

生活活動과 리스크

本稿는 日本의 評論家인 梅澤 宗一郎씨가 原子力工業 10월호에 발표한 논문이다.

1. 人間生活과 에너지利用技術

우리 인간은 아득한 옛날부터 화살촉이나 토기 등을 만들었고, 또 불을 사용하기 시작해 다른 동물에 대해 우위에 설 수 있게 되었다. 그러나 초기에는 불은 음식을 굽거나 난방용 또는 등불로 이용하는 정도의 것이었으며, 동력으로의 이용은 근대에 이르러 산업혁명 이후였다. 오늘날 우리 생활은 불과의 끊을래야 끊을 수 없는 관계에 있고, 불이 없는 생활은 생각할 수 없게 되었다.

그러나 소방서가 방화대책에 주야로 부심하고 있음에도 불구하고 가옥이나 아파트 등의 화재에 의한 사상자, 가재의 소실, 산불 등이 신문·TV 등에 계속 보도되고 있고, 일본의 경우 매년 2,000명의 사망자가 나오고 있다. 그러나 불은 사회에 허용되고 있으며 어느 누구도 불의 사용을 그만두자는 운동을 일으키는 사람은 없다.

근대에 이르기까지 우리 인간은 동력으로 인력과 소나 말의 힘을 이용해 왔고, 또 水車나 風車에 의한 에너지도 일부 지방에서 제분 등에 이용되어 왔다. 근대에 이르러 석탄을 태워 증기를 만들고, 그 증기로 증기기관을 돌려 동력

으로 활용하는 방법이 발견되어 공장이나 기차에 이용되었다. 즉, 산업혁명의 시대를 맞은 것이다.

그리고 석유시대가 되자 자동차와 항공기 등이 등장했으며, 또 전기도 이용되기 시작하였다.

그러나 이러한 에너지의 이용에 있어서 초기에는 사고나 고장으로 인해 몇명의 사상자가 나왔고, 이로 인해서 이것을 도입함에 있어서는 일부에서 미지의 것에 대한 「두려움」 때문에 수용을 반대하는 태도를 취했다.

일본의 경우 明治시대에 기차가 전국적으로 퍼져 각지에 역이 세워졌지만 역이 가까이에 생기면 집에 불이 난다든가, 탈선사고 등에 의한 인사사고가 발생한다든가, 또 타지역 사람이 와서 전염병을 옮길 우려가 있다고 하여 반대운동이 일어나 종전의 중심가에서 상당히 떨어진 곳에 역이 세워진 예를 전국 여러 곳에서 볼 수 있다. 東北의 어느 마을에서는 자기 마을 가까이에 역이 생기는 것을 반대했기 때문에 國鐵에서는 철도선로를 90° 이상 구부려야만 했다.

그러나 역이 생기자 그 부근이 변화해졌고, 역이 생기는 것을 반대한 마을은 쇠퇴해 버렸

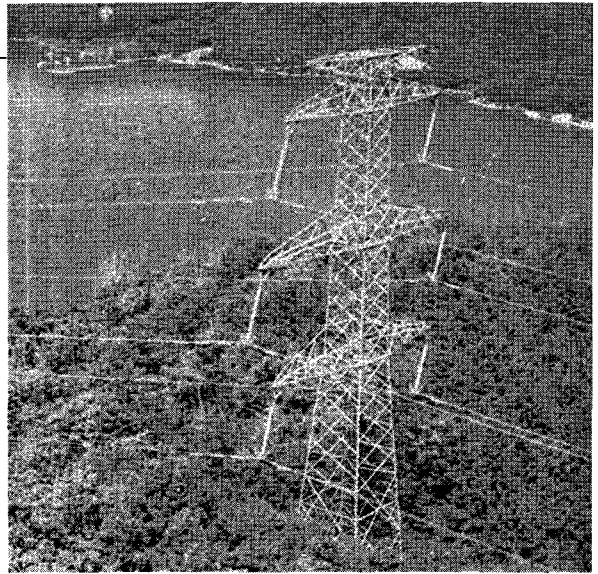
다. 그후 새로운 국도가 근처를 통과한다는 말을 듣고 국도가 마을을 통과하도록 해 달라고 진정해 마을의 중앙에 국도를 건설했던 바, 국도를 사이에 두고 양쪽 사람들의 왕래가 불편해지고, 교통사고와 자동차의 소음과 배기가스에 시달렸지만 마을은 전혀 변화해지지 않았다는 에피소드도 있다.

전기도 지금까지의 등잔불 대신 밝은 전등이 켜져 많은 사람들에게 기쁨을 주었지만 일부 사람들은 전기는 감전되므로 위험하다며 전기를 끌어들이지 않거나, 송전선 밑을 지나면 위험하다며 송전선을 건설하는 일에도 반대가 있었다. 처음에 일반 가정에서는 전등 뿐이었으나 라디오가 보급되고 선풍기가 이용되게 되었다.

2차대전후 전기냉장고, 전기세탁기, 전기청소기, 냉난방기 및 TV 등 전기제품이 계속 등장하여 우리의 생활은 매우 편리해졌다. 더우기 대형 컴퓨터에 이어 퍼스널 컴퓨터와 오피스·오토메이션, 공장과 사무실에서의 로봇, 空調裝置 등이 보급되었고, 新幹線 등의 열차 운행과 더불어 오늘날의 정보화사회 진전에 전기는 크게 기여하고 있어 바야흐로 전기가 없으면 생활할 수 없게 되었다.

이제 전기사용을 거부하는 사람은 없을 것이다. 다만 원자력발전에 반대하는 일부 사람들은 원자력발전에 상당하는 분량만큼 전기를 줄여도 견딜 수 있으니 원자력발전을 중단해도 된다고 말하고 있다. 그러나 그것이 현실적으로 가능할까?

