

## 핵의학과 분배실 내의 공간선량률 측정

박정규\*, 조의현\*\*

### 요약

방사선 구역 내부의 공간선량은 의학의 발전과 더불어 방호시설이 잘 되어 있어도 작업종사자의 피폭을 증가시킬 우려가 있다. 핵의학과 내의 분배실은 항상 공간선량이 존재하므로 작업종사자의 피폭선량을 예측하기 위하여 분배실 내부의 공간선량을 측정, 분석 하였다. 핵의학과  $^{18}F$  분배실의 공간선량률 측정결과 최대  $6.78 \pm 0.083 \mu\text{Sv/h}$ ,  $^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{131}\text{I}$  분배실의 공간선량률이 최대  $9.248 \pm 0.013 \mu\text{Sv/h}$ 로 나타났다. 또한,  $^{18}F$  분배실의 경우 1m 거리에서 간호사가 IV시 연간 외부피폭선량은  $42.5 \mu\text{Sv}$ 로 나타났다. 분배실의 분배창을 기준으로 오른쪽 사방향에서 공간선량률이 높게 나타났다. 따라서 방사성의약품을 분배실에서 분배할 경우 방사선 작업종사자의 머무르는 시간을 짧게 해야 하며, 분배창의 오른쪽 사방향의 경우 피폭을 줄이기 위한 분배창의 설계가 필요하며, IV시 작업종사자의 개인피폭선량을 줄이기 위한 최선의 노력이 필요하다고 사료된다.

## Measurement of the Spatial Dose Rate for Distribution Room in Department of Nuclear Medicine

Jeong-Kyu Park\*, Euy-Hyun Cho\*\*

### Abstract

Even though the protective facility is well made with the development of medicine, the spatial dose within the radiation section could increase the exposure of the workers. The spatial dose is always present in distribution room within the Department of Nuclear Medicine, so the spatial dose of the interior distribution room is measured and analyzed for the prediction of the exposure dose. The spatial dose rate was  $6.78 \pm 0.083 \mu\text{Sv/h}$  in

the  $^{18}F$  distribution room of department of Nuclear Medicine,  $9.248 \pm 0.013 \mu\text{Sv/h}$  in  $^{99m}\text{Tc}$ , and  $^{131}\text{I}$  distribution room. In addition, in case of  $^{18}F$  distribution room, the yearly external exposure dose was  $42.5 \mu\text{Sv}$  when the nurse does IV in 1m in distance. It also showed that the spatial dose rate on the direction of right oblique showed higher than others by the standard of distribution window of distribution room. Therefore, the staying time of the workers should be short during distributing radiopharmaceuticals in the distribution room and the design of the distribution protection is necessary to reduce the exposure in the direction of right oblique of the protection. The utmost endeavors are required to reduce the worker's individual exposure dose while doing IV.

Key Words : Radiation Protection, Distribution Room, Spatial Dose Rate.

### 1. 서론

의료기관이나 산업체 등에서 방사선을 이용하는 경우 허용된 범위의 피폭이라 하더라도 방사선 피폭으로 인한 이익이 손실보다 클 경우에만 피폭을 허용하며, 가능한 방사선 피폭을 줄임으로서 방사선 피폭으로 인한 확률적 영향과 결정적 영향의 발생을 감소시킬 수 있다[1].

※ 제일저자(First Author) : 박정규  
접수일:2012년 03월 27일, 수정일:2012년 04월 22일  
완료일:2012년 05월 24일  
\* 대구보건대학 방사선과 교수  
pjk7407@hanmail.net  
\*\* 영남대학교 의공학과 박사과정

방사선 구역 내의 공간선량은 작업종사자는 물론이고 환자에 대한 피폭선량의 증가를 좌우하는 중요한 하나의 요소이다. 의학의 발전에 따라 방호시설이 잘 되어 있다하더라도 환자 및 보호자, 의료종사자들의 실내 노출의 기회는 점점 늘어나고 있는 실정이므로 공간선량은 방사선의 이용과 관리에 중요한 사항이다[2]. 또한 공간선량은 방사선 작업종사자에 있어 피폭정도를 인지하는데 중요한 지표가 될 수 있음에도 불구하고, 방사선 구역 내의 공간선량에 대한 연구가 미흡하여, 막연히 방사선 구역 내에는 공간선량이 존재하고 있으며 이로 인한 피폭을 받는다고만 생각해 온 것이 보편화된 사실이다[3]-[8].

