



방사선 및 방사성동위원소 이용의 국제 동향 및 전망

양맹호·윤성원

한국원자력연구소
책임연구원·선임연구원

1. 서론

방사선 및 방사성동위원소의 산업적 이용과 응용은 50년이상 성장하여 왔으며, 신재료 개발, 신산업기술의 개발 등 수요가 증가하고 있다. 21세기에는 이러한 다양한 이용 및 응용분야 확대와 생산기술 및 신 동위원소의 핵종과 개발, 냉중성자 연구 등 새로운 방사선 과학기술시대의 도래가 전망되고 있다.

방사성동위원소의 핵의학적 이용의 경우 1992년이후 급격히 시장이 확대되고 있으며 1997년의 경우 17%가 성장, 시장규모도 1992년 1.12억 US\$에서 2000년에는 시장규모 7~10억 US\$로 전망되고 있다. 향후 20년 동안 치료분야와 진단분야는 연간 7~16%성장이 전망되어 2020년에 40억 US\$ 시장 규모가 될 것으로 전망되고 있다. 방사성의약품의 세계시장 규모는 약 10억불(US\$)이며, 이중에

서 Fission Mo-99 /Tc-99m Generator 관련 의약품의 세계시장 규모는 약 5억 US\$로 추정되고 있다.

1950년대부터 원자력의 평화적 이용계획의 일환으로 방사성동위원소 생산에 대한 연구도 급속히 진전되어 대량 생산체제가 구축되었다. 이에 따라 그 이용분야도 의료, 과학기술연구, 산업, 농업, 우주개발 등 다양한 분야로 확대되고 활성화되어 선진국에서는 일반 방사성동위원소의 생산은 물론 대신원 제조기술, 핵분열성 생성물 분리기술, 특수용도의 방사성동위원소 생산기술 등을 개발하고 있으며, 대량 생산 품목은 기업체가 전담하고 소량의 고부가가치 품목은 국책연구소 수준에서 생산하고 있다.

방사성동위원소의 생산에 있어서는 대부분 연구로에서 조사되어 생산되고 있으며 세계적으로 500여기의 연구로가 현재 가동되고 있고 이 중 300여기에서 방사성동위원소를 생산하

고 있다. 가속기 핵종은 주로 사이클로트론에서 생산되는데 세계적으로 100 여기가 가동되고 있다. 연구로, 가속기 등 입자조사시설이 초기에는 국립연구기관에 설치되어 선진국은 국가적 차원에서 연구개발을 한 후 민간기업에서 상용화하도록 하고 있으나 개발도상국에서는 국립연구기관이 개발과 생산을 동시에 하고 있다.

이와 같이 방사선 및 방사성동위원소는 산업 발전과 더불어 핵의학의 수요의 증가를 비롯하여 각종 산업에서 이용하는 계측, 농업기술 개선 등에 대한 수요가 계속 증가함에 따라 방사선 및 방사성동위원소 이용영역이 확대되고 있다. 특히 방사선 및 방사성동위원소의 산업적 이용과 핵의학 분야의 발전은 괄목할 만하며, 생명과학분야의 방사선 이용도 앞으로 더욱 증대될 전망이다.

미국의 경우 핵의학을 미국보건체계의 일환으로 추진되고 있으며 미국에너지부와 국립보건연구원(NIH) 공동으로 연구개발과 동위원소생산, 진단과 치료 등의 핵의학발전계획(Advanced Nuclear Medicine Initiative)의 수립을 추진하고 있으며 핵의학연구 촉진, 핵의학인력양성, 에이즈 및 전염병 등에 대한 알파선방출동위원소 응용연구의 추진 등을 목적으로 하고 있다. 또한 미국에너지부(DOE)는 산하 국립연구기관의 주요 방사성동위원소 생산시설의 민영화도 추진하고 있다.

육류 고기의 조사에 관한 최종 규제법안이 통과되었고 (1999년 12월), 미국에서는 올해 2월부터 붉은 고기(red meat)의 방사선조사가 정식으로 허가되어 병원성 대장균 O-157:H7, 살모넬라균 등의 식중독 대책으로서 소고기조사가 개시되었다. 5월에는 미국으로 수입되는 동식물 검역처리를 목적으로 조사처

리를 인정하는 법률이 검역당국에서 제안되고 있으며, 식품조사의 대규모 실용화가 바로 앞으로 도래하고 있다.

