

第3章

放射線による健康影響

放射線による人体への影響や、影響が発生する仕組みについて説明します。

東京電力福島第一原子力発電所事故、原爆被爆者及びチェルノブイリ原発事故等のデータも用いながら、科学的な根拠に基づいて健康影響を理解することができます。

また、被ばくの仕方（体の部位や量、期間）と健康影響の関係、放射線への不安によるこころへの影響についても理解することができます。

高線量被ばく

(大量の放射線を受けた)

低線量被ばく

(少量の放射線を受けた)

急性被ばく

(一度、または短時間で被ばくすること)

慢性被ばく

(長い期間にわたって被ばくすること)

皮膚障害
吐き気
脱毛？

急性障害は
大量の放射線を
短時間に受ける
と起こります



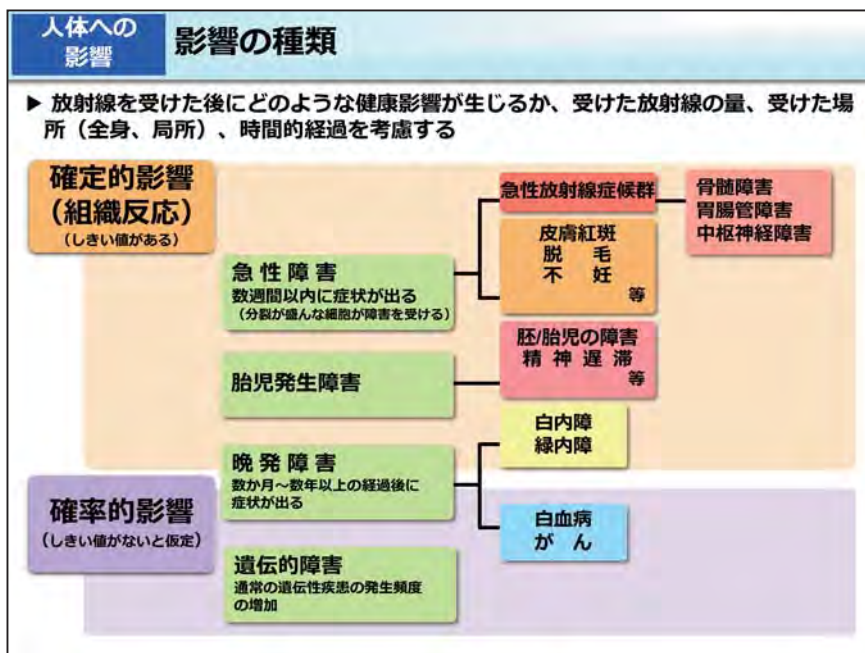
放射線による身体的影響は、放射線被ばくの「有無」ではなく「量」が問題です。

人体が放射線を受けたことにより身体に影響を及ぼすかどうかは、外部被ばくか内部被ばくか、全身被ばくか局所被ばくか、局所被ばくであるならば、どこに受けたのか、そしてどのくらいの量の放射線をどのくらいの期間で受けたかによって決まります。

放射線の身体的影響の種類や程度については、こうした情報が多ければ多いほど、正確に判断することができます。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



放射線による人体への健康影響を考える際には、確率的な影響と確定的な影響の二つに分けて考える方法があります。上の図は、確率的影響と確定的影響（組織反応）を整理したものです。

確定的影響は一定以上の線量を被ばくしない限り発生することはありません。そのうちの多くは、被ばく後、数週間以内に現れる急性障害に分類されます。

確率的影響は、低い線量でも発生の可能性がゼロではないと考えられている影響です。一般的に安全側に立ち、しきい値がないと仮定して管理が行われています。

ただし、ヒトでは、動物実験の結果と同じような頻度で放射線による遺伝性疾患が出現することは、確認されていません。

（関連ページ：上巻 P85「放射線影響の分類」、上巻 P86「確定的影響（組織反応）と確率的影響」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日

人体への影響		放射線影響の分類		
影響の出現	身体的影響	潜伏期間	例	放射線影響の機序
		数週間以内 ＝急性影響 (早期影響)	急性放射線症候群※1 急性皮膚障害	細胞死/細胞変性 で起こる 確定的影響 (組織反応) ※2 
			胎児の発生・発達異常(奇形)	
			数か月以降＝ 晩発影響	水晶体の混濁
	がん・白血病			
	遺伝性影響	遺伝性疾患		

※1：主な症状としては、被ばく後数時間以内に認められる嘔吐、数日から数週間にかけて生じる下痢、血液細胞数の減少、出血、脱毛、男性の一過性不妊症等。

※2：一定量以上の被ばくがないと発生しない。

放射線の影響は、放射線を受けた本人に出る身体的影響と子供や孫等子孫に出る遺伝性影響に分けられます。

また、被ばくしてから症状が出るまでの時間によって分類されることもあります。すなわち、被ばく後、比較的早く症状が出る「急性影響（早期影響）」と、数か月後以降に現れる「晩発影響」に分けることができます。

さらに、放射線の影響が生じるメカニズムの違いにより「確定的影響（組織反応）」と「確率的影響」に分ける方法もあります。

「確定的影響」は、臓器や組織を構成する細胞が多数死んだり、変性したりすることで起こる症状です。例えば、比較的大量の放射線を浴びると、数週間以内に皮膚障害を起こしたり、造血能低下により血球の数が減ったりすることがあります（急性放射線症候群）。また妊娠中に大量の放射線を浴びると胎児に影響が出たり、眼に当たるとしばらくしてから白内障になることがあります。

一方、「確率的影響」は、がんや遺伝性影響といった、細胞の遺伝子が変異することで起こる影響です。放射線はDNAを傷つけ、その結果、突然変異が起こることがあります（上巻 P88 「DNA の損傷と修復」）。個々の突然変異が病気につながる可能性は低いものの、理論的にはがんや遺伝性影響の原因となる可能性が全くないとはいえません。そこで、がんや遺伝性影響については、しきい線量はないものと仮定して、管理が行われています。

（関連ページ：上巻 P86 「確定的影響（組織反応）と確率的影響」、上巻 P108 「ヒトでの遺伝性影響のリスク」）

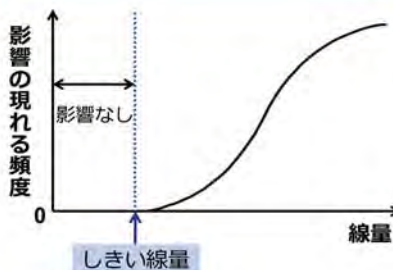
本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日

確定的影響（組織反応）

（脱毛・白内障・皮膚障害等）

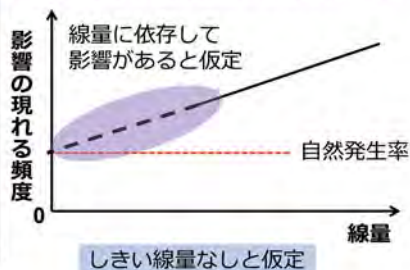
同じ線量を多数の人が被ばくしたとき、
全体の1%の人に症状が現れる線量を
「しきい線量」としている。
（国際放射線防護委員会（ICRP）2007年勧告）



確率的影響

（がん・白血病・遺伝性影響等）

一定の線量以下では、喫煙や飲酒と
いった他の発がん影響が大きすぎて見
えないが、ICRP等ではそれ以下の線
量でも影響はあると仮定して、放射線
防護の基準を定めることとしている。



確定的影響の特徴は、これ以下なら影響が生じない、これ以上なら影響が生じるという「しきい線量」が存在するということです。しきい線量を超えると、一度にたくさん細胞死や変性が起こり、影響の発生率は急激に増加します。

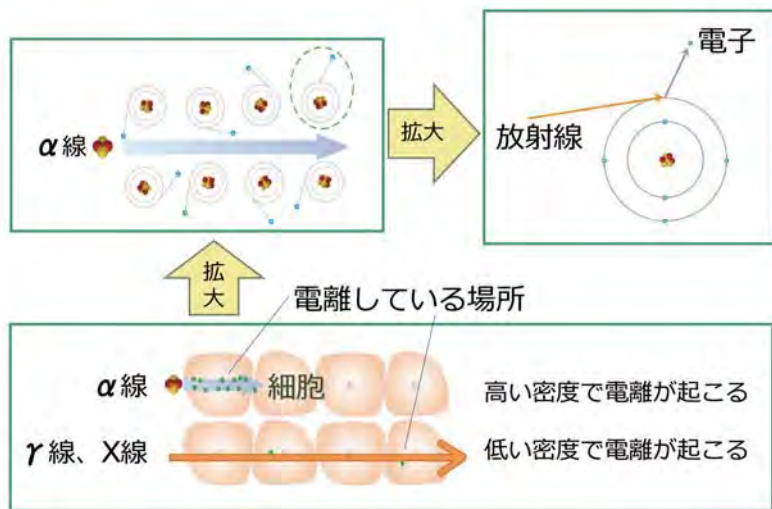
一方、放射線防護において、確率的影響にはしきい線量はないと仮定されています。この仮定に基づくと理論上どんなに低い線量でも影響が発生する確率はゼロではないことになります。100～200ミリシーベルト以下の低線量域については、放射線被ばくによる確率的影響を疫学的に検出することが極めて難しく、国際放射線防護委員会（ICRP）は、低線量域でも線量に依存して影響（直線的な線量反応）があると仮定して、放射線防護の基準を定めています（上巻 P163「生物学的側面」）。

低レベル放射線によるがんのリスクを評価する場合には、主に広島・長崎の原爆被爆者集団の疫学調査の結果を用いています（上巻 P117「固形がんによる死亡と線量との関係」）。放射線被ばく線量とがん発生の関係はおおよそ150ミリシーベルト以上では、ほぼ直線的に線量と共にリスクが上昇することが分かっています。しかし、150ミリシーベルトより低い線量では、直線的にリスクが上昇するかどうかは明らかではありません。また原爆のように短い時間に高い線量を受ける場合に対して、低い線量を長時間にわたって受ける場合（低線量率被ばく）のほうが、被ばくした総線量が同じでも影響のリスクは低くなるような傾向が、動物実験や培養細胞の実験研究で明らかになっています（上巻 P116「低線量率被ばくの発がんへの影響」）。

（関連ページ：上巻 P91「細胞死と確定的影響（組織反応）」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日



放射線はその通り道の物質にエネルギーを与えていきます。与えられたエネルギーにより、通り道の物質の電子が弾き飛ばされます。これが電離作用です。

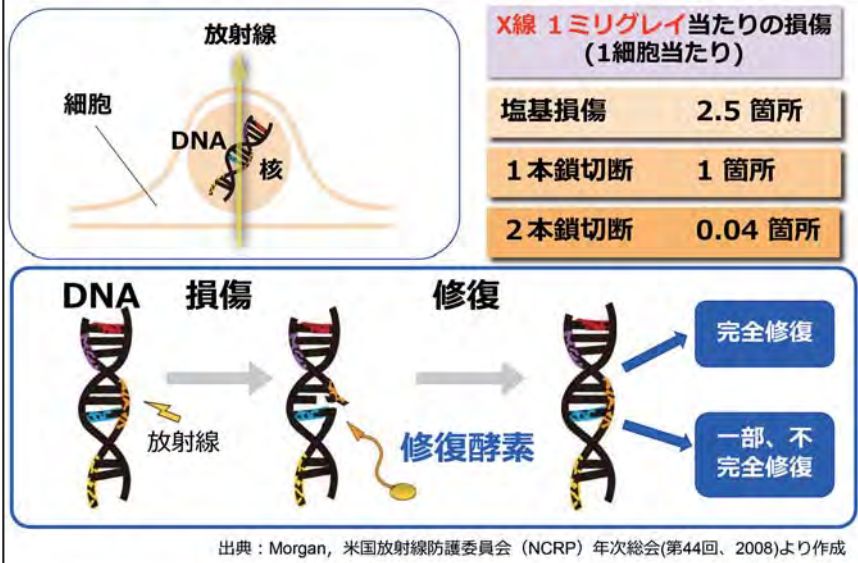
物質にエネルギーを与える密度は、放射線の種類によって異なりますが、 β （ベータ）線や γ （ガンマ）線に比べ、 α （アルファ）線はごく狭い範囲の物質に集中的にエネルギーを与えます。このような電離作用の密度の違いにより、同じ吸収線量であっても細胞が受ける損傷の大きさが異なります。

（関連ページ：上巻 P18「放射線の電離作用－電離放射線の性質」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

DNAの損傷と修復



細胞は生命の設計図ともいえる DNA を持っています。DNA は糖・リン酸そして 4 種類の塩基を持った 2 本の鎖からできています。塩基の並び方に遺伝情報が組み込まれているので、並び方を保つために塩基は互いの鎖がいがたになるように組み合わせられています。この DNA に放射線が当たると、当たった量に応じて DNA の一部が壊れることがあります。

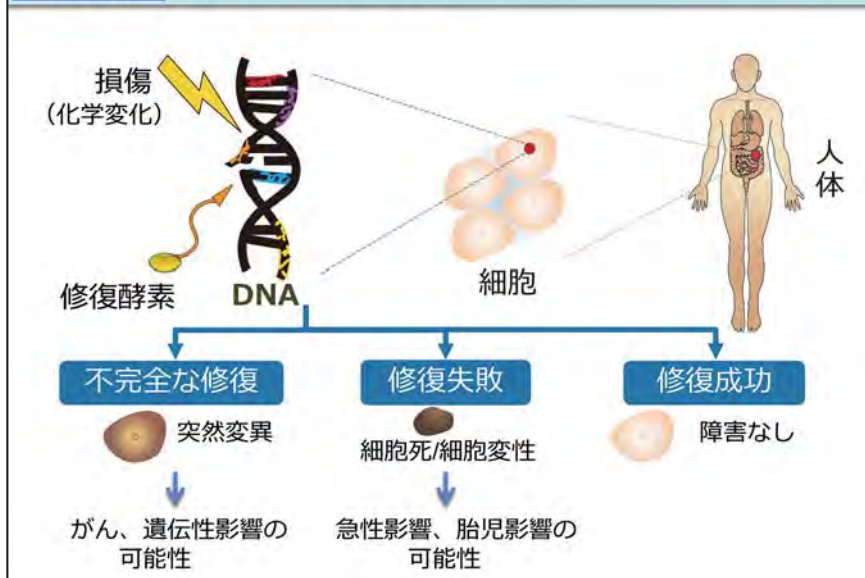
X（エックス）線 1 ミリグレイ当たり、1 細胞で平均 1 箇所の 1 本鎖切断が起こるといわれています。これは 1 ミリシーベルトに相当します。また 2 本鎖切断の頻度はこれより少なく 0.04 箇所のため、100 細胞が均一に 1 ミリグレイ浴びたら、2 本鎖切断が 4 細胞に起こることになります。

DNA を傷つける原因は、放射線以外にも、食物の中の発がん物質、たばこ、環境中の化学物質、活性酸素等があり、一日 1 細胞当たり、1 万から 100 万箇所の頻度で DNA が損傷を受けているといわれています。

細胞には、DNA 損傷を修復する機能があり、DNA が損傷を受けると、修復酵素が駆けつけて、こうした傷を修復します。修復には、完全に修復される場合と一部が不完全に修復される場合があります（上巻 P89「DNA → 細胞 → 人体」）。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



放射線の当たる箇所を細かく見てみると、放射線は細胞に当たり、細胞の中にある遺伝子の本体である DNA に傷をつけることがあります。このついた傷は、体の中に備わっているシステムで修復されます。

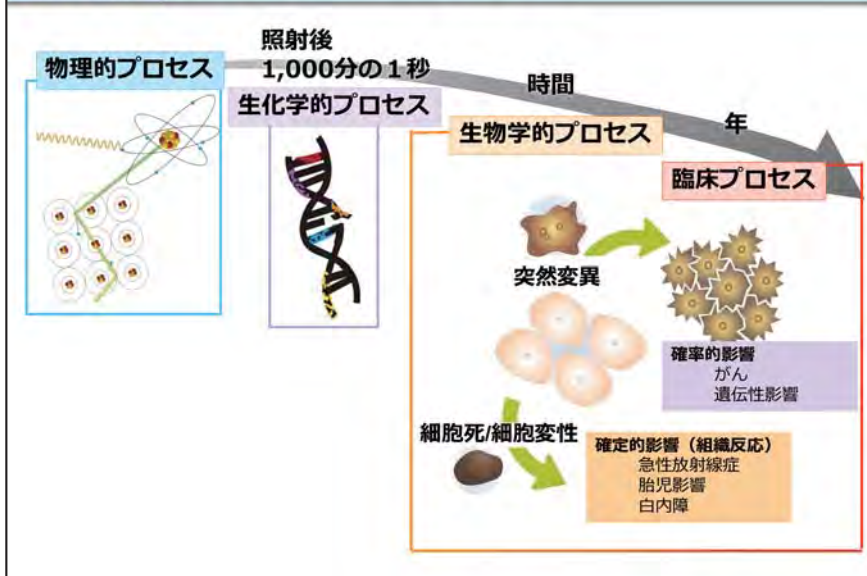
少しの傷であれば修復が成功し、元に戻ります。傷が多ければ修復できずに細胞自体が死んでしまいます。少しの細胞が死んでも、他の細胞が代わりをすれば、その臓器や組織の機能障害は生じません。多くの細胞が死んだり変性したりした場合、脱毛・白内障・皮膚障害といった急性障害や胎児発生障害等の確定的影響（組織反応）が生じる可能性があります（上巻 P90「被ばく後の時間経過と影響」、上巻 P91「細胞死と確定的影響（組織反応）」）。

また、DNA の修復が不完全な細胞が生き長らえた場合には、突然変異を起こし、がんや遺伝性影響等の確率的影響が生じる可能性があります。

DNA を傷つける原因は、放射線以外にも、食物の中の発がん物質、喫煙、環境中の化学物質、活性酸素等があり、1日1細胞当たり、1万から100万箇所の頻度で DNA が損傷を受けているといわれています。低線量放射線による DNA 損傷は、代謝に伴う損傷に比べて圧倒的に少ないのですが、放射線は局所にエネルギーを与えるために、複数の DNA 損傷が複合した複雑な損傷を作ります。また、放射線による影響の約85%は放射線により生じる活性酸素等の影響であり、約15%が放射線による直接の損傷によるものです。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日



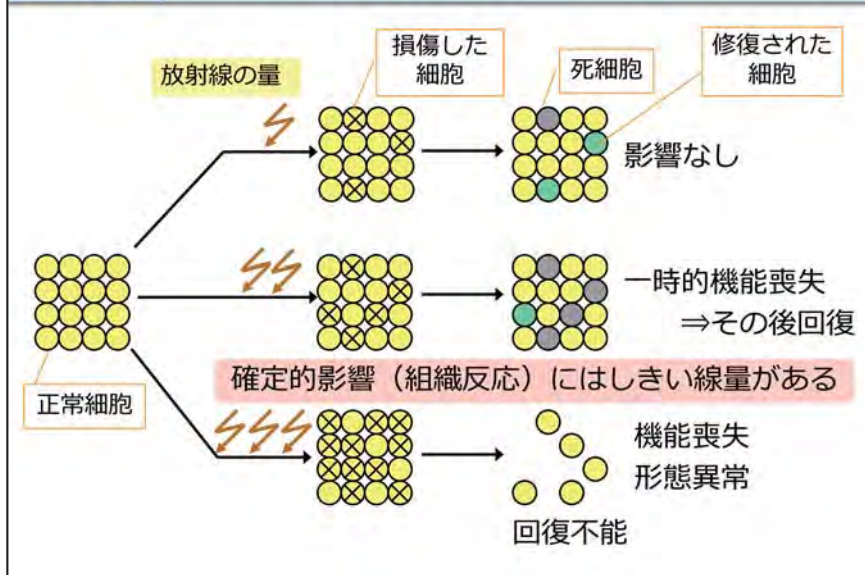
放射線を浴びた後、1,000分の1秒という短い時間に DNA 切断や塩基損傷は起こります。1秒後には修復が始まり、修復に失敗した場合には、1時間～1日の間に細胞死や突然変異が起こります。こうした細胞レベルでの反応が生じてから、個体レベルで臨床症状が出るまでにはしばらく時間が掛かります。この時間のことを潜伏期間といいます。

