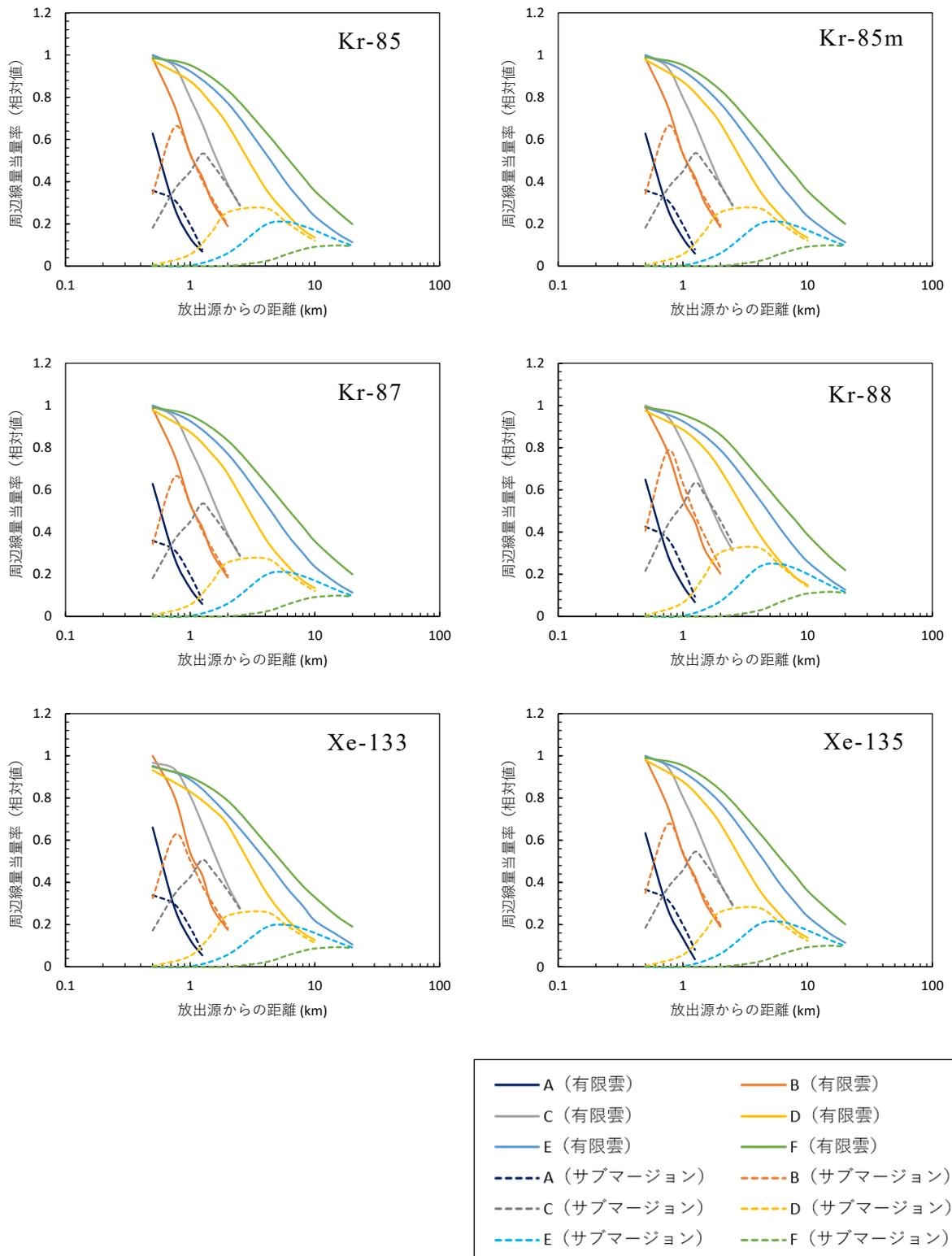


図 4.13 希ガス核種の放出高100 mについての気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率の関係

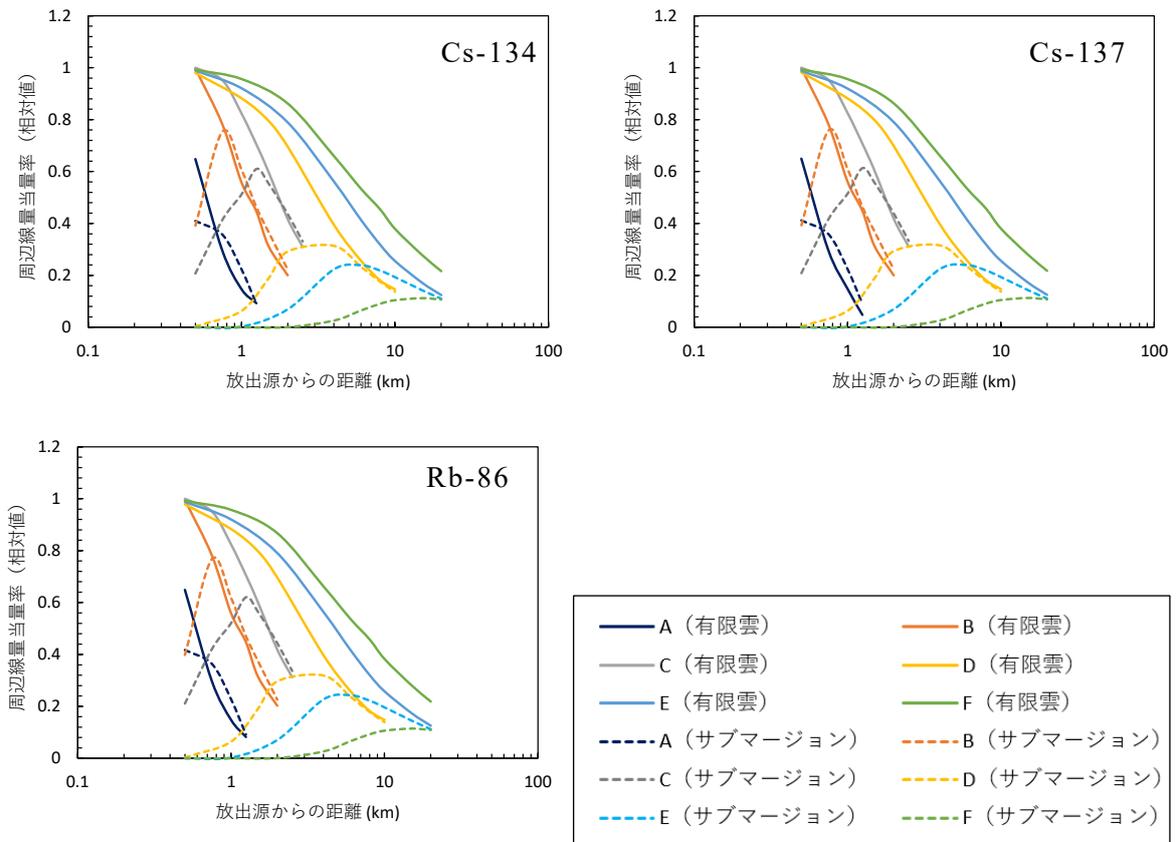


図 4.14 セシウム核種の放出高100 mについての大気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率の関係

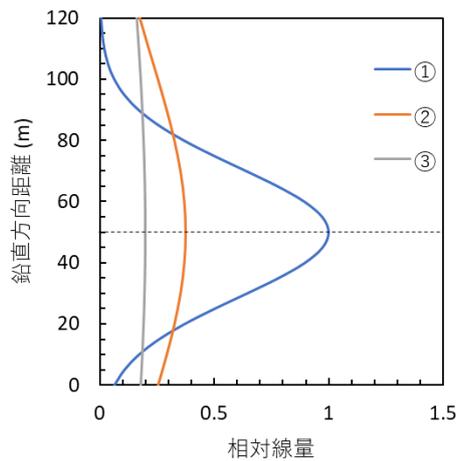


図 4.15 拡散度と地上における放射性核種濃度の概念図

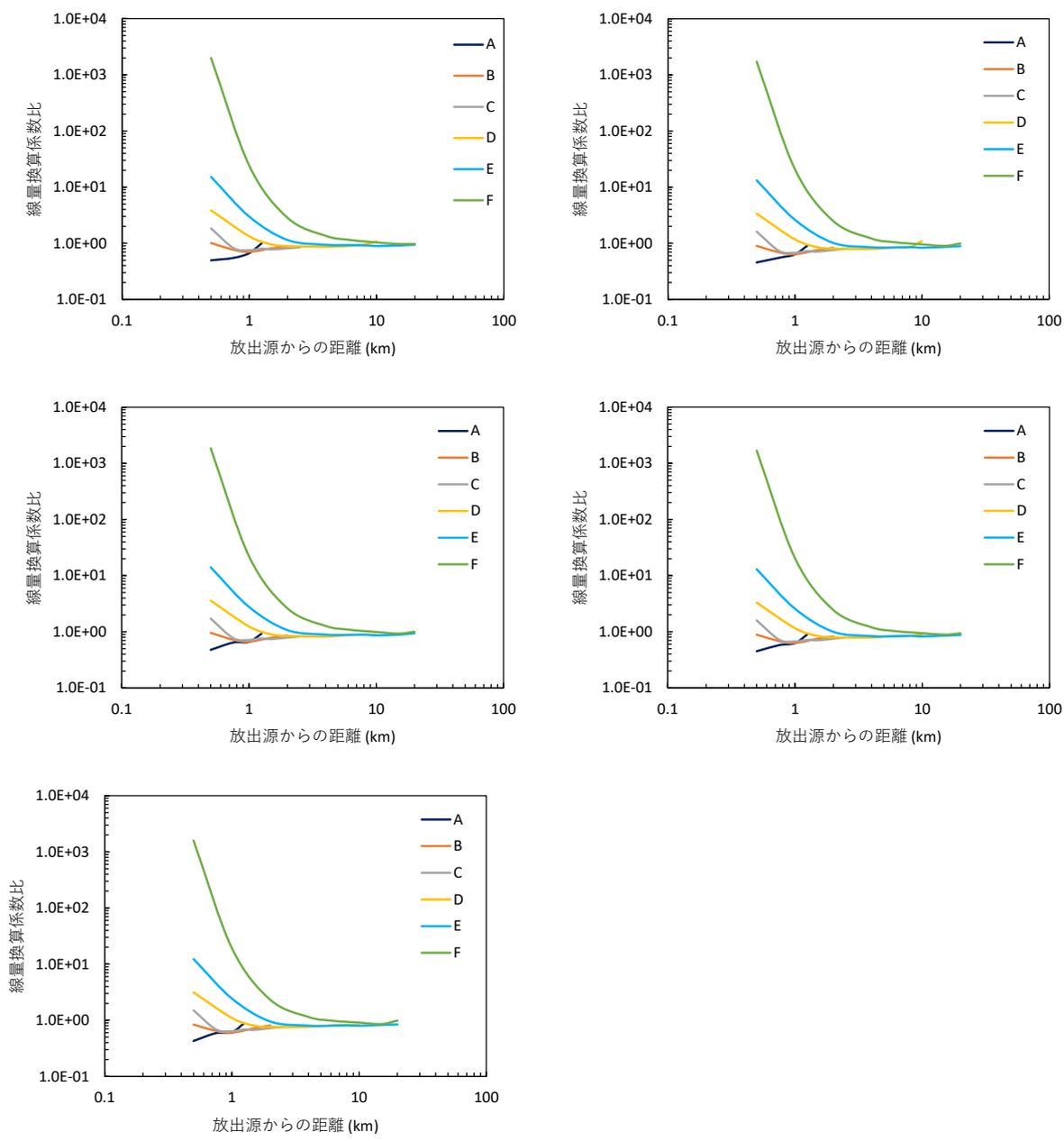


図 4.16 ヨウ素核種の放出高50 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係

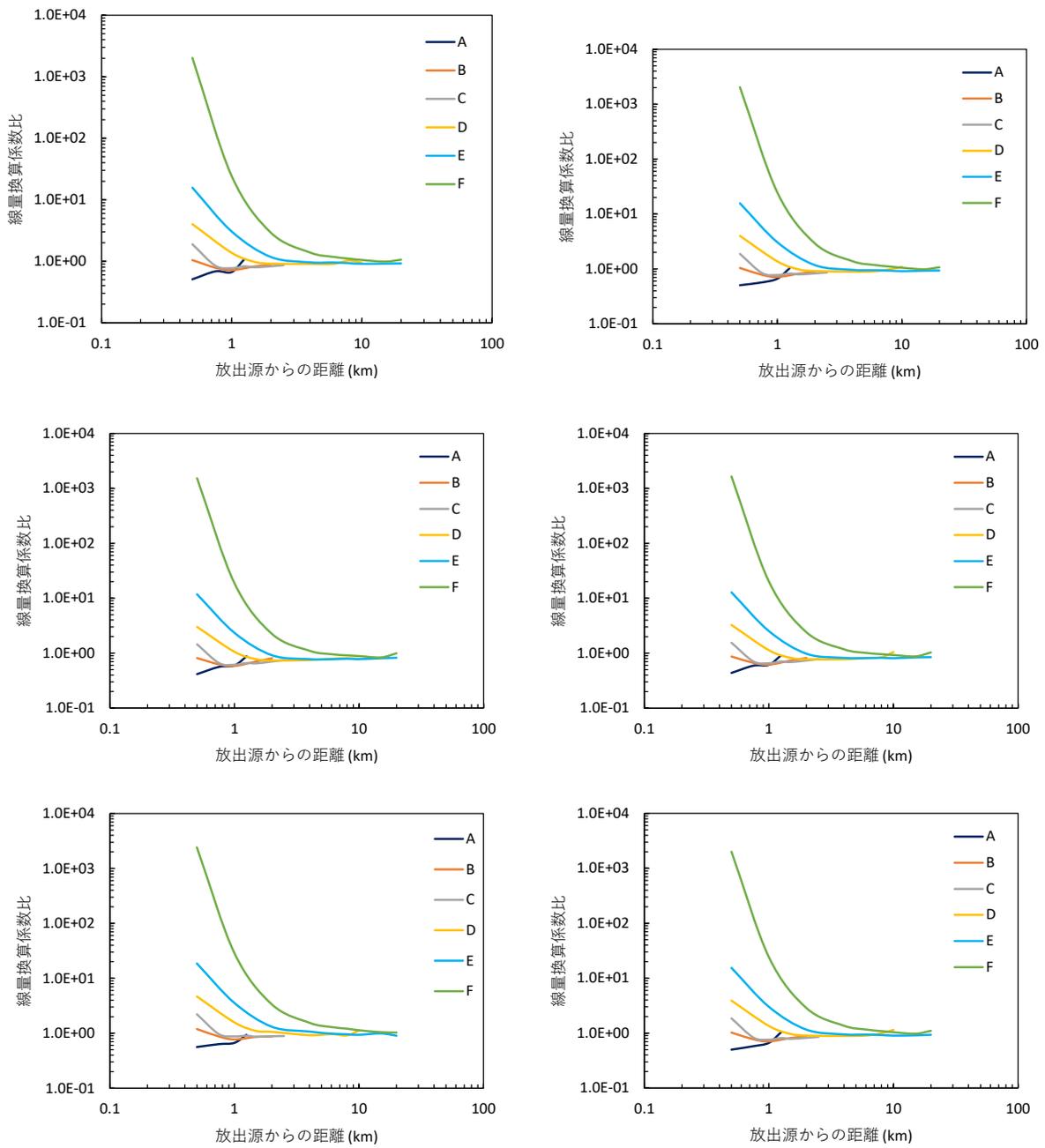


図 4.17 希ガス核種の放出高50 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係

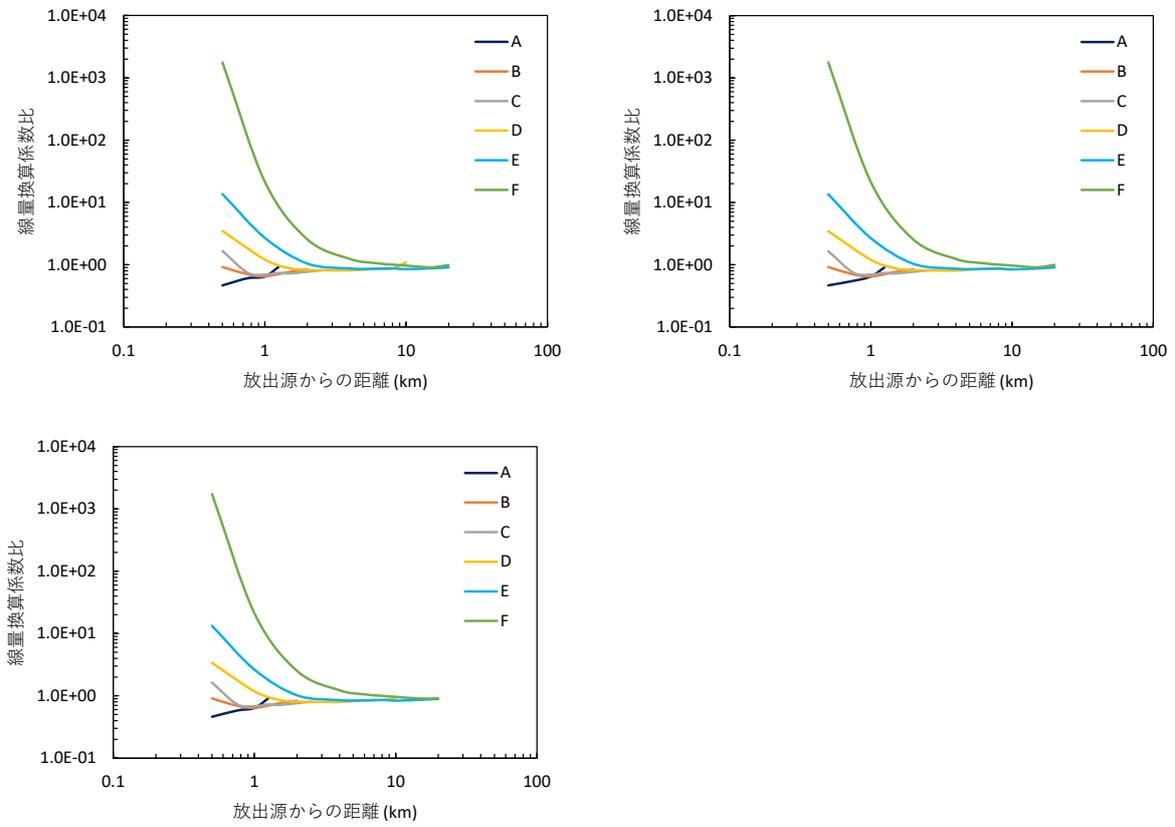


図 4.18 セシウム核種の放出高50 mについての大気安定度別放出源からの距離と実効線量換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係

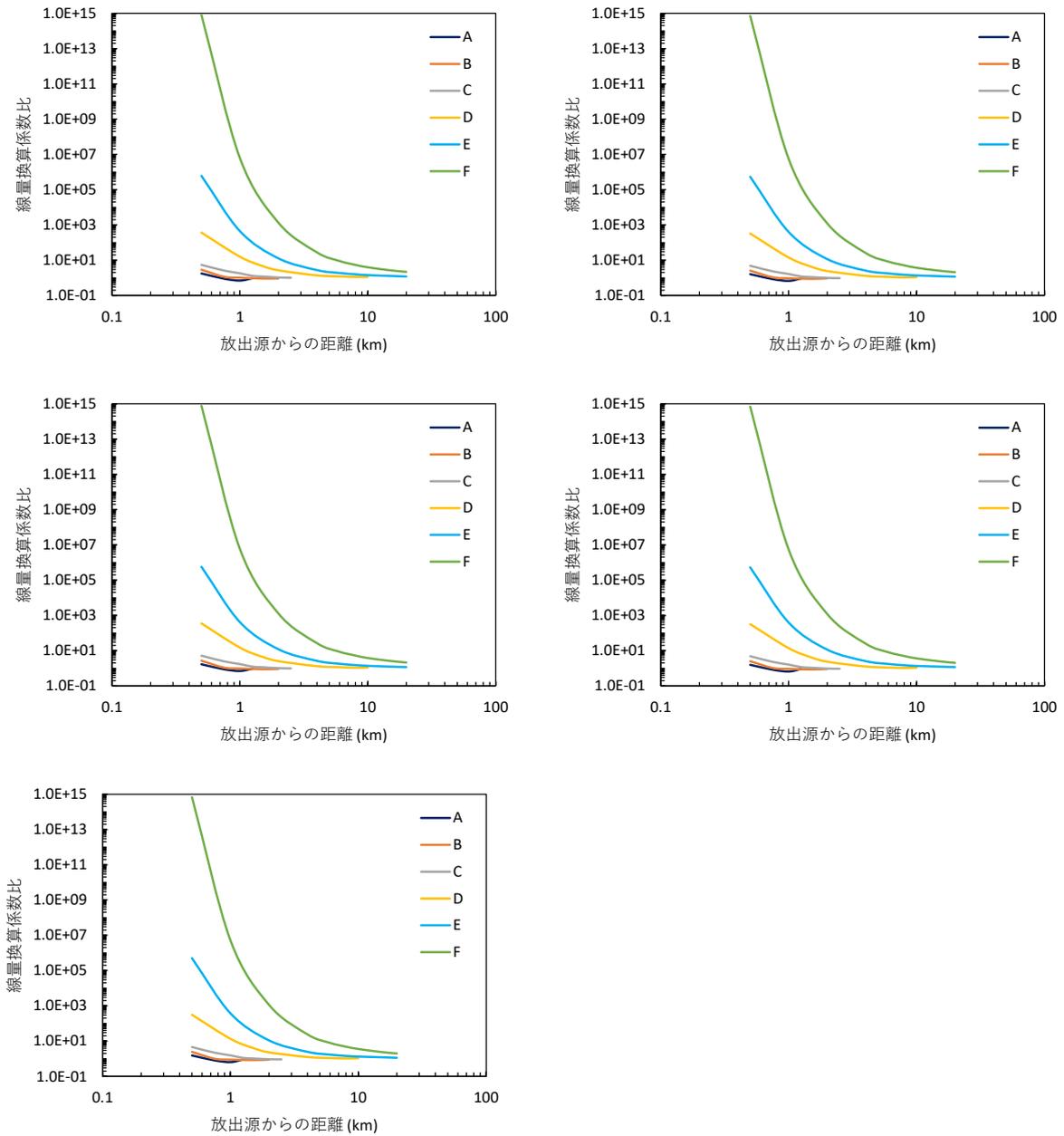


図 4.19 ヨウ素核種の放出高100 mについての気安定度別放出源からの距離と実効線量換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係

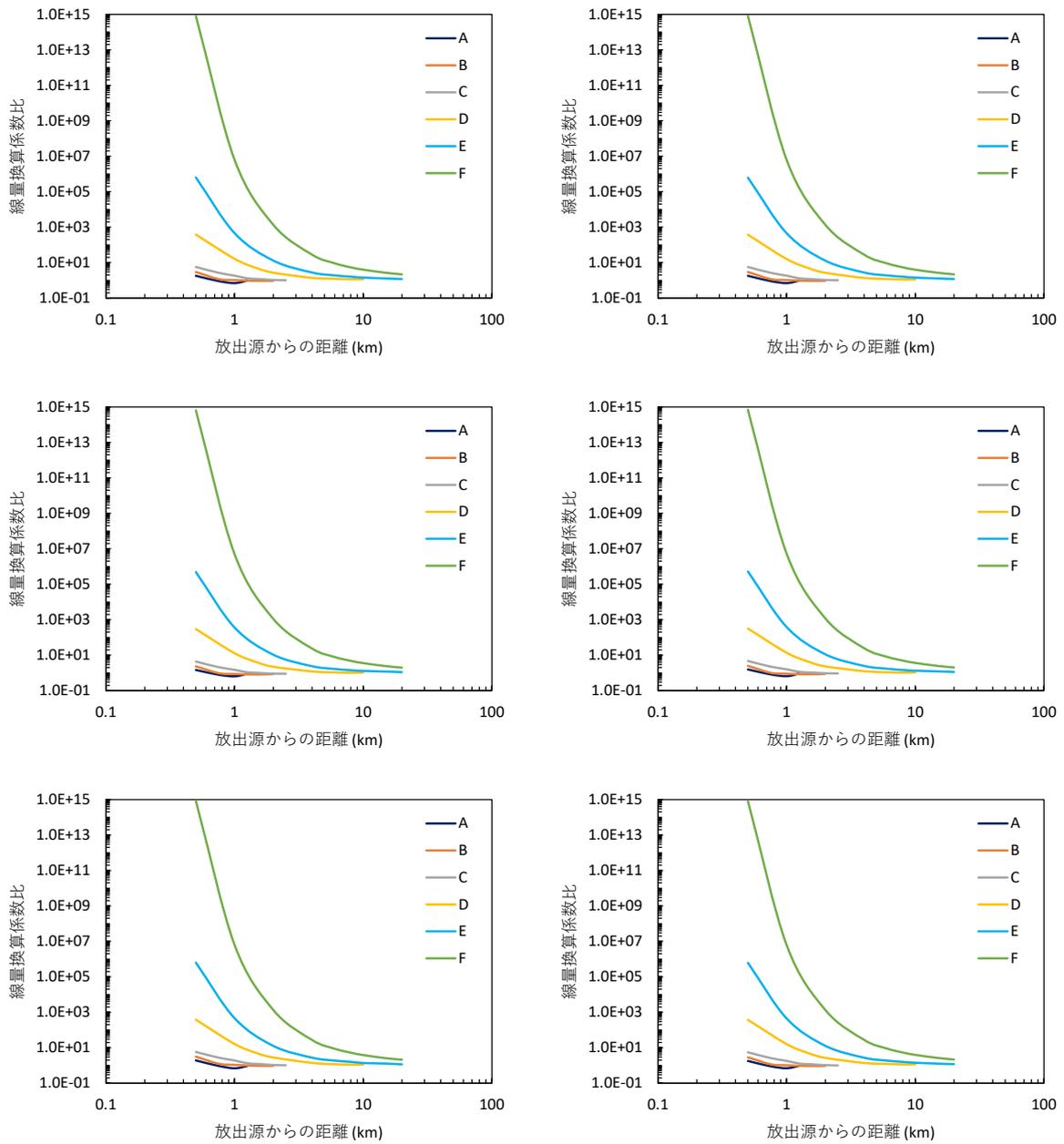


図 4.20 希ガス核種の放出高100 mについての気安定度別放出源からの距離と実効線量換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係

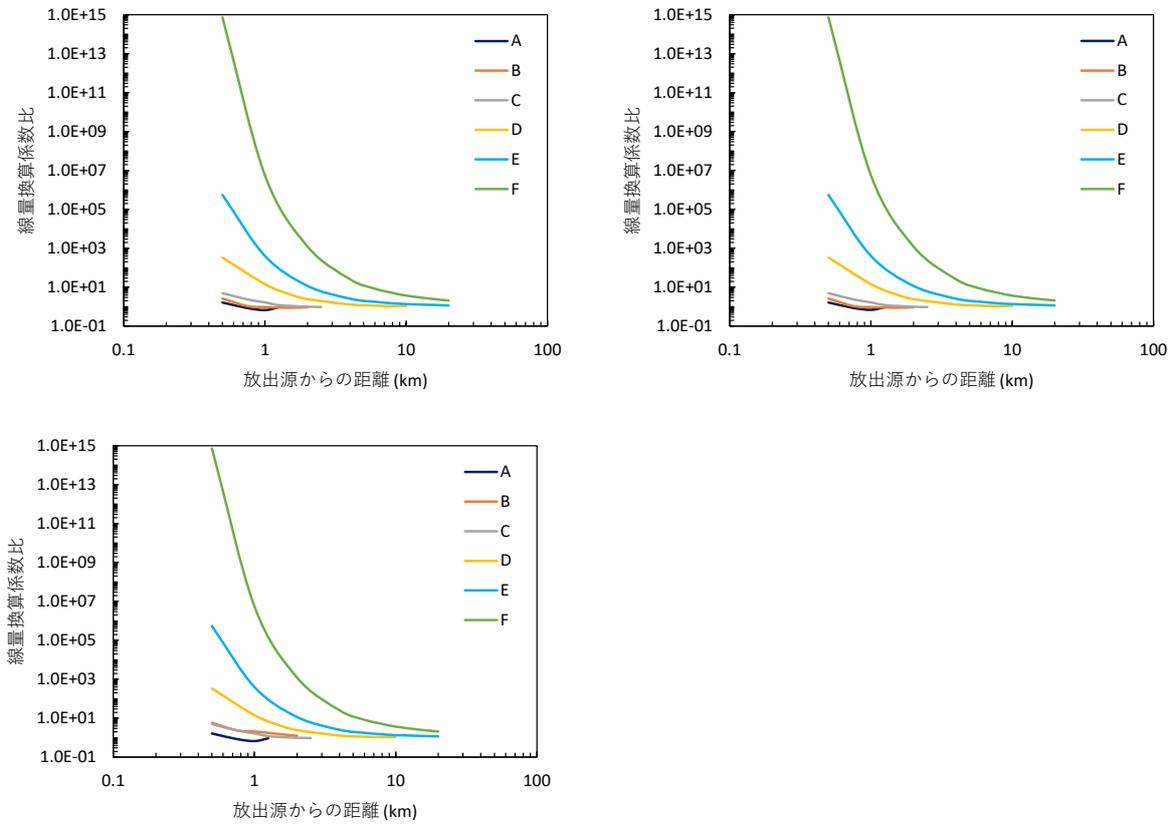


図 4.21 セシウム核種の放出高100 mについての気安定度別放出源からの距離と実効線量換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係

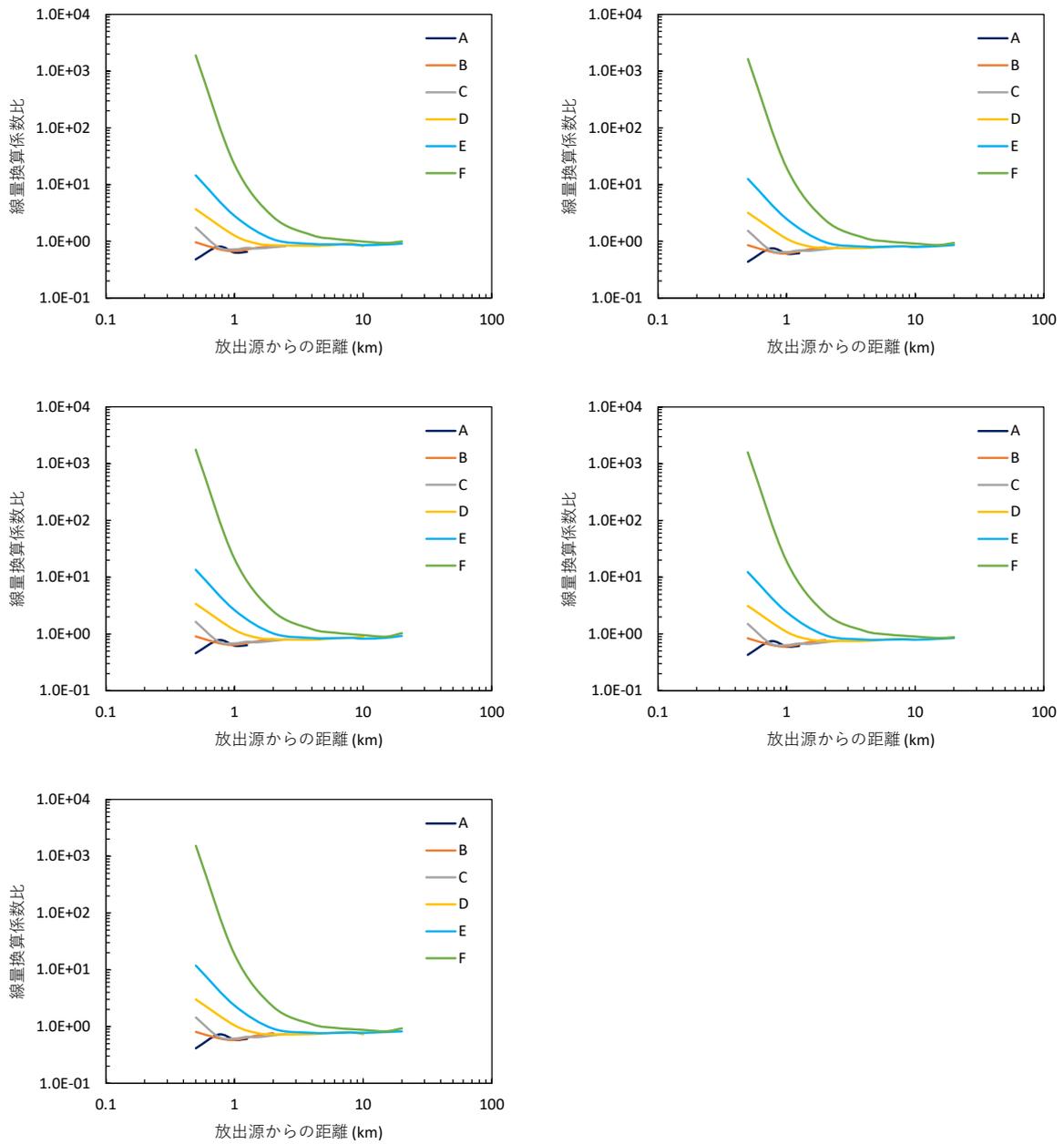


図 4.22 ヨウ素核種の放出高50 mについての気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係

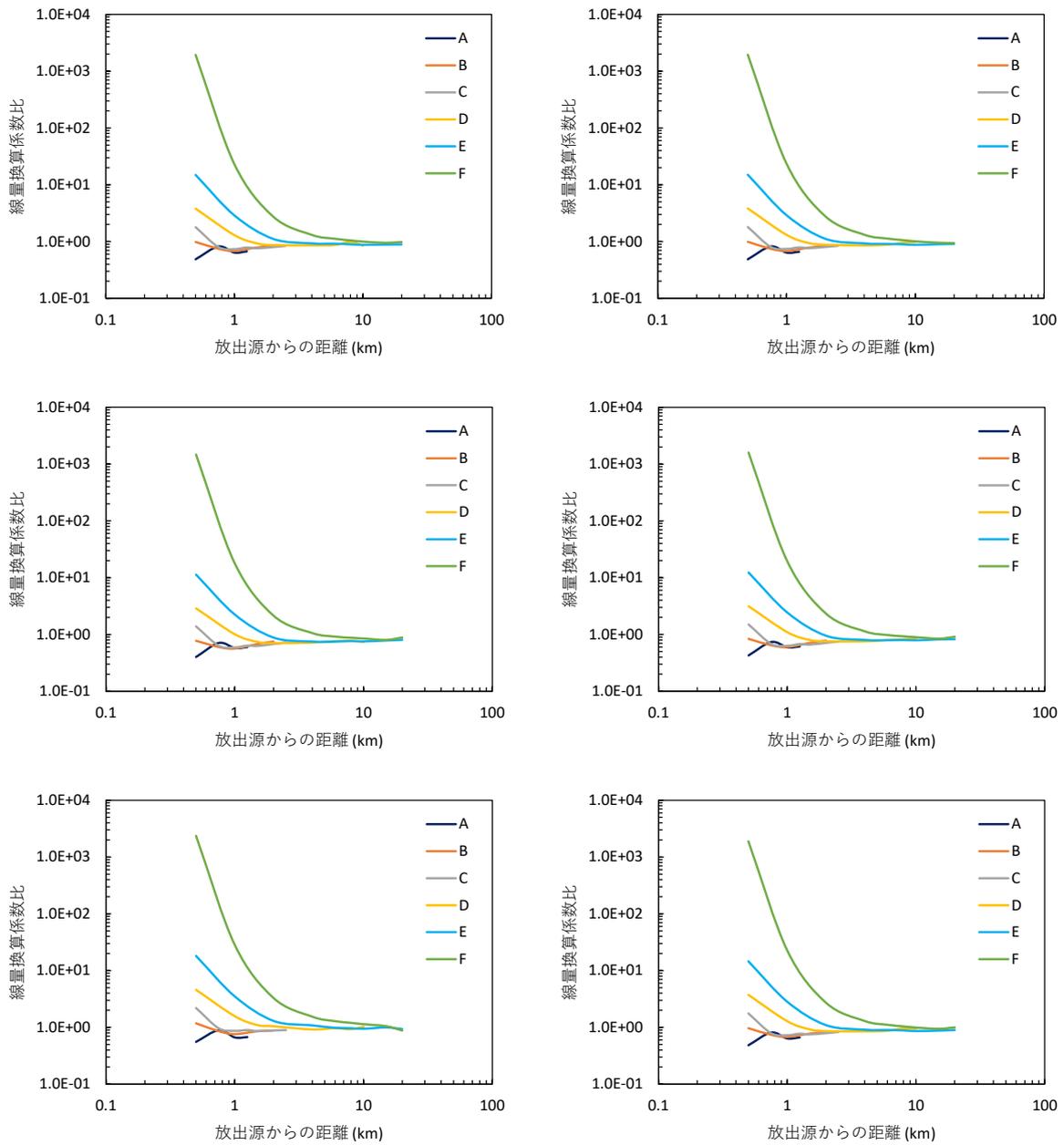


図 4.23 希ガス核種の放出高50 mについての気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係

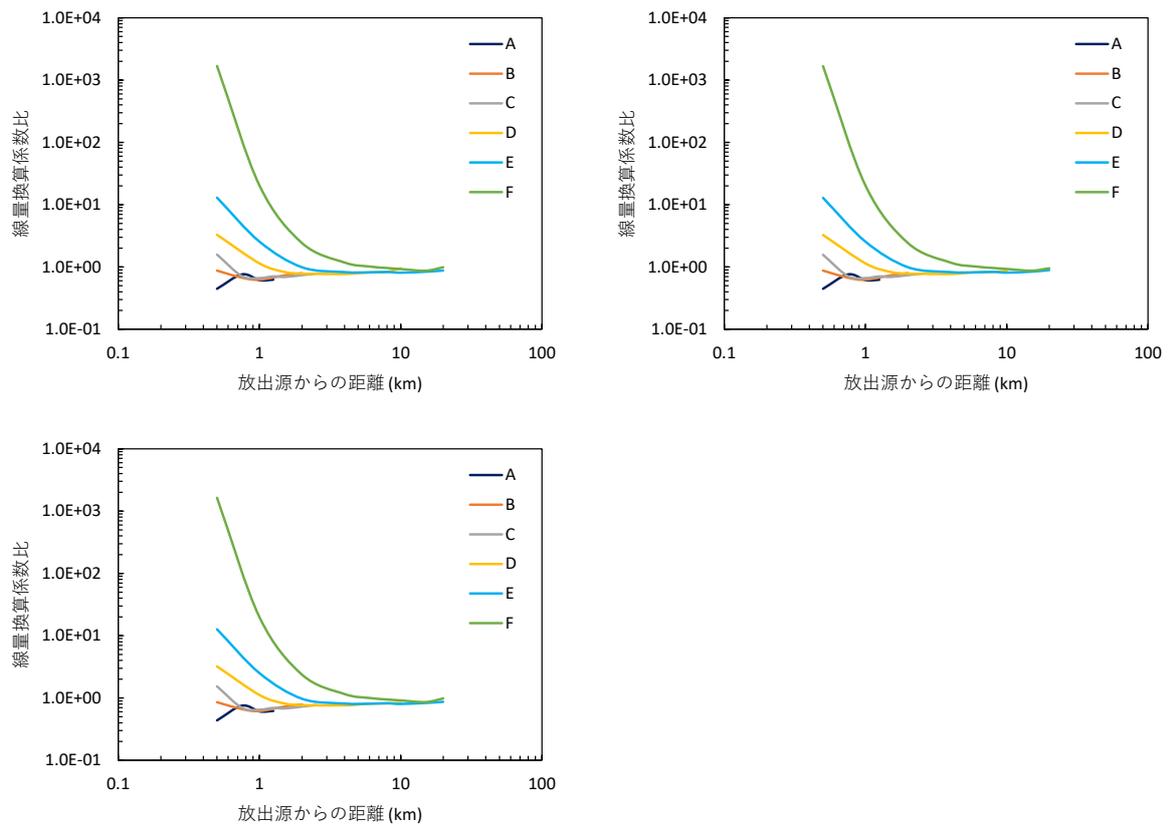


図 4.24 希ガス核種の放出高50 mについての気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係

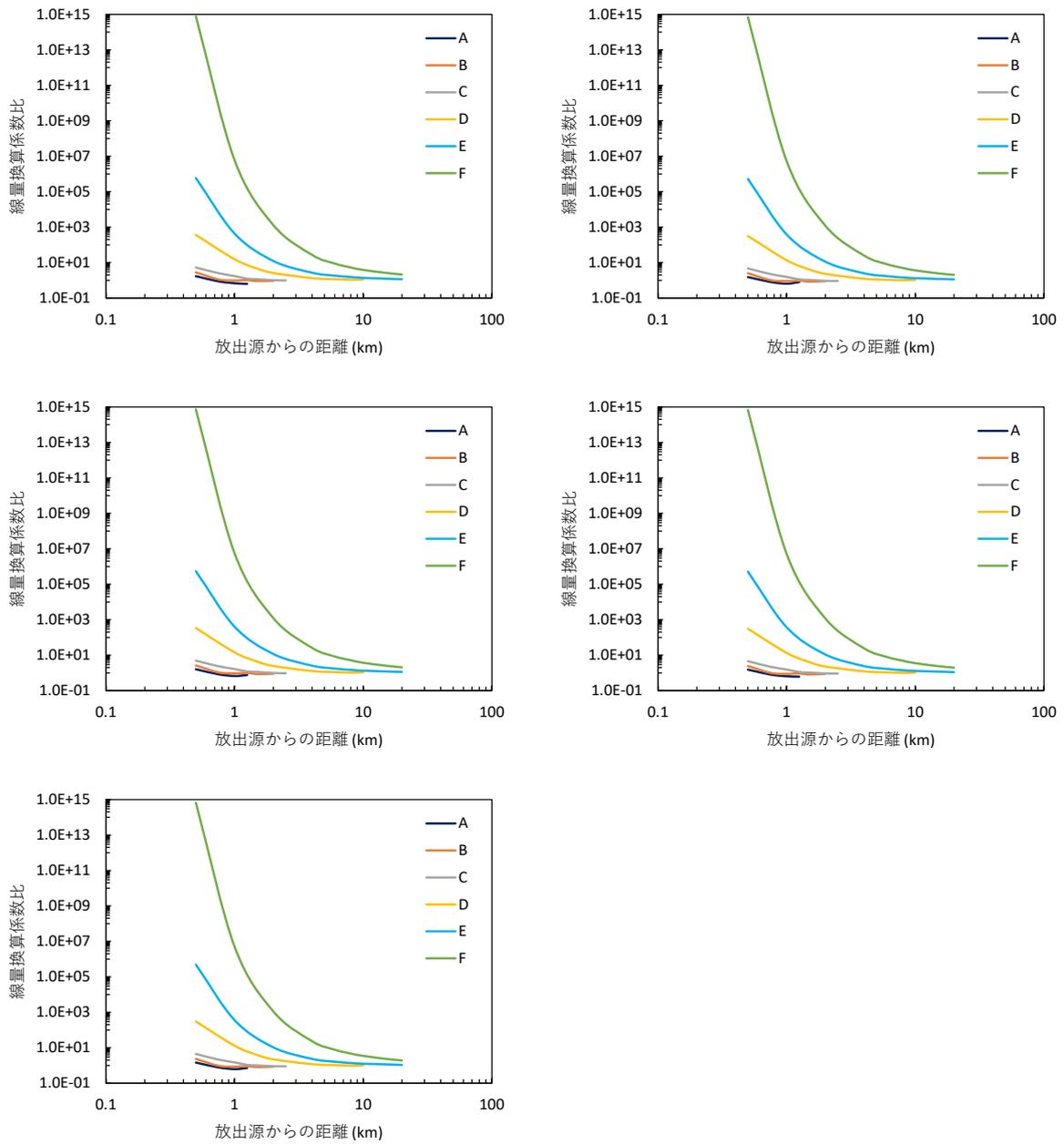


図 4.25 ヨウ素核種の放出高100 mについての気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係

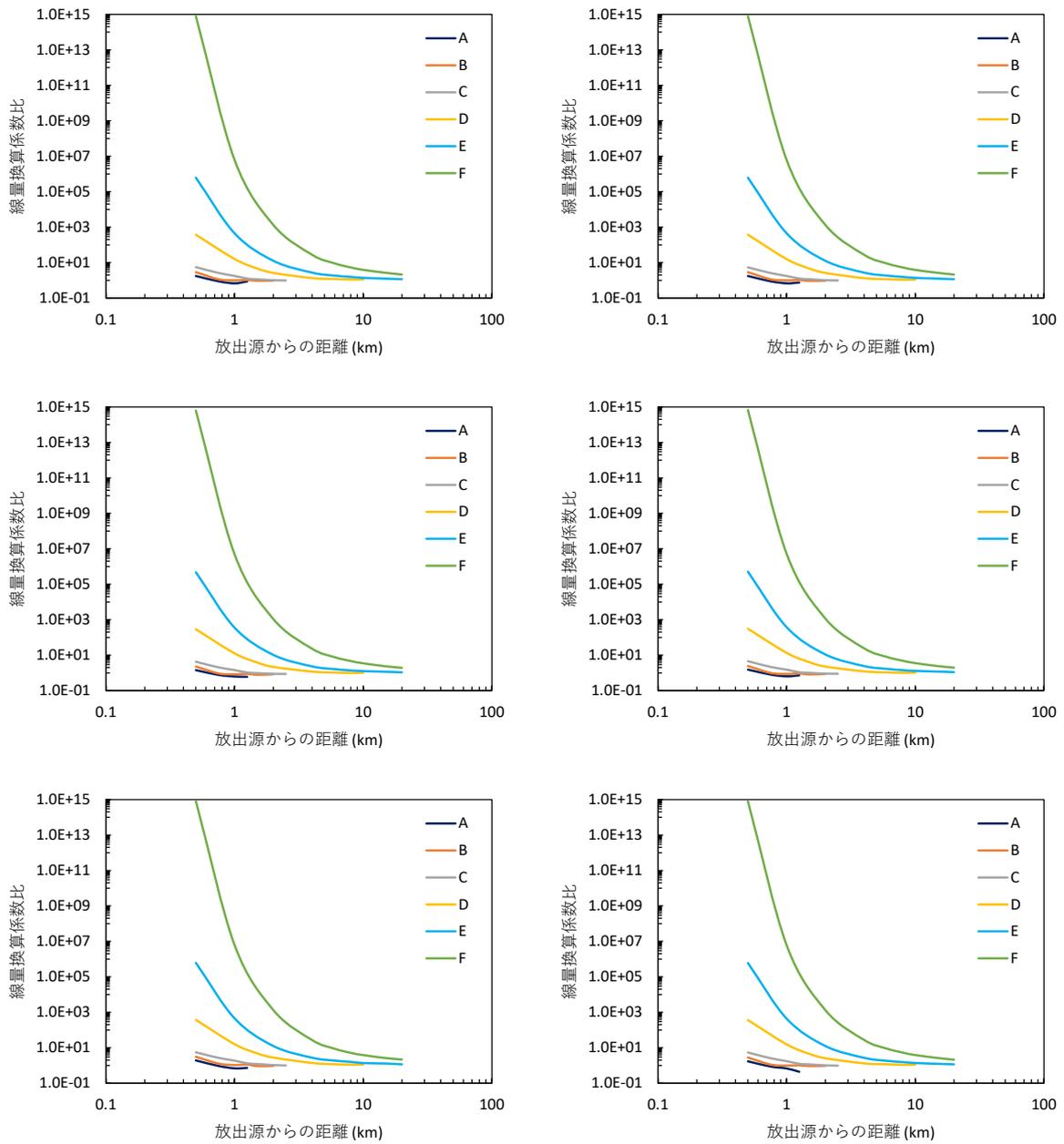


図 4.26 希ガス核種の放出高100 mについての気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係

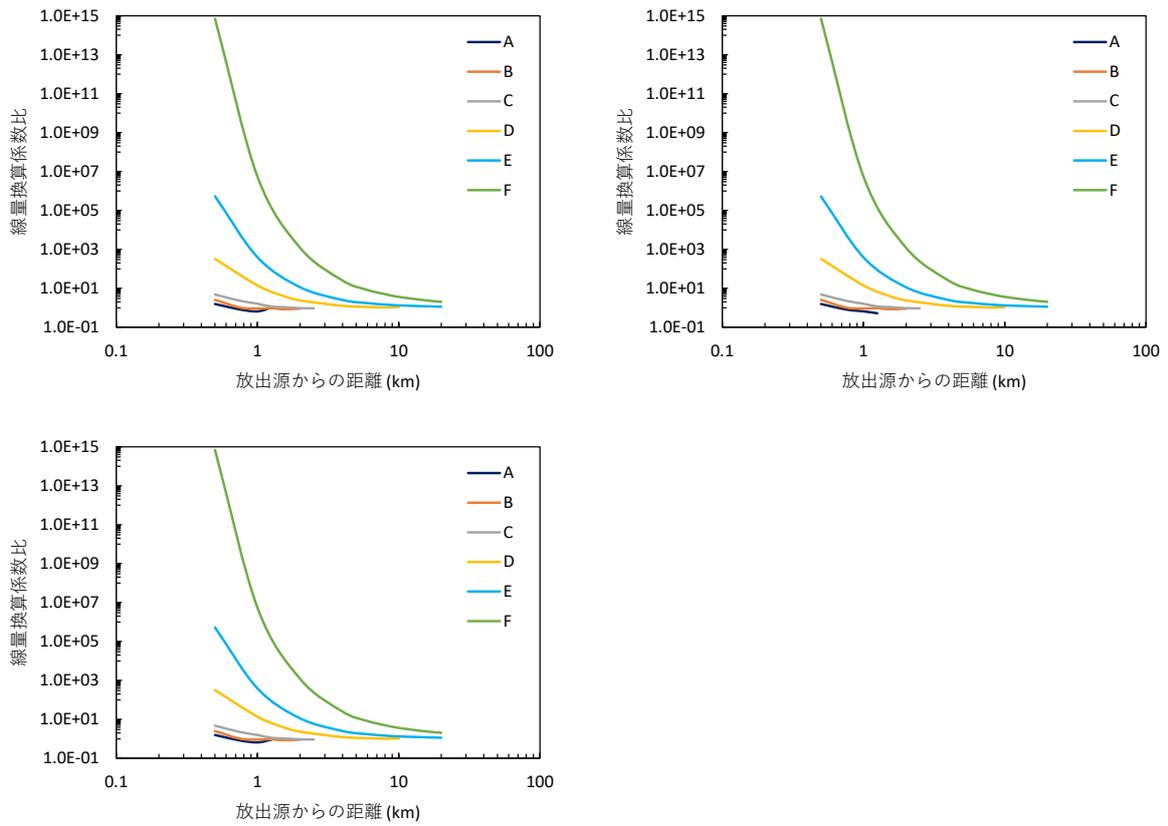


図 4.27 希ガス核種の放出高100 mについての大気安定度別放出源からの距離と周辺線量当量率換算係数比（有限雲/サブマージョン）の関係

4.1の参考文献

Homma, T., 2002, Oscaar development and applications, Proceedings of 4th International MACCS User Group Meeting, p57-66, 2002/10.

