

保物企画セッション

「教育現場での低エネルギーX線に対する安全管理」 - (3)

## 第二期実態調査による 暫定ガイドラインの実効性の検証

Verification of the effectiveness of the provisional guideline with the second term survey

○伊藤 照生<sup>1)</sup>, 秋吉 優史<sup>2)</sup>, 小鍛冶 優<sup>3)</sup>, 佐藤 深<sup>4)</sup>, 青木久美子<sup>5)</sup>,  
奈良 大<sup>6)</sup>, 松野 聖史<sup>7)</sup>, 掛布 智久<sup>8)</sup>, 宮川 俊晴<sup>9)</sup>

東邦大医<sup>1)</sup>, 大阪府大・量子<sup>2)</sup>, 福井県志比小<sup>3)</sup>, 札幌北栄中<sup>4)</sup>,  
世田谷区千歳中<sup>5)</sup>, 名古屋市長良中<sup>6)</sup>, 愛知県旭陵高<sup>7)</sup>,  
科技財<sup>8)</sup>, 放射線教育フォーラム<sup>9)</sup>

# はじめに

---

教育現場における低エネルギーX線発生の実態を探る  
→学校における様々なクルックス管等の装置とその運用法  
による漏洩放射線量を調査し、容認可能な線量となるよ  
うに低減を図る

第一期調査； 普段の授業の設定、測定距離を何点か実施  
第二期調査； 暫定ガイドラインに沿った測定

2018年に行われた第一期実態調査  
誘導コイルの設定を普段授業で使用している設定  
個人被曝線量計を、直接各学校に郵送し教員の手で測定



# 最適な測定器は？

- 装置によって出力に差がある  
→個別の測定必要
- 低エネルギーのため測定が困難  
→個人線量計（個体積算線量計）を利用  
→ガラスバッジFX型（千代田）  
→放射線の専門家でない学校の先生が取り扱い  
→多数の学校の多種の測定を行いたい、商用安価  
→低エネルギー対応  
→ナノドット（長瀬）の方が下限エネルギーが高い  
→単独でB.G.の考慮が可能（錫フィルター）  
→FX型はエネルギーの推計が可能  
→測定器の新規開発等は考慮していない

# 2018年度 第一段実態調査



全国の 37 本のクルックス管について、ガラスバッジを郵送することにより、教員自身の手で**普段の授業の設定**で線量測定を行ってもらった。

37本を測定した。10分間の測定での $70 \mu\text{m}$ 線量当量\*:  
31本で  $< 100 \mu\text{Sv} @ 1\text{m}$  (外挿により評価) \*実効線量はさらに1/10以下。  
うち、18本で15cmの距離でも検出限界( $50 \mu\text{Sv}$ )以下

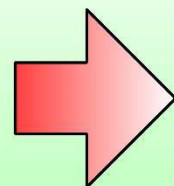
ペットボトルに貼付けたガラスバッジに15, 30, 50cmの距離で10分間X線照射して返送してもらい、線量評価を行った。X線計測専用のタイプFXでは同時にエネルギー評価も出来る。

