

高木学校 第8回市民講座報告集

医療被ばくをどう考えるか

～低線量放射線のリスクを知るために～

2004冬

高木学校

高木学校 第8回市民講座報告集
「医療被ばくをどう考えるか」
～低線量放射線のリスクを知るために～

もくじ

はじめに

講座の記録(当日のチラシより)

< 寸劇 1 >

1. 「医療被ばく大国」の現状…………… p 瀬川 嘉之

< 寸劇 2 >

2. 医療現場での問題点…………… p 奥村 晶子

< 寸劇 3 >

3. 低線量放射線と発がん…………… p 崎山 比早子

はじめに

高木学校原子力問題研究グループ

第8回高木学校市民講座では「医療被ばく」を取り上げました。「医療」と「放射線被ばく」という、二重に専門化された分野に対し、一般市民の側から何らかの発言をすることは、かなり難しい問題を含んでいます。それでもあえてこの問題に取り組もうとした背景には、「医療被ばく」が世界的に見ても人工被ばくの90%以上を占めるといった現実があるからです。日本はその中でも類を見ない「医療被ばく大国」です。この認識は放射線の専門家集団である日本放射線技師会でも一般的になっており、2002年には「医療被ばくガイドライン」患者さんのための医療被ばく低減目標値 という本が出版されているほどです。今年イギリスの医学雑誌に発表された論文に「医療被ばくによるがん死率が日本は世界一高い」という結果がだされ、社会的な問題になる以前のことでした。放射線検査に対する不安を解消するという目的で、日本放射線技師会では前から検討していた「放射線検査診療記録手帳」を2005年度から放射線検査の窓口で配布することを決めたと発表しました(2004年2月10日付読売新聞)。しかし、技師会のなかでも議論があるらしく、その後の進展は見られていません。

放射線検査には、がんなどの病気を見つけるという利益(ベネフィット)と、将来がんを引き起こす原因になるかもしれないという危険性(リスク)の両面があります。しかし、放射線検査を薦める側では、ベネフィットは強調しますが、リスクについての十分な説明をしようとはしません。放射線障害に対する質問をしても「少しの放射線ですから心配いりません。安心して検査を受けて下さい」という判で押したような答えが帰ってきます。このような説明を医師や放射線科医から受けた人は多いのではないのでしょうか。患者側にリスクに対する十分な認識が欠けていることは、放射線検査を安易に受けしまう一つの要因になっていると考えられます。その他、医療費、患者数に対する医師数の少なさ、医療保険を含む医療制度の問題など、日本を「医療被ばく大国」に押し上げている要素は沢山あります。

この講座の第1部では、日本における死因の変遷、放射線検査の変遷と現状、国際比較等から日本の「医療被ばく」の現在を明らかにし、第2部では日本が何故「医療被ばく大国」になっているのか、その要因の分析を試みました。第3部では放射線被ばくの障害を理解するために、放射線が細胞や遺伝子にどのように作用し、それがどのように発がんに結びつくのか、その機構の基礎知識などを取り上げます。各発表の前には、そのテーマに関連した寸劇を企画しました。高木学校サポートの会キャプテン林洋子さんに演技指導と役者をお願いし、高木学校メンバーが演じます。この講座を期に、医療被ばく、ひいては被ばく一般について皆さんと一緒に考えてゆきたいと思います。

講座の記録（当日の開催告知チラシより）

日時：2004年12月18日（土）

会場：カタログハウス・セミナーホール

概要

今年、イギリスの医学雑誌ランセットに発表された「被ばくによる発がんリスクの国際比較」によると、日本が世界一の「医療被ばく大国」になっています。放射線検診は、がんなどの病気を見つけるという利益（ベネフィット）と、将来がんを引き起こす原因になるかもしれないという危険性（リスク）の両面をもっています。それでは、放射線検査を受ける場合にはある程度のリスクを覚悟することになるのでしょうか。

この講座では、日本における放射線検診の現状と国際比較、なぜ被ばく大国なのか、放射線が細胞や遺伝子にどのように作用し、それがどのように発がんに結びつくのか、その機構の基礎知識などを取り上げます。

プログラム

- ・「医療被ばく大国」の現状
- ・医療現場での問題点
- ・低線量放射線と発がん
- ・寸劇

内容詳細

「医療被ばく大国」の現状 瀬川 嘉之

なぜ日本は「医療被ばく大国」と呼ばれるのでしょうか。診断や治療のために放射線をあびる量が年間一人あたりの世界平均 0.4mSv（先進国平均 1.2mSv）に対し、2.6mSv と突出して最も多いからです。日本人の年間死亡者約百万人のうち、がんに因るのが最も多く約 30 万人。厚生省や関連学会・業界は、がんの早期発

見・早期治療ができればそれが減るだろうと、「健康日本 21」「対がん 10 ヶ年総合戦略」等と称する政策の中で放射線の利用を押し進めようとしています。「医療被ばく大国」化はますます加速することになるでしょう。

医療現場での問題点 奥村 晶子

ではなぜ日本は「医療被ばく大国」になってしまったのでしょうか。放射線利用の普及によって、医療はめざましい進歩をとげています。なかでも CT 検査は優れた診断能をもつことから、医療現場で多用されています。しかし CT 検査は一検査あたりの被ばく線量が大きく、「医療被ばく大国」の一因となっています。そこで CT 検査を中心に、医療現場における問題を考えていきます。また、病院の放射線科の見学を行いましたので報告いたします。

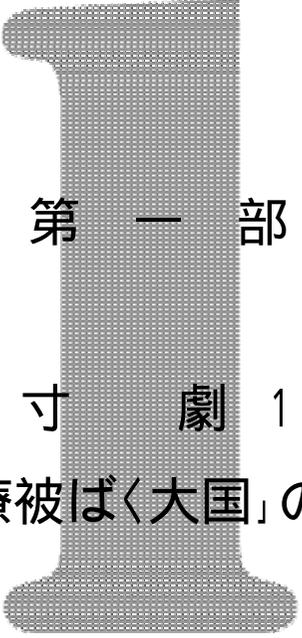
低線量放射線と発がん 崎山 比早子

放射線検診に使われる放射線は低線量です。その放射線の健康に与えるリスクを考えるためには、放射線が生物にどのような作用を及ぼすかを知ることが大切です。生体に放射線が当たると、生命の設計図である DNA に傷がつきます。それはどのようにがんと結びつき、線量との間にどのような関係が成り立つのでしょうか。最近発表された基礎研究や疫学調査のデータを見ながら考えます。

寸劇 （原案：崎山、脚色、演技指導：林洋子）

日頃、放射線検診に際して、疑問に思ったり、不安に感じたことはありませんか？高木学校メンバーが医師、患者に扮し、医療現場でのやりとりを再現します。

キャスト :



< 第 一 部 >

寸 劇 1

「医療被ばく大国」の現状

< 寸劇 1 >

< 登場人物 >

医師

患者 A

患者 B

患者 C (母親と子供)

患者 D

レントゲン技師

病院内科診察室 診察室に医師。机にカルテ。廊下の椅子に患者A, B, Dが座っている

医師：Aさんどうぞ。

(患者A入ってくる)

医師：どうしました？(と椅子をすすめる。患者座る。)

患者A：一週間くらい前から咳が出ていて止まらないんです。風邪じゃないかと思うんですが・・・。

医師：あーそれではチョット拝見。(患者の胸を聴診器で調べる。)咳が止まらないのね？まあ念のため胸のレントゲン検査をしましょう。(カルテに書き込む。)はい、これを持ってレントゲン室の方へどうぞ。廊下の突き当たりです。

患者A：はい。(レントゲン室の方へでてゆく)

医師：次の方、えーとBさんどうぞ。(患者B入ってくる)どうしました？

患者B：数日前から頭が痛くて、チョット気持ちが悪いんです。

医師：あーそーですか。それでは念のため頭のレントゲンを撮りましょう。

患者B：はいお願い致します。

医師：(カルテを渡し)じゃあこれを持ってレントゲン室へ行って下さい。
(赤ん坊をだいた母親が駆け込んでくる。)

医師：どうしました？！

母親：(おろおると)先生、チョット目を離した隙にこの子がお兄ちゃんのクレヨンを飲み込んだんです。

医師：(素早く赤ん坊を診察する。)まあ、大丈夫そうですね。でも、念のためにレントゲンを撮っておきましょう。

母親：エッ?!クレヨン、レントゲンで写るんですか?

医師：いえ、それは写りませんよ。でも将来肺炎になるかもしれません。もしもその時、今日のことの原因だといわれたら困りますからね。

母親：ハイ、わかりました。

医師：(カルテに書き込みながら)お母さん気をつけてくださいよ。このくらいの時は何でも口に入れちゃうから。はい、じゃあこれを持って検査室へ行って下さい。廊下の突き当たりですよ。

母親：ハイありがとうございました。(母親赤ん坊をだいてレントゲン室の方へ 患者Aレントゲン写真を持って入ってくる)

患者A：先生、レントゲン検査が終わりました。

医師：どれ、チョット拝見しましょう。うーん、大したことはないようですね。でも、もしも何かあるといけませんから、念のために胸のCT検査もしておいた方がいいですね。

患者A：あの一、CT検査料はどの位でしょうか?

医師：保険をお持ちでしょう? 大丈夫、日本はアメリカと違ってやすいですよ。

患者A：じゃあお願いします。

医師：CT検査室の方へどうぞ。(患者A去る)
(患者B入ってくる)

患者B：先生、レントゲン検査が終わりました。

医師：ハイそれではチョット写真を拝見しましょう。うん、大した所見はないようですね。でも、もしも何かあるといけませんから、念のために頭のCT検査もしておいた方がいいと思いますが、どうしますか?

患者B：あの一、CT検査って随分放射線を浴びるって聞いたんですけど、大丈夫なんでしょうか?

医師：イヤー、大した量じゃありませんからね。心配ありません。

患者B：そうなんですか。じゃお願い致します。

医師：では診察室の方へどうぞ。(患者Bでてゆく。)えーと次、Dさん。

患者D：先生、いま就職活動をしています。どこも悪いところはないのですが、会社に胸のレントゲン写真を出さなければならないので、お願いします。

医師：あーそー。それじゃこれを持ってレントゲン室へ行ってください。
(レントゲン室からレントゲン技師がやってくる)

技師：先生、AさんとBさんはどこから何処までのCTを撮るのですか?

