

# 放射性廢棄物の規制免除概念 設定에 關한 IAEA의 動向

## 1. 序 言

環境 가운데 존재하는 모든 물질은 천연의放射性物質 혹은 核爆發降下物과 같은 人工放射性物質을 극히 미량이기에는 하나 포함하고 있으며, 방사성물질을 전혀 포함하지 않은 물질은 엄밀히 말하면 존재하지 않는다. 이것은 일반적으로 規制할 수가 없으며 또 건강에 대한 영향을 무시해도 좋을 극히 미량의 방사성물질을 포함하는 물질 모두를 放射線防護規制의 대상으로 한다는 것은 時間, 資源의 소비면에서 실제적이지 아니다. 따라서, 規制免除의 개념을 도입하여 규제대상에서 제외할 수 있는 放射能레벨을 설정할 필요가 있다.

放射線防護의 規制免除(Exemption)란 線源 등의 방사선레벨이 극히 낮아서 방사선방호의 規制를 免除하는 것을 뜻한다. 放射性廢棄物에 대해 말하면 規制면제 이하의 경우에는 방사성이 아닌 일반폐기물과 같이 처분해도 좋다. 즉, 規制면제레벨은 規制 대상이 되는 방사성폐기물의 방사능레벨의 下限値라 해도 좋은 것이다.

이와같은 극히 낮은 방사능레벨은 harmless, innocuous, negligible, trivial 또는 non-radioactive라고 칭해 왔다. IAEA에서는 放射性廢棄物處分の 검토에 있어 이와같은 개념 및 레벨을 나타내는 용어로서 데미니미스(De Minimis)를 사용하기로 했으나, 최근에 와서 規制免除라는 용어를 사용하는 것이 적당하다고 해서 개정했다. 그 이유는 데미니미스란 라틴말로 “法

律은 些少한 일에 관여하지 않는다”라는 말의 略語인데, 원래는 “檢察官은 사소한 일에 관여하지 않는다”의 뜻이라 한다. 이것은 보잘것없는 미량의 것이기 때문에 방사선방호의 規制를 면제한다는 점에서 規制免除(Exemption)를 사용하는 것이 적당하다고 했기 때문이다.

최근에 간행된 ICRP Publication 46의 放射性固體廢棄物處分の 放射性防護原則에 관한 보고서에서도 規制면제라는 용어가 사용되고 있다. IAEA의 보고서 등에는 그때 그때마다 데미니미스 또는 規制면제라는 용어가 사용되고 있으므로 그대로 소개하는데 적용상 같은 뜻으로 생각해도 좋다.

여기서는 방사성폐기물의 規制면제의 기본이 되는 放射性防護로부터의 規制免除線量레벨과 그 思考方式 및 방사성폐기물의 陸地處分の 적용에 관한 IAEA의 검토 상황에 대해서 기술한다.

## 2. 規制免除에 關한 檢討의 經緯

放射性廢棄物의 下限値, 즉 規制레벨의 설정 문제는 IAEA의 발족 후 얼마되지 않을 때부터 海洋投棄問題가 대두된 이래 계속 논의되어 왔다. 방사성폐기물의 해양투기 規制에 관해서는 1979년 7월에 데미니미스량을 검토하는 諮問그룹會議가 개최되어 그 검토 결과가 1981년에 技術報告書로서 간행되었다. 이 보고서에서 제안된 데미니미스線量레벨(個人線量 1밀리렘/年)

의 폐기물처분에 대한 적용상의 문제에 대해 검토가 행해졌는데, 보고서는 아직 간행되기까지에는 이르지 않고 있다.

육지처분에 대한 규제면제의 개념에 관해서는 1981년 9월에 자문그룹회의가 개최되어 그 결과가 焼却 및 埋没(埋立)에 의한 처분에서의 방사성고체폐기물의 데미니미스 개념에 관한 기술보고서로서 1983년에 공표되었다. 이 보고서의 勸告를 받아 1984년 12월에 방사성폐기물의 陸地處分에 대한 규제면제레벨(放射能濃度)의 誘導에 관한 持針作成을 목적으로 자문그룹회의가 개최되었다. 이 회의에서는 規制免除線量을 개인에 대해 1밀리렘/년으로 가정했을 경우 규제면제할 수 있는 폐기물 속 放射能濃度의 誘導方法과 그 농도의 例示 등 구체적인 적용 문제가 검토되었다.

