

燃

料

体

張 基 鎭

29. 호랑이의 우리 · 燃料의 被覆

그러나 또 하나 이 非均質爐의 燃料体에서 공통되는 것은 우라늄 연료가 가늘고 긴 것(棒狀燃料)이거나 평평한 것(板狀燃料)이거나 間에 모두가 껍질을 덮어쓰고 있다는 점이다. 이 껍질은 호빵 모양으로 두꺼운 경우도 있으나 대개는 물만두 모양으로 얇은 경우가 많다. 이 껍질을 被覆材 또는 被覆管이라고 한다.

왜 껍질을 덮어 씌우는가? 이는 알맹이인 핵연료의 우라늄이 핵분열을 한 後, 그 타고 남은 핵분열生成物이 冷却材 속으로 흘러 들어가거나 또는 녹아 나오는 것을 防止하기 위함이다. 이 핵분열生成物은 상당한 放射能을 가지고 있다. 소위 말하는 “죽음의 재”이다. 그러나 이 죽음의 재도 껍질 속에 잡아 넣어 두는 한에는 아무런 힘도 없다. 이 껍질이 健全한 限, 원자로로부터 위험한 방사능이 나오지는 않는다. 호랑이를 鍾路 바닥에 내놓을 것이 아니라 昌慶苑의 우리 속에 엄중하게 가두어 두어야 한다.

원자로라 하면 곧 방사선이 問題가 된다. 그래서 어떠한 일이 있더라도, 또 想像될 수 있는 어떠한 事故에서도 방사선의 피해를 받지 아니하여야 할 必要가 있다(「IX. 原子爐의 安全性」). 이 연료를 둘러 싸고 있는 껍질은 그 제일 안쪽에 있는 호랑이(核分裂性生性物)의 우리인 것이다. 우리들은 이 우리가 부서지지 않도록 전력을 기울이는 것이다.

이 껍질이 하는 일은 좀 더 상세히 설명해

보자. 원자로 속에서는 燃料物質의 核分裂로 인해 많은 熱이 나온다. 껍질은 이 熱을 燃料棒(板)의 밖에 있는 冷却材 쪽으로 무사히 흘러 나가게 해주어야 한다. 따라서 그 材質은 高溫에서도 견뎌야 한다.

또 경우에 따라서는 우라늄의 핵분열의 결과로서 생기는 核分裂 物質中에 가스狀의 것이 있다. 크립톤이나 키세논 가스 等이다. 원자로를 매고 있는 동안에는 燃料棒속에 점점 이와 같은 가스가 모이게 된다. 이때 그 內壓은 相當한 것이 된다. 燃料棒은 또 경우에 따라서 대단히 큰 外壓을 받을 때도 있다. 輕水爐라고 하는 發電爐는 一種의 보일러인 것이다. 原子爐 속의 물도 또한 큰 압력을 가지고 있다. 이 속에 잠겨 있는 燃料棒의 被覆管도 당연히 그 外壓에 견뎌야만 하는 것이다.

또 이 껍질은 다시 燃料棒 사이를 흘러나가는 冷却材로 인한 흔들림에도 끄덕도 하지 아니하여야 한다. 그리고서도 또한 腐蝕으로부터 自身의 몸을 지켜야만 한다. 고온으로 因해서 腐蝕되어 구멍이 뚫어졌다고 하여서는 말이 되지 않는다. 또한 이 껍질은 항상 날아다니는 中性子에게 두들겨 맞기만 한다. 이렇게 하면서도 이 껍질은 1年이나 2年이나 爐속에 들어 있는 한, 完全한 호랑이의 우리로서 保證되어야만 한다.

30. 江南의 橘과 江北의 枳 · 研究爐와 動力爐

非均質爐에서는 燃料物質을 알맹이로 하고 被覆材를 겹질로 하여서 燃料體를 만든다. 그래서 이 알맹이를 어떻게 하며 또한 어떻게 해서 덮어 씌우느냐가 문제가 된다. 여기에는 원자로의 型이나 使用條件에 따라서 여러가지의 形이 된다. 그래서 우선 원자로의 型에 대해서 살펴보자.

原子爐를 크게 나누면 그 使用上의 目的에서 研究爐와 動力爐로 나누어진다. 研究爐(우리나라의 原子力研究所에 있는 것)는 中性子

의 데이타를 만드는 곳이 研究爐이다. 현재의 發電用原子爐의 設計 데이타도 이와 같은 研究爐에서의 研究를 통해서 얻어진 것이 많은 것이다. 이렇게 말하는 것은 이와 같은 研究는 다른 方法으로는 이뤄지지 못하기 때문이다. 수영을 배우기 위해 장판 위에서 아무리 푹푹해 보아도 배울 수 없다. 풀에 들어가서 직접 연습하는 것과 마찬가지다.

