

방사성폐기물의 안전관리를 위한 기술이전

IAEA의 121개 회원국 중 약 75%가 원자력발전소를 보유하고 있지 않고 있는 바와 같이, 전세계 대부분의 국가는 원자력발전소를 보유하고 있지 않다.

이들 국가들은 원자력기술을 주로 연구·의료·산업 등에 활용하고 있다.

방사성폐기물의 관리측면에서 본다면, 이와 같은 광범위한 원자력의 이용과 각 국가의 체제 및 산업발달 수준의 차이가 있기 때문에 다양한 지원을 필요로 한다.

이와 같은 사정으로 인하여 IAEA는 방사성폐기물 관리프로그램을 통해 회원국들에게 다양한 종류의 기술과 서비스의 직·간접적인 기술이전 형태로 지원을 하고 있다.

이 글은 IAEA Bulletin Vol. 36, No.4(1994)에 게재된 「Technology Transfer for Safe Management of Radioactive Waste」 제하의 IAEA 방사성폐기물관리책임자 Donald Saire씨의 특별보고서 내용이다.

자료제공 및 번역

사 상 덕

과학기술처
방사선안전과 서기관

이러한 활동목적은 방사성폐기물로부터 인한 방사선위해로부터 현재는 물론 미래에도 국민의 건강과 환경을 효율적으로 보호할 수 있도록 회원국을 돕는데 있다.

IAEA는 프로그램에 각국의 다양한 수요와 관심을 반영하여, 각국의 수요를 만족시킬 수 있도록 기술이전 프로젝트를 추진하고 있다.

본고에서는 방사성폐기물 관리프로그램의 주요내용과 전략에 대해 검토하고자 한다.

수요와 전략의 파악

회원국의 현황을 전반적으로 파악하기 위해서 IAEA는 발생 폐기물의 종류와 양에 따라 각국을 분류할 수 있도록 내부적으로 분류기준을 개발하였으며, 그 분류기준은 <표 1>과 같다.

IAEA의 방사성폐기물 관리자문프로그램(WAMAP : Waste Management Advisory Programme)과 전문가과건 등을 통해 분명히 알 수 있듯이 각국마다 고유한 폐기물관리상의 문제점을 가지고 있다.

현재 개발도상국들 중에는 적절하고 안전한 방사성폐기물 관리능력을 보유하고 있는 국가는 소수이고, 대부

분의 개발도상국은 전혀 대책을 세우고 있지 못하거나 겨우 흉내만 내고 있다.

이들 국가가 필요로 하는 것은 방사성폐기물 관리 하부구조를 위한 종합적인 체제구축을 포함하고 있다.

하부구조란 법제정·규제기관·운영기관·재원·훈련된 인력자원확보 등의 모든 요소를 포함한다.

IAEA는 방사성폐기물안전기준(RADWASS : Radioactive Waste Safety Standards) 프로그램을 통해, 이러한 내용에 대한 국제적인 의견을 수렴하여 문서화하고 있는 상태이다.

방사성폐기물 관리와 관련된 제반 프로그램을 통하여 IAEA는 모든 회원국이 최소한도 수준의 관리와 제도 유지가 가능하도록 하려고 한다.

이를 위해서는 길고 많은 시간이 소요되겠지만, 이러한 노력은 방사선 작업자와 일반인에게 적절한 안전성 확보를 위해 반드시 필요하다.

과거에는 가장 확실한 지원수단이 선진국의 입증된 폐기물관리기술을 이전하는 방법이었다.

물론 기술을 완전히 습득하는 것도 매우 중요하지만, 기술이란 단지 해당국이 필요로 하는 체제의 한 요소일 뿐이어서 그간의 경험에 의하면 이러

〈표 1〉 방사성폐기물의 종류와 양에 따른 IAEA 회원국의 분류

그룹 A	병원과 기타 기관에서 방사성핵종들을 단일 목적으로 사용하는 국가
그룹 B	병원과 기타 기관에서 방사성핵종들을 다중 목적으로 사용하는 국가
그룹 C	연구로나 가속기를 이용하여 여러 방사성동위원소를 생산하는 원자력연구기관을 하나 이상 보유하고 있으며, 방사성핵종의 본격적 이용국가
그룹 D	방사성핵종을 본격적으로 이용하고 있으며, 원자력발전소를 운영 또는 계획중인 국가
그룹 E	원자력발전소와 원전연료주기시설을 운영중인 국가

