

2. CT検査における管電圧設定の意義

石田 智一 福井大学医学部附属病院放射線部

CT検査における管電圧の設定は、以前は120kVが一般的であった。管電圧の変化により画像コントラスト、ノイズが変化し、経時的変化の診断などではデメリットが大きかった。しかし、近年のCT装置の開発によって、目的に応じて管電圧を変化させて撮影することが行われるようになった。その背景には、自動管電流制御機構、逐次近似法を応用した画像再構成法の開発、シンチレータやA/D変換など、電気的ノイズ除去法などの発展がある。現在、dual energy CT検査や低管電圧撮影による被ばく低減など、管電圧設定が臨床において重要な因子となりつつある。

本稿では、CT検査における管電圧設定の基礎から応用について述べる。

管電圧の違いによるX線強度分布

X線管によるX線の発生は、陰極で発生させた熱電子を高電圧で加速し、陽極（ターゲット）に衝突させてX線を発生させる。その時、ターゲットから発生するX線強度分布は、次式にて表される。

$$I = K \times V^2 \times I \times Z \dots \dots \dots (1)$$

この式において、IはX線強度、Kは定数、Vは管電圧(kV)、Iは管電流(mA)、Zはターゲット物質の原子番号である。ここで、管電圧設定のみ変化させたと仮定すると、式(1)からX線強度は管電圧の二乗に比例することから、同一管球、同一管電流では、80kVに比べて120kVは2.25倍X線強度が高くなる。

X線管から発生するX線の強度やエネルギーは、X線管に加える管電圧と管

電流により変化する。管電圧は、強度とエネルギーの両方に影響する。一方、管電流を変化させるとX線強度は変化するが、X線エネルギー（最大エネルギーや平均エネルギー）は変化しない(図1)。

X線強度分布は、制動放射X線、特性X線から成り立っている。制動放射X線は、管電圧によって原子核と引き合う力が異なるため、X線強度分布が異なる。当然、管電圧が高いほど制動力が大きいため、X線強度は高くなる。また、電子が原子核のどこを通るかによってもX線強度は異なり、どこでも通る可能性がある以上、エネルギー分布は連続スペクトルになる。さらに、電子の通るパターンやX線強度は管電圧ごとに異なるため、管電圧ごとにスペクトルパターンが異なる。原子核の最も近くを通るときに制動力が一番強くなるので、そこで連続スペクトルの最短波長が終わっている(図2)。

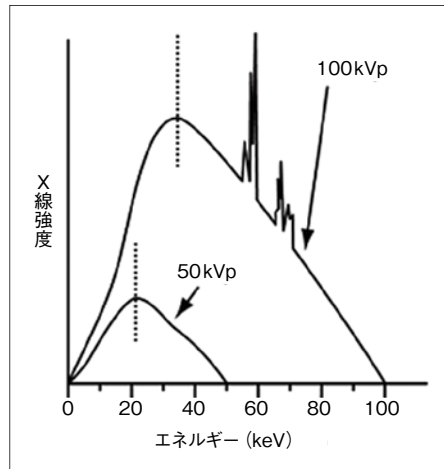
エネルギーの高い電子の衝突によって起こった電離の結果、内殻に空孔が生じる。この状態は不安定なため、安定した状態になろうと外側の殻から電子が移動し、その空孔を埋める。この緩和によって余分なエネルギーが生じ、特性X線、オージェ電子として原子の外へ放出される(図3)。

管電圧の違いによるX線発生効率

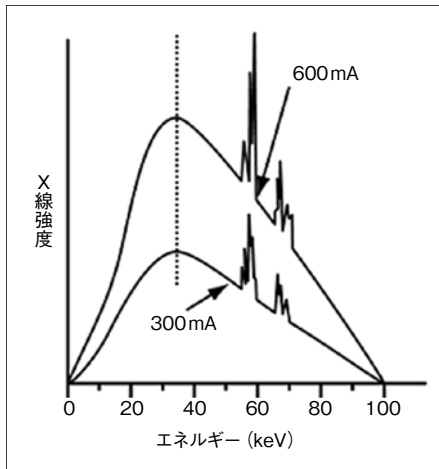
X線の発生効率は、次式にて表される。

$$\eta = C \times Z \times V \dots \dots \dots (2)$$

この式において、 η はX線発生効率、Cは定数(1.1×10^{-9})、Zはターゲット



a: 管電圧を変化させた場合



b: 管電流を変化させた場合

図1 X線のエネルギースペクトルの変化