原子爐의 爐心은 대단히 강한 방사선의 源泉이다. 研究爐의 爐心은 이와 같은 放射線에

	必要한것 放中 射性 線子	措 置 冷却水로서 發生하는 熱을 자꾸자꾸 버려버린다.
	必要한것 熱 에 너 지	措 置 發生하는 蒸을 高壓熱氣 등으로 하여 熱에너지를 動力化한다.

등의 방사선을 얻는 것을 目的으로 하며, 動力爐(우리나라의 古里發電所에 있는 것)는 核分裂의 에너지, 즉 熱을 얻는 것을 目的으로 한다. 이에 따라서 원자로의 形이 크게 달라지는 것이다.

일반적으로 원자로의 材料들은 중성자나 伽마線 등의 放射線을 얻어맞게 되면 그 性質이 變해 버린다. 原子爐를 만들 때는 그 사용재료들이 中性子를 얻어 맞고는 어떻게 性質이 變해지느냐를 안 後에 設計를 하여야만 한다. 이 以外에도 放射線計測의 問題, 制御의 問題, 遮蔽의 問題 等, 원자로의 設計上 알아두지 아니하면 안될 문제들이 여러가지 있다. 그들

관한 研究의 場을 提供하게 되는 것이다.

따라서 研究爐에서는 核分裂連鎖 反應에서 생기는 熱이 필요한 것이 아니다. 中性子線이나 伽마線 等과 같은 放射線만이 필요할 것이다. 그러나 핵분열에서는 中性子和 熱은 언제나 함께 나오기 마련이다. 그래서 研究爐에서는 이때 생기는 熱을 그 發生하는 方法에 따라서 冷却水를 사용하여 아낌없이 冷却시켜 버린다. 그래서 研究爐의 爐心은 온도가 낮다. 기껏해야 實溫程度이거나 50°정도, 大体로 따뜻한 목욕탕의 물 정도라 생각하면 된다. 그러나 이 爐心은 온도는 낮으나 中性子나 伽마線이 무수히 날아다니는 처참한 곳이다. 研究

爐의 燃料體는 이와 같은 條件아래서 設計된다.

이에 比해, 動力爐는 核分裂 時의 熱에너지를 動力, 即 發電의 형태로서 사용함을 목적으로 한다. 핵분열에 의해서 爐心에서 발생 하는 열은 冷却材로 전해져서 高温의 蒸氣나 가스 的 形態로서 爐에서 끄집어 내어져서 이것이 터어빈을 돌리고 發電機를 돌려서 電氣를 만들게 되어 있다. 原子爐의 熱에너지를 利用하고저 하는 爐의 대부분은 이와 같은 動力을 얻게 하는 것이 目的인데, 이 以外에도 海水에서 重水를 얻는 脫塩用 또는 製鐵 時의 熱源用, 化學플랜트의 工業用熱源 等을 目的으로 하는 것도 구상되고 있다. 이들은 모두가 연구용과는 다른 또 하나의 타입에 속하는 것이고 이들은 모두가 爐로부터 高温의 蒸氣나 高温의 가스라고 하는 形으로 核分裂에너지 를 끄집어 내는 것이다.

動力爐에서는 발생하는 열을 되도록 높은 효율로서 사용하기 위해서 증기나 가스를 높은 온도로 하여 끄집어내려 한다. 이는 온도가 높을수록 열효율이 높다는 熱力學의 법칙이 있기 때문이다. 그래서 動力爐의 燃料體는 대단히 엄한 온도 조건에 놓이게 되므로, 따라서 動力爐의 燃料體는 이와 같은 조건하에서 설계되어야 한다.

31. 알루미늄의 鑷질속에 燃料體 · 研究爐의 燃料

研究爐의 燃料體의 鑷질에는 알루미늄이 안성맞춤이다. 첫째, 爐心材料로서 第一의 조건인 “中性子에 對한 食欲”이 극히 적다. 즉, 열을 잘 통한다. 이것도 바람직한 것이다. 또 자른다든가 잡아 당긴다든가, 두드린다든가 하는 가공성이 비교적 손쉽다. 다만, 鑷점으로서 는 열에 약하고 힘이 적다는 점, 美男이지만 돈과 힘이 없다라고 할까. 힘(引張強度)은 鋼鐵의 1/4 정도이며 열에 對해서도 대체로 600도가 넘으면 녹아 버린다(鐵이나 스텐리스는 1400도 정도까지는 녹지 않는다) 그리고 200도가 넘으면 물속에서 腐蝕이 始作할 뿐만 아니라 힘도 약해져 버린다.

그러나, 研究爐에서는 흐르는 물도 따끈한 목욕탕 물 정도밖에 되지 않는다. 燃料體의 表面은 다소 뜨거워지기는 하나 그래도 200도 이하가 되게 설계할 수 있다. 강도가 이 정도의 온도에서는 충분하다.

