

妊産婦（胎児）・小児に対する放射線影響に関する主な知見の整理（案）

- ※ 低線量域(100mGy 以下程度を目安)における線量反応関係の記載がある文献を中心に知見を整理。
- ※ 【 】内末尾の「()」(例：(A001))は、文献リスト上の文献番号。(なお、ATSDR 関連の文献は既配布のため文献番号なし。)

1. 胎内被ばく一般に関するもの

- 受胎産物（胎児・胎盤等）に対する放射線被ばくの影響は、被ばくの時期と吸収線量に依存する。

【ICRP Publication 84（2000）「妊娠と医療放射線」P5（24）～P7（31）（B016）】

- 脆弱性は、発達段階に依存することが多い。
- 急速な分裂中の細胞及び未分化細胞は、放射線損傷をより敏感に受ける。
- 胎児への放射線損傷は、放射線量、タイプ、被ばくの際の臓器の感受性に依存する。
【ATSDR「TOXICOLOGICAL PROFILE FOR IONIZING RADIATION」p152～153（1999）】

《医療上の X 線照射に関する研究》

- 中国の医療機関において X 線の出生前照射を受けた者 1026 人（調査時 4～7 歳。推定線量 12～43mGy）について、照射グループと対照グループとの間には、身体的発達の測定においては、有意差は見られなかった。

【UNSCEAR 1993 P832（B033）】

《チェルノブイリ事故に関する研究》

- チェルノブイリ事故当時、ベラルーシにおいて子宮内で 8～21mSv の線量を被ばくした子ども達に、出産時の欠陥と汚染地域での居住の関係は見られなかった。

【UNSCEAR 2000 P572（B026）】

2. 胎児の致死的影響に関するもの

- ※ ヒトにおける放射線量と致死的影響の関係を明示する文献は見当たらなかった。

《動物実験に関する知見》

- 動物実験のデータから、100mGy を下回る線量では、致死的影響は非常に稀であろう。

【ICRP Publication 103（2007 年勧告）P22～23・附属書 A-P128～129（B014）】

- 動物実験においては、胚の着床前あるいは着床直後は、比較的 low 線量（100mGy 位）の被ばくで致死的影響が誘発されうる。

【ICRP Publication 60（1990 年勧告） p173（B018）】

- 致死的影響は 100mGy の low 線量被ばくによる動物実験で示すことができる
- 胚や胎児の死に関する閾値は、低 LET 放射線の被ばくに関しては、50mGy より小さいことはない。

【Ogris E. 「Exposure to radioactive iodine in pregnancy～(1997)（A020）」】

- ヒトやマウス・ラットの研究から推定した胚・胎児の影響は以下のとおり。

| | |
|--------------|----------|
| 8週未満の胚の死亡 | 100mGy |
| 8週未満の胚の LD50 | <1000mGy |

※以降の時期の影響量はもっと大きい。

【Brent RL. 「The effect of embryonic and fet al. exposure to x-ray, microwaves, and ultrasound～」(1989)（A007）】

3. 奇形に関するもの

- 受胎後最初の 2 週間の胎芽の被ばくによって、奇形あるいは胎児死亡が起こる可能性は小さい。

【ICRP Publication 84(2000) 「妊娠と医療放射線」 P5（24）～P7（31）（B016）】

- 奇形の誘発に関して、胎齢に依存した子宮内の放射線感受性パターンが存在し、主要器官形成期に最大の感受性が現れる。奇形の誘発に関しては 100mGy 前後に真の閾値が存在すると判断される。

【ICRP Publication 103（2007 年勧告） P22～23・附属書 A-P128～129（B014）】

- 催奇形性のリスクは、胎児被ばく量が低 LET 放射線 100mGy 付近を閾値とする。主要器官形成期（受精後 3～7 週）が最重要である。

【WHO 「Health Effects of the Chernobyl Accident～」(2006)（B027）】

- 器官形成期（※）の中で、一般的に早期あるいは主要な誘導期に奇形を発生させる閾値（50～100mGy）は、主要器官形成期の閾値（150～250mGy）より低いようにみえる。 ※) 受精後 2～15 週

【NCRP Report No.128 「Radionuclide Exposure of the Embryo/Fetus」 p.41(1998)（B013）】

- 奇形は 50mGy 未満では見られない。
【米国産科婦人科学会「Guidelines for diagnostic imaging during pregnancy」(1995) (B004)】
- 顕微鏡で確認できる奇形に関する閾値は、低 LET 放射線で器官形成期の終期以降の被ばくに関しては、50mGy より小さいことはない。
【Ogris E. 「Exposure to radioactive iodine in pregnancy～」(1997) (A020)】

4. 中枢神経系への影響に関するもの

《ヒトに関する知見》

- 原爆被ばく者のデータから、出生前の最も敏感な時期（受胎後 8～15 週）に被ばくした場合の重篤な精神遅滞の閾値は最低 300mGy。
- 1 Gy 当たり約 25 ポイントと推定された IQ の低下は、閾値がない線量反応の可能性を排除できない。しかし、真の閾値が存在しないとしても、100mGy を下回る子宮内線量後の IQ のいかなる影響も実際の意義はないであろう。
【ICRP Publication 103 (2007 年勧告) P22～23・附属書 A-P128～129 (B014)】
- 原爆被ばく者のデータによると、受胎 8～15 週における被ばくでは、1 Sv 当たり約 30IQ の低下を招く。1 Sv の線量では、約 40%に重度精神遅滞を招く。
- 重度精神遅滞の最大のリスクは排卵後 8～15 週の被ばくで発生する。この時期に 1 Gy 以上被ばくした胎児の 75%が精神遅滞である。
- より低い脆弱性を示す期間は、排卵後 16～25 週の間が存在する。しかし、500mGy 以下の線量と推定された者には発生率の上昇は見られなかった。
- 8 週以前と 25 週以後では、顕著なリスクの増加は見られなかった。排卵後の最初の 2 ヶ月間に影響がないように見えるのは、実際そうなのか、発生段階で被ばくした胚は生存することができないという事実の反映なのかは不明である。
【UNSCEAR 1993 P21・823 (B033)】
- 最も感受性の高い時期(受精後 8-15 週令) の被ばく後の IQ 低下のリスクは、減少係数を 30IQ ポイント/Gy (急性被ばく) とすると最もよく説明できる。
- 重度の精神発達障害の閾値は約 300mGy である。
【WHO 「Health Effects of the Chernobyl Accident～」 P85(2006)(B027)】
- 原爆被ばく者に関する研究では、小頭（平均より標準偏差の 2 倍以上小さいもの*）の発生率は、第 1 三ヶ月期においては線量増加とともに疑いなく上昇し、第 2 三ヶ月期でも上昇しているがその程度は小さく、第 3 三ヶ月期においては上昇は見られない。
- 小頭の発生について、排卵後 0～15 週に 1 次－2 次モデルを当てはめると、直線的な