한편, 의료용 X선 검사는 세계적으로 연간 5~15%씩 증가하고 있으며, 이 추세대로라면 약 7년마다 2배씩의 의료피폭이 늘어나게 된다. 또한 우리나라의 피폭선량은 일본에 비해 약 2배 정도 높다는 조사 결과도 있다[9].

따라서 주기적인 방사선 피폭관리에 대한 조사가 필요하며, 방사선 작업종사자가 방사선에 노출 될 수 있는 곳에서는 정확한 선량 평가가 이루어져야 할 것이다.

대부분의 의료영역에서는 방사선 노출에 대한 공간선량 평가가 이루어졌으나 핵의학과 내 분배실의 경우에는 제대로 공간선량에 대한 평가가 이루어지지 않고 있다[2].

본 연구에서는 부서별 개인피폭 선량을 알아보고, 휴대용 핵종분석기를 사용하여 분배실 내부의 공간선량을 정확히 측정하여 법적 기준에 만족하는가를 확인 하였으며, 분배실에서 공간선량의 측정치를 제시하여 작업종사자의 피폭선량관리에 도움을 주고자 한다.

측정가능하다.

중성자 측정시 사용되는 detector는  $^3\text{He}$  detector, 감마선 측정시 CZT(CdZnTe) identification detector가 사용된다.

## 2.2 측정 방법

본 실험에서는 핵의학과 분배실의 공간선량을 측정하기 위하여 (그림 1)과 같이 휴대용 핵종분석기를 이용하였다. 방향 의존성을 고려하여 분배장과 휴대용 핵종 분석기의 검출부와 마주 보게 측정 하였다[10]. 그리고 (그림 2, 3)과 같이 방사성 동위원소를 체내에 투여하기 위하여 분배되어지는 분배창(납 유리)의 중심부를 기준으로 10(표면 방사선량률), 50, 100, 150cm 거리에서 공간선량을 각각 5회씩 측정하였다. 이때 측정방향은 정면(A), 왼쪽 사방향(B) 45°, 오른쪽 사방향(C)45° 3방향으로 거리에 따라 측정하였다. 또한 각 분배실의 공간선량률 분포를 비교하기 위하여 핵종 분석기로 스펙트럼을 측정하였다.



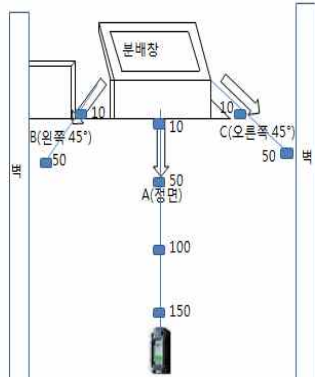
(그림 1) Thermo INTERCEPTOR™ System

## 2. 실험장치 및 방법

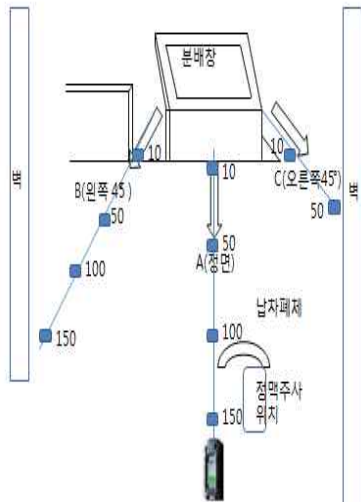
### 2.1 핵종 분석기

본 실험에 사용된 핵종 분석기(기기명: INTERCEPTOR™, USA)는 휴대형으로 에너지 25keV- 3MeV 범위를 측정할 수 있으며, 계수 방식은 다중채널 분석기이며 2048채널이다. 측정 가능한 방사선의 종류는 감마선, 중성자선, 감마선과 중성자의 혼합 방사선 장에서