이러한 이유로서 연구로는 여러가지의 型이 있기는 하나 대부분의 研究爐는 알루미늄의 鑷질의 燃料體를 사용하고 있다. 減速材도 重水, 黑鉛, 물 等 여러가지 있으나 알루미늄과 물을 사용하는 것이 많다. 이 中에서도 MTR型이라는 型은 燃料集合體가 대단히 많다. 따라서 여기서는 研究爐의 燃料의 보기로서 이 타입의 燃料에 대해서 이야기해 보기로 한다.

美國에서는 材料試驗爐(Material Testing Reactor)라고 하는 유명한 研究爐가 있다. 일찌기 1959년에 만들어져서 원자력의 연구에 대단히 공적이 큰 爐이다. 이를 MTR이라 한다. 이 爐에 사용되고 있는 것은 위에서와 같은 燃料인데, 燃料體는 板狀으로 한 것을 集合體의 形으로 形成한다. 알맹이는 금속 우라늄과 알루미늄을 이겨서 된 것, 정확히 말하면 우라늄 알루미늄 合金이다. 우라늄의 量은 30내지 40% (우라늄이 너무 많아지면 딱딱해서 좋지 못하다) 우라늄은 농축우라늄, 농축도는 20%정도도 있고 90%의 고농도의 것도 있다. 鑷질은 물론 알루미늄이다.

이 燃料板은 製法을 그림에 넣는 額面方式이라 한다. 액면이 있다, 그림을 넣었다, 뒷板을 붙였다. 그리고 鑷면에 걸어둔다. 以上으로서 끝난다. 그런데 이것을 燃料板 製造에 적용시키면, 우선 우라늄, 알루미늄 合金으로서 알맹이를 만든다. 즉, 적당히 얇게 한 것을 가늘고 긴 矩形으로 한다. 이것이 위에서 의 그림이다. 다음에 이것이 들어갈만한 가늘고 긴 額面과 뒷板을 알루미늄으로 만든다. 그리고서는 그림(알맹이)을 속에 넣는다. 그러나 이는 鑷면에 걸어두지는 않는다. 오히려 이를 로울러에 걸어서, 전체를 一體로 얇게 만들어 버린다. 이들은 全體가 알맹이를 속에 넣어둔 채 얇게 완전히 一體로 密閉해 버린다. 이렇게 된 板의 두께는 1 밀리 남짓하며, 폭은 7 센티半, 길이는 70 센티 가량의 矩形體가 되어

버린다. 알맹이는 이 속에 누질러서 밀봉되어 있는데, 그 두께는 0.5밀리 정도, 물론 밖에서 보이지는 않는다. 外見은 완전히 한장의 알루미늄판이다.

이와 같은 휘청하는 놈을 그대로 爐心속에 넣을 수는 없으므로 몇장씩을 1組로 해서 燃料集合체로 하여 쌓아 올린다. 20枚 가량을 1組로 하는 것도 있고 10枚 1組의 것도 있다. 이와 같은 組로 되는 것은 두께가 수밀리나 되는 단단한 側板 2枚를 사용하여 燃料板을 等間격으로 나란히시켜 양쪽에서 擘 조여서 組立하는 것이다. 이렇게 만들면 상당히 단단해진다. 그리고서 이 側板의 上部에는 손잡이를 붙이고 그 하단에는 물이 통하는 노즐을 붙이면 된다. MTR以後, 세계의 어느 연료도 이 MTR型을 사용할 시에는 단면의 크기를 3인치 角으로 하고 있다. 下面의 노즐은 또한 꼬질대의 역할도 한다. 원자로에는 爐心의 下部에 格子板이라는 스텐리스製의 두껍고 단단한 板이 있다. 때에 따라서는 두께가 20cm이상의 것도 있다. 이것이 爐心을 支持하고 있다. 이 板에는 縱, 橫으로 많은 구멍이 뚫어져 있는데, 위에서의 노즐의 꼬질대는 이 구멍에 擘 들어가도록 되어 있다. 그러므로 燃料集合체의 위의 손잡이를 잡고서 집어 올린 후 꼬질대가 이 구멍에 들어가게 하고, 다시 그 옆에 이와 같은 연료집합체를 또 하나 꽂는다. 이와 같이 꽂아 가면... 연료집합체는 만원버스 속과 같이 擘 차게 되어 爐心은 저절로 形成이 되어버리고 만다.

燃料板과 燃料板 사이에는 2밀리半 가량의 간격을 두게 한다. 이것은 물의 通路이다. 減速材이기도 하고 冷却材이기도 한 물이 그 사이를 흐르게 되는 것이다.