Tatsuhiko Sato, Yosuke Iwamoto, Shintaro Hashimoto, Tatsuhiko Ogawa, Takuya Furuta, Shin-ichiro Abe, Takeshi Kai, Pi-En Tsai, Norihiro Matsuda, Hiroshi Iwase, Nobuhiro Shigyo, Lembit Sihver and Koji Niita, 2018, Features of Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) version 3.02, J. Nucl. Sci. Technol. 55(5-6), 684-690 (2018)

4.2. 内部被ばく線量係数の検討

内部被ばく線量係数の検討として、経口摂取経路モデルの検討、そのモデルに必要なパラメータの整理、土壌摂取等にも対応可能な内部被ばく線量係数の整理を実施した。なお、本調査内容はOSCAARコード内のモデルやパラメータの更新にそのまま適用できるものではなく、更新に係る基礎データとして使用できるものである。最終的な更新は本調査結果を基にさらに検討する必要がある。

図 4.28に土壌から経口摂取までの放射性物質の移行図を示す。本報告書では、①汚染された土壌から根を経由して放射性物質を取り込んだ農作物を摂取することで生じる内部被ばく線量、②汚染された土壌から根を経由して放射性物質を取り込んだ牧草を家畜（牛、豚、鶏）が摂取し、その肉または乳製品を摂取することで生じる内部被ばく線量、及び③今まで対象とされていなかった経路として、汚染された土壌・水をそのまま摂取することで生じる内部被ばく線量を対象とする。なお、葉の表面などに放射性物質が直接沈着して汚染された農作物による内部被ばく線量は対象としていない。

土壌中放射エネルギー C_{soil} ($Bq\ kg^{-1}$) から、農作物を摂取することで生じる内部被ばく線量 D_{veg} (Sv) は次式で求められる。

$$D_{veg} = DF \cdot C_{soil} \cdot TF \cdot \tau_{veg} \cdot T \cdot F \quad (4.2.1)$$

- DF : 被ばく線量係数 ($Sv\ Bq^{-1}$)
 TF : 土壌から農作物への放射能の移行係数 (C_{veg}/C_{soil} , ($Bq\ kg^{-1}$)/($Bq\ kg^{-1}$))
 τ_{veg} : 農作物の消費率 ($kg\ y^{-1}$)
 T : 消費期間 (y)
 F : その他の補正係数 (流通率、調理・加工による除去率、壊変補正)

土壌中放射エネルギー C_{soil} ($Bq\ kg^{-1}$) から牧草中放射能濃度 $C_{pasture}$ ($Bq\ kg^{-1}$)、及びその牧草を摂取する家畜と乳製品を摂取することで生じる内部被ばく線量 D_{ls} , D_{milk} (Sv) は次式で求められる。

$$C_{pasture} = C_{soil} \cdot TF_{pasture} \quad (4.2.2)$$

$$D_{ls} = DF \cdot C_{pasture} \cdot CR_{ls} \cdot \tau_{ls} \cdot T \cdot F \quad (4.2.3)$$

$$D_{milk} = DF \cdot C_{pasture} \cdot CR_{milk} \cdot \tau_{milk} \cdot T \cdot F \quad (4.2.4)$$

- $TF_{pasture}$: 土壌から牧草への放射能の移行係数 ($C_{pasture}/C_{soil}$, ($Bq\ kg^{-1}$)/($Bq\ kg^{-1}$))
 CR_{ls} : 牧草から家畜への放射能の移行係数 ($C_{ls}/C_{pasture}$, ($Bq\ kg^{-1}$)/($Bq\ kg^{-1}$))

- τ_{ls} : 家畜の消費率 (kg y^{-1})
 CR_{milk} : 牧草から乳製品への放射能の移行係数 ($C_{milk}/C_{pasture}$, (Bq L^{-1})/(Bq kg^{-1})
 τ_{milk} : 乳製品の消費率 (L y^{-1})

土壌または水をそのまま摂取することで生じる内部被ばく線量 D_{soil} , D_{water} (Sv) は次式で求められる。

$$D_{soil} = DF \cdot C_{soil} \cdot \tau_{soil} \cdot T \cdot F \quad (4.2. 5)$$

$$D_{water} = DF \cdot C_{water} \cdot \tau_{water} \cdot T \cdot F \quad (4.2. 6)$$

- τ_{soil} : 土壌の消費率 (kg y^{-1})
 C_{water} : 水中の放射能濃度 (Bq kg^{-1})
 τ_{water} : 水の消費率 (kg y^{-1})

土壌から食物への移行係数は土壌の特性 (pH、カリウム含有量など) によって異なり、牧草から家畜・乳製品への移行係数は与える家畜の飼料消費量、飼料の配合 (国産と外国産の穀物の使用割合)、飼育場所 (屋外または屋内) によって異なる可能性がある。移行係数は福島第一原子力発電所事故以降にも調査がされており、本報告書では現行OSCAARコードで使用されている値の更新と日本での移行係数の調査を目的に、2011年以降に発刊された文献を対象に移行係数について調査を行った。また、内部被ばく線量評価に必要な消費率と自給率についても、最新のデータ (2019年度) を整理した。

被ばく線量係数 DF に係るパラメータの一つである消化管吸収率 f_1 は、放射性同位元素の種類、年齢、及び粒子の血液への吸収タイプごとにICRPによる推奨値が与えられている。例えば、セシウムの摂食による f_1 の推奨値は1とされている。しかしながら、難溶性物質 (土壌に付着したセシウム等) の場合には $f_1=1$ を仮定することはできなく、ICRP Publ.137 (ICRP, 2017) では難溶性に対して $f_1=0.1$ を仮定している。現行のOSCAARコードで用いられている被ばく線量係数は、ICRPが1990年に採択した基本勧告 (1990年勧告) (ICRP, 1991A) に対応したものであり、全ての年齢と粒子の血液への吸収タイプに対して線量係数は整備されていない。また、 f_1 には不確かさがあり、その不確かさが内部被ばく線量に与える影響を調査する必要がある。そこで、 f_1 と線量係数の関係をOSCAARコードで対象とされている核種に対して整理した。さらに最新の知見に基づいてICRPが2007年に採択した基本勧告 (2007年勧告) (ICRP, 2007) に対応した線量係数を整理した。

4.2.1. 移行係数

原子力発電所事故時の被ばく経路の一つとして、放射性物質を含んだ農作物を摂取する経路、放射性物質が付着した牧草を家畜が摂取し、その肉や乳製品を摂取する経路、放射性物質を含んだ水を摂取する経路、地面に沈着した放射性物質を不注意に土壌と一緒に摂取する経路が挙げられる。これら経路による被ばく線量を評価するためには、地面に沈着した放射能濃度の他に、土壌から農作物への移行係数、牧草から家畜への移行係数、各食物、土壌、水の摂取量が必要である。土壌から農作物への移行係数に関しては、チェルノブイリ事故時のデータがまとめられているものの、福島第一原子力発電所事故以降、このパラメータに関する新しい知見が報告されている。また、農作物や水、土壌の摂取量は、国や地域により異なる可能性があり、日本での被ばく評価のためには、日本独自の値を収集する必要がある。

本報告では、福島第一原子力発電所事故以降の新しい知見も踏まえて、土壌摂取からの被ばくに係るパラメータと土壌から農作物への移行係数、土壌から家畜への移行係数を調査した。さらに農作物、水、肉・乳製品の摂取量を地域ごと、種目ごとに調査した。

(1) 土壌から農作物への移行係数に関する調査

土壌から農作物への移行係数に関する以下のパラメータについて調査を実施した。調査対象は福島第一原子力発電所事故以降（2011年以降）に発表された論文または統計データである。なお、移行係数に係る論文は、福島第一原子力発電所事故に由来するものを優先的に調査した。

調査パラメータ

- ・ 農作物の生産密度（1m² あたりに何kg の作物が育てられるかの指標。単位はkg m⁻²）
- ・ 土壌から農作物への移行係数（単位は無次元 (Bq kg⁻¹)/(Bq kg⁻¹)であり、土壌と農作物の重量は基本的に乾物重量である。）

上記のパラメータに関して、以下の農作物ごとに調査を実施した。ここで、対象核種はIとCsとし、それぞれの核種について調査を実施した。

対象農作物

- ・ 稲
- ・ 穀類（稲除く）

- ・ 根菜（イモ類含む）
- ・ 葉菜（牧草は除く）
- ・ 牧草

農作物の生産密度については、直接的なデータがないため、わが国における最新の統計データ“作物統計 作況調査”にまとめられている作付面積（m²）と収穫量（kg）より求めた。

移行係数に関する文献は、Google Scholar及びJ-Stageを用いて、以下のキーワードで文献検索を実施した。対象とした文献のリストを表 4.2.1に示す。

- ・ transfer factor / transfer coefficient / concentration factor / concentration coefficient / concentration ratio / 移行係数 / 濃度比
- ・ crop / vegetable / soil & plant / 作物 / 野菜
- ・ セシウム(caesium) / ヨウ素(iodine)

1) 農作物の生産密度

農作物ごとに最新の統計データ“作物統計 作況調査”を用いて、表 4.2.2に示す作物種についての作付面積及び収穫量から生産密度を算出した。表 4.2.3に、本調査で得られた全国の値と現行OSCAARコードのデフォルト値を示す。

牧草以外の生産密度は現行OSCAARコードのデフォルト値と概ね一致していた。一方、現行OSCAARコードの牧草生産密度のデフォルト値は約1桁小さい値であった。この値は牧草が栽培されているどの県よりも低い値であり、更新する必要があると考えられる。

2) 土壌から農作物への移行係数

図 4.29に農作物ごとの移行係数の統計値（中央値、平均値、最大値、最小値）を示す。現行OSCAARコードのデフォルト値を用いて計算した移行係数とIAEA-TRS472 (IAEA, 2010)に示されている移行係数も合わせて示す。

現行OSCAARコードでは、土壌から農作物への移行速度（d⁻¹）が与えられ、農作物中の放射能濃度の時間変化が計算される。農作物中放射能濃度の時間変化を計算し、作付け時の土壌中濃度と収穫時の農作物中濃度の比を、移行係数として図 4.29に示した。なお、OSCAARコードでは、穀類、根菜、葉菜、牧草の値しか整備されておらず、米と穀類は同じ値とした。また、ヨウ素の値は整備されていないため、比較はセシウムのみである。

IAEA-TRS472 (IAEA, 2010)では、環境へ放出された放射性核種による線量の評価に使用するデータが提供されている。土壌から農作物への移行係数以外にも、

牧草から家畜への移行係数等もまとめられている。なお、IAEA-TRS472では、米の値、ヨウ素の値は整理されていないので、比較はセシウムの穀類、豆類、根菜、葉菜、果実類、牧草とした。

文献調査で得られた移行係数とOSCAARコードの移行速度を用いて計算された移行係数は、穀類を除いて誤差の範囲で一致していたものの、全ての農作物において平均値よりも高い値であった。日本での値とIAEA-TRS472の値を比較すると、平均値と変動幅の両者ともによく一致していた。

なお、IAEA-TRS472にも示されているように、移行係数は定常状態時の値である（IAEA, 2010）。そのため、過渡期（例えば、原子力発電所事故後すぐに収穫されたものの摂取）の線量評価に本移行係数を適用することは不適である。事故発生から早い段階での線量評価をする際には、現行OSCAARコードの手法（移行速度を用いて農作物中放射能濃度の時間変化を計算する手法）の方が適切である。

(2) 土壌から家畜、乳製品への移行係数に関する調査

土壌から家畜、乳製品への移行係数に関する以下のパラメータについて調査を実施した。調査対象は福島第一原子力発電所事故以降（2011年以降）に発表された論文または統計データである。なお、移行係数に係る論文は、福島第一原子力発電所事故に由来するものを優先的に調査した。

調査パラメータ

- ・ 牛の牧草及び貯蔵牧草の摂取量（単位は kg d^{-1} ）
- ・ 牛1頭当たりの乳製品（ミルク）の生産率（単位は L d^{-1} ）
- ・ 牧草（餌）から乳製品（ミルク）への移行係数（単位は d L^{-1} ）または牧草と乳製品（ミルク）の濃度比（単位は kg L^{-1} ）
- ・ 牧草（餌）から肉（豚、牛、鶏）への移行係数（単位は d kg^{-1} ）または牧草と肉（豚、牛、鶏）の濃度比（単位は無次元）
- ・ 家畜（豚、牛、鶏）の水の摂取量（単位は L d^{-1} ）

式（4.2.7）で使用されている移行係数は、上記の濃度比である。単位が d L^{-1} または d kg^{-1} で表される移行係数と濃度比の関係は以下の式で表される。

$$\text{移行係数 (d L}^{-1}\text{またはd kg}^{-1}\text{)} = \frac{\text{濃度比 (kg L}^{-1}\text{または無次元)}}{\text{家畜の牧草摂取量 (kg d}^{-1}\text{)}} \quad (4.2.7)$$

本報告書では移行係数(d L^{-1} または d kg^{-1})をまとめ、濃度比を求めるために必要である家畜の牧草摂取量も調査した。

上記のパラメータに関して、IとCsについて調査を実施した。土壌から家畜、乳製品への移行係数、家畜の牧草、水の摂取量、乳製品（ミルク）の生産率に関する文献は、Google Scholar及びJ-Stageを用いて、以下のキーワード等で文献検索を実施した。対象とした文献リストを表 4.2.4、表 4.2.5に示す。

- ・ transfer factor / transfer coefficient / concentration factor / concentration coefficient / concentration ratio / 移行係数 / 濃度比
- ・ 摂取量 / 飼料 / 飲水量 / 給水 / 牧草 / ハイレージ / サイレージ
- ・ ミルク産量 / ミルク生産率 / 乳量
- ・ milk / pig / pork / cow / beef / chicken / meat / poultry / broil / agricultural animals / ミルク / 豚 / 牛 / 鶏
- ・ セシウム(caesium) / ヨウ素(iodine)

1) 牛の牧草及び貯蔵牧草の摂取量、牛1頭当たりのミルクの生産率、家畜の水の摂取量

表 4.2.6に、本調査で得られた統計値（中央値、平均値、最大値、最小値）、現行OSCAARコードのデフォルト値、IAEA-TRS472（IAEA, 2010）に示されている値を示す。牧草摂取量と水摂取量は体重が重い家畜ほど多くなる傾向がある。例として、牛の牧草摂取量と体重の関係、及び牛の水摂取量と体重の関係を図 4.30と図 4.31に示す。

現行OSCAARコードでの牛の牧草摂取量は 11.8 kg d^{-1} であり、図 4.30から判断すると体重 $600 \sim 800 \text{ kg}$ 程度の牛と同等である。式（4.2.7）に示されるように、線量評価に必要である濃度比は牧草摂取量に依存するため、対象とする家畜の体重に合わせて、牧草摂取量と水摂取量を変更する必要がある。

2) 牧草（餌）からミルク、肉への移行係数

図 4.32に牧草からミルク、肉への移行係数の統計値（中央値、最大値、最小値）を示す。現行OSCAARコードのデフォルト値を用いて計算した移行係数とIAEA-TRS472（IAEA, 2010）に示されている移行係数も合わせて示す。

現行OSCAARコードでは、土壌から牧草への移行速度（ d^{-1} ）、牧草からミルクへの移行速度（ $\text{m}^2 \text{ L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ）、牧草から肉への移行速度（ $\text{m}^2 \text{ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ）、代謝による除去速度（ d^{-1} ）、ミルクを分泌することによる除去速度（ d^{-1} ）が与えられ、牧草中、ミルク中、肉中の放射能濃度の時間変化が計算される。牧草中、ミルク中、肉中の放射能濃度の時間変化を計算し、放射性物質が地面に沈着してから1年経過した時点での牧草中濃度とミルク中濃度の比および牧草中濃度と肉中濃度の比を図 4.32に示した。なお、OSCAARコードでは、牛の値しか整備されておらず、ヨウ素

の値も整備されていないため、比較はセシウムのみとした。

文献調査で得られた移行係数とOSCAARコードの移行速度を用いて計算された移行係数は、誤差の範囲で一致していた。また、文献調査で得られた移行係数とIAEA-TRS472の値を比較すると、移行係数の平均値と変動幅の両者ともによく一致していた。

なお、農作物の場合と同様に移行係数は定常状態時の値であるため、過渡期の線量評価に本移行係数を適用することは不適である。事故発生から早い段階での線量評価をする際には、現行OSCAARコードの手法（移行速度を用いてミルク・肉中放射能濃度の時間変化を計算する手法）の方が適切である。

(3) 現行OSCAARコードとの比較

前述の通り、現行OSCAARコードでは、移行速度を用いて、農作物中、ミルク中、肉中の放射能濃度の時間変化を求めている。ここでは、現行OSCAARコードで使用されている評価方法を用いて、文献調査で得られた移行係数から移行速度を求め、現行OSCAARコードで使用されている移行速度と比較した。

表 4.2.7に、現行OSCAARコードのデフォルト値と文献調査で得られた移行係数から求めた移行速度との比較を示す。文献調査で得られた移行係数の最大値、平均値、中央値、最小値のそれぞれに対して、移行速度を求めた。土壌から農作物への移行速度の中央値とデフォルト値を比較すると、米と穀類に対する中央値はデフォルト値よりも2桁程度小さく、根菜、葉菜、牧草に対する中央値はデフォルト値よりも1桁程度小さかった。牧草からミルク・肉への移行速度の中央値とデフォルト値を比較すると、ミルクに対する中央値はデフォルト値の4分の1程度、肉に対する中央値はデフォルト値よりも20%程度低い値であった。

4.2.2. 農作物、肉・乳製品、水、土壌の消費量と自給率

農作物、肉・乳製品、水の消費量については、表 4.2.8に示す項目について、最新の統計調査を基に1年間での一人当たりの摂取量（消費量）を47都道府県ごと、年齢ごと（幼児（1歳児）、子供（10歳程度）、成人（18歳以上）等）、性別ごとに調査した。国民の身体の状態、栄養摂取量及び生活習慣の状態等を明らかにするために毎年実施されている“国民健康・栄養調査”は、地域ブロック別・年齢区分別・男女別での摂取量が調査されており、“国民健康・栄養調査”を基に摂取量を整理した。農作物と肉・乳製品については、自国自給率についても調査した。また、水と土壌の消費量に関しては、表 4.2.9と表 4.2.10の文献リストを対象に整理した。

(1) 農作物、肉・乳製品の消費量

“国民健康・栄養調査”では、全国を12区分（表 4.2.11）に分類して集計している。また、年齢区分は、1-6歳、7-14歳、15-19歳、20-29歳、30-39歳、40-49歳、50-59歳、60-69歳、70-79歳、80歳以上としている。平成30年国民健康・栄養調査報告（厚生労働省, 2020）を基に、農作物、肉・乳製品の摂取量に関するデータを整理した（表 4.2.12～表 4.2.15）。

(2) 農作物、肉・乳製品の自給率

品目別の食料自給率は、以下の式を用いて各品目における自給率を重量ベースで算出した。

$$\text{品目別自給率} = \frac{\text{国内生産量}}{\text{国内消費志向量}} \quad (4.2.8)$$

$$\text{国内消費志向量} = \text{国内生産量} + \text{輸入量} - \text{輸出量} - \text{在庫の増加量} \\ (\text{又は} + \text{在庫の減少量}) \quad (4.2.9)$$

食料自給率は、農林水産省が毎年度作成している令和元年度食料需給表（農林水産省, 2020）より求めた。なお、食料需給表は、FAO（国際連合食糧農業機関）の食料需給表作成の手引（FAO, 2001）に準拠して作成されている。食糧需給表は、農作物の場合は加工の第一段階までの一次的な農作物、畜産物や水産物の場合は加工の第二段階（第三段階の場合もある）までである。FAOの食料需給表作成の手引に示されている主要食品群で分類した品目リストを表 4.2.16に示す。この品目リストと本調査での対象項目との関係を表 4.2.17に示す。自国自給率について整理した結果を表 4.2.18と表 4.2.19に示す。

(3) 水と土壌の消費量

文献調査で得られた水と土壌の消費量を表 4.2.20と表 4.2.21に示す。なお、水の摂取量は子供の値、土壌の摂取量は日本での情報をほとんど把握できなかった。さらに水と土壌の摂取量のどちらも性別、地域間の差異に関する情報を得ることはできなかった。水の摂取量は、総摂取水量が一日当たり約2 Lであり、その約半分は食物起因であった。土壌摂取量の中央値は約0.1 g d⁻¹であり、年齢による差異はほとんど見られなかった。

4.2.3. 線量係数

経口摂取と吸入摂取に対する線量係数に係るパラメータの一つである消化管吸

収率 f_1 は、放射性同位元素の種類、年齢、及び粒子の血液への吸収タイプごとにICRPによる推奨値が与えられている。OSCAARコードで利用されている経口摂取と吸入摂取に対する線量係数はこれらの推奨値を用いて計算されたものである。しかしながら、 f_1 の値には不確かさがあると報告されている（ICRP, 1979, 1989, 1993, 1995A, 1995B, 2015）。一方、その不確かさによって内部被ばく線量にどの程度の影響を与えるのかの調査は限られており（Pratama et al., 2017）、より多くの核種に対しての不確かさ解析が必要である。

そこで本報告書では、 f_1 を範囲で与えた時の経口摂取と吸入摂取に対する線量係数を求め、不確かさ解析に必要な経口摂取と吸入摂取に対する線量係数の f_1 との関係式を整理した。経口摂取と吸入摂取に対する線量係数を求めるために、1990年勧告（ICRP, 1991A）のモデルを基にした内部被ばく線量評価コードDCAL（Dose and risk CALculation software, Eckerman et al., 2006）、及び2007年勧告（ICRP, 2007）のモデルを基にした内部被ばく線量評価コードIDCC（Internal Dose Calculation Code, 日本原子力研究開発機構, 2020）を用いた。

(1) 計算条件

内部被ばく線量係数を求めるために、摂取経路、核種、年齢、預託期間、粒子の血液への吸収タイプ、粒径（空気力学的放射能中央径、AMAD）を予め設定する必要がある。現行のOSCAARコードでは、内部被ばく線量係数は成人で、対象としている核種に対して一種類の粒子の血液への吸収タイプしか整備されていない。本研究では、OSCAARコードで対象としている核種に対して、DCALで整備されている年齢区分と粒子の血液への吸収タイプを拡充するため、以下のように設定した。IDCCは、全ての核種、年齢、粒径に対して計算するための情報が提供されていないため、計算できる範囲を以下に示す。

	DCAL	IDCC
摂取経路	経口摂取と吸入摂取	経口摂取と吸入摂取
核種	OSCAARコードで対象とされている希ガスを除く核種（54核種）及び東京電力福島第一原子力発電所事故時に環境中で観測されたAg-110m（Mikami et al., 2015）の55核種	DCALの核種からAg-110m, Am-241, Cm-242, Cm-244, Np-239, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Rb-86, Rh-105を除いた核種
年齢	3ヶ月児（生後100日）、1歳児、5歳児、10歳児、15歳児、成人（20	成人（20歳）

	歳)	
預託期間	成人は50年間、それ以外は摂取から70歳になるまでの期間	50年間
粒子の血液への吸収タイプ(吸入摂取のみ)	F、M、S。核種によってはICRP Publ.72に掲載されているにも関わらずDCALで整備されていないタイプがあり、その場合は対象外とした。	F、M、S。
AMAD(吸入摂取のみ)	0.3 μm、1 μm、5 μm、10 μm、20 μm、30 μm、40 μm、50 μm、100 μm	5 μm

AMADの最小値は東京電力福島第一原子力発電所事故時につくばで観測された0.3 μm (Kaneyasu et al., 2012) とし、最大値はICRP Publ.66 (ICRP, 1994) に記載されている最大のAMAD (100 μm) とした。ここで、最大値は”dirty bomb”の爆発などの核テロリズムで観測されうる粒径 (Harper et al., 2007) に相当する。

(2) DCAL での呼吸器系内での沈着率の設定

DCALでは、吸入摂取に対する線量係数を求める際に使用される呼吸器系内での沈着率のデフォルトの数値は、ICRP Publ. 66 (ICRP, 1994) の値を引用してAMAD = 10 μmまでの値しか与えられていない。そこでAMADが20 μm以上の沈着率を以下の手順で求めた。

1. ICRP Publ. 66 (ICRP, 1994) の沈着率と AMADの関係図 (図 4.33) を基に、各気道領域におけるAMAD=10 μmの沈着率と対象としたAMADの沈着率の比を求めた。
2. DCALで与えられているAMAD=10 μmの沈着率に、1. で求めた比を掛けることで、10 μm以上の沈着率を求めた。

以上の手順及び考え方に基づいて、DCALに入力した沈着率を表 4.2.22に示す。

(3) 内部被ばく線量係数の計算結果

1) DCALの計算結果

DCALで f_i を0から1まで変化させて内部被ばく線量係数を計算した結果のうち、1歳児の経口摂取に関するいくつかの例を図 4.34に示す。全ての計算結果に対し、内部被ばく線量係数と f_i の関数形は、以下のように大きく3つに大別される。

- ① 図 4.34 の Ag-110m と La-140 のように線形であるもの。

② 図 4.34 の La-141 のように曲線形であるもの。

③ 図 4.34 の I-132 のように不連続形であるもの。

また、内部被ばく線量係数と f_1 は常に正の相関ではなく、図 4.34のLa-140とLa-141のように負の相関を持つ場合もあった。これらの傾向は摂取経路によらず同様であった。

図 4.34の例のうち、I-132の結果で見られた不連続形は、残りの組織¹の等価線量 $H_{\text{remainder}}$ の計算方法に起因する。1990年勧告に基づいた内部被ばくに関する線量計算では、残りの組織の等価線量は、10個の臓器・組織（筋肉、脳、小腸、腎臓、膵臓、脾臓、胸腺、子宮、副腎、胸郭外気道）の質量加重平均値として計算される。ただし、残りの組織のうち、最大の等価線量を与える組織 T' の等価線量 $H_{T'}$ が、個別に組織加重係数が与えられている臓器や組織よりも高い等価線量を受ける例外的な場合には、 T' に0.025の組織加重係数 $w_{T'}$ を適用し、それ以外の残りの組織・臓器の質量加重等価線量に $w_{T'} = 0.025$ が適用される（ICRP, 1991A, 1991B, 1993, 1994, 1995A, 1995B, 1996）。

ICRPはこれを”splitting rule”と呼び、このルールでは残りの組織の等価線量 $H_{\text{remainder}}$ は次式で表される。

$$H_{\text{remainder}} = \frac{\sum_T m_T H_T}{\sum_T m_T} \quad (H_{T'} \leq H_{\text{max}} \text{のとき}) \quad (4.2. 10)$$

$$H_{\text{remainder}} = 0.5 \frac{\sum_{T(T' \text{除く})} m_T H_T}{\sum_{T(T' \text{除く})} m_T} + 0.5 H_{T'} \quad (H_{T'} > H_{\text{max}} \text{のとき}) \quad (4.2. 11)$$

ここで、 H_{max} は個別に組織加重係数を与えられた組織や臓器の中で最も高い等価線量、 m_T は組織 T の質量である。

図 4.34で見られた不連続形がsplitting ruleによるものであることを説明するため、 H_{max} と $H_{\text{remainder}}$ の計算例を図 4.35に示す。不連続形の例として示すI-132はヨウ素が集積する甲状腺の等価線量が H_{max} となり、連続形（曲線形）の例として示すLa-141は大腸上部壁の等価線量が H_{max} となる。I-132の場合、甲状腺の等価線量は単調に増加しているものの、 f_1 が0.2よりも小さくなった場合、残りの組織に含まれる小腸が甲状腺よりも等価線量が高くなりsplitting ruleが適用され、残りの組織の等価線量を求める式が変わったため、関数形が $f_1 = 0.2$ を境に不連続となった。一方La-141の場合、残りの組織の等価線量は全ての f_1 の範囲で同じ式を用いて求められ、不連続が生じなかった。

¹ 1990年勧告で個別の組織加重係数は与えられていないが、確率的影響を考慮すべき組織または臓器。

この”splitting rule”により、いくつかの条件で経口摂取と吸入摂取に対する線量係数と f_1 の関係は不連続形となった。経口摂取の場合、I-132とMo-99でsplitting ruleが適用された。I-132の場合には小腸、Mo-99の場合には腎臓が残りの組織の中で最大の等価線量となった。吸入摂取の場合、30核種でsplitting ruleが適用され、いずれの核種も胸郭外気道が残りの組織の中で最大の等価線量となった。

2) IDCCの計算結果

IDCCで f_1 を0から1まで変化させて内部被ばく線量係数を計算した結果のうち、成人の経口摂取に関するいくつかの例を図 4.36に示す。全ての計算結果に対し、内部被ばく線量係数と f_1 の関数形は、以下のように大きく2つに大別される。

① 図 4.36 の La-140 のように線形であるもの。

② 図 4.36 の I-132 のように曲線形であるもの。

また、内部被ばく線量係数と f_1 は常に正の相関ではなく、負の相関を持つ場合もあったものの、DCALの計算結果よりも負の相関になる場合は少なかった。2007年勧告ではsplitting ruleが適用されないため、不連続形は見られなかった。これらの傾向は摂取経路によらず同様であった。

(4) 内部被ばく線量係数と f_1 の関係式

線形と曲線形が確認されたことから、本報告書では、関数形が連続形となった場合の経口摂取と吸入摂取に対する線量係数と f_1 の関係式を1次関数（経口摂取と吸入摂取に対する線量係数 = $af_1 + b$ ）、及び今回対象とした全ての条件について十分に再現できた3次関数（経口摂取と吸入摂取に対する線量係数 = $af_1^3 + bf_1^2 + cf_1 + d$ ）で表記した。

一方、関数形が不連続形となった場合には、以下の手順で関数を求めた。

1. ICRPの刊行物での f_1 の推奨値における内部被ばく線量係数を確認した。
2. その内部被ばく線量係数を通る近似直線、または近似曲線の部分のみで関係式を求めた。それ以外の部分は、整合性がとれていることを確認できないため対象外とした。

例えばI-132（経口摂取、1歳児）の場合、ICRPの f_1 の推奨値は1であり、その時の経口摂取に対する線量係数は $2.4 \times 10^{-9} \text{ Sv Bq}^{-1}$ である（図 4.34の赤丸）。図 4.34に示されるように、この値は $f_1 > 0.2$ の近似曲線上にあるため、 $f_1 > 0.2$ の範囲で f_1 と経口摂取に対する線量係数の関係式を作成した。

1) 1990年勧告の場合

核種を体内に摂取した場合、核種が減衰するまで被ばくを受けるため、半減期

は内部被ばく線量評価への影響因子となる。半減期と1次関数の傾きaの関係及び半減期と決定係数の関係を図 4.37と図 4.38にそれぞれ示す。図 4.37と図 4.38には対象とした全ての年齢、吸収タイプごとに求めた傾きと決定係数がそれぞれ示されている。半減期が短い核種ほど傾きが小さい傾向を示し、半減期が10日未満になると傾きが負になる核種も見られた(図 4.37)。図 4.38に示されるように、半減期が0.5日以上の場合には、1次関数を使用した時の決定係数は1に近いものの、半減期が0.5日未満の場合には、半減期が短いほど決定係数は小さい傾向であった。一方で、3次関数を使用した時の決定係数はどの半減期でも概ね1であった。図 4.37と図 4.38に見られた傾向は、摂取経路、AMADによらず同じであった。

核種間の傾きの違いは、体内に移行した核種からの線量への寄与割合と大腸での線量への寄与割合の違いに起因する。半減期が短くなるほど、小腸に達する時点で核種が一定数崩壊しており、小腸から血中に移行しても体内で崩壊する数が相対的に小さくなる。そのため、半減期が短いほど、血中に移行した核種からの線量の寄与が小さくなり、 f_1 値の変化の影響が小さくなり、傾きが小さくなったと考えられる。また、負になった核種の最大等価線量を示した組織は小腸、大腸上部、大腸下部であり、それ以外の組織と比べて1桁以上大きかった。これらの核種は放射線による線量への寄与のうち、電子によるものが主であった²。大腸上部と大腸下部は f_1 値が大きいほど、これらの組織へ移行する核種数の割合が減少するため、これらの組織での線量と f_1 値との関係は負となる。そのため、 f_1 値が高いほど、線量への寄与が大きい大腸上部と大腸下部での線量が低下し、実効線量も減少した。

半減期による関数形の違いを、小腸から体液と大腸上部への放射性核種の移行に関する微分方程式を用いて説明する。図 4.39にICRP Publ. 30に示され、DCALが採用している胃腸管モデル(ICRP, 1979)を示す。ここでは、単純化のために小腸から体液と大腸上部への移行のみを使用し、他の組織に存在する核種からの線量への寄与はないと仮定する。小腸、体液、大腸上部内の放射能の時間変化は下記の式で表される。

$$\frac{dC_{SI}}{dt} = -(\lambda_{SI} + \lambda_B + \lambda)C_{SI} \quad (4.2. 12)$$

$$\frac{dC_B}{dt} = -\lambda C_B + \lambda_B C_{SI} \quad (4.2. 13)$$

² ICRP Publ.30 では、大腸の内容物の質量が小さく仮定され、電子による大腸への線量が高く計算される(ICRP, 2006)。

$$\frac{dC_{ULI}}{dt} = -\lambda C_{ULI} + \lambda_{SI} C_{SI} \quad (4.2. 14)$$

ここで、 C_{SI} 、 C_B 、 C_{ULI} はそれぞれ小腸、体液、大腸上部中の放射能（Bq）、 λ_{SI} は小腸から大腸上部への移行速度（ $= 6 \text{ d}^{-1}$ ）、 λ_B は小腸から体液への移行速度（ d^{-1} ）、 λ は壊変定数（ d^{-1} ）である。なお、 λ_B は f_1 を用いて以下の式で表される。

$$\lambda_B = \frac{f_1 \lambda_{SI}}{1 - f_1} \quad (4.2. 15)$$

式(4.2. 12)～(4.2. 14)の微分方程式の解は以下の式で表される。なお、小腸の初期放射能は $C_{SI,0}$ 、体液と大腸上部の初期放射能は0とした。

$$C_{SI} = C_{SI,0} \exp\{-(\lambda_{SI} + \lambda_B + \lambda)t\} \quad (4.2. 16)$$

$$C_B = -\frac{C_{SI,0} \lambda_B}{\lambda_{SI} + \lambda_B} \exp\{-(\lambda_{SI} + \lambda_B + \lambda)t\} + \frac{C_{SI,0} \lambda_B}{\lambda_{SI} + \lambda_B} \exp(-\lambda t) \quad (4.2. 17)$$

$$C_{ULI} = -\frac{C_{SI,0} \lambda_{SI}}{\lambda_{SI} + \lambda_B} \exp\{-(\lambda_{SI} + \lambda_B + \lambda)t\} + \frac{C_{SI,0} \lambda_{SI}}{\lambda_{SI} + \lambda_B} \exp(-\lambda t) \quad (4.2. 18)$$

ここでは、他の組織に存在する核種からの線量への寄与は無いと仮定しているため、預託線量は放射能の時間積分と比例すると仮定できる。式(4.2. 17)、(4.2. 18)を $t=0 \sim \infty$ まで積分した値は次式で表される。

$$\int_0^{\infty} C_B dt = \frac{C_{SI,0} \lambda_B}{\lambda(\lambda_{SI} + \lambda_B + \lambda)} = \frac{C_{SI,0} \lambda_{SI} f_1}{\lambda\{\lambda_{SI} + \lambda(1 - f_1)\}} \quad (4.2. 19)$$

$$\int_0^{\infty} C_{ULI} dt = \frac{C_{SI,0} \lambda_{SI}}{\lambda(\lambda_{SI} + \lambda_B + \lambda)} = \frac{C_{SI,0} \lambda_{SI} (1 - f_1)}{\lambda\{\lambda_{SI} + \lambda(1 - f_1)\}} \quad (4.2. 20)$$

半減期が長い核種、つまり $\lambda_{SI} \gg \lambda$ の場合、式(4.2. 19)、(4.2. 20)は以下の式のように変形することができる。

$$\int_0^{\infty} C_B dt = \frac{C_{SI,0} f_1}{\lambda \lambda_{SI}} \quad (4.2. 21)$$

$$\int_0^{\infty} C_{ULI} dt = \frac{C_{SI,0} (1 - f_1)}{\lambda} \quad (4.2. 22)$$

以上のように、時間積分した体液、大腸上部の放射能は、半減期が長い場合には式(4.2.21)、(4.2.22)に示されるように、 f_1 値と比例する(1次関数)ことが分かり、半減期が短い場合には式(4.2.19)、(4.2.20)に示されるように、1次関数で表記できないことが示されている。

2) 2007年勧告の場合

半減期と1次関数の傾き a の関係及び半減期と決定係数の関係を図4.40と図4.41にそれぞれ示す。図4.40と図4.41には対象とした吸収タイプごとに求めた傾きと決定係数がそれぞれ示されている。DCALを使用した場合と同様に、半減期が短い核種ほど傾きが小さい傾向を示した。図4.41に示されるように、半減期が0.5日以上の場合には、1次関数を使用した時の決定係数は1に近いものの、半減期が0.5日未満の場合には、半減期が短いほど決定係数は小さい傾向であった。一方で、3次関数を使用した時の決定係数はどの半減期でも概ね1であった。

半減期と一時関数の傾き a の関係及び半減期と決定係数の関係は、傾き a が負になるケース数が異なる点を除いて、IDCCとDCALで大きな違いはなかった。IDCCでは傾き a が負になるケースはほとんどなかった。この理由として、大腸の内容物の質量の違いが主な原因として考えられる。前述の通り、ICRP Publ.30では大腸の内容物の質量が小さく仮定され、電子による大腸への線量が高く計算され、傾きが負となった。一方、ICRP Publ.103では大腸の内容物の質量が現実的な値となり、電子による大腸への線量がICRP Publ.30よりも小さく計算されるようになった。線量と f_1 値との関係が負となる大腸での寄与が小さくなり、傾きが負となるケースが減少したと考えられる。

3) 1990年勧告と2007年勧告の比較

DCALとIDCCで求めた線量係数の比を図4.42に示す。IDCCで求めた線量係数はDCALで求めた線量係数よりも低い傾向であった。IDCCとDCALで求めた線量係数が異なる原因として、真辺と遠藤(2010)は以下の3点を主な原因としてまとめている。

- ・ spritting ruleの廃止
- ・ 残りの組織の線量計算方法の変更
- ・ 組織加重係数の変更

2007年勧告では、spritting ruleが廃止されたことにより、残りの組織の等価線量が1990年勧告時よりも低く計算されるようになり、実効線量は低下する。

2007年勧告では、残りの組織の線量の計算方法は、質量加重平均から算術平均に変更された。このことにより、気管支領域等の質量の小さい組織が大きな等価線量を与える場合には、残りの組織の等価線量が増加し、実効線量は増加する。

組織加重係数に変更されたことで、線量への寄与が大きい組織の組織加重係数の引き上げ/引き下げによって、実効線量は増加/減少する。

表 4.2.1 農作物の移行係数に関する文献リスト

タイトル	著者	発行年	出典	元素		農作物					日本
				Cs	I	稲	穀類	根菜	葉菜	牧草	
Iodine transfer from agricultural soils to edible part of crops	S. Uchida and K. Tagami	2011	Proc. Radiochim. Acta 1, 279-283		○				○		○
放射性物質の農地等における移動・循環問題 ~食の安全と環境~	内田滋夫	2011	農業農村工学会土壌物理部会緊急学習会, http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/seminar/uchida110603.pdf	○							
福島第一原子力発電所事故による低濃度放射性降下物に起因した土壌および野菜の放射性核種濃度の測定 —東京大学大学院農学生命科学研究科附属生態調和農学機構における事例—	大下 誠一, 川越 義則, 安永 円理子, 高田 大輔, 中西 友子, 田野井 慶太郎, 牧野 義雄, 佐々木 治人	2011	RADIOISOTOPES, 60 巻, 8 号, 329-333	○				○			○
直接沈着及び経根吸収による放射性核種の植物への移行	田上 恵子	2012	RADIOISOTOPES, 61 巻, 5 号, 267-279	○		○					○
Effects of the new wildlife transfer factors on RESRAD-BIOTA's screening Biota Concentration Guides and previous model comparison studies	C. Yu, J.-J. Cheng, S. Kamboj	2013	Journal of Environmental Radioactivity 126, 338-351	○	○						
Paddy-field contamination with ¹³⁴ Cs and ¹³⁷ Cs due to Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident and soil-to-rice transfer coefficients	Satoru Endo, Tsuyoshi Kajimoto, Kiyoshi Shizuma	2013	Journal of Environmental Radioactivity 116, 59-64	○		○					○

表 4.2.1 農作物の移行係数に関する文献リスト (つづき)

タイトル	著者	発行年	出典	元素		農作物					日本
				Cs	I	稲	穀類	根菜	葉菜	牧草	
福島第一原子力発電所事故で放出された放射性物質を含む土壌の付着による植物葉からの放射性セシウム吸収について	田上恵子, 内田滋夫	2013	放射化学 第28号, pp. 1-8	○					○		○
Studies on soil to grass transfer factor (Fv) and grass to milk transfer coefficient (Fm) for cesium in Kaiga region	N. Karunakara, P. Ujwal, I. Yashodhara, Chetan Rao, K. Sudeep Kumara, B.N. Dileep, P.M. Ravi	2013	Journal of Environmental Radioactivity 124, 101-112	○						○	
福島第一原子力発電所事故に起因した土壌及び野菜の放射性核種濃度の測定—東京都及び福島県の低濃度汚染地域における事例—	大下 誠一, 安永 円理子, 高田 大輔, 田野井 慶太郎, 川越 義則, 白井 宏明, 中西 友子, 佐々木 治人, 牧野 義雄	2013	RADIOISOTOPES, 62 巻, 3 号, 149-157	○				○			○
ミニキャベツによる栽培土壌から放射性セシウムの経根吸収	石井 伸昌, 田上 恵子, 川口 勇生, 内田 滋夫	2013	保健物理, 48 巻, 3 号, 150-155	○					○		○

表 4.2.1 農作物の移行係数に関する文献リスト (つづき)

タイトル	著者	発行年	出典	元素		農作物					日本
				Cs	I	稲	穀類	根菜	葉菜	牧草	
野菜類における放射性セシウムの移行係数	小林智之, 加藤義明, 二階堂英行, 齊藤誠一, 名倉明夫, 齋藤裕史, 三好博子, 雨宮潤子, 村松康行, 大野剛	2013	福島県農業総合センター 研究報告 放射性物質対策特集号(平成 25 年度), pp.46-49	○							○
Changes in the radioactive cesium concentrations of grasslands during the first year after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident in east Japan	Yoshito Yamamoto, Takeshi Shibuya, Kiyoshi Hirano, Kazumasa Shindo, Hideto Mashiyama, Tamotsu Fujisawa, Michinaga Nakamura, Yoshiro Tozawa, Hirotake Miyaji, Seiji Nakao and Yasuko Togamura	2014	Japanese Society of Grassland Science, Grassland Science, 60, 69- 75	○						○	○
放射性核種の環境移行パラメータ	稲葉 次郎	2015	RADIOISOTOPES, 64 巻, 5 号, 335-349	○							○
Accumulation of ¹³⁷ Cs by rice grown in four types of soil contaminated by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident in 2011 and 2012	Fujimura, S., Y. Muramatsu, T. Ohno et al.	2015	J Environ Radioact 140: 59- 64	○		○					○

表 4.2.1 農作物の移行係数に関する文献リスト (つづき)

タイトル	著者	発行年	出典	元素		農作物					日本
				Cs	I	稲	穀類	根菜	葉菜	牧草	
Difference in Cs-137 concentration of brown rice between the years of 2011 and 2012 in Fukushima Prefecture	Fujimura, S., Y. Sakuma, M. Sato et al.	2015	J Radioanal Nucl Chem 303(2): 1147-1150	○		○					○
飯館村除染圃場で試験栽培した水稲の放射性セシウム濃度	井伊一夫, 田野井慶太郎, 宇野義雄, 登達也, 廣瀬農, 小林奈通子, 二瓶直登, 小川唯史, 田尾陽一, 菅野宗夫, 西脇淳子, 溝口勝	2015	Radioisotopes 64: 299-310	○		○					○
Potassium fertilizer and other materials as countermeasures to reduce radiocesium levels in rice: Results of urgent experiments in 2011 responding to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident.	Naoto Kato, Nobuharu Kihou, Shigeto Fujimura, Masaharu Ikeba, Naruo Miyazaki, Yukio Saito, Tetsuya Eguchi & Sumio Itoh	2015	Soil Sci Plant Nutr 61(2): 179-190	○		○					○

表 4.2.1 農作物の移行係数に関する文献リスト (つづき)

タイトル	著者	発行年	出典	元素		農作物					日本
				Cs	I	稲	穀類	根菜	葉菜	牧草	
Exchangeable Cs/K ratio in soil is an index to estimate accumulation of radioactive and stable Cs in rice plant.	Motohiko Kondo, Hideo Maeda, Akitoshi Goto, Hiroshi Nakano, Nobuharu Kiho, Tomoyuki Makino, Mutsuto Sato, Shigeto Fujimura, Tetsuya Eguchi, Mayumi Hachinohe, Shioka Hamamatsu, Hiroataka Ihara, Toshiyuki Takai, Yumiko Arai-Sanoh & Takeshi Kimura	2015	Soil Sci Plant Nutr 61(1): 133-143	○		○					○
Concentration of radiocesium in rice, vegetables, and fruits cultivated in the evacuation area in Okuma Town, Fukushima	Kenji Ohse, Kyo Kitayama, Seiichi Suenaga, Kiyoyuki Matsumoto, Akira Kanno, Chika Suzuki, Kencho Kawatsu, Hirofumi Tsukada	2015	J Radioanal Nucl Chem 303(2): 1533-1537	○		○					○
Effect of application timing of potassium fertilizer on root uptake of ¹³⁷ Cs in brown rice.	Takashi Saito, Kazuhira Takahashi, Tomoyuki Makino, Hirofumi Tsukada, Mutsuto Sato, Kunio Yoshioka	2015	J Radioanal Nucl Chem 303(2): 1585-1587	○		○					○

表 4.2.1 農作物の移行係数に関する文献リスト (つづき)

タイトル	著者	発行年	出典	元素		農作物					日本
				Cs	I	稲	穀類	根菜	葉菜	牧草	
Weathering half-life of radioactive cesium for winter rye (<i>Secale cereale</i> L.) and Italian ryegrass (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.) directly contaminated by the 2011 Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident.	Sunaga, Y., H. Harada and T. Kawachi.	2015	Soil Sci Plant Nutr 61(2): 200-211	○			○				○
Inter-cultivar variation in soil-to-plant transfer of radiocaesium and radiostrontium in <i>Brassica oleracea</i>	B. Penrose, K.A. Johnson nève Payne, A. Arkhipov, A. Maksimenko, S. Gaschak, M.C. Meacham, N.J.M. Crout, P.J. White, N.A. Beresford, M.R. Broadley	2016	Journal of Environmental Radioactivity, 155-156, 112-121	○					○		
イネ科牧草中放射性セシウム濃度の草種間差と経年変化	山下萌, 江口沙綾, 立石貴浩, 築城幹典	2016	日草誌 62(3): 134-139	○						○	○
東京電力福島第一原子力発電所事故により環境中に放出された放射性テルルによる内部被ばく線量の評価	藤原慶子	2016	京都大学, https://doi.org/10.14989/doctor.k20067	○				○			○

表 4.2.1 農作物の移行係数に関する文献リスト (つづき)

タイトル	著者	発行年	出典	元素		農作物					日本
				Cs	I	稲	穀類	根菜	葉菜	牧草	
Aging and Substrate Type Effects on Iodide and Iodate Accumulation by Barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	Eva Duborská, Martin Urík, Marek Bujdoš, Jana Kubová	2016	Water, Air, & Soil Pollution, November 2016, 227:407		○		○				
Changes of effective half-lives of ¹³⁷ Cs in three herbaceous plants and bioavailable ¹³⁷ Cs fraction in soil after the Fukushima nuclear accident	Keiko Tagami, Shigeo Uchida	2017	Applied Geochemistry 85, 162-168	○							○
Forage grasses with lower uptake of caesium and strontium could provide `safer` crops for radiologically contaminated areas	Beth Penrose, Nicholas A. Beresford, Neil M. J. Crout, J. Alan Lovatt, Russell Thomson, Martin R. Broadley	2017	PLoS ONE 12 (5): e0176040. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176040	○							○
Transfer Factors of Tellurium and Cesium from Soil to Radish (<i>Raphanus sativus</i> var. <i>sativus</i>) and Komatsuna (<i>Brassica rapa</i> var. <i>perviridis</i>)	Keiko FUJIWARA, Tomoyuki TAKAHASHI, Tadatoshi KINOUCHI, Satoshi FUKUTANI, Sentaro TAKAHASHI, Tetsuhiro WATANABE, Shinya FUNAKAWA	2017	保健物理, 52 巻, 3 号, 192-199	○					○		○

