

# 「糖尿病の増加」と「放射線被ばく」

## 福島原発事故後の健康リスク比較

福島県立医科大学・村上道夫准教授、南相馬市立総合病院・坪倉正治医師らのグループは、福島原発事故後の放射線被ばくによるリスクと糖尿病によるリスクを比較した論文「Additional risk of diabetes exceeds the increased risk of cancer caused by radiation exposure after the Fukushima disaster (福島災害後の糖尿病の増加のリスクは放射線被ばくによるがんのリスクよりも高い)」を発表した。同論文では、震災後に放射線被ばくによる発がんリスクと比較すると、糖尿病のリスクが数十倍になることを明らかにした。この論文は今後の対策のためにも非常に重要なデータとされ、9月に「Plos One」誌に掲載された。ここではその概要を紹介する。



### 1…本調査から得られた要点

(1) 南相馬市と相馬市の住民を対象に、東日本大震災および福島第一原発事故後（以下、震災および原発事故）の糖尿病の増加（震災前からの変化分）に伴う健康リスクと原発事故に伴う放射線被ばくによる発がんのリスクを「損失余命」<sup>1</sup>の指標を用いて比較した。  
(2) 糖尿病の増加によるリスクを過小に、放射線被ばくによる発がんリスクを過大に評価しても、40歳—70歳代の市民全体では、震災に伴う糖尿病の増加による損失余命は放射線被ばくの約30倍になり得ると推定された。

(3) 対策の費用対効果を「単位生存年延長費用」<sup>2</sup>によって評価すると、食品出荷制限・除染・ホールボディカウンターによる内部被ばく検査といった放射線被ばく対策は、一般的な糖尿病対策と比べ1—4けた以上費用対効果が悪かった。

(4) 原発災害は、その後の社会・生活様式の変化によって、放射線被ばくのみならず、糖尿病などの生活習慣病の悪化といったさまざまなリスクをもたらす。このようなさまざまなリスクへのバランスよい対応が、今後の被災者の健康状態改善のために重要である。

### 2…導入

2011年の震災および原発事故では、放射線被ばくのみならず、避難後の生活・環境変化に伴い、生活習慣病の悪化などさまざまな健康リスクがもたらされた。とりわけ糖尿病は、全国的には震災前後で有病率に大きな変化がないにもかかわらず、避難者を中心に震災後の有病率の有意な増加が報告されており、重要な健康課題である。放射線被ばくや糖尿病などの重要な健康リスクの大きさを評価し比較することは、今後の対応を考える上で有用である。

また現在、放射線対策として、食品の出荷制限・ホールボディカウンターを用いた検査、除染などが行われているが、これらと糖尿病対策の費用対効果を比較することは、限られた財源の中で最も効果的な方策を考える上でも重要である。震災および原発事故後においてこのような分野の異なるリスクの大きさや対策の費用対効果の比較はこれまでに十分にされてこなかった。

本調査では、南相馬市および相馬市（第一原発よりそれぞれ10～40キロメートル、35～50キロメー

トル）の住民を対象に、震災および原発事故後の糖尿病の増加と放射線被ばくによる健康リスクを「損失余命」という指標を用いて比較した。さらに、「単位生存年延長費用（1年分の寿命を延ばすために必要な費用）」という指標を用いて、震災後に行われた食品出荷制限・除染・ホールボディカウンターによる内部被ばく検査といった放射線被ばく対策の費用対効果を、一般的な糖尿病対策と比較した。

### 3…方法

評価対象は、南相馬市と相馬市の住民である。リスクの評価には、「損失余命」の指標を用いた。損失余命は、(1) 客観的データから定量可能であること (2) 死亡のタイミングの異なるリスクを、「短縮する余命の長さ」に基づいて評価可能である、という利点がある。

#### 3-1 放射線被ばくによるリスク

被ばく線量は、外部被ばく・呼吸由来の内部被ばく・飲食物由来の内部被ばくの3つの経路を想定した。原発事故後4カ月間の外部被ばくは相双地区の平均外部被ばく線量を用い、以降の外部被ばく

