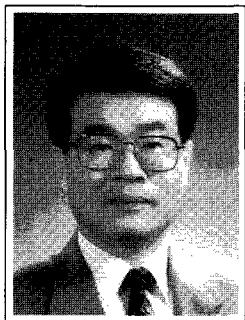


방사선 및 방사성물질 안전대책

이 재 기

한양대학교 원자력공학과 교수



인류가 방사선을 발견한 지 1세기가 지나는 동안 방사선 이용과 이에 따르는 방사선 안전을 보는 관점은 몇 번의 변혁을 거쳐왔다.

제1기는 방사선을 발견한 19세기 말부터 방사선의 위험을 본격적으로 인식하기 시작한 1920년대 중반까지로 볼 수 있다.

제2기는 1925년경부터 일본에 원폭이 투하되고 이로 인한 대규모의 방사선 피해자로부터 방사선 장해의 데이터가 양산됨으로써 방사선 위험에 대한 인식을 달리하게 된 1950년

까지로 본다.

제3기는 '원자력의 평화적 이용'과 '제3의 불'이라는 가치 아래 원자력 발전소 건설이 활발했고 원자로에서 만들어진 다양한 종류의 인공 방사성 핵종들이 다방면에서 여러 가지 용도로 활용됨으로써 방사선의 위험보다는 그 이용 가치 중심적으로 평가되었던 1970년대 후반까지가 된다.

마지막 제4기는 TMI 2호기 사고 등으로 원자력발전소의 사고 위험이 표면화되고 환경 위기를 인식하기 시작했을 뿐만 아니라 시민 운동이 활발해진 오늘날이다.

제1기에는 방사선의 위험보다는 방사선, 특히 X선의 신통력에 매료되었던 시기로 볼 수 있다.

이 시기에는 X선이 인체의 특과 사진을 만들 수 있는 능력으로 인해 특별히 의학 분야에서 방사선 이용이 급격히 신장되었다.

그러나 초기의 X선 발생 장치는 오늘날의 그것과 달라서 X선관이 노출된 형태였으며, 따라서 환자 촬영시

의료진의 피폭이 많았다.

이에 따라 필연적으로 방사선 장해가 인지되기 시작함에 따라 방사선으로부터의 방호의 필요성을 인지하고 이를 위한 구체적 노력이 도입되었지만, 주로 단기간에 고선량을 피폭함으로써 발생하는 급성 결정적 영향의 방지에 초점이 맞추어져 있던 시기가 제2기이다.

제3기는 방사선의 급성 영향뿐만 아니라 지발성 확률적 영향의 위험을 인식함으로써 방사선 방호의 관점을 확대하여 소위 '합리적 방호(ALARA)' 개념이 도입되었다.

국제방사선방호위원회(ICRP)가 본격적 활동을 개시한 시기도 제3기의 시작과 같이 한다.

그럼에도 이 기간에는 원자력 및 방사선 이용의 르네상스 시기로 불려도 좋을 만큼 이용의 확대가 이루어졌다.

현재인 제4기에는 방사선의 유용성보다 위험에 대한 우려가 사회를 지배한다.

환경 위기 인식과 동행하여 무조건적인 반대 논리가 횡행하고 있어 방호에 대한 요구가 합리적인 범위를 넘음으로써 부담이 가중되고 있는 시기이다.

반면, 방사선 위험을 전문적으로 다루는 부문에서는 주된 방사선 위험으로 간주되는 암에 대한 연구와 이해가 급진적으로 발전하고 있으며, 위험의 개념에 확률을 본격적으로 도입하여 평가하는 시기이다.

방사선 및 방사성 물질의 안전 대책을 논의하기 위해서는 이러한 사회적·시대적 배경을 고려하여야 한다.

다시 말해서 현재의 상황은 방사선이 사회적으로 배척되고 있어 방사선 안전과 관련한 사소한 문제도 사회적 이슈로 등장할 수 있는 민감성을 가지고 있음에 주의하지 않으면 안된다.

나아가 위험을 평가함에 있어서 일상적으로 일어나는 정상 피폭뿐만 아니라 사고 등 발생 가능한 사건으로 인한 잠재 피폭까지 확률의 관점에서 평가하고, 이를 적절한 안전 목표 이하로 유지하도록 보장하는 노력이 요구된다.

한편으로는 지구 온난화, 기상 이변, 오존층 감소, 산성비, 환경 오염 등 일반적인 환경 위험 문제는 물론 교통 사고, AIDS, 시스템 붕괴 등 현대 사회의 중요 위험 요소를 고려하여 가능한 재화가 특정한 위험 요소에 지나치게 투입됨으로써 전반적

인 위험 경감의 손실을 가져오는 일이 없도록 균형을 유지하는 문제도 함께 고려되어야 하는 것이 현재의 위험 관리의 특성이라 할 수 있다.

즉 방사선 안전을 방사선 문제에 국한하여 보는 것이 아니라, 현대 사회가 직면하고 있거나 장래에 부딪치게 될 총체적 위험 스펙트럼의 일환으로 보아 합리적인 관리를 지향해야 하는 것이다.

방사선 위험을 보는 방향이 이러하면 이를 관리하는 제도도 변화가 필요하다.

여기 방사선 또는 방사성 물질이 있으니 어떠한 안전 조치가 필요하다는 무조건적인 위험 관리가 아니라 그 피폭원의 실체에 대한 위험의 크기를 평가하고, 그 크기에 걸맞는 위험 관리 대책을 추구하는 지혜가 요구된다.

