

왜 原子力인가? (Ⅲ)



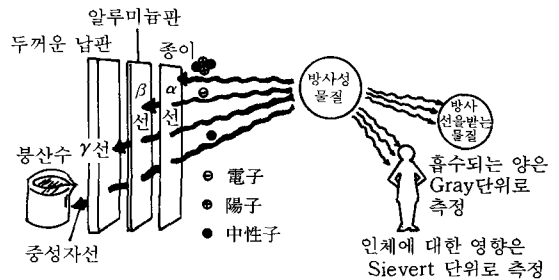
中 村 康 治
 <<株>> 神戶製鋼所 常任顧問

(承 前)

Ⅳ. 放射線과 放射能

대부분의 원자력발전소 전시관에는 그림8과 같이 방사선의 종류를 설명하는 그림이 걸려 있어도 측정기로는 감마선용의 GM관이 놓여 있을 뿐이고, 검출관의 일부를 조정하면 베타선을 측정할 수 있는데 그런 구식의 것은 전시되어 있지 않다. 또 자연계의 방사선에 대한 설명도 상식적이고, 방사선의 종류와 에너지, 영향의 크기, 또는 영향이 있는 시간의 길이 등까지를 충분하고 친절하게 설명하고 있다고는 생각되지 않는다.

원자로연료가 사용되고 있을 때, 그리고 사용 후핵연료의 냉각기간이 짧은 동안은 감마선이 압도적으로 크며, 경수로의 냉각재에 용해된 기체재료가 유도방사능을 띤 것은 에너지가 높은 코발트-60이 주이므로 통상의 운전관리에서는 감마선을 목표로 하면 되기 때문에 베타선과 알파선의 측정을 할 필요가 없다. 이 때문에 원자로관계의 전문가도 이런 것에는 익숙하지 못하다.



<그림 8> 放射線의 種類

그러나 원자력발전이 성장함에 따라 핵연료 사이클을 생각하면 장래의 과제로서 고속증식로의 실용을 고려해야만 한다. 일본에서는 있을 수 없다고 해도 윈즈케일爐의 사고와 체르노빌 사고를 평가하여 재처리시설에서 방사성물질 방출 영향, 그리고 경수로 운전에서 다른 저준위 폐기물의 처분과 장래의 고준위 폐기물, 즉 재처리로 분리된 핵분열생성물을 유리로 고화한 것의 처리·처분문제를 고려하여야 하며, 일부 사람들이 신랄하게 비난하는 플루토늄의 위험성 등을 토론하기 위해서는 방사선의 종류와 그 성질, 방사성물질의 반감기와 붕괴생성물 등의 정확한 지식이 필요하다. 따라서 각종 방사선의 측정경험을 갖고 있어야 한다.

식품의 방사능오염에 관해서는 주부들이 지대한 관심을 갖고 있으므로 이들의 소박한 의문에 부응하기 위해서는 우리 자신의 지식을 깊게 해 두는 것이 한층 요구되고 있다.

대중은 방사성물질을 가장 이해하기 어렵고 위험하고, 무서운 것으로서 인식하고 있으며, 선량의 다소에 관계없이 방사성물질에 대해 거부감을 갖고 있다.

1. 放射線의 種類

일반대중이 일반적으로 체험하는 방사선은 의료용 X선이다. 또 방사능이라는 말로 연상하는 것은 히로시마와 나가사키의 원폭에 의한 비참한 민족적 경험이다.

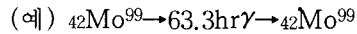
또한 감각적으로 받아 들일 수 없는 묘한 단위로 표현되기 때문에 어쨌든 싫은 것으로 인식되어 있다. 그러므로 식품의 방사능오염에 대한 이야기를 들으면 그것을 섭취하면 바로 피폭에 의해 죽음에 이른다고는 생각하지 않아도 X선 촬영과 같이 형광판 앞에 서면 뼈만 비치지는 것으로 상상된다.

방사선의 종류에는 전자파와 같은 파동으로 해석되는 것과, 입자의 흐름으로 관측되는 것이 있다. 실제로는 極微한 세계의 반응이기 때문에 양자론에서 보면 파동과 입자를 확실히 구별할 수 없는 것이긴 하지만...

