

報告

子どもの放射線被ばくの影響と今後の課題

—現在の科学的知見を福島で生かすために—



平成29年（2017年）9月1日

日本学術会議

臨床医学委員会

放射線防護・リスクマネジメント分科会

この報告は、日本学術会議臨床医学委員会放射線防護・リスクマネジメント分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議臨床医学委員会放射線防護・リスクマネジメント分科会

委員長	佐々木康人	(連携会員)	湘南鎌倉総合病院附属臨床研究センター放射線治療研究センター長
副委員長	山下 俊一	(第二部会員)	長崎大学理事・副学長
幹事	伊東 昌子	(連携会員)	長崎大学男女共同参画推進センター教授・副学長
幹事	神田 玲子	(連携会員)	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防護情報統合センター長
	秋葉 澄伯	(第二部会員)	鹿児島大学大学院医歯学総合研究科疫学・予防医学分野教授
	神谷 研二	(第二部会員)	広島大学副学長・原爆放射医学研究所特任教授
	米倉 義晴	(第二部会員)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構理事長顧問
	青木 茂樹	(連携会員)	順天堂大学医学部放射線医学講座教授、同大学院医学研究科放射線医学教授
	一ノ瀬正樹	(連携会員)	東京大学大学院人文社会系研究科教授
	稲葉 俊哉	(連携会員)	広島大学原爆放射線医学研究所教授
	遠藤 啓吾	(連携会員)	京都医療科学大学学長
	唐木 英明	(連携会員)	公益財団法人食の安全・安心財団理事長
	續 輝久	(連携会員)	九州大学大学院医学研究院教授
	安村 誠司	(連携会員)	福島県立医科大学医学部教授

本件の作成に当たっては、以下の職員が事務を担当した。

事務局	中澤 貴生	参事官(審議第一担当)	(平成27年3月まで)
	井上 示恩	参事官(審議第一担当)	(平成29年3月まで)
	西澤 立志	参事官(審議第一担当)	(平成29年4月から)
	渡邊 浩充	参事官(審議第一担当)付参事官補佐	(平成28年12月まで)
	齋藤 實寿	参事官(審議第一担当)付参事官補佐	(平成29年1月から)
	角田美智子	参事官(審議第一担当)付審議専門職	(平成27年12月まで)
	岩村 大	参事官(審議第一担当)付審議専門職	(平成28年1月から)

要 旨

1 作成の背景

東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、福島原発事故と言う。）から6年が経った。この間、災害弱者であり、放射線感受性が成人より高いと言われる「子ども」と「放射線」の問題について数多くの議論がなされ、日本学術会議も多くの提言を発表してきた[1-10]。今後は、放射線リスクに関する科学的知見と防護の考え方をベースに原発事故を含む災害の影響から子どもを守り、国民と双方向性コミュニケーションを行いながら、被災地の復興を推進する必要がある。

そこで本報告では①子どもを対象とした放射線の健康影響や線量評価に関する科学的知見の整理並びに②福島原発事故後の数年の間に明らかになった健康影響に関するデータとその社会の受け止め方（理解の浸透や不安の状況）の分析を行い、保健医療関係者に向けた将来の「提言」の取りまとめに繋げることとする。なお本報告内では、胎児と生後0～18歳を「子ども」と呼ぶこととする。

2 報告の内容

(1) 子どもの放射線被ばくによる健康影響に関する科学的根拠

原子放射線の影響に関する国連科学委員会（United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: 以下、UNSCEAR）は、福島原発事故を受けて、放射線の人体影響の科学的知見や事故後の被ばく線量の推定値から、「将来のがん統計において事故による放射線被ばくに起因し得る有意な変化がみられるとは予測されない、また先天性異常や遺伝性影響はみられない」という見解を発表している。一方、甲状腺がんについては、最も高い被ばくを受けたと推定される子どもの集団については理論上そのリスクが増加する可能性があるが、チェルノブイリ事故後のような放射線誘発甲状腺がん発生の可能性を考慮しなくともよい、と指摘している。

(2) 子どもの放射線診断・治療と防護

放射線防護の考え方は、放射線を取扱う職場が増加する中で職業人の被ばく管理を中心に発展してきたため、子どもに特化した防護体系は勧告されていない。現在は、子どもの放射線影響に関する科学的知見が蓄積されつつあるものの、この不確かさを伴ったリスク情報を放射線防護体系にいかに関活用していくのが課題となっている。放射線の医学利用に関しては、放射線診療技術の進歩に伴い、子どもへの放射線診断・治療の適用も広がる傾向にあり、子どもの線量評価のための基盤整備やルールの体系化やリスク評価研究と同時に、リスクコミュニケーションの在り方も進歩しつつある。

(3) 福島原発事故による子どもの健康影響に関する社会の認識

福島原発事故による公衆への健康リスクは極めて小さいといった予測結果や、影響が見られなかったことの実証例（胎児や妊娠への影響）について、国や地方自治体、国内

外の専門家は積極的に情報発信している。しかし、子どもの健康影響に関する不安は根強い。これは線量推定やリスク予測の不確かさから専門家間の見解に相違があることにも関係している。事故後の数年間で、影響の有無に関する実証データや個人ベースの線量データが蓄積されるとともに、リスクベースの考え方が浸透し、不安解消に向けて進んでいる事例もある。しかし小児甲状腺がんについては、福島県「県民健康調査」の集計結果の解釈の違いとともに、検査の在り方などが問題となっている。

(4) 放射線影響をめぐる様々な見解

福島原発事故の甲状腺がんリスク等の評価に関しては、UNSCEAR を始めとする国際機関や県民健康調査検討委員会の見解とは異なる見解も発表されている。特に放射線防護の考え方の基本となる LNT モデルの科学的妥当性の検証は、リスクのトレードオフやベネフィットとのバランスといった社会科学的な判断においても極めて重要な論点となる。

(5) 提言に向けた課題の整理

福島原発事故による低線量放射線被ばくを原因とした子どもの健康リスクをより正確に評価するために、子どもに特化した線量評価や影響評価研究の実施、ならびに放射線防護体系の構築や必要とされる人材の育成、国民のヘルスリテラシー向上を推進すべきである。

事故の経験を踏まえ、クライシスコミュニケーションやポストクライシスコミュニケーション(リスクコミュニケーション)に関する知識と技能の向上を目指すべきである。また個人の線量や影響に関する情報を知る・知らされることは、当人や家族の精神的負担に成り得ることを認識し、検査に当たっては現場での丁寧な説明を徹底するとともに、「過剰診断」や「知らない権利への配慮」に関して医療倫理面からの議論を深めるべきである。

健康影響調査結果の説明に際して、患者や家族の心にケアをすべきである。甲状腺超音波検査の早期診断の妥当性、さらに「悪性ないし悪性疑い」と判定された患者や家族の気持ちに寄り添うスキルについては、小児がんの診断と治療に関わる医療関係者から学ぶ必要がある。

今後の甲状腺超音波検査の在り方の検討には、検査の妥当性、丁寧な現場説明の必要性、「放射線影響の本態と甲状腺がんの自然史」「発見された甲状腺がんの治療の在り方」「繰返される長期間にわたる検査の在り方」について広く専門家による国際的なコンセンサスやガイドラインの策定、そして関係者を入れた共通認識と協議の場が必要である。

目 次

1	はじめに	1
2	子どもの放射線被ばくの影響	2
(1)	子どもの放射線被ばくによる健康影響に関する科学的根拠	2
①	子どもの放射線被ばくの影響に関する国際機関の見解	2
ア	有害な組織反応（確定的影響）	2
イ	発がん（確率的影響）	2
ウ	遺伝性影響	3
エ	子宮内被ばくの影響	3
②	子どもを対象とした線量評価の特徴	3
ア	外部被ばく	4
イ	内部被ばく	4
③	子どもの放射線防護における課題	4
ア	放射線防護体系における子どもへの配慮	5
イ	実効線量の子どもへの適用	5
ウ	子どもの被ばく線量やリスクの評価における課題	5
エ	モニタリング検査の実施に伴う問題	5
(2)	子どもの放射線診断・治療と防護	6
①	子どもの医療被ばく防護	6
ア	放射線診断の適用に関する配慮	6
イ	放射線治療の適用に関する配慮	7
ウ	妊娠中/授乳中の患者への放射線診療適用に関する配慮	7
②	医療放射線による子どものがん罹患リスク	7
ア	小児患者の医療被ばく	8
イ	子宮内被ばく	8
(3)	福島原発事故による子どもの健康影響に関する社会の認識	9
①	次世代への影響に関する社会の受け止め方	9
②	放射性ヨウ素と甲状腺がんに関する社会の受け止め方	10
③	放射性セシウムと発がんに関する社会の受け止め方	11
ア	外部被ばく由来	12
イ	内部被ばく由来	12
④	福島原発事故による子どもの健康リスクの相対値	13
ア	チェルノブイリ事故との比較	13
イ	日常生活における被ばく線量やリスクとの比較	13
(4)	放射線影響をめぐる様々な見解	14
①	放射性ヨウ素と甲状腺がん	14
②	放射性セシウムと発がん	15

③	LNT モデルをめぐる議論	15
3	提言に向けた課題の整理	17
(1)	子どもの放射線リスク評価や防護の考え方	17
(2)	個人ベースの情報が与える精神的負担に関する問題	18
(3)	小児患者と家族の心のケアに関する問題	18
(4)	原発事故後の甲状腺検査の在り方	19
(5)	リスクコミュニケーションの重要性	19
(6)	終わりに	19
<図表>		20
<用語の説明>		23
<参考文献>		26
<参考資料>	放射線防護・リスクマネジメント分科会審議経過	32

1 はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、福島原発事故と略す）から6年が経過した。この間、災害弱者であり、放射線感受性が成人より高いと言われる「子ども」と「放射線」の問題について数多くの議論がなされた。放射線に限らず、胎児や幼い子どもにおいては各種の環境因子に対して感受性が高いことが知られており、「子ども」に対する放射線防護の在り方は、厳しく評価されている。今回の福島原発事故後、政府指示による大規模な強制避難以外にも多くの自主避難を余儀なくされたことを背景に、単に放射能不安や恐怖だけではなく、この「子ども」を守るための自衛手段が随所に垣間見られるのである。その上で、避難した住民の帰還を妨げている大きな原因の一つは、子どもへの影響に対する不安と怖れなど、放射線リスクの理解の難しさである。未来社会の発展を支える子どもの健康を守ることは、親は勿論、社会の重要な任務である。そのためには放射線リスクの阻止・低減のみならず、放射線に対する不安に起因する健康への悪影響を防ぐ視点も重要である。さらに、事故後の防護目的の対応が逆に不安を増強し、心の傷を負わせるような二次被害防止への配慮も必要である。こうしたことから日本学術会議も多くの提言を発表してきた[1-10]。

福島原発事故を含む災害の影響から子どもを守りながら、被災地の復興を推進するために何をすれば良いのか、学術コミュニティではこれからも科学的知見と現状に立脚した議論を行うべきである。そこで当分科会の責務として、こうした議論のベースとなる報告書を作成することとした。

そこでこの報告書では、子どもを対象とした放射線の健康影響や線量評価に関する科学的知見を整理するとともに、福島原発事故後の数年の間に明らかになった健康影響に関するデータとその社会の受け止め方（理解の浸透や不安の状況）について整理・分析を行った。当分科会では、この報告をベースに、国民との双方向性コミュニケーションを担う保健医療関係者に向けた「提言」を取りまとめることを計画している。

