

ICRP 75

종사자의 방사선방호에 대한 일반 원칙

6. 종사자와 작업장에 대한 감시

6.1 감시의 기능과 유형

(166) 감시는 외부 및 내부 피폭의 관리, 평가에서 방사선방호체계와 연관된 측정과 여기서 얻은 측정값들에 대한 해석을 포함한다. 이 절에서는 다양한 유형의 감시가 갖는 주요 기능에 대해 논의할 것이다. 구체적인 감시 준비와 방법, 사용되는 기구들은 작업장의 조건에 따라 다르다.

(167) 감시에 대한 일차적 정당화는 적정 수준의 방호의 성취와 입증에 도움을 줄 수 있다 는 방향에서 이해되어야 한다. 감시는 산업 또는 홍보 영역에서, 때로는 역학과 같은 과학적 조사 부문에서, 또는 종사자 개인에게 건강상 부정적인 영향이 발현하는 사건에서 책임의 규명과 같은 부수적인 이득도 제공한다. 감시 프로그램은 작업장 분류를 확인하거나, 작업조건의 변동을 알아내는 데에도 도움이 될 수 있다. 감시 프로그램은 확신을 가져다주며 최적화 프로그램을 검토하는 데에 유용한 자료들을 제공하기도 한

다. 그러나 이러한 부수적인 이득 그 자체로서는 감시 프로그램을 정당화하지는 못한다.

(168) 이러한 중요성에도 불구하고, 감시는 단지 방사선학적 방호의 기술일뿐이며 그 자체가 목적지는 아니다. 감시 프로그램을 수립할 주요 책임은 경영자에게 있다. 감시 프로그램은 규제상의 요건들을 당연히 고려하는 가운데 이전의 방사선학적 평가에 기초하여 계획되어야 한다.

(169) 감시 프로그램의 목표와 계획은 명확하게 정의되고 기록되어야 한다. 계획은 방호 목표와 연관된 결과 해석에 대한 근거를 포함해야 한다.

(170) 이러한 사항들은 경영자가 정한 주기에 따라, 또는 설비 운영에 중대한 변화나 규제 상 요건들의 주요 변화에 따라 정기적으로 검토되어야 한다. 그러한 재검토의 목적은 감시 프로그램이 여전히 적절하다는 것을 확인하는 것 이어야 한다. 일상적 감시의 결과는 지정구역의 구분을 재평가할 때 하나의 입력자료로 사용되어야 한다.

6.1.1 감시의 유형

(171) 감시 프로그램은 여러 가지 다양한 유형으로 나뉜다. 첫 분류단계는 감시 목적에 따른 것이다.

(a) 일상감시는 계속적 운전에 관련되며 개인 선량 준위를 포함한 작업조건이 만족스러운 상태를 유지함을 입증하기 위해서, 그리고 규제 요구를 충족시키기 위해서 이루어진다. 그래서 성격상 주로 확인목적이지만 전반적 운영 감시 프로그램을 뒷받침해 준다.

(b) 작업감시³⁵⁾는 특정 활동에 적용된다. 이것은 운전 관리에 대한 즉각적인 결정을 뒷받침 하는 자료를 제공해 준다. 또한 방호 최적화를 뒷받침해 줄 수도 있다.

(c) 특수감시는 본질적으로 조사성격이며 대체적으로 적합한 제어를 입증하기에 정보가 불충분한 작업장의 상황을 취급한다. 특수감시는 어떤 문제를 명확하게 하거나 후속 절차를 결정하기 위해 상세한 정보를 제공을 도모한다.

(172) 둘째 분류단계는 감시가 이루어지는 위치이다.

(a) 작업장감시는 작업 환경에 대한 측정으로 구성된다.

(b) 개인감시는 종사자가 착용한 장치에 의한 측정 또는 종사자의 신체 내부 혹은 표면에 존재하는 방사성물질의 양에 대한 측정과 이를 측정치를 해석하는 것을 의미한다.

(173) 작업장감시는 다시 외부 방사선, 공기 오염 그리고 표면오염에 대한 감시로 나뉠 수 있다. 또한 개인감시는 외부피폭, 내부피폭, 그리

고 피부오염에 대한 감시로 나뉠 수 있다. 프로그램의 세부사항은 관련된 방사선의 형태와 에너지, 그리고 핵종에 따라 영향을 받을 것이다.

(174) 이 절의 나머지 부분에서는 먼저 작업장에서의 일상감시와 작업감시, 그리고 개인감시에 대해 다를 것이며, 다음으로 특수감시와 대부분의 유형의 감시에 공통적인 문제를 다룰 것이다.

6.2 외부 방사선에 대한 작업장 감시

6.2.1 일상감시

(175) 일상적 작업장 감시 프로그램은 보통 정기적으로 반복되는 탐사측정에 관련되며, 방사선 촬영 선원의 차폐용기로 환원실패, 또는 임계사고 등과 같은 비정상 또는 비상 사태의 발생을 인지하기 위해 고정감시기를 설치, 활용하는 것을 포함할 수도 있다. 감시는 신중하게 계획되어야 하지만 너무 복잡해서는 안 된다. 불필요한 결과를 많이 만들어내는 것은 비생산적이며, 유용하고 의미있는 결과들의 존재를 덮을 수도 있다.

(176) 일상감시의 주기는 방사선 환경의 안정성에 의해 결정된다. 만일 차폐 배열, 제어 또는 작업장 내에서 이루어지는 작업과정에 대한 상당한 변경으로 인한 결과를 제외하고는 작업장 내의 방사선장이 쉽게 변하지 않는다면, 필요한 것은 가끔씩 점검목적의 감시를 수행하는 것이다. 저장조 측면에 부착되는 준위계나 고정된 진단용 X선 시설이 그 예라 할 수 있다. 만일 작업장내 방사선장이 변하기 쉬운 경우지만,

35) 원어는 'task-related monitoring'로서 '작업감시'와 약간의 뉘앙스가 다르나 다른 적절한 용어를 선정하지 못해 이렇게 번역했다.

그 변화가 급속하지도 심각하지도 않다면 주로 미리 정해진 지점에 대해 실시하는 정기적 점검을 통해서 악화되는 방사선장의 상황에 대해 충분하고 적시적인 경고를 제공할 수 있을 것이다. 이와 같은 측정의 빈도와 공간적 분포에는 방사선장의 예상되는 변화성향이 고려되어야 한다. 사람이 상주하는 지역에 대해서는 특별한 주의가 요구된다. 관련된 판단들은 가시적이어야 하고 재검토되고 기록되어야 한다. 만일 방사선장이 예측할 수 없이 급속도로 심각한 준위까지 증가할 수 있는 경우라면 경보계측기 시스템을 작업장내에 설치하거나 종사자들이 적용하도록 해야 한다.

(177) 계측기들은 견고하고 신뢰성이 있어야 하며 접하게 되는 방사선의 종류와 에너지에 대해 적절한 특성의 응답성을 지녀야 한다. 중성자나 저에너지 광자를 측정하는 계측기의 선택과 교정에는 각별한 주의가 요구된다.

(178) 작업장 감시에 사용되는 대부분의 계측기들은 선량보다는 선량률을 측정하게 되지만 TLD와 같이 간단한 집적 선량계가 유용한 상황도 있다. 새로운 계측기는 자료들을 SI 단위로 제공해야 하며 주위선량당량이나 방향성선량당량[ICRU, 1993]과 같은 ICRU 실용량으로 교정되어야 한다. 다른 양들로부터의 환산계수들은 ICRP 74[ICRP, 1996a]에 주어져 있다. SI 단위로 기록되지만 공기 흡수선량으로 교정된 구형 계측기들도 광자의 측정에는 일반적으로 적당하다.

