

金属学上に於ける計数管の応用

On the application of Geiger-Müller Counter in
Metallurgical studies.

塩田、信雄 (Nobuo Shiota)

ABSTRACT—Geiger-Müller Counter is recently being used in metallurgical studies.

This application is divided along two main lines. Namely radioactive tracer and measurement of X-ray intensity. The problems of metallic diffusion, wear test and analysis are most interesting as the concrete application of tracer. Both radiographic and diffractive method in X-ray study are being done more speedily and accurately by using X-ray counter.

The writer carrying out some experiments on the above phenomena, gave some consideration in this report.

§ I. 緒言

計数管は主として放射線の検出や、その強度を測定するのに用いられる放射管の一種であり、始め Geiger と Müller の両氏⁽¹⁾ によって原子核の物理学実験に用いられた。その後多くの改良工夫がなされ、これが生物、医学及び工学関係等の研究に著しく重要視されつつある現状である。これを金属学的な見地からすれば、(1) 放射性元素追跡子 (Tracer) としての利用及び (2) X線強度測定への応用に二分されると考へられる。(1) に関しては自然放射性元素を除いて是当り原子炉及びサイクロトロン等を供給源として得られ易く且半減期の可成り長いものであることが必要である。なお Tracer の具体的応用としては金属の拡散、摩耗及び分析の問題等前途に多くの課題を有して居る。(2) については X線の透過法及び廻折法の別に倣って鑄物巢の欠陥検査及び廻折線強度の測定に大別される。以上の諸点について著者が少しく実験したところを併記する次第である。

§ II. 計数管の製作と実験装置, Fig. 1(a) 及び (b) には Tracer 用として、(c) に X線用の計数管の一例を示す。

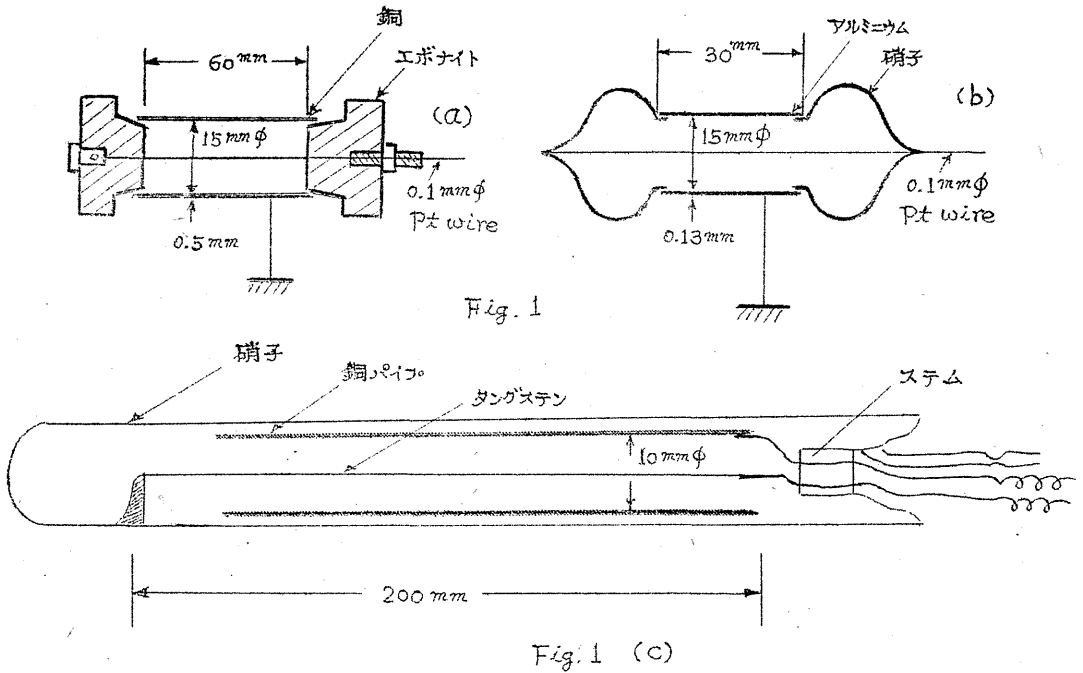


Fig. 1

Fig. 1 (c)