なお本報告では、「成人」と対比する用語として、胎児と0～18歳を「子ども」と呼ぶこととする。

2 子どもの放射線被ばくによる影響

(1) 子どもの放射線被ばくによる健康影響に関する科学的根拠

原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: 以下、UNSCEAR) は 2013 年報告書の中で福島原発事故の線量の推定値を提示するとともに、UNSCEAR が収集したデータ及び情報を使用し、健康との関連を含めて議論している[11]。被ばく線量推定は年齢別に行っており、例えば計画避難区域住民の事故後最初の 1 年間の実効線量(外部被ばくと内部被ばく)については、成人 4.8-9.3 ミリシーベルト (mSv)、10 歳児 5.4-10mSv、一歳児 7.1-13mSv、同集団の甲状腺の等価線量については、成人 16-35mSv、10 歳児 27-58mSv、一歳児 47-83mSv と推定している。こうした線量推定結果を基に、UNSCEAR は、将来のがん統計において事故による放射線被ばくに起因し得る有意な変化がみられるとは予測されない、また先天性異常や遺伝性影響はみられない、としている。一方、甲状腺がんについては、最も高い被ばくを受けたと推定される子どもの集団については理論上ではあるが、そのリスクが増加する可能性があるとしている[12]。

本節では、こうした線量と健康影響評価の背景に相当する科学的根拠について、主には国際機関の見解に基づいて概説する。

① 子どもの放射線被ばくの健康影響に関する国際機関の見解

原爆被爆、医療被ばく、環境中からの被ばくでは、線量・線量率や被ばくの様式や部位が様々である。こうした調査研究から、被ばくの特徴ごとに健康影響に関する知見が蓄積されつつある。一般的には、子どもは成人よりも 2～3 倍放射線への感受性が高いと言われているが、全ての健康影響に当てはまるわけではないことも明らかになってきた。

ア 有害な組織反応 (確定的影響) : 高線量の単回被ばく又は分割被ばくによる細胞死や変性が組織・器官の機能や形態に不可逆的な障害をもたらす、臨床的症状を呈する場合がある。こうした身体的影響 (有害な組織反応あるいは確定的影響と呼ばれる) の発生に関しては、子どもと成人とで感受性に相違がみられることがある。例えば認知機能、白内障、甲状腺結節は子どものリスクが高く、肺機能不全、骨髄不全、卵巣不全は子どもの抵抗性が高い。神経内分泌機能や腎機能への影響は成人と変わらない[13]。

イ 発がん (確率的影響) : 100 ミリグレイ (mGy) 以下の低線量あるいは低線量率被ばくでは有害な組織反応が発生するほどの細胞死・変性は起こらないが、発がんの原因となる突然変異は起こりうる。UNSCEAR2006 年報告書[14]では、幼少期に放射線被ばくした人々の生涯発がんリスク推定は不確かであるが、あらゆる年齢で被ばくした人々の発がんリスクに比べて 2～3 倍高いかもしれないと記述している。

UNSCEAR は 2013 年報告書内で、子どもと成人の放射線影響やリスクの相違に注目

して執筆された最近の科学文献を詳細に論評した[13]。原爆被爆者やチェルノブイリ事故による被ばく者、放射線治療患者などの疫学研究から、主な腫瘍について子どもの感受性について評価した結果、UNSCEAR は以下の結果を得た(表 1) ; 白血病、甲状腺がん、乳がん、皮膚がん、脳腫瘍などおよそ 25%の腫瘍の発生は子どもの放射線感受性の方が高い。膀胱がんなどおよそ 15%の腫瘍では子どもと成人の放射線感受性は同程度のものである。肺がんなどおよそ 10%の腫瘍では外部被ばくへの感受性が子どもの方が低い。食道がんなどおよそ 20%の腫瘍では発がんリスクと被ばく時年齢との関連を結論付ける十分なデータがない。またホジキンリンパ腫、前立腺がん、子宮がんなどを含む約 30%の腫瘍では、全ての被ばく時年齢で、放射線被ばくとリスクの間の相関がほとんど観察されなかった。

ウ 遺伝性影響 : UNSCEAR は平成 13 (2001) 年に放射線の遺伝性影響についての報告書を発表している[15]。原爆被爆者二世をはじめとして、多くの調査があるが、放射線被ばくに起因するヒトの遺伝性影響を示す証拠は報告されていない。放射線被ばくした両親から生まれた子どもに染色体の不安定性の増加、ミニサテライト遺伝子変異、経代的遺伝子不安定性、性別比の変化、先天的異常の増加、発がんの増加などを示す証拠は認められておらず、放射線感受性の年齢依存性についても未知である。

エ 子宮内被ばくの影響

(ア) **有害な組織反応(確定的影響)** : 胎児影響は、さまざまな有害な組織反応の中でも最も感受性の高い影響の一つであるが、国際放射線防護委員会(International Commission on Radiological Protection, ICRP) では着床以前の放射線被ばくによる胚の死亡は 100mGy 以下の被ばくでは極めて稀であると結論している[16, 17]。主要な臓器形成期には奇形発生のリスクが最大になる ; 妊娠 8~15 週の時期に胎児が被ばくすると、生後の重篤な精神発達遅滞が起こる可能性がある。そのしきい線量は低くても 300mGy、1 Gy あたりの IQ の低下が 25 と推定されている。広島・長崎の原爆被爆者の調査では、被爆妊婦の子どもに小頭症がみられたことが報告されている[18]。

(イ) **発がん** : 胎児の生涯がんリスクは乳幼児と同程度、すなわち全人口についての放射線誘発がんリスクは最大でも 3 倍程度である[17]。なお子宮内医療被ばくに関する調査結果の詳細については(2)節②項で記述する。

② 子どもを対象とした線量評価の特徴

①項でまとめたように、子どもの被ばくの健康影響は一般論としては論じられず、臓器・組織毎の吸収線量、被ばく時年齢、到達年齢、影響の種類などを特定して議論する必要がある。さらに、遺伝性影響や素因についても考慮される必要がある。また

同じ線源からの被ばくであっても、子どもと成人との解剖学的差異や生理・代謝機能の差異により、臓器・組織の吸収線量が異なる可能性がある。たとえば骨髄は年齢とともに体内での分布が変化する。新生児の骨髄は造血にあずかる赤色骨髄のみから成るが、加齢と共に四肢の骨髄の造血機能は失われ、成人後は残った赤色骨髄のほとんどが体幹の骨に局在する。

ア 外部被ばく：子どもは成人に比べ体が小さく、臓器を遮蔽する役割をする周囲の組織が少ないので、同じ被ばく状況では、成人より吸収線量が大きくなる傾向がある。また背丈が低いので、臓器が地面にある放射性物質からの被ばくを成人より多く受ける。また年齢差による身長体重の差が大きいので、成人以上に個人差が大きい。

イ 内部被ばく：内部被ばくによる個人線量の推定は、吸入により、もしくは経口・経皮的に体内に取りこまれた放射性核種の摂取量を推定し、預託線量として評価される。その際、人の体格的特性や人体での放射性核種の代謝が考慮され、臓器での吸収線量が計算される。子どもでは内臓器官も小さいので一つの臓器に強く集積した放射性物質から隣接する他の臓器が被ばくを受ける可能性が高くなる。また、年齢に応じて、代謝や生理機能、食事や呼吸量、身体活動が変化するので、年齢による差や個人差が大きい。

放射性核種のうち、子どもと成人の差が大きいものとして、ヨウ素 131 がある。乳児の単位摂取量当たりの甲状腺の吸収線量は成人の場合よりも 8～9 倍大きくなる可能性がある。一方、セシウム 137 は子どもの生物学的半減期が成人より短いことが観察されており、単位摂取量当たりの臓器吸収線量は摂取時の年齢によってほとんど変わらない[13]。同様に、ヨウ素 131 の単位摂取量当たりの実効線量も、セシウム 137 に比べ、年齢依存性が顕著である（図 1）。

チェルノブイリ原発事故後に小児甲状腺がんが増加し、6,000 人が手術を受け、15 人が死亡したと報告されている[19]。これは、先述の通り子どもにおいて甲状腺の単位線量当たりのリスクが成人より高いことや単位摂取量当たりの甲状腺の吸収線量が高いことに加えて、汚染したミルクの飲用により、子どもがヨウ素 131 を多量に摂取したことによる内部被ばくが大きく関与している。例えば、チェルノブイリ事故後 48 時間以内に避難したプリピャチの居住者の場合、成人の甲状腺吸収線量が 0.07Gy と推定されているのに対し、乳児は 2Gy と推定されている[19]。

③ 子どもの放射線防護における課題

上記で概説した通り、子どもと成人とでは、臓器別の放射線感受性や代謝・生理学的特性や活動が大きく異なる。つまり子どもは「小さな大人」ではない。現在は、子どもに特化した放射線防護体系の確立に向けて、線量評価や影響評価研究が進められているところである。

ア 放射線防護体系における子どもへの配慮：放射線防護の歴史を顧みると、医療従事者の職業被ばくの防護管理から始まり、放射線を取扱う職場が増加する中で職業人の被ばく管理を中心に発展してきた経緯がある。1950年代以降大気圏内の核爆発実験による放射性降下物への懸念から、一般公衆の放射線防護と管理に関心が向かったが、子どもに特化した防護体系は勧告されていない。ICRPによると、確率的影響である発がんの名目リスクは成人4.1%/Svに対し、全人口5.5%/Svとしており[17]、後者での増加分が子どもの寄与分であることを示唆している程度である。今回の福島原発事故では、子どもの全身被ばくの影響は考えにくいものの、初期吸入によるヨウ素131による甲状腺内部被ばくへの懸念が広がった。

イ 実効線量の子どもへの適用：防護に用いる線量の中核をなすのは実効線量である。実効線量の計算には、標準人として身長176cm、体重73kgの標準男性と163cm、60kgの標準女性の35歳の白人の解剖学的計算モデルを用いている。これに呼吸器、消化器などの生理学的モデルを適用して得られた臓器等価線量を男女平均した上で、臓器ごとに組織加重係数を乗じ、全臓器分を加算して求める[17, 20]。実測はできないので、外部被ばく管理にあたっては国際放射線単位測定委員会(International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU)が提案する人体ファントムを用いて算定する実用量を線量計に目盛ったエリアモニターと個人モニターが用いられている。こうして計測される実効線量当量 $\mu\text{Sv}/\text{時}$ は、標準人の実効線量の安全側(大き目)の推定値(近似値)である。

標準人の実効線量の推定値として求められた実用量は、体格の小さい子どもにとっても十分安全側の推定値となっていることが多い。Petoussi-Hensらは年齢の異なる子どものファントムを用いて環境放射線からの被ばくを検討し、「体が小さい程線量は大きくなるが、サーベイメータで測定する周辺線量当量はすべての年齢で実効線量を過大評価した」と報告している[21]。

ウ 子どもの被ばく線量やリスクの評価における課題：ICRPでは、さまざまな年齢の子どもや妊婦(胎児を含む)の線量計算手法の確立及び年齢別の組織加重係数に関する議論も行われている。しかし現時点での年齢別・臓器別の感受性に関する知見は、主に原爆被爆等の高線量率被ばくに関するものがほとんどである。低線量・低線量率被ばくでの年齢別・臓器別の感受性を明らかにするためには、子どもの線量評価の精緻化のみならず、種々の交絡因子やバイアスの排除などの課題が残っている。

エ モニタリング検査の実施に伴う問題：事故後に行われる遡及的線量評価では、大気中や飲食物中の放射能濃度あるいは体内残留放射能や尿や便中に排出された放射能といった測定値から摂取量の推定が行われる。環境中のヨウ素131の吸入被ばくの場合、成人の実測データから子どもの線量を推定することには大きな不確か

さが伴うため、子どもの甲状腺実測データが必要となる。しかし、緊急時発生直後に子どもを被験者とした調査を実施することは、適切かつタイムリーな被ばく線量測定環境の整備の困難さに加えて、子ども本人からの同意が困難あるいは不可能であり、むしろ保護者の不安感や家族の心情、家庭の事情に鑑み、成人の検査以上の準備や配慮が求められることになる。

