



Title	CdS結晶による線量測定
Author(s)	田中, 隆夫; 磯部, 寛
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1959, 19(3), p. 565-571
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15513
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Cd S 結晶による線量測定

東北大学医学部放射線医学教室（主任 古賀良彦教授）

田 中 隆 夫 磯 部 寛

(昭和34年3月10日受付)

目 次

- I. 緒言
- II. 研究目標
- III. 研究方法
- IV. 研究結果
 - 1. X線管電圧依存性
 - 2. X線に対する線質依存性
 - 3. X線に対する光導電性
 - 4. X線に対する指向性
 - 5. モールド型 CdS の特性
 - 6. CdS 結晶による散乱線含有率測定
 - 7. CdS 単結晶による β 線線量測定
- V. 総括及び考按
- VI. 結論
- VII. 文献

I. 緒 言

半導体単結晶である CdS の光導電性について Frerichs¹⁾ が単結晶製作法を紹介して以来種々研究が行われて來たがその安定性については欠点があることが指摘されている。

CdS を用いて X線による電離電荷を測定して X線線量計として用いる方法は操作が簡単で忠実度がよく、電流量が線量に比例し、高電圧に於ては線質依存性が比較的少く、反復性及び感度がよい点は利点であるが、時定数が長く、指向性のある点が欠点とされている²⁾。

II. 研究目標

CdS 単結晶の X線に対する線質依存性、光導電性及び指向性等について検討を加え更に CdS 単結晶を適当に組合せて散乱線含有率測定えの応用及び β 線線量測定の可能性についてしらべる。

III. 研究方法

CdS 単結晶の X線照射によつて得られる光電流

図 1 CdS 結晶の X線照射時光電流
管電圧 180KVP 管電流 5 mA CdS印加電圧 150V

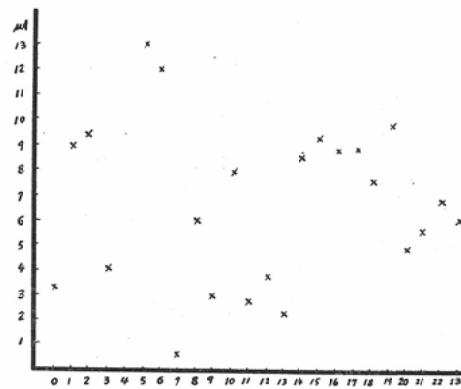
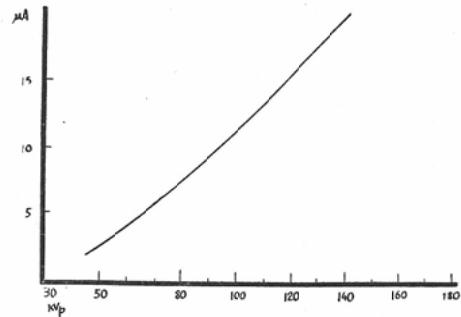


図 2 CdS 単結晶 X線照射時光電流



の大きさは個々の CdS により相当異り、図 1 に示す如く均一性が殆どない。数十個の製品中特性のそろつたもの数個を選出して定電圧装置により直流電圧を印加して実験を行つた。

X線発生装置は深部治療用装置(東芝 KXC 17) 管球は STO 200-6 を用い電流は 5 mA 連続通電した。

図3. CdS 単結晶線質特性測定法

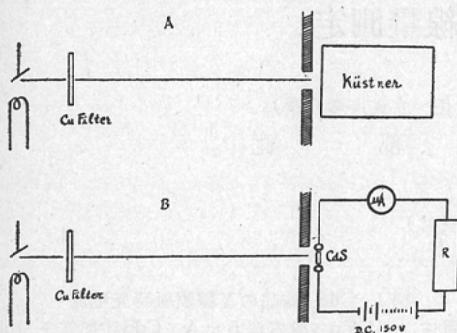


図4. CdS 単結晶と Kustner との比較

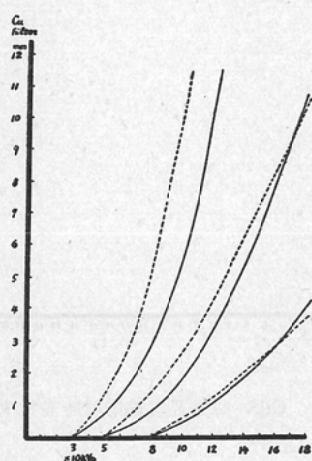
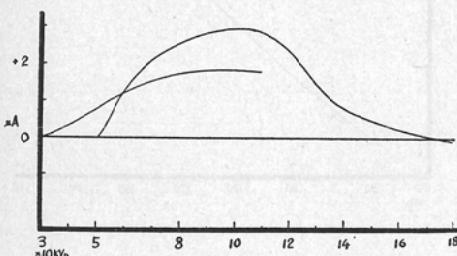


