

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



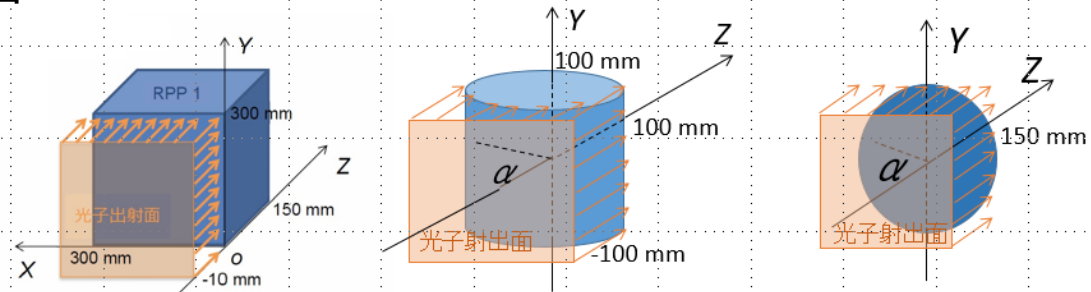
放射線で位置を確認しながら治療



放射線施設での作業

◎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

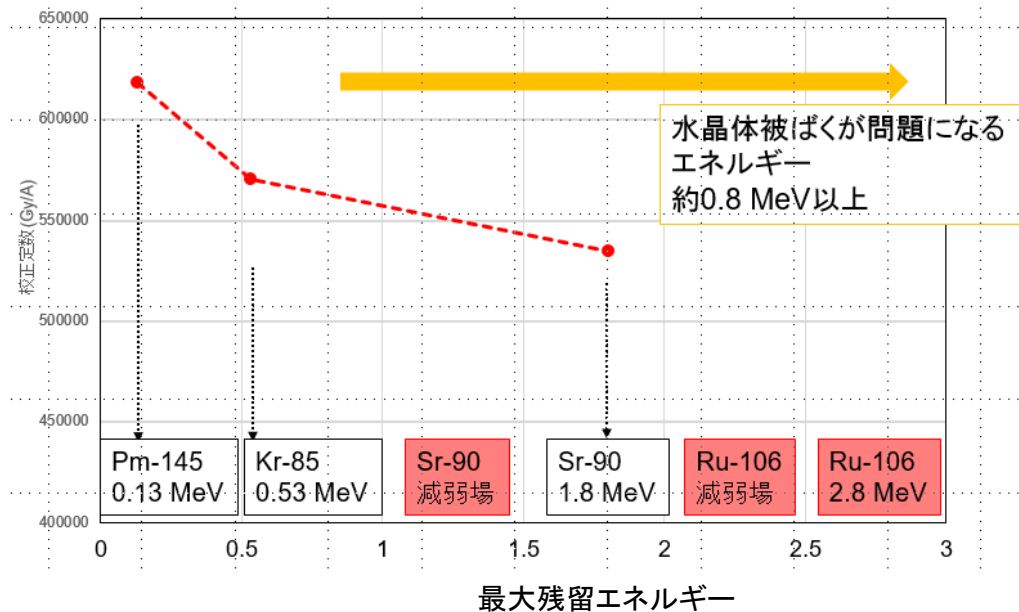


◎ β線のエネルギー拡大

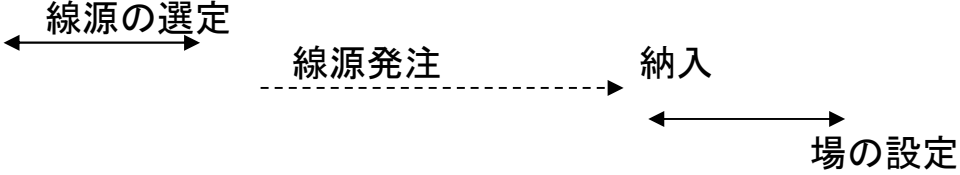
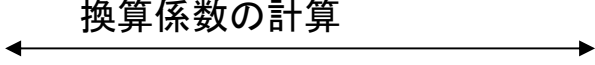
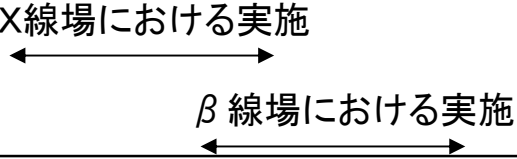
現状では1点のエネルギー
でしか評価できない

