

방사선원 개발 및 수출 현황



한 현 수

한국원자력연구소 하나로이용연구단
동위원소이용연구부 부장

I. 서론

방사선원은 주로 비파괴검사용, 의료용 및 게이지용 선원 등으로 널리 쓰이고 있으며 산업과 의료복지의 발달과 더불어 앞으로도 그 사용량이 늘어날 전망이다. 방사성동위원소를 이용한 비파괴검사는 제품의 품질관리와 구조물의 안전관리 등에 사용되고 있으며 국내에는 39개의 방사선비파괴검사 전문업체가 있다. 비파괴검사용 선원인 ^{192}Ir 의 사용량은 2003년 기준 91kCi로 국산화율이 90%에 이르고 있다. 장비에 이용되는 게이지용 선원은 검출감도, 안정성, 환경친화성, 작업환경 등에서 방사선이 갖는 장점으로 산업분야에 널리 사용되고 있다. 국내에서는 방사선원이 장착된 장비가 3000개 이상 사용되고 있으며 대부분이 수입에 의존하고 있다.

의료용 밀봉선원은 국내 90 여개의 병원에서 암치료에 사용되고 있으며 고선량을 근접치료기 38대, 1000 Ci 이상의 ^{60}Co 과 ^{137}Cs 외부조사용 원격치료장비는 20여대, 감마나이프 9대가 가동중에 있다. 방사선원을 이용한 치료기 보급률은 선진국 수준에 근접해 있으나 선원의 국내 생산공급은 일부 근접치료용 저선량을 선원에 국한되어 있다.

방사선원의 생산기술을 확보하여 국산선원을 공급하면 동위원소가 장착된 산업용 및 의료용 장비의 효율적인 운영, 방사능 감쇠 방지, 운송 및 취급의 편리성, 가격안정화가 이루어져 유통중심의 시장구조를 조정할 수 있고 전적으로 외국기술에 의존할 경우 발생하는 폐해를 줄일 수 있으므로 관련 기술 개발이 시급하다. 방사성동위원소를 사용한 비파괴검사, 게이지 및 의료장비 분야의 지속적인 발전을 위해서 방사선원의 지속적이고 안정적인 공급이 필요하며 이를 위한 국내 생산기술확보가 필요하다. 높은 중성자속을 갖는 하나로와 방사성동위원소 생산시설이 구비되고, 상당수준 방사선원 생산공급 경험, 선원 제작 관련 기술 확보 등 밀봉선원 개발에 관련된 제반 여건이 충분히 성숙되어 있으므로 방사선원의 국산화는 순조롭게 진행될 것이다.

지금은 1960년대부터 이미 40여년 간 축적된 방사성동위원소 제조 경험과 기술을 활용하여 하나로를 이용한 방사성동위원소 연구·개발·생산이 활성화되어 있으므로 방사선원 제조기술 개발과 제품 수출을 통하여 RT 분야에서 아시아 중심축을 구축하는데 기여할 수 있을 것이다. 산업용 방사선원과

일부 방사성동위원소 제조기술이 수출되는 시점에서 방사선원의 개발과 해외수출에 대하여 논의해 보는 것도 시의 적절한 일이 될 것이다.

II. 방사선원 개발

1. 방사선원 생산시설

우리나라에서 방사성동위원소의 개발·생산 시설로서는 1962년 연구용 원자로 1호기(TRIGA Mark II)와 원격조작설비(process unit) 5기가 시초이다. 1974년에는 연구용 원자로 2호기(TRIGA Mark III), 콘크리트 핫셀 2기 및 원격조작설비(process unit) 10기가 완성되었다. 열출력 30MW의 연구용 원자로인 『하나로』가 1995년부터 시험가동에 들어감으로써 서울 공릉동에서의 소형 연구로 이용시대를 마감하고 『하나로』를 이용하여 방사성동위원소를 대량 생산할 수 있는 발판을 구축하였다.

