

CHORNOBYL'S LONG SHADOW

Health Consequences of the Chernobyl nuclear disaster

A Summary of Findings Update 2006

Dr. Olha V. Horishna

Published by: Children of Chernobyl Relief and Development Fund ; Kyiv, Ukraine (2006)

チェルノブイリの長い影 ～チェルノブイリ核事故の健康被害～ 〈研究結果の要約:2006年最新版〉

Dr. Olha V. Horishna 著

発行：チェルノブイリの子ども達への支援開発基金（2006年）
（Children of Chernobyl Relief and Development Fund）

Horishna 博士

- ウクライナ国立軍事医学研究協会 シニア・フェロー（科学）
- 公共公衆衛生センター 理事

はじめに

「チェルノブイリの子ども達への支援開発基金」(Children of Chornobyl Relief and Development)は、ウクライナ国立軍事医学研究協会の上級科学的研究員(シニア・フェロー)であり、また、ウクライナのキエフにある公共公衆衛生センター(「Zhinocha Hromada」)理事でもあるOlha Horishna博士のご尽力により、チェルノブイリの原発事故の影響に関する最新の健康データの一部をこのような貴重な資料にしてまとめて下さったことに、感謝を申し上げます。また、チェルノブイリの長期的影響には取り合わず、重要に考えるなどというきわめて大きな圧力を受けていたにもかかわらず、我々とともに研究を行って下さったベラルーシおよびウクライナの勇敢な科学者や医師の多くの皆様にもお礼を申し上げたい。本書で引用した科学者のなかでも、Yuri Bandezhevsky博士をはじめとする方々は、チェルノブイリ原発事故の影響については重要視するなどという要求を拒否したために、ベラルーシの関係当局から公然と嫌がらせを受け、ついには拘置されることとなった。ここに挙げた科学者は、「事例証拠」をタブーとして扱うべきではなく、影響を受けた人々について綿密な調査を行うための出発点としての役割を果たすべきであると考えている方々である。

ウクライナの小児科学、産科学および婦人科学会研究所所長であるウクライナの医療科学学会員、Elena Lukyanova博士とその同僚の方々に、チェルノブイリの放射線に曝露した妊婦や子供達の健康に注意を呼び掛けるような調査研究を行っていただき、深く感謝している。

また、環境地球化学研究所の副理事長で、工学博士のGeorge Lysychenko氏にも貴重なご支援をいただき、感謝の意を表したい。

本書は、この問題に関するチェルノブイリの健康影響または健康調査結果をすべて包括的にまとめたものではないことをはっきりと申し上げておきたい。あいにく、われわれはこのほか、健康への悪影響は今後さらに増大し、その悪影響がすべて予測できるものであるとは限らないと考えている。放射性セシウム137の半減期は30年であり、多くの癌の潜伏期間は20年以上続くことがある。照射を受けた両親から生まれた乳幼児の第一世代には、先天性異常は出現しないと考えられる。しかし、本書でまとめられているデータからは、チェルノブイリが依然として我々とともに存在し、人体にきわめて大きな異常をもたらすその範囲と潜在能力を侮ってはならないということを示す有力な証拠が得られている。

放射線曝露によって起こる数多くの健康問題についてさらに視野を広げ、理解を深めるためには、さらなる研究を実施する必要があると確信している。しかし、本冊子は、コンピュータモデルや、自称「専門家」およびロビイストの漠然とした予測に基づいたものではなく、実際のチェルノブイリの生存者に関する大規模な独自の調査に基づいてまとめられたものであるとして、重要な役割を果たしている。Horishna博士は、分子レベルや染色体レベルにまで踏み込んで、放射線曝露が、汚染区域に居住し続けている人々の健康状態のほか、避難者、チェルノブイリの事故処理作業員、放射線の被災者から生まれた子供達の健康状態に及ぼす実際の影響に焦点を合わせて取り組んでこられた。

多くの方々がこの刊行物の重要性を理解し、本書をまとめ上げるのに多大な努力を捧げ

てくれた。われわれは、本プロジェクトに寛大なご支援をいただいたコロラド州、コロラドスプリングスの Yaropolk Hladkyj 准将のほか、20 回目の原発事故の日を迎えるにあたりご支援下さった匿名の寄贈者の方にも厚く御礼を申し上げたい。チェルノブイリの子供達への支援開発基金の共同創設者兼会長である Zenon Matkiwsky 博士の技術監督および有益な提案がなければ、本書を刊行することができなかつたであろう。われわれはこのほかにも、翻訳者の Viktor Horishny 氏、Olena Welhasch-Nyzhnykevych 氏、Viktoria Pavlotska 氏および Yulia Vitvitska 氏にも感謝の意を表したい。

われわれ、チェルノブイリの子供達への支援開発基金としては、癌や白血病との闘いに徹底的に取り組むことによって、いかにして新生児集中治療室を作り、効果的な外科手術により出生異常の治療を行うのか、いかにして妊婦健診を実施し、死産や妊娠合併症を減らせるようにするのか、ケアが必要な子供達にできる限りの最良のケアを提供することができるよう、いかにして医師や看護師を訓練していくのかについて、知っている唯一の方法で、最大限に努力してチェルノブイリの影響に対処するつもりである。医療インフラを強化し、治療水準を向上させることによって、ウクライナやベラルーシの人々に断言できることがある。それは、彼らの子供達やその後の世代が、チェルノブイリが残していったものや、直面する他のいかなる健康危機をも乗り越えるのに必要な資源を持てるようになるということである。

Alexander B. Kuzma,

チェルノブイリの子供達への支援開発基金、常任理事

チェルノブイリの子供達への支援開発基金

272 Old Short Hills Road,

New Jersey, USA 07078

電話：973.376.5140 FAX：973.376.4988

info@childrenofchornobyl.org

Фонд Допомоги Та

Розвитку Дітям

Уорнбидя

01001 Україна Київ

Хрещатик 25, кв28

電話: 044 494.1535 FAX: 044.494.1536

info-ua@childrenofchornobyl.org

<http://www.childrenofchornobyl.org>

業績（注：CCRF=チェルノブイリの子供達への支援開発基金）

・1989年以降、CCRFは5500万米ドル以上を費やして、1300トンの空輸32回および海上輸送16回などの人道的支援を行ってきた。

・ウクライナのリヴィブ地域に特化した小児科医院（Liviv Regional Specialized Pediatric Clinic）で最高水準の血液診断研究所を設立した（1990年）。この研究所は1997年、東ヨーロッパで最も優れた研究所であるとして、独自の国際査察チームにより、認定を受けている。

・ウクライナ（キエフの救急病院および外傷センター（Kyiv Emergency Hospital & Trauma Center））に初めて、米国製の磁気共鳴画像診断システムを導入した。1994年以降、1万1千例を超える患者がMRIによる診断検査を受け、何百もの悪性腫瘍が見つかり、摘出された。

・白血病および甲状腺癌を来している何百人もの小児に、癌薬物治療と、術後の薬物投与を行った。

・11カ所の新生児集中治療室に、人工呼吸器、搬送用保育器、パルス酸素飽和度計などの高度救命技術を導入、設置した。（ドニプロペトロウシク、ルーツィク、リヴィブ、オデッサ、キエフ、ポルタバ、リヴネ、イバノフランコフシク、チェルニーヒウおよびチェルニフツィ）。

・小児科、腫瘍学、外科学、臨床生化学および新生児集中治療の分野における何百人ものウクライナ人医師に向けて、訓練会議、実務研修および上級セミナーを実施した。

・「新生児学の手引き（The Manual of Neonatology）」のウクライナ語版を初めて出版し、ウクライナ全域の新生児学専門家らに数千部のコピー版を配布した。

・チェルノブイリ災害の影響に関する議会公聴会および国連フォーラムで、専門家証人として証言を行った。

・CCRFの設立者らが、当基金の人道的功績が認められ、ウクライナの名誉勲章を授与された初めてのアメリカ国民となった。

・CCRFは1995年ニュージャージー州知事ボランティア賞（1995 New Jersey Governor's Volunteer Award）を授与された。

・ John Deere, Monsanto, UMC, Procter & Gamble, Philip Morris, Nestle および Medtronic などの多数の一流企業から、大規模な助成金交付や資金援助が提供された。

序 文

ウクライナ、ロシア、ベラルーシをはじめとする世界各国の科学研究所の著名な科学者の方々の科学研究をもとに、「われわれとともに存在するチェルノブイリ (Chornobyl remains with us)」が執筆された。また、健康影響に関するこの概要も、ウクライナの保健省が管轄する医学統計センターの統計結果によってまとめられたものである。本書の主な目的は、人体に及ぼされる放射線の危険な影響を明らかにし、チェルノブイリの被災者の実際の健康状態に関する信頼性の高い有効データを提供するとともに、このデータと、国際原子力機関 (IAEA)、チェルノブイリフォーラムおよび国際放射線防護委員会などの機関から得られた楽観的な予後診断との間の不一致を明らかにすることである。以上のような機関は、影響を受けた人々の健康問題への対処に必要とするさまざまな積極的措置を妨げることになっているため、われわれは、これらの機関が示した見解について、単に誤りであるというだけでなく、危険なものでもあると考えている。2005年9月の国連報告書は、放射線の影響への理解に大きく貢献している世界各国の科学者らが実施した、数多くの貴重な査読済み科学研究調査の結果を考慮したものではなかった。この考慮されなかった調査結果は、放射線の影響に対する予防措置やリハビリテーションおよび治療を勧告するものでもあった。国際社会は、国家機関が核技術を使用するとともに、今後の災害を防ぐことのできる信頼性の高い安全システムを導入していることを確かめることが必要である。国際社会はさらに、信頼性や透明性の高い、公的にアクセス可能な監視システムと、チェルノブイリ災害や他の核事故による長期的な健康影響に関する情報を得る権利がある。

2005年9月の報告書の著者らは、1992年、1993年および1995年には、小児の甲状腺癌がみられなかったと公表し、早すぎる評価を下すという深刻な過ちを犯した。これらの評価は、数学モデル、誤った憶測および組織的な偏見に基づいて下されたものであり、汚染された村の子供達にみられる甲状腺癌発症率が、通常の80倍のレベルにまで著しく上昇したというベラルーシやウクライナの現実と合致したものでは断じてなかった。チェルノブイリフォーラムの代弁者は、これまでの過りや過小評価を深刻に捉えようとしていないが、IAEAの分析の不備は、公記録にも記載されており、チェルノブイリの影響はおそらくきわめて小さいという最近の発表の信頼性を疑わせるものとなっている。少なくとも、IAEAとその協力機関は、チェルノブイリの被災者とその家族のために実際に従事し、治療を提供する医師や保健機関による報告を棄却する際には、きわめて細心の注意を払うことを示す必要がある。「放射線恐怖症」または「ヒステリー」の症状のような健康影響に関する報告を棄却する前に、研究機関は、事故処理作業員、避難者、被災地の風下の居住者、著しい放射線曝露を受けた両親から生まれた新生児の実際の健康状況をさらに注意深く観察する必要がある。

以下の報告では、放射線曝露によるものであると考えられるさらなる癌の死亡者数はわずかに 4000 例であったとの楽観的な声明を発表し、これ以外のあらゆる健康影響の増大をチェルノブイリ災害とは関係のないものとして独断的にはねつけた際に、IAEA がこれまで一度も考慮したことがなかったさまざまな健康問題の概要がいくつかまとめられている。健全な公共政策を行っていくために、またチェルノブイリの放射性降下物が及ぼした実際の影響を小さくするために、国際社会は、本書にまとめた証拠に慎重に向き合っていくことが不可欠である。

1. チェルノブイリ災害に関する歴史的経緯の概要

チェルノブイリ原子力発電所は、キエフから 130km、チェルノブイリの町から 18km 離れたウクライナ北部に立地する。発電所からベラルーシとの国境までの距離は 12km であり、ロシアとの国境までの距離は 140km である。原子力発電所の 4 号炉は 1983 年 12 月に運転を開始し、ちょうど 2 年半後の 1986 年 4 月 26 日、午前 1 時 23 分に、大規模な爆発が 4 号炉を破壊した。その後の 8 週間にわたって、むき出しになっていた原子炉の炉心が放射線を放出し続けたことにより、史上最悪の核事故となった。上空 2km の地点では放射能雲が生じた。放射性物質のスペクトルには、ジルコニウム-95、ニオブ-95、モリブデン-99、ルテニウム-103、ルテニウム-106、テルル-131m、テルル-132、ヨウ素-131、ヨウ素-132、ヨウ素-133、バリウム-140、ランタン-140、セリウム-141、セリウム-144、セシウム-134、セシウム-137、ストロンチウム-90、ネプツニウム-239 などのさまざまな放射性核種が含まれていた。このほか、プルトニウム-238、プルトニウム-239、プルトニウム-240、アメリシウム-241 およびキュリウム 242~244 の超ウラン放射性核種も含まれていた。

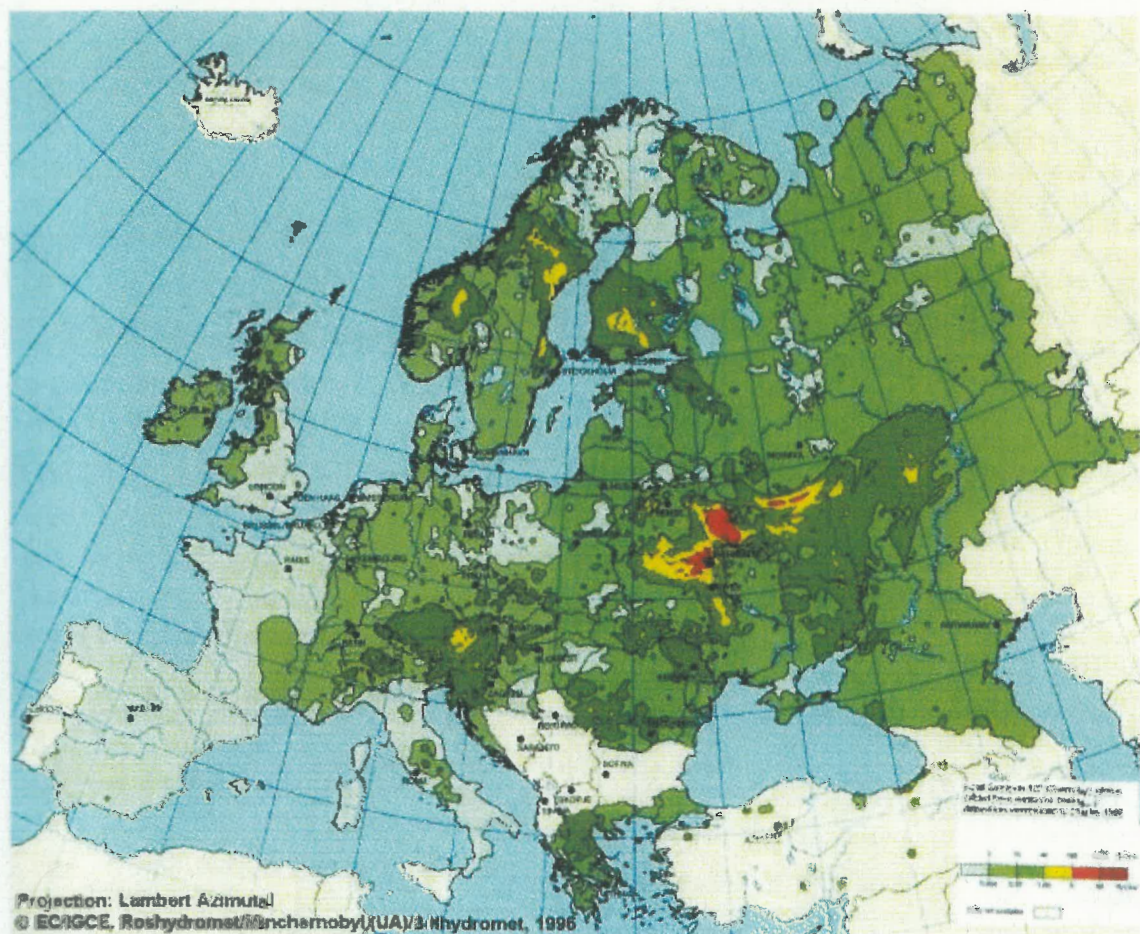
原子炉から放出した放射性物質の総量に占める放射性同位元素の含有物の割合は、数%ポイント（プルトニウム）から数十%ポイント（ヨウ素-131 の 36%）とさまざまであった。これらの放射能の半減期も、5~8 日間（希ガス、ヨウ素-131）から 24,110 年（プルトニウム-239）までとさまざまであった。事故後の最初の 10 日間、これらの放射性物質は絶えず方向を変えながら、ヨーロッパのほぼ全域に広がった。このうち最も重大な影響を受けたのはベラルーシ、ウクライナおよびロシア南西部であった。さらに、多数のヨーロッパ諸国に放射性物質が降下しており、その汚染レベルはベラルーシなどよりはるかに少なかったものの、きわめて少ないというほどではなかった。大量の放射性核種が北半球全域に広まり、日本やアメリカでも微量が検出された。

事故直後に示された放射能の主要汚染源が、特に甲状腺に悪影響を及ぼし、実際に急性放射線曝露の主な原因となった半減期の短い同位体（ヨウ素-131、ヨウ素-132、ヨウ素-133、およびテルル-132 を伴うテルル-131m）であったことを言及しておく必要がある。今日、保健機関が立ち向かわなければならないのは、半減期の長い放射性同位元素（主にセシウム-137、ストロンチウム-90、半減期が長いとまではいかないが、プルトニウム-239 およびプルトニウム-240）である。外部照射および内部照射の線量を成すのに主な役割を果たし

ているのは、セシウム-137である。間違いなく、チェルノブイリの事故が人々に及ぼす悪影響の主要かつ特異的な重要因子は、直接照射、放射性核種の取り込み、および各区域の放射能汚染である。

ヨーロッパ諸国がどれほどの放射性降下物に見舞われたのかを推定するため、われわれは、チェルノブイリの事故前のヨーロッパのセシウム-137の汚染レベルが、 $1.8\sim 2.2\text{ kBq/m}^2$ （注： $1\text{ kBq}=1000$ ベクレル）であったことに注目してみることにした。ドイツ南部、オーストリア、フィンランド、ノルウェーおよびスウェーデンにおいては、災害後、放射線公害レベルが 40.0 kBq/m^2 を上回ったことから、20倍の増大となった地域もあった。他の地域で測定したところ、ヨーロッパ諸国のなかでも、セシウム-137で「まだら模様」または「班点状」に汚染された面積がきわめて広く、 100.0 kBq/m^2 に達していた地域もあったことがわかった（後掲注1）。参考までに、これらの地域は、チェルノブイリ原子力発電所から 1000 km 以上離れたところに位置している。

図1. セシウム-137によるヨーロッパの放射線汚染区域。



Lambert Azimutal

©EC/IGCE, Roshydromet/Minchernobyl(UA)/Belhydromet, 1996

このことから、ヨーロッパ人集団の大部分がこの20年間、少量の放射線の影響を受け続けてきたことになり、今後も受け続けることになるものと考えられる。

図2. チェルノブイリの立ち入り禁止区域と隣接地域のプルトニウム239およびプルトニウム240による汚染濃度地図

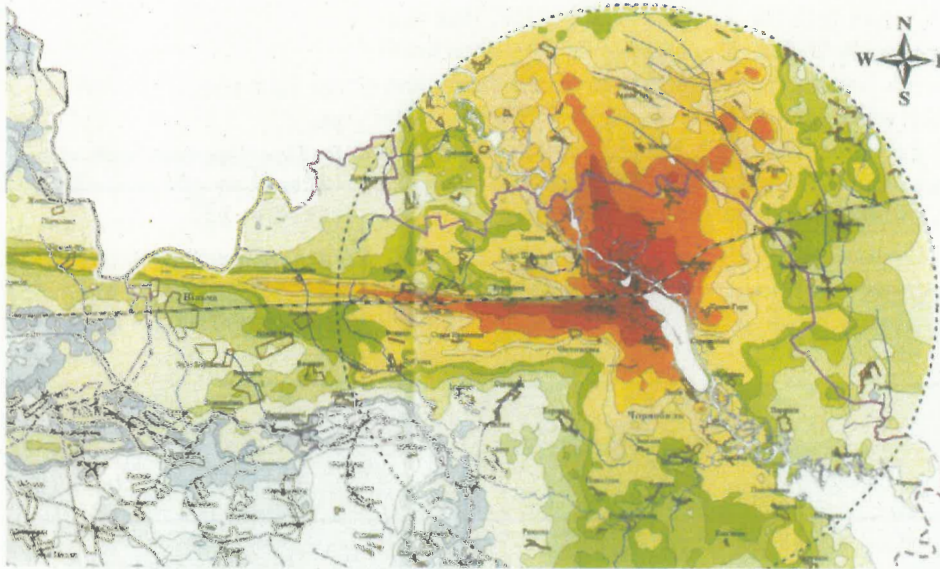
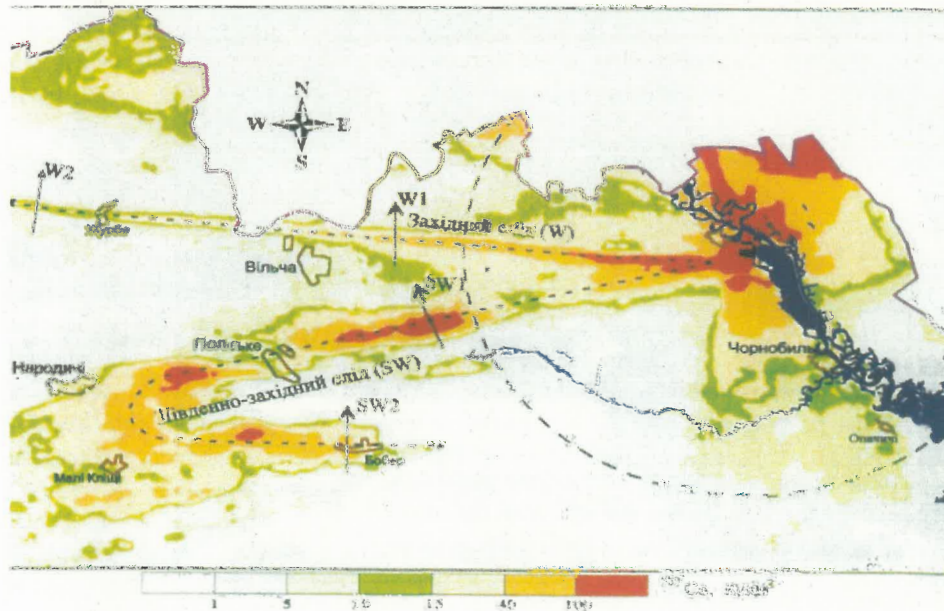