국민의 생활수준과 국가의 경제는 매년 성장하고 있고, 대부분의 사람들은 에너지를 이용한 쾌적한 생활을 바라고 있다. 앞으로도 에너지 절약에 대한 노력을 계속한다고 해도 에너지 사용은 매년 약 2%의 비율로 증가할 것으로 예상된다. 특히 에너지 가운데서 전기가 사용되는 비율, 즉 電化率은 1975년 29.2%, 1985년 36.3%, 1988년 37.3%로 되어 있고, 2000년에는 40.0%로 증가할 전망이다. 앞으로 생활이 편리해지고 경제도 성장해 고령화 사회가 됨과 아울러 전화율은 증가할 것으로 보인다. 이와 같



이 증가하는 전기를 앞으로 어떤 전원으로 공급하느냐가 큰 과제로 되어 있다.

2. 生活活動과 리스크

인간이 일상생활을 영위함에 있어서 약간의 위험은 수반된다. 각종 요인에 의한 개인적 리스크에 대해 미국의 예로서 1974년에 미국 원자력위원회가 MIT에 의뢰해 당시 미국에서 운전중인 원자력발전소를 대상으로 중립적인 입장에서 리스크평가를 한 보고서, WASH-1400에는 표1과 같은 사항이 실려 있다.

〈表 1〉 WASH-1400 보고서

種 類	死亡者數 (1969 年)	리스크 [1年當 1個人의 事故에 의한 死亡率]
自 動 車	55,791	3/10,000
墜 落	17,827	9/100,000
화 재 또는 火 傷	7,451	4/100,000
溺 死	6,181	3/100,000
航 空 旅 行	1,778	9/1,000,000
落 下 物	1,271	6/1,000,000
感 電	1,148	6/1,000,000
鐵 道	884	4/1,000,000
落 雷	160	5/10,000,00
原子力發電所事故(原子爐100)	0	2/10,000,000,000

1989년에 발생한 TMI 원자력발전소의 사고와 체르노빌사고후 이 보고서는 낙관적이라는 비판도 있었으나, 그후 원자력발전소의 확률론적 리스크평가가 미국, 일본, 서독에서 실시되고 있으며, 최신의 자료에 의하면 일본 원자력발전소에서는 이 수치보다 1/100 정도 리스크가 적다고 생각된다.

표1의 리스크는 미국 전체의 사고에 의한 사망자수를 전인구로 나누어 구한 1년당의 1개인이 그 사고에 의해서 사망할 확률인데, 최하단의 원자력발전소의 경우는 원자로 100기의 주변 25마일(약 40km) 이내에 거주하는 1,500만명에 대한 사망확률이고, 미국 전인구에 대해서는 1/10이 된다.

항공기 경우가 자동차보다 리스크가 크다고 생각하고 있는 사람이 많다고 보는데, 실제로는 자동차보다 훨씬 안전해 낙하물에 의한 리스크나 철도사고와 같은 정도다. 이것은 항공기사고가 발생할 확률은 매우 적지만, 일단 발생하면 수십명에서 수백명이 한꺼번에 죽는 참사가 되기 때문에 리스크를 크게 느끼는 사람이 많지 않은가 생각된다.

자동차사고의 경우 일본에서 1970년에는 도로교통사고에 의한 사망자수가 경찰청의 통계에 의하면 16,765명으로 피크에 달했으나, 그후 교통사고 방지대책이 채택된 결과 1979년에는 8,466명으로 까지 감소했다. 그러나 그후 반전되어 1988년에는 10,344명이 되었다. 이들 숫자는 사고후 24시간 이내의 사망자수인데 사고후 1년 이내에 사망한 숫자는 이 숫자의 약 30%를 상회하고 있어 일본의 총인구가 약 1억2천만명이므로 리스크는 대략 10,000명에 1명이라는 숫자로 되어 있다.

이것은 연간 리스크이므로 70세까지 사는 사람의 평생리스크는 1,000명에 7명이라는 말이 된다. 1,000명중 7명이 도로교통사고로 사망하게 되는 셈이다. 이 숫자는 과연 사회에 허용되는 것일까?

이에 대해 자동차에 의한 편리함을 생각하면 어쩔 수 없다고 생각하는 사람이 많을 것으로 생각한다.

그러나 보행중이던 사람의 사망자가 전체의 약 30%, 자동차에 타고 있던 사람까지 합하면 40%에 달한다. 자동차를 운전하고 있던 사람과 동승하고 있던 사람은 편리함을 향수하고 있었으니까 사망사고를 당해도 어느 정도는 포기할지도 모르지만 보행중에 받혀 죽은 사람이나, 교통장애에 대한 것을 생각하면 어떨까? 필자는 리스크를 더 감소시켜야 한다고 생각한다.

그래서 사망사고를 원인별로 조사해 보면 속도위반에 의한 것 23%, 한눈을 팔면서 운전하는 등 안전운전 의무위반에 의한 것 34.2%, 기타 음주운전, 신호무시, 과로 등을 들 수 있다. 또 사고를 유형별로 보면 충돌, 추돌이 공작물예의 충돌이나 주차차량 충돌을 합하면 58%로 제일 많고, 횡단중이 그 다음이다. 안전벨트 착용상태는 고속도로에서 운전석 98%, 조수석 95~97%, 일반도로에서 운전석 91~96%, 조수석 86~93%로 상당히 양호하지만 사고에 의한 사망을 보면 안전벨트 착용률은 36%에 불과하고, 특히 야간에는 25.3%로 극히 낮다.

상기와 같은 사항을 고려하면 앞으로 제작하는 자동차에 대해서는 운전석이나 조수석에서 안전벨트를 착용하지 않으면 출발되지 않는 인터록을 설치함과 아울러 도로가 구부러져 있는 곳, 비로 인해 하이드로플레이닝현상을 일으킬 때는 자동적으로 최고속도를 억제할 수 있는 제어장치를 부착하게 한다. 또 전면에 장애물이 있을 때는 자동적으로 브레이크가 작동하여 감속하는 제어장치를 설치해야 한다. 이와 같은 대책을 실현하기에는 다소 문제가 있으나 이러한 안전장치는 하이테크기술이 진보한 현재로서 그다지 부담없이 가능하리라 본다. 또 보행자에 대해서는 신호준수에 대한 계몽을 더욱 철저히 해야 한다고 본다.

