

「放射線による健康影響に関する有識者会議」 広聴会に寄せられた 質問及び意見に対する回答

栃木県保健福祉部健康増進課
平成 24 年 5 月 9 日作成

平成24年2月11日に開催した「放射線による健康影響に関する有識者会議」 広聴会に寄せられた質問及び意見に対する回答を掲載します。「県民の放射線被ばく線量を把握するための調査」に関連した質問及び意見については、別紙をご覧ください。

(注 1) (委員コメント) や (委員 A コメント) 等と記載のあるものは、有識者会議の委員に回答を求めた項目です。

(注 2) 単位について、「シーベルト」を Sv、「ベクレル」を Bq で表記しています。

意見 24：空間線量や土壌の汚染度、スピーディ予測等から、論文等は特に提示せずに、問題ないとの結論を有識者会議として出したとの説明が個人線量計保護者説明会でありましたが、予測や想定のプロセスが示されず、さらには根拠論文も示されずに「健康に影響を及ぼす程度ではない」との結論のみの説明ばかりでは、不安の払しょくどころか、ますます不安になります。例えば、今後、除染等の対策を進めていけば、現在は5mSv/年でも、2年後、5年後、10年後には、この程度まで下がるので問題ない。というような行政の施策とリンクした判りやすい説明をお願いします。

(委員コメント)

説明が不十分であったことをお詫びいたします。

有識者会議では、

- ・ 栃木県内の空間線量率
- ・ 水道水、食品・農産物や土壌等の放射性物質による放射能のレベル
- ・ 土壌沈着量やダストサンプリング等の結果を加味した世界版緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム (WSPEEDI) によるシミュレーション結果
- ・ 福島県における種々の調査結果¹⁾

等を基に被ばく状況の評価を行いました。検討の結果、県民の多くの方々の被ばくは年間 5 mSv 未満に収まると推察され、栃木県全体としては明らかに健康影響があるといえる被ばく状況にはないと結論しました。

意見 16 でも回答していますが、環境中にある放射性セシウムの存在量は、壊変や風雨などの自然要因による風化 (ウェザリング) に伴い徐々に低下します。また、除染活動や施肥等によって土壌から食物への移行も軽減されることとなります。このため、栃木の年間外部被ばく線量は 2 年間で半減することができると考えます。

「論文等は特に提示せずに」に関しては、低線量被ばくについて広くコンセンサスの得られた

知見（論文等）がないということがその背景にあります。「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」の報告書にもありますが、現時点では 100 mSv 未満の被ばくによる健康影響についてまだ確立された科学的知見があるとは言えません。そのため 100 mSv 以上での評価を参考に、そのリスクを推測しています。

¹⁾ 福島県民 9,747 人を対象にした外部被ばく線量の推定結果では、99.3%の方が年間 10 mSv 未満でした。また、約 14,000 名を対象にしたホールボディカウンター検査では、預託実効線量 1 mSv 未満の方が 99.7%でした。

意見 25：空間線量を行政が調査したのは 5 月以降です。5 月の時点では、すでに放射性ヨウ素ほとんど検出されません。有識者会議ではスピーディの予測図を提示して問題ないとしたようですが、実際には、栃木県（宇都宮市）の降下物調査では最大 25,000MBq/k m³が検出されています。ヨウ素による被ばく量についても、スピーディによる予測ではなく、実際の降下物から想定したうえで、県民の健康影響について評価検討してください。また、外部被ばくだけでなく、ヨウ素の吸引による内部被ばくについても、実際の降下量から評価検討してください。

（委員コメント）

意見 24 でも回答していますが、健康影響について評価するには栃木県に関するさまざまなデータを参考にしました。放射性核種（放射性物質）の降下量についても検討しています。

栃木県に放射性プルーム（放射性雲）が最初に到達したのは 3 月 15 日と考えられます。宇都宮市では 3 月 15 日 10:00 に最大値の毎時 1.3 μSv が記録され、その後、急速に低下しました。また、那須町では同日深夜に最大値の毎時 1.75 μSv を記録し、それ以降これを上回る空間線量率は記録されていません。そのため、放射性物質の濃度の高い空気は 15 日から数日間のみ県内を通過したと考えられます。

おっしゃるとおり、宇都宮市での降下物測定で、最大 25,000 MBq/km²の放射性ヨウ素が記録されています。これは、3 月 21 日から 22 日にかけて県内で降った雨の影響により、上空を漂っていた放射性物質が地上に落ちたことが原因と考えられます。3 月 20 日にはすでに農作物の出荷自粛要請が行われ、実際に 21 日から制限の指示が出されていました。水道水に関しては県企業局が 3 月 20 日から、その他の水道事業者は 22 日からモニタリングを実施し、基準値を超えた場合には摂取制限がかけられました。これらにより、放射性ヨウ素による汚染水や汚染食品からの内部被ばくはほぼ回避されたと考えられます。

ご心配されているのは吸入による内部被ばくについてとお察しします。残念ながら、実際にヨウ素 131 が空気中を漂っていたときの濃度を知らないことで正確な評価はできませんが、W-SPEEDI（世界版緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム）のシミュレーションによる「小児甲状腺等価線量で 5 mSv 未満」という評価で概ね問題ないと考えます。この評価は 3 月 15 日から 3 月 23 日まで 24 時間外に居続けた場合の値なので、実際はさらに少なくなります。また、降下物が再び舞い上がったものを吸入することによる内部被ばくについては、質問 12 で試算していますので、参考にしてください。

以上のことを踏まえ、放射性ヨウ素による内部被ばくは全体でも等価線量として 5mSv 未満に収まるものと推察します。

質問 12：3 歳の子どもを持つ母親です。原発事故当時、放射線に対する認識が甘く、3 月 21 日の降下物ピーク時も子どもを外で遊ばせてしまいました。事故から毎日 1 日 2-3 時間の外遊びでも年 5mSv の被ばくと考えてよろしいのでしょうか。

(委員コメント)

放射性物質の降下量がピークであった 3 月 21 日にお子さんが外で遊ばれたとのこと、お母様としてご心配されるお気持ちをお察しします。

当日にどのくらいの被ばくがあったかを推測してみたいと思います。被ばくには (A) 内部被ばくと (B) 外部被ばくがあります。これらを推測するには、前提として大気中の放射性物質の濃度、降下物の量及び空間線量率を知る必要があります。地域によってこれらの値は異なりますので、ここでは宇都宮にお住まいとして考えます。

まず、(A) 内部被ばく線量について推測します。

3 月 18 日から 21 日までの放射性物質の降下物の積算量 (宇都宮市) は、ヨウ素 131 が 1 平方キロメートルあたり 32,140 メガベクレル (MBq/km²=Bq/m²)、セシウム 137 が 697 MBq/km² でした。セシウム 134 は測定されていませんが、セシウム 137 とほぼ同じだけ放出されたとして、同量が降下したと仮定します。

