人類의 環境과 原子力

本稿는 日本 電力中央研究所의 服部禎男 參事가 「原子力工業」誌에 5回에 걸쳐 발표한 내용이다.

미국과 같은 대륙에서는 여름의 혹서로 인해 사망자가 나오기도 하고, 전혀 비가 내리지 않음으로 해서 농작지대의 소멸이 발생하기도 하였으며, 일본이나 방글라데시 등 바다에 가까운 곳에서는 이상하게 비가 계속 내려 이 또한 흉작과 대홍수의 원인이 되기도 하였으며, 일본에서 기상관측이 개시된 이래 최고의 난동신기록이 경험되는 등 최근의 이상기상은 도대체 무엇일까?

이것은 어쩌면 인공적 요인에 의해서 야기되고 있는 것은 아닐까? 그렇다면 큰 일이 벌어지고 있는 것이 아닌가?하고 불안해지기 시작했다.

불의 발견 이래 인류는 불을 피울 뿐 아니라 석탄을 이용하기 시작했고, 계속해서 석유시대에 접어들었다. 휘발유로 지구상을 달리고 있는 자동차는 무서운 숫자로 불어나 인구폭발과 함께 개발도상국의 휘발유와 석탄의 소비를 계속 증가시키고 있다.

우리는 무엇이든 연소시키면 탄산가스가 발생하고, 그것이 지구밖의 어디론가 없어지는 것이 아니라 지하·수중에 흡수되는 것 외에 나머지는 대기중에 쌓여 탄산가스층이 지구를 둘러싼다는 사실을 잊고 있었다.

그러나 역사를 돌이켜 보면 많은 자연계의 진리가 발견되고, 과학기술이 진보함에 따라 우리들이 행복한 생활을 계속하는데 필요한 방식이 발견되고 있다.

비료와 기계로 보다 많은 식량을 생산하게 되었고, 그것을 냉장고에 저장하거나, 차로 물자를 멀리까지 운반하게 되었다. 또, 혹서의 열대지방에서도 냉방이 잘된 건물에서 쾌적하게 생활할 수 있게 되고 있다. 그러나 여기에는 모두 에너지가 필요하고, 우수한 에너지원을 구하기 위하여 큰 혁신이 요구되고 있다. 물론 탄산가스를 방출하지 않는 에너지에는 원자력과 태양열 등이 있지만, 큰 수요에 대응해 가기 위해서는 역시 원자력이 아닐까 하는 생각이 든다. 그러나 원자력에는 원폭이라는 선입관이 있어서 용이하게 보급하기가 어렵다.

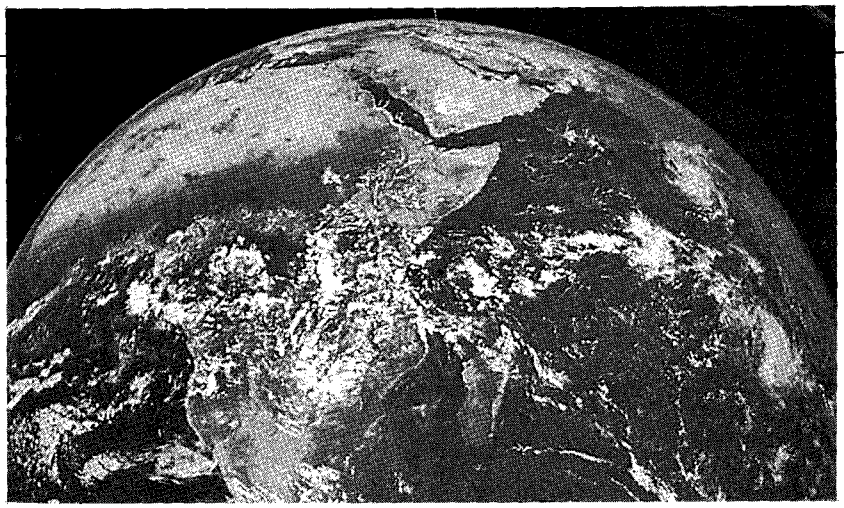
원자력이라는 무한의 에너지를 인류가 참되게 이용할 수 있게 하기 위해서는 지구상의 동서투쟁, 이민족, 이종교간의 추한 투쟁 등을 개선해 가는데 전력을 기울여야 한다.

인류가 살기 위해서는 "사랑"과 "화합"의 중요성과 그것 만이 해결의 길임을 절실히 느낄 때가 온 것 같다.

1. 人類의 環境

인류활동의 발전과 인구의 폭발적인 증가에 따라 석유·석탄 등 화석연료의 연소량은 방대한 것이 되었고, 이로 인한 석유의 고갈과 탄산가스에 의한 중대한 환경파괴가 예측되고 있다.

이미 1979년 全美科學아카데미(NAS)에 의해 「탄산가스층의 농도 상승에 따른 지구 전체의



온실효과가 진전되어 지구의 평균기온 상승이 발생할 것」이 지적되었으며, 그후 1986년 6월 세계환경회의가 UN과 미국환경보호국의 공동주최로 워싱턴 근교의 알링톤에서 개최되어 「석유·석탄의 연소에 의해 축적되는 탄산가스 등으로 인해 점차 진행되고 있는 온실효과에 의한 사막의 확대, 사막주변 사람들의 기아와 세계의 주요 곡창지대의 대규모 소멸에 이르는 이상기온의 진전」을 예측·경고했다.

더욱이 작년 6월 캐나다에서의 선진 7개국 정상회담과 때를 맞춰 지구규모의 대규모 환경문제에 초점을 두어 지구의 파멸을 방지하려고 세계 각국에서의 전문가가 모인 토론토국제회의에서는 「산성비와 이상건조 등 주로 탄산가스 공해에 기인한 지구환경 파괴는 이미 가속적인 악화가 계속되고 있다. 인류에 의한 탄산가스 방출은 21세기 초까지 현재 수준의 2할 저감, 장래에는 5할 저감을 단행하지 않으면 인류의 생활에 중대한 위해가 초래된다」는 제언이 있었다.

그러나 현실의 석유·석탄 등 화석연료 소비예측에서는 구미의 원자력발전 저조에 추가하여 개발도상국의 인구폭발에 의해 탄산가스 방출은 저감되기 보다는 21세기 중반에는 현재 수준의 5할 내지 2배 정도가 증가되는 것을 피할 수 없다고 지적되고 있다.

인류가 불을 피우기 위해 대기중에 방출하고 있는 탄산가스는 지금 어느 정도로 되어 있는가? 그리고 이것을 이대로 방치해 두면 어떻게 되어 갈 것인가에 대해서 생각해 보자.

현재 매년 대기중으로 인류가 만들어내고 있는 탄산가스의 양은 미국이 40억톤 이상, 소련 30억톤 남짓, 중국 17억톤, 일본 8억톤 이상 등으로 전세계에서 200억톤이나 되고 있다.