다른 말로 표현한다면 '위험도에 근거한 안전 관리'이다.

이러한 객관적 위험도에 근거한 관리 체계는 방사선에 과민하게 반응하고 있는 현재의 대중 심리와는 꾀리가 없지도 않지만, 사회적 분위기로 인해 어떤 정책이 결정되는 문제는 방사선 방호의 문제가 아니라 정치적인 문제이므로 여기서 논의할 대상에서 벗어난다.

위험도에 근거한 방사선 관리라는 측면에서 볼 때 주목해야 할 대상은

- ① 심각한 사고에 의한 잠재 피폭의 문제
- ② 의료 방사선의 불균형 문제

③ 비파괴 검사 요원 등 다량 피폭자 문제

④ 높은 수준의 자연 방사선 문제

⑤ 중대형 방사성 물질의 관리 문제

⑥ 고에너지 가속기 등 신형 방사선 설비 문제

⑦ 방사성 폐기물 문제

⑧ 위험도의 본질에 해당하는 저선량에서의 위험 여부 문제

⑨ 방사선 테러 문제 등을 꼽을 수 있다.

한편 방사선 방호의 환경 측면에서도 방호 정책에 영향을 미칠 수 있는 요소가 있다. 그 한 가지는 정보 통신의 발달로 사회가 급속히 국제화함에 따른 방호의 국제적 조화 요구이며, 또 한 가지는 현재 우리 정부가 강력히 추진하고 있는 소위 규제 개혁의 문제이다.

비록 규제 개혁 또는 규제 완화가 우리만의 문제는 아니지만 방사선 방호 제도의 근간이 규제라는 형식에 의존하고 있는 만큼 제쳐둘 수는 없는 요소이다.

우리의 특유 상황으로는 이제 지방자치 제도가 적극적으로 전개되고 있다는 점도 있다.

이러한 환경에서 위에서 열거한 위험도 측면의 주목할 대상을 어떻게 조화롭게 풀어나갈 것인가가 우리 방사선 방호의 과제라 하겠다.

방사선 위험과 안전 관리 방향

1. 사고와 잠재 피폭

방사선 시설의 설계자나 운영자의 희망은 심각한 방사선 피폭이나 오염

을 유발하는 사고가 발생하지 않는 것이지만, 사고의 원인이 너무나 다양하여 완벽하게 이를 방지할 수 없기 때문에 가끔은 사고가 발생하기 마련이다.

대형 방사선 시설의 사고, 특히 원전의 사고는 그 발생 가능성은 희박 하지만 일단 사고가 발생한 경우에는 피해가 심각하므로 이러한 잠재 피폭을 결코 무시할 수는 없다.

잠재 피폭은 어떤 사고의 발생 확률과 그 사고 발생 시 피해로 특정지울 수 있으므로 이에 대한 대책은 사고의 확률을 낮추는 일과 사고 시 영향을 완화하는 일이 된다.

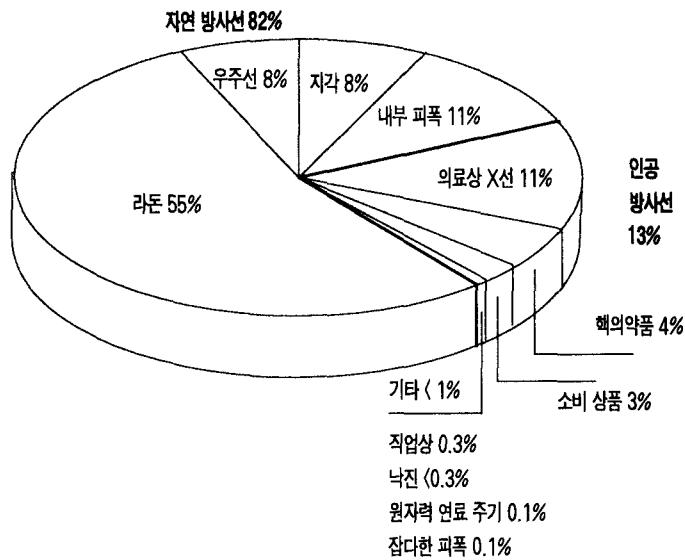
전자를 위해서는 소위 확률론적 안전성 분석(PSA) 기법의 활용이 일반적이고 정량적 접근으로서는 아직 최선의 접근법으로 평가받고 있다.

즉 PSA를 통해 해당 시설의 종합적인 위험이 어느 정도 크기인가를 파악하고 이 위험이 설정된 안전 목표를 충족하는지를 판단한다.

만약 충분한 안전도를 제공하지 못한다면 안전상 취약점이 어디에 있는 가를 보아 이의 감축을 위한 방안을 강구한다.

후자에 대해서는 사고 관리와 방사선 비상 대책의 문제가 된다.

안전성 평가는 아직 불확실한 두 가지가 있는데, 하나는 정량적 안전 목표를 설정하고 이에 대한 합의를 구하는 것이며 다른 하나는 PSA 자체의 불확실성을 감소시키는 문제이다.



(그림 1) 미국민의 평균 연간 선량의 구성비. 인공 피폭원에 의한 선량의 대부분은 X선과 핵의약품 등 의료 방사선 피폭이다.

복잡한 계통에서는 사고로 이어지는 사건과 요인이 충분히 고려되지 않아 중대한 사고 경위가 누락될 우려가 상존한다.