(2) 子どもの放射線診断・治療と防護

(1)節でまとめた通り、現在は、子どもの放射線影響に関する科学的知見が蓄積されつつあるものの、この不確かさを伴ったリスク情報を放射線防護体系にいかに関活用していくのが課題である。一方、放射線の医学利用に関しては、放射線診療技術の進歩に伴い、子どもへの放射線診断・治療の適用も広がる傾向にあり、子どもの線量評価のための基盤整備やルールをの体系化、リスク評価研究と同時に、リスクコミュニケーションの在り方も進歩している[22]。

① 子どもの医療被ばく防護

患者が医療上受ける放射線は他の被ばくと異なる特徴がある。必要な診断や治療のために計画的に放射線を人体に照射すること、被ばくする患者自身が健康上の便益を受けること、多くは局所被ばくであることなどである。従って、放射線防護の3原則（正当化、最適化、線量限度の適用）も独特である[17]。個人の線量限度は適用されない。正当化は3段階でなされ、最終段階は医師の判断で決まる。最適化には診断参考レベルが採用され、放射線治療では正常組織への被ばく低減を重視する。特に子どもへの放射線診断・治療の適用に関しては、特に確率的影響のリスクを考慮すべきとされている。これは特定の種類のがんに関しては子どもが成人よりも感受性が高いこと、また子どもの場合、放射線の晩発的健康影響が発病するほどの長い余命を有していることによる。

診療効果の最大化、正常組織の被ばくの最小化のために、被ばくや線量を制御することが最も重要で、ICRPは放射線診療の手技ごとに、子どもへの適用に際して配慮すべき点をまとめている[23]。

ア 放射線診断の適用に関する配慮：放射線診療には診断、治療、核医学がある。一般にX線診断と核医学診断では被ばく線量は小さい。前者は外部被ばく、後者は内部被ばくをもたらす。

CT装置の高速化と主として血管造影検査手技を利用した血管内治療（画像診断的介入治療：IVR）は、被験者の放射線被ばくを増加させる傾向があり、副作用として有害な組織反応（確定的影響）が発生した事例も報告されている。ICRPは刊行物121「小児科の診断・IVRの放射線防護」で、子どものX線診断に当たっては、診断に差支えない限り重要臓器、特に精巣、卵巣、甲状腺に遮蔽処置を施すべきであるとしている[23]。また診断に用いる線量は子どもの体の大きさに合わせるなどの防護

の最適化を行う必要があり、年齢別の診断参考レベルを設定するなどの方策が推奨されている。

また核医学では、年齢（体格）に応じた放射性医薬品の適正な投与量の使用が最も重要である。ICRP では、使用する放射性医薬品の臓器分布と吸収線量及び実効線量を成人、15 歳、10 歳、一歳児について推定して公表している[24, 25]。

日本においても、平成 28（2016）年に改訂された画像診断ガイドライン（日本医学放射線学会）では、2013 年版で不足している感のあった小児画像診断について基本的な考え方（正当化と最適化及び検査時の安全確保）や Clinical Question（臨床上の疑問）の記載が追加された[26]。

イ 放射線治療の適用に関する配慮：外部照射、小線源組織内照射、腔内照射を行う放射線治療、RI 内用治療では、標的病巣に数十 Gy に及ぶ高線量を処方する。昨今の画像診断の進歩や新しい治療機器の開発により、標的病巣に数十 Gy に及ぶ高線量を処方しつつ、正常組織への被ばく低減が可能になった。成人がん患者では、放射線誘発二次がんのリスクは一次がんの再発リスクよりもはるかに小さく、二次がんの 90%以上は一次がん治療によって寿命が延長した結果であると言われている[27]。しかし、小児がんの治療については、放射線防護の観点から医療現場に対して、勧告や見解を発表するに十分な疫学データは得られていない。これは主に小児がんの放射線治療を受けた患者の多くがいまだに 50 歳以下であるため、二次がんのリスクを定量的に評価できないことによる。なお子どもの医療被ばくによる二次がんについては、(2)節②項でまとめることとする。

ウ 妊娠中/授乳中の患者への放射線診療適用に関する配慮：一般的には放射線診療のベネフィットも被ばくによるリスクも患者個人が受けるが、妊娠女性が患者の場合、そのリスクは胎児にも及ぶ。よって妊娠女性への放射線診断/治療には特別の考慮を必要とする。放射線診療の現場では妊娠の申告を奨励し、検査の適用/非適用の判断（正当化）を慎重に行うこととしている。また核医学検査の場合は、患者の体液や母乳等を介して、胎児や授乳期の子どもが放射性核種を摂取する可能性があるため、こうした経路での被ばくに対する防護対策を講じることとしている。ICRP では授乳中の患者への適用に対しては刊行物 95「母乳中の放射性核種の摂取による乳児の線量」で放射線防護の立場から助言している[28]。また 15 歳未満の子どもや妊娠女性は、放射性ヨウ素の治療を受けた患者からの汚染を避けるための注意が必要とされている[17]。

② 医療放射線による子どものがん罹患リスク

上記のように、放射線診療の適用が子どもに広がった結果、小児患者の医療被ばくの疫学調査の成果が着実に蓄積され、低線量の放射線とリスクとの関係の解明が前進している。そもそも医療放射線を必要とする診断や治療の子どもへの適用は、医学的

理由から実施されるものであり、疾患特異的あるいは何らかの病態が既に存在しているという前提を常に考慮する必要がある。この事は、予め選択バイアス、すなわち医療被ばくの対象解析集団の特殊性を排除できない事に注意が必要である。

ア 小児患者の医療被ばく：昨今、CT 検査を受けた小児患者の疫学研究が相次いで行われ、統計的に有意なリスクの増加が報告されている。1985～2002 年に初めて CT 検査を受けた 22 歳未満の約 18 万人を対象に行った英国の疫学調査では、CT 検査で各臓器・組織が受けた放射線量と罹患率との関係が解析され、1 mGy あたりの過剰相対リスクは、脳腫瘍で 2.3% (95%信頼区間[CI]:1.0-4.9%)、白血病で 3.6% (95% CI:0.5-12.0%) と報告された[29]。しかしながら絶対リスクは非常に小さく、頭部 CT 検査を 1 万人実施するごとに被ばく後 10 年以内の白血病及び脳腫瘍の症例がそれぞれ 1 例増加する程度と推定された。同様の調査を行ったオーストラリアの大規模調査では、CT 検査一回あたり全がんの罹患率が 16% (95%CI:13-19%) 増加すると報告された (臓器線量との関係は解析されていない) [30]。さらには台湾の調査[31]、ドイツの調査[32]でも、CT 検査を受けた小児患者で脳腫瘍などのリスクが増加することが示唆されている。ただ、こうした線量推定にはかなりの不確かさが含まれており、また研究によっては、CT 検査を受けた理由が明らかにされておらず、被ばくと疾患との因果関係は判断できないといった問題が有ることも指摘されている[33]。

小児がんの治療後に見られる放射線誘発二次がんについても複数の大規模試験によって示されてきた。二次性白血病は治療後 10 年までに発症することが多いのに対し、固形がんはそれ以降に発症することが多く、生存期間とともに上昇し続ける[34]。子どもはがんを克服した後、何十年も生きることになるため、その分放射線治療による二次がんが現れる可能性が、成人よりも高くなる。また子どもや青年期と高齢者との間では二次がんの種類も大きく異なる。小児がんの放射線治療後の二次がんでは頻度が高いのは、骨軟部肉腫、甲状腺、脳と乳腺のがんで、二次がんの 80% に相当する[35]。また小児がんの患者で、その後中枢神経腫瘍を発症した患者 106 人の症例対照研究によると、10Gy 未満の線量で脳腫瘍を発症した患者はなく、二次性グリオーマのリスクは 5 歳未満で放射線治療を受けた患者に特に高かったという[36]。こうした疫学データから、放射線治療後の放射線誘発二次がんリスクは、ICRP が放射線防護を目的に提唱した手法 (例えば ICRP の提唱する名目リスク係数など) で評価されるべきではないと指摘されている[27]。

イ 子宮内被ばく：胎児の被ばく影響の調査としては、“オックスフォード小児がん研究調査” が有名である。これは、1950 年代に英国で実施された小児がんによる寿命の調査に関する症例-対照研究で、母親が妊娠中に受けた骨盤計測を目的とする X 線診断による被ばく (10mGy 程度) で小児がんの相対リスクが 1.4 に増加すると報告した [37, 38]。比較的最近発表された文献を用いたシステマティックレビ

ュー（体系的な評価・検証）では、統計的有意なリスクの増加が確認されなかったが、これは技術の進歩による診断被ばく線量が低減していることによるのかもしれない[39]。また近年、骨盤計測が必要となるような大きな胎児は、ある種の小児がんのリスクが高いと言った報告がなされた[40]。CT 検査にかかわる疫学研究では、CT 検査による被ばくを原因としてがんを発症するという因果関係が想定されている。しかし過体重児において小児がんリスクが高く、また骨盤計測を受ける可能性が高いのであれば、過体重児が交絡要因である、あるいは因果の逆転(原因と結果の取り違え)が起こっている可能性もあるが、観察された全ての症例を説明できるとは考えにくい。

(3) 福島原発事故による子どもの健康影響に関する社会の認識

(2)節の冒頭に紹介した通り、UNSCEAR は、福島原発事故による公衆の被ばく線量とリスクの評価を行い、甲状腺がんについては、最も高い被ばくを受けたと推定される子どもの集団については理論上リスクが増加する可能性があるが、それ以外の影響（先天性異常や遺伝性影響、小児甲状腺がん以外のがん）に関しては、有意な増加は見られないだろうと予測している。国や地方自治体、国内外の専門家は、こうした国際機関の評価結果の浸透に努めているが、子どもの健康影響に関する不安は根強い。これには線量推定やリスク予測の困難さから異なる見解があることにも関係している。

事故後の数年間で、徐々に影響の有無に関する実証データや個人ベースの線量データが蓄積され、不安解消に向けて進んでいる。他方、甲状腺がんの発見については、福島県「県民健康調査」の集計結果の疫学的解釈と言った科学的な問題とともに、高度な超音波診断を初めて導入した大規模な検査の結果、いわゆるスクリーニング効果の問題や、被験者や家族の心理的影響など医療倫理的な問題が顕在化している。本節では健康影響の種類別に、リスク評価の検証状況と社会での認識についてまとめる。

① 次世代への影響に関する社会の受け止め方

胎児影響は、福島原発事故による健康影響の有無がデータにより実証されている唯一の例である。福島原発事故に起因し得ると考えられる胚や胎児の吸収線量は、胎児影響の発生をしきい値よりはるかに低いことから、事故当初から日本産科婦人科学会等が「胎児への影響は心配ない」と言うメッセージを発信した。これはチェルノブイリ事故直後、ギリシャなど欧州の国々で相当数の中絶が行われたことによる[41]。福島原発事故から一年後には、福島県の県民健康調査の結果が取りまとめられ、福島県の妊婦の流産や中絶は福島第1原発事故の前後で増減していないことが確認された[42]。そして死産、早産、低出生時体重及び先天性異常の発生率に事故の影響が見られないことが証明された[43, 44]。

専門家間では組織反応（確定的影響）である「胎児影響」と生殖細胞の確率的影響である「遺伝性影響（経世代影響）」は区別して考えられており、「胎児影響」に関しては、上記のような実証的結果を得て、科学的には決着がついたと認識されている。

