

# わたくしたちの健康読本

(44)

## 放射線とは

長野県医師会

この冊子の内容は

- 放射線とは
- 放射線被ばく
- 日常生活と放射線
- 被ばくの種類
- 個体レベルの影響
- 放射線障害
- 放射線防護の基本
- 放射線の医学利用

## 心配を減らすために 知識を広める

### はじめに

福島第一原子力発電所の事故により、一般市民の方々も放射能や放射線という言葉をよく耳にするようになりました。

放射能、放射線に対する知識を広めることで、日常生活における心配を少しでも減らすことができるようにこの冊子を作りましたので、放射線と上手に付きあっていくために役立ててください。



放射能、放射線  
に対する知識を  
広める

# 光や紫外線・赤外線・電波も放射線の仲間

## 放射線とは

放射線と聞いてエックス線(レントゲン)を思いうかべる方は多いと思います。エックス線は、1895年にドイツの物理学者ウィルヘルム・コンラット・レントゲンにより発見されました。物を透過する能力があるエックス線はすぐに医学に利用され、病気の診断や治療に広く使用されるようになりました。

その後、放射線の研究が進んで、現在では医学以外にも様々な分野で使われていますが、**放射線は目に見えず、体で感じる**ことができないため、日常生活で放射線のことを意識することはあまりありません。

放射線と呼ばれるものは、エックス線以外にもいろいろあります。放射線とは、広い意味ではすべての電磁波や粒子線のことを指し、これには光や紫外線、赤外線、電波も含まれています。しかし、一般的には、物質を通過するときに原子や分子をイオン化させる能力がある高いエネルギーを持った「電離放射線」のことを「放射線」と呼んでいます。電磁波の一種であるエックス線やガンマ線( $\gamma$ 線)、粒子の流れであるアルファ線( $\alpha$ 線)、ベータ線( $\beta$ 線)、陽子線、中性子線などが放射線です。

### ●放射線と放射能

「放射線」と「放射能」は同じような意味で使われることがありますが、正確には意味が異なります。「**放射線**」とは、高いエネルギーを持った電磁波や粒子線のことを指します。一方「**放射能**」とは、物質が放射線を放出する性質あるいは放射線を放

出す能力のことをいいます。そして、放射線を放出する物質（放射能を持つ物質）のことを「**放射性物質**」といいます。

### ●放射線に関する単位

放射線に関する量を数値で表すには、いくつかの単位があります。代表的な単位を以下に説明します。

放射性物質が持つ「**放射線を出す能力（放射能）**」を表わす単位として、**ベクレル** (Bq) が用いられています。1ベクレルは、1秒間に1個の放射性原子核が崩壊して放射線を出すことを表しています。なお、放出する放射線の強さ（エネルギー）とは異なります。同じベクレル数の放射能であっても、放射性物質の種類や測定点までの距離、間にある遮蔽物の効果などの影響で放射線の強さは変わってきます。

### ■放射線とは…

放射線	高いエネルギーを持った電磁波や粒子線のことを指す
放射能	物質が放射線を放出する性質あるいは放射線を放出する能力

物や人間が「**どれだけの量の放射線を浴びたか**」を表す単位としては、**グレイ** (Gy) や**シーベルト** (Sv) があります。「物質が吸収した放射線のエネルギー量を意味する吸収線量」の単位として、**グレイ** が用いられます。1 kgあたりの物質に1ジュール (J) のエネルギーが吸収された場合が1 Gyです。ところが、放射線が生体におよぼす影響は、受けた放射線の種類や被ばくした

臓器の種類によって異なります。たとえば、同じ吸収線量（グレイ）でも、ガンマ線と比べてアルファ線を被ばくした場合の影響は20倍になります。そこで、エックス線やガンマ線から生体が受ける影響を1として、「種類に応じた影響の違いを考慮して放射線の影響の程度」を表すのに、シーベルトが用いられています。

なお、1シーベルト (Sv) = 1,000ミリシーベルト (mSv) = 1,000,000マイクロシーベルト ( $\mu$ Sv)、1ミリシーベルト (mSv) = 1,000マイクロシーベルト ( $\mu$ Sv)です。

ある人の体表面に放射性物質を含む粉塵が付着したときを例にとって説明しましょう。この粉塵に含まれる放射性物質の放射線を出す能力(放射能)はベクレル (Bq) で表します。この粉塵によるその人の放射線被ばくの量はグレイ (Gy) で表します。それにより生じる放射線の影響はシーベルト (Sv) を用いて、臓器ごとに何シーベルト被ばくしたか表します。

