

ICRP가 사용하고 있는 중요한 概念과 量의 用語解説



徐斗煥 (韓國에너지研究所
原子炉管理室長)

3. 線量制限體系에 관계되는 概念과 量

(40) 위원회는 위원회가 권고한 기본적인 線量制限體系는 당연하면서도 서로 관계하고 있는 다음 세가지의 要件으로 매듭짓고 있다.¹⁾

1. 어떠한 행위도 그 도입이 正味로서 플러스의 便益을 가져오지 않으면 채용해서는 안된다.
2. 모든 被曝은 경제적·사회적인 요인을 고려하면서 合理的으로 달성할 수 있는 限 낮게 유지하여야 한다.
3. 個人에 대한 線量當量은 위원회가 각각의 상황에 따라 권고하는 限度를 초과해서는 안된다.

이들 3要件을 위원회는 다음과 같은 짧은 말로 표현하고 있다.

1. 그 行爲의 正當化(justification)
2. 放射線防禦의 最適化(optimization)
3. 個人에 관한 線量限度(dose limits)

3.1 正當化와 最適化

正當化

(41) “正味로서 플러스의 便益”이라는 말을

사용한 이 原則의 표현은 費用·便益分析의 개념을 援用하고 있는 것으로서 피폭이 관계하는 提案된 操業 또는 行爲가 容認되는지의 與否는, 現想的으로는 費用·便益分析에 따라 決定해야 할 것이라고 追加說明되어 있다.”¹⁾ 그렇지만 複數의 行爲중 어느것을 선택할 것인가는 多數의 要因에 의존하고 있고 그중 몇가지만이 방사선 방어와 관계가 있다. 相關요인중 몇가지만이, 現제로서 費用·便益分析의 手法에 包含되기 때문에 行爲의 正當化에 관한 決定은 더욱더 一般的인 意志決定의 方法論을 적용하는 것이 필요로 할 것이라는 것이 오늘날의 인식이다. 매우 드물지만 正當化에 관한 결정이 필요로 하는 例로서는, 이 원칙은 비교적 일반적으로 결정에 이르기까지에 생각하고 있는 행위 및 가능성 있는 代替法에 따르는 모든 이익과 손해를 고려에 넣어야 한다는 感覺的 表現이라고 봐야 할 것이다.

最適化

(42) “모든 被曝을 合理的으로 達成할 수 있는 限 낮게 유지하는 것”(keeping all exposures as low as reasonably achievable)과 “防禦의 最適化”(optimization of protection)와 “ALARA”라는 것은 ICRP의 體系中에서 ⁵⁾

同一한 개념이라는 것, “ALARA”라는 머리글자를 ICRP는 사용하고 있지 않다는 것은, 현재로서는 명확하다.

(43) 방사선방어를 最適化하기 위해서는 다양한 手法이 이용된다. 이들 수법의 어떤 것은 operations research에서, 어떤 것은 經濟學에서, 또 어떤 것은 工學에서 轉用되고 있다. 이용할 수 있는 수법중에는 費用·便益分析에 근거를 둔 절차도 있고 방어의 최적화에 관한 ICRP의 報告書⁶⁾에서 상세히 論議되어 있는 것은 이 절차에 따르고 있다. 이것뿐만 아니라 어떤 것은 定量的으로 또는 더욱더 定性的으로 여러 가지 다른 수법도 방사선방어의 최적화에 사용할 수 있음을 인식하는 것이 重要하다.

損害(detriment)

(44) 방사선의 해로운 영향을 定量的으로 나타내기 위하여 위원회는 리스크(risk)라는 개념과 損害라는 개념을 도입하고 있다. 어떤 주어진 線量에 따르는 리스크라는 것은, 이 선량을 받은 결과 어떤 개인에 특정한 放射線誘發의 영향을 생기게 하는 確率이다. 이에 대하여 損害라는 것은 피폭한 사람들의 그룹에 생기는 害의 量에 대한 수학적 期待值로서, 생길 可能性의 여러 有害한 영향의 確率과 重爲度의 양쪽을 고려한 것으로 정의되고 있다. 유해한 영향에는 確率의 영향과 非確率의 영향 [이들을 합해서 客觀的健康損害(objective health detriment)라 부른다], 리스크에 對한 개인의 걱정과 不安, 또 방사선피폭의 결과 강요되어 있는 여러 제한에 의하여 개인의 기분을 卼戾하게 하는 어떤 나쁜 결과도 포함된다. 통상적인 상황에서 맞게 되는 線量限度보다 낮은 피폭레벨에서는 非確率의 영향은 除外된다. 건강손해중의 確率의 영향은 집단실효선량당량에 비례한다고 간주한다.

