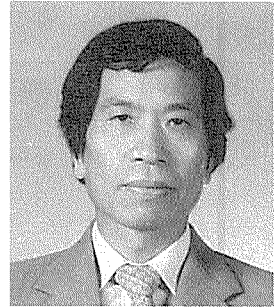


RI/방사선 이용의 국제적 동향



김재욱

한국원자력연구소
책임연구원

RI/방사선 이용은 원자력의 열에너지를 이용하는 전기생산과 함께 중요한 분야이다. 그 이용을 크게 나누어보면 물질의 거동을 추적하는 RI추적자이용과 방사선의 물리·화학적, 생물학적작용을 이용하는 방사선이용이라 할 수 있고 의료, 농수산, 공업, 학술연구 등 매우 넓게 이용되면서 우리 생활과도 밀접히 관계되어 있다.

RI/방사선 이용은 타 이용기술과는 판이한 특징을 가지고 있어서 앞으로 의료나 환경보전 등 인간생활을 중시하는 이용기술이 한층 더 많이 발전·이용되리라 보고 방사선에 대한 국민의 이해도 크게 진전될 것으로 기대된다.

근래의 국제적흐름과 이용개발 방향으로 보아 의료, 환경분야 이용이 두드러짐과 함께 모든 분야에서 이용량 증가가 예상되는데 특히 방사선발생원으로써 각종 가속기의 대형화와 성능향상, 이용폭의 확대는 물론이고 방사선센서의 눈부신 발전으로 계측장비, RI내장 기기류 등의 첨단화도 함께 이루어질 전망이다. 이에 따라 RI체내투여 진단, 산업용 방사선 추적 등에서의 회당 사용방사능의 경

량화, NDT에서의 이미징관에 의한 반자동화상처리, 산업대상물 CT 등이 발전되어 의료, 산업 등에서 크게 각광받게 될 것이다.

본고에서는 이들 광범위한 이용을 전면적으로 서술하기 보다는 두 가지 뚜렷한 국제적 이용흐름 즉 RI/방사선에 의한 질병의 치료와 환경보전이용에 국한 시키고자 한다.

적어도 2000년대 초까지의 중점이용은 국민생활의 질향상을 위해 직접적으로 기여할 수 있는 기술일 것인 바 그것이 바로 질병치료와 환경보전이다. 근래 세계적으로 국민의 식 수준이 급격히 향상되어 윤택한 생활과 쾌적한 환경을 열망하게 됨에 따라 국민건강 증진/유지, 생활환경향상 등에 초점을 맞추어 방사선 이용개발을 주도해 나가려는 뚜렷한 경향을 찾아 볼 수 있다. 그것은 바로 의료와 환경보전분야에 대한 이용개발투자 확대로 나타나고 있다. 일반적으로 선진국일수록 인권과 생활의 질 향상노력이 존중되어 생명과학연구투자가 크다는 사실은 점차 과학기술이 인간생명 존중과 안정한 생활을 추구하는데에 초점을 맞춰간다는 것과 산업기술발전에 기인한 인간성 상실과 환경훼손으로부터

오는 반작용 또는 역기능이라고 해석되기도 한다.

우리나라 제2단계 원자력연구개발 중장기 계획(신 원자력연구개발계획)에 따르면 방사선/RI분야 내 8개소분야 중 5개가 생명과학 관련분야라는 사실도 이를 웅변해 주고 있다.

1. 방사선치료 이용

핵의학적 진단기술은 방사성동위원소의 추적자적 특징과 관련장비의 발달로 말미암아 빠른속도로 발전을 더해 갈 것이다. 한편, 방사선조사에 의한 치료는 일반적으로 수술하지 않고 할 수 있는 이른바 비침습적(非侵襲的)방법이어서 환자에게 고통을 주지않으므로 미국에서는 방사선치료 기여율이 55%이며 일본의 약 2배에 달한다고 한다.

