



우리나라 RI/방사선이용분야의 바람직한 발전방향과 전망

I. 머리말

우주는 방사선으로 채워져 있고 그 속에 지구가 있어 우리는 방사선 속에서 살고 있다. 이 방사선의 존재는 지금부터 약 100년 전 독일의 물리학자인 뢰트겐이 전자선을 발생시키기 위한 방전관 장치에서 눈에 보이지 않는 것이 물체를 투과하여 사진 건판을 감광시키는 것을 발견하고 이를 “X” 선이라 하였고 이것이 방사선의 존재를 밝힌 최초의 일이다. 이후 프랑스의 베르셀(현재 방사능 단위로 쓰임)이 우라늄 광석에서 어떤 종류의 방사선이 나오는 것을 발견하였다. 이것은 자연방사선이고 1897년에 톰슨이 전자를 발견하였고 1898년에는 퀴리부부가 방사성동위원소인 라듐과 폴로늄이라는 새로운 원소를 화학적으로 분리함으로써 자연계에 방사선이 존재한다는 것이 입증되었다. 같은 해 영국물리학자인 러더퍼드가 α 선과 β 선을 발견하였으며, 1900년에는 프랑스 화학자 비릴이 β 와 다른 방사선을 발견하였는데 이를 1903년에 러더퍼드가 γ 선이라 하였다.



김성년

한국원자력연구소
하나로이용연구단 책임연구원

이어서 원자핵물리학 발전에 크게 기여하는 발견들이 계속되었고 1896년부터 인체를 투과하는 X선은 의학 및 생물학자들이 투과사진들을 치료와 진단에 이용하였다. 특히 방사선이 생체의 세포를 파괴하는 특성을 알아 이것을 병원체가 있는 국부에 적용함으로써 방사선 치료가 시작되었다. 의학적인 이용 이외에도 1920년경부터는 방사선이 식품에 있는 미생물을 사멸시킬 수 있다는 가능성을 이용하여 미국에서는 기생충 오염 문제를 해결하기 위한 특허를 얻어 최초로 사용하게 되었다. 그러나 당시 방사성물질이 상대적으로 가격이 비싸 경제적으로 방사선의 실용화는 어려웠다. 이러한 방사선은 1950년대에 들어서 대량의 방사성물질 생산과 이용이 가능해졌고 이용에 관한 연구도 활발하게 수행되었다. 그 결과 방사선 이용기술은 1980년대 들어 안전성에 대한 과학적 뒷받침과 세계보건기구(WHO), 국제원자력기구(IAEA), 국제식량농업기구(FAO) 등의 국제기구와 선진국의 주도에 의하여 실용화 기반이 마련되어 각종 산업에 방사선을 본격적으로 사용하게 되어 오늘에 이르고 그 이용은 범위가 점점 넓어지고 있다.

방사선들은 인공적으로 만든 방사성동위원소에서 방출되는 것과 자연의 방사성동위원소에서 방출되는 것의 특성들은 같은데 다만 방사선이 운반하는 에너지는 다를 수 있다. 때문에 방사선을 쬐여(혹은 방사선 照射) 물체에 나타나는 능력은 방사선의 에너지에 따라 다르다. 이를 “방사능”이라 하고 1kg의 물질에 1Jule의 에너지가 흡수되는 양을 1Grey(Gy)라 한다. 방사선을 얻기 위해서는 원자로나 가속기를 이용하여 방사성동위원소를 생산하여 사용하거나 필요에 따라 이 장치들을 직접 사

용한다. 이 방사선들의 특성을 알고 잘 이용할 경우 여러 가지 혜택을 받을 수 있으나 그 양이나 방사능이 지나칠 때는 다른 어느 것과 같이 해롭다. 즉 암 등을 치료하기 위하여 국부적으로 방사선을 쬐이는 양을 전신에 쬐었을 때는 생명에 지장을 줄 수 있을 정도로 위험할 수도 있다.

방사선의 발견 이후 방사선의 신기한 능력을 치료 등에 사용하면서 방사선장해에 대한 인식이 거의 없었으나 당시 물리학자나 의학적으로 방사선을 이용하는 관계자들에게 피폭에 의한 장애가 확인되면서 안전에 대한 대책을 강구하기 시작하여 현재 국제방사선의학회 산하에 방사선방호위원회가 1928년에 발족하였다. 이 위원회는 뒤에 국제방사선방호위원회(ICRP)로 개칭되었고 방사선사고가 있을 때 우리들은 어떤 위험까지 수용할 수 있는가를 여러 사례를 분석하고 연구·조사결과를 바탕으로 국제기준을 논의하여 권고한다. 특히 방사선피폭의 허용치를 수차에 걸쳐 조정·권고하고 있으며, 여러 국가에서는 이를 근간으로 하여 방사선이용의 법령을 제정하고 규제한다.