図3. セシウム137の汚染濃度の地図グラフ



明らかに、放射線によりきわめてひどく汚染されている地域は、ウクライナの北部と中央部、ベラルーシ南東部およびヨーロッパロシアの一部である（図2、3）。この地域には影響を受けた7歳以下の小児250万人を含む1750万人が居住していた（注2）。

ウクライナでの状況を分析したところ、放射性物質で汚染された地域はおよそ50,500km²で、そこには2,218カ所の居住地があり、240万人以上が居住していた（注3）。

土壌中のセシウム 137 の核降下物濃度と、公称年間平均照射線量に応じて、ウクライナおよび近隣集落の全放射能汚染区域を以下の4つの区域に分類した。

第1区域—1986年に居住者が避難した集落

第2区域—年間個人線量が5 mSv 超（注：mSv=ミリシーベルト）

第3区域—年間個人線量が1～5 mSv

第4区域—年間個人線量が0.5～1 mSv

ここに挙げた区域の放射性核種汚染によって、居住者集団はかつてないほどの大量な照射を受けた。また、自分たちの生活が荒らされてしまった何百万もの人々の健康、生活、地域社会および福祉が奪われた。複雑な安全措置を遂行するために、チェルノブイリ災害の全被災集団を以下の4つの主要登録グループに分類した。

グループ I—チェルノブイリ事故にかかわった緊急撤去作業員または「事故処理作業員」

グループ II—災害地域からの避難者または再定住区域への移動者

グループ III—中程度に汚染された区域に継続して居住している者

グループ IV—グループ I～III に属している家族または両親の間に生まれた子供

各グループには特有の特徴がある。たとえば、最も高い線量の照射を受けたのはグループ I の人々（事故処理作業員）であった。このグループの人々はほとんどが男性であり、事故発生当時は25～45歳であった。女性の事故処理作業員のほとんどが、妊娠可能年齢であった。事故発生から20年が経過した今、われわれは、事故処理作業員の自然な「老化現象」に直面している。この大惨事は、生物にみられる慢性病理過程の悪化を加速させ、健康に大きなダメージを与えた。

グループ II（避難者集団）の特徴は、代表者のほとんどが受けた線量が15.3 mSv であったことである。また、なかには最高レベルを上回る50 mSv 超の線量を受けた人もいる。このグループに属する子供の大半が、今では成人になっている。

主要登録グループ III に属している再定住者が受けた線量は、グループ I およびグループ II に及ばず放射能の影響よりはるかに低いものであったが、通常のリスクより高い状態が依然として続いており、放射能によって起こり得る健康影響を監視することが必要である。

放射能汚染区域に居住する集団の年齢層が、新生児から中高年者までとさまざまであるということが、人口統計学において重要なことである。放射性核種に汚染された地域の居住者は、主要登録グループ I およびグループ II に属している人とは異なり、依然として電離放射線と常に接触している。この地域の居住者は、ほとんどが村や農村地域に居住しているため、上記以外にも無機質肥料、農薬、化学的雑草防除剤などの危険な汚染物質と接触している。

グループ IV は、グループ I～III に含まれる両親から生まれた子供で構成されている。放射線因子が健康に及ぼす影響は、両親を通じての間接的なものと直接的なものがある。事故処理作業員の家族らの間に生まれた子供は通常、どちらか一方の親（ほとんどが父親）のみが放射線の影響を受けているため、このグループは異種である。また、両親が避難者であるか、汚染区域の居住者である子供は一般に、母親および父親がともに放射線因子の影響を受けていることがわかっている。重要なのは、グループ III の両親の間に生まれた乳

幼児は、すでに子宮内にいる段階で放射線の影響を受けており、現在も影響を受け続けているということである。グループ IV には特有の人口統計学的特性がある。事故が発生してから最初の数年間に、このグループの子供の大半が就学前の年齢であった場合は、今頃はほとんどが 12~14 歳である。また、このグループには青少年や成人も登録されている。グループ IV の人には、すでに子供がおり、多くが「チェルノブイリの孫」となっていることに注目されたい。このため、解決すべき新たな問題が生じている。グループ IV の人々の間に生まれた子供はチェルノブイリ事故の犠牲者であると考えられるかどうか、犠牲者であるとする場合はどのグループに登録したらよいのかという問題である。

重要なのは、多数の事故処理作業者と避難者が、放射線汚染区域に居住していることを理解することである。これは、彼らが急照射線量を一度に受けており、その後も少量の放射線を曝露し続けているということである。さまざまな放射線の線量と活動期間が合わさったこのような複数の因子が、人体に特性変化および病的変化を引き起こす可能性があることは確かであるが、現時点では未だ科学界による研究が行われていない。影響を受けた特定区分の集団が受けた個人線量の登録については、避難者団体に関する登録データがない。汚染地域に居住する人々のグループの個人線量に関する情報もない。ただ、事故処理作業者の線量に関する比較的明確な情報はある。

事故処理作業者が受けた線量に関する最も実質的かつ信頼性の高い情報が、チェルノブイリの事故の犠牲者を登録するウクライナの公式登録データによって得られている。この登録データには、健康診断の結果や、被曝個人線量に関するデータなど、1986~1990 年の事故処理作業に関する個人情報 20 万件以上収載されている。ここに挙げた 20 万人以上の事故処理作業者が、チェルノブイリ事故の影響を最も強く受けており、大量の放射線線量を受けてきたことは確かである。しかし、放射線汚染区域に居住する集団は、長期間にわたりさまざまな線量の外部被曝や内部被曝を受けており、今後も受け続けることになる。その被曝内容を以下に挙げる。

- ・ヨウ素の放射性同位元素による甲状腺の照射（事故後の最初の 2 ヶ月間に起こっている）。
- ・放射能雨による外部からの γ 線照射—数十年間に及ぶと考えられる。
- ・放射性セシウムや放射性ストロンチウムにより照射された食物や飲用水の摂取による内部被曝—長期間にわたりこの状態が続くということがきわめて重要である。
- ・プルトニウムなどの超ウラン元素による照射が、何世紀もの間にわたって危険を及ぼす放射線であると考えられる。

ここまでは、外部被曝以外の主な照射経路のひとつが、汚染された食物や、食物ほどではないが飲料水による内部照射とされている。科学研究者らは、線量は少なくとも、内部照射の方が、全生物がきわめて多くの量の線量を外部照射するよりも、はるかに危険なものであることを明らかにした。というのも、放射性核種はいったん人体に吸収されると、生物の臓器や組織にそれぞれ蓄積され、細胞レベルや分子レベルでさまざまな破壊活動を行い、多様な病変を引き起こすためである。

2. 照射によって生じる病変

従来より、電離放射線による犠牲者の健康結果は、確実に起こる可能性が高いが未だ症状として現れていない確率的影響と、一定の被曝線量により確実に症状が現れる非確率的影響とに分類されている。

照射の確率的影響

- ・発癌（さまざまな部位での悪性腫瘍の発生）
- ・奇形形成（胎児照射による胎児の欠損症）
- ・遺伝学的異常（突然変異、染色体異常）など

チェルノブイリ事故後の照射の非確率的影響をさらに3グループに分類する。

以下を組み合わせた第1グループの非確率的影響

- ・（全生物に対して線量が1グレイを上回ると）最も感受性の高い組織および臓器で速やかに分裂する（ため放射線感受性である）細胞損傷を受けた集団。
- ・急性放射線宿酔を来した男性の線量依存性精子形成障害。最大5グレイの被曝線量により短期間の不妊が生じ、5グレイを超えると永久不妊が生じる。
- ・急性放射線宿酔を来した人に起こる皮膚疾患。これには、色素沈着、表皮萎縮、汗腺機能および皮脂機能の異常、毛嚢異常、弾性消失および皮膚線維化、慢性潰瘍、皮膚損傷過敏症などが挙げられる。
- ・照射が起きてから最初の2~4年間に急性放射線宿酔を来していた人に生じる水晶体の特異的变化および放射線誘発性白内障。

非確率的影響の第2グループ以降をまとめる。まず、自律神経失調症の症状が現れるなどの、複雑性および系統的特徴によって異なるいわゆる身体的影響。身体にみられるこのような放射能症候群は、神経症、心気症またはうつ病の病像を有する臨床型の自律神経失調症候群または無力症候群に紛れ込んでいて、発見されにくい。これにより、照射により損傷を受けた臓器の内科疾患の臨床経過というものがある。このような身体的損傷にみる最も独特の特徴には、その抵抗力、遅鈍、再発性慢性経過などがある。身体的放射能症候群の形成をもたらす明確な臨床型と閾値線量は、（外部被曝か、内部被曝かまたは両方であるかなどの）特有の照射特徴によって異なり、場合によっては放射性核種とその関連物質との組み合わせによっても異なる。

非確率的影響の第2グループには、出生前の状態や子宮内で照射を受けた子供の健康および発育の病的変化などが含まれる。このグループの子供は、過度の放射線に曝露しなかった子供より、知的障害、情緒障害、自律神経調整の機能不全、循環器系、呼吸器および消化器系の臓器の機能障害を来す傾向がきわめて強い。

非確率的影響の第3のグループには、ヨウ素の照射線量によって程度は異なるが、放射線による原発性甲状腺機能低下症（甲状腺の不活発）や、甲状腺の線維化および萎縮などを合わせた甲状腺病変が含まれる。

性質や範囲の点できわめて独特なチェルノブイリ災害によって、科学界は今もなお、健康影響全体に対する理解を大きく是正または修正することを余儀なくされている。たとえ

ば、第2世代の犠牲者（照射を受けた両親から生まれた子供）を臨床観察したところ、健康や成熟度に何らかの異常があることが明らかにされている。この異常は、両親が受けた放射線線量に応じて異なるため、非確率的であるとされることもある。また、このような異常は、子宮内で照射を受けた者に認められた異常と一致しており、臨床所見の形態によっては第2グループの非確率的影響に属する。ただ、これらは遺伝子の観点からみて明らかにされたものである。遺伝体質を考慮すれば、非確率的影響の第4グループに入ると考えられる特徴について語るができる。事故処理作業員の両親の間に生まれた子供は、両親の被曝線量によっては、放射線の確率的影響が、確実に症状が現れる非確率的影響となる境界グループまたは重複グループであると定義づけることができる。照射を受けた子供や青少年だけでなく、事故処理作業員の間に生まれた子供の甲状腺癌の発生率も高まったことにより、このことが証明された（後述）。このため、第2世代には、身体的疾患の発症を引き起こす原因となる遺伝子学的に安定した病態生理学的機序がある。これは、遺伝的不安定性という現象が、チェルノブイリ災害の最も深刻な影響のひとつとなり得ることを示すものとなっている（注4）。

3. チェルノブイリの犠牲者に対するいくつかの重要な健康問題の分析

影響を受けた集団の健康に関するチェルノブイリ大惨事の影響は、いずれのリスクグループにも一致するような画一的な方法を用いて判断することはできない。事故処理作業員、子供および妊娠女性が最も大きな影響を受けているということは、紛れもない事実である。特に、汚染区域に常に居住している子供や、事故処理作業員の家族の間に生まれた子供には、健康状態が悪く、多型の身体的病変がみられるという特徴がある。このような子供にみられる子供1人当たりの全種類の疾患の発症率は、「比較的汚染の少ない」区域の子供達の2倍となっている。現地の疫学的調査結果によると、放射線に汚染された地域にいながらも実際に健康な子供の数は、ウクライナ全域での平均人数よりもはるかに低い。この数は、1997年は3.2%であったが、2005年には0.5%にまで減少した。

われわれは、影響を受けたさまざまな区分の集団を対象とした健康状態の統計結果を分析し、事故後数年間で徐々に一定のペースで悪化していることに目を向ける必要がある。

図4. 調査対象者に占める何らかの病状を抱えている人の割合。

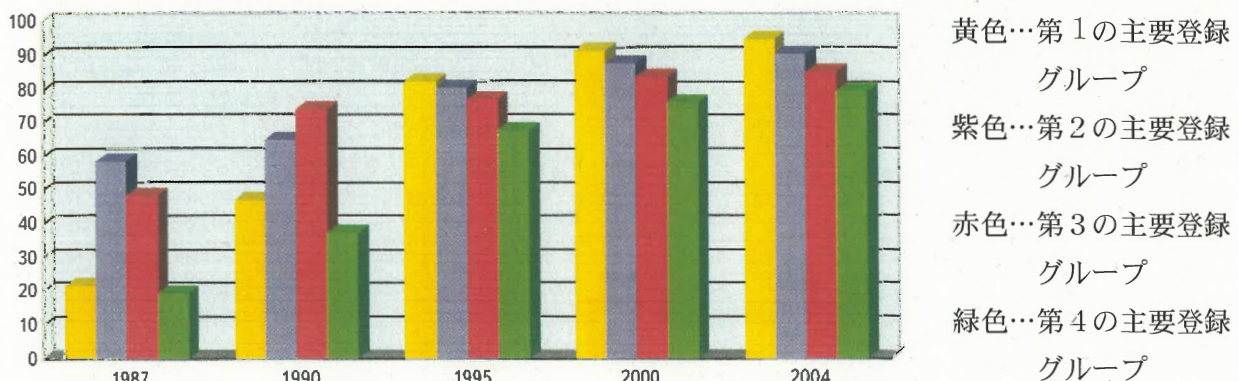
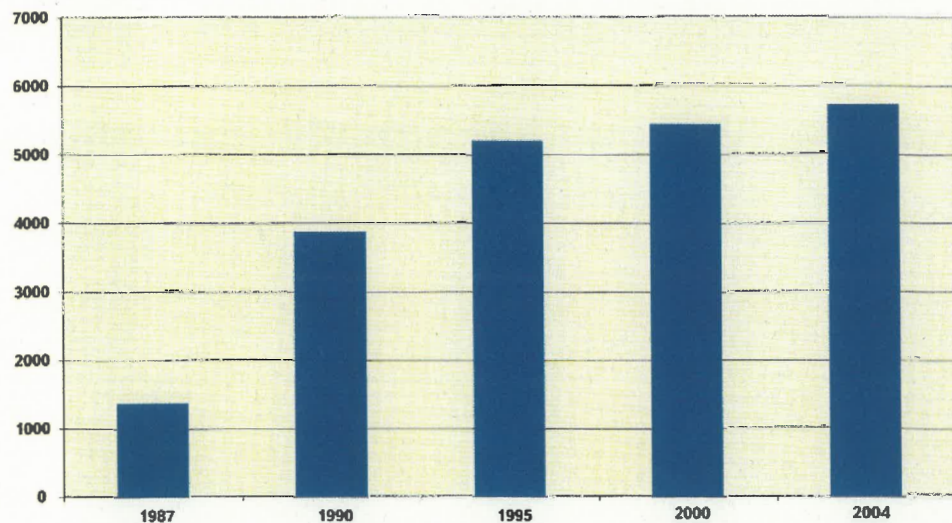
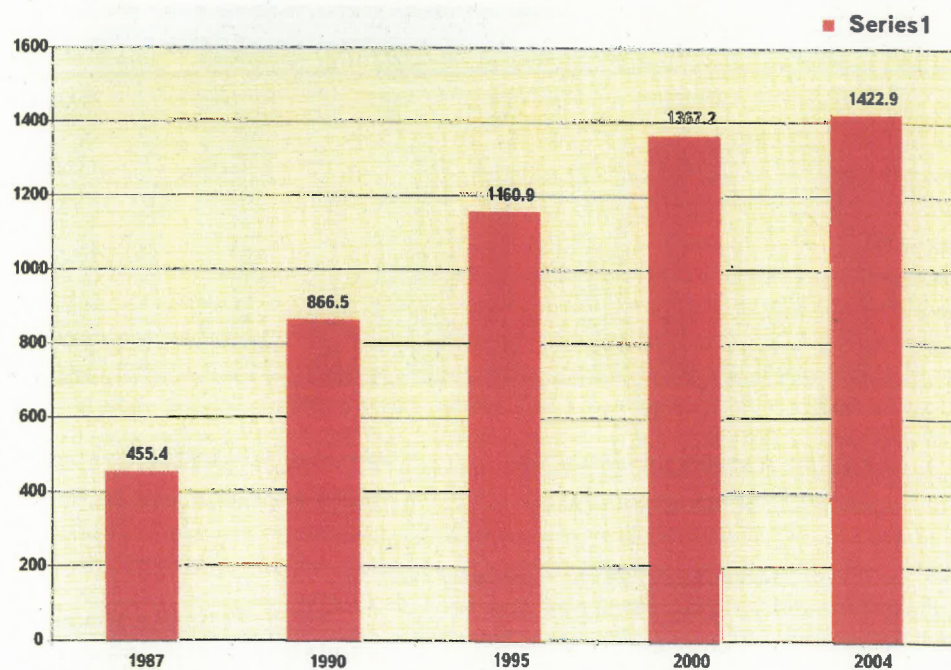


図5. チェルノブイリ原子力発電所の事故の影響を受けた成人および青少年の罹患率。



影響を受けた集団の罹患率は、小児の罹患率も含めて着実に増大している。特に、成人および青少年での罹患率は4.2倍に増大した(1987年では10,000人中1,372人であったが、2004年には5731.63人となっている)。(図5)

図6. チェルノブイリ原子力発電所での事故の影響を受けた子供の罹患率



子供の罹患者数は3.1倍に増大した(1987年では10,000人中455.4人であったが、2004年には1422.9人となっている)。(図6)

罹患率が最も高かったのは事故処理作業員であり、その次が避難者であった。それ以降は放射線汚染区域の居住者であった。

・ウクライナにある医療科学学会の放射線医療センター（CRMAMS）で実施した調査結果を見てみると、汚染区域の居住者によくみられる疾患の程度が、比較的汚染の少ない区域の居住者より有意に高かった（2.6倍）ことがわかる。放射線汚染区域にみられた症例数の半年ごとの増大率（10%）は、比較的汚染の少ない区域での増大率（0.39%）を上回っていたことが初めて明らかにされた。成人の避難集団の健康状態は、非腫瘍性疾患が慢性化していることにより、大きく悪化している（注5）。

特に心配なのは、以下のような疾患の小児罹患率がきわめて大幅に増大していることである。

・新生物または腫瘍：1987年の罹患率は小児1000人中0.27例であったが、2004年には2.31例となり、8倍以上（8.6倍）増大したことになる。

・上記期間中における悪性疾患の症例増大率が5.5倍に達した。

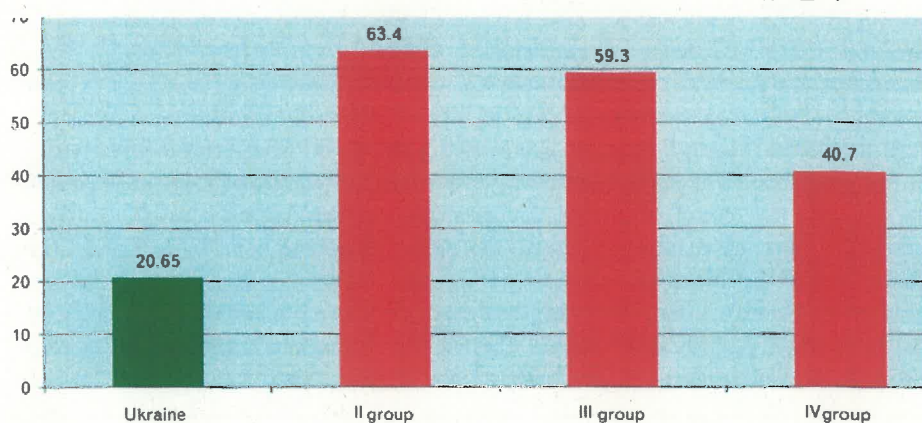
・行動障害および精神障害：1987年の罹患率は小児1000人中2.6例であったが、2004年には5.3例となり、1987年の罹患率の2倍となった。

・泌尿器系、生殖器系：1987年の罹患率は小児1000人中3.3例であったが、2004年には22.75例となり、6.9倍、ほぼ7倍に増大した。

・先天性異常：1987年の罹患率は小児1000人中0.8例であったが、2004年には4.4例となり、5倍（5.5倍）の増大となった。

いくつか試験を実施したところ、内分泌系が、放射線の影響を大きく受けやすいようであるということがわかった。被災した小児の内分泌系疾患の増大率は、ウクライナの平均増大率の3倍を上回った。特にリスクの高いグループは、汚染区域に居住する子供と避難した子供である。重要なのは、グループIVに登録された、事故処理作業員や避難者、汚染区域居住者に生まれた子供の内分泌系疾患の罹患経験率が、ウクライナ全体での罹患経験率の2.7倍を上回っていたということである。このことから、人体を調節する最も重要な構成要素のひとつである内分泌系が本質的に、長期にわたる放射線曝露の被害を被っていることになる。内分泌系障害はきわめて危険であり、さらに研究を実施していく必要がある。被災した子供には、血液疾患の増大が認められていることにも注目していきたい。なお、被災した子供の血液疾患の罹患率は、ウクライナ全域の子供にみる罹患率の2.0～3.1倍となっている（図7）。

図 7. 血液疾患と造血器官の疾患による被災した子供の罹患率



ウクライナ IIグループ IIIグループ IVグループ

筋骨格系疾患の症例数が大幅に増大している。ウクライナ全体でのデータと比較した場合、この疾患の罹患率の増加速度は3.3倍であり、発症頻度は2.6倍となっている。

先天性の発達異常などの特定の異常が、大幅かつ着実に増大していることに特に注意を払う必要がある。被災した乳幼児の罹患率は、ウクライナ全体にみる同様の疾患の罹患率よりはるかに高い。

人体は、このような短期間で放射線量がこれほど急激に変化することに順応することができないため、集団にみる一般的な疾患の罹患率がこれほどまでに増大し、放射線で汚染された区域で新たな疾患が発生する原因には、複数の因子が関係している。放射性核種の汚染区域に居住する子供や青少年の健康状態の特徴で顕著なのは、長期の慢性疾患に冒された臓器や系の機能障害の進行が速まっていることである。このような病変の特徴は、持続期間と再発の進行であり、治療や治癒が非常に困難である。

放射線により誘発される病気で典型的なのは、その複雑な経過だけでなく、再起不能になる患者の頻度が高いということである。ウクライナ政府は毎年、チェルノブイリの障害給付金の受給資格者として、きわめて多くの労働不能者を登録している。たとえば、2004年に、チェルノブイリ災害により労働不能者として新規登録された生存者は5,423人であった。このうち、5,171人が成人または青年であり、252人が14歳未満の子供であった。成人および青年のグループにおいては、1,621人が事故処理作業員、126人が避難者、3,362人が放射生態学的監視地域の居住者、62人が被曝生存者の子供としてグループIVに登録された十代の労働不能者であった。

成人および青年にみる身体障害の形態においては、2004年の上位3つは、悪性腫瘍を含む新生物、循環器系疾患および神経系疾患などの疾患で占められていた。14歳未満の子供に関する身体障害の原因には、先天性異常のほか、悪性腫瘍を含む新生物などが挙げられた。

