

## Environmental Monitoring for the Decision-Aiding on Public Protective Actions in a Nuclear Emergency

원자력 비상시 주민 보호조치 결정 지원을 위한 환경감시

Y.H. Choi, H.S. Kang, I. Jun, W.T. Hwang, D.K. Keum, M.H. Han, G.S. Choi, H.S. Lee and C.W. Lee  
Korea Atomic Energy Research Institute, P. O. Box 105, Yuseong, Daejeon, Korea  
[yhchoil@kaeri.re.kr](mailto:yhchoil@kaeri.re.kr)

최용호, 강희석, 전인, 황원태, 금동권, 한문희, 최근식, 이한수, 이창우  
한국원자력연구소, 대전시 유성 사서함 105호

### Abstract

It is internationally proposed that generic intervention levels (GILs) and generic action levels, determined based on cost-benefit analyses, be used as the decision criteria for public protective actions in a nuclear emergency. Operational intervention levels (OILs) are directly or easily measurable quantities corresponding to these generic levels. To assess the necessity of protective actions in a nuclear emergency, it is important that the environmental monitoring data required for applying and revising OILs should be promptly produced. It is discussed what and how to do for this task in the course of emergency response and preparedness.

**Key words** : Nuclear Emergency, Public, Protective Action, Intervention Level, Environmental Monitoring,

### 요약

원자력 비상시 주민 보호조치에 대한 결정기준은 국제적으로 비용-이득 분석에 의해 산정된 일반개입준위와 일반조치준위를 사용토록 제안되어 있다. 운영개입준위는 이러한 일반준위를 직접 또는 쉽게 측정할 수 있는 물리량으로 나타낸 것이다. 비상시 보호조치의 필요성을 판단하기 위해서는 운영개입준위를 적용하고 수정하는 데 요구되는 환경감시 자료를 신속히 생산하는 것이 중요하다. 비상대응의 일환으로서 이를 위해 무슨 일들이 어떻게 수행되어야 하는지 고찰하였다.

**중심단어** : 원자력 비상, 주민, 보호조치, 개입준위, 환경감시

### 1. 서론

원자력 발전소의 사고로 인하여 일시에 다량의 방사성 물질이 대기중으로 방출되거나 그럴것으로 예상되는 경우에는 주민의 방사선 피폭선량을 신속히 평가하여 적기에 적절한 보호조치를 취해야 한다. 비상시에는 일차적으로 예측모델을 이용하여 주민의 피폭선량을 사전에 신속히 예측할 필요가 있다. 그러나 모델에 의한 예측은 비교적 불확실성이 크므로 예측결과를 검토·수정하고 보호조치에 관한 의사결정에 필요한 실제적인 정보를 제공하기 위하여 반드시 환경방사선 및 방사능에 대한 실측이 수행되어야 한다[1-3].

IAEA[1,3-5]와 ICRP[6]는 원자력 사고시 방사선 방호활동은 방사선 개입준위에 의거하여 수행

토록 권고하고 있다. 개입준위는 통상 일반개입준위와 운영개입준위로 나누어진다. 일반개입준위는 개입을 통하여 회피할 수 있는 피폭선량, 즉 회피선량이 그 이상이어야 함을 나타내고 운영개입준위는 일반개입준위를 실측할 수 있는 물리량으로 환산한 것이다. 최근에 우리나라에서도 한국원자력안전기술원(KINS)[7]이 회피선량에 입각한 방사선 비상시 일반개입준위와 운영개입준위를 설정, 제안한 바 있다. 한편, 운영개입준위는 본질적으로 환경에서의 핵종 존재비에 따라 달라져야 하므로 대표적인 존재비에 입각하여 설정된 초기운영개입준위는 비상시 환경감시 결과에 따라 수정되어야 한다[1,3].

이상과 같이 원자력 사고시 환경감시는 주민 보호조치에 관한 의사결정에 필요한 정보를 적기에 신속히 제공해야 하므로 일상적으로 행하여지는 정상가동시 환경감시와는 구별되어야 한다. 즉, 원자력 비상시에는 운영개입준위를 적용하고 수정하는 데 필요한 각종 측정 및 분석 정보를 신속히 제공하기 위한 환경감시가 이루어 져야 한다. 본 연구에서는 이러한 비상시 환경감시의 특성에 입각하여 비상시 환경감시가 어떠한 내용과 형태로 이루어 져야 할 것인가를 고찰하고 이를 위해 평상시에 어떠한 대비태세를 갖추고 있어야 할 것인지 살펴보고자 한다. 본 연구의 범위는 원자로 사고로 인한 비상시 육상 환경방사선(능)에 대한 감시에 국한한다.

## 2. 비상시 주민 보호조치 결정기준

### 2.1. 심각한 결정적 건강영향 예방을 위한 개입준위

IAEA[3-5,8]는 심각한 결정적 건강 영향을 방지하기 위하여 어떠한 상황에서도 긴급한 개입이 이루어져야 될 피폭선량으로서 표 1과 같은 기준을 정해놓고 있다. 여기서 기준 선량은 예상피폭선량으로서 그 이하에서는 통상적으로 심각한 결정적 영향이 나타나지 않는 준위이나 방사선 고위험군(예: 비건강자)에 대해서는 보다 낮은 값이 적절할 수 있다[4].

우리나라의 경우 사고시 결정적 건강영향 예방과 관련하여 명시적인 기준은 없으나 '원자력시설 등의 방호 및 방사능방재 대책법 시행령' 제25조에 제시된 '방사능재난 발생의 선포기준'이 유사한 부류에 속하는 것으로 판단된다.

한편, IAEA[3]는 사고로 시설 내의 상황이 심각하여 일반비상(General Emergency, 우리나라의 적색비상과 유사)이 발령된 경우에는 예방조치구역(Precautionary Action Zone)내 주민들의 심각한 결정적 건강장해를 방지하기 위하여 즉시 보호조치를 취해야 할 것으로 보고 있다.

Table 1. IAEA dose levels at which intervention is expected to be undertaken under any circumstances

Organ or tissue	Action level of dose (Gy) <sup>a</sup>	
	Dose type A <sup>b</sup>	Dose type B <sup>c</sup>
Whole body (bone marrow)	1	-
Lung	6	25
Skin	3	-
Thyroid	5	-
Lens of the eye	2	-
Gonads	3	-
Fetus	0.1	-

<sup>a</sup> applicable to a population characterized by a typical age and sex distribution[8]

<sup>b</sup> projected absorbed dose from low LET radiation in less than 2 days[3]

<sup>c</sup> projected absorbed dose from high LET radiation due to inhalation for 1 year[3].

Table 2. IAEA generic intervention levels for urgent protective actions

Protective action	Generic intervention level <sup>a</sup>
Sheltering	10 mSv
Evacuation	50 mSv
Iodine prophylaxis	100 mGy

<sup>a</sup> avertable doses averaged over suitably chosen samples of the population

2.2. 일반개입준위 및 일반조치준위

IAEA[1,3-5,8]가 설정한 일반개입준위(Generic Intervention Level, GIL)는 특정 보호조치에 대해서 그것의 실행으로 달성되어야 할 최소 회피선량으로 주어져 있다. 일반개입준위는 크게 긴급 주민 보호조치에 대한 일반개입준위(표 2)와 장기적인 보호조치에 대한 일반개입준위(표 3)로 나누어진다. 이것들은 보호조치를 실행하는 데 드는 비용과 피폭선량의 급전가에 입각한 비용-이득 분석에 의하여 결정된 것이다. 음식물에 대해서는 일반개입준위와 유사한 것으로 일반조치준위(Generic Action Level, GAL)가 제안되어 있다(표 4). KINS[7]가 제안한 일반개입준위는 IAEA와 동일하나 일반조치준위는 표 5에서 보는 바와 같이 IAEA와 다소 다르다. 이상과 같은 일반준위들은 확률적 건강 영향을 합당한 정도로 낮추기 위한 것이다.