この管内は真空にした後にアルコールとアルゴンを1:9の割合に混合して大凡 100 mm Hg 圧を封入した放電管でありその記録回路を Fig. 2 (a) 及び (b) に示した。(a) は二進法計数回路 (Scale of Two) と云って一機の放電では計数せずに二回の放電で始めて機械的に記録する如くしてその測定精度を高めるためのものであり、(b) は電気的に電流計の振れによって直読するもので⁽²⁾ 主として X線用に使用せられる。なお大気中の紫外線は管内の気体を電離して甚だしく計数を不分明ならしめる故鉛板の矩形箱中に収め光線を遮断して中心線の電圧を漸次高めて行く。この場合の毎分の計数値を測定した一例を Fig. 3 に示す。中心線の電圧が少しは変化しても録数値の変わらない範囲の電圧、即ちこの場合には 930V~1250V の一定計数領域 (plateau) を使用して測定を行ふのである。

§ III. 実験結果

a. Tracer としての応用

(1) 金属の相互拡散⁽³⁾ 金属の自己拡散に就いてのこの種の実験は W. Seith 一派⁽⁴⁾ の研究を始め可成り多くの成果が認められてゐる。著者は熔融状態及び固体鉄及びアルミニウム中へのトリウムの拡散を測定して Fig. 4, 5, 及び 6 の結果を得た。アルミニウムの場合には最初トリウムを硝酸に溶解した後苛性ソーダ溶液で片面を溶解する鉄では拡散度の多寡に応じて

二途法計数増幅装置回路図

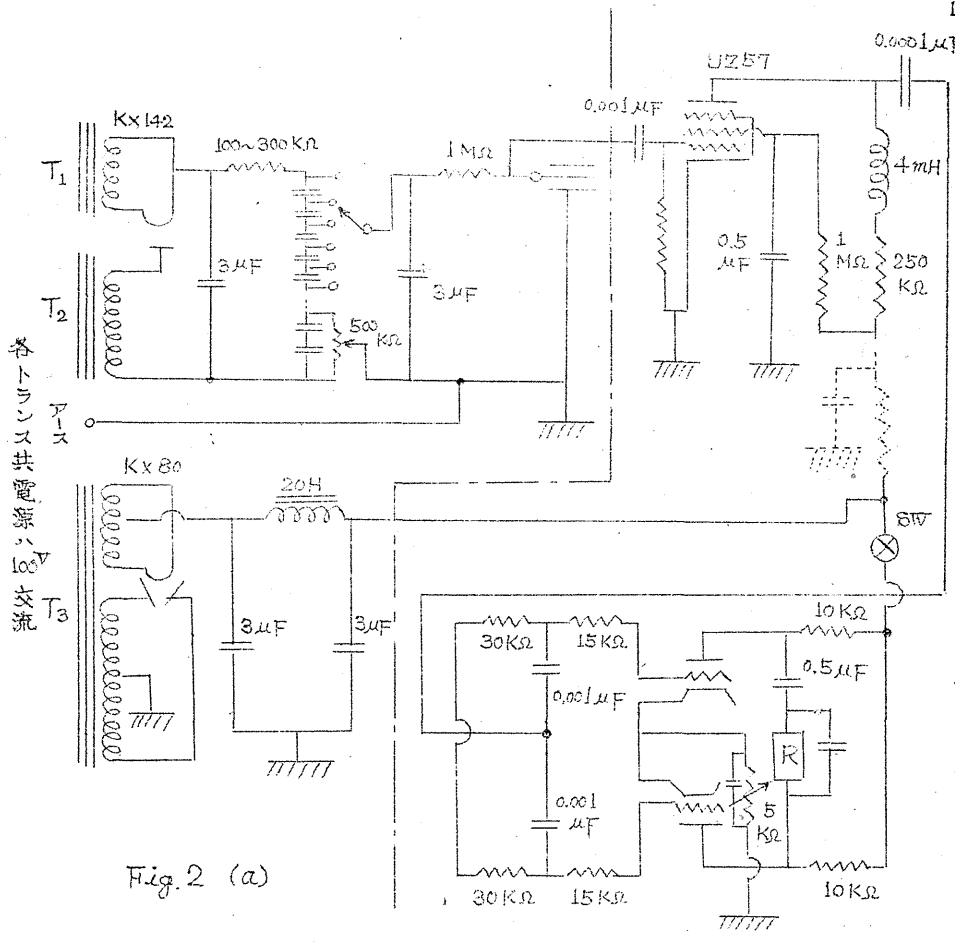


Fig. 2 (a)