위에서 말한 MTR에서는 한아름 정도의 크기의 爐心燃料部에서 5萬킬로와트의 熱이 생긴다. 대단한 熱이다. 1리터당 500킬로와트의 熱이 발생하는 셈이다. 정말 놀라운 數字라 아니할 수 없다. 熱效率이 크다는 擘트기의 가스터어빈조차 1리터당 45킬로 와트가 고작이고, 스팀 보일러에서는 10킬로와트 정도이다. 이는 爐의 目的上, 대단히 심하게 핵분열 연쇄반응을 일으키게 하지 아니하면 안

되기 때문이다. 그런데도 이와 같은 연구로에서는 爐心의 온도는 낮다. 고작 50도 정도다. 燃料板이 200도 정도인데 이는 爐心에서는 擘 장하게 많은 열이 나오기는 하지만, 그 以上으로 擘렬하게 물을 통해서 자꾸자꾸 식혀주기 때문이다.

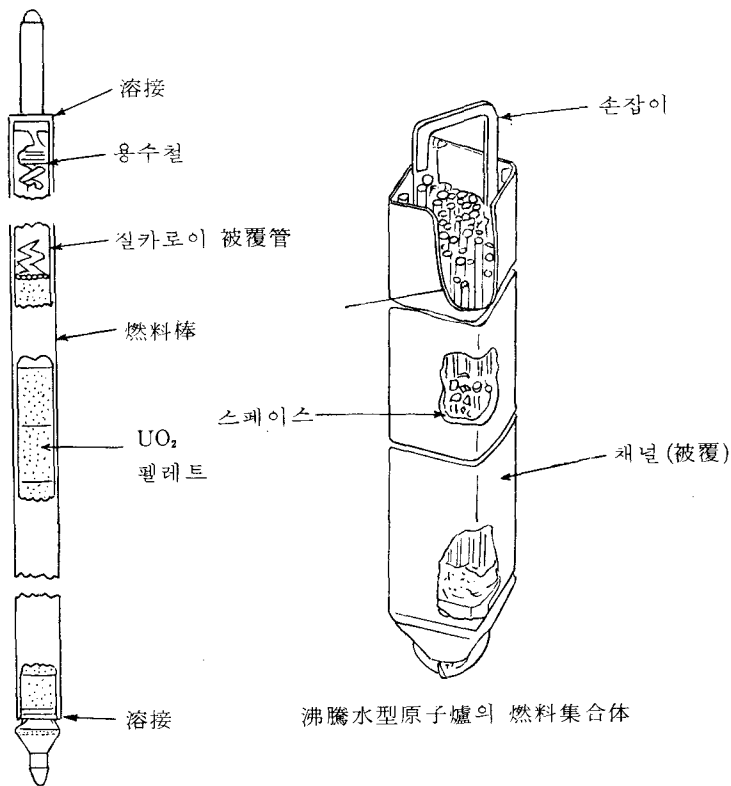
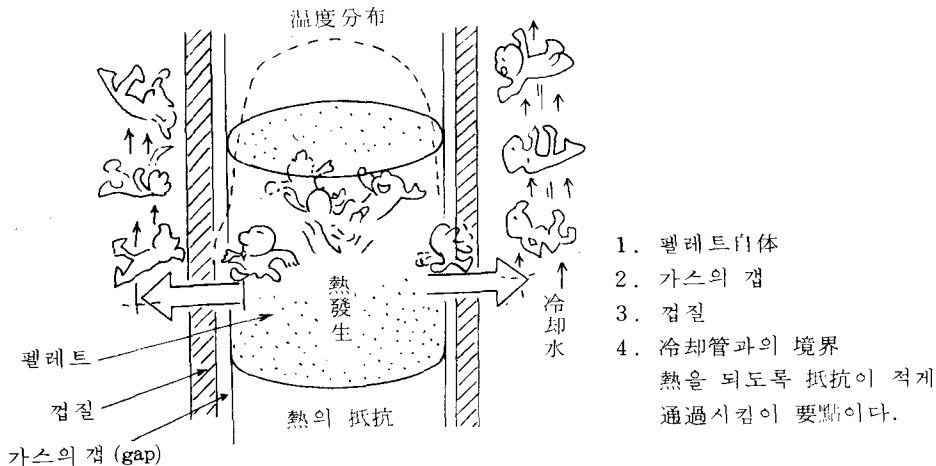
보통, MTR에서는 燃料板의 間隙사이를 秒速 10미터의 속도로 물을 흐르게 하고 있다. 알루미늄板 하나 하나는 휘청거리고 힘이 없으나 위에서의와 같이 集團으로 되었을 때에는 强하다. 集團安保이다. 그 사이를 물이 대단하게 흐르더라고 이제는 끄덕도 않는다.