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)

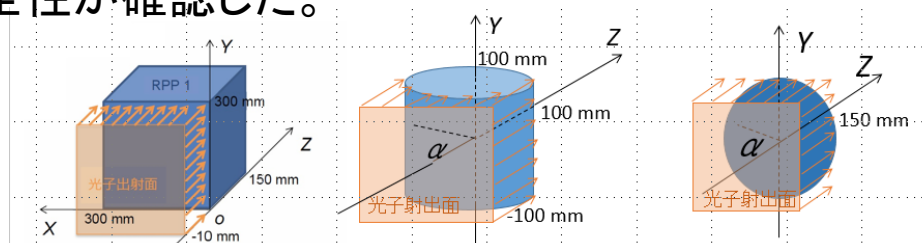


◎設定した標準場において3mm線量当量測定器の試験・校正を行う

実施項目	担当者* (所属機関)	平成29年度				平成30年度			
		第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
目標:									
β 線標準場のエネルギーの拡大	加藤昌弘 (産総研)								
X線・ β 線標準場の水晶体等価線量評価に関わる実用量の導出	加藤昌弘 黒澤忠弘 (産総研)								
線量計の試験・校正の実証実験	加藤・黒澤・山口 (産総研)								

X線 産総研における標準場(Nシリーズ、QI線質、RQR線質)の換算係数を導出し
3mm線量当量の単位での試験・校正が可能となった

β線 単色エネルギーの換算係数を計算で導出した
ICRU57の値と比較し、計算コードの健全性が確認した。

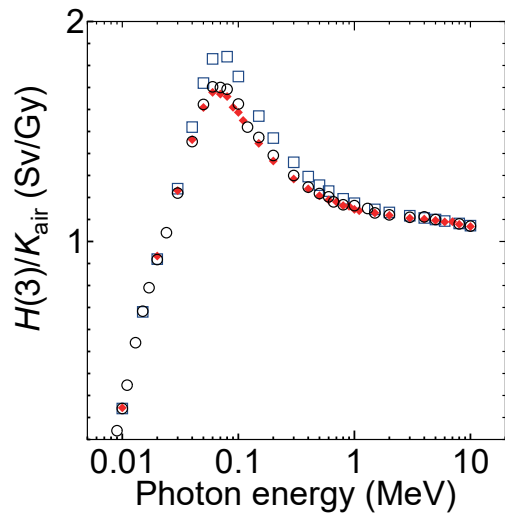


標準場の種類

Nシリーズ	ISO4037に規定	線量計のエネルギー特性の試験などに用いられる
QI線質	JIS Z4511に規定	日本で従来より使われているQuality Indexによる線質
RQR線質	IEC61267に規定	診断用X線の特徴を記述する線質

求めた換算係数の一例

線質	管電圧	方向性線量当量換算係数(0度)	個人線量当量換算係数(円柱ファントム、0度)		付加フィルタ(単位: mmAl)	
		本研究	本研究	EURADOS	本研究	EURADOS
RQR4	60	1.222	1.218	1.239	2.67	2.72
RQR7	80	1.358	1.348	1.376	3.22	3.0
RQR9	120	1.450	1.435	1.461	3.84	3.39