6.2.2 작업감시

(179) 작업감시는 보통 휴대용 계측기를 통해 이루어지며 작업 도중에 축적될 수 있는 선량을 예측할 수 있어야 한다.

(180) 작업감시 프로그램의 설계는 수행될 작업활동과 방사선장의 특성에 크게 의존한다. 방사선장이 본질적으로 일정한 곳에서는, 작업 활동 단계마다 조사를 반복해야 할 수도 있지만, 대체로 종사자들이 작업하는 지역에 대한 선량률을 예비조사만으로도 충분 할 것이다. 만일 작업활동 자체가 선량률에 영향을 주거나 방사선장이 쉽게 변하는 경우라면 전 작업시간에 걸쳐 측정이 이루어져야 한다.

(181) 베타나 다른 약투과성 방사선을 취급할 때는 각별한 주의가 필요하다. 사소한 조작(예를 들어 배열의 변화나 부품의 제거 등)도 선량률에 지대한 영향을 줄 수 있다. 많은 감시들은, 특히 종사자들에게 경보를 주기 위한 감시에서는, 강한 에너지의 감마선 측정에 기초하고 있기 때문에 이러한 변화들이 감지되지 않을 수도 있다³⁶⁾ 면선원이나 점선원에 근접한 경우 선량률 측정에 특별한 주의가 요구된다.

(182) 작업활동을 비디오로 기록하는 것은 특히 감시 결과가 비디오와 동조될 수 있다면 감시 프로그램에서 유용한 요소가 될 수 있다. 이 조사성격의 수단은 선량에 특별히 기여하는 활동들을 집어내는 데 도움을 줄 수 있다. 또한 비디오 기록은 종사자들에게 정보를 제공하여 작업이 수행되는 방식에 대해 개선안을 제기할

36) 이러한 관점에서 방사선측정기의 선택이 측정하고자 하는 방사선 특성에 맞는 것이어야 한다. 흔히 볼 수 있듯이 X-선 취급 작업장에서 감마선용 서베이미터나 감마선용 포켓선량계를 사용하는 것은 심각한 과소평가를 초래할 수 있다.

수 있도록 해 준다.

6.3 표면오염에 대한 작업장 감시

(183) 어떠한 시설에 존재하는 표면오염의 정도는 방사성물질의 격납정도, 절차 관리의 효율성은 물론 안전한 관행에 대한 관련 경영자의 의지를 반영한다. 표면오염에 대한 감시 프로그램의 주요 목표는 다음과 같이 요약된다.

- (a) 오염의 확산의 방지를 돋는다.
- (b) 격납의 실패나 모범 운영절차의 이탈을 발견한다.
- (c) 내부피폭에 대한 개인 평가 프로그램을 계획하거나 운영절차 및 시설을 규정하기³⁷⁾ 위한 정보를 제공한다.

(184) 경험상으로 작업장 내의 표면오염과 종사자의 피폭 사이에는 직접적인 연관이 있는 것은 아니다. 어떤 규정된 참고준위를 넘어서는 표면오염이 없다는 것은 일반적으로 기본 격납과 관리가 높은 수준이라는 것을 말해준다. 또한 준위가 알맞게 설정된 것이라면 이 사실은 종사자에게 비정상적인 체내오염이 없다는 사실과, 따라서 체내오염을 확인하기 위해서 일상적 공기감시나 일상적 개인감시를 수행하지 않아도 된다는 증거가 될 수도 있다. 그러므로 표면오염의 측정은 개별 종사자들의 피폭을 직접 정량적으로 평가하는데 사용될 수는 없고, 다만 공기에 대한 작업장 감시나 개인의 내부피폭에 대한 감시가 필요한 구역을 구획하는데 사용될 수 있다. 만일 방사성핵종이 휘발성이라면 표면오염감시의 이러한 이용은 조심스럽

게 이루어져야 한다.

(185) 표면오염은 다양한 경로를 통해서 종사자의 피폭에 기여할 수 있다. 베타/감마 오염은 외부 및 내부 피폭 모두를 일으킬 수 있다. 알파오염에 대한 방사선학적인 주요 관심은 내부 피폭이다. 모든 방사성 핵종의 주요 내부피폭 경로는 일반적으로 표면오염의 부유를 통해 방사능을 흡입함으로써 발생한다. 물론 어떤 상황에서는 부주의한 섭취와 피부 흡수(특히 트리튬의 경우)가 상당할 때도 있다.

(186) 표면 오염 감시의 초점은 오염이 발생하는 조업과 위치를 확인하고 영향을 받은 구역을 구획하는 데 있다. 상당한 오염이 예상되는 장소에는 관리구역이 설정되어야 한다. 오염에 더욱 취약한 구역에 대해서는 특별히 구획하는 등 필요하다면 적절한 차등 관리가 필요할 수 있다.

(187) 표면오염 감시결과를 해석하는데 있어서 알파와 베타/감마 방사능을 구분하는 것이 일반적인데, 그 이유는 알파방출 핵종으로부터 오는 주요 위험은 부유에 따른 흡입으로 기인하는 반면, 베타와 감마선으로 인한 위험은 외부피폭에 기인하기 쉽게 때문이다.

6.3.1 일상감시

(188) 표면오염의 일상감시를 위한 전통적인 접근방식은 경험에 따른 빈도로 어떤 구역의 대표할만한 부분을 감시하는 것이다. 가장 빈번한 감시는 관리경계³⁸⁾와 오염 가능성이 가장 높은

37) 원문을 충실히 ‘시설을 규정한다’는 표현이 자연스럽지 못하나 이는 표면오염 감시를 통해 어떤 오염관리 시설을 도입하는 등의 대책이 수립될 수 있음을 의미한다.

지역 등의 주요 지표지점³⁸⁾에 대해 이루어져야 한다. 낮은 빈도의 감시는 관리구역 전체를 대표적으로 포함해야 하며 외부에 대해서도 몇몇 부가적 확인측정이 이루어져야 한다.

(189) 만일 상당한 오염이 생길 수 있는 상황이며 따라서 개인이 한번의 사전으로 관리구역으로부터 상당량의 방사능을 외부로 전이시킬 수 있는 상황이라면, 프리스커 탐촉기, 손발 감시기 또는 문형 감시기 등과 같은 출구에 설치된 감시기를 이용하여 일상감시를 보완해야 한다. 이와 같은 감시기들은 원자력산업에는 적절하겠지만 의학적 또는 산업적 이용에서는 드물게 요구된다.

(190) 탈의실 시설이 필요한 경우, 지정 오염 구역을 떠나는 종사자의 감시에 특별한 주의가 필요하다. 탈의실의 청정구역 쪽에 있는 표면오염 감시기는 일반적으로 개인이 그 시설을 떠나기 전에 자신의 손, 옷, 신발 등이 깨끗한지 검사하기 위한 용도이다. 이 감시는 손을 씻은 다음, 그리고 덧신과 기타 특수 방호복을 벗은 다음에 측정하는 것이기 때문에 작업장의 일반적인 오염을 점검하는 알맞은 수단으로 이를 보아서는 안된다.

(191) 일반적으로 고착성 표면오염과 유리성 표면오염을 구분하는 것이 도움이 된다.

그러나 이러한 구분은 특히 마모현상이 동반되는 경우에는 고착된 표면오염도 유리될 수 있기 때문에 절대적이라고는 볼 수 없다. 두 가지 모두 외부피폭에 기여하지만, 오염이 유리성으로 된 경우에만 내부피폭원이 될 수 있다. 문지름 기법으로는 유리성 표면오염만 측정할 수 있지만 직접 탐촉측정에 의한 오염 감시는 고착성 오염과 유리성 오염 모두의 방사능을 측정할 수 있다⁴⁰⁾.

