Journal of Radiation Industry 1 (2) : 109~114 (2007)

Technical Paper

방사선 및 방사성동위원소 이용 최근 5년간 동향 연구

이 윤 종 · 박 태 진[1] · 국 일 현[2,*]

한국원자력연구원 정읍 방사선과학연구소, [1]한국방사성동위원소협회,
[2]한국원자력연구원

Study on the Status of Radiation/Radioisotope Utilization during the Last 5 Years

Yun-Jong Lee, Tae-Jin Park[1] and Il-Hiun Kuk[2,*]

Korea Atomic Energy Research Institute, 1266 Sinjeoung-dong, Jeongeup-si, Jeollabuk-Do, Korea
[1]Korea Radioisotope Association, Gaepodong 14-5, Gangnam-Gu, Seoul, Korea
[2]Korea Atomic Energy Research Institute 305-353, Yuseong-Gu, Deokjin-Dong 150, Daejeon, Korea

Abstract − The objectives of this study is derivation of important indices for establishing government policy to promote radiation and radioisotope utilization and for setting up effective strategy to develop related industries, on the basis of utilization data, and deduction of economic scale induced by using radiation and radioisotope, through the analysis of economic contribution by multi-variate model. Uses of radiation and radioisotopes are increasing annually in Korea, and the effect of utilization to economy and industry is continuously enlarged in accordance with technology development and expansion of radiation and radioisotope uses. Indices related to radiation and radioisotope uses, which are useful for the promotion of utilization and establishment of development strategy, have to be derived and updated every year. Important indices related to radiation and radioisotope utilization are derived through the study. The indices are useful for planning establishing, and revising policies to promote radiation and radioisotope utilization, and are furthermore valuable for public acceptance nuclear energy.

Key words : Radiation industry, Economic analysis, RI production, RI import and export, Utilization, Strategy

서 론

방사선 및 방사성동위원소(RI)는 산업 발달에 따라 제조업, 의료, 농업, 환경, 그리고 연구와 공공 등 여러 분야에서 매우 다양하게 이용되어 경제 개발에 많은 기여를 하고 있으며, 이 외에도 현재의 기술로는 해결하기 어려운 분야의 해결 방안으로 방사선을 이용하는 기술이 계속 개발되고 있다. 우리나라도 산업의 고도화와 규모의 확대에 따라 방사선 및 방사성동위원소 이용이 활성화되고 있으며, 앞으로도 국가경제의 발전과 국민생활의 향상에 미치는 영향이 점점 더 증대될 것으로 예상되고 있다. 따라서, 우리나라 방사선이용의 최근 5년간의 동향을 살펴보고자 한다.

* Corresponding author: Il-Hiun Kuk, Tel. +82-63-570-3080,
Fax. +82-63-570-3081, E-mail. ihkuk@kaeri.re.kr

재료 및 방법

본 보고서에서는 방사선이용산업의 동향을 최근 5년간의 주요 지표자료(동 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005; 채 등 2003, 2006a, b; 채 2005)를 통해 방사선이용에 대한 동향을 분석하고자 한다. 주요 지표로 방사선산업과 국내 원자력 산업의 매출액을 비교해 보고, 방사선 이용기관의 증가 추이, 방사성동위원소의 생산 및 수입, 수출동향을 살펴보았다.

방사선 및 방사성동위원소가 산업분야와 의료분야에서 기여하는 효과를 (1) 방사선 및 방사성동위원소 이용에 주로 의존하여 창출된 매출액과, (2) 제조업 분야에서 생산성 향상과 품질향상, 의료분야에서 진단 · 치료 등에 부분적으로 이용되어 매출에 기여하는 경우로 구분하여, 전자를 방사선 및 방사성동위원소 이용분야 "매출액" 그리고 후자를 방사선 및 방사성동위원소 이용분야 "경제규모(경제효과)"로 분리하여 분석 · 평가를 하였다.

