

전자빔 조사조건에 따른 각종 섬유의 선량을 측정

김 홍 제, 이 기 풍, 임 용 진*

한국염색기술연구소, 경북대학교 염색공학과*

1. 서 론

전자선 가속기 혹은 감마선에 의한 방사선이 표적물질에 흡수된 선량을 측정하는 방사선 선량 측정 (Radiation dosimetry)은 방사선 조사에 의한 효과를 연구하고 이를 공업적으로 이용하는데 있어 매우 중요한 기술이다. 선량측정 system은 1차 선량계와 2차 선량계로 분류된다. 1차 선량계는 Calorimeter 또는 Ionization chamber와 같이 흡수선량의 정의에 관계되는 현상을 직접 측정하는데 근거를 두고 있으며 2차 선량계는 방사선 조사에 의해 유도된 조사 물질의 화학적 혹은 물리적 변화를 측정하는 선량측정 방법이다. 2차 선량계의 흡수선량은 1차 표준 선량계 혹은 다른 보정된 2차 표준 선량계의 보정에 의해 측정된다. 1차 또는 2차 선량계 중에서 양호한 특성을 갖는 선량계는 표준 선량계로 사용되며 표준 선량계로 사용되지 않는 2차 선량계는 실용 선량계로 불리워지고 있다.

본 실험은 실용 선량계로 가장 많이 사용되고 있는 CTA(Cellulose triacetate) 필름을 사용하여 총 8가지 섬유, 폴리에스테르, 나일론, 면, 폴리프로필렌, 모, 견, 아크릴, 레이온에 전류량, 컨베이어 이동속도, 최대가속에너지 등 조사조건을 변화시키며 전자선을 조사하여 이때 각 섬유가 흡수하는 전자선의 흡수선량 값을 살펴보았다. 또한 면, 나일론, 폴리에스테르는 서로 다른 두께를 갖는 섬유를 선정하여 두께에 따라 있을 수 있는 흡수선량의 차이도 함께 고찰해 보았다. 그리고 흡수선량의 중요한 변수 중의 하나인 penetration depth dose곡선을 얻기 위하여 전자선의 조사조건을 달리하여 전자선을 조사한 후 전자선의 투과 깊이에 따른 흡수선량의 차이도 함께 살펴보았다. 이외에 전류량과 흡수선량과의 관계 및 반복조사에 따른 흡수선량의 효과를 알아보았다.

2. 실험

2.1 전자선가속기

본 실험에 사용한 전자선가속기는 삼성중공업에서 생산한 최대 가속에너지 1MeV의 전자선 가속기를 사용하였다.

2.2 시료

본 실험에 사용한 섬유소재는 한국의류시험연구원에서 구입한 KSK-0905 표준 시료를 사용하였으며 각 섬유의 두께 및 규격은 표 1 과 같다.

표 1. 섬유소재

시 료	두 께(mm)	
폴리에스테르 (1)	0.11	KS K-0905 백폴리에스테르포
폴리에스테르 (2)	0.26	DTY 75/72
나일론 (1)	0.1	KS K-0905 백나일론포
나일론 (2)	0.2	330d,
면 (1)	0.25	KS K-0905 백면포
면 (2)	0.45	CM40', 136×88
폴리프로필렌	0.53	중량 120g/m ² 부직포 (주)토레이-새한
모	0.26	KS K-0905 백모포
견	0.09	KS K-0905 백견포
아크릴	0.25	82.5g/m ² , 밀도(올/5cm)-경사148, 위사146
레이온	0.14	KS K-0905 백레이온포

2.3 전자선 조사

동일한 전자빔 조사 조건에서 각 섬유소재가 갖는 고유한 흡수선량의 측정 및 동일 시료에서 두께 차이에 의한 흡수선량 차이를 알아보기 위하여 아래의 표 2와 같은 조건으로 각 시료에 전자선을 조사하였으며 조사방법은 동일한 조사조건에서 동일한 5개의 시료를 인출창 방향에 직각으로 올려놓고 조사하였다. 시료와 인출창과의 거리는 6cm로 고정하였으며 불규칙한 후방산란을 배제하기 위하여 시료와 약 11.5cm 떨어져 있는 바닥에 알루미늄판을 설치한 후 조사하였다. CTA 필름은 시료의 상부와 하부에 각각 부착하였고 하부의 CTA 필름에 조사되는 선량이 상부의 CTA 필름에 의해 영향을 받지 않도록 하기 위하여 서로 엇갈려 배치하였다. 또한 Depth dose를 측정하기 위하여 폴리스티크 판상위에 CTA 필름 30매를 적층하여 최대 가속에너지, 컨베이어의 이동속도 그리고 전류량을 변화시키며 전자선을 조사여 전자선의 조사조건에 따른 depth dose의 변화를 측정하여 보았다..