(192) 밀봉선원이 사용되는 장소에서는 작업장내 표면오염에 대한 감시는 일반적으로 필요하지 않다. 그러나 이러한 선원도 누설이 발생할 수 있으며 따라서 정기적인 시험 프로그램이 필요하다. 정상적으로는 1년 내지 2년에 한번씩 시험하는 것이 알맞지만, 공격적 환경⁴¹⁾에서 사용되는 선원이나 파손되기 쉬운 선원의 경우에는 더 빈번한 시험이 적절할 것이다. 파손되기 쉬운 선원에서 누설을 시험하는 작업은 세심한 주의를 가지고 이루어져야 하며 선원의 건전성 손상으로 발생할 오염이 격납되는 환경에서 이루어져야 한다. 간접적인 시험이 편리할 때도 있다. 예를 들어 선원 용기를 감시한다든지, 라듐선원의 경우 누설된 라돈의 단수명 딸핵종을 공기샘플링을 통해 측정하는 방법이다. 간접시험이 이루어진 경우 보고서에는 시험의 제한적 측면을 나타내는 주의사항이 포함되어야 하며, 특히 선원에 근접하면 여전히 오염

38) 예를들면 오염구역과 그 외부 구역의 경계로서 오염의 확산을 방지하기 위한 관리가 수행되는 곳으로서 당연히 빈번한 감시가 이루어질 장소이다.

39) 지표지점은 오염이 발생하기 쉬운 곳, 오염의 확대방지 측면에서 중요한 곳, 그리고 종사자의 피폭과 관련이 큰 곳 등이 될 수 있다.

40) 그러나 탐촉측정(direct probing measurement)은 방사선준위가 높은 환경에서는 사용할 수 없다는 결점이 있다.

41) 공격적 환경이란 화학물질 등 부식성 매체와 접촉하거나 진동이나 충격이 심한 경우 등 밀봉에 손상을 줄 우려가 큰 경우를 말한다.

의 확산을 초래할 수 있다는 사실이 포함되어 있어야 한다.

(193) 지정된 오염구역을 나가는 모든 물품을 점검하기 위해 적절한 감시대책이 필요하다. 때로는 오염구역을 떠나는 모든 물품에 대해 감시를 수행하는 것이 불가능할 수도 있으므로 일상감시가 요구되는 구역과 항목, 그리고 필요한 감시의 성격을 규정하는 것이 필요하다. 종합적인 감시대책은 상당한 오염이 관리구역을 벗어날 가능성이 용인할 수 있을 만큼 낮음을 확신할 수 있는 것이어야 한다.

6.3.2 작업감시

(194) 일반적으로 표면오염에 대한 일상감시는 작업감시에 의해 보완된다. 이 작업감시의 결과는 작업활동 중 오염의 확산을 막거나 제한하는 것을 돋는다. 이 감시는 특히 흡후드(fume cupboards)와 같은 부분격납 아래 수행되는 실험작업이나 비정규적인 보수작업의 수행 과정 또는 그 직후에 유용하다. 감시기구는 그 사용법을 훈련받은 개인 종사자들이 언제나 사용할 수 있어야 한다.

6.4 공기오염에 대한 작업장 감시

(195) 흡입은 종사자가 방사능 물질을 섭취할 수 있는 가장 주요한 경로이므로 공기부유방사성물질에 대한 감시는 중요하다. 공기부유오염의 운영관리 감시 프로그램의 주된 목적은 다음과 같다:

(a) 흡입으로 인한 종사자 내부피폭의 관리를 돋는다.

(b) 악화되거나 비정상적인 상황을 조기에 감지하여 호흡기 방호의 사용과 같은 알맞은 방

호조치 혹은 개선조치를 취할 수 있게 한다.

(c) 체내오염에 대한 종사자의 개인감시 프로그램 계획을 위한 정보를 제공한다.

(196) 공기 오염에 대한 감시는 상당량(해당 연간섭취한도의 1000배 이상)의 밀봉되지 않은 방사성물질을 취급하는 설비에서만 필요할 것이다. 다음과 같은 상황에서는 거의 항상 일상감시 방식의 공기오염 감시가 필요하다.

(a) 기체상태나 휘발성 물질이 다량으로 취급될 때. 예를들어 대규모 생산공정 또는 중수원자로에서의 트리튬과 그 화합물.

(b) 우라늄과 토륨의 채광, 정련, 정광

(c) 핵연료 가공과 재처리 그리고 천연우라늄과 농축우라늄의 가공

(d) 플루토늄과 기타 초우라늄 원소들을 다루는 공정

(e) 라돈이 직업상 피폭의 일부로 간주되는 작업장

(197) 공기 오염의 두 가지 원천은 특히 중요하다. 하나는 국부적인 누설이고 다른 하나는 표면오염의 재부유이다. 두 가지 모두 개인 종사자의 작업활동으로부터 직접 발생할 수 있다. 공기중 오염은 종종 지역에 편중되어 발생하며 과도적이다. 특히 종사자의 호흡영역에 있는 방사능농도와 근처의 고정된 장소에서 측정된 방사능 농도 사이에는 매우 큰 차이가 있을 수 있을 수 있는데, 일반적으로 호흡영역에 있는 농도가 더 높다.

이러한 요인을 인식하는 것은 어떠한 작업장의 공기오염 감시 프로그램을 설계하는데 긴요한 입력자료가 된다.

(198) 공기감시 프로그램은 일상감시, 작업

감시 또는 특수감시의 범주에 드는 것으로 간주될 수 있다(제6.1절 참조). 그러나 보고서에서 이 부분에서는 또 다른 구조를 사용하는 것이 더 편리하다. 즉 심각한 공기오염의 발생을 감지하고 경고하는 경보용 감시; 작업장 전체 공기 오염의 변화와 추이를 감시하는 구역 샘플링; 그리고 종사자가 노출될 것으로 보이는 공기오염의 정도를 정량화하는 대표 샘플링이 그 것이다.

6.4.1 경보용 감시

(199) 운영이나 고장이 예상치 못한 상당한 방사성물질을 작업장으로 방출할 수 있는 장소에서는 연속적으로 작동되는 경보장치가 사용되어야 한다. 이러한 장치들은 종사자의 호흡영역을 대표할 수 있는 지점보다는 방사성물질의 방출을 신뢰할만하게 감지할 수 있는 지점에 설치되어야 한다. 예를 들어 작업장에서 공기를 취출해 내는 지점, 또는 그 가까이에 이러한 시스템을 설치하는 것이 적합할 것이다. 그렇다고 흡후드의 공기취출계통에 설치하는 것이 아님은 분명하다. 경험을 통해 보면 경보용 감시는 특히 원자로의 작업구역, 핫셀 주위, 플루토늄 또는 다른 초우라늄 원소들이 취급되는 장소, 그리고 상당한 양의 비밀봉 방사성물질이 사용되는 장소에서 특히 유용하다.

(200) 경보준위는 공기중 방사능의 정상 준위와 예상되는 변화, 필요 없이 빈번히 울리는 경보(잘못된 경보음도 포함)를 방지할 필요, 그리고 혼동되는 기여(예를 들어 라돈 딸핵종들에 의한 자연 백그라운드의 변화)를 선별해 낼 필요 등을 고려하여 설정되어야 한다.

6.4.2 구역 샘플링

(201) 관련된 경보용 감시 장비를 사용하든 사용하지 않든 간에, 고정 구역 샘플링은 공기 오염 준위의 추이에 대한 자료를 제공하는데 사용될 수 있다. 이러한 샘플러의 수나 위치는 오염의 전반적인 심각도와 변화도를 고려하여 판단되어야 한다.