医師：Aさんは肺の部分を10ミリスライスで、Bさんは頭を10ミリスライスでお願いします。

技 師：ハイわかりました。先生、それと・・・今朝の読売新聞記事にこんな記事がでていましたが・・・

（新聞記事を渡し、去る。ランセットの記事をパワーポイントで写す）

医 師：（記事を眺め）うーん。日本は世界一の医療被ばく大国ということかあ。うーん、そうだろうなー。われわれもいっぱい浴びているし。

．「医療被ばく大国」の現状

瀬川 嘉之

2004年2月10日の新聞各紙に「がん3.2% 診断被ばく原因」「発がん、日本3.2%放射線診断での被曝が原因」といった見出しの報道がされました。国内販売部数最大の一紙では朝刊1面トップの記事でした。日本の医療被ばくの多さは10年以上前から知る人ぞ知る周知のことでしたが、この記事は有名な英国医学雑誌『ランセット』に掲載された論文ということもあり、医療や放射線利用の関係者、関連団体、学会等は、その後、シンポジウムを開いたり、関連雑誌に解説文や反論を載せたり、パンフレットを発行したり、と沈黙化、火消しを図ろうとする対応に追われました。

しかし、予備知識のない人にとって上記の新聞見出しでは何が問題なのか、はっきり伝わるはずもないので、めでたく火種のうちに消し止められたようです。

同じ報道をするなら、まず、日本の医療被ばくは世界中で突出して最も多く、それによる発がんは年間7,587人と推計されたことを伝えるべきなので、私なら下記のような見出しをつけたことでしょう。

「日本の医療被ばくはダントツ世界一」

「医療被ばくによる発がんは交通事故死なみ」

報道のもとになったオックスフォード大学 Berrington らの研究グループによる『ランセット』に掲載された論文のタイトルは、

「診断用X線による発がんのリスク：英国および14ヶ国の評価」(2004年1月31日号)
(文献1)

で、国際的な比較が主眼であり、日本でとりたてて報道するのは、群を抜いて世界一だと評価されたから、というところをはっきりしなくてははいけません。

ちなみにここで比較された英国を含む15ヶ国は患者千人に対する医師数が1人以上のいわゆる「医療先進国」ですから、それ以外の国々の医療被ばくはこれら15ヶ国をはるかに下回ると考えられます。医療被ばくが多いということはそれだけ先端医療器械の利益を受けていると言えなくもないのですが、利益とひきかえに患者はリスクも引き受けているのです。先端医療器械の利益には業界と病院、医療従事者の金銭的利益もあり、それに比べ、患者の利益がいかほどのものかきちんと評価されているわけではありません。「日本が世界一長寿なのはX線を含む先端医療器械のおかげだ」などとの言説にだまされてはいけません。現在、長寿になっている方がそれほど先端医療器械の恩恵を受けているのか、子どもの頃からの育った環境、日常生活習慣、食生活や心がけの結果のほうかはるかに大きいことはまちがいありません。心がけや習慣ではどうにもならない環境の問題が因果関係のわかりにくいのをいいことに放置されています。医療被ばくの多さも社会的環境問題

のひとつです。

例えば、20 数年前に登場してこの 10 年に倍増したCT による検査のおかげで寿命が少し伸びた人はたしかにいますけれども、全体としてどれだけ平均寿命を伸ばしたといえるのでしょうか。先の一面トップの見出しには「CT 普及 背景」とありました。しかし、『ランセット』の論文をよく読むと、日本のCT 検査のデータがないので他の医療先進国並みと仮定して推計しています。「CT 普及を背景」としなくても世界一なのです。論文では日本のCT の人口あたりの台数が他の医療先進国の3.4 倍であることから年間の発がん数9.905 人という推計値も出しています。図1-3で(C T +)とあるのはその場合のデータです。図1-1のようにCT の設置台数、稼働台数が異常に増えているのを考慮するとそれだけではすまないのは明らかです。この不利益を高価なCT 装置を導入した効果が少しでも上回っているのでしょうか。CT の問題は第2部で詳しく論じます。

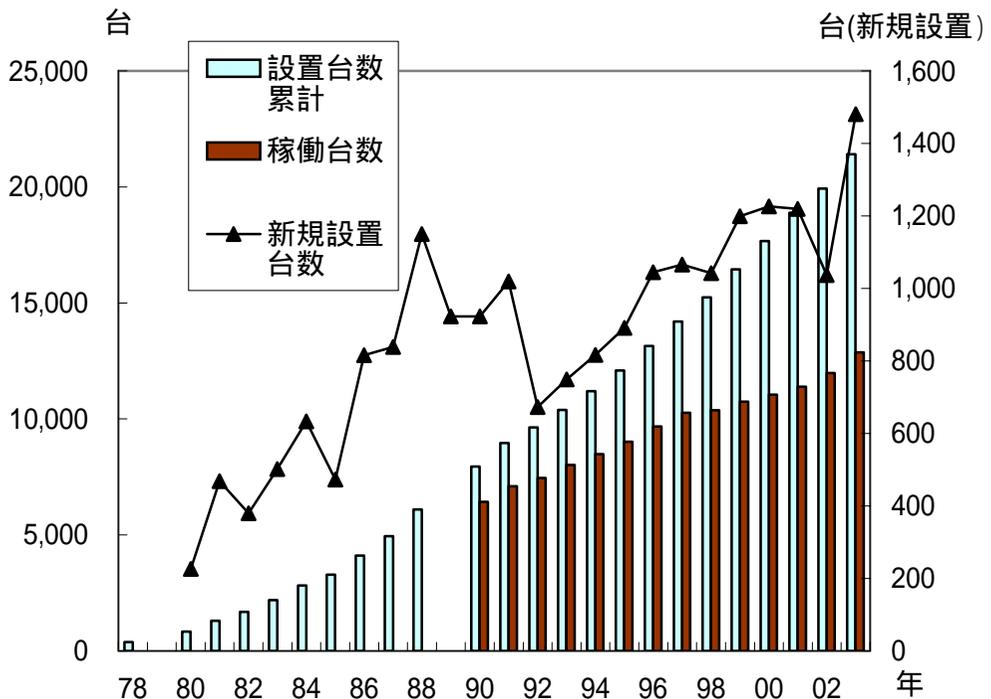


図 1-1 日本の X 線 CT 台数の推移

『X 線 CT 設置台数及び稼働機種別一覧』『月刊新医療』(文献2)

『医療機器・システム白書 04』(文献3)より

一方、医療で使われる放射線によるリスクは確かにあります。そのリスクは実際わかりにくい面とわかりにくいものをさらにわかりにくくされている面があります。

放射線によるリスクというのは、報道されているのも、ここで私たちが問題にするのも白血病を含むがんになるかどうかです。200 mSv 程度以下の放射線では主として本人のがんか子どもへの遺伝的な影響が表れます。遺伝的影響は生殖腺への被ばく限定され、その発生確率もがんの1/5程度と低いので、がんのほうを取り上げますが、遺伝的影響はまったく問題にならないというわけではありません。放射線をあびてから白血病は発病までに数年、がんは数十年という潜伏期があって時間がかかります。しかも、放射線に起因するがんもタバコや化学物質に起因するがんも区別がつくわけではなく、きっかけとなる遺伝子損傷を受けてから悪性腫瘍として成長するまでにいくつかの段階があり、複数の要因が関わるのがふつうです。だからがんの発生メカニズムはわかりにくく現在もたくさんの研究が進行しています。詳しくは第3部をご参照ください。

しかし、放射線によるがんのリスクは、最も大規模で統計的な偏りのない広島・長崎の原爆被爆者生涯調査を基にして、あびればあびただけの線量に比例して増加するという結果が出ており、それを支持する放射線生物学の数多くの研究もあります。ところが、「低い線量では影響がまったくない」という説を唱える人もおり、そのように見えなくもないデータも存在するのでわかりにくくなってきます。私たちはあくまで放射線のがんリスクはどんなに低い線量でもあびた分に比例するというのが現在、最も信頼性の高い標準的な知見だとふまえておく必要があります。その上で、その知見とはずれる現象があると言えばいいのに、いきなり放射線は「低い線量では影響がまったくない」あまつさえ「低い線量では体にいいこともある」と言い出す放射線利用推進者が多いので、そうでなくてもわかりにくい放射線がさらにわかりにくくされているという印象がぬぐえません。

今回の報道のもとになった Berrington らの研究も、標準的な知見に基づいています。全体としては被ばく線量に比例するので、医療における診断用X線がどれくらい使われているかというデータがあれば、それによる発がんリスクを出すことができます。この研究ではそこに性別と被曝した年齢を加味しています。結果は図 1-2、1-3 のとおりです。

参考資料

- 1) Amy Berrington de Gonzalez, Sarah Darby (Univ. of Oxford). Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. Lancet 2004; 363: 345-351
- 2) 「X線 CT 設置台数及び稼働機種別一覧」『月刊新医療』10月号 1990年～2003年
- 3) 『医療機器・システム白書 04』エムイー振興協会

