

한국내 방사성동위원소의 개발 생산 현황

한현수, 박울재, 이준식,
손광재, 박경배

전권수, 양승대

한국원자력연구소
하나로이용연구단

원자력의학원
싸이클로트론응용연구실

요약

한국원자력연구소는 지난 30여년 이상 의학 및 산업용 선원을 공급하는 국내 유일의 연구소로서 핵심 역할을 수행하여 왔다. 1966년부터 하나로와 방사성동위원소생산 시설을 이용하여 국내 수요를 충족시키기 위한 노력을 계속하고 있으며 그 결과로 산업, 의료 및 추적자에 사용되는 I-131, Ir-192, Ho-166, P-32, Cr-51, Co-60 등을 상용 생산 공급하고 있다. 최근에는 테크네슘 발생기 제조시설을 완성하여 상용생산에 돌입하였다. 다양한 I-131 표지화합물과 10여개의 테크네슘 표지킷도 생산 공급하고 있다. Ho-166을 이용한 새로운 암 치료제를 개발하여 근접치료에도 활용할 예정이다. 현재 수행 중인 연구는 핵분열물질로부터의 폴리브덴 생산공정, 방사성동위원소의 분리기술 (I-125, P-33, Sr-89, Re-188), 밀봉선원의 제조기술 (Yb-169, Se-75) 등에 초점이 맞추어져 있다. 장기적으로 방사성동위원소 생산 전용로 도입도 고려하고 있다. 한국원자력연구소 부설기관인 원자력의학원은

MC-50 싸이클로트론에 이어 2002년에 고에너지빔 싸이클로트론 (Cyclone30, IBA)을 설치하고 F-18, Ga-67, I-123, Tl-201 등의 핵종을 상용생산하고 사용자 요청에 따라 In-111, Cr-51, I-124, Mn-54, Na-22 등을 생산하고 있다. 이외에도 PET용 동위원소생산을 위한 전용 싸이클로트론 설치가 급격히 증가하고 있다.

1. 서론

방사성동위원소는 산업, 의료, 환경 및 첨단과학 분야에 사용되고 있다. 산업이 발전함에 따라 상업적 이용이 증가하여 현재 2,000개 이상의 기관에서 방사성동위원소를 사용하고 있다. 국내 방사성동위원소의 수요는 2003년에 약 330 kCi 정도였으며 방사능량으로는 대부분이 산업용이고 금액을 기준으로 하는 의료용 동위원소의 사용이 주를 이룬다.

국내에서 정책적으로 원자력발전에 초점이 맞추어져 있었고 1995년까지는 중성자속이 낮은 소형 연구용원자로가 운영되었던 연유로 방사성동위원소 개발에 한계가 있었다.

따라서 고 방사성동위원소와 방사성동위원소 이용장비들은 대부분 수입에 의존하였다. 다목적원자로인 ‘하나로’와 동위원소 생산 시설이 완공된 1996년 이후 생산기술 개발에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으며 이 시설은 국내 제약, 의료, 산업 및 연구분야에서 필요한 동위원소의 생산에도 활용되고 있다. 이러한 노력의 결과로 방사성동위원소를 이용한 새로운 치료제 개발 및 국내 동위원소 가격의 안정화 등에 기여하였다.

산업용 및 의료용으로 사용되는 여러 종류의 밀봉방사선원들은 이미 개발되었거나 개발 중에 있다. 비파괴검사 및 게이지용 Ir-192와 Co-60은 상용 공급하고 있으며 현재는 Yb-169와 Se-75 같은 저선량 밀봉선원과 암 치료용으로 사용되는 Ir-192 소형선원 개발에 초점을 맞추고 있다.

비밀봉선원 중에서 갑상선 암 치료용으로 사용되는 I-131은 캡슐 형태나 용액형태로 생산 공급되고 있다. 최근에는 베타선 방출 핵종인 Ho-166을 이용한 간암 치료용 신약 개발 (Milican® Inj.)과 피부암치료용 폐치형 치료제, 스텐트나 발룬과 같이 혈관막힘 재발용 치료장치 개발 등이 시도되고 있다.

