

¾ ƒ7Á Š&Ÿ å"'' M N È Š\$Î7Á d : > _6õ4 M •
: U)z751¤ V b1"8Ÿ †*f < • S u b(ò : b Z#.

, " £&½ M

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故発生後、2年を超える時間が経過した。現在も多くの方が避難されており、サイト内外で放射性物質に対する様々な取組みが続けられている。

いる⁶。この誤解と理由は参考レベルにも通じるものであり、確率的影響の防護措置を巡る議論の難しさが言い表されている。

3. 避難または解除の指示の目安となる線量

政府の避難指示には距離に基づくものと放射線量に基づくものがある。原子炉施設が安定していない状況において、原子炉施設から一定の距離を確保するため、距離に基づく避難等の指示が行われた。放射線量に基づく避難指示においては、避難又は解除の目安となる線量は年間 20mSv である。これは、緊急時被ばく状況の参考レベルを選択すべき範囲の下限に相当する。

4. 今回の事故による放射線の健康影響について

今回の事故による放射線の健康影響について考える上で参考になると考える材料を下記に列挙する。

①100mSv 以下の放射線の健康影響について

内閣官房に設けられた低線量被ばくのリスク管理に関するワーキンググループ（共同主査：長瀧重信 長崎大学名誉教授、前川和彦 東京大学名誉教授）の報告書⁷がまとめられている。同報告書では、「放射線による発がんリスクの増加は、100 ミリシーベルト以下の低線量被ばくでは、他の要因による発がんの影響によって隠れてしまうほど小さく、放射線による発がんのリスクの明らかな増加を証明することは難しい」⁸としている。

また、原子力安全委員会事務局も「低線量放射線の健康影響について」⁹と題する見解をまとめており、ICRP が、100mSv 以下の被ばく線量域を含め、線量とその影響の発生率に比例関係があるというモデルに基づいて示した 100mSv の被ばくは生涯のがん死亡リスクを 0.55% 上乗せするというリスク評価、日本人の生涯がん死亡リスク、そして都道府県別のがん死亡率の幅を紹介している¹⁰。

②年 20mSv の線量と従来の規制との関係について

避難指示の目安としての年 20mSv と公衆被ばくの線量限度年 1mSv との比較がよく行われるが、以下の点について述べておきたい。

- ・ 年 1mSv は、法令上、原子力施設がそれを超える線量を公衆に与えてはいけないという事業者を規制するものである。公衆の線量限度と呼ばれているが、公衆がそれを超える被ばくをすることをいけないと考えて公衆を規制しているものではない。また、1mSv は前述のとおり “安全” と “危険” の境

⁶ ICRP Publication 60 パラグラフ 123

⁷ <http://www.cas.go.jp/jp/genpatsujiko/info/twg/111222a.pdf>

(なお、本稿に記載されている URL は、いずれも 2013 年 5 月 19 日にアクセスを確認している)
このワーキンググループと共に通するメンバーも多い原子力災害専門家グループのメンバーが関連する話題について平易な表現でまとめた「原子力災害専門家グループからのコメント」が首相官邸のサイトに掲載されている。

<http://www.kantei.go.jp/saigai/senmonka.html>

⁸ 「低線量被ばくのリスク管理に関するワーキンググループ報告書」(以下「低線量 WG 報告書」) p19。
なお、喫煙、肥満、野菜不足等「他の要因による発がんリスク」をシーベルトの単位で示したものは、同報告書 p9 のほか、国立がん研究センターのサイトに掲載されている。

http://www.ncc.go.jp/jp/shinsai/pdf/cancer_risk.pdf

⁹ <http://www.nsr.go.jp/archive/nsr/info/20110526.html>

¹⁰ 同趣旨の内容は、「低線量 WG 報告書」p8 にも記載されている。

界ではない。

- ・職業被ばくについては事故前から年平均 20mSv 以下に抑えることになっている。放射線業務従事者と公衆において放射線に対する耐性に差異があるわけではない。なお、放射線業務従事者に対しては法令上健康診断を行うことが義務づけられている。福島県が進める県民健康管理調査において避難区域等の住民に対し、通常のものに項目を追加した健康診査が行われている¹¹。

③避難指示の判断に用いられた年間放射線量の保守的な評価について

政府が避難指示の判断に用いた線量評価は、放射線防護の観点から保守的な評価¹²を行っている。具体的には以下の理由により放射線量が高めに評価されることとなる。

- ・評価を行った時点以降の減衰やウェザリングを考慮しないで評価する。
- ・1日当たり屋外に8時間、屋内に16時間滞在する前提で評価する。
- ・空間線量（周辺線量当量）をそのまま実効線量として評価する¹³。