地表に積もった放射性物質が再び空気中に浮かびあがることによる大気中の放射能物質の濃度 (Bq/m³) は

「放射性物質の降下物の量 (Bq/m²) ×再浮遊係数 (m⁻¹)」 *再浮遊係数：1.0×10⁻⁶ m⁻¹
で計算されます。すると、

$$\text{ヨウ素 131} : 32,140 \text{ Bq/m}^2 \times 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^{-1} = 0.0032 \text{ Bq/m}^3$$

$$\text{セシウム 137} : 697 \times 1.0 \times 10^{-6} = 0.00007 \text{ Bq/m}^3$$

$$\text{セシウム 134} : 697 \times 1.0 \times 10^{-6} = 0.00007 \text{ Bq/m}^3$$

となります。

また、大気中の放射性物質の吸入による内部被ばく線量は、
「大気中の放射性物質の濃度 (Bq/m³) ×呼吸量 (m³/時) ×実効線量係数 (μSv/Bq)」
で計算されます。

幼児の活動時の呼吸量を 0.37 m³/時、吸入摂取した時の実効線量係数をそれぞれ 7.2×10⁻²、1.0×10⁻¹、6.3×10⁻²μSv/Bq とすると、仮に屋外で 3 時間遊んだ場合、上記の各放射性物質の吸入による内部被ばくは

$$\text{ヨウ素 131} : 0.032 \text{ Bq/m}^3 \times 0.37 \text{ m}^3/\text{時} \times 3 \text{ 時間} \times 7.2 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/Bq} = 0.0026 \mu\text{Sv}$$

$$\text{セシウム 137} : 0.00007 \times 0.37 \times 3 \times 1.0 \times 10^{-1} = 0.000008 \mu\text{Sv}$$

$$\text{セシウム 134} : 0.00007 \times 0.37 \times 3 \times 6.3 \times 10^{-2} = 0.000005 \mu\text{Sv}$$

になります。

次に、大気中を漂う放射性物質の濃度を使った内部被ばくの計算です。残念ながら、栃木県では大気中の濃度を測定していませんので、3月21日時点での値を知ることができません。福島県で3月18、19、25日に行われたダストサンプリングと呼ばれる調査では、ヨウ素131は18～19日は1～3 Bq/m³程度でしたが、25日の飯館村では38～440 Bq/m³でした。また、セシウム137は18、19日が不検出、25日が1.9～10 Bq/m³でした。一方、東京都の3月13日以降の大気浮遊じん中の放射性ヨウ素は、3月15日に一過的に240Bq/m³を記録していますが、これが最高値で、その他の時間は10 Bq/m³程度でした。また、21日は8.4 Bq/m³以下でした。21日のセシウム134、セシウム137はそれぞれ6.8、6.6 Bq/m³以下でした。

これらのデータを参考に、仮に最高値であった440 Bq/m³において3時間屋外にいた場合のヨウ素131を吸入したことによる内部被ばく線量を求めると、

$$440 \text{ Bq/m}^3 \times 0.37 \text{ m}^3/\text{時} \times 3 \text{ 時間} \times 7.2 \times 10^{-2} \text{ } \mu\text{Sv/Bq} = 35 \text{ } \mu\text{Sv} (=0.035 \text{ mSv})$$

になります。ここで内部被ばく線量として計算している値は、この時に吸入した放射性物質により、その後生涯にわたって受けるであろう線量の合計（預託実効線量）になります。

次に（B）外部被ばく線量について考えます。

3月21日の宇都宮市の空間線量率は、0.15 $\mu\text{Sv}/\text{時}$ 前後¹⁾でした。屋外で3時間過ごしたとすると1日あたりの外部被ばく線量は、0.15 $\mu\text{Sv}/\text{時} \times 3 \text{ 時間} = 0.47 \text{ } \mu\text{Sv}$ になります。また、1年間同様に毎日屋外で3時間過ごしたと仮定すると、それによる被ばく線量は0.47 $\mu\text{Sv}/\text{日} \times 365 \text{ 日} = 171 \text{ } \mu\text{Sv} = 0.17 \text{ mSv}$ となります。

仮に栃木県で記録された最も高い空間線量率（3月10日 1.75 $\mu\text{Sv}/\text{時}$ ）がずっと続いているとして、その状態で1日3時間外遊びした場合、年間の外部被ばく線量は1.9 mSvになります（この値は屋内における被ばくを含んでいません）。放射性物質の物理的特性などによって空間線量率は時間とともに低下します。また、この値は最高値によって推測した値です。これらの理由から実際の外部被ばくはより少なくなります。

¹⁾ 宇都宮市の値はモニタリングポスト（地上20m）によるものです。事故以前の平均的な空間線量率は毎時0.05 μSv でした。

質問 13：積算線量計等により長期的な外部被ばくを予想することが可能であるが、子どもの生活パターンによってどれくらいの差が生じますか（例えば、運動部に加入し、ほぼ毎日屋外で活動している生徒と、殆ど屋外で活動しない生徒との比較）。

（委員コメント）

子どもに限らず、どこで、どのような生活をしているかによって、被ばく線量は異なります。個人の被ばく線量を正確に評価するには、線量の測定だけでなく、生活の行動記録を記載し、確認することが必要です。第3回有識者会議で、栃木県の子どもの生活パターンとして、過去の調査研究等の結果が参考にできないか、パターン化に対しても配慮をすることが話し合われました。

空間線量率は、一般に屋外の方が高く、木造住宅、煉瓦・コンクリート住宅、コンクリート集

合住宅の順に下がります。ただし、汚染がほとんどない地域では、建造物から出るガンマ線の寄与が大きくなるので、この順番が成り立たないこともあります。

例として、屋外活動時間の違いによる外部被ばく線量の違いを示します。建物によるガンマ線の遮へい率を 60%（木造家屋を想定）とすると、屋外活動が 8 時間の場合は 2 時間の場合に比べ 1.3 倍高くなります。

（参考）上記の例の計算過程は次のとおりです。

空間線量率が毎時 $X \mu\text{Sv}$ の地点における 1 日あたりの外部被ばく線量は、屋外活動が

$$8 \text{ 時間の場合} : X \mu\text{Sv/時} \times 8 \text{ 時間} + X \mu\text{Sv/時} \times (16 \text{ 時間} \times (1 - 0.6)) = 14.4X \mu\text{SV}$$

$$2 \text{ 時間の場合} : X \times 2 + X \times (22 \times (1 - 0.6)) = 10.8X \mu\text{Sv}$$

になります。このため、屋外活動 8 時間の場合の外部被ばく線量は、屋内活動 2 時間の場合に比べて $14.4X - 10.8X \div 10.8X \approx 1.3$ 倍高くなります。