その一方で高い線量を示した装置も存在した

放電出力最低で距離1mでも $600 \mu\text{Sv}$ 以上が検出された装置を現地調査。

管内のガスが枯れていて電流が流れにくい個体であった

最低出力、30cmの距離で  
放電極距離30mm:  $2\text{mSv/h}$   
放電極距離50mm:  $30\text{mSv/h}$



放電極距離を20mmに縮めると、  
 $40 \mu\text{Sv/h}$  にまで落ちた。

距離1m、10分間では、 $0.6 \mu\text{Sv}$ に過ぎない



# 第一期調査結果

---

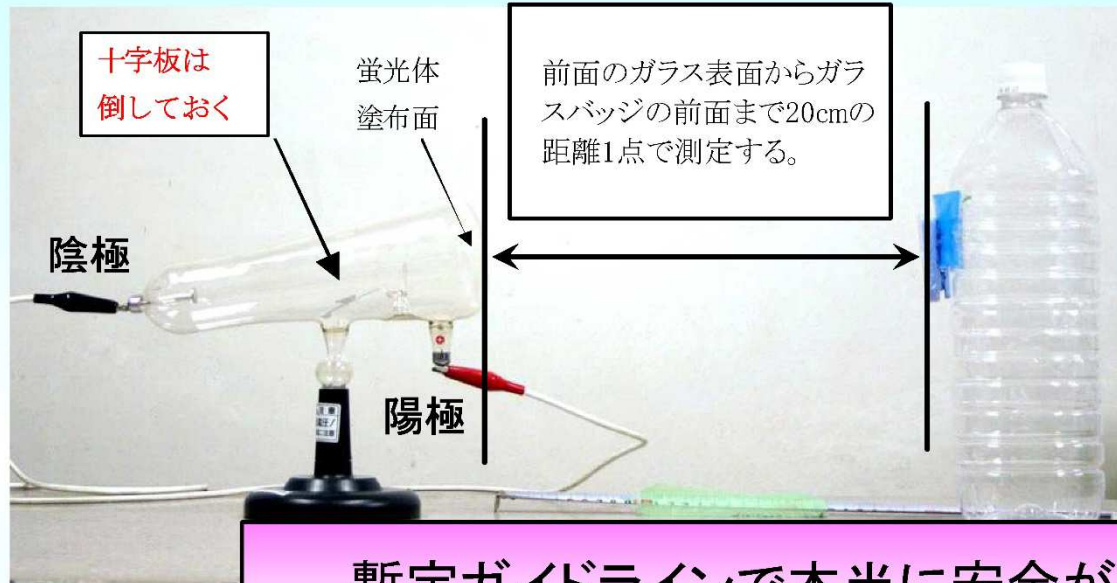
- 37本中12本：1m、10分間の実効線量  $5 \mu\text{Sv}$  超
  - 最大  $93 \mu\text{Sv}$
- 誘導コイルの放電出力を最低としているにもかかわらず  $60 \mu\text{Sv}$  の装置
  - 継続調査で、放電極の距離を短くし最大電圧を抑制
- 放電極を20mm、距離1m、10分間：実効線量
  - $0.6 \mu\text{Sv}$  に抑制
  - 激しく空中放電
  - 電子線の観察はわずか（平均電流は  $10 \mu\text{A}$  程度）
- 実際の教育に用いるのは困難であり買い換えが推奨

# 目的

---

- クルックス管を安全に運用するための暫定ガイドラインを作成（第一期の調査結果より）
- 第二期の実態調査を実施
  - 2019年8月期から11月期まで
  - 暫定ガイドラインに準拠した設定
- 第二期調査による暫定ガイドラインの実効性の検証について、途中経過の報告

