

従来の校正定数及び不確かさを ICRU Report90 に対応した

校正定数及び不確かさへ換算する手法について

2019年4月1日より前の校正証明書の校正定数及び不確かさを、ICRU Report90 のデータを採用したものへの換算方法について以下に示す。

(1) 阻止能データの見直しに関連する変更 (Co-60, Cs-137, Ir-192)

a) 空気カーマ校正定数及び不確かさ

従来の空気カーマ校正定数を ICRU90 に対応した空気カーマ校正定数へ換算する場合には、以下に示す式を用いて求める。

$$N_{k-ICRU90} = N_k \times k_{s-ICRU90}$$

$N_{k-ICRU90}$: ICRU90 に対応した空気カーマ校正定数

N_k : 2019年3月31日以前に発行された校正証明書の空気カーマ校正定数

$k_{s-ICRU90}$: 換算のための補正係数

各ガンマ線に対する補正係数を表1に示す。

表1 各ガンマ線に対する補正係数

核種	$k_{s-ICRU90}$	不確かさ
Co-60	0.9916	変更なし
Cs-137	0.9919	変更あり
Ir-192	0.9917	変更あり

Cs-137, Ir-192 については、相対標準不確かさを下記の式にて変更する必要がある。

$$u_{ICRU90} = \sqrt{u^2 - 0.15^2 + 0.35^2}$$

u_{ICRU90} : ICRU90 の W 値の不確かさに対応した空気カーマ校正定数の相対標準不確かさ

u : 従来の空気カーマ校正定数の相対標準不確かさ

b) 照射線量校正定数及び不確かさ

照射線量校正定数についても、a)と同様の補正係数を用いて換算を行う。

$$N_{E-ICRU90} = N_E \times k_{s-ICRU90}$$

$N_{E-ICRU90}$:ICRU90 に対応した照射線量校正定数

N_E : 2019 年 3 月 31 日以前に発行された校正証明書の照射線量校正定数

不確かさの評価についても a)の空気カーマの場合と同様となる。

(2) X線空気カーマ(率)標準の変更について (軟X線、マンモグラフィX線、中硬X線、

I-125)

ICRU Report90 に対応するため、X線空気カーマ(率)標準の特定標準器である自由空気電離箱に新たな補正係数を導入することとなった。また、空気の W 値の相対標準不確かさが 0.15%から 0.35%に変更となった。そのため、空気カーマ(率)ならびに不確かさを変更することとなった。

a) 空気カーマ校正定数及び不確かさ

2019 年 4 月 1 日より前に発行された校正証明書に記載 (以下、従来) の空気カーマ校正定数 N_k を、ICRU Report90 に対応した空気カーマ校正定数 $N_{k-ICRU90}$ へ換算する場合には、以下の式(2.1)を用いる。

$$N_{k-ICRU90} = N_k \times k_{c-ICRU90} \quad \dots (2.1)$$

$k_{c-ICRU90}$: 従来の空気カーマ校正定数を ICRU Report90 に対応した値に換算するための換算係数

なお、この換算係数 $k_{c-ICRU90}$ は、線質 (半価層もしくは実効エネルギー) によって異なる値をとる。そのため、産総研で標準供給している各線質での換算係数 $k_{c-ICRU90}$ の具体的な値とその相対標準不確かさを次ページ以降の別表に示す。

従来の空気カーマ校正定数の相対標準不確かさ u を ICRU Report90 に対応した値 u_{ICRU90} に換算するには、換算係数 $k_{c-ICRU90}$ の相対標準不確かさ $u_{c-ICRU90}$ の追加と、空気の W 値の相対標準不確かさの変更(0.15%から 0.35%)により、以下の式(2.2)を用いる。

$$u_{ICRU90} = \sqrt{u^2 + 0.4^2} \quad \dots (2.2)$$

b) 照射線量校正定数及び不確かさ

今回 ICRU Report90 で新たに導入された自由空気電離箱に対する補正係数ならびに空気の W 値は、空気カーマ(率)の決定にのみ必要となるため、照射線量校正定数は従来からの変更はない。照射線量校正定数の不確かさは、空気カーマ校正定数と同一となることから、式(2.2)を用いて変更する必要がある。

