

# ICRP 103 방사선방호 체계 하에서 유효선량 평가를 위한 Two-Dosimeter Algorithm의 적용방안

김희근, 공태영

한국수력원자력(주) 중앙연구원

2011년 5월 17일 접수 / 2011년 7월 19일 1차 수정 / 2011년 8월 17일 2차 수정 / 2011년 8월 18일 채택

국내 원전에서는 고 방사선량을 또는 고피폭 예상 방사선작업에 종사자의 가슴과 등에 두 개의 개인선량계를 패용하여 피폭방사선량을 평가하고 있다. 이러한 Two-Dosimeter Algorithm (TDA)으로 현장시험과 심층검토를 통해 NCRP (55:50) TDA를 최적 알고리즘으로 최종적으로 선정하였고, 2006년 이후 원전 종사자의 피폭방사선량 평가 실무에 적용 중에 있다. 한편, 2007년 국제방사선방호위원회(ICRP)는 간행물 ICRP 103을 통해 방사선가중계수 및 조직가중계수와 기준 인체모형팬텀(Reference phantom) 등을 일부 변경한 유효선량 평가방법을 제시하였다. 이에 따라 본 논문에서는 국내원전에서 적용되고 있는 NCRP (55:50) TDA에 대해 ICRP 103 방사선방호 체계 하에서의 계속 적용 타당성을 분석하였다. 그 결과, NCRP (55:50) TDA를 계속 사용하더라도 ICRP 103의 유효선량을 신뢰성 있게 평가할 수 있는 것으로 판단되었다.

중심어 : Two-Dosimeter 알고리즘, 유효선량, NCRP(55:50) 알고리즘, ICRP 103

## 1. 서론

국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection: ICRP)는 방사선작업종사자의 피폭방사선량 평가를 위한 단위로서 유효선량(Effective dose)을 권고하고 있다[1,2]. 유효선량은 방사선 가중계수와 신체 각 조직의 가중계수를 고려하여 전신이 받는 피폭방사선량으로서 방사선방호 목적의 단위이다. 피폭방사선량 평가 실무에서 유효선량은 실용량(Operational quantity)을 이용하여 측정하고 있다[3]. 국내 기술기준에서 제시하는 실용량은 심부선량(Deep dose)  $H_p(10)$ 으로서, 신체 10 mm 깊이에 있는 인체 조직이 받는 피폭방사선량으로 정의된다 [2,4]. 원전에서 방사선작업종사자의 심부선량은 10 mm 필터 두께를 갖고 있는 열형광선량계(Thermoluminescent dosimeter: TLD)를 이용하여 측정 평가하고 있다[5,6].

원전에서는 방사선관리구역(Radiation controlled area: RCA)에 출입하는 방사선작업종사자에게 TLD를 지급하고 월단위로 관독하고 있다[7,8]. 이러한 TLD는 종사자에게 1 개를 지급하며, 통상 가슴부위에 패용한다[7,8]. 그런데 원전의 계획예방정비기간 중에 이루어지는 증기발생기 수질, 원자로 냉각재 펌프 보수 및 가압기 관련 작업 등은 매우 높은 방사선량률을 나타내는 지역으로 짧은 시간 동안 작업에도 불구하고 높은 방사선량을 피폭 받을 가능성이 있다[9].

이 때 종사자가 TLD를 한 개만 패용하는 경우 입사방사선의 방향과 TLD 패용위치가 다르다면 피폭방사선량이 저평가 될 수 있다[2,9]. 이를 방지하기 위해 높은 피폭을 받을 것으로 예상되는 신체 부위로 이동하여 TLD를 패용하기도 한다 [7,8]. 그런데 이 경우 반대로 피폭방사선량이 고평가될 가능성이 있다[9]. 이에 따라, 국내 원전에서는 고 방사선량을 또는 고피폭이 예상되는 방사선작업에는 종사자의 가슴과 등에 TLD를 패용하여 두 개의 선량계에 의한 종사자의 피폭 방사선량을 정확하게 평가하고 있다[9,10].