방사선 식품조사 산업의 경우 세계식량기구 및 세계보건기구 국제원자력기구는 방사선조사식품에 대한 전문가그룹(International Consultative Group)을 1991년 설치하여 방사선조사식품의 기술개발과 조사식품의 안전성, 산업적 이용과 규제에 대하여 세계 기준을 마련 노력중에 있다. 방사선조사 양념류의 경우 1987년 5,000톤에서 1992년 20,000톤 그리고 1995년 40,000톤으로 급격히 증가되고 있다. 이와 관련하여 미국은 1999년 12월 육류 고기의 조사에 관한 최종 규제법안이 통과되었고, 미국에서는 올해 2월부터 붉은 육류고기(red meat)의 방사선조사가 정식으로 허가되어 병원성 대장균 O-157:H7, 살모넬라균 등의 식중독 대책으로서 소고기조사가 개시되었다. 5월에는 미국으로 수입되는 동식물 검역처리를 목적으로 조사처리를 인정하는 법률이 검역당국에서 제안되고 있 등 식품조사의 대규모의 실용화도 예상되고 있다.

2. 방사선 및 방사성동위원소 생산·공급

미국, 러시아, 캐나다, 프랑스, 벨기에 등은 이미 대형 연구로를 이용하여 중성자 조사에 의한 고비방사능 방사성동위원소 생산기술을 고도로 개발하여 세계 시장을 상대로 상용 생산하고 있으며 이러한 상용 생산은 민간회사에 의하여 주도되고 있다. 특히 캐나다는 산업용 Co-60 방사성동위원소 선원을 CANDU 발전로에서 생산하여, 세계 CO-60 방사성동위원소 시장의 80% 이상을 점유하고 있다. 또한 캐나다는 밀집소형인 크로마토그래피형 Tc-99m

발생기(Fission-Moly)의 제조용으로 NRU원자료를 이용하여 핵분열생성물로부터 분리한 Mo-99를 전 세계시장의 80%이상에 공급하고 있기도 하다. 그리고 벨기에에서 BR-2, 남아공화국에서 SAFAR-1 원자료를 이용하여 Tc-99m 발생기를 생산 공급하고 있지만 대부분 노후원자로서 금세기 내에 폐로 되어야 할 상황에 있어서 이의 공급에 차질이 예상되고 있기도 하다.

이러한 현상을 감안하여 '95년 11월 프랑스 OECD 본부에서 개최된 동위원소의 유익한 이용에 관한 전문가 회의에서 '97년도 NEA사업으로 회원국의 방사성동위원소 생산시설 및 생산량에 관한 자료를 수집하여 방사성동위원소 생산·공급에 차질이 생기지 않도록 미리 대처하는데 상호 협력하기로 한 바 있다.

한편 일본에서는 일본원자력연구소가 방사성동위원소 생산과 공급을 담당하고 있으며, 다이치, Nihon Physics 등 수개의 민간업체에서 방사성 의약품을 제조하여 공급하고 있다. 일본에서는 2개 민간업체가 캐나다로부터 Mo-99를 수입하여 Tc-99m 발생기를 제조해 자국내에 공급하고 일부 동남아시아 국가에 수출하고 있다.

호주에서는 ANSTO 산하에 방사성동위원소 생산·공급을 전담하고 있는 자회사인 ARI를 두고 있으며, HIFAR 원자료를 이용하여 Fission-Moly도 생산·공급하고 있다. 그러나 HIFAR 역시 노후화되어 곧 폐로해야 할 시점에 와 있고 정부예산관계로 신규 원자로 건설계획도 아직 미확정 상태로 남아 있다.

중국이나 인도는 일찍부터 대형 연구로를 운영하면서 많은 경험을 쌓았고 각기 자력으로 방사성동위원소 관련 연구를 활발히 수행하여 거의 모든 방사성동위원소 제품을 자급자족하

는 등 방사성동위원소분야에서는 비교적 높은 수준을 보여주고 있다.

