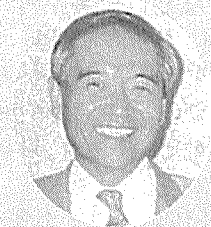


## 렌트겐과의 만남(下)



山田勝彦  
(Katsuhiko Yamada)  
교도 의료기술 단기대학교수

내가 처음으로 렌트겐에 대한 전문교육을 받을 무렵이었지만, 원래 어느 쪽인가 하면 이공학계의 학과에 흥미를 가지고 있었음인지, 나는 당시의 이른바 「X선 물리학」이 마음에 들었다. 그것 때문인지 이 X선 물리학의 강의중에 아직도 내 뇌리에 깊이 박혀 있는 것이 렌트겐 단위의 이야기였다. 당시 선생님은 렌트겐 단위의 定義文을 원문 그대로 영어로 흑판에 쓰시어, 상당한 시간을 소비하며 친절히 설명해 주셨다. 이 설명은 지금에는 어떻게 이해가 가지만, 당시에는 참으로 난해한 이야기임을 아직도 기억한다.

그 후 나는 이 렌트겐 단위에 대해 크나큰 애착을 가져, 현재 방사선 계측학을 가르치고 있는 나로서는 학생강의중에 이 이야기가 나오면 시간을 잊으며 떠들어대는 일이 많다. 그러나 지금에는 이 단위가 SI 단위에서의 移行이라는 운명과 더불어 사라져버린 것은 실로 유감스럽고 섭섭하기 짝이 없다. 마침 렌트겐 발견 100주년이라는 계기에 이 단위의 변천과 그 역사를 더듬어 보고자

한다.

렌트겐 발견 후 1920년대에 접어들어 영국이나 미국의 렌트겐 협회는 렌트겐 양을 측정하는 척도로서 물리적인 단위를 정하는 필요성을 제안하고 있었지만, 1925년 제1회 국제 방사선의학 협회(ICR)가 런던에서 개최되어 여기서 정식으로 물리적 단위를 정하는 필요성이 권고되었다.

1928년 제2회 ICR이 스톡홀름에서 개최되어, 여기서 국제 X선·단위위원회(International X-ray Unit Committee)가 조직됨과 동시에 「렌트겐 단위」가 정식으로 결정되었다. 이것은 다음과 같이 定義되어 있었다.

[The roentogen is the quantity of X radiation which, when the secondary electrons are fully utilised and the wall effect of the chamber is avoided, produces in  $1\text{cm}^3$  of atmospheric air at  $0^\circ\text{C}$  and 76cm mercury pressure such a degree of conductivity that 1 electrostatic unit of

charge is measured at saturation current.]

당시는 CGS 단위계가 채용되어 있었기 때문에 1렌트겐은 0°C, 1기압의 표준상태의 공기 1cm<sup>3</sup>당 電離量이 1 esu라 정해져 참으로 뚜렷한 수치로 定義가 내려 있었지만 현재의 SI 단위계로 전환됨에 따라 딱 나뉘어 떨어지지 않는 수치의 환산계수가 남게 된 것은 매우 유감스럽다. 그러나 이 定義는 이온 재결합을 방지하기 위해 포화전류로서 電離電荷를 측정한다는 것과, 또한 電離箱의 벽의 영향을 피하고 더욱이 2차전자를 충분히 이용한다고 하는 표현으로 電離體積에서 入射線이나 각 電極까지의 거리가 2차 전자 飛程이상임을 뜻한 것은 2차 전자 平衡條件을 시사함과 동시에 현재의 定義 내용보다 더 구체적으로 기술되어 있음을 알 수 있다.

1937년 시카고에서 열린 제5회 ICRU(International Committee for Radiological Units)에서 단위의 표현이 다음과 같이 일부 변경되었다.

「The roentgen shall be the quantity of X- or  $\gamma$ -radiation such that the associated corpuscular emission per 0.001293g of air produces, in air, ions carrying 1 esu of quantity of electricity of either sign.」

이 변경의 내용은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) X선 외에 Ra- $\gamma$  선도 포함시켰다는 것.
- 2) 표준상태에서는 1cm<sup>3</sup>의 공기용적을 이 조건에서의 공기질량 0.001293g로 표현한 것. 이와 같이 공기의 질량으로 定義를 내리면 기압, 온도에 관계없이 일정 원자수가 된다.
- 3) 공기 1cm<sup>3</sup>에서 발생한 電離量의 표현을 공기 0.001293g에서 발생한 粒子線(2차 전자의 뜻)이 만드는 전리량의 표현으로 변경한 것. 이것은 2차전자 평형조건 밑에서 전리량의 측정을 한다는 것을 뜻한다.

