

はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の事故により放出された放射性物質による健康不安は、私たちが今後数十年にわたり向き合っていかなければならない問題であり、正確で時期に応じた情報提供が極めて重要です。このため、関係府省庁が一体となり、放射線の基礎知識と健康影響、事故の状況と放射能放出、環境モニタリングと汚染状況、食品中の放射能濃度、事故からの回復に向けた取組、除染の考え方、放射線被ばくと県民健康調査の結果について、有識者の方々に監修をいただき、国の統一的な基礎資料を作成しています。

環境省総合環境政策局環境保健部放射線健康管理担当参事官室では、平成 24 年に 現 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所に委託する形で、放射線の基礎知識、放射線による健康影響に関する科学的な知見や関係省庁の情報について収集整理を行い、「統一的な基礎資料（初版）」をまとめました。

これまでにデータの更新、最新の情報の取り入れなどの見直しを適宜行い、今回で初版の発行から 3 回目の改訂となりました。監修にご協力いただいた先生方に深く感謝いたします。

今回の改訂では、今まで第 I 編と第 II 編となっていたものを、使い易さに配慮して内容に即した構成を採用し、上巻と下巻としました。成果物は、すでに環境省ウェブサイト* 上で公開しており、ダウンロードして研修や授業等にお使いいただけます。ぜひ、ご活用ください。

平成 28 年 6 月 1 日

環境省総合環境政策局環境保健部 放射線健康管理担当参事官室
国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所

* 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料を掲載しているウェブサイト
<http://www.env.go.jp/chemi/rhm/kisoshiryo-01.html>

目次

第1章 放射線の基礎知識

1.1 放射能と放射線

放射線・放射能・放射性物質とは	1
放射線と放射性物質の違い	2
放射線と放射能の単位	3
被ばくの種類	4

1.2 放射性物質

原子の構造と周期律	5
原子核の安定・不安定	6
様々な原子核	7
自然由来・人工由来	8
壊変と放射線	9
半減期	10
半減期と放射能の減衰	11
長い半減期の原子核	12

1.3 放射線

放射線はどこで生まれる?	13
放射線の種類	14
電離放射線の種類	15
医療で使われるエックス線と発生装置	16
電磁波の仲間	17
放射線の電離作用－電離放射線の性質	18
放射線の種類と生物への影響力	19
放射線の透過力	20
放射線の体内での透過力	21
透過力と人体での影響範囲	22

第2章 放射線による被ばく

2.1 被ばくの経路

外部被ばくと内部被ばく	23
体外から・体内から	24
様々な被ばく形態	25
外部被ばくと皮膚	26
内部被ばく	27
内部被ばくと放射性物質	28

2.2 原子力災害

国際原子力事象評価尺度	29
原子炉事故による影響	30
原子炉内の生成物	31
原発事故由来の放射性物質	32

2.3 放射線の単位

ベクレルとシーベルト	33
シーベルトの由来	34
単位間の関係	35

グレイからシーベルトへの換算	36
様々な係数	37
等価線量と実効線量の計算	38
線量概念：物理量、防護量、実用量	39
実効線量と線量当量	40
“シーベルト”を単位とする線量	41

2.4 線量測定と計算

様々な測定機器	42
外部被ばく測定用の機器	43
外部被ばく線量の特徴	44
外部被ばく(測定)	45
環境放射能の計測	46
遮へいと低減係数	47
事故後の追加被ばく線量(計算例)	48
内部被ばく線量の算出	49
預託実効線量	50
実効線量への換算係数	51
食品からの被ばく線量(計算例)	52
摂取量の推定のための放射能測定法	53
体内放射能の評価法の比較	54
内部被ばく測定用の機器	55
内部被ばく量の体外計測のデータ	56
体内放射能と線量評価	57

2.5 身の回りの放射線

自然・人工放射線からの被ばく線量	58
時間当たりの被ばく線量の比較	59
年間当たりの被ばく線量の比較	60
自然からの被ばく線量の内訳(日本人)	61
大地の放射線(世界)	62
大地の放射線(日本)	63
屋内ラドン	64
ラドン及びトロン吸入による 内部被ばく	65
固体のラジウムから気体の ラドンの生成	66
体内、食品中の自然放射性物質	67
診断で受ける放射線量	68
被ばく線量の比較(早見図)	69
目で見る放射線	70
大気圏核実験による放射性降下物の影響	71

