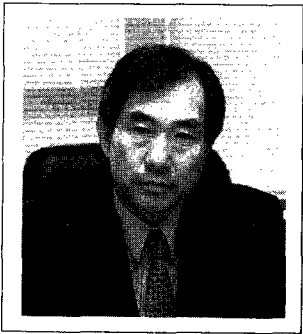


# 세계 원자력발전의 전망

전 풍 일

IAEA 원자력발전국장



프로그램을 집행하는 사무국에는 사무총장(Dr. Blix)과 6인의 사무차장, 그리고 26개 국(局), 2,300여명의 직원이 근무하고 있고, 연간예산은 3억 달러 수준이다.

프로그램과 예산의 계획 및 집행은 매 2년 주기로 편성·운영된다.

지난해 5월 미국의 뉴욕에서 타결된 「NPT(Non-Proliferation Treaty) 조약」의 무기한 연장합의로, IAEA 기능의 중요성이 강조된 바 있으며, 금년 봄에 타결될 것으로 예상되는 핵보유국간의 「CTBT(Comprehensive Test Ban Treaty) 조약」이 체결되면, IAEA 역할은 더 확대될 것으로 전망되고 있다.

92년 브라질의 리우데자네이루에서 개최된 「세계환경회의」 이후 환경오염물질의 배출억제, 특히 CO<sub>2</sub> 등 Greenhouse 가스의 대기방출에 따른 지구온난화와 기후변화에 따른 문제가 국제적 차원에서 제기되기 시작, TMI 및 체르노빌 원전사고 이후 침체

국면에 접어들었던 원자력발전에 대한 재인식, 즉 환경공해가 없는 깨끗한 에너지인 원자력발전이 인류의 에너지문제를 현실적으로 해결해 줄 수 있는 기술적·경제적으로 타당한 에너지임이 서서히 재인식되고 있다.

여기서는 IAEA가 수행하는 원자력발전 관련업무를 중심으로 세계 원자력발전 전망을 살펴보고자 한다.

## 에너지와 전력의 세계적 전망

인류가 불을 쓰기 시작하면서 문명은 발전하기 시작하였다.

특히 산업혁명 이후 에너지수요는 기하급수적으로 상승하여 20세기에 들어와서 소비한 에너지는 인류가 태어나서 19세기까지 소비한 에너지보다 더 많은 양의 에너지를 소비하기에 이르렀으며, 앞으로 국가의 번영과 생존이 에너지공급에 따라 좌우된다고 해도 과언은 아닐 것이다.

전력은 각종 에너지원 중 가장 편리

57

년에 발족한 「IAEA(International Atomic Energy Agency)」는 원자력의 평화적 이용증진과 원자력에 너지의 군사목적으로의 전용방지 등 2가지 기능을 수행하고 있으며, 현재 124개 회원국이 있다.

매년 9월 셋째주에 회원국 모두가 참석하는 정기총회가 열리고, 3월·6월·9월(2회)·12월 등 5회에 걸쳐 35개국으로 구성된 정기이사회가 열린다.

총회와 이사회에서 결정된 예산과

하고도 깨끗한 에너지원이다.

과거 20년간의 세계적 통계를 살펴 보면 경제성장과 에너지수요 성장, 그리고 전력수요 성장 간에 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다(그림 1).

선진국의 경우 총에너지수요는 증가하지 않더라도 전력수요는 경제성장률과 같은 속도로 증가하고 있음을 알 수 있으며, 반면 개도국의 경우는 경제성장률과 비슷한 속도로 에너지수요가 증가하고 있고 전력수요는 더 높은 속도로 증가하고 있음을 (그림 1)은 보여주고 있다.

앞으로도 개도국의 경제성장에 따라 국민소득이 증가할수록 깨끗하고 편리한 에너지인 전력의 수요성장은 더욱 늘어날 것으로 분석되고 있다.

세계적으로 볼 때 전력이 총에너지에서 차지하는 비중이 60년에는 17%에 불과하였으나 90년에는 30%로 증가하였으며, 1인당 전력수요는 765kWh에서 2,225 kWh로 3배 증가하였다.

현재 세계 50억 인구 중 20억 정도의 인구가 전력의 혜택을 전혀 보지 못하고 있는 상황임을 감안할 때, 앞으로 개도국의 경제 성장에 따른 전력수요의 성장은 더욱 더 늘어날 것은 확연하다.