원자력의학원은 국내에서 싸이클로트론을 이용하여 방사성동위원소를 생산 공급하는 주 기관으로 국내에서 최초로 의료용 싸이클로트론(MC-50)을 설치하여 1989년 단반갑기 의료용 동위원소를 생산공급하고 있으며 현재는 고 에너지빔 싸이클로트론인 Cyclone30을 2002년에 설치하여 F-18, Ga-67, I-123, Tl-201 등을 일상생산 공급하고 있다. 또한 In-111, Cr-51, I-124,

Mn-54, Na-22 등과 같은 동위원소는 사용자들의 요청에 따라 생산 공급하고 있다.

현재 한국에서는 PET보급이 활발히 진행되고 있는 바 PET 전용 싸이클로트론을 권역별로 설치 중에 있다. 이러한 새로운 싸이클로트론의 보급이나 동위원소 생산 전용 원자로의 건설계획 같은 프로젝트의 실시는 국내 동위원소 공급 및 가격의 안정화 등에 큰 기여를 할 것으로 예상된다.

2. 방사성동위원소 생산시설

가. 원자로와 중성자조사장비

한국원자력연구소에서는 ‘하나로’를 이용하여 대량의 방사성동위원소를 생산하고 있다. ‘하나로’는 중성자 속이 최고 5×10^{14} n/cm²/sec에 이르는 열출력 30MW의 고성능 연구용원자로이다. 이 원자로는 방사성동위원소 생산에 필수적인 조건들을 고려하여 건설된 연구로로 1995년 최초로 임계에 도달한 이후 방사성동위원소 생산과 중성자를 이용한 연구를 위해 장비를 확충하여 왔다. ‘하나로’의 성공적인 운영은 지난 30여년간 소형 원자로 운영에서 축적된 경험과 인력에 바탕을 두고 있다.

‘하나로’는 수조타입으로 경수를 냉각제로 사용하는 원자로로서 27개의 중성자 조사공이 있는데, 노심에 두 개의 IR 조사공, 노심 외부에 4개의 OR 조사공, 반사체 영역에 17개의 IP 조사공이 설치되어 있다 <표 1>. IR이나 OR 조사공의 경우는 중성자속이 높아 비방사능이 높은 동위원소를 생산하는데 사용되고 있다. 수력이송장치(HTS)나 LH조사

공의 경우는 원자로 운전 중에 증성자 조사를 하기 위하여 설치된 것으로 반감기가 짧은 동위원소의 생산에 사용된다. 동위원소 생산용 표적을 증성자 조사하는 데 필요한 다양한 장비를 작업 편리성, 안전성, 방사선 피폭감소를 위하여 개발되었다. '하나로' 조사공에 적합한 조사용 캡슐과 리그(Rig), 각종 조사표적 운송용기, 수조내에서 조사표적의 조작에 필요한 장비들을 개발하여 운영 중에 있다.

〈표 1〉 '하나로'에 설치된 동위원소 생산용 증성자 조사공

| 영역 | 약칭 | 조사공 수 | 열증성자속(n/cm ² sec) |
|-------|-----|-------|--|
| 노심 | CT | 1 | 4.39×10 ¹⁴ |
| 노심내부 | IR | 2 | 3.93×10 ¹⁴ |
| 노심외부 | OR | 4 | (2.2-3)×10 ¹⁴ |
| 반사체영역 | HTS | 1 | 8.8×10 ¹³ |
| | IP | 17 | 2.4×10 ¹³ ~1.9×10 ¹⁴ |

나. 방사성동위원소 생산시설

방사성동위원소생산시설(RIPF)는 1997년에 3층 규모로 '하나로' 원자로건물 옆에 건설되었다. 총 면적은 약 9,000 평방미터 정도로 핫셀, 저장수조, 무균실, 실험실 등이 설치되어 있다. 이 시설에 설치된 핫셀에 대한 상세사항은 〈표 2〉에 정리하였다.

