

알기 쉬운 原子力 이야기

⑨

放射線의 遮蔽

張 基 鎮

43. 禁斷의 땅

原子爐속의 爐心の 舞臺는 굉장히 거창하다. 嚴重하게 鐵이나 물 또는 두꺼운 콘크리트의 벽이 둘러싸여져 있고 이 한가운 데에 깊숙히, 爐心은 거창하게 자리잡고 있다. 이 무대는 사람들에게 보여주기 위한 것이 아니다. 만들때 같으면 모르겠으나 일단 움직이기 始作하며는 아무도 이 舞臺속을 들여다 볼 수가 없게 된다. 다만 멀리서 바깥 껍질만 구경할 뿐이다. 이는 爐의 運轉中뿐만 아니라 中止해 있을 때도 강력한 방사선을 내고 있으므로 마찬가지이다. 이 점이 다른 프랜트장치들과 다른 점이다.

燃料棒이나 또는 燃料集合體라는 것들은 불 붙기 前, 즉 새것일때는 거의 放射線을 내지 않는다. 한 아름 안아 봐도 아무렇지도 않으며 손에 쥐고 걸어 다닐수도 있다. 그러나, 일단 불이 붙기 시작하며는 왈칵하고 放射線을 내게 된다. 우라늄의 原子核에 中性子が 부딪쳐서 核分裂을 이르게 되며는 核이 쪼개져서 2個로 되고 이때 熱과 함께 중성자가 튀어 나오는데, 이와 同時에 강한 감마線이나 베타線도 나오게 된다. 소위 「即發」의 放射線이다. 이에 對해서 뒤늦게 나중에 나오는 것도 있다. 이것은 분열해서 생긴 쪼개기(核分裂生成物)에서 나오는 것

이다. 核分裂에서 우라늄의 原子核은 대단히 여러가지의 모양으로 쪼개진다. 80餘種의 타고 남은 찌꺼기가 생긴다고 한다. 이들 중 거의 대부분이 放射性 베타線을 放出하면서 變身해 간다. 예를 들며는, 中性子の 공짜 大食家 키세는 135等도 그 中の 하나이다. 또 이들 中の 많은 것은 베타線뿐만 아니라 감마線도 放出하고 있다. 原子爐가 運轉을 始作한지 조금 지나며는 爐心속의 燃料棒 中에는 이와 같이 變身된 것들을 합치며는 實로 200種類나 되는 放射性의 타고 남은 찌꺼기가 생긴다. 그런데 이들은 제멋대로 베타線이나 감마線 등의 放射線을 내고 있다. 이와 같은 집안형편으로서, 爐의 運轉中에는 「即發의 中性子나 감마線」 외에 늦게 나타나는 베타線이나 감마線도 混合되어, 實로 장날의 장터같은 곳이다.

이것뿐만 아니다. 이러한 放射線들은 다시 그 주위의 材料의 原子核에 걸려서 넘어진다는가, 正面충돌을 해서 잡아먹히고 다시 여기서 새로이 放射線을 二次的으로 發生하여 알파線, 베타線, 감마線, 경우에 따라서는 中性子까지 튀어나온다는가 해서 대단히 까다롭다. 여기서 特筆하는 것은 역시 中性子の 擧動이다. 核分裂 直後의 빠른 속도로써 構造材나 燃料등의 무거운 原子核에 부딪치며는 충돌로 인해 스피이드 다운

되는데 이때 강한 감마線を 낸다. 다시 이는 減速材의 原子核에 이리 저리 부딪친 結果, 속도는 떨어질 때로 떨어져서 熱 中性子가 되며, 이렇게 되며는 爐心속의 여러 原子들이 갑작스러히 食欲을 나타낸다. 그래서 우연히 어떤 核에 부딪치며는 그 순간 잡아 먹혀버리며, 이렇게 되며는 잡아먹은 쪽의 原子核은 배가 불러서 放射性的의 同位元素가 된다. 即 새로이 감마線이나 베타線을 내게 된다.

따라서 爐가 中止한다 하더라도 爐心에서 나오는 放射線이 아주 없어지는 일은 없다. 없어지는 것은 「即發」의 放射線 뿐이며, 타고남은 찌꺼기의 變身된 놈들, 中性子를 잡아 먹은 爐心の 材料等은 언제까지나 放射線을 계속 방출하고 있다.

