

ウクライナ医学アカデミー
放射線医学研究センター

チェルノブイリ事故後 電離放射線に被曝した人々の健康影響

国連総会に提出された国連原子放射線の影響に関する
科学委員会（UNSCEAR）報告のデータと結論の分析

訳：「チェルノブイリ被害調査・救援」女性ネットワーク

目 次

要 旨

事故処理作業者の健康

急性被曝影響の結果

白血病

固形ガン

甲状腺の非腫瘍性疾患

免疫と代謝障害

身体的疾患

吸入による放射性核種摂取の結果

神経精神的疾患

成人住民の健康

登録システム

悪性新生物

非腫瘍性疾患

子どもたちの健康

引用文献のリスト

付 表

要 旨

チェルノブイリ惨事 15 周年を前に国連総会への科学委員会の報告書 “電離放射線の線源と影響” と、チェルノブイリ惨事の問題と直接的に関連する “チェルノブイリ事故の被曝レベルと影響” という付属書が出された。報告が出たことは、15 年を経て、電離放射線とチェルノブイリの問題が国際社会にとって無関心ではいけないということ物語っている。

報告書の分析はウクライナ医学アカデミーの放射線生物学と放射線医学分野の指導的専門家によって行われ、次の事が示された：

- 報告書（付属書 J）において、ウクライナの学者の研究をもとにウクライナの汚染地域（I 章）と、住民の種々のグループの線量負荷（II 章）の詳細な特徴が提供された。；
- 報告書の第 III 章では急性放射線症になった 237 名の初期の放射線影響について詳しい特徴が示された。

UNSCEAR の報告書は原則的な面での制約を有している：

- 放射線量の差異、放射線量のきわめて危険な住民グループの存在を無視している（1986－1987 年事故処理作業員、 $n = 126,000$ ；胎内被曝した子ども、甲状腺の過剰被曝の子ども、 $n = 500,000$ ）；
- 第 IV 章は、まず、被災国において客観的データの取得不可能なことのイメージをつくるために、登録システムの欠点と制約に向けられている。
- 被曝の晩発的影響に関する V 章の準備に際し、多分、ウクライナ語、ロシア語の研究出版物で公開された被災者の健康状態に関する情報は使われなかったようである。委員会専門家の結論は、ウクライナ、ロシア、ベラルーシにおいて論文、書籍、国内外の学会等でのテーゼ、報告資料として非常に多く出版され、公表されており、それらチェルノブイリ惨事の著しい医学的、心理社会的影響の存在に言及しているウクライナ、ロシア、ベラルーシの学者の研究結果を完全に無視している。
- 1999－2000 年に現れた原爆被爆者の研究に基礎を置く放射線の身体的影響についての研究、またイギリスの原子力施設の労働者コホートの疫学研究データは利用されていない。これが不十分な報告書の情報へと導いた。
- 確率的影響（白血病、固形癌）分析において、腫瘍プロセスに誘導する長い期間を考慮に入れることなく結論が作られており、それが根拠のない結論に導いている。

ウクライナの専門家の考えによれば、チェルノブイリ事故の医学的影響の問題は、チェルノブイリ原発と同様に閉じられるものと考えてはならない、15 年たって今なお焦眉の問題なのである。電離放射線と、被曝、ストレス、食品、社会的要因の組み合わせた効果との影響について研究を続けることが必要である。

本分析書類に提示されたデータは、すでに形成された影響の存在、また、将来の研究方針を示してい

る。国連科学委員会報告への公式付属文書としてこの資料の普及が必要であると考える。

第一に、援助を必要としている主なグループは、事故後処理に参加した人、そのなかでも線量 25cGy 以上の人たち、胎内被曝の子どもたち、血液障害に苦しむ人、また労働能力を失うようになる身体的疾患の人である。我々は近い将来にフルスケールの確率的影響、とくに白血病についての研究を行う必要がある。実施された国際的研究によって信頼できる科学データを得る可能性が証明されている。

将来の放射線の影響研究は次の方向で行われるべきと考える；

- 放射性発ガン（事故処理作業員および汚染地域の住民の固形ガン、事故処理作業員と住民の甲状腺ガン、白血病）
- 事故処理作業員と住民の、事故の影響による主たる種類の非腫瘍性疾患での死亡率と発病率（心血管疾患—虚血性心疾患、アテローム性動脈硬化症、高血圧性心疾患；呼吸器系疾患、消化器系および非腫瘍性内分泌系疾患）
- 発達の様々な段階における脳の放射線障害
- 放射線影響の細胞分子学的アスペクト

国際科学組織に対し感謝しなければならない — 国立がん研究所（アメリカ合衆国）、ドイツ原子炉安全協会（GRS）、フランス放射線防護原子力安全研究所（IPSN）、日本放射線影響研究所（RERF）その他、ウクライナに対し科学的、方法論的、技術的および資金的支援を被曝影響の研究に供与してくれた。