결과 및 고찰

1. 국내 방사선이용기관 현황

국내 방사선 및 방사성동위원소 이용기관은 2000년 1,692개 기관에서 2005년에는 2,733기관으로 6년 사이에 62% 증가하였다(Table 1). 매년 증가 추이는 전체 기관수에 50%를 차지하는 산업체의 증가가 6년 평균 11.8%로 전체 성장률에 영향을 미쳤다(Fig. 1). 기관별 평균 성장 추이는 산업체 11.8% 성장했고, 전체 기관수에 2%를 차지하는 비파괴 검사기관의 성장율은 4.9%, 전체 구성비에 5%를 차지하는 판매기관 47.9%, 전체 구성비에 6%를 차지하는 의료분야 2.3%, 전체 구성비에 21%를 차지하는 교육 · 연구기관은 3.8%, 전체 구성비에 15%를 차지하는 공공기관이 13.2%, 전체 구성비에 1%를 차지하는 기타 기관이 6.4%로 분석되었다. 2005년에는 원자력법에 의거 방사성동위원소 생산허가가 신설됨에 따라 의료기관 및 몇몇 방사성동위원소를 생산하는 23개 기관이 방사성동위원소 생산업 허가를 득하였다.

Table 1. The number of companies which are using radiation and radioisotopes for 5 years

Organ.	Year					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Manufacturing industry	847	887	971	1,048	1,195	1,467
NDT	34	36	38	42	42	43
Sale	32	96	123	125	135	138
Production	–	–	–	–	–	23
Medical institution	125	129	130	134	136	140
Research	212	216	428	230	242	261
Education	198	196		203	203	215
Public Organ.	235	251	308	334	372	434
Other	9	11	11	10	11	12
Total	1,692	1,822	2,009	2,126	2,336	2,733

2. 방사선 및 방사성동위원소 분야의 매출액, 지출액, 경제규모

방사선이용산업은 2002년에 6,427억원에서 2005년에는 1조 1148억으로 73.4%의 성장했다(Table 2). 2004년 대비 2005년도 매출액은 8.4%가 증가하였다. 매출액 내역을 전년도와 비교하면, 방사성동위원소 매출액(표지화합물 포함)이 311억 원으로 1.6% 감소, 방사성동위원소가 내장된 내장기기 매출액은 160억 원으로 30.1% 감소, 비파괴검사 및 감마선 조사분야 매출액은 1,567억 원으로 9.4% 감소했으나, "산업용" 방사선발생장치 매출액은 3,513억 원으로 12.2% 증가했고 "의료용" 방사선발생장치 매출액은 2,326억 원으로 9.2% 증가, 의료분야 매출액은 3,271억 원으로 18.7%가 증가하였다. 2005년도 방사선 및 방사성동위원소 이용분야의 매출액은

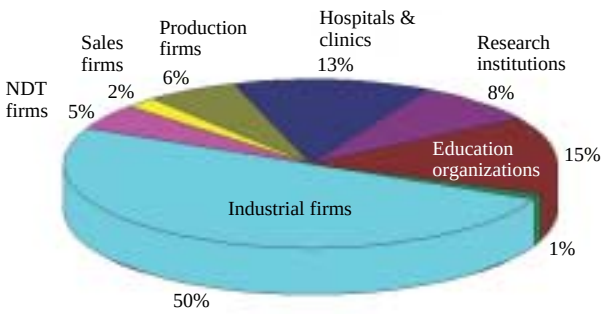

Fig. 1. Average ratio of the licensed users by category of organizations for 5 years.

Table 2. The economic size and total sales of radiation industries

Category	Year			
	2002	2003	2004	2005
Sale (hundred million won)	6,427	8,472	10,289	11,148
Increasing rate		31.82	21.45	8.35
Amount (hundred million won)	55,545	58,968	67,941	63,976
Increasing rate		6.16	15.22	−5.84

7,530억 원(인건비 제외)으로 집계되어, 전년도 지출액 6,314억 원에 비해 19.3%가 증가하였다. 2005년도 방사선 및 방사성동위원소 이용에 따른 경제규모는 제조업 분야에서 5조 1,185억 원 그리고 의료분야에서 1조 2,791억 원 등 6조 3,976억 원으로 산출되었고, GDP의 0.79%에 해당하는 것으로 분석되었다.