다음으로 철도의 경우 외국에서는 충돌사고와 탈선사고가 발생해 다수의 사상자가 발생하였다는 뉴스를 듣는 일이 있으나, 일본에서는 근년에 거의 듣지 못하고 있다. 특히 新幹線은 1964년 운영 이래 25년간 무사고여서 안전성에 대해서는 신뢰받고 있다 해도 좋을 것으

로 본다.

新幹線에는 ATC(자동열차제어장치)라는 열차의 운행상황을 중앙제어실에서 감시할 수 있는 장치가 있어 철도 선로를 3km 구간으로 구분해 그 열차 전방 3km내에 다른 열차가 있는 것이 감지되면 즉시 정지, 그 앞 3km 구간 이내에 다른 열차가 있을 경우에는 속도를 시속 30km 이하로 억제하고, 또 그 앞 3km 구간에 다른 열차 있을 경우에는 속도를 시속 170km 이하로 자동적으로 억제하도록 설계되어 있다.

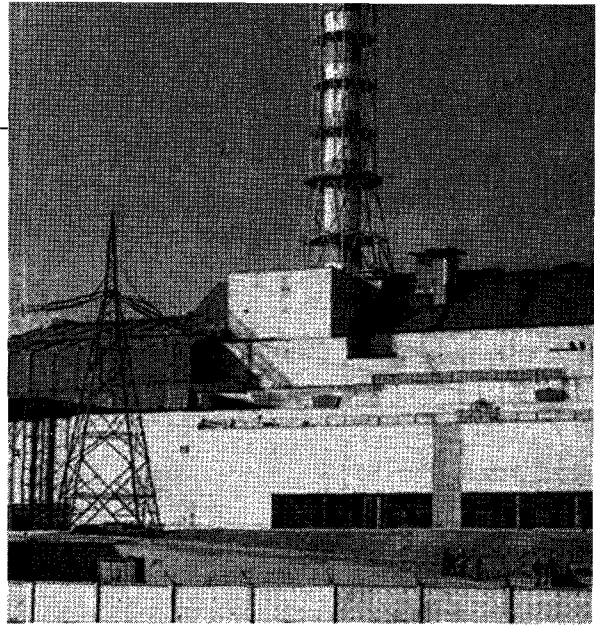
이 제어장치는 운전보안상 중요한 기구이기 때문에 2~3계통의 장치가 동시에 작동해 한 계통에 고장이 발생해도 정상운전을 할 수 있도록 되어 있다.

또 선로상에 돌 같은 장애물이 있을 경우에는 열차의 전방에 설치되어 있는 排障裝置에 의해 튕겨지도록하여 탈선사고를 방지하고 있으며, 어느 크기 이상의 지진을 감지하면 그 부근의 송전이 중단되어 열차가 긴급정지된다.

강풍의 경우는 풍속이 30m/초를 넘으면 운전을 정지하도록 되어 있다(풍속 20~25m/초에서 170km/시로 감속, 풍속 25~30m/초에서 70km/시로 감속). 그밖에 강우량이나 강설량 및 레일의 온도 등에 따라 속도제한을 하고 있어 충돌사고 및 탈선사고 방지를 위한 안전대책에 만전을 기하고 있으므로 운영 이래 오늘날까지 무사고로 운행되고 있다고 생각되며, 사회통념상 절대 안전이라고 해도 무리가 없다고 생각된다.

新幹線에서의 리스크는 매우 적어 표1에 있는 철도리스크의 4/100만 보다도 훨씬 적다고 예측되고 있다. 따라서 대부분의 사람들은 新幹線에서의 대형사고 발생을 전혀 우려하지 않고 新幹線을 타고 있다고 생각된다.

그러나 新幹線은 현재 青森와 鹿兒島까지 연장 운행되고 있지 않다. 그 이유로서 경제적으로 채산성이 없고, JR의 적자가 증가해 예전의 국철과 같은 기업체질이 된다는 것을 들고 있다. 물론 단기적으로 보면 그렇지만 新幹線이 거기까지 연장되어 교통이 편리해지면, 그 지



방에 진출하는 기업도 증가해 경제활성화가 도모되어 수도권으로의 집중이 완화되므로 정부의 보조금을 늘려서라도 장기적으로 보면 반드시 조속히 실현해야 한다. 青森까지 연장되면 岩手縣, 青森縣, 北海道의 경제활성화에 크게 기여하고 青函터널을 만든 의의도 살려 일본 전체의 경제진흥에 크게 유익할 것으로 생각된다.

현재 美日間 구조협약에 따라 도로 및 하수에 예산을 배정하기로 결정한 것 같으나, 도로에 대해서는 이미 상당히 증강되어 있으므로 도로에 대한 비중을 줄여서라도 미일 구조협약에서 약속한 내수확대를 위한 자금의 일부를 新幹線 연장을 위한 자금으로 돌려 조기에 일본의 맥이 되는 新幹線의 연장을 실현했으면 한다. 이와 같은 新幹線 연장과 장거리버스를 증가시킴으로써 자가용차의 이용이 줄면 교통사고가 감소하며, 배기가스의 총량이 줄 뿐 아니라 지방경제의 활성화가 도모되는 등 여러가지 효과를 얻을 수 있기 때문이다.

