

# 原子爐의 制御

張 基 鎮

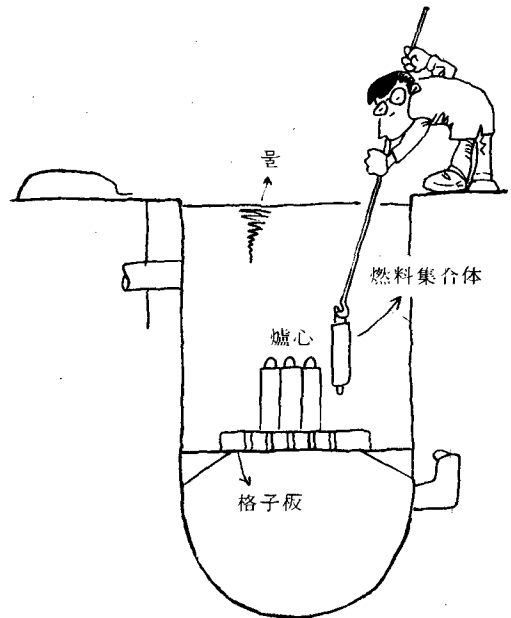
## 34. 조금만 더 / 爐心の 臨界接近

지금까지의 이야기에서 爐心속에 연료를 집어 넣는 것은 대체로 이해하셨으리라 믿는다.

燃料棒의 集團, 즉 燃料集合體를 一本, 또는 一本씩 格子板의 구멍에 꽂아서 組立해가면 爐心이 이루어진다. 水爐 같으면 이것을 水中에서 組立해간다. 燃料棒과 燃料棒사이에는 물(減速材)이 充滿하고 있다. 이 연료봉의 알맹이나 껍질, 그리고 물과 섞이는 모양, 이것들이 中性子가 增加하는 것에 관련된 體質, 無限增倍率  $K_{\infty}$ 가 1보다 크다는 것이 원자로의 爐心으로써 첫째로 필요한 것인데, 이것이 1이 되지 않으면 말할 필요조차 없는 것이다. 그러나 농축우라늄을 사용하면 감속재로 輕水를 사용하더라도 손쉽게  $K_{\infty}$ 는 1보다 크게 할 수 있다. 따라서 이와 같은 연료집합체를 물속에 담가두면 그 自体가 本質로서는 원자로의 爐心の 구성요인의 한 멤버로써 충분한 자격과 능력을 가진다.

그러나 獨不將軍, 燃料集合體 하나로는 아무리 氣를 펴쳐도 연쇄반응을 維持시킬 수는 없다. 몸집이 너무 작다. 모처럼 연료집합체속에서 中性子가 생기더라도 밖으로 새어나가 버리는 놈이 더 많기 때문이다. 漏出을 고려한 實効增倍率  $k_{eff}$ 는 1보다 훨씬 작다. 그래서 核分裂이 일어나더라도 � / � / 하는 한 여름밤의 불꽃놀이이다. 연쇄반응은 진행되지 않는다. 그러나 연료집합체를 一本, 一

本씩 組立을 넓혀가면…… 爐心이 점점 커져서 爐心 밖으로 새어나가는 中性子の 比率도 이에 따라 점점 적어진다. 爐心の 實効增倍率  $k_{eff}$ 는 점차로 커진다. 그래서 안전하게  $k_{eff}$ 가 1이 되면 생기는 中性子和 잃어 버리는 中性子の 수가 맞먹게 된다. 이래야 爐心속에서는 中性子가 늘어나지도, 줄지도 않는 일정한 比로서 연쇄반응이 계속되게 된다. 즉 爐는 臨界 되는 것이다.



그런데 賢明하신 분 中에는 정말 그렇게 될까? 라고 고개를 갸우뚱거리시는 분이 계시지 모른다. 아무리 小兵이라 할지라도 적어도 燃料集合體이다. 연료봉을 다발로 해서

조립시킬 것이다. 이것이 꼭  $k_{eff}$ 가 1에서 딱 바로 선나고 할수 있는 것인가? 옳은 말씀이다. 대체로 이 世上에서 꼭이라는 것은 정말 어려운 것이나. 컵에 물을 꼭 한잔 따라고 하자, 조금 적게 넣으면 모자라게 되며, 조금 많이 넣으면 넘쳐 버린다. 더구나 속을 들여다 볼 수도 없는 원자로의 爐心이다. 연료집합체가 조금 모자라면 臨界不足, 핵분열의 연쇄반응은 지속하지 않는다. 그래서 조금만 하고 한개 더 넣어 버리면 이번에는 너무 넣어서 臨界超過,  $k_{eff}$ 가 1보다 커져 버린다. 이렇게 되면 中性子が 갑자기 늘기 시작한다. 어떻게 할 수도 없다. 危險하다.