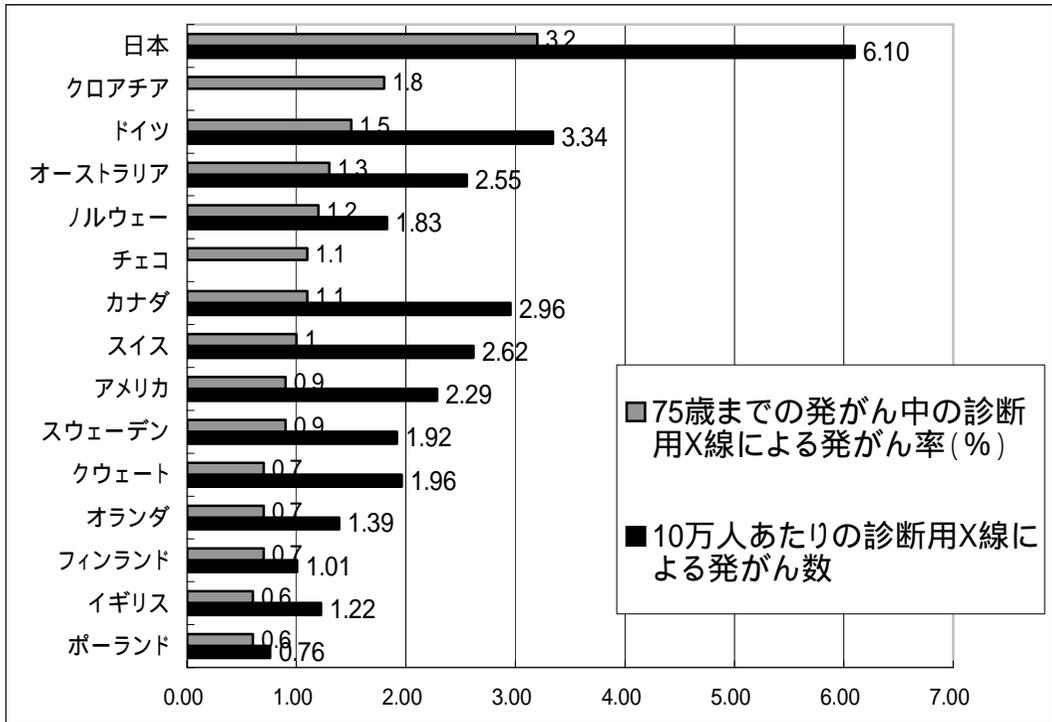


図 1-2 診断用X線による発がん数とその 75 歳までのがん中に占める率(文献1より)

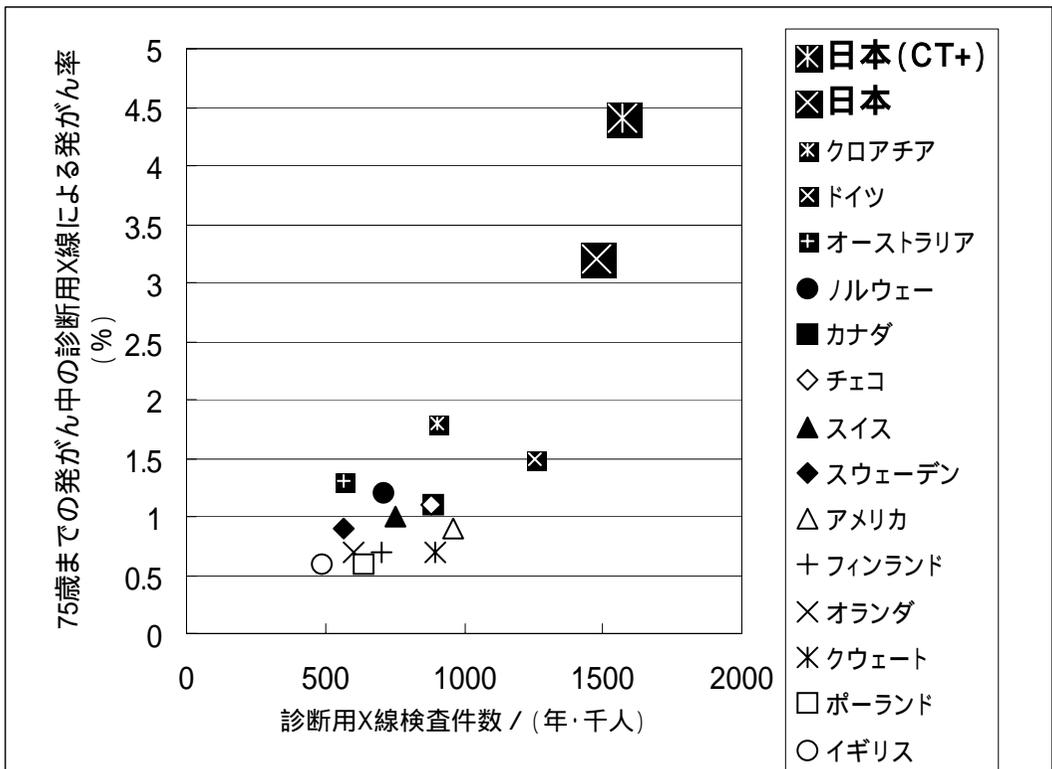
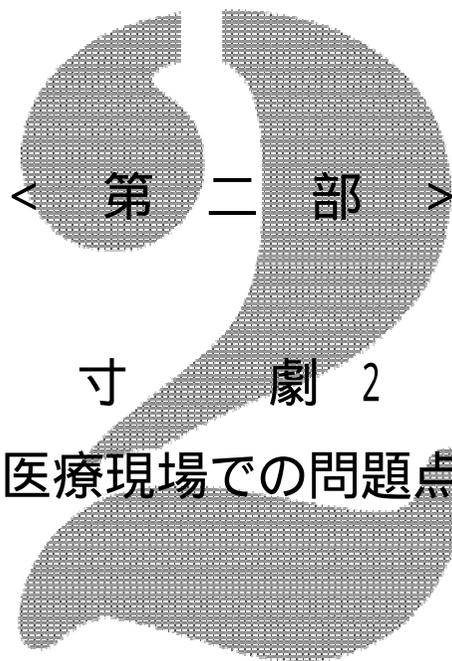


図 1-3 診断用X線による発がんの全がん中に占める割合(文献1より)



< 第 二 部 >

寸 劇 2

医療現場での問題点

< 寸劇 2 >

< 登場人物 >

医師

母親

子供

診察室に医師が座っている。子供（小学生）をつれた母親が入ってくる。

母親：よろしくお願い致します。（と言いながら、子供のランドセルをはずさせ、帽子を脱がせる。子供、親にされるままになっている。）

医師：（子供に向かって）どうしました？

母親：先生、この子昨日自転車で転んでここを（子供の後頭部を指す）コンクリートにぶつけたんですよ。

母親：（おろおろと）先生大丈夫でしょうか？他の病院で見ただいて、大丈夫だといわれたのですが、なんだかまだ心配で。先生詳しく検査してください。お願いします。

医師：コンクリートですか？

母親：そうなんです。（子供に）運動神経が鈍いくせに一輪車なんかに乗るんだから。ママいけないっていったでしょ！でね、他の病院で診て頂いたら大丈夫だっていわれたんですけど、なんだか簡単な診察で・・・。心配で溜まらないんですよ、先生。もっと詳しく検査していただけませんか？

医師：どれどれ（打った所を見る）。全然傷はないですねえ。チョット瘤ができていますけど・・・。

（子供に向かって）どの位のスピードで走っていたの？

母親：（子供に）どの位のスピードで走っていたの？

子供：（うーん、と考える仕草）

母親：うんと早く？

子供：（ううん。首を振る）

母親：じゃあんまり早くなく？

子供：（うん、と頷く）

母親：あんまり早くないそうです。。

医師：（子供に）打った後、頭が痛くなったり、気持ちが悪くなったりしましたか？

母親：（子供に）打った後、頭が痛くなったり、気持ちが悪くなったりした？

子供:(ううん。首を横にふる)

母親:ないそうです。

医師:(母親に)少しの間でも意識がなくなったことはないですよね?

母親:ええ、そんなことはなかったようです。

医師:それでは多分大丈夫だと思いますから、しばらく様子を見ましょう。もし何か変わったことがあったら、すぐに連絡をください。

母親:アラ、先生本当に大丈夫なんですか?ちゃんとCT検査していただけませんか?

医師:いいえ、その必要はないと思いますよ。それにCTを撮ると放射線を浴びることになりますからね。

母親:まあ、CTって放射線かけるんですか?

医師:そうですよ。ですから、子供はなるべく放射線を浴びない方が方がいいんです。

母親:でもね、頭ですからねえ。怖いんですよ、後遺症が。とにかく脳の病気は怖いんですよ。私の母もね、一日でなくなりましたの、くも膜下出血で。それとこの子のピアノの先生、(以下アドリブ・・・)

子供:(しゃべりまくる母親をチラッと見上げくびをすくめ、ポケットから携帯を取りだし遊び始める。)

母親:……。ですからね、やっぱりどうしてもCT検査して頂きたいですわ。先生、お願いします。

医師:困りましたね。うちの診療所にはCT装置をおいていません。

母親:アラやだ。こちらCTないんですか?やだ先生、それを最初におっしゃってくださいばいいのに。(子供に)キミちゃん、さあ立って、行きますよ。CTのある病院にいて、ちゃあんと検査してもらいましょ。(医師に)どうもおじゃましました。失礼します。(と懇懃にお辞儀をしてさっさと立ち去る。)

子供:(慌てて母親の後を追うが、アッと気付いて戻ってきてランドセルと帽子を取り上げ、先生にピョコンとお辞儀をして言う。)失礼シマス。(去る)

医師:(憮然として母子を見送りつづやく)あーあ、困ったもんだ。
(観客に)ああいう母親、多いんですよ。

．医療現場での問題点

奥村 晶子

寸劇2では、患者側が「安心のために」CT検査の診断を要求しています。ここには過保護で過干渉な母親が登場します。このような「CT検査盲信」は、多かれ少なかれ医療現場では見受けられるようです。CT検査がいかに多用されているか、なぜ多用されるかを知り、医療被ばくを少なくするためにどうしたらよいのかを探ります。

1. コンピューター断層撮影 (CT) 検査の実態

放射線は目に見えないし、臭いもない。Svという単位もわかりにくい。そこでどの位の線量でどの位の健康影響があるのかを知っておく必要があります。図2-1からわかるように、CT検査を1回受けるだけで、「公衆の1年の線量限度」の10倍もの被ばくをしていることとなります。医療においては患者の診断・治療に必要不可欠と判断されれば、放射線の被ばく限度はありません。そこで医療被ばくによるベネフィットとリスクを正しく見極めることが重要です。しかしその基準はあいまいですし、医療被ばくの危険性の認識も患者はもとより医療スタッフでさえあやふやなのが現状です。