3. 原子力發電所の 리스크와 체르노빌事故

앞에서 기술한 미국의 WASH-1400보고서에 의하면 표1과 같이 미국의 경수형 원자력발전소의 경우 원자로가 100기 있으면 그 리스크는 100억분의 2로 자동차, 항공기는 물론 낙뢰에 의한 리스크보다도 훨씬 적다. 운석이 東京

뚝에 떨어져 사망자가 나올 리스크와 같은 정도다.

그러나 사고발생의 확률이 적어도 일단 발생했을 때 큰 재해가 될 가능성이 있다면 일반인이 수용하기 어렵게 된다. 경수형 원자력발전소의 경우 1차냉각계통이 파단되고 몇겹이나 되는 긴급노심냉각계통이 충분히 작동하지 않아 핵연료의 일부 용융이 일어났다고 해도 건전한 氣密性의 격납용기에 의해서 발생하는 방사능을 차단해 외부에 대한 영향을 완화하는 대책을 취해 큰 재해가 되는 것을 막고 있다.

新幹線에 비해 제어장치 및 안전장치가 보다 다중으로 되어 있고, 만일 원자로계통에서 방사능이 새어 나올 경우에도 방사능을 차단하는 氣密性의 격납용기가 있어 훨씬 안전성이 높아 리스크도 낮을 것으로 본다.

그러나 일본의 원자력발전소에서 체르노빌 사고와 같은 사고가 발생하지 않을까 우려하여 불안하게 생각하고 있는 사람도 상당히 있을 것으로 본다. 체르노빌의 원자로를 소련이 독자적으로 개발한 원자로로서 저출력 운전시에 약간의 탄력으로 출력이 상승하면 핵분열반응이 한층 활발해져 더욱더 출력이 상승해 버린다는 안전설계상의 기본적인 결함을 갖고 있다. 사고는 이 원자로에서 특수한 실험을 우선한 나머지 금지되어 있던 저출력으로 운전하고, 긴급시에 원자로를 자동정지시키는 회로 및 긴급노심냉각장치의 회로를 차단해 버리는 등 일본에서는 생각할 수 없는 중대한 규칙위반을 잇따라 거듭했다.

이것은 운전원의 원자력발전에 대한 안전의식의 차이에 의한 것이다. 그 결과 원자로의 폭발사고가 발생했고, 더구나 방사능을 차단하는 격납용기가 없었으므로 대량의 방사능이 외부로 방출되어 그와 같은 사고가 되어 버렸다.

이에 대해 일본 등에서 채택하고 있는 원자로에서는 출력이 너무 오르면 핵분열반응이 약해져 출력을 자연스럽게 본래대로 돌리는 성질이 있으므로 체르노빌과 같이 폭발사고가 되지 않으며, 만일 출력이 상승할 경우에도 운전원이 조작해 본래의 상태로 돌리지만, 만에 하

나 운전원이 인식하지 못했다 해도 긴급정지장치가 자동적으로 작동하여 원자로를 정지시키는 구조로 되어 있다. 더구나 핵연료의 일부가 녹았다 해도 이때 발생하는 방사능은 氣密性이 높은 격납용기에 의해서 차단됨으로써 외부에 대한 방사능에 의한 영향을 약화시키고 있다.

이것을 자동차에 비유하면 체르노빌로의 경우는 운전하고 있는 자동차의 스피드가 어떤 원인으로 빨라졌을 때 자연히 속도가 더 빨라지는 성질이 있다. 운전원이 이것을 알아차리지 못하거나 브레이크를 밟는 것이 너무 늦은 데다가 자동적으로 브레이크가 작동해 자동차를 멈추게 하는 장치도 끊기어 있었다. 즉 안전설계에 결함이 있고, 운전상의 훈련도 불충분했으며, 전혀 생각할 수 없는 규칙위반도 있었다.

이에 대해 일본 등에서 채택하고 있는 경수로의 경우에는 자동차의 스피드가 빨라지면 자연스럽게 스피드를 본래대로 돌리려는 성질이 있고, 또 스피드가 빨라져 운전원이 브레이크를 밟는 것이 늦었을 경우에는 자동적으로 작동하여 자동차를 멈추게 하는 구조로 되어 있다. 또 운전원의 훈련에도 힘을 쏟고 있어 운전기술의 향상은 물론 안전의식의 유지향상도 도모하고 있다. 경수로의 경우는 안전의식과 같은 사고는 발생하지 않는다고 할 수 있다.

新幹線의 리스크와 비교하면 일본에서 채택하고 있는 경수로는 핵연료가 일부 녹는 큰 사고가 되지 않도록 하는 안전대책이 취해지고 있고, 新幹線에 충돌이 일어나지 않도록 취해지고 있는 대책보다도 다중으로 안전대책이 취해지고 있으므로 사고발생확률은 훨씬 적다. 또 新幹線의 경우 충돌에 의한 충격을 완화하는 충격흡수장치가 부착되어 있지 않으나, 경수로의 경우는 방사능을 차단하는 기밀성이 높은 격납용기가 설치되어 있으므로 리스크는 훨씬 적다고 할 수 있다.

이상이 경수로에서 체르노빌사고와 같은 대량의 방사능 방출사고가 발생할 가능성이 거의 없는 이유라 할 수 있다. 그러나 현재 전세계에는 원리적으로는 체르노빌사고와 같은 폭발사고가 발생하지 않지만, 핵연료가 녹아 대량의

방사능이 외부에 방출되어 체르노빌 정도의 사고가 될 가능성이 높은 원자로가 있다. 그것은 소련 및 동구에서 운전되고 있는 44만kW급 가압수로의 제1세대의 원자로로서 14기가 현재 운전중(일부 일시정지중)인데, 일본 등의 경수로와 비교해 안전설계에 다음과 같은 결함이 있어 이대로 운전을 계속하면 제2의 체르노빌에 가까운 규모의 사고가 발생할 가능성이 있다.