線量反応関係が示唆された。閾値の推定値はゼロもしくはそれに近い。

- 広島・長崎両都市において、排卵後第1三ヶ月期に子宮内被ばくした子ども達の小頭の出現数・割合については、子宮吸収線量が10mGy未満の場合310人中7人(2.3%)、10～99mGyの場合66人中3人(4.6%)、100～499mGyの場合67人中13人(19.4%)、500～999mGyの場合10人中6人、1000mGy以上の場合6人中5人であった。

※ここでいう「小頭」は、いわゆる「小頭症」(奇形をしばしば伴う臨床的に認知できるような頭の小ささで、一般に平均より標準偏差の3倍以上の小ささに対して適用されるもの)より範囲が広い概念である。

【UNSCEAR 1993 P824・838・852 (B033)】

- 排卵後8～15週に被ばくしたグループでは、発作(ここでは「発作」、「てんかん」又は「けいれん」と臨床記録されているすべてを含む)の発生は100mGy以上の線量を受けた者の間で高く、被ばくレベルとともに増加した。重度精神遅滞の22例を除くと、発作の増加は、非誘発性発作についてわずかに有意であった。それ以降の発達段階の被ばくでは、発作に増加はなかった。
- 排卵後8～15週の最も危険な時期での発作の閾値の中心値は110～150mGyの間であり、非誘発性の発作に対する閾値は、もっと低く推定されている(40～80mGy)。しかしながら、すべての例において、閾値の95%CIの下限値は0を含んでおり、閾値に関して説得力のある証拠はない。

【UNSCEAR 1993 P827・839 (B033)】

- チェルノブイリ事故後の出生児(多くとも数10mGyの被ばくと推定される出生児)で、大脳形成の決定期間に照射を受けた者のうち14.5%に、軽度の精神運動障害を伴う髄鞘形成における遅延が見られた(1988年前半の出生児では7.5%)。頭蓋内圧の増加と関連した徴候が18～35%の症例に見出され、2～3歳児ではもっと頻度が高かった。
- チェルノブイリ事故後の出生児342人中14人に発作の発症が認められた。そのうち7人は、原因が他にあると認められ、他の7人は放射線被ばく以外のはっきりした原因がなかった。発作は、16～25週に照射されたグループ(8.2%)よりも、8～15週に照射されたグループ(13.4%)において、より顕著に認められた。対照グループでは、発作の頻度は3.0～3.2%であった。
- チェルノブイリ事故後の出生児に関し、調査対象グループの中に、小頭症、ダウン症候群、あるいは重度の中樞神経系障害は、認められなかった。

【UNSCEAR 1993 P833 (B033)】

≪動物実験に関する知見≫

- Reynersらは、動物実験において、帯状束(脳梁の有髄鞘構造)の変化は、100mGy程度の低線量で起こり、中性子線を使って10mGy程度の低線量で脳重量に重大な影響を及ぼすことを示した。発達中の脳に対する影響を検出し得る閾値線量は、特に大脳皮質形成期中の高エネルギー付与粒子に対する急性被ばくについては、35mSv以下

の線量であるかもしれないとしている。(Reyners,H,E et al. 1992)
【UNSCEAR 1993 P834 (B033)】

- Wagner らは、モルモットが妊娠 2 1 日目（人間の排卵後 5-6 週に相当）に 75mGy 被ばくしたときには、統計上有意な胎児の脳重量の減少（およそ 1mGy 当たり 1mg）が認められたとしている。(Wagner.L.K et al. 1992)
【UNSCEAR 1993 P843 (B033)】

- Konermann は、動物の脳に損傷を与える最低の線量は、一般的に 100mGy かそれよりもわずかに高いと考えられるが、マウスの皮質の内層の錐体細胞層の小型と中型の錐体細胞の配列のような微妙な変化は、25mGy ぐらいの線量でも観察され、配列の誤りは、50mGy で ($p < 0.10$) 明確に認識できるとしている。(Konermann.G 1989)
【UNSCEAR 1993 P843 (B033)】

5. 生殖機能への影響に関するもの

- 精巣の一時的不妊は 1 回被ばく線量 1.5~4Gy で、分割線量 100mGy~2Gy で起こる。永久的不妊は 1 回線量 5-9.5Gy、分割線量 2~6Gy で起こる。
- 卵巣の一時的不妊又は受胎力の減退は、1 回線量 1.5~6.5Gy、分割線量 1.5~12Gy で起こる。永久的不妊は 1 回線量 3.2~10Gy 又はより高い分割卵巣線量の結果起こる。
- チェルノブイリ事故からの成人の吸収線量は、急性放射線障害回復者以外では、生殖能力に影響があるとは考えにくい。

【WHO 「Health Effects of the Chernobyl Accident~」 P83・84・92(2006)(B027)】

6. 遺伝的影響・染色体異常に関するもの

《遺伝的影響に関するもの》

- 両親のいずれかへの生殖腺への受胎前照射によって、子どもにがんあるいは奇形が増加するという結果は示されていない。
- 原爆被ばく生存者の子ども及び孫を対象にした包括的な研究では、両親の放射線被ばくに結びつくと思われるいかなる遺伝的影響も認められていない。
- 放射線治療を受けた小児がんの生存者の新しい調査も、彼らの子孫に遺伝的影響を示していない。

【ICRP Publication 84(2000)「妊娠と医療放射線」P41・42 (B016)】

- チェルノブイリ事故における潜在的な遺伝的影響は、バックグラウンドリスクが7.5%あるところに、放射線による増分は作業員で0.03%、30km圏内からの避難者で0.01%、重度汚染地域の住民で0.03%、非汚染地域の住民では0.001%未満と推定されている。この潜在的影響のレベルは、これまでに統計学的に検出可能であった数値よりもはるかに低い。(Cardis et al., 1996)

【WHO「Health Effects of the Chernobyl Accident～」P84(2006)(B027)】

《染色体異常に関するもの》

- チェルノブイリ事故の作業員である父親の、被ばく前後に妊娠した子ども達の突然変異の頻度は、統計学的な有意差がない。(Slebos et al. 2004)