6.4.3 대표 샘플링

(202) 대표 샘플링은 종사자에 의해 흡입되고 있는 공기 중 방사능 샘플들을 취하는 것으로서 종사자 피폭을 결정하는 데 사용될 수 있다. 이러한 접근법을 사용하여 섭취량을 평가하는 것은 제6.4.4절에서 더 논의될 것이지만 운영관리 목적상의 감시에 있어서 대표샘플링의 역할 때문에 간단히 언급한다. 대표 샘플링의 가장 보편적인 형태는 종사자의 호흡영역을 합리적으로 대표하는 것으로 보이는 여러 구역에서 고정 샘플러를 사용하여 이루어진다. 이것은 특히 종사자의 접유도가 높은 작업기지가 있을 때 적절한데, 공기시료의 채취구는 호흡영역 근처에 편리하게 배치될 수 있다.

6.4.4 섭취량 평가

(203) 구역샘플링이나 대표샘플링에 의한 작업장 감시 결과는 종사자에 의한 방사성물질 섭취를 추정할 때 사용될 수 있다. 그러나 공기 샘플링으로 측정된 결과로부터 섭취량을 해석하는 것은 간단하지 않고 오산되기 쉽다. 섭취량을 유효선량으로 환산하는 것은 제6.6절에서 논의된다.

(204) 섭취량을 정량적으로 결정하기 위해

구역 샘플러들을 사용하는 경우, 결과의 대표성은 개인 공기 샘플러를 포함하기도 하는 특수감시 프로그램을 사용하여 결정되어야 한다. 구역 측정값을 즉각적인 호흡영역의 농도와 연결시켜주는 환산계수가 마련되어야 하며 수시로, 그리고 운영상의 중요한 변화가 있은 후마다 검토되어야 한다. 이러한 보정에도 불구하고 구역 샘플러는 종사자의 호흡영역에 가까이 위치해 있을 경우라도 종사자 개인의 섭취량을 정확하게 대표하는 자료를 제공하지 않을 수 있다. 이러한 점은 공기오염 선원들이 편중되어 있고 시간에 따라 변하는 경우, 흔히 종사자 자신의 행동이나 움직임에 따라 결과가 얻어지기 때문에 특별히 그러하다.

(205) 종사자들이 착용하는 개인 공기샘플러는 주의하여 사용하면 종사자 섭취량의 알맞은 추정치를 제공할 수 있다. 그러나 개인 공기샘플러에 의해 얻어진 결과를 주의 깊게 다루어야 할 때도 있다. 개인 공기샘플러는 종사자의 호흡량보다 낮은 샘플 채집률을 가지고 있기 때문에 일일 교대근무, 또는 일주일 정도의 기간에 걸쳐 얻어진 단일 결과는 대표성 없는 단일 입자를 샘플링함으로써 발생하는 치우침에 대해 매우 민감하다.

대표성 없는 단일 입자의 영향은 장기적인 결과의 평균값에 비해 훨씬 더 중요하다. 섭취를 평가할 때 사용되어야 하는 것은 바로 이러한 평균 결과이다. 장기적인 평균 결과에 대해서도 어떠한 경향을 파악하기 위해 검토하여야 한다.

(206) 일부 경우에 있어서는 에어로졸의 입자의 크기 분포 결정을 위한 특수감시 프로그램을 수행하는 것이 적절할 것이다. 개인 공기샘플러로 얻은 결과의 일부가 유난히 높은 값

을 보이는 경우에는 특수감시가 요구될 것이다.

6.5 외부피폭에 대한 개인감시

(207) 외부 방사선으로부터의 개인피폭 일상감시 프로그램의 주된 목적은 다음과 같다.

- (a) 유효선량과 함께 필요한 때는 현저하게 피폭된 조직의 등가선량을 평가하여 경영관리 또는 규제기관의 요건을 충족함을 입증한다.
- (b) 운영관리와 시설의 설계에 기여한다.
- (c) 사고에 따른 과피폭의 경우, 적절한 보건상의 검사와 치료를 시작하고 지원하는데 가치 있는 정보를 제공한다.

6.5.1 일상감시

(208) 외부피폭에 대한 개인감시는 종사자가 하나 또는 그 이상의 선량계를 착용하는 것을 필요로 한다. 프로그램 설계의 핵심은 이러한 방식으로 감시될 종사자를 선택하는 작업이다. ICRP60, 제267항은 다음과 같이 언급하고 있다:

종사자 집단에 대한 개인감시를 실시하는 결정은 많은 인자들에 의해 좌우된다. 이들 중 일부는 기술적인 것이며 다른 것은 노사관계에 관련된 것이다. 결정은 운영관리자에 의해 이루어져야 하지만 규제기관에 의한 검토도 받아야 한다. 결정에는 세 가지 주요한 기술적 인자가 영향을 미치는데, 선량 혹은 섭취량의 해당 한도에 대한 예상 수준, 선량이나 섭취량의 가능한 변동, 그리고 감시계획을 구성하는 측정과 해석 절차의 복잡한 정도이다. 이 세 번째 인자가 외부피폭 감시에 대한 접근을 섭취량과 이에 의한 예탁유효선량에 대한 접근과는 다르게 만든다. 외부 방사선에 대한 개인감시는 충분히 간단하며 많은 투자를 필요로 하지 않는다. 선량이 일관되게 낮든지, 또는

비행기 승무원의 경우처럼 선량이 소정의 값을 초과하지 않는 상황임이 명확한 경우를 제외하고는 직업상 피폭하는 모든 사람의 외부피폭에 대한 개인감시가 이루어져야 한다.

(209) 이 인용문에서 '일관되게 낮다'는 말은 판단의 문제이며 각 개인보다는 종사자 유형이나 그룹에게 적용된다. 종종 피폭의 구성요소와 연관해서 세 집단으로 나누는 것이 편리하다.

- (a) 개인감시가 분명히 필요한 집단
- (b) 개인감시가 필요할 수도 있는 집단
- (c) 개인감시가 필요 없는 집단

만일 이러한 판단을 대치하는데 특정 선량값이 필요하다면 위원회는 다음과 같이 권고한다. 즉, 비행기 승무원들과 같이 그들의 선량이 다른 방법으로 더 간편하게 평가될 수 있는 경우가 아니라면, 그룹내의 몇몇 개인에 대한 연간 유효선량이 5에서 10mSv 사이에서 선택된 값을 넘을 수 있는 그룹에 대해서는 외부 방사선에 대한 감시가 이루어져야 하며, 그들의 선량은 공식적으로 평가되어야 한다. 모든 구성원들이 1mSv 이하의 연간 유효선량을 받을 것으로 보이는 그룹에 대해서는 감시가 필요 없을 것이다. 중간에 있는 그룹에 대한 감시는 바람직하지만 더 많이 피폭되는 그룹에 대한 감시보다는 덜 공식적일 수 있다. 여기서 선량값은 현재 받고 있는 선량이 아니라 받을 수 있는 선량과 관계된다. 지정구역에서 일상적으로 일하는 종사자들과, 감시를 받아야하는 종사자들 사이에는 어떤 대칭성이 있을 수 있기 때문에 두 분류의 연계하는 것이 유리할 것이다.

(210) 감시 프로그램의 설계는 사용될 선량계의 종류와 어디에 어떻게 착용할 것인가를 명

시하는 것을 포함해야 한다. 투과성과 비투과성 방사선이 동시에 존재하는 방사선장 (예를 들어 감마선과 베타선)에서는 두 성분을 가진 선량계가 착용되어야 한다. 복잡하고 불균일한 방사선장에서는 하나 이상의 선량계를 착용하는 것이 필요할 것이다. 특히 선원을 가까이서 조작하는 작업에서는 손가락 선량계를 착용하는 것이 필요하다.