#### ■放射線に関する単位

ベクレル(Bq)	放射線を出す能力を表わす単位 1ベクレルは、1秒間に1個の放射性原子核が崩壊して放射線を出すことを表す
グレイ(Gy)	物質が吸収した放射線の吸収線量の単位 放射線被ばくの量
シーベルト(Sv)	どれだけの量の放射線を浴びたかを表す単位 放射線の影響

※同じ吸収線量(グレイ)でも、ガンマ線と比べて、アルファ線を被ばくした場合の影響は20倍

# 福島原発からの放射性物質は公衆被ばく

## 放射線被ばく

### ●自然放射線

放射線は目には見えませんが、実は身の回りにたくさんあります。地中にある放射性物質から出ている放射線、太陽や他の星から地球に向かって降り注ぐ放射線、空気や食物、水の中に含まれている放射性物質を摂取することで体内から出ている放射線などです。これらを「**自然放射線**」といいます。私たちは、その中で普段は気にすることなく生活しており、放射線被ばくによる症状もほとんど起こっていません。

自然界のほとんどの物質には微量の放射性物質が含まれています。酸素や窒素などにも放射性物質があり、同じ種類の元素でも放射線を出す元素のことを「**放射性同位元素**」といいます。これら放射性物質から放出される放射線は、アルファ線だったり、ベータ線だったり、ガンマ線だったりします。

地球に元々ある多くの元素のうち放射線を出しているものは55種類です。代表的な放射性物質は、ウランやトリウム、アクチニウム、ラドン、トロン、カリウムです。ラドンは温泉にも含まれているものですし、放射性カリウムは私たちの身体の中にも微量ながら存在しています。

宇宙から地球に向かって降り注ぐ放射線を宇宙線と呼んでいますが、発生源は太陽やその他の自分で光を出している星（恒星）で、宇宙線の主なものは陽子線です。太陽などの恒星は、水素やヘリウムの原子核を燃料に核融合という核反応により光や熱などのエネルギーを発生させていますが、その過程で陽子

線や中性子線などの放射線を出します。

これらの放射線が宇宙を飛び交い地球に達します。幸いなことに、宇宙線は地磁気や大気の影響で地表に達する前に弱められ、北極や南極以外の地域では線量は高くありません。宇宙線が大気中の窒素や酸素、アルゴン等に衝突して、放射性同位元素の炭素(C-14)、ナトリウム(Na-22)、水素(H-3)などが生成されますが、これらからの被ばくはごくわずかです。

### ●人工放射線

宇宙線や天然の放射性物質からの放射線以外に、人間が作り出した放射線物質などからの放射線を「人工放射線」といいます。主なものには、医療放射線、原子力発電の利用に伴う放射線、放射性物質の利用に伴う放射線、核爆発に伴う放射性下降物からの放射線があります。

医療放射線には、病気の診断に使われるレントゲン撮影やCTスキャンなどで用いられるエックス線、核医学検査で用いられる放射性物質から出るベータ線やガンマ線、がんの放射線治療で用いられるエックス線や電子線、陽子線、重粒子線などがあります。

原子力発電所において核分裂のエネルギーを取り出す過程で生まれる放射線も人工放射線です。発電所内での放射線以外に、発電所から出た放射性物質から放出されるアルファ線やベータ線、ガンマ線が問題になることがあります。

同様に、原爆や水爆などの爆発により環境中に放出される放

放射性物質から出るのも人工放射線です。また、研究・医療機関での実験や検査、治療に利用される放射性物質からも人工放射線が出ています。工業では、プラスチック製品やタイヤの製造、製品の非破壊検査、農産物の発芽防止や品種改良、考古学における年代測定など、幅広い分野で放射線は有効活用されています。

### ●人工放射線による被ばく

人工放射線による被ばくは、被ばくする人の立場によって「医療被ばく」、「職業被ばく」、「公衆被ばく」の3つに分けられます。

「医療被ばく」は、病気の検査や治療のために病院で受ける被ばくのことをいい、日常生活のなかの人工放射線による被ばくではもっとも多いものです。

「職業被ばく」は、医療従事者や原子力発電所の作業員、放射性物質を取り扱う研究者や作業員が労働の中で受ける被ばくのことをいいます。

「公衆被ばく」とは、医療被ばくや職業被ばく以外の人工放射線による被ばくを指します。福島第一原子力発電所から放出された放射性物質による住民の被ばくは公衆被ばくにあたります。