福島原発事故後、主にはソーシャルメディアを介して、チェルノブイリ原発事故の再来とか、チェルノブイリや福島で観察されたものとして、動植物の奇形に関するさまざまな流言飛語レベルの情報が発信・拡散され、「次世代への影響」に関する不安を増幅する悪影響をもたらした。実際に、県民健康調査や長崎大学が川内村で実施したアンケート調査では、回答者の約半分が「次世代への影響の可能性が高い」と答えている[45, 46]。また平成 25 (2013) 年 1 月に福島県相馬市の医師が市内の全中学校で放射線の講義を行い、その後アンケート調査を行った結果、女子生徒の約 4 割が「結婚の際、不利益な扱いを受ける」と回答した[47]。こうした回答の割合は時間経過や継続的な授業の実施により下がる傾向が見られている。もし全国でこうした誤認が浸透しているのであれば、誤った先入観や偏見を正す必要があり、次世代への影響の調査や、正しい情報発信を継続して行う必要があると考えられる。

② 放射性ヨウ素と甲状腺がんに関する社会の受け止め方

福島原発事故後、速やかに汚染食品の摂取・出荷制限措置が取られたが、事故当初、放射性ヨウ素が吸入経路及び経口経路（葉物野菜や飲料水など）を介して摂取されたことが体外計測結果でも確認されている[48]。国際機関からの報告によれば、甲状腺等価線量について、WHO は 2012 年の報告[49]で福島の最大被ばく地域で 10-100mSv の枠 (dose band) , 一つの特定の場所で 100-200mSv の枠内と予想した。但し、初期の空間線量情報に基づき過大評価気味であると断っている。より多くの情報に基づく 2014 年公表の UNSCEAR の報告[11]によると、避難区域における甲状腺等価線量は、成人で最大 35mSv 程度、一歳児で最大 80mSv 程度であり、もし 20km 圏内の住民が避難しなければ一歳児の甲状腺等価線量は最大で 750mSv 増えたと推定されている。

そこで福島県は事故時に 18 歳以下であった全県民を対象に甲状腺超音波検査を実施している。チェルノブイリ事故後の知見によると小児甲状腺がんの潜伏期間は 4～5 年と比較的短く、この影響の有無に関して(暫定的であれ)結論を得るには 10 年程度が必要である。

実施中の甲状腺超音波検査は、これまで世界に例のない無徴候の健常児を対象とした大規模で精度管理された詳細調査である。平成 27(2015)年 6 月末までに、震災時福島県に居住の概ね 18 歳以下の県民約 30 万人が受診 (受診率 81.7%) した[45]。治療の必要のない極めて軽微な異常 (嚢胞や微小結節所見) が多く発見されたが、同じ福島方式で甲状腺検査が実施された他の地方自治体 (弘前市、甲府市、長崎市) と有所見率の差は認められなかった。ただし、検査対象数が 1000 人規模と少なく、同じ精度の結果ではないとの批判がある。しかしながら、我が国の地域がん登録で把握されている甲状腺がんの罹患統計などから推定される有病数に比べて数十倍のオーダーで多い小児甲状腺がんが発見されている[45]。これは一方が健常児の全数調査 (悉皆調査)、他方は病気の徴候が出現して診断を受けたがん登録という異なる方法でのそれぞれ異なる結果であり、本来比較されるべき数字ではない。韓国では、超音波による広範な検診を行ったところ、甲状腺がん発見率が英国の 15 倍、米国の 5～6 倍と、明らかに

大幅な上昇を経験した[50, 51]。また 12 か国における 1988-2007 年間の調査結果から、甲状腺の超音波検査により 47 万人の女性と 9 万人の男性が過剰診断されたと推定した報告がある [52]。米国の最近の報告でも、超音波を用いる無症状の成人に対する甲状腺がんのスクリーニングは、過剰診断の不利益が大きいため推奨しないとされている[53]。

甲状腺がんは進行が遅く、生前徴候がなく、死後の病理検査で発見される潜在がんが多数あるなど、通常の悪性腫瘍とは異なる特徴がある。そのため、生命予後に影響を及ぼさない甲状腺微小がんが多く存在すると推測されている。しかし、幼少期から青年期における発症頻度や自然史については、十分な情報がないことから、前例を見ない高感度機器を用いた大規模な福島での甲状腺超音波検査の結果は、これからの基本情報となる可能性も考えられる。県民健康調査委員会は小児甲状腺がんの潜伏期間を考慮すると、事故後 3 年以内の先行検査の結果は、放射線の影響とは考えられず、今後、同じ方法で得られた結果と順次比較するためのベースラインと位置づけているが、これに対する異論もあり、後述する。

原発事故後の甲状腺がんへの不安と懸念は、まさにチェルノブイリの再来との先入観や偏見もさることながら、不確実な要素を残す初期甲状腺被ばく線量推計の問題と、事故対応の具体的な健康見守りガイドラインやマニュアルが欠落していた事も大きな問題であった。子どもの検査結果を聞き、安心した親も多かったが、逆に、微小結節や嚢胞が見つかった“A2”の判定が「異常所見」通知と受け止められるなど、書面のみでの結果説明の難しさが明らかになった。現在は、希望者には検査会場で医師から暫定的な結果説明・相談を直接受けることができるが、検査を受けることへの疑問や、検査結果の理解やその受け止め方については、一部の親や子どもの精神的負担となっている。

平成 28(2016)年 12 月末日までに 185 人が甲状腺がんの「悪性ないし悪性疑い」と判定され、このうち 146 人が手術を受けたという数値が発表されている。こうした数値の解釈をめぐるさまざまな意見が報道され、そのたびに社会の不安を増幅した。福島県県民健康調査検討委員会は、中間とりまとめにおいて、これまでに発見された甲状腺がんについては、被ばく線量がチェルノブイリ事故と比べて総じて小さいこと、被ばくからがん発見までの期間が概ね 1 年から 4 年と短いこと、事故当時 5 歳以下からの発見はないこと、地域別の発見率に大きな差がないことから、放射線の影響とは考えにくいと評価した[45]。これに対して明らかに放射線の影響であると主張する論文等も発表されている[54, 55]。なおチェルノブイリ事故後観察された小児甲状腺がんとの比較については後述する。

③ 放射性セシウムと発がんに関する社会の受け止め方

UNSCEAR は福島原発事故による外部被ばくや内部被ばくを評価して、主には放射性セシウムによる低線量・低線量率の被ばくでは、将来のがん統計に有意な変化はみられないだろうと予測した[11]。この予測結果を実証するには、がんの潜伏期間を考え

ると、数十年の時間を要することになる。実証できない中で、個人線量計やホールボディカウンターを用いた個人ベースの線量情報が放射線の健康影響への理解のために用いられているが、不安軽減効果には個人差がある。幼い子どもを抱える母親のうつ傾向に関する調査では、1) 地域差が見られること[56]、2) 家族間の放射線に関する考え方の違う家庭に高いこと[57]が明らかになっている。このような事態の解決に向けて、科学的な被ばく線量推計評価が行なわれている[45]。これら科学的知見を一般社会に正しく伝達するリスクコミュニケーションと放射線リスク教育の在り方も大きな課題である。

ア 外部被ばく由来：事故由来の放射性セシウムによる被ばく量で言うと、内部被ばくに比べ外部被ばくの方がはるかに大きい。そこで避難や生活空間の除染などの対策が講じられた。特に子どもへの配慮としては、校庭の除染や屋外活動の制限などが行われた。福島県の市町村では、子ども・妊婦を中心として個人線量計による被ばく線量の把握が行われ[58]、概して空間線量率から推計された追加線量よりも個人線量計での計測値が少ないことが確認された[59]。学校保健統計調査等の調査によると、事故後は肥満傾向児の割合が増加しているが、これは屋外での運動制限等の理由が考えられる。

子どもの被ばくを心配し、転居を選択した自主避難者の中には、経済的不安や家族内の問題（家庭内別居や意見の不一致）、転居先のコミュニティへの不適應と言った問題（例：避難先でのいじめ）を抱えている場合もある。こうしたデメリット因子は、健康影響への懸念の度合いと同様、個人、地域、事故後の経過時間による差が大きく、一概に子どもの外部被ばくとのトレードオフを議論することは難しい。国の支援で実施されている相談員制度の活用が重要視されている所以である。

イ 内部被ばく由来：平成 23（2011）年に福島県内で実施されたホールボディカウンターやバイオアッセイによる体内放射能の調査、あるいは厚生労働省が流通食品を収集して行った食品中の放射能の調査では、放射性セシウムの数値はどれも小さく、また経時的にデータを比較すると、食品中の放射性セシウム量の減少傾向が認められた。しかし内部被ばくを危険視する声は大きく、平成 24（2012）年 4 月には食品の基準値が引き下げられ、特に乳児が食べる「乳児用食品」と子どもの摂取量が特に多い「牛乳」には、他に類を見ないほど低い数値が設定された。これにより全国規模での内部被ばくへの不安は鎮静化した感があったが、今もなお完全には払しょくされていない。

体内放射能計測に関しては、体格の小さい子どもを測定するよりも、同じ食生活をしている成人を測定した方が感度が高いことから、子どもの計測は「科学的には不要」と言われていた。しかし幼い子どもを持つ親等からの強い要望に対応するため、子ども用のホールボディカウンターが開発された。また学校給食の放射線検査は、今も福島県内のみならず各地で行われている。しかし、実際に流通する食品を

収集して行うマーケットバスケット調査や一般家庭で調理された食事を収集して行う陰膳調査の結果を見る限り、食品中の放射性セシウムから人が受ける放射線量は、現行基準値の設定根拠である 1 mSv の 1%以下であり、極めて低いことが明らかとなっている[58]。こうしたことから、現在行われている学校給食の検査には、被ばく低減の効果はほとんどないと言える。

④ 福島原発事故による子どもの健康リスクの相対値

ここまで福島原発事故による被ばく線量や健康影響評価について、その科学的根拠や社会の受け止め方について記載してきたが、この項では推定された線量や予測されたがんリスクの相対的大きさについて記述する。

ア チェルノブイリ事故との比較：チェルノブイリ事故では、放射性物質の総放出量（ヨウ素換算）は 5.2×10^{18} ベクレル (Bq)、ヨウ素 131 の放出量は 1.8×10^{18} Bq と推定されている。福島原発事故における放出量はそれぞれ約 1/7 と 1/11 に相当する[58]。一方、キセノン 133 の放出量は 6.5×10^{18} Bq と福島原発事故の方が 1.7 倍と多い。これは発電所の出力規模（福島第一：合計約 200 万 kW、チェルノブイリ：100 万 kW）の差によるものである。

福島県の県民健康調査によると、比較的被ばく線量が高いと予測された川俣町（山木屋地区）、浪江町、飯舘村住民（放射線業務従事経験者を除く）の調査結果では、合計 9747 人の約 95%（図 2）、9 歳以下の 748 人の 99% が 5 mSv 未満であった。ベラルーシやウクライナの避難者集団の平均被ばく線量と比べるとはるかに低い。

チェルノブイリ周辺住民の食生活が自家消費中心であったため、汚染された食品の摂取を通じた内部被ばくが高く、特に放射性ヨウ素に汚染された牛乳の摂取等により甲状腺等価線量が高くなった（表 2）。ベラルーシ、ウクライナの避難者のうち 14 歳以下に限って言うと、99% 以上が 50 mSv 以上の被ばくを受けた。先述のとおり、事故後は小児甲状腺がんが増加し、6,000 人が手術を受けたとされているが、この 6,000 例の中にいわゆる“スクリーニング効果”により発見されたがんがどれほど含まれているかは明らかではない。しかし、最近ロシアから報告された分析データに基づいて、超音波検査導入による明らかな“スクリーニング効果”の存在が指摘されており、6.7 倍という報告もある [60, 61]。

