

眼の水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験校正手法の開発

(平成29・30年度原子力規制庁放射線安全規制研究戦略的推進事業)

背景・目的

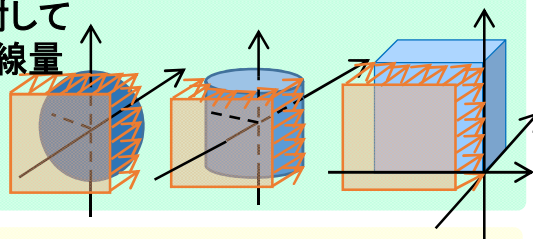
- ・国内の水晶体被ばく線量評価に用いる線量計の試験・校正システムの早期の確立が求められている
- ・拡大エネルギーβ線場と診断機器用品質のX線場を開発し、既存照射場と併せて3mm線量当量を導出

実施内容

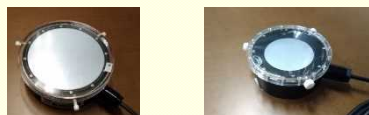


Sr-90線源、Ru-106線源によるβ線場のエネルギー拡大

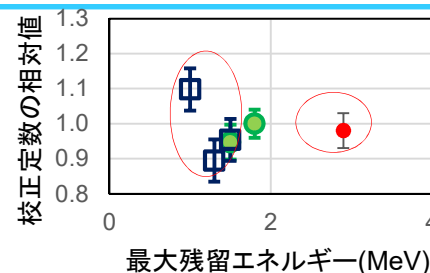
3種類のファントムに対して照射場における3mm線量当量を導出する換算係数を計算



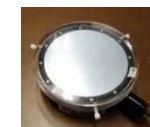
設定した標準場において3mm線量当量測定器の試験・校正を行う



成果



拡大エネルギーβ線場においてβ線用電離箱の校正定数を測定



3mm線量当量換算係数を導出




X線

- ・ISO 4037 Nシリーズ
- ・IEC 61267 RQRシリーズ
- ・JIS Z 4511 QIシリーズ

β線

- ・ISO 6980 シリーズ1
- ・拡大エネルギー場

RQR場の結果

	Effective Energy (E _{eff})	This work		
				
RQR10	48.33	1.595	1.507	1.488
RQR9	41.97	1.524	1.450	1.435
RQR8	37.73	1.454	1.393	1.381
RQR7	35.64	1.412	1.358	1.348
RQR6	33.49	1.360	1.315	1.308
RQR5	31.51	1.308	1.271	1.266
RQR4	29.56	1.250	1.222	1.218
RQR3	27.32	1.177	1.158	1.156
RQR2	25.13	1.110	1.099	1.098