質問 14：有識者会議において、栃木県の汚染状況は健康影響を及ぼすものでないことが確認されているとありましたが、どのような結果でそういう結論が出たのでしょうか。チェルノブイリのときでも、正式にはデータ化されてない病気・疾患があります。また、放射線被ばくは、少なければ少ないほうがよいという方もいます。県北部の放射線量の状況は、宇都宮から考えるとぜんぜん違います。この汚染状況で本当に大丈夫なのか誰もわからない限り、健康影響に及ぼすものではないといきめるのではなく、今の段階では誰にもどうなのかわからないので注意しようというスタンスでいったほうがよいのではと思います。10 年後、何かあっても、有識者会議の先生方は責任を取ってくれるのでしょうか？

（委員コメント）

おっしゃるとおり、低線量被ばくの状況で将来どのような健康被害があるのかないのか、現時点で誰も正確にはわかりません。そのため、有識者会議での議論や評価も現時点における科学的知見を拠り所とした推測に基づくものになります。ただし、現時点における科学的知見には、低線量の外部被ばくや内部被ばく後 50~60 年間追跡調査されているテチャ川流域の住民調査も含まれておりますので、全く未知の問題ではありません。健康影響に関する有識者会議の評価は、十分な安全を見積もったものと考えます。意見 24 及び意見 25 も参考にしてください。

放射線被ばくによる生涯にわたるリスクを低減するためにどのような対策を行うかは、科学的な議論を基に、国が、県が、市町が、そして家族や個人が決めるものと考えます。

質問 15：通常は 1mSv が安全と言われていますが、今のお話（注：広聴会でのリスクに関する委員の説明）では 5mSv までは安全とおっしゃっていましたが、どういう根拠で 5 倍になったのですか。

質問 16：「年間 5mSv によるリスクは受容可能」の理由が分からない。

(委員コメント)

広聴会での発言を「5 mSv までは安全」と受け止められたとのことですが、本来は「年間 5mSv の被ばくによるリスクの大きさが至急避けなければならないレベルかどうか、県民の皆さん一人一人に考えて頂きたい」という意図でお話したことでした。説明が不十分であったと認識しました。

現時点で 1 mSv や 5 mSv という低線量被ばくによる健康影響について、定まった見解はありません。原爆被ばく者の疫学調査結果を基に低線量被ばくのリスクを敢えて推定すると、5 mSv の被ばくにより 10 歳の男児の生涯がん死亡リスクが 30%から 30.1%(ICRP の手法では 30.05%) に増加し、30 歳の成人男性であれば 25%が 25.05% (ICRP の手法では 35.025%) に増加するという計算結果になります。現在の知見ではこうした値がどの程度正しいか検証することはできませんが、生涯にわたるリスクの増加は 0.5~1%程度であるということを知っていただいた上で、今後どうすべきか、みなさん一人一人に判断していただきたいと考えています。

また、「通常は 1 mSv が・・・」とおっしゃっているのは、国際放射線防護委員会 (ICRP) が計画被ばく状況における公衆 (放射線従事者以外) の年間被ばく限度を 1 mSv としていることを指していらっしゃると推察します。しかし、この「年間 1 mSv」という値は年間の被ばく線量がこれより小さいと安全で、これより大きいと危険、あるいは、何らかの健康影響があるという境界ではありません。ICRP は 100 mSv 未満の被ばくによる放射線リスクがあるかどうか判らないものの、予防原則に従って、公衆に関しては 1 年間の被ばく限度を 1 mSv までとすることを“ポリシー (政策目標)”として提案しています (質問 19 参照)。

我が国でも、この ICRP の勧告を受け入れ、福島原発事故後の避難地区の設定や除染の目標を設定しています。

質問 17: ある委員が「体内にある自然界の放射線物質と人間が作った放射線物質の健康影響への差はありません。」と述べています (宮城県山元町主催の講演会における質疑)。ここでは、放射性物質の出す放射線の影響という趣旨で発言されていると推測しますが、自然界の放射性物質 (例えば、カリウム) と人工的な放射性物質 (例えば、セシウム) では、体内への蓄積・排出までの期間・移動状況が異なるとの見解もあります。例えば、分子生物学のような専門分野における自然界の放射性物質と人工的な放射性物質の人体に対する影響、蓄積効果などの異同については科学的な証明がされているのでしょうか。

(委員コメント)

内部被ばくを放射能 (ベクレル(Bq)単位) でなく実効線量 (シーベルト(Sv)単位) で評価すれば、人工放射性核種であれ、自然界の放射性核種であれ、人体に与える影響の大きさは同じと考えられます。

放射性元素をその由来により分類すると

- ①恒星の中で核融合により生成され、恒星が寿命を迎えて超新星爆発したときに宇宙空間に放出され、それが地球に降り積もったもの (原始放射性核種)
- ②宇宙線が大気中の様々な元素に衝突して生成されたもの (宇宙線生成放射性核種)

③人工的に核分裂や核融合や核反応を起こして作ったもの（いわゆる人工放射性核種）に分けられます。由来がどうであれ、放射性核種（放射性同位元素）は余分なエネルギーを放射線として放出してより安定な元素に変わる性質を持っています。これを壊変と呼びますが、壊変の時に放出されるエネルギーがアルファ線やベータ線やガンマ線やエックス線なのです。人工的な核種であれ、自然界に元々在る核種であれ、出てくる放射線は同じ性質を持っています。

それぞれの放射性核種は、固有の半減期とエネルギーを持っており、また、吸収・体内分布・排泄などの代謝のスピードが異なります。この違いは人工であるか自然由来であるかには関係ありませんが、同じベクレル数の内部被ばくであっても核種や化学形態により線量は異なります。そこで、国際放射線防護委員会（ICRP）は核種別化学形態別に内部被ばくした場合の放射線エネルギーの組織への付与量をシミュレーションし、放射線の種類別の荷重係数を用いてシーベルト単位で評価し直す方法を採用しています。

例えば、原子放射性核種のカリウム 40 と今回福島原発事故で環境汚染を起こして放射性セシウム 134 および放射性セシウム 137 で比較しますと、同じベクレル数当たりの内部被ばく線量（シーベルト単位）は、1:3:2 の比率になります。放射性セシウム 134 による 1 mSv の被ばくは、3 倍量の放射性カリウムによる被ばくに相当します。しかし、1 mSv の内部被ばくのリスクの大きさは放射性セシウム 134 による 1 mSv のリスクと同じです。

また、合計の実効線量が同じであれば、より長期間にわたる被ばくの方が、人体への影響は少ないと推察されます。そのため、ご質問の「蓄積効果の異同」について考える場合には、放射性核種の物理化学的特性による違いを比べるのではなく、被ばくを受ける期間と線量の 2 点からその影響を評価する必要があります。