우리는 매일 공기, 대지, 그리고 우주로부터 자연방사선을 받으며 생활하고 대지에서 재배된 음식을 통하여 방사선이 우리의 몸으로도 들어가 적은 양이지만 축적되어 있어 우리는 방사선으로부터 완전히 분리된 생활은 생각할 수 없다. 때문에 방사선을 위험한 것으로만 생각하기보다는 이들의 특성에 대한 이해, 인체에 미치는 방사선영향 규명과 올바른 지식, 방사선원 이용에 의한 올바른 평가 등을 통하여 우리의 삶의 질을 윤택하고 건강하게 하는데 활용하는 것으로 받아드리는 것이 바람직하다.

II. 방사선 이용분야 및 현황

1. 농업적 이용 및 식품저장

가. 식물 변이(Plant mutation)

20세기 초반에 세계인구는 15억이었으나 현재 50억을 넘어서고 있고 21세기에는 60억에 도달할 것으로 추산하고 있다. 또한 2000년대 지역별 곡물수급은 선진국과 개발도상국가간에 불균형이 심화되고 또한 식량문제가 심각한 시대가 될 것으로 전망하고 있다. 따라서, 인구 증가에 따른 식량증산은 반드시 해결해야 할 문제인데 세계 식량 생산량은 농지면적과 경작지의 확장, 품종개량, 경영기술의 향상, 수확방법의 과학화 등 직접적인 수단으로는 년 평균 2.4% 증산에 불과하다. 따라서, 방사선을 이용하여 식물의 세포에 변이를 유도함으로써 식물의 특성을 개량하는 방법으로 식량을 증산하려는 연구가 시도되었다.

농작물의 씨앗이나, 싹 또는 묘목에 어느 정도의 γ 선이나 중성자를 쬐이면 DNA에 변화가 있어 병충해에 강하거나 성장을 촉진하는 등 여러 가지의 장점들이 나타난다. 세계적으로 1920년대부터 1992년까지 식물변이 육종법에 의하여 71개의 종류에 1,429 품종이 개발되어 보급되었다. 이중에 보리에 대한 품종개량이 421 품종으로서 가장 많고 벼는 358종, 옥수수 59종, 콩 44종, 밀 42종 등이고 1999년까지 7년 사이에 약 400품종을 추가하여 전체 약 1,800개의 품종이 개량되고 있어 방사선을 이용하는 식물 품종개량이 점차 증가하고 있다.

방사선에 의한 식물변이는 선진국에서는 관상식물에 많이 활용되어 새로운 품종이 매년 개발되고 있고 개발도상국에서는 식량문제를 해결하기 위하여 내병성, 내해충성, 조숙성의 농작물을 개발하여 수확량을 증가시키는 노력을 하고 있다. 식물변이에 대한 품종개량은 러시아에서 82종, 일본에서 65종, 미국에서는 44종, 영국이 32종, 브라질이 30종, 독일이 58종 등 여러 국가에서 식물의 품종개량에 노력하고 성과를 거두고 있다. 또한 국제원자력기구가 협력하여 중국에서는 쌀 생산량의 증가, 파키스탄에서는 목화 수확량을 증가 등을 통하여 경제적인 이득을 얻고 있고 최근에도 FAO/IAEA에서는 세계 여러 국가의 농산물 증산을 위한 노력이 계속되고 있다.

이러한 연구는 우리 나라에서도 한국원자력 연구소에서 60년대와 70년대 벼의 수확량을 올리기 위하여 연구가 활발히 진행되어 병충해에 강하고 수확량을 높이는 벼가 개발, 공급되고 있다. “밀양10호”를 비롯하여 “원농1호”, “원농3호”, “원농5호”, 흑선찰벼인 “원농10호” 등의 벼가 방사선에 의한 식물변이 육종으로 개발되어 보급되었으며, 보리로서는 “방사6호”, 참깨에서는 “안산깨”가 개발, 보급되었다. 그러나 연구인력 및 연구비의 절대적인 부족으로 연구가 지속적으로 계속되지 못하고 현재 한국원자력연구소에서 몇 명의 연구원이 적은 연구비로 그 명맥을 유지하면서 식물변이 기술을 외국의 기술과 같은 수준으로 유지하려고 노력하고 있다.