국내 원전에서 과거에 두 개의 TLD를 이용하여 피폭방사선량 평가를 수행하는 경우 두 개 TLD의 선량값 중에서 최대선량을 유효선량으로 평가하였다[9]. 그러나 이러한 최대선량 평가방식의 보수성을 인식하고, 그 후 두 개 TLD의 선량 값의 가중치를 고려하는 Two-Dosimeter Algorithm (TDA)을 적용하였다[9]. 국내 원전에서는 2004-2005년 현장시험과 심층검토를 통해 NCRP (55:50) TDA를 최종적으로 선정하였고, 2006년 이후 원전의 피폭방사선량 평가 실무에 적용하고 있다[9,11]. 이러한 TDA의 적용으로 방사선 작업종사자의 피폭방사선량을 보다 정확하게 평가할 수 있게 되었고, 방사선피폭평가의 신뢰성은 더욱 증진되었다[11,12].

이러한 TDA는 ICRP 26에 근거한 유효선량당량(Effective dose equivalent: EDE) 또는 ICRP 60에서 정의한 유효선량(Effective dose: E)을 보다 정확하게 평가할 목적으로 도출된 것이다[9]. 한편 2007년 발행된 ICRP 103에서는 방사선가중계수(Radiation weighting factor,  $W_R$ ), 조직

교신저자 : 김희근, hkkim1@khnpp.co.kr  
대전시 유성구 장동 25-1

가중계수(Tissue weighting factor,  $W_T$ ), 기준 인체모형팬텀(Reference phantom) 등의 변경으로 유효선량을 평가하는 개념이 일부 변경되었다[2]. 이에 따라 국내원전에서 적용중인 NCRP (55:50) TDA에 대해 ICRP 103 방사선방호 체계 하에서 신뢰성 있게 계속 적용할 수 있는지를 검토해 볼 필요성이 있다고 판단되었다[12,13]. 본 논문은 현재 국내원전에서 사용 중인 NCRP (55:50) TDA에 대해 ICRP 103 방사선방호 체계 하에서 계속 적용 타당성을 분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. ICRP 방사선방호 권고

ICRP는 1990년 ICRP 26을 대체하여 ICRP 60 방사선방호 권고를 발행하였다[1]. ICRP 60에서는 선량한도를 5년간 100 mSv로 낮추었으며, 피폭방사선량 평가의 단위로 유효선량을 제시하였다[1]. 한편 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency: IAEA)는 1996년 ICRP 60의 방사선방호 체계에 근거하여 방사선방호에 관한 기본안전기준(Basic safety standard: BSS)을 개정하였다[14]. 이에 따라 세계 각국에서는 ICRP 60과 BSS를 자국의 원자력법에 반영하는 조치를 취하였다. 국내에서도 교육과학기술부와 한국원자력안전기술원을 중심으로 ICRP 60의 국내 제도화를 위한 연구를 시행하였고, 2003년 1월부터 국내 원자력 법령에 전면적으로 반영하여 시행중에 있다[15].

Table 1. Tissue Weighting Factors of ICRP 103.

Tissues	Weighting factors	Sum
Bone marrow (red), Colon, Lung, Stomach, Breasts, Remainder*	0.12	0.72
Gonads	0.08	0.08
Bladder, Oesophagus, Liver, Thyroid	0.04	0.16
Bone surfaces, Brain, Salivary glands, Skin	0.01	0.04
	Total	1.0

\* Remainder: adrenals, extrathoracic tissue, gall bladder, heart wall, kidneys, lymph nodes, muscle, oral mucosa, pancreas, prostate, small intestine, spleen, thymus, uterus/cervix

Table 2. Radiation Weighting Factors of ICRP 103.

Radiation type	Weighting factors
Photons	1
Electrons <sup>+</sup> and muons	1
Protons and charged pions	2
Alpha particles, fission fragments, heavy ions	20
Neutrons	A continuous function of neutron energy

All values relate to the radiation incident on the body or, for internal radiation sources, emitted from the incorporated radionuclide(s).