意見 26：個人線量計保護者説明会において、有識者会議が「健康に影響を及ぼす程度ではない」とした根拠を示してほしいとの要望に対して、ホームページに載せているので見てほしいとの発言がありましたが、掲載されているのは、空間線量や、土壌の汚染度、上水や降水物の測定値のみです。その数値のみでは、安全なのか安全でないのかはまったく判りません。その数値をどのように解釈すれば「健康に影響を及ぼす程度ではない」に辿りつくのか、わかりやすく説明してください。

ホームページがわかりづらいというご指摘について真摯に受け止め、今後は見やすく、わかりやすいホームページを作成するよう努めます。

（委員コメント）

個々の測定結果がどのように評価に結び付くかについて説明します。まず、空間線量率は外部被ばく線量を推定することに役立ちます。また、降水物の量が分かれば、再び舞い上がった放射性物質を吸入することで生じる内部被ばくを推測することができます。土壌の汚染度は、土壌中の放射性物質が植物へ移行し、それを食物として摂食することで生じる内部被ばくの程度を予測する指標になります。また、上水中の放射性物質の濃度は、飲料水として体内に取り入れられた場合の内部被ばくの程度を推察する指標になります。

被ばく状況を把握するのは、これら各々の数値を総合的に勘案する必要があります。しかし、外部被ばく線量はいつ、どこ（地域や屋内外）にいたかによって大きく異なります。内部被ばくは、どんな食べ物をどれだけ摂食したかによります。そのため、実際には被ばく線量を正確に特定することは困難です。

また、誤解されやすい点ではありますが、こうした評価は集団における平均的なリスクの程度を予測するものです。放射線に対する感受性は個人によって異なりますので、たとえ個人ごとに被ばく線量を正確に推定できたとしても、安全かどうかを判断することはできません。

有識者会議では、種々のデータより、県民の被ばく線量がどれくらいになるかを検討しました。

- ・ 県内でもっとも空間線量が高い地域の値を基に外部被ばく線量を計算しても、今後1年間の積算線量はおよそ5 mSv程度と予想される
- ・ 世界版緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム（WSPEEDI）のシミュレーション結果によれば、3月15日から23日まで24時間屋外に居続けた場合でも、放射性ヨウ素による子どもの甲状腺内部被ばく（等価線量）は栃木県全域で5 mSv未満と推計される（屋内にいれば遮蔽により更に低い値となる）
- ・ 栃木県および全国で飲食品の摂取制限が早期から実施されたために、水や食品からの内部被ばくは低く抑えられると推察される

こうした検討などを基に、栃木県のほとんどの地域で被ばく線量は年間5 mSv以下に収まると考え、明らかに健康影響があるといえるほどの被ばく状況ではないと結論しました。

質問 18：市民団体等が主催した講演会では、低線量・素線量による健康影響は、①晩発的なもの、②がん以外の可能性もあることが指摘されています。そのため、ホールボディカウンターで計測できる「高い」被ばく量は健康影響の指針とはならず、むしろ継続的な尿・血液検査、子ども場合は乳歯の放射線検査、心電図等の検査が有効な指針になる可能性があるとされています。そこで、以下の点について質問します。(1)福島原発の事故に関連する放射線による影響は、がん以外には可能性がないとお考えでしょうか。(2)第2回有識者会議において委員から「内部被ばくの評価には蓄尿よりもホールボディカウンターが有効」（委員の発言は、県により結果が公表されていないため、傍聴者のメモによりますので、発言の趣旨が正確に捉えられているか未確認ですので、それを前提としてください。以下同。）と発言していますが、その理由をお聞かせください。(3)第2回有識者会議において、委員から「甲状腺ホルモン値の異常でがんを見つけることはできない。エコーでもそう」との発言がありました。放射線による将来的な影響という意味で、甲状腺がんに対する有効な検査方法はどのようなもののでしょうか。(4)放射線の健康影響については未解明な部分があり、長期にわたる調査・観察が必要になるため、長期的な施策の必要性があると考えています。その意味で、現在の被ばく量によって健康影響を推し量るだけではなく、長期にわたる健康影響調査が必要だと考えます。将来の影響がわからない状態で、10年～30年後を見据えた健康調査について、①必要性、②検査方法についてどうお考えでしょうか。

(1) 放射線被ばくによるがん以外の影響について

(委員コメント)

原爆被ばく者の疫学調査、チェルノブイリ原発事故作業員の疫学調査、核施設作業員の疫学調査などから、被ばくによって心疾患や脳血管疾患が生じることが知られています。しかし、これらは全て 500 mSv 以上の中高線量域での障害です。福島原発事故によって一般の方々が受ける被ばく線量は最大でも年間 20 mSv 以下と推定されていますので、心疾患や脳血管疾患が起きるレベルとは考えられません。

(2) 「内部被ばくの評価には蓄尿よりもホールボディカウンターが有効」の根拠について

(委員コメント)

蓄尿検査も内部被ばくを評価する方法の 1 つです。これは血中の放射性物質が腎臓を介して排泄される量を測定します。蓄尿検査で安定した結果を得るための前提として、臓器中の放射性物質質量と血液の放射性物質の量が平衡状態になっていることが必要です。実際は、日々の食事により放射性物質を追加して摂取しているため、尿中排泄量は直近の食事の影響を受けやすいと言われています。

ホールボディカウンターは、血中だけでなく臓器中の放射性物質も測定します。蓄尿検査に比べると、直近の食事の影響を受けにくくなります。その意味で、ホールボディカウンターの方が評価法として安定していると言えます。

(参考)

野菜や果物を食べた影響によって尿中の放射性カリウムの排泄量は 30～100Bq の範囲で変動します。一方、ホールボディカウンターによる測定結果は、体重 60Kg の方で 4,000Bq 程度と安定しています。

(3) 甲状腺がんに対する有効な検査方法について

(委員コメント)

甲状腺がんの診断は、超音波検査（エコー検査）、細胞診検査、血液検査（甲状腺蛋白、甲状腺自己抗体、ホルモン測定など）を組み合わせで行います。単独の検査で甲状腺がんを正確に診断することはできません。

甲状腺超音波検査は甲状腺内部の構造を画像で評価するものです。正常な構造とは異なる画像が見られれば、がんを疑う契機になる可能性があります。そのため、個人個人に対して甲状腺がんを発見しようとするのであれば、超音波検査は有用な手段の 1 つかもしれません。

一方、多くの人に対して検査を行う（集団検診）となると、全体のメリット、デメリットのバランスが問題になります。実際に超音波検査で異常が見つかって、がんであることは稀ですので、検診としての「有効性」は小さいと考えられます。

有識者会議では、放射線被ばくの線量に応じて、どんな検査がいつ必要か、また、それに要する費用はどれくらいかなどを総合的に判断し、検査を行うべきかどうかを検討しました。