【WHO「Health Effects of the Chernobyl Accident～」P79(2006)(B027)】

- 被ばく後に妊娠したチェルノブイリ事故の除染作業員からの出生児は、対照群と比較して、染色体の新しいバンド数が7倍に増加していた。

【Weinberg HS「Very high mutation rate in offspring of Chernobyl accident liquidators」(2001)(A139)】

- 胎児期においては、細胞核の損傷、染色体損傷は、急性の細胞死、染色体異常あるいは異数性の原因となる。そのような細胞遺伝学的作用は50～250mGyの範囲で直線的に増加する。

【NCRP Report No.128「Radionuclide Exposure of the Embryo/Fetus」p.43(1998)(B013)】

- 6研究所が協同して、3mGy～300mGyの8段階の線量で急性被ばくしたヒトリンパ球における染色体異常の頻度を定量した。20mGy以上で線形の線量反応関係が見られ、その勾配は 2.9×10^{-5} マイナス5乗/細胞/mGyであったが、20mGy以下では、データが線形モデルを示すか閾値モデルを示すかという区別はできなかった。(Lloyd and others 1992, Figure 2-5)

【BEIR VII Phase 2 p.57(2006) (B031)】

《ダウン症に関するもの》

- チェルノブイリ事故により被ばくした妊婦からの出産児について、ダウン症の症例数の増加が、1987年1月に、西ベルリン、スコットランドのロチアン地域、スウェーデンの最も汚染のひどかった地域で報告された。しかし、すべての研究は症例数が少なく、後に疑問視された。ベルリンとスコットランドの線量は、自然バックグラウンド放射線の10%であり、この線量寄与がダウン症の特異的な異数性をもたらすために必要な減数分裂期の卵母細胞に染色体不分離を生じさせるのに十分であるとは思えない。

【UNSCEAR 2000 P572 (B026)】

- チェルノブイリ事故後に、西ベルリン、北ババリアにおいてダウン症例が増加した。一方、ヨーロッパ全体では、1986年5月以降のダウン症例の増加はみられない(Dewals et al. 1988)。
- ベラルーシにおいて、チェルノブイリ事故による被ばく線量が高い時期に妊娠した1987年1月の出生児にダウン症例の増加があった。事故の前後を通じた全体的な増加傾向は見られない。

【WHO「Health Effects of the Chernobyl Accident～」P84～87(2006)(B027)】

- 西ベルリンにおいて、チェルノブイリ事故の9ヶ月後(1987年1月)の出生児中12例にダウン症が発生した。1987年では19,554人の新生児が確認され、そのうちダウン症の有病率が2.11人/1000人であり、1980-89年までの平均は1.56人だった。

【K. Sperling et al.「Significant increase in trisomy 21 in Berlin nine months after the Chernobyl reactor accident～」(1994)(A009)】

7. 小児固形がんに関するもの

《総論的事項》

- 白血病及び小児がんのリスクに関して、低線量放射線被ばく後のリスクの大きさ、妊娠期間を通してリスクが変化するかどうかは、多くの研究報告のテーマになってきたが、データの解釈を巡っては議論が残されている。
- 低線量では、それに伴う低いリスクをヒトの調査で明らかに検出することは難しい。
- 疫学調査の症例-対照調査では、妊婦の産科学的X線診断に伴って、小児がんと白血病のリスクが増加することを示している。
- 疫学調査のコホート調査(日本の原爆被ばく生存者の調査)では、同様の結果は見出されていない。ただし、この調査では被ばくした人数は多くない。

【ICRP Publication 84(2000)「妊娠と医療放射線」P7(33)～P8(40)(B016)】

- 入手可能なデータの限界を考え、委員会(ICRP)は、出生前被ばく後の生涯がんリスクの名目係数について具体的な値を導き出す試みをせず、このリスクは集団全体のリスクのせいぜい2～3倍と仮定するのが妥当という判断を支持する。

【ICRP Publication 103(2007年勧告)付属書A P152(B014)】

- 子宮内被ばくの結果としてのがん誘発については、胎児がんのリスクへの名目的寄与は最大でも群全体の数倍と仮定する。

【WHO「Health Effects of the Chernobyl Accident～」P85(2006)(B027)】

《医療上の X 線照射に関する研究》

- 出生前の X 線と小児がんに関して行われた多くの疫学調査の最近における解析は、約 10mGy の胎児線量での相対リスクが 1.4 (自然発生リスクを超える 40%の増加) という値で一致。しかし、最良の方法による調査は、リスクがこれよりもおそらく低いことを示唆。小児がんの自然発生率は非常に低い (約 0.2~0.3%) ので、子宮内被ばく後における個人レベルでの小児がんの確率はきわめて小さいだろう (約 0.3~0.4%)
- 子宮内被ばく後、0~15 歳までのがんのリスクに関する最近の絶対リスク推定値は、10mGy 当たり 0.06% (1700 人当たり 1 例)。

【ICRP Publication 84(2000)「妊娠と医療放射線」P7(33)~P8(40) (B016)】

- 受胎産物(胎児・胎盤等)の吸収線量 (バックグラウンドを超えた分) と子どもががんにならない確率 (年齢 0-19 歳) は、以下のとおり。

| 受胎産物の吸収線量(mGy) | 子どもががんにならない確率(%)※ |
|----------------|-------------------|
| 0 | 99.7 |
| 1.0 | 99.7 |
| 5 | 99.7 |
| 10 | 99.6 |
| 50 | 99.4 |
| 100 | 99.1 |

※ 上記は、丸められた数値で、胎児線量 100mGy 当たり 0.6%の直線線量反応関係を仮定して、控え目に求められている

【ICRP Publication 84(2000)「妊娠と医療放射線」P34 表 4 (B016)】

《原爆被ばく者に関する研究》

- 広島及び長崎の原爆投下時に子宮内にいた胎児 2452 例、6 歳未満だった乳幼児 15388 例の調査結果から、子宮内及び 6 歳未満の乳幼児期に原爆被ばくした生存者は、成人発症の固形がんの発症リスクが、線量と相関して (200mSv~) 高まる。
- 固形がんの成人発症増加率は、子宮内被ばくの方が 6 歳未満の乳幼児期被ばくの場合より低い。

【Preston DL et al. 「Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors Exposed In Utero or as Young Children」 P429・432~435(2008)(A003)】

- 小児がんのオックスフォード調査 (OSCC) と、日本の原爆の胎内被ばく者から得られた小児がんのリスクの整合性は、胎児への 10mSv オーダーの急性の線量が、小児がんリスクを認識できる程度増加させることを暗示している。しかし、リスク推定値における不確実性は、これらの疫学データからこのような低線量のリスクを結論づけるのを困難にしている。