앞으로 인구가 계속 급격히 상승하여 2030년에는 중국이 15억명, 인도 10억명, 멕시코 1억6천만명, 브라질 2억5천만명, 나이지리아 3억5천만명, 방글라데시 2억2천만명 등으로 전세계에서 90억명의 상태가 예상되고 있으며, 이에 따라 인류가 부가해 갈 탄산가스의 양도 급증할 것이다.

이 큰 문제에 대해 현재의 세계 정세에서는 아무런 대책도 나올 것 같지 않다.

그러므로 작년 11월 제네바에 각국 정부수준의 대표가 모여 에너지수요의 신장에 대한 기술개발과 탄산가스 발생의 총량 억제방법 등이 토의되었고, 금년 1월 워싱턴에서 대책을 위한 회합이 있었으나 인구 증가로 인해 현수준의 5할 증가를 피할 수 없는데 이것을 5할 감소한다는 것은 용이하게 이루어질 수 있는 일이 아니었다.

2. 温室效果의 局地性

지구를 탄산가스가 둘러싸 열이 갇혀 지구의 평균기온이 2℃ 상승한다든가, 북극의 얼음이 녹아 해면이 1m 높아진다든가 하는 보고가 발표되고 있는데, 이와 같이 결론만을 종합해 한마디로 표현하기 때문에 일반인들에게 피부로 느낄 수 있는 구체적인 문제로 전달이 못되고 있다.

해수가 대기중으로 증발하여 구름이 되고 물방울이 되어 비가 돼 지상으로 내린다. 지구표면에서 일정한 물이 상공에 오르 내려 순환되고 있으나, 그 국지성을 생각하면 여러가지 큰 일이 예상된다. 먼저 사막지대 또는 그 부근의 상공에서는 종래보다도 더욱 기온이 높아 바짝 말라버려 드디어 구름이나 비가 생기지 않게 된다. 기온이 높으면 높을수록 사막부근의 상공에서는 비가 생길리 없다.

즉, 더운 대륙에는 비가 내리지 않는다. 그러나 기온이 좀 낮은 지역, 또는 바다에 가깝고 습도가 높은 지역에 비의 양이 증가한다는 자연현상이 종래보다도 심해져서 인류에게 있어서 귀중한 곡창지대가 한발이 되거나, 일본과 같은 섬나라가 이상강우로 흉작이 되거나, 방글라데시와 같이 바다에 가까운 지역의 대홍수와 수몰이라는 무서운 현상이 대규모로 진전되고 있는 것이다.

작년 여름 미국 중서부는 반세기만의 폭서로 대한발이 되었다고 한다. 지구의 기온은 1980년대에 들어와 급상승하여 금년 겨울은 일본에서 기상관측이 시작된 이래(약 110년간) 난동신기록을 경험했으며, 남반구의 평균온도는 과거 약 100년의 관측사상 고온의 1위부터 7위를 최근 8년간에 독점하고 있다.

한편, 대기중 탄산가스 농도도 과거 100년의 완만한 상승에 비해 1980년경부터 급상승하여 상승경사도가 10배로 변했다. 물론 지구 각지의 이상강우 등은 동부태평양 해수온도의 이상저하현상과 북극의 해빙에 관계가 있다는 견해 등 여러가지 설이 있으나, 어쨌든 온실효과가 지구의 이상을 초래하고 있는 것은 사실이다.

따라서 앞으로 인류의 에너지대책으로서 탄산가스 발생을 일으키지 않는 차세대에너지의 하나로 인식되고 있는 원자력이란 무엇인가에 대해서 진지하게 검토해 보아야 할 때가 되었다고 생각한다.

3. 人類의 英知

기술의 진전에 따라 선박·철도·항공기와 자동차에 의한 교통·운수,비료제조기술에 의한 식량생산량의 증대, 전력에 의한 식량의 냉장저장 및 냉난방의 달성 등 에너지는 인류에게 있어서 점점 필수적인 것이 되고 있으며, 그 사용량은 인구증가와 함께 계속 증가해 간다. 이에 따라 석유·석탄의 연소는 필연적으로 증대되어 대량의 탄산가스 방출에 의한 지구환경의 파괴가 급속히 진전되고 있다.

그러나 이 자연계에는 실로 이상하게 계속해서 고도의 적절한 대책이 준비되고 있어 인류가 그 생존과 번영을 요구한다면 그 자신의 노력과 영지에 의해 반드시 새로운 비약 또는 문제의 해결책을 얻을 수 있도록 창조되어 있는데 놀라게 된다.

지금으로 부터 200년 남짓 전에(1760년) 영국에서 산업혁명이 발생하여 그때까지 사람과 동물의 힘에 의존하고 있던 노동을 증기기관의 에너지로 전환했다는 큰 변화가 있었다. 더욱이 지금으로 부터 100년쯤 전에 전기의 이용이 시작되어 증기터빈으로 전기에너지를 만들어내게 되었다. 전기는 그 편리함 때문에 선진국에서 이미 문명의 바로미터가 될 정도로 매일의 충족된 생활의 근원과 결부되어 있다.

보일러와 증기터빈, 휘발유엔진으로 달리는 자동차가 보급되고 그에 따른 에너지소비가 많아져 마침내 탄산가스의 축적이라는 큰 문제에 직면하기 조금 전에 우라늄의 핵분열이라는 반응에 의해 열에너지를 얻을 수 있음이 발견되었다.

핵분열의 연쇄반응을 안정적으로 지속시켜 열에너지를 계속 내게 한 것을 원자로라고 하는데 우라늄자원이 풍부한 아프리카의 서해안 가봉공화국 오크로의 우라늄광상에서 60만년이나 자연의 원자로가 조용히 계속 타고 있었던 흔적이 발견된 것에서 알 수 있듯이 본질적으로 원자로란 조용히 炭火와 같이 열을 내는 성질을 갖고 있는 것이다.

오크로의 자연원자로 흔적을 조사해 보고 안 것은 핵분열의 연쇄반응에 의해 생성된 장수명의 방사성물질이 매우 오랜 세월을 경과했음에도 지표면에 가까운 곳에서도 그 방사성물질이

거의 이동하고 있지 않은 점에서 적지라면 방사성폐기물의 지중처분이 타당한 것을 입증하고 있다.

지금 선진국이 해야 할 일은 지구 전체의 인류를 위해 그 인류가 사는 환경을 어떻게 지켜가느냐 하는 점, 더구나 그것은 인류가 전체의 복지향상 발전을 방해하지 말고 풍요로운 생활을 계속하면서 환경을 지켜가는 대책을 강구해 내야 한다. 만약 원자력이 참으로 무공해의 우수한 에너지가 될 수 있다면, 물론 사고와 안전성에 대한 여러가지 의심을 불식시킬 수 있는 것을 개발하여 대중의 충분한 인식을 얻는 것이 기본이다.

이 핵분열반응을 이용한 원자로는 언젠가는 지구상의 인류에게 있어서 거의 필연적으로 구원의 에너지원이 될지도 모른다. 그러나 거기에는 참으로 인류 전체의 사랑에 입각한 영지와 화합과 한결같은 진보개선의 노력이 필요하며, 이것이야말로 인류의 생존과 번영의 조건이라고 생각된다.