被ばく後、数週間以内に症状が生じるものを急性（早期）影響、比較的長く掛かって生じる影響を晩発影響と呼びます。特にがんが発症するには数年から数十年の時間を要します。

（関連ページ：上巻 P113「発がんの仕組み」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日



放射線が少し当たって、多少細胞が死んでも、残りの細胞だけで十分に組織や臓器が機能すれば、臨床症状は現れません。

放射線の量が増え、死亡する細胞が増加すると、その組織や臓器の機能が一時的に衰え、臨床症状が出る場合があります。しかし、その後、正常の細胞が増殖すれば、症状は回復します。

さらに大量の放射線を浴び、組織や臓器の細胞の損傷が大きい場合には、永久に機能喪失や形態異常が起こる可能性があります。

このように、細胞死によって起こる確定的影響（組織反応）には、これ以上放射線を浴びると症状が現れ、これ未満では症状が現れないという線量が存在します。この線量のことを「しきい線量」と呼びます（上巻 P97「様々な影響のしきい値」）。

（関連ページ：上巻 P86「確定的影響（組織反応）と確率的影響」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日

分裂が盛ん

感受性が高い

造血系：骨髓、リンパ組織（脾臓、胸腺、リンパ節）

生殖器系：精巣、卵巣

消化器系：粘膜、小腸絨毛

表皮、眼：毛嚢、汗腺、皮膚、水晶体

その他：肺、腎臓、肝臓、甲状腺

支持系：血管、筋肉、骨

伝達系：神経

分裂しない

感受性が低い

細胞分裂が盛んで、分化の程度の低い細胞ほど、放射線感受性が高い傾向にあります。例えば、骨髓にある造血幹細胞は盛んに分裂しながら、血中の各種血液細胞に分化する細胞です。幹細胞から分裂（増殖）が進んだ未成熟（未分化）な造血細胞の放射線感受性は極めて高く、分化した細胞よりも少量の放射線で細胞死が起こります。

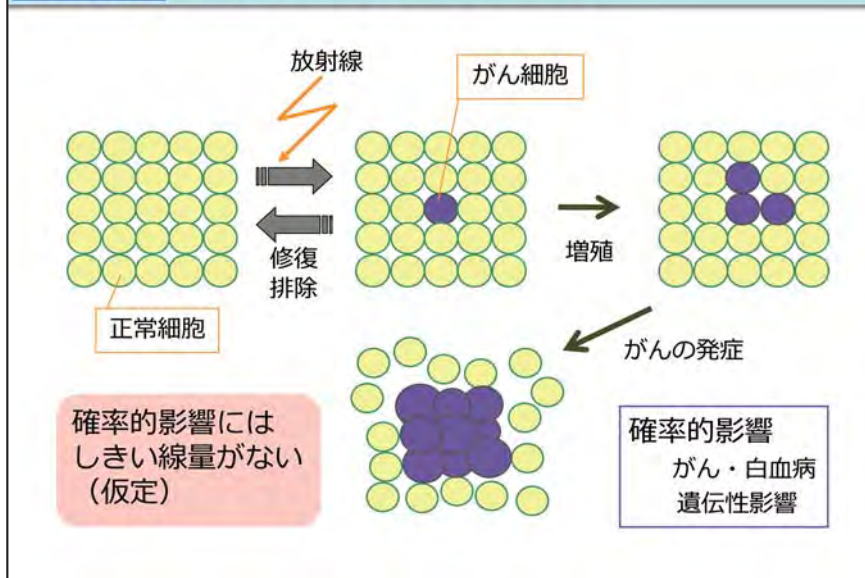
その結果、血液細胞の供給が止まり、血中の各種の細胞の数が減少します。また消化管の上皮も常に新しい細胞に置き換わる新陳代謝が激しい臓器なので、放射線感受性が高くなります。

一方、成体では細胞分裂をしない神経組織や筋組織は放射線に強いことが知られています。

（関連ページ：上巻 P94「全身被ばくと局所被ばく」、上巻 P97「様々な影響のしきい値」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2022年3月31日



細胞の突然変異で起こる影響は、一つの細胞に突然変異が起こったとしてもそのリスクが増加すると考えられています。

突然変異を起こした細胞は、ほとんどが修復されたり排除されたりしますが、一部の変異細胞が生き残り、その子孫細胞に複数の遺伝子突然変異や遺伝子発現レベルの変化が追加的に起こると、がん細胞が生じる可能性が高まります。がん細胞が増殖すると、臨床的な（身体的症状から、医師が診断する）がんとして発症します。細胞のがん化は、複数の遺伝子に変異が起こり、修復されずに蓄積された結果として生じるため、発がん影響を評価する際には、受けた線量を全て考慮する必要があります。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



出典：原子力安全委員会健康管理検討委員会報告（2000年）等より作成

一度に100ミリグレイ程度以上の放射線を受けた場合、細胞死を原因とする人体影響が生じることがあります。こうした影響は、放射線の感受性が高い臓器ほど、少しの線量で生じます。

細胞分裂が盛んな臓器である精巣は、放射線感受性が高く、一時的な精子数の減少は100～150ミリグレイで現れ、一過性の不妊になることがあります。骨髄も感受性が高く、1,000ミリグレイ以下の被ばくでも血中のリンパ球が減少することがあります。しかし、こうした影響は自然に治癒します。

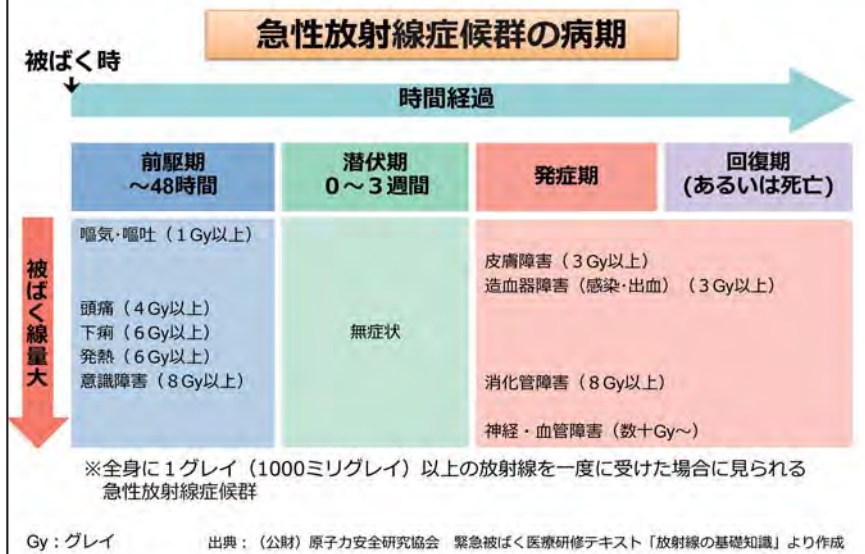
一方、2,000ミリグレイ以上の放射線を一度に受けた場合、治療を要する臨床症状が起こることがあります。

局所被ばくの場合には、被ばくした部分の臓器に障害が現れます。

（関連ページ：上巻 P88 「DNA の損傷と修復」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



全身に1グレイ (1,000ミリグレイ) 以上の放射線を一度に受けた場合、様々な臓器・組織に障害が生じ、複雑な臨床経過をたどります。この一連の臓器障害を、急性放射線症候群と呼びます。この時間経過をみると、典型的には、前駆期、潜伏期、発症期の経過をたどり、その後、回復するか死亡します。

被ばく後48時間以内に見られる前駆症状により、おおよその被ばく線量を推定することができます (上巻 P96「急性放射線症候群の前駆症状と被ばく線量」)。

その後、潜伏期を経て、発症期に入ると、線量増加と共に造血器障害、消化管障害、皮膚障害、神経・血管障害の順で現れます。これらの障害は、放射線感受性の高い臓器や組織を中心に現れます。概して線量が多いほど潜伏期は短くなります。

皮膚は大人の体で1.3～1.8m²とかなり大きな面積を持つ組織です。また、表皮は、基底層で生まれた基底細胞が徐々に分化を遂げながら表面に押し上げられていき、角質層となり最後は垢となって体表面から離れます。

基底層から表層への移行時間は大体20～40日強といわれています¹。放射線の影響を受けた角質層から基底層までの細胞は表面に現れるのに2週間から1か月強程度の時間が掛かります。このため、放射線の強さにより被ばく直後に初期皮膚紅斑が出ることもあります。一般に皮膚障害は、被ばく後2～3週間以上経ってから現れます (上巻 P25「外部被ばくと皮膚」)。

1. UNSCEAR1988,「放射線の線源、影響及びリスク」放射線医学研究所監訳、(株)実業広報社、1990年3月

前駆症状と被ばく線量

症状	軽傷 (1~2Gy)	中等度 (2~4Gy)	重症 (4~6Gy)	きわめて重症 (6~8Gy)	致命的 (>8Gy)
嘔吐	2時間以降 (頻度) ~50%	1~2時間 70-90%	1時間以内 100%	30分以内 100%	10分以内 100%
下痢	無し	無し	中等度	重度	重度
頭痛	非常に軽い	軽度	中等度	重度	重度
意識	影響なし	影響なし	影響なし	影響あり	意識喪失あり
体温	正常	微熱	発熱	高熱	高熱

Gy : グレイ

出典 : IAEA Safety Reports Series No.2 "Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries" (1998) より作成

急性被ばくでは被ばく後48時間以内に見られる前駆症状により、おおよその被ばく線量を推定することができます。1~2グレイの被ばくでは、食欲不振、嘔気、嘔吐といった症状が見られることがあります。また、非常に軽い頭痛の症状がみられます。2~4グレイの被ばくでは、嘔吐、軽度の頭痛また微熱(1~3時間、10~80%の頻度)が現れることがあります。4~6グレイでは、1時間以内に100%が嘔吐の症状を表し、中等度の下痢と頭痛、また80~100%の頻度で発熱が現れます。6~8グレイでは30分以内に100%が嘔吐の症状を呈し、重度の下痢・頭痛、100%の頻度で高熱の症状が現れます。さらに意識障害が現れることがあります。8グレイ以上の被ばくでは、10分以内の嘔吐が100%の頻度で現れ、重度の下痢・頭痛、高熱と意識喪失などの症状が現れます。

本資料への収録日 : 2021年3月31日

γ（ガンマ）線急性吸収線量のしきい値

障害	臓器／組織	潜伏期	しきい値 (グレイ)※
一時的不妊	精巣	3～9週	約0.1
永久不妊	精巣	3週	約6
	卵巣	1週以内	約3
造血能低下	骨髓	3～7日	約0.5
皮膚発赤	皮膚（広い範囲）	1～4週	3～6以下
皮膚熱傷	皮膚（広い範囲）	2～3週	5～10
一時的脱毛	皮膚	2～3週	約4
白内障（視力低下）	眼	20年以上	約0.5

※臨床的な異常が明らかな症状のしきい線量（1%の人々に影響を生じる線量）

出典：国際放射線防護委員会（ICRP）2007年勧告、国際放射線防護委員会報告書118（2012年）より作成

放射線の感受性は臓器によって異なります（上巻 P92「臓器・組織の放射線感受性」）。

精巣は最も感受性が高い臓器の一つです。一度に0.1グレイ（100ミリグレイ）以上のγ（ガンマ）線等の放射線を受けると、精子数が一時的に減少する一時的不妊を引き起こすことがあります。これは、精巣にある精子を作り出す細胞が損傷を受けたために起こります。

また、骨髓が0.5グレイ（500ミリグレイ）以上の被ばくをすると、造血能が低下し、血液細胞の数が減少します。

確定的影響（組織反応）の中には、白内障のように発症するまでに数年掛かるものもあります。

なお、白内障のしきい値は1.5グレイとされてきましたが、最近国際放射線防護委員会（ICRP）はそれより低い0.5グレイ程度に見直し、眼の水晶体に対する職業被ばくの新しい等価線量限度を設けました。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日

リスクとは

- ・被害の影響の大きさ
- ・被害が発生する可能性（確率）
- ・影響の大きさと可能性（確率）の組み合わせ

「ある」・「なし」ではなく、
定量的に表したもの

特に放射線の確率的影響では、

「リスク」＝
「（発がん、もしくはがんで死亡する）確率」

「リスクがある」✕「（必ず）被害を受ける」

リスクという言葉は、日常的には“危険性”や“危険度”といった意味合いで用いられています。しかしながらより厳密な言葉の使い方をする場面では、“被害の影響の大きさ”や“被害が発生する可能性（確率）”、あるいは“影響の大きさと可能性（確率）の組み合わせ”という意味で用いられます。「リスクが『ある』」、「リスクが『ない』」ではなく、「どの程度増えるか」、「何倍になるか」といった捉え方をすることが必要です。

一方、被害をもたらす原因は「ハザード」と呼ばれます。危険性があるかどうかのハザード情報と、危険性の程度や確率についてのリスク情報を区別し、適切に伝達、利用することが重要です。

放射線の健康影響、特に放射線の確率的影響を考える際には、

「リスク」＝「（発がん、もしくはがんで死亡する）確率」
という使われ方が一般的です。

この場合、

「リスクがある」＝「（必ず）被害を受ける」
ということではないことに注意が必要です。

本資料への収録日：2018年2月28日

リスク 相対リスクと寄与リスク			
要因	罹 患		計
	あ り	な し	
ばく露群	A	B	A+B
非ばく露群	C	D	C+D

要因ばく露によってその個人が何倍罹患しやすくなるか

相対リスク = $\frac{\text{要因ばく露群の罹患リスク}}{\text{要因非ばく露群の罹患リスク}} = \frac{\frac{A}{A+B}}{\frac{C}{C+D}}$

相対リスクが1より大きいとき、要因ばく露によってリスクが増えていることを意味する。
相対リスクから1を引いた値を過剰相対リスクと呼び、リスクの増加分を表す。

要因ばく露によってその集団の罹患率がどれだけ増えるのか

寄与リスク = $\text{要因ばく露群の罹患リスク} - \text{要因非ばく露群の罹患リスク}$
 $= \frac{A}{A+B} - \frac{C}{C+D}$

相対リスクとは、ある原因により、それを受けた個人のリスクが何倍高まるか、ということを表したリスクです。疫学で普通にリスクといった際には、「相対リスク」のことを指すことが多いです。また、相対リスクから1を引いた値を「過剰相対リスク」と呼び、リスク因子にさらされていない集団と比べたときのリスクの増加分を表します。これ以外にも、寄与リスクという考え方があります。寄与リスクとは、ある原因により、集団の罹患率や死亡率がどのくらい増えるかということを表しています。

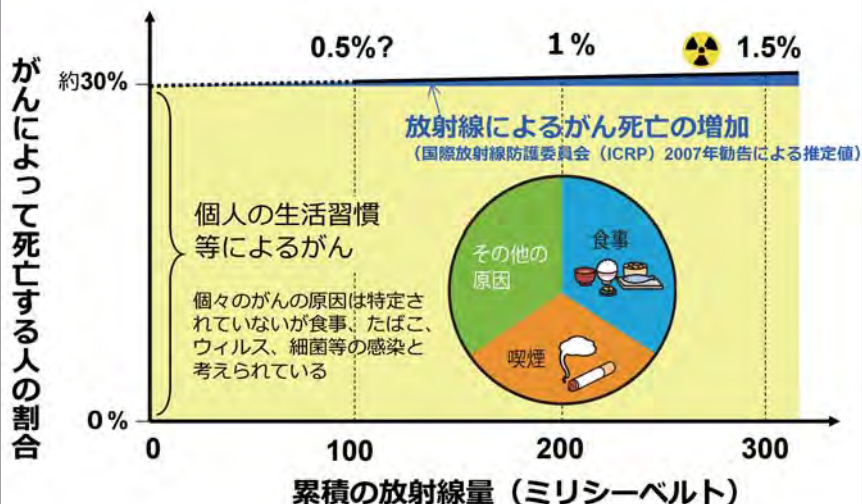
例えば、一方の集団が何かしらのリスク因子にさらされている、もう一方の集団はさらされていないとします。さらされていない集団では、ある疾患の患者が、100万人に2人出るのに対し、さらされている集団では100万人中3人患者が出るとします。

相対リスクというのは、どれだけ疾患になりやすくなるかという観点のリスクですので、患者が2人から3人に増加した、つまり、リスクは1.5倍になったと評価します。

一方寄与リスクでは、集団内でどれだけ患者が増えたかを考えますので、100万人中の1人、つまりは 10^{-6} リスクが増加したと考えます。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



国際放射線防護委員会 (ICRP) では、大人も子供も含めた集団では、100ミリシーベルト当たり0.5%がん死亡の確率が増加するとして、防護を考えることとしています。これは原爆被爆者のデータを基に、低線量率被ばくによるリスクを推定した値です (上巻 P117「固形がんによる死亡と線量との関係」)。

現在、日本人の死因の1位はがんで、大体30%の方ががんで亡くなっています。

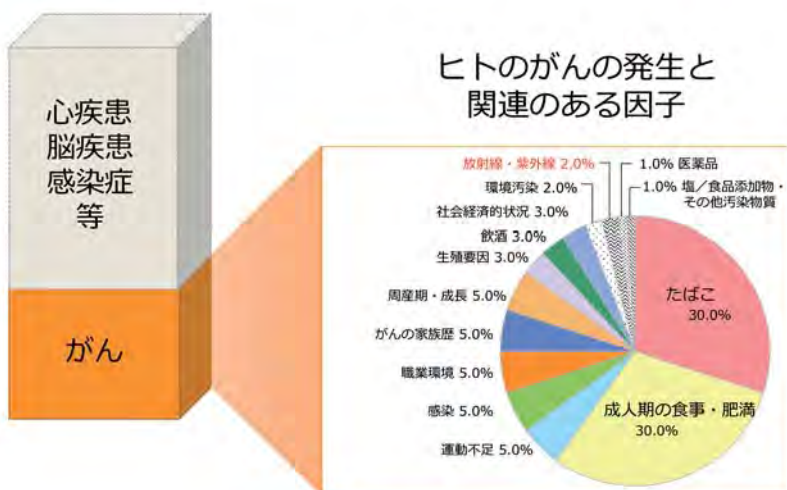
つまり1,000人の集団がいれば、このうちの300人はがんで亡くなっていることになります。この1,000人の集団全員が100ミリシーベルトを受けたとして放射線によるがんでの死亡確率を試みに計算して加算すると、生涯で305人ががんで死亡すると推定できます。

しかし実際には、1,000人中300人という値も年や地域によって変動しますし¹、今のところがんの原因が放射線であるかどうかを確認する方法は確立されていません。そのため、この100ミリシーベルト以下の増加分、つまり最大で1,000人中5人という増加分について実際に検出することは大変難しいと考えられています。

1. 2010年度の年齢調整死亡率を県別で比較すると、対人口10万人で女性では、248.8人 (長野県) から304.3人 (青森県)、男性では477.3人 (長野県) から662.4人 (青森県) とばらつきます。そのうち、がんが死因である割合を調べると、これも男性では29.0% (沖縄県) から35.8% (奈良県)、女性では29.9% (山梨県) から36.1% (京都府) とばらつきが見られます。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