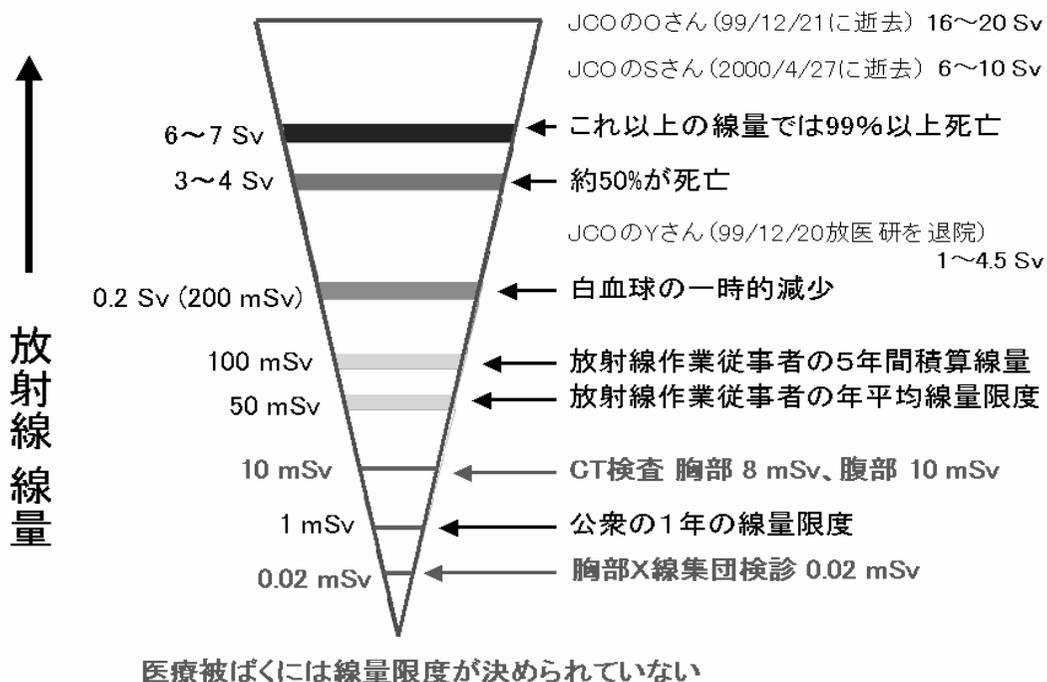


図2-1 放射線量と健康障害

表 2-1 では C T 検査と通常 X 線検査の線量の比較をしています。これを受けて

C T 検査の線量はどれほど高いか？

胸部 C T の実効線量は 8mSv 程で、これは胸部 X 線撮影の 400 回分に相当する。そして骨盤部などの C T 検査では、20mSv にもなる。C T 検査における組織吸収線量は、疫学調査でがんの発生率が増加するとされたレベルに近いがそれ以上となることもあり得る。

と、国際放射線防護委員会 (ICRP) の Pub.87 (文献 1) に書かれています。このように国際機関でも警告を発しています。しかしながら具体的なガイドラインはできていません。

表 2-1 実効線量の比較

CT	実効線量 (mSv)	通常の X 線検査	実効線量 (mSv)
頭部	2	頭蓋骨	0.07
胸部	8	胸部	0.02
腹部	10-20	腹部	1.0
骨盤	10-20	骨盤	0.7
		経口バリウム検査	1.5
		注腸検査	7

(ICRP Publ.87より)

※ICRP: 国際放射線防護委員会

図 2-2 は X 線検査の件数とその線量の割合をあらわしたもので、国連科学委員会の世界レベルでの調査によります。(文献 2) C T は検査数は 5% ですが、線量の割合では 34% に相当することがわかります。日本においては 1989 年の丸山らの調査で、C T 検査数 4.2%、C T 線量 34% という数字が報告されております。これらの調査からも C T 検査は 1 回当たりの被ばく線量が多いことがよくわかります。(文献 3)

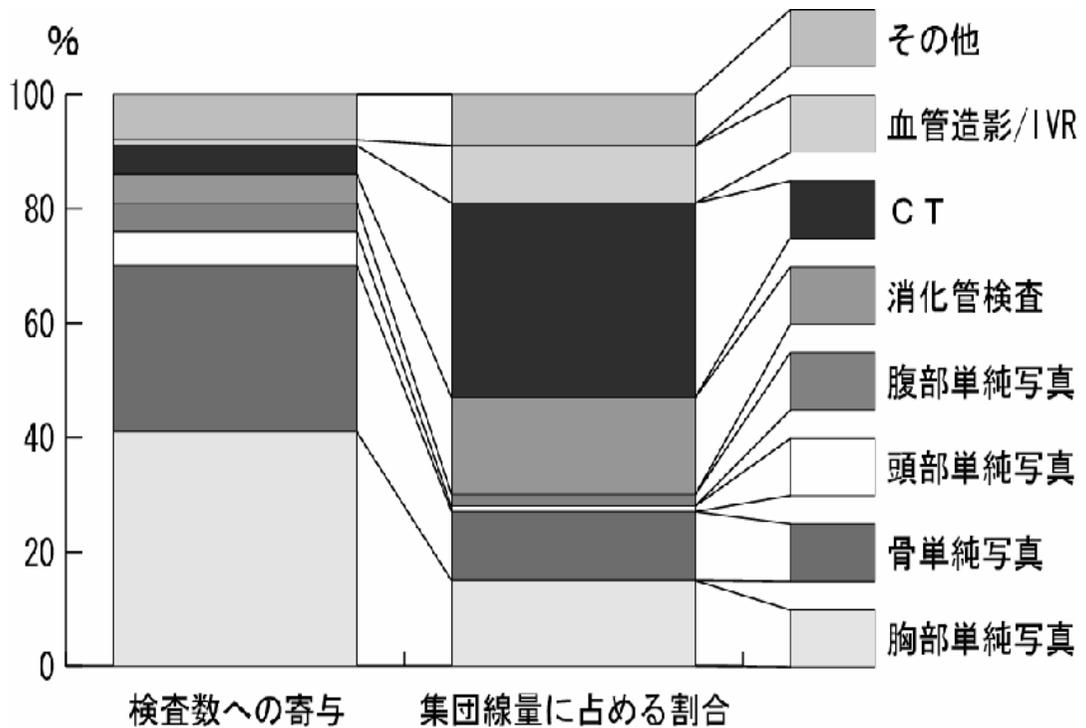


図 2-2 世界全体における医療X線検査

表 2-2 からは、日本における過去およそ 20 年間に於ける CT 装置の普及と、それに伴って被ばく線量も増加している様子がわかります。(文献 4)

表 2-2 CT 実態調査結果の比較(国内)

年	CT装置数	1年間のCT検査件数 x1000	1人当たりの実効線量 mSv
1979	712	1,454	--
1989	5,382	11,904	0.8
2000	11,050	36,550	2.3

西澤ら
NIPPON ACTA RDIOLÓGICA 2004;64

2.なぜCTは多用されるか

CT検査は優れた性能を備えています。以下のような点から、安全・確実・効率的であるといえます。放射線被ばくのリスクがなければオールマイティーともいえるくらいです。

初心者でも、確実な診断ができる

短時間で手軽

患者に検査時の痛みがなく、事故も少ない

ではCT検査に替わる他の検査法と比べるとどうでしょうか。

「超音波断層撮影」「内視鏡」といった検査では熟練した術者が必要なことと、これらの検査に適さない臓器が多いといった難点があります。「磁気共鳴コンピューター断層撮影(MRI)」はCTに比べ装置数が少ない。時間がかかる。装置価格・検査料ともCTより高いといった問題があります。また強い磁場における検査なので磁性体吸引・心臓ペースメーカー事故などの危険性があります。ただし診断能力はCTと同等以上と優れています。

【装置価格】	CT・・・約1億円	MRI・・・約1億5千万円
【検査料】	CT・・・600～800点	MRI・・・1200点

次に医療を取り巻く社会の問題に目を向けてみましょう。

医療現場が多忙を極めていることはよく知られています。時間をかけた慎重な診察ができないので「とりあえずCT」といった傾向があるということです。またこのところ、医療責任の問題が取り上げられることもしばしばですが、疑わしい症例には医療訴訟が起こることに備えて「防衛的CT」ということもあるそうです。そして何より医療スタッフ自身、低線量放射線のリスクを知らない、知らされていないという現状があります。その上、寸劇にあったような患者からの要求が加わり、CT検査がますます多用されることとなります。

医療システムと経済の問題からは何が見えてくるのでしょうか。

2002年12月の調査でCT装置台数、世界中で41000台のうち日本が12868台とずば抜けて多くなっています。これは設備が充実しているという患者の信頼が得られるので、CTの設置に拍車がかかった結果です。また、日本の医療保険制度では、CT検査単価が米国の1/10という安さなので、設置にかかった費用の減価償却のために、いきおい検査数は増えていきます。(文献5)

また重複検査の問題があります。これは、さまざまな事情を差し引いても絶対避けたい無駄な被ばくといえます。昨今セカンドオピニオンという言葉をよく耳にしますが、セカンドオピニオンが奨励されても、医療機関間の連携が円滑でないことがあります。同じ検査項目を一からやり直すという無駄が行われる場合もあります。逆に患者が無秩序に病院遍歴を重ねることによって起こってくる重複検査もあります。CTが多用される問題は医

療制度や医療行政と複雑に絡み合っているといえます。

3. 医療被ばくを少なくするために

医療被ばくを少なくするために、医師・放射線技師・患者に求められることは何でしょうか。それには、検査にあたって【検査の正当化】【放射線防護の最適化】【インフォームドコンセント】という一連の流れが正しく行われる必要があります。しかしこれは形骸化しているのではないかというおそれがあります。医師にとっても患者にとっても、検査の適応・不適応の判断は簡単ではありません。万が一診断に見落としがあったらという不安は、双方について回りますから、どうしても診断能の優れたCTに頼りがちになります。その結果【検査の正当化】つまり本当に必要な検査かどうかという判断基準は甘くなります。一方CT機器の性能の進歩はめざましく、少ない線量でより鮮明な画像が得られるようになってきています。しかし性能の進歩と裏腹に、線量をできるだけ抑えるなど、【放射線防護の最適化】はコンピューターまかせでブラックボックス化していることは否めません。そして【インフォームドコンセント】も形式的に「安心です」「安全です」と言うばかり、というのが現状です。