한편 ICRP는 2007년 ICRP 60을 대체하여 ICRP 103 권고를 발행하였다[2]. ICRP 103의 피폭방사선량 평가에서 특징 중에 하나는 방사선가중계수 및 조직가중계수와 기준 인체모형팬텀 등을 변경한 것이다[2]. 표 1과 2에 ICRP 103 조직가중계수와 방사선가중계수를 나타내었다. 한편 ICRP 103에서는 성인 남성과 여성에 대해 기준 인체모형팬텀을 이용하여 유효선량을 평균하여 평가하도록 권고하고 있다. 남성의 경우 키 176 cm, 몸무게 73 kg, 여성의 경우 키 163 cm, 몸무게 60 kg을 기준 인체모형팬텀의 기준으로 정하였다[16]. 그림 1에 ICRP 기준 Voxel 팬텀을 나타내었다.



Fig. 1. Voxel phantoms (Rex and Regina) of ICRP 103.

### 나. 원전에서 적용중인 Two-Dosimeter Algorithm

미국방사선방호위원회(National Council on Radiation Protection and Measurements: NCRP)는 고피폭 방사선환경에서 적용 가능한 두 종류의 TDA를 제시하였다[17]. TDA 알고리즘 1은 가슴(정면) 부위 선량( $H_p(10)_{front}$ )에 70%의 가중치를 부여하고, 등(뒷면) 부위 선량( $H_p(10)_{back}$ )에 30%의 가중치를 부여하여 유효선량당량을 계산하는 방식이다. TDA 알고리즘 2는 가슴(정면) 부위 선량( $H_p(10)_{front}$ )에 55%의 가중치를 부여하고, 등(뒷면) 부위 선량( $H_p(10)_{back}$ )에 50%의 가중치를 부여하여 유효선량당량을 계산하는 방식이다. 아래 식 (1)과 식 (2)에 두 종류의 TDA를 나타내었다.

$$H_E(\text{estimate}) = 0.70H_p(10)_{front} + 0.30H_p(10)_{back} \quad (1)$$

$$H_E(\text{estimate}) = 0.55H_p(10)_{front} + 0.50H_p(10)_{back} \quad (2)$$

이외에도 미국원자력규제위원회(United States Nuclear Regulatory Commission: US NRC)와 미국국립표준협회(American National Standards Institute: ANSI)에서도 고피폭 환경에서 적용 가능한 TDA를 제시하고 있다[9,11]. 또한 캐나다 원전에서는 ICRP 60에 근거하여 통일된 TDA를 방사선관리 실무에 적용하고 있는 것으로 조사되었다[9,11]. 국내 원전에서는 현장시험과 심층 검토를 통해 식 (2)에서

제시한 NCRP (55:50) TDA를 최적 알고리즘으로 선정하였고, 2006년 이후 적용 중에 있다[9-12].

**다. ICRP 103 기반 Two-Dosimeter Algorithm**

Kim 등은 가슴과 등에 패용한 개인선량계의 선량 값을 이용한 TDA에 대해 Monte Carlo dose calculation을 이용하여 알고리즘을 도출하였고, 지속적으로 발전시켜 왔다[18]. 특히 최근에는 ICRP 103 방사선방호 체계하에서 유효선량을 적절하게 평가할 수 있는 TDA를 제시하였다[18]. 여기에 따르면 ICRP 103 유효선량(E(estimate))은 다음과 같이 식 (3)으로 계산된다.

$$E(\text{estimate}) = h(E)[\omega \times R_f + (1-\omega) \times R_b] \quad (3)$$

여기에서 h(E)는 기준 인체모형팬텀, 방사선에너지 및 입

사방향 등을 고려한 보정인자이며, R<sub>f</sub> 와 R<sub>b</sub> 는 각각 가슴과 등 부위가 받는 선량이며, ω는 입사방사선 가중인자의 Trial set이다[18].