出典：Cancer Causes and Control. 1996, 7, S55-S58 より作成

私たちは様々ながんの原因に囲まれて暮らしています。図の円グラフはアメリカのデータですが、食事やたばこが、がんの発生に密接に関わっているという知見が得られています。放射線を受けると、これに放射線によるリスクが上乗せされるので、がん発生のリスクという面からだけいえば、放射線を受けないに越したことはないということになります。

X（エックス）線検査をしない、飛行機に乗らないようにするといった選択をすることも可能ですが、そうすると、疾患の早期発見ができなかったり、生活が不便になったりします。また、そのような選択をすることで、がんになる危険性が劇的に減るということもありません。なぜなら、放射線以外にもがんになる原因が身の回りにいろいろあるからです。

（関連ページ：上巻 P102「がんのリスク（放射線）」、上巻 P103「がんのリスク（生活習慣）」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

放射線の線量 (ミリシーベルト)	がんの相対リスク※
1,000 ～ 2,000	1.8 [1,000mSv当たり1.5倍と推計]
500 ～ 1,000	1.4
200 ～ 500	1.19
100 ～ 200	1.08
100 未満	検出困難

出典：国立がん研究センターウェブサイトより作成

※放射線の発がんリスクは広島・長崎の原爆による瞬間的な被ばくを分析したデータ（固形がんのみ）であり、長期にわたる被ばくの影響を観察したものではありません。

※相対リスクとは、ある原因（ここでは被ばく）により、それを受けた個人のリスクが何倍になるかを表す値です。

この図は、国立がん研究センターが発表した放射線の被ばく線量によって、がんの相対リスクがどの程度高くなるかを示した表です。

放射線の被ばく線量が1,000～2,000ミリシーベルトでは1.8倍、500～1,000ミリシーベルトでは1.4倍、200～500ミリシーベルトでは1.19倍高まると推計されています。

一方、100ミリシーベルト未満では、発がんリスクを検出することが極めて難しいと考えられています。

（関連ページ：上巻 P103「がんのリスク（生活習慣）」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

生活習慣因子	がんの相対リスク※1
喫煙者	1.6
大量飲酒（450g以上/週）※2	1.6
大量飲酒（300～449g以上/週）※2	1.4
肥満（BMI≥30）	1.22
やせ（BMI<19）	1.29
運動不足	1.15 ～ 1.19
高塩分食品	1.11 ～ 1.15
野菜不足	1.06
受動喫煙（非喫煙女性）	1.02 ～ 1.03

出典：国立がん研究センターウェブサイトより作成

※1 相対リスクとは、ある原因（ここでは生活習慣）により、それを受けた個人のリスクが何倍になるかを表す値です。

※2 飲酒については、エタノール換算量を示しています。

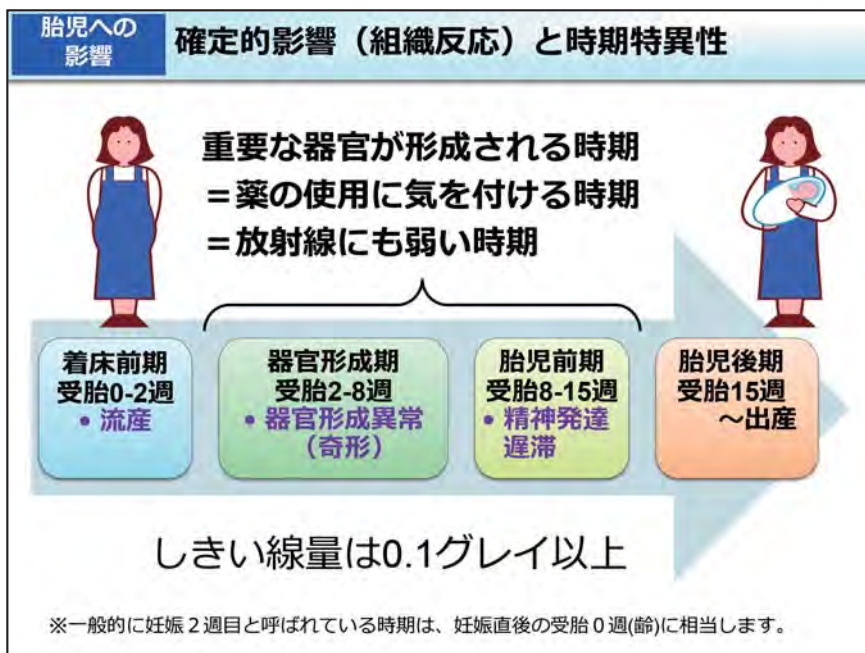
この図は、国立がん研究センターが発表した生活習慣によるがんの相対リスクを示した表です。

喫煙や大量飲酒の習慣がある人は、そうでない人と比べてがんの相対リスクが1.6倍高くなると推計されています。また肥満では1.22倍、運動不足では1.15～1.19倍、野菜不足では1.06倍、それぞれがんの相対リスクが高くなると推計されています。

（関連ページ：上巻 P101「発がんに関連する因子」、上巻 P102「がんのリスク（放射線）」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



確定的影響（組織反応）の中でもしきい線量の低いものに、胎児影響があります。妊婦が被ばくした場合、子宮内を放射線が通過したり、放射性物質が子宮内に移行したりすれば、胎児も被ばくする可能性があります。

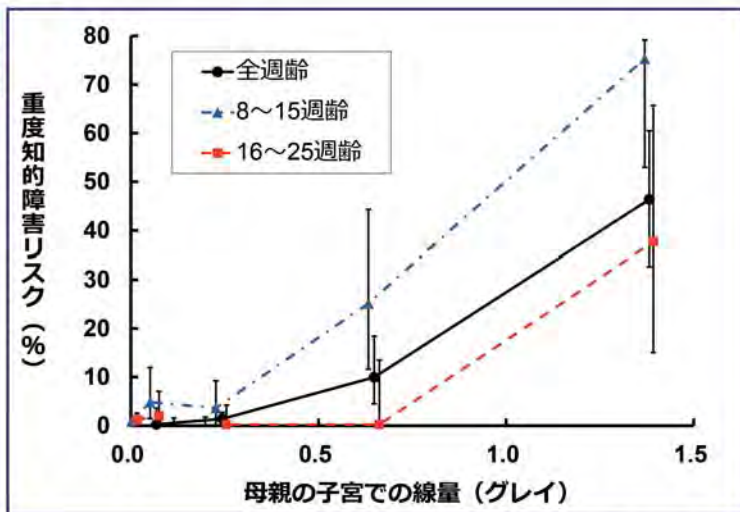
胎児期は放射線感受性が高く、また影響の出方に時期特異性があることが分かっています。妊娠のごく初期（着床前期）に0.1グレイ以上被ばくすると、流産が起こることがあります。

この時期を過ぎてからの被ばくでは、流産の可能性は低くなりますが、赤ちゃんの体が形成される時期（器官形成期）に0.1グレイ以上被ばくすると、器官形成異常（奇形）が起こることがあります。脳が活発に発育している時期（胎児前期）に0.3グレイ以上被ばくすると、精神発達遅滞の危険性があります（上巻 P105「精神発達遅滞」）。

放射線への感受性が高い時期は、妊婦が薬をむやみに服用しないようにと指導されている時期と一致します。安定期に入るまでのこの時期は、薬同様、放射線の影響も受けやすい時期になります。こうした胎児への影響は0.1グレイ以上の被ばくで起こります。なお、国際放射線防護委員会（ICRP）は、2007年の勧告の中で「胚／胎児への0.1グレイ未満の吸収線量は妊娠中絶の理由と考えるべきではない」という考え方を示しています。0.1グレイはγ（ガンマ）線やX（エックス）線を一度に100ミリシーベルト受けた場合に相当します。なお、胎児の被ばく線量は母体の被ばく線量と必ずしも同じではありません。被ばく線量に応じて、がんや遺伝性影響といった確率的影響のリスクも高まります。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日



出典：放射線影響研究所ウェブサイト「胎内被爆者の身体的・精神的発育と成長」
(https://www.rerf.or.jp/programs/roadmap/health_effects/uteroexp/physment/) より作成

胎児影響の時期特異性については、原爆により胎内被ばくした集団の健康調査で明らかになりました。

これは、原爆投下時の胎齢と精神発達への影響との関係を調べたグラフです。

原爆被爆時の胎齢が8～15週齢の場合、放射線感受性が高く、子宮内での線量が0.1グレイから0.2グレイの間にしきい値があるように見えます。これ以上の線量域では、線量の増加に応じて重度知的障害の発生率が上がっていることが分かります。

しかし16～25週齢だった子供たちは、0.5グレイ程被ばくした場合でも重度な知的障害は見られず、1グレイを超えるような被ばくでは、かなりの頻度で障害が発生することが分かりました。

つまり、同じ量の被ばくをしても、8～15週齢で被ばくした場合と、16～25週齢での被ばくでは、障害の発生率が異なります。

(関連ページ：上巻 P104 「確定的影響（組織反応）と時期特異性」)

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日

チェルノブイリ原発事故の際、妊娠中だった母親から 生まれた子供に関する調査



調査対象

- ① 胎内被ばくした子供138人と親（胎内被ばく群：被ばくした集団）
 ② ベラルーシの非汚染地域の子供122人と親（対照群：被ばくしていない集団）

子供の 精神発達	6～7歳時点		10～11歳時点	
	①胎内被ばく群	②対照群	①胎内被ばく群	②対照群
言語障害	18.1%	8.2%	10.1%	3.3%
情緒障害	20.3%	7.4%	18.1%	7.4%
IQ=70～79	15.9%	5.7%	10.1%	3.3%

- 精神発達において、胎内被ばく群と対照群との間に有意な差が見られたが、被ばくした線量と知能指数の間に相関がなかったことから、避難に伴う社会的要因が原因と考えられた
 ○親の極度の不安と子供の情緒障害の間には相関が見られた

妊娠中の放射線被ばくは、胎児及び成長後の小児の知能指数に直接影響していないと考えられる

出典：Kolominsky Y et al., J Child Psychol Psychiatry, 40（2）：299-305, 1999より作成

ベラルーシの研究者らは、チェルノブイリ原発事故の際、妊娠中で原発のそばに住んでいた母親から生まれた子供138人と、妊娠中でほとんど被ばくしなかった母親から生まれた子供122人を対象に、胎児被ばくがその後の精神発達に及ぼす影響について6～7歳の時点と10～11歳の時点の2回調査しました。

2回の調査とも、胎内被ばく児では非被ばく児に比べて、言語障害、情緒障害の頻度が、統計学的に有意に多かったという結果が得られています。

知能指数の平均も、非被ばく児に比べ平均以上の子供が少なく、正常と精神発達遅滞との境界域の子供が明らかに多いという結果でした。

しかし、胎児期の甲状腺への吸収線量の推定値と知能指数には相関がなく、汚染された地域からの避難に伴う社会心理学的、社会文化的要因（保護者の教育レベルや学校教育等）といった、被ばく以外の要因が原因である可能性が示唆されており、妊娠中の放射線被ばくが、胎児及び成長後の子供の知能指数に直接影響している可能性は低いと考えられています。

なお、親に対するストレス評価指標調査の結果、親の不安と子供の情緒障害の間には明らかな相関が認められました。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

チェルノブイリ原発事故によって奇形は増加したか？



チェルノブイリ原発事故前後における、欧州奇形児・双子登録データベースの比較

欧州先天異常監視機構（EUROCAT）9カ国18地域：
事故前後で奇形発生頻度に変化なし

フィンランド、ノルウェー、スウェーデン：
事故前後で奇形発生頻度に変化なし

ベラルーシ：
汚染地域かどうかに関わらず流産児の奇形登録増加
報告者バイアスの可能性あり* 1

ウクライナ： 今世紀にEUROCAT参加
Rivne州のポーランド系孤立集落で神経管欠損増加
放射線に加え、葉酸欠乏、アルコール依存症、近親
婚等の影響を評価する必要あり* 2

出典：* 1: Stem Cells 15 (suppl 1): 255, 1997 * 2: Pediatrics 125:e836, 2010

チェルノブイリ原発事故前後の先天奇形の発生頻度については、様々な報告がなされています。欧州先天異常監視機構（EUROCAT）や、フィンランド、ノルウェー、スウェーデンの先天異常に関するデータベースを事故前後で比較した結果、原発事故前後で奇形発生頻度に変化は見られませんでした。

ウクライナの Rivne 州北部には汚染地域で自給自足の生活を送っている人たちがいます。彼らの間で神経管欠損が増えているという報告があり、放射線によるものかどうかについての評価が待たれています。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

■放射線による生殖腺（生殖細胞）への影響

◎遺伝子突然変異

DNAの遺伝情報の変化（点突然変異）

◎染色体異常

染色体の構造異常

※ヒトでは子孫の遺伝病の増加は証明されていません

■遺伝性影響のリスク(子と孫の世代まで)

= 約0.2%/グレイ（1グレイ当たり1,000人中2人）

（国際放射線防護委員会（ICRP）2007年勧告）



この値は、以下のデータを用いて間接的に推定されている

- ・ヒト集団での各遺伝性疾患の自然発生頻度
- ・遺伝子の平均自然突然変異率（ヒト）、平均放射線誘発突然変異率（マウス）
- ・マウスの放射線誘発突然変異からヒト誘発遺伝性疾患の潜在的リスクを外挿する補正係数

■生殖腺の組織加重係数（国際放射線防護委員会（ICRP）勧告）

0.25(1977年)→0.20(1990年)→0.08(2007年)

動物実験では親に高線量の放射線を照射すると、子孫に出生時障害や染色体異常等が起こることがあります。しかし人間では、両親の放射線被ばくが子孫の遺伝病を増加させるという証拠は見つかっていません。国際放射線防護委員会（ICRP）では、1グレイ当たりの遺伝性影響のリスクは0.2%と見積もっています。これはがんの死亡リスクの20分の1にも満たない値です。さらに、ICRPは自然発生的な突然変異確率を2倍に増加させる被ばく線量（倍加線量）がヒトとマウスで同じ1 Gyであると仮定していますが、ヒトで遺伝性影響が確認できていないことから、過大評価である可能性もあります。

原爆被爆者二世を対象として、寿命調査、健康影響調査や様々な分子レベルの調査が行われています。こうした調査結果が明らかになるにつれ、従来心配されていたほどには遺伝性影響のリスクは高くないことが分かってきたため、生殖腺の組織加重係数の値も、最近の勧告ではより小さい値に変更されています。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



原爆被爆者の子供における安定型染色体異常

異常の起源	染色体異常を持った子供の数 (割合)	
	対照群 (7,976人)	被ばく群 (8,322人) 平均線量は0.6グレイ
両親のどちらかに由来	15 (0.19%)	10 (0.12%)
新たに生じた例	1 (0.01%)	1 (0.01%)
不明 (両親の検査ができなかった)	9 (0.11%)	7 (0.08%)
合 計	25 (0.31%)	18 (0.22%)

出典：放射線影響研究所ウェブサイト「被爆者の子供における染色体異常（1967－1985年の調査）」
https://www.rerf.or.jp/programs/roadmap/health_effects/geneefx/chromosomeab/ より作成

原爆被爆二世の健康影響調査で、重い出生時障害、遺伝子の突然変異や染色体異常、がん発生率、がんやその他の疾患による死亡率等について調べられていますが、どれも対照群との差は認められていません。

安定型染色体異常は細胞分裂で消失することがなく、子孫に伝わる形の染色体異常です。両親の少なくともどちらかが爆心地から2,000m 以内で被ばく（推定線量が0.01グレイ以上）した子供（被ばく群）8,322人の調査では、安定型染色体異常を持つ子供は18人でした。一方、両親とも爆心地から2,500m 以遠で被ばく（推定線量0.005グレイ未満）したが、両親とも原爆時に市内にいなかった子供（対照群）7,976人では、25人に安定型染色体異常が認められました。

しかし、その後の両親及び兄弟姉妹の検査により、染色体異常の大半は新しく生じたものではなく、どちらかの親がもともと異常を持っていて、それが子供に遺伝したものであることが明らかとなりました。こうしたことから、親の被ばくにより、生殖細胞に新たに安定型染色体異常が生じ、二世に伝わるといった影響は、原爆被爆者では認められないことが分かりました。

（関連ページ：上巻 P89 「DNA →細胞→人体」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2022年3月31日

	がん生存者の子供 (6,129名)		患者兄弟の子供 (3,101名)	
	症例数	頻度	症例数	頻度
染色体異常	7	0.1%	6	0.2%
メンデル遺伝病	14	0.2%	8	0.3%
奇形	136	2.2%	97	3.1%
計	157	2.6%	111	3.6%

※がん生存者の生殖腺平均線量は、女性1.26Gy、男性0.46Gy

出典：Green DM et al: J Clin Oncol Vol.27, 2009: 2374-2381. より作成

© 2009 American Society of Clinical Oncology
 Green DM et al: Journal of Clinical Oncology 2009 27:14, 2374-2381
<https://ascopubs.org/doi/10.1200/JCO.2008.21.1839>
 Wolters Kluwer Health, Inc. and its Societies take no responsibility for the accuracy of the translation
 from the published English original and are not liable for any errors which may occur.

この表は、米国 / カナダの小児がん治療生存者の子供に対する調査結果です。原爆被爆二世調査と同じく、染色体異常、メンデル遺伝病、奇形の過剰発症は認められません。マウスの遺伝性影響研究を元に、ICRP は、放射線による遺伝性疾患の倍加線量を1グレイと評価していますが、この調査結果は、生殖腺の平均線量から予測される染色体異常やメンデル遺伝病の増加を示していません。

出典

- D.M. Green et al.: J. Clin. Oncol. 27: 2374-2381, 2009.

本資料への収録日：2018年2月28日

改訂日：2019年3月31日

		父親の線量(Gy)			
		<0.01	0.01-0.49	0.5-0.99	>=1
母親の線量(Gy)	<0.01	2,257/45,234 (5.0%)	81/1,614 (5.0%)	12/238 (5.0%)	17/268 (6.3%)
	0.01-0.49	260/5,445 (4.8%)	54/1,171 (4.6%)	4/68 (5.9%)	2/65 (3.1%)
	0.5-0.99	44/651 (6.8%)	1/43 (2.3%)	4/47 (8.5%)	1/17 (5.9%)
	>=1	19/388 (4.9%)	2/30 (6.7%)	1/9 (11.1%)	1/15 (6.7%)

出典：M. Ohtake et al.: *Radiat. Res.* 122: 1-11, 1990. より作成

原爆被爆により生殖系細胞のゲノムに誘発された遺伝子変異が、受精後の胚や胎児や新生児の成長に障害をもたらす可能性を調査するため、1948年～54年に新生児調査が実施されました。しかし、放射線の影響は観察されませんでした¹。

小児がん生存者の子供の疫学調査（上巻 P110 「小児がん治療生存者の子供に対する調査」）の中で、米国 / カナダ^{2, 3}やデンマーク^{4, 5}で出生時異常などの調査が実施されています。これらの調査でも、男親の被ばくによる先天奇形や死産のリスクは観察されていません。一方、女親の卵巣・子宮の10Gy 以上の被ばくでは、子宮機能の低下による早産、死産が増加していました³。

1. M. Ohtake et al.: *Radiat. Res.* 122: 1-11, 1990.
2. L.B. Signorello et al.: *J. Clin. Oncol.* 30: 239-45, 2012.
3. L.B. Signorello et al.: *Lancet* 376(9741): 624-30, 2010.
4. J.F. Winther et al.: *J. Clin. Oncol.* 30:27-33, 2012.
5. J.F. Winther et al.: *Clin. Genet.* 75: 50-6, 2009.