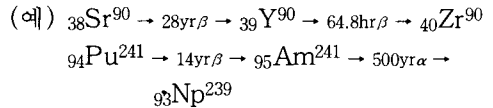
전자파에도 여러가지 종류가 있어 방전에 의해서 발생하는 고전적 전자파도 있고, 라디오나 텔레비전으로 혜택을 받는 것도 있고, 최근에는 가정의 마이크로웨이브를 이용하는 전자렌지도 관계된다. 빛도 그렇다. 자외선보다 한층 파장이 짧은 것으로 X선이 있고, 그 보다 짧은 것이 감마선이며, 모두 파동의 이동속도는 빛과 같다고 설명한다. 그러나 그들의 특성을 표현하는데 헬츠라든가, 메가헬츠라는 진동주파수를 사용할 경우와, 파장에는 미크론이라든가 밀리미크론이라는 단위를 사용하기 때문에 전문가가 아닌 사람은 관련성을 느낄 수 없다.

감마선은 원자핵이 불안정하여 진동에너지를 방출되며, 방사성물질은 감마선을 방출하여

도 원자의 질량수나 원자번호가 바뀌지 않는다.



베타선은 전자의 흐름으로 광속에 가깝지만 투과력은 감마선보다 적고, 자장의 영향을 받아 진로가 구부러진다. 이 경우에 원래의 방사성물질 질량수는 바뀌지 않지만 원자번호가 하나 커진다.

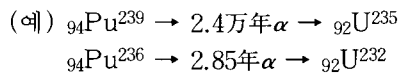


베타선은 물의 두께가 0.2mm 정도인 수막이라도 투과할 수 없고, 공기층에서도 흡수되어 감쇠한다. 따라서 그 취급에는 방사성물질과의 거리를 생각할 필요가 있다.

탄소-14는 대기중에서 우주방사선의 1차입자 및 고에너지의 2차입자가 대기권의 가장 윗부분에 존재하는 원소와 반응하여 발생하는 핵子中 중성자가 열에너지까지 감속되어 반응하여 탄소가 된 [$^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$] 것으로서 반감기가 5,730년인 약한 베타방출체다. 실질적으로는 우주방사선밀도가 일정하므로 지구대기에는 일정량 존재하고 있고, 식물은 광합성반응을 통해 대기중의 탄산가스를 체내에 섭취하므로 ^{14}C 도 고정된다. 식물은 고갈되거나 목재로 벌목되어 광합성이 정지되고, 체내의 ^{14}C 는 그때부터 베타방사능을 일정비율로 상실해 간다.

이것을 토대로 고고학자료에 대해 연대측정이 되고 있는 것은 주지의 사실이다.

알파선은 헬륨원자가 외곽전자를 상실한 것, 즉 두개의 양자와 두개의 중성자가 결합한 것으로서 방사성물질의 알파붕괴에 의해 질량수는 4, 원자번호는 2 감소된 딸핵종이 된다.



중성자는 원자핵에 구속된 電荷 제로의 입자로서 공기중의 평균수명은 1.0×10^8 초이고, 電子와 電子뉴트리노를 방출하여 양자로 바뀐다. 우주에서는 원자핵에서 해방되고, 또 우주방사선의 작용으로 튀어나온 중성자가 존재하여 여러가지 핵반응에 관여하는데 그대로 지상에 이르는 것은 적다. 무거운 원자핵, 즉 질량수가

크고, 핵중에 많은 중성자와 양자를 가진 원소 중에는 불안정하여 자발적으로 핵분열을 일으켜 중성자를 방출하는 것이 있다.

(예) ${}_{94}\text{Pu}^{238}$ 자발핵분열(3,240n/sec · g)
 → 일부가 중성자 + 핵분열생성물

각 방사선의 성질이 다르기 때문에 인체에 미치는 영향도 달라 상대적인 계수가 정해지며, 흡수선량에 곱해서 당량계산된다. 이 인체에 주는 방사선의 영향을 나타내는 단위로써 종래는 렘(rem)이라는 단위가 사용되었으나, 최근에는 Sievert(Sv)로 바뀌었다. 이 표현에서는 영향을 주는 방사선 종류의 차이를 알 수 있기 때문에 통일적으로 생각할 수 있다.

