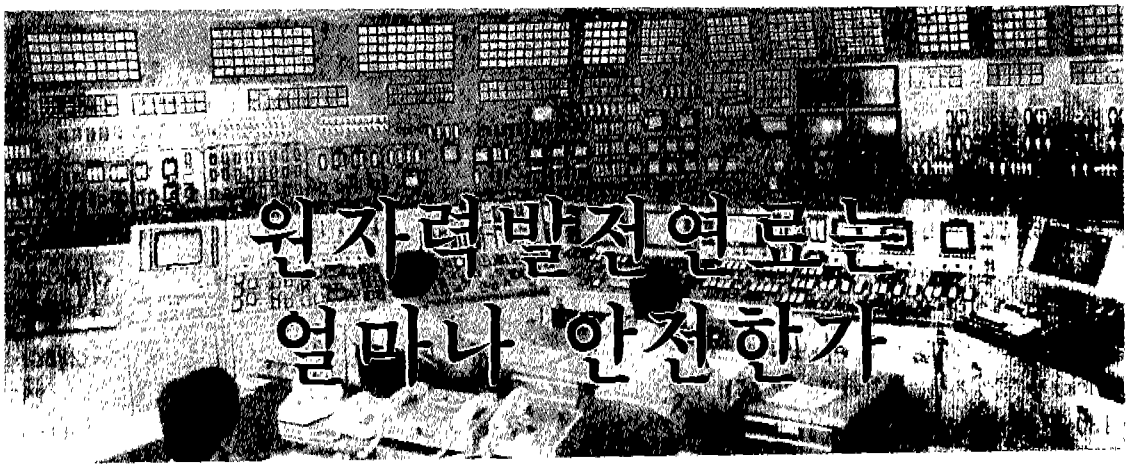


원자력발전연료는 얼마나 안전한가

글/이 우 공 (동력자원부 원자력연료과장)

1. 머리말

우리 인간에게 공기와 물은 없어서는 안될 가장 소중한 것이다. 그러나 우리 인간은 서로가 공기와 물을 오염시켜 스스로의 환경을 위협하고 있다. 이것들은 물질문명의 발달에 따라 인간이 내뿜는 폐기물 즉, 환경오염물질 그것이다. 그렇다고 우리는 모든 산업활동을 일시에 중단할 수는 없다.

인간이 생존하는 한 산업활동은 인간과 공존할 수 밖에 없으며 산업활동을 위하여는 에너지가 필수불가결의 요소이다. 결국 산업활동을 위한 에너지 자원이 환경오염을 유발하는 것이다.

아주 옛날에는 불을 얻는데 나무나 풀 등 주로 식물을 이용하였으나 기술의 발달에 따라 석탄, 석유 등 화석연료가 불을 얻는데 사용되었으며 제3의 불이라 일컫는 원자력이 석탄이나 석유의 대체물질로 등장하고 있다.

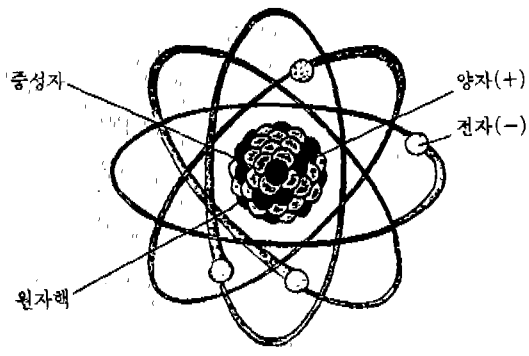
산업의 고도성장과 국민생활의 향상 그리고 국제경쟁시대에 접어 들면서 불의 사용도 전기(電氣)로 대체되어 가고 있다.

오늘날 전기는 산업활동의 원동력으로 사용되고 있으며 국민생활에도 없어서는 안될 소중한 불 즉, 에너지이다.

전기를 얻는 방법은 여러가지가 있겠으나 규모면으로나 경제적인 면에서 이용 가능한 방법은 수력자원을 이용하는 것, 석탄·석유 및 가스를 이용하는 것 그리고 원자력을 이용하는 것 등 크게 3가지의 실용성을 둘 수 있다. 그러나 수력자원은 개발의 한계점에 와 있으며 석탄,석유 및 가스 등 화석자원은 환경공해문제와 자원의 한계점에 직면하고 있다. 오로지 원자력만이 공해가 없고 반영구성이 있다는 점에서 화석자원이 빈곤한 나라들 뿐만 아니라 세계 각국에서도 개발에 박차를 가하고 있으며 21세기의 에너지 주역으로 등장하게 될 것으로 전망된다.

2. 원자력 에너지란 어떤 것인가

우리들이 이미 알고있는 바와 같이 모든 물질은 원자로 구성되어 있고 원자는 원자핵과 전자로 구성되어 있으며 또 원자핵은 양자와 중성자로 구성되어 있다.



