

ARCH Technical Report

序論

チェルノブイリ原発事故から25年となり、事故の健康への影響についての報告が数多くなされている(例えば文献 1-3)。健康への影響については今のところさまざまな議論があり、将来想定される影響についての評価にも非常に幅がある(文献 4-6)。

今日までに立証されている健康影響、特に甲状腺がんの重要性についてはある程度合意ができています。日本における原爆による被曝の調査からは、被曝による晩発の、あるいは予期せぬ影響、例えば固形がん、の重要性がわかってきた。これらは原爆投下後 25 年間は有意な増加が見られず、また心血管系の合併症が初めて認識されたのは、原爆投下から 40 年以上経ってからであった(文献 7-8)。

チェルノブイリ事故により高濃度に汚染された地域では乳がんの発生率の増加が報告されており(文献 9)、将来乳がん以外にもさまざまな影響が出るのが考えられる。チェルノブイリ健康研究アジェンダ(ARCH)プロジェクトは、チェルノブイリ事故の健康影響についての更なる調査に対して必要となる科学的な戦略について助言するために設立された。

この戦略は、今後のいかなる調査も以下の重要な目的に対して言及することを前提として立案された。

- ・ チェルノブイリで、あるいは将来原発事故が起きたときに被曝した人の健康の改善
- ・ チェルノブイリで、あるいは将来原発事故が起きたときに被曝した人の現在の、あるいは将来の健康影響についての現実的な評価
- ・ 放射線の影響についての理解を深め、これからの放射線防護についての目安となる指針を与える

これら多岐にわたる目標を達成するため、ARCH はこれまでの報告、新しい結果、そして専門家の知見や経験を足場としている。専門グループや顧問の助言を得て、ARCH コアグループは、大規模な疫学調査と特定の課題に絞って行われた研究とを組み合わせる実践的な戦略を策定した。その帰結として以下の 2 つの文書がある：

- ・ 戦略的研究アジェンダ SRA http://arch.iarc.fr/documents/ARCH_SRA.pdf
- ・ 本レポート。これは SRA を補完するものであり、最新の結果そしてチェルノブイリから生じた疑問から構成される。さらには、チェルノブイリ事故による放射線の影響に関する情報を最大限活用するために専門グループが短期・中期・長期にわたって必須だと考えたプロジェクトの提案が動機となっている。

加えて、放射性生物学やチェルノブイリ事故の影響に関係する分野の最近の進展が ARCH の分科会で検討され、そしてこの文書が提出された。

日本の原爆と同様の影響があったチェルノブイリ事故の健康への影響については、特に最初の 10 年間にはさまざまな調査が行われてはいるが、包括的な調査は行われていない。被曝した子どもの間で突発した甲状腺がんについては徹底した調査が行われたが、免疫系にも影響があるかもしれないという主張は、事故の影響が少ない国では科学的な興味をほとんど持たれなかった。しかしながら、事故はいくつかの点で極めて示唆的なものであることがわかっている：

- ・ 子どもの甲状腺はヨウ素の放射性同位体には極めて敏感であること。したがって、ヨウ素欠乏症とその補助剤を含め、リスク評価は改めなければならない(文献 10-13)。
- ・ 事故処理作業員における長期間の低線量被曝においては白血病のリスクの増加が示唆される(文献 14-15)
- ・ 放射線による白内障にはしきい値がないこと(文献 16)

- ・ 事故後に生まれたが父親が高線量降下物に曝されていた子どもにはミニサテライト変異の遺伝影響があること(文献 17-18)

これ以外の放射線による健康への影響が明確に確認されていないからといって、増加が見られなかったとか、将来起こらないということではない。今日までさまざまな調査を以ってしても放射線リスクについてよくわからないのは、調査方法に限界があるからだ。さらには、電離放射線に曝された人々からわかったのは、低・中線量被曝であっても、がんになる相対リスクの増加が見込まれるということだ。加えて、放射線に関する疾病は被曝して何十年も経ってから発生するため、事故の放射線学的な影響を総合評価するのは時期尚早である(文献 19-20)。