비상시에는 보호조치를 실행하기 전에 피폭이 시작되는 경우도 있을 수 있다. 이 때 비용-이득 분석의 대상은 보호조치를 실행함으로써 앞으로 회피할 수 있는 선량이지 이미 받은 선량이나 잔여선량은 포함되지 않는다[4,7].

우리나라의 관련 법규에서는 비상시 주민 보호조치 결정기준이 예상피폭선량(아무런 조치를 취하지 않았을 때 예상되는 피폭선량)인 것으로 보이게 되어 있다. 그러나 결정기준의 수치와 단위는 회피선량으로 나타낸 IAEA 및 KINS의 일반개입준위와 동일하여 결정기준이 회피선량인 것이 분명해 보이므로 관련 법규에서도 결정기준이 회피선량임을 명시할 필요가 있다. 또한 회피선량으로 나타낸 결정기준을 IAEA나 KINS가 제안하고 있는 일반개입준위와 같은 것으로 적용하기 위해서는 운영개입준위에 대한 규정도 반드시 포함되어야 할 것이다. 이때 비상시 환경감시를 통하여 운영개입준위를 제대로 적용하고 수정하는 것을 담보할 수 있는 방향으로 규정을 만드는 것이 중요하다고 본다.

Table 3. IAEA generic intervention levels for longer-term protective actions

Protective action	Generic intervention level <sup>a</sup>
Temporary relocation	Initiate at 30 mSv for 30 days (1st month) Terminate at 10 mSv for 30 days (Subsequent months)
Permanent resettlement	1 Sv for lifetime (50-70 years)

<sup>a</sup> to be compared with the mean per caput avertable committed effective dose involving all the exposure routes usually except food and water ingestion[4,8].

Table 4. IAEA generic action levels for foodstuffs

Food type	Group of radionuclides		Generic action level <sup>a</sup>
Foods for general consumption	G 1	Cs-134, Cs-137, I-131, Ru-103, Ru-106, Sr-89	1 kBq/kg
	G 2	Sr-90	0.1 kBq/kg
	G 3 <sup>b</sup>	Am-241, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-242	0.01 kBq/kg
Milk, infant food and drinking water	G 4	Cs-134, Cs-137, Ru-103, Ru-106, Sr-89,	1 kBq/kg
	G 5	I-131, Sr-90	0.1 kBq/kg
	G 6 <sup>b</sup>	Am-241, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-242	0.001 kBq/kg

<sup>a</sup> to be compared independently with the sum of the activities of the radionuclides in each group

<sup>a</sup> for foods prepared for immediate consumption and for the 1st year after a nuclear emergency

<sup>b</sup> These groups need not be considered for LWR reactor accidents[1].

Table 5. Generic action levels for foodstuffs recommended by the KINS

Group of radionuclides		Generic action level (Bq/kg or Bq/L)			
		Meat, fish and cereals	Vegetable and fruit	Water and milk	Infant food
G 1	Cs-134,Cs-137,Ru-103, Ru-106,Sr-89	2,000	1,000	200	100
G 2	I-131,Sr-90	1,000	500	100	10
G 3	Am-241,Pu-238,Pu-239, Pu-240,Pu-242	10	10	10	1
G 4	H-3	100,000			

### 2.3. 운영개입준위

일반개입준위 또는 일반조치준위를 직접 측정할 수 있는 물리량이나 분석이 용이한 대표핵종(marker isotope)에 대한 값으로 환산한 것이 운영개입준위(Operational Intervention Level, OIL)이다[1,7,8]. 즉 일반개입준위의 실제적 적용을 위하여 비상시에 측정이 가능한 운영량으로 표시한 것이 운영개입준위이다.

IAEA[1]는 비상시 우선 사용할 목적으로 원전 사고시 핵종의 대표적인 존재비에 입각하여 운영개입준위에 대한 일반치(default value)를 도출·권고하고 있다. 사고시 핵종의 방출 특성에 따른 환경에서의 핵종 존재비는 원전의 종류, 가동이력 및 사고유형 등에 따라 다르므로 운영개입준위도 달라져야 한다. IAEA가 일반치로 권고한 운영개입준위와 우리나라의 KINS[7]가 제안한 값을 비교한 것은 표 6과 같다. 선량율로 표시한 운영개입준위는 서로 동일하다. 이것은 KINS가 IAEA의 절차를 표준적인 것으로 보고 거의 그대로 채택한 결과이다. 한편, 식품에 대한 운영개입준위는 IAEA와 우리나라 간에 차이가 있다. 이것은 식품에 대한 일반조치준위가 다른 데 따른 당연한 결과이다. 표 6에 주어진 운영개입준위는 보다 자세한 측정이 이루어져 수정하기 전까지 적용하게 될 초기운영개입준위에 해당한다.

표 6. 운영개입준위에 대한 IAEA와 KINS의 권고치

운영량 (과폭근거)	OIL 번호	OIL 권고치		보호조치
		IAEA	KINS	
방사능구름속 공간선량율	OIL1	1 mSv/h <sup>a</sup>	1 mSv/h	소개 또는 (고수준) 대피 <sup>b</sup>
	OIL2	0.1 mSv/h	0.1 mSv/h	육소제 복용 및 육내대피 <sup>c</sup>
지상 침체에 의한 공간선량율	OIL3	1 mSv/h	1 mSv/h	소개 또는 (고수준) 대피
	OIL4	0.2 mSv/h	0.2 mSv/h	일시이주 고려 <sup>d</sup>
	OIL5	1 μSv/h	1 μSv/h	식품섭취 잠정 제한
지상침적 준위	-	일반식품(F) <sup>e</sup>	일반식품(F) <sup>e</sup>	식품섭취 잠정 제한
	OIL6 <sup>e</sup>	10 kBq/m <sup>2</sup> f	우유(M) <sup>h</sup> 10 kBq/m <sup>2</sup>	
	OIL7 <sup>e</sup>	2 kBq/m <sup>2</sup> f	우유, 물(M) <sup>h</sup> 3 kBq/m <sup>2</sup>	
음식물내 농도	-	일반식품(F)	일반식품(F) <sup>g</sup>	식품섭취 제한
	OIL8 <sup>e</sup>	1 kBq/kg	우유, 물(M) 1 kBq/kg	
	OIL9 <sup>e</sup>	0.2 kBq/kg	우유, 물(M) 0.01 kBq/kg 0.05 kBq/kg	

<sup>a</sup> 노심손상의 징후가 없으면 10 mSv/h

<sup>b</sup> 고수준 대피는 특별히 설계된 대피소나 대형 식조(별동) 건물의 내부 홀 또는 지하실에 대피하는 것을 말함. 대피는 24-48 시간 동안만 고려되어야 하고 고선량률 지역에서 모니터링을 통하여 효과가 확인되어야 함. 해당 sector 및 2 개의 인접 sector, 그리고 발전소에 보다 근접한 sector들에 대하여 실시함. 소개될 때까지 주민들은 창문을 닫고 실내에 대기해야 함.