(参考) 福島県で行われた 18 歳以下の子どもを対象にした甲状腺超音波検査の結果では、3,765

人中 26 (0.7%) の方に 2 次検査の対象となる 5.1 mm 以上の結節（しこり）が認められました。しかしながら、事故後 1 年以内に放射線による影響として甲状腺がん発生するとは考えにくく、大部分は元々あったしこりだと考えられています（首相官邸災害対策ホームページ 福島県「県民健康管理調査」の、今とこれから）。

(4) 将来にわたる健康調査の必要性や検査方法について

(委員コメント)

世界版緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム (WSPEEDI) による放射性物質の拡散シミュレーションの結果によれば、栃木県内において放射性ヨウ素を吸入したことで受ける甲状腺の内部被ばくは等価線量として 5 mSv 未満と推定されています。チェルノブイリ原発事故後に子どもの甲状腺がんが増加し始めたと言われる甲状腺等価線量は 50 mSv でした。栃木県において仮に子ども 1 万人が甲状腺等価線量で 5 mSv の内部被ばくを受けたとした場合、予想される甲状腺がんの発生の増加分は、数年後から毎年 0.02 名程度です。

有識者会議では、これらを勘案し、県の対応として甲状腺の臨床検査を実施する必要性はないと判断しました。なお、個人のお考えにより甲状腺検査を受けられることを否定するものではありません。

質問 19：放射性物質汚染対処特措法では、年間 1mSv を目指すとしており、(空間線量率で) 毎時 0.23 μ Sv 以上は除染すべき地域としているにも関わらず、毎時 1 μ Sv 前後の値(年間 5mSv 程度)が現在も計測されている地域を、具体的な調査を実施していない現段階で、なぜ有識者会議は「健康に影響を及ぼす程度ではない」と言い切れるのですか。有識者会議としては除染についても必要ないと考えているのですか。

(委員コメント)

有識者会議では、除染は将来の被ばくの低減に有効な方策と考え、居住空間に近いホットスポットの除染や未耕作地の土地の天地返しなどを提言していきます。

現在でも県内に毎時 1 μ Sv に近い場所があることは十分承知しています。被ばくはできるだけ少ない方がよいというのは論をまたないことですが、現在の空間線量率が毎時 1 μ Sv 程度であることが、即将来の発がんリスクを有意に高めることにつながるとは限りません。環境中の放射線量は、放射性物質の壊変や雨風などの自然要因による風化(ウェザリング)によって徐々に減少します。除染を進めることで、今後被ばく線量は更に減少していくと予想されます。これらのことを総合的に判断し、栃木県においては明らかに健康影響があるといえるほどの被ばく状況ではないと結論しました。

(参考) 環境省の「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法」(いわゆる放射性物質汚染対処特措法)での「年間 1 mSv を目指す」は、国際放射線防護委員会のポリシーに従い、現存被ばく状況¹⁾の参考値である年間 1-20 mSv の帯域の中で合理的に達成可能な

範囲で段階的にできるだけ低い値を目指し、最終的に年間 1 mSv に到達するよう対策を行っていくということです。

1) 国際放射線防護委員会 (International Commission of Radiological Protection: ICRP) では、被ばくの状態を緊急時、現存、計画の 3 タイプに分類しています。このうち、「緊急時被ばく状況」とは、原子力事故又は放射線緊急事態の状況下において、望ましくない影響を回避もしくは低減するために緊急活動を必要とする状況です。一方、「現存被ばく状況」とは、緊急事態後の復興期の長期被ばくを含む、管理に関する決定を下さなければならない時に、既に存在している被ばく状況です。

緊急時及び現存被ばく状況での防護対策の計画・実施の目安として、それぞれについて被ばく線量の範囲を示し、その中で状況に応じて適切な「参考レベル」を設定し、住民の安全確保に活用することを提言しています。参考レベルとは、経済的及び社会的要因を考慮しながら、被ばく線量を合理的に達成できる限り低くする「最適化」の原則 (As low as reasonably achievable (ALARA) の原則) に基づいて措置を講じるための目安です。ある一定期間に受ける線量がそのレベルを超えると考えられる人に対して優先的に防護措置を実施し、そのレベルより低い被ばく線量を目指すために利用します。また、防護措置の成果の評価指標とするものです。すべての住民の被ばく線量が参考レベルを直ちに下回らなければならないものではなく、そのレベルを下回るよう対策を講じ、被ばく線量を漸進的に下げていくためのものです。被ばくの限度を示すものでも、安全と危険の境界を意味するものでもありません。参考レベルは緊急時被ばく状況で年間 20~100 mSv、現存被ばく状況で年間 1~20 mSv です。

現存被ばく状況では状況を段階的に改善する取組の指標として、中間的な参考レベルを設定できますが、長期的には年間 1 mSv を目標として状況の改善に取り組むこととなります。

質問 20：魚介類の食物連鎖による放射性物質の濃縮について委員の間でも見解が異なっていますが、どのようにお考えでしょうか。食物連鎖がある場合、とくに魚介類の測定は重視される必要があると考えますが、いかがお考えでしょうか。

(委員コメント)

ご心配されているように、今後も継続した監視が必要ではないかと考えています。海洋に流出した放射性物質の量は原発周囲の海域に高い濃度で存在しています。現在、福島近海で漁は行われていませんし、今後、原発近傍の海の放射性物質の移動を阻止するような手当がなされると思いますが、それと平行して、魚介類や海産物にどのようにストロンチウムの生物濃縮が起きるのか、定期的な調査を実施する必要はあると考えます。

質問 21：過去の被ばくは常に広島、長崎の結果を引き合いに出すが、世界の原子力発電所に従事する作業者の健康データを使った説明はできないのか。そのようなデータは存在しないのか。

(委員コメント)

原子力発電所の労働者に関する疫学調査は行われています。その特徴は、

- ・労働者のほとんどが成人男性である
- ・放射線防護の管理がされている環境下で勤務しており、被ばく線量の幅が狭い（皆が同じくらいの被ばくを受けている）
- ・職種と被ばく線量に関連がある

ということです。一方、広島・長崎の原爆被ばく者のデータは、

- ・約 12 万人を対象としている
- ・全ての年齢構成の男女を含んでいる
- ・対象者の被ばく線量が、非被ばく、5 mSv 未満の被ばく線量から 2,000 mSv 超まで連続的である
- ・1950 年から 60 年以上も追跡調査されている

という特徴を有します。そのため、一般住民への健康影響については、広島・長崎の原爆被ばく者のデータによる評価が妥当とされています。

質問 22：チェルノブイリ原発事故や原子爆弾（広島等）の放射線の被害の違いはどのくらいなのでしょうか。

(委員コメント)

「被ばく」の影響に関するご質問としてお答えします。原爆被ばくは瞬間的な被ばくであり、チェルノブイリ原発事故による被ばくは低線量の長期被ばく（遷延被ばく）です。総量として同じだけ被ばくした場合、瞬間的な被ばくの方が長期間にわたる被ばくより健康への影響は大きいと考えられています。

