

국제방사선방호위원회(ICRP) 권고의 변천과 방사선방호의 진로



이 재 기
한국원자력안전기술원
보건물리실장

1990년 11월 국제방사선방어위원회의 본회의가 ICRP 기본권고 개정안을 승인함으로써 1964년 ICRP 6에 의해 제공되었던 위원회의 기본 권고는 1977년 ICRP 26에서 전면 개정된 이래 두번째의 전면 개정을 거치게 되었다. 물론 이 중간의 부분적인 수정이나 추가는 여러번 있었지만 방사선 방호의 기본 개념이나 근거의 수정을 동반하는 대폭적인 개정은 이번이 두번째가 되는데 새로운 권고는 ICRP 60과 ICRP 61로 출간되었다.

이같은 현행 우리 방호 관련 규정의 기초가 된 ICRP 6 또는 그 2년후에 보완된 ICRP 9 및 내부피폭에 관련한 ICRP 2로부터 ICRP 26과 ICRP 30(역시 내부 피폭에 대해 ICRP 2를 대체한 보고서임)을 거쳐 ICRP 60과 ICRP 61(ICRP 30의 수정부분으로 이해함이 좋음)에 이르는 과정에 내포되어 있는 방호 개념 및 기준의 변동을 살펴보고 향후의 방사선 방호가 나아가는 방향을 예견하는 데에 도움을 주고자 한 것이다. 편의상 ICRP 6과 ICRP 2(ICRP 6/2), ICRP 26과 ICRP 30(ICRP 26/30) 그리고 ICRP 60과 ICRP 61(ICRP 60/61)의 단계에 대해 주요 관심 항목별로 정리하여 보았다.

방호목표 및 기본 체계

ICRP 6/2의 방호목표는 신체적 장해를 방지 또는 최소화하고 대중의 유전 기초의 혼

란을 최소화하는 것으로 설정하였으며 감내 가능한 상해의 개념을 근거로 최대허용선량을 설정하였다. 이것이 ICRP 26/30에 이르러서는 비확률적 영향을 방지하고 확률적 영향의 위험을 합리적 범위에서 최소로 한다는 방호목표와 함께 피폭의 정당화-방호의 최적화-개인선량 한도로 구성되는 선량제한체계로 발전하였다. 특히 이 단계에서 “합리적 성취최소(ALARA)”의 개념이 확립되었으며 수용 가능한 위험의 개념을 근거로 유효선량 한도를 설정했다. ICRP 60/61에서는 해로움보다 이로우이 커야 한다는 명제하에 선량제한체계를 방호체계로 개명하였고 여기에 피폭량 뿐만 아니라 피폭자 수나 잠재피폭까지 고려토록 하여 위험한도의 도입을 시도하고 있다. 선량 또는 위험 한도의 근거로는 다시 감내 가능한 위험으로 복귀하고 ICRP 26/30과는 달리 비치명적 위험까지 고려하고 있다. 이러한 변화는 방사선 방호철학의 문제로 가치판단의 근거의 수정을 요구하는 것이기는 하지만 방호 실무에 직접적인 영향을 미치는 것은 아니다. 다만, 위에서 언급한 ALARA의 도입은 방호체계의 기초를 뒤흔들 정도의 큰 변화이므로 뒤에서 다시 다룰 것이다.

방호 관계 양

ICRP 6/2에서는 비교적 단순한 양인 공간

중 점조직에 대한 흡수선량 또는 선량당량을 정의하였으나 이 개념이 실제로 상당한 체적을 가진 인체의 피폭평가에 불충분하다고 판단하여 ICRP 26/30에서는 국제방사선단위측정위원회(ICRU)와 보조를 맞춰 선량평가에 피사체(Phantom)를 도입하였다. 동시에 rad나 rem과 같은 구단위 체계를 버리고 국제표준단위(SI)인 Gy와 Sv로 전환하였다.

방호의 개념이 위협에 근거하게 됨으로써 이를 적절히 나타낼 수 있는 양이 필요로 했고 이 목적으로 각 조직의 선량당량에 해당 조직의 가중치를 가중하여 합산한 양인 유효선량을 정의하였다.