원자력의 이용에서는 먼저 원자력발전이라는 형태가 등장하여 대형 원자로일수록 원리면에서 경제적 이점이 크기 때문에 선진국에서 대형 원자력발전플랜트가 실현되어 대량의 전력을 생산하고 있다.

선진국에서 원자력을 실용화한지 30년 남짓, 지금 지구는 새로운 위기에 직면해 있다. 개발도상국의 인구는 계속 급상승하고 있으며, 선진국에서 시작된 대규모 화석연료에 의한 탄산가스 방출은 이제 개발도상국에서의 대규모 휘발유와 석탄소비로 발전하여 전 지구규모에서의 환경오염은 절망적인 국면을 향하고 있다고 생각된다. 따라서 인류는 원자력을 개발도상국의 지원에 크게 활용해야 할 시기가 오고 있음을 통감한다.

물론 이와 같은 목적으로 사용되어야 할 원자력은 종래와는 다른 편리한 것이어야 한다. 예를 들면 원자로도 소형으로 공장에서 완성하여 수송하기 쉽고, 어떤 이상조건에서도 "사고"로 발전되지 않는 것, 우수한 운전관리가 없어도 충분히 안전을 확보할 수 있는 것이 요구된다. 최근 30년동안 실제로 원자력발전을 운영하면서 이와 병행하여 계속된 기술연구에 의해 인류는 이처럼 간소하고 편리한 지구 어디에서나 이용할 수 있는 원자력기기를 만들어 낼 수 있는 수준까지 와 있다.

4. 核分裂의 發見

1930년대에는 수소에서 우라늄까지 자연계에 있는 92종류의 원소중 가장 무거운 우라늄원자핵의 특징을 조사하는 것과, 거기에 중성자를 부딪쳐 93번째의 원소를 인공적으로 만드는 것에 제일선 물리학자들의 관심이 집중되어 있었다.

독일 칼연구소에서 한과 스트라스만이 우라늄원자핵에 중성자를 부딪치면 왜 어중간한 바륨원소가 발생했는지에 대해 격론을 벌이고 있을 때 마이트너가 「우라늄원자핵이 둘로 분열한 것이 아닌지 몰라」하고 의견을 제기하였었다. 그 후 유태인인 그녀는 나치스의 박해를 피해 코펜하겐으로 갔으며, 한과 스트라스만은 독일에서 우라늄핵분열의 확증을 잡은 것이었다. 그리고 그후 수년동안에 이것이 인류의 역사를 바꾸는 사건으로 발전했다.

프랑스의 졸리오·퀴리, 이탈리아의 엔리코·페르미, 미국의 아인슈타인, 그밖의 물리학자들에 의해 핵분열은 에너지방출을 일으키며 그 연쇄반응을 안정적으로 지속시킴으로써 큰 열에너지를 발생시킬 수 있음을 안 것이다.

전쟁을 피해 미국으로 이주한 엔리코·페르미는 1942년 12월 2일 시카고대학 축구장의 스타디움 한구석에서 많은 흑연블록을 2층 건물 정도로 쌓아 올리고 그 사이에 천연우라늄을 끼워 넣은 것을 만들어 연쇄반응을 계속시키는데 성공했다(시카고파일 1호).

태평양전쟁이 시작되어 남태평양제도, 동남아시아에서 일본군의 맹렬한 진격으로 미군의 후퇴가 계속되고 있을때 미국 본토 시카고에서는 최초의 원자로가 완성되어 인류의 손에 처음으로 핵에너지라는 것이 주어진 것이다.

5. 人類의 悲劇

세계대전은 이 원자핵분열의 연쇄반응 달성에 관한 연구를 가속화시켰다. 그러나 그 때문에 지구상의 인류에게 있어서 매우 중대한 의미를 갖는 이 신성한 핵에너지가 엉뚱한 사용법으로 등장하게 되었다.

우라늄235 등 핵분열하는 원자핵을 고농도로 모으면 굉장한 연쇄반응의 증가가 되어 폭발적으로 에너지가 발생할 것으로 생각했다. 탄화와 같이 탄소가 산소와 계속 반응하면서 연소하는 것을 굉장한 기세로 발전시켜 다이나마이트를 고안한 것과 같은 개념이다.

시카고파일 성공 직후 미국의 루즈벨트대통령은 1945년 초까지 조용한 연쇄반응을 계속하며 열을 내는 원자로가 아니라, 순간적이고 폭발적으로 연소하는 방법을 연구하여 원자폭탄의 제조를 명령했다.

1940년대에 들어와 원자폭탄의 연구가 미·영·독·불의 4개국에서 갑자기 시작되었을 때 헝가리 태생의 유태인 물리학자 레오·시라드는 만약 이 기술이 나치스독일에서 개발된다면 큰 일날 것이라고 각국의 물리학자들에게 호소했다. 그후 유럽에서 미국으로 이주해 아인슈타인과 함께 물리학연구를 계속하고 있던 시라드는 1945년 원폭이 완성되어 미국정부가 일본 히로시마에 그것을 투하할 계획을 검토하고 있던 마지막 단계까지 실사용으로 사람을 죽이는 것은 피하고 어딘가에서 데몬스트레이션폭발시켜야 하며, 그것만으로도 충분히 전쟁을 종결시킬 수 있다고 주장하였다.

어쩌면 시라드는 지구상에 주어진 이 거의 무한대의 에너지원은 매우 소중한 것으로써 인류사회에 최초로 등장하는 것을 그와 같은 흉폭한 모습으로 만들어서는 안된다. 그렇게 되면 반드시 장래에 이 에너지가 지구를 구하는 큰 역할을 할 중요한 움직임을 순조롭지 못하게 해 버릴 것을 우려하였기 때문인지도 모른다.

당시 젊은 물리학자 오펜하이머의 설계로 마침내 1944년 가을에 농축우라늄을 사용한 원폭이 제조과정에 들어갔고, 효과적인 플루토늄 추출용제도 1945년 초에 발견되었다.

1945년 봄 농축우라늄을 사용한 가늘고 긴 형태의 것과 플루토늄을 사용한 둥근 형태의 것 등 두 종류의 원폭을 여름까지는 준비할 수 있다고 보고를 받은 루즈벨트대통령은 독일의 항복, 그리고 소련의 참전이 이미 결정적이었으므로 원폭은 시라드 등의 과학자가 주장하듯이 실사용을 피해 미·영의 연합관리 또는 UN의 관리하에 두어야 한다는 의견에 귀를 기울이면서 결단을 내리지 않은 채 세상을 떠나 버렸다.

1945년 7월 16일 일본에 항복을 재언하는 포츠담회의가 시작되기 전날에 미국 뉴멕시코주 아라모골드사막에서 세계 최초의 핵폭발실험이 성공했다. 트루먼대통령은 포츠담에서 그 보고를 받고, 영·소 등의 수뇌와 협의하여 일본에 강력히 항복을 제안하는 포츠담선언의 문안작성을 했다. 그럼에도 불구하고 일본의 항복이 지연되어 드디어 8월 6일 농축우라늄폭탄이 히로시마에 투하되었고, 8월 9일 나가사끼에 플루토늄폭탄이 투하되어 8월 15일 일본은 항복했다.