(45) 방사선에 피폭한 개인의 걱정과 不安은 많은 요인으로 부터 생긴다. 이들 요인중의 하나는 리스크레벨과 이에 수반되는 리스크에 대한 태도이다. 위원회가 그 권고에서 시행한 가정에는 리스크레벨은 개인의 실효선량당량에 비례한다고 하고 있다. 이에 대하여 리스크에 대한 태도는 모든 리스크레벨에 있어서 리스크에 비례한다고는 할 수 없다. 이 태도는 선량당량 한도와 관련해서 받은 선량당량의 크기에도 영

향이 있을 것이다. 그 결과, 損害의 이 成分에 대한 피폭한 각개인의 寄與는 그 개인에 대한 실효선량당량의 어떤 함수(반드시 直線의 또는 모든 피폭그룹에서 동일하다고는 할 수 없다)로 된다.

(46) 집단실효선량당량을 사용하여 客觀的健康損害를 산정하는 데는 피폭한 사람부터 3세대 때 이후의 世代의 손해에 대한 유전적인 기여와, 非致死性암으로 부터의 기여는 포함하고 있지 않다. 더구나 單位實効線量當量當의 실제적인 리스크는 性, 年令등의 요인에 따라 변한다. 방사선방어의 최적화에 미치는 이들을 除外한 다른 요인에 의하여 생긴다고 생각되는 영향이 위원회에 의하여 檢討되었다⁷⁾. 全身均等피폭의 경우, 三世代제 이후의 유전적 해로서 가정된 全리스크 1.65×10^{-5} Sv 에 대하여, 公衆의 경우에는 0.4×10^{-5} Sv 의 리스크가, 平均적 작업자의 경우에는 그것보다도 낮은 리스크가 가해진다는 것, 즉 全損害는 기껏해야 24% 증가하는 것으로 인정되었다. 生殖腺이 가장 큰 선량을 받게 되었다고 보는 유전적 해는 실효선량당량만으로 시사하는 것의 두배로 될 것이다.

(47) 非致死암에 부과하는 追加의 損害에 대한 重要性은, 非致死암에 걸려서 通常의 健康狀態에서 치유까지의 疾病期間에 대하여, 암에 걸려서, 死亡할 때까지의 기간에 비하여 어떠한 置重도를 주는가에 달려있다. 만약, 이 상대적인 置重도를 0.1로 잡으면⁸⁾, 非致死 및 良性腫瘍의 유발에 의한 손해의 추가는 全身被曝인 경우, 유전적손해를 제외한 全損害에 대하여 불과 2% 증가시킬 뿐이다. 만약 암의 치사율이 낮은 甲狀腺과 피부와 같은 장기만이 照射 받는다고 가정하여 비교적인 置重도를 0.5로 높게 잡으면 全損害는 실효선량당량만의 사용에 의하여 시사되는 값의 약 두배에 가까워질 것이다. 그러나 體外피폭의 대부분의 경우, 또는 방사성핵종 혼합물에 대한 피폭의 경우, 실효선량당량을 사용해도 全損害를 다소 過少評價하지는 않을 것이라고 위원회는 결론 짓고 있다.

費用·便益分析(cost-benefit analysis)

(48) 방사선방어의 최적화에 費用·便益分析法을 사용하는 것이 기초가 된다는 思考方法은 매우 간단한 것이다. 즉, 어떤 選擇肢로 부터의

正味の 便益이 그 이외에 이용할 수 있는 選擇肢로 부터의 正味の 便益을 上廻한다면 前者를 選擇한다는 것이다. 正味の 便益이 最大인 選擇肢를 찾아내는 데는, 어느 쪽이나 방어레벨의 함수인 防禦의 費用(cost of protection)과 損害의 費用(cost of detriment)과의 合計가 最小가 되도록 이 두 비용을 서로 對面시키는 것이 필요하다. 방어레벨을 ω 로 나타내면, 다음 식이 만족할 때 이 밸런스가 성립한다 :

$$X(\omega) + Y(\omega) = \text{최소}$$

여기서 X는 방어의 비용, Y는 손해의 비용이다. 이 조건은 ω 를 獨立變數로 하여 ω_0 를 수학적 "最適值"로 놓고 微分形으로 나타내면 다음 식으로 된다 :

$$\left(\frac{dX}{d\omega}\right) \omega_0 = -\left(\frac{dY}{d\omega}\right) \omega_0$$

이 公式化는 微分費用·便益分析(differential cost-benefit analysis)이라고 불리운다. 만약, 방어레벨이 집단실효선량당량 S_E 로서 충분히 나타낼수 있다면 거기중에 ω 를 S_E 로 置換해도 된다.