別表) 各線質の換算係数 $k_{c-ICRU90}$ とその不確かさ

(A) 軟 X 線(管電圧:10kV~50kV)

(1) JIS Z4511で定義される線質指標QI=0.8				(2) JIS Z4511で定義される線質指標QI=0.7			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数	管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$	(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
10	(Al)0.050	8	0.9956	15	(Al)0.11	10.5	0.9961
15	(Al)0.17	12	0.9964	20	(Al)0.26	14	0.9968
20	(Al)0.39	16	0.9971	30	(Al)0.86	21	0.9977
30	(Al)1.26	24	0.9978	40	(Al)1.90	28	0.9980
40	(Al)2.69	32	0.9981	50	(Al)3.36	35	0.9982

(3) ISO 4037 Narrow Spectrum series				(4) 国際比較用線質 (CCRI線質)			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数	管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$	(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
10	(Al)0.047	8	0.9955	10	(Al)0.039	7.5	0.9954
15	(Al)0.14	11.5	0.9963	30	(Al)0.17	12	0.9964
20	(Al)0.32	15	0.9970	25	(Al)0.24	14	0.9967
25	(Al)0.66	19	0.9975	50b	(Al)1.02	23	0.9977
30	(Al)1.16	23.5	0.9978	50a	(Al)2.26	30	0.9981
40	(Cu)0.084	32	0.9981				

(B) マンモグラフィ線質 (X線管ターゲット材/付加フィルタ)

(1) Mo/0.03mmMo				(2) Mo/0.03mmMo+3mmポリカーボネート			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数	Tube	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$	(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
24	(Al)0.27	14.0	0.9968	24	(Al)0.31	14.8	0.9970
25	(Al)0.28	14.3	0.9969	26	(Al)0.34	15.2	0.9970
26	(Al)0.29	14.5	0.9969	28	(Al)0.36	15.6	0.9971
28	(Al)0.31	14.7	0.9970	30	(Al)0.38	15.8	0.9971
30	(Al)0.33	15.1	0.9970	32	(Al)0.39	16.0	0.9971
32	(Al)0.35	15.3	0.9970				
35	(Al)0.36	15.6	0.9971				

(3) Mo/0.032mmMo				(4) Mo/0.032mmMo+3mmポリカーボネート			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数	管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$	(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
24	(Al)0.28	14.3	0.9969	24	(Al)0.32	15.0	0.9970
25	(Al)0.29	14.5	0.9969	25	(Al)0.33	15.2	0.9970
26	(Al)0.30	14.6	0.9969	26	(Al)0.35	15.4	0.9970
28	(Al)0.32	15.0	0.9970	28	(Al)0.37	15.7	0.9971
30	(Al)0.34	15.3	0.9970	30	(Al)0.39	16.0	0.9971
32	(Al)0.36	15.5	0.9971	32	(Al)0.40	16.2	0.9971
34	(Al)0.37	15.7	0.9971	34	(Al)0.42	16.4	0.9972
35	(Al)0.38	15.8	0.9971	35	(Al)0.42	16.4	0.9972

(5) Mo/0.025mmRh			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
25	(Al)0.33	15.1	0.9970
28	(Al)0.37	15.7	0.9971
30	(Al)0.39	16.0	0.9971
32	(Al)0.40	16.2	0.9971
35	(Al)0.42	16.4	0.9972

(6) Mo/0.025mmRh+3mmポリカーボネート			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
24	(Al)0.36	15.6	0.9971
26	(Al)0.39	16.0	0.9971
28	(Al)0.41	16.3	0.9972
30	(Al)0.43	16.6	0.9972
32	(Al)0.45	16.7	0.9972
34	(Al)0.46	16.9	0.9972

(7) Rh/0.025mmRh			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
25	(Al)0.31	14.8	0.9970
26	(Al)0.33	15.0	0.9970
28	(Al)0.35	15.5	0.9971
30	(Al)0.38	15.9	0.9971
32	(Al)0.40	16.2	0.9971
34	(Al)0.43	16.5	0.9972
35	(Al)0.44	16.6	0.9972