事故処理作業員の健康

- 1) **急性被曝の影響** UNSCEAR が提出した、チェルノブイリ原発事故と関連する急性放射線症患者の急性影響に関する情報は、基本的に正しく、余計な解説は不要である。現在、事故後 14 年間の健康状態について追加データが蓄積されている。放射線医学研究センターでは 1986 年に急性放射線症と診断された 237 人中 197 人の健康状態の観察と分析を行っている。そのうちには 1989 年に診断をされた、85 人を含んでいる（急性放射線症第 1 度—36 人、第 2 度—40 人、第 3 度—9 人）。また 1989 年に診断を受けた 92 人の患者は、初期の医学検査の十分なデータが欠如していたために認定されなかった。（B1 - B6,F1,F2,K1,W1）
- 2) 患者の死亡に関する一般データは表 A 1 に提示している。19 人のうち 5 人は虚血性心疾患により急死（K 1）。急性放射線症の回復期の患者の急死の問題は特別な研究が必要である。ウクライナの家計登録と専門家会議の資料は同様の問題が他のカテゴリーでの事故処理作業員にもみられることを証明している。慢性的身体疾患の増加、視覚器官や皮膚の放射線障害は、急性放射線症（ARS—以降使用）になった人で増えている労働能力喪失や障害者の頻度の原因となっている（90%）（K1）。
- 3) **骨髄性症候群の結果** 実際に、すべての ARS 回復期の患者に、血液と骨髄の成分に質的变化がみられ、線維症をとまなう形成不全がみられた。しかしながら時間がたつと登録された変化の頻度は

徐々に低下し、観察の段階では 23%以下であった。過去の期間において異なった臨床バリエーションで 3 件の骨髄異形成症候群での死亡例があった。すなわち、①環状鉄芽球を伴う不応性貧血、②過剰な芽球性不応性貧血、③再生不良性貧血である。1996 年にさらに 2 ケースの骨髄異形成症候群が現れた—不応性血小板減少症と未分類の形 (FAB 分類による) で、その予測は好ましくないものであった。1997 年に一人の ARS 第 2 度の回復期患者が骨髄性白血病になった (B6,K1)。骨髄性症候群になった後の免疫反応の変化は、細胞サイクルの変化と関連があり、増殖プロセスのコントロールができなくなり、免疫担当細胞の末梢微小環境と骨髄の損傷と結びつき、染色体異常数の増大、電離放射線作用への遺伝的な感受性の特性と関連している。

- 4) 末梢血リンパ球の染色体異常の研究によると、ARS 第 1 度のあとで、二動原体と環状染色体の頻度が低下する傾向にあり、ARS 第 2～3 度の後では前のレベルのままである、ということが示された。100%のケースで安定性染色体異常が登録されている。また、均衡転座と転位によって形成された、異常な一動原体の絶対的、相対的頻度が増えている。長期にわたってリンパ球の染色体器官の放射線誘導障害が高レベルを保持していることは体細胞の遺伝子の不安定性を証明している。(P1)
- 5) **放射線皮膚炎** ARS になった人の約 3 分の 1 が、多種の重症度の晩発性皮膚放射線障害—軽度の慢性放射線皮膚炎の臨床タイプから後期消化性潰瘍の重症まで—に苦しんでいる。(K1)
- 6) **放射線白内障** 放射線後嚢下白内障の数は直接 ARS の重症度と関連する。その他の白内障 (核、冠状、層状、初老、老人性) は ARS の重度とは関係ない。事故後 12 年を経て、ARS 第 3 度の人の 82%に放射線白内障があり、2 度の人で 30%、1 度で 5 %にみられる。水晶体変化につづいて、2 番目に多いのは眼底の血管脈の病気と黄斑変性症である (B7)。
- 7) **白血病** UNSCEAR の報告書 (パラグラフ 312、訳注：後掲) で、白血病の数の顕著な増加をつたえる研究に注目している。ウクライナの事故処理作業員で (8 例の診断にたいし実際には 28 例) (C6) 現在世界的規模での白血病の研究は、始まったばかりである。
米国の国立がん研究所とウクライナの放射線医学研究センターの間で決められたプロトコールに基づき白血病の頻度、骨髄異形成症候群、骨髄炎の研究がウクライナ 85,000 人の事故処理作業員のコホートでの共同研究がなされている。フランスドイツのイニシアティブで作業されたプログラムによる研究は住民の白血病の頻度の研究に焦点をあてている。

* 訳者注：7) で引用されている UNSCEAR 報告書の該当箇所 (パラグラフ 312)

【UNSCEAR 312. 多くの出版物は、チェルノブイリ事故後の復旧操作に参加した労働者の多数の医療および線量測定フォローアップの詳細を提示している [K6, O2, T3, T7, T8, T9, T10]. Cardis[C2]らは 1986年と1987年の間に原子炉の30キロ区域内で働いていた男性の処理作業員の間で1993年と1994年の癌発生率を分析した。癌の観察数はベラルーシの国家がん登録、およびロシア連邦、ウクライナではチェルノブイリ登録から取得されている。合計では、46の白血病例が2年間で3カ国で報告され (表65)、非有意な増加がベラルーシとロシアで観察された。ウクライナでは、有意な増加が報告された (28例が観察され、予想は8例) 【C2】。体系的な集中的がん登録は、事故時に3カ国に存在していないので、増加

は、処理作業の労働者と一般集団における症例登録の検査による増加効果を反映している可能性が高い（セクションIV A. 1とIV C. 2参照）。それはまた別の登録で、白血病につながる可能性のある、たとえば骨髄異形成症候群など、異なる血液学的悪性腫瘍を定義しているかもしれない。】

