

Radiant Rays Facilities

by Min Ku Song

이스라엘 나할에 있는 10메가톤급 원자력발전소

■ SUMMARY ■

This article is a short summary of a work by the writer concerning the use of atomic energy in Korea. The uses for atomic energy for peaceful purposes are many, the field of agriculture and medicine are good axample. the writer is designing facilities for a gamma greenhouse and also an atomic energy reactor. Both of these were projects of the Office of Atomic Energy.

Other areas that have or will contribute to this field include Dr. Chi-Yul Ahn, the chief of the Office of Atomic Energy, who has done much research concerning the use of the radiant rays caused from atomic energy to treat cancer.

The original concept of radiation sickness has been enormously expanded with the advent of atomic age. Treatment of disease, particularly cancer, by X-ray methods has been in operation since 1896. As experience was gained in this complex field, the effects of radiation on the body became apparent. Many theories were advanced to explain the symptoms. In view of the fact that radiation of the abdomen was most likely to produce these symptoms, it was thought that radiation in this area was affecting the adrenal glands or the nerve centers because of their anatomical position. There is no definite theory acceptable to all investigators at the present time. Treatment, however, has been more successful.

This article will provide the architect who might have to design one of these facilities a tip on what he should know in order to complete his work.

방사선 시설에 관하여

총 민 구

전호에서는 대지를 관리구역(管理區域), 조사구역(照射區域), 오염구역(汚染區域), 조사 및 오염구역 등으로 구분하여 이에 적합한 시설을 하고 방사능(放射能)의 오염을 철저히 방지하여야 한다는 것 또 오염은 어떠한 상태와 경로를 통하여 이루어지는가 또 이에 따르는 건물의 평면은 오염을 방지하기 위하여 또는 방사선의 피폭(被曝)을 막기 위하여 평면계획을 어떻게 계획하여야 하는가 그리고 방사선이 조사(照射)되었을 때의 인체에 대한 최대 허용량 등을 간단히 설명하였다.

극히 개괄적인 설명임으로 독자재현에게 큰 도움이 되지는 못할 것이나 대략 어떠한 것이 방사선시설(放射線施設)에 있어서 이루어져야 하는가를 짐작이 갈 것으로 생각한다.

사고(事故)의 예

전호에서도 열거한바 있으나 전신이 방사선에 조사(照射)되었을 때 대략한 한계는 250mr/week이고 유전변이를 일으키는 정도는 10r/30years이다.

대개 600 r 이상 조사되면 100% 죽음에 이른다고 하는데 수 천 rem의 조사를 받으면 신경계통이 침범되어 수 시간 이내에 사망한다고 하며 500~2000 rem에서는 위장장애가 주로 나타나며 또 이러한 증세는 수 시간 내에 나타났다가 1~2일 후에는 다소 경쾌할 수도 있으나 다시 악화하여 1주일 전후하여서 사망한다고 한다.

300~500 rem에서는 피폭 후 1시간 정도는 토하며 설사를 하는 것이 1~2일 계속하며 피로감과 자율신경(自律神經)의 불균형 등의 증상을 병발하고 한편 혈액의 변화가 나타나 증상이 2~3주일이면 정점에 도달하여 탈모 피부출혈반(皮膚出血斑), 내장의 궤양(潰瘍) 등이 또한 병발하게 되어 50% 정도는 사망하게 되고 죽음을 면한 사람은 서서히 회복을 하나 대단히 오랜 시간을 요한다고 한다.

따라서 400 r을 중간치사량이라고도 한다. 100 rem 정도이면 사망율은 15% 이내이고 증상도 단시간에 가뻛게 경과한다고 한다. 20~50 rem에서는 변화는 거의 혈액에 한정되며 25rem 이하에서는 보통 임상검사에서는 변화를 찾아 볼 수가 없다고 한다.

그러나 위에서 말한 바는 피폭 후 급성적(急性的)으로 오는 증상이며 후발적(後發的)으로 여러가지 장애가 발

생하는 경우가 많다고 한다.

이렇듯 지극히 위험한 물질 또는 방사선을 다루어야 할 시설에 대하여 우리들은 그 설계에 있어서 각별한 주의가 필요함은 물론 시공에 있어서도 주의와 연구가 필요하다 하겠다.

여하튼 이러한 위험한 방사선에 의하여 인명에 피해를 끼친 사고를 몇 가지 미국에서 일어난 것을 예로 들어 알아 보기로 하겠다.

