

지난호에 이어...

대학에서의 방사선사용과 안전

양기각

방사선 실험실은 원자력법의 인허가 절차에 따라 과학기술부로부터 허가받아 설치해야 하며 허가받은 대로 사용시설 등의 설치가 완료되면 환경안전원과 한국원자력안전기술원의 안전성 검사를 통하여 방사선원을 사용할 수 있게 되고 이어 방사선원의 사용과 관련하여 여러 가지 안전관리활동이 수반되어야 한다. 이에, 학내 방사선사용 기관에서 안전성 확보를 위하여 챙겨야 할 주요 사항을 요약해 보았다.

1. 방사선시설 설치 및 사용개시 신고

방사선 실험실의 인허가 절차에 따르면 환경안전원을 통하여 과기부로부터 시설의 설치 허가를 받고 사용시설 등을 설치하는 것이 원칙이지만, 인·허가 신청 서류의 제출과 병행되는 경우도 적지 않다. 심지어는 신청 서류의 제출에 앞서 시설설치가 선행되는 경우도 있다. 이 경우, 사용개시의 시기를 단축시킨다는 긍정적인 측면이 있기는 하지만, 이 과정에서 환경안전원의 기술검토 결과에 따라 시설설계를 변경하여야 하는 경우도 있으므로 정식으로 환경안전원의 승인을 받고 시설 설치공사에 착수해야 한다. 시설의 설치가 완료되면 안전기술원의 안전성검사를 받아야 하는데, 이 시설검사에 합격한다면 본격적인 방사선 실험을 할 수 있게 된다.

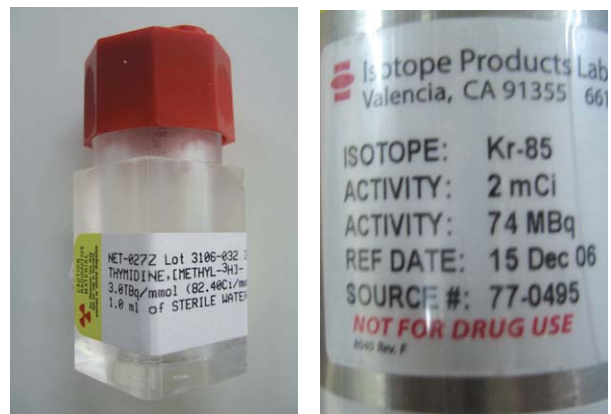
2. 방사선원의 구입

방사선시설 검사가 완료되면 방사선원의 구입 및 사용은 환경안전원에 요청하여 가급적 조속히 이루어지는 것이 바람직하다. 방사선기기의 경우에는 수입절차 및 외국으로부터의 운송기간을 고려하여 인·허가 신청 서류의 제출에 앞서 구매 관련 조치를 취하는 경우가 종종 있다.

방사선발생장치를 포함한 방사선기기의 구입은 대부분 판매업자를 통하여 이루어지며, 판매업자는 인·허가 기간 및 시설검사 등의 일정을 고려하여 운송기

간 또는 통관일정을 조정하므로 해당 기관에게 지워지는 부담은 별로 없을 것 같다. 밀봉선원을 포함한 방사선기기의 구입은 자주 이루어지는 것이 아니며, 구매 및 납품절차가 비교적 간단하므로 방사선안전관리에 느끼는 부담감도 덜한 편이다(그림 1).

그러나, 개봉선원의 경우에는 밀봉 방사선원의 구입보다 세심한 주의가 필요하다. 개봉선원은 매주 구매가 이루어지고 관리도 복잡하므로 선원의 불법유통이 이루어질 가능성이 비교적 높기 때문이다. 실제로, 학내에서 개봉선원의 불법 사용이 매년 1~2건씩 적발되고 있는 실정이다.



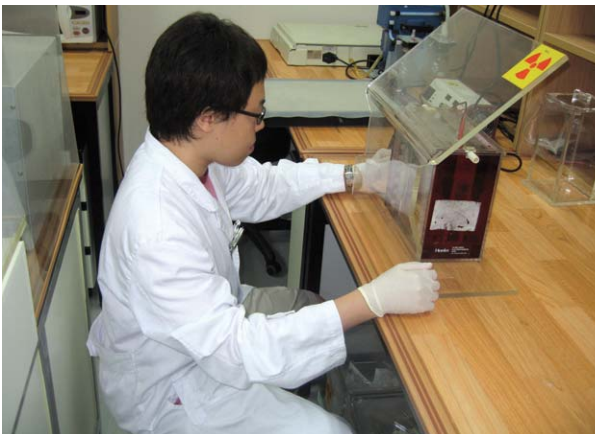
[그림] 방사성동위원소 개봉R(좌), 밀봉R(우)