表 4.2.1 農作物の移行係数に関する文献リスト (つづき)

タイトル	著者	発行年	出典	元素		農作物					日本
				Cs	I	稲	穀類	根菜	葉菜	牧草	
A statistical model for estimating the radiocesium transfer factor from soil to brown rice using the soil exchangeable potassium content	Kohji Yamamura, Shigeto Fujimura, Takeshi Ota, Tetsuya Ishikawa, Takashi Saito, Yoshimitsu Arai, Takuro Shinano	2018	Journal of Environmental Radioactivity 195, 114–125	○		○					○
Changes in the Soil to Brown Rice Concentration Ratio of Radiocaesium before and after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident in 2011	Keiko Tagami, Hirofumi Tsukada, Shigeo Uchida, and Brenda J. Howard	2018	Environ. Sci. Technol. ,52, 8339–8345	○		○					○
Comparison of radiocesium concentration changes in leguminous and non-leguminous herbaceous plants observed after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident	Shigeo Uchida, Keiko Tagami	2018	Journal of Environmental Radioactivity 186, 3-8	○							○
Fit-for-purpose modelling of radiocaesium soil-to-plant transfer for nuclear emergencies: a review	Talal Almahayni, Nicholas A. Beresford, Neil M.J. Crout, Lieve Sweeck	2019	Journal of Environmental Radioactivity 201, 58–66	○							
Temporal dynamics of ¹³⁷ Cs distribution in soil and soil-to-crop transfer factor under different tillage systems after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident in Japan	Peiran Li, Yingting Gong, Masakazu Komatsuzaki	2019	Science of the Total Environment 697, 134060	○							○

表 4.2.2 農作物の生産密度導出に使用した統計データ及び作物種

作物種		使用した統計データ
稲	水稻	令和元年産作物統計（普通作物・飼料作物・工芸農作物）
穀類	小麦	令和元年産作物統計（普通作物・飼料作物・工芸農作物）
根菜	だいこん、にんじん、ばれいしょ （じゃがいも）、さといも	平成30年産野菜生産出荷統計
	さつまいも（かんしょ）	令和元年産作物統計（普通作物・飼料作物・工芸農作物）
葉茎菜	はくさい、キャベツ、ほうれんそ う、レタス、ねぎ、たまねぎ	平成30年産野菜生産出荷統計
果菜	きゅうり、なす、トマト、ピーマ ン	平成30年産野菜生産出荷統計
果実的野 菜	いちご	平成30年産野菜生産出荷統計
牧草	牧草	令和元年産作物統計（普通作物・飼料作物・工芸農作物）
豆類	大豆	令和元年産作物統計（普通作物・飼料作物・工芸農作物）

表 4.2.3 農作物の生産密度（全国）

作物種		生産密度 (kg m ⁻²)	OSCAARコード ⁽¹⁾ (kg m ⁻²)
稲	水稻	0.527	0.41
穀類	小麦	0.490	0.41
根菜	だいこん	4.23	2.3
	にんじん	3.34	
	ばれいしょ（じゃがいも）	2.95	
	さといも	1.26	
	さつまいも（かんしょ）	2.18	
葉茎菜	はくさい	5.23	2.9
	キャベツ	4.24	
	ほうれんそう	1.12	
	レタス	2.70	
	ねぎ	2.02	
	たまねぎ	4.41	
果菜	きゅうり	5.19	-
	なす	3.35	
	トマト	6.14	
	ピーマン	4.36	
果実的野菜	いちご	3.11	-
牧草	牧草	3.43	0.25
豆類	大豆	0.152	-

⁽¹⁾ OSCAARコードはデフォルト値を記載。

表 4.2.4 家畜の牧草及び水の摂取量、ミルクの生産率に関する文献リスト

タイトル	著者	発行年	出典	牧草の摂取量	ミルクの生産量	家畜の水摂取量		
						牛	豚	鶏
放牧主体で肥育した牛の放牧草摂取量および摂取飼料割合の経時変化	金子真・中村好徳・小林良次	2016	日草誌 62(4):199-206(2017)	○				
日本飼養標準・肉用牛	農業・食品産業技術総合研究機構	2008	中央畜産会	○		○		
日本飼養標準・家禽	農業・食品産業技術総合研究機構	2011	中央畜産会					○
日本飼養標準・豚	農業・食品産業技術総合研究機構	2013	中央畜産会				○	
日本飼養標準・乳牛	農業・食品産業技術総合研究機構	2017	中央畜産会	○	○			
粗飼料の異なる飼養管理下における育成牛の水分摂取量	関根 純二郎, 大浦 良三, 大久保 正彦, 朝日田 康司	1988	家畜の管理 23 巻 (1987) 3 号	○		○		
高泌乳牛に対する良質自給粗飼料の利用による飼料自給率の改善	大下友子	2000	北草研報 34:12-14	○				
乳牛の飲水量について	壹岐修一	2017	雪たねニュース№372号			○		
夏場は母豚の飲水管理が重要 ～飲水量と泌乳量の関係～	東克士	2006	日清丸紅飼料株式会社 HP				○	

表 4.2.4 家畜の牧草及び水の摂取量、ミルクの生産率に関する文献リスト (つづき)

タイトル	著者	発行年	出典	牧草の摂取量	ミルクの生産量	家畜の水摂取量		
						牛	豚	鶏
Comparison of broiler flock daily water consumption and water-to-feed ratios for flocks grown in 1991, 2000–2001, and 2010–2011	C.L.Williams, G.T.Tabler and S.E.Watkins	2013	J. Appl. Poult. Res., 22, p.934–941					○
採卵鶏における軟便防止のための給水方法	式町秀明、大宅由里、 加茂辰生、千綿政信、 石橋明	1995	九州農耕研究、第 58 号					○
牛が1日に出す乳の量	株式会社明治	2004	明治 HP http://qa.meiji.co.jp/faq/show/1532?site_domain=default		○			
乳牛が乳を出す期間と量	一般社団法人日本乳業協会		一般社団法人日本乳業協会 HP https://www.nyukyou.jp/dairy/index.php?rm=4&qa_id=482		○			
今日のミルクしき	一般社団法人中央酪農会議	2016	一般社団法人中央酪農会議 HP https://www.milkjapan.net/pc/milchishiki/2016/01/07/452/		○			

表 4.2.5 ミルク及び家畜の移行係数に関する文献リスト

タイトル	著者	発行年	出典	元素		移行係数				備考
				Cs	I	ミルク	牛肉	豚肉	鶏肉	
How knowledge of the gastrointestinal absorption of elements could be used to predict transfer to milk	Brenda J. Howard, Claire Wells, Catherine L. Barnett & Steve C. Sheppard	2016	Scientific Reports | 6:37041 | DOI: 10.1038/srep37041	○	○	○				MODARIA 2016 dataset
Studies on soil to grass transfer factor (Fv) and grass to milk transfer coefficient (Fm) for cesium in Kaiga region	N. Karunakara, P. Ujwal, I. Yashodhara, Chetan Rao, K. Sudeep Kumara, B.N. Dileep, P.M. Ravi	2013	Journal of Environmental Radioactivity 124, 101-112	○		○				
STUDY OF THE TRANSFER OF ¹³⁷ Cs FROM FODDER TO COW MILK IN THE REGION AROUND NARORA ATOMIC POWER STATION NPP SITE, INDIA	Deepak Kumar, Avinash Kumar, A. K. Sharma, B. Singh, P.M. Ravi and P. K. Sarkar	2013	Radiation Protection Dosimetry, Vol. 156, No. 2, pp. 223–230	○		○				
TRANSFER COEFFICIENT OF ¹³⁷ CS FROM FEED TO COW MILK IN TROPICAL REGION KAIGA, INDIA	R. M. Joshi, J. P. James, B. N. Dileep, R. M. Mulla, T. K. Reji, P.M. Ravi, A. G. Hegde and P. K. Sarkar	2012	Radiation Protection Dosimetry, Vol. 149, No. 3, pp. 333–339	○		○				
Transfer of ¹³¹ I from Fukushima to the Vegetation and Milk in France	V. Parache, L. Pourcelot, S. Roussel-Debet, D. Orjollet, F. Leblanc, C. Soria, R. Gurriaran, Ph. Renaud, and O. Masson	2011	Environ. Sci. Technol. , 45, 9998–10003		○	○				

表 4.2.5 ミルク及び家畜の移行係数に関する文献リスト (つづき)

タイトル	著者	発行年	出典	元素		移行係数				備考
				Cs	I	ミルク	牛肉	豚肉	鶏肉	
福島第一原子力発電所事故後の茨城県産牧草を給与した牛の乳における放射性核種濃度	橋本 健, 田野井 慶太郎, 桜井 健太, 飯本 武, 野川 憲夫, 桧垣 正吾, 小坂 尚樹, 高橋 友継, 榎本 百合子, 小野山 一郎, 李 俊佑, 眞鍋 昇, 中西 友子	2011	RADIOISOTOPES, 60 巻 8 号, 335-338	○	○	○				I: 検出限界以下
東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の飛散を受けて実施した放牧試験牛の乳中放射能緊急調査報告	小林 美穂, 鈴木 一好, 宮本 進, 西村 宏一, 小松 正憲, 柁村 恭子, 的場 和弘, 木方 展治	2012	日本畜産学会報, 83 巻 1 号, 57-64	○		○				
Transfer of radionuclides and stable elements to foodstuffs in Mediterranean ecosystems	J. Guillén, N.A. Beresford, A. Baeza, M.A. Ontalba, J.A. Corbacho	2020	Journal of Environmental Radioactivity Volumes 223–224, November 2020, 106379	○		○	○	○		
Transfer of 40K and 137Cs from diet into meat of ruminants: analogy or not?	N Gradašević, Muhamed Smajlović, Muhamed Katica	2017	MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu, Vol. XIX No. 4	○			○			

表 4.2.5 ミルク及び家畜の移行係数に関する文献リスト (つづき)

タイトル	著者	発行年	出典	元素		移行係数				備考	
				Cs	I	ミルク	牛肉	豚肉	鶏肉		
The transfer of 241Am and 137Cs to the tissues of broilers' organs	Ainur S. Mamyrbayeva, Zhanat A. Baigazinov, Sergey N. Lukashenko, Andrey V. Panitskiy, Seil S. Karatayev, Anton N. Shatrov, Symbat A. Baigazy, Assem B. Bazarbayeva, M. Hegedűs, E. Tóth-Bodrogi, T. Kovács	2020	PLOS ONE 15(7)	○						○	
放射性セシウムを含む飼料米を摂取した肉用鶏(地鶏)における移行状態	福島県農業総合センター畜産研究所・養鶏分場	2012		○						○	Cs134+137 鶏の移行係数(計算が必要)
地鶏が放射性セシウムを摂取した時の体内蓄積	畜産研究所養鶏分場 宮野英喜 佐藤茂次	2014		○						○	
泌乳牛飼料へのゼオライト添加で放射性セシウムの生乳への移行を抑制できる	福島県農業総合センター畜産研究所	2013				○					
汚染牛にゼオライト投与しても放射性セシウムを排出促進することはできない	福島県農業総合センター畜産研究所	2014					○				
家畜用飼料中の放射性物質をめぐる情勢について	小原健児	2012		○		○	○	○	○	○	最大値

表 4.2.5 ミルク及び家畜の移行係数に関する文献リスト (つづき)

タイトル	著者	発行年	出典	元素		移行係数				備考
				Cs	I	ミルク	牛肉	豚肉	鶏肉	
Radioactive caesium concentrations in pigs fed brown rice contaminated by the Tokyo Electric Power Company Fukushima Daiichi nuclear power plant	H. Ohmori, Y. Sasaki 1, K. Tajima, M. Katsumata	2014	Livestock Science, Volume 159, 156-160	○				○		
Radiocesium transfer rates among pigs fed haylage contaminated with low levels of cesium at two differentiation stages	Chunxiang Piao, Min Ma, James K. Chambers, Kazuyuki Uchida, Masanori Ikeda, Natsuko I. Kobayashi, Atsushi Hirose, Keitaro Tanoi, Masayoshi Kuwahara, Junyou Li	2020	PLoS ONE 15(9): e0237977.	○				○		

表 4.2.6 牛の牧草摂取量、ミルク生産率、家畜の水摂取量のまとめ

	最小値	中央値	平均値	最大値	OSCAAR	IAEA-TRS
牛の牧草摂取量 (kg d ⁻¹)	0.5	7.7	7.6	30.7	11.8	16.0
ミルクの生産率 (L d ⁻¹)	16.2	27.5	27.6	40.0	-	
牛の水摂取量 (L d ⁻¹)	15.1	36.7	47.9	180.0	-	
豚の水摂取量 (L d ⁻¹)	1.8	11.0	11.0	30.0	-	
鶏の水摂取量 (L d ⁻¹)	0.2	0.2	0.2	0.4	-	

表 4.2.7 現行OSCAARコードの移行速度デフォルト値と文献調査で得られた移行係数から求めた移行速度の比較。

	OSCAAR 値	最小値	中央値	平均値	最大値
米-Cs	2.2 E-06	4.7 E-10	1.2 E-08	2.5 E-07	2.5 E-05
穀類-Cs	2.2 E-06	4.1 E-10	3.9 E-09	6.2 E-08	1.1 E-06
根菜-Cs	9.1 E-06	1.9 E-08	1.3 E-07	2.3 E-06	1.8 E-05
葉菜-Cs	1.9 E-05	1.1 E-08	4.5 E-07	7.8 E-06	4.5 E-05
牧草-Cs	6.3 E-06	1.4 E-07	5.8 E-07	3.9 E-06	4.4 E-05
ミルク-Cs	5.7 E-01	2.1 E-02	1.6 E-01	2.2 E-01	1.4 E+00
肉-Cs	9.0 E-03	6.3 E-03	6.9 E-03	7.3 E-03	1.7 E-02

表 4.2.8 調査対象項目一覧

大分類	種目
穀類	米
穀類	小麦粉類
豆類	大豆（全粒）・加工品
果物	イチゴ
果物	柑橘類
果物	バナナ
果物	リンゴ
根菜（イモ類）	ジャガイモ・加工品
根菜（イモ類）	サツマイモ・加工品
根菜（イモ類）	人参
根菜（イモ類）	大根
葉菜	トマト
葉菜	ほうれん草
葉菜	ピーマン
葉菜	キャベツ
葉菜	きゅうり
葉菜	玉ねぎ
葉菜	白菜
海産物	あじ、いわし類
海産物	サケ、ます
海産物	タイ、かれい類
海産物	マグロ、かじき類
海産物	えび、かに類
海産物	いか、たこ類
肉類	牛肉
肉類	豚肉
肉類	鶏肉
卵	卵類
乳製品類	牛乳
乳製品類	チーズ
乳製品類	バター
水	お茶
水	コーヒー・ココア

表 4.2.9 水の摂取量に関する文献リスト

タイトル	著者	発行年	出典
Is the default of 2 liters for daily per-capita water consumption appropriate? A nationwide survey reveals water intake in Japan	Ohno, Koichi; Asami, Mari; Matsui, Yoshihiko	2018	Journal of Water and Health, 16(4), 562-573
飲料水の水質リスク管理に関する統合的研究－寄与率分科会－	松井佳彦, 浅見真理, 広瀬明彦, 平田睦子, 西村哲治	2009	厚生労働科学研究費補助金(健康安全・危機管理対策総合研究事業)分担研究報告書
行動記録による状況別飲料摂取形態の分類と動機	村上道夫, 竹田はつ美, 岡根谷実里, 小林幸男, 沖大幹	2012	生産研究, 64巻3号, 55-62
東京都における消費者の飲用水選択種類と選択理由による類型化	天野巖斗, 栗栖聖, 花木啓祐	2013	土木学会論文集G(環境), Vol.69, No.6 (環境システム研究論文集 第41巻), II_117-II_126
The influence of season and air temperature on water intake by food groups in a sample of free-living Japanese adults	Tani Y, Asakura K, Sasaki S, Hirota N, Notsu A, Todoriki H, et al.	2015	European Journal of Clinical Nutrition 69, 907-913

表 4.2.10 土壌の摂取量に関する文献リスト

タイトル	著者	発行年	出典
「暫定的考え方」の取りまとめに際し検討した内部被ばくに関する算定結果と根拠	文部科学省	2011	第31回原子力安全委員会 資料第3-1
Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance	IAEA	2005	SRS No.44
Radiation protection 122: Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption - Part II Application of the Concepts of Exemption and Clearance to Natural Radiation Sources.	欧州委員会	2001	RP-122
Application of Exemption Principles to the Recycle and Reuse of Materials from Nuclear Facilities	IAEA	1992	Safety Series No.111-P-1.1.
Recommended Screening Limits for Contaminated Surface Soil and Review of Factors Relevant to Site-specific Studies	NCRP	1999	No.129
Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A) Interim Final	EPA	1989	EPA/540/1 -89/002
暴露係数ハンドブック	産業技術総合研究所化学物質リスク管理研究センター	2007	
地方都市の児童公園における土壌の重金属濃度調査	中川啓, 都築 恵, 朝倉宏	2012	土木学会論文集G (環境), 68巻 (2012) 3 号, pp.189-194

表 4.2.11 “国民健康・栄養調査”での地域ブロック

地域ブロック	都道府県名
北海道	北海道
東北	青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県
関東Ⅰ	埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県
関東Ⅱ	茨城県、栃木県、群馬県、山梨県、長野県
北陸	新潟県、富山県、石川県、福井県
東海	岐阜県、愛知県、三重県、静岡県
近畿Ⅰ	京都府、大阪府、兵庫県
近畿Ⅱ	奈良県、和歌山県、滋賀県
中国	鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県
四国	徳島県、香川県、愛媛県、高知県
北九州	福岡県、佐賀県、長崎県、大分県
南九州	宮崎県、鹿児島県、沖縄県

表 4.2.12 地域ブロック毎の作物、肉・乳製品の摂取量

1人1日当たり(g)

食品			地域ブロック											
大分類	中分類	小分類	北海道			東北			関東Ⅰ			関東Ⅱ		
			平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値
穀類	米・加工品	米	318.8	189.6	300.0	333.0	194.8	300.0	286.6	181.8	250.0	311.0	176.4	288.0
穀類	小麦・加工品	小麦粉類	3.6	11.2	0.0	3.0	8.6	0.0	3.5	10.8	0.0	4.0	12.0	0.0
豆類	大豆・加工品	大豆(全粒)・加工品	0.2	1.3	0.0	1.3	6.7	0.0	1.3	6.1	0.0	1.7	10.8	0.0
果実類	生果	いちご	1.7	11.9	0.0	0.1	1.7	0.0	0.1	1.7	0.0	0.0	0.6	0.0
果実類		柑橘類	15.4	43.0	0.0	16.5	38.3	0.0	20.7	53.1	0.0	14.3	37.6	0.0
果実類		バナナ	15.3	37.2	0.0	11.1	32.2	0.0	17.0	40.6	0.0	12.3	36.3	0.0
果実類		りんご	25.6	58.4	0.0	32.5	63.8	0.0	17.6	43.7	0.0	22.6	55.1	0.0
いも類	いも・加工品	じゃがいも・加工品	29.4	49.4	0.0	22.3	44.4	0.0	24.8	47.7	0.0	20.8	45.9	0.0
いも類	いも・加工品	さつまいも・加工品	5.6	20.2	0.0	7.2	25.9	0.0	5.5	24.0	0.0	8.4	29.6	0.0
野菜類	緑黄色野菜	にんじん	20.3	33.6	10.0	19.7	23.3	12.0	18.5	21.7	12.8	16.8	20.1	10.8
野菜類	その他の野菜	大根	26.3	55.3	0.0	32.7	52.4	0.0	22.0	41.2	0.0	30.8	57.7	0.0
野菜類	緑黄色野菜	トマト	17.6	37.5	0.0	11.8	30.3	0.0	21.2	42.4	0.0	16.0	34.6	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ほうれん草	6.7	20.4	0.0	15.0	34.6	0.0	11.6	27.5	0.0	12.0	27.3	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ピーマン	6.7	24.8	0.0	3.4	10.2	0.0	3.6	10.5	0.0	3.4	16.1	0.0
野菜類	その他の野菜	キャベツ	25.9	42.6	0.0	31.7	56.5	0.0	30.0	49.7	0.0	29.4	50.5	0.0
野菜類	その他の野菜	きゅうり	9.7	23.4	0.0	5.8	14.5	0.0	9.9	20.2	0.0	7.4	18.1	0.0
野菜類	その他の野菜	たまねぎ	35.5	41.6	25.0	33.6	47.2	15.0	31.6	40.0	19.9	28.1	32.8	17.1
野菜類	その他の野菜	はくさい	22.1	57.7	0.0	17.0	38.2	0.0	19.8	49.5	0.0	19.3	46.1	0.0
魚介類	生魚介類	あじ、いわし類	8.9	31.1	0.0	14.5	33.9	0.0	8.9	28.4	0.0	6.5	24.9	0.0
魚介類	生魚介類	さけ、ます	7.2	26.6	0.0	7.0	26.6	0.0	5.9	21.3	0.0	5.0	17.7	0.0
魚介類	生魚介類	たい、かれい類	6.1	27.7	0.0	3.3	18.9	0.0	4.0	17.9	0.0	1.9	11.8	0.0
魚介類	生魚介類	まぐろ、かじき類	2.8	18.0	0.0	3.5	18.7	0.0	5.6	20.9	0.0	3.1	15.6	0.0
魚介類	生魚介類	えび、かに類	1.4	7.3	0.0	2.3	9.0	0.0	3.5	13.7	0.0	2.6	9.3	0.0
魚介類	生魚介類	いか、たこ類	1.3	8.5	0.0	2.4	12.0	0.0	2.6	13.8	0.0	3.4	12.9	0.0
肉類	畜肉	牛肉	8.6	23.7	0.0	11.3	39.8	0.0	13.9	37.1	0.0	9.1	23.5	0.0
肉類	畜肉	豚肉	53.3	60.2	40.0	42.9	55.4	28.5	45.4	57.8	28.5	45.1	53.9	31.0
肉類	鳥肉	鶏肉	34.4	65.7	0.0	26.2	51.9	0.0	32.1	57.0	0.0	31.1	58.2	0.0
卵類			42.9	36.6	44.9	40.4	38.3	44.1	38.0	37.3	32.7	37.6	35.6	35.5
乳類	牛乳・乳製品	牛乳	65.6	104.9	0.0	72.5	123.0	0.0	81.1	123.7	0.0	78.9	116.7	0.0
乳類	牛乳・乳製品	チーズ	4.5	9.7	0.0	2.1	6.2	0.0	4.3	10.2	0.0	3.6	8.6	0.0
油脂類		バター	1.4	3.1	0.0	0.5	1.7	0.0	1.3	3.4	0.0	0.8	2.3	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	茶	170.2	292.1	0.0	179.4	270.1	0.0	253.8	348.3	150.0	266.3	345.7	150.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	コーヒー・ココア	120.8	167.1	0.0	138.1	187.7	9.3	136.3	187.5	4.0	137.6	205.9	0.0

表 4.2.12 地域ブロック毎の作物、肉・乳製品の摂取量 (つづき)

1人1日当たり(g)

食品			地域ブロック											
大分類	中分類	小分類	北陸			東海			近畿Ⅰ			近畿Ⅱ		
			平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値
穀類	米・加工品	米	307.7	195.2	284.5	296.4	172.5	280.0	296.3	197.3	265.5	304.6	189.7	297.5
穀類	小麦・加工品	小麦粉類	2.1	4.9	0.0	3.6	9.0	0.0	4.3	14.0	0.0	3.1	10.5	0.0
豆類	大豆・加工品	大豆(全粒)・加工品	1.3	5.5	0.0	2.2	9.7	0.0	1.5	6.3	0.0	1.8	9.4	0.0
果実類	生果	いちご	0.0	0.3	0.0	0.2	2.1	0.0	0.1	0.7	0.0	0.1	1.0	0.0
果実類		柑橘類	20.0	44.5	0.0	17.4	45.6	0.0	20.5	49.7	0.0	31.2	83.5	0.0
果実類		バナナ	12.2	32.5	0.0	15.3	35.8	0.0	18.1	44.3	0.0	15.4	33.5	0.0
果実類		りんご	15.2	38.7	0.0	14.7	36.9	0.0	13.9	37.3	0.0	16.2	40.5	0.0
いも類	いも・加工品	じゃがいも・加工品	23.8	44.6	0.0	22.7	44.4	0.0	29.1	50.4	0.0	30.8	49.0	0.0
いも類	いも・加工品	さつまいも・加工品	5.0	22.6	0.0	6.2	23.6	0.0	6.1	23.0	0.0	3.5	19.7	0.0
野菜類	緑黄色野菜	にんじん	17.5	22.7	10.0	17.0	20.1	10.9	19.6	24.8	12.2	18.6	21.0	12.0
野菜類	その他の野菜	大根	30.2	57.0	0.0	24.5	47.4	0.0	28.6	59.5	0.0	37.2	56.4	0.0
野菜類	緑黄色野菜	トマト	16.0	33.1	0.0	17.5	43.8	0.0	13.6	33.3	0.0	11.7	29.6	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ほうれん草	10.9	28.1	0.0	10.1	30.4	0.0	9.6	25.6	0.0	17.0	34.6	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ピーマン	4.2	10.9	0.0	3.7	11.6	0.0	3.7	11.5	0.0	1.5	5.0	0.0
野菜類	その他の野菜	キャベツ	29.5	51.8	0.0	26.5	42.8	0.0	25.4	43.7	0.0	18.0	36.9	0.0
野菜類	その他の野菜	きゅうり	9.5	19.3	0.0	8.5	19.5	0.0	7.8	20.2	0.0	8.3	18.2	0.0
野菜類	その他の野菜	たまねぎ	32.7	43.9	13.1	34.4	41.0	21.0	37.1	45.9	25.0	36.2	43.2	23.8
野菜類	その他の野菜	はくさい	25.2	68.2	0.0	16.6	43.6	0.0	26.2	57.7	0.0	37.0	74.9	0.0
魚介類	生魚介類	あじ、いわし類	9.4	31.1	0.0	7.4	23.7	0.0	12.0	33.7	0.0	9.7	28.2	0.0
魚介類	生魚介類	さけ、ます	6.0	21.9	0.0	3.6	14.3	0.0	5.0	18.7	0.0	7.6	24.0	0.0
魚介類	生魚介類	たい、かれい類	5.3	21.3	0.0	3.5	16.0	0.0	5.1	20.9	0.0	6.1	23.5	0.0
魚介類	生魚介類	まぐろ、かじき類	2.0	13.6	0.0	5.2	22.0	0.0	2.6	14.7	0.0	1.5	8.9	0.0
魚介類	生魚介類	えび、かに類	7.3	21.4	0.0	3.0	10.7	0.0	4.0	12.9	0.0	5.5	21.2	0.0
魚介類	生魚介類	いか、たこ類	3.4	13.7	0.0	2.5	9.0	0.0	3.0	11.5	0.0	3.0	12.0	0.0
肉類	畜肉	牛肉	8.0	22.7	0.0	19.5	40.9	0.0	22.0	44.5	0.0	15.1	26.4	0.0
肉類	畜肉	豚肉	38.2	45.9	20.0	40.2	53.3	19.1	40.1	53.6	20.0	33.0	44.0	10.0
肉類	鳥肉	鶏肉	34.0	60.5	0.0	30.8	54.0	0.0	33.8	60.1	0.0	35.1	58.4	0.0
卵類			36.8	34.9	30.6	39.3	36.5	40.0	45.8	45.1	43.9	43.3	40.1	47.0
乳類	牛乳・乳製品	牛乳	73.7	126.7	0.0	84.6	118.8	1.1	82.5	127.7	3.2	80.8	127.0	1.7
乳類	牛乳・乳製品	チーズ	3.3	8.9	0.0	4.5	9.7	0.0	3.9	9.3	0.0	2.9	6.8	0.0
油脂類		バター	0.8	2.2	0.0	1.0	2.8	0.0	1.3	3.4	0.0	0.8	2.4	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	茶	184.0	268.5	0.0	284.1	368.4	166.7	224.4	310.3	100.0	224.0	339.2	0.2
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	コーヒー・ココア	138.3	197.2	0.0	129.5	182.0	4.0	142.6	185.3	107.5	150.7	215.3	53.7

表 4.2.12 地域ブロック毎の作物、肉・乳製品の摂取量 (つづき)

1人1日当たり(g)

食品			地域ブロック											
大分類	中分類	小分類	中国			四国			北九州			南九州		
			平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値
穀類	米・加工品	米	298.4	179.5	280.0	319.5	173.9	300.0	307.1	169.4	300.0	334.5	184.2	309.5
穀類	小麦・加工品	小麦粉類	2.8	6.7	0.0	3.9	8.7	0.0	4.4	14.7	0.0	4.9	12.7	0.0
豆類	大豆・加工品	大豆(全粒)・加工品	2.3	9.7	0.0	1.6	7.0	0.0	1.7	7.2	0.0	1.9	7.2	0.0
果実類	生果	いちご	0.1	1.4	0.0	0.1	1.5	0.0	0.1	2.3	0.0	0.0	0.3	0.0
果実類		柑橘類	22.8	48.3	0.0	35.4	74.9	0.0	26.9	55.7	0.0	34.2	69.2	0.0
果実類		バナナ	16.6	36.9	0.0	15.5	46.1	0.0	16.1	41.4	0.0	9.9	27.8	0.0
果実類		りんご	12.2	32.5	0.0	22.0	54.1	0.0	10.7	33.4	0.0	13.2	40.2	0.0
いも類	いも・加工品	じゃがいも・加工品	31.5	51.9	0.0	23.0	38.9	0.0	22.1	48.7	0.0	18.2	38.7	0.0
いも類	いも・加工品	さつまいも・加工品	9.7	27.0	0.0	10.3	35.9	0.0	10.8	33.1	0.0	5.8	24.1	0.0
野菜類	緑黄色野菜	にんじん	20.3	25.0	15.0	16.0	18.5	10.0	15.6	18.5	10.0	18.5	24.8	10.0
野菜類	その他の野菜	大根	27.9	48.7	0.0	27.9	49.3	0.0	24.1	39.8	0.0	30.3	47.3	0.0
野菜類	緑黄色野菜	トマト	12.2	34.2	0.0	16.7	42.5	0.0	10.6	25.5	0.0	16.4	35.4	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ほうれん草	13.9	36.7	0.0	14.0	36.7	0.0	8.2	21.3	0.0	7.8	26.8	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ピーマン	8.0	20.8	0.0	1.8	6.3	0.0	3.6	14.1	0.0	4.5	14.9	0.0
野菜類	その他の野菜	キャベツ	27.0	41.9	3.7	27.3	47.8	0.0	24.1	44.1	0.0	34.0	55.2	0.0
野菜類	その他の野菜	きゅうり	8.2	16.5	0.0	9.7	22.0	0.0	8.0	17.5	0.0	15.2	25.5	0.0
野菜類	その他の野菜	たまねぎ	36.8	45.1	22.7	34.5	45.2	20.0	34.8	44.7	20.0	31.4	43.0	16.7
野菜類	その他の野菜	はくさい	27.7	64.8	0.0	30.3	65.3	0.0	26.4	53.0	0.0	29.3	62.8	0.0
魚介類	生魚介類	あじ、いわし類	9.8	26.2	0.0	11.1	32.4	0.0	14.6	33.1	0.0	15.5	37.3	0.0
魚介類	生魚介類	さけ、ます	3.4	14.2	0.0	3.3	14.7	0.0	2.4	10.8	0.0	4.5	18.2	0.0
魚介類	生魚介類	たい、かれい類	3.8	17.3	0.0	5.4	23.2	0.0	5.4	23.2	0.0	3.7	16.6	0.0
魚介類	生魚介類	まぐろ、かじき類	1.1	9.1	0.0	3.0	14.9	0.0	1.2	12.6	0.0	1.6	15.0	0.0
魚介類	生魚介類	えび、かに類	4.3	15.6	0.0	4.3	14.6	0.0	2.6	9.4	0.0	2.7	14.3	0.0
魚介類	生魚介類	いか、たこ類	5.1	28.9	0.0	2.5	10.9	0.0	3.1	13.1	0.0	2.8	15.6	0.0
肉類	畜肉	牛肉	15.2	33.2	0.0	22.6	47.9	0.0	16.5	36.7	0.0	11.4	27.6	0.0
肉類	畜肉	豚肉	40.6	54.1	18.3	27.2	40.7	5.0	37.9	52.9	14.3	42.7	56.1	17.4
肉類	鳥肉	鶏肉	30.9	52.7	0.0	30.3	51.9	0.0	36.8	59.1	10.0	40.8	58.5	5.0
卵類			42.8	36.7	40.1	44.7	38.5	45.6	39.5	39.9	31.1	47.9	42.2	51.0
乳類	牛乳・乳製品	牛乳	80.0	110.5	10.4	70.9	118.7	0.0	80.3	123.9	0.0	78.6	119.9	0.0
乳類	牛乳・乳製品	チーズ	3.6	9.2	0.0	3.2	13.2	0.0	3.1	7.8	0.0	2.7	7.6	0.0
油脂類		バター	1.1	2.8	0.0	1.1	2.8	0.0	0.8	2.7	0.0	0.7	2.3	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	茶	213.4	305.3	0.0	302.3	305.1	280.0	225.0	305.3	0.0	338.8	353.2	300.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	コーヒー・ココア	169.7	209.2	150.0	155.8	198.8	134.0	125.8	190.5	0.0	114.9	189.6	0.0

表 4.2.13 年齢区分別・男女の作物、肉・乳製品の摂取量

1人1日当たり(g)

食品			年齢区分											
大分類	中分類	小分類	総数			1-6歳			7-14歳			15-19歳		
			平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値
穀類	米・加工品	米	304.1	183.8	283.5	191.3	93.8	186.7	323.2	169.0	304.0	428.1	236.6	400.0
穀類	小麦・加工品	小麦粉類	3.7	11.1	0.0	3.9	9.2	0.0	5.1	12.9	0.0	3.3	8.4	0.0
豆類	大豆・加工品	大豆(全粒)・加工品	1.6	7.6	0.0	0.8	3.1	0.0	2.6	9.0	0.0	1.8	9.8	0.0
果実類	生果	いちご	0.2	2.7	0.0	0.1	1.0	0.0	0.2	1.5	0.0	0.8	8.7	0.0
果実類	生果	柑橘類	21.8	53.2	0.0	28.2	50.3	0.0	18.7	41.2	0.0	12.8	45.0	0.0
果実類	生果	バナナ	15.2	38.6	0.0	13.2	32.4	0.0	7.8	29.2	0.0	8.5	41.6	0.0
果実類	生果	りんご	17.4	44.5	0.0	8.1	22.2	0.0	11.6	34.6	0.0	10.4	28.8	0.0
いも類	いも・加工品	じゃがいも・加工品	24.8	46.9	0.0	20.3	31.9	0.0	31.2	46.2	0.0	34.0	58.1	0.0
いも類	いも・加工品	さつまいも・加工品	6.9	26.0	0.0	9.8	29.8	0.0	8.7	23.3	0.0	6.5	20.6	0.0
野菜類	緑黄色野菜	にんじん	18.2	22.6	11.3	16.1	19.9	11.8	23.3	18.3	18.0	19.7	23.8	13.0
野菜類	その他の野菜	大根	27.1	50.2	0.0	13.0	24.1	0.0	23.3	40.6	9.0	21.6	42.0	0.0
野菜類	緑黄色野菜	トマト	15.9	37.0	0.0	10.3	35.5	0.0	8.6	23.6	0.0	12.8	28.9	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ほうれん草	11.2	29.1	0.0	4.8	12.6	0.0	7.1	17.8	0.0	11.0	26.7	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ピーマン	3.9	13.3	0.0	1.9	5.8	0.0	1.7	6.4	0.0	3.0	9.5	0.0
野菜類	その他の野菜	キャベツ	27.8	47.5	0.0	11.3	22.2	0.0	23.1	34.5	6.4	31.6	47.8	0.0
野菜類	その他の野菜	きゅうり	8.9	19.7	0.0	5.7	12.1	0.0	8.4	18.5	0.0	7.8	15.7	0.0
野菜類	その他の野菜	たまねぎ	33.7	42.6	20.0	23.1	27.8	16.0	43.9	38.7	37.6	39.2	46.8	26.0
野菜類	その他の野菜	はくさい	23.2	54.8	0.0	12.4	29.6	0.0	22.3	47.6	0.0	24.3	54.9	0.0
魚介類	生魚介類	あじ、いわし類	10.4	30.2	0.0	4.9	16.5	0.0	10.0	22.5	0.0	6.2	22.1	0.0
魚介類	生魚介類	さけ、ます	5.0	19.2	0.0	4.2	15.2	0.0	4.1	15.5	0.0	4.3	17.7	0.0
魚介類	生魚介類	たい、かれい類	4.2	19.3	0.0	1.7	9.0	0.0	2.0	10.3	0.0	3.5	14.3	0.0
魚介類	生魚介類	まぐろ、かじき類	3.3	17.1	0.0	1.2	7.5	0.0	1.5	12.2	0.0	2.0	13.9	0.0
魚介類	生魚介類	えび、かに類	3.5	13.2	0.0	1.1	6.4	0.0	2.4	10.7	0.0	3.8	15.3	0.0
魚介類	生魚介類	いか、たこ類	2.9	14.1	0.0	1.2	5.9	0.0	1.4	6.3	0.0	2.0	9.7	0.0
肉類	畜肉	牛肉	15.4	37.0	0.0	7.3	17.6	0.0	12.3	33.2	0.0	22.4	42.7	0.0
肉類	畜肉	豚肉	41.3	54.0	21.4	19.6	25.1	10.0	46.9	52.3	31.3	69.1	73.5	50.0
肉類	鳥肉	鶏肉	32.7	57.1	0.0	22.7	32.2	8.3	35.2	51.7	13.0	50.1	68.3	18.3
卵類			41.1	39.0	40.0	22.2	27.5	12.8	34.3	34.9	26.4	53.5	46.4	51.0
乳類	牛乳・乳製品	牛乳	79.3	121.4	0.0	122.6	133.3	100.0	246.7	150.1	210.0	80.6	136.8	0.0
乳類	牛乳・乳製品	チーズ	3.7	9.3	0.0	3.4	8.1	0.0	4.1	9.3	0.0	3.9	9.2	0.0
油脂類		バター	1.0	2.9	0.0	0.7	1.9	0.0	1.0	2.5	0.0	0.9	2.8	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	茶	244.6	329.4	140.0	40.5	120.4	0.0	73.4	179.6	0.0	191.6	321.4	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	コーヒー・ココア	137.8	191.7	4.0	2.3	17.2	0.0	7.6	34.8	0.0	26.1	77.7	0.0

表 4.2.13 年齢区分別・男女の作物、肉・乳製品の摂取量 (つづき)

1人1日当たり(g)

食品			年齢区分											
大分類	中分類	小分類	20-29歳			30-39歳			40-49歳			50-59歳		
			平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値
穀類	米・加工品	米	344.0	209.6	325.5	334.2	195.5	300.0	317.1	204.7	300.0	303.3	188.5	280.3
穀類	小麦・加工品	小麦粉類	3.6	13.1	0.0	3.9	13.4	0.0	3.8	11.0	0.0	3.7	11.4	0.0
豆類	大豆・加工品	大豆(全粒)・加工品	0.4	3.3	0.0	1.1	5.6	0.0	1.6	8.4	0.0	1.2	6.1	0.0
果実類	生果	いちご	0.2	3.4	0.0	0.2	2.2	0.0	0.1	1.3	0.0	0.2	2.9	0.0
果実類	生果	柑橘類	7.4	27.3	0.0	13.7	55.1	0.0	11.5	35.6	0.0	16.2	47.6	0.0
果実類	生果	バナナ	6.9	26.9	0.0	9.0	32.8	0.0	8.7	29.2	0.0	13.5	37.8	0.0
果実類	生果	りんご	6.4	25.3	0.0	8.2	30.2	0.0	10.0	33.0	0.0	13.9	40.2	0.0
いも類	いも・加工品	じゃがいも・加工品	30.8	55.7	0.0	25.4	50.4	0.0	22.1	46.3	0.0	26.1	49.4	0.0
いも類	いも・加工品	さつまいも・加工品	4.6	21.6	0.0	5.6	23.7	0.0	4.9	21.5	0.0	5.5	20.5	0.0
野菜類	緑黄色野菜	にんじん	19.7	26.0	10.1	17.8	21.8	10.0	17.0	21.1	10.0	18.3	22.9	10.0
野菜類	その他の野菜	大根	23.2	45.2	0.0	21.3	45.3	0.0	20.1	38.3	0.0	28.0	51.0	0.0
野菜類	緑黄色野菜	トマト	10.7	26.3	0.0	14.0	38.3	0.0	13.7	30.5	0.0	13.6	32.1	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ほうれん草	10.1	26.1	0.0	11.2	28.3	0.0	10.3	26.6	0.0	10.4	29.8	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ピーマン	3.5	11.0	0.0	2.8	9.0	0.0	3.6	11.2	0.0	4.2	14.6	0.0
野菜類	その他の野菜	キャベツ	28.3	50.6	0.0	25.6	48.2	0.0	29.9	47.6	0.0	28.6	47.8	0.0
野菜類	その他の野菜	きゅうり	7.0	17.3	0.0	7.4	17.5	0.0	7.5	17.6	0.0	9.2	20.4	0.0
野菜類	その他の野菜	たまねぎ	37.7	50.3	22.6	34.1	43.7	18.0	33.7	40.8	21.0	35.2	46.3	20.0
野菜類	その他の野菜	はくさい	27.7	58.7	0.0	27.5	67.1	0.0	22.1	56.7	0.0	25.2	56.3	0.0
魚介類	生魚介類	あじ、いわし類	5.9	22.9	0.0	8.5	27.9	0.0	9.1	27.4	0.0	10.2	32.8	0.0
魚介類	生魚介類	さけ、ます	4.8	19.4	0.0	5.5	20.1	0.0	4.0	16.3	0.0	5.2	19.2	0.0
魚介類	生魚介類	たい、かれい類	1.9	13.3	0.0	3.9	18.5	0.0	3.0	14.6	0.0	4.2	18.3	0.0
魚介類	生魚介類	まぐろ、かじき類	2.3	13.9	0.0	2.3	13.0	0.0	2.8	15.0	0.0	4.3	22.0	0.0
魚介類	生魚介類	えび、かに類	2.7	9.2	0.0	3.3	13.8	0.0	3.8	14.0	0.0	3.8	12.5	0.0
魚介類	生魚介類	いか、たこ類	3.1	13.1	0.0	2.8	15.2	0.0	3.1	12.9	0.0	3.6	14.9	0.0
肉類	畜肉	牛肉	22.5	44.0	0.0	16.3	40.9	0.0	16.8	39.1	0.0	18.8	43.7	0.0
肉類	畜肉	豚肉	56.2	66.5	39.9	46.3	58.8	25.0	47.5	55.7	32.0	44.9	57.5	27.7
肉類	鳥肉	鶏肉	45.5	67.0	0.0	45.6	71.8	0.0	40.7	64.1	0.0	37.0	63.4	0.0
卵類			39.9	37.9	39.1	38.3	37.7	31.8	40.9	41.1	33.0	44.2	41.3	46.9
乳類	牛乳・乳製品	牛乳	54.8	98.4	0.0	50.6	99.2	0.0	44.6	88.8	0.0	56.1	99.4	0.0
乳類	牛乳・乳製品	チーズ	3.5	9.0	0.0	3.8	11.8	0.0	4.3	10.9	0.0	3.6	8.7	0.0
油脂類		バター	1.1	3.2	0.0	1.4	3.8	0.0	1.2	2.9	0.0	0.9	2.7	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	茶	258.4	357.6	131.7	178.7	295.5	0.0	194.5	294.9	0.0	270.4	363.8	150.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	コーヒー・ココア	65.4	134.6	0.0	156.9	205.0	106.0	181.4	208.9	150.0	218.6	227.8	182.0

表 4.2.13 年齢区分別・男女の作物、肉・乳製品の摂取量 (つづき)

食品			年齢区分								
			60-69歳			70-79歳			80歳以上		
大分類	中分類	小分類	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値
穀類	米・加工品	米	291.5	168.7	280.0	278.0	159.6	260.0	294.0	151.0	289.0
穀類	小麦・加工品	小麦粉類	3.7	10.4	0.0	3.3	11.0	0.0	2.7	7.7	0.0
豆類	大豆・加工品	大豆(全粒)・加工品	1.5	6.1	0.0	2.3	10.7	0.0	2.1	8.5	0.0
果実類	生果	いちご	0.2	2.6	0.0	0.1	1.0	0.0	0.0	0.8	0.0
果実類	生果	柑橘類	24.3	53.9	0.0	36.4	67.3	0.0	37.9	68.2	0.0
果実類	生果	バナナ	21.4	42.4	0.0	25.1	47.3	0.0	22.2	42.7	0.0
果実類	生果	りんご	24.5	52.5	0.0	29.8	57.0	0.0	30.4	60.0	0.0
いも類	いも・加工品	じゃがいも・加工品	23.5	46.6	0.0	21.8	43.0	0.0	22.7	41.8	0.0
いも類	いも・加工品	さつまいも・加工品	7.0	27.7	0.0	8.5	32.1	0.0	9.1	30.1	0.0
野菜類	緑黄色野菜	にんじん	17.4	22.6	10.4	18.5	26.1	10.0	16.6	19.5	10.0
野菜類	その他の野菜	大根	32.4	58.3	0.0	35.4	59.5	0.0	36.1	56.6	8.1
野菜類	緑黄色野菜	トマト	19.2	40.8	0.0	24.3	46.8	0.0	18.9	40.9	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ほうれん草	12.9	31.9	0.0	14.1	35.1	0.0	13.5	32.3	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ピーマン	4.8	14.2	0.0	6.1	19.1	0.0	3.5	13.8	0.0
野菜類	その他の野菜	キャベツ	31.7	51.3	0.0	30.9	50.7	0.0	25.5	49.8	0.0
野菜類	その他の野菜	きゅうり	10.8	23.1	0.0	11.0	22.8	0.0	9.2	18.8	0.0
野菜類	その他の野菜	たまねぎ	31.5	40.2	18.1	33.1	44.5	16.7	28.7	40.0	10.0
野菜類	その他の野菜	はくさい	24.9	56.5	0.0	22.1	53.6	0.0	19.7	46.3	0.0
魚介類	生魚介類	あじ、いわし類	12.8	34.2	0.0	15.3	34.8	0.0	10.8	34.6	0.0
魚介類	生魚介類	さけ、ます	6.5	23.3	0.0	4.9	19.7	0.0	4.1	17.8	0.0
魚介類	生魚介類	たい、かれい類	6.0	24.0	0.0	5.9	23.7	0.0	5.6	24.3	0.0
魚介類	生魚介類	まぐろ、かじき類	4.9	22.0	0.0	3.9	17.0	0.0	4.1	16.2	0.0
魚介類	生魚介類	えび、かに類	4.3	15.1	0.0	3.7	14.1	0.0	3.6	13.6	0.0
魚介類	生魚介類	いか、たこ類	3.7	17.9	0.0	3.0	16.5	0.0	2.6	11.1	0.0
肉類	畜肉	牛肉	14.2	34.5	0.0	13.5	32.2	0.0	12.0	32.5	0.0
肉類	畜肉	豚肉	38.1	51.7	16.0	34.9	46.8	11.3	24.0	35.7	0.0
肉類	鳥肉	鶏肉	28.1	54.6	0.0	20.2	41.6	0.0	17.2	35.7	0.0
卵類			46.8	39.4	51.0	41.7	36.9	49.0	40.7	37.9	46.0
乳類	牛乳・乳製品	牛乳	68.9	111.2	0.0	74.8	111.1	0.0	71.5	102.0	0.0
乳類	牛乳・乳製品	チーズ	3.6	8.1	0.0	3.6	9.3	0.0	2.5	6.5	0.0
油脂類		バター	1.0	2.8	0.0	1.1	2.9	0.0	0.8	2.5	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	茶	303.2	344.9	200.0	338.1	339.9	300.0	372.3	333.4	300.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	コーヒー・ココア	191.1	201.1	153.0	151.0	178.6	150.0	102.2	155.9	0.0

表 4.2.14 年齢区分別・男性の作物、肉・乳製品の摂取量

1人1日当たり(g)

