

이탈리아 개인선량 측정 서비스의 품질보증

Alessandra Cavallini*

Viviana Klamert**

Gilberto Busuoli***

*ENEA AMB-BIO, C.R.E.E. Clementel Viale G.B. Ercolani 8, 40138 Bologna, Italy

**CESNEF, dipartimento di Ingegneria Nucleare del Politecnico, Via Ponzio 34/3, 20133 Milano, Italy

***ENEA AMB, C.R.E Casscia, Via Anaguillarese 301, 00060 S. Maria di Galeria, Roma, Italy

개인선량 측정 서비스는 엄격한 품질보증 이 요구됩니다. 각국에서의 개인선량 측정 서비스의 현황 또는 그 품질보증은 관심의 대상이 아닐 수 없으므로, 여기에 이탈리아의 개인선량 측정 서비스의 품질보장에 관한 리포트를 입수했기에 소개합니다. 이 리포트는 3년 전의 것이기는 하지만 개인선량 측정 서비스에 대한 신뢰성시험의 기본적인 방법에는 변함이 없으며 또한 이것으로 이탈리아의 개인선량 측정 서비스의 상황을 파악하는데 도움이 될 것이라 사료됩니다. 이탈리아에서는 지금 개인 모니터링의 선량으로서 ICRU 47의 실용선량으로 移行할 예정에 있다고 합니다. 리포트의 참고문헌도 함께 게재하였습니다.

1. 머릿말

이탈리아에서는 약 80의 개인선량 측정 서비스 기관이 있습니다. 이러한 기관은 종류를 포함하여 1型式 내지 數型式의 개인선량계를

채용하고 있으며, 연간 약 200만건의 서비스를 실시하고 있습니다. 이러한 선량계는 低에너지, 高에너지 또는 低高 혼합에너지의 X, γ 선에 대한 개인 모니터링에 관계적으로 사용되고 있습니다.

Table 1에 主測定 서비스 분야별로 상용되고 있는 개인선량계의 型式(종류를 포함)을 제시합니다.

이탈리아에서는 개인선량 측정 서비스에 있어 서비스의 레벨, 신뢰성 등에 대한 법적 인 규제는 없습니다. 또한 개인선량 측정 서비스사업을 시작할 경우, 특별히 라이선스라

Table 1 分野別個人線量計型式 (種類를 포함의 수(1992年))

參加機關	線量計型式의數
公的機關	6
病院	44
大學	9
其他	35

든지 또는 공적인 인정을 필요로 하고 있지 않습니다.

측정 서비스 기관에서는 자격을 갖춘 主任者 (방사선 방호의 전문가)를 임명하도록 되어 있습니다. 주임자는 측정 서비스 기관의 업무에 있어 선량평가 측정 시스템 전체에 대한 책임을 가지고 있습니다.

따라서 주임자 (남성, 여성 모두 있습니다)는 개인선량 측정 서비스에 대한 책임을 지고 있습니다.

이탈리아에서는 현재의 방사선 방호관계의 법령을 개정하는 것이 결정되어 있으며, 개정 결정이 난 시기로부터 오래 되었으나 아직 착수하지 않는 상태입니다. 1985년 이래 ENEA 개인 선량 측정 전문위원회 (EDP)가 활동하고 있습니다. 이 위원회는 개인선량 측정 서비스에 대한 자발적인 테스트 그룹으로 주임자를 개인선량 측정 서비스 기관에 소개하는 일도 하고 있습니다.

EDP의 역할은 개인선량 측정 서비스에 있어 조직적인 선량평가의 오류, 선량평가 방법의 결함 등을 조사함과 동시에 개선방법 등을 지도하는 것으로 되어 있습니다.

2. 신뢰성 시험의 기준

개인선량 측정 서비스기관의 신뢰성시험에 관하여 EDP는 X, γ 선에 대한 시험의 기준을 발행하고 있습니다. 현재 신뢰성 시험은 이 기준에 의해 실시되고 있습니다.