제조업 분야의 방사선 및 방사성동위원소 이용 경제규모는 정부에서 1998년에 제정한「산업분류표」에 따라 중분류 별로 제조/생산/품질관리 등에 방사선 및 방사성동위원소가 이용되는 제품에서 방사선 및 방사성동위원소가 매출액에 미치는 기여도를 다변량 모델로 도출하여 방사선 및 방사성동위원소의 경제규모를 분석한 결과 2005년도에 제조업 분야에서는 방사선 및 방사성동위원소 이용으로 5조 1,185억 원의 경제효과(부가가치)를 유발한 것으로 분석되었다. 2005년도 방사선 및 방사성동위원소 이용에 따른 의료분야의 경제규모는 약 1조 2,791억 원으로 분석되었다.

3. 방사성동위원소 생산 · 수입 · 수출

방사성동위원소 이용량은 2001년에 238,531 Ci (단위환산: 1 Ci=3.7×10^{10} Bq), 2002년에 320,738 Ci, 2004년에 316,304 Ci, 2005년에 643,137 Ci로 증가하였다. 2005년도 방사성동위원소 이용량 643,137 Ci는 전년도의 316,304 Ci보다 103.3%가 증가하였으나 이용액은 296억 2,700만 원으로 전년도의 292억 8,900만 원보다 1.2%가 증가한 것으로 분석되었다. 최근 5년간 방사선동위원소의 수입 및 수출에 관한 현황은 Table 3～6 및 Table 8에 나타난 바와 같다.

방사성동위원소 이용량 증가의 주된 원인은 2000년부터 방사선조사시설의 선원이 교체 또는 신규 가동됨에 따라 매년 200,000 Ci의 ^{60}Co 선원이 수입된 것으로 분석되었다. 또한 밀봉선원중 ^{192}Ir는 매년 약 7,000 Ci 정도 꾸준히 수입되는 것으로 분석되었다. 이 두 핵종의 수입량을 살펴보면 ^{192}Ir만 수입되는 경우에는 전체 밀봉선원의 75% 정도를 차지하고 ^{60}Co이 수입될 경우 두 핵종이 차지하는 비율은 98%를 차지하는 것으로 분석되었다. 개봉선원은 매년 약 3,000 Ci가 수입되었으며, 이중 ^{99m}Tc 발생기가 전체 수입에 30% 정도를 차지했다.

한국원자력연구소는 ^{99m}Tc발생기 생산시설을 방사성동위원소 생산시설 내에 2001년부터 2003년까지 발생기 전용 핫셀을 설치하였고, ^{90}Sr, ^{166}Ho 생산전용 핫셀 및 GMP 시설을 설치하여 2004년부터 상용생산에 활용하여 방사성의약품 생산에 인프라를 구축하였다. 이로 인하여 ^{99m}Tc 발생기의 생산이 안정되어 이용이 증가할 것으로 예상되어진다.

다음으로는 분말형태로 수입되는 ^{3}H과 벌크 형태로 수입되어 분재하여 판매되는 ^{131}I이 차지하는 것으로 분

Table 3. The status of imports of radioisotope loaded instruments

Category	Nation					
	USA	Germany	Japan	Canada	France	Finland
Quantity (Ci)	576	92	10.5	4,309	8,754	1.3
Amount (hundred million won)	97.4	32.0	11.5	4.8	2.9	1.0

Table 4. The main counties of radioisotope imports in 2005

Category	Country							
	Japan	Indonesia	Iran	Republic of China	Turkey	Qatari	Philippines	Vietnam
Export (Ci)	93	14,401	12,331	15,316	5,144	0.004	33	2,152
Amount (thousand USD)	1,428	91.8	91.3	79.5	38.5	16.1	8.4	40.7

Table 5. The status of export of the radioisotope loaded instruments

Category	Country						
	Vietnam	Angola	Iran	Thailand	Turkey	Nigeria	Total
Quantity (ea)	19	14	5	13	14	1	66
Amount (thousand USD)	0	0	38	120	99	0	257

