

I. 序文.....	2
A. 被ばく経路.....	2
B. 線量評価に用いたデータ.....	4
II. 方法.....	11
A. 線量評価を行った地域.....	11
B. 非避難地域の外部被ばく線量評価.....	13
C. 非避難地域の吸入による被ばく線量評価.....	18
D. 経口摂取による被ばく線量評価.....	18
E. 避難地域住民の被ばく線量評価.....	23
F. 集団線量.....	26
III. 結果.....	28
A. 日本国内における1年目の被ばく線量評価.....	28
B. 日本国内における将来にわたる被ばく線量評価.....	45
C. 日本国外における放射線被ばく.....	48
D. 集団線量の評価.....	49
IV. 不確実さ.....	51
A. 外部被ばくおよび吸入による内部被ばく線量の調査.....	51
B. 経口による内部被ばく線量の調査.....	54
C. 将来の除染と予防措置.....	58
V. 他調査との比較.....	61
A. 住民の直接測定.....	61
B. WHO スタディ.....	63
VI. 結論.....	65

I. 序文

C1. 本付録では放射線による公衆被ばくの評価に関する、より詳しい情報を記載する。日本国内の公衆被ばく線量を見積もるため、環境中の放射性物質の分布に関する知見を用いた。本評価ではWHOによる暫定的な線量評価の結果と、その後明らかになった多くの情報を検討している。本調査の一部は関連する公開された科学論文および情報から構成されている。

C2. 本調査では事故に伴う放射線被ばくの主要な経路について検討した。日本人の集団を異なるサブグループに分け、それら（飲食や行動などの典型的な習慣について）代表的な個人の被ばく量を見積もることにフォーカスした。放出時年齢により成人（20歳）、10歳、1歳の3つのグループに分けた。被ばく要因としては、放出時および放出直後の短時間の被ばくがあった。また線量率は経時に減衰するものの、将来にわたり年単位で被ばくする成分がある。そのため本調査では事故後1年間の被ばく量と、10年間、および80年間の被ばく量を検討する。その際、3つの年齢グループについての加齢（による線量換算係数の変化など）も考慮した。80年というのは放射線防護で用いられる標準的な被ばく期間である70年よりも長いが、これは日本での通常の生涯年数を反映したものである。より影響を受けた福島県、および東日本の近隣県の住民については特に注意を払い検討した。日本国内における土壌への沈着量には大きなばらつきがある。また事故後に行われた大気中ダストの測定は最も影響の大きかった地域においても極めて乏しかったことに留意する必要がある。

A. 被ばく経路

C3. 福島第一原子力発電所（FDNPS）からは長期にわたり、広範に放射性核種が放出された（付録B）。線量評価を行う本委員会の主目的は甲状腺、赤色骨髄および女性の乳の臓器吸収線量（mGy）と実効線量（mSv）を明らかにすることである。経口または吸入による放射性ヨウ素は甲状腺に蓄積し、子どもや幼児にとって重要である。このため甲状腺の吸収線量に注目した。実効線量の見積もりは検討期間内における外部被ばくと経口および吸入による内部被ばくの合計について行った。

C4. 付録 B で述べたように、事故に伴う放出の多くは大気中および海中に対してである。この放出に続き放射性核種は環境中に移流することになる。図 C-I は主な被ばく経路を示したものである。

図 C-I. 環境中に放出された放射性物質による被ばく経路



C5. 大気中への放出に伴う主要な被ばく経路

- 放射性プルームによる外部被ばく
- 放射性プルームの吸入による内部被ばく
- 土壤に沈着した放射性核種による外部被ばく
- 食物や水の経口摂取による内部被ばく

C6. 最初の 2 つの被ばくは放射性プルームが通過する時だけに起こる。3 つ目と 4 つ目の被ばくは沈着した放射性核種が物理化学的なプロセスを経て減衰あるいは取り除かれるまで持続する。この他にも、再飛散による吸入や皮膚に付着した汚染物による被ばくも考えられるがその寄与は大きくなく、評価からは除外した。

C7. 海中への放出、あるいは大気中に放出したあとで海面に沈着した放射性核種は魚や他の海産物に移行する。これらは人に食べられることがあり特に重要である。他にも沈殿物や砂（による外部被ばく、および意図せず口に入ること）を介した被ばくが起こり得る。しかしながら福島第一原発の周囲 20km 圏内は避難区域に指定されており一般公衆の立ち入りは制限されている。従ってその外側についてのみ考慮すれば良く、その距離においては大きな線量寄与はない

と思われる。委員会ではこれらについては評価から除外した。

B. 線量評価に用いたデータ

C8. 付録 A には線量評価に用いた主なデータを記載する。また本調査の目的に對し十分なデータが確保されていることを示す。測定は主として、被ばくに最も寄与すると考えられている I-131、Cs-134 および Cs-137 について行われている。甲状腺吸収線量は主として I-131 により決定される。従って事故後比較的短期間に被ばく（吸入および経口摂取により）することになる。一般公衆の長期被ばくは Cs-137 と、それよりは期間は短いが Cs-134 により決定される。特に地表に沈着した放射線物質の寄与が大きい。最も多量に放出されたのは Xe-133 と見積もられている。その非反応性（不活性）き故にフィルターサンプリングされることなく、限られたデータしか得られていない（これらのデータは群馬県高崎市の包括的核実験禁止条約機関（CTBTO）のモニタリングステーションで得られたものである）。ただし Xe-133 の被ばくへの寄与は極めて小さい。

C9. 人に対する生体測定では内部被ばくに関する直接的な情報が得られる。委員会では 2 つのデータセットを入手した。1 つは子どもに対する甲状腺中の I-131 測定、2 つ目はホールボディカウンタ（WBC）による Cs-134 と Cs-137 の測定である。これらの測定はモニタリングを行った時点で、どの放射線核種が人体に存在するかを示すに過ぎない。また極めて限られた人数、地域しかカバーしておらず福島県内あるいは日本国内の一般公衆の内部被ばくを直接的に見積もるには不十分である。従って内部被ばくの見積もりにおいては環境中の放射性物質の測定を基本とし、これらの放射性物質にどのように晒されたかのモデルを併用し行った。

C10. 本調査においてデータは 2 つの方法のうちの 1 つに用いられた。すなわち被ばく調査に直接的に用いた場合もあれば、あるいは調査の信頼性を確認するために用いた場合もある。地表に沈着した放射性核種濃度の測定データは直接入力用として用いられ、委員会はこれを外部被ばく評価のための基礎データとして活用した。加えて、日本国内で広範に行われた食品中の放射性物質に関する膨大なデータベースも経口摂取による（内部）被ばくの評価に用いた。多数の（空間）線量率に関する測定データや、特定の場所、期間に対し行われた限

られたサンプル数の大気中ダストの放射性核種データ、および限られた被験者に対する生体内測定（WBC や甲状腺検査）のデータは線量評価のチェック用データとして用いた。また、地表への沈着や大気ダスト中の測定を補うため、委員会は付録 B に記した大気中の輸送、拡散、および沈着に関するモデル計算（ATDM）の結果を用いた。

1. 日本国内での放射能測定

C11. データの大半は日本の専門家により取得され公的に公表されたものであるが、その他の情報も活用した。これらに含まれるものは米国（すなわち日本在住の米国人）によるもの、および出版された情報（すなわち IAEA フィールドチーム[16]）などである。本委員会は測定がコンシスティントかどうか、あるいは質の高い確立された手法により測定されているかを巾広く確認した。

C12. 文部科学省（MEXT）の指導の下、日本原子力研究開発機構（JAEA）や様々な大学、および研究機関の協力により広範なモニタリングプログラムが導入された。文科省による初期の地表測定は 2200 点近い土壤サンプリングから構成され、それらは原発から 80km 圏内において 2011 年の 6 月 6 日から 7 月 8 日にかけて行われている。このデータセットからは周辺線量率と土壤中の γ 線放出核種 Ag-110m、Te-129m、I-131、Cs-134 および Cs-137 の沈着濃度に関する情報が与えられる。避難区域で採取された土壤では高い沈着濃度が見られた。Cs-137 の最高値は $15\text{MBq}/\text{m}^2$ で、大熊町で採取されたものだった。これは空間線量率 $55 \mu \text{Sv}/\text{h}$ に相当する。

C13. 100 点ほどのサンプリングポイントではあるが文科省のデータセットには Sr-89、Sr-90、Pu-238 および Pu-239+240 の測定データも含まれている。Sr-89 と Sr-90 の最高値はそれぞれ $22,000\text{Bq}/\text{m}^2$ 、 $5,700\text{Bq}/\text{m}^2$ で 20km 圏内の避難区域内で採取された。6 つのサンプルからは検出限界を超える Pu-238 が検出され、最高値は $4\text{Bq}/\text{m}^2$ であった。Pu-239+240 はサンプルの半数は検出限界以下で最高値は $14\text{Bq}/\text{m}^2$ であった。2,200 点の測定データの詳細は添付 C-1 から C-5 に、放射性核種の測定マップは添付 C-6 に記す。

C14. 2011 年の暮れ、文科省は東日本の 11 県について追加の現地測定および土壤中の Cs-134 と Cs-137 のサンプリング調査を行った。この結果は初期の 2,200

点のデータと合わせ、福島県と宮城、栃木、群馬、茨城、岩手および千葉県の外部被ばく評価のための入力データとして用いた。また文科省の調査と同時期の 2011 年 4 月から 2012 年 2 月にかけ、東日本 15 県の耕作地に対し農林水産省 (MAFF) による Cs-134 と Cs-137 のサンプリング調査も行われている。本評価ではこれらの調査結果も用いた。

C15. 本委員会では、土壤測定の結果に人口動態に関するデータを組み合わせて評価を行った。日本政府は地理空間情報に関する目的に照らし、国土をグリッドで分割している。一次オーダーのグリッドは経度（東西）を 1 度、緯度（南北）を 40 分で分割したもので、二次のオーダーはそれを 8×8 に分割する。それは経度で 0.125 度、緯度で 0.083 度に相当し、距離で言えばおよそ $10\text{km} \times 10\text{km}$ のメッシュになる。三次オーダーのグリッドは二次のオーダーをさらに 10×10 分割したもので水平、垂直の距離は約 1km に相当する。文科省の土壤測定データはおよそ 1km 四方のグリッドに割り付けられ人口データと組み合わせた。

C16. 本委員会ではサンプリング調査が行われた地域について、線量率と放射線核種の沈着濃度（のデータセット）を作成した。福島とその近県の 2011 年 6 月 14 日換算した Cs-137 沈着マップを図 C-II に示す。得られたデータセットは添付 C-7 に記す。

C17. 米国エネルギー省 (USDOE) は原発から 80km 圏内の航空機モニタリングを実施している。データは 2011 年 4 月 2 日から 5 月 9 日に収集され、線量率と Cs-134 および Cs-137 濃度について 2011 年 6 月 30 日換算し報告されている。このデータにより ATDM の結果（付録 B）を調整した。また各地域あるいは県内の沈着濃度のばらつきを定量化した。USDOE の航空機サーベイによる線量率と土壤濃度の結果は、約 1km 四方のグリッドセル毎に平均化し文科省の土壤測定の結果と比較した。図 C-III は福島県東部の USDOE による航空機サーベイから Cs-137 の沈着濃度をプロットしたものである。原発から北西にかけて高汚染エリアがあることが示されている。

図 C-II. 文部科学省の土壤サンプリング調査による福島県内および近隣県各地域の Cs-137 沈着濃度（2011 年 6 月 14 日換算）

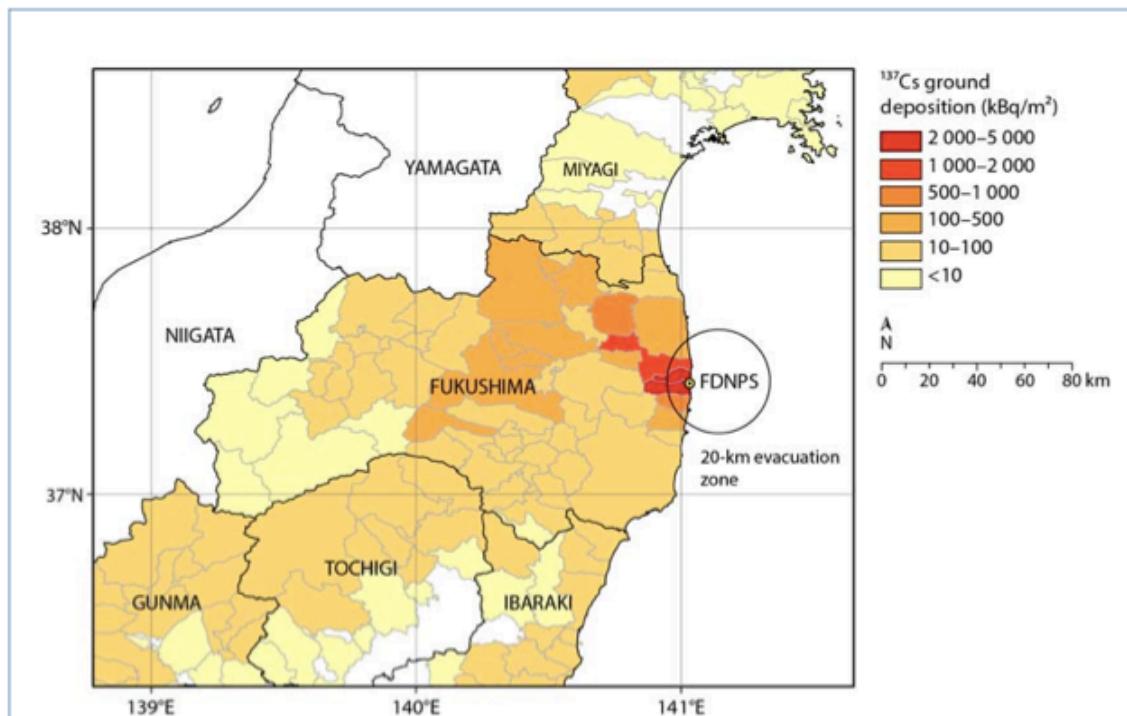
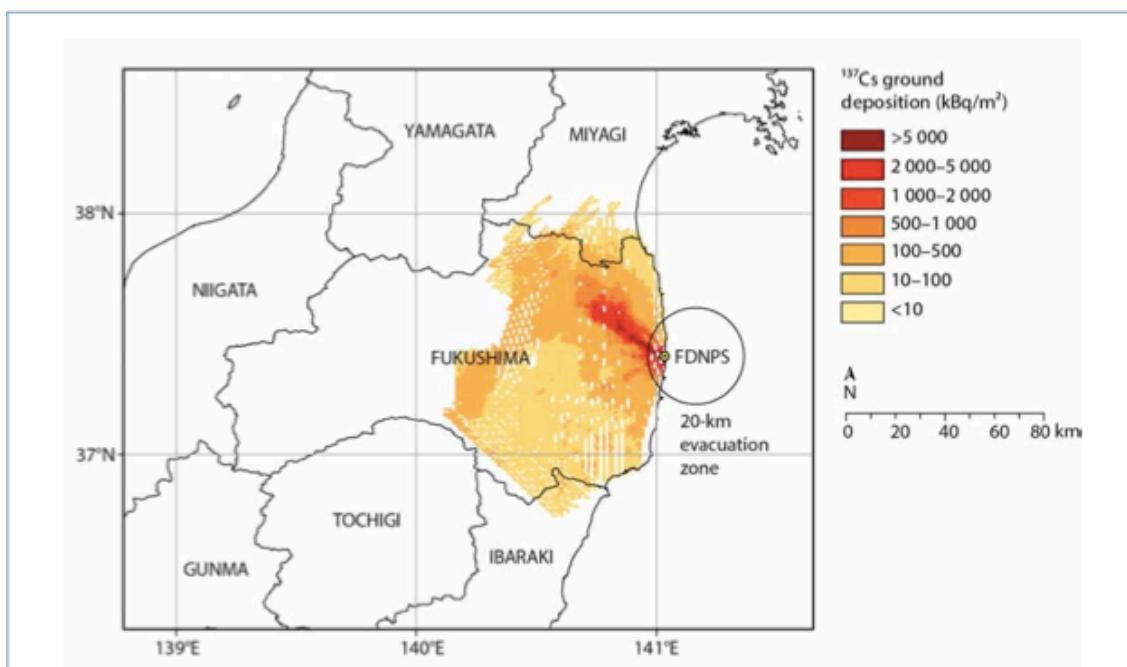


図 C-III. 航空機サーベイによる福島県内の Cs-137 沈着濃度（2011 年 6 月 30 日換算）



C18. 福島第一原発から大気中に放出された放射性核種については限られた情報しか得られていない。日本政府および USDOE から出されたデータは付録 A にまとめている。放射性プルーム通過時の吸入による被ばく量を見積もるためには 1 週目の大気中ダストにおける I-131 濃度データが必要であるが、それについては不十分である。

C19. 事故後、日本では様々な食品について I-131、Cs-134 および Cs-137 の測定が行われた。2011 年 3 月以降、国連食料農業機関（FAO）と IAEA、および日本の農水省と厚労省を含む専門家のとも食品中の放射性核種に関するデータベースがまとめられた。この FAO/IAEA 食品データベースには日本国内の 47 都道府県全てから収集された 500 タイプ以上の食品が登録されている。これらのデータは厚生労働省から公表された情報に基づき FAO/IAEA を通じて国際食品安全当局ネットワーク（INFOSAN）に渡され、また FAO/IAEA のジョイントディビジョンである Nuclear Techniques in Food and Agriculture によって取りまとめられている。FAO/IAEA の食品データベースについては添付 C-8 に示す概要に沿って委員会の評価に用いる前に検証されている。

C20. 飲料水に含まれる放射性核種のデータは厚労省により供給されている。最初のサンプルは 3 月 16 日に福島県内で採取されている。地域によっては 2011 年の 3 月末か 4 月初めまでサンプル採取を開始しなかった所もある。福島県外においては飲料水中のデータは I-131、Cs-134 および Cs-137 に限られている。福島県内においては I-132 のデータも存在している。