【Wakeford R et al. 「Risk coefficients for childhood cancer after intrauterine irradiation: a review」 (2007)(A145)】

《チェルノブイリ事故に関する研究》

- チェルノブイリ事故により汚染された3ヶ国については、子どもと若者の甲状腺がんによる罹患率のみに統計学的に有意な増加がある。重度汚染地域のブリヤンスクの1980-98年のすべての固形がんのデータでは、経時的な増加について、ロシア全体の固形がんにおける死亡率に比較して、明らかな増加は見られなかった。

【WHO「Health Effects of the Chernobyl Accident～」P104(2006) (B027)】

8. 甲状腺がんに関するもの

《総論的事項》

- 甲状腺は、小児期の放射線外部被ばくによって、かなりがんが発症しやすい器官である。被ばく時の年齢はリスクを左右する重要な因子の一つであり、被ばく時年齢の上昇とともに発がんリスクが減ることに対して、非常に強い傾向を示すことが、複数の研究から認められている。
- 通常環境において甲状腺がんが女性においてより高頻度に発症するが、放射線リスクを決定づけるときの性別の役割は不明である。
- 小児期に被ばくした人々の間では、上昇したリスクは一生涯持続するが、いくつかのデータでは、ERRは被ばく後約20年から減少し始めるとされている。

【UNSCER 2006 Report P101-108 (B023)】

- 原爆被ばく者については、甲状腺がんの最も高いリスクは、10歳未満で被ばくした子どもに見られ、最大のリスクは被ばく15～29年後であり、被ばく40年後でさえも増加している。(Thompson D E 1994)

20歳以上の被ばくでリスクが増加しているという証拠はほとんどない。

【UNSCEAR 2000 P556 (B020)】

《医療上の放射線照射に関する研究》

- 幼児期に(1926～1957年)"低線量"胸部放射線治療を受けたコホートの334347人年(person years)の調査では、1Gy当たりの過剰相対リスクは3.2(95%CIは1.5～6.6)。10000人年当たりの過剰絶対リスクは2.2例(95%CIは1.4～3.2)。累積的な甲状腺がんの発症率の中央値は57.5年後。発生率は40年後から減少する。幼児期早期に、低線量の医療用放射線にさらされるのは生涯の懸念となる。

【Jacob et al. 「Thyroid Cancer Risk 40+ Years after Irradiation for an Enlarged Thyroid: An Update of the Hempelmann Cohort」(2010)(A036)】

《大気圏内核実験に関する研究》

- 米国西部で核兵器実験のフォールアウトにさらされ、甲状腺に推定460mGyを被ばく

した小児の予後調査では、甲状腺がんの ERR（過剰相対リスク）は全体として 0.7%/mGy であった。

- 甲状腺がんと結節の両方に関する線量反応勾配は有意ではなかった。（Kerber, R 1993）

【ICRP Publication 94 「非密封性放射性核種による治療を受けた患者の解放」(2007) P19(65) (B015)】

《チェルノブイリ事故に関する研究① — 被ばく時年齢による影響》

- チェルノブイリ事故後のベラルーシにおける 1998 年半ばまでの甲状腺がんの発症について、被ばく時に 15 歳以下であった 840 症例のうち、220 症例が被ばく当時 2 歳未満の子どもであった。
- 通常の年齢による発症率を考慮すると、被ばく時に 1 歳以下の子どもは相対リスク (RR)237、10 歳の子どもの相対リスク (RR)6 を示すものと計算された。

【Williams D. 「Cancer after nuclear fallout: lessons from the Chernobyl accident.」(2002)(A006)】

- チェルノブイリ事故後のウクライナで、1986 年～2000 年に診断された、被ばく時 0-18 歳の 1876 例の甲状腺がんの調査では、70.3%は 15 歳未満で、発症が最も増えたのは 0-4 歳。このグループの発症は 1990 年から着実に増えていた。（Tronko et al., 2002）

【WHO 「Health Effects of the Chernobyl Accident～」 P26 (2006)(B027)】

- チェルノブイリ北の Gomel 地方（事故後数時間の最初の上昇気流が通過）の 1991-1992 年初の 15 歳以下の甲状腺がんの発症率は 80/100 万人/年と高い。（通常は 1/100 万人/年）
- 胎児期に被ばくした者のなかでも、甲状腺がんを発症したのは妊娠 3 か月以降の被ばくで、胎児の甲状腺機能が開始する時期（12～14 週目）と一致。

【Kazakov VS et al. 「Thyroid cancer after Chernobyl.」(1992) (A151)】

- 甲状腺がんと外部被ばくの研究では、強い年齢依存性が見られ、15 歳以前に受けた線量は、それ以降の年齢で受けた線量と比較して相当危険が大きい。（Ron et al., 1995）

【ATSDR 「TOXICOLOGICAL PROFILE FOR IODINE」 P193 3 パラ(2004)】

《チェルノブイリ事故に関する研究② — 線量反応関係等》

- チェルノブイリ事故当時にヨウ素 131 に被ばくし、15 歳未満で甲状腺がんを発症したベラルーシとロシアの子ども 276 症例の調査結果（コントロールは 1300 例）から、1Gy 当たりの甲状腺がんのオッズ比は、5.5(95%CI:3.1-9.5)から 8.4(95%CI:4.1-17.3)。1.5～2Gy では、直線的な線量反応関係が見られた。
- 0.2Gy 超は、線量の増加に伴う統計学的に有意なリスク増加が見られた。
- 上記調査対象のうち、ヨウ素欠乏地域では、他地域と比べ 3 倍の甲状腺がんリスクが

見られた（相対リスク $RR=3.2(95\%CI: 1.9-5.5)$ ）。ヨウ化カリウムの投与は、リスクを低減させた（相対リスク $(RR)=0.34 (95\%CI: 0.1-0.9)$ ）。

【Cardis E, Ivanov V et al. 「Risk of Thyroid Cancer After Exposure to ^{131}I in Childhood」 (2005)(A001)】

- チェルノブイリ事故後のベラルーシの15歳未満の甲状腺がん107症例の研究（対照107例）では、被ばく量が300mGy未満のグループと、1Gy以上のグループとのOR（オッズ比）は5.84（95%CI：1.96-17.3）で、被ばく量が300mGy未満のグループと300mGy以上のグループとのOR（オッズ比）は3.11（95%CI：1.67-5.81）であった。田舎・都会別に見た比較では、田舎では、被ばく量が、300mGy未満のグループと、1Gy以上のグループとのOR（オッズ比）は10.42（95%CI：3.46-31.25）。都会では、被ばく量が300mGy未満のグループと1Gy以上のグループとのOR（オッズ比）は5.05（95%CI：1.27-20）であった。以上のオッズ比の結果から、被ばくによる有意な影響が確認された。