(註) 鎮線以左の電源部トシテ
別ノセットトシテアル

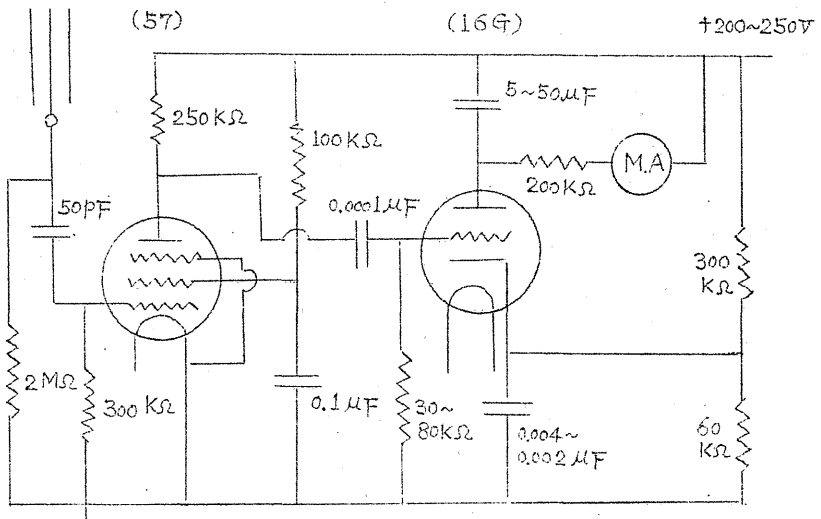


Fig. 2 (b)

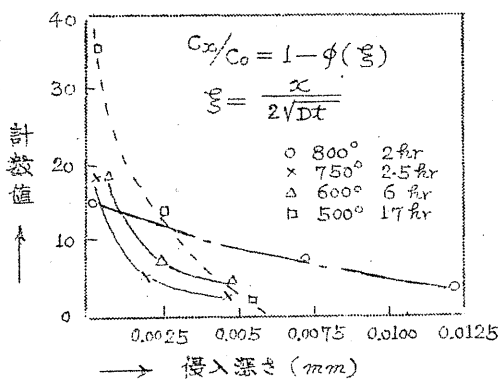
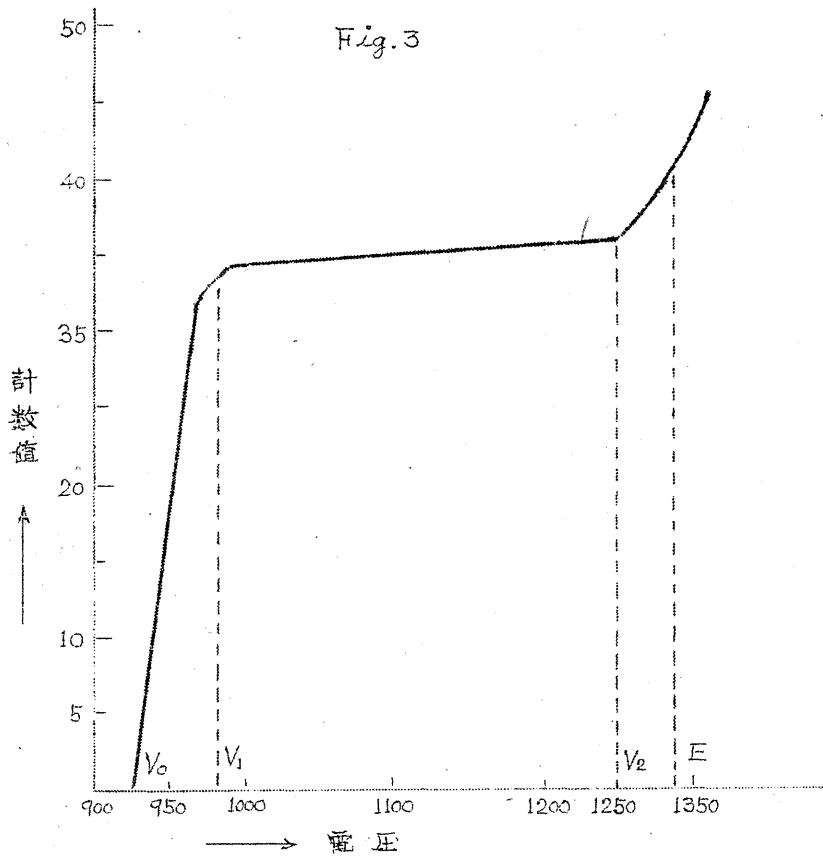