2. 自然界의 放射線

자연계에는 여러가지 방사선과 방사성물질이 있다.

1946년에 발표된 G.Gamov의 우주창조에서의 이론은 대단하고 신선한 것이었다. 최근 원자력과학의 진보는 그 해석과 모의실험을 할 수 있으며, 더욱 로켓트 발달은 천체관측의 장소를 넓혀 드디어 인류는 달에 도착하여 지구 상에서는 얻을 수 없는 시료를 직접 입수하게

되었고, 1989년에는 보이저 2호가 태양계의 가장 바깥쪽에 위치한 해왕성(1989년 현재)까지 12년의 여행을 하여 그때까지 흑성의 경이적인 사실을 관측하여 지상에 보내오는 등 우주물리학의 눈부신 진전이 있었다.

대학원의 교재로 사용되고 있는 어떤 책에 우주구성물질과 지구의 여러가지 물질의 존재비와 그 기원에 관해 해설한 것의 요점을 인용한다.

수소와 헬륨의 원시물질에서부터 우주, 그리고 지구를 구성하는 각종 원소의 형성에도 핵반응이 상호 작용하고 있다. 즉, 융합반응으로 양자-양자반응에 의해 리튬, 베릴륨에서부터 붕소까지 輕원소의 합성이 진전되고, 별의 중심에서 수소가 다 소모되자 탄소가 촉매처럼 작용하여 탄소-질소사이클의 과정으로 헬륨과 산소 등의 원소가 생성된다. 적색거성의 단계에서는 중심의 고온 때문에 헬륨의 원자핵, 즉 알파입자 3개가 탄소와 고에너지인 감마선을 만든다. 이들이 상호 작용하여 산소나 네온과 같은 더 무거운 원소가 생성되며, 별 중심의 헬륨이 모두 소모되면 중력수축이 일어나 광도가 낮아져 白色矮星이 되는데 중심에서는 온도가 한층 높아 나트륨, 마그네슘, 규소, 인, 유황 등

〈표 5〉 우라늄 238의 방사성붕괴

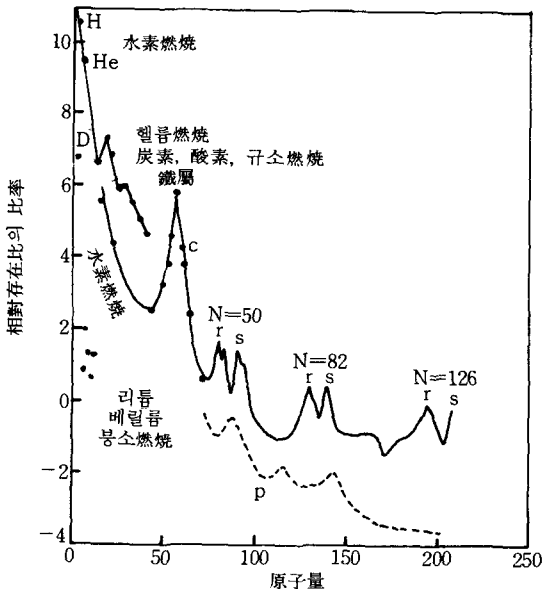
핵종	읽는 방법	역사적 명칭	반감기	방사선	천연우라늄중 존재비 (단위:10만분의 1)
${}_{92}\text{U}^{238}$	우라늄 -238	우라늄 1	45억년	알파(감마)	9.927×10^8
${}_{90}\text{Th}^{234}$	토륨 -234	UX ₁	24日	베타(감마)	0.0145
${}_{91}\text{Pa}^{234}$	프로타티늄 -234	UX ₂	1.2분	베타(감마)	4.9×10^{-7}
${}_{92}\text{U}^{234}$	우라늄 -234	우라늄 1	24万年	알파(감마)	5.44×10^4
${}_{90}\text{Th}^{230}$	토륨 -230	이오늄	8万年	알파(감마)	1.76×10^4
${}_{88}\text{Ra}^{226}$	라듐 -226	라듐	1602年	알파(감마)	353
${}_{86}\text{Rn}^{222}$	라돈 -222	라돈	3.8日	알파	2.30×10^{-3}
${}_{84}\text{Po}^{218}$	포로늄 -218	라듐A	3.0分	알파	1.28×10^{-6}
${}_{82}\text{Pb}^{214}$	납 -214	라듐B	27分	베타, 감마	1.12×10^{-5}
${}_{83}\text{Bi}^{214}$	비스무스 -214	라듐C	20分	베타, 감마	8.25×10^{-6}
${}_{84}\text{Po}^{214}$	포로늄 -214	라듐C	164 마이크로초	알파	1.14×10^{-12}
${}_{82}\text{Pb}^{210}$	납 -210	라듐D	21年	베타(감마)	4.62
${}_{83}\text{Bi}^{210}$	비스무스 -210	라듐E	5.0日	베타	3.02×10^{-3}
${}_{84}\text{Po}^{210}$	포로늄 -210	포로늄	138日	알파	0.0835
${}_{82}\text{Pb}^{206}$	납 -206	납	안정비방사성		