나. 식품저장

식품을 식중독 걱정이 없는 위생적인 제품의 생산, 안전한 저장과 유통 등을 통하여 안정되

게 공급하는 것은 세계 공통의 바램이다. 식품 위생이나 장기 보존을 위하여 가열처리에 의한 살균과 냉장·냉동에 의하여 온도를 낮게 유지하는 냉동기술, 화학약품처리(보존제 및 훈증제) 등은 처리효과, 처리비용, 건전성, 환경공해 등 많은 문제점이 지적되면서 세계적으로 사용이 점차 제한을 받고 있다. 그러나 방사선을 식품에 조사하는 경우 온도상승이 매우 작기 때문에 식품의 특성을 잃지 않고 냉장, 냉동, 가열하는 것과 같은 장기 저장효과를 얻을 수 있다. 식품을 포장한 상태에서도 방사선을 조사할 수 있어 2차 오염도 방지할 수 있고 방사선을 조사한 후 잔류독성도 없다. 즉 방사선이 식품을 투과하면서 방사선이 갖고 있는 에너지로 식품에 있는 균들을 죽이기 때문이며, 방사선은 어느 물체에서도 방사선으로 남아 있지 않아 방사선을 조사한 식품이나 물체에 방사선 독성은 없다.

국제적으로 식품에 방사선을 이용하는 것은 향신료나 건조야채, 생육 등의 살균에까지 세계의 40개국에서 식품에 방사선이용을 허가하였고 상업적인 규모로 실용화하고 있는 국가들이 늘어나면서 범위도 넓어지고 있다. 최근에는 육류에 있는 O-157균에 의한 식중독방지 대책으로서 미국에서는 1999년 12월에 정부가 육류에 방사선이용을 허가하였으며, 2000년 2월부터는 방사선을 조사한 육류가 판매되고 있다. 이 보다 더 앞서 프랑스에서는 닭고기, 소고기에 방사선을 조사한 육류의 위생처리를 국가에서 허용하고 있다.

우리 나라에서는 식품에 방사선이용 연구가 한국원자력연구소에서 1980년부터 수행되고 있으며, 연구결과를 바탕으로 1987~1995년

사이 3차례에 걸쳐 총 13개 식품품목군의 방사선이용 허가를 받았고 그 내용은 표1과 같다. 최근 건조식품에 대한 훈증처리가 환경보존과 관련하여 1991년 7월부터 금지된 후 국내·외 식품산업에 방사선이용의 수요가 증가하고 있다. 또한 위생적 품질관리가 절대적으로 요구되는 가공식품의 대량생산과정에서 살균·살충방법으로서 방사선 조사(照射)기술의 실용화가 점차 확대되고 있다. 이것은 안전성과 경제성 그리고 기술적인 타당성이 인정되기 때문에 이 기술의 사용이 더욱 증가하는 것은 당연한 현상이라 하겠다.

다. 해충퇴치

세계 식량의 약 1/4은 수확 후에 소실되며, 성장과정에서 연간 250억불에 해당하는 살충제를 사용하여도 해충에 의하여 식량생산의 25~35%가 감소된다고 보고되고 있다. 살충제의 많은 사용은 토지의 특성을 바꾸고 지역 환경에 적지 않은 부하를 주며 우리에게 이로운 익충도 죽이기 때문에 그 역작용도 꽤나 심각한 것으로 보고되고 있다. 따라서, 방사선이용이 식품을 저장하는데 사용하는 것 못지 않게 해충을 예방 및 근절시킴으로서 식량증산에 많은 기여를 할 수 있다. 농약 또는 살충제를 사용하지 않고 야채나 과일의 해충을 퇴치하는 기술로서 방사선에 의한 불임충방사법(Sterile Insect Technique : SIT)이 이용된다. 해충에 방사선을 소량으로 쬐인 후 생식기능을 저하시켜 들판으로 보낸다. 이 성충들이 자연의 성충과 교배하여 생긴 알은 부화하지 않기 때문에 이 방법을 반복하여 실시함으로써 해충을 근절할 수 있다.

이러한 방법으로 250여 종류의 야채와 과일

품 목	조사목적	허가선량(kGy)	허가일자
감자, 양파, 마늘	발아, 발근 억제	0.15이하	1987. 10. 16
밤	발아, 발근 억제	0.25이하	1987. 10. 16
버섯(생 및 건조)	살충, 숙도 조정	1.0 이하	1987. 10. 16
가공식품 제조원료용 건조식육 및 어패류 분말	살균, 살충(위생화)	7 이하	1991. 12. 14
된장, 고추장, 간장 분말	살균, 살충(위생화)	7 이하	1991. 12. 14
조미식품용 전분	살균, 살충(위생화)	5 이하	1991. 12. 14
가공식품 제조원료용 건조 채소류	살균, 살충(위생화)	7 이하	1995. 5. 19
건조향신료 및 이등조제품	살균, 살충(위생화)	10이하	1995. 5. 19
효모, 효소식품	살균, 살충(위생화)	7 이하	1995. 5. 19
알로에 분말	살균, 살충(위생화)	7 이하	1995. 5. 19
인삼(홍삼포함) 제품류	살균, 살충(위생화)	7 이하	1995. 5. 19
2차살균이 필요한 환자식	살균	10이하	1995. 5. 19

