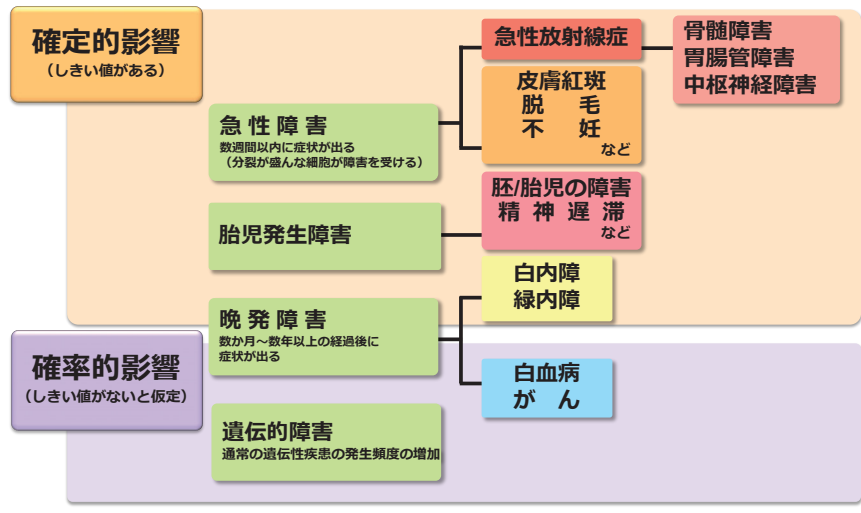


影響の種類

▶ 放射線を受けた後にどのような健康影響が生じるか、生じないか、受けた放射線の量、受けた場所（全身、局所）、時間的経過（被ばくの様式）を考慮する



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。被ばく線量に比例してリスクが増加し、がんや白血病、遺伝性疾患が該当すると考えられています。

ただし、ヒトでは、実験動物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。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日

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

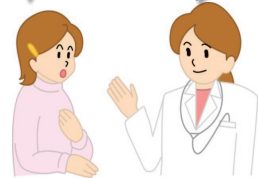
(大量の放射線を短時間に受けた)

慢性被ばく

(少量の放射線を長期間にわたって受けた)

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





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：2015年3月31日

放射線影響の分類

		潜伏期間	例	線量反応関係※2
影響の出現	身体的影響	数週間以内 = 急性影響 (早期影響)	急性放射線症※1 急性皮膚障害	細胞死/細胞変性 で起こる 確定的影響 
		数か月以降 = 晩発影響	胎児の発生・発 達異常(奇形)	突然変異で起こる 確率的影響 
	水晶体の混濁			
	遺伝性影響		がん・白血病	
			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。

放射線の人体影響は、大きく分けて、放射線を受けた本人に出る影響と子どもや孫など子孫に出る影響があります。

また、被ばくしてから症状が出るまでの時間による分類もあります。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。

もう一つの分類方法は、放射線の影響が生じるメカニズムの違いによる分類です。「確定的影響」は、臓器や組織を構成する細胞が多数死亡したり、変性したりすることで起こる症状です。例えば、比較的多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）。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、がんや遺伝性影響といった障害は、細胞の遺伝子に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、突然変異が起きることがあります。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言えません。そこで、がんや遺伝性影響については、しきい線量はないと仮定されています。

本資料への収録日：2013年3月31日

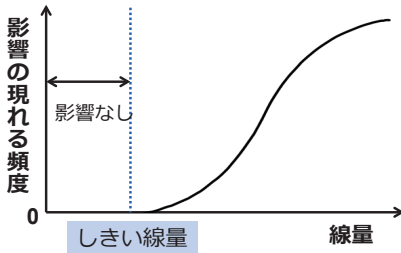
改訂日：2015年3月31日

確定的影響と確率的影響

確定的影響

(脱毛・白内障・皮膚障害等)

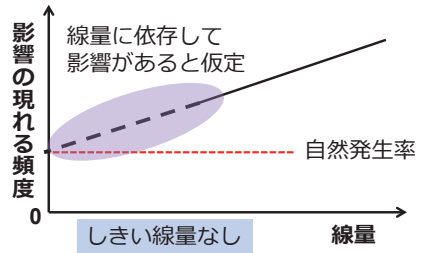
同じ線量を多数の人が被ばくしたとき、全体の1%の人に症状が現れる線量を「しきい線量」としている。
(国際放射線防護委員会 (ICRP) 2007年勧告)



