

# 반도체 검출기에 의한 전자선 선량분포에 관한 연구

서울대학교 의과대학 방사선과학교실

강위생 · 하성환 · 박찬일

## 서 론

전자선은 물리학적 특성때문에 피부 및 피부에 근접된 병변의 방사선치료에 널리 이용되고 있으며<sup>1,2)</sup> 앞으로도 그 이용이 계속 증가될 전망이다<sup>3-5)</sup>.

그러나 아직은 일반적으로 인정되는 전자선의 측정 방법이 없다. 전자선의 선량측정에 널리 쓰이고 또한 손쉽게 쓸 수 있는 것은 전리함과 필름을 이용한 측정 방법이다.<sup>4,6-14)</sup> 전리함에 의한 선량측정시는 온도, 기압, cap, 스펙트럼등에 대한 보정이 필수적이며 이러한 보정因子들이 결여되면 오차가 유발된다. 필름은 단일회의 조사에 의하여 선량분포를 얻을 수 있어서 시간절약이 가능하나 現像조건등에 따라서 필름의 흑화도가 변할 수 있는 단점이 있다.

TLD에 의한 전자선의 선량 측정에는 TLD가 저에너지 전자선에 대한 감도가 급격히 감소되어 낮은 에너지의 전자선의 선량측정에는 부적당하다<sup>15)</sup>.

Fricke 선량계는 사용하기에는 간편하지만 대량의 선량에 대해서만 식별이 가능하여 실용성이 좋지 않다<sup>7-8)</sup>.

저자들은 공간적인 선량분해능이 높은 구조로 된 반도체 선량계로 전자선의 선량을 측정하여 전리함과 필름에 의한 선량측정치와 비교하여 결과를 분석하였다.

## 실험 방법

### 1) 재 료

구조 반도체는 전리에너지가 수 eV<sup>16)</sup> 정도로서 공기분자의 평균전리에너지 33.85eV<sup>17)</sup>보다 훨씬 적고, 고체이기 때문에 단위체적당 분자의 수는 공기에 비해 훨씬 많다. 따라서 1mm<sup>3</sup> 정도의 작은 크기라 할지라도 공기전리함의 감도를 가질 수 있어서 전리함에 비

해 감응부위의 체적이 아주 작다. 또한 전리된 전자가 이동하는 거리( $\mu$ 정도의 크기)가 공기전리함(mm정도의 크기)에 비해 훨씬 짧기 때문에 반응시간이 빠르다.

본 연구실험에 사용한 반도체 선량계는 구조로 되어 있고 크기는 1mm<sup>3</sup>이며 합성수지에 싸여 있는바 표면에서 길이는 3.5mm이었다.

scan장치(LSC-2, Therados사 제품)는 일차원 운동만 가능한 장치로서, 치료실 밖에 둔 제어장치에 의해 조절된다. 이동방향에 대해 직각방향으로는 수동으로 선량계위치를 조정할 수 있으며 그 움직인 거리를 측정할 수 있는 자(vernier caliper)가 있다. 제어장치는 선량계에 의해서 측정된 선량을 X-Y 기록기로 기록하도록 기록기를 조정한다.

### 2) 실험 방법

전자선이 수평으로 진행하도록 게트리를 수평으로 향하게 하고, scanning arm을 물팬텀(54cm×54cm×43cm) 위에 두고 고체선량계가 전자선의 선축상에서 움직이게 방향을 바로 잡는다.

Clinac-18(Varian사제)에서 放出되는 각각의 전자선 에너지(6, 9, 12, 15, 18 MeV)에 대하여 조사면의 크기를 4×4cm, 10×10cm, 15×15cm, 25×25cm로變化시켜 선축상 전자선의 선량분포가 각각의 조사야 차이에 따른 변화여부를 측정하였다.

