

# 核 分 裂 의 方 法

張 基 鎮 韓國原子力産業會議 技術擔當

## 16. 速度가 떨어질 때까지 떨어진 中性子·熱中性子

爐心은 原子爐의 心臟이다. 核燃料를 黑鉛이나 또는 다른 금속의 케이스 속에 넣은 것을 이 속에 넣는다. 그리고 여기서 핵분열을 일으키게 하여 에너지를 생기게 한다. 자세한 것은 뒤에서 說明하겠지만, 결국은 爐心에는 核分裂 物質인 우라늄 235이외에 우라늄 238이라든가 이들을 둘러싸고 있는 케이스의 材料, 또 뒤에서 說明하겠지만, 減速材 등 여러가지의 元素의 原子들이 가득히 同居하고 있다. 여기서 이해를 돕기 위해서 爐心을 끝없이 큰 것이라고 생각한 후 차례에 따라 實際의 크기의 爐心에 이르도록 생각해 보기로 하자.

中性子로부터 생각해 보면, 이 世上의 모든 것은 무엇이든지 虛空이다. 우라늄 燃料棒이라든지 構造材 들로서 꼭 차있는 爐心조차도 中性子が 들여다 보면 그것은 단순한 空間, 끝없는 虛空인 것이다. 다만 끝없는 宇宙에 별들이 드문드문 보이는 것처럼 저기에 우라늄 원자핵, 여기는 수소의 원자핵, 저쪽에는 鉄의 원자핵……과 같이 끝도 없고 限度없이 累累하게 퍼져 있을 것이다. 쓸쓸하기 한량없는 원자의 世界, 그러나 여기는 中性子の 舞臺이다.

핵분열을 한 直後의 中性子は 큰 에너지를 가지고 있으며, 빛의 10분의 1정도의 대단한

스피드로서 이 世上에 태어난다. 그리고서는 원자핵들이 수없이 点在하는 爐心虛空속을 빠져 나가려고 한다. 그러다가 달리는 途中에 核이 있으면 부딪치게 된다.

또, 직접 부딪치지 않는더라도 核의 바로 옆을 지나가려면 『못간다』에 걸리게 된다. 核의 지름의 10배 가량의 가까이에 가면 影響을 받게 되는 것이다.

핵분열의 직후 맹렬한 스피드로 튀어나온 中性子は 이와 같이 해서 저쪽의 核에 부딪쳐서 튕겨나와 다시 이쪽의 核에 부딪치는 등 갔다 왔다 하는 사이에 점점 스피드가 떨어지게 된다. 나중에는 처음 튀어 나올 때의 속도의 1만분의 1가량이 되어 지쳐버린다. 갓 생겼을 때는 대단한 氣勢였으나 이제는 氣盡脈盡 해 버려서 속도가 떨어질 때까지 떨어져 버렸다. 이 中性子를 熱中性子라 한다(기진맥진 하였다고 하더라도 아직 초속 2,200미터 가량은 가지고 있으나, 最初의 스피드에 比하면 기진맥진해진 것이다. 그런데 열중성자의 이와같은 速度도 주위의 원자의 熱運動으로 因해 이 이상은 떨어지지 않는 性質이 있다).

## 17. 中性子の 撞球치기·散亂과 減速

이와 같이 中性子が 原子核에 부딪쳤다가 튀어나가는 것을 散亂이라 하며, 부딪쳐서 스피드가 떨어지는 것을 減速이라 한다. 이와 같이 하여 原子爐의 爐心속에서 생긴 中性子は

끊임없이 衝突하고 散亂, 減速을 되풀이 하여 스피드가 떨어진다.

실지로는 어떻게 해서 스피드가 떨어지는지를 살펴보는 것은 原子爐를 만듦에 있어서 대단히 重要的 要素의 하나가 되는 것이다.

