

技術報告書

열형광선량계(TLD)를 이용한 개인방사선피폭선량
평가절차의 품질관리 프로그램

A Quality Control Program
for the Thermoluminescence Dosimeter (TLD)
in Personnel Radiation Monitoring

KAERI

韓國原子力研究所

提 出 文

韓國原子力研究所長 貴下

이 報告書를 技術報告書로 提出합니다.

題 目 : 열형광선량계 (TLD)를 이용한 개인방사선피폭선량
평가절차의 품질관리 프로그램

1994 년 1 월 일

作成者 : 서 경 원 (방사선안전관리실,책임연구원)
김 장 툴 (방사선안전관리실,선임연구원)
이 상 윤 (방사선안전관리실,연구원)
이 형 섭 (방사선안전관리실,선임기술기원)

監修委員 : 이 현 덕

요 약

원자력안전성 확보의 핵심요소는 크게 공학적 안전성 확보와 방사선 안전성 확보로 구분될 수 있으며, 방사선 안전성 확보의 목표는 원자력관계시설에 종사하는 방사선작업종사자와 시설주변에 거주하는 일반인들의 건강을 방사선 위해로부터 안전하게 보전하는 것이다. 따라서 방사선 안전성 확보를 위한 방사선 안전관리 업무의 최종 목적은 방사선에 의한 인체의 유해한 비확률적인 효과를 방지하고 확률적 효과의 발생 확률을 용인할 수 있는 수준까지 제한하는 한편, 방사선 피폭을 수반하는 행위가 정당함을 입증하는데 있으며, 이것은 결국 직업적 방사선 피폭선량의 정확한 측정 및 평가에 귀착된다.

현재 개인방사선피폭관리장비로는 TLD (열형광개인선량계)와 필름배지가 주로 사용되고 있으며 운용상의 편리함과 측정신뢰도의 향상으로 인해 TLD의 사용이 증가하고 있다. 특히 1978년 원자력발전소의 상업가동이 시작된 후 지난 15년간 방사선작업종사자가 장기간 방사선 작업현장에서 근무해 오고 있으며, 현재는 그들의 축적된 피폭선량으로 생물학적인 효과나 증상이 확률적으로 나타날 수 있는 가능성의 시점이므로 개인피폭선량 평가결과의 신뢰도 향상이 시급히 요구되고 있다.

이와 같은 문제점을 개선키 위해 최근 과기처에서는 고시(과학기술처고시 제 1992-15호)를 통해 개인방사선피폭선량평가에 관한 기술기준을 제시한 바 있으며 이 기준을 통해 개인피폭선량판독에 관한 품질관리프로그램을 적용하도록 하고 있다.

따라서 당 연구소에서는 관계 시설에 출입하는 방사선작업종사자에 대한 개인피폭관리업무의 효율적 수행을 위하여 미국을 비롯한 원자력 선진각국들의 개인방사선 피폭선량평가절차를 분석하였으며, 우리의 실정에 적합한 개인피폭선량판독에 관한 품질관리프로그램을 개발하게 되었다.

본 품질관리프로그램의 목적은 열형광선량계 (TLD) 및 TLD 판독기를 이용하여 개인방사선피폭선량을 평가함에 있어 정확한 결과를 도출하고 정량적 측정을 확인·감시하기 위해 필요한 제반 품질보증 요건을 규정하며, 판독시설운영상의 제반 문제점을 정기적으로 검토하고 그 효율성을 재평가, 개선하여 관독결과의 정확성 및 신뢰성을 향상시키고자 하는데 있다.

이러한 목적을 달성하기 위하여 본 품질관리절차에는 기본적인 품질관리항목 및 세부적용절차를 기술하고 있으며 피폭관리조직내 각 담당자의 책임사항을 명시하고 있다

Abstract

The objective of radiological safety control is to prevent detrimental non-stochastic effects and limit the probability of stochastic effects below the acceptable levels. An additional objective is to ensure that practices involving radiation exposure are just.

In order to verify an acceptable level of safety in the workplace, it is necessary to measure the quantity of ionising radiation to which radiation workers could be, or actually are, exposed.

Thermoluminescence dosimeter (TLD) and film badge have been widely used as a personnel radiation monitoring system, and recently the use of TLD is increasing because of its high accuracy and convenience.

Since the first commercial Nuclear Power Plant (NPP) in Korea was synchronized in 1978, the development of the quality control program on the assessment of effective dose has been needed to enhance the reliability of personnel radiation monitoring.

High quality radiation dosimetry is essential for workers who rely upon personal dosimeters to record the amount of radiation to which they are exposed. The Ministry of Science and Technology (MOST) issued a Ministerial Ordinance (No 1992-15) about the technical criteria on personnel dosimeter processors in 1992 to reflect the above-mentioned problems.

At present, there are organisations capable of providing measurement results with good accuracy and precision. These organisations may provide personal dosimetry services to their own facilities, or to others on a contractual basis. However, in today's climate, it is important to demonstrate and document that these systems and services to others meet national standards of quality.

The purpose of this Quality Control Program is to prescribe the procedures approved by the management of KAERI for implementing a quality badge service by means of TLD for personnel working in an area where they may be exposed to ionization radiation. The criteria are established to assure quality measurements and supply accurate results.

Included in this document is information pertaining to the managerial and administrative controls used to assure quality and safe operations.

목 차

제 1 장	서 론	7
제 2 장	본 론	
제 1 절	조직 및 업무	9
제 2 절	교육 훈련	13
제 3 절	물품구매관리	19
제 4 절	선량계, 배지 케이스 및 판독기 관리	27
제 5 절	소프트웨어 관리 및 데이터베이스 유지	40
제 6 절	교성	46
제 7 절	판독관리	53
제 8 절	품질보증검사 프로그램	66
제 9 절	기록 보관	69
제 10 절	절차서의 작성, 개정, 배포 관리	72
제 3 장	결 론	75

참 고 문 헌

서 식 목 차

서식 1. 교육상황표 -----	15
서식 2. 교육평가표 -----	16
서식 3. 판독요원의 업무평가서 -----	17
서식 4. 설계명세서 -----	21
서식 5. 구매요구서 -----	25
서식 6. 물품입수서 -----	26
서식 7. 선량계 교체 기록표 -----	32
서식 8. 판독기 히터온도 점검표 -----	33
서식 9. 판독기 주영역 교정 검정표 -----	34
서식 10. 판독기 Backup 영역 교정 검정표 -----	36
서식 11. 판독기 성능 점검표 -----	37
서식 12. 판독기 보수 유지 기록표 -----	39
서식 13. 소프트웨어 수정 기록표 -----	44
서식 14. 소프트웨어 관리표 -----	45
서식 15. 아날링 오븐온도 점검표 -----	48
서식 16. Cs-137 선원의 검교정표 -----	49
서식 17. 선원 Timer의 검교정표 -----	50
서식 18. 선량계 조사 기록표 -----	51
서식 19. 무정전 전원공급기 검사표 -----	52
서식 20. 선량계 아날링 기록표 -----	60
서식 21. 선량계 및 배지케이스 오염검사표 -----	61
서식 22. 판독결과의 수정내역 기록표 -----	62
서식 23. 선량판독 현황 기록표 -----	63
서식 24. 방사선작업종사자 피폭량 개인별 보고서 -----	64
서식 25. 소속별 개인피폭선량 -----	65
서식 26. 피폭관련 문서관리 대장 -----	68
서식 27. 품질보증검사 결과보고서 -----	71
서식 28. 절차서 배포관리 대장 -----	74

제 1 장 서 론

국내에서는 연간 전체 발전량의 약 50%를 원자력에 의존하고 있으며, 산업의 고도화로 방사선의 이용이 지속적으로 증가하는 추세에 있다. 그러나 이러한 방사선의 이용에 따른 위해의 가능성도 증가하고 있으며 이러한 방사선 위해를 최소화하기 위해서는 방사선작업종사자의 피폭선량을 정확하게 평가할 수 있어야 한다. 현재 개인방사선피폭관리장비로는 TLD (열형광개인선량계)와 필름배지가 주로 사용되고 있으며 운용상의 편리함과 측정신뢰도의 향상으로 인해 TLD의 사용이 증가하고 있다.

국내에서는 지금까지 개인방사선피폭선량측정 및 평가에 대한 표준절차가 정립되지 못해 왔으며 개인피폭선량 평가를 자체적으로 수행하는 기관 및 일반 서비스업체마다 측정결과에 상당한 차이를 나타내고 있음은 물론, 측정의 정확도 및 신뢰성에 기술적인 문제점을 내포해 왔다. 특히 1978년 원자력발전소의 상업가동이 시작된 후 지난 15년간 방사선작업종사자가 장기간 방사선 작업현장에서 근무해 오고 있으며, 현재는 그들의 축적된 방사선 피폭선량으로 생물학적인 효과나 증상이 확률적으로 나타날 수 있는 가능성의 시점으로 개인피폭선량 평가결과의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 품질관리프로그램의 필요성이 시급히 요구되고 있다.

이미 미국에서는 1983년에 미국표준으로 개인피폭선량 평가지침(ANSI N13.11-1983)을 제정하여 미연방법에 고시 (15CFR Part 7) 하였으며, 미국 원자력규제위원회(NRC)에서는 피폭선량의 평가시 국내의 공인기관에 의한 선량평가 인증과정 (NVLAP 등) 을 필수직으로 요구하고 있다. 이에 따라 국내에서도 개인피폭선량의 정확한 평가와 중앙집중적인 종합관리를 위해 1992년에 개인피폭선량 판독업체들이 준수하여야 할 기술기준을 고시하였으며, 이 기준을 통해 개인피폭선량판독에 관한 품질관리프로그램을 적용하도록 하고 있다.(과학기술처고시 제1992-15호)

따라서 당 연구소에서는 방사선 관계시설에 출입하는 방사선작업종사자에 대한 개인피폭관리업무의 효율적인 수행을 위하여 미국을 비롯한 원자력 선진각국들의 개인방사선피폭선량평가절차를 분석하였으며, 우리의 실정에 적합한 개인피폭선량판독에 대한 품질관리프로그램을 개발하게 되었다.

본 품질관리프로그램의 목적은 열형광선량계 (TLD) 및 TLD 판독기를 이용하여 개인방사선피폭선량을 평가함에 있어 정확한 결과를 도출하고 정량적 측정을 확인 .

감시하기 위해 필요한 제반 품질관리 요건을 규정하며, 판독시설운영상의 제반 문제점을 정기적으로 검토하고 그 효율성을 재평가하고 개선하여 판독결과의 정확성 및 신뢰성을 향상시키고자 하는데 있다.

제 2 장 본 론

제 1 절 조직 및 업무

1.1 조직

이 품질관리프로그램의 개발, 적용 및 개정을 위한 개인방사선피폭 관리조직은 다음과 같이 구성된다.

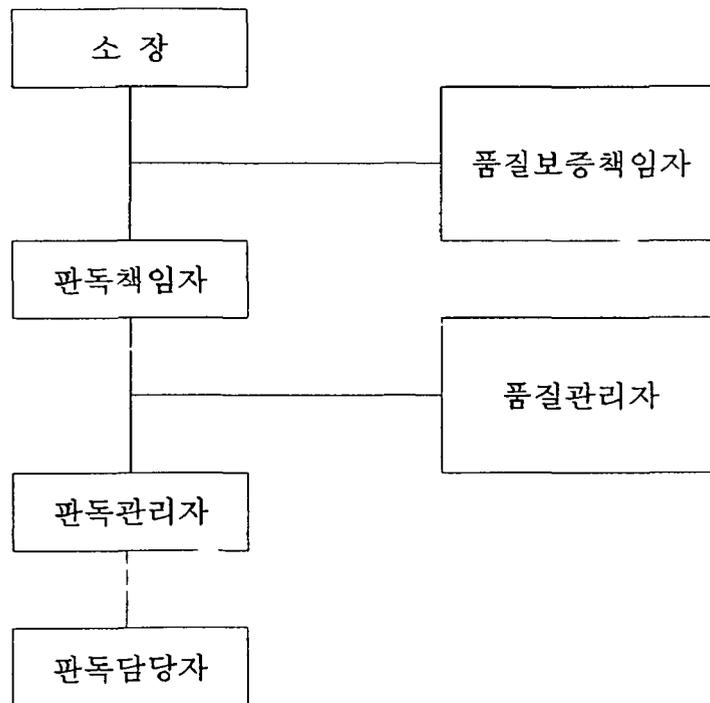


그림 1. 개인방사선피폭 관리조직.

