371. 診断用X線の半価層・実効エネルギー測定法の理論精度

Theoretical Accuracy of H.V.L. Measurement for Diagnostic X-ray

京都大学原子炉実験所

○ 佐藤 孝司 小野 光一
(Sato Takashi) (Ono Koichi)

【目的】

診断用X線の高度利用に伴い、X線装置の各照射条件のもとでの正確なX線出力と線質の評価が要求される。種々の線質評価の中で照射場の照射線量を1/2にするフィルタ厚で表示する「半価層」は、実測が簡便なため広く用いられるが、半価層の定義に従って高精度で実測するには測定時の線束条件、測定に用いる照射線量計の線質特性、フィルタ材の化学純度と厚さ精度の検討が必要となる。また測定された半価層から求める「実効エネルギー」は、フィルタ材（純度100%）の線減弱係数を用いて換算するため、定義に従った半価層が得られていないと誤差が現われる。今回、半価層測定時に起こる誤差の要因とその大きさを検討した。

【方法】

タングステン陽極（角度17度）X線管から放射するX線スペクトルをBrichの半理論式とHettingerの特性X線含有率の実測値をもとに数値計算で求め、このX線がアルミ総厚1.5mm、2.5mm、3.5mmの3種を透過して外部に放射するものとして、X線の半価層を種々の条件のもとで数値計算した。

(1) 半価層アルミの純度による誤差

理論的な純アルミ材は入手が困難で工業用純アルミ（#1080、#1070、#1050）はそれぞれアルミ純度99.8、99.7、99.5%しか保証していない。また一般に入手するアルミ板（#5052）は強度、耐食性を持たせた合金でアルミ純度は99~98%で他にCu、Mn、Mg、Si、Fe、Zn等の元素が混入する。図1に数値計算に用いた各純度の質量減弱係数を示す。

(2) アルミ厚による誤差

アルミは区切りのよい厚さで市販されている。この厚さは、マイクロメータで確認しない限り厚さ0.3~0.5mmに対して許容誤差 $\pm 0.04 \sim \pm 0.23$ mmの誤差を有している(JISH4000)。また照射線量を正確に1/2にするアルミ厚は得られず、近傍から内挿で1/2の点を求めるため計算誤差がこれに加算される。

(3) 線量計の線質特性による誤差

半価層は照射線量を1/2にするフィルタ厚で定義される。実用的な線量計は全て線質特性を有する。図2に標準照射線量計として精度のよいCapintec PM05と一般的な電離箱サーベイメータのエネルギーレスポンスを示す。

【結果・結論】

各原因に起因する半価層の誤差(%)を表1に示す。これらの誤差は独立して起こるため、いかに注意深く測定しても半価層を数%以下の誤差で測定することは難しい。

【表1】 $T_{1/2} = 1.5 \text{ mm}$

電圧 (kV)	電流 (mA)	線質 (keV)	半価層の誤差 (%)				
			99.99%	99.9%	99%	線量計の誤差	フィルタの誤差
40	0.9734	21.77	-0.075	-0.747	-7.00	+4.96	+9.47
60	1.4159	24.67	-0.075	-0.743	-6.96	+4.76	+12.11
80	1.9926	27.82	-0.073	-0.724	-6.79	+4.10	+14.38
100	2.6388	30.95	-0.069	-0.693	-6.53	+3.26	+14.90
120	3.3694	34.26	-0.066	-0.654	-6.18	+2.40	+14.40
140	4.1439	37.61	-0.061	-0.609	-5.77	+1.63	+13.19

【表2】 $T_{1/2} = 2.5 \text{ mm}$

電圧 (kV)	電流 (mA)	線質 (keV)	半価層の誤差 (%)				
			99.99%	99.9%	99%	線量計の誤差	フィルタの誤差
40	1.3466	24.25	-0.076	-0.754	-7.06	+2.77	+6.23
60	1.9789	27.75	-0.075	-0.739	-6.93	+2.71	+8.88
80	2.7654	31.54	-0.071	-0.703	-6.61	+2.09	+10.66
100	3.5628	35.10	-0.070	-0.661	-6.24	+1.40	+10.69
120	4.4017	38.70	-0.062	-0.615	-5.82	+0.79	+9.96
140	5.2386	42.21	-0.058	-0.569	-5.40	+0.29	+8.88

図1

【表3】 $T_{1/2} = 3.5 \text{ mm}$

電圧 (kV)	電流 (mA)	線質 (keV)	半価層の誤差 (%)				
			99.99%	99.9%	99%	線量計の誤差	フィルタの誤差
40	1.6333	25.91	-0.077	-0.757	-7.08	+1.84	+4.67
60	2.4516	30.07	-0.073	-0.731	-6.85	+1.74	+7.05
80	3.4191	34.47	-0.069	-0.681	-6.42	+1.15	+8.49
100	4.3126	38.33	-0.064	-0.633	-5.98	+0.59	+8.31
120	5.2018	42.06	-0.059	-0.585	-5.55	+0.13	+7.58
140	6.0550	45.59	-0.054	-0.539	-5.13	-0.22	+6.64

表1