지금, 撞球에 球는 어떻게 해서 튕겨 나오는 것일까? 부딪치는 相對가 投砲丸의 공과 같이 여물고 무거우면 球는 스피드를 떨어뜨림이 없이 直時로 튕겨나오게 된다. 이때 쇠로 된 공은 극히 약간 움직일 뿐이다. 즉, 상대가 자기보다도 훨씬 무거운 경우에는 부딪쳐도 減速하지 않는 것이다. 이와 같은 것은 中性子が 鐵이나 鉛의 原子核과 같은 무거운 核에 부딪쳤을 경우에도 같다.

한편 상대의 공이 가벼울 경우에는 어떠한가? 예를 들면, 같은 撞球의 球에 부딪치면 相對를 튕겨 밀어버리게 한후 自己는 그 場所에 停止해 버린다. 이와 같은 경우는 여러분들도 잘 보았을 것이다. 이것은 자기가 가지고 있는 스피드를 全部 相對便에 주어버리기 때문이다. 그러나 完全히 停止되는 경우는 相對를 같은 方向으로 튕겨낸 경우 뿐이며, 튕겨나가는 쪽의 方向에 대해서는 스피드가 떨어지는 方法이 여러가지가 있다. 그러나 어떻든 이와 같은 상대편이 가벼울 때는 減速의 效果가 큰 것이다. 撞球에서 球가 相對의 球에 부딪치는 케이스, 이는 中性子が 水素의 原子核 - 이것은 即, 陽子이다 - 에 부딪치는 경우와 똑같다.

撞球의 球를 양배추에 부딪치게 하면 어떠한가? 球는 부딪쳐 보았자 아무런 反應도 없이 스피드가 떨어지고 말 것이며, 다만 부딪친 곳은 약간 덜어지게 되어 球가 가진 운동 에너지의 一部가 양배추에 吸收되어 버린다. 이와 같은 境遇는 中性子和 原子核의 衝突의 경우에도 일어난다. 앞에서 말한 쇠로 된 球에 부딪쳐서 튕겨나오는 경우와 같은 것을 彈性 散亂이라 함에 처하여 뒤의 경우는 非彈性 散亂이라 한다. 이것은 分裂直後의 特히 빠른 스피드의 中性子が 무거운 原子核에 부딪쳤을 때에 일어난다는 것이다.

## 18. 原子核의 食欲-中性子の 吸收

이와 같이 해서 中性子の 속도가 떨어지기 시작하면 爐心속에 있는 여러가지의 原子核은 이를 잡아먹기 위해서 눈이 번쩍거리기 始作한다. 속도가 낮은 中性子를 보면 食欲이 돋구어지는 것이다. 이럴때 속도가 떨어질 때로 떨어진 中性子가 가까이 오면 이를 잡아먹어(吸收) 버린다. 원자핵에는 一般的으로 이와 같은 性質이 있다.

그러나 이와 같은 食欲에는 원자핵의 종류에 따라 대단히 差가甚하다. 원자 世界에서 이와 같은 中性子의 大食家의 代表인 硼素와 카드뮴으로서 대단히 中性子를 잘 잡아 먹는다. 코발트나 金, 銀들도 대식가이다. 그러나 한편 小食家의 代表는 重水素와 黑鉛이며, 그리고 금속중에서도 알루미늄, 지르코늄, 鉛 등은 小食家에 속한다.

원자의 世界에서 中性子에 대한 食欲의 정도를 바안(barn)이라는 눈금으로 表示한다. 重水素 0.0005바안, 아연 0.003바안, 금속 中의 小食족인 알루미늄, 질코늄, 鉛 등은 大体로 0.2바안, 이에 대해 카드뮴은 2400바안, 硼素 740바안, 참으로 대단한 食欲이다.

그런데, 핵분열 反應의 騎士, 中間 情報인 우라늄 235도 熱中性子에 대해서 680 바안이라는 食欲을 가지고 있다. 이것은 핵분열의 主役者인 中性子를 낳게 하는데 있어서 대단히 중요한 것이다. 中性子를 잡아 먹자마자 핵분열을 일으켜서 2個以上の 새로운 中性子를 낳게 하는 것이다.

다만 680바안中 100바안 가량은 「공짜먹기」로서 먹더라도 모른체 해버리나 나머지 580바안은 正直하게 먹고서는 꼭 새로운 中性子를 낳게 한다.