- 8) ウクライナ、米国、フランスの専門家による白血病の国際的診断鑑定（1999）はウクライナの治療機関において白血病の診断が高レベルにあることを指摘している。1981-1998年に、チェルノブイリ原発事故の影響を蒙った人々では、骨髄異形成症候群の頻度が高いことが明らかにされた。0.1Gy-3Gyの線量をあびた71人の病人の臨床血液学的特徴の分析が行われ、そのうち、骨髄異形成症候群の進行がみられる27ケースで頻繁な感染過程が血球減少症に先行していた（K2）。ケースの50%で細胞遺伝学的障害がみられ（K3）、患者の3分の1で一線維症を伴う骨髄の細胞減少がある（K2-5）。白血球減少症のある患者の42%で染色体異常が現れ、骨髄異形成症候群への変化の際その数が増えている。観察の全期間で、現代の細胞増殖抑制化学療法のプロセスによる治療への抵抗が確認された（B8）。
- 9) **固形ガン** 1990-1998年の間のデータによれば事故処理作業員全体のなかで悪性新生物疾病が常に増えている。そして1995年からはじまって、ウクライナの住民のそれに相応する年齢の人びとにとっても、同様な指標の上昇がみられる。かくして1998年、事故処理作業員の間で悪性新生物疾病は10万人あたり650.0に達した。これに相応する年齢のウクライナのグループでは10万人あたり540.5である。女性の事故処理作業員（1990-1998年）と、放射線核種に汚染された地域にすんでいる住民（1993-1997年）では、乳がんが1.5倍に増えている。放射線による固形腫瘍は被曝後30-50年後に発現する可能性があることはよく知られている。したがって、避難した事故処理作業員、汚染地域に住んでいる住民の長期間のモニタリングを実施することは、被曝の確率的影響の可能性のあるその時期に備えて必要だと思われる。
- 10) **甲状腺ガンの発病率**は、1986-1987年事故処理作業員において、相応する住民グループの指標の4-5倍である（標準化発生率(SIR)415.4%；信頼区間304.6-529.2%）。このことは被曝との関係を物語るものである（P2）。
- 11) **甲状腺非腫瘍性疾患** 原発事故処理従事者と避難ゾーンからの移住者の間で慢性甲状腺炎のきわめて顕著な増加がみられた。チェルノブイリ原発事故処理従事者のあいだで1992年から1995年に慢性甲状腺炎を発症したのは1万人あたり25.7-35.6例、避難者では1万人あたり13.6-24.2例であった。1999年に慢性甲状腺症と甲状腺機能低下症の発病は被曝した人全体で1万人あたり33.9例、そのなかで事故処理作業員では1万人あたり103.0例、避難した人々では1万人あたり78.5例、また汚染地域に住んでいる人では1万人あたり23.3例であった（C1,T1,T2）。放射線医学研究センターの測定部門で行った甲状腺測定データによると将来においては好ましくない予測が出ている。
- 12) **免疫と代謝の障害** 事故後の期間、事故処理作業に従事した人々でTおよびB免疫系の機能の阻害と結びついてもたらされた、放射線起源の免疫不全の特徴が示されている。彼らのあいだでは、

マイトゲンと細菌性抗原によって刺激をうけた際に T リンパ球活性化の変化が現れ、細胞膜の不安定化と分化抗原の発現の低下もみられた。被曝後の初期は、末梢血への、未分化型のリンパ球、皮質性胸腺細胞の表現型をもつ細胞と、B 免疫芽細胞の発現によって特徴づけられる。段階的放射線障害代償作用の進行は 3-5 年の間長引いており、ヘルパー誘導機能、マイトゲン反応、汎 B 細胞と B リンパ球分化抗原の表現の増強に関係している表皮抗原発現の波動型振動によって特徴づけられる。将来には事故処理作業員の 36.3% が頑固な免疫不全の形成を認めることになる (C5, B10)。

- 13) **身体的疾患** ウクライナ放射線医学研究センターのデータによるとチェルノブイリ惨事の影響を受けた最初の登録者グループ全員の健康状態が進行性の悪化を示している。彼らには、被災をうけていない人に比し急性疾患から再発、慢性への移行頻度が上昇し、病気の期間が長期化、多くの病気で複雑化、慢性化、障害者になる傾向がある。いくつかの病気の合併頻度が高い (B9)。1986-1987 年の事故処理作業員のうち健康な人の割合が減って 1987 年には 82% であったが 1996-1999 年には 9-16% になった。外部被曝線量が 250mSv かそれ以上の事故処理作業員では、健康な人の数はより少ない。同様な健康状態の変化は事故処理作業員の子どもたち、プリピャチから避難した人の子ども、30 キロゾーンから避難したひとの子どもにも見られる。
- 14) 身体的病気と被曝の関係の存在は、100mSv 以下の線量を被曝した事故処理作業員のグループとの比較では、事故の処理作業に参加したあとの 3 期間に 2 つのサブコホートで明らかになった。実施された研究と、相対的リスクの計算は、個々の慢性疾患と線量との信頼できる相関関係が存在することについて考える基礎を与えた。1986-1987 年の事故処理作業員ではこのような依存関係が次のような疾患に関して確認されている - 甲状腺疾患の進行、自律血管性ジストニア、高血圧性心疾患、虚血性心疾患、脳血管障害、消化器疾患、泌尿生殖器、新生物、精神的障害 (B9)。
- 15) **心血管疾患** 長期にわたる研究の結果、被曝したすべてのカテゴリーの人に、高血圧性心疾患、虚血性心疾患が、自然発生率および有病率に比べ顕著に上昇していることが証明された。被曝者の心腔リモデリング、動脈血圧や心臓活動の調節の特殊性が明らかにされている (K7-K9)。彼らにとって身体的労働能力の低下とその保障は当然のことであり、彼らが強制避難ゾーンから離れた時期に、回復の長期化、身体的負荷に対する適応のより否定的変化が 60% 以上の人で起こっている (K9)。将来は、心臓障害、心血管系の複雑化が深刻な問題となるであろう。それらの自然発生率指標の上昇と重症化は、当然であろう。被曝者に、循環器系疾患リスク要因の自然な出現の上昇が確認されており、その現実化はより若い年齢でおこる (K8, K10)。結局、全カテゴリーの被曝者で、一時的、固定的労働能力喪失の指標や、高血圧性心臓病、虚血性心疾患による死亡率が自然発生率を超えている (S1)。原子力大惨事の影響の被害をうけた人々にとって、こうした問題を解決せずして、かれらの健康を維持することは不可能である。
- 16) **吸入による放射性核種の摂取の結果** UNSCEAR の報告書では、チェルノブイリ惨事後の事故処理に参加した総数、少なくとも 20 万人にのぼる人々の気管支・肺系の状態の問題を検討していない (S2)。放射性核種の吸入の影響は一定の期間 - 25-30 年までに現実のものとなりうる。2000