Kim 등은 ICRP 기준 인체모형팬텀과 직육면체(Slab phantom) 팬텀을 이용하여 개인선량계를 교정한 경우 h(E)를 각각 제시하고 있다[18]. 그런데, 원전에서는 개인선량계를 통상 PMMA (Poly methyl meta acrylate) 재질의 직육면체 팬텀을 이용하여 교정하고 있다. Kim 등은 직육면체 팬텀의 경우 0.08 MeV, 0.3 MeV, 1.0 MeV, 2.0 MeV 입사에너지에 대해 h(E)는 각각 1.08, 1.04, 1.02, 0.99임을 제시하였다[18]. 이 경우 Kim 등은 원전에서 방사선작업종사자에게 피폭을 주는 방사선의 에너지는 0.3 MeV 부근이며, 따라서 h(E) 값으로 1.04를 채택한 것으로 판단된다. 이러한 원전 종사자에게 피폭을 주는 입사에너지에 근거한 h(E) 선정에 대한 내용은 또 다른 논문에서 확인이 가능하다. 즉, 원전의

**Table 3.** TLD Readouts of Field Tests in 2004-2005 (Installation of a Steam Generator Nozzle Dam at Yonggwang NPPs Unit 4 During the Maintenance Period).

Personal Name	TLD Readout (mSv)*			ADR Readout (mSv)†		
	Head	Chest	Back	Head	Chest	Back
A	4.25	2.96	3.68	4.47	3.36	4.03
B	2.60	2.09	2.71	2.85	2.25	2.99
C	2.41	1.90	2.13	2.65	1.97	2.57
D	2.29	1.57	2.07	2.68	1.93	2.37
E	3.57	2.73	3.69	4.02	2.94	4.16
F	2.73	1.80	2.25	2.87	1.99	2.75
G	3.51	2.62	3.02	4.03	2.68	3.65
H	2.00	1.75	2.00	2.23	1.79	2.18
I	2.19	1.81	2.09	2.53	1.90	2.42
J	1.93	1.71	2.04	2.26	1.87	2.30
K	2.34	1.71	2.24	2.56	1.77	2.42
L	1.82	1.52	1.86	2.06	1.61	2.17
M	2.02	1.50	1.97	2.28	1.73	2.21

\* TLD: Thermoluminescent Dosimeter

† ADR: Auto Dosimetric Reader

**Table 4.** Comparison of calculated EDE and E Based on the TLD Readouts of Field Tests in 2004-2005 (Installation of a Steam Generator Nozzle Dam at Yonggwang NPPs Unit 4 During the Maintenance Period).

Personal Name	TLD Readout (mSv)			EDE* or E† (mSv)		
	Head	Chest	Back	Maximum Dose	NCRP(55:50) TDA(EDE)	Kim TDA (2011) (E)
A	4.25	2.96	3.68	4.25	3.47	3.38
B	2.60	2.09	2.71	2.71	2.50	2.43
C	2.41	1.90	2.13	2.41	2.11	2.07
D	2.29	1.57	2.07	2.29	1.90	1.84
E	3.57	2.73	3.69	3.69	3.35	3.24
F	2.73	1.80	2.25	2.73	2.12	2.06
G	3.51	2.62	3.02	3.51	2.95	2.89
H	2.00	1.75	2.00	2.00	1.96	1.92
I	2.19	1.81	2.09	2.19	2.04	2.00
J	1.93	1.71	2.04	2.04	1.96	1.92
K	2.34	1.71	2.24	2.34	2.06	2.00
L	1.82	1.52	1.86	1.86	1.77	1.72
M	2.02	1.50	1.97	2.02	1.81	1.76

\* EDE: Effective Dose Equivalent

† E: Effective Dose based on ICRP 103

**Table 5.** Comparison of calculated EDE and E Based on the TLD Readouts of Field Tests in 2006-2007 (Installation of a Steam Generator Nozzle Dam at Ulchin Units 1 & 2).

Personal Name	TLD Readout (mSv)		EDE* or E† (mSv)	
	Chest	Back	NCRP(55:50) TDA(EDE)	Kim TDA (2011) (E)
a	4.68	5.94	5.54	5.40
b	2.39	2.92	2.77	2.71
c	2.80	3.59	3.34	3.24
d	2.49	3.22	2.98	2.90
e	2.60	3.63	3.25	3.14
f	1.01	1.35	1.23	1.19
g	3.15	4.21	3.84	3.72
h	3.77	5.16	4.65	4.50
i	2.84	3.51	3.32	3.23
j	0.96	1.21	1.13	1.10
k	4.93	6.89	6.16	5.95
l	4.51	6.08	5.52	5.34
m	2.01	2.93	2.57	2.48

\* EDE: Effective Dose Equivalent

† E: Effective Dose based on ICRP 103

**Table 6.** Comparison of calculated EDE and E Based on the TLD Readouts of Field Tests in 2007 (UT Tests of Coolant Tube Nozzle at Wolsong Unit 1).

