

# 정류방식에 따른 진단용 X-선 장치의 출력비교

고려대학교 보건전문대학 방사선과

김 정 민

- Abstract -

## A Comparative Study on Output of Four Type Diagnostic X-ray Equipments

Jung Min Kim

Dept. of Radiologic Technology, Junior College of Allied Health Sciences, Korea University

There are 4 types of equipment in diagnostic radiography. These are single phase, three phase, inverter type and condenser type X-ray generators. It is very confusing to make an adequate exposure factor and to know the usage of different type of X-ray generators.

In this experiment, I explored a comparative study of outputs in 4 different type of X-ray units. I expect that this experiment could be helpful for manufacturer to make both the X-ray equipment better, In terms of ideal exposure factors, thereby reducing the patient dose.

Experimental results are as follow :

### 1) X-ray output

The ratio of X-ray output of single, three phase and inverter type of X-ray generator was 1 : 1.6 : 2 without absorber and 1 : 2 : 2.6 with 20 mm aluminium absorber.

### 2) Beam quality

The X-ray beam quality of single phase generator was proved to be softer than three phase and inverter type of generators by 0.4 mmAL and 0.55 mmAl HVL respectively.

### 3) Reproducibility · Linearity of X-ray output

Retroducibility of X-ray output met the regulation below CV 0.05 and linearity also met the regulation below 0.1 in 4 types of diagnostic X-ray generators.

### 4) The comparison of incident dose

Three phase X-ray generator was 20% higher than two other X-ray generators in radiation dose to make same film density.

## I. 서 론

현재 진단에 사용하고 있는 X-선 장치의 형식은 단상전파 정류장치, 삼상전파 정류장치 및 인버터식 X-선 장치 중에 한 종류에 속하고 병실 촬영이나 이동형 촬영기로는 콘덴서식 X-선 장치와 battery powered inverter 장치를 주로 사용하고 있다. 이와 같은 4종류의 X-선 장치는 그 형식과 구조에 따라서 출력이 차이가 나거나 照射조건에 정확도가 다르다. 따라서 X-선 장치를 만들고 사용하는 제조회사와 의료기관들은 철저한

성능관리를 통하여 일관된 장치의 성능을 유지시키면서 환자와 방사선 관련 종사자에게 최소한의 피폭선량으로 진단에 적합한 화질을 얻는데 노력하여야 한다.

이러한 이유에서 여러 형식의 진단용 X-선 장치의 성능을 파악하여 장치의 사용자에게는 출력 특성을 올바르게 알고 사용하도록 하며, 장치 제작사에게는 타입이 다른 진단용 X-선 장치의 정확한 출력을 가진 X-선 장치의 제작에 기여토록 한다는 목적으로 정류방식이 서로 다른 4종류 형식의 진단용 X-선 장치의 출력을 비교 검토하였다.

## II. 실험장치 및 측정기

실험대상 장치로는 정류방식에 따라 국내에서 널리 사용하는 기종을 대상으로 단상전과 정류장치로 DXG-550, 삼상전과 정류장치로 KXO-850(N), 인버터 장치로 D50 CP-H 및 콘덴서 장치로 KCD-12MC를 선정하였다.

각 장치는 1995년 현재, 병원에서 사용하고 있는 장치로 비교적 새로 도입된 장치 또는 검사 및 조정을 필한 장치를 대상으로 하였다. X-선 장치의 출력선량의 측정에는 형광량계를 사용하였다.

## III. 실험방법

### 1. 출력선량의 측정

X-선 출력선량의 측정실험은 X-선관으로 부터 조사되는 X-선을 정류방식에 따라 정량적으로 비교·분석하는 실험으로 각 관전압과 관전류에서 조사되는 X-선량을 형광량으로 변환시켜 mAs당 형광량으로 비교하였다. 각각의 관전압 60, 80, 100 및 120 kV에서 관전류 100, 200, 300 및 400 mA 단자를 형광량계(ALCO F-II)<sup>1)</sup>를 이용하여 형광량을 측정하였다.

조사조건은 각 mA 단자마다 10 mAs를 원칙으로 하였고, 피사체가 없을 때와 두께가 다른 피사체가 있을 경우를 가정하여 알루미늄 0, 2, 4, 10, 15 및 20 mm를 부착한 경우에 대하여 형광량을 측정하여 이 결과를 감약곡선으로 작성하여 비교하였다. 이 때 조사넓이는 가로, 세로 10×10 cm으로 하여 산란선의 영향을 가급적 줄이도록 하였으며 X-선관과 형광량계 센서 사이 거리는 100 cm으로 고정하였다.

콘덴서 장치는 관전압 60, 80, 100 및 120 kV까지 충전하고 각기 1 mAs와 2 mAs 또한 10, 20 및 35% 노출시의 mAs당 형광량을 측정하고 알루미늄 0, 2, 4, 10, 15 및 20 mm를 투과한 X-선에 대하여 형광량계로 출력을 측정하여 따로 결과를 검토하였다.

### 2. 선질의 측정

실험은 X-선 강도를 1/2로 하는 알루미늄의 두께인 반가층 지표를 사용한다. 0, 2, 4, 10, 15 및 20 mm의 알루미늄을 부착한 경우에 형광량을 측정하여 이 결과를 흡수체가 없을 경우의 형광량을 100%로하여 감약곡선으로 작성하였고 50% 감약되는 두께인 반가층과 25%되는 두께인 1/4가층을 산출하였다. 이 때 조사넓이는 가로, 세로 10×10 cm로하여 산란선의 영향을 가급적 줄이도록 하였으며, X-선관과 형광량계 센서사이 거리는 100 cm으로 고정하였다.

### 3. 출력의 재현성 실험

관전압은 60 kV와 80 kV를 선택하여 고정하고 관전류 시험점 200 mA로 안정된 노출시간에서 형광량계를 사용하여 출력을 10회씩 측정하였다. 10회 측정에 따른 출력변동을 변동계수(CV)로 산출하고 진단용 X-선 발생장치의 검사기준과의 적합성 여부를 판정하였다.<sup>2)</sup> 출력의 재현성에 관한 진단용 X-선 발생장치의 검사기준의 변동계수는 0.05이하이다.

### 4. 출력의 직선성 실험

X-선 출력의 직선성 실험은 같은 mAs의 조합에서의 출력의 동일성을 측정하는 실험으로 관전압을 80 kV로 고정하고 mAs를 10 mAs로하는 조합 즉, 50 mA일 때 0.2초, 100 mA일 때 0.1초, 200 mA일 때 0.05초 및 250 mA일 때 0.04초에서의 출력을 형광량계로 측정하고 직선성 산출공식에 의해 직선성을 산출하고 검사기준과의 적합성 여부를 판정하였다.