방사선치료법에는 ^{60}Co , ^{137}Cs 등의 γ 선조사에 의한 원격조사치료(Teletherapy)와 환부에 방사선원을 삽입해 조사하는 근접조사치료(Brachytherapy), 그 밖에 특정환부에 방사성 물질을 투입 또는 흡수케하여 β 선조사하는 체내조사치료(Internal Radiation Therapy)등이 있는데, 세번째의 방법은 최근에 시도되기 시작한 것으로 볼 수 있다.

일본의 방사선 의학종합연구소에서는 방사선조사치료법을 확립하여 이하선(耳下腺)암이나 육종 등 방사선저항성암에 대해 특히 치료효과가 뚜렷한 속중성자(Fast Neutron)조사치료예를 2500여건 축적하였으며 교토대학, 일본원자력연구소 등에서는 연구로부터 열중성자를 뇌종양에 조사해 치료하는 이른바 붕소중성자포획치료(Boron Neutron Capture Therapy, BNCT)를 100여건 실시하였다. BNCT는 그밖에 미국의 미주리대학과 MIT에서도 수행중이며 그곳에서도 각기 많은 치료예를 갖고 있다.

우리나라에서도 '하나로'를 이용한 BNCT개

발을 추진중인바, 필요성에 대한 더욱 강한 전기(轉機)가 마련되는 대로 급속도로 진척될 전망이다.

우리나라에서도 방사선치료율은 10년전에 비해 크게 늘어났으며 수준 높은 무통치료에 대한 바램은 노령화사회로 접어들면서 더욱 늘어날 전망이다.

1995년도에 우리나라에서는 RI/방사선 체내이용진단 30만명, RI체의 진단 600만명, RI 방사선치료 4천명 등이었다.

한국원자력연구소 동위원소실에서는 '하나로'를 이용한 RI생산개발장기계획을 세워 P-32, Y-90, Re-186, Dy-165, Ho-166, Sm-153, Sr-89 등 β 붕괴 핵종과 그 표지화합물 제조개발을 통해 내부 방사선치료법의 기술확산·보급에 기여하려하고 있으며, 실제로 이미 MA-Dy-165, MA-Ho-166팻취, CHICO-Ho-166 등

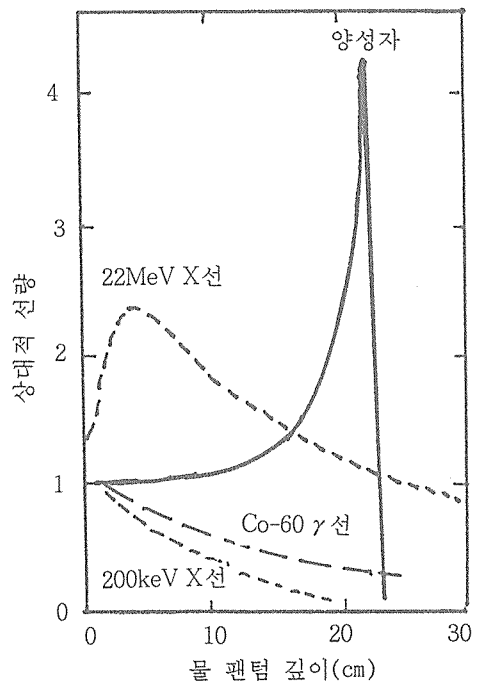


그림 1. 물속을 투과한 경우의 선량분포 비교 (Raju 등, 1972)

몇가지 치료용 화합물들을 세계 최초로 개발하고 그 실용화를 위해 국내 의료계 및 제약업체와 협력하는 등 이 분야에 대한 우리나라에서의 활동은 특기할만한 것이다.

한편, 방사선 치료를 위해 여러가지 방사선이 시도되고 있다. ^{60}Co γ 선의 환부에 대한 집중조사로 종양을 꺾멸시키는 이른바 γ 나이프이용외에도 앞서 말한 중성자선 양성자선, 중입자선 등이 이용되고 있다.