하나로는 5×10^{14} n/cm²/sec의 높은 중성자속으로 첨단 성능을 얻을 수 있고 여러 가지 연구와 방사성동위원소를 생산할 수 있으며 최근에는 열출력 30MW로 운전하고 있다. 이 원자로는 경수로 냉각하는 개방된 탱크형 원자로로 노심에 2개의 IR 조사공, 노심외에 4개의 OR 조사공, 반사체 내에 17개의 IP 조사공, HTS 및 LH 조사공에서 방사성동위원소를 생산할 수 있다. IR 및 OR 조사공의 중성자속은 매우 높아 이 조사공들을 이용하여 표적을 조사하면 고 비방사능의 방사선원을 대량으로 생산할 수 있다. 이 조사공은 ¹⁹²Ir, ⁶⁰Co, ¹⁶⁹Yb 및 ⁷⁵Se 같은 고비방사능 방사성동위원소를 생산하는데 이용되고

있다.

방사성동위원소 생산시설내에는 방사선원을 대량으로 취급할 수 있는 1.2m 두께의 중량콘크리트 핫셀 4기, 고준위 선원을 저장할 수 있는 6m 깊이의 저장용 수조 및 10~15cm 두께의 납셀 11기를 갖추고 있다. 모든 핫셀은 원격조정장치와 납유리가 설치되어 있다. 콘크리트 핫셀에서는 ⁶⁰Co 기준으로 5만 Ci를 취급할 수 있으며 현재 ¹⁹²Ir와 ⁶⁰Co 조립장비가 설치되어 있다. 납셀에는 치료용 ¹⁹²Ir 선원의 조립 장비가 설치되어 있다. 『하나로』에서 조사된 표적 입인출 장비, 원자로 내 작업수조에서 방사성동위원소 생산시설로 운반할 차폐용기, 핫셀내로 투입한 다음 원격조작이 가능한 표적절단기, 원격취급장비 및 용접장비 등 선원생산에 필요한 장비도 개발하였다.

2. 방사선원 생산기술 개발

가. 비파괴검사용 ¹⁹²Ir 선원 개발

비파괴검사용 ¹⁹²Ir 선원은 1960년대 연구용 원자로 1호기에서 1 Ci를 제조한 것이 처음이고 1973년부터 연구용 원자로 2호기가 가동되어 이 원자로에서 3×3 mm 실린더형 Ir 표적을 중성자 조사하여 5~8 Ci의 방사선원을 일상생산 공급하였다. 1975년부터 개당 12~20 Ci용 선원을 제조하여 일상 공급하였으나 국내 산업의 발달로 후판 비파괴검사 수요가 늘어 높은 방사선원이 요구되어 1985년부터 공급을 중단해 왔었다.

『하나로』의 높은 중성자속과 부대시설인 콘크리트 핫셀을 이용하여 영상의 선별도를 높이기 위해 촛점이 작고 비방사능이 높은 ¹⁹²Ir 비파괴검사 선원을 연간 10만 Ci 이상

생산 공급하기 위한 조립 공정을 개발하였다. 천연 Ir 금속을 하나로에서 조사하여 점선원의 형태로 제작하기 위한 분류, 장전, 조립, 용접에 이르는 과정을 개발하였다. 고비 방사능 방사선원 제조가 가능하고 상당 수준 선원제작기술 및 취급기술이 확보됨에 따라 이를 상업적으로 공급하기 위해 방사선원 어셈블리도 개발하였다. 방사선원 어셈블리는 Ir disc를 내장한 선원캡슐, 선원캡슐을 내장한 외부캡슐, 그 외부캡슐에 연결된 pig tail cable, connector 등으로 구성되어있다. 어셈블리에 장착하는 선원은 연구소에서 조사된 Ir disc를 선원캡슐 용기에 포개 넣고 밀봉 용접하여 점선원 형태로 제작하였고 그 밖에 부품들은(stop ball, connector, wire cable 등) 산업체에서 제작하였다. ^{192}Ir 방사선원의 최종제품 형태인 방사선원 어셈블리의 조립건전성, 안전성 및 제조 생산성을 향상시키기 위하여 조립 및 압착장치를 개발하였다. 부품의 제작 및 조립과정의 개발이 완료되어 과기부 고시에 따라 특수형방사성물질 인허가를 신청하였으며 관련법규에 따라 안전성을 분석하고 시험편을 제작하여 국내 수송관련 법규인 과기부 고시 제 96-38호, IAEA Safety Series No. ST-1 및 미국 10 CFR Part 71의 규정에 따라 낙하시험, 타격시험, 굽힘시험, 가열시험, 누설시험 등을 수행하였다. 최종제품의 길이, 직경 및 조립 정밀도를 측정할 수 있는 게이지를 제작하여 일상생산 공정에 포함되어 생산품의 품질관리에 활용하고 있다. 최종제품의 사용내구성 검증은 위하여 IAEA 및 ISO 등의 국제시험기준에 따라 50,000회의 작동시험을 수행하여 제품 재질 및 조립품질, 사용 내구성 등을