첫 번째 बैं크에는 1.2 m 중콘크리트로 만들

어진 4개의 핫셀과 5.7 m 깊이의 Ir-192와 Co-60 저장 수조가 설치되어 있는데, 핫셀은 두 개 한 조로 구성된 원격조정장치(Master-slave Manipulator)를 장착하고 있으며, Ir-192와 Co-60 같은 산업용 밀봉선원의 생산에 이용되고 있다. 두 번째 बैं크에는 11개의 납 핫셀이 설치되어 있으며, 각 핫셀은 약 10~15cm 두께이며 원격조정장치가 설치되어 있어 P-32, Mo-99, Cr-51 등의 연구용 핵종 생산에 이용되고 있다. 셋째 बैं크에는 총 6개의 납핫셀이 의약품생산시설 기준에 적합하게 설치되어 있어 I-131 및 Ho-166과 같은 의료용 동위원소와 방사성의약품 생산에 이용되고 있다. 4번째 बैं크는 테크네슘 발생기의 상업 생산에 이용되고 있다.

이외에도 두 개의 무균실이 설치되어 있는데 각각 청정도 10,000과 100에 맞게 또 다른 하나는 청정도에 맞게 설계되었으며 동위원소 생산시설 2층에 설치되어 테크네슘 표지화합물이나 다른 표지화합물을 생산하는데 이용되고 있다.

다. 싸이크론 및 동위원소생산시설

1986년에 MC-50 싸이클로트론이 국내 최초로 원자력의학원에 도입 설치되었으며

〈표 2〉 방사성동위원소 생산시설 상세내역

| 구역 | 상세사항(W×D×H (mm)) | 핫셀 개수 | 사용목적 |
|------------|------------------------|-------|----------------|
| Bank I | 콘크리트 핫셀 2800×2500×4500 | 4 | 밀봉선원생산 |
| Bank II | 납핫셀 2400×1400×1500 | 11 | 동위원소생산 및 연구 |
| Bank III | 납핫셀 2400×1400×1500 | 6 | 방사성의약품 생산 및 연구 |
| Bank IV | 납핫셀 1500×1230×1850 | 4 | 테크네슘 발생기 생산 |
| Co-60 저장수조 | 스텐레스 외장 3000×4500×6000 | 1 | Co-60 저장 |

이후 중성자를 이용한 치료나 F-18, Ga-67, I-123, Tl-201 등과 같은 동위원소의 생산에 이용되었다.

새로운 기종으로 Cyclone-30은 2002년에 F-18, I-123, Ga-67, Tl-201의 상용생산을 위하여 도입되었다. 이 기종은 빔에너지가 18에서 30MeV까지 가변되며, 최고 빔전류가 약 350A이고 빔추출장치 2대와 4개의 빔포트가 설치되어 있다. 4개의 빔포트를 따라 4개의 표적실이 설치되어 있는데, 그 중 하나는 I-123 생산용이며, 다른 하나는 PET용 동위원소 생산용이다. PET용 빔포트에는 다시 5개의 빔라인을 설치할 예정에 있다. 또한 생산된 동위원소를 처리하기 위한 핫셀과 무균실, 실험실 등이 설치되어 있어 표지화합물이나 콜드킷의 생산에 이용되고 있다.

원자력의학원은 도입 설치된 2대의 싸이클로트론 이외에 13MeV급 싸이클로트론을 IAEA와 과학기술부의 지원으로 자체개발하여 2대가 국내에 설치 중이다.

2004년 말 기준으로 국내에 PET용 핵종 생산을 위한 9기 이상의 베이비 싸이클로트론이 가동되고 있으며 이중 순수 상용 목적으로 운영되는 싸이클로트론도 있다. 이 싸이클로트론들은 주변시설로 핫셀과 의료용 F-18 생산 시설도 갖추고 있다. PET 장치의 도입과 더불어 베이비 싸이클로트론의 설치도 늘어날 전망이다.

3. 원자력을 이용한 방사성동위원소 개발

가. 산업용 밀봉선원

비파괴검사용 Ir-192 선원은 300~400

keV의 감마방출에너지를 갖는 Ir-192은 10~50g/cm² 두께의 물질의 방사선 검사에 최적의 선원으로 한국에서 가장 널리 사용되는 산업용 비파괴 검사 선원이다. Ir-192 NDT 선원은 1965년부터 TRIGA 원자로에서 3×3(mm) 원통형 Ir 금속표적을 조사하여 생산하였다. 그러나 검체의 두께가 두꺼워짐에 따라 낮은 비방사능의 선원은 더 이상 사용할 수 없었으므로 1985년에 공급을 중단하였다.