図5. CdS 単結晶光電流の偏差



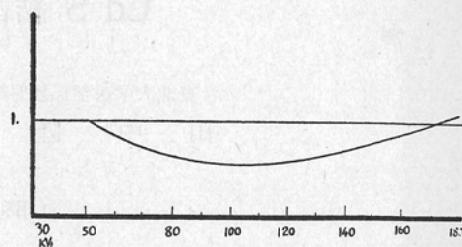
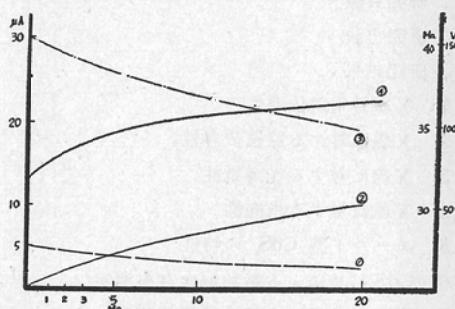
IV. 研究結果

1. X線管電圧依存性

X線管電圧のみ変化した場合は低電圧から高電圧に至るまで図2に示す如く直線的に光電流が増加する。

2. X線に対する線質依存性

図6. CdS 単結晶光電流更正定数曲線

図7. CdS 単結晶のX線照射時の抵抗
80KV 5mA

CdS単結晶の線質依存性は線量計(Küstner)と比較して行つた。即ち同一線量を得るに要する銅濾過板の厚みを各電圧について図3 Aに示す如く線量計により求め、更に図3 Bに示す如くCdS単結晶により同様に求めて縦軸に銅濾過板の厚みをとり横軸に管電圧をとつて示すと図4に示す如くなる。尙測定はCdSに対する印加電圧(150V), X線管及びその管電流(5mA), CdS又は線量計と管球焦点との距離(150cm)を一定にしてX線管電圧を種々に変えて行つた。

線量計と比較するとCdS単結晶の線質依存性はある偏りのあることが判る。即ち90kVpから120kVpに亘つては相当な感度を有している。従つて線量計との偏差を求めるに图5に示す如く100kVp乃至110kVp附近にpeakを有する。又CdS単結晶の光電流を更正するための定数曲線を求めるに图6に示す如く得られる。

3. X線に対する光導電性

CdSがX線照射によって光電流に変化を及ぼす原因は、X線を照射されたCdS単結晶自体の電気

図8. CdS 単結晶のX線照射時の抵抗の変化

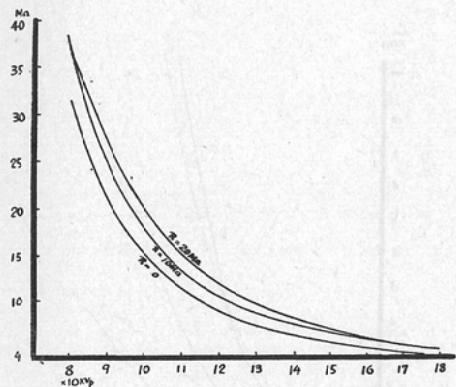
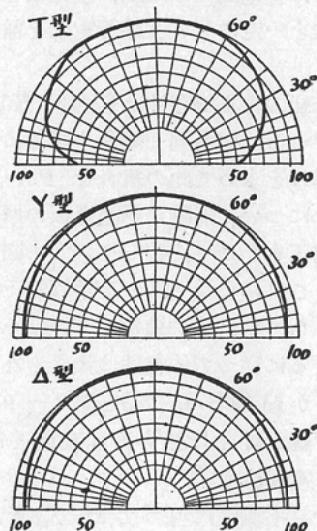