표1. 국내식품의 방사선 조사(照射) 허가품목

에 해를 끼쳐 온 medfly를 멕시코 일부 지역에서 근절시켰고 미국과 과테말라에서도 일부 성공하여 식량증산에 기여하고 있다. 칠레나 페루에서도 국제원자력기구의 도움을 받아 medfly를 근절시켜 연간 2억불 이상의 경제적 인 이득이 보고되고 있고 가까운 일본에서는 오키나와와 암미 주변 섬들에 서식하던 넙적다리파리를 근절시켜 수박 등의 농작물을 현지에서 외부로 출하할 수 있어 지역경제에 많은 도움을 주고 있다. 최근에는 국제원자력기구에서 이 기술을 아프리카의 가축에 모여드는 나선회충의 퇴치에 응용하여 성과를 올리고 있다.

이상과 같이 방사선을 농업에 이용하여 식량 증산 뿐만 아니라 농작물과 식품을 오랜 기간

신선하게 유지하는 방법으로 사용하고 있으며, 앞으로도 관련되는 기술과 분야가 더 개발될 것으로 생각된다. 특히 국제원자력기구가 주축이 되어 농작물 해충의 근절뿐만 아니라 아프리카 지역에 병을 옮기는 tsetse 파리의 근절을 시도하고 있으며, 탄자니아의 잔지바에서는 크다란 성과를 얻고 있고 에디오피아에서도 이 기술적용을 대규모로 추진하고 있다

2. 의학적 이용

우리 생활 속에서 가장 가깝게 접할 수 있는 방사선이용은 의학진단으로 잘 알려진 X선 촬영이고 요즘은 PET 등 여러 종류의 암 및 난치성질환의 조기진단 및 치료 기기들과 방사성동위원소들이 개발되어 사용되고 있다. 특히 핵

의학에서 가장 많이 사용하는 gamma imaging에는 Tc-99m, Tl-201, I-123, Xe-133, In-111 등의 방사성동위원소들이 사용되고 있으며, 세계시장규모는 10억불에 달하고 연간 5%의 성장이 예상된다. PET imaging에는 F-18, C-11, N-13 등의 방사성동위원소를 사용하며, PET시설의 증가로 연간 15%의 성장이 전망되나 골수의 밀도를 측정하는데 쓰이는 I-124, Gd-153 등은 대체기술이 개발되면서 그 수요가 줄어들고 있다.

방사면역측정에 사용하는 I-125, Co-57, H-3, Fe-59는 세계시장이 현재 8,500만불 수준이나 이것도 대체기술이 개발됨에 따라 그 수요가 줄어들고 있다. 반면에 치료용 방사성의약품인 I-131, Re-186/188, Y-90, P-32, Sr-89 등은 암 치료 못지 않게 관상동맥의 재협착 방지치료에 쓰이는 방사성동위원소는 제약회사에서도 핵의약품의 품질보증을 위하여 절대적으로 필요한 것이기 때문에 급속한 성장이 기대된다. 치료용 밀봉선원 역시 원격치료에 쓰이는 Co-60은 대체기술이 개발되고 있고 수혈용 혈액조사에 쓰이는 Cs-137등은 공급과 수요가 대체적으로 안정된 상태이다.

우리 나라에서는 한국원자력연구소에서 개발하여 보급한 방사성동위원소는 40여종에 이르고 이중에 의료용으로 생산 공급되는 것은 원자력병원에 있는 가속기에서 생산되는 것을 포함하여도 방사성동위원소 종류에 따라 차이가 있지만 국내 전체수요의 1% 미만이다. 최근 하나로 연구용원자로를 이용하여 개발한 Ho-166은 간암, 피부암, 류마티스 관절염을 치료하는데 성공하여 현재 이들의 조기상품화를 계속 연구중이다. Ho-166을 이용하는 치료

제 개발은 우리 나라가 처음이고 국제 특허도 받았으며, 치료 방법의 특이한 점은 치료제를 직접 병소(病巢)에 주사하여 주위의 정상적인 조직에는 방사선 영향을 적게 할 수 있다는 것이다. 따라서, 치료도 쉽게 할 수 있고 그 효과도 극대화할 수 있다.