1.2 업무분장

개인방사선피폭관리조직내의 각 담당자는 피폭선량판독 및 품질관리에 관련된 다음의 업무를 수행한다.

1.2.1 품질보증책임자

- 품질보증책임자는 판독책임자의 추천에 의해 별도의 연구소내 품질관리조직에서 선임되며 효율적인 개인피폭선량 판독 품질관리 업무의 수행을 위해 다음과 같은 권한과 책임을 가진다.

- 1) 품질관리 관련 절차서의 제정 및 개정 검토
- 2) 품질관리프로그램 현황파악 및 관련문제 해결
- 3) 외부검사지원
- 4) 품질보증을 위한 정기적인 내부검사(품질보증검사) 수행.

1.2.2 판독책임자

- 판독책임자는 개인피폭선량 판독에 관한 법적인 취급자로서 방사선 관리 기술사 또는 방사선취급 감독자 면허를 소지한 자이어야 하며, 판독관리의 전반에 대해 총괄적인 책임을 지고 효율적인 개인피폭선량 판독업무를 수행하기 위해 다음과 같은 권한과 책임을 가진다.

- 1) 판독품질의 보증
- 2) 품질을 저하시키는 조건 및 관련 담당자에 대한 조치
- 3) 품질관리 프로그램의 효율성 확인
- 4) 정기적인 검사결과 확인
- 5) 품질관리 관련 절차서의 제정 및 개정 승인
- 6) 품질관리자의 업무수행 만족도 확인
- 7) 교육훈련 프로그램의 실시.

1.2.3 품질관리자

- 품질관리자는 판독책임자에 의해 판독담당조직내에서 선임되며 선량판독의 품질관리 프로그램에 대한 전체적인 감독과 효율적인 개인피폭선량 판독 품질관리 업무의 수행을 위해 다음과 같은 권한과 책임을 가진다.

- 1) 교육훈련 프로그램의 검증
- 2) 품질관리프로그램 현황과 관련문제 보고
- 3) 내부검사 지원
- 4) 다음사항에 관련된 업무수행
 - 가) 자료수집
 - 나) 배지 지급자의 요구처리
 - 다) 자료의 보고
 - 라) 장비의 교정
 - 미) 절차의 적용
- 5) 구매물품에 대한 검수
- 6) 정기 품질관리검사 수행
- 7) 품질관리 프로그램의 개정,적용 및 개발.

1.2.4 판독관리자

- 판독관리자는 판독책임자에 의해 판독담당조직내에서 선임되며 선량판독관의 전반적인 업무를 운영 및 감독하며, 효율적인 개인피폭선량 판독관리 업무의 수행을 위해 다음과 같은 권한과 책임을 가진다.

- 1) 품질관리 절차서에 의해 수행되는 절차의 개발 및 적용
- 2) 보고되거나 발견된 문제에 대해 올바른 조치 여부 확인
- 3) 교육프로그램 협조
- 4) 판독 서비스의 수준 및 기술적 기준의 현실성 확인
- 5) 관련 기술회의 참가 및 표준 도입
- 6) 고도의 기법으로 기록 유지
- 7) 인원, 물품, 서비스에 관하여 예견되는 요구에 대한 계획
- 8) 추가지원에 대한 요구와 필요성의 정당화를 규정
- 9) 품질관리 프로그램의 전반적 이해.

1.2.5 판독담당자

- 판독담당자는 판독책임자에 의해 판독담당조직내에서 선임되며 선량판독관의 실질적인 업무를 수행하며, 판독관리자와 상호협조하에 효율적인 개인피폭선량 판독업무를 수행하기 위해 다음과 같은 권한과 책임을 가진다.

- 1) 품질관리 프로그램의 전반적 이해

- 2) 월간업무계획 작성
- 3) 필요한 물품 확보
- 4) 장비점검 및 판독실 환경관리
- 5) 작업환경, 개인 모니터링의 중요성 및 결과 해석법의 이해
- 6) 판독서비스의 실제업무
- 7) 새로운 프로그램 적용 및 폐기 프로그램 처리
- 8) 기록 유지 및 관리
- 9) 판독관리자에 대한 업무협조.

제 2 절 교육훈련

2.1 교육훈련

TLD 관독 업무와 관련하여 품질관리절차상의 교육훈련은 다음단계로 구성된다.

2.1.1 각 관독요원의 교육훈련은 서식 1.에 의해 관리되며, 관독책임자는 이 양식을 통해 교육상황을 항상 파악하고 교육필요 여부를 결정하여야 한다. 피교육자의 업무에 대한 교육이 완료된 때는 교육담당자는 부서장이 정하는 절차에 따라 교육성취도를 평가하여야 하며 그 결과를 서식 2.에 기록한다.

2.1.2 절차서의 적극적 이용을 위하여 관독시설내에는 항상 절차서를 비치하여야 한다.

2.1.3 품질관리자는 교육이 완료된 관독요원이 실무를 수행하기 전에 각 개인의 절차서에 대한 기술적 이해도를 재확인하여야 한다.

2.1.4 관독 서비스를 위하여 피폭관리조직에 속해 있지 않는 사람을 이용할 경우에는 서식 1.에 의하여 교육훈련을 실시하고, 서식 2.의 교육평가표를 작성한다.

2.2 관독요원의 업무평가

2.2.1 품질관리자는 매년 관독요원의 업무상황에 대한 평가를 실시하고 서식 3.을 작성하여야 한다. 서식 3.에는 내부, 외부의 모든 교육을 기록하며, 평가는 업무에 대한 기술 및 지식에 대하여 실시한다.

2.2.2 관독요원에 대한 재교육은 교육평가표의 유효기간이내에 실시되어야 하며 모든 교육의 유효기간은 2년을 초과할 수 없다. 이외에 관독요원은 국.내외의 여러 교육에 참가토록 배려되어야 한다.

2.3 강사, 교육자의 자격

관독담당자는 교육받은 관독관리자 또는 품질관리자에게 교육받아야 하며, 관독관리자 및 품질관리자는 관독책임자에게 교육받아야 한다.

2.4 교육훈련 교재

품질관리절차서는 교육기본교재로 사용되어야 하며, 각 업무의 소관 부문별로 적

용되어야 한다. 또한 품질관리자가 필요성을 인정하는 경우에는 전문분야에 관련된 부
교재를 사용할 수 있다.

교육상황표				서식 : 1		
성명 :		입사일 :		퇴사일 :		
업무번호	업무내용	교육해당여부	교육일	재교육일	재교육일	재교육일
TLD-T-001	피폭데이터베이스 유지					
TLD-T-002	선량계보정인자 유도					
TLD-T-003	선량계 조사 (Cs-137)					
TLD-T-004	선량계 조사 (Sr-90/Y-90)					
TLD-T-005	관독기 주영역 및 Backup 영역 교정					
TLD-T-006	선량계 회수					
TLD-T-007	지금선량계 준비 및 분배					
TLD-T-008	관독기 운전					
TLD-T-009	선량계 아널링					
TLD-T-010	데이터베이스 화일 Backup 및 유지					
TLD-T-011	구매물품의 검수					
TLD-T-012	선량계 보관 및 폐기					
TLD-T-013	소프트웨어 관리 및 수정					
TLD-T-014	선량관독결과의 검토					
TLD-T-015	관독기 교정 결과의 검정					
TLD-T-016	관독관련자료의 유지 및 보관					
TLD-T-017	관독관련 기기의 교정					
TLD-T-018	관독결과 보고					

서식 1. 교육상황표.

판독요원의 업무평가서

서식 : 3

1/2

성 명 : _____ 입사일 : _____

직 책 : _____ 작성일 : _____

절차서가 준비되어 있는지 여부 : _____ (예, 아니오)

품질관리절차서의 비치장소에 대해 인지하는지 여부 : _____ (예, 아니오)

품질관리가 강조되고 있는지 여부 : _____ (예, 아니오)

기록 및 보고를 완전하게 하는지 여부 : _____ (예, 아니오)

직무 및 책임을 이해하는지 여부 : _____ (예, 아니오)

교육훈련내용이 업무에 적합한지 여부 : _____ (예, 아니오)

기술적 적응성 (고용후 6개월)

절차서의 적용능력 : _____

기술적 능력 : _____

관리적 능력 : _____

비 고 : _____

현 업 무 : _____

평가일자 : _____ 평 가 자 : _____

앞으로 필요한 기술 및 교육

서식 3. 판독요원의 업무평가서. (계속)

판독요원의 업무평가서

서식 : 3

2/2

기술적 적응성 (고용 6개월 후 매 1년 마다)

절차서의 적응능력 : _____

기술적 능력 : _____

관리적 능력 : _____

비 고 : _____

현 업 무 : _____

평가일자 : _____ 평 가 자 : _____

앞으로 필요한 기술 및 교육

판독책임사는 위 사람이 양질의 판독결과를 얻기 위하여 그 직무를 수행 할 능력을 가지고 있다고 판단하는지 여부: _____ (예, 아니오)

만일 아니오라면 개선 내용은: _____

판독책임자

평가일자

서식 3. 판독요원의 업무평가서.

제 3 절 물품구매관리

3.1 목적

물품구매관리는 피폭선량의 판독에 관련된 물품의 설계관리, 검수, 구매서류관리에 관한 품질보증을 위한 절차이다.

3.1.1 판독품질의 결과에 영향을 주는 품목은 중요 품목으로 정의되며 이들은 다음과 같다.

- (1) TLD 판독기
- (2) 선량계
- (3) 배지 케이스.

3.1.2 이 절차서에는 위의 품목들에 대한 설계명세서(서식 4.)가 제시되어 있으며, 이 물품들은 TLD 공급자로부터 납품된다.

물품에 대한 설계명세서가 변경 또는 수정될 때에는 검사가 수행되어야 하며, 만약 검사되지 않았을 경우에는 서류의 수정 및 변경이 품질이나 성능에 영향을 주지 않는다는 것을 입증하고 정당화시켜야 한다.

설계명세서가 수정된 때에는 새로운 설계명세서가 재작성되어야 한다. 또한 설계명세서와 함께 수정 및 보완을 입증하는 서류가 첨가되어야 하며, 설계명세서는 판독관리자, 품질관리자에 의해 승인되어야 한다.

3.1.3 물품들은 구매요구서를 작성함으로써 TLD 생산자로부터 입수된다. 구매승인을 위한 절차와 구매요구서에 포함되어야 할 사항은 다음과 같다.

가) 구매요구서에 포함되어야 할 항목은 다음과 같으며, 각 항목에 대한 세부설명서가 첨부되어진다.

- 1) 주문번호
- 2) 물품명
- 3) 모델명
- 4) 물품 입수때 품질에 대한 증명서
- 5) 수 량
- 6) 납품 요구일자
- 7) 설계명세서.

- 나) 구매요구서에는 단가가 명시되어야 하며, 요구자는 구매요구서(서식 5.)에 서명하고 일자를 기입하여 관리부서장이 승인한다.
- 다) 품목들이 판독관리자에게 전달될 때 품질증명서가 첨부되어야 한다.
- 라) 주문번호,접수일자 및 “ 검수필 ” 이라는 표식과 자산번호가 물품외부에 부착된다.
- 마) 구매요구서, 설계명세서 및 물품승인양식은 소급성의 용이성을 위해 서류함에 보관되어진다.
- 바) 물품반입이 승인되고, 교정인자가 유도된 경우, 그 물품에는 “ 사용인정 ” 이라는 꼬리표가 부착되어진다.
- 사) 물품이 명세서와 부합되지 않을 경우 그 물품은 TLD 공급자에게로 반송되어야 한다.

3.1.4 물품승인양식인 서식 6.은 요구한 품질증명서가 전달되었는지, 물품이 설계명세서와 부합하는지 여부를 확인하기 위해 품질관리자가 작성한다.