# 暫定ガイドラインの検証



暫定ガイドラインで本当に安全が確保できるのかを、全国の教育現場の実際に使われる様々な装置で検証。

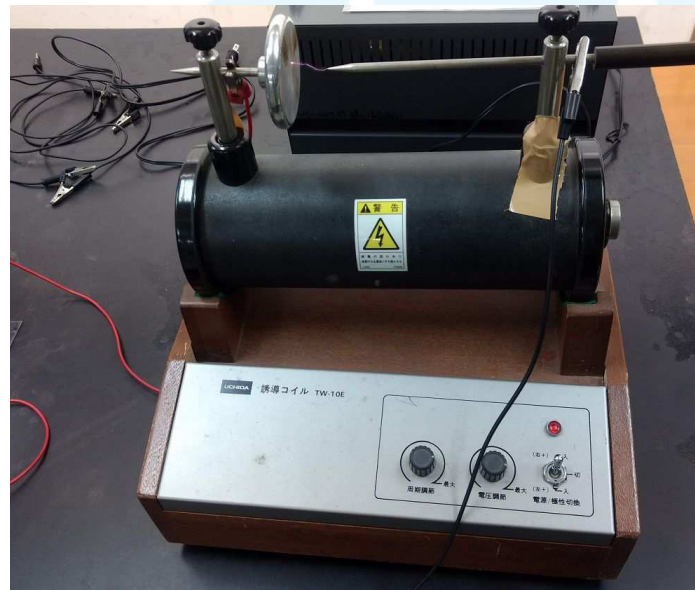
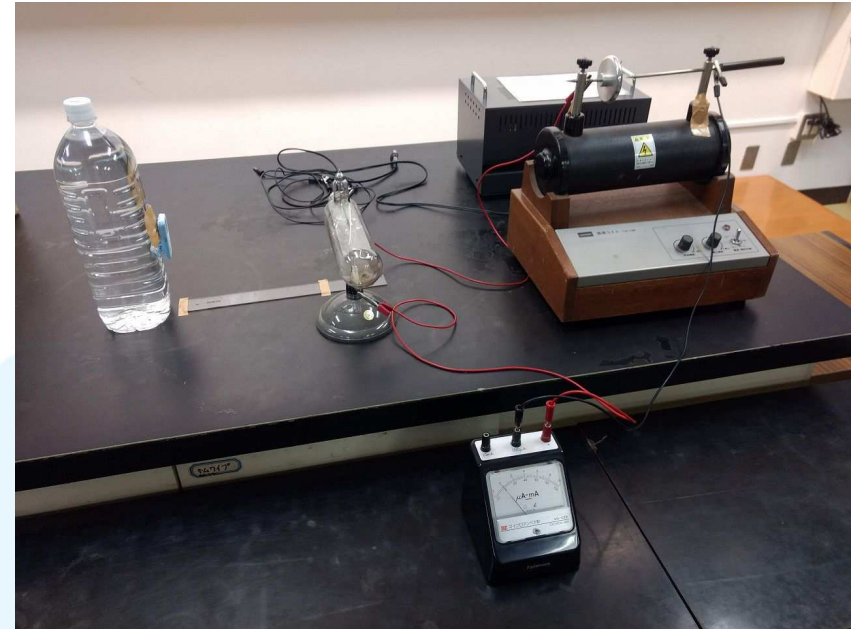
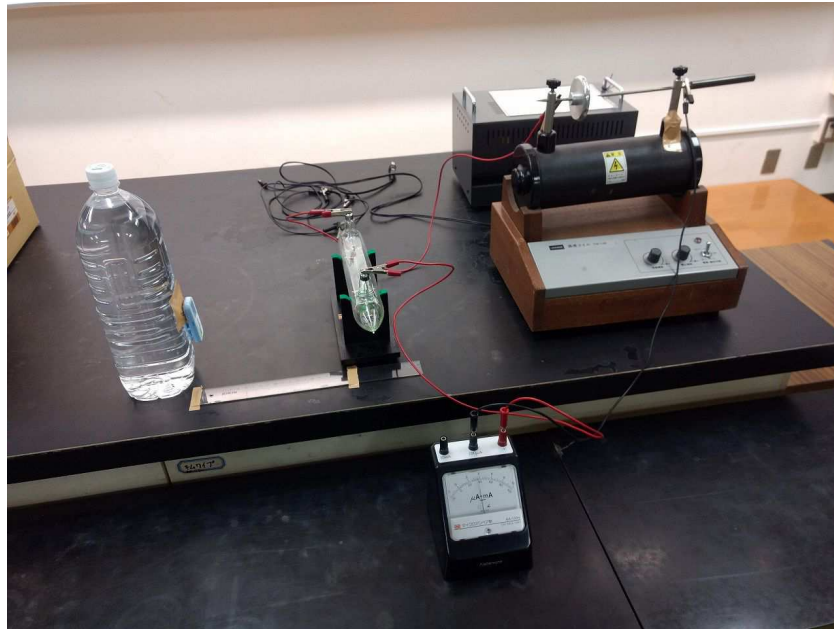
・放電極距離 20mm、放電出力は観察できる範囲で最小という暫定ガイドライン準拠の条件で線量測定を行ってもらう。

- ・クルックス管から 20cm の位置で、測定は10分間など統一したプロトコルで測定。
- ・ガラスバッジは大阪府大と各学校とを郵送でやりとりし、現場の先生の手により測定。BGの影響を抑えるために1月ごとに取りまとめて評価を行う。