이와같이 規制免除線量으로서는 海洋投棄의 경우와 마찬가지로 個人線量으로서 1밀리렘/년이 제안되고 있다. 이 값은 放射線被曝에 의한 리스크(重大한 영향이 발생하는 確率)가 사회 일반에 받아들여지고 있는 值인  $10^{-6}$ /年 정도에 비해 무시할 수 있다는 것, 自然放射線被曝線量の 變動範圍와 비교해도 충분히 적다는 것에 의해 정해진 것이었다.

한편 集團線量에 대해서는 考慮의 대상이 되기는 하나 구체적 숫치의 제안은 하고 있지 않는데, 다만 위에서의 자문그룹 회의에서는 규제면제선량에 대해서 ICRP에서도 검토중이었으므로 집단선량의 취급도 포함해서 다시 上級委員會 등의 결정을 기다리기로 했다.

이와같은 배경에서 규제면제 선량레벨과 그 기본적 사고방식을 IAEA에 조언하기 위한 上級專門家그룹會議가 1985년 4월에 개최되었다. 이 회의의 결론은 IAEA의 放射線防護基本安全基準으로부터의 規制免除一般原則에 관한 상급전문가그룹의 聲明으로서 공표되었다. 다시 이 생명과 함께 1985년 10월에 개최된 자문그룹회

의에서 방사선방호의 규제면제에 관한 일반원칙에 대해 安全指針draft가 작성되었다. 이 안전지침드래프트의 완성에 의해 規制免除線量이 결정되었기 때문에 앞에서의 육지처분에서도 규제면제가 적용되는 廢棄物中 放射能濃度의 誘導에 관한 보고서의 작성 작업도 촉진되어 1986년중으로 공표될 것으로 기대된다.

### 3. 放射線防護의 規制免除線량과 그 基本的 思考方式

여기서는 방사성폐기물 처분에서의 규제면제 레벨 설정의 기초가 되는 規制免除線량과 그 근거에 대해 1985년 10월의 諮問委員會에서 작성된 安全指針, '放射線源이나 行爲를 放射線防護에서 規制免除하기 위한 一般原則'의 드래프트에 대해서 기술한다. 이 안전지침 드래프트에는 방사선방호의 基本安全基準(BSS9)에서 이미 규제면제가 명기되어 있는 것을 포함해서 기본안전기준의 규제 즉, 届出, 登録 및 許可의 면제등이 기술되어 있다.

#### (1) 規制免除線량과 그 根據

規制免除線량에 관해서 個人線量 및 集團線量の 2개 레벨이 제시되고 있다. 즉 다음 2가지의 기준이 동시에 충족되는 線源 또는 行爲는 방사선방호의 규제를 면제할 수 있다.

① 個人(決定그룹)의 年線量 이 어떠한 식점에서든 1밀리렘/年 이하.

② 免除된 행위에 의해서 1년간에 預託되는 集團線量이 100명·렘 이하.

이 기본적인 사고방식은 線源 또는 行爲를 규제면제함으로써 개인선량 및 집단선량을 극히 낮게하여 개인의 리스크 및 집단의 건강 손해를 함께 낮게 한다는 것이다.

개인선량의 면제레벨 1밀리렘/年은 규제면제되는 개개의 線源 또는 行爲에 의한 결정 그룹에 속한 개인의 年線量이 ICRP 觀告에서 公衆의 개인에 대한 線量限度(生涯의 年平均線量 100

밀리렘/年)의 극히 근소한 부분으로서 1%를 넘지 않도록 설정되었다. 이 값은 自然background放射線の 0.5% 이하이며 이에 따르는 致死癌 및 遺傳的影響의 리스크는  $10^{-7}$ /년 정도로 극히 적다. 다시 하나의 행위에 대한 規制免除線량이 1밀리렘/年이면 어떠한 개인도 規制면제되어 모든 線源이나 行爲에서 10밀리렘/年(線量限度의 10%)을 넘는 線량을 받는 일은 있을 것 같지가 않다. 이 선량 10밀리렘/年은 리스크  $10^{-6}$ /년에 상당하는데, 사람들은 자기 자신에 생기는 중대한 영향의 確率變化가 1년에 대체로  $10^{-8}$ 보다 적으면 이 변화를 有意로는 보지않는다고 널리 믿고 있는 데에 근거하는 것이다.

集團線량의 規制면제레벨로서 제시된 100명·렘은 그에 의한 건강 손해는 적고 規制면제 대상이 된 線量 혹은 行爲에 의해서 被曝集團 속에 重大한 장해가 한 건도 발생하지 않을 확률이 대단히 높다(95%이상)는 데에 근거하는 것이다. 그리고, 집단선량에 대한 規制면제레벨은 다음의 3가지 이유에서 설정된 것이다.