(49) 最適化式의 요구를 만족시킬 모든 X와 Y의 組合을 고려할 필요는 없다. 容認할수 있는 解는 拘束函數(constraining functions)와 制限式(limit equations)에 의하여 부과되는 追加制限下에서 얻어진다. 구속함수는 物理法則과 같은 基本的要因 또는 損失에 대하여 割當値와 같은 시스템으로의 負荷에 근거를 둔 X, Y의 두 변수사이의 어떤 상호관계를 나타낸다. 線量當量限度는 이 시스템으로의 구속조건이 되지만, 이들은 공식적으로는 구속함수가 아니고 制限式에 따라 부과되는 조건이다. 이것은 종종 다음과 같은 간단한 不等式으로 나타낼수 있다. :

$$H_E(\omega) \leq H_{E, \epsilon}$$

여기서 $H_{E, \epsilon}$ 은 개인실효선량당량에 관한 적절한 한도, $H_E(\omega)$ 은 ω 이라는 방어레벨을 근거로 한 가장 크게 피폭한 개인의 실효선량당량이다.

(50) 여기서 적절한 한도라는 것은 그 線源이 다른 모든 선원과 독립적으로 취급할수 있는 경우에는 年實効線量當量限度면 좋을 것이다. 그렇게 되는 것은 그 선원이 집단의 어느 특정한

그룹의 피폭을 지배하고 있기 때문이며, 또 線量分布가 地理的으로 局限되어 있기 때문이다. 그러나 대부분의 경우, 개인에 대하여 容認된다고 생각되는 현재의 선원으로 부터의 最大리스크에 근거를 두고 上限值(upper bound)를 확정하는 것이 필요하다. 이 때, 방사선피폭을 일으키는 다른 선원으로 부터의 리스크를 고려하여 그것을 明確히 해야 한다. 線源에 관한 上限值(source upper bound)의 목적은 임의의 개인이, 가령 몇가지의 선원으로 피폭되었다 할지라도 그 개인의 피폭이 해당하는 선량당량한도보다 낮게 유지된다는 것을 확실하게 하기 위하여 그 선원의 최적화에 관한 구속조건이 된다는 것이다⁹⁾. 따라서 單一의 人工線源에 대한 上限值는 年線量當量限度의 一部分의 값에 설정된다. 上限值의 개념은 위원회에 의하여 선량당량한도를 적용하지 않은 自然線源으로 부터의 피폭제어에도 적용되고 있다⁹⁾.

(51) 방어의 여러 選擇肢는, 때로는 費用·效果분석(cost-effectiveness analysis)을 이용하여 比較된다. 이 절차에서도 방어의 비용과 殘存損害의 레벨이 산정되는데 이들을 같은 單位로 나타낼 필요는 없다. 가장 費用·效果性이 큰 選擇肢는 일정한 비용으로 손해의 最大低域을 얻을수 있는 것, 또는 가장 낮은 비용으로 손해레벨을 目標로 하는 값까지 낮추는 수단이다. 이와 같은 解析으로 부터는 費用·效果性이 가장 큰 選擇肢가 위에서 정의한 것과 같이 最適인 것인지의 與否는 알수가 없다.

防禦의 費用

(52) 방어비용의 評價는, 때로는 매우 복잡해질 때가 있다. 예를 들면, 만약 어느 일정한 방어레벨을 선택하는 것이 방어시스템을 製造하여, 설치하고 그 操業을 확실히 수행하는 것을 포함시킨다면 그 비용은 本質的으로는 이들 操業에 요하는 經費뿐만 아니라 그 시스템용의 素材 또는 部品の 획득에 요하는 비용 및 모든 操業에 수반되는 害에 관련하여 會社가 입는 비용도 포함시켜야 한다. 그러나 通常的으로 이들 모든 비용은, 이 시스템의 獲得 設置 및 操業의 金錢的 費用속에 이미 포함되어 있다고 假定할 수 있다.

(53) 방어비용의 金錢査定은 실제경비와 그

시간적분포를 고려한 흔히 있는 經濟手法으로 한다. 이들 수법은 최적화에 관한 報告書⁶⁾의 기술적내용의 각 章에 論議되어 있고, 또 會計節次에 관하여 입수할수 있는 文獻에 상세히 기술되어 있다. 가장 보편적으로 사용되는 두가지節次는 現在價値評價法 (present worth evaluations)과 資本化 또는 年賦化費用 見積法 (capitalized or annualized cost estimates)이다. 어느쪽도 當初資本費用과 그 施設의 수명이 계속하는 동안의 操作費, 즉 運轉費에 대하여, 장래의 出費를 出發時点에서의 出費와 비교하기 위하여 割引(discounting)해서 고려에 넣는다.