本資料への収録日：2018年2月28日

改訂日：2019年3月31日

- 20歳までに発症した白血病、遺伝性の可能性のある腫瘍等の死亡
41,066名の追跡調査の結果、親の生殖線量（平均0.435Sv）と死亡との関連はありませんでした。

（出典：Y. Yoshimoto et al.: *Am J Hum Genet* 46: 1041-1052, 1990.）

- がんの罹患率（1958年－1997年）
40,487名の追跡調査の結果、575件の固形腫瘍、68件の血液腫瘍が発症していましたが、親の線量との関連はありませんでした。（調査継続中）

（出典：S. Izumi et al.: *Br J Cancer* 89: 1709-13, 2003.）

- 生活習慣病有病率（2002年－2006年）
約12,000名の臨床横断調査の結果、生活習慣病と親の線量との関連はありませんでした。（調査継続中）

（出典：S. Fujiwara et al.: *Radiat Res* 170: 451-7, 2008.）

放射線影響研究所では、親の被ばくが、子孫の多因子疾患である生活習慣病を増加させるかどうかを追跡調査しています。これまで、小児がん・白血病の調査¹、固形がんの調査²、生活習慣病の調査³が行われてきましたが、放射線の影響は観察されていません。

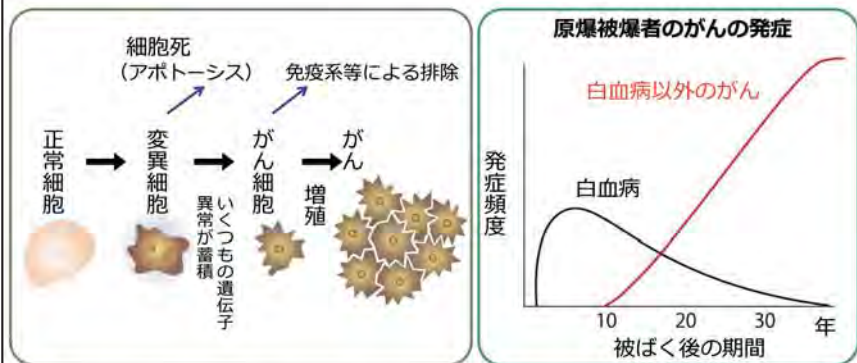
1. Y. Yoshimoto et al.: *Am J Hum Genet* 46: 1041-1052, 1990.

2. S. Izumi et al.: *Br J Cancer* 89: 1709-13, 2003.

3. S. Fujiwara et al.: *Radiat Res* 170: 451-7, 2008.

本資料への収録日：2018年2月28日

改訂日：2022年3月31日



- ・放射線はがんを起こす様々なきっかけの一つ
- ・変異細胞ががんになるまでには、いろいろなプロセスが必要
→ 数年～数十年掛かる

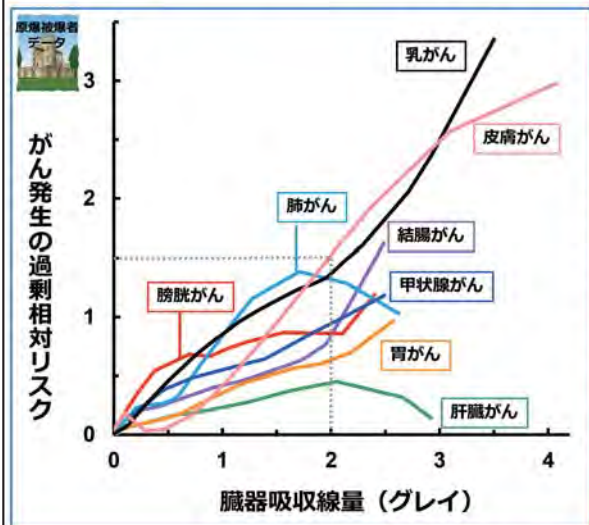
放射線ばかりではなく、様々な化学物質や紫外線等にも DNA を傷つける作用があります。しかし、細胞には傷ついた DNA を修復する仕組みがあり、大抵の傷は元通りに修復されます。また、修復に失敗した場合でも、その細胞を排除する機能が備わっています（上巻 P88 「DNA の損傷と修復」）。

ごく稀に、修復に失敗した細胞が、変異細胞として体の中に生き残ることがあります。たまたま生き残った細胞に遺伝子の変異が蓄積し、がん細胞となることがありますが、それには長い時間が掛かります。原爆被爆者では、被ばく後 2 年頃から白血病が増加し始めましたが、その後発生頻度は低くなっています。一方、固形がんは、約 10 年の潜伏期間を経て増加し始めています。

（関連ページ：上巻 P90 「被ばく後の時間経過と影響」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



組織	組織加重係数 w_T ※
骨髄(赤色)、胃、肺、結腸、乳房	0.12
生殖腺	0.08
膀胱、食道、肝臓、甲状腺	0.04
骨表面、脳、唾液腺、皮膚	0.01
残りの組織の合計	0.12

出典：国際放射線防護委員会 (ICRP) 2007年勧告より作成

※放射線による影響のリスクが大きい臓器・組織ほど大きい値になる。

この図は、原爆被爆者を対象に、各臓器にどれだけの線量を受けるとがんのリスクがどれだけ増加するかを調べたものです。横軸は、原爆投下時の高線量率1回被ばくによる臓器吸収線量です。縦軸は、過剰相対リスクといって、被ばくしていない集団と比べて、被ばくした集団ではどのくらいがん発症のリスクが増加するかを調べたものです。

例えば、臓器吸収線量が2グレイの場合は、皮膚がんの過剰相対リスクが1.5となっていますので、放射線を受けなかった集団と比べて1.5倍過剰に発症のリスクが上昇していることを意味しています（つまり、2グレイ被ばくした集団では皮膚がん発症の相対リスクは、放射線を受けていない集団（1倍）に比べて2.5倍（1倍+1.5倍）となります）。

こうした疫学研究の結果から、乳腺、皮膚、結腸等は、放射線によってがんを発症しやすい組織・臓器であることが分かりました。国際放射線防護委員会（ICRP）の2007年勧告では、臓器の感受性やがんの致死性等も考慮し、組織加重係数を定めています。

（関連ページ：上巻 P99「相対リスクと寄与リスク」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

子供は小さな大人ではない

	ヨウ素131の 預託実効線量係数※1 ($\mu\text{Sv/Bq}$)	ヨウ素131を100Bq 摂取したときの 預託実効線量(μSv)	ヨウ素131を100Bq 摂取したときの 甲状腺等価線量※2(μSv)
3か月児	0.18	18	450
1歳児	0.18	18	450
5歳児	0.10	10	250
大人	0.022	2.2	55

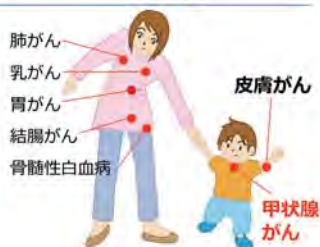
※1：代謝や体格の違いから、子供は預託実効線量係数が高い

※2：甲状腺の組織加重係数は0.04から算出

出典：国際放射線防護委員会（ICRP），ICRP Publication 119，
Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60，2012
より作成

**子供では大人と比較して、甲状腺や
皮膚のがんリスクが高くなる**

$\mu\text{Sv/Bq}$ ：マイクロシーベルト/ベクレル



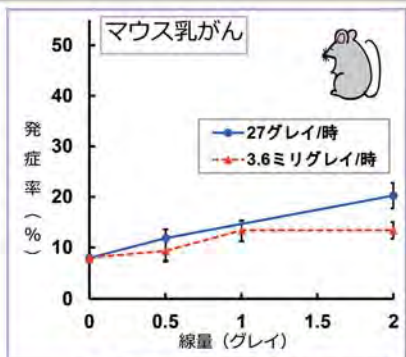
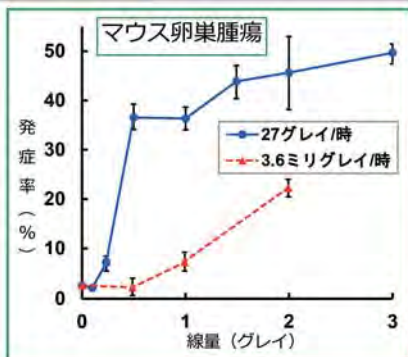
大人の場合、骨髄、結腸、乳腺、肺、胃という臓器は、放射線被ばくによってがんが発症しやすい臓器ですが、子供の場合は、甲状腺や皮膚も放射線被ばくによるがんリスクが高いことが分かってきました。

特に、子供の甲状腺は放射線に対する感受性が高い上に（上巻 P127「甲状腺について」）、摂取放射エネルギー（ベクレル）当たりの預託実効線量が大人よりもはるかに大きいので、1歳児の甲状腺の被ばく線量が、緊急時の防護策を考える基準に取り入れられています。また、摂取放射エネルギー（ベクレル）当たりの預託実効線量係数は、大人よりもはるかに大きい数値が採用されています。

（関連ページ：上巻 P120「被ばく時年齢と発がんリスクの関係」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日



出典：国連科学委員会（UNSCEAR）1993より作成

低線量・低線量率のリスク

＝ $\frac{\text{高線量・高線量率のリスク}}{\text{線量・線量率効果係数}}$

線量・線量率効果係数

機関	線量・線量率効果係数
国連科学委員会（UNSCEAR）1993	3より小さい（1～10）
全米科学アカデミー（NAS）2005	1.5
国際放射線防護委員会（ICRP）1990,2007	2

原爆被爆者の調査では、大量の放射線を一度に被ばくした場合の影響を調べています。しかし職業被ばくや、事故による環境汚染からの被ばくの多くは、慢性的な低線量率での被ばくになります。

そこで、マウスを用いて、一度に大量の放射線を受けた場合と、じわじわと少しずつ受けた場合とでは、放射線による発がんのリスクにどのくらいの違いがあるのかを調べる実験が行われました。その結果、がんの種類によって、結果に違いはあるものの、概してじわじわと少しずつ被ばくするほうが影響が小さいことが分かってきました。

線量・線量率効果係数は、それぞれ高線量のリスク（被ばく線量と発生率）から、実際のデータがない低線量におけるリスクを予想する際、あるいは急性被ばくのリスクから慢性被ばくや反復被ばくのリスクを推定する際に用いられる補正值です。この値をいくつにして放射線防護を考えれば良いのかについては、研究者によって様々な意見がありますが、国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告では、補正值として2が使われており、少しずつ被ばくした場合は、一度に被ばくした場合に比べ、同じ線量を受けた場合でも、影響は半分になるとしています。

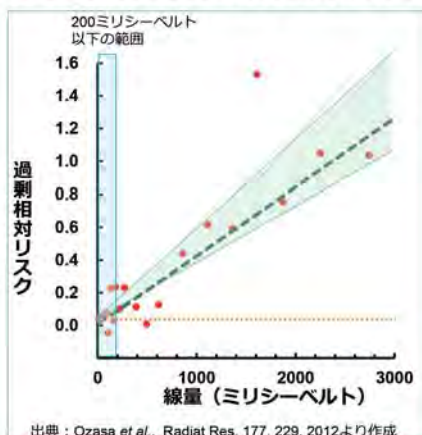
（関連ページ：上巻 P124 「低線量率長期被ばくの影響」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



固形がんによる死亡（原爆被爆者での結果）



過剰相対リスク：放射線を受けなかった集団に比べ、放射線を受けた集団ではどのくらいがん発生のリスクが増加したかを調べたもの

原爆被爆者の健康影響調査の結果から、被ばくした線量が増えると、発がんのリスクが高まることが知られています。固形がんリスクに関する最新の原爆被爆者の疫学調査では、がん罹患リスクは100ミリシーベルト以上で¹、がん死亡リスクは200ミリシーベルト以上で²、線量とリスクに比例関係が見られます。

しかし100～200ミリシーベルトよりも低い線量における関係性については、研究者によっても意見が分かれています。例えば、線量とがんリスクは比例関係にあるのか、それとも実質的なしきい値が存在するのか、あるいは別の相関があるのかは、今後の研究によって明らかになることが期待されます。

（関連ページ：上巻 P99 「相対リスクと寄与リスク」、上巻 P164 「LNT モデルをめぐる論争」）

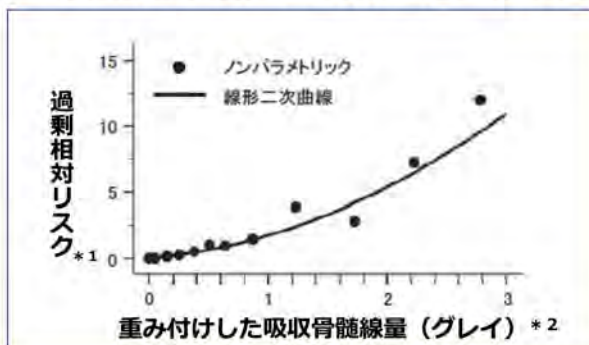
1. E. J. Grant et. al., "Solid Cancer Incidence among the Life Span Study of Atomic Bomb Survivors: 1958-2009" RADIATION RESEARCH 187, 513-537 (2017)
2. K. Ozasa et. al., "Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950-2003: An Overview of Cancer and Noncancer Diseases" RADIATION RESEARCH 177, 229-243 (2012)

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2018年2月28日



広島・長崎原爆被爆者における白血病の線量反応



※1：放射線被ばくを受けた場合の死亡率（または罹患率）の、被ばくを受けなかった場合の死亡率（または罹患率）に対する増加分を示す指標。放射線被ばくによって何倍増えたかを示す。

※2：白血病の場合、重み付けした骨髄線量（中性子線量を10倍したものとγ（ガンマ）線量の和）を使用

出典：Wan-Ling Hsu et al. The Incidence of Leukemia, Lymphoma and Multiple Myeloma among Atomic Bomb Survivors: 1950–2001, RADIATION RESEARCH 179, 361–382 (2013)より作成

原爆被爆者の調査の結果から、慢性リンパ性白血病及び成人T細胞白血病を除いた白血病の線量反応関係は二次関数的であり、線量が高くなるほどリスク上昇が急になる凹型の線量反応が示されています（図中の線形二次曲線）。一方、低線量では、単純な線形線量反応で予測されるよりもリスクは低くなると考えられています。

図中には骨髄吸収線量の線量階級別に求めた過剰相対リスクが黒い点で示されており、線形二次線量反応モデルに基づく過剰相対リスクは黒いラインで示されています。

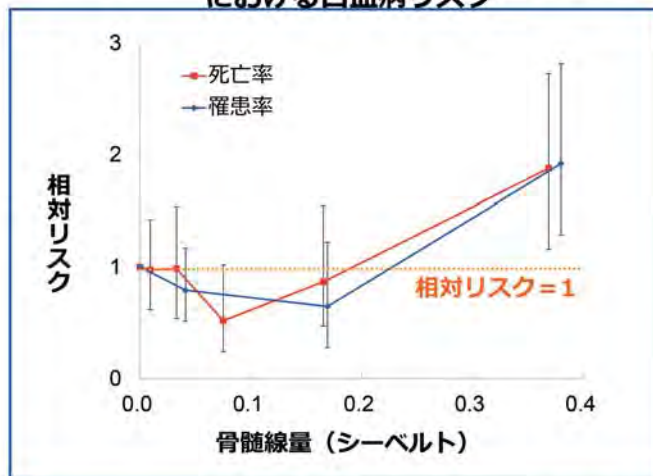
（関連ページ：上巻 P99「相対リスクと寄与リスク」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2018年2月28日



0.4シーベルト以下の線量域での原爆被害者における白血病リスク



出典：国連科学委員会（UNSCEAR）2006年報告書より作成

原爆被爆者における白血病の相対リスク（被ばくしていない人を1としたとき、被ばくした人のリスクが何倍になるかを表したもの）をみると、骨髄線量が0.2シーベルト以下ではリスクの増加は顕著ではありませんが、0.4シーベルト近くでは有意なリスクの増加が認められています。

（関連ページ：上巻 P99「相対リスクと寄与リスク」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日



原爆被爆者の被ばく時年齢別の生涯リスク

被ばく時 年齢	性別	100mSv当たりの がん 死亡生涯リスク (%)	急性被ばくが ない時のがん 死亡生涯リスク (%)	100mSv当たりの 白血病 死亡生涯リスク (%)	急性被ばくが ない時の白血病 死亡生涯リスク (%)
10歳	男	2.1	30	0.06	1.0
	女	2.2	20	0.04	0.3
30歳	男	0.9	25	0.07	0.8
	女	1.1	19	0.04	0.4
50歳	男	0.3	20	0.04	0.4
	女	0.4	16	0.03	0.3

出典：

・ Preston DL et al., Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13: Solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997. Radiat Res., 2003 Oct;160(4):381-407.