검증하였다. 2001년 과기부로부터 ^{192}Ir 산업용 선원 제조 인허가를 얻어 양산하여 공급하고 있다. 또한 국산 ^{192}Ir 방사선원의 해외시장 공급을 위하여 2002년에는 110 Ci ^{192}Ir 방사선원에 대한 제조인 허가와 영문인증서를 획득하였다. 제품의 국제적인 신뢰성을 확보하기 위하여 한국원자력안전기술원을 통하여 국제원자력기구(IAEA)의 방사선원 목록에 등재하였다. 국내의 수요 증가에 대한 대비 및 해외 수출을 추진하기 위해 생산성을 3배 가까이 향상시킨 대량조사표적 및 상용생산 시스템을 개발하였으며 ^{192}Ir 산업용 선원을 포함한 밀봉선원의 제조공정 전반에 대하여 ISO 9001 품질보증시스템을 구축하였다. 비파괴검사용 ^{192}Ir 선원과 방사선원 어셈블리를 제조할 수 있게 됨에 따라 생산된 선원을 상품화하기 위해 필요한 조사기(Irradiator) 및 운반용기의 개발도 필요하게 되어 한국원자력연구소의 관련부에서 개발하고 있다.

나. 대단위 조사용 ^{60}Co 선원 개발

^{60}Co 은 현재 세계적으로 가장 많이 이용되는 방사성동위원소 중의 하나로 핵종에서 방출되는 감마선은 식품살균, 농수산물 장기저장, 의료기기 살균, 암 치료 등 산업 및 의료용으로 널리 쓰이고 있다. 최근 감마선 조사가 활발해져 ^{60}Co 수요가 급증하고 있으나 ^{60}Co 를 대량 생산할 수 있는 중수형발전로의 일부가 운전정지 되어 공급 감소로 이어지고 있다.

국내에서는 ^{60}Co 의 대량 생산에 적합한 중수형발전로 4기를 한국수력원자력(주)가 보유하고, ^{60}Co 을 완제품으로 가공하는데 필요한 방사성동위원소 생산시설과 ^{60}Co 저장수

조를 한국원자력연구소가 보유하고 있고 밀봉방사선원 개발 및 생산에 다년간의 축적된 기술을 바탕으로 향후 국내에서 ^{60}Co 선원의 대량생산을 대비하여 ^{60}Co 선원 최종제품을 밀봉 조립할 수 있는 기술을 개발하였고 생산 시스템을 구축하였다.

이러한 기술 및 시설을 바탕으로 선원 부품 가공기술 및 선원용접, 조립기술 개발을 위하여 산업용 ^{60}Co 선원 밀봉용접용 정밀 자동용접장치를 제작하고 이 장치를 사용하여 내경 8.5mm, 외경 9.65mm, 길이 428.5mm의 스테인리스 스틸 재질의 모의선원을 제작하였다. 또한 밀봉방사선원 신뢰성확보의 핵심 기술인 밀봉용접 품질 향상을 위해 용접부의 건전성 및 밀봉성능 평가를 수행하였다. 용접시스템의 구성은 생산 공정의 재현성 확보를 위해 전극봉 위치제어장치를 적용하였고 생산 공정 중에 제품의 결함을 실시간으로 검사할 수 있도록 하고 시스템 내부의 공기제거를 위한 진공유지와 He가스를 충전하여 용접제품의 누설을 확인할 수 있도록 하였다.