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などではそれ以下の線量でも影響があると仮定して、放射線防護の基準を定めることとしている。



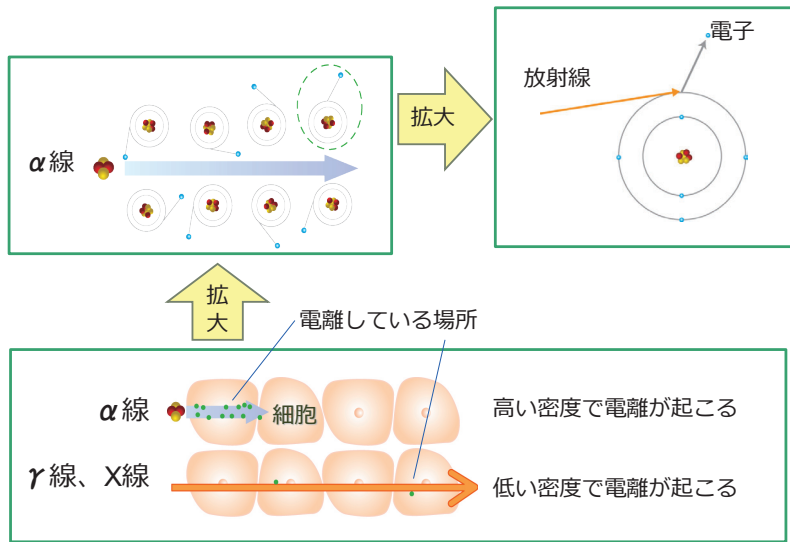
確定的影響の特徴は、これ以下なら影響が生じない、これ以上なら影響が生じるというしきい線量が存在するということです。

一方、確率的影響にはしきい線量はないとされています。100 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は極めて難しく、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。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日

放射線による電離作用



放射線はその通り道の近く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。

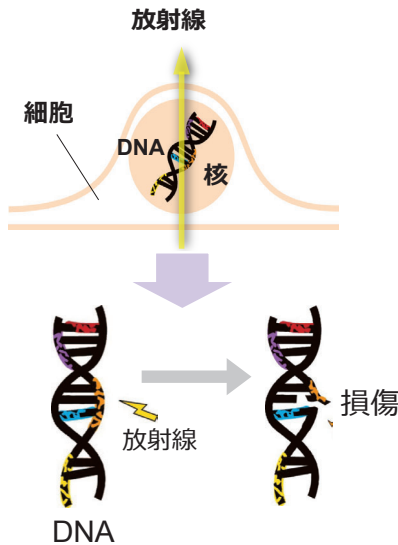
物質にエネルギーを与える密度は、放射線の種類によって異なりますが、 β （ベータ）線や γ （ガンマ）線に比べ、 α （アルファ）線はごく狭い範囲に集中的にエネルギーを与えます。このような電離作用の密度の違いにより、同じ吸収線量であっても細胞が受けるダメージの大きさが異なります。

放射線が直接生体分子に損傷を与える過程を直接作用といいます。細胞は約3分の2が水で構成されているので、放射線によって水のイオン化も起こります。このイオン化によって生じたラジカルと呼ばれる化学反応を起こしやすい成分により、生体分子に損傷を与える過程を間接作用といいます。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日

放射線によるDNAの損傷



**X線1ミリグレイ当たりの損傷
(1細胞当たり)**

塩基損傷 2.5 か所

一本鎖切断 1 か所

二本鎖切断 0.04 か所

出典：Morgan, 米国放射線防護委員会 (NCRP) 年次総会(第44回、2009)

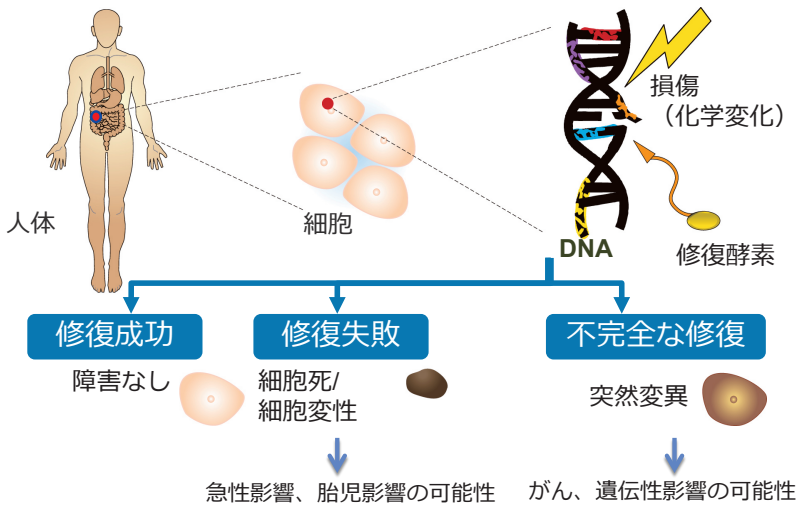
細胞は生命の設計図ともいえる DNA を持っています。DNA は糖・リン酸そして 4 種類の塩基を持った 2 本の鎖からできています。塩基の並び方に遺伝情報が組み込まれているので、並び方を守るために塩基は互いの鎖のいがたになるように組み合わせられています。この DNA に放射線が当たると、当たった量に応じて DNA の一部が壊れる事があります。