線量は南相馬市における比較的汚染レベルの高い地域における空間線量から実効線量に換算した推定値を用いた。外部被ばく線量の経時変化には、ウェザリングによる低減を考慮せず、物理崩壊に伴う減衰のみを仮定して計算した。呼吸由来の内部被ばくは、南相馬市の<sup>137</sup>Cs沈着量から推定した値を用いた。

飲食物由来の内部被ばくは福島市における値を用いた。福島市を選択したのは、震災以降の詳細なデータが利用可能であり、南相馬市および相馬市との違いがもたらす影響が小さいと考えられるためである。2年目以降の線量は、物理崩壊に伴う減衰のみを考慮した。被ばく線量の分布については、相対標準偏差を40%と設定し、25パーセンタイルと97.5パーセンタイルを年齢・性別ごとに10万回のモンテカルロシミュレーションで算出した。

放射線によるリスクは、放射線被ばくによる発がんに伴う損失余命を計算した。損失余命の計算には、広島、長崎の原爆生存者の疫学データに基づくモデルと現在の日本人の生命表を用いた。

#### (補足1)

南相馬市および相馬市の飲食物由来の被ばく線量は福島市における値よりもわずかに前後する可能性はあるが、内部被ばく線量は外部被ばく線量と比較してきわめて小さいため、内部被ばく線量に関する差異が結果に与える影響は小さいと考えられる。

#### (補足2)

本研究で用いた外部被ばく線量は、ガラスバッジを用いた南相馬市での子どもの実測値と比べて2倍程度高かった。また、南相馬市



若き研究者が切磋琢磨し合う

の外部被ばく線量は相馬市の被ばく線量よりも高いため、本研究で用いた線量は実測値よりも過大評価した値である。

**(補足3)**

広島、長崎の原爆生存者の疫学データに基づくモデルの適用は、低線量下での放射線被ばくに伴うリスクを精緻に推定するというよりは、リスクを過小評価せずに算出するというリスク管理（防護）のための方法論である。

以上のことから、放射線被ばくによるリスクは、実際よりも過大評価している。

**3-2 糖尿病によるリスク**

糖尿病の有病率について、2008年から14年までの南相馬市および相馬市の健康診断（特定健診）受診者のデータを用いた。

糖尿病による健康リスクは、現在の段階で糖尿病かどうかだけではなく、将来の罹患率（あらたに何人が将来的に糖尿病になるか）にも依存するが、現時点では将来の罹患率は不明である。本研究では、震災前3年間と震災後4年間の南相馬市および相馬市の健康診断（特定健診）受診者のデータをもとに、次の3つのシナリオを設定して解析した（図1）。いずれのシナリオでも、震災後11年目以降の糖尿病の増加はないと仮定した。

◇シナリオ1：震災後の4年間のみ、震災がない場合に比べて「追加」で糖尿病の発生が起こったと考える場合。（=5年後以降はどの年齢層においても震災のために新しい糖尿病患者が発生することはないと考える場合）「追加」とは、震災がなければ将来的にも糖尿病にならなかった人が、糖尿病を発症したという意味。

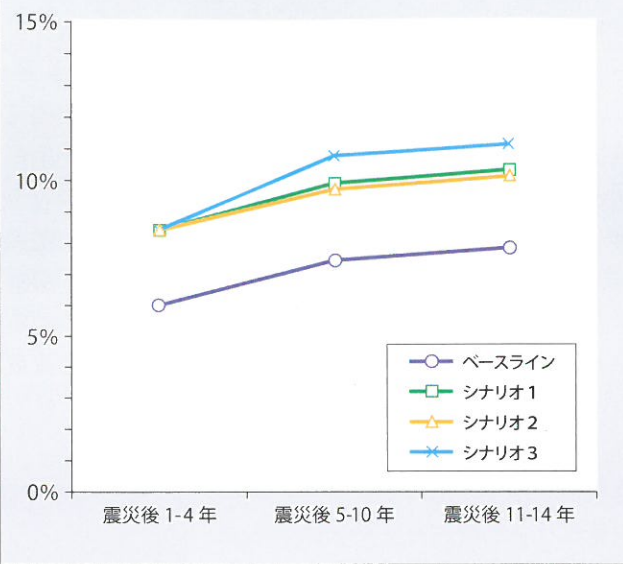
◇シナリオ2：災害後5—10年目においても、災害後4年間の糖尿病有病率と同じとする場合。ここで、40歳代および50歳代男性の、災害後5—10年目の糖尿病罹患率の変化分は、計算上、マイナスの値を示したが、これは震災後4年のうちに、震災がなかった場合よりも早期に糖尿病を発症したからと考えることで解釈できる。