1995년 하나로가 가동됨에 따라 고비방사능을 갖는 Ir-192 선원 어셈블리를 개발하여 방사화된 직경 2.5mm, 두께 0.25mm인 디스크형 Ir 표적을 10장 이내로 쌓아서 100Ci 이상의 선원을 제조하였다. 사용자의 요구에 따라 캡슐내의 디스크의 개수를 조절하여 선원의 방사능을 조절할 수 있다. 선원 어셈블리는 선원캡슐, 스톱 볼, 신축성 강선, 연결부분으로 구성되어 있으며 각 어셈블리 마다 선원 고유번호와 위험 표시가 각인되어 있다. 생산된 최종 선원 어셈블리의 품질을 검증하기 위하여 부품의 치수 측정, 용접부 육안검사, 밀봉검사, 인장력 검사 등을 수행하였다. 2001년에 과기부에 특수방사성 물질로 등록하여 상업 생산에 돌입하였다.

Co-60 산업용 조사 선원은 식품 저장과 의료용품 멸균 등 방사선 조사에 널리 사용되고 있다. 한국원자력연구소는 CANDU형 원자로와 하나로 방사성동위원소 생산시설을 활용하여 Co-60 선원의 대량생산 가능성에 대한 타당성 검사를 수행하였다. 그 결과 한수원은 4기의 월성 중수로를 사용하여 Co-60 원료를 생산하고 한국원자력연구소는 이것을 방사성동위원소 생산시설에서 조립하

여 완제품을 생산하는 것이 가능하다는 결론을 얻었다. 한국원자력연구소는 조사된 Co-60 원료를 밀봉 가공하여 최종 제품화하는 기술을 개발하였으며 한수원은 월성 발전소에서 원료 물질 조사 위해 안전성과 경제성에 대해 고려하고 있다. 계획대로 진행된다면 연간 수 백만 Ci의 Co-60 선원을 생산하여 국내외에 공급할 수 있을 것이다.

Co-60 산업용 게이지 선원은 준위계 및 밀도계로 산업현장에서 널리 사용되고 있다.

한국원자력연구소는 1 ~ 1000mCi의 산업용 게이지 선원 생산기술을 개발하여 사용자의 요구에 따라 생산 공급하므로 생산량과 빈도가 일정하지 않다.

상질 분해능이 좋은 저에너지 감마 선원으로 Yb-169 및 Se-75 밀봉선원을 개발하고 있다. Yb-169 선원의 어셈블리 가공 및 조립 기술이 완료되어 시험 생산하고 있다. 20% 농축 산화이트륨을 1mm×1mm 펠렛을 제작하여 알루미늄 용기에 밀봉하여 1.8mm×3.0mm 원통형 표적을 제작하였다. 이것을 원자로에 조사하여 8 ~ 10Ci의 선원 어셈블리를 제조하였다. 제조된 어셈블리는 Ir-192 조사기를 사용하여 운반하고 이것을 사용하여 박판 용접물의 선명한 감마선 영상을 얻었다. 이 선원에 대해 ISO 표준 절차에 따라 품질시험을 수행할 예정이다.

반감기도 상대적으로 길고 에너지도 낮은 Se-75 선원의 용도가 증가하여 앞으로 경제성을 고려하여 개발 중에 있다. 농축 산화 셀레늄으로 3.0mm×3.0mm의 펠렛을 제작하여 티타늄 캡슐에 밀봉한 후 하나로 조사하면 80Ci의 선원 제조가 가능하다. 선원제작

과 관련된 기초 실험을 수행 중에 있다.

기타 감마선 에너지 보정과 검출효율을 측정하기 위한 교정용 선원을 개발하였다. 교정선원은 5가지로 Cs-137, Eu-152, Na-22, Co-57, Co-60 핵종을 밀봉한 1 μ Ci 정도의 원반형 선원으로 제작되었다. 개발된 선원의 방사능 불확실도는 1.5% 이내이다.