최종선원을 제조하는 기술을 개발하기 위하여 ^{60}Co 대단위 조사시설에서 회수된 선원을 해체한 후 회수된 선원의 방사능을 측정하고 분류할 수 있는 방사능 측정 및 분류장치를 설계, 제작하여 성능을 시험하였다.

다. 의료용 방사선원 개발

근접치료에 사용되는 치료용 소선원 중 평균적으로 낮은 감마에너지 특성과 상대적으로 취급이 쉬워 근접치료용으로 널리 쓰이는 ^{192}Ir 와 ^{198}Au seed 제조 기술을 확립하여 1987년부터 연구로 2호기를 사용하여 공급

해 왔다. 1995년 말에 이 원자료가 가동을 정지함에 따라 지금은 전출력 운전중인 ‘하나로’를 이용하여 생산하고 있다. ‘하나로’의 특성을 고려하여 제작된 조사용기에 해당 선원의 표적을 넣고 밀봉한 후 IP 조사공에서 중성자 조사시켜 일주일 이상 냉각시킨 다음 이 온전리함을 사용하여 방사능을 측정하여 개별 방사능값이 평균 방사능값으로부터 $\pm 5\%$ 이내오차의 방사능 균일도를 갖는 제품을 병원의 요구에 따라 일상생산 공급하고 있다.

원격 강내 조사 장치(RALS : Remote After Loading System)는 시술에 적용하는 범위가 넓고 시술자의 방사선 피폭이 거의 없어서 사용이 확대되고 있다. 2004년 현재 고선량을 근접치료를 갖추고 있는 병원은 국내에 41개이며, 이중 RALS는 38대가 설치되어 사용 중이다. RALS 장비중 일부는 ^{60}Co 선원을 사용하는 장비인데 상업용 ^{60}Co 선원의 공급이 중단되어 치료 시간이 초기 도입시 보다 약 4~5 배나 길어져 환자의 고통을 증가시키고 장비의 이용 효율이 저하되어 사용하지 못하고 있다. 이와 같이 방사능이 감쇄된 RALS의 ^{60}Co 선원을 대체하기 위해 하나로를 이용하여 고비방사능(high specific activity)의 ^{192}Ir RALS 선원을 개발하였다. ^{192}Ir 는 직경 2.5 mm, 두께 0.25 mm의 원판형 ^{192}Ir 을 하나로에서 적절하게 조일 수 있는 조사 캡슐을 개발하였다. 이 조사캡슐을 하나로에서 조사하여 예측 방사능의 $\pm 5\%$ 이내로 생성된 원판형 이리듐 표적 10장을 포개어 ^{192}Ir 치료용 선원을 만들고 이것을 다른 부품과 조립하여 어셈블리를 만들었다. 선원 어셈블리는 기존의 ^{60}Co 선원과 동일하게 방사선원의 선량 등방성을 고려

하여 설계하였다. 선원의 안전성은 밀봉 시험과 표면 오염 검사 등을 통해 확인하였다. 밀봉 시험에서는 누설이 없는 것으로 확인되었고, 표면 오염도는 31.4 Bq로서 의료용 밀봉 방사선원의 허용 기준인 200 Bq 이하였다. 개발한 선원은 국내 병원의 치료방사선과에 공급되어 실제 환자 치료에 사용되고 있다.

근접치료용 1.1mm ^{192}Ir 소형 방사선 선원을 설계하고 선원제조 장치를 제작하여 동위원소 생산용 핫셀에 설치하였다. 이 장치를 이용하여 하나로에서 직경 0.6mm, 길이 3.5mm의 실린더 형상의 표적을 조사하여 핫셀에서 길이 2008(2022)mm인 이송 케이블에 용접하여 치료용 어셈블리로 조립하여 10 Ci의 선원을 제작하는 기술을 개발하였다. 임상에서 사용하기 위해서는 선원의 안전성 및 실용성을 검증하는 추가의 장비 적용시험을 수행하고 있다. 그 내용은 개발된 선원의 기계적 내구성, 선원 규격과 장착위치, 선량특성 규명 등 안전성 및 실용성 위주의 성능 검증이 될 것이다. 선원 제작과정에서 축적된 기술은 다른 용도의 치료용 및 산업용 소형 선원 제작기술에 활용할 수 있으며 선원이 상용화되어 널리 보급되면 치료장비 본체의 국내 개발을 가속화하는 계기가 될 것이다.