2. 日本国内における大気中の輸送、拡散および沈着モデル

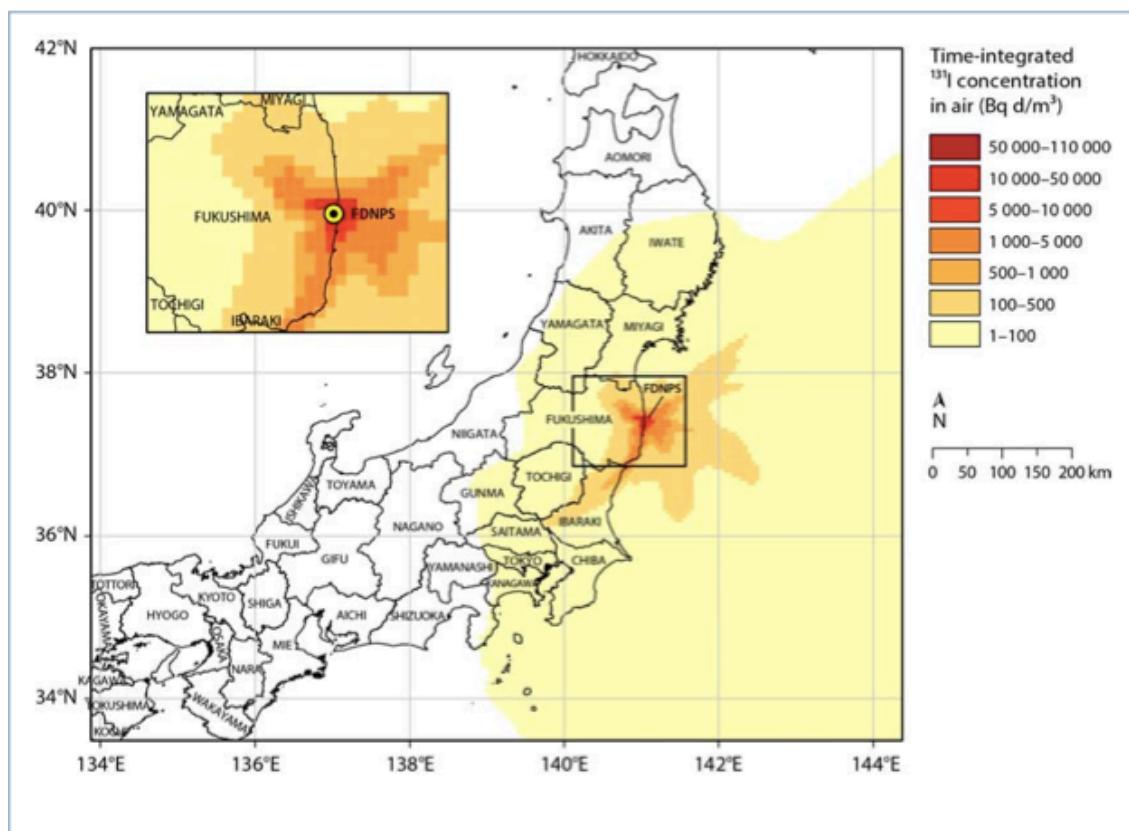
C21. 大気中の放射性核種の情報は非常に少ない。特定の場所、時刻におけるプルームからの被ばく線量は、主な核種の放出時系列と付録 B で述べた NOAA-GDAS ATDM による大気中の輸送を仮定することで見積もった。ソースターム（放出パターンと放出量）と ATDM 解析を仮定とした各地点の放射性核種の大気中濃度と沈着濃度（のそれぞれの値自体）に不確実さがある一方、その 2 つの比についても大きな不確実さがある。とりわけ、この比は放射性物質の経時的な放出パターンと絶対値に対して鈍感であり、それが不確実さの大きさに関与している。すなわち不確実さの主たるパラメータとしては乾性沈着と湿性沈着における（沈着速度）の不確実さが挙げられる。本委員会は ATDM

から得られる各地点についての（ダスト/土壤）比を用い、測定された土壤沈着濃度から大気中ダスト濃度の時間積算値を推測した。そして、この推定値に基づく大気中ダストからの被ばく線量評価を、避難区域を除く日本各地について行った。

C22. 避難区域については、その避難時期における大気中核種濃度も地表への沈着濃度についても非常に限られた数の測定しかない。本委員会では、主な核種の放出パターンの推計と ATDM 解析（の計算結果）を信頼した（用いた）。ATDM は Te-132、I-131、I-132、I-133、Xe133、Cs-134、Cs-136 および Cs-137 の大気中濃度を与える。とは言え、ATDM の結果は放出源のソースタームをベースにしているうえ、NOAA-GDAS モデルには気象条件に関する詳細が含まれている。そのため特定の場所、時間についての ATDM の結果には大きな不確実さがある（付録 B）。ATDM の結果は福島県内および日本国内の他の場所についての長期的な経口摂取の計算にも用いられている。

C23. ATDM の結果は 5km 四方のグリッドで計算される。これらの値は対応する文科省の土壤サンプリングのデータセットに割り付けられた。ATDM の解析では I-131 に対し、粒子性および非粒子性（ガス）の両成分についての見積もりを与える。図 C-IV は ATDM による、2011 年 3 月 13 日から 4 月 1 日までの粒子状 I-131 の濃度積算値である。このマップからは大気中に放出された放射性核種のかなりの割合が海上に拡散したことを見ている。ATDM 解析から得られた I-131 と Cs-137 のデータセットとマップは添付 C-9 と C-10 に記す。

図 C-IV. NOAA-GDAS 大気輸送、拡散および沈着モデル解析による日本国内の大気中粒子状 I-131 の濃度時間積算値（2011 年 3 月 13 日-4 月 1 日）



3. 日本国外での放射能測定（省略）

C24. （省略）

C25. （省略）

C26. （省略）

4. 防護措置

C27. 放射性核種の放出から住民を防護するため、日本の専門家によって広範な方策がとられた[A6]。これには 2011 年 3 月 11-15 日の 20km 圏外への退避と、いわゆる計画的避難区域の設定が含まれる（2011 年 4 月 22 以降）。さらに 2011 年 5 月から 6 月にかけ、環境測定に基づき原発から北西方向の地域についても

退避措置がとられた。これらを評価するため、委員会ではこれらの防護措置がいつ、どこで実行されたのかを検討した。2011年11月に福島県は全県民を対象にした2011年3月11日から7月11日までの4ヶ月間の行動調査の結果を報告した。この結果にもとづき、事故後の住民避難を代表する18の避難シナリオが作成された。それらシナリオについては次章で議論する。避難区域での防護措置に関する追加情報は日本政府により出されている。

C28. 最も影響を受けた地域での事故初期の測定によると、野菜サンプルに含まれるI-131が暫定基準値を超えた。2011年3月17日以降、食品の出荷制限が導入された。専門家の勧告に加え、多くの住民が自己防護のアクションをとった。例えば、自主避難を行った人の中には生鮮食料品や福島県産の食材を避けた人もいる。本委員会では（こういう自主的な防護は評価せず）公的な防護措置についてのみ検討した（しかできなかった）。それでも、さまざまな飲食物の取り込みによる個人の被ばく量に対する、これら防護措置の寄与を考慮した。

C29. 汚染地域における長期にわたる復旧（除染）、はスタートしたところである。それは、沈着した放射性核種による被ばくや、あるいは食物への移行を通じた被ばくを低減すると思われる。その効果についてはこの付録中の後のセクションで議論する。

II. 方法

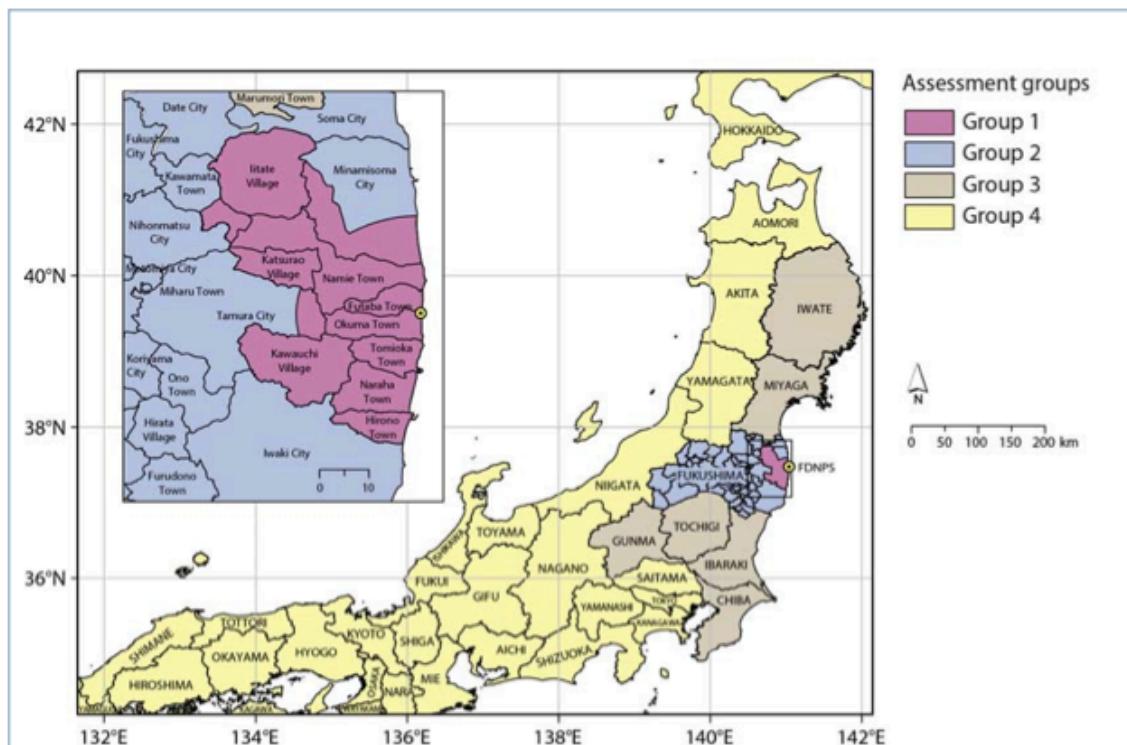
A. 線量評価を行った地域

C30. 日本における公衆被ばくを見積もるため、委員会は地理的に4つのグループにフォーカスした（図C-V）。グループ1は事故後数日から数ヶ月以内に18シナリオに従い住民が避難した居住地。グループ2は福島県内の避難区域以外の地域。グループ3は東日本の福島隣県（宮城、栃木、群馬と茨城県）および近県（岩手および千葉県）。グループ4は日本国内のその他地域である。

C31. これら各グループの評価における空間分解能は存在するデータ（の密さ）に依存する。グループ2では外部被ばくと吸入による内部被ばくは地域単位レベルで、経口摂取については県単位で見積もった。グループ3の6県について

はいくつかの測定と Cs-137 の沈着レベルにより見積もった。グループ 3 のいくつかの地域については、外部被ばくと吸入による被ばくについて地域単位で見積もった。6 県のうち 5 県の経口摂取については 5 県の平均で評価した。岩手の平均（経口）線量についてはグループ 4 と同様として見積もった。グループ 4 の外部被ばくと吸入被ばくは県単位の平均で、経口摂取についてはグループ 4 で平均して評価した。

図 V. 公衆被ばくの見積もりを行った日本国内の地理区分



グループ 1. 放医研の 18 シナリオに沿って事故後数日から数ヶ月以内に避難を行った地域。

グループ 2. 福島県内の非避難地域。

グループ 3. 宮城、群馬、栃木、茨城、千葉、岩手

グループ 4. 日本国内のその他都道府県

C32. 本評価ではいくつかの異なる方法により、典型的な行動様式を持った公衆を代表する被ばく量を見積もった。詳細については添付 C-12 と C-13 に記す。本委員会では胎児と乳幼児については外部、内部被ばく線量とともに他の年齢グループと同様であるとみなしが密には見積もっていない。たとえば胎児と乳幼児の外部被ばくについてはそれぞれ成人（妊婦）と 1 歳児の（外部被ばく）線量と同等と考えられる。

C33. 日本国外の線量評価については WHO の評価結果を含む文献調査に基づき行った。これらの広範な測定と線量評価は国連参加国・地域の協力で行われた。本委員会では世界全体の公衆に対するモデルを用いた包括的な線量評価は行っていない。

B. 非避難区域の外部被ばく線量評価

C34. 環境中に放出された放射性核種による公衆被ばくにおいて、外部被ばくは大きく寄与する（たとえば[W11]）。それには 2 つの成分があり：(a)空気中の放射性核種による外部被ばく、(b)地表に沈着した放射性核種による外部被ばく、である。空気中の放射性核種による被ばくは比較的短期間の寄与であり、核種が空气中に存在する場合にのみ持続する。一方、沈着した核種による被ばくはそれが崩壊するか、あるいは物理化学的過程もしくは除染活動によって取り除かれるまで持続する。

C35. 周辺線量率（もしくは空気カーマの線量率）には放出された放射性核種（空气中および地表の核種）と自然放射線によるバックグラウンドが含まれる[U12]。バックグラウンドと個々の（状態の）放射性核種の寄与に関する詳細な情報が不足しているため線量率のデータを直接用いることはできない。このため沈着した放射性核種による各時間と場所の（被ばく）線量率は地表に沈着した核種濃度から見積もった。また、これにより放射性核種の崩壊と地中への沈降を考慮した将来的な線量率の見積もりも可能になった。

C36. 外部被ばくに対する臓器吸収線量や実効線量を評価するにはガンマ線照射場と照射場における人々の振る舞いに関する情報、あるいは放射線場に対する吸収線量や実効線量への適切な換算係数が必要となる。これらの換算係数は照射の幾何学的配置に依存するため、放射性核種が空中にあるか、地表にあるかに拠ることになる。沈着した放射性核種による外部被ばく線量を評価するため、地表から 1m における空気カーマを放射線場の標準尺度として用いた。その値は地表での沈着濃度に拠るとともに、地中での放射線の減衰や核種の自然崩壊、長寿命核種については地中への沈降、あるいは雪による遮へいなどの自然因子にも影響される。計算では各測定地点における線量率比として、こういった自然因子の時間変化、いわば「場所ファクター」を考慮した。各地点にお

ける様々なグループの（屋内外の）時間配分による居住ファクターについても計算に取り込んでいる。本手法の詳細については添付 C-12 に記す。

1. 沈着した放射性物質による外部被ばく

C37. 非避難区域の外部被ばく線量を評価するために、主として地表に沈着した放射性核種の濃度測定値を用いた。測定値に関するデータセットは前章および付録 A にまとめた。計算モデルは以下の 4 つから構成される。すなわち(a)居住地域における標準地点の空気カーマの見積もり、(b)場所ファクターの見積もり、(c)各地域における様々な集団の居住ファクターの見積もり、および(d)様々な集団における空気カーマに対する臓器吸収線量と実効線量への換算係数である。

C38. 公衆の外部被ばく線量は屋内外にどれくらい滞在するか、住居の遮へい、および個々人の体格（年齢による）に依存する。評価に用いた 3 つの年齢グループはそれぞれの社会集団を代表する；すなわち 20 歳、成人（2011 年時点で 16 歳以上）、10 歳（2011 年時点で 6 歳から 15 歳の就学児）、1 歳（2011 年時点で 5 歳までの未就学児）である。成人については野外就業者と屋内就業者に細分する。屋内就業者には学生と年金生活者も含まれる。これは、日本の人口統計データ上、被ばく評価という観点からはこれらの集団の行動が類似していることによる。

C39. これらの人団に対し、日本の代表的な家屋類型に基づき 3 つの遮へい特性を考える：すなわち(a)1~3 階建ての木造家屋；(b)1~3 階建ての防火木造家屋；(c)コンクリート製の多層集合住宅である。（屋内における）場所ファクターはウェザリングや除染、あるいはその他の要因による環境中の放射性核種の移流により減衰する。初期状態においては 3 つのタイプの住居に対し、それぞれ 0.4、0.2 および 0.1 とされている（添付 C-12）。つまりトータル 12 通りの社会/年齢グループと住居タイプを考えることになる。主な結果はこのうち 2 つの典型的な人団について表す：すなわち(a)木造住宅に居住し、屋内就業する成人；および(b)木造住宅に居住する幼児である。この 2 つの集団の選定は福島県内やグループ 3 の近隣県において 1~2 階建ての木造、もしくは防火木造住宅に居住する人が多数であるとの統計データに基づいている。

C40. 事故後 1 年目の被ばく量を評価するため、ICRP の規定する成人用シミュレーションファントムによる線量換算係数が適用された。他の年齢グループについてはボクセルファントムが用いられた。長期間の被ばく評価においては 1 歳児および 10 歳児グループに対しその成長についても考慮した。1 歳児については最初の 5 カ年（5 歳に到達するまで、未就学児）は同じ換算係数を用いた。10 カ年の評価においては 2016 年 3 月からは 10 歳児の換算係数を適用し、2026 年 3 月からは成人用の換算係数を用いた。2011 年時点で 10 歳の子どもについても同様の取り扱いを行った。すなわち事故後 5 カ年は年齢なりの換算係数を使い、2016 年 3 月以降は成人用の換算係数を用いた。

C41. 居住ファクター（さまざまな場所における各集団の滞在時間）は日本の国家的調査に基づいた。評価に用いた数値を表 C-1 に示す。これらの居住ファクターは 12 通りの社会/年齢グループ、住居タイプの分類と組み合わせて用いられた。典型的な成人については 60% の時間を 1~3 階建ての木造住宅で過ごし、30% を多層階のビルディングで過ごすと仮定した。典型的な未就学児については殆どの時間を木造住宅（80%）で過ごすと仮定した。

表 C1. 日本国内の公衆外部被ばくの評価に用いた居住ファクター

場所の種別	居住ファクター(無次元)			
	成人		10 歳	1 歳
	野外就業者	屋内就業者		
屋内	0.7	0.9	0.85	0.8
屋外	0.3	0.1	0.15	0.2
舗装された環境	0.2	0.05	0.05	0.1
舗装されてない環境	0.1	0.05	0.1	0.1

C42. 文科省の土壤サンプリングに関するデータセットにより、放射性核種の沈着濃度が得られた。このデータセットの内訳を以下に示す：Cs-134 と Cs-137 は全ての土壤サンプルに見られる；Ag-110m は 343 のサンプル；Te-129m と I-131 は 419 のサンプルに見られた。多くのサンプルで Te-129m（半減期 33.6 日）、I-131（半減期 8.02 日）および Ag-110m（半減期 250 日）はその崩壊時定数、もしくは沈着レベルの低さから検出されなかった。これらの核種が検出されなかったデータについては、検出された地点の核種比の平均を用いることで Cs-137 の値から（計算し）見積もった。表 C2 には Cs-137 に対する Ag-110m、

Te-129m、I-131 および Cs-134 の核種比平均値をまとめる。殆どの場所で核種比は比較的コンシスティントであった。

C43. ただしデータによると原発から南の沿岸部（いわゆる南トレース）に、濃度として Cs-137 と十分に相関がある水準を持ちながら、Te-129m と I-131 の核種比が著しく高い、細長いエリアが存在する。委員会は富岡町、楢葉町、広野町およびいわき市についてはこの高い核種比を評価に用いた。