・ Pierce DA et al., Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part I. Cancer: 1950-1990 Radiat Res., 1996 Jul;146(1):1-27. より作成

この表は、放射線のリスクについて、原爆被爆者の疫学調査で得られたデータに基づき、がんによる死亡のリスクを生涯リスクとして表したものです。具体的には、急性被ばく100ミリシーベルト当たりのがん死亡と白血病による死亡の生涯リスクを、急性被ばくの無い場合、つまり自然のバックグラウンド線量によるそれぞれの死亡リスクと比較しています。

表から次のようなことが読み取れます。例えば、10歳の男子は、将来30%の確率でがん死亡する可能性があるところ（表の10歳男性のバックグラウンドがん死亡リスク30%）、急性被ばくとして100ミリシーベルトを被ばくすると、被ばくによるがん死亡が2.1%増加して、トータルでは、32.1%のがん死亡のリスクになることを意味しています。

表からは、100ミリシーベルトを急性被ばくした場合、被ばく時の年齢が低いほど、生涯のがんによる死亡のリスクが高い傾向がみられます。

その理由としては、若年者のほうが将来がん細胞に進展する可能性を持つ幹細胞の数が、また、細胞分裂をくり返す頻度が、それぞれ高年齢者と比較して多いことなどがあげられます。

（関連ページ：上巻 P115 「年齢による感受性の差」）

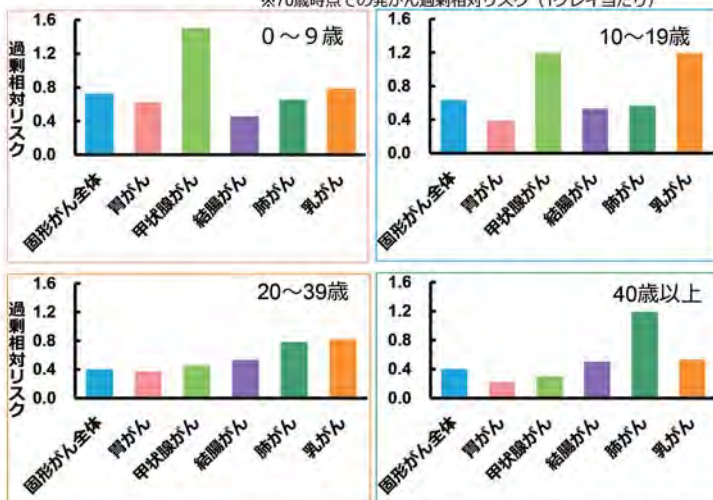
本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2018年2月28日



被ばく時年齢ごとの発がん過剰相対リスク

※70歳時点での発がん過剰相対リスク（1グレイ当たり）

出典：Preston *et al.*, Radiat Res, 168,1, 2007より作成

この図は、原爆被爆者の調査結果を用いて、70歳時点での、1グレイ当たりのがんの過剰相対リスク（被ばくしていない集団に比べ、被ばくした集団ではどのくらいがん発症のリスクが増加するかを表す値）を示しています。

被ばく時年齢によって、リスクが高いがんの種類に違いがあります。（関連ページ：上巻 P99「相対リスクと寄与リスク」）

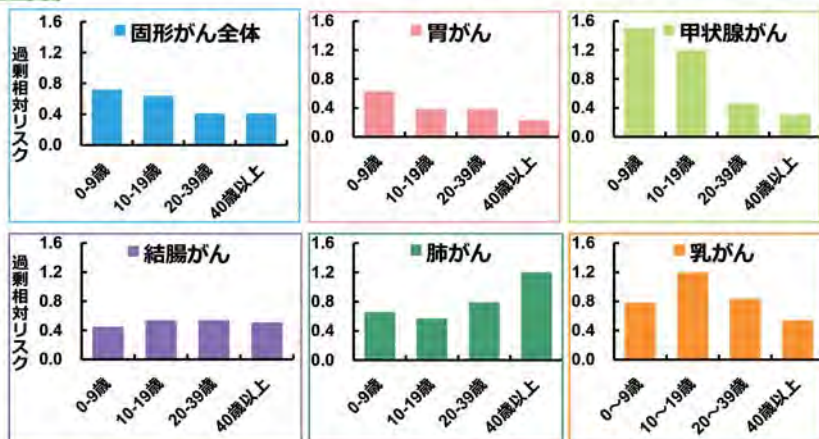
本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



がんの種類ごとの年齢による発がん過剰相対リスク

※70歳時点での発がん過剰相対リスク（1グレイ当たり）



出典：Preston *et al.*, Radiat Res, 168,1, 2007より作成

この図は、原爆被爆者の調査結果を用いて、70歳時点での、1グレイ当たりのがんの過剰相対リスク（被ばくしていない集団に比べ、被ばくした集団ではどのくらいがん発症のリスクが増加するかを表す値）を示しています。

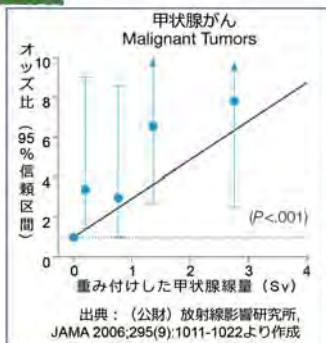
例えば、固形がん全体の0～9歳の過剰相対リスクは0.7程度ですので、1グレイを浴びた集団では、放射線に被ばくしていない集団よりも過剰相対リスクが0.7増加することを意味しています。つまり、放射線に被ばくしていない集団のリスクが1なら、1グレイ被ばくした0～9歳の集団のリスクは1.7倍になることを意味しています。20歳以上では固形がん全体の過剰相対リスクは0.4程度ですので、1グレイ浴びたときにはリスクが放射線に被ばくしていない集団の1.4倍になります。

リスクは、被ばく年齢やがんの種類によって異なることが分かります。

（関連ページ：上巻 P99「相対リスクと寄与リスク」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



甲状腺微小乳頭がんの解析

mGy：ミリグレイ

重み付けした 甲状腺線量	平均 線量 (mGy)	対象 (人)	発見数 (人)	オッズ比※ (95%信頼区間)
<5mGy	—	755	33	1
5～ 100mGy	32	936	36	0.85 (0.52～1.39)
100～ 500mGy	241	445	22	1.12 (0.64～1.95)
500mGy<	1237	236	15	1.44 (0.75～2.67)

出典：Hayashi et al., Cancer, 116, 1646, 2010より作成

※オッズ比：ある事象の起こりやすさを2つの集団で比較したときの、統計学的な尺度。
オッズ比が1より大きいとき、対象とする事象が起こりやすいことを示します。
それぞれの集団である事象が起こる確率をp（第1集団）、q（第2集団）としたとき、
オッズ比は次の式で与えられます。

$$\frac{p}{1-p} \div \frac{q}{1-q} = \frac{p}{1-p} \div \frac{q}{1-q}$$
95%信頼区間が1を含んでいなければ、統計学的に有意であるといえます。

原爆被爆者における甲状腺がんの発症についてオッズ比（ある事象の起こりやすさを2つの集団で比較したときの統計学的な尺度）を見てみると、線量が高くなるほど、甲状腺がんのリスクが高くなることが示されています。

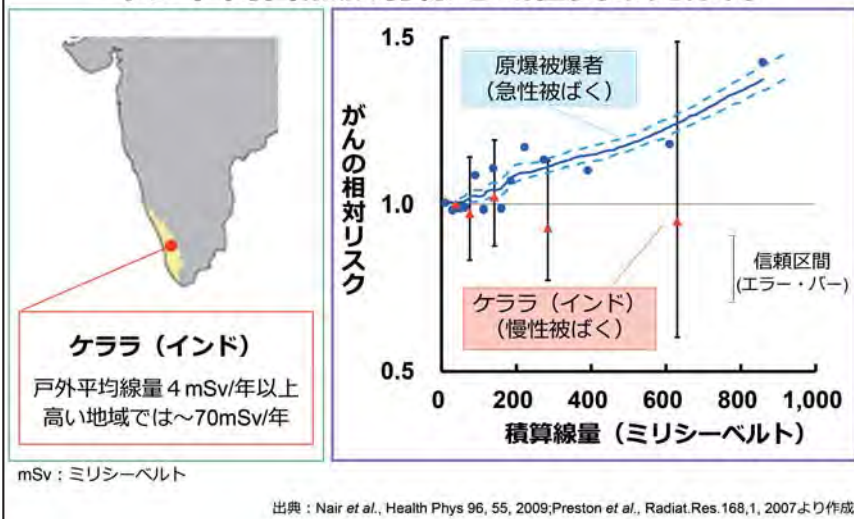
甲状腺微小乳頭がんに限った調査では、重み付けした甲状腺線量で100ミリグレイまではオッズ比が低く、100ミリグレイを超えるとオッズ比は1を若干超えることが示されていますが、有意な差は見られませんでした^{1, 2}。（オッズ比が1より大きいとき、対象とする事象が起こりやすいことを示しますが、このデータでは95%信頼区間に1が含まれているため、統計学的に有意ではありません）。

1. M. Imaizumi, et al., "Radiation Dose-Response Relationships for Thyroid Nodules and Autoimmune Thyroid Diseases in Hiroshima and Nagasaki Atomic Bomb Survivors 55-58 Years After Radiation Exposure" JAMA 2006;295(9):1011-1022
2. Y. Hayashi, et al., "Papillary Microcarcinoma of the Thyroid Among Atomic Bomb Survivors Tumor Characteristics and Radiation Risk" Cancer April 1, 2010, 1646-1655

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

インド高自然放射線地域住民の発がん



低線量率被ばくと高線量率被ばくでは、影響の出方は違うと考えられています。

右図は原爆被爆者のデータと、ケララ（インド）のような高自然放射線地域住民のリスクを比較したのですが、ケララでは積算線量が数百ミリシーベルトになってもがんの相対リスク（被ばくしていない人を1としたとき、被ばくした人のがんリスクが何倍になるかを表した値）の増加が見られません。信頼区間（グラフ上のエラー・バー）の幅も非常に大きいことから、更なる検討が必要ですが、慢性被ばくの場合、急性被ばくよりもリスクが小さくなることが示唆されます（上巻 P116「低線量率被ばくの発がんへの影響」）。

（関連ページ：上巻 P99「相対リスクと寄与リスク」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2018年2月28日



国	白血病症例数		全がん症例数		標準化罹患比 (SIR)	
	観察数	期待数	観察数	期待数	白血病	全がん
汚染地域の住民						
ベラルーシ	281	302	9,682	9,387	93	103
ロシア	340	328	17,260	16,800	104	103
ウクライナ	592	562	22,063	22,245	105	99

出典：国連科学委員会（UNSCEAR）2000年報告より作成

チェルノブイリ原発事故では様々な疾病について放射線影響健康調査が行われました。しかし、白血病については、事故との因果関係は現在までに確認されていません。

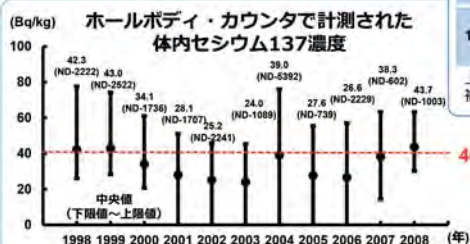
表は1986年から1987年にチェルノブイリ原発事故によって引き起こされた汚染地域の住民における1993年と1994年のがん罹患を分析した調査結果です。3か国において有意な増加が確認されませんでした。汚染地域とは、セシウム137沈着密度が1平方メートル当たり185キロボクセル（kBq/m²）以上の地域を指します。UNSCEAR2000年報告書では、放射線に関係した白血病のリスクの増加は事故処理作業員でも汚染した地域の住民でもみられていないと報告しています。

その後、作業員について、統計学的には有意ではないものの白血病罹患率の相対リスクの上昇がみられたとの研究報告や1986年に雇用された作業員とそれより線量が低かった1987年に雇用された作業員の白血病の罹患率を比較したところ前者のグループは約2倍であったとの研究報告もみられました。このような報告はあるもののUNSCEAR2008年報告書では有意な増加があることを説明するのに決定的であるというにはほど遠いとの見解を示しています。

一般公衆に関しては、胎児か小児期に被ばくした人々における白血病リスクに、測定可能な増加があることを示唆する説得力のある証拠は見いだされていないと報告しています。

本資料への収録日：2019年3月31日

セシウムによる内部被ばく－チェルノブイリ原発事故－



Bq/kg: ベクレルキログラム

出典: Sekitani et al., Radiat Prot Dosimetry, 141, 1, 2010より作成

体内のセシウム137濃度の 季節ごとの変化 (Bq/kg) と被験者数

	1998～2001年	2002～2005年	2006～2008年
3～5月	34.6 (ND-2154.9) 10,993	27.3 (ND-5392.2) 18,722	32.0 (ND-1757.1) 9,284
6～8月	71.5 (ND-399.0) 265	32.2 (ND-393.0) 268	21.2 (ND-271.1) 451
9～11月	40.9 (ND-2521.7) 9,590	33.5 (ND-1089.3) 8,999	44.2 (ND-2229.3) 4,080
12～2月	33.5 (ND-1735.8) 8,971	20.6 (ND-607.0) 6,603	39.8 (ND-1454.3) 6,404

上から平均値 (Bq/kg)、(検出下限値～検出上限値)、被験者数 (人)。NDは検出限界以下。

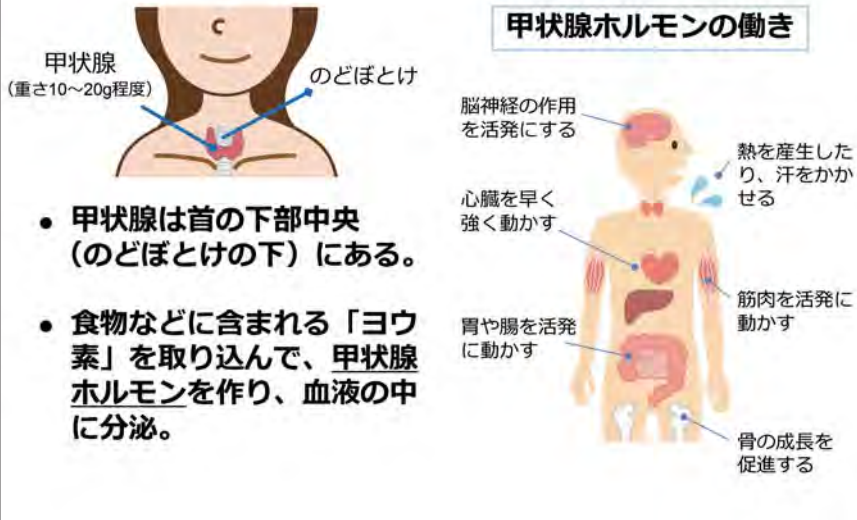
プリヤンスク州では、
1998～2008年の間、
年間平均40Bq/kgの
内部被ばくを認めた

1986年に起こったチェルノブイリ原子力発電所事故では、東京電力福島第一原子力発電所事故よりもはるかに大量の放射性物質が放出されました。事故当初、ソビエト連邦はこの事故を公表せず、周辺住民の避難措置等がとられませんでした。また、事故が起こった4月下旬には、旧ソ連の南部地域では既に放牧が行われていたため、牛乳の汚染等が起きました。

1998年から2008年の間、ホールボディ・カウンタを用いて、プリヤンスク州の住民のセシウム137の体内放射能を測定した結果、期間中の体内セシウム137の中央値は20～50Bq/kgで推移しつつ、2003年まで低下していましたが、2004年から上昇傾向が見られています。これは、特に高度に汚染された地区の住民が2004年以降の測定対象に含まれたことや、立ち入り禁止区域の縮小に伴い、住民が汚染された森に出入りしやすくなっていることなどが一因と考えられますが、いずれにしても、チェルノブイリ原発事故では、セシウム137による被ばくが長期にわたって続いていることが分かります。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



甲状腺は、首の下部中央（のどぼとけの下）にある重さ10～20g程度の小さな臓器です。羽を広げた蝶のような形をしていて、気管を取り囲むように位置しています。甲状腺は、血液中のヨウ素を能動的に取り込み、取り込んだヨウ素を主原料として甲状腺ホルモンを作ります。甲状腺で作られた甲状腺ホルモンは、血液中に分泌され、全身に運ばれて様々な働きをします。

甲状腺ホルモンには、体内のタンパク質合成やエネルギーの代謝の維持促進といった新陳代謝の役割と、子供の体や脳の発育・発達を促進する役割があります。

本資料への収録日：2017年3月31日

● ヨウ素 = 甲状腺ホルモンの原料

1食の摂取量	含まれるヨウ素量
昆布の佃煮 (5~10g)	10~20mg
昆布巻き (3~10g)	6~20mg
ひじき (5~7g)	1.5~2mg
わかめの吸い物 (1~2g)	0.08~0.15mg
海苔2分の1枚 (1g)	0.06mg
昆布だし (0.5~1g)	1~3mg
寒天 (1g)	0.18mg

ヨウ素摂取量 食事摂取基準2015年版

推定平均必要量：0.095mg
推奨量：0.13mg

・日本人の摂取量は
推定約1~3mg/日



出典：Zava TT, Zava DT. Thyroid Res 2011; 4: 14.、「日本人の食事摂取基準（2015年版）策定検討会」報告書 厚生労働省、スーパー図解 甲状腺の病気 法研究 より作成

ヨウ素は甲状腺ホルモンの原料です。ヨウ素は日本人にとって身近な海藻や魚介類に多く含まれています。

厚生労働省発表の「日本人の食事摂取基準」では、ヨウ素は推定平均必要量が1日0.095mg、推奨量が1日0.13mgとされています。日本では、海藻や魚介類を多く摂取する食習慣があるため、必要量に対して十分にヨウ素を摂取していると考えられます（1日推定約1~3mg）。

日常的にヨウ素を摂取していると、常に甲状腺にヨウ素が足りている（充足）状態となります。ヨウ素充足状態では、新たにヨウ素を摂取した場合でもヨウ素の甲状腺への取り込み率は小さく、多くが尿として排出されることが分かっています。

そのため、原子力発電所事故等で放射性ヨウ素が放出された場合、日常的にヨウ素を摂取している集団では、放射性ヨウ素の甲状腺への蓄積が低く抑えられます。

原子力事故等の緊急被ばく時に備え、放射性でないヨウ素を内服に製剤化した安定ヨウ素剤の配布や事前配布の準備が進められています。

本資料への収録日：2017年3月31日

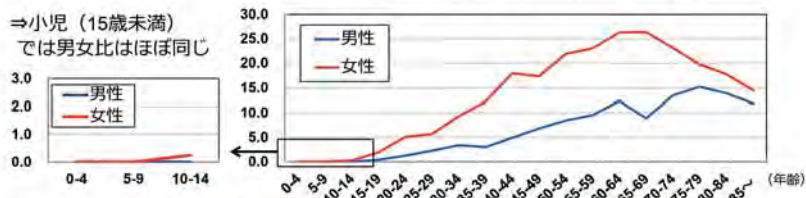
改訂日：2021年3月31日

- 女性に多い（全国推定年齢調整罹患率（対人口10万人）2010）

⇒女性：11.5、男性：4.5（人）

- 若年者から高齢者まで各年齢にみられる

（全国年齢階級別推定罹患率（対人口10万人）2010）



- 生涯にわたり健康に全く影響しない「潜在がん」がある

- 手術後の予後は多くの症例で良好（部位別がん粗死亡率（対人口10万人）2010）

	甲状腺	胃	肝臓	肺	白血病
男性	0.9	53.5	34.9	81.8	7.9
女性	1.7	26.5	17.4	30.0	5.0

出典：国立がん研究センターがん情報サービス「がん登録・統計」より作成

甲状腺がんは、他のがんと比較していくつかの特徴がみられます。

一つの特徴として、全体として女性の罹患率が男性よりも高いこと（女性11.5人：男性4.5人、2010年、全国年齢調整罹患率（対人口10万人））があります。ただし15歳未満では男女比はほぼ同じです。

また、女性の乳がんは40～50歳代の患者が多く、胃がんは男女とも60歳以降に罹患率が高くなることが知られていますが、甲状腺がんは10歳代から80歳代まで幅広く分布していることが特徴です。

さらに、甲状腺がんは生涯にわたり健康に全く影響しない潜在がんがあるがんとして以前から知られています。また、部位別がん粗死亡率（2010年、全国年齢階級別死亡率（対人口10万人）、全年齢）が、他のがんと比べても低く、予後が良いことも特徴の1つです。

本資料への収録日：2017年3月31日

改訂日：2018年2月28日

甲状腺がんは生涯にわたり症状のあらわれない 「潜在がん」がある

※潜在がんとは・・・

進行が遅いために症状が現れず、死亡した後の解剖で初めて発見されるもの。

甲状腺潜在がん

- 甲状腺がんの多くを占める分化がんはがん細胞の増殖が遅いため、一生を通して症状として現れないものもある。
- 過去に日本で行われた剖検研究では、102件の剖検のうち、約28%で潜在的な甲状腺分化がんが見つかったという報告もある。

【参考】日本人が一生の間に甲状腺がん罹患する確率* 女性0.78%、男性0.23%

*わが国における1975年から1999年のがん罹患患者数のデータに基づいて求めた、
一生涯の間に少なくとも1回がん罹患する確率。（加茂他、厚生指標、第52巻6号、2005年6月）

出典：Kamo et al., (2008) Jpn.J. Clin Oncol 38(8) 571-576、Fukunaga et al., (1975) Cancer 36:1095-1099 等より作成

がんには、生涯にわたって健康には影響せず無症状で、臨床的には発見できず、病理組織診断（死亡後の解剖（剖検）を含む）によってはじめて発見されるものがあります。これを潜在がんといいます。

甲状腺がんの多くを占める分化がんは、がん細胞が成熟しているため、増殖が遅く、なかには一生症状が現れないものがあります。このような甲状腺分化がんは、甲状腺がん以外の原因で死亡した人への剖検において初めて潜在がんとして発見されることがあります。

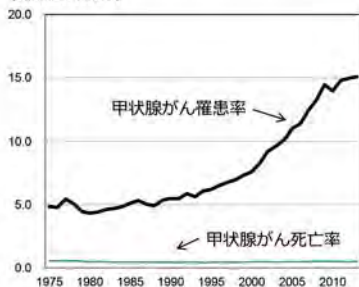
がん登録を用いた解析では日本人が一生の間に甲状腺がんになる確率は、女性で0.78%、男性で0.23%¹ですが、例えば、1975年に仙台で102件の剖検をした結果、29件（有病率28.43%）で潜在的な甲状腺分化がんが見つかったという報告があります²。このことから、甲状腺がんでは生涯にわたり症状のあらわれない潜在がんが多いことがわかります。

1. Kamo et al., "Lifetime and Age-Conditional Probabilities of Developing or Dying of Cancer in Japan" Jpn.J. Clin Oncol 38(8) 571-576, 2008.
2. Fukunaga FH, Yatani R., "Geographic pathology of occult thyroid carcinomas" Cancer 36:1095-1099, 1975.

