

# SIEMENS社 Electronic Dosimetry誌에 의한 전자식 개인선량계의 소개

矢部 明

千代田保安用品(株) 기술고문

## 1. 머리말

영국의 방사선 방호청(NRPB)<sup>(1)</sup>이 개발하여, 시넴스 프래시 콘트롤社<sup>(2)</sup>(이하 SPCL라 함)가 제조·판매를 담당하고 있는 전자식 개인 선량계(SIEMENS Electronic Personal Dosimeter-EPD)에 대해 千代田 保安 주식회사는 SPCL社와의 사이에 1993년 11월 처음으로 대리점 계약을 체결하였습니다. 그리고 이 전자식 개인선량계를 국내에서는 SPD라 略稱하여 이것을 사용한 개인 모니터링 서비스(SPD-MOS라 부르고 있습니다)를 1994년 7월에 발표하여 개시하고 있습니다.

SPCL社는 이 EPD를 전세계적으로 보급할 목적으로 1993년 여름부터 각국의 수요자 대상으로 정기간행을 목표로 하여 8페이지로 된 electronic dosimetry라는 소책자를 발행하고 있습니다. 이번은 그 제1호(1993년 하계호)에서 유익하다고 생각되는 기사를 선택하여 요약, 소개하고자 합니다.

## 2. EPD 개발의 역사

『1993년 3월 26일은 EPD의 역사에 있어 뜻깊은 하루가 되었습니다. 그날 최초의 달이 만든 제품으로 2,326개의 개인선량계가 시넴스의 영국 풀(Poole)에 있는 신제조공장에서 생산된 것입니다. 이 최초의 단위생산량은 약 5주간의 조립과 검사의 과정을 거쳐 제도된 것이고, 5년간의 프로젝트의 최고조를 나타낸 것이었습니다. 이 노력의 결과가 「법정」 선량계 내지 북미에서 기록용 선량계<sup>(3)</sup>로서 사용인가를 받을 수 있는, 지금까지 일찍이 없었던 최초의 액티브형 개인방사선 모니터의 탄생이었습니다.

이 EPD-즉 전자식 개인선량계-는 옥포드에 있는 NRPB의 두 선량계측학의 과학자, 데이비드 바트렛(Dr. David Bartlett)와 피터 버지스(Dr. Peter Burgess)에 의해 1983년에 發案되었습니다. 단일의 검출기가 가진 에너지 리스폰스의 제한을 극복하기 위해 두개의 실리콘 포트다이오드를 사용하는 방법을 개발하여 특허를 얻은 것이었습

니다.

1987년에 NRPB는 플레시 콘트롤社(Plessey Controls Ltd.)와 공동사업체를 조직하여, 이 회사의 방사선 모니터링에 관한 40년간의 경험을 이용하기로 하였습니다.

선량계측에 관한 상세한 전문적 지식은 NRPB가 제공했습니다만, NRPB는 이 분야에 있어 세계에서 가장 존경할만한 권위있는 기관의 하나이며, 또한 ICRU 및 ICRP와 같은 국제조직에 중요한 공헌을 하고 있습니다. 플레시 콘트롤社는 1989년부터 시멘스社의 일부가 되었습니다만, 이 신제품에 대해 그 기술적 개발력, 생산능력 및 시장 노력을 제공했습니다.

어떤 참신한 생각도 마찬가지이지만, 그 생각에 바탕을 둔 개발에는 어려움이 없는 경우가 없습니다. 그러나 세계의 선진적이며 또한 가장 혁신적인 일렉트로닉스 기업의 하나에 의해서만이 결집할 수 있는 재력과 결단력과 인내력이 함께 하여 소기의 성과를 이루어 내어 월산 2,000단위라는 생산력이 실증된 것입니다.』

### 3. EPD의 경제학

『필름이나 TLD 물질을 사용한 사용경험이 있는, 시험결과가 나온 선량계를 사용하는 것이 무엇이 나쁜가 하고 당신은 물음지도 모릅니다. 실제로 그것을 사용해도 나쁜 것은 없습니다. 그렇다면 왜 한층 복잡하고 또한 일견 가격이 보다 높은 전자식 검출기를 생각하지 않으면 안되는 것일까.