① 個人線량이 낮은 경우에도 집단을 구성하는 사람 수가 많아짐으로써 집단의 건강손해가 커지는 것을 막는다.

② 集團線량이 有意하지 않은 경우에는 방사선방호의 最適化는 필요하지 않다.

③ 線源을 届出 혹은 登錄하지 않음으로써 높은 집단선량이 무시할 수 없는 건강손해를 가져오는 일이 없도록 한다.

(2) 規制免除適用上 考慮해야 할 基本的 事項

規制면제를 基準화할 때에는 다음의 사항에 유의할 필요가 있다.

① 容認할 수 없는 양의 방사성물질이 希釋 또는 細分化에 의해 환경속에 방출되는 일이 없도록 한다.

② 線源 혹은 行爲의 일부분을 면제하는 것이 아니고 일련의 行爲全體, 예컨대 폐기물에 대해서는 모든 원자력발전소를 대상으로 해서 설

정한다.

③ 免除對象으로 하는 線源 혹은 行爲의 사고 발생 가능성도 고려해서 規制면제의 대상으로 하는가 어떤가의 판단을 내린다.

4. 放射性廢棄物の 陸地處分에서의 規制免除레벨의 검토

4.1 陸地處分에서의 規制免除의 개념

앞의 방사성폐기물 처분에서의 데미니미스 개념에 대한 기술보고서에는 '특별한 管理를 행하지 않고 燒却 및 埋沒에 의한 처분을 행하기 위한 방사성고체폐기물의 데미니미스量 定義에 관한 고찰'이라는 副題가 붙어 있으며, 이 제안의 주요한 사항은 아래와 같다.

(1) De Minimis level

방사성폐기물의 데미니미스레벨, 즉 어느 값 이하에서는 公衆에 대해서 害를 미치지 않고 陸地環境에 처분할 수가 있는 방사능레벨을 정의하는 것이 필요하며, 그 기초가 되는 데미니미스線量으로서 개인에 대해 1밀리렘/년의 숫치를 제안한다.

(2) 폐기물의 데미니미스레벨 設定順序

데미니미스 개념의 적용, 즉 데미니미스線量에 대응하는 방사성폐기물의 방사능농도 설정은 아래의 순서가 필요하다.

① 對象廢棄物の 종류와 거기에 대응하는 폐기물의 처분 시나리오(處分方法, 處分場所를 포함)를 설정한다.

② 各處分시나리오에 대응하는 현실적이며 또한 대표적인 環境線量評價 모델을 확인한다. 모델은 대표적인 인구분포, 환경속의 경로 및 개인과 집단에 대한 線量評價 등을 고려에 넣어 작성한다.

③ 이상에 따라서 데미니미스線量에 상당하는 표준적인 데미니미스 放射性物質량 또는 濃度를 각 처분시나리오나 폐기물의 종류 등에 대해서 정한다.

(3) 線量評價 model의 選定

埋沒處分 및 燒却處分의 경우, 선량평가모델로서 그림 1에서와 같은 간략화된 被曝經路를 제안하고 있다. 이 모델의 설정조건으로서는 데미니미스선량에 상당하는 폐기물의 양을 추정할 수 있을 것, 決定 그룹의 평균적 개인의 선량을 계산할 수 있을 것, 또 모델은 가능한 현실적이어야 하는데 적당한 정보가 얻어지지 않을 경우에는 保守的인 평가를 채용해야 할 것 등이다. 또한, 데미니미스폐기물의 처분 작업자가 부당한 피폭을 받지않는 것도 확인할 필요가 있다.

(4) 앞으로의 계획에 대한 勸告

IAEA는 陸地處分에 대한 폐기물의 데미니미스레벨 결정에 필요한 計算모델의 개발을 후원하기로 하고, 그것에는 방사성폐기물의 淺層地中處分 등을 위한 같은 종류의 線量評價모델을 참고로 해야 한다고 하고 있다.