# ビルの中でも放射線を浴びている

## 日常生活と放射線

自然放射線は地球ができた時から存在し、私たちの周りに常にあります。国連科学委員会の1988年の報告では、自然放射線による被ばく量は全世界の平均で年間2.4ミリシーベルト (mSv) となっています。自然放射線を細かく分けると、大地から出ている放射線による被ばくが年間0.4ミリシーベルト、宇宙線による被ばくが年間0.35ミリシーベルト、空気中に放出されているラドンやトロンなどの放射性物質を吸入することによる体内からの被ばくが年間1.3ミリシーベルト、食物内に微量に含まれているカリウムや炭素などの放射性物質を食べることによる体内からの被ばくが年間0.35ミリシーベルトです。

大地からの自然放射線の量は地域によって多少の差があります。日本においては、関西や中国地方では放射性同位元素を比較的多く含む花崗岩かこうがんが多いため、関東に比べると大地からの放射線はやや多くなっています。海外では、インドやブラジルの一部に年間数十ミリシーベルトもの自然放射線があるところがありますが、住民の健康に対する影響は見られていません。

コンクリートの建物の中にいると、宇宙線や大地からの放射線の影響は受けにくいのですが、コンクリートや鉄骨材に天然の放射性元素が含まれていますので、ビルの中でも放射線を浴びていることとなります。

飛行機に乗って地面から遠ざかると、大地からの放射線は少なくなります。高度が高くなるにつれて宇宙線による被ばくが増えます。海外に行く場合に、高度1万メートルの上空を30時間ほど飛行機で移動すると、地上にいるより0.05ミリシーベルトほど多く被ばくすることとなります。

## 被ばくは、部位・線源位置・線量率によって分ける

### 被ばくの種類

**部位**：全身被ばく / 局所被ばく

人間の体のどこに放射線が当たるかで身体への影響が変わってくる可能性があります。そこで、全身が放射線被ばくすることを「**全身被ばく**」、人体の一部が放射線被ばくすることを「**局所被ばく**」と呼んで区別しています。

人間の身体にはたくさんの臓器がありますが、放射線被ばくの影響は臓器により異なります。放射線による影響の受けやすさの違いを「放射線感受性」といい、影響を受けやすいことを「放射線感受性が高い」、影響を受けにくいことを「放射線感受性が低い」といいます。

臓器の放射線感受性は細胞分裂の程度に左右され、一般に、細胞分裂が盛んに行われている臓器は放射線被ばくによる影響が出やすいとされています。

放射線感受性の高い臓器として、血液をつくる骨髄や精子や卵子をつくる生殖腺があげられます。一方、細胞分裂が比較的少ない筋肉や骨、神経などは放射線感受性が低いと考えられています。全身被ばくをした場合でも、それぞれの臓器の被ばくに分けて考えることがあります。

**線源位置**：体外被ばく / 体内被ばく

体外にある放射線によって被ばくすることを「**体外被ばく**（外部被ばく）」、体内に取り込んだ放射性物質の放射線によって被ばくすることを「**体内被ばく**（内部被ばく）」と分けることがで

きます。

体外被ばくは、大地からの放射線や宇宙線、病院でのエックス線検査などによる被ばくを指し、体内被ばくは、大気中にある自然の放射性同位元素を吸い込むことによる肺の被ばくや、飲食物を通じて体内に取り込まれた放射性同位元素からの被ばくです。

### 線量率：急性被ばく / 慢性被ばく

同じ放射線でも、短時間で被ばくする場合と長時間で被ばくする場合には、身体への影響は変わってきますので、この2つを区別しています。時間あたりの放射線量のことを「線量率」といい、シーベルト／年やシーベルト／分などの単位を用いて表しています。短時間で放射線被ばくをした場合を「急性被ばく」、長時間にわたり弱い放射線被ばくを受けることを「慢性被ばく」といいます。

急性被ばくの例として、広島や長崎の原爆による被ばくやチェルノブイリ原子力発電所事故直後の作業員の被ばく、あるいは東海村臨界事故による作業員の被ばくがあげられます。慢性被ばくの例としては、放射線医療に従事する医師・診療放射線技師・看護師、原子力発電所の作業員、放射性物質を扱う研究者や作業員の被ばくがこれにあたります。