〈표 2〉 IAEA의 중앙집중식 폐기물관리시설을 위한 표준화 패키지과 수단

- 밀봉방사선원 등록(SRS Registry)
- 사용후밀봉선원시설(SSSF)의 설계
- 중앙집중식 폐기물처리 및 저장시설(WPSF)의 설계
- 원자력활동에서 발생하는 방사성폐기물의 처리와 저장에 관한 일련의 기술지침서

한 방법만으로 충분하지 않았음을 알 수 있다.

기술이전은 기타 기본적인 체제의 지원 없이는 유지되거나 수행될 수 없다.

비록 IAEA가 어떤 회원국에 대해 필요로 하는 체제를 확보하도록 요구할 권리나 법적 의무는 없지만, IAEA가 원자력기술과 장비 또는 방사성물질을 직접 공급하였을 경우에는 특히 도덕적 책임이 있다.

IAEA의 기술이전전략

개발도상국으로부터 요청받은 방사성폐기물 관리상의 기술지원사항은 그 범위와 목적이 거의 유사하며, 발생 또는 발생이 예상되는 폐기물의 부피·특성·방사능준위 역시 유사하

다.

이 점을 고려하여 IAEA는 중앙집중식 폐기물관리시설을 위한 표준화 패키지와 각국의 필요에 따라 용이하게 수정이 가능한 지원수단·기술·수행방법을 준비하여 기술지원을 제공하는 전략을 수립하였다.

이 표준화된 패키지와 수단은 〈표 2〉와 같다.

1. 밀봉방사선원 등록

이 전산화된 데이터베이스는 사용후밀봉선원을 포함할 수 있도록 IAEA 프로그램의 일환으로 개발되고 있다.

이것의 주목적은 국가적·지역적 또는 국지적 차원에서 밀봉방사선원에 대한 정보의 관리와 기록보관에 필요한 기초적인 관리수단을 제공하는 데 있다.

등록 시스템에 필요한 여러 실재요건들이 출몰되었는데, 각 선원의 발생부터 처분(또는 공급자에 반환)까지의 모든 정보를 추적할 수 있어야 하고, 규제기관·운영기관·연구기관 등 다양한 조직에서 사용할 수 있어야 하며, 사용과 관리가 간편하여야 하

고, 특별한 소프트웨어나 첨단장비를 필요로 하지 않아야 한다.

등록에는 두가지 기본기능이 있다.

첫째, 방사성핵종명, 방사능준위, 선원의 일련번호 및 인식번호, 위치소재, 사용기관, 소유자, 공급자, 사용목적 그리고 용기 또는 장비형태 등과 같이 밀봉선원의 기본적인 특성에 대한 정보가 있어야 한다.

둘째, 선원의 수명이 지난 후에도 계속적으로 기록을 유지하여 관리를 위한 적절한 결정이 내려질 수 있어야 하여, 아울러 완벽한 기록보관기능이 있어야 한다.

등록양식이 여러 회원국에 배포되어 1994년 6월에 현장 적용시험이 완료되었으며, 시험기간중의 반응은 매우 긍정적이었다.