ウクライナにある傷病の医療社会問題に関する研究所 (Ukrainian Research Institute of Medicosocial Problems of Invalidity) の科学者らは、汚染区域に居住している子供の身体障害の形態は、チェルノブイリ大惨事によって発症した、身体障害をもたらす疾患が増大した

ことにより、注目を集めるようになったとの結論を下している。ここで注目を集めた疾患というのは、リンパ管や血液供給系の悪性腫瘍、成長段階での先天性異常、神経系疾患および呼吸器疾患などの病気を意味する。汚染地域の再起不能レベルは、ウクライナ全域のレベルよりはるかに高いものとなっている（注6）。

われわれは、チェルノブイリ事故の影響を受けたウクライナ人集団の健康状態に関する、ウクライナ保健省の医学統計センター（Center of Medical Statistics of the Ministry of Health of Ukraine）の統計結果をいくつか示した。犠牲者のグループに関する平均データをこのように一般化しても、因果関係を明らかにし、放射能因子の多様な種類と機能的役割を検討することができないことが多い。このため、このデータを用いて、人体に対して放射線因子が及ぼす病的影響の実際の結果を評価することはできない。たとえば、グループ II（避難者）の子供達は、短期間で大量の照射線量を受けている。このほか、放射性核種による汚染区域に居住するグループ III の子供は、常に少量の放射線に被曝し、それが徐々に蓄積している可能性がある。グループ IV の子供の場合は、放射線因子の影響がさらに多面的となっており、子宮内照射を受け、出生後も照射を受けていた。ただ、照射線量と照射期間は、程度や時宜によって異なる。このような特性はすべて、きわめて重要なものであり、子供の臓器に対応する病変の形成に大きな影響を与えることは確かである。この特性はこのほか、さまざまな疾患の発現頻度や経過にも影響を及ぼす。このような因子を考慮に入れ、被災した集団での健康障害を分析する個別の新しい方法を開発しさえすれば、このチェルノブイリ災害の影響に関する全体像を検討し、評価することが可能となると考えられる。われわれの見解を確認するために、1987～2000年、2000～2004年の、被災した子供達のさまざまな主要登録グループにみる罹病率の増大に関する比較統計解析を実施した。われわれは、いくつかのデータを追跡し、放射線の影響を取り巻く状況を考慮に入れて、子供の罹病率の増大を明らかにした。

たとえば、われわれは新生物（腫瘍）や内分泌系疾患を選択してみたが、この解析の過程で得られた結果は、予想よりはるかに驚くべきものであった。（表1）

①表 1. 被災した子供のさまざまな主要登録グループ間の病状拡大率の増加と、疾患発生率の比較解析。1987～1992年と2000～2004年との比較。

	疾患と 主要登録グループ	増殖拡大率	疾病発生率の 増加	注記
全疾患				
2、3、4グループ全体				
新生物				
2、3、4グループ全体				
第2グループ(避難者)				
第3グループ(汚染区域 の居住者)				
第4グループ(生存者の子供)				
ウクライナ広域、比較的 汚染の少ない区域				
悪性腫瘍 (上記と同じ分類)				
甲状腺の悪性腫瘍 (上記と同じ分類)				
times=倍				

Diseases and groups of primary registration	Growth expansion rates	Increase of disease incidence	Notes
All diseases In total 2,3,4 groups	3 times	3 times	
Neoplasms In total Groups 2, 3, 4	17,0 times	8,6 times	For the period of 1992-2000
Group 2 of primary registration (Evacuees)	65,1 times	9,6-3,3 times	
Group 3 (Residents of contaminated zones)	22,8 times	5,9-12,2 times	
Group 4 (Born to survivors)	16,8 times	5,2-7,0 times	
Ukraine-wide , relatively pure territories	15,8 times	9,4 times	
Malignant tumors In total 2,3,4 groups	5,5 times	9,4-6,0 times	
Group 2 group of primary registration "Evacuees"	19,3 times	2,1-4,0 times	
Group 3 Residents of contaminated zones	12,1 times	1,9 - 1,0 times	
Group 4 Children born to survivors	4,3 times		
Malignant tumors of the thyroid gland In total 2,3,4 groups	3,3 times	There was no significant increase 10,3-6,7 (1992-1998)	Data for the sickness expansion on the year of 2000
Group 2 of primary registration	60,0 times	1,7-3,3	
Evacuees		(1993-1998)	
Group 3 of primary registration	13,3 times	lower than	
Residents of			

上記の表に表されているように、避難してきた子供の新生物の増大率は、通常の65倍以上という異常な高さとなっている。さらに、この子供達の甲状腺の悪性腫瘍は、1992年の60倍の頻度で発生している。避難した子供が受けた大量の照射線量が原因で、腫瘍形成の過程が始まるという事実を否定するのは、全く筋の通らない話である。これはきわめて厄介な傾向であり、緊急に適切な措置を行って、この問題に対処しなければならない。

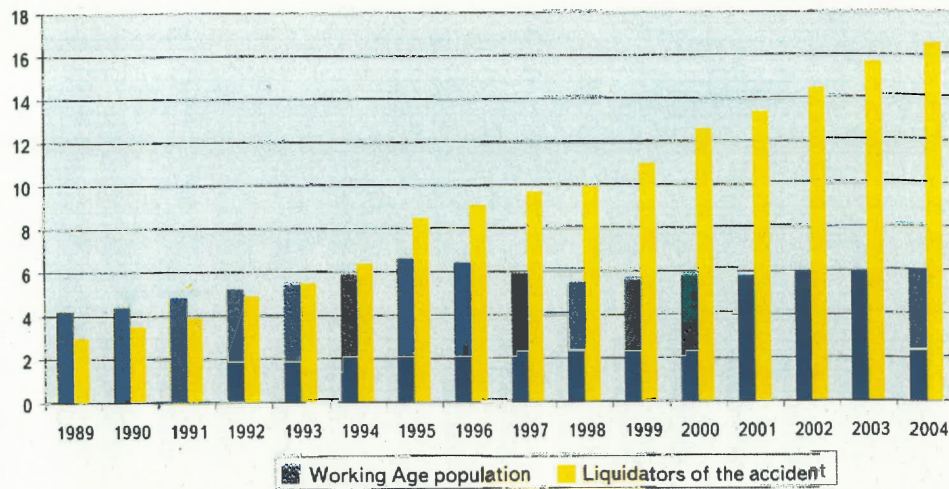
以上のことから、子供の健康に関する状況は特に厄介な問題となっている。3歳未満のウクライナの子供のほぼ85%が、チェルノブイリ事故により0.1～1.0グレイの放射線量を受けているという事実を踏まえると、結果が今後さらに良好となることはほとんど期待できない。4～15歳の子供の60%以上と、十代後半の50%が、0.05～0.3グレイの線量を受けた。

表 1. 被災した子供のさまざまな主要登録グループ間の病状拡大率の増加と、疾患発生率の比較解析。1987～1992年と2000～2004年との比較（続）

	疾患と 主要登録グループ	増殖拡大率	疾病発生率の 増加	注記
	Diseases and groups of primary registration	Growth expansion rates	Increase of disease incidence	Notes
甲状腺の悪性腫瘍 2、3、4グループ全体 第2グループ（避難者） 第3グループ（汚染区域 の居住者） 第4グループ（生存者の子供）	Malignant tumors of the thyroid gland In total 2,3,4 groups	3,3 times	There was no significant increase 10,3-6,7 (1992- 1998)	Data for the sickness expansion on the year of 2000
	Group 2 of primary registration	60,0 times	1,7-3,3 (1993-1998)	
	Evacuees Group 3 of primary registration Residents of contaminated zones	13,3 times	lower than	
	Group 4 Born to survivors	There was no significant increase	average for all the groups	
内分泌系疾患 (上記と同じ分類)	Disease of the endocrine system In total 2,3,4 groups	4,7 times	2,0 times no data for each group apart	
	Group 2	9,6 times		
	Evacuees Group 3 Residents of Contaminated zones	10,0 times		
	Group 4 Children born to survivors	4,1 times		
比較的汚染の少な い区域 times=倍	Across Ukraine relatively clean zones	1,5 times	1,02 times	

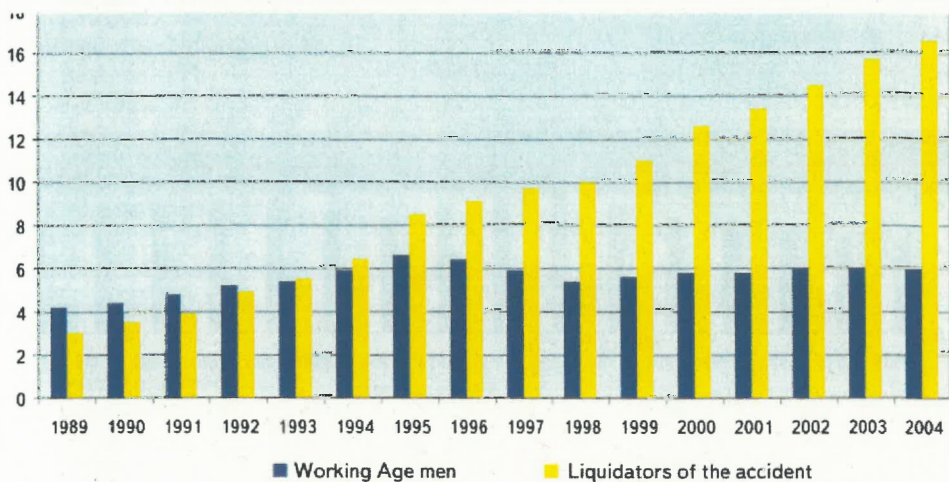
1979～1986年に生まれた子供では、1500人近くが甲状腺に2グレイを超える放射線量を受けた。50センチグレイの線量を受けた子供は140,000人以上にも及んだ。ここに挙げた子供の大半が、放射能汚染地域に居住しており、放射性核種で汚染された食品を摂取し続けている。また今日では、これらのチェルノブイリの子供達が「チェルノブイリの孫」と呼ばれる子供を出産し、直接的または間接的に放射能の曝露を受けている。この子供達は、染色体突然変異、免疫系疾患をはじめとする未知の放射能からの「贈り物」に苦しむことになり、健康や生活が危険にさらされるおそれがあると考えられる。

図 8. 人口における事故にかかわった事故処理作業者と、労働年齢者の死亡率



青色＝労働年齢人口 黄色＝事故にかかわった事故処理作業者

図 9. ウクライナ人口における原発事故にかかわった事故処理作業者と、労働年齢の男性との死亡率



青色＝労働年齢の男性 黄色＝事故にかかわった事故処理作業者

チェルノブイリ災害の医学的影響を効果的に評価するためには、過去 20 年間の被災集団の死亡率を求めることが重要である。ウクライナにある医療科学学会の放射線研究センターの医療人口統計学研究所所長の Mykola I. Omelianets 教授は、1987～2004 年（両年含む）の、保健省によって統治されているさまざまな機関の医学的管理下にあるウクライナの、チェルノブイリ事故処理作業者の死亡率を解析した。登録簿によると、計 504,117 人（訳注：原文 50,4117）のチェルノブイリの死亡犠牲者のうち、34,449 人の事故処理作業者がこの期間中に死亡している。1995 年以降毎年、2000 人を超える事故処理作業者が死亡しており、2000 年以降の死亡者数は年間 3000 人に増大した。この死亡率の指標を、ウクライナ

人口でのさまざまな年齢層の死亡率と比較し、このパターンからさらに、2010年までの死亡率を推定した。この予測結果から、現行のパターンのままでいけば、2010年までには年間死亡者が5,000人を超えるほどまで増大するのではないかと考えられる。

この災害が起きてから2004年までの間に、事故処理作業者の死亡率は概ね5.5倍に増大し、1994年には、労働年齢者の死亡率を上回り始めた。また、1998年までには、労働年齢の男性の死亡率を上回り始めていた（図8および図9参照）。

表2. チェルノブイリ大惨事によるウクライナの犠牲者の現在と今後の死亡率(犠牲者1000人当たり)

犠牲者のグループ 2004年の死亡率 2010年の死亡率(予測)

Groups of victims	The death rate in 2004	The death rate in 2010 (forecast)
All groups of victims	16,1	17,6
from them:		
liquidators of an accident	16,6	21,7

上段：ウクライナ人口における全犠牲者グループ

下段：事故にかかわった事故処理作業者

死亡率の動向をこのように解析した結果から、2010年までには、事故処理作業者の死亡率が21.7%に達し、チェルノブイリの全生存者(犠牲者)グループの全体的な死亡率が17.6%に達するおそれがあることがわかった(表2)。

2004年にみる中高年の生存者の主な死因は、これまでと同じく循環器系疾患、癌、外傷および中毒であった。チェルノブイリ大惨事から15年目を迎えてから明らかにされたこの指標と比較すれば、最近では特に、ある変化が生じていることに気づくことができる。心血管疾患および呼吸器疾患の罹患率は増大しているが、内分泌系および消化器疾患は減少しているのである。このほか、腫瘍性疾患による事故処理作業者の死亡率はほぼ3倍に増大している(9.6%から、25.2%以上に増大。2004年のウクライナの成人集団にみる死亡率はほぼ変わらず、9.9%にとどまっていた)(図表参照)

このことから、チェルノブイリ大惨事後の20年間、事故処理作業者の死亡率が労働年齢者の死亡率の2.7倍を上回るものとなっている。この大惨事から長期間が経過してもなお、事故処理作業者が依然として死亡率増大リスクのグループに属していることは言うまでもない。このことを踏まえると、医学的スクリーニングおよび社会的予防措置を継続することが望ましく、必要不可欠である。予測死亡率の超過と、新たな癌による推定死亡率および死亡率に関するこの累積データは、2005年9月に開催された国連のチェルノブイリフォーラムの題材となったチェルノブイリ災害の医学的影響に関する楽観的な評価結果と一致していない。

4. チェルノブイリ事故の医学的影響に関する研究調査の概要

チェルノブイリ災害は科学界に、あいにく解決にはほど遠いきわめて複雑な問題が山ほど生じていることを示した。多くの課題が未だ解決に至っていない。現時点では、確信度に関係なく、結論に達するのはわずかひとつであると考えられる。チェルノブイリ事故の医学的影響は、すでに現れている予測された放射能の影響に関する数学的モデルを裏付けるものではないということである。科学界は、広島および長崎への原爆投下後に実施した健康に関する数少ない研究経験からだけで、今回の事故の影響を必ずしも予測、確認または予見することはできない。以前に起こったキシユテムやチェリャビンスクでの核災害からは、利用可能なデータは得られていない。以下の章では、人体の臓器と系に分けて、チェルノブイリ災害の放射線学的影響に関して、諸国家の科学者が実施した科学研究調査の結果をいくつかまとめている。ここに引用した試験結果は、莫大な数の研究調査結果のごく一部であり、このなかには政治的または個人的な理由で機密となっていたか、隠ぺいされていたものもある。ここにまとめられたデータの信頼性は、科学者らの議論により徹底的に検討されてきたものであり、実際に疑う余地のないものであることが明らかにされている。

免疫系

チェルノブイリ事故以降、さまざまな段階で明確な特徴を示したある種の免疫疾患によって、子供に特異的な疾患の増加がもたらされた（文献参照）。放射性ヨウ素への子供の曝露や、被災地での撤去作業に参加した両親（事故処理作業員）から生まれたことによる甲状腺への照射によって起こる確率的腫瘍疾患（癌）と、非確率的に起こる免疫学的疾患の状態は、密接に入り混じったものとなっている。たいていの場合、科学者らは主に「T細胞」系や、頻度は少ないがマクロファージの糖鎖へのダメージなどの免疫状態の変化を観察してきた。この「キラーT細胞」系の状態には、Tリンパ球の絶対数および相対数が少ないという特徴と、主にTヘルパー細胞量が減少すると同時に、末梢循環における発育不全Tリンパ球が増加することによって生じる免疫調節細胞（Tヘルパー細胞およびTサプレッサー細胞）が不均衡であるという特徴がある（注7）。このため、チェルノブイリ事故が起きてから5～6年間、研究者らは、末梢血のT細胞濃度の大幅な減少により生じたT細胞連鎖の変化を見出し、比較的「汚染の少ない」地域に居住する子供と比較した。事故が起きてから10～12年間は、放射線管理下の地域に居住する子供の血液のT細胞濃度がさらに減少していることや、その減少度が、子供が居住していた地域のセシウム137による汚染強度に密接に関連しているか、強く依存していることを認めた。

このような免疫不全の発症をもたらす機序に関する試験をさらに綿密に行ったところ、予想外の結果が得られた。研究者が発見したのは、a) 免疫細胞の受容器の遮断、b) 機能活性の低下、c) 脂質の酸化過程の途絶および d) 免疫コンピテント細胞の抗酸化活性と、生体膜のリン脂質含有量の変化であった。マクロファージ糖鎖に関する免疫研究者の指標

においては、殺菌活性の変化に基づく白血球の食細胞活性の低下が観察された。ここに挙げた観察結果はいずれも、免疫系を高めるための積極的な対策を取らなければ、このグループの子供達は確実に、幼少期およびその後の生活において、癌や感染症の発症リスクがさらに高まることを示している。

核事故の生存者の第1世代および第2世代のいずれにも認められたのは、免疫グロブリンAの減少と、侵襲的感染に対する軟組織（呼吸器官、胃腸管および泌尿器系）の不浸透性および安定性に対応するアデノシンデアミナーゼ III (ADAIII)、特にその分泌率の低下であった。

チェルノブイリ原発事故後の放射線線量が少ない状況で、疾患の突然変異がきわめて急速に起こると、この種の保護免疫系の機能低下が特に危険な状態となる。子宮内で放射線線量を受けた子供を、14年間にわたって臨床免疫学的に監視したところ、さまざまな発達段階での免疫状態および疾患の発症リスクが、受けた放射線線量に基づいており、この種の中枢器官の照射が、健康な免疫系の発達に関与していることを突き止めることができた。また、胎児の免疫発生を司る主要臓器が照射を受けることによって、食細胞の機能活性と、細菌の破壊に影響を及ぼす酸素依存性機序の抑制、T細胞免疫の抑制、免疫調節基質の不均衡、免疫グロブリンの機能不全が生じることが明らかにされた。これによって、3種類の免疫学的障害（有害物質の活性化、機能低下および非分化）が生じる。このような変化は、子供の身体的疾患の根本的な原因のひとつとなっている。また、妊娠初期に胎児が照射を受けることにより、きわめて有害な影響が発生することがわかった。研究者はこのほか、子宮内で急性照射を受けた9～10歳の子供には、免疫系の再適応システムの発達を示すきらいがあるという傾向を明らかにした。子宮内の照射の初期段階では、染色体構造の損傷の頻度が高まっていることも認められた（注8）。

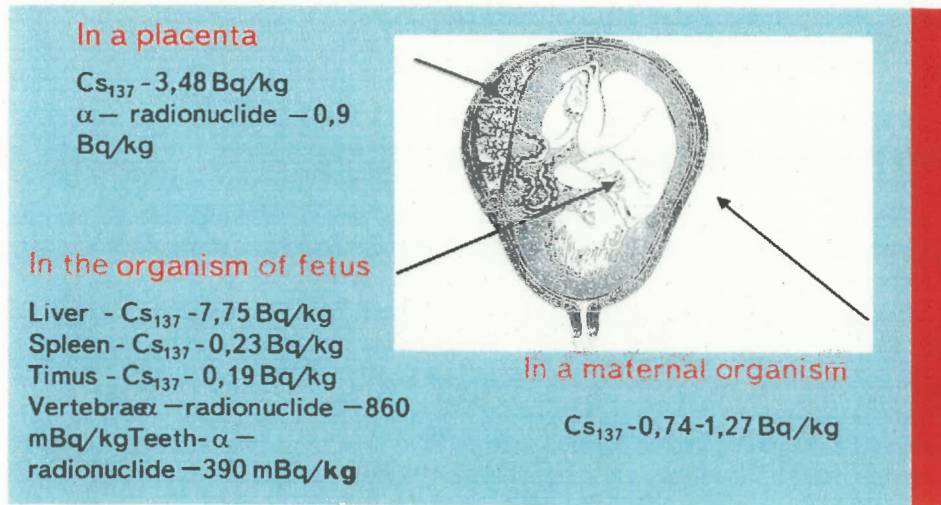
関係研究者らの見解では、特有の免疫学的疾患が生じると、放射線による影響を受けた子供の生体に細菌やウイルスがいつまでも残存することによって起こる症状が、さらに急ピッチで増大するおそれがある。あいにく、この結論は、実地経験および経験的証拠によって全面的に検証されており、チェルノブイリの子供の健康状態に関する統計データは、放射線誘発性の免疫学的障害の影響を、完全に納得のいくかたちで裏付けるものとなっている。

妊娠女性－胎児－子供間の関係

チェルノブイリ事故後、最も関連のある問題のひとつが、少量の放射線量が、妊娠女性とその胎児や子供とを結び付ける生体系、胎児の子宮内での発達過程、先天性出生異常の頻度および原因などに及ぼす作用であった。

ウクライナの小児科学、産科学、婦人科学会研究所（POG）の研究チームは、少量の電離放射線を受けている地域に居住する妊娠患者を対象に、大規模で複雑な臨床スクリーニングを実施した。ブリストル大学（英国）からの、放射線による健康状態を研究する科学者らとの共同研究活動により、事故後の全期間における妊娠女性の胎盤にみる放射性核種の濃度を明らかにすることが可能となった（図10）。

図 10. 妊娠女性の胎盤にみる放射性核種の濃度に関する図表。



(左上段)

胎盤内

セシウム 137 - 3.48 Bq/kg

α 放射性核種 - 0.9 Bq/kg

(左下段)

胎児の臓器内

肝臓 - セシウム 137 - 7.75 Bq/kg

脾臓 - セシウム 137 - 0.23 Bq/kg

胸腺 - セシウム 137 - 0.19 Bq/kg

脊椎 - 放射性核種 - 860 mBq/kg

歯 - α 放射性核種 - 390 mBq/kg

(右下段)

母体内

セシウム 137 - 0.74 ~ 1.27 Bq/kg

放射性核種の濃度を明らかにした上記の胎盤を詳細に解析したことにより、胎盤の隔膜の変化、栄養障害過程の存在ならびにアポトーシス（細胞の破壊）の兆候がある細胞量の増大を明らかにすることができた。上記の因子はいずれも、妊娠中のさまざまな周産期異常の発現をもたらす一助となり得る。

特に、このような調査を行うことによって、対象となった妊娠患者では、比較的汚染の少ない区域に居住する妊娠女性よりも、流産、妊娠後期には子宮出血、貧血、子宮内での胎児の低酸素症、子癇前症などの合併症が起こる可能性が高かった。ここに挙げた合併症は、胎児-胎盤間の過程の発達にみられるさまざまな変化によるものであった。調査した妊娠女性の 33.6%において、子宮内での胎児の発育が停止したことがわかった。さらに、