C44. 土壤サンプル中の Ag-110m は Cs-137 に対し統計的に有意な相関がある。しかしながら、その相関係数は Te-129m や I-131 よりは低い。にもかかわらず、データが無い地点の Ag-110m に対し表 C2 の核種比を用いた評価を行うことによる不確実さは、被ばく量の評価において実質的に大きな影響を与えない。なぜなら事故後 1 年目の被ばく量のうち、この核種による寄与は 0.1% のオーダーに過ぎないからである。

表 C2. 土壤中の Cs-137 に対する各核種比（2011 年 3 月 11 日 0 時換算）

地域	項目	核種(半減期)						
		Ag-110m (250 日)	Te-129m (33.6 日)	Te-132 +I-132 (3.2 日)	I-131 (8.02 日)	Cs-134 (2.06 年)	Cs-136 (13.2 日)	Cs-137 +Ba-137m (30.2 年)
日本 全体 (南ト レー スを 除く)	Cs-137 比	0.0028	1.1	8	11.5	1.0	0.17	1.0
	標準偏差(n) ^a					0.07 (2181)	0.02 (56)	
	相関係数(n) ^a	0.47 (343)	0.97 (689)		0.72 (339)			
南ト レー ス b	Cs-137 比	0.0028	7.9	59	74	1.0	0.17	1.0
	相関係数(n) ^a		0.85 (110)		0.89 (73)			

^an は土壤サンプル数

^b 富岡町、楢葉町、広野町、いわき市

C45. Cs-136 の沈着濃度は Cs-137 から推測した。日本国内のさまざまな地点で採取された土壤サンプル[E1、T1]から、2011 年 3 月 15 日換算した核種比 Cs-136/Cs-137 は 0.17 ± 0.02 ($n=56$) と見積もられた。CTBT (添付 B-1) と欧洲[K16]の大気サンプリング($n=565$)に基づく 2011 年 3 月 11 日換算した核種比 Cs-136/Cs-137 は 0.21 ± 0.02 と見積もられる。これらの計算による核種比は(原子炉破損時の)残存放射能の計算[N16]、および本委員会で用いた表 B3 の値 0.31 とは異なる。しかしながら一貫性の観点から、線量評価においては土壤サンプルの結果から得られた核種比を用いた。

C46. 非避難区域については、これまでに公表された測定データの核種比を用い Te-132 の沈着濃度を Te-129m の測定値から推測した。Te-132/Te-129m 比には大きなばらつきがある。日本で採取されたサンプルからは核種比は 9.1 ± 1.6 ($n=14$)、欧洲で採取されたサンプルからは 5.8 ± 0.1 ($n=14$) と見積もられる。FDNPS のユニット 2 による理論計算ではいくつかのより高い値、22[N16]や 12[K16]などが得られているが、本委員会の評価では環境測定の結果に基づき、それらを丸めた核種比 7 を用いた。崩壊による減衰を補正した Te-132/Cs-137 比は事故後 80 日まで基本的に一定であった。これは放射性テルルがセシウムと同様、土壤表面に残存していることを示している[T2]。避難区域における Te-132 の沈着濃度は原子炉のインベントリ (残存放射能) 計算に基づいた ATDM の結果から、Te-132/Cs-137 比 12.4 (表 B3) を用いた。

2. 大気中の放射性核種による外部被ばく

C47. 放射性プルームの通過に伴う外部被ばく線量の評価に対し、ガンマ線の線量率や大気中放射性核種の濃度については不十分な測定データしか得られていない。そのため大気中の放射性核種の濃度については地表に沈着した核種濃度の測定と ATDM の計算結果から求めた。この大気中核種からの外部被ばく線量の評価では、放射性プルームを準無限遠の雲と想定している。この想定は大気中核種濃度が数百 m の範囲で一様な分布をとる場合には適切と考えられる。大気中の放射性核種の濃度は約 5km 四方のグリッドで平均し評価に用いた。

C48. 福島県内（避難区域を除く）と土壤の沈着濃度測定を行った他の日本国内の都道府県については ATDM を用いて大気中の I-131、Cs-134 および Cs-137 濃度を見積もった。それぞれの核種について土壤沈着に対応する大気中濃度の

時間積算値を場所の関数として割り出した。

C49. 放射性プループが上空を通過する時間は短く（典型的には数時間）、トータルの被ばく量に対する寄与は地表に沈着した核種による被ばく量に比べると少ない。ここではプルーム通過時に住民は外出していた仮定を用いている。これは屋内に居た場合の建物による遮へい効果を無視しており、保守的な見積もりである。大気中の放射性核種による外部被ばくの計算方法と、それに関連するパラメータは添付 C-12 に記す。

C. 非避難地域の吸入による被ばく線量評価

C50. 非避難地域での吸入による内部被ばくを評価するには大気中の放射性核種濃度、年齢による呼吸率、および吸入に対する線量換算係数に関する情報が必要とされる。前章の大気中核種による外部被ばく評価でも述べたように、大気中の核種濃度は沈着濃度の測定と ATDM の計算結果から評価した。詳細については添付 C-12 に述べる。

C51. 本委員会では甲状腺、赤色骨髄および実効線量に対する標準的な年齢別呼吸率と線量換算係数を用いた[I15、I25]。これらの線量換算係数では粒子サイズ $1 \mu\text{m}$ を仮定している。吸入率については ICRP の呼吸経路モデルによる 1 日の平均値を適用した。吸入による線量換算係数は男性の場合の値を用いた。大気中の核種濃度に対する屋内外比などの低減効果は一切考慮していない（保守的な見積もりである）。

C52. ICRP の線量換算係数は一般的な解剖学的、生物学的人体データに基づいている。従って、ヨウ素過多な飲食物を摂取する日本人個人の甲状腺吸収線量に対しては完全に適切とは言えないかも知れない。このファクターは甲状腺の放射性ヨウ素取り込み量[Z4]と甲状腺の重量[L5、Z6]の双方が少ないとということを意味する可能性がある。

D. 経口摂取による被ばく線量評価

1. 1 年目の食品中放射線核種の経口摂取による内部被ばく

C53. 経口摂取による被ばく評価には、検討期間中の食物や飲料水中に含まれる核種濃度、年齢別の適切な摂取量と経口摂取に対する線量換算係数に関する情報が必要となる。経口摂取の評価に関する手法の詳細は添付 C-13 に記す。

C54. 本評価では ICRP により公表されている線量換算係数を用いた。日本国内では事故数日後の福島県内からスタートし、様々な食材（陸産物と海産物）に含まれる放射性核種の測定が広範に行われた。これらの測定は各集団の被ばく線量を評価するというよりは、むしろ出荷制限に該当するかどうかを見分けることを意図していた。追って、モニタリングは全国に拡大され、より系統的に行われるようになった。FAO/IAEA のデータベースは I-131、Cs-134 および Cs-137 の測定データについてのみ整備されている。そのため本評価の経口摂取で取り扱ったのはこれらの核種のみである。しかしながら仮に他の核種を厳密に考慮したとしても、その崩壊寿命の短さや量の少なさから上乗せされる被ばく線量は非常に少ないと思われる。

C55. FAO/IAEA のデータベースには（作付け）制限地域の収穫前の農作物も含まれているが、これらのデータは評価には用いなかった。評価には流通している食材の測定データを用いた（添付 C-8）。測定の多くは検出限界付近か、もしくはそれ以下の値であった。この様な場合には、I-131、Cs-134 および Cs-137 の濃度を各食材の検出下限値である 10Bq/kg と仮定することにした。これは（検出限界以下を）全てゼロと評価するよりは適切であろうと考えるが経口摂取をやや過大評価する可能性がある。しかしながら I-131（半減期 8.02 日）については、短寿命核であるという観点から事故後 4 ヶ月以降についてはゼロと仮定している。また、米についても（23 年産度米の）収穫まで、すなわち事故後 6 ヶ月間についてはゼロと仮定している。

C56. 事故後の 1 ヶ月間については経口摂取による被ばく線量を詳細な地域ごとに評価するのに十分な測定データはない。日本国内では住民の多数は、その地域全体の産地から集まるスーパーマーケットで食材を入手していると仮定する。そのため各集団の平均線量を見積もあるには、広いエリアで平均化した食品中の核種濃度を評価するのが適當だろうと考える。従って本評価においては、福島県内、5 つの周辺県（宮城、栃木、群馬、茨城および千葉）、および国内のその他地域についての平均濃度が線量評価の基礎となる。なお、岩手県については日本国内のその他地域と同等として取り扱う。

C57. 一人あたりの食品摂取量は、この調査のために日本政府から提供された国内調査（の結果）に基づいた。最も広範に調査されているのは成人に対してであるが、幼児や子どもについてのデータもある。表 C3 には本調査で用いた食品分類ごとの摂取量をまとめる。

表 C3. 線量評価に用いた年齢別食物摂取量

年齢区分については調査を行った日本政府による。本委員会ではこれを修正することなく（線量評価に）用いた。

食品分類	年齢別、一人当たりの摂取量(g/日)		
	成人(20歳以上)	子ども(7-14歳)	幼児(1-6歳)
葉野菜	71.3	60.4	35.7
根菜類	75.1	77.7	52.7
その他野菜	193.0	161.8	96.7
大豆および大豆製品	57.5	38.1	25.9
米および米製品	342.2	312.1	190.1
小麦および小麦製品	96.4	88.8	65.1
その他穀物	8.3	7.6	4.8
生果および果実加工品	86.0	81.9	76.8
ジュース	22.4	20.0	16.3
海産および回遊魚	37.1	25.3	14.9
甲殻類および軟体類	42.8	29.2	17.2
卵	34.3	33.6	23.8
肉/牛	13.6	17.6	9.5
豚(野生のイノシシを除く)	43.1	55.9	30.1
鶏肉	21.4	27.7	15.0
その他肉類	1.7	2.2	1.2
牛乳	83.2	259.7	174.8
牛乳および乳製品	7.8	24.4	16.4
キノコ類	16.5	13.2	8.6
海藻、藻類	10.9	8.7	5.8

2. 1年経過後の食物経口摂取による内部被ばく

C58. 1年経過後の経口摂取を評価するため、食品中の核種濃度の時間変化を見積もるモデルを用いた。日本の農業慣行に関する情報を得た。すなわち様々な農産物をいつ作付けし、収穫するのか、収量（はどのくらいか）、および日本での個々の農産物への放射性核種の移行（係数）などである。日本のためのモデルというものは存在しないため、これらのデータは陸産物における核種の移行連鎖を与える FARMLAND 修正モデル[B21]を用いた。特に重要な食品は緑色野菜、米および牛乳であるが、ある程度の範囲の異なる食品群についても考慮した。事故に伴う放出では、食品への核種の移行は事故からの年数に大きく依存する。放出のタイミングが収穫や野外放牧の時期と重なった場合、1年目の放射性核種のレベルは（放出のタイミングが）農産物の成長前あるいは畜産物を屋内で備蓄していた場合に比べ非常に高くなる。福島第一原発の事故は3月であった。育っていた農作物は少なく畜産物は保存されている時期である。このことは仮に事故がより遅く発生していた場合（1986年のチェルノブイリのように）に比べ、食品中の放射性核種の濃度をより低く抑制することにつながった。

C59. モデルによる手法は、経年的な海産物の消費（摂取）による内部被ばくの評価にも用いた。付録Bで議論したように、海洋への放射性核種の流出を求めるのは極めて困難である。そのため線量評価にも大きな不確実さがあると考える。ではあるものの、1年経過後の内部被ばくについても、海洋環境モデル[N3]による今後10年間の海水中 Cs-137 レベルの計算値から可能な限り評価した。

C60. 食品の出荷制限（の寄与）は、そのデータベースが流通品（基準値を超えたものは除外される）に対してのものであることから、あからさまにではないものの1年目の経口摂取による線量評価に取り込まれている。食品中の放射性核種による線量評価の摂取モデルにおいて、日本の専門家により定められた基準値を超えた食品は消費されなかつたと想定した。2011年3月から2012年4月まで規制値は厚労省により規定されており、それを表C4に転載する。2012年4月には放射性セシウムに対するより低い新基準が導入され、本評価でもそれを1年経過後の経口摂取量に反映している。

表 C4. 2011 年 3 月から 2012 年 3 月末まで日本国内で導入された食品および飲料水中の放射性核種に対する出荷制限値

核種	食品中の放射性物質に関する暫定規制値 (Bq/kg)	
放射性ヨウ素 (混合核種の代表核種:I-131)	飲料水	300
	牛乳、乳製品 ^a	
	野菜類 (根菜、芋類を除く)	2000
放射性セシウム	魚介類	
	飲料水	200
	牛乳、乳製品	
	野菜類 穀類	500
ウラン	肉、卵、魚、その他	
	乳幼児用食品	
	飲料水	20
	牛乳、乳製品	
	野菜類 穀類	100
プルトニウムおよび超ウラン元素のアルファ核種 (Pu-238、Pu-239、Pu-240、Pu-242、Am-241、Cm-242、Cm-243、Cm-244 放射能濃度の合計)	肉、卵、魚、その他	
	乳幼児用食品	
	飲料水	1
	牛乳、乳製品	
	野菜類 穀類	10
	肉、卵、魚、その他	

^a 100Bq/kg を超えるものは、乳児用調整粉乳および直接飲用に用いる乳に使用しないよう指導すること。

3. 飲料水に含まれる放射性核種の経口摂取による内部被ばくの評価

C61. 飲料水に含まれる放射性核種の測定は日本の専門家によって行われ、その結果は本委員会に提供された。被ばく量の見積もりはこの測定結果を基に、導入された（表 C4 の）いずれの規制値も取り入れて評価した。（濃度）レベルは事故後数ヶ月までの限られた期間で上昇していた。

C62. 福島県内については住民が暮らす地域ごとに平均実効線量を見積もった。その他の国内地域については各県ごとに平均実効線量を見積もった。線量は一週ごと、もしくは一ヶ月ごとの平均で見積もった。福島県内の地域については2011年3月から2011年5月末までの期間は一週ごとに見積もった。その後は飲料水中の放射性核種濃度が著しく低下したことと測定も減ったことから一ヶ月ごとの平均値で計算した。福島県以外の都府県については2011年3月から2012年3月までの一ヶ月ごとの平均値を計算した。全ての一ヶ月平均値は暦上の起算日に拠っている。

E. 避難地域住民の被ばく線量評価

C63. 本付録のI章で概要を示したように、日本の専門家は放射線被ばくを低減する広範な措置を講じた。それは事故の進展に伴い、いくつかのタイミングで広域的避難を行ったことや食品の出荷制限を行ったことなどである。

C64. 原発から20km圏内の住民は2011年3月11日から3月15日までの間に予防的避難を行った。双葉町、広野町、楢葉町、大熊町と富岡町および川内村の殆どの住民、またそれと同様に南相馬市、田村市、浪江町および葛尾村の20km圏内の住民は2011年3月12日に避難した。これにより、これら住民の殆どは後の放射性核種の放出の際、より影響の大きかったエリアに残ることを避けることができた。これら住民の被ばく量はこの後に示す避難シナリオに沿って評価することができる。しかしながら、20km圏内の病院に居た患者や老人ホーム、あるいは非常に少数の住民の避難は2011年3月12日より数日遅れて完了した[T4]。

C65. 特に原発から北西方向に対し、日本政府は環境計測に基づいた追加の計画的避難措置を開始した。飯舘村の全域、それと同様に浪江町、川俣町および葛尾村の一部の住民は2011年3月から6月にかけて避難した。これらの住民集団の被ばく量については避難前、避難時および避難後について評価した。外部被ばくおよび吸入摂取による内部被ばくについてはATDMの結果だけに基づき評価した。経口摂取については食品中の放射性核種の測定に基づき評価した。避難先に到着後、なかには避難所に留まる人も居たが多くは、特に若い家族は日本国内の他の地域に移動した。しかしながら避難民が事故後1年目に被った被

ばく量としては、1年間避難所に留まった場合を想定し評価を行った。

C66. 避難前および避難時の線量評価は、現地専門家（福島県）が全県民（200万人）を対象に行った質問書による調査に基づき行った。これは住民の行動状況を確認するとともに、滞在場所と移動を明確にするために行われ、人口の約21%が回答している。放射線医学総合研究所（NIRS）はこの調査結果から事故後の原発周辺からの移動を代表する18のシナリオを規定した[A5]。この18シナリオについては表C5に概略を記す。居住地から避難した住民の人数については添付C-12に記す。

表C5. 放医研の調査に基づく18の避難シナリオ

シナリオ	2011年3月11日 の所在地	避難先		
1	富岡町	3月12日 川内村市役所	3月16日 ビッグパレット 福島(郡山市)	
2	大熊町	3月12日 船引就業活性化 センター(田村市)		
3	双葉町	3月12日 川俣小学校 (8:00)	3月19日 さいたまスーパー アリーナ	3月31日 旧県立騎西高校 (加須市)
4	双葉町	3月12日 川俣小学校 (21:00 1号機 水素爆発後移動)	3月19日 さいたまスーパー アリーナ	3月31日 旧県立騎西高校 (加須市)
5	楢葉町	3月12日 いわき市役所	3月31日 船引就業活性化 センター(田村市)	
6	楢葉町	3月12日 いわき市役所	3月16日 会津美里町役場	
7	浪江町	3月12日 津島活性化	3月16日 安達体育館	

		センター	(二本松市)	
8	田村市	3月12日 デンソー東日本 (田村市)	3月31日 ビッグパレット 福島(郡山市)	
9	南相馬市	3月15日 伊達市役所	3月31日 あづま総合体育館 (福島市)	
10	広野町	3月12日 小野町役場		
11	川内村	3月12日 川内村小学校	3月16日 ビッグパレット 福島(郡山市)	
12	葛尾村	3月14日 あづま総合体育館 (福島市)		
13	浪江町 津島活性化 センター	3月23日 安達体育館 (二本松市)		
14	葛尾村	3月21日 あづま総合体育館 (福島市)		
15	飯舘村	5月29日 福島市飯野支所 (福島市)		
16	飯舘村	6月21日 福島市飯野支所 (福島市)		
17	南相馬市	5月20日 南相馬市役所 (南相馬市)		
18	川俣町 山木屋地区	6月1日 川俣町役場 (川俣町)		

C67. 18 の避難シナリオにおいて、4 タイプの行動状況を検討した。すなわち「通常の生活」、「住居が用意された避難」、「避難」、そして「屋内退避」である。「通常の生活」に対しては非避難区域における外部被ばくおよび吸入被ばくの計算と同じ条件を仮定した。「準備された避難」、「避難」、「屋内退避」については、本委員会ではその行動状況を反映した居住ファクターと呼吸率を仮定した（これらは通常生活時の場合とは全く異なる）。放医研の調査では(18 のシナリオは) 住民の各地点での建物のタイプ、および原発に対する時間的、空間的な動きを特定するために用いている。本評価ではこの 18 シナリオに対し沈着濃度（の実測値）と NOAA-GDAS ATDM による大気中濃度（の計算結果）を用いた。その他の点については前の章で詳細を述べた、非避難区域での外部被ばくおよび吸入による内部被ばくの評価に用いたのと同様のパラメータとモデルを適用した。