### 3. 실험결과



(그림 2)  $^{18}F$  분배실 내의 측정방향과 측정지점

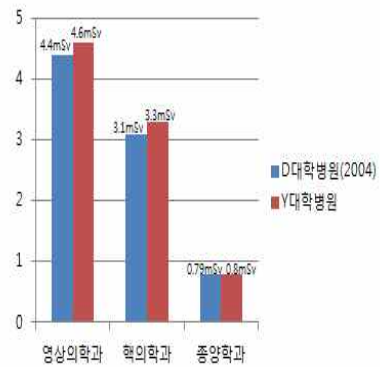


(그림 3)  $^{131}I$ ,  $^{99m}Tc$  분배실의 측정방향과 측정지점

공간선량을 측정은  $^{18}F$  분배실과  $^{131}I$  과  $^{99m}Tc$ 를 분류하는 분배실을 각각 거리와 방향에 따른 공간선량을 측정하여 각각 평균을 구하고, 이렇게 측정한 결과를 토대로 평균치와 표준편차를 구하였으며,  $^{18}F$  분배실의 경우 분배장치 1m 지점에서 간호사가 환자에게 정맥주사(IV)를 시행 하고 있으므로 그에 따른 외부피폭선량을 산출하였다.

#### 3.1 부서별 개인 피폭선량 조사

본 실험에 앞서 병원 내 방사선 관련 분야로 영상의학과, 방사선 종양학과 및 핵의학과의 방사선 관련 종사자의 1년간 평균 개인 피폭선량 측정 결과를 조사하였다. 그 결과 (그림 4)와 같이 Y대학 병원의 2010년도 평균 개인 피폭선량은 방사선 안전 관리자가 제공한 평균 개인 피폭선량을 분석한 내용으로 일정기간에 대한 개인별 피폭선량을 분석한 결과 영상의학과가 4.6 mSv로 가장 높았으며, 다음으로 핵의학과에서 근무하는 종사자가 3.3mSv로 높게 나타났으며, 방사선 종양학과가 0.8mSv로 낮았다. 또한, 박 [11]이 연구한 2004년도의 D대학 병원의 평균 개인 피폭선량과 비교하였는데 본 연구결과에서 높게 나타남을 알 수 있었다.



(그림 4) 1년간 개인 평균 피폭선량의 비교

#### 3.2 공간선량률 측정

분배실의 공간선량률을 휴대용 핵종분석기로 측정한 결과 거리, 측정위치 및 방향에 따른 값이 Table 1.과 같이 나타났다.

<표 1>은  $^{18}F$  분배실의 납유리를 기준으로 A 방향(정면)으로 10cm에서  $0.272 \pm 0.008 \mu\text{Sv/h}$ ,

50cm에서  $0.44 \pm 0.007 \mu\text{Sv/h}$ , 100cm에서  $0.51 \pm 0.013 \mu\text{Sv/h}$ , 150cm에서  $0.36 \pm 0.007 \mu\text{Sv/h}$ 의 공간선량률로 나타났다. 그리고 B방향(왼쪽 사방향)위치에서는 10cm에서  $1.108 \pm 0.016 \mu\text{Sv/h}$ , 50cm에서  $6.78 \pm 0.083 \mu\text{Sv/h}$ , 100cm에서  $2.76 \pm 0.158 \mu\text{Sv/h}$ , 150cm에서  $1.05 \pm 0.012 \mu\text{Sv/h}$ 의 공간선량률로 나타났다.