血中の鉄含有量が著しく低下し、鉄欠乏性貧血であることが臨床的に認められた。

このことから、低レベルの放射線による影響を受けた地域に居住する妊娠女性を、産科的病変および周産期的病変の発症リスクが高いグループとした。

ベラルーシでも似たような研究調査が実施され（注 9）、死産後または臨床的に必要とされた中絶後の妊娠女性の胎児および胎盤に蓄積した放射性セシウムの濃度とその分布が明らかにされた。また、少量の放射線線量が、先天性出生異常の形成および構成に及ぼす影響が検討された。出生異常の主要グループのうち、最も大きな割合を占めたグループは、中枢神経系の異常であったこともわかった。このほかにも、胎盤は胎児そのものよりはるかに大量に放射性核種を濃縮することがわかった。特に、中枢神経系の先天性形成異常の場合は、胎盤の放射性核種の含有量が、他の先天性出生時形成異常の場合よりもきわめて多かった。胎児の放射性核種の蓄積はおそらく、子宮胎盤間障壁の破壊と何らかの関係があるとの結論に至った（注 10、11）。

ウクライナの小児科学、産科学、婦人科学会研究所では、幼少期のさまざまな年齢時に受けた甲状腺の照射が同患者の妊娠に及ぼされる影響に関して、きわめて関心が高く有益な研究調査が実施された。

この研究調査の結果から、幼少時に甲状腺に放射線曝露を受けた女性の方が、妊娠の過程において多くの合併症が発症したことがわかった。これは特に、胎児が女の子の場合に顕著であった。また、これらの妊娠患者の方が、比較的汚染の少ない区域の居住者より、胎児の発育が遅延する頻度が高かった。男の子の場合は、肥満の状態で出生することが多かった。

また、妊娠中にカルシウム欠乏の非特異的指標を示す頻度がきわめて高く、高リスクの女性の3分の1が、第1期および第2期の乳汁分泌過少症を発症し、授乳に必要な母乳が十分に出なかった。

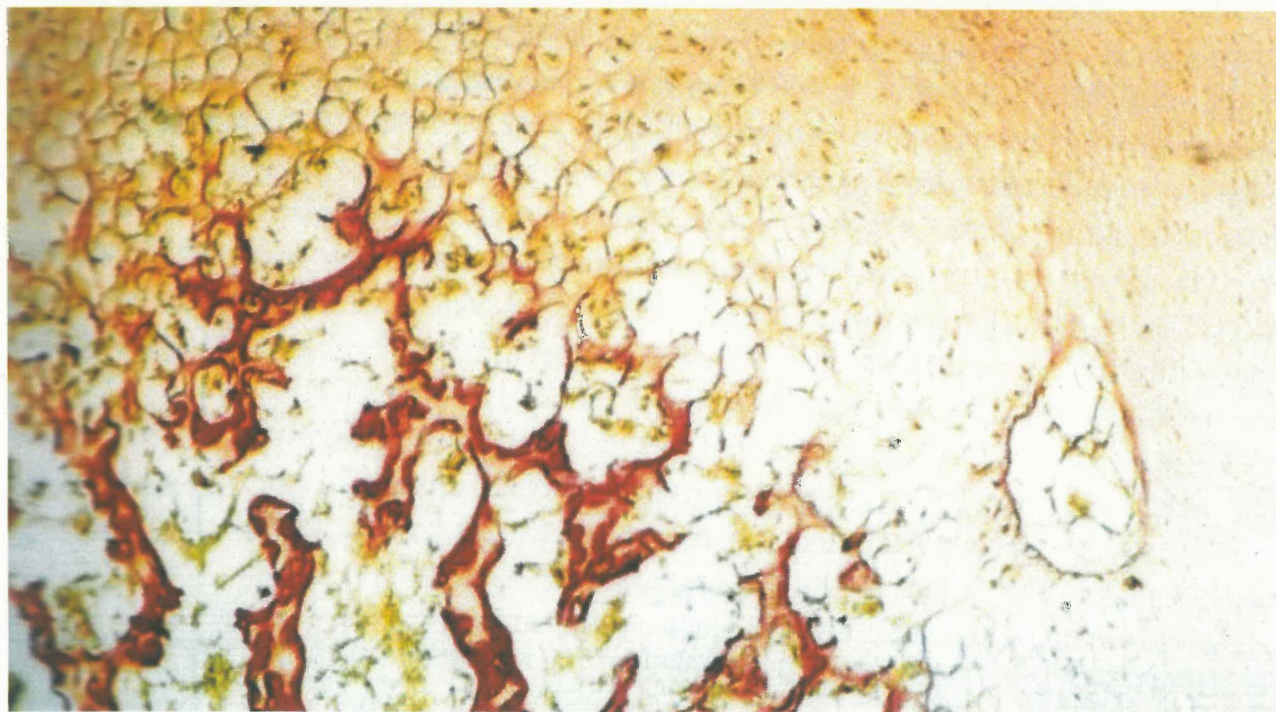
女性が幼少時に受けた照射は、高齢になってから生殖にかかわる健康に悪影響が及ぼされた。これらの女性が生理的に妊娠する可能性はきわめて低く、わずか 25.8%であった。病変が現れる頻度は、幼少期にこの女性の生体が受けた放射線負荷線量によって異なる。この事実が、女性の生殖系の感受性が、幼少期および青年期の照射に対してきわめて高いという裏付けとなっているもののひとつである。さらに、比較的汚染の少ない区域の居住者とは対照的に、放射線量が高い区域の居住グループでは、体重がけた外れに大きく生まれた子供が多かったほか、異常に低い体重で生まれた子供も多かった。これは、子宮内での発育中にホルモンのバランスが崩れていたことを示す兆候であった。出生時の身体の発育速度が速まると、高齢時の発育過程が暖徐となるか減速することがほとんどである。

Dennis Henshaw 博士の監督下で、ブリストル大学（英国）の α 線飛跡分析研究所と共同で実施したウクライナの小児科学、産科学、婦人科学会研究所の病理検査室の研究から、ウクライナの妊娠女性の胎盤と、その子供の臓器（管状骨や歯胚など）には、特に α 放射性核種などの放射性粒子が包含または含有されていることが明らかにされた。母親が高度の放射線管理下の集落に居住する死産の子供の骨組織にみる α 放射性核種の含有量が、最近になって増大しつつあるということが特に問題となっている。

明らかとなった放射性核種の取り込み線量は、一見少ないように思われるが、発育中の胎児が小さい場合は、その線量は大きくなる。さらに、急速な発育の過程を経ている幼若細胞の方が、成熟細胞よりも放射線の影響に対する感受性が高いということは、よく知られていることである。これは、多数の組織学的調査研究でもはっきりと裏付けられている。

とりわけ、死産の胎児の骨に関する形態学的研究では、特に椎骨や、頻度は少ないが、肋骨や管状骨の骨組織の血液供給に目覚ましい変化が起こっていることがわかった。浅部の動脈血管壁に、栄養障害の変化がみられた。また、さまざまな大きさの骨芽細胞の量が少なくなっているように思われた。このほか、骨基質や類骨組織の減少もみられた。骨芽細胞および破骨細胞は不均一に分布しており、これが骨組織の異形成過程の特徴を示すものとなっている。骨芽細胞と破骨細胞との関係にみる明らかなアンバランスが、形成や成長の過程にある骨の破壊的病変の発生機序を誘発することがある。これにより、チェルノブイリ事故後に生まれた子供の骨組織の構造的変化と機能的変化が、子宮内にいる間または出生前の発育期から生じ始めていることを合理的に仮定することが可能となる（顕微鏡写真1）。

顕微鏡写真1. 胚発生から第27週の胎児の脊椎の骨組織（胎盤内のセシウム137の取り込み量は3.25 Bq/kg）。軟骨細胞の栄養障害および壊死がみられる部位。破壊による空洞がみられる。200倍のワンギーソン法での染色後のピクロフクシン塗布



特に問題なのは、胎児の視床下部-下垂体軸（視床下部、下垂体、甲状腺、副腎および生殖腺）にみる構造的および機能的変化と形成異常である。子宮内での発育中にホルモンの相互作用が崩壊し、制御されなくなることにより、胎児の身体的発達に変化が生じ、内分泌を司る内分泌腺の疲労を来すことがある。このことは、子供の成長や発育の過程にも

反映する腫瘍形成後期に影響を及ぼすおそれがある。

ウクライナの小児科学、産科学、婦人科会研究所によると、幼少時や青年期に放射線に曝露した女性から生まれた子供の第1世代は、生理学的に発育不全の状態で生まれていることが明らかにされている。このような子供は、生後1年の間に病気にかかることが多く、若年時には多様な身体的病変が現れる。生後2年が経過すると、虫歯や窩洞ができ始め、そのうち目立つようになってくる。生後5年が経過すると、甲状腺の過形成が現れる。高リスクグループの子供には、健康と考えられる子供が存在していない。

放射線に汚染された地域の子供にみるさまざまな臓器の先天性出生異常の発症頻度は、比較的汚染の少ない区域の新生児の2倍であると思われる。(出生異常が2倍になるというこのようなパターンは最初、1994年にベラルーシの新生児および死産の胎児に関する日本人(サトウら)による研究で明らかにされたが、周囲からの注目はほとんど得られなかった。その後、1998年にPetrovaらによりStem Cell Magazineで発表された小児科学、産科学および婦人科学学会での研究結果と、ベラルーシの論文審査を受けた平行研究の結果により、このパターンが裏付けられている)。

小児科学、産科学および婦人科学学会による研究では、チェルノブイリの乳幼児にみる致命的な心欠陥、僧帽弁逸脱の発症頻度が高くなったことが明らかとなっており、この頻度が高くなるということは、結合組織の形成異常または奇形の兆候であると考えられている。このことはさらに、キエフのアモソフ国立心臓外科研究所(Amosov National Institute of Cardiac Surgery)の外科医によっても裏付けられた。

ハルキウ医療センターの科学者による研究調査では、チェルノブイリの撤去作業員(事故処理作業員)から生まれた子供の、臓器異常を伴った発育障害(SADと呼ばれる小さな発育異常)の発症頻度が高くなっていることが明らかにされた。明確で情報量の高いSADの「マーカー」には、脊柱側彎、側彎支持、胸部奇形、歯の異常(状態および位置)、早期の複数に及ぶ虫歯、歯のエナメル質の形成不全、皮膚の異常(乾燥皮膚および肌荒れ)、発毛異常、薄毛または斑状育毛などが挙げられる。(化学療法を受けている子供以外のチェルノブイリの子供にみられる育毛不良については、幅広いデータや写真が得られているが、起こり得るさらに重大な健康問題の指標として明らかに問題となっているのにもかかわらず、西欧の放射線に関する保健衛生機関と提携している施設の研究者らによる関心は低かった)。

身体的病変の発症リスクの最も高いグループを構成しているのは、照射を受けた両親から生まれた複数(7ヵ所以上)のSAD異常の指標がみられる子供である。このような子供には直ちに、心臓や腎臓などの重要臓器における最も危険な病変を検知するために、超音波スクリーニングを実施する必要がある。(ウクライナのほとんどの産科小児科病院では、効果的な妊婦健診や、高解像度の超音波スクリーニングが実施されていないため、毎年2000人を超える新生児が、未診断または治療不可能な心異常または胸部異常によって死亡しており、心疾患を来した新生児が数千人以上にも及んだ。キエフのアモソフ心臓外科研究所によると、心欠陥を来している新生児の人数は増大しているが、この明白な増大が、診断環境が良くなったためであるのか、集団において先天性の欠陥が実際に増大したためであ

るのかは明らかではない。少なくとも、このような異常には、きわめて綿密な研究を行い、さらに徹底したスクリーニングを実施することが必要である。

ウクライナの新生児センターでは、多発性出生異常やまれにみる異常の発症頻度が、チェルノブイリ災害前より有意に高くなっていることが医師により報告されている。この異常には特に、多指症（手や足の指が多い）、臓器奇形、四肢の欠損または変形、発育不全および関節拘縮症などが含まれる。

数千人の女性が放射線汚染区域（最も広範囲に広まった放射性核種であるセシウム 137 の半減期は 30 年）に居住し続けていることを考慮した場合、この地域に居住し、授乳する母親が、長期間続く内部照射の根源となることから、授乳育児の問題を検討することが不可欠となってくる。ベラルーシの科学者が実施した研究から、汚染された区域に居住し、授乳で育てられた子供は、粉ミルクで育てられた子供よりも、体内の放射性セシウム含有量ははるかに高いことがわかった（注 11）。

このリスクは、程度は低いですが、チェルノブイリの主な放射性物質降下地域からずっと離れたところに居住している乳幼児にも存在している。たとえば、イタリアの国立衛生研究所は、1997～1998 年にかけて、母親や乳母の母乳中に含有するセシウム 137 を測定する研究を実施した。この研究から、含有量は比較的低かったが、チェルノブイリ事故から 10 年以上経過してもなお上昇していたことがわかった。

（（編集者注）放射線測定値の上昇が、半減期の長いチェルノブイリの放射線降下物質によるものであったことを受けて、アイルランドの保健機関は 1998 年によりやく、日常の制限を解除した。また、フランスの機関は、1998 年になってようやく、チェルノブイリによって堆積した放射性セシウムによるリスクが増大していることについて、ピレネーの羊飼いに注意を呼びかけた）。

公衆衛生の観点からみると、この問題には、きわめて広範囲に及ぶ研究と、各代替手段のリスクおよび便益とを慎重に釣り合わせる必要がある。

科学的研究および臨床的研究で蓄積したデータは、最も基本的なライフサイクル（母親－胎児－子供）と密接にかかわっている患者や、放射性物質の破壊的影響に特に損傷を受けやすい患者の保護、スクリーニング、治療およびリハビリテーションに対する適切な措置を開発するために、生殖系と妊婦の健康状態に関して総合的に解析することが必要である。時宜を得たスクリーニングや、手間をかけた動的監視による十分な予防措置を行えば、医師は子供のさまざまな病変の発生率を大幅に抑えることができることを示唆している証拠があることから、データの解析はきわめて重要である（注 12）。

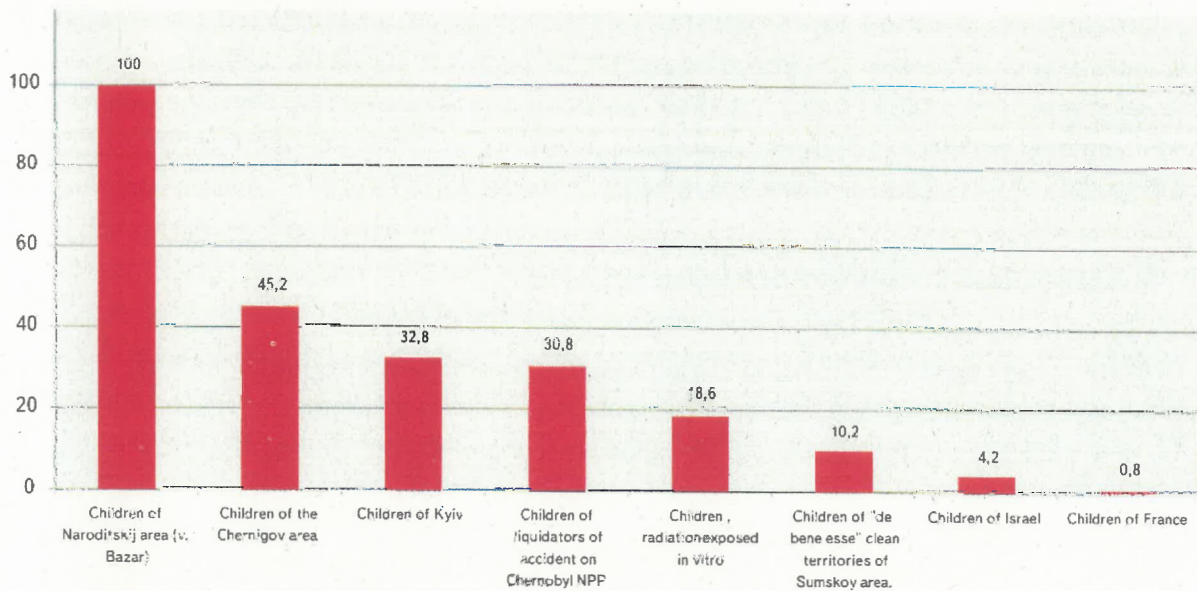
細胞遺伝学的影響および突然変異

現在では、直接的または間接的に放射能汚染の影響を受けた子供に及ぼされるおそれのある遺伝子突然変異やさまざまな細胞遺伝学的影響のリスクを明らかにする、きわめて多くの多様な科学的研究調査結果を利用する機会がある。事故後の全期間を通じて最も重要な課題とされているのは、放射能降下物に曝露した両親の子孫に起こり得る細胞遺伝学的

影響または遺伝性突然変異を監視する必要性である。現在、チェルノブイリ事故後の第2世代（照射を受けた両親—事故処理作業員から生まれた子供）において、さまざまな身体的病変をもたらす生理学的機序がとらえられていることを示す十分な証拠がある。このことは、チェルノブイリの事故処理作業員から生まれた子供に、天然 DNA および後天性 DNA、サイログロブリンおよびミクロソーム抗原に対する自己抗体が出現しているという事実によって裏付けられている。ここに挙げた物質は、免疫異常を来している子供の大半において観察されている（後述）。しかし、これらの変化は、免疫異常のない子供の25%にも認められている。免疫のない子供のグループでは、特に呼吸器の機能障害が助長されるとともに、身体的病変が著しく急速に増大することが考えられ、自然発生的に、また環境要因（発癌物質、照射、ストレスなど）の影響を受けて、発癌リスクが高まることも考えられる（注4）。

フランスの科学者、ウクライナの研究者の協力によって実施された共同研究活動では、放射線の汚染濃度の高い地域に居住する子供に、染色体異常誘発因子レベルの増大が認められたことが明らかにされた。これらの要素は、有害な酸化過程の生物学的指標であり、この増大と、染色体異常の出現との間に何らかの関係があると考えられる（図11）

図 11. さまざまな観察地域の子供にみる染色体異常誘発因子（CF）の割合（%）



- 左から順に、ナロジチ地区（バザール村）の子供
- チェルニコフ地区の子供
- キエフの子供
- チェルノブイリ原発事故の事故処理作業員の子供
- 体外で放射線曝露を受けた子供
- Sumskoy 地区の「暫定的に」汚染の少ない区域の子供
- イスラエルの子供
- フランスの子供

この点においては、いまだ重要な課題となっているのが、特にチェルノブイリの事故処理作業員の子孫に、遺伝性の変異原性作用が現れていることである。夫がチェルノブイリ原発での緊急撤去活動を終えてから1ヵ月以内に妊娠した母親から生まれた子供において、遺伝子突然変異の発生レベルが、父親が核撤去作業を終えてから1ヵ月以上経過後に妊娠して生まれた子供の発生率のほぼ2倍であったことが明らかにされている。また、(国際放射線防護委員会によると、)第2世代では、確率的遺伝的影響が、電離放射線の曝露により出現し、これにより新生児の遺伝的構造が異常を来すこともわかった。これらの影響が生じる理由は、両親の生殖器の生命機能やDNA(調節DNA)を司るポリジーンの劣性突然変異である。この劣性突然変異が起きると、チェルノブイリ大惨事により放出された放射線に曝露した人の子孫(特に、1986~1988年に事故処理作業員から生まれた子供)において、胎児の生存能力や、マイナスの環境影響に対する生体の抵抗力が予測通りに低下する。この原因は、遺伝系の不安定化である。

イタリアの国立研究評議会の実験医学研究所から得られた結果もほぼ同じであった(注13)。電離放射線は、少量であっても、一方ではDNAの分解(片方または両方のらせん鎖の断片化および破壊)、もう一方では、このらせん鎖の再構成を誘発する。細胞の「計測」に反応する位置(遺伝子座)に、DNA構造の変化に対するこのような異常が現れることから、この過程は十分に有害である。

モルドバ共和国の予防医学国立科学実習センター(National Scientific-Practical Center of Preventive Medicine)の科学者らは、チェルノブイリ撤去活動に参加した事故処理作業員とその子供の細胞遺伝学的スクリーニングを実施した。その結果、事故処理作業員のみならず、彼らの子供の体細胞でも、染色体突然変異が増強されたことを裏付けるデータが得られた(注14)。

また、英国王立医学協会誌も、チェルノブイリの事故処理作業員から生まれた子供にみる染色体損傷を検討した、ウクライナおよびイスラエルの科学者らの査読済み共同研究を公表した。チェルノブイリ災害後に生まれた子供と、災害前に生まれた兄弟姉妹との染色体異常を比較する場合は、この科学者らが行った方法がきわめて有効である。この研究から、チェルノブイリ災害後に生まれた子供にみる染色体異常の増大率は、チェルノブイリ災害前に生まれた兄弟姉妹の7倍であったことがわかった。

このほか、チェルノブイリ事故の子孫にみられる健康障害を引き起こす染色体異常の出現も、ドニプロペトロウシク国立大学およびウクライナにある傷病の医療社会問題に関する科学研究所(Ukrainian Scientific Research Institute of medical-social problems of invalidity)が着手した科学研究によって裏付けられた(注15)。子供達(チェルノブイリの事故処理作業員の子孫)に複雑な臨床-臨床関連スクリーニングを実施する過程では、この子供達の健康状態は、放射線に曝露しなかった両親の子供の健康状態とは実質的に異なるものであることが明らかにされた。専門家は、チェルノブイリの事故処理作業員の家族から生まれた子供が、その両親からの染色体異常が遺伝により受け継がれていることを示す確かな証拠を得た。遺伝子突然変異は、ストレス制限因子およびストレス増強因子のシステムと、これによって誘発された自律神経、生化学、微量元素および免疫のホメオスタシスの機能

不全の状況（不安定性）に反映されていたこのことにより、重大な適応障害が生じる。このような障害の臨床指標は、子供の身体発育および精神発達にみられる変化、甲状腺の過形成、機能性心臓障害（心臓病）の発生、胃腸管疾患、頻繁に起こる慢性疾患である。（慢性疾患には、よくみられる気管支感染症、風邪および肺炎などが挙げられるが、このような疾患を来した子供にはきわめて高い頻度で起こり、異常に長い間長引く傾向があるため、身体が激しく衰弱する）。このことから、この子供の集団は、長期間の健康問題のリスクが高いグループであると考えなければならない。ここに挙げた研究プロジェクトの著者らは、以上の研究結果が、この障害をなくすための積極的対策の実施への土台を作ることになることを確信しており、このような疾患を未然に防ぎ、回避するための予防策を講じることを勧告した。