조사면의 주단면(조사면의 경계와 평행한 대칭면)에서 평면상의 선량분포를 측정하기 위해 고체 선량계의 위치를 이동시켜 여러 위치에서 scanning하였는바 scan 방향은 선축에 직각인 방향이었다. 최대선량점과 0.35cm 깊이에서 scanning후 등선량곡선도를 작성하기에 적합한 깊이를 선정하여 scanning하였다. X-Y기록기에 부착된 방산지에 매번 scanning할 때마다 전축에 대응하는 점의 위치를 바꾸고 선으로 선축을 표시하였다(Fig. 1). 각 깊이에 대응하는 선축점의 선량을 깊이에 따른 그래프로 표시하였으며 그 그래프가 선축상 선량분포가 된다. 선축상 최대선량을 기준으로 백분율로 선량을 환산하여 등선량 분포도를 작성하였다.

본 논문은 1983년도 서울대학교병원 특전연구비 보조에 의한 것임.

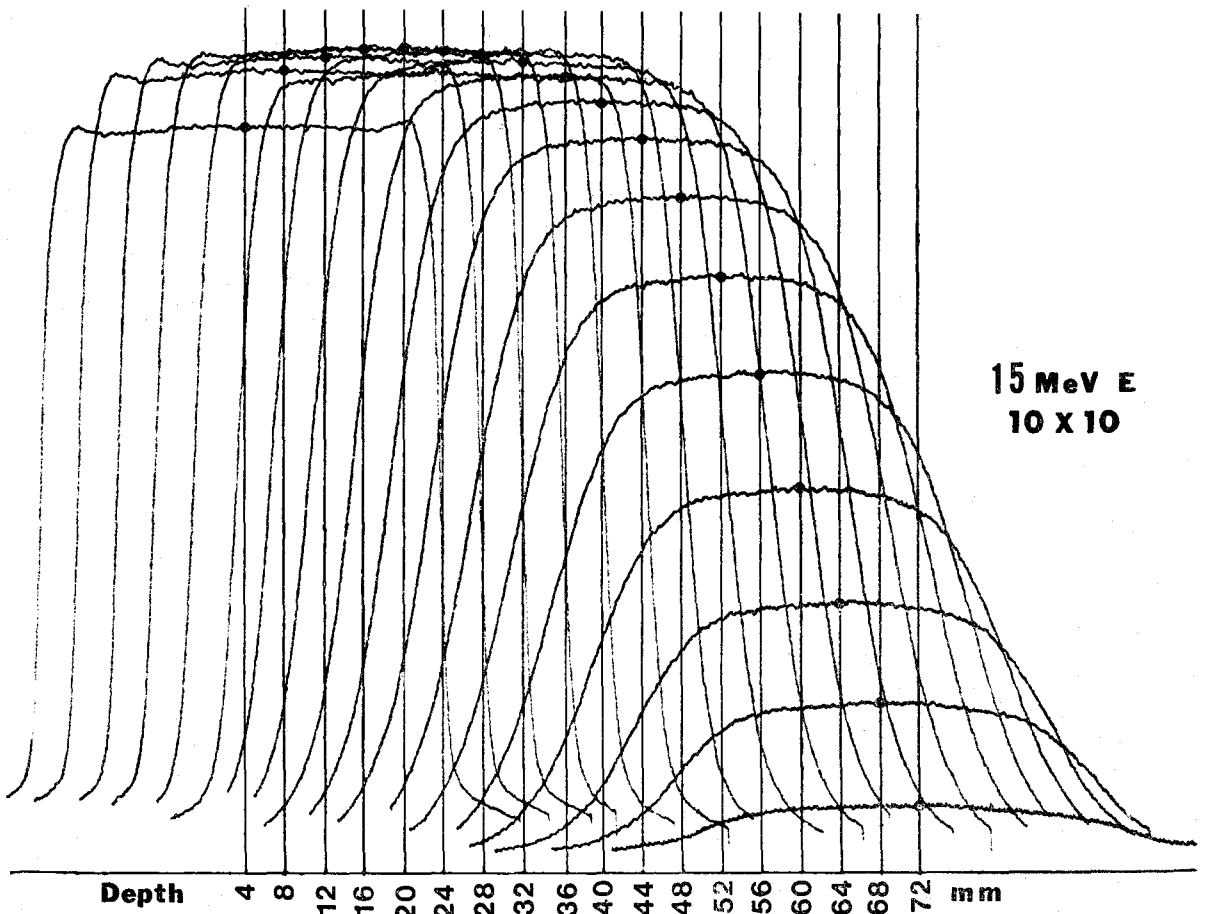


Fig. 1. Raw data of dose profiles of 15 MeV electron beam(10×10cm) scanned at several depths.

