

放射線の遺伝的影響はない

室月 淳 (2012年4月

4日)



私はこわい。愛するのがこわいんです。フィアンセがいて、戸籍登録所に結婚願いをだしました。あなたは、ヒロシマの ヒバクシャ のことをなにか耳になさったことがありますか？ 原爆のあと生きのびている人々のことを。かれらはヒバクシャ同士の結婚しか望めないというのは本当ですか。.....

彼は私を家につれていき、母親に紹介しました。..... お母さんが、私がチェルノブイリから移住してきた家庭の娘であることを知ると驚いたんです。「まああなた、赤ちゃんを生んでもだいじょうぶなの？」..... 「ねえあなた、生むことが罪になるって人もいるのよ」。愛することが罪だなんて。

(スペトラーナ・アレクシエービッチ「チェルノブイリの祈り」(1) 121 ページより)

要約

福島原発事故後の住民の放射線被曝をめぐっては遺伝的影響が大きな問題となっています。たとえばがんは個人の問題にとどまりますが、放射線の遺伝的影響はのちの世代まで及ぶ危険性があるからです。しかし現状では放射線に遺伝的影響はないと結論づけられています。

その根拠としては、1. 広島・長崎での被爆者の長期にわたる健康調査では7万人の出生児のフォローアップを行っていますが、両親合わせての平均被曝量が400ミリシーベルト前後であったにもかかわらず、周産期死亡、早期死亡、遺伝性疾患や奇形などについて増加はまったく認められなかったこと、2. この疫学データにより自然突然変異を2倍にする倍加線量は最低でも2グレイ以上とされていますが、さらに福島で問題とされるような低線量の長期の累積の場合ではその3倍以上の少なくとも6グレイ以上と推定されること、3. 動物実験などの基礎データにもとづ

く遺伝的影響リスク推定として、100万人が1グレイの被曝を受けたときの第1世代子孫での遺伝性疾患の発症数は3,000～4,700症例と報告されていますが、これは自然頻度の738,000症例と比べれば圧倒的に少ない数であること、4．動物実験に基づく実験結果では、女性の生殖細胞に対する影響はかなり小さいと予想されること、5．放射線の遺伝的影響にもやはり閾値がある可能性、などが挙げられます。

低線量被曝の遺伝的影響についてはまだ十分に解明されておらず、現時点でICRPは「直線閾値なし仮説(LNT仮説)」を採用しています。これは被曝線量に比例して遺伝リスクが存在するというものであり、厳密に言えば100%安全といえる線量は確かに存在しないといえます。しかし今回の事故による放射線被曝線量は、原発周辺の市町村でもせいぜい1ミリシーベルトから最大でも数10ミリシーベルトのオーダーです。この程度の生殖細胞への被曝で、将来の出産した児に奇形が増えると考えられる合理的な根拠はありません。心ない発言や無意味な風評に苦しんでいる福島の子供や女性のためにも、「卵子被曝というものには存在しない」と言ってあげていいのではないかと考えます。

はじめに

2012年2月20日付の日経新聞で、「福島原発周辺の被ばく線量、最大で23ミリシーベルト 浪江町・飯館村などの住民ら9747人」という見出しでの報道がありました。全県民約200万人の健康調査を進めている福島県が、原発周辺市町村の個人の外部被曝量の推計値を公表したもので、「全体の57.8%が、平常時の年間被曝限度である1ミリシーベルト未満。1ミリシーベルト以上10ミリシーベルト未満が4040人(41.4%)、20歳未満では10代男性1人が18.1ミリシーベルトと高い値であった」とのことでした。これは事故直後からの4か月間の値であり、今後は外部被曝量も徐々に下がって行くことが予想されます。内部被曝などいくつかの問題がありますが、原発周辺地域の住民でもその被曝量は数ミリシーベルトから、もっとも高い人でも数10ミリシーベルトのオーダーであることが予想されます。

このレベルでの被曝では健康に何らかの影響が出ることはあり得せんし、また奇形児増加など遺伝学的影響がある考える合理的な根拠はないことが医学的に知られています。国内外のまともな研究機関が福島周辺で健康被害や遺伝障害が発生する可能性を指摘した事実もありません。しかし社会一般での言説やネット上でのやり取りをみると、デマや誤解による差別など福島の子供や女性を傷つけるものが多くみられます。被災地の人にとっては、わずかな放射線よりも心ないデマや風評被害の方が大きな被害をもたらしているようにみえます。