Table 6. The status of export of industrial radiation generators

Category	Country						
	China	India	Japan	Slovakia	Thailand	Indonesia	Singapore
Quantity (ea)	60	4	4	2	8	4	1
Amount (thousand USD)	4,493	185	5.8	70.4	168	210	70

석되었다. 1999년 4분기에는 ^{3}H가 419 Ci 수입되었다가 2000년 1분기에는 2,413 Ci, 2001년 3분기에 3,172 Ci 2001년 4분기에 2,967 Ci가 수입되고 2002년에는 1분기에 0.406 Ci 2분기 7,408 Ci, 3분기 632 Ci, 4분기 4,116 Ci가 수입되었고 2003년에도 꾸준하게 1분기에 1,110 Ci, 3분기에 3,967 Ci가 수입되었다.

^{131}I의 경우 국립암센터의 한국암환자 통계로 부터 1995년부터 2002년 까지 246%가 증가한 것으로 보고되고 있다. 이는 갑상선 검사 장비의 검진기술 발달로 인하여 최근 급격하게 암 환자가 증가하는 추세로 그 사용량 또한 꾸준히 증가하고 있다.

2005년도 방사성동위원소 이용량을 개봉 방사성동위원소와 밀봉 방사성동위원소로 구분하여 보면 개봉 방사성동위원소가 24,090 Ci 그리고 밀봉 방사성동위원소가 619,047 Ci로, 방사성동위원소 이용량의 96.3%가 밀봉 방사성동위원소였다. 그러나 이용액은 개봉 방사성동위원소가 260억 1,000만 원인데 비해 밀봉 방사성동위원소는 36억 1,700만 원에 불과하여 개봉 방사성동위원소의 이용액이 87.8%를 차지하였다. 이는 대부분의 개봉동위원소가 의료용 방사성동위원소로서 방사능량 대비 금액이 높기 때문이다.

방사성동위원소 이용량에 비해 국내생산과 수입으로 구분하여 비교해 보면, 2001년에는 수입의존도가 88.1%였고, 2004년에는 58%로 낮아 졌다가, 2005년에는 전체 이용량이 643,137 Ci에 대해 국내생산이 104,448 Ci 그리

Table 7. The number of radiation oncology clinics during 7years

Category	Year			
	2000	2002	2004	2006
Radiation treatment facilities	51	53	56	62
LINAC	71	82	89	96
Co-60 treatment instrument	8	8	6	2
Cyber-knife	–	1	2	2
Tomo-therapy	–	–	–	3
Gamma knife	5	6	8	10

Table 8. Main indicators of radiation and radioisotope utilization during the last 6 years

Item	Unit	2000	2001	2002	2003	2004	2005
○ GDP	Hundred million won	5,219,592	5,450,113	5,968,810	7,223,560	7,811,742	8,058,858
○ Domestic nuclear power generation 원자력발전사업							
• Sale of nuclear power generation firm	Hundred million won 억원	75,784	78,074	81,461	88,319	90,086	100,074
• Sale of nuclear power generation supply firm	Hundred million won	19,194	20,305	20,945	22,269	22,905	22,150
○ Domestic RI utilization							
• Number of licensed organizations	ea	1,692	1,882	1,998	2,126	2,336	2,723
• Sales of industry using radiation	Hundred million won			6,427	8,472	10,289	11,148
• Magnitude of economic using radiation	Hundred million won			55,545	58,968	67,941	63,976
• Radioisotope production · import							
① Price of production (RI)	Million won	2,059	2,687	3,819	6,304	8,505	8,926
② Price of exportation (RI)	Million won			1,276	2,405	2,832	1,955
③ Price of importation (RI)	Million won	17,899	22,268	22,345	20,694	23,126	22,163
④ Price of importation (RI loaded instrument)	Million won	5,142	10,066	5,840	11,677	21,805	15,512
• Radiation generator production · importation							
① Price of production (RG)	Million won	0	0	1,816	4,628	8,607	8,941
② Price of importation (RG)	Million won	89,785	102,573	150,072	203,326	303,945	342,416
③ Price of exportation (RG)						980	1,916
• Radiation generator for diagnostics							
③ Price of production (RGD)	Million won	–	–	29,493	46,099	47,391	67,410
④ Price of importation (RGD)	Million won	–	–	105,698	179,293	165,591	165,156
• Radiation worker	Man	15,925	16,857	17,348	17,448	17,730	18,766
• Radioactive wastes							
① Collection of unsealed RI wastes	Drum (ea)	756	383	466	537	484	176
② Collection of Sealed RI wastes	ea	6,351	3,743	1,158	1,378	1,998	1,826
• Annual change in number of license issued for radiation users	ea	161	225	173	289	354	307
Total number of license		4,871	5,096	5,269	5,558	5,912	6,219