고체 선량계에 의한 선량분포와 비교하기 위해 필름(Kodak X-Omat V-2)을 polystyrene 팬텀에 끼워 전자선을 조사한 다음 PC-12 Computer로 측정하였다.

전리함에 의한 측정치와 비교하기 위해 평판형전리함(Capintec-PS-033 Al window)을 polystyrene 팬텀에 넣고서 선측상 선량분포를 측정하였다. 고체선량계와 다른 선량계의 측정치 비교는 10×10cm의 조사면에서 시행하였다.

결 과

Clinac-18 전자선의 모든 에너지에 대하여 조사면의

크기가 증가함에 따라 3.5mm 깊이에서 선량백분율이 증가함이 Fig.2에 나타나 있다. 조사면의 크기가 4×4cm에서 25×25cm까지 변할때 그 선량율은 6MeV 전자선은 75%에서 86%, 9MeV 전자선은 82%에서 88%, 12MeV 전자선은 88%에서 91%, 15MeV 전자선은 92%에서 95%, 18MeV 전자선은 93%에서 97%로 증가됨이 측정되었고 최대선량점(고체 선량계 기준) 보다 얇은 깊이에서는 에너지에 관계없이 모두 조사면의 크기가 증가함에 따라 선량율이 증가하였다. 최대선량점 보다 깊은 곳에서는 6~12MeV의 전자선에 대해서는 선량분포의 변화가 거의 없는데 반해 15, 18MeV의 전자선에 대해서는 상당한 선량분포의 변화가 있었다.