甲状腺がんのリスクについて、原爆被ばくした子どもたちと頭頸部の良性疾患の治療のために医療被ばくした子どもたちの報告では、甲状腺がんの発生は被ばく線量が 1 Sv (1,000 mSv) 増加することにより人口 1 万人あたり毎年 4.4 人増えました (Ron E ら. *Radiat Res* 1995;141:259-277)。一方、チェルノブイリ事故の場合、ウクライナの cohorts 研究の結果によれば被ばく線量が 1 Sv 増加することによる子どもの甲状腺がんの発生の増加は 1 万人あたり毎年 2.2 人でした (Brenner AV ら. *Environ Health Perspect* 2011;119:933-939)。

また、その他の固形がんや白血病による死亡に関して、チェルノブイリ事故の収束に従事した作業員の追跡調査が実施されています。白血病の発生が増加しているという報告はありますが、統計的に有意と言える結果ではありません。一方、固形がんが増えているという報告はいまだありません。

意見 27：チェルノブイリで内部被ばくを評価すべき。原爆の被ばく量での評価は間違っている。もっと考えてください。ECRR（欧州放射線リスク委員会）はどう評価するか。

(委員コメント)

チェルノブイリ原発事故後の子どもの甲状腺内部被ばくによる甲状腺がんのリスクは、原爆被ばくや医療被ばくによるリスクの約半分です。原爆被ばくや医療被ばくの多くは外部被ばくですが、実効線量（シーベルト単位）に直して考えることで、内部被ばくも外部被ばくも体に与える影響は同じとして扱えます。放射性ヨウ素による内部被ばくに関しては、原爆被ばく者の疫学データを使ったときの方がリスクを過大に見積もった評価になります。

(委員 B コメント)

欧州放射線リスク委員会（ECRR）は「被ばくを評価する際には、荷重係数としてもう少し違う値（内部被ばく、セカンドイベント論等を加味した）をかけるべき」と主張しています。科学的にはこの点が国際放射線防護委員会（ICRP）と ECRR の大きな差です。

チェルノブイリ原発事故後の放射性ヨウ素の内部被ばくによる小児甲状腺がんに関する調査（Krestinina L ら. *Radiat Environ Biophys* 2010;49:195-201.）や、核施設から放出された放射性ストロンチウムや放射性セシウムにより内部被ばくと外部被ばくを受けたテチャ川流域住民の調査（Krestinina L ら. *Int J Epidemiol* 2007;36:1038-46.）の結果は、内部被ばくの荷重係数を ICRP より大きく評価する ECRR モデルよりも、むしろ ICRP のモデルに合致しています。こうした論争があることを承知のうえで、ICRP の基準は、我が国をはじめ、イギリス、アメリカ、スウェーデン、アルゼンチン、カナダなどの各国内にある機関、国際原子力機関（IAEA）、世界保健機構（WHO）、国際放射線防護学会（IRPA）などの学会、欧州連合（EU）から支持されています。新たな科学的知見により評価が変わることがあるかもしれませんが、有識者会議委員も現時点で ICRP の考え方を支持しています。

質問 23：日本の放射線防護に関する法体系は、ICRP（国際放射線防護委員会）勧告を基準としているとのことであり、その基準からすると、現在の状況は健康面にさほど影響がないというような結論づけを国の「低被曝のリスク管理に関するワーキンググループ」では行っている。県の有識者会議の議論の状況も同じようなものかと推察する。会議の先生方及び県の担当者の方はご覧になったかどうかかわからないが、昨年12月28日の夜10時55分から放映されたNHKの追跡真相ファイル「低線量被ばく 揺らぐ国際基準」で、低線量被ばくのリスクに関する基準は根拠ないまま低く見積もられているとの証言がICRPの元委員からあった。ICRPの低線量被ばくに関するリスク基準が低いとの批判はECRR（欧州放射線リスク委員会）の勧告でも指摘されている。このことについて、有識者会議の先生方はどのようにお考えかがいたい。

質問 24：これまで被ばくによるがん発症リスクは100mSvで0.5%と聞いていましたが、先日のNHK番組「追跡！真相ファイル～低線量被ばく・揺らぐ国際基準」では、その根拠となっているICRPの報告が実は低線量被曝のリスクを本来の半分にしていたことが関係者の証言で明らかにされました。また最近の分子生物学の研究成果によれば、リスクモデルの違いから内部被曝は外部被曝よりも相対的に健康被害のリスクが高まるとの報告があります。これらはどう捉えればよいのでしょうか。

(委員コメント)

本会議の一部の委員は、昨年12月28日夜に放映されたNHKの番組を見ました。日本保健物理学会のホームページ「専門家が答える暮らしの中の放射線Q&A」にも同じ様な疑問を抱いた方からの質問とそれに対する回答が掲載されています (<http://radi-info.com/q-1427/>)。一部引用させていただきます。

被ばくした人々を長期間にわたって追跡調査する、いわゆる疫学調査において、実際のがんが増えたことが確認されている最低の線量は100 mSvです。100 mSv未満については、がんが増えないとは言い切れないものの、確たる証拠はありません。これは基準値ではなく、科学的な観察の結果です。この知見を基に「生涯100 mSv」という基準を提唱したのは国際放射線防護委員会(ICRP)ではなく、わが国の食品安全委員会です。

ICRPは、低線量・低線量率被ばく者のリスクは中高線量急性被ばく者のリスクの半分(1/2)になると評価しています。1/2か、2/3か、あるいは1/4か、いずれが適切かについては基礎実験や疫学データにより変わるため、議論が分かれるところです。欧州放射線リスク委員会の指摘についても、結局は100 mSv未満のリスクを政策に反映するためにどのように評価するのかというポリシーの問題と言えます。

NHKの番組中で問題視されていたのは、1990年に勧告された職業人に対する被ばくの限度の決め方です。その主張は次のようなものでした。

1. 基準設定の拠り所となる原爆被ばく者の線量が再評価された結果、従来想定されていた線量の約半分しか被ばくしていないことが明らかとなった。
2. 原爆被ばく者に発生したがんの数は変わらないので、線量が半分になれば、1 Svあたりの発がん率は2倍になる。
3. そうなると限度値を従来の半分にする必要が生じるが、それに対しては原子力業界の反発が大きい。
4. そこでICRPは、原爆被ばく者のデータから計算された発がん率を半分にするにより、限度値を据え置いた。

この主張には誤りがあります。1980年代に原爆被ばく者の線量再評価が行われたのは事実です。しかし、それによって臓器の線量が大きく変化することはありませんでした。また、1 Svあたりのがん死亡率は、新しい線量評価方式を使うと、25%以上低くなりました。