一方で福島原発事故では、甲状腺等価線量が高くなる可能性がある地域で小児甲状腺簡易測定調査が行われ、その結果、50 mSv 以上の被ばくと推定されたのは、検査した子どもの 0.2% であった（表 3）。

イ 日常生活における被ばく線量やリスクとの比較：福島県の県民健康調査によると、事故から 4 か月の間に受けた外部被ばく線量の中央値は 0.6 mSv（県全体）、ホールボディカウンターによる内部被ばく検査では被験者の 99.9% が預託実効線量 1

mSv 未満であった。これらは、日本人が1年間に自然界から受ける外部被ばく線量の平均値 (0.63mSv) や経口摂取による内部被ばく線量 (0.99mSv) に比較的近い。また外部被ばく線量の推定最大値は 25mSv、内部被ばく線量の最大値は 3 mSv である。因みに患者として受ける医療被ばくは異なる種類の被ばくであるが、数値だけを比べれば、それぞれ CT 検査 (一回当たり 5-30mSv) や PET 検査 (一回当たり 2-20mSv) で受ける線量に相当する。

仮に外部被ばくと内部被ばくを合わせて5年間で 100mSv 近く被ばくする集団がいた場合、がん死亡に基づくモデルを用いた名目リスク係数を 1 Sv あたり約 5% [17]として計算すると、この集団の生涯がん死亡リスクは 0.5%増加することになる。生涯がん死亡リスクは地域差もある；荻野らが平成 22 (2010) 年のデータを基に計算したところ、性で平均した生涯がん死亡リスクは、47 都道府県で 23.7%から 28.3%のばらつきがあると報告している [62]。また国立がん研究センターによると、図 3 に示すように高塩分食品や野菜不足と言った食習慣や非喫煙女性の受動喫煙は、100mSv の被ばくと同程度の発がんリスクを持つとある。従って、5年間で 100mSv の追加被ばくによって算定される生涯がん死亡リスクの 0.5%の増加を、疫学研究により検証するのは難しい。

(4) 放射線影響をめぐる様々な見解

(3)節では、事故後数年の間に行われた健康影響の検証状況と社会での認識についてまとめた。胎児影響のように事故の影響が見られないことが立証された健康影響はごく一部である。そのため、事故による発がんリスクの評価に関しては、UNSCEAR の見解とは異なる見解を示す研究者もいる。

① 放射性ヨウ素を原因とする甲状腺がん

福島県の県民健康調査の結果では、放射性物質放出から4年以内で、小児甲状腺がんが超音波検査によって多数検出されている。県民健康調査の検討委員会は、これはスクリーニング効果であり、放射線被ばくの影響とは考えられないとして、その根拠をいくつか挙げている。一方『スクリーニング効果だけではこの数値は説明つかず、放射線被ばくの影響である』とする報告もある [54]。この論文が投稿された誌上には 8 グループからコメントが寄せられた [63-70]。これらのコメントのほとんどは、放射線と甲状腺がんとの有効な因果推論を行うには、論文で用いられたデータが不十分である、あるいは用いられた仮定や研究デザインが不適切であることを指摘している。こうしたコメントに対する著者らの反論が同誌に掲載されている [71]。この論争が決着するには、甲状腺検査を継続して、経時的変化から判断するか、福島県以外の県で同規模の同様の甲状腺検査を実施して比較する方法が考えられる。現状では前者が現実的との考えが有力である。また、過剰診断、検査の説明の在り方など、学術コミュニティでは自然科学的論争のみならず、受診者の立場や医療倫理の面から総合的に議論を行う必要がある事態となっている [45]。

② 放射性セシウムと発がん

放射線セシウムを原因とする発がんに関しては、影響の有無に関する実証データは存在しない。しかしチェルノブイリ事故における低線量放射線の子どもへの影響や内部被ばくのリスク評価に関する論文は数多くあり、その中の UNSCEAR2008 年報告の附属書 D「チェルノブイリ事故からの放射線による健康影響」[19]に引用されていない論文を根拠に、UNSCEAR とは異なる見解を発表する研究者もいる。

例えばセシウム 137 の子どもの臓器別セシウムの体内分布について、甲状腺や心筋において、成人の 3 倍、他の臓器で 2 倍となると報告した論文などである[72]。また膀胱における前癌病変が低濃度セシウム汚染地域住民で増加しており、低濃度セシウム内部被ばくは膀胱癌の発生を増加させると報告した論文も発表されている[73, 74]。文献 73 では、膀胱尿中の 40Bq/時と放射性セシウムよりも圧倒的に高く含まれる天然放射性核種であるカリウム 40 由来の放射線のことを議論していない（放射性セシウムとカリウム 40 はともに β 線と γ 線を出す）のは、問題であることが指摘されている。しかし、いずれの論文もヒトを対象とした研究であるため、単独の論文だけでセシウムと発がんの因果推論を行うには限界があるが、学術コミュニティに対しより詳細な研究の必要性を喚起する契機とはなった。

③ LNT モデルをめぐる議論

放射線防護の目的は、平常時には確定的影響を防止し、確率的影響を容認可能なレベルまで低減することにある。しかし容認可能なレベルがどこかと言う点において、多くの放射線防護研究者のロジックと一般社会でのリスク認知にはギャップが存在する。UNSCEAR を中心に、科学的な放射線健康リスク評価を定期的に行なっている国際機関と、これら科学的根拠を基に、政策立案に資する放射線防護の考え方を勧告している ICRP や米国放射線防護審議会 (National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP) などの予防原則に沿った国際的なコンセンサスづくりを理解し、その上で国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency, IAEA) の BSS (Basic Safety Standards) シリーズや世界保健機関 (World Health Organization, WHO) などの健康リスク管理を理解する必要がある。

多くの放射線防護研究者は、被ばく線量が少ない場合、わずかなリスクの増加があったとしても、日常生活における被ばく量や他のリスクに比べて十分小さいのであれば、社会的に容認できる (= これ以上の防護方策を講じる緊急性は乏しい) と考える。そのため線量-反応関係に関しては、線量の増加に比例してリスクが増加するという LNT (Linear Non-Threshold; しきい値無し直線) モデルを採用することで、リスクが過小評価にならない点を重視する傾向にある。

しかし一般社会においては、計画被ばくによるリスクと事故による被ばくリスクの容認の基準は必ずしも同じではない。前者はリスクを上回る便益が伴うのに対し、後者にはリスクをいくら最小化してもそれを上回る便益が発生することはない。そのためリスクがゼロでなければ容認できないと考える人も多い。

リスクをゼロにするには労力・経済・心理面などいろいろなコストがかかり、別の健康リスクを増加させる場合もある。特に減らすべきリスクが小さければ、トレードオフの関係にある経済コストや別の健康リスクの方がより社会に害をなすであろう。またリスクゼロの人間社会はあり得ないことも事実である。この場合、むしろ、追加リスクをゼロにする防護方策の実施を、他のリスクとのバランスから論理的に考える根拠として、LNT モデルの科学的妥当性の検証は極めて重要な論点となる。実際の健康影響量としての線量評価ではなく、防護量としてLNTモデルから如何にこのリスク・ベネフィットの総合的な判断を下すのかという厳しい状況を、どのように説明、あるいは回避できるかが重要な課題である。

最近では、100mSv以下の被ばくによる有意な健康影響を示したとする疫学調査の結果が原発労働者や医療被ばくなどの積算線量との関係から報告されているが[29-32, 75, 76]、こうした研究をLNTモデルが科学的に実証された根拠として認めるかどうかには、専門家間での見解の相違がある。

3 提言に向けた課題の整理

現在、子どもの放射線影響に関するさまざまな研究の成果を基に、放射線防護体系の問題点を是正している途上にあるが（2章(1)節）、放射線診療の領域では、リスク・ベネフィットとのバランスにおいて、理論的にある程度の健康リスクを受容している（2章(2)節）。一方、福島原発事故による追加被ばくに関しては、科学的事実が蓄積され、実際の被ばく線量が明らかにされつつあるものの、子どもへの健康影響に関する不安がなかなか解消されない。そこで、被ばく低減効果の大小にかかわらず、社会から強く要望があった場合は、防護方策を強化する方向で対応してきた（2章(3)節）。その結果、社会全体に関して言えば、健康不安は鎮静化の方向に向かっているが、その分、自主避難者、大規模な甲状腺超音波検査で甲状腺がんが見つかった子どもや家族など、特定の集団の不安が孤立化、先鋭化してきている。また放射線防護の原則に従うと、容認されうると判断される程度の検出限度以下の放射線リスクが、必ずしも被災者にとって理解・容認されていない現状も明らかになってきた（2章(4)節）。

本章では、今後医療関係者が国民との対話と理解促進の共通基盤である双方向性コミュニケーションを担うに当たり、解決すべき課題について整理する。

(1) 子どもの放射線リスク評価や防護の考え方

福島原発事故による低線量放射線被ばくを原因とした子どもの健康リスクをより正確に評価するには、子どもに特化した線量評価や影響評価研究の実施が必要である。従来からの疫学調査研究では、未だ解明されていない低線量放射線影響があるものの、小児患者への放射線診療の適用とともに開発された線量評価手法や蓄積された知見を適切に活用することは性質の異なる被ばくでの放射線防護体系構築にも有用と考えられる。また不確かさを伴うリスク情報を人間社会との調整に役立てるレギュラトリーサイエンス（規制科学）を充実させ、子どもに特化した放射線防護体系を構築することが、福島原発事故後に学術コミュニティが対応すべきことの一つである。

また現時点では子どもの特殊性を知り、かつ放射線防護体系の国際的なコンセンサスや(2)節で後述する「ALARA (as low as reasonably achievable) の原則」に代表される標準的な考え方を踏まえて、防護のための具体的な指標やガイドライン等を活用出来る人材が不足している。原発事故後の課題解決には、保健・医療関係者によるリスクの説明に必要なスキルと能力の習得、さらに理想的には総合的な人間力の向上が不可欠である。そのためには、平成26（2014）年に本分科会が発出した提言「医学教育における必修化を始めとする放射線の健康リスク科学教育の充実」[7]の実現がファーストステップとなると考えられる。現在、関連学協会や研究教育機関等が提言実現に向けた基盤整備を行っているところであり、取り組みに対する継続的な支援が求められる。

一方で、放射線影響の知識の浸透だけで既存の問題が解決できるわけではないことを国民が認識し、「ヘルスリテラシー」向上への取り組みも必須である。

(2) 個人ベースの情報が与える精神的負担に関する問題

福島原発事故以降、「いつ・誰が・誰に・どのように・どんな情報を」知らせるべきかと言うスキルの向上が努力目標とされ、自然科学系研究者と社会心理学系研究者の連携が行われてきた。危機的状況の渦中における危機管理（ガバナンス）の重要性に加えて、この折りのクライシスコミュニケーションの在り方と、その後のポストクライシスコミュニケーション（リスクコミュニケーション）の違いについては、医療関係者の知識と技能向上が不可欠である。一方、混乱や混迷の時期や、その後において、線量や健康に関する個人ベースの情報を知る・知らされることは、当人にとって相当の精神的負担になることも事実である。診断技術の高度化による「過剰診断」や「知らない権利への配慮」は、医療倫理面では当然であるが、不確定、不確実な健康影響についての予測的な対応については、過剰反応を避けられないという現実問題を内包している。