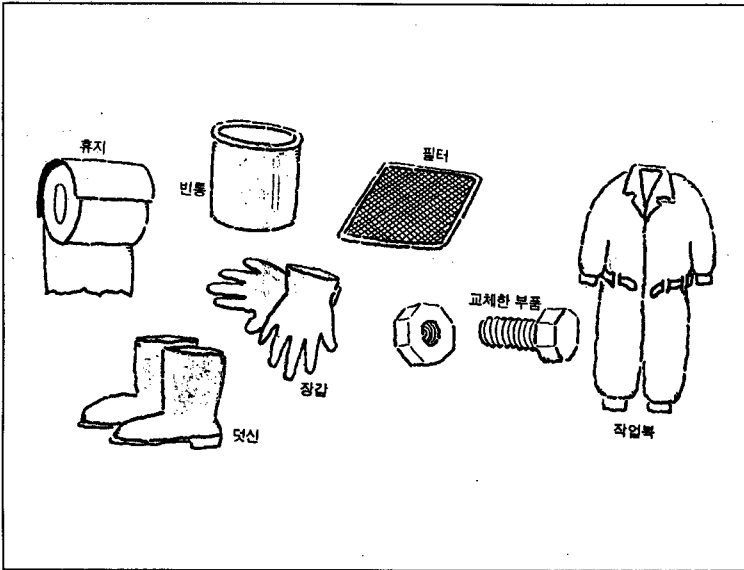
몇몇 회원국은 이 데이터베이스가 아직 개발단계임에도 불구하고 즉시 사용하겠다고 요청하고 있다.

이들 국가들은 완전하게 개발완료되지 않은 등록시스템이라도 사용하는 것이 없는 것보다 낫다고 판단하고 있다.

등록양식의 최종본은 1995년 1월에 나올 것이다.

2. 사용후밀봉선원시설 설계패키지

사용후밀봉선원을 처분전에 안전하게 취급·저장하기 위한 필요성이 지속적으로 증가함에 따라 IAEA는 1993년에 처분전의 모든 작업을 한곳에서 취급할 수 있는 시설의 표준화된



중·저준위 방사성폐기물의 내용

설계패키지의 개발을 시작하였다.

이러한 시설은 특히 소수의 병원이 나 연구시설에서만 방사성핵종을 사용하고 있는 많은 개발도상국에서 필요로 하고 있으나, 이러한 시설을 보유하고 있지 않다.

사용후 밀봉선원시설의 설계는 기술이 단순하여야 하고, 보수·유지가 편리하며, 융통성이 있고, 경제적이다, 안전하여야 한다는 등의 여러 조건을 고려하고 있다.

표준화된 시설은 단층건물이며 사용후선원의 인수·감시·저장, 그리고 중간저장시설로의 이송을 위한 준비를 할 수 있도록 하기 위하여 여러 개의 방과 구역으로 나누어져 있다.

설계패키지로서는 사용후밀봉선원의 취급과 안정화(Immobilization)를

위한 다양한 장비와 용품이 권장되고 있다.

중간저장시설은 사용후밀봉선원시설의 부근이나 동일부지에 위치할 수도 있고 차량운반을 필요로 할 만큼 멀리 떨어져 있을 수도 있다.

온난건조, 온난다습 또는 한냉한 기후에 적합하게 사용할 수 있는 3종류의 건설디자인이 준비되어 있다.

3. 폐기물처리 저장시설 설계패키지

이 참조 설계패키지는 다양한 방사능준위, 물리적 특성 및 화학적 조성을 갖는 방사성폐기물의 취급이 가능하도록 특별히 개발되었다.

참조설계의 준비과정에서 IAEA는 전세계에서 사용중인 방사성폐기물관리기술을 세심하게 검토하였다.

우선 참조설계에 포함될 공정은 충분히 입증되고 다양한 폐기물을 잘 처리할 수 있어야 하며, 선정될 장치는 강력하고, 설계가 단순하며, 운전 및 보수가 용이하여야 한다.

설계는 또한 안전운전이 가능하도록 적절한 방사선 방호수단을 포함하여야 하며, 폐기물처리공정은 액체폐기물의 침전, 고체폐기물의 압축, 슬러지의 시멘트고화 등을 포함하여야 한다.

그리고 이 설계는 시설의 안전운전에 필요한 모든 보조장치와 서비스도 포함하고 있다.

별도의 폐기물저장고는 조명 이외에는 아무런 추가적인 장치가 없는 크고 단순한 건물이다.

4. 참조설계패키지의 이점

이상의 설계패키지의 제공으로 IAEA와 회원국들은 다음 두가지 측면에서 이익을 얻는다.

첫째, 이런 서비스는 각 국가의 필요에 따라 수정이 가능한 공장설계의 유용성을 증진할 수 있게 한다.