人以上のチェルノブイリ原発事故処理作業者の気管支肺系の臨床研究（内視鏡、形態学的、免疫学的テクノロジーを含む）が、1988－1998 年の間に放射線医学研究センターで行われ、高い有病率を明らかにし、上記の人々の慢性閉塞性肺疾患の、一定の臨床・形態学的特性を明らかにした（S3、T2）。

- 17) 1986－1987 年にチェルノブイリ原発事故処理作業に参加した 890 人での内視鏡による気管支の研究では、気管支粘膜の進行性萎縮および硬化性変化がみられた（S3,S4）。事故後の近い時期に、チェルノブイリ原発惨事処理に参加した慢性閉塞性肺疾患の患者では、放射線に起因する免疫不全症がきわめて多かった。細胞毒性と、同様に、免疫複合体反応は、将来、事故の障害要因が引き起こす晩発的影響として形成される。局所免疫と、気道のマイクロフローラ（微生物叢）研究の際得た結果は、オートマイクロフローラの活性化と、病原体や日和見微生物の現れを示すものであり、それは慢性閉塞性肺疾患の事故処理作業者の、特殊性あるいは非特殊性免疫防護の悪化をまねく（S2,S5,B11）。
- 18) 気管支ファイバースコープで 1986－1987 年に事故処理参加者 526 人について行った、気管支粘膜の気管支生検による形態学研究の結果は、気管支粘膜での、細胞異型の発現を伴う炎症、萎縮、硬化、化生のプロセスを明らかにした。このようにして、非確率的（確定的）のみならず 12－25 年の期間に観察されるだろう確率的影響の現実化のリスクも存在している。と同時に、チェルノブイリ惨事の事故処理作業者の慢性閉塞性肺疾患の重症化への進行は、生活の質を低下させ、様々な段階で労働能力を失わせる方向に導く。そして、最後に寿命を縮めることになる（T2-T4）。
- 19) チェルノブイリ惨事の影響を蒙った人々の神経・精神障害は病因的に異質である。基本的な病原性ファクターとなったのは、電離放射線と心理的ストレスとが結合した影響である。そのストレスは惨事によって、また、社会的・経済的危機によって倍加されることになった惨事の結果によって引き起こされたものである。これらのファクターが互いに増強しあい、＜心身の悪循環＞のメカニズムによって被害者の精神神経的、心身の健康の著しい悪化を促進した（L2,L3,N1-N2,N3-N6,R4）。
- 20) 急性放射線症になった特別の 140 人の縦断的観察を基に、これらの患者の精神神経医学的影響の変化が研究された：被曝後 5－6 年で無力症状、自律神経障害が脳の器質性疾患（サイコ有機症候群、人格障害、ポスト放射線脳症）に変化した。チェルノブイリ惨事で急性放射線症になった特別な人々のためにハンブルグで行われた第 9 回精神医学国際学会（1999 年 8 月 6－11 日）で、ICD-10 での F07.3 という新しい診断カテゴリーとして提案され、ポスト放射線脳症の診断基準が作成された（N7,N8,V1,V2）。
- 21) 1986－1987 年の事故処理作業者の神経系疾患の発病率は 1988－1990 年の事故処理作業者の発病率より 2 倍多い（1000 人につき 110.8 と 51.9）。精神障害は 5 倍である（1000 人に対し 30.2 と 6.2）。0.25Gy 以上の被曝を受けた事故処理作業者の神経・精神障害発病率は 0.25Gy 以下の線量をあびた人より高い。事故処理作業者の神経系疾病の有病率はすべての病気の 32.33% であり、有病率の構

造中第 1 位を占める (N10)。

- 22) 1986-87 年の処理作業員の神経生理学的障害の相対リスク (RR=4.05) は、心理的ストレスの影響のある退役軍人 (RR=1.3)、さらに心理的ストレスならびに軽い脳髄への傷害のある退役軍人 (RR=2) と比べても有意に高いことが確認されている ($p < 0.001$)。1986-87 年の処理作業員の神経生理学的障害の相対リスクは被曝量に依存している: 0.3Gy 未満では RR=3.4、0.3-1Gy では RR=3.9 で、特に、急性放射線症を患った者では RR=4.5 である。すなわち、処理作業員の脳の障害の発生には、放射線が現実的な役割を担っているが、一方これらの多因子的障害は、急性放射線症の患者でも被曝の寄与は 48% である。心理的ストレス (PTSD) は、脳波計 (EEG) の δ (デルタ) と θ (シータ) 領域のスペクトルの強さに影響を与えている。それと同時に、ストレス反応の増加とともに α (アルファ) 領域のスペクトルの強さの増加 (作用の強さ -20%; $F=9.3$; $F_{05}=4.0$; $p < 0.05$) と β (ベータ) 領域での低下 (作用の強さ -21%; $F=9.9$; $F_{05}=4.0$; $p < 0.05$) が観察されている。つまり、被曝した人の心理的ストレスの要因は、脳の生体電気性活性に対して電離放射線が脳波計の δ と β 領域の強度を上昇させ α と θ 領域の強度を低下させていることと比べて、直接的に反対の作用を及ぼしているのである (N7,N10)。
- 23) コンピューター式脳波計を用いた精神生理学的研究が、1986-87 年の処理作業員 100 人と急性放射線症の患者 100 人、複数の対照群について行われた。対照群は、アフガニスタン戦争に従事し PTSD による障害のある退役軍人 (1)、アフガニスタン戦争に従事し PTSD による障害と脳髄への軽い傷害のある退役軍人 (2)、脳血管系疾患のある患者 (3)、事実上健康な者 (4) である。0.3Sv 以上を被曝した人では、統合失調的な精神疾患の症状を伴う左半球の辺縁皮質系の機能障害の頻度、0.3Sv 未満の線量では興奮的な精神疾患症状の伴う右半球の潤脳性機能障害の頻度が有意に高く観察された ($p < 0.001$) (L6,N4,N7)。