C방향(오른쪽 사방향) 위치에서는 10cm에서  $1.204 \pm 0.011 \mu\text{Sv/h}$ , 50cm에서  $1.372 \pm 0.021 \mu\text{Sv/h}$ 의 공간선량률로 나타났다. 100cm와 150cm에서는 벽으로 둘러싸여 있어 측정이 불가 하였다(그림 2).

납유리를 기준으로 하여 거리가 증가함에 따라 공간선량률이 증가하는 경향을 보이는 것은 분배실내에서 환자를 대상으로 정맥주사를 실시함으로 인하여 공간선량률의 증가를 가져온 것으로 사료된다.

또한 오른쪽 사방향 45° 10cm 지점의 공간선량률이 왼쪽 사방향 보다 높게 측정되었다.

<표 2>는  $^{131}\text{I}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  분배실의 경우 납유리를 기준으로 A방향(정면)으로 10cm에서  $2.456 \pm 0.134 \mu\text{Sv/h}$ , 50cm에서  $2.344 \pm 0.134 \mu\text{Sv/h}$ , 100cm에서  $1.188 \pm 0.084 \mu\text{Sv/h}$ , 150cm에서  $0.85 \pm 0.01 \mu\text{Sv/h}$ 의 공간선량률로 나타났다. 그리고 B방향(왼쪽 사방향)위치에서는 10cm에서  $4.83 \pm 0.07 \mu\text{Sv/h}$ , 50cm에서  $1.676 \pm 0.02 \mu\text{Sv/h}$ 로 나타났으며, 100cm 와 150cm의 경우 차폐 벽으로 인하여 측정이 불가하였다.

C방향(오른쪽 사방향) 위치에서는 10cm에서  $9.248 \pm 0.013 \mu\text{Sv/h}$ , 50cm에서  $3.75 \pm 0.018 \mu\text{Sv/h}$ 의 공간선량률로 나타났다. 100cm와 150cm에서는 차폐 벽으로 둘러싸여 있어 측정이 불가 하였다. 납유리를 기준으로 하여 거리가 증가함에 있어서 공간선량률이 감소하였으며, 오른쪽 사방향 45° 10cm, 50cm지점의 공간선량률이 다소 높게 측정되었다(그림 3).

또한  $^{18}\text{F}$  분배실과  $^{131}\text{I}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 분배실의 공간선량률을 비교 했을 경우  $^{131}\text{I}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  분배실의 공간선량률이  $^{18}\text{F}$  분배실보다 오른쪽 사방향에서 8배 이상 높게 측정되었다. 그리고 본 실험결과를 원자력 안전위원회 고시 제 2011-29호 방사선 방호등에 관한 기준 제13조 차폐물의 설계기준 1항 “사용시설 등의 내부에 사람이 상시 출

입하는 장소는 연간 방사선량이 방사선작업종사자의 선량한도를 초과하지 아니 하여야 하고 1주당 방사선량은 1mSv를 초과하지 아니하여야 한다.”[12]와 비교하였는데 본 실험에서의 공간선량률의 측정결과가 가장 높은 값인  $9.248 \pm 0.013 \mu\text{Sv/h}$ 로 측정되어 이를 설계 기준에 적용 하더라도 법적기준을 만족하였기에 문제가 없음을 증명하였다.

<표 1>  $^{18}\text{F}$  분배실의 공간선량률 측정치  
Unit :  $\mu\text{Sv/h}$

방향	N	1	2	3	4	5	평균
	(cm)						
A	10	0.26	0.28	0.27	0.28	0.27	$0.272 \pm 0.008$
	50	0.43	0.44	0.44	0.45	0.44	$0.440 \pm 0.007$
	100	0.5	0.52	0.49	0.51	0.52	$0.508 \pm 0.013$
	150	0.36	0.37	0.35	0.36	0.36	$0.360 \pm 0.007$
B	10	1.10	1.12	1.13	1.10	1.09	$1.108 \pm 0.016$
	50	6.7	6.9	6.8	6.8	6.7	$6.780 \pm 0.083$
	100	2.78	2.77	2.75	2.74	2.76	$2.760 \pm 0.158$
	150	1.07	1.05	1.05	1.04	1.04	$1.050 \pm 0.012$
C	10	1.22	1.21	1.20	1.20	1.19	$1.204 \pm 0.011$
	50	1.40	1.39	1.36	1.36	1.35	$1.372 \pm 0.021$
	100	-	-	-	-	-	-
	150	-	-	-	-	-	-