図9. T, Y, △各型配置図



図10. 指向性



抵抗が変化するためである。各電圧について電気抵抗の変化を求めるとき、X線管電圧80kVp、管電流5mAに於て、定電圧装置により直流150Vを印加されたCdS単結晶に直列に挿入した抵抗の電圧降下から図7に示す如くCdSの抵抗は32MΩ乃至35MΩである。尙図7に於ては

- ①：直列抵抗内通過光電流(μA)
- ②：直列抵抗内電圧降下(Volt)
- ③：CdS内電圧降下(Volt)
- ④：CdS内抵抗(MΩ)

を夫々示す。

同様にして各電圧に於けるCdS内抵抗は

100kVp	16~20MΩ
120kVp	9~13MΩ
140kVp	6~8MΩ
160kVp	5~6.5MΩ
180kVp	4.5~5MΩ

を夫々示す。以上の結果からCdS単結晶の抵抗は図8に示す如くX線管電圧80kVp乃至180kVpの間に於て4MΩから35MΩまで変化することが判る。尙図8に於ては回路に直列抵抗を挿入しない場合、10KΩ及び20KΩの直列抵抗を挿入した場合の夫々について示した。

4. X線に対する指向性

CdS単結晶を組合せて指向性による影響を少くしようと試みた。このためにはCdS個々の特性の近似しているものが必要であつて、このことは組合せの結果を大きく左右した。組合せ型式は図9に示す如くT型、Y型、△型の3種についてすべて並列に接続して使用した。その結果は図10に示す如く良好であつた。尙図10は最大光電流を100として示した。

5. モールド型CdSの特性

CdS粉末を一定温度で強い圧力をかけてモールド状にしたもので試料は面積 $20 \times 20\text{mm}^2$ 、厚み1mm²、電極は銀ベーストを用い黒紙で遮光して測定した。

CdSに対する印加電圧は定電圧装置により直流22Vを与えた。X線管焦点との距離200cm、X線管電圧180kVpとした。X線管電流を横軸にとりCdS光電流を縦軸にとつて示せば図11に示す如く光電流は管電流と共に殆ど直線的に変化する。

然しこの際の暗電流は図12に示す如くCdSに対する印加電圧の上昇に伴つて増加する。X線管電圧のみを変化した場合のCdS光電流は図13に示す如く直線性を有しない。尙図13に於ては回路

図11. CdS (モールド型) X線感度
管電圧 180KVp 距離 200cm CdS 電圧 22V

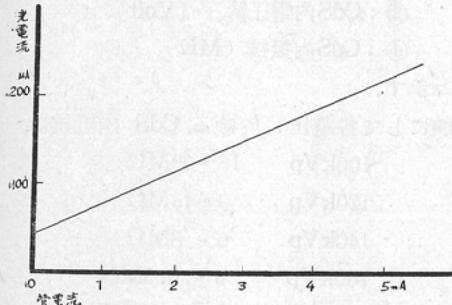


図12. CdS (モールド型) 暗電流
管電流 5 mA 距離 200cm

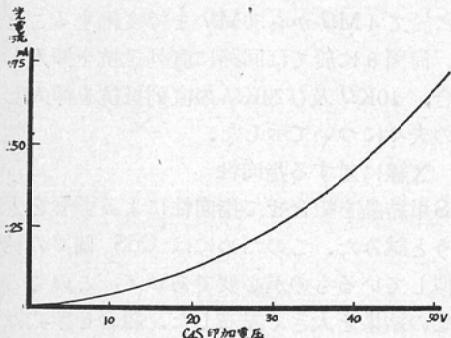
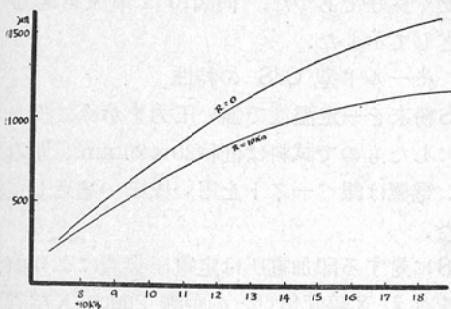