만일 선량계를 구매한 경우, 서식 6.에는 교정인자의 유도 및 데이터베이스 수정내용이 기록되어야 하며 최종사용은 품질관리자가 승인하여야 한다.

설 계 명 세 서 (a)

서식 : 4

1/4

주문코드 : Model 9150 TLD 판독기

품 목 : 자동 TLD 판독기

- 1) 질소가스 유입, 10SCFH를 전달할 수 있는 능력
- 2) 접촉 가열
- 3) 광전원 장착 (Light Source)
- 4) 선량계 번호 식별
- 5) 장진용량, 500RGD - CaSO₄:Dy 도시메타
- 6) RS-232와 연결가능
- 7) 다음 항목을 위한 모니터링 시스템
 - 전 류, 광전원의 안전성, 가열기의 온도, 질소가스 유입
- 8) 선량계 자동처리
- 9) Sr-90/Y-90선원을 수용할 수 있는 능력
- 10) 320개의 선량계 기록을 보유할 수 있는 비휘발성 RAM
- 11) 판독전 가열 (Preheat) 및 자체 열처리 (Annealing) 능력
- 12) 시스템이 CaSO₄:Dy에 대해 교정된 경우,
 - 암전류(Dark Current), < 7mR
- 13) 최소검출준위(MDL), < 5 mR
- 14) 판독 효율, > 95 %
- 15) 선량계의 열처리 효율, > 98 %
- 16) 재현성 (Reproducibility), CV < 0.02
- 17) 광선원 안전성, CV < 0.03
- 18) 선량계번호 식별 실패율, 500개중 1개 이하
- 19) 전류선원으로 측정된 선형성

<u>AMPs</u>	<u>Light Peadng (Tolerance)</u>
10 ⁻¹¹	2 (5%)
10 ⁻¹⁰	20 (5%)
10 ⁻⁹	200 (5%)
10 ⁻⁸	2000 (5%)
10 ⁻⁷	20000 (5%)
10 ⁻⁶	200000 (5%)

서식 4. 설계명세서(a) (계속)

주문코드 : PB-3

품 목 : 개인용 배지 케이스

1) 배지 케이스의 몸통, PTFE 플라스틱

2) 크기(운영절차서의 도면 참조)

3) 여과체 (Filter)

정 면

A1 : 7 mg/cm² mylar

A2 : 664 mg/cm² Teflon + 180 mg/cm² PTFE

A3 : 180 mg/cm² PTFE + 221 mg/cm² Al + 2360 mg/cm² Cu

A4 : A3 와 동일함

후 면

A1 : 배지 케이스 및 루사이트창

A2 : 배지 케이스

A3 : 192 mg/cm² PTFE + 221 mg/cm² Al + 912 mg/cm² Cu

A4 : 192 mg/cm² PTFE + 221 mg/cm² Al + 114 mg/cm² Cu
+ 780 mg/cm² Cd

4) 여과체 방향 (운영절차서 참조)

서식 4. 설계명세서(b) (계속)

주문코드 : RGD - ${}^6\text{LiF}/\text{CaSO}_4\cdot\text{Dy}$ - 0.4L

품 목 : RaG Guard 중성자 선량계

- 1) 선량계 - 두께, 0.015 ± 0.0015 "
길이, 1.75 ± 0.005 "
폭, 1.25 ± 0.005 "

2) 질량존재비

물 질	질량존재비 (%)
${}^6\text{LiF}/\text{CaSO}_4\cdot\text{Dy}$	25/25
PTFE	75

- 3) 선량계 변화 ≤ 7.5 % (250mR 각마선으로 조사된 경우)
- 4) 10mR - 10,000mR사이에서의 선형성 $\leq \pm 10\%$
- 5) 잠상퇴행 ≤ 10 % ($32^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, 168시간 저장후)
- 6) $9.5 \leq$ 에너지 응답 (30keV 감마) ≤ 10.5 ,
 $0.55 \leq$ Cf-252(중수감속)에 대한 mrem/mR 보정인자 ≤ 0.9
- 7) MDL $\leq 8\text{mR}$
- 8) 민감도 ≤ 25 %차이 (표준에 비해)
- 9) 결과의 재생능력 ≤ 5 % CV

서식 4. 설계명세서(c) (계속)

주문코드 : RGD - CaSO₄:Dy - 0.4L

품 목 : Rad - Guard 베타/감마 선량계

- 1) 선량계 - 두께, 0.015 ± 0.0015 "
길이, 1.750 ± 0.005 "
폭, 1.25 ± 0.005 "

2) 질량존재비

물 질	질량존재비 (%)
CaSO ₄	15
PTFE	85

- 3) 선량계 변화 ≤ 7.5 %
- 4) 10mR - 10,000mR사이에서의 선형성 $\leq \pm 10\%$
- 5) 잠상퇴행 ≤ 10 % ($32^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 168시간 저장후)
- 6) 9.5 \leq 에너지 응답 (30keV 감마) ≤ 10.5 ,
- 7) MDL $\leq 5\text{mR}$
- 8) 민감도 ≤ 25 %차이 (표준에 비해)
- 9) 결과의 재현성 (Reproducibility) ≤ 5 % CV

구 매 요 구 서

서식 : 5

구 매 요 구 서		구 매 구 분				
		<input type="checkbox"/> 내 자	<input type="checkbox"/> 외 자	<input type="checkbox"/> 긴 금		
요 구 부 서		요 구 번 호				
과 제 명		요 구 일 자				
계 정 번 호		납 품 요 구 일 자				
과 제 기 간						
순 번	물 품 명 세	단 위	수 량	추 정		비 고
				단 가	금 액	
위와 같이 구매 요구함.		승	담			소 장
		인				

서식 5. 구매요구서.

물 품 입 수 서

서식 : 6

1. 주문번호 : _____ 주문일자 : _____

2. 주문코드 : _____ 세부명세 : _____

3. 설계명세서와 일치함을 증명하는 품질증명서가 있는지 여부. _____ (예,아니오)
만일 아니오 라면 그 물품은 거부된다.

4. 최초의 검수자는 그물품의 외관검사를 실시하여야 한다.

최초 검수자

일 자

5. 선량계에만 적용

교정인자는 언제 _____ 누구 _____ 에 의해 유도되고 데이터베이스에
입력되었다. 또한 선량계의 사용은 언제 _____ 누구 _____ 에 의해서 승인되
었다.

품질관리자

일 자

서식 6. 물품입수서.

제 4 절 선량계, 배지 케이스 및 판독기 관리

4.1. 선량계 관리

4.1.1 선량계의 분류

4.1.1.1 선량계를 동일한 방사선 준위로 조사시켜도 각 선량계의 판독치는 다를 수 있다. 같은 공정 내에서의 편차는 $1\text{ SD} < 7.5\%$ 의 변화계수를 갖는다. 선량계의 반응은 다음의 이유로 편차를 갖게 된다.

- 가) 판독기의 변화 (판독시의 오차)
- 나) 선량계가 동일한 방사선 준위로 조사되지 않았을 때
- 다) 생산공정에서 각 선량계성분(Phosphor)의 함량이 다를 때
- 라) 선량계의 크기에 따라 선량계성분(Phosphor)이 다를 때.

4.1.1.2 기준선량계(Reference Dosimeter)는 선량판독에 사용되는 모든 선량계에 대해 소자보정인자(ECF)를 산출하는데 사용된다. 이 기준선량계는 현재 사용중이거나 또는 처음 사용하는 선량계에 대해서 주기적으로 ECF를 산출할 필요가 있을 때를 제외하고는 안전한 장소에 보관되어야 한다.

4.1.1.3 대조(對照)선량계(Control Dosimeter)는 항상 TLD 판독기 주변에 보관하며, 필요시 판독기 성능점검과 교정목적에 사용된다. 이 선량계는 작업자에게는 지급되지 않으며, 품질관리가 아닌 다른 목적으로는 사용되지 않는다.

4.1.1.4 현장선량계(Field Dosimeter)는 방사선 피폭선량 평가를 위해 방사선 작업종사자가 착용하는 선량계를 말한다. 이 현장선량계는 남용(Abuse), 오염 등으로 인해 쉽게 손상되므로 주기적으로 성능점검을 실시하여야 한다.

4.1.2 선량계의 교정

4.1.2.1 선량계의 교정인자는 최소한 매 2년마다 기준선량계를 이용해 유도되어야 하며 어떠한 경우에도 교정인자가 3년 이상 결정되지 않은 현장선량계는 사용되지 못한다.

4.1.2.2 선량계의 교정인자 유도는 선량계 아닐링, 방사선 조사, 판독과정을 통하여 교정인자가 결정되며, 선량계의 방사선조사는 Cs-137 또는 Sr-90/Y-90 선원을 이용한다.

4.1.2.3 현장선량계의 교정인자 결정시 다음의 경우에는 교정인자를 재 유도하거나 선량계를 폐기하여야 한다.

- 가) 판독기가 선량계ID를 3번 중 한번이라도 확인하지 못할 경우
- 나) 이중판독이 되었을 경우 (두번째 판독된 자료는 버려야 하고, 자료집단에서는 제외시켜야 하며, 나머지 선량계는 교정인자 유도를 위해 재처리한다)
- 다) 현장선량계의 각 필터 구역 교정인자가 0.5 ~ 1.5 를 벗어나거나, 각 구역의 교정인자의 평균이 변화계수 값의 15 %를 넘을 경우
- 라) 선량계가 외형적으로 기준선량계와 비교하여 심각히 손상되거나 흠이 있는 경우.

4.1.3 현장선량계의 교정평가

- 현장선량계의 교정인자를 유도한 후 현장선량계를 다시 조사하여 재 판독하고 교정인자를 평가한다. 각 필터구역에 대해 평균 반응도를 계산하고 조사된 값과 비교하며, 이때 측정된 반응도와 조사선량간의 비는 $\pm 5\%$ 의 범위 내에 있어야 한다.

4.1.4 선량계 보관

4.1.4.1 사용자들로부터 선량계를 회수한 후 판독된 현장선량계는 다음 사용시까지 저장함에 저장한다. 저장함에 일련번호순으로 정리할 때 선량계가 더럽혀져 있거나 손상되었는지를 외견상으로 검사한다. 선량계가 다음과 같은 경우에는 폐기한다.

- 가) 기계적 손상
- 나) 화학적 또는 방사성물질등에 의한 오염
- 다) 더럽혀져 있거나 흠이 생긴 경우
- 라) 선량계가 10 R 이상의 조사선량을 받은 경우.

4.1.4.2 외견상으로 손상이 확인된 선량계는 폐기표시와 함께 폐기선량계 저장함에 넣고 데이터 베이스에 "폐기"로 입력시킨다.

4.1.4.3 새로운 선량계로 대체할 경우에는 새로운 선량계를 선정하고 선량계 교정인자를 유도하여 허용범위를 확인한다. 서식 7.을 작성하여 선량계번호,판독치 및 반응인자를 기록하고 선량계ID를 데이터 베이스에 입력시킨다.

4.2. 배지 케이스의 관리

4.2.1 배지 케이스는 선량계의 보호 및 피폭선량 도출을 위한 도구로 사용된다.

4.2.2 배지 케이스 (PB-3)는 plastic 재질로 되어 있으며, 내면에는 피폭선량 평가를 위한 여러 종류의 필터로 구성되어 있다.

가) 외형상의 재질은 plastic 제품

나) 내면상의 구성은 비닐류 : 저 에너지 베타 측정영역

금속류(Al,Cu) : 엑스선,감마선 측정영역

금속류(Cd) : 중성자 측정영역.

4.2.3 선량계와 같이 회수된 배지 케이스는 외관검사와 방사성오염검사를 실시한 후 재 사용하거나 보관상자에 보관한다.

4.2.4 배지케이스의 외관검사 및 오염검사시 다음과 같은 경우에는 사용에서 제외시킨다.

가) 물리적 손상이 발생한 경우 : 비닐의 파손, 변형 등

나) 화학적 또는 방사성물질등에 오염되었을 경우

다) 방사선조사에 의해 구성물질구조의 손상이 예상되는 경우.

4.3. TLD 판독기의 관리

4.3.1 TLD 판독기의 조정

가) 판독관리자는 매 6개월마다 성능시험절차에 따라 판독기의 성능을 점검하여야 한다. 성능시험에 포함되어야 하는 항목은 다음과 같다.