(211) 개인 중성자선량계들의 측정한계는 일반적으로 감마선량계의 측정한도보다 높다. 더욱이 중성자는 대개 직업상 피폭에서 전체 외부 피폭의 작은 부분을 차지한다. 그러므로 중성자 피폭에 대한 개인감시를 통한 선량평가는 중성자 피폭이 유효선량에 크게 기여할 수 있는 관리구역에서만 필요하다.

(212) 선량계를 착용하고 처리하는 것은 작업의 시간동안 선량계에 축적된 선량은 제외하고, 종사자가 작업을 하는 동안에 축적된 선량 (엄밀히 말하면 운영 경영자층의 관리아래 있는 선원으로부터 오는 선량)만을 제공한다는 목표를 가져야 한다.⁴²⁾ 이 목표는 정확하게 충족될 수는 없다. 이 목표에 접근하기 위한 기법이 감시 프로그램 설계 일부분이 되어야 한다.

6.5.2 작업감시

(213) 경미한 사고에서의 유효선량과 등가선량 평가는 일상감시 프로그램에 의해 충분히 이루어진다. 그러나 고선량피폭이 가능한 상황도 있다. 이러한 상황은 의도되는 것이 아니므로 감시 프로그램에서 이루어질 수 있는 최선책은 고선량을 평가할 수 있는 대비를 일상감시 프로그램에 포함시키는 것이다. 만일 그러한 상황이 의도적인 조치에 의한 것이라면⁴³⁾ 필요한

작업에 대해 부가적인 선량계를 처방할 수 있다. 선량과 선량률을 직접 읽을 수 있고 때로는 경보음을 내는 개인선량계의 사용이 고려되어야 한다.

6.6 내부피폭에 대한 개인감시

(214) 개인의 내부피폭에 대한 일상감시 프로그램의 주된 목적은 다음과 같다.

- (a) 경영관리 및 규제기관 요건에 부합함을 입증하기 위해 예탁유효선량과, 필요하다면 심각하게 피폭된 조직에 대한 예탁등가선량에 대한 평가를 제공한다.
- (b) 운영관리와 시설의 설계에 기여한다.
- (c) 사고에 따른 과피폭의 경우, 적절한 보건상의 검사와 치료를 시작하고 지원하는데 가치 있는 정보를 제공한다.

6.6.1 일상감시

(215) 내부피폭의 감시는 배설물 샘플을 채취하여 분석하거나, 내부 조직과 장기의 방사성 내용물로부터 나오는 방사선을 직접 측정하는 일을 포함한다. 여기서 개인 공기샘플러는 공기 오염에 대한 작업장 감시의 일부분으로 다루지만 또 착용자에 의한 방사성물질 섭취에 대한 예측치도 제공하는 것으로 간주된다 (6.4.4절 참조).

(216) 체내에 존재하는 방사능 평가가 섭취량 평가치와 유효선량 또는 등가선량의 추정치

를 제공하기에 충분하지는 않다. 섭취의 시간적 분포에 대한 부가적인 정보가 요구된다. 섭취를 유효선량과 연결시켜주는 계수를 계산하기 위해 위원회는 선량학적, 생물학적 표준모델을 사용해왔다. 가장 최근 보고서는 ICRP 68(ICRP, 1994)이다.

(217) 방사성물질 섭취에 대한 개인감시는 외부피폭에 대한 감시보다 어렵다. 따라서 오염 관리와 연관해서 특별히 관리구역으로 규정된 지역에서 근무하고 상당한 예상섭취에 대한 근거가 있는 종사자들에 대해서만 일상적으로 수행되어야 한다. 위원회는 이러한 조언으로부터 나온 결정은 판단에 기초를 둘 것을 권고한다.

(218) 경험으로부터 다음과 같은 작업에 종사하는 종사자들의 내부피폭에 대한 일상 개인감시를 고려해야 한다는 사실이 알려졌다.

- (a) 기체상 또는 휘발성 물질을 대량으로 다루는 작업. 예를 들어 대규모 공정, 중수원자로 또는 야광물질 산업의 트리튬과 그 화합물.
- (b) 풀루토늄 또는 다른 초우라늄 원소를 다루는 공정
- (c) 토륨광 공정과 토륨 및 그 화합물의 사용 (이러한 활동들은 방사성 먼지와 토론 (^{220}Rn) 및 딸핵종으로부터 내부피폭을 일으킬 수 있다)
- (d) 고품위 우라늄광에 대한 정련과 정광
- (e) 천연우라늄과 저농축 우라늄 공정 및 핵연료 제조

42) 이 목적을 위해 통상 사업소내 일정한 장소에 차용하지 않는 개인선량계를 보관하는 장소를 지정하고 그 위치에 백그라운드 선량을 기록하는 보정용 선량계를 두어 종사자 선량계 평가치에서 보정용 선량계 평가치를 제한다.

43) 사고진압을 위해 긴급작업에 투입되는 종사자의 경우는 의도적인 고선량피폭이다.

- (f) 대량의 방사성 핵종 생산
- (g) 라돈 준위가 조치준위를 넘어가는 작업장
- (h) 대량의 육소-131 취급(예를들어 치료에 사용).

작업장에 대한 감시 결과는 작업장 감시의 일상적인 프로그램이 필요한가를 확인하는 것을 목적으로 하는 일시적인 특수 개인감시 프로그램(제6.8절 참조)이 필요한지를 알려줄 수 있다.

(219) 방사성 핵종에 대한 내부피폭 감시 프로그램의 설계는 주로 방사성핵종의 인체내 대사와 그것이 방출하는 방사선의 종류에 의해 결정된다. 이러한 인자들은 측정의 주기와 형태에 영향을 미친다. 일상적 측정의 주기에 영향을 주는 가장 중요한 인자들은 방사성물질 섭취의 시간에 따른 변화, 오염이 인체내에 머무는 시간, 그리고 해당 조사준위와 기록준위에 연계되는 측정의 민감도 등이다. 개인 선량을 평가하는데 필요한 일상적 측정의 주기는 상당한 섭취들이 모두 측정되도록 결정되어야 한다. 매우 짧은 유효 반감기를 가진 물질에 대해서 일상적 개인감시는 비현실적이며 작업장 감시에 의존해야만 한다. 내부 오염에 대한 개인감시의 빈도와 해석에 대한 지침은 ICRP54[ICRP, 1988]에 주어졌다. ICRP 54에 대한 개정판이 준비중이다. 섭취를 유효선량으로 환산하는 환산계수는 ICRP 68[ICRP, 1994]에 주어져 있다.

6.6.2 작업감시

(220) 특수한 작업에 대해 적합한 개인 방호가 사용될 경우, 내부피폭에 대한 작업관련 개인 감시는 정상상황에서는 필요 없다. 그러나 만일 방호대책에 문제가 있음이 분명한 경우에는 어떤 특수 감시가 필요할 것이다.

6.7 피부 오염에 대한 개인감시

(221) 오염에 대한 피부 감시의 주된 목적은 다음과 같다.

- (a) 해당 선량한도를 만족한다는 사실을 입증한다.
- (b) 관리구역 밖으로 전이될 수 있는 오염을 검출한다.
- (c) 과피폭이 있는 경우 알맞은 보건상의 검사와 치료를 시작하고 지원하는데 필요한 정보를 제공한다.