### 5. 피폭선량의 측정

장치에 따라서 출력이 다르고 선질이 다르기 때문에 환자의 피폭선량도 달라진다. 피폭선량의 측정 실험은 아크릴 6 cm인 Phantom을 인체라 가정하고 촬영거리 100 cm에서 Phantom 후면에 형광량계 센서를 놓고 팬텀을 통과하여 센서에 입사되는 형광량이 일정하도록 장치마다의 조사조건을 설정하여 이 때 입사되는 X-선량을 선량계로 측정하였다. 관전압은 60~120 kV로 하였으며 조사야는 30×30 cm이다. 즉 각각의 장치로 촬영할 경우 동일 농도를 내는 조사조건(mAs)에서 피폭선량을 측정하여 피폭선량을 비교하였다.

## IV. 실험결과 및 고찰

### 1. 출력선량의 측정

X-선 출력선량의 측정실험으로 정류방식이 다른 3종류의 장치의 X-선량을 mAs당 형광량으로 비교한 결과는 Fig. 1, 2 및 3과 같다. 이러한 두께와 관전압 및 장치에 따른 출력곡선은 촬영조건의 설정과 장치의 특성 변화를 알 수 있는 중요한 base data로 활용될 수 있다. X-선 장치의 출력은 3종류의 장치에서 관전압에 따라 지수함수적으로 증가하고 있으며 단상전과 정류장치 : 삼상전과 정류장치 : 인버터 장치의 출력비는 관전압에 따라 다소 다르나 흡수체가 없는 경우 평균적으로 1 : 1.6 : 2로 나타났고 흡수가 20 mm로 많아지면 출력의 차는 더욱 커져 1 : 2 : 2.6 정도가 된다. Fig. 4에 알루미

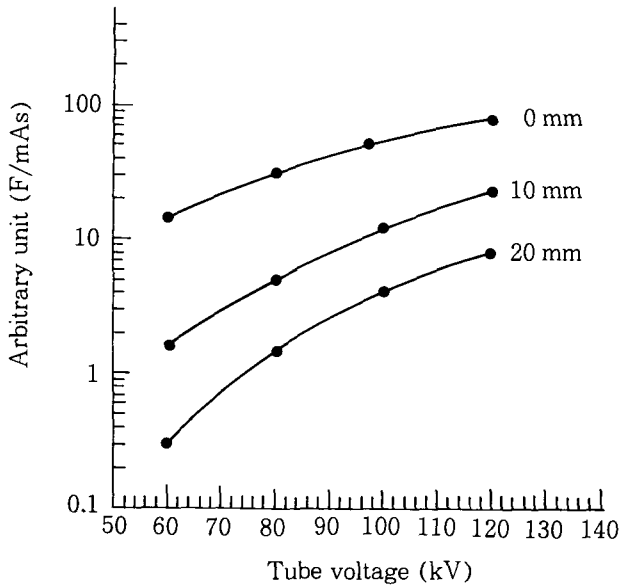


Fig. 1. X-ray output comparison of single-phase generator (DXG 550)

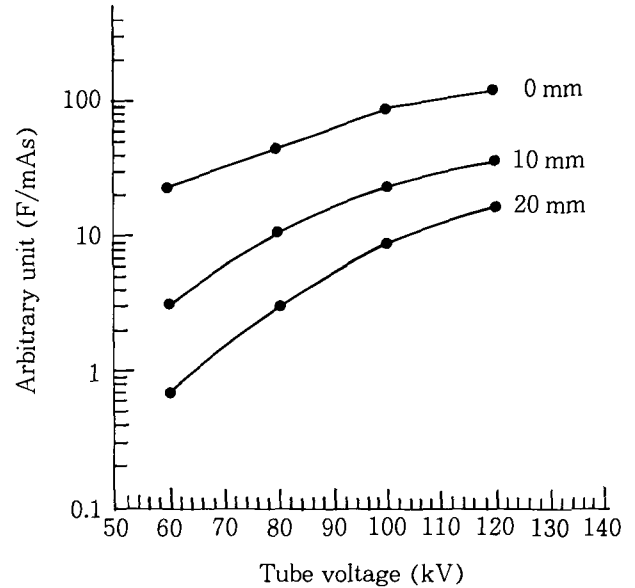


Fig. 2. X-ray output comparison of three-phase generator (KXO-850)

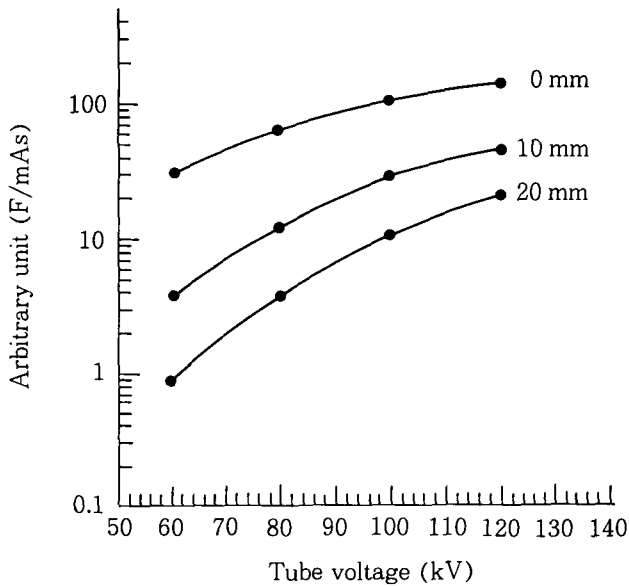


Fig. 3. X-ray output comparison of inverter type generator (D50 CP-H)

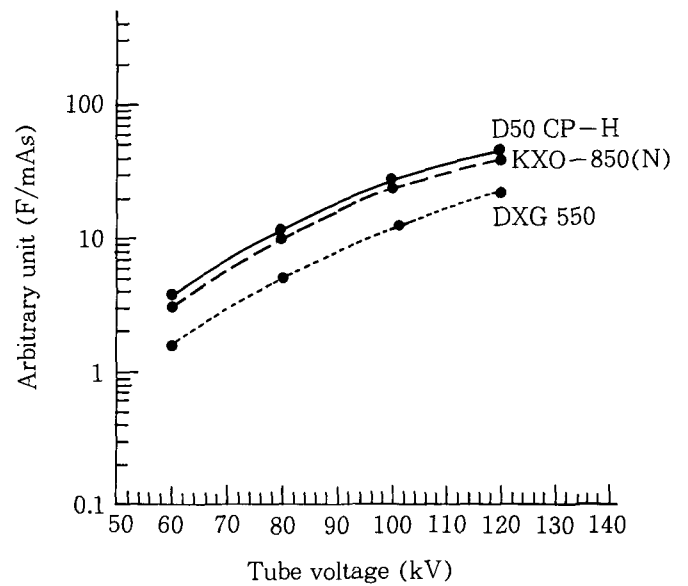


Fig. 4. X-ray output comparison of single-phase, three-phase and inverter type generators