<sup>c</sup> 실내에서는 창문을 닫고 라디오와 TV를 경청

<sup>d</sup> 사고후 2-7일 사이에 실시, 이주시 큰 혼란이 초래되면 더 높은 OIL 적용

<sup>e</sup> 식품이 부족하거나 먹기 전에 세척, 껍질벗김, 저장 등의 과정을 거칠 경우 더 높은 OIL 적용.

<sup>f</sup> In-situ 감마스펙트로메타에 의한 지상침적 농도 측정치와 비교함.

<sup>g</sup> 일반조치준위로 I-131은 1000 Bq/kg, Cs-137은 2000 Bq/kg 적용

<sup>h</sup> 일반조치준위로 I-131은 10 Bq/kg, Cs-137은 100 Bq/kg 적용.

비상시에 초기운영개입준위를 적기에 적용하기 위해서는 사고 방출 직후에 공간방사선량을 신속히 측정하고 방사성 플룸 통과완료 직후에는 공간방사선량을 신속히 측정한 다음 표시 핵종의 지표침적 농도와 식품내 농도를 신속히 측정해야 한다.

### 2.3.1. 운영개입준위의 계산·수정

원자로의 종류나 가동이력 및 사고의 유형에 따라 핵종의 방출비가 다를 뿐 아니라 사고의 진행에 따라 핵종의 방출비가 변하고 방사성 핵종의 붕괴와 침적이 계속되므로 대기나 지표면에서의 핵종의 존재비가 변한다. 따라서 비상시에는 대기(플룸 통과중) 및 지표면과 식품(플룸 통과 후) 내의 각 핵종 농도를 신속히 측정하여 아래 식들과 같이 운영개입준위를 수정해야 한다[1,7].

#### 2.3.1.1. OIL1

OIL1(mSv/h)은 소개 또는 고수준 대피(substantial shelter)를 위한 운영개입준위이다. 이것은 방사성 플룸 통과중 공간방사선량률로 운영되며 아래와 같이 계산된다.

$$OIL1 = GIL_{ev} \frac{1}{R_1} \frac{1}{T_e} \quad (1)$$

여기서,

$GIL_{ev}$  : 소개를 위한 일반개입준위 (50 mSv)

$R_1$  : 공간선량률에 대한 총유효선량률의 비 (일반치는 10으로 봄)

$T_e$  : 피폭 지속시간 (4 h, 풍향이 통상 4 시간마다 변하는 것으로 봄.)

⇒  $R_1$ 은 아래와 같이 계산·수정되어야 한다.

$$R_1 = \frac{E_{inh}}{H^*} + 1 \quad (1.1)$$

여기서,

$E_{inh}$  : 흡입에 의한 유효선량률 (mSv/h)

$H^*$  : 공기시료를 채취한 플룸 속에서의 평균 공간선량률(mSv/h)

⇒ ⇒  $E_{inh}$ 는 공기시료 분석결과를 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$E_{inh} = \sum_1^n C_{a,i} CF_{1,i} \quad (1.1.1)$$

여기서,

$C_{a,i}$  : 플룸내 핵종  $i$ 의 농도 (kBq/m<sup>3</sup>)

$CF_{1,i}$  : 핵종  $i$ 에 대한 흡입 유효선량률 환산인자 ((mSv/h)/(kBq/m<sup>3</sup>))

식 (1.1.1)에서  $CF_{1,i}$ 은 IAEA[1]가 Sr-90, I-131, Cs-137, Pu-238 등 약 50 가지 핵종들에 대해서 제시한 값을 사용하면 된다.

식 (1)에서 피폭 지속시간  $T_e$ 는 4 시간에 불과한데 대피 및 소개 기간은 각각 2일 및 7일까지로 하고 있다. 이것은 일단 대피 또는 소개가 실시되면 그 기간은 적어도 며칠은 되어야 한다는 것이다. 대피소나 소개지로의 이동, 사고 추이에 따른 후속대책 결정, 복귀 및 복귀후 정상생활 개시 등을 위해서는 상당한 시간이 필요할 것으로 본다. 이 시간을 2일 또는 7일보다 짧게 할 수 있다면 OIL1보다 낮은 준위에서 고수준 대피나 소개가 가능할 것이다.  $T_e$ 가 4 시간보다 길게 예상되는 경우에도 마찬가지이다.

### 2.3.1.2. OIL2

OIL2(mSv/h)는 옥소제 복용을 위한 운영개입준위로서 역시 방사성 플룸 통과중 공간방사선량률로 운영되며 아래와 같이 계산된다.

$$OIL2 = GIL_{thy} \frac{1}{R_2} \frac{1}{T_e} \quad (2)$$

여기서,

$GIL_{thy}$  : 옥소제 복용을 위한 일반개입준위 ( $\beta, \gamma$  선에 대해서는 100 mGy = 100 mSv)

$R_2$  : 공간선량률에 대한 흡입에 의한 감상선 선량률의 비 (일반치는 200으로 봄)

$\Rightarrow R_2$ 는 아래와 같이 계산·수정되어야 한다.

$$R_2 = \frac{H_{thy}}{H^*} \quad (2.1)$$

여기서,

$H_{thy}$  : 흡입에 의한 예탁감상선선량률 (mSv/h)

$\Rightarrow H_{thy}$ 는 공기시료 분석결과를 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$H_{thy} = \sum_{i=1}^n C_{a,i} CF_{2,i} \quad (2.1.1)$$

여기서,

$CF_{2,i}$  : 핵종  $i$ 에 대한 흡입 감상선선량률 환산인자 ((mSv/h)/(kBq/m<sup>3</sup>))

식 (2.1.1)에서 IAEA[1]는 iodine (I) 동위원소 5 가지와 tellurium (Te) 동위원소 3 가지만 고려의 대상으로 보고 이 8 가지 핵종에 대해서  $CF_{2,i}$  값을 제시하고 있다.

### 2.3.1.3. OIL3

OIL3(mSv/h)은 방사성 플룸 통과후 소개 또는 고수준 옥내대피를 위한 운영개입준위로서 지표침적으로부터의 공간선량률로 운영되며 아래와 같이 계산된다.

$$OIL3 = GIL_{ev} \frac{1}{F_h} \frac{1}{F_d} \frac{1}{T_e} \text{ 또는 } GIL_{ev} \frac{1}{F_{all}} \frac{1}{T_e} \quad (3)$$

여기서,

$F_h$  : 옥내거주에 따른 저감계수 (일반치 0.5 적용)

$F_d$  : 방사능 붕괴에 따른 저감계수 (사고 초기 수일간은 0.5가 유효)

$F_{all}$  : 방사능 붕괴, 옥내거주 등 모든 요인에 따른 저감계수 (0.25)[1]

$T_e$  : 피폭기간 (소개의 경우 최장 7일(168 h))

OIL3의 계산에 있어서는 침적한 방사성 물질의 재부유에 의한 흡입선량은 무시하고 외부피폭 선량만 고려한다. 또한 OIL3 값은 사고 초기 수일간 크게 변하지 않으므로 핵종별 농도 측정결과에 의거한 수정절차는 필요치 않다[1,7].