물론, 爐의 목적에 따라서는 이와 같이 많은 熱을 내지 않아도 되는 爐가 있다. 이럴 때는 흐르는 물의 양은 훨씬 적어도 된다. 極端的인것 中에는 물을 전혀흐르게 하지 않는 것도 있다. 물속에 擘뚝 담궈두는 것뿐이다. 燃料板 사이의 물은 擘혀지면 가벼워져서 위로 올라오고 차거운 물이 아래로 들어간다. 목욕탕 물덜히는 것과 같은 방법으로 熱을 얻는다. 어렵게 말하면 自然循環冷却式이다.

32. 集團安全保障 · 水爐의 燃料集合체

한편 動力爐의 燃料은 열을 빼내는 것이 目的인 爐이므로 燃料체는 항상 높은 온도에 놓이게 된다. 그리고서도 이 動力爐에서는 되도록 경제적으로 태워서 에너지를 擘집어 내어야 한다는 動機가 있다. 즉, 1킬로와트당 얼마로서 전기를 얻을 수 있느냐에 따라 勝負가 決定된다. 따라서 같은 1本の 연료에서 얼마만큼 많이 에너지를 계속해서 擘집어 낼 수 있느냐 하는 것이 중요한 문제이다. 따라서 당연히 動力爐의 연료는 研究爐의 그것에 比해서 한층 더 苛酷하게 부려 먹게 된다. 그러나 아무리 가혹하게 시달리더라도 爐안에 들어 있는 동안은 2年이나 3年이라도 擘참고 있지 않으면 안된다. 눈에 보이지 않는 작은 구멍하나도 뚫어져서는 안된다. 조금이라도 새어서는 안된다는 擘, 嚴하게 擘부를 받고 있는 것이다.

그런데 動力爐는 크게 둘로 나누어진다. 水



沸騰水型原子爐의 燃料集合體

爐와 가스爐이다. 이것은 冷却材로서 물을 사용하느냐, 가스를 사용하느냐에 따라 爐의 型이 완전히 달라지기 때문이다. 水爐에는 輕水 즉 보통 물을 사용하는 것과 重水를 사용하는 것이 있다. 그러나 現在의 情勢로서는 輕水爐가 압도적으로 많다. 이들 중에는 減速材로서는 重水를 사용하고 冷却을 輕水에게 맡

긴다라고 하는 凝心이 많은 놈도 있다. 그러나 燃料로서는 대체로 닮았다. 우선 水爐의 燃料로부터 이야기해 보기로 하자.

燃料체는 棒狀, 굵기는 직경이 12밀리에서 15밀리 정도의 범위, 이것도 爐의 型에 따라 다소 틀리기는 하나 대체로 새끼 손가락의 끝의 굵기 정도이다. 그러나 길이는 3미터에서

4 미터나 된다. 굵기에 비하면 길이는 대단하다. 세워보면 휘청거리며, 곧 부러질듯한 불안한 것이다. 이것을 가지고 櫛을 휘두르듯이取扱한다는 것은 危險千萬이다.

이는 그 外見이나 알맹이나 또한 만드는 방법이 앞에서 말한 研究爐의 것과의 전혀 다르다. 겹질과 알맹이의 관계는 완두콩을 따서 겹질을 벗겨 보십시오 그 속에는 콩이 세로로 나란히 정렬해서 들어 있다. 水爐의 燃料棒도 겹질을 까보면 이와 같은 연료의 알맹이가 세로로 나란히 해서 들어 있는 것이다. 사람들은 이를 가리켜 펠렛(Pellet)라 한다. 사전에 보면, Pellet는 小丸藥, 또는 빵, 종이를 부벼서 만든 球等이라고 되어 있다. 그러나 水爐의 燃料棒의 알맹이의 펠렛트는 둥글지 않고 완두콩 모양으로 거칠지도 않다. 이것은 爐속에서 이 펠렛트로부터 威勢當堂하게 熱이 솟아 나오기 때문이다. 만약 둥글고 또 그 表面이 거칠면 여기서 솟아 나오는 熱은 이 小丸藥 속에 모이게 되어 곧 굉장한 高溫이 되어 버릴 것이며, 그 뒷일은 뻔한 것이다. 그래서 무엇보다도 여기서 생긴 열을 말썹없이 스무스하게 밖으로 배출되도록 해 주는 것이 要點이다. 그러기 위해서는 燃料棒의 겹질과 펠렛트와의 사이를 되도록 적게 하는 것이 緊要하다. 이렇게 하므로써 펠렛트에서 발생하는 열을 겹질에게, 다시 그 밖의 外部의 冷却水로 아무 저항없이 傳達하게끔 할 수 있는 것이다.