成人住民の健康

- 24) **登録システム** 事故の規模の巨大さと被曝者の人数の膨大なことと関連して、旧ソ連の医学アカデミーの研究機関と保健省が最初の 1 ヶ月から、被曝した人 (登録グループ別) と汚染地域住民の人口集団の健康の登録と観察 (モニタリング) を開始した。これらは生殖機能、出生性比、出生率、死産率、乳児死亡率、全般的死亡率、住民の再生産に対する被曝の影響をみることに向けられた (O1)。
- 25) 1988-1989 年に、旧ソ連の医学アカデミー放射線センター (キエフ) が創設され、チェルノブイリ惨事の結果の評価システムにおける人口動態的統計データの自動的な処理システムが保たれるようになった。ウクライナ、ベラルーシ、ロシア連邦のすべての放射能汚染地域は 1981 年から 1991 年までの登録とモニタリングによって把握された。ソ連邦の崩壊後は、それぞれの国が自国のプログラムに沿って観察を継続した。ウクライナでは 1990-1992 年にチェルノブイリ惨事の医学・人口動態的な観察データバンクの自動的な管理運営システムとして、実際のシステムが機能し始めた (O2-O4)。

- 26) システムは、国内法によって放射能汚染地域と規定されたウクライナの全領域（12 の州、73 の行政区、州に属する 8 つの市）、およびいくつかの対照となる地域および全ウクライナの登録と観察を含んでいる。毎年のデータによる人口動態的な出来事の登録は、1979 年から行われていた。データは領域別（ウクライナ、州、区、市、市街地タイプの集落）、住民のグループ別（全住民、市街地住民、村落住民）、性別（両性、男性、女性）、年齢別（0 歳から 85 歳までは 5 歳ごと、およびそれ以上の 19 のグループ）に分類された。
- 27) **悪性新生物** 避難住民の悪性新生物の発病率は、1990-1998 年の間、ウクライナ住民の平均発病率との差はなく、1998 年には 10 万人あたり 256.3 であった。放射線による固形がんの発生は被曝 30-50 年後になることもあるだけに、低い結果となったことを最終的なものと評価することはできず、被曝によってありうる確率的影響の適時の表れについては、被曝したすべてのグループ（処理作業員、避難住民、汚染地域住民）について腫瘍性の病気を今後も観察することが不可欠である。
- 28) ウクライナ（全体）と比べると、悪性新生物の少し高い発病率が、男性でも女性でも避難した住民の 10-24 歳のグループで見られている。避難した住民の呼吸器と消化器のガンの発病率は、SIR（標準化罹患比）の値によれば、処理作業員と同様に 100%となっている（ほかの面では 10-15%）。国際的な専門家グループとの共同で、白血病（病）と固形がんの今後の評価が予定されている。
- 29) 避難住民の乳がんの発病率は、ウクライナの住民に特徴的なデータのレベルにとどまっている。汚染地域住民の乳がんの発病率は、1993-1997 年の間、1.5 倍上昇した（SIR 150.3%、信頼区間 127.1-173.4%）（P2,P3）
- 30) 研究期間（1990-1998）の間、汚染地域に住んでいる住民の悪性新生物の発病率は常に増え続けてきた。しかしこの増加はキエフ州、ジトーミル州およびウクライナ全体のデータを上回ってはいない。登録されている地域全体の発病率の傾向は似ており、それほど違いはない。
- 31) チェルノブイリ原発の事故後、ウクライナの放射能汚染地域に住む人々では、体内の放射性核種の 90%はセシウム 137 であり、腎臓で濃縮し、尿から排泄される。ウクライナ医学アカデミー泌尿・腎臓研究所と大阪市立医科大学（日本）との共同で実施された免疫組織化学的および分子遺伝学的研究の結果では、53%のケースで腫瘍抑制遺伝子 p53 の突然変異があり、90%のケースでウクライナの放射能汚染地域住民の患者の膀胱上皮に前がん的变化が生じていた。このような変化の原因は、低線量放射線の持続的な慢性被曝（14 年以上）の影響による酸化ストレスの結果フリーラジカルが遺伝的不安定性をもたらしており、強力な侵襲的膀胱がんの発生につながる可能性がある（Y1）。
- 32) 避難住民の甲状腺がんの発病率は、対応する住民グループのデータと比べて 4.5%高くなっており、放射線起源であることを証明している。男性での SIR は 450.0%、信頼区間 242.1-657.9%であり、女性では SIR は 446.7%、信頼区間 339.7-553.6%である。放射能汚染地域に住んでいる住民では、甲状腺がんの発病率は 1990-1998 年の間に 2.5 倍増加した。