食品			年齢区分											
大分類	中分類	小分類	総数			1-6歳			7-14歳			15-19歳		
			平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値
穀類	米・加工品	米	364.2	206.6	342.3	194.2	101.2	195.1	359.2	186.1	338.1	520.1	255.9	500.0
穀類	小麦・加工品	小麦粉類	3.9	11.2	0.0	4.0	9.7	0.0	5.2	12.3	0.0	3.4	9.4	0.0
豆類	大豆・加工品	大豆(全粒)・加工品	1.5	7.2	0.0	1.2	4.1	0.0	2.5	9.0	0.0	2.3	12.4	0.0
果実類	生果	いちご	0.1	2.8	0.0	0.1	0.7	0.0	0.1	1.0	0.0	1.0	11.2	0.0
果実類	生果	柑橘類	18.1	49.7	0.0	24.7	47.2	0.0	16.7	38.9	0.0	9.3	36.4	0.0
果実類	生果	バナナ	14.6	39.8	0.0	13.7	33.1	0.0	8.6	31.9	0.0	10.3	53.3	0.0
果実類	生果	りんご	16.1	43.9	0.0	9.3	24.1	0.0	10.5	28.0	0.0	10.4	31.5	0.0
いも類	いも・加工品	じゃがいも・加工品	27.1	51.0	0.0	19.1	29.8	0.0	35.0	50.3	14.4	38.5	62.9	0.0
いも類	いも・加工品	さつまいも・加工品	6.0	23.9	0.0	11.4	36.0	0.0	8.0	22.8	0.0	6.2	19.7	0.0
野菜類	緑黄色野菜	にんじん	19.4	23.7	12.0	17.2	21.5	12.0	24.6	18.2	20.7	22.5	27.6	16.0
野菜類	その他の野菜	大根	26.6	49.7	0.0	12.9	28.3	0.0	23.0	40.3	4.0	23.7	47.2	0.0
野菜類	緑黄色野菜	トマト	14.8	36.1	0.0	12.3	46.3	0.0	7.2	24.4	0.0	13.9	33.9	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ほうれん草	11.2	29.7	0.0	4.7	11.5	0.0	8.2	20.3	0.0	9.2	24.6	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ピーマン	4.0	13.0	0.0	1.9	6.3	0.0	1.4	5.8	0.0	2.6	8.0	0.0
野菜類	その他の野菜	キャベツ	29.4	48.4	0.0	11.4	22.1	0.0	24.3	36.4	6.0	33.8	46.8	6.4
野菜類	その他の野菜	きゅうり	8.6	19.7	0.0	5.4	12.2	0.0	7.9	17.7	0.0	6.6	13.6	0.0
野菜類	その他の野菜	たまねぎ	36.6	46.0	22.2	21.7	26.8	13.9	45.5	39.0	40.0	47.8	53.6	37.6
野菜類	その他の野菜	はくさい	24.6	59.5	0.0	13.4	31.4	0.0	25.1	53.5	0.0	23.8	60.5	0.0
魚介類	生魚介類	あじ、いわし類	11.4	32.3	0.0	6.8	20.4	0.0	9.5	21.9	0.0	6.1	22.5	0.0
魚介類	生魚介類	さけ、ます	5.1	19.6	0.0	4.5	15.2	0.0	3.3	12.9	0.0	5.4	20.8	0.0
魚介類	生魚介類	たい、かれい類	4.4	20.3	0.0	1.6	9.1	0.0	1.9	10.2	0.0	4.0	15.7	0.0
魚介類	生魚介類	まぐろ、かじき類	4.1	20.2	0.0	1.5	9.2	0.0	2.0	15.3	0.0	2.1	15.6	0.0
魚介類	生魚介類	えび、かに類	3.9	14.5	0.0	1.0	5.0	0.0	2.6	10.8	0.0	4.1	17.2	0.0
魚介類	生魚介類	いか、たこ類	3.5	16.1	0.0	0.7	4.2	0.0	1.7	7.0	0.0	2.9	12.6	0.0
肉類	畜肉	牛肉	18.7	42.8	0.0	7.9	20.6	0.0	13.2	35.3	0.0	29.2	52.3	0.0
肉類	畜肉	豚肉	47.9	61.8	26.7	16.7	22.1	6.0	49.1	57.4	32.4	78.9	87.0	53.3
肉類	鳥肉	鶏肉	38.6	66.0	0.0	25.3	33.4	10.5	37.9	54.9	12.0	57.9	80.0	12.0
卵類			43.1	41.3	41.0	22.3	26.7	11.9	36.3	37.2	29.4	55.6	52.9	51.0
乳類	牛乳・乳製品	牛乳	79.5	127.9	0.0	134.5	140.1	105.0	266.4	161.1	210.0	99.5	151.0	4.5
乳類	牛乳・乳製品	チーズ	3.3	9.3	0.0	3.8	8.0	0.0	3.6	9.4	0.0	3.6	8.2	0.0
油脂類		バター	1.0	3.0	0.0	0.6	2.1	0.0	1.1	2.7	0.0	0.8	2.1	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	茶	233.2	331.6	0.0	29.3	101.8	0.0	84.6	202.4	0.0	190.1	300.2	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	コーヒー・ココア	140.2	206.5	0.0	1.9	13.5	0.0	10.1	39.8	0.0	29.2	83.5	0.0

表 4.2.14 年齢区分別・男性の作物、肉・乳製品の摂取量 (つづき)

1人1日当たり(g)

食品			年齢区分											
大分類	中分類	小分類	20-29歳			30-39歳			40-49歳			50-59歳		
			平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値
穀類	米・加工品	米	424.3	222.6	410.0	412.5	207.3	400.0	384.8	235.9	380.0	382.5	209.0	380.0
穀類	小麦・加工品	小麦粉類	3.9	15.1	0.0	3.4	8.2	0.0	4.4	12.3	0.0	3.8	10.0	0.0
豆類	大豆・加工品	大豆(全粒)・加工品	0.3	2.8	0.0	1.0	5.5	0.0	1.7	8.4	0.0	1.0	5.6	0.0
果実類	生果	いちご	0.0	0.6	0.0	0.1	1.5	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	1.7	0.0
果実類	生果	柑橘類	5.3	24.4	0.0	8.3	34.2	0.0	6.0	24.3	0.0	11.4	42.0	0.0
果実類	生果	バナナ	7.8	29.2	0.0	8.8	34.0	0.0	7.3	27.0	0.0	11.0	37.9	0.0
果実類	生果	りんご	4.4	20.3	0.0	8.6	32.3	0.0	9.4	34.2	0.0	12.8	40.4	0.0
いも類	いも・加工品	じゃがいも・加工品	34.3	58.3	0.0	28.2	57.7	0.0	24.0	51.1	0.0	29.2	53.7	0.0
いも類	いも・加工品	さつまいも・加工品	3.2	16.4	0.0	3.3	15.7	0.0	4.1	18.3	0.0	4.4	16.8	0.0
野菜類	緑黄色野菜	にんじん	21.7	27.6	12.0	18.9	22.2	12.4	18.7	23.7	10.0	20.0	24.7	12.1
野菜類	その他の野菜	大根	25.2	46.4	0.0	21.1	44.1	0.0	20.4	41.5	0.0	25.5	52.0	0.0
野菜類	緑黄色野菜	トマト	10.7	25.2	0.0	10.8	29.1	0.0	14.5	33.5	0.0	13.7	33.2	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ほうれん草	9.6	27.2	0.0	11.1	27.6	0.0	11.4	28.7	0.0	9.0	28.3	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ピーマン	4.0	13.3	0.0	2.9	8.5	0.0	4.6	14.2	0.0	3.6	11.2	0.0
野菜類	その他の野菜	キャベツ	26.3	47.5	0.0	28.6	50.8	0.0	32.9	50.1	6.6	30.4	48.0	0.0
野菜類	その他の野菜	きゅうり	8.0	19.1	0.0	7.0	17.5	0.0	8.2	18.8	0.0	8.3	19.4	0.0
野菜類	その他の野菜	たまねぎ	42.8	57.0	25.0	36.6	47.2	17.9	37.7	46.2	23.0	39.7	52.3	23.2
野菜類	その他の野菜	はくさい	27.7	57.8	0.0	29.8	74.9	0.0	24.7	67.0	0.0	25.8	60.4	0.0
魚介類	生魚介類	あじ、いわし類	6.9	25.0	0.0	8.9	30.3	0.0	12.2	32.1	0.0	11.2	36.1	0.0
魚介類	生魚介類	さけ、ます	4.5	18.8	0.0	6.1	22.6	0.0	4.5	17.5	0.0	5.8	19.8	0.0
魚介類	生魚介類	たい、かれい類	2.4	14.3	0.0	4.3	19.7	0.0	3.4	16.2	0.0	4.6	20.5	0.0
魚介類	生魚介類	まぐろ、かじき類	4.3	19.4	0.0	2.2	12.5	0.0	3.3	17.2	0.0	5.1	25.0	0.0
魚介類	生魚介類	えび、かに類	2.8	9.7	0.0	4.2	17.2	0.0	4.5	16.2	0.0	4.3	13.4	0.0
魚介類	生魚介類	いか、たこ類	2.8	11.1	0.0	2.4	10.1	0.0	3.9	15.3	0.0	4.3	17.3	0.0
肉類	畜肉	牛肉	29.6	51.5	0.0	20.0	50.0	0.0	18.9	40.8	0.0	25.9	56.1	0.0
肉類	畜肉	豚肉	65.0	77.6	45.0	54.7	65.5	32.1	53.9	63.0	40.0	55.6	67.6	37.1
肉類	鳥肉	鶏肉	50.5	72.5	0.0	56.3	83.5	0.0	46.9	73.1	0.0	44.8	75.2	0.0
卵類			43.5	41.2	47.0	39.2	38.6	34.0	41.8	41.8	32.0	47.2	45.6	46.9
乳類	牛乳・乳製品	牛乳	56.8	103.0	0.0	43.2	92.3	0.0	31.4	76.8	0.0	49.3	96.5	0.0
乳類	牛乳・乳製品	チーズ	3.1	8.3	0.0	3.6	13.6	0.0	3.8	11.0	0.0	2.7	8.1	0.0
油脂類		バター	1.3	3.5	0.0	1.3	3.8	0.0	1.2	3.1	0.0	0.8	2.4	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	茶	252.6	400.5	0.0	175.8	301.6	0.0	184.6	290.5	0.0	262.9	371.9	100.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	コーヒー・ココア	70.1	153.5	0.0	175.3	230.9	125.0	176.6	225.3	150.0	210.6	250.5	177.0

表 4.2.14 年齢区分別・男性の作物、肉・乳製品の摂取量 (つづき)

1人1日当たり(g)

食品			年齢区分								
大分類	中分類	小分類	60-69歳			70-79歳			80歳以上		
			平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値
穀類	米・加工品	米	351.6	182.5	340.0	321.7	176.0	300.0	334.8	168.1	315.0
穀類	小麦・加工品	小麦粉類	4.1	11.0	0.0	3.5	12.6	0.0	2.4	6.9	0.0
豆類	大豆・加工品	大豆(全粒)・加工品	1.1	4.5	0.0	1.8	8.8	0.0	2.0	8.6	0.0
果実類	生果	いちご	0.1	3.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
果実類	生果	柑橘類	19.3	50.9	0.0	34.7	69.5	0.0	41.1	75.2	0.0
果実類	生果	バナナ	19.4	42.3	0.0	25.9	50.8	0.0	23.7	42.0	0.0
果実類	生果	りんご	21.2	52.4	0.0	29.3	56.0	0.0	30.8	62.5	0.0
いも類	いも・加工品	じゃがいも・加工品	25.5	50.9	0.0	23.5	45.0	0.0	23.1	44.6	0.0
いも類	いも・加工品	さつまいも・加工品	5.9	22.9	0.0	7.3	32.2	0.0	9.0	31.0	0.0
野菜類	緑黄色野菜	にんじん	18.2	24.5	10.2	18.9	24.8	10.0	16.4	19.5	9.8
野菜類	その他の野菜	大根	32.0	52.7	0.0	33.7	59.0	0.0	37.8	59.6	2.0
野菜類	緑黄色野菜	トマト	16.9	38.3	0.0	22.2	44.4	0.0	17.7	38.5	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ほうれん草	13.2	33.6	0.0	15.0	36.9	0.0	13.6	32.2	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ピーマン	5.0	15.5	0.0	6.2	17.5	0.0	3.7	12.0	0.0
野菜類	その他の野菜	キャベツ	33.7	54.7	0.0	31.1	49.9	0.0	27.9	50.0	0.0
野菜類	その他の野菜	きゅうり	10.7	25.0	0.0	10.1	20.8	0.0	9.1	18.0	0.0
野菜類	その他の野菜	たまねぎ	33.8	42.0	20.0	34.3	45.0	20.0	29.7	42.0	10.0
野菜類	その他の野菜	はくさい	24.2	58.7	0.0	25.2	58.2	0.0	20.6	47.3	0.0
魚介類	生魚介類	あじ、いわし類	13.8	36.8	0.0	15.8	35.2	0.0	11.5	36.7	0.0
魚介類	生魚介類	さけ、ます	6.5	24.0	0.0	4.7	20.1	0.0	3.7	15.7	0.0
魚介類	生魚介類	たい、かれい類	6.5	24.7	0.0	5.6	24.4	0.0	5.4	27.6	0.0
魚介類	生魚介類	まぐろ、かじき類	6.7	27.9	0.0	4.7	19.5	0.0	5.2	18.4	0.0
魚介類	生魚介類	えび、かに類	4.8	16.0	0.0	3.9	14.7	0.0	4.7	15.4	0.0
魚介類	生魚介類	いか、たこ類	5.0	21.8	0.0	3.6	21.2	0.0	3.7	12.9	0.0
肉類	畜肉	牛肉	16.6	38.5	0.0	15.7	35.8	0.0	13.3	31.1	0.0
肉類	畜肉	豚肉	45.3	58.4	23.0	39.6	52.0	15.1	25.9	37.7	0.0
肉類	鳥肉	鶏肉	35.9	66.1	0.0	22.1	44.9	0.0	17.6	38.8	0.0
卵類			50.0	42.8	51.0	42.7	37.6	50.0	44.1	37.7	50.0
乳類	牛乳・乳製品	牛乳	61.5	111.0	0.0	74.0	113.5	0.0	74.9	107.5	0.0
乳類	牛乳・乳製品	チーズ	2.9	7.5	0.0	3.5	9.1	0.0	2.6	6.9	0.0
油脂類		バター	0.9	2.9	0.0	1.2	3.2	0.0	0.8	2.8	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	茶	292.9	347.1	200.0	328.6	343.0	275.0	348.8	331.1	300.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	コーヒー・ココア	190.7	213.9	152.0	157.6	196.5	150.0	132.7	181.4	2.0

表 4.2.15 年齢区分別・女性の作物、肉・乳製品の摂取量

1人1日当たり(g)

食品			年齢区分											
大分類	中分類	小分類	総数			1-6歳			7-14歳			15-19歳		
			平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値
穀類	米・加工品	米	250.7	140.8	232.2	188.8	86.9	180.0	283.0	137.1	277.6	329.8	165.7	328.0
穀類	小麦・加工品	小麦粉類	3.5	11.0	0.0	3.8	8.7	0.0	5.1	13.6	0.0	3.2	7.1	0.0
豆類	大豆・加工品	大豆(全粒)・加工品	1.7	8.0	0.0	0.5	2.0	0.0	2.8	9.0	0.0	1.2	5.8	0.0
果実類	生果	いちご	0.2	2.6	0.0	0.1	1.2	0.0	0.2	1.9	0.0	0.6	4.9	0.0
果実類	生果	柑橘類	25.2	56.0	0.0	31.2	52.7	0.0	20.8	43.6	0.0	16.6	52.6	0.0
果実類	生果	バナナ	15.8	37.5	0.0	12.9	31.8	0.0	7.0	26.0	0.0	6.6	23.5	0.0
果実類	生果	りんご	18.5	45.1	0.0	7.0	20.4	0.0	12.8	40.8	0.0	10.4	25.8	0.0
いも類	いも・加工品	じゃがいも・加工品	22.7	42.8	0.0	21.3	33.5	1.0	26.9	40.8	0.0	29.2	52.3	0.0
いも類	いも・加工品	さつまいも・加工品	7.8	27.6	0.0	8.5	23.1	0.0	9.5	23.8	0.0	6.9	21.6	0.0
野菜類	緑黄色野菜	にんじん	17.1	21.5	10.8	15.2	18.5	11.0	21.9	18.3	16.5	16.8	18.5	10.3
野菜類	その他の野菜	大根	27.6	50.6	0.0	13.1	19.9	0.0	23.7	41.0	9.3	19.3	35.6	0.0
野菜類	緑黄色野菜	トマト	16.9	37.8	0.0	8.5	22.1	0.0	10.1	22.6	0.0	11.7	22.5	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ほうれん草	11.1	28.6	0.0	5.0	13.6	0.0	6.0	14.5	0.0	12.9	28.7	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ピーマン	3.8	13.6	0.0	1.9	5.3	0.0	2.0	7.0	0.0	3.4	10.9	0.0
野菜類	その他の野菜	キャベツ	26.4	46.7	0.0	11.2	22.3	0.0	21.6	32.3	6.9	29.2	49.0	0.0
野菜類	その他の野菜	きゅうり	9.2	19.8	0.0	5.9	12.0	0.0	8.8	19.4	0.0	9.1	17.6	0.0
野菜類	その他の野菜	たまねぎ	31.0	39.2	18.8	24.3	28.7	17.1	42.0	38.5	36.0	30.1	36.4	15.4
野菜類	その他の野菜	はくさい	22.0	50.1	0.0	11.5	28.1	0.0	19.2	40.0	0.0	24.9	48.5	0.0
魚介類	生魚介類	あじ、いわし類	9.6	28.3	0.0	3.2	11.8	0.0	10.6	23.1	0.0	6.2	21.8	0.0
魚介類	生魚介類	さけ、ます	4.8	18.8	0.0	3.9	15.1	0.0	5.1	17.9	0.0	3.0	13.6	0.0
魚介類	生魚介類	たい、かれい類	4.1	18.3	0.0	1.8	8.9	0.0	2.1	10.4	0.0	3.0	12.7	0.0
魚介類	生魚介類	まぐろ、かじき類	2.6	13.8	0.0	0.9	5.7	0.0	1.0	7.4	0.0	2.0	11.8	0.0
魚介類	生魚介類	えび、かに類	3.1	12.0	0.0	1.3	7.4	0.0	2.2	10.6	0.0	3.4	13.1	0.0
魚介類	生魚介類	いか、たこ類	2.4	12.1	0.0	1.5	7.0	0.0	1.1	5.4	0.0	1.0	5.2	0.0
肉類	畜肉	牛肉	12.4	30.6	0.0	6.8	14.6	0.0	11.3	30.6	0.0	15.0	27.7	0.0
肉類	畜肉	豚肉	35.5	45.2	20.0	22.1	27.3	12.5	44.4	46.0	30.0	58.6	54.0	49.8
肉類	鳥肉	鶏肉	27.4	47.3	0.0	20.3	31.0	7.5	32.2	47.9	14.7	41.8	52.2	21.7
卵類			39.3	36.8	38.3	22.2	28.4	14.1	32.0	32.0	25.0	51.2	38.5	51.0
乳類	牛乳・乳製品	牛乳	79.0	115.4	1.3	112.3	126.4	87.2	224.8	133.6	210.0	60.4	117.0	0.0
乳類	牛乳・乳製品	チーズ	4.0	9.2	0.0	3.1	8.2	0.0	4.6	9.1	0.0	4.2	10.2	0.0
油脂類		バター	1.0	2.8	0.0	0.7	1.7	0.0	0.8	2.2	0.0	1.0	3.4	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	茶	254.6	327.2	150.0	50.2	134.0	0.0	60.8	149.5	0.0	193.1	343.8	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	コーヒー・ココア	135.8	177.5	62.0	2.6	19.9	0.0	4.7	28.0	0.0	22.8	71.3	0.0

表 4.2.15 年齢区分別・女性の作物、肉・乳製品の摂取量 (つづき)

1人1日当たり(g)

食品			年齢区分											
大分類	中分類	小分類	20-29歳			30-39歳			40-49歳			50-59歳		
			平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値
穀類	米・加工品	米	265.8	162.0	240.0	264.8	154.4	250.0	252.9	143.1	240.0	236.0	137.0	220.0
穀類	小麦・加工品	小麦粉類	3.3	10.9	0.0	4.4	16.8	0.0	3.2	9.5	0.0	3.7	12.4	0.0
豆類	大豆・加工品	大豆(全粒)・加工品	0.5	3.8	0.0	1.1	5.6	0.0	1.6	8.3	0.0	1.3	6.4	0.0
果実類	生果	いちご	0.4	4.8	0.0	0.2	2.7	0.0	0.2	1.8	0.0	0.3	3.6	0.0
果実類	生果	柑橘類	9.5	29.7	0.0	18.5	68.1	0.0	16.7	43.1	0.0	20.3	51.6	0.0
果実類	生果	バナナ	6.1	24.5	0.0	9.3	31.7	0.0	10.1	31.2	0.0	15.6	37.7	0.0
果実類	生果	りんご	8.3	29.3	0.0	7.9	28.2	0.0	10.5	31.8	0.0	14.9	40.0	0.0
いも類	いも・加工品	じゃがいも・加工品	27.4	53.1	0.0	22.9	42.8	0.0	20.4	41.1	0.0	23.5	45.4	0.0
いも類	いも・加工品	さつまいも・加工品	6.0	25.6	0.0	7.7	28.8	0.0	5.6	24.2	0.0	6.4	23.3	0.0
野菜類	緑黄色野菜	にんじん	17.7	24.3	10.0	16.9	21.3	10.0	15.4	18.1	10.4	16.8	21.2	10.0
野菜類	その他の野菜	大根	21.3	44.0	0.0	21.4	46.4	0.0	19.7	35.0	0.0	30.2	50.0	0.0
野菜類	緑黄色野菜	トマト	10.8	27.4	0.0	16.8	44.7	0.0	12.9	27.5	0.0	13.5	31.1	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ほうれん草	10.5	25.1	0.0	11.3	28.9	0.0	9.2	24.5	0.0	11.6	31.1	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ピーマン	3.0	8.1	0.0	2.7	9.4	0.0	2.7	7.3	0.0	4.7	17.0	0.0
野菜類	その他の野菜	キャベツ	30.2	53.5	0.0	23.0	45.7	0.0	27.0	44.9	0.0	27.0	47.6	0.0
野菜類	その他の野菜	きゅうり	6.0	15.3	0.0	7.7	17.5	0.0	6.9	16.3	0.0	9.9	21.2	0.0
野菜類	その他の野菜	たまねぎ	32.8	42.5	20.7	31.9	40.2	18.0	29.9	34.6	20.0	31.4	40.0	18.8
野菜類	その他の野菜	はくさい	27.7	59.7	0.0	25.5	59.3	0.0	19.6	44.8	0.0	24.6	52.6	0.0
魚介類	生魚介類	あじ、いわし類	4.9	20.6	0.0	8.2	25.7	0.0	6.2	21.7	0.0	9.5	29.8	0.0
魚介類	生魚介類	さけ、ます	5.1	20.0	0.0	4.9	17.6	0.0	3.6	15.2	0.0	4.6	18.7	0.0
魚介類	生魚介類	たい、かれい類	1.6	12.3	0.0	3.6	17.4	0.0	2.6	12.8	0.0	3.9	16.3	0.0
魚介類	生魚介類	まぐろ、かじき類	0.2	2.3	0.0	2.4	13.5	0.0	2.3	12.5	0.0	3.6	19.1	0.0
魚介類	生魚介類	えび、かに類	2.5	8.7	0.0	2.6	9.7	0.0	3.2	11.6	0.0	3.4	11.7	0.0
魚介類	生魚介類	いか、たこ類	3.5	14.8	0.0	3.1	18.6	0.0	2.3	10.1	0.0	3.1	12.6	0.0
肉類	畜肉	牛肉	15.6	34.1	0.0	13.1	30.3	0.0	14.8	37.4	0.0	12.8	28.0	0.0
肉類	畜肉	豚肉	47.7	52.3	35.0	38.9	51.1	20.4	41.4	47.0	30.0	35.8	45.4	16.7
肉類	鳥肉	鶏肉	40.7	61.0	0.0	36.2	57.9	0.0	34.8	53.5	0.0	30.3	50.4	0.0
卵類			36.4	34.2	31.6	37.6	36.9	30.4	40.1	40.4	33.2	41.6	37.0	46.9
乳類	牛乳・乳製品	牛乳	52.8	93.8	0.0	57.2	104.6	0.0	57.1	97.2	0.0	61.7	101.6	0.0
乳類	牛乳・乳製品	チーズ	4.0	9.7	0.0	3.9	10.0	0.0	4.8	10.8	0.0	4.3	9.0	0.0
油脂類		バター	1.0	2.9	0.0	1.5	3.8	0.0	1.1	2.6	0.0	1.0	2.9	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	茶	264.0	311.2	180.0	181.3	290.3	0.0	204.0	299.0	0.0	276.8	357.1	180.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	コーヒー・ココア	60.9	113.4	0.0	140.6	177.7	102.0	186.0	192.2	152.0	225.4	206.6	200.0

表 4.2.15 年齢区分別・女性の作物、肉・乳製品の摂取量 (つづき)

1人1日当たり(g)

食品			年齢区分								
大分類	中分類	小分類	60-69歳			70-79歳			80歳以上		
			平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値	平均値	標準偏差	中央値
穀類	米・加工品	米	238.9	135.4	220.0	240.3	133.1	220.0	266.8	131.7	258.7
穀類	小麦・加工品	小麦粉類	3.4	9.8	0.0	3.0	9.4	0.0	2.9	8.1	0.0
豆類	大豆・加工品	大豆(全粒)・加工品	1.9	7.2	0.0	2.8	12.0	0.0	2.1	8.5	0.0
果実類	生果	いちご	0.2	2.1	0.0	0.1	1.3	0.0	0.1	1.0	0.0
果実類	生果	柑橘類	28.6	56.2	0.0	37.8	65.3	0.0	35.8	63.1	0.0
果実類	生果	バナナ	23.0	42.5	0.0	24.4	44.1	0.0	21.1	43.2	0.0
果実類	生果	りんご	27.3	52.4	0.0	30.2	58.0	0.0	30.1	58.4	0.0
いも類	いも・加工品	じゃがいも・加工品	21.7	42.3	0.0	20.2	41.2	0.0	22.4	39.8	0.0
いも類	いも・加工品	さつまいも・加工品	7.9	31.3	0.0	9.6	32.1	0.0	9.2	29.4	0.0
野菜類	緑黄色野菜	にんじん	16.7	20.8	10.7	18.2	27.2	10.0	16.8	19.5	10.0
野菜類	その他の野菜	大根	32.8	62.8	0.0	36.9	60.0	0.0	34.9	54.6	10.0
野菜類	緑黄色野菜	トマト	21.2	42.7	0.0	26.0	48.8	0.0	19.8	42.4	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ほうれん草	12.7	30.4	0.0	13.4	33.5	0.0	13.4	32.4	0.0
野菜類	緑黄色野菜	ピーマン	4.6	13.0	0.0	5.9	20.4	0.0	3.4	14.8	0.0
野菜類	その他の野菜	キャベツ	30.0	48.0	0.0	30.8	51.4	0.0	23.9	49.6	0.0
野菜類	その他の野菜	きゅうり	10.9	21.3	0.0	11.9	24.4	0.0	9.2	19.4	0.0
野菜類	その他の野菜	たまねぎ	29.5	38.5	16.0	32.0	44.2	15.0	28.0	38.6	10.4
野菜類	その他の野菜	はくさい	25.5	54.6	0.0	19.4	49.2	0.0	19.1	45.7	0.0
魚介類	生魚介類	あじ、いわし類	12.0	31.8	0.0	14.8	34.5	0.0	10.2	33.2	0.0
魚介類	生魚介類	さけ、ます	6.5	22.7	0.0	5.1	19.3	0.0	4.4	19.2	0.0
魚介類	生魚介類	たい、かれい類	5.6	23.3	0.0	6.1	23.1	0.0	5.8	21.8	0.0
魚介類	生魚介類	まぐろ、かじき類	3.4	15.0	0.0	3.3	14.4	0.0	3.4	14.6	0.0
魚介類	生魚介類	えび、かに類	3.9	14.2	0.0	3.5	13.7	0.0	3.0	12.2	0.0
魚介類	生魚介類	いか、たこ類	2.7	13.7	0.0	2.4	10.8	0.0	1.8	9.7	0.0
肉類	畜肉	牛肉	12.1	30.4	0.0	11.7	28.5	0.0	11.1	33.5	0.0
肉類	畜肉	豚肉	31.8	44.0	10.0	30.9	41.5	8.9	22.8	34.3	0.0
肉類	鳥肉	鶏肉	21.4	40.8	0.0	18.6	38.4	0.0	16.9	33.6	0.0
卵類			44.0	36.0	51.0	40.9	36.3	47.0	38.5	37.9	37.6
乳類	牛乳・乳製品	牛乳	75.4	111.0	0.0	75.4	109.1	0.0	69.3	98.3	0.0
乳類	牛乳・乳製品	チーズ	4.2	8.5	0.0	3.7	9.6	0.0	2.5	6.3	0.0
油脂類		バター	1.1	2.7	0.0	1.0	2.6	0.0	0.8	2.2	0.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	茶	312.2	342.9	200.0	346.2	337.4	300.0	388.0	334.6	350.0
嗜好飲料類	その他の嗜好飲料	コーヒー・ココア	191.5	189.3	162.0	145.3	161.5	150.0	81.8	132.5	0.0

表 4.2.16 主要食品群で分類した品目リスト

(引用：食料需給表作成の手引き (FAO, 2001))

穀類	油糧作物
小麦	大豆
らい麦	ココナツ (コブラを含む。)
大麦	アブラヤシ
えん麦	落花生
とうもろこし	オリーブ
米	なたね・からし種子
混合穀粒	ひまわり種子
そば	綿実
ソルガム	亜麻仁
きび	麻実
キヌア	ごま種子
その他の穀類	その他の油糧作物
いも類	野菜類
ばれいしょ	赤かぶ
かんしょ	にんじん
キャッサバ	かぶ
タロイモ	ルタバガ、スウェード
ヤムイモ	たまねぎ (生鮮)
その他のいも類	たまねぎ (乾燥)
砂糖及びシロップ	アーティチョーク
さとうきび	トマト
てん菜	アスパラガス
精糖	キャベツ
含みつ糖	カリフラワー
糖みつ	セロリ
はちみつ	ケール
その他の砂糖及びシロップ	レタス
豆類	ほうれんそう
いんげんまめ (乾燥)	さやいんげん
そらまめ (乾燥)	そらまめ (生鮮)
えんどう (乾燥)	とうがらし
ひよこまめ	にんにく
ささげ	きゅうり
きまめ	きのこ類
レンズまめ	なす
ベッチ	さやえんどう
ルピナス	オレンジかぼちゃ
その他の豆類	かぼちゃ
樹実類	うり類
アーモンド	オクラ
くり	だいこん
ピンロウ	その他の野菜類
ピスタチオ	果実類
ヘーゼルナッツ	プランターン
くるみ	バナナ
ブラジルナッツ	オレンジ
コーラナッツ	レモン、ライム
カシューナッツ	グレープフルーツ、ザボン
その他の樹実類	アップル、マダリン、クメンタイン、うんしゅうみかん
	その他のかんきつ類

表 4.2.16 主要食品群で分類した品目リスト (つづき)

(引用：食料需給表作成の手引き (FAO, 2001))

果実類 (続き)	
メロン	肉類
すいか	牛肉
りんご	水牛肉
あんず	豚肉
アボカド	羊肉
おうとう	やぎ肉
いちじく	馬肉
ぶどう	鶏肉
マンゴー	がちょう肉
	鴨肉
パパイヤ	
もも	七面鳥肉
なし	うさぎ肉
かき	狐獣肉
パインアップル	内臓肉
すもも	
マルメロ	
ブルーベリー	卵類
クランベリー	鶏卵
	その他の卵類
グズベリー	
ラズベリー	水産物
いちご	淡水魚
キウイフルーツ	底生魚
その他の生鮮果実	遠海魚
	甲殻類
デザート	軟体動物
いちじく (乾燥)	水生ほ乳類の肉
ブルーベリー、干しぶどう	水生植物
スグリ	
レーズン	乳及びチーズ
その他の乾燥果実	
刺激物	乳
コーヒー	牛乳
カカオ豆	やぎ乳
茶	羊乳
マテ茶	水牛乳
香辛料	脱脂粉乳
こしょう	無糖全脂れん乳
ピメント	加糖全脂れん乳
バニラ	無糖脱脂れん乳
クローブ (丁香)	加糖全脂れん乳
その他の香辛料	全脂粉乳 (乾燥)
	脱脂粉乳 (乾燥)
	クリーム
酒類	チーズ
ワイン	硬質チーズ
ビール	半硬質チーズ
醸造酒	軟質チーズ
アルコール飲料	

表 4.2.17 自給率算出項目

本調査対象項目		食糧需給表での品目		
大分類	種目	分類	品目	
穀類	米	穀類	米	
穀類	小麦	穀類	小麦	
豆類	大豆	豆類	大豆	
果物	イチゴ	野菜	その他の野菜	
果物	ミカン	果実	みかん	
果物	バナナ	果実	その他の果実	
果物	リンゴ	果実	りんご	
根菜（イモ類）	ジャガイモ	いも類	ばれいしょ	
根菜（イモ類）	サツマイモ	いも類	かんしょ	
根菜（イモ類）	人参	野菜	緑黄色野菜	
根菜（イモ類）	大根	野菜	その他の野菜	
葉菜	トマト	野菜	緑黄色野菜	
葉菜	ほうれん草	野菜	緑黄色野菜	
葉菜	ピーマン	野菜	緑黄色野菜	
葉菜	キャベツ	野菜	その他の野菜	
葉菜	きゅうり	野菜	その他の野菜	
葉菜	玉ねぎ	野菜	その他の野菜	
葉菜	白菜	野菜	その他の野菜	
海産物	サバ	魚介類	生鮮・冷凍	
海産物	サケ	魚介類	生鮮・冷凍	
海産物	タイ	魚介類	生鮮・冷凍	
海産物	マグロ	魚介類	生鮮・冷凍	
海産物	甲殻類	魚介類	生鮮・冷凍	
海産物	タコ、イカ	魚介類	生鮮・冷凍	
肉類	牛肉	肉類	牛肉	
肉類	豚肉	肉類	豚肉	
肉類	鶏肉	肉類	鶏肉	
卵	鶏卵	鶏卵		
乳製品類	牛乳	牛乳及び乳製品	飲用向け	
乳製品類	チーズ	牛乳及び乳製品	乳製品向け	チーズ
乳製品類	バター	牛乳及び乳製品	乳製品向け	バター
水	お茶			
水	コーヒー			

表 4.2.18 国内自給率（令和元年度（概算値）より）

分類	品目		国内生産量	国内消費志向量	食料自給率
			1,000トン	1,000トン	%
穀類	米		8,154	8,281	98.5%
穀類	小麦		1,037	6,323	16.4%
豆類	大豆		218	3,670	5.9%
果実	みかん		747	752	99.3%
果実	りんご		702	1,255	55.9%
果実	その他の果実		1,252	5,092	24.6%
いも類	ばれいしょ		2,398	3,514	68.2%
いも類	かんしょ		749	792	94.6%
野菜	緑黄色野菜		2,527	4,070	62.1%
野菜	その他の野菜		9,133	10,605	86.1%
魚介類	生鮮・冷凍		1,498	1,859	80.6%
肉類	牛肉		471	1,339	35.2%
肉類	豚肉		1,290	2,623	49.2%
肉類	鶏肉		1,633	2,537	64.4%
鶏卵			2,640	2,743	96.2%
牛乳及び乳製品	飲用向け		3,997	3,991	100.2%
牛乳及び乳製品	乳製品向け	チーズ	44	339	13.0%
牛乳及び乳製品	乳製品向け	バター	65	84	77.4%

表 4.2.19 国内自給率（平成30年度（確定値）より）

分類	品目		国内生産量	国内消費志向量	食料自給率
			1,000トン	1,000トン	%
穀類	米		8,208	8,443	97.2%
穀類	小麦		765	6,510	11.8%
豆類	大豆		211	3,567	5.9%
果実	みかん		774	777	99.6%
果実	りんご		756	1,251	60.4%
果実	その他の果実		1,309	5,409	24.2%
いも類	ばれいしょ		2,260	3,357	67.3%
いも類	かんしょ		797	841	94.8%
野菜	緑黄色野菜		2,454	4,116	59.6%
野菜	その他の野菜		9,014	10,651	84.6%
魚介類	生鮮・冷凍		1,693	1,904	88.9%
肉類	牛肉		476	1,331	35.8%
肉類	豚肉		1,282	2,644	48.5%
肉類	鶏肉		1,599	2,511	63.7%
鶏卵			2,630	2,737	96.1%
牛乳及び乳製品	飲用向け		4,006	4,001	100.1%
牛乳及び乳製品	乳製品向け	チーズ	45	333	13.5%
牛乳及び乳製品	乳製品向け	バター	60	79	75.9%

表 4.2.20 水の摂取量のまとめ

		摂取量 (mL d ⁻¹)		
		最小値	中央値	最大値
総摂取水量		1638	2172	2423
水道水		12	566	1159
飲料水	ボトル水	37	112	1486
	ミルク	82	88	103
	アルコール	68	179	298
	お茶	448	469	551
	コーヒー	173	202	229
食物	全体	1016	1110	1227
	穀類	148	253	298
	野菜類	309	381	442
	豆類	33	42	51
	肉類	119	138	157
	菓子類	41	45	48
	乳製品	27	34	39
	調味料	203	235	262
	スープ・汁物	193	229.5	267

表 4.2.21 土壌の摂取量のまとめ

	摂取量 (g d ⁻¹)		
	最小値	中央値	最大値
全体	0.00	0.10	0.24
17 歳未満	0.00	0.12	0.24
17 歳以上	0.03	0.10	0.24

表 4.2.22 呼吸器系内の各領域での沈着率

年齢	沈着領域	AMAD (μm)						
		0.3	1	5	10	20	50	100
3ヶ月児	AI_1	4.62E-02	2.57E-02	8.73E-03	3.51E-03	9.74E-04	1.40E-04	1.29E-05
	AI_2	9.25E-02	5.14E-02	1.75E-02	7.01E-03	1.95E-03	2.81E-04	2.58E-05
	AI_3	1.54E-02	8.56E-03	2.91E-03	1.17E-03	3.25E-04	4.68E-05	4.30E-06
	bbe-gel	2.54E-02	1.02E-02	3.58E-03	1.92E-03	6.86E-04	1.28E-04	1.55E-05
	bbe-sol	2.57E-02	1.02E-02	2.71E-03	1.12E-03	3.98E-04	7.43E-05	8.99E-06
	bbe-seq	3.60E-04	1.43E-04	4.44E-05	2.14E-05	7.64E-06	1.43E-06	1.73E-07
	BBi-gel	7.06E-03	5.30E-03	5.78E-03	4.46E-03	2.48E-03	6.56E-04	1.68E-04
	BBi-sol	7.16E-03	5.04E-03	3.13E-03	1.55E-03	8.61E-04	2.28E-04	5.85E-05
	BBi-seq	1.00E-04	7.29E-05	6.29E-05	4.24E-05	2.35E-05	6.23E-06	1.60E-06
	ET2-sur	8.66E-02	2.72E-01	4.26E-01	3.94E-01	3.15E-01	2.92E-01	2.92E-01
	ET1-sur	7.30E-02	2.10E-01	3.70E-01	3.65E-01	2.92E-01	2.70E-01	2.70E-01
	ET2-seq	4.33E-05	1.36E-04	2.13E-04	1.97E-04	1.58E-04	1.46E-04	1.46E-04
1歳児	AI_1	5.12E-02	2.89E-02	9.99E-03	3.99E-03	1.11E-03	1.60E-04	1.47E-05
	AI_2	1.03E-01	5.78E-02	2.00E-02	7.97E-03	2.22E-03	3.19E-04	2.93E-05
	AI_3	1.71E-02	9.64E-03	3.33E-03	1.33E-03	3.69E-04	5.32E-05	4.89E-06
	bbe-gel	2.10E-02	8.49E-03	3.36E-03	1.86E-03	6.63E-04	1.24E-04	1.50E-05
	bbe-sol	2.13E-02	8.46E-03	2.50E-03	1.06E-03	3.79E-04	7.07E-05	8.55E-06
	bbe-seq	2.98E-04	1.20E-04	4.13E-05	2.06E-05	7.34E-06	1.37E-06	1.66E-07
	BBi-gel	5.47E-03	5.32E-03	6.49E-03	4.94E-03	2.74E-03	7.26E-04	1.86E-04
	BBi-sol	5.54E-03	5.02E-03	3.58E-03	1.78E-03	9.86E-04	2.61E-04	6.70E-05
	BBi-seq	7.76E-05	7.29E-05	7.10E-05	4.73E-05	2.63E-05	6.96E-06	1.79E-06
	ET2-sur	8.74E-02	2.73E-01	4.26E-01	3.94E-01	3.15E-01	2.92E-01	2.92E-01
	ET1-sur	7.36E-02	2.11E-01	3.71E-01	3.65E-01	2.92E-01	2.70E-01	2.70E-01
	ET2-seq	4.37E-05	1.37E-04	2.13E-04	1.97E-04	1.57E-04	1.46E-04	1.46E-04
5歳児	AI_1	4.26E-02	2.96E-02	1.41E-02	6.20E-03	1.72E-03	2.48E-04	2.28E-05
	AI_2	8.52E-02	5.91E-02	2.81E-02	1.24E-02	3.45E-03	4.96E-04	4.56E-05
	AI_3	1.42E-02	9.86E-03	4.68E-03	2.07E-03	5.74E-04	8.27E-05	7.60E-06
	bbe-gel	1.96E-02	9.27E-03	5.75E-03	3.55E-03	1.27E-03	2.37E-04	2.86E-05
	bbe-sol	1.99E-02	9.11E-03	3.89E-03	1.80E-03	6.43E-04	1.20E-04	1.45E-05
	bbe-seq	2.78E-04	1.30E-04	6.79E-05	3.77E-05	1.35E-05	2.52E-06	3.04E-07
	BBi-gel	4.45E-03	5.37E-03	8.57E-03	7.00E-03	3.89E-03	1.03E-03	2.64E-04
	BBi-sol	4.51E-03	4.91E-03	4.28E-03	2.23E-03	1.24E-03	3.28E-04	8.42E-05
	BBi-seq	6.32E-05	7.25E-05	9.06E-05	6.50E-05	3.61E-05	9.57E-06	2.45E-06
	ET2-sur	6.43E-02	2.23E-01	4.05E-01	3.86E-01	3.09E-01	2.86E-01	2.86E-01
	ET1-sur	5.67E-02	1.74E-01	3.45E-01	3.51E-01	2.81E-01	2.60E-01	2.60E-01
	ET2-seq	3.22E-05	1.12E-04	2.02E-04	1.93E-04	1.54E-04	1.43E-04	1.43E-04

表 4.2.22 呼吸器系内の各領域での沈着率（つづき）

年齢	沈着領域	AMAD (μm)						
		0.3	1	5	10	20	50	100
10歳児	AI_1	4.11E-02	2.85E-02	1.40E-02	6.30E-03	1.75E-03	2.52E-04	2.32E-05
	AI_2	8.23E-02	5.71E-02	2.80E-02	1.26E-02	3.50E-03	5.04E-04	4.63E-05
	AI_3	1.37E-02	9.51E-03	4.67E-03	2.10E-03	5.83E-04	8.40E-05	7.72E-06
	bbe-gel	1.69E-02	8.56E-03	6.23E-03	3.96E-03	1.42E-03	2.64E-04	3.20E-05
	bbe-sol	1.71E-02	8.34E-03	4.11E-03	1.95E-03	6.98E-04	1.30E-04	1.58E-05
	bbe-seq	2.39E-04	1.19E-04	7.29E-05	4.17E-05	1.49E-05	2.78E-06	3.36E-07
	BBi-gel	3.84E-03	6.05E-03	9.72E-03	7.76E-03	4.31E-03	1.14E-03	2.93E-04
	BBi-sol	3.88E-03	5.54E-03	5.02E-03	2.59E-03	1.44E-03	3.80E-04	9.76E-05
	BBi-seq	5.44E-05	8.17E-05	1.04E-04	7.29E-05	4.05E-05	1.07E-05	2.75E-06
	ET2-sur	6.76E-02	2.29E-01	4.04E-01	3.85E-01	3.08E-01	2.85E-01	2.85E-01
	ET1-sur	5.89E-02	1.78E-01	3.45E-01	3.50E-01	2.80E-01	2.60E-01	2.60E-01
	ET2-seq	3.38E-05	1.14E-04	2.02E-04	1.93E-04	1.54E-04	1.43E-04	1.43E-04
15歳児	AI_1	4.10E-02	3.20E-02	1.87E-02	8.90E-03	2.47E-03	3.56E-04	3.27E-05
	AI_2	8.20E-02	6.39E-02	3.74E-02	1.78E-02	4.95E-03	7.12E-04	6.55E-05
	AI_3	1.37E-02	1.07E-02	6.24E-03	2.97E-03	8.24E-04	1.19E-04	1.09E-05
	bbe-gel	1.64E-02	1.01E-02	1.01E-02	6.77E-03	2.42E-03	4.52E-04	5.46E-05
	bbe-sol	1.66E-02	9.67E-03	6.33E-03	3.18E-03	1.14E-03	2.12E-04	2.56E-05
	bbe-seq	2.32E-04	1.40E-04	1.16E-04	7.01E-05	2.51E-05	4.68E-06	5.66E-07
	BBi-gel	3.84E-03	9.03E-03	2.04E-02	1.72E-02	9.56E-03	2.53E-03	6.49E-04
	BBi-sol	3.87E-03	7.74E-03	9.28E-03	5.18E-03	2.88E-03	7.62E-04	1.96E-04
	BBi-seq	5.44E-05	1.18E-04	2.09E-04	1.58E-04	8.77E-05	2.32E-05	5.96E-06
	ET2-sur	5.00E-02	1.81E-01	3.82E-01	3.86E-01	3.09E-01	2.86E-01	2.86E-01
	ET1-sur	4.42E-02	1.39E-01	2.99E-01	3.13E-01	2.50E-01	2.32E-01	2.32E-01
	ET2-seq	2.50E-05	9.07E-05	1.91E-04	1.93E-04	1.54E-04	1.43E-04	1.43E-04
成人	AI_1	4.49E-02	3.44E-02	1.94E-02	9.11E-03	2.53E-03	3.64E-04	3.35E-05
	AI_2	8.99E-02	6.89E-02	3.87E-02	1.82E-02	5.06E-03	7.28E-04	6.70E-05
	AI_3	1.50E-02	1.15E-02	6.46E-03	3.04E-03	8.43E-04	1.21E-04	1.12E-05
	bbe-gel	1.67E-02	9.88E-03	9.05E-03	6.01E-03	2.15E-03	4.01E-04	4.85E-05
	bbe-sol	1.69E-02	9.49E-03	5.68E-03	2.80E-03	9.99E-04	1.87E-04	2.26E-05
	bbe-seq	2.37E-04	1.37E-04	1.04E-04	6.21E-05	2.22E-05	4.14E-06	5.01E-07
	BBi-gel	3.50E-03	6.80E-03	1.39E-02	1.17E-02	6.52E-03	1.73E-03	4.43E-04
	BBi-sol	3.53E-03	5.97E-03	6.46E-03	3.51E-03	1.95E-03	5.16E-04	1.33E-04
	BBi-seq	4.96E-05	9.00E-05	1.43E-04	1.08E-04	5.97E-05	1.58E-05	4.06E-06
	ET2-sur	5.21E-02	1.90E-01	3.83E-01	3.79E-01	3.03E-01	2.80E-01	2.80E-01
	ET1-sur	4.70E-02	1.49E-01	3.19E-01	3.33E-01	2.66E-01	2.47E-01	2.47E-01
	ET2-seq	2.61E-05	9.49E-05	1.92E-04	1.89E-04	1.51E-04	1.40E-04	1.40E-04