#### 2.3.1.4. OIL4

OIL4(mSv/h)는 방사성 핵종의 침적에 의해 오염된 지역으로부터 일시이주를 위한 운영 개입준위로서 역시 지표침적으로부터의 공간선량률로 운영되며 아래와 같이 계산된다.

$$OIL4 = GIL_{rel} WR \frac{1}{(SF \times OF) + (1 - OF)} \quad (4)$$

여기서,

$GIL_{rel}$  : 일시이주를 위한 일반개입준위 (mSv, 표 3 참조)

$WR$  : 지표침적에 따른 장기간 피폭선량에 대한 공간선량률의 비

$SF$  : 옥내거주시 지표침적에 대한 차폐계수, 즉 실외의 선량에 대한 실내 선량의 비 (일반치 0.16 또는 건물별 차폐계수[1])

$OF$  : 점유계수 또는 차폐계수  $SF$ 가 적용되는 기간의 분률, 즉 실내에서 보내는 시간의 분률 (일반치 0.6)

⇒  $WR$ 은 지표 시료 분석결과에 따라 다음과 같이 수정된다.

$$WR = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{g,i} CF_{3,i})}{\sum_{i=1}^n (C_{g,i} CF_{4,i})} \quad (4.1)$$

여기서,

$C_{g,i}$  : 핵종  $i$ 의 지표면 농도 (kBq/m<sup>2</sup>)

$CF_{3,i}$  : 지표침적에 따른 공간방사선량률 환산인자 ((mSv/h)/(kBq/m<sup>2</sup>))

$CF_{4,i}$  : 지표침적에 따른 장기간 피폭선량 환산인자 (mSv/(kBq/m<sup>2</sup>))

식 (4.1)에서  $CF_{3,i}$ 와  $CF_{4,i}$ 는 IAEA[1]가 50 여 가지 핵종들에 대해서 제시한 값을 사용하면 된다.  $CF_{4,i}$ 에 대해서는 첫달, 다음 달 및 평생의 세 가지 피폭기간에 대한 값이 주어져 있으므로 각각 용도에 맞게 사용되어야 할 것이다.

지표에 침적한 방사성 핵종의 존재비는 시간 및 공간에 따라 다를 것이나 현실적인 이유와 인적 요인 때문에 영향지역 전체에 대하여 단 하나의 OIL4 값을 사용하는 것으로 한다. 따라서 지



표 시료는 도출한 OIL4 값이 전지역을 대표할 수 있도록 넓은 면적으로부터 채취되어야 한다. 또한 OIL4는 첫째 달에는 매주, 그 다음부터는 붕괴의 영향이 미미해질 때까지 매월 재평가 되어야 한다.

### 2.3.1.5. OIL5

OIL5는 식품섭취를 잠정적으로 제한하기 위한 운영개입준위로서 역시 지표침적으로부터의 공간선량률로 운영된다. 이것은 침적으로 인한 공간방사선량률이 백그라운드 이상인 것이 분명한 지역에서는 음식물의 오염준위가 일반조치준위를 초과할 가능성이 있다는 전제하에 적용하는 것으로 수정의 대상은 아니다. 다만 지상 침적농도나 식품내 농도가 구해져서 보다 확실한 OIL(예: OIL6 또는 OIL8)을 적용할 수 있기 전까지 잠정적으로 사용한다.

### 2.3.1.6. OIL6

OIL6(Bq/m<sup>2</sup>)는 일반식품(OIL6F) 및 우유(OIL6M)의 섭취제한을 위한 운영개입준위로서 I-131의 지표면 농도로 운영되며 아래와 같이 수정한다.

$$OIL6 = GAL_G \frac{C_{g,I-131}}{\sum_{i=1}^n C_{G,i}} \quad (5)$$

여기서,

$GAL_G$  : 음식물에 대한 I-131 핵종 그룹의 일반조치준위 (Bq/kg) (표 4 및 5 참조)

$C_{g,I-131}$  : I-131의 침적농도 (Bq/m<sup>2</sup>)

$C_{G,i}$  : 식품시료내 I-131 핵종 그룹에 속하는 각 핵종( $i$ )의 농도 (Bq/kg), 단 농도는 최종 소비시의 것(예: 밀가루의 경우 빵, 쌀알의 경우 쌀밥내 핵종 농도)이라야 하고 우유의 경우에는 해당 지역에서 방목중인 젖소에 대하여 가능한 최대농도를 대표하는 것이어야 한다. 따라서 이에 대한 농도 보정 절차가 IAEA[1]에 의해 제시되어 있다.

### 2.3.1.7. OIL7

OIL7(Bq/m<sup>2</sup>)은 일반식품(OIL7F) 및 우유(OIL7M)의 섭취제한을 위한 운영개입준위로서 Cs-137의 지표면 농도로 운영되며 아래와 같이 수정한다.

$$OIL7 = GAL_G \frac{C_{g,Cs-137}}{\sum_{i=1}^n C_{G,i}} \quad (6)$$

여기서,

$GAL_G$  : 음식물에 대한 Cs-137 핵종 그룹의 일반조치준위 (Bq/kg) (표 4 및 5 참조)

$C_{g,Cs-137}$  : Cs-137의 침적 농도 (Bq/m<sup>2</sup>)

$C_{G,i}$  : 식품시료내 Cs-137 핵종 그룹에 속하는 각 핵종( $i$ )의 농도 (Bq/kg), 여기서도 OIL6에서와 같은 농도보정이 필요하다.

### 2.3.1.8. OIL8

OIL8(Bq/kg)은 일반식품(OIL8F) 및 우유나 물(OIL8M)의 섭취제한을 위한 운영개입준위로서 식품내 I-131 농도로 운영되며 아래와 같이 수정한다.

$$OIL8 = GAL_G \frac{C_{f,I-131}}{\sum_i^n C_{G,i}} \quad (7)$$

여기서,

$GAL_G$  : 음식물에 대한 I-131 핵종 그룹의 일반조치준위 (Bq/kg) (표 4 및 5 참조)

$C_{f,I-131}$  : 대표 식품시료내 I-131 농도 (Bq/kg)

$C_{G,i}$  : 대표 식품시료내 I-131 핵종 그룹에 속하는 각 핵종( $i$ )의 농도 (Bq/kg)

### 2.3.1.9. OIL9

OIL9(Bq/kg)는 일반식품(OIL9F) 및 우유나 물(OIL9M)의 섭취제한을 위한 운영개입준위로서 식품내 Cs-137 농도로 운영되며 아래와 같이 수정한다.

$$OIL9 = GAL_G \frac{C_{f,Cs-137}}{\sum_i^n C_{G,i}} \quad (8)$$

여기서,

$GAL_G$  : 음식물에 대한 Cs-137 핵종 그룹의 일반조치준위 (Bq/kg) (표 4 및 5 참조)

$C_{f,Cs-137}$  : 대표 식품시료내 Cs-137 농도 (Bq/kg)

$C_{G,i}$  : 대표 식품시료내 Cs-137 핵종 그룹에 속하는 각 핵종( $i$ )의 농도 (Bq/kg)