세계적으로 대표될 수 있는 주요 선진국과 개도국의 1인당 전력수요를 살

펴보면, (그림 2)에서 보는 바와 같이, 인도밀도가 낮은 미국·노르웨이·캐나다·독일·프랑스 등 선진국이 인구밀도가 높은 중국·인도·인도네시아·방글라데시·브라질 등 개도국보다 1인당 전력소비량이 훨씬 높음을 알 수 있다.

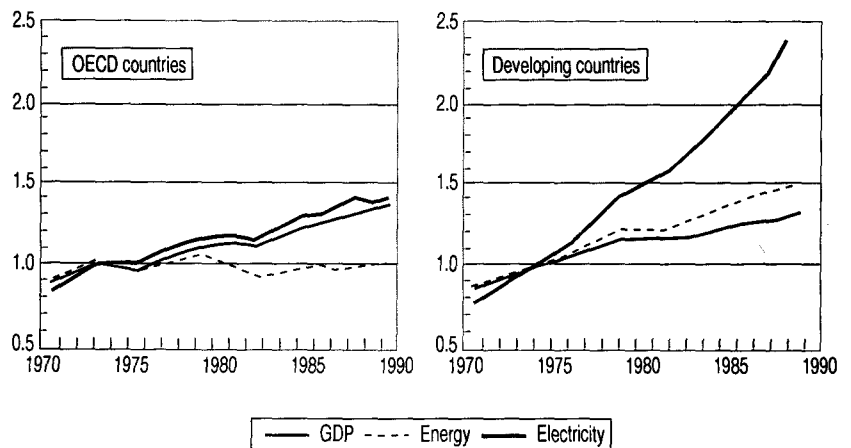
개도국 중 성공적인 경제성장 국가로 꼽히는 대한민국의 경우, 60년 70kWh에 불과하던 1인당 전력소비량이 90년에는 3,200kWh로 30년간 46배 증가하였음을 감안할 때, 앞으로 중국·인도 등 인구가 많은 개도국들이 경제성장을 이룩하여 국민소득이 증가하면 전력수요 성장은 기하급수적으로 늘어날 것은 확실하다.

UN 통계에 따르면 2005년을 정점으로 세계 인구증가율은 감소할 것으로 전망되나, 개도국의 세계 총인구비율은 현재의 94% 수준에서 2020년

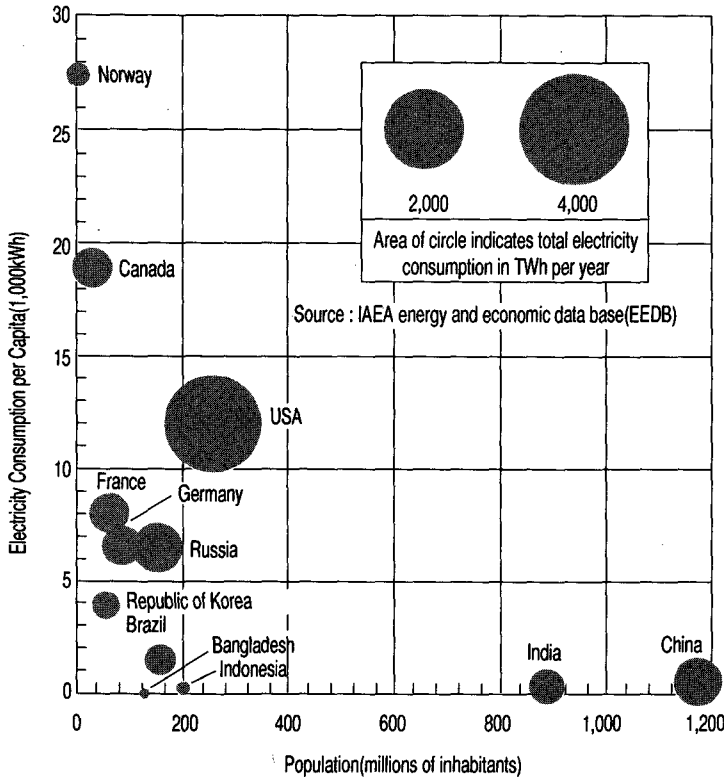
에는 97% 수준으로 오히려 증가할 것으로 전망되는 바, 이러한 측면에서 세계의 전력수요는 증가할 것으로 예측된다.