그리고 동남아시아의 개도국들은 대부분 방사성동위원소 이용기술에서 후진성을 보이고 있지만 방사성동위원소 생산과 이용에 대하여 많은 관심을 보이고 있다. 예를 들어 인도네시아는 30MW급 다목적 연구로(RSG-GAS)를 1992년부터 가동하고 있으며, 방사성동위원소 시설을 새롭게 완공하여 방사성동위원소 상용 생산을 실시하고 있고 생산된 일부를 말레이시아 등에 수출하고 있기도 하다. 인도네시아는 특히 Tc-99m 발생기 제조기술과 방사성동위원소 시설 설치기술을 미국 GE사로부터 도입하여 기술수준을 상당히 높였으며, 향후에는 방사성동위원소 생산 전용의 100MW급 원자료를 건설할 계획인 것으로 알려지고 있다. 베트남은 달라트에 있는 원자료를 개조하여 1985년부터 본격적으로 운전, I-131, Tc-99m 등을 자체 생산하고 있다. 태국도 연구로 건설 계획을 확정하고 있다.

3. 방사선 및 방사성동위원소 이용 국제 동향

최근 선진국에서는 가속기의 빔 발생 이용기술의 진보에 의하여 각종 입자선에 의한 새로운 이용으로 향한 연구개발이 각 분야에서 활발하게 진행되고 있고, 입자선치료, 신물질의 제조, 세포가공기술 등 새로운 방사선 이용이 전개되고 있다. 빔발생 이용기술의 진보는 우주환경 등에서 사용되는 반도체 부품, 재료 등 신뢰할 수 있는 내방사선환경 평가에도 공헌하고 있다. 이와 같은 방사선 이용에 관한 활동은 공업, 농업, 의학 등의 산업계와 환경보전 및 학술문화 등 넓은 분야에서 실용화되고 있는

며, 첨단 연구의 단계에 이르기까지 폭넓게 활용되고 있다.

표 1은 방사선 및 방사성동위원소의 분야별 주요 이용 사례를 나타내고 있다.

방사선 이용 분야의 발전은 가속기 및 원자로의 다양화와 방사선 측정기술의 진보에 기인된 바 크다고 할 수 있다. 가속기의 활용에 의하여 싱크로트론 방사광과 같은 새롭고 강력한 광원의 이용이 가능해졌고, 원자로에서는 생산이 불가능한 양전자 방출 핵종의 이용이 가능해졌다. 또한 가속기의 소형화에 의하여 이것을 직접 병원에 설치하여 탄소(C-11), 질소(N-13), 산소(O-15), 불소(F-18) 등과 같은 단수명 방사성동위원소를 의학적으로 이용하여 양전자방출 단층촬영(PET) 등과 같은 고도의 핵의학 진단법이 실용화 될 수 있는 기틀을 마련할 수 있게 된 것이다.

그리고 원자로를 이용한 방사선 이용에서는 방사성동위원소의 생산, 중성자 회절 재료 물성 연구, 방사화분석 등에 추가하여 최근에는 열중성자를 액체수소 등으로 냉각하여 얻는 냉중성자의 이용이 주목을 받고 있다. 중성자 튜브를 이용한 빔 실험이 세계적으로 활발하며, 빔실험의 한 분야로서 즉발 감마선 분석이 가능해졌고, 또한 종래의 방사화 분석에서는 분석이 곤란하였던 원소의 비파괴분석도 가능하여졌다.

방사선 및 방사성동위원소의 공업, 농업, 생물 분야에의 이용은 점점 활발하여지고 있으나, 방사선 이용과 관련하여 인체에서의 방사선 영향 문제가 일반인들의 관심을 불러 일으켰다. 다음으로 환경방사능의 인체영향도 논란의 대상이 되어 왔으며 그 일례로 최근 인체에 대한 라돈으로부터의 방사선 영향이 화제가 된 적도 있다. 방사성폐기물의 처리·처분문제도

있으나 방사선 영향의 연구는 금후로 점점 활발해 질 것으로 생각된다. 특히 저방사선량 피폭이 오히려 생체에 유익효과를 준다는 연구보고가 많이 나오고 있다.

IAEA에서는 이러한 방사선 및 방사성동위원소 이용의 중요성 때문에 “Department of Research & Isotope”를 통하여 회원국에 방사선 및 방사성동위원소 이용을 촉진시키고 있으며, 방사성동위원소 생산시설의 지원, 방사성동위원소 생산전략, 표적 화학, 1차 방사성동위원소를 2차 최종제품으로 전환시키는데 필요한 연구개발 조정역할 등 실로 다방면에서 지원을 하고 있다.