第3章 放射線による健康影響

3.1 人体への影響

影響の種類	73
被ばくの形態と影響	74
放射線影響の分類	75

確定的影響と確率的影響	76	相対リスクと容与リスク	114
3.2 人体影響の発生機構		低線量率被ばくによるがん死亡リスク	115
放射線による電離作用	77	発がんに関連する因子	116
DNA の損傷と修復	78	がんのリスク (放射線と生活習慣)	117
DNA → 細胞 → 人体	79	3.8 ところへの影響	
放射線による DNA の損傷	80	災害被災者のストレス要因	118
被ばく後の時間経過と影響	81	放射線事故と健康不安	119
確定的影響	82	子供の精神医学的影響	120
臓器・組織の放射線感受性	83	東京電力福島第一原子力発電所	
確率的影響	84	事故対応と地域社会 (1/2)	121
3.3 確定的影響		東京電力福島第一原子力発電所	
全身被ばくと局所被ばく	85	事故対応と地域社会 (2/2)	122
急性放射線症候群	86	健康影響の総括	
様々な影響のしきい値	87	－チェルノブイリ原発事故－	123
3.4 胎児への影響		世界保健機関 (WHO) による総括	
確定的影響と時期特異性	88	－チェルノブイリ原発事故－	124
精神発達遅滞	89	専門家グループの見解	
3.5 遺伝性影響		－チェルノブイリ原発事故－	125
被爆二世における染色体異常	90	世界保健機関 (WHO) 2006 年報告書と	
ヒトでの遺伝性影響のリスク	91	異なる見解－チェルノブイリ原発事故－	126
3.6 がん・白血病		奇形誘発に関する知見	
発がんの仕組み	92	－チェルノブイリ原発事故－	127
放射線感受性の高い組織・臓器	93	子供への影響	
年齢による感受性の差	94	－チェルノブイリ原発事故－	128
低線量率被ばくによる発がんへの影響	95	欧州での人工流産の増加	
固形がんによる死亡と線量との関係	96	－チェルノブイリ原発事故－	129
白血病と線量反応関係	97	一般的なところのケアに関する参考資料 (1/3)	
白血病の発症リスク	98	ところのケアに関する全般的な情報	
被ばく時年齢と発がんリスクの関係	99	一般的なところのケアに関する参考資料 (2/3)	
固形がん発生のリスク係数	100	災害時における子供のケア	131
被ばく年齢ごとの生涯リスク	101	一般的なところのケアに関する参考資料 (3/3)	
被ばく時年齢とがんの種類	102	災害時における疾患ごとのところのケア	
被ばく時年齢別発がんリスク	103	支援者支援：ケアの三段階	133
がん種類別被ばく時年齢とリスク	104	支援者のストレス対策	134
原爆被爆者における甲状腺がんの発症	105	第 4 章 防護の考え方	
低線量率長期被ばくの影響	106	4.1 防護の原則	
チェルノブイリ原発事故による		放射線防護体系	135
セシウム内部被ばく	107	国際放射線防護委員会 (ICRP)	136
チェルノブイリ原発事故避難集団の		勧告の目的	137
被ばく	108	被ばく状況と防護対策	138
小児甲状腺がんの発症時期	109	生物学的側面	139
甲状腺線量の比較	110	LNT モデルをめぐる論争	140
甲状腺がんと線量との関係	111	防護の三原則	141
甲状腺がんとヨウ素摂取	112	防護の正当化	142
3.7 リスク		防護の最適化	143
確率的影響のリスク	113	参考レベルを用いた被ばくの低減	144
		線量限度の適用	145

