電子顕微鏡より発生するエックス線

大 森 郁 乎*

佐 治 博*

緒 言

昭和34年7月、電離放射線障害予防規則（以下、規則と略記する）が施行され、以来、著者らの関係している某製鉄所では、その規則に従がい、電離放射線業務従業員の定期健康診断を実施している。そして電子顕微鏡（以下顕微鏡と略記する）が一種のエックス線発生源であり、表1に示すとおり、国際放射線防護委員会の勧告¹⁾にも、その危険性が述べられているので、規則とは無関係に、その取扱者を対象のわくに入れている。ところが最近の検査で、その取扱者4名中1名に、末梢血液所見が規則の有所見者の状態を示し、他の2名が頭痛、

Table 1 X-Protection against X-Radiation from Other Sources than Orthodox X-Ray Apparatus.

1. Hazards.
Any electronic tube operating at potentials above 5000 volts shall be considered a possible source of X-rays, and, if necessary, radiation barriers shall be provided.
2. Sources of non-useful X-rays may be:—
cathode-ray tubes (oscillographs);
electron microscopes;
transmitting valves;
rectifying valves;
television tubes;
image converters.
3. Permissible dose.
If the dose-rate at any readily accessible point on the surface of the equipment does not exceed 0.6μr/second, neither personnel monitoring nor medical examination shall be required.
But if the dose-rate is greater than 0.6μr/second suitable personnel monitoring should be carried out as prescribed by a qualified expert.
4. Home television sets.
For home television sets the dose-rate shall not exceed 0.6μr/second at any readily accessible of the apparatus.

全身倦怠等を訴えるのを認めた。そこで、その顕微鏡から発生しているエックス線が原因しているのではなかろうかと考え、調査を実施した。

調 査 方 法

1) 線量率計による法

神戸工業製電離槽型エックス線線量率計 Type DR-3を用いた。本器の波長依存性は 25 KV～2 MeV で、±5%の誤差とされている。これによって、操作のどの

* 神戸製鋼所医務部(部長：河田博士)、奈良県立医科大学放射線医学教室(主任：高田教授)昭和35年12月26日受付、特別掲載

時期に、顕微鏡のどの部から、どの程度にエックス線が出ているかを測定し、また、そのエックス線の減弱状態を検査して、線質を推定した。

2) フィルム黒化法

フィルム・バッヂ(ケース：JIS. Z4301. I型、フィルム、富士製 JIS. K7557)を用い、東京光電社製デシトメーターで、各野4点の黒化度を夫々測定して、その平均値を求めた。なお基礎資料として、写真黒化濃度比、実効電圧曲線、線質特性曲線、線量特性曲線、潜像退行曲線を参考にした。

実 験 成 績

対象とした顕微鏡は某有名会社、昭和32年6月製の品で、電子加速電圧は50KV、75KV、100KV、の夫々に切換可能である。測定は電圧 100KV、放射電流 50μAの使用状態で実施した。

まず線量率計によって、鏡筒各部から出るエックス線を測定したところ、図1のとおりであった。

Fig.1 The side view of an Electron microscope and X-ray doses (mr/h)

Remark: 1.C.L. 1st. condenser lens.
2.C.L. 2nd. condenser lens.
V.W. Viewing window.

この図において、各測定値は線量率計の電離槽窓を、顕微鏡に正面させた場合の値を示すものである。ただし 230mr/h, 40mr/h は name plate をさけて側面よりの測定値, 0.6mr/h は水平面に対し約45°の傾角位での測定値である。なお、これらエックス線の発生は装置の操作開始後数秒間認められるが、完全調整の使用状態に入れば、認められなくなることがわかった。すなわち通常エックス線は、放射電流が飽和状態に達するまでの間、発生するようである。

しかし、不完全調整の状態でも顕微鏡での観察には大した支障はないようで、そのことは予備調査の際、観察に従事中の顕微鏡から図2に示すような大線量漏洩を測定し、その原因が調整不完全によるものとわかったことから明らかである。この漏洩エックス線を阻止する目的で、厚さ2mmのPb板を用いて、鏡筒のエックス線最多漏洩部を遮蔽してみたところ、線量率計で感知できるようなエックス線の漏洩を認めることができなかった。

ここで線質の概要を知ろうとして、Cu 0.15mm板6枚を用いて、顕微鏡から出るエックス線の減弱率を測定し、図3の如き減弱曲線を得た。この図から、このエ

Fig.2 The front view of an electron microscope and X-ray doses (mr/h)

Fig.3 The attenuation curves of X-ray from Electron microscope and deep therapy apparatus (100 KV)