<표 2> <sup>99m</sup>Tc, <sup>131</sup>I 분배실의 공간선량을 측정치

Unit : μSv/h

방향	N (cm)	1	2	3	4	5	평균
A	10	2.47	2.47	2.45	2.45	2.44	2.456 ± 0.134
	50	2.36	2.35	2.35	2.33	2.33	2.344 ± 0.134
	100	1.20	1.19	1.19	1.18	1.18	1.188 ± 0.084
	150	0.86	0.86	0.85	0.84	0.84	0.850 ± 0.010
B	10	4.84	4.83	4.83	4.83	4.82	4.830 ± 0.070
	50	1.70	1.69	1.68	1.66	1.65	1.676 ± 0.020
	100	-	-	-	-	-	-
	150	-	-	-	-	-	-
C	10	9.26	9.26	9.25	9.24	9.23	9.248 ± 0.013
	50	3.77	3.77	3.74	3.74	3.73	3.750 ± 0.018
	100	-	-	-	-	-	-
	150	-	-	-	-	-	-

3.3 외부피폭선량 계산

<sup>18</sup>F 분배실의 경우 분배장에서 부터 정면 1m 거리에서 간호사가 환자를 대상으로 정맥주사를 시행하였다. 하루 평균 10건의정맥주사를 시행하고 있었으며, 한건 당 소요시간은 평균 2분이었다. 이때 외부공간선량은 0.51μSv/h로 외부 피폭선량을 산출하였다.

외부 피폭선량은

$$0.51 \mu\text{Sv/h} \times 2 \text{min} \times \frac{1\text{h}}{60 \text{min}} \times 10 \text{건/하루} = 0.17 \mu\text{Sv}$$

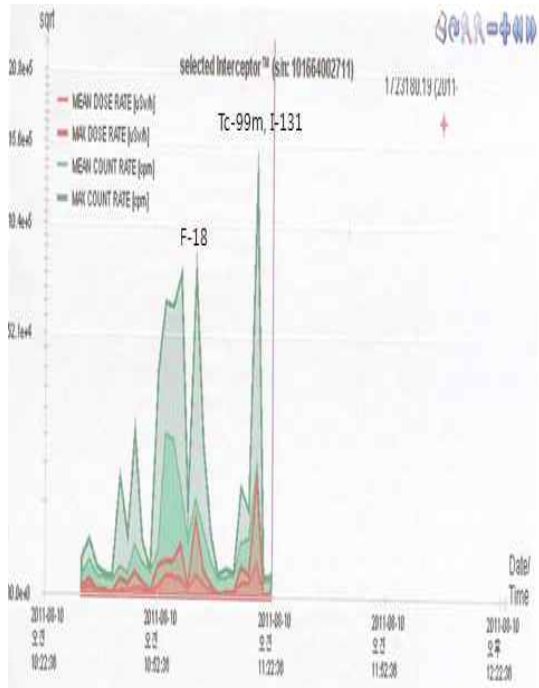
1년 동안(250일 기준) 받는 외부피폭선량은 250 × 0.17 = 42.5μSv 이다.

본 실험으로 간호사의 연간 피폭선량은 42.5 μSv 로 분배실안에서 정맥주사를 하여도 방사선 작업 종사자의 법적 선량한도[11]를 만족하고 있다는 결론을 얻을 수가 있었다.