結論

- ・3mm線量当量測定器の校正・試験に活用し、政策提言のための測定や測定サービスの品質保証に貢献
- ・成果を工業規格へ取り込み、国際的に活用が規定できる

眼の水晶体等価線量評価に用いる 線量計の試験校正手法の開発

産業技術総合研究所
放射線標準研究グループ
加藤昌弘

2011年に国際放射線防護委員会(ICRP)は、水晶体の職業被ばくの等価線量限度値を引き下げる声明を出した。国内規制に取り入れるための検討が急務である。

信頼性の高い水晶体等価線量の管理を行うには
国内の線量計の試験・校正システムの確立が欠かせない。

X線及びβ線の標準場を開発することにより、
国内の水晶体被ばく線量評価に用いる
線量計の試験・校正システムの確立に寄与



水晶体被ばく線量評価用線量計による測定の信頼性の向上



複数の線量計で測定された水晶体被ばくに関わる研究・調査データの斉一性を担保

放射線作業従事者の安心と安全

水晶体の被ばくの恐れのある作業



放射線で位置を確認しながら治療



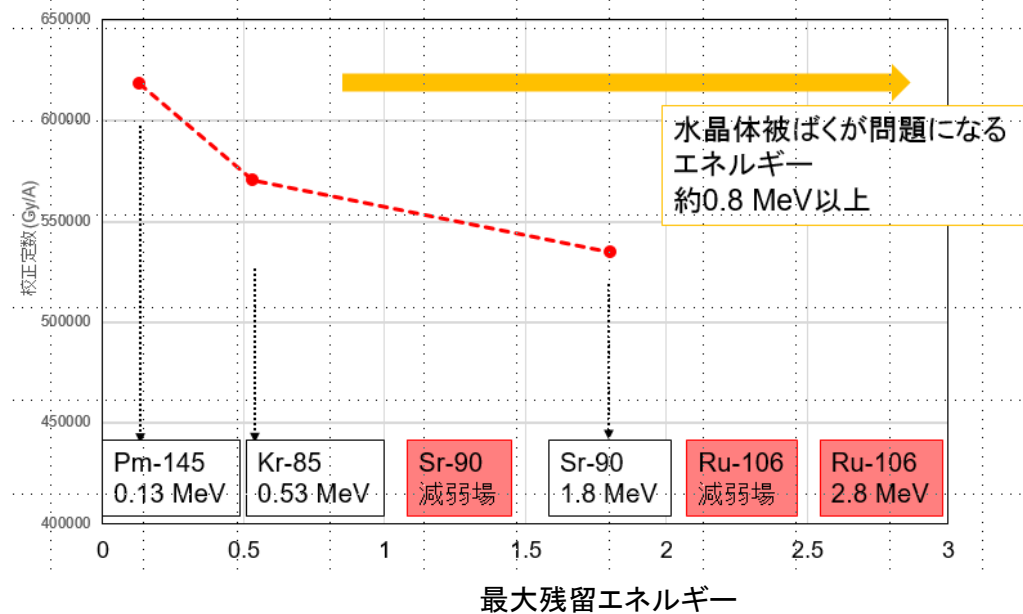
放射線施設での作業

◎ β線のエネルギー拡大

現状では1点のエネルギー
でしか評価できない

新規にβ線源を導入し、アクリル板との組み合わせにより
最大残留エネルギー0.8MeV
～2.8MeVの場を生成する

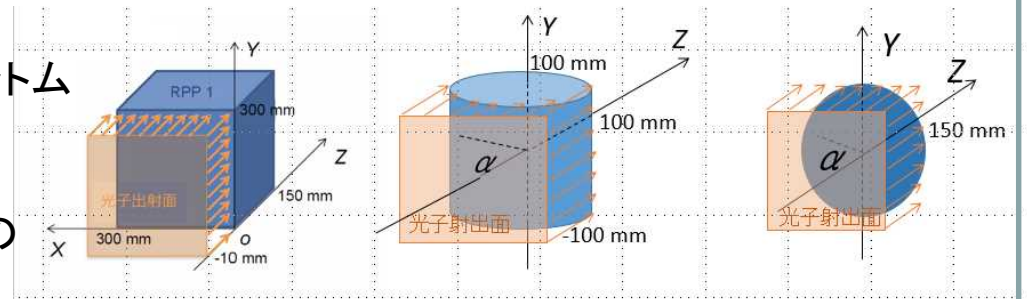
電離箱式β線線量計の70μm組織吸収線量校正定数(一例)



◎3mm線量当量換算係数の導出

・X線・β線の標準場について、3種類のファントム
に対する3mm線量当量換算係数を求める。

・X線は既存照射場に加え診断機器用品質の
X線場 (RQR場)についても導出



◎設定した標準場において3mm線量当量測定器の試験・校正を行う

①β線エネルギーの拡大

H29:
既存の線源(Sr-90:460MBq)
を用いて予備実験を実施



H30:
新規導入線源(Sr-90:3.7GBq),Ru-106:74MBq)を
用いた場を設定。
組織吸収線量率($D(0.07)$ と $D(3)$)を測定。