図13. CdS (モールド型) X線照射時光電流
管電流 5 mA, 距離 200cm



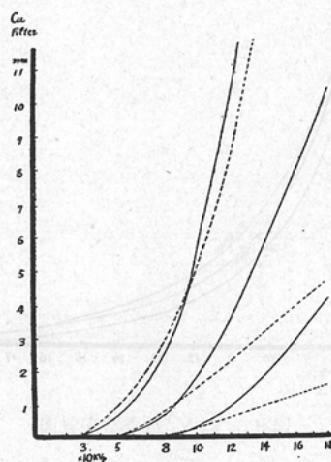
に直列抵抗を挿入しない場合及び $10k\Omega$ の直列抵抗を挿入した場合の夫々について示した。

6. CdS結晶による散乱線含有率測定

CdS結晶のX線照射時線質依存性からみて或程度の更正を行えば線量計として使出来る。

従来散乱線含有率測定法の一として螢光板と二次電子増倍管との組合せが用いられている。例え

図14. P 3-931A 組合せと Küstner との比較



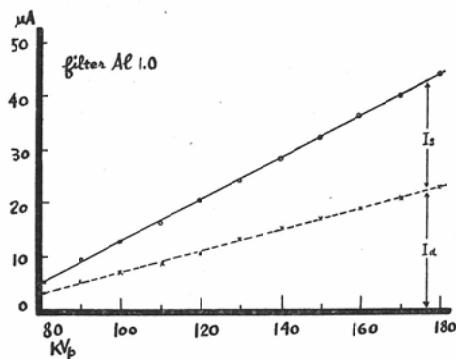
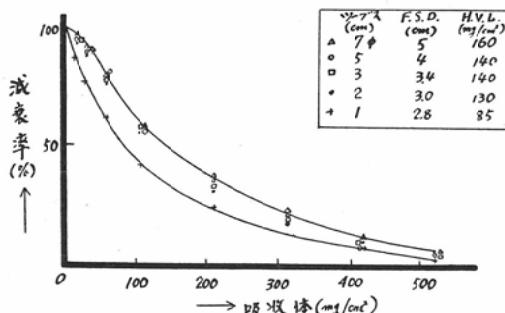
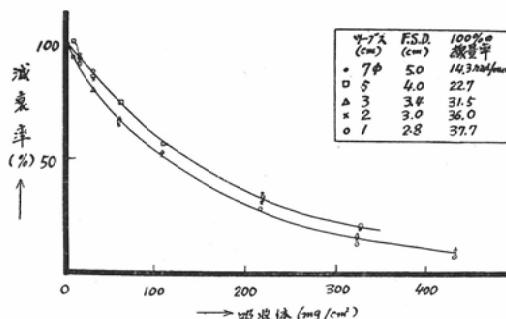
ばP-3 (極光)と931A (RCA)との組合せを用いた場合のX線照射時の線質依存性を検討する。測定は931Aに対する印加電圧 (900V), X線管及びその管電流 (5 mA), 螢光板とX線管焦点との距離を一定にしてX線管電圧を種々に変えて行つた。

此の組合せの線質依存性は線量計 (Küstner)と比較して行つた。即ち同一線量を得るに要する銅濾過板の厚みを求めて此の組合せ (P 3-931A) と線量計とについて縦軸に銅濾過板の厚みをとり横軸に管電圧をとつて比較して示すと図14に示す如くなる。これによつて低いX線管電圧に於ては線量計にくらべて比較的の線質依存性は小さいが、高電圧となるに従つて依存性は大きくなる。又図4と図14とからCdS 単結晶とP 3-931Aの組合せを夫々線量計と比較すると高電圧に於てはCdsの方が感度が良い。

散乱線含有率測定に当つてはX線管電流は5 mA連続通電し、管球焦点とCdS単結晶との距離は150cmとし、濾過板はAl 1.0mmを用いて80kVpから180kVpに亘つて10kVp毎に測定した。

厚み10cmのパラフィンファントムを散乱体として用いこの上に厚み4mmの鉛板をのせ、その中央に10mm直径の円孔をあけその円孔中心垂直下に厚み4mmの鉛板を敷きその中央に二の $5 \times 2 \text{ mm}^2$ の