1990年勧告より以前から、原爆被ばく者のデータを基に計算した発がん率を半分にしてリスク評価を行っていましたが、それは原爆のような瞬間的被ばく(原爆被ばく者)と、放射線作業のような長期間にわたる被ばく(職業人)を比べた場合、合計線量が同じならば職業人の方が影響は少なくなるからです。一方で、原爆線量再評価とは別に、1 Svあたりの発がん率は従前より高いと見積もられました。これらを背景に、ICRPは1990年勧告において、職業人に対する限度を実質的に引き下げました。つまり、1年間に50 mSvという値は踏襲したものの、5年間で100 mSvを超えないことという条件を付加しました。

種々の科学的なデータを基に検討した結果、その程度は 1/2（半分）であろうという判断から「原爆被ばく者のデータから計算された発がん率を（低線量被ばくの領域では）半分に」したのであって、恣意的に捻じ曲げた評価を行った訳ではありません。

被ばく線量は、人体に放射線が当たった時に、その放射線が人体に与えるであろうエネルギー量と当たった部位にがんが将来発生する可能性を考慮して決められています。与えられるエネルギー量は、自然核種であれ人工核種であれ、放射線の種類（アルファ線とベータ線、ガンマ線）と放出される瞬間の粒子が持っているエネルギーとその数で決まります。自然の放射性物質でも人工の放射性物質でも、被ばく線量で表す場合は、すでにその値には、その放射性核種の人への危険度が考慮された値になっています。それゆえ、外部被ばくあるいは内部被ばくにかかわらず、被ばく線量が同じであれば人体への影響は同じです。内部被ばくと外部被ばくによる影響の違いについて考えるには、どのような条件の下で比較しているかを明確にする必要があります。

意見 28：放射線暫定規制値の表示について、4 月より新たな基準値が示されることが言われております。そのバックボーンになっている基準値の定義を明確にすべきことが前提ですが、国民に示す暫定規制値には大きく 2 つに分かれるのではないかと思います。私案ですが、1 つめはより多くの方があてはまる安全値というもの（今までの暫定規制値）、2 つめは個人が感じる安心値というものです。この 2 つをはっきり立て分けて、表示、表現すべきと考えます。性差、年齢による有意差があり、同じ尺度で表現することは困難と考えますが、有識者会議の先生方のご見解をお伺いいたします。

（委員 A コメント）

「ひとくくりに『安全である』と言われても様々な人がいるのに」という疑問をお持ちになることは、当然のことと思います。おっしゃるように、放射線の影響は年齢によって異なりますので、食品の規制値を決める場合には、年齢ごとの食事量やその内容を踏まえた上で、どれくらいの放射性物質であれば許容できるかを考えて決めています。そのため、ある食材の基準値として最も大きな影響を受ける年齢層の値（一番厳しい値）を採用すれば、どの年齢層の方も基準を満たすことができるといえます。これが現在の規制値で、ご指摘の「より多くの方にあてはまる値」に相当すると考えられます。

（委員 B コメント）

「安心」は人々の認知です。心理学研究により、実際のリスク評価と人々が「こわい」「おそろしい」と感じる認知には差があることが明らかになっています。非自発的にさらされたり、不公平に分配された場合や、個人的な行動によって予防できないこと、科学的に解明されていないこと、良く知らないこと等についてはリスクを大きく見積もる傾向があります。また、世の中の出来事やこれまでの経験、年齢、性別などさまざまなことに時々刻々影響を受けます。そのため、日常的に変化する心理に基づいて値を「決める」ことは困難と考えます。

質問 25 : DNA レベルにおける放射線の影響は、現在の科学的知見では未解明な部分があり、とくに、二本鎖切断の修復過程においてパ lindローム増幅などの修復エラーが発生し、数個の変異で十分がんが発症する危険性も指摘されています（児玉龍彦「“7q11 変異” -チェルノブイリがんで見つかった被曝の足あと」(『医学のあゆみ』Vol. 238 No. 12 2011 年 9 月)、花岡文雄「DNA 損傷とはなにか—二本鎖切断の危険性と個人差」(『科学』Vol81 No. 11、2011 年 11 月))。この点について、疫学的証明の見地から評価すれば証明されていない事実となりますが、疫学的証明はあくまで経験値に基づく統計に依拠するもので、未解明の事象を解明する方法ではありません。そして、2000 年のヒトゲノム解読以降、遺伝子に対する障害の分子機構の解明が画期的にすすんだことを考えると、疫学的な見地だけでなく、病理学的解析も交えての議論が必要だと考えます。そして、①このような未解明な事象がある、②健康影響は個体差があることからすると、栃木県における被ばく量であっても、将来的な健康影響については、「わからない」としかいいようがないのが現状であり、早急な結論を下すべきでないと考えます。健康影響の対策、その前提となる調査も、この「わからない(だからこそ測定)」ことを前提として実施されるべきだと考えます。そこで委員それぞれのご意見を伺いたいのですが、上記のような現在の科学的見地で解明されていない事象があることを前提にした場合、“人体の修復機能”をすり抜ける DNA レベルにおける放射線影響について、どうお考えでしょうか。

(委員 A コメント)

公的な情報の信頼性が揺らいでいる中、不安を解消するためにご自身で学ばれ、最先端の研究結果を見つけられたものと思います。質問の中で、「わからない」部分にチャレンジされている研究者の結果を示されていますが、私どもも真偽を判断できる情報を持ち合わせていません。これは一つの仮説と言えます。私どもが「栃木県では今回の放射性物質による健康影響が出るほどの被ばくはないであろう」と考えているのも、長崎・広島の前被ばく者のデータに基づいた ICRP の仮説を参考にしています。どちらもわからないことがある「仮説」であれば、信頼性にも差がない、と考えがちですが、実際はそうではありません。我々の仮説は、これまでの多くの被ばくに関する事例をうまく説明できており、そのため国際的にも最も信頼されている考えです。この考えに基づいて行動することが、「緩い、甘い」わけではないと思います。

一方、ご呈示された仮説については、一部の事象しか説明できておらず、これをもとに全県民の行動指針を決めるには、信頼性が足りないと思います。児玉先生がご指摘する“7q11 変異”が「被ばくの印になるかもしれない」というのは科学的に興味深いものです。しかし、7q11 変異と発がんとの関連性は今回のデータでは示されていないため、現時点で行動指針を決める材料としては不十分と考えました。「疫学的な見地だけでなく、病理学的解析も交えての議論」を行うためには、大規模な予算と長い研究期間が必要となるでしょう。また、研究に参加していただける人から細胞を採取するために、痛みを伴う検査もしてもらうようになると思います。仮にその研究で新たな知見があったとしても、今回の症例に限ったことではないことを証明せねばなりません。すなわち、似たような研究を複数か所で行い、仮説が正しいかを検証する必要があります。

(委員 B のコメント)