가장 큰 반향을 일으킨 사고는 1961년 1월 Idaho 주에 있는 미국국립원자로시설장에서 일어난 SL-1 원자로의 핵폭주사고(核暴走事故)이며 이로 인하여 당시 정지 중에 있었던 그 원자로의 보수에 종사하던 3인의 종업원 전원이 사망하고 말았던 것이다.

당시 로실 내는 최고 1,000~500 r/h에 이르는 방사능오염(放射能汚染)이 되어 있었다고 한다.

또한 이 사고에서는 아주 격렬한 파열이 있었다는 것이 판명되었는데 전 중량 13 ton에 이르는 원자로용기가 사고시에 약 2~3피트 높이 까지 튀어 올라가 모든 증기관, 급수관 기타 부속관은 여지없이 절단되었다고 한다.

1958년 12월 Los Alamos에서 일어난 사고로서 1명은 약 1,200 rem이 피폭되어 32시간 후에 사망하고 말았다.

이때 다른 2명은 각각 134 rem, 53 rem이 피폭되었다고 한다.

원인은 폐액(廢液)에서 Pu를 회수하는 공정에서 잘못하여 처리탱크에 규정량 이상을 넣은 까닭으로 일어난 사고라고 한다.

기타 1956년 Ornl에서 폐기물치장(廢棄物置場)에 있는 질코늄의 폭발로 2명이 사망한 것 등등 이밖에도 많은 사고들이 일어났었다.

차폐체(遮蔽體)의 설계

인명을 깨닫아가는 무서운 방사능에서도 β 선은 공기에 의하여도 용이하게 막을 수가 있으며 β 선은 일반적으로 합성수지(合成樹脂)라든가 얇은 알루미늄판으로도 막을 수 있는 고로 문제가 적으며 인체에 조사되어도 체포만 조사된다.

그러나 energy가 대단히 큰 β 선일 경우에는 차폐하면 제동방사선(制動放射線)이 방사되기 때문에 각별한

주의가 필요하게 된다고 한다.

무엇보다도 가장 문제가 되는 것은 투과력이 강한 γ 선, X선 및 중성자선(中性子線)이 주로 문제가 되며 일반적으로 상당히 두꺼운 차폐벽으로써 이것을 막지 않으면 안되게 된다. 그러면 이 차폐벽을 설계함에 있어서 그 기본방침은 대략 다음과 같다.

첫째 방사선 또는 방사능에 대한 안전성을 주로 하며 사용상 편리하고 구조적으로도 안전하며 경제성도 고려하여야 되겠다는 것은 우선은 상식적인 생각들이다.

차폐체 설계에 앞서 선원(線源)의 사용목적, 사용방법, 선원의 종류 및 양을 알아야 한다. 선원이 가령 동위원소(同位元素 이하 RI라고 한다)이면 그 물질명과 류티수(數)를 또 선원의 방사선발생장치이면 그 종류, 형식, 성능 등을 알아야 한다.

대개의 선원은 점상선원(點狀線源)이며 많은 저장공(貯藏孔)에 저장된 RI 등으로서 선상(線狀) 또는 면상선원(面狀線源)이라고 생각되는 것도 선원과 차폐체와의 거리가 선원의 크기에 비하여 크다고 생각될 때에는 점상선원(點狀線源)이라고 간주하며 점상선원이라는 계산은 대단히 간단하여 진다. 계산에 앞서 차폐체 바깥에 있어서의 방사선량률(放射線量率)을 시설의 사용목적에 따라 결정하여야 한다. 이 결정에는 어떠한 작업자에 대하여도 연간 5 rem을 넘는 피폭이 없도록 하는 것이 원칙으로 되어 있다.

따라서 1년을 약 50주라고 하면

$$5 \text{ rem} \div 50 = 100 \text{ mrem}$$

1주간의 작업시간을 48시간이라고 하면

$$100 \text{ mrem} \div 48 = 2.08 \text{ mrem/h}$$

가 되며 γ 선의 생물학적효과비율(生物學的効果比率)(Relative Biological Effectiveness)은 1인고로 허용선량률(許容線量率) 역시 렌트겐 단위로서도

$$2.08 \text{ mr/h가 된다.}$$

다음에는 차폐하여야 할 점에 차폐체가 없을 때의 선량률(線量率)을 구하여야 한다.