電離放射線は環境中の発がん物質としては調査がもっとも進んでいるものの一つであるが、人間に対する影響についての知見のほとんどは、極めて高い線量を外部被曝として浴びた日本の原爆生存者や、医学的治療のために高い線量を浴びた患者から得られたものだ。放射線防護に関する現在の最大の論点は、疾病の自然発生率が異なる集団間のリスクを内挿するのに使う様々なモデル、時間軸に沿ったリスク評価の見積りに使う様々なモデル、高線量・高線量率と低線量・低線量率の間の内挿に使う様々なモデルのどれを使うのか、ということだ(文献 21-23)。内部に取り込まれた放射性核種のリスク評価には不確実な部分が多いため、チェルノブイリの事故の場合のように外部被曝と内部被曝を組み合わせる場合はこの問題は極めて重要だ(文献 24)。チェルノブイリで被曝した集団は初期の事故処理作業員(高線量の外部被曝が主)や後期の事故処理作業員(外部被曝と内部被曝)から、主に放射性降下物のために内部被曝を被った一般の人々まで多岐にわたる。先の不確実要素の大きなものは、低レベル電離放射線や放射線の非標的影響によるがん以外の疾病リスクについてである(文献 22-23)。電離放射線の影響のメカニズムについての定説は、ゲノムの不安定性やバイスタンダー効果の観点から疑問を呈されている。非標的影響の背後にどのようなメカニズムがあるのかについては現時点ではまだ合意がない。

ゲノム規模でのシーケンシングなどの新しい技術が開発され、生物学や遺伝学の基本領域を詳しく調べるのに近年使われている。そして表現型の形成や発がん物質における非遺伝的な過程の重要性が明らかになってきた(文献 25)。放射線によるゲノムの不安定性はエピジェネティック影響が介在しているのではないかと(文献 26)、あるいは後押ししているのではないかと(文献 27)と言われている。これらのエピジェネティックプロセスの詳細については現時点では合意がないが、細胞のエピジェネティックな調整システムに基づいた(文献 28)放射線のがん・非がん影響について統一見解を出す試みが ARCH 放射線生物学グループから提案されている(文献 29)。放射線生物学レポートがこのレポートの付録としてついている。

事故で被曝した人々を注意深く調査することでこれらの疑問に答えを出し、放射線作用の過程についてと生物学・エピジェネティクスの両方の仮説を検証することができるだろう。これは放射線防護の観点からも、将来起こりうる原発事故に対する備えの観点からも、そして何より、チェルノブイリ原発事故で被曝した人々の健康モニタリングと健康改善の観点から重要である。

放射線の影響についての理解を深めることができる今回の貴重な機会を最大限活かすために、ARCH ではチェルノブイリ原発事故の健康影響についての長期的視野の戦略的計画と特定目的の個別の計画を立案し、この文書に記載した。

これらの提案の作成においては、放射線の影響、特に低線量・低線量率の影響についての理解を深め、公衆衛生についての意思決定に寄与するために、一般の人々、政府や国際機関などの利害関係者を招いて、調査提案の評価に貢献してもらった。

論点としては

- ・ 現時点ではわかっていない放射線の影響を検知するための健康モニタリングの下地はできているか
- ・ 生殖系に対する影響を含めた放射線の影響についての現在の知見を支持または改めるために十分な情報を提供できる調査はどうあるべきか

原発事故による放射線は北半球、特にヨーロッパに拡散したため、放射線の健康影響はヨーロッパ全土（特にベラルーシ、ウクライナ、ロシア）で発生したと考えられている。その影響は、今は検知できないレベルかもしれないが、将来検知できるくらいに影響は続くだろう。現在のところ、疾病の傾向のモニタリングを担っている多国籍機関はない。現在の視点からの公平な総括を行い、そして更なる調査の価値を厳しく見極めることが求められている。これを戦略的研究アジェンダによって実施すること、それがEUの資金援助を受けたARCHプロジェクトが成し遂げたことだ。