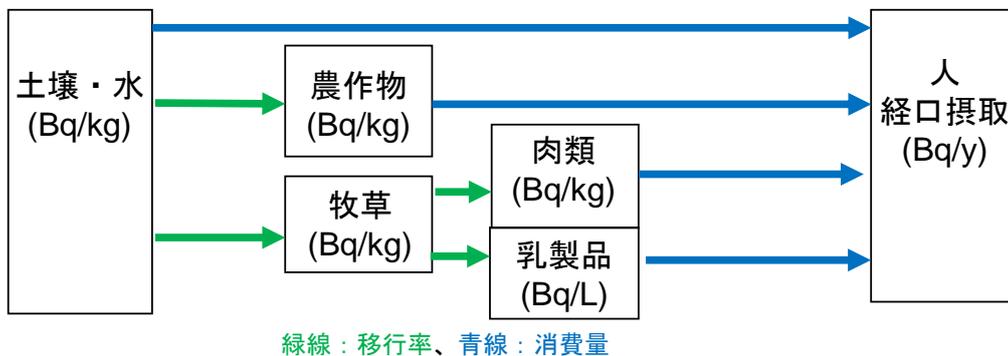


図 4.28 土壌から経口摂取までの移行図

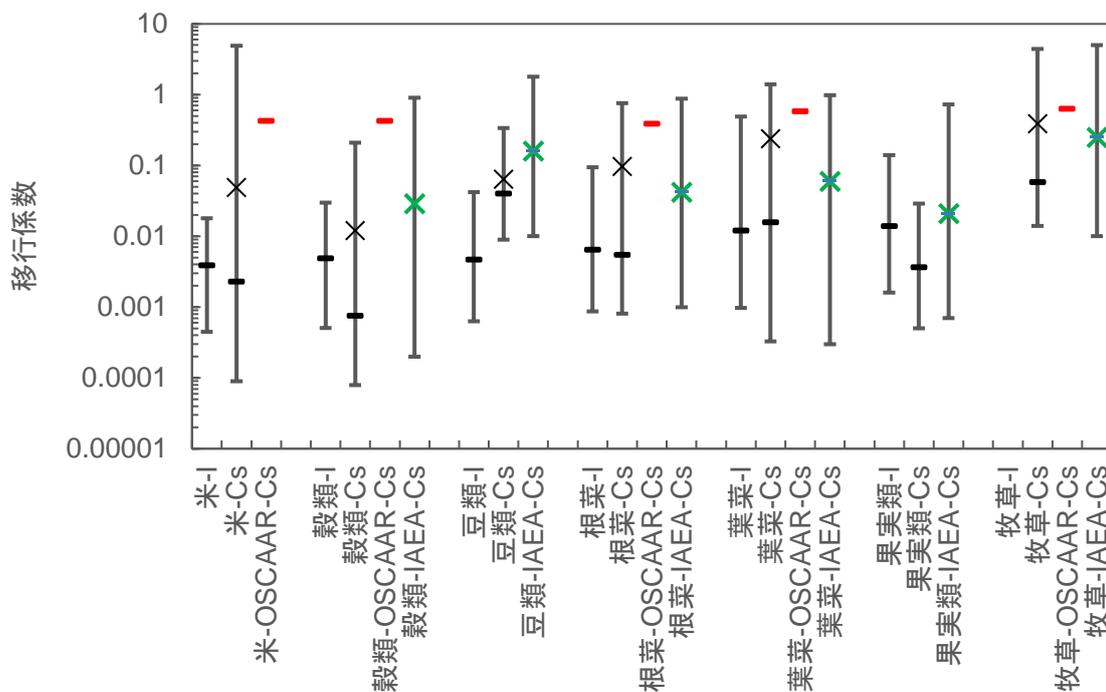


図 4.29 農作物への移行係数のまとめ。

-は中央値、×は平均値、幅は最大値と最小値を示す。OSCAARコードとIAEA-TRS472の値はCsのみである。

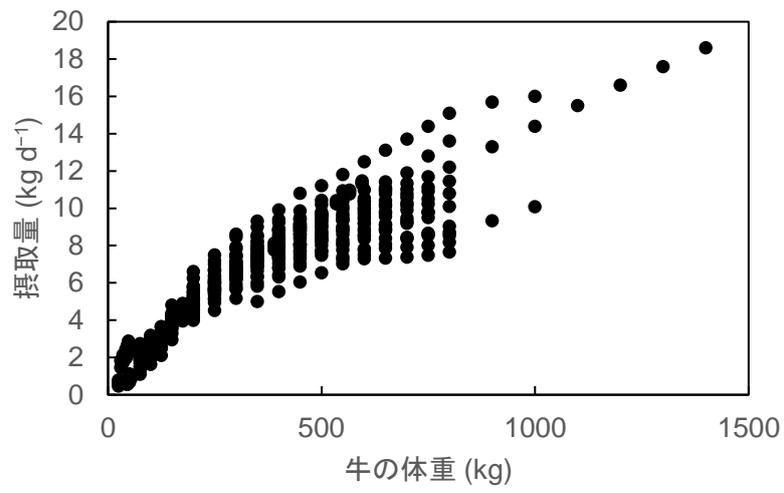


図 4.30 牛の牧草摂取量と体重の関係

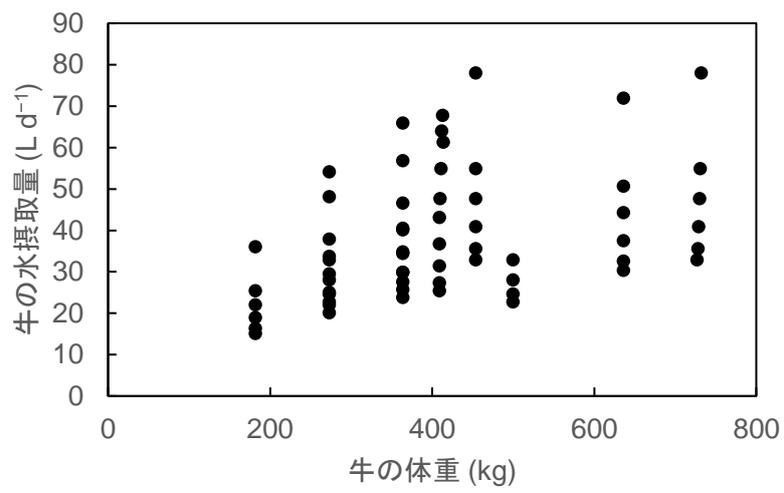


図 4.31 牛の水摂取量と体重の関係

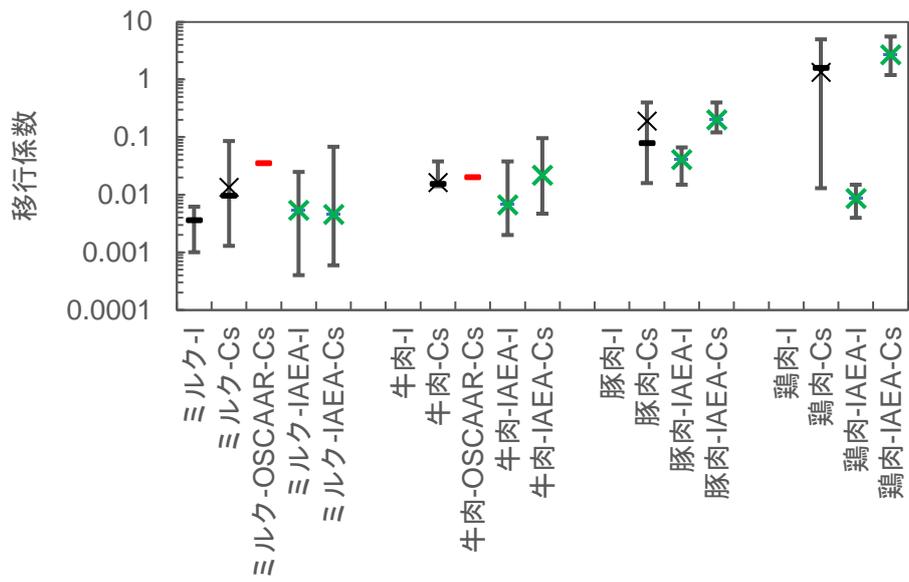


図 4.32 ミルク、家畜への移行係数のまとめ。

-は中央値、×は平均値、幅は最大値と最小値を示す。IAEAはIAEA-TRS472の値である。OSCAARコードはCsの値のみである。

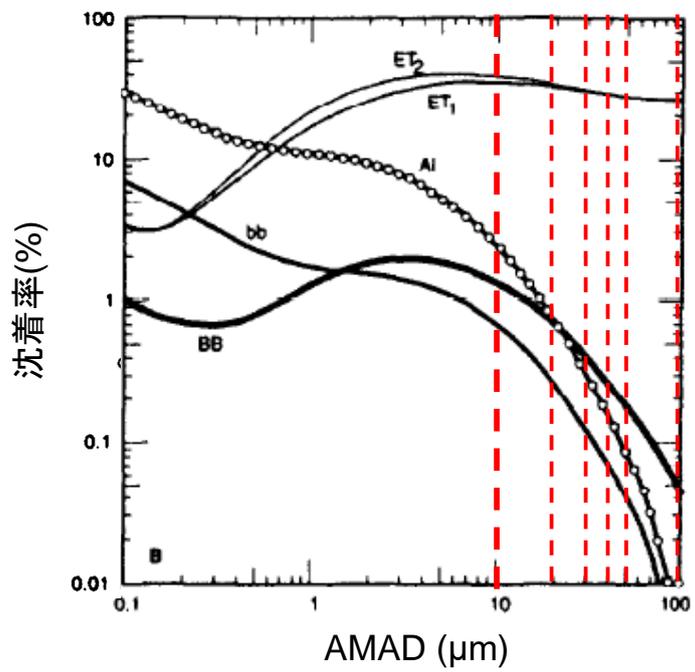


図 4.33 呼吸軌道内の各領域における沈着率

(引用 : ICRP Publ.66の Fig. 10 (ICRP, 1994))

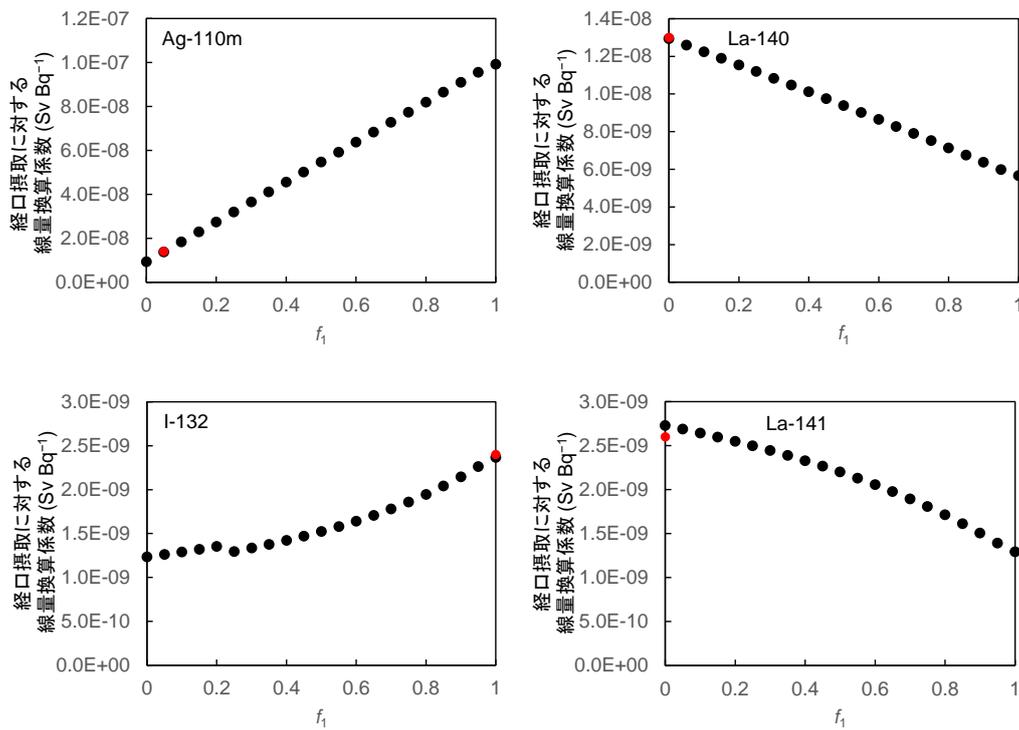


図 4.34 DCALで計算した経口摂取に対する実効線量係数と f_1 の関係の例

1歳児の結果。黒丸はDCALでの計算結果、赤丸はICRPの値。

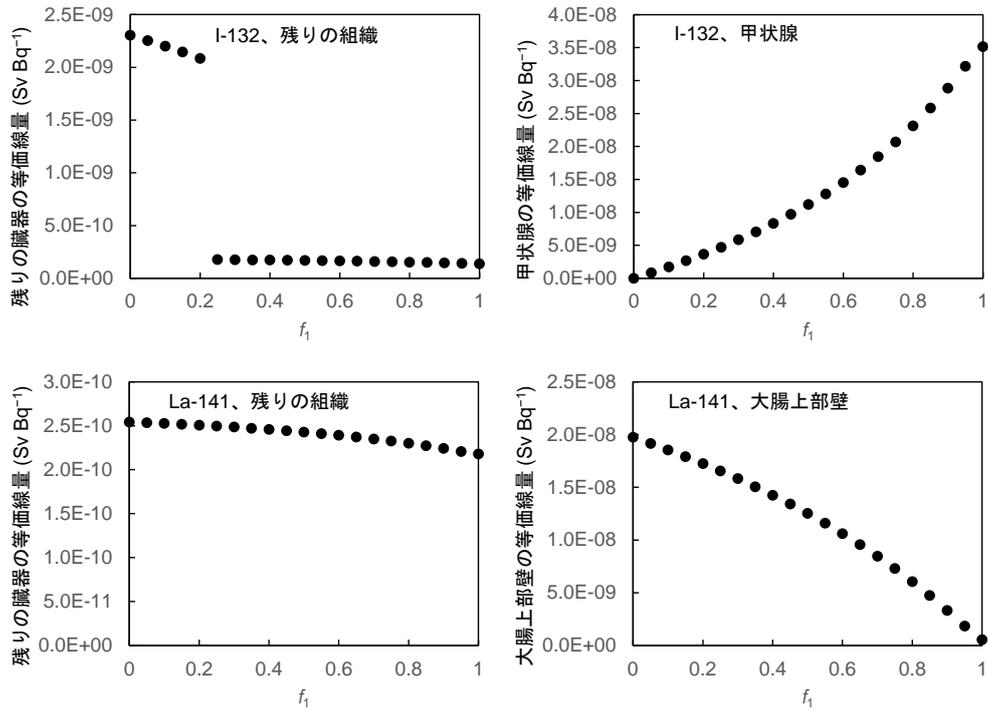


図 4.35 DCALで計算した経口摂取時の各組織の等価線量と f_1 の関係の例

1歳児の結果。組織は残りの組織と最大の等価線量となる組織（I-132の場合は甲状腺、La-141の場合は大腸上部壁）である。

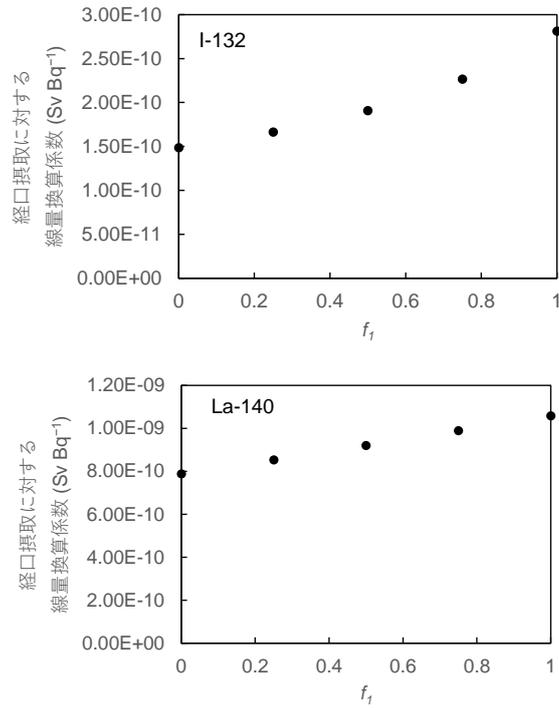


図 4.36 IDCCで計算した経口摂取に対する実効線量係数と f_1 の関係の例。

成人の結果。

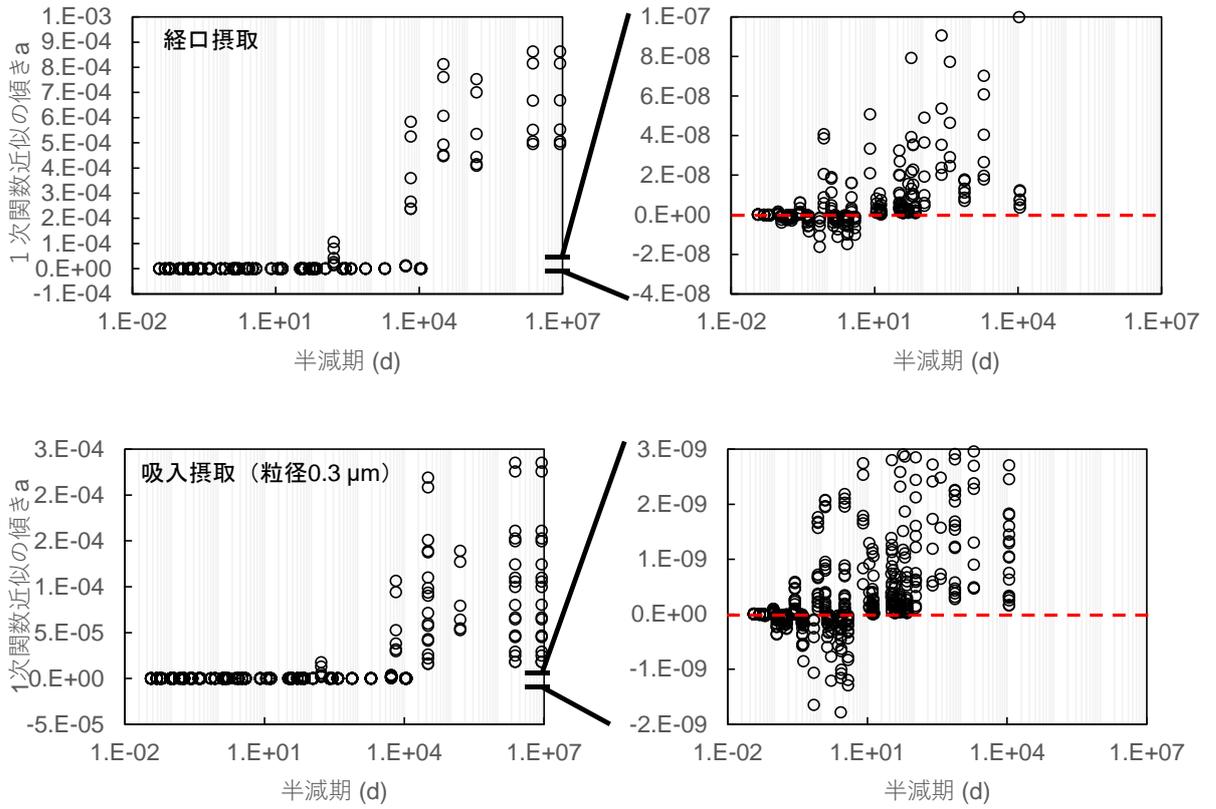


図 4.37 DCAL で求めた各核種の内部被ばく線量係数と f_1 の関係式の傾き a

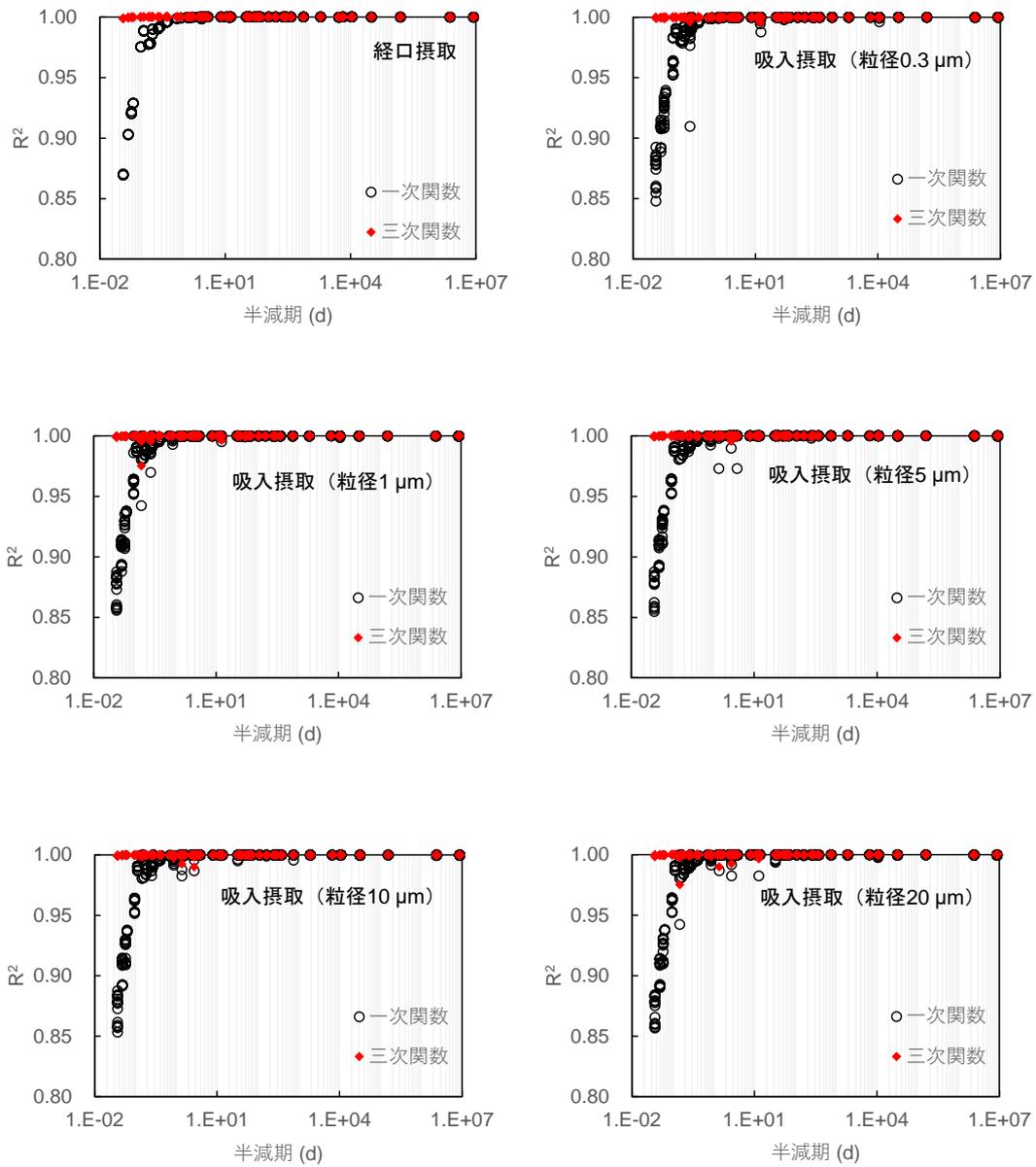


図 4.38 DCALで求めた各核種の内部被ばく線量係数と f_1 の関係式の決定係数 R^2

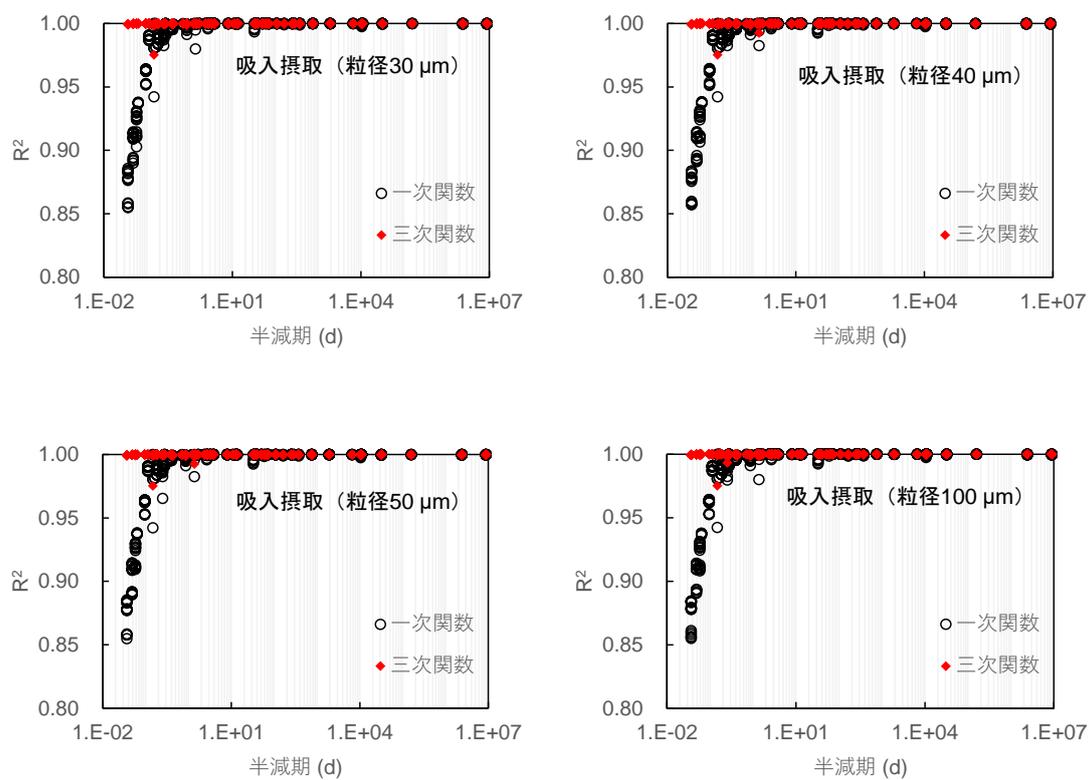


図 4.38 DCALで求めた各核種の内部被ばく線量係数とf1の関係式の決定係数R2 (つづき)

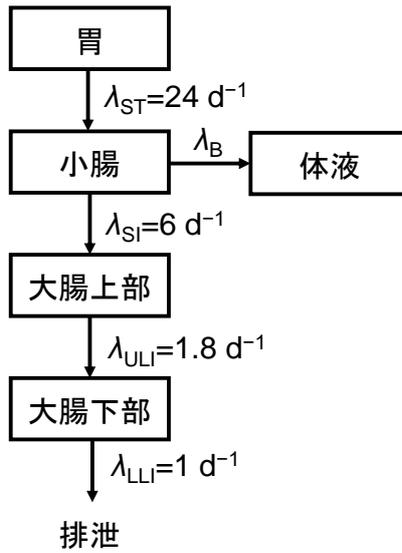


図 4.39 胃腸管モデル (ICRP Publ.30 (ICRP, 1979) を基に作成)

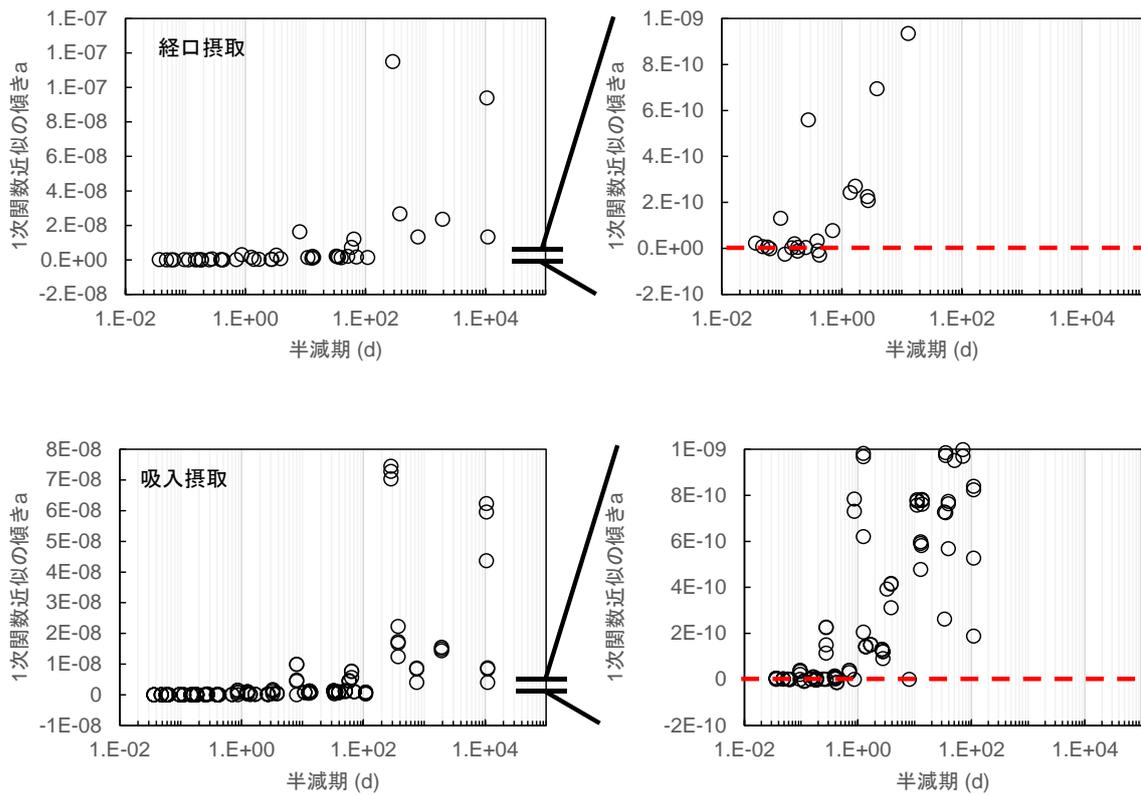


図 4.40 IDCCで求めた各核種の内部被ばく線量係数と f_1 の関係式の傾き a

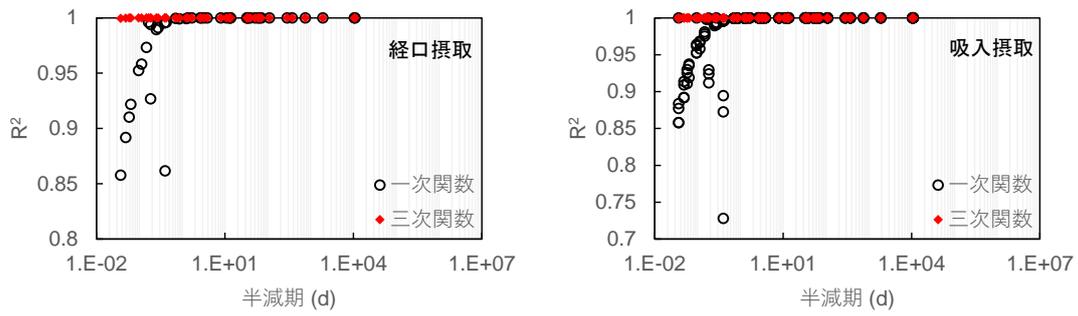


図 4.41 IDCCで求めた各核種の内部被ばく線量係数と f_1 の関係式の決定係数 R^2

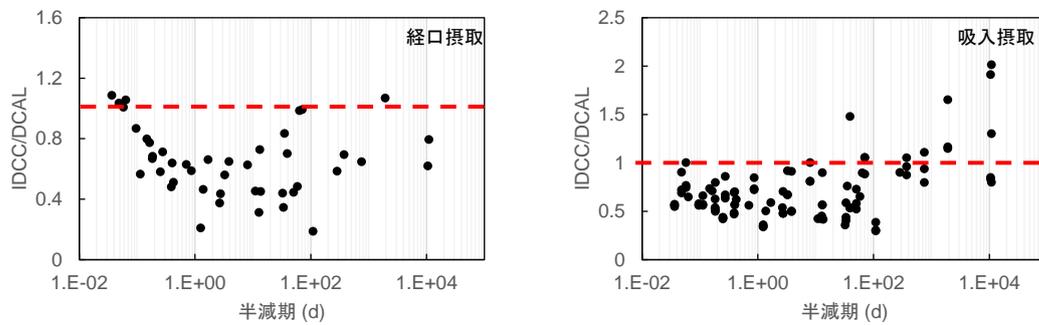


図 4.42 IDCCとDCALで求めた内部被ばく線量係数の比

4.2の参考文献

- Almahayni T., N. A. Beresford, N. M.J. Crout and L. Sweeck: “Fit-for-purpose modelling of radiocaesium soil-to-plant transfer for nuclear emergencies: a review”, *J. Environ. Radioact.*, 201, p.58–66 (2019).
- Duborská E., M. Urík, M. Bujdoš and J. Kubová: “Aging and Substrate Type Effects on Iodide and Iodate Accumulation by Barley (*Hordeum vulgare* L.)”, *Water, Air, & Soil Pollution*, p.227–407 (2016).
- Eckerman K.F., R.W. Leggett, M. Cristy, C.B. Nelson, J.C. Ryman, A.L. Sjoreen and R.C. Ward: “User’s Guide to the DCAL System”, ORNL/TM-2001/190 (2006).
- Endo S., T. Kajimoto and K. Shizuma: “Paddy-field contamination with ^{134}Cs and ^{137}Cs due to Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident and soil-to-rice transfer coefficients”, *J. Environ. Radioact.*, 116, p.59–64 (2013).
- European Commission: “Radiation protection 122: Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption – Part II Application of the Concepts of Exemption and Clearance to Natural Radiation Sources.”, RP-122, EC, Belgium (2001)
- FAO : “食料需給表作成の手引き”, (2001) , (online) available from
< http://www.japanfoodstat.com/fbs_handbook.pdf > (accessed on 2021-1-20)
- Fujiwara K., T. Takahashi, T. Kinouchi, S. Fukutani, S. Takahashi, T. Watanabe and S. Funakawa: “Transfer Factors of Tellurium and Cesium from Soil to Radish (*Raphanus sativus* var. *sativus*) and Komatsuna (*Brassica rapa* var. *perviridis*)”, *保健物理*, 52(3), p.192–199 (2017).
- Fujimura S., Y. Muramatsu, T. Ohno, M. Saitou, Y. Suzuki, T. Kobayashi, K. Yoshioka and Y. Ueda: “Accumulation of ^{137}Cs by rice grown in four types of soil contaminated by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident in 2011 and 2012” *J. Environ. Radioact.*, 140, p.59–64 (2015).
- Fujimura S., Y. Sakuma, M. Sato, T. Saito, K. Yoshioka, T. Yamauchi, N. Sato and S. Eguchi: “Difference in Cs-137 concentration of brown rice between the years of 2011 and 2012 in Fukushima Prefecture”, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 303(2), p.1147–1150 (2015).
- Gradašević N., M. Smajlović and M. Katica: “Transfer of ^{40}K and ^{137}Cs from diet into meat of ruminants: analogy or not?”, *MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu*, Vol. XIX No. 4 (2017).
- Guillén J., N.A. Beresford, A. Baeza, M.A. Ontalba and J.A. Corbacho: Transfer of radionuclides and stable elements to foodstuffs in Mediterranean ecosystems, *J. Environ. Radioact.*, 223–224, 106379 (2020).
- Harper F. T., S.V. Musolino and W.B. Wentz: “Realistic radiological dispersal device hazard boundaries and ramifications for early consequence management decisions”, *Health Phys.* 93, p.1–16 (2007).

Howard B. J., C. Wells, C. L. Barnett and S. C. Sheppard: “How knowledge of the gastrointestinal absorption of elements could be used to predict transfer to milk”, *Scientific Reports* | 6:37041 | DOI: 10.1038/srep37041 (2016).

International Atomic Energy Agency: “Application of Exemption Principles to the Recycle and Reuse of Materials from Nuclear Facilities”, Safety Series No. 111-P-1.1, IAEA, Vienna (1992).

International Atomic Energy Agency: “Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance”, Safety Reports Series No. 44, IAEA, Vienna (2005).

International Atomic Energy Agency: “Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments”, Technical Reports Series No. 472, IAEA (2010).

International Commission on Radiological Protection: “Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, Part 1”, ICRP Publication 30 (1979).

International Commission on Radiological Protection: “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intakes of Radionuclides: Part 1”, ICRP Publication 56 (1989).

International Commission on Radiological Protection: “1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection”, ICRP Publication 60 (1991A).

International Commission on Radiological Protection: “Annual Limits on Intake of Radionuclides by Workers based on the 1990 Recommendations”, ICRP Publication 61 (1991B).

International Commission on Radiological Protection: “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intakes of Radionuclides: Part 2”, ICRP Publication 67 (1993).

International Commission on Radiological Protection: “Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection”, ICRP Publication 66 (1994).

International Commission on Radiological Protection: “Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers”, ICRP Publication 68 (1994).

International Commission on Radiological Protection: “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intakes of Radionuclides: Part 3”, ICRP Publication 69 (1995A).

International Commission on Radiological Protection: “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intakes of Radionuclides: Part 4”, ICRP Publication 71 (1995B).

International Commission on Radiological Protection: “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intakes of Radionuclides: Part 5”, ICRP Publication 72 (1996).

International Commission on Radiological Protection: “Human Alimentary Tract Model for Radiological Protection”, ICRP Publication 100 (2006).

International Commission on Radiological Protection: “The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection”, ICRP Publication 103 (2007).

International Commission on Radiological Protection: “Occupational Intakes of Radionuclides:

- Part 3”, ICRP Publication 137 (2017).
- International Commission on Radiological Protection: “Occupational Intakes of Radionuclides: Part 1”, ICRP Publication 130 (2015).
- Joshi R. M., J. P. James, B. N. Dileep, R. M. Mulla, T. K. Reji, P.M. Ravi, A. G. Hegde and P. K. Sarkar: “Transfer Coefficient of ^{137}Cs from Feed to Cow Milk in Tropical Region Kaiga, India”, *Radiat. Prot. Dosimet.*, 149, p. 333–339 (2012).
- Kato N., N. Kihou, S. Fujimura, M. Ikeba, N. Miyazaki, Y. Saito, T. Eguchi and S. Itoh: “Potassium fertilizer and other materials as countermeasures to reduce radiocesium levels in rice: Results of urgent experiments in 2011 responding to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident”, *Soil Sci. Plant Nutr.*, 61(2), p.179–190 (2015).
- Kondo M., H. Maeda, A. Goto, H. Nakano, N. Kiho, T. Makino, M. Sato, S. Fujimura, T. Eguchi, M. Hachinohe, S. Hamamatsu, H. Ihara, T. Takai, Y. Arai-Sanoh and T. Kimura: “Exchangeable Cs/K ratio in soil is an index to estimate accumulation of radioactive and stable Cs in rice plant”, *Soil Sci. Plant Nutr.*, 61(1), p.133–143 (2015).
- Karunakara N., P. Ujwal, I. Yashodhara, Chetan Rao, K. Sudeep Kumara, B.N. Dileep and P.M. Ravi: “Studies on soil to grass transfer factor (Fv) and grass to milk transfer coefficient (Fm) for cesium in Kaiga region”, *J. Environ. Radioact.*, 124, p.101–112 (2013).
- Kumar Deepak, Avinash Kumar, A. K. Sharma, B. Singh, P.M. Ravi and P. K. Sarkar: “Study of the Transfer of ^{137}Cs from Fodder to Cow Milk in the Region around Narora Atomic Power Station NPP Site, India”, *Radiat. Prot. Dosimet.*, 156, p.223–230 (2013).
- Kaneyasu N., H. Ohashi, F. Suzuki, T. Okuda and F. Ikemori: “Sulfate aerosol as a potential transport medium of radiocesium from the Fukushima nuclear accident”, *Environ. Sci. Technol.*, 46, p.5720–5726 (2012).
- Li P., Y. Gong and M. Komatsuzaki: “Temporal dynamics of ^{137}Cs distribution in soil and soil-to-crop transfer factor under different tillage systems after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident in Japan”, *Sci. Total Environ.*, 697, 134060 (2019).
- Ohmori H., Y. Sasaki 1, K. Tajima and M. Katsumata: “Radioactive caesium concentrations in pigs fed brown rice contaminated by the Tokyo Electric Power Company Fukushima Daiichi nuclear power plant”, *Livestock Science*, 159, p.156–160 (2014).
- Ohno K., M. Asami and Y. Matsui: “Is the default of 2 liters for daily per-capita water consumption appropriate? A nationwide survey reveals water intake in Japan”, *J. Water Health*, 16(4), p.562–573 (2018).
- Ohse K., K. Kitayama, S. Suenaga, K. Matsumoto, A. Kanno, C. Suzuki, K. Kawatsu and H. Tsukada: “Concentration of radiocesium in rice, vegetables, and fruits cultivated in the evacuation area in Okuma Town, Fukushima”, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 303(2), p.1533–1537 (2015).

- Parache V., L. Pourcelot, S. Roussel-Debet, D. Orjollet, F. Leblanc, C. Soria, R. Gurriaran, Ph. Renaud and O. Masson: “Transfer of ^{131}I from Fukushima to the Vegetation and Milk in France”, *Environ. Sci. Technol.*, 45, p.9998–10003 (2011).
- Penrose B., K.A. Johnson née Payne, A. Arkhipov, A. Maksimenko, S. Gaschak, M.C. Meacham, N.J.M. Crout, P.J. White, N.A. Beresford and M.R. Broadley: “Inter-cultivar variation in soil-to-plant transfer of radiocaesium and radiostrontium in Brassica oleracea”, *J. Environ. Radioact.*, 155-156, p.112–121 (2016).
- Penrose B., N. A. Beresford, N. M. J. Crout, J. A. Lovatt, R. Thomson and M. R. Broadley: “Forage grasses with lower uptake of caesium and strontium could provide ‘safer’ crops for radiologically contaminated areas”, *PLoS ONE* 12 (5): e0176040. (2017) , (online) available from
< <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176040> > (accessed on 2021-1-20)
- Piao C., M. Ma, J. K. Chambers, K. Uchida, M. Ikeda, N. I. Kobayashi, A. Hirose, K. Tanoi, M. Kuwahara and J. Li: “Radiocesium transfer rates among pigs fed haylage contaminated with low levels of cesium at two differentiation stages”, *PLoS ONE* 15(9): e0237977 (2020).
- Pratama, M.A., S. Takahara and S. Hato: “Evaluation of Effective Dose Coefficient with Variation of Absorption Fraction in Gastrointestinal System for Ingestion of Radiocesium”, *Jpn. J. Health Phys.*, 52, p. 200–209 (2017).
- Mamyrbayeva A. S., Z. A. Baigazinov, S. N. Lukashenko, A. V. Panitskiy, S. S. Karatayev, A. N. Shatrov, S. A. Baigazy, A. B. Bazarbayeva, M. Hegedűs, E. Tóth-Bodrogi and T. Kovács: “The transfer of ^{241}Am and ^{137}Cs to the tissues of broilers’ organs”, *PLOS ONE* 15(7) (2020).
- Mikami S., T. Maeyama, Y. Hoshide, R. Sakamoto, S. Sato, N. Okuda, S. Demongeot, R. Gurriaran, Y. Uwamino, H. Kato, M. Fujiwara, T. Sato, H. Takemiya and K. Saito: “Spatial distributions of radionuclides deposited onto ground soil around the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant and their temporal change until December 2012”, *J. Environ. Radioact.*, 139, p.320–343 (2015).
- National Council on Radiation Protection and Measurements: “Recommended Screening Limits for Contaminated Surface Soil and Review of Factors Relevant to Site-specific Studies”, NCRP report No. 129 (1999).
- Saito T., K. Takahashi, T. Makino, H. Tsukada, M. Sato and K. Yoshioka: “Effect of application timing of potassium fertilizer on root uptake of ^{137}Cs in brown rice”, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 303(2), p.1585–1587 (2015).
- Sunaga Y., H. Harada and T. Kawachi: “Weathering half-life of radioactive cesium for winter rye (*Secale cereale*L.) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*Lam.) directly contaminated by

- the 2011 Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident”, *Soil Sci. Plant Nutr.*, 61(2), p.200–211 (2015).
- Tagami K. and S. Uchida: “Changes of effective half-lives of ^{137}Cs in three herbaceous plants and bioavailable ^{137}Cs fraction in soil after the Fukushima nuclear accident”, *Applied Geochemistry* 85, p.162–168 (2017).
- Tagami K., H. Tsukada, S. Uchida and B. J. Howard: “Changes in the Soil to Brown Rice Concentration Ratio of Radiocaesium before and after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident in 2011”, *Environ. Sci. Technol.*, 52, p.8339–8345 (2018).
- Tani Y., K. Asakura, S. Sasaki, N. Hirota, A. Notsu, H. Todoriki, A. Miura, M. Fukui and C. Date: “The influence of season and air temperature on water intake by food groups in a sample of free-living Japanese adults”, *Eur. J. Clin. Nutr.*, 69, p.907–913 (2015).
- Uchida S. and K. Tagami: “Iodine transfer from agricultural soils to edible part of crops”, *Proc. Radiochim. Acta* 1, p.279–283 (2011).
- Uchida S. and K. Tagami: “Comparison of radiocesium concentration changes in leguminous and non-leguminous herbaceous plants observed after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident”, *J. Environ. Radioact.*, 186, p.3–8 (2018).
- U.S. Environmental Protection Agency: “Risk assessment guidance for Superfund: Human health evaluation manual Part A. Interim Final”, OSWER Directive 9285.7-01a (1989).
- Yu C., J.-J. Cheng and S. Kamboj: “Effects of the new wildlife transfer factors on RESRAD-BIOTA’s screening Biota Concentration Guides and previous model comparison studies”, *J. Environ. Radioact.*, 126, p.338–351 (2013).
- Yamamoto Y., T. Shibuya, K. Hirano, K. Shindo, H. Mashiyama, T. Fujisawa, M. Nakamura, Y. Tozawa, H. Miyaji, S. Nakao and Y. Togamura: “Changes in the radioactive cesium concentrations of grasslands during the first year after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident in east Japan”, *Japanese Society of Grassland Science, Grassland Science*, 60, p.69–75 (2014).
- Yamamura K., S. Fujimura, T. Ota, T. Ishikawa, T. Saito, Y. Arai and T. Shinano: “A statistical model for estimating the radiocesium transfer factor from soil to brown rice using the soil exchangeable potassium content”, *J. Environ. Radioact.* 195, p.114–125 (2018).
- Williams C.L., G.T. Tabler and S.E. Watkins: “Comparison of broiler flock daily water consumption and water-to-feed ratios for flocks grown in 1991, 2000–2001, and 2010–2011”, *J. Appl. Poult. Res.*, 22, p.934–941 (2013).
- 東克士: “夏場は母豚の飲水管理が重要 ～飲水量と泌乳量の関係～”, 日清丸紅飼料株式会社 HP (2006), (online) available
<http://mn-feed.com/technical-info/support-topics/detail_024.html> (accessed on 2021-1-20)

- 天野巖斗, 栗栖聖, 花木啓祐: “東京都における消費者の飲用水選択種類と選択理由による類型化”, 土木学会論文集 G (環境), 69(6), p.II_117-II_126 (2012).
- 井伊一夫, 田野井慶太郎, 宇野義雄, 登達也, 廣瀬農, 小林奈通子, 二瓶直登, 小川唯史, 田尾陽一, 菅野宗夫, 西脇淳子, 溝口勝: “飯館村除染圃場で試験栽培した水稲の放射性セシウム濃度”, *Radioisotopes*, 64, p.299-310 (2015).
- 壹岐修一: “乳牛の飲水量について”, 雪たねニュースNo.372号 (2017).
- 石井伸昌, 田上恵子, 川口勇生, 内田滋夫: “ミニキャベツによる栽培土壌から放射性セシウムの経根吸収”, *保健物理*, 48(3), p.150-155 (2013).
- 稲葉次郎: “放射性核種の環境移行パラメータ”, *RADIOISOTOPES*, 64(5), p.335-349 (2015).
- 一般社団法人日本乳業協会: “乳牛が乳を出す期間と量”, 一般社団法人日本乳業協会 HP, (online) available
< https://www.nyukyuu.jp/dairy/index.php?rm=4&qa_id=482 > (accessed on 2021-1-20)
- 一般社団法人中央酪農会議: “今日のミルちしき”, 一般社団法人中央酪農会議 HP (2016), (online) available
< <https://www.milkjapan.net/pc/milchishiki/2016/01/07/452/> > (accessed on 2021-1-20)
- 内田慈夫: “放射性物質の農地等における移動・循環問題 ~食の安全と環境~”, 農業農村工学会土壌物理部会緊急学習会(2011), (online) available from
< <http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/seminar/uchida110603.pdf> > (accessed on 2021-1-20)
- 大下誠一, 川越 義則, 安永 円理子, 高田 大輔, 中西 友子, 田野井 慶太郎, 牧野 義雄, 佐々木 治人: “福島第一原子力発電所事故による低濃度放射性降下物に起因した土壌および野菜の放射性核種濃度の測定 —東京大学大学院農学生命科学研究科附属生態調和農学機構における事例—”, *RADIOISOTOPES*, 60 (8), p.329-333 (2011).
- 大下友子: “高泌乳牛に対する良質自給粗飼料の利用による飼料自給率の改善”, *北草研報*, 34, p.12-14 (2000).
- 大下誠一, 安永円理子, 高田大輔, 田野井慶太郎, 川越義則, 白井宏明, 中西友子, 佐々木治人, 牧野義雄: “福島第一原子力発電所事故に起因した土壌及び野菜の放射性核種濃度の測定 —東京都及び福島県の低濃度汚染地域における事例—”, *RADIOISOTOPES*, 62(3), p.149-157 (2013).
- 小原健児: “家畜用飼料中の放射性物質をめぐる情勢について”, *日本獣医師会雑誌*, 65, p.476-480 (2012).
- 金子真, 中村好徳, 小林良次: “放牧主体で肥育した牛の放牧草摂取量および摂取飼料割合の経時変化”, *日草誌*, 62(4), p.199-206 (2017).
- 株式会社明治: “牛が1日に出す乳の量”, 明治 HP (2004), (online) available
< http://qa.meiji.co.jp/faq/show/1532?site_domain=default > (accessed on 2021-1-20)

- 厚生労働省: “平成 30 年 国民健康・栄養調査報告”, (2020), (online) available from
< <https://www.mhlw.go.jp/content/000681200.pdf> > (accessed on 2021-1-20)
- 小林智之, 加藤義明, 二階堂英行, 齊藤誠一, 名倉明夫, 齋藤裕史, 三好博子, 雨宮潤子, 村松康行, 大野剛: “野菜類における放射性セシウムの移行係数”, 福島県農業総合センター 研究報告 放射性物質対策特集号 (平成 25 年度), p.46–49 (2013).
- 小林美穂, 鈴木一好, 宮本進, 西村宏一, 小松正憲, 梅村恭子, 的場和弘, 木方展治: “東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の飛散を受けて実施した放牧試験牛の乳中放射能緊急調査報告”, 日本畜産学会報, 83(1), p.57–64 (2012).
- 産業技術総合研究所化学物質リスク管理研究センター: “暴露係数ハンドブック”, (2007), (online) available
< <https://unit.aist.go.jp/riss/crm/exposurefactors/> > (accessed on 2021-1-20)
- 式町秀明, 大宅由里, 加茂辰生, 千綿政信, 石橋明: “採卵鶏における軟便防止のための給水方法”, 九州農耕研究, 第 58 号 (1995).
- 関根純二郎, 大浦良三, 大久保正彦, 朝日田康司: “粗飼料の異なる飼養管理下における育成牛の水分摂取量”, 家畜の管理, 23(3) (1988).
- 田上恵子: “直接沈着及び経根吸収による放射性核種の植物への移行”, RADIOISOTOPES, 61(5), p.267–279 (2012).
- 田上恵子, 内田滋夫: “福島第一原子力発電所事故で放出された放射性物質を含む土壌の付着による植物葉からの放射性セシウム吸収について”, 放射化学, 28, p.1–8 (2013).
- 中川啓, 都築恵, 朝倉宏: “地方都市の児童公園における土壌の重金属濃度調査”, 土木学会論文集 G (環境), 68(3), p.189–194 (2012).
- 日本原子力研究開発機構: “平成 31/令和元年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費 (内部被ばく線量評価コードの開発に関する研究) 事業成果報告書”, (2020).
- 農林水産省: “食糧需給表 令和元年度”, (2020), (online) available from
< <https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/zyukyu/attach/pdf/index-9.pdf> > (accessed on 2021-1-20)
- 農業・食品産業技術総合研究機構: “日本飼養標準・肉用牛”, 中央畜産会 (2008).
- 農業・食品産業技術総合研究機構: “日本飼養標準・家禽”, 中央畜産会 (2011).
- 農業・食品産業技術総合研究機構: “日本飼養標準・豚”, 中央畜産会 (2013).
- 農業・食品産業技術総合研究機構: “日本飼養標準・乳牛”, 中央畜産会 (2017).
- 橋本健, 田野井慶太郎, 桜井健太, 飯本武, 野川憲夫, 桧垣正吾, 小坂尚樹, 高橋友継, 榎本百合子, 小野山一郎, 李俊佑, 眞鍋昇, 中西友子: “福島第一原子力発電所事故後の茨城県産牧草を給与した牛の乳における放射性核種濃度”, RADIOISOTOPES, 60(8), p.335–338 (2011).
- 福島県農業総合センター畜産研究所・養鶏分場: “放射性セシウムを含む飼料米を摂取し

- た肉用鶏（地鶏）における移行状態” (2012), (online) available
<<https://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H24/katiku/H24katiku011.html>>
(accessed on 2021-1-20)
- 福島県農業総合センター畜産研究所: “泌乳牛飼料へのゼオライト添加で放射性セシウムの生乳への移行を抑制できる”, (2013), (online) available
<<https://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H25/katiku/H25katiku009.html>>
(accessed on 2021-1-20)
- 福島県農業総合センター畜産研究所: “汚染牛にゼオライト投与しても放射性セシウムを排出促進することはできない”, (2014), (online) available
<<https://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H26/katiku/H26katiku007.html>>
(accessed on 2021-1-20)
- 藤原慶子: “東京電力福島第一原子力発電所事故により環境中に放出された放射性テルルによる内部被ばく線量の評価”, 京都大学, <https://doi.org/10.14989/doctor.k20067> (2016).
- 松井佳彦, 浅見真理, 広瀬明彦, 平田睦子, 西村哲治: “飲料水の水質リスク管理に関する統合的研究—寄与率分科会—”, 厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）分担研究報告書 (2009).
- 真辺健太郎, 遠藤章: “ICRP2007年勧告の組織加重係数等に基づく内部被ばく線量係数、濃度限度等の試算（受託研究）”, JAEA-Data/Code 2010-020 (2010).
- 宮野英喜, 佐藤茂次: “地鶏が放射性セシウムを摂取した時の体内蓄積”, 福島県農業総合センター研究報告 放射性物質対策特集号, p.110–112 (2014).
- 村上道夫, 竹田はつ美, 岡根谷実里, 小林幸男, 沖大幹: “行動記録による状況別飲料摂取形態の分類と動機”, 生産研究, 64(3), p.55–62 (2012).
- 文部科学省: “「暫定的考え方」の取りまとめに際し検討した内部被ばくに関する算定結果と根拠”, 第31回原子力安全委員会 資料第3-1 (2011), (online) available
<https://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/4000/3912/24/1305995_0512_1.pdf>
(accessed on 2021-1-20)
- 山下萌, 江口沙綾, 立石貴浩, 築城幹典: “イネ科牧草中放射性セシウム濃度の草種間差と経年変化”, 日草誌 62 (3), p.134–139 (2016).