②3mm換算係数の計算

H29:
X線標準場(ISO Nシリーズ等)
における換算係数を導出。



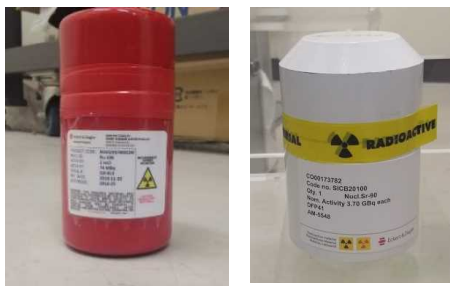
H30:
設定したβ線場における換算係数を導出。

③設定した場における線量計の試験・校正

H29:
線量計の選定。一部照射試験
を実施。



H30:
設定したβ線場において線量計の校正定数を測定。



導入した線源



外挿電離箱による測定



校正定数を測定した電離箱

①β線エネルギーの拡大

- ・Sr-90線源(3.7GBq)とRu-106線源(74MBq)を導入。アクリルフィルタでベータ線エネルギーを低減する場を生成。
- ・外挿電離箱による、ゼロ点外挿電流勾配、吸収散乱特性、再結合特性、線量率分布の測定結果から設定した場における組織吸収線量率を決定。
- ・70μm組織吸収線量率については6種類、3mm組織吸収線量率については5種類のβ線場を設定した。

線源核種	PMMA フィルタ	最大残留 エネルギー (MeV)	70μm 組織吸収線量率 \dot{D} (0.07)(mGy/h)	3mm 組織吸収線量率 \dot{D} (3) (mGy/h)	\dot{D} (3) / \dot{D} (0.07)	備考
Sr-90/Y-90(既存)	BFF*	1.8	30.0	12.9	0.43	従来設定済み
Sr-90/Y-90(新規)	5mm	1.0	41.1	1.81	0.044	本研究による
Sr-90/Y-90(既存)	4mm	1.3	11.7	-	-	本研究による
Sr-90/Y-90(新規)	4mm	1.3	111	9.8	0.088	本研究による
Sr-90/Y-90(既存)	3mm	1.5	26.3	3.55	0.135	本研究による
Sr-90/Y-90(新規)	3mm	1.5	233	36.8	0.165	本研究による
Ru-106/Rh-106	なし	2.9	14.8	9.8	0.66	本研究による