次章「低線量放射線と発がん」で詳しく述べますが、放射線のリスクには、「ある値以下だと安全」という「しきい値」はありません（直線しきい値なし仮説）。つまりどんなに小さい放射線検査でも安全とはいえないわけです。線量が多くなればそれに比例してリスクも高くなります。さらに放射線被ばくのリスクは時間が経っても解消することはなく、蓄積します。そこで無駄な被ばくをできるだけなくし、被ばく線量を低く抑えることが大切です。

現時点で何ができるのでしょうか。たとえば「医療被ばく記録手帳」の普及を早く実現させて、一人ひとりが自分の被ばく線量を把握する、被ばく線量の個人管理は第一歩であるといえます。これは患者として、漠然とした医療被ばくの不安を抱える代わりに、将来発がんするかもしれないリスクと向き合うことになる訳ですから勇気が要りますし、医師任せでないセルフケアという考え方に立つ必要があります。そして統計学的にリスクの確率が何%であろうと、自分の健康は自分にとってかけがえのない唯一のものだということを忘れないようにして、「医療」や「放射線被ばく」の問題を捉える事が大切だと思います。

4. 千葉県がんセンターの見学

日時：2004年9月16日

見学者：大谷、奥村、崎山、三上

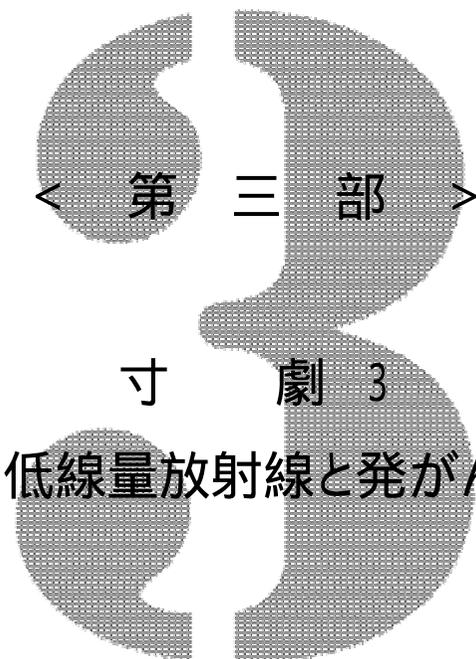
千葉県がんセンター放射線科の見学をさせていただきました。「画像診断」「放射線治療」「核医学」の全部門を、半日かけて案内していただきました。それぞれの部門で説明を受け、普段なかなか立ち入ることのできない検査室やコントロールルームなども見ることが

でき、私たちにとって大変有意義な見学となりました。ありがとうございました。



5 . 参考資料

- 文献1 ICRP 「Managing Patient Dose in Computed Tomography」 Annals of the ICRP,Vol.30,No.4 2000
- 文献2 United Nations 「United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation(UNSCEAR) 2000
- 文献3 丸山隆司 「生活と放射線」 放射線医学総合研究所 1995
- 文献4 西澤かな枝 「CT 検査件数及び CT 検査による集団実効線量の推定」 NIPPON ACTA RADIOLOGICA 2004
- 文献5 片田和廣 「CT 検査の現状と問題点-臨床医の立場から-」 医療放射線防護 NEWSLETTER No40 2004



< 第 三 部 >

寸 劇 3

低線量放射線と発がん

< 寸劇 3 >

< 登場人物 >

医師

患者

大学病院の診察室。医師（教授）と患者。

医師：山本さん、いかがですか具合は？今日はCT 検査の日でしたね。

患者：はい。あの一でも先生、最近新聞に、日本人は世界で一番放射線検査を受けているっていう記事が出ていたんですけど、大丈夫なんでしょうか。

医師：ああ、あれね。全く困るんですよえ、新聞にああいう記事が出ると。途端にわけも分からずに放射線を怖がる人がいっぺんに増えるんだから。だいたいね、検査で被ばくする量なんてほんの少しですよ。そんなに心配することはないんです。

患者：はーそうなんですか。それならいいんですけど。でもCT 検査はかなりたくさん放射線を浴びるってきいたんですけど、一体どの位浴びるのですか？

医師：大した量じゃありません。あなたの場合は肺のCT ですからね、10 ミリシーベルトくらいです。心配ありません。だいたいね一、気が付いていないけれど私たちは自然にいらしていてもいつも放射線を浴びているんですよ。

患者：えっ、そうなんですか？！

医師：そうですよ！食べ物にだって放射能は入っているし、飛行機に乗れば宇宙線を浴びるし。宇宙線だって放射線ですからね。まあ、検査で浴びる量はそれとそんなに変わりませんよ。

患者：でも先生、私今までに何回もX線検査を受けていんですけど・・・。

医師：ほー。何回くらい受けましたか？

患者：うーん、ハッキリ覚えていませんけえど・・・、でも、歯医者さんでは随分レントゲン撮られてるし・・・。

医師：あ、歯科のレントゲンはたいしたことありません。いいですか、一回一回の検査の量が低ければ心配ないんですよ。低い線量で癌になるということはまだ証明されていませんからね。山本さん、チョットこれを見てください。（パワーポイントを映す。）これは、放射線医学総合研究所から発表されたものです。ほらね、わかりますか？この通り100 ミリシーベルト以下で健康に害になるということは証明されていないんですよ。

患者：じゃあ先生、私の場合は10ミリシーベルトだから、大丈夫だっていうことなんですよ？

医師：そうです。日本では多くの学校でこういうふうに教えています。

放射線をむやみに怖がらせないようにね。ですから大丈夫ですよ、山本さん。さあ安心してCT検査を受けて下さい。

患者：(頷く)はいわかりました。先生よろしくお願い致します。

医師：はい。どうぞお大事に。

司会者：さてこれは本当でしょうか？ それでは皆さん、次の話を聞いてよく考えてみてください。

．低線量放射線と発がん

崎山 比早子

寸劇3に代表されるような医師が患者に説明している内容は、広く学校などでも教えられています。本当に低線量放射線は、健康に影響を与えないのでしょうか。そのことを考える基礎知識として、この章では放射線被ばくと防護の歴史、放射線はどのようなメカニズムで生物に影響を与えるのか、がんはどのように出来てくるのかを考えてゆきます。

1．医療被ばくと防護の歴史

ウィリアム・コンラッド・レントゲンは陰極線の実験をしているときに偶然陰極線とは異なる「新しい線」を発見しました。その線は本や木を透過しましたが、鉄や鉛のような金属に遮られ、さらに、鉛の円盤を持ったレントゲンの手の骨を映しだしました。図 3-1は、後にレントゲンが撮った手のX線写真です(文献1)。



図 3-1 レントゲンが撮影した手のX線写真(『放射線生物学』より)

レントゲンがこの体の中を透過する未知の新しい線を発見したのは1895年11月8日のことで、それをX線と名付け論文にまとめて発表したのが12月28日でした。X線の発見は直ちに大きなセンセーションを巻き起こし、社会現象となるまでになりました。特に医学領域で利用されたのは早く、1896年1月号にはランセットを始め数種類の医学雑誌にX線に関する論文が掲載された程です。X線は神秘的な線として、その生物に対する影響を知ることなく、何にでも利用されました。タムシやにきび、女性の憂鬱症、月経異常など、現在の知識からすれば明らかにX線ではなならない疾患にも広範に利用されました。放射線の危険性も知らず、線量概念もなかったために患者は大量の放射線を浴びて火傷から潰瘍、がんになる例もありました。治療をする側の医師や技師・看護婦もまるで無防備に放射線を扱ったために、ひどい火傷から皮膚癌になったり、再生不良性貧血、白血病での死亡者が多数となり、ようやく防護の努力が始まりました。線量限度は、放射線障害の本態が理解されるに従って、徐々に下げられてゆきました。放射線防護の変遷を表3-1に示します。

表3-1 放射線防護の変遷

- 1915年 英国レントゲン協会が「X線取扱者の防護に関する勧告」を出す。
- 1928年 国際X線ラジウム防護委員会設立。
- 1934年 国際X線ラジウム防護委員会が耐用線量 0.2 R(レントゲン) / 日を採用。
- 1936年 米国X線ラジウム防護委員会が耐用線量 0.1 R / 日とする。
(1936年 医師、技術者、実験物理学者、看護婦などX線による職業被ばくの犠牲者168人の記念碑がハンブルグ聖ゲオルグ病院に立てられ、顕彰書第一版が出版される)
- 1942年 マンハッタン計画発足
(1945年 7月トリニテイ実験、8月 広島・長崎に原爆投下)
- 1950年 国際X線ラジウム防護委員会は国際放射線防護委員会(ICRP)と改められる。
耐用線量を最大許容線量と改め、0.3 R / 週、0.05 R / 日を勧告。
(1954年3月 ピキニ環礁で水爆実験、第五福竜丸事件、9月 久保山さん死亡)
- 1958年 ICRP 職業被ばくの制限として生殖腺、造血臓器、水晶体について3レム(30ミリシーベルト、mSv) / 13週
集積線量の許容値を5(N-18)レム、rem(N:年齢、100rem=1Sv)
周辺住民に対しては0.5rem / 年とした。

- 1965年 放射線作業従事者の最大許容線量は5 rem (50 mSv) 公衆は年間0.5rem (5 mSv)
- 1990年 放射線作業従事者の最大線量限度は5 rem (50 mSv)、5年間で100 mSvを越えない。
公衆は年間1 mSv。

保険物理学の父ともいわれ長年、国際放射線防護委員会 (ICRP) やアメリカ放射線防護委員会 (NCRP) の委員を務めたカール・モーガンは「これらの機関 (ICRP や NCRP) の委員の大部分は原子力体制にかって雇われたり、現在もそうだったり、原子力体制とたくさんの契約を結んでいる人だ」(文献2) といっているように ICRP の勧告は必ずしも住民の利益のためにあるものではありません。それでも規制を厳しくせざるを得ない状況に追い込んだのは、世界的に盛り上がりを見せた、反核運動の成果と考えられます。