C68. 現時点では、環境復旧（除染）の規模や実効性に関する情報が無く、（評価に用いた）これらの手法が有効であるという確信を持ちながらの線量評価是不可能である。（が、）仮になんらの除染も実施されず、事故後 2～3 年後に避難住民が元の家に戻り、そして通常通りの生活した場合に受けることになると考えられる被ばく線量についても評価してある（表 C19）。

F. 集団線量の評価

C69. 一般公衆の集団線量（を評価すること）は、防護の最適化や放射線技術の比較、および防護施策のため第一に選択される手法である。非常に低い個々人の線量を長期に累積することは適切ではない。（集団線量の）比較としては、放射性核種の環境中への放出（大気中核実験によるフォールアウトや Chernobyl 事故など）が発生してから、ある程度限られた期間について積算することで行う。本委員会では日本における実効線量および甲状腺吸収線量について集団線量を見積もった。公衆の実効線量に主に寄与するのは長期的な被ばくである：すなわち地表に沈着した Cs-134 と Cs-137 による外部被ばくと、食品中のそれら核種による内部被ばくである。

C70. ある地域の外部被ばくによる集団線量はその人口サイズ、放射性核種の沈着濃度、家屋のタイプおよび集団としての（平均的な）各場所での滞在時間に

依存する。国家的統計データに基づき、日本では約30%が1～3階建ての家に、30%が1～3階建ての防火木造タイプの家に、40%がコンクリート製の多層階の家に居住すると仮定した。また、成人の約10%が野外就業者であると仮定した。

C71. 陸産食品の経口摂取による集団線量は、それぞれの地域におけるトータルな生産量と廃棄量から見積もった。集団線量に関する本評価では、日本の専門家により制限されたレベルの核種濃度を含んだ食品は一切飲食されていないと仮定した。事故後、日本国内で生産された食品の殆どは基準値を下回るものであったし、(出荷)制限も周知され広く実行された。仮に規制レベルを超える食材が限定的に消費されていたとしても集団線量の評価に対するインパクトは小さいと思われる。

C72. 実効線量と甲状腺吸収線量に対する集団線量の見積もりは、日本国内の年齢と社会的な人口構成に基づく。各地域、都道府県ごとの人口分布は2010年の国勢調査により与えられる[M20]。集団線量は福島県内の各居住地域および日本国内の各都府県について評価した。これら手法の詳細については添付C-12に記載した。

III. 結果

C73. II章で述べた方法は、福島県内の18シナリオによる避難区域（グループ1）と非避難区域（グループ2）、グループ3の県、およびその他の地域（グループ4）における各年齢グループ（20歳成人、10歳子どもと1歳幼児）の詳細な線量評価を得るために用いた。詳細な線量評価は福島県内の全地域についてとグループ3の岩手、宮城、栃木、群馬、茨城と千葉各県のいくつかの地域について行われた。さらに避難ゾーンと部分的に避難した地域（南相馬市、田村市および川俣町）については追加的な線量評価を行った。測定データおよび追加的なモデリングに伴う不確実さについては次章で議論する。

C74.（本評価に用いた）データセットとATDMは近隣国や世界の他の地域の線量評価を行うには不十分である。委員会ではこれらの線量評価については文献に掲載されたものやWHOの暫定的な線量評価、あるいは国連参加国・地域による評価に頼っている。

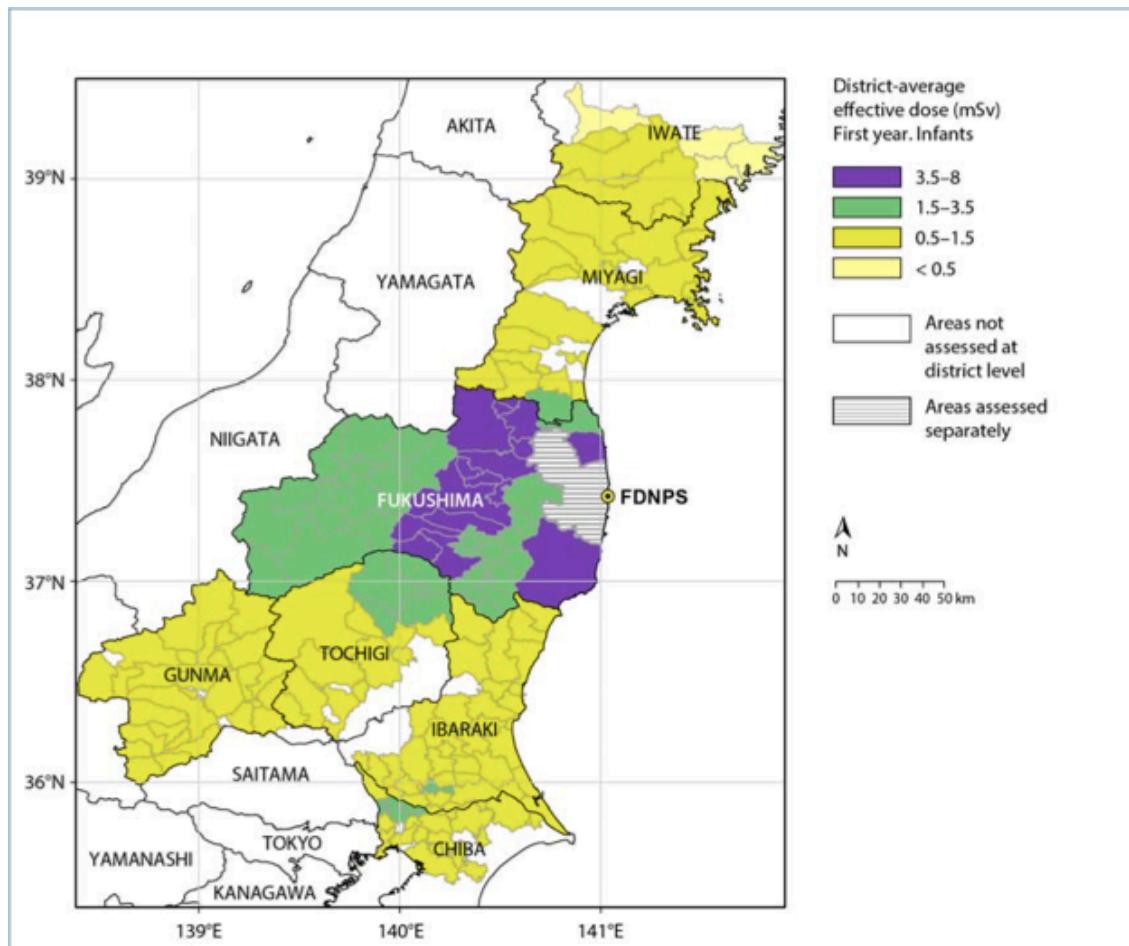
A. 日本国内における1年目の被ばく線量評価

1. 実効線量

C75. 表C6には、事故後1年間の福島県内における非避難地域（グループ2）、グループ3の各県および残りの他の都道府県（グループ4）の20歳成人、10歳子ども、1歳幼児に対する実効線量をまとめた。これは主な被ばく経路を合計したもので各地域、県に居住する住民が晒される被ばく量の指標となることを意図している。表C6の見積もりは各地域や県全体の平均値のレンジを反映したものであって、それらの場所の個人が受ける被ばくの範囲を示したものではない。トータルの被ばく線量に対する各被ばく経路の相対寄与は場所によりさまざままで、環境中の放射性核種（による汚染）レベルや被ばく条件を反映する。それぞれの地域、年齢区分に対する結果の詳細は添付C-14に記す。

C76. 図C-VIは福島県内およびグループ3の非避難区域の各地域における1歳幼児が事故後1年間に被ばくした実効線量を示したものである。この図の評価線量の空間的な分布は、放射性核種の放出とさまざまに居住地における沈着のパターンを反映している。

図 C-VI. 福島県内およびグループ 3 の各県における、地域ごとに平均化した事故後 1 年間の 1 歳児実効線量



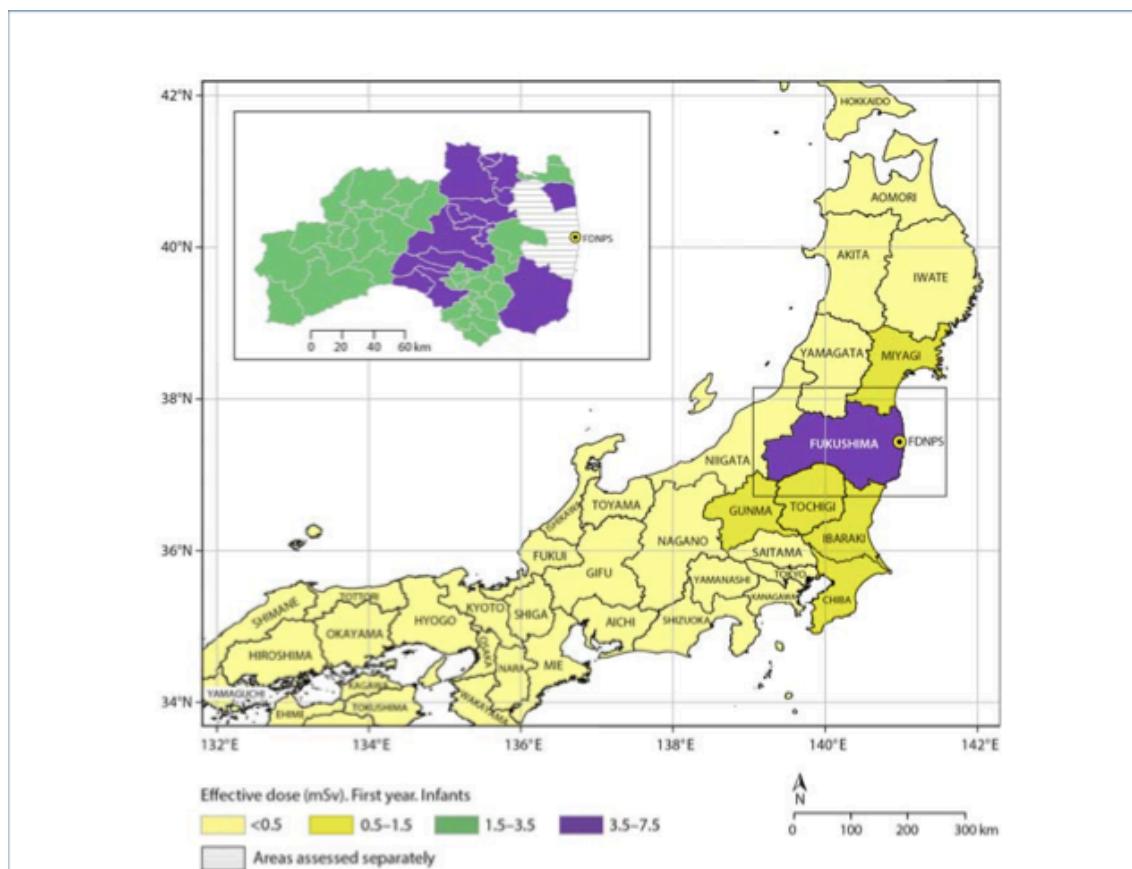
C77. 評価線量が最も高かったのは福島県内の非避難地域の構成員で、一部が 20km 圏内のゾーンに含まれる（南相馬市）地域と沈着濃度が高レベルだった地域（福島市、二本松市、伊達市、本宮市および郡山市と桑折町、大玉村）である。これらの地域の 1 年目の成人実効線量は平均で 2.5~4.4mSv のレンジにある。トータルの実効線量に対して、沈着した放射性核種による外部被ばくの寄与が支配的になっている。1 年目の 1 歳児実効線量の平均は成人の 2 倍に達する。

C78. グループ 3 の各県（千葉、群馬、茨城、岩手、宮城および栃木）の地域平均した 1 年目の成人実効線量は 0.2 から 1.4mSv のレンジにある。このうち食品からの経口摂取による寄与は千葉、群馬、茨城、宮城および栃木で 0.2mSv であった。岩手県については食品からの経口摂取の寄与は 0.1mSv で、これは日本国内のその他の地域と同等である。国内のその他都道府県における 1 年目の

成人実効線量は 0.1 から 0.3mSv のレンジにあり、(食品からの) 経口摂取による寄与は 0.1mSv で、殆どの場合この経路が支配的であった。

C79. 図 C-VII には日本国内のその他地域について都道府県平均した 1 年目の 1 歳児実効線量を示す。その他地域について都道府県平均した被ばく線量は福島県よりも低く、より遠方の地域では極めて低い。それは自然放射線によるバックグラウンドの変動分よりも少ない水準である。オンラインコミュニティグループ SafeCast を含む、いくつかの測定報告でも日本国内の福島県から離れた地域の線量率はバックグラウンドと同程度であることが示されている。

図 C-VII. 事故後 1 年間の 1 歳児実効線量の見積もり
主図は都道府県平均した実効線量。福島県については非避難地域だけの平均。
挿入図は福島県内非避難地域の区域別平均。



C80. ガンマ線 (主に Cs-134 と Cs-137) による胎児と乳児の外部被ばくは、それぞれ成人と幼児の被ばくとほぼ同等と思われる。吸入と経口摂取による被ばくは放射性セシウムと放射性ヨウ素の取り込みに支配される。放射性セシウム

に対しては胎児および乳児の実効線量は母親のそれより低くなると思われる [I19, I20, O1]。I-131 を含む放射性ヨウ素に対しては、乳児の甲状腺吸収線量は母親のそれの 2 倍程度に達する可能性もある。総合的に考えて、胎児および乳児の被ばく量は代表的な 3 つの年齢区分の被ばく量評価と比べ低いか、あるいは同等の水準にあると思われる。

C81. 福島県内（グループ 2）とグループ 3 の県の各地域において、各被ばく経路の相対的寄与は、環境や食品中の放射性核種のレベルや構成を反映し場所により異なる。沈着濃度の高いエリアでは、沈着物質による外部被ばくが実効線量に対し最も大きな寄与を与える。大気中に含まれる放射性核種の吸入摂取は甲状腺に対して重要な被ばく経路である。食品による経口摂取が 1 年目の実効線量に占める寄与割合は、他の経路による被ばくの寄与により変わってくる。この各被ばく経路の（寄与割合の）変位は、経口摂取が他の経路の被ばく（外部被ばくや吸入摂取）に比べ、はるかに広範囲の放射線核種の混入を反映することから起こる。日本国内の福島第一原発から遠方のエリアでは、経口による被ばく（割合）が殆どの都道府県で優勢となっている。ここで取り扱っている被ばく線量は各集団の平均を表している。後に議論するように実際の個々人の被ばく量については、どの食材を食べたか、各地域のなかでどの場所に居たか、などのファクターによりこれら平均値とは異なってくる。個人の実効線量の見積もりでは、場所により地域平均の 2~3 倍高いこともあれば低いこともある、というような変位があり得る。

表C6. 避難地域を除く日本国内の各居住地における事故後1年目の地域、もしくは県平均した実効線量の見積もり
 報告された線量はグループ2とグループ3近隣県の地域平均した線量域、グループ4の県については県平均した線量域
 これらの評価線量は各地域に暮らす住民の平均線量の典型値を意図しており、各地域の個々人の線量域を反映したものではない

居住エリア	各経路による実効線量(mSv)								
	成人			10歳児			1歳児		
	外部+吸入	経口摂取 ^a	合計	外部+吸入	経口摂取 ^a	合計	外部+吸入	経口摂取 ^a	合計
グループ2 ^b - 福島県									
非避難地域 ^c	0.0-3.3	0.9	1.0-4.3	0.0-4.7	1.2	1.2-5.9	0.1-5.6	1.9	2.0-7.5
グループ3 ^d - 近隣県									
千葉県	0.1-0.8	0.2	0.3-1.1	0.1-1.0	0.3	0.4-1.3	0.1-1.1	0.5	0.6-1.7
群馬県	0.1-0.6	0.2	0.3-0.8	0.1-0.8	0.3	0.4-1.1	0.1-0.9	0.5	0.6-1.5
茨城県	0.1-0.6	0.2	0.3-0.8	0.1-0.9	0.3	0.4-1.2	0.1-1.0	0.5	0.6-1.5
宮城県	0.1-0.3	0.2	0.3-0.5	0.1-0.9	0.3	0.4-1.2	0.1-1.0	0.5	0.6-1.6
栃木県	0.1-1.2	0.2	0.3-1.4	0.1-1.7	0.3	0.4-2.0	0.2-2.0	0.5	0.7-2.5
岩手県	0.1-0.3	0.1	0.2-0.5	0.1-0.5	0.1	0.2-0.6	0.1-0.6	0.2	0.3-0.8
グループ4 ^e - 日本国内のその他都道府県									
残り40の都道府県	0.0-0.2	0.1	0.1-0.3	0.0-0.2	0.1	0.1-0.4	0.0-0.3	0.2	0.2-0.5