◇シナリオ3：ワーストケース。震災後に生じた各年代での糖尿病の有病率の増加が、震災後10年間継続的に維持されてしまうと考える場合。ここで、シナリオ2で想定した40歳代および50歳代男性の震災後4年以内の発症は「早期」の発症ではなく、「追加」の発症とした。

これらのシナリオは、今後の糖尿病によるリスクを事前に評価するために想定したものである。原則的に、放射線被ばくによる発がんリスクについては過大評価、糖尿病によるリスクについては過小評価し、その上で結果を解釈した。

損失余命の計算では、日本人の糖尿病に関するコホート調査から知られている死亡リスク（全死亡に関するハザード比<sup>3)</sup>）を用いた。その以前のデータに基づき、男性については、糖尿病の罹患から15年以内のハザード比を1.20（糖尿病を発症してから15年以内では、死亡するリスクが糖尿病のない場合に比べて1.2倍になるというこ

図1 シナリオごとの集団全体での糖尿病有病率



と)、15年目以降を1.59、女性については罹患から15年以内の値を1.45、15年以降を2.00と設定した。これらのハザード比と日本人の生命表から、糖尿病罹患に伴う損失余命を計算した。

**(補足)**

前述のハザード比（死亡リスクの増加割合）を計算する際、重篤な疾病を持つ集団は対象から除外されている（これらの人々では糖尿病の有病率が高く、死亡率も高いことが予想される）。また今回の研究で15年目以降のハザード比として用いた値は、糖尿病の発症から15年目以内も含めた期間全体の平均値である（実際には、15年目以降のほうが15年目以内よりも糖尿病による死亡リスクは高いが、15年目以降の値は期間全体の平均と同じと仮定している）。以上のことから、糖尿病による死亡リスクは実際よりも過小評価していると考えられる。

**3-3 対策の費用効果分析**

放射線被ばくに関する3つの対策（食品出荷制限・除染・ホール

ボディカウンターによる内部被ばく検査）と一般的な糖尿病対策を解析対象とした。放射線被ばく対策はいずれも震災後初期に行われたデータを用いたため、相対的に費用対効果がよい（対策の効果が大きい）時期のものであると考えられる。食品出荷制限については、11年の福島市の対策による効果を対象とした。除染の効果は、南相馬市と相馬市の事例をもとに計算し、比較的線量の高い地域による線量の削減効果を解析対象とした。ホールボディカウンターによる内部被ばく検査では、12年3月から13年3月に行われた約3万人の検査において50Bq/kgを越えた8人に今後の飲食物の摂取に関するアドバイスをを行い、内部汚染を低減した。この約3万人を対象とした検査の総費用と8人のみへの介入の効果を解析対象とした。

糖尿病対策については、健康診断にて糖尿病と指摘されたBMI 25.6以上の患者を対象としたメトホルミン（糖尿病治療薬）による治療の効果を解析した。健康診断は糖尿病の検査以外も行っていることから、ここで扱う費用対効果はきわめて過小に（費用を高く）見積もられている。またメトホル

