

自然起源放射性物質 (NORM) による被ばく

-生活環境放射線(国民線量の算定)第3版における推計-

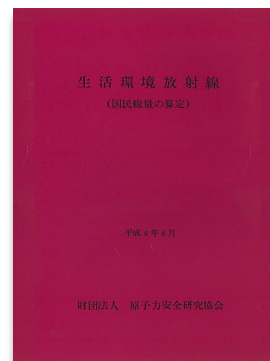
公益財団法人 原子力安全研究協会

主任研究員

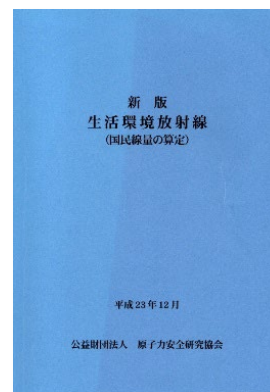
米原 英典

生活環境放射線（国民線量の算定）

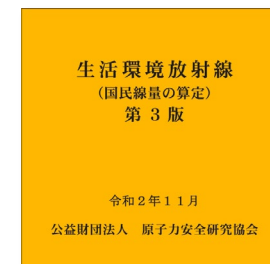
初版 平成4（1992）年8月発行



新版 平成23（2011）年12月発行



第3版 令和2（2020）年11月発行
（PDFファイルによる電子媒体）



目次

第1章 生活環境放射線による被ばくについて

- 1.1 生活環境における被ばくの現状
- 1.2 放射線被ばくによる健康影響と放射線防護の考え方
- 1.3 放射線防護の観点からの被ばくの種類
- 1.4 放射線防護のための線量とその基準

第2章 公衆被ばく

- 2.1 自然放射線による被ばく
- 2.2 諸線源による被ばく
- 2.3 過去の大気圏内核実験・原子力事故による被ばく
- 2.4 原子力・放射線関連施設からの公衆の被ばく
- 2.5 公衆被ばくのまとめ

第3章 職業被ばく

- 3.1 原子力施設、放射線利用施設の放射線作業者の被ばく
- 3.2 高められた自然放射線による作業者の被ばく

第4章 医療被ばく

- 4.1 医療被ばく
- 4.2 医療被ばくデータ
- 4.3 放射線診断による被ばく
- 4.4 放射線治療による被ばく

- 4.5 核医学による被ばく

- 4.6 インターベンショナル・ラジオロジー（IVR）による被ばく

- 4.7 被ばく線量の推定

- 4.8 まとめ

第5章 東京電力福島第一原子力発電所事故による被ばく

- 5.1 事故による放射性核種の放出，拡散と沈着
- 5.2 事故による住民の被ばく
- 5.3 事故による作業者の被ばく
- 5.4 福島第一原子力発電所事故による被ばくのまとめと国民線量への影響

第6章 国民線量のまとめ

- 6.1 国民線量について
- 6.2 一般的な国民が通常的生活環境で受ける被ばく線量
- 6.3 公衆被ばく，職業被ばく，医療被ばくの各被ばく源，被ばく経路についての集団線量

付録1 用語集

付録2 放射線防護で用いられる様々な線量

NORM（自然起源放射性物質）とは

- IAEA安全基準文書での定義（IAEA Safety Glossary, 2018）

NORM

自然起源の放射性核種以外の有意量の放射性核種を含まない**放射性物質**

放射性物質の定義

国内法において又は規制機関によって、その放射能のゆえに規制上の管理に従うものとして指定された物質

公衆被ばく 諸線源による被ばく-1

ウラン・トリウム系列核種を含む一般消費財の放射能濃度

試料	分析結果（放射能濃度：Bq/g）	
	²³⁸ U	²³² Th
ラドン温泉浴素	10 ~ 34	81 ~ 270
ブレスレット, ネックレス（セラミック）	1.7 ~ 8.8	12 ~ 71
健康器具（粉体入）	5.4	34
耐火物, 耐火レンガ	2.9 ~ 3.5	0.49 ~ 0.57
マフラー触媒	3.3	210
衣料（繊維に練り込み）	1	8.8
サポーター, リストバンド（繊維に練込）	0.011 ~ 0.94	0.093 ~ 8.5
消臭塗料	0.4 ~ 0.82	2.9 ~ 5.5
靴下（繊維に練り込み）	0.7	6.2
シート（繊維に練り込み）	0.67	5.4
靴中敷き（粉体入）	0.085 ~ 0.42	0.63 ~ 6.2
寝具（繊維に練り込み）	0.043 ~ 0.26	0.01 ~ 2.3
湯の花	0.00084 ~ 0.012	0.00081 ~ 0.029
化粧品（ジェル）	15	44
化粧品（粉白粉）	13	68
リン酸肥料	0.038 ~ 0.073	0.0014 ~ 0.0015