(222) 피부오염은 균일한 일이 없으며 특정 인체부위, 특히 손에 선택적으로 발생한다. 일상적 관리목적상 오염을 약 100cm^2 의 면적에 대한 평균으로, 또는 손의 경우 300cm^2 의 면적에 대한 평균으로 간주하는 것이 알맞다. 대부분의 경우 측정값은 해당 조치준위 또는 조사준위와 비교된다. 그 준위를 넘어설 경우 일반적으로 처음 취하는 조치는 오염을 줄이는 것이 될 것이지만, 그 원인을 조사할 필요도 있을 것이다. 만일 이 준위를 넘지 않는다면, 등가선량을 평가하기 위해 노력할 필요는 없다.

(223) 오염이 지속되거나 초기 오염이 높다면 등가선량에 대한 평가가 필요할 것이다.

이러한 경우 측정치를 선량한도와 연관시키기 위해 1cm^2 의 영역에 대해 평균한 선량을 평가하는 더욱 선택적인 감시가 필요하다. 이러한 평가치는 특히 오염이 피부에 침투하여 방사선이 표면층에 의해 부분적으로 흡수된 경우는 종종 매우 부정확하다⁴⁴⁾. 알파선원으로부터 국부적인 선량을 평가할 때는 100배 정도의 불확실성을 있을 수 있다.

(224) 피부에 대한 방사선의 생물학적 영향에 관한 정보는 ICRP 59[ICRP, 1991]에 주어져 있다.

6.8 특수감시

(225) 특수감시 프로그램은 성경상 조사를 위한 것이다. 이것은 한정된 기간 동안 분명한 목적을 가지고 이루어져야 하며, 목적이 성취된다면 다음에는 중단하여 적당한 일상감시나 작업감시가 이루어지도록 해야 한다. 특수감시는 종종 시설의 개시 시기나, 시설 또는 운전절차의 중요한 변화가 있은 다음, 또는 일상감시 프로그램의 적합성을 점검하기 위해서 일시적인 프로그램으로서 수립된다.

(226) 전형적으로, 특수감시는 적절한 관리를 위한 정보가 충분치 못한 작업환경에서의 상황을 담당한다. 특수감시는 또한 뜻밖의 감시 결과(예를 들어 조사준위나 조치준위를 넘었을 때)를 얻었을 때, 또는 사고와 같은 비정상적인 상황에서 필요하다. 특수감시의 목표는 영향받는 구역을 규정하거나 더 나은 선량평가를 위해 사건 환경을 재구성하는 것이 될 수 있다. 특수감시는 또한 감시 자료의 해석에 관련되는 모델을 검증하거나 개선하기 위해 사용될 수 있다.

(227) 비정상적 또는 비상 상황에서 완화조치를 돋기 위해 필요할 수 있는 특수감시를 위한 준비가 이루어져야 한다. 이러한 상황에서의

감시 목표는 비상계획에 반영되어야 한다. 비상계획에는 필요한 장비의 개수, 발생할 것으로 보이는 방사선장의 유형과 강도에 대한 장비들의 적합성, 그리고 적시에 배치할 수 있는 가용성에 대한 고려가 있어야 한다. 특히 파이프라인에 대한 방사선 촬영, 시추공 탐사와 같이 야외에서 이동선원을 사용할 때나 방사능이 매우 큰 선원이 사용 후 차폐체 속으로 되돌아가는데 실패할 수 있는 시설에서는 특수감시를 위한 준비의 필요성이 중요하다.

(228) 선량한도를 훨씬 넘는 선량으로 이어지는 외부피폭의 경우, 정밀하고 믿을 수 있는 피폭의 평가가 필요하다. 이것은 일상적인 선량계에 의해 제공되지 않을 수도 있다.

그러한 피폭이 발생할 수 있는 장소의 경우, 약 1Gy 이상의 흡수선량에 대해 믿을만한 정보를 제공하는 특수 선량계를 종사자들에게 지급하는 것이 합당하다. 중성자 방사선 장애 피폭된 경우는 피폭된 종사자의 체내에 유도된 ^{24}Na 와 ^{38}Cl 에 대한 간단한 측정이 유용한 정보를 제공한다. 방사화된 금속물체와 머리카락이나 모직 중의 ^{32}P 도 역시 유용할 것이다. 생물학적 선량계측 또한 가치있는 것으로 밝혀졌는데 이것은 주로 순환계 림프구의 염색체 이상 분석에 의해 이루어진다.

6.9 참고준위의 사용

(229) 참고준위는 그 값을 넘어서면 특정 조치나 결정이 수행되는 측정치이다. 참고준위

44) 베타 해증으로 오염된 피부에 텁cznie법으로 측정하는 경우를 가상하면 오염이 피부 표면에 있을 때와 동일한 오염도이지만 피부를 약간 침투한 상태로 있을 때 후자의 경우는 베타가 피부조직에 의해 다소간 감쇠하므로 검출효율이 저하되어 오염밀도를 과소평가하게 될 것이다. 반대로 후자의 경우 피부의 기저세포에 주는 선량은 전자의 경우보다 더 크다.

는 기록준위(이 준위를 넘으면 결과가 기록되어야 하며 넘지 않은 값은 무시한다), 조사준위(이 준위를 넘으면 측정 결과에 대한 원인과 의미가 검토된다), 개입준위(이 준위를 넘으면 어떤 시정조치가 고려되어야 한다), 그리고 보다 일반적으로 조치준위(이 준위를 넘으면 어떤 특정 조치가 이루어져야 한다)를 포함한다. 이러한 준위들을 사용함으로써 필요 없거나 비생산적인 작업을 피할 수 있고 자원의 효율적인 배분에 도움이 될 수 있다(ICRP 73, 제98항).

(230) 참고준위가 사용되는 환경의 다양성은 때때로 혼돈을 가져온다. 표2의 요약이 도움이 될 것이다. 개입준위와 조치준위는 이미 논의되었다(제2.4절과 제5.1절 참조). 이어지는 항들

에서는 기록준위와 조사준위만 고려될 것이다.

6.9.1 기록준위

(231) 기록준위를 도입한 이론적 근거는 감시 프로그램에서 축적된 대량의 자료는 매우 일시적인 값이라는 사실과, 많은 감시 결과들이 얻기 쉬운 반면에 해석하기 어렵다는 사실이다. 그러므로 그러한 측정이 연구실이나 야외에서 노트에 기록된다 할지라도 그것들을 형식을 갖춘 기록으로 바꾸는 것이나, 또 그것이 의미하는 선량이 작고 평가 절차가 복잡할 경우 유효선량이나 등가선량으로 바꾸는 것은 거의 도움이 되지 않는다. 개인 감시 면에서 기록준위란 공식적으로 규정된 유효선량(또는 등가선량)이나 섭취량으로서 그 이상에서는 감시 프

표2. 참고준위의 특징

준 위	특 성
기록준위	운영관리자나 국가당국에 의해 설정된다. 기록에서 사소한 정보를 피하도록 한다. 권고이지만 일관성있게 적용되어야 한다. 주로 직업상피폭과 관련하여 개인과 작업장에 대한 감시에 적용한다.
조사준위	운영관리자에 의해 설정된다. 초과했을 때는 국부적인 조사(대개 매우 단순한 형태)가 필요하다. 주로 직업상 피폭에 적용한다.
개입준위	국가당국에 의해 설정된다. 공중의 피폭에서 특정 대책으로 피할 수 있는 선량에 적용한다. 강제적인 경우가 많다.
조치준위	지정된 조치를 요구하는 준위이다.

로그램의 결과가 충분히 중요해서 선량 기록에 포함될 필요가 있는 수준에 해당한다. 다른 결과들은 기록 중에 ‘기록되지 않은 모든 결과는 기록준위를 넘지 않는다’라는 일반적인 문장으로 처리될 수 있다.