가. 공업분야

감마선이나 입자선이 물질과 상호작용하면 물질중에 이온이나 래디칼 등의 반응성이 높은 활성종이 생성되어 화학반응이 일어난다. 그 결과로서 생성되는 생물학적 효과를 공업에 이용하는 공정을 방사선공정이라 부른다. 이 방법을 고분자재료에 응용하는 최근의 실례를 들어보면 플로피디스크, 인쇄회로기판, 접착테이프, 감열지 등의 새로운 공정의 개발이 진전되어 고품질, 고기능을 특징으로 하는 제품생산에 관한 연구가 선진국을 중심으로 활발하다. 최근에 각광받고 있는 기술로서는 방사선을 환경보전에 이용하는 기술로서 일본에서 가장 활발하게 진행되고 있다. 이것은 화력발전소나 소각로 등의 연소 매연중에 NO_x와 SO_x를 암모니아 공존하에 전자선을 조사하여 동시에 제거하는 기술로서 질산암모늄과 황산암모늄으로서 회수가 가능하여 이들은 비료로서 사용 가능하다.

표 1. 방사선 및 방사성동위원소의 분야별 주요 이용 사례

분 야	이용 사례
의 학	X선 진단 X선 CT, 양전자CT 방사성의약품에 의한 진단과 치료 γ 선 (Co-60, Cs-137), 중성자 (원자로, Cf-252) 중입자선에 의한 치료 밀봉소선원에 의한 치료 NMR, 방사광 등에 의한 치료 의료기구 멸균 등
농수산업	품질개량 식품조사 해충구제 (불임화) 트레이서(tracer) 이용 농림업 폐기물의 효과적 이용 사료의 살균
공 업	방사선촬영법(radiography) (X선, γ 선, 중성자) 공업계측 (두께, 밀도계, level계 등) 트레이서 이용 (유속, 유량, 표사, 공해조사, 공정해석, 확산, 마모 등) 방사화분석, 형광 X선 분석 등 연기탐지기, 야광시계 등 방사선화학 이용 (내열재료, 전자선 경화, 배연처리, 오물처리 등) 전자선 주입, 방사광이용 원자전지
지 질 학	연대측정

이온빔을 이용하여 반도체 중에 불순물을 도입하는 기술은 1960년대에 개발이 시작되어 오늘날에는 이온주입기술로서 확립되었다. 이온가속기의 발달에 의하여 이온빔을 이용한 새로운 물질상을 형성하여 표면처리하는 기술이 반도체 이외의 분야에서도 주목을 끌고 있다. 즉 Ion Making이나 박막 형성 등 장래의 기술로서 활발한 연구가 진행되고 있다.

앞으로의 방사선 이용 프로세스의 개발에는

단순한 감마선이나 전자선의 이용에 그치지 않고 이온빔과 냉중성자, 방사광, 자유전자, 레이저 등 새로운 선원을 이용할 목표로 한 연구개발이 주축을 이룰 전망이다.

반도체 집적회로(LSI)의 고집적화 기술인 방사선 리소그래피는 종래의 광리소그래피를 대체할 수 있는 차세대 리소그래피 기술의 주요한 후보로서 전자빔 리소그래피와 X-선 리소그래피가 있다. 전자선 리소그래피는 미세가

공이 가능하지만 LSI의 양산성이 문제시되고 있다. 한편 X-선 리소그래피는 0.2 μ m의 모형을 쉽게 전자 가능한 고해상성을 가지며 일괄전자 방식인 것으로부터 차세대의 양산 지향성 리소그래피로서 기대되고 있다. 생산성 개선을 위하여 고도의 X-선 원으로서 지금까지 SOR(Synchrotron Radiation)의 사용이 유망시되고 있다. 최근 각국에서는 소형화된 SORTltmxa가 건설되는 등 가격과 상면적 등의 장애요인이 해결되어 SOR의 이용이 현실화되고 있다.