아직 기기나 부품의 신뢰도에 대해서도 만족할 만한 데이터베이스가 확보되어 있지 않으며, 특히 사람의 행동은 더욱 불확실하다.

이런 이유 때문에 위험에 대한 정량적 접근에는 한계가 존재한다.

그러기 때문에 다른 쪽에서는 정성적인 접근, 즉 안전 문화의 정착을 강조한다.

한편으로는 잠재 피폭을 유발하는 사고에 대비하여 방사선 비상 대책을 강구할 필요가 있다.

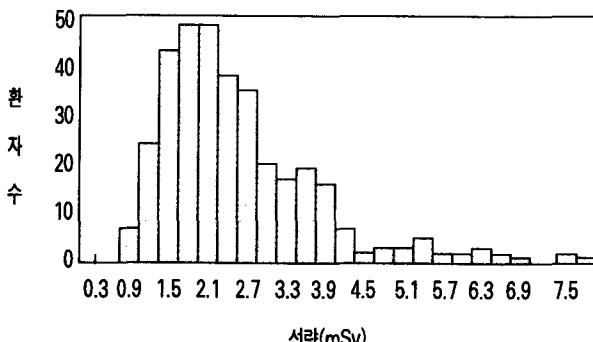
이미 국가 민방위 계획과 재난관리 법에 근거하여 원자력발전소 등 중요

방사선 시설에 대해서는 방사선 비상 계획 수립, 유지와 대응 태세 유지가 요건으로 되어 있지만, 아직 종합적으로 볼 때 불시에 발생할 수 있는 사고에 충분히 탄력적으로 대응할 수 있는 태세를 갖추었다고는 보기 어렵다.

법규에서 요구하니까 형식을 갖춘다는 피동적 자세가 아니라, 원자력 안전의 최종 보루로서 국민의 보호를 위해 최선을 다한다는 능동적 입장에서 기존 계획과 준비 태세를 재점검하고 보완해 나가야 한다.

특히 실제 사고 상황에서 계획대로 대응이 가능하도록 계획의 집행성 향상에 주의해야 하며, 지금 정책 방향에 대한 검토 과제가 진행되고 있는 긴급 의료 대책에 대해서도 빠른 시간 내에 최소한의 대응 태세를 갖추

요추 X선 촬영시 환자의 선량 분포



(그림 2) 요추 X선 촬영시 환자선량의 의료 기관간 분포

도록 박차를 가해야 한다.

2. 의료 방사선 피폭의 불균형

현재 원자력 법규는 의료 목적으로 피폭하는 방사선량은 규제의 대상에서 면제하고 있음에도 여기서 이를 논의하는 것은 <그림 1>에서 보는 것처럼 의료 방사선, 특히 진단 과정에서 피폭하는 평균적 방사선량이 인공 방사선 피폭의 대부분을 차지하는 중요한 피폭원이며, 방사선 방호의 관점에서는 의료 방사선도 동일한 방호의 대상이기 때문이다.

방사선이 발견된 이래 가장 활발하게 이용되었던 분야가 바로 의료 부문이며, 질병의 발견과 치료라는 측면에서 방사선의 공로는 실로 지대한 것이다.

따라서 안전이라는 이유로 의료에 방사선 이용을 부당하게 제약하는 일은 결코 바람직한 것이 아니다.

그러나 <그림 2>에 예시한 것처럼 동일한 진단을 받는 과정에서 환자가 피폭하는 방사선량의 분포가 의료 기관에 따라 심한 불균형을 보여 크게는 10~20배까지 차이가 있는데, 이는 의료 윤리나 평등의 개념에서 볼 때에도 개선을 필요로 하는 것이다.

이와 같은 불균형의 개선은 방사선을 이용하는 각각의 의료 행위에 어떤 한도를 두어 규제하는 방법으로 해결하기는 어렵다.

그보다는 해당 의료 행위에 대한 표준 절차를 마련하고 이를 따르도록 유도함으로써 환자선량의 분포의 편차를 줄이는 방향의 정책이 적합하다.

이미 ICRP는 물론 IAEA·WHO 등 국제 기구, OECD 등에서 의료 행위별 참조 준위를 제시하고 있고 절차의 표준화가 진행되고 있다.

표준 절차를 마련하게 되면 필연적

으로 노후 장비는 교체해야 한다는 부담이 따르게 된다.

이보다 먼저 현재 방사선 의료 행위별로 환자가 피폭하는 선량 분포의 실태를 파악해야 한다.

현행 법규상으로는 환자가 피폭하는 선량은 원자력법 소관이 아니므로 관할 관청인 보건복지부와의 협조 체계도 필요할 것이다.

3. 방사선 다량 피폭자 그룹

일반인의 자연 방사선에 의한 연간 선량이 평균 2.2 mSv에 이르고 있는데 비해, 직업상 방사선에 피폭하는 종사자의 직무로 인한 평균 선량은 연간 4 mSv 정도이다.

이렇게 평균 선량으로만 보면 종사자의 선량은 대단한 수준은 아니지만 종사자의 선량 분포가 상당한 불균형을 이루고 있어서 소수 작업자는 평균 선량의 7~8배의 피폭을 받는다는 점에 유의할 필요가 있다.

이러한 불균형의 정도를 완화하기 위해 개인 선량 한도를 두고 있고, 이로 인해 그나마 불균형의 정도가 이수준에 머무르고 있다.