6. Atoms for Peace 宣言

전승국간에 경쟁이 되었던 원폭 개발연구는 종전 4년후 소련이 핵실험을 하였고, 1951년 5월 미국은 에니웨토크環礁에서 수폭실험을 하였는데 이것은 사상 최대의 폭탄실험으로서 히로시마에 투하된 것의 800배였다고 하며, 에니웨토크섬중의 한 섬은 완전히 자취를 감추어 버렸다.

수폭 개발에 대해서는 당시의 원자력위원장 릴리엔솔, 원자력위원회의 수석고문 오펜하이머 등의 강력한 반대를 무릅쓰고 트루먼대통령이 1950년 2월에 개발명령을 내렸었다.

미국의 거대 원폭(수폭)의 제조배경에는 1949년 여름 소련의 핵실험 성공에 이은 소련의 수폭연구에 대해 우위 확보를 위한 파괴력 개발경쟁이라는 비극적인 사연이 있다.

소련이 수폭을 완성한 1953년 12월 8일 미국의 아이젠하워대통령은 UN총회에서 핵보유국은 이제 핵군비 강화활동을 중단하고 핵에 관한

비밀주의의 개선을 제창한 「평화를 위한 원자력(Atoms for Peace)」선언을 했다. 이것은 제2차 세계대전이라는 불운의 조건시에 발견되어 매우 그릇된 형태로 등장한 원자력을 온세계가 그릇된 방향으로의 기술개발 경쟁을 그만두고 UN관리하에서 세계 전체를 위해 평화의 목적으로 유용하게 사용하지 않겠는가, 핵에 관한 기술, 기술집단, 설비·재료를 평화이용의 방향을 향해 세계평화를 목표로 하지 않겠는가 하는 것이었다.

구약성서에 「프라우세어」라는 말이 있다. 그것은 쇠를 손에 넣어 먼저 검을 만든 사람들에게 「검을 버리고 서로 죽이는 것을 그만두어라, 칼과 창의 쇠를 다시 두드려 쟁기를 만들어라」는 말이다.

원자력은 지구상의 인류에게 무한한 에너지를 주는 것이며, 인류는 이 덕분에 에너지 쟁탈전을 그만두고 복지와 번영을 확립하게 될 것이다. "Atoms for Peace"는 원자력을 원폭이라는 형태로 등장시켜 버린 미국의 호소였다.

7. 放射線은 정말 危險한가?

퀴리부인과 같이 고방사성물질을 항상 주머니에 넣고 있어 연간 100렘 이상의 방사선을 몇년 동안 계속 쬐거나, 폭발중심지 부근에 있던 원폭피해자와 같이 수백렘 이상의 방사선을 일시에 쬐면 암이나 백혈병에 걸려 죽어버리는 경우가 많은 것은 사실이다(그러나 원폭으로 즉사하거나 전신에 화상을 입어 죽은 대다수의 사람들은 방사선이 아니라 熱線에 의한 것이었다. 바로 눈앞에 순식간이지만 태양과 같은 불덩어리가 생긴 것이다).

그러나 수십렘 이하의 방사선을 쬔 경우에 실제로 어떻게 될까? 구체적으로 말하면 그런 사람들이 암에 걸리기 쉬운지 아닌지 전혀 모르고 있었다. 이것은 현사회에서 일반인이 암이나 백혈병에 걸리는 율이 너무 높아 방사선을 많이 쬔 것에 의한 것인지, 아니면 다른 요인에 의한 것인지 구별이 안되는 점과 오랜 세월을 요하는 것으로 연구가 추진되기 어려웠기 때문이다.

ICRP(국제방사선방어위원회)는 방사선관리에 대한 국제적인 방어기준을 제정하는데 있어 충분한 데이터가 없어 미지인 상태이지만 방사선피폭에 관해서는 저준위의 피폭이라도 암이나 백혈병이 되는 것은 피폭한 방사선의 양에 비례하고 있으며 전혀 피해가 없는 허용량(문턱치)은 없다는 보수적인 가정을 해야 했다. 고준위의 방사선을 쬐었을 경우 암이나 백혈병 발생에 관해서는 데이터가 있다.

따라서 그런 심한 예에서 정말 방사선피폭이 0이라면 피해는 0이라는 원점 사이를 직선으로 연결해 방어의 기준을 만들어 갈 수 밖에 없었다.

다음에 기술하는 것은 최신의 정보에 의한 것으로서 어쩌면 방사선은 소금과 같이 대량으로 먹으면 죽어버리지만, 조금씩 적당히 먹으면 오히려 건강을 위해 좋은 것이 아닐까 하는 전문가의 보고이다.

7.1 事故評價의 疑問

미국 TMI의 風下지구에서 암환자가 다발하고 있다는 신문기사를 읽은 적이 있다.

고준위의 피폭예에서 비례계산으로 저준위 피폭에서도 암이 발생한다는 ICRP의 보수적인 견해에 따르면, 1렘을 쬐면 1만명에 1명의 비율로 암이 발생한다는 가정이 된다.

TMI의 風下지구 사람들은 최대 0.1렘 정도 쬐었다고 평가되고 있기 때문에 1만명에 0.1명 정도에서 암발생이 된다는 계산이 된다.

현사회에서 일반인이 암에 걸리는 비율은 1,000명에 1명~2명 정도로서 생활지역과 생활방식 등에 따라 차이가 있다.

TMI 風下에서 0.1렘의 방사선을 쬔 사람이 1만명쯤 있었다고 극단적인 가정을 해 보면, 먼저 그 1만명의 일반적 암발생은 10명~20명의 범위를 예상해야 한다. 한편, 그 사고에서 방사선을 쬔 결과 암에 걸렸다면 ICRP의 보수적인 가정에서 계산해도 그 수는 약 0.1명이라는 말이 된다. 사고 때문에 암환자 다발이라는 기사를 전문가가 보고 얼마나 이해하기 어려운지 알 수 있을 것이다.

다음으로 체르노빌사고에서 사망한 사람은 모두 발전소 종업원과 소방원이고, 일반인이 방사선피폭 때문에 중대한 장기적 장애를 발생시킨 예는 1명도 없다는 사실(최근 원자력 기술정보 교류를 위해 일본에 온 소련 전문가팀으로 부터 확인)이 전혀 보도되고 있지 않은 것은 이상하다.

7.2 핸포드研究所의 疑問

미국 핸포드연구소는 원폭연구인 맨해턴계획의 처음부터 참가하였던 오클리지, 로스알라모스와 함께 3대 연구소의 하나이며, 세계 제일의 대규모로 장기간에 걸쳐 방사성물질을 취급하고 있다. 10년쯤 전에 이 연구소에서 일했던 약 3만명의 근무자에 관한 자세한 추적리포트가 작성되었다.