둘째, 개발도상국에 기술지원을 제공할 수 있는 자원이 제한적일 때에 여러 국가의 수요를 만족시키고 반복적으로 사용가능한 방법이나 개념을 개발하는 것이 유리하다.

이러한 패키지들은 중·저준위 방사성폐기물의 취급·처리·저장분야에 IAEA의 기술지원프로그램을 보다 많이 제공하고 있다.

개발도상국을 방문하는 전문가들은 이 패키지들을 사용함으로써 문제해결을 위한 효과적인 기술적·경제적 접근이 가능하게 될 것이다.

기술지원과 훈련

1. 기술지침서

IAEA는 30여년간 방사성폐기물관리에 관한 기술보고서와 안전관련 문헌을 발간하여 왔다.

이 보고서들은 회원국에게 기본적인 참고문헌과 종합적인 기술현황분석을 제공하여 왔다.

IAEA는 폐기물관리를 확실하면서도 경제적으로 수행하려는 국가들을 지원할 목적으로 최근에 일련의 기술문서를 만들기 시작하였다.

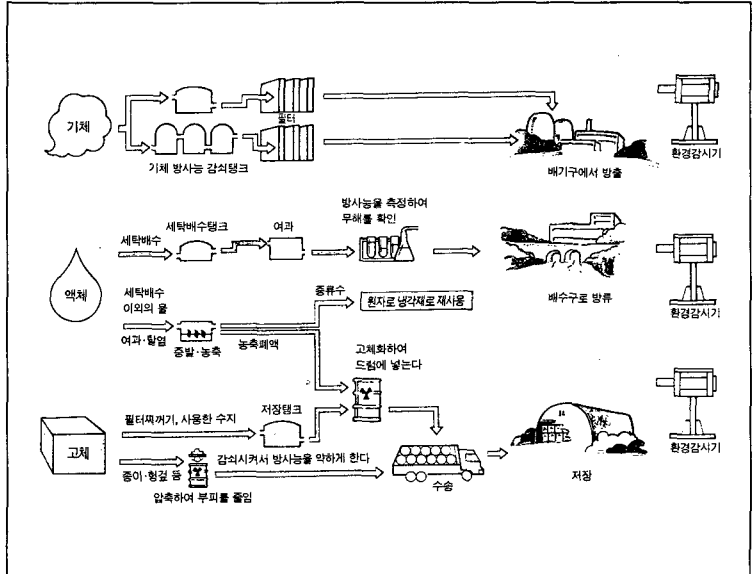
이 시리즈는 「소규모 원자력연구센터와 의학·연구·산업분야의 방사성동위원소 사용기관에서 발생하는 중·저준위 방사성폐기물 관리를 위한 기술지침서」라는 제목으로 되어 있고,

△ 국내 자원의 실제적인 사용을 극대화하기 위한 지침,

△ 기술의 효율적인 적용에 대한 단계,

△ 국가적 차원의 방사성폐기물 관리프로그램에 적용될 수 있는 기술에 대한 제안 등을 제공할 목적으로 만들어진다.

현재까지 이 시리즈 중 9권의 지침서가 준비되어 기술문서인 IAEA



원자력발전소의 방사성폐기물 처리방법

(표 3) IAEA의 방사성폐기물 관리기술지침서

1권	방사성폐기물의 최소화와 분리
2권	방사성폐기물의 저장
3권	사용후 밀봉선원의 취급·안전화 및 처분
4권	방사성액체폐기물의 취급과 처리
5권	생물학적 방사성폐기물의 취급·처리·안정화 및 저장
6권	고체방사성폐기물의 처리 및 안정화
7권	방사성유기폐액의 처리 및 안정화
8권	연구용 원자로의 사용후 이온교환수지, 침전 슬러지, 기타 방사성농축폐액의 처리 및 안정화
9권	중양집중식 폐기물 처리 및 저장시설의 설계

TECDOC 보고서로 발간되었고 앞으로 계속 개발되어 추가될 것이다(표 3).