<그림 1> 원자의 구조

원자는 1808년 존 달톤(John Dalton)에 의하여 발견되었고 그후 100년이 지난 1911년에야 러더포드(Ernest Rutherford)가 원자핵을 발견하였다. 러더포드는 곧이어 1920년에 원자핵속에 있는 양자를 발견하였고 1932년에는 차드위크(James Chadwick)가 중성자를 발견하였으며 원자가 발견된지 130년 후인 1938년에 Otto Hahn과 Fritz Strassman이 우라늄 원자핵에 중성자를 충돌시켜 핵분열 반응이 일어나는 사실을 발견하였다.

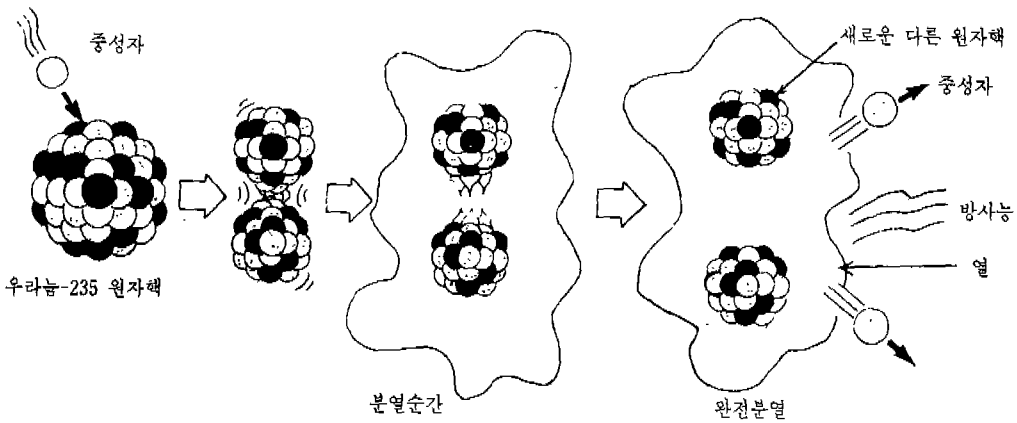
1942년에는 Enrico Fermi가 우라늄 원자핵이 연속적으로 분열 할 수 있는 소위 핵분열 연쇄반응에 성공하였는데 이때부터 원자력 에너지의 이용의 길이 열렸다. 그러나 원자력 에너지가 우리 인류에게 평화적으로 이용되기도 전에 인류에 재앙을 불러 일으키는 핵무기로 먼저 개발되어 사용됨으로써 우리 인류는 원자력의 공포에서 아직도 헤어나지 못하고 있다.

일반적으로 자연에 존재하는 원소는 대부분이 핵분열을 일으키지 않지만 토륨이나 우라늄 같은 원소는 원자핵에 중성자를 투입시키면 핵이 분열하는데 이들 원소들의 핵이 모두 분열을 일으키는 것이 아니고 우라늄의 경우 우라늄－233 또는 우라늄－235와 같이 홀수의 질량을 갖는 것만이 분열을 일으킨다. 또 자연에 존재하지 않는 원소인 플루토늄은 인공적으로 만든 원소인데 이것 역시 핵분열을 일으키는 원소이다. 현재 원자력발전이나 핵무기에 이용되는 것은 우라늄과 플루토늄인데 자연에 존재하는 우라늄은 핵분열이 일어나지 않는 우라늄－238이 전체의 99.3%이고 핵분열이 일어나는 우라늄－235는 불과 0.7%로 구성되어 있어 자연상태로서는 핵분열이 일어나지 않는다.

핵분열반응은 우라늄－235의 원자핵에 중성자가 부딪쳐서 중성자가 원자핵속으로 들어 가야만 분열이 일어나는 것인데 자연에 존재하는 우라늄에는 핵분열을 일으킬 수 있는 우라늄－235의 원자핵은 140개 원자핵중 한개정도 밖에 없기 때문에 자연상태에서는 핵분열반응이 일어날 확률이 매우 희박하다.

핵분열반응을 당구를 치는 것과 비교할 수 있는데 당구대에 4개의 공을 놓고 그중 한개의 공으로 다른 한개의 공을 맞추기는 쉬운 일이지만 만일 넓은 운동장에 당구공 4개를 흩어놓고 그중 한개의 공으로 다른 공을 맞추기는 지극히 어려운 일이며 한개의 공을 키로 친다고 해도 다른 공이 있는 곳까지 굴러가지도 못할 것이다.