그 후 1950년까지 제2차 세계대전으로 그

활동을 일시 정지하지만, 1950년의 ICR이 런던에서 개최되어, ICRU(International Commission on Radiological Units)에서는 렌트겐 단위에 대해 다음과 같은 문제점이 논의되었다.

- 1) X선 발생장치에서 방사된 선량과 환자가 흡수한 선량이 같은 단위로 측정되어 있다는 점의 모순.
- 2) 렌트겐 단위의 定義를 따른다면 3MeV 이상의 에너지 선량측정은 곤란하다는 것.
- 3) 렌트겐 단위는 電磁波가 대상이며, 粒子線에는 사용하지 못한다는 것.

따라서 1953년 ICRU는 이러한 문제점을 해결하기 위해 새로운 단위(rad)를 흡수선량의 단위로 제정하여, 이것을 모든 방사선, 모든 물질에 적용할 수 있는 단위로 하였다. 그리하여 렌트겐 단위는 종래대로 X,  $\gamma$ 선에 대해 사용하게 되었다.

1956년 ICRU(International Commission on Radiological Units and Measurements)는 렌트겐을 단위로 하는 량에 exposure dose라는 용어를 사용하기로 하였다.

1962년, ICRU는 스위스에서 개최되었는데, 여기서는 다시 다음과 같은 변경이 이루어졌다.

- 1) exposure dose라 불리워진 렌트겐 단위를 exposure라는 명칭으로 변경했다. 이것은 dose라는 어휘의 개념은 absorbed dose에 대해 의미가 있는 것이어서, 공기 電離量을 매개로 하여 場의 강도(field intensity)를 나타내는 렌트겐 단위에 dose를 사용하는 것에는 의문이 있다는 것이었기 때문이다.
- 2) 단위기호 [r]이 대문자 [R]로 변경되었다. 이것은 고유명사에서 유래된 단위 기호에서는 선두문자를 대문자로 한다는 것이 권장되어, 이 단위는 렌트겐 박사의 이름에서 유래되었기 때문에 여기서 대문자 [R]로 변경되었다.
- 3) 방사선 단위계 전체를 SI 단위계로 새로 바꾸기로 하였다. 이것은 최초 CGS

### X선 투과성의 이용은 금후도 불변

최근의 화상진단 분야에서는 초음파 진단 장치를 비롯한 MRI와 같은 비X선화상 진단 장치가 상당히 보급되어 그 결과로 X선화상의 이용빈도가 약간 감소되어 왔기 때문에 X선화상 진단은 서서히 쇠퇴하지 않을까 하고 염려하는 사람도 있는 모양이다.

그런데도 한편에는 IVR(Interventional Radiography)과 같은 막대한 피폭을 수반하는 진료가 설사 환자 피폭선량이 증가해도 환자에 대한 신체적 부담이 극히 적고 또한 진단, 치료효과가 매우 크다는 이유 때문에 이것의 이용건수는 최근들어 점점 증가하고 있는 것이 現狀이다. 즉 이 방법은 혈관내에 삽입시킨 카테테르를 통해 장기나 혈관내의 局所患部の 치료를 행하는 방법으로, 항상 X선 투시하에 행해진다. 그러므로 치료시간이 길면 필연적으로 환자 피폭선량이 증가하게 된다. 또한 이것과 유사한 진료기술로서 지금까지 널리 사용되어 왔던 심장 카테테르法에 의한 심장기능 검사와 역시 카테테르를 사용한 혈관 造影검사가 있다. 이것들도 항상 X선 투시하에 행해지는 검사이며, 현재의 의료로서는 매우 중요한 진단영역 분야이다.

이와같은 의료의 現狀을 생각해보면, 렌트겐 선생이 X선 발견에 있어 가장 최초로 놀란 기본적 성질, 즉 X선의 물질 투과성이라는 특성이 금후 이 성질을 상회하는 파동, 내지 粒子線이 발견되지 않는 한, 달리 대치할 수 없는 특성으로서 장차에도 이 유일한 성질을 지닌 X선의 이용은 의료 뿐만 아니라 각 방면에도 더욱 지속적으로 활용될 것이다. 더구나 이 이용방법에 따라서는 환자나 종사자의 피폭선량이 약간 증가하는 일이 있다 하더라도…….