5. 防護措置解析モデルの検討

5.1. 避難モデルの検討

5.1.1. 避難モデルと避難データの概要

避難モデルは、避難中の移動経路を考慮した被ばく線量を計算する。それには、避難元から避難先までに通過するメッシュの位置情報（移動に伴い放射能濃度を取得するメッシュが変化するとそのメッシュでの滞在時間を考慮する必要がある。メッシュの滞在時間をそのメッシュを通過するのに要する時間と仮定すると、メッシュ内の移動距離と移動速度から滞在時間を求めることができる。そこで、メッシュ毎の移動距離はOSCAARのライブラリデータとして整備し、また、移動速度はOSCAARの入力パラメータで与えることとした。

図 5.1にライブラリデータである避難データの例を示す。避難データは、OSCAAR同心円メッシュ上のある距離番号における方位別の移動経路を、方位番号、距離番号、各メッシュでの移動距離で示したものである。

①の32は方位分割数、4は避難するにあたり通過するメッシュの同心円半径の数を示す。距離番号12にある出発メッシュは距離番号15にある避難先メッシュまで4つの同心円半径のメッシュに滞在することを示す。

②は滞在するメッシュの方位を、③は滞在するメッシュの距離番号を示す。②と③の組合せで滞在するメッシュの位置が決まる。また、四角で囲んだ同じカラムの縦方向が避難の進行方向を示しており、進行におけるメッシュ位置の変化が②と③で示される。例えば、距離番号12・方位番号1のメッシュを出発すると、距離番号13・方位番号1のメッシュ、距離番号14・方位番号1のメッシュの順に進み、距離番号15・方位番号1のメッシュに到着することを示している。

④は各メッシュにおける移動距離（単位km）であり、1行目は方位番号1～16、2行目は方位番号17～32について示したものである。例えば、距離番号12・方位番号1のメッシュを出発すると、距離番号12で5.5km、同13で40km、同14で40km、同15で40km（リスト内の塗りつぶし箇所）の距離を進むことを意味する。

図 5.1は一例であり、出発地点のメッシュから目的地点のメッシュに到達するまでのメッシュ数は様々である。そこで、本データは最大メッシュ数を包含するように作成することとした。既に目的地メッシュに到達している地点は、方位番号と距離番号を99とし、移動距離は0で示すことにする。各サイトにおいて、避難データは、避難を実施する距離番号の数だけ用意する必要がある。

また、移動速度に関するOSCAAR入力パラメータは、以下の3つである。

- ・ 基本とする避難速度（km/h）
- ・ 速度の倍率
- ・ 速度の倍率をセットする移動距離番号の数

メッシュ内の移動速度は「基本とする避難速度×速度の倍率」として取り扱う。速度の倍率は、移動に係るサイトからの直線距離のメッシュごとに設定できるので、移動距離によって速度が変化する状況を模擬できる。

移動時の被ばく線量は、滞在するメッシュでの被ばく線量に滞在時間を乗じて求める。例えば、移動時間1時間のうち、最初の0.6時間はメッシュX（被ばく線量 D_x ）に、残る0.4時間はメッシュXからの移動先であるメッシュY（被ばく線量 D_y ）に滞在するとした場合、被ばく線量 D は、 $D = 0.6 \times D_x + 0.4 \times D_y$ で評価される。

5.1.2. 避難データの整備

(1) 整備方法の概要

避難データの作成にあたり、避難する際の出発地点から避難先施設までの移動距離に関する情報が必要である。昨年度は、九州電力川内原子力発電所サイト周辺の地方自治体が最も詳細な情報を示していることが判明したため、同サイトを対象とした避難データの整備を試行的に実施した。その結果を踏まえ、今年度は川内原子力発電所以外のサイトを対象に避難データの整備を行った。

まず、対象となる全ての原子力発電所を対象に、立地道府県及びサイト周辺の地方自治体が示す地域防災計画（原子力災害対策編）、広域避難計画、住民に配布する防災パンフレット等の公開資料に基づき、地方自治体が想定する避難元施設（出発地）及び避難先施設（目的地）の整備状況を調査した。加えて、避難の途中に避難退域時検査が想定されることから、避難退域時検査場所の整備状況も調査した。情報の調査にあたり、地方自治体の指示に従い行動をとれる集団を対象とし、要配慮者などの異なる流れで避難を行う集団に係る情報は含めなかった。

これらの資料の現況に基づき、サイト毎の避難データの整備の可能性を検討した。表5.1.1にその結果を示す。○は整備可、△は条件付きで整備可、×は整備不可を示す。△の多くは、避難先施設が未定である市町村を含むことが原因である。そのため、避難経由所を避難先施設とする等の条件を設けることで、避難データを整備することにした。また、×については、避難先施設が決定しておらず、その代替となる施設も見つからなかったためである。これらのサイトについては、今回整備する対象サイト全ての情報から避難データを整備することにした。

まず、これらの調査結果から、サイトごとに、出発地、経由地、目的地と通過する順番で避難ルートに関する情報を一覧にした（以下、避難情報）。

出発地と目的地は、それぞれ避難元施設、避難先施設のことである。経由地は、立ち寄り施設及び避難退域時検査場所を指す。立ち寄り施設とは、出発してから避難するまでの間に立ち寄り、その場で避難先施設を割り振るための施設のことである。この施設を設置するかどうかは自治体次第で、その名称も「一次避難施設」（東通サイト：六ヶ所村）、「避難所受付ステーション」（女川サイト）、「避難経由所」（柏崎・刈羽サイト、

島根サイト等)と様々である。また、避難退域時検査場所については、避難計画に情報がない、あるいは候補地として掲載している自治体が多く見られたため、昨年度と本年度のデータ作成からは避難帯域時検査場所は含めなかった。ここでは、経由地が決まっていない場合、経由地の対象から外した。また、経由地は決まっているものの、目的地(避難先施設)が決まっていない場合、出発地から経由地までの移動として、避難情報を整理した。

次に、避難情報の対象となった全施設の経緯度を調査した。経緯度は、国土交通省ホームページの国土数値情報に示される避難施設データ(平成24年度)³を参照した。この避難施設データは、自然災害に対する避難施設の施設名と経緯度をまとめたものである。そのため、原子力災害で利用する一時集合施設あるいは避難先施設については、避難施設データに登録されていないことが多数あった。その場合、施設住所等の付随情報、グーグルストリートビューなどを利用してインターネット上の地図で施設位置を特定し、グーグルマップの機能を活用して経緯度情報を入手した。その一方で、施設位置を特定できなかった場合、その施設を含む避難ルートは避難情報の対象から外した。

このようにして整理した避難情報から、地理情報システム(GIS)を用いて避難データを整備した。まず、避難ルート毎に避難に係る施設情報を収納したShapefileを作成した。次に、このShapefileに基づき、GISソフトArcGISの拡張機能「Network Analyst」の交通網データ及びルート検索機能を用いて避難ルートを検出させ、その移動距離を取得した。避難ルートは次の条件で検索し、道路混雑時に移動時間が最短となるルートを採用した。

- ・ 一方通行規制を有効
- ・ 右左折禁止規制を有効
- ・ 自動車通行不可・未供用の道路を使用しない
- ・ 通行禁止規制を有効
- ・ 開通予定道路を使用しない

これらの条件で検索したルートは、昨年度に整備した川内サイトの時と同様、広域避難計画で示されるルートとほぼ一致することが確認できた。なお、施設によっては道路情報が取得できずルートが取得できないことがあり、その場合は対象外とした。この方法により、サイト毎に数は異なるが、それぞれ170~1706の避難ルートに対する移動距離の情報を取得した。これとは別に求めた各施設のサイト中心からの直線距離から各施設が属するメッシュの距離番号を同定した。

出発地メッシュから目的地メッシュまでの避難ルートに対する移動距離を整理した結果について、東通サイトを例に表 5.1.2 に示す。

避難元施設が位置する出発地メッシュの距離番号と、避難先施設が位置する目的地メッシュの距離番号との関係を整理し、両者を結ぶ避難ルートの組み合わせの数を度数で

³ <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P20.html>

示した。これを見ると、出発地メッシュの距離番号が同じでも、目的地メッシュの距離番号は異なる場合がある(No.5-7、No.8-10、No.11-12、No.13-15、No.16-18、No.19-21)。これは、ある一つの出発地メッシュ内に複数の施設が存在するが、これらの施設に対する避難先施設が別々であり、目的地メッシュも異なるためである。

「(A)平均移動距離」は、ルート毎の移動距離の平均値である。出発地メッシュ及び避難先メッシュの距離番号が同一でも、複数の施設が存在するため、避難元施設から避難先施設までのルートは様々で移動距離も異なるため、ここではその平均値とした。また、「(B)参考直線距離」は、出発地メッシュの中心から目的地メッシュの中心までの直線距離である。(A)と(B)のイメージを図 5.2に示す。そして、出発から到着までに通った距離(A)が半径方向の直線距離(B)の何倍になるかを求めた値 $((A)/(B))$ を各メッシュの直線距離に乗じることで、各メッシュ内での移動距離とした。

ここでは、同一の出発地メッシュの距離番号に対し、度数が最大となった目的地メッシュの距離番号を選択することにした。同一の度数のみが複数あった場合、(A)平均移動距離と(B)参考直線距離はそれらの平均値とし、また、目的地メッシュの距離番号は、外側に隣接する出発地メッシュの距離番号に対する目的地メッシュの距離番号と同一とした。また、サイト近傍の居住者は少ないため、広域避難計画等から情報を得た集合場所として、この領域内の施設はなかった。しかし、OSCAAR ではこの領域も被ばく線量評価の対象領域としているため、情報が得られない出発地メッシュについては、それ以遠の隣接する距離番号で得られた情報(具体的には、(A)/(B)と避難先メッシュの距離番号)を適用した。

(2) サイト毎の移動距離に関する情報

表 5.1.2 と同様、サイト毎に整理した結果を示す。太字箇所は、出発地メッシュの距離番号毎に採用したデータである。

(3) 避難データの整備

(2) に示した避難ルートに対する移動距離と各施設が属するメッシュの距離番号に関する情報に基づき、サイト毎の避難データを整備した。避難データは、図 5.1に示した通り、出発地メッシュと目的地メッシュ、その間に通過するメッシュの情報、メッシュ間の移動距離が収録されている。

避難データの整備にあたり、川内サイトでの試行と同様、目的地メッシュの方位は出発地メッシュの方位と同じとし、同一方向に避難するものとした。また、全ての方位に対し、出発地メッシュの距離番号が同じであれば、避難先メッシュの距離番号も同じとした。図 5.2にそのイメージを示す。出発地メッシュ(丸印)から避難先メッシュ(三角印)までの移動にあたり、出発地メッシュの距離番号と目的地メッシュの距離番号との対応関係は、方位によらず同じである。

また、メッシュ間の移動距離を設定するにあたり、出発地メッシュから目的地メッシュまでの参考直線距離 (B) に対する GIS ソフトで検索したルートの実際の移動距離 (A) の比 ((A)/(B)) を適用する。これをメッシュ間の直線距離に乗じることで、実際の移動距離と仮定した。東通サイトを例に表 5.1.2 に示す。

以上を踏まえて、対象サイトの避難データを作成した。避難を実施する出発地メッシュの同心円半径番号1~13について、同心円半径番号別のファイルを作成した。例えば、東通サイトの避難データは 13 個のファイルで構成される。図 5.3 に距離番号 12 に対するデータを示す。


```

* INFORMATION FOR EVACUATION
* DIRECTION NUMBER, MOVE MESH NUMBER
32 5
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32
12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
5.8E+00 5.8E+00
4.6E+01 4.6E+01
4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01
4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01 4.6E+01
8.0E+01 8.0E+01
8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01 8.0E+01

```

図 5.3 整備した避難データの例（東通サイト、距離番号12）

表 5.1.1 サイト毎の避難データの整備可否の検討結果

サイト名	データ整備の可否	備考
泊	△	一時滞在場所を避難先と仮定。また仁木町の一時集合場所は自然災害用の指定避難所/避難場所を仮定。
東通	○	各市町村の避難計画を適用。
女川	△	陸路のみ対象（空路、航路は対象外とした）。
福島第一 福島第二	×	多くの自治体で一時集合場所が不明。避難に関する情報が得られない自治体あり。
東海第二	×	広域避難を計画中の自治体が多い。情報を得られない自治体あり。
柏崎・刈羽	△	避難先施設未定の市町村については、避難経路所を避難先と仮定。
浜岡	×	避難先の市町村名は決まっているが、具体的な一時集合場所、避難先（もしくは経路地）の施設名が不明な自治体が多い。
志賀	×	多くの自治体で一時集合場所が明示されていない。
敦賀	△	一時集合場所が不明な自治体は、自然災害時の避難場所等を仮定。関西広域連合の広域避難計画に含まれる自治体はその情報を適用。
美浜	△	同上
大飯	△	京都府京都市：市指定避難所一覧から地域名を含む住所の施設を避難先施設と仮定。関西広域連合の広域避難計画に含まれる自治体はその情報を適用。
高浜	○	関西広域連合による広域避難計画を適用。
島根	△	避難経路所を避難先と仮定。
伊方	△	陸路と航路が計画されている場合、陸路を対象 <ul style="list-style-type: none"> ・ 愛媛県伊方町：各地区集合場所→一時集結所→避難経路所を対象 ・ 西予市：一時集結所→避難経路所を対象 ・ 宇和島市：三間町への避難 ・ 伊予市：避難先施設として、第1候補と第2候補の2種類ある。ここでは、第1候補を対象と仮定 ・ 山口県上関町（対象地区が島なので、除外）
玄海	△	平戸市については、一般災害向けの避難所を適用し、航路を要する島は対象外とした。
川内	整備済	—

表 5.1.2 評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離

No.	距離番号		度数	(A)平均移動距離 (km)	中心位置(km)		(B)参考直線距離 (km)	(A)/(B)	エリア区分
	出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			
1	4	14	1	86.9	3.5	50	46.5	1.9	PAZ
2	5	14	1	93.9	4.5	50	45.5	2.1	PAZ
3	5	15	1	104.0	4.5	70	65.5	1.6	PAZ
4	6	14	2	84.5	5.5	50	44.5	1.9	UPZ
5	8	14	2	92.4	9	50	41	2.3	
6	8	15	28	87.9	9	70	61	1.4	UPZ
7	8	16	6	135.2	9	90	81	1.7	
8	9	14	1	93.9	12.5	50	37.5	2.5	
9	9	15	11	98.2	12.5	70	57.5	1.7	UPZ
10	9	16	19	132.8	12.5	90	77.5	1.7	
11	10	15	338	105.2	17.5	70	52.5	2.0	UPZ
12	10	16	76	131.5	17.5	90	72.5	1.8	
13	11	13	15	19.4	22.5	30	7.5	2.6	
14	11	15	60	106.7	22.5	70	47.5	2.2	UPZ
15	11	16	258	135.5	22.5	90	67.5	2.0	
16	12	13	2	7.2	27.5	30	2.5	2.9	
17	12	15	1	116.3	27.5	70	42.5	2.7	UPZ
18	12	16	17	144.3	27.5	90	62.5	2.3	
19	13	13	3	5.1	30	30	0	-	UPZを含む
20	13	14	48	85.7	30	50	20	4.3	
21	13	16	10	149.1	30	90	60	2.5	

表 5.1.3 評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離 (泊)

No.	距離番号		度数	(A)平均 移動距離 (km)	中心位置(km)		(B)参考 直線距離 (km)	A/B	距離番号		倍率
	出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ	
1	2	15	2	107.7	1.5	70	68.5	1.6	1	15	1.6
2	3	14	4	74.6	2.5	50	47.5	1.6	2	15	1.6
3	3	15	6	110.3	2.5	70	67.5	1.6	3	15	1.6
4	4	14	10	72.0	3.5	50	46.5	1.5	4	14	1.5
5	4	15	4	111.3	3.5	70	66.5	1.7	5	14	1.6
6	5	14	6	72.7	4.5	50	45.5	1.6	6	14	1.6
7	5	15	1	112.4	4.5	70	65.5	1.7	7	14	1.6
8	6	14	6	70.5	5.5	50	44.5	1.6	8	14	1.6
9	6	15	2	99.2	5.5	70	64.5	1.5	9	14	1.6
10	7	14	42	68.2	7	50	43	1.6	10	14	1.8
11	7	15	20	101.4	7	70	63	1.6	11	15	2.7
12	8	14	26	65.3	9	50	41	1.6	12	15	2.0
13	8	15	3	112.4	9	70	61	1.8	13	15	2.8
14	9	14	30	61.4	12.5	50	37.5	1.6			
15	9	15	3	117.3	12.5	70	57.5	2.0			
16	10	14	28	58.3	17.5	50	32.5	1.8			
17	10	15	1	120.2	17.5	70	52.5	2.3			
18	11	13	10	21.3	22.5	30	7.5	2.8			
19	11	14	13	57.7	22.5	50	27.5	2.1			
20	11	15	36	129.8	22.5	70	47.5	2.7			
21	11	16	5	99.0	22.5	90	67.5	1.5			
22	12	13	3	16.0	27.5	30	2.5	6.4			
23	12	14	26	62.1	27.5	50	22.5	2.8			
24	12	15	179	86.4	27.5	70	42.5	2.0			
25	12	16	5	92.5	27.5	90	62.5	1.5			
26	13	13	2	4.3	30	30	0	-			
27	13	14	3	66.2	30	50	20	3.3			
28	13	15	64	111.9	30	70	40	2.8			

表 5.1.4 評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（東通）

No.	距離番号		度数	(A)平均 移動距離 (km)	中心位置(km)		(B)参考 直線距離 (km)	A/B	距離番号		倍 率
	出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ	
1	4	14	1	86.9	3.5	50	46.5	1.9	1	14	1.9
2	5	14	1	93.9	4.5	50	45.5	2.1	2	14	1.9
3	5	15	1	104.0	4.5	70	65.5	1.6	3	14	1.9
4	6	14	2	84.5	5.5	50	44.5	1.9	4	14	1.9
5	8	14	2	92.4	9	50	41	2.3	5	14	1.8
6	8	15	28	87.9	9	70	61	1.4	6	14	1.9
7	8	16	6	135.2	9	90	81	1.7	7	15	1.4
8	9	14	1	93.9	12.5	50	37.5	2.5	8	15	1.4
9	9	15	11	98.2	12.5	70	57.5	1.7	9	16	1.7
10	9	16	19	132.8	12.5	90	77.5	1.7	10	15	2.0
11	10	15	338	105.2	17.5	70	52.5	2.0	11	16	2.0
12	10	16	76	131.5	17.5	90	72.5	1.8	12	16	2.3
13	11	13	15	19.4	22.5	30	7.5	2.6	13	14	4.3
14	11	15	60	106.7	22.5	70	47.5	2.2			
15	11	16	258	135.5	22.5	90	67.5	2.0			
16	12	13	2	7.2	27.5	30	2.5	2.9			
17	12	15	1	116.3	27.5	70	42.5	2.7			
18	12	16	17	144.3	27.5	90	62.5	2.3			
19	13	13	3	5.1	30	30	0	-			
20	13	14	48	85.7	30	50	20	4.3			
21	13	16	10	149.1	30	90	60	2.5			

表 5.1.5 評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（女川）

No.	距離番号		度数	(A)平均 移動距離 (km)	中心位置(km)		(B)参考 直線距離 (km)	A/B	距離番号		倍 率
	出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ	
1	1	14	3	104.9	0.5	50	49.5	2.1	1	14	2.1
2	2	14	1	104.6	1.5	50	48.5	2.2	2	14	2.2
3	3	14	1	75.0	2.5	50	47.5	1.6	3	14	1.6
4	4	14	3	101.0	3.5	50	46.5	2.2	4	14	2.2
5	5	14	1	94.4	4.5	50	45.5	2.1	5	14	2.1
6	6	14	11	77.4	5.5	50	44.5	1.7	6	14	1.7
7	7	14	28	72.9	7	50	43	1.7	7	14	1.7
8	7	15	2	80.5	7	70	63	1.3	8	14	1.6
9	8	14	8	67.4	9	50	41	1.6	9	14	1.4
10	9	14	22	54.3	12.5	50	37.5	1.4	10	14	1.5
11	10	13	12	33.6	17.5	30	12.5	2.7	11	14	1.7
12	10	14	28	49.9	17.5	50	32.5	1.5	12	14	2.4
13	10	15	1	78.7	17.5	70	52.5	1.5	13	14	0.9
14	11	13	13	26.9	22.5	30	7.5	3.6			
15	11	14	25	47.7	22.5	50	27.5	1.7			
16	11	15	27	68.5	22.5	70	47.5	1.4			
17	11	16	3	93.7	22.5	90	67.5	1.4			
18	12	13	27	26.2	27.5	30	2.5	10.5			
19	12	14	37	53.9	27.5	50	22.5	2.4			
20	12	15	14	70.7	27.5	70	42.5	1.7			
21	12	16	3	103.9	27.5	90	62.5	1.7			
22	13	13	20	11.1	30	30	0	-			
23	13	14	93	17.2	30	50	20	0.9			
24	13	15	17	69.6	30	70	40	1.7			

表 5.1.6 評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（柏崎刈羽）

No.	距離番号		度数	(A)平均 移動距離 (km)	中心位置(km)		(B)参考 直線距離 (km)	A/B	距離番号		倍率
	出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ	
1	2	15	1	103.7	1.5	70	68.5	1.5	1	17	1.1
2	2	17	2	129.8	1.5	125	123.5	1.1	2	17	1.1
3	3	15	10	98.9	2.5	70	67.5	1.5	3	15	1.5
4	3	17	9	129.7	2.5	125	122.5	1.1	4	15	1.5
5	4	15	8	99.5	3.5	70	66.5	1.5	5	15	1.5
6	4	17	7	128.4	3.5	125	121.5	1.1	6	14	1.6
7	5	14	5	88.1	4.5	50	45.5	1.9	7	14	1.5
8	5	15	10	96.3	4.5	70	65.5	1.5	8	14	1.5
9	5	17	8	127.6	4.5	125	120.5	1.1	9	13	2.3
10	6	14	8	72.9	5.5	50	44.5	1.6	10	13	2.8
11	6	15	3	88.4	5.5	70	64.5	1.4	11	14	1.5
12	6	17	6	126.8	5.5	125	119.5	1.1	12	14	1.3
13	7	14	14	64.5	7	50	43	1.5	13	16	1.5
14	7	15	6	90.3	7	70	63	1.4			
15	7	17	5	128.5	7	125	118	1.1			
16	8	13	1	38.4	9	30	21	1.8			
17	8	14	31	62.0	9	50	41	1.5			
18	8	15	11	85.2	9	70	61	1.4			
19	8	17	9	129.3	9	125	116	1.1			
20	9	13	17	39.5	12.5	30	17.5	2.3			
21	9	14	4	48.8	12.5	50	37.5	1.3			
22	9	17	2	137.6	12.5	125	112.5	1.2			
23	10	13	23	35.2	17.5	30	12.5	2.8			
24	10	14	22	52.7	17.5	50	32.5	1.6			
25	10	17	8	119.1	17.5	125	107.5	1.1			
26	11	13	23	27.1	22.5	30	7.5	3.6			
27	11	14	30	40.4	22.5	50	27.5	1.5			
28	11	15	13	59.5	22.5	70	47.5	1.3			
29	12	13	27	14.3	27.5	30	2.5	5.7			
30	12	14	37	29.3	27.5	50	22.5	1.3			
31	12	15	5	58.7	27.5	70	42.5	1.4			
32	12	16	3	112.4	27.5	90	62.5	1.8			
33	12	17	13	109.3	27.5	125	97.5	1.1			
34	13	13	42	7.2	30	30	0	-			
35	13	14	9	25.6	30	50	20	1.3			
36	13	15	49	92.4	30	70	40	2.3			
37	13	16	1212	89.4	30	90	60	1.5			
38	13	17	13	109.4	30	125	95	1.2			

表 5.1.7 評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（敦賀）

No.	距離番号		度数	(A)平均 移動距離 (km)	中心位置(km)		(B)参考 直線距離 (km)	A/B	距離番号		倍 率
	出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ	
1	1	17	1	182.6	0.5	125	124.5	1.5	1	17	1.5
2	2	17	1	179.1	1.5	125	123.5	1.5	2	17	1.5
3	4	17	1	177.7	3.5	125	121.5	1.5	3	17	1.5
4	5	17	2	182.5	4.5	125	120.5	1.5	4	17	1.5
5	7	14	3	57.8	7	50	43	1.3	5	17	1.5
6	7	17	6	182.1	7	125	118	1.5	6	17	1.5
7	8	14	7	52.6	9	50	41	1.3	7	17	1.5
8	8	17	15	178.1	9	125	116	1.5	8	17	1.5
9	9	14	13	52.1	12.5	50	37.5	1.4	9	17	1.5
10	9	17	175	169.5	12.5	125	112.5	1.5	10	14	1.4
11	10	14	63	44.7	17.5	50	32.5	1.4	11	14	1.6
12	10	17	36	172.8	17.5	125	107.5	1.6	12	14	1.6
13	11	14	99	44.4	22.5	50	27.5	1.6	13	17	1.4
14	11	15	22	71.0	22.5	70	47.5	1.5	14	17	1.4
15	11	16	38	84.5	22.5	90	67.5	1.3			
16	11	17	6	135.7	22.5	125	102.5	1.3			
17	12	14	80	35.9	27.5	50	22.5	1.6			
18	12	15	22	55.7	27.5	70	42.5	1.3			
19	12	16	17	83.1	27.5	90	62.5	1.3			
20	12	17	5	161.8	27.5	125	97.5	1.7			
21	12	18	8	195.3	27.5	175	147.5	1.3			
22	13	14	42	27.4	30	50	20	1.4			
23	13	15	30	57.2	30	70	40	1.4			
24	13	16	5	101.2	30	90	60	1.7			
25	13	17	56	135.5	30	125	95	1.4			
26	13	18	5	182.9	30	175	145	1.3			
27	14	17	6	104.3	50	125	75	1.4			

表 5.1.8 評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（美浜）

No.	距離番号		度数	(A)平均 移動距離 (km)	中心位置(km)		(B)参考 直線距離 (km)	A/B	距離番号		倍 率
	出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ	
1	2	14	2	57.8	1.5	50	48.5	1.2	1	14	1.2
2	4	17	1	189.3	3.5	125	121.5	1.6	2	14	1.2
3	5	14	1	51.9	4.5	50	45.5	1.1	3	17	1.6
4	6	14	1	51.4	5.5	50	44.5	1.2	4	17	1.6
5	6	17	1	170.3	5.5	125	119.5	1.4	5	14	1.1
6	7	17	3	177.5	7	125	118	1.5	6	17	1.4
7	8	13	2	45.7	9	30	21	2.2	7	17	1.5
8	8	14	2	54.3	9	50	41	1.3	8	17	1.5
9	8	16	1	172.0	9	90	81	2.1	9	17	1.5
10	8	17	37	171.0	9	125	116	1.5	10	14	1.6
11	9	13	5	40.7	12.5	30	17.5	2.3	11	14	1.7
12	9	14	5	42.0	12.5	50	37.5	1.1	12	14	2.0
13	9	16	4	143.2	12.5	90	77.5	1.8	13	16	1.6
14	9	17	189	170.1	12.5	125	112.5	1.5	14	17	1.4
15	10	14	13	52.9	17.5	50	32.5	1.6			
16	10	16	7	126.8	17.5	90	72.5	1.7			
17	10	17	9	175.3	17.5	125	107.5	1.6			
18	11	14	32	48.0	22.5	50	27.5	1.7			
19	11	17	19	155.5	22.5	125	102.5	1.5			
20	11	18	1	220.9	22.5	175	152.5	1.4			
21	12	14	64	44.9	27.5	50	22.5	2.0			
22	12	15	2	68.2	27.5	70	42.5	1.6			
23	12	16	21	81.7	27.5	90	62.5	1.3			
24	12	17	42	167.8	27.5	125	97.5	1.7			
25	12	18	37	196.6	27.5	175	147.5	1.3			
26	13	14	67	39.8	30	50	20	2.0			
27	13	15	18	43.4	30	70	40	1.1			
28	13	16	85	93.2	30	90	60	1.6			
29	13	17	50	144.7	30	125	95	1.5			
30	13	18	12	192.5	30	175	145	1.3			
31	14	17	3	104.1	50	125	75	1.4			

表 5.1.9 評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（大飯）

No.	距離番号		度数	(A)平均 移動距離 (km)	中心位置(km)		(B)参考 直線距離 (km)	A/B	距離番号		倍率
	出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ	
1	2	16	4	136.4	1.5	90	88.5	1.5	1	16	1.5
2	3	16	4	136.1	2.5	90	87.5	1.6	2	16	1.5
3	7	15	6	110.8	7	70	63	1.8	3	16	1.6
4	7	16	18	152.6	7	90	83	1.8	4	16	1.8
5	7	17	2	177.9	7	125	118	1.5	5	16	1.8
6	8	16	6	139.6	9	90	81	1.7	6	16	1.8
7	8	17	67	184.0	9	125	116	1.6	7	16	1.8
8	9	15	32	128.2	12.5	70	57.5	2.2	8	17	1.6
9	9	16	40	145.9	12.5	90	77.5	1.9	9	16	1.9
10	9	17	13	194.5	12.5	125	112.5	1.7	10	16	1.8
11	10	14	1	112.4	17.5	50	32.5	3.5	11	16	2.2
12	10	15	1	131.9	17.5	70	52.5	2.5	12	18	1.5
13	10	16	20	132.2	17.5	90	72.5	1.8	13	16	2.0
14	10	17	8	197.6	17.5	125	107.5	1.8			
15	11	15	9	124.5	22.5	70	47.5	2.6			
16	11	16	44	145.9	22.5	90	67.5	2.2			
17	11	17	7	162.8	22.5	125	102.5	1.6			
18	11	18	19	215.3	22.5	175	152.5	1.4			
19	12	15	1	88.5	27.5	70	42.5	2.1			
20	12	16	13	109.3	27.5	90	62.5	1.7			
21	12	17	21	171.3	27.5	125	97.5	1.8			
22	12	18	40	219.3	27.5	175	147.5	1.5			
23	13	16	110	118.7	30	90	60	2.0			
24	13	17	15	159.4	30	125	95	1.7			
25	13	18	10	202.3	30	175	145	1.4			

表 5.1.10 評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離 (高浜)

No.	距離番号		度数	(A)平均 移動距離 (km)	中心位置(km)		(B)参考 直線距離 (km)	A/B	距離番号		倍率
	出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ	
1	4	15	1	97.4	3.5	70	66.5	1.5	1	15	1.5
2	5	16	6	124.5	4.5	90	85.5	1.5	2	15	1.5
3	6	15	8	120.3	5.5	70	64.5	1.9	3	15	1.5
4	6	16	2	127.2	5.5	90	84.5	1.5	4	15	1.5
5	7	15	3	107.8	7	70	63	1.7	5	16	1.5
6	7	16	2	135.5	7	90	83	1.6	6	15	1.9
7	8	15	4	111.2	9	70	61	1.8	7	15	1.7
8	8	16	5	125.6	9	90	81	1.6	8	17	1.7
9	8	17	2	200.2	9	125	116	1.7	9	18	1.3
10	9	15	12	122.1	12.5	70	57.5	2.1	10	16	1.7
11	9	16	17	141.1	12.5	90	77.5	1.8	11	16	2.4
12	9	17	4	169.1	12.5	125	112.5	1.5	12	16	2.3
13	9	18	57	218.6	12.5	175	162.5	1.3	13	16	2.3
14	10	15	16	148.5	17.5	70	52.5	2.8			
15	10	16	109	126.2	17.5	90	72.5	1.7			
16	10	17	19	165.9	17.5	125	107.5	1.5			
17	11	15	5	112.7	22.5	70	47.5	2.4			
18	11	16	95	162.1	22.5	90	67.5	2.4			
19	11	17	46	180.8	22.5	125	102.5	1.8			
20	12	15	32	133.3	27.5	70	42.5	3.1			
21	12	16	59	145.7	27.5	90	62.5	2.3			
22	12	17	48	162.7	27.5	125	97.5	1.7			
23	12	18	7	206.6	27.5	175	147.5	1.4			
24	13	14	2	122.1	30	50	20	6.1			
25	13	16	77	140.5	30	90	60	2.3			
26	13	17	17	154.5	30	125	95	1.6			

表 5.1.11 評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離 (島根)

No.	距離番号		度数	(A)平均 移動距離 (km)	中心位置(km)		(B)参考 直線距離 (km)	A/B	距離番号		倍率
	出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ	
1	2	14	2	72.7	1.5	50	48.5	1.5	1	14	1.5
2	3	14	7	75.2	2.5	50	47.5	1.6	2	14	1.5
3	5	14	2	75.0	4.5	50	45.5	1.6	3	14	1.6
4	6	15	6	86.6	5.5	70	64.5	1.3	4	14	1.6
5	7	14	1	69.4	7	50	43	1.6	5	14	1.6
6	7	15	6	86.6	7	70	63	1.4	6	15	1.3
7	7	16	1	186.8	7	90	83	2.3	7	15	1.4
8	7	17	2	137.7	7	125	118	1.2	8	17	1.5
9	8	13	2	46.3	9	30	21	2.2	9	17	1.5
10	8	15	3	77.2	9	70	61	1.3	10	13	1.6
11	8	16	8	125.9	9	90	81	1.6	11	17	1.2
12	8	17	15	172.7	9	125	116	1.5	12	17	1.7
13	9	13	10	24.0	12.5	30	17.5	1.4	13	17	1.8
14	9	15	1	128.4	12.5	70	57.5	2.2			
15	9	16	2	152.6	12.5	90	77.5	2.0			
16	9	17	25	173.4	12.5	125	112.5	1.5			
17	10	13	30	20.1	17.5	30	12.5	1.6			
18	10	14	16	34.1	17.5	50	32.5	1.1			
19	10	15	9	107.5	17.5	70	52.5	2.0			
20	10	16	1	138.6	17.5	90	72.5	1.9			
21	10	17	29	134.0	17.5	125	107.5	1.2			
22	11	13	21	20.3	22.5	30	7.5	2.7			
23	11	14	27	36.7	22.5	50	27.5	1.3			
24	11	15	23	70.1	22.5	70	47.5	1.5			
25	11	16	83	99.1	22.5	90	67.5	1.5			
26	11	17	198	127.8	22.5	125	102.5	1.2			
27	12	14	10	39.8	27.5	50	22.5	1.8			
28	12	15	59	60.6	27.5	70	42.5	1.4			
29	12	16	26	78.2	27.5	90	62.5	1.3			
30	12	17	169	170.3	27.5	125	97.5	1.7			
31	12	18	1	186.7	27.5	175	147.5	1.3			
32	13	13	2	7.6	30	30	0	-			
33	13	14	13	35.9	30	50	20	1.8			
34	13	15	76	58.9	30	70	40	1.5			
35	13	16	19	66.8	30	90	60	1.1			
36	13	17	132	173.2	30	125	95	1.8			
37	13	18	14	209.5	30	175	145	1.4			

表 5.1.12 評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（伊方）

No.	距離番号		度数	(A)平均 移動距離 (km)	中心位置(km)		(B)参考 直線距離 (km)	A/B	距離番号		倍率
	出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ	
1	2	14	5	75.1	1.5	50	48.5	1.5	1	14	1.5
2	3	14	5	74.6	2.5	50	47.5	1.6	2	14	1.5
3	4	14	7	75.1	3.5	50	46.5	1.6	3	14	1.6
4	5	14	2	78.2	4.5	50	45.5	1.7	4	14	1.6
5	6	14	3	75.2	5.5	50	44.5	1.7	5	14	1.7
6	7	14	4	83.9	7	50	43	2.0	6	14	1.7
7	8	14	11	79.4	9	50	41	1.9	7	14	2.0
8	9	14	31	80.7	12.5	50	37.5	2.2	8	14	1.9
9	10	13	25	27.2	17.5	30	12.5	2.2	9	13	2.2
10	10	14	9	92.4	17.5	50	32.5	2.8	10	14	2.2
11	10	15	4	78.4	17.5	70	52.5	1.5	11	14	2.6
12	11	13	1	28.0	22.5	30	7.5	3.7	12	13	5.8
13	11	14	39	70.6	22.5	50	27.5	2.6	13	14	5.4
14	11	15	8	85.0	22.5	70	47.5	1.8			
15	12	13	9	14.6	27.5	30	2.5	5.8			
16	12	14	4	75.5	27.5	50	22.5	3.4			
17	13	13	2	7.1	30	30	0	-			
18	13	14	1	108.0	30	50	20	5.4			

表 5.1.13 評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（玄海）

No.	距離番号		度数	(A)平均 移動距離 (km)	中心位置(km)		(B)参考 直線距離 (km)	A/B	距離番号		倍率
	出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ	
1	2	14	6	54.5	1.5	50	48.5	1.1	1	14	1.1
2	3	14	3	52.0	2.5	50	47.5	1.1	2	14	1.1
3	4	14	12	57.8	3.5	50	46.5	1.2	3	14	1.1
4	5	14	7	58.3	4.5	50	45.5	1.3	4	14	1.2
5	6	14	16	57.2	5.5	50	44.5	1.3	5	14	1.3
6	7	14	31	57.7	7.0	50	43.0	1.3	6	14	1.3
7	8	13	7	38.7	9.0	30	21.0	1.8	7	14	1.3
8	8	14	28	52.2	9.0	50	41.0	1.3	8	14	1.3
9	9	13	17	35.6	12.5	30	17.5	2.0	9	14	1.3
10	9	14	77	49.1	12.5	50	37.5	1.3	10	14	1.5
11	10	13	12	25.0	17.5	30	12.5	2.0	11	14	1.8
12	10	14	72	48.8	17.5	50	32.5	1.5	12	14	1.6
13	10	15	18	64.6	17.5	70	52.5	1.2	13	14	1.6
14	11	13	37	19.8	22.5	30	7.5	2.6			
15	11	14	76	48.8	22.5	50	27.5	1.8			
16	11	15	31	68.4	22.5	70	47.5	1.4			
17	12	13	64	16.0	27.5	30	2.5	6.4			
18	12	14	95	36.9	27.5	50	22.5	1.6			
19	12	15	23	54.9	27.5	70	42.5	1.3			
20	13	13	49	20.8	30.0	30	0.0	-			
21	13	14	169	31.7	30.0	50	20.0	1.6			
22	13	15	19	45.8	30.0	70	40.0	1.1			

表 5.1.14 評価メッシュに基づく避難ルートから導出した移動距離（その他のサイト）

（サイト避難情報が不足しているため、共通で用いる避難情報）

No.	距離番号		度数	(A)平均 移動距離 (km)	中心位置(km)		(B)参考 直線距離 (km)	A/B	距離番号		倍率
	出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ			出発地 メッシュ	目的地 メッシュ	
1	1	14	3	104.9	0.5	50	49.5	2.1	1	14	2.1
2	1	17	1	182.6	0.5	125	124.5	1.5	2	14	1.4
3	2	14	17	66.1	1.5	50	48.5	1.4	3	14	1.5
4	2	15	3	106.4	1.5	70	68.5	1.6	4	14	1.5
5	2	16	4	136.4	1.5	90	88.5	1.5	5	14	1.6
6	2	17	3	146.2	1.5	125	123.5	1.2	6	14	1.5
7	3	14	22	70.3	2.5	50	47.5	1.5	7	14	1.5
8	3	15	16	103.2	2.5	70	67.5	1.5	8	14	1.6
9	3	16	4	136.1	2.5	90	87.5	1.6	9	17	1.5
10	3	17	9	129.7	2.5	125	122.5	1.1	10	15	1.9
11	4	14	35	69.7	3.5	50	46.5	1.5	11	16	1.9
12	4	15	13	103.0	3.5	70	66.5	1.5	12	14	1.9
13	4	17	9	140.7	3.5	125	121.5	1.2	13	16	1.6
14	5	14	29	70.8	4.5	50	45.5	1.6			
15	5	15	12	98.3	4.5	70	65.5	1.5			
16	5	16	6	124.5	4.5	90	85.5	1.5			
17	5	17	10	138.6	4.5	125	120.5	1.2			
18	6	14	58	66.1	5.5	50	44.5	1.5			
19	6	15	19	102.4	5.5	70	64.5	1.6			
20	6	16	2	127.2	5.5	90	84.5	1.5			
21	6	17	7	133.0	5.5	125	119.5	1.1			
22	7	14	134	66.2	7	50	43	1.5			
23	7	15	43	98.6	7	70	63	1.6			
24	7	16	21	152.6	7	90	83	1.8			
25	7	17	18	161.1	7	125	118	1.4			
26	8	13	27	41.7	9	30	21	2.0			
27	8	14	184	64.2	9	50	41	1.6			
28	8	15	56	90.7	9	70	61	1.5			
29	8	16	26	132.9	9	90	81	1.6			
30	8	17	145	175.8	9	125	116	1.5			
31	9	13	59	36.6	12.5	30	17.5	2.1			
32	9	14	307	54.8	12.5	50	37.5	1.5			
33	9	15	98	108.8	12.5	70	57.5	1.9			
34	9	16	96	135.7	12.5	90	77.5	1.8			
35	9	17	408	170.6	12.5	125	112.5	1.5			
36	9	18	57	218.6	12.5	175	162.5	1.3			
37	10	13	117	27.9	17.5	30	12.5	2.2			
38	10	14	304	52.0	17.5	50	32.5	1.6			
39	10	15	443	101.2	17.5	70	52.5	1.9			
40	10	16	222	127.5	17.5	90	72.5	1.8			
41	10	17	109	159.3	17.5	125	107.5	1.5			
42	11	13	192	23.8	22.5	30	7.5	3.2			
43	11	14	394	48.7	22.5	50	27.5	1.8			
44	11	15	251	89.2	22.5	70	47.5	1.9			
45	11	16	526	131.1	22.5	90	67.5	1.9			
46	11	17	276	139.6	22.5	125	102.5	1.4			
47	11	18	20	215.6	22.5	175	152.5	1.4			
48	12	13	212	18.6	27.5	30	2.5	7.5			
49	12	14	448	42.1	27.5	50	22.5	1.9			
50	12	15	357	80.0	27.5	70	42.5	1.9			
51	12	16	164	114.3	27.5	90	62.5	1.8			
52	12	17	298	166.0	27.5	125	97.5	1.7			
53	12	18	93	206.9	27.5	175	147.5	1.4			

54	13	13	147	11.8	30	30	0	-
55	13	14	499	36.1	30	50	20	1.8
56	13	15	297	75.1	30	70	40	1.9
57	13	16	1518	94.5	30	90	60	1.6
58	13	17	283	155.9	30	125	95	1.6
59	13	18	41	199.5	30	175	145	1.4

表 5.1.15 出発地メッシュの距離番号に対するメッシュ毎の移動距離

同心円半径番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
放出点－メッシュ中心点の距離 (km)	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	7	9	12.5	17.5	22.5	27.5	30	50	70	90	
出発地メッシュの距離番号	直線距離 (km)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	2.0	3.5	5.0	5.0	5.0	2.5	20.0	20.0	20.0	35.0
	倍率																
1	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.9	3.8	6.7	9.5	9.5	9.5	4.8	38	38	38	66.5	
2	1.9	-	1.9	1.9	1.9	2.9	3.8	6.7	9.5	9.5	9.5	4.8	38	38	38	66.5	
3	1.9	-	-	1.9	1.9	2.9	3.8	6.7	9.5	9.5	9.5	4.8	38	38	38	66.5	
4	1.9	-	-	-	1.9	2.9	3.8	6.7	9.5	9.5	9.5	4.8	38	38	38	66.5	
5	1.8	-	-	-	-	1.8	2.7	3.6	6.3	9.0	9.0	4.5	36	36	36	63.0	
6	1.9	-	-	-	-	-	2.9	3.8	6.7	9.5	9.5	4.8	38	38	38	66.5	
7	1.4	-	-	-	-	-	-	2.8	4.9	7.0	7.0	3.5	28	28	28	49.0	
8	1.4	-	-	-	-	-	-	-	4.9	7.0	7.0	3.5	28	28	28	49.0	
9	1.7	-	-	-	-	-	-	-	-	8.5	8.5	4.3	34	34	34	59.5	
10	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.0	5.0	40	40	40	70.0	
11	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.0	5.0	40	40	70.0	
12	2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.8	46	46	80.5	
13	4.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86	86	-	

5.2. 除染モデルの検討

除染は、放射性物質で汚染された地域に住む一般市民の被ばく線量を減らすための防護措置の1つである。一般に、除染の有効性は、表面汚染密度または表面の放射線量率の低下から評価される除染係数（Decontamination Factor: DF）によって評価される。ただし、DFは除染された汚染面の線量あるいは汚染密度の減少率を表すため、被ばく線量評価にDFを直接使用することはできない。除染の影響を考慮した居住者の線量評価を迅速に行う場合、除染前後の家屋内の線量率や被ばく線量の変化から評価される線量低減係数（Dose Reduction Factor: DRF）が必要となる。

ここでは、福島第一原子力発電所（FDNPP）事故後に、原子力機構が独自に行ってきた研究成果（Takahara et al., 2021）をもとに、FDNPP事故後の経験に基づいたDF及びDRFがどのように評価されているかについて記述する。

5.2.1. 除染係数

DRFを評価するためには、第一にDFが必要となるため、FDNPP事故後に行われた除染事業等の成果報告をもとにDFを設定した。対象とした報告は、浪江町で平成27年度に実施された除染工事に関する報告書とJAEAによる除染モデル実証事業の2件とした。

浪江町の報告書では、浪江町で実施された住宅、学校、大型施設、森林等の除染作業に関して、除染方法、除染前後における除染面の空間線量率や表面汚染密度の違い工事費等がまとめられている。JAEAによる除染モデル実証事業では、避難区域内11市町村⁴の住宅地、公共施設、森林などで、除染技術の適用性、除染廃棄物の管理、作業員の安全確保策など広域環境除染に関する試験が行われた（JAEA, 2014）。

本稿で採用した住宅のDFの概要を表5.2.1に示す。家屋の屋根は、ナイロンブラシを使用した水なしのスクラビングによる除染とし、DFの算術平均はそれぞれ0.88と0.60であった。地表面に堆積した放射性核種は、表層土を剥がすことにより除去した。この手法による地表面のDFは0.18であった。また、道路などの舗装面には高圧ウォータージェット洗浄を採用した。この場合、この手法のDFは0.73であった。一般には、DFは沈着条件（つまり、乾性沈着または湿性沈着）に依存するが、表5.2.1の値は、FDNPP事故と同じ降雨による湿性沈着と考えられる。

除染方法の違いによる不確実さを考慮した解析を今後実施する必要がある。

⁴ 南相馬市、川俣町、浪江町、飯館村、田村市、葛尾村、富岡町、広野町、大熊町、楡葉町及び川内村の11市町村。

5.2.2. 被ばく低減係数

(1) 被ばく低減係数の計算方法

(a) 計算体系

線量低減係数を決定するための周辺線量当量率は、モンテカルロ法による粒子輸送シミュレーションコードPHITS (Sato, et al.,2018) を使用して、屋根や外壁を含む家の屋外表面、および家屋周囲の舗装された道路、未舗装の地表面からの寄与を考慮して計算した。PHITSによるシミュレーションでは、堆積した ^{134}Cs と ^{137}Cs の寄与を考慮して実行した。UNSCEARレポート (UNSCEAR, 2014) に基づいて、汚染が発生した時点における ^{134}Cs : ^{137}Cs の比率を1 : 1とした。放射性セシウム同位体は、家屋の中心から半径500m以内に均一に汚染されているものとした。単一家屋モデルと市街地モデルは、空気で満たされた半径1,000mの半球の中心に配置した。以前の研究 (Eckerman and Ryman,1993) によれば、地盤の厚さは1m、土壌密度は 1.6g cm^{-3} であると想定されており、本研究でも同一の設定とした。