특히, 개봉선원은 허가수량을 초과 구매하여 사용하지 않도록 하는 것도 잊지 말아야 할 중요한 사항이

다. 따라서 개봉선원의 구입은 반드시 『개봉선원 구매 요구서』 작성 절차를 밟아야 한다. 즉, 개봉선원을 구입하고자 하는 방사선작업종사자는 '서울대 방사선안전관리규정'에 따라 구매요구서에 구매핵중, 수량 및 사용자 등을 정확하게 작성하여 환경안전원의 승인을 받은 후 구매해야 한다.

3. 방사선원 사용개시 단계에서의 안전관리

안전기술원으로부터 안전성검사에 합격하였다 하더라도 방사선원의 사용시점에서 확인하여야 하는 중요한 안전관리 사항이 있다. 물론, 환경안전원에서 수행하는 실험실 안전점검에서 이를 확인하고 미비점은 개선하도록 요청하지만, 이런 점을 사전에 확실하게 보완하여 방사선안전 사고를 사전에 예방할 수 있어야 한다[그림 2].



[그림 2] 개봉 RI 사용 실험(방사선 차폐체 이용)

3-1. 신규 방사선작업종사자의 교육·훈련

최초로 방사선실험을 하고자 하는 학생은 20시간 이상의 방사선안전교육을 이수해야 한다. 이는 원자력법 시행규칙 제105조의 규정에 의한 신규 방사선작업종사자를 대상으로 하는 것이지만, 다른 기관(대학)에서 방사선작업종사자로 등록 후 1년 이상 방사선작업을 하지 않은 경우는 신규 방사선작업종사자 교육 20시간을 다시 이수하는 것이 바람직하다.

3-2. 신규 방사선작업종사자의 건강진단

신규 방사선작업종사자에 대한 교육·훈련과 마찬가지로 최초로 방사선작업에 종사하는 자에 대해서는

사전에 원자력법 시행규칙 제115조의 규정에 따라 건강진단을 받아야 한다[그림 3].



[그림 3] 방사선종사자 건강검진 실시

특히, 건강진단은 교육·훈련과 달리 다른 기관(대학)에서의 방사선실험 이력과 관계없이 모두 시행하여야 한다. 건강진단의 목적이 방사선장해의 발견보다는, 방사선작업의 수행능력을 확인한다는 개념으로 변하고 있으므로 다른 기관(대학)에서 받은 건강진단의 결과는 사실상 의미가 없기 때문이다. 더욱이 방사선작업 경력이 있었다면, 방사선장해의 가능성도 전혀 배제할 수 없으므로 빠뜨리지 않도록 해야 한다.

4. 방사선원의 사용에 따른 안전관리

대학에서의 방사선실험에 수반되어야 하는 안전관리활동은 매우 다양하다. 특히, 방사선을 직접 취급하는 실험자의 안전절차 준수가 중요하며, 방사선실험시 반드시 지켜야 할 사항은 다음과 같다.

4-1. 방사선량 및 방사성오염도 측정

방사선실험 전·후 방사선량률 및 방사능오염도 측정은 방사선안전관리의 기본이며 필수이다. 특히, 오염상황의 측정기록은 10년간 보존하여야 하며, 사용을 폐지하더라도 종사자의 건강진단 기록과 함께 한국방사성동위원소협회로 이관하여야 하는 중요한 자료이다.

측정은 원자력법 제97조 규정에 따라, 시설 또는 물체에 대한 측정과 인체에 대한 측정으로 구분하여 시행하여야 한다. 즉, 시설 또는 물체에 대해서는 방사

선량 및 오염여부를 측정하여야 하며, 인체에 대해서는 피폭방사선량 및 오염여부가 측정대상이 된다[그림 4].



[그림 4] 방사능 오염도 측정

인체에 대한 측정은 개인선량계를 판독하는 방법과 사용시설에서 퇴장할 때 오염검사의 방법으로 이루어진다. 만약 개인선량계의 분실 또는 훼손이 발생하면 판독특이자로 분류하여 “개인피폭방사선량의 평가 및 관리에 관한 규정”에 따라 복잡한 행정절차를 따라야 하므로 착용 시 세심한 주의가 필요하다.