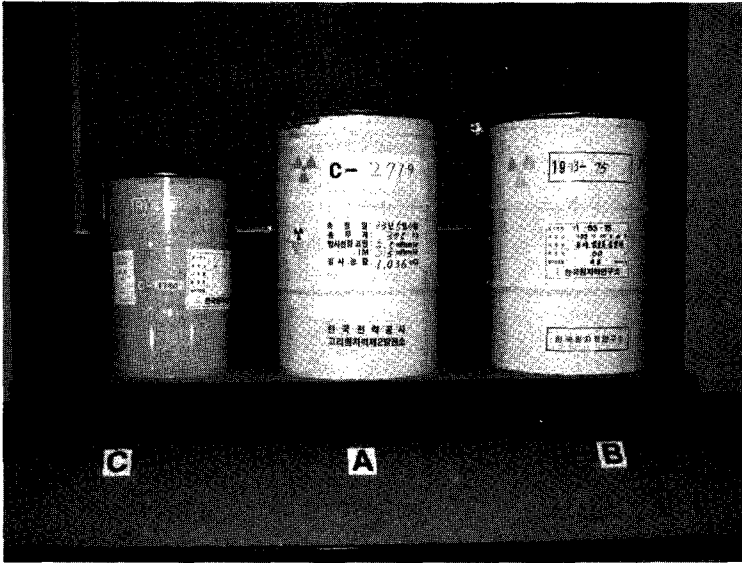
2. 기술지원사업

기술지원사업의 일환으로 폐기물관리상 특별히 필요한 경우 전문가 자

문·기술·개별훈련·장비 등을 제공한다.

이 사업의 목적은 방사성폐기물의 안전관리를 자체적으로 수행할 수 있는 전문성을 확보하도록 필요한 지원을 하는데 있다.

1976년 이래 IAEA는 42개국을 대



원전의 사용후연료 및 기타 저준위폐기물 등의 견본

상으로 방사성폐기물관리와 관련된 60여개의 기술협력사업을 지원하였다.

현재도 36개국이 40개 이상의 프로젝트로 다양한 형태의 기술지원을 받고 있다.

이외에도 현재 5개의 지역협력사업이 계획되고 있는데, 여기에는 고체폐기물압축기·화학침전장비·폐기물고화처리장치 및 다양한 감시 및 측정장비 등의 지원이 포함된다.

3. 모델프로젝트

소수의 개발도상국을 선정하여 폐기물관리의 체제를 개선하기 위한 모델프로젝트도 시행되고 있다.

최근에 시작된 이 프로젝트는 폐기물관리에 있어서 여러 부분의 체계

선을 위한 표준패키지의 사용을 포함하고 있다.

4. 훈련

IAEA의 기술지원사업을 통해 많은 나라의 과학기술자들이 훈련을 받았다.

지난 4년간 9차례의 지역훈련과정과 3차례의 지역간훈련과정이 개최되어 60개국에서 300명이 참가하였다.

교육과정에 포함되어 있는 실무훈련과 기술시범에는 폐액의 화학적 침전, 고체폐기물의 압축, 사용후밀봉선원의 처리, 표면제염 등이 포함되었다.

5. 국제회의

학술회의는 기술교환의 또다른 수단이다.

1994년 10월 중국의 베이징에서 개발도상국에서의 방사성폐기물 관리 실태와 문제점이라는 주제의 세미나가 IAEA의 주관으로 개최되었다.

이 세미나는 개발도상국을 대상으로 기획되었고, 핵연료주기와 관련되지 않은 활동에서 발생하는 폐기물의 관리실태와 기술에 초점을 두었다.

이외에도 IAEA는 각종 전문가그룹 및 교역기구가 주최하는 국제대회와 심포지엄에 개발도상국의 전문가가 참가하도록 경제적 지원을 제공하고 있다.

6. 연구지원

IAEA는 자체적으로 방사성폐기물관리분야의 연구를 수행하고 있지는 않지만, 광범위한 분야의 주제에 대해 Co-ordinated Research Program(CRP)의 형태로 권장하고 있다.

통상적으로 선진국과 개발도상국이 함께 참여하여 기술이전의 좋은 기회를 제공하고 있다.