【Astakhova LN et al. 「Chernobyl-related thyroid cancer in children of Belarus: a case-control study.」 (1998)(A147)】

- チェルノブイリ事故から約4年後、子どもの甲状腺がんの症例が急激に増加した。いくつかの地方では、事故当時に0～4歳だった子どもの甲状腺がんが、予想された症例数の30-60倍を超えた。
- チェルノブイリ事故後のベラルーシ、ウクライナの0～4歳の子どもの甲状腺がんの発症は、多くの場合300mGy未満の被ばく量であり、いくつかの症例は10mGy未満の被ばく量であった。ただし、この推定（10mGy）の不確かさは、因果関係に疑問を残している。
- チェルノブイリにおける用量反応関係について、50mGy以上の被ばくで、子どもの甲状腺がんのリスクが著しく増加したとFDAは結論した(Astakhova1998、ivanov1999、kazakov1992)。

【FDA 「Guidance. Potassium Iodide as a Thyroid Blocking Agent in Radiation Emergencies」 P4・6(2001) (B001)】

- ウクライナ、ベラルーシ、ロシア（Bryanskのみ）において1971年から1986年に生まれた小児における1991年から1995年にかけてのEAR（過剰絶対リスク）では、線形の線量反応関係（※）があり、統計的に有意な逸脱は認められなかった。

※UNSCEAR2000（P558）において、「70mGy－1200mGyの線量域で直線」とされている。

【Jacob P et al. 「Thyroid cancer risk to children calculated.」 p.32 Figure 1(1998) (A150)】

- 事故時0-14歳のベラルーシの子どもと0-18歳のロシアの子どもの間の甲状腺がんのリスクの増加を最もよく表すモデルが、過剰相対リスク（ERR）が1Gyに直線的に向

かうモデル、2Gy に向かうモデル、すべての線領域の二次曲線であった。(Cardis et al. 2005)

- WHO の Expert Assessment では、発症と線量の関係は明確とはいえないとしており、研究の数が限られている、症例個々の被ばく量が明確でないことが理由とされている。

【WHO 「Health Effects of the Chernobyl Accident～」 P30・図 1(2006)(B027)】

- チェルノブイリ事故における個人の甲状腺線量の推定値にかなりの不確実性があるが、内部被ばく線量の 80%以上がヨウ素 131 由来のものとして推定され、外部被ばくは甲状腺線量のごく僅かしか寄与していない。

【UNSCEAR 2000 P556 (B026)】

9. 白血病に関するもの

≪医療上の X 線照射に関する研究≫

- X 線の骨盤計測によって、胎児期に被ばく (数 10mGy) した 15 歳までの子どもの調査では、相対リスクは 1.4 であった。

【ICRP Publication 99 P28(2005) (B020)】

- ニューイングランド等で 1940 年から 1960 年の間の出生児 142 万 9400 人の調査において、X 線により胎内被ばくしたケースと、被ばくなしのケースを比較した相対リスクは 1.52 であった。

- 英国とコネチカット州で、X 線により胎内被ばく (5~50mGy と推定) した双子と、被ばくなしの双子を比較した相対リスクは 2.0 と 1.6 (ただし 90%CI : 0.4-6.8) であった。

【BEIR V P352(1990)(B008)】

- 胎齢 8~15 週での 10~20mGy の胎児の被ばくは、自然発生率と比べて 1.5~2 倍白血病のリスクを増加させる。子宮内で電離放射線にさらされると推定 1 人/2000 人の子どもが小児白血病を発症する。通常の比率の 1 人/3000 人より増加している。

【米国産科婦人科学会「Guidelines for diagnostic imaging during pregnancy」(p.649) (1995)(B004)】

- 1976~1990 年の英国での出生児 (全症例 2690、白血病症例 1253、コントロール 4858 例) の研究では、胎児期の放射線診断に伴う X 線への暴露により、全ての固形がん (オッズ比 1.14、95% CI : 0.90 to 1.45)、白血病 (オッズ比 1.36、95% CI : 0.91 to 2.02) でわずかにリスクが増加することが示唆されたが、偶然の偏りであることが否定できなかった。他方、症例が少ない (n=231) がリンパ腫ではリスクの増加 (オッズ比 5.14 (95% CI : 1.27to20.78) が認められた。

【Preetha Rajaraman et al. 「Early life exposure to diagnostic radiation and ultrasound scans and risk of childhood cancer～」(2011)(A038)】

≪原爆被ばく者に関する研究≫

- 子宮内被ばくした原爆被ばく生存者（産科学的X線診断より高い平均線量のコホート調査）で、白血病の発生率がおそらく増加しているいくつかの証拠があるが、線量の増加に伴う白血病の増加傾向はなく、また、小児期には白血病症例が発生していなかった。

【ICRP Publication 84(2000)「妊娠と医療放射線」 P7(33)～P8(40) (B016)】

- 白血病について、LSS（原爆被ばく者の寿命調査）の線量反応関係をみると、200mSv付近で統計的に有意な過剰のある曲線を示している。

【BEIR VII Phase 2 p.245-2パラ(2006)(B031)】

≪チェルノブイリ事故に関する研究①－小児白血病関係≫

- 1986年のチェルノブイリ事故後のベラルーシの小児白血病の追跡調査の最新結果では、発症率の増加は認められていない（Gapanovich, V.N. et al.. 2001）。
- ハンガリーにおける事故関連の小児白血病の分析では、統計的に有意な上昇は見られていない（Torok, S., et al.. 2005）。
- スコットランド及びウェールズにおいて、事故関連の乳幼児白血病が増加しているという示唆がある一方で（Busby, C. and M. Scott Cato. 2000）、英国のデータのより広範囲な分析では、事故と白血病発症の関連性は認められなかった（CERRIE 2004）。これらの研究は生態学的研究であり、個人の被ばくについては考慮されていない。
- 対照的に、ウクライナで実施された若年者の白血病の症例研究では、個人の線量（骨髄等価線量）が測定された（Noshchenko, A.G. et al.. 2002）。この研究では、事故由来の2mSv以下の線量を被ばくした症例に比べて、10mSvかそれ以上の線量を被ばくした症例で、リスク上昇が示唆されている（相対リスク(RR)=2.5、95% CI: 1.1-5.4）。
- ベラルーシ、ロシア、ウクライナで実施された、若年者の白血病についてのより大規模な症例研究がある（Davis, S. et al.. 2006）。この研究では、骨髄線量の測定値と白血病リスクの関係は統計的に有意な傾向がみられるが、この知見の解釈は、3国間での推定された線量反応関係の違いによって複雑になっている。