ミンによる治療の効果については、英国におけるメトホルミン治療とその他の糖尿病の治療の間での余命の差とした。ここでメトホルミン治療とその他の糖尿病の治療による余命の差は、メトホルミン治療を行った場合と何も治療をしない場合の余命の差よりも小さいであろうから、効果は過小に見積もられていると考えられる。以上より、糖尿病治療の費用対効果は過小に（費用を高く効果を小さく）見積もった値と考えられる。

**4…結果**

**4-1 糖尿病によるリスクと放射線被ばくによるリスク対策の費用対効果比較**

糖尿病によるリスクと放射線被ばくによるリスクを表1に示す。若年者を含む住民全体でみると、放射線被ばくに伴う発がんによる1人当たりの損失余命は震災後1—4年で0.37×10<sup>2</sup>年、5—10年で0.14×10<sup>2</sup>年、11年目以降で0.18×10<sup>2</sup>年で、合計0.69×10<sup>2</sup>年であった。40歳—70歳代では、合計で0.24×10<sup>2</sup>年であった。

これに対し、糖尿病の増加による損失余命は、40歳—70歳代のみ

の住民でシナリオ1では合計5.0×10<sup>2</sup>年、シナリオ2では5.5×10<sup>2</sup>年、シナリオ3では8.0×10<sup>2</sup>年であった。シナリオ1、2、3の糖尿病の増加に伴う損失余命は、放射線被ばくによる発がんに伴うもののそれぞれ21、23、33倍であった。震災後5年目以降で見ると、シナリオ2や3の糖尿病の増加によるリスクは、放射線被ばくによる発がんリスクの31倍高かった。

糖尿病の増加による健康リスクは40歳—70歳代のみを対象としている。そのため30歳代以下の住民も含めた市町村全体でみると、1人当たりの糖尿病による損失余命はシナリオ1で合計2.6×10<sup>2</sup>年、シナリオ2で2.9×10<sup>2</sup>年、シナリオ3で4.1×10<sup>2</sup>年となる（若年者の糖尿病は少ないため、全年齢層で平均を取ると1人当たりの損失余命は小さくなる）。それに対して、放射線被ばくによる発がんリスクは若年者でより高いため、全年齢層で平均を取ると放射線による1人当たりの損失余命は大きくなる。それらを考慮しても全年齢層を含めた市町村全体では、糖尿病の増加による損失余命は、放射線被ばくの3.7、4.1、5.9倍であった。糖尿病の増加のリスクは、今後の状況

表1 放射線被ばくによる発がんと糖尿病の増加による1人当たりの損失余命(10<sup>2</sup>年)

放射線被ばくのカッコ内の値は線量の分布に基づく2.5パーセンタイルから97.5パーセンタイルの値を表す。糖尿病のカッコの値は95%信頼区間を表す。

	全体（若年者を含む）					40歳～70歳代のみを対象とした場合		
	放射線被ばく	糖尿病			放射線被ばく	糖尿病		
		シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3		シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3
震災後 1～4年	0.37 (0.31-0.46)	2.6 (0.3-4.9)	1.3 (-1.7-4.3)	2.6 (0.3-4.9)	0.15 (0.11-0.19)	5.0 (0.5-9.5)	2.6 (-3.2-8.4)	5.0 (0.5-9.5)
震災後 5-10年	0.14 (0.11-0.17)	-	1.5 (0.1-2.9)	1.5 (0.1-2.9)	0.052 (0.040-0.068)	-	3.0 (0.2-5.7)	3.0 (0.2-5.7)
震災後 11年目以降	0.18 (0.14-0.22)	-	-	-	0.044 (0.033-0.058)	-	-	-
合計	0.69 (0.61-0.79)	2.6 (0.3-4.9)	2.9 (-0.5-6.2)	4.1 (1.4-6.8)	0.24 (0.20-0.29)	5.0 (0.5-9.5)	5.5 (-0.9-12.0)	8.0 (2.7-13.2)