시험에 통과한 기관은 신뢰성에 대한 인정을 받을 수 있습니다. 다만 이 인정은 법적인 권위를 갖지 않으며, 또한 강제성을 띠지 않고 있습니다. 시험은 개인선량계를 적용하여 에너지 범위에 의해 3개의 카테고리 (Table 2)로 분류하여, 1개 내지 복수의 카테고리에 대해 실시됩니다. 인정은 시험에 통과한 각각의 카테고리, 개인선량계에 대해 주어집니다.

Table 2 個人線量計의 카테고리

카테고리	에너지範圍(MeV)
1	0.25-3.00
2	0.02-0.25
3	0.02-3.00

이러테면 카테고리 1과 카테고리 2의 시험에 통과하여도 카테고리 3을 통과한 것이 되지 않습니다.

시험에 불합격한 경우, 다음 번에 다시 시험을 받을 수 있습니다.

시험은 2단계의 프로그램으로 이루어져 있습니다. 제1단계에서는 서비스의 방법, 설비, 機器類, 조직, 스태프 등이 질문형식으로 조사되고 거기에다 위원회의 적어도 2인 이상의 멤버에 의한 기술 책임자에 대한 보다 철저한 인터뷰가 있습니다.

서비스의 기술책임자에게는 대학졸업 정도의 물리적 지식이 있는 것을 요구하며, 선량 계측에 대해 적어도 3년 이상의 경험이 있어야 합니다. 하지만 충분한 지식과 경험을 가진 것으로 인정되면, 대학졸업의 유무에 관계없이 기술책임자가 될 수 있습니다.

제1단계의 시험에 합격하면, 다음으로 개인선량계의 照射에 의한 엄격한 시험이 있습니다.

카테고리 1에서는 26개의 개인선량계를, 카테고리 2에서는 76개의 개인선량계를, 카테고리 3에서는 110개의 개인선량계를 照射하는 것에 의해 시험이 실시됩니다.

선량계에의 照射는 자유공기 안의 正規의 방향 (수집방향)에서 이루어집니다. 照射하는 X, γ 선은, ISO 4037 B시리즈에 의한 중여파 X선 (두꺼운 필터를 통한 X선) 및 Cs-137, Co-60 γ 선입니다. 선량은 조사선량 5.2×10^{-6} C/kg에서 1.3×10^{-3} C/kg의 범위로 되어 있습니다.

시험에 있어서는 몇 개의 선량계는 1에너지로, 그 밖은 2에너지로 照射되고 있습니다. 시험은 높은 신뢰도에서 실시되고 있습니다. 만약 선량계측상의 방법이 옳지 않으면 혼합 에너지에 대한 照射결과는 불확실한 것이 되겠습니다.

합격의 기준으로서 시험을 치른 측정 서비스기관의 개인선량계에 의해 算定될 조사선량 (X_v)는, 照射機關에 의해 照射된 선량 (X_a)에 대해 다음 式에 나타난 한도범위 안에 있는 것으로 하고 있습니다.

$$0.7 \left[1 - \frac{2X_o}{2X_o + X_a} \right] \leq R \leq 1.5 \left[1 - \frac{2X_o}{2X_o + X_a} \right] \quad (1)$$

여기서

R: X_v 와 X_a 의 比, X_v/X_a , 또는 R에 대한 평균치를 R mean으로 합니다.

X_o : 선량계 선량범위의 下限(體幹部 선량계에 대해 $5.2 \times 10^{-6} \text{C/kg}$)

시험에 합격하는데 있어, (1)式에 제시한 한도범위를 넘어선 선량계가 全시험 선량계의 10% 이하, 동일 에너지 照射에 대해 2개 이하가 아니면 안되게 되어 있습니다.

인정의 유효기간은 3년간입니다. 유효기간 후 3년마다 선량계의 시험이 실시되어 인정이 경신됩니다. 이 경우 시험은 처음 시험보다 간략하게 되어 있습니다.

式(1)은 독일의 기준에 규정된 것과 동일합니다만, 이탈리아의 경우 개개의 에너지에 대해 限度巾를 넘어서는 안되는 선량계의 수는 적게 잡혀 있어 보다 엄격하게 되어 있습니다.