의 원소가 생성되며, 공존하는 중성자와 감마선이 점차 무거운 원소를 생성시켜 나간다. 그러나 鐵屬 이후의 핵합성에서는 큰 열의 흡수가 있기 때문에 그 이상은 이론적으로 진전될 수 없다.

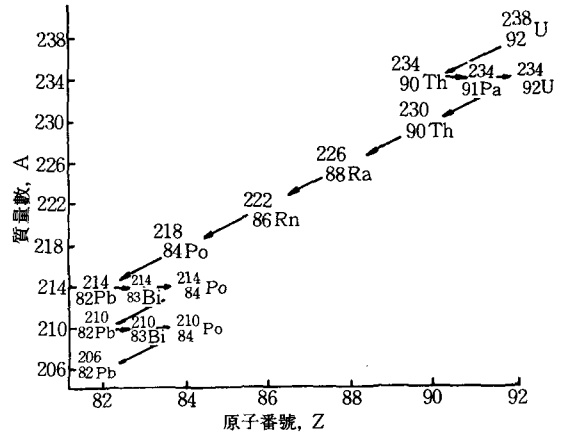
태양보다 훨씬 큰 별에서는 이와 같이 하여 존재하는 鐵과 니켈핵종이 중력수축의 거대한 압력의 결과로 초고온이 되어 알파입자와 중성자로 분해된 중성자 별이 된다. 이 단계에서의 에너지방출은 $10^{51} \sim 10^{52}$ erg라는 막대한 것이고, 또 폭발적인 에너지방출 때문에 超新星이라고 부른다. 폭발은 지극히 짧은 시간이지만 鐵 이상의 모든 원소를 일시에 생성시켜 별과 별사이의 공간에 튀어나온 각종 원소가 은하계에서 우연히 발생한 다른 초신성의 폭발충격과 때문에 다시 응축되어 태양과 혹성을 만든 것으로 생각된다고 기술하고 있다.

이와 같이 하여 현재의 지구에는 별의 진화 단계에서 생긴 매우 긴 반감기의 방사성물질도 포함되어 있다. 그 중에는 오늘도 방사선을 계속 방출하고 있는 것이 있다.

^{40}K (반감기 12.8억년), ^{235}U (7.1억년), ^{238}U (45.1억년), ^{323}Th (141억년)



〈그림 9〉 태양系 元素의 分布



〈그림 10〉 우리늄 238의 방사능붕괴

우주방사선은 지금도 끊임없이 대기권으로 들어오므로 다른 핵종과 반응해 생긴 2차방사선도 존재하고 있다.

3. 우리 주위의 放射線

우주와 태양계의 수명에 비하면 매우 짧은 지구상 생물의 역사이지만 생명이 탄생한 이래 방사선을 받아 왔다. 1988년에 UN과학위원회는 1인당 자연환경에서의 피폭수치를 발표했다(표 6). 이 표와 같이 우리들은 자연방사성물질도 흡수하기 때문에 신체 자체가 방사능을 갖고 있으며, 평균하면 남자는 17만피코큐리(6,290 베크렐), 여자는 14만피코큐리(5,180 베크렐)이고, 우리가 배설하는 소변에도 1ℓ 당 평균 3,000피코큐리(110 베크렐)의 방사능이 함유되어 있다.