Personal Name	TLD Readout (mSv)		EDE* or E† (mSv)	
	Chest	Back	NCRP(55:50) TDA(EDE)	Kim TDA (2011) (E)
1	2.29	3.07	2.80	2.71
2	3.63	2.77	3.39	3.41
3	2.90	2.15	2.68	2.70
4	2.58	2.15	2.50	2.50
5	2.59	1.63	2.24	2.29
6	3.53	2.29	3.09	3.15
7	1.84	1.85	1.94	1.92
8	2.10	1.99	2.16	2.14
9	3.48	2.36	3.09	3.15
10	2.39	2.28	2.45	2.44
11	1.37	1.16	1.33	1.33
12	2.43	2.12	2.40	2.40
13	2.09	2.06	2.18	2.16

\* EDE: Effective Dose Equivalent

† E: Effective Dose based on ICRP 103

경우 다양한 방사성핵종과 고에너지가 방출되고 있으나, 방사선작업종사자에게 방사선피폭을 주는 입사에너지는 구조물 등에 의해 감소되어 0.3 MeV 부근의 고에너지 방사선장(High energy photon field) 형태로 나타나고 있다[19]. 따라서 h(E) 값으로 1.04를 선정한 것은 적절하다고 판단된다. 따라서 Kim TDA는 아래와 같이 식 (4)로 표현된다[18].

$$\begin{aligned}
 E(\text{estimate}) &= h(E)[\omega \times R_f + (1-\omega) \times R_b] = 1.04(0.6R_f + 0.4R_b) \\
 &= 0.62R_f + 0.42R_b \quad (4)
 \end{aligned}$$

**라. 원전 현장시험과 피폭방사선량 DB**

국내원전에 적용할 최적의 TDA 선정을 위해 2004년 및 2005년에 영광원전과 울진원전에서 현장시험을 실시하였

다. 이 과정에서 가슴과 등에 패용한 TLD의 판독결과 피폭방사선량에 관한 많은 DB 자료를 축적하였다[9]. 또한 2006년 국내원전에서의 NCRP (55:50) TDA 적용이후 DB 자료를 구축하였다[11]. 이들 자료 중 2004년 및 2005년에 수행된 최적 TDA 선정을 위한 현장시험에서 취득한 선량에 대한 자료를 표 3에 나타내었다[9]. 또한 이들 두 TDA를 이용한 유효선량 계산결과를 표 4에 나타내었다. 한편 2006년 NCRP (55:50) TDA의 적용이후 원전 방사선작업 중에 높은 피폭방사선량을 받았던 가슴과 등 부위 열형선량계 판독값을 표 5와 6에 나타내었다[20].

### 3. 결과 및 토의

#### 가. Two-Dosimeter Algorithm의 검토

국내 원전에서 적용중인 NCRP (55:50) TDA와 Kim TDA (2011)는 모두 수치해석 시뮬레이션 과정을 거쳐 도출되었고, 두개의 선량계를 가슴과 등에 패용하는 점이 공통이라 할 수 있다(9,17,18). 또한 두 개의 선량 값에 적절한 가중치를 고려하여 최종적인 선량을 계산하는 것 또한 동일하다. 그런데 최종적으로 도출되는 선량은 NCRP (55:50) TDA의 경우 유효선량당량(EDE)이며, Kim TDA의 경우는 ICRP 103에 근거한 유효선량(E)이다.