방사성동위원소를 사용하는 방법 이외에 연구용원자로의 중성자를 직접 환부에 쬐어 치료하는 방법으로서 BNCT(Boron Neutron Capture Therapy)기술이 개발되고 있다. 이 기술은 뇌종양치료에 주로 쓰이며, 그 효과도 탁월한 것으로서 붕소를 종양에 주사하고 중성자를 조사하면 $B(n,\alpha)Li$ 반응에 의하여 발생하는 높은 에너지의 α 입자가 종양을 치료하는 것이다. 이 기술은 미국, 일본, 유럽국가 등에서 현재까지 약 300여명을 치료하였고 한국원자력연구소에서도 중장기 연구과제로 기술개발에 노력하고 있다.

3. 산업적 이용

방사선이 물체를 투과하는 능력을 이용하여 물체를 손상시키지 않고 구조물의 내부 결함 등을 조사하는 방사선촬영(radiography)과 방사선이 물질을 통과할 때 방사선의 에너지가 감쇄하는 특성을 이용하는 것이 있다. 방사선 촬영은 X선이나 γ 선을 이용하여 재질의 균질성, 구조물 용접부위의 결함 등을 검사하여 품질을 보증한다. 이 방사선들보다 투과력이 약한 중성자를 이용하는 중성자촬영(neutron radiography)기술은 비행기 엔진구조, 로켓탄의 탄약 배열 등 세밀한 부분의 검사에 사용된다. 이러한 기술은 구조물이나 물체를 파괴하지 않고 건전성과 품질을 검사·확인하는 것

을 비파괴검사(nondestructive testing : NDT)라 하며 Ir-192, Co-60과 같은 방사성동위원소를 사용한다.

방사선이 물질을 통과하면서 에너지가 감쇄되는 특성을 이용하여 물질의 두께, 밀도나 농도 등의 변화를 측정하는데 이용되고 있다. 제지나 제철의 주조공정에서 물에 젖은 종이의 계량과 고온상태의 강판 두께의 계측에 의한 품질관리 등에 이 기술을 사용한다. 이 기술에 사용되는 방사성동위원소는 Cs-137, Co-60, Am-241, Kr-85 등인데 근래에는 이 분야의 대체기술이 많이 발달되어 방사성동위원소 사용이 줄고 있다.

방사선을 고감도로 검출하는 기술을 이용함으로써 극소량 물질의 이동이나 분포, 화학반응의 과정 등을 실시간 측정할 수가 있는데 이를 추적자(tracer) 이용이라 한다. 이 기술은 방사성동위원소를 포함한 표지화합물들을 동물이나 식물에 넣어 대사기능을 측정하거나 자동차엔진의 윤활유에 넣어 윤활유의 소비를 측정, 정유공장의 정유 성능평가, 염색공단의 염료 체류시간의 분포측정, 소화조의 화학물질 체류시간 분포측정 등이 그 예이다. 추적자에 쓰이는 방사성동위원소는 Kr-79, La-140, Sc-46 등이며, 우리나라에서는 고품질이고 값이 싼 산업용 방사성표지화합물을 양산할 수 있는 기술이 한국원자력연구소에서 개발되어 왔다.

화학물질을 사용하는 산업에 방사선을 이용함으로써 얻을 수 있는 이점은 에너지 소모를 줄이고 질이 높은 제품을 생산하거나 새로운 제품을 개발할 수 있다는 것이다. 또한 생산 공

정에서 발생하는 해로운 물질의 방출을 줄일 수 있고 공정으로부터 해로운 잔여물도 없다는 것이다.

4. 환경보존에 이용(Cleaning Flu Gas)

21세기에는 국민들이 건강하게 생활할 수 있는 사회를 구축하기 위하여 지금 이상으로 환경을 보전해 나가지 않으면 안 된다. 이를 위하여 생활이나 산업활동에 따른 환경에 대한 부하를 최대한으로 억제하는 것이 중요한 과제이다. 특히 의학기술의 발달로 21세기 들어 인간 수명이 고령화되어 감에 따라 복지에 관련되는 기술과 쾌적한 환경을 위한 제품과 재료들이 더욱 필요하다. 지금까지 여러 사례를 들어 알고 있지만 방사선은 재료에 특수한 기능을 주거나 새로운 특성을 갖는 재료를 만드는 능력이 있다. 그 한 예가 화력발전이나 화석연료를 사용하는 산업체에서 배출되는 유해화합물을 제거하는 능력이다.