이처럼 자연에 존재하는 우라늄은 핵분열반응을

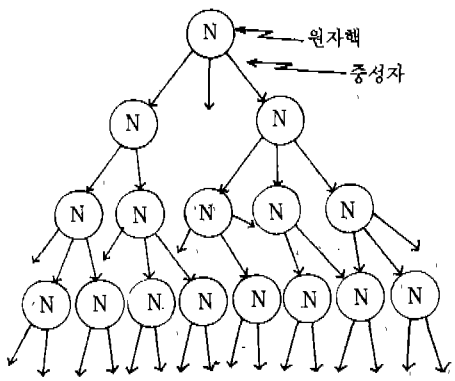


<그림 2> 핵의 분열과정

일으킬 확률이 거의 없지만 우라늄-235의 원자핵 수를 많이 늘리고 중성자의 수도 늘리면 핵분열이 일어날 수 있는 확률이 높아져 가는데 원자력발전은 우라늄-235의 농도를 0.7%에서 3.5%정도까지 약 5배정도 높여서 핵분열반응이 천천히 일어날 수 있도록 하여 그 핵분열에서 나오는 열을 이용하는 것인데 그래도 우라늄의 총원자핵중 핵분열을 일으킬 수 있는 우라늄-235의 원자핵은 100개중 3~4개밖에 되지 않기 때문에 순간적으로 많은 핵분열이 일어날 수가 없으므로 폭발할 수가 없는 것이다.

그러면 원자핵은 어떻게 하여 폭발이 일어나는가? 우리는 그것이 궁금하다.

원자핵이 분열할 수 있는 우라늄-235나 플루토늄-239의 양과 중성자의 수가 많아지면 많아질 수록 핵분열이 많이 일어나고 또 그 속도도 빨라지는데 핵이 순간적으로 폭발하듯이 분열하려면 우라늄의 경우 우라늄-235의 농도가 천연우라늄에서 보다 130배 이상인 90%이상이 되어야 하며 또 우라늄-235가 90%인 우라늄이 약 18kg 이상이 있어야 한다. 즉, 우라늄-235가 90%인 우라늄이 5kg밖에 안된다면 이것은 폭발하지 않고 마치 성냥개비가 확-악 하고 타는 것처럼 빠른 속도로 핵분열만 일어난다.



<그림 3> 핵분열 연쇄반응

원자핵이 연쇄반응을 일어켜 순간적으로 폭발하는데 소요되는 시간은 수백만분의 1초에 불과한데 핵폭발이 일어나자면 우선 우라늄-235가 90%인 우라늄이 18kg이상이 있어야 하고 또 그 우라늄의 핵분열원이 되는 중성자 공급장치 및 우라늄 낱개가 한덩어리가 되도록 하는 화약폭발장치 등을 갖추어야 비로소 자동적으로 핵분열에 의한 폭발이 일어나는 것이다.

3. 원자력발전연료는 얼마나 안전한가

앞에서 설명한 바와 같이 원자력발전에 있어서는 원자핵의 급속한 분열이나 핵폭발이 일어날 수 없는 저농축우라늄을 연료로 사용하고 있으며 또 핵분열이 일어나는 양과 속도를 잘 조절 할 수 있는 장치를 만들어 원자핵이 분열할때 나오는 에너지 즉, 열을 효율적으로 이용할 수 있도록 한 것이다.

원자력발전에 사용하는 연료는 저농축우라늄을 그냥 원자로안에 넣는 것이 아니라 이것을 압축 및 가공하여 금속관에 넣은 다음 취급이 쉽도록 만들어 원자로에 넣는다. 즉, 저농축우라늄을 직경 8mm, 길이 14mm크기의 원통형 모양(이것을 "펠렛"이라고 한다)으로 압축·가공한 다음 이 펠렛을 금속으로 된 긴 관속에 넣고 마개를 막아 하나의 연료관을 만들고 이 연료관 250개 내지 280개를 한데 묶어서 한개의 연료집합체를 만든다. 그리고 이 연료집합체의 연료관 사이사이에 핵분열이 일어나는 양이나 속도를 조절할 수 있는 봉(이것을 "제어봉"이라 한다)을 끼워 넣어서 핵분열이 일어나지 않는 완전한 연료집합체를 완성한다.

원자로 안에는 바로 이 집합체가 연료로 들어 가는데 일반적으로 100만kW급 원자력발전소의 원자로안에 들어가는 연료집합체 총수는 157개이다.