放射線の被ばく量が同じであっても、1秒間で1シーベルト被ばくした場合と1年間で1シーベルト被ばくした場合とでは、人体が放射線によって受ける影響は急性被ばくの方が慢性

被ばくより大きいことがわかっています。

放射線を被ばくすると細胞内の核に損傷が発生しますが、時間がたつと細胞内の修復機能により損傷の一部が修復されます。一度にたくさん被ばくするとこの修復機能が働きませんが、ゆっくり被ばくすると修復が行われるため、慢性被ばくのほうが人体への影響が少なくなります。

### 被ばくの種類

部位	全身被ばく	全身が放射線被ばく
	局所被ばく	人体の一部が放射線被ばく
線源位置	体外被ばく(外部被ばく)	体外にある放射線によって被ばく
	体内被ばく(内部被ばく)	体内に取り込んだ放射性物質の放射線によって被ばく
線量率	急性被ばく	短時間で放射線被ばく
	慢性被ばく	長時間にわたり弱い放射線被ばく



# 症状は、出現時期や遺伝的影響によって異なる

## 個体レベルの影響

### ● 身体的影響：早期（急性期）/ 後期（慢性）

放射線被ばくによる身体への影響は、人体を構成している多くの細胞に放射線が作用しているために起こります。細胞に放射線が当たると、細胞の核に損傷が起こります。損傷が少ない場合は細胞内の修復機能により回復しますが、被ばくの量が多く損傷が大きいと、修復が間に合わず細胞の機能に異常が生じます。

異常が生じた細胞は死んでしまったり細胞分裂が遅れたり、異常な細胞に変わったりします。異常が生じた細胞が多くなれば臓器に障害が起こることになります。この障害は、症状の出現する時期によって早期（急性期）に起こるものと、後期（慢性）に起こるものに分けられます。

**早期（急性期）障害**は、それぞれの**臓器の障害**としてあらわれます。放射線感受性の高い骨髄の障害はリンパ球減少、生殖腺では不妊、消化管では潰瘍といった症状が出ます。原爆や原子力発電所の事故などで、全身に数グレイの急性被ばくを受けた場合は、様々な臓器障害により死に至る場合もありますが、通常の医療被ばくや公衆被ばくでは、死亡するような高い線量を被ばくすることはありません。

**後期（慢性）に起こる障害**には、**発がんや白内障**があります。発がんの時期は、放射線の量や被ばくした年齢、部位により異なりますが、10年以上経過してから見られます。白内障は、目に2ミリシーベルト以上の被ばくをした場合に、数年後からお

こる可能性があります。

### ● 遺伝的影響

放射線の身体への影響は細胞に損傷を与えるところから生じますが、生殖細胞が損傷されると、間違った遺伝情報が子孫に伝わり、生まれてくる子供に発がんや遺伝性疾患が起こる可能性が考えられており、これを「**遺伝的影響**」といいます。

実際にショウジョウバエやハツカネズミなどを使った生物実験では、放射線被ばくによる遺伝的影響が出るのが証明されています。しかし、人間においては広島や長崎で被ばくした方々の疫学的調査などによると、放射線による遺伝的影響が確認された例は今のところありません。

人間において遺伝的影響が全くないと証明されたわけではありませんので、生物実験から人間に置き換えて推定してみると、ある人が10ミリシーベルトの被ばくをした場合、その子供または孫に遺伝的障害が現れる確率は2万3千人に1人と考えられています。

正常な出生では100人の子供のうち1人は何らかの遺伝病を持っているとされていますので、これに比べると、放射線による遺伝的影響の発生確率はかなり低いものです。

# 障害は、影響の現れ方と放射線量で分けられる

## 放射線障害

放射線の身体への影響すなわち放射線障害の種類を、影響の現れ方と放射線の量の関係で分類すると、「**確定的影響**」と「**確率的影響**」に分けることができます。