그래서 일단 爐가 가동하면 爐心은 강한 放射線들의 源泉이 되어 버리므로 무대의 막을 내린다고 하더라도 가까이 갈 수는 없게 되어 버리는 것이다. 爐에 넣기 전에는 가슴에 안고 있거나 손에 쥐고 다닐 수 있던 燃料집합체는 지금은 무서운 放射線源의 덩어리로 변해 버리는 것이다. 燃料체 뿐만 아니라 爐心 곁에서 중성자에 照射된 것들은 모두가 작으나 크나 放射能을 가지게 되며 또한 放射能을 내고 있는 것이다.

이와 같은 理由로서, 原子爐를 설계할 때에는 이 爐心에서 나오는 방사선을 어떻게 하든지 防止하지 아니하면 아니된다. 爐의 運轉中, 爐心에서 나오는 강력한 방사선에 대해서 爐의 運轉員들을 보호해야만 하는 것이다. 停止中이라고 해서 안심할 수는 없다. 또 방사선을 내고 있는 것은 爐心뿐만 아니다. 爐心을 통해서 흐르는 冷却材가 放射化되는 경우에도 그 通路에 따라서 放射線의 防護의 對策을 세워 두어야 한다. 이렇게 해서 運轉員들이 가까이에 가는 곳은 어디든지 확실하게 방사선에 대해서 安全하게 해두어야 한다.

또 원자爐의 設計時에는 使用이 끝난 燃

料의 處理도 문제가 된다. 1年이나 1年半 정도 계속 불타게 하며는 제아무리 훌륭한 要術사일지라도 要術의 씨앗이 떨어진다. 爐心中의 燃料의 一部를 끄집어 내어서 새로운 것과 바꾸어 주어야 한다. 그러나 이 使用이 끝난 燃料도 위에서 말한바와 같이 대단히 강한 放射線源으로 되어 있다. 이 放射線을 한창 내고있는 燃料를 꼭 붙잡아서 밖으로 끄집어 내고 그 대신 새로운 燃料集合體를 넣어 주어야 한다. 이렇게 해서 끄집어 낸, 使用이 끝난 燃料는 또한 안전하게 처리장까지 운반해야 한다.

새로운 燃料體를 넣는 相對의 爐心이라는 것은 이미 停止해 있다 하더라도 굉장히 강한 放射線의 소굴이다. 두번 다시 들어갈수 없는 禁斷의 곳이 되어있는 것이다. 그렇더라도 操作員들을 放射線으로부터 지켜 주면서 확실하게 新要素를 裝着할 수가 있도록 設計가 되어 있어야 한다.

이와 같이 原子爐는 모든 경우에 對해서도 이와같은 여러가지의 對 放射線上의 配慮를 하면서 設計되는 것이다.

44. 君子는 위험한 곳에 가지

않는 법

사람을 방사선으로부터 지키기 위해서는, 2가지의 기본적인 방법이 있다. 그 첫째의 방법은 第一 돈이 들지 않는 방법, 即 멀리 달아나는 것이다. 君子는 위험한 곳에 아예 가지 않는 方法이다. 두번째의 방법은 방사선과 사람 사이에 방사선을 吸收하는 物體를 두는 것이다. 障害物을 둔다라는 것이다. 첫째의 방법, 예를 들면은 하나의 放射線源이 있다고 하자! 途中에 이를 막는 것이 없다며는 방사선이 이 線源을 中心으로 해서 四方, 八方으로 그야말로 一樣하게 방사선의 작고도 작은 알맹이가 放射되고 있는 것이다. 여름밤 하늘에 흩어지는 불꽃놀이 의 불꽃과 같다. 물론 불꽃과 다른것은 일

순간이 아니고 계속해서 퍼져나가는 點일 것이다. 또 앞길을 막는 것이 없으니 어디까지나 퍼져간다. 불꽃놀이도 中心部에서 멀어지며는 光彩가 열어지는 것과 같이 방사선도 線源에서 멀어질수록 약해지는 것은 당연한 일이다. 멀리 멀어질수록 이 방사선의 알맹이에 맞는 것도 적어질 것이다. 이것을 어렵게 말하면은 맞는 것은 距離의 제곱에 反比例한다고 한다. 線源과의 거리가 2 배가 되며는 맞는 것은 4분의 1, 3배가 되며는 9분의 1이 된다. 4 배가 되며는 16분의 1이다. 또 逆으로 半分이 되며는 4배가 된다는 것이다.