겹질은 튜브형으로 한다. 이는 만들기도 손쉽고 또한 단단하기 때문이다. 外徑이 14.5 밀리의 것은 두께가 7,8밀리 정도, 가는 튜브의 外壓에 대한 抵抗이 대단히 큰 것이다. 몇 百氣壓에서도 찢어지지 않는다. 여기서 펠렛트는 円筒型으로 한다. 직경은 12밀리 정도, 높이는 20밀리에 不足할 정도, 예쁘장한 円筒型의 固体이다.

이것이 겹질과 0.3밀리 정도의 작은 간격(gap)을 두고 겹질 속에 쏙 들어갈 수 있게 만들어진다. 이와 같이 해서 펠렛트는 차례로 겹질 속에 꽂 채우게 하는 것이다. 一定數의 것이 다 들어가게 되면 맨 위를 용수철로서 누른 후 겹질의 端部에 마개를 한 後 溶接해 버린다. 이때 겹질 속의 空氣는 氣

체로 바꾸어 둔다. 氣체는 공기보다도 몇 배나 열을 더 잘 通해 준다. 이 氣체는 間隙部에 桴차 있어서, 펠렛트에서 생긴 열을 말썹이 조용히 통과시켜 준다.

그런데, 이와 같이 하여서 만들어진 燃料棒은 數十本에서 때에 따라서는 200本 가량을 한 묶음으로 해서 燃料集合體로 組立시킨다. 燃料棒과 燃料棒 사이에는 물이 통과할 수 있는 間隙部를 만들며, 이를 네모나게 배치해서 단단하게 組立한다. 이와 같이 해서 만들어진 燃料棒의 集團에 질카로이(질코늄이라는 금속의 合金)로서 만들어진 옷을 꼭 덮어 씌운다던가 한 後 이 속을 물이 흐르게끔 한다. 전체를 보면 方形斷面의 채널로서 되어 있다. 이 燃料棒의 中間에는 버팀役割 막대인 스페이스를 꽂아서 棒과 棒 사이의 간격 부를 유지시켜 준다. 이렇게 되면 燃料棒은 콩나물 시루 속의 콩나물 모양으로 채널 속에 桴차서 요동도 못하게 된다. 이렇게 되면 하나 하나로서는 힘없던 가늘고 긴 燃料棒도 마음 든든하게 되며, 탄탄한 것이 된다. 集團安全保障이다. 냉각수가 빠른 속도로 흐르더라도 끄떡도 하지 않는다. 그 下端에는 물이 통하는 노즐-꼬질대를 겸한다-를 붙이고, 下端에는 손잡이를 붙이면 燃料集合體는 完成되는 것이다. 이 꼬질대는 板狀燃料集合體 때와 같이 爐心을 支持하는 格子板의 구멍에 꽂도록 되어 있다. 같은 方法에 의해서 燃料集合體를 一體, 또 一體씩, 이 格子板의 구멍에 꽂아가면 爐心이 形成되는 것이다.

33. 動力爐燃料 · 겹질과 알맹이

水爐에서의 燃料棒에 對해서 조금 더 설명하기로 하자. 겹질의 재료는 질카로이, 즉 질코늄의 合金이다. 이 질코늄에 조미료로 朱錫을 조금 넣는다. 이렇게 하면 높은 온도에서의 性質이 좋아진다. 무엇? 질코……? 듣도 보도 못한 이름인데라고 생각하실 것이다. 원래는 이와 같은 겹질의 재료로서는 스텐리스를 쓰고 싶어한다. 이는 열에 강하며 힘도 세다. 질기다. 차르다든가 잡아 당긴다든가 두들긴다든가 하는 가공성도 좋다. 忍耐力도

있어서 몇달 동안 계속해서 잡아 당겨도 간단하게 늘어나지도 않는다. 未安! 하고 中性子가 두들겨도 꼭 참고 있다. 腐蝕에 강하다는 것은 世上이 다 아는 사실, 이와 같은 性質은 모두가 水爐의 연료봉의 겹질의 재료로서 필요한 성질들이다.

스텐리스 슙크를 보더라도 값이 그렇게 비싸지 않음을 알 수 있다. 따라서 되도록이면 이 스텐레스를 쓰고 싶다. 그러나 어떻게 하나 中性子에 대한 食欲이 큰 것이 玉에 티이다. 중성자에 대한 食欲의 눈금으로 재어 보면 3바안이다. 질코늄이라면 불과 0.2 바안 정도이다. 熱中性子爐의 爐心材料로서의 첫째 조건 「中性子에 대해 小食」이라는 점을 앞세우면 그만 스텐레스는 氣가 죽어 버린다. 그래서 고르고 고른 것이 질카로이 튜브, 困難한 겹질의 여러 조건을 충족시켜 주기 때문이다. 열에 다소 약하기는 하나 그럭저럭 사용에 불편할 정도는 아니며, 腐蝕에 대해서는 神經이 쓰여지나 그런대로 쓸모는 있다. 값이 비싸기는 하지만 어찌할 도리가 없더라는 理由로서 水爐에는 질카로이의 겹질이 많이 사용되고 있다.