라. 방사선 교정용 선원 개발

하나로의 가동과 더불어 다양한 방사성 핵종들의 국내 생산이 가능하게 되었고 국내의 연구기관에서도 방사선 계측 및 관련 연구가 활발하여 방사선 검출기들의 교정을 위한 선원의 개발이 필요하게 되었다. 이를 토대로 방사성동위원소 및 방사선원 개발과제에서는 ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{152}Eu 를 이용해서 반도체 감마

선 검출기의 에너지와 검출효율 교정을 위한 선원들을 제작하고, 이 선원들의 특성 평가를 수행하였다. 교정용 선원은 20~50 mesh의 양이온 교환수지 1개에 ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{22}Na , ^{57}Co 선원 1 μCi 정도를 흡착시킨 점선원 형태로 제작하였으며, 수용용기는 가공성이 좋고 기계적 강도가 좋은 MC nylon계 플라스틱을 사용하였다. 선원 수용용기의 두께에 대한 감마선 에너지의 흡수계수를 결정하고 감마선이 용기를 투과하는 과정에서 손실되는 방사능의 기대값을 구하여 최종 불확도(Uncertainty)에 반영하였다. 제작한 교정 선원의 방사능은 상대효율이 10%인 coaxial p-type 고순도 Ge 검출기를 이용하여 측정하였으며, 이 검출기의 절대검출효율은 다양한 에너지의 감마선을 방출하는 ^{152}Eu 표준 시료와 혼합시료 $^{154+155}\text{Eu}$ 을 사용하여 0 keV에서 2000 keV 영역에서 측정하고 오차 계산에 활용하였다. 이 외에도 시스템을 교정하는 과정에서 생기는 시스템 교정 오차, 검출확률 오차 등을 고려하여 최종 불확도를 결정하였다. 교정선원은 최종 불확도가 3% 이내에서 비교적 빠른 시간에 대량으로 생산할 목적이었으므로 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다. 개발한 교정선원은 2002년부터 시제품을 제작하여 사용자에게 공급을 시작하였다.

3. 상용화 및 향후 기술 개발 방향

우리나라도 RI를 대량 생산할 수 있는 아시아지역 최고의 수준에 속하는 중형 원자로, 대전류 싸이클로트론, RI 분리정제 시설 등이 있으므로, 앞으로 기존의 시설을 효과적으로 사용할 수 있도록 한국원자력연구소나 원자력의학원을 중심으로 상용화에 필요한

예산확보, 전환시기, 방법을 고려한 구체적인 전략을 수립하여야 한다. 현재는 원자로나 가속기 등 핵변환 장치와 최종 방사성물질을 취급할 수 있는 가공·정제 시설을 확보하고 있는 한국원자력연구소와 원자력의학원에서 상용 생산과 연구개발을 병행하고 있지만 원칙적으로 연구와 생산을 분리하여 수행하는 것이 장기적인 발전에 유리하다. 즉 연구소는 연구에만 주력하고 연구결과의 보급이나 시설의 활용은 사용자 이익을 대변할 조직에서 담당하여 연구 및 생산시설을 활용한 수익사업 분야와 연구결과를 판매업체에게 양도하여 사업화함으로써 생산자와 유통업체가 서로 경쟁관계가 되지 않도록 해야 한다. 국내 기술만으로 상용화가 어려운 분야는 우선 외국생산업체와 국내업체, 한국원자력연구소 등 국내 연구기관과 콘소시엄 형태로 일부 시료를 대량으로 수입하여 분배하고 재포장하여 국내에 보급하는 것이 바람직할 것이다. 상용공급을 위해서는 기존 수입 판매업체의 반발 극복이 최우선 과제이며, 수요가 클수록 용이하고 정부의 확고한 개발 의지가 있어야 할 것이다.