높 10 mm를 통과한 후의 정류방식이 다른 3종류의 장치의 출력을 비교하여 나타내었다. 역시 인버터 장치가 가장 출력이 크며 그 다음으로 삼상전과 정류장치 그리고 단상전과 정류장치의 출력이 저하되고 있음을 나타내고 있다. 단상전과 정류장치:삼상전과 정류장치:인버터 장치의 이론적 출력비는 0.375 : 0.843 : 1이 되나 실제로는 관전압 맥동율과 관전류특성이 관계되어 실험값과는 다소의 차이를 보일 수 있다. 김영일<sup>3)</sup>은 단상전과 정류장치와 삼상전과 정류장치의 출력비교 실험에서 출력비를 1 : 1.6으로, 堤<sup>4)</sup>는 1 : 1.6~1.9으로 다소 낮게

보고하고 있으며, Ohkubo<sup>5)</sup>는 1 : 2.5~3으로 높게 나타난 것으로 보고 하고 있다. 이선숙 등<sup>6)</sup>은 단상전과 정류장치와 인버터 장치의 출력비교 실험결과로서 인버터 장치가 1.6~1.8배의 선량증가가 있으며 삼상전과 정류장치와는 같은 수준이라고 하였다. 따라서 이번 실험의 결과에서 나타난 단상전과 정류장치와 삼상전과 정류장치의 출력비교(1 : 1.6~2)와는 거의 일치하고 있으며 삼상전과 정류장치와 인버터 장치의 출력차에 있어서는 인버터 장치의 출력이 삼상전과 정류장치보다 크게 나타나는 차이를 보이고 있다.

콘덴서 장치에서의 흡수물질이 없을 경우 충전전압과 방전 전기량에 따른 출력 곡선을 Fig. 5에 나타내었다. 방전 전기량이 2~4 mAs로 작을 때에는 mAs에 거의 비례하여 선량이 증가하고 있으나 10~20%로 방전전기량이 증가함에 따라 증가율이 둔화되며 저 관전압에서 많은 방전을 하면 출력의 증가는 더욱 적게 된다.

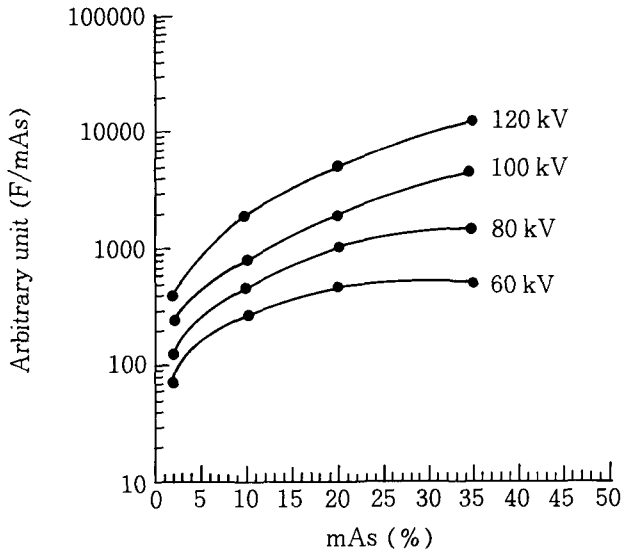


Fig. 5. X-ray output comparison of condenser type generator

콘덴서 장치는 주로 이동형 병실촬영장치로 주로 사용하고 있으며 최근에는 인버터 장치도 많이 이동형으로 사용한다. 콘덴서 장치와 인버터 장치의 출력은 정량적으로 비교하기 곤란한 점이 있으나 加藤 등<sup>7)</sup>에 의하면 방전 전기량에 따라서 작은 방전 전기량일 경우에는 출력 차이가 없고 방전전기량이 많아지면 출력의 차이는 점점 커지게 된다고 하였다. 또한 흡수체가 있을 경우와 흡수체가 없을 경우의 출력을 비교하면 흡수체가 없을 경우에는 큰 차이가 없으나 알루미늄 20 mm 투과 후의 선량은 인버터 장치가 2 mAs에서 1.2배, 8 mAs에서 1.26배 및 20 mAs에서 1.6배가 된다. 이것은 방전에 따라 연선이 늘어나게 됨으로 해서 방전 전기량에 따라 흡수체 투과 후의 선량차이가 커지는 것으로 생각한다.

각 장치에 있어서 흡수체가 없을 경우의 출력을 1.0으로 했을 경우 흡수체 두께에 따른 감약율을 Fig. 6, 7 및 8에 나타내었다. 예를 들어 관전압 60 kV에서 단상전과 정류장치는 흡수체가 없을 때에 비하여 알루미늄 두께가 20 mm가 되었을 경우 2.5%로 감약된 반면 삼상전과 정류장치는 3.2% 및 인버터 장치는 3.6%로 감약되어 투과력이 높아 감약이 덜 된 것을 것을 보여주고 있다. 이것은 그만큼 경선질의 X-선을 많이 포함하고 있음을 나타내고 있는 것이다. Fig. 9에 관전압 80 kV일

경우 3종류 장치의 감약율을 비교하였다. 단상전과 정류 장치의 감약율이 가장 크며 그 다음으로 삼상전과 정류 장치이며, 인버터 장치가 감약율이 가장 작게 나타남을 보여주고 있다. 콘덴서 장치에 있어서 80 kV일 경우의 감약곡선을 Fig. 10에 나타내었다. 두께에 따른 감약율의 변화는 변압기식 장치와 차이가 없으나 많은 방전량인 약 35%에서 급격한 감약이 이루어지는 것을 알 수 있다.