그것에 대한 대답은 이용하는 공업기술과 방사선 방호기준의 진보와 인식, 그리고 또한, 기묘하게 생각될지도 모르지만, 단순한 경제성에 있습니다.

고감도 TLD와 같이 현재 사용되고 있는 패시브型 선량계의 감도보다 50배에서 200배의 뛰어난 감도를 EPD가 갖고 있기 때문에, 엄격하게 되는 피폭한도에 뒤지지 않도

록 EPD는 보건물리 담당자를 도울 수 있는 優位의 입장에 있습니다.

ICPR60<sup>(4)</sup>은 널리 받아들여져서 곧 법률에 포함될 것은 의심할 여지가 없을 것입니다. 많은 방사선 사용자는 이미 그들의 평균피폭을 허용한도의 20%에 해당하는 1년당 10mSv이하로 유지하고 있습니다. 만약 이 한도가 20mSv로 인하된다고 한다면(ICRP60에 의해), 실제의 피폭 목표는 같은 비율로, 이를테면 5mSv 아니면 그 이하로 인하되지 않으면 안될 것입니다.

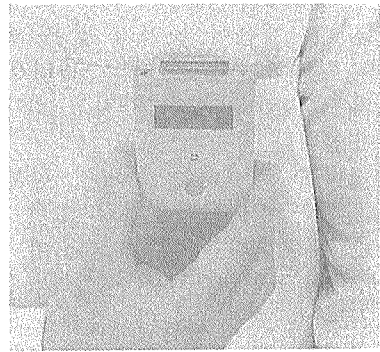


Fig. 1 EPD는 개인선량 계측용의 세계 최고품



Fig. 2 시멘스 영국 폴 공장에서 EPD의 최종조립과 포장작업

그 1년당의 값 5mSv를 채용하여, 12개월

의 일수 아니면 240일의 평균 작업일수로 나누어 보면, 필름 및 TLD의 한계치보다 훨씬 낮은 1일당의 관리한도가 얻어질 수 있습니다. EPD는 이러한 구속치, 즉 전혀 무시할 수 없는 종류의 提案値에 대해 고도의 보증을 해줍니다.<sup>(5)</sup>

(이 항에 대해서는 각주<sup>#1</sup>를 참조해 주십시오)

#### 비용면의 유리성

EPD는 관리용 선량계 시장에 있어서 같은 종류의 것과 경쟁하도록 값을 매기고 있습니다. 이 자체가 EPD 메이커로서는 큰 딜레마입니다. 제품이 단가가 낮은 법정 선량계측을 지향하면서도, 타의 관리용 선량계 이상의 성능과 특징을 가지고 있다고 하는 딜레마입니다.

이 딜레마를 해결하는 두가지 상황이 있습니다. 첫째는, EPD는 보다 양호한 선량계측 결과를 제공한다는 것입니다. 이 주장은 써비스에서나 공식시험에서 증명될 수 있다고 시멘스는 믿고 있습니다. 둘째는, EPD의 기초 투자자본 및 운용 코스트는 지금까지의 법정선량 계측방식, 즉 미묘한 관리조정을 요하는 FB의 필름 현상을 용액 내지 TLD의 값비싼 전기기계식 판독기보다도 훨씬 싸야 한다는 것입니다.

한대의 판독기와 한대의 퍼스널컴퓨터(PS)의 가격으로 확실히 하나의 써비스가 가능합니다. 물론 EPD 자체는 필름뱃지(FB)보다는 써비스에 이바지할 수명이 길 것이라 기대됩니다. EPD의 써비스 수명을 5년에서 7년이라 한다면 TLD의 수명과 거의 같습니다. 그러나 만약 TLD가 매월 배포된다고 한다면 TLD의 전체수로서는 TLD의 뱃지

#1 ICRP 60 이하의 기술은 ICRP 1990년 권고의 영국 내 도입에 대한, 어디까지나 영국 SPCL社의 독자적인 견해입니다. 이 권고가 일본 국내법령으로 도입될 것인가에 대해서는 현재 방사선 심의중이며 한도의 값 등이 어떻게 될 것인지는 아직 분명하지 않습니다.