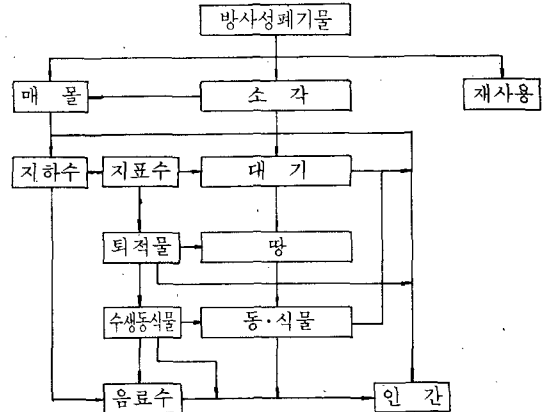
또, 埋沒處分이나 燒却處分 등 한정된 것에 관해서는 폐기물의 데미니미스량을 수치적으로 정하는 것을 권고하고 있다.

4.2 廢棄物의 規制免除레벨의 誘導

위에서의 技術報告書 勸告를 받아들여 1984년 12월 방사성폐기물의 육지환경에서의 처분에 대한 規制免除레벨의 算定에 필요한 指針作成을 목적으로 諮問그룹會議가 개최되었다. 이 회의 이후로 데미니미스 대신에 規制免除라는 용어가 사용되게 되었다.

회의는 육지처분의 방법으로서 매물처분과 소각처분을 대상으로 하고, 規制免除線量에 대응하는 폐기물농도의 구체적 誘導方法의 확립에 필요한 被曝經路, 評價모델 및 計算 파라미터 등에 대해 검토가 행해졌다. 그 결과 지침에는 폐기물의 規制免除濃度의 算定方法과 計算例를 제시하며 다시 표준적인 조건하에서의 規制免除放射能濃度도 함께 예시하기로 되었다. 여기서는 本會議에서의 검토 결과의 요점을 計算例

<그림 1> 陸地環境으로 처분된 放射性廢棄物과 人間과의 사이의 간략화된 經路



<表 1> 處分시나리오와 주요한 被曝經路

評價시나리오	被曝의 시나리오와 經路	
	被曝	經路
埋沒處分		
① 處分作業者	폐기물의 매물 작업시	외부피폭, 흡입
② 立入-建設	폐기후 처분지건설공사	" "
③ 立入-居住	폐쇄후의 처분지 거주	" " , 경구섭취
④ 火災	RI의 대기중 확산	" " , "
⑤ 地下水移行	지하수 경로의 음료수와 수산물	경구섭취
燒却處分		
燒却作業者	소각작업시	외부피폭, 흡입
燒却場付近居住	RI의 대기중으로의 확산, 침착	외부, 흡입, 경구섭취

를 포함해서 소개한다. 다만 숫자 등은 최종적인 것이 아님을 미리 밝혀둔다.

(1) 處分시나리오와 주된 被曝經路

規制免除放射能레벨(量과 濃度)의 유도를 위해 평가의 대상이 된 처분시나리오와 그 주된 피폭경로를 表1에 표시한다.

(2) 線量評價모델과 파라미터

처분시나리오마다 그림 1에서와 같은 경로에 대해 評價모델이 만들어진다.

계산에 필요한 파라미터 중 線量換算係數 등 표준적인 값이 ICRP出版物이나 IAEA의 安全 시리즈 No.57 등에 제시되고 있다. 이들의 수치

는 處分方法이나 場所에 따라 크게 조건이 다른 것에 대해서는 표준적이라고 생각되는 값을 사용하기로 하고, 적당하다고 생각되는 것은 그 변동의 범위가 제시된다. 이들 계산 파라미터의 일부를 表2에 예시한다.

(3) 規制免除放射能濃度の 計算例

計算對象核種은 ① RI의 利用, 實驗이나 医療에 사용되는 短半減期核種(半減期는 주로 1년 이하), ② 核燃料사이클에서 생성되는 核分裂生成物이나 放射化生成物, ③ 核燃料 사이클에서 생성되는 3개의 核種중에서 處分 시나리오와 핵종의 성질 등을 고려해서 선택되고 있다.

이상의 조건에 따라서 표1에 제시되는 각 처분 시나리오마다 規制免除濃도가 구해지고 있다. 表3은 그 한 보기로 埋沒處分 중 處分作業 시나리오와 居住 시나리오(처분장폐쇄 10년 후 거주 개시의 경우)에 대해 제시된 것이다.

또한, 各處分시나리오에 대한 規制免除濃度の 計算例를 바탕으로 일반적인 값을 제안하기로 한다. 그리고 各國의 규제면제레벨에 대해서는 그들 일반적인 값에 따라서 사이트 특유의 조건 등을 고려해 적절한 값을 설정할 수 있도록 하려는 것이다.