福島県内において個人積算線量計を用いた子ども、妊婦の追加的な被ばく線量の測定結果が自治体から発表されているが、この保守的な評価方式により推計される値よりも小さくなっている¹⁴。

④県民健康管理調査における線量の推計評価及び甲状腺検査の実施状況について

福島県の県民健康管理調査の一環として、全県民を対象として行動記録に基づく事故発生後4ヶ月間の線量の推計を進めている。第10回県民健康管理調査検討委員会資料によれば、2013年1月末現在、累計394,369人の推計が行われた。そのうち放射線業務従事経験者を除く386,572人の推計結果は、県北・県中地区では90%以上の方が2mSv未満、県南地区では約91%の方が、会津・南会津地区では99%以上の方が1mSv未満となり、相双地区は約78%の方が、いわき地区では99%以上の方が1mSv未満となっている。放射線業務従事経験者を除く最高値は25mSvであり、15mSv以上の方は12人であった¹⁵。

県民健康管理調査の一部を成す18歳以下の全県民を対象とする甲状腺検査においては、2012年9月28日検査分までの検査結果が確定した者は95,954人であり、直ちに二次検査を要するC判定が1名で、念のため2次検査を行うB判定の500人を加えた501人が二次検査の対象。2012年11月5日現在、83人が二次検査終了。通常の診療に移行した者が60人。内1人が悪性と診断され、適正な医療に移行した¹⁶。

なお、甲状腺検査のC判定が0人であった2012年6月の時点において、首相官邸の原子力災害専門家グループのメンバーが、今後の県民健康調査で「全国で見つかる発症」が「福島で見つかる」ことをど

¹¹ 県民健康管理調査については下記URL参照。

http://wwwcms.pref.fukushima.jp/pcp_portal/PortalServlet;jsessionid=0B2DF7DB300669C2B7F5D4F40C566A32?DISPLAY_ID=DIRECT&NEXT_DISPLAY_ID=U000004&CONTENTS_ID=24287

¹² 政府の行った評価については、下記URL及び「低線量WG報告書」p27参照。

<http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/anzen/shidai/genan2011/genan022/siryo1-2.pdf>

¹³ 空間線量と実効線量の関係については、例えば日本原子力学会放射線工学部会線量概念検討WG「測定値（空気中放射線量）と実効線量」にまとめられている。

http://www.aesj.or.jp/~rst/fukushima/120726_01.pdf

¹⁴ 例えは「低線量WG報告書」p14において2011年9月の福島市のデータの比較が行われている。

¹⁵ 「県民健康管理調査『基本調査』の実施状況について」

<http://www.pref.fukushima.jp imu/kenkoukanri/250213siryou1.pdf>

¹⁶ 同上

うとらえるべきかについて次の2点を念頭に置く必要があることを指摘している。

- ・(被ばくの有無にかかわらず) 一定の頻度で、病変などは存在し、多数の人の健康検査を行えば、「全員異常なし」とは限らず、検査において発見されること。
- ・今まで体系的な調査を行なっていなかった地域で初めて本格的に健康調査を実施すると、「それまで毎年調べていれば点々と発見されたはずの所見」が、一度にまとまって見つかるため、数字だけを見ると一時的に「平均的な出現頻度より高い」と思われるデータになることがあること¹⁷。

⑤事故発生前後の食品中の放射性物質について

1989～2004年にかけて測定された食品中の放射性物質の濃度から日本人一人当たりの食品摂取による実効線量は0.80mSvと評価されている¹⁸。魚介類、特に魚類の内臓に含まれる自然放射性物質ポロニウム210の濃度が高いことが寄与しており、2005年度までの測定データを用いた評価では魚介類のみで0.58mSvと評価されている¹⁹。日本人の魚介類の消費量は世界の中でも多く、また、内臓も食する食習慣を持つことから、他の国と比較して食品からのポロニウム210の摂取量が多いと評価されている²⁰。なお、食品摂取による実効線量の世界平均は0.12mSvと評価されている²¹。

事故後、2011年9月及び11月に、東京都、宮城県及び福島県で実際に流通している食品を購入して調査した結果では、放射性セシウムから受ける放射性セシウムの年間線量は、3都県でそれぞれ0.0026、0.0178、0.0193mSvと評価された²²。これは、食品の基準値が厳しくなる前の調査である。