OIL8과 OIL9에서도 각각 OIL6과 OIL7에서와 같은 농도보정 절차가 필요하다. 한편 식품내 각 핵종의 농도가 모두 측정되면 다음과 같이 일반조치준위와 직접 비교할 수도 있다.

$$\sum_i^n C_{G,i} > or \leq GAL_G \quad (9)$$

여기서,

$C_{G,i}$  : 식품 시료내 핵종 그룹 G에 속하는 각 핵종( $i$ )의 농도 (Bq/kg)

$GAL_G$  : 핵종 그룹 G에 대한 일반조치준위 (Bq/kg) (표 4 및 5 참조)

그러나 비상시에 식품 하나하나에 대해서 완전한 핵종 분석을 기대하기는 어려우므로 식품 종류별(예: 우유,엽채류, 기타 채소, 과일 등)로 대표시료의 핵종분석을 통하여 핵종 구성비를 구하고 전형적인 식품 조리법을 고려하여 식 (5)~(8)과 같이 운영개입준위를 수정한 다음 여타 시료에 대해서는 한 개의 표시핵종 (marker isotope, I-131 또는 Cs-137) 농도만을 측정하여 운영개입준위와 비교하면 될 것이다. 한편 식품에 대한 방호조치로 인하여 식품부족 사태가 초래될 경우에는 10 배 (첫 달)에서 50 배 (첫 주)까지 높은 운영개입준위를 적용해도 좋다고 한다[1,4].

### 3. 비상시 환경방사선(능) 측정

#### 3.1. 환경방사선 측정

원자력 비상시에는 표 6에서와 같이 공간선량률로 주어진 운영개입준위와 비교될 측정치를 빨리 확보하는 것이 중요하다. 비상시 공간방사선 측정에는 평상시 운영하는 고정식 모니터링 스테이션, 비상시에 설치되는 임시 모니터링 포스트, 차량을 이용한 주행감시(carborne survey) 및 이동식 survey meter 등이 이용될 수 있다[2,9-11]. 이 때 운영개입준위에서와 같이 유효선량률(effective dose rate, Sv/h)의 단위로 선량률 측정이 이루어져야 한다.

고정식 모니터링 스테이션은 평상시 원자력 시설 부지내 및 부지 경계 부근에 방위별로 설치되어 공간선량률 정보를 연속적으로 감시본부에 전송하고 있다. 원자력사업자의 비상대책실이 모니터링 스테이션과 on-line으로 연결되어 있으면 비상시 신속하게 방사성 물질의 환경방출을 확인하고 초기운영개입준위(표 6)를 적용하는 데 필요한 선량률 정보를 조기에 확보할 수 있다.

임시 모니터링 포스트는 방사성 물질의 확산경로 및 인구분포 등을 고려하여 부지 경계선 밖 비상계획구역 내에 임시로 설치하여 무인으로 운영되는 것이다. 임시 포스트에서의 측정 결과는 on-line 전송이 곤란하므로 자기기록 장치가 부착되어 선량률의 변화가 기록되게 하고 환경감시요원이 주기적으로 이를 확인하여 보고토록 하는 방식이 바람직할 것이다.

이동식 survey meter 이용은 환경감시요원이 survey meter를 휴대하고 미리 정해진 (또는 환경탐사반장이 지정하는) 루트를 따라 신속히 이동하면서 지정된 지점에서 선량률을 측정하고 즉시 무선통신기나 휴대폰을 이용하여 환경탐사반장(비상대책실 근무)에게 보고하는 방식이다. 이것은 인력이 다소 많이 소요되는 단점이 있으나 원하는 장소와 시점에서 비교적 손쉽게 측정결과를 얻을 수 있는 이점이 있다. 방위별로 적정개수의 측정지점을 미리 정해서 익혀 두어야 비상시에 위치 선정에 혼란이 없고 또한 현장과 비상대책실 간 의사소통이 원활히 이루어 질 수 있다.

차량주행 감시는 차량에 공간방사선량률 측정기를 탑재하여 정해진 루트를 따라 주행하면서 일정한 시간 간격으로 선량율을 측정하는 것이다. 측정 결과는 무선으로 비상대책실에 실시간 전송하는 방식이 가장 좋다. 이를 위해서는 차량에 위치추적 시스템(GPS)을 갖추고 비상대책실에서는 차량 위치 정보와 측정 정보를 송신 받아 화면에 바로 표시할 수 있는 전산 시스템이 구비될 필요가 있다.

이밖에 항공기를 이용한 항공감시도 생각해 볼 수 있다. 항공감시는 광범위한 지역에 대해 신속하게 측정정보를 획득하는 데 적합하나 비용이나 기술적인 측면에서 어려운 점이 많다. 따라서 비상시 항공감시의 타당성에 대해서는 면밀한 검토가 필요하며 현재로서는 위에 언급한 방법들을 적절히 이용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

#### 3.2. 환경방사능 측정

##### 3.2.1. 대기중 농도

대기중 농도를 신속히 측정하기 위해서는 초고체적 공기채취기를 이용하여 필요한 양의 공기에 포함된 미립자와 iodone 가스( $I_2$ ,  $CH_4I$  등)를 단시간 내에 포집해야 한다. 이때 사용하는 포집재는 상기 물질들에 대한 포집효율은 높고 Xe이나 Kr과 같은 불활성 기체에 대한 포집 효율은 최대한 낮은 것을 사용해야 한다[9,12].

대기중 핵종 농도는 OIL1과 OIL2의 수정을 위한 것으로 IAEA[1]에 따르면 OIL1의 경우 약 50가지, OIL2의 경우 8 가지 핵종들에 대한 측정자료가 필요하다. 많은 핵종들이 감마스펙트로메트리법으로 비교적 용이하게 분석될 수 있지만 Sr-90이나 몇몇 알파 핵종들은 화학분석이 필수적이다. 이와 같이 화학분석이 필요한 핵종에 대해서는 가능한 한 단시간 내에 소정의 결과를 얻을 수 있는 분석법을 도입해야 한다.

트리튬의 경우 IAEA는 사용후 핵연료 저장조에서만 중요한 것으로 보고 있으나 우리나라의 중수로나 연구용원자로인 하나로에서도 중요시될 필요가 있다. 트리튬은 대기중에서 주로 HTO와

HT의 형태로 존재하나 인체에 대한 영향 면에서 HT는 무시할 수 있다. 따라서 대기중 HTO를 포집하는 것이 중요하다. 비상시에는 버블러(bubbler)를 이용하여 증류수에 HTO 분자들을 포획한 다음 액체섬광계수기로 측정하는 것이 좋을 것이다[2].

### 3.2.2. 지표면 농도

지표면에서의 핵종 농도( $Bq\ m^{-2}$ )는 OIL4, OIL6, OIL7의 수정 및 OIL6와 OIL7의 적용을 위한 것이다.