해양에는 상당히 우라늄이 함유되어 있어 평균하면 200m×300m, 깊이 50m의 해수에는 대략 1kg의 천연우라늄이 함유되어 있다. 잔원인이 되는 나트륨에 비례하여 칼륨이 함유되어 있는데, 그 중 극히 일부가 방사성의 칼륨-40이기 때문에 해수도 1ℓ에 대략 350피코큐리(13 베크렐)의 방사능을 함유한다. 또 표 7과 같이 우리들의 생활과 깊은 관계에 있는 것도 상당한 방사능을 함유하고 있다.

〈표 6〉 年間實効線量當量

放射線源	年實効線量當量(mSv)		
	체외피복	체내피복	合計
宇宙線			
電離性成分	0.30	-	0.30
中性子成分	0.055	-	0.055
宇宙線生成核種	-	0.015	0.015
原始核種			
⁴⁰ K	0.15	0.18	0.33
⁸⁷ Rb	-	0.006	0.006
²³⁸ U系列;	0.1	1.24	1.34
²³⁸ U→ ²³⁴ U		0.005	
²³⁰ Th		0.007	
²²⁶ Ra		0.007	
²²² Rn→ ²¹⁴ Po		1.1	
²¹⁰ Pb→ ²¹⁰ Po		0.12	
²³² Th系列;	0.16	0.18	0.34
²³² Th		0.003	
²²⁸ Ra→ ²²⁴ Ra		0.013	
²²⁰ Rn→ ²⁰⁸ Tl		0.16	
合計(端數調整)	0.8	1.6	2.4

〈표 7〉 주변에 있는 방사능

	피코쿠리/ℓ
典型的인 原子力發電所 放出水	1-10
一般水道水	20
河川水	10-100
4% 맥주	130
海洋水	350
위스키	1200
우유	1400
사라다기름	4900

이 수치는 식품의 방사성물질오염의 영향을 피하기 위해 정해져 있는 기준치인 1kg당 370 베크렐이라는 수치와 비교해 생각되어야 한다.

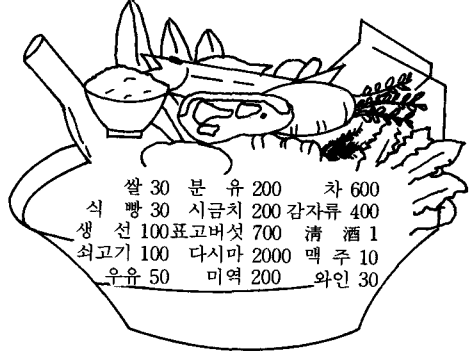
이밖에 현대생활에 수반해 의료용의 X선 촬영과 방사선을 방출하는 기기와의 접촉, 그리고 비행기 여행에서 고공에 있는 동안에 한층 강해지는 우주로부터 방사선의 영향을 받고 있다.

이와 같이 설명하면 자연에 존재하는 것은

• 體内の 放射性物質量 (體重60kg 경우)

칼륨 40 4000 Bq
 탄소 14 2500 Bq
 루비듐 87 500 Bq
 납·폴로늄 210 20 Bq
 (세슘 137 20~60 Bq)

• 음식물중 칼륨 40의 放射能量(Bq/kg)



〈그림 11〉 體內, 음식물중 放射性物質

할 수 없지만, 인공방사선은 나쁜 영향이 있다고 한다. 생물의 기본구조인 세포는 영향을 주는 방사선이 어느 방향에서 오는지, 또 그 방사선을 방출하는 물질이 무엇인지를 식별할 수 없다.

방사선의 피폭이 매우 커 수백rad(수 Sievert)를 초과하면 즉시 또는 단시간에 사람의 생명을 빼앗는 것은 히로시마와 나가사키, 또 체르노빌에서도 증명되었다. 히로시마에서는 고농축우라늄이, 나가사키에서는 플루토늄이 핵폭발한 것이며, 체르노빌에서는 노심속에 있던 핵분열생성물이 방사선피폭의 주요 원인이었다.