고 수입이 538,337 Ci로 방사성동위원소 이용량의 83.8%를 수입에 의존한 것으로 나타났다. 이는 방사성 물질의 생산 등 활발하게 국내 생산이 이루어지다가 2004년 한국원자력연구소의 방사능 누출 사고로 인하여 생산시설의 가동이 중단됨에 따라 2004년 이후 수입의 존도가 높아진 것으로 판단된다. 또한 2000년에 들어서면서 소형 방사선조사기를 수입하기 시작했다. 이 기기는 방사선조사시설을 따로 갖추지 않아도 조그마한 기기에 ^{137}Cs 선원이 600 Ci 이상 내장되어 있어 혈액의 멸균을 위해 병원에서 수입하기 시작 했고, 2002년과 2003년에는 감마나이프가 각각 1대씩 수입되어 생산량의 증가에도 불가하고 수입량이 많은 것으로 조사되었다. 또한 분석 실험 장비인 Gas Chromatograph가 매년 평균 100여 대가 수입되는 것으로 조사되었다.

의료기관에서는 1994년 서울대병원, 삼성의료원, 원자력의학원을 중심으로 PET이 설치되기 시작하면서 최근 2004년에는 PET 13기 PET/CT 32기가 설치되어 총 35개의 센터에서 45개의 PET기기가 운영되고 있다(이 2003). 기존의 암검진 방법이 CT를 이용한 해부학적 단면을 촬영하여 암이 어느 정도 진행된 이후 검진이 되는 것이라면, PET 장비는 암 세포의 활동이 바로 진단될 수 있어 초기 암 검진율이 매우 높아져 의료기관에서 선호하는 검진방법으로 자리잡고 있다.

산업체에 있어서는 2002년에 Level Gauge가 129대가 수입되어 전년 대비 100%의 증가를 보여 2002년도에 설비 보수 및 신규설비 설치가 많이 되었음을 보여줬다. 2005년도 수입액은 155억 1,200만 원으로 2004년도의 218억 500만 원에 비해 28.9%가 감소하였고, 주요 수입국가를 살펴보면 Table 3과 같이 미국에서 수입하는 비율이 97.4%로 나타났다.

방사선발생장치는 2000년 3분기부터 치료용 선형가속기의 수입이 증가하는 것으로 분석되었다. 이는 단순한 방사선발생장치의 수입이 아니라 Table 7에서와 같이 방사선치료를 전문으로 하는 의료기관의 관점에서 생각해 보아야 한다. 우리나라는 1980년대 초반에는 전국적으로 12개 대학병원 및 종합병원 등에서 치료방사선과(2003년 이후 명칭: 방사선종양학과)가 설치, 운영되고 있었으나 2006년 7월 현재 61개의 방사선종양학과가 운영되고 있으며 많은 양적, 질적인 팽창이 이뤄지고 있다(Table 7). 특히 국내에서는 1990년대의 3차원 입체조형치료본격화, 방사선치료전산시스템본격 도입과 함께 2000년대에 들어와서는 IMRT 도입 및 보편화 호흡동기치료 및 IGRT 도입, PET/CT의 보편화, 양성자치료기, 사이버나이프, 토모테라피 설치 및 가동과 CT-simulator의 보급이 일반화되었다(허 2006). 또한 국내 여러 병원 등