ベラルーシ国立科学アカデミー遺伝学細胞学研究所での、専門家による実験的研究活動の実施によって、調査対象の継続的世代にみられる体細胞変異および胚性致死性（胚死亡）の漸進的増加が登録された。得られた結果で注目すべき側面は、突然変異の頻度が代々増加していることであった。この実験の結果と、放射能に曝露した第1世代の人と実験動物にみられる個々の変異原性反応および生理的反応の結果から、チェルノブイリ大惨事の遠因が今後の世代で明らかにされるであろうという結論を下すことが可能となる（注16）。

2001年から、ウクライナとアメリカの出生異常予防協会（Ukrainian-American Association for the Prevention of Birth Defects）が、南アラバマ大学（モービル）の遺伝医学学部長兼マーチオブダ임スにかかわる遺伝学の第一人者、Wolodymyr Wertelecki 博士の監督下で、ウクライナ北西部のヴォルィーニ州およびリヴネ州の新生児にみる先天性奇形の発症率を調査した。この研究チームは、下顎がなく、他のいくつかの部分も欠損している状態で生まれたリヴネの乳幼児が発症し、世界で初めて撮像された症例、耳頭症などのきわめてまれな出生異常を多数記録した。Wertelecki のチームはこのほかにも、二分脊椎の発症率が、通常の発症率の4倍を上回ったことも明らかにした。チェルノブイリに汚染されたリヴネ地区の産科医および新生児生理学者も、変形四肢、眼の異常、白内障をはじめとするまれな異常を来している乳幼児のさまざまな症例を報告し、記録した。米政府は、Wertelecki の研究の財政的支援を打ち切ったが、明らかにこのような憂慮すべき症例には、さらに多くの徹底的な検査を行っていくことが必要である。

甲状腺

甲状腺は放射線核種の影響をきわめて受けやすい臓器である。このことは、事故以降、最も重大なのが甲状腺癌であるとされるさまざまな甲状腺の病変が大幅に増大したことによって、明らかとなった。事故後のわずか15年で甲状腺癌が少し増大すると予測した放射線健康の専門家の予想に反して、チェルノブイリ大惨事が起きてから4~6年後にはすでに、子供や成人にみる甲状腺癌の大幅な増大が現れ始め、その後もきわめて急激に増大していることに注目することが重要である。

1993年9月1日に、世界保健機構およびイギリスの有力科学誌「Nature」が、チェルノブイリ放射線に汚染された村やその付近に居住するベラルーシの子供では、甲状腺癌の発

症率が通常の 80 倍にまで上昇したと報告した（注 17）。実際の癌発生率と、1986 年の前後で甲状腺疾患を綿密に比較したものをきわめて慎重に追跡することによって、この 80 倍の増大が記録された。その後の研究では、ベラルーシの子供の甲状腺癌が 1990 年代半ばまでに、通常の 100 倍まで上昇し、ウクライナの子供の場合は 30 倍にまで上昇したことが確認された。ここに挙げた子供のほぼ全員が、ミンスクまたはキエフの国立内分泌学研究所で手術を受けており、適宜のスクリーニングと国際社会の介入の結果、手術を受けた子供のほぼ全員が生存した。しかし、ほとんどの場合、甲状腺の摘出が必要であり、この癌の生存者は生涯において、甲状腺ホルモン補充療法を毎日受けなくてはならない。

甲状腺癌のこのような急激な増大は、科学界を驚かせた。1992 年 7 月 22 日、IAEA の Fred Mettler 博士は、アメリカの上院公聴会で、IAEA がウクライナおよびベラルーシできわめて徹底的に調査を行ったが、チェルノブイリ事故後の甲状腺癌の増大は認められなかったことを証言した。また、同博士は、広島と長崎の原爆後における日本人の被爆生存者に関して実施した調査結果からは、チェルノブイリ事故後の 15 年以内に甲状腺癌が増大することはないであろうとの見通しを示した。内分泌学研究所で蓄積された臨床データが計り知れないほどの多さであったにもかかわらず、IAEA の専門家は、甲状腺に関する調査に取り組み続けた。1990 年代後半までに、この問題に対する国際的な合意が得られるようになり、ベラルーシおよびウクライナの甲状腺癌の急激な上昇と、それよりは少ないが、ロシア南西部のブリャンスクにおける甲状腺癌の増大は、チェルノブイリ事故後の最初の数週間に子供達が放射性ヨウ素 131 に曝露したことによるものであることが明らかとなった（ヨウ素 131 の半減期は 8 日である）。それでもなお、IAEA が甲状腺癌の異常発生を認めなかったことは、組織的な偏見が生じているという危険と、被曝集団の実際の調査の代わりに数学モデルや数学式に依存しているという危険を示すものであった。このようなことから、チェルノブイリの影響はごく小さいものであるという IAEA の表明は、懐疑の念を抱く必要があるとされた。また、チェルノブイリにより起こり得る他の形態の癌や健康影響を示す証拠を IAEA が検討しなかったということも、非難されるに値するべきものであった。

小児科学、産科学、婦人科学国立研究所が日本の専門家と共同で実施したモニタリング調査から、放射線汚染地域に居住し続けている子供の甲状腺の病変が、放射性ヨウ素を摂取している比較的短い期間だけでなく、事故後の全期間を通じて認められた可能性があることがわかった（注 18）。このことは、ウクライナ国民に見られる甲状腺癌などの、内分泌疾患の増大速度がきわめて高かったことに関する統計データによって裏付けられている。特に内分泌疾患が増大しやすいグループには、地域特有の食事に含まれるヨウ素の不足と、初めは低かった放射線被曝線量の上昇とが合わさったこの 2 つの要因による影響を受けている子供が含まれる。

チェルノブイリの事故から最初の数ヶ月間、当時子供であったウクライナ人の全集団が、実際に数センチグレイの放射線量を甲状腺に被曝し、14 万人以上の子供が 50 センチグレイ以上の放射性ヨウ素を被曝した。最もよく知られ、公的に認められるようになったこの照射の確率的影響というのが、1990 年代初期に、放射性ヨウ素に被曝した子供や青年の高

リスク群に広がり始めた甲状腺癌の出現であった。しかし、これ以外にも注目すべき起こり得る健康問題がある。事故から20年後、先ほど述べた子供たちは全員、生殖可能年齢に達している。当時女の子の新生児または少女であった人の妊娠に対して今後どのような影響がもたらされるのであろうか。このような曝露が、妊娠中の母親の健康にどのような異常が生じるのであろうか。さらには、甲状腺癌の手術を受け、甲状腺ホルモン補充療法を受け続けている数千人もの少女については、特に懸念する必要がある。そのようなホルモン補充療法と、内分泌の自然過程の崩壊が、母親とその幼い子供の健康にどのような影響を及ぼすのかは、未だ明らかとなっていない。このような疑問の答えは未だ見つかっておらず、チェルノブイリの長期間にわたる影響について何らかの最終評価を下す前に、本格的な科学的調査を行うことが必要である。

中枢神経系および精神発達

ウクライナの小児科学、産科学、婦人科学会研究所の研究チームは、70人の子供（男児34人および女児36人）に脳波スクリーニング検査を実施した。スクリーニングを受けた子供は全員、小児期または青年期に、破壊された原子炉から放出された何種類もの放射線核種の照射を受けたプリピャチ市（チェルノブイリからわずか5マイル（訳注：約8キロ））の母親から生まれた第一世代の子供たちであった。この脳波の解析結果から、標準の年齢または発達に相当する脳波の特徴を示していた子供はわずか2.8%であったことが明らかになった。男児（9歳）の2.9%および女児（11歳）の2.8%だけが、正常の発達状態であることがわかった。全年齢の男児および女児の97.2%に、興奮状態と通常の状態の両方の脳のバイオリズムに大きな変化が認められた。

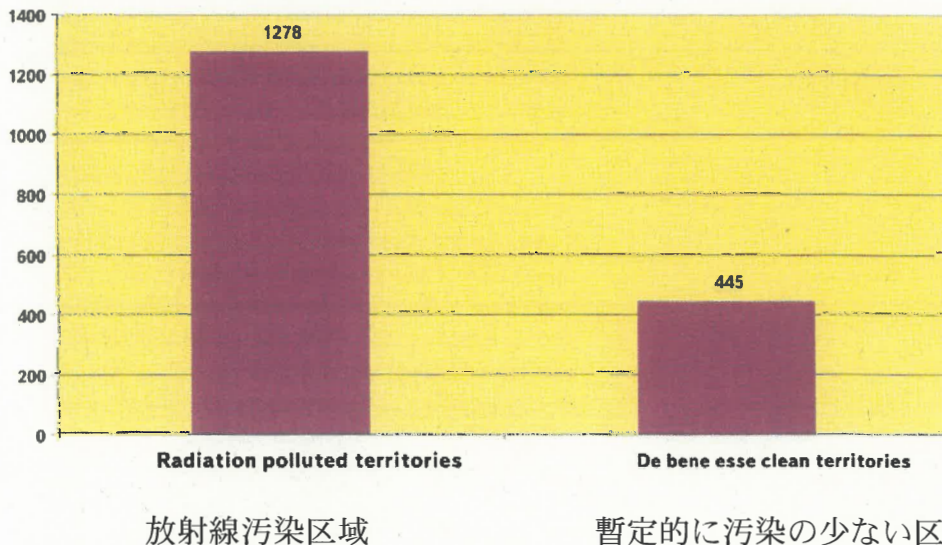
検査した子供の7.1%に、 α 波の増大が認められ、子供の50%すなわち半数に不整脈が現れたほか、全年齢グループの子供の42.9%に不安定な α 波が現れた。以上の結果を分析した神経学者は、この統計結果が、中枢神経系の形態学的機能が未成熟であることを示すものであるとの結論を下した。さらには、身体運動（過換気）によって、過換気に十分に反応した子供の18.6%を除く、ほぼすべての子供の脳の内側基底部の機能不全が増大していた。5.7%の子供に、脳波に短時間の発作が見られた。また、脳造影図で明らかにされた変化からも、検査した子供の皮質の形態機能的未成熟が明らかにされることがある。皮質下部構造にみる活性の増強は、脳半球の大脳皮質にみられる未成熟の兆候の少なくとも一部である。覚醒作用と抑制作用が低下し、神経作用が不安定になると、決まって脳波に変化がみられる。検査した子供の大半（86%）の高次中枢神経系の精神活動が不安定なのはこのためであると考えられる。

小児期に照射を受けた母親の子孫の第一世代にみる精神および知能の発達の特徴に関して行った徹底的な調査は、あらゆる発達段階の子供が神経作用活動の低下や、注意欠陥、固定記憶能力の低下を来しているという事実を証明するものであった。この精神能力は、比較的汚染の少ない区域の子供より急速に低下している傾向にあった。

特定の代謝異常に特有の特徴

数年間にわたり、チェルノブイリの放射線による悪影響を受けた子供の同じ対象集団(コホート)について、比較的汚染の少ない区域の子供と比較しつつ、動的な監視および観察を行い、脂質交換、カルシウムーリンのホメオスタシスの状態、ビタミン D3 の交換をはじめとする代謝の健康状態の指標を検討した。脂質は細胞膜および細胞内膜の基本的な構成成分であることを考えれば、交換過程の障害や破壊が、子供の体にみる多数の臓器や系の機能に悪影響を及ぼし、これにより多くの病状を来す可能性はあると思われる。汚染区域に居住する健康な子供の血液組織にみるフリーラジカルの含有量を検査したところ、比較的汚染の少ない区域の健康な子供 (445.0 ± 36.0 imp./分) より、フリーラジカルの酸化レベルが有意に高かった (1278.0 ± 86.0 imp./分) ことがわかった (図 12)。

図 12. 子供の血清中のフリーラジカル量 (imp/分)



このことが、放射線量の高い地域に居住する子供が、著しい脂質のフリーラジカル酸化を被っているとの主張の根拠となっている。研究から、膜の脂質成分が破壊されていることが認められ、比較的汚染の少ない地域の子供にみられるレベルと比較すると、赤血球細胞(赤血球)膜での総脂質、リン脂質および総コレステロールが増大したことで顕著となった。

以上の研究を実施した研究者らの見解では、高コレステロール血症を来すと確実に、フリーラジカル酸化の活性化に対する保護特性がみられると考えられている。高コレステロール血症および電離放射線の活性が合わさると、それぞれ個別に活性化した場合より脂質の過酸化や酸化が顕著にかつ急激に増強する。脂質の過酸化や酸化が始まると、糖分解作用などの、細胞内での交換過程の崩壊が起こる。さらに、膜の脂質成分の破壊により、検査を受けた子供のタンパク質に構造的な機能変化が起きることがある。レーザーによる相関分光法を用いて血清の積分特性を評価したところ、血清のいわゆるタンパク質-脂質粒

子の大きさと寸法を明らかにすることができた。また、放射線影響下において、血清のタンパク質-脂質粒子および複合体の大きさに質的変化がみられ、小粒子は減少し、大粒子は増大する傾向にあることがわかった。このことは、フリーラジカル酸化が活性化し、脂質過酸化が開始すると、膜内のタンパク質-脂質間の関係が崩壊することを示すものであった。タンパク質脂質の連携に異常が現れたことにより、放射線に曝露した子供のコホート内で、細胞が劣化して不安定になっていることを示す赤い血球（赤血球）の酸耐性が崩壊していることもわかった。

以上の研究結果から、汚染区域の子供の赤血球の浸透圧安定性が低下していることがわかり、放射線への曝露を受けた子供の細胞の浸透性に乱れが生じていることが明らかとなった。赤血球産生量の低下を背景に、子供は、さまざまな身体疾患の発症や慢性疾患への移行の根拠となる、組織の低酸素症を来すことがある。このため、子供は病気にかかりやすくなり、一度かかると長引く傾向にある。カルシウムの移行にみられる膜メカニズムの崩壊と、ホメオスタシスのアンバランス（細胞内カルシウム含有量の増大、またはカルシウムが細胞から出てくる速度の低下による石灰化）も、生体の重大な病理過程の発生と第一に結び付くものとなっている。生体のカルシウム交換が崩壊すると、子供に病気への高罹患率、長期化、重症化、自律神経障害および骨系病変などが起こることがある。

表 3. 曝露したグループの子供の血液の乳清中にみられる総カルシウム、無機リン、マグネシウム、銅、鉄および 25OHD₃ の維持指数

(左から順に、総カルシウム、無機リン、25OHD₃、マグネシウム、銅、鉄の指数)

Group		n	Index					
			total calcium, mmol/l	inorganic phosphorus, mmol/l	25OHD ₃ ng/ml	magnesium mmol/l	copper mcmol/l	iron mcmol/l
1	boys	40	2,26±0,05	1,68±0,04	(19,00±1,70)*	(0,72±0,03)*	(22,80±0,55)*	15,51±1,53
	girls	40	2,28±0,06	(1,77±0,04)*	19,60±2,50	0,81±0,04	21,67±0,89	21,37±2,09
	total	80	2,26±0,04	1,70±0,04	19,10±2,10	0,77±0,03	21,72±0,75	17,33±1,41
2	boys	40	(2,53±0,04)*	1,62±0,04	20,80±1,90	0,82±0,04	(22,70±0,68)*	22,90±1,80
	girls	40	2,45±0,05	1,60±0,05	18,30±2,20	(0,70±0,04)*	20,80±0,94	19,40±1,60
	total	80	2,49±0,05	1,59±0,04	19,60±2,00	0,78±0,04	21,78±0,81	21,40±1,70
3	boys	30	2,29±0,03	1,65±0,02	27,90±2,20	0,88±0,04	19,00±0,57	18,66±2,51
	girls	30	2,30±0,03	1,59±0,02	22,90±1,60	0,87±0,03	20,13±0,86	18,60±0,87
	total	60	2,31±0,03	1,62±0,02	24,40±1,50	0,87±0,03	19,56±0,71	18,86±1,06

注記：グループ 1 およびグループ 2 の子供の指数と、対照グループの子供の指数とを比較した場合の p<0.05

動的調査の過程において、汚染地域に居住する子供のカルシウムーリン交換の長期崩壊が、納得のいくかたちで明らかにされた。低年齢の子供にみられる心筋梗塞（心発作）などの心血管疾患のリスクおよび出現の増大は、細胞レベルで発生する傷害過程によってもたらされることもある。甲状腺癌のように、心血管疾患は、成人には頻繁に発症するが、子供に発症するのは比較的まれである。世界各国の保健社会は今後も、チェルノブイリが子供、青年および若年成人の心血管の健康に及ぼす影響を検討することが必要とされている。

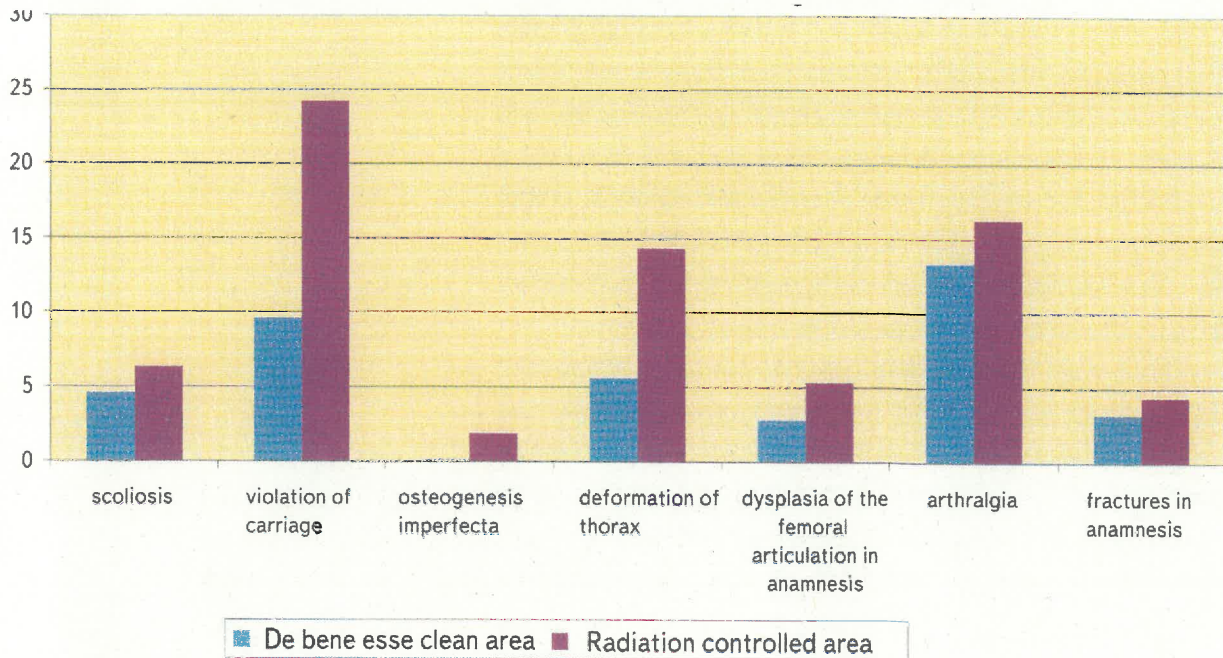
汚染区域の子供のミネラル交換に関する研究では、カルシウムーリンのホメオスタシスの崩壊のほかにも、マグネシウム、銅および鉄の交換の崩壊も認められた（表3）。

このことから、子供の生化学過程に関する徹底的なモニタリングでは、放射線汚染区域に永久的に居住する名目上健康な子供でも、脂質のフリーラジカル酸化の活性化により、複雑な有害代謝性変化が起こり、これによって細胞膜の構造機能特性が崩壊することが明らかにされた。これには、特に毒性に対する細胞の耐性の低下や、細胞質内での必須ミネラル成分の濃度の減少を説明する物質の移動などの、機能活性の変化を伴っていた。いずれも、有機組織の低酸素症の発症の原因となる可能性があり、子供の身体疾患の発症の土台となることがある。また、この疾患は、比較的汚染の少ない地域の子供より著明かつ頻度が高いように思われる。これ以外にも、放射線汚染区域に居住する子供からは、多くの代謝過程に悪影響を及ぼすミネラル不足が明らかにされている。

骨系

汚染区域に居住している子供の骨系や筋系の疾患が、この疾患に関するウクライナの平均指数の 3.3 倍を上回っている。小児期の罹患率に関する健康報告では、骨系や筋系の疾患が、3 番目に高い位置を占めており、汚染されている区域の子供の出現頻度が、表向き汚染の少ないとされる区域の子供の 2 倍であるとされている。放射線に曝露した就学前の子供の方が、汚染の少ない区域の子供より骨折率が高く、これによりこの集団（コホート）の子供の骨組織構造に質的変化が生じているのではないかという推測が生まれた（図13）。

図 13. 子供の骨系にみる臨床異常の頻度



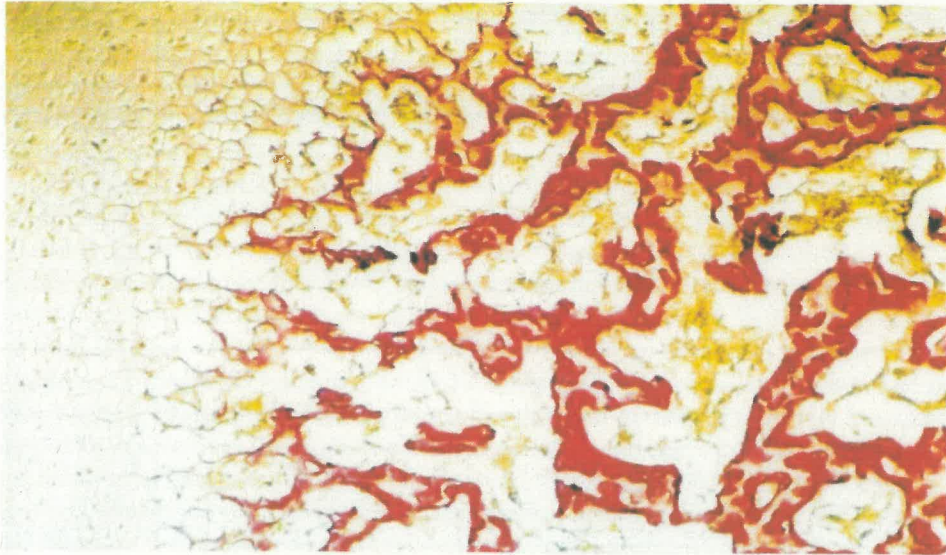
(左から順に、脊柱側彎、軟骨破壊、骨形成不全症、胸部変形、大腿関節形成異常の既往、関節痛、骨折の既往)