시설에 대한 측정은 방사선실험 전·후 각 실험실에 비치된 방사선사용기록부에 방사선량률 및 방사능 오염도를 측정 기록하며 허용 방사선량률(10 μ Sv/h) 및 오염도(4Bq/cm²)를 초과하지 않도록 해야 한다.

4-2. 방사선작업종사자의 교육·훈련

방사선작업종사자의 교육은 관련 규정에 따라 신규 종사자와 기존종사자에 대한 교육·훈련으로 구분하여 시행하여야 한다.

신규종사자에 대해서는 방사선작업 종사 전에 20시간 이상, 기존 종사자에 대해서는 매년 6시간 이상의 교육·훈련을 실시하여야 한다. 가끔 방사선작업종사 중지 또는 휴학한 종사자가 복학하여 방사선작업에 종사하거나 또는 타 기관(외국대학 포함)에서 방사선 종사자 경력이 있는 경우가 있어 이들에 대한 교육·훈련에 대한 혼란이 있는 경우가 있다.

서울대 방사선안전관리자인 필자의 판단으로는 관

련규정에 명확하게 기술되어 있지는 않지만, 가급적 졸업 또는 휴학 기간이 1년 이상 경과 하였거나, 타 기관에서의 방사선 작업환경의 변화가 있었다면, 방사선안전교육·훈련을 이수하는 것이 좋을 것으로 판단한다. 다만, 이들 종사자에 대해서는 법정교육 이수시간에 추가로 환경안전원에서 매년 실시하는 방사선안전교육 6시간을 수료하는 것으로 충분하지 않을까 생각된다.

4-3. 방사선작업종사자의 건강진단

방사선종사자의 건강진단은 일반적으로 이루어지는 건강진단과는 조금 다른 성격을 지닌다. 종전에는 방사선작업종사자의 방사선장해여부를 말초혈액 중의 백혈구수, 적혈구수, 혈액소량의 측정을 통하여 확인한다는 의미였지만, 허용피폭 선량한도 이하의 피폭 방사선량에서는 방사선장해의 징후가 나타나지 않는다는 사실이 입증되면서 종사자의 방사선작업 수행능력을 확인하는 개념으로 변하고 있다.

진단의 시기는 원자력법 시행규칙 제115조에 규정된 바와 같이 최초 방사선작업 종사 전 및 그 후 매년 정기적으로 시행하여야 하고, 비정상적으로 선량한도를 초과할 때마다 시행하도록 하고 있다. 다만 대학에서와 같이 일반인의 선량한도, 즉 연간 1mSv를 초과하지 않는 방사선작업종사자에 대해서는 건강진단의 실시 시기를 완화하여 매 2년마다 실시할 수 있도록 하고 있다.

물론, 허용선량 이상의 피폭이 의심되거나, 건강진단 결과, 방사선에 의한 장해가 의심되는 경우에는 당연히 심도 있는 진단으로 이어져야 하며, 필요하다면 전문병원에 정밀진단을 의뢰하는 한편 환경안전원에 연락하여 도움을 받도록 하여야 한다.

4-4. 방사선계측기의 검·교정

밀봉 방사선원 또는 방사선 발생장치를 사용하는 장소에는 방사선량율측정기 1대 이상, 개봉 방사선원사용 장소에는 방사선량율측정기 및 오염도측정기를 각각 1대 이상 보유하도록 원자력법에 규정하고 있으며, 이들 측정기는 방사선(능)의 정확한 평가를 위하여 전문기관에서 매6개월마다 교정을 실시하도록 규정하고 있다[그림 5].



[그림 5] 방사선(능) 측정기기 교정 실시

학내의 방사선측정기의 검·교정의뢰는 환경안전원에서 의뢰받아 일괄적으로 실시하는 서비스를 제공하고 있으므로 이를 이용하는 것도 좋은 방법이라 생각된다. 다만 방사선측정기의 교정기간이 최소 1개월 이상이 소요되므로 교정 의뢰 시 측정의 공백 기간이 발생하지 않도록 계측기를 2조로 나누어 교정을 실시하는 주의가 필요하다.

4-5. 밀봉선원의 누설점검

밀봉선원에 대한 누설점검은 원자력법 “방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙” 등에 따라, 밀봉선원을 사용하는 기관은 매년 정기적으로 밀봉된 방사성동위원소의 누설여부를 정밀 검사해야 한다.