放射線의 出力이라는 것은 이런 것이다. 放射線의 核, 이를 어미核으로 하며는, 이것이 한개가 부서져서 다음의 代, 딸의 核이 될 때에는 어느 定해진 수의 放射線의 알맹이가 날아 나온다. 1崩壞當 1個 나오는 것도 있고 2個 또는 그 以上인 것도 있다. 이것은 物체에 따라서 決定되는 것이다. 그런데, 1秒間에 370億個의 比率로 崩壞하는 放射線發生核의 集團이 내는 放射線의 量을 1큐우리라 하는데 이것이 방사선의 양을 재는 저울이 된다. 그런데 여기에 1큐우리의 放射能이 있다고 하자, 그리고 설명을 간단히 하게 하기 위해서, 이것은 감마線의 알맹이 만이 튀어나오고 있다고 하자, 이렇게 되며는 周圍에 放射되고 있는 감마線의 알맹이는 1秒當 370億個이다. 당연한 것이지만은 2 배가 튀어 나온다는 이의 배가 된다.

그래서 線源에서 10센티 멀어지며는 1秒間 1平方센티當 날아오는 粒子의 數는 3000萬個이다. 그런데 1미터 멀어지며는 30萬個, 10미터 멀어지며는 3000個이다. 어떻습니까? 멀리 달라 뻔다는 것의 效果는 대단하지요, 三六評 中에서도 달라 빼는 것이 第一의 上策인 것이다. 뱀을 건드리려며는 긴 장대라야 한다. 이와같은 原理는 遮蔽物 없이 放射線源을 잡아서 裝置해야 할 때에도

똑같이 適用되는 것이다. 즉, 되도록이면 긴 장대 끝에 걸어서 遮蔽體로 된 그릇에 넣어 버려야 한다. 또한 알몸을 내놓는 時間도 되도록이면 짧게 하는 것이 좋다. 급하다고 해서 손으로 친다든가, 포켓에 넣는다든가 하는 것은 天堂行의 車票를 사는 결과가 된다.

두번째의 方法, 모든 경우에서도 멀리 달아 날수만 있으면 이 以上の 좋은수는 없을 것이다. 그러나 그렇게만 잘 되지 않는 것이 이 世上의 事情이다. 오랫동안 타고 있으며는 爐心中에는 몇千萬큐우리라 하는 放射能이 모이게 된다. 다 써버린 燃料集合體라 하더라도 몇十萬큐우리가 된다. 原子爐의 運轉中에는 中性子が 대량으로 發生하므로 事態는 더욱 험해진다. 달아 빼는 것이 아무리 上策이라 할지라도 이와 같은 것을 버려 둔 채 몇 키미터나 멀리 달아 뺄 수는 없는 것이다. 이렇게 되며는 차라리 營業中止 라는 팻말을 門에 붙이는 것이 옳을 것이다. 實로는 爐의 運轉員들은 이와 같은 큰 放射線源의 바로 옆에서 常時 滞在하면서도 아무런 危害도 없이 安心하고서 作業을 할 수 있어야 한다. 따라서 原子爐의 設計에서는 당연히 이 두번째의 方法이 主役이 된다. 「妨害하는 놈은 죽여라」라는 映畫題目이 아니고 「妨害하는 놈에게 도움을 받아라」이다. 이것이 原子爐의 遮蔽이다. 또는 쓰고 남은 燃料집합체를 운반하는 용기 (Case)이다.

45. 무거운 놈일수록

빨리 죽인다..., 감마線의 遮蔽

그런데 얼마만한 방해물을 中間에 두면 어떻게 될까, 이것이 遮蔽 두께의 設計이다. 위에서 말한 바와 같이, 爐心附近에는 알파線, 베타線, 감마線 中性子와 같은 방사선이 대량 발생되어 發射되고 있다. 그러나 이 中에서 문제가 되는 것은 감마線과 中性子이다. 알파線이나 베타線은 그다지

● 연재 ● 알기쉬운 원자력 이야기

걱정하지 않아도 된다. 이들은 모두가 物體를 뚫는 힘이 대단히 弱하기 때문이다. 特히 알파線은 종이 한장만 있으면 停止해 버린다. 베타線일지라도 조금 두께를 가지는 알미늄板 한장만 있어도 充分하다. 그래서 遮蔽는 감마線과 中性子만 생각해서 準備하면은 充分하다.