損害의 費用

(54) 損害費用의 산정은 論爭의 대상물로 되는 것으로서 건강의 가치(즉, 생명의 가치)와, 어떤 경우에는 건강에 무관한 害, 暗默의 판단 또는 明白한 판단을 포함하고 있다. 손해비용Y는 개념적으로 몇가지의 成分으로 나눌수 있고, 그것들은 별도로 취급할 수 있다.

$$Y = Y_H + Y_1 + Y_2 + \dots$$

여기서 Y_H 는 손해중에서 객관적 건강손해의 비용, Y_1 및 $Y_2 \dots$ 는 손해의 다른 여러가지 중요성분의 비용이다.

(55) 객관적 건강손해의 査定이란, 실제의 資源費用과 건강영향을 공통의 尺度로 나타낸 후 이들을 모아 이것을 근거로 비교하는 것을 포함시킨 것이라고 볼수 있다. 이 절차는 暗默중 사람의 生命, 健康 및 安全에 금전가치를 주게 된다는 이유로 批判되어 왔다. 그러나 이와 같은 비판은 상황의 진실을 인식하고 있지 않다. 그 상황이라는 것은 社會가 이용할 수 있는 자원은 有限이며, 또한 安全性의 改善은 이들 有限의 資源을, 通常 다 써버리고 장래 다른 목적으로 사용할 수 없을 것이다라는 것이다. 안전상 어떤 특정한 개선에 관한 어떠한 결정도, 건강의 상대적인 査定을 포함시키는 것은 피할수 없다. 費用·便益分析에서는 通常 이 상대적인 査定이 金錢으로 시행된다는 사실은, 단순히 편의상 그렇게 하는 것에 지나지 않는다. 가치의 다른 어떠한 共通尺度도 원리적으로는 마찬가지로 사용할 수 있을 것이다.

(56) 放射線損害에 다른 성분을 고려하면 그

와 같은 비용을 객관적 건강손해의 비용에 가산해야 할 것이다. 損害의 다른 成分이 그것들을 一括해서 생각하였을 때 개인선량에 의존한다면 손해비용은 다음의 一般式으로 나타낼수가 있다.

$$Y = \alpha S + \beta \sum_j N_j + f_j (H_j)$$

여기서,

α 는 방사선방어를 위하여 單位集團線量當量에 割當된 비용을 나타내는 디멘션을 갖는 상수

β 는 손해의 다른 성분의 單位量에 대하여 意志決定者에 할당된 金錢의費用

f_j 는 개인선량당량의 함수로서 리스크를 기피하는 태도 및 國家 또는 管理者의 規制에 의존하는 값

H_j 는 j번째의 그룹에 속하는 N_j 명의 개인에 대한 1인당의 선량당량이다.

(57) Y에 관한 이 표현의 第1項은 집단선량만이 관계된다. 第2項은 어떤 종류의 복잡한 상황하에서는 객관적이 아닌 것과 건강에 무관한 손해 - 이것들은 집단선량에 비례하지 않을지 모른다 - 를 고려하기 위하여 손해의 追加成分에 관계되는 비용을 가산하는 것이 바람직스러울지 모르겠다는 可能性을 반영하고 있다. 손해의 추가성분이 집단선량의 성분에 비례하는 특수한 경우에는 第2項은 다음과 같이 나타낼 수 있을 것이다.

$$\sum_j \beta_j N_j H_j$$

여기서 β_j 는 j번째의 그룹에 대한 집단선량당량의 單位量에 대하여 意志決定者에 할당된 金錢의費用이다.

(58) α 에 관하여 數値의 국제적인 最低値를 주는 것은 IAEA가 하고 있다. 各國用的 α 와 β 의 값을 결정하는 것은 해당되는 國家當局이 해야 한다. α 項을 함유한 값과 β 項을 함유한 값을 분리하는 데는 留意해야 하며, 특히 文獻에서 애매하게 " α 의 값"이라든가 "man-sievert의 비용"이라는 값에는 暗默中 β 項도 포함될수 있다고 評解해야 할 것이다.

(59) 다른 時間에 대한 費用을 비교하는 方法에는, 때때로 방어의 비용산정시에 기술한 割引, 그 이외의 手法이 쓰인다. 장래의 손해비용을 割引할 것인지의 與否를 결정하는 데는 다소의

論議가 있으며, 그것은 一部에는 손해가 발생하는 시간폭이 방어비용의 경우보다 훨씬 長期間이 요할 때가 많기 때문이다. 손해 그 자체는 割引될 성질이 아니라는 것은 강조해 두어야 한다. 그 割引手法을 이용할수 있는 것은 손해에 대하여 할당된 비용에 대해서 이다.