1) 암전류(Dark Current)

2) 최소검출수준(Minimum Detectable Level)

3) 판독효율(Readout Efficiency)

4) 아닐링효율(Annealing Efficiency)

5) 재현성(Reproducibility)

6) 광선원안정도(Light Source Stability).

나) 판독관리자는 판독기의 성능시험결과 이상상태가 발견된 경우에는 이를 담당부서장에게 보고하여야 하며 보수계획을 수립하여야 한다.

다) 판독관리자는 정기적인 판독기 교정 실시 전에 판독기 안정도 점검절차에 따라 판독기의 안정도를 점검하여야 한다.

라) 교정하기 전에 가열기의 온도를 확인하고 서식 8.을 작성하여야 하며 그 온도 기준은 다음과 같다.

예열 130 °C ± 5 °C

판독가열기 295 °C ± 5 °C

아닐링 가열기 300 °C ± 5 °C.

4.3.2 TLD 판독기의 교정

가) 판독관리자는 매 분기마다 판독기교정절차에 따라 교정인자(mR/counts)를 도출하여야 한다. 판독기의 교정인자 도출은 기준선량계를 사용하며, 기준선량계는 교정시점에서 5일전에 일정선량에 조사되어야 한다.

나) 판독기를 교정한 후 광선원의 준위를 정하여야 하는데, 그 최저점은 평균 광선원 판독치 보다 10% 낮게, 최대점은 10% 높게 설정한다.

다) 정상 안정도 준위는 5%의 변화계수인자내에 설정하며 암전류(Dark Current)의 준위는 ≤ 20 units로 설정한다.

4.3.3 판독기의 교정인자

- 판독기의 교정인자는 다음과 같이 주어진다.

$$LS \times \frac{mR}{\text{반응도 1}}$$

LS : 교정중의 평균 광선원값

mR : 교정선량계의 피폭량

반응도1 : 선량계의 각 구역에서 평균 반응도

(4 개 구역별로 유도)

- 각 선량계를 판독한 후 광선원을 측정하여 광선원값의 변화가 발생했을 경우에는 이 변화를 교정하기 위해 반응도 2 로 교정한다.

$$\frac{\overline{LS}}{LS} \times \frac{mR}{\text{반응도 1}} \times \text{반응도 2} = mR$$

예) 광선원의 평균값이 교정시는 500 이었던 것이 525로 변하였다면 평균치가 5% 증가한 것으로 나타난다. 반응도 2 는 이 영향을 반영하기 위해

$$\frac{500}{525} \times \text{반응도 2} \text{ 와 같이 교정된다.}$$

4.3.4 판독기의 교정평가

가) 판독기를 교정한 후 최소한 10개의 아닐링된 대조선량계를 판독하여 그

결과를 서식 9. 에 기록한다.

나) 각 필터구역의 평균판독치는 $\leq 10\text{mR}$ 이어야 하며, 각 구역에 대한 판독치의 표준편차는 $\leq 3\text{ mR}$ 이어야 한다.

다) 최소한 15개의 조사된 대조선량계를 이용하여 판독기의 교정을 확인하고 서식 9. 에 기록한다. 이때 조사선량에 대한 측정결과의 비는 $0.95 \sim 1.05$ 이내여야 한다.

라) 판독된 피폭선량값이 설정된 한도 이내에 있지 않을 경우 검사를 다시 수행하거나, 판독기를 수리 또는 재 교정하여야 한다.

4.3.5 Backup 영역에 대한 교정

- 판독기의 주영역에 대한 교정이 완료된 후 동일한 방법으로 Backup 영역에 대한 교정을 수행하고 서식 10. 을 작성하여야 한다. 이때 조사선량에 대한 측정결과의 비는 $0.90 - 1.10$ 이내여야 한다.

4.3.6 판독관리자는 매월마다 10개의 아닐링된 대조선량계와 15개의 조사된 대조선량계를 이용하여 판독기성능점검을 수행하여야 한다. 아닐링된 대조선량계 판독치의 평균은 10mR 이하, 표준편차는 3mR 이하이어야 한다. 15개의 조사된 선량계의 판독결과는 측정값과 판독값의 비가 $0.90 \sim 1.10$ 이어야 한다. 서식 11. 을 이용하여 그 결과를 기록한다.

4.3.7 판독기의 수리가 요구되는 경우에는 서식 12 를 작성하고 판독관리자는 7.0 절에 있는 기준에 따라 판독기를 교정할지 또는 성능점검만을 수행할지를 결정하여야 한다.

선량계 교체 기록표					서식 : 7		
안 내 : 이 서식은 선량계의 교체가 요구될때 제출된다. 이 서식은 판독관리자가 발행하고 다시 그에게로 돌아 온다.							
선량계번호	교체일	선량계배취	선량계공급자	반응인자			
				A1	A2	A3	A4

서식 7. 선량계 교체 기록표.

판독기 히터온도 점검표						서식 : 8
안내 : 9150 판독기는 교정전 또는 정기적으로 서머커플을 이용하여 6개 히터의 성능을 점검하여야 한다.						
판독기 일련번호 :			점검일자 :		점검자 :	
히터번호	기준온도	조정전 온도 (°C)	기준만족여부 (±5%)	조정후 온도 (°C)	기준만족여부 (±5%)	비 고
예열	145					
히터 1	295					
히터 2	295					
히터 3	295					
히터 4	295					
아닐링	300					
품질관리자 확인 :			(인)	판독책임자 확인:		(인)

서식 8. 판독기 히터온도 점검표.

판독기 주영역 교정 검정표

서식 : 9

1/2

판독기 번호 : _____ 교정일자: _____ 유효기간 : _____ - _____

검정자 성명: _____ 유도 교정인자 :CF1 _____ CF2 _____ CF3 _____ CF4 _____

아닐링된 선량계

영역 1 평균 _____ ≤ 10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤ 3 _____ (Y,N)

영역 2 평균 _____ ≤ 10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤ 3 _____ (Y,N)

영역 3 평균 _____ ≤ 10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤ 3 _____ (Y,N)

영역 4 평균 _____ ≤ 10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤ 3 _____ (Y,N)

판독실패시 - 2차 판독

영역 1 평균 _____ ≤ 10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤ 3 _____ (Y,N)

영역 2 평균 _____ ≤ 10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤ 3 _____ (Y,N)

영역 3 평균 _____ ≤ 10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤ 3 _____ (Y,N)

영역 4 평균 _____ ≤ 10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤ 3 _____ (Y,N)

서식 9. 판독기 주영역 교정 검정표. (계속)

판독기 주영역 교정 검정표

서식 : 9

2/2

심부선량측정 조사량 _____ x 1.03 = _____ mrem

1. _____ 6. _____ 측정치 평균 _____ mrem

2. _____ 7. _____ $\frac{\text{측정선량평균}}{\text{조사량}} = \text{mrem} = R1$

3. _____ 8. _____ R1은 ≥ 0.95 이고 ≤ 1.05 이어야 한다.

4. _____ 9. _____

5. _____ 10. _____

판독실패시 - 2차판독

1. _____ 6. _____ 측정치 평균 _____ mrem

2. _____ 7. _____ $\frac{\text{측정선량평균}}{\text{조사량}} = \text{mrem} = R1$

3. _____ 8. _____ R1은 ≥ 0.95 이고 ≤ 1.05 이어야 한다.

4. _____ 9. _____

5. _____ 10. _____

판독 관리자

일 자

서식 9. 판독기 주영역 교정 검정표.

관독기 Backup 영역 교정 검정표

서식 . 10

관독기 번호 : _____ 교정일자: _____ 유효기간 : _____ - _____

검정자 성명: _____ 유도 교정인자 :CF1 _____ CF2 _____ CF3 _____ CF4 _____

심부선량측정 조사량 _____ x 1.03 = _____ mrem

<u>선량계번호</u>	<u>심부선량계산값</u>
1. _____	1. _____
2. _____	2. _____
3. _____	3. _____
4. _____	4. _____
5. _____	5. _____
6. _____	6. _____
7. _____	7. _____
8. _____	8. _____
9. _____	9. _____
10. _____	10. _____

측정치 평균 _____ mrem

$$\frac{\text{측정선량평균}}{\text{조사량}} = \text{mrem} = R4$$

R4는 ≥ 0.90 이고 ≤ 1.10 이어야 한다.

관독 관리자

일 자

서식 10. 관독기 Backup 영역 교정 검정표.

판독기 성능 점검표

서식 : 11

1/2

판독기 일련 번호: _____ 유도교정인자. CF1 _____ CF2 _____ CF3 _____ CF4 _____

일 자: _____ 점검자: _____

아닐링된 선량계

영역 1 평균 _____ ≤10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤3 _____ (Y,N)
 영역 2 평균 _____ ≤10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤3 _____ (Y,N)
 영역 3 평균 _____ ≤10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤3 _____ (Y,N)
 영역 4 평균 _____ ≤10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤3 _____ (Y,N)

심부선량측정 조사량 _____ x 1.03 = _____ mrem

<u>선량계번호</u>	<u>심부선량계산값</u>
1. _____	1. _____
2. _____	2. _____
3. _____	3. _____
4. _____	4. _____
5. _____	5. _____
6. _____	6. _____
7. _____	7. _____
8. _____	8. _____
9. _____	9. _____
10. _____	10. _____

측정치 평균 _____ mrem

$\frac{\text{측정선량평균}}{\text{조사량}} = \text{_____ mrem} = R4$

R4는 ≥ 0.90이고 ≤1.10 이어야 한다.

서식 11. 판독기 성능 점검표. (계속)

2차 검사

서식 : 11

2/2

판독기 일련 번호: _____ 유도교정인자: CF1 _____ CF2 _____ CF3 _____ CF4 _____

일 자: _____ 점검자: _____

아닐링된 선량계

5

영역 1 평균 _____ ≤10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤3 _____ (Y,N)

영역 2 평균 _____ ≤10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤3 _____ (Y,N)

영역 3 평균 _____ ≤10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤3 _____ (Y,N)

영역 4 평균 _____ ≤10 _____ (Y,N) 표준편차 _____ ≤3 _____ (Y,N)

심부선량측정 조사량 _____ x 1.03 = _____ mrem

선량계번호 심부선량계산값

1. _____ 1. _____

2. _____ 2. _____

3. _____ 3. _____

4. _____ 4. _____

5. _____ 5. _____ 측정치 평균 _____ mrem

6. _____ 6. _____

7. _____ 7. _____

8. _____ 8. _____

9. _____ 9. _____ $\frac{\text{측정선량평균}}{\text{조사량}} = \text{mrem} = R4$

10. _____ 10. _____ R4는 ≥ 0.90이고 ≤1.10 이어야 한다.

품질 관리자

일 자

서식 11. 판독기 성능 점검표.

판독기 보수 유지 기록표						서식 . 12
판독기 모델 :			판독기 일련번호 :			
년/월/일	문제점	해결방법	문제해결자	교 정	정기점검	비 고
품질관리자 확인 :			(인)	판독책임자 확인:		(인)

서식 12. 판독기 보수 유지 기록표.

제 5 절 소프트웨어 관리 및 데이터 베이스 유지

5.1 소프트웨어의 관리

5.1.1 소프트웨어의 수정 또는 보완작업은 판독담당자가 서식 13. 을 작성하고 수정을 요구할 경우에 수행된다. 이러한 수정에 대한 허가여부와 수정 일정 및 방법은 판독책임자가 결정한다.

소프트웨어가 수정된 후에는, 판독관리자는 소프트웨어가 만족스럽게 수정되었는지 검정하고, 그 결과를 판독책임자 및 품질관리자에게 보고하며 서식 13.에 수정내용과 필요한 동의를 기록한다.

5.1.2 선량평가 알고리즘

5.1.2.1 PB-3 배지 시스템의 설계특성

개인모니터링에 있어서의 주요 관심사는 인체조직내 특정 지점에서의 선량당량을 어떻게 개인선량계로 측정할 것인가에 초점이 모여진다. 이에 대한 첫 단계인 기술적 대응으로 PB-3 개인선량계의 배지 시스템은 조사선량의 단위를 갖는 선량계의 판독값에 에너지 의존성 환산계수를 곱한 것이 0.07 mm 및 10 mm 깊이에서의 인체조직이 받는 선량당량으로 직접 전환될 수 있도록 설계되어 있다.