착용 작업자수의 약 2.5배가 필요하게 된다는 사실을 고려하십시오. 거기에 대응하는 EPD의 수는 TLD의 반수 미만이 될 것입니다.』

#### 4. 무엇이 EPD를 특별한 것으로 만들고 있을까요?

『가이거·물러 계수관이나 단일 실리콘다이오드에 바탕을 둔 直讀式 경보기능이 있는 선량계는 2, 3년 동안에 널리 보급되었습니다. 이런 대부분의 것들은 실제로 직업 피폭의 위험이 있는 구역에서 효과적인 경보와 선량의 판독을 즉시 제공할 수 있습니다. 그러나 현재 입수할 수 있는 이런 機器는 예외없이 모두 약 80KeV 이하의 광자 에너지에 대해서는 반응을 일으키지 않습니다. 그러므로 低에너지  $\gamma$  방사선, 및 진단의 학에 있어 일반적으로 이용하고 있는 X선을 검출할 수 없습니다. 그러나 EPD는 20KeV 이하까지 직선적인 반응을 하고 있어, 이 장벽을 제거하고 있습니다. 이것은 여러가지 에너지를 가진 넓은 범위의 아이소토프를 취급하는 가능성이 있는 방사선과의 의사, 연구자, 및 핵재처리 종업자에게는 매우 매력적인 것입니다.

법정 선량계의 성능

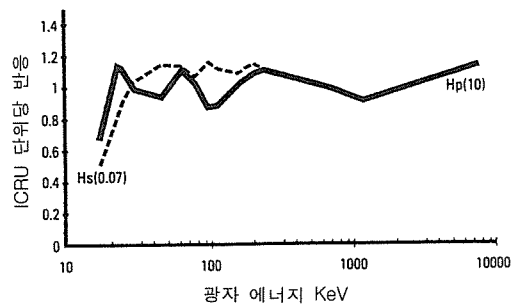


Fig. 4 EPD의 에너지 반응

다음으로 下限이 80KeV이기 때문에 EPD 이외의 제품은 개인선량계라는 범목적으로 사용을 생각할 수는 없습니다. EPD는 20KeV에서 7MeV를 초과하는 에너지에 이르기까지 직선성을 가짐으로써 법정선량계로 사용하기 위한 形式 인정을 얻을 수 있는 기술적 성능을 가지고 있습니다. EPD는 이미 미국의 원자력 규제위원회(NRC)<sup>(7)</sup>에 의해 청신호가 부여되고 있어, 하나 이상의 대형 원자력시설이 경보와 관리용 機器로서 EPD를 채용할 뿐 아니라, 필름이나 TLD 배지 시스템을 EPD로 대체할 것을 계획중에 있습니다.』

## 5. 세계에 있어서의 인가상황

『EPD를 떠받치는 하나의 초석은 ‘법정선량계’ 내지 ‘기록용 선량계’로서의 사용 목적을 위해 세계 모든 나라의 기준에 적합하는 고유의 능력입니다. 각국에서 이 지위를 획득하기 위해서는 각국의 규제당국이 EPD 단위와 그것과 관련된 사용법에 대해 어떤 종류의 인가를 부여하지 않으면 안됩니다.

EPD는 이 건에 대해서는 다소 이단자입니다. 현재는 법적인가 수속은 사진 필름 현상이나 TLD의 가열과 같은 면에서의 수속 및 교정기준에 대해 정비되고 있습니다. 이런 패시브형의 기술에는 사람의 개입이 양적으로 많고, 有意의 오차 원인이 될 여지가 있습니다.

EPD는 선량당량을 산출하는 기능을 내포하고 있기 때문에 미국의 미국 연구기관 자주인증 프로그램(NVLAP)<sup>(8)</sup> 방식에 의한 정밀검사의 대상이 되지 않습니다. 당사가 강조하는 현재의 자리매김에 관한 상세한 사항은 다음과 같습니다.