표 2. 소재별 흡수선량 측정을 위한 전자선 조사

최대가속에너지(MeV)	0.95	0.95	0.95
컨베이어 이동속도(m/min)	3.75	7.5	10.5
전류량(mA)	4.18	8.37	16.74
폴리에스테르 (1)		○	
폴리에스테르 (2)		○	
나일론 (1)		○	
나일론 (2)		○	
면 (1)		○	
면 (2)		○	
폴리프로필렌	○	○	○
모		○	
견		○	
아크릴		○	
레이온		○	

표 3. Depth dose 측정을 위한 전자선 조사

	최대가속에너지(MeV)	빔 전류(mA)	컨베이어 이동속도(m/min)	비 고
1	0.95	4.18	7.5	전자선의 투과 깊이에 따른 선량 분포 측정
2	0.95	8.37	7.5	
3	0.95	20	5.0	
4	0.75	8.37	7.5	

2.4 Cellulose Triacetate(CTA) 선량계 및 측정

CTA 선량계는 Triphenyl phosphate(TPP)를 첨가한 Cellulose triacetate 필름으로 파장이 280nm에서 자외선의 흡광도가 흡수선량에 대하여 직선적으로 증가하는 것을 이용한 선량계이다. 이 CTA 선량계는 일본원자력연구소와 프랑스원자력청과의 공동연구에 의해 개발되었으며 본 실험에서는 일본 후지 필름(주)의 CTA 선량계(상품명 FTR-125)를 구입하여사용하였다. 또한 전자선 조사 후의 CTA 필름의 흡광도 측정은 Varian사의 CARY-1E UV-Visible Spectrophotometer를 사용하였다.

표 4. CTA필름의 제원

중량조성	Cellulose triacetate(C ₁₂ H ₁₆ O ₈)n	85%
	Triphenyl phosphate C ₁₈ H ₁₅ O ₄ P	15%
공칭두께		0.125mm
테이프 폭		8mm
밀도		1.29 g/cm ³
표준측정파장		280nm
중량 평균 원자번호		6.7
질량충돌저지능(1 MeV전자)		1.74 MeV cm ² g ⁻¹
단위 선량당 흡광도 변화(ΔOD/kGy), K		0.0063

3. 결과 및 토의

전자선이 조사되기 전과 후의 CTA 필름의 흡광도 변화를 자외선 분광기를 사용하여 측정하였으며 이때의 측정파장은 280nm에서 측정하였다.

일반적으로 CTA 필름은 방사선 조사에 의하여 주로 자외선 영역에서 흡광도가 증가하는 결과를 보이고 있으나 선량측정 시에는 주로 280nm에서의 흡광도 변화를 이용하고 있다. 이는 측정파장 280nm에서 전자선 조사 전의 흡광도가 작아 고선량까지의 측정이 가능하며 또 선량과 흡광도 변화와의 관계가 직선적이기 때문에 측정파장으로 선정되고 있다.

280nm에서의 전자선 조사 전후의 CTA 필름의 흡광도 변화를 측정 한 후 아래 식을 이용하여 흡수선량 값을 계산하였다.

$$D = \frac{\Delta OD}{K} \times \frac{0.125}{t} [Mrad] \quad (1)$$

D : absorbed dose [Mrad]

OD : change of the absorbance

t : thickness of real CTA film [mm]

K : change of the absorbance per dose (0.063)

섬유소재에 조사된 선량과 CTA 필름에 조사된 실제의 선량이 차이를 보정하기 위해서 다음의 식을 사용하였다.

$$D = D_{CTA} \times \frac{(S/\rho)}{(S/\rho)_{CTA}} [Mrad] \quad (2)$$

- D : Absorbed dose of sample [Mrad]
- D_{CTA} : Absorbed dose of CTA film [Mrad]
- (S/ρ) : Stopping Power of sample [$\text{MeV cm}^2\text{g}^{-1}$]
- $(S/\rho)_{CTA}$: Stopping Power of CTA film [$\text{MeV cm}^2\text{g}^{-1}$]

아래 표 5는 조사조건을 최대가속에너지 0.95MeV, 빔전류 8.37mA, 컨베이어 이동속도를 7.5m/min으로 고정하고 전자선을 조사하였을 경우 각 섬유소재가 갖는 흡수선량을 나타내고 있다.