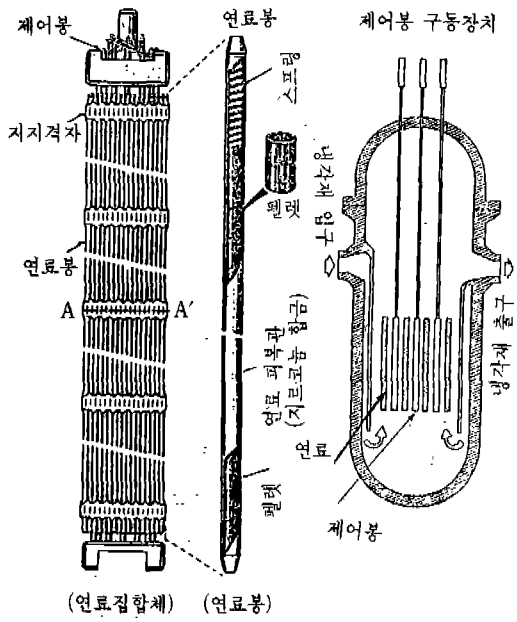
연료집합체를 원자로안에 넣고 원자로의 뚜껑을 닫은다음 집합체의 연료관 사이사이에 있는 제어봉을 천천히 조금씩 뽑아 올리면 핵분열반응이 서서히 일어나기 시작하여 핵분열 양과 속도가 점차 커지게 되고 또 제어봉을 연료관 사이로 서서히 밀어 넣으

면 핵분열반응은 점차 줄어들게 되며 제어봉을 완전히 밀어 넣으면 핵분열반응이 중지상태로 된다.

원자로 안에 있는 연료는 집합체로부터 제어봉을 완전히 뽑아내더라도 핵분열 반응이 갑작스럽게 화-악 일어나는 것이 아니라 마치 연탄이 타는 것처럼 핵분열이 서서히 일어나면서 원자로 안에서 약 3년동안 일정한 속도로 핵분열을 일으키면서 타게 된다.

이처럼 원자력 발전에 사용하는 연료는 나무나 석탄이 타는 것처럼 서서히 타게 되는 것이며 나무나 석탄이 화약이나 가스처럼 폭발 할 수 없는 것과 마찬가지로 핵폭발은 일어날래야 일어날 수가 없다는 사실을 우리는 분명히 알아야 할 것이다.

최근에 원자력발전소의 건설에 반대하는 사람들이 원자력발전연료가 마치 핵폭탄처럼 폭발위험성이 있는 듯 국민을 호도하여 국민으로부터 그들의 지지를 끌어 내려고 하는 의도적인 책략에 말려 들어서는 안될 것이다.



<그림 4> 원자력연료모형

<그림 5> 원자로모형

4. 결 언

경제의 지속적인 성장과 국민생활의 향상에 따라 우리나라의 에너지 수요도 점차 증가하여 90년도의 9천3백20만톤에서 2010년에는 2억5천3백30만톤으로 약 2.7배가 늘어날 전망이며 전기의 수요도 90년에 9백40억kWh에서 2010년에는 3천3백82만kWh로 약 3.6배나 늘어날 전망이다.

총에너지 수요의 충당을 위하여는 매년 엄청난 양의 에너지자원을 도입하여야 하는데 2010년에는 하루에 약 70만톤 즉 15톤트럭 4만6천대분이 소요된다. 이 많은 양을 어떻게 저장하며 어떻게 운반하여 사용할 것인가 하는 문제는 그리 쉽게 풀리지 않는다.

물질문명이 발달되면 발달될수록 전기의 수요는 더 많이 늘어 나는데 이같이 늘어나는 전기의 수요는 무엇으로 충당해야 할 것인가? 2010년에 소요되는 전기를 모두 석유발전에 의존한다면 연간 9천600만톤의 석유가 필요한데 이것은 10만톤급 유조선이 매일 2척이상 입항하여야 하며 또 이것을 석탄으로 충당한다면 연간 1억4천만톤이 소요되어 10만톤급 선박이 매일 4척이나 입항하여야 한다. 또 이것을 국내 각 발전소로 운반하자면 하루에도 수만대의 차량이나 바지선이 필요하다. 그러나 이 에너지 수요를 원자력으로 충당한다면 연간 우라늄연료의 소요량은 불과 1천4백톤 밖에 되지 않기 때문에 연료의 운반이나 저장면에서 아주 유리할 뿐만 아니라 공해가 거의 없고 폐기물 발생량도 적어 지구환경의 보존에도 최상의 에너지원이라 할 수 있다. 또한 전기생산원가 측면에서도 석유나 가스보다 훨씬 값이 싸며 석탄과는 비슷한 수준에 있기 때문에 전기의 안정공급 측면이나 국제경쟁력 강화를 위하여 원자력발전은 필수적인 개발과제이다.

좁은 국토와 많은 인구를 가진 우리나라가 2000년대의 선진 한국을 건설하기 위하여는 에너지기반의 구축이 무엇보다도 중요하며, 빈약한 에너지자원과 국제환경규제를 극복하기 위하여는 원자력발전의 개발이 불가피하므로 우리 모두가 정부를 믿고 동참할 수 있는 계기가 되기를 바란다.