^a岩手県における経口摂取による被ばくは日本国内のその他地域と同等

^bグループ2:福島県内の非避難地域に暮らす一般公衆

^cこれらの地域内のうち避難措置が取られた特定地域は除外する

^dグループ3:宮城、群馬、栃木、茨城、千葉、および岩手の各県に暮らす一般公衆。千葉、群馬、茨城、宮城、および栃木の各県の経口摂取はこのグループでまとめ計算

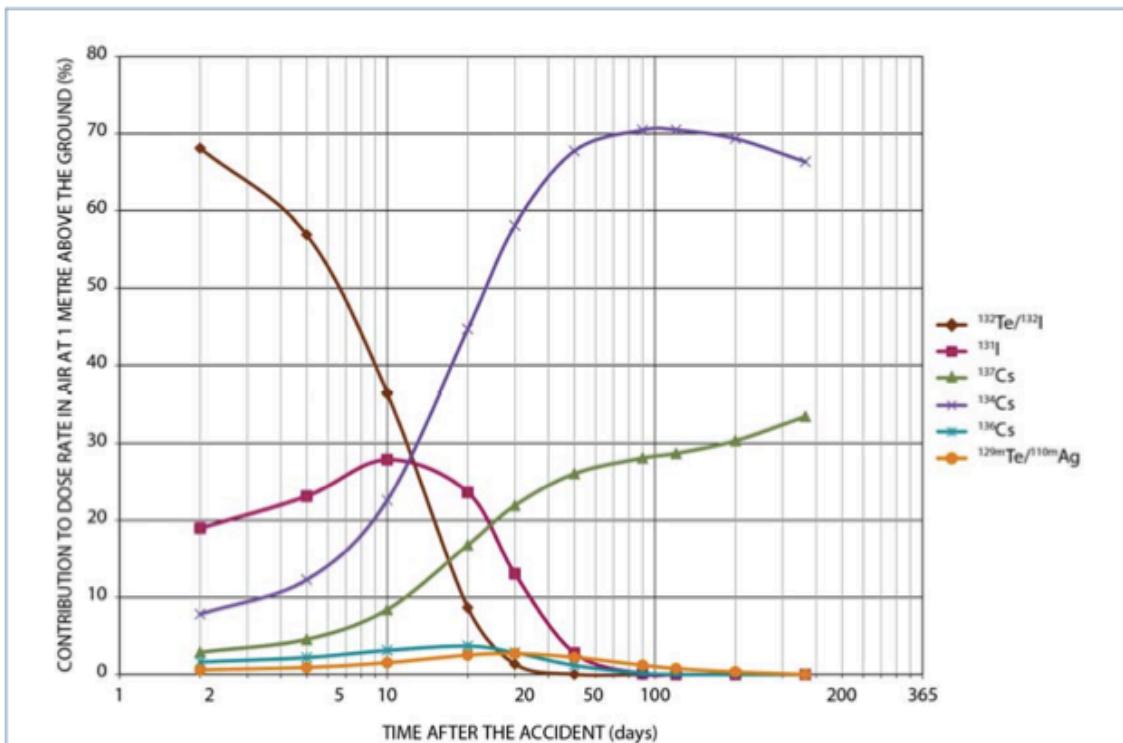
岩手県の経口摂取については日本国内のその他地域と同等と仮定

^eグループ4:日本国内のその他地域に暮らす一般公衆

2. トータルの実効線量に対する外部被ばくの寄与

C82. ガンマ線による空間線量率は、地表に沈着した放射線核種濃度の測定から時間と場所の関数として見積もった。図 C-VIII は（空間）線量率に対する主な核種の寄与割合を示したものである。放出から数週間までにおいて、外部被ばくに対し重要な寄与をした核種は I-131、Cs-134 および Cs-137 であるが、短寿命核の Te-132 や I-132 なども有意な寄与があった。（空間）線量率は事故後 1 ヶ月目には 1/10 に低下し、2 ヶ月後には Cs-134 と Cs-137 による空間線量率が優位となった。

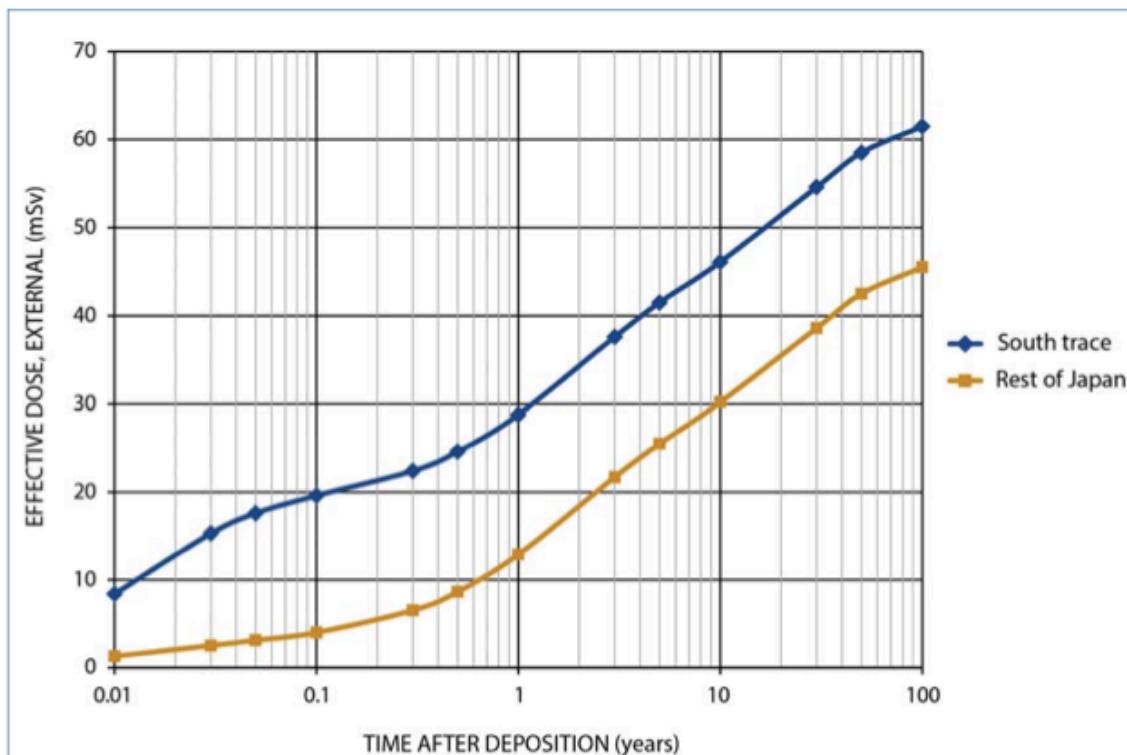
図 C-III. 事故後 1 ヶ月間の地上 1m の空間線量率に対する各核種の寄与割合(パーセント)



C83. 南トレース（原発から南側、福島県内の富岡町、楢葉町と広野町、およびいわき市）における地表の沈着核種濃度は日本国内の他の地域と比較して Te-132、I-131 および I-132 が非常に高い。その結果として、非避難地域の評価において単位 Cs-137 の沈着濃度あたりのいわき市の 1 年目外部被ばく線量は日本国内のその他地域に比べファクター 2 程度高い。それを図 C-IX に示す。

C84. 福島県内の全地域およびグループ3の各県、および日本国内の残りの都道府県（グループ4）における各年齢区分、集団に対する地域、もしくは県平均した評価実効線量は表C6にまとめる。外部被ばくの寄与は地表への放射性核種の沈着が多かった地域において大きくなっている。福島県内の非避難地域では、地域平均した幼児の1年目外部被ばくは5mSvを超えない（福島市）、成人については3mSvを超えない。

図 C-IX. 南トレースおよび日本国内のその他地域で暮らす典型的な成人に対する、単位沈着濃度あたりの外部被ばくによる累積実効線量
Cs-137による地表沈着濃度1MBq/m²あたりの被ばく線量。木造住宅に暮らし、コンクリート製の多層階建築物で屋内従事する成人を「典型的な成人」と定義する。



C85. 沈着した放射性核種による各年齢、集団の外部被ばくによる実効線量の評価は、住宅のタイプや居住割合、特に野外に何時間滞在するか、および体格（これは年齢に相関する）に依存し異なる。表C7には各年齢/集団の1年目平均実効線量の典型的成人（木造住宅に暮らし、コンクリート製の多層階建築で屋内従事する成人）に対する比を表したものである。最も被ばくが大きいグループ（木造住宅に住む未就学児）と最も被ばくが少ないグループ（アパート

メントブロックに住む屋内就業者) の実効線量は典型的な成人に対しファクター2以内の巾に留まっている。

表 C7. 日本人の集団における外部被ばくによる各年齢/集団の1年目実効線量の典型的成人に対する比

木造住宅に暮らし、コンクリート製の多層階建築物で屋内従事する成人を「典型的な成人」と定義する。

住宅タイプ	実効線量の比			
	成人		10 歳	1 歳
	屋外従事者	屋外従事者		
1~3 階建て木造住宅	1.4	1.3	1.4	1.7
1~3 階建て防火木造住宅	1.0	0.7	0.9	1.1
コンクリート製多層階集合住宅	0.8	0.5	0.6	0.8

3. トータルの被ばく線量に対する経口摂取による内部被ばくの寄与

C86. 食品中放射性核種の摂取による各年齢の1年目臓器吸収線量のレンジは、食品中の核種濃度に関するデータベースを用いて月別に計算された。経口摂取による1年目の実効線量および甲状腺吸収線量の見積もりを表C8にまとめた。

C87. 事故後1ヶ月間の経口摂取による被ばくが1年目の経口被ばくの大部分を占める。たとえば事故後1ヶ月間の摂取は、成人の場合で経口摂取による実効線量の80%以上、子どもについては90%以上に寄与している。その1ヶ月間が経過した後は経口摂取による被ばくはその月々によってある程度の変動があった。事故後2ヶ月目から4ヶ月目、そして5ヶ月目から12ヶ月目までは線量評価における不確実さの中で(それぞれ)基本的に一定であった。これは半ば、食品中の放射性核種に対する測定(結果)が検出限界以下であった場合に一定の値で代替したことによる帰結である。

C88. 食品に関するデータベースの使用に際し、本委員会ではそれらの結果が各県において消費された食品中の核種濃度を代表していると仮定した。しかしながら食品検査は制限が必要かどうかを示すために行われたものである。そのため、実際の食品中に含まれる放射能のレンジの上限に近い値に偏っているのではないかと思われる。仮に食品の25%が地元県産品で、残りの75%が日本国内

のその他地域産であった場合、見積もられる線量はより低くなる。たとえば福島県の場合、1年目の1歳児実効線量は1.9mSvではなく0.6mSvと見積もられるし、甲状腺吸収線量では33mGyではなく10mGyとなる。これら評価の詳細については添付C-15に記す。

表C8. 各地域における成人、子どもおよび幼児の経口摂取による1年目評価線量

地域	実効線量(mSv)			甲状腺吸収線量(mGy)		
	成人	10歳児	1歳児	成人	10歳児	1歳児
グループ2 福島県	0.94	1.2	1.9	7.8	15	33
グループ3 各県	0.21	0.31	0.53	2.1	4.3	9.4
グループ4 残りの都道府県	0.11	0.13	0.18	0.53	1.2	2.6

4. 飲料水による被ばく線量の見積もり

C89. 表C9は2011年3月から2012年3月までの、飲料水中に含まれる放射性核種の経口摂取による地域、もしくは県平均の実効線量および甲状腺吸収線量をまとめたものである。最大被ばく線量は計画的避難（区域の設定）を行う前の摂取を含む飯舘村に対して見積もられた。飲料水の摂取による被ばく評価の詳細は添付C-15に記す。

表 C9. 福島県内および日本国内のその他地域における飲量水による地域、もしくは県平均の実効線量と甲状腺吸収線量

地域	実効線量(mSv)			甲状腺吸収線量(mGy)		
	成人	10歳	1歳	成人	10歳	1歳
グループ2 福島県内 ^a	0.02	0.02	0.06	0.38	0.44	1.1
グループ2 飯舘村	0.16	0.19	0.48	3.2	3.7	9.6
グループ3 近隣県 ^b	0.001–0.03	0.001–0.03	0.002–0.06	0.02–0.55	0.02–0.64	0.05–1.2
グループ4 国内その他 ^c	0–0.010	0–0.011	0–0.027	0–0.18	0–0.21	0–0.54

^a福島県内非避難地域の人口重心を取った平均評価線量

^b岩手、群馬、栃木、宮城、茨城および千葉各県の線量域

^c日本国内の殆どの県では検出限界を超える放射線核種は検出されなかった。秋田、神奈川、新潟、埼玉、静岡、東京、山形および山梨の各都県でのみ検出限界を超える放射性核種が検出された。その他地域での最高値は東京で報告された。

C90. 日本の市民における飲料水からの平均被ばく量の推定は 2 本の論文で報告されている。Murakami と Oki [M26]は事故後 1 年間の東京の住民に対し、飲料水を含むいくつかの被ばく経路による甲状腺吸収線量を見積もった。Amano ら[A9]は事故直後 2 ヶ月間の千葉県住民に対する水道水の摂取による実効線量への関与を見積もった。これら 2 つの論文の成人および幼児に対する線量見積もりは 10%以内の範囲でよく一致している。子どもに対しファクター2 程度の違いがあるのは異なる年齢グループに対する線量換算係数（の違い）に起因する。

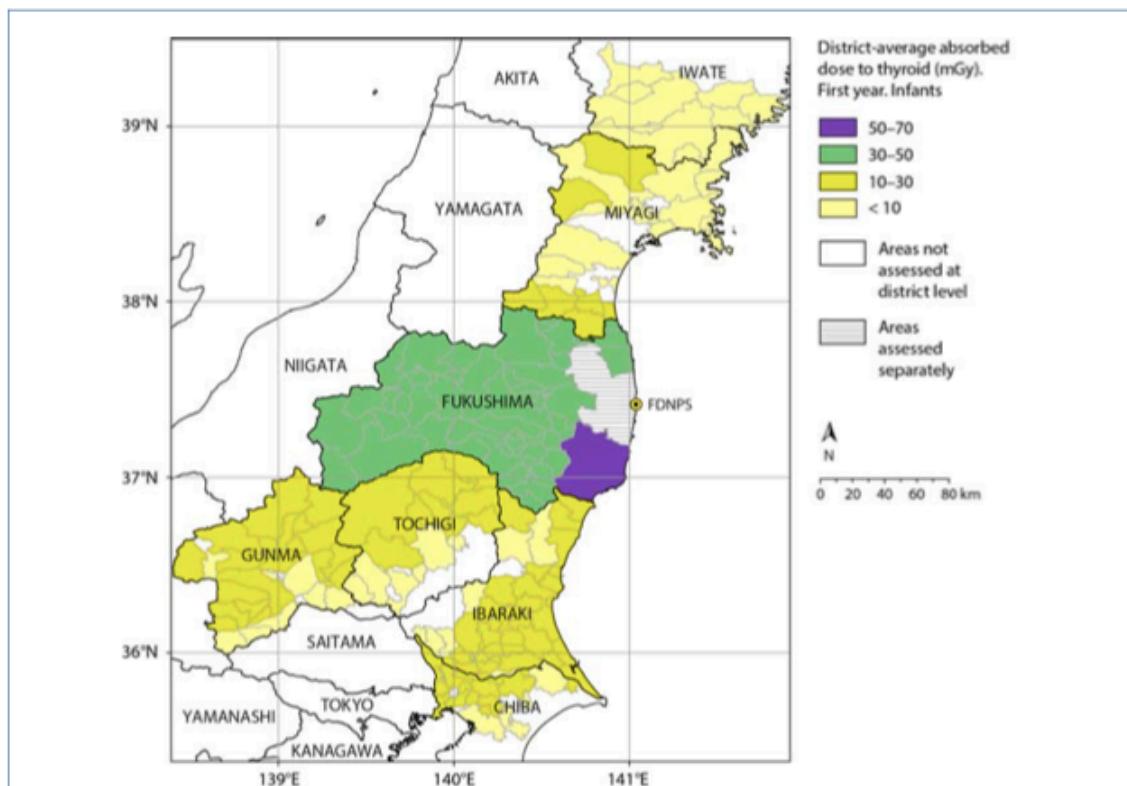
5. 1年目の被ばくによる甲状腺、赤色骨髓および女性の乳の線量評価

C91. 子どもの甲状腺に対する放射性核種（の集積による被ばく）において、放射性ヨウ素の取り込みによる甲状腺吸収線量の評価は特に重要である。福島県内の全ての地域、グループ 3 近隣県の殆どの地域、および残りの地域（グループ 4）における各年齢グループの 1 年目甲状腺吸収線量の詳細は添付 C-16 に載

せるとともに表 C10 にまとめる。公衆の甲状腺に対する吸収線量の殆どは事故後 1 ヶ月間に受けたものである。

C92. 図 C-X は福島県内と近隣県の各地域における 1 年目の 1 歳児甲状腺吸収線量を見積もったものである。ここでは避難地域については除外してある。それについては次章で議論する。地域平均した住民の甲状腺線量で最も高かったのはいわき市と福島市である。いわき市については 52mGy と見積もられ、その約三分の一が吸入摂取、三分の二が経口摂取による。土壤への沈着濃度が高かった地域においては甲状腺吸収線量への吸入摂取による寄与が高い（と計算されることになる）。同一地域内においても、大気中の I-131 濃度は著しい空間的なばらつきがあり、個々人の吸入による甲状腺吸収線量も地域内における（滞在）場所により 2 倍から 3 倍程度、地域平均の線量より高い場合もあれば低い場合もある。成人および 10 歳児に対する甲状腺吸収線量は 1 歳児の被ばく線量に対してそれぞれ約 30% および 50% 程度であった。

図 C-X. 避難区域を除く福島県内およびグループ 3 近隣県における事故後 1 年間の地域平均した 1 歳児甲状腺吸収線量



C93. グループ 3 の各近隣県（千葉、群馬、茨城、岩手、宮城および栃木）では、地域平均した幼児の甲状腺線量は3から 15mGy のレンジにあると見積もられた。主な被ばく経路は経口摂取で、吸入摂取の寄与は数%から約 30%のレンジであった。日本国内の残り 40 都道府県では、県平均した幼児の甲状腺吸収線量は約 3mGy 程度と見積もられ、その 75%から 100%は食品による経口摂取によるものであった。

C94. 福島県内の非避難地域において、各地域平均した成人と子ども、および幼児の赤色骨髄と女性の乳の1年目吸収線量はそれぞれ 0.6 から 3.6mGy (成人)、0.4 から 4.6mGy (子ども)、および 0.3 から 5.3mGy (幼児) のレンジと見積もられた。グループ 3 の近隣県（千葉、群馬、茨城、岩手、宮城および栃木）においては、各地域平均した成人と子ども、および幼児の赤色骨髄と女性の乳の1年目吸収線量はそれぞれ 0.1 から 1.2mGy (成人)、0.1 から 1.6mGy (子ども)、および 0.1 から 1.9mGy (幼児) のレンジと見積もられた。日本国内の残り 40 都道府県では、県平均した成人と子ども、および幼児の赤色骨髄と女性の乳の1年目吸収線量は 0.3mGy より低いと見積もられた。福島県内の全地域とグループ 3 の近隣県の殆どの地域、および日本国内のその他地域（グループ 4）における事故後1年目の各年齢グループの赤色骨髄と女性の乳の吸収線量は添付 C-17 に記す。