일반적으로 석유, 석탄과 같은 화석연료를 사용하는 화력발전이나 산업체에서는 SO₂나 NO_x와 같은 flu gas가 방출되고 이들이 공기를 오염시키는 주요 물질들이다. 이 flu gas를 전자 beam을 이용하여 제거하는 방법이 개발되었고 미국, 일본, 독일, 폴란드, 중국, 브라질 등 여러 나라에서 연구가 계속되고 있다. 그림 1에서와 같이 전자 beam을 통과하면서 방사선으로 이 flu gas들이 방사화되어 적은 량의 암모니아와 반응하여 황산 암모니아와 질산 암모니아의 혼합체가 되는데 이 혼합체는 비료로 사용할 수 있다.

이 기술의 이점은 SO₂와 NO_x를 동시에 제거할 수 있다는 것, 부산물은 비료로 사용할

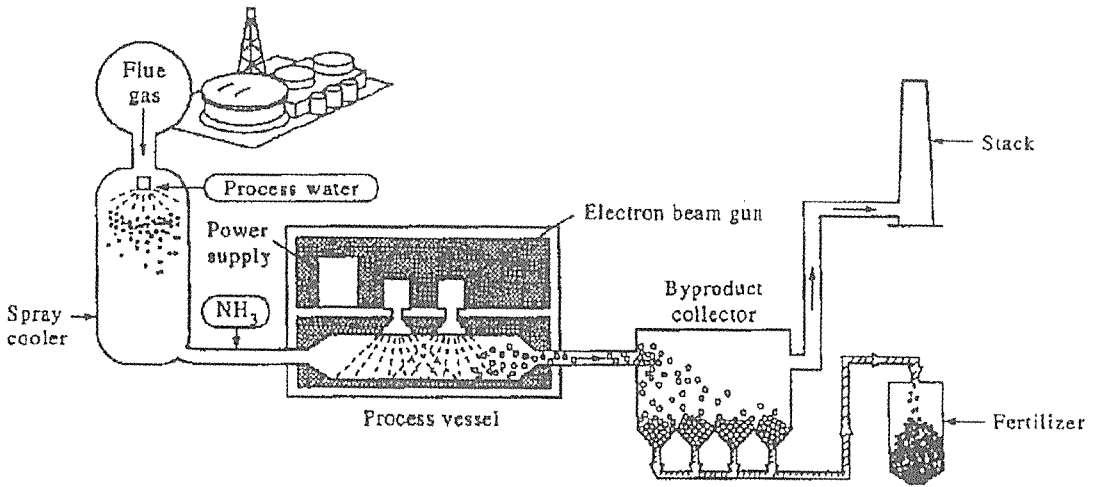


그림1. Flu gas 처리 전자 beam 공정 flow diagram

수 있다는 것, 그리고 공정에 많은 량의 물이 필요하지 않아 공해 잔여물 생산이 적다는 것이다. 현재 국제원자력기구가 중심이 되어 폴란드에 시간당 2,000 Nm³를 처리할 수 있는 실험규모의 공장이 운영되고 있다. 이 시설에서는 연속적인 운전에 의하여 SO₂의 90%, NO_x의 85%가 제거되며, 산업체 규모인 시간당 270,000Nm³의 flu gas를 처리할 수 있는 공장 건설이 2000년 12월 가동을 목표로 국제원자력기구의 도움으로 추진되고 있다. 중국 역시 석탄화력발전소에서 방출되는 SO₂를 제거하는 시설을 설치하여 운영중이고 일본도 200MWe 석유화력발전소의 flu gas를 제거하기 위한 시설을 설치하여 운전을 준비하고 있다.

이 시설들의 경제성을 국제원자력기구와 전문가들이 분석한 결과 촉매를 사용하는 기존 기술에 비하여 초기 투자뿐만 아니라 운영비

측면에서도 훨씬 경제성이 높은 것으로 보고되고 있다. 우리 나라 산업체에서는 하수처리에 이 기술을 적용하려고 본격적으로 검토되고 있고 특히 이 기술과 연계하여 일본에서는 일반 소각로에서 방출되는 dioxine을 제거하는 연구를 시작할 계획이다.

III. 방사선이용 경제규모

방사선이용의 국제적인 규모는 대략 13억불 정도이고 주된 부분은 의료분야로서 거의 95% 이상을 상회하며, PET와 gamma imaging 부분은 연간 5~15%로 급성장하고 있어 이 부분의 방사성동위원소 수요는 폭증할 것으로 예상된다.