3.2 線量限度

線量當量限度(dose-equivalent limits)

(60) 위원회는 年線量當量限度를 권고하고 있다. 이들 限度는 몇가지 피폭조건외의 하나하나로부터 어떤 개인이 받은 선량당량에 관계되는 것이다. 예를 들면 한사람의 작업자는 職業上 피폭될 것이고 公衆의 構成員으로서도 피폭될 것이다. 선량한도는 피폭카테고리의 각각에 별도로 적용되는 것이다. 실제상은 이들 한도를 작업자 또는 공중의 구성원에 적용하는 것이 편리하지만, 이들 표현은 피폭의 카테고리에 적용하여 개인을 區分하는 필요성을 없애는 것이라고 해석해야 한다. 더우기 명확하게 하기 위하여 위원회는 解聲聲明⁴⁾속에서 작업자에 관한 선량당량한도는 1年間の 體外被曝에 의한 선량당량과 그와 같은 해에 섭취한 방사성핵종에 의한 預託實効線量當量과의 합에 적용하는 것을 意圖한 것이라고 지적하였다. 같은 原則이 공중의 구성원에 관한 선량당량한도에도 적용된다. 限度는 體內피폭과 體外피폭과의 합에 적용되는데, 실제로는 이것들을 별도로 평가해서 합계하는 것이 편리할 때가 많다.

(61) 體外방사선에 의한 선량당량은 방사선을 받은 동시에 주어지므로, 어느 해에 대한 限度는 그 년간에 받은 체외방사선에 적용한다. 방사성물질의 섭취에 의한 선량당량은 장래 매년 까지 확대될 때가 있으므로 이 경우의 한도와 비교해야 할 것은 預託實効선량당량이다.

(62) 후에 언급할 補助限度, 특히 年섭취한도와 誘導한도는 선량당량도에서 직접 산출되지만, 이들은 모든 선원으로부터의 개인피폭을 생각하고 있을 때나 또는 한 선원을 다른 것과 무관하게 취급할 수 있는 경우에만 직접 사용할 수 있는 것이다. 실제 대부분의 상황에서는, 선량당량한도는 선원에 관한 上限値로 바뀌놓을 수

있다. 선원에 관한 上限値는 人工線源에 관하여 限度가 있는 일부분이다. 이 상황에서는 補助限度의 이것과 같은 率의 값도 더 직접적으로 이용할 수 있다.

作業者에 관한 年攝取限度(annual limits on intakes for workers)

(63) 방사성핵종의 섭취에 유래하는 預託實効선량당량과 선량당량한도와와의 비교를 간단히 하기 위해서, 개개의 방사성 핵종에 대한 1年間の 최대섭취를 직접으로 주는 補助限度를 산출해 놓으면 편리하다. 이 보조한도는 年攝取限度(ALI)로서 알려져 있으며, 통상은 어떤 방사성핵종의 섭취에 유래하는 예탁실효선량당량이 작업자에 관하여 적절한 선량당량한도에 같게 되는 섭취량이다. 따라서 각 1年の 섭취를 ALI보다 낮게 제한하면, 예를 들면 50년 동안 每年 섭취하였더라도 그 방사성핵종으로부터의 최대 年선량당량은 항상 선량당량한도보다 낮다는 것은 확실하다.

(64) 여기서 강조해야 할 것은 기초로 되어있는 목표가 每年의 操業에 의하여 작업자에 예탁되는 리스크의 제한에 머물고 있고 그 이전에 해마다 더 낮은 리스크가 예탁되었다 할지라도 그것을 고려하지 않고, 또 장래 매년에 대한 피폭상황의 개선도 기대하지 않는다는 것이다. 위원회는 모니터링의 결과를 이용하여 어떤 물질, 특히 플루토늄의 연섭취를 推定한다는 것은, 실제상 어려움이 있다는 것을 인식하고 있지만, 이러한 어려움은 극복할 수 있고, 따라서 어려움이 있다고 해서 위의 結論이 무효가 되는 것이 아니라고 믿고 있다.¹⁵⁾ 이와 같은 사실은 體內汚染을 일으킬 가능성이 있는 作業者의 모니터링과 管理에도, 線量記錄의 保存에도 潛在的인 중요한 관계가 있다. 이것들은 ICRP Pub. 35에 論議되어 있다.