外挿電離箱による組織吸収線量率の測定



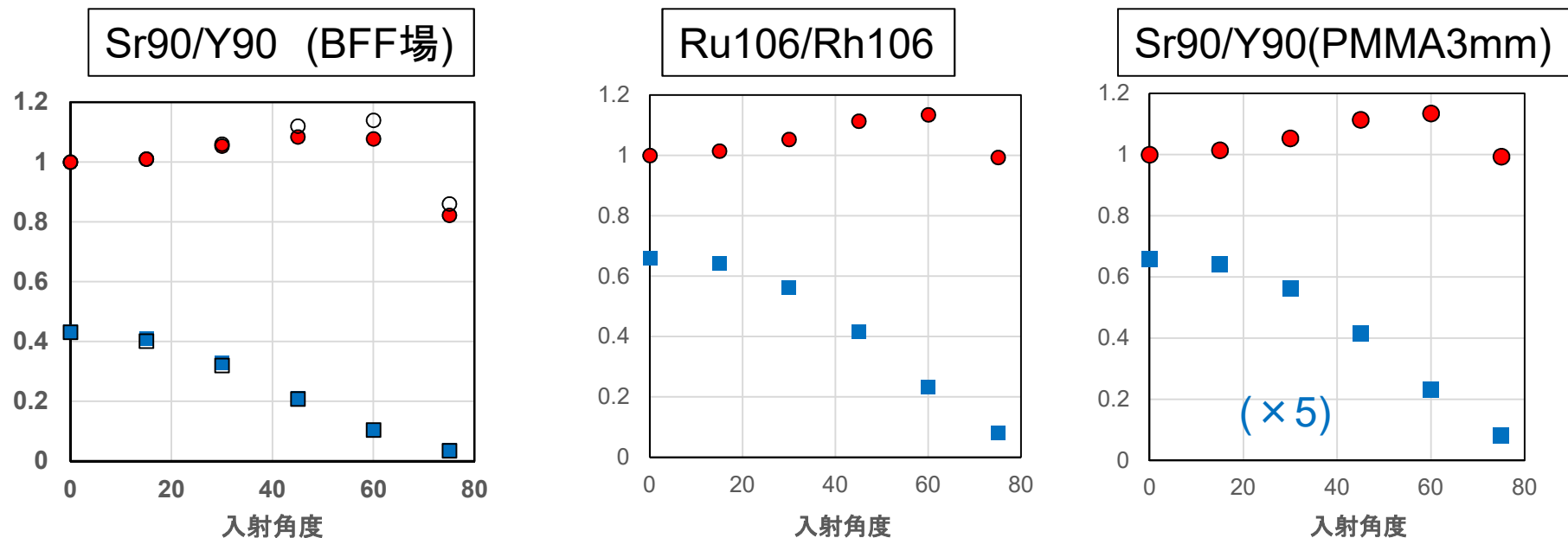
製作したアクリルフィルタ

②β線場の3mm線量当量換算係数の計算

設定した場における70μm組織吸収線量率と3mm組織吸収線量率について、線量当量換算係数を計算により求めた。

→**角度特性の試験が可能に**

線量当量換算係数の入射角度特性



● $h'(0.07)$ ■ $h'(3)$ EGS5(本研究による)、

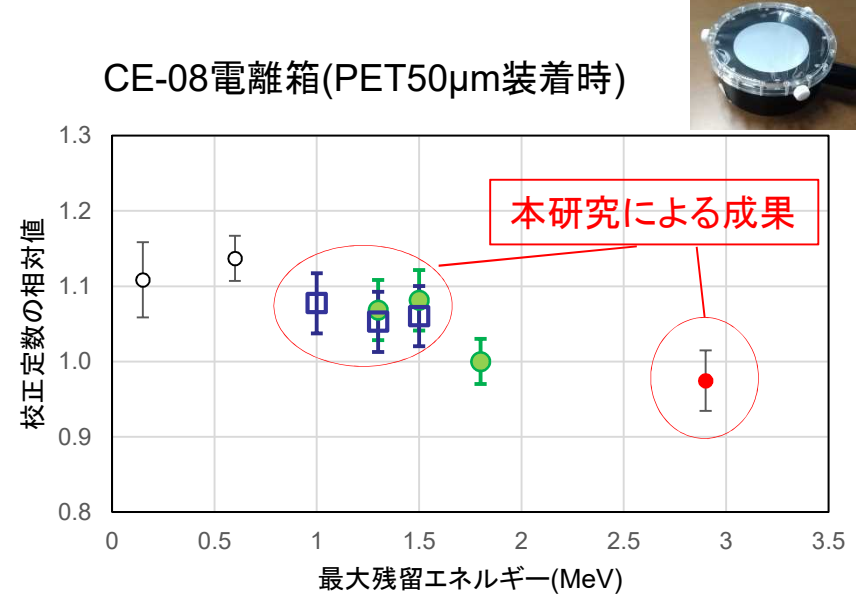
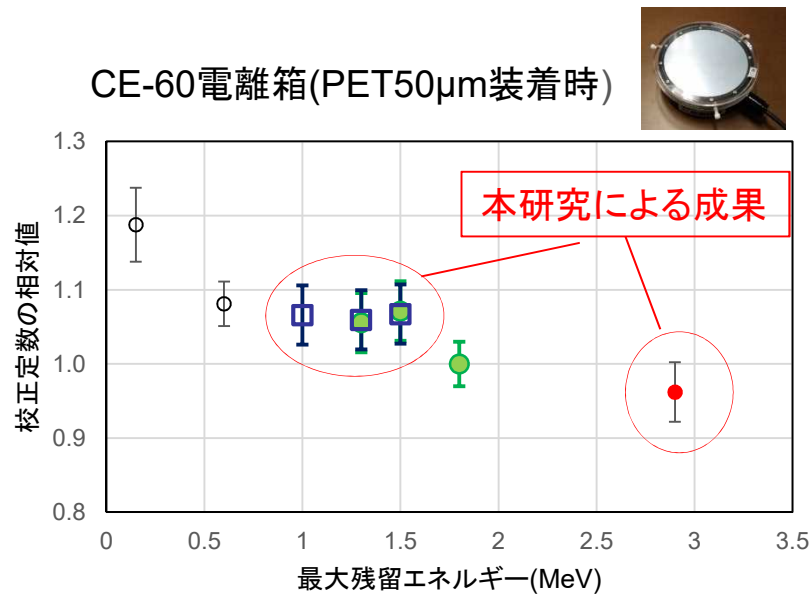
○ $h'(0.07)$ □ $h'(3)$ EGSnrc (Behrens (2015) JINST 10 P03014)

