

### 放射線防護のための呼吸気道モデル

私たち人間を含む生物は、体内にある栄養分を酸素で燃焼させてエネルギーを作り、いろいろな活動の原動力としています。息をすることにより酸素を空気中から取り入れ、その時に余分になった二酸化炭素を空気中に吐出しています。体のこのような働きを呼吸といい、呼吸気道とは呼吸に関連した鼻から肺までの臓器をさしています。

一般の空気の中には、窒素や酸素のような気体の他に、塵やきわめて微小な粒子が浮遊しています（浮遊微小粒子をエアロゾルといいます）。空気を吸入することにより、気体のみならずこのようなエアロゾルも体の中に取り入れることになります。エアロゾルの中に放射性物質などのように人体にとって有害なものがある場合には、それが吸入されたとき呼吸気道の何処に沈着し、どのようになるかを知ることは重要です。

以下に、標準的な成人に吸入されたエアロゾルの呼吸気道内での様子（これを呼吸気道モデルといいます）について考えて見ます。

#### 呼吸気道の構造

呼吸において、口呼吸の場合を除いて、空気は鼻道から吸入され咽頭、喉頭を通り、気管、気管支を通り、最終的には肺胞に達します（図1）。この間、気管支は2分岐を繰り返して細い細気管支となり、最終的に肺胞の数は数百万になります。ここで特徴的なことは、気管から細気管支までの間の空気の通り道が繊毛で覆われていることです。一方、肺胞には繊毛がありません。酸素と二酸化炭素間でのガス交換が主として肺胞で行われ、それを効率良く行うためと考えられます。

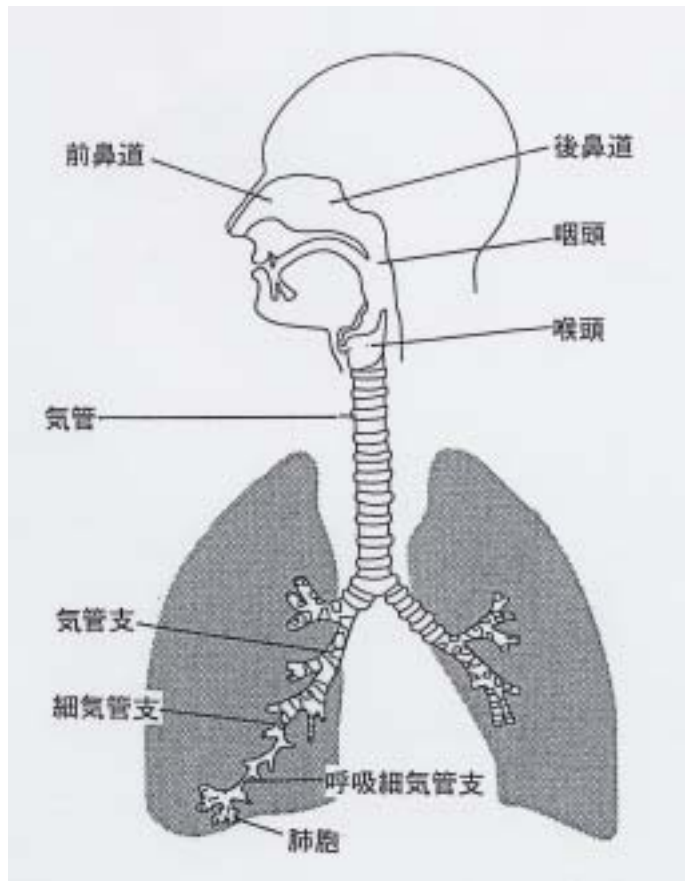


図1 呼吸気道の解剖学

## 呼吸の生理

上記のような構造を持った呼吸器で標準的な成人はどのくらい呼吸をするのでしょうか？運動中には息使いが荒くなるように身体の状態により大きく異なりますが、一般的には、男性の場合8時間の睡眠時間中に3.60m<sup>3</sup>、6時間の着席中に3.24m<sup>3</sup>、9.75時間の軽作業中に14.63m<sup>3</sup>、0.25時間の重作業中に0.75m<sup>3</sup>、総計で24時間に22.2m<sup>3</sup>を呼吸しています。