ICRP 60/61에서는 원폭피해자 선량재평가(DS86) 결과와 그 동안에 축적된 방사선 역학조사 및 방사선 생물학적 연구결과를 바탕으로 새로 부여한 조직가중치를 도입하였고, 과거의 선질계수 대신에 방사선가중치를 정의하였다. 이에 따라 과거의 선량당량과 구분하기 위해 등가선량(egivalent dose)이라는 명칭을 도입하고 ICRU와 연계하여 측정을 위한 실용양인 $H^*(d)$, $H^e(d)$, $H_p(d)$ 및 $H_w(d)$ 를 사용하고 있다.

이 분야의 변화는 방호의 기본이 되는 선량의 측정 과정에 수정을 요구하는 것이므로 새 체계에 맞는 시스템의 구축을 서두를 필요가 있다. 중성자 등 고LET 방사선을 측정하는 선량률계 또는 선량계는 전면적인 교정체계 수정을 요구한다.

선량한도

큰 관심사 중의 하나는 개인의 선량한도의 변경이다. ICRP 6/2에서는 직업상 피폭에 대해 최대허용집적선량을 기본식에 의해 산출하여 적용토록 하였으며 최대허용선량으로는 전신, 골수 및 생식선에 대해 13주간 3rem씩을 제시하였으며 장기별 최대허용선량도 별도로 제공하였다. 수시출입자에 대한 한도는 직업상 피폭 한도의 3/10을, 일반인은 1/10을 적용토록 했다. 임부는 연간 1.5rem, 13주간 1.3rem으로 제한했고 18세 이하의 미성년은 연간 5rem, 30세까지 60rem으로 한정

하였다.

ICRP 26/30에 와서는 주된 한도로 직업인에 대해서는 유효선량을 연간 50mSv로 하고 비확률적 영향을 방지하기 위한 보조한도로 선량당량 한도를 수정체에 대해서 연간 150 mSv, 기타 장기에 대해 연간 500mSv로 하였다. 1년 미만의 단기간에 대한 제한은 별도로 두지 않았다. 수시출입자의 개념은 제외하였고 일반인에 대한 한도는 연간 유효선량 1mSv, 선량당량은 연간 50mSv로 했다. 임부는 연간 15mSv 이상의 피폭이 예상되는 조건에서 근무하지 못하게 하고 16~18세의 직업훈련생에게는 직업인의 3/10에 해당하는 한도를 권고한 바 있다. ICRP 60/61에서 큰 변화가 있었는데 곧 직업상 피폭의 유효선량 한도를 5년 평균 20mSv로 낮춘 것이다. 등가선량 한도나 일반인 피폭한도는 변동이 없다. 임부에 대해서는 보다 엄격한 기준치가 제시되어 임신이 확인된 후 출산까지 임부의 하복부 표면선량이 2mSv 이하가 되도록 하고, 오염 섭취는 1/20ALI(연간 섭취한도)를 초과하지 않도록 권고하고 있는데 이는 태아를 하나의 독립된 인격(일반인)으로 간주한다는 개념에서 유래한다.

위험한도의 개념은 도입했으나 그 수치 기준은 아직 제시되지 않았다.

선량한도의 변화 즉, 하향조정은 일단 방호 실제에 상당한 충격을 줄 것으로 예상된다. 특히 고준위 피폭이 동반되고 있던 원전 보수작업 및 비파괴 검사 작업에 대해서는 작업환경을 개선하여 피폭을 낮추는 노력이 경주되어야 한다. 이러한 기준 행위에 대한 재검토와 함께 신규 행위에 대해서는 새로운 방호체계에 입각한 설계검토와 개선이 필요하게 되었다.

피폭관리 원칙

ICRP 6/2에서는 “가능한한 최소”(ALAP)의 개념이 피폭관리 원칙으로 제기되었으나 구체화되지는 못하였다. ICRP 26/30에 이르러서는 ALARA 개념의 정립과 함께 이를 구현하기 위한 최적화 과정이 정립되어 선량한

도의 단순한 준수가 아니라 탄력적 제한이 요구되었다. 이제 ICRP 60/61에서는 한발 더 나아가 선량제약치(dose constraint)를 도입함으로써 규제차원에서 적극적 관리가 용이하도록 하고 있다.