※ビームフラッタリングフィルタ(BFF)場は既存の校正場であり、他の研究報告との比較を示す。

③設定したβ線場における線量計の校正

70μm組織吸収線量率校正定数の測定結果

※各電離箱には、組織70μm厚さに相当するPET50μm厚のフィルムを装着

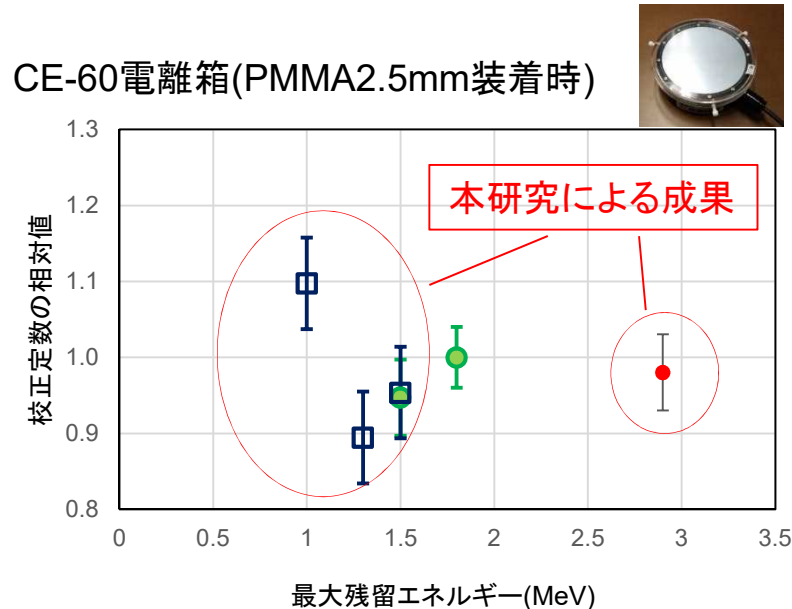


- : 本研究で導入したRu-106による校正場(本研究で開発)
- : 新規Sr90による校正場(本研究で開発)
- : 既存のSr90による校正場(1.8MeVは従来より整備、1.3MeVと1.5MeVは本研究で開発)
- : Pm147およびKr85による校正場(従来より整備)

- ・最大残留エネルギー1.3MeVと1.5MeVでは新旧の線源で結果は良く一致した
- ・従来の3点のみのエネルギーに比べ、校正定数のエネルギー特性を詳細に理解できる

③設定したβ線場における線量計の校正

3mm組織吸収線量率校正定数の測定結果



※電離箱には、2.5mm厚のアクリルフィルタを装着
(アクリルの3mm組織等価厚さは約2.6mm)
→3mm線量当量測定用電離箱として利用

- : 本研究で導入したRu-106による校正場(本研究で開発)
- : 新規Sr90による校正場(本研究で開発)
- : 既存のSr90による校正場(1.8MeVは従来より整備、1.5MeVは本研究で開発)

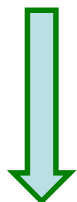
- ・2.5mmのアクリルフィルタを装着した場合の薄膜電離箱の校正定数を測定した。
- ・従来は測定可能なエネルギーが1点のみであったが、1 MeV – 3 MeVの領域で校正定数のエネルギー特性が検証可能となった。

本事業のまとめと今後の活用

X線およびβ線校正場において
3mm線量当量換算係数を導出した

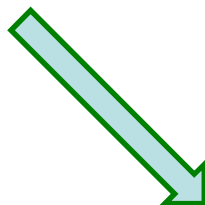


**3mm線量当量の単位での
校正・照射試験が可能に**



**管理方法を提言するために
実施する3mm線量当量
計測の保証**

3mm線量当量測定器の校正・試験に活用。



**個人線量モニタリングの
品質保証**

将来的にH(10)と同様の品質保証が必要になれば、技能試験などで活用できる。

エネルギーを拡大したβ線校正場において
電離箱の校正定数を測定した



**β線用电離箱の3mm線量当量及び
70μm線量当量について、
校正定数のエネルギー特性を測定する
ことができることを実証した**



工業規格化

β線標準場をISOやJISに取り込んでH(3)線量計の校正に用いる場として国際的に活用する。