福島県の甲状腺検査は、チェルノブイリの再来との危機感から、社会からの強い要請に従い、健康見守り事業の一環として、事故当時概ね18歳以下の約37万人を対象とした甲状腺超音波検査が開始されている。甲状腺がんのような無徴候で長期間経過することの多い特殊な悪性腫瘍では、当然、一定の精度管理下でのマス・スクリーニングを開始すれば、多くの有所見者や、中には無症候性の甲状腺がんや微小がんなどが発見される機会が格段に増加する。特に、治療の必要のない極めて軽微な異常が見つかり、親や子どもの精神的な負担は大きくなる。現場での丁寧な説明とともに、集団検査の意義や健康教育は不可欠である。今回の事故の経験を踏まえて、事前の検査の意義や結果説明の準備不足への反省も教訓として生かされようとしている。すなわち、保護者や周囲の成人の不安に対応するだけではなく、検査を受ける子どもへの慎重な配慮が求められることになる。初期甲状腺被ばく線量評価が不十分な中で、甲状腺超音波検査を詳しく行うことの意義と将来展望への理解が深まる必要がある。「誰のために、何のための検査なのか」と言った原則に立ち返り、医療倫理面からも今後の調査の在り方について議論を深める必要がある。ICRPも被ばくに関連する可能性のある人の望ましい活動を過度に制限することなく、放射線被ばくの有害な影響に対する人と環境の適切なレベルでの防護を目指すように「すべての被ばくは、経済的及び社会的な要因を考慮に入れながら、合理的に達成できる限り低く保たなければならない「ALARA原則」としており、子ども目線でのALARA原則の適用を検討する必要がある。

(3) 小児患者と家族の心のケアに関する問題

平成28(2016)年12月末日までに約30万人の子どもが甲状腺超音波検査を受診し、185人が甲状腺がんの「悪性ないし悪性疑い」と判定されたように、今後様々な疾患の発生と福島原発事故との関連性が検討されることになる。集団の健康リスクを科学的に解析し、放射線との関連性が否定されたとしても、患者個人やその家族は、病因が不明であること（放射線ではないなら、何が病因なのか）や不平等感（なぜ自分あるいは自分の子どもだけが病気になったのか）から、釈然としない思いを抱くであろう。すなわち、小児がん特有な親子問題にも配慮し、こうした患者や家族の気持ちに寄り添うス

キルを、小児がん治療に関わる医療関係者から学ぶ必要がある。さらに、幼少期～思春期以降の甲状腺がん（術後も含む）患者の移行医療の在り方は大きな課題であり、円滑な医療支援体制の構築が早急に確立される必要がある。

(4) 原発事故後の甲状腺検査の在り方

福島原発事故後、初期放射線被ばくによる甲状腺等価線量が不明であり、県民健康調査事業が開始されている[77]。その詳細調査の一部として、平成 23（2011）年 10 月から事故当時 0 歳からおおよそ 18 歳までの子どもを対象として約 37 万人の甲状腺超音波検査が開始されている[78]。その結果、事故後 3 年間の先行調査を受診した 30 万人のデータが解析報告され、多くの甲状腺異常所見（嚢胞や結節）が明らかにされ、特に、甲状腺がんが 113 例（約 0.037%）の頻度で検出されている[79]。これらに地域差や外部被ばく線量の違いによる発見頻度に有意差は無く[80]、今まで検査が施行されたことがない対象者・地域に、初めて精度管理された超音波画像診断が導入されたことによるいわゆる“スクリーニング効果”であると考えられている。事実、UNSCEAR や IAEA の福島報告書からも被ばく線量の低さから、放射線の影響は想定されていない[11, 59, 81]。

しかし、甲状腺検査結果に対する現場の混乱、とりわけ発見された甲状腺がんに対する患者家族の不安は大きく、検査の妥当性、丁寧な現場説明の必要性、そして何よりも「放射線影響の本態と甲状腺がんの自然史」と「発見された甲状腺がんの治療の在り方」、「繰返される長期間にわたる検査の在り方」について広く専門家による国際的なコンセンサスやガイドラインの策定、そして関係者を入れた共通認識と協議の場の必要性が、第 5 回福島国際専門家会議（平成 28 年 9 月 26-27 日、福島市開催）でも提唱されている[61]。

(5) リスクコミュニケーションの重要性

(1)～(4)では、医療関係者が、リスクコミュニケーションの担い手となるに当たっての課題について整理した。しかし放射線のリスクコミュニケーションにおいて、放射線の健康影響や線量評価は対話の出発点でしかない。今後「リスクの許容範囲」の合意形成に向けて、地域に密着したニーズ対応ときめ細かいリスクコミュニケーションを実践することが重要である。その際、人文・社会科学側面からの検討やより広範なステークホルダの連携、人材育成さらには教育分野において、実行可能な施策を講じる必要がある。

(6) 終わりに

胎児と生後 0～18 才の「子ども」を対象として、放射線の健康影響や線量評価の科学的知見を代表的異論も含めて報告した。この知見を基に福島原発事故後の対応への提言に繋げたい。

<図表>

表1 被ばく時年齢による発がんリスクー子どもと成人との比較ー
 ([13]より加工の上転載)

子どもが成人に比べ発がんに対する放射線感受性が高いかどうかは、がんの種類に依存する。原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) がレビューした23種類のがんに関する結果を示す。

がんの部位	成人と比較した子どもの放射線感受性
食道	(十分なデータなし)
胃(死亡)	ERRでは高い、EARでは違いなし
小腸 ^a	(十分なデータなし)
大腸(罹患)	EARでは高い、ERRでは違いなし
大腸(死亡)	EARでもERRでも高い
直腸 ^a	(十分なデータなし)
膵臓 ^a	(十分なデータなし)
肝臓	違いなし
肺	低い ^b
皮膚(メラノーマ以外)	高い
乳房	高い
子宮	(十分なデータなし)
子宮頸部 ^a	(十分なデータなし)
卵巣	(十分なデータなし)
前立腺 ^a	(十分なデータなし)
腎臓	(十分なデータなし)
膀胱	違いなし
脳	高い
甲状腺	高い
副甲状腺	(十分なデータなし)
ホジキンリンパ腫 ^a	(十分なデータなし)
非ホジキンリンパ腫	(十分なデータなし)
骨髄腫	(十分なデータなし)
慢性リンパ性白血病以外の白血病	高い
骨髄異形成症候群	高い

EAR : excess absolute risk (過剰絶対リスク)、ERR : excess relative risk (過剰相対リスク)

^aこれらの腫瘍は放射線被ばくによって増加することが明確には示されていない。

^bラドンと肺がんの限定的なデータは、成人前と成人後の被ばくでほぼ同じリスクであることを示している。

表2 チェルノブイリ原発事故避難集団の平均甲状腺吸収線量[19]

チェルノブイリ原発事故避難集団の甲状腺吸収線量は、地域や被ばく時年齢で大きく異なった。原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) による解析結果を示す。

	被ばく時年齢				全年齢
	0-6 歳	7-14 歳	15-17 歳	18 歳以上	
ベラルーシ	3796mGy	1534	1068	686	1077
ロシア	1280	500	450	310	440
ウクライナ	1004	278	230	250	330

表3 甲状腺等価線量の分布[19, 82]

東京電力福島第一原子力発電所事故後2週間の時点で行われたスクリーニング調査の結果から推定された甲状腺等価線量(左カラム)、チェルノブイリ原発事故での避難者の甲状腺等価線量(右カラム)を示す。集団の99%が分布する線量域を矢印で示す。

甲状腺等価線量(mSv)	福島原発事故飯館村、川俣村、いわき市の15歳以下(1080人)	甲状腺等価線量(mSv)	チェルノブイリ原発事故ベラルーシ、ウクライナ避難者の14歳以下(約2.5万人)
0	55.4% ↑	<50	0.8%
0-10	31.7	50-100	6.5
10-20	10.5	100-200	7.7 ↑
20-30	1.9 ↓	200-500	38.4
30-40	0.3	500-1000	19.6
40-50	0.1	1000-2000	18.7 99%以上
50-60	0.1	2000-5000	5.6
60-70	0.1	>5000	2.7 ↓

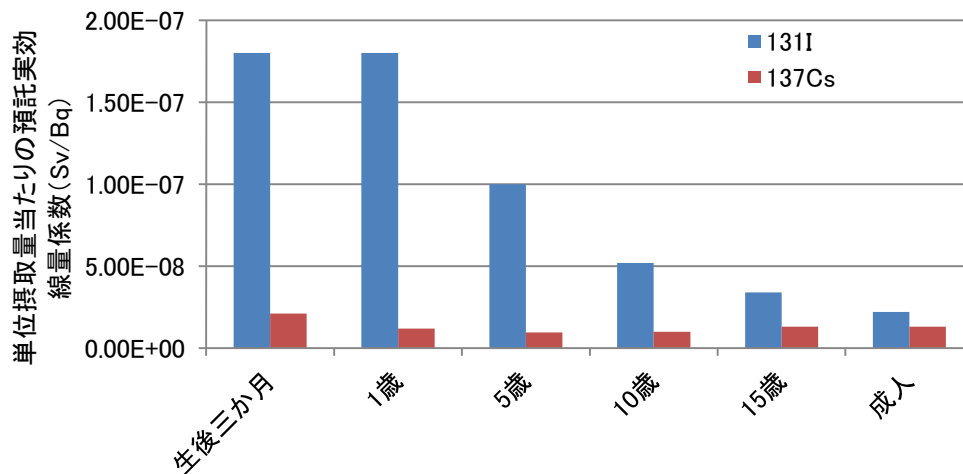


図1 放射性核種の経口摂取における年齢別預託実効線量係数[83]

単位摂取放射性物質当たりの実効線量換算係数は年齢に依存する。また放射性物質の種類ごとに異なる。

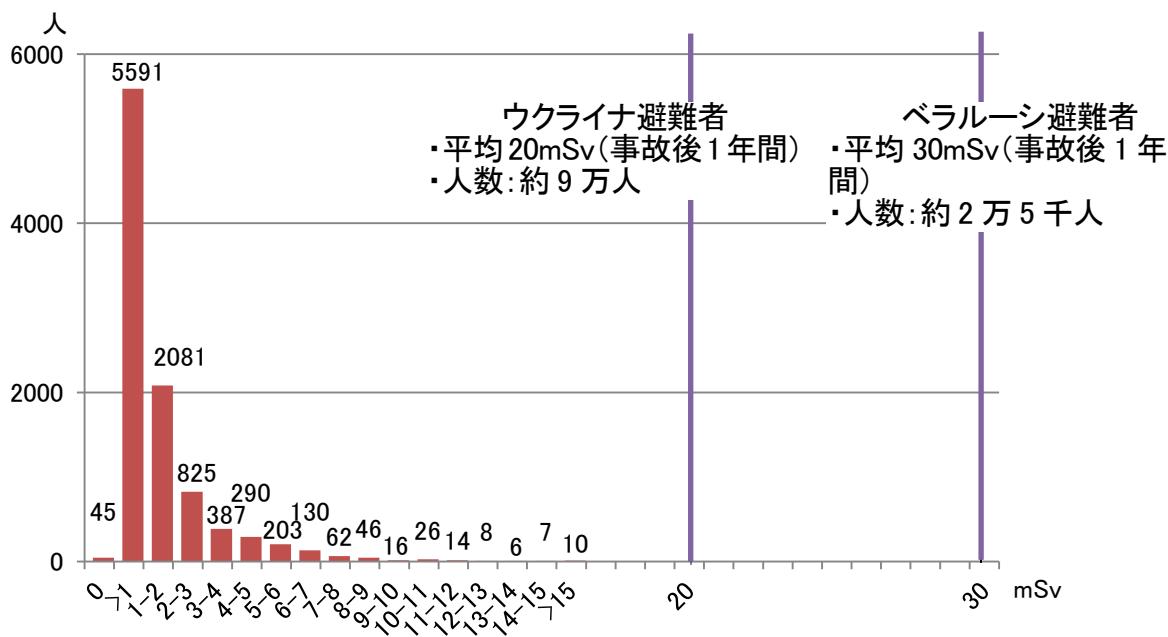


図2 川俣町（山木屋地区）、浪江町、飯館村住民の事故後4か月間の外部被ばく線量の分布 [19、84]