Fig. 4

アルミニウム中へのThの拡散

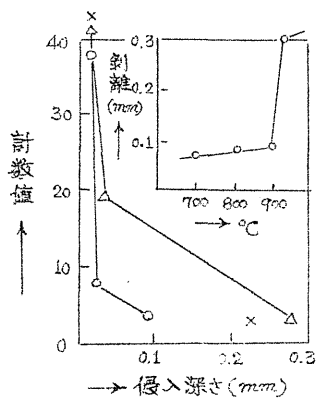


Fig. 5 鉄中へのThの拡散

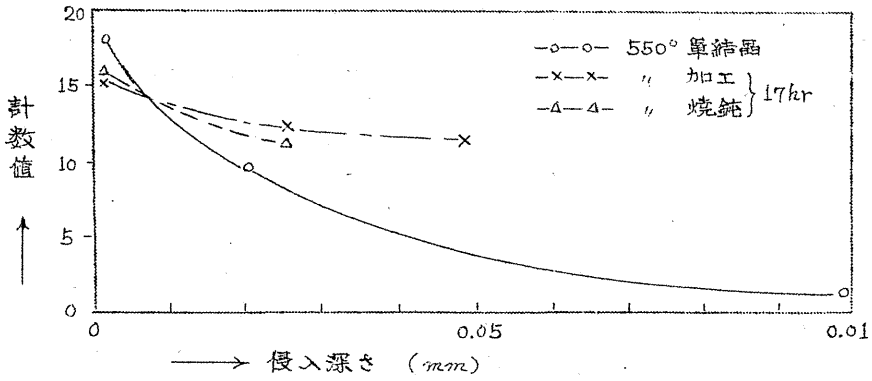


Fig. 6 アルミニウム中へのThの拡散

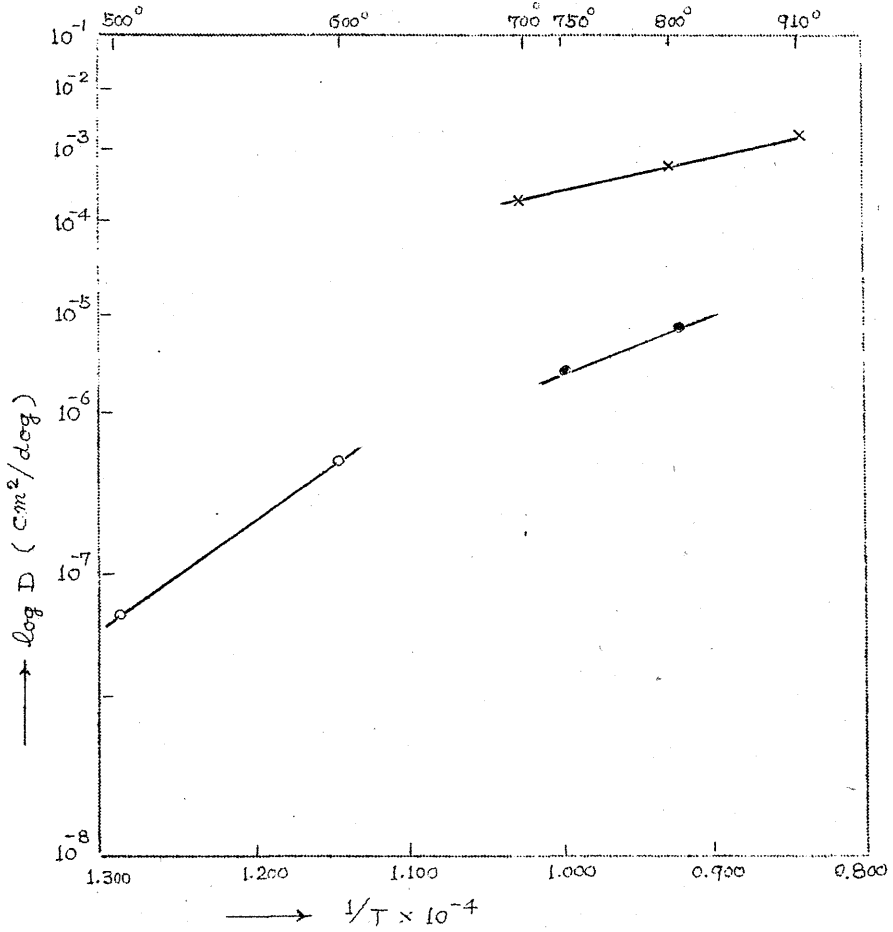


Fig. 7

剥離度に差異のあることを利用したものである。Fig. 7は以上の結果から拡散恒数Dと絶対温度の逆数関係を求めたものであり、特に鉄のA₃変態での変化及び加工、焼鈍し、単結晶の順にDの減少が認められる。Gaussの誤差積分を用いて拡散恒数を計算するために次式を使用する。

$$C_x/C_0 = 1 - \phi(\xi) \quad C_x : \text{境界面から } x \text{ の距離の録数値}$$

$$\xi = \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \quad t : \text{時間}$$

$$\phi : \text{Gauss 誤差函数}$$

(2) シルミン中のカリウムの検討⁽³⁾ 分析的利用価値は主として地質及び鉱物学的研究への応用に見出されて居る。著者は K⁴⁰ がβ線の自然放出を行ふことを利用して Al-Si 共晶合金にカリウムの化合物を溶剤として与へ改良作用を行った場合⁽⁵⁾の添加量、保持時間及び保持温度を逐へることによってその存在量の変化を検討し併せてその定量を行った。Fig. 8及びFig. 9に実験結果の一例を示した。