식 (4)~(6)에서 보듯이 OIL4를 수정하기 위해서는 50 여 가지 핵종들에 대한 지표시료 분석결과가 필요하다[1,2]. 이를 위해서는 광범위한 지역을 대표하는 지표시료를 채취하여 감마스펙트로메트리를 실시하거나 화학분석후 알파선 또는 베타선을 계측해야 한다. OIL6와 OIL7을 적용하기 위해서는 I-131과 Cs-137의 지표면 농도가 필요하다. 이때에는 In-situ 감마스펙트로메트리로 신속히 측정하도록 되어 있다[1]. 이 경우 OIL6와 OIL7을 수정하기 위해서도 각각 I-131과 Cs-137에 대한 In-situ 감마스펙트로메트리 분석결과가 필요할 것이다[1]. 한편 OIL6와 OIL7이 지표시료 분석결과에 따라 수정되었을 경우에는 그 후의 적용도 지표시료 분석결과에 따라야 할 것으로 본다. 목표 핵종이 I-131과 Cs-137 두 핵종일 경우에는 In-situ 감마스펙트로메타의 검출기로 계측효율이 높은 Na(Tl) 형이 Ge 형보다 유리할 것이다[2].

### 3.2.3. 식품내 농도

식품내 핵종 농도는 OIL6와 OIL7의 수정 및 OIL8과 OIL9의 적용 및 수정을 위해 필요한 정보이다. 분석 대상 핵종들은 표 4 및 5와 같다.

비상시에는 정확도가 다소 떨어지더라도 신속히 분석할 필요가 있다. 생체시료의 화학분석을 위해서는 건조·회화 같은 전처리 과정이 필요하지만 감마스펙트로메트리는 생체상태로도 가능하다. 따라서 시료채취 즉시 생체 상태로 감마스펙트로메트리를 실시하여 주요 감마핵종(특히 I-131 및 Cs-137)을 측정하고 그 결과를 초기 OIL8 및 OIL9와 비교한 다음 전처리하여 화학분석 또는 2차 감마스펙트로메트리를 실시하면 될 것이다. 처음부터 시료를 충분히 채취하여 생체 감마스펙트로메트리와 화학분석을 동시에 수행하면 더욱 좋을 것이다.

트리튬은 우리나라의 중수로형 원자로에서 중요하므로 표 5에서와 같이 식품에 관한 일반조치 준위에 포함되어 있다[7,13]. 식품내 트리튬은 TFWT와 OBT의 형태로 존재한다. 그러나 플룸 통과 후 수 시간 동안에는 대부분 TFWT로 존재할 것으로 판단되고[14] 또한 표 5의 조치준위도 편의상 매우 낮게 정해진 것이므로 비교적 신속하게 측정할 수 있는 TFWT만 대상으로 하는 것이 바람직할 것으로 본다. 식품내 TFWT 분석을 위해서는 시료를 채취 즉시 냉동·보관하여 실험실로 운반한 후 동결건조법으로 수분을 추출하고 액체섬광계수기로 베타선을 계측해야 한다.

## 4. 비상시 환경감시요원의 역할

그림 1은 원자력 사고시 사업자에 의해 운영되어야 할 방사선비상대책본부[15](과학기술부 고시 제 2004-11호, 원자력사업자의 방사선비상계획 수립 등에 관한 기준[16] 제 12조에 규정된 '비상대책실'에 해당) 내 환경탐사반의 역할을 기술지원팀에 소속된 타 조직과의 연계성을 고려하여 모식적으로 도시한 것이다.

환경탐사반(장)의 가장 주된 임무는 환경평가반(장)이 최적의 주민보호조치를 적기에 결정하여 기술지원팀장에게 건의할 수 있도록 환경감시 자료를 신속히 취득하여 운영개입준위를 평가·수정하고 그 결과를 환경평가반(장)에게 제공하는 것이다. 이를 위해 환경탐사반(장)은 환경평가반(장)으로부터 방사선영향 예상지역을 통보 받아 탐사지점을 결정, 탐사반원을 출동시키고 현장탐사 결과를 초기운영개입준위와 비교하는 한편 각종 시료의 분석결과에 입각하여 운영개입준위를 수정한다. 이런 작업을 통하여 필요한 보호조치를 조속히 판단하고 그 결과를 환경평가반장에게

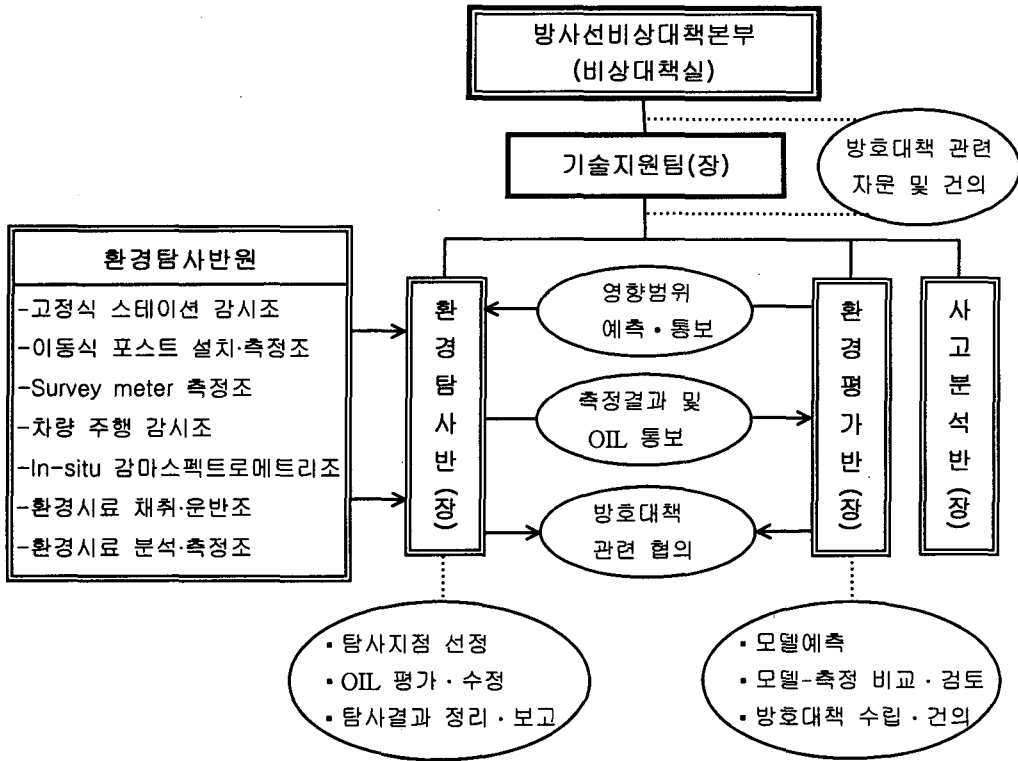


그림 1. 환경탐사반의 역할 모식도.

즉시 통보해야 한다.

환경평가반(장)은 비상발령을 접수하면 즉시 주민의 예상피폭선량을 계산하고 환경탐사반(장)의 주민 보호조치에 대한 의견 및 각종 통보 사항(환경탐사 결과, OIL 수정 자료 등), 사고분석반(장)이 제공하는 사고진행 경과에 관한 정보 및 자체 모델로 예측한 회피선량과 영향범위(거리) 등에 입각하여 주민 보호조치의 종류 및 실시 지역을 결정한다. 이 때 측정과 모델 양자의 장단점을 고려한 결정이 이루어질 필요가 있다. 즉 특정 지점이나 지역에 대하여 적절한 보호조치의 종류를 정하는 데에는 가능한 한 측정 결과에 입각하는 것이 좋고 보호조치 실시지역의 범위나 향후 추이 등에 대해서는 모델 예측 결과를 활용하는 것이 좋을 것이다.