(1) 原子爐容器

재료에 인과 동의 함유량이 많고, 원자로용기에 닿는 中性子束 밀도도 높아 이미 취약해져 있어서 파괴되기 쉬워지는 온도가 설계치를 넘어 상당히 높아져 있어(정확한 정보를 입수하지 못했지만 100℃를 꽤 넘어 운전하고 있는 것이 아닌가 생각된다) 취약파괴에 의해 원자로용기가 부셔져 그안에 들어 있는 원자로의 냉각재가 누설되어 냉각 부족에 의해 핵연료의 온도가 높아져 녹을 가능성이 있다.

(2) ECCS(긴급로심 냉각장치)

현재의 원자로에는 원자로의 냉각재가 누설되는 사고가 발생했을 경우 자동적으로 물이 주입되어 핵연료를 냉각시키는 전용의 긴급로심 냉각장치가 없으므로 핵연료가 녹을 가능성이 있다.

(3) 格納容器

원자로용기 파괴 등의 대파단이 발생해 핵연료가 녹았을 경우 방사능을 차단하는 기밀성의 격납용기가 없어 대량의 방사능이 외부로 방출된다.

(4) 電線類

전력선과 제어케이블이 화재시에 타기 쉽고, 서로 분리되어 있지 않으므로 일단 화재가 발생하면 類焼에 의해 모든 전력선과 제어케이블이 연소되어 제어계통과 긴급냉각계통도 작동하지 않게 되어 핵연료가 녹아 방사능 방출에 이를 가능성이 있다.

최근에 동독에 있는 원자로에 대해서는 서독

의 요청으로 일시정지 또는 안전성 향상대책이 취해지고 있는데, 다른 나라의 원자로에 대해서도 국제여론에 따라 또는 국제원자력기구에 의해 전문가를 파견해 그 권고로서 일시정지하여 안전성 향상대책을 취하도록 조언해야 한다고 생각된다.

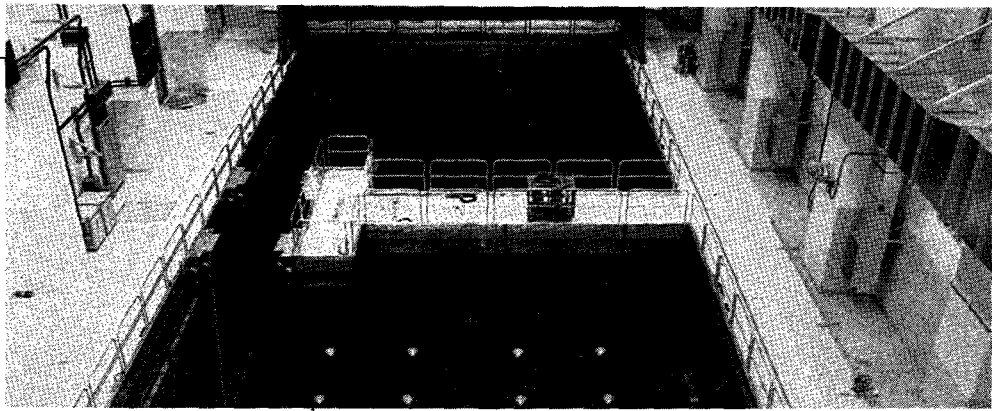
그와 동시에 상술한 조언이 실현될 때까지 일반국민에 대해 서방세계의 원자로와 다른 동구의 경수로에서 체르노빌과 같은 사고가 발생할 가능성이 있는 것이 있다는 사실을 사전에 주지시켜 둘 필요가 있다. 만일 제2의 체르노빌 정도의 사고가 발생하고 나서 일반국민에게 서방세계의 경수로와는 안전설계에 기본적인 차이가 있다고 아무리 설명해도 일반국민은 제대로 받아들이지 않을 것이다. 그렇게 되면 원자력개발의 추진이 매우 어려워질 것으로 예상된다.

4. 再處理工場의 安全性

재처리공장은 원자로에서 연소시킨 사용후 핵연료를 초산으로 녹여 그 안에 함유되어 있는 타다 남은 우라늄과 새로 생긴 플루토늄을 추출해내 재이용하기 위한 공장인데, 공장 안에는 방사능이 높은 핵분열생성물이 있으므로 이것을 몇겹으로 차단해 되도록 외부로 누설되지 않도록 하는 대책이 취해지고 있다.

재처리공장의 주요부분에서는 온도가 아무리 높아도 용액의 비등점 정도인 120℃ 이하로 항상 유지되고 있으며, 또 압력도 대기압 이하에서 운전되고 있어 보통의 고온·고압의 화학공장에 비하면 매우 안전한 화학공장이라 할 수 있으며, 화재나 폭발의 가능성은 매우 적다고 할 수 있다.

우라늄과 플루토늄은 일정량 이상이 모이면 핵분열반응이 계속되는 상태인 임계가 되므로 용액의 농도와 양을 일정치 이하로 하든가, 장치의 형태와 치수를 제한하거나, 핵분열반응을 멈추게 하기 위해 중성자를 잘 흡수하는 보론과 카드뮴 등의 물질을 넣어 주는 등의 방법으로 임계가 되지 않도록 하는 세심한 주의가 기



올여지고 있다. 만일 플루토늄용액의 농도가 잘못되어 설계치를 상회해 임계에 이르렀다고 해도 용액의 농도가 올라가 기포가 발생하면 핵분열은 곧 멈추게 되어 설비나 기기의 일부가 약간 손상되는 정도에 그쳐 큰 사고가 되지는 않는다. 물론 외부에 화재가 발생할 정도로 대량의 방사능이 누설될 가능성은 없다.

그러면 재처리공장에서는 체르노빌사고와 같은 사고는 발생하지 않는다고 말할 수 있을까?

