

## 低線量放射線の不思議な生体作用

### —ラドン温泉が効くわけを探る—

放射線による生物への影響研究は、主に原爆による被ばくなどの事例をもとに高線量放射線による研究、とくに、発がんに関するものが大勢を占めていて、10年ほど前までは低線量放射線による生物への影響についての研究はあまりされていませんでした。これは低線量放射線に対して、生物が明確な応答を示す研究成果が少なかったことに理由があったのかもしれませんが。このため、低線量域での放射線の生体への影響は、高線量域での影響を低線量域に外挿し、「放射線はたとえ低線量であっても生体に害をもたらすリスクがある」（直線モデル説）という考え方が一般的に受け入れられてきています。

しかしながら、1980年代に入り、米国のT. D. Luckey博士の研究報告をはじめとして、この直線モデル説をもとに、低線量域での生体への影響の議論と矛盾を生じる研究報告が相次いで出されました。表1に示すように、疾病への抵抗力の増加や寿命の延長な

表1 低線量放射線の有益な効果  
(放射線ホルミシス効果)

- 1) 発育の促進
- 2) 成長率の増加
- 3) 生殖能力の向上
- 4) 疾病への抵抗力の増加
- 5) 外傷への抵抗力の増加
- 6) 放射線への耐性の増加
- 7) 寿命の延長

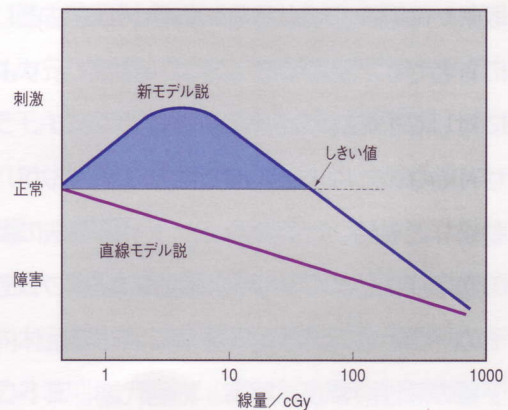


図1 低線量放射線領域における新モデル説、しきい値、および直線モデル説

どは、ここに入ります。

この「直線モデル説」を簡単にすれば、図1の直線部分がそれにあたります。すなわち、全領域が効果ゼロを示す横軸より下側にあります。一方、直線モデル説と矛盾するという概念は、図中の曲線で表した部分（新モデル説）です。この曲線のうち、横軸より上側の部分は、生体がしきい値以下の低線量放射線をうけると有益な効果を得ることを意味しています。例としてあげた疾病への抵抗力の増加や寿命の延長などは、この部分に入ります。

これらの現象について、今までの調査や研究でわかっている事実のポイントを以下にまとめて記します。

#### 1. ラドン療法の適応症と機構解明

バドガスタイン（オーストリア）での坑道療法（金鉱の採掘後にできた坑道を利用した療法で、内部はラ

表2 ラドン療法の主な適応症

- 1) ベヒテレフ病（強直性脊椎炎）
- 2) 慢性多発性関節炎（慢性関節リウマチなど）
- 3) 変形性関節炎
- 4) 変形性脊椎症（ヘルニア）
- 5) 喘息
- 6) アトピー性皮膚炎
- 7) 神経痛、慢性神経炎
- 8) 歩行系損傷後のリハビリ（筋肉疾患など）
- 9) 老人性疾患

ドン濃度が高く、高温多湿でもある）は、日本での三朝（鳥取県）の温泉療法とともに、ラドン療法として世界的に有名です。適応症としては、表2に示すような疾患に対してその有効性が確認されています。ラドンがなぜ有効なのかは未だ明確ではありませんが、近年、小動物などを用いた実験から、ラドン療法によるこれらの適応症について科学的説明がなされつつあります。その一つとして、放射線分解によって生体内に生じた少量の活性酸素が、解毒、細胞代謝、ミトコンドリア内でのエネルギー変換、酵素などの蛋白質や生理活性物質の生合成などの種々の過程に刺激（情報伝達因子）として好作用をした結果と考えられています。