이와 같이 放射線들의 透過力の 差는 왜 생기는 것일까? 이는 알파線이나 베타線은 電氣를 띠우고 있기 때문이다. 알파線이라는 것은 달리고 있는 알파粒子, 프러스의 電氣를 가지고 있으며, 베타線은 달리는 電子, 마이너스의 電氣를 가지고 있다. 이와같은 電氣를 띠운 粒子가 맹렬한 속도로 原子가 꼭 차 있는 物質속을 빠져 나가게 되는데, 이때 原子를 만들고 있는 많은 原子들의 영향을 받지 아니할 수 없다. 粒子들은 飛行機雲과 같이 電氣的 騷亂(이온 對의 郡)을 이르키면서 달려나간다. 여기서 이들은 그들이 가지고 있던 에너지를 자꾸 자꾸 消費시켜 버린다. 가지고 있던 에너지가 다 떨어지며는 숨도 겨우 쉰다. 飛行機雲은 원래대로 되돌아가서 흔적도 없어진다. 이때 이들은 熱이 되어 버린다. 即, 알파線이라든가 베타線의 粒子는 가지고 있던 에너지를 결국은 熱로 뿌려 버리고서는 모든것이 끝나 버린다. 그러나 감마線이나 中性子는 電氣的으로 전혀 中性이므로 직접 華麗한 飛行機雲, 電氣的 騷亂의 航跡을 만들수는 없다. 따라서 숨이차서 없어지는 일도 없는 것이다. 그래서 알파線이나 베타線 보다는 훨씬 透過力이 강한 것이다.

그런데 감마線, 이는 여러분도 잘 아시는 가슴의 렌트겐 寫眞이나 胃를 透視 할때의 엑스線(X線)과 같은 性質의 것이다. 區分하기 힘들다(다만 X線보다 波長이 더 짧을 뿐이다) 억지로 말을 하려면은 감마線 쪽이 一般적으로 에너지가 높다는 程度이다. 이들 X線이나 감마線을 波長이 짧은 電磁

波라 하는데 이들은 무엇인지 잘 알수도 없는 形態로서 에너지를 운반한다고 하는데, 이들은 에너지를 가진 알맹이들이 날아가고 있다고 생각하며는 차라리 알기가 쉽다.

어떤 에너지를 가지고 線源에서 튀어나온 감마線의 粒子, 이는 무엇에나 부딪칠때까지 날아 간다. 날아가다가 原子를 만들고 있는 軌道電子나 外部의 電子를 만나며는, 이와 충돌하여 에너지를 상실한다. 그 중에는 原子核 核의 강한 磁場속에서 消滅하여 에너지를 잃어버리는 놈도 있다. 이렇게 되면은 代身에 차여나온 電子가 에너지를 얻어서 物質속을 달리는……即, 이는 베타線인데 이는 곧 飛行機雲, 即 電氣的 騷亂을 이르킨 後 吸收되고 熱이 된 後 모든 것은 끝장이 된다. 即, 감마粒子의 경우 충돌에 의해서 베타線을 만들어내고 이로서 間接적으로 熱이 되어 消失해 버린다. 이것이 감마線粒子의 吸收되어가는 패턴(模樣)이다.

그런데 감마線의 吸收되는 방법이 물체에 따라서 달라진다. 일반적으로 무거운 것일수록 잘 吸收된다. 即, 무거운 놈일수록 감마線粒子를 빨리 죽이게 한다. 空氣 보다는 물이, 물 보다는 돌이, 돌 보다는 쇠, 쇠 보다는 납………; 이렇게 되는 것이다. X線寫眞을 보셨지요, 肋骨이 있는 데는 희게 투명해 보인다. 肺는 空胴으로 검게 보인다. 그리고 바름수를 마신 胃의 部分은 희게 투명해 보인다. 이것은 뼈나 바름이 들어 있는 부분은 X線을 더 많이 吸收하였기 때문이다. 그 결과 필름에 感光되는 X線粒子의 數가 그곳만 작게되어 있기 때문이다. 反對로 물끼가 많은 곳이나 空胴部가 있던가 해서, 吸收가 적은곳은 그만큼 많이 透過해서 필름에 感光되므로 그곳은 검게 베껴진다. 이런 것들은 人體뿐만 아니라, 보일러의 溶接部分에 X線을 비추어서 寫眞을 찍어 보면은 外見上으로 보이지 않는 内部의 흠이 찍혀나와서 여기에 缺陷部가 있습니다! 라고

가르쳐 준다. 所謂 말하는 非破壞檢査이다. 特히 強度가 필요한 곳에는 온통 전부를 필름으로서 발라두고 X線寫眞을 찍은 後 現像하고서는 擔當 엔지니어나 檢査官은 血相이 되면서 필름을 들여다 보고 있다.