그것은 다음 식에서 구한다. 단 다음 식은 점상등방선원(點狀等方線源)으로부터의 그 선의 선량률을 나타낸다.

$$D_{(0)} = 1.56 \times 10^{11} \frac{C \cdot E \cdot \mu_a}{d^2} (\text{mr/h})$$

단 $D_{(0)}$: 차폐체가 없을 때의 차폐할 점에 있어서의 선량률(線量率) (mr/h)

d : 선원에서 차폐할 점까지의 거리(cm)

C : 선원의 크기(C)

E : γ 선의 energy(Mev)

μ_a : 공기의 energy 흡수계수(cm^{-1})

만일 ^{60}Co 이나 ^{137}Cs 와 같은 RI를 사용하는 시설에서는 다음과 같은 근사식을 사용하고 계산한 결과 연판(鉛

板)의 두께가 10 cm 이상 또는 콘크리트 두께가 50 cm 이상이라는 계산한 값의 25%를 더 가산한다.

$$D_{(0)} = 5.2 \times 10^6 \frac{C \cdot E}{d^2} (\text{mr/h})$$

다음은 차폐체에 의하여 감소시키는 선량률의 값을 다음 식에서 구한다.

$$I = \frac{D_{(t)}}{D_{(0)}}$$

단 I : 감소될 선량률의 값

$D_{(0)}$: 차폐체가 없을 경우 차폐하여야 할 점에 있어서의 선량률(mr/h)

$D_{(t)}$: 두께 t (cm)의 차폐체 투과 후의 차폐하여야 할 점에 있어서의 선량률(mr/h)

이것은 일반적으로 허용선량률을 취한다.

즉 2.08 mr/h 같은 수를 사용한다.

다음은 차폐체의 두께는 다음 식에 의하여 산정한다. 단 단일 energy에 의한 방사선을 방출하는 선원의 경우에만 한한다.

$$I = e^{-\mu t} B(\mu, t)$$

단 t : 차폐체의 두께(cm)

μ : 차폐체의 선흡수계수(線吸收係數) (cm^{-1})

$B(\mu, t)$: 재생계수(再生係數)

재생계수는 차폐체를 구성하는 물질과 그의 두께, 방사선의 energy에 따라 다르다.

따라서 이것은 보통 도표에 의하여 구하게 되어 있는데 지면관계상 이 도표는 후일에 게재하기로 한다.

계산예

200 C의 ^{60}Co 점상선원(點狀線源)으로부터 4 m 떨어진 곳에 보통 콘크리트의 차폐체의 외측이 있다. 차폐체 외측은 작업하는 사람이 항상 출입하는 장소일 때 차폐체의 두께는 얼마나 하면 될 것인가

단 산란선(散亂線)은 고려에 두지 않기로 한다.

× × ×

^{60}Co 에서 방출되는 방사선은 energy가 두 가지의 γ 선의 energy가 있다.

하나는 1.17 Mev 또 하나는 1.33 Mev 따라서 이 두개를 합한(1.17+1.33) Mev로 γ 선의 energy로 계산한다.

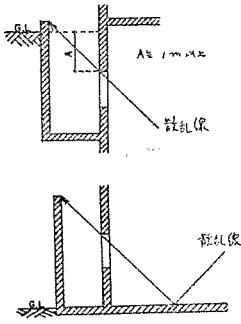
β 선은 0.5 Mev이며 이것은 고려할 필요가 없다.

다음 허용선량률은 앞에서 말한 바와 같이 1주간 48 시간 노동한다고 하면 2.08 mrem/h

γ 선은 상대생물학적효율(相對生物學的效率 Relative Biological Effectiveness=RBE)이 1이므로 따라서 허용선량률도 Röntgen 단위로 2.08 mr/h가 되어 이 값을 취한다.

유출을 막아야 한다.

특히 제 8도와 같이 창밖으로 차폐판을 붙일 때에는 제 3도에서 $D=30$ cm 일 때 차폐판의 크기는 가로 세로가 창구의 가로 세로의 1.55 배의 크기로 하고 재료는 철판을 사용하되 차폐 두께가 부족할 때는 연판(鉛板)을 겸용한다.



(제 2도)

하향식(下向式) 하향(下向) 및 횡향식(橫向式), 회전식(廻轉式) 이렇게 3종류가 있다.

선원(線源)이 100 C 전후이고 조사가 수직으로 하향(下向)할 때에는 조사실(照射室)은 지상에 있어도 좋다.