4.2 線量限度	UNSCEAR2013年報告書 (2/9)
国際放射線防護委員会 (ICRP) 勧告と 国内法令の比較 …………… 146	公衆の被ばく線量評価の概要 …… 169
国際放射線防護委員会 (ICRP) 勧告と 我が国の対応 …………… 147	UNSCEAR2013年報告書 (3/9)
食品の規制値の比較 …………… 148	公衆の被ばく線量評価に使われたデータ …………… 170
流通食品の摂取による被ばく線量 …… 149	UNSCEAR2013年報告書 (4/9)
被ばく線量と健康リスクとの関係 …… 150	4グループごとに公衆の線量を推定 …………… 171
4.3 線量低減	UNSCEAR2013年報告書 (5/9)
外部被ばくの低減三原則 …………… 151	公衆の被ばく線量評価 被ばく経路 …………… 172
内部被ばく	UNSCEAR2013年報告書 (6/9)
－原子力災害直後の対応－ …… 152	公衆の被ばく線量評価 線量評価の結果 …………… 173
食品からの被ばく	UNSCEAR2013年報告書 (7/9)
－原子力災害直後の対応－ …… 153	公衆の健康影響についての評価 …… 174
4.4 長期的影響	UNSCEAR2013年報告書 (8/9)
植物への移行 …………… 154	公衆の被ばく線量評価 不確かさ …………… 175
土壌中の分布 …………… 155	UNSCEAR2013年報告書 (9/9)
核実験フォールアウトの影響 (日本) …………… 156	直接測定との比較 …………… 176
森林中の分布 …………… 157	
降下・沈着したセシウムの 環境中での移行 …………… 158	
海洋中の分布 …………… 159	
海産生物の濃縮係数 …………… 160	
第5章 国際機関による評価	
5.1 WHO 報告書と UNSCEAR2013 報告書	
WHO 報告書と UNSCEAR2013年報告書 (1/3)	
評価の比較 (1/2) 全体概要 …… 161	
WHO 報告書と UNSCEAR2013年報告書 (2/3)	
評価の比較 (2/2) 公衆の線量評価と 主な不確かさ …………… 162	
WHO 報告書と UNSCEAR2013年報告書 (3/3)	
「保守的な評価」と「現実的な評価」 …………… 163	
5.2 WHO 報告書	
WHO 報告書 (1/4)	
WHO 線量評価の概要 …………… 164	
WHO 報告書 (2/4)	
実効線量推計方法 …………… 165	
WHO 報告書 (3/4)	
住民の健康リスク評価のまとめ …… 166	
WHO 報告書 (4/4)	
不確かさの評価 …………… 167	
5.3 UNSCEAR2013年報告書	
UNSCEAR2013年報告書 (1/9)	
報告書の目的 …………… 168	

略 語

原災法	原子力災害対策特別措置法	
特措法	平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法	
ADI	Acceptable Daily Intake	一日摂取許容量
ALARA	As Low As Reasonably Achievable	合理的に達成可能な限り低く
ALPS	Advanced Liquid Processing System	多核種除去装置
BSS	Basic Safety Standards	国際基本安全基準
CT	Computed Tomography	コンピュータ断層撮影
DDREF	Dose and Dose Rate Effectiveness Factor	線量・線量率効果係数
DNA	Deoxyribonucleic Acid	デオキシリボ核酸
EEG	Electroencephalogram	脳波
EUROCAT	European Surveillance of congenital anomalies	欧州先天異常監視機構
GM 計数管	Geiger-Müller counter	ガイガー=ミュラー計数管
HPCI	High Pressure Coolant Injection System	高圧注水系
IAEA	International Atomic Energy Agency	国際原子力機関
ICRP	International Commission on Radiological Protection	国際放射線防護委員会
ILO	International Labour Organization	国際労働機関
INES	International Nuclear Event Scale	国際原子力事象評価尺度
IQ	Intelligence Quotient	知能指数
IXRPC	International X-ray and Radium Protection Committee	国際X線・ラジウム防護委員会
J-RIME	Japan Network for Research and Information on Medical Exposure	医療被ばく研究情報ネットワーク
LNT モデル	Linear Non-Threshold model	直線しきい値なしモデル
MRI	Magnetic Resonance Imaging	磁気共鳴映像法
MRL	Maximum Residue Levels	最大残留基準値
NAS	National Academy of Sciences	全米科学アカデミー
ND	Not Detected	不検出