향후 기술 개발 방향으로 방사선원 분야에서 두께가 얇은 투과체나 파이프의 검사 등 특수용으로 사용되는 ^{169}Yb , ^{75}Se 등의 비파괴 검사용 저에너지 선원도 개발할 것이다. 게이지용 선원은 초기에는 사용기간이 지난 교체용 선원의 제작을 위주로 기술을 개발하고 추후 여건이 성숙하면 수요가 많은 장비부터 제작을 시도할 것이다. 개발할 선원이 소량 다품종이기 때문에 여기에 대비하기 위하여 주로 선원설계, 캡슐가공, 차폐용기 설계 제작, 특수 용접에 대한 기술을 개발할 예정이

다. 그 외에 생산되는 선원은 방사성물질 취급기준이나 사용조건에 맞아야 하므로 품질 검증 및 보장에도 관심을 두어 국제적인 인증을 받도록 노력할 것이다. 비파괴검사용 ^{192}Ir 방사선원을 내장하여 방사선투과시험에 사용되는 조사용기(Irradiator) 및 선원운반용 차폐용기도 개발하여 방사선투과에 필요한 비파괴검사용 밀봉선원 및 조사장비 일체를 국산화하여 외국의 간섭 없이 수출할 여건을 마련할 예정이다. 치료용 선원 개발은 국내에서는 일부 근접치료용 저선량을 선원제조 개발경험을 바탕으로 고선량용이나 대용량 선원보다는 부가가치가 높고 사용기간이 짧은 근접치료용 또는 감마 나이프용 중심으로 이루어지도록 여기에 필요한 미세부품 가공 및 조립기술과 레이저용접기술을 개발할 것이며 장기적으로 ^{125}I 핵종을 생산하여 저선량을 근접치료용 seed제조 기술을 개발할 예정이다.

III. 방사선원 수출

1. 수출 현황

높은 중성자속을 갖는 『하나로』의 가동, 방사선취급시설의 완공, 방사선원 생산 경험, 선원제작 관련 기술 확보 등 산업용 선원 개발에 관련된 제반 여건이 충분히 성숙되어 2002년부터 산업용 선원의 수출이 시작되었다.

2002년부터 하나로에서 생산되는 50~100Ci ^{192}Ir 선원의 수출이 시작되어 아시아 10여개국에 공급하고 있다. 2004년에는 국내 ^{192}Ir 총 생산량의 30% 이상을 수출하고 있고 10월 초 기준 금액으로 28만\$(방사능 35kCi)에 이르며 연말까지 40만\$에 이를 전

망이다. 수출되는 ^{192}Ir 선원의 품질 보증을 위하여 ISO9001 인증을 획득하고 국제원자력 기구(IAEA)의 방사선원 목록에 등재하여, 해외에서 사용할 수 있도록 국제적인 신뢰성을 확보한 상태이다. 이란, 인도네시아에는 반제품을 공급하여 현지에서 조립하여 완제품으로 서남아시아와 동남아시아에 공급하고 있고 베트남, 대만, 파키스탄, 터키, 태국, 싱가포르 등에는 완제품을 공급하고 있다. 이외에 ^{169}Yb 를 일본 지요다사에 수출하고 있고 10Ci 용 ^{192}Ir 실린더형 선원의 수출을 추진하고 있다.

2. 수출 전략

효과적인 국산화 추진이 해외수출의 첫걸음이다. 우선 국내 다수요 품목의 제조기술을 개발하여 국내시장 공급능력이 있는 산업체에 기술을 이전함으로써 상품화 기간과 시장진입 기간을 줄여 효과적인 국산화를 추진하여야 할 것이다. 장기적으로는 생산기반 구축과 공급을 분리하기 위하여 연구 개발과 시설구축은 연구소에서 수행하고 생산과 공급은 제조기술을 이전받은 산업체가 방사성 동위원소생산 시설을 공동으로 사용하여 수행한 후 국내외 시장에 진출하여야 할 것이다. 이렇게 되면 연구소는 기술과 원료물질을 제조하고 상품화는 기업에서 담당하게 된다. 즉 연구소는 전량 수입하는 비파괴검사용 선원과 고선량용 치료선원을 개발함으로써 수입대체 및 수출이 가능하도록 하고 선원 개발 뿐 아니라 선원을 상품화하기 위해 필요한 어셈블리와 선원이 장착될 산업용 게이지 장비와 의료용 장비도 산·연이 공동으로 개발하여 국제적인 인증을 받음으로써 이 분야

에서 선진국들과 대등한 경쟁관계를 가질 수 있도록 해야 할 것이다.