그래서 이야기는 爐의 브레이크(制動)와 악셀(加速)에 관련이 되어야 하겠다.

### 35. 原子爐의 브레이크와 악셀

自動車에는 오른발 아래에 악셀과 브레이크의 페달이 2개 있다. 始動할 때나 加速할 때는 악셀을 밟고, 그리고 속도를 줄이거나, 세울 때는 브레이크를 밟는다. 이 악셀과 브레이크로써 自動車を 마음대로 물수 있는 것이다. 原子爐의 경우도 역시 이와 같은 악셀과 브레이크가 필요한 것이다. 原子爐를 始動하고 出力을 上昇할 때에는 악셀을, 中止시킬 때는 브레이크를, 이와 같이 자유로이 컨트롤이 되어야 한다. 그러나 원자로의 이와 같은 컨트롤은 발로 밟아서 行하지 않는다.

여기서 이야기 속에 惡党을 登場 시키기로 한다. 硼素나 카드뮴이라는 元素는 熱中性子의 大食家이다. 「原子核의 食欲」에서도言及하였지만 날아오는 熱中性子를 닥치는대로 잡아 먹어버린다.

지금까지는 爐心속에 잡아 넣는 재료는 모두가 精選物뿐으로써 中性子의 吸收가 적은 것, 食欲이 적은 놈만을 선택해 왔다. 그래서 이와 같은 大食漢들은 爐心속에서는 가장 미움을 받았던 것이다. 反射材나 減速材로 사용하는 黑鉛이나 베릴륨을 제조할 때에도 硼素같은 놈이 潛入해 들어오지 못하게 精製하고 또 精製한다. 최신 유행어의 하나인 ppm

보다도 훨씬 더 작은 숫자로 되게 精選한다. 硼素나 카드뮴 등은 爐心속의 强패요, 惡党들이다.

그런데 이 惡党들도 爐를 컨트롤 하는때는 크게 한몫 본다. 强패들도 쓸모가 있을 때가 있는 것이다. 이와 같은 硼素라든가 카드뮴을 板이나 막대形으로 해서 爐心속에 넣어보면 어떻게 될까? 이들 强패들은 惡党으로서 큰 얼굴을 내밀면서, 날아다니는 熱中性子를 닥치는 대로 잡아 먹어 버린다. 이렇게 되면 爐心속의 中性子의 收支計算은 어떻게 될까? 지금까지의 이야기 속에서는 爐心材料自身에게 잡아 먹히게 되는 놈과 爐心에서 새어나가는 놈으로써 없어지는 中性子에 대한 이야기를 하였다.

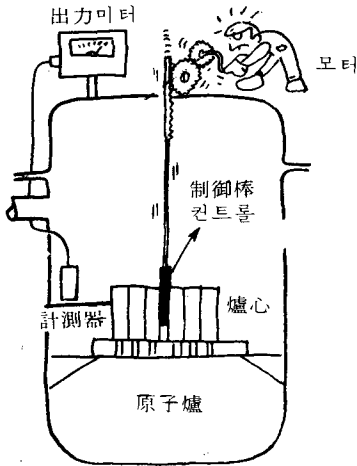
그런데 이번에는 여기에 다시 侵入者에 의해서 잡아 먹히게 되는 놈이 대폭적으로 늘어나게 된다. 이로써 當然히 爐心 속에서의 中性子의 생산 消費의 情勢에는 大變動을 가져오게 한다. 만약 侵入者가 들어오기 前에 收支가 잘 맞아서 生産과 소비가 均衡잡혀서 爐가 臨界狀態에 있었던 것이 이 侵入者때문에 즉시 그 밸런스는 무너져서 未臨界로 되어 버린다.  $k_{eff}$ 는 1보다 작게 된다. 이렇게 되면 핵분열 連鎖反應은 갑작스럽게 쇠퇴하여서 爐心속의 중성자의 核反應은 불꽃이 꺼진 성냥 알맹이 끝의 남은 숫불이 된다. 가엾게도 여름 하늘의 불꽃놀이 모양으로 툭 꺼지면서 爐는 中止해 버린다. 즉, 侵入者는 브레이크로서 작용을 하게 되는 것이다.