本稿では、疫学調査研究や実験的データおよびそれに基づいた国際的な勧告などを読み直し、放射線の遺伝学的影響を専門的に改めて検討します。その上で風評被害によって傷ついているかもしれない若い女性に対し、心配ない、安心してよいということを示したいと思います。

確定的影響と確率的影響

放射線被曝による障害には確定的影響と確率的影響のふたつがあるとされています。確定的影響とは大量の放射線を短時間に被曝した場合の急性障害をいいます。暴露から発症までの期間が短く、線量に応じて重症度が増加します。それぞれの急性障害に特定のしきい線量があり、障害の発生の有無は被曝量によって判断できます。急性障害のしきい線量は、たとえば50%致死では3-5グレイ、造血能の一過性低下では0.5グレイ(500ミリグレイ)です。

これに対して、がんが発症する確率や次世代以降の子孫に遺伝的障害が生じる確率は、放射線被曝線量に応じて増加すると考えられており、このような影響を確率的影響といいます。確率的影響は、確定的影響が生じないしきい線量以下の放射線被曝においても、線量に応じて発生確率が増加するとされています。がんも遺伝性疾患も放射線被曝にかかわらず自然発生する疾患であるため、放射線の影響といっても集団における発生確率の増加として統計的に検出されるもので、被曝した個人に特異的な放射線障害として生じるわけではありません。

遺伝的影響について

生殖細胞、すなわち男性の精原細胞と女性の卵母細胞は、放射線被曝によって遺伝子が損傷を受けることが知られています。遺伝的影響、すなわち生殖細胞に突然変異が起これば、次世代において遺伝的影響として発現する可能性がいわれてきました。

広島・長崎の被爆者の次世代についての大規模で長期にわたる健康調査がなされ、その最終結果が1990年に報告されました(2)。調査対象となった出生児は7-8万人にのぼるという大規模なコホート研究です。両親の生殖細胞のそれぞれを足した平均被曝量が400ミリシーベルトと推定されています。詳細な解析がなされた周産期異常、早期死亡、染色体均衡転座、性染色体異常、突然変異、遺伝性がんの6項目において、そのいずれにおいても対照群と有意差を認めないという結果でした。

たとえば「突然変異」に関してみると、血液タンパク質(赤血球酵素、ヘモグロビン、血漿タンパクなど)30種の電気泳動特性の異常を調べて、突然変異頻度を直接測定した(3)。67万個の遺伝子座を調べて3個の突然変異がみつかりましたが、被曝していない人の次世代の対照群と有意差を認めませんでした。このような種類の突然変異は放射線ではほとんど起こっていないことが明らかです。広島・長崎で被爆者が受けた200-400mSvレベル程度の放射線被曝であれば、個人としての遺伝的影響についてはあまり心配いらぬといえます。

1986年のチェルノブイリ原発事故については現在徐々に報告が出始めている段階であり、中には先天性障害の発生頻度が増えているとする報告(4)が散見されます。しかし重症奇形の発生頻度の増加は認めておらず、これらのマイナー奇形の増加は事故に契機としたモニタリング制度の充実の結果である可能性が指摘されています。国際原子力機関(IAEA)の2006年度報告書では次のように論じています(文献5より引用)。

「チェルノブイリ事故の結果として、長期の遺伝的影響もしくは生殖的影響は存在してきたのだろうか？これから影響が表れてくるのだろうか？チェルノブイリの放射線を受けた諸地域では、住民の線量レベルが比較的低いため、被曝の直接的な結果として、一般の男女の生殖能力が低下することは考えにくく、このような事態が発生している証拠もない。また、死産や難産や逆子の発生率に対して、新生児の健康全般に対して、大きな影響が及ぶ可能性も考えにくい。(中略)

UNSCEAR(原子放射線の影響に関する国連科学委員会)の2001年度報告書や、チェルノブイリの健康影響に関するさまざまな報告書が推計した低いリスク係数を採用すれば、放射線によって引き起こされる遺伝効果が識別可能なレベルまでに増大することは考えにくい。2000年以降、この結論を変更させるに足る新しい証拠は出てきていない。」

低線量放射線被曝の影響評価

低線量放射線被曝の健康への影響の有無について社会的関心が持たれているのは、放射性物質から低線量放射線を被曝する人数がきわめて多い場合があるからです。福島住民のように大きな集団であれば、各個人の微小な被曝量を累積して出した集団線量が、集団への被曝リスクとなる可能性が一部で指摘されています。低線量・大人数放射線被曝の影響を、その有無を含めてどのように評価するかが問題となっているのです。