(232) 위원회는 현재 개인감시에 대한 기록

준위는 감시기간의 간격과 1mSv보다 낮지 않은 연간 유효선량, 또는 해당 선량한도의 약 10% 정도의 연간 등가선량으로부터 유도되어야 한다고 생각한다⁴⁵⁾. 그러나 드물지만 피폭에서 다양한 구성요소(외부피폭과 특정 장기의 내부피폭과 같은)가 전체 선량에 상당히 기여하는 경우에는, 각각의 구성요소에 대한 더 낮

은 기록준위를 도출하는 것이 적당할 수도 있다. 이때에는 각각의 구성요소에 대한 기록관행은 공식적으로 규정되고 기록되어야 한다.

(233) 외부피폭에 대한 감시의 실제에서는, 측정된 선량은 일반적으로 유효선량 값으로 직접 받아들여지기 때문에 기록준위는 거의 쓸모가 없다. 그렇다면 이 준위 이하의 결과는 0으로 여기면서 측정하한이 기록준위로 사용되어야 한다. 그러나 기록준위는 선량계의 저선량 요건을 규정하는데 있어서 유용한데, 성능요건을 정의하기 위한 근거로서 사용될 수 있다. 내부 피폭에 대한 감시에서 해석은 전산화된 모델을 사용한다해도 각각의 경우에 대한 판단이 필요하기 때문에 번잡한 과정이다. 측정된 결과에 적용되는 기록준위는 불필요한 해석노력을 없애준다.

6.9.2 조사준위

(234) 조사준위는 그 준위를 넘었을 때 그러한 결과의 원인이나 그 의미를 검토할 필요가 있는 준위로 정의된다(ICRP60 제257항). 조사준위는 방호대책을 검토하도록 해야 하며, 어떻게 조사준위 이상의 값에 이르게 되었는지를 설명하도록 해야 한다. 그러므로 조사준위는 소급적 의미로 사용된다. 검토의 목적은 얻은 경험으로부터 교훈을 얻고 장래에 그러한 경험을 유사한 특성의 어떤 운전에 적용하기 위한 것이어야 한다. 그 의도는 다음과 같다. 즉, 검토는 개선이 필요한 곳에 방호의 향상을 도와야 한

다는 것이며, 또한 상황이 잘 관리되는 상태에서는 방호의 악화를 억제하는 역할을 해야 하는 것이다. 조사준위는 개인이나 작업환경에 관련된 어떤 측정치에도 사실상 설정될 수 있다.

(235) 비록 개개 결과에 해당하는 기간에 대응하는 관련 선량한도의 선택된 분율에 기초한 값이 규제기관에는 도움이 될 수 있긴 하지만, 예상 준위에 근거해서 개인의 선량과 섭취에 대한 조사준위를 설정하는 것이 적당하다. 조사준위는 특정 작업에 관계하는 개인에 대해 설정될 수도 있고, 작업과 관계없이 어떤 작업장 내의 개인에 대해 특별히 유도될 수도 있다. 조사준위는 운영경험에 의해 수정될 필요가 있긴 하지만, 계획단계에서 이미 정의되어야 한다. 각각의 조사준위의 목적과 그와 관련된 조치들은 미리 정확하게 정의되어야 한다.

(236) 조사준위 이상 결과에 따른 조사는 종종, 상황이 평소 또는 이전 평가에 기초해서 예상될 수 있는 결과보다 다소 높은 피폭이나 오염을 발생시킬 수밖에 없었다라는 것을 기袈 인식하는 정도로 귀결될 수도 있다. 그러나 어떤 경우에는 결과의 원인과 영향에 대한 충분한 조사가 필요할 때도 있다.

(237) 표면오염 측정치는 그 상황에 대해 정해진 참고준위와 비교되어야 한다. 이 준위는 방호보다는 청결관리 기준과 더 깊은 관계가 있으며 운영에서 성취할 수 있는 수준에 기초를 두어야 한다. 종종 참고준위는 조치준위, 조사

45) 만약 매월 선량계를 읽을 때 심부선량 기록준위로 0.1 mSv를 택하면 연간 1.2 mSv가 기록준위에 해당하게 된다. 피부선량은 등가선량한도가 연간 500 mSv이므로 그 1/10을 기록준위로 한다면 매월 선량측정에서 기록준위는 4mSv 정도가 될 것이다. 그러나 외부피폭 감시에 대해서는 제233항을 참조하라.

준위 그리고 기록준위의 다중적인 기능을 제공한다. 계획될 수 있는 조치에는 청소나 제염, 때때로 방호복의 착용을 검토해야 할 때도 있다. 오염준위의 상세한 기록은 보통 간단한 측정의 최소 측정 준위와 연관된 어떤 문턱값을 넘어선 측정에 대해서만 필요하다.

6.10 개인 선량 평가

(238) 종사자의 방사선 방호에 관계된 쟁점의 규모와 성격의 다양성으로 볼 때, 개인종사자에 대한 선량평가의 요구조건을 규정하는 데에는 차등 접근하는 것이 실제적인 이점이 있다(제6.5절과 6.6절 참조). 위원회의 선량계측 기준을 규정하는데 사용된 양 중 어떤 것도 직접 측정될 수 있는 양이 아니기 때문에, 감시측정치들은 모델에 의해 방호관계량과 연계되어야 한다.

(239) 이러한 모델 중 가장 간단한 것, 그리고 가장 자주 사용되는 모델은 개인 선량계의 읽음값을 감마와 전자에 의한 유효선량과 피부의 등가선량으로 연계시키는 것이다. 일상감시에서 이러한 모델은, 10mm와 0.07mm 깊이에서의 개인선량당량에 대해 교정된 선량계가 유효선량과 피부 등가선량을 적절하게 나타내준다는 것을 가정하고 있다. 선량계는 인체의 적절한 위치에 착용되는 것으로 가정된다. 이러한 조건이 만족된다면, 선량계의 결과는 직접 해당 방호관계량으로 받아들여질 수 있다. 만일 이러한 조건들이 만족되기 어렵다면 더욱 복잡한 모델이 정의되고 사용되어야 한다.

(240) 내부피폭 감시에서 방호관계량의 평가에 사용되는 모델들은 더욱 복잡하다. 위원회는

많은 모델들을 섭취와 유효선량을 연결해주는 환산계수에 포함시켜 왔다. 자세한 내용은 제6.6절에 주어졌다.

(241) 유효선량의 서로 다른 구성요소를 평가하기 위해 여러 종류의 감시가 필요하다면, 전체적인 평가는 각각의 구성요소로부터의 유효선량을 산정하고 그들의 합함으로써 선량한 도와 비교하기 위한 전체 유효선량을 얻을 수 있다.

6.11 기록 관리

(242) 감시 프로그램에 관한 기록은 프로그램의 세부사항, 측정과 해석 방법의 세부사항, 작업장 감시의 결과 그리고 개인감시의 결과를 포함해야 한다. 모든 기록은 운영관리자, 방사선 방호 및 의료 자문인이 이용 가능해야 한다. 기록은 또한 규제상 요구조건이 아니라 할지라도 규제기관의 요청이 있을 때는 제공되어야 한다. 자신에 대한 감시 기록에서 나오는 정보들은 해당 종사자의 요청이 있다면 제공되어야 한다. 관리자는 방호수행에 대한 관심을 고취하기 위해서 직원들과 협의하여 개인 선량기록을 종사자 그룹에게 공개할 수도 있다.