(65) 實用上은 실제로 받은 선량당량을 限度와 비교할 때는 이것들을 다음과 같은 補助的인량과 置換할 수 있다.¹¹⁾

$$\frac{H_{I;d}}{H_{I;1}} + \sum_j \frac{I}{I_{j;1}} \leq 1 \quad \text{및} \quad \frac{H_{I;s}}{H_{sk;1}} \leq 1$$

여기서 $H_{E;l}$ 은 年實効線量當量限度, I_j 는 그 1年間に 대한 핵종j의 섭취량, $I_{j;1}$ 은 핵종j의 年攝

取限度, $H_{sk, t}$ 은 피부에 대한 선량당량의 年限度이다.

(66) 체외피폭에 관하여 이 한도를 양쪽 다같이 만족시키면, 실제로 일어날 대개의 경우는 1980년에¹¹⁾ 0.15Sv를 감소시킨 눈의 水晶體에 관한 年線量當量限度도 만족시킴을 注意해 둔다.¹¹⁾

(67) 이 절차는 실효선량당량의 개념의 사용을 ALI의 사용을 통해서 體內的 방사체만에 한정되어 있는 것처럼 보이지만 이것을 실제로 편의상 사용하는데 지나지 않는다. 다른 방사선량에 관한 量도 體外照射에 의한 실효선량당량의 적절한 尺度로서 線量當量指標 대신에 사용할 수 있다. ALI에 관해서는 지금까지 기술하지 않은 또 하나의 한정이 있다. 위원회는 非確率的 영향을 방지하기 위하여 任意的 조직속의 年線量당량에 한도를 마련하고 있다. 대부분의 경우, W_T 값으로 나타낼 수 있는 확률적 한도가 아니고 이 값이 특정한 방사성핵종의 ALI를 결정하고 있다. 그렇지만, 어떤 상황에서는 만약 ALI中 몇가지는 非確率的의 영향에 의하여 결정된 것이라면, 預託실효선량당량 및 개개의 장기 또는 조직의 선량을 각각 해당하는 선량당량 한도와 비교하는 것에 근거를 둔 制限보다도 上述한 부등식 쪽이 엄하다는 것을 지적해 두어야 한다.

(68) 몇몇 상황에서는 誘導空氣中濃度 (derived air concentrations, DAC)가 실제로 도움이 된다. DAC는 ALI를 標準人¹²⁾ Reference Man)이 2000時間이라는 1年間の 작업시간동안, $1.2m^3h^{-1}$ 의 호흡률로 흡입한 공기의 부피로 나눠서 얻는다. 최근에 위원회는 단수명핵종의 경우, 體外照射에 의한 追加의 寄與가 중요하다는 사실에 주의를 촉진시켰다.¹³⁾ 이 寄與는 호흡에 의한 것보다는 클 때가 있으며, 體外照射의 一部로서 산정해야 한다. 放射性希가스의 구름 또는 元素狀Na의 구름에 둘러싸인 표준인의 submersion에 대해서도 그것이 적절한 경우에는 DAC가 산출되어 있다.

公衆의 構成員에 관한 年攝取限度
(annul limits on intakes for members of the public)

(69) 작업자에 관한 ALI와 같은 補助限度의

계산과 이용에 적용될 원칙과 같은 것이, 공중의 구성원에 대해서도 적용된다. 최근에 위원회는 聲明을 발표하여 身體의 크기와 代謝, 특히 성인과 유아, 소아와의 相違 및 일반환경에 존재하는 방사성핵종의 化學形의 相違로 부터 실제상 일어나는 곤란한 문제를 논의하고 있다. 公衆의 成人構成員에 대해서도 피폭의 가능성이 계속되는 기간은 預託선량당량의 산정에 사용한 積分期間인 50年과 크게 다르지 않고, 그들의 代謝과라미터와 生物學的과라미터는 표준인의 값으로 충분히 대표할 수 있다. 또한 위원회는 실효선량당량의 도입에 사용한 荷重係數는 작업자 뿐만 아니라 공중의 구성원에게도 충분히 좋은 近似值로 보고 있다는 것도 기술하였다. 非確率的의 영향에 관한 限度도 이들의 계산과 무관한 눈의 水晶體에 관한 값을 별도로 작업자의 1/10이므로 공중의 성인구성원에 관한 ALI는 작업장소에서 찾아볼수 있는 것과 같은 物理化學形의 방사성핵종에 대해서는 작업자용의 ALI¹⁰⁾를 1/10로 해서 얻을 수 있다.