이에 대한 대답으로는 재처리공장에서는 운전중인 원자로와 같은 핵분열반응은 일어나지 않고, 체르노빌사고와 같은 핵폭주사고가 발생해 대량의 방사능이 방출될 우려도 없다. 상술한 자동차의 예에 비유하면 원자로가 자동차라고 한다면 재처리공장은 견인차가 붙어 있지 않은 캠핑카와 같은 것이어서 본래 달리지 않으니까 스피드가 더 빨라질 일도 없으며, 충돌사고가 발생할 가능성도 없다. 따라서 체르노빌과 같은 사고가 발생할 우려는 없다고 말할 수 있다.

그러나 재처리공장에는 방사능이 높은 핵분열생성물이 내장되어 있다. 日本原燃서비스(주)가 青森縣 六個所村에 건설예정인 재처리공장의 예에서는 풀에 3,000톤의 사용후핵연료가 저장되며, 또 800톤의 사용후핵연료가 재처리되므로 재처리공장의 주요부분에서는 35톤 상당분의 방사능이 내장된다. 또 고준위 폐액탱크에는 760톤 상당분의 방사능을 저장할 수 있는 설계로 되어 있다.

그러나 이것들은 원자로에서 사용후핵연료가 꺼내진 후 풀에서 평균 2년반 이상, 또 재처리공장의 주요부분에서는 4년 이상 경과했기 때

문에 그 동안에 방사능이 약화되어 있으므로 전기출력 100만kW급 원자로 1기의 핵연료 약 120톤에 내장되어 있는 원자로 정지 직후의 방사능에 비하면 각 풀의 경우 약 1/4, 재처리공장 주요부분의 경우 약 1/700 및 폐액탱크의 경우 1/30 정도의 방사능이 된다.

원자로에 내장되는 방사능에 비하면 적지만 그래도 상당히 높은 방사능이므로 몇겹으로 차단해 내장하는 방사능이 누설되지 않도록 엄격한 대책을 취해야 한다.

풀에 대해서는 물이 누설되어 수위가 극단으로 내려가지 않는 한 핵연료의 온도가 올라가 녹을 우려는 전혀 없다. 때문에 원자력발전소의 연료풀과 같이 물이 누설되지 않도록 엄격한 대책을 취하고 있다.

재처리의 주공정에 대해서는 화재, 폭발의 가능성이 매우 적고, 임계도 발생하지 않도록 세심한 주의가 기울여지고 있지만, 만약 화재나 임계가 발생해도 큰 사고는 되지 않고 방사능의 차단대책도 여러가지로 수립되어 있기 때문에 외부에 재해를 일으킬 정도로 대량의 방사능이 방출될 가능성은 없다.

또 고준위 폐액탱크에는 항상 2계통의 냉각계통이 있어서 1계통이 고장나도 안전상 지장이 없고, 만일 2계통이 동시에 고장날 경우에는 연료풀의 냉각설비에 의해 냉각하거나, 예비 탱크로 옮겨줌으로써 안전이 확보되어 외부에 방출되는 것을 방지하고 있다.

이상과 같은 이유로 재처리공장의 리스크는 원자력발전소 정도 또는 그보다 상당히 낮다고 생각되며, 더구나 체르노빌사고와 같이 대량의 방사능이 외부로 방출되는 사고가 발생할 확률은 거의 없다고 생각해도 된다.

5. 各種 에너지源의 리스크比率

그러나 원자력발전소의 경우 아무리 리스크가 적다 해도 대량의 방사성물질이 있다는 불안감이 남는다. 앞으로의 에너지는 원자력발전에 의존하지 않고 풍력이나 태양광발전과 같은 청정한 발전방식에 의해 공급하도록 노력해야 한다고 주장하는 사람이 있다. 정부와 전력회사도 이와 같은 재생가능한 에너지의 연구개발에 노력하고 있으나, 에너지밀도가 낮으므로 경제적으로 실용 가능해진다 해도 대규모 준비를 고려하면 2050년 이후가 될 것이다.

태양광발전을 예로 들어 시산해 보면, 일본에서의 태양광은 한여름의 맑을 때 약 1.0 kW/m^2 이기 때문에 전기로 바꿀 경우 발전 효율을 현재의 개발목표인 20%로 하면 東京電力(株)의 福島제2원자력발전소 440만kW의 부지 150 만m^2 에 만들 수 있는 태양광발전소는

$1.0 \text{ kW/m}^2 \times 0.20 \times 1,500,000 \text{ m}^2 = 30 \text{ 만kW}$ 가 되고, 반대로 440만kW에 필요한 면적은 福島제2원자력발전소 부지의 14.7배의 토지가 필요하게 된다.

더구나 태양광의 양은 겨울에는 맑은 날씨라도 한여름에 비해 상당히 줄고, 흐리거나 비가 내릴 때는 훨씬 적어지고, 야간에는 제로가 되므로 일본에서의 일사율은 12% 정도다. 따라서 설비비용률 70%, 440만kW의 원자력발전소와 같은 정도의 전기량을 얻을 수 있는 태양광 발전에 필요한 부지면적은 440만kW의 福島제2원자력발전소의 부지면적에 대해 약 86배인 1억2,900만 m^2 의 부지면적을 필요로 한다.

그러나 이 부지면적은 태양광발전의 受光板(태양광전지) 만의 필요면적이고, 운전보수를 위한 스페이스, 직류전기를 교류로 변환하기 위한 시설, 송전설비, 관리사무소 등을 감안하면 상술한 것보다 2배 이상의 면적이 필요하다.

이와 같이 넓은 면적의 평지를 일본에서 구할 수 있을까? 더우기 이 부지내는 녹음이 적은 불모지가 되어 대규모 환경파괴가 된다.

또 에너지밀도가 적으므로 대규모 발전설비

가 되어 원자력발전소와 화력발전소에 비해 비교가 되지 않을 정도로 대량의 알루미늄, 강철, 유리 그리고 시멘트를 필요로 하는데 이들 재료를 채취, 수송, 가공하고 또 발전설비를 건설해 보수하는 단계에서 상당수의 사상자가 발생할 우려도 있다.