現在의 원자爐의 대부분이 熱中性子爐이다 이는 오로지 우라늄 235의 熱中性子에 대한 食欲에 의지하여서 成立하고 있는 것이다. 즉, 中性子를 어떻게 하든 잘 減速시켜서 熱中性子로 하고 이를 連鎖反應에 사용하자는 것이다. 이를 위해서 물, 重水, 黑鉛 등의 가벼운 원자핵의 物質을 감속재로 하여 이를 우라늄

연료와 함께 爐心에 집어 넣는다. 핵분열에 의해서 생긴 빠른 중성자를 이 減速材의 속을 날아다니게 하여 減速시켜 熱중성자의 速度까지 스피드 다운시킨다. 中性子が 熱中性子로 되면 우라늄 235는 갑작스런 飢餓을 發하여 날아온 熱中性子를 입맛을 다시면서 왈카 잡아 먹기 시작한다. 그리고서는 自体가 다시 核分裂을 하며 새로운 중성자를 생기게 하여 이를 되풀이하게 된다.

위에서도 말한 바와 같이, 다른 원자핵들도 熱中性子에 대해서 크나 적으나의 差는 있으나 이에 대한 食欲을 가지고 있다. 그러므로 중성자의 子孫을 維持하게 하기 위해서는 되도록 熱중성자를 有效하게 우라늄 235에게 잡아 먹히게 해 주어야 한다. 그래서 爐心속에 넣는 減速材나 構造材나 冷却材등은 되도록 中性子를 無爲徒食하지 않은 材料를 選擇한다. 모처럼 만들어낸 熱中性子를 날치기 당하지 않게 하기 爲해서이다.

## 19. 우라늄 238의 變態의 食欲 - 共鳴吸收

그러나 이 世上은 뜻대로 되는 것은 아니다. 熱中性子の 徒食의 大敵이 核燃料 自身 속에 있다는 것을! 이놈은 바로 핵연료 속에 들어 있는 우라늄 238이다. 熱중성자를 잡아 먹는 食欲의 눈금은 4000바안이라 하니 대단한 것이다. 이놈은 中性子를 잡아 먹고서는 베타線만 낼 뿐 모른체 하고 있다. 그러나 이 우라늄 238이 中性子를 잡아먹는 方法은 심상치 않다. 이 놈은 중성자의 속도가 아직도 熱중성자의 속도의 15배가량 되었을 때 갑작스러이 미친듯이 잡아먹는다. 中性子が 이 속도범위를 벗어나면 食欲은 갑작스러이 없어져 버린다. 이는 정말 變態性的 食欲이다. 이 變態의 인 식욕을 共鳴吸收라 한다.

따라서 중성자가 減속 도중에 이 食狂으로부터 도피하기 위해서는 한시바삐 이 속도 범위를 벗어나서 減速해 버리거나 또는 우라늄 238에 부딪치지 않게 하는 方法밖에 없다. 그러나 천연 우라늄 속에는 우라늄 238의 比率이 實로 99.3%이다.

한편, 바라는 核分裂의 核인 우라늄 235로 말하자면 1000個中 不過 7개 뿐인 소수파에 속한다. 이들은 함께 고루 섞여 있어서 우라늄 235의 주위에 같은 얼굴을 한 우라늄 238이 우글 우글하고 있어서 어떻게 생각하면 悲觀이 생기기도 한다.

大徒食家인 우라늄 238도 多少는 贖罪를 하기도 한다. 핵분열 直後의 바로 생긴 高速의 중성자라면 多少의 핵분열을 일으키기도 한다. 이때는 중성자의 代價를 支拂한다. 이것을 高速 核分裂 効果라고 하는데, 중성자를 增加시키려는 쪽에서는 多少의 플러스가 된다 그러나 갖 생긴 高速의 중성자는 減速材로 因해 곧 그 속도가 떨어져 버리기 때문에 큰 기대는 할 수 없다.