우리 나라의 방사선 관련되는 산업의 경제규모는 대체적으로 1995년에 약 1,000억원 정도인 것으로 보고되고 있고 일본은 1997년 지표

로서 전체 방사선이용분야의 경제규모는 약 86,000억엔에 이르고 있다. 일본의 규모는 GDP 대비 약 1.7%에 해당하는 것으로 공업적 이용은 약 73,000억엔, 농업적 이용은 약 1,200억엔, 의학 및 의료이용은 약 12,000억엔이다. 이것은 방사선을 이용하여 제조된 것으로 출하액, 매출액, 보험의료비 등을 합쳐서 계산된 값들이다. 이 분포로 알 수 있듯이 일본은 공업적 이용이 85%로서 가장 많으며, 의학적 이용은 14%로서 일본에서는 방사성동위원소가 공업적 이용에 많이 치중되어 있다. 특히 일본의 원자력의 이용연구, 개발에서는 21세기 들어 방사선이용을 본격적으로 추진하려는 의지가 있어 산업적 및 의학적으로 그 규모는 커질 것으로 예상되고 우리나라도 산업발전과 더불어 방사선이용이 지속적으로 확대될 전망이다.

IV. 우리나라의 방사선이용 개발전망

우리 나라에서는 1,571개(1999년 통계)의 방사선이용업체가 대부분의 방사성동위원소를 외국에서 수입하여 쓰고 있는데 한국원자력연구소에 있는 하나로 연구용원자로에서 Tc-99m, I-131, Ho-166을 제조하여 공급한다. 갑상선 질환 치료 등에 쓰이는 다양한 I-131 표지화합물은 거의 70% 이상을 제조하여 공급하나 Mo-99원액으로부터 추출하는 Tc-99m발생기는 2.5% 정도를 제조·공급하고 Ho-166은 임상실험에 필요한 량을 생산하는 실정이다. 산업용으로 많이 쓰이는 Ir-192는 국내산업체에 제조기술을 이전하여 2001년부터는 본격적으로 국내시장에 공급할 예정이다.

진단시 방사선 피폭선량이 매우 적고 정확성

이 높기 때문에 암 및 난치성질환의 진단에 많이 쓰이는 Tc-99m발생기는 세계적으로 우리나라 핵분열에서 생성되는 Mo-99를 사용한다. 한국원자력연구소에서는 핵분열에 의한 Tc-99m발생기의 제조도 1994년부터 관련기술에 대한 타당성연구를 수행하였고 제조에 필요한 기술과 기반시설들을 원자력 중장기사업으로 개발하여 2004년부터 국내수요 전망을 공급하는 것을 목표로 추진중이다.

고품질의 방사성동위원소를 생산하기 위하여 하나로 연구용원자로에 방사성동위원소를 생산하는 조사공(照射孔) 30여개가 있고 방사성동위원소 생산 표적물 입인출, 절단 등에 관련된 장비가 이미 설치되어 운영되고 있다. 조사된 표적물들에서 방사성동위원소를 추출하는 납 핫셀과 콘크리트 핫셀 그리고 우수의약품제조 기준에 따른 방사선의약품 생산용 청정 시설도 완비되어 품질이 국제적으로 인정받을 수 있는 방사선의약품 제조도 가능하고 기술도 외국 수준이기 때문에 고품질의 핵분열에 의한 Tc-99m발생기 등 국내 수요의 많은 량을 생산하여 외화 절감에도 기여할 것이다.

식품에 대한 방사선조사도 한국원자력연구소에 “대단위방사선조사(大單位放射線照射) 시설”이 설치되어 있어 앞으로 식품뿐만 아니라 의약품 및 의료용품의 품질보장과 안전성확보, 산업체에서 쓰는 각종 재질의 개선 등에 대한 연구가 계속될 것이다. 또한 수요가 많을 것으로 예상되는 산업체의 공해물질을 제거하여 환경보존에 기여할 수 있는 기술개발과 추적자를 이용하는 산업체의 공정(工程) 개선에 관한 기술도 연구·개발하여 국내 산업체에 기술을 이전하여 산업체의 효율을 높이는데 기여할 것

이다. 방사선에 의한 식물변이 기술은 현재 국내에서 활발한 전망이 예상되지 않고 연구인력과 연구비도 적지만 우리 나라 농작물 및 관상용 식물의 품질개량에 대한 연구는 계속할 것이다.

V. 맺음말

21세기에도 산업의 발달과 인류의 삶의 질을 높이기 위하여 방사선이용이 증가할 것으로 예상되는데 아직까지 방사선에 대한 일반대중들이 갖고 있는 불안한 마음을 불식시키지 못하고 있는 것이 방사선을 이용하는 여러 나라의 실정이다. 이에 대하여 일본에서는 방사선이용을 촉진하는 과제로서 국민들이 알기 쉽고 정확한 정보를 제공하는 것, 방사선이용을 건전하게 하기 위한 방사성교육, 방사선을 취급하는 인재의 육성 등을 “일본 원자력연구·개발 및 이용 장기계획(안)”에서 제시하고 있다. 특히 이를 위하여 일본정부가 해야 할 일로서 방사성동위원소 취급을 중심으로 연구환경을 조성하도록 노력해야하며, 이를 뒷받침하는 법적 규제를 빠른 시간에 합리화할 것을 제안하고 있다.