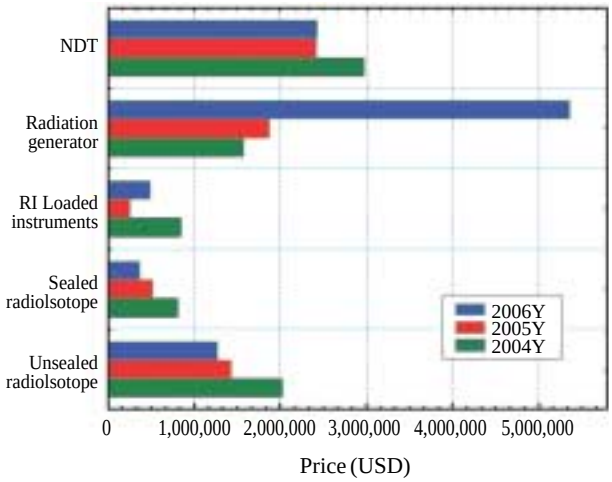

Fig. 2. The status of exports of RI, RG and/or RI loaded instruments.

에서 암센터 건립이 추진 중이어서 방사선종양학과의 확장이 예상된다. 최근 6년간의 자료 분석 결과 치료시설의 현저한 증가가 가장 괄목할만한 변화이다 또한 양적인 팽창과 함께 질적인 면에서 선형가속기의 증가와 함께 코발트치료기는 현격한 감소를 보이며 토모치료기, 사이버나이프 등 첨단 치료 장치와 CT-simulator가 증가하는 경향이다(허 2006).

2004년부터 2006년 9월까지 최근의 연도별 방사성동위원소, 방사성동위원소 내장기기 그리고 방사선 발생장치 등의 수출 내역은 Fig. 2에 나타난 바와 같다. 2005년도 방사성동위원소 수출량은 51,984 Ci (표지화합물, 내장기기 방사성동위원소 포함)로 전년도의 56,027 Ci에 비해 7.2%가 감소하였고, 수출액은 195만 USD (20억 2,700만 원)로 전년도의 283만 USD (32억 4,700만 원)에 비해 31.0%가 감소하였다. 수출액의 급격한 감소는 표지화합물 수출이 전년도(2004년도)의 200만 USD에서 2005년에는 142만 USD로 감소하였고, 하나로의 가동시간 단축에 따른 ^{192}Ir의 생산량 감소도 주요 원인이 되었다. 2006년 1월부터 9월 말까지 방사성동위원소의 최근 수출동향도 조사하였는데, 수출량(내장기기에 내장된 방사성동위원소 포함) 50,627 Ci, 그리고 수출액은 163만 7,000 USD이었다. 2005년도에도 ^{192}Ir가 내장된 감마선 조사기 등 간단한 장치의 방사성동위원소 내장기기를 수출하였다. 수출액은 25만 7,000 USD로 (2억 6,300만 원)로 전년도의 10억 8,200만 원에 비해 크게 감소하였는데, 수출액의 급격한 감소는 하나로의 운영기간 단축으로 ^{192}Ir의 생산량 감소가 주요 원인이 되었다. 2006년 1월부터 9월말까지 방사성동위원소 내장기기의 최근 수출동향도 분석하였는데, 수출량은 82대, 그리고

수출액은 49만 2,500 USD이었다. 2005년도 산업용 방사선발생장치의 수출액은 19억 1,600만 원(187만 USD)으로 전년도의 9억 8,000만 원에 비해 2배 정도 증가하였다. 2006년 1월부터 9월말까지 "산업용" 방사선발생장치의 최근 수출동향도 분석하였는데, 수출량은 88대, 그리고 수출액은 536만 4,900 USD이었다.

결 론

이번 연구를 통해 2000년부터 2005년의 방사선 및 방사성동위원소 이용에 관련된 여러 가지 주요 지표를 종합적으로 분석하였다. 2000년에 들어서면서 가장 큰 변화는 이용기관 수의 변동이 적은 의료기관을 중심으로 고가의 방사성동위원소 내장기기 또는 방사선 발생장치들이 수입 · 설치되어 이용되고 있는 것으로 조사, 분석되었다. 다만, 이용기관이 꾸준히 증가하는 산업체의 경우 커다란 변화가 없는 것으로 분석되었다.