양성자선 치료법은 환부에 일정선량을 집중조사할 수 있는 치료법이어서 일본의 쓰꾸바대학에서의 치료건수는 이미 350여건에 달하며, 눈의 악성종양, 전립선암 뿐만 아니라 여러 심부 장기암에 대해 높은 치료효과가 입증되었다.(그림 1)

이에 따라 핵물리연구용 썬크로트론빔을 일부 이용해 오던 연구수준의 치료시대에서 이제는 본격적인 의료전용장비시대로 이행해가는 경향이 뚜렷하다.

중입자선치료를 위해 일본의 방사선의학종합연구소가 10년계획을 세워 치료장비를 개발하고 있어서 머지않아 이를 이용한 임상실험도 시작될 것이다. 중입자선은 정상조직에 대한 방사선영향을 최소화하며 환부에만 집중조사시킬 수 있는데 이럴 경우 방사선감수성이 낮은 악성 종양에 대해 높은 치료율이 기대된다. 중입자선에 의한 치료효과가 실증될 단계에서는 그 실용확산을 위한 대대적 노력이 경주될 것인바 중요한 것은 중입자선 발생장치의 소형화, 설치비용저렴화임으로 이를 위한 연구도 다각적으로 이루어질 것이다.

지금까지 사용돼오던 치료용방사선원인 헤어핀, 싱글핀, 씨-드 등 여러 모양의 ^{192}Ir 이나 ^{198}Au 그레인도 계속 이용될 것이며 원격조작하는 소형 밀봉선원치료 장치용으로 ^{60}Co 대신 ^{192}Ir 선원이 많이 쓰이는 경향이 있다.

정상조직 손상을 극소화하고 종양치료효과를 높이기 위해 흡수선량의 정확한 측정기술

도 고도로 개발될 것이다.

2. 환경보전 이용

가. 공해물질 분해처리

방사선에너지를 흡수시켜 물질을 변화시키는 성질을 이용해서 공해물질을 분해시키려는 노력이 계속되었는데 그 대표적인 것이 전자선조사를 이용한 배연처리(Stack Gas Treatment), 도시하수 스렛지처리, 폐수처리 등 환경보전기술이다. 한동안, 이러한 처리 기술은 거대시설과 안전문제 등을 이유로 실용상 문제가 있는 것으로 평가받기도 했으나 공해문제가 점차 심각해 지고 안전관리의식도 고조되다보니 이제는 유망한 기술로 각광받기 시작했다.

근래 서울 등 대도시 쓰레기 매립지에서의 젖은 음식쓰레기 반입금지, 권역별 소각로설치 운영상 발생하는 공해문제 등을 생각할 때 무공해 배연처리는 우리가 당면한 절실하고 긴급한 문제이기도 하다.

1) 배연처리

유럽, 미국 Ebara Co. 일본원자력연구소 등에서는 전자선조사법으로 배연 중의 SO_x , NO_x 를 90%이상 제거하는 기술을 개발하여 그 파일럿시설을 운영하며 실용화 노력을 기울이고 있다. 이 시설들은 주로 배연량이 많은 석탄화력발전소, 도시쓰레기 소각로, 도시 고속도로 터널내 배연 등을 처리대상으로하고 있으며 실용화를 눈앞에 두고 있다.(그림 2)

우리나라에서도 삼성중공업(주)이 전자가속기산업에 착안, 가속기제조기술을 개발하면서 그 환경분야이용 기술개발도 함께 추진하고 있는바, 그 중 일부 분야에서 한국원자력연구소 방사선응용그룹과 협력하고 있다. 뚜렷한 목표아래 산·학·연 협력이 이루어진다