X (エックス) 線 1 ミリグレイ当たり、1 細胞で平均 1 か所の 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、X 線 1 ミリグレイ当たり、2 本鎖切断の頻度はこれより少なく 0.04 か所のため、100 細胞が均一に 1 ミリグレイ浴びたら、4 細胞に 2 本鎖切断が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、喫煙、環境中の化学物質、活性酸素などがあり、1 日 1 細胞当たり、1 万から 100 万か所の頻度で DNA は損傷を受けているといわれています。

本資料への収録日：2013 年 3 月 31 日

改訂日：2015 年 3 月 31 日



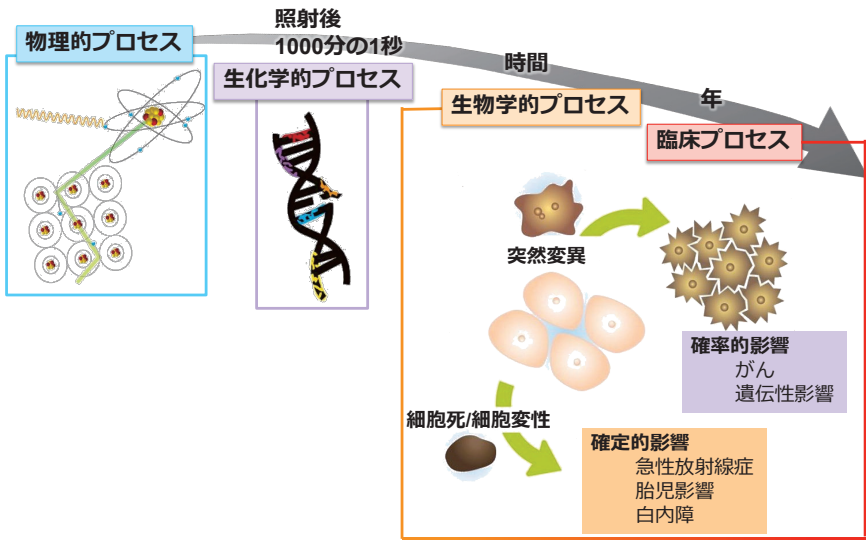
放射線の当たる箇所を細かく見てみると、放射線は細胞に当たり、細胞の中にある遺伝子の本体である DNA に傷を付けることがあります。この付いた傷は、体の中に備わっているシステムで修復されます。