OECD/NEA	Organisation for Economic Co-operation and Development /Nuclear Energy Agency	経済協力開発機構 / 原子力機関
PET	Positron Emission Tomography	陽電子放射断層撮影
PFA	Psychological First Aid	心理的応急処置
PTSD	PostTraumatic Stress Disorder	心的外傷後ストレス障害
RCIC	Reactor Core Isolation Cooling System	原子炉隔離時冷却系
SDQ	Strengths and Difficulties Questionnaire	子どもの強さと困難さアンケート
SPEEDI	System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information	緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム
TDI	Tolerable Daily Intake	耐容一日摂取量
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation	原子放射線の影響に関する国連科学委員会
WBC	Whole Body Counter	ホールボディ・カウンタ
WHO	World Health Organization	世界保健機関

■単位

Sv	Sievert	シーベルト
Bq	Becquerel	ベクレル
Gy	Gray	グレイ
eV	electron Volt	電子ボルト

SI 接頭辞

記号	読み	べき数表記 (十進数表記)	漢数字表記
T	テラ (tera)	10^{12} (1 000 000 000 000)	一兆
G	ギガ (giga)	10^9 (1 000 000 000)	十億
M	メガ (mega)	10^6 (1000 000)	百万
k	キロ (kilo)	10^3 (1 000)	千
d	デシ (deci)	10^{-1} (0.1)	一分
c	センチ (centi)	10^{-2} (0.01)	一厘
m	ミリ (milli)	10^{-3} (0.001)	一毛
μ	マイクロ (micro)	10^{-6} (0.000 001)	一微
n	ナノ (nano)	10^{-9} (0.000 000 001)	一塵

日本語索引

■あ行

アポトーシス……………上 92
アララ (ALARA) ……上 143, 下 73
アルファ (α) 線……………上 15, 上 18
遺伝性影響……………上 75, 上 79, 上 91
医療被ばく……………上 58, 上 68
エックス (X) 線……………上 14, 上 16
汚染状況重点調査地域…下 142, 下 144
汚染水……………下 4, 下 11, 下 13

■か行

外部被ばく……………
上 4, 上 23, 上 26, 上 44, 上 151
外部被ばく線量評価システム…下 154
壊変……………上 9
確定的影響……………上 73, 上 76, 上 82
格納容器……………下 4
確率の影響……………上 76, 上 84, 上 113
仮設焼却施設……………下 133, 下 135
カリウム……………上 12, 上 56, 上 67, 下 197
仮置場……………下 130
がん……………上 75, 上 84, 上 92, 上 117
環境放射能水準調査……………
下 18, 下 19, 下 20
感受性……………上 94, 上 99, 上 102
ガンマ (γ) 線……………
上 14, 上 19, 上 43, 上 46
管理型処分場……………下 135, 下 136
器官形成異常 (奇形)……………上 88
帰還困難区域……………下 145, 下 146
基準値
一般食品…上 148, 下 67, 下 68, 下 69
飲料水……………下 67, 下 68
牛乳……………下 67, 下 75, 下 76, 下 109
乳幼児食品……………下 68, 下 69
吸収線量……………上 35, 上 36, 上 39
吸収抑制対策……………下 106
急性被ばく……………上 74
急性放射線症候群……………上 73, 上 86
急速経過……………下 49