만일 조사방향이 하향은 하향이나 영도에서 15도 범위 내에서 조사방향을 이동시킬 수 있는 설비이면 이 ^{60}Co 조사실의 바로 위의 마루는 충분히 차폐가 되어야 하고 이 조사실을 일반 병동에 두어도 좋으나 산과 소아과는 피하여야 된다.

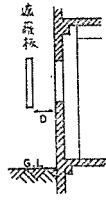
다음에 선원이 500 C 전후이고 조사가 수직으로 하향할 때에는 역시 조사실은 지상에 두어도 좋다.

그러나 앞에서 말한 것과 같이 영도에서 15도 범위 내에서 조사방향이 하향은 하향이나 이동이 가능하면 이때는 이 조사실은 외래진료동(外來診療棟)에는 두어도 되나 주위에는 복도, 계단, 변소 등이 있는 곳이 좋으며 병동에는 두어서는 안된다.

다음에는 하향(下向) 및 횡향(橫向)방향으로 조사할 수 있는 ^{60}Co 시설에 대하여서는 횡향은 60도에서 90도 범위에서 조사되는데 이러한 기계로서 선원이 100 C 정도일 때는 조사실은 건물의 제일 말단에 배치하든가 또 차폐가 충분치 않을 때에는 지하에 조사실을 두든가 또는 바로 위는 외래진료동이라야 한다.

만일에 선원이 500 C 정도이면 조사실은 지하에 있어야 하고 조사실 주위는 변소, 계단, 복도와 같은 부분이라야 하며 바로 위는 창고와 같은 것이라야 한다. 그렇지 못할 때에는 따로 독립건물이라야 한다.

마지막으로 회전식(廻轉式)일 때에는 선원도 강하여 1,500 C 정도이고 조사방향도 평면적으로는 하향일 경



(제 3도)

D
30 cm
40
50

1.55
1.70
1.85

우 360도 회전이 가능하고 횡향은 한방향의 벽면에만 조사가 가능한 기계를 말하며 이것은 선원도 강하고 작동법 위도 광범위인고로 별도로 독립시켜 지상에다 건축하는 것이 온당한 방법이라 하겠다.

오염대책(汚染對策)

전후에 공기오염에 대하여 간단히 설명한바 있으나 방사선시설에서는 RI에 의하여 공기가 오염되는 위험성은 반드시 있다고 보아야 할 것이며 이 공기의 오염을 제거하기 위하여 환기설비를 반드시 하여야 한다.

방사선시설에서 설치하게 되는 환기설비는 다른 환기 설비와 다소 다른 점이 있다.

그것은 첫째 신선한 공기를 실내에 항상 공급함으로써 공기의 오염을 방지하여야 하는 일방, 둘째는 건물 밖으로 공기를 방출할 때 공기정화장치(空氣淨化裝置)에 의하여 오염을 제거하고 일반 공중에 장애(障害)를 끼치지 않게 하여야 한다. 따라서 그 설계에 있어서 경밀하여야 함은 말할나위도 없는 것이다.

환기량은 공기중의 RI의 농도(濃度)가 실내의 어떤 부분에 있어서도 허용공기중농도(許容空氣中濃度)의 2.5배 이하가 되도록 충분한 양이라야 한다.

일반 방사화학실험실(放射化學實驗室)에서는 저레벨 구역에서는 매시간당 10회, 중레벨 구역에서는 매시간당 15회지 20회, 고레벨 구역에서는 매시간당 20회 이상인 환기회수의 표준이라고 한다.

동시에 실의 내부는 외부에 대해서 항상 부압(負壓)이 되도록 하여야 환기되어 나가는 오염된 공기가 역류(逆流)되지를 않는다.

그렇다고 하여 실내가 너무 강한 부압(負壓)이면 출입구 기타 개구부(開口部)로부터 강한 기류가 실내에 흘러들어 오게 되니 주의를 요한다.

하여간에 환기설비에는 공기취입구(空氣取入口), 휠타, 급기송풍기(給氣送風機), 닥트 취출구(吹出口) 등과 같은 급기설비(給氣設備)가 있어야 되고 흡입구(吸込口), 닥트 배기정화장치(排氣淨化裝置), 배기송풍기(排氣送風機), 배기통(排氣筒), 배기구(排氣口)와 같은 배기설비(排氣設備)로 이루어 진다.

심지어는 배기닥트 속에 노즐이 장치되어 닥트 속에 있는 오염된 물질을 물로 씻어 내는 장치가 되어 있는 실험실도 있는 정도이다.