### ● 確定的影響

放射線被ばくの量がある値に達するまでは、身体への影響が現れることなく、ある値を越えると、はじめて影響が発生すると考えられている障害があります。症状が現れはじめる最低の放射線量をしきい値と呼び、しきい値を伴う放射線障害を「**確定的影響**」といいます。これには早期障害である各臓器の障害と、妊婦が被ばくすることによる胎児への影響、晩期障害のうちの白内障などが該当します。しきい値線量を超えて被ばくすると症状が出現し、被ばく線量が大きくなるにつれて症状は重くなります。臓器障害のしきい値の例として、骨髄の急性障害である白血球減少は500ミリシーベルト、生殖腺の被ばくによる不妊は2500-6000ミリシーベルト、水晶体の被ばくによる白内障は5000ミリシーベルトとされています。

妊婦が被ばくした際に胎児も被ばくすると、流産や出生時の障害を認めることがあります。被ばくした妊娠週数により影響は異なり、妊娠初期では流産することがありますが、しきい値は100ミリシーベルトと考えられています。組織や臓器が形作られる妊娠2週から8週に被ばくすると、生まれてくる子供に奇形が生じる可能性があります、そのしきい値は100-200ミ

リシーベルトです。妊娠8週から25週の神経細胞が発達する時期に被ばくすると、子供に精神発達遅延がみられる可能性があります。このしきい値は120-200ミリシーベルトです。ちなみに、病院で通常の放射線検査を行っても、これらのしきい値を超えて胎児が被ばくするようなことはありません。

### ●確率的影響

もう一つの影響の現れ方は、しきい値がなく、少ない線量でも何らかの影響が出ると考えられている「**確率的影響**」です。これに当てはまるのは放射線発がんや遺伝的影響です。白血病や固形がんなどの発症や遺伝的影響による症状は、被ばくをすれば誰にでも起こるわけではなく、被ばく線量が増加するほど発生確率も単調に高くなり、発病した場合の重篤度<sup>じゅうとく</sup>は被ばく線量の大小には関係しないという特徴があります。

広島・長崎の原爆により被ばくした人々の調査などでは、100ミリシーベルトよりも高い線量ではがんによる死亡の増加が認められましたが、被ばく量がこれより少ない場合では、がんの発生確率の増加は認められず、遺伝的影響も見られませんでした。しかし、この結果から、それ以下の少ない被ばく量ではがんや遺伝的影響は増加しないと確認できたわけではありません。そこで、放射線防護をする際にはより安全な立場で考えることとし、発がんや遺伝的影響にはしきい線量がなく、少ない被ばく量でもその線量の増加と共に影響の発生確率が増加すると仮定することにしました。

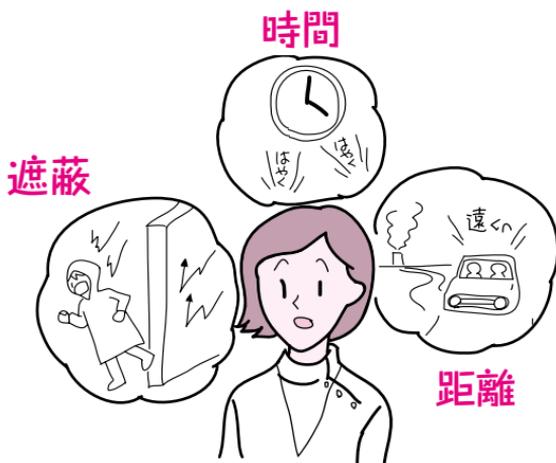
# 放射線防護の基本は、遮蔽・距離・時間の3つ

## 放射線防護の基本

### ●遮蔽、距離、時間

放射線をいったん被ばくしてしまうと放射線の身体への影響が出る可能性があるため、放射線から身を守る最良の方法は、放射線被ばくをできるだけ少なくすることにつきます。放射線の特徴を理解した上で対策を考える必要がありますが、放射線防護の基本は「**遮蔽**」<sup>しゃへい</sup>、「**距離**」、「**時間**」の3つです。

放射線には物を透過する能力がありますが、際限なくどこまでも透過するわけではありません。適切な物体を使うと放射線を遮蔽することができ、人体への被ばく量を少なくすることができます。



有効な遮蔽物は放射線の種類によって異なります。アルファ線は紙1枚で遮蔽できますし、空気中では数センチで止まってしまう。ベータ線に対してはプラスチックやアルミニウムの板が必要になり、ガンマ線やエックス線では厚いコンクリートや鉄板や鉛板がないと遮蔽できません。

一方、中性子線には水やパラフィンが遮蔽物として有効です。放射性物質を多く含む粉塵や雨による被ばくを少なくするためには、雨の日のカッパや傘の使用、マスクやヘルメットなど皮膚が露出しない防備が有効となります。