- 33) **非腫瘍性疾患** 放射線医学センターのデータによると、被災者の最初の評価では、すべてのグループで健康状態の悪化がみられた。対照集団と比較すると、病気の急性的なタイプが、再発しやすく慢性的な病気へ移行する頻度が上昇し、長期化し、余病を併発するような経過となり、慢性化と疾病障害化が増加した。複数の病気が生じる頻度の高さがみられた (B9)。成人住民の健康悪化に大きく寄与しているのは神経系と感覚器官、循環器系、呼吸器、消化器、骨筋系、内分泌系、泌尿器系の病気である。

子どもの健康状態

- 34) UNSCEAR の報告書 (パラグラフ 376-383、訳注: 文末に掲載) では子どもたちへの電離放射線の影響の評価は、自然流産と早産の頻度、死産率、周産期死亡率、先天性発達異常の頻度といった指標しか分析しておらず、他の影響についてはまったく吟味していないので、問題を精査するには本質的な限界がある。
- 35) 1986 年から 2000 年までの期間、造血系の状態に対するチェルノブイリ事故の放射線および放射線以外の要因の複合的な影響の研究によれば、ウクライナの汚染地域に住む子どもとティーンエイジャーの腫瘍血液学的疾患の過剰な件数は検出されていない。白血病とリンパ腫の発病率は小児 10 万人あたり 2.9-6.6 の範囲にあり、ウクライナ全体のデータと一致している (R3,B13)。
- 36) 小児人口の中で、白血病のあまり好ましくないバリエーション (白血球 50-100G (ギガ) /リットル、血小板 400G 以上/リットル) の頻度の上昇が、特に女兒で増加している (B13)。事故後の期間に血液疾患の経過にある種の特異性が現れている。身体内での鉄分の代謝の乱れを伴うタイプの貧血の 30% から 46% までの再分配が認められた。
- 37) 42,000 人の子どもとハイティーンの検査によって基準を立案することができ、そのおかげで腫瘍血液学的疾患のハイリスクグループ 38,000 人が形成された (B13,R3)。
- 38) ウクライナでは事故前の期間、1 年に 10 人未満しか発病しておらず、発病率は小児 10 万人あたり 0.06-0.11 であった。患者数の急激な上昇は、特にチェルニゴフ州、キエフ市とキエフ州、ジトミル州、チェルカッスィ州、ローベン州で 1989-1990 年から始まった。
- 39) ウクライナの子どもの甲状腺ガンの発病率は子ども 10 万人あたり、1990-1991 年には 0.29-0.31 件、1992-1993 年が 0.45-0.48 件、1994-1995 年には 0.53-0.57 件、1996 年には 0.63 件であった。ウクライナではチェルノブイリ事故後、15 歳未満の子どもたちで、1990 年から始まって、事故前の 1981-1985 年の期間と比べて甲状腺ガンの発病率は有意に上昇し、1986-1990 年では 2.2 倍、1991-1995 年では 7.7 倍、1996 年には 10 倍以上となった。ハイティーンの発病率の有意な上昇は子どもより遅れて記録され (1994 年から)、小児集団よりは低かった (1986-1990 年には 1.5 倍、1991-1995 年は 3.2 倍、1996 年は 4 倍)。
- 40) 最も被害を受けたチェルニゴフ州では 1994 年までに甲状腺ガンの発病率は 10 万人当たり 3.85 に

まで達し、これは事故前の水準と比べて 60 倍にあたる (T1,T2)。

- 41) 国家登録データによれば、ウクライナでは 1990 年までに小児の甲状腺ガンの件数は 1109 件に達し、汚染地域では国全体の平均的発病率の 6 倍であった (T1)。現時点でウクライナでは、チェルノブイリの惨事後、甲状腺ガンの診断が確定された件数は 1400 件である。患者の件数の分布と甲状腺への平均線量及び集団線量との依存関係の追跡で、追加的な増加はすべての線量範囲で生じていたが、より発生率が高いのは 1 グレイ以上の被曝線量であった。小児期に被曝した人たちの集団が大人になるにつれ、ハイティーンや成人での甲状腺ガンの発生頻度の上昇が予想される。
- 42) 医学統計、人口動態統計、線量測定 of データ分析によって、2001-2006 年の期間に発病率のピークに達することが高い確率で証明された (T1)。チェルノブイリ事故の結果と甲状腺ガン発生頻度の上昇の関係は現実に継続しており、IAEA と IPHECA のプロジェクトの枠内で実施された研究およびウクライナ医学アカデミー放射線医学研究センターの調査でも確認された。
- 43) 甲状腺被曝の確定的な影響は 1986 年から観察されている：1986-87 年には、甲状腺の第一次的な機能面での反応が認められた。1990-93 年には、自己免疫性甲状腺炎が出始めた。臨床的症状の具体化は 1992-93 年から観察されている(B12, C2, C3, C4, R2)。ウクライナ医学アカデミー内分泌代謝研究所の研究データによれば、これらの疾患が具体化する甲状腺の閾線量はおおよそ 0.3 グレイである。甲状腺に 0.3 グレイ以上被曝した場合には線量効果関係の有意な確認が認められている (R2,C3)。
- 44) 14 歳未満の子どもの甲状腺の非腫瘍性疾患 (慢性甲状腺炎、甲状腺機能低下症) は、1998 年、30 km ゾーンからの避難者に見られた。初期登録では 100 人当たり 5.6 であった第 1-第 3 グループの被曝者の子どもでは 1000 人当たり 15.7 で、放射能環境監視地域に住む子供では 1000 人当たり 49.5 であった。
- 45) チェルノブイリの惨事の子どもとハイティーンの生殖健康に与える影響については、事実上ウクライナでは研究が行われていない。電離放射線の影響を受けた子どもの内分泌不妊症発生のリスクを判定する方法の開発により、実際にこのような危険性が存在 (32 から 36%) することを明らかになっており、生殖機能の障害が増加する可能性がある。事故後の 14 年間、1986 年生れの 840 人の子ども (事故の時母親が妊娠中で、プリピャチ市から避難した人の子ども 340 名、1 平方 km あたり 15 キュリー以上の汚染地域で生れ、そこに住んでいる子ども 169 名、コントロール 331 名) がずっとウクライナ医学アカデミー放射線医学研究センターの専門家の観察下にあった。事故の時妊娠していた人から生まれた人の全身被ばく線量は 10.0-376.0mSv の範囲にあり、避難した人では 4.7-38.7mSv の範囲にある。
- 46) **身体的発育** 1 平方 km あたり 15 キュリー以上の汚染地域で生れ、そこに住んでいる子どもでは、コントロール (2.9%) に比べて頻繁に (7.6%) 体重が“少し少ない”子どもが生まれている ($p < 0.01$)。彼らは 1 歳時の体重が $9.50 \pm 0.23\text{kg}$ で (コントロールは $10.52 \pm 0.23\text{kg}$) と、少し少ない ($p < 0.05$)(S1,S3)。最近では、身体の発育が不調和の子どもの数が増えており、特に常に汚染地域に住