## 2. 低線量放射線による抗酸化機能の活性化

私たちの体に備わっている抗酸化機能は生体内での活性酸素が過剰とならぬように制御し、生体内の安定と維持を図っています。この抗酸化機能の指標として、活性酸素を消去するスーパーオキシドディスムターゼ（SOD）の酵素活性を用います。これまで、SOD活性がラドン吸入によりウサギの脳などで増加することから、ラドン療法の機構としてSODの誘導合成の関与も示唆されています。また、低線量放射線（γ線、X線）の照射の場合も、マウスなどの諸臓器中でSOD、カタラーゼ、グルタチオンペルオキシダーゼ（GPX）などの酵素活性が増加する、即ち抗酸化機能が高まることがわかっています。

## 3. 低線量放射線の各種疾患に対する予防・治療への応用の可能性

CCL4あるいは $Fe^{3+}$ -NTAをマウスに投与し、これらの薬剤から産生するラジカルがもたらす肝臓の障害に対し、50 cGyのγ線の作用を検討しました。この肝臓障害の重篤さを表す血清中トランスアミナーゼ（GOT、GPT）活性や肝臓中過酸化脂質量が、薬剤の投与前あるいは投与後の1回全身照射により、いずれも有意に抑制されました。同様に、マウスにアロキサンを投与しますと、膵臓のランゲルハンス島β細胞が選択的に破壊されてインスリンの分泌が抑制され、インスリン依存型の1型糖尿病状態が誘発されます。これに対し、投与前の50 cGy γ線照射により血糖値や過酸化脂質量の増加などが抑制され、症状の緩和が示唆されました。さらに、ヒトの1型糖尿病のモデルであるNODマウスを用いた実験においても、生後13週目に50 cGy γ線の照射により、通常、本モデルマウスで15週目以降に発生する尿中へのグルコース排泄を顕著に低下させることもわかっています。

このように、低線量放射線の照射により、各々の障害が有意に抑制されましたが、これらの抑制効果は、放射線に対する生体の適応応答の結果生じた抗酸化機能の亢進現象を利用したものと考えられます。発がんや遺伝的障害の発生に基づく「直線モデル説」による線量規制を克服できれば、低線量放射線を糖尿病などの種々の活性酸素に関連した生活習慣病などの予防や治療に用いることも可能と考えられます。

本稿の詳細は、「放射線と健康を考える会」のホームページ（すぼっとらいと）に掲載しています。なお、本稿は、現代化学（山岡聖典・小島周二、2000年1月号 p24-30、東京化学同人）より一部引用しています。

山岡聖典（岡山大学医学部助教授）

## チェルノブイル原発事故による健康への影響について

原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) は、2000年9月に報告書を公刊しました。この付属書Jでチェルノブイル原発事故による線量と影響について、事故の物理的事象、被ばく線量、被ばく者登録、急性被ばく、晩発性影響として調査結果にまとめられています。ここでは、事故による健康影響についてその概要を紹介します。なお、詳細は近日掲載予定のホームページをご覧ください。

### 1. 急性放射線障害

チェルノブイル原発事故が発生した1986年4月26日の朝、消火作業などに約600名の作業員が従事しました。この作業従事者のうち、134名が急性放射線症と確認されました。このうち、28名が3ヶ月以内に死亡しています。その他2名が事故直後の爆発で、さらに1名が作業終了後の帰途、冠動脈血栓症で死亡しています。急性放射線症と診断され、生存していた106名の内11名が1987～1998年までの間に、冠動脈性心疾患や肝硬変などの疾病で死亡しています。