3.4 스펙트럼 측정

<sup>18</sup>F 분배실과 <sup>99m</sup>Tc, <sup>131</sup>I 분배실의 공간 선량

률 분포를 각각 (그림 5)와 같이 나타내었으며 측정시점부터 측정 종료 시까지의 전체적인 선량분포를 알 수 있었으며, <sup>99m</sup>Tc, <sup>131</sup>I 분배실의 공간 선량률 분포가 평균선량률(μSv/h)과 최대 선량률(μSv/h), 평균 측정치(cpm)와 최대 측정치(cpm)가 높게 나타남을 볼 수 있다(그림 5).



(그림 5) <sup>18</sup>F 분배실과 <sup>99m</sup>Tc, <sup>131</sup>I 분배실의 공간선량률 분포

4. 결론

방사성 동위원소를 인체에 투여하고자 분배하고 있는 <sup>18</sup>F분배실과 <sup>99m</sup>Tc, <sup>131</sup>I 분배실의 공간 선량률 분포를 측정한 결론은 다음과 같다.

1. 1년간 개인피폭선량 비교에서 박[11]이 연구한 2004년도의 D대학 병원의 평균 개인 피폭선량과 비교하였는데 본 연구결과에서 영상의학과 4.6mSv, 핵의학과 3.3mSv, 방사선 종양학과 0.8mSv로 높게 나타남을 알 수 있었다.

2. <sup>99m</sup>Tc, <sup>131</sup>I 분배실의 공간선량률이 최대 9.248±0.013μSv/h로 나타났으며, <sup>18</sup>F 분배실의

공간선량률은 최대  $6.78 \pm 0.083 \mu\text{Sv/h}$ 로 나타났다.

3. 분배실의 분배창을 기준으로 모두 C방향(오른쪽 사방향  $45^\circ$ ), 10cm 지점에서 공간선량률이 다소 높게 나타났다.

4.  $^{18}\text{F}$  분배실의 경우 1m 거리에서 간호사가 정맥 주사를 시행 할 수 있도록 설계된 장소에서 연간 피폭선량은  $42.5 \mu\text{Sv}$  로 나타났다.

## 5. 고찰

1년간 개인피폭선량 비교에서 박[11]이 연구한 2004년도의 D대학 병원의 평균 개인 피폭선량과 비교하였는데 본 연구결과에서 높게 나타남을 알 수 있었다. 이것은 과거보다 핵의학 진료와 연구 활동이 급속히 확대 되면서 검사 건수의 증가를 의미하며 이로 인한 피폭이 증가한 것으로 사료된다[13]. 그리고 분배실에서도 검사 건수의 증가만큼 분배되는 횡수도 증가 되는 것도 사실이나 분배실에서 측정된 공간선량이 핵의학과의 개인피폭선량을 대표 할 수는 없다고 판단된다.

방사성 동위원소를 인체에 투여하고자 분배하고 있는  $^{18}\text{F}$  분배실과  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{131}\text{I}$  분배실의 공간선량률 분포를 측정된 결과  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{131}\text{I}$  분배실의 공간선량률이 최대  $9.248 \pm 0.013 \mu\text{Sv/h}$ 로 나타났으며,  $^{18}\text{F}$  분배실의 공간선량률은 최대  $6.78 \pm 0.083 \mu\text{Sv/h}$ 로 나타났다. 이는 차폐물의 설계기준을 만족하였으나 불필요한 피폭을 줄이기 위하여 분배실에서 머무르는 시간을 단축 할 필요성이 있다고 사료되어진다[14].

분배실의 분배창을 기준으로 모두 C방향(오른쪽 사방향  $45^\circ$ ), 10cm 지점에서 공간선량률이 다소 높게 나타났는데 이는 방사선 작업 종사자가 분배 시 오른쪽 손의 경우 왼손 보다 높은 피폭을 유발 할 수 있다.