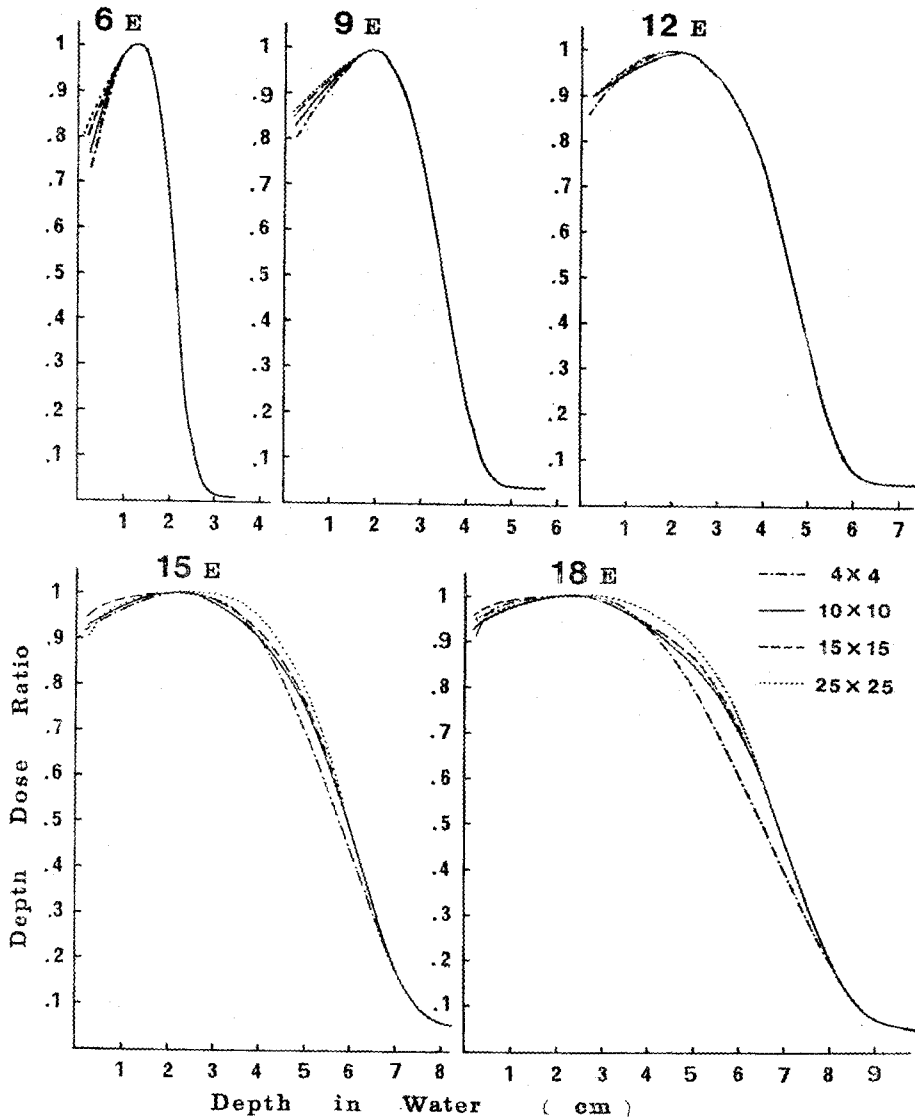


Fig. 2. Comparisons of depth dose profiles on beam axis for four different field sizes.

15MeV 전자선의 경우에는 80% 선량점의 깊이는 4×4 cm에 대한 4.0cm에서 25×25cm에 대한 4.5cm까지 깊어졌으며 18MeV의 경우는 5.0cm에서 5.7cm까지 변하였다.

고체 선량계와 필름에 의한 전자선의 주단면의 선량 분포들이 Fig. 3에 비교되어 있다. 조사면의 크기는 10×10cm이다. 전자선의 에너지와는 관계없이 피넛브러 영역에서 두 가지 다른 선량계에 의한 분포가 다르며 고체선량계에 의한 피넛브러 영역이 필름에 의한 것보

다 좁다. 6MeV 전자선의 경우는 Build-up 영역에서 고체선량계로 측정된 선량이 필름으로 구한 선량보다 낮음이 뚜렷이 나타나고 있으며 90-80% 선량점 근처에서는 고체 선량계에 의한 선량이 약간 높은 것으로 나타나 있다. 15MeV 전자선의 경우 90% 선량점의 깊이에서 고체선량계가 필름보다 높은 선량을 보여 주는 반면에 18MeV 전자선은 60~90% 범위에서 고체선량계가 필름보다 낮은 선량을 보여 주고 있다. 그러나 9MeV와 전자선의 경우는 두 가지 선량계와 선속상에서