모든 밀봉선원은 최종 공급단계에서 제작사에 의한 정밀한 안전검사가 이루어진다. 검사의 방법은 밀봉의 건전성을 확인하기 위한 문지름 시험 등의 누설검사 방법이 일반적으로 실시되므로 사용자에게 공급될 당시의 밀봉선원은 안전하다고 간주하여도 무방하다.

그러나 밀봉선원이 고온, 고압 또는 진동 등 열악한 환경에서 사용되거나 기타 인지하지 못하는 조건에 따라 밀봉성에 손상이 있을 수 있으므로 선원에 대한 정기적인 누설점검은 제작사가 제시하는 관리지침에 포함되어 있는 것이 일반적이다.

누설점검은 대부분 선원 또는 기기 구조물 표면의 문지름 시험으로 점검을 하면 된다. 일반적으로 학내에서 누설점검 대상 밀봉선원은 대부분은 기기 내에 장착되어 있으므로, 선원이 훼손되는 경우에 방사성 물질이 누설되어 묻어 있을 것으로 의심되는 부위(실

행 가능한 한 선원과 가까운 곳)에 대한 문지름 시험이 이 점검의 핵심이다.

학내에서 문지름 시험을 직접 수행하기에는 고가의 측정 분석기기 등을 추가 구매해야 한다는 점에서 바람직하지 않으므로 환경안전원의 업무안내에 따라 관련 장비를 갖추어 허가받은 전문기관에 의뢰하는 것이 무난할 것으로 보인다.

4-6. 방사선기기의 점검

방사선기기도 밀봉선원의 점검과 같이 기기에 대한 누설 방사선량 및 안전계통에 대한 사항에 대하여 정기적으로 정밀 안전점검을 실시해야 한다. 이에 대한 기본 목적은 기기의 오작동 또는 결함으로 인한 종사자의 방사선장해를 사전에 방지하는데 있다.

방사선기기에는 방사선 조사를 제어하는 여러 설비가 되어 있기 마련이다. ON/OFF 스위치를 비롯하여 전압, 전류 조정단자 또는 타이머 등은 모두 방사선의 제어에 중요한 역할을 하며, 이들의 손상 또는 오동작은 자칫 종사자의 방사선장해를 유발하게 된다. 실제 국내·외에서 이로 인한 피폭사고가 발생한 사례가 있다. 이를 예방하기 위하여 정기적인 안전점검을 생활화하는 것을 기본으로 삼아야 한다[그림 6].



[그림 6] 방사선 실험실 안전점검 실시

학내에서 고전압을 이용한 방사선발생장치가 이에 해당 되므로 정기적으로 방사선안전 장치(차폐문, 경광램프, 인터록장치)가 정상적으로 가동되는지를 확

인하고 이상시 가동을 중지하고 수리한 후 재 가동해야 한다. 만약, 기기고장으로 인하여 방사선피폭이 우려된다면 환경안전원에 연락하여 도움을 요청해야 한다.

4-7. 기록 및 비치

방사선안전에 있어 기록 및 비치는 매우 중요하다. 방사선사용자는 원자력법 제69조의 규정에 따라 방사선안전관리 실적을 기록하여 규정된 기간 동안 이를 보관하여야 한다. 이러한 기록사항은 학내 환경안전원 실험실 안전점검 및 과기부 감사 시에 확인하여 원자력법 준수여부를 가늠하는 기본 잣대가 된다. 따라서 기록은 정확성을 유지하여야 함은 물론 실험실 내에 잘 비치하여야 한다.

기록된 순서에 따라 언제든지 열람이 가능한 형태로 비치되어야 한다. 학내에서는 방사선실험실이 여러 사람이 공동으로 사용하는 경우가 많아 방사능오염이 쉽게 발생할 수 있으므로 기록을 통하여 다른 실험자가 불필요한 방사선피폭을 받지 않도록 해야 한다는 점에서 기록 비치가 더욱더 중요하다. 그러나 이 측정 기록을 환경안전원으로 제출할 시점에서 일괄적으로 작성하는 경우가 있어 방사선 사용시점의 오염여부를 알 수 없는 경우가 종종 있다. 이는 실험자의 의식전환과 방사선안전교육을 통하여 개선되어야 할 사항이라 생각한다.