青＝暫定的に汚染の少ないとされる地域、紫＝放射線管理区域

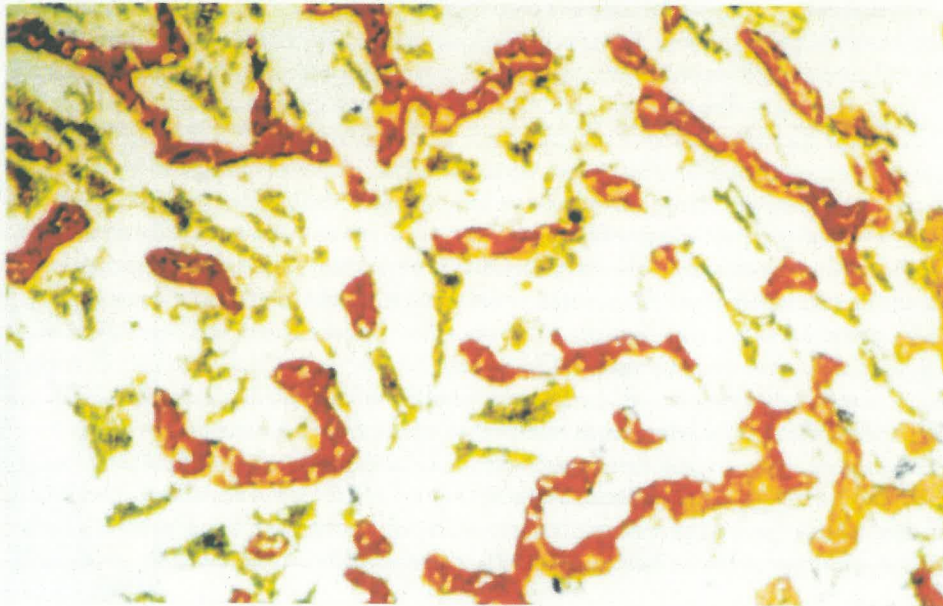
1997年から2003年まで、ウクライナの小児科学、産科学、婦人科学会研究所の科学者ら (E. Lukyanova, Y. Antipkin, L. Arabska) は、チェルノブイリ事故後に生まれ、今も放射線汚染区域に居住する子供213人と、汚染されていない地域の家族から生まれた子供240人を対象に調査を実施した。

前者のグループの子供は全員、妊娠中に胎盤に α 放射線粒子を取り込んだ母親から生まれた。この区域は、セシウム137汚染レベルが5~15 Ci/km² (185~555 kBq/m²)であるか、ストロンチウム90が2.5 Ci/km² (37 kBq/m²)であったことがわかった。イギリスの専門家との共同研究では、過去3年間にわたって、母親が放射線汚染区域に居住していた死産の子供の骨組織にみる α 放射線量が大幅に増大していたことが明らかとなった(顕微鏡写真2、3)。

顕微鏡写真 2。胚発生から 27~28 週の胎児の管状骨の骨組織（胎盤のセシウム 137 の取り込み量、0.8 Bq/kg）。骨組織のビーム状構造と、軟骨構造が保存されている。



顕微鏡写真 3。胚発生から 27 週の胎児の管状骨の骨組織（胎盤のセシウム 137 の取り込み量、3.25 Bq/kg）。骨組織のビーム状構造の破壊。



現時点で重要なのは、骨指向性放射性核種が子供の生体に及ぼす影響について、十分な研究が行われていないことに注視することである。この研究の過程において、 α 放射線が観察下の子供の乳歯に取り込まれていたことがわかった (2.5~3.2 Bq/kg)。このことによって、自然な歯の発生パターン（タイムテーブル）が崩れ、新たな永久歯が通常より早く生えることとなり、そのために特に女兒の歯周組織が悪化し、早くに虫歯ができてしまうことがある。このような異常はほかにも、歯の早期老化が生じ、胎児の体内にみる骨組織の

健康的な成長が損なわれる可能性を明確にしている。観察下の子供には、健康指数が低いという特徴があり、対照群にはそのような特徴は実際に認められなかった。

子供に身体的病変の多型が発症したことを示す証拠が増大している（4.2 から 4.4）。この指数は、比較的汚染の少ない区域の子供の類似指標の 2 倍を上回るものであった。汚染区域に居住していた 5～7 歳の女兒では、何らかの変化を来している 82.1%に、骨減少症（骨組織の密度の低下）または骨軟化症（骨組織の脆化）の形態の著明な変化が生じた。8～12 歳の女兒では、すでに 79.7%が骨線維症を来しており、骨組織の弾性が低下し、厚みが増大していた。この地域の男児のほとんど（未就学児の 63.8%および学童児の 70.8%）にみられる主な傾向は骨軟化症（骨組織の脆化）であった。平均的な身長の子供より、身長の高い子供の方が、異形成骨線維症の発症頻度が高かった。チェルノブイリの事故処理作業者の家族から生まれた女兒の骨組織はいずれも、未就学児および学童児ともに、対照集団（コホート）より線維状となっており、なかでも、身長が平均の女兒よりも、身長の高い女兒の方の骨組織の方が線維状になっていた。このグループの男児では、未就学児に 54.2%の割合で骨線維症が現れ、平均の身長であるか、平均より低い身長である男児には、63.9%の割合で現れた。チェルノブイリの事故処理作業者の子供では、12 歳までに、骨量がきわめて低くなった。

このような問題を研究する過程において、科学者らは、子供の成長に年齢別および男女別の差があることを明らかにした。放射線リスクの高い子供にみられる典型的な 2 回目および 3 回目の急成長は、比較的汚染の少ない区域の子供より遅れて起こっていた。このグループでの成長が不均衡的または不調和である頻度は高く、外観が「伸びたり」「丸みを帯びたり」する期間にはっきりとした段階分けはなかった。事故処理作業者の家族の 12 歳になる息子らは、比較的汚染の少ない区域の 12 歳の男児より身長が高かった。12 歳（特に事故処理作業者の息子）の不均衡な形態学的骨格形成は、骨格形成の不完全さのみならず、軟骨形成および内軟骨性成長の変化や、遺伝的成長要因システムの機能不全を裏付けるものとなっている。ホルモンの形態学的影響（生体の弾性）の有効性は、事故現場の撤去作業（事故処理作業）の子供のなかでも、12 歳児が最も低かった。

注目すべきは、長期的に少量の放射線量に曝露した母親から生まれた子供には、幼少時に骨組織の構造機能状態が崩壊し、骨軟化症や骨減少症というかたちで現れ、さらに学童期になってくると、（特に平均身長より背が高い子供に、）異形成骨線維症というかたちで現れてくるという特徴があるということである。母親がチェルノブイリ原発の事故により急性放射線照射を受けた子供、特に女兒においては、幼児期から骨線維症が発症する（平均より背が高い女兒と、平均か、平均より背が低い男児に多く発症する）。リスクの高いグループの子供の大半が、微小循環の異常や、低酸素症（二酸化炭素の過飽和）を来しており、これが骨組織の破壊過程（細小血管障害、フリーラジカル酸化の活性化、細胞膜の構造機能的本質の変化、赤血球の超微形態化、浸透圧抵抗力および赤血球安定性の低下、2,3 ジホスホグリセリド含有量の増大）の始まりとなるおそれがある。このような過程はすべて、血管の膨張、四肢の腫れ、ついには組織の壊死をもたらすなど、子供の健康を害する変化をもたらすことがある。

以上の研究調査結果から、このほかにも、特に平均かそれより背が高い子供において、骨組織の石灰化の過程が中断するとともに、カルシウム調節システムの機能の有効性の低下や、血清中のカルシウム、リン、マグネシウム、銅、鉄の含有量の変化、ビタミンD 欠乏症を伴うことがわかった。放射線リスクの高い子供には、骨芽細胞の構造機能的特徴の変化、骨組織のリモデリング過程の活性化、発酵段階および石灰化の中断、骨組織の混合破壊、成体の異形成過程（骨線維腫、僧帽弁逸脱、全身性エナメル質低形成）の活性化などの、骨組織形成の変調を認めた。さらに、高度の放射線管理グループの子供については、性腺機能低下症に、二次性徴の発現異常や、思春期に入った時点での脂肪蓄積型の変化が伴う頻度が高かった。また、身体発育の異常を来して生まれた放射線監視地域の子供の人数が、比較的汚染の少ない地域の子供のグループの 1.6~2.8 倍であったこともわかった。このような子供は、内分泌腺の形態的成熟および機能的成熟に変化が起り得るリスクの高いグループであると考えられる必要がある。

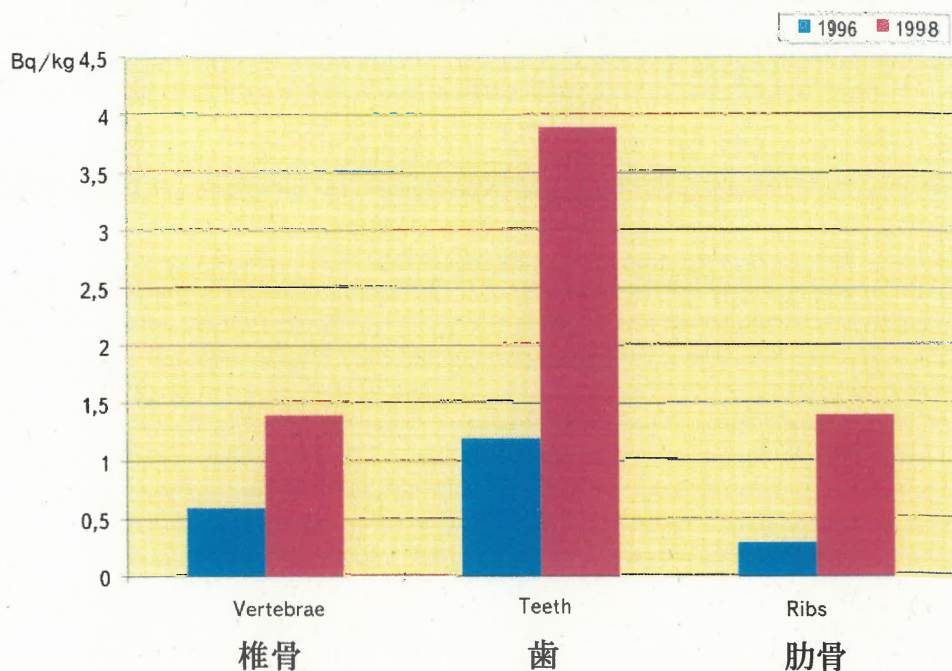
調査研究の過程において、ウクライナの小児科学、産科学、婦人科学会研究所の科学者らは、小児期または思春期前に、甲状腺に最大 36.7 センチグレイの比較的高線量の照射を受けた母親は、早い段階で骨線維症を来している女兒を出産する可能性が高いという結論に基づくデータを得た。一方、生殖器がまだ完全に形成されていない性成熟の早い段階に放射線に曝露した母親では、幼少時から骨線維症を発症し、うち一部は骨軟化症も来すおそれのある男女いずれかの子供を出産する可能性が高かった。成熟後期に放射線に曝露した母親から生まれた男女いずれかの子供では、骨軟化症および骨減少症を発症する可能性が高かった。

得られた結果から、思春期前に甲状腺に比較的少量の放射線量（最大 26.3 センチグレイ）を受けた母親の場合、その子孫に若年期に骨軟化症を発症する傾向がみられた一方、思春期の早い段階で上のような低い線量を受けた母親では、その子孫に、骨線維症および骨軟化症の初期発生の兆候が認められたとの結論を下すことが可能となった。14 歳以降に放射線に曝露した母親の場合は、女性の子孫には骨軟化症が生じた一方、男性の子孫には骨軟化症のみならず、骨線維症も生じた。15 歳までに高い放射線負荷を受けた母親の子孫は、これより少量の放射線線量を受けた母親から生まれた子孫よりも、高い頻度かつ早い年齢で骨線維症の形態変化を来す傾向にあった。

15 歳以降に照射を受けた母親の放射線量の規模によっては、その子孫の骨組織形成に影響を及ぼすという特徴に、大きな差がみられるようには考えられなかった。このような子供達のなかで最も多くみられる骨組織形成の変化は、骨軟化症である傾向が強かった。

成長期では、身長が伸びる過程が活発化すると同時に、乳歯から、歯周組織の悪化と虫歯を来した永久歯への生え変わりが活発化する。高リスクの子供の集団（コホート）では、歯のエナメル質の体系的な低形成過程が現れた。さらに、乳歯に放射性核種が取り込まれているということは、子宮内での発育中にも、骨組織に放射性核種が蓄積していたという間接的な証拠を示すものであると考えられた（図 14）。

図 14. 過去 3 年間の胎児の骨組織にみる放射性核種の含有量



同じ子供のそれぞれの歯にみる放射性核種の蓄積量が一律でないことから、 α 粒子も骨組織に不均一に蓄積して、「ホットスポット」を作っていることがわかる。この不均一な取り込みによって、骨組織の代謝に破壊的な異常がもたらされることがある。

このような研究の過程において、著者らはこのほかにも、特に微小循環の変化などの、器質的全身レベルにおける重要な病的変化を認めた。眼球の網膜にある血管の状態が、生体の中心となる微小循環の状態を間接的に反映することはよく知られていることである。2歳以上の汚染区域の子供と、チェルノブイリの事故処理作業員の家族の子供（それぞれ69%および56.1%）には、動静脈係数の減少（細動脈の狭窄および静脈の拡張）というかたちで、網膜の中心部に細小血管障害が生じたことを示す証拠が認められた。このことは、観察下の子供の生体、特に骨系に微小循環の障害が起き、これが骨組織の劣化を示す証拠となっていることを間接的に示すものであると考えられた。

骨成長に影響を及ぼす全系統のホルモン含有量を詳細に検討したところ、内分泌腺系に機能不全が生じており、骨形成の加速と、さまざまな破壊的変化の発生に対する代償性適応反応を示していることがわかった（表4）。

検査は3グループの子供に実施された。

グループ1—胎盤に放射性核種を取り込んだ状態で、チェルノブイリ原発事故後に生まれた子供213人。チェルノブイリ原発事故により、放射線汚染区域に常に居住する両親および子供 [この区域の汚染レベルは、セシウム137が5~15 Ci/km² (185~555 kBq/m²)、ストロンチウム90が2.5 Ci/km² (37 kBq/m²)]。

グループ 2-事故にかかわった事故処理作業者の家族と、(両親がともに急性放射線線量に曝露した) プリピャチから避難し、キエフに居住する母親から、胎盤に放射性核種を取り込んだ状態で生まれた子供 240 人。

グループ 3-事故にかかわった事故処理作業者の家族から生まれなかったが、「暫定的に汚染の少ない」区域に常に居住しており、胎盤に放射性核種が蓄積していない子供 216 人。

表 4. 検査グループの子供の血液の乳清中で探り出したホルモンの平均維持量

(左から順に、カルシトニン、副甲状腺ホルモン、成長栄養ホルモン、総チロキシン、インスリン、コルチゾール、テストステロンの指数)

Group	n	Index							
		Calcitonin nmol/l	Parat hormone pg/ml	Somato trophic hormone mUnit/l	Total thyroxin nmol/l	Insulin mUnit/l	Cortisol nmol/l	Testoster one nmol/l	
1	girls	40	1,6±0,4	(35,3±5,0) ^Δ	(6,3±1,0)*	107,3±9,3	(13,4±2,1) ^Δ	499,6±51,8	2,4±0,5
	boys	40	1,9±0,4	18,9±3,3	7,5±1,1	126,3±12,3	(23,3±2,9)*	422,0±21,5	1,3±0,6
	total	80	2,2±0,4	24,2±3,5	6,91±1,1	113,9±9,3	20,4±2,8	460,8±36,7	1,8±0,6
2	girls	40	(0,9±0,2)*	(28,1±2,0)*	10,6±1,2	118,0±8,3	17,4±2,5	451,4±44,2	2,6±0,4
	boys	40	0,7±0,2	(25,3±4,1)*	(5,7±0,7) ^{Δ*}	117,4±6,5	19,6±3,3	410,4±15,8	1,9±0,2
	total	80	0,8±0,2	(26,2±2,2)*	8,2±0,9	117,6±8,2	18,9±2,8	430,4±30,0	2,3±0,3
3	girls	30	(2,1±0,4) ^Δ	(21,2±1,0) ^Δ	11,2±1,6	121,9±8,1	10,9±2,7	363,0±58,2	2,2±0,6
	boys	30	1,19±0,4	14,4±1,9	10,4±1,8	116,4±14,8	14,8±2,6	398,0±15,8	2,1±0,5
	total	60	1,6±0,4	18,6±1,4	10,9±1,7	119,8±7,3	15,51±2,7	380,5±37,0	2,0±0,6

注記:

1. グループ 1 およびグループ 2 の指数と、対照グループの子供の指数とを比較した場合の $p < 0.05$
2. 1つのグループ内での女兒と男児との指数を比較した場合の $p < 0.05$

これらの子供に内分泌病変の進行を伴っていたことから、成長栄養ホルモン、総チロキシン、インスリン、コルチゾール、テストステロンなどのホルモン含有量の変化が明らかにされたことによって、適応特性があったということがわかる。

子供の骨系と身体発達との間には密接な関係がある。骨系の状態の変化は、姿勢に反映するだけでなく、運動機能にも影響を及ぼす。地域社会が実施した疫学的再調査結果によると、放射線汚染区域の居住者の脊椎の変形が、全被験者の 57% であり、毎年この病変が広まっている傾向にある。

以上の調査研究の結果は、子供の成長および発育が、環境状態や複雑な経済状況に関係しており、科学者や小児科医が常に注意を払うことが必要であるという事実の明確な指標となっている。放射線に曝露した子供の幼少時から、複雑な病原因子について、毎年見直しを行う必要がある。このことにより、骨組織の構造の奇形について早期に注意を促し、できる限り予防することが可能となるほか、侵襲性の骨指向性放射性核種の長期的に取り込んでいるという状況であっても、骨格系の形成を最適化することが可能となる。効果的な公衆衛生措置を取れば、このような子供の骨量を積極的に増強させることができ、そのような監視措置および予防対策の実施下において、小児期および成人期ともに、骨折の発生率や、骨格病変の発症率を大幅に減少させることが可能となる。骨組織の性質および特徴が改善されれば、血液学的指標および免疫学的指標の改善にもつながり、このような子供の全体的な健康状態の改善や、この集団（コホート）の身体的病変の軽減にも反映されるのではないかと考えられる。

5. 国際放射線防護委員会、国際原子力機関、チェルノブイリフォーラムをはじめとするチェルノブイリの健康影響を評価する国際機関の政策に対する反応

2003年、国際原子力機関（IAEA）の指揮のもとで、国際的な「チェルノブイリフォーラム」が創設された。このフォーラムは、IAEA、世界保健機構（WHO）、国連の各部署の専門家や、ウクライナ、ベラルーシおよびロシア連邦政府の各代表で構成されたものである。この組織が担当していたのは、チェルノブイリ原発事故の因果関係に関する明確な科学的合意に至らせるという任務のほか、このような合意に何とか達するための活動内容をさらに向上させるという目的で、さまざまな未解決の問題に対する回答を収集するという任務であった。IAEAが、いくつかの選定された学術誌のみに収載されている学術論文を検討するようフォーラムに要求していたため、この合意に関する材料を収集する際は、各専門家はきわめて少ない情報に頼っていたということに留意することが重要である。その結果、ロンドン、ウィーン、ワシントンおよびトロントで2005年9月の5日から7日にかけて、前記「チェルノブイリフォーラム」が作成した「歴史的に重要な」報告書、「チェルノブイリが招いた重大な結果－医学的影響、生態学的影響および社会経済学的影響」が世間に公開された。

この報告書には、IAEAとその「専門家」が、何ひとつ実証を行わないまま、次の結論を下していた。

- ・小児期の白血病の増大は、チェルノブイリ事故によるものではない。
- ・悪性腫瘍の発症数が今後著しく増大することはない。
- ・事故処理作業員および汚染地域の居住者にみる腫瘍学的疾患の発症率と全死亡率は、他の地域集団の類似指標を上回っていない。（チェルノブイリ事故から20年目を、多くの放射線誘発癌の潜伏期間終了としているのであれば、この結論のタイミングには注目しておく必要がある。）
- ・心血管疾患と放射線曝露量の増大との間に何らかの関係があることを示す証拠はない。

- ・人間、動物、植物の遺伝的健康にはいかなる障害も認められていない。
- ・事故にかかわった事故処理作業者に生じたのは免疫学的疾患のみである。
- ・放射線曝露が、子供の健康に何ら直接的な影響を及ぼしていない。
- ・1992～2000年に、放射性降下物による影響を受けた全3カ国（ウクライナ、ベラルーシおよびロシア）において記録された甲状腺癌は、4000例であった。（実際は、この期間中、甲状腺癌の手術を受けた子供の人数は、ウクライナだけでも3000例を上回っていた。）
- ・事故による最も重大な健康問題は、集団の心理学的健康に及ぼされる影響である。

あいにく、国際原子力機関およびチェルノブイリフォーラムが出した結論は、実態に相当するものでない。本書の概要に集められたデータは、範囲は小さくとも、「チェルノブイリフォーラム」の専門家の楽観と完全に矛盾するものとなっている。フォーラムは国際社会を誤った楽観視に浸らせようとしているため、フォーラムの取っている立場は、チェルノブイリ災害による悪影響を受けた集団の保護に関するさまざまな予防策の価値または妥当性を否定しているかぎり、公衆衛生を脅かすおそれがある。

フォーラムはさらに、放射線による健康影響や、放射線による疾患を予防、治療し得る手段に関する調査に、素晴らしい貢献をした多くの国家の科学者による貴重な調査研究の結果を全面的に無視している。

国際社会には、核エネルギーの開発とともに、透明性および信頼性の高い放射線防護システムが生まれることを期待する権利がある。チェルノブイリの放射性降下物により悪影響を受けた多くの国家によって、そのような防護システムが根本的に損なわれているという事実が証明されている。

表 5. 欧州放射線リスク委員会が、以下に示す国際放射線防護委員会（ICRP）モデルの不備の指標となると考えている研究

Research	Findings
Mutations in minisatellites of DNA	At children which born after the Chernobyl accident found out multiplying of mutations in 7 times, comparatively with children, born before the Chernobyl accident.
Leukemia of babies	Multiplying frequency of leukemia of children, exposed to the rays in utero declares itself the mistake of ICRD in the factor of risk in 5 countries for this effect at an internal irradiation in 100-2000 times.