(8) Rh/0.025mmRh+3mmポリカーボネート			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
25	(Al)0.36	15.55	0.9971
26	(Al)0.38	15.80	0.9971
28	(Al)0.41	16.25	0.9972
30	(Al)0.44	16.64	0.9972
32	(Al)0.46	16.98	0.9972
34	(Al)0.49	17.28	0.9973
35	(Al)0.50	17.41	0.9973

(9) W/0.05mmRh			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
25	(Al)0.46	16.94	0.9972
28	(Al)0.49	17.32	0.9973
30	(Al)0.51	17.51	0.9973
32	(Al)0.52	17.67	0.9973
35	(Al)0.54	17.90	0.9974

(10) W/0.05mmRh+3mmポリカーボネート			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
26	(Al)0.51	17.53	0.9973
28	(Al)0.53	17.76	0.9973
30	(Al)0.55	17.95	0.9974
32	(Al)0.56	18.11	0.9974
34	(Al)0.58	18.28	0.9974

(11) W/0.05mmAg			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
25	(Al)0.46	16.93	0.9972
28	(Al)0.52	17.64	0.9973
30	(Al)0.54	17.90	0.9974
32	(Al)0.56	18.12	0.9974
35	(Al)0.59	18.41	0.9974

(12) W/0.05mmAg+3mmポリカーボネート			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
25	(Al)0.50	17.38	0.9973
28	(Al)0.56	18.14	0.9974
30	(Al)0.59	18.41	0.9974
32	(Al)0.61	18.64	0.9974
35	(Al)0.64	18.94	0.9975
40	(Al)0.69	19.42	0.9975

(13) W/0.5mmAl			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
25	(Al)0.30	14.70	0.9969
28	(Al)0.34	15.30	0.9970
30	(Al)0.37	15.65	0.9971
32	(Al)0.39	15.97	0.9971
35	(Al)0.42	16.41	0.9972
40	(Al)0.47	17.01	0.9972

(14) W/0.5mmAl+3mmポリカーボネート			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
25	(Al)0.37	15.64	0.9971
28	(Al)0.42	16.34	0.9972
30	(Al)0.45	16.76	0.9972
32	(Al)0.48	17.14	0.9973
35	(Al)0.52	17.65	0.9973
40	(Al)0.59	18.38	0.9974

(15) W/0.7mmAl+3mmポリカーボネート			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{e-ICRU90}$
25	(Al)0.43	16.56	0.9972
28	(Al)0.50	17.38	0.9973
30	(Al)0.54	17.87	0.9973
32	(Al)0.58	18.29	0.9974
35	(Al)0.63	18.89	0.9975
40	(Al)0.72	19.74	0.9976

(C)中硬 X 線(管電圧: 30kV~300kV)

(1) JIS Z4511で定義される線質指標QI=0.9			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{e-ICRU90}$
40	(Al)3.57	36	0.9982
50	(Al)5.75	45	0.9981
60	(Cu)0.365	54	0.9979
75	(Cu)0.661	67.5	0.9978
100	(Cu)1.34	90	0.9980
125	(Cu)2.14	112	0.9982
150	(Cu)2.96	134.5	0.9985
175	(Cu)3.74	157.5	0.9988
200	(Cu)4.42	179.5	0.9990
225	(Cu)5.03	202.5	0.9992
250	(Cu)5.55	225.5	0.9993

(2) JIS Z4511で定義される線質指標QI=0.8			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{e-ICRU90}$
40	(Al)2.68	32	0.9981
50	(Al)4.52	40	0.9982
60	(Al)6.49	48	0.9980
75	(Cu)0.484	60	0.9978
100	(Cu)1.01	80	0.9978
125	(Cu)1.69	100	0.9981
150	(Cu)2.42	119.5	0.9983
175	(Cu)3.14	139.5	0.9986
200	(Cu)3.81	159.5	0.9988
225	(Cu)4.42	179.5	0.9990
250	(Cu)4.96	200	0.9992