이와 같이 극히 미량의 방사선일때, 또는 매우 다량의 피폭일때에는 그 방사선을 내는 본래의 물질을 구별할 수 없다. 방사성물질의 양이 어느 정도 크게 생물체내에 들어올 경우에는 그 물질의 화학적 성질에 따라 생물의 특정 기관에 모이기 쉬우므로 영향이 나타나는 장소와 효과에 차이를 주는 일이 있다. 그러므로 인공방사선은 양의 여하에 관계없이 나쁘다고 생각하는 것은 일률적으로 맞지 않는다.

재처리시설의 운영에는 어느 정도 방사성물질의 방출이 따르게 된다. 그것은 핵분열생성물 중 크립톤과 같은 불활성의 희가스인 베타산 방출체와, 실제 상한치까지 처리가 되어도 극히 미량의 방사성물질이 남아 있는 폐액 등이다. 책임있는 당국의 안전심사에서는 이들 영향을 평가하여 규제치와 환경자연방사능의 영향과 비교해 허가되는데 제로가 아니면 허용하지 않아야 한다는 사람도 있다.

그러나 온천에 따라서는 170mg에서도 신경을 침해하여 죽음에 이르게 하는 독물인 비소를 극히 미량 함유한 곳도 있다. 미량이라면 문제가 없고, 또 효용이 있다면 허용할 수 있다고 하여 오랜 생활의 지혜에서 수용되고 있는데, 원자력이라면 일체 허용할 수 없다는 것은 과학적이지 아니라고 생각된다.

재처리공장에서 해양으로 방출되는 폐액중 세슘-137의 농도는 온천에서 나오는 비소의 몇단계 아래이고 또한 30년의 반감기로 절반은 소멸되는데, 비소는 무한대의 반감기 즉 언제까지나 비소는 비소다.

플루토늄동위원소의 대부분은 알파선 방출체이고, 그 화학적 성질이 칼슘 등과 유사하여 뼈에 모이기 쉽다. 골수내에서 조혈기능에 영향을 주어 결과적으로 백혈병과 같은 영향을 가져온다. 지금까지의 역사에서 플루토늄에 의한 직접 사망에는 없으나, 시계의 야광문자제조에 라듐 함유물을 포함한 작은 연필끝을 핥은 것이 원인이 된 장애와 사망에는 있다. 라듐과의 유사성에서 생리적 장애가 인정되지 않는 최대 인체허용부하량이 0.04마이크로큐리, 플루토늄-239의 중량으로서 0.6마이크로그램으로 정해져 있다.

인간이 매일 흡수하는 공기 20m³, 섭취하는 물 2.2ℓ의 절반을 취하며, 매일 8시간씩 관리구역작업을 25년간에 걸쳐 수행하여도 이 한계량에 미치지 않도록 공기 및 물속의 최대허용농도가 정해져 있다. 이 수치는 일반독물의 치사량치와는 성질이 다르다. 그럼에도 불구하고 이 허용량의 수치에서 플루토늄은 인류가 만든 가장 위험한 독물이라고 말하는 사람이 있다.

치명적인 양의 플루토늄을 체내에 섭취했다고 해도 조혈기능의 영향으로 사망에 이를 때까지의 기간은 표8에서 볼 수 있듯이 충분히 길며, 이 보다 독성이 강하고 즉효적인 것이 그밖에도 많다.

〈표 8〉 原子爐級 플루토늄의 高度毒性物質과의 比較

毒性物質과毒素	치사량(mg)	死亡에도달하는 時間
섭취(삼킴)		
炭疽熱因子	0.0001 以下	即死
세균독소	0.001 以下	即死
砒酸鹽鉛	100	數時間~數日
청산가리	700	數時間~數日
原子爐級플루토늄	1150	15年 以上
카페인	14000	數日
注入		
紅色뱀독소	0.005	數時間~數日
인도의 코브라	0.02	數時間~數日
原子爐級플루토늄	0.078	15年 以上
일반적인 뱀독소	0.14	數時間~數日
吸入		
원자로급플루토늄	0.26	15年 以上
神經가스	0.7	2~3時間
벤초피렌(30年間 毎日20개 以上)	16	30年 以上
大氣에서 吸入		
原子爐級플루토늄	0.026	15年 以上
카드뮴煙霧	10	2~3時間
水銀蒸氣	30	2~3時間
포스겐	65	2~3時間

V. 새로운 國際的 視野

지금까지의 일본의 원자력정책은 국내의 전 기사업에 새로운 가능성을 준다는 관점에서 채택되고 있었으며 그 나름대로 성공해 왔다.