表C10. 避難地域を除く日本国内の各居住地における事故後1年目の地域、もしくは県平均した甲状腺吸収線量の見積もり

居住エリア	甲状腺吸収線量 ^a (mGy)								
	成人			10歳児			1歳児		
	外部+吸入	経口摂取 ^b	合計	外部+吸入	経口摂取 ^b	合計	外部+吸入	経口摂取 ^b	合計
グループ2 ^c - 福島県									
非避難地域 ^d	0.1-9.6	7.8	7.8-17	0-16	15	15-31	0.2-19	33	33-52
グループ3 ^e - 近隣県									
千葉県	0.2-2.1	2.1	2.3-4.2	0.2-3.3	4.3	4.7-7.7	0.3-4.0	9.4	9.7-13
群馬県	0.2-1.4	2.1	2.3-3.5	0.3-2.2	4.3	4.6-6.5	0.3-2.6	9.4	9.7-12
茨城県	0.2-1.5	2.1	2.3-3.6	0.3-2.4	4.3	4.6-6.7	0.3-2.9	9.4	9.7-12
宮城県	0.1-1.5	2.1	2.2-3.6	0.2-2.4	4.3	4.6-6.8	0.2-3.0	9.4	9.6-12
栃木県	0.2-3.0	2.1	2.3-5.1	0.3-4.8	4.3	4.6-9.1	0.4-5.8	9.4	9.7-15
岩手県	0.1-0.9	0.5	0.6-1.4	0.2-1.4	1.2	1.3-2.5	0.2-1.7	2.6	2.4-4.2
グループ4 ^f - 日本国内のその他都道府県									
残り40の都道府県	0-0.4	0.5	0.5-0.9	0-0.6	1.2	1.2-1.8	0-0.8	2.6	2.6-3.3

^a報告された線量はグループ2とグループ3近隣県の地域平均した線量域、グループ4の県については県平均した線量域

これらの評価線量は各地域に暮らす住民の平均線量の典型値を意図しており、各地域の個々人の線量域を反映したものではない

^b岩手県における経口摂取による被ばくは日本国内のその他地域と同等

^cグループ2:福島県内の非避難地域に暮らす一般公衆

^dこれらの地域内のうち避難措置が取られた特定地域は除外する

^eグループ3:宮城、群馬、栃木、茨城、千葉、および岩手の各県に暮らす一般公衆。千葉、群馬、茨城、宮城、および栃木の各県の経口摂取はこのグループでまとめ計算
岩手県の経口摂取については日本国内のその他地域と同等と仮定

^fグループ4:日本国内のその他地域に暮らす一般公衆

6. 避難自治体住民の被ばく線量の見積もり

C95. 福島第一原発の放出から公衆を守るため避難措置が取られ、それは避難しなければ受けたであろう、放射線被ばくを低減させた。被ばく線量は様々な場所、様々なタイミングと移動、に対する放医研の 18 シナリオ（表 C5）について見積もった。線量評価は避難前および避難中の期間について行った。最後の避難措置は 2011 年 6 月 21 日であった。これらの線量見積もりは事故後の大気中放射性核種に対する ATDM の結果と沈着濃度に基づいて行われた。

C96. これら（避難）グループの成人に対する沈着核種とプルームによる外部被ばく、および大気中核種の吸入と食品の経口摂取による居住地平均した実効線量を表 C11 にまとめる。避難中における居住地平均したトータルの実効線量は 2011 年 3 月 15 日までに避難した場合で 3mSv 以下、その後に避難した場合で 10mSv 以下と見積もられた。これらの値は異なる拡散モデルとソースタームを用いてはいるが、同様の手法により先行して放医研で行われた外部被ばくの評価と矛盾しないものであった[A4]。

C97. 避難地域住民の 1 年目実効線量は避難前、避難時および残りの期間については避難先で受けた線量の合計として見積もられる。これらを表 C11 にまとめる。2011 年 3 月中に避難した成人の場合で地域平均した 1 年目の実効線量は 6mSv 以下と見積もられ、2011 年 4 月から 6 月に避難した場合で 10mSv 以下と見積もられる。10 歳の子どもと 1 歳児の幼児の場合で、1 年目実効線量は成人の 2 倍と見積もられた。避難地域における実効線量の見積もりに関する詳細は添付 C-18 に記す。胎児と乳幼児に対する線量は明確には見積もっていないものの、それらはそれぞれ成人、および 1 歳児の線量とほぼ同等と思われる。

C98. 居住地平均した 1 歳児甲状腺吸収線量の見積もりを表 C12 に示す。2011 年 3 月 15 日までに避難した場合で居住地平均した 1 歳児甲状腺吸収線量は 50mSv に至ると見積もられ、それ以降の避難の場合は約 70mSv に達すると見積もられる。これらの被ばくは原理的には事故初期に影響のあったエリアの大気中を輸送された放射性核種の吸入と、それに続く食品を通した経口摂取による。避難した住民の事故後 1 年目の 1 歳児甲状腺吸収線量は 15 から 80mSv のレンジであった。甲状腺吸収線量に対する評価の詳細は添付 C-18 に記す。中にヨウ素剤を配布した居住地もあったが、その寄与については計算に含めてい

ない。

C99. 予防的避難措置をとった居住地（シナリオ 1 から 12）では全年齢区分に対する 1 年目の赤色骨髄の吸収線量は 0.6 から 7mGy のレンジと見積もられ、計画的避難区域（シナリオ 13 から 18）では 4 から 10mGy のレンジと見積もられる。福島県内の全ての避難地域に対する各年齢グループの 1 年目赤色骨髄の吸収線量の詳細は付録 C-18 に記す。避難地域の少女や女性に対する居住地平均した乳への吸収線量は全年齢区分に対し 10mGy に達すると見積もられた。

表 C11. 福島県内の避難地域から避難した成人の居住地平均実効線量の見積もり

避難前、および避難時を含む事故後 1 年間の各避難シナリオの居住地平均実効線量を計算した。本線量評価では各居住地から避難した住民が受けた典型的な平均実効線量を想定している。シナリオ 1 から 12 は予防的避難を行った居住地、シナリオ 13 から 18 は計画的避難区域に相当する。

避難地域	放医研 シナリオ	避難先	成人の実効線量(mSv)				
			避難 ^a	避難先 ^b	1年目合計 ^c	予測線量 ^d	回避線量 ^e
富岡町	1	郡山市	0.2	3.1	3.3	51	48
大熊町	2	田村市	0.0	1.5	1.5	47	45
双葉町	3	埼玉	0.9	0.2	1.1	38	37
双葉町	4	埼玉	0.9	0.2	1.1	38	37
楢葉町	5	田村市	2.2	1.5	3.7	7	3
楢葉町	6	会津美里町	1.3	1.2	2.5	7	4
浪江町	7	二本松市	1.3	3.7	5.0	25	20
田村市	8	郡山市	0.4	3.1	3.5	1.5	-
南相馬市	9	福島市	1.4	4.3	5.7	4	-
広野町	10	小野町	0.0	1.3	1.3	4	3
川内村	11	郡山市	0.2	3.1	3.3	2	-
葛尾村	12	福島市	0.0	4.3	4.3	6	2
津島		二本松市					
活性化センター	13		4.3	2.7	7.0	25	18
浪江町							
葛尾村	14	福島市	2.7	3.3	6.0	6	-
飯舘村	15	福島市	5.7	2.1	7.8	11	3
飯舘村	16	福島市	6.2	1.8	8.0	11	3
南相馬市	17	南相馬市	3.8	1.0	4.8	4	-
山木屋地区		川俣町					
川俣町	18		8.5	0.8	9.3	2	-

^a 避難前、および避難中の被ばく見積もり

^b 1年目における避難後の残り期間の被ばく見積もり

^c 1年目における避難前、避難中および避難後の残り期間の被ばく見積もり

^d 仮に避難しなかった場合に受けたと思われる1年目被ばく線量の見積もり

^e 避難によって回避した線量の見積もり

表 C12. 福島県内の避難地域から避難した 1 歳児の居住地平均甲状腺吸収線量の見積もり

避難前、および避難中を含む事故後 1 年間の各避難シナリオの居住地平均実効線量を計算した。本線量評価では各居住地から避難した住民が受けた典型的な平均実効線量を想定している。シナリオ 1 から 12 は予防的避難を行った居住地、シナリオ 13 から 18 は計画的避難区域に相当する。

避難地域	放医研 シナリオ	避難先	1 歳児甲状腺吸収線量 (mGy)				
			避難 ^a	避難先 ^b	1 年目合計 ^c	予測線量 ^d	回避線量 ^e
富岡町	1	郡山市	5.2	42	47	795	750
大熊町	2	田村市	0.0	36	36	507	470
双葉町	3	埼玉	12	3	15	288	270
双葉町	4	埼玉	16	3	19	288	270
楢葉町	5	田村市	46	36	82	138	60
楢葉町	6	会津美里町	35	34	69	138	70
浪江町	7	二本松市	37	44	81	145	60
田村市	8	郡山市	1.9	42	44	36	—
南相馬市	9	福島市	6.4	47	53	39	—
広野町	10	小野町	0.0	34	34	76	40
川内村	11	郡山市	5.0	42	47	40	—
葛尾村	12	福島市	0.0	49	49	61	12
津島		二本松市					
活性化センター	13		59	24	83	145	60
浪江町							
葛尾村	14	福島市	46	27	73	61	—
飯舘村	15	福島市	52	4	56	80	24
飯舘村	16	福島市	53	3	56	80	24
南相馬市	17	南相馬市	45	2	47	39	—
山木屋地区		川俣町					
川俣町	18		63	2	65	45	—

^a 避難前、および避難中の被ばく見積もり

^b 1 年目における避難後の残り期間の被ばく見積もり

^c 1 年目における避難前、避難中および避難後の残り期間の被ばく見積もり

^d 仮に避難しなかった場合に受けたと思われる 1 年目被ばく線量の見積もり

^e 避難によって回避した線量の見積もり

C100. 20km 圏内のゾーンにおける避難措置により、成人実効線量に対し約 50mSv、1 歳児甲状腺吸收線量に対し約 750mSv に達する回避線量が見積もられる。地域によっては、避難に際し受けた被ばく量が留まった場合に受けたであろう、被ばく量と同等の場所もあった。ここで見積もった被ばく量は異なる年齢グループと共同体について平均したものである。個々人で見ればより高い場合もあると思われるが、現在入手できるデータから被ばく線量域を定量化することは出来ない。病院や老人ホーム、あるいは（一部）住民やその他の（入域した）個人といった 20km 圏内の少數のグループについては 18 の避難シナリオは適用できず、非常に高い被ばく線量（の可能性）も排除できない。避難前および避難時の線量見積もりを加えた回避線量は、避難地域に留まった場合や（20km 圏内の）ゾーンに立ち入った個人の被ばく線量の上限値の目安になり得る。

B. 日本国内における将来にわたる被ばく線量評価

C101. 事故後 10 年間および 80 歳までの地域、あるいは県平均した累積被ばく量の見積もりも行った。外部被ばくについては検討期間内における核種の自然崩壊や物理化学的な放射性核種の移動による線量低下を考慮し、1 年目の被ばく見積もりと同様の手法により評価した。手法についての詳細は添付 C-12 に記す。表 C13 には日本人の集団の各被ばく期間、場所（沈着濃度）および各年齢グループに対する外部被ばく線量の依存性を示す。各場所における除染の実施状況や実効性に関する詳細な情報がないため、除染による線量低下の寄与については計算に含めていない。

表 C13. 各被ばく期間における Cs-137 沈着濃度で規格化した外部被ばくによる実効線量の依存性

被ばく期間	沈着濃度あたりの外部被ばくによる実効線量 ^a (mSv/(0.1MBq/m ²) 2011 年 6 月換算)			
	年齢/人口集団(2011 年時点)			
	成人		10 歳児	1 歳児
	野外就業者	屋内就業者		
南トレースを除く日本全体 ^b				
1 年間	1.8	1.6	1.8	2.1
10 年間	3.9	3.8	4.2	4.9
80 歳まで	5.6	5.6	6	6.7
南トレース ^b				
1 年間	4	3.7	4.1	4.9
10 年間	6.2	5.9	6.5	7.6
80 歳まで	7.9	7.7	8.3	9.4

^a各場所における除染の実施状況や実効性に関する詳細な情報がないため、除染による線量低下の寄与については計算に含めていない。

^b福島県内、富岡町、楢葉町と広野町、およびいわき市

C102. 放射性核種の経口摂取による被ばくは、核種の自然崩壊を考慮したFARMLAND モデル[B21]を用いて評価した。成人、10 歳児および 1 歳児に対する事故後 10 年間および 80 歳に到達するまでの実効線量と甲状腺吸収線量の積算線量は添付 C-19 に記す。外部、内部被ばくトータルの被ばく線量については表 C14 にまとめる。

表 C14. 成人、10歳児および1歳児（2011年時点）に対する事故後10年間および80歳に到達するまでの地域、県平均した実効線量の見積もり

年齢区分	地域、もしくは県平均した実効線量 a (mSv)		
	グループ 2	グループ 3	グループ 4
	福島県内 b	近隣県 c	その他都道府県 d
1年目被ばく量			
成人	1.0–4.3	0.2–1.4	0.1–0.3
10歳児	1.2–5.9	0.2–2.0	0.3–0.4
1歳児	2.0–7.5	0.3–2.5	0.2–0.5
10年間の被ばく量			
成人	1.1–8.3	0.2–2.8	0.1–0.5
10歳児	1.3–12	0.3–4.0	0.1–0.6
1歳児	2.1–14	0.3–6.4	0.2–0.9
80歳到達時までの被ばく量			
成人	1.1–11	0.2–4.0	0.1–0.6
10歳児	1.4–16	0.3–5.5	0.1–0.8
1歳児	2.1–18	0.4–6.4	0.2–0.9

a 報告された線量はグループ 2 およびグループ 3 の各地域平均、およびグループ 4 の県平均の線量域。これらの見積もりは各地域に暮らす住民の平均線量の典型値を意図しており、それぞれの地域の個人の線量域（の巾）を表すものではない。

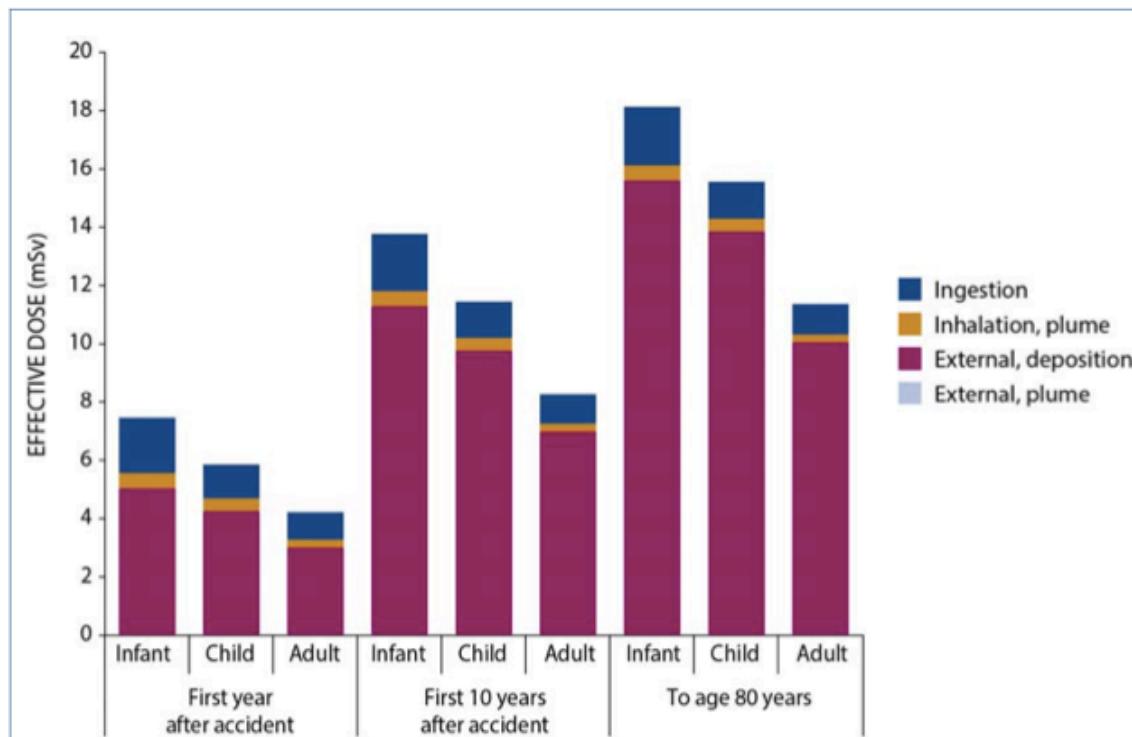
b グループ 2：福島県内の非避難地域に暮らす一般公衆

c グループ 3：宮城、群馬、栃木、茨城、千葉および岩手各県に暮らす一般公衆。千葉、群馬、茨城、宮城および栃木各県については経口摂取による被ばくはグループとして一括して計算した。岩手県については経口摂取による被ばくは日本国内のその他地域と同等であった。

d グループ 4：日本国内のその他地域に暮らす一般公衆。

C103. 図 C-XI は福島市に暮らす公衆の各年齢グループについて、異なる積算期間に対する地域平均した実効線量を見積もったものである。事故時 1 歳だった幼児に対する線量見積もりが最も高く、それに 10 歳児が続きく、そして屋外で多くの時間を費やす成人に対してであった（表 C7 および C13）。屋内に滞在する時間が長い成人の線量が最も低かった。ただし、同じ被ばく期間においては実効線量の見積もりは大きな違いはなく、ファクター 2 以内の違いであった。

図 C-XI. 福島市における典型的な成人、子ども、および幼児（2011 年時点）の地域平均した実効線量の見積もり



C104. 10 年間あるいは 80 歳到達時までに受ける（年齢、地域で）平均化した実効線量は、1 年目の被ばく線量に対しそれぞれファクター 2 およびファクター 3 大きい。被ばく線量の増加が最も大きいのは（土壤への）沈着濃度が最も高い地域においてである。

C105. 日本の公衆における甲状腺吸収線量の殆どは事故後 1 年目の I-131 の吸入と食品を介した経口摂取による被ばくによってである。長寿命核である Cs-137 による継続的な被ばくは、到達年齢 80 歳までの甲状腺吸収線量を考えても 1 年目に受ける（ヨウ素など単寿命核を中心とした）被ばくの 50% 以下である。

C. 日本国外における放射線被ばく（省略）

1. 日本の近隣国（省略）

2. その他国外（省略）

D. 集団線量の評価

C109. 福島県内、近隣県、および日本国内のその他地域における事故後 1 年目、10 年間、および 80 歳到達時までの主な被ばく経路（外部被ばく、吸入および経口摂取）による実効線量と甲状腺吸収線量の集団線量を見積もった。それらを表 C16 にまとめる。

表 C16. 日本の人口（2010 年現在、1 億 2800 万人）に対する実効線量と甲状腺等価線量の集団線量

被ばく経路	被ばく期間		
	1 年目	10 年間	到達年齢 80 歳まで
実効線量の集団線量(1000 人シーベルト)			
吸入摂取	1.2	1.2	1.2
外部被ばく	10	25	36
経口摂取	6.5	10	11
合計	18	36	48
甲状腺吸収線量の集団線量(1000 人シーベルト)			
吸入摂取	22	22	22
外部被ばく	10	25	36
経口摂取	50	53	54
合計	82	100	110