県民健康調査の基本調査結果による川俣町（山木屋地区）、浪江町、飯館村住民の外部被ばく線量の分布を棒グラフで示す。比較のため、ウクライナ避難者とベラルーシの避難者の外部被ばく線量の平均値も示す。

放射線の線量 【ミリシーベルト/短時間1回】	がんの相対リスク 【倍】	生活習慣因子
1,000 ~ 2,000	1.8 1.6 1.6	喫煙者 大量飲酒（毎日3合以上）
500 ~ 1,000	1.4 1.4	大量飲酒（毎日2合以上）
200 ~ 500	1.19 1.22 1.29	肥満（BMI≥30） やせ（BMI<19）
100 ~ 200	1.08 1.15 ~ 1.19 1.11 ~ 1.15	運動不足 高塩分食品
100 未満	1.06 1.02 ~ 1.03	野菜不足 受動喫煙（非喫煙女性）
100 未満	検出困難	

【出典データ】 国立がん研究センター

図3 放射線と生活習慣によってがんになるリスク（[58]より転載）
放射線の線量別に、同程度の発がんリスクをもたらす生活習慣因子を示す。相対リスクとして、生活習慣因子を持たない人に比べて、持っている人ががんになる割合が何倍高いかを示す。

<用語の説明> (本文中出現順)

○子ども

子どもの権利条約（国連）や児童福祉法では、18歳未満をそれぞれ「Child」あるいは「児童」と呼び、医学用語では15歳以下を「小児」と呼ぶなど、いろいろな定義があるが、本報告書では、胎児と0～18歳を「子ども」と総称する。「乳児」「幼児」「小児がん」「小児患者」などはそれぞれの一般的用法に従う。

○線量

- ・ **吸収線量**：放射線を受けた物質は、放射線のエネルギーを吸収する。単位質量当たりで吸収したエネルギー量を「吸収線量」と呼び、「グレイ (Gy)」で表す。ICRP は、人体の吸収線量について、特定の臓器や組織が吸収する放射線エネルギーをその重量で割って、「1 kg 当たり平均1 ジュールのエネルギーを吸収する被ばく線量」を1 グレイと定義している。
- ・ **等価線量**：臓器の吸収線量に ICRP が定めた放射線加重係数（放射線の種類による確率的影響の相対的強さを示す係数）を掛け算して、照射された全放射線について加算して求める。放射線の種類による生物影響を考慮した放射線加重係数は、光子（X 線、ガンマ線）と電子（ベータ線）が1、アルファ線・重イオンが20 であり、中性子の場合はエネルギーの関数として連続曲線で表示される。単位は通常 J/kg だが、国際単位として「シーベルト：Sv」が与えられている。
- ・ **実効線量**：等価線量を男女標準人毎に計算した上で性平均等価線量を計算し、これに各臓器の発がん感受性の指標である組織加重係数を掛け算し、全臓器について足し合わせた値が「実効線量」である。単位は通常 J/kg だが、国際単位として「シーベルト：Sv」が与えられている。
- ・ **線量当量**：等価線量と実効線量は、モデルを用いて計算される量で、実際に測定することはできない。そこで、ICRU が提案する人体模型の表面から 10mm、0.07mm の深さでの実効線量当量率（1時間あたりのマイクロシーベルト）として値付けした「実用量」が日常の測定に用いられる。これは実効線量の安全側の近似値で「線量当量」と呼ぶ。「周辺線量当量」は、外部被ばくに対するエリアモニタリングのための実用量とで、主として X 線、ガンマ線のような透過性の強い放射線の測定に用いる。
- ・ **預託線量**：体内に摂取された放射性物質がその半減期に従い放射能が減衰する間に放射線を放出することにより、特定の期間内に与えられると予測される総線量のこと。作業員に対しては、通常、摂取に続く 50 年間にわたって評価される。一方、公衆に対しては、ICRP では、成人では預託期間として 50 年間を、子どもに対しては 70 歳までの期間で評価することを推奨している。
- ・ **組織加重係数**：実効線量を計算する時に各組織・臓器の等価線量に掛ける係数。放射線被ばくによる各組織・臓器の確率的影響の損害（デトリメント）の総合的な評価に基づき、身体的全損害に対するその組織・臓器の損害割合として算定される。

○ミニサテライト遺伝子変異

ミニサテライトとは、DNA 中にある、5-30 塩基対の反復単位が数十個繰り返して 500 塩基対から 20,000 塩基対の配列となっている領域のこと。多くの場合、染色体の末端領域に存在する。生殖細胞のこのような領域では、反復数の減少、増加などの突然変異が高頻度（約 10%）で生じる場合がある。

○ファントム

放射線防護や放射線医学の分野におけるファントムとは、線量評価のために用いる人体模型を指す。計算機シミュレーションにより被ばく線量評価を行う場合は、数式で構成された計算モデルを用いるが、これも数学ファントムと呼ばれる。

○交絡

暴露と疾病の関連性が、第三の要因の影響によって過大又は過小に評価されてしまう現象をいう。例えば、喫煙と肺がんの関連性を調べようとする場合、調べようとする要因（喫煙）以外の要因（飲酒など）ががんの発生率に影響を与えている可能性もある。このとき、飲酒が交絡要因に該当し、飲酒が調査に影響を与えないように、データを補正する必要がある。

○診断参考レベル

ある特定の放射線検査により患者が受ける線量や投与放射エネルギーが、その検査手法にしては著しく高いあるいは低いということがないかを確認するための目安値。通常、検査ごとの標準的な線量や投与放射エネルギーを調査し、設定される。

○ORI 内用療法

ヨウ素 131 などの放射性物質（アイソトープ：RI）を用いる放射線治療のひとつで、患者に RI を投与し、体内に取り込まれた RI から放出される放射線で治療される。通常の放射線治療（外照射）と区別して内照射、内用療法、RI 内用療法、RI 治療、アイソトープ治療などと呼ばれる。近年の抗体などを標識した新しい治療では、放射免疫療法、標的アイソトープ治療などとも言われる。

○スクリーニング効果

厳密な定義はないが、「…見かけ上健康な人を、ある疾病の可能性がない人とその疾病の可能性のある人にふるい分けること」（疫学辞典 第 5 版 Miquel Porta 編、日本疫学会訳、財団法人 日本公衆衛生協会、2010）であるスクリーニング検査を実施することにより、スクリーニング検査を実施しない時と比べ、その対象集団における疾病を有している割合（有病率）が高くなること。スクリーニングバイアスは、スクリーニングを実施することで、有病率は高くなる方向に常に偏る（バイアスがある）ので、スクリーニング効果とほぼ同義で用いられている。

- ・ **過剰診断**：検診では、本来生命状態に影響しない、微小でその後も進行がんにはならないがんを見つける場合がある。これを「過剰診断」という（国立がん研究センター がん情報サービス http://ganjoho.jp/public/pre_scr/screening/about_scr.html）。過剰診断は、スクリーニング効果の一部分と言える。

○国際機関からの報告

東電福島第一原子力発電所事故による人の被ばく線量と健康影響について、放射線影響、防護に関わる国際機関が報告書を作成し、既に、世界保健機構（WHO）、原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）、国際原子力機関（IAEA）、国際放射線防護委員会（ICRP）の報告書が公開されている。

最初に出版されたのはWHOの報告書である[49]。2011年9月中旬までに日本政府機関が公開した空間線量情報に基づき、事故後1年間の放射線被ばく線量の予備的推定を目的として2012年5月に公表されている。多くの仮定を保守的に設定したため、推定線量は過大評価されている。たとえば、経時的空間線量の変化や人の移動については考慮していない。しかし事故後の早い時期に、福島県外の日本各地、日本以外の国では大きな健康影響が出る線量ではないことを世界に周知して、公表当時の不安を払拭した意義は大きい。

UNSCEARの福島報告書は2014年4月に公表された[11]。日本の政府機関がまとめたデータ（全都道府県における放射線レベル、放射性物質の沈着密度、食品中の濃度、公衆ならびに作業員の被ばくに関する多くのデータ）ならびに日本以外の国連加盟国や様々な国際機関からのデータを利用するとともに、査読のある学術誌に発表された文献を検討し、作成された。報告書内で用いられた仮定や導き出された結論については、報告書公表後に発表されたデータや文献を元に、妥当性の検証が続けられている。WHO報告書同様、過大評価の傾向はあるものの、より多くの情報に基づいて推定されたUNSCEAR報告書の線量や影響予測が、現時点では国際的なコンセンサスを得ている。UNSCEARは今後も調査を継続し、再度の報告書作成を予定している。

○移行医療

小児期医療から成人期医療への移行段階での医療のこと。移行期医療とも言う。両親中心から本人中心の医療へ移行も意味する。主な対象者は思春期・青年期の患者であり、心理的に不安定な上、教育・就職など将来の自立の上でも重要な時期に当たるため、医学的・社会心理的・教育的・職業的支援などが必要とされる。

<参考文献>

- [1] 日本学術会議、東日本大震災対策委員会・臨床医学委員会出生・発達分科会、提言『東日本大震災とその後の原発事故の影響から子どもを守るために』、平成 23 年 9 月 27 日
<http://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/shinsai/pdf/110927t.pdf>
- [2] 日本学術会議、東日本大震災復興支援委員会、提言『学術からの提言 - 今、復興の力強い歩みを -』、平成 24 年 4 月 9 日
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t-shien1.pdf>
- [3] 日本学術会議、東日本大震災復興支援委員会・放射能対策分科会、提言『放射能対策の新たな一歩を踏み出すために - 事実の科学的探索に基づく行動を -』、平成 24 年 4 月 9 日
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t-shien4.pdf>
- [4] 日本学術会議、東日本大震災復興支援委員会災害に強いまちづくり分科会、提言『二度と津波犠牲者を出さないまちづくり - 東北の自然を生かした復興を世界に発信 -』、平成 24 年 4 月 9 日
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t-shien2.pdf>
- [5] 日本学術会議、東日本大震災に係る学術調査検討委員会、提言『東日本大震災に係る学術調査 - 課題と今後について -』、平成 25 年 3 月 28 日
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t170-1.pdf>
- [6] 日本学術会議、社会学委員会東日本大震災の被害構造と日本社会の再建の道を探る分科会、提言『原発災害からの回復と復興のために必要な課題と取組態勢についての提言』、平成 25 年 6 月 27 日
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t174-1.pdf>
- [7] 日本学術会議、臨床医学委員会放射線防護・リスクマネジメント分科会、提言『医学教育における必修化をはじめとする放射線の健康リスク科学教育の充実』、平成 26 年 9 月 4 日
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t197-3.pdf>
- [8] 日本学術会議、健康・生活科学委員会・環境学委員会合同環境リスク分科会、提言『環境リスクの視点からの原発事故を伴った巨大広域災害発生時の備え』、平成 26 年 9 月 4 日
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t196-1.pdf>
- [9] 日本学術会議、東日本大震災復興支援委員会・放射能対策分科会、提言『復興に向けた長期的な放射能対策のために - 省庁横断的な放射能対策の必要性 -』、平成 26 年 9 月 19 日
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t140919.pdf>
- [10] 日本学術会議、社会学委員会東日本大震災の被害構造と日本社会の再建の道を探る分科会、提言『東日本大震災からの復興政策の改善についての提言』、平成 26 年 9 月 25 日