알맹이의 페렛트는 酸化우라늄을 구워서 덩어리로 한 것을 사용한다. 여기에서 사용하는 우라늄은 2에서 3% 정도의 저농축우라늄이다. 酸化우라늄이라는 것은, 우라늄과 산소와의 化合物, 우라늄 원자 1個에 산소원자 2個가 붙어서 된 것, 더 알기 쉽게 말하면 우라늄 금속가루를 공기 중에서 태우면 산화우라늄의 가루가 생긴다. 實地는 空氣中에서 바로 태우는 것이 아니지만 어떻게 하든 산화우라늄의 粉末을 만든다. 이 흑색분말에 적당한 바인더(結着劑)液을 넣고 반죽을 한 후 프레스로서 눌러서 조그마한 円筒形으로 成型시킨다. 이것이 바로 페렛트이다. 그 다음에 이것을 加熱爐 속에서 굽는다. 비스킷 굽는 것과 닮았다. 그러나 이때의 오븐은 眞空加熱爐, 眞空 속에서 온도를 1700도나 올려서 굽는다. 이렇게 하면 페렛트는 사기그릇 모양으로 굽혀져서 걸 보기에는 깨어진 사기그릇의 조각과 같다. 사기그릇의 一種, 즉, 셀라믹이라고 하는 놋이다. 그래서 이와 같이 해서 구워진 것을 셀라믹 燃料라고 부른다. 살

결은 엷은 흑색이고 대단히 여무나 부서지기 쉽다. 欠點은 열을 잘 통하지 못한다는 점이다.

열전도율은 금속 우라늄의 數分の 1, 스텐레스의 3분의 1에서 4분의 1정도이다. 따라서 爐를 運轉中 이 페렛트의 中心部の 온도는 바깥쪽보다 더욱 높아져 버린다. 그러나 한편 그 성질은 대단히 안정되어 있다. 화학적으로도 熱力學的으로도 안정한 것이 좋은 점이다. 그리고 그 融點은 대단히 높다. 2800도까지는 녹지 않는다. 이와 같은 長點들로 인해 현재 이 셀라믹 연료가 水爐에 한정되지 않고 대단히 많이 사용되고 있는 것이다.

그러면 왜 우라늄을 금속 그대로 사용하지 않고 재를 만들어서 이를 一定形態로 하고 다시 구워서 만드는 등의 수고를 하는 것일까? 이렇게 하므로써 熱이 잘 전해지는 性質이라는 貴重한 것도 헛탕이 되지 않는가라는 질문을 하는 분도 계실 것이다. 그것의 답은 이렇다. 즉, 금속 우라늄은 온도에 대해 尺寸(size)上 불안정한 성질이 있다. 즉 어느 온도에서는 금속 중의 결정 구조가 변해서 그 성질도 따라서 변해버리기 때문이다. 어렵게 말하면 660도를 넘으면 갑작스레 成型物의 尺寸가 변해 버린다. 다시 770도를 넘으면 또 한번 갑작스럽게 변한다. 이는 온도를 境界로 해서 금속 중의 結晶構造가 변하기 때문이다.

660도까지를 알파相, 770도까지를 베타相, 이를 넘으면 감마相, 각각 성질이 달라지는 것이다. 이에 따라 밀도도 달라진다. 이와 같은 境界의 온도를 變態點이라 하는데, 이와 같은 變態點이 있음으로 이 온도를 지나갈 때마다, 즉 온도가 오르거나 내릴 때마다 연료棒속의 알맹이는 갑작스럽게 늘어났다가 줄어들었다 한다. 志操가 없는 것이다. 이렇게 되면 燃料棒이 견딜수 없다. 따라서 우라늄 금속을 속에 알맹이로서 넣을 때는 이 알맹이의 온도가 600도보다 낮게 되도록 制限해야만 한다. 그러나 열이 대단히 많이 나오게 되면 자연히 알맹이의 온도도 올라가게 되므로 열이 나오는 것도 制限할 必要가 있다. 그리고 물과 사이의 관계도 의심나는 點도 있고 해서 水爐의 燃料棒으로서는 셀라믹의 燃料를 많이 사용하게 된 것이다.