このように放射線被ばくの危険性を人々が認識するようになり、線量限度が徐々に下方修正されてきたのですが、医療被ばくに対しての制限は設けられることはありませんでした。それは、長年 ICRP の委員をつとめ、原子力推進に大きな役割を果たしたローリストン・テイラーすらも言っているように「放射線に関して、リスクがあったとして、それを受け取る人自身が、同時に利益も受けることでそのリスクが報われる唯一のものは、医療分野だけ」(文献3) だからです。逆に言えば、「利益がリスクを上回らなければ、医療被ばくは害になる」のですから、どのような条件ならば「利益がリスクを上回る」か、を行政や医療関係者は科学的に調べ、その条件にあった検査をする責任があるでしょう。

2. 低線量放射線影響の疫学調査

低線量放射線は主にがん、白血病、遺伝的障害を引き起こし、それらの症状が現れるまでには長い時間かかること、その頻度はそれほど高くないことが、広島・長崎原爆被爆者の生涯追跡調査で分かってきました。そのため、放射線の影響があるかどうかを疫学的に調べるためには、大きな調査集団と、長い調査期間が必要です。医療被ばくを含め、追跡調査された被ばく者集団はいくつかありますが、調査対象の人数と調査期間に関して、広島・長崎原爆被爆者の生涯追跡調査に勝るものはありません。一般に調査対象とされている原爆被爆者は高線量被爆者と誤解され、それが専門的な疫学論文などですら強調されています。しかし、実際、この集団の平均被爆線量は200mSvであり、75%が5mSvから20mSvで、立派な低線量被爆群です。

この生涯追跡調査の特徴は、調査対象者が86,572名にのぼること、男女の比率が近いこと、対照者は爆心地から3km以遠10km以内の住民、調査期間は1950年から1997年まで47年間(現在も継続調査されている) 線量分布が広範囲にわたり、線量推定の信頼性が高いことがあげられます。そのため、このデータは、多くの研究者やICRPなどによって放

放射線被ばくのリスクを推定するための根拠として使われています。

この調査の結果から線量とリスクの間には図 3-2 (文献 4) に示すような直線関係がみられ、ある線量を境としてリスクがゼロとなる「しきい値」は見つからないことが明らかとなっています。

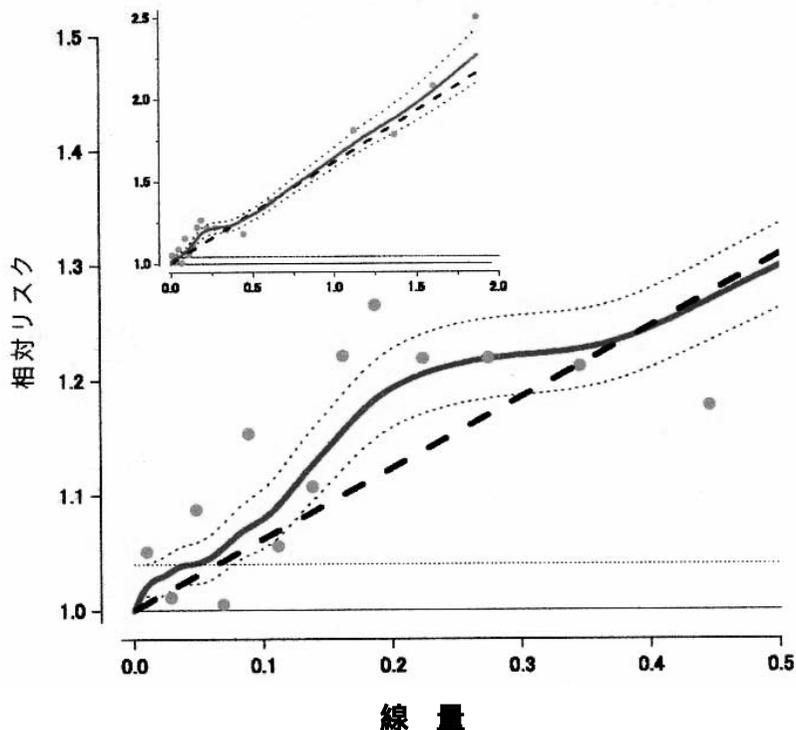


図 3-2 低線量域におけるがん罹患率の相対リスク推定(放影研ニュース 2001 より)

図 3-2 は放射線被曝によりがんになるリスクは線量に応じて高くなることを示しています。この調査で、がん以外にも、心疾患、脳溢血、消化器疾患などが線量に比例して被曝者が増えてきていることも分かりました。そして、これからも被ばくが原因で、がんやがん以外で死亡する人は増加し、図 3-3 に示すように 2015 年から 2020 年前後がそのピークと予測されています(文献 5)。

低線量被曝の場合には特に被曝からその影響がでるまでに時間がかかり、被曝したときが 20 歳以下であった被曝者が徐々にがん年齢に達してきているために、このような結果になるのです。

放射線は被曝する年齢が低いほどその影響が大きいといわれています。一定の線量に対するリスクは、0 - 9 才児で最も高く、年齢が上がるにつれて低くなります。

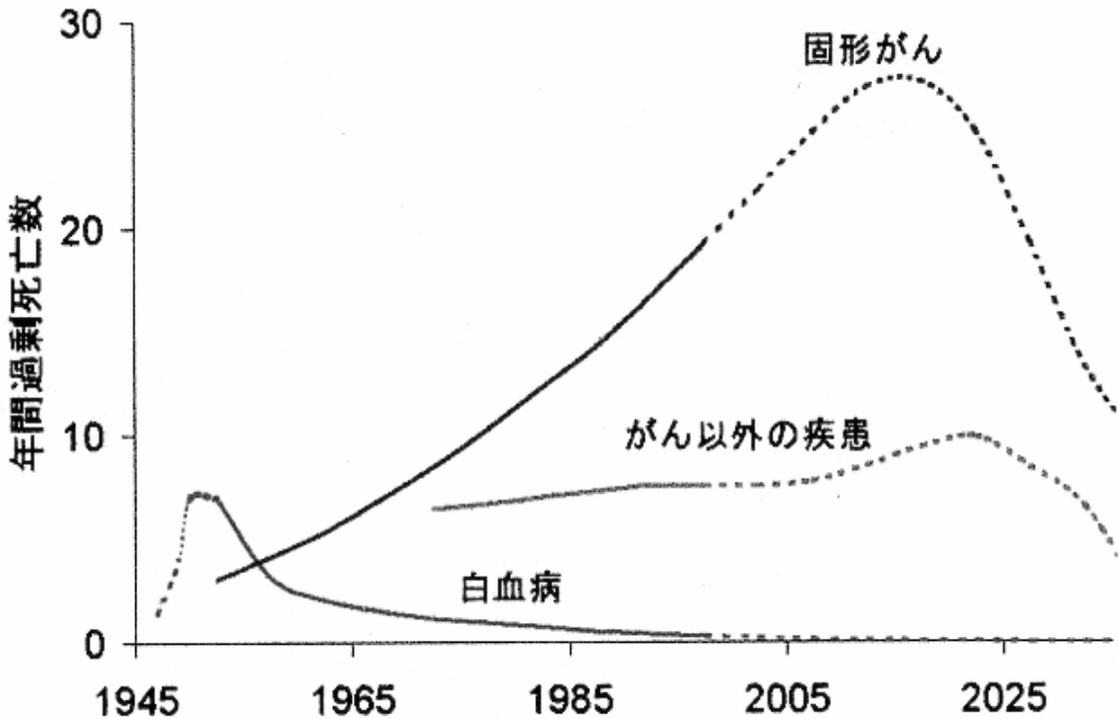


図 3-3 放射線に関連した過去の死亡数と今後の予測数(放影研ニュース 2003、文献 5 より)

広島・長崎の生涯追跡調査結果は世界的に信頼されているものの、欠点がないわけではありません。第 1 に、調査が始まったのが 1950 年であり、被爆後 5 年経過しているため放射線に感受性の高い人はすでに死亡してしまっていて、抵抗力のある人が生き残ったともいえます。そのためにこの結果を一般公衆に当てはめると、その中には放射線に感受性の高い人も入っているためにその影響を低く見積もってしまう可能性があること。第 2 に、対象とされた 3 km 以遠 10 km 以内の人たちの中に、黒い雨など放射能を浴びた人が含まれている可能性があること、第 3 に原爆爆発時に発生した核分裂生成物や、放射された一次放射線によって出来た 2 次放射性物質（誘導放射能）を体の中に取り込んで、体の内部から被爆した人もいるはずですが、内部被ばくは考慮されていないことなどです。従って追跡調査から得られた「しきい値」なし直線モデルを使って、医療被ばくによるリスクを推定するときには、これらのことを考慮し、過小評価の可能性も考えておく必要があります。

ICRP の 1990 年勧告では、しきい値なし直線モデルを採用し、一般公衆の年間線量限度である 1 mSv を 1 万人が被ばくするとその集団のがん死リスクは 0.5 人ととしています。ランセットに発表された論文は、そのモデルを使ってリスクを計算したものです。

さらに別の研究者によって CT 検査による被ばくのリスクを推定している論文が発表されています。それによると、前の章で述べられたように、一回の CT 検査で 14 ~ 21 mSv 被

ばくすると仮定して、これを仮に一人が受けるとすると、検査を受けた人が75才に達するまでに8人が検査が原因でがん死し、45才から75才まで毎年CT検査を受けるとすると集積線量は540mSvとなり、100人中2人ががん死する計算になると言っています。

3. 放射線障害を理解するための基礎知識

a. DNAと染色体の構造

放射線が何故がんを引き起こすのかを理解するためには、放射線が作用する主な標的である細胞のDNAについて知る必要があります。人間の体は約60兆個の細胞から出来ています。その各々の細胞の中心に約直径6ミクロン（1ミクロンは1/1000ミリメートル）の核があり、その中にDNAが入っています（図3-4）。