ALARA 및 선량제약치의 적용에 의한 탄력적, 능동적 피폭관리는 전체적으로 피폭의 저감화를 실현할 것이나 이를 제도에 효율적으로 운용하기 위해서는 규제 당국이나 사용자가 준비해야 할 사항이 있다. 즉, 규제기관은 최적화를 위한 기초 자료인 위험의 사회적 인자, 단위 피폭의 금전가, ALARA 데이터베이스를 제공하고 행위를 선별하여 그룹별 선량제약치를 설정하여 제시함으로써 사용자가 용이하게 새 제도에 적용할 수 있는 환경을 조성해야 한다. 이러한 제도의 시행도 긴요하지만 무엇보다도 방호의 성패는 사용자의 적극적이고 능동적인 방호 달성이 중요하다. 특히, 새로운 제도는 최적화나 피폭 감축기술적용, 그 결과에 대한 평가를 위해 전문인력을 요구한다. 따라서 이에 필요한 인력의 교육 및 재교육 프로그램이 필수적이며 여기에 상당한 자원과 노력이 투입되어야 할 것으로 본다.

보조량 체계

내부피폭 관리를 위한 양으로 ICRP 6/2에서는 가용성과 불용성 구분에 따라 최대허용 신체부하량을 산출하고 이로부터 공기 또는 수중의 최대허용농도를 산출했다. ICRP 26/30에서는 콤팩트먼트 모델을 정립하고 물질별 대사계급(Y, W, D)에 따른 폐모델을 사용하여 연간 섭취한도를 구하고 다시 유도공기중농도(DAC)를 산출했다. 이들 양의 산출에는 섭취 이후 50년간의 예탁선량에 대해 50mSv의 한도를 적용하였다.

한편 2차한도로서 선량당량지수와 연간섭취한도를 지정하였으며 인정한도 개념을 도입하고 참고 준위로서 조사준위, 개입준위 및 기록준위를 제시하였다.

ICRP 60/61에서는 당연히 20mSv를 근거로한 연간섭취한도 및 유도공기중농도가 다시 산

출되었다.

위와 같은 보조량이 방호실체에 도입되는데에 심각한 부담은 없다. 이는 작업종사자의 피폭 대부분이 내부피폭이 아니라 외부피폭이라는 점과 따라서 현재의 방사선관리 실제에서 내부피폭 평가가 원전을 제외하고는 시스템 자체가 정립되어 있지 않기 때문이기도 하다. 그러나 이 분야에 있어서도 선량평가 담당자의 재교육 부담은 있다.

작업조건 및 작업구역 구분

ICRP 6/2에서는 작업조건의 개념이 수립되지 않았으며 방사선 관리구역으로서 연간 1.5rem 이상 피폭 우려가 있는 구역을 선정하고 이 구역 작업자에 대해서는 개인 피폭관리를 수행하도록 권고 하였다. ICRP 26/30에서는 관리구역을 그 외부에서 선량한도의 3/10(15mSv)을 초과하지 않도록 설정하며 이에 미치지 않으나 작업환경의 감시가 필요한 구역을 감시구역으로 설정하도록 권고 하였다. 또한 개인 피폭감시의 필요성을 구분하기 위해 선량한도의 3/10을 초과할 것으로 예상되는 작업조건을 A, 그렇지 않은 조건을 B로 구분하였다.

ICRP 60/61에서는 작업조건의 개념은 폐지하였는데 이는 ICRP 26의 구분이 실제로 시행에 모호한 점이 있고 대부분의 경우의 개인감시 수단인 외부피폭 감시의 부담이 크지 않으므로 피폭자 전원에게 선량계에 의한 감시를 권고하게 되었다. 내부피폭 감시의 필요성에 대한 판단과 기록에 대해서는 ICRP 35에서 권고하고 있다. 구역관리에 대해서는 ICRP 26/30의 체계를 계속 유지한다.