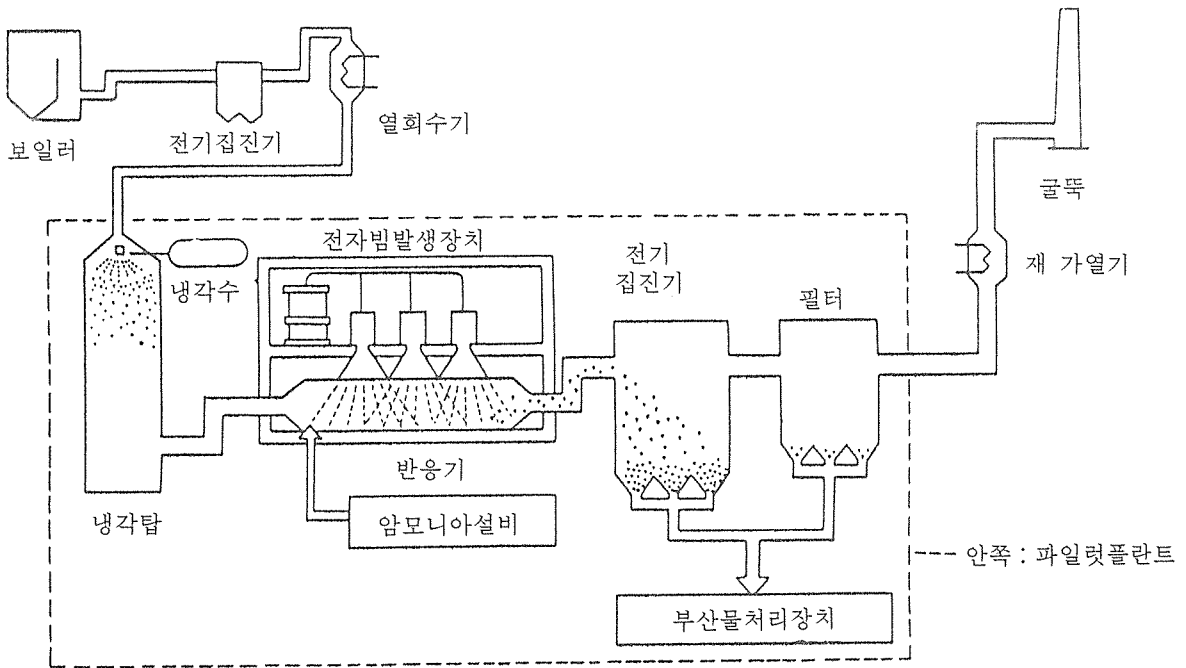


그림 2. 배연처리 파일럿플란트의 구성

면 기술의 급진전도 기대할 수 있어서 매우 고무적인 것으로 생각된다.

2) 하수 슬러지 조사처리, 퇴비화

하수처리 때에 생기는 슬러지나 공항 폐기물(음식물 쓰레기와 인분)의 방사선조사에 의한 살균, 발효, 퇴비화에 관한 기술개발이 이루어졌다. 이를 위한 방사선으로는 전자선과 γ 선이 모두 사용되며, 경우에 따라 살균 목적외에 염료폐수 탈색도 겸할 수 있다. 이 기술은 지하수 오염원 제거, 폐자원이나 미이용자원의 유효이용, 자원 재활용 등 환경 보전을 위해 매우 광범위하게 이용될 수 있는 것이어서 그 실용이 빠른 속도로 확산될 수 있을 것으로 본다.

이 기술은 전자선이나 γ 선이 갖는 화학작용, 생물학적작용에 근거를 두고 있으며, 이온화, 여기(勵起)등 용액중 물분자를 분해하여 반응성이 높은 수화전자(e_{aq}^-), 수소원자

($\bullet H$) 수산화라디칼($\bullet OH$)등 활성종을 생성하는데 이것은 화학작용이다. 이렇게 생긴 화학적 활성종이 수용액 중의 오염물질과 반응하여 그것을 분해시킨다. 또한 방사선에 의해 생체를 구성하는 분자를 이온화하거나 여기시켜 분해하거나 생체내에 있는 물에서 반응성이 큰 활성화학종이 생겨 그것이 생체구성 분자를 공격해 부가반응 또는 분해가 일어나게 하여 결과적으로 생물을 죽이거나 DNA를 손상시켜 생물의 불임화나 증식근절이 일어나게 되는데 이것은 생물학적 작용이다.