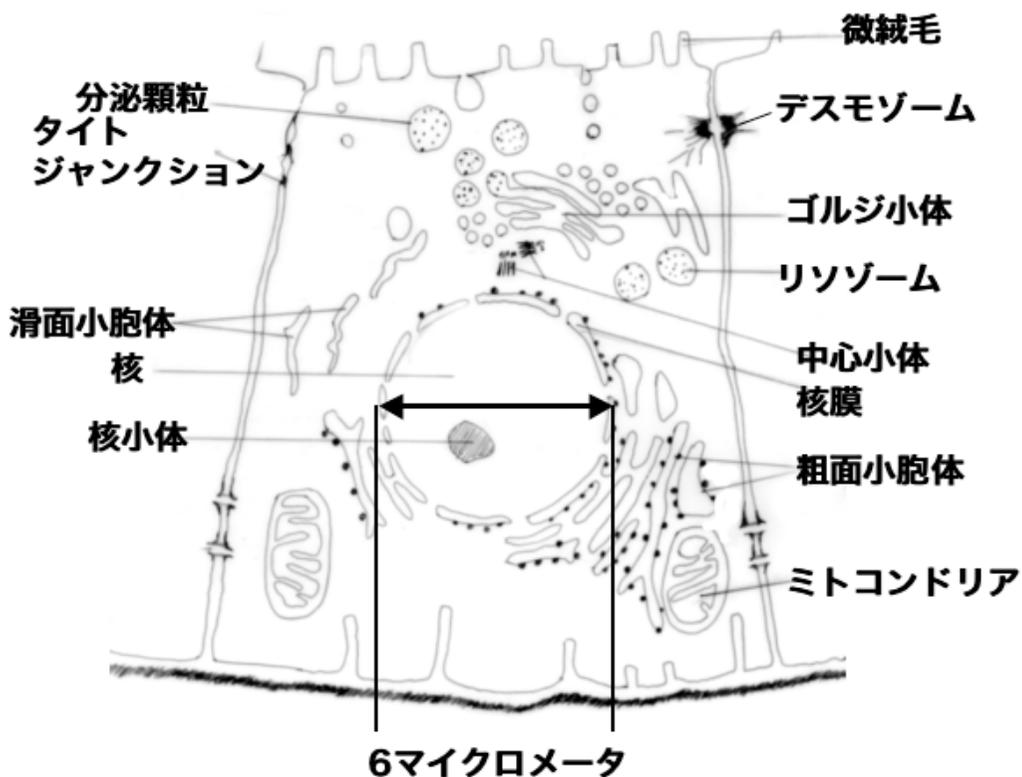
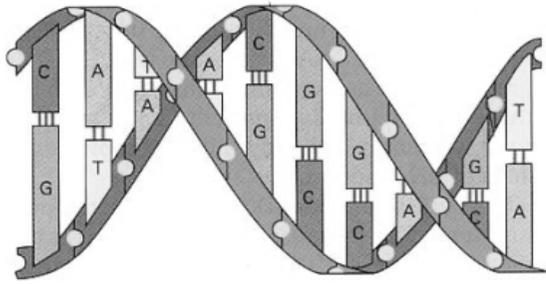


図3-4 細胞の図

DNAは体の設計図ともいわれ、これが壊れてしまうと細胞は生きてゆくことが出来ません。DNAはアデニン(A)、チミン(T)、グアニン(G)、シトシン(C)の4種類の塩基からなり、それらが図3-5に示すように二本鎖の対をなし、螺旋状になっています。



DNAの塩基

A:アデニン、T:チミン
G:グアニン、C:シトシン

図 3-5 DNA の塩基対 (文献 6 より)

一つ一つの核の中にはこの塩基対が 32 億個あり、これを全部つなげると 2メートルにもなります。これが直径 6 ミクロンの核の中に納められているということは、非常に細い 40km の糸をテニスボールの中にとたみ込んでいることに相当します。細胞が分裂増殖するときにはこの DNA が正確に複製され、二つの娘細胞に分け与えられなければなりません。細い長い糸がお互いにこんがらからないで、分かれて行くために DNA は染色体という非常に巧妙な構造をとっています (図 3-6)。

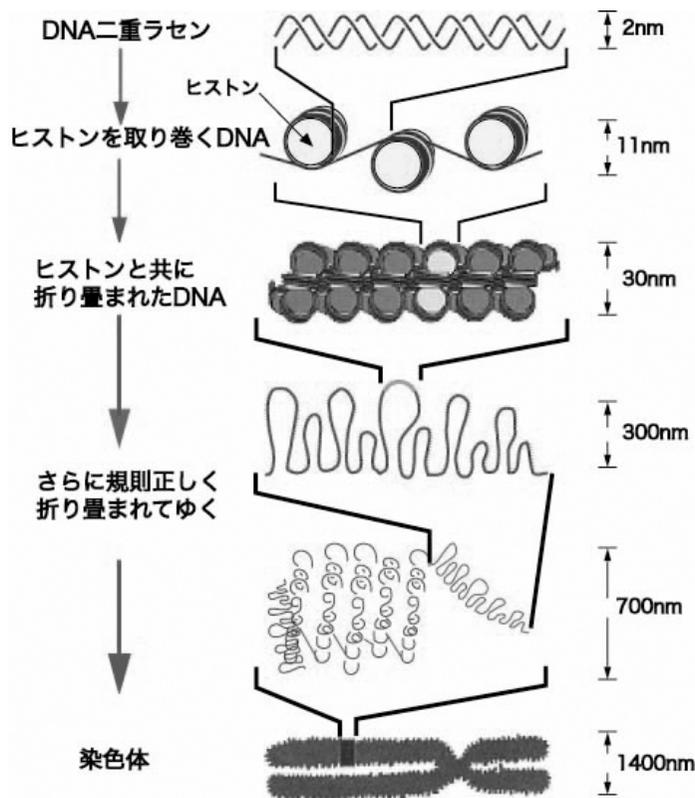


図 3-6 染色体の構造 (文献 6 より一部改変)

DNA はまず、ヒストンという太鼓のような形をした蛋白質のまわりをふた廻りし、少しの間隔（200 塩基対）を置いて次のヒストンをまたふた廻りします。このように次々に糸がビーズに絡まるような形になったものが、図 3-6 に示すように次々に規則正しく折り畳まれていって、最終的に染色体を形成します。人間にはそれぞれ 22 対（44 本）の常染色体と、女性の場合は XX、男性の場合は XY の性染色体、合計 46 本の染色体があります。この 46 本の染色体に分かれている塩基対の合計が 32 億個になるわけです。

b. DNA の複製

図 3-5 に示したように DNA は対をなしていますが、それが複製されるときには、正確に親の DNA と同じものができる必要があります。それはどのように行われているのでしょうか？ DNA はわずかに 4 種類の塩基から出来ていますが、対をなす場合には、アデニン(A)に対する相手方はチミン(T)、グアニン(G)に対する相手はシトシン(C)と決まっています。図 3-7 に示すように、新しい DNA が出来る場合には、一方の DNA が鋳型になるので、できた DNA は正確に親の DNA と同じものです。このようにして、それぞれの細胞の構造や性質が一定に保たれ、体の恒常性が保たれてゆくのです。

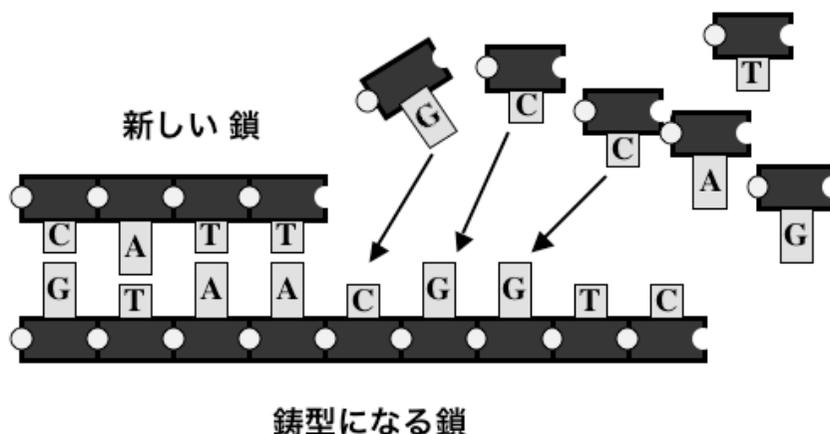


図 3-7 DNA の複製

c. 放射線の飛跡構造と DNA 損傷・修復

放射線は、このように変化しないように保たれている DNA に傷を与えます。それはどのように行われるのでしょうか？ エックス線、ガンマ線、ベータ線、アルファ線などの電離放射線と呼ばれる放射線は、それが体の中を飛んだ場合に、その飛んだ跡（飛跡という）に添って、周囲の原子から電子をはじき出してイオン化してしまいます。その例として 500 エレクトロンボルト（1 eV：一個の電子が 1 ボルトの電位差のある電極間を移動した場合に、電子の得る運動エネルギー）のベータ線の飛跡構造を図 3-8 に示します。飛跡と DNA

の縮尺は同じに書かれています。DNA を構成する塩基はお互いに原子の周りを回っている電子の共有結合で結びついています。そのエネルギーはせいぜい5 eV から7 eV であり、例えば図 3-8 に示されたような500eV のエネルギーで電子が横切ってくれば、その結合は簡単に切れてしまうでしょう。