예를 들면, 計算對象核種을 다음의 6群, 즉 ① 高에너지 β-γ放射體(<sup>60</sup>Co, <sup>137</sup>Cs 등) ② 中

〈表3〉 規制免除放射能濃度の 計算例

處分方法 核種	埋沒處分作業		居住(處分場閉鎖後10年)	
	濃度 (μCi/g)	주요피폭 경로	濃度 (μCi/g)	주요피폭 경로
<sup>3</sup> H	2.7×10 <sup>2</sup>	흡입	4.6×10 <sup>3</sup>	경구섭취
<sup>14</sup> C	8.1	"	2.0×10 <sup>2</sup>	"
<sup>22</sup> Na	1.6×10 <sup>-5</sup>	외부피폭	3.0×10 <sup>-5</sup>	외부피폭
<sup>32</sup> P	1.3	흡입	-*	-
<sup>35</sup> S	7.6	"	-	-
<sup>45</sup> Ca	2.7	"	-	-
<sup>54</sup> Mn	4.1×10 <sup>-5</sup>	외부피폭	2.1×10 <sup>-2</sup>	외부피폭
<sup>60</sup> Co	1.4×10 <sup>-5</sup>	"	6.5×10 <sup>-6</sup>	"
<sup>90</sup> Sr	1.3×10 <sup>-2</sup>	흡입	1.3×10 <sup>-6</sup>	경구섭취
<sup>106</sup> Ru	1.6×10 <sup>-4</sup>	외부피폭	2.5×10 <sup>-2</sup>	외부피폭
<sup>131</sup> I	1.1×10 <sup>-4</sup>	"	-	-
<sup>137</sup> Cs	7.8×10 <sup>-5</sup>	"	7.3×10 <sup>-6</sup>	외부피폭
<sup>144</sup> Ce	2.7×10 <sup>-3</sup>	"	8.6×10 <sup>-1</sup>	"
<sup>239</sup> Pu	3.2×10 <sup>-5</sup>	흡입	1.0×10 <sup>-4</sup>	경구섭취
<sup>241</sup> Am	3.2×10 <sup>-6</sup>	"	1.6×10 <sup>-5</sup>	"

\* -는 2.7×10<sup>5</sup> (μCi/g) 이상을 가르킨다.

에너지 β-γ放射體(<sup>54</sup>Mn, <sup>131</sup>I 등) ③ 알파放射體(<sup>239</sup>Pu 등) ④ <sup>3</sup>H와 <sup>14</sup>C ⑤ 短半減期核種(<sup>32</sup>P, <sup>144</sup>Ce 등) 및 ⑥ Sr, 로 구분하여 各群마다 규제면제농도의 범위를 제시한다.

5. 結 言

이상에서 기술한 것처럼 放射線防護規制의 일반원칙에 관한 安全指針이 1986년 전반에 간행될 예정이다. 이 지침에는 폐기물의 規制免除放射能레벨의 설정 기초가 되는 規制免除線量(개인에 대해 1밀리렘/년, 집단에 대해 100명·렘)이 제시되고 있다.

이것을 이어서 현재 立案中인 육지처분에서의 폐기물의 規制免除放射能濃度の 誘導에 관한 보고서(一般의 值的 例示를 포함)도 계속해서 공표, 간행될 것으로 기대되고 있다. 현재 일본의 경우에는 原子力安全委員會 放射性廢棄物安全規制專門部會 등에서 방사성폐기물의 區分値(無拘束限界値 등)의 검토가 추진되고 있다.

IAEA에서의 규제면제레벨 설정에 관한 활동은 우리나라에서의 放射性廢棄物區分値의 검토에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

파라미터	選定된수치	期待되는 수치범위
處分場規模  새로 (m)	300	50~1000
가로 (m)	300	50~1000
깊이 (m)	5	5~50
處分廢棄物量 (m <sup>3</sup> /年)	3.7×10 <sup>4</sup>	1.1×10 <sup>3</sup> ~1.1×10 <sup>6</sup>
一般廢棄物에 의한 希釋率	0.1, 0.44	0.001~1.0
數地境界까지의 距離 (m)	500	100~5000
土壤 通氣層 두께 (m)	5	0~50
分配係數(ml/g)	<sup>3</sup> H: 0	0
	<sup>35</sup> S: 20	1~100
	<sup>60</sup> Co: 75	1~4×10 <sup>3</sup>
	<sup>90</sup> Sr: 15	1~10 <sup>3</sup>
覆土등에 의한 遮蔽係數	0.2	0~1