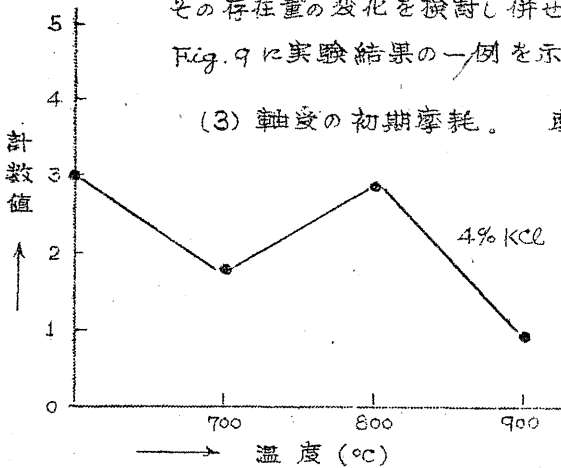


Fig. 8

(3) 軸受の初期摩耗。

摩耗現象への利用は米国に於いては既に工業試験の域にまで達して居る。例へば鉄鋼中へ放射性炭素、ホワイトメタル中へ放射性鉛を微量溶解せしめることによって極めて迅速且精密に摩耗程度を検討することができるわけである。

6. X線強度測定への応用。

(1) X線透過法への応用。材料の欠陥検査並びに厚みの精密測定⁽⁶⁾を迅速に行ひうる利点を有する。例へばアルミニウムについて写真法で20mmの厚みに対して120KVを用ひて見分けられる最小の厚さの差は0.3mmであるが計数管では30KV、10mm厚みの物を0.025mmの差まで知ることができる。

(2) X線廻折法への応用。X線スペクトル強度の測定に併行して結晶分析等の研究への応用は従来の写真撮影の欠点を除いて余りあるものがある。⁽⁷⁾結晶分析の要領図をFig. 10に示す。なお岩塩或は水晶の結晶を用ひてX線を単色化(Monochromatize)しなくとも、対陰極の波膜、例へばCuに対するNiを使用しても充分その成果を期待できる場合がある。これによって金属の経時変化現象、例へば変態、再結晶又は結晶成長状態を連続的に検討