향후 ICRP 60의 저하된 선량 한도가 적용되면 최대 피폭 그룹의 선량이 평균 선량의 3배 수준으로 저하될 것이 예상되어 불균형의 정도가 더욱 완화될 전망이다.

그런데 이렇게 선량 한도가 낮춰지면 다른 문제가 발생한다.

즉 지금까지 높은 선량을 피폭해온

〈표 1〉 직종군별 방사선 작업 종사자 수와 피폭선량 경향(1994~1996)

직업군	1994			1995			1996		
	종사자수		평균선량 (mSv)	종사자수		평균선량 (mSv)	종사자수		평균선량 (mSv)
	총계	20mSv 이상 (mSv)	총계	20mSv 이상 (mSv)	총계	20mSv 이상 (mSv)	총계	20mSv 이상 (mSv)	NR15*
원전	6791	18	1.62	7435	73	1.72	7034	13	1.66 0.019
비파괴검사	2092	78	4.35	2970	108	4.64	3576	150	4.72 0.110
병원**	1651	1	1.06	1581	4	1.22	1871	2	1.38 0.003
기타	7130	2	0.58	8212	1	0.60	9433	1	0.56 <0.001
총계	17664	99	1.47	20198	113	1.65	21914	168	1.66 0.021

주 : * 연간 15 mSv 이상을 피폭하는 종사자의 비율.

** 진단 X선 취급자 제외.

그룹, 예를 들면 원전의 1차 냉각재 펌프 전문 보수 요원이나 비파괴 검사 종사자들은 새로운 선량 한도의 만족에 어려움이 있게 된다. 〈표 1〉에서 보인 것처럼 연간 선량이 향후의 새로운 선량 한도인 20 mSv 이상인 작업자는 원전에서 수십 명, 비파괴 검사 현장에서 100명 안팎인데 다른 분야에서는 거의 없다.

96년도 자료에서 향후 관리 참조 선인 연간 15 mSv를 넘는 종사자의 비율 NR15 값이 비파괴 검사 분야에서 11%, 원전에서 1.9%로 나타나고 있다.

이는 특별히 비파괴 검사 현장의 종사자 피폭 관리에 상당한 문제점을 내포하고 있음을 시사하고 있다.

그렇다고 비파괴 검사의 작업 특성이 이렇게 높은 선량의 피폭이 불가피한 것으로 보이지는 않는다.

UNSCEAR의 1993년 보고서를 보면 외국의 경우에는 비파괴 검사 종사자의 피폭이 우리처럼 높지 않다.

따라서 우리는 비파괴 검사 종사자의 피폭을 낮추기 위한 보다 강력한 프로그램을 필요로 한다.

비파괴 검사보다 시설이 방대하고 종사자 수도 월등히 많은 원전에서 높은 선량 피폭자 비율이 상대적으로 크게 낮은 이유는, 근본적으로 경영 관리자의 방사선 피폭 저감에 대한 관심과 의지가 분명한 테 있다고 본다.

항상 강조하는 바이지만 ALARA, 즉 최선의 방사선 방호에서 핵심적인 구동력은 경영진의 의식에 있기 때문이다.

비파괴 검사 사업자는 이 점에 각별한 유의가 필요하다.

원전에서도 아직 많은 선량을 피폭하는 소수의 특수 작업에 대해서는 보완적인 노력이 요구된다.

4. 높은 수준의 자연 방사선

과거에는 자연계에 천연으로 존재하는 피폭원에 의한 방사선 피폭은 방호의 대상으로 간주하지 않았으나,

지금은 이러한 자연 방사선도 지나치게 높은 피폭을 초래하거나 인간의 행위로 인해 더 많은 자연 방사선을 피폭하게 되는 경우에 대해서는 방호의 개념이 적용되어야 한다고 보고 있다.

선원의 강도가 크지 않은 자연 방사선을 위험도 관점에서 다루는 이유는, 비록 개인량은 낮지만 피폭하는 사람의 수가 직업상 피폭에 비해 압도적으로 많기 때문이다.

〈그림 1〉에서도 알 수 있듯이 인류의 방사선 피폭 총량에서는 자연 방사선이 80% 이상을 차지하고 있다.

자연 방사선의 방호에는 두 가지 상이한 개념이 적용된다.

그 하나는 인간의 행위로 피폭이 증가되는 경우로서 '기술적으로 증가시킨 자연 방사선 피폭(Technically Enhanced Natural Radiation: TENR)'이라고 부르며, 광산의 라돈, 우주선(宇宙船)이나 항공기 승무원이 피폭하는 우주선(宇宙線)에 의한 피폭이 그 예이다.

다른 하나는 천연적으로 방사선 준위가 비상하게 높은 경우로서 전형적인 문제가 라돈 유의 지역의 주거 공간 공기 중 라돈에 의한 피폭이다.

즉 피폭을 기정 사실로 간주할 수 있는 경우로서 이에 대해서는 '개입(intervention)'이라는 방호 개념이 적용된다.

TENR은 그 원인이 인간의 행위에 있기 때문에 직업상 피폭의 일부로

다를 수 있다.

예를 들면 항공기 승무원의 피폭은 탑승 시간을 적절히 제한함으로써 피폭을 관리할 수 있다.

대기권 밖의 우주 미션으로 인한 피폭은 특별한 경우로서 승무원에 대해서는 일반적인 선량 한도가 아닌 다소 높은 특별 한도가 인정되어야 할 것 같다.