이야기를 原點으로 되돌리자! 이 감마線을 막아주는 것은 「무게」 以外에도 두께가 關係된다. 당연한 말이지만 두꺼울수록 잘 遮蔽한다. 예를 들며는, 코발트 60의 방사선 같으며는 콘크리트의 경우 25센티에서 10分の 1로 감해진다. 날아온 감마線의 粒子中 90%가 여기까지 오는 도중에서 吸收되어 버린다. 다시 50센티이며는 100分の 1, 70센티이며는 1000分の 1, 90센티이며는 萬分の 1……, 이런 式으로 줄어든다. 가장 무거운 妨害物인것, 例를 들며는 납으로서 차폐하며는 어떠할까? 두께 4.5센티에서 10分の 1, 9센티에서 100分の 1, 13센티에서 1000分の 1, 17센티에서 萬分の 1, 21센티에서 10萬分の 1……, 大體로 4센티나 5센티마다 10分の 1이 줄어드는 셈이다. 그런데 납은 콘크리트보다 約 5배가 무거운데, 따라서 콘크리트의 約 5배의 차폐능력을 가지게 되는 것이다. 그래서 콘크리트이면 90센티 必要한 곳에 납이며는 20센티로서 된다. 한편 콘크리트는 물의 2.5배의 무게이다. 콘크리트 代身에 물을 사용하며는 얼마만한 두께가 필요할까? 계산을 잘 못 하시겠으면 이웃의 國民學校 학생에게 付託해 보십시오.

그리고 또 하나 附加해서 말해 들 것은 감마線粒子가 가지고 있는 에너지의 크기로서 吸收가 되는 方式이 다소 달라진다. 에너지가 높을수록 두꺼운 차폐가 필요로 한다. 詳細한 이야기는 省略하겠으나 코발트60의 放射線의 에너지는 높은 쪽에 속한다. 그래서 이것으로서 遮蔽計算을 해두며는 대개의 경우 맞아 들어간다. 이렇게 해서 몇 十萬큐우리라는 核分裂生成物을 벡속에 가지고 있는 使用된 燃料集合體도 30

센티 정도의 두께로 만든 鉛의 容器속에 넣어 두며는 바로 그 옆에서 사람이 작업을 하더라도 아무 지장을 주지 아니하도록 충분히 遮蔽되어 버리는 것이다.

46. “놀대로 놀고 나서는…… 잡아 먹혀 버린다.” 中性子の 遮蔽

다음에는 中性子の 遮蔽. 物質속에서의 中性子の 擧動에 대해서 위에서도 몇번이나 이야기한 적이 있다. 중성자를 遮蔽하는 理論은 그의 성질을 살펴 보며는 알 수 있을 것이다. 即, 충돌, 散亂, 減速, 그리고 최후에는 느림보의 熱中性子が 되며 결국에는 잡아 먹혀 버린다……. 이런 것이 吸收의 패턴이다. 이와 같은 것을 유효하게 사용하여 妨害物로서 둘러싸서 봉해 버린다! 라는 立場에서 조금 보기로 한다.

核分裂直後の 스피이드가 빠른 거친 中性子の 減速에는 무거운 原子, 例를 들며는 鐵이 有効하다. 앞에서 이야기한 中性子の 撞球이다. 이것이 最高이다. (그러나, 이때 감마線을 낸다는 것을 注意해야 할 것이다). 이렇게 하여서 그 속도는 광 떨어진다. 그以後의 減速에는 水素와 같은 가벼운 原子核의 충돌 撞球공 끼리의 충돌이 有効하다. 가벼운 核일수록 減速의 效果가 크다. 減速材로서 물을 使用할시에는 實로 安城맞춤이다. 여기에는 水素가 항상 들어 있는 것이다. 물의 分子는 水素原子 2個와 酸素原子 한개로서 되어 있기 때문이다. 이렇게 해서 결국은 느림보의 熱中性子が 된다. 이렇게 되며는 이 性質에는 이것을 잡아 먹고 싶어 하는 性質이 다소 생긴다. 성질에 따라서 다르기는 하지만 水素는 食欲의 눈금으로서 0.3바안, 食欲이 큰것은 아니나 그 수가 무지하게 많다. “놀대로 놀고나서는 버림받고”가 아니고 여기서는 中性子が 놀대로 놀리고 나서는 (散亂과 減速) 무참하게도 잡아 먹혀 버리는 것이다. ● 다음 료에 계속