（上段）研究：DNAのミニサテライトの突然変異

結果：チェルノブイリ事故後に生まれた子供の突然変異の増大率が、チェルノブイリ事故前に生まれた子供の7倍であったことがわかった。

（下段）研究：乳児の白血病

結果：子宮内で放射線に曝露した子供の白血病の頻度が増大すること自体が、5カ国において、白血病リスク因子がみられるのは、内部照射が100～2000倍となる場合であるというICRPの誤りを明らかにするものである。

チェルノブイリフォーラムの反対派のうち、最も断固たる姿勢を取っているのが欧州放射線リスク委員会である（注19）。この委員会の科学専門家らは現在、国際原子力機関などの機関が導入した放射線リスクのモデルは、実際のリスクと影響を予測するには不十分であることを示す証拠が十分に蓄積していると考えている（表5）。

MKRZにより実施された放射線の影響の評価と、疾患リスクの算出は、広島および長崎の爆撃から得られたデータに基づいて行われた。しかし、この爆弾の爆発には、チェルノブイリとは別の種類の放射物が含まれており、主に外部から直接大量に受けるものであった。さらに、この原爆に関するデータは、最初から偽造され、不完全なものであった。甲状腺癌や乳癌のみならず、リンパ腫や白血病の疾患間の標準関係（SIR）のモデルがほかにもあるが、観察結果と一致したものではない（表6、7および8）。

ウクライナの乳癌発症率は地域によって変動することから、SIRの指標は2種類の標準値に基づいて算出している（地域は1980～1992年*、全国は1990～1996年**）。

表6. チェルノブイリ核災害の影響を受けたさまざまなリスクグループにみる、甲状腺癌の標準化された疾患発症率

観察下の
グループ

Groups under observation	Number of person-years of observation	Number of actual cases observed	Expected number of cases	SIR (%)	95% degree of reliability
Resident on polluted territories					
1990-1997	1211132	72	41,7	172,9	135,2-215,1
1990-1993	654501	24	22,4	107,2	68,6-154,4
1994-1997	556631	48	19,3	249,1	183,6-324,6
Liquidators 1986-1987 (men)					
1990-1997	577536	37	8,4	442,7	300,0 - 585,3
1990-1993	263084	13	3,3	393,0	179,4 - 606,6
1994-1997	314452	24	5,1	475,2	285,1 - 665,4
Evacuated from a 30-km zone					
1990-1997	408882	66	12,9	513,4	389,6 - 637,3
1990-1993	208805	23	6,4	362,0	214,1 - 510,0
1994-1997	200077	43	6,5	661,4	463,7 - 859,1

(上段) 汚染区域の居住者

(中段) 事故処理作業員

(下段) 30km 区域からの避難者

表 7. チェルノブイリ原子力災害による影響を受けたさまざまな女性集団の乳癌の標準疾患登録 (SIR)

観察下の

グループ 観察人数 実際の症例数 予測症例数 SIR 信頼度

Groups under observation	Number of person-years of observation	Number of actual cases observed	Expected number of cases	SIR (%)	95% degree of reliability
Resident on polluted territories * 1993-1997	389645	162	107,8	150,3	127,1 - 173,4
Liquidators 1986-1987 ** 1990-1997	39188	44	29,1	151,2	106,5 - 195,8
1990-1993	15913	12	10,9	110,2	47,9 - 172,6
1994-1997	23275	32	18,2	175,6	114,8 - 236,5
Evacuated from 30-km zone* 1990-1997	235072	72	52,3	137,7	105,9 - 169,5
1990-1993	119915	37	25,7	143,9	97,5 - 190,2
1994-1997	115157	35	26,6	131,7	88,1 - 175,3

(上段) 汚染区域の居住者*

(中段) 事故処理作業員

(下段) 30km 区域からの避難者*

表 8. 1980~1985 年、1986~1991 年および 1992~1997 年にみる最も汚染された区域の白血病およびリンパ腫の平均標準疾患指標 (10 万人当たり)

Code ICI-IX		1980-1985 (1)	1986-1991 (2)	t _{1,2}	1992-1997 (3)	t _{1,3}
200-208	leukosis and lymphoma	10,12 ± 0,75	15,63 ± 1,06	4,25 P<0,01	13,41 ± 1,10	2,48 P<0,05
200, 202	Limfo- and reticulosarcoma	1,84 ± 0,33	2,70 ± 0,41	1,64 P>0,05	3,70 ± 0,58	2,77 P<0,05
201	Hodgkin's disease (lymphogranulomatosis)	1,82 ± 0,34	2,47 ± 0,48	1,12 P>0,05	2,10 ± 0,48	0,48 P>0,05
203	Plural myeloma and immunoproliferative neoplasms	0,54 ± 0,16	1,03 ± 0,25	1,66 P>0,05	0,78 ± 0,22	0,88 P>0,05
204	lymphatic leukemia	3,08 ± 0,40	4,93 ± 0,59	2,59 P<0,05	2,97 ± 0,49	0,17 P>0,05
205	myeloleukemia	0,49 ± 0,17	1,99 ± 0,41	3,40 P<0,01	1,06 ± 0,30	1,68 P>0,05
206-208	Other leukosis	2,35 ± 0,36	2,51 ± 0,41	0,29 P>0,05	2,81 ± 0,53	0,71 P>0,05

上から順に、白血病およびリンパ腫、リンパ肉腫および細網肉腫、ホジキン病 (リンパ肉芽腫症)、複数の骨髄腫および免疫増殖性新生物、リンパ性白血病、骨髄性白血病、その他の白血病

明らかに、予想されていた症例数と、実際に観察された症例数との不一致は、チェルノブイリの影響は小さくなるどころか、さらに強くなり、予想も予測もしなかった影響を及ぼしてきており、依然として及ぼし続けていることを示すものであった。チェルノブイリの教訓を取り入れ、予測値が高まった放射線リスクの新たな現実モデルを開発するための包括的でひたむきな努力を行うことが不可欠である。

医学的リハビリテーションプログラム

チェルノブイリの生存者の健康状態が、放射線曝露だけでなく、他の多くの環境汚染による悪影響も受けていることに留意することが重要である。ウクライナの放射線汚染区域は、まさに壊滅的な環境状態にある。放射線と、工業毒や農業毒の複合的影響は、放射性-生化学の相乗作用を蓄積させる役目を果たすものとなっている。さらに、保存剤、安定剤、乳化剤、調味料、着色料をはじめとする物質が含まれる食品によって、有害な異物が体内に入り込むこともある。2006年現在、生物学的検査によって、80年前は自然界に存在しなかったほぼ500種類の化学物質が、平均的な人体に含まれていることが確認されている。われわれの体そのものが、「生化学的混合物」の体系に変換し続けているのである。この複雑さのなかで、ストレス要因またはストレス負荷、生活の質の低下および睡眠不足や栄養不良が増強すると、身体的疾患、病的状態、身体障害が悪化し、平均余命がさらに短縮するおそれがある。このため、環境の悪化した地域や汚染された地域に居住する人については、健康を守り、体を回復させるための予防策を取り、至適条件を作り出すことが特に重要である。ではどうすれば、上に挙げたことを達成し、達成可能にすることができるのだろうか。

このような場合の最も効果的な措置のひとつが、放射線で汚染された食品の排除、放射性または毒性の化学汚染物の低減または排除など、有害因子を残らず取り除くことである。残念ながら、そのような根本的かつ包括的な方法は、事実上不可能である。この現状において最も現実的で実行可能であると考えられるのは、毒性または放射線の健康影響を少なくし、複雑な予防策や公衆衛生プログラムによって、これ以外の有害因子を減少させることである。しかし、このようなプログラムを開発し、予防策を実行する場合、地域社会は以下の基本原理に従う必要があることを念頭に入れておくことが重要である。

- ・人体にまったく安全な食品や製品を導入、販売促進すること
- ・公衆にはその有効性に応じて導入を促進すること
- ・それらの導入が相対的に簡便であること
- ・購入しやすい価格設定にすること

多数の調査研究や一般的な実地経験から、上に挙げた目標を達成する最も有効な方法は、栄養に関する取り組み、または健康食品の導入であることがわかった。世界のなかでもさらに進歩を遂げている国家では、抗酸化物質が豊富な食品を販売促進し、病気から守るとともに体力や回復力を高める有益策に取り組むために、政府プログラムが実施されている。

ウクライナ議会は2002年、「2002～2005年のチェルノブイリ事故による影響を受けた

人に向けた、食品にマリアアザミ由来の生理活性添加剤（BAA）を取り入れるための「予防戦略組織化プログラム」を採択した。この戦略は、保健省、環境政策委員会、経済省、チェルノブイリ事故による異常緊急事態および集団保護対策部、欧州統合審議会による大規模な審査の後に採択された。専門家により選定された最も一般的な生理活性添加剤は、自然に生まれた植物生成物「マリアアザミ」で、クリミア半島で見つかったアザミのよくみられる一種であり、「Chance-Drugstore」社が収穫、製造している。この生理活性添加剤の製造に向けてこの会社が開発した独特な技術により、その有効成分を完全に保たせることができている。この食品添加剤については、ウクライナ、イギリス、アメリカのトップレベルの研究所や病院で、その有効性を明らかにする数々の臨床試験が実施されてきた。マリアアザミの強力な予防治療効果は、その抗酸化物質「シリマリン」、アルブミン、（あらゆる必須アミノ酸などの）タンパク質、きわめてさまざまなミネラルやビタミン、ペクチン、ポリ不飽和脂肪酸などによって得られている。マリアアザミから生成されたこれらの生理活性物質または生理活性添加剤は、成人や子供にきわめて安全であることがわかっており、大量生産しやすく、下流家庭の消費者でも比較的安価で購入できる。

このプログラムの範囲内で、チェルノブイリの子供やムィコラーイウ地方にあるペルボマイスクのひどく汚染された区域に居住する子供に予防治療を行うという目的で、マリアアザミから生理活性添加剤を開発した。このプログラムの結果の分析から、保健省の専門家、現地衛生当局の職員や現地医師らは、その独特な化学成分とその自然な栄養バランスのおかげで、マリアアザミの実が、電離放射線、有毒化学物質への曝露やストレスの多い状況などの過酷な環境条件下であっても、人体を至適レベルで機能させる一助となっているとの結論を下した。マリアアザミを実用化したところ、これには強力な抗酸化、抗変異性、膜保護の性質のみならず、腸内吸収性および修復性も認められたことがわかった。マリアアザミは健康構造や肝機能を回復させ、免疫力を高めるほか、代謝を安定化し、放射性核種をはじめとする有害物質が胃腸管に吸収されるのを防いでくれる。また、重金属、硝酸エステル、亜硝酸塩、農薬などの化学成分の吸収を防ぎ、体外への排除を促してくれる。このプログラムの範囲内で、チェルノブイリ事故の影響を受けた44,600人以上の子供への治療目的で、マリアアザミの流通を成功させることができたが、基金不足により、当初予定していた範囲全体には流通されなかった。

公衆衛生の専門家も、葉酸をパンやお菓子里に添加することによって、特定の種類の先天異常を予防することを強く勧告している。また、世界中の遺伝学者や産科医が、葉酸不足と、ウクライナできわめてよくみられる神経管欠損症の出現との間に、強い予防的な関係があることを認めている。南アラバマ大学（モービル）の遺伝医学学部長 Wolodymyr Wertelecki 博士の監督下で実施されたウクライナとアメリカの出生異常予防プログラムでは、ヴォリンおよびリヴネにみる特定の出生異常の発症率が、国際基準の4倍という驚くべき確率となっていることが認められた。Wertelecki 博士らは、ウクライナ議会および保健省に、妊婦用ビタミン剤や一般食品への葉酸の添加を義務付けることによって、妊婦に悲惨な結末が起きないようにするよう要請した。しかし議会はこのプログラムを承認せず、各政界から抵抗を受けることとなった。

数々の予防プログラム実施例のうち、比較的簡便で安価な活動でも、チェルノブイリ大惨事の危険な影響をいくつか抑えることができることを示しているのはわずか2例にとどまっている。公衆衛生機関は、ここに挙げたような勧告事項に基づいて行動し、上記プログラムに適切な基金が確実に供給されるようにすることが重要である。疾患や出生異常を予防していけば、結果的にウクライナの政府資金の出費が減ることとなる。予防を行わなければ、障害者プログラム、社会補償、児童養護施設の拡大、職場の生産性の損失などにさらに多くの費用を費やさなければならなくなるからである。

特に、チェルノブイリの生存者に支払われてきた経済的に影響が及ぼされることのないわずかな経費が、代わりに予防健康プログラムの方に費やされるのであれば、きわめて合理的なことである。ウクライナ政府が何百万人もチェルノブイリの避難者や、汚染区域の居住者の一人ひとりに、数グリブナを給付するために抱えている財政負担は、学校や幼稚園を通じてマリアアザミなどの生理活性添加剤を流通させるのに用いられる方がはるかに良い。このようなことになれば、チェルノブイリの生存者の健康および生活を守る、特有の組織的な手段を提供するまたとない機会が得られるのではないかと考えられる。予防に向けられた資金は、命を脅かすような疾患の治療のためのエスクロー勘定を開設するのに用いることもできる。

さらに、特に子供や妊婦が実際に受けた放射線曝露の個人線量を明らかにするためには、公衆衛生プログラムの標準法として、放射性核種の直接測定法を取り入れることが不可欠である。全身線量を直接測定するための技術はすでにある。ウクライナの科学者らは、体内の放射線汚染レベルを正確に評価することが可能な「Screener」という独特な自動複合装置を開発した。このスクリーニング装置は、ブリュッセルの国際フォーラムで金賞を受賞している。個人負荷線量に関する情報があれば、間違いなく医師は、影響を受けた人の治療、予防およびリハビリテーションに向けた計画を、さらに効果的に準備することができるようになる。

このことから、チェルノブイリの生存者が今日直面している状況は、きわめて深刻なものであるが、絶望的となったわけではない。危険にさらされている子供の健康状態を改善、保護、回復させることが不可欠であり、多くの場合、それを実行することは依然として可能である。国内の経験だけでなく、海外の医療援助団体の経験においても、そのような活動の有効性を示す証拠が数多く存在している。

たとえば、世界保健機構は、ベラルーシの科学者による研究結果から、子供や成人の甲状腺癌が驚くほど増加していることが明らかにされたことを確認すると、国際社会は寛大に対応した。フランス、アメリカ、アイルランドをはじめとする西欧の機関は、効果的な甲状腺スクリーニングプログラムや、内分泌学者や外科医向けの研修会議を開発したほか、大量の甲状腺ホルモン補充療法を提供することによって、ウクライナ、ロシアおよびベラルーシの医師が、甲状腺癌にかかっている大半の子供の命を救うことができた。もし、IAEAが、1993年の小児期の甲状腺癌には増大が認められなかったと政府機関に信じ込ませようとする取り組みに成功していれば、今回の疫病への国際対応はさらに遅れ、さらに多くの命が失われていたかもしれない。

このことは、特定の癌や出生異常の潜伏期が過ぎ始めているために、有効な研究プログラムを開発し、高リスク集団についてさらに詳細に調査し、今後も増加のおそれがある他の健康問題を考慮することの重要性を強調したものとなっている。新たに得られた証拠の検討を拒み、「ヒステリー」や「放射線恐怖症」のような健康影響に関する信ぴょう性の高い報告をはねつけるような科学者は、科学者としてではなく、ある観念に捉われた活動家として行動しているのである。まさに別の健康問題が現れ始めようとしているときに、チェルノブイリ関連にピリオドを打つような行為は、常識では考えられない。

ここに挙げたような問題を解決するには、最も大きな影響を受けた3カ国だけでなく、国際社会全体の範囲内での政治的意思や財政支援が必要であることは間違いない。地方自治体、国連、世界保健機構、国際放射線防護委員会、IAEA、人道医学的支援団体の協調的努力を通じて、今回の事故の環境的影響、医学的影響および社会的影響を乗り越えることを目的とした研究調査やプログラムには、継続して資金提供されることが不可欠である。

結 論

1986年4月26日に起きたチェルノブイリ原発事故は、過去に無いレベルの大量の放射能を放出し何百万人もの人々に影響を与えた、史上最悪の科学技術災害となった。被害を受けた人々の中には、60万人動員されたとも言われる事故処理作業員や34万人以上の永久避難者、事故現場の風下にあたる地域で危険にさらされながら生活している居住者たちも含まれる。これらの地域としては、アイルランドやスウェーデン、トルコ、フランス南部やルーマニア等、原発から遠く離れた国の人口密集地域も含まれている。当然のことながら、最も危険にさらされている人々は、染色体異常や先天性障害に苦しむ元事故処理作業員とその子どもや孫たちであり、いまだに汚染された地域でいわゆる“低レベル”放射線の長期的影響を受け続けている居住者たちである。

- チェルノブイリ原発事故の最大の損害は、大量かつ多種の放射性物質が放出されたことである — ストロンチウム 90、ジルコニウム 95、ニオブ 95、モリブデン 99、ルテニウム 106、テルル 131・132、ヨウ素 129・131・132・133、セシウム 134・137、バリウム 140、セリウム 141・144、ネプツニウム 239。プルトニウム 238・239・240、アメリシウム 241、キュリウム 242・244 などの超ウラン元素も相当な量が観測された。発散された放射性物質の全体量に対する放射性プルームの構成、つまり各放射性元素の割合は、数パーセント（プルトニウム）から概算 30パーセント程度（放射性ヨウ素）と、それぞれに異なる。それぞれの核種の半減期についても、5～8日（不活性ガスとヨウ素 131）から、2万 4,110年（プルトニウム 239）と、それぞれの核種によって大きく異なる。
- 事故後、初期段階では、主な放射線は半減期の短いヨウ素 131・132、テルル 131・132 などによるものだった。それらは特に甲状腺に影響を与え、こうした元素がこの初期段階において主に激しい照射をもたらした。現在そして当面の間は、基本的には半減期の長い元素、特にセシウム 137（30年）、ストロンチウム 90（100年）などからの被曝による。またプルトニウム 239・240も、前述の核種に比べ人体に取り込まれにくく危険の度合いは相対して低くはなるものの、長期的被害をもたらすものである。セシウム 137とストロンチウム 90からの照射による外部被曝および内部被曝の集積線量が、最も深刻な脅威となっている。
- 放射性降下物による汚染が最も高濃度なのは、ベラルーシ南部、ウクライナ北部とロシアの南西地域である。これらの国の一部では、 1480kBq/m^2 (40 キュリー/ km^2) 以上もの高濃度汚染が見られた。ウクライナだけでも、5万 500平方キロメートルの土地、2,218の居住地（240万人以上もがかつて生活、もしくは現在も居住）が汚染された。

- チェルノブイリ事故後、放射能降下物はヨーロッパ内の半数以上もの国々で見られたが、汚染の度合いは深刻な3国に比べて低いものではあった。少量の放射性核種が北半球全般にわたり放出され、微量が日本やアメリカなどの遠方でも観測された。
- 事故後、セシウム 137 による汚染は、ドイツ南部、オーストリア、フィンランド、ノルウェー、スウェーデンの一部で 40.0kBq/m^2 を超えた（通常の20倍）。ヨーロッパの一部では 100.0kBq/m^2 となるホットスポットも現れた。このため西ヨーロッパの一部の住民は、これまでも、そしてこれからも低レベルの放射線による長期的影響を受け、比較的高いリスクにさらされることとなる。
- チェルノブイリ事故による健康被害に関しては、曖昧な試算しか出されておらず、現在も論争となっている。唯一、議論の余地のない事実、事故処理作業員、子ども、妊婦が最も影響を受けているということである。
- その他にほぼ統一見解とされているのは、ベラルーシ、ウクライナ、ロシア南西部の子どもおよび大人の甲状腺ガンと内分泌系の病気が、事故後数日の広範囲に渡る放射性ヨウ素 131 放出を起因として、劇的に増加したことである。しかしながら、現在も何百万人もの人々が被曝し続けており、それ以外の全体的な健康への影響については、より一層不明確であり、更に深い研究が必要である。
- 1992年～2000年の間、避難した子どもたちの間で新生物（腫瘍）の発症が65倍となり、甲状腺の悪性腫瘍については1987年の60倍となった。WHOとその他の機関の各研究によると、ベラルーシの汚染地域内および周辺の子どもの間、1993年までに甲状腺ガンは80倍に増加、1996年には90倍となった。同じ期間に、ウクライナ全土の子どもの甲状腺ガンは10倍となった。
- IAEA（国際原子力機関）および国際的な放射線医学研究グループの多くにとって、チェルノブイリ事故後10年間における急激な甲状腺ガンの増加は想定外であった。これは着目すべき点である。これらの研究機関では、コンピューターによる分析・計算と、広島・長崎の原爆被災者の研究例から、甲状腺ガンについてより低い数字を予測しており、しかも被曝から15～20年後までは発症しないものと考えていた。これらの機関は1990年代終わり頃まで、自分たちの予見を擁護し、甲状腺ガンの増加を否定し続けた。他にもIAEAによる最近のレポートではわずか4,000人が追加でガンにより死亡するとの試算だったが、これも同様に誤った想定、機関側の偏見、限られた情報から導き出されたものだった。こうした想定は、今後長期にわたる慎重かつ公正な、ハイリスクおよび比較的低リスクの低い人々を対象にした研究によって書き換えられねばならない。

- 内分泌系器官は、特に放射線の影響を受けやすい。内分泌系疾病は、最も被害を受けた子どもたちの間で、ウクライナの子ども全体に比べて3倍の率で発生している。従って、汚染地域に住む子どもたちや避難した子ども等の特にハイリスクの人々は、更に慎重な調査を受けるに値する。もう一点大事なこととして、事故後に事故処理作業員や避難民の子どもとして生まれた、グループⅣのカテゴリーの子どもたちですら、ウクライナの同年代、同様の経済環境の子どもに比べ、2.7倍の確率で内分泌系の病気にかかっている。
- チェルノブイリ事故後何年もの間、各国の学者たちは、被災者の間で白血病やリンパ腫の顕著な増加は見られないと言い張ってきた。こうした中、ベイラー医学スクールの専門家の監督のもと、アメリカ海軍カレッジの出資で行われた詳細な調査で、汚染地域であるジトームィル地方（ウクライナ）の子どもたちと、チェルノブイリ以前の段階で国内でガンと白血病の発生率が最も高かったポルタヴァ州の子どもたちとの比較が行われた。その調査によると、白血病の率は1987年以降、1996年にピークに達するまでの間ほぼ平行して増加した。しかしながら、新たに白血病と診断されたケースはジトームィル地方のほうが2倍多く、急性リンパ性白血病の新たな診断は男児の間では4倍となり、血液サンプルには明らかに被曝の遺伝子的影響が見られた。
- 事故処理作業員や避難者、汚染地域に住み続けている人々の子どもとして生まれた者の間では、血液や造血器官の病気が増加した。この種の病気の疾病率は国内の他の地域の子どもの2.0～3.1倍となった。
- チェルノブイリ事故との関連性が最も強いと言われる問題の一つとして、低線量の放射能が妊婦や胎児の発達に与える影響があげられ、特に先天性欠陥の頻度や原因と関わっている。
- ウクライナの国立小児医療・産婦人科機関の研究によると、たとえ低線量でも電離性放射能に汚染された地域に住む妊婦においては、胎盤への放射性元素の蓄積が見られた。別途、ウクライナとベラルーシの研究によると、汚染地域に住んでいる女性においては、比較的汚染の少ない地域に比べ著しく高い率で流産や妊娠合併症、再生不能性貧血、早産などが起こっている。（Petrova 他および Hulchiy 他の研究）
- 何十年もの間、科学者たちは、たとえ微量であっても放射能は内分泌系への障害や先天性欠陥の発生に影響するということを認識していた。1996年および2002年、ベラルーシとウクライナの科学者らが、被曝者の間で相当な内分泌系疾患の増加を確認している。イスラエルおよびウクライナに住む、元事故処理作業員の子らは、チェルノブイリ事故以前に生まれた兄弟姉妹に比べ7倍もの率で内分泌系障害を発症している。これだけ、その他の点において類似した対象者の間で、劇的な相違が出てきていること

