

## <4차시. 핵 에너지에 대한 이해>

지금까지 인류문명들은 에너지수급을 얼마나 원활하게 할 수 있었느냐에 따라서 그 흥망성쇠가 결정되었다고 할 수 있다. 고대 그리스와 로마, 근대 이전의 중국, 서양중세, 산업혁명 시대를 거쳐 에너지 자원은 시대의 부침에 커다란 영향을 미쳤고 현대문명을 유지하는 가장 중요한 요소로 작용하고 있다. 이와같이 문명을 유지하는데 에너지 자원이 매우 중요한 역할을 했기 때문에 인류문명이 점점 더 거대해지고 복잡해짐에 따라 자연스럽게 에너지 자원의 개발과 확대가 이루어졌다.

처음 인류가 가장 손쉽게 사용했던 에너지 자원은 나무였다. 그후 에너지 소비가 늘어나자 다음에 석탄이 등장했고, 석탄 다음에 석유와 천연가스가 에너지 공급에서 커다란 몫을 담당하게 되었다. 핵에너지는 이러한 에너지 자원의 뒤를 이어 에너지 공급과정에 참여하게 되었다. 핵에너지는 나무, 석탄, 석유, 천연가스와 같이 에너지 부족을 타개하기 위하여 에너지 자원을 개발한 결과 등장한 것이 아니라 군사적인 목적을 수행하는 과정에서 나온 파생물로 정치적인 의도에 의해 세계적으로 확산된 것이다.

### 1. 핵에너지 도입

핵에너지가 군사적 활동의 파생물이라는 것은 제2차 세계대전 후에 핵에너지 이용의 선두주자로 등장한 미국, 영국, 프랑스의 핵발전 개발과정을 살펴보면 분명하게 드러난다. 이 나라들에서 핵에너지 산업의 발달은 인류에게 새로운 에너지 자원을 공급하려는 목적에서 이루어진 것이 아니라 주로 원자폭탄을 만드는 군사적인 목적과 밀접하게 결합된 상태에서 이루어졌다. 이들 세 국가는 국가적인 핵에너지 관장기구를 설립하여 원자탄 개발에 필요한 군사적인 연구를 수행하는 한편 핵에너지를 민간용으로 이용하는 연구도 추진했다. 핵에너지의 민간부문 이용, 상업적 이용이라는 것은 처음부터 군사적, 정치적 목적과 밀접하게 결합해 있었던 것이다. 미국에서 개발된 것은 물을 냉각재와 감속재로 사용하는 경수로인데, 이것은 약간 농축된 우라늄(U-235 3%)을 연료로 사용하는 것이다. 미국에서 경수로가 도입된 이유는 첫째, 우라늄 농축기술이 이미 원자폭탄 개발과정에서 축적되었고 그 설비가 존재했다는 것, 둘째, 핵잠수함의 구동기관으로 농축 우라늄이 연료로 사용되는 원자로가 이미 개발되어 있었다는 것에서 찾을 수 있다. 영국과 프랑스에서 개발된 것은 천연우라늄을 연료로 사용하는 기체-흑연료(기체 냉각 흑연 감속로)였다. 두 나라가 기체-흑연료를 선호한 이유는 당시에 우라늄 농축기술을 보유하지 못했기 때문이기도 하지만 경수로에 비해 기체-흑연료에서 훨씬 더 많은 플루토늄이 만들어지기 때문이다. 영국과 프랑스에서 기체-흑연료를 개발하고 가동한 가장 우선적인 목적은 원자탄의 원료인 플루토늄제조였던 것이다. 물론 이 원자로가 가동되는 동안 전력도 생산되었다. 그러나 전력은 부산물일 뿐이고 경제성은 전혀 없는 것이었다.

## 4차시. 핵 에너지에 대한 이해

핵에너지 이용이 정치적, 군사적 목적으로부터 분리되지 않았음에도 불구하고 초기에 원자력 발전에 대한 반응은 긍정적인 것이 주류를 이루었다. 이러한 긍정적 반응이 나온 배경은 핵에너지의 장점에 대한 각국 정부의 과장된 선전, 과학자들의 열광적인 지지, 산업체의 낙관주의, 언론의 호응, 원자로의 안전성에 대한 개념의 결여, 핵폐기물의 위험에 대한 인식부족에서 찾을 수 있다. 미국에서 정부의 선전은 1953년 12월 유엔총회에서 이루어진 아이젠하워의 “평화를 위한 원자”라는 선언으로 시작되었다. 아이젠하워의 선언은 미국뿐만 아니라 전세계의 신문에 열광적으로 보도되었고, 이와 함께 미국정부에서 제작한 선전책자와 필름이 전세계로 퍼져 나갔다. 이 선언은 미국이 갖고 있는 핵기술을 인류의 평화적인 번영을 위해 사용하겠다는 것이었지만, 사실은 면밀한 정치적 계산에 의해 나온 것이었다. 미국의 의도는 세계 원자력 산업의 주도권을 잡고, 파괴적인 핵무기로부터 비롯된 핵에너지에 대한 대중의 공포를 진정시키고, 다른 나라에 핵기술을 제공함과 동시에 감독권을 가짐으로써 핵무기의 확산을 억제하고 공산주의 세력의 확산을 막겠다는 것이었다.