### 필름에서 디지털 화상으로

한편 X선화상은 이제 필름을 사용한 아날로그 화상에서 디지털 화상의 방향으로 완

전히 가고 있다. X선이 발견된 1895년에는 다게레오 타입의 사진건판이 이미 있었기 때문에 X선의 투과상을 필름에 촬영한다고 하는 시대는 렌트겐 발견의 최초부터 시작하여 최초의 디지털 화상이라 일컬어진 1972년의 X선 CT 개발시까지 지나긴 세월 동안 계속해온 것이 된다. 그러나 CT가 개발되었다 할지라도 즉시 디지털 시대로 들어간 것이 아니며, 그 후 1980년대가 되어 비로소 DSA, CR 장치 개발에 이어 PACS까지 본격적으로 디지털 시대로 접어든 것은 이 수년의 일이다. 그러므로 렌트겐 발견 이후 100년에 걸쳐 X선은 필름과 더불어 걸어진 것이라 해도 과언이 아니다. 다시말해 필름이라는 아날로그 화상이 100년이라는 한 시대를 이룩한 것이라 할 수 있다.

그렇다 하더라도 디지털 화상의 농도 分解能이 필름 성능을 훨씬 능가하고 있지만 공간 分解能의 점에서는 아직 필름의 성능보다 나은 것이 없다. 고도로 세밀한 CRT를 중심으로 한 화상 표시장치를 비롯하여 이것과 관련된 영상기술의 개발이 금후 기대되어진다. 그러나 작금의 과학기술의 급속한 발전을 보면 이것도 시간이 해결해 줄 것이고, 현재로서는 일부의 대규모 의료 시설만이 전면적인 디지털 화상으로의 교체가 이루어지고 있으나, 가까운 장래에는 거의 모든 시설이 디지털 화상으로 바꾸어지리라 생각된다.

렌트겐 발견 100년이 되어 렌트겐線 그 자체는 불변이라 할지라도 이것을 받는 X線像의 센서, 즉 필름이 세대교체된다는 것은 매우 섬세한 역사의 한 페이지를 수놓은 것이 된다.

### 미크로의 세계로

현재의 의료영역에서의 X선 이용은 거의 모두가 2차원의 인체 투과상의 형성이라 해도 과언이 아니다. 이를테면 특수한 인체 횡단 화상을 만드는 X선 CT라 해도 인체를 투과하는 X선의 중첩된 투과정보를 바탕으

단위계로 定義된 렌트겐 단위에도 포함되어 電離電荷 [esu]는 쿨롱[C]으로, 그리고 공기의 질량 0.001293g는 [kg]으로 변경하게 되었다. 그 결과 ( $1R=2.58 \times 10^{-4} C/kg$ )의 관계가 되어, 두 단위는 딱 나뉘어 떨어질 수 없는 換算係數에 의해 맺어지게 되었다. 만약 최초의 렌트겐 단위제정 때, 이를테면 공기질량 1mg당의 電離量을 1 esu와 같이 定義를 내렸더라면,  $1 C=3 \times 10^9$  esu의 환산계수 만으로 되어 양자의 관계는 매우 간명하게 되었을 것이라 생각한다. 그러나 단위제정 당시에는 이런 일은 예상조차 하지 못했을 것이다.

1980년, ICRU(International Commission Radiation Units and Measurements)는 Report 33에 의해 모든 방사선 단위를 SI단위로 정리하여 공표했다. 이 중에는 흡수선량의 단위 [Gy]는 물론, 선량당량의 단위 [Sv], 방사능의 단위 [Bq], 공기 커마率 定數의 단위 [ $m^2, Gy, Bq^{-1}, s^{-1}$ ] 등의 새로운 단위가 제정되었다. 그리고 렌트겐 발견 이후 가장 최초로 제정되어 친숙하게 된 照射線량의 단위 [R]는 특별단위로 남게 되었지만 표면에서는 사라졌다. 이 때의 exposure에 대한 定義文은 다음과 같다.