局所被ばく……………上 25, 上 85
居住制限区域……………下 145, 下 146
緊急被ばく状況……………上 138, 上 147
空間線量率 (経時変化) ……下 17 ~ 下 20
空間放射線量 (率) ……上 46, 上 59, 上 63
クーラステーション……………下 80
グレイ (Gy) ……上 35, 上 36, 上 39
計画被ばく状況……………上 138, 上 145
結節……………下 168, 下 169
原子核……………上 6, 上 7, 上 13
原子力安全委員会……………下 66
原子力災害対策特別措置法……………下 145
原子力災害対策本部……………下 78, 下 86
原子炉……………下 3, 下 4, 下 12
現存被ばく状況……………上 138, 上 147
懸濁物質……………下 37
原爆……………上 90, 上 106
現場保管……………下 130
県民健康管理ファイル……………下 153
県民健康調査……………下 151 ~ 下 153
基本調査……………下 154, 下 155
健康診査……………下 178 ~ 下 180
甲状腺検査……………下 162 ~ 下 166
こころの健康度・生活習慣……………
下 183 ~ 下 185
妊産婦調査……………下 190 ~ 下 192
航空機モニタリング……………
下 16, 下 22, 下 24
公衆被ばく……………上 146, 上 147
甲状腺…上 105, 上 109, 上 110, 下 162
甲状腺がん……………上 109, 上 111, 下 177
高線量 (率)……………上 74, 上 91
コーデックス委員会……………下 68, 下 73
国際原子力・放射線事象評価尺度 (INES)
上 29, 下 8
国際放射線防護委員会 (ICRP)……………
上 136 ~ 上 138, 上 140
国連科学委員会 (UNSCEAR)……………
上 161 ~ 上 163, 上 168
こころの健康支援チーム……………下 184