이 보고서에 따르면 1944년부터 1976년까지 32년간의 통계에서 5렘부터 20렘 정도(자연방사선 이외)를 피폭한 근무자의 암과 백혈병에 의한 사망률은 7.4×10^{-4}(사망/인원수·年)이며, 한편 전혀 업무상 피폭이 없었던 근무자의 암과 백혈병에 의한 사망률은 1.1×10^{-3}(사망/인원수·年)였다. 즉, 앞에서 예로 든 정도의 방사선을 쬔 사람들 쪽이 일반인보다도 암과 백혈병에 걸리지 않아 그 비율은 1/1.5가 되었다는 것이다(표1 참조).

〈표 1〉 핸포드 근무자의 被曝線量別 암死亡
(1944~1976)

A.M.Stewart(버밍엄大學 社會醫學部 1978年)

作業時 被曝線量(렘)	生存者	癌에 의한 死亡者	癌以外의 死亡者	癌死亡리스크(사망/10万人·年)
0.0	3,818	172	754	110
0.01~1.28	12,285	467	1,929	100
1.28~5.12	4,525	146	501	88
5.12~	2,750	70	122	74

1976년의 생존자 2만3천여명의 평균피폭(자연방사선 이외)은 2.03렘, 암이나 백혈병으로 실제로 사망한 855명의 평균피폭(자연방사선 이외)은 1.47렘으로 되어 있다.

이 이상한 집계결과가 나온 이래 미국의 전문가 중에서 저준위 방사선피폭은 자연발생적인 암과 백혈병의 발생을 억제하는 효과가 있지 않나 하는 관점에서 연구를 추진하는 사람이 점차 증가해 최근 이에 관한 국제회의도 개최되고 있다.

7.3 히로시마·나가사키의 追跡調査

수십만명의 사람들에게 800렘까지 달하는 광범위한 방사선피폭이라는 가공할 실제데이터는 히로시마·나가사키의 비참한 체험 이외에는 인류의 역사상 유례없는 것이다.

따라서 전후 40년 실제로 원폭에 의해 피해를 입은 사람들의 역학적 추적조사결과는 가장 중요한 자료이다.

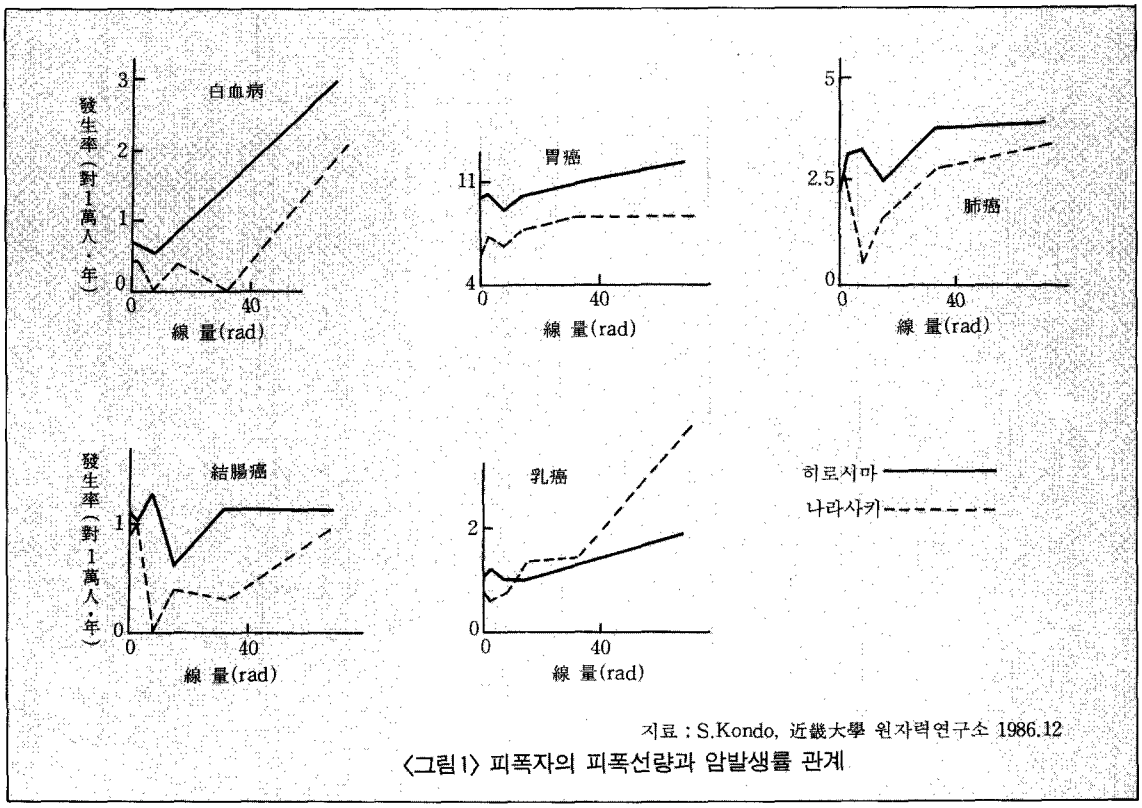
그 자세한 자료를 그림1에 나타내었다. 그런데 여기서도 이상한 것을 발견했다. 즉, 30렘당(원폭에서는 주로 감마선피폭이기 때문에 데이터는 래드표시로 정리되어 있으나 그대로 렘으로 이해해도 무방하다)까지의 피폭자는 방사선피폭 때문에 발암률이 증가하지 않고, 10렘당의 피폭자에서는 오히려 다른 일반인보다도 발암률이 낮은 케이스도 볼 수 있는 것이다. 또 당시 논의의 대상이 되었던 피폭자의 자녀들에게서 기형아가 많이 발생하지 않을까 하는 문제도 반대로 피폭자의 자녀쪽이 방사선기형아로 태어나기 어렵다는, 즉 유전적 장해의 발생예가 적다는 이상한 결과로 되어 있다.

나가사키대학에서 원폭추적조사를 하고 있는 전문가의 강연에 의하면 피폭자쪽이 비피폭자보다도 남녀 모두 장수(60세 이상의 사망률에 분명한 차이가 나와 있다)한다는 것이다.

더욱 피폭후 10여년간의 국민학생, 중학생의 건강진단통계에서는 피폭한 자녀쪽이 더 건강해져 있다고 보고되었다(이것은 체르노빌사고후 주변의 자녀들을 추적조사한 데이터에서도 좋은 영향에 관해 우연하다고만 할 수 없는 차이가 나왔다고 전해지고 있다).

7.4 放射線活性化現象

종래 ICRP(국제방사선방어위원회)의 가정,



지료 : S.Kondo, 近畿大學 원자력연구소 1986.12

〈그림1〉 피폭자의 피폭선량과 암발생률 관계

즉 조금이라도 방사선을 쬐면 암에 걸릴 확률이 높아지기 때문에 방사선피폭은 되도록 억제하는 편이 좋다는 가정을 뒤집는 논문이 수년 전부터 계속(수백편) 제출되고 있다.