厳しくなった基準値は、流通する食品の半分が汚染されており、それらを食べ続けた場合であっても食品による内部被ばくが年間1mSvにならないように定められたものである²³。前述のとおり、基準値が厳しくなる前の調査で年間1mSvを下回る結果となっている。

基準値の移行時期を挟む2012年2～3月にかけて全国12地域で行われた調査の結果が、2013年3月に発表されている。福島県(中通り地区)では、半年間で約3分の1(0.0193mSv/年から0.0066mSv/年)に減少していることが報告されている。また、2012年3～5月にかけて全国9地域で一般家庭の一日分の食事をすべて収集する方法での調査結果も同時に発表されている。いずれの調査でもいずれの地域も1mSv/年の1%以下の結果となっている²⁴。

¹⁷ 山下俊一、神谷研二「福島県『県民健康管理調査』報告～その2～」

http://www.kantei.go.jp/saigai/senmonka_g26.html

なお、引用した箇所に続けて「福島で甲状腺がん等の所見が見つかること」が特別な不安感をもたらすであろうことは否めないため、このレベルの被ばく線量では、被ばくと発がんとの因果関係の有無は科学的に証明できないものの、丁寧な説明の努力を続けたいとしている。

¹⁸ 公益財団法人原子力安全研究協会『新版生活環境放射線(国民線量の算定)』2011年p50

¹⁹ http://search.kankyo-hoshano.go.jp/food2>Select/select_category.html

(15種類の食品カテゴリーからいずれかを選択してクリックすると預託実効線量が表示される。)

²⁰ 原子力安全研究協会前掲書p50

²¹ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *Sources and Effects of Ionizing Radiation* (UNSCEAR 2000 Report), 2000.

²² 厚生労働省薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会資料

<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000001yw1j-att/2r9852000001ywe9.pdf>

²³ 薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会放射性物質対策部会報告書3.2

<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000023nbs-att/2r98520000023ng2.pdf>

²⁴ <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002wyf2.html>

⑥日本のがん関係統計における変動の幅について

防護措置を講じる前提であるどんなにわずかな線量であっても線量に比例してリスクが存在するという仮定に立てば、前述の ICRP が示した 100mSv の被ばくは生涯のがん死亡リスクを 0.55% 上乗せするというリスクの大きさを比例させることで、低線量でもリスクがあった場合における、ある線量でのリスクの大きさのおよその目安を得ることができる。(例えば 20mSv では約 0.1% の上乗せとなる。) 「低線量の放射線のリスクについてはわからない」とよく言われるが、この「わからない」とは「見当もつかない」という意味ではなく、「断言できないが、リスクがあったとしても概ねこのくらいであろう」ということは言える性格の「わからない」であると考える。

がん関係の統計を見ると、当然のことながら地域や年度によりばらつきが見られる。これらの変動の幅は、放射線のリスクの大きさを個々人がどう評価するかに際して一つの参考情報となるだろう。

- ・生涯のがん死亡リスクは、2006、2007、2009、2010 年度の間で男性 26.1～26.6%、女性 15.9～16.1% のばらつきがある²⁵。
- ・生涯のがん死亡リスクとは性格の異なるデータであるが、人口 10 万人当たりの 75 歳未満年齢調整死亡率で都道府県がん死亡率を見た場合、性別のはか地域や年度によるばらつきの大きさを表 1 に例示する。

表1 都道府県別がん死亡率

	男	女	総
東北	84.4	109.8	61.3
	84.3	109.1	61.8
中部	98.4	135.5	68.2
	101.1	135.2	72.7
関東	93.8	123.9	66.2
	90.3	117.9	65.2
近畿	85.4	109.9	63.0
	85.4	109.6	63.7
中国	84.9	107.5	62.8
	84.9	107.6	62.9
四国	84.8	109.7	61.6
	84.0	109.4	60.6
沖縄	71.1	88.2	55.7
	67.3	83.9	52.1

全がん 75 歳未満年齢調整死亡率。
率は人口 10 万対。上段が 2009 年、下段が 2010 年。

「がんの統計」から作成。

⑦胎児のがんのリスクについて

妊娠（胎児）や子どもの放射線感受性が高いことがよく指摘されるが、小児がんのリスクの大きさについても留意が必要である。例えば ICRP は、米国の統計を用いた試算で追加被ばく線量が 0mGy で子