ックス線の半価層は Cu 1.2mm 以上と判ぜられる。なお陽極周囲円筒の主材で、防エックス線の役割を果たしていると考えられる材料は、Fe であるということなので、別に島津製信愛号治療用エックス線装置を用い、管電圧を顕微鏡電子加速電圧と同じく 100KV とじて、エックス線を発生し、これを試みに Fe. 2.0mm, Fe. 3.5mm

の透過板で透過して、夫々の減弱曲線を作成してみたところ、図3に併記のような結果となった。それで鏡筒の陽極周囲円筒は、主として大体 3.0mm 位の厚さの Fe からなっているように想像される。

つぎにフィルム黒化法により、蓄積線量の推定を試みた。フィルム・パッチを電子銃部の鏡筒で、線量率計によれば、エックス線が最も多く出ていると考えられる陽極部に貼付、2週間後、標準現像し、その黒化度を測定した。その結果、A, B, C, D各窓に、夫々 1.3, 1.3, 1.26, 1.0 の黒化度を得た、

そして、その期間の使用回数は大約 150 回であった。これらの黒化度を基に、基礎資料を参考にして計算し、2週間の蓄積線量450mr, 推定実効電圧 80~110KV という成績を得た。

総括ならびに考按

著者らは某製鉄所に設置されている電子顕微鏡から、エックス線が漏洩していることを疑い、調査の結果、その鏡筒、主として銃部より相当量のエックス線が漏洩していることを知った。このエックス線は顕微鏡で資料を観察する前の放射電流が飽和状態に達するまで及び観察中でも装置調整不完全時に発生するものようである。

電子顕微鏡から出るエックス線については、Ardenne²⁾、岡田³⁾ らのように、のぞき窓に、適当な鉛硝子を用いることにより、安全に操作できるとして、楽観的な諸家もあるが、Silverman⁴⁾ らは 50mr/day をはるかにこえるエックス線の発生を報告している。

著者らの成績は、Silverman⁴⁾ らの成績を下廻るが、使用回数増加、調整技術拙劣者の装置操作などの今後を考慮すれば、両者の成績の接近または逆転を予想される。それはともかくとして、現状でもってしても、国際放射線防護委員会の勧告⁵⁾ に従えば、この顕微鏡の安全性を保証するにはほど遠い。

100KV 級電子顕微鏡についてのこのような事実ならびに 300 KV 級のそれが普及しつつある現状を考える時、電子顕微鏡から出るエックス線の処置についての考慮は、著者ら衛生管理ならびに放射線関係者の重大関心事である。それについては、このようなエックス線の防禦法として、先人のいうように、観察窓に適当な鉛硝子を使用するほか、鏡筒、主として銃部の防エックス線の被覆を厳重にせねばならぬということは、著者らの実験結果からも明らかである。

結 語

著者らは某製鉄所で使用中の電子顕微鏡から、少な

らざるエックス線が出ていることを知り、電子銃部の防エックス線の被覆をさらに厳重にする必要があることを確認した。

(本論文の要旨は第77回日本医学放射線学会関西部会で口演した)

擧筆にあたり、御指導を賜はった高田教授、河田部長、ならびに御助言御協力を賜わったレントゲン技術専修学校木村幾生博士、電気試験所川勝久三氏に深甚の謝意を表し、当社電子顕微鏡取扱者鈴木正美氏並びに同僚田辺幸雄君の労を謝す。

文 献

- 1) Recommendation of the Radiological Protection (Revised 1st. December 1954) : 日放医誌 15, 455, 昭30.
- 2) アルデンネ：超電子顕微鏡 丸善, 137~139, 昭17
- 3) 岡田重文：電子顕微鏡, 2, 129, 昭25
- 4) Silverman, L. B., Elliot, S. B., Greenfield, M. A. ; Science, 110, 376, 1949.
- 5) 国際放射線防護委員会勧告 (1958年9月採択) : 日本放射線同位元素協会

STUDIES ON X-RAYS RADIATING FROM AN ELECTRON MICROSCOPE

Ikuya OHMORI, Hiroshi SAJI

Medical Department of Kobe Steel Works, LTD. (Medical Director: Dr. K.KAWATA.)

Department of Radiology, Nara Medical College (Chief: Prof. H.TAKADA.)

The dose of X-rays from an electron microscope used at a steel works in Kobe city was measured. 225 mr/w, far over the permissible dose recommended by I.C.R.P., was detected.

The effect of protection of these X-rays by the use of 2mm lead protector around the electron gun was found satisfactory.