本資料への収録日：2020年3月31日

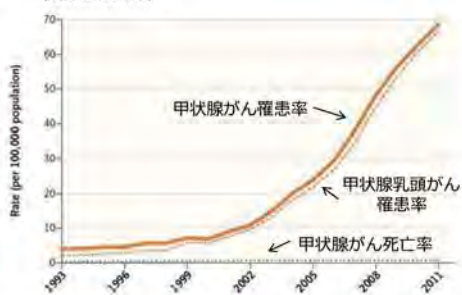
世界各国の罹患率と死亡率 (対人口10万人)

(罹患率・死亡率)
(人口10万人あたり)



アメリカ*1

(罹患率・死亡率)
(人口10万人あたり)



韓国*2

Copyright© 2014 Massachusetts Medical Society. All rights reserved.
Translated with permission.

* 1 : NATIONAL CANCER INSTITUTE, Surveillance, Epidemiology, and End Results Program,
SEER Cancer Statistics Review 1975-2013より作成

* 2 : Ahn HS, N Engl J Med. 2014 Nov 6;371(19):1765-1767より作成

近年、甲状腺がん罹患率の劇的な増加が報告されています。医療調査や保健医療サービスの利用増加と合わせ、新たな診断技術の導入によって、微小な甲状腺がん（微小乳頭がん）が大量に発見されていることがその原因だといわれています。

一方、罹患率の上昇に比べ死亡率はほぼ一定であることから、微小乳頭がんのうち無症状で非致死性のものを多く診断している可能性（過剰診断）が指摘されています¹。

甲状腺がんの罹患率増加は、アメリカ、オーストラリア、フランス、イタリアなど世界中で見られている傾向ですが、特に韓国で顕著に見られます。韓国では1999年から甲状腺がん検査の公的援助が始まり、最先端の検査が低負担で受診できるようになりました。そのため多くの人が受診し、甲状腺がん罹患率の大幅な上昇につながったと考えられます。

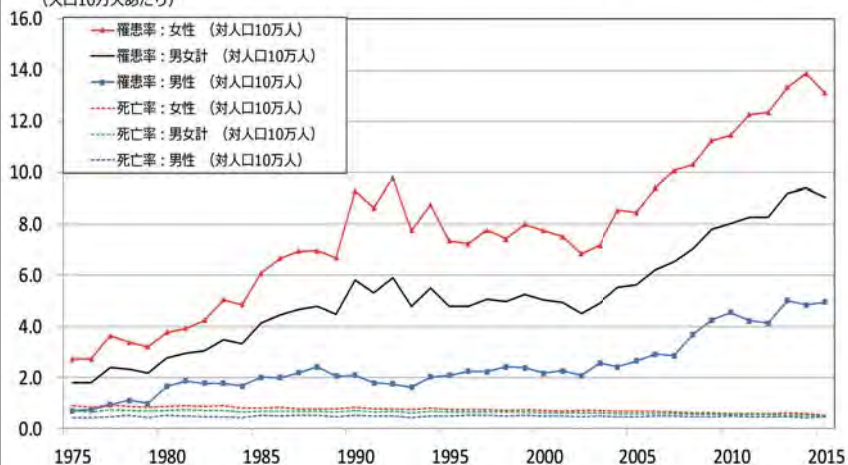
1. International Agency for Research on Cancer "Overdiagnosis is a major driver of the thyroid cancer epidemic : up to 50-90% of thyroid cancers in women in high-income countries estimated to be overdiagnoses" (August 18,2016)

本資料への収録日：2017年3月31日

改訂日：2019年3月31日

日本の年齢調整罹患率と死亡率（対人口10万人）の年次推移

（罹患率・死亡率）
（人口10万人あたり）



出典：国立がん研究センターがん情報サービス「がん登録・統計」より作成

この図は、日本の甲状腺がんの罹患率（一定期間における人口に対する罹患患者の割合）と死亡率の年次推移を示しています。

日本の甲状腺がん罹患率は、男女とも増加傾向が見られます。増加傾向は女性でより顕著で、人口10万人あたり1975年では3人程度だった罹患率が2014年には13人超と増加しています。一方で、甲状腺がんの死亡率は大きな変化は見られず、男女ともに僅かに減少する傾向が見られます。また2010年の男女計の甲状腺がん罹患率は、人口10万人あたりアメリカが約15人、韓国が約60人、日本が約8人となっています（上巻 P131「甲状腺がんの罹患率：海外の例」）。

日本では、従来から甲状腺の検査として、医師による触診が広く行われてきました。しかし近年、人間ドックや集団検診の場での頸部超音波検査の実施が増えています。さらに、最近の超音波診断装置の進歩により、甲状腺検査の診断能力は向上しており、特に腫瘍性病変の発見頻度が上昇しているとの報告があります¹。

1. 志村 浩己, 日本甲状腺学会雑誌, 1(2), 109-113, 2010-10

本資料への収録日：2017年3月31日

改訂日：2020年3月31日

- 2018年9月、国際がん研究機関（IARC）の国際専門家グループが、「原子力事故後の甲状腺健康モニタリングについてのレポート」を公表。
- 将来起こりうる原子力事故の後に甲状腺超音波検査を実施する際の原則を提示するため、甲状腺がんの疫学、臨床等に関する最新の知見がまとめられるとともに、以下の2つの提言がされている。なお、レポートは、過去の原子力事故後に実施されてきた甲状腺超音波検査を評価等するものではない。



提言1

原子力事故後に甲状腺集団スクリーニング※1を実施することは推奨しない

※1 ある特定地域の全住民に対し、甲状腺検査とそれに続く診断とフォローアップ検査の参加者を積極的に募集すること

提言2

原子力事故後、よりリスクの高い個人※2に対して長期の甲状腺健康モニタリングプログラムの提供を検討するよう提言する

※2 胎児期、小児期または思春期（19歳未満）に、100～500 mGy以上の甲状腺線量を被ばくした個人

出典：

- IARC「原子力事故後の甲状腺モニタリングに関する提言」（2018年）
- IARC「原子力事故後の甲状腺健康モニタリングの長期戦略 IARCテクニカル・レポート第46号の概要」（2018年）
（邦訳版 http://www.env.go.jp/chemi/rhm/post_132.html）

より作成

2017年4月、世界保健機関（WHO）の専門機関である国際がん研究機関（IARC）は、各国政策担当者及び医療関係者に対し、放射線被ばくの影響に係る科学的な情報提供と助言を行うことを目的として、原子力事故後の甲状腺モニタリングの長期戦略に関する国際専門家グループを設置しました。

国際専門家グループが2018年9月に公表した「原子力事故後の甲状腺健康モニタリングについてのレポート」では、甲状腺がんの疫学、臨床等に関する最新の知見等がまとめられるとともに、現在の科学的根拠と過去の経験に基づいて将来起こりうる原子力事故の後の甲状腺健康モニタリングの長期戦略に関して二つの提言が示されています。

一つ目の提言では、特定地域の全住民に対して、甲状腺超音波検査に参加するよう積極的に募集する甲状腺集団スクリーニングの実施は推奨しないとしています。

二つ目の提言では、胎児期、小児期または思春期に100～500mGy以上の甲状腺線量を被ばくしたより高いリスクの個人に対して、長期の甲状腺健康モニタリングプログラムの提供を検討するよう提言しています。ここでの甲状腺健康モニタリングプログラムとは、集団を対象としたスクリーニングとは異なるもので、「ヘルスリテラシーを向上させるための教育、参加者の登録、甲状腺検査及び臨床管理についての集中的なデータ収集を含む」と定義されており、検査対象となる本人が疾患を早期発見して進行度の低いうちに治療する利益を得る目的で甲状腺検査を受けるか否か、またその方法を選ぶことができるとしています。また、「甲状腺がんについて不安を抱く低リスクの個人の中には、安心を求めて甲状腺超音波検査を受ける者もいるだろう。低リスクの個人が、甲状腺超音波検査の潜在的な利益と不利益について詳細な説明を受けた上で、検査を希望するならば、整備された甲状腺健康モニタリングプログラムの枠組みの中で甲状腺超音波検査の機会を与えられるべきである。」と補足されています。

なお、このレポートは過去の原子力事故後に実施されてきた甲状腺超音波検査を評価等するものではありません。

本資料への収録日：2020年3月31日

- 放射線被ばくとは関係なく、日本人が一生の間に甲状腺がんになる確率*は、

- 女性で0.78%、男性で0.23%

(Kamo et al., (2008) Jpn J. Clin Oncol 38(8) 571-576)

*わが国における1975年から1999年のがん罹患患者数のデータに基づいて求めた、
一生涯の間に少なくとも1回がん罹患する確率。(加茂他、厚生労働省、第52巻6号、2005年6月)

- 甲状腺への線量が1,000ミリシーベルトの場合、甲状腺がんになる確率の増分は、

- 女性で0.58~1.39%、男性で0.18~0.34% **

(UNSCEAR2006年報告書別添書A)

** 確率の増分を計算する手法は複数ある。女性の場合、男性の場合ともに、
下端がEARモデル、上端がERRモデルと呼ばれる手法で推計された値。

しかし、低線量の甲状腺被ばくにおいては、他の要因による発がんの影響で隠れてしまうため、リスクの増加を科学的に証明することは難しいとされています。

日本人が一生の間に甲状腺がんになる確率は女性で0.78%、男性で0.23%です。これは、1975年から1999年の間の我が国のがん罹患患者数のデータのうち、甲状腺がんの罹患患者数に基づいて求められた、一生涯の間に少なくとも1回甲状腺がん罹患する確率を表しています。がんの危険性を一般の人々に分かりやすく説明する指標として考えられたものです。

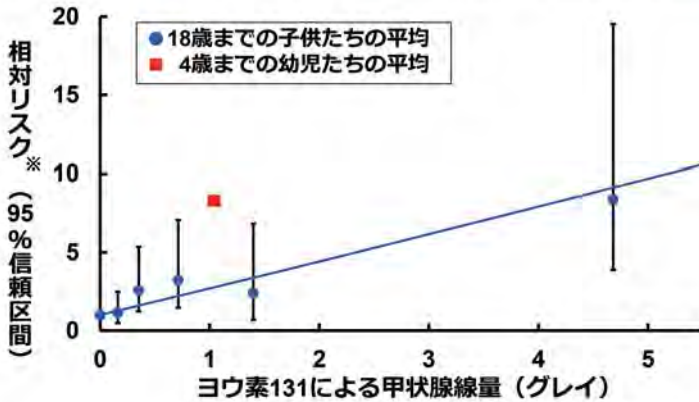
もし、甲状腺に1,000ミリシーベルトの被ばくをした場合、甲状腺がんになる確率は、女性で0.58~1.39%、男性で0.18~0.34%増加します。

しかし、甲状腺への被ばく線量が小さい場合は、他の要因による発がんの影響で隠れてしまうため、リスクの増加を科学的に証明することは難しいとされています。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

甲状腺がんとヨウ素131による被ばく線量の線量効果関係
(ウクライナにおけるチェルノブイリ原発事故のコホート研究により推定)



出典：Brenner et al., Environ Health Perspect 119, 933, 2011より作成

※相対リスクとは、被ばくしていない人を1としたとき、被ばくした人のがんリスクが何倍になるかを表す値です。

チェルノブイリ原発事故による子供たちの内部被ばく線量と甲状腺がんのリスクの関係に関しては、図のような研究結果が示されています。

それは、甲状腺が1グレイの放射線を受けると、甲状腺がんになる可能性が約3倍になるというものです。この研究では、この3倍という数値は18歳までの子供たちの平均であり、幼児（＜4歳）の場合には、これよりも高くなる（図の■）とされています。

（関連ページ：上巻 P99「相対リスクと寄与リスク」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



安定ヨウ素剤	1グレイ（Gy）での過剰相対リスク※ （95%信頼区間）	
	土壌中ヨウ素濃度 が高い地域	土壌中ヨウ素濃度 が低い地域
投与なし	2.5 (0.8-6.0)	9.8 (4.6-19.8)
投与あり	0.1 (-0.3-2.6)	2.3 (0.0-9.6)

出典：Cardis et al., JNCI, 97, 724, 2005より作成

※過剰相対リスクとは、相対リスクから1を引いた値です。相対リスクは、被ばくしていない人を1としたとき、被ばくした人のがんリスクが何倍になるかを表す値です。

この表のように、土壌中のヨウ素濃度が高い地域に比べ、ヨウ素濃度が低く、ヨウ素の摂取量が少ない地域では、1グレイ当たりの甲状腺がんの過剰相対リスクが高いという報告もあります。このデータが得られたチェルノブイリ周辺地域は内陸に位置しており、周辺に海がないため、土壌中のヨウ素濃度が低く、ヨウ素を多く含む海藻や海の魚を食べる習慣にも乏しい地域です。

一方で日本の場合には、全体的にチェルノブイリ周辺地域より土壌中のヨウ素濃度が高い上、ヨウ素の摂取量が海外諸国に比較して多くなっています。そのため、チェルノブイリ周辺地域でのこのようなデータがそのまま当てはまるわけではありません。

（関連ページ：上巻 P99「相対リスクと寄与リスク」、上巻 P128「ヨウ素について」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



国	人数 (千人)	平均実効線量 (mSv)		平均甲状腺 線量 (mGy)
		外部 被ばく	内部被ばく (甲状腺以外)	
ベラルーシ	25	30	6	1,100
ロシア	0.19	25	10	440
ウクライナ	90	20	10	330

mSv：ミリシーベルト mGy：ミリグレイ

出典：国連科学委員会（UNSCEAR）2008年報告より作成

チェルノブイリ原発事故に際して避難を余儀なくされた人々では、甲状腺の被ばく線量は高く、平均で約490ミリグレイと推定されています。避難地域以外の旧ソビエト連邦に居住していた人々の平均甲状腺被ばく線量は約20ミリグレイであり、そのほか欧州諸国に暮らす人々の線量（約1ミリグレイ）よりもはるかに高い結果になりました。

子供では平均甲状腺被ばく線量がさらに高いと推定されています。これは、事故直後から2～3週間にわたって、ヨウ素131で汚染した牛乳を飲んだこと等が主な原因です。

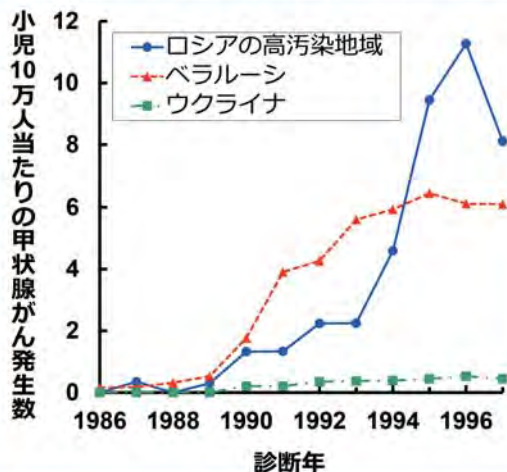
甲状腺被ばく以外の内部被ばくと外部被ばくの実効線量は、平均で約31ミリシーベルトでした。それぞれベラルーシでは約36、ロシアでは約35、ウクライナでは約30ミリシーベルトでした。平均甲状腺被ばく線量同様、平均実効線量はウクライナやロシアよりもベラルーシにおいて高いことが分かっています。

（関連ページ：上巻 P138 「小児甲状腺がんの発症時期－チェルノブイリ原発事故－」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

小児甲状腺がん（チェルノブイリ原発事故）



甲状腺

ヨウ素は甲状腺ホルモンの材料

事故の4～5年後に
小児甲状腺がんが発生し始め、
10年後には10倍以上に増加

出典：国連科学委員会（UNSCEAR）
2000年報告書より作成

チェルノブイリ原発事故では、爆発によって放射性物質が大量に飛び広がりました。その中で健康被害をもたらしたのは、主には放射性ヨウ素であったといわれています。

地上に降り注いだ放射性ヨウ素を吸入したり、食物連鎖によって汚染した野菜や牛乳、肉を食べた子供たちの中で、小児甲状腺がんが発生しました。特に、牛乳に含まれていたヨウ素131による内部被ばくに由来するところが大きかったといわれています。

ベラルーシやウクライナでは、事故後4～5年ごろから小児甲状腺がんが発生し始め、15才未満の甲状腺がん罹患率は、1986～1990年の5年間に比べ、1991～1994年は5～10倍に増加しました。

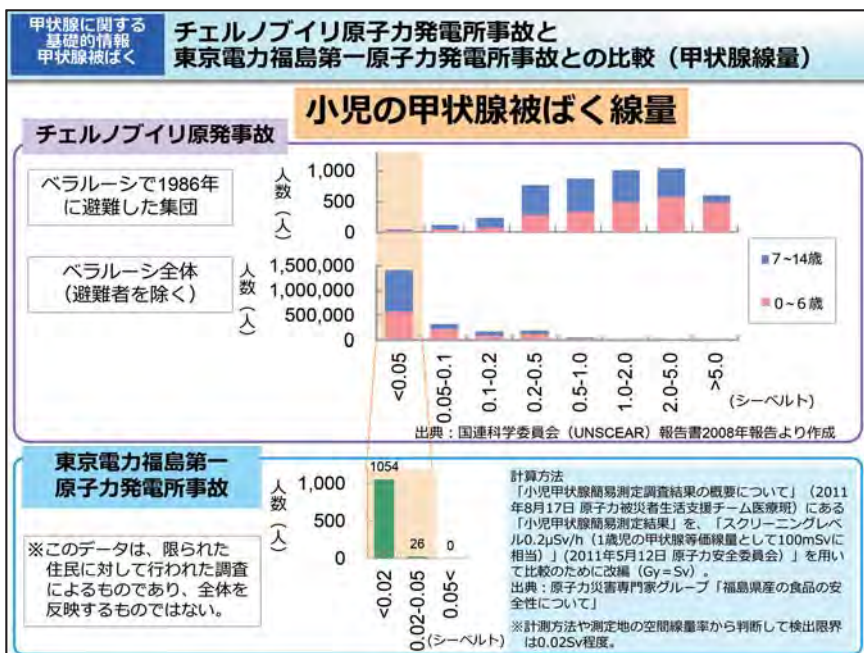
なお、ベラルーシとウクライナは全国の小児10万人当たりの甲状腺がんの発生数であるのに対し、ロシアは汚染が高い特定の地域のみ的小児10万人当たりの甲状腺がんの発生数となっています¹。また UNSCEAR はチェルノブイリ事故後の小児及び青年で観察された甲状腺がん症例について、最も影響を受けた3つの国（ロシア、ウクライナ、ベラルーシ）が提供した最新情報から、過剰相対リスクを相対リスクで割った値（上巻 P99「相対リスクと寄与リスク」）を算出し、事故によって最も汚染された地域の事故当時小児および青年の集団に発症した甲状腺がん症例のうち、放射線被ばくに起因する割合を、0.25程度（25%）と推定しました²。