(243) 감시 프로그램은 엄청난 양의 자료를 생산할 수 있는 잠재성이 있다. 감시 프로그램에서 불필요한 측정은 제거한다는 목표로 자료들의 실용성이 면밀히 검토되어야 한다. 그 자료들은 중요한 상황의 악화에 대한 인지를 용이하게 하는 방식으로(관련된 양과 단위들이 명확하게 표현되어야 함) 경영관리자에게 제공되어야 한다. 기록에 포함되는 자료의 양을 줄이기 위한 기록준위의 사용에 대해서는 제

6.9.2절에서 논의하였다.

(244) 만일 개인선량이 표준 모델을 이용한 방법 외에 다른 방법으로 평가된다면, 공식적인 선량평가에 기여하는 모든 측정값들은 그 개인 기록에 포함되어야 한다. 공식적인 섭취 평가가 점유도와 결합된 공기 샘플 데이터에 기초하고 있다면, 적당한 요약 정보로 개인 기록 목적에 부합될 것이다.

(245) 작업감시로 얻은 개인선량은 개인 선량 기록에 포함되어야 하지만 그 작업기간 동안의 일상감시 결과를 대체하는 것은 아니다. 그러나 만일 작업감시 자료가 일상감시 자료의 재평가를 정당화한다면, 규제기관과의 필요한 협의를 통해 연간선량에 대한 수정된 기여분이 기록되어야 한다.

(246) 피부오염으로부터 오는 피부 등가선량의 평가치는 외부피폭 일상감시 자료와 분리하여 고려해야 한다. 합리적인 확신을 갖고 이루어진 등가선량의 평가치만 개인 선량 기록에 포함되어야 한다.

6.11.1 기록의 보존과 파기

(247) 감시 프로그램의 설계는 기록의 보존과 파기 체계를 나타내야 한다. 방호기준의 준수와 관계되는 기록의 보존에 대한 맥락에서 ICRP 60의 제277항은 다음과 같이 설명한다. 정확도와 완성도를 손상시킬지 모르는 초기 입력자료의 복잡성과 그러한 기록의 장래 용도 간에 균형을 맞추어야 한다. 대부분의 기록의 가치는 시간의 경과에 따라 떨어지며 그 필요 가능성도 마찬가지이다. 일반지침으로서, 그리고 규제요건에 의해서도 개인선량 평가의 결

과를 나타내는 기록들은 그 사람의 기대 수명과 같은 정도의 기간 동안 보존되어야 한다.

(248) 경영관리자는 그들 자신의 방침과 규제요구에 대한 준수를 입증함에 있어서 필요성을 고려하여 어떤 자료를 보존할 것인지 결정해야 한다. 동시에 다년간 이루어진 모든 감시 결과를 보존할 필요성은 피해야 한다. 작업장 감시 결과는 작업관련 선량계측 자료와 함께 해석의 어떠한 재평가 요구에도 제공될 수 있는 형태로 보존되어야 한다. 일반적으로 방사선방호의 목적에서는, 단지 일상 관리에서 얻어진 감시자료들을 수년 이상 보존하는 것은 불필요하다. 개인선량 기록은 전향에서 나타낸 것처럼 보존되어야 하지만 더 엄격한 규제요구에 따라 할 수도 있다.

6.12 정확성

(249) 개인선량과 섭취량을 평가하기 위한 감시에 있어서 오차는 측정에도 존재하며, 부분적으로는 측정량과 필요한 양을 연결해주는 모델에도 존재한다. 전체적인 불확실성에 기여하는 오차들은 적어도 다음과 같은 4가지 넓은 범주에 들어간다.

- (a) 측정에서 오는 무작위 오차. 예) 계측통계적인 오차
- (b) 측정에서 오는 계통오차. 예) 교정상 오차
- (c) 선량계측 및 신진대사 모델상의 주로 계통오차. 예) 신진대사 자료의 불확실성
- (d) 모델 사용상의 오차. 주로 계통 오차이지만 일관된 것은 아니다. 예) 흡입된 방사성 핵종의 물리적, 화학적 비표준 특징.

(250) 개인은 일반적으로 긴 기간동안 피폭

되며, 따라서 평가는 그 기간동안 이루어진 다수의 측정에 기초한다. 많은 측정치의 사용은 무작위 오차를 줄인다. 대부분의 평가에서 모델링 과정에서 나타나는 계통오차는 선량의 참값을 파대평가하는 방향으로 나타난다.

(251) 위원회는 다음을 언급한 바 있다. 실무에서, 양호한 실험실 조건하에서 방사선장 측정에 대해서는 95% 신뢰도로 10% 정도의 정확성을 얻어내는 것은 일반적으로 가능하다 (ICRP60, 제271항). 에너지 스펙트럼과 방사선장의 방향이 잘 알려지지 않은 작업장에서는 개인선량계에 의한 측정의 불확실성은 더욱 크다. 방사선장의 비균일성과 불확실한 방향은 표준 모델 사용에 있어서 오차를 발생시킬 것이다. 선량한도 수준의 유효선량 평가시 95%신뢰도의 총 불확실성은 모든 방향의 감마에 대해 1.5배 정도는 다

반사이며, 불확실한 에너지의 중성자에 대해서나 전자에 대해서는 훨씬 크다. 모든 방사선에 대한 낮은 준위의 유효선량에서는 더 큰 불확실성이 불가피하다.

(252) 내부피폭에 의한 기록된 선량의 전체적인 불확실성은 외부피폭보다 크다. 이러한 이유 중 하나는 섭취의 시간적 분포의 영향인데 일상적감시에서 이 분포는 거의 알려져 있지 않다. 표준모델은 이 시간적 분포가 두 샘플링 시간의 중간에서 이루어진 단일섭취로 잘 대표된다고 가정한다. 이것은 균일한 연속 섭취와 같은 무작위 섭취에 대해서는 좋은 가정이다. 권고된 샘플링 빈도는 이러한 원인으로부터 오는 오차가 3배를 넘지 않도록 선정한 것이다. 예를 들어 I-131이나 산화물 형태의 트리튬에 대한 간단한 감시프로그램에서는 이것이 주요 오차

가 될 것이다. 예를들어 불용해성 플로토늄 감시와 같은 더 복잡한 감시프로그램에서는 다른 불확실성들이 전체적인 불확실성을 크기를 10배 이상 준위까지 증가시킬 수 있다.

(253) 실제로 감시 프로그램에서 오차의 크기를 평가하는 것은 거의 불가능하다. 위원회는 일상감시에 대해 '최적 평가' 값과 모델을 사용하도록 권고한다. 작업감시와 특수감시에서는 비표준 모델들이 더 알맞을 수 있다.

6.13 품질 보증

(254) ICRP 60 제276항은 각 기관은 그 자신의 목표와 절차에 부합하는지를 확인할 의무가 있다고 했다. 목표를 달성한다는 경영관리자의 약속은 요긴하며, 준수에 대한 입증은 방사선 방호에 대한 종합적인 품질보증 접근에 통합되어야 한다. 이 보고서의 문맥에서는 품질보증은 관리 및 감시 프로그램의 결과에 대한 적절한 확신을 제공하는데 필요한, 계획적이고 체계적인 행동으로 구성되는 것으로 설명될 수 있다. 품질보증은, 장치, 기기 및 절차의 적합성을 수립된 요구조건에 대해 평가하는 모든 조치와 관계되는 품질관리의 입증을 포함한다.

(255) 품질보증은 모든 감시 프로그램에서 핵심적인 요소이다. 품질보증은 장치와 기기들이 제대로 작동하는지, 절차들이 바르게 수립되고 준수되는지, 분석이 바르게 수행되는지, 정량화될 수 있는 오류들이 수용 가능한 한도에 들어가는지, 또한 기록들이 바르고 정확하게 유지되고 있는지 등을 확인해 주어야 한다. 품질보증 프로그램과 품질관리에 대한 정규 점검은 완전히 문서화되어야 한다. **KRIA**