어느 정도까지 용인할 것인가에 대해서는 여러 측면에서 신중한 검토와 합의가 필요하다.

최근 미국 방사선측정방호위원회(NCRP)에서도 이 문제에 대해 심층 논의한 바 있다.

아직 우리가 당면한 문제는 아니지만 그리 머지 않아 현실 문제로 다가올 수 있다.

보다 어려운 문제는 개입이 필요하게 되는 경우이다.

우리 국토에는 지각 감마선량률이 특별히 유의해야 할 정도로 높은 장소는 아직 알려지지 않고 있으나, 주택의 라돈 농도는 개입을 필요로 하는 경우도 있을 것으로 나타나고 있다.

라돈과 폐암 위험과의 상관 관계에 도 아직 의문의 여지가 없지는 않지만, 현재의 공식적인 입장은 인정한다면 실내 공기 중 라돈 농도에 대한 광범한 조사와 이를 바탕으로 한 개입 정책의 수립 및 추진이 필요하다.

주택의 라돈 문제는 자칫 개인의 재산권을 침해할 수 있는 우려도 있

기 때문에 정책에 신중함이 요구된다.

그 밖에도 석고, 인산 비료 생산 공정의 부산물 등 방사선 측면에서 고려가 필요한 천연 방사성 물질(Naturally Occurring Radioactive Material: NORM) 문제가 잠재하고 있을 가능성도 없지 않다.

최근에는 충청 및 대전 지방의 음용하는 지하수원의 라돈 및 우라늄 농도 문제로 비상한 관심을 모은 바도 있다.

그런데도 이런 문제들에 대한 대책이 체계적으로 이루어지지 못하는 것은 이에 대한 법정 책임 관청이 없기 때문이다.

따라서 먼저 해결할 문제는 자연 방사선으로부터의 방호에 대해 국가 책임 관청을 분명히 설정하는 것이다.

5. 중대형 방사성 물질 관리

사회적 현실은 종종 사소한 방사성 물질로 인한 문제도 심각한 것처럼 취급되기도 하지만 실질적인 위협이라고 볼 수는 없다.

그러나 중대형 선원으로 가면 문제 가 달라진다.

브라질 고이아니아 사건, 대만의 철근 오염 사건, 그리고 에스토니아 선원 도난 사건은 중대형 선원의 관리소홀이 초래할 수 있는 심각한 위협의 전형적인 사례이다.

이들 사건은 인명의 손상을 가져오기도 했고 그 수습에 막대한 비용을

〈표 2〉 미국과 캐나다에서 최근 발생한 고철 오염 사건

연도	시간수	총해간수
1983	3	3
1984	2	1
1985	10	0
1986	14	2
1987	23	2
1988	9	2
1989	56	1
1990	155	1
1991	115	4
1992	158	4
1993	228	5
1994	340	2
1995	746	1
1996	335	1
1997*	163	3
계	2,357	29

주: * 상반기까지의 자료

유발하기도 했다.

〈표 2〉에서 보인 것처럼 근래에 미국과 캐나다의 고철에서 방사성 물질 검출 사례가 크게 증가한 바 있다.

다행히 그 대부분이 용광로에서 재용해되기 이전에 발견됨으로써 철강 재의 오염으로 확대된 경우는 많지 않으나 자칫 소홀하면 대만의 철강 오염 사건과 같은 문제를 초래할 잠재성이 있다.

이런 면에서는 방사능이 미미한 소형 선원은 그다지 중요하지 않다.

간혹 작은 선원이 분실되어 일반 쓰레기 처리장으로 유입되는 일을 생각할 수도 있는데, 방사선 관리가 허술했다는 점은 지적되어야 하겠지만

이로 인해 쓰레기를 취급하는 작업자나 처분장 인근 주민의 보건에는 실질적인 위험은 없을 것이다.

따라서 중대형 방사성 물질에 대한 선원 관리, 특히 사용이 정지된 선원의 후속 관리가 주목의 대상이 된다.

이들은 방사능이 상당하기 때문에 재용해되거나 매립지에서 방사성 내용물이 누출되어 환경 오염 문제를 일으키기 이전에도 이를 중간에서 취급한 사람에게 치명적인 손상까지 입힐 수 있다.

이러한 중대형 방사성 물질로 분류 할 수 있는 선원들로는 병원의 빔치료용 선원과 근접 치료 선원(지금은 사용하지 않는 라듐 바늘 등), 중대형 탱크의 수준계용 선원, 밀도계 또는 수분계 내장 선원 등이 있다.

따라서 이러한 종류의 선원에 대해서는 도입부터 최종 폐기 처리될 때 까지 재고 관리 및 선원 전전성 관리에 소홀함이 없도록 해야 한다.

이를 위해서는 이런 종류의 선원 분실에 대해서는 단호한 책임을 묻는 규제 제도가 필요할 것이다.

6. 고에너지 방사선원

우리 나라에도 다수의 의료용 가속기가 도입되어 사용되고 있으며 포함 공대의 방사광 설비, 한빛장치 등 고 에너지 가속기가 수량으로 증가할 뿐만 아니라 에너지 준위도 점차 높아지고 있다.

치료 방사선 목적으로 사용되는 가

속기(마이크로트론 등)는 에너지가 10 MeV 이하로서 관련된 핵반응의 복잡성, 방출 방사선의 투과력이 통상 취급해온 방사선 영역에 있다고 말할 수 있다.