（関連ページ：上巻 P127「甲状腺について」、上巻 P137「避難集団の被ばくーチェルノブイリ原発事故ー」）

出典： 1. UNSCEAR2000年報告書附属書
2. UNSCEAR「Chernobyl 2018 White Paper」

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2021年3月31日



東京電力福島第一原子力発電所事故で、子供たちの甲状腺が放射性ヨウ素によりどのくらいの被ばくをしたのか、正確に評価することは大変難しいですが、事故後約2週間の時点で行われた小児甲状腺被ばく線量のスクリーニング調査の結果を用いると、おおよそのことが推定できます。

この事故後2週間の時点でのスクリーニング調査は、甲状腺線量が高いと予想された川俣、いわき、飯館の15歳以下の1,080人の子供たちに対し、サーベイメータを用いて行われたものです。

その結果、原子力安全委員会（当時）が設定したスクリーニングレベルを超える子供はいないこと、検査を受けた子供全員の甲状腺被ばく線量が50ミリシーベルト以下であることが分かりました。

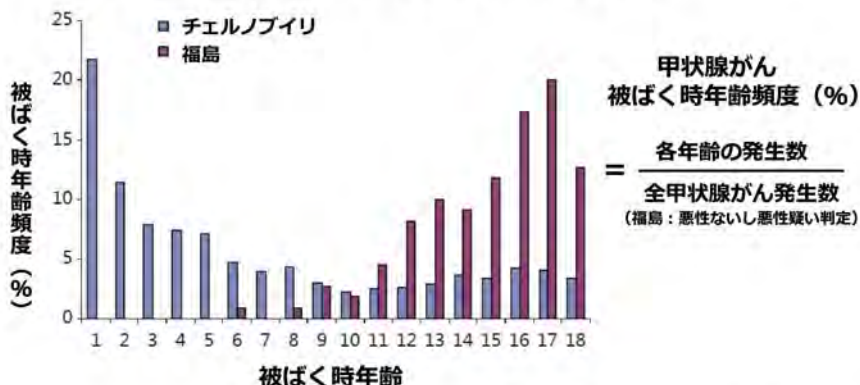
国連科学委員会（UNSCEAR）によるチェルノブイリ原発事故での甲状腺被ばく線量に関する解析では、50ミリシーベルト以下の線量域は最も小さい線量域として扱われています。小児甲状腺がんの発生の増加が見られたベラルーシでの小児甲状腺被ばく線量は、特に避難した集団で0.2～5.0あるいは5.0シーベルト以上といった値が示されており、福島県で調査された甲状腺被ばく線量より二桁も大きい値となっています。

（関連ページ：上巻 P140「チェルノブイリ原子力発電所事故と東京電力福島第一原子力発電所事故との比較（被ばく時年齢）」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2017年3月31日

● チェルノブイリと福島で観察された
小児甲状腺がんの被ばく時年齢頻度分布
（各地域の発生数に占める、被ばく時年齢別の発生割合）



出典：Williams D. Eur Thyroid J 2015;4:164-173より作成

図は、チェルノブイリ原発事故後に発生した甲状腺がんの事故当時年齢別の頻度と東京電力福島第一原子力発電所事故（福島原発事故）後の3年間で診断された甲状腺がんの18歳以下における事故当時年齢別頻度を比較したものです。（図中の％は「その地域での発生数全体のうち、各年齢の発生数が全体の何％を占めているか」という年齢別割合です。全年齢を合計すると100％となります。）チェルノブイリでは福島のように統一された甲状腺検査が実施されていないこと、また対象人数や観察期間が示されていないことなどから、正確に頻度を比較することはできませんが、年齢分布には明らかな違いがあることがわかります。

一般的に放射線によって誘発される甲状腺がんは、被ばく時年齢が低いほど（特に5歳以下）高リスクであることが知られています（上巻 P121「被ばく時年齢別がんリスク」）。チェルノブイリでは被ばく時年齢がより低いほど、甲状腺がん頻度の高い傾向が見られました。一方、福島では事故後の3年間に於いて、低年齢層では甲状腺がん頻度の上昇は見られず、年齢の上昇に伴う頻度の上昇が認められました。これは通常の甲状腺がんの罹患率の上昇パターンと同じです（上巻 P129「甲状腺がんの特徴」）。

Williams によると日本はチェルノブイリ周辺地域と比べてヨウ素の日常的な食事摂取量が多いこと、また、子供の甲状腺被ばく推定線量の最大値がチェルノブイリとは大きく違うこと（福島：66ミリグレイ、チェルノブイリ：5,000ミリグレイ）からも、福島原発事故後の3年間で見つかった甲状腺がんは、原発事故の放射線の影響によるものではないと示唆されています。

（関連ページ：上巻 P139「チェルノブイリ原子力発電所事故と東京電力福島第一原子力発電所事故との比較（甲状腺線量）」）

本資料への収録日：2017年3月31日

専門家会議（※）中間取りまとめ（2014年12月）では、福島県「県民健康調査」甲状腺検査先行検査で発見された甲状腺がんについて、以下の点を考慮し、「原発事故由来のものであることを積極的に示唆する根拠は現時点では認められない。」と評価しています。

（※）東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う住民の健康管理のあり方に関する専門家会議

- i) 今回の原発事故後の住民における甲状腺の被ばく線量は、チェルノブイリ事故後の線量よりも低いと評価。
- ii) チェルノブイリ事故で甲状腺がんの増加が報告されたのは事故から4～5年後のことであり、「先行検査」で甲状腺がんが認められた時期とは異なる。
- iii) チェルノブイリ事故で甲状腺がんの増加が報告されたのは主に事故時に乳幼児であった子どもであり、「先行検査」で甲状腺がん又は疑いとされている者に、乳幼児はいない。
- iv) 一次検査の結果は、対象とした母集団の数は少ないものの三県調査の結果と比較して大きく異なるものではなかった。
- v) 成人に対する検診として甲状腺超音波検査を行うと、罹患率の10～50倍程度の甲状腺がんが発見される。

出典：「東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う住民の健康管理のあり方に関する専門家会議」中間取りまとめ（2014年12月）
(<http://www.env.go.jp/chemi/rhm/conf/tyuukanntorimatomesegohyouhannet.pdf>)

東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う住民の健康管理のあり方に関する専門家会議では、線量把握・評価、健康管理、医療に関する施策のあり方等を専門的な観点から検討しています。

2014年12月に中間取りまとめを公表し、その中で「県民健康調査」の甲状腺検査先行検査で発見された甲状腺がんについては、「原発事故由来のものであることを積極的に示唆する根拠は現時点では認められない。」と評価しています。

なお、甲状腺検査の継続の必要性については、「被ばく線量の推計における不確かに鑑み、放射線の健康管理は中長期的な課題であるとの認識の下で、住民の懸念が特に大きい甲状腺がんの動向を慎重に見守っていく必要がある。」と指摘しています。

（関連ページ：下巻 P141「甲状腺検査 先行検査結果に対する見解」）

本資料への収録日：2018年2月28日

改訂日：2019年3月31日

- ・ 将来の不確実性
- ・ 住居及び職場の安全の不確実性
- ・ 社会の偏見
- ・ メディアの影響
- ・ 風土や慣習の違い

放射線災害特有



- ・ 災害予告ができない
- ・ 被害の範囲の把握が困難
- ・ 将来出現するかもしれない放射線影響

出典：原子力規制委員会（旧原子力安全委員会）被ばく医療分科会 心のケア及び健康不安対策検討会
第3回会合資料3-2号「チェルノブイリ事故時の心のケアについて」より作成

<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/8422832/www.nsr.go.jp/archive/nsc/senmon/shidai/kokoro/kokoro003/siryo2.htm>

一般的に、被災者のストレスの要因というのは、将来の不確実性、住居及び職場の安全の不確実性、社会の偏見、メディアの影響、風土や慣習の違い等があると考えられています。これに加えて、放射線災害の場合は、災害予告ができない、被害の範囲の把握が困難、将来出現するかもしれない放射線影響、というストレス要因が加わります（上巻 P143 「放射線事故と健康不安」）。

特に、将来出現するかもしれない放射線影響というのは、いつかがんになるかもしれないという不安を長い間抱えるので、大きなストレスになります。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2017年3月31日

放射線事故によって生じる不安

- ・「放射線」による健康影響への不安
- ・子供の現在及び将来における健康影響への不安

不安の長期化によるこころへの影響

- ・メンタルヘルスが悪化する可能性
- ・母親の不安が子供の精神状態や成長に影響を及ぼす可能性

不安を増大させる要因

- ・信頼できる情報を入手できない
- ・科学的に正確ではない情報による混乱
- ・烙印（スティグマ）と偏見（ステレオタイプ）

放射線事故が起こった場合、放射線に被ばくした可能性があるのか、被ばくした場合、どのくらい被ばくしたのか、その結果起こる健康影響はどのようなものなのか、不安を感じます。特に保護者らは、子供の現在及び将来への健康影響に不安を抱えます。

将来出現するかもしれない放射線の影響による不安が長く続いた結果、メンタルヘルスが悪化します。母親の不安が子供の精神状態や成長に影響を及ぼす可能性も指摘されています（上巻 P106「子供への影響－チェルノブイリ原発事故－」）。

また、放射線に関する信頼できる情報や、正確な情報を、的確に入手できないことにより、不安感が高じる場合もあるようです。さらに、汚染や被ばくを受けた住民に対する社会からのいわれなき烙印（スティグマ）や偏見（ステレオタイプ）が、メンタルヘルスをさらに悪化させると報告されています^{1, 2}。

1. 福島県精神保健福祉センター「福島県 心のケアマニュアル」

2. Werner Burkart (Vienna) "Message to our friends affected by the nuclear component of the earthquake/tsunami event of March 2011 (August 26, 2013)" (Werner Burkart : Professor for Radiation Biology at the Faculty of Medicine of the Ludwig Maximilians University in Munich, Former Deputy Director General of the International Atomic Energy Agency (IAEA))

(http://japan.kantei.go.jp/incident/health_and_safety/burkart.html)

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2017年3月31日

放射線問題が精神面に与える影響として考えられること：

- 放射線に対して親が不安になるのは子育てに熱心である証拠
- 放射線のことを過剰に心配すると、親の不安が子供の心身に影響を与えることがある

チェルノブイリ原発事故による

胎児被ばくと神経心理学的障害については：

- 事故時に胎児であった子供への神経心理学的障害については、研究結果が一致していない
- 被ばくによって胎児のIQに影響があったという報告もあるが、甲状腺の被ばく線量とIQの間に相関はなかった

出典：・Kolominsky Y et al., J Child Psychol Psychiatry, 40（2）:299-305, 1999より作成

チェルノブイリ原発事故時に胎児であった子供たちを対象とした研究では、神経心理学的影響について調査が行われているものもあります。

必ずしも研究結果は一致していませんが、原発事故の影響により子供の情緒障害があったとする報告でも、放射線による被ばくが直接の影響ではなく、保護者の不安等その他の影響が要因として指摘されています（上巻 P106「子供への影響－チェルノブイリ原発事故－」）。

（福島県における子どものこころの健康度に関する調査結果は、下巻 P153「こころの健康度・生活習慣に関する調査 わかってきたこと（4/5）」を参照）。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日

住民との対話からの結論 1 (国際放射線防護委員会 (ICRP) の見解)

- 住民が事故の影響に関する情報を理解、評価でき、また放射線被ばくを減らすために周知された対策が行えるには、放射線防護の文化を醸成することが重要である、とのことが参加者の間で認識された。
- 住民自身がどこでいつどのように放射線に被ばくするかを知ることができるように、放射線状況についてのより詳しい把握が必要であることが認識された。
- 若い世代の県外避難と農業放棄の加速がもたらす将来の人口動態に対する強い危機意識が、参加者により強調された。
- 参加者は、事故の影響を受けた地域の人々、とりわけ結婚適齢期の人々が結婚し、子供を持つことに対する差別の問題について、強く語った。
- 伝統的でありかつ一般的に行われている山菜の採集は、福島のコミュニティの絆を維持する上で文化的に重要である、と確認された。

出典：Lochard, J (2012) 第27回原安協シンポジウム資料より作成

被災者の心理的支援には、現実的な問題の解決を助けたり、対処に役立つ情報を提供することが有効であることが知られています。

原子力災害の場合は、問題となる放射線影響を理解したり、放射線防護のための方策を考える上で、専門的な知識を必要とします。

チェルノブイリ原発事故でも、そして東京電力福島第一原子力発電所事故後も、専門家と地域住民との対話が行われていますが、専門家からのサポートにより、被災者自身が放射線の問題を解決できるようになると、心理的ストレスの低減にも大きな効果があると考えられています。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2017年3月31日

住民との対話からの結論 2 (国際放射線防護委員会 (ICRP) の見解)

- 地域コミュニティと住民から提案されている生活環境改善のためのプロジェクトを支援する仕組みを確立する。
- 復興のための活動を決定するに当たってコミュニティの優先度が考慮されるよう支援し、地域事情に関する彼らの認識を踏まえて、現在と将来の利益をサポートする。
- 人々が自ら判断することができるように、個人の内部被ばくと外部被ばくを測定すること、さらにその情報と機器を供与することの努力を継続する。
- 食品問題に関与する全ての関係者（生産者、流通関係者、消費者）の間で対話を恒久的に継続するためのフォーラムを創る。
- 子供たちの間で放射線防護の文化を形成することに対し、父母、祖父母そして教師の関わりを促す。
- 国内外の利害関係者（ステークホルダー）との協力関係と対話を強化する。

出典：Lochard, J (2012) 第27回原安協シンポジウム資料より作成

放射線防護の専門家と東京電力福島第一原子力発電所事故の被災者との対話の成果として、国際放射線防護委員会（ICRP）から具体的な提案が行われています。その中には、地域社会の優先の反映、被ばく線量に関する情報と機器の提供、食品に関する継続的フォーラムの創生、放射線防護の文化形成等が含まれています。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2017年3月31日

メンタルヘルスへの影響のまとめ



チェルノブイリ原発事故20周年として
2006年に公表された世界保健機関（WHO）の報告書

- 被災者の集団ストレス関連疾患として、うつ状態、心的外傷後ストレス障害（PTSD）を含む不安、医学的に説明されない身体症状が、対照群に比較して増えている
- メンタルヘルスへの影響は、チェルノブイリ原発事故で引き起こされた、最も大きな住民の健康問題である

出典：World Health Organization: Mental, psychological and central nervous system effects. Health effects of the UN Chernobyl accident and special health care programmes: report of the UN Chernobyl forum expert group "Health"(eds. Bennett B., et al), 93-97, WHO, Geneva 2006.より作成

原子力災害の心理的影響としてよく挙げられる事例に、チェルノブイリ原発事故による影響があります。

国際原子力機関（IAEA）や世界保健機関（WHO）による取りまとめでは、放射線による直接の健康影響よりも心理的影響のほうが大きかったとされています。

チェルノブイリ原発事故後、精神的ストレスから身体不調を訴えた人が多く見られました。これは、放射線の影響だけが原因というわけではなく、当時ソビエト連邦の崩壊によって社会・経済が不安定化し、人々に大きな精神的ストレスが加わったこと等、複数の要因が複雑に絡み合った結果であると考えられています。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2017年3月31日

世界保健機関（WHO）2006年報告書における検討



- ① ストレス関連症状
- ② 発育中の脳への影響についての不安(胎児影響)
- ③ 汚染除去作業員への影響
 - 高い自殺率
 - 脳の機能性障害の懸念があるとする学者も存在

出典：World Health Organization: Mental, psychological and central nervous system effects. Health effects of the UN Chernobyl accident and special health care programmes: report of the UN Chernobyl forum expert group "Health"(eds. Bennett B., et al), 93-97, WHO, Geneva 2006.より作成

原子力災害で、ストレスによりどのような精神医学的影響が見られたのか、世界保健機関（WHO）報告書のまとめでは4つに要約しています。

1つ目はストレス関連症状です。被ばく者集団では、説明できない身体症状や自己評価による健康不良を申告する割合が対象集団の3～4倍に上がったとの研究報告があります。

2つ目は、事故発生時に妊娠中であった母親たちが、生まれてきた子供の脳の機能への影響を非常に気にしていることが分かっています。例えば、母親たちに「自分の子供は記憶力に問題を抱えていると思うか」といったアンケートでは、そう思うと答えた母親は、非汚染地区（7％）に比べ、強制避難地区（31％）では4倍になりました。

3つ目と4つ目は、汚染除去作業員に見られた影響です。

汚染除去作業に参加したエストニア人4,742人について追跡調査を行ったところ、1993年までに、がんの発生率と死亡率の増加は認められませんでした。144人の死亡が確認され、その19.4％が自殺であることが分かりました。

またある研究グループからは、最も高い線量に被ばくした汚染除去作業員に脳の機能性障害が見られたという報告があります。しかしこのような所見には科学的な正確性を欠いているという指摘も有り、個々の研究者によって確認されているわけではありません。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2018年2月28日

Brometら（2011）によるまとめ



- (1) 事故直後の処理や汚染除去に参加した作業者は、事故から20年経過してもまだ抑うつと心的外傷後ストレス障害（PTSD）の割合が高い。
- (2) 高汚染地域の子供の精神医学的影響については研究によって結果は様々。
- (3) 一般集団についての研究では、自己申告による健康状態の不調、臨床的あるいは前臨床的な抑うつ、不安、及びPTSDの割合が高い。
- (4) 子供たちの母親は、主に家族の健康のことがいつまでも気になっていて、精神医学的な高リスクグループにとどまっている。

出典：Bromet EJ, JM Havenaar, LT Guey. A 25 year retrospective review of the psychological consequences of the Chernobyl accident. Clin Oncol 23, 297-305, 2011より作成

チェルノブイリ原発事故によりどのような精神医学的影響が見られたのか、精神医学と予防医学を専門とする研究グループが2011年に論文を発表しました。

事故直後に現場で作業した高いレベルの放射線に被ばくした集団は、事故から20年経過してもまだ抑うつと心的外傷後ストレス障害（PTSD）の割合が高いことが分かっています。事故発生時に、原発周辺に住んでいた、あるいは高汚染地域に住んでいた幼児や胎児への影響は、研究によって結果は様々です。例えば、胎内被ばくした子供たちについて、キエフ、ノルウェー及びフィンランドで行われた研究結果では、特異的な精神心理学的及び心理学的障害があったことを示唆していますが、他の研究ではそのような健康障害は見つかっていません。また一般集団の研究では、自己申告による健康状態の不調、臨床的あるいは前臨床的な抑うつ、不安及び心的外傷後ストレス障害の割合が高いことが分かっています。そして母親は、主に家族の健康のことがいつまでも気になっていて、精神医学的観点からは、高リスクグループにとどまっています。

チェルノブイリ原発事故の場合は、こうした症状の原因全てが、放射線への不安に帰するわけではありません。政府への不信、不適切なコミュニケーション、ソ連崩壊、経済問題及びそのほかの要因が関係していますし、おそらくはそのうちの一つが原因というよりは、いくつかが複合的に作用していると考えられます。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2017年3月31日

世界保健機関（WHO）2006年報告書：
不安等のメンタルヘルスが、地域保健上の最大の問題



これに対し



WHO2006年報告書以降、国際的な調査の減少に対する懸念も

- ① WHO報告書の見解よりも、チェルノブイリ原発事故による身体的影響被害は大きい可能性があり、今後も国際的な調査が必要であるとの指摘*1
- ② WHOの見解が、汚染地域由来の食品への警戒を弱め、今後の調査研究を妨げる原因になっているという批判*2

