



개인선량계에 관련된 최근의 동향

1. 머리말

1999년 여름, 하나의 뉴스가 귀에 남아 있다. 디지털 카메라의 매상이 종래 필름카메라의 매상을 상회하였다는 것이다. 오랜 역사를 자랑하는 사진 세계에도 새로운 시대가 왔다는 것을 우리에게 알려주는 것이었다.

한편으로 또한, 2000년은 20세기 최후의 해인 동시에, 방사선에 관계하는 모든 사람에게 매우 친근한 개인선량측정의 분야에 있어서도 하나의 시대막이 내리려고 하고 있다. 일본에서 방사선에 관련한 업무에 종사하고있는 자의 90%를 넘는 사람들에게 개인선량계로서 이용하여 온 필름벤티지가 지금 새로운 선량계로 바톤 터치하려고 하고 있는 것이다. 그 주변의 사정을 필자 나름대로 그 아는 범위에서 기술한다.

2. 필름벤티지의 변천

「필름벤티지」는, 「개인선량계」라는 일반 명칭보다도 훨씬 개인선량측정의 대명사로서 통용되고 있

다고 해도 과언이 아닐 만큼 우리에게 친근한 존재였다. 이 필름벤티지가, 지금 새로운 선량계에 그 지위를 양보하려고 하고 있다.

필름벤티지는, 일본에서는 1945년대 후반부터 방사선 작업자의 피폭방호에 관계되는 개인선량측정에 이용되기 시작하였다. 그 원리는 여러 가지 교과서 등에서 알고 있지만, 기본적으로는 광학용의 흑백 네가티브필름과 같은 것으로서, 방사선에 감광한 부분이 현상으로 흑화 한다. 이 흑화도가 방사선의 선량에 따라 변화하는 것을 이용하여 선량 값을 구하는 것이다.

다만 이 선량에 대한 흑화도의 비율, 즉 필름의 감도는 방사선의 종류나 에너지에 의존하기 때문에, 그것을 판정 또는 보상하기 위한 각종 필터를 장비한 홀더(벤티지 케이스)에 필름을 넣어서 이용한다. 필름은 사진분야에서 개발한 품질과 그 균일성으로 매우 안정한 성능과 염가로, 널리 개인선량측정에 이용되어 왔다. 이와 같은 필름벤티지가, 오늘날 다른 선량계에 그 지위를 양도하려는



이유는 무엇인지? 측정서비스기관 각각에 경영상의 전략 등, 개개의 사정도 있겠지만 여기에서는 주로 기술상의 관점에서 그 이유를 생각해 본다.

먼저, 첫째로 들 수 있는 것이 그 측정평가의 어려움이다. 필름에서 얻을 수 있는 정보는 단순히 야날로그 정보인 흑화도 뿐이다. 그것을 선량치로 변환하는 데는 많은 장애물을 넘지 않으면 안 된다. 먼저, 방사선의 에너지에 대한 의존성이다. 동일한 흑화도 일지라도 방사선의 에너지에 따라 선량치가 수10배까지 변동한다. 따라서 선량을 구하는 데는 정확한 에너지판단이 필요하였다. बै지케이스에 장비된 필터는 매우 유효한 각종 정보를 주지만, 그 정보의 뜻을 알기 위한 막대한 양의 실험 데이터와 또 그것을 해석할 수 있는 숙련된 기술자가 필요하였다. 그 불확성이나 복수 방사선의 기여에 의한 해석의 어려움을 피하기 위하여, 근년에는 각 필터 밑의 필름감도를 미리 구해진 계산식으로 처리하여, 근사치로서의 선량을 구하는 방법이 일반적 이었지만, 복잡한 필름 음영인 경우에는 역시 숙련기술자의 경험이 있어야 했다. 측정 평가 시에는 잠상퇴행(fading)등의 보정이 필요하여, 선량평가에 매우 많은 단계가 있다.

다음으로 들 수 있는 것은, 평가치 산출까지의 시간이다. 측정기관으로 보내온 필름은 먼저 개인 식별기호번호가 X선 조사 등으로 주어진다. 그 후 현상처리, 건조 등을 경유하여 흑화도를 측정한다. 흑화도의 측정치를 계산 처리하여 선량치를 구한다. 그동안, 아무리 서둘러도 수 시간은 필요하며, 또한 수송 등의 시간을 더하면 몇 일은 걸린다. 또 현상 등의 화학처리에서는 결코 실패는 허용되지 않는다. 담당자의 깜박한 실수나 기계의 조금한 고장이, 데이터의 소실이라는 돌이킬 수 없는 사태를 초래하게 된다. 이 봄에 있었던 현상 실패에 의한 데이터의 다량상실 뉴스는, 숙련된 기

술자일지라도 이와 같은 사태로 이르게 되는 위험성을 필름벗지는 가지고 있다는 것을 세삼 우리에게 알려주었다.