그러나 10 MeV를 넘는 가속기는 광핵반응에 의한 방사화 및 중성자 발생, 광자/전자 캐스케이드 형성 등 우리가 아직 익숙하지 않은 방사선학적 특성을 가진다.

따라서 고에너지 방사선에 대한 설계 해석 및 선량 계측 기술을 다져나가는 것이 필요하다.

고에너지 발생 장치에서 종종 발생하는 사고로서 유도 방사능에 의한 취급자들의 급성 피폭이다.

가속기에서 방사화된 핵종들의 반감기는 짧으므로 절차서가 지시하는 대로 가동 정지 후 일정 시간 냉각 후 접근해야 하나 이를 소홀히 하여 보수 작업자가 손, 안면 등에 방사선 화상을 입은 사례들이 있다.

치료 방사선 장치의 공통된 문제의 하나는 방출 방사선 빔의 품질 관리 문제이다.

이는 일정한 방사선을 내는 원격 치료기(^{60}Co , ^{137}Cs 등)보다 빔의 강도나 스펙트럼이 변할 수 있는 가속기에서 더욱 주의가 필요하다.

즉 방출 빔의 선량률 계측이 잘못 되는 경우에는 환자에게 치명적인 피폭을 초래할 수도 있기 때문이다.

실제로 스페인 자라고자의 한 병원에서는 선량 계측기의 오작동으로 여

러 환자가 극심한 피폭을 받음으로써 관련자가 형사 처벌을 받은 사례가 있다.

특히 고에너지 방사선 또는 펠스형으로 가동되는 가속기에 대해서는 선량 계측 기술이 상황에 적합한 것이어야 한다.

그렇지 않으면 잘못된 정보로 인한 피폭 사고를 초래할 수도 있다.

이러한 서비스를 이용하는 병원은 높은 자질을 갖춘 선량 계측 전문가에 의한 정기적인 품질 관리 활동이 긴요하다.

7. 방사성 폐기물

국내외를 막론하고 방사성 폐기물의 처리 문제는 난관에 부딪치고 있다.

특히 우리 나라는 95년까지 저준위 방사성 폐기물 처분장을 건설하여 운영하겠다던 국가 정책이 지역 주민의 반대에 부딪혀 아직까지도 건설은 커녕 부지조차 결정하지 못하고 있는 실정이다.

이로 인해 원전 부지에 본래는 필요하지 않았던 폐기물 저장 설비들을 추가로 건설, 운영함으로써 비용 부담을 증가시키고 있다.

그러나 저준위 방사성 폐기물 처분 문제가 이렇게 어려움을 겪는 것은 안전의 문제도 아니요 기술의 문제도 아닌 사회적 문제이다.

그렇지만 궁극적으로 폐기물 문제를 해결하려면 이 사회적 문제가 해

결되어야 하므로 폐기물 처분에 대한 사회적 수용도를 높이기 위한 정책적·제도적 접근에 대한 연구와 노력이 있어야 한다.

그러나 이는 방사선 방호의 문제는 아니다.

저준위 폐기물과 관련하여서 개발이 필요한 부분은 더 이상 고려하지 않아도 좋은 위험의 하한을 설정하는 문제이다.

이는 처분장 운영으로 인한 영향의 평가에서 공간적으로 또 시간적으로 어디까지 고려할 것인가를 결정하는 근거가 된다.

이 기준은 현재에도 제기되고 있는 미량 방사능 오염 자재(철강재 등)의 재활용 여부를 결정하는 것일 뿐만 아니라, 머지않아 닥치게 될 원자력 부지의 정화에 있어서 비용 수요를 큰 폭으로 좌우하는 잣대가 되므로 대단히 중요한 의미를 갖는다.

방사성 폐기물에서 보다 큰 난제는 고준위 폐기물이다.

고준위 폐기물은 방사능과 수명이 저준위 폐기물과는 차원을 달리하므로 수반되는 문제 역시 다른 각도에서 고찰을 필요로 한다.

우리 나라의 경우에는 사용후 핵연료에 대한 정책을 확정하지 않고 관망(wait and see)하고 있지만 2010년경에는 방향이 설정되어야 할 것으로 볼 수 있다.

소수의 외국에서 진행시켜온 고준위 폐기물 처분장 건설 사업의 사례

를 보면, 처분 개념을 결정하고 부지를 선정하며 이에 대한 안전성 평가를 위한 작업은 방대하고 장시간을 필요로 한다.

그렇다면 우리에게도 고준위 폐기물 문제는 '강 건너 불'이라고 볼 수 없다.

고준위 폐기물은 함유된 장수명 방사성 핵종으로 인해 현재까지 제안된 어떠한 처분 개념을 사용하더라도 충분히 먼 훗날까지 그 안전성을 완전히 보장받을 수는 없다.

가상의 처분장을 놓고 여러 가지 위해 시나리오를 설정하여 방사능이 인류의 생활 환경으로 돌아올 가능성과 그 위험을 평가하고 있지만, 시간이 10,000년대에 이르면 시간적으로 또는 공간적으로 그 영향의 평가에 현실적인 의미를 부여하기는 어렵다.

따라서 고준위 폐기물에 대해서는 처리 처분과 관련한 기술적인 문제 외에도, 이렇게 불확실한 대상을 놓고 현재의 시점에서 어떻게 가치를 부여하며 판단할 것인가, 또 이에 대한 대중의 이해를 어떻게 구할 것인가 등 사회 과학적·철학적·윤리학적 논리와 수단을 개발해야 한다.