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t200-1.pdf>

- [11] UNSCEAR, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Volume I; Scientific Annex A, UNSCEAR Report 2013, 2014
- [12] UNSCEAR, Developments since the 2013 UNSCEAR Report on the levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident following the great east-Japan earthquake and tsunami, A 2015 White Paper to guide the Scientific Committee's future programme of work, 2015
- [13] UNSCEAR, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Volume II; Scientific Annex B, UNSCEAR Report 2013, 2013
- [14] UNSCEAR, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Volume I; Scientific Annex A, UNSCEAR Report 2006, 2008
- [15] UNSCEAR, Hereditary Effects of Radiation. UNSCEAR Report 2001, 2001
- [16] ICRP, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3), 1991.
- [17] ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4), 2007
- [18] Otake M and Schull WJ, Radiation-related small head sizes among prenatally exposed A-bomb survivors. Int J Radiat Biol 63(2): 255-270, 1993
- [19] UNSCEAR, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Volume II; Scientific Annex D, UNSCEAR Report 2008, 2011
- [20] ICRP, Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection Reference Values. ICRP Publication 89. Ann. ICRP 32 (3-4), 2002
- [21] Petoussi-Hens N et al, Organ doses from environmental exposures calculated using voxel phantoms of adults and children. Phys Med Biol 57: 5679-5713, 2012
- [22] WHO, Communicating radiation risks in paediatric imaging: Information to support healthcare discussions about benefit and risk, 2016 http://www.who.int/iris/bitstream/10665/205033/1/9789241510349_eng.pdf
- [23] ICRP, Radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology. ICRP Publication 121. Ann. ICRP 42(2), 2013
- [24] ICRP, Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. ICRP Publication 53. Ann. ICRP 18 (1-4), 1988.
- [25] ICRP, Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals - Addendum 3 to ICRP Publication 53. ICRP Publication 106. Ann. ICRP 38 (1-2), 2008
- [26] 日本医学放射線学会, 画像診断ガイドライン 2016 年版. 金原出版株式会社, 東京, 2016.
- [27] Joiner, M and Kogel, AVD, Basic Clinical Radiobiology 4th edition, Hodder Education, London, 2009

- [28] ICRP, Doses to Infants from Ingestion of Radionuclides in Mothers' Milk. ICRP Publication 95. Ann. ICRP 34 (3-4). ICRP, 2004
- [29] Pearce MS et al, Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet* 380: 499-505, 2012
- [30] Mathews JD et al, Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *British Med J* 346: F2360, 2013
- [31] Huang WY et al, Paediatric head CT scan and subsequent risk of malignancy and benign brain tumour: a nation-wide population-based cohort study. *Br J Cancer* 103: 1-7, 2014
- [32] Krille L et al, Risk of cancer incidence before the age of 15 years after exposure to ionising radiation from computed tomography: results from a German cohort study. *Radiat Environ Biophys* 54(1): 1-12, 2015
- [33] N Journy et al, Are the studies on cancer risk from CT scans biased by indication? Elements of answer from a large-scale cohort study in France. *British J Cancer* 112:185-193, 2015.
- [34] Neglia JP et al, Second malignant neoplasms in five-year survivors of childhood cancer: childhood cancer survivor study. *J Natl Cancer Inst* 93: 618-629, 2001
- [35] de Vathaire F et al, Second malignant neoplasms after a first cancer in childhood: temporal pattern of risk according to type of treatment. *Br J Cancer* 79: 1884-1893, 1999
- [36] Neglia JP et al, New primary neoplasms of the central nervous system in survivors of childhood cancer: a report from the Childhood Cancer Survivor Study. *J Natl Cancer Inst* 98: 1528-1537, 2006
- [37] Giles D et al, Malignant disease in childhood and diagnostic irradiation in utero. *Lancet* 271(6940): 447, 1956
- [38] Stewart A et al, A survey of childhood malignancies. *Br Med J* 1(5086): 1495-1508, 1958
- [39] Schulze-Rath R et al, Are pre- or postnatal diagnostic X-Rays a risk factor for childhood cancer? A Systematic review. *Radiat Environ. Biophys* 47: 301-312, 2008
- [40] Bjørge T et al, Fetal growth and childhood cancer: a population based study. *Pediatrics* 2013 Nov;132(5): e1265-e1275, 2013
- [41] Trichopoulos D et al, The victims of Chernobyl in Greece: induced abortions after the accident. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 295(6606):1100, 1987.

- [42] 福島県庁、第7回福島県「県民健康管理調査」検討委員会議事録
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/6484.pdf>
- [43] Fujimori K et al, Pregnancy and birth survey after the great east Japan earthquake and Fukushima daiichi nuclear power plant accident in Fukushima prefecture. *Fukushima J Med Sci* 60: 1-7, 2014
- [44] 平原史樹、本邦における先天異常モニタリングによる先天異常発生要因の分析とその対応に関する研究. 成育疾患克服等次世代育成基盤研究事業 <http://mhlw-grants.niph.go.jp/niph/search/NIDD00.do?resrchNum=201219011A>
- [45] 福島県県民健康調査検討委員会、県民健康調査における中間取りまとめ、平成28年3月
- [46] Orita M et al, Bipolarization of risk perception about the health effects of radiation in residents after the accident at Fukushima nuclear power plant, *PLoS One* 10(6): e0129227, 2015
- [47] 相馬市教育委員会、放射線に関する講演会アンケート結果
https://www.city.soma.fukushima.jp/housyasen/kenkou_taisaku/kenkou_tyousa/PDF/kouen_201303.pdf
- [48] 原子力安全委員会、小児甲状腺被ばく検査に対する評価について、平成23年9月9日
- [49] WHO, Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on preliminary dose estimation, 2012
- [50] Lee JH, Shin SW, Overdiagnosis and screening for thyroid cancer in Korea. *Lancet* 384(9957):1848, 2014
- [51] Ahn HS et al, Korea's thyroid-cancer "epidemic" --screening and overdiagnosis. *N Engl J Med* 371(19):1765-1767, 2014
- [52] Vaccarella S et al, Thyroid-Cancer Epidemic? The increasing impact of overdiagnosis. *N Engl J Med* 375(7); 614-417, 2016
- [53] Lin J S et al, Screening for thyroid cancer updated evidence report and systematic review for the US preventive services task force. *JAMA* 317(18): 1888-1903, 2017
- [54] Tsuda T et al, Thyroid cancer detection by ultrasound among residents ages 18 years and younger in Fukushima, Japan: 2011 to 2014. *Epidemiology* 27(3): 316-322, 2016
- [55] 津田敏秀、福島県でのリスクコミュニケーションと健康対策の欠如－医学的根拠に基づいた放射線の人体影響とは. *学術の動向* 22(4):19-27, 2017
- [56] Goto A et al, Immediate effects of the Fukushima nuclear power plant disaster on depressive symptoms among mothers with infants: a prefectural-wide cross-sectional study from the Fukushima Health Management Survey. *BMC Psychiatry* 15: 59, 2015

- [57] Goto A et al, Maternal confidence of Fukushima mothers before and after the nuclear power plant disaster in Northeast Japan: Analyses of municipal health records. *Journal of Communication in Healthcare* 7: 106-116, 2014
- [58] 内閣府、消費者庁、復興庁等、放射線リスクに関する基礎的情報（平成28年度2月版）
- [59] 国際原子力機関、福島第一原子力発電所事故 事務局長報告書、2015
- [60] Ivanov VK et al, Thyroid cancer: lessons of Chernobyl and projections for Fukushima. *Radiation and Risk* 25(2): 5-19, 2016
- [61] Saenko VA et al, Meeting report: the 5th International expert symposium in Fukushima on radiation and health. *Environmental Health* 16(3), DOI: 10.1186/s12940-017-0211-y, 2017
- [62] Ogino H and Hattori T, Calculation of Background Lifetime Risk of Cancer Mortality in Japan, *Jpn. J. Health Phys.* 49:194-198, 2014
- [63] Davis S, Commentary: Screening for Thyroid Cancer After the Fukushima Disaster: What Do We Learn From Such an Effort? *Epidemiology.* 27(3):323-325, 2016
- [64] Jorgensen TJ, Re: Thyroid Cancer Among Young People in Fukushima. *Epidemiology.* 27(3): e17, 2016
- [65] Takamura N, Re: Thyroid Cancer Among Young People in Fukushima. *Epidemiology.* 27(3): e18, 2016
- [66] Körblein A, Re: Thyroid Cancer Among Young People in Fukushima. *Epidemiology.* 27(3): e18-e19, 2016
- [67] Suzuzki S, Re: Thyroid Cancer Among Young People in Fukushima. *Epidemiology.* 27(3): e19, 2016.
- [68] Shibata Y, Re: Thyroid Cancer Among Young People in Fukushima, *Epidemiology.* 27(3): e19-e20, 2016
- [69] Wakeford R et al, Re: Thyroid Cancer Among Young People in Fukushima, *Epidemiology.* 27(3): e20-e21, 2016
- [70] Takahashi H et al, Re: Thyroid Cancer Among Young People in Fukushima, *Epidemiology.* 27(3): e21, 2016
- [71] Tsuda T et al, The Authors Respond. *Epidemiology* 27(3): e21-e23, 2016
- [72] Bandazhevsky Y, Chronic Cs-137 incorporation in children's organs. *Swiss Med Wkly* 133(35-36): 488-490, 2003
- [73] Romanenko A et al, Urinary bladder lesions induced by persistent chronic low-dose ionizing radiation. *Cancer Sci* 94:328-333, 2003
- [74] Romanenko A et al, Urinary bladder carcinogenesis induced by chronic exposure to persistent low-dose ionizing radiation after Chernobyl accident. *Carcinogenesis* 30: 1821-1831, 2009

- [75] Richardson DB et al, Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation:retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS). *British Med J* 351: h5359, 2015
- [76] Leuraud K et al, Ionising radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): an international cohort study. *The Lancet Haematology* 2015 Jul;2(7):e276-e281, 2015
- [77] Yasumura S et al, Study protocol for the Fukushima Health Management Survey. *J Epidemiol* 22(5): 375-383, 2012
- [78] Suzuki S et al, The protocol and preliminary baseline survey results of the thyroid ultrasound examination in Fukushima. *Endocrine J* 63(3):315-321, 2016
- [79] Suzuki S et al, Comprehensive survey results of childhood thyroid ultrasound examinations in Fukushima in the first four years after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *Thyroid* 26(6): 843-851, 2016
- [80] Ohira T et al, Comparison of childhood thyroid cancer prevalence among 3 areas based on external radiation dose after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident: The Fukushima health management survey. *Medicine* 95(35): e4472, 2016
- [81] UNSCEAR, Developments since the 2013 UNSCEAR Report on the levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident following the great east-Japan earthquake and tsunami, A 2016 White Paper to guide the Scientific Committee's future programme of work, 2016
- [82] Kim E et al, Internal thyroid doses to Fukushima residents-estimation and issues remaining, *J. Radiat. Res.* 57(Suppl 1): i118-i126, 2016
- [83] ICRP, Database of dose coefficients: Workers and Members of the Public (CD-ROM), 1998
- [84] 福島県、福島県立医科大学、県民健康調査 基本調査の外部被ばく線量の推計結果 (第2報) 発表、2012
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/6487.pdf>
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/6488.pdf>

<参考資料> 放射線防護・リスクマネジメント分科会審議経過

平成 27 年

- 1 月 7 日 分科会 (第 1 回)
委員長、副委員長及び幹事の選出
活動方針について
- 4 月 15 日 分科会 (第 2 回)
子どもやコミュニティと放射線に関する諸問題について

平成 28 年

- 1 月 7 日 分科会 (第 3 回)
放射線影響の自然科学的評価と哲学的分析について
- 8 月 5 日 分科会 (第 4 回)
報告の準備状況の確認と審議
- 11 月 21 日 分科会 (第 5 回)
報告の審議

平成 29 年

- 2 月 3 日 分科会 (第 6 回)
報告の審議・承認
- 7 月 28 日 日本学術会議幹事会 (第 249 回)
報告「子どもの放射線被ばくの影響と今後の課題－現在の科学的知見を
福島で生かすために－」について承認