이 계기가 된 것은 미국 미주리대학의 Luckey 교수가 세계적으로 권위있는 미국보건물리학회지에 방사선활성화현상을 주장하는 논문을 발표한 것(1982년 12월)이었다(그림2 참조). 이것은 그가 25년 이상 연구한 집약논문으로써 200건이나 되는 참고자료를 첨부한 것이었다.

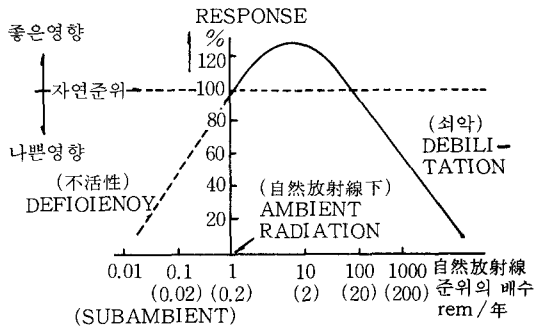
이 논문의 요점은 다음과 같다.

① 저준위 방사선피폭은 암이나 백혈병의 발생을 억제한다.

② 저준위 방사선피폭은 동물의 생식력을 증가시킨다.

③ 저준위 방사선피폭은 세균감염증에 대한 저항력을 증가시킨다.

④ 저준위 방사선피폭은 노화를 억제하여 수명을 연장시킨다.



자료 : T.D.Luckey, 미국 미주리대학, 1982.12

〈그림2〉 암세포의 억제, 세포재생활동 활성화 현상

포유동물의 최적피폭은 연속적인 피폭의 경우에는 현재 지구상의 평균적인 자연방사선수준(200밀리렘/年)의 약 10배라고 말하고 있다. 지구상 각지의 역학적 조사와 몇10만마리의 쥐,

파리, 누에, 물벼룩 등에 대한 25년간의 조사시험, 세계 각국의 연구자료를 수집하여 정리한 것이다.

일본에서 히로시마·나가사키의 추적조사와 방사선영향의학연구를 계속하고 있는 전문가와 구미 연구자의 의견에 따르면 다음과 같이 이해할 수 있다.

① 자연방사선 정도라도 인체의 세포는 1초간에 200만개 이상이 방사선의 직격으로 파괴되며, 인체내에서 그것이 항상 재생 또는 세포가 교대되어 전혀 피해없이 살고 있는 것으로서 아무리 미량이라도 방사선을 쬐는 것은 유해하다는 생각은 과학적으로 보아 잘못이다.

② 암이나 백혈병 등 이상세포를 먹어 버리는 일종의 임파구를 킬러셀, 그리고 그 활동을 도와 주는 것을 헬퍼셀이라고 하는데, 그밖에 이 헬퍼셀의 활동을 억제하고 있는 서프레서셀이라는 세포가 임파액 속에 있다. 이 암을 방지해 주는 헬퍼셀을 억제하는 서프레서셀은 방사선을 어느 정도 쬐면 감소한다. 즉, 서프레서셀은 방사선에 대해 특히 약한 것이다. 동물실험에 의하면 헬파셀을 활성화하려면 일시적인 피폭에서는 5~20렘 정도, 사람의 경우에는 좀 더 다량으로 쬐는 편이 효과적이라는 주장도 있다.

이 현상은 구주 쥬리히연구소의 파이넨디겐교수, 미국 UCLA의학연구소의 매키노던교수에 의해서도 해명되었다.

이 방사선활성화현상에 대한 연구는 최근 수년간에 급격히 진전되어 여기저기에서 국제회의가 개최되기에 이르렀다

7.5 로스알라모스研究所의 實績

미국에서도 일본과 같이 태평양전쟁의 말기에는 이공계의 학생이 동원되어 맨해턴계획의 로스알라모스연구소에서 플루토늄폭탄의 제조에 종사하고 있던 26명의 학생은 대단한 피폭을 입고 있었다. 1944년부터 1945년에 걸쳐 플루토늄의 微粉을 입으로 들여마신 이 26명에 대한 42년간의 추적조사와 재작년부터 개시된 특수한 혈액검사에 의해 다음과 같은 사실이 밝혀졌다.

이 학생들의 현재 평균연령은 66세이고, 이미 사망한 사람도 있지만 일반적으로 원기가 좋고 전미 남성의 평균사망률·평균암발생률의 1/2이라는 수치를 나타내고 있다.

혈액검사에서 확인되고 있는 것은 상당한 양의 플루토늄을 체내에 42년간 보유하고 있던 사람들의 혈액/임파액중의 서프레서셀(헬파셀의 활동을 억제해 버리는 임파세포)은 일반인보다도 적고, 헬파셀(암 등 이상세포의 증식을 저지하는 임파세포)의 작용이 활발하다는 점, 즉 일반인들보다도 병에 대한 면역성이 강한 몸으로 되어 있다는 것이다.

8. 超小型 原子爐設計의 例

최근의 기술을 보면, 소형이고 극히 심플하기 때문에 어떤 이상을 가정해도 사고가 될 것 같지 않은 원자로의 개념도 등장할 수 있음이 예견되고 있다

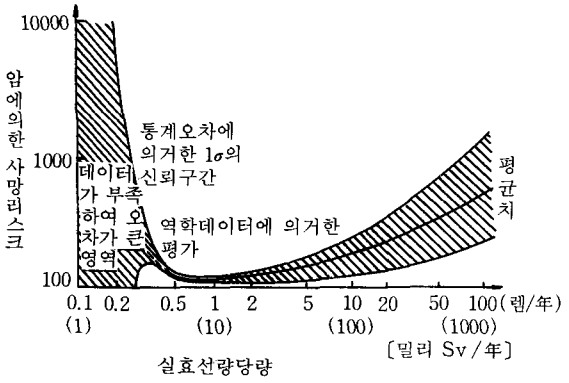
. 예를 들면, 남극에 운반해 손쉽게 설치할 수 있고 더구나 운전이 용이한 원자로를 연구하는 움직임으로서 일본전력중앙연구소에서는 東芝와 함께 다음과 같은 원자로를 검토하고 있다.

출력은 5만kWe 정도 이하, 원자로에서도 가장 복잡한 기구인 제어봉 구동장치와 연료교환장치를 갖지 않고, 정전과 기타 이상 발생시에는 원자로가 스스로 정지하는 특성을 가지며, 정지후에는 자연방열로 냉각되어 가는 설계로 한다.

이 때문에 노심부는 세로로 매우 가늘고 긴 것으로서 그 노심을 둘러싼 環狀의 반사체링을 천천히(2일에 1mm 정도의 속도로) 밑에서 위로 이동시켜 10년 또는 30년 정도에 전노심을 위로 끌어내 종합교환한다. 충분한 負의 온도계수 때문에 먼저 고온零出力臨界로 했을 때 출력은 터빈계통의 스팀유량 증감에 의해 충분히 제어할 수 있다.