알고리즘의 적용을 위한 배지 시스템의 요구사항을 만족시키기 위하여 PB-3 배지 시스템의 각 영역은 배지 케이스내 각 영역에 존재하는 필터의 재질 및 두께에 따라 서로 상이한 도시메트리 특성을 갖는다. 이에 따라 선량평가에 이용되는 PB-3 배지 시스템의 각 영역의 도시메트리 특성은 다음과 같다.

① Area 1 (A1) 영역

- 이 영역의 판독값은 0.07 mm 깊이에서 베타입자에 의해 인체조직이 받는 선량당량을 평가하는데 사용되도록 설계되어 있다.

② Area 2 (A2) 영역

- 이 영역의 판독값은 베타입자와 광자가 동시에 존재하는 혼합 방사선장에서 베타선량을 평가하는데 보조적 역할을 하도록 설계되어 있다. 이 영역의 filtration system은 $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$ 에서 방출되는 베타선의 에너지를 거의 차단할 수 있는 차폐능을 지니고 있다.

③ Area 3 (A3) 영역

- 이 영역의 판독값은 혼합 광자장에서 에너지를 분해하는데 보조적 역할을 하도록 설계되어 있다.

④ Area 4 (A4) 영역

- 이 영역의 판독값은 10 mm 깊이에서 인체조직이 받는 선량당량을 평가하는데 사용되도록 설계되어 있다.

5.1.2.2 알고리즘의 구성

(1) 순수 베타

선량계가 순수 베타에 조사되었는지를 알아내는데 R11과 R16이 사용된다. 순수 베타인 경우 R11의 값은 33.33으로 주어지고 있으며, 베타가 100 % 이고 Cs-137이 33 %인 혼합장에서의 R11의 값은 3.69이다. 또한 Cs-137과 X-선과의 혼합장에서의 R11의 값은 모두 2.97 이하로 주어지고 있다. 따라서 $R11 \geq 15$ 인 경우 선량계는 순수 베타에 조사되었는 것으로 해석된다.

또한 순수 베타인 경우 R16의 값은 3.33×10^7 으로 주어지고 있으며, 베타가 100% 이고 Cs-137이 33 % 인 혼합장에서의 R16은 59.65의 값을 갖는다. Cs-137과 X-선과의 혼합장에서의 R16의 값은 모두 753.41 보다 적다. 따라서 $R16 \geq 800$ 인 경우 선량계는 순수 베타에 조사된 것으로 해석된다.

(2) 고에너지 광자(High Energy Photon)와 베타와의 혼합장

순수 Cs-137인 경우 R10의 값은 1.0이고 단일 에너지 X-선인 경우 R10의 값은 1.36보다 모두 크다. 그리고 순수 베타인 경우 R10의 값은 30이고 베타가 100%이고 Cs-137이 33 % 인 혼합장에서의 R10의 값은 1.09이다. 따라서 $R10 \leq 1.3$ 인 경우 선량계는 고에너지 광자(HEP) 혹은 HEP와 베타와의 혼합장에 조사되었는 것으로 해석된다.

다음 단계로 R11과 A1영역의 판독값이 다음 조건을 만족할 때 선량계가 HEP와 베타와의 혼합장에 조사되었는 것으로 해석한다.

- Ⓐ $A1 > 500$ and $R11 \geq 1.05$
- Ⓑ $100 \leq A1 \leq 500$ and $R11 \geq 1.10$
- Ⓒ $A1 < 100$ and $R11 \geq 1.20$

(3) 고에너지 광자(HEP)

$R10 \leq 1.3$ 이고 (2)의 Ⓐ, Ⓑ, Ⓒ를 만족하지 못할 때 선량계는 HEP에 조사되었는 것으로 해석한다.

(4) Cs-137과 X-선과의 혼합장

R10 ≥ 1.3인 경우 선량계는 Cs-137과 X-선과의 혼합장, 그리고 X-선과 베타와의 혼합장에 조사되어진 것으로 해석한다. 다음 단계로 Cs-137과 X-선과의 혼합장에 대한 조건만을 재 설정하기 위해 다음식이 사용된다.

$$R = A1 - (A2*CF3)$$

위 식은 베타선량에 기인된 선량을 계산하는데 적용되는데, $R \leq (A1*0.1)$ 인 경우 Cs-137과 X-선과의 혼합장에 조사되어진 것으로 해석한다.

(5) X-선과 베타와의 혼합장

R10 ≥ 1.3이고 $R \geq (A1*0.1)$ 인 경우 선량계는 X-선과 베타와의 혼합장에 조사되어진 것으로 해석한다.

5.2 데이터 베이스의 유지

5.2.1 신규 작업종사자에 대한 자료의 추가작업은 소속기관과 소속부서번호(code)에 따라 구분된다. 일반적으로 부서번호는 4자리의 숫자로 구성되며, 기관번호는 국가피폭관리기관에서 부여된다. 종사자관리 데이터 베이스에는 판독서비스를 받는 종사자의 인적사항 등을 기록하고, 현황과 기타사항을 포함시킨다. Status란의 1은 종사자에게 선량계가 지급되어 있음을 나타내고, 0는 작업자가 더 이상 방사선작업에 종사하지 않을 경우로 배지의 지급은 중지되나 그 결과는 보고되어야 함을 나타낸다. 데이터 베이스에 종사자에 대한 자료를 입력시킬 경우 다음의 각 분야가 정확히 기록되었는지 확인하여야 한다.

가) 소속번호 : 개인의 소속번호가 맞는가 ?

나) 선량계번호 : 6개의 숫자로 나타내며 다른 배지번호와 중복되지 않는가?

다) 지급/비지급 상태

: 지급대상일 경우 선량계를 지급하고 보고서가 출력되며, 비지급 대상일 경우에는 선량계가 지급되지 않으나 이전 결과는 출력된다.

라) 피폭선량 기록 : 분기, 연간 및 현재까지의 누적선량을 기록하며 다음과 같은 이차적인 기록현황이 포함된다.

1) 피 지급자의 소속번호

2) 생년월일

3) 성별.

선량계 데이터 베이스에 신규선량계가 추가되면 선량계 I.D.번호, 교정인자, 입력일자 등이 컴퓨터에 저장된다. 신규선량계 추가작업후 지급자의 이름, 소속번호, 지급기간 등을 입력시키면 선량계 관련 입력이 완료된다.

5.2.2 피폭관리 데이터 베이스의 안전한 자료관리를 위해 자료접근에 대한 보안번호를 사용하여야 한다. 이 번호의 갱신은 판독관리자에 의해 매 분기마다 수행되며, 적절히 훈련을 받은 판독관련자에게만 알려져야 한다.

5.2.3 품질관리자는 품질관리검사의 목적으로, 기지의 결과를 포함하는 검사데이터를 이용하여 각 데이터 베이스에 대해 매 분기에 한번씩 계산을 수행하고 피폭관리 소프트웨어의 신뢰도를 확인하여야 한다. 또한 검사결과를 검토하고 서식 14. 를 작성하여 보관하여야 한다.

5.2.4 판독담당자는 선량계 데이터 화일 및 관련 선량계 교정인자의 건전성을 매 6개월마다 확인하여야 하며, 판독관리자는 그 결과를 검토하고 확인하여야 한다.

5.2.5 판독관리자는 화재 등 기타 사고에 의한 데이터 베이스의 파손, 손실 가능성을 줄이기 위해 보관용 데이터 베이스 디스켓을 만들어 보관하여야 한다. 매 월말에 각 전산자료의 내용을 확인하고 보관용 디스켓(또는 Backup Tape)에 복사한다. 보관용 디스켓에는 복사한 날짜를 기록하고 3개월간 보관후 지우도록 저장 만기일을 같이 기록한다. 판독관리자는 최소한 3개의 보관용 디스켓을 TLD 판독실과 분리된 장소에 안전하게 보관하여야 한다.

소프트웨어 수정 기록표

서식 : 13

Version No . _____ Program No : _____

문제 제기자 : _____

심각도 : _____

범 위 : _____

분 류 : _____

문제 설명 : _____

수 정 자 : _____ 일 자 : _____

해결 내용 : _____

기타 상황 : _____

검 증 자 : _____ 일 자 : _____

요구된 대로 수정되었습니까 ? (예, 아니오)

품질관리자 : _____ 일 자 : _____

전체복사가 최근 것으로 개정 되었습니까 ? (예, 아니오)

판독책임자 승인 : _____ 일 자 : _____

서식 13. 소프트웨어 수정 기록표.

소프트웨어 관리표						서식 : 14
판독기 모델 :			소프트웨어 일련번호 :			
년/월/일	문제점	해결방법	담당자	검정	정기점검	비고
품질관리자 확인 :			(인)	판독책임자 확인:		(인)

서식 14. 소프트웨어 관리표.

제 6 절 교 정

6.1 아닐링 오븐

- 품질관리자는 매 12개월마다 아닐링 오븐의 성능을 확인하여야 한다. 아닐링 오븐의 성능확인온도는 오븐내 여러 곳에 특정온도를 확인하기 위해 서머커플을 사용하여야 한다. 서머커플로 측정된 온도는 명시된 온도와 10% 범의이내 이어야 한다. 품질관리자는 성능시험결과를 합격, 불합격 조건에 따라 서식 15.에 기재하여야 하며, 불합격시 부서장에게 보고하여 오븐을 교정하여야 한다.

- 오븐 교정후 교정증명서(또는 성능확인증명서)가 오븐 외부에 부착되어야 한다. 이 증명서에는 교정일자(성능확인일자), 유효기간, 교정된 형태 (확인형태)등이 포함되어야 한다.

6.2 Cs-137 선원

- 품질관리자는 표준 Ion-Chamber를 사용하여 매 12개월마다 Cs-137 선원의 성능을 확인하여야 하며, 표준 Ion-Chamber는 국가 1차 표준기관에서 교정된 장비를 사용한다. 성능시험은 6mm 두께 Plexiglass 뒤에서 조사되는 선량계와 같은 표면 위에 Ion-Chamber를 위치시켜서 시행되어야 한다.

- 선원 표면에서부터 Plexiglass판의 중심까지의 거리는 1 m 이어야 한다. Timer와 표준 Ion-Chamber는 조사선량을 측정하기 위해 동시에 동작되어야 한다.

- 일정시간후 선원을 내리고 표준 Ion-Chamber의 측정을 기록한다. 이때 온도와 대기압력을 기록하여야 하며 이에 따라 표준 Ion-Chamber 수치를 보정하여야 한다. 보정된 수치를 조사선량(mR/h)으로 계산하고 서식 16. 을 작성한다.

6.3 방사능계측기

- 품질관리자는 TLD의 오염검사를 위한 계측기를 매 6개월마다 교정하여야 하며 12개월을 초과해서는 안된다. 이러한 교정은 계측기 점검교정팀에 의뢰하며 Cs-137 선원으로 해야 한다. 교정후 교정증명서가 계측기에 부착되어야 한다. 이 증명서에는 교정번호, 교정일자, 유효기간, 교정된 형태 등이 포함되어야 한다.

6.4 선원 Timer

- 품질관리자는 선원 Timer의 성능을 매 12개월마다 확인하여야 하며, 국가 1차 표준기관의 Timer Clock과 비교한다. Timer를 4시간으로 고정시킨다. 시간이 통보된 후 1분 이내에 timer를 가동시키고 그 시간을 서식 17. 에 기록한다. 4 시간후 timer가 선원을 차단시키는 시간을 기록한다. 고정시킨 시간과 선원을 차단 시킨 시간과의 차이는 분단위로 계산한다. 선원이 가동될 때 시간의 비율은 240분에 대해서 0.99 - 1.01 내에 있어야 한다. 이 기준에 만족되지 못한 경우에는 품질관리자는 판독책임자에게 보고하여 timer의 교정을 의뢰하여야 한다. 만약 timer가 교정될 수 없을 정도의 손상을 받은 경우에는, 새로운 timer가 구입 교정되기전 까지 일시적으로 보정인자를 사용 할 수 있다.