C110.（事故後）1 年目の実効線量の集団線量に最も寄与するのは沈着した放射性核種による外部被ばくである。食品中の放射線核種による経口摂取がその次に重要な寄与をした。実効線量の集団線量は、持続し続ける外部被ばくと食品中の放射線核種により事故後 10 年間にわたり増加し続けると思われる。10 年後以降も実効線量の集団線量は増加し続けると思われ、その殆どは外部被ばくの寄与による。

C111.（事故後）1 年目の甲状腺吸収線量の殆どは 2011 年春の I-131 の経口摂取と吸入摂取、およびそれよりは少ないが年間を通した外部被ばくによる寄与による。甲状腺吸収線量の集団線量は外部被ばくと食品中の放射性核種により事故後 10 年間にわたりゆっくりと増加し続けると思われる。10 年後以降も外部被ばくによるゆっくりとした増加が続くと思われる。

C112. これら、福島第一原発事故による日本の人口への集団線量は、1986年に旧ソ連で起きたチェルノブイリ事故による欧州での（集団としての）放射線被ばくと比較可能である。本委員会がチェルノブイリ事故後の20年間(1986-2005)に対し、その環境と被災者に対する測定結果から得た実効線量と甲状腺吸収線量の集団線量は、それぞれ約360,000³⁶人シーベルト、および約2,300,000人グレイであった。生涯線量に対して（の集団線量）は、それぞれ約400,000人シーベルト、約2,400,000人グレイと見積もられている。福島第一原発事故に伴う日本の人口に対する生涯実効線量の集団線量は、チェルノブイリ事故に伴う欧州の人口に対する（集団）被ばく線量のおよそ10から15%となる。日本の人口に対する甲状腺吸収線量の集団線量は、チェルノブイリ事故に伴う欧州の人口に対する（集団）被ばく線量のおよそ5%となる。

36 甲状腺被ばくの寄与を除くと約260,000人シーベルト (annex D[U12])

IV. 不確実さ

C113. これら線量が表しているのは一般公衆を代表する人物に対する居住地、地域、あるいは県平均したものである。被ばく線量は現時点で入手できる最も良いモデルと入力データに基づいて見積もりを行った。しかしながらこれらの結果には、知識や情報に限りがあること、いくつかの仮定を用いていることなどから、この種のどの調査にもありえる不確実さを伴う。主な不確実さの要因をここでは議論する。

A. 外部被ばくおよび吸入による内部被ばく線量の調査

C114. 非避難地域の外部被ばくの見積もりでは、その大半を地表に沈着した放射性核種濃度の測定に基づいて行った。Cs-134 と Cs-137 の測定についての不確実さは比較的小さいが、I-131 については測定を行う前の核種の崩壊（による低減）が大きく、不確実さが大きい。

C115. また、地域、あるいは県平均した線量を見積もる場合、放射性核種の空間分布を十分良く表す測定であるか、という不確実さもある。福島県内については十分な空間的情報を持った広範な測定が行われた。文科省による沈着濃度の測定と USDOE により行われた大気中輸送の放射測定、および NOAA-GDAS ATDM によるトータルな地表沈着の結果について比較を行った。これらのデータを約 1km 四方のグリッドセルごとに解析し、全てのデータを 2011 年 4 月 1 日換算した。結果のスプレッドシートとマップは添付 C-20 と C-21 に与える。本解析では地表 Cs-137 の沈着濃度の測定と USDOE 調査は良い一致をしている。空間的な著しいばらつきは他のデータセットで見られるばらつきと矛盾しない。測定値の比較に基づくと、沈着濃度の空間的なばらつきによる不確実さは地域平均した線量見積もりに対しファクター 2 程度の不確実さに寄与する。グループ 4（遠方）の都道府県では比較的少ない測定しか行われておらず、県平均した線量（評価）にはより大きな不確実さがあるように思われる。

C116. 放射性核種の沈着による外部被ばくに対しては、屋内滞在と建物の遮へい効果による被ばく低減による更なる不確実さがある。前章で表した（評価）線量は福島県内の家屋で一般的な木造住宅に対してのものである。防火木造タイプやコンクリート製の多層階アパートメントに住む住民に対しては、前出の

表に比べそれぞれファクター2、および4程度被ばく線量は低くなると見積もられる。しかしながら、これらのファクターはチェルノブイリ事故後の欧州において得られたデータに基づいており、日本について測定されたものではない。さらに日本の集団における各年齢、社会グループの屋内滞在（時間）のファクターは外部被ばくの線量見積もりに直接的に影響する。

C117. 避難を行った自治体の3月の線量見積もりは（核種放出の）ソースタームと NOAA-GDAS ATDM の結果に直接的に基づいている。NOAA-GDAS ATDM の結果と Cs-137 の沈着濃度の測定データは多くの場所で良い一致が得られているが、場所によっては ATDM の結果はファクター10程度まで過小評価だったり過大評価だったりする。平均すると、NOAA-GDAS ATDM から得られる地域平均した Cs-137 の沈着濃度は文科省の測定値に対しファクター2程度高い。I-131に対しては、NOAA-GDAS ATDM から得られる地域平均した値は文科省に比べファクター2程度の過大評価からファクター10程度の過小評価までの範囲にある。

C118. 避難住民の吸入摂取による線量見積もりには、避難時における放射性核種の放出率と放出中の気象条件に不明な点があることによる不確実さがある。各地点の線量見積もりに用いるには ATDM の結果は大きな不確実さがある。これらの不確実さについては付録 B の III.E 章で議論しており、NOAA-GDAS ATDM の結果はフランス放射線防護原子力安全研究所（IRSN）で得られた ATDM の結果と比較した[S3]。IRSN ATDM の結果による大気中 I-131 濃度の NOAA-GDAS ATDM の結果に対する比率は約 0.5 から約 12 の範囲で変動する。この比率（の変動の大きさ）は居住地平均の各場所、時間の住民に対する吸入被ばく（の評価）に対する不確実さにつながっている。沈着に関しては IRSN ATDM の見積もりの NOAA-GDAS ATDM に対する比率は約 0.2 から約 8 の間で変動する。これもまた居住地平均した外部被ばく（の評価）に対する不確実さにつながっている。避難地域における 1 年目のトータルな被ばく線量の不確実さはこれら（1 ケタ程度の不確実さ）のレンジよりは小さくなると思われる。というのもトータルな被ばく線量には他の経路、場所での（経口摂取や避難所などでの被ばく等、より評価のバラツキの小さい）被ばくも寄与するからである。

C119. NOAA-GDAS ATDM の結果による同様の不確実さは、避難地域の外側での通過プルームによる放射性核種からの外部被ばくと吸入摂取に対する線量評価にも関与する。この評価では、地表に沈着した放射性核種濃度の測定を基に NOAA-GDAS ATDM から大気中濃度と沈着濃度の比率を与えるスケーリング方法を適用しており、これらの不確実さによる影響の一部は低減されている。付録 B の III 章で詳細を述べたように I-131 のバルク（全体）としての沈着速度は、IRSN ATDM の見積もりが NOAA-GDAS ATDM に対し、場所によりファクター約 4 高い水準から約 30%低い水準まで巾がある。これらのファクターは大気中濃度（つまり結果として非避難地域の住民の吸入被ばく）が、場所により約 30%高い水準からファクター約 4 低い水準まで巾があることを意味する。更に、通過プルームによる外部被ばくと吸入被ばくによる線量は通常トータルの被ばく量の半分以下であり、NOAA-GDAS ATDM の結果による不確実さから導かれる（評価線量の）不確実さは、避難住民に対する評価における不確実さほど重要ではない。

C120. 事故後のプルーム通過中の気象条件と沈着特性（すなわち乾性沈着、湿性沈着、あるいは降水量）は、都会や森林環境における放射性核種の分布に著しく影響する。これらのファクターに関する詳細な情報の欠落は、外部被ばくによる線量見積もりに大きな不確実さを引き起こす。今後の研究で、2011 年 3 月中の（放射性核種の）拡散と沈着条件についてより詳細な再構成が行われれば、特に避難地域に対してより（精度の）良い外部被ばくと吸入被ばくの初期線量の評価につながると思われる。

C121. また、（不確実さにつながる）ファクターとして、大気中 I-131 の粒子状成分とガス状成分の比率による甲状腺吸収線量の見積もりへの影響がある。測定データは限られており、存在するものの多くは放出サイト（原発）からかなり離れた場所でのデータである。甲状腺吸収線量が有意となり得る福島県内では、大気中 I-131 の粒子状成分とガス状成分の相対量に対する測定は行われていない。そのため、原子炉からの放出に関するモデリングと ATDM の結果から（粒子状/ガス状）比率を見積もった。この比率の推定値についてはファクター2 以内の不確実さがある。

B. 経口による内部被ばく線量の調査

C122. 食品中の放射性核種濃度に関する FAO/IAEA 食品データベースを用い、本委員会は 1 年目の経口による（内部）被ばくを放出からの時間の関数として扱い、各臓器と年齢グループの被ばくレンジを見積もった。全ての結果は添付 C-15 に記す。それらは検討する地域の流通食品に基づいており、そのため各食品群の日本への輸入品割合も（評価に）折り込んでいる。この評価では、測定データと食品群により測られた時期が違うことなどを反映した不確実さが予想される。1 年目の（評価）線量は食品の測定データに基づいているがそれらはランダムに抽出されたものではなく、（規制値を超える）高い放射性核種濃度の食品を特定することを優先したものである。従って、本委員会の調査で用いた核種濃度の平均は真の平均値を過大評価していると思われる。特に事故後 1 ヶ月目の測定は少ない（ので、その傾向があると思われる）。

C123. 本付録の III. A 章で議論したように、もしも地元県産品の食材が 25% しか（消費され）なかつたとすると、見積もられる線量は本評価よりファクター 3 度低くなる。1 ヶ月経過後の線量については、食品中の放射性核種に対するモデル値に含まれる不確実さが被ばく線量評価の不確実さにつながっている。日本産食品への放射性核種の移行に関する情報が不足しているため、これらモデル値に含まれる不確実さを定量化するのは困難である。

C124. 食品の放射性核種の測定結果が検出限界以下の場合、 10Bq/kg という一定の値を用いたことも 1 年目の経口摂取による被ばく（評価）に対する不確実さを与える。この値は事故後 4 ヶ月間の I-131、Cs-134 および Cs-137 に対して用いたが、それ以降は Cs-134 と Cs-137 に対してのみ用いた。5 ヶ月後以降の経口摂取による線量見積もりが、特に I-131 について、著しく低下したのはこの理由による。また、事故の影響を受けた地域の產品は流通から取り除かれており、本評価の結果は食品の出荷制限の寄与も反映している。この想定により考えうるさらなる影響については、経口摂取による被ばくに関する情報として取りまとめられており、それを添付 C-15 に記す。Sato ら[S2]はこの想定による保守的さを、特に事故後数ヶ月について、示している。飲食物を複製した（陰膳方式）調査が福島県内の多くのボランティアによって行われており、多くの住民の放射性核種の摂取による線量は本委員会で見積もったものより低い水準にあるように見える。しかしながら、これらの調査は食品中の（核種）レベル

が高かった事故後数ヶ月（の影響）を考慮できていないことに加え、1年目の被ばく線量に最も寄与する I-131 の摂取についても評価できていない。また調査者が留意しているように、これらの研究グループはランダムに抽出したものではない。参加者は被ばくについて強い懸念を抱いており、それは住民全体を代表してはいないと思われる。

C125. どこで生育したかにより、各食品に含まれる放射性核種のレベルは有意に異なる。それは農産物の作付け時期や土壌タイプといった局地的要因と同様に、土壌中の放射性核種の沈着濃度による違いを反映している。キーとなるファクターはどこで食品を得るか、である。日本では多くの住民は食材をスーパーマーケットで入手する。その食材は、一部の輸入品を含め、地域内のどこからでも仕入れられる。しかしながら、中には野菜を自家栽培する者も居て、かつそれを近所に配ることもある。さらに農家では生産物を自身（とその家族）で消費する場合もある。もしも沈着濃度の高い地域に暮らし、事故に伴い導入された制限をすり抜けた地元産品を食べた人が居たとすると、本評価で述べてきた水準よりも遙かに高い被ばくを受けた可能性がある。こういったケースによる影響は沈着データに基づくモデリングでのみ定量化できる。経口摂取による被ばくに関するさらなる情報は添付 C-15 にまとめる。本評価では、福島県内における場所と年齢グループによっては、食品規制により 2 ケタにも達する被ばく低減効果があったことを示している。

C126. 本委員会における 1 年経過後の経口摂取による線量見積もりでは、沈着データに基づくモデリング手法を用いた。25%の食品が居住地の県内産で 75% が、輸入品を含む、日本国内のその他地域産という想定をした。この想定による不確実さを評価するために、ここでは福島県に対する輸入を考慮する場合と考慮しない場合の両方について 100% 現地産を消費した場合（の被ばく量）を見積もった。この影響については表 C17 に記す。

表 C17. 福島県内における 100%現地産を消費した場合の成人実効線量への影響

期間(年)	食品規制に従った場合の実効線量(mSv); 括弧内は規制が無かった場合の値		
	25%現地産、 標準的結果	100%現地産、 輸入あり	100%現地産、 輸入なし
1	0.06 (2.0)	0.20 (7.9)	0.27
10	0.14 (2.1)	0.50 (8.3)	1.4
到達年齢 80 歳まで	0.17 (2.1)	0.62 (8.4)	1.5

C127. 100%の消費を県産品でまかなうという仮定は、食品の供給制限の措置がとられた場合に特に際立ってくる。というのも日本に居住する大多数は食品をスーパー・マーケットで入手するため上記の推定（線量）は多くの住民に対しては適用できないからである。地元産だけを食べる者というのは考え難く、上記の（推定）線量は経口摂取から被ばくしうる上限を与えるという観点から見るべきである。結果として、事故に伴い多くの住民は福島県産やあるいは国産（の食品）を避けており、居住地平均した経口摂取による被ばく線量は上記で評価した水準よりも低いと考えておくべきである。

C128. 日本国内で食品の（摂取・出荷）制限が導入されるに際して、ある程度の日数を要した。この期間中には基準値を超えた放射性核種を含む食品を摂取した人が居た可能性がある。殆どの自治体では 1 年を通した被ばく量に比べ、これが著しい被ばくにつながったように見えない。しかしながら飯舘村の場合、数週間にわたり住民はその地域で暮らし、地元産（の食材）を食べる機会があり、現地の水を飲んだ。飯舘村の経口摂取による被ばく量の見積もりは避難シナリオに沿ってを行い、経口摂取に対する標準的なパラメータをもちいた。しかし飯舘村に成人が暮らし、かつ地元産の野菜だけを食べたとすると事故後 1 週間で約 10mSv の追加実効線量を受けた可能性がある。これは 1 年のなかにおける時期（季節）と野外での緑色野菜の生育が限られていたことから考え難い想定ではあるが、可能性として排除することはできない。

C129. 放射性核種の体内への取り込みに伴う放射線被ばくの評価に対しては、標準的モデルを用いた。体格と、特に代謝特性において標準的な人（を想定し、それに）に基づいている。核種の取り込みに対する被ばく線量の人によるばら

つき（線量換算係数の個人差）やモデル、およびデータを用いることの（手法の）不確実さを一般化して考えることは困難である。しかしながら、多少は考慮しうる一側面として挙げられるのが、日本食には比較的多くの安定ヨウ素が含まれており、このことが甲状腺への放射性ヨウ素への輸送を標準モデルよりも軽減するのではないかということがある。血中から甲状腺への移行が ICRP の標準モデルでは 30%[I25]なのに対し、（日本食を常食した場合）20%に留まるという指摘もある[Y8]。これは I-131 の取り込みによる被ばくを僅かに低減はあるが、線量評価における他の不確実さに比べれば、総体的には小さな影響しか与えない（被ばく線量において 30%以下の低減にしか寄与しない）。

C130. 海産物中の放射性核種の摂取による 1 年目被ばく量はデータベースに登録されている測定データに基き評価した。経口摂取による被ばく全体に対する海産物の摂取による寄与に関する情報はいくつかの核種 (Cs-134 と Cs-137) に限られており、また各月飛び飛びにしかない。これらのこととは海産物による寄与が（経口摂取による）全体の被ばく量に対し（評価上？）10%を超えることは無いということを示している。これは福島県産の海産物にかけられた摂取制限（の効果を）を反映している。

C131. 表 C18 は海産物の摂取による将来の放射線被ばく量を示したものである。10 年目までについては[N3]により行われた研究をベースにした海洋環境モデリングを行い、計算された海水中 Cs-137 レベルを基に見積もったものである。10 年を経過後の海水中放射性核種濃度の変化については、大気中核実験にフォールアウトの測定結果に基づくモデリングによる。これら見積もられた実効線量はいずれも非常に低く、事故後 2 年後においてさえ陸産物の摂取による被ばく量よりも少ない。これは（海）水中で放射性核種が著しく希釈されることと、それにより福島第一原発から離れた場所の海産物中の（核種）濃度が非常に低いことによる。ここでは、海産物のモニタリングと規制が継続され、日本の専門家により規定されたレベルを超えたものが消費されないと想定している。

表 C18. 事故後の各経過年数における、海産物中の放射性核種の消費による各年齢グループの実効線量の見積もり

事故後経過 年数(年)	各年齢グループの年間実効線量(mSv/年)		
	成人	10歳児	1歳児
2	3.9×10^{-5}	2.1×10^{-5}	1.4×10^{-5}
5	8.2×10^{-6}	4.3×10^{-6}	3.1×10^{-6}
10	3.2×10^{-6}	1.7×10^{-6}	1.2×10^{-6}
20	2.3×10^{-6}	1.2×10^{-6}	8.6×10^{-7}
50	8.1×10^{-7}	4.3×10^{-7}	3.1×10^{-7}

C132. 経口摂取による被ばく量を、確立的手法を用いて見積もった論文は 2 本存在する[K19, Y2]。Yamaguchi による見積もりは経口摂取による被ばく線量のレンジを見積もったもので本評価の結果と矛盾せず、大きなばらつきも見られない。Koizumi らによる線量域の見積もりは本評価よりも低いが、それは非常に限られたデータセットに基づいたものである。

C. 将来の除染と予防措置

C133. 2011 年の中頃から日本国内の沈着濃度の高いエリアにおいて、住民の生活圏や農地の線量率、放射性核種濃度を低減することを目的とした大規模な除染活動が進められ、あるいは計画されている[S6]。この活動には居住エリアから汚染を取り除く技術や農業や森林の対策（たとえば植物による環境修復）などが含まれる。福島県内における実験的な研究や調査は 2012 年の前半に完了するように計画された。その時点では福島県内の影響を受けた地域に対し、大規模な環境復旧プログラムに着手するよう計画された。制限地域の外側の影響を受けた地域のなかには、現地専門家らによる公衆（が生活する）エリアと特に子供に関係する施設（幼稚園、学校、および病院など）を中心とした除染活動が始まられた。同様の取り組みは、温暖な欧州の環境に対してであるが、24 年ほど前にチェルノブイリによって影響を受けた地域で強力に実行された。この活動から得られた結論と勧告はチェルノブイリフォーラム[I1]と UNSCEAR (レポート) [U12]にまとめられている。