인정평가의 룰로서 카테고리 2 및 3의 선량계의 경우 산정선량은 ANSI의 規準에 의거 재평가 됩니다. 즉

$$|B| + S \leq L \quad (2)$$

$$B = \bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad ; \quad P_i = \frac{X_{vi} - X_{ai}}{X_{ai}} \quad (3)$$

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n P_i - \bar{P}}{n-1} \right] \quad (\text{표준편차}) \quad (4)$$

여기서 L은 許容巾으로 통상서비스용 선량계에 대해서는 0.5, 긴급시용에는 0.7로 정하고 있습니다.

3. 결과 및 평가

1986년 이래 9회의 이와같은 시험이 실시되어 52의 서비스기관이 참가를 표명하고 56의 型式의 다른 선량계가 시험을 위해 제출되었습니다.

Table 3 1986-1992年 照射試驗의 결과

個人線量計	試 驗 合 格 數	試 驗 非合格數
필름벤티지	11	12
TLD	25	5
필름벤티지	3	

105의 기관에서 참가신청이 있었지만 몇 개의 서비스기관은 참가를 취소하여 최초의 스텝에는 참가하지 않는 곳도 있었습니다. 또한 조사시험에 통과하지 않는 기관도 있어 몇 개의 기관은 조사시험을 다시 하지 않으면 안되었습니다. 결국 56기관이 참가하여 36기관이 합격하였습니다.

조사시험 결과를 Table 3에 선량계의 종류에 따라 제시합니다.

表에도 나타난 바와 같이 인정 필름벤티지의 型式數는 TLD의 그것보다 적게 나타나 있습니다. 필름벤티지는 TLD 보다 엄격한 기술적 留意가 필요하며, 이것이 TLD의 서비스 쪽에 인정이 많은 이유의 하나인 것은 틀림이 없습니다.

또한 TLD 쪽이 처리를 자동화 하기가 쉽

Table 4 EDP와 ANSI 基準에 의한 結果의 比較

個人線量計	EDP合格 ANSI合格	EDP合格 ANSI非合格	EDP非合格 ANSI合格	EDP非合格 ANSI非合格
필름뱃지	10	1	6	6
TLD	24	1	2	3
필름뱃지+TLD	3			

고, 선량의 산정에 있어 필름뱃지와 같은 복잡한 과정을 필요로 하지 않습니다. 필름의 농도에서의 선량평가는 여러해의 경험과 확실한 기술이 필요합니다.

Table 4에 EDP의 기준에 의해 얻은 결과와 ANSI의 기준을 적용하여 얻어질 만한 결과를 비교하고 있습니다.

두 기준에 의한 비교의 결과는 양호하다고 말할 수 있습니다.

각각의 에너지에 대한 ANSI의 기준은 EDP의 照射에는 조건이 附加되어 있으며, EDP의 기준에서는 합격이 된 두 서비스기관은 ANSI의 기준을 적용하면 합격이 되지 않게 되었습니다.

이탈리아에는 개인선량 측정서비스 기관이 수없이 많이 있지만, 이것이 세부에 걸친 신뢰성의 확보에 문제가 되는 것으로 보입니다. 시험을 받은 기관에서 EDP에의 데이터 제공은 반드시 통일된 것이 아니지만 다른 방법에 의한 시험 등을 고려하여 대응하고 있습니다.

Table 5 認定된 個人線量計의 型式과 個數

個人線量計	認定線量計型式數	線量計數
필름뱃지	7	520,000
TLD	21	355,000
필름뱃지+TLD	1	5,000
計	29	880,000

조사시험에서 6000개 이상의 개인 선량계

가 취급되었습니다. 결과는 R(式1 참조)을 패러미터로서 해석되었습니다.

Fig 1 및 2에, 조사시험에 있어 모든 Rmean值의 분포와 합격한 경우의 Rmean值의 분포를 조사선량에 대해 제시합니다. Fig. 3 및 Fig. 4는 에너지에 대한 동일한 분포입니다.