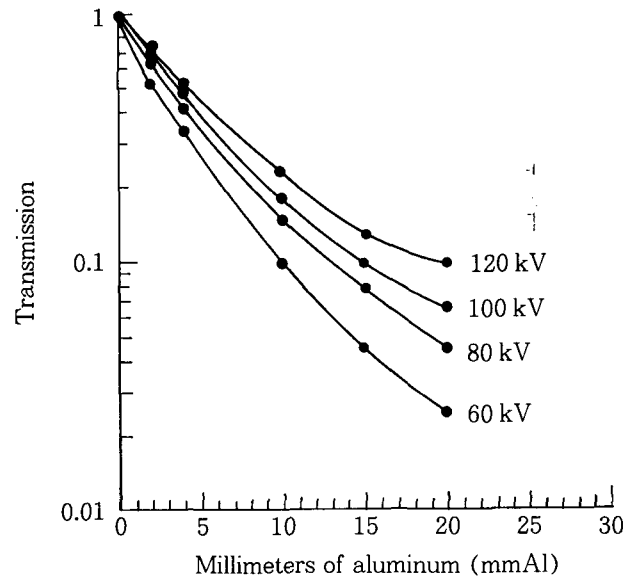


Fig. 6. Transmission data for aluminum of DXG 550

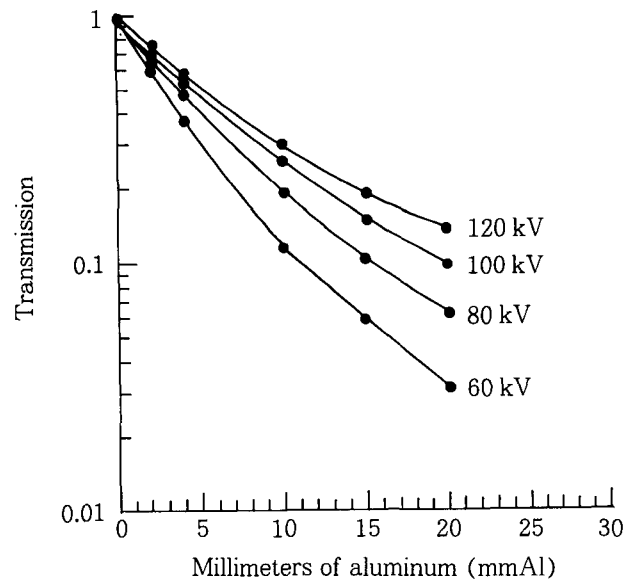


Fig. 7. Transmission data for aluminum of KXO-850

## 2. 선질의 측정

연속X-선의 선질은 스펙트럼 분포의 측정이 이상적이지만 일반적으로 반가층 또는 반가층에서 유도된 실효에너지 등에 따라서 표시한다. X-선관으로부터 발생하는 X-선의 선질은 관전압에 따라 지배되지만 관전압이 일정하여도 X-선관용기의 고유여과, 부가필터의 두께 등에 따라서 방사되는 선질은 다르기 때문에 관전압 측정과는 따로 선질측정이 필요하다.<sup>8)</sup> 선질의 측정 실험으로 반가층과 1/4가층을 감약곡선으로부터 구한 결과는 Fig. 11과 같다. 역시 단상전과 정류장치가 반가층이 가

장 작아서 투과력이 낮음을 나타내고 있으며 60 kV의 2.4, 80 kV에서 3.1, 100 kV에서 3.7 및 120 kV에서 4.3으로 나타났다. 삼상전과 정류장치와 인버터 장치의 반가층은 그 차이가 작으나 인버터 장치가 크게 나타나 투과력이 인버터 장치가 가장 크며 연선을 포함하고 있지 않음을 보여 주고 있다. 또한 관전압에 따라 반가층은 증가하는 경향이 있어 투과력은 관전압에 비례하여 증가하는 것을 보여준다. 같은 관전압에서 단상전과 정류장치와 삼상전과 정류장치의 반가층차는 약 0.4 mm이었으며 삼상전과 정류장치와 인버터 장치사이의 반가층차는 약 0.15 mm를 나타내고 있다. 관전압에 대한 1/4