公衆被ばく 諸線源による被ばく-2

NORMを含む一般消費財の利用による被ばく線量の測定事例

NORMを含む一般消費財	利用した場合の年間線量 $\mu\text{Sv}/\text{年}$	出典
寝具	110	吉田昌弘ら, 日本原子力学会和文論文誌, 4 (3); 213 - 218, (2005)
肌着	220	
温泉器	110	
壁紙	10	
車用燃費向上剤	< 10	古田悦子, 日本放射線安全管理学会, 6 (1); 31 - 36, (2007)
化粧品	< 1000	古田悦子ら, 保健物理 43(4); 341 - 348, (2008)
装飾品	< 1000	古田悦子, 保健物理 45(3); 253 - 261, (2010)

国民一人当たりの年間平均線量

一般消費財 (NORMを含む商品の他、夜光時計、煙探知機、電気溶接機、グローランプなど) 及び雑線源による線量

0.00005 mSv/年

公衆被ばく ラドン・トロンによる被ばく

これまでに実施された我が国の住居内のラドン濃度の全国調査結果

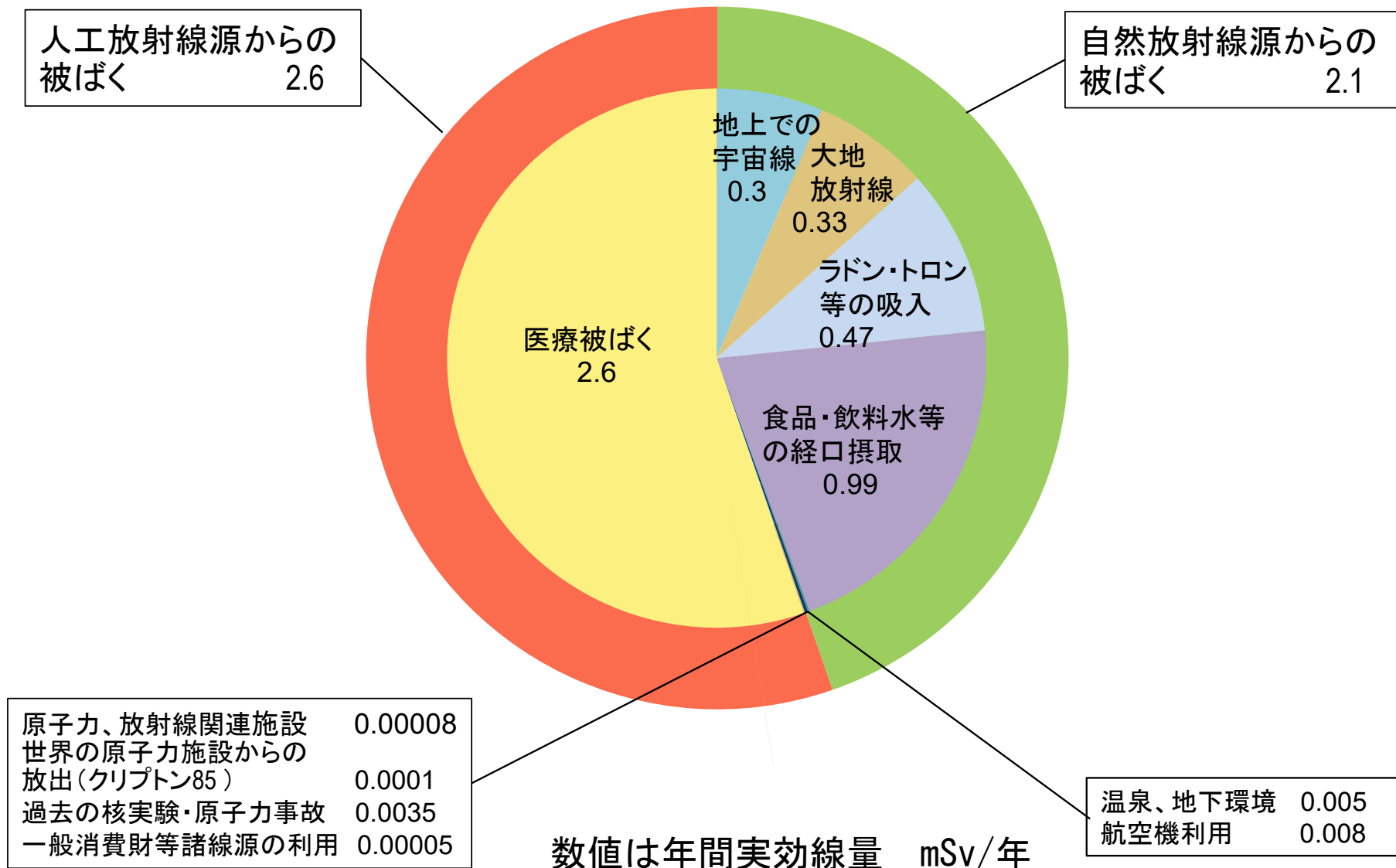
	測定期間	測定した 家屋数	算術平均値 (標準偏差) Bq/m ³	幾何平均値 (幾何標準 偏差) Bq/m ³	中央値 Bq/m ³	最高値 Bq/m ³	出典
1	1985- 1991	5,717	20.8	16.9	16.0	313	Fujimoto <i>et al.</i> , 1997
2	1994- 1996	899	15.5 (13.5)		11.7	208	Sanada <i>et al.</i> , 1999
3	2007- 2010	3,461	14.3 (14.7)	10.8 (2.1)			Suzuki <i>et al.</i> , 2010
		人口加重 平均	13.7 (12.3)	10.4 (2.0)			