大阪府立大学倫理委員会の承認を得て実験を行っています。

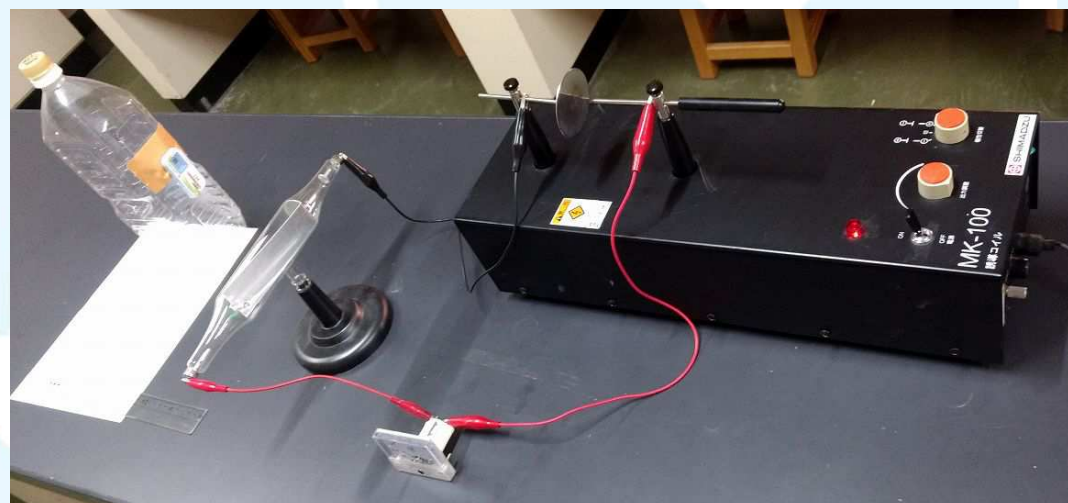
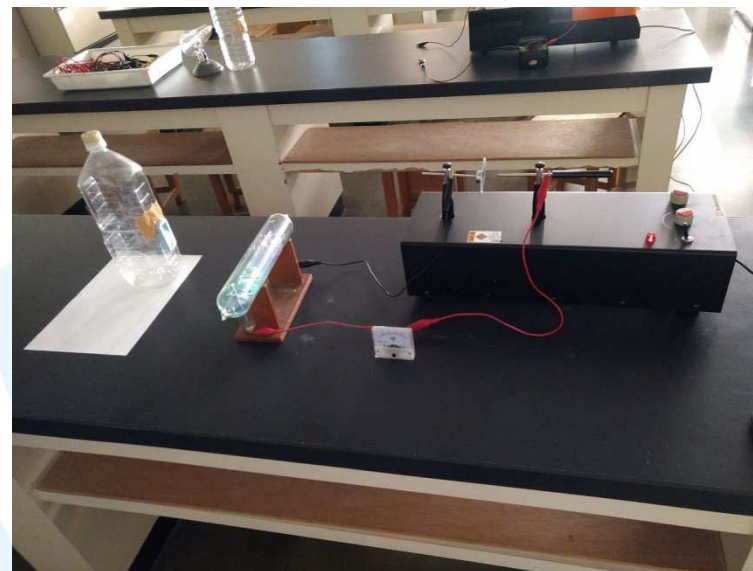
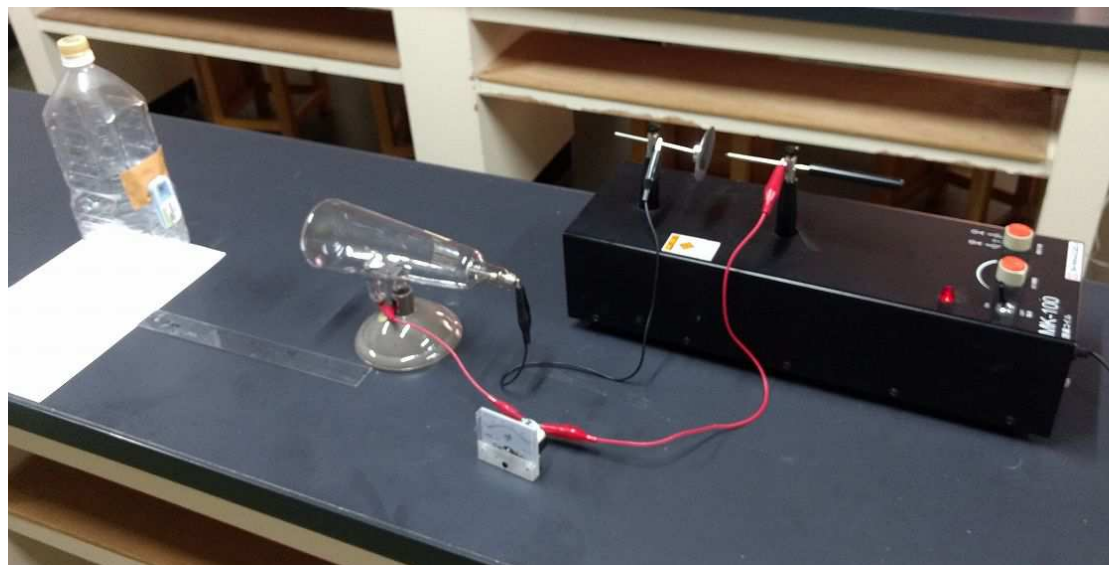