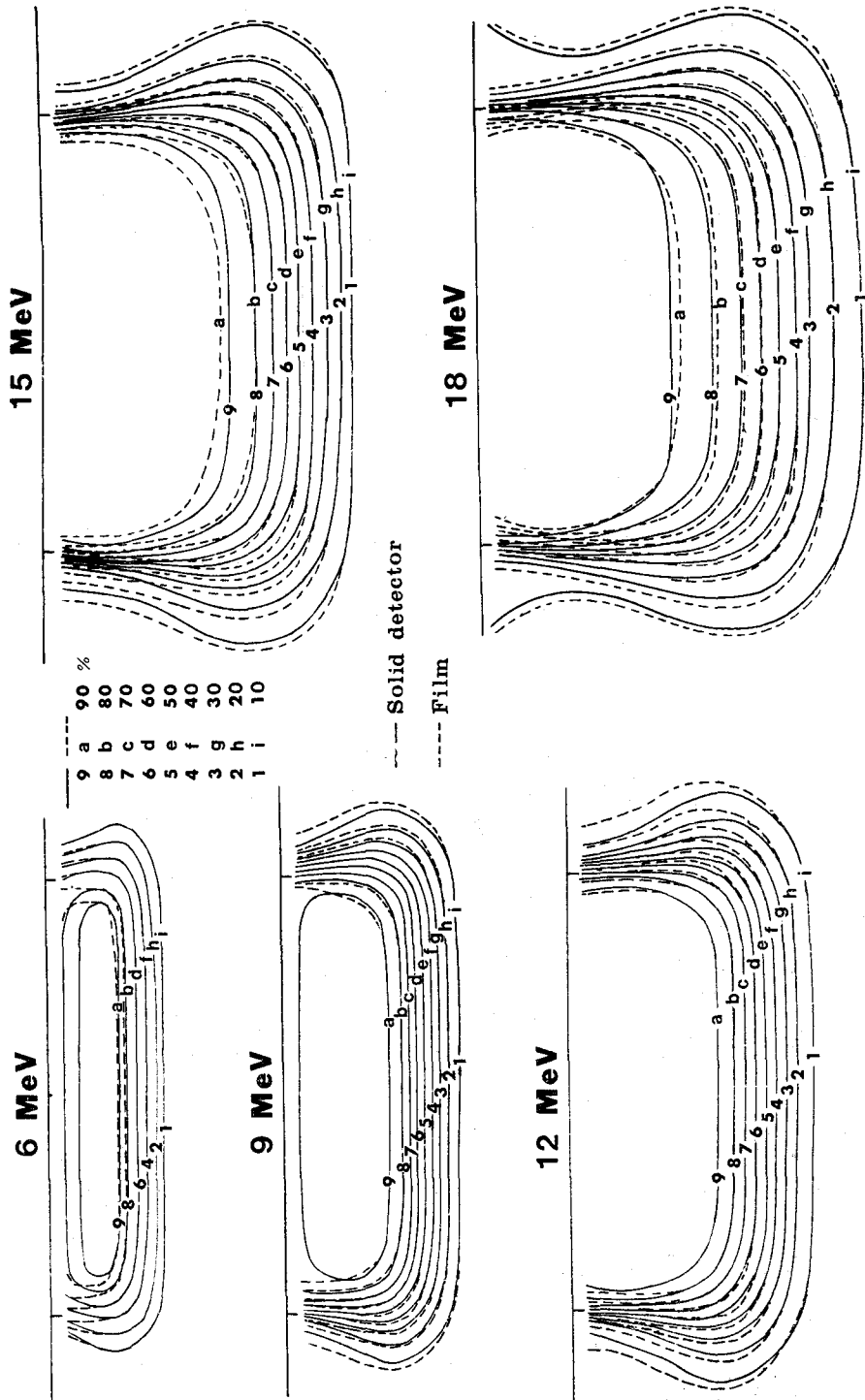


Fig. 3. Comparisons of dose distributions by semiconductor detector and film on principal plane of electron beam  $10 \times 10 \text{cm}$ .