【UNSCER 2006 (B023) P113-121】

- チェルノブイリのフォールアウトで胎内被ばくしたことと白血病のリスク上昇の間の関連性に付いては、強力なエビデンスも反証もない。

【WHO「Health Effects of the Chernobyl Accident～」(P56)(2006) (B027)】

《チェルノブイリ事故に関する研究② - 放射線影響があるとするもの》

- 1980-1990年に、英・独・ギリシアで生まれた子ども 15,466,845人を対象とした(三つのコホートを検討した)メタ分析。出生期間をABCに分け(Aチェルノブイリ事故前/B事故期/C事故後)、Bを暴露群、ACを非暴露群とし、0-1歳児における白血病の相対危険度を評価したところ、暴露群(平均吸収線量 0.067mSv)は、非暴露群に比べ相対リスク 1.43(95%CI: 1.13<rr<1.8 (2-tailed);p=0.0025)であった。

【Busby CC 「Very low dose fet al. exposure to Chernobyl contamination～」(2009) (A034)】

- ギリシャ全土で1980~1994年に小児白血病と診断された症例についての研究。1986年下半期と1987年の出生児を胎内被ばくした群とみなした。ギリシャ市民の被ばく量は事故直後から1年間が主で、その間の平均被ばく線量は2mSv。胎内被ばくした群は、胎内被ばくしなかった群に比べて白血病の発症は2.6倍であった(95%CI: 1.4-5.1、P値≒0.003)。12-47か月齢の子どもにおいては、白血病発症に有意差はなかった。受胎前の被ばくについては、白血病のリスクに目立った影響はなかった。

【Petridou E et al. 「Infant leukaemia after in utero exposure to radiation from Chernobyl.」(1996) (A144)】

- ウクライナの最重度汚染地域(リヴノ、ズィトミル、チェルニイブ、チェルカシー地方)の事故時0-5歳だった住民で、1987~1997年までに白血病と診断された246症例の研究。対照は、年齢、性別、居住のタイプ(農村、中間、市街地)、及び居住の行政区を合わせて選ばれた。症例・対照とも、母親へのインタビューで、食事の摂取状況を調査し、土壌の放射性物質濃度の現状と併せて、各個人が摂取した放射性物質の量を算定し、被ばく線量として比較。白血病のリスクは、放射線被ばく量(骨髄等価線量)が10mGyより高い群で明らかに増加した(オッズ比(OR) 2.4 [95%CI: 1.4-4.0] (p=0.01))。放射線被ばくとリスクの関連は、男児(OR2.8 [95%CI: 1.4-5.5, p=0.01])、1987-92年に診断された急性白血病(OR2.5 [95%CI: 1.2-5.1, p=0.05])、とりわけ急性骨髄性白血病(OR5.8 [95%CI: 1.4-24.6, p=0.05])で、より強かった。〈Table7〉

【Noshchenko et al. 「Radiation-induced leukemia among children aged 0-5 years at the time of the Chernobyl accident.」(2010)(A165)】

《チェルノブイリ事故に関する研究③ - 放射線影響がないとするもの》

- チェルノブイリ事故の被ばく者の中で、放射線に関係した白血病のリスクの増加は、事故処理作業員でも、汚染地域の住民でも見られていない。
- チェルノブイリ事故による平均被ばく線量は、24万人の事故処理作業員で約100mSv、11万6千人の避難者で30mSv、汚染した地域に住み続けている人達で事故後最初の10日間に受けた線量として10mSvとなる。線量の最大値は一桁高いと予測される。

【UNSCEAR 2000 (P566) (B026)】

10. 甲状腺疾患(甲状腺がん以外)に関するもの

- マーシャル島での大気圏内核実験により 700~1750mGy のガンマ線を受けた住民のうち、特に子どもで被ばくした場合、およそ 10 年後に甲状腺障害が発見され始めた。これらのケースには、成長の遅延や、粘液水腫、甲状腺瘤 (thyroid gland nodules) や新生物 (neoplasms) を含む。(Conard et al. 1970) (p.194)

【ATSDR 「TOXICOLOGICAL PROFILE FOR IODINE」 (2004)】

- 1950 年代に、米国のユタ、ネバダでフォールアウトに被ばくした子ども 5179 人 (対照群: アリゾナ) の調査では、甲状腺の平均的被ばく量は、1952-55 年においてユタで平均 460mGy、南西ユタで 1000mGy 超の地域があった。195 人 (調査以前より異常があった 6 人を除く) に甲状腺の異常がみつきり、うち、男児 1.5%、女児 2% が若年性甲状腺腫、男児 0.8%、女児 1.6% が甲状腺炎、7 人は甲状腺機能亢進症、20 人が新生物、2 人が甲状腺がんであった。

【Rallison et al. 「Thyroid disease in children」 (1974) ATSDR-I No33】

- チェルノブイリ事故により影響を受けた集団で、甲状腺異常の証拠はない。1991~1996 年に、事故時に 10 歳未満であった 16 万人の子どもについて行われた大規模なスクリーニング調査でも、放射線に関係があるかもしれない甲状腺機能低下症、甲状腺機能亢進症、甲状腺腫のリスク上昇はなかった。また、甲状腺抗体の増加の報告もないが、それはいくつかの小規模なほかの研究と矛盾している。

【UNSCEAR 2000 (B026) P569】

- チェルノブイリ事故で被ばくした 114000 人の子ども達について、甲状腺の被ばく線量を体内の ^{137}Cs 量の測定値で代用して研究した結果、被ばく線量と、疾患 (甲状腺機能低下症、甲状腺機能亢進症等) の関連性はなかった。(Yamashita & Shibata 1997)

【WHO 「Health Effects of the Chernobyl Accident」 (P51)(2006) (B027)】

- 電離放射線を胎内又は生後 1 年以内に被ばくした子ども達と、チェルノブイリ後のゴメル州 (328 人)・ヴィテブスク州 (99 人) において 1986 年の 4-5 月に放射線を被ばくした子ども達を比較した研究では、胎内の第 1 三半期に、チェルノブイリ事故による電離放射線の外部被ばくを受けた子ども達は、甲状腺の大きさの平均が、第 3 三半期に被ばくした子ども達に比べて明らかに小さかった。