「The exposure, X, is the quotient of dQ by dm where the value of dQ is the absolute value of the total charge of the ions of one sign produced in air when all the electrons (negatrons and positrons) liberated by photons in air of mass dm are completely stopped in air」

$$X = dQ/dm \quad \text{Unit : Ckg}^{-1}$$

The special unit of exposure, roentgen (R), may be used temporarily.

$$1 R = 2.58 \times 10^{-4} Ckg^{-1} \text{ (exactly)}$$

그리고 이 report에서는 exposure의 개념은 2차전자에 의한 阻止X선의 발생을 제하면 공기 커마(air kerma)와 같다고 적고 있

다. 즉 조사선량은 금후 공기 커마로 대체해 나간다는 생각을 여기서 시사함과 동시에 지금까지 방사성동위원소의 일정거리에서의 조사선량을 정하는 계수로서 사용되어 왔던 조사선량을 定數는 공기 커마율 定數(air kerma-rate constant) 대신에 定義되어, 적어도 이 定數에 관하여는 조사선량이 여기서 소멸된 것이 되었다.

조사선량과 공기 커마의 개념은 같다고는 하나 앞에서도 말한 바와 같이 光子에 의해 방출된 2차전자가 방사손실에 의해 저지X선을 방사하면 이 에너지는 커마에는 포함되지만 조사선량에는 포함되지 않기 때문에, 여기서 양자가 서로 다르다고 하는 하나의 문제가 남는다. 따라서 방사손실을 제외한 전자의 충돌손실만을 문제로 삼으면 되기 때문에 조사선량을 대신하는 표현으로 지금 「공기충돌 커마율 정수」라는 용어를 사용하고 있다.

1989년, ICRU 권고가 있고나서는 한참 늦었지만, 방사선 관계의 국내법, 즉 과학기술청 장애방지법이나 노동성의 電離방사선 장애방지 규정 등이 일제히 개정되어, 일본도 마침내 SI단위 채용이 확정되었다. 이로써 일본의 방사선계에서 렌트겐 단위는 완전히 자취를 감추게 된다.

손꼽아 헤아려보면 렌트겐 발견에서 94년, 그리고 렌트겐 단위가 제정된 1928년에서 헤아려 61년의 수명이었다. 한 세대라고 하면 그만이지만 점점 발전해가는 세계 속에서 일말의 섭섭함을 느끼는 사람은 나 뿐만 아닐 것이다. 그레이, 시버트, 베크렐과 같은 방사선 학자를 기념하는 새로운 단위가 생기는데도 왜 렌트겐만은 사라지는가? 그러나 최초의 방사선 단위로서 CGS 단위계의 시대를 훌륭히 걸어, 렌트겐을 이용해 왔던 많은 사람에게 크나큰 은혜를 베푼 것은 사실이다.

세계인류에게 다대한 은혜를 베푼 이 렌트겐이 금후 어떻게 사용될 것인지, 또한 어떻게 되었으면 좋겠는지를 생각나는대로 약간의 의견으로서 제시할까 한다.

로 컴퓨터로 화상 재구성을 하는 것이고, 최근 유행의 3차원 화상이라 해도 근본적으로는 2차원 화상으로부터의 컴퓨터 처리 결과이다. 이와 같이 현재의 의료에서는 X선의 물질 투과정보 이외의 X선 이용은 그다지 행하여지지 않고, 또한 그러한 연구도 그다지 볼 수 없는 실정이다. 그러나 이것은 뭔가 아쉽게 느껴진다. 라고 하는 것은 산업계의 X선 이용만 하더라도 비파괴 검사라고 하는 X선 투과검사는 의료화상을 만드는 것과 아주 같은 사고에서 비롯된 것이지만, 한편으로는 X선을 사용한 각종 高精度 분석장치가 X선 발견 이후 비교적 빠른 시기부터 점차로 개발되어 현재도 산업계의 넓은 분야에서 활약하고 있다.

이러한 1912년 라우에에 의한 X선 회절 현상의 발견에 이어 브래그가 X선을 사용한 결정해석에 성공하여, 이러한 연구성과에 의해 X선 회절장치가 개발되어 물질의 미크로 구조를 해명하는 하나의 방법으로서의 결정 분석은 지금도 없어서는 안될 존재가 되어 있다. 이 밖에도 형광X선 분석장치나 X선 광전자 분석장치의 개발 등은 모두가 물질을 구성하는 원자에 대한 定性, 定量 분석을 상당히 高精度로 측정할 수 있는 것들이고, 특히 원소 고유의 에너지를 가지고 있는 특성X선의 이용가치는 원소분석으로서 매우 큰 존재이다.