그러나 그것은 우리가 필요로 하는 전기에너지의 획득이라는 입장에서 선진국에서 배워 그것을 스스로의 것으로 하는데 전심하고, 정치적으로 시끄러운 문제를 피해 다른 것을 돌아보지도 않고 오늘에 이른 이기적인 정책이었다는 말을 들어도 할 수 없다고 생각된다.

다른 산업이 국내 수요를 충족시키면 즉시 수출에 눈을 돌리는데 반해, 원자력산업은 거의 그런 움직임이 없었다. 전기사업이 지역과 밀착하여 전력의 안정공급에 부심하였기 때문에 기재와 연료에 관해 의화를 사용하는 일은 있어도 의화를 버는 것은 염두에 두지 않았던 폐쇄성이 그대로 원자력산업계에 있었다. 또 그만큼 크고 급속한 원자력산업의 국산화 요구이기도 했다.

그것은 기술도입에 관한 계약상의 문제도 있었겠지만, 원자력에너지의 기초인 핵연료의 입수가 국제조약하에서 오로지 외국에 의존하여야 하는데 우라늄연료가 원자로내에서 국제적으로 미묘한 플루토늄을 만든다는 특성으로 인해 일본에서의 사용도 엄격한 국제보장조치의 사찰을 포함한 조건이 설정될 정도이기 때문에 원자력기기의 부주의한 수출이 국제적 문제가 되고, 더 나아가서는 일본이 필요로 하는 핵연료의 공급에도 지장을 받지 않을까 하는 의구심에서 행동이 소극적이었던 점도 있었다고 생각한다.

핵연료가 적은 분량으로 큰 에너지를 내는 점에서 핵연료사이클에 관한 시설, 특히 농축과 재처리하는 한 공장에서 수십개소 원자력발전소

의 연료서비스에 응하는 규모가 아니면 경제단위가 되지 못한다. 더구나 이 분야가 기술적으로도 고도의 첨단산업으로서 고정자본률이 높고, 보장조치상 특히 미묘하므로 어느 나라에서나 몇개라도 마음대로 건설되는 것이 아니다. 일본에서도 겨우 상업적인 시설단계에 도달해 있는 형편이다.

한편 재처리제품의 하나인 플루토늄을 연료로 하여 장래 전기에너지의 열쇠를 쥐고 있는 고속증식로는 원리증명이 끝나 실용화를 위한 노력이 필요하게 되었다.

우리가 전력을 필요로 하듯이, 어느 나라나 그것을 구하고 있다. 원자력발전에는 몇가지 이점도 있지만 안전성, 기술성, 경제성, 국제보장조치성 등을 포함해 여러가지 문제가 있어서 어느 나라나 채택한다고는 할 수 없고, 어느 나라에서나 핵연료사이클을 포함한 전면적인 체제로 들어갈 수 있는 것도 아니다.

유황산물 및 탄산가스과 관련한 환경문제는 전지구적 과제이고, 체르노빌사고에서도 알 수 있듯이 원자로 및 관련시설의 안전성도 어느 한 나라만의 문제가 아니다. 한 나라와 한 지역의 발전이 다른 민족과 주민을 무시하고 추진되어도 좋은 시대는 지났다. 원자력분야에서도 넓고 긴 시야가 요구되고 있다.

東아시아의 原子力

세계은행의 조사에 의한 1985년의 국민 1인당 GNP와 에너지소비, 그리고 2000년을 전망

한 그 신장을 표9에 나타내었다. 일본에서는 에너지가격이 비싼 점과 에너지절약이 충분히 되고 있기 때문에 GNP에 비해 실제의 에너지사용이 적은 것을 알 수 있다. 그렇다 해도 미국, 캐나다 등과 비교해 볼때 앞으로 에너지를 더 요구하는 경향이 될 것으로 전망된다.