(70) 幼兒 및 어린이를 취급할 때처럼, 지금 생각하고 있는 공중의 그룹이 成人標準人과 생물학적 특성에서 크게 달라질 때는, 臟器의 크기와 代謝과라미터의 相違를 생각하고 있지 않으면 안된다고 위원회는 권고하고 있다. 작업자의 한 장기에 대한 예탁선량당량의 계산에는 50년이라는 積分期間을 적용하고 있다. 위원회는 이 기간이 공중의 구성에도 적절하다고 생각하고 있다.¹³⁾ 이를 위한 補正係數 대략 70/50이기 때문이다. 例外的으로 섭취하였을 때의 연령부터 예를 들면 70세까지 적분한다는 더 복잡하지만 더욱 엄밀히 취급할 수도 있다. 그러기 위한 적절한 절차는 成人과는 크게 다른 住民集團, 특히 幼兒와 小兒에 관한 단위섭취량의 예탁선량당량치를 유도하기 위한 계산을 전문위원회2가 작업자를 위한 값을 계산하는데 사용한 원칙과 같은 것에 입각하여 적절한 생물학적과라미터를 사용하여 일반환경에서 만날 것으로 예상되는 방사성핵종의 物理化學形을 고려해서 해야 할 것이다.

決定그룹(critical groups)

(71) 공중의 구성원에 관한 선량한도는 決定 그룹의 구성원에 대한 평균실효선량당량에 적용

하는 것을 意圖한 것이다. 이 그룹의 크기는 집단속에서 최고의 선량당량을 받는다고 예상되는 個人을 대표하는 것이라야 한다. 이 그룹은 나이, 먹이 및 받을 선량에 영향을 줄수 있는 상황과 행동이라는 觀點에서 비교적 均一하고 충분히 작은 것이라 한다. 이 그룹은 일반집단보다도 높은 레벨로 피폭한 實在의 사람의 모임이라도 좋고, 또 보다 높은 레벨의 피폭이 예상되는 장래의 그룹이라도 좋다. 決定그룹의 개념은 다른 보고서에 상세히 논의되어 있다.

(72) 비교적 높게 피폭된 그룹중, 어느것이 決定그룹인가를 결정하기 위해서는 문제의 방사성핵종으로 부터의 被曝經路를 調査할 必要가 있다. 얼마만큼 상세히 調査할 것인가는 推定된 실효선량당량의 크기가 어느 정도인가에 달려 있다. 실효선량당량이 선량한도의 수%를 초과한다고 推定되면, 예상되는 決定그룹의 食習慣 등 習性에 대하여 매우 상세한 서베이가 필요하다고 생각된다. 決定그룹의 피폭을 초래하는 經路는 決定經路(critical pathway), 최고선량을 주는 방사성핵종은 決定核種(critical nuclide)이라 부른다.

(73) 적절한 決定그룹을 選出한다는 것은 容易하다고는 할수 없다. 이 選擇에 있어서 主要한 決定因子의 하나는 決定그룹에 속하는 개인의 수이다. 선량한도는 비교적 균일한 그룹내의 평균선량당량에 적용된다는 것은 명확하게 기술되어 있다. 通常, 決定그룹은 단 한사람으로 성립될 수 없으며, 매우 커서 균일성을 잃은 일도 없을 것이다. 따라서 대개의 決定그룹의 크기는 人員數로 보면 數十人까지이다.

(74) 成人이 아닌 공중의 구성원에 관한 ALI의 산출시 代謝파라미터를 바꿀 필요가 있는 것과 같이 유아와 소아가 決定그룹을 구성하는 경우에는 섭취량에 적절한 값을 채용할 필요가 있을 것이다.

誘導限度(derived limits)

(75) 실제로 일어날 대부분의 상황에서는 測定되는 量과 선량당량을, 또는 보조한도조차 직접 관련짓는 것은 어렵다. 그래서 실제로 측정되는 量, 예를 들면 환경물질의 汚染레벨에 연결되는 한도를 만들어 놓은 것이 유용하다. 이들 한도가 어떤 정해진 모델에 의하여 기본한도

와 관련되고 기본한도를 반영할수 있도록 意圖되었을 때, 이것을 誘導限度라 부른다. 이것들이 선원에 관한 上限値와 같은 관계를 지을수 있으면 誘導上限値(derived upper bounds)라 부른다.

(76) 유도한도와 기본한도, 또는 선원에 관한 상한치와 유도상한치와의 사이에 대한 관련의 정확성은 계산에 사용된 모델의 현실성의 정도에 의존한다. 어떤 유도한도는 매우 특수하게, 명확히 특정지을수 있는 상황에 대하여 계산된다. 이와 같은 경우, 유도한도는 선량당량도와 꼭 알맞게 對應할 것이다. 또 모델은 조심스러운 방법으로 매우 一般化되어 있을 때도 있어서, 그 경우에는 선량당량한도와 관련성은 그다지 직접적이지 아니다. 일반적인 한도는, 통상 특수한 상황에 대하여 계산된 한도보다도 소극적인 것이다. 유도한도는 그것들이 계산된 상황에만 사용해야 한다.