ICRP는 ICRP 26의 유효선량당량과 ICRP 60의 유효선량은 약간의 개념이 바뀌었을 뿐 거의 동일한 것으로 판단하고 있다(21). 특히 원전과 같은 고에너지 광자방사선에 의한 방사선피폭이 대부분인 경우 TLD를 이용하여 측정된 10 mm 개인선량당량(Personal dose equivalent)은 유효선량과 거의 차이가 없다고 제시하고 있다(2,21). 특히 2010년 Kim 등은 NCRP (55:50) TDA에 근거하여 도출된 동일 선량계산 결과를 이용하여 ICRP 26의 유효선량당량과 ICRP 60에 의한 유효선량을 정확하고 신뢰성 있게 평가할 수 있는 것으로 제시하고 있다(9). 그러나 10 mm 개인선량당량( $H_p(10)$ )과 ICRP 103의 유효선량(E)과의 비교 또는 ICRP 60의 유효선량과 ICRP 103의 유효선량을 정량적으로 비교한 ICRP 보고서는 아직 발간되지 않고 있다. 물론 이들 실용량과 유효선량 또는 유효선량 상호간의 실질적인 차이는 거의 없을 것으로 판단된다.

#### 나. Two-Dosimeter Algorithm의 ICRP 103 적용성 평가

2004년 및 2005년에 수행된 최적 TDA 선정을 위한 현장 시험 DB를 이용하여, NCRP (55:50) TDA에 근거한 ICRP 26의 유효선량당량과 Kim TDA (2011)에 근거한 ICRP 103 유효선량을 계산하였다. 그 결과 두 TDA를 이용한 유효선량 계산 값의 차이는 5% 미만으로 거의 유사하게 나타났다. 이를 표 4에 제시하였다.

한편 2006년 NCRP (55:50) TDA 적용이후 높은 피폭방사선량을 받았던 방사선작업종사자의 가슴과 등 부위 열형광선량계 판독 값을 이용하여, NCRP (55:50) TDA와 Kim TDA (2011)에 근거한 ICRP 26 유효선량당량과 ICRP 103 유효선량을 계산하였다. 그 결과도 5% 이내로 일치함을 확인하였다. 이를 표 5와 6에 나타내었다. 특히 NCRP (55:50) TDA에 의한 선량 값은 Kim TDA (2011)에 비해 약간의(최대 5% 이내) 보수성을 갖고 있는 것으로 나타나 피폭방사선량 평가의 신뢰성을 보유하고 있음을 확인하였다.

여기에서 하나 특이한 점은 증기발생기 수실과 같이 좁은 밀폐 공간에서 이루어지는 방사선작업의 경우 방사선작업종사자의 동선에 따라 가슴 또는 등 부위 선량이 높게 나타났다(9,11). 즉, 방사선원이 위쪽의 U-tube에 위치하고 있어 방사선흐름이 위에서 아래로 형성되고 증기발생기 벽에 의한 산란방사선의 영향으로 작업종사자의 작업동선에 따라 가슴 또는 등 부위 선량이 임의적으로 높게 발생됨을 확인하였다. 이에 비해 월성 1호기 냉각재 모관 비파괴 검사와 같이, 넓고 개방된 공간에서 이루어지는 작업은 주로 가슴 부

위의 선량이 대부분 높게 나타났다. 이에 따라 NCRP (55:50) TDA와 Kim TDA (2011)에 의한 유효선량 계산 값은 미세한 차이를 보이는 것으로 확인되었다.

### 4. 결론

국내 원전에서는 고 방사선량을 또는 고피폭 예상 방사선 작업 시에 종사자의 가슴과 등 부위에 개인선량계를 동시에 패용하고 있으며, 피폭방사선량을 NCRP (55:50) TDA를 적용하여 신뢰성 있게 평가하고 있다. 그런데 2007년 국제방사선방호위원회 간행물인 ICRP 103에서 유효선량의 개념이 일부 변경됨에 따라, 현재 국내원전에서 적용중인 NCRP (55:50) TDA에 대해 ICRP 103 방사선방호 체계 하에서 계속 적용할 수 있는가를 검토해 보았다. 그 결과 NCRP (55:50) TDA에 근거한 유효선량당량과 Kim TDA (2011)에 근거한 유효선량은 큰 차이를 보이지 않으며, 잘 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 NCRP (55:50) TDA는 ICRP 103 방사선방호 체계 하에서 계속 적용 가능한 것으로 판단되었다.