²⁵ がんの統計 <http://ganjoho.jp/public/statistics/index.html>

どもががんにならない確率は 99.7%であり、100mGy の放射線を受けた場合には、99.1%と試算している。がんのほか、確定的影響についても、より高い線量がしきい値と考えられることから、100mGy 以下の放射線で妊娠中絶をする医学的な正当性はないと結論している²⁶。

なお、「東日本大震災により生じた放射性物質により汚染された土壤等を除染するための業務等に係る電離放射線障害防止規則」（以下「除染電離則」）において、妊婦等の線量限度を低く定めている²⁷が、これは、従事者が雇用関係にあることから、業務命令によって高い線量を受けることのないよう、一般的の電離則と同様に定められているものであり、妊娠期間にこの線量限度を超えることが危険であるためではない。

⑧プルトニウム及びストロンチウムの影響について

文部科学省が実施した調査においてプルトニウム、ストロンチウムが計測されているが、多くは、事故前の 1999～2009 年度に全国で測定された値の範囲（過去の大気圏内核実験の影響による範囲）内のレベルであった。プルトニウム²³⁸について 1 箇所その範囲を超えた箇所の沈着量は、事故前の沈着量の最大値の 1.4 倍程度であった。IAEA-TECDOC1162 の評価方法でそれぞれの核種の 50 年間の積算実効線量（外部被ばくと吸入による内部被ばく）を評価した結果を表 2 に示す²⁸。

²⁶ ICRP Publication 84 パラグラフ 151、154、表 4

²⁷ 東日本大震災により生じた放射性物質により汚染された土壤等を除染するための業務等に係る電離放射線障害防止規則第 4 条。妊娠の残り期間における腹部表面の等価線量 2mSv、内部被ばく 1mSv を規定。

²⁸ 土壌濃度マップに係る一連の発表資料

http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/6000/5048/24/5600_0930_n.pdf

表2プルトニウム、ストロンチウムの測定結果と線量評価

核種	測定値 (Bq/m ²)	測定場所	50年間の 積算実効線量 (mSv)
プルトニウム238	11	浪江町	0.071
プルトニウム239+240	19	南相馬市	0.16
プルトニウム241	150	浪江町	0.029
ストロンチウム89	22000	浪江町	0.00061
ストロンチウム90	4800	浪江町	0.12

⑨空気中の放射性物質について

最近のダストモニタリングの結果の多くは不検出となっている²⁹。降水やじん埃の降下物を継続的に観測した定時降下物の観測結果について、2012年に冬場の風の強い日に他の日より高いデータが検出されることが福島県により分析されている。2011年10月以降放射性セシウムが100MBq/km²程度以下で推移していたが、2012年1月に432MBq/km²(セシウ137: 252MBq/km²、セシウム134: 180MBq/km²)が検出されたデータを用いて評価されている。降下物を全て吸い込むことは現実的には無理であるが、分析対象期間中最大の日の降下物に含まれていたじん埃を全て吸い込んだとしても、その被ばく線量は、1mSvの500分の1程度と評価されている³⁰。

⑩飲料水について

水道水の計測結果は検出限界値以下が続いている³¹、旧緊急時事避難準備区域や避難指示解除準備区域の井戸水を検査した結果もほとんどが検出限界値以下である。土などが混入した濁った水から検出されたりするが、再検査すれば、検出限界値以下となることが多い³²。また、市販の浄水器で事故発生直後の雨水中の放射性セシウムが相当程度除去できたとのデータも報告されている³³。

⑪世界保健機関による健康影響の評価について

世界保健機関（WHO）は、2012年5月、事故による線量予測について報告書を公表し、その後、線量予測に基づき、健康影響について評価する報告書を2013年2月に刊行した。WHOが行った試行的な線量評価では、線量の高い浪江町、飯舘村の事故後1年間の線量が12mSv～25mSvの範囲内としておえい、この線量評価を踏まえ、がんなどのリスクを評価したものである。線量評価については、過少評価になることをきらい、保守的な評価を行っており、実際に採られた避難や食品の出荷制限などを考えれば、過大評価になっている可能性について報告書にも言及されている。

http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/7000/6213/24/338_0912_18_rev0914.pdf
http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/7000/6213/24/338_0912_18_rev0914.pdf

²⁹ http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/6000/5619/24/115_0517.pdf

³⁰ 「定時降下物から放射性セシウムが比較的高い濃度で検出された要因について」

<http://www.pref.fukushima.jp/j/koukabutsu-youin0206.pdf>

³¹ 水道水中の放射性物質に関する検査の結果

http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kentoukai/houshasei_monitoring.html