나. 농업 및 생명과학 분야

유전자의 기초지식은 생물의 품종개량에 응용되어 세포의 대사기능의 기초지식으로부터 작물, 임목, 가축, 어류 등의 근대적인 재배, 사육기술이 확립되어 생산성을 높이는 데까지 이르렀다. 다음으로 21세기를 향하여 다수의 생명공학기술이 개발되어 생물의 기능을 직접적으로 이용하기도 하고 개량하기도 하는 기술이 꽃을 피우게 될 것이다. 이것은 생명현상을 해명해 나가면서 여기에서 얻어진 지식을 인간생활의 향상에 이용하려는 기술로서 연구개발의 초점이 되고 있다.

밀봉 방사성동위원소나 방사선발생장치를 이용하여 유형형질의 개량, 곤충이나 유해 미생물의 살균을 도모하는 방사선 식품조사기술과 밀봉 방사성동위원소에 의해 생체내의 거동을 조사하는 추적자 기술이 농림수산업에 이용되는 대표적인 기술이다. 생명분자를 해석하기 위하여 유전자 DNA를 구성하는 염기배열을 읽어내는 방법은 여러 가지가 개발되어 있지만 어느 것이든 방사성동위원소를 표지한 새로운 DNA사슬을 검출하는 것이다. 배열이 결정된 Cloning 유전자 DNA를 세포내에서 효

율종게 발현하면 유전자의 구조와 기능과의 관계가 명확해진다. 다음으로 어느 생물이 가지고 있는 전유전자의 구조를 알고자 하는 Genome 해석은 국제적인 과제로서 취급되고 있으며 미국의 ORNL 등 세계 굴지의 연구소들이 이 Genome 프로젝트에 많은 연구비를 투자하고 있는 실정이다.

방사선을 이용하여 신품종을 개발하는 방사선 육종의 최근 동향은 바로 방사선과 바이오 기술을 결합시킨 육종에 초점을 맞추고 있다. 생명공학기술의 하나인 조직배양을 방사선 조사를 받은 식물에 적용해 영양번식성 작물에서 현저한 육종효과를 나타내고 있다.

다. 의료분야

종래의 X-선이나 감마선, 전자선 등에 의한 방사선 치료에서는 치료가 곤란한 국소 진행암이나 방사선 저항성 암에 대해 싸이클로트론을 이용한 속중성자 치료나 양자선에 의한 치료를 시도하여 왔다. 그 결과 특정의 암에 대해서는 상당한 치료율의 향상이 나타나고 있으며, 높은 생물효과를 나타내는 고속중성자선의 특징과 우수한 물리적 선량분포를 가진 고에너지 양자선의 특징이 잘 적용되고 있는 것으로 알려지고 있다. 일본의 방사선의학연구소에서는 지난 10년간 중입자선 암치료장치(Heavy Ion Medical Accelerator, HIMAC)의 건설 프로젝트를 추진하여 그 완성에 이르게 되었다. 이 HIMAC은 상기 양자의 특징을 겸비한 중입자선으로서 치료율과 치유의 질적 향상을 기할 것으로 기대된다. 중입자선은 He, C, Ne, Si, Ar 등 원자핵도 전자를 박리시킨 원자핵을 가속하여 얻어지는 고에너지의 무거운 이온선이다. 따라서 앞으로의 방사선 치료는 단순히 암의 치료율을 높이는 것뿐만 아니라 치

유가 성공되면 장기를 들어내지 않고도 기능을 보존시킬 수 있는 질적 향상에 중점을 두는 연구가 활발해 질 것이다.

보론-10 화합물을 뇌종양 환자에게 투여한 후 원자로에서 발생하는 중성자빔(열 또는 열외 중성자빔)을 조사시키면, 보론-10은 즉시 중성자와 핵반응을 일으켜 보론-11로 변함과 동시에 2.4MeV의 알파선을 방출하게 된다. 이 알파선에 의하여 뇌종양을 치료하는 방법이 보론 중성자 포획 치료법(Boron Neutron Capture Therapy, BNCT)이다. 이 BNCT에 관한 연구는 미국을 비롯하여, 일본, 호주, 유럽연합 등에서 매우 활발하게 진행되고 있으며, 앞으로 뇌종양 치료 전망이 밝아 질 것으로 기대되고 있다.