기술지원팀장은 환경평가반(장)이 건의한 보호조치에 대해서 의사결정을 내려야 한다. 이를 위해 기술지원팀장은 환경탐사반(장)으로부터 환경방사선(능)의 현재 준위와 그 변화경향 등에 관한 최신정보를 보고받아 참고할 필요가 있다. 기술지원팀장은 과학적인 판단과 통찰력에 입각하여 필요 이상의 조치는 최대한 지양하는 방향으로 보호조치를 결정하여 비상대책실장에게 건의해야 한다. 보호조치의 이행에는 막대한 사회·경제적 비용이 소요되므로 부적절한 비판적 평가에 따른 보호조치는 자칫 득보다 실이 크기 때문이다[3,4]. 이것은 환경평가반장이 기술지원팀장에게 보호조치를 건의할 때에도 마찬가지이다.

이상에서 본 바와 같이 환경탐사반(장)과 환경평가반(장)은 유사시 유기적이고 긴밀한 협조 하에 업무를 수행하여 보호조치에 대한 기술지원팀장의 의사결정을 효과적으로 지원할 수 있도록 해야 한다.

## 5. 평상시 대비

비상시 위와 같은 내용의 환경감시를 차질없이 수행하기 위해서는 평상시에 아래와 같은 사항에 대해 철저히 준비할 필요가 있다[2,3,8].

### 5.1. 조직 정비

원자력사업자는 평상시에도 의무적으로 환경감시를 수행하고 있다. 사고시에 평상시 환경감시를 위한 인원과 장비를 비상환경감시에 투입하여 이용한다면 기술적으로나 경제적으로나 매우 효율적인 것이다. 원자력 사업자의 평상시 환경감시 요원과 장비들이 비상시에 총동원되기 위해서는 비상기간에는 평상시 감시 의무를 면제해 주는 법 규정이 마련되어야 할 것으로 본다.

비상시 환경감시 조직은 업무의 연속성을 위하여 적어도 2교대가 가능하도록 편성되어야 한다. 또한 만일의 사태에 대비하여 대체 요원이 확보되어야 한다. 각 교대조에는 조장 휘하에 위에서 언급한 환경방사선측정, 환경방사능분석, 운영개입준위 수정 등의 업무가 상호 유기적으로 원활히 수행될 수 있도록 인원이 구성되어야 한다.

### 5.2. 설비 보유 및 관리

평상시 환경감시에 이용되고 있는 시설과 장비의 대부분은 비상시에도 그대로 이용될 수 있다. 특별히 비상시에 필요한 것은 survey meter, 이동식 공기시료채취기, 임시 모니터링 포스트용 환경방사선연속 측정·자기 장치 및 in-situ 감마스펙트로메트리시스템 등이다.

비상시 야외용 장비들은 온도와 습도에 대한 적용범위가 넓어야 하고 수분과 충격에 대한 내구성도 충분해야 한다. 또한 측정선량율의 범위는 환경준위에서부터 사고시 예상되는 최대선량률보다 수 배 높은 선량률까지 측정할 수 있도록 준비되어야 한다. 한편 원전 사고시에는 대량방출 핵종인 Xe-133으로부터의 저에너지(81 keV) 감마선의 영향을 과대평가하지 않도록 에너지 의존성이 가능한 한 낮은 것을 선택할 필요가 있다.

비상시 환경감시를 위한 야외출동 요원들은 survey meter, TLD 배지, 시료채취 도구, 필기구, 통신장비, 지도, 개인방사선방호장비 등 여러 가지 물품들을 휴대해야 한다. 이러한 물품들을 요원의 임무별로 kit화 하여 하나의 용기에 넣어 두어 비상시에 그대로 갖고 출동할 수 있도록 하면 매우 편리할 것이다. Kit 용기는 가능한 한 가볍고 휴대가 간편해야 하며 양손의 움직임에 제약을 주지 않아야 한다. 따라서 방수 기능을 갖춘 배낭 형태가 알맞을 것으로 판단된다.

사고로 인한 대피나 소개에 따라 환경실험실의 주거성이 상실될 경우에 대비하여 제 2의 실험실이 필요하다. 과학기술부고시 제 2004-11호[16] '원자력사업자의 방사선비상계획 수립 등에 관한 기준'에 의하면 환경실험실이 비상계획구역 내부에 위치할 경우 동 구역 외부에 예비환경실험실을 지정하고 이동환경감시차량을 확보할 것을 요구하고 있다. 이동환경감시차량에는 이동식환경실험실이라고 할 만한 설비가 갖추어져야 할 것이다. 각종 장비들은 차량에 단단히 고정되어 충격에 따른 손상을 방지해야 한다. 차량은 고장시 교체가 가능하도록 트레일러 식으로 하는 것이 바람직하다.

비상시에만 특별히 사용되는 장비의 경우 사고가 없으면 무용지물이라는 생각에 보유·설치 및 유지·관리를 소홀히 할 개연성이 있다. 그러나 평상시에 이와 같은 대비를 철저히 하지 않으면 비상시에 환경감시를 제대로 수행할 수 없고 방호대책 수립에 큰 혼선이 초래될 수 있으므로 비상시 필요한 설비를 평상시에 충분히 보유하여 관리할 수 있도록 예산과 인력의 지원이 있어야 할 것이다.

### 5.3. 관련 절차 수립

비상시 환경감시에 관련된 업무를 신속하고도 효율적으로 수행하기 위해서는 평상시에 기능 및 임무별로 명확한 업무수행 절차를 매뉴얼 형태로 마련해 두어야 한다.

사고의 진행경과에 따라 비상대책실 근무 요원(환경탐사반장 및 보조요원)에게 필요한 절차를 순서적으로 나열하면 다음과 같다.

① 비상발령 접수 절차, ② 환경탐사반원 소집 절차, ③ on-line 공간방사선량을 측정결과 접수 절차, ④ 환경감시 지역 및 지점 선정 절차, ⑤ 야외 탐사반원 출동지시 절차, ⑥ 야외 및 실험실 측정결과 접수 절차, ⑦ 운영개입준위 적용 및 수정 절차, ⑧ 예비실험실 및 이동환경감시차량 운영지시 절차, ⑨ 보호조치 관련 건의 및 협의 절차, ⑩ 환경탐사반원 교대·철수지시 절차 등

야외 환경탐사 반원에게 필요한 절차를 순서적으로 나열하면 다음과 같다.

① 환경탐사반원 응소 절차, ② 개인장비 분배·수령 절차, ③ 탐사현장 이동 절차 ④ 야외 survey meter 측정 절차, ⑤ 야외측정자료 보고 절차, ⑥ 공기시료(미립자 및 수분) 채취 절차, ⑦ 임시 모니터링 포스트 설치 절차, ⑧ 차량 주행감시 절차, ⑨ in-situ 감마스펙트로메트리 절차, ⑩ 지표시료 채취 절차, ⑪ 식목시료 채취 절차, ⑫ 시료 운반 및 전달 절차, ⑬ 환경탐사반원 교대·철수 절차

환경실험실 근무 요원에 대해서는 다음과 같은 절차가 필요하다.

