



방사선 및 방사성동위원소 이용 기술개발(4)

3. 농업/생명공학적인 이용

가. 방사선 이용 식품생명공학기술 개발

방사선 이용 식량자원의 효율적 이용기반 확립 : 식량자원의 고부가가치화를 위한 전자선 이용 저장·가공·유통기술 개발과 조사선원의 다양화를 위한 선택적 활용기술 개발이다.

방사선 이용 식품 및 공중보건제품의 위생화 기술 확립 : 우리나라 전통발효식품의 위생화 및 장기 안전저장기술 개발부분과 일반 식품/공중보건제품의 위생화를 위한 방사선 응용 연구를 지속적으로 진행하고자 한다.

방사선/BT/NT기술 병용 고부가가치 기능성 신소재/신제품 개발 : 식품/공중보건제품 소재의 물리·화학적 변환을 통한 기능성 소재의 개발, 알려지던 제거 식품, 완전무균식, 환

자식, 장기저장식 등 특수식품의 개발분야에 대한 연구를 수행한다.

방사선 이용 기술집약형 식품가공기술 개발 : 식품의 기능성, 색, 물성 등의 변환에 의한 고부가가치 제품개발분야, 방사선을 이용한 식품 내 유해물질의 제거기술 개발분야, 방사선 조사를 이용한 저염, 또는 화학보존료 무첨가 식품의 개발을 수행하고자 한다.

방사선 조사식품의 안전성 평가 : 방사선 조사 전통식품의 독성학적, 영양학적, 미생물학적 안전성 평가 및 기능성 신소재의 안전성 평가부분에 대한 연구를 수행한다.

방사선 식품·생명공학 기술의 국민 수용성을 증대하고 연구성과의 산업적 활용도를 제고하여 경제성을 창출한다.

나. 방사선 생명공학분야에서 생체방어 기능성 식품 및 신물질 개발



방사선 생체장해 극복 기능성 식품/물질 개발 : 방사선 대응 면역·조혈계, 재생조직 방호 및 재생촉진 식품/물질 개발 및 방어효능 증대기술 및 가제품/후보물질의 분자생물학적 작용기작 해석부분에 대한 연구를 수행한다.

방사선 만성장해(암발생, 노화) 억제 기능성 식품/물질 개발 : 방사선에 의한 세포분자(DNA/염색체 및 단백질/지질)의 산화적 상해 억제물질 검색 및 효능증대 복합제개발 및 방사선 만성장해(암발생, 노화) 억제 효과 비교검증에 대한 연구를 수행한다.

기능성 식품 원료의 방사선 이용 위생적 유통기술 실용화 기반확보 : 방사선 조사 원료(생약재 등 천연물)의 유전독성학적, 화학적, 생물학적 안전성 및 안정성 검증을 수행한다.

연구성과물의 임상효용성 제고 : 방사선 장해자, 노약자, 항암 치료환자 등에 대한 효용성 평가 및 항발암/항노화 기능성 식품/물질로서의 효용성을 평가한다.

다. 방사선 조사식품의 안전관리기술 및 교역증진 인프라기술 개발

방사선 처리 농수축산물의 유통 및 수출입 안전관리기술체계 확립 : 방사선 처리식품의 조사공정관리 및 Labeling 체계 개선방안 연구 및 방사선 처리 수입식품의 검지 및 유통관리 체계화 연구를 수행한다.

방사선 조사 식품 및 신규 생물소재의 품목별 검지법 표준화 : 방사선 조사 유통대상식품 및 신생물소재의 검지법 개발 및 최적화 시험, 품목별 검지법 표준화 및 Blind Test 및 Interlaboratory 실증시험 및 신개발 품목의 허가신청 및 실용화기반 확보를 위한 안전관리체계화 시험을 수행한다.

농수축산물의 수입관리 검지기술과 안전성 및 이용률 제고기술 개발 : 주요 수입 상품의 물리적, 화학적, 생물학적 검지법 개발, 예비검지법의 국제협력 Interlab, Blind Trial 및 검증시험 및 수입상품 및 소재의 검역용 혼증제 대체기술개발과 수출상품화 모델을 개발한다.

수출전략 농수산물의 상품화를 위한 검역 및 품질보증처리 기술 개발 : 검역관련 해충 및 병원성 유기체의 방사선 감수성 확보 및 사멸기술 개발, 방사선 이용 농수산물의 수출상품화 및 품질보증기술 개발 및 수출전략 품목의 예비교역시험 및 교역규정의 Harmonization에 관련된 연구를 수행한다.