3. 방사선 및 방사성동위원소 이용 국내 동향

국내의 경우에도 방사선 및 방사성동위원소 이용이 확대 다양화되고 있으며 관련산업체수도 1995년 1000여개에서 1999년말 기준으로 1,571 기관에 달하고 있다. 기술수준을 살펴보면 의학적 이용, 식품저장 및 비파괴검사 분야에서는 선진국 수준에 도달하고 있으나 산업적 이용분야에서는 전반적으로 낙후되어 있는 실정이다.

동위원소 생산과 이용기술개발은 주로 한국 원자력연구소의 하나로 방사성동위원소 생산 시설(RIPF)과 원자력병원의 사이클로트론을 중심으로 동위원소를 생산하고 있으나 국내 수요의 대부분을 해외에 의존하고 있는 실정이며 연구개발도 연구소와 병원, 대학 등이 참여할 가운데 비교적 활발하게 추진되고 있으며 원자력 연구개발 중장기사업에서도 점차 비중을 높

혀가고 있다.

현재 한국원자력연구소는 하나로를 이용하여 I-131, Tc-99m, Mo-99, Ho-166, Ir-192 등 10여종의 방사성동위원소를 생산하고 있으며(표 2), 원자력병원에 설치된 사이클로트론(MC-50)을 이용하여 Tl-201, Ga-67, I-123, F-18, C-11 등의 생산과 ^{111}In , ^{51}Cr , ^{124}I 와 표준선원용 핵종인 ^{54}Mn , ^{22}Na 등을 생산할 수 있는 기반을 보유하고 있다(표 3). 또한 서울대학교 병원과 삼성의료원에서는 소형 싸이클로트론을 이용하여 PET 핵종(^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F 등)을 자체 생산하고 있다.

그러나 다수요 품목인 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -generator 및 산업용 Co-60이 국산화되지 못해 아직까지도 국내 소요 방사성동위원소의 대부분을 수입에 의존하고 있다. Co-60은 월성원자력발전소의 중수로에서 생산이 가능하여 국내 생산 및 수출을 위해 캐나다의 MDS Nordion 사, 한국전력공사, 한국원자력연구소가 그 타당성을 조사 중에 있다. 표 4에는 2000~2008년까지 한국 원자력연구소의 하나로를 이용한 의학, 연구 등을 위한 방사성동위원소 개발 계획을 나타내고 있다.

1999년도의 경우 RI 총 수입액은 약 1,850만 US\$로 총 48종의 핵종이 수입되었으며 수입되는 방사성동위원소 수입량은 꾸준한 증가세를 나타내고 있다. 따라서 세계적으로 방사선 및 방사성동위원소 시장이 빠르게 확대될 것으로 전망되고 있으며 국내 시장도 점차적으로 확대되어 갈 것으로 예상되고 있다.

따라서 다수요 핵종은 물론 고부가 가치 핵종과 고비방사능 핵종 등 수요 핵종의 생산과 이용을 위한 기술개발과 투자를 확대해야 될 것으로 생각되며, 이외에도 과학기술의 연구 도구로서 중성자 빔 이용연구, 재료조사 시험,

중성자 분광 및 중성자 투과 검사기술개발, 방사화 분석에 의한 다용도 극미량 원소 분석기술개발 및 표준화 등과, 품위 방사성동위원소 생산 및 난치성 질환의 진료용 방사성의약품

개발, 붕소 중성자 포획법에 의한 뇌종양 치료 기술개발 및 방사선 치료용 기구 개발 등의 개발촉진을 위한 기술개발과 생산시설구축 등을 적극 추진해야 될 것으로 생각된다..

표2. 하나로 이용 방사성동위원소 생산량(1999년도)

분 류	핵 종(화학형)	방사능(mCi)
I-131 용액	NaI	115,119
I-131 캡슐	NaI	37,800
Tc-99m	Tc-99m(NaTcO ₄)	257,610
Mo-99	Mo-99(MoO ₃)	9,400
Ir-192 Seed	Ir-192 Seed	9,674
Co-60	Co-60	502
총 계		430,105

표3. 사이클로트론 이용 방사성동위원소 생산공급(1999년도)