구역에 관한 권고의 시행은 현행 규정의 방사선구역이 관리구역에 해당하므로 표지의 변경과 감시구역 신설 관리에 따르는 부담과 이에 대한 종사자 교육 부담이 있으나 경미하다. 내부피폭관리에 대해서는 감시 정책이 정비되고 시행되면 사업소에 따라서는 상당한 노력이 뒤따라야 할 것으로 본다.

특수한 경우의 피폭

방사선 시설을 운영하다 보면 사고로의 발전을 방지하거나 고장 설비의 복구를 위해 불가피하게 정규 선량한도의 범위를 초과하여 피폭하지 않으면 아니될 상황이 발생할 수가 있다. 이러한 특수 상황에 대해 ICRP 6/2에서는 계획된 특수피폭으로 1회의 12rem까지, 생애 25rem까지 허용할 수 있다고 했다. 이것은 ICRP26/30에서도 이어졌는데 다만 1회 허용량을 연간 한도의 2배인 100mSv로 변경했다.

ICRP 60/61에서는 개입의 개념을 종합적으로 정립함과 함께 개입시 직업상 피폭한도로서 인명구조를 제외하고는 유효선량 500 mSv, 피부의 등가선량 5Sv로 상당히 완화된 한도값을 권고하고 있다. 만약 인명을 구하기 위한 경우라면 그것이 일정한 한도에 의해 제약받는 것이 불합리하므로 상황에 따른 윤리적 판단에 따르도록 하고 있다. 물론 이러한 계획된 특수피폭이나 개입과정의 피폭은 피폭자의 자의에 따라야 하며 강요될 수는 없는 것이다. 또한 특수피폭 또는 개입이라는 판단은 엄격해야 하며 그것이 불가피하다는 정당성의 뒷받침 없이는 인정되지 아니한다.

이러한 특수피폭 또는 개입을 위한 피폭은 뒤따르는 피폭선량의 크기가 일상적인 것이 아니므로 자칫 사회 여론의 지탄을 받을 우려도 없지 않다. 따라서 이 제도의 배경에 대한 사회와 참여 작업자의 이해 없이는 시행하기 어려운 것도 사실이다. 특히 지원자는 피폭량 예상치와 이에 따르는 자신의 위험에 대한 이해를 바탕으로 작업에 임해야 한다.

건강진단

방사선 피폭이 보건상의 악영향을 초래할 수 있다고 전제한다면 당연히 작업 종사자에 대한 정기적인 의학적 검사가 필요할 것이라고 판단할 수 있다. 따라서 ICRP 6/2에서는 작업상황에 따라 적절한 주기로 종사자의 건강을 검진할 것을 권고하였다. 그러나 이러

한 검진이 피폭을 감시하기 위한 목적은 될 수 없다고 밝혔다. ICRP 26/30에서도 건강진단이 작업자의 건강평가, 직무 적응성 평가 및 사고시 참고자료 확보 목적으로 의학적 검사가 될 필요는 것으로 권고했다.

ICRP 60/61에 와서는 개념을 수정하였는데 즉, 검사 성격의 의학적 검진이 아니라 종사자의 보건에 대한 서비스의 관점에서 타 산업현장에서 보편적으로 행하는 건강진단의 의미를 부여하고 있으며 특히 직무 적응능력 평가 목적이 강조되고 있다.

새로운 개념에 의한 건강진단 제도의 정착을 위해서는 방사선 피폭이 필연적이고 즉각적인 건강상의 악영향을 초래할 것이라는 현재의 보편적인 인식이 불식되어야 한다. 따라서 이에 대한 계몽이 이루어져야 한다. 직무적응력 평가를 위해서는 담당의사가 작업 환경에 대해 구체적 지식을 가져야 하는데 직장 담당의 제도가 정착되지 않은 우리의 현실과 다소 거리가 있는 문제점이 있으나 결국 권고된 방향으로의 발전은 있어야만 하겠다.