라. 방사선 이용 농업생산성 제고를 위한 농생물자원의 개발

방사선 이용 주곡 작물의 품종 개발기술 확립 : 벼, 보리, 밀, 콩 등의 내재해성, 다수성 품종을 개발한다.

방사선 이용 생활 친화형, 토종 정원수목 및 야생 초화류의 소재개발: 나라꽃 무궁화의 초형변이, 화색변이, 대형화, 분화용 및 가로수용 등을 개발하고자 하며 토종 정원수목의 왜성화, 대형화, 화색 변이체 등 개발하여 한국 고유 야생 초화류의 원예화로 고부가가치를 창출한다.

방사선을 이용하여 원예(과수, 채소 등)작물의 신품종 기술을 개발하고 방사선을 이용한 농업생물자원의 고기능성 신육종기술 및 신식물을 개발한다. 그리고 필수 아미노산 및 고탄수화물 다량 함유, Phytic Acid 및 Lipoxygeanse 저함량, 제초제 저항성 등 고기능성 변이체를 개발하며, 방사선과 유전자



조작 기술을 병행한 방사선 지표식물의 개발 및 영양 번식 작물의 방사선에 의한 각종 변이체 유기기술을 개발한다.

방사성동위원소이용 환경보존 농업기술을 개발하고 방사성동위원소이용 동식물 영양 생리 및 병리에 관한 연구를 수행한다. 또한 연구결과의 농민보급으로 농촌 경제성 제고 및 수출원예산업을 활성화시킨다.

마. 방사선 이용 생물활성 증진효과 연구

동물에서의 방사선 Hormesis : 저선량 조사 동물의 성장, 생식력증대, 수명연장, 후속고선량 내성을 확인하며 저선량 방사선의 암치료 이용기술을 개발한다.

식물의 방사선 Hormesis : 식물 활성촉진 저선량 처리기술 개발하고 유용 식물자원 생산성증대 이용기술을 개발한다.

저선량 방사선의 생물 자극촉진 해석: 저선량 방사선의 생물활성 유도 기작을 규명하고 저선량 방사선의 생물자원 생산성향상 기술을 개발한다.

방사선 내성 식물 육성 : 방사선 유도 유전인자 분리 및 유전인자 도입 형질전환체를 개발한다.

바. 방사선 이용 미생물/생명공학 기술

유용 미생물 자원을 확보하고 분자생물학적 응용기술을 개발한다.

방사선을 이용한 기능성 돌연변이체 개발 : 항균성, 항진균성 돌연변이체를 개발하고자 한다.

기능성 관련 유전자 분석 : 항균성, 항진균성, 환경제어용 및 산업용미생물 관련 유전자 클

로닝 및 염기서열 분석(Genomics)을 수행하며 관련 생물질의 순수 분리 및 유전자 분석(Proteomics)을 수행한다.

유전자재조합 기술을 접목한 돌연변이 유전자의 발현 연구 : 유용 유전자 형질전환용 신규 Vector를 개발하며 농약대체용, 환경제어용 및 산업용 재조합 미생물을 개발하고자 한다.

생분해성 흡착제 및 Biochip/Biosensor를 개발한다.

유용미생물 돌연변이체의 실용화 : 유용 돌연변이체의 미생물제제화 연구 및 기술이전을 통해 산업화를 수행하고자 한다.

4. 방사선원개발 및 기반시설확충

가. 방사성동위원소의 안정적 생산체계 구축

연구용 원자로인 하나로와 방사성동위원소 생산용 싸이클로트론인 MC-50 및 Cyclone-30의 활용도를 높이기 위한 부대시설 설치와 기술 개발이 필요하다. 특히 MC-50 싸이클로트론은 경이온 및 중이온 빔 조사 인프라로 성능 개선을 유도하고 Cyclone-30을 중심으로 한 방사성동위원소 생산에 주력하며 첨단 방사선센터에 30 MeV 싸이클로트론 가속기를 원자력중장기 사업 연계 기술로 설치하여 양성자 과잉 핵종을 안정적으로 국내 시장에 공급하며 일본 등 아시아 시장에도 수출토록 한다.

이미 개발된 대량생산 기술을 활용하여 산업용 Ir-192 선원은 70% 이상 국산화를 이룩하고 원자로 가동 중지기간 중 백업 체제를 갖추도록 한다. 암치료용인 I-131 생산은 원



액인 경우 해외 수출할 수 있도록 추진하고 최종 제품을 다양화하여 국산화 비율을 높인다. 신약으로 개발된 Ho-166 치료제는 대량생산 체제와 운송 체제를 구축하여 국내 수요 전량을 공급하도록 한다. I-125, P-33, Sr-89 새로운 핵종의 생산 및 제품화 기술개발이 필요하다.