9. 核燃料無交換型 原子爐

금속연료의 연구가 진행되어 연료피복관의 내부, 즉 연료미트와 피복관과의 갭부분에 나트륨



〈그림3〉 환경방사선준위와 암에 의한 사망리스크 관계

을 넣어 열전달을 좋게 했기 때문에 연료미트와 피복관과의 기계적 상호작용도, 화학적 상호작용도 거의 없어져 매우 장기적으로 파손되지 않는 연료를 만들 수 있음을 알았다.

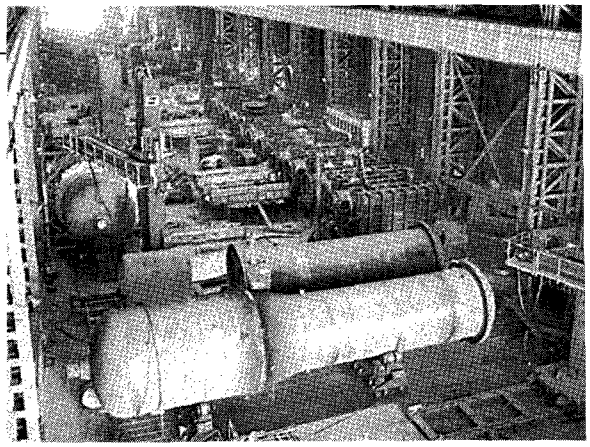
남은 과제는 長期間의 照射에 의해 심한 팽창이 일어나지 않는 피복관재료의 개발인데, 이것도 높은 응력강도를 필요로 하지 않으면 페라이트계의 스테인레스강으로 무방할 것 같다.

원자로의 반응이 30년간이나 유지될 수 있느냐 하는 점에서는 금속연료 고속증식로의 특징에서 충분히 그런 노심을 설계할 수 있음을 알았다.

마지막으로 연료피복관에 가해지는 內壓이 높아져 연료피복관에 높은 반응이 걸려 펑프가 나는 문제는 어떻게 하면 될까?

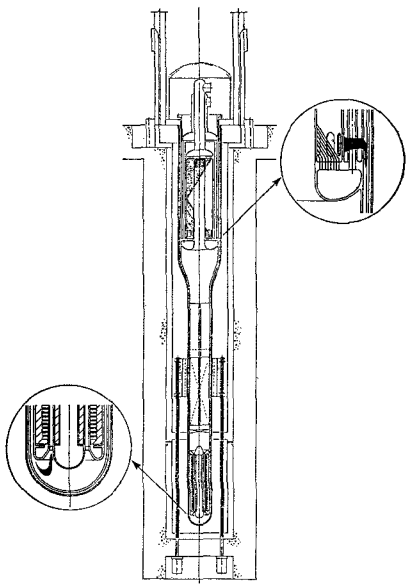
이상하게도 핵분열반응에서 발생하는 모든 방사성물질은 거의 고체상의 것 뿐이며 기체로 되어 피복관의 내압을 올리는 것은 크립톤, 크세논, 옥소 및 세슘 등 4종류 뿐이다.

그래서 연료피복관의 상부에 처음부터 핀홀을 열어 두면 어떨까? 그에 대해서는 이미 일본원자력연구소와 미국에서도 연구되어 아무 문제없는 설계를 할 수 있음이 보고되었다. 간단히 말하면 옥소나 세슘은 나트륨에 의해 옥소화나트륨이 되어 충분히 보충돼 버려 고속증식로에서는 냉각재의 나트륨이 다량 있게 되며 외부에는 나오지 않는다. 크립톤과 크세논은 불활성가스

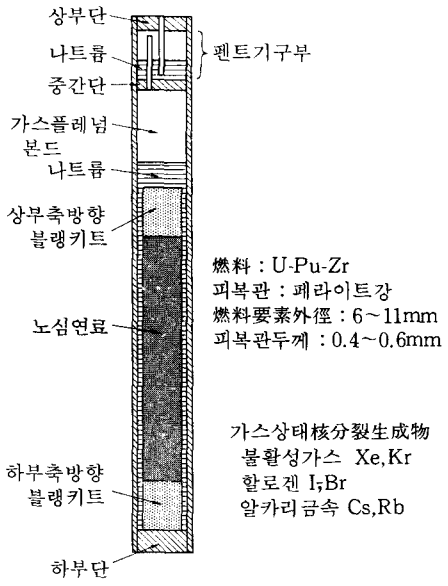


로서 매우 반응성이 부족한 가스이고 만약 공기중에 섞여 빨아들여도 체내에 흡수되지 않고 그대로 토해내져 버린다. 그 때문에 종래 원자로의 가상사고 안전평가에서 몇년이나 노심에 고여 있던 크립톤이나 크세논이 연료손상으로 모두 일제히 방출됨을 가정해도 원자력발전소 주변의 일반거주자들의 이것에 의한 방사선피폭은 수렘 이하라는 낮은 수치밖에 되지 않는 것이다.

따라서 만약 이것을 연료내에 모으지 않고 항상 방출하고 있어도 건강에는 전혀 지장이 없는 것이다. 물론 그래도 걱정이 된다면 크립톤과 크세논을 수집해 용기에 넣어 방사능준위가 충분히 떨어질 때까지 저장해 두면 된다.



〈그림4〉 초소형원자로



〈그림5〉 펜트형 금속연료요소의 개념

10. 結　論

인류의 인구증가는 대단해 현재 50억명 남짓인데 2030년에는 90억명으로 예상되고 있다. 대기중의 탄산가스가 점점 축적되어가 곡창지대의 한발과 일본 처럼 바다에 가까운 지방의 연속적 강우에 의한 흉작으로 식량위기는 급격히 진전해 아프리카 등 개발도상국 사람들의 기아는 점점 비참해질 것이다.

작년의 런던회의에서는 탄산가스 방출을 21세기 중반까지 현재 방출량의 5할이 감소되는 정도로 오늘부터라도 억제해야 한다는 것을 지적했다. 그럼에도 불구하고 현실적으로는 탄산가스 방출의 억제는 커녕 이대로 가다가는 21세기 중반에는 현재의 2배 정도가 방출될 우려조차 있다. 만약 그렇게 된다면 차세대 지구상의 비참함은 어떤 상황이 될 것인가?

이미 몇년 전의 일이지만 50만kW정도의 석탄화력발전소를 1년 운전하는데 요하는 석탄을 모두 국내에서 입수한다면 그만큼의 석탄을 파내는데 15명이 사고로 사망하고, 100여명이 일산화탄소중독을 포함한 중상으로 불치의 피해를 받고 있음을 알았다. 또 석유와 LNG도 저장중인 탱크가 만약 폭발한다면 어떻게 되지 않을까 하는 걱정도 있었다. 그리고 탄산가스 축적, 이것을 생각하면 에너지란 인간에게 있어서 본질적으로 중요한 것임과 동시에 어떤 의미에서 매우 값진 것임을 통감한다.

최근 중국의 예방의학연구소에서 나온 보고서에서 중국 광동성의 자연방사선준위가 통상의 3배나 되는 지역의 사람들의 암과 백혈병 사망률이 분명히 낮아 호르미시스효과가 있음을 확인했다.