- 교정이 완료되면 교정 날짜와 만기 날짜가 기재된 표지를 부착하여야 한다. 만약 timer가 교정되어 있지 않으면 "서비스 불가" 표식을 부착하여야 한다.

6.5 서머커플(Thermocouple)

- 품질관리자는 TLD 판독기의 오븐과 히터온도를 측정하기 위한 Thermocouple의 교정을 최소한 1 년에 1회 이상 의뢰하여야 하며, 그 시기는 오븐이 교정되기 전에 실시되어야 한다. 교정이 완료되면 교정 날짜와 만기 날짜가 기재된 표지를 부착하여야 한다. 만약 서머커플이 교정되어 있지 않으면 "서비스 불가" 표시를 부착하여야 한다.

6.6 선량계의 조사

- 판독관리자는 TLD판독기를 교정하기 위해, 또는 교정된 상태를 확인하기 위해 선량계의 조사를 실시한다. 조사선원은 Cs-137 감마선원을 사용하며, 운영절차서의 인가된 조사절차에 따라 조사하여야 한다. 조사된 선량계는 선량계 저장함에 저장하여야 하며, 조사결과를 서식 18. 에 기록하여 판독담당자에게 인계하여야 한다.

6.7 안정된 전원공급(Uninterrupted Power Supply,U.P.S)

- 판독담당자는 항상 판독기와 컴퓨터의 전원공급에 사용되는 무정전 전원공급장치(U.P.S.)의 상태를 확인하여야 하며, 매 6개월마다 U.P.S.의 성능을 시험하여야 한다. 서식 19. 는 판독담당자에 의해 작성되고 품질관리자에 의해 평가되어야 한다.

아닐링 오븐 온도 점검표

서식 : 15

모 델: _____ 제작사 : _____ 일련 번호: _____

점검일 : _____ 점검자: _____

디지털 서머메터 : 모델번호 : _____ 일련번호: _____

디지털 서머메터 검교정 : 합격 _____ 불합격 _____

측정된 점검점 :

점검온도	실제온도	온도차	비 고
0			
100			
150			
200			
250			
300			
350			
400			
450			
500			

오븐 모델 : _____ 합격 _____ 불합격 _____

품질관리자

일 자

서식 15. 아닐링 오븐 온도 점검표.

Cs-137 선원의 검교정표

서식 : 16

선원 모델 번호 : _____ 일 자 : _____

형 태 : _____ 전리함 번호 : _____

	온도℃	압력	상대습도%
시작시간 : _____	_____	_____	_____
종료시간 : _____	_____	_____	_____
총 가동시간 : _____	평균	_____	_____

교정인자(전리함) 측정값

_____ x _____ = _____ mR_i (미수정)

_____ mR_i x $\frac{1013}{(\quad)_P}$ × $\frac{(\quad)_T + 273.15}{273.15}$ = _____ mR

P ; 대기압

T ; 온도

Shonka Chamber 교정인자

MODEL	Collecting Volume cc	Calibration Factor R/nC
A3	3.6	0.9
A4	30	0.09
A5	100	0.03
A6	800	0.004

전리함의 교정일자 : _____

(만일 12개월이 지났다면 전리함 관리자에게 알려야 한다)

교정자 : _____

품질관리자 : _____

서식 16. Cs-137 선원의 검교정표.

선원 Timer의 검교정표

서식 : 17

선원 Timer를 4 시간의 조사시간으로 설정한다.

그 시계는 국가1차표준기관에서 정한 (A) _____ 시에 선원을 개봉 조사 시킨다.

4시간후 국가1차표준기관의 시간을 기본으로 한 (B) _____ 시에 선원을 닫는다.

샷터가 열린 시간은 : (A) _____

샷터가 닫힌 시간은 : (B) _____

A - B = (C) _____ 분

$$\frac{(C) \text{ 분}}{240} =$$

그 비는 > 0.99 과 < 1.01 이어야 한다.

점검자 : _____

관독담당자 일 자

확인자 : _____

품질관리자 일 자

서식 17. 선원 Timer의 검교정표.

선량계조사 기록표*						서식 : 18
년/월/일	선량계형태**	선량계번호	총조사시간 (sec)	시간당 선량 (mR/sec)	총조사량 (mR)	비 고
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
<p style="text-align: center;">조사자 : _____ 감독관리자 : _____</p>						
<p>*주의 : 이 양식은 6mm Plexiglass 사이에 조사되는 경우에 한한다. **선량계 형태 : 형태 1 - CaSO₄:Dy 베타,감마 형태 2 - ⁶LiF/CaSO₄:Dy 중성자</p>						

서식 18. 선량계조사 기록표.

무정전 전원공급기 검사표

서식 : 19

전원공급기 번호 : _____

전원공급기상의 모든장치를 가동 시킨 다음 전원공급기의 스위치를 켜다. KVA의

수치는 나타나므로 그값을 (A)에 기록한다. (B)에 KVA로 된 UPS의 용량을 적는다.

(A) _____ (KVA)

(B) _____ (공급기용량) - _____ (A) X 100 = _____ %(C)

(C) 90% 를 초과 할 수 있는지 합격 또는 불합격 _____

전원공급기상의 모든 장치를 가동하고 전원공급기의 전원코드를 분리한다. 공급전원

에 대한 나머지 시간에 전원공급기를 키고 (D)에 기록한다.

(D) _____ 저장전원 (분)

(D)는 10분이상이어야만 하며 합격 또는 불합격인지 _____

판독담당자

일 자

품 질 관 리 자

일 자

서식 19. 무정전 전원공급기 검사표.

제 7 절 판독관리

7.1 선량계 아닐링(Annealing)

7.1.1 모든 개인선량계는 배지케이스에 장진되기 전에 이전의 잔류선량을 제거하기 위해 아닐링 되어야 한다. 아닐링은 선량계의 종류에 따라 적절히 제작된 알루미늄 Magazine 속에서 진행된다.

7.1.2 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 또는 ${}^6\text{LiF}/\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 전신선량계

- Magazine 속의 선량계는 250°C - 270°C 사이에서 최소한 2시간동안 아닐링 되어야 하며 5시간을 초과해서는 안된다. 판독담당자는 아닐링이 끝난후 서식 20. 을 작성하여 보관한다.

7.2 선량계의 성능확인 (Screening)

- 모든 현장선량계는 년 1회의 성능확인작업을 거쳐 사용하여야 한다. 선량계의 성능확인에는 Sr/Y-90 선원을 사용하며, 일정선량을 조사시켜 그 결과를 비교한다. 이때 측정된 반응도와 조사선량간의 비는 $\pm 5\%$ 의 범위 내에 있어야 한다. 성능기준에 미달하는 선량계는 지급대상에서 제외시키고, 3회 이상 지급대상에서 제외된 선량계는 폐기하여야 한다.

7.3 배정작업

7.3.1 피폭관리프로그램의 데이터 베이스는 선량계, 종사자, 소속부서 및 소속기관에 관련된 자료들로 구성되어 있다. 신규기관이 추가될 경우에는 일정한 규칙에 따라 기관번호를 부여하여야 한다. 종사자의 데이터 베이스에는 소속기관번호와 소속부서가 기록되고, 개인신상 및 기간별 집적선량이 누적된다.

7.3.2 종사자에 대한 지급예정선량계의 배정은 피폭관리프로그램의 “Dosimeter 관리” 작업에서 수행된다. 선량계의 배정작업은 필요에 따라 전체배정과 분류배정으로 구별하여 배정하며, 배정과 동시에 그 결과를 프린터로 출력하여 누락이나 오류발생 여부를 확인한다.

7.3.3 연구 또는 실험의 목적으로 사용되는 선량계는 선량계 데이터 베이스에서 배정되지 않도록 하여야 하며 이 선량계들은 현장선량계와 분리하여 관리하여야 한다.

7.3.4 중성자선량계에 대한 배정은 피폭관리프로그램에서 지원하지 않으므로 수작업으로 배정하여야 하며 감마선량계의 배정 현황표에 선량계번호를 기록하여야 한다.

7.4 표식(Label)부착

- 판독담당자는 선량계의 배정이 끝난후 배정결과 List에 따라 표식을 작성하여야 한다. 표식에는 소속부서번호와 종사자성명이 기록되어야 하며 배지케이스의 전면에 부착하여야 한다.

7.5 선량계 장진 (Loading)

7.5.1 모든 선량계는 다음의 목적달성을 위해 배지케이스에 장진 되어야 한다.

- 가) 먼지,물 등 선량평가 결과에 영향을 줄 수 있는 오염으로 부티의 선량계 보호
- 나) 선량계산 알고리즘의 적용을 위한 필터억할
- 다) 종사자가 착용하기 용이한 구조로의 변환
- 라) 배지케이스에 부착된 표식에 의한 착용자의 식별.

7.5.2 배지케이스에 장진될 선량계는 완전히 아널링 되었다고 판단된 후 Magazine으로부터 분리되어야 하며, 선량계번호가 후면을 향하도록 배지케이스에 장진하여야 한다.

7.5.3 중성자선량계는 배지케이스의 전면에서 보아 감마선량계의 후방에 장진하여야 한다.

7.5.4 선량계의 장진이 끝난후에는 배지케이스에 부착된 표식의 부착된 위치와 식별용이성을 확인하여야 한다.

7.6 선량계 분배 및 회수

7.6.1 선량계의 분배와 회수는 각 부서 또는 기관별로 실시하며, 매분기 마지막 일주일동안에 전 분기 선량계의 회수와 동시에 분배한다.

7.6.2 판독담당자는 선량계 분배시에 Background 선량의 보정을 위해 10개 이상의 대조선량계를 선별하여 저장함에 보관하여야 한다.

7.6.3 회수된 선량계는 배지케이스에서 이탈하기 전에 외관검사와 오염검사를 실시하여야 한다. 오염검사는 α , β , γ -선에 반응할 수 있는 계측기(Survey meter)를 이용하며

검사결과를 서식 21. 에 기록하여야 한다.

7.6.4 판독담당자는 종사자의 선량계가 분실된 경우에는 방사선안전관리절차서에 따라 분실처리하여야 하며, 회수된 선량계가 망실 또는 오염이 탐지된 경우에는 즉시 이를 판독관리자에게 통보하고 품질관리자의 개입을 요구하여야 한다.

7.6.5 정상상태의 선량계로 판단되는 회수된 선량계는 배지케이스에서 분리하여 판독시까지 현장선량계저장함에 보관하여야 하며, 배지케이스는 배지케이스저장함에 보관하여야 한다.

7.6.6 판독담당자는 배지케이스로부터 선량계를 분리할 시 선량계의 판독결과에 영향을 줄 수 있는 모든 행위를 가능한 배제하여야 한다.

7.7 선량계 판독

7.7.1 판독담당자는 선량계를 판독하기 전에 판독기의 성능점검을 실시하여야 하며 서식 11. 을 작성하여야 한다. 또한 판독기 교정인자의 유효기간 내에 기기의 보수가 행해진 경우에는 판독기를 재 교정하여야 하며 서식 9. 를 작성하여야 한다.

7.7.2 선량계의 판독시에는 다음과 같은 판독기 각 부분의 성능이 판독기 주연산장치에 의해 점검되며, 이들의 성능이 기준을 만족하지 못하게 되면 판독을 자동으로 중지하게 된다.

가) 질소가스 압력- 4 SCFH 이상

나) 판독시 광선원과 교정시 광선원 차이 < $\pm 10\%$

다) 광선원의 변동계수 < $\pm 5\%$

라) 히터의 온도

Preheat - $130^{\circ}\text{C} \pm 10$

Readout - $295^{\circ}\text{C} \pm 10$

Anneal - $300^{\circ}\text{C} \pm 10$ (오븐을 사용할 경우에는 0°C)

마) 암전류 < 20 counts.

7.7.3 기기성능의 오류로 인하여 판독이 중지된 때에는 판독담당자는 이를 판독관리자에게 통보하고 유지·보수절차서에 따라 보수계획을 수립하여야 한다. 다음 각 항목의 수리가 행해진 경우에는 판독기를 재 교정하여야 한다.