(77) 위원회는 공중의 구성원에 대하여 5mSv라는 실효선량당량한도를 권고하여, 이 한도의 변경은 방사선방어의 관점에서는 모든 피폭을 합리적으로 달성할수 있는 한 낮게 유지한다는 원칙의 엄밀한 적용과 同等의 重要性을 갖는 것은 아니라고 주의하고 있다. 그런데도 不拘하고 決定그룹내의 소수 개인이 장기간에 걸쳐서 高線量率로 피폭되는 것이 실제로 발견되었다는 稀少한 경우에는 그 사람들의 生涯선량당량을, 일생애를 통하여 年當 1mSv의 全身피폭에 상당하는 값으로 제한하기 위한 方案을 세우는 것이 현명하다고 시사하고 있다.

認定限度(authorized limits)

(78) 유도한도 또는 유도상한치는 선량한도 또는 선원에 관한 상한치와 비교하는 手段이 되지만, 통상은 선량당량을, 방사성핵종의 방출률 또는 환경물질내의 濃度에 관한 실제적인 작업한도가 적절한 國家當局 또는 관리자에 의하여 설정된다. 이들은 認定限度로서 알려져 있다. 인정한도는 例外的으로 같을 때도 있지만, 일반적으로는 유도한도 또는 유도상한치보다도 낮아야 한다. 작업자에 관한 인정한도에는 일반적으로 널리 적용되는 것도 있고, 명확히 규정된 局地的狀況만에 적용되는 것도 있다. 공중에 관한 인정한도는 決定그룹의 구성원에 대한 선량

을 제어하기 위하여 일반적으로 쓰인다. 그러나 이들의 값은 적절한 선원에 관한 상한치 또는 例外的으로 선량당량한도치에 의하여 拘束되어 최적화한 결과를 고찰한 후에 선택된 것이다. 인정한도는 절차에 함유될 不確定性을 감안하여, 또는 操業上의 융통성을 주기 위하여, 종종 최적화 결과 얻은 값보다 다소 높은 값을 취하기도 한다. (끝)

文 獻

1. ICRP *Publication* 26. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Annals of the ICRP*, 1, No. 3, Pergamon Press (1977)
2. ICRU *Report* 33. Radiation Quantities and Units. International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington DC. (1980)
3. ICRU *Report* 30. Quantitative Concepts and Dosimetry in Radiobiology. International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington DC. (1979).
4. Statement from the 1978 Stockholm Meeting of the ICRP. *Annals of the ICRP*, 2, No. 1, Pergamon Press (1978)
5. Lindell, B, Beninson, D.J. and Sowby, F.D. "International Radiation Protection Recommendations : 5 Years' Experience of ICRP Publication 26" : *in International Conference on Nuclear Power Experience*, IAEA, Vienna, September 1982.
6. ICRP *Publication* 37. Cost-Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection. *Annals of the ICRP*, 10, No. 2/3, Pergamon Press (1983)
7. Statement and Recommendations of the 1980 Brighton Meeting of the ICRP. *Annals of the ICRP*, 4, No. 3/4, Pergamon Press (1980)
8. ICRP *Publication* 27. Problems Involved in Developing an Index of Harm. *Annals of the ICRP*, 1, No. 4, Pergamon Press (1977)
(譯註 : 增訂版이 Publication 45로서 出版되어 있다)
9. ICRP *Publication* 39. Principles for Limiting Exposure of the Public to Natural Sources of Radiation. *Annals of the ICRP*, 14, No. 1, Pergamon Press (1984)
10. ICRP *Publication* 30. Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. Part 1. *Annals of the ICRP*, 2, No. 3/4, Pergamon Press (1979)
11. ICRP *Publication* 35. General Principles of Monitoring for Radiation Protection of Workers. *Annals of the ICRP*, 9, No. 4, Pergamon Press (1982)
12. ICRP *Publication* 23. Reference Man : Anatomical, Physiological and Metabolic Characteristics, Pergamon Press (1975)
13. Statement from the 1983 Washington Meeting of the ICRP. *Annals of the ICRP*, 14, No. 1, Pergamon Press (1984)
14. ICRP *Publication* 43. Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the Population. *Annals of the ICRP*, 15, No. 1, Pergamon Press (1985)
15. Statement from the 1984 Stockholm Meeting of the ICRP. *Annals of the ICRP*, 14, No. 2, Pergamon Press (1984)