이와 같이 되어 있어서 중성자가 핵분열의 과녁인 우라늄 235의 核에까지 到着함에는 普通 쉬운 일이 아니다. 먼저 1個의 중성자가 우라늄 235에 吸收되어 核分裂을 일으켜 2個나 3個의 중성자가 생겼다 하자. 이 중성자가 爐心 속에서 가진 苦生을 다하여 다음의 代로 그 生命을 이어갈 때까지 살아 남아서 그中 몇個가 實際로 그 다음의 우라늄 235에 흡수되는가 하는 比率, 이것을 중성자의 增倍率(2개가 4개로, 4개가 8개로…… 나누어 질 때는 增倍率은 2이다)이라고 한다. 中性子が 과녁의 核에 도달하기까지는 徒食家들에게 잡아 먹히게 되는 것들이 있기 때문에 爐心속에서 중성자의 增倍率을 2로 하는 것은 대단히 어려운 일 중의 하나이다.

即, 增倍率은 爐心속에 얼마만큼의 중성자에 처한 食欲을 가진 무리들(원자핵)이 어떻게 혼합되어 있는가에 따라서 決定된다.

## 20. 核分裂의 불꽃

中性子에 처한 食欲의 정도는 物質에 따라서 다르다. 그러므로, 爐心에 이들을 넣을 때 되도록이면 大食漢이 混入되지 않게 한다. 그러므로 불질은 정도의 差는 있으나 잡아먹는 버릇이 있으므로 增倍率을 높힌다는 것은 정말 어려운 일이다.

万苦 增倍率이 1보다 작으면 核分裂反應은

곧 消滅해 버린다. 여름 하늘의 불꽃놀이 모양으로 단 한번만 반짝 하다가 꺼져 버린다. 至今, 増倍率을 0.9로 假定하자. 최초 100개의 핵분열이 있었다고 하면…… 제 二代째는 90개, 제 三代째는 81個, 四代째는 73個……十代째는 39個, 三十代째는 5個, 五十代째는 0.6개로 減少해 버린다. 五十代째라 해야 눈 깜짝할 사이이며, 중성자의 壽命, 즉 생겨서 다음의 우라늄 235에 吸收되기 까지의 時間은 긴놈으로서 1000分の 1秒, 50代라 해야 불과 1000分の 5秒이다. 이래가지고서는 에너지 倉庫의 문을 열수 없다.

따라서 핵분열의 반응을 계속시킨다는 것, 즉, 連鎖反應을 維持시키기 爲해서는 중성자의 増倍率을 1보다 크게 함이 어떻게 하든 必要한 것이다. 이를 爲해서는 우라늄 연료, 우라늄 235의 量과 構造材나 冷却材의 종류, 또한 이들의 混合시키는 方法, 이들을 爐心 속에 넣는 方法 등을 충분히 고려해야 한다. 増倍率이 1보다 적다함은 마치 어름에 불을 붙이게 하는 것이나 다름없다.

## 21. 中性子の 家出·爐心으로부터 漏出

그러면, 中性子の 増倍率이 1보다 크면 반드시 連鎖反應이 일어나게 되는가?

이때까지의 이야기에서는 中性子が 減速하는 途中에 힘이 넘쳐서 爐心の 밖으로 튀어나가 버리는 中性子에 대해서는 言及하지 않았다. 即, 爐心에서 새어나가는 中性子를 말한다. 이때까지의 이야기는 이해를 돕기 위해서 便宜上 끝없이 큰 爐心(無限爐心이라 하기도 한다)으로 說明하였다. 爐心이 끝없이 크면 中性子が 새어나갈리는 없다. 이와 같이 中性子が 爐心에서 새어나가는 것을 考慮에 넣지 않을 때의 増倍率을 正確하게는 「無限増倍率」이라 한다(數字로서는  $\infty$ 라고 表記한다).

그러나 현실에서, 끝없이 큰 爐心이 있을리가 없다. 반드시 어떤 크기를 가지고 있다. 그러므로 連鎖反應이 일어나는가 일어나지 않는가는 爐心 밖으로 튀어나가 버리는 中性子에 대해서도 說明을 해야만 한다.