- チェルノブイリ事故において、第 1 三半期に外部被ばくした子ども達の平均的な TSH レベルは、同じ時期に被ばくした対照群より明らかに高かった。(Drozd et al. 2003)

【WHO 「Health Effects of the Chernobyl Accident」 (P52) (2006) (B027) 】

11. 母乳への影響に関するもの

- ICRP のモデルに基づく、母体が放射性物質を経口摂取した場合の母体・母乳（母体血液）から胎児・乳児への主要核種（ヨウ素 131、セシウム 137、ストロンチウム 90、ウラン 238、プルトニウム 239、アメリシウム 241）の移行割合は以下のとおり。

| 放射性核種 | 妊娠末期(受胎後 35 週) | 授乳(産後 1 週間) |
|------------|----------------|-------------|
| ヨウ素 131 | 7.4E-4 | 3.0E-1 |
| セシウム 137 | 1.2E-1 | 1.8E-1 |
| ストロンチウム 90 | 6.3E-2 | 2.0E-1 |
| ウラン 238 | 4.2E-3 | 5.0E-2 |
| プルトニウム 239 | 1.4E-3 | 5.0E-2 |
| アメリシウム 241 | 9.4E-3 | 5.0E-2 |

- 妊娠中から出産後における母体・母乳から胎児・乳児への移行に関しグラフ化されている内容（ヨウ素 131、セシウム 137、ストロンチウム 90）。
- ・ヨウ素 131：妊娠 15 週目頃から母体からの移行が始まり、妊娠末期から産後授乳において継続して多く移行する。
 - ・セシウム 137：妊娠直後から母体からの移行が始まり、産後授乳では徐々に移行量が減少する。
 - ・ストロンチウム 90：妊娠 15 週目から母体からの移行が増加し、出産後 1 週間の授乳で最も多く移行する。

- ICRP のモデルに基づく、母体が摂取した放射性物質から、母乳を飲む乳児への主要核種（ヨウ素 131、セシウム 137、ストロンチウム 90、ウラン 238、プルトニウム 239、アメリシウム 241）の線量係数（Sv/Bq）の例は以下のとおり。

| 放射性核種 | 妊娠期間中の慢性的摂取の場合 | 授乳期間中の慢性的摂取の場合 |
|------------|----------------|----------------|
| ヨウ素 131 | 3. 1E-11 | 5. 5E-08 |
| セシウム 137 | 8. 6E-10 | 2. 6E-09 |
| ストロンチウム 90 | 1. 8E-09 | 1. 5E-08 |
| ウラン 238 | 9. 7E-12 | 3. 3E-10 |
| プルトニウム 239 | 3. 9E-12 | 1. 0E-10 |
| アメリシウム 241 | 1. 4E-11 | 8. 5E-11 |

【ICRP Publication95 p38～41, 93, 121, 127, 150, 156, 159 (2004) (B021)】

- 北部スウェーデン（チェルノブイリと核実験のフォールアウトの両方の影響がある二つの地方）の 12 組の母と 3-6 ヶ月齢の子どもの調査結果から、母が摂食したセシウム 137 の 15%が授乳により乳児に移行することがわかった。

（原文表 1 に母：乳汁：子のセシウム 137(Bq/kg)実測値が掲載されている。）

**【Johansson et al. 「Transfer of 137Cs to infants via human breast milk」
(1998)ATSDR-Cs No47】**

参照文献一覧
【妊産婦(胎児)・小児に対する放射線影響に関する主な知見の整理】

| | 文献名 | 著者・出版元 | 掲載誌名・巻・号 | 出版年 |
|------|--|--|---|------|
| A001 | Risk of Thyroid Cancer After Exposure to ¹³¹ I in Childhood | Cardis E, Kesminiene A, Ivanov V, Malakhova I, Shibata Y, Khrouch V, Drozdovitch V, Maceika E, Zvonova I, Vlassov O, Bouville A, Goulko G, Hoshi M, Abrosimov A, Anoshko J, Astakhova L, Chekin S, Demidchik E, Galanti R, Ito M, Korobova E, Lushnikov E, Maksioutov M, Masyakin V, Nerovnia A, Parshin V, Parshkov E, Piliptsevich N, Pinchera A, Polyakov S, Shabeka N, Suonio E, Tenet V, Tsyb A, Yamashita S, Williams D. | <i>JNCI J Natl Cancer Inst</i> (18 May 2005) 97 (10): 724-732. | 2005 |
| A003 | Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors Exposed In Utero or as Young Children | Preston DL, Cullings H, Suyama A, Funamoto S, Nishi N, Soda M, Mabuchi K, Kodama K, Kasagi F, Shore RE. | <i>J Natl Cancer Inst</i> 2008;100:428-436 | 2008 |
| A006 | Cancer after nuclear fallout: lessons from the Chernobyl accident. | Williams D. | Nat Rev Cancer. 2002 Jul;2(7):543-9. | 2002 |
| A007 | The effect of embryonic and fetal exposure to x-ray, microwaves, and ultrasound: counseling the pregnant and nonpregnant patient about these risks. | Brent RL. | <i>Semin Oncol.</i> 1989 Oct;16(5):347-68. | 1989 |
| A009 | Significant increase in trisomy 21 in Berlin nine months after the Chernobyl reactor accident: temporal correlation or causal relation? | K. Sperling, J. Pelz, R. D. Wegner, A. Dörrries, A. Grüters, and M. Mikkelsen | <i>BMJ.</i> 1994 July 16; 309(6948): 158-162. | 1994 |
| A020 | [Exposure to radioactive iodine in pregnancy: significance for mother and child].[Article in German] | Ogris E. | Acta Med Austriaca. 1997;24(4):150-3. | 1997 |
| A034 | Very low dose fetal exposure to Chernobyl contamination resulted in increases in infant leukemia in Europe and raises questions about current radiation risk models. | Busby CC. | Int J Environ Res Public Health. 2009 Dec;6(12):3105-14. Epub 2009 Dec 7. | 2009 |
| A036 | Thyroid Cancer Risk 40+ Years after Irradiation for an Enlarged Thymus: An Update of the Hempelmann Cohort | (Michael) Jacob Adams, Roy E. Shor, Ann Dozier, et.al | Radiation Research Society. December 2010, Vol. 174, No.6a, pp. 753-762 | 2010 |
| A038 | Early life exposure to diagnostic radiation and ultrasound scans and risk of childhood cancer: case-control study | Preetha Rajaraman, Jill Simpson, Gila Neta, Amy Berrington de Gonzalez, Pat Ansel, Martha S Linet, Elaine Ron, senior, Eve Roman | <i>BMJ</i> 2011; 342:d472 doi: 10.1136/bmj.d472 (Published 10 February 2011) | 2011 |
| A090 | Plutonium content of human placental tissues after occupational exposure. | Russell JJ, Sikov MR, Kathren RL. | <i>Radiat Prot Dosimetry.</i> 2003;104(3):231-6. | 2003 |
| A139 | Very high mutation rate in offspring of Chernobyl accident liquidators. | Weinberg HS, Korol AB, Kirzhner VM, Avivi A, Fahima T, Nevo E, Shapiro S, Rennert G, Piatak O, Stepanova EI, Skvarkaja E. | <i>Proc Biol Sci.</i> 2001 May 22;268(1471):1001-5. | 2001 |
| A144 | Infant leukaemia after in utero exposure to radiation from Chernobyl. | Petridou E, Trichopoulos D, Dessypris N, Flytzani V, Haidas S, Kalmanti M, Kolioukas D, Kosmidis H, Piperopoulou F, Tzortzatu F. | <i>Nature.</i> 1996 Jul 25;382(6589):352-3. | 1996 |
| A145 | Risk coefficients for childhood cancer after intrauterine irradiation: a review. | Wakeford R, Little MP. | <i>Int J Radiat Biol.</i> 2003 May;79(5):293-309. | 2003 |