低線量の定義は複数ありますが、広島・長崎の原爆被曝者の疫学研究結果や放射線の生物学的効果から 100 ~ 200 ミリシーベルト以下とされることが多いようです。これを低線量とする理由は、この線量域以下では原爆被曝者のリスクの統計学的有意性を議論できないからです。実際に対象集団が 10 万人以下のコホート研究には、100 ミリシーベルト以下の発がんリスク、遺伝的疾患の発症リスクを統計学的に有意に検出する能力はありません。こういった低線量被曝のリスクが本当にあるのか、それともベースラインの突然変異率の変動に隠れているだけなのかは、今のところまったくわかっていません。

国際放射線防護委員会 (ICRP) は、遺伝的影響について明確なしきい線量を明示することは不確かなことを考慮して、遺伝的影響は蓄積線量に比例し、しきい線量はないとするもっとも控えめな仮定を導入しています。放射線防護という視点から、少量の線量でもリスクが存在するという仮定をおくことにより被曝を最小限におさえようとするものです。2005 年に出された ICRP Publication 99 (Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk) (6) では低線量放射線の影響がくわしく論じられています。それによると低線量の放射線の確率的影響推定において閾線量のない直線線量 - 反応関係 (Linear No Threshold; LNT) 仮説を採用するとしていますが、これはリスクを過小評価しない「予防的な」リスク評価であることを ICRP は強調しています。

低線量放射線被曝の健康への影響はその可能性が定量化できないほど小さいため、科学的に決着をつけるのは簡単ではありません。きわめて不確実性が大きい低線量放射線の影響を推定するために、ICRP の勧告では高線量被曝の疫学研究データ (広島・長崎の原爆被曝者の健康影響調査など) から得られるリスク係数を、低線量被曝の影響推定に閾線量のない直線線量 - 反応関係に基づいて外挿することになっています。この仮定の利点は、直線とすることで「線形性」「加算性」が得られるということです。年当たり、生涯当たりのリスク推定において被曝リスク管理のプロセスが単純化されることとなります。

しかし既述のとおり、低線量被曝のリスクが本当に存在するかについてはまだわかっていません。フランス科学・医学アカデミーは、2005 年に低線量放射線の影響に関する報告書 (7) を公表しましたが、その中では「一定の線量より低い放射線被曝では、がん、白血病などは実際には生じず、LNT 仮説は現実には合わない過大評価である」と主張しています。中国やインドの高自然放射線地域住民についての疫学調査と、低線量放射線への分子細胞学的な適応応答機構の最新の知見などがその根拠となっています。

一方、2006 年の米国科学アカデミー BEIR 委員会第 7 次報告書 (BEIR-VII) (8) では、「不確実性はあるが、疫学研究、動物実験、発がん機構に関する研究データを踏まえた結果から、低線量 (100 mSv 以下) 被曝における放射線量と発がんリスクとの間に単純な比例関係があるとする LNT 仮説と、現在の科学的証拠とは矛盾しない」と結論しています。このように専門家の中でも意見は分

かれています。

改めて放射線の遺伝的影響を評価する

現在の低線量被曝に関する議論をみたあとで、改めて放射線の遺伝的影響を評価してみます。

ICRP Publication84 (Pregnancy and medical radiation) (9) の勧告では、「両親のいずれかの生殖腺への受胎前照射によって、子供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」とあります。それに続けて「受胎前の両親の生殖腺被曝によって、放射線による異常が子孫に伝えられるリスクは、ここ30年にわたって確認されていない。原爆被爆生存者の子供およ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。」と結論づけています。

今回の福島原発事故で心配されている低線量の長期間被曝では、総被曝量が同じでも原爆の瞬間的被曝に比べると遺伝的リスクはさらに低いものです。広島・長崎の疫学データからはいまだ遺伝的影響を示す証拠はでてきていませんが、これから少なくとも倍加線量（自然突然変異を2倍にする線量）がこれよりも大きいという限界を出すことができ、それは最低でも1700～2200mSvと推定されています(2)。しかもこれは原爆による1回の急性被曝であり、福島で問題とされるような低線量の長期の累積の場合ではその少なくとも3倍以上の6Gy以上になると考えられます。そうするとICRPが述べているように、遺伝的影響は身体的影響に比べて無視し得るとするのが実際的です。