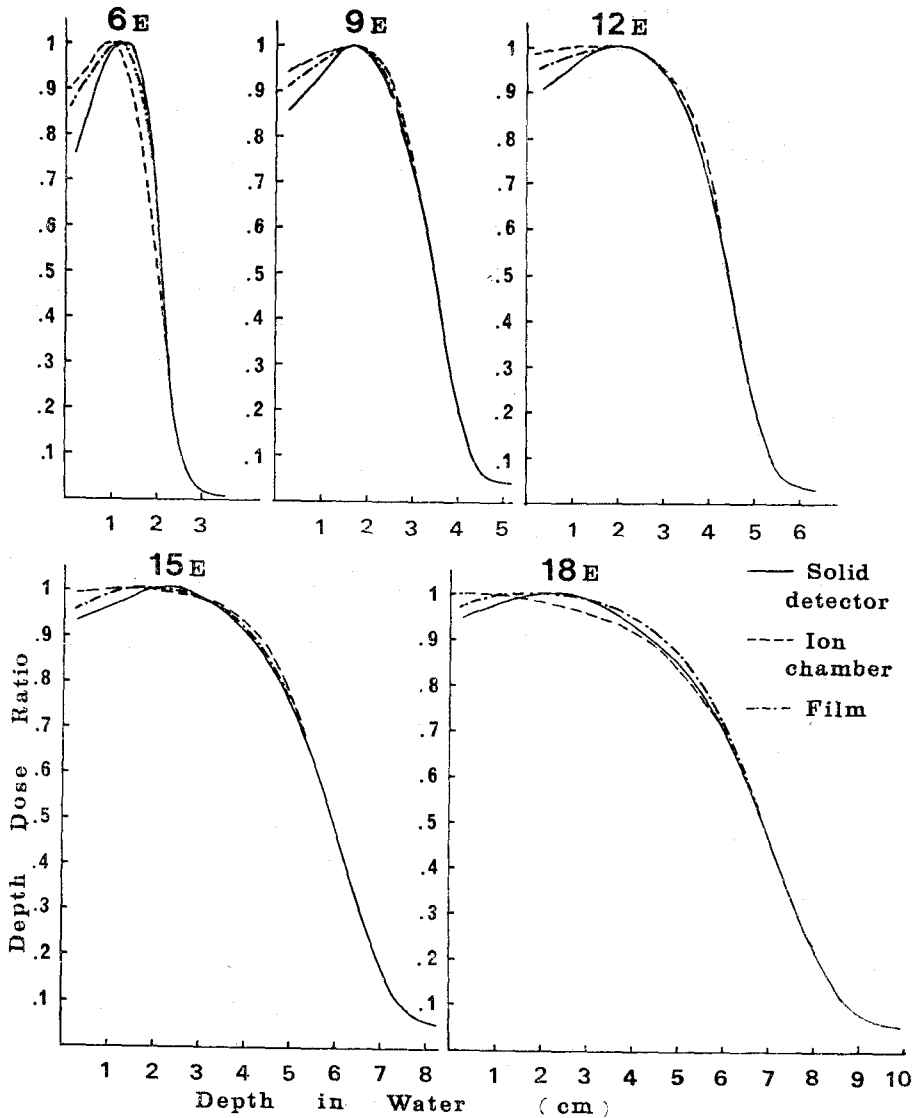


Fig. 4. Comparisons of depth dose profiles by three different dosimeters: semiconductor detector, film, ion chamber.

는 같은 분포를 보여주고 있다.

고체 선량계와 전리함, 필름에 의한 전자선의 선측량 선량분포가 Fig. 4에 비교되어 있다. 조사면의 크기  $10 \times 10 \text{cm}$ 에 대하여 구해진 것들이다. 에너지에 관계 없이 3.5mm 깊이에서의 선량은 고체선량계에 의한 것이 가장 낮고 전리함에 의한 것이 가장 높다. Table 1에서 볼 수 있는 것처럼 전자선의 에너지가 낮을 수록 선량계간의 3.5mm 깊이의 선량차이가 컸다. 최대선

Table 1. Comparison of doses of electron beams measured by solid detector, film and ion chamber at 3.5mm depth

Dosimeter	6MeV	9MeV	12MeV	15MeV	18MeV
Solid Detector	80%	86%	91%	93%	95%
Film	90%	92%	95%	96%	98%
Ion Chamber	93%	94%	99%	99%	100%

량점의 깊이도 선량계에 따라 차이가 있으며 고체선량계에 의한 것이 가장 깊고 전리함에 의한 것이 가장 얇다. 고체선량계에 의한 최대 선량점보다 깊은 부분에서도 선량계에 따라 선량이 다르다. 9~15MeV의 에너지에 대해서는 고체선량계가 가장 낮은 선량을 그리고 전리함은 가장 높은 선량을 보여 주고 있다. 그러나 6MeV 전자선은 이와 반대로 그 역순이었다. 또 18MeV 전자선은 필름이 가장 높은 선량을, 그리고 전리함이 가장 낮은 선량을 보여 주었다.

### 고 안

조사면의 크기가 커질 때 Build-up 영역의 선량이 증가하는 원인은 산란 foil, X선 콜리메이터, Electron cone 등에서 오선 산란전자의 양이 증가한 결과로 설명할 수 있을 것이다. 15MeV와 18MeV의 경우와 같이 최대선량점보다 깊은 곳의 선량이 조사면이 커짐에 따라 증가하는 이유는 설명하기가 쉽지 않다. AAPM RTC Task Group 21의 주장(50% 선량의 깊이에 2.33을 곱한 값이 입사 전자선의 에너지)과는 일치되지 않는 결과이다.

선측상의 선량분포는 고체선량계와 필름에 의한 선량에 있어서 6, 15, 18MeV의 경우만 약간 차이가 있고 거의 같은데 반해 AAPM 심포지움 단행본에서는 고체선량계가 훨씬 낮은 선량이 분포된다고 주장하였다. 또한 피넛브러영역에서는 필름보다 고체선량계가 더 좁은 범위를 보여주고 있다는 것이 본 실험결과인데 반해 AAPM 심포지움 단행본에서는 서로 바뀌어 나타나 있다.