그림에서 주로 필름뱃지, 필름과 TLD가 조합된 선량계의 경우, 어떤 에너지, 또는 복합 에너지에서 선량 算定值가 과소평가의 경향이 있음을 알 수 있습니다. 특히 필름뱃지의 경우 低, 高에너지에서 高선량일 때 그런 경향이 있습니다. 이 과소평가는 선량-농도, 에너지-농도곡선의 오차에서 생긴 것으

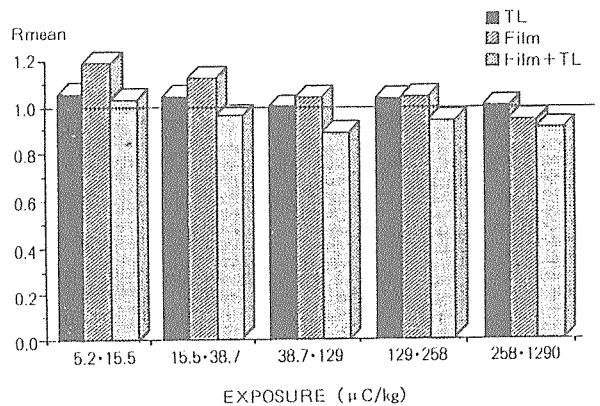


Fig. 1 照射試驗結果에 있어 線量에 대한 Rmean의 分析

있는 식견을 보여줄 지도 모르겠습니다.

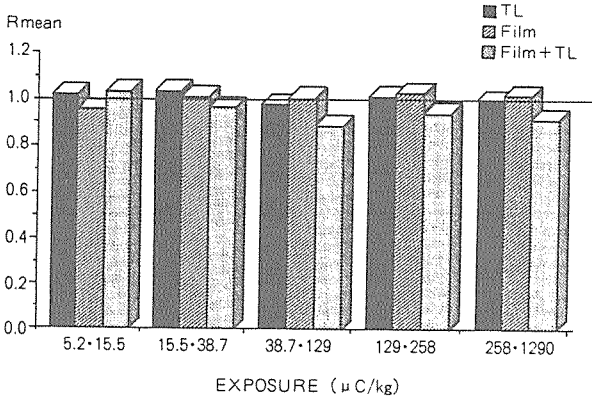


Fig. 2 照射試驗合格結果에 있어 線量에 대한 Rmean의 分布

로 생각됩니다.

에너지에 대한 필름벤티의 Rmean의 분포를 보면, 79keV와 104keV에서 과대평가가 되어 있습니다. 이것에 대한 설명으로, 照射기관과 서비스기관과의 선량계의 표준조사에 사용한 X선 빔의 스펙트럼에 차이가 있는 것으로 보입니다.

이것은 고도의 개인선량 측정시스템을 구축하기 위해서는 시스템 세부에 걸친 충분한 배려가 있어야 한다는 것을 말해주고 있습니다.

시스템 평가의 유용한 방법의 하나는 개개의 서비스기관에 있어서의 Rmean과 그 표준평가를 검토하는 것입니다. 이러한 결과의 상세한 해석은 시험에 합격하지 않았던 기관에서의 선량산정 오차의 원인을 알고, 또한 인정된 기관에 있어서도 신뢰성을 한층 높이는 데 도움이 될 것입니다. Fig.5는 인정 서비스기관에 있어서의 필름벤티와 TLD, 그리고 필름벤티와 TLD의 조합에 대한 Rmean과 표준편차를 나타냅니다.