爐心の 燃料部分의 바깥쪽, 즉 外表面 가까이에서 생긴 중성자에 대해서 생각해 보기로 하자.

갖 생긴 중성자가 爐心の 中心 쪽으로 날아가는가, 또는 反對로 바깥쪽으로 날아가는가는 다만 하느님의 뜻일 뿐, 이 바깥쪽으로 날아간 중성자가 만약 이를 도로 反發시켜 속으로 들어가게 하는 것이 없는한 그대로 밖으로 나가버리는 것은 定한 理致이다. 장난꾸러기들은 어머니에게 꾸지람을 들을 때 맨발로 집 밖으로 달라뻐는 놈이 있기는 하나 그러나 저녁때가 되면 눈치 코치 살피면서 집으로 돌아오나 중성자는 그렇지 않다. 家出한 中性子は 爐心을 떠나 어디선가 橫死해 버리고 만다.

이와 같은 不幸한 중성자는 外表面에 가까울수록 많다. 燃料爐心の 中心 쪽에서 생긴 중성자일수록 밖으로 나가려는 동안 우라늄 연료에 잡히는 가능성이 많은 것이다.

따라서 體積에 對한 표면적의 비율이 작을수록, 中性子の 家出의 比도 작아지게 된다. 그러므로 우라늄 연료에 잡히는 중성자의 數는 연료爐心이 크면 클수록 많아지는 것이다.

실제의 원자로에서는 모처럼 생긴 중성자가 減速途中에서 家出해 버리는 것을 되도록 작게 하기 위해서는 燃料爐心の 주위에 『反射體』를 설치하고 있다. 이는 감속재와 같은 가벼운 원자핵의 材料로서 燃料爐心の 주위에 날아나오는 중성자를 되돌려 보내게 한다. 이렇게 하므로써 새어나가는 중성자의 數는 相當히 減少시킬 수가 있어서 중성자 經濟에 대단히 도움이 되는 것이다.

이와 같이 새어나가는 중성자까지도 머리에 넣고, 중성자의 一代마다의 増倍率을 생각할 때, 이것을 그 爐心の 『實効 増倍率』이라고 부르며, *k<sub>eff</sub>*라고 表記한다. *eff*는 英語의 *effective*(實効的)의 앞 文字이다.

燃料爐心이 커질수록, 이 「實効 増倍率」은 커진다.

## 22. 「효과가 繼續 持續한다」- 爐의 臨界

여기서 이때까지의 이야기를 整理해 보기로

하자.

에너지의 창고인 爐의 문을 열기 위해서는 연속해서 핵분열을 일으키게 할 것, 연쇄반응을 유지시킬 것이 필요하다. 그러기 위해서는, 중성자의 無限增倍率, 즉 중성자의 漏出을 생각하지 않을 때의 중성자의 증가방법, 중성자 증가율이 1보다 큰 體質이라야 함이 우선 첫째로 필요하다. 그러기 위해서는 우라늄 연료의 넣는 方法, 材料의 選擇方法, 그 혼합방법이 要点이 된다.

그러나 이것만으로서서는 充分치 않다. 이들을 잡아 넣는 연료 爐心の 크기가 문제이다. 너무 적으면 모처럼 중성자가 생기더라도 家出해 버리는 중성자의 비율이 많아서 爐心全体로서는 중성자의 증가능력이 不足된다. 즉, 漏出을 고려한 爐心全体의 중성자 증가율  $k_{eff}$ 가 1보다 작아지는 것이다. 이래서는 不妊女가 되는 꼴이다.

그래서 爐心の 크기를 작은 쪽으로부터 점점 크게 하면 연료 爐心으로부터 튀어 나가 버리는 중성자의 비율도 점점 減少한다. 그래서 어느 크기에 到達하면 생기는 중성자와 잃어버리는 중성자(여기에는 徒食돼 버리는 것과 家出돼 버리는 것이 있다)의 比率이 같게 된다.