또 재료를 채굴해 광석에서 정제가공할 때에 대량의 에너지를 필요로 하는데, 이 에너지생산에 따른 대기오염에 의해 주민의 건강에 영향을 주어 질병과 그에 의한 사망자의 발생을 생각할 수 있다.

또 태양광발전 만으로는 흐린 날씨나 야간에는 전력이 극단적으로 감소되므로 백업전원과 전력저장시설이 필요해 지고 이에 따른 리스크도 발생한다.

이렇게 생각하면 태양광발전은 발전 그 자체로서는 일반대중에 대한 리스크가 제로라고 할 수 있지만, 발전시스템 전체적으로는 상당히 높은 리스크가 있다고 할 수 있다. 그리고 광대한 지역의 환경파괴가 발생된다.

실용화되어 있는 전원 및 장래 실용화의 가능성이 있다고 생각되는 여러가지 전원간의 리스크를 비교하는 연구는 1978~1982년에 미국, 캐나다, 유럽에서 활발하게 실시되었고, 현재도 스위스에서 연구되고 있다. 그 중에서 특히 실용화의 가능성이 있는 거의 모든 에너지원을 들어 리스크(1MW年당의 사망률)의 비교를 체계적으로 한 캐나다의 논문 「Energy Risk Assessment(AECB-1119) (각종 에너지원의 리스크 평가)」의 개요를 소개한다.

이 논문은 1978년 당시 미국의 실태를 전제로 화석연료에 의한 화력발전소 및 원자력발전소는 당시 운전중인 것, 태양광, 태양열, 풍력 등의 재생가능에너지는 그 당시의 문헌보다 장래의 실용화단계를 추정한 것이다.

리스크평가에서는 발전설비의 운전보수에 따른 기술인, 그리고 일반대중의 리스크 뿐 아니라 연료 및 건설재료의 채광, 精鍊, 가공에 따른 리스크, 건설설치 및 수송시의 리스크, 폐기물관리에 따른 리스크 등 모든 리스크를 고려하고 있다.

전제조건 및 수치에 대해서는 다음에 기술하는 점을 고려해야 하고, 현재 일본에서 리스크 평가를 할 경우와는 상당히 다르겠지만 상대적 리스크의 비교에서는 결론은 별로 바뀌지 않으리라고 본다.

(1) 1978년 당시 미국의 화력발전소와 제철공장 등의 오염기준에 의거하고 있으므로 현재 일본의 대기오염은 상당히 적다. 한편 주변의 인구밀도는 일본쪽이 훨씬 높다.

(2) 대기오염은 SOx만 평가하고 있으며, NOx에 의한 대기오염, CO2에 의한 온실효과와 화석연료의 연소에 따른 방사성물질에 대해서는 고려하지 않고 있다.

(3) 가상사고에 의한 리스크는 원자력발전과 수력만 평가하고 있다.

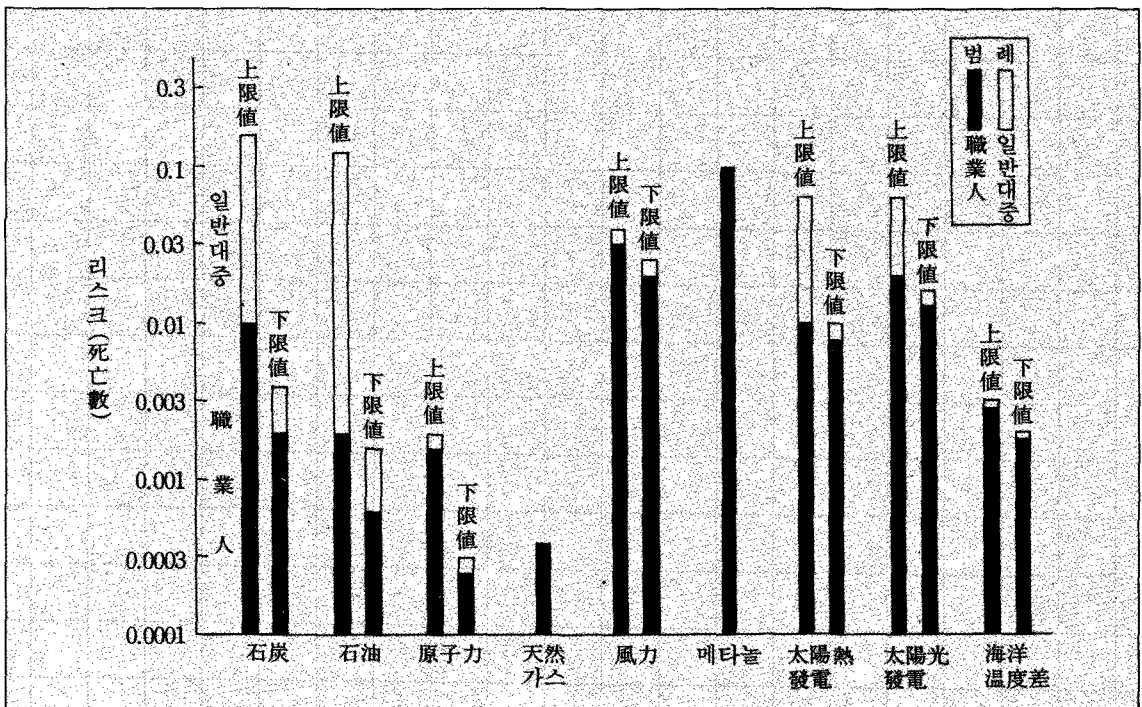
원자력발전은 WASH-1400보고서를 토대로 하여 이것을 더욱 보수적으로 평가하고 있는데 최선의 일본 경수로에서는 이보다 2단계 낮다고 생각된다.