현재 진행되고 있는 폐액의 처리와 안정화를 위한 무기흡착제 사용관련의 CRP와 중·저준위 방사성폐기물의 처리기술 관련의 CRP는 개발도상국에 특히 중요한 내용이다.

이 연구들은 특정 폐기물의 관리와 기타 국지적 조건을 고려하여 충분히 입증된 처리기술의 적용을 포함하고

있다.

책임의 인식

원자력의 이용에는 다양한 원자력 이용분야에서 발생하는 방사성폐기물의 안전관리문제도 연계되어야 한다.

따라서 IAEA 프로그램의 주요 목적의 하나는 각국의 관계당국에게 국가적 차원의 방사성폐기물 관리프로그램을 효율적으로 기획하고 개발하고 실시할 책임이 있음을 일깨워 주는 데 있다.

이러한 활동은 필요한 체제의 확립과 적절한 기술이전을 지원하고 있다.

IAEA가 방사성폐기물 안전관리에 효과적으로 기여를 하기 위해서는 자원과 노력의 효율적인 배분을 통해 최선의 결과를 얻을 수 있도록 각국에서 필요로 하는 것을 지속적으로 평가하는 것이 중요한데, 이것은 적극적인 활동과정을 의미한다.

선택된 국가의 폐기물 관리실태를 개선하려는 새로운 모델프로젝트가 개발되고 있다.

이 사업의 수행을 통하여 보다 많은 국가의 수요를 충족할 수 있는 기반구조의 확립과 기술이전이 가능한 패키지가 될 수 있을 지를 판단할 것이다. ❀

방사성폐기물의 발생

방사성폐기물은 핵연료주기시설 이외에도 아래와 같이 다양한 활동을 하는 과정에서 발생한다.

원자력연구센터 방사성동위원소는 연구용원자로와 가속기를 이용하여 여러 목적으로 타깃을 조사시켜 생산되고, 핫셀이나 실험실에서 필요한 동위원소를 분리추출하게 된다. 이중 일부 시설은 방사성동위원소를 직접 사용하고 있는 원자력연구센터에 위치하고 있다. 원자력연구센터에서 방사성물질을 사용함으로써 발생하는 액체 및 고체방사성폐기물의 양은 적다.

대부분의 액체 및 고체방사성폐기물은 단반감기의 방사성동위원소로 오염되어 있으므로 방사성붕괴가 되도록 충분히 저장한 후 방출하거나 비방사성폐기물로 처분할 수 있다. 장반감기 핵분열생성물과 초우라늄핵종으로 오염된 폐기물은 개발도상국에서는 소수의 연구기관에서만 발생되고 있다. 방사성폐기물 중 극히 일부만이 장반감기 방사성동위원소로 오염되어 있다.

병 원 의학진단과 치료 목적의 방사성물질의 이용은 매우 중요하며 계속 확장되고 있다. 대부분의 경우 다른 대안이 존재하고 있지 않다. 주요활용분야는 방사성면역검사 · 진단 · 방사선치료 · 의학연구 등을 들 수 있다. 여기에는 개봉선원 뿐만 아니라 차폐된 고밀도 밀봉선원이 사용된다.

산업계 일부 산업에서는 비파괴검사 · 품질관리 · 공장성능과 제품개발 결과평가 등의 목적으로 밀봉선원을 이용한다. 사용되는 방사성물질의 양은 국가기술의 발전수준에 따라 다르다.

대학 및 기타 연구기관 연구기관과 대학은 약품 · 농약 · 비료 · 광물 등의 다양한 분야에서 신진대사와 환경의 이행경로를 모니터링 할 목적으로 주로 이용하고 있다. 활용 가능한 방사성핵종은 한정되어 있고 표지화합물의 방사능준위는 대부분 낮다. 그러나 일부 연구기관은 화학물질의 특성검사와 신진대사 경로조사를 위해 복잡한 분자구조내에 매우 균일하게 투입될 수 있다는 이유로 탄소-14나 삼중수소와 같은 핵종을 사용하고 있다. 옥소-125는 단백질 표지물로 유용하게 사용가능함이 입증되어 있다. 이와 같이 연구와 조사목적으로 광범위한 방사성핵종이 사용되고 있다.