んでいる人の子どもに見られている(1990 年は 57.6%、コントロールは 17.0%)。頭囲のサイズが年齢的なノルマよりも小さい子どもは一人もいなかった(S6,S7)。

- 47) **免疫と代謝の障害** 放射能汚染地域に住んでいる子どもの免疫系の状態の綿密な研究の動向により、この集団の二次的な免疫不足状況と自己免疫性症状の分布の進展は、胎児の免疫の個々の系統の子宮内での活性化にまでさかのぼり、第一に視床下部—甲状腺系の変化のために、その後の免疫系のホメオスタシスの内分泌的調整の疲労や障害をもたらしていることが確認された (A1, C2, S9, V3)。
- 48) 両方の基本グループの子どもたちの血液細胞の代謝には、脂質とグリコーゲンの含有量の増加による酵素の活性化という特徴がある。最近の数年間では徐々にその指標の低下が認められており、事故当時妊娠中でプリピャチから避難してきた人から生まれた子どもたちでは 1995 年に向けてコントロールと等しいレベルに達した。これと対照的に、1 平方kmあたり 5 キュリー以上の放射能汚染地域で生れそこで育っている子どもたちでは、細胞内酵素の抑制、エネルギーと形成物質の枯渇が進展した。こうした背景のもとで、好中球の機能の不安定性が現れ始めた (S6)。
- 49) 電子顕微鏡による検査により、1988-89 年に、被曝した子どもたちの造血細胞と免疫生産細胞の細胞膜に不安定さがあることが示され、それは 1999 年まで維持された (S6-S9)。健康状態および胸腺と赤色骨髄の被曝線量と免疫学的パラメータとの間に有意な相関関係のあることが確認され、その重相関係数は 0.7881-0.8735 であった (S10)。
- 50) **子宮内で被曝した子どもたち** 子宮内での脳の損傷の問題は、チェルノブイリ惨事の医学的結果の構造の中で優先的な質のものであると WHO によって認められ、IPHECA プログラムの中で〈子宮内での脳損傷〉というパイロットプロジェクトに反映された。3 カ国(ウクライナ、ベラルーシ、ロシア連邦)の 2189 人の子宮内被曝をした子どもたちとその母親を、放射線環境的に“きれいな”地域の 2021 人の子供と母親と比較した研究の結果、次のことが示された：段階的には軽い知的遅滞は、コントロールグループの子どもと比べて子宮内被曝の子どもでの発生率が高かった。子宮内被曝した子どもの両親の神経精神的失調はコントロールグループと比べ、その発生率が有意に高かった (N3,N4)。
- 51) 出生前に胎児被曝量 10.7-92.5mSv、甲状腺に 0.2-2.0 グレイを急性被曝した子どもの神経精神的障害は、病因論的には異種(ヘテロ)遺伝子系であるが、チェルノブイリ惨事の要因の寄与は 55% (29%-子宮内被曝、26%-母親の非放射線性のストレスファクター)と判定されている。脳形成の臨界期(8-25 週)では、放射線ファクターの寄与は 34%まで増加している (S10)。
- 52) 胎児の免疫系の中心的臓器の被曝は、生後の免疫系のホメオスタシスの乱れをもたらす。免疫学的な指標という側面からの変化は、生後の早い時期で一方向的な特徴があり、主として細胞免疫系の抑圧、免疫調整的な副次集団のアンバランス、血中免疫グロブリンの異常が現れている (S9)。

- 53) 10.0 から 376.0mSv を子宮内で急性被曝した子どもと、子宮内だけではなく出生後も被曝した (4.7—38.7mSv) 子どもたちは、1 歳から 3 歳 (1987—1989 年) の年齢のとき、コントロールと比べてヘモグロビン、白血球、血小板のレベルが低く、より頻繁に白血球測定での変化が記録された。
- 54) 細胞遺伝学的研究によれば、事故後長期間たって、子宮内で赤色骨髄に 10.0 から 376.0mSv の等価線量を被曝した子どもでは、異常細胞の量 ($11.44 \pm 1.01\%$) と染色体異常のグループ内平均の頻度 ($12.19 \pm 1.25\%$) は、相当するコントロールグループと比べて上昇していること ($p < 0.05$) が示された。染色体損傷の大多数は染色体型の異常であり ($10.08 \pm 1.54\%$) であった。この中で安定型の異常 (転座、逆位、欠失および無動原体断片なしの二動原体) は $9.36 \pm 1.42\%$ で、コントロール群のデータと比べて高かった ($p < 0.05$) (P1,S11,S12)。