によって異なるが、いずれせよ放射線被ばくのリスクよりはるかに大きいことが示唆された。

#### 4-2 対策の費用対効果

対策の費用対効果を表2に示す。単位生存年延長費用は、食品出荷制限・除染・ホールボディカウンターによる内部被ばく検査による放射線対策のほうが、一般的な糖尿病対策と比べて1-4けた以上高かった。ただし、ここでは不安の低減などの効果は含まれていない。

表2 集団全体における各対策の費用対効果

	食品摂取制限	除染	内部被ばく検査による介入	健康診断と糖尿病治療
予想される寿命の延長(年)	$1.3 \times 10^5$	$4.8 \times 10^3$	$6.1 \times 10^8$	$>4.5 \times 10^2$
1人当たりの費用(円)	$7.5 \times 10^2$	$1.1 \times 10^6$	$7.4 \times 10^3$	$<3.4 \times 10^5$
単位生存年延長費用(円/年)	$5.6 \times 10^7$	$2.4 \times 10^8$	$1.2 \times 10^{11}$	$<7.4 \times 10^6$

じて糖尿病などの生活習慣病に対する備えが進み、実際に生じるかもしれない疾病や死亡が推定よりはるかに下回ることである。

第二に、本調査は世界的な災害準備という点でも示唆も持つ。原発災害に伴う健康被害の本体は、放射線被ばくのみならず、避難などに伴う就労・運動習慣・食生活・コミュニティとのかかわりなど、生活様式そのものを変容させることにある。放射線被ばくのみ

ならず、生活習慣病などのさまざまなリスクを想定し、原発災害に対してバランスよく備えることが重要である。その際には、対策費用も判断材料の1つとして考慮する必要があるだろうし、柔軟な予算運用を可能とする制度の設計も大切であろう。

単一のリスクのみを考慮するのではなく、さまざまなリスクを想定し理解し備えることが人々を守る上で不可欠である。

## 5…考察

本調査で得られた知見は、今後の福島での対応と、世界的な災害準備という両観点において以下のような示唆を提示する。

第一に、放射線被ばくに伴う発がんリスクよりも、災害によって増加してしまった糖尿病のリスクのほうがはるかに大きいという点である。福島における今後の糖尿病の有病率はこれからの対策によって変化し得るが、シナリオによっては震災後5年日以降の糖尿病の増加による損失余命は、放射線被ばくの31倍高いという結果が示された。このことは、今後の福島において糖尿病対策を進めることが非常に重要であることを意味している。一般に糖尿病予防には運動と食生活の改善が重要である。

たとえ糖尿病に罹患した場合でも、適切な運動(週に2.5時間程度の散歩)により死亡率が低下することが報告されている。今後の糖尿病の有病率はこれからの対応次第で、本調査での仮定よりも高くも低くもなりえる。

本調査の目標は、本調査で提示されたリスクが将来において再現されることではなく、本調査を通

## 6…発表雑誌

発表誌：Plos One

発表日：9月28日

論文題目：Additional risk of diabetes exceeds the increased risk of cancer caused by radiation exposure after the Fukushima disaster

著者：村上道夫<sup>1,2</sup>、坪倉正治<sup>3,4</sup>、小野恭子<sup>5</sup>、野村周平<sup>6,7</sup>、及川友好<sup>3</sup>

著者所属

1：福島県立医科大学医学部健康リスクコミュニケーション学講座

2：福島県立医科大学放射線医学県民健康管理センター

3：南相馬市立総合病院

4：相馬中央病院

5：産業技術総合研究所

6：インペリアル・カレッジ・ロンドン

7：東京大学

用語解説

1 損失余命：集団で見た時に平均でどのくらい余命が縮まるかを表す。年齢層の異なる集団や健康影響の生じる時期の異なる事柄を比較する際に有用な指標である。

2 単位生存年延長費用：集団で見た時に、平均で余命1年を延長するのにかかる費用。費用対効果を示すのに有用な指標である。高いほど、余命1年を延長するのにかかる費用が多いことを意味し、費用対効果が悪いことを表す。

3 ハザード比：対象と比べて、何倍リスクが高いかという値。