① 환경탐사반원 응소 절차, ② 시료 수령 및 전처리 절차, ③ 각종 분석 및 계측 절차, ④ 측정결과 보고 절차, ⑤ 주거성 상실시 예비실험실 운용 절차, ⑥ 이동환경감시차량 운영 절차, ⑦ 환경탐사반원 교대 절차, ⑧ 각종 장비 유지·관리 절차 등

#### 5.4. 비상 환경감시 업무 지원 전산체제 개발

사고로 인하여 매우 혼란스럽고 급박한 상황속에서 환경감시 업무를 통하여 획득한 각종 정보를 일일이 손으로 적어 보관하고 지면상에서 필요한 계산을 하게 되면 많은 오류와 지체를 초래하게 된다. 따라서 비상시환경감시 업무를 지원하고 수집한 정보를 저장·가공·처리하기 위한 전산 시스템의 수립이 필요하다. 이 전산 시스템은 원자력사업자가 수립하여 유사시에는 비상대책실 내에서 가동되는 것이 바람직하다.

비상시 환경감시 업무 지원을 위한 전산시스템에는 보호조치 기준, 각종 절차 및 양식, 환경탐사 장비 내역, 요원의 인적 정보 등 기본적인 사항의 저장과 함께 환경탐사 자료의 입력·처리 기능과 측정결과를 이용하여 운영개입준위를 수정하기 위한 전산 프로그램 등이 반드시 포함되어야 한다. 또한 지리정보시스템(GIS)이 갖추어져 야외 탐사요원들의 현위치와 각 지점에서의 측정결과를 저장하는 동시에 부지 주변 지도상에 시간대 별로 나타내는 기능이 부여될 필요가 있다. 지리정보시스템은 환경평가반과 호환이 가능하여 그들이 제공하는 예상영향범위 등이 on-line으로 전송, 출력될 수 있어야 할 것이다.

#### 5.5. 교육 및 훈련

비상시 환경탐사반원들이 주어진 임무를 신속·정확하게 완수하기 위해서는 평상시에 교육과 훈련을 통하여 임무를 숙지하고 적절한 숙련도를 유지하고 있어야 한다. 이러한 교육과 훈련에 관한 사항은 관련 법규에도 명백히 규정되어 있다.

특히 방재훈련을 통하여 비상시 환경감시를 위한 제반 절차가 제대로 이행될 수 있는지 점검하는 것이 중요하다. 이 때 야외탐사의 경우 기상에 따른 제약이 클 것이므로 악천후 및 야간에서의 훈련을 통하여 경험을 쌓는 동시에 문제점을 파악하여 해결하려는 노력이 요구된다.

### 6. 결 론

원자력 발전소 비상시 환경감시는 주민 보호조치 결정을 위한 가장 신뢰도 높은 정보를 제공하는 수단이다. 비상시에는 환경감시를 통하여 초기운영개입준위를 평가하기 위한 측정결과를 신속히 획득하고 사고의 경과에 따라 운영개입준위를 적기에 수정하기 위한 분석결과를 생산해야 한

다.

이를 위해서는 평상시에 비상시 환경감시 조직을 구성하여 인원과 설비를 확보·관리하고 각종 절차서를 수립하는 한편 주기적 교육과 훈련을 통하여 비상시 환경감시 요원들이 각자의 임무를 숙지하고 작업 숙련도를 높임으로써 비상시에 필요한 업무가 차질 없이 수행될 수 있도록 해야 한다. 한편 비상시 급박한 상황 속에서 각종 정보 및 자료의 관리, 운영개입준위의 수정, 환경탐사 결과 도시 등의 업무를 신속·정확하게 수행하기 위해서는 비상시 환경감시 업무를 지원하기 위한 전산시스템의 구축이 요구된다.

비상시 방사성 물질이 방출되기 전에는 사고 등급이나 모델의 예측 결과에 입각하여 주민 보호 조치를 결정할 수밖에 없다. 그러나 모델에 의한 예측은 일반적으로 불확실성이 크고 심각한 사고의 경우에는 더욱 그러하므로 반드시 방출개시 후에 얻어지는 측정결과에 입각하여 보호조치를 재평가하고 필요시 수정해야 한다. 비상시 보호조치에 관한 의사결정을 지원하는 데 측정결과보다 확실한 정보는 없기 때문이다. 그러나 측정에는 시간 및 공간적인 제약이 있으므로 모델과 측정의 장단점을 고려한 주민 보호조치 결정이 필요하다. 따라서 양자 간에 긴밀하고 유기적인 협조가 요구된다.

한편, 우리나라의 관련 법규에 보호조치 결정기준이 회피선량으로 주어진 것임을 명시하고 운영개입준위에 관한 규정도 포함시키는 것이 필요하다고 본다. 또한 일반개입준위(음식물에 대한 일반조치준위 포함)와 운영개입준위는 사회·경제적 여건이나 원자로 및 부지의 특성에 따라 달라져야 하므로 우리나라 또는 부지의 제반 사정에 보다 적합한 값을 도출하기 위한 연구가 수행되어야 할 것으로 본다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. IAEA, Generic assessment procedures for determining protective actions during a reactor accident, IAEA-TECDOC-955, Vienna (1997).
2. IAEA, Generic procedures for monitoring in a nuclear or radiological emergency, IAEA-TECDOC-1092, Vienna (1999).
3. IAEA, Method for developing arrangements for response to a nuclear or radiological emergency, EPR-METHOD(2003), Vienna, (2003).
4. IAEA, Intervention criteria in a nuclear or radiation emergency, Safety Series No. 109, Vienna (1994).
5. IAEA, International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources, Safety Series No. 115, Vienna (1996).
6. ICRP, Principles for protection of the public in a radiological emergency, Report of a Task Group of Committee 4 of the ICRP, Publication No. 63, Pergamon Press (1993).
7. 한국원자력안전기술원, 방사선비상 개입준위 기술기준(안), KINS/HR-448/SUP (2002).
8. IAEA, Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency, IAEA Safety Standards Series, No. GS-R-2, Vienna (2002).
9. 이정호, 이영복, 최용호 등, 방사선환경안전연구, KAERI/RR-710/87, 한국에너지연구소, 과학기술처 (1988)
10. 南賢太郎, 國分守信, 緊急時 環境放射線 モニタング 指針, 日本原子力學會誌, 26, 753-761 (1984)



11. 原子力安全委員會(日本), 緊急時 環境放射線 モニタング 指針 (2001).
12. S. Kato, H. Noguchi, M. Murata et al., Selective collection of organic iodine from the radioactive noble gas-containing atmosphere in nuclear reactor accident, 保健物理, 17, 427-436 (1982).
13. 과학기술부, “원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법 시행규칙,” 과학기술부령 제 55호 (2004).
14. Y. H. Choi, K. M. Lim, W. Y. Lee, S. Diabaté, S. Strack, Tissue free water tritium and organically bound tritium in the rice plant acutely exposed to atmospheric HTO vapor under semi-outdoor conditions, J. Environmental Radioactivity 58, 67-85 (2002).
15. 한국원자력연구소, 하나로 방사능방재 훈련실시계획서(안) (2004).
16. 과학기술부, “원자력사업자의 방사선 비상계획 수립 등에 관한 기준,” 과학기술부 고시 제 2004-11호 (2004).