에너지를 필요로 하는 것은 어느 나라든 그렇지만, 특히 아시아지역에서는 앞으로의 요구가 급격히 증가할 것이다. 철강생산량의 국제비교에서도 중국은 세계의 4위이고, 한국은 영국

중국에서는 상해근교의 秦山과 광둥성의 大亞灣에 경수로를 건설중이다. 이 나라는 군사용의 경험이 있기 때문에 경수로 핵연료의 재처리와일로트플랜트를 계획하고 있는 것이 보고되었다.

한국은 현재 상당한 양의 사용후핵연료를 보유하고 있지만 세계 각국의 재처리사정, 경수로 체계에서 핵연료사이클의 경제성, 고준위 폐기물의 처분전망 및 핵연료를 둘러싼 국제정치정세를 신중히 관망하면서 우선은 사용후핵연료의 장기저장을 고려하고 있다. 그러나 장래 고속증식로의 실용화를 확신하고 있기 때문에 사용후핵연료의 처분은 생각할 수 없다고 한다.

구미 및 일본에서는 경제성을 고려하여 경수로의 대형화, 핵연료의 高出力化, 고연소율화를 추진해 왔다. 사회기반이 뒤지고 있는 지역에서는 송배전문제로 인해 대형원자로는 설치하기 어렵고, 우수한 운전원 양성이 어려운 점에서 안전성이 충분히 높은 것이 아니면 도입에 어려운 점이 많다. 또 지역에 따라서는 해수냉각이 어렵거나, 전력도 필요하지만 열공급도 병행하는 것이 바람직한 경우도 있다. 이런 이유에서 소형경수로 및 가스냉각로에 대한 관심이 높아지고 있다. 이와 같은 요구는 일본에서는 적기 때문에 연구개발의 실적도 많지 않다.

종래의 고속증식로는 혼합산화물연료로심으로 경수로와의 경제성 경합으로 인해 필연적으로 대형의 것을 추구해 왔다. 또 그 핵연료사이클의 경제전망에서도 매우 높은 연소율을 목표로 해 왔는데, 그것이 일본의 상황에는 적합해도 다른 나라에서는 반드시 바람직한 것이 아닐지 모른다. 앞으로도 실용화를 위한 연구개발이 필요하기 때문에 넓은 수요에 맞는 형식을 고려하는 것이 유리할 것이며, 또 일본 고유의 개발이었던 신형전환로는 연료의 공급이 가능하면 중간나라에 적합할 것이다.

서유럽에서는 종래의 국경을 넘어 경제통합이 추진되고 있다. 인구증가와 경제성장이 한층 큰 동아시아에서도 에너지산업에서 실질적인 국제협력·분업을 고려하는 것도 좋지 않을까?

〈표 9〉 각국의 GNP와 에너지消費

人口1人當	에너지 *1	GNP(85)*2	GNP(2000)*2
미 국	7,030	14,760	20,360
캐나다	8,847	11,430	14,690
日 本	2,929	11,310	19,220
호 주	4,811	11,930	15,740
뉴질랜드	3,805	8,140	10,900
中 國	445	-	-
韓 國	1,168	2,330	4,950
台 灣	2,230	3,160	6,730
홍 콩	1,647	6,110	13,010
싱가폴	4,757	7,180	15,280
말레시아	702	2,110	5,550
태 국	267	880	2,310
인도네시아	204	640	1,670

*1 石炭換算톤 *2 1982년 달러 (世界銀行調査)

의 수준을 넘고 있다. 중국은 국민 1인당 수치는 낮아도 국민수가 압도적으로 많기 때문에 절대량은 대단히 크다. 1988년에 석탄 7억톤의 소비였다고 한다.

한국에는 1989년 현재 운전중인 원자로는 9기이고, 2기는 국산베이스로 건설중이며, 2000년까지 3기 계획도 확정되어 있다. 저농축우라늄의 경수로핵연료 및 CANDU용 천연우라늄 핵연료 가공의 국산화도 이뤄지고 있다.

대만도 경제성장이 눈부셔 6기의 경수로가 운전중이며, 계속하여 계획을 수립하고 있다.