# 学校における測定（東邦中学）

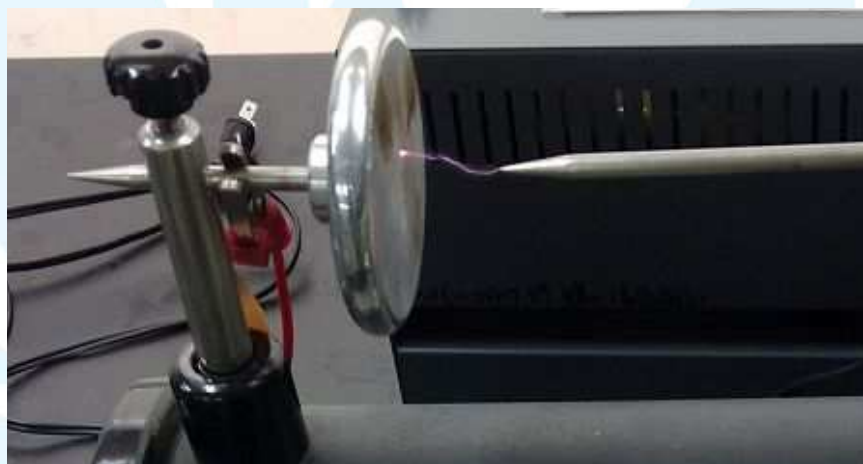
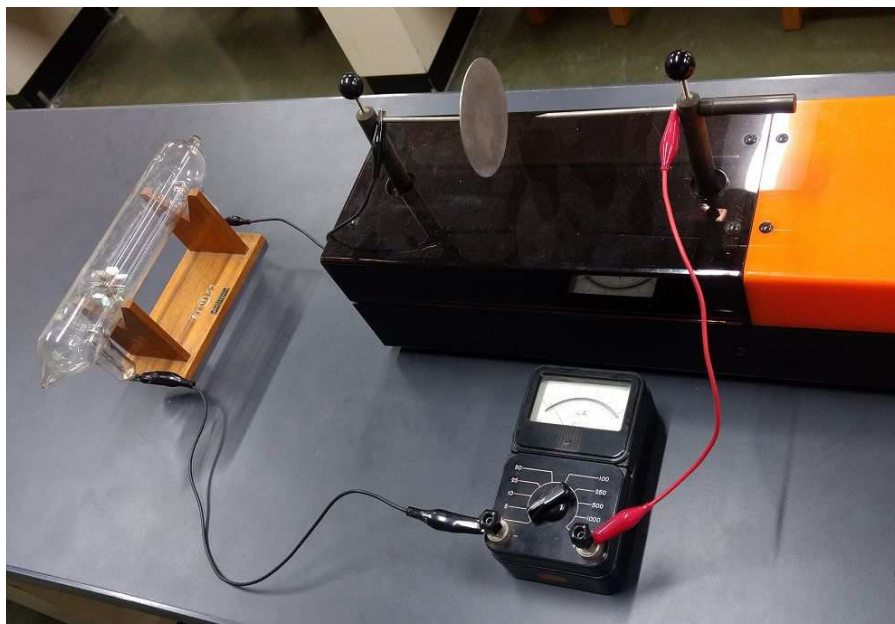