그 이외의 요인으로서, 측정서비스 기관에서는 환경문제를 들고 있다. 즉 현상 등의 화학처리과정에서 대량의 약품을 사용하기 때문에, 이들 약품이나 유제중의 은에 관계되는 폐기물 처리 문제, 또 경우에 따라 사업소 내나 작업소 주변으로 악취를 미친다는 사례 등, 여러 가지 문제에 대한 대응이 필요하다. 필름을 사용하는 한, 이 문제는 근본적으로 해결할 수 없는 것이다. 또한 본질적으로는, 필름 자체의 앞으로의 한없이 오랜 동안 안정 공급할 수 있다는 보장이 있다고는 볼 수 없고, 언젠가는 필름에 대체한 선량계를 모색하지 않을 수 없었다는 것이다.

과장이라고 말할 수 있을지 모르지만, 인력부족, 효율화·합리화, 위기관리, 환경·폐기물 문제 등, 틀림없이 현대사회에 공통되는 여러 가지의 문제가 필름벗지에 대체되는 새로운 선량계를 요구하게 되었다고 말할 수 있다.

3. 신형선량계의 발전

“필름벗지에 대체하는 새로운 선량계의 모색”은, 특별히 근년에 시작된 것은 아니다. 1955년대 후반부터 1965년대에 걸쳐서 형광유리 선량계, 열 형광 선량계(TLD)가 등장하여 많은 연구, 기술개발이 실시되었다. 그러나, 이 초기의 형광유리 선량계는 측정시 데이터의 상실 없다는 등 우수한 특징을 가지고 있었지만, 세정의 필요성이나 프레도즈(predose)의 문제로 그 존재는 잊어지게 되었다. 한편, TLD는 현상처리 등을 필요로 하지 않고 숙련자가 아니라도 측정평가를 할 수 있는 것 이외에, 고감도로 잠상퇴행이 적고, 국내외(특히)해외의 많은 기관에서 필름대신에 사용하게



되었다. 그러나 TLD는 한번의 판독으로 데이터가 없어지기 때문에, "위기관리"라는 측면에서 일본에서는 필름을 능가하지 못했다.

1975년대 후반부터 1985년대 초기에 걸쳐서 형광유리 선량계의 측정에 질소가스 자외선 레이저펄스를 사용하는 방식이 개발되어, 형광유리 선량계는 획기적인 진보를 하였다. 실용상, 세정이나 프레드즈의 문제가 없어지고, 측정자의 자동화, 측정점도의 두드러진 향상이 있음으로써, 본래 가지고 있던 특성이 활용되어 신뢰성, 편리성이 매우 향상되었다. 독일에서는 일찍부터 채용하였지만, 일본에서는 γ , X선 뿐만 아니라 β 선이나 열중성자의 측정도 할 수 있는 많은 선종을 대응할 수 있는 것이 요망되어, 1988년에 들어와서 그와 같은 제품이 시판하게 되었다. 일본 원자력연구소에서는 이 신형의 형광유리 선량계를 필름뱃지에 대체하는 차기 기본 선량계로 자리잡아, 1990년부터 1993년에 걸쳐서 특성시험을 하였다. 그 후 예산화 등에 약간의 시간을 소요하였지만, 2000년도부터 필름뱃지에 대체하여 형광유리 선량계로 전면적으로 옮겨갔다.

한편, 몇몇 측정 서비스 기관에서는 1993년 전후부터 소규모의 형광유리 선량계 측정서비스를 시작하고 있는데, 이 시점의 형광유리 선량계의 크기로서는 수송비용 등의 문제가 있고, 전 측정서비스를 형광유리 선량계로 대체하는 데까지는 이르지 못했다. 측정서비스 기관의 하나인 치요다테크놀(주)는, 형광유리 선량계의 메이커인 이사히테크노글라스(주)와 공동으로 매우 소형(4.5cm x 1.3cm x 5.5mm 두께)의 소자를 개발하여, 대규모의 자동측정처리시스템을 구축하여 필름에서 유리로 전면적으로 옮긴다는 것을 발표하였다. 상세한 성능 등의 소개는 문헌에 맡기고, 여기에서는 신형 형광유리 선량계의 두 가지 큰 특징만을 소개한다.

1) 측정에 의한 데이터의 상실이 없다 : TLD와 의 최대 상위점이며 형광유리 선량계의 가장 우수한 특성이라고 말할 수 있다. 실제, 1회의 판독시에 레이저펄스로 20~50회의 측정을 반복하여 그 평균치를 측정치로서 나타내기 때문에, 통계정도가 매우 높은 측정치를 얻게 된다.

2) 잠상퇴행을 거의 무시할 수 있다 : 필름에서는 3개월 동안에 10~20%의 감쇠가 있었지만, 유리의 경우 1년 간에도 1% 이하이다.