DNA レベルでの遺伝子障害は、化学物質や自然界の放射線、紫外線によっても生じています

が、生物にはそれを修復するメカニズムが本来備わっています。放射性物質が急に出現して遺伝子障害が負荷されているわけではなく、1960年代の大気圏核実験の時代から、私たちは常に人工放射性物質に曝露されてきたことを再度考えなければならないと思います。

もちろん、今回の福島第一原発事故によって広がった放射性核種の被ばく負荷量がどれだけかを計り続けることは大切なことだと考えています。わからない部分があるから科学研究の必要があるわけですので、測定を続ける必要はあります。現在の知見ではその影響についてはっきりした結論が得られていない部分もありますので、「不慣れなこと」「わからないこと」に対して不安を感じるのは当然のことだと思います。しかし、不安は認知の問題であり、心理的な要素が大きく関わります。どのような対処行動をとるかは、現時点で最も信頼のおけるデータを基本的な拠り所として、実社会の中で実行可能な範囲で考えるべきではないかと考えます。

(委員 C のコメント)

現段階の見解を基に将来についてある程度の予測はできても、将来の真実は現時点で確実にわからないことを前提とし、栃木県としての対策を議論していると認識しています。今回は、まずは「可視化」を目的として調査を実施したと認識しています。

放射線のリスク対策は、県全体の健康や防災対策をはじめとするさまざまなリスク対策において、リスクの程度や対策のコスト、対象となる人々等を考慮していかなければならないものと思われれます。リスクが公平に配分される（県の各市町に、また県民個々に痛み分けをする）ためにコミュニケーションが図られなければなりません。今後、さまざまなリスクに対する議論がさまざまな場面においてなされることを期待します。

(委員 D コメント)

放射線発がんのメカニズムの一つは、被ばくにより DNA の損傷修復機構をすり抜けた突然変異をもった幹細胞・前駆細胞が、将来放射線以外のリスク要因により複数の前がん遺伝子（プロトオンコジーン）の活性化やがん抑制遺伝子の機能不全を蓄積することだと考えられています。

放射線による DNA 損傷とその修復に関しては多くの知見があります。修復ミスが一定の頻度で起こってしまい、それが放射線発がんに寄与しているとされています。1 Sv の被ばくを受けた細胞では 20-40 か所の DNA 二重鎖切断、1,000 か所の単鎖 DNA 切断、1,000 か所のヌクレオシド傷害、150 か所の DNA-タンパク架橋ができるといわれています。生体には DNA 損傷の修復機構が存在していますが、DNA 二重鎖切断は完全に修復するのが難しい損傷です。しばしば、DNA 鎖の欠損を伴って修復されたり、他の染色体上の DNA と結合したりして誤って修復されます。放射線発がんの主な生物学的機序は、DNA 二重鎖切断の修復ミスによるプロトオンコジーンの活性化やがん抑制遺伝子の不活化によると考えられています。

そして、DNA 二重鎖切断は、線量に応じて増加します。染色体の組換えとして見ていくと、10 mSv から 1,000 mSv (1 Sv) まではやや上向きの直線で増加、その後上向きの程度が大きくなり 2 次曲線的に増加します（直線 2 次関数モデル：LQ モデルといえます）。統計的に有意に直線性が証明できるのは 20 mSv 以上です。検出感度の良い γ H2X フォーカス法で DNA 二重鎖切断（修復ではないことに注意）を観察すると、ほぼ 1 mSv から直線的に増加します。すなわち、DNA 損傷ミスが放射線発がんの一義的原因とすると、20 mSv 程度の低線量から被ばく線量

に応じて低・中線量域では直線的に高線量域では二次関数的にがんリスクが高くなることとなります。この線量効果カーブは、原爆被ばく者の疫学データと同じです。また 10 mSv 以上の被ばくで胎児被ばくの小児白血病・小児がんが増加するという疫学データや 1 回 10 mSv の被ばくを繰り返した集団で乳ガンリスクが増加し、そのリスクの大きさは 1,000 mSv (1 Sv) 当たりに換算すると原爆被ばく者の疫学調査結果とほぼ同じであったという疫学データと矛盾しません。このような放射線生物学の知見があるため、現時点で国連科学委員会 UNSCEAR や国際放射線防護委員会 ICRP などは、疫学データからはがんのリスク上昇が検出されない 100 mSv 以下の被ばくでも、線量に応じてリスクが直線的に増減するという「しきい値無し直線(LNT)モデル」を採用しています。

科学的データが乏しいのは、極低線量率の遷延被曝リスクです。放射線の密度（フラックス）が粗になると、細胞にベータ線が 1 本しか当たらなくなります。これは約 1 mSv 未満の領域です。ベータ線 1 本でも確率的に DNA 二重鎖切断が起きることは確認されていますが、中線量域の急性被ばくと同じように細胞周期制御と DNA 修復機転が働くのか否か、分からないのです。培養細胞の実験では、被ばくした細胞の中で DNA 二重鎖切断の修復機転が発動せず、損傷を修復しないままです。この細胞に細胞分裂を促すと細胞死する現象が観察されています（低線量での超放射線感受性）。この現象が生体内の幹細胞でも起きるのであれば、極低線量の被ばくでは、放射線の DNA 損傷は子孫に受け継がれないことになり、発がんのリスクは低下することになります。

質問 26：現在、測定の対象となっている放射性物質は、ヨウ素とセシウムのベータ線核種です。内部被ばくにおいて影響の大きいプルトニウム等のアルファ線核種は、放出の量が少ないこと、放出されても福島原発の近隣に留まっていると推定されていることから検査の対象となっておりません。また、骨への蓄積が指摘されているストロンチウムは、セシウムの量から推定されるとされています。しかし、前述のように、放射性物質の移動は、一次的な大気中への放出のみではなく、様々な形態による二次的な移動もあります。また、ストロンチウムとセシウムは、物質の性質上、蓄積する部位が異なるため、食物連鎖による蓄積がされた場合、必ずしも放出された割合と蓄積された割合が比例するとはいえないという問題があります。そうしたことから、ヨウ素、セシウム以外の核種の測定の必要もあると考えます。この問題はリスクコミュニケーションの問題としても重要であると考えます。頻度など具体的な問題は留保するにしても、ヨウ素とセシウム以外の測定の必要性はあるとお考えでしょうか。

(委員コメント)

陸上に放出されたストロンチウムとプルトニウムの量は、天候による移動や生物濃縮を想定しても、人体影響を及ぼすレベルではないと考えます。一方、海洋に流出した放射性物質の量は原発周囲の海域に高い濃度で存在しています。現在、福島近海で漁は行われていませんし、今後、原発近傍の海の放射性物質の移動を阻止するような手当がなされると思いますが、それと平行して、福島近海の魚介類や海産物にどのようにストロンチウムの生物濃縮が起きるのか、定期的な調査を実施する必要はあると考えます。