# 学校における測定（駒場東邦中学）



# 学校における測定（問題点）





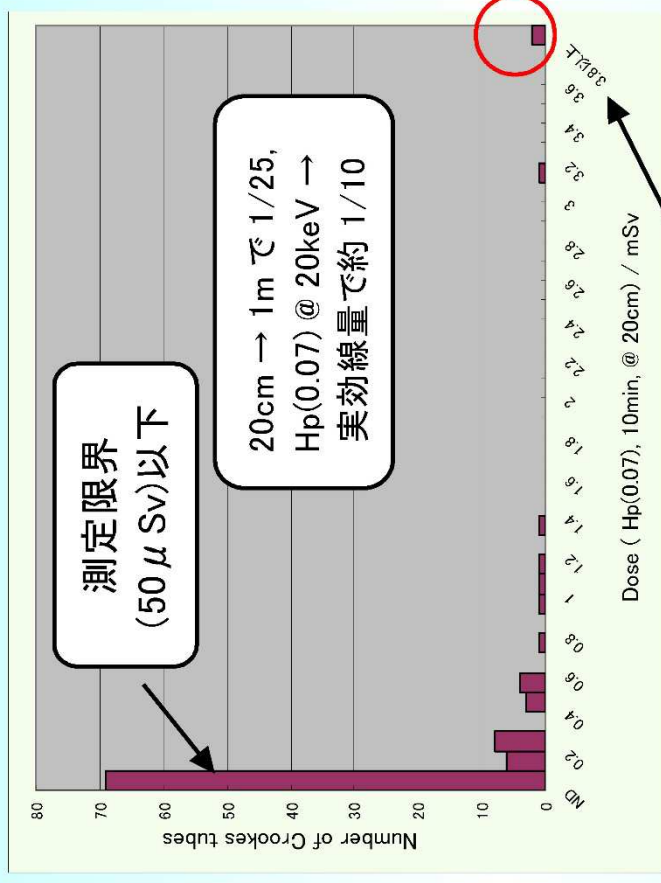
## 第二期実態調査結果（速報）

暫定ガイドラインを遵守することによって、これまで線量を下げることが出来たのかを検証するために、2019年8月～10月に第二期の実態調査を行った。

8月期は、27校からの92本、9月期は8校からの18本の合計110本のクルックス管について暫定ガイドライン準拠での測定を行った。

82本に於いて20cm距離10分の測定で、Hp(0.07)が測定限界である $50 \mu\text{Sv}$ を下回っていた。有意な値が出た29本の装置についても、暫定ガイドライン適用前に比べて極めて低い線量に抑えられている。

2018年の暫定ガイドライン適用前の実態調査では、37本中12本が距離1m、10分間での実効線量が $5 \mu\text{Sv}$ を超えており、 $93 \mu\text{Sv}$ に達した装置もあった。

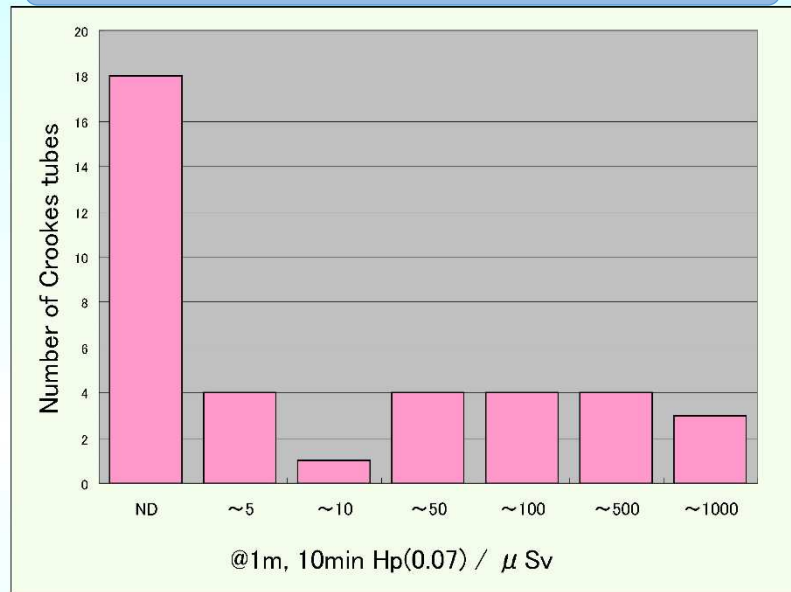


2本だけ1m位置で10分間観察を行った場合、ICRP Pub-64やIAEA BSSなどで示されている国際的な免除レベルである実効線量で $10 \mu\text{Sv}$ を上回り、 $15 \mu\text{Sv}$ 及び $42 \mu\text{Sv}$ と評価された。何故高い線量となったかの追跡調査が必要。