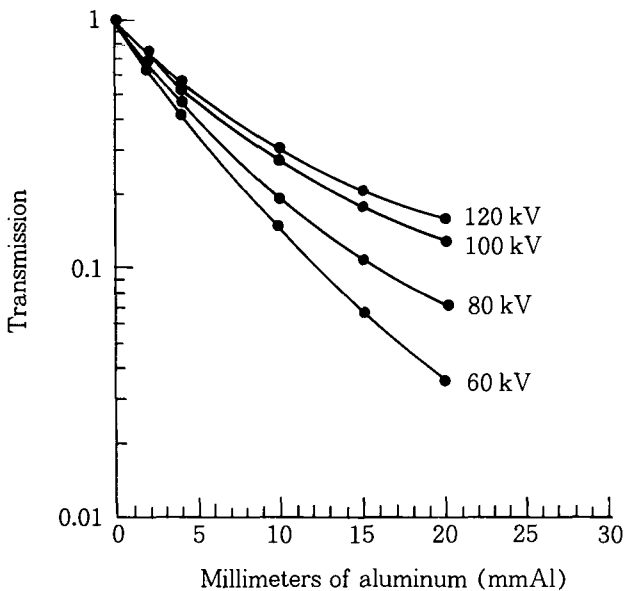


Fig. 8. Transmission data for aluminum of D50 CP-H

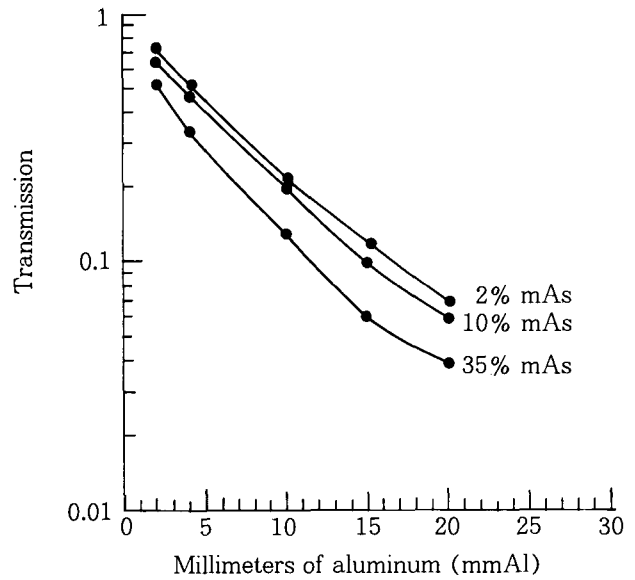


Fig. 10. Transmission data for aluminum of KCD-12MC

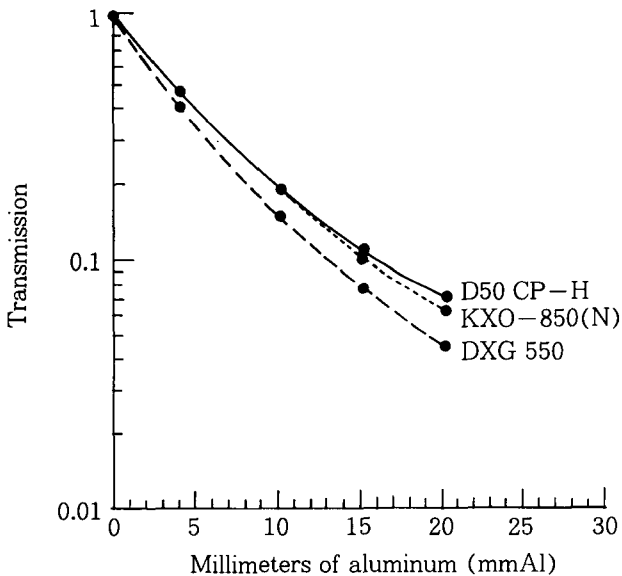


Fig. 9. Transmission data comparison for aluminum in 80 kV

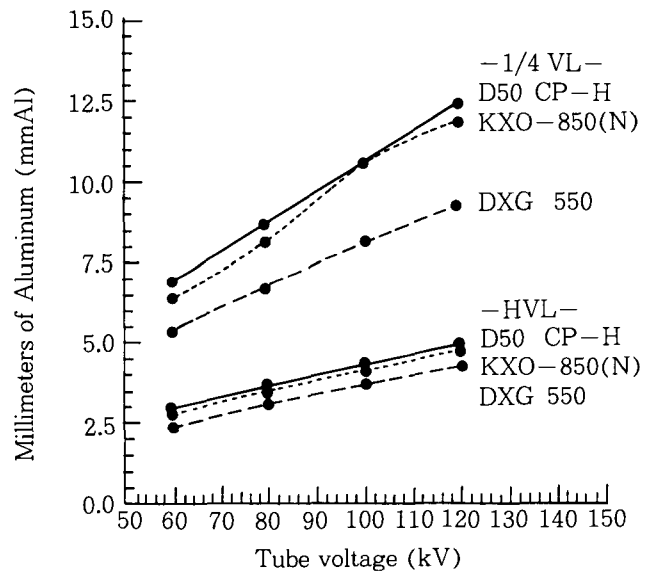


Fig. 11. Unique value layers in aluminum

가층의 증가율은 단상장치가 다소 저하되는 경향이 있으며 삼상전과 정류장치와 인버터 장치의 관전압에 대한 1/4가층의 증가율은 거의 같은 비율로 증가하고 있다. Table 3과 Table 4는 Miyazaki<sup>9)</sup>와 저자의 반가층과 1/4가층의 비교이며 저자의 실험값이 다소 크게 나타났으나 그 경향은 일치하고 있다.

Table 3. The half value layer by Miyazaki

	Type	60 kV	80 kV	100 kV	120 kV
1/2 value layer	Inverter	2.33	2.83	3.92	4.67
	12 peak	2.25	2.78	3.67	4.47
	2 peak	2.05	2.58	3.17	4.05
1/4 value layer	Inverter	5.58	7.5	10.00	12.38
	12 peak	5.17	7.25	9.5	11.42
	2 peak	4.83	6.5	8.17	10.58

Table 4. The half value layer by Kim

	Type	60 kV	80 kV	100 kV	120 kV
1/2 value layer	Inverter	2.95	3.65	4.3	4.95
	12 peak	2.8	3.5	4.15	4.8
	2 peak	2.4	3.1	3.7	4.3
1/4 value layer	Inverter	6.9	8.7	10.6	12.45
	12 peak	6.4	8.2	10.5	11.9
	2 peak	5.4	6.75	8.1	9.3

콘덴서 장치의 반가층은 방전 mAs에 따라 달라진다. Table 5에 관전압 80 kV에 있어서 방전 mAs에 따른 반가층 측정결과를 나타내었다. 제1 반가층으로 방전전기량 2 mAs에서 인버터 장치보다 다소 높은 반가층 값을 나타내며 방전전기량 10%에서 인버터 장치와 거의 같은 반가층 값을 나타내고 35% 방전으로는 단상장치보다도 반가층이 낮게 나타나고 있다. 1/4가층 역시 방전전기량 2 mAs에서 인버터 장치보다 다소 높은 1/4가층 값을 나타내며 방전전기량 10%에서 인버터 장치와 같은

Table 5. The half value layer of condenser type X-ray generator

mAs	Value layer	
	HVL	1/4 VL
2 mAs	4.1	8.5
10%	3.7	8.0
35%	2.6	6.0

1/4가층 값을 나타내고 35% 방전으로는 단상장치보다도 1/4가층이 낮게 나타났다. Makoto Katoh는 콘덴서 장치와 인버터 장치의 반가층 비교에서 2 mAs 방전일 경우 인버터 장치가 콘덴서 장치보다 근소하게 반가층이 크지만 큰 차이를 인정하지 못하고 있어 저자의 실험값과 다소의 차이를 보이고 있으나 많은 방전량에서는 선질이 저하되는 것<sup>10)</sup>은 저자의 실험과 같았다.

정류방식에 따른 각 장치마다의 반가층에 의하여 단상전과 정류장치와 삼상전과 정류장치사이의 등가관전압과 단상전과 정류장치와 인버터 장치사이의 등가관전압 관계를 구할 수가 있다. Fig. 12 및 13에 3종류 장치