收支의 珠算이 겨우 맞아진다. 없어지는 분량만큼 생기게 되므로 결국은 핵분열 反應의 數는 늘지도 않고 줄지도 않아 一定을 持續하게 된다. 이 때의 爐心の 實効增加率  $k_{eff}$ 는 정확하게 [1]이다. 이 狀態를 爐가 臨界로 되었다라고 한다. 이때의 爐心の 크기, 우라늄 연료의 量을 臨界質量이라 하는데, 이것들은 原子爐쟁이에게는 대단히 중요한 數學이다.

原子爐를 建設하면 제일 먼저 이 臨界메스트라 하는 것을 行한다. 燃料棒을 조금씩 加해 가면서 爐心을 점점 크게 해 간다. 이렇게 해서 꼭 臨界가 되는 것을 확인하는 것이다.

「原子力發電所, 몇時 몇分에 爐는 臨界가 되었읍니다」라고 방송되면 높은 분들은 박수를 치게 되는 것이다.

어떻든 이 원자로는 연쇄반응이 가능해졌고 원자로서의 口實을 하게 되었음이 認知된 것이다.

燃料爐心이 작아서 實効增倍率이 1에 到達치 못하였을 때, 이 狀態를 未臨界狀態라 한다. 이로서는 불을 붙일려해도(연쇄반응을 일으키려 해도) 어떻게 할 수가 없다. 단 한번 擘!하다가 꺼져 버린다. 바로 여름 하늘의 불꽃놀이와 같다. 이때는 우라늄이든 무엇이든 한낱 금속덩어리에 불과하다.

한편 實効增倍率이 1보다 클 때에는 이와 같은 狀態를 超過 臨界狀態라 하는데, 이때는 자꾸 자꾸 核分裂의 比率이 증가해서 이에 따라 에너지의 放出도 자꾸 자꾸 늘어간다. 實効增倍率이 극히 조금만 1보다 크다 하더라도 그 증가되는 樣相은 대단한 것이다. 이것은 中性子の 一世代의 평균 수명이 극히 짧기 때문이다. 긴 경우라도 1000분의 1秒, 即 1秒間에 1000回나 世代가 교차되기 때문이다.

지금 實効增倍率을 1.01로 假定하고 그 중성자의 增加되는 것을 보면 최초 1個의 中性子에서 일어난 핵분열은 0.1초 후에는 2.7개, 0.5초 후에는 140개, 1초 후에는 23万个, 2초 후에는 4億個, 3초 후에는 8兆個라는 增加率이다. 에너지의 出力을 보면 최초 100와트가 있었다면 0.1초 후에는 270와트, 0.5초 후에는 14킬로와트, 1초 후에는 2000킬로와트, 2초 후에는 實로 4億킬로와트에 달한다!는 식으로 限이 없는 것이다. 實効增倍率 1.01 이라 해도 대단한 數字임을 알 수가 있다.

實地로 원자로의 출력을 올리게 하는 데는 마치 자동차를 加速하는 것처럼 棼棼히 行하는데, 물론 實効增倍率 1.01보다는 훨씬 적은 것으로 한다. 이때는 뒤에서 詳述하겠지만 「늦잠자는 中性子」라는 것이 自然히 생겨서 이것이 원자로로 하여금 棼棼히 마음대로 出力을 올리게 할 수 있게 한다.

爐가 臨界로 되었을 時의 中性子の 收支決算表 (最初 100個 있었다고 한다.)

中性子

100個……核分裂에서 생긴 빠른 中性子  
 ←3個; 빠른 中性子에 의한 우라늄 238의 核分裂에서 생긴 中性子が 加해진다.

103個……빠른 中性子は 減速하기 始作한다.

→20個; 減速되는 途中에 爐心 밖으로 漏出된다.

→13個; 變態食狂 우라늄 238의 共鳴吸收에 의해서 잡아먹혀 버린다.

70個……減速되어 속도가 떨어질 때로 떨어진 熱中性자가 된다.

→5個; 熱中性자로서 爐心밖에 漏出되어 버린다.

→25個; 減速材, 其他의 構成材에 徒食되어 버린다.