爐가 臨界超過의 상태에 있다고 하자.  $k_{eff}$ 는 1보다 크다. 爐心이 臨界의 狀態보다 크면 잃어버리는 것보다 생기는 中性子의 比率이 커서, 中性子는 고양이 없는 골의 쥐새끼 늘어나는 것처럼 자꾸 늘어만 간다. 그런데 여기에 侵入者(吸收棒)가 들어오면, 갑작스럽게 消費가 늘어난다. 消費가 生産을 上廻하면 爐는 위의 경우와 마찬가지로 역시 未臨界가 되어 버린다.

$k_{eff}$ 는 1보다 작아진다. 이렇게 되면 爐는 中止해 버린다. 역시 브레이크가 걸린 것이다. 그래서 앞에서 말한 「조금만」하면서 燃料集合體의 마지막 한 본을 爐心에 넣기 前

에 吸收棒을 꽂아두면 브레이크를 걸어둔 채 연료의 裝填을 할 수 있게 된다.

그런데 侵入者(吸收棒)의 中性子를 吸收하는 정도는 爐心속에 넣는 방법, 즉 板 또는 棒으로 되느냐, 그리고 그 形과 크기, 그리고 이것을 爐心속에 꽂는 程度에 따른다. 깊게 꽂아두면 그만큼 날아오는 中性子が 부딪히는 面積도 넓다. 그물을 크게 펼쳐 놓은



것같이 그만큼 많이 熱中性子를 잡을 수 있을 것이다. 그런데 일단 깊게 꽂아둔 吸收棒을 이번에는 서서히 빼기로 하자. 이렇게 되면 吸收棒에 잡아 먹히는 中性子は 조금씩 줄어들게 된다. 따라서  $k_{eff}$ 도 다시 점점 커져서 1에 가까워진다. 그런데 여기서 꽂는 방법을 가장 알맞는 곳에다 조절해 두면…… 생산과 소비가 용이하게 밸런스를 맞추게 되는 곳이 있을 것이다. 즉  $k_{eff}$ 가 꼭 1이 되는 곳이다. 이때 爐心속에는 핵분열이 늘지도, 줄지도 않은 一定比率이 될 것이다. 즉, 爐는 臨界가 되는 것이다.

그런데 여기서 다시 조금만 더 빼낸다면…… 어떻게 될까? 이번에는 당연히 臨界超過가 된다.  $k_{eff}$ 가 1보다 조금 커지는 것이다. 이렇게 되면 다시 中性子は 쥐새끼 불어나듯 갑작스럽게 增大하여 爐의 出力은 자꾸자꾸 上昇한다. 1킬로와트가 5킬로와트로, 다시 10킬로와트로 急히 늘어난다. 이와 같은 경우에는 이때까지 브레이크로서 일을 하고 있던 爐心속의 侵入者 즉, 吸收棒이 이번에는 악셀로서 作用하게 된 것이다. 그래서 만약

1000킬로와트에서 爐를 運轉하고 싶을 때는……, 미터를 잘 보고 있다가 1000킬로와트가 되었을 때, 吸收棒을 조금만 도로 집어넣어 원래의 臨界의 位置로 되돌려 주면 된다. 이렇게 하면 생산과 소비는 다시 균형을 맞추게 되어 中性子の 增加는 中止하고  $k_{eff}$ 는 1, 爐心속의 핵분열의 연쇄반응은 1000킬로와트로 지속된다. 즉, 爐는 1000킬로와트로서 一定出力運轉을 할 수 있게 되는 것이다. 그러면 500킬로와트로 出力을 낮추려면——, 이때까지와 반대로 하면 된다. 조금만 더 꽂아 준다. 그러면  $k_{eff}$ 는 1보다 작아지며 핵분열 연쇄반응은 줄기 始作한다. 爐心의 出力은 자꾸 떨어지기 시작한다. 그래서 미터가 500킬로와트가 되었을 때 다시 원래의 臨界의 위치로 되돌려 주게 하면 500킬로와트 一定出力運轉이 된다.