가) 광증배관(PM Tube)의 인가전압 조정

나) 광증배관의 교체

- 다) 광선원의 조정 또는 교체
- 라) 광증배관과 판독위치에 있는 선량계 사이의 slot grid 교체
- 마) LED의 턴테이블 정지위치 조정
- 바) 광증배관 interface board 조정 또는 교체.

다음의 경우에는 판독기 성능점검 항목만으로 재교정을 대신할 수 있다.

- 가) 히터의 조정 및 교체
- 나) CAM Motor 센서의 조정 및 교체.

7.7.4 선량계의 판독이 진행되면 광신호는 PC로 전송되어 RAM에 저장되며 선량계 번호를 확인하게 된다. PC로 전송된 광신호는 조사선량단위로 변환되어 데이터 파일로 저장된다.

7.7.5 판독담당자는 선량계의 Backup 영역의 판독에 대비해 판독이 끝난 선량계를 최소 20일 이상 독립된 현장선량계저장함에 저장하여야 한다. 또한 이 저장함에는 “기판독”, “- 월 - 일까지 아닐링 금지” 표식을 부착하여야 한다.

7.7.6 정상적인 개인선량계의 판독은 매분기 1회를 원칙으로 하며, 비정상적인 상황의 발생으로 인해 판독책임자가 필요하다고 판단하는 경우에는 개인선량계의 착용이 끝난후 즉시 판독하도록 한다.

7.8 판독결과와의 검정 및 정정

- 선량계의 판독이 완료되면 판독담당자는 피폭관리프로그램의 피폭자료검정 항목을 선택하여 판독결과를 확인하여야 한다. 또한 판독결과와 오류가 확인되면 피폭자료정정 항목에서 자료들 수정해 주어야 하며 서식 22. 에 수정내역을 기록한다. 자료의 판독결과 확인은 다음의 사항에 주안점을 두어야 한다.

- 가) 선량계의 종류 및 선량계번호의 확인;
 - 전체선량계번호의 7번째 자리가 선량계의 종류를 확인하는 번호이며, 1은 베타/감마용이고 2는 중성자용 선량계이다.
 - 선량계번호의 마지막 2자리는 이전 7자리의 합과 동일하여야 한다.

나) 대조선량계의 우선 판독 및 Background 보정

다) 판독된 각 영역의 결과비교

- 만약 A4 영역이 높은 결과를 나타내는데 A1 영역이 0으로 나타난다면 이는 판독시 오류가 발생한 것이다. 이러한 경우에는 판독관리자가 개

입하여 Backup 영역을 판독하여야 한다.

7.9 피폭선량계산

7.9.1 피폭자료의 검정 및 정정이 완료되면 피폭선량의 계산작업을 수행한다. 피폭선량계산은 피폭관리프로그램의 피폭자료계산 항목에서 수행되며 계산결과를 프린터로 출력한다.

7.9.2 피폭자료 계산시 계산결과는 종사자와 관련된 각 데이터화일에 병합되며 기존 데이터들을 갱신하게 된다. 다음의 경우에는 데이터 병합이 수행되지 않는다.

- 가) 선량계의 배정이 잘못된 경우
- 나) 필요한 계산프로그램이 파손된 경우
- 다) 선량계 종류가 틀리는 경우.

7.9.3 선량계산이 완료된 후 판독관리자는 판독결과에 대해 다음 사항을 검토하여야 하며 필요시 품질관리자의 개입을 요청하여야 한다.

- 가) 판독결과의 오류 메시지
 - 1) Background 선량의 보정
 - 2) 선량계 교정일자
 - 3) 미배정 선량계의 사용
 - 4) 중성자선량계산에서의 Px 인자 보정
 - 5) 각 영역 비율 오류
 - 6) 배정대상자를 찾지 못하는 오류.
- 나) 선량한도 이상의 피폭선량이 계산된 경우
 - * 선량한도 ; 1500 mrem/분기

7.9.4 중성자선량계의 선량계산은 각 선량계의 기초판독자료를 이용하여 인가된 별도 프로그램에서 계산하여야 한다. 판독관리자는 중성자선량계산결과를 검토, 확인한 후 개인피폭선량 데이터의 수정을 인가하여야 한다.

7.10 기초판독자료 및 계산결과의 수정기록

- 선량계 판독시의 오류 발생으로 인한 기초판독자료의 수정은 판독관리자의 책임하에 수행되어야 하며 계산결과의 수정은 품질관리자의 책임하에 수행되어야 한다. 기초판독자료와 계산결과의 수정은 다음의 기준에 따라 진행되어야 하며, 모든 자

료와 계산결과의 수정은 판독책임자의 최종 승인을 득하여야 한다.

가) 기초자료의 수정

- 기초자료에 오류가 발견된 경우에는 선량계의 Backup 영역을 우선적으로 판독하여야 한다. 만일 Backup 영역의 판독결과가 정확하다고 판단되는 경우에는 그 결과를 사용하도록 하며 서식 22. 를 기록한다.

나) 선량계산결과의 수정

- 선량계산결과의 수정은 다음의 경우에 한하며 선량예측법은 TLD 운영절차서에 따른다. 수정결과를 서식 22. 에 기록한다.

1) 분명한 오류로 판명된 경우에 수정한다.

2) 주영역과 Backup 영역의 판독결과가 상이한 경우

3) 부정확한 교정인자가 사용된 경우

4) 정상적인 판독에도 불구하고 해당 종사자의 방사선작업상 불가능한 판독결과가 도출된 경우.

- 중성자선량계를 착용한 작업종사자의 피폭선량결과는 작성된 감마선량 데이터에 별도로 계산된 중성자선량을 추가, 수정하여야 한다.

7.11 판독담당자는 선량계 판독이 종료된 후 서식 23. 을 작성하여야 하며 이 서식에는 판독자, 판독일, 결과파일(file)등 판독에 관련된 자료가 기록되어야 한다.

7.12 보고서 출력 및 보고

판독결과 보고는 선량계를 판독한 후 20일 이내에 실시되어야 한다. 보고서는 피폭관리프로그램의 보고자료출력 항목에서 출력하며 보고양식은 국가피폭관리기관이 정한 양식으로 한다.(서식 24, 서식 25) 보고서는 출력된 후 품질관리자와 판독책임자가 검토하고 승인하여야 한다.

7.13 판독실 오염감시

7.13.1 판독결과의 품질보증목적 달성을 위해 판독실 내부의 오염여부가 항상 감시되어야 한다. 판독실의 오염감시는 환경감시용 선량계를 이용하며 감시주기는 매월 1 회로 한다. 오염감시용 선량계의 부착위치는 다음과 같다.

가) 각 판독기의 주변

- 나) 각 벽면
- 다) 아널링 오븐 주변
- 라) 각 선량계 저장함 주변
- 마) 판독준비실의 작업대 주변.

7.13.2 판독담당자는 매월 초 오염감시용 선량계를 수거하여 판독하여야 하며 그 결과를 검토하여야 한다. 판독결과가 20mR 을 초과하는 경우에는 판독관리자에게 통보하여야 하며, 판독관리자는 정밀한 방사능측정기를 이용하여 오염상황을 확인하고 적절한 대책을 강구하여야 한다.

7.14 Backup 시스템의 기준

TLD 판독장비의 고장등으로 인하여 정상적인 선량계 판독이 불가능한 경우에는 연구소와 동일한 모델을 운영하고 있는 타 기관의 판독기를 이용하여 회수된 선량계를 판독한다. 연구소 이외 기관의 판독기를 이용할 경우의 판독절차 및 품질관리절차는 판독기를 소유하고 있는 기관의 절차에 따르되 선량계 판독에 따르는 각종 성능 점검결과 및 교정일자등은 관련서식들에 기록하여야 한다.

선량계 아닐링 기록표						서식 : 20
년/월/일	선량계 형태*	선량계번호	오븐온도 (°C)	아닐링시간 (Hr)	담당자	비 고
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
		-				
*선량계 형태 : 형태 1 - CaSO ₄ :Dy 베타,감마 형태 2 - ⁶ LiF/CaSO ₄ :Dy 중성자						

서식 20. 선량계 아닐링 기록표.

관독결과의 수정내역 기록표

서식 : 22

1.소속코드 : _____ 패용기간: _____ - _____ 수정일자 : _____

2.기초자료화일 이름: _____ 계산된 자료화일 이름: _____

3.자료 수정에 대한 설명 : _____

4.기초자료

선량계 번호	수정전				수정후			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4

5. 계산된 자료

선량계 번호	수정전				수정후			
	심부선량	피부선량	베타	중성자	심부선량	피부선량	베타	중성자

7. 수정자료에 대한 승인 :

자 료 수 정 자 서 명 일 자

관 독 책 임 자 서 명 일 자

서식 22. 관독결과의 수정내역 기록표.

소속별 개인피폭선량

서식 : 25

부서명 :

년 / 분기

소속번호	성 명	주민등록번호	분기 피폭선량	비 고

작성 자 : _____

품질관리자 : _____

서식 25. 소속별 개인피폭선량.

제 8 절 품질보증검사 프로그램

피폭선량판독결과의 정확도와 신뢰도 측정은 TLD의 Blind 시험을 통해 수행된다.

8.1. 품질보증검사

8.1.1. 품질보증책임자는 매년 실시되는 내부검사 수행시 시험계획에 기재된 형태 중 하나를 선택하여 품질보증시험 계획을 수립하고 이를 판독책임자에게 통보하여야 한다. 판독관리자는 품질보증책임자에게 준비된 시험용 선량계를 제출해야 하며 품질보증책임자는 이를 시험계획에 따라 조사시설책임자에게 조사의뢰하여야 한다.

8.1.2. 판독관리자는 품질보증책임자로부터 조사된 선량계들을 인수한 후 판독담당자에게 그 판독과 보고를 지시하여야 한다. Cs-137 조사에 대한 시험계획 1 은 조사된 선량계와 함께 판독관리자에게 주어져야 하며 시험계획 2 의 조사선량은 주어지지 않는다.

8.1.3. 판독결과가 품질보증책임자에게 보고된 후 품질보증책임자는 그 결과를 다음에 명시된 기준에 의해 평가하여야 하며, 그 결과를 서식 26. 에 작성하여 판독책임자에게 통보하여야 한다.

$$|B| + S \leq L$$

여기서 $L = 0.3$ (category I, II 경우)

$L = 0.5$ (category III, VIII 경우)

$$\text{편중} : B = P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

$$\text{성능지수} : P_i = \frac{H_i^1 - H_i}{H_i}$$

여기서 H_i^1 은 보고된 선량이며, H_i 는 조사된 선량이다.

$$\text{표준편차} : S = \left[\sum_{i=1}^n \frac{(P_i - \bar{P})^2}{(n-1)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

8.2. 품질보증검사 계획

매 1년마다 품질보증시험용 선량계가 대조선량계와 함께 품질보증책임자에게 제출되어야 한다. 시험용 선량계는 시험계획 1 에 의해 Cs-137 감마선원에 일정선량 조사되며, 시험계획 2 에 의해 미지의 선원에 조사되어야 한다. 보증시험에서의 선원과 조사선량은 품질보증책임자가 결정하여야 한다.

시험계획 1

<u>Type</u>	<u>Level</u>
1	50 mrem - 100 mrem
2	100 mrem - 250 mrem
3	250 mrem - 500 mrem
4	500 mrem - 1,000 mrem
5	1,000 mrem - 5,000 mrem

시험계획 2

<u>Type</u>	<u>Level</u>
1) Sr/Y - 90 betas	500 ± 100 mrem
2) Low X-ray	500 ± 100 mrem
3) Cs-137	50 ± 10 mrem
4) Cf-252, D ₂ O Mod. Neutron	500 ± 100 mrem
5) Cs-137 + Sr/Y-90 betas	500 ± 100 mrem gamma +250 ± 50 mrem beta
6) Cs 137 + Sr/Y-90 betas	250 ± 50 mrem gamma +500 ± 100 mrem beta
7) Cs-137 + X-ray	500 ± 100 mrem gamma + 250 ± 50 mrem X-ray
8) Cs-137 + X-ray	250 ± 50 mrem gamma + 500 ± 100 mrem X-ray
9) Cs-137 gamma	400 ± 100 rem
10) X-ray	250 ± 50 rem

시험계획 2 에 사용되는 X-Ray 의 에너지는 가능한 ANSI N13.11-1992 에 명시된 기술을 사용하여야 한다.