5. 방사선 안전시설 점검

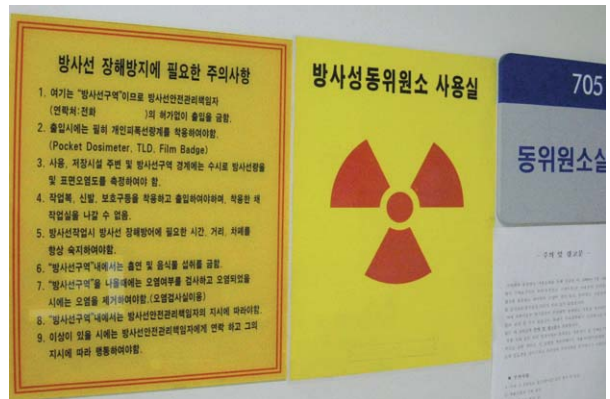
방사선안전은 방사선취급 종사자의 안전절차 준수와 함께 방사선시설의 안전성을 확보하는 것이 중요하다.

밀봉선원 또는 방사선발생장치의 사용실험실의 경우는 방사선 차폐를 위한 건물의 구조를 변경이 하지 않는다면 시설의 안전성을 유지 관리하기가 용이하지만 개봉선원의 사용시설은 방사능오염 방지 및 차폐를 모두 고려해야 한다. 이를 위하여 개봉RI 실험실에 대해서는 RI 배기/배수시설, 방사능오염 방지시설 등을 주기적으로 점검하고 다음의 기준으로 유지 관리해야 한다.

5-1. 방사선관리구역 표지

방사선 실험실의 출입문 등에는 방사선관리구역 표

지와 함께 방사선안전주의 사항을 게시하여 방사선실험자가 방사선안전에 만전을 기하도록 하고 일반인의 실험실 출입을 통제하여야 한다. 이 표지판이 훼손 또는 제거된 경우는 환경안전원에서 제공받아 다시 부착해야 한다(그림 7).



[그림 7] 방사선취급 주의사항 및 방사선관리구역 표지부착

5-2. RI 배기/배수 설비

개봉RI 실험실의 배기설비는 방사능오염 및 방사선 피폭 방지를 위한 필수 안전설비로, 배기설비는 유속이 최소 0.7m/sec 이상 유지되어야 실험실 내의 공기 오염을 방지할 수 있다.

배수설비는 방사능물질로 오염된 실험기구 등의 세척과정에서 세척수가 배수설비 외부로 흘러나오지 않게 하고 최소한의 세척수를 사용하여 불필요하게 방사성폐기물량을 증가시키지 않도록 유지 관리해야 한다(그림 8).



[그림 8] 개봉 방사성동위원소 배수설비

5-3. 저장시설

방사선원은 구매에서부터 저장, 사용, 폐기까지 추적관리를 위하여 선원의 입고, 검수시 환경안전원에서 관리번호를 부여한 후 각 실험실에 배달하고 있다. 선원을 저장 시에는 분실, 도난, 방사선피폭 등의 방사선 사고를 방지하기 위하여 일반이 쉽게 접근하지 못하도록 잠금장치가 있는 방사선차폐용 저장시설(함)에 보관하고 저장 능력을 초과하여 방사성동위원소를 저장하지 않아야 한다[그림 9].



[그림 9] 개봉 방사성동위원소 저장시설

저장능력은 사용시설의 배수배기 시설의 성능을 고려한 것이므로, 안전관리차원에서 중요한 의미를 함축하고 있다. 특히 개봉선원의 경우는 매주 구매가 이루어지므로 주의하지 않으면 저장능력 이상을 구매, 저장하여 차폐기준 등에 만족하지 않게 되는 경우가 발생할 수 있다. 장기간 사용하지 않고 저장하고 있는 선원은 환경안전원으로 폐기 의뢰하여 저장시설의 저장능력을 확보하여 두어야 한다.

5-4. 오염 방지시설

방사선실험실에는 방사능오염 확대 방지를 위하여 RI실험에 꼭 필요한 시설기구, 시약, 방사선안전장비 이외에 실험과 관련 없는 설비 등은 두지 말아야 한다. 특히 실험실 바닥, 벽면 등은 방사능오염의 우려가 있으므로 제염이 용이하도록 항상 평탄하고 매끄럽고 빈틈이 없도록 유지 관리해야 한다[그림 10].



[그림 10] 개봉 RI실험실 설치된 방사능 오염방지 매트

방사능오염이 발생한 경우는 제염을 실시하여 허용 표면오염도($4\text{Bq}/\text{cm}^2$) 이하로 유지관리해야 한다.

기타 방사선사용 실험실의 안전성확보를 위한 시설의 유지관리는 지난 호 「제20권」의 102 페이지의 방사선 '시설기준'에 따라 유지 관리하면 충분할 것으로 판단된다.