그러나 체르노빌형이나 소련 및 동구의 가압

수로와 같이 상술한 수치보다도 훨씬 높다고 생각되는 것도 있다. 수력발전의 경우는 과거의 댐파괴사고에 의한 사망자의 실적에 근거하여 리스크를 평가하고 있다. 평가의 결과는 그림1과 같이 리스크가 가장 낮은 것이 천연가스이고, 다음으로 낮은 것이 원자력이다. 그러나 이 경우 천연가스유전이 국내에 있고 파이프라인으로 수송해 발전소에서 연소시키는 것을 전제로 하고 있지만, 일본의 경우에는 해외에서 온도를 내려 LNG로 하여 이것을 유조선으로 해양 및 내해를 거쳐 수송해 국내에서 온도를 올려 천연가스로 되돌리게 되므로 LNG로의 전환 및 역전환장치의 리스크를 고려해야 한다.

그리고 대기오염은 SOx만을 대상으로 하고 있으나, NOx, CO2를 고려하면 일반대중에 대한 리스크도 제로로는 되지 않는다.

그에 대해 일본 원자력발전소의 리스크는 이 문헌에서 채택하고 있는 WASH-1400보고서에 의한 것보다 상당히 적다고 생각된다. 정상



<그림 1> 에너지생산 1MW년당 직업인 및 일반대중의 사망자수

운전시의 방사능 영향도 실제로는 선량목표치 0.05밀리시버트(5밀리렘)보다 훨씬 적다. 따라서 일본에서는 원자력발전의 경우가 오히려 리스크가 적어지지 않을까 하고 생각된다.

원자력, LNG에 이어 풍력과 태양광 등의 재생가능에너지, 화석연료의 순으로 리스크가 커지는데 양자의 리스크는 그다지 크게 다르지 않다. 재생가능에너지는 앞에서 설명한대로

(1) 에너지밀도가 낮으므로 발전설비를 제작하는데 대량의 자재 및 노동력이 필요하고, 자재취득을 위한 채광, 精鍊, 가공, 수송 및 건설설치시의 리스크가 있고, 또 보수시의 리스크도 있다.

(2) 자재생산을 위한 제철공장 등에서의 배기가스에 의한 일반대중에 대한 리스크가 있다.

(3) 야간과 흐릴 때에 에너지를 보충하기 위해 백업전원 및 저장설비를 필요로 하고, 그에 따른 건설, 보수시의 리스크 및 운전시의 대기오염에 따르는 리스크가 있는 등 화석연료에 필적하는 리스크가 있다.

6. 日本의 電力需給展望

일본은 생활수준의 향상과 경제의 유지발전을 위해서 앞으로도 전기사용량이 증가되어야 하지만, 이것을 어떤 전원으로 공급하느냐 하는 문제가 있다. 그러기 위해 가능성이 있는 전원을 조합해 공급력을 확보하는 베스트믹스를 제안하고 있다. 즉, 공급의 안정성 및 경제성을 고려하고 나아가 장래의 에너지사정도 고려해 생각할 수 있는 가장 유리한 전원의 조합에 의해 앞으로의 전원을 확보하려는 것이다. 필자는 이들 조건에 발전시스템 전체의 리스크가 낮은 것을 선택하여야 한다는 조건을 추가하는 것이 바람직하다고 생각하고 있다.

그러나 실제로 일본에서 앞으로 전기수급전망은 어려워 여유있는 상황이 아니며, 가능성이 있는 전원을 모두 고려한다고 해도 앞으로 증가할 수요를 공급할 수 있느냐 여부가 우려된다.

즉, 현재(1988년도말) 일본의 발전설비비율은 석유화력: 33.1%, 원자력발전: 17.4%, 천연가스(LNG)화력: 20.1%, 석탄화력: 6.7%, 수력발전: 21.9%인데 수력발전은 이미 유리한 지점은 모두 개발되었고, 석유화력은 앞으로 석유가격 상승을 억제하기 위해서 신규 석유화력의 증설은 하지 않기로 국제적으로 약속되어 있다.

또 석탄화력은 CO₂의 배출비율이 화석연료 중에서 가장 많아 앞으로의 지구온난화를 생각하면 많은 것을 기대할 수 없고, 태양열 및 태양광발전과 풍력은 에너지밀도가 적으므로 기계장치가 대형이 되어 현단계로서는 경제적으로 실용화의 전망을 할 수 없다.

그렇다면 의존할 수 있는 것은 원자력발전과 LNG화력이다. 그러나 원자력발전은 전국적인 반대에 의해서 예정대로 추진되지 못하여 2000년의 5,300만kW의 계획에 대해 이대로 추이되면 4,500~4,600만kW 정도에 머물지 않겠나 하는 예상이다. 또 LNG도 지금까지는 일본이 대량으로 사들여 왔으나 앞으로는 각국 모두 석유, 석탄을 증산할 수 없다면 비교적 청정한 LNG를 다투어 사게 되어 가격이 상승할 뿐 아니라 일본이 현재보다도 대폭 증가시킨다면 큰 국제적 비난이 예상되므로 앞으로 대폭적인 증가를 기대할 수 없다. 따라서 전력이 2% 정도의 비율로 신장한다면 그 공급력을 확보하기란 용이하지 않다.

그러므로 에너지절약, 즉 에너지의 유효이용을 위해 제1차 석유위기 때에 했던 것처럼 진지한 노력을 관민 모두 기울여야 한다고 생각한다.

일본에서는 제1차 석유위기 이후 전력기기의 효율화, 공장의 에너지절약대책 등 할 수 있는 노력은 해 왔고, GNP당의 에너지消費原單位(석유환산)가 미국의 0.39kg/1000\$, 서독 0.31, 한국 0.55에 대해 일본은 0.21로 되어 있어 앞으로 관민이 합심한 상당한 노력과 소비자의 의식개혁이 없으면 에너지절약에 의한 대폭적인 효율화를 도모하기가 어려워 전력수급의 균형을 유지하는 것이 어려울 것으로 생각된다.