家屋モデル

家屋は、典型的な日本の木造住宅を想定した作成されたモデル (Furuta and Takahashi, 2014) に基づいて、建築面積を福島県の木造家屋の平均値である $102\text{m}^2(12\text{m}\times 8.5\text{m})$ とした (総務省統計局, 2013) モデルを用いて計算した。家屋モデルの高さは6.7mで、窓面積は総壁面積の12%である。そのほかの家屋の構造は、Furutaらのモデルと相似形であるとした。日本の代表的な家屋の調査によると、日本の木造住宅の屋根は、タイル、スレート、金属の3種類の素材が多く使われている。モデルには最も多く使用されているスレート屋根を想定した (住宅緊急支援機構,2012)。せんい強化セメント板協会の報告 (せんい強化セメント板協会,2015) と日本国内規格 (JIS A 5430,2018) に基づいて、スレート屋根の密度は 1.5g/cm^3 、厚さは5mmとした。壁は内壁と外壁で構成される。外壁には、日本の多くの戸建て住宅で採用されている窯業系サイディング材(日本サッシ協会,2016)、内壁には石膏ボードを採用した (JSMA, 2016)。石膏ボードの密度と厚さは、それぞれ9.5mmと 0.7g/cm^3 とした (JISA 6901,2014)。窯業系サイディング材の場合は、メーカーカタログ調査及び聞き取りの結果、最も使用頻度が高い厚さ16mm、密度 1.1g/cm^3 と設定した。

単一家屋モデル

図 5.4に、郊外の住宅の除染を想定した単一住宅モデルの計算体系と家屋モデルの三次元の外観を示す。地表面の寄与は、エリアを次に示す4つのサブエリアに分割して計算した：(i) 5m四方のエリア (エリア1)、(ii) 10 m四方のエリア (エリア2)、(iii) 20mのエリア 正方形 (エリア3)、および (iv) 対象建屋から20mの正方形の外側 (エリア4)。

都市部モデル

都市部における家屋内及び外の線量率の関係は、家屋周辺に沈着した放射性核種の分布にも左右されると考えられる。したがって、単一家屋モデルによるDRFの評価結果を都市環境に使用することはできない。そのため、都市環境を模擬したDRFを評価するためのモデル（都市部モデル）を作成した。

都市部モデルでは、福島県福島市を対象として、住宅間の距離、住宅前の道路幅、建物と土地の比率などの地理情報をGoogle Mapを使用した調査をおこなった。福島市の人口は約28万人、面積は約760平方キロメートルである（福島市）。住民の約80%が1階または2階建ての木造住宅に住んでいる。福島市はFDNPPの北西に位置し、距離は約60kmである。FDNPP事故後、汚染が発生したものの、放射能濃度は避難場所と比べて比較的低かった。そのため、事故後も避難指示なしでこの街に住み続けることが可能であり、2018年まで除染が行われていた（福島市, 2018）。

図 5.5に、作成した都市モデルを示す。被ばく線量率を算出対象とする家屋は建屋1である。家屋の間の距離は5m、対象家屋（建屋1）の前の道路の幅は10mとした。隣接する住宅の数とその場所は、約40%の建物と土地の比率に基づいて決定した。2.2.2で説明したように、対象建屋と隣接する家屋に同じ家屋が並んでいるものとした。都市部モデルの外側では、理想的な平面は半径500mと設定した。

都市部モデルによるDRFの評価では、2種類の除染シナリオを想定した（表5.2.2）。シナリオNo.1では、対象家屋（図5.2.2の建屋1）とその庭（図5.2.2の地表1）に対してのみ除染が実施されることを想定している。シナリオNo.2は、シナリオNo.1の除染範囲に加えて、対象建屋周辺（図5.2.2の建物2～12、および地表2～4）に対しても除染が行われることを想定している。

(b) 初期沈着量

福島事故直後の2011年3月15日に放射性核種が放出され、大きな沈着イベントが発生した。DRFを評価するためには、屋根、壁及び地表面の初期沈着量を、沈着条件（つまり、乾性沈着または湿性沈着）を考慮して知る必要がある。Jones らは、(Jones et al, 2009) チェルノブイリ事故の経験に基づいて、化学形態と粒子サイズに対応した初期沈着量を報告している。Jonesらが示した地表面（土壌、舗装面）に対する壁、屋根の相対沈着量の平均値を表 5.2.3に示す。また、kaneyasu et al. (2012) によると、福島事故後に測定された¹³⁴Csと¹³⁷Csの放射能中央値（AMAD）はそれぞれ0.54及び0.53 μm と報告されている。そのため、本研究で使用する初期沈着量として、湿性沈着の条件下での粒子サイズが2 μm 未満の沈着量を採用した。屋根と壁についても湿性沈着条件を想定し、地表面に対して0.85と0.01の相対汚染密度を使用した（Jones et al., 2009; Yoshimura et al, 2014）。

(2) 被ばく低減係数の計算結果

(1) で述べた方法に従って、DRFは、以下の式で計算する。

$$DRF = \frac{\sum_i RD_{i,k} \cdot c_{i,1}}{\sum_i RD_{i,k} \cdot c_{i,0}} \quad (5.2.1)$$

ここで、

$RD_{i,k}$: 条件 k (乾性沈着あるいは湿性沈着) に対応する面に対する表面 i (屋根、壁、地表面エリア1,2,3) の相対的な初期沈着量

$c_{i,0}$: 除染前における表面 i から家屋内への線量寄与

$c_{i,1}$: 除染後における表面 i から家屋内への線量寄与

である。

DF及び $RD_{i,k}$ は、それぞれ表 5.2.1及び表 5.2.3に示した値を使用する。なお、 $c_{i,1}$ は、DFと $c_{i,0}$ を用いて $c_{i,1} = DF_i \cdot c_{i,0}$ によって計算される。

(a) 単一家屋モデルの計算結果

単一家屋モデルの計算体系を用いて家屋内での線量率の変化をもとにDRFを計算したところ、エリア1のみの除染した場合のDRFは0.84、エリア1及びエリア2の除染の場合のDRFは0.76、エリア1、2及び3を除染した場合のDRFは0.67となった。なお、これらの値は、1階と2階の平均値である。

(b) 都市部モデルの計算結果

都市部モデルを用いて、表 5.2.2のシナリオに従い除染をした場合にDRFがどのくらいになるかを計算した。表 5.2.4に都市部モデルによる計算結果を示す。なお、「対象住宅」と「その他の住宅」の構成要素は、それらの屋根と壁からの寄与の合計を意味する。この表に記載されているように、除染前は、建屋1の屋根、壁及び地表面1、他の家(建物2~12)、その他の地表面(地表面2~4)からの寄与は、それぞれ43%、13%及び15%であった。残りの29%は、都市部モデル外の地表面からの寄与によるものであった。建屋2~12からの寄与の内訳は、建屋2~4が2%~3%、建屋5~9が1%程度、建屋10~12が0.1%以下であった。

この表から、シナリオNo.1と2のDRFは、それぞれ0.84と0.75の値として導き出されました。シナリオNo.1では、家の表面(屋根と壁)と庭(地面1)の除染により、建屋1の内部の線量率が79%と21%減少していた。除染シナリオ2では、DRFの62%が、建屋1の屋根と壁および庭(地面1)を含む建屋1の除染に起因する。残りの38%の線量低減の内訳は、周囲の地表面(31%)、つまり地表面2~4と他の家屋(7%)の線量低減であった。

表 5.2.4に示した被ばく低減係数DRFの評価結果は、計算に関連するパラメータ(DF、初期沈着量)、および住宅モデルと市街地モデルに起因する不確実性が含まれていると考えられる。したがって、福島の場合のDRFの適切な値を調査するには、これらの不確実性を考慮してさらに検討する必要がある。

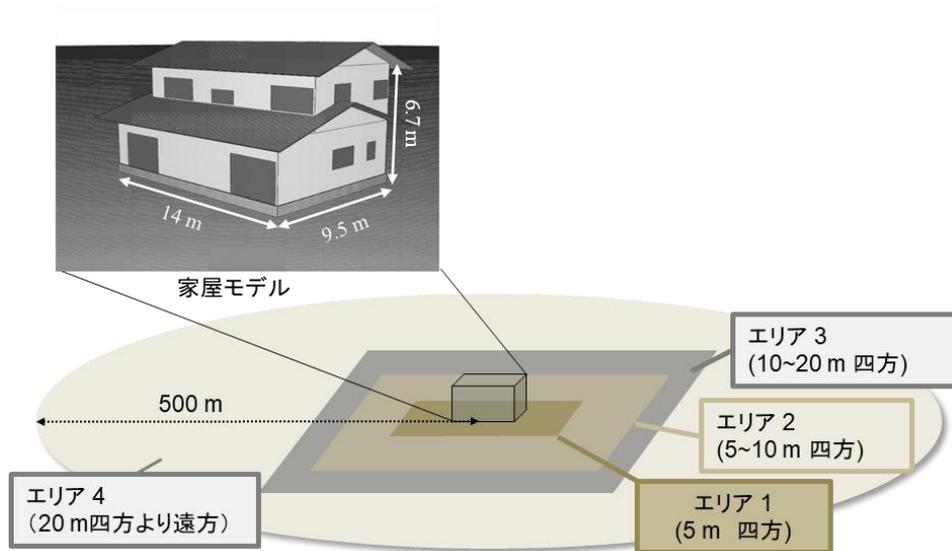


図 5.4 単一家屋モデルの計算体系

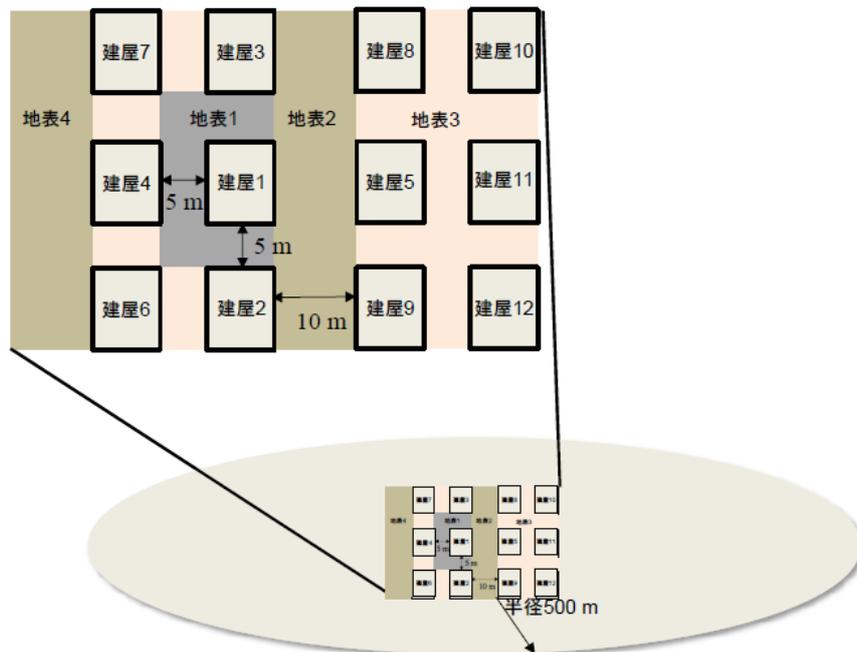


図 5.5 都市部モデルの計算体系

表 5.2.1 FDNPP事故後における線量評価に使用した除染係数 (DF).

除染面	除染方法	DF
屋根 ⁽¹⁾	乾いたナイロンブラシによる擦り取り	0.88
壁 ⁽¹⁾	乾いたナイロンブラシによる擦り取り	0.60
地表面 ⁽¹⁾⁽²⁾	表面土の剥ぎ取り	0.18
	高圧水ジェット洗浄 (20 MPa)	0.73

⁽¹⁾ 安藤ハザマほか(2015a)(2015b)(2015c).

⁽²⁾ JAEA(2014)

表 5.2.2 都市部モデルにおける除染シナリオ.

シナリオNo.	除染シナリオ
1	除染作業は、対象建屋(建屋1)とその周辺の地表面(地表1)のみ行われる。
2	除染作業は、建屋1、地表1に加えて、周辺のコミュニティ(建屋1~12及び地表1~4)でも除染が行われる。

表 5.2.3 地表面に対する相対沈着量 (Jones,A. et al., 2009)

		地表面に対する相対沈着量		
		元素状ヨウ素	AMAD < 2 μm	AMAD 2-5 μm
乾性 沈着	舗装面	0.2	0.3	0.7
	土壌	1.0	1.0	1.0
	屋根	1.5	0.7	4
	壁	0.14	0.05	0.1
湿性 沈着	舗装面及び	1.0	1.0	1.0
	土壌	1.0	1.0	1.0
	屋根	0.85	0.85	0.85
	外壁	0.01	0.01	0.01

表 5.2.4 都市部モデルを使用した除染前後の線量寄与の計算結果

構成要素 ⁽¹⁾	建屋1の内部への線量寄与 $c_{i,j}$, ($\mu\text{Sv/h}$)/(Bq/m^2)	
	除染前 $RD_{i,wet} \cdot c_{i,0}$ ⁽³⁾	除染後 $RD_{i,wet} \cdot c_{i,1}$ ⁽²⁾⁽³⁾
建屋1 ⁽¹⁾	1.94×10^{-6}	1.71×10^{-6}
建屋2~12 ⁽²⁾	8.94×10^{-7}	7.88×10^{-7}
地表面1	1.05×10^{-6}	1.87×10^{-7}
地表面2	5.73×10^{-7}	4.06×10^{-7}
地表面3	4.40×10^{-7}	7.86×10^{-8}
地表面4	5.90×10^{-8}	4.18×10^{-8}
都市部モデルの外側	2.02×10^{-6}	—

(1) 建屋1及び建屋2~12からの寄与は、それらの家屋の屋根と壁からの寄与を合計したものである。

(2) 除染後の寄与は、湿性沈着を仮定して計算した値である。

(3) ここに示した寄与は、1階及び2階での寄与の平均値である。

5.2の参考文献

- 安藤ハザマ・戸田建設・不動テトラ・浅沼組・岩田地崎建設 特定建設工事共同企業体,平成 27 年度 浪江町除染工事(その4)試験施工結果報告書 平成 27 年 9 月,2015a.
- 安藤ハザマ・戸田建設・不動テトラ・浅沼組・岩田地崎建設 特定建設工事共同企業体,平成 27 年度 浪江町除染工事(その4)試験施工結果報告書 平成 27 年 11 月,2015b.
- 安藤ハザマ・戸田建設・不動テトラ・浅沼組・岩田地崎建設 特定建設工事共同企業体,平成 27 年度 浪江町除染工事(その4)試験施工結果報告書 平成 27 年 12 月,2015c.
- 一般社団法人 日本サッシ協会.(2016):住宅用建材使用状況調査,平成 28 年 3 月.
- せんい強化セメント板協会,スレートボード. Available at: http://www.skckyoukai.org/overview/pdf/KA_e_03.pdf. Accessed 16 December 2020.
- 住宅金融支援機構,フラット35住宅仕様実態調査報告. Available at: https://www.jhf.go.jp/about/research/tech_flat35_siyou.html. Accessed 16 December 2020.
- 統計局,2013 住宅・土地統計調査(2015). Available at: <https://www.e-stat.go.jp/en/stat-search/files?page=1&toukei=00200522&tstat=000001063455>. Accessed 16 December 2020.
- 福島市:市勢概要,URL: <http://www.city.fukushima.fukushima.jp/soumuka-soumu/shise/goannai/shokai/2013020101.html>. Accessed 1 May 2021
- 福島市ふるさと除染実施計画(2018). Available at: <http://www.city.fukushima.fukushima.jp/josen-soumu/bosai/bosaikiki/shinsai/hoshano/josen/josenoshirase/documents/keikaku2-3.pdf>. Accessed 16 December 2020.
- Eckerman K. F. and J. C. Ryman (1993): External exposure to radionuclides in air, water, and soil. EPA-402-R-93-081.
- Furuta T. and F. Takahashi, Analyses of radiation shielding and dose reduction in buildings for γ -rays emitted from radioactive cesium in environment discharged by a nuclear accident, JAEA-Research 2014-003 (2014).
- MOE, Common Specification of decontamination work eds 12th (2019) Available at: https://www.env.go.jp/jishin/rmp/attach/josen-const_cs-h31-04.pdf. (in Japanese) Accessed 16 December 2020.
- JAEA, Remediation of contaminated areas in the aftermath of the accident at the Fukushima Daiichi nuclear power station: overview, analysis and lessons learned Part 1, JAEA-Review 2014-051 (2014).
- JIS A 5430: 2013, Fiber reinforced cement boards.
- JISA 6901:2014, Gypsum boards.

- Jones A. et al., Description of the Modelling of Transfer and Dose Calculations within ERMIN v1.0 and associated data libraries (all v1.0), EURANOS(CAT2)-TN(05)-04.
- JSMA, Survey on Building Materials of Residence (2016). (in Japanese)
- Kaneyasu N. et al., Sulfate Aerosol as a Potential Transport Medium of Radiocesium from the Fukushima Nuclear Accident, *Environ. Sci. Technol.* 2012, 46, 5720–5726.
- Takahara et al, Dose Reduction Factor of Decontamination for the Use in Dose Assessment after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, *Proceedings of 15th International Congress of Radiation Protection Association*, on-line, 18 Jan-5 Feb, 2021.
- Sato T., Y. Iwamoto, S. Hashimoto, T. Ogawa, T. Furuta, S. Abe, T. Kai, Pi-En Tsai, N. Matsuda, H. Iwase, N. Shigyo, L. Sihver and K. Niita, Features of Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) version 3.02, *J. Nucl. Sci. Technol.* 55(5-6), 684-690 (2018)
- UNSCEAR. UNSCEAR 2013 report, volume 1, report to the General Assembly. In: *Scientific Annex A: levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami*. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York: United Nations; 2014.
- Yoshimura K. et al., Distribution of ¹³⁷Cs on components in urban area four years after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, *J. Environ. Radioact.* 178–179, (2017) pp. 48–54.

5.3. 移転モデルの検討

移転は、放射性物質で汚染された地域に住む住民の被ばく線量を減らすための防護措置の1つであり、汚染されていない場所で生活することで放射線の被ばくをなくすことが可能な措置である。一方で、人々の移動を伴うため、輸送や住居確保等の実費に加えて、労働の途絶による逸失利益、多様な精神的ストレスのケア等、様々な費用が必要となる措置でもある。

ここでは、福島事故の経験をもとに、OSCAARの移転費用の算定モデルを改良するために、(i) OSCAARの費用算定モデルの概要を示し、(ii) 他のモデルとの比較のために米国EPAで用いられている費用算定モデルを調査した。また、東京電力によって公開された情報を（東京電力ホールディングスHP、2020）もとに、これらのモデルと福島事故での経験を比較して、(i) 及び (ii) に欠けている項目がないか分析して抽出するとともに、それらの項目を定量的に評価するためのモデルについても検討した。

5.3.1. OSCAARにおける移転の費用算定モデル

OSCAARの経済影響評価モジュール (ECONO) では、防護対策に関わる輸送コスト、経済損失、健康影響対策費等の種々のコストを見積もり、事故影響の経済的側面について評価を行う。ECONOには、英国国立放射線防護庁 (NRPB) の経済損失モデルCOCOや欧州共同体委員会 (CEC) の事故影響評価コードCOSYMAに用いられているUKNRPB法を参考にした評価モデルが実装されている。ECONOで算定可能なコストは大きく分けて、人の移動に関するコスト、食物制限に関するコスト、健康影響に関するコストの3つに分類され、人の移動に関するコストでは、生産損失、居住コスト、輸送コストおよび資本用役損失の4項目が評価される。OSCAARでは、人の移動を伴う防護対策として、屋内退避、避難、移転の3つが実装されており、実施する防護対策によって評価するコストが異なる。防護対策と評価コストの関係を表 5.3.2に示し、各評価コストの計算式を以下に示す。移転ではこれらすべてのコストが評価対象となる。

1) 生産損失

方位d、距離rの住民に対する生産活動の損失 CST_{Li} は、以下の式に従って評価する。1人当たりGDPは、OSCAARに実装されたライブラリから読み込んだ値を使用する。

$$CST_{Li}(d,r) = GDP(d,r) \times POP(d,r) \times TIME(d,r) \quad (5.3.1)$$

GDP：1人当たりGDP (円/人/年)

POP：移動人数 (人)

TIME：移動期間 (年)

2) 居住コスト

方位 d 、距離 r の住民に対する居住コスト CST_{AC} は、下式に基づいて計算する。居住費は、OSCAARに実装されたライブラリから読み込んだ値を使用する。また、移動元のメッシュの値とする。

$$CST_{AC}(d,r) = ACCM(d,r) \times POP(d,r) \times TIME(d,r) \quad (5.3.2)$$

ACCM: 居住費 (円/人/年)

POP: 移動人数 (人)

TIME: 移動期間 (年)

3) 輸送コスト

避難場所、移転場所へ人を移動する輸送コストは下式により評価する。移動距離ECDTRは評価メッシュによらず、入力データで与える一定値を用いる。

$$CST_{TR}(d,r) = COFTR \times POP(d,r) \times ECDTR \quad (5.3.3)$$

COFTR: 輸送費 (円/人/km)

POP: 移動人数 (人)

ECDTR: 移動距離 (km)

輸送費COFTRは、乗用車及びバスの輸送費と使用率から、次の式で求める。

$$COFTR = CARC \times CARR + BUSC \times BUSR \quad (5.3.4)$$

CARC: 乗用車による輸送費 (円/人/km)

CARR: 乗用車の使用率 (-)

BUSC: バスによる輸送費 (円/人/km)

BUSR: バスの使用率 (-)

4) 資本用役損失

移転により使用できなくなる資本の損失で、土地及び土地以外の資本価値について評価する。

- 土地の資本用役損失

土地の資本用役損失は、次式で計算する。土地の投資回収率は、入力データで与える

一定値を使用する。

$$CST_{LL}(d,r) = PLAND(d,r) \times SAREA(d,r) \times TIME(d,r) \times RINTR \quad (5.3.5)$$

PLAND：土地の資本価値 (円/m²)

SAREA：移転面積 (m²)

TIME：移転期間 (年)

RINTR：土地の投資回収率 (1/年)

- 土地以外の資本用役損失

土地以外の資本用役損失は、次の式で計算する。この式は、資本価値の算定式を簡略化したものである。減価償却率及び利子率は、入力データで与える一定値を使用する。利子率については、土地の資本用役損失算出式における土地の投資回収率と同じ値を用いる。

$$CST_{LC}(d,r) = GCF(d,r) \times POP(d,r) \times TIME(d,r) \times (1-DECRS) \times (DECRS+RINTR) \times 1年 \quad (5.3.6)$$

GCF：土地以外の資本価値 (円/人)

POP：移転人数 (人)

TIME：移転期間 (年)

DECRS：減価償却率 (1/年)

RINTR：利子率 (1/年)

なお、上式の簡略する前の算定式を以下に示す。

元の資本価値を k_0 (円)、減価償却率を d (年⁻¹)とすると、1年目の資本価値 k_1 (円)は

$$k_1 = k_0 \cdot (1-d) \cdot T_a \quad (5.3.7)$$

で表される。ここで、 T_a は減価償却の期間で、 $T_a = 1$ (年)である。

上式と同様に、2年目の資本価値 k_2 は次のように表される。

$$\begin{aligned} k_2 &= k_1 \cdot (1-d) \cdot T_a \\ &= k_0 \cdot [(1-d) \cdot T_a]^2 \end{aligned} \quad (5.3.8)$$

したがって、 n 年目の資本価値 k_n は

$$\begin{aligned}k_n &= k_{n-1} \cdot (1-d) \cdot T_a \\ &= k_0 \cdot [(1-d) \cdot T_a]^n\end{aligned}\tag{5.3.9}$$

となる。

一方、1年目の資本用役損失 D_1 (円)は次式で与えられる。 r は利子率(年⁻¹)である。

$$\begin{aligned}D_1 &= k_1 \cdot (d+r) \\ &= k_0 \cdot (1-d) \cdot T_a \cdot (d+r)\end{aligned}\tag{5.3.10}$$

同様に n 年目の資本用役損失 D_n は、

$$\begin{aligned}D_n &= k_n \cdot (d+r) \\ &= k_0 \cdot [(1-d) \cdot T_a]^n \cdot (d+r)\end{aligned}\tag{5.3.11}$$

したがって、1～ n 年までの資本用役損失 D は

$$\begin{aligned}D &= \sum D_i \\ &= k_0 \cdot (d+r) \cdot \left\{ (1-d) \cdot T_a + [(1-d) \cdot T_a]^2 + \cdots + [(1-d) \cdot T_a]^n \right\}\end{aligned}\tag{5.3.12}$$

ここで第3項を次のように近似する。

$$(1-d) \cdot T_a + [(1-d) \cdot T_a]^2 + \cdots + [(1-d) \cdot T_a]^n \approx n \cdot [(1-d) \cdot T_a]^2\tag{5.3.13}$$

これにより、資本用役損失 D は

$$D = k_0 \cdot (d+r) \cdot n \cdot [(1-d) \cdot T_a]^2\tag{5.3.14}$$

指数部のZは、0からn年間の代表的な期間を表すものとする。保守的にZ=1とした場合の式を、資本用役損失の基本算定式とする。

$$D = k_0 \cdot (d+r) \cdot n \cdot (1-d) \cdot T_a \quad (5.3.15)$$

k_0 : 土地以外の資本価値 (円)

=一人当たりの資本価値(円/人)× 移転人数(人)

n : 移転期間 (年)

d : 減価償却率 (1/年)

r : 利子率 (1/年)

T_a : =1 (年)

5.3.2. 福島事故に基づく移転費用の算定

(1) EPA モデル (EPA-520/1-89-015)

EPAモデル(Bunger, 1989)では、原子力事故等による放射能汚染地域から離脱することで被ばくを減らす、或いは避けるために実施される防護措置として、「避難」と「移転」をそれぞれ定義している。「避難」は即時かつ短期的な移動措置で、事故直後の強い被ばくに対する防護対策を指し、「移転」は中長期的な移動措置で、事故によって汚染された区域における慢性的な被ばくに対する防護対策を指す。EPAモデルでは「移転」で生じる費用について議論している。

汚染区域に居を構える世帯について、移転が必要と判断された制限区域内に居を構える世帯で生じる費用は、以下に示す10の要素からなる。

- A1. 新旧居住地間の移動費 (往復一回分)
- A2. 移転期間中における住居の使用不能損害
- A3. 汚染による財物価値の減少に対する金銭賠償
- A4. 移転先での追加生活サービス料
- A5. 移転期間中における旧居のセキュリティ・メンテナンスに係る費用
- A6. 除染費用
- A7. 精神的苦痛に対する損害賠償
- A8. 移転した世帯Aに生じる追加の交通費
- A9. 制限区域の周辺区域に住む世帯に生じる追加の交通費
- A10. 移転から帰還した世帯Aに生じる健康リスク (残留レベル由来) に対する金銭賠償

EPAモデルではこれら費用の内、A1、A2、A4、A5、A8、A9の6つを移転の直接費として計上し、算定手法を示している。

(2) 福島事故に基づく EPA モデルでの算定

本節では、EPAモデルを用いて福島事故における移転費用の一部を算定し、実際に生じた費用との比較を行う。算定を行うEPAモデルの費用項目として、移転期間中における住居の使用不能損害（費用A2）及び移転期間中における旧居のセキュリティ・メンテナンスに係る費用（費用A5）を用いることとし、EPAモデルによる算定費用と比較する賠償項目として、個人に係る賠償項目「建物」⁵を用いることとする。実際に支払われた金額には、平成30年の会計検査院の検査結果資料より（会計検査院、2018）、平成23年10月から平成29年9月末までの期間を対象に集計された、個人に係る損害項目「建築物」に対する審査結果金額（表 5.3.1）を用いる。

1) 1世帯当たりの移転費用の算定

移転期間中における住居の使用不能損害 A2 および移転期間中における旧居のセキュリティ・メンテナンスに係る費用 A5 について、1世帯1日当たりの費用を概算する。

● 移転期間中における住居の使用不能損害について（A2）

制限区域内を生活の本拠としていた世帯Aが、移転期間中に制限区域内の住居を使用することができないことに対する損害を指す。ここで、移転により世帯Aが失う消費者余剰は、移転期間中における住居の使用不能損害には寄与しないものとする。これは、制限区域とその隣接区域では、住民の退去や放射能汚染に伴う混乱等により、消費者余剰そのものが失われると想定するためである。ここで消費者余剰とは、学校や職場へのアクセス、地域住民との人間関係等、住居およびその地域から得られる無形資産を指す。

算定の基準となる住居の市場価値として、住宅金融支援機構による住宅ローン使用者のデータ集計結果（住宅金融支援機構、2012）より、福島県における平成23年の建売住宅平均購入価額2,458万円を使用する。EPAモデルでは、放射能汚染により住宅価値の20%、除染のコストとして住宅価値の5%、計25%が事故に伴う汚染により損失されると想定している。よって、事故後の住宅価値は

$$\begin{aligned} & \text{福島県における平成23年の建売住宅平均購入価額 (2,458.20万円)} \\ & \qquad \qquad \qquad \times 75\% (0.75) \\ = & \text{事故後の住宅価値 (1,843.65万円)} \end{aligned}$$

⁵ 避難指示期間中に生じた価値の減少分、避難指示期間中の経年に伴う価値減少分および管理不能に伴う価値減少の原状回復費用等（東京電力ホールディングス HP、2013）。

となる。住居の使用可能期間として木造住宅の法定耐用年数22年を想定すると、定額法償却率は0.046となる。よって、1年当たりの使用不能損害は

$$\begin{aligned} & \text{事故後の住宅価値 (1,843.65万円)} \\ & \quad \times \text{耐用年数22年の場合の定額法償却率 (0.046)} \\ & = \text{1年当たりの住居の使用不能損害 (84.8079万円)} \end{aligned}$$

となり、1日当たりでは凡そ2,324円となる。

● 移転期間中における住居のメンテナンス費用について (A5)

EPAモデルにおける費用A5は、メンテナンス費用とセキュリティ費用を合わせて計上するが、東京電力の資料ではセキュリティに関する直接的な項目が確認できないため、ここではメンテナンス費用のみを計上する。

EPAモデルでは空き家の管理・維持費用は通常生活時の2倍になると想定している。よって、移転期間中に生じる追加メンテナンス費用は、通常生活時のメンテナンス費用に基づいて算定される。住居のメンテナンス費用は、総務省統計局の運用する政府統計のポータルサイト「e-Stat」より引用する。e-Statでは、世帯構成、地域および支出関連項目別の家計消費状況が年ごとに集計・公表されている。その内の「住宅関係」の3つの支出項目、「家屋に関する設備費・工事費・修理費」、「給排水関係工事費」、「庭・植木の手入れ代」が住居のメンテナンス費用に当たるものと想定する。持ち家世帯は全て二人以上の世帯と仮定すると、平成29年の東北地方における1世帯1月当たりの住宅関係支出（総務省統計局、2018a）は、

$$\begin{aligned} & \text{家屋に関する設備費・工事費・修理費 (6,950円)} \\ & \quad + \text{給排水関係工事費 (2,451円)} \\ & \quad + \text{庭・植木の手入れ (417円)} \\ & = \text{1月当たりの住宅関係支出 (9,818円)} \end{aligned}$$

となり、1日当たりでは凡そ323円となる。

2) 移転世帯数および移転期間の算定

● 移転世帯数について

令和3年2月現在において適応されている11市町村に対する避難指示区域区分は、平成24年4月に開始された区域再編で定められたもの（平成25年8月終了）が用いられている。第4次航空機モニタリング（平成23年10月22日～11月5日）の測定結果から推定される年間積算線量に応じて、年間積算線量が20ミリシーベルトを以下になることが確認された区域は「避難指示解除準備区域」として、20ミリシーベルトを超える恐れがある区域は

「居住制限区域」として、50ミリシーベルトを超える恐れがある区域は「帰還困難区域」として、それぞれの避難指示区域が設定された。避難指示解除の要件は、「①空間線量率で推定された年間積算線量が20ミリシーベルト以下となることが確実であること、②電気、ガス、上下水道、主要交通網、通信等日常生活に必須なインフラや医療・介護・郵便等生活関連サービスが概ね復旧すること、子供の生活環境を中心とする除染作業が十分に進捗していること、③県、市町村、住民との十分な協議」とされており、令和3年2月現在までに、帰還困難区域を除く全ての避難指示解除準備区域と居住制限区域の避難指示が解除されている。今回の費用算定では、原子力被災者生活チームによって集計された平成25年8月8日時点における避難指示区域内の住民登録数（経済産業省、2013）を、移転世帯数として計上する。

● 移転期間について

避難指示解除後に元の居住区に戻るか否かの決定は、避難者個人の判断に委ねられる。また、避難指示解除後も、元の居住区に戻らずに避難先で避難生活を継続する場合は東京電力の資料では自主避難として、生活の本拠を他所に移した場合は移住として扱われるようになり、避難指示期間中の強制避難に対する賠償とは内容が変化する。そこで問題を簡素化する為、避難指示解除後の個々の世帯の動向に依らず指示解除日に全世帯が帰還するものと仮定し、発災（平成23年3月11日）から旧居住区域における避難指示解除日（平成29年9月末時点）までを「移転期間」として定義し算定する。

発災時点（平成23年3月11日）から会計検査院結果の集計期間（平成29年9月末時点）までにおける移転世帯数と移転期間を、避難指示区域区分別に表 5.3.3～表 5.3.5に示す。

3) 費用の算定と比較

全ての世帯で費用が発生すると仮定し、平成29年9月末時点における移転期間および移転世帯から移転費用A2+A5を算定した。東京電力の審査結果金額との比較結果を表 5.3.6に示す。

5.3.3. OSCAARへの福島事故に基づくモデルの取り込み

福島事故により生じた経済被害に対する東京電力の賠償項目は、東京電力HPにて公開されている（東京電力ホールディングスHP、2020）。本報告書では、避難指示区域（帰還困難区域、居住制限区域、避難指示解除準備区域）の住民個人を対象とした「個人さまへの賠償」および「財物に関わる賠償」を移転に関する費用として取り扱う。東京電力の資料に基づく主な賠償基準を表 5.3.7と表 5.3.8に示し、賠償項目の概要について以下に示す。

(1) 福島事故で東電が支払いを行った項目

① 避難生活等による精神的損害

ここでは、平成27年8月時点における賠償体系について述べる。原発事故により避難生活等を余儀なくされたことで、正常な生活環境の維持および継続が長期間にわたり阻害されたことによる精神的苦痛に対する賠償を指す。原発事故当時における避難指示区域内の住民を対象に1人当たり月額10万円を目安とし、避難指示解除準備区域・居住制限区域（大熊町・双葉町を除く）では、事故後6年に相当期間1年を加えた平成30年3月まで、帰還困難区域および大熊町・双葉町の避難指示解除準備区域・居住制限区域では、事故後6年の平成29年5月までが賠償対象期間になる。

② 移住を余儀なくされたことによる精神的損害

原発事故により長年住み慣れた住居および地域が見通しのつかない長期間にわたって帰還不能となり、移住を余儀なくされたことによる精神的苦痛等に対する賠償を指す。賠償金額は、①避難生活等による精神的損害の支払い状況との兼ね合いとなるが、帰還困難区域と大熊町・双葉町の住民を対象に、1人当たり700万円⁶が基準とされた。

③ 避難・帰宅等に係る費用

ここでは、平成27年8月時点における賠償体系について述べる。避難、帰宅、一時立ち入りや検査等に係る費用相当額に対する賠償を指す。平成24年6月時点までの東京電力への請求実績より一般的に想定される1人当たりの金額として、帰宅・転居費用として1回分5万円、一時立入にともなう移動費用として帰還困難区域では3ヶ月に1回、避難指示解除準備区域・居住制限区域では1ヶ月に1回で1回当たり5千円、同一世帯内での移動費用として1ヶ月に2回で1回当たり5千円、検査受診に伴う移動費用として1年に1回で1回当たり5千円、物品の検査費用として1回分1.7万円が、それぞれ目安とされた。平成24年9月時点の包括請求方式では、平成24年6月から指示解除見込み期間（標準期間）までに発生した費用を対象に、避難指示解除準備区域では1年分計25.2万円、居住制限区域では2年分計43.7万円、帰還困難区域では5年分計79.2万円が、1人当たりの費用となる。標準期間以降に発生した費用については、平成30年3月まで、避難指示解除準備区域・居住制限区域の基準で算定される。

④ 生命・身体的損害

原発事故に伴う避難等を余儀なくされたために生じた怪我や病気、持病の悪化等に対する賠償を指し、医療費や通院費、慰謝料等が含まれる。賠償額基準等は示されており

⁶ 平成24年6月1日から平成29年5月31日までを対象期間とした、包括請求方式による①避難生活等による精神的損害賠償600万円を受け取っている場合。

ず、個々の事情に応じて実費相当額が賠償される。

⑤ 家賃に係る費用

ここでは、平成27年8月時点における賠償体系について述べる。原発事故にともなう避難によって発生した家賃に係る費用相当額を対象とした賠償を指す。避難先で生じた家賃額（家賃補助額を控除）に対象期間（月数）を乗じた費用相当額が賠償される。賠償対象期間は、平成30年3月までを上限に、費用が発生した期間となる。

⑥ 就労不能損害

ここでは、平成26年2月時点における賠償体系について述べる。原発事故後の避難によって生じた給与等の減収分、通勤交通費の増加分、勤務先移転に伴う転居費用等に対する賠償を指す。事業者等に対する賠償は、営業・営農損害として別途扱われる。避難指示区域については、平成27年2月までが対象期間となる。事故時の収入等から減収額が個別に評価され、対象期間に応じた減収額が賠償される。

⑦ 早期帰還に伴う就労不能損害

避難指示解除後相当期間内に帰還した人を対象とした就労不能損害を指す。ここでの「帰還」とは、避難指示解除後に事故発生時点で住んでいた区域と同一市町村かつ避難指示解除日が同一である区域を生活の本拠とすることを指す。対象期間は帰還後に初めて損害が生じた月から12ヶ月間が上限となり、原発事故当時の収入等から減収額が個別に評価され、対象期間に応じた減収額が賠償される。

⑧ 早期帰還に伴う追加的費用

原発事故後長期に渡り避難指示が継続されてきた避難指示区域にて、指示解除後の早期（解除後1年以内）に帰還した住民が直面する生活上の不便に伴う追加的費用を対象とした賠償を指す。1人当たり90万円が賠償される。

⑨ 家財への損害

原発事故発生時点において避難指示区域内の住宅に所有されていた家財について、持ち出すことができず価値が喪失した家財に対する賠償、および管理不能等により既存した家財の原状回復費用を対象とした賠償を指す。原発事故発生時点における世帯構成から算定される定額賠償となっており、避難指示区域ごとに基準額が異なる。居住制限区域および避難指示解除準備区域では世帯基礎額として世帯当たり355万円、構成員加算額として大人1人当たり45万円、子供1人当たり30万円が加算される。帰還困難区域では世帯基礎額として世帯当たり475万円、構成員加算額として大人1人当たり60万円、子供1人当たり40万円が加算される。単身世帯の場合は、帰還困難区域で定額325万円、居住

制限区域および避難指示解除準備区域では定額245万円となる。帰還困難区域では他の指示区域と比べ立ち入りが大きく制限されていること等を考慮し、基準額が高めに設定されている。

⑩ 宅地・建物・借地権等への損害

ここでは、賠償基準の考え方について記述する。原発事故発生時点に避難指示区域内に存在していた宅地・建物・借地権を対象とした賠償を指す。宅地・借地権については避難指示期間中に生じた市場価値の減少分が、建物については避難指示期間中に生じた市場価値の減少分、避難指示期間中の経年にともなう財物価値の減少分、および管理不能にともなう財物価値の減少の原状回復費用が、それぞれ賠償される。賠償金額は時価相当額×持分割合×避難指示期間割合で算定される。避難指示期間割合は、事故発生時から避難指示の解除見込み時期までの月数を分子、事故後6年で全損すると仮定し72ヶ月を分母として算定した数値を上限1で用いる。避難指示解除見込み時期については、事前に決定が無い場合、居住制限区域は3年、避難指示解除準備区域は2年と定め、帰還困難区域では解除の見込みが立たないため、避難指示期間割合を1として時価相当額を全額賠償する。宅地の時価相当額は、固定資産税評価額×補正係数1.43で算定される。建物の時価相当額の算定手法は、固定資産税評価額に建物係数を乗じて算定する定型評価の他、個別評価や現地評価を選択できる。

⑪ 田畑への損害

避難指示区域内に存在する田畑について、避難指示期間中に生じた市場価値の減少分に対する賠償を指す。賠償金額は時価相当額×持分割合×避難指示期間割合+諸費用(1万円)で算定される。避難指示期間割合は、(10)にて上述した割合を使用。時価相当額の算定手法は課税地目によって異なるが、一般の田畑の場合は単位面積当たりの評価額単価×対象地の面積で算定される。

⑫ 宅地・田畑以外の土地への損害

避難指示区域内に存在する宅地・田畑以外の土地を準宅地、事業地、山林・原野等の土地に分類し、避難指示期間中に生じた市場価値の減少分に対する賠償を指す。賠償金額は時価相当額×持分割合×避難指示期間割合+諸費用(1万円)で算定される。避難指示期間割合は、(10)にて上述した割合を使用する。時価相当額は土地ごとの評価単価×対象地の面積で算定される。

⑬ 立木への損害

原発事故発生時点において、避難指示区域内の市場価値のある立木(販売が見込まれる立木)に対する賠償を指す。避難等に伴い商品としての市場価値がすべて失われたも

のとして、時価相当額×持分割合+諸費用（1万円）で算定される。

⑭ 自動車への損害

原発事故発生時に帰還困難区域内に存在し、放射線量の基準値の超過により帰還困難区域外へ持ち出しできない自動車の財物価値の喪失分と、帰還困難区域内にて長期間管理不能となり故障した自動車の修理費用に対する賠償を指す。賠償額の基準等は示されておらず、個別評価により合理的な金額の範囲内で賠償される。

⑮ 墓石（修理・移転）への損害

原発事故発生時点において、避難指示区域内に存在していた墓石等の修理もしくは移転に要した費用に対する賠償を指す。一つの墓地区画における墓石等の移転費用は上限を150万円として、墓石等の改葬に係る費用（墓石等購入費用、移転工事費用、宿泊交通費等含む）の実費+祭祀に係る費用10万円が賠償される。また、請求に関する諸費用として請求者1人当たり定額1万円が賠償される。

⑯ 住居確保費用（借家）

移住・帰還する先での新たな住居を確保する際における、礼金等の一時金相当額や新たな借家と従前の借家との家賃差額相当額（8年分）に対する賠償を指す。帰還または移住される先の住所に応じて賠償金の基準が異なる。避難指示区域であった地域を新たな生活の本拠とする場合（帰還）においては、事故発生時点と同等の家賃水準となることが見込まれる為、新旧借家間における家賃差額相当額は考慮されず、礼金等の一時金相当額として1人世帯の場合10万円（世帯人数が増えるごとに+1万円）が賠償される。避難指示区域外の地域を新たな生活の本拠とする場合（移住）においては、新たな借家と事故発生時点の借家との家賃差額相当額（8年分）および礼金等の一時金相当額として、1人世帯の場合162万円（世帯人数が増えるごとに+61万円）が賠償される。新旧借家間の家賃差額相当額（8年分）は、福島県都市部の借家の平均的な家賃と避難指示区域内の借家の平均的な家賃をもとに算定されたものである（内訳については不明）。

⑰ 住居確保費用（持ち家）

移住する際の住宅や宅地の購入費用や、帰還される際の建替え・修繕費用に対する賠償を指す。請求者の負担した実費が(10)宅地・建物・借地権の賠償金額を超過した場合の超過分について、賠償上限金額の範囲内で賠償される。

移転に係る賠償項目とOSCAARにおける移転コストとの対応を表 5.3.9に示す。

財物について、東京電力の賠償基準では対象毎に異なる算定式が用いられ、OSCAARでは対象を細分化せず資本として扱い費用を評価している。東京電力の賠償基準と

OSCAARでは異なる算定手法が用いられているが、損害対象自体は、OSCAAR現行モデルでも評価されていると考えられる。

個人についても、算定手法や対象に違いはあれど、就労不能損害や移動費用、居住に係る費用等はOSCAAR現行モデルで評価されていると考えられるが、精神的損害と早期帰還に係る費用については、OSCAAR現行モデルではいずれの移転コストにも当てはまらない。

表 5.3.1 「個人」に係る賠償の状況

(単位：億円)

避難前住所	審査結果金額計	主な内訳（損害項目）
浪江町	6623 (21.2)	①精神的損害(2056) ②建築物(1094) ③住居確保損害等(699) ④宅地(570) ⑤就労不能損害(560)
南相馬市	6036 (19.4)	①精神的損害(2209) ②就労不能損害(725) ③建築物(713) ④住居確保損害等(468) ⑤宅地(320)
富岡町	5039 (16.2)	①精神的損害(1667) ②建築物(851) ③住居確保損害等(507) ④宅地(483) ⑤就労不能損害(376)
大熊町	4203 (13.5)	①精神的損害(1727) ②建築物(616) ③住居確保損害等(363) ④就労不能損害(296) ⑤宅地(291)
双葉町	2550 (8.2)	①精神的損害(1030) ②建築物(365) ③住居確保損害等(268) ④就労不能損害(159) ⑤家財(151)
飯館村	2088 (6.7)	①精神的損害(585) ②住居確保損害等(396) ③建築物(389) ④家財(102) ⑤構築物・庭木(88)
楢葉町	2141 (6.8)	①精神的損害(671) ②住居確保損害等(364) ③建築物(314) ④就労不能損害(150) ⑤家財(131)
広野町	231 (0.7)	①精神的損害(98) ②就労不能損害(52) ③その他(17) ④立木(10) ⑤美費(10)
田村市	255 (0.8)	①精神的損害(108) ②就労不能損害(28) ③住居確保損害等(21) ④立木(16) ⑤建築物(13)
いわき市	200 (0.6)	①就労不能損害(84) ②精神的損害(38) ③建築物(16) ④宅地(14) ⑤その他(10)
10市町村計	2兆9371 (94.4)	/
その他	1724 (5.5)	
合計	3兆1096 (100)	

(引用：会計検査院平成30年報告「東京電力株式会社に係る原子力損害の賠償に関する国の支援等の実施状況に関する会計検査の結果について」の図表3-16)

表 5.3.2 防護対策と評価コストの関係

評価コスト	対策の種類		
	屋内退避	避難	移転
生産損失	○	○	○
居住コスト	-	○	○
輸送コスト	-	○	○
資本用役損失	-	-	○

○/-=計算対象である/計算対象ではない

表 5.3.3 帰還困難区域の移転世帯数と移転期間

	世帯数	解除日	期間(日)
富岡町	1725	未解除	2395
大熊町	3861	未解除	2395
双葉町	2361	未解除	2395
浪江町	1188	未解除	2395
葛尾村	35	未解除	2395
南相馬市	1	未解除	2395
飯館村	73	未解除	2395

表 5.3.4 居住制限区域の移転世帯数と移転期間

	世帯数	解除日	期間(日)
富岡町	3530	H29. 4.1	2213
川内村	18	H28. 6.14	1922
大熊町	126	H31. 4.10	2395
浪江町	3048	H31. 3.31	2395
葛尾村	22	H28. 6.12	1920
南相馬市	130	H28. 7.12	1950
川俣町	45	H29. 3.31	2212
飯館村	1528	H29. 3.31	2212

表 5.3.5 避難指示解除準備区域の移転世帯数と移転期間

	世帯数	解除日	期間(日)
檜葉町	2738	H27. 9.5	1639
川内村	134	H26. 10.1	1300
富岡町	471	H29. 4.1	2213
大熊町	12	H31. 4.10	2395
田村市	117	H26. 4.1	1117
葛尾村	412	H26. 6.12	1189
川俣町	313	H29. 3.31	2212
飯館村	200	H29. 3.31	2212
南相馬市	3762	H28. 7.12	1950
浪江町	3004	H29. 3.31	2212
双葉町	76	R2. 3.4	2395

表 5.3.6 賠償金と算定額の比較

	賠償金額 (億円)	算定金額 (億円)	賠償金/ 算定費用
浪江町	1094	444	2.46
南相馬市	713	201	3.54
富岡町	851	344	2.47
大熊町	616	253	2.43
双葉町	365	154	2.37
飯館村	389	106	3.67
檜葉町	314	119	2.64
田村市	13	3	4.33

表 5.3.7 個人に係る賠償項目

賠償項目	帰還困難区域	居住制限区域	避難指示解除準備区域
避難生活等による精神的損害	10万円/人/月×対象期間 ⁽¹⁾		
移住を余儀なくされたことによる精神的損害	700万円/人 ⁽²⁾		
避難・帰宅等に係る費用 ⁽³⁾	79.2万円×世帯人数	43.7万円×世帯人数	25.2万円×世帯人数
家賃に係る費用	2018年3月まで、家賃費用相当額		
生命・身体的	実費		
就労不能損害	平成27年2月まで、事故当時の収入に対する減収額および交通費増加額		
帰還に伴う就労不能損害		上限12か月、減収額および交通費増加額	
早期帰還に伴う追加的費用		90万円/人	

⁽¹⁾帰還困難区域は平成29年5月まで、避難指示解除準備区域・居住制限区域は平成29年3月まで。⁽²⁾包括請求方式による精神的損害賠償600万円を受け取っている場合。⁽³⁾平成25年6月時点における包括請求方式の賠償額を参照。