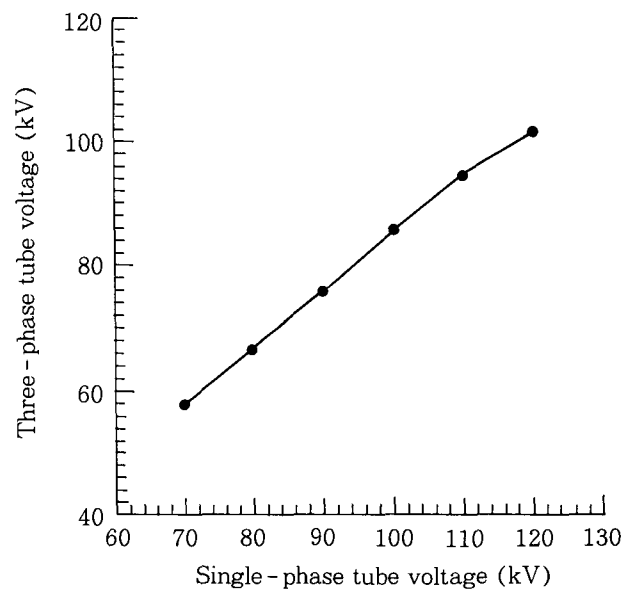


Fig. 12. Equivalence tube voltage of single-phase vs. three-phase

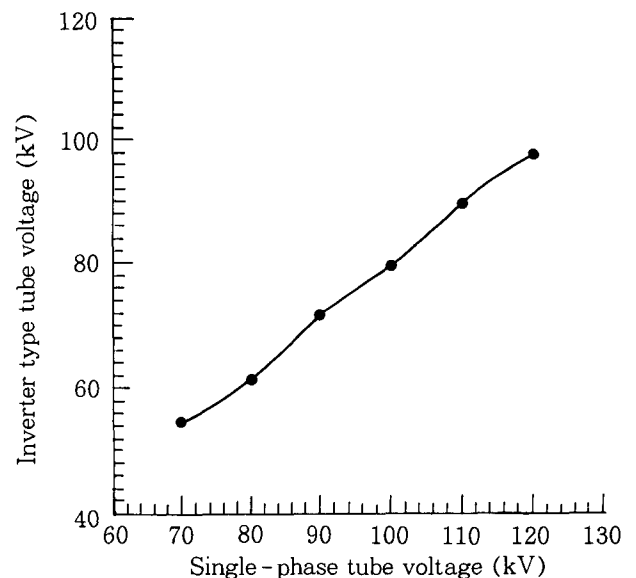


Fig. 13. Equivalence tube voltage of single-phase vs. inverter

사이의 등가관전압을 나타내었으며 단상 80 kV는 삼상의 67 kV, 단상 100 kV는 삼상의 86 kV에 해당하고 있으며, 단상 80 kV는 인버터 장치의 62 kV 및 단상 100 kV는 인버터 장치의 80 kV에 해당하고 있음을 각각 나타내고 있다. 이 결과는 Trout의 삼상전과 정류장치와 단상전과 정류장치사이의 등가관전압 실험결과와 일치하고 있다.<sup>11)</sup>

### 3. 출력의 재현성

X-선 장치 출력 불균일의 원인으로는 전원전압변동에 의한 전시관전압의 오차에 관한 것이 가장 크고, X-선관 가열전압의 변동, 투입위상의 불량 및 여자돌입 전류의 영향이 있는 것으로 밝혀져 있으며 동일 전원방식의 장치에 있어서도 그 관전압 및 관전류 파형이 다르면 발생 X-선량 및 선질이 변화한다.<sup>12,13)</sup> 출력의 재현성에 관한 진단용 발생장치의 검사기준은 다음과 같다. “재현성이란 진단용 방사선 발생장치의 성능 및 신뢰성을 평가하는 것으로서 조사선량에 대한 변동계수는 0.05이하이어야 한다.” 변동계수라 함은 측정된 조사선량의 평균치에 대한 표준편차를 말한다. Fig. 14는 각각 정류방식이 다른 3종류의 장치에 있어서 10회 촬영하였을 경우 출력의 재현성 비교이며 DXG-550, KXO-850(N) 및 50CP-H 장치의 재현성은 안정적이며 큰 결함을 발견 할 수가 없다. Table 6은 이 때의 변동계수를 나타내었다. 그 중 단상전과 정류장치의 변동계수가 0.027로 가장 크며 삼상전과 정류장치장치는 0.023이고 인버터 장치와 콘덴서 장치는 0.013과 0.014로 매우 낮

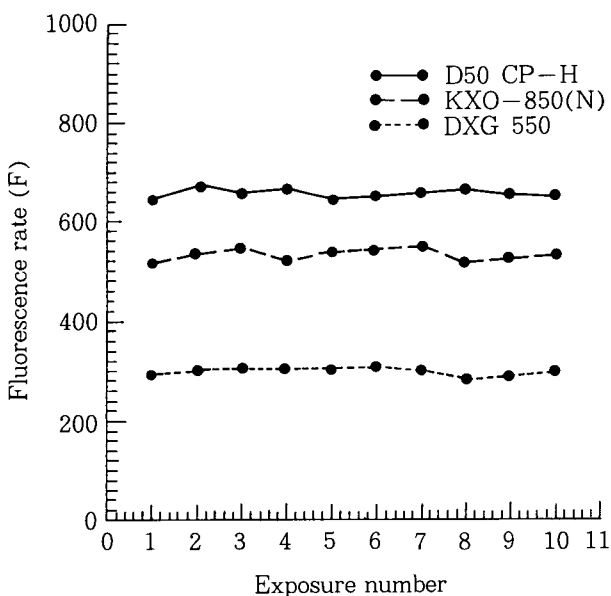


Fig. 14. Reproducibility of X-ray output to tube current of single-phase, three-phase and inverter type generators

으며 4종류의 장치 모두 변동계수가 0.05이하로서 규정을 상회하고 있다. Fig. 15에 콘덴서 장치의 재현성을 따로 표시하였다. 高橋<sup>14)</sup>에 의하면 인버터 장치의 재현성은 2~3%로서 단상전과 정류장치와 삼상전과 정류장치의 재현성보다도 높다고 하며, 인버터 장치는 전원전압변동에 의한 관전압 및 관전류변동을 순간적으로 보정할 수 있으며 극단적인 전원전압의 변동이 있을 경우에도 인터록 기구가 작동하여 X-선을 조사하지 않게 하기 때문에 단상전과 정류장치나 삼상전과 정류장치보다 높은 신뢰성을 가질 수 있다고 하였다. JIS규정은 변동계수 0.1이하이며 松尾 등<sup>15)</sup>은 인버터 장치와 콘덴서 장치의 재현성을 비교할 경우에 인버터 장치가 단시간 촬영에서 보다 우수한 안정성을 나타내며 그 이유는 인버터 장치가 매 660  $\mu$ S마다 피드백제어를 하기 때문이라고 하였다.