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などの確定的影響が生じる可能性があります。

また、遺伝子の修復が完全ではない細胞が生き残った場合には、突然変異を起こし、がんや遺伝性の障害などの確率的影響が生じる可能性があります。

本資料への収録日：2013年3月31日

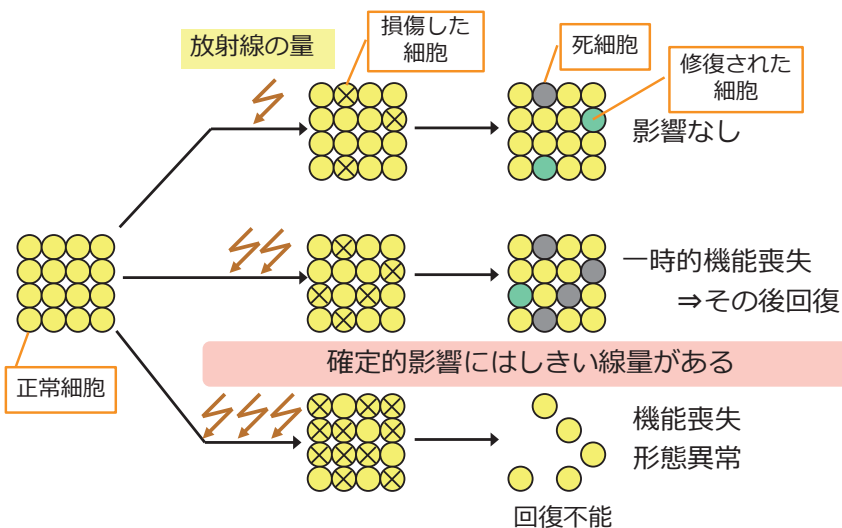
改訂日：2015年3月31日



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かかります。この時間のことを潜伏期といいます。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、比較的長くかか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。

本資料への収録日：2013年3月31日
改訂日：2015年3月31日

確定的影響



放射線が少し当たって、多少細胞が死んでも、残りの細胞だけでじゅうぶん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、その臓器や組織の機能が一時的に衰え、臨床症状が出ることがあります。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ダメージが大きい場合には、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。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日

臓器・組織の放射線感受性

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

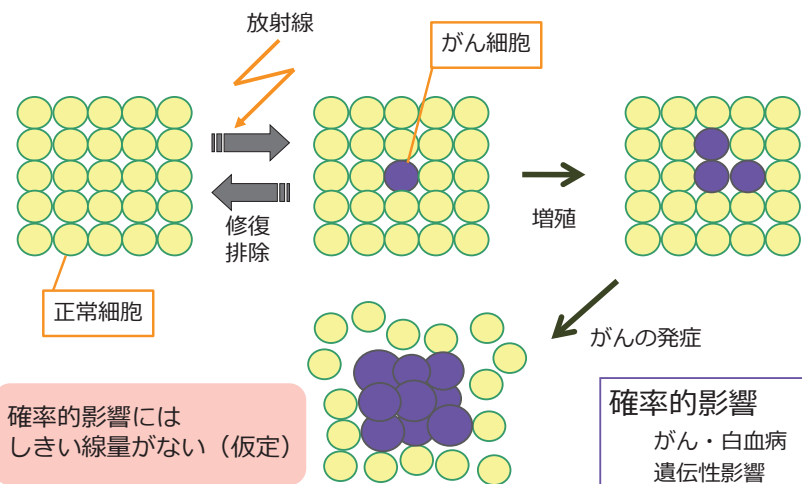
分裂しない 感受性が低い

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、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。

本資料への収録日：2013年3月31日

確率的影響



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。

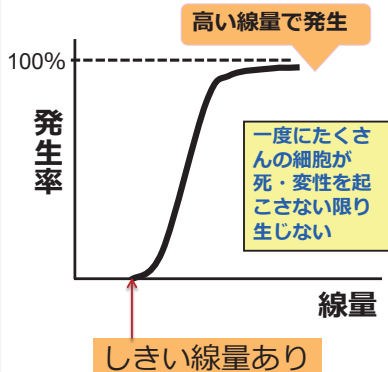
突然変異を起こした細胞は、ほとんどが修復されたり排除されたりしますが、一部の変異細胞が生き残り、その子孫細胞に複数の遺伝子突然変異や遺伝子発現レベルの変化が追加的に起きると、がん細胞が生じる可能性が高まります。がん細胞が増殖すると、臨床的な（身体的症状から、医師が診断する）がんとして発症します。細胞のがん化は、複数の遺伝子に変異が起こり、修復されずに蓄積された結果として生じるため、発がん影響を評価する際には、受けた線量を全て考慮する必要があります。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日

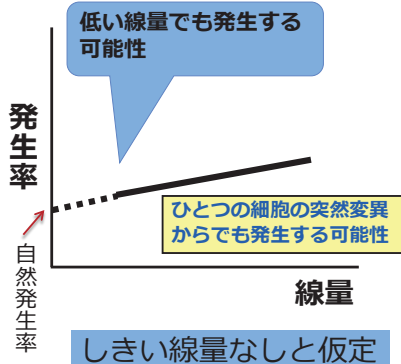
確定的影響

(細胞死／細胞変性が引き金)



確率的影響

(突然変異が引き金)



確定的影響には、これ以下では影響がみられない、これ以上浴びると影響が現れるというしきい線量があるといわれています。しきい線量を超えると、一度にたくさんの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、放射線防護では、確率的影響にはしきい線量はないと仮定されています。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。

本資料への収録日：2013年3月31日

改訂日：2015年3月31日