Rmean과 표준편차와의 대비는 경우에 따라 스텝의 전문적인 숙련도에 관련되는 흥미

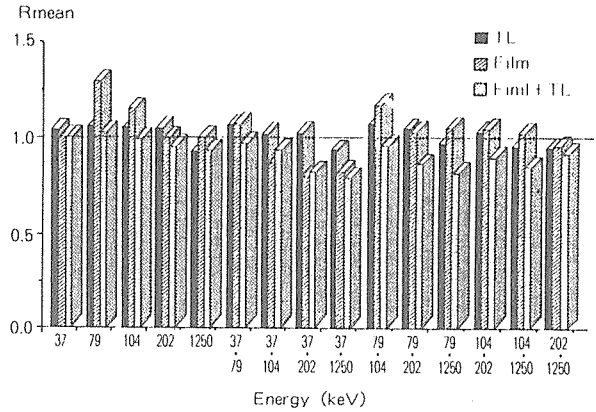


Fig. 3 照射試驗結果에 있어 에너지에 대한 Rmean의 分布

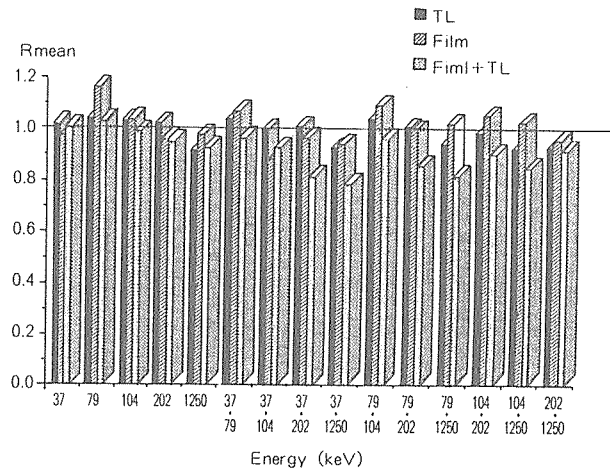


Fig. 4 照射試驗結果에 있어 에너지에 대한 Rmean의 分布

이러한 BeO 선량계로 실시한 시험 3(숫자는 시험 정리번호를 나타냄) (카테고리 3)의 결과는 선정선량치가 과소평가로 되어 있지만 표준편차가 적어 이것은 아마도 校正에 있어 계통적인 오차를 나타내는 것이라 할

수 있습니다. 이것은 용이하게 補正이 가능합니다. LiF 선량계로서의 시험 4(카테고리 2)의 결과로는 표준편차가 현저히 큰 것으로 되어 있습니다. 3개의 R이 限度外로 되어 있지만 이것은 세밀하게 보면 양호한 결과라고는 할 수 없습니다. 만약 이 3개의 값을 제외하여 Rmean을 다시 계산하면 Rmean은 크게 되고 표준편차는 적게 됩니다. 이 오차요인은 검토를 필요로 합니다.

Fig 6은 필름벤티에 대한 시험 11을 실시한 합격 서비스기관과 합격하지 않는 기관의 R値를 나타냅니다. 양자가 같은 방법이지만, 교정곡선 아니면 濃度데이터의 처리가 다르기 때문이라 생각됩니다.

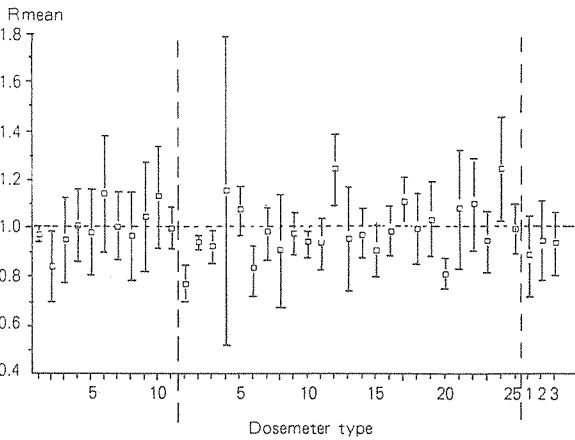


Fig. 5 照射試驗合格結果에 대한 Rmean과 標準偏差

인정 후의 재시험은 3년마다 실시되며 이미 4회 실시되었습니다. 재시험에 참가하지 않고 또한 재시험에 합격하지 못하여 인정을 상실한 기관도 있습니다. 1992년 말까지 Table 5에 나타난 바와 같이 인정선량계의 型式은 29입니다. 또한 표에는 종류마다 그 연도의 인정선량계의 수를 합하여 제시하고 있

습니다.

통계에 의하면 이탈리아에서는 매년 약 200만개의 선량계가 서비스를 위해 공급되고 있습니다. 그 중 45%가 인정이 된 상태입니다.