안정적 공급과 제품의 품질 보증을 해외시장 확장에 필수적이다. 안정적 공급체제 구축을 위하여 원자료를 지속적으로 운영할 수 있는 기술을 확보해야 하고 가동 정지에 대비한 추가의 원자료를 갖는 것이 바람직하나 너무 고가의 장비이므로 국가 또는 지역간에 원자료를 공유할 수 있는 시스템을 구축하거나 원료물질을 구입하여 생산하는 등 가동 정지에 대비한 추가 공급대책 수립이 필요하다. 제품의 성능향상을 위해 기술개발 뿐만 아니라 품질관리시스템도 도입해야 한다.

방사성동위원소의 대량 생산과 수출을 대비하여 생산성 향상이 필요하며 개발된 기술을 산업체에 이전함으로써 역할 분담 및 생산 자동화를 도모하고, 생산 관련 연구소와 산업체를 모아 계열화한 후에 컨소시엄 형태의 제조판매회사를 육성하여 해외의 RI 관련업체와 같이 경제규모로 운영할 수 있을 것이다. 이와 더불어 공급망 및 운송체제 확보, 운송지원 법안 마련, 방사성물질의 선적 및 통관 관련 규제 완화 등 수출 인프라구축도 필요하다.

방사성동위원소 생산에 있어서 국제적인 협력은 생산기술의 고도화 이외에도 RI의 해외수출을 위하여 중요한 일이며, 갑작스러운 국내 생산시설의 가동 중단에 따른 수급 불균형을 해소하고 안정적인 공급선을 확보할 수 있기에 국가적 차원에서 장려되어야 한다. 예를 들면 국가차원에서 원자력발전소, 해수담수화용 원자로 및 연구로 관련 기술 수출을 위하여 인도네시아, 베트남 등 아시아 및 아프리카 지역의 나라들과 국제협력을 추진하고 있으며 그 과정에서 대부분의 나라가 방사

선 이용분야에서도 협력을 원하고 있으므로 방사성동위원소 생산 장비와 기술을 수출할 수 있는 좋은 기회로 활용할 수 있을 것이다.

기술 수출과 제품 수출을 병행하기 위하여 현지 판매업체를 통하여 차폐시설을 보유하고 있는 연구소나 국가시설을 빌려 조립장비를 설치하고 어셈블리 부품과 내부캡슐 형태의 선원을 공급하여 그곳에서 조립 공급함으로써 운송료를 절감하고 운송용기의 의존도를 줄일 수 있다.

이 경우 기술수출의 가능성이 높으므로 별도의 계약이 필요하다.

3. 향후 전망

^{192}Ir 방사선원의 해외 수출이 본격화 될 경우 연구용 원자로 “하나로”를 이용한 방사성동위원소의 양산 공급체제를 확고하게 할 수 있으며 또한 현재 개발중인 비파괴검사용 조시장비와 이미 개발된 선원 조립용 장비 등도 함께 수출할 수 있을 것으로 전망된다. 2005년도에는 60만\$의 ^{192}Ir 선원을 수출하여 국내 생산량의 50% 이상을 수출하고 향후 5년 이내 아시아 시장 50% 점유를 목표로 하고 있다.

^{60}Co 의 경우 향후 모든 일이 계획대로 진행되어 월성 중수로 3기에서 표적을 조사한다면 발전로 1기당 연간 약 3M Ci 씩 9M Ci의 ^{60}Co 원료물질을 생산할 수 있다. 이것을 한 국원자력연구소의 방사성동위원소 생산시설에서 완제품으로 가공한 후 MDS Nordion사를 통하여 연간 900만\$의 완제품 수출이 기대된다. 이와 같은 생산량은 세계 약 50개국에 200여 조사시설들의 유지와 신규 조사시설에 소요되는 총량의 15~20%가 될 것으

로 추정된다.