## エアロゾルの気道沈着

エアロゾルは鼻から肺胞まで空気が運ばれる間、エアロゾルの大きさに依存して呼吸気道内の種々の部位に沈着します(図2)。鼻呼吸の場合1ミクロン(μm)以上の大きさのエアロゾルは主として鼻道や喉頭等に沈着し、小さなエアロゾルになると次第に肺胞に達する割合が増えます。空気力学に着目した測定法で1

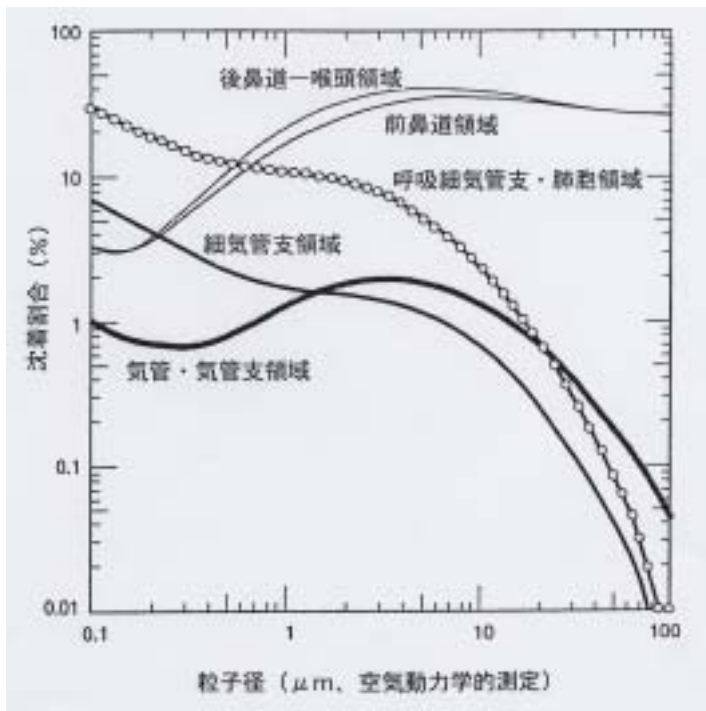


図2 軽作業をする成人の呼吸気道内各領域でのエアロゾルの沈着

ミクロンと5ミクロンの大きさのエアロゾルの呼吸気道内沈着を表1に示しました。吸入されても何処にも沈着せず呼気と一緒に再び吐出されるものもあります。

表1 1 μmと5 μmのエアロゾルの呼吸気道内各領域への沈着

領域	沈着の割合 (%)	
	1 μm	5 μm
前鼻道領域	16.52	33.85
後鼻道-喉頭領域	21.12	39.91
気管・気管支領域	1.24	1.78
細気管支領域	1.65	1.10
呼吸細気管支・肺胞領域	10.66	5.32
全領域合計	51.19	81.96

## 沈着したエアロゾルの動き

呼吸気道の種々の場所に沈着したエアロゾルは、エアロゾルの化学的性質を反映した動きをします。沈着部位が気管から細気管支の間である場合には主として粘液纖毛運動により速やかに喉に向かって流され、最終的には嚥下されます。肺胞領域に沈着したものはゆっくりと肺のリンパ節などに除去されます。この間、体液に溶けやすいエアロゾルは溶けてゆき、血液に入ります。

## 国際放射線防護委員会の呼吸気道モデル

国際放射線防護委員会は、放射線防護への適用を目的に、上記のような定量的モデルを取りまとめています。これにより、放射性物質を含むある状態(空気力学的大きさ、化学形)のエアロゾルを、誰か(性別、年齢別)がある特定の状態(睡眠中か重作業中か等)において吸入した場合、それによる人体への健康影響を精度良く算定することが出来るようになってきました。

(稲葉次郎)