오른쪽 사방향에서 공간선량이 높게 나타난 것은 작업시 대부분 오른손을 사용하다 그 부근이 오염된 것으로 추정할 수 있으며 그 부근에 적절한 제염 작업이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

분배실 내 분배창에서 1m 떨어진 거리에서 간호사가 방사성 의약품을 정맥주사해도 무리가

없다고 판단하여 설계한 것으로 보이나 공간선량이 존재 하고 있음을 확인할 수 있으므로 이에 따른 방사선에 의한 확률적인 영향을 배제할 수 없다고 사료되어진다.

의료기기의 발달과 증가는 검사건수의 증가로 이어지며 이는 방사선으로 인한 피폭을 가중할 수 있다. 따라서 방사선 노출을 줄이기 위한 환경 점검 등 최선의 노력이 필요하다고 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] ICRP : "Recommendation of the International Commission on Radiological Protection", ICRP Publication 26, Pergamon Press, Oxford, New York, 1977
- [2] 한성규,진수경,정재성, 송서연 "핵의학과내의 공간별 선량률과 개인피폭선량과의 비교", 제 43차 방사선사 학술대회, pp446, 2008
- [3] 佐藤孝司, 小野光一: X線撮影空間の散亂線の舉動, 日本放射線技術學會論文誌, 第49卷、第8号、p1383, 1993
- [4] R. S. Sloboda, M. G. Schmid, and C.P. Willis : Technologist radiation exposures from nuclear medicine imaging procedures, J. Nucl. Med. Tech., 15, 16-24,1987
- [5] M. Velchik : Radiation exposure associated with the performance of radiologic studies in radioactive patients, J. Nucl. Med. Tech, 18, pp211-213, 1990
- [6] L.K. Harding, A. B. Mostafa, L. Roden, N. Williams : Dose rates from patients having nuclear medicine investigations, Nucl. Med. Common., 6, pp191-194, 1985
- [7] 박명환·이준일, "핵의학 검사에서 환자로부터의 공간선량률 측정", 대한방사선기술학회지 25(1), pp73-76, 2002
- [8] 오현주 외 "X선 촬영실내에서의 공간산란선량 변동에 관한 연구", 대한 방사선기술학회지, 17(2), pp21-27, 1994
- [9] Jung - Min Kim, Sung Chul Kim X-ray dose at the time of diagnosis Thickness Cu filter to reduce by half, Radiology Technology, No. 24, pp17-22, 2001
- [10] 강호윤 외 "휴대용 핵종분석기의 방향의존성 측정", 대구보건대학 학술대회 논문집, 2010
- [11] 박명환, "전신 PET/CT 검사에서 공간선량률 측정", 대한방사선기술학회지 29(4), pp257-260, 2006
- [12] Nuclear Safety Commission Notice "on radiation protection standards, such as" No. 2011-29

- [13] Gwang-yeol Yu "Sunshine electron emission due to the use of radionuclides in nuclear medicine laboratory safety management," Nuclear Technology 5 (2), pp280-287, 2000
- [14] Byung - Joon Kwak, "PET-CT scan study on the spatial dose rate measurements," Pusan Catholic University School of Health Sciences, Master Thesis, 2009



### 박 정 규

2008년 7월 : 한서대학교 방사선학과 (방사선학석사)  
2012년3월 : 영남대학교 의공학과 (박사수료)

1999년~2006년: 차의과학대학교 병원  
2007년~2010년:한국기계검사소 ENC /  
유일검사엔지니어링 방사선안전팀  
2010년 9월~현재 : 대구보건대학 방사선과 교수  
관심분야 : 방사선학, 디지털 의료영상, 방사선 피폭



### 조 의 현

2010년 6월 : 영남대학교 의공학과 (의공학 석사)  
2012년 3월 : 영남대학교 의공학과 (박사과정)  
1996년 2월~: 삼성전자

1996년 2월~: 삼성전자  
관심분야 : 디지털 의료영상, 뇌파분석, 방사선 피폭