40個……熱中性자는 겨우 우라늄 235에 吸收되어 核分裂하여 평균 2.5개의 中性자가 생긴다.

100個……(最初의 狀態가 된다)

### 23. 原子爐와 煉炭난로의 差異- 原子爐의 定義

이때까지의 이야기로서 어느 정도 原子爐속에서 어떻게 하여 에너지가 發生 하는지를 알 수 있으리라고 믿는다. 그래서, 原子爐라는 것은? 하고 이를 定義지운다면 다음과 같을 것이다.

즉, 원자로라는 것은 中性자와 우라늄같은 核分裂物質에 의한 연쇄반응의 결과 核에너지를 放出시키는 장치이다. 이는 근본적으로 에너지를 放出시키는 점에서 「煉炭난로」와 같은 것이다.

여기서 「연탄난로」를 한번 定義지워보면 다음과 같다. 연탄난로란 산소와 無煙炭과 같은 연소물질이 연소한 결과, 化學反應熱을 放出하는 장치이다.

여기서, 核에너지를 放出한다는 것과, 화학적반응 에너지를 放出한다는 것은 어디가 어떻게 다른가를 확실하게 해 두는 것이 좋을 것이다.

앞서 말한 바와 같이, 원자의 대부분은 虛空이다. 원자의 크기를 국민학교의 운동장만한 크기로 한다면 원자핵은 그 한가운데 있는 쌀알(核)이다. 그리고 細菌들 만큼의 작은 쇠파리(電子)의 무리들이 미친듯이 운동장을 돌고 있다. 원자로에서의 핵에너지의 放出이라는 것은 이 한가운데의 쌀알(原子核)이 關係

하는 것이다. 즉, 이것이 나뉘어질 때 여기서 에너지가 나오게 되는 것이다. 이때 쇠파리(電子)는 아무 關係도 없다.

그런데 化學反應熱은 이 쇠파리(電子)에만 關係되는 것이다. 즉, 원자의 化學的 性質이라는 것은 이 쇠파리(電子)의 數와 行動에 의해서만 決定되는 것이지 쌀알(원자핵)과는 아무런 關係가 없다. 이 쇠파리는 쌀알 주위를 제멋대로 날아 다니고 있는 것같이 보여지지만 實際는 그렇지 않다. 定해진 區域(軌道)이 嚴然히 存在하는 것이다. 강패들이 自己네들의 구역을 지키는 것과 마찬가지로. 안쪽을 돌고 있는 쇠파리, 그 外側을 돌고 있는 쇠파리, 또 다시 그것의 外側을 돌고 있는 쇠파리들과 같이 몇겹의 區域이 있다. 그런데 이 區域(軌道)에는 쇠파리가 몇마리만 있을 수 있다는 것이 定해져 있는데, 原子들의 化學的 性質은 다만 이 제일 바깥쪽의 區域(軌道)에 있는 쇠파리(電子)의 數에서만 決定된다.

그래서 무연탄이 탄다. 即, 炭素가 空氣中の 酸素와 化學反應을 일으키는 것은 각각 탄소와 산소원자의 제일 바깥쪽의 區域에 있는 쇠파리(最外殼電子)들의 操作에서 일어나는 것이다. 即 이와 같은 쇠파리가 서로 함께 붙으므로써 炭酸가스가 되는 것이다. 이때 化學反應熱이 나오고, 그래서 竽치를 구워 먹을 수가 있는 것이다. 따라서 이때 원자의 한가운데 있는 쌀알은 아무 關係가 없다.

앞에서 1그램의 우라늄이 核分裂을 하면 1000 킬로와트/1日分の 熱을 낸다고 說明하였다. 그런데 12그램의 무연탄이 타면 얼마만한 열이 나올까? 8킬로 칼로리이다. 즉 1리터의 물의 온도를 8도 만큼의 온도를 올릴 수 있는 熱量에 不過하다. 이 쇠파리(電子)와 쌀알(原子核)이 얼마나 差가 큰 것인지 實感이 날 것이다.