*1：根拠となっているのは、ウクライナのRivne州で、神経管欠損の発生率が、10,000人出生当たり22.2人と、ヨーロッパで最大となっている点である。(Vertelecki, Pediatrics, 125, e836, 2010)
しかし、この原因については今のところ明らかではない。

*2：Holt, Lancet, 375, 1424 - 1425, 2010

世界保健機関（WHO）報告書等では、不安等のメンタルヘルス面が強調されるあまり、身体的影響に関してなおざりになっているのではないかという論旨の報告も示されています。

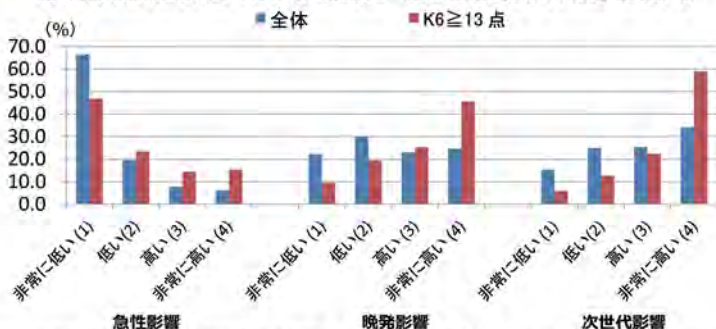
その大きな根拠になっているのは、ウクライナのRivne州で暮らす「森の住民」と呼ばれるポーランド系孤立集落の人々において、特に神経管欠損の発症率が高くなっているという報告です。近親婚の影響も疑われていることや、神経管欠損は、葉酸欠乏や母親の飲酒によっても起こるため、Rivne州の神経管欠損が、チェルノブイリ原発事故由来の放射線によるものか、そのほかの影響によるものか、あるいは複合影響なのかは分かっていません。

（関連ページ：上巻 P107 「奇形誘発に関する知見－チェルノブイリ原発事故－」）

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日

2011年度県民健康調査「こころの健康度・生活習慣に関する調査」結果から



※K6は全般的な精神健康度を測る自記式尺度で、13点以上の場合、うつ症状や不安症状が強いことを示している。

- ・全体としては、急性影響については、可能性は極めて低いと答えた人が多く、晩発影響については、意見が分かれ、次世代影響については、極めて高いと答えた人が最も多かった。
- ・精神的不調の人では、どのタイプの影響についても、可能性が極めて高いと答えた人の割合が多かった。

Suzuki Y, et al., Bull World Health Organ, 2015 より作成
(<https://www.who.int/bulletin/volumes/93/9/14-146498.pdf>)

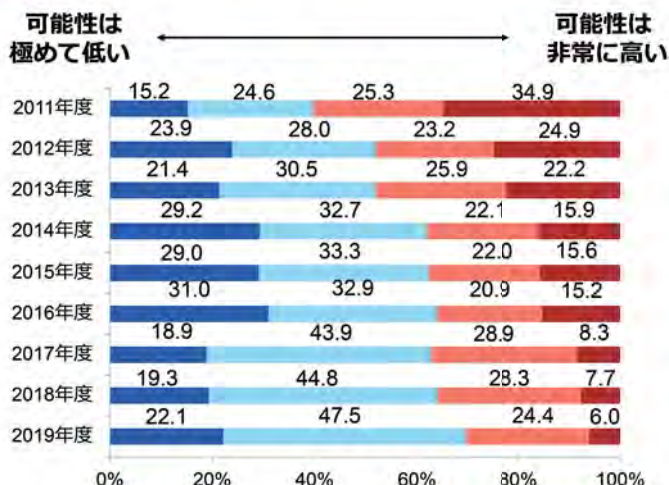
福島県が実施している県民健康調査では、毎年避難区域等の住民に対しこころの健康度・生活習慣に関する調査を実施しています（詳しくは、下巻10.5節「こころの健康度・生活習慣に関する調査」を参照）。2011年度には、避難区域等の住民に対し、①放射線の急性被ばく影響（抜毛や出血など）、②晩発影響（甲状腺がんや白血病）、③なんらかの次世代への影響、の3点について、その認識を尋ねています。その結果は次のとおりです。

- ・急性被ばくを心配する方は非常に少ない一方、晩発影響や次世代影響を心配する方は非常に多く、半数以上にのぼっている。
- ・①、②、③の3点の設問の全てで、放射線影響を心配する人は、そうでない人よりも明らかに精神健康度が悪く、抑うつ症状や不安症状を抱えている。

これらの結果から、否定的なリスク認知を有する方は、同時に強い抑うつ・不安症状を有している可能性が高いと言えます。

本資料への収録日：2018年2月28日

改訂日：2022年3月31日



第42回福島県「県民健康調査」検討委員会資料より作成

上巻 P151「精神健康と放射線の健康影響に関するリスク認知の関係」で示したように、福島県が実施している県民健康調査では、毎年放射線の健康影響（晩発影響と次世代影響）に関するリスク認知について調査をしています。二つの質問とも、年々徐々にではありますが、そうした可能性が高いと答える被災者の割合は減っています。ただし懸念されるのは、毎年、晩発の身体疾患への影響を心配する人よりも、次世代影響を心配する人のほうが多いことです。図は、その次世代影響に関する質問結果の経年変化を表しています。徐々に次世代影響を心配する人の割合は減少しているものの、2019年度時点でなお3割近くがその可能性を心配しています。

このような放射線の次世代影響への不安は、結婚や妊娠ができるのかといった差別や偏見につながりやすくなります。被災者自身がこのように感じていれば、すなわちセルフ・スティグマ（自己への偏見）を有していれば、被災者の自信やアイデンティティ（同一性）は大きく揺らぐかもしれませんし、被災者自身の将来的な計画にも影響を与えかねません。こうした不安や偏見が被災者にとって敏感な問題であることに留意する必要があります（上巻 P143「放射線事故と健康不安」）。

本資料への収録日：2018年2月28日

改訂日：2022年3月31日

チェルノブイリ原発事故発生：1986年4月26日



遠隔地での人工流産の増加

ギリシャ：1987年1月の出生率が激減

⇒1986年5月に妊娠初期の胎児の23%が人工流産と推定

イタリア：事故後5か月間は1日当たり約28～52件の
不必要な中絶があったと推定

デンマーク：少しあった

スウェーデン、ノルウェー、ハンガリー：なかった

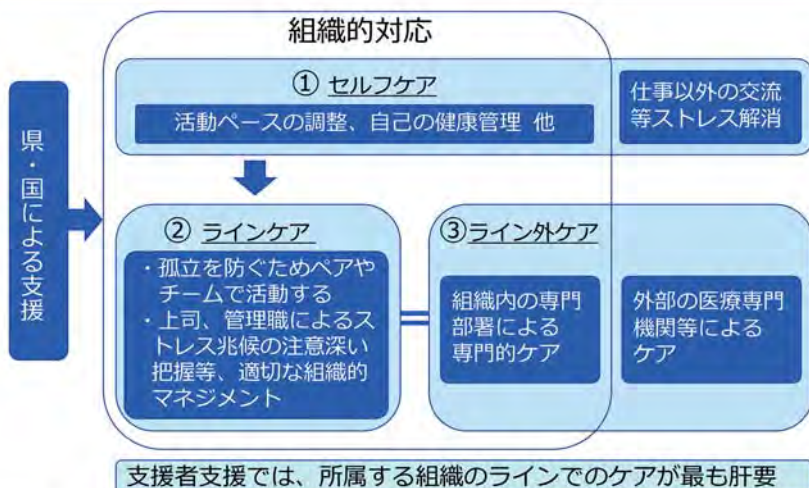
出典：Proceedings of the Symposium on the effects on pregnancy outcome in Europe following the Chernobyl accident.
Biomedicine & Pharmacotherapy 45/No 6, 1991より作成

放射線の健康影響への過度な不安は、精神と共に身体も傷つけることがあります。
例えば自殺やアルコール依存症は体に害を及ぼします。

チェルノブイリ原発事故ではストレスから自然流産が増えたとする報告があります。また、チェルノブイリ原発から遠い地域でも、人工流産が増加したという報告もあります。ギリシャのチェルノブイリ原発事故の影響は1ミリシーベルトを超えない程度でしたが、事故が起こった翌月には中絶した妊婦が多くなり、次の年の1月の出生児数が激減しました。出生率から計算すると、妊娠初期の23%が中絶したと推定されています。一方、ハンガリーのように、胎児の被ばく量が100ミリシーベルトを超えない場合の人工中絶が許されていない地域では、中絶は行われませんでした。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2019年3月31日



内閣府「被災者のこころのケア 都道府県対応ガイドライン」2012年3月、福島県精神保健福祉センター「福島県心のケアマニュアル」2012年、独立行政法人 労働者健康福祉機構「職場における災害時のこころのケアマニュアル」2005年6月、前田正治「福島県被災住民のメンタルヘルスに関する現状と課題」消防科学と情報、より作成

行政職や医療職等の被災者に対する支援業務者は、被災住民の苦悩を最も身近に感じ取る立場にあることが多く、また問題が長期化していることから無力感や罪責感情を抱きやすい状況になっています。

そのような支援者のこころのケアは、本来は組織のラインによる対応が最も肝要であり、そうしたケアにより組織の安定性や恒常性が守られます。しかし、福島県においては、あまりにも広範囲で長期的、複雑な問題が引き起こされているため、あるいはそれらの問題の収束点や解決プロセスが見えにくいいため、ラインケアのみで支援者をサポートすることが難しい状況になってきています。

このような支援者のケアは、まず、自らがそのような状況になる可能性のある状況の中で活動していることを認識し、ストレスの軽減に努める等のセルフケアが重要です。次に、上司、管理職、あるいは周囲の同僚等が早期に兆候を把握し、組織のラインにおいてケアの対応をとることが最も重要です。また、支援を行うべき専門的部署をライン外に設ける等の工夫も必要になります。さらに、このようなケアシステムの構築のためにも、特に管理職に対する（管理職自身も含めた）心理教育や啓発的活動は非常に大切です。

また、県や国は、被災者のこころのケア支援事業等を通じて直接的、間接的に被災者のこころのケアに関する支援を行っています。

（関連ページ：上巻 P155「支援者のストレス対策」）

本資料への収録日：2016年3月31日

支援者の組織内でのケア

1. 職務の目標設定

- ・業務の重要性、目標を明確に持つ
- ・日報、日記、手帳等で記録をつけて頭の中を整理

2. 生活ペースの維持

- ・十分な睡眠、食事、水分をとる

3. 意識的に休養を心掛ける

4. 気分転換の工夫

- ・深呼吸、目を閉じる、瞑想、ストレッチ
- ・散歩、体操、運動、音楽を聴く、食事、入浴等

5. 一人でためこまないこと

- ・家族、友人等に積極的に連絡する
(できれば業務と関連のない人がよい)

支援者のセルフケア

a. 活動しすぎない

- ・自分の限度をわきまえ、活動ペースを調整する

b. ストレスに気付く

- ・自己の健康を管理し、ストレスの兆候に早めに気づく

c. ストレス解消に努める

- ・リラクゼーション、身体的ケア、気分転換
- ・仕事以外の仲間（家族、友人等）との交流を行う

d. 孤立を防ぐ

- ・ペアやチームで活動する

e. 考え方の工夫

出典：福島県精神保健福祉センター、「福島県心のケアマニュアル」2012年より作成

福島県精神保健福祉センターが作成した、「福島県心のケアマニュアル」では、支援者のストレス対策として注意することがいくつか挙げられています。

支援者のセルフケアとしては、活動しすぎない、ストレスに気付く等があります。支援者の置かれている状況ではなかなか難しいことかもしれませんが、活動しすぎないことが挙げられています。自分の限度をわきまえ、活動ペースを調整すること、1日に余りに多くの被災者と関わらないために、人に任せるということも大切なことです。ストレスの兆候があることは恥ずかしいことではなく、自分の体調を知る大事な手掛かりです。自己の健康を管理し、ストレスの兆候に早めに気付くことも必要です。ストレス解消のためには、リラクゼーション、身体的ケア、気分転換、仕事以外の仲間（家族、友人等）との交流を行うこと等が効果的です。孤立はストレスを受けやすい環境では極力避けることが望ましく、そのためペアやチームで活動する、定期的に、自分の体験（目撃した災害状況や自分の気持ち）を仲間と話し合ったり、先輩等からの指導を受ける機会を持ったりすることも必要になります。災害後の困難な状況では特に、一人の力で全てを変えることはできないことは普通のことですから、自分の行動をポジティブに評価し、自分はふさわしくない、あるいは能力がないというようなネガティブに考える必要は全くないのです。

また、支援者の組織内でのケアとしては、次のような対策が具体的に挙げられています。

- ・「自分だけ休んでいられない」といった罪悪感やストレスのサイン
- ・心身の反応が出ている場合は、早めに上司や同僚に相談する
- ・なるべくこまめに声を掛け合い、お互いの頑張りをねぎらう
- ・お互いの体調に気を付け、負担が強くなっている職員がいる場合には、本人、指揮担当者に伝える

(関連ページ：上巻 P154「支援者支援：ケアの三段階」)

本資料への収録日：2016年3月31日

- ◆世界保健機関（WHO）は、2020年、WHOおよび機関間常設委員会（IASC）の既存のガイドラインを基に、放射線や原子力のあらゆる緊急事態における心のケアの具体的な提言をまとめた資料として「原子力・放射線緊急事態における心のケア」を公表した。
- ◆同書は「心のケア」と「放射線防護」の統合・促進を目的とし、放射線防護・対応の計画やリスク管理に携わる行政職や専門家、そのような状況下で健康の支援にかかわる専門職や専門家を対象にしたガイダンスである。



心のケアの介入に重点を置いた**公衆衛生的なアプローチ**として、

1. 放射線防護と心のケアの関係者間の**分野横断的な調整**
2. **コミュニティへの参画**
3. **リスクコミュニケーション**
4. **基本的な倫理原則の適用**

が、緊急事態後の対応に向けた【準備】【対応】【復興】の全段階において**非常に重要**である。

＊出典 WHO「A Framework for Mental Health and Psychosocial Support in Radiological and Nuclear Emergencies」(2020)より作成

【日本語版は福島県立医科大学医学部災害こころの医学講座ウェブサイト (<https://www.d-kokoro.com/>) に掲載】

2020年、世界保健機関（WHO）が公表した「原子力・放射線緊急事態における心のケア」では、放射線・原子力のあらゆる緊急事態への準備（計画）、対応、復興の全段階において、心のケアが不可欠なものであることが示されています。また、良好な復興がもたらされるように、分野横断的な連携の重要性を強調しています。

例えば、心のケアの介入が、タイムリーかつ適切に実施されるように、保健やメンタルヘルスの専門職・専門家は、他の部門（例えばコミュニケーション、教育、まちづくり、災害調整、児童保護、警察など）に働きかけ連携すること、リスクコミュニケーションとコミュニティの参画を促し、被災者がウェルビーイング向上の活動における積極的な担い手になるようコミュニティ・ベースのアプローチを行うことなどが提案されています。

また、本書では、公的機関が発信するメッセージや情報に一貫性を持たせることや、健康リスクとその予測、防護措置や予防措置について、被災者にわかりやすい明確なメッセージを準備すること、よりリスクのある集団や心理的苦痛を感じている人に焦点を絞った心理社会的支援を提供することなど、計画・対応段階の重要な方策が具体的に解説されています。また、心のケアに携わるすべての人たちに必要な基本的な倫理的配慮事項についても述べられています。

本資料への収録日：2022年3月31日

- ・事故現場などの近くにいた人たち
- ・子どもの健康を心配する親、これから親になる人たち
- ・被災地の子どもたち
- ・病気をもつ人、高齢者、障がい者など身体的ニーズのある人たち
- ・読み書きが困難な人たち
- ・危険やストレスの多い状況下で作業している対応者[＊]の人たち
- ・高齢者施設など、居住・収容施設にいる人たち
- ・避難者、および避難者を受け入れた地域の人たち
- ・以前からメンタルヘルスや心理社会的なニーズをもつ人たち
- ・事故が起きた原子力施設の作業員とその家族



＊）対応者：保健医療従事者、事故現場の清掃作業員、報道記者、およびその他の対応者をさします

＊ 出典 WHO「A Framework for Mental Health and Psychosocial Support in Radiological and Nuclear Emergencies」（2020）より作成

【日本語版は福島県立医科大学医学部災害こころの医学講座ウェブサイト（<https://www.d-kokoro.com/>）に掲載】

世界保健機関（WHO）が公表した「原子力・放射線緊急事態における心のケア」（2020年）では、原子力災害が起こっても、被災者の多くは、困難な状況においても比較的うまく対処できる力（レジリエンス（回復力））があり、すべての人が重大な心理的問題をかかえたり、抑うつや不安、PTSDなどを発症したりするわけではないと述べています。ただし、特定の集団の人たちは、緊急事態の状況次第で、心理社会的問題のリスクが高まることにも注意を呼びかけています。

本書では、そのような心のケアが特に必要な人々への対応として、リスクのある人々にもレジリエンス（回復力）があることを認識した上で、被災者全体に働きかける心のケアと同時に、その集団に合わせた優れたプログラムを計画することが重要であると述べています。

本資料への収録日：2022年3月31日

準備・計画期	1) リスク、脆弱（弱者）性、ニーズの評価
	2) さまざまな部門や人をまきこみ、心のケアの計画策定
	3) 既存の資源のマッピング
	4) 一般保健医療への統合
	5) モニタリングと効果検証
対応期	1) 緊急防護行動による心理的影響の理解
	2) 正しい緊急防護行動の方法の説明とコミュニケーション
	3) 防護措置実施に関する意思決定
	4) リスクの高い人たちの特定と介入、アドボカシー
	5) 通常の文化的・宗教的な行事や学校の再開、健康的なイベントの再開
復興期	1) コミュニティの復興のためのさまざまな分野の関係者の参加
	2) 長期的な視野にたった支援サービスの開発
	3) スティグマへの適切な取り組み
	4) コミュニティベース介入
	5) リスクのある集団（子ども、障がい者など）へのケアの計画と実施
	6) 財源と人的資源の不足への取り組み

* 出典 WHO「A Framework for Mental Health and Psychosocial Support in Radiological and Nuclear Emergencies」(2020)より作成

【日本語版は福島県立医科大学医学部災害こころの医学講座ウェブサイト (<https://www.d-kokoro.com/>)に掲載】

世界保健機関（WHO）が公表した「原子力・放射線緊急事態における心のケア」（2020年）では、原子力・放射線緊急事態後の計画期・対応期・復興期の各段階において、必要とされる心のケアの検討事項が章ごとにまとめられています。

緊急事態後の計画・対応・復興のいかなる段階においても、心のケアが放射線被ばくを減らす防護措置を妨げるものであってはならないこと、そのため、放射線防護と心のケアをうまく連動させることに留意し、コミュニティを巻き込みながら両者を実施していくことが、本書の全章を通して強調されています。

例えば、【準備・計画期】では、放射線による実際の危害とリスクのマッピング（位置づけとその記述）を行い、各防護行動に対する心のケアの方法の優先順位をつけ、一般保健医療とも連動させた心のケアの実施計画を策定すること、【対応期】では、防護措置による心理的影響を理解し、防護行動が必要な理由について、健康に焦点を当てた説明や意思決定支援が行えるように、対応者のトレーニングを行うこと、【復興期】では、コミュニティの中・長期的な発展とエビデンスに基づいたメンタルヘルスサービスや心理社会的介入に焦点をあて、長期的な視野に立った支援サービスを開発し、リスクのある集団へのケアやスティグマ対策などを継続的に実施していくことなどが重要であると記載されています。

本資料への収録日：2022年3月31日