| | | | | |
|------|---|---|---|------|
| A147 | Chernobyl-related thyroid cancer in children of Belarus: a case-control study. | Astakhova LN, Anspaugh LR, Beebe GW, Bouville A, Drozdovitch VV, Garber V, Gavrillin YI, Khrouch VT, Kuvshinnikov AV, Kuzmenkov YN, Minenko VP, Moschik KV, Nalivko AS, Robbins J, Shemiakina EV, Shinkarev S, Tochitskaya SI, Waclawiw MA. | Radiat Res. 1998 Sep;150(3):349-56. | 1998 |
| A150 | Thyroid cancer risk to children calculated. | Jacob P, Goulko G, Heidenreich WF, Likhtarev I, Kairo I, Tronko ND, Bogdanova TI, Kenigsberg J, Buglova E, Drozdovitch V, Golovneva A, Demidchik EP, Balonov M, Zvonova I, Beral V. | Nature. 1998 Mar 5;392(6671):31-2. | 1998 |
| A151 | Thyroid cancer after Chernobyl. | Kazakov VS, Demidchik EP, Astakhova LN. | Nature. 1992 Sep 3;359(6390):21. | 1992 |
| A165 | Radiation-induced leukemia among children aged 0-5 years at the time of the Chernobyl accident. | Noshchenko AG, Bondar OY, Drozdova VD. | Int J Cancer. 2010 Jul 15;127(2):412-26. | 2010 |
| B001 | Guidance. Potassium Iodide as a Thyroid Blocking Agent in Radiation Emergencies | FDA/CDER (Center for drug evaluation and research) | | 2001 |
| B003 | Dose to the embryo/fetus and neonate from intakes of radionuclides by the mother Part 1: Doses received in utero and from activity present at birth. | national radiological protection board | | 2001 |
| B004 | Guidelines for diagnostic imaging during pregnancy | The American College of Obstetricians and Gynecologists (米国産科婦人科学会) | Int J Gynaecol Obstet. 1995 Dec;51(3):288-91. | 1995 |
| B008 | Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation:BEIR V | Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR V), National Research Council | (National Academies Press) | 1990 |
| B013 | Radionuclide Exposure of the Embryo/Fetus | National Council on Radiation Protection & Measurements | NCRP Report No.128 | 1998 |
| B014 | 国際放射線防護委員会の2007年勧告 | (社)日本アイソトープ協会 | ICRP Publication 103 | 2009 |
| B015 | 非密封放射性核種による治療を受けた患者の解放 | (社)日本アイソトープ協会 | ICRP Publication 94 | 2007 |
| B016 | 妊娠と医療放射線 | (社)日本アイソトープ協会 | ICRP Publication 84 | 2002 |
| B018 | 国際放射線防護委員会の1990年勧告 | (社)日本アイソトープ協会 | ICRP Publication 60 | 1991 |
| B020 | Low-Dose Extrapolation of Radiation Related Cancer Risk | ICRP | ICRP Publication 99, Ann. ICRP 35 (4) | 2005 |
| B021 | Doses to Infants from Ingestion of Radionuclides in Mother's Milk | ICRP | ICRP Publication 95, Ann. ICRP 34 (3-4) | 2004 |
| B023 | UNSCER 2006 Report | | Vol.1 Annex A | |
| B026 | 放射線の線源と影響 原子放射線の影響に関する国連科学委員会の総会に対する2000年報告書 付属書付 | UNSCEAR2000 日本語版 (独)放射線医学総合研究所 監訳 | (書籍) | 2002 |
| B027 | Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Health" | WHO | | 2006 |
| B031 | Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation:BEIR VII Phase 2 | Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council | (National Academies Press) | 2006 |

| | | | | |
|------|--|---|-------------------|------|
| B033 | 放射線の線源と影響 原子放射線の影響に関する国連科学委員会の総会に対する1993年報告書 付属書付 | UNSCEAR 1993 REPORT日本語版 (独) 放射線医学総合研究所 監訳 | (書籍) | 1995 |
| | TOXICOLOGICAL PROFILE FOR IONIZING RADIATION | ATSDR (U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry) | | 1999 |
| | TOXICOLOGICAL PROFILE FOR IODINE | ATSDR (U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry) | | 2004 |
| | TOXICOLOGICAL PROFILE FOR CESIUM | ATSDR (U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry) | | 2004 |
| | TOXICOLOGICAL PROFILE FOR STRONTIUM | ATSDR (U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry) | | 2004 |
| | TOXICOLOGICAL PROFILE FOR PLUTONIUM | ATSDR (U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry) | | 2010 |
| | TOXICOLOGICAL PROFILE FOR URANIUM | ATSDR (U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry) | | 1999 |
| | TOXICOLOGICAL PROFILE FOR AMERICIUM | ATSDR (U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry) | | 2004 |
| | Thyroid disease in children: A survey of subjects potentially exposed to fallout radiation. Am J Med 56:457-463. | Rallison et al. 1974 | Am J Med | 1974 |
| | Transfer of ¹³⁷ Cs to infants via human breast milk. Radiat Prot Dosim 79:165-167. | Johansson et al. 1998 | Radiat Prot Dosim | 1998 |