품질보증검사 결과보고서

서식 : 26

수신 : 관독책임자

검사기간 : _____ - _____ 검사자 : _____

구분	선 원	방사선형태	조사선량	관독선량	L	허용기준	합격여부

조치요구사항 : _____

상기와 품질보증검사결과를 통보하니 조치요구사항에 따라 조치하시기 바랍니다.

일 자 : _____ 품질보증책임자 : _____ (인)

서식 26. 품질보증검사 결과보고서.

제 9 절 기록 보관

9.1 문서보관은 ANSI N.45.29 “ 발전소에서의 TLD 배지 기록문서 수집, 저장 및 유지에 관한 요구사항 ”에 맞게 수행되어야 한다. 모든 피폭관련문서는 영구적으로 보관되어야 한다.

9.2 문서들은 최소한 독립된 두 건물의 일정장소에 저장되어야 한다. 이들은 판독준비실과 문서보관실로 지칭되며 판독준비실에는 시건장치를 갖춘 캐비닛이 사용되어야 하고 그 캐비닛은 항상 잠겨 있어야 한다.

9.3 판독관련 문서는 복사되어야 하며 두 부씩 만들어져 1부는 판독준비실, 1부는 문서보관실에 저장되어야 한다.

9.4 저장을 위해 복사를 해 두어야 하는 문서는 다음과 같다.

- 가) 수행된 오염감시기록
- 나) 기초 자료
- 다) 계산결과
- 라) 최종 보고자료
- 마) 선량계 교정인자
- 바) 판독관련절차서 및 모든 서식
- 사) 계산결과에 대한 알고리즘
- 아) 각종 데이터 화일 디스켓
- 자) 장치에 대한 모든 교정기록
- 차) 소프트웨어 수정 관련 문서.

9.5 판독관련 데이터 저장을 위해 관리용 디스켓이 매 분기 말에 한번 만들어지며, 여기에는 피폭관리프로그램과 판독결과 data가 포함되어야 한다. 한부는 판독준비실에 또 한부는 문서보관실에 저장되어야 한다.

9.6 분실 또는 손상된 문서는 사본을 찾아 교체하며 한 부를 더 만들어 언제나 2부가 보관되도록 한다.

9.7 판독관리자는 기록보관에 관련된 사항을 항상 파악하여야 하며 기록의 추가 또는 변경사항이 있는 경우에는 서식 27. 을 작성하여야 한다.

제 10 절 절차서의 작성, 개정, 배포의 관리

절차서의 작성, 개정, 배포의 관리 목적은 피폭선량판독에 관련된 품질관리절차서 및 운영절차서에 따른 업무가 적절히 수행된 것임을 증명하기 위함이다.

10.1 절차서의 작성

10.1.1 적용 가능한 인가 받은 절차서 한부가 절차서 개정, 제정작업이 진행되는 연구실 내에 비치되어야 한다.

10.1.2 품질관리 및 보증절차서는 판독책임자 및 품질보증책임자의 승인을 받아야 한다. 이 절차서는 판독관리자에 의한 새로운 경험과 정보가 입수되는 대로 평가 후 개정되어야 한다.

10.1.3 운영절차서는 판독책임자의 승인을 받아야 한다. 이 절차서는 판독관리자에 의한 새로운 경험과 정보가 입수되는 대로 평가 후 개정되어야 한다.

10.2 절차서의 개정

10.2.1 절차서 변경은 각 페이지별로 실시되어야 하며, 개정번호, 작성자 이름, 작성일자, 개정일자들이 절차서 목차에 기재되어야 한다. 절차서 변경은 판독책임자 또는 품질보증책임자에 의해 승인되어야 한다.

10.2.2 절차서의 변경시 변경문장, 단원 및 수식의 끝부분에는 개정일자가 기재되어야 한다.

10.2.3 품질관리자는 모든 절차서의 사본이 최근 것까지 잘 유지되고 있음을 확인한 후 개정된 절차서를 배포하고 서식 28. 을 작성하여야 한다. 절차서 수령자는 배포관리 양식에 서명해야 하며 개정전 문서는 폐지라고 기록하거나 혹은 폐기시켜야 한다.

10.2.4 절차서 개정 후 필요하다면 판독책임자는 절차서의 새로운 요구사항을 숙지하거나 이해하도록 판독관리자에게 지시하여야 한다.

10.3 절차서의 관리

10.3.1 모든 절차서의 사본은 판독관리자와 판독책임자 및 관련부서에게 배포되어야 한다. 방사선관리부서의 각 요원들은 품질관리 프로그램의 목표와 취지를 충분히 이해

하여야 한다.

10.3.2 품질관리절차서는 새로운 정보가 입수되는 대로 개정하여 기입되어야 하며 적어도 매 3년마다 한번은 개정되어야 한다.

10.3.3 개정된 품질관리절차서 사본들은 절차서 배포관리대장에 기재된 모든 부서의 담당자에게 배포되어야 한다. 오직 품질관리를 목적으로 요구되는 사본만 새로 배포한다. 품질관리목적이 아닌 사본은 참고로 배포하며 다시 재 배포하지 않는다.

10.4 원본 기록보관

모든 절차서의 원본은 품질관리자의 책임하에 문서보관실에 보관되어야 한다.

제 3 장 결 론

현재 국내에서는 개인방사선피폭관리장비로 TLD와 필름배지가 주로 사용되고 있으며 운용상의 편리함과 측정신뢰도의 향상으로 인해 TLD의 사용이 증가하고 있다. 이와 같은 TLD를 이용한 개인방사선피폭선량의 평가에는 판독시설의 운영에 관한 전문적인 기술습득이 요구되며, 또한 선량평가결과의 정확도와 신뢰도 향상을 위해서는 각 판독기의 특성과 방사선작업현장에 적합한 품질관리프로그램의 개발 및 현장적용이 필수적이다.

국내에서는 지금까지 개인방사선피폭선량측정 및 평가에 대한 표준절차가 정립되지 못하고 있으며 개인피폭선량 평가를 자체적으로 수행하는 기관 및 일반 판독업체마다 측정결과에 상당한 차이를 나타내고 있음은 물론, 측정의 정확도, 재현성 및 신뢰성에 기술적인 문제점을 내포해 왔다. 이와 같은 현실을 개선키 위해 최근 과기처에서는 고시(고시1992-15호)를 통해 개인방사선피폭선량평가에 관한 기술기준을 제시하였으며 각 판독기관에서는 이 기술기준을 만족할 수 있는 품질관리프로그램을 자체 개발하여 그 절차를 승인받도록 하고 있다.

당 연구소에서는 관계 시설에 출입하는 방사선작업종사자에 대한 개인피폭관리업무의 효율적 수행을 위하여 미국을 비롯한 원자력 선진각국들의 개인방사선피폭평가에 관한 품질관리프로그램을 분석·검토하였으며, 우리의 실정에 적합한 개인피폭선량판독에 관한 품질관리프로그램을 개발하게 되었다. 본 품질관리프로그램에는 열형광선량계 (TLD) 및 TLD 판독기를 이용하여 개인방사선피폭선량을 평가함에 있어 정확한 결과를 도출하고 정량적 측정을 확인·감시하기 위해 필요한 제반 품질관리요건을 기술하였다.

이 품질관리프로그램의 적용으로, 개인방사선피폭관리 운영상의 정기적인 문제점 도출절차가 마련되었다고 판단되며, 선량판독관리의 효율성 평가 및 개선사항 도출 절차를 통해 선량평가결과의 정확성 및 신뢰성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. American National Standards Institute, "American National Standard for Dosimetry - Personnel Dosimetry Performance - Criteria for Testing, "ANSI N13.11, ANSI, 1983.
2. M.Bohm and A.Scharmann, "Applied Thermoluminescence Dosimetry, "1979.
3. International Commission on Radiation Units and Measurements, "Radiation Quantities and Units, "ICRU Report 33, 1980.
4. International Commission on Radiation Units and Measurements, "Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources, "ICRU Report 39, Bethesda, 1985.
5. International Commission on Radiation Units and Measurements, "Measurement of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations, "ICRU Report 47, Bethesda, 1992.
6. Teledyne Isotopes, "TLD 9150 Automatic Reader System Users Manual, "1985.
7. Panasonic Instrument Co., "Users Manual for the Panasonic UD-710 Automatic TLD Reader and the UD-702 Manual TLD Reader, "1989.
8. Panasonic Instrument Co., "Technical Information on Panasonic TLD, "1989.
9. United States Nuclear Regulatory Commission, "Standards for Protection against Radiation, "10CFR20, USNRC(1983).
10. International Standards Organization, "Personnel and Environmental Thermoluminescence Dosimeters, "ISO Standards DP8034, ISO/TC85/SC2/WG7, August(1984); Extended and Published as 6 " Thermoluminescence Dosimetry for Personnel and External Monitoring, "IEC(1987).

서 지 정 보 양 식						
수행기관보고서번호	위탁기관 보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드			
KAERI/ TR-409/94						
제목 / 부제	열형광선량계 (TLD)를 이용한 개인방사선피폭선량 평가절차의 품질관리 프로그램					
연구책임자 및 부서명	서 경 원 (방사선안전관리실)					
연구자 및 부서명	김 장 렬 (), 이 상 운 (), 이 형 섭 ()					
발행지	대전	발행기관	한국원자력연구소	발행일	1994. 1.	
페이지	76 P.	도표	유(), 무()	크기	26 cm.	
참고사항						
비밀여부	공개(), 대외비(), ___급비밀	보고서종류	기술보고서			
연구위탁기관		계약 번호				
초록 (300단어 내외)	<p>최근 과학기술처에서는 고시 제1992-15호를 통해 개인방사선피폭선량 평가에 관한 기술기준을 제시한 바 있으며, 이 기준을 통해 개인피폭선량 판독에 관한 품질관리프로그램을 적용하도록 하고 있다.</p> <p>따라서 연구소에서는 관계시설에 출입하는 방사선작업종사자에 대한 개인피폭관리업무의 효율적 수행을 위하여 미국을 비롯한 원자력 선진각국의 피폭선량 평가절차를 분석하였으며, 우리의 실정에 적합한 개인피폭선량 판독에 관한 품질관리프로그램을 개발하였다.</p> <p>본 품질관리프로그램에는 열형광선량계 및 판독기를 이용하여 개인방사선피폭선량을 평가함에 있어 정확한 결과를 도출하고 정량적 측정을 확인하기 위해 필요한 제반 품질관리 요건을 기술하였다.</p>					
주제명 키워드 (10단어 내외)	개인방사선피폭선량, 품질관리절차, 열형광선량계, TLD-9150					

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.	Sponsoring Org. Report No.	Standard Report No.		INIS Subject Code	
KAERI/ TR-409/94					
Title / Subtitle	A Quality Control Program for the Thermoluminescence Dosimeter (TLD) in Personnel Radiation Monitoring				
Project Manager and Dept.	Seo, Kyung-Won (Health Physics Dept.)				
Researcher and Dept.	Kim, Jang-Lyul (") Lee, Sang-Yoon (") Lee, Hyung-Sub (")				
Pub. Place	Taejun	Pub. Org.	KAERI	Pub. Date	1994. 1.
Page	76 p.	Ill. and Tab.	Yes(<input checked="" type="radio"/>) , No()	Size	26 cm.
Note					
Classified	Open(<input checked="" type="radio"/>) , Outside() , ___ Class		Report Type	Technical Report	
Sponsoring Org.			Contract No.		
Abstract (About 300 Words)					
<p>High quality radiation dosimetry is essential for workers who rely upon personal dosimeters to record the amount of radiation to which they are exposed. The Ministry of Science and Technology (MOST) issued a Ministerial Ordinance (No 199-15) about the technical criteria on personnel dosimeter processors on 1992.</p> <p>The purpose of this Quality Control Program is to prescribe the procedures approved by the management of KAERI for implementing a quality badge service by means of TLD for personnel working in an area where they may be exposed to ionization radiation.</p>					
Subject Keywords (About 10 Words)			Personnel Radiation Dosimetry, Quality Control Program, TLD, Teledyne-9150		