Table 6. Reproducibility of 4 type equipments with coefficient of variation

Type	Reproducibility
Single-phase X-ray generator	0.027
Three-phase X-ray generator	0.023
Inverter type X-ray generator	0.013
Condenser type X-ray generator	0.014

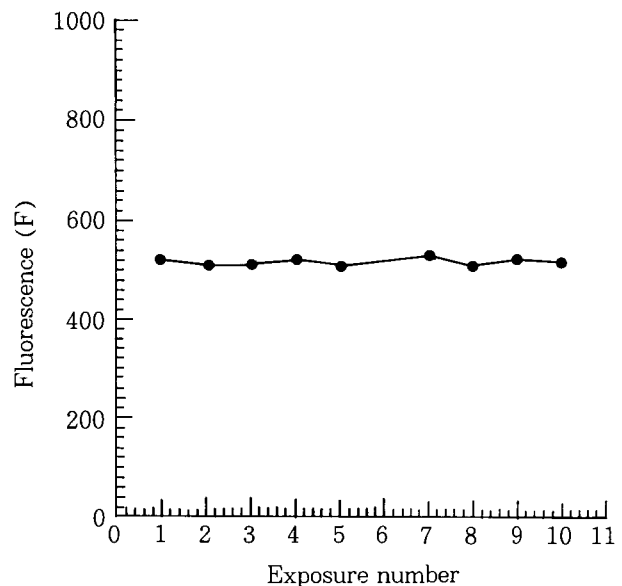


Fig. 15. Reproducibility of X-ray output to tube current of condenser type generator

4. 출력의 직선성

X-선 출력의 직선성 실험은 같은 mAs의 조합에서의 출력의 동일성을 측정하는 실험으로 관전압을 60 kV 및 80 kV에서 mAs를 10 mAs로 하는 조합 즉 50 mA일 때 0.2초, 100 mA일 때 0.1초, 200 mA일 때 0.05초 및 250 mA일 때 0.04초에서의 출력을 형광량계로 측정하고 직선성 산출공식에 의해 직선성을 산출하고 검사기준과의 적합성 여부를 판정하였다.

관전압 80 kV에서의 관전류에 대한 직선성 실험결과를 Fig. 16에 표시하였다. 각장치의 mAs당 형광량이 x축에 평행한 것이 이상적이며 DXG-550에 있어서 200 mA에서 다소 상승하고 있으나 50 mA부터 500 mA까지 걸쳐 대체로 정확하다. KXO-850(N)의 직선성은 관전류가 100 mA로 부터 300 mA까지 변화할 때 점차로 감소하는 경향이 있어 관전류가 커질 때 같은 mAs값에서 사진효과는 적어지고 있음을 알 수 있으며 반대로 50 CP-H 장치는 관전류가 커짐에 따라 같은 mAs값에서 출력은 상승하고 있어 관전류가 상승할수록 같은 mAs값에서 사진효과는 커지고 있음을 알 수 있다. 그러나 60 kV의 직선성은 DXG-550, KXO-850(N) 및 50 CP-H장치에서 각각 0.08, 0.095 및 0.07이며 80 kV에서의 직선성은 DXG-550, KXO-850(N) 및 50 CP-H 장치가 각각 0.077, 0.09 및 0.067로 모두 규정치에는 벗어나지 않고 있다. Table 7는 직선성 산출결과이다.

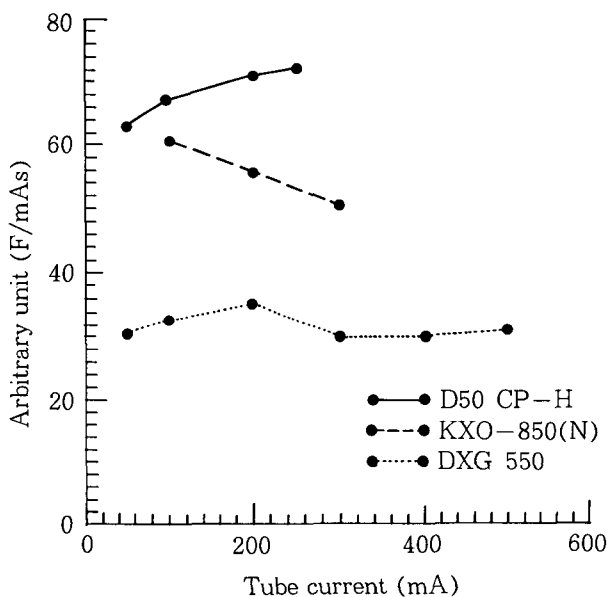


Fig. 16. Linearity of X-ray output to tube current of single-phase, three-phase and inverter type generators

Table 7. Linearity of the three type X-ray generators

Tube voltage	DXG-550	KXO-850(N)	50-CP-H
60 kV	0.08	0.095	0.07
80 kV	0.077	0.09	0.067

上遠 등<sup>16)</sup>에 의하면 타이머와 관전류 변화에 따른 출력의 직선성은 80~120%에 있는 장치가 가장 많은 것으로 보고 하고 있는 것에 비교하면 본 실험대상장치의 직선성은 상당히 우수한 것으로 생각한다.

5. 피폭선량의 측정

장치의 종류나 촬영조건에 따라서 출력이 다르고 선질이 판이하여 환자의 피폭선량도 달라진다. 피폭선량의 측정 실험으로 아크릴 6 cm인 phantom을 인체라 가정하고 촬영거리 100 cm에서 phantom 후면에 형광량계 센서를 놓고 팬텀을 통과하여 센서에 입사되는 형광량이 160으로 일정하도록 장치마다의 조사조건을 설정하여 이 때 입사되는 X-선량을 선량계로 측정 한 결과는 Table 8과 같다. 필름에 입사되는 형광량을 160으로 한 것은 적당한 필름농도를 내기 위한 형광량은 너무 낮아 피폭선량의 근소한 비교가 어려우므로 필름입사 형광량을 임의로 늘려잡은 것이다.

Table 8. Exposure factor and incident dose for same film density

kV	Exposure (mAs)			
	Single phase	Three phase	Inverter type	Condenser type
60	100×0.5	50×0.45	50×0.4	20
80	50×0.35	50×0.16	50×0.15	4
100	50×0.2	50×0.1	50×0.08	2
120	50×0.12	50×0.05	50×0.05	1

Incident dose (mR)				
60	116	98	95	115
80	79	69	68	72
100	67	57.4	56	58
120	62	56	50	54

Film에 입사되는 형광량이 160으로 동일한 경우의 촬영조건과 피부선량을 비교하면, Fig. 17에서 보는 바와 같이 단상전과 정류장치의 60 kV에서 116 mR으로 가장 높고 관전압이 상승함에 따라 피부선량은 급격히 감소하여 120 kV가 되면 62 mR으로 줄어든다. 4종류의 장치