아이젠하워의 선언은 원래의 의도보다 훨씬 더 커다란 성과를 달성했다. 미국은 물론이고 다른 나라에서도 정부나 민간인들 사이에 핵에너지에 의해 유토피아가 현실로 도래할 것이라는 생각이 널리 퍼져나갔던 것이다. 핵유토피아라는 생각이 몽상가로부터 나온 것이 아니라 주로 원자과학자들로부터 나왔다는 것이다. 이들은 1955년 쥘네브에서 열린 국제연합 원자회의에서 평화적인 이용이라는 생각을 적극적으로 지지했고, 이용가능한 분야를 정확한 검토도 없이 마구 제시함으로써 초기의 열광적인 분위기를 만들어 내는데 커다란 역할을 했다. 이와 같은 정부, 과학자, 언론의 열광은 정확한 비용과 이익에 대해서 계산해야 하는 산업체까지도 낙관론에 몰들게 만들었고, 이러한 분위기에서 원자로의 안전성이나 핵폐기물의 위험은 고려 대상이 될 수 없었다.

화력발전소에서 석유나 석탄을 태우고 나면 재가 남거나 다른 폐기물이 생기는 것처럼, 핵발전소에서도 우라늄 핵분열이 일어나는 동안 재나 폐기물이 생겨난다. 핵발전에서 나오는 재는 보통 죽음의 재라든가 사용후 핵연료로 불리운다. 죽음의 재라고 불리는 이유는 그것이 생물체에 치명적인 방사선을 내뿜는 많은 방사성 물질을 포함하고 있기 때문이다. 그리고 바로 이 죽음의 재가 이와 같이 대단히 위험하고 완벽하게 처분하기 어렵기 때문에 핵반대자들은 이 문제를 핵발전을 반대하는 가장 근본적인 이유로 제시한다.

사용후 핵연료 외에 다른 폐기물은 방사능의 정도가 약하기 때문에 보통 중저준위 폐기물로 불리우는데, 이것은 원전이 가동되는 동안 수시로 발생이 되는 의복, 장갑, 원자로 부품, 가스필터 등이 해당된다.

원자로는 정기적으로 일년에 한번씩 정기적으로 가동이 중단되는데, 이때 핵연료가 교체되고 사용후 핵연료가 원자로 밖으로 나온다. 사용후 핵연료는 더 이상 핵분열은

## 4차시. 핵 에너지에 대한 이해

일어나지 않지만 그 속에 들어있는 방사성 물질이 붕괴되면서 치명적인 방사선과 함께 많은 열이 발생하기 때문에 원자로 옆의 수조 속에 임시 저장된 상태로 오랫동안 냉각되어야 한다. 이렇게 냉각된 후에 곧바로 생태계로부터 격리되든지 재활용 또는 재처리 된다. 우리나라에서는 아직 사용후 핵연료에 대한 처분이나 처리가 이루어지지 않고 있지만 그것을 곧바로 영구처분하지 않고 재처리하려는 연구가 진행되고 있다. 사용후핵연료는 아주 오랜 기간 동안 매우 치명적인 방사선을 내뿜기 때문에 재처리나 영구처리시에는 세심한 주의가 기울여져야 한다. 영구처분이 잘못되면 지하수를 통해서 방사성 물질이 누출되어 생태계가 파괴되고, 재처리시에는 플루토늄 같은 맹독성 물질이 외부로 유출될 수 있기 때문이다. 우리나라의 원자력발전소에서는 해마다 총 수백톤 사용후 핵연료와 수천 입방미터 중저준위 폐기물이 나오고 있다. 이 폐기물들은 원자력 발전소 저장소나 냉각수조에 임시로 저장되어 있다. 그러나 원자력 발전소가 가동되는 한 폐기물은 계속 나올 것이므로 어떤 장소를 정해서 핵폐기물을 처분해야 하는 시점에 다다른 것이다.