그렇다고 해서 金屬 우라늄을 사용하는 연료가 없다는 것은 아니다. 앞에서 말한 黑鉛減速 天然우라늄을 사용하고 있다. 이때 冷却材는 炭酸가스, 가스爐의 한 型이다. 이 天然우라늄, 가스爐의 燃料棒은 굵다. 대체로 外徑이 4.4센티, 楧질(楧)의 두께 1.7밀리, 알맹이 부분의 굵기는 4센티 정도이고 여기에 2센티보다 조금 큰 세로의 구멍이 뚫어져 있다. 즉 中空의 燃料棒이다. 굵을 뿐만 아니라 단단하므로 水爐에서의 가늘고 긴 燃料棒에서와 같이 集團으로 해서 취급할 필요는 없다. 한 개한 개씩 취급한다. 爐心을 만들 때에는 적당한 간격으로 黑鉛에 긴 구멍을 뚫고 여기에 燃料棒을 꽂아서 나란히 시킨다. 이때 黑鉛은 減速材이다. 연료봉에서의 發熱은 炭酸가스로서 冷却시키고, 가열된 가스가 증기를 만들며, 이것이 터어빈을 돌려서 電氣를 만든다.

여기서는 알맹이로서 천연우라늄을 사용하는 이상 楧질로서는 아무거나 사용할 수는 없다. 물론 먹보인 스텐레스는 不合格, 사용될 수 있다면 中性子の 吸收가 적은 알루미늄이나 질코늄 또는 마그네슘 程度, 그러나 알루미늄은 온도에 약해서 失格이며, 질코늄은 炭酸가스에 失格, 그래서 炭酸가스에 강한 마그네슘을 사용한다. 정확히 말하면 마그네슘은 合金, 이는 마그네슘에 약간의 알루미늄을 조미료로 넣어 둔 것이다. 이때는 楧질이나 알맹이는 다같이 550도가 限度이다. 여기서는 더 온도가 높은 가스를 만든다든가, 또는 燃料棒으로부터 열을 신나게 끄집어 낼 수는 없다. 큰직한 爐心으로부터 점잖게 熱을 끄집어 내는 것이다. 알맹이의 部分, 1센티 立方當의 發熱을 水爐와 比較하면 水爐의 350와트에 대해 60와트 정도, 數分の 1程度이다.

이 以外에도 현재 개발중인 것들을 보면, 여러가지의 型이 燃料들이 있다. 이들 중의 어떠한 것들을 仁丹모형과 같은 燃料들도 있다. 직경 1밀리도 채 되지 않는다. 손 위에 얹어 보면 입속에 털어 넣고 싶을 정도이다. 이와 같이 작은 알맹이 속에도 몇겹으로 核연(核)을 둘러싸게 하여 가운데의 우라늄 燃料의 心을 싸고 있다. 이는 미국에서 개발중인 고온가스爐에서 사용하는 것으로서, 이와 같은 仁丹을 核연의 가루와 함께 반죽을 하여 구운 후 이는 똑같은 核연으로 되는 六角柱의 容器속에 넣은 것을 爐心속에 잡아 넣는 것이다.

또 무연탄을 뭉쳐 놓은 것 같은 것도 있다. 서독에서 개발중인 고온가스爐用이다. 둥근 공 모양으로 생긴 것인데, 직경은 약 6센티, 알맹이는 위에서와 같은 仁丹을 核연의 粉末과 섞어서 이 공을 속에 넣어서 굽는다. 이 核연의 공을 많이 쌓아 올려서 爐心을 만든다.

이와 같은 연료에는 여러 형태의 것이 있을 수 있다. 어떠한 核연료와 減速材를 적당히 섞으면 核的으로 爐心이 되기는 한다. 楧질材料로서 中性子の 吸收가 적은 것을 사용하며, 여기에 농축 우라늄을 사용하면 그 형태나 칫수 등의 制限은 그렇게 嚴한 것은 아니다. 문제는 이들을 어떻게 해서 爐心 속에 잡아 넣느냐, 放出하는 熱이나 冷却材의 흐름에 견디게 하느냐, 호랑이 卽, 核分裂生性物을 完全하게 密封해 버리느냐, 격심한 中性子の 타격下에서 장기간 안전하게 유지시키느냐, 그리고 효율높게 열을 꺼집어 내는가, 또 여기에 加해서 製作, 타고 남은 연료찌꺼기의 處分을 淸하게 할 수 있느냐 라는 등의 필요한 조건을 충족시키는 것에 있다.

◇ 會員社 動靜 ◇

- △ 三扶土建 劉尚龍, 金重練, 李東柱 씨를 新 任理事로 選任.
- △ 現代重工業, 權秉順理事를 海外担当 新 任理事로 轉補.
- △ 大字그룹, 經營陣 改編, 重工業社長에는 尹永錫 專務를 選任.

- △ 東亞建設, 金教鍊 콘크리트社長을 設의담당 副社長으로 선임.
- △ 韓國肥料, 社長에 崔珪圭氏를 선임.
- △ 新韓機工, 羅鍾七, 金錫昌, 崔유봉氏를 新임이사로 선임.
- △ 全經聯, 金永佑理事를 상무이사로 선임.