骨髄……………上 83

■さ行

サーベイメータ …… 上 42, 上 43, 上 45

最適化……………上 141, 上 143

三県調査……………下 173

参考レベル……………上 138, 上 144

暫定規制値……………下 66, 下 67, 下 70

暫定許容値……………下 95, 下 109

シーベルト (Sv) ……

上 3, 上 33, 上 34, 上 35

しきい値 (しきい線量) ……

上 76, 上 82, 上 87, 上 140

自然放射線 ……上 58, 上 59, 上 61, 上 106

実効線量……………上 35, 上 36, 上 40

実効線量係数……………上 51, 上 52

実用量……………上 39

指定廃棄物……………

下 132, 下 134, 下 135, 下 137

遮へい……………上 20, 上 47, 上 151

出荷制限……………下 66, 下 86, 下 87

職業被ばく……………上 138, 上 145, 上 147

食品安全委員会……………下 70, 下 71

食品区分……………下 68

除染……………下 127, 下 129, 下 139, 下 142

除染特別地域……………下 140, 下 142

人工放射線……………上 58

心的外傷後ストレス障害 (PTSD) ……

上 125, 下 186

水素爆発……………下 4, 下 6

スクリーニング

食品……………下 81, 下 83

線量測定……………下 148

スクリーニング調査……………下 196

ストロンチウム……………上 8, 上 32

精神発達遅滞……………上 88, 上 89

正当化……………上 141, 上 142

世界保健機関 (WHO) ……

上 124, 上 126, 上 161

セシウム……………

上 32, 上 52, 上 107, 上 148, 上 149

摂取制限……………下 86

先行検査……………下 163, 下 172

穿刺吸引細胞診……………下 163, 下 174

染色体……………上 90, 上 91

先天異常発生率……………下 194

線量限度……………上 145, 上 146

線量当量……………上 39, 上 40

早産率……………下 194

相対リスク……………上 98～上 100, 上 114

組織加重係数……………上 36, 上 37

■た行

対策地域内廃棄物……………下 132, 下 133

大地放射線……………上 62, 上 63

チェルノブイリ……………

上 107～上 109, 上 123

中間貯蔵施設……………下 138, 下 140

中性子……………上 5, 上 13, 上 19, 上 20

中長期ロードマップ……………下 9, 下 10, 下 11

低出生体重児率……………下 194

低線量 (率)……………上 95, 上 115, 上 139

電子……………上 5, 上 15, 上 18

電磁波……………上 14, 上 15, 上 17

電離作用……………上 18, 上 77

転流……………上 154, 下 90

等価線量……………上 35, 上 38

透過力……………上 19～上 22

突然変異……………上 75, 上 79, 上 91

トラウマ反応……………下 186

■な行

内部被ばく……………

上 4, 上 23, 上 49, 上 107, 上 152

乳児用食品……………下 68, 下 69, 下 76

燃料 (使用済燃料) 取り出し……………

下 9, 下 10

燃料の溶融 (溶融)……………下 2, 下 4

のう胞……………下 167, 下 169, 下 172, 下 174

■は行

バイオアッセイ ……上 53, 上 54
廃止措置 ……下 9～下 11
白内障 ……上 87
白血病 ……上 97, 上 98, 下 71, 下 72
半減期 ……上 8, 上 10, 上 11
 物理学的半減期 ……上 11, 上 28, 上 32
 生物学的半減期 ……
 上 11, 上 28, 上 32, 上 57
 実効半減期 ……上 28, 上 32
反転耕 ……下 94
避難指示 ……下 5
避難指示解除準備区域 ……下 145, 下 146
避難指示区域 ……下 145～下 147, 下 149
皮膚紅斑 ……上 26
フォールアウト ……上 71, 上 156
フクシマエコテッククリーンセンター ……
 下 136

福島県立医大放射線医学

県民健康管理センター ……下 152, 下 192
ふくしま心のケアセンター ……下 185
ベータ (β) 線 ……上 14, 上 15, 上 19
ベクレル (Bq) ……上 1, 上 3, 上 9, 上 35
ベント ……下 7
放射性降下物 ……上 71, 上 156
放射性物質 ……上 32, 上 46
放射性物質汚染対処特措法 ……
 下 132, 下 142
放射性プルーム ……上 30, 下 25, 下 61
放射線 ……上 1, 上 2, 上 13, 上 14
放射線加重係数 ……上 36, 上 37
放射能 ……上 1, 上 2, 上 3, 上 10
ホールボディ・カウンタ (WBC) ……
 上 55, 上 56, 下 197, 下 198
本格検査 ……下 171, 下 174, 下 175

■ま・や・ら・わ行

マーケットバスケット ……下 77
慢性被ばく ……上 74
マンモグラフィ ……上 68

モニタリングポスト ……
 下 18, 下 19, 下 21
陽子 ……上 5, 上 6, 上 15
ヨウ素 ……上 32, 上 55, 上 109, 上 112
溶融燃料 (燃料デブリ) ……下 9～下 11
預託実効線量 ……上 49, 上 50
預託線量 ……上 50
ラジウム ……上 65, 上 66
ラドン ……上 65, 上 66, 上 69
リスク ……
 上 113, 上 114, 上 117, 下 70, 下 72

外国語索引

■ A～K

A 判定 (A1 判定、A2 判定) ……………
下 165, 下 172～下 174
ALARA …………… 上 143, 下 73
B 判定 …………… 下 165, 下 172, 下 174
Bq …………… 上 1, 上 3, 上 9, 上 35
C 判定 …………… 下 165
Codex …………… 下 68, 下 73
CT …………… 上 58, 上 68
DNA …………… 上 78, 上 80
Gy …………… 上 35, 上 36, 上 39
ICRP …………… 上 136～上 138, 上 140
INES …………… 上 29, 下 8
K6 …………… 下 186

■ L～Z

LNT モデル …………… 上 139, 上 140
PCL …………… 下 186
PET 検査 …………… 上 68
PTSD …………… 上 125, 下 186
SDQ …………… 下 189
Sv …………… 上 1, 上 3, 上 33～上 36
UNSCEAR …… 上 161～上 163, 上 168
WBC …… 上 55, 上 56, 下 197, 下 198
WHO …………… 上 124, 上 126, 上 161
X 線 …………… 上 14, 上 16

記 号

α 線 …………… 上 15, 上 18
 β 線 …………… 上 14, 上 15, 上 19

γ 線 …………… 上 14, 上 19, 上 43, 上 46

放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 上巻

放射線の基礎知識と健康影響

平成 26 年 2 月 13 日 初 版 発行
平成 26 年 7 月 7 日 第 2 版 発行
平成 27 年 7 月 1 日 第 3 版 発行
平成 28 年 6 月 1 日 第 4 版 発行

発行 環境省総合環境政策局環境保健部 放射線健康管理担当参事官室
東京都千代田区霞が関 1-2-2

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所
千葉県千葉市稲毛区穴川 4-9-1