ヨーロッパにおいても、他の安全についての考え方が異なる国々においても、今後原発は増えていくと思われる。チェルノブイリ原発事故のような事故のリスクをなくすことはできない。そしてチェルノブイリ以降も間一髪の状態はいくつも起きている。原発事故は国境を越えて影響を与え、近隣諸国に社会的・経済的コストを発生させる。事故が起きた場合、当局は公衆衛生上の想定される影響について確かなことを言わなければならない。事故から25年になるが、チェルノブイリ原発事故に対する各国の対応は成功したとは言えない。ヨーロッパの国で起きた原発事故の大惨事による健康影響と、実質ヨーロッパ全土に降った放射性降下物はヨーロッパで現在進んでいる包括的調査の議題にはなっていないと聞いたら驚くだろう。健康への影響はどの程度の幅があるのかについて合意形成できなかった科学コミュニティの失敗は、社会心理学的な影響をもたらし、原発に対する一般社会からの信頼を揺るがすことになるに違いない。

この事態を背景として、ARCHはヨーロッパ全土、とりわけ3カ国に影響を及ぼしたチェルノブイリ原発事故の健康影響に見識のある専門家のグループを組織した。調査において将来必要となることに助言を与え、さらに汚染された国々の公衆衛生に関する意思決定のために提案された調査にも助言となるようスコーピングが実施された。今回の取り組みの成果として戦略的研究アジェンダが立案され、この技術レポートができた。戦略的研究アジェンダではチェルノブイリ原発事故の影響の包括的な調査を見届ける組織の必要性が謳われ、ライフスパン・コホートを形成することが重要だとされている。

この文書は個々のプロジェクト提案の詳細について述べた技術レポートであり、影響についての一般的な調査と、個々に焦点を絞った調査の両方を促進するためにライフスパン・コホートを形成することを訴える提案も含まれている。

活動の構成

目的を達成するために ARCH は委員会の支援を受け、今回の活動はコアグループと専門・顧問グループ(後述)によって実施された。戦略的研究アジェンダの方針と概略、そして専門グループから提案されたさまざまなプロジェクトがコアグループによって準備された。専門家と顧問らは会合を設け、提案書について議論し、修正し、新しいプロジェクトを提案したり優先順位付けを行ったりした。SRA(戦略的研究アジェンダ)とさまざまなプロジェクトそしてその優先順位付けについて完全に合意するまでに何度かの会議や通信でのやり取りを経て、提案とその優先順位は見直されていった。

活動の内容を詳しく述べるならば、

- ・ 現時点での知見および現在進行しているプロジェクト、今ある調査推薦書の要約と原則的にチェルノブイリの影響調査にて答えを出すべき調査課題のリストの準備
- ・ 専門グループで合意した調査課題リストの要約(調査の分類と設計、線量測定・追跡調査・生物学的マーカーそして統計的検出力の観点からの要求事項)と事前の優先順位付け
- ・ 今やるべき(大急ぎの)調査、すなわち緊急性が高く、実現可能であることが示された研究の選定(第 1 成果物として準備されヨーロッパ委員会に提出された)
- ・ 中長期的な調査、すなわち、情報不足か実現可能性調査・予備調査が必要で、重要な調査領域ではあるが現時点では調査を実施できないものの選定。これらの調査のためには更なる資金調達が必要だ
- ・ 必要となる戦略的資源、現在の活動の付加価値、期待される成果、スケジュール、リスク、成功のための外部要因についての鍵となる仮定についての評価
- ・ プロジェクト提案書の作成

第1成果物に含まれる提案は以下の判断基準によって優先順位づけされた:

- 1) 科学的・社会的に重要度が高く、資金が得られればすぐに実行できる調査
- 2) 進行中の、価値ある活動ですぐに資金援助が得られなければ頓挫してしまうもの
- 3) 現在の、将来の重要なリソースを形成するインフラとなるもの。これは短期的な資金援助を必要とする者よりも政治的な議論を急ぐ必要がある者を含む

本レポートには、専門グループの最初の会合で選定されたすべてのプロジェクトが含まれており、これらは実現可能性・(科学的かつ社会的)重要性・実施の重要度が評価された。

組織構成

コアグループ

コアグループのメンバーが委員会宛に提案書を書いた。コアグループは以下に対する責任者となる：調査の全体構成、文書の作成、専門・顧問グループ(後述)と連携しての専門家・顧問のコメントを踏まえての文書の修正、専門グループと優先順位について合意した場合に外部査読者のコメントにあわせて行う最終的な修正。

コアグループは以下のメンバーで構成される：

- Keith Baverstock (放射線生物学者、東フィンランド大学、クオピオ)
- Elisabeth Cardis (疫学者、CREAL、バルセロナ)
- Ausrele Kesminiene (疫学者、IARC、リヨン)
- Dillwyn Williams (病理学者、ケンブリッジ大学)

専門グループと顧問

専門グループはチェルノブイリ原発事故の健康影響の追跡調査において経験豊富な有数の専門家で構成される。彼らは、必要不可欠で、互いに補完関係にある以下の学問分野の有識者である：疫学・放射線生物学・内科(特に内分泌学)・線量測定・病理学。メンバーは EC に承認されている。メンバーは被曝の健康影響に関するあらゆる側面をカバーするように選ばれ、特に汚染がひどかった三か国と EU から選ばれている：

- Keith Baverstock (東フィンランド大学、放射線生物学・公衆衛生)
- Dmytryi Bazyka (放射線研究センター、ウクライナ、疫学)
- Elisabeth Cardis (CREAL、スペイン、疫学)
- Vadim Chumak (放射線研究センター、ウクライナ、放射線測定)
- June Crown (イギリス、公衆衛生)
- Yuri Demidchik (ベラルーシ医学大学院アカデミー、ベラルーシ、甲状腺治療)
- Yuri Dubrova (レスター大学、イギリス、遺伝学)
- Victor Ivanov (MRRC、ロシア、疫学・リスク評価)
- Ausrele Kesminiene (IARC、フランス、coordination・疫学・内科)
- Semion Polyakov (RSPC MT、ミンスク、ベラルーシ、がん登録・公衆衛生管理)
- Christoph Reiners (ビュルツブルグ大学・ドイツ、甲状腺治療)
- Margot Tirmarche (IRSN、フランス、疫学)
- Klaus Trott (グレイがん研究所、イギリス、内科・非がん影響)
- Dillwyn Williams (ケンブリッジ大学、イギリス、病理学・がんメカニズム)

放射線研究分野に造詣の深い科学者が顧問を務め、世界中で進められている、あるいは今後予定されている活動と強調をはかるようになっている：

- André Bouville (NCI、アメリカ、線量測定)
- David Brenner (コロンビア大学、アメリカ、放射線生物学)
- Vladimir Drozdovitch (ベラルーシ、現在は NCI、アメリカ、線量測定)
- Ian Fairlie (イギリス、環境)
- Bernd Grosche (連邦放射線防御局、ドイツ、疫学)
- Sisko Salomaa (STUK、フィンランド、放射線生物学)

- ・ Richard Wakeford(マンチェスター大学、イギリス、疫学)
- ・ 山下俊一(長崎大学、日本、甲状腺疾患)

そして UNSCEAR 事務局も務める Malcolm Crick と Zhanat Carr(WHO、ジュネーブ)。

専門グループと顧問は3度会合を持った。コアグループが用意した方針説明書などの草案を専門的知見から査読し、必要に応じて完成させ、優先順位付けについて合意形成した。