의료기관의 경우 암 진단과 치료를 위한 PET/PET-CT의 보급이 활발해 지면서 동반되는 cyclotron의 설치가 2000년대 들어 두드러지게 증가함을 나타냈다(이 2003). 또한 이로 인하여 관련되는 방사성동위원소의 생산량도 증가하게 되었고, 다양한 연구개발로 인하여 해외 수출 또한 증가하고 있다. 더불어 암 치료에 쓰이는 선형가속기의 교체 및 신규 추가설치가 증가하고 있으며 또 다른 암치료 장비인 Gamma Knife의 수입도 증가하고 있었다(김 등 2005). 이러한 의료기관을 중심으로 한 방사선 및 방사성동위원소의 이용에 있어서 장비의 국산화율 및 해외수출이 향후 방사선 산업에 미치는 영향이 클 것으로 기대된다. 이러한 지표는 방사선 및 방사성동위원소 이용진흥종합계획의 수립과 보완에 유용하게 활용될 것이며, 원자력에 대한 국민의 이해를 얻는데도 유용하게 활용될 것이다. 다만, 방사선 기술을 이용하여 다른 기술과 융합되어진 신기술이 가지는 경제적 부가가치에 대해서는 국내에 조사 · 분석된 바 없으며, 이러한 신기술이 가지는 부가가치에 대한 조사 또한 조속한 시일 내에 착수되어 방사선 및 방사성동위원소 이용진흥종합계획의 수립에 반영되어야 할 것으로 본다.

사 사

본 연구는 과학기술부에서 시행한 원자력연구개발사업의 연구개발 결과인 "방사선이용 실태조사" 및 한국방사성동위원소협회에서 발간하는 "방사성이용 통계 자료"를 바탕으로 분석하였습니다.

참 고 문 헌

김미숙, 지영훈, 류성렬, 조철구, 양광모, 유형준, 송용석. 2005. 방사선종양학과 전국통계(2005년). 방사선종양학회지. **23**(3):207-209.

동위원소회보. 2000 봄, 여름, 가을, 겨울호, 한국방사성동위원소협회장 고창순. 성문사. 한국방사성동위원소협회.

동위원소회보. 2001 봄, 여름, 가을, 겨울호, 한국방사성동위원소협회장 한영성. 성문사. 한국방사성동위원소협회.

동위원소회보. 2002 봄, 여름, 가을, 겨울호, 한국방사성동위원소협회장 한영성. 성문사. 한국방사성동위원소협회.

동위원소회보. 2003 봄, 여름, 가을, 겨울호, 한국방사성동위원소협회장 한영성. 성문사. 한국방사성동위원소협회.

동위원소회보. 2004 봄, 여름, 가을, 겨울호, 한국방사성동위원소협회장 채화묵. 성문사. 한국방사성동위원소협회.

동위원소회보. 2005 봄, 여름, 가을, 겨울호, 한국방사성동위원소협회장 채화묵. 성문사. 한국방사성동위원소협회.

이명철. 2003. PET/CT (Fusion PET) 국내외 현황. 2003년 핵의학회심포지움.

채성기, 이기순, 장재옥, 이병옥, 이윤종, 전승엽, 박태진, 김건욱, 임지은. 2003. 2002년도 방사선 및 방사성동위원소 이용산업실태조사. 과학기술부.

채성기, 이기순, 장재옥, 전승엽, 박태진, 김건욱, 임지은, 박병우, 신숙희. 2006a. 2004년도 방사선 및 방사성동위원소 이용산업실태조사. 과학기술부.

채성기, 이기순, 장재옥, 전승엽, 박태진, 김건욱, 임지은, 박병우, 신숙희. 2006b. 2005년도 방사선 및 방사성동위원소 이용산업실태조사. 과학기술부. KAIR/RT-03-2006.

채화묵, 2005. 한국방사성동위원소협회 20년사. 한국방사성동위원소협회 pp. 207-211,

허승재. 2006. 방사선치료의 국내현황과 미래. 방사선종양학회지. **24**(4):211-216.

Manuscript Received: June 24, 2007
Revision Accepted: September 5, 2007