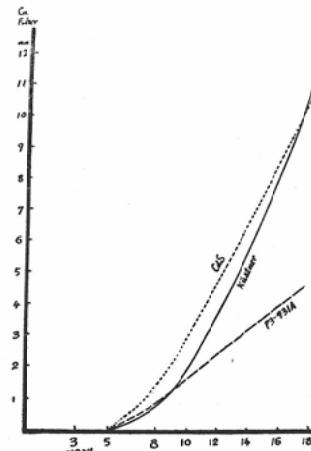
図15. CdS 電離電荷

図16. Sr⁹⁰ 照射装置の減衰特性 (CdS)図17. Sr⁹⁰ 照射装置の減衰特(Extrapolation Chamber)

小孔をT字型にあけその中心と10mm円孔の中心はファントムをはさんで一直線上にあるように置いた。

CdSを3×2 mm² の支持装置にのせて特性の近似した2個をT字型に組合せてバラフィンファントムの下にある厚み4mmの鉛板のT字型小孔の

図18. Küstnerを中心とした CdS, P 3 - 931A 組合せの比較



直下に置き、電池により並列に300Vを印加した。

T字型の小孔を透過して来たX線錐によるCdSの光電流は略々直接線によるものとみなしえる。次に鉛板をとり除いて測定すれば直接線と散乱線との和によるものが得られる。以上の結果を図15に示す。此の結果から散乱線含有率を求めるとき電圧に於て次の如くなる。

80kV_p : 40.0%

100kV_p : 44.0%

120kV_p : 45.0%

140kV_p : 46.4%

160kV_p : 47.2%

180kV_p : 47.7%

7. CdS 単結晶によるβ線線量測定

CdS 単結晶のX線以外の放射線特にβ線による線量測定を検討した。図16はSr⁹⁰ β線源を用いてβ線の強度をCdS 単結晶の光電流として測定した場合の吸收体による減衰特性を示す。Sr⁹⁰ β線照射装置の照射筒は直径1cmから7cmまで5種について行い。吸收体はセロファン0.02mm当たり3.0mg/cm² のものを用い、吸收体の厚みを横軸にとり減衰率50%の値を求めるとき、図16に示す如く 160mg/cm² から85mg/cm² の間にあつた。一方外挿型電離層による此のSr⁹⁰ β線源の線量

測定を東芝富士工場に依頼して行つた結果は図17に示す如く減衰率50%に於て 130mg/cm^2 から 110mg/cm^2 の間にあつた。即ち CdS 単結晶による測定は外挿型電離層による測定結果と略々一致している。外挿型電離層によれば直径50mmの照射筒を用いた場合0.02mmの薄い吸收体を使用すると吸收体のない場合より僅かに線量が増加して減衰率 102%が測定された。

V. 総括及び考按

CdS 結晶は粒子線、電磁波によつて励起されると光電導性を有し、X線、 β 線に対して相当な光電流を生じ、增幅せずに簡単な装置で線量率が測定出来、既に γ 線測定用線量率計も発表されている³⁾⁴⁾⁵⁾。

1. X線管電圧依存性について

CdS 結晶によつて得られる光電流がX線管電圧の変化に対して直線的に変化することは Simon の報告と略々一致する結果である⁶⁾。暗電流は CdS に対する印加電圧 150V で $50\text{m}\mu\text{A}$ 程度のものがあつた。此等の点は CdS 結晶を線量計として用いる場合の利点である。

2. X線に対する線質依存性について

CdS 単結晶の線質依存性は線量計と比較するとある程度の偏差を有するが各結晶について線量計に対する更正曲線を求めておけばX線線量率計として使用出来ると思われる。

3. X線に対する光導電性について

CdS は 50r/h の Co^{60} 照射によつて電気抵抗は $10^9 \sim 10^{10}\Omega$ から $10^6\Omega$ に変化するとされている⁷⁾。

X線管電圧 80kVp から 180kVp の間に於て測定した結果 $4\text{M}\Omega$ から $36\text{M}\Omega$ まで変化したがこの様な電気抵抗の変化は增幅することなく簡単な装置で線量率測定を可能ならしめる。

4. X線に対する指向性について

CdS は結晶の長軸に垂直な方向の指向性は殆ど問題にならないが、長軸方向から来る放射線に対しては非常に感度が悪いことが欠点の一である。2個以上の CdS を組合せることによつて指向性の改善を検討したところ、CdS 結晶の各々の特性が近似したものを選ばなければ指向性の改善は行