#### 참고문헌

1. International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, Pergamon Press, 1991.
2. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, Pergamon Press, 2007.
3. International Commission on Radiation Units and Measurements. Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, ICRU Report 51, 1993.
4. 교육과학기술부. 고시 제2008-48호: 판독업무 등록 기준 및 검사 규정. 2008.
5. Panasonic Co. LTD. Panasonic Brochure; Thermoluminescent Dosimeter, 2008.
6. Harshaw Co. LTD. Harshaw Brochure; Thermoluminescent Dosimeter, 2008.
7. Institute of Nuclear Power Operations. Guidelines for Radiological Protection at Nuclear Power Stations, INPO 91-014(Revision 01), 1995.
8. World Association of Nuclear Operators. Guidelines for Radiological Protection at Nuclear Power Plants, WANO GL 2004-01, 2004.
9. Kim HG, Kong TY. Selection of the Most Appropriate Two-dosimeter Algorithm for Estimating Effective Dose Equivalent during Maintenance Periods in Korean Nuclear Power Plants, Radiat. Prot. Dosim. 2010;140(2):171-181.
10. Korea Hydro & Nuclear Power Co. LTD. Nuclear Power Plants Standard Procedure - Measurement and

- Assessment of External Exposure, 2008.
11. Kim HG, Kong TY. Operational Experience of a Two-Dosimeter Algorithm for Better Estimation of Effective Dose at Korean Nuclear Power Plants. *J. Radiat. Prot.* 2009;34(4):165-169.
  12. Kim HG, Kong TY. One Way for the Two-Dosimeter Method. *Nuclear Engineering International*, 2009 Nov;15-18.
  13. 한국원자력안전기술원. 제15차 피폭방사선량 평가에 관한 워크샵, 제주. 2011.
  14. International Atomic Energy Agency. Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. IAEA Safety Series No. 115, Vienna, 1996.
  15. 교육과학기술부. 고시 제2008-31호: 방사선방호등에 관한 기준 고시, 2008.
  16. International Commission on Radiological Protection. Adult Reference Computational Phantoms. New York, Elsevier, ICRP Publication 110, 2009.
  17. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Use of Personal Monitors to Estimate Effective Dose Equivalent and Dose to Workers for External Exposure to Low-LET Radiation. NCRP Report No.122, Bethesda, 1995.
  18. Kim CH, Cho S, Jeong JH, Bolch WE, Reece WD, Poston W. Development of New Two-Dosimeter Algorithm for Effective Dose in ICRP Publication 103. *Health Physics*. 2011;100(5):462-467.
  19. Kim HG, Kong TY, Jeong WT, Kim ST, Radiation Fields and Dose Assessments in Korean Nuclear Power Plants, *Radiat. Prot. Dosim.* 2011;146(1-3): 136-139.
  20. Personal Communications with Health Physicist at Korean Nuclear Power Plants. 2009.
  21. International Commission on Radiological Protection. Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection against External radiation. ICRP Publication 74. Pergamon Press, Oxford, UK, 1997.

## Application of the Two-Dosimeter Algorithm for Effective Dose Evaluations based on ICRP Publication 103

Hee Geun Kim and Tae Young Kong  
KHNP Central Research Institute

**Abstract** - To evaluate the radiation exposure of workers participating in task where high radiation exposure is expected, two-dosimeter is typically provided radiation workers, one on the chest and the other on the back, at Korean nuclear power plants (NPPs). In a previous study, the NCRP (55:50) algorithm was selected as the optimal two-dosimeter algorithm (TDA) with various field tests and this TDA has been applied to all Korean NPPs since 2006. In 2007, the International Commission on Radiological Protection (ICRP) published the new ICRP recommendation, ICRP 103, which provides the revised weighting factors for both radiation and tissues and the new reference phantom. In this study, the applicability of current NCRP (55:50) algorithm at Korean NPPs for ICRP 103 was analyzed. As a result, it was found that the NCRP (55:50) algorithm is still effective to estimate the effective dose of workers under ICRP 103.

**Keywords** : Two-dosimeter algorithm, Effective dose, NCRP (55:50) algorithm, ICRP 103