일반적방법으로 오염물질이나 미생물을 제거하는데에는 화학약품을 첨가해야하나 방사선에 의한 경우는 약품을 첨가하지 않아 2차적인 폐기물발생이 없고 청정하다는 장점이 있다.

처리량은 방사선조사량에 비례하게 됨으로 그 경제성평가가 중요하다. 연쇄반응이 지속된다면 효율이 높아질 수 있어서 과산화수소

와 오존을 첨가하면서도 폐기물은 발생치 않고 연쇄반응하도록하여 효율을 높이려는 연구가 진행되고 있다.

용액속에 있는 생물을 죽이거나 적은 양 녹아있는 유기물, 농약, 트리할로메탄 등을 분해 대상으로 할 경우, 그 선택분해도 가능하다. 폴로클로로비페닐류는 열전달매체로 사용되지만 그 폐기물은 독성이 강해 회수·보관하며, 폐기방법이 문제된다. 그러나 방사선에 의해 쉽게 분해되므로 이 분해방법을 실용화해야 한다.

방사선조사이용이외에도 RI추적자를 이용한 공해발생원 추적, 오염검출, 공해메카니즘 구명 등도 큰 몫으로 기여할 것인바, 이러한 기술의 개발, 실용화는 민간업체나 지방자치단체로부터의 호응을 얻을 수 있는 것들이어서 빠른 속도로 실용확대될 전망이다.

나. 방사선멸균

방사선의 생물학적작용에 따라 대장균이나 미생물을 살균하는데 이용하며, 사탕수수의 압착잔류분 등 바이오매쓰자원을 분해·이용하려는 연구도 진행중이다.

방사선조사에 의한 의료용품 멸균은 대표적인 환경친화성기술이며 현재 우리나라에서도 실용화되었고 앞으로도 더욱 이용이 확대될 것이다.

가열멸균할 경우에는 열침투가 어려운 대상물질(탈지면, 붕대, 탈크 등)의 멸균효율이 떨어질뿐만 아니라 CO₂, SO_x, NO_x 등이 발생된다. 그러나 방사선멸균 기술에 의하면 그러한 가스발생이 없다. EO가스멸균일 때에는 EO가스의 환경으로의 배출이 불가피해지며 멸균품에 EO가스 잔류를 피할 수 없다. 또 가스침투가 어려운 대상물 즉, 탈지면, 붕대, 탈크, 봉합사 등은 모두 풀어헤쳐서 EO가스가 침투되도록한 다음 이들을 재 포장해야하므로 이 과정에서 작업자에게 미치는 공해의

불안과 호흡기에 대한 자극도 있어 멸균대상물에 대한 2차 오염기회가 발생되기도 한다.

다. 해충구제

농산물이나 과일의 해충박멸을 위해 방사선조사에 의한 응성불임술(Sterile Insect Technique, SIT)이 지속적으로 이용될 것이다.

해충박멸을 위해 약제를 살포할 경우, 잔류농약위해뿐 아니라 토양과 하천을 오염시키며 먹이사슬을 끊는 등 환경파괴가 심하여 국제적으로 SIT가 자주 이용된다. 응성불임된 해충을 대량 방출하면 그 해충은 자연적으로 멸종되므로 IAEA도 이를 적극 권장하고 있으며 일본에서도 최근 수차의 성공적 사례를 거둔 바 있다.

라. 오염검출

방사화분석은 주로 중성자에 의해서 방사화된 시료의 방사능을 측정하므로써 시료에 있는 원소를 정성·정량하는 기술이며 이미 오랜 역사를 가지고 있다. 고감도, 비파괴 동시 다원소분석이 가능하다는 것이 이 기술의 특징이어서 조사설비나 방사성물질취급상의 제약에도 불구하고 많이 이용된다. 순수재료 내 미량불순물검출, 환경시료내 미량오염원소 분석에 적합하다. 따라서, 하천이나 항만의 중금속오염검사에 이 방법을 적용하여 오염분포도를 작성한다.