우리 나라에서도 방사선을 이용하는 역사는 오래 된다. 1962년에 도입한 연구용원자로 TRIGA Mk-II에서 생산되는 방사성동위원소를 농작물 증산, 방사화분석, 의약품 방사성동위원소 생산·이용을 통하여 기술이 축적되었고 의학적 이용과 산업적 이용으로 분야가 넓어져 왔다. 또한 1995년에 완공되어 운전중인 하나로 연구용원자로에서 우수한 방사성동위원소를 생산할 수 있어 국내 생산 및 공급도 더 활발해 질 것으로 예상된다. 그러나 방사선이

용이 체계적이고 국가차원에서 정책적이지 못하였다고 생각되는데 이는 방사선을 이용하는 여러 국가(일본의 예에서 보듯이)에서 나타나는 현상들이다. 따라서, 방사선이 산업, 의료, 식품, 환경보존 등 다양한 분야에 걸쳐 앞으로 사용될 것임으로 이들의 원활한 이용을 위하여 우리도 인제는 법의 정비와 방사성동위원소 생산 및 이용에 대한 국가의 장기정책을 우선 정립하여야 하겠다. 다행히 원자력장기계획의 일환으로 “방사선 및 방사성동위원소 진흥 종합계획”을 수립 중에 있고 관련 연구비도 전체 예산의 14%로서 정부의 확고한 지원이 예상됨으로 관계자들은 재원과 인력을 효율적으로 잘 활용하여 단계적으로 성과를 이루도록 노력해야 하겠다.

두 번째로는 방사선을 사용하는 사람들조차 방사선장애에 대한 인식이 충분하지 못한 상태에서 이용되어 오고 있다. 이러한 현상도 여러 나라에서 나타나는 것으로서 지금까지의 경험, 기술, 정보를 바탕으로 쉽게 이해할 수 있는 사용자지침의 정비와 전문인력을 육성하여 사용에 만전을 기해야 하겠다.

세 번째로 방사선이용에 대한 국제협력과 국제환경과 조화를 이루도록 노력하는 일이다. 방사선을 조사(照射)한 식량, 방사선의약품 등의 국제유통이 활발히 진행되는 현실을 감안할 때 국제협력은 필수적이다. 우리 나라에서 방사선을 이용하여 얻은 성과를 국제적으로 알리고 외국에서 얻을 성과도 알아 이들의 타당성을 정확하게 파악함으로써 국민들이 안심하고 쓸 수 있도록 하는 책임이 방사선이용기술을 개발하는 우리에게 있기 때문이다. 또한 방사선이 조사된 식품의 국제적인 유통에 대한

규제나 법의 제정도 면밀히 검토하여 미리 준비해야 한다.

끝으로 방사선의 이용은 국민의 이해가 절대적으로 필요하다. 때문에 방사선을 이해하고 잘 사용하면 우리의 생활에 많은 도움을 가져올 수 있다는 것을 널리 알려 방사선에 대한 두려움을 불식시키도록 한층 더 노력을 해야 하

겠다. 이를 위하여 원자력을 이용하면서 필수적으로 동반되는 방사선에 대한 정확한 지식과 이해를 바탕으로 만약의 방사선사고가 있을 때는 그 내용과 피해 등의 정확한 정보를 알려 인근 주민이 안심하고 업무에 종사할 수 있도록 하는 정보망의 구축과 믿을 수 있는 정보를 제공하는 제도를 마련해야 하겠다. **KRIA**

참 고 문 헌

1. "일본 원자력 연구·개발 및 이용 장기계획(안)" 2000년 8월
2. Sueo Machi, "Nuclear Technology for Sustainable Development" presented at the PBNC 2000(2000년 10월 29일~11월 2일)
3. 박경배, "RI 이용현황 및 전망", RI 논단(2000.5)
4. 박경배, "우리나라의 RI 이용, 내일을 위한 준비" RI 협회(1999)
5. 박경배, "하나로의 방사성동위원소 개발 및 생산 현황" 한국원자력산업지 특집(1998.9)
6. 변명우, "대단위 방사선 조사시설의 이용 현황과 전망" 동위원소회보 15권 3호(2000)
7. 변명우, "방사선 조사에 의한 농수축산물의 저장·가공기술" 제주대학교 최고농·어업경영자 과정 특강자료(2000.9)
8. 이영일 외, "방사선이용에 의한 육종연구" 한국원자력연구소 연구보고(1999)