나. 치료용 밀봉선원

1987년 한국원자력연구소에서는 혀 및 유방암 등의 치료를 위해 Ir-192 씨드를 개발하였다. 직경 0.5mm, 길이 3.0mm의 이 선원은 베타선을 차폐하기 위해 백금으로 덮혀 있으며 국내 사용자에게는 1989년부터 상용 공급을 시작하였다.

근접 치료용선원으로 Ir-192를 사용한 2가지의 선원을 개발하였다. 직경 4mm의 10Ci 근접치료용선원을 개발하여 일본제 치료장비에 사용되는 Co-60 치료선원의 대체 선원으로 공급하여 환자치료에 사용되고 있다. 후장전근접치료기에 사용되는 1.1mm의 직경을 갖는 소형 치료용선원도 개발하였다. 직경 0.6mm 길이 3.5mm Ir-192 10Ci 방사선원이 스테인레스스틸에 밀봉된 어셈블리는 200cm로 치료장비에 고정할 수 있도록 개발되었다. 개발된 선원 어셈블리는 환자의 치료에 사용하기 위해 ISO 규정에 따른 시험 뿐 아니라 임상시험도 수행하였다.

그 외에 전립선 및 안암 치료에 사용되는 I-125 씨드도 개발하고 있다. 씨드 내부에 넣을 I-125를 흡착하여 막대형의 선원을 만들기 위하여 은 막대, 다공성 세라믹, 은이 침투된 세라믹 등을 개발하고 있다. 이들 흡착

제 중 은이 침투된 세라믹이 가장 좋은 흡착성 성능을 보였다. 씨드를 밀봉하기 위해 레이저 용접법이 도입되었으며 2 ~ 3년 내에 실용화가 가능할 것으로 보인다.

4. 싸이클로트론을 이용한 방사성동위원소 개발

원자력의학원의 싸이클로트론을 이용한 주요 연구 분야는 방사성동위원소의 생산기술 개발과 증성자 치료이다. Mc-50 싸이클로트론을 이용하여 진단 핵종인 Tl-201, Ga-67, I-123, F-18, C-11을 주로 생산하며, 사용자 요구에 따라 In-111, Cr-51, I-124, Mn-54, Na-22 등을 생산한다. 2003년에 설치된 대전류 음이온 가속기인 Cyclone 30은 Ga-67, Tl-201, I-123, F-18 핵종의 대량 생산에 활용하고 있으며, 이를 이용한 [I-123]mIBG, F-18DG 등의 표지화합물도 제조하여 공급하고 있다. 대량생산을 위해 개발된 생산 공정은 다음과 같다.

Ga-67을 생산하기 위한 표적으로는 니켈이 코팅된 동판 위에 전착 시킨 Zn-68(농축도 99%)을 사용한다. 조사가 완료되면 표적을 녹여 준 후 용매 추출과 이온 교환법으로 Ga-67을 회수하고, Zn-68은 표적으로 재사용한다. Te-124O₂(p, 2n)I-123의 핵반응으로 생산되는 I-123은 백금 판의 홈(groove)에 용해된 TeO₂를 용융하여 표적으로 사용된다. 그러나 이 방법으로는 불순 핵종인 장반감기(4.17 일) I-124가 다량으로 생성되는 문제점이 수반되므로, 이를 극복하기 위한 Xe-124 농축 가스를 이용한 표적 시

스템을 개발하였다. 30 MeV, 100μA 빔 세기의 양성자로 Xe-124를 6시간 조사하여 4시간 냉각하면 10mCi/μAh 이상의 I-123이 생산된다. Tl-203(p, 3n) Pb-201 → Tl-201의 핵반응으로 생산되는 Tl-201은 동판에 Tl-203(농축도 97%)을 전착시켜 표적으로 사용하며, 28 MeV, 200μA 이상의 양성자로 12시간 동안 조사하여 생산한다. 이온 교환 크로마토그래피와 용매 추출법으로 표적을 처리한 후 산성 수용액에 녹아있는 Pb-201을 회수하여 32시간 방치한 후 Pb-201의 붕괴로 생성된 Tl-201을 용매 추출법으로 회수한다. 한 배치당 2,400mCi의 Tl-201 Ci가 생산된다.