유감스럽게도 이러한 분석법을 현재로서는 高原子번호 물질에 대해서는 위력을 발휘하지만 인체를 구성하는 低原子번호 물질에 대한 분석은 곤란하다는 것이 판명되고 있다. 그러나 이런 X선의 특성을 살려 현재와 같은 혈액채취 등의 방법에 의하지 않고 살아 있는 그대로의 生體상태에서의 생화학 분석이나 생리검사, 더 나아가서 각 장기의 기능검사 등이 가능하지 않겠느냐고 생각하는 것은 아주 잘못된 일일까? 더욱이 X선이 원자 레벨의 해명까지 이른다고 하는 이 특성을 충분히 이용하여 인체내의 보다 미세한 세계까지 파고 들지 못하는 것일까?

그러나 최근에 이르러 화상 이외의 목적

으로 X선이 이용된 것으로는 骨鹽定量 분석장치가 있다. 이것은 물질밀도에 의해 X선 흡수량이 변한다고 하는 아주 기본적인 성질을 이용하여 인체의 骨密度를 측정하여 골절의 예방을 목적으로 개발된 것이어서, 지금은 노인 뿐아니라 젊은 층에도 적용되고 있다. 이러한 생체 분석장치의 개발이 거듭 발전되어 미크로의 세계에 대한 보다 큰 도전이 21세기와 더불어 이루어지기를 기대해 마지 않는다.

#### X선 發生源은 불변인가

렌트겐 발견 이래 오늘날까지의 X선 발생 방법을 고려해 보면, 우선 최초에 렌트겐 선생이 X선을 발견할 무렵에 사용한 크룩스관에서 시작하여 그 후의 가스관球 시대를 거쳐 콜리지관으로 옮겨, 이것으로 熱陰極을 갖춘 오늘의 X선관의 원형이 이루어졌다. 그리고 X선관 열용량을 증가시킨 노력의 결과 오늘날의 회전양극 X선관으로 변천되어 왔으나, 타겟원자에 고속원자를 집중적으로 충격시켜 가능한 한 작은 초점에서 연속 스펙트럼의 X선을 발생시킨다고 하는 X선 발생장치의 기본원리에 있어 렌트겐 발견 이래 이 100년간에 걸쳐 전혀 변하지 않았음은 약간 놀랍게 느껴진다. 물론 공업용 X선관에 있어서는 모두가 이런 형태를 취하는 것은 아니다.

하지만 아주 최근에는 X선 CT의 발전에서 전자 빔을 円形周回시켜 円内壁面에서 X선을 발생시켜, 점이 아닌 면에서의 X선 발생이라고 하는 새로운 발상도 생겨났다. 바꾸어 말해 전자 빔의 面스캔에 의해 면에서 발생하는 X선 이용법 같은 것도 생각할 수 없을까.

또한 최근 화제가 된 방사광의 의학적 이용법도 금후 연구과제의 하나가 될 것이다. 방사광의 발생은 싱크로트론을 사용하여 고속전자를 만들어, 이것을 일단 거대한 축적링에다 저장한 후 필요에 따라 이 전자 빔을 추적 링에서 끄집어내어 磁場에서 급격

히 偏向시킴으로써 位相이 갖춘 강력한 단일 에너지 X선을 발생시킬 수 있다. 이런 X선 발생과정을 적어도 타겟에의 전자충격이라고 하는 지금까지의 X선 발생원리와는 전혀 다른 방법이다. 금후 만약 이런 장치의 小型化가 실현된다면 의료용 X선화상도 새로운 발상에서 생겨날 가능성도 생각할 수 있고, 앞에서 말한 마이크로 세계에의 탐구도 가능하게 될지 모르겠다. 이것도 21세기를 향한 크나큰 즐거움의 하나이기를 바라 마지 않는다.

렌트겐 발견 100주년을 맞이하여 렌트겐은 영원히 불멸이라는 것을 새삼 인식하며, 금후에도 그 이용은 의료, 공업을 막론하고 넓은 영역에서 무한히 확대될 것임을 마음속으로부터 믿고 있다.

#### 맺는 말

바쁜 가운데의 역사조사였기 때문에 다소 틀린 부분이 있을 것이라 생각하지만, 이것은 여러 권위있는 참고서를 참조하시도록 부탁드립니다 동시에 약 40년간에 걸친 렌트겐과의 만남에 대한 나의 감상문을 읽어주신 독자에게 감사합니다.

발견하신 렌트겐 선생의 위대함과, 그리고 그것이 오늘에 이르기까지 약간의 희생자를 내기는 했지만 세계인류에게 베푼 은혜가 참으로 컸음을 새삼 통감합니다. 이 100주년에 즈음하여 렌트겐의 이용은 더욱 크게 비약할 것임을 마음속으로부터 믿으며 이 글을 맺습니다.