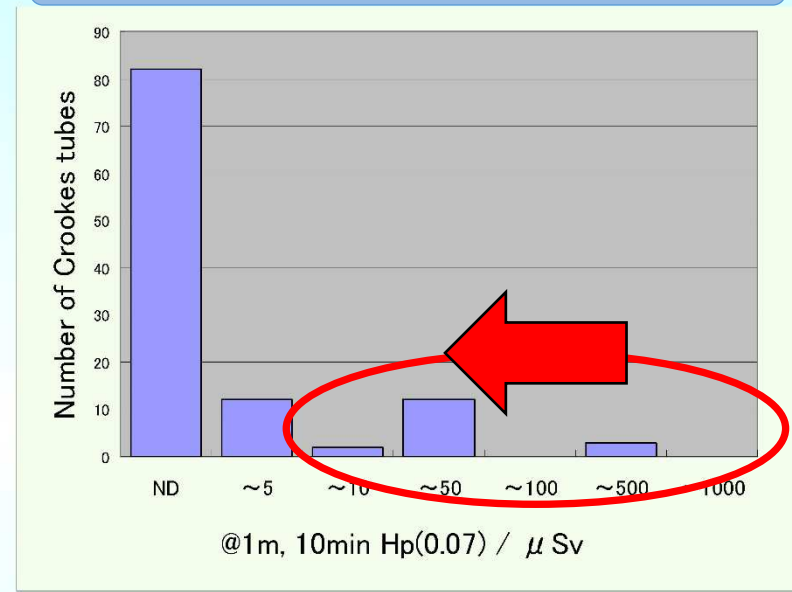
# 第二期実態調査結果（速報）

## 第一期調査（2018年）



これまでの授業での設定

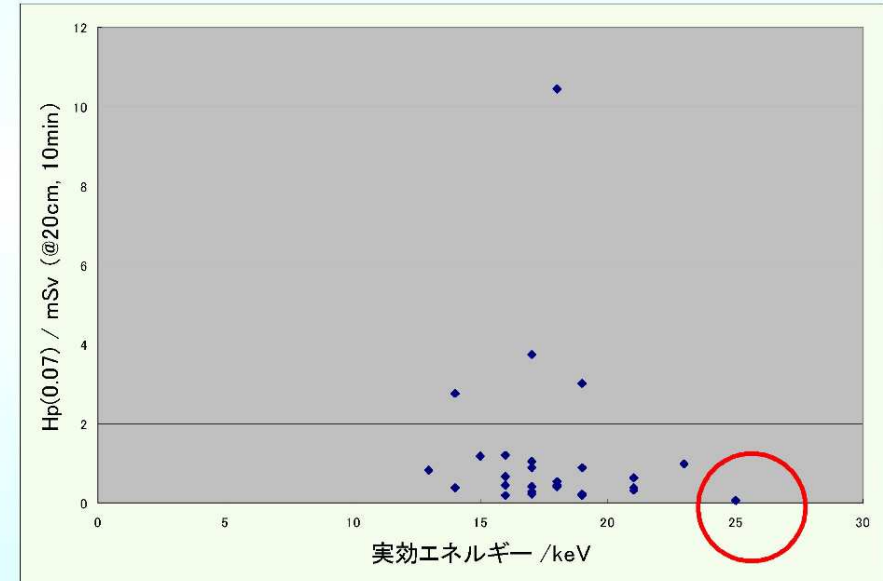
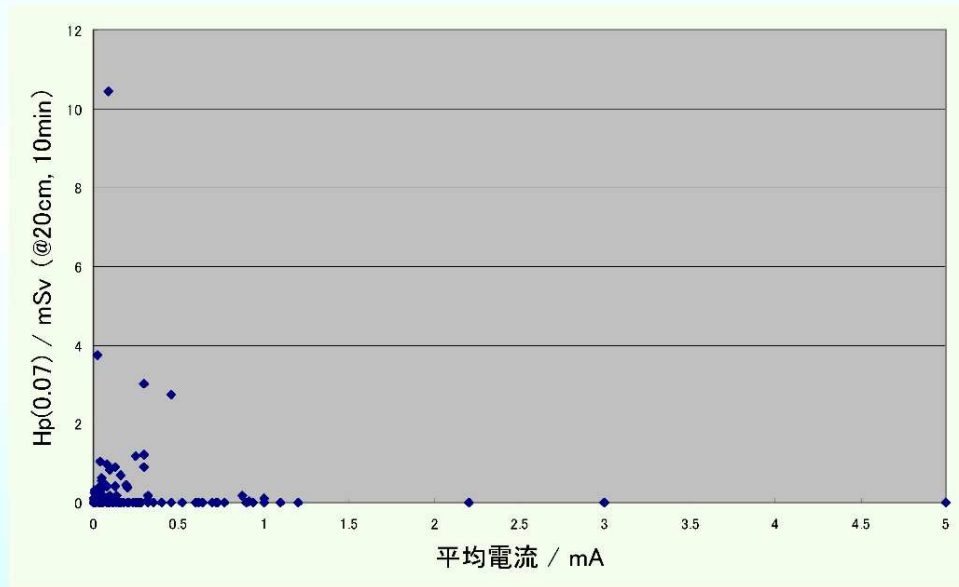
## 第二期調査（2019年）経過