8. 방사선의 위험도

50년대에 방사선에 의한 암유발이 알려지면서부터 방사선 피폭으로 인한 위험에는 어떤 문턱 선량이 없고 선량에 비례하는 위험이 있다는 가정, 즉 '문턱 없는 선형 영향 관계

(linear no-threshold dose-response relationship: L-NT 가설)'가 인정되어 왔다.

이 가정에서부터 방호의 최적화 개념, 즉 ALARA 원칙이 도출되어 오늘날 방사선 방호의 핵심을 이루고 있다.

그런데 수 년 전부터 과연 저선량에서 위협이 있는가라는 문제를 놓고 학계와 방사선을 취급하는 관계자들이 갑론을박하고 있다.

L-NT 가설에 회의적인 입장의 주장 핵심은, 공식적인 입장이라는 L-NT 가정이 옳다는 과학적 근거가 없으며, L-NT 논리로 인해 방사선을 지나치게 두려워하게 한 벌미가 되고 있고, 더 큰 다른 종류의 위험도 비일비재한데 지나치게 방사선 위험에 관심이 집중되고 있어 이로 인한 불합리한 비용의 부담이 용인하기 어려운 수준에 이르고 있다는 주장이다.

반대로 L-NT를 옹호하는 측면에서는 비록 저선량에서 암이 증가하는 직접적인 증거는 불충분하지만, 고선량에서의 상관 관계를 저선량으로 외삽하는 논리는 가장 보편적이며, 분자생물학적 현상이나 무작위 사상의 본질 특성상 선량과 영향 사이에는 비례 관계가 있다고 보는 것이 합당하다고 주장한다.

또 대중이 방사선에 대해 그 실제 위험 이상으로 민감하게 반응하는 것은 L-NT 가설의 문제보다는 사회심리학적 현상에서 원인을 찾아야 한다

고 보고 있다.

다른 위험과 비교도 단순히 저쪽에 더 큰 위험이 존재한다는 사실만으로 상대적으로 사소한 위험은 무조건 무시해도 좋다는 논리는 정당하지 않다고 보고 있다.

과학적인 직접 증거가 확보되기 어려운 본질 때문에 이 논쟁은 쉽게 마무리 될 성질은 아니다.

L-NT 논리가 수십 년간 정착되어 온 지금, 직접 증거 없이 그 폐단만을 들어 방호의 기조를 뒤흔들 수는 없다.

체르노빌 피해 주민이나 저선량을 피폭하는 직업상 피폭자 그룹에 대한 역학 조사가 지속적으로 축적되면 선량과 영향의 상관 관계에 대한 직접 증거가 제시되는 선량의 하한선이 현재보다는 낮아지겠지만, 여전히 저선량에서의 위험 여부에 대한 불확실성이 존재할 수밖에 없다.

그런 만큼 저선량에서도 선량에 비례하는 만큼의 위험이 수반된다는 방호의 기본 가정은 견지될 것이다.

비록 비례 관계가 유지되더라도 그 비례 계수의 크기 문제는 앞으로도 수정될 여지가 없지는 않다.

원폭 생존자에 대한 선량 재평가 사업(DS86)의 결과로 ICRP 60의 새로운 선량 한도가 제안되었듯이 추가적인 선량 한도의 하향 조정, 또는 그 반대로 다시 상향 조정될 수도 있다.

이미 일부에서는 DS86의 선량 계측에도 하자가 있고 이를 바로잡으면

방사선의 위험 계수는 현재의 평가치 보다 상당히 작아질 수 있다는 보고가 있다.

한편으로는 암에 대한 연구가 많은 성과를 거둠으로써 암의 어두운 그림자가 점차 걷히고 있음을 느낄 수 있다.

만약 암 치료 기술에 획기적인 발전이 있어 손쉽게 건강상의 큰 부담 없이 암을 완치하는 시기가 도래한다면 방사선에 의한 암 유발은 더 이상 중대한 위험으로 인정되지 않을 것이다.

그렇다면 현재 방사선 방호 체계의 출발점이 암의 문제로부터 유전 결함의 문제로 옮아갈 것이다.

적어도 현재의 지식 기반은 유전 결함의 위험은 암 위험보다 상당히 큰 폭으로 낮기 때문에 암이 배제된다면 방사선 방호는 전환기를 맞게 될 것이다.

아무튼 가장 근본적인 저변의 문제이지만 이 문제에 대해서도 지식의 깊이를 더하고 체계를 다듬어야 할 일들이 많다.

9. 방사선 테러

테러는 현대와 미래 사회의 어두운 면이다.

소위 20/80 법칙에 따라 경쟁 사회에서 80%의 사람들이 부와 힘의 혜택에서 소외감을 느낌으로써 불만이 증가하고 테러가 그 불만의 분출 형태로 발산한다면 앞으로 테러는 계속 증가할 것으로 보고 있다.

비관적으로 볼 때 21세기는 테러의 시대가 될 것으로 전망하는 사람도 있다.

방사선이 극히 높을 경우에는 실제로 인체에 치명적인 상해를 입힐 수도 있지만, 그보다도 방사선에 대한 대중의 공포 심리로 인해 방사성 물질이 테러의 수단으로 악용될 가능성은 상당히 높다.

테러의 대상은 불특정 다수가 될 수도 있고 특정인에 대한 표적 테러가 될 수도 있다.