### 2. 핵발전을 둘러싼 논쟁

우리나라에서 핵발전 찬성자들과 반대자들 사이에서 끊임없이 벌어지고 있는 주된 쟁점은 다음 네가지로 요약될 수 있다. 첫째 핵발전이 우리나라의 장기적이고 안정적인 에너지 수급을 보장하는가. 둘째 핵발전은 화력발전이나 수력발전보다 경제적인가. 셋째 핵에너지는 환경파괴를 일으키지 않는 깨끗한 에너지인가. 넷째 원전은 안전한가.

핵발전의 원료인 우라늄은 지하자원이므로 그 매장량도 화석연료와 마찬가지로 제한되어 있다. 현재와 같은 방식으로 핵발전을 계속할 경우 채굴 가능한 우라늄은 5,60년 후에 고갈되고 만다. 이와같이 우라늄이 곧 고갈되기 때문에 그후 닥칠 핵산업의 종말을 피하고 핵발전을 통해서 전력을 장기적으로 공급할 수 있는 방안으로 핵산업계가 제시하는 대안은 “고속증식로” 라고 하는 새로운 형태의 원자로이다. “고속증식로”에서는 플루토늄을 원료로 사용하기 때문에, 이것을 후속 원자로로 선택하면 만드시 “사용후핵연료”를 재처리하여 플루토늄을 추출하는 재처리 시설이 있어야 한다.

사용후핵연료 재처리는 매우 위험한 작업이다. 재처리는 고준위 방사성 물질을 포함하고 있는 핵연료봉을 5센티미터 정도 길이로 절단해서 뜨거운 질산 속에서 넣어서 녹이는 일로부터 시작된다. 이때 생성된 용액은 여러 단계의 화학적 처리과정을 거치는데, 이 과정에서 우라늄, 플루토늄, 그리고 여러종류의 핵분열 생성물이 서로 분리된다. 재처리 시설에서는 방사성 독성이 매우 강한 물질을 여러 단계의 화학적 과정을 통해서 처리하기 때문에, 작업시 안전에 아무리 크게 유의한다 해도 위험한 방사능이 누출되는 것을 막기는 거의 불가능하다. 그리고 이때 생성되는 액체 방사성 폐기물의 양은 이 폐기물이 고체로 존재할 때보다 100배 이상 늘어나며, 그 것의 관리는 고체 경우보다 훨씬 더 어렵다.

## 4차시. 핵 에너지에 대한 이해

“고속증식로”를 사용하면 재처리시설이라는 위험 외에 그것 자체의 위험도 감수해야 한다. “고속증식로” 자체의 가장 큰 위험은 냉각재 누출사고의 위험이다.

“고속증식로”에서는 액체 나트륨이 냉각재로 사용되는데, 이것이 고장으로 인해 외부로 유출되었을 경우 물이나 공기 중의 수분과 격렬하게 반응해서 대형폭발을 일으킬 수 있다. 이 경우 핵발전소 주변은 방사능으로 크게 오염된다.

핵발전을 옹호하는 사람들이 가장 자주 사용하는 찬성논리는 핵발전이 화력발전보다 경제적이라는 것이다. 그들은 핵발전이 화력발전보다 설비비가 많이 들기는 하지만 관리비와 연료비가 훨씬 더 적게 들기 때문에 번력을 값싸게 생산할 수 있다고 주장하는 것이다. 현재 유럽과 미국에서 발표되는 여러 통계는 핵발전이 경제성이 없다는 것을 분명하게 보여주고 있다. 미국의 경우에는 원전이 경제성이 없다는 것이 공공연하게 확립된 사실로 인정되고 있다. 그렇기 때문에 원자로를 수출은 하지만 자기나라에서는 1970년대 이후 단 하나의 원전도 착공하지 않았던 것이다.

세계원자력 산업의 선두주자 프랑스는 전력의 70%를 원전에서 생산하고 있고 원자력 발전을 강하게 고수하고 있다. 그들의 통계에는 원전이 화력발전보다 더 값싸게 전력을 생산하는 것으로 나와 있지만 프랑스의 전력생산을 책임지고 있는 국영프랑스 전력공사는 약 350억달러되는 외채를 지고 있고 만성적자에 허덕이고 있으며 끊임없이 프랑스 정부로부터 재정지원을 받고 있는 실정이다.