われ難かつた。又 CdS を直列に接続した場合特性が異つて居ると特定な結晶にのみ負荷が加わるから出来る限り特性の近似したものを選んで並列に接続して電圧を印加した。その結果は勿論 2 個を T型に用いた場合より 3 個を Y型 或は A型に用いた場合の方が指向性の改善に有効であつた。

5. モールド型 CdS の特性について

モールド型 CdS は暗電流が大きい。これは CdS 単結晶と比較すると電極間の体積が大きいためであつて、この点は単結晶よりも不利である。又 X線管電圧のみを変化させた場合はモールド型 CdS の光電流は直線性を有しないから、直線性を有する CdS 結晶よりも不利であるが、得られる光電流が極めて大であることは今後利用され得る点である。

6. CdS 単結晶による散乱線含有率測定について

散乱線含有率測定法を線量計と比較してみると、CdS 単結晶による方法は図18に示す如く螢光板と二次電子増倍管との組合せ (P 3 - 931A) による方法よりも特に高電圧に於ては感度がよく線量計としては線質依存性が小さく合理的である。

バラフィンファントムを亂散体として散乱線含有率を測定した結果 CdS 単結晶による場合と二次電子増倍管と螢光板との組合せによる場合とを比較すると次の如くなる⁸⁾。

CdS	P 3 - 931A
80kVp 40.0%	33.3%
100kVp 44.0%	44.0%
120kVp 45.0%	48.8%
140kVp 46.4%	50.0%
160kVp 47.2%	50.0%
180kVp 47.7%	52.4%

以上の如く何れの測定方法も略々同一の散乱線含有率を示した。

7. * CdS 単結晶による β 線線量測定について

Sr^{90} β 線源を外挿型電離槽により直径50mmの照射筒を用いて0.02mmの薄い吸收体を使用する

と、吸收体のない場合より僅かに線量が増加して減衰率 102%が測定されたことは、吸收体による減衰よりも散乱線による影響、即ち低いエネルギーの散乱線を外挿型電離槽が測定していると考えられる。この点 CdS 単結晶による測定では低エネルギーの感度が高電圧に於ける場合にくらべて低いためこの様な peak は測定されなかつたと考えられる。従つて低エネルギーの散乱線の影響を重視しない場合には CdS 単結晶による β 線線量測定が可能である。

IV. 結論

近來放射線の線量率を迅速確実に測定することが必要とされて来ている。

1. CdS 結晶の X 線に対する線質依存性は線量計と比較すると稍々偏差があるが比較的小さく、一定の更正の下に線量率計として用い得る。

2. CdS 結晶は X 線及び β 線照射によって相当大きな光电流を生ずる。

3. 特性の近似した CdS 結晶を適当に組合せれば指向性を改善することが出来る。

従つて CdS 結晶は電源としての電池と光电流測定用の電流計があれば簡単で取扱容易な線量率計として用いることが出来る。

文 献

- 1) R. Frerichs: Phys. Rev. 72, 594 (1947). —2) 橋詰雅: 日医放誌, 15, 874 (1956). —3) A. Reuss et al.: Strahlenth. 94, 384 (1954). —4) 塚本, 尾内: 日医放誌, 17, 534 (1957). —5) 横田他: 東芝レビュー, 13, 1017 (1958). —6) H. Simon: Ann. der Phys. 12, 45 (1952). —6) L.E. Hollander: Rev. Sci. Inst. 28, 322 (1957). —8) 田中隆夫: 日医放誌, 18, 1533 (1959).

Dosage Measurement of Radioactive Rays by CdS Crystal

By

T. Tanaka and H. Isobe

From the Department of Radiology, Faculty of Medicine, Tohoku University
(Director: Prof. Y. Koga)

Recently the rate meter which can measure radioactive rays quickly and surely is requested.

The dependability of the CdS crystal to x-ray quality is comparatively weak to the dosagometer of Hans Küstner and that of it to β -ray quality is also weak to the extrapolation chamber.

The CdS crystal get due photoelectric current by x-ray or β -ray radiation.

The directivity of the CdS crystal is improved by the combination of CdS crystals of similar characteristics.

The CdS crystal is used easy as a rate meter of radioactive rays without any amplifier.