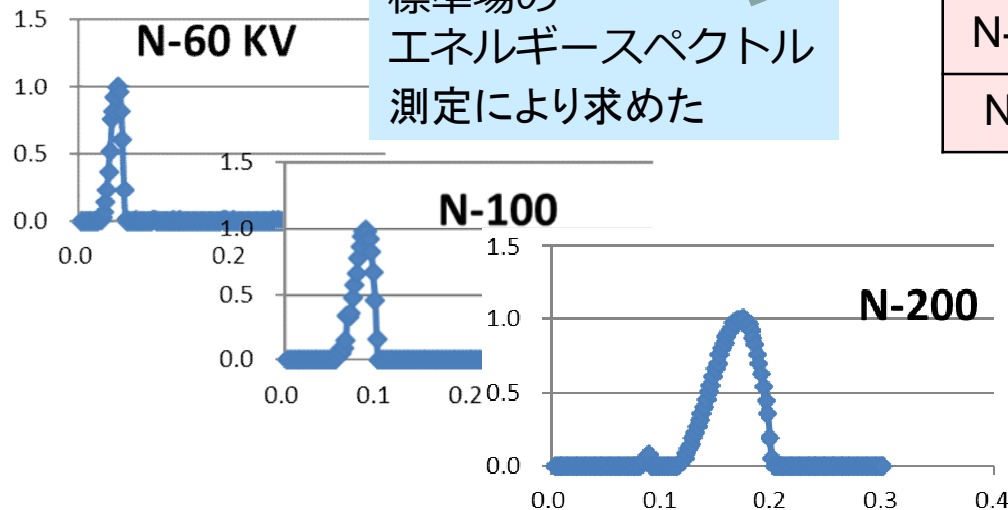


空気カーマ-3mm線量当量換算係数
単色エネルギーの値を
EGS5コードによるシミュレーションで求めた

産総研X線場における換算係数
ISO4037 Nシリーズの値(抜粋)

	管電圧 (keV)	スラブ ファントム	円柱 ファントム	ICRU球
N-200	200	1.532	1.415	1.441
N-100	100	1.814	1.639	1.675
N-60	60	1.678	1.567	1.584

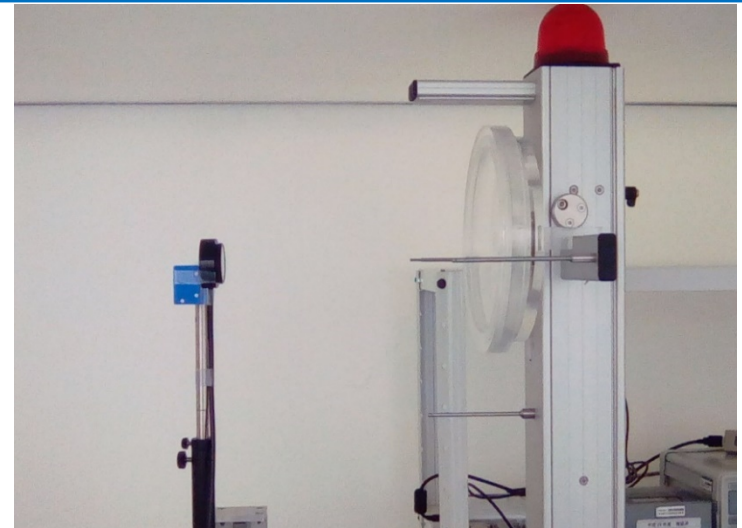
標準場の
エネルギースペクトル
測定により求めた



その他の進捗状況

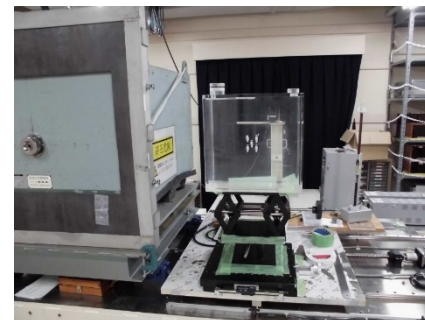
β線エネルギーの拡大

- 既存の線源と簡易的なアクリルフィルタによる場を設定
- 予備実験として線量率分布の測定を実施
 - 校正した薄膜電離箱を利用
 - 測定のはらつきは±0.5%程度



校正・試験の実証実験

VISION線量計*(個人線量当量)
 DOSIRIS(個人線量当量)
 電離箱式サーベイメータ(方向性線量当量)
 平行平板電離箱(β線のワーキングスタンダード)



*照射済み。
 今年度は空気カーマ・70μm線量当量を提供

成果

- 産総研X線照射場の3mm線量当量換算係数を導出した。ISO規格などで規定されている代表的なX線場における校正および試験が可能となった。
- β 線の換算係数の導出のため、計算コードの妥当性を確認した。エネルギー拡大 β 線場の設定のため、既存の設備を用いて線量率分布の測定を予備実験として実施した。
- 試験校正用の検出器を選定。一部の線量計には照射試験を実施した。