住居内ラドン 一般生活環境での平均的な濃度（中央値）： 11 Bq/m³
 リスク評価のための平均値（算術平均値）： 15 Bq/m³

屋内・屋外のラドン・トロンの吸入による年間実効線量

中央値： 0.46 mSv/年
 算術平均値： 0.59 mSv/年

一般国民が通常的生活環境で受ける一人当たりの年間実効線量



自然放射線源による被ばくの国民線量への寄与

被ばくのカテゴリ	被ばくの種類	被ばくした集団の人数	国民一人当たりの平均線量 (mSv/年)	集団実効線量 (人・Sv/年) (国民線量への寄与%*)
公衆被ばく	地上での宇宙線による被ばく	126,706,000	0.3	38,012 (6.12%)
	大地放射線による被ばく	126,706,000	0.33	41,813 (6.74%)
	空気中のラドン・トリウム等の吸入被ばく	126,706,000	0.60	76,277 (12.29%)
	食品、飲料水等の経口摂取による被ばく	126,706,000	0.99	125,945 (20.3%)
	温泉、地下環境等による被ばく	126,706,000	0.005	634 (0.10%)
	航空機利用に伴う被ばく	126,706,000	0.008	1,014 (0.16%)
	自然放射線源による被ばく (小計)			283,695 (45.7%)
	一般消費 (NORMを含む商品の他、夜光時計、煙探知機、電気溶接機、グローランプなど) 及び雑線源の利用による被ばく	126,706,000	0.00005	6.34 (0.001%)

* 公衆被ばく、職業被ばく、医療被ばくのすべての線源や被ばく経路から受ける集団線量の合計である国民線量 (620,685人・Sv/年) に対する割合

高められた自然放射線による作業者の被ばく-1

- 航空機乗務員の被ばく
高高度での宇宙線
- NORMの産業利用による作業者の被ばく
核燃料（ウラン）の製造、加工
原子力施設の作業者として規制の対象
産業用原材料の利用
 - モナザイト
 - 非鉄金属（チタン鉱石、ジルコニウム鉱など）
 - 石油・石炭（石油製品・石炭製品の原材料）
 - 化学肥料の原材料（リン酸鉱石）