이와 같이 原子爐에도 악셀과 브레이크가 있는데, 이는 자동차 모양으로 2개의 페달로 되어 있는 것이 아니고 吸收棒 하나로 뺏다가 꽂았다가 함으로써 爐를 始動시켰다가 또 加速시키므로 자유로히 出力을 制御할 수 있는 것이다. 이 吸收棒을 制御棒, 영어로는 Control Rod라고 한다.

### 36. 게으름뱅이는 偉大하다. 遲發 中性子の 效果

스포츠 카아라는 자동차가 있다. 大馬力の 엔진을 달고 加速을 크게 하여 出力을 자랑하고 있다. 制御할 수 있는 範圍말이다. 만약 이와 같은 車에 數萬馬力の 엔진을 달아서 악셀을 밟는 순간 로켓트와 같이 튀어나오는 차를 만들었다고 하자. 이런 車는 2, 3秒 후에는 時速 수백 킬로미터에 달할지도 모르나, 이렇게 되면 핸들도 아무것도 없다. 방향을 잡지도 못할 것이며, 車는 쓰레기통을 뒤엎고 電柱를 부러뜨리고서 空中으로 튀어오를 것이다. 몇 秒후에 드라이버는 틀림없이 昇天하고 말 것이다. 車를 制御하지 못하면 이와 같이 된다.

마찬가지로 爐心속의 中性子도 増倍率  $k_{eff}$ 가 1보다 조금만 커도 대단한 세력으로 增加

한다. (「효과가 계속 持續한다」라는 超過臨界의 예). 예를 들면  $k_{eff}$ 가 1.01이면 어떻게 될까? 앞에서의 예를 다시 한번 想起해 보십시오. 이와 같이 加速되면 위에서의 數萬馬力の 自動車の 경우와는 비교도 되지 않는다. Out of Control이다. 破滅해 버리는 것이다. 그 원인은 中性子란 놈이 대단히 성질이 급하기 때문이다. 핵분열에서 생긴 中性子は 散亂, 減速을 되풀이하여 熱中性子が 되고 과녁인 우라늄 235의 核에 吸收되어 核分裂, 그리고 다시 새로운 中性子를 남게 하는 一生을 눈깜짝하는 사이에 되풀이 하고 있는 것이다.

생겨서 世上을 해매고 있는 우라늄 235에 흡수될 때까지의 시간은 黑鉛減速의 큰 爐에서도 1000분의 1秒 정도이다(水爐의 경우는 一萬分の 1秒가량이다). 대개의 中性子は 核分裂하였다 하면 순간적으로 새로운 中性子를 생기게 하며, 이는 다시 1000분의 1秒에서 다음의 中性子를 생기게 하여 1秒間에 약 4代의 一生을 되풀이하게 된다. 그러므로 一世代의 增加率인  $k_{eff}$ 가 약간 크다 하더라도 굉장한 勢力으로 늘어나는 것이다.

그러나 이 세상에는 반드시 예외라는 것이 있다. 예외가 없는 법칙은 없다고 하는 말이 있을 정도이다. 사람들은 아침 일찍 일어나는 것을 美德으로 하고 있고 또 그렇게 권장을 하고 있기도 하다. 그러나 모든 사람이 다 그런 것은 아니다. 아침 해가 中天에 뜰 때까지 이불 속에서 우물우물하는 늦잠꾸러기도 또한 있는 법이다. 그런데 中性子の 世界에서도 이와 同輩인 「늦잠꾸러기 中性子」라는 놈들이 있다. 數字的으로는 約 0.75 % 가량(즉, 1000個 中에 7~8個)이다. 이와 같은 늦잠꾸러기 中性子は 先代의 熱中性子が 우라늄 235에 吸收되어 核分裂을 하더라도 곧바로 튀어나오지 않고 꾸물꾸물하면서 나오게 되는데 0.6초에서 오래 꾸물거리는 놈은 80초쯤 되어서야 겨우 나오게 된다. 그런데, 實은 고압게도 爐를 制御함에 있어서 이 게으름뱅이, 늦잠꾸러기 中性子が 重大한 역할을 하고 있는 것이다. 만약 이 늦잠꾸러기가 없었더라면 원자로는 혹지 存在하지 못하였을

지도 모른다. 늦잠꾸러기 중성자는 偉大하기도 하다. 이 게으름뱅이는 그 이름을 遲發中性子라고 한다. 나머지인 99.25%는 재빠른 일벌과 같으며, 이와 같은 중성자를 即發中性子라고 한다.