自己評価

評価の視点	自己評価	コメント
評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか	1 計画を上回る 2 概ね計画どおり 3 計画を達成できない 4 計画を達成できないが代替手段によって今年度の目標を達成した	X線標準場の線量当量換算係数を導出した。β線については既存の設備による予備実験及び計算を行い、来年度の準備を整えた。
今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画に変更が必要か※1	1 必要ない 2 軽微な変更が必要※2 3 大幅な変更が必要※2	放射線源の調達手続きの影響でβ線源を使用する研究の開始時期が当初計画より遅くなるが、来年度の計画としては当初の計画通りの内容を遂行できる予定である。

成果概要

・X線の空気カーマを3mm線量当量に換算する換算係数を導出した。モンテカルロシミュレーションにより求めたICRUスラブファントム・ICRU組織の円柱ファントム・ICRU球についての単色エネルギーの換算係数と、産総研標準場のX線フルエンスのエネルギー分布から、Nシリーズ(ISO4037に規定)、QIシリーズ(JIS Z4511に規定)、RQRシリーズ(IEC61267に規定)の各標準場の換算係数を得た。この成果により、産総研X線場において3mm線量当量の単位での校正および試験が可能になった。

・β線の換算係数については、電子フルエンスを3mm線量当量に換算する換算係数の計算を行い、ICRU57の値との比較を行うことで計算コードの健全性を確認した。

・その他の進捗状況としては30年度にβ線拡大エネルギー標準場を設定するため、既存のストロンチウム線源と簡易的なアクリルフィルタを用いて、予備実験として線量率分布の測定を行った。また試験校正の実証実験の対象線量計として、VISION線量計、DOSIRIS線量計、電離箱式サーベイメータ及びβ線用薄膜電離箱を採用することにし、関係者と調整を行った。

次年度計画

- 拡大エネルギー β 線場の設定
高放射能線源の導入
 - 検出器までの距離を取り、大きな照射野を実現する
 - より低エネルギーの場を生成する

フィルタの改良

- 中央部を厚くし線量率分布のフラット化

線量率分布測定

- 薄膜電離箱の測定結果をフィルム線量計及びシミュレーション計算と比較

3mm組織吸収線量の絶対値測定

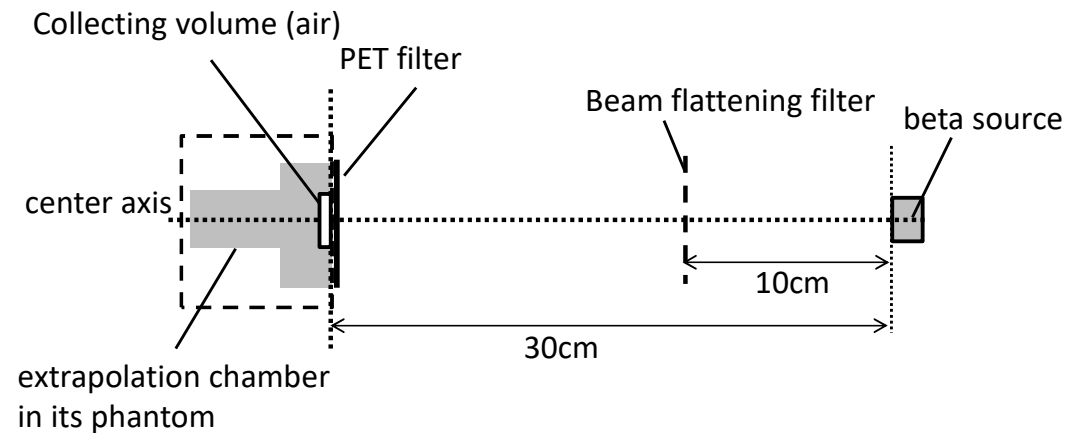
- 外挿電離箱による測定



次年度計画

- β線の換算係数を計算
 - ① Sr-90/Y-90のISO6980-1 シリーズ1標準場の計算
-文献値と比較
 - ② 中間エネルギーβ線場の計算

- X線、β線場における試験・校正の実施



Sr-90/Y-90のISO6980-1 シリーズ1標準場のジオメトリ