실제로 미국 보건원(NIH)에서 공용으로 사용하는 생수 공급기에 베타 방사성 물질인 ^{32}P 를 투여하여 임신한 여성 연구원을 비롯한 다수의 연구진이 심각하지는 않았지만 상당한 내부 피폭을 받은 사건이 있었다.

또 미국 Quadcities 원전에서는 한 여성 작업자가 벗어놓은 바지 주머니에 ^{90}Sr 밀봉 선원을 몰래 넣어둔 사건도 있었다.

세계의 도처에서 빈발하고 있는 폭탄 테러도 있지만 일본 지하철의 독가스 살포 사건 발생은 방사성 물질이 테러에 사용될 날도 머지 않았음을 시사한다.

물론 모든 방사성 물질은 규제의 대상으로 되어 있어 아무나 입수하기가 쉽지는 않지만 꼭 구하려면 그렇게 어려운 것으로 보지는 않는다.

방사선 테러는 방사선을 피폭할 당시에는 피폭 사실을 감지할 수 없고 비교적 높은 선량에서도 수 주 정도

후에 영향이 발생하고, 또 나타난 종 세로 인해 병원을 찾더라도 의사가 그것이 방사선 때문이라고 판단하지 못할 가능성이 크다는 미묘한 특성을 가지고 있다.

즉 가스 살포와는 달리 즉각적인 대응이 어렵다.

일단 주요 시설물이나 인원의 통행이 많은 장소에 방사성 물질에 의한 오염이 발생하고 나면 사회적 충격이 클 뿐더러 제염 등 후속 처리에 막대한 부담이 발생할 것이다.

무릇 비상시에는 초기에 적절하고 효과적으로 대응함으로써 피해의 크기를 크게 줄일 수 있다.

따라서 국가 방사선 비상 대책의 일환으로 이러한 방사선 테러에 대응하기 위한 계획이 수립되고 이의 효율적 집행을 위한 대응 태세의 유지에 관심을 두어야 할 때이다.

맺는말

사실과 괴리는 피할 수는 없지만 인간의 모든 행위는 합리성을 지향하는 것이 원칙이다. 방사선 방호의 저변에 깔린 철학도 합리성이라고 본다면 사소한 위험에 지나치게 과민 반응하는 것은 정당하지 않다.

또 우리 사회가 위협의 경감에 투입할 수 있는 노력에 엄연한 한계가 있다고 볼 때 특정 종류의 위험에 집중 투자하는 것은 다른 큰 위험을 방기하는 셈이 되므로 역시 합리적이지

못하다.

그러니까 방사선 안전의 문제에서도 기본 철학인 합리성에 입각한다면 필연적으로 위험도에 근거한 관리와 규제가 이루어져야 하겠다.

이러한 관점에서 방사선 방호 분야에서 우리가 관심을 집중해야 할 분야가 어떠한지를 살펴보았다.

특히, 지금 우리나라뿐만 아니라 여러 나라에서 벌이고 있는 규제 합리화의 관점에서도 사소한 위해를 더욱 줄이기 위해 행정력과 비용을 투입하는 것은 적절하지 않다.

한정된 자원을 투입할 때는 효용이 큰 순서대로, 즉 위험도의 크기와 대안의 효과를 고려한 우선 순위에 따라 투입하는 것이 경제의 일반 원칙이다.

현실적인 위험이 있을 것으로 보이지 않지만 그 수는 매우 많은 사소한 방사선원의 관리에 노력을 쏟는 것은 비용 부담만 가중시킬 뿐 실제로 사회의 위험 저감에 기여하지 못한다.

따라서 방사선 안전 규제 정책은 경미한 위험 요소에 대해서는 자율 관리를 최대한 이용하고 위험이 큰 부문에 중점을 관리하는 방향으로 조정해 나가야 한다.

대중 매체가 사실을 확대하여 문제를 제기하는 일이 있더라도 혼들리지 말고 일관된 정책을 펴 나가는 의지가 요구된다.

지방 자치 기관과 적절한 책임의 분담도 효율적 안전 규제의 방안이

될 수 있다.

그러나 현실의 삶은 반드시 합리적인 방향으로만 움직여 주지는 않는다.

방사선에 대한 지나친 경외심, 원자력을 둘러싼 정치적·사회적 마찰 등으로 인해 방사선에 국한된 것은 아니라고 할지라도 방사선 안전에 관한 문제는 종종 합리성과 무관한 압력이 형성된다.

아무리 과학적이고 객관적인 사실이 그렇지 않다고 하더라도 사회 구성원의 대다수가 그렇게 믿고 있다면 사회의 제도가 대중의 요구를 수용하는 방향으로 왜곡될 수밖에 없는 것도 현실이다.

이것은 과학의 문제가 아니라 정치적이고 사회적인 문제이다.

다시 말해서 방사선 방호는 과학만의 문제는 아니기 때문에 '영광 무뇌 아 사건'이나 '고리 원전 부지 내 오염 사건'이 그러했듯이 때로는 위에서 논의한 위험도 측면에서 우선 순위에 들지 않는 문제가 중대한 이슈로 제기될 가능성은 배제하지 못한다.

그러나 그러한 사회성은 별개의 문제로 논의되어야 한다.

요컨대 노력의 방향은 건전한 가치 판단의 기반을 개선해 나감으로써 부당한 정치적 압력이 형성되는 것을 최소화해 나가야 하는 것이다. ☞