그렇다면 이와 같은 늦잠꾸러기 중성자가 爐의 制御에 어떠한 관계가 있으며, 또한 구체적으로 어떻게 해서 爐를 制御하는가?

制御에서 문제가 되는 것은 加速(上昇)의 경우이다. 制御棒을 악셀로서 使用하므로 臨界의 위치에서 조금이나마 빼어 내어서  $k_{eff}$ 를 1보다 약간 크게 해 주어야 한다. 여기서 문제가 되는 것은 이 制御棒을 얼마만큼 빼 내는가? 즉  $k_{eff}$ 를 1보다 얼마만큼 크게 하는가라는 것이다. 요점은 이 부지런한 일벌들(即發中性子)만으로서서는 臨界가 될 수 없도록 해 둔다는 점이다. 즉, 이들 일벌들만 으로서는  $k_{eff}$ 가 1에는 도달하지 못하고 1에 조금만 不足하다라고 하는 位置에 이 制御棒을 꽂아 두는 것이다. 일벌들은 아무리 이리 뛰고 저리 뛰고 하면서 이를 갈아봐야 별 수 없다. 만약 이때 위에서 말한 늦잠꾸러기 中性子들이 없다면 爐는 악셀되는 것은 고사하고 브레이크가 걸려서 자꾸 出力이 떨어지고 말 것이다. 그러므로 여기서 脚光을 받는 것이 이 늦잠꾸러기 中性子の 무리들이다. 무어라고 해도 겨우 0.75% 밖에 되지 않으나, 믿는 것은 이들 늦잠꾸러기 中性子, 即 遲發中性子뿐이다. 이들을 全部 합해서 겨우  $k_{eff}$ 가 1을 넘게 해 두는 것이다. 그러므로 제아무리 超過한다 하더라도 걱정할 정도는 아니다. 1.0075 以下이다. 그러나 어떻게  $k_{eff}$ 가 1보다 큰 以上 制御棒은 그럭저럭 악셀로서 作用하게 된다. 즉, 爐心の 出力을 加速시킬 수가 있다. 이때 일벌들(即發中性子)은 1000분의 1秒 정도로 빠릿 빠릿하게 행동을 하고 있는데, 이 늦잠꾸러기들(遲發中性子)은 0.6秒에서 80秒라는 정도로 느릿 느릿하게 굼벵이 같이 움직이고 있다. 악셀을 加하는 데도 이들 늦잠꾸러기 中性子들이 움직이는 베이스로서 움직이지 아니할 수 없게 되는 것이다. 사자에게 쫓겨가는 얼룩말의 무리속에 망아지들이 끼어 있다면 이 망아지가 달리는 속도

로 全体速度가 떨어지고 만다. 만약 이 느낌 보 中性子들이 우리는 모르겠다」라고 하면  $k_{eff}$ 는 곧 1보다 적어져 버리게 된다. 이렇게 해서 加速의 정도는 훨씬 작아져서 爐는 손쉽게 制御를 할 수 있게 된다.

한 예를 들어 보면, 처음에 爐를 100킬로와트로 一定出力을 하고 있다고 하자. 여기서 制御棒을 조금 빼내어서 악셀로 사용하여 出力을 올리기로 한다. 미터를 보면서  $k_{eff}$ 를 1.002가량이 되게끔 빼낸다. 그렇게 하면 5秒후에 160킬로와트 정도가 된다. 10초후에는 180킬로와트, 30초후는 330킬로와트, 1분 후에는 780킬로와트, 2분 후에 겨우 3200킬로와트가 된다. 어쩔습니까, 이만하면 문제없이 爐를 制御하겠지요.

要는 制御棒을 빼내는 方法이다.  $k_{eff}$ 가 1.0075 以上이 되면 일벌들(即發 中性子)의 베이스가 된다. 앞에서 말한  $k_{eff}$ 가 1.01이 되면 굉장한 속도로 加速이 되어 制御조차 할 수 없게 되어 버린다. 그래서 境界線인  $k_{eff}$ 가 1.0075에서는 일벌들(即發 中性子)만으로 臨界가 되므로 이를 即發臨界라 한다.

실지의 爐는 이보다도 훨씬 적은 악셀로써, 예를 들면 1.002정도의 値에서 制御한다. 그래서 혹시 잘못하더라도 即發臨界에 가까운 値에서 運轉할 수 없도록 되어 있다.