F-18 생산은 농축 H₂O-18를 표적으로 사용한다. 표적으로 사용하는 용기는 조사창 전면과 후면을 125μm티타늄 박막으로 되어 있으며 내부는 10mm의 두께로 1 ml의 H₂O-18를 충전할 수 있다. 표적집합체는 표적 용기, 탄소 콜리메이터, 빔 튜브, 빔 에너지 감쇄기, 보온체, 헬륨 냉각 블록, 냉각수 블록으로 구성되어 있다. 농축 H₂O-18를 표적에 주입할 때 압축 공기를 이용하며 표적의 이동은 6축 벨브로 조정한다. 18 MeV, 20μA 조건에서 1.5 시간 동안 조사할 경우 F-18생성량은 2.5 Ci 정도이며 5시간 후 F-18GD로는 1 Ci 정도 얻을 수 있다.

5. 방사성동위원소 생산

가. 원자로를 이용한 방사성동위원소 생산

한국원자력연구소는 1967년부터 원자로를 이용하여 방사성동위원소를 생산해 왔다. 현

재는 하나로 및 부대시설인 방사성동위원소 생산시설을 이용하여 Ir-192, Co-60, I-131, I-125, Tc-99m, P-32, P-33, Cr-51 등의 방사성동위원소를 비롯한 I-131, Ho-166 표지화합물과 10여종의 Tc-99m 키트를 국내 및 해외로 공급 중에 있다. 2003년 국내 공급된 방사성동위원소 및 표지화합물의 공급량은 83 kCi, 19,000 바이알로 <표 3, 4>와 같다.

고 품질 I-131 용액을 생산하기 위하여 TeO₂ 표적을 조사한 후 건식증류법으로 처리하는 방법을 개발하고 3개의 생산장치를 핫셀에 설치하여 일상 공급하고 있다. 한 배치당 50 Ci 정도가 생산되며 용액 및 30, 50, 100, 150, 200 mCi의 캡셀 형태로 공급된다. 2004년 국내 시장의 75%를 공급하였고, 필리핀을 시작으로 해외에 공급하기 시작하였으며 말레이시아 등 아시아권 국가로부터 빈번한 수출제약이 들어오고 있다.

Tc-99m의 국내 수요량을 충당하기 위하여 Mo-99/Tc-99m 발생기(generator) 생산시설을 설치하여 2004년부터 상용공급을 시작하였으며 추후 수출도 기대된다.

2001년에 50 Ci, 100 Ci의 Ir-192 비파괴 검사용 선원 어셈블리를 개발하여 과학기술부로부터 제조인허가(모델명 : IRS50, IRS100)를 획득하여 일상 생산할 수 있는 시스템을 갖추었다. 2003년에는 82kCi를 생산하여 국내 수요의 83%를 점유하고 21kCi를 수출하였다. 공정관리와 품질관리에 사용되는 Co-60 게이지용 선원도 생산하여 산업체에 공급하였다. 또한 검출기의 에너지와 효율 교정을 위한 Co-60, Co-57, Cs-137,

Eu-152, Na-22 선원도 개발하여 산업체에 기술이전하고 상품화하였다.

Tc-99m 표지용 키트와 I-131 표지화합물은 의료용으로 P-32와 Cr-51은 연구용으로 공급되었다. 새로 개발된 Ho-166 천연의 키토산 착물은 간암치료제(상품명, 「미리칸주」)로 등록되어 간암치료제로 병원에서 이용되고 있다.

<표 3> 한국원자력연구소에서 생산된 방사성동위원소(2003년)

| 핵종 | 화학적 또는 형태 | 생산량(mCi) |
|--------|--------------------|--------------|
| I-131 | Nal solution | 86,642 |
| | Nal capsule | 381,040 |
| Tc-99m | NaTcO ₄ | 8,783 |
| Mo-99 | MoO ₃ | 11,300 |
| Ir-192 | Seed | 378 |
| Ir-192 | Plate (for NDT) | 82,160,000 |
| Co-60 | Metal (for gauge) | 24,714.3 |
| P-32 | | 40.1 |
| Cr-51 | | 17 |
| Sc-46 | | 50 |
| Total | | 82,672,964.4 |