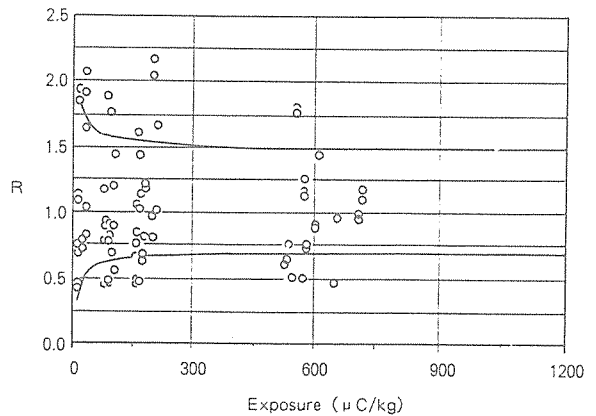
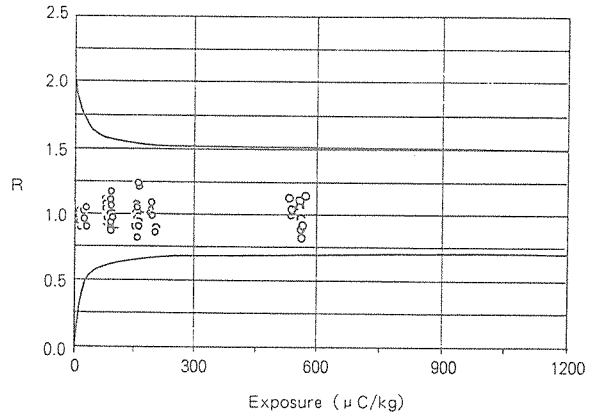


Fig. 6 필름벤티에 대해 동일방법에 의한 두 서비스기관에 있어서의 照射線量에 대한 R値

4. 결 론

앞에서 기술한 바와 같이 개인선량 측정서비스의 신뢰도는 實用되고 있는 선량계를 샘플로 하여 일상 서비스와 같은 조건으로 처

리하여 평가되고 있습니다.

품질을 항상 일정한 레벨로 유지하기 위해서는 서비스기관은 선량계를 처리하는 유능한 스텝과 데이터베이스를 갖지 않으면 안됩니다. 따라서 교육, 훈련이 극히 중요합니다. 교육은 서비스기관의 매니저에 의해 실시되어 ENEA-EDP 워크숍 최신화 작업의 목표가 되어 있습니다. 1987년, 1988년, 1991년의 워크숍에는 이탈리아 서비스기관의 80%가 참석했습니다.

신뢰도 평가의 프로그램은, 개인선량 측정 서비스의 질을 향상시킬 뿐만 아니라, 기초데이터, 선량계측의 표준화의 기초로서의 역할이 큼니다.

이러한 것은 국가적 통계데이터의 기초가 되어 疫學的인 이용, 국제적인 데이터베이스와의 비교 등을 가능케 하는 것이 됩니다.

參 考 文 獻

1. Gruppo di Lavoro ENEA-EDP : Criteriper

la verifica dell'affidabilità di un Servizio di dosimetria personale per radiazioni X e gamma, ENEA-EDP 93/1

2. X and Gamma Reference Radiations for Calibrating Dosimeters and Dose Rate Meters and for Determining their Response as Function of Photon Energy, ISO 4037, 1979
3. Film dosimetrie nach dem filteranalytischen Verfahren zur Strahlenschutzüberwachung
4. Criteria for testing Personnel Dosimetry Performance, ANSI N. 13. 11-1983
5. M. Litido, A. Cavallini, L. Chili, Consequences of Local regulatory aspect in dose record keeping in Italy, Work-shop on "Individual Monitoring of Ionizing Radiation: The Impact of Recent ICRP and ICRU Publications, Villigen (Switzerland), 5-7 May 1993

구인 · 구직 알선

우리협회는 직원을 구하는 단체회원사와 취업을 원하는 개인회원을 위하여 구인·구직을 알선해 드리고 있습니다. 항시 전화나 우편, FAX로 연락주시면 좋은 결실을 맺을 수 있도록 성심 성의껏 안내해 드리겠으니 많은 연락 바랍니다.

연락처 : 조성과 회원관리담당자

[전화 : (02)566-1092 FAX : (02)566-1094]