### 37. 原子爐는 에너지의 요술장이

이와 같이 해서 原子爐는 制御棒을 빼냈다가 쏘았다가 함으로써 악셀이나 브레이크를 걸게 하여 爐의 出力, 즉 發熱의 狀態를 자유로이 올렸다가, 내렸다가 할 수 있게 한다. 그런데 여기에 한가지 原子爐에서만만의 특유한 성질이 있는 것을 이야기해 둘 필요가 있다. 이는 原子爐에서는 發熱에 관한 限, 얼마든지 크게 할 수 있다는 것이다. 出力을 어디까지나 올릴 수 있다는 말이다. 이 점이 他의 熱機關과 比해 크게 다른 特異한 點이다. 즉, 爐의 出力은 爐心の 크기에는 관계없이 얼마든지 높일 수 있다. 만약 이때 나오는 열을 모두 끄집어 내지 못한다면 爐心の 온도는 자꾸자꾸 올라가서 나중에는 燃料체가 녹

아내리게 된다. 이렇게 되더라도 악셀을 계속 걸게 하면 제모양에는 관계없이 出力은 어디까지나 올라가려고 한다.

그러나 現實로는 이와 같이 破滅的이 되면 곤란하며, 또한 그외의 여러 理由로도 결국은 途中에서 브레이크가 걸리도록 되어 있으나, 體質로써 原子爐는 이와 같은 性質을 가지고 있다.

다른 熱機關과 比較해 보기로 하면, 自動車의 馬力數는 실린더의 容積에 따라 대체로 정해져 버린다. 낼 수 있는 出力에는 한계가 있다. 이것은 연소실속에 보내주는 기름의 양과 空氣의 量에도 스스로 限度가 있어서 기름이 타서 熱을 發生시키고 있는 當연한 限度가 있는 것이다. 이와 같은 點은 젯트엔진의 연소실에서나 火力發電所의 보일러에서도 差가 있기는 하나 마찬가지이다.

그러나 原子爐에서는 말이 달라진다. 輕水爐의 예를 들자면 爐心 容積1리터當의 熱出力이 數十킬로와트에서 100킬로와트 정도이다. 물론 이보다 더 熱出力을 낼 수는 있으나 이를 위해서는 여기에 알맞는 冷却能力을 붙여주어야 하므로 이 정도의 出力이 가장 경제적이고 또한 무리가 없는 것이다. 같은 原子爐에서도 앞에서 예를 들은 MTR은 爐心 容積 1리터當의 熱出力은 500 킬로와트에 달한다.

그래서 除熱을 위해 대단한 속도로 냉각수를 흐르게 해서 爐心을 冷却하고 있다. 또한 燃料棒 自体도 熱이 모여서 온도가 올라가지 못하도록 設計上 여러가지로 배려하고 있다. 그러나 이와 같은 型의 爐에서는 經濟的인 面에는 눈을 감고, 되도록 밀도가 높게 핵분열 반응을 일어나게 하고 싶기 때문이다. 물론 열도 심하게 나온다. 爐心에서는 활발하게 核反應을 일어나게 하고서는 또 신나게 이를 冷却시킨다. 이것이 위에서의 數字의 由來이다. 또 黑鉛減速의 가스冷却爐가 되면 그 熱出力이 爐心 容積1리터當 10킬로와트 정도로 팽 떨어진다. 가스(氣體)라 하는 것은 冷却能力이 물에 비해 적기 때문이다. 이와 같이 冷却의 정도에 따라서 爐心속의 發熱의 정도가 決定되는 것이다. 爐心の 크기

가 결정되면 爐의 出力은 이에 따라 결정된다. 그 최대 출력은 熱을 끄집어내는 比率을 얼마만큼 크게 하는가에 달려 있다.

또 하나, 원자로에는 特有한 性質이 있다. 이는 燃料를 한 번 爐心속에 넣어두면 4년이나 5년이나 넣어둔 채, 태워둔 채로 둔다는 點이다. 이는 정말 요술장이 같은 것이다. 요술장이가 빈 箱子나 帽子속에서 얼마든지 깃발이나 꽃들을 끄집어 내는 것 같이 原子爐는 계속해서 에너지를 내고 있는 것이다. 예를 들면 輕水爐의 燃料는 새끼 손가락 끝 정도 굵기의 燃料棒, 外見上으로는 보잘 것 없는 이 金屬의 막대조각이 1센티當 爐心の 場所에 따라서는 數百와트나 되는 熱을 내고 있는 것이다. 場所에 따라서라는 뜻은 爐心속의 場所에 따라 熱이 나오는 方法이 달라지기 때문이다. 爐心の 가운데서는 많이 나오고 멀리 떨어진 쪽에서는 적게 나온다. 平均하면 220와트에서 250와트 정도이다. 棒이 3미터에서 4미터나 되므로 1本當 80킬로와트에서 100킬로와트 정도의 열이 나오고 있는 셈이다. 이와 같은 比率로 계속 태우더라도 4년에서 4년반 정도는 쉴사이 없이 태울 수 있다. 즉, 熱이 계속 솟아 나오게 되는 것이다.