표 5. 섬유 소재별 흡수선량소재별

시료	Absorbed dose(kGy) (상부)	Absorbed dose(kGy) (하부)	Absorbed dose(kGy) (Average)
폴리에스테르(1)	1.33	1.37	1.35
폴리에스테르(2)	1.32	1.39	1.36
나일론 (1)	1.24	1.28	1.26
나일론 (2)	1.29	1.31	1.30
면 (1)	1.23	1.26	1.24
면 (2)	1.16	1.24	1.20
폴리프로필렌	1.37	1.45	1.41
모	1.29	1.30	1.29
견	1.30	1.31	1.30
아크릴	1.25	1.26	1.26
레이온	1.23	1.25	1.24

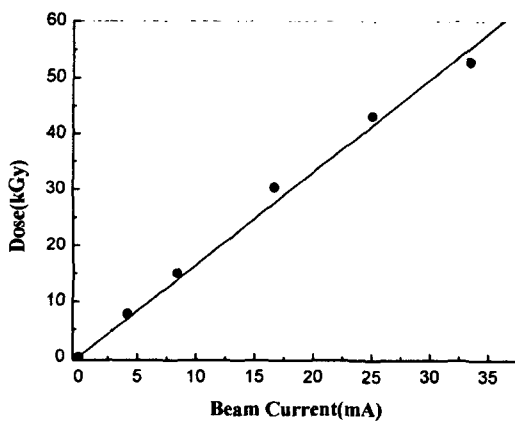


Fig. 1. Relation between beam current and absorbed dose

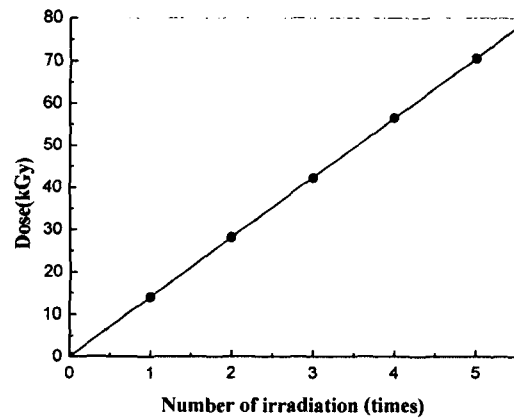


Fig. 2. Relation between the iteration of irradiation and absorbed dose

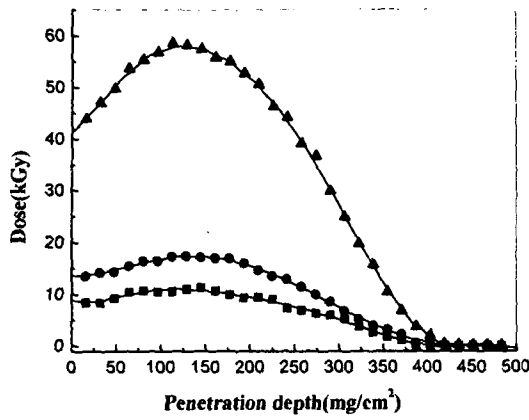


Fig. 3. Depth-dose curves. Irradiation condition.

- : 0.95MeV, 4.18mA, 7.5m/min
- : 0.95MeV, 8.37mA, 7.5m/min
- ▲ : 0.95MeV, 20mA, 5.0m/min

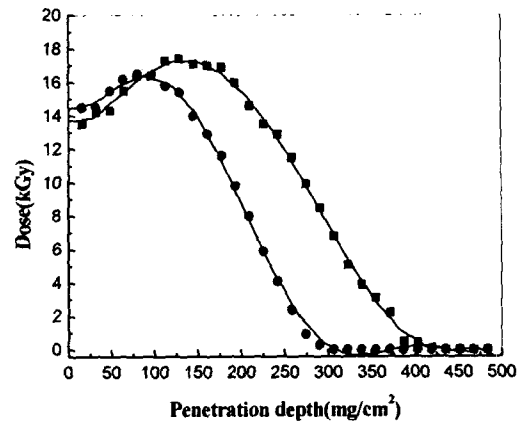


Fig. 4. Depth-dose curves.

Irradiation condition.

- : 0.95MeV, 8.37mA, 7.5m/min
- : 0.75MeV, 8.37mA, 7.5m/min

4. 요약

전자빔 조사 시 빔 전류량을 증가시킴에 따라 흡수선량이 일정하게 증가하는 비례관계에 있으며 동일 조건에서 반복 조사함으로써 그 흡수선량 또한 조사횟수에 따라 직선적으로 증가하는 결과를 볼 수 있었다. 또한 전자선 조사시 전자선의 투과 깊이는 최대가속에너지에 크게 좌우되며 따라서 피조사물의 두께방향으로의 물성개선 정도 및 실제 생산품의 조사균일성을 예측하는데 있어 최대 가속전압의 선정이 중요함을 할 수 있다.