Fission Moly 생산은 Mo-99/Tc-99m 발생기 제조시설이 가동되어 국내 생산품이 아시아지역에 경쟁적인 가격으로 공급하려면 장기적인 관점에서 기술개발을 추진하여야 할 것이며 기존의 개발된 기술의 연속성을 위해서도 연구개발은 멈추지 않아야 한다.

Co-60은 세계적으로 가장 많이 이용되는 방사성동위원소 중의 하나로 미국의 FDA는 1997년 미국에서 육류에 대한 감마선 조사를 허가함으로써 수요가 급증할 것이다. 그러나 Co-60 생산용 중수로의 일부가 운전정지하여 공급 감소가 예상된다. 이와 같은 국제여건의 변화에 부응하여 Co-60 생산여부에 대한 결정은 빠른 시일내에 이루어져야 할 것이다. JV(Joint Venture) 사업 추진이 결정되면 사업주체의 선정, 사업규모, 시설보완내역, 투자비산정, 자금조달방안, 원부자재 가격 및 조달방안, 시설운영방안 및 운전비용산정, 판매 및 운송방안 등을 재조사하고 Co-59를 조사하기 위해 발전로 전환사업을 위한 안전성 검증과 시설 설치를 수행해야 한다. 최종 제품을 조립하기 위해 하나로의 방사성동위원소 생산시설에 있는 콘크리트 핫셀의 차폐를 보강하고 그 안에 생산장치를 설치해야 한다.

방사성동위원소는 제조시설, 제품화 기술, 운송 및 유통 등 사업이 조직화되어 그 중 한

가지만 모자라도 전체적인 영향을 미친다. 따라서 운송에 필요한 고성능 차폐용기의 제조기술 개발이 필요하다. 특히 제품을 해외로 수출하기 위해서는 국제적으로 사용이 허가된 운송용기를 확보하여야 한다.

PET 용 단수명 방사성 핵종은 방사성동위원소 분배센터 개념 도입과 병행하여 권역별로 국내에서 개발된 싸이클로트론 가속기를 설치하여 해당지역의 PET센터에 방사성동위원소를 공급하는 체제를 마련한다. 이러한 체제로 단수명 핵종의 원활한 공급체계 구축함은 물론 기존의 도입 기기가 안고 있는 싸이클로트론의 유지 보수를 국내의 기술로 일괄 관리하고 가속기 센터의 가동을 전국 네트워크 하여 중단 없는 방사성동위원소 보급으로 의료기관의 핵의학 진단에 신뢰성을 유지 수 있다. 방사성동위원소 이용 확대를 위한 전용원자로 건설은 신규 원자로 이용수요, 축적된 원자로 제작 기술 및 인력 활용, 원자로 기술수출 등 다각도에서 분석하여 추진여부를 결정하여야 한다.

나. 국가방사선이용진흥위원회 설치

현재는 방사성동위원소 또는 관련 장비의 개발, 생산, 유통, 규제 및 사용에 대한 전반적인 내용을 협의/의결하는 기구가 없으므로 한국방사성동위원소를 중심으로 국가방사선이용진흥위원회(가칭)를 설립하여 방사성동위원소 생산·분배 등 유통체계 확립, 수입품의 국산화 제고를 위한 방안 수립, 수출입제도의 합리적인 개선 및 방사성물질 수송관련 기준의 정비 등을 다룬다.



다. 방사선 및 방사성동위원소 이용시설 확충과 기존시설의 활용 증대

방사선이용연구에 필요한 시설과 장비 설치: 첨단방사선이용연구센터를 중심으로 의료, 농업, 생명공학, 공업, 환경분야에 필요한 Co-60 식품조사시설, 전자선 가속기, 이온 빔 가속기, 감마농장 등을 집중적으로 설치하여 장비이용효율도 높이고 부대 상승효과도 얻을 수 있다. 남부권의 방사성 동위원소 수요 확대와 기반 기술의 개발을 위하여 30 MeV 동위원소 생산용 사이클로트론을 개발하여 이를 센터에 설치한다.