### 38. 요술의 씨앗

자아! 보시다시피 아무것도 없습니다. 라고 요술장이는 으레이 이런 말을 하지만 씨앗이 없는 요술은 절대로 없다. 끝없이 에너지를 꺼집어 내고 있는 一等 요술사인 原子爐도 물론 요술의 씨앗이 있다. 水爐의 燃料棒은 새끼 손가락만한 굵기의 燃料棒, 접질 속에는 셀라믹 연료의 작은 펠렛가 들어 있다. 一見해서 대수로운 것은 아니다. 그러나 原子世界의 눈으로 보면 대단한 것이다. 즉, 길이 1센티當 우라늄의 原子의 數는  $3 \times 10^{22}$ 個 즉, 3에 0이 22個 붙은 숫자이다. 이 中에서 直接核分裂이 되는 우라늄235는 겨우 전체의 2%나 3%정도밖에 되지 않는다. 그렇다 하더라도 이 숫자는 아직도  $8 \times 10^{20}$ 個는 된다.

1兆의 1萬倍를 1京이라 하는데, 다시 이들의 10萬배나 된다. 굉장한 숫자이다. 燃料棒에서의 發熱이라 하는 것은 이 우라늄연료가 한개, 한개 탄다는 것, 즉 핵분열 반응을 일으키게 하므로써 생기게 되는 것이다.

이때 우라늄연료가 1秒間에  $3 \times 10^{10}$ 個 (30億個)의 比率로 탈 때 1와트의 熱이 나온다는 계산이다. 그러므로 1센티當 1秒間에  $7.5 \times 10^{25}$ 個 (7.5兆倍)의 비율로 핵분열이 일어나고 있다는 것이다. 이 숫자도 터무니없는 숫자이기는 하나, 어쩔수 없는 것이라고 보지 않을 수 없으며, 앞에서의 터무니없는 숫자와 뒤에서의 터무니없는 숫자 사이에는 또한 터무니없는 差가 있다.

이 差가 原子爐라는 요술사의 요술의 씨앗이다. 즉, 앞에서의 터무니없는 수 (燃料棒 1센티 中の 우라늄 235의 원자핵의 數)를 뒤에서의 터무니없는 수 (1秒間의 核分裂을 일으키는 數)로 나눈 만큼의 時間을 태울 수 있는 理致 (실제로는 전부 다 탄다고 볼 수는 없다)가 된다.

다시 여기서, '앞에서 이야기한 바 있지만 無爲徒食家인 우라늄 238도 中性子를 한방 먹으면 플루토늄이 되고 다시 열중성자를 먹으면 核分裂을 일으킨다. 이 發熱分은 본家の 우라늄 235에 의한 分の 3分の 1 程度는 된다. 이는 우라늄 235의 節約이 된다. 이렇게 해서 1센티當 250와트 정도의 發熱로 태우면 4年쯤은 쉴사이 없이 계속해서 태울 수가 있게 되는 것이다. 燃料棒은 비록 덩치는 작고 보잘 것 없으나 實은 巨大한 에너지의 저장탱크인 것이다.

그러나 이와 같은 터무니 없는 숫자들은 實地로는 머리속에 그렇게 잘 들어오는 것은 아니다. 바겐세일에서 아낙네들은 몇千 몇百 몇十원을 싸게 샀다고 서로 자랑을 한다 (실지는 싼것이 아닌데) 이런 숫자는 精密하게 아낙네 머리속에서는 계산할 수 있으며 또한 實感이 나는 숫자들이다. 그러나 이들 아낙네들에게 附加加價稅로 因해 國稅廳이 거둬들이는 稅金이 몇兆 몇億 몇千…… 원이라고 설명해 주면 아낙네들은 그저 병병하기만 하다. 조금도 놀라지 않는다. 전혀 實感이 나

지 않는 數字이기 때문이다. 그러나 원자력의 이야기는 언제나 이런 따위의 이야기라서 역시 이와 같은 숫자를 들어서 說明하지 않을 수 없는 것이다. 양해해 주시기 바랍니다.