### 영국

NRPB는 영국 규제당국(보건안전 관리국 -HSE)<sup>(9)</sup>의 필요조건을 충족시키기 위해

型式시험과 현장 착용시험을 개시하고 있습니다. 이 결과는 인정선량계측 서비스(ADS)<sup>(10)</sup>의 일부에 EPD를 사용하기 위해 HSE에 제출하는 신청서의 기초 데이터가 될 것입니다. 이 신청서는 1993년 8월에는 제출될 것입니다. 그리고 1994년 1월까지의 실제의 정식 인정선량 계측서비스에 대한 허가를 얻을 것이라 기대하고 있습니다.<sup>(11)</sup> 이 획기적 사건은 세계의 다른 여러 규제당국에 의해 그들도 또한 EPD의 인가를 시인될 수 있다고 하는 신호라 여겨질 것입니다.

### 미국

NRC는 시멘스에게 공적인 서신으로 10CFR20<sup>(12)</sup>을 설명하여 다음과 같이 언명하였습니다. 「(EPD는) NVLAP 프로세서를 필요하지 않는다」, 그리고 「...현장의 사용 시험으로 신뢰성이 있는 것으로 증명되고, 또한 영구기록을 위해 현재 이용되고 있는 선량계측법과 精度, 정확성, 신뢰성에 있어 동등한 전자식 선량계는 TLD 또는 필름과의 選擇肢로 받아들여질 것이다.

EPD를 채용하여 최초에는 EPD를 TLD 시스템과 병행사용하여 신뢰성이 실증되면 경제적 의도에서 가능한 한 빨리 TLD를 배제한다고 하는 것은 한 사람 아닌 여러 시설운영 담당자의 의향입니다.

시멘스는 배텔 연구소(PNL)<sup>(13)</sup>에 독자적인 시험을 위탁하여, 에너지省 연구기관 인증 프로그램(D.ELAP)<sup>(14)</sup> 항목에 대한 뛰어난 결과를 얻었습니다. 반응을 고려하지 않는 중성자를 별개로 하면, M30 빔<sup>(15)</sup>에 대해 약간의 불충분한 데가 있는 것을 제외하면 EPD는 모든 항목에 패스했습니다. M30 빔에 대한 약간의 불충분함은 M30 빔의 평균 에너지가 EPD가 규정한 특성의 下限值 바로 밑에 위치하고 있기 때문입니다.

### 그 밖의 지역

여러 나라에서의 규제상의 인가는 영국

및 미국이 베폰 선례에 따를 가능성이 있다는 것을 지역의 대표자가 시사하고 있습니다. 독일에 관해서는 독일연방 물리·기술 연구소(PTB)<sup>(16)</sup>가 인가한 바 있습니다. 실제의 인가사례가 발생하면 시멘스는 상세한 내용을 공표할 것입니다.』

## 6. 기타

“Electronic Dosimetry”誌에는, 지면사정상 여기서는 할애합니다만, EPD 시스템의 응용사례로서 a. 영국에 있어서 오직 하나인 PWR 型爐인 사이즈웰(Sizewell) B 발전로<sup>(17)</sup>에 있어서의 1,000개의 EPD와 11대의 판독기로 이루어진 개인 선량관리·시스템의 도입계획, b. 유럽 공동체에 의한 국제연구의 일환으로 실시된 체르노빌 사고후의 선량계측 서비스에 50개의 EPD와 각 한 대의 판독기와 퍼스널 컴퓨터가 사용된 사례를 기재하여 설명하고 있습니다.