### 2. 晩発性放射線障害

#### [がん]

#### ① 甲状腺がん

1990～1998年の間に、ベラルーシ、ロシア、ウクライナ3ヶ国で事故後最も汚染された地域に住んでいた18歳未満の子供に甲状腺がんが増加し、1,791例が甲状腺がんと診断されています。この原因として、事故によって放出された放射性物質（特にヨウ素-131）と小児がんの異常な増加との関係は疑う余地はありませんが、一方で幾つかの不確実な点があります。それらは、調査のスクリーニング方法、ヨウ素欠乏症（日常的にヨウ素が不足している）、遺伝的素因がどう調査データに反映したかということです。また、事故時に胎内にいて事故後に生まれた子供には、甲状腺と被ばくとの関係は認められていません。

#### ② 白血病

白血病はまれな疾患ですが、被ばくした後2～3年の潜伏期で現れる放射線誘発早期がんの一つです。このこ

とから、事故の影響としてその増加が最も予期された疾患です。しかし、ウクライナのキエフとジトミール地域で、1980～1996年の期間に成人と子供の白血病とリンパ腫の罹患率が調査されましたが、症例が少なく、過剰はみられませんでした。さらに、ベラルーシでもゴメリとモギレフで調査されましたが、他の地域との差はみられませんでした。

#### [妊娠への影響]

妊娠への悪影響に関するいくつかの調査がなされましたが、出産異常、先天異常、死産あるいは早産といったものの増加は、事故による放射線被ばくと関連づけられたものではありません。8～21ミリシーベルト被ばくした母親から生まれたベラルーシの子供のグループで調査された結果でも、出産時の異常と汚染地域に住んでいることとの間には関係がみられませんでした。

### 3. まとめ

ベラルーシ、ロシア、ウクライナの事故によりひどく汚染された地域では、事故後数年して、予想以上の小児甲状腺がんの発生が見られました。それ以外の被ばくに関連するがん罹患率の増加は、白血病をも含めて認められていません。事故後がんが増えたとの報告が散見されますが、それは汚染のない地域でも近年がんの増加が報告されていることと合わせて議論すべきでしょう。さらに、悪性疾患以外の他の疾病についても、汚染に関連した増加は確認されていません。事故によるストレスからの身体的影響は見逃せませんが、一般公衆については被ばく線量が低く、事故による将来の健康に対して心配はないと報告しています。

「放射線と健康を考える会」のホームページには、現在主な内容として次のものが掲載されていますので、皆様には是非ご利用いただきますようお知らせ致します。

## 考えてみよう放射線

### ラドン温泉はいいの

- ラドン温泉は健康にいいの
- 放射線ホルミシスとは
- 生体の調節機能が高まる
- 低線量全身照射は放射線による治療効果を高める
- がん抑制遺伝子p53が活性化する
- 抗酸化機能が高まる
- 細胞膜の老化が抑えられる
- 少しの放射線による医学的効果のメカニズム
- 病気治療への応用の可能性

### 少しの放射線はこわくない

- 少しの放射線ではがんにならない
- 100ミリシーベルト以下なら大丈夫
- 自然放射線の高い地域では
- 遺伝的リスクは心配無用
- 少しの放射線なら胎児に危険はない

## 放射線の安全基準とICRP

- 放射線の安全基準とICRP
- ICRPにおける放射線防護の考え方
- しきい値なし直線仮説とは
- 放射線を受ける量の限度

## すぽっとらいと

- 低線量放射線の不思議な生体作用  
—ラドン温泉が効くわけ—
- 臨界事故の生存者はその後どうなったか  
—米国における実例—
- 活性酸素と病気
- シンポジウム：「低線量放射線の健康効果」の論文から
  - 細胞や生体における放射線の有益な効果
  - ラドン：健康に害？それとも有益？
  - 低線量放射線治療実施に向けての挑戦

# 放射線と健康を考える会

URL : <http://www.iips.co.jp/rah/>

事務局 株式会社国際広報企画

〒105-0004 東京都港区新橋4丁目28番4号

Tel 03(5405)1844 (代) Fax 03(5405)1846