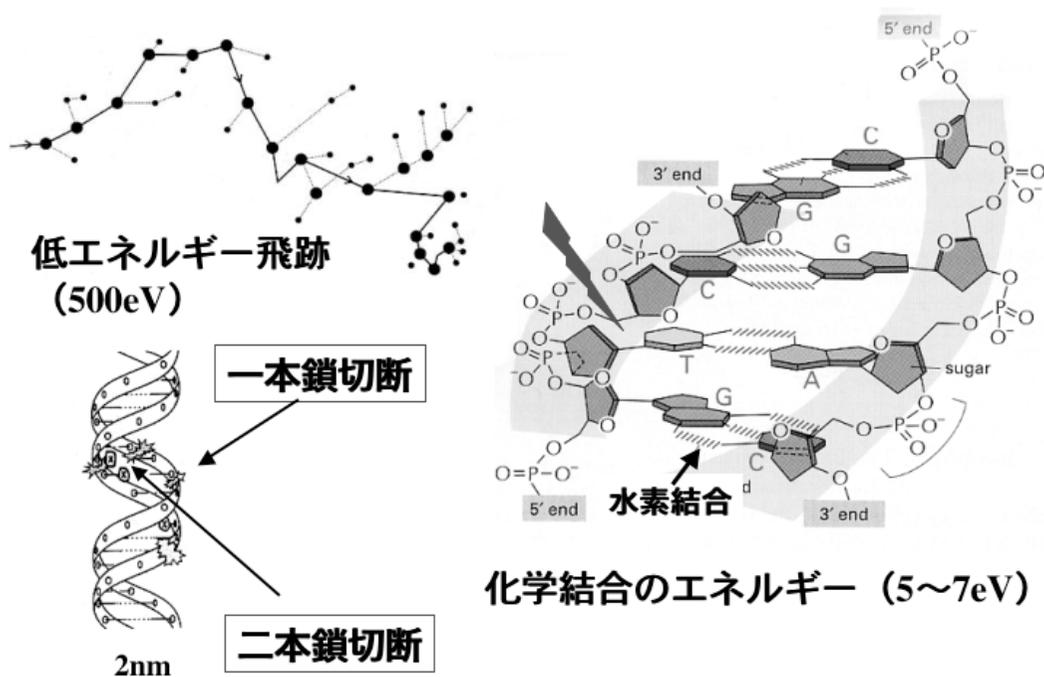


図 3-8 ベータ線の飛跡構造と DNA 損傷

DNA 損傷においては、DNA の片側だけ切れる場合(一本鎖切断)と両方とも同時に切れてしまう場合(二本鎖切断)とでは、その後の細胞に与える影響は大きく異なります。一本鎖切断の場合では、相手側の DNA は正常ですから、DNA の複製の時に見られたように、相手方を鋳型として正しい塩基をつなぎ合わせることができます。しかし、二本鎖切断の場合は、鋳型となるべき相手の DNA がないため、正しい塩基をつなぐことが難しくなり、間違いを起こしやすくなります。

それでは、低線量放射線で間違いを起こしやすい二本鎖切断が起きるのでしょうか。例えば公衆の1年間の被ばく限度放射線量と定められている1 mSv 程度で二本鎖切断が起きるのでしょうか。この程度の線量では起きたとしても数が少ないため、これまでこれを測ることは出来ませんでした。しかし、最近大変巧妙な方法が開発されて、非常に少ない二本鎖切断数も測定できるようになったのです。その方法によると最低1.2mSv でも24個の細胞に1個の割合で二本鎖切断が起きることが分かり、線量と切断数の関係は図3-9に示すように直線関係が成り立つことが分かりました(文献8、9)。

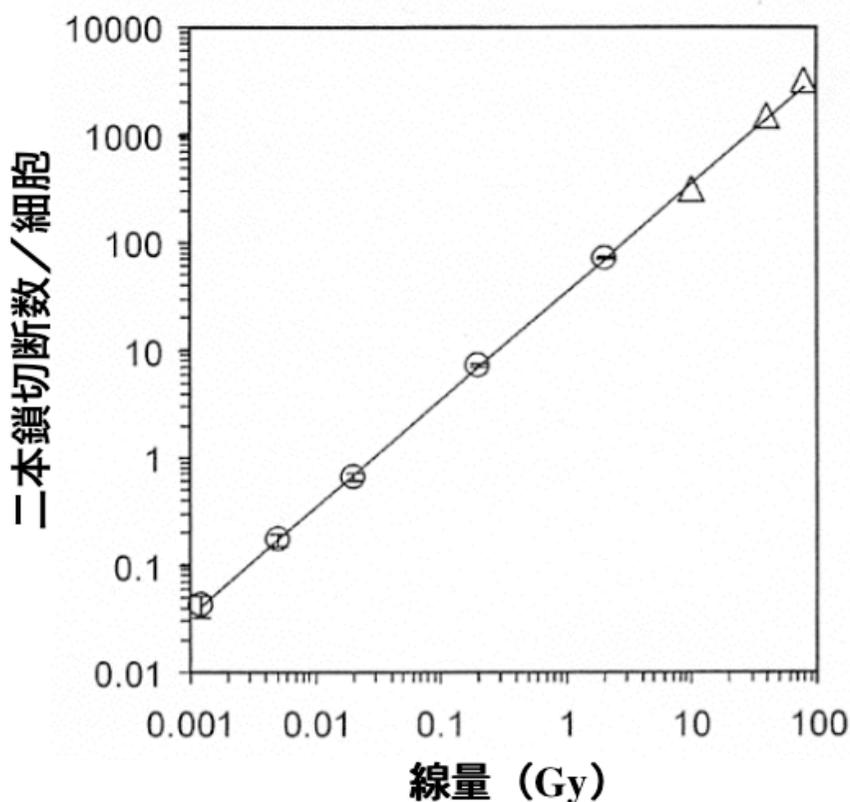


図 3-9 放射線量と二本鎖切断数の関係(文献 8 より)

傷を治す時に間違いを起こしやすい二本鎖切断が 1.2mSV というような低線量でも起きるとことは、その線量でもがんを引き起こす原因になりうるということを表しており、しきい値なし直線モデルの実験的裏付けになっていると考えられます。

DNA の傷が正しく修復されなかった場合に、それががんを引き起こすこととどのように繋がってゆくのでしょうか。

まず第 1 に傷ついた場所が、細胞の増殖をコントロールしているような遺伝子上にある場合には、直接的な原因になります。細胞増殖を抑える遺伝子が傷害されれば、細胞の増殖に抑制が利かなくなりますし、増殖を促すような遺伝子の活性が高まるように変化すれば、周囲の細胞に比べ、その細胞はどんどん増えていってしまいます。

第 2 に、ゲノム不安定性を引き起こします。これは遺伝的不安定性とも言われ、変化を起こさないことが非常に重要であるはずの DNA に、変化が起きやすくなってしまいう現象です。この実態は何であるかはよく分かっていませんし、何故そうなるのかも分かっていません。最近ではこの不安定性が、がんの発生や進行にとって重要な役割を果たしている

多くの人が考えるようになりまして。

第3に一旦起きたDNAの変化は元に戻ることはほとんどないと考えられます。このことが放射線傷害は蓄積するということの説明になります。

3. がんはどのようにして出来るのか

a. がんは多段階的に発生する

正常な細胞ががん化するのは、多くの場合正常細胞から一足飛びにがん細胞になるのではありません。いくつかの段階を経てがん細胞になると考えられています。言い換えれば、一個の遺伝子の変化でがんになるのではなく、いくつかの遺伝子の変化が積み重なって、最終的にがんになるのです。放射線によって、直接に傷がついた遺伝子が、がん遺伝子ではない場合でも、ゲノムが不安定になって遺伝子に変化が起きやすい性状が引き起こされれば、後に化学物質や再び何らかの理由で放射線にさらされることが起きた場合に、がん化への変化が進むことが考えられます。放射線による発がんに長い時間がかかるのは、このような発がんのメカニズムによって説明がつくでしょう。

以上のように放射線によるDNA損傷、発がんのメカニズムを考えると、現在放射線防護の基準として国際的に採用されている「しきい値なし直線モデル」は、基礎実験科学的にも疫学的データに基づいても過大評価にはなり得ないと考えられます。その貴重なデータを評価し、被爆者及び一般公衆の健康を守るべき立場にある日本国政府から、原子力政策を推し進めるためとはいえ、この結果を無視するような発言がたびたびなされていることは、本当に残念なことです。

4. まとめ

この章の始めにも触れましたが、放射線を怖がらせないために、低線量放射線には危険がない、という教育が徹底して行われているため、医学教育もその例外ではありません。教育の現場でリスクを正しく教えることは、患者のみならず医師の健康をも守ることにつながります。

<私たちの要望>

1. 医師や技師は患者に対し、線量に応じてそれなりのリスクを伴うことを説明すること。
2. 患者も自分の健康を守るために、放射線のリスクを理解し、安心を求めてやたらに放射線検査を要求しないこと。
3. 行政当局は原子力推進政策のために、放射線教育を歪めるべきではない。
広島・長崎被爆者生涯調査データを正當に評価すべきであること。
4. 日本を医療被ばく大国に押し上げている、医療制度の矛盾をただす努力が、医療行政に望まれる。

5. 参考資料

書籍及び論文

- 1) ロバート・ニツスキイ 山崎岐男訳『X線の発見者 レントゲンの生涯』 考古堂 1989 年
- 2) カール・Z・モーガン、ケン・M・ピーターソン、松井浩、片桐浩訳『原子力開発の光と陰』昭和堂 2003 年
- 3) キャサリン・コーンフィル 友清裕昭訳『被曝の世紀』 朝日新聞社 1990 年
- 4) Pierce D.A. & Preston D.L 「原爆被爆者における低線量放射線のがんリスク」放影研ニュース 2001
- 5) 放影研 統計部「調査結果 LSS における放射線に関連した死亡率予測」 放影研ニュース 2003
- 6) Bruce Alberts 他『Molecular Biology of the Cell』 Garland Science 2002 年
- 7) Rothkamm K.& Lobrich M 「Evidence for lack of DNA double-strand break repair in human cells exposed to very low x-ray doses」.Proc. Natl. Acad. Sci. 100, 5057-5062, 2003.
- 8) 崎山比早子「低線量放射線の影響は過小評価されてきたのではないか -低線量放射線でできた二重鎖 DNA 切断は修復されない？」原子力資料情報室通信 354 号 2003 年
- 9) 菅原努監修『放射線基礎医学』 金芳堂 2004 年

ホームページ

- 「原子力教育を考える会」<http://www.nuketext.org/>
- 「高木学校」<http://www.jca.apc.org/takasas/>
- 「原子力資料情報室」<http://cnic.jp/>
- 「放射線影響研究所」<http://www.rerf.or.jp/>
- 「日本放射線技師学会」<http://www.jart.jp/>
- 「医学放射線学会」<http://www.radiology.or.jp/>
- 「放射線医学総合研究所」<http://www.nirs.go.jp/>

高木学校 第8回市民講座報告集

医療被ばくをどう考えるか

2005年12月16日 発行

発行 高木学校

〒164-0003

東京都中野区東中野 1-58-15

TEL 03-5332-3227

FAX 03-5330-9530

E-mail takasas@jca.apc.org

WEB <http://www.jca.apc.org/takasas>

口座 郵便振替 00150-8-28425 (高木学校)

600 円