(3) JIS Z4511で定義される線質指標QI=0.7			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{e-ICRU90}$
40	(Al)1.90	28	0.9980
50	(Al)3.34	35	0.9982
60	(Al)5.01	42	0.9981
75	(Cu)0.339	52.5	0.9979
100	(Cu)0.727	70	0.9978
125	(Cu)1.25	87.5	0.9979
150	(Cu)1.87	105	0.9982
175	(Cu)2.51	122	0.9984
200	(Cu)3.14	139.5	0.9986
225	(Cu)3.73	157	0.9988
250	(Cu)4.27	174.5	0.9989

(4) JIS Z4511で定義される線質指標QI=0.6			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{e-ICRU90}$
40	(Al)1.25	24	0.9978
50	(Al)2.28	30	0.9981
60	(Al)3.57	36	0.9982
75	(Cu)0.222	45	0.9980
100	(Cu)0.484	60	0.9978
125	(Cu)0.866	75	0.9978
150	(Cu)1.34	90	0.9980
175	(Cu)1.87	105	0.9982
200	(Cu)2.42	119.5	0.9983
225	(Cu)2.96	134.5	0.9985
250	(Cu)3.49	150	0.9987

(5) JIS Z4511で定義される線質指標QI=0.5			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{e-ICRU90}$
40	(Al)0.75	20	0.9976
50	(Al)1.40	25	0.9979
60	(Al)2.28	30	0.9981
75	(Al)3.92	37.5	0.9982
100	(Cu)0.296	50	0.9979
125	(Cu)0.541	62.5	0.9978
150	(Cu)0.865	75	0.9978
175	(Cu)1.25	87.5	0.9979
200	(Cu)1.69	100	0.9981
225	(Cu)2.14	112	0.9982
250	(Cu)2.60	124.5	0.9984

(6) JIS Z4511で定義される線質指標QI=0.4			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{e-ICRU90}$
40	(Al)0.39	16	0.9971
50	(Al)0.75	20	0.9976
60	(Al)1.25	24	0.9978
75	(Al)2.28	30	0.9981
100	(Al)4.52	40	0.9982
125	(Cu)0.296	50	0.9979
150	(Cu)0.484	60	0.9978
175	(Cu)0.727	70	0.9978
200	(Cu)1.01	80	0.9978
225	(Cu)1.34	90	0.9980
250	(Cu)1.69	100	0.9981

(7) ISO 4037 Narrow spectrum series			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
30	(Al)1.15	24	0.9978
40	(Cu)0.083	32	0.9981
60	(Cu)0.241	47	0.9980
80	(Cu)0.580	64	0.9978
100	(Cu)1.11	83	0.9979
120	(Cu)1.71	100.5	0.9981
150	(Cu)2.36	118	0.9983
200	(Cu)3.99	165	0.9989
250	(Cu)5.19	209.5	0.9992
300	(Cu)6.12	253.5	0.9994

(8) ISO 4037 Wide spectrum series			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
60	(Cu)0.180	42	0.9982
80	(Cu)0.350	53	0.9979
110	(Cu)0.960	78	0.9978
150	(Cu)1.86	104.5	0.9982
200	(Cu)3.08	138	0.9986
250	(Cu)4.22	172.5	0.9989
300	(Cu)5.20	210	0.9992

(9) 国際比較用線質(CCRI線質)			
管電圧	半価層	実効エネルギー	ICRU90に対応するための換算係数
(kV)	(mm)	(keV)	$k_{c-ICRU90}$
100	(Cu)0.149	39	0.9982
135	(Cu)0.489	60	0.9978
180	(Cu)0.977	79	0.9978
250	(Cu)2.48	121	0.9984

(D)I-125 線源

核種	実効エネルギー (keV)	ICRU90 に対応する ための換算係数 $k_{c-ICRU90}$
I-125	28	0.9980

詳細なお問い合わせは以下の通りです。

お問い合わせ窓口 担当 黒澤 e-mail toiawase-icru90@a03.aist.go.jp

以上