について、決定的な要因を証明することは科学者たちにとっても難しいことである。
(Royal Society of Medicine (王立医学協会)、Weinberg, Stepanova 他の研究)

- ウクライナ、ベラルーシ全土において、チェルノブイリ事故後に先天性欠陥や深刻な障害が顕著に増加したことが、医療従事者たちにより報告されている。これらの障害は、口蓋裂、多指・欠指症、欠肢や奇形、内臓の欠如や奇形、眼腫瘍、脊髄披裂、複数の先天性欠損を持つケース等々、手術で治療することのできない障害である。これらの報告のほとんどは系統立ったものではないが、広く伝えられているとともに、信頼できる医療業界からの報告も含まれており、相当な研究資金を費やし更に精査することを命ずるに足るものである。産科医や新生児科医によると、事故前にもこのような先天性障害が見られたが、それらはまれな例であり（5年に1例程度）、チェルノブイリ事故後はこうした遺伝子的障害を持って生まれる新生児は毎年数例あり、特定のグループで発症していることから、母体の環境的要因（被曝）との結びつきが大いに考えられる。ウクライナ北部など、産業に乏しく、農民も殺虫剤を購入する余裕が無く有機農法に頼っている地域では、遺伝子的変異を放射能の影響以外の理由と結びつけようとしても説明がつきにくい。ウクライナおよびベラルーシでは、きちんとした先天異常の記録がないが、別途 Yukio Satoh 他（1994年）および UAPBD（2004年）による多数の新生児を対象にした研究によると、通常では非常にまれであるはずの先天性欠損症が多く見られており、通常であれば、更に多数を対象にした調査でさえ、これだけの発症数は見られないはずである。
- チェルノブイリ事故の被害者（生存者）の子供たちにおいては、管状骨や歯胚などの器官にアルファ粒子や放射性核種が蓄積した“ホットスポット”が見られた。近年では、高い放射線の地域に住む母親たちの死産児において、骨細胞へのアルファ放射性核種の蓄積量が何倍にも増加している。
- セシウム 137 とストロンチウム 90 は、それぞれカリウムとカルシウムに非常に似た働きをし、骨細胞に吸収されやすい。研究者たちは脊髄の先天性奇形など发育不全の子供たちを広く調査する必要がある、こうした成長の異常はウクライナやベラルーシの孤児、特に事故後数年のうちに生まれた子供たちの間に多く見られる。（雑誌 TIME 1994年4月18日号；アカデミー賞受賞ドキュメンタリー映画「チェルノブイリ・ハート」より）チェルノブイリ地方では、1950年代核実験後のマーシャル諸島共和国と同様に“クラゲベビー”と呼ばれる骨格の無い赤ん坊が死産として生まれるケースが、医師らにより記録されている。
- 幼い頃の被曝が、ウクライナとベラルーシの女兒の（将来の）生殖機能の健康に悪影響を与えてきた。14年間に及ぶ産科患者の記録により、ウクライナの小児科・産婦人科機関では、被曝した地域では通常の妊娠がわずかに 25.8%であった。つまり、75%近

くもの妊婦が妊娠合併症を煩っている。一方で汚染の無い地域の妊婦は、2.5 倍の率で問題なく健全な妊娠期を過ごしている。被曝した妊婦のうち 33%が、初期もしくは二次性の欠乳症（授乳期における母乳量の減少）を経験している。

- 子供の頃に甲状腺ガンの手術を受けた妊婦の健康に関しては、通常の妊婦の研究に加え、特に厳粛なる調査をする必要がある。甲状腺ホルモンの代替として投与する薬について、長期連用した際の胎児への影響についても、これまで真剣に研究がなされていない。
- 小児科医たちは、被曝地域の子供たちの骨および筋細胞における疾患の著しい増加を指摘している。汚染されていない地域の子供たちと比べて 5 倍骨折が頻発している。また、筋力や運動能力の障害は、ウクライナ国内の非汚染地域の 3.3 倍にもなる。
- 子供の頃に被曝した女性は、しばしば骨細胞の異常や早期喪失、歯の退化、およびホルモン系の発達やミネラルの代謝において急激な変化を経験することがしばしばある。こうした症状は胎児の成長に悪影響をもたらすことが多い。彼女たちが出産した際は、障害児の生まれる確率が非汚染地域と比べて高い。
- 汚染地域に住む子供たちに、特定のミネラルの欠乏が見られた。これは、代謝の様々な過程において悪影響を及ぼし、病気の要因をつくることがある。
- 子どもの発達に関する複数の臨床研究によると、汚染地域出身の母親から生まれた子供たちは、比較的汚染の少ない地域の子どもたちに比べ、一般的に運動能力の発達の遅れ、より深刻な注意力障害、記憶力の貧困、より低い反射能力およびその他の神経系の働きの脆弱性が見られ、身体機能的な成熟は、他の子どもたちに比べて遅れがちである。
- 事故処理作業員とその子どもたちの身体細胞における染色体変異はより程度が激しいことが、複数の研究データにより示されている。こうした放射能による染色体異常は、腫瘍の発生リスクや発ガン性を高める。
- 母胎で激しく被曝した子どもたちには免疫不全が見られ、特に 9~10 歳の時に症状が見られた。
- 高い放射線量の地域に住む子どもたちには、染色体異常を誘発する症状が見られている。
- 低線量の電離放射線が DNA 細胞の変質（分裂と再編成）を誘発する。こうした異常な

DNA 変異は細胞核でも起こりうるもので、それは細胞破壊をまねく。

- 動物実験での発見であるが、体細胞突然変異および胚死亡は徐々に増加していき、さらには世代を経るごとに倍増し加速していく。こうした実験結果により、人間においても、チェルノブイリ事故の影響が世代を経るに従って激しくなると想定できる。今や私たちは、「チェルノブイリ事故の孫世代」という新たな世代の出現を目の当たりにしており、この世代は、染色体異常や免疫不全、その他放射線被曝のいまだ解明しきれない生命や健康への脅威という迷惑な“遺産”を受け継いだ子孫たちなのである。
- 汚染地域に住む子どもたちの数々の身体的障害の内訳は、比較的汚染の少ない地域の子どもたちとは異なっている。リンパ系および骨髄のガン、中枢神経や呼吸器系の病気がより頻発し、一方で非汚染地域では、精神異常や行動異常、神経系の病気が起こりやすくなっている。
- チェルノブイリ事故後のウクライナ、ベラルーシ、ロシアの死亡率を算出するにあたっては、多くの要因が関わってきており、現時点で結論的に放射線被曝と増加した死亡率を単純に結びつけることはできない。ただ、チェルノブイリの事故処理作業員たちは当時まだ若く、多くが20代で、身体的に最適のコンディションである兵士や消防士であったが、彼らの死亡率のパターンについては、調査する必要がある。こうした元事故処理作業員たちが40代で多数死亡するということは想定しがたい。しかしながら、事故後20年の間、彼らの死亡率は一般のウクライナの労働人口に対し2.7倍以上もの数字となっている。これは、広く公表されていないことだが、元事故処理作業員の各年齢層における死亡率は、常に同年代の一般人よりも高くなっている。また、ソ連時代終盤には、医師らは死因または死に至る要因として、放射能被曝と診断することは禁止されていた。更には、全身被曝量と内部被曝量についてごまかすよう、医師らに命令が下っていた。現時点の試算では、事故処理作業員の死亡率は2010年までに21.7%にも達しうるとされている。
- チェルノブイリ原発事故で最も被害を受けたベラルーシとウクライナ2国が、ヨーロッパで唯一1990年台に著しい人口減となっており、国連の当該担当部署は人口統計上の明らかな急減について、懸念を表明している。（ウクライナの人口は1991年から2001年の間に5,200万人から4,830万人に減少）市場自由化という「ショック療法」的な経済の変化や社会的ストレスを原因の一つと考えることもできるが、その場合は同様の社会的変化を経験した他の東ヨーロッパ諸国でも、同じようなことが起こるはずである。戦争、飢饉や疫病、海外移住も無い状況下でこのような急激な減少があるということは、憂慮に足るものであり、少なくともチェルノブイリ事故の放射能被曝を重大な要因として排除することはできない。

- ウクライナでは、チェルノブイリ事故の被害者の中で病気が多発し、ウクライナ国民一般における病気の流行よりも顕著に多い。汚染地域の疾病率は、比較的汚染の少ない地域と比べて2.6倍となっている。汚染地域での半年ごとの病気の増加率（新たな診断）は10%であり、比較的汚染されていない地域では0.39%となる。
- 放射能汚染地域での疾病率の増加、新たな病気の発生について、人間は短期間での急激な放射線の変化に身体が順応しきれないものであり、様々な要因が重なって起こっている。汚染地域に住む子どもや青年、若者の健康に限って見ると、急激に様々な器官の機能不全が起こり、一般的な治癒までの期間とは異なり長期にわたる慢性疾患となるうえ、通常の治療法が効きにくくなる。
- 事故直後、子どもの中で特定の病気が増加したが、それは段階ごとに特定の性質を持つ免疫機能不全に関わるものであった。低線量被曝によって染色体異常や病気の誘因が存在する状況下で、免疫力の低下は特に危険である。
- 臨床医たちは、異常に高い率での腫瘍（良性および悪性）の発生を観測している。ある一定量の放射線を浴びた子どもたちに、新たなガン腫瘍の形成が見られた。1992年から2000年の間に、避難した子どもたちの新たなガン疾病は65倍に増加。甲状腺の悪性腫瘍は1987年に比べ60倍に増加している。
- 染色体組成は、放射線被曝に危険なまでに非常に敏感であることが判明した。チェルノブイリの子どもたちの染色体に関わる病気の発生率は、ウクライナ子ども全体の3倍も高い。この点で最もリスクの高いグループは、汚染地域に住む子どもと避難した子どもたちである。これらの子どもたちにおいては、染色体の損傷マーカーが国全体の子どもたちのケースと比べて非常に多い。事故処理作業員や避難民、汚染地域に住む親たちから生まれた子供でさえも、通常より2.7倍の率で染色体疾患を患うということも、注目すべき点である。従って、こうした染色体への損傷が遺伝して、次世代にも受け継がれることがわかる。
- 事故処理作業員の子ども、避難者および汚染地域住民の子どもの間では、造血系器官の病気が増加し、ウクライナ国内の住民一般と比べると2~3倍の発症となっている。
- 低線量の被曝が集積すると、人体の健康に大いなる危険を及ぼす。
- チェルノブイリ事故直後、最も差し迫った問題は低線量被曝が妊婦を通じて胎内の子どもの生命にどのように関わり、子宮内での胎児の発達や先天性異常の発生率にどう影響していくかという点であった。電離性放射性物質の低レベル被曝を受ける地域に住む妊婦の胎盤には、事故後継続して放射性物質の蓄積が見られている。これは、妊

娠中の様々な疾病につながる。西洋の保健専門家の監督のもと、ベラルーシとウクライナで行われた研究では、汚染地域の妊婦は通常の線量の地域の妊婦に比べ、非常に高い率で妊娠合併症を発症している。

- ウクライナの子どもの骨細胞と乳歯にはアルファ放射性核種やホットパーティクル（ウランを含む超高放射性微粒子）がまだらに蓄積している様子が見られる。近年では、汚染地域の母親から生まれた死産児の骨細胞中にアルファ粒子と放射性核種が増加している。
- 女兒の被曝は、将来の生殖能力に悪影響を及ぼす。子どもの頃被曝した女性においては妊娠率が25.8%と非常に低く、非汚染地域の女性（64.5%）の2.5倍低いことになる。
- チェルノブイリ事故後の20年間、ウクライナの労働人口の死亡率と比べ、事故処理作業員の死亡率は2.7倍の率である。近年の元事故処理作業員の死亡率を見ると、国内の似た条件の人口と対比すると、統計的に非常に高い率となっている。このままの率が続くと、2010年までに21.7%の死亡率に達することが、人口統計学者たちにより予想されている。
- 被害を受けた人びとの疾病率、死亡率、障害、生活の質に関する諸データは、チェルノブイリ・フォーラム（2005年9月）による、事故後の被害についての楽観的評価には、合致しないものである。
- チェルノブイリ・フォーラムにおける健康被害に関する発表は、客観的なものではなく、事故の健康への影響について国際社会で共有されている情報のうち、恣意的で不完全な情報をまとめたものである。
- チェルノブイリ・フォーラムの保健の専門家たちが指摘した精神障害は、十分な根拠に乏しいものである。というのも、チェルノブイリ事故を発端とする最も深刻な健康被害は、人々がパニックに陥ったことによる精神障害ではなく、放射線被曝がもたらす実際的な健康被害についての憂慮であり、また、放射能降下によって影響を受けた地域では実際に放射能によってもたらされた体調不良に対しての精神的負担なのである。国際的に著名な精神科医のDr. Simeon GluzmanとDr. Evelyn Bromet（ニューヨーク・ステート大学 ストローブルック校）によるチェルノブイリの家庭を対象にした心理学的研究によると、ごく一般的に身体的疾患がもととなって患う心労やうつ状態と同様の症状が観察された。
- ICRP（国際放射線防護委員会）やその他の機関が設定した放射線のリスクに関する指標では、放射線被曝による健康への被害や影響について、実態を予測することができ

ない。ICRP がベラルーシとウクライナの子供や大人の間での甲状腺がんの急激な増加を予測できなかったことから、その指標に欠陥があることが露呈されたのである。数学的指標は、実際に危険にさらされている人びとを慎重に検査した厳密な臨床研究に取って代わることはできない。そういった臨床研究は、特定の種類のガンや一種の器官のみを対象とするのではなく、様々な健康被害の可能性を考慮に入れた統合的なアプローチをとるべきである。

- IAEA や ICRP のとっている立場は誤っているだけでなく、チェルノブイリ事故の被害者の健康被害を軽減しうる様々な対策やスクリーニングの価値や効果を否定している点で、危険なものである。更には、各国から放射線の影響、その防御・治療の技術の可能性について示唆に富んだ、重要な識見を与えてくれるような研究結果が出されているが、IAEA や ICRP はこういった有益な諸研究を無視しているのである。たとえば、最近まで原子力エネルギーに頼ってきた国々は、原子炉からある一定の距離の地域にヨウ化カリウムを備蓄してこなかった。それは IAEA や他の機関が地元の保健担当者に被曝の健康被害は微々たるものと保証し、こうした対応は逆に住民の不安を不必要にあおるものだと説明してきたからである。チェルノブイリ事故を受け、ポーランドのように、的確な予防措置を取り、放射性要素からの被曝を防ぐ薬剤としてヨウ化カリウムを配布した国々では、ほんの少数の子供たちしか甲状腺ガンにかからなかった。一方で、そういった対策を取らなかったベラルーシやウクライナでは、何千人もの子供たちが甲状腺ガンにかかったのである。
- 国際社会は、原子力エネルギーの開発に伴い、透明で信用できる公共安全管理と監視システムが備えられることを、保証される必要がある。チェルノブイリ事故の被害にあったヨーロッパ中の国々が、こうしたシステムが欠如していたということを証明しているのである。

提 言

- 「チェルノブイリ・フォーラム」の2005年レポートでは、チェルノブイリ原発事故の放射線被害、環境、医学的および社会経済的な影響について結論を出しているが、本書で紹介している他の研究者たちによる調査結果やその他の取りまとめ等で記録された健康被害を考慮しておらず、不適当なものとして取り扱われるべきである。
- 「チェルノブイリ・フォーラム 2005」の結論はあてにならないものであり、特に最も被害のあった3国（ウクライナ、ベラルーシ、ロシア）の住民や科学者にとっては信用されていない。従って、国連やその他の国際機関は、独立した専門家調査団を設立し、被災地域の人々の健康や生活環境への事故の影響について現実的でしっかりとした根拠のある分析をすべきである。
- 放射能の危険について、新たなモデルを設定すること。それは、あらゆるレベルの放射能汚染について科学的見地から予見し説明することができるような十分なデータを全て考慮したものであること。「予防原則」を適用しつつ、放射線による健康リスクについて全ての科学的データをもとにした詳細で独立した評価・査定をまとめること。
- 事故の被害にあった国々の政府との連携のもと、国連、WHO、ICRP、IAEA およびチャリティーや国際社会は、同事故の放射能汚染、医学・社会・経済的な影響を克服するための研究やプログラムに対し、継続して資金を提供できるようにすること。
- 出産適齢期の女性、妊婦、子どもに対しては、優先的に健康被害から守る措置を受けさせることとする。
- 国連、WHO において適確な情報を扱う部局を設置すること。また IAEA と ICRP および各政府等が事務的機関を通じて、放射線がもたらしうる健康被害の可能性と、その可能性を最小限にとどめるための適確な情報を、被災住民および国際社会に提供すること。こうした取り組みは、生命と健康を守るため信頼できる情報を受けるといふ基本的人権を擁護しつつ、展開されなければならない。
- 国連、欧州議会並びに全ての国家の政府は、新たに代替エネルギー技術開発を追求するための最優先事項を確立すべきである。これらの機関、政府は、化石燃料や長期残存する核廃棄物を大量に発生させる方法に頼らない電気エネルギーの新たな時代を築くための取り組みを、更に倍増する必要がある。

- 放射能汚染には国境は関係無い。環境汚染、食品の汚染、上下水汚染を通して国を超えて何百万人もの人々の生活が影響を受ける。従って、全ての関心ある国際団体のための、独立した国際的な放射線防護評議会を設けることを提案する。

注記一覽

1. Ref. F.Juber, A.Anisimova, G.Antsipov, V.Ramzaev, E.Sobotovich. Strategy of deactivation. A joint pilot project. European committee, Belarus, Russian Federation, Ukraine. The international cooperation on consequences of Chornobyl accident. The final report. 174 p.
2. V. G. Bariychtar. The Chornobyl accident. Kyiv/ - 1996. - 575 P.3.
3. A.E.Romanenko, A.I.Njagu, K.N.Loganovsky, D.A.Bazyka. The international magazine of radiating medicine. - 2000. № 1 (5). - p. 3-25.
4. A.Lagutin, O.Rogozhin, O.Ribakova. Radiation-exposed children by radioiodine, as a group of 1th generation of most effected population. Book: Postchornobyl socium . 15 years after accident. -K.: Institute of sociology of NANU. - 2000. -563 p
5. V.A.Buzunov, E.A.Pirogova, V.S.Repin and co-authors. Epidemiological researches of not tumoral desease of the adult population evacuated from Pripyat and a 30-kilometer zone of the Chornobyl atomic power station. // The International magazine of radiating medicine. - 2001. - №3-4. - p. 26 - 45.
6. A.V.Ipatov, E.V.Sergieni, T.G.Vojtchak. Physical inability of children in areas of Ukraine, which population effected as a result of Chornobyl accident. Ukranian state scientific research institute of medical-social problems of physical inability. Dnepropetrovsk, Ukraine. // The International magazine of radiating medicine. - 2003. - № 3. - p 58 - 59.

7. E.M.Lukjanova, J.G.Antipkin, V.P.Tchernyshev. The ionizing radiation and immune system of children. *Expert.* - 2003.
8. E.I.Stepanova, V.J.Vdovenko, T.J.Galichanskaja. Remote immunological and cytogenetic effects of an intra-uterine irradiation. A centre of science of radiating medicine AMS of Ukraine. // Materials of a scientific - practical conference "Influence of ecological surroundings on the state of health of children". Poltava -2000. -p.103-105.
9. J.I.Bandazhevsky, A.M.Perepletchikov. Morpho-functional aspects of influence of incorporated radioactive nuclide on an organism. // Collection of scientific works. Republic Belarus. Gomel.-1998. - p.23-27.
10. J.I.Bandazhevsky, A.M.Perepletchikov. Morpho-functional aspects of influence of incorporated radioactive nuclide on an organism. // Collection of scientific works. Republic Belarus. Gomel.-1998. - p.28-31.
11. J.I.Bandazhevsky, A.I.Zarjankina. Morphofunctional aspects of action of radioactive nuclides on processes of antenatal and postnatal developments. // Collection of scientific works. Republic Belarus. Gomel.-1998. - c.13-14.
12. V.Didenko, And, G.Kolomijtseva, E.N.Bondarenko. Influence of treatment-and-prophylactic complex on perinatal outcomes at the women living in an areas of long action of small dozes ionizing radiation. Institute of pediatrics of obstetrics and gynecology AMS Ukraine. // The International magazine of radiating medicine. - 2003. - № 3. - p 32 - 33.
13. Institute of experimental medicine of National advice of researches. Influence of small doses of ionizing irradiation on the structure of double spiral of DNA, expression of genes and state of membranes. Rome. Italy. -1997-1998.
14. I.N.Bahnarel, L.S.Koretskaja, A.N.Mishina. Cytogenetic consequences at children who have born in families of participants of liquidation of consequences of accident on the Chernobyl atomic power station. National scientific -practical center of preventive medicine, Kishinev, Moldova. // The international magazine of radiating medicine. - 2003. - volume 3. - № 5.- p.10.
15. E.A.Liholat, J.S.Sapa. Possible hereditary radiating infringements of health at descendants of participants of liquidation consequences of Chernobyl accident. A Ukranian state scientific research institute of medical-social problems of physical inability. Dnepropetrovsk, Ukraine. The Dnepropetrovsk national university. // International magazine of radiating medicine. - 2003. - volume 3. - № 5. - p.76-77.
16. R.I.Goncharova, N.I.Rjabokon. Dynamics mutational mutagenesis at the small mammals who are exposed to chronical influence of small dozes of ionizing radiation dur-

ing more than 20 postchornobyl generations. Institute of genetics and cytology NAS Belarus, Minsk. // International magazine of radiating medicine. - 2003. volume 3. - № 5. - p.46 - 47.

17. Demidchik E.P., Kazakova V.S., Astahova L.N. et al Thyroid Cancer After Chernobyl Nature September 3, 1992 p. 75-78
18. Takeichi N. The Chornobyl Accident Thyroid Abnormalities in children. Congenital Abnormalities and other radiation related information - The Firs Ten Years Hiroshima. - 1996.
19. Recommendations - 2003 European Committees on Radiating Risk. Revelings of consequences for health of an irradiation ionizing radiation in small dozes for the purposes of radiating protection. The regulating edition. - Bruxelles. - 2003. Under A.V.Jablokova's edition. Moscow. - 2004.