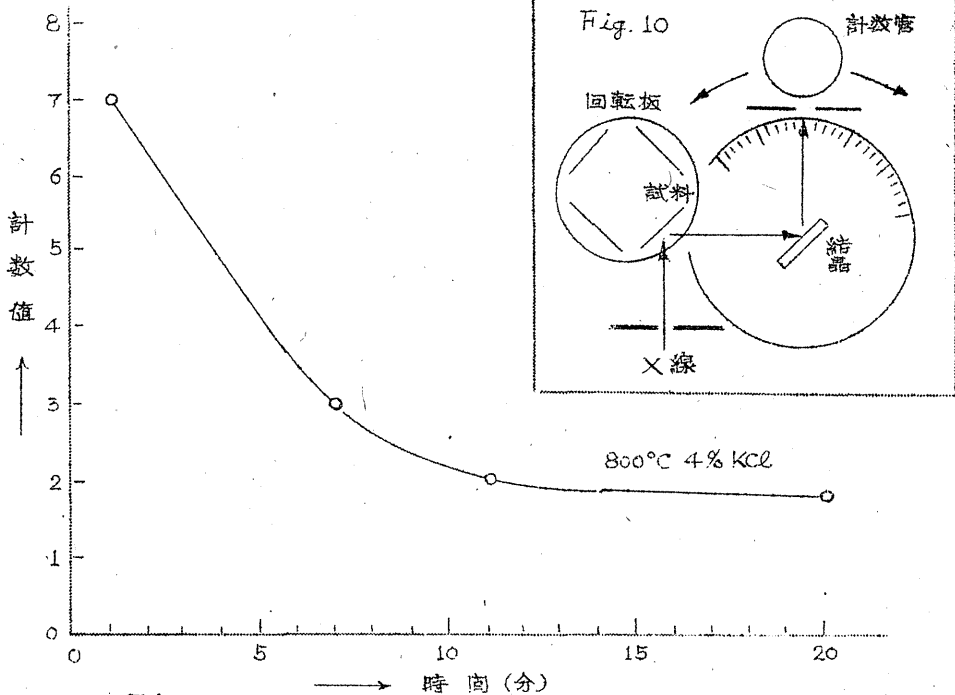


Fig. 9

することができる。近年 E. Warren⁽⁸⁾ はこれを使用して冷間加工の研究に一般の進歩を加へた。著者も同様の実験を継続中であり、真鍮の粉末及び板状試料の(400)面の強度及び基準線の変化を Ni の濾波膜を透した Cu の K α 線を以つて測定した結果 X 線廻折線中の拡がりは粒子の微細化又は内部歪に依存するものと考へられてゐるが、熱的な格子振動と冷間加工に伴ふ格子の異常性の間には本質的な相違のあることが基準線の強度変化から高温カメラを併用して粉末試料については見出される。なお常温に於ける焼鈍し材と加工試料の基準線の変化は廻折線強度の変化に比して不変であり、結晶の二次的な消光効果を考慮しなければ充分説明されないことが云はれた。板状試料では以上の結果ほどに明瞭な差違は認め難いが、これらの論義については後日の機会に報告したいと思ふ。

§ IV 総括

以上は放射計数管についてのみその応用の概略を述べたが、他に結晶計数管 (Crystal Counter) としてダイヤモンド、液体空気の温度に冷却した塩化銀結晶等を用ひる試みが最近行はれてゐる。最後に富山大学教授森永博士、本学教授岩村博士、岡山助教授、小野崎氏及び東芝マツダ研究所平沢進八氏の御鞭撻御助力に深謝します。

文 献

- (1) H. Geiger & W. Müller; *Phys. Zeits* 29 (1928) 839
- (2) 野中, 平沢; 応用物理 19 (1950) No. 4
- (3) 詳細は日本金属学会誌 投稿中
- (4) W. Seith; *Diffusion in Metallen*, (1939)
- (5) J. Czochralski; *Zeit. Metallk.* 15 (1923) 273
- (6) 田中, 山本; 応用物理 18 (1949) 33
- (7) 橋本 ; 物理学会誌 3 (1948) 171
- (8) L. Averbach & E. Wavren; *J. Appl. phys.* 20 (1949) 1066