주

- (1) National Radiation Protection Board의 약자. 영국정부 HSE(후술)의 감독하에 있는 정부출자의 공공기관. 일본에서는 ICRP 권고의 영국내 도입을 담당한 기관으로 유명함.
- (2) 1994년 10월 1일부터 시멘스 환경시스템社(Siemens Environmental Systems Limited-SESL)가 됨.
- (3) 일본에서는 개인선량을 측정기록하는 경우, 작업관리용 선량계와 구별하여 법령으로 인정된 규정의 개인선량계를 사용해야 한다는 규정은 없다. 영미에서는 법정선량계 내지 기록용 선량계라 인정된 선량계를 사용한 측정치에서 얻어진 개인선량치 만을 정식 기록이나 등록용으로 인정하게 되어 있다.
- (4) 국제 방사선 방호위원회의 1990년 권고(ICRP Publication 60)의 약칭.
- (5) 5mSv를 연간 240일의 작업일로 나누면 1일당 약 20 $\mu$ Sv가 된다. 현재의 FB 또는 TLD의 일반적인 X· $\gamma$ 선의 1cm 선량당량의 검출한계는 100 $\mu$ Sv(FB, 조직 등가형 TLD) 또는 10 $\mu$ Sv(고감도형 TLD)로 되어 있기 때문에, 1 $\mu$ Sv의 검출 한계를 가진 EPD는 유리하게 되어 있다.
- (6) 사용후연료의 재처리에 있어, 핵분열 생성물에서의  $\beta$ ,  $\gamma$ (X)선 외에 우라늄 및 플루토늄 등의 초우라늄 원소에서의 방사선, 즉 Am-241에서의 60KeV의  $\gamma$ 선, Pu-239에서의 17KeV의 L-X선 등이 외부피폭으로서 문제가 된다.
- (7) Nuclear Regulatory Commission의 약자. 민영의 원자력 발전 및 핵연료 사이클시설, 연구로 등을 규제하는 일본의 원자력 안전위원회에 해당하는 대통령 직속의 위원회.
- (8) National Voluntary Laboratory Accreditation Program의 약자. 미국 상무성의 국립 표준·기술 연구소(National Institute of Standards and technology-NIST)가 관할하는 대학, 공영, 사영의 연구소·시험소의 능력을 인증하는 시스템, 인증을 얻으면 당해 연구소의 보고서, 광고 등에 NVLAP의 로고 사용이 인정된다. 100% 민간으로부터의 공출자금으로 운영된다(Voluntary). 개인선량 계측 이외에도 종이, 플라스틱, 건축자재 등의 상업제품 시험, 건설관련 시험서비스 등 각분야에 걸쳐 있다. 인증을 위한 항목, 수순, 판정기준 등이 세밀히 정해져 있다.
- (9) Health and Safety Executive의 약자.
- (10) Approved Dosimetry Service의 약자. HSE가 인정한 개인선량 측정서비스.
- (11) 그 후 1994년 7월 5일에 HSE의 선량계측 서비스 파넬 위원회가 EPD를 법정선량계로서 사용하는 것을 인정했다.
- (12) 연방규제법전(Code of Federal Regulation) 제10편 제20부를 가리키는 약칭. 제10편은 원자력을 다루며, 제20부(part 20)는 기준에 대해 기술하고 있다. ICRP 권고의 미국내법 도입이 이루어지면 이 장의 기술이 개정된다.
- (13) Pacific Northwest Laboratories의 약칭. 미국 워싱턴주 리치랜드시 근교의 헨포드 원

자력 단지에 있는 연구소. 배텔 재단이 경영하는 연구소로, 민간 대상으로는 Battelle Northwest Laboratories-BNWL라고도 칭하지만 에너지성의 산하 연구소이기도 하기 때문에 관청 대상으로는 Pacific Northwest Laboratories-PNL라 칭한다.

- (14) Department of Energy Laboratory Accreditation Program의 약칭. NVLAP에 대해 에너지성 산하의 연구소를 대상으로 하는 인증 시스템.
- (15) 빔코드의 명칭. M는 X선관구 하우징에 부

착된 필터(Al, Cu, Sn, Pb)에 의해 규정된 선질을 나타낸다. L, M, H가 있다. L는 Light, M는 Moderate, H는 HEAVY의 약자. M30은 0.50mm 두께의 Al판을 투과한 30킬로볼트의 定電壓의 X선.

- (16) Physikalisch-Technische Bundesanstalt의 약자. 브라운셰빅와 베르린에 있다.
- (17) 영국 잉글랜드 동부, 서포크주의 북해 임해부에 건설중인 영국 뉴클리어 이렉트릭(NE)사 소유의 발전로. 출력 125.8만KW, 1995년 초에 운전개시 예정.