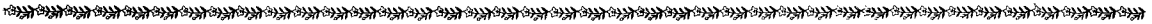
새끼 손가락만한 굵기의 燃料棒, 길이 1센티當에 1秒間에 7.5兆回나 核分裂이 일어나고 있다 라고 하는 것은 또한 굉장히 많은 中性子들이 爐心속을 날아다니고 있다는 것이다. 이렇게 터무니없이 많은 숫자의 것이 아니라면 中性子들이 되는 핵, 우라늄 235에 위에서와 같은 數字로 부딪히지는 못하게 되는 것이다. 그런데 도대체 얼마만큼의 것들이 우글우글하면서 날아다니고 있을까? 또 이 놈들의 날아다니는 것들의 數를 어떻게 해서 헤아릴 수 있는 것일까? 이들 날아다니는 中性子에게는 리더가 없다. 발이 가는대로, 氣分이 내키는 대로 無目的으로 모든 方向으로 直進하고 있다. 어느 방향을 보더라도 一樣하게 날아다니고 있다. 그래서 이들 中性子들의 數는 地下鐵에서 내린 손님의 숫자를 헤아리는 式으로 할 수는 없다. 그래서 어느 방향이나 상관할 것 없이 一平方센티의 面을 取해서, 이 面을 빠져 나가는 中性子를 헤아려 본다. 나가는 놈이나 들어오는 놈을 全部 합쳐서 헤아린다. 1秒間에 一平方센티當 몇個가 통과하느냐, 이렇게 하면서 헤아린 數를 2倍로 한 것을 中性子束이라고 한다. 이때 통과하는 中性子를 熱中性子에 限해서 헤아렸을 때는 이를 熱中性子束이라 한다. 즉, 얼마만큼의 많은 熱中性子가 날아다니고 있는냐를 나타낸 숫자이다. 원자로에서 이것은 대단히 중요한 數字가 된다.

פותנאגי 砲手도 자꾸 銃을 쏘면 맞을 때도

있다. 아무 욕심도 없고 目的도 없고 中性子도 가다가 보면 그 앞길에 있는 核에 부딪힐 수도 있다. 따라서 中性子인 核, 우라늄 235에 얼마만큼 많이 부딪히게 되는가는 얼마만큼 많은 中性子가 날아다니고 있는가에 따라 결정된다. 이때 부딪히는 中性子가 熱中性子일 때에는 中性子인 핵은 大食欲을 發해서 집어 삼키며 핵분열을 하게 된다. 이렇게 해서 핵분열반응이 일어나는 比率, 즉 燃料棒으로부터의 發熱은 熱中性子束의 數에 따라서 결정한다. 물론 우라늄 235가 연료중에 얼마만큼 치밀하게 차 있는가 라는 것에도 관계한다. 허술하게 들어 있으면 당연히 맞는 比率도 적어지는 것이다. 따라서 燃料棒이 決定되어 버리면 爐의 出力은 熱中性子束의 크기로 決定된다.

即, 「원자로의 出力은 熱中性子束의 値에 比例한다」라고 어렵게 말한다. 길이 1센티當 250와트를 出力하고 있는 水爐의 燃料棒의 경우, 燃料棒 속의 熱中性子束의 値는  $4 \times 10^{13}$ , 即, 1秒間 1平方센티當 20兆個의 熱中性子가 날아다니고 있는 것이다. 또 1센티當 500와트의 것에서는 그 2倍, 40兆個라는 것이다.

실제로 원자로에서는 爐心 가까이 몇個의 計測器를 넣어서 항상 이 熱中性子束의 크기를 測定하고 있다. 그래서 原子爐의 出力을 올리고 싶으면 이 熱中性子束의 크기를 크게 하며, 내리고 싶으면 작게 하여 항상 熱中性子束의 크기를 中心으로 해서 컨트롤하고 있다.



印刷業種

# 동원인쇄소

代表 閔 丙 天

사무실 : (260) 0840 야간 (255) 5344

공 장 : (92) 6237

- 카달로그
- 스티카
- 사무용품
- 편집·도안
- 활판·옵셋
- 달력·명함