### 결 론

Clinac-18의 전자선을 고체 선량계로 조사면의 크기에 따른 선량분포의 변화를 측정하고, 고체선량계와 필름·전리함에 의한 선량측정결과와 비교해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 조사면의 크기가 증가할수록 Build-up 영역의 선량이 증가한다.
- 2) 고체선량계에 의한 측정치는 필름에 의한 측정치보다 좁은 피넛브라가 관찰되었다.
- 3) 필름이나 전리함측정치에 비하여 고체 선량계 측정시 표면선량이 낮게 측정되었다.

### REFERENCES

- 1) DuV Tapley N: Clinical Applications of the Electron Beam. John Wiley & Sons, N.Y.,(1976)
- 2) Kramer S, Suntharalingam N, Ainninger GF: High-Energy Photons and Electrons: Clinical Applications in Cancer Management. John Wiley & Sons, N.Y.: 169~196(1976)
- 3) Khan FM, Fullerton GD, Lee JMF, et al: Physical aspects of electro nbeam arc therapy. Radiology **124** : 497~500(1977)
- 4) AAPM Radiation Therapy-Computer Applications Joint Task Group on Electron Beams: Practictical Aspects of Electron Beam Treatment Planning. Symposium Monograph, Cincinnati OH(1977)
- 5) Biggs PJ, Wang CC: An intra-oral cone for an 18 MeW linear accelerator. Int J Rad Oncol Biol Phys **8** : 1251~1256(1982)
- 6) SCRAD OF AAPM: Protocol for the dosimetry of high energy electrons. Phys Med Biol **11** : 505~520(1966)
- 7) ICRU: Radiation Dosimetry: Electrons with Initial Energies between 1 and 50 MeV. ICRU Report 21, Washington(1974)
- 8) Durocher JG, Boese H, Cormack DV, et al: A comparison of chemical and ionization dosimetry for high-energy X-ray and electron beam. Med Phys **8** : 197~202(1981)
- 9) Jones D: Comparison of the perturbation correction in a parallel plate and a cylindrical ion chamber. Med phys **8** : 239~241(1981)
- 10) Kase KR, Adler GJ, Bjärngard BE: Comparisons of electron beam dose measurements in water and polystyrene using various dosimeters. Med Phys **9** : 13~19(1982)
- 11) Task Group 21 Radiation Therapy Committee AAPM: protocol for the determination of absorbed dos from high energy photon and etectron beams. Med Phys **10** : 741~771(1983)
- 12) Dutreix J, Dutreix A: Film dosimtry of high energy electrons. Ann NY Aca Sci **161** : 33~43(1969)

- 13) 강위생 : 필름에 의한 고에너지 전자선의 에너지 측정, 大韓放射線醫學會誌 第15卷 : 292~294(1979)
- 14) Nair RP, Nair TKM, Wrede DE: Shaped field electron dosimetry for a Philips SL 75/10 linear accelerator. Med Phys 10 : 356~360(1983)
- 15) Holt JG, Edelstein GR, Clark TE: Energy dependence of the Response of LiF TLD rods in high energy electron fields. Phys Med Biol 20 : 559~570(1975)
- 16) Attix FH, Roesh WC: Radiation Dosimetry. 2nd ed, Academic Press, NY: 241~290(1966)
- 17) Johns HE, Cunningham JR: The Physics of Radiology. 4th ed, Charles C Thomas, Il: 224~228(1983)

### A Study on Dose Distribution of Electron Beams by Semiconductor Detector

Wee Saing Kang, M.S., Sung Whan Ha, M.D., Charn Il Park, M.D.

*Department of Radiology, College of Medicine, Seoul National University*

= Abstract =

There is not yet an universal method of electron dosimetry. The Authors measured dose distributions of the electron beams from Clinac-18 by means of silicon detector connected to X-Y recorder, and compared them in water phantom with dose distributions measured by film and ion chamber, both inserted in polystyrene phantom.

The results are as followings,

1. Dose in build-up region increased with the field size for all energy, and depth dose profiles of 6~12MeV beam under the depth of maximum dose were independent of field size, but those of 15 and 18 MeV beam were dependent on the field size.
2. The widths of penumbra by semiconductor detector were narrower than those by film for same energy beam.
3. Depth dose profiles by three different dosimeter did not coincide each other. In the build-up region, dose by semiconductor detector was lower than that by any other dosimeter.