引用文献リスト (略)

付 表

表 1—急性放射線症の患者の 1986—2000 年の死亡率

放射線症と診断された総人数 = 237			
生存 = 197		死亡 = 47	
急性放射線症第 I 度	38	急性期 (1986 年) の死亡	28
急性放射線症第 II 度	43	1987—2000 年の死亡	19
急性放射線症第 III 度	12		
急性放射線症第 IV 度	1		
急性放射線症 確定診断なし	96		

* 訳者注 : 34) で言及されている UNSCEAR 報告書の該当箇所 (パラグラフ 376—382)

【UNSCEAR 376. 被曝した母親から生まれたベラルーシの子供たちのグループで、子宮内の被曝量は 8 から 21 ミリシーベルトであったが、汚染地域での居住で先天性欠損症や居住の間には関係が見られなかった[L5]。欠陥は主に多因子の起源だったと residency of the mother に応じて変化させているという観察は、複雑で、複数の非放射的要因の影響を反映するために登場しました。一貫した関係は、染色体と子供の染色分体異常の検出率と放射性土壌汚染のレベルの間には見られなかった。欠陥は主に多因子の起源であり母親の居住地に応じて変化しているという観察は、複雑で複数の非放射線要因の影響を反映しているように思われる。染色体と子供の染色分体異常の検出率と放射性土壌汚染のレベルの間には一貫した関係は見られなかった。

377. 後のベラルーシの先天性欠損症や奇形の研究では、矛盾する結果が得られた[L8]。事故前後の率を比較した場合、1982年から1994年までのすべての法的な医療中絶が実施された例の研究では、高度に汚

染された地域内で (>555kBq/m²) 多指症、四肢の欠損、複数奇形の発生率の増加が明らかになった[L8]。低汚染地域 (<37 kBq/m²) では、anencephaly、二分脊椎、口唇裂/口蓋裂、多指症、四肢の短縮と複数の奇形の率の増加が認められた。ミンスクの街を対照として使用すると、二分脊椎、多指症、複数奇形、ダウン症候群が増加していることがわかった。時間がたっても、先天性欠損症の変化は電離放射線への暴露と関連づけることができなかった。

378. Lazjuk[L8]で得られた知見の一つの説明は、その出生障害の分類は、おそらく診断基準の明確性の欠如と診断目的およびその手続き上での重要な改善を反映しているので、時間がたっても一貫していない可能性がある。ほんの少数、信頼できる臨床研究が代表的グループと地域で行われ[K5]、これらの研究は、子どもの健康状態の観察された変化は、放射線被ばくによってのみ引き起こされている可能性は低いことを示唆している。

379. 多少矛盾する結果がロシアの汚染地域の生殖の結果として報告されている [B19、L27、L28、L29]。事故前後の結果が、異なる汚染レベルの地域で比較された。結果は表68にまとめられている。出生率3つの領域すべてで減少し、汚染の深刻度に関連していた。一方、2つの地域では自然流産が増加していた。先天奇形、死産、早産、周産期死亡率を検討したが、電離放射線への一貫性または明らかな関係は認められなかった。

380. 1986_1992年に、好ましくない妊娠結果の頻度がベラルーシとロシア連邦の汚染された226集落から2233人の女性がランダムに選ばれ、インタビューを通じて解析された[G11]。汚染された地域であるゴメリとモギリョフ (ベラルーシ) とブリャンスク (ロシア) では、都市部と農村部の両方の集団で出生率の低下が報告された。これは、両方の集団の医療中絶の数の増加に対応している。

381. 遠く離れた地域の集団における染色体異常の研究が厳しく検討された[L32、V5]。ダウン症候群の症例数の増加は、1987年1月に西ベルリンで [S23]、ロージアン地域で、スコットランドで[R14]、そしてスウェーデンの最も汚染された地域で[E4]報告された。すべての研究は少数例に基づいており、後にチャレンジされた[B13]。ベルリンとスコットランドの線量は自然放射線量の10%であり、この寄与は、ダウン症候群の具体的な異数性のために必要とされる卵母細胞減数分裂中に非調和を引き起こすのに十分だったという可能性はない。調査結果は、欧州でのより大きくより代表的なシリーズで確認されていない [D9、L32]。具体的には、均等に汚染されたヨーロッパ (例えば、フィンランド) のゾーン、あるいはベラルーシでさえも、受胎時に曝露した子どもたちの間でダウン症候群のピークが観察されなかった [B34、V5]。ベラルーシにおける先天性欠損症の注意深い研究では、汚染地域での事故前後の比較ではダウン症候群増加は見られなかった[L8]。

382. 最近の論文[K4]によると、ドイツでの周産期死亡率は、1987年に統計的に有意な増加を示し、これがチェルノブイリ事故の放射性降下物の影響であると結論づけられた。調査結果は、摂取されたセシウムからの全身被曝量は0.05ミリシーベルトであることが判明したため、後に疑問視された[R19]。バイエルン州の周産期死亡率の時間的なパターンが放射性降下物のレベルの違いとその後の被曝に相関させると、チェルノブイリ事故の影響は見いだされなかった[G24]。

383. まとめ。チェルノブイリ事故に関連した有害な妊娠転帰に関するいくつかの研究が事故現場に最も近い地域からより遠くの地域までで行われてきた。これまでのところ、先天性欠損症、先天奇形、死産、または早産の増加は事故による放射線被ばくに関連させることができなかった。】