규제면제

ICRP 6/2에서는 자연 방사선, 환자의 의료상 피폭을 배제하였고 일정 한도량 이하의 방사성 물질에 대해서는 방호제도의 면제가 가능하다고 밝혔다. ICRP 26/30에서는 이를 구체화하지는 않았으나 ALARA원칙이 핵심을 이룸으로써 불합리하게 작은 행위에 대한 제한은 자연히 면제될 수 있는 체계를 제공한 셈이 된다. ICRP 60/61은 개인 및 집단에 경미한 피폭을 주거나 합리적 방호 수단이 존재하지 않는 경우 면제할 수 있다는 명확한 개념적 근거를 수립하였다. 그러나 그 수치 기준은 제시하지 않았다.

한편으로는 포괄적으로 배제되어온 자연 방사선과 환자의 의료상 피폭에 대해서도 경우에 따라 제한의 대상이 되며 특히 의료상 피폭에는 선량한도의 개념은 성립하지 않으나 피폭의 정당화, 방호의 최적화 및 선량제약치의 적용은 필요한 것으로 권고하고 있

다.

행위에 대한 규제 면제는 분명 면제 자체가 안전성, 평등성의 관점에서 정당화되어야 하고 이에 대한 사회의 이해가 선행되어야 한다. 방사선이나 방사능이라면 그 양의 작고 많음에 관계없이 민감한 반응을 보이는 오늘날의 분위기에서는 시행하기 어려운 개념이다. 따라서 면제의 근거와 정책에 대해 적극적 계도가 이루어져야 한다. 한편으로는 의도적인 희석이나 분산과 같이 이러한 제도를 악용하는 사례를 방지하는 장치도 동시에 강구되지 않으면 아니된다.

개입

ICRP 6/2에서는 수립되지 않았으나 ICRP 26/30에서 참고준위의 하나로 개입준위가 설정될 수 있음을 권고 하였다. 그것이 ICRP 60/61에 와서는 개입의 개념을 피폭을 증가시키는 “행위”에 대한 반대 개념으로서 피폭을 절감하는 개념으로 정립하였다. 특히 개입이 필요한 두 가지 상황을 부각시켰는데 첫째는 자연방사선중 생활환경 중의 라돈 문제요 둘째는 방사선 사고시의 비상개입이다. 라돈에 대한 개입준위는 기존 주택과 신설 주택에 대해 구분하여 각각 400 Bq/m^3 및 200 Bq/m^3 를 권고 하고 있다. 비상시 개입준위에 대해서는 ICRP 40에서 별도로 권고하고

있다.

라돈에 대한 개입을 위해서는 우선 국내 주거환경 중의 라돈 농도 조사가 이루어져 실태가 파악되어야 한다. 지금까지 일부 예 비조사가 수행된 바 있지만 판단 자료를 위해서는 보다 집중적인 분포조사가 이루어져야 할 것이다.

비상시 개입에 있어서는 현재 민방위계획이나 비상계획서에서 설정하고 있으나 실상황에서 주민의 과민반응을 방지할 수 있는 방안이 마련되지 않으면 개입준위 자체가 무의미해질 우려도 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 ICRP 60/61에 의한 새로운 방사선 방호체제는 과거의 체계에 비해 복합적이고 따라서 이의 제도화 시행을 위해서는 고도의 전문성을 요구하고 있다. 이러한 경향을 실질적인 위협의 차원에서 우리 생활환경의 다른 위험요소의 존재와 비교할 때 불평등하게 어려운 길을 택하고 있는 느낌도 없지는 않으나 우선은 가던길을 계속 갈 수밖에 없어 보인다. 새로운 제도 수용체계의 핵심은 방호에 대한 책임체계의 정립, 실무자의 전문성향상 및 사회적 이해증진으로 요약할 수 있는데 이러한 기반의 조성을 위해서는 적극적인 정책이 수립, 추진되어야 할 것이다.

* 필자가 한국원자력안전기술원에 재직하고 있으나 이 글의 내용은 한국원자력안전기술원의 의견을 나타내는 것은 아님.