³² http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=20152&hou_id=15359

³³ ポット型浄水器による実験結果（日本放射線安全管理学会）

<http://www.jrsm.jp/shinsai/0428water.pdf>

この報告書によれば、浪江町で被ばくした1歳男児の白血病の生涯におけるリスク0.60が0.0404増加（7%増）、1歳女児の乳がんのリスク5.53が0.3567増加（6%増）し、甲状腺がんのリスク0.77が0.5241増加（約70%増）すると評価している。括弧内に記した何%増であるかという数値は、ベースラインリスクに対する相対的なものであり、ベースラインリスクの数値に留意すべきことをWHOも述べている³⁴。

5. セシウムの除去技術について

放射性セシウムの除去のために様々な技術開発が行われているが、ここでは二つの技術を紹介する。

① 土壤からの除去

太平洋セメント株式会社、日揮株式会社が内閣府の資金を用いた日本原子力研究開発機構（JAEA）の委託を受けるなどして開発した回転加熱による放射性セシウム昇華技術は、処理後の浄化物をクリアランスレベル（放射性セシウム濃度が100Bq/kg）以下にすることができ、汚染土壤を路盤材等の資源に変えることができる技術である³⁵。

② 水からの除去

JAEAと倉敷繊維加工株式会社が共同して開発した水中の放射性セシウム除去用カートリッジは、電子線グラフト重合技術を用いたもので、濾過膜、イオン交換濾紙では十分除去できなかつた放射性セシウムを水道水の管理目標値（10Bq/kg）以下にすることができた技術である。通常の浄水器と同様な方法で使用する³⁶。水については、4. ⑩で述べたように管理目標値を超える値が長期的に継続して測定されてはいないが、このカートリッジは、なお高い安心を求める人々の声に応えようとするものである。

6. 将来への教訓（議論の素材としての私見）

以下に議論の一素材として、今後大切と考えることをいくつか挙げる。

- ① 福島県における県民健康管理調査の着実な実施。緊急作業従事者の離職後を含む健康診断の実施、受診勧奨、記録の整備。
- ② 関係者がルール上課された要件を充足することとその確認に満足するだけでなくどのような場合にどうしたら事故が起きるのかということを考え、その対策を講じていく風土・文化をつくる。原子力工学の研究者が、「自動車で言えば、昔はなかったエアバッグを開発し、装備するといった姿勢に欠けていたのではないか」といった言葉が印象的だった。

どうしたら事故が起きるかを積極的に考え、対策を講じていく考え方には、今回の事故のより直接的な教訓である配電盤の設置位置の多様化についても非常用電源の多重化・多様化によしとせず、配電盤の設置位置を含めた多様化で深層防護を真に機能させる思考に結びつくと考える。

- ③ 平常時から放射線のリスクや放射線防護の考え方について報道関係者との意見交換、勉強会などを

³⁴ WHOの報告書

http://www.who.int/ionizing_radiation/pub_meet/fukushima_risk_assessment_2013/en/index.html

³⁵ 内閣府及びJAEAの原子力委員会への報告資料

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2012/siryo12/siryo1-3.pdf>

（スライド番号3）

³⁶ JAEA報道発表資料 <http://www.jaea.go.jp/02/press2012/p12110701/index.html>

行っておく。厚生労働科学研究費補助金による研究で作成された『健康危機管理時におけるクライシスコミュニケーションマニュアル』に照らし、これまで欠けていて、かつ重要なことだと考える。

④ 緊急時における迅速、広範な避難の重要性・有効性を再認識。避難時には風下の方向を避ける、降雨に当たらないようにすること、急性の確定的影響が懸念されるようなケースかどうかについて慎重に情報を入手することなど、避難の原則、放射線のリスク等について周知を図ること。

また、放射線に限らず、リスクや不確実性に関して社会のリテラシーの向上を図ることは現代社会の様々な局面において大切なことと考える。このことについては、稿を改めて論じたい。

⑤ 環境省告示に定められている水面埋立の方法を含め、放射性物質は地中に埋設することが唯一現実的な処分方法であり、適切に埋設すれば、放射線は十分しゃへいできること。地下水の利用については十分留意すべきであるが、適切な監視体制を構築すれば足り、生活への悪影響が実質的にな形で社会と共存できることについて理解を求めるこ

⑥ 独立した電源と通信機能を有して地震時にも機能するモニタリングシステムの構築。