하나로에 설치 중인 열중성자 이용 보론 중성자 치료장비 설치 완료 및 중성자 빔 이용시설 확충: BNCT 장치는 하나로 IR 수평공에 핵공학적인 특성 평가와 수평공 거르개(Filter)와 물셔터(Water Jacket Shutter), 실험을 위한 차폐실(Shielded Room)의 상세 특성 시험을 마치고, 이에 따라 임상연구를 위한 연구 개발, 시설 설치 및 기술 개발이 필요하다. 하나로에서의 중성자 빔 이용연구는 원자로실 내부의 열중성자 등을 이용하는 연구개발의 확충과 심화, 산학연 이용을 확대하고 고도화하기 위한 시설과 기술의 보강과 함께 하나로 CN 수직공이 원자로 설계시부터 준비되어 있는 것을 활용한 냉중성자원(Cold Neutron Source)의 개발, 설치와 실험동(Guide Laboratory) 및 연구시설(Cold Neutron Research Facilities) 개발이 주요한 항목들이다. 이미 개발된 수평공 주변 설비, 분광장치, 이용 부대설비와 분광기술을 바탕으로 변화하는 국가 연구수요, 국제적인 연구개발 추세를 반영하여 분광장치로는 이미 개발에 착수한 중성자 반사울 장치(Neutron

Reflectometer, REF)의 개발과 설치가 필요하며, 비탄성산란 실험을 할 수 있는 3축 분광장치(Triple-Axis Spectrometer, TAS), 고중성자속 중성자 회절장치(High Intensity Neutron Diffractometer, HIND), 고분해능의 2중 결정 회절장치(Double Crystal Diffractometer, DCD) 등이 개발되어야 할 것이다. 물론 앞으로는 그간 축적된 연구 역량과 이용 경험의 축적을 바탕으로 개발하고자 하는 장치들에 대하여 국내 학계와 산업계의 의견을 수렴하는 창구와 방법이 구체적으로 수립되어 장치 개발 초기부터 이용 및 활용을 고취시킬 수 있을 것이다. 다양한 산·학·연 연구개발 수요를 보다 원활히 충족하려면 고저온, 고압, 자기장, 개스 등 다양한 고도의 시료환경장치(Sample Environment)들이 개발과 더불어 이용 기술과 경험도 축적되어야 한다. 이렇게 함으로써 장기간 많은 비용을 들여 개발한 분광장치의 활용도를 극대화하고, 이용 분야를 확대 심화할 수 있다. 하나는 설계시부터 향후 냉중성자 원을 설치할 수 있는 준비가 되어 있다. 중성자 유도관(Neutron Mirror, Guide)를 이용하여 원자로실 밖으로 중성자를 인출, 외부의 냉중성자 실험동(Guide Laboratory)에서 냉중성자 연구시설(Cold Neutron Research Facilities)을 이용한 연구개발이 기대되며, 국내 유일한 연구시설일 뿐만 아니라 국제적으로 비중있는 연구시설과 중심이 될 수 있다. 이들 연구개발을 위해서는 원자로심 주위에 온도가 20-30K의 극히 낮은 감속재를 사용하는 냉중성자원을 개발하는 것이 첫 번째 주요한 개발 항목이다. 이는 핵공학적으로도 고도의 연구개발과 진공 및 저온 공학 등 여러 공학 분야의 기술 종합이 요구될 뿐만 아니라, 시설 설치 인



허가 및 하나로 운전 일정에 맞는 운전과 관리 방안 등 종합적인 개발이 이루어져야 한다. 노심 주위에 설치되는 냉중성자원과 달리 중성자 유도관은 CN 수평공으로부터 외부 실험동으로 중성자를 수송하는 장치들로서 단순한 시설이라기보다는 고가의 연구 장치로서 중성자 파장과 효율 등 기술적 사항을 반영하여 종류와 사양, 개수, 단계별 설치 방안 등 많은 검토와 시험, 연구개발이 필요하다. 이들을 수용할 실험동이 하나로 외부에 건설되면 국내 및 국제적인 과학기술계의 의견 수렴을 걸쳐 냉중성자 연구 개발 분야 및 중성자 분광장치들을 결정하여 순차적으로 개발한다. 이들은 하나 하나가 국내 유일한 국가적 대형 연구시설로서 국가적인 정책과 우선 순위가 국내 연구개발 기술 수요를 바탕으로 수립되어야 하고, 연구개발 역량, 자체 전문가 확보 수준과 개발비 등을 반영하여 전략이 수립되어야 한다.

50 MeV 싸이클로트론을 이용한 고속 중성자 조사 시설 확충 : 원자력 병원에 설치된 MC-50 싸이클로트론은 성능개선 기술 개발을 통하여 경이온 및 중이온 가속이 가능토록 하여 국내에서도 전자선에서부터 금속 이온까지 가속시켜 관련 산업과 기초과학 연구에 사용할 시설로 확충할 필요가 있다. 기존의 싸이클로트론에 일부 기술을 추가로 개발함으로써 경제성 제고할 수 있으며 새로운 재료 개발 등의 원자력 기술의 확대가 모색 될 수 있다. 또한 국내 최대 50 MeV 싸이클로트론의 성능향상과 유용성을 증대 시키고 고순도 희귀 동위원소의 생산과 핵물질 농축, 핵자로 구축은 물론 우주항공소자의 우주방사선에 의한 손상 등 미래 지향적인 원자력연구와 중이온을 위한 기초 기반 국가 인프라로 확장한

다. 그리고 고에너지 양성자 치료는 대형 가속기 프로그램에서 수행한다.