일본 지요다사에서 ^{169}Yb 를 연간 20~30개 정도 수입할 가능성이 있으며, ^{192}Ir 실린더 선원은 연간 200~300개의 수출을 추진할 예정이지만 운송용기 확보 및 생산계획 수립 등이 남아 있다. 2006년부터 일본의 JMTR 원자로가 수리에 들어가게 되면 방사선원 수요의 대부분을 한국에서 충당할 계획이므로 수출을 증대시킬 수 있는 좋은 기회가 될 것이다. 1.1mm 치료용 ^{192}Ir 선원의 경우 인도네시아에서 2005년 초에 구입의사를 밝혀 수출이 가능할 것으로 보인다. 이외에 적은 량이지만 교정용 선원도 수출 가능할 것이다.

IV. 결론

높은 중성자속을 가진 『하나로』와 부대시설 그리고 이미 확보된 선원제작 및 취급기술을 바탕으로 전량 수입사용하는 비파괴검사용 선원과 게이저용 선원을 개발함으로써 수입대체 및 수출이 가능하도록 하고 나아가서 선원을 상품화하기 위해 필요한 어셈블리와 선원이 장착될 산업용 게이저 장비도 산업체와 연구소가 공동으로 개발하여 국산화하고 국제적인 인증을 받음으로써 이 분야에서 선진국들과 대등한 경쟁관계를 가질 수 있도록 해야 할 것이다. 방사성동위원소는 방사선이용분야의 기본 물질로서 국내의 안정된 공급체제와 가격유지가 RT산업 활성화의 기반이 될 것이며, 방사성동위원소의 상용생산은 거대 시설과 기술개발에 많은 초기투자가 필요한 부분이므로 정부의 집중적인 지원이 요구되는 분야라고 생각한다. 수출 인프라 구축을 위하여 기술개발에 필요한 인력양성과 연

구개발 투자확대, 효율적인 방사성동위원소 생산/유통체계 구축, 관련 산업 육성/지원 등에 대한 시책이 조속히 마련되어 시행되어야 할 것이다. 이렇게 함으로써 외국 독점에 의한 가격 상승 억제, 국산화와 수출을 통한 RT 기반 구축을 조속히 실현할 수 있을 것이다.

앞서 논의된 바와 같이 우리나라는 여러 면에서 방사성동위원소의 해외 수출 여건이 호전되어 가고 있으며 더욱이 아시아를 비롯한 해외에서의 한국 제품의 인지도가 매우 높은 것을 고려한다면 한국에서 국산화되어 공급되고 있는 방사성동위원소의 해외 수출은 시간상의 차이가 있을 뿐 순조롭게 이루어 질 것으로 기대된다. 원료물질인 방사성동위원소의 수출은 시장형성의 상부구조를 장악하여 하부구조인 생산품, 관련장비의 수출에 이어 대형 프로젝트(원자로 등)의 발주도 가능하게 한다.

앞으로 방사성동위원소의 안정적 공급과 수출을 위하여 정부의 지속적인 연구개발투자의 결실이 민간에 이전되어 민간투자가 활성화되고 나아가서 제품을 상용화하여 수입

대체와 수출을 통하여 국가에 기여할 수 있는 조치가 필요하다. 국가적 차원에서 국산화되어 가고 있는 품목을 중심으로 생산판매업체를 합병하여 계열화를 이룰 수 있다면 대형 제조판매회사 육성이 가능할 것이고 이렇게 되면 경제규모로 운영하여 상승효과를 기대할 수 있고 국내 공급과 아울러 해외시장 진출도 가능하게 될 것이다. 특히 세계적으로 RI의 사용범위와 관련 산업규모가 급성장하고 있으므로 지리적인 장점을 이용해 중국, 일본을 비롯한 아시아 태평양 지역에서의 의약 및 산업용 방사성동위원소의 수요증가를 감안하여 아시아 제일의 방사성동위원소 생산시설을 가지고 있는 우리나라가 국제 경쟁력 확보와 사업화를 위하여 적극적으로 대처한다면 아시아 지역의 방사성동위원소 주 생산기지로 부상할 수 있을 것이다.

마지막으로 이번 RI의 해외 수출에 대한 논의를 시작으로 수출 품목이나 제도 정비에 대하여 더욱 활발히 거론되기 바라는 마음 간절하다. **KRIA**