放射線から距離をとることも大切です。放射線の強さは線源からの距離の二乗に反比例する性質があります。したがって、放射線の被ばくを避けるためには、放射線の発生源からできるかぎり遠ざかることが必要です。原子力の事故や爆発が起こった場合には、そこから離れた地域に避難する必要があります。

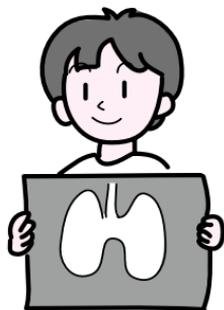
放射線の被ばく量は被ばくを受けている時間に比例します。被ばくしていることがわかった場合は、できるだけ早くその場から離れる必要があります。

## 医学利用では、副作用を減らす努力がされている

### 放射線の医学利用

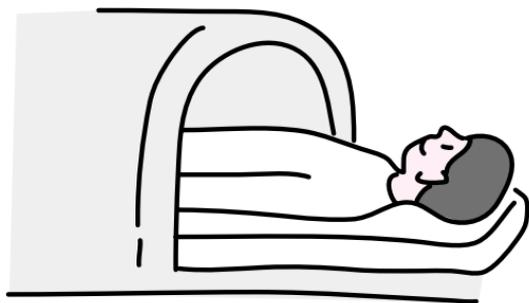
放射線の平和的な利用方法で一番身近なものは、医学への応用です。病院では、病気の診断や治療のために放射線を利用しています。これらの放射線による被ばくはリスクが小さく、検査や治療をすることによる利益のほうがはるかに大きいと考えられています。

**エックス線を利用した検査**は、胸部エックス線写真や胃のバリウム検査、CTなどです。検査1件あたりの被ばく量は、胸部エックス線写真では0.06ミリシーベルト、CTでは約8ミリシーベルトといわれています。これは、先に説明した放射線障害を引き起こすような放射線量ではありません。また、検査を受けた後に時間がたてば細胞の核の損傷が回復するため、時間を空ければ検査を繰り返し行うことができます。



**核医学検査**では放射性物質を体内に投与して検査を行います。最近では、腫瘍などのスクリーニングで広く行われるようになったPET検査が代表的なものです。PET検査では、フッ

素の放射性同位体（18-F）を注射して写真を撮りますが、検査を受けた人の被ばく線量は5ミリシーベルト程度で、これも放射線障害を起こすような放射線量ではありません。ただし、核医学検査では、検査後に自分の体から微量ですが放射線が出ていますので、**乳幼児**が近くにいる方は、検査直後の接触や授乳について注意が必要な場合があります。



いろいろな腫瘍に対して行われる放射線治療は、検査と比べると多くの放射線を使います。1回に使用する放射線は2グレイ前後で何回も治療を行うことが基本です。一時的に治療の副作用が出ることがありますが、放射線をあてる範囲を小さくしたり、正確な位置にあてる工夫をしたりして副作用を減らす努力がされています。また、副作用についてはそれぞれに対処法がありますので、主治医とよく相談して病気の治療を続けてください。

## 心配な方は放射線科に ご相談ください

目に見えませんが、身の回りには多くの放射線があることがわかっていただけだと思います。また、医療でも放射線を使った検査や治療があり、ほとんどの場合で放射線被ばくによる障害が発生する危険がないこともご理解いただけたと思います。

それでも放射線のこと何か心配な点がありましたら、各医療機関の放射線科にご相談ください。放射線に関する専門的知識を持った放射線科専門医がお答えします。





著者 <sup>かど や</sup> <sup>ま す み</sup>  
角谷 眞澄

信州大学医学部画像医学講座 教授  
日本医学放射線学会専門医  
医学博士

[略歴]

1977年 金沢大学医学部卒業  
金沢大学医学部講師、助教授を経て  
2000年 信州大学医学部画像医学講座教授



著者 <sup>さ さ き</sup> <sup>し げ る</sup>  
佐々木 茂

信州大学医学部画像医学講座 助教  
日本医学放射線学会専門医  
医学博士

[略歴]

1990年 信州大学医学部卒業  
2000年 信州大学医学部助教

編集／長野県医師会広報委員会

わたくしたちの健康読本④④

発行者 社団法人 長野県医師会  
長野市若里7-1-5  
☎(026)226-3191  
発行 平成23年11月

長野県医師会