라. 이용을 위한 기반기술 개발

방사선검출기 개발: 선진국에서도 반도체 기술 등 첨단 산업기술을 이용한 방사선 검출기 신기술 개발에 치중하고 있으므로, 전자 및 반도체 산업의 수준 높은 국내 기술을 이용하여 첨단 방사선 계측기 기술의 세계 수준 진입이 가능하도록 핵심 기술을 확보하여 산업체에 대한 기술지원 체제를 구축하도록 한다. 신소재를 이용한 CZT, CdTe Array 검출기와 기체형 및 TFT형의 2차원 Array 고분해능 위치 검출기(a-Si:H, GEM, MDOT 등)의 개발한다. 첨단 방사선 검출기 개발에는 반도체 생산기술이 많이 적용되고 연구시설에 대한 단계적 지원이 필요하므로, 연구기관은 외국의 기술협력을 통하여 현재 기술 수준을 선진국 수준으로 단기간에 높일 수 있도록 추진한다.

계측기기 개발 기술 : 방사선 계측기술 개발은 차세대 산업용 CT 기술 개발은 첨단 방사선 영상장비의 개발을 통하여 확보된 기술을 이용하여 고해상도, 고contrast의 우수한 성능을 갖는 CT를 개발하기 위한 기반 연구를 수행한다. 산업용 방사선응용계측기 기술의 실용화는 사용되는 검출기에 따른 기본 전자회로를 규격화 개발하여 국산 기기의 생산체제를 갖추고, 산업계의 수요에 따라 제작하기가 비교적 간단한 계측기부터 개발하여 기술을 이전하며, 산업계에 설치된 기기에 대한 수리 및 선원교체 등 기술지원을 할 수 있는 체제를 구축하도록 한다. 이를 위하여 해당되는 여러 가지 기술 분야의 전문가를 확보하고



있는 국가 공공 연구기관이 주관하여 기술의 연구개발을 수행한다.

신호처리 및 영상화 기술 : 산업용 응용 계측기를 실용화하도록 지원하는 것을 목표로 첨단 방사선 영상장비 개발 및 차세대 산업용 CT 기술 개발을 수행하도록 한다. 첨단 방사선 영상장비 개발은 신소재를 이용한 저잡음 전자회로(NIM 형), 2-D Readout 집적회로(Array 검출기 용)와 CT나 휴대용 중성자 RT 장비와 같이 높은 수준의 정밀도를 요하는 장비 개발을 위해서 구동 부분과 신호처리를 위한 기반 기술, 수집된 신호를 영상화하는 알고리즘 및 S/W 개발을 함께 수행한다.

첨단 방사선원 개발 기술 : 산업, 의료, 보건, 환경분야 등에서 방사능 측정 및 분석결과 신뢰성을 확보하기 위하여서는 방사성 핵종별, 물리·화학적 형태에 따른 방사능 인증표준물질(CRM)의 개발 보급이 요구되고 있다. 의료분야에 있어서도 인체 진단 및 치료를 위하여 인체내부에 직접 투여되는 방사성 동위

원소의 방사능 측정이 정확해야 인체 방사선 피폭의 최소화를 이룰 수 있으므로 방사능 인증표준물질의 개발 보급을 통한 정도관리가 시급하다.

방사선 나노 이용기술 : 방사선을 이용한 나노신소재의 제조기술의 장점과 특성은 저온에서 대량으로 나노신소재 제조 가능하고, 다양한 나노신소재 제조가 가능하며, 반응자체에 공해물질이 전혀 발생치 않으며, 연속적으로 나노신소재 생산이 가능하며, 산업화가 간단한 특징을 갖는다. 방사선을 이용해 제조된 나노소재는 고체상 전지용 전해질, 초전도체, 촉매, 광학비선형 장치, 광학메모리 장치, 기체 레이저, 공기필터제 등 여러 산업에 응용 할 수 있다. 방사선을 이용하여 기능성 미세 입자의 크기를 용매, 가교제 종류, 단량체 농도, 방사선 조사량 등 반응조건을 정함으로써 원하는 크기의 균일한 나노미터(nm)부터 마이크로미터(μm) 크기의 기능성 미세 입자를 제조하는 기술 개발이 필요하다. **KRIA**