放射線の遺伝的影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）2001年報告書(10)では、従来のマウスを使った動物実験のデータを利用する方法から、ヒトの自然発生突然変異率データをマウスの誘発突然変異率データに組み合わせる新しいリスク推定の方法が採用されています。これらの新しい知見の結果として、遺伝的影響に関する生涯リスクの評価は過去の勧告に比べるとかなり小さいものになってきています。

米国科学アカデミー BEIR 委員会第7次報告書（BEIR-VII）(8)では、同様の手法を用いたヒトの放射線による遺伝的影響のリスクについて表のように推定しています。

表3-1 低LET、低線量または緩性照射放射線の持続被ばくによる遺伝的リスクの推定

疾 病	100万人出生当 たりの自然頻度	100万人当たりGy当たりのリスク	
		第1世代	第2世代
メンデル性 常染色体性優性およびX染色体性	16,500	750～1,500	1,300～2,500
常染色体性劣性 染色体性	7,500 4,000	0	0
多因子性 慢性多因子性	650,000	250～1,200	250～1,200
先天異常	60,000	2,000	2,400～3,000
合 計	738,000	3,000～4,700	3,950～6,700
Gy当たりの合計リスク (自然頻度に対する%)		0.41～0.64	0.53～0.91

あらゆる種類の遺伝性疾患について BEIR-VII 報告書における全体的なリスクをまとめますと、100万人当たり1グレイ当たりの発症例数として、第1世代子孫で3,000～4,700症例であり、第2世代子孫で3,950～6,700症例と推定されます。この値は、100万人当たり738,000症例の自然疾患頻度のそれぞれ0.41～0.64%、0.53～0.91%に相当するもので、このレベルの影響であれば食生活・生活習慣といった一般的な人体へのリスクの中に埋没してしまっていて統計的に証明することは難しくなります。

マウスを用いた動物実験の結果ですが、放射線による突然変異には雌雄差があり、特に低線量、低線量率、低LETという照射条件では、雄性生殖細胞に比べて雌性生殖細胞は感受性が低いこと、それとかなり低いことが示唆されています。男性と女性では生殖細胞の減数分裂や有糸分裂の頻度が大きく異なることが原因と考えられます。被曝による影響は仮にあったとしても女性の方がより少ないと言えるかもしれません。

以上の検討は、先に述べたLNT仮説を受け入れ、福島で問題となっている低線量、長期被曝が確率的に遺伝子の損傷を起こしているかもしれないという前提の上で議論してきました。しかしこのLNT仮説自体に対する批判は強くあります。その根拠としては、中国やインドの高自然放射線地域の住民に関する疫学調査などでは予想される結果が出ないため、LNT仮説は現実に合わない過大評価と示唆されていること、分子細胞学的な実験研究によって低線量放射線への適応応答機構が明らかになってきたこと、放射線による分子細胞レベルの障害についてはさまざまな修復機構があることなどが指摘されています。

もしLNT仮説が成立しないのであれば、低線量、長期間被曝の個人線量を足し合わせた集団線量をもとにして、放射線の遺伝的影響を論じるのは誤りになります。たとえば分娩時の出血量に対してLNTモデルが当てはまらないのと同様に、人間の被曝にも当てはまらないことになります。仮にLNT仮説が成立し、多数の人間によって構成される集団に遺伝的リスクが発生したとしても、ひとりひとりの人間としてみたときには、自然発生の突然変異に0.5%程度のリスクの上積み

がされる程度ですからほとんど問題とならないでしょう。

まとめ

広島・長崎やウクライナの調査で、先天異常の発生率や遺伝子突然変異が増加しなかったことから、今回の福島の被曝程度で将来にわたって遺伝的問題が生じる可能性があり得ないことは明らかでしょう。「被曝した若い女性たちは、将来、奇形児しか産めない体になっている」といった巷で広がっている心ない風評に対しては断固として否定する必要があります。特にインターネットで広がっている言説には、事故地域の住民の遺伝的問題を扱った悪質なものがあり、現地の子どもたちの就職差別や結婚差別につながりかねない重大な問題となっています。放射線の遺伝的影響がないことをしっかり伝える必要があります。

ただし留保がひとつあります。細胞レベルの実験では放射線による突然変異は容易に観察されます。ヒトを含めた哺乳類の新生仔で放射線による影響が出にくいのは、被曝した生殖細胞は受精能力を失うこと、臨床的流産による淘汰機構が働くことなどが理由として考えられています。