핵폐기물의 처분이 여간 어려운 문제가 아니라는 것은 원자력발전이 시작된지 40년 가까이 오는 현재 고준위 핵폐기물을 제대로 처분한 나라가 한 나라도 없다는 사실이 말해준다. 전세계의 원자력 산업을 이끌어 가고 있는 미국, 프랑스, 영국, 독일도 아직 사용후핵연료 처분을 하지 못하고 있다. 미국은 저준위 폐기물은 땅 속 얽은 곳에 묻어서 처분하고 있으며 고준위 폐기물은 아직까지 처분장소도 확실하게 정하지 못한 상태이다. 프랑스와 영국은 각각 재처리 시설에서 플루토늄을 추출하고 있기 때문에 원자력발전소에서 나오는 사용후 핵연료와 재처리 과정에서 나오는 액체 폐기물을 임시 보관하고 있을 뿐이다. 독일에서는 20여년 전부터 핵폐기물 영구처분장 후보지를 선정해 지층조사를 해왔으나 지층에 대한 안정성에 대한 의문이 끊이지 않아 아직도 처분장을 확정하지 못한 형편이다. 핵폐기물 관리가 가장 잘 이루어지고 있다는 스웨덴에서조차도 사용후 핵연료는 영구처분되지 못하고 임시저장소에서 냉각되고 있다.

핵발전소는 거대하고 복잡하며, 대형사고가 일어나면 매우 큰 참사를 낳을 수 있기 때문에 철저하게 보안, 관리를 하고 있고 이중, 삼중의 안전장치가 설비되어 있다. 그러므로 이와 같이 관리가 철저하게 이루어지고 안전장치가 제대로 작동하면 사고가 일어날 위험이 없다는 주장을 할 수 있다. 그러나 현대 첨단 과학기술에 의해서 지금까지 원자력발전소에서 일어난 수많은 사고들은 그러한 철저한 관리와 안전장치의 작동이 거의

## 4차시. 핵 에너지에 대한 이해

불가능한 일이라는 것을 보여주었다. 미국 스리마일 핵발전소 사고, 소련의 체르노빌 사고 등은 이런 주장이 설득력이 없다는 것을 잘 드러내고 있는 것이다.

### 3. 핵발전-대안

우리가 대안을 모색하고자 할 때 주목해야할 국가가 스웨덴이다. 스웨덴은 자국내에서 화석연료가 나오지 않기 때문에 그들이 택할 수 있는 한가지 길은 수입한 화석연료와 고속증시로까지 포함된 원자력에 의존하는 것이다. 다른 하나의 길은 태양에너지, 풍력, 생물자원에너지와 같은 재생가능 에너지에 의존하는 것이다. 스웨덴은 1956년 대규모 화력과 원자력 의존이라는 첫 번째 길을 걸어 왔다. 그러나 1980년 3월 스웨덴 국민은 국민투표를 통하여 2010년까지 80년 현재 스웨덴 전력수요의 50%를 공급하는 원자로 12기를 모두 폐기하고 더 이상 원자력발전소를 건설하지 않도록 했다. 1975년 실시된 여론조사에서 국민의 81%가 원자력발전을 더 확대하려는 정부의 계획에 찬성하기보다는 에너지 소비를 줄이기 위해 생활수준을 낮추는 쪽을 택하겠다고 말한 것이고, 또한 국민투표가 행해지기 전에 이미 집권당들 사이에 원전포기에 대한 합의가 어느 정도 이루어졌다는 점이다. 국민투표에서 스웨덴 국민은 원전포기를 전제로 한 세 가지 안 중에서 하나만 선택했을 뿐이다. 그들에게 제시된 첫 번째 안은 10년 뒤에 모든 원자로를 폐쇄한다는 것이고 두 번째 안은 건설중인 6개의 원자로를 건설하되 수명을 다할 때까지만 원자력발전을 계속한다는 것이었고, 세 번째는 원자력발전소를 국유화한다는 것만 제외하면 두 번째 안과 같은 것이었다. 스웨덴 국민은 사민당이 지지했던 두 번째 안을 선택했고, 의회에서는 가장 나중에 원자로의 수명이 끝나는 2010년까지 원자력 발전을 포기하기로 결정했다. 그후 스웨덴에서는 에너지 이용효율 향상(열효율이 80%에 달하는 열병합발전, 단열 등), 생물자원(스웨덴 전체 에너지 수요의 1/7공급), 태양에너지(인구가 12,000인 쿡갈브라는 도시는 10만 제곱미터 집열판을 이용해 시 전역을 난방)에 의존하는 새로운 길로 들어서기 위한 준비를 하기 시작해 현재 상당한 성과를 거두고 있다.