高められた自然放射線による作業者の被ばく-2

原材料の放射能濃度と作業者の集団線量の推計

推計に用いた情報

- 原材料の輸入量

財務省貿易統計2005

量子科学研究開発機構 自然起源放射性物質 (NORM) データベース

石油天然ガス・金属鉱物資源機構 マテリアルフロー2015

- 作業員数

平成26年経済センサス－基礎調査等

平成22年国勢調査

- 原材料の放射能濃度

量子科学研究開発機構 自然起源放射性物質 (NORM) データベース

- 実効線量

「欧州委員会RP - 122」の被ばくシナリオ、被ばくパラメータを用いて、
原材料の放射能濃度から算出

論文

高められた自然放射線による作業者の被ばく-3

産業利用における作業者の年間集団線量-1

非鉄金属製造業

物質	輸入量 (トン)	調整した 従業者数 (人)	放射能濃度(平均値) (Bq/kg)			年間 実効線量 (mSv)	年間 集団線量 (人・ mSv)
			²³⁸ U 系列	²³² Th 系列	⁴⁰ K		
ウラン鉱	0	0	3,800,000	120	10	—	0
タングステン鉱	3	0	2.2	1.6	ND	—	0
トリウム鉱	27	0	—	—	—	—	0
コバルト鉱	63	0	—	—	—	—	0
ニオブ鉱、タンタル鉱、 バナジウム鉱	79	0	—	—	—	—	0
ジルコニウム鉱	5,000	31	4,000	770	130	1.2	35
ジルコニウム鉱 (耐火物用)	—	61	<5,600	<1400	<81	0.43	26
モリブデン鉱	40,406	247	30	4.7	34	0.0085	2.1
バリウム鉱	75,852	463	4.1	ND	ND	0.00094	0.44
クロム鉱	104,004	635	ND	0.83	28	0.00040	0.26
鉛鉱	171,606	1,048	—	—	—	—	—
チタン鉱	509,797	3,113	270	340	64	0.17	525
亜鉛鉱	1,043,525	6,373	11	4.9	63	0.0044	28
マンガン鉱	1,326,223	8,100	5.1	3.9	ND	0.0024	19
アルミニウム鉱	1,814,123	11,079	210	250	38	0.13	1,402
銅鉱	4,320,036	26,383	220	34	260	0.06	1,647
ニッケル鉱	4,756,702	29,050	—	—	—	—	—

高められた自然放射線による作業者の被ばく-3

各産業利用における作業者の年間集団線量-2

石油製品・石炭製品製造業

物質	輸入量 (トン)	調整した従 業者数 (人)	放射能濃度 (平均値) (Bq/kg)			年間実効 線量 (mSv)	年間集団 線量 (人・mSv)
			²³⁸ U 系列	²³² Th 系列	⁴⁰ K		
亜炭	28,701	2	150	18	92	0.041	0.062
泥炭	136,666	7	9.7	3.8	17	0.0035	0.025
石炭	180,810,754	9,582	45	22	180	0.018	174
石油, 歴青油 (原油)	210,333,745	11,146	87	39	19	0.032	359

化学肥料製造業

物質	輸入量 (トン)	調整した従業 者数 (人)	放射能濃度 (平均値) (Bq/kg)			年間 実効線量 (mSv)	年間 集団線量 (人・mSv)
			²³⁸ U 系列	²³² Th 系列	⁴⁰ K		
リン酸・ポリリン酸	35,670	115	390	46	52	0.10	12
リン酸肥料	166,634	536	630	130	550	0.19	101
リン鉱石	774,297	2,491	930	140	170	0.26	643

鉄鋼業

物質	調整した従業者数 (人)	放射能濃度 (平均値) (Bq/kg)			年間 実効線量 (mSv)	年間 集団線量 (人・mSv)
		²³⁸ U 系列	²³² Th 系列	⁴⁰ K		
鉄鉱	153,397	16	6.2	83	0.0060	926

職業被ばくの集団線量と国民線量への寄与率

被ばくの カテゴリー	被ばくの種類（線源，経路）	被ばくした集 団の人数	被ばくした集 団一人あたりの平均線 量 (mSv/年)	集団実効線量 人・ Sv/年 (国民線量への寄 与%)
職業被ばく	原子力関連施設（福島第一原子力発 電所の作業者を除く）の放射線作業 者	55,091	0.15	8.26 (0.0013%)
	福島第一原子力発電所の放射線作業 者	20,730	5.04	104.5 (0.017%)
	福島第一原子力発電所事故に関連す る除染業務従事者	36,046	0.46	16.58 (0.003%)
	一般医療施設放射線診療従事者	352,601	0.37	130.5 (0.021%)
	歯科医療施設放射線診療従事者	23,505	0.03	0.705 (0.0001%)
	獣医療施設放射線診療従事者	15,217	0.03	0.457 (0.0001%)
	一般工業放射線作業 者	68,218	0.06	4.09 (0.0007%)
	非破壊検査放射線作業 者	3,662	0.42	1.54 (0.0002%)
	研究・教育施設放射線作業 者	66,784	0.02	1.34 (0.0002%)
	航空機乗務員（2007年の情報）	18,000	2.0	36 (0.006%)
	NORM取扱作業 者	268,600	0.022	5.91 (0.001%)
職業被ばく 合計				309.8 (0.05%)

自然起源放射性物質（NORM）による被ばく 国民線量への寄与のまとめ

公衆の被ばく

●ウラン・トリウム系列核種を有意に含む商品の利用

国民一人当たりの平均線量 <math>< 0.00005 \text{ mSv/年}</math>

国民線量への寄与割合* <math>< 0.001\%</math>

●住居のラドン

国民一人当たりの平均線量（算術平均値） 0.59 mSv/年

国民線量への寄与* 12.0%

職業被ばく

● NORMを利用する産業での作業者の被ばく

作業者の集団での平均線量 0.022 mSv/年

国民線量への寄与* 0.001%

* 公衆被ばく、職業被ばく、医療被ばくのすべての線源や被ばく経路から受ける集団線量の合計である国民線量（ $620,685 \text{ 人} \cdot \text{Sv}$ ）に対する割合