表 5.3.8 財物に係る賠償項目

賠償項目	帰還困難区域	居住制限区域	避難指示解除準備区域
家財 ⁽¹⁾	475万円/世帯+60万円/大人+40万円/子供	355万円/世帯+45万円/大人+30万円/子供	
宅地・建物・借地権等 ⁽²⁾	時価相当額×持分割合×避難指示期間割合		
田畑 ⁽³⁾	時価相当額 × 避難指示期間割合 × 持分割合 + 諸費用		
宅地・田畑以外の土地	時価相当額 × 避難指示期間割合 × 持分割合 + 諸費用		
自動車	合理的な範囲の金額		
墓石（修理・移転）	改葬、祭祀に係る費用：150万円/墓地区画，諸費用：1万円		
立木	時価相当額 × 持分割合 + 諸費用		
住居確保費用（借家）	元避難指示区域へ移住する場合 ⁽⁴⁾ ：10万円/世帯+1万円/人		
	避難指示区域外へ移住する場合 ⁽⁵⁾ ：162万円/世帯+61万円/人		
住居確保費用（持ち家）	実費負担額が「宅地・建物・借地権等」の賠償金額を超過した場合の超過分		

⁽¹⁾2人以上の世帯の場合。⁽²⁾時価相当額の評価法は試算によって異なる。⁽³⁾一般の田畑の場合。⁽⁴⁾入居時の一時金相当額。⁽⁵⁾入居時の一時金相当額および旧借家との家賃差額相当額（8年分）。

表 5.3.9 移転に係る賠償項目とOSCAARにおける移転コストの対応関係

賠償項目	既存のOSCAARにおける算定方法
避難生活等による精神的損害	考慮されていない。
移住を余儀なくされたことによる精神的損害	考慮されていない。
避難・帰宅等に係る費用	避難に係る費用については、輸送コスト(5.3.3)式に相当するものと考えられるが、以下の項目については、個別に取扱うモデルは既存のOSCAARには含まれていない：検査費用、一時立ち入り費用、世帯内移動費用
家賃に係る費用	居住コスト(5.3.2)式がこれに相当するものだと考えられる。
生命・身体的	考慮されていない。
就労不能損害	生産損失コスト(5.3.1)式に含まれているものと考えられるが、当項目を個別に取扱うモデルは既存のOSCAARには存在しない。
帰還に伴う就労不能損害	移転期間後に生じる費用について、既存のOSCAARでは考慮されていない。
早期帰還に伴う追加的費用	同上
家財	土地以外の資本用役損失(5.3.6)式に含まれているものと考えられるが、当項目を個別に取扱うモデルは既存のOSCAARには存在しない。
宅地・建物・借地権等	建物・借地権については土地以外の資本用役損失(5.3.6)式に、宅地については土地の資本用役損失(5.3.5)式に含まれているものと考えられるが、当項目を個別に算定するモデルは既存のOSCAARには存在しない。
田畑	土地の資本用役損失(5.3.5)式に含まれているものと考えられるが、当項目を個別に取扱うモデルは既存のOSCAARには存在しない。
宅地・田畑以外の土地	同上
自動車	土地以外の資本用役損失(5.3.6)式に含まれているものと考えられるが、当項目を個別に取扱うモデルは既存のOSCAARには存在しない。
墓石（修理・移転）	同上
立木	同上
住居確保費用	借家の場合については居住コスト(5.3.2)式に、持ち家の場合については土地以外の資本用役損失(5.3.6)式に含まれていると考えられるが、当項目を個別に取扱うモデルは既存のOSCAARには存在しない。

(2) 福島事故に基づく費用算定モデル

(1) において上述した東京電力の賠償項目及び賠償基準額の算定方法に基づき、対応する移転費用を以下の2つに分類することを試みた。なお、以下の括弧内の番号は、(1) における項目番号を示す。

A) 定額式算定費用 (①,②,③,⑧,⑨,⑯)

事故による損害を受けた個人・世帯・財物等を対象に、定額の基準に基づき、対象期間・世帯構成等に応じて算定される費用。

B) 個別式算定費用 (④,⑤,⑥,⑦,⑩,⑪,⑫,⑬,⑭,⑰)

事故による損害を受けた個人・世帯・財物等を対象に、実費、時価、減収額や対象期間等に応じて算定される費用。

本報告書では、定額式算定費用と個人に係る個別式算定費用（生命・身体的を除く）について、1人当たりの移転費用の定式化を行うことを検討する。なお、本報告書における定式化では、個々の事情に依存する費用については考慮しないものし、移転期間終了時点で全員が元の居住区へ帰還するものとする。

① 避難生活等による精神的損害

本費用に対応する東京電力の賠償項目①では、1人当たり月額10万円を基準に、避難指示区域で異なる対象期間（帰還困難区域では平成29年5月まで6年間、居住制限区域・避難指示解除準備区域では平成30年3月まで7年間）に応じて賠償金を算定している。OSCAAR検討モデルではこれに基づき、1人当たり年額120万円を基準に、移転期間が6年以上の場合は帰還困難区域に、移転期間が6年未満の場合は居住制限区域・避難指示解除準備区域にそれぞれ相当するとみなし、それぞれの対象期間に応じた費用を算定するモデルを検討する。

方位d、距離rの住民に対する費用CST₁を、以下の式に従って評価する。

$$CST_1(d, r) = \begin{cases} cst_1 \times 7 \times POP(d, r), & TIME(d, r) < 6 \\ cst_1 \times 6 \times POP(d, r), & TIME(d, r) \geq 6 \end{cases} \quad (5.3.16)$$

POP：移動人数（人）

TIME：移動期間（年）

算定基準額：

cst₁ = 月額10万円を目安とした1年分の賠償額（120万円/人/年）

② 移住を余儀なくされたことによる精神的損害

本費用に対応する東京電力の賠償項目②では、帰還困難区域に住んでいた住民のみを対象に賠償項目①の支払い状況に応じた賠償金額を算定している。OSCAAR検討モデルではこれに基づき、賠償項目①が期間分満額支払われた場合の賠償金額700万円を、移転期間が6年以上の住民に対して発生する費用として算定するモデルを検討する。

方位d、距離rの住民に対する費用CST₂を、以下の式に従って評価する。

$$CST_2(d, r) = \begin{cases} 0, & TIME(d, r) < 6 \\ cst_2 \times POP(d, r), & TIME(d, r) \geq 6 \end{cases} \quad (5.3.17)$$

POP：移動人数 (人)

TIME：移動期間 (年)

算定基準額：

$$cst_2 = \text{移住に対する賠償額 (700 万円/人)}$$

③ 避難・帰宅等に係る費用

本費用に対応する東京電力の賠償項目③では、東京電力の定めた基準額に基づいて、平成30年3月までの賠償対象期間中における移動に関する費用負担相当額を賠償金として算定している。また、帰還困難区域と他の避難指示区域では基準額の計上に用いる一時立入の頻度が異なる為、基準額も異なるものとなる。OSCAAR検討モデルではこれに基づき、移転期間を費用発生期間（上限7年）と定め、居住制限区域及び避難指示解除準備区域の頻度（1ヶ月に1回）で計上した基準額を用いて、期間内に生じる費用を算定するモデルを検討する。

方位d、距離rの住民に対する費用CST₃を、以下の式に従って評価する。

$$CST_3(d, r) = \begin{cases} (cst_{3,1} + cst_{3,2} \times TIME(d, r)) \times POP(d, r), & TIME(d, r) < 7 \\ (cst_{3,1} + cst_{3,2} \times 7) \times POP(d, r), & TIME(d, r) \geq 7 \end{cases} \quad (5.3.18)$$

POP：移動人数 (人)

TIME：移動期間 (年)

算定基準額：

$$\begin{aligned}
cst_{3,1} &= \text{避難または帰宅1回分の費用 (5 万円/人)} \\
&+ \text{物品の検査費用1回分 (1.7 万円/人)} \\
&= 6.7 \text{ 万円/人} \\
cst_{3,2} &= \text{月1回0.5万円を目安とした一時立入費用1年分 (6 万円/人/年)} \\
&+ \text{月2回1万円を目安とした同一世帯内移動費用1年分 (12 万円/人/年)} \\
&+ \text{年1回0.5万円を目安とした検査に伴う移動費用 (0.5 万円/人/年)} \\
&= 18.5 \text{ 万円/人/年}
\end{aligned}$$

⑤ 家賃に係る費用

本費用に対応する東京電力の賠償項目⑤では、平成30年3月までの賠償対象期間中における家賃負担相当額を賠償金として算定している。OSCAAR検討モデルではこれに基づき、移転期間を費用発生期間（上限7年）と定め、家賃を基準に費用を算定するモデルを検討する。なお、家賃補助については避難先の自治体の対応に依存する為、考慮しないものとする。

家賃をrent（万円/年/世帯）、持ち家率をrate（-）、世帯人員数をnpfamily（人/世帯）と置き、方位d、距離rの住民に対する費用CST₅を、以下の式に従って評価する。

$$CST_5(d,r) = \begin{cases} \frac{\text{rent} \times \text{rate} \times (\text{TIME}(d,r))}{\text{npfamily}} \times \text{POP}(d,r), & \text{TIME}(d,r) < 7 \\ \frac{\text{rent} \times \text{rate} \times 7}{\text{npfamily}} \times \text{POP}(d,r), & \text{TIME}(d,r) \geq 7 \end{cases} \quad (5.3.19)$$

POP：移動人数（人）

TIME：移動期間（年）

家賃rent（万円/年/世帯）、持ち家率rate（-）および世帯人員数npfamily（人/世帯）は、ユーザーが任意の統計データを使用できるように、入力パラメータとして実装することを検討する。データの一例として、総務省統計局の統計データから得られる値を以下に示す。

平成30年の全国平均（総務省統計局、2019）：

rent = 家賃の全国平均値（5.5695×12 万円/年）

rate = 持ち家率の全国平均値（0.612）

平成28年の全国平均（総務省統計局、2018b）：

np_{family} = 平均世帯人員数 (2.47 人/世帯)

⑥ 就労不能損害

本費用に対応する東京電力の賠償項目⑥では、対象期間中における減収額+追加交通費を賠償金として算定される。対象期間は、避難指示区域区分や避難期間に依存せず、平成27年2月までとなっている。OSCAAR検討モデルではこれに基づき、移転対象となった場合はその移転期間に依らず事故後4年を費用発生期間として用いて、減収額のみを就労不能損害として計上することとする。また、減収額は個々の状況（再就職による収入の有無、事故前の収入の有無など）に依存し、基準を定めるのは難しい。そこで、既存のOSCAARにて生産損失コストの算定に用いられる1人当たりGDPを移転前の収入の代わりに用いて、事故後4年間の収入は完全に無いものと想定して、費用を算定するモデルを検討する。

方位d、距離rの住民に対する費用 CST_6 を、以下の式に従って評価する。

$$CST_6(d,r) = 4 \times GDP(d,r) \times POP(d,r) \quad (5.3.20)$$

POP：移動人数 (人)

GDP：1人当たりGDP (円/人/年)

⑦ 早期帰還に伴う就労不能損害

本費用に対応する東京電力の賠償項目⑦は、避難指示解除後相当期間内（1年）の早期に帰還した個人を対象とした、帰還後1年間分の就労不能損害である。OSCAAR検討モデルではこれに基づき、移転期間が6年未満の場合は避難指示解除準備区域・居住制限区域に相当し帰還が可能であるとみなし、移転期間後は全世帯が帰還する保守的な場合を想定して、費用を算定するモデルを検討する。就労不能損害に係る減収額として、検討モデル⑥と同様1人当たりGDPを用いる。

方位d、距離rの住民に対する費用 CST_7 を、以下の式に従って評価する。

$$CST_7(d,r) = \begin{cases} GDP(d,r) \times POP(d,r), & TIME(d,r) < 6 \\ 0, & TIME(d,r) \geq 6 \end{cases} \quad (5.3.21)$$

POP：移動人数 (人)

TIME：移動期間 (年)

GDP：1人当たりGDP (円/人/年)

⑧ 早期帰還に伴う追加的費用

本費用に対応する東京電力の賠償項目⑧は、避難指示解除後相当期間内（1年）の早期に帰還した個人を対象とした、生活の不便さに伴う追加的費用である。OSCAAR検討モデルではこれに基づき、移転期間が6年未満の場合は避難指示解除準備区域・居住制限区域に相当し帰還が可能であるとみなし、移転期間後は全世帯が帰還する保守的な場合を想定して、費用を算定するモデルを検討する。

方位d、距離rの住民に対する費用CST₈を、以下の式に従って評価する。

$$CST_8(d, r) = \begin{cases} cst_8 \times POP(d, r), & TIME(d, r) < 6 \\ 0, & TIME(d, r) \geq 6 \end{cases} \quad (5.3.22)$$

POP：移動人数（人）

TIME：移動期間（年）

算定基準額：

$$cst_8 = \text{早期帰還に伴う追加的費用（90万円/人）}$$

⑨ 家財

本費用に対応する東京電力の賠償項目⑨は、世帯構成に応じて計上される体系となっており、「世帯基礎額+構成員加算額」で算定される。世帯基礎額は単身世帯と複数世帯で異なり、構成員加算額も構成員が大人か子供かで異なる。そして世帯基礎額・構成員加算額ともに、帰還困難区域と居住制限区域・避難指示解除準備区域では基準額が異なる等、他の賠償と比べやや複雑な基準となっている。また、OSCAARにおける人口データは人口そのものを取り扱うため、本費用を評価するにあたり新たに世帯構成に関する情報が必要となる。本報告書におけるOSCAAR検討モデルでは、我が国における世帯の過半数以上が複数世帯であることを考慮し、複数世帯における算定方法をもとに定式化を行うことを提案する。

1世帯当たりの大人数をnp_{adult}（人/世帯）、子供の数をnp_{child}（人/世帯）と置き、方位d、距離rの住民に対する費用CST₉を、以下の式に従って評価する。

$$CST_9(d, r) = \begin{cases} \frac{cst_{9,1} + np_{adult} \times cst_{9,2} + np_{child} \times cst_{9,3}}{np_{adult} + np_{child}} \times POP(d, r), & TIME(d, r) < 6 \\ \frac{cst_{9,4} + np_{adult} \times cst_{9,5} + np_{child} \times cst_{9,6}}{np_{adult} + np_{child}} \times POP(d, r), & TIME(d, r) \geq 6 \end{cases} \quad (5.3.23)$$

POP：移動人数 (人)

TIME：移動期間 (年)

算定基準額、居住制限区域・避難指示解除準備区域について：

- cst_{9,1} = 世帯基礎額 (355 万円/世帯)
- cst_{9,2} = 大人1名当たりの加算額 (45 万円/人)
- cst_{9,3} = 子供1名当たりの加算額 (30 万円/人)

算定基準額、帰還困難区域について：

- cst_{9,4} = 世帯基礎額 (475 万円/世帯)
- cst_{9,5} = 大人1名当たりの加算額 (60 万円/人)
- cst_{9,6} = 子供1名当たりの加算額 (40 万円/人)

1世帯当たりの大人の数 np_{adult} (人/世帯) と子供の数 np_{child} (人/世帯) は、ユーザーが任意の統計データを使用できるように、入力パラメータとして実装することを検討する。データの一例として、平成28年の統計データ (総務省統計局、2018c) から得られる値を以下に示す。

$$\begin{aligned} np_{child} &= \text{平均児童数 (0.39 人/世帯)} \\ np_{adult} &= \text{平均世帯人員数 (2.47 人/世帯)} - \text{平均児童数 (0.39 人/世帯)} \\ &= 2.08 \text{ 人/世帯} \end{aligned}$$

⑯ 住居確保費用 (借家)

本費用に対応する東京電力の賠償項目⑯は、世帯に対する賠償であり、帰還 (避難指示解除後に元避難指示区域へ移住) の場合は、単身世帯の10万円を基準に構成員が1人増えるごとに1万円が、移住 (避難指示区域外へ移住) の場合は、単身世帯の162万円を基準に構成員が1人増えるごとに61万円が、それぞれ賠償金として計上される。OSCAARの移転モデルにおける移転期間終了後の動向は帰還に相当するものと考えられるので、OSCAAR検討モデルでは帰還の基準額を用いて費用を算定するモデルを検討する。

世帯人員数を np_{family} (人/世帯) と置き、方位 d 、距離 r の住民に対する費用 CST_{16} を、以下の式に従って評価する。

$$CST_{16}(d, r) = \frac{cst_{16,1} + (np_{family} - 1) \times cst_{16,2}}{np_{family}} \times POP(d, r) \quad (5.3.24)$$

POP：移動人数 (人)

算定基準額：

- cst_{16,1} = 世帯基礎額 (10 万円/世帯)

$cst_{16,2}$ = 追加人員分の加算額 (1 万円/人)

世帯人員数 np_{family} (人/世帯) は、ユーザーが任意の統計データを使用できるように、入力パラメータとして実装することを検討する。データの一例として、平成28年の統計データ (総務省統計局、2018b) から得られる値を以下に示す。

np_{family} = 平均世帯人員数 (2.47 人/世帯)

5.3の参考文献

- Bunger, Byron M. “Economic Criteria for Relocation.” EPA 520/1-89-015, U.S. Environmental Protection Agency, Washington (1989)
- 住宅金融支援機構: “2011年度集計表 建売住宅 第14表”, (2012), (online) available from < <https://www.jhf.go.jp/files/100518539.xls> > (accessed on 2021-2-09)
- 会計検査院: “平成30年報告 東京電力株式会社に係る原子力損害の賠償に関する国の支援等の実施状況に関する会計検査の結果について”, 会計検査院HP(2018), (online) available from < <https://report.jbaudit.go.jp/org/h29/YOUSEI2/2017-h29-Y2023-0.htm> > (accessed on 2021-2-09)
- 経済産業省: “2013年度 避難指示区域の見直しについて”, (2013), (online) available from < https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/131009/131009_02a.pdf > (accessed on 2021-2-09)
- 総務省統計局: “家計消費状況調査 / 支出関連項目 詳細結果表”, (2018a), (online) available from < <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000031670981&fileKind=0> > (accessed on 2021-2-09)
- 総務省統計局: “平成28年国民生活基礎調査 平均世帯人員, 年次別”, 総務省統計局HP(2018b), (online) available from < <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003200454> > (accessed on 2021-2-09)
- 総務省統計局: “平成28年国民生活基礎調査 世帯数－構成割合－平均児童数, 児童の有－児童数－無・年次別”, 総務省統計局HP(2018c), (online) available from < <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003218563> > (accessed on 2021-2-09)
- 総務省統計局: “都道府県別でみる住宅状況～住宅及び世帯に関する基本集計(確報値)より～”, 総務省統計局HP(2019), (online) available from < <http://www.stat.go.jp/info/today/152.html> > (accessed on 2021-2-09)
- 東京電力ホールディングス: “宅地・建物・借地権等の賠償に係るご請求手続きの開始について”, 東京電力ホールディングスHP(2013), (online) available from < https://www.tepco.co.jp/cc/press/2013/1225941_5117.html > (accessed on 2021-2-09)
- 東京電力ホールディングス: “賠償項目のご案内”, 東京電力ホールディングスHP(2020), (online) available from < https://www.tepco.co.jp/fukushima_hq/compensation/guidance/index-j.html > (accessed on 2021-2-09)

6. OSCAARコードの整備に関する検討

OSCAAR コードの整備・改良に資するため、確率論的影響評価に必要な内容及びOSCAARコードで評価する項目を整理し、これらに対する研究動向及び今後の検討が必要な項目について整理する。整理の観点として、原子力災害対策に関連する研究に必要な項目を含める。また、国内外における確率論的環境影響評価に関係する会議等が開催される場合にはこれに参加し、評価モデルの検討に関連する情報を入手する。

6.1. 最新知見の反映

OSCAARコードは事故影響評価の一連の計算を一括して計算するための解析コードであり、(i) 大気拡散・沈着解析、(ii) 被ばく評価、(iii) 防護措置効果の解析、(iv) 健康影響評価及び (v) 経済影響評価の5つのモジュールで構成される。これらの5つのモジュールについて、反映すべき国内外の最新知見、目的達成のために必要な検討（目的については、次項2.2に記載）、及びその他の検討事項を整理して表6.1.1に示す。以下、表6.1.1に従って各モジュールの検討事項を記載する。

6.1.1. 大気拡散・沈着解析（ADD）

大気拡散・沈着解析については、最新の知見を反映すべきものとして、「1-1 沈着モデルの改良」が考えられる。

これは福島第一原子力発電所事故後の大気拡散・沈着解析の経験に基づく課題である。Katata et al. (2015) によると1F事故後の汚染分布を再現するためには、湿性沈着についてより詳細なモデルが必要であると指摘している。また、沈着現象は粒子の大きさに依存することが知られており、大気中を移行する際に凝集することによって粒径が変化した場合、沈着量も変化することになる。これらの点を踏まえて沈着モデルのパラメータの見直しを行うことで、沈着解析の精度の向上や不確実さを実施することが可能となる。なお、パラメータの見直しを実行するためには、大気中霧囲気を変化させての沈着実験や、大気中移行に伴う凝集プロセスを解明するための実験が必要である。

6.1.2. 被ばく評価（EARLY及びCHRONIC）

被ばく評価については、最新知見を反映すべきものとして、「2-1 線量換算係数の見直し」及び「2-2 被ばく評価モデルの改良」が考えられる。これらの作業内容と詳細について以下に述べる。

(1) 「2-1 線量換算係数の見直し」

現在のOSCAARでは、線量換算係数として、外部被ばく、吸入摂取及び経口摂取の3つの経路について線量換算係数が整備されている。現状のOSCAARにおける線量換算係

数の状況と最新知見の概要を表6.1.2に示す。

第一に、OIL基準の検討に関してIAEAの考え方を実践するためには、現状のOACAARにおいて対応していない2つの経路（再浮遊物質からの外部被ばく、不注意による土壌摂取）に関する評価モデルを開発する必要がある。再浮遊核種の外部被ばく線量を評価するためには、再浮遊核種の分布とその分布に基づいて人体にもたらされる放射線量を計算する必要がある。現時点で、JAEAではCFD解析を用いて再浮遊核種の分布を試計算したところであり、この分布に対して各体積素からの寄与を放射線輸送解析して、線量換算係数にまとめていく作業が必要となる。また、不注意による土壌摂取からの被ばく線量を評価するためには、土壌に付着したセシウムの胃腸管での吸収率を考慮して線量換算係数を整備するとともに、被ばくシナリオを定めて摂取量や濃度の変化を計算するためのパラメータが必要となる。これらのうち、胃腸管での吸収率を考慮した線量換算係数については、本年度作業の4.2.3において整備したところである。

第二に、OIL基準の検討に関してIAEAの考え方を実践するためには、代表的個人⁷の線量評価に対応するため、年齢依存と胎児等価線量を含めて線量換算係数を整備する必要がある。また、重篤な確定的影響を考慮するためにIAEAのGCを利用するのであれば、組織別の吸収線量に関する換算係数も必要である。

(2) 「2-2 被ばく評価モデルの改良」

現状のOSCAARでは、被ばく評価モデルとしてチェルノブイリ事故等に基づく評価モデルが実装されている。しかしながら被ばく評価モデルは各国の環境や住環境に依存するため、1F事故後の経験をもとに、我が国により適した被ばく評価モデルを開発する必要がある。

すでに表6.1.2で示したように、「再浮遊物質からの外部被ばく」と「不注意による土壌摂取」は現状のOSCAARには含まれていない被ばく経路であり、新しくモデルを開発する必要がある。また、表6.1.2に示したその他の4つの経路についても、1F事故後の経験をもとにしてモデルの見直しが必要である。例えば、グランドシャイン（ウェザリング係数、滞在時間の見直し）、経口摂取（摂取量、摂取品目（水、果物、魚類）の追加）、再浮遊吸入（再浮遊係数、呼吸率の見直し）等である。

これらのうち、本年度の事業では、警告摂取経路に関して、1F事故以降の新しい知見も踏まえて、土壌から農作物への移行係数、土壌から家畜への移行係数を調査するとともに、農作物、水、肉・乳製品の摂取量に関するデータを整備した。

6.1.3. 防護措置解析（PM）

防護措置解析については、最新知見を反映すべきものとして、「3-1 屋内退避モデ

⁷ EPR-NPP-OILs 2017 では代表的個人の線量として、幼児及び成人の実効線量と甲状腺等価線量、並びに、胎児への等価線量を利用している。

ルの開発」、「3-2 除染モデル開発」が考えられる。これらの作業内容と詳細について以下に述べる。

(1) 「3-1 屋内退避モデルの開発」

屋内退避は、原子力災害時において被ばく線量を低減するための措置の一つであり、室内に退避することによって外部被ばく及び内部被ばくの双方について被ばくを低減することができる。現状のOSCAARでは、旧原子力安全委員会の防災指針に従って初期値が入力されているが、これらの値は欧米での値を参照したものであり、我が国の住環境を反映したものではない。現在では1F事故後の経験により、木造の一般家屋に関する被ばく低減効果に関する知見が集積されるとともに、屋外から屋内への物質移行に関するモデル化も進められており、これらの双方を用いて日本家屋の被ばく低減効果を評価することができる。

また、病院等のように原子力施設の近傍にあっても避難することができない場合には、それらの施設内で要避難支援者の一時退避が行われる可能性があり、そのような場合の被ばく評価を行うための被ばく低減係数も整備しておくことが肝要である。特に、それらの一時退避施設では、被ばく低減のために陽圧化が施されており、これを考慮した被ばく低減効果の評価を行うことが必要となってくる。

屋内退避による被ばく低減効果の評価に関しては、現在、原子力規制庁の別の事業において日本の一般家屋に対する検討が行われるとともに、内閣府においても病院等の施設についての検討が行われているところであり、これらの事業の成果について今後調査を行い、OSCAARへの反映を検討する必要がある。

(2) 「3-2 除染モデル開発」

除染は、放射性物質によって汚染された地域に住む人々の放射線量を減らすための防護措置の一つである。一般に、除染の有効性は表面密度あるいは表面線量率の減少から評価される除染係数（DF）で表される。しかし、DFは除染された表面のみの線量と放射能の低減を表すので、ヒトの線量評価に直接使用することはできない。除染の影響を考慮して線量評価を行う場合には、室内線量率や人体等価線量から評価される他の線量低減係数（DRF）が必要となる。

除染については、現在のOSCAARでは考慮されておらず、新しくモデルを開発して追加する必要がある。1F事故後、除染の効果は屋根・壁・地表など表面別に、「表面の濃度（又は線量率）の低減率」報告されている。また、除染は環境省によって定められた「除染工事共通仕様書」に沿って実施されるため、これに沿って除染の実施方法を設定することで、1F事故時のDRFを評価することができる。

DFからDRFを算出する作業については、本年度の報告書において、除染工事共通仕様書に沿って、家屋モデル及びその周辺環境について仮定的な条件の下で、特定の除染シ

ナリオについて記載したところである。今後、家屋モデルや周辺環境の違いによるDRFの変動や、除染シナリオによる差異を含めて、詳細な検討を継続する必要がある。

6.1.4. 健康影響評価（HE）

健康影響評価については、最新知見を反映すべきものとして、「4-1 早期影響モデルの改良」及び「4-2 晩発影響モデルの改良」が考えられる。これらの作業内容と詳細について以下に述べる。

(1) 「4-1 早期影響モデルの改良」

早期影響についてはICRPがPublication 113を出版しており、この内容の調査とその結果に基づくモデル改良の検討が必要である。

(2) 「4-2 晩発影響モデルの改良」

晩発性影響について、現状のOSCAARには、NUREG/CR-4214に基づくリスク係数が実装されている（実際の計算自体はOSCAARの支援コードの一つであるHEINPUTで実施）。現状のモデルは、爆被爆者に関する寿命調査第9報に基づくモデルとなっている。しかしながら、2020年現在で寿命調査は第14報まで公開されており、この進展を踏まえてモデルを改良する必要がある。ただし、その際に、現状で最新の調査結果である第14報（Ozasa et al. 2012）を使うのか、あるいは、第13報（Preston et al. 2003）をもとに開発され、国際的にも利用されているICRP2007年勧告のモデルを利用するのか等、検討すべき点がある。

6.1.5. 経済影響評価（ECONO）

経済影響評価については、最新知見を反映すべきものとして、「5-1 健康影響の費用算定」、「5-2 防護対策費用の算定」及び「5-3 その他の経済的損害の特定と算定」が考えられる。これらの作業内容と詳細については以下に述べる。

(1) 「5-1 健康影響の費用算定」

現在のOSCAARでは、健康影響に係る費用算定として、治療費用、治療中の所得損失及び死亡による逸失利益が計算されている。これらの算定において、治療費、治療期間及び給与所得は技術の進展に伴って変化していると考えられ、現状の医療レベルを踏まえて改訂が必要である。また、死亡による逸失利益については、従来所得の損失のみが計上されてきたが、現在では統計的生命の価値に基づいた新しいアプローチが一般的である⁸。この点については、手法の変更も踏まえて検討が必要である。

⁸ 米国においても方法の変更に伴う健康影響の損害算定の見直しが行われている。従来の2000ドル/人・

(2) 「5-2 防護対策費用の算定」

防護対策費用については、現在のOSCAARでは人の移動に伴う資本と土地の損失損害、生産損失費用、輸送費用及び居住費用が計上されている。これらについては、新しい国の統計データに基づいて改訂する必要がある。また、1F事故後の経験では、これらの損害及び費用だけでなく、移動を伴う住民には慰謝料も支払われており、追加項目として計上するか検討する必要がある。そこで、今年度の事業において、1F事故後の損害や費用に関する調査を行い、現状のOSCAARコードにおいて考慮されていない項目を抽出した。また、これらのうちの一部については、費用算定のためのモデルの検討も実施した。

6.2. 研究目的とその目的達成のために必要な検討

ここでは、原子力災害対策指針（2019）をもとに、今後、OSCAARコードを用いて評価・解析すべき項目として、(i) 空間放射線量率等で示されるOIL基準を検討する際の参考情報、及び(ii) セシウム-137の100TBq放出時の影響並びにPAZ及びUPZに係る目安範囲を検討する際の参考情報を検討する際に必要な改良について記載する。

6.2.1. OIL基準に関する検討で必要な改良

OIL基準に関する検討として原災指針では、「①OILの初期設定値の変更の在り方や②放射線以外の人体への影響も踏まえた総合的な判断に基づくOILの設定の在り方（番号は本報告書で付したものを）」を、今後、原子力規制委員会で検討を行うべき課題として挙げている。これらの課題を解決するために実施すべき改良点について、以下に整理する。

まず、「①OILの初期設定の変更の在り方」について検討すべき点を記載する。放射線防護において用いられる実効線量又は等価線量は、放射線や臓器に応じて変化する影響を考慮して計算することで求められる「防護量」であり、直接測定をすることのできない量である。緊急時において迅速な意思決定を行うためには、環境モニタリングの結果と直接比較することのできる量を用いて基準を設定しておくことが望ましく、OIL（Operational Intervention Level）はこの目的を達成するために国際原子力機関（IAEA）によって定められた基準である。

IAEAは人の防護のための包括的判断基準（GC : Generic Criteria）を実効線量及び等価線量で定め、このGCを達成するための環境中での測定可能量（空間線量率、食物中濃度をOILとして定めた。この際にOILの値は、線量評価上のパラメータに依存して変化する。IAEAは特に事故シナリオに応じて環境中に放出される核種組成が変化することを考慮して、様々な核種組成を包含することができるようにOILの勧告値を定めている。

rem から 5100 ドル/人・rem に置き換え（確率的生命価値の見直しと名目リスク係数の見直し反映）。

これが「OILの初期設定値」と呼ばれるものである。

したがって、OILの値をより正確に定めようとする、事故が実際に発生した後に、その事故の状況に合わせてOILを計算してその値を改訂することが必要になってくる⁹。基本的にこの改訂のための再計算は被ばく評価モデルに基づくものであり、2.1(2)において最新知見を反映し、被ばく経路別の評価モデルを整備しておくことで対応することができる。この場合、評価モデルにおいて、(i) OILの計算において考慮されている被ばく経路を網羅していること、(ii) GCとして設定されている線量を評価できることが必要となる。OIL計算時の被ばく経路及びGC設定について整理して表6.1.3に示す。

まず、(i)の点について、現状のOSCAARでは、「再浮遊物質からの外部被ばく経路」及び「不注意による土壌摂取経路」を考慮しておらず、これらの経路からの被ばく評価を行うためのモデル開発が必要である。また、(ii)の点について、GCは成人だけでなく子供や幼児への実効線量に加えて、胎児への等価線量も含めて評価し、それらの中から最も保守的な値を用いて定められている。しかし、現状のOSCAARでは、成人に対する臓器別・実効線量の線量換算係数を実装しているものの、年齢別（子供・幼児）や胎児の等価線量に関する線量換算係数は実装されておらず、これらを新しく整備する必要がある。

ただし、現在我が国では、OIL初期値の設定は福島第一原子力発電所事故の経験をもとに行われており、GCに基づく設定方法は採用されていない。したがって、OILを検討するためには、何をもってその設定根拠とするのかをまずは確認する必要がある。

6.2.2. PAZ及びUPZに関する検討で必要な改良

(1) PAZに関する検討で必要な改良

原災指針においてPAZは次のように定義されている：「急速に進展する事故においても放射線被ばくによる重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、EALに応じて、即時避難を実施する等、通常の運転及び停止中の放射性物質の放出量とは異なる水準で放射性物質が放出される前の段階から予防的に防護措置を準備する区域」。

PAZに係る検討がこの定義に従って行われるとする場合、「重篤な確定的影響」に関する被ばく線量を評価する必要がある。IAEA/GSR Part 7ではそのような線量として吸収線量を採用し、臓器別のGCを与えている。前述のように我が国では現在GCに基づく対応の考え方を採用していないが、もしこのような基準に基づいてPAZの範囲の検討を行うのであれば、現状のOSCAARでは、臓器別の吸収線量を計算する機能は実装されていないため、これを新しく整備する必要がある。

(2) UPZに関する検討で必要な改良

⁹ 原災指針では、「地上沈着した放射性核種組成が明確になった時点で必要な場合には OIL の初期設定値は改定される」とされている。

原災指針においてUPZは次のように定義されている：「確率的影響のリスクを低減するため、EAL、OILに基づき、緊急防護措置を準備する区域」。UPZの範囲を決定する際には、防災対策の効果を含めて線量を評価し、境界領域において基準となる線量を上回ることがないようにすることになる。したがって、防災対策の効果をどうやって取り入れていくかが課題であり、6.1.3での検討結果なども踏まえて改良を行っていくことになる。

6.3. その他の検討事項（技術的課題、社会情勢、定期的見直し）

(1) 大気拡散・沈着解析（ADD）

大気拡散・沈着解析については、「1-1 放出点近傍における解析結果の精緻化」、「1-2 大気拡散・沈着解析のベンチマーク・モデル改良」及び「1-3 気象データの定期的な更新」が考えられる。これらの点について、本年度事業において、1-1及び1-2に関する作業を実施した。1-1については、放出点近傍を体積素に分割し、各体積素からの寄与を放射線輸送解析によって評価した。これに、パフモデルで計算した濃度分布を重ね合わせて重み付け平均を取ることで、放出点近傍におけるより詳細な線量換算係数を整備した。また、1-2については、ベンチマークとして、OSCAAR、MACCS2及びRAMS/HYPACTを用いて確率論的評価と決定論的評価に関する解析結果の比較を行った。

(2) 被ばく評価（EARLY 及び CHRONIC）

被ばく評価については、「2-3 被ばく評価データベース整備」が考えられる。今年度は、4.2.1において、移行係数の整備とともに、既存のOSCAARでは考慮されていなかった水の摂取量データの整備も行った。

(3) 防護措置解析（PM）

防護措置解析については、「3-3 安定ヨウ素剤服用モデルの改良」、「3-4 避難モデルの改良」及び「3-3 原子力災害対策指針の反映」が考えられる。

「3-3 安定ヨウ素剤服用モデルの改良」については、現状のJohnsonモデル後の進展を調査して検討する必要がある。

「3-4 避難モデルの改良」については、現状のOSCAARでは、始点となるメッシュと終点となるメッシュを指定し、これらのメッシュ間での移動は考慮せずに線量が計算される（すなわち、始点から終点まで瞬間移動する）。この点について、近年各自治体（又はサイト別）に避難経路が指定されていることを反映して、各メッシュから指定された避難所があるメッシュまでを経路に沿って被ばく評価するための改良が必要である。避難モデルについては、今年度の作業において、メッシュ間での移動を考慮した避難モデルを開発するとともに、メッシュ毎の移動距離等のデータをOSCAARのライブラリデータとして整備した。

「3-5 原子力災害対策指針の反映」について、現在のOSCAARの入力は旧原子力安全委員会の防災指針に基づくものであり、対策シナリオの展開や基準値について、原子力災害対策指針に基づいたものに変更する必要がある。

(4) 健康影響評価 (HE)

健康影響評価については、「4-3 バックグラウンドのがん死亡・罹患者数の更新」が考えられる。

(5) 経済影響評価 (ECONO)

経済影響評価について、その他の理由で改良すべき点として「5-4 農畜産物等の生産量・産出額、地価及び給与所得データの更新」が考えられる。

(6) その他

各モジュールに関係なくOSCAAR及びその利用にあたって検討すべき点として、「6-1 入力と出力の見直し」、「6-2 普及に向けて整備すべきもの(普及用HPの作成等)」、「6-3 コード改良の必要性(預託の考え方)」及び「6-4 レベル2PRAとの連携(典型的なソースターム)」が考えられる。

6.4.今後の開発の方針について

6.1及び6.2において「最新知見の反映」と「研究目的とその目的達成に必要な検討」に分けて今後検討すべき事項を整理した。OSCAARコードの整備を進める場合、これらの検討事項は、(i) OSCAAR本体の改良に係るもの、(ii) OSCAAR支援コードとして本体とは別に開発を行うもの、及び、(iii) データ等の更新に区分できる。また、JAEAにおける現在又は今後の研究の展開を踏まえると、(a) JAEAの研究として実施する項目と、(b) 外部資金を獲得して実施する項目に区別することができる。これらの分類に基づいて表1に示した検討項目を整理して以下に示す。

表6.1.1 各モジュールにおける最新知見の反映及び目的達成に必要な検討等の一覧

解析 (モジュール名)	最新知見の反映	目的達成のための検討	その他（技術的課題、社会情勢、定期的見直し）
1. 大気拡散・沈着 (ADD)	1-1 沈着モデルの精緻化		1-2 放出点近傍における解析結果の精緻化 1-3 大気拡散・沈着解析のモデル間ベンチマーク 1-4 気象年ごとの評価結果の比較 1-5 気象データの定期的な更新
2. 被ばく線量 (EARLY, CHRONIC)	2-1 線量換算係数の見直し 2-2 被ばく評価モデルの改良	OIL基準に関する検討で必要 ・ 年齢依存の線量評価・胎児等価線量（2-1に関連） ・ 再浮遊外部被ばく、不注意による土壌摂取（2-2に関連）	2-3 被ばく評価データベース整備
3. 防護措置 (PM)	3-1 屋内退避モデルの改良 3-2 除染モデルの開発		3-3 安定ヨウ素剤服用モデルの改良 3-4 避難モデルの改良 3-5 原子力災害対策指針の反映
4. 健康影響 (HE)	4-1 早期影響モデルの改良 4-2 晩発影響モデルの改良		4-3 バックグラウンドのがん死亡・罹患者数の更新
5. 経済影響 (ECONO)	5-1 健康影響の費用算定 5-2 防護対策費用の算定 5-3 その他の経済的損害の特定と算定		5-4 農畜産物等の生産量・産出額、地価及び給与所得データの更新
6. その他	6-1 入力と出力の見直し（入力として、防護措置の基準にOILを使えるようにする。出力として、評価期間を変える等。） 6-2 モデル改良に合わせて追加すべきデータ（例：屋内退避の被ばく低減効果は建蔽率に依存。メッシュに建蔽率の情報を追加するか？など） 6-2 普及に向けて整備すべきもの（普及用HPの作成等）		

黒字：令和2年度までの事業で実施、青字：一部を令和2年度までの事業で実施、赤字：未実施又は要検討

表6.1.2 被ばく経路別のOSCAAR実装状況と最新知見

経路		OSCAAR 実装の有無	最新知見
外部 被ばく	グラウンドシャイン	△（年齢依存なし、 胎児等価線量なし、 組織吸収線量なし）	- ICRP Publication 2007に基づいて、年齢 依存も含めた換算係数をICRP/TG 90が検 討中。 - USEPAが新しい勧告値を公開済み。年 齢依存あり。
	クラウドシャイン		
	再浮遊核種からの 被ばく	×	×
内部 被ばく	吸入摂取	△（胎児等価線量 なし、組織吸収線 量なし）	- ICRP Publication 2007に基づく、職業人 のための換算係数が公開済み。公衆は不 明。
	食物摂取		
	土壌摂取	×	- JAEAが規制庁受託で作成したコード を利用して成人に対する値は計算可能。

表6.1.3 OIL計算時の被ばく経路とGC（EPR-NPP-OIL2 2017に基づいて作成）

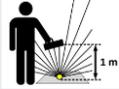
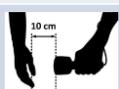
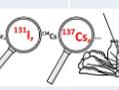
OIL デフォルト値	GC		対応例	被ばく経路							
	線量	期間		グラウンドシャイン	再浮遊物質からの外部被ばく	再浮遊物質からの土壌摂取	再浮遊物質の呼吸摂取	汚染食品等（流通前）	汚染食品等（流通後）	体表面汚染	
 OIL1 1000 μSv/h	実効線量 100 mSv 胎児の等価線量 100 mSv	7日	<ul style="list-style-type: none"> 迅速な避難 ヨウ素剤服 地産品の停止 スクリーニングなど 	●	●	●	●				
OIL2 10日以内 100 μSv/h 11日以後 25 μSv/h	実効線量 100 mSv 胎児の等価線量 100 mSv	1年	<ul style="list-style-type: none"> 移転 地産品の停止など 	●	●	●	●				
OIL3 1 μSv/h	実効線量 100 mSv (OILは保守的に 10 mSvを 超えないように設定)	1年	<ul style="list-style-type: none"> 地産品の不必要な出荷の停止など 					●			
 OIL4 1 μSv/h	実効線量 100 mSv 胎児の等価線量 100 mSv	7日	<ul style="list-style-type: none"> 体表面の除染 ヨウ素剤の服用など 								●
 OIL7 I-131 1000 Bq/kg Cs-137 200 Bq/kg	実効線量 100 mSv (OILは保守的に 10 mSvを 超えないように設定)	1年	<ul style="list-style-type: none"> 地産品の不必要な摂取の中止 非汚染食品の提供など 						●		

表 6.1.4 重篤な確定的影響に対する包括的判断基準（GSR Part 7 から翻訳して記載）

急性外部被ばく（<10 時間）		
<i>AD</i> 赤色髄 ^a	1 Gy	この線量が予測される場合： - 線量をこの包括的判断基準未満に維持するため、迅速に予防的緊急防護措置を講じる（困難な状況においても）； - 公衆に情報を提示し警告する； - 緊急の除染を行う。
<i>AD</i> 胎児	0.1 ^b Gy	
<i>AD</i> 組織 ^c	深さ 0.5 cm で 25 Gy	
<i>AD</i> 皮膚 ^d	100 cm ² に対して 10 Gy	
急性の取込みによる急性内部被ばく（ $\Delta = 30$ 日 ^e ）		
<i>AD</i> (Δ)赤色髄	原子番号 $Z \geq 90^f$ の放射性核種の場合 0.2 Gy 原子番号 $Z \leq 89^f$ の放射性核種の場合 2 Gy	この線量を受けた場合： - 迅速に医療検査、相談及び指示された医療措置を施す； - 汚染管理を行う； - （適用可能ならば）直ちに体外除去 ^g を行う； - より長期の医学的フォローアップのための登録を行う； - 包括的な心理カウンセリングを提供する。
<i>AD</i> (Δ)甲状腺	2 Gy	
<i>AD</i> (Δ)肺 ^h	30 Gy	
<i>AD</i> (Δ)結腸	20 Gy	
<i>AD</i> (Δ)胎児 ⁱ	0.1 ^b Gy	

- a *AD* 赤色髄は、強透過性放射線が一様に存在する中での被ばくによる体内組織又は臓器（例えば赤色骨髄、肺、小腸、生殖腺、甲状腺）及び眼の水晶体に対する平均 RBE 加重吸収線量である。
- b 0.1 Gy では、胎児に対する重篤な確定的影響の確率は極めて低く、それも受胎後の一定期間（例えば、子宮内発育 8～15 週）の場合及び高線量率で被ばくした場合に限られる。受胎後の他の期間の場合及び低線量率の場合は、胎児の感受性は低い。1 Gy では、重篤な確定的影響の確率が高い。したがって、次の場合は、胎児が短期間に被ばくした線量に関する包括的判断基準として 1 Gy を用いる：(i)原子力又は放射線緊急事態において重篤な確定的影響を回避又は最小化するために、予防的緊急防護措置を正当とする施設と活動、敷地内の区域、敷地外の区域及び場所を特定するためのハザード評価（4.23 項を参照）において；(ii)健康に対して危険な被ばく状況を特定する際；(iii)重篤な確定的影響の発生を回避又は最小化するために当該敷地外で講じるべき緊急防護措置と他の対応措置に関する決定に適用するための取決め（5.38 項を参照）を行う際（例えば、予防的措置区域の設定）。
- c 放射性線源（例えば、手で又はポケットに入れて運ばれる線源）との密接な接触により、体表面から深さ 0.5 cm にある組織 100 cm² が受けた線量
- d この数値は、真皮（表面から 40 mg/cm²（又は 0.4 mm）の深さにある皮膚組織）100 cm² に対する線量である。
- e *AD*(Δ)は、被ばくした人の 5% に重篤な確定的影響が生じるような、取込み（ I_{05} ）により期間 Δ の間にもたらされた RBE 加重吸収線量を表す。この線量は、付属書 I の参考資料 [21] に記載されている方法によって算出する。
- f この 2 つの放射性核種のグループに特異的な取込みしきい値での被ばくによる RBE 加重吸収線量の大きな違いを考慮するために、異なった包括的判断基準が使われる。
- g 体外除去は、化学的又は生物学的薬剤により促進される生物学的プロセスの措置であり、これにより取り込まれた放射性核種が人体から排出される。体外除去の包括的判断基準は、体外除去がない場合の予測線量に基づく。
- h これらの包括的判断基準の目的に照らして、この場合の「肺」は呼吸気道の肺胞-間質部を指す。
- i この特定の事例では、「 Δ 」は胚及び胎児の子宮内発育期間を表す。

付録 レベル3PRA評価モデル等に関する国内外調査

国内外におけるレベル3PRAに関係する会議等に参加し、レベル3PRA評価モデル等に関連する情報を入手した。ここでは、国際MACCSユーザーグループ(IMUG)会議、原子力学会2020年秋の大会、IAEA/International Conference on Radiation Safety: Improving Radiation Protection in Practiceに参加して得られた内容を示す。

付録1：IMUG 会議出席

- ・ 主要出張先：オンライン会議
- ・ 出張期間：令和2年8月31日（月）～9月3日（木）（4日間）

報告内容

MACCSの新たな機能や適用事例について発表があった。大気拡散計算に関しては、NOAAの気象データを適用した事例や建物の影響を考慮するためにOpenFoamを用いたCFD解析から得られた気流データを用いる試みについても発表されていたが、計算コストが問題であり、決定論的解析には適用可能であるが、確率論的解析には向かないとのことであった。濃度や線量を可視化する機能の紹介もあったが、この点はOSCAARよりも特にMACCSが進んでいる点であると思われる。

付録2：原子力学会2020年秋の大会

- ・ 主要出張先：オンライン会議
- ・ 出張期間：令和2年9月16日（水）～9月18日（金）（3日間）

報告内容

土壌から食物への移行に関して、福島大学の塚田氏より「チェルノブイリ原子力発電所から30 km圏内の試験圃場における土壌からバレイショへの ^{137}Cs および ^{90}Sr の移行」と題して、発表された。土壌からバレイショへの ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の移行係数は幾何平均でそれぞれ0.32 (0.14～1.1)、0.36 (0.17～1.6)であり、青森県での値（それぞれ0.03と0.054）よりも約一桁高い値であった。この違いについて交換態カリウムと交換態カルシウムの濃度によるものと示唆された。海外で取得された移行係数と日本での値を比較する際、塚田氏が示した土壌中の交換態カリウム及びカルシウムの濃度の違いを検討することによって、海外と日本での値の差異を説明できる可能性があると思われる。

大気中胴体解析に関して、名古屋大学の西山氏より「東電福島原発事故放出¹³²I及び¹³²Teの大気中動態解析」と題して、発表された。¹³²Iと¹³²Teの核種別・性状別の挙動に関するモデル構築された。そのモデルではガス状Te、粒子状Te、有機状I、無機状I、粒子状Iの濃度変化（乾性沈着、粒子化、光化学反応など）がモデル化されている。3月15日午前南下したプルームに対して解析が行われ、測定値を最も再現できるTeの乾性沈着速度が推定された。その結果、乾性沈着速度は0.87 cm/sであると推定された。

付録3：IAEA/International Conference on Radiation Safety: Improving Radiation Protection in Practice

- ・ 主要出張先：オンライン会議
- ・ 出張期間：令和2年11月9日（月）～20日（金）（平日の10日間）

報告内容

帰還困難区域内の家屋内外の放射能汚染分布調査結果を報告した。本調査の結果は除染モデル等に適用可能である。会議では、意思決定プロセスにおいて我々が考慮すべき項目として、放射線学的側面以外にも、経済、社会、環境、ライフスタイルなどの側面も重要であると報告された。OSCAARは費用に関する評価も可能であり、意思決定プロセスの経済の面に対して情報提供することが重要と考えられる。