C134. 現段階では、復旧・除染に関する考慮を線量評価に含めることはできない。なぜなら日本国内で適用された様々な措置の効果はまだ解っていない。避

難住民がもしも自分の家に戻り、(これまでに) 実行されたような環境改善がなんら行われないまま通常の生活を続けたとした場合の、外部被ばくによる実効線量をあえて表 C19 に示す。これらの見積もりは将来にわたり受けるかもしれない被ばく線量の上限を与えることになる。

表 C19. 福島県内の避難民がもしも自分の家に戻った場合の外部被ばくによる成人実効線量

自治体	外部被ばくによる実効線量(各期間あたりの mSv) ^a			
	2012 年 3 月 11 日	2013 年 3 月 11 日	2014 年 3 月 11 日	
	-2013 年 3 月 11 日	-2014 年 3 月 11 日	-2015 年 3 月 11 日	
双葉町	11	6.7	4.5	
広野町	0.42	0.25	0.17	
飯舘村	4.1	2.5	1.7	
葛尾村	2.0	1.2	0.83	
川俣町	0.50	0.30	0.20	
川内村	0.37	0.22	0.15	
南相馬市	0.61	0.37	0.25	
浪江町	9.8	6.0	4.0	
楢葉町	0.66	0.40	0.27	
大熊町	12	7.3	4.9	
田村市	0.19	0.12	0.08	
富岡町	5.3	3.2	2.2	

^a沈着した放射性核種による外部被ばく

C135. 復旧や除染により農産物や畜産物中の放射性核種濃度は低減されるかもしれない、しかしこれまで適用されてきた食品規制が続くと想定した場合、経口による線量評価には影響しない。将来的には経口被ばくに対する復旧・除染の効果に関する、より詳細な調査研究が行われると思われるが、それは本評価の範囲を超える。

C136. 成人に対する実効線量は、避難地域において既に日本の基準 (20mSv/年) を下回っている。過去の経験による技術を用いた居住地の除染は線量を約 1.5 (分の一?) に低減し、それは全集団の外部被ばくを将来にわたり低減すると思われる[I1, U3]。表 C19 の結果は、2014 年 3 月以降居住地平均した外部被

ばくによる成人実効線量が、避難地域の 7 自治体で年間 1mSv を下回ると見積もられていることを示している。

V. 他調査との比較

A. 住民の直接測定

C137. 人（体内）の放射性核種を測定することにより、住民の被ばくに関する直接的な情報を得ることができる。本委員会は主に 2 つのデータセットを入手した。一つは甲状腺中の I-131 測定で、子供に対してのものである。もう一つはホールボティセンター (WBC) による生体内の Cs-134 と Cs-137 についての測定である。これらの測定では、あくまでモニタリング時における個々人の放射性核種のレベルを示すことしかできない。トータルな放射線被ばくを見積もあるためには仮定（すなわち、いつ取り込みが起こったか、どれくらい取り込んだか、それは吸入か経口か、など）を用いることが必須である。

C138. 事故後数週間に生体内の甲状腺中 I-131 を測定した報告は非常に限られている。2011 年 3 月 26 日から 30 日にかけ、いわき市、川俣町、および飯舘村では 1 歳から 15 歳までの子どもを対象とした 1,080 人の甲状腺モニタリングがハンディ型の線量計を用いて行われた[K13]。内部被ばくによる甲状腺吸収線量は 2011 年 3 月 12 日から 24 日にかけ、継続的な被ばくがあったと仮定し計算されている。本委員会による子どもや幼児に対する測定データの解析結果は日本の専門家による評価と矛盾しない。この解析で、本委員会は 2011 年 3 月 15 日の一回摂取を仮定している。本委員会による居住地平均した内部被ばくによる甲状腺吸収線量は、これら子どもに対する直接測定から得られる値に比べ 2 から 5 倍高い水準となっている。※訳注 1

C139. Tokonami ら[T20]は、浪江町津島地区からの避難者と南相馬市の沿岸部の 62 人に対し、2011 年 4 月 12 日から 16 日にかけ甲状腺測定を行い、その結果を報告している。報告では 46 人から I-131 が検出され、この集団中の成人に対し甲状腺吸収線量は 2 から 35mGy のレンジと見積もられた。そのうち四分の三は甲状腺吸収線量が 10mGy を下回ったが、四分の一は 15 から 35mGy のレンジと見積もられた。この高線量なレンジについては本委員会の成人に対する甲状腺吸収線量の見積もりと矛盾しないが、低線量域については（本委員会評価に対して）最大ファクター 4 程度低くなっている。本委員会による避難者の甲状腺吸収線量の見積もりでは、取入れたモデル体系（つまり、放出量やそのパターン、防護措置、あるいは測定やその他ファクターについての想定）にな

んらかの過大評価が含まれているように見える。

C140. 福島県県民健康調査課の事業として 2013 年 1 月末までに 106,000 人を超える福島県の住民と、近隣県の住民に対するホールボディカウンターによる測定が行われた[H5, M24]。

C141. Momose らの論文[M24]では、2011 年 7 月から 2012 年 1 月までの約 10,000 人の避難者に対する一連のホールボディ測定の詳細が記されている。Cs-134 と Cs-137 が体内に検出されたのは避難者の 20%に過ぎない（最少検出放射能は（核種あたり）約 300Bq）。これらの測定から、本委員会で 2011 年 3 月以降の Cs-134 と Cs-137 の摂取による平均実効線量を見積もったところ、成人で約 0.05mSv、未成年の場合で約 0.03mSv と評価された。殆ど全ての避難者について、実効線量は 1mSv を下回ると見積もられ、成人あるいは未成年者に対しおよそ 5,000 人に一人が約 1mSv になると評価された。

C142. Hayano ら[H5]によると、2011 年 10 月から 2012 年 2 月の間に福島第一原発の南西に位置するひらた中央病院において、福島県内および近隣県の 33,000 人の住民がホールボディモニタリングを受診している。そのうちの約 12%だけから最少検出レベルである（核種あたり）約 300Bq を超える Cs-134 と Cs-137 が検出された。2012 年の 3 月から 11 月の間ではその比率は 1%にまで低下している。このことは放射性核種の取り込みが主として事故後間もなくであったということを支持している。2011 年 10 月から 2012 年 2 月までの成人に対するホールボディ測定に基づき、2011 年 3 月からの Cs-134 と Cs-137 の摂取による平均実効線量を見積もったところ、それぞれ 0.02mSv、および 0.07mSv のレンジにあると評価された。

C143. 多数の実測に基づいた[H5, M24]両者の見積もりは、本評価における Cs-134 と Cs-137 の吸入および経口摂取による評価線量より実質的に低い。本調査の目的は、日本における集団に対し可能な限り現実的な線量評価を行うことであるが、これらの結果は（本調査の）想定のなかに保守的な要素が残されており、それは委員会が入手した情報の不完全さゆえの避けられない帰結であることを示している可能性がある。※訳注 2

B. WHO スタディ

C144. WHO による暫定的な線量評価と関連する健康リスクの評価[W11]は 2011 年 9 月までに入手できたデータを用いたものである。評価は現実的なものであろうと意図したものではあるが、その時点で入手できた情報は限定的で、WHO による想定のなかには線量を過大評価させるものもあったようと思われる。

C145. 表 C20 では、WHO による成人実効線量と 1 歳児甲状腺等価線量の評価結果と本評価の結果を比較した。本評価では WHO が入手したものに比べ、より包括的なデータを用いており、その評価の一部では、より現実的な想定が可能であった。本評価での福島県内の地域における 1 年目実効線量の見積もりは、総じて WHO の暫定的な線量評価のレンジに入っている。甲状腺等価線量の見積もりにおいても良い一致が得られている。表 C20 にあるように、特定の場所の評価線量において本評価の結果は WHO のものよりも低くなっている。これは、特定の場所、すなわち避難地域（の線量評価）において追加情報が得られたことを反映しており、WHO の暫定的な線量評価に比べ、避難者の行動パターンに関するより詳細な情報が得られたことによる[W11]。しかしながら、本評価で線量を見積もった中には、WHO スタディよりも高くなった地域もある。

表 C20. 成人実効線量と 1 歳児甲状腺等価線量の見積もりの比較

地域	WHO 評価[W12]		本委員会評価	
	1 年目	生涯	1 年目	到達年齢 80 歳まで
成人実効線量 (mSv)				
浪江町	22	24	5.0 ^a	^d
楓葉町	4	8	3.7 ^a	^d
飯舘村	12	14	8.0 ^b	^d
葛尾村	5	6	6.0 ^b	^d
南相馬市	5	8	5.7	^d
いわき市	1	2	2.2	4.2
その他福島県内	1 から 5	2 から 10	1.0 から 4.3	1.2 から 12
近隣県	~1	~1	0.2 から 1.4	0.2 から 4.1
1 歳児甲状腺等価線量 (mGy)				
浪江町	122	123	81 ^c	^d
楓葉町	39	42	82 ^c	^d
飯舘村	73	74	56 ^c	^d
葛尾村	48	48	73	^d
南相馬市	43	46	53 ^c	^d
いわき市	31	32	52	^d
その他福島県内	31 から 39 (もしくは 30-40)	32 から 42	33 から 52	^d
近隣県	≤ 9	≤ 10	3 から 15	^d

^a 規制ゾーン

^b 計画的避難区域

^c 放医研の避難シナリオによる

^d 本委員会では未評価

VI. 結論

C146. 日本国内に暮らす大多数にとって、福島第一原発の事故に伴う放射性核種の放出による 1 年目の追加被ばく量は、自然放射線によるバックグラウンドから受ける年間被ばく量よりも少ない（約 2.1mSv[N23]）。とりわけ福島県から離れた県に暮らす人の場合、（事故により受ける）線量は 0.2mSv かそれよりも更に低いと見積もられる。

C147. 2011 年 3 月 11 日以降、初期の数日以内に避難した住民では、居住地平均した 1 年目の成人実効線量は平均して 6mSv 未満である。それよりも避難が遅かった場合、居住地平均した 1 年目の成人実効線量は平均して 10mSv 未満と見積もられた。これらの線量は避難前、避難時、および避難先で事故後 1 年間の残りの期間を過ごした場合に受けた（であろう）被ばく線量を含めた値である。事故後 1 年目の居住地平均した 1 歳児甲状腺吸收線量は約 15 から約 80mGy と見積もられた。これは自然放射線によるバックグラウンドから受ける甲状腺吸收線量よりも著しく高い；自然由来の放射線による典型的な甲状腺吸收線量は平均して年間 1mGy のオーダーに過ぎない。病院や老人ホーム、あるいは住民やその他の（規制区域内に立ち入った）個人といった、20km 圏内のゾーンに長期間残留した少数の人については、より高い被ばくを受けた可能性がある。

C148. 非避難地域のなかで、地域平均した被ばく量として最も高かったのは福島市に暮らす住民である。地域平均した 1 年目実効線量は成人の場合で 4.3mSv、1 歳児幼児で 7.5mSv と見積もられる。もしも何らの復旧、あるいは除染が行われなければ、事故時に幼児だった者は自然放射線による被ばくに加え、生涯実効線量で約 20mSv の追加被ばくを受けることになる。桑折町、大玉村と伊達市、いわき市、郡山市、二本松市、および南相馬市に暮らす住民の、居住地平均した 1 年目実効線量は成人に対し 2 から 4mSv、子どもに対し 5 から 7mSv のレンジであった。福島県内のその他地域では地域平均した実効線量は成人に対し 1 から 2mSv、子どもに対し 2 から 5mSv のレンジであった。状況としては、日本における自然放射線由来のバックグラウンドから受ける 80 年間の累積被ばく量は平均して約 170mSv である（言い換えると年間 2.1mSv の 80 年分）。環境中の放射性核種の沈着濃度のばらつきと、人の行動や食習慣のばらつきは大きく、個人の実効線量見積もりは同じ場所の地域平均した実効線量に対し 2 から 3 倍程度高かったり低かったりする可能性がある。

C149. 非避難地域における個人の 1 年目甲状腺吸収線量として最も高く見積もられたのはいわき市と福島市で、地域平均した 1 年目の 1 歳児甲状腺吸収線量は約 50mGy であった。10 歳児と成人に対する評価線量はそれぞれファクター 2 度程、およびファクター 3 から 4 度程、1 歳児の評価線量より低かった。グループ 3 の近隣県（千葉、群馬、茨城、岩手、宮城および栃木の各県）では、地域平均した 1 年目の幼児甲状腺吸収線量は約 3 から約 15mGy のレンジにあると評価された。日本国内の残りの 40 都道府県については、県平均した 1 年目の幼児甲状腺吸収線量は約 3mGy と評価された。

C150. 事故直後の数週間に甲状腺内の I-131 を生体内測定 (in vivo) として直接測った報告はごく限られている。これらの測定から見積もられる甲状腺吸収線量は本評価における居住地平均した甲状腺吸収線量に対し、2 から 5 倍程度低い。避難民の甲状腺吸収線量を見積もるため、本委員会が採用したモデル体系（原子炉からの放出量とそのパターン、防護措置、測定やその他ファクターの想定）になんらかの過大評価があったように見える。ホールボディモニタリングから見積もられる γ 線放出核種による内部被ばく線量は、本調査の評価線量に比べ実質的に低い。これは、本調査の内部被ばく評価に用いた仮定のなかのなんらかの保守的さ（過大評価な要素）を反映している。※訳注 1, 2

C151. 避難住民の線量評価には、本委員会がこの調査で行った全ての見積もりのなかで最も大きな不確実さがあるし、被ばく時の大気中放射性核種濃度の測定がないということからも不確実さは残るであろうと思われる。被ばく量は ATDM (などのシミュレーション) の結果、放出時系列の想定、避難中の移動（場所の時間の変化）、および適用された防護措置から推定するしかなく、それら全てが不確実さを伴う。今後、(核種) 放出のパターンと放出量に関する更なる情報が明らかになれば避難民の被ばく線量評価における不確実さ全体のうち、そのいくらかは低減されることになるであろう。

C152. 評価線量が最も高い地域では放射性核種の吸入や経口摂取による寄与も有意ではあるが、最も重要な被ばく経路は地表に沈着した（放射性）物質による外部被ばくであった。評価線量が低い地域では食品中の放射性核種による経口摂取が最も有意に寄与した。

C153. 評価線量は環境中の放射性核種濃度に依存するとともに、年齢/社会的なグループ（の特性）にも依存する。事故発生時に幼児、または1歳児であった者の評価線量が最も高く、その次が10歳児、そして屋外に滞在する時間が長い成人と続く。屋内で滞在する時間が長い成人の評価線量が最も低かった。ただし検討を行った各グループのなかでの評価線量の違いはそれほど大きくなく、ファクター2以内の違いであった。

C154. 事故後10年間で受ける実効線量の合計は、概ね1年目被ばく量よりファクター2大きい水準に達すると見積もられた。生涯線量では1年目被ばく量よりファクター3大きい素準に達すると見積もられ、その増加が最も大きくなるのは放射性核種の沈着が最も高いレベルの地域においてである。日本の住民が受けた甲状腺吸収線量の殆どは事故後1年目の大気中I-131の吸入摂取や食品中I-131の経口摂取を介したものである。甲状腺の生涯線量は1年目被ばく量に比べ50%までは高くない（1.5倍以内）と見積もられた。今後数十年間に産まれる子どもは、その減衰のためI-131による甲状腺被ばくは受けないが、Cs-134とCs-137による一定の被ばくはあると思われる。

C155. 本評価で表した被ばく線量は各集団の平均線量の典型値である。ある個人についての被ばく線量はこれよりも低く、とりわけコンクリート製の多層階アパートメントに暮らし事故後は現地産の生鮮食料品を避けた場合（評価線量は）低くなる。（その一方）毎日多くの時間を野外で過ごし、現地産の食品を食べた場合（評価）線量は高くなる。

C156. 一般公衆に対して取られた防護措置は、（何もしなければ）受けた可能性のある放射線被ばく量を著しく低減した。特に20km圏内のゾーンと計画的避難区域に含まれる居住地についての防護措置は1年目に受けた可能性のある被ばく量を最大ファクター10低減した。実効線量としての回避線量で成人の場合最大50mSvのレンジ、避難により回避できた1歳児甲状腺吸収線量は最大750mSvに達すると本委員会では見積もった。

C157. 比較のため、日本人の集団に対する集団線量の見積もりも行った。福島第一原発の事故に伴う日本人の集団の実効線量の集団線量は、チェルノブイリ事故に伴う欧州の集団における相当値に対し約ファクター8低いと見積もられた。一方、甲状腺収集線量の集団線量はファクター20低いと見積もられた。

C158. 日本の近隣国と世界のその他地域に関する報告を分析し、本委員会では日本国外に暮らす個人の事故に伴う 1 年目実効線量の合計は 0.01mSv 未満であると結論した。

C159. 本委員会では得られた情報に基づき、現実的な線量評価を行うことを目的とした。ところが委員会で用いたモデル体系の全体、および個々の防護措置に関する情報の欠落により、なんらかの過大評価（につながる要素）が持ち込まれた様に見える。※訳注 1, 2

訳注 1：福島県での調査でも、一応は一回摂取も評価している。しかしながら恐らく『着衣バックグラウンド』についての情報提供がされてなく、2 から 5 倍程度評価が分かれた原因について UNSCEAR 側に混乱を与えていたように思われる。訳者が（推定される）空間線量をバックグラウンドとして再評価した結果（※岩波書店『科学』2014 年 4 月号：初期小児甲状腺被ばく調査（スクリーニング）の再評価のために・過小評価をもたらす要因とバックグラウンドを考える）は UNSCEAR の解析結果と大きくは矛盾しない。

訳注 2：委員会評価では食品は地域内、あるいは各県内（近県についてはグループ内）で平均化され、その域内で消費される仮定を取っている。そのため地域間の差異が大きい結果になっているが、事故後の実際の流通は（定量的な評価は困難ではあるが）全国レベルで平坦化されていたと思われる。「食べて応援」「混ぜて給食」あるいは「産地偽装・混入」といった効果の寄与を検討する必要がある。その場合、汚染レベルが高い地域の経口摂取は委員会評価よりも低くなるが、その他地域の摂取水準は上昇するため日本国内の集団線量としては大きく変化しないことが予想される。