즉발 γ 선 분석법은 방사화분석법의 한가지인데 보통 방사화분석과는 달리 조사된 중성자가 시료의 원자핵에 포획되어 그 원자핵이 여기되고 여기된 핵에서 10⁻¹⁴초이내에 방출하는 즉발 γ 선이 원소마다 고유함을 이용하여 원소를 정성·정량하는 방법이다. 이를 위해서는 원자로에 냉중성자원(Cold Neutron Source, CNS)이 설치돼 있어야 한다. 우리나라에서도 '하나로'에 CNS를 설치할 예정이어서 이 분야 기술개발 이용이 가능해 질 것이

다. 오염검출을 위해서는 입자유도 X선방사법(Particle Induced X-ray Emission PIXE)도 알려져 있는데 이 방법은 1~2MeV 양성자나 He이온을 시료에 충격할 때 시료의 구성 성분원자로부터 발생하는 특성X선을 검출해 분석하는 것이다.

원자력기술에 대해 심리적으로 불안감을 가지는 사람도 많이 있을 수 있지만 취급규정을 잘 지키면서 안전하게 사용하면 우리에게 치명적인 질병을 고칠 수도 있고 환경도

정화할 수 있다.

원자력의 열에너지에 의한 전기생산이 CO₂, SO_x, NO_x 발생없는 청정에너지생산인 것처럼 원자력의 방사선에너지이용도 청정이용이다. 이용에 수반될 수도 있는 위해요인은 안전문화창달로 극복해야 한다.

이제 우리는 지킬 것을 잘 지키면서 RI/방사선을 이용해 의료복지혜택을 누리며 환경을 쾌적하게 유지하면서 살아야 하고 그 지혜를 후손에게 물려주어야 하는 책임을 지고 있다.

잠깐!

역대 월드컵 개최현황

회	연도	개최국	참가국 수	매 경기 평균득점	관중	결승전적	한국팀 성적
1	1930	우루과이	13	3.89	434,500	우루과이 4 아르헨티나 2	-
2	1934	이탈리아	16	4.12	395,000	이탈리아 2 체코 1 (연장전 1:0)	-
3	1938	프랑스	15	4.67	483,000	이탈리아 4 헝가리 2	-
4	1950	브라질	13	4.00	1,337,000	우루과이 2 브라질 1	-
5	1954	스위스	16	5.38	943,000	서독 3 헝가리 2	한국 0:9 헝가리 한국 0:7 터키
6	1958	스웨덴	16	3.60	868,000	브라질 5 스웨덴 2	-
7	1962	칠레	16	2.78	776,000	브라질 3 체코 1	-
8	1966	영국	16	2.78	1,641,677	잉글랜드 4 서독 2 (연장전 2:0)	-
9	1970	멕시코	16	2.97	1,673,975	브라질 4 이탈리아 1	-
10	1974	서독	16	2.55	1,774,022	서독 2 네덜란드 1	-
11	1978	아르헨티나	16	2.68	1,610,215	아르헨티나 3 네덜란드 1 (연장전 2:0)	-
12	1982	스페인	24	2.81	1,856,277	이탈리아 3 서독 1	-
13	1986	멕시코	24	2.54	2,407,431	아르헨티나 3 서독 2	한국 1:3 아르헨티나 한국 1:1 불가리아 한국 2:3 이탈리아
14	1990	이탈리아	24	2.21	2,517,348	서독 1 아르헨티나 0	한국 0:2 벨기에 한국 1:3 스페인 한국 0:1 우루과이
15	1994	미국	24	2.71	3,587,538	브라질 3 이탈리아 2 (승부차기)	한국 2:2 스페인 한국 0:0 볼리비아 한국 2:3 독일