放射線によって遺伝子に起こる小さな変化は劣性であることが十分に考えられますので、その影響がすぐに対象集団に現れるわけではありません。発現した遺伝性疾患は一代前ではなく、二代あるいは三代前に自然に発生した遺伝的变化からきている可能性があります。特定の遺伝性突然変異の潜在的発生率が倍加したことを、集団内での症例数の倍加として確認するまでには、10世代以上にわたる時間が必要との推定もあります。

人類が長期間にわたってこういった低線量被曝を受けていれば、遺伝子の損傷が子孫に伝えられて蓄積していく可能性があります。可能な限り不要な被曝を避けるはもちろんのこと、今回のような事故のリスクを本質的にかかえもつ「原発」というものから将来的に人類は脱していく必要があるのではないかと思います。それが後世の子孫たちにたいするわれわれの責務ではないでしょうか。

ぼく、聞こえちゃったんだ。おとながひそひそ話していた。おばあちゃんが泣いていた。ぼくが生まれた年にはぼくらの村では男の子も、女の子もひとりも生まれなかったんだって。ぼくひとりだけ。お医者さんは、ぼくを生んじゃいけないっていったんだよ。ママは病院から逃げだして、おばあちゃんのところにかくれた。だから、ぼくはおばあちゃんの家で生まれたんです。ぜんぶ立ち聞きしちゃった。

ぼくには弟も妹もいない。とっても欲しいよ。

おばさんは作家なんですよ？ おしえてください。ぼくがいなかったかもしれないって、どういうことですか？ そしたら、ぼくはどこにいるんですか？ 空の高いところ？ ほかの惑星？

(スペトラーナ・アレクシエービッチ「チェルノブイリの祈り」(1) 263 ページより)

本論考を書くにあたって、独立行政法人放射線医学総合研究所編「低線量放射線と健康影響」に負うところがもっとも大でした。表 3-1 も同書 151 ページより引用させていただきました。特に記して感謝申し上げます。

参考文献

- (1) スベトラーナ・アレクシエービッチ，松本妙子訳：チェルノブイリの祈り．岩波現代文庫 社会 225，岩波書店，東京，2011
- (2) Neel JV, Schull WJ, Awa AA, Satoh C, et al: The children of parents exposed to atomic bombs: estimates of the genetic doubling dose of radiation for humans. Am J Hum Genet. 1990;46:1053-1072.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2339701>
- (3) 佐藤千代子，浅川順一，藤田幹雄，他：放射線影響研究所（RERF）における遺伝生化学調査 - 原子爆弾の遺伝的影響．医学のあゆみ 1984;129:T113-T117
- (4) Baverstock K, Williams D: The Chernobyl accident 20 years on: an assessment of the health consequences and the international response. Environ Health Perspect 2006;114:1312-1317
- (5) The Chernobyl Forum: Chernobyl 's legacy - health, environmental and socio-economic impacts and recommendations to the governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine.
<http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Chernobyl/chernobyl.pdf> (ウェード・アリソン，峰村利哉訳：放射能と理性 - なぜ「100 ミリシーベルト」なのか．徳間書店，東京，2011 より訳文引用)
- (6) ICRP: Low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk. ICRP Publication 99, 2005
- (7) 独立行政法人放射線医学総合研究所編：虎の巻 低線量放射線と健康影響．医療科学社，東京，2007，pp94-95
- (8) NRC (National Research Council): Health risks form exposures to low levels of ionizing radiation (BEIR-VII phase 2). Washington DC, National Academy Press, 2006
- (9) ICRP: Pregnancy and medical radiation. ICRP Publication 84, 2000
- (10) UNSCEAR: 2001 Report to the General Assembly, with Annexes, "Hereditary Effects of Radiation" United Nations, 2001

ご意見，ご感想などがありましたら，ぜひメールでお寄せ下さい

アドレスは murotsuki@yahoo.co.jp をつけたものです

「3.11」の後で人々の柔軟で現実的な判断をどう引き出していくか - 「妊娠と放射線被曝」カウンセリングの課題（2012年3月24日）

[遺伝子の時代と遺伝カウンセリングに戻る](#)

[室月研究室ホームページトップに戻る](#)

[フロントページに戻る](#)

カウンタ 3002 (2012年4月3日より)