暫定ガイドライン準拠

暫定ガイドラインの適用により、これまで授業で行っていた誘導コイルの設定での線量よりも低線量側に分布がシフトしている。  
また、従来は装置と生徒の距離が1mよりも近かったという学校も多く、1m換算ではなく実際に近づいて観察している学校では線量差はさらに大きくなる。

# 第二期調査結果全データ（8・9月期のみ）



- ほとんどの結果が検出限界値以下であり、明確な相関が取れていない。低線量における測定法自体に問題がある可能性は捨てきれない。
- 本来のX線発生装置であるならば、電圧が実効エネルギーに関与し、パルスでの波高値が最大エネルギーに相関する。また、電流はリニアに線量に相関する。低エネルギーのため、ガラス管による吸収が大きいことの影響もある。

# 結果（8・9月期のみ）

- 8月期；27校 92本
- 9月期；8校 1本8
- 82/110本；検出限界値以下
- 2/110； $15\mu\text{Sv}$ および $42\mu\text{Sv}$ と評価
  - 実効線量はICRP Pub-64 やIAEA GSR などによって示されている国際免除レベルに相当する $10\mu\text{Sv}$ を超える
  - 測定はHp(0.07)で行っており、実効線量への換算は現在詳細に検討中であるが、暫定的にICRP Pub.116 図5.2 及び1cmの水の透過率(0.47)から、20keVで1/10という値を使用

メーカー公称値の検出限界  
 $50\mu\text{Sv}$ を今回の測定の検  
出限界値とした





# 考察

---

- 暫定ガイドラインの前後（第一期・第二期）での比較を行った。
- 暫定ガイドラインを遵守することでほとんどの施設に線量低下がみられた。
- 検出限界値以下；75%
- 国際免除レベル相当以下；98%
- 2本について、線量が高くなった原因は調査中。
  - 電流や実効エネルギーとの相関もはっきりしない。継続して検討する。
- 10月、11月の調査結果を合わせて再評価する。

# まとめ

---

- 暫定ガイドラインの有効性が、確認された。
- その一方で、電流や電圧との相関は単純には説明できず、線量の高い装置をスクリーニングする手法の開発が必要である。

- 誘導コイルの放電出力は電子線の観察が出来る範囲で最低に設定する
- 放電極を絶対に使用し、放電極距離は20mm以下とする。
- 出来る限り距離を取る。生徒への距離は 1m以上とする。
- 演示時間は10分程度に抑える