핵 종	화학형	방사능(mCi)
Tl-201	TlCl	11,492
Ga-67	Ga-citrate	4,384
I-123	Na ¹²³ I	1,245
[¹²³ I]mIBG	[¹²³ I]mIBG	523
[¹⁸ F]DG	¹⁸ FDG	1,283
합 계		18,927

표4. 하나로를 이용한 동위원소 개발 계획

	Present(2000)	1st Phase('00~' 03)	2nd Phase('04~' 08)
Processed RI -Medical	I-131, Tc-99m, Ho-166, Dy-165	Sr-89, Sm-153, Re-186, Ru-106	Mo-99(fission), Y-90
-Research	S-35, P-32, Cr-51, Kr-79	P-33, I-125	C-14, H-3, Ba-140, Nb-95
Sealed source - Industrial	Ir-192, Co-60	Yb-169, Tm-170, Se-75	Cs-137, Sr-90, Cf-252
- Standard/ Reference		Mn-54, Eu-152	Cs-137, Sb-125, Pm-147, Tl-204

4. 결론


방사선 및 방사성동위원소는 그 이용영역이 산업발전과 더불어 지속적으로 확대되고 있으며, 공업·농업·의료·환경·첨단과학 등의 연구와 상용화에 다양하게 이용되고 있다. 최근 선진국에서는 원자력이용이 성숙기에 들어서면서 방사선 및 방사성동위원소 이용개발이 활발하게 추진되고 있으며, 특히 방사선을 이용한 핵의학 이용과 식품의 멸균 및 위생적 보관 등 식품조사, 환경오염물질 제거 등 환경공해 처리기술 분야의 활용이 크게 증대될 전망이다.

미국, 러시아, 캐나다, 영국 등 원자력선진국에서는 이미 대형 연구로를 이용하여 중성자 조사에 의한 고비방사능 방사성동위원소 생산 기술을 고도로 개발하여 세계시장을 상대로 상용화하고 있다.

선진국에서는 핵의학분야의 기술개발 활동이 매우 활발하다. 미국과 일본 등에서는 단층촬영기술(PET), 감마 카메라 등 첨단 방사선

의료기기가 활발하게 개발되고 있으며, 간염 및 갑상선 진단용 방사성 표지화합물과 PET용 방사성의약품 개발 등 핵의학 활동이 활발하게 진행되고 있다. 그리고 감마선, 양자선, 중입자선 등을 이용한 외부 방사선 치료와 방사성의 약품을 이용한 난치성 진단 및 치료에 이르기까지 이 분야에서의 방사선 및 방사성동위원소의 이용이 확대될 것으로 전망된다.

세계적으로 방사선을 이용한 공업·농업·생명과학 등의 연구개발이 활발하게 진행되고 있다. 환경분야에서는 방사성추적자 및 방사화 분석 응용연구, 생명과학 관련 연구 등이 고도화되고 있고, 고에너지의 전자선 및 방사광을 이용한 반도체 리소그래피, 물성연구, 신물질 창출 등 첨단기술 개발이 가속화 될 전망이다.

이와 같이 원자력기술 선진국을 비롯한 많은 나라에서 방사선 및 방사성동위원소 이용 기술 개발은 물론 산업도 활성화되고 있고 나아가 21세기를 바라보고 대형 방사광시설 등 가속기 기술을 접목한 방사선 이용 연구개발이 활발하게 진행되고 있다. 

참고 문헌

1. 원자력연감-1999년, 한국원자력산업회의
2. 과학기술처, 원자력진흥종합계획 수립 연구, 한국원자력학회, 1996.8.31
3. 한국원자력연구소, 방사선 및 방사성동위원소 이용진흥 종합계획 수립, KAERI/RR-1691/96
4. 한국원자력연구소, 방사성동위원소 생산 이용연구, KAERI/RR-2042/99
5. http://sta-atm.jst.go.jp:8080/atomica/owa/display?opt=1&term_no=08-01-04-01
6. 일본 원자력포켓북 1998-1999, 일본 원자력산업회의
7. Beneficial Uses and Production of Isotopes, Final Draft, May 1998, OECD/NEA
8. <http://www.iaea.org/worldatom/tableofcontents1.htm>
9. <http://www.ne.doe.gov/isotope/research.html>
10. Expert Panel: Forecast Future Demand for Medical Isotopes, Sep. 25-26, 1998, Arlington, Virginia, DOE