Luckey교수는 연간 2,000밀리렘 정도가 불로장수를 위한 최적피폭이라고 말했고, 한편 일시피폭에서는 10렘 남짓 쬐는 것이 암과 백혈병 등 이상세포의 증식을 억제하는데 최적이라는 보고도 있다.

만약 이것이 진실이라면 원자력발전소에서 주변주민에 대한 부가선량을 5밀리렘/年 이하로 하려는 현행 방사선방어에 대한 개념과 원자력발전소의 안전성을 심사할 때 가상적인 대사고시에 주변주민의 재해를 방지하기 위한 기준선량을 25렘이나 더 낮게 10렘으로 엄격히 해 가려고 논의하는 것은 어찌 된 일일까?

일반암세포의 증식을 억제하는 헬퍼셀의 활동을 증대시키는데 20렘 남짓쯤 쬐는 것이 가장 효과적이라는 것이 진실이라면 체르노빌사고에서 수렘이 몇만명, 수십렘이 몇천명이라는 피폭자가 나왔다는 유럽에 거주하는 그들에 대해 앞으로 20여년의 추적조사는 다시금 이상한 결과를 초래하는 것이 아닐까?

원폭이라는 모습으로 등장한 원자력과 방사능에 대해 극도의 알레르기가 되는 것은 당연하다고 본다. 그러나 그 때문에 원자력을 안전한 에너지원으로 하는 노력을 포기하고 전면적으로 부정해 탄산가스 축적에 의한 식량난에 이르러 드디어 멸망의 길을 헤매려하고 있는 인류는 여기서 잠깐 멈추어서서 잘 생각하고 적극적으로 번영의 길을 선택해 갈 필요가 있지 않을까?

꿈의 원자로라고 말하고 있던 고속증식로는 프랑스의 피닉스(25만kW), 소련의 BN350(35만kW), BN600(60만kW) 등 매우 순조로운

운전실적을 나타내고 또 설계혁신이 진행되어 경제성 · 안전성에 관해서도 우수한 것을 기대할 수 있는 수준까지 와 있다.

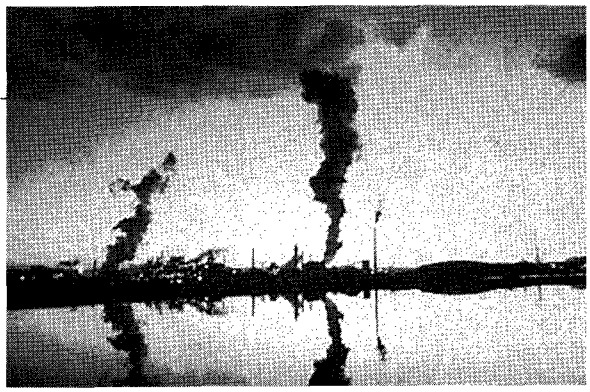
이것은 종래의 원자력(재처리 무)에 비해 우라늄의 이용효율이 100배쯤 되는 것이다. 그렇게 되면 육지에서 입수할 수 있을 것으로 예상되는 약 800만톤의 우라늄에 추가해 바다속의 약 40억톤중 절반 정도까지의 채취도 충분히 경제적으로 실용화할 수 있어서 인류는 바야흐로 종래 원자력의 2만배나 되는 에너지원을 수중에 넣을 수 있게 된다. 즉, 인류는 드디어 무한한 에너지를 획득한 것이다.

고속증식로의 연구에서 알게 된 것은 21세기에는 전혀 사고나 트러블이 발생할 것 같지도 않고 사용하기 편리하며 더구나 30년간 연료교환도 필요없는 원자로가 등장할 수 있다는 가정이다.

현재 미국에서는 비약적으로 우수한 원자로의 개발연구가 순조롭게 진행되고 있다. TMI와 체르노빌과 같이 일반인들을 공포에 빠뜨리는 사고는 결코 발생하지 않는 혁신적인 원자로를 찾고 있는 것이다. TMI와 체르노빌에서는 원자로 냉각기능의 상실에 따라 노심연료의 용융으로 발전했는데 미국이 목표로 하고 있는 것은 전출력 운전중에 노심냉각계통이 정지하고, 원자로 긴급정지장치가 완전히 작동되지 않아도 원자로는 자연히 정지되어 자연스런 냉각상태로 된다는 것이다.

전지구를 멋진 파라다이스로 하기 위해 원자력을 모두 활용한다면 완전히 단순하고 안전면에서 신뢰할 수 있는 것, 개발도상국 사람들도 문제없이 이용할 수 있는 원자로를 개발해야 한다. 이미 선진국은 자기들만 번영을 계속하는 것은 불가능해졌다는 것을 강하게 인식하여 「이기주의」를 버리고 전지구적 규모에서의 활동을 개시할 필요가 있다.

그리고 탄산가스를 억제하기 위해 원자력발전과 전기자동차를 보급시키고, 또 원자력에 의한 해수담수화 활동을 개시해 사막의 확대를 방지하는 노력은 동시에 자유세계 경제부흥의 노력 그 자체라는 견해도 있다.



하바드대학의 미래예측집단인 캠브리지 · 포캐스트 · 그룹의 보고서에 따르면 자유세계의 경제는 장기간에 걸쳐 부흥하기 어렵다고 지적하고 있는데 그 이유는 다음과 같다고 한다.

달러차관, 엔차관 등에 의한 北에서 南으로의 자본의 흐름은 적절한 생산활동에 결부되지 않은 채 대부분 정상으로 반제되지 않고 있다. 이 현상은 南의 인구폭발에 의해 더욱 악화될 뿐이다. 많은 자본이 석탄 · 석유의 연소와 휘발유자동차 대수의 증가 때문에 결국 오일달러가 되어 아랍으로 유입되어 자본의 적당한 순환이 되지 못하고 있다. 이 문제를 해결하려면 오일달러에의 유입을 억제해 개발도상국의 산업을 촉진하여 남북 전체의 종합적인 번영을 목표로 하는 길밖에 없다.

많은 개발도상국에서는 냉방이라든가 자동차라든가 냉장고라고 말하기 전에 음식을 만드는 등 살기 위한 최저요건에 대해 나무를 벌채해 장작으로 만들거나 태워서 비료로 해 생활하고 있다.

인구폭발로 인해 벌채되거나 불태워지는 삼림면적은 불과 4년 정도의 사이에 전일본의 면적만큼이나 된다고 한다.

이것이 정말이라면 이제 일각이라도 서둘러야 하겠다.

이상으로 「① 평화이용에 철저하고, ② 안전에서 신뢰성이 높게, ③ 어떤 나라 사람이나 쉽게 이용할 수 있는 우수한 원자로」의 개발을 강력히 추진해 가는 것이 인류 전체의 복지달성을 위한 중요한 움직임을 제창하고 싶다.

그것을 현실로 해 가기 위해서는 각 단체와 조직, 각 나라와 민족이 이기주의를 탈피해 지구전체의 번영을 위해 어디까지나 "사랑"을 기조로 한 공존의 정신을 기본으로 해 가야 함을 통감한다.