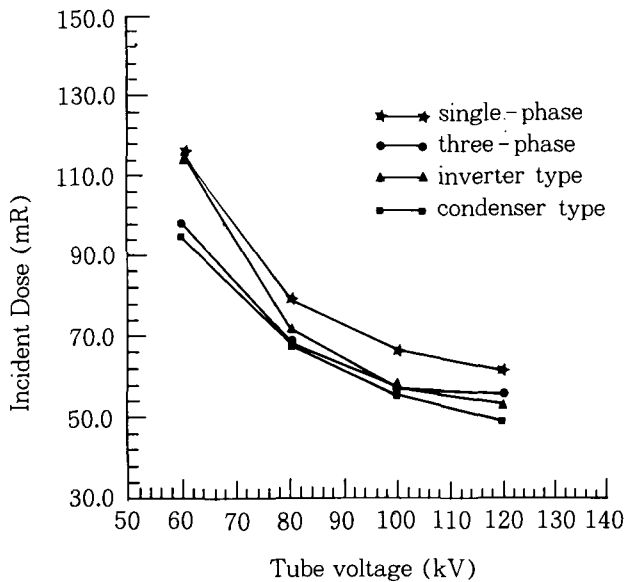


Fig. 17. Exposure factor vs. incident dose for same film density

에 따른 피폭선량의 차이는 인버터 장치와 삼상장치가 거의 같은 수준으로 작으며 단상전과 정류장치와 인버터 장치의 피폭선량을 비교할 경우에는 인버터 장치가 16~24% 정도 피폭선량이 줄어 드는 것으로 나타났다. 콘텐서 장치의 피폭선량은 저관전압에서는 단상전과 정류장치와 유사하나 고관전압에서는 인버터 장치 및 삼상전과 정류장치와 유사하게 나타났다.

John은 단상전과 정류장치, 삼상전과 정류장치 및 인버터 장치에 있어서 동일 필름농도를 낼 경우의 촬영조건과 피폭선량을 mR으로 표시하고 있으며 단상전과 정류장치가 가장 높고 인버터 장치와 삼상전과 정류장치는 유사하게 약 20% 정도 피폭선량이 작다고 보고하여 본 실험과 일치하고 있다.

#### IV. 결 론

진단용 X-선 장치의 출력과 피폭선량을 비교하기 위하여 국내에서 주로 사용하고 있는 4가지 종류의 X-선 장치를 대상으로 실험·검토한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

##### 1) 선량

단상전과 정류장치, 삼상전과 정류장치, 인버터 장치의 선량의 출력비는 흡수체가 없을 때 1:1.6:2이고 20 mm의 알루미늄 흡수체가 있을 때는 출력비가 더욱 커져 1:2:2.6이 되었다.

##### 2) 선질

반가층은 단상전과 정류장치가 가장 작고 삼상전과

정류장치 및 인버터 장치의 순서로 커진다. 80 kVp일 때 단상전과 정류장치와 삼상전과 정류장치의 반가층 차이는 약 0.4 mm이고, 삼상전과 정류장치와 인버터 장치의 반가층 차이는 0.15 mm 정도 인버터 장치가 큰 것으로 나타났다.

##### 3) 재현성·직선성

출력에 대한 재현성은 4종류의 진단용 X-선 장치 모두 변동계수 0.05이하를 만족하는 양호한 상태를 나타내며, 직선성은 단상전과 정류장치, 삼상전과 정류장치 및 인버터 장치에서 모두 규정치를 만족하고 있었다.

##### 4) 피폭선량

단상전과 정류장치, 삼상전과 정류장치 및 인버터 장치의 피폭선량을 비교할 때 같은 농도를 내는 촬영조건으로 촬영할 경우 피폭선량차이는 단상전과 정류장치가 다른 장치보다 약 20% 많다.

### 참 고 문 헌

1. 김정민, "線量과 線質에 따른 형광량계 응답특성", 韓國放射線技術學會雜誌, vol. 18, No. 1, pp. 71-75, 1995.
2. 보건복지부, "진단용 방사선 발생장치의 검사기준, 진단용 방사선 안전관리 책임자 교육", pp. 33-44, 1995.
3. 金英一 외, "三相12펄스 全波整流裝置와 單相全波整流裝置의 性能比較", 韓方技研誌, vol.3, No.1, pp. 81-86, 1980.
4. 提直葉 외, "3相12パルス整流方式X線診斷裝置の線質線量特性", 日本放射線技術學會雜誌, vol.26, No.1, pp. 10, 1970.
5. 大久保壽男 외, "12相整流方式 X-線診斷裝置と單相裝置との比較(第1報)", 日本放射線技術學會雜誌, vol.25, No.1, pp. 22-23, 1969.
6. 李善淑, 金正敏, "Inverter 방식 X-선 장치의 臨床應用", 韓放技學誌 vol.15, No.1, pp. 107-113, 1992.
7. 加藤 誠 외, "第46回 總會 Symposium Inverter 式 X-線 裝置の特性と臨床效果", 日本放射線技術學會雜誌 第46卷 第12號 pp. 1917-1924, 1990.
8. William R. Hendee, "Medical Radiation Physics", second edition, Year Book Medical Publishers, Inc. pp. 155-170, 1979.
9. 官崎茂, "X-線像を左右する診斷用X-線裝置の特性と信頼性", 日本放射線技術學會雜誌, 44-11, pp. 1639-1656, 1988.
10. Makoto Katoh, "Characteristics and Clinical practice of the Inverter-Type Mobile X-ray Genera-

- tor”, J.P.N J. Radiol. Technol. 10, pp. 185-197, 1991.
11. John P. Kelley and Trout, E. D., “physical characteristics of the Radiations from 2-pulse, 12-pulse, and 1000-pulse X-ray Equipment”, Radiology 100, pp. 653-661, 1971.
  12. 青柳泰司, “X 線寫眞に影響するX線装置の電氣的諸現象に関する研究(第2報)”, 東方醫學會雜誌 21-1, pp. 107-123, 1978.
  13. 青柳泰司, “X 線寫眞に影響するX線装置の電氣的諸現象に関する研究(第3報)”, 東方醫學會雜誌 21-1, pp. 25-147, 1978.
  14. 高橋透影, “インバータ式 X線装置の特性と臨床效果, 一般撮影および軟線撮影”, 日放技學 46-12, pp. 1901-1908, 1990.
  15. 松尾他, “インバータ方式ポタブル装置の検討”, 日放技師會誌 36-9, pp. 1080, 1989.
  16. 上遠野昭外, “X線出力の再現性と曝射時間および管電流に関する直線性について(第2報)”, 日放技學誌, 41-5, pp. 843, 1985.