한편, 필름에서 신형형광 유리 선량계로의 흐름과 거의 병행하여, 실용화가 추진된 것이 OSL(Optically Stimulated Luminescence)선량계이다. 이 원리는 이미징플레이트 등에 사용되고 있는 휘진성발광과 같은 것으로서, 방사선을 맞은 어떤 종류의 무기결정에 빛을 쬐면 형광을 낸다는 것이다. 미국에서 원래 TLD로 사용된 산화알루미늄(Al_2O_3)을 형광체로 사용함으로써 개인 선량계로서의 실용화를 꾀하여, 일본에서는 나가세완다우(주)가 2000년 4월부터 그 서비스를 개시하였다. 일반적인 TLD의 가열온도에서는 해방되지 않는 심층 트랩전자를 이용하여, 광자극으로 해방된 발광에 기여하는 전자는 이 중에서 매우 일부이기 때문에, 몇 번이나 반복 측정할 수 있다라는 점이 TLD와 크게 다른 점이다. 이 선량계에 대한 상세한 것은 생략하고, 여기에서는 그 특징을 몇 가지 소개한다.

1) 반복 측정할 수 있다 : TLD와 동등한 높은 감도를 가지고 있는 한편 TLD와는 다른 특성을 가지고 있으며, 판독자의 실수 등에 의한 피폭데이터의 상실 등 불측의 사태에 대한 위기관리라는 관점에서 매우 유용한 특징을 가린다.

2) 경우에 따라 이미징 화상을 이용할 수 있다 :



종래 필름의 최대 특징 이었던 필터 음영 등의 분석이 가능하다. 종래의 필름배지와 TLD의 특징을 견비하고 있다고 말할 수 있다.

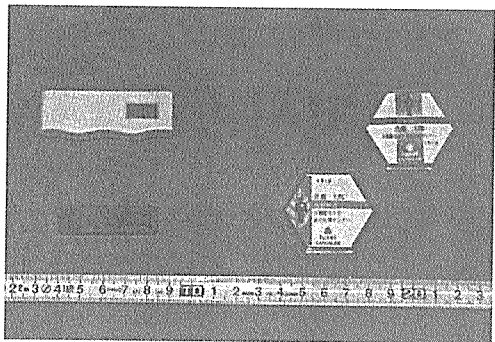


그림1 형광유리선량계와 OSL선량계

4. 직독식선량계의 흐름과 문제점

형광유리 선량계나 OSL선량계로 대표되는 새로운 개인선량계의 등장과는 별도로, 종래 포켓선량계로서 보조적으로 이용되어 온 “직독식선량계”에도 새로운 전개가 진행되고 있다. Si반도체 검출기 등을 이용한 전자식 선량계의 소형화 및 성능의 향상으로, 피폭기록을 남기기 위한 기본 선량계로서의 신뢰성이 높아져서, 일본뿐만 아니라 구미선진국의 원자력 발전소 등에서 종래의 수동형 피폭관리에서, 단일의 전자식 선량계만을 사용한 적극적 자기관리방식으로의 변혁이 진행되고 있다. 또한 현재의 고기술 직독식선량계는, 선량의 시간분포나 공간분포라 하는 트렌드(trend) 정보를 알 수 있는 것도 가능한 잇점도 있다. 그러나 작업자가 언제라도 그 선량을 확인할 수가 있다면다는 잇점은, 한편으로 작업자에게 불필요한 불안을 준다는 의견도 있다. 또 선량계뿐만 아니라 충전장치나 기록보존장치 등 주변설비의 정비에 관계

되는 비용도 크기 때문에, 현재로서는 아직 발전소와 같이 규모가 크고 또 고도로 집약 관리된 사업소만이 사용하고 있지만, 앞으로 한층더 소형화와 장기 안정성 등의 성능 향상 및 저가격화가 이루어지면, 펜던트나 넥타이 핀, 소형뱃지라는 소탈한 이미지의 개인 선량계가 등장하여, 보급될지도 모른다.

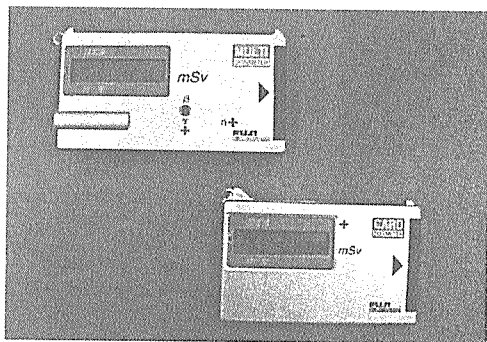


그림2 전자선량계

5. 맺음말

일본의 RI사용사업소 중, 상당수의 사업소가 이미 기술한 두 회사의 개인선량 측정서비스를 받고 있지만, 동 두 회사가 실시하여 온 필름서비스는, 2000년부터 2001년에 걸쳐서 모두 각각 형광유리 선량계 또는 OSL선량계로 대체키로 되어 있다. 이외의 측정서비스기관도 언젠가는 필름에서 다른 선량계로 옮겨간다고 생각된다. 다만, 사용자로서는 선량계의 디자인이나 사이즈가 바뀌는 정도로 아무런 변경 없이, 오히려 종래의 필름뱃지보다도 성능이 향상되고 신뢰성이 높아진다는 의식을 가지고 있는 것만으로 좋지 않을까 생각한다.

〈일본원자력연구소 村上博幸〉 