<표 4> 한국원자력연구소에서 생산되는 표지화합물 및 키트 (2003년)

| 방사성동위원소 | | 판매량 (mCi 또는 vial) |
|---------|---------|-----------------------------|
| 핵종 | 화학적 | |
| I-131 | mIBG | 3,053 mCi |
| Ho-166 | CHICO | 43,147 mCi |
| Tc-99m | Phytate | 540 |
| | MDP | 4,800 |
| | DISIDA | 4,755 |
| | DTPA | 2,900 |
| | Tin | 855 |
| | MAA | 2,675 |
| | DMSA | 1,145 |
| | ASC | 1,080 |
| Kit A | | 213 |
| Total | | 46,200 mCi / 18,963 vial |

나. 사이클로트론을 이용한 방사성동위원소 생산

2003년 원자력의학원의 사이클로트론을 이용하여 <표 5>와 같이 59,056 mCi의 방사성동위원소를 생산하였다. Cyclone-30이 정상적으로 가동됨에 따라 생산용량이 급격히 증가하여 Tl-201의 경우 기존의 MC-50에 생산할 때보다 5배 정도 생산량이 증대되었다. 새로 도입된 농축 Xe-124 가스를 표적에 30 MeV, 100 μA의 양성자 빔을 6시간 조사하여 한 배치당 6Ci의 I-123를 생산하였다. 이외에도 30 MeV, 200μA의 조건에서 1시간 조사 후 1.0 Ci의 Ga-67을 생산하였고, 18 MeV, 20μA 조건에서 1.5시간 동안 조사하여 5시간 후에 F-18GD 로 1 Ci 정도 생산하였다.

<표 5> 원자력의학원에서 생산된 방사성동위원소(2003년)

| 핵종 | 화학형 | 생산량(mCi) |
|-------------|-------------|----------|
| Tl-201 | TlCl | 17,306 |
| Ga-67 | Ga-citrate | 5,384 |
| I-123 | Nal | 1,021 |
| [I-123]mIBG | [I-123]mIBG | 1,625 |
| [F-18]FDG | F-18DG | 33,720 |
| Total | | 59,056 |

6. 향후 전망

고 성능 원자로인 하나로와 잘 갖추어진 방사성동위원소 생산 시설을 바탕으로 한국 원자력연구소는 고품질의 방사성동위원소 생산 및 대량생산기술의 개발을 위해 열심히 노력한 결과 국내 수용의 대부분을 생산 공급

하고 다른 나라에 수출도 하고 있다. 최근에 한국원자력연구소에서는 방사성동위원소 판매를 위해 생산량 증대 및 산업체와 협력을 고려하고 있다. 신규 방사성의약품 개발과 핵분열 Mo-99의 제조기술의 개발을 통해 의료용 동위원소의 안정적 공급 요구에 부응함으로써 동남아시아에 방사성동위원소를 안정적으로 공급하는데도 기여 할 것이다. 방사성동위원소 생산과 관련된 새로운 연구 분야로 질병 특이리간드, 단백질 및 단일항체를 이용해 질병의 진단과 치료를 할 수 있는 방사성의약품개발, 핵분열생성물로부터 단반감기핵종의 분리 연구, 저농축우라늄 표적을 사용한 Mo-99 개발을 수행할 예정이다. 장기적으로 방사성동위원소를 안정적으로 공급하기 위해 새로운 방사성동위원소 생산 전용로의 도입을 고려하고 있다. 한편 원자력의학원에서는 MC-50, Cyclone 30 및 KIRAMS-13 사이클로트론을 이용한 새로운 생산공정과 함께 대량생산법을 개발하였다. 특히 정부는 사이클로트론 제작기술과 보급에도 관심을 쏟아 PET 센터를 지원하기 위해 권역별 사이클로트론 설치사업도 지원하고 있다. 민간차원에서 PET 수요를 충족하기 위해 베이비사이클로트론의 도입이 급증하고 있으며 PET핵종의 다양화와 표지 기술에 대한 연구도 활성화되고 있다.

한국정부는 방사선 및 방사성동위원소 이용 및 연구를 활성화하기 위해 지속적으로 투자할 예정이어서 RT의 기본물질인 방사성동위원소 생산 분야에서도 지속적인 성장이 기대된다. **KRIA**