현재 전력공급원별 세계적 분포를 살펴보면, 석유·석탄·가스발전 등 재래식 화력발전이 63%, 수력이 19.5%, 원자력이 17%, 나머지 0.5%는 풍력·지열·조력 등 대체전력이 담당하고 있으며, 대체전력의 획기적 발전이 없는 한 앞으로 20~30년간은 비슷한 비중을 유지해 갈 것으로 분석되고 있다.

작년 10월 도쿄에서 개최된 「WEC (World Energy Council)의 제16차 세계동력회의」에서도 대체에너지의 개발이 담보상태에 있으며 앞으로 수십년간은 개발전망이 불투명하다고 결론을 짓고, 그 이전의 WEC 회의에서와는 달리 이례적으로 원자력발전



(그림1) Growth trends for gross domestic product(GDP), energy and electricity(per capita values : normalized to 1.0 in 1974)



(그림 2) Annual electricity consumption versus population, for selected countries(1992 data)

의 중요성이 이 회의에서 처음으로 언급되었고, 깨끗한 에너지인 원자력발전의 보급을 위한 전제로 원자력발전의 안전성 향상을 위한 각국 정부의 노력을 요구하는 내용이 이 회의의 결론으로 채택한 바 있다.

현재 원자력발전과 수력발전 덕분에, 만약 이를 대체식 화력발전으로 하였을 경우와 비교하여 대기중으로 방출되었어야 할 CO<sub>2</sub>의 양이 각각 8%씩 줄었다.

즉 94년에 세계적으로 2,130TWh

의 원자력발전 공급으로 21억톤 이상의 CO<sub>2</sub> 방출을 억제해 준 셈이다.

대한민국의 경우, 5,000억kWh 이상을 현재까지 원자력발전으로 충당하였는 바, 5억톤 이상의 CO<sub>2</sub> 방출억제효과도 부수적으로 거둔 셈이다.

### 원자력발전 현황

러시아의 오브닌스크연구소에서 54년 6월 세계 최초의 원자력발전소가 가동된 이후, 70년대초의 1차 석

유파동을 계기로 원자력발전소 건설 붐이 세계적으로 일기 시작하여, 70년에 75.4TWh에 불과하던 원자력발전량이 80년에는 692TWh로 9배 이상 증가하였고, 85년에는 1,402TWh로 80년에 비해 2배 증가하였다.

86년 체르노빌 원전사고 이후 원전 증가율이 현격히 둔화하기는 하였으나, 그래도 꾸준히 증가하여 94년말 현재 2,130TWh를 원전이 공급, 세계 총전력의 17%를 원전이 공급하고 있다.

IAEA에서 매년 5월에 발간하는 PRIS(Power Reactor Information System) 자료에 의하면, <표>에 표시된 바와 같이, 94년말 현재 30개국에서 432기 340GWe의 원전이 가동중에 있다.

이를 국가별로 살펴보면 미국이 109기 99GWe, 프랑스가 56기 58GWe, 일본이 49기 39GWe, 영국이 34기 12GWe, 러시아가 29기 20GWe, 캐나다가 22기 16GWe, 독일이 21기 23GWe, 우크라이나가 15기 13GWe, 스웨덴이 12기 10GWe, 그리고 대한민국이 10기 8GWe 순으로, 대한민국은 세계 10위의 원전을 가동중에 있다.

432기 원전을 원자로형별로 살펴보면, PWR이 246기 216GWe로 가장 많고, 다음이 BWR로 93기 78GWe이며, GCR 및 AGR이 35기 12GWe, PHWR이 33기 19GWe, LWGR이 20기 15GWe, 그리고

(丑) Nuclear power reactors in operation and under construction, 31 Dec. 1994

Country	Reactors in Operation		Reactors under Construction		Nuclear Electricity Supplied in 1994		Operating Exp. to end 1994
	No of Units	Total MWe	No of Units	Total MWe	TWeh	% of Total	years-months
Argentina	2	935	1	692	7.68	13.77	32-07
Belgium	7	5,527			38.20	55.77	103-10
Brazil	1	626	1	1,245	0.04	0.01	12-09
Bulgaria	6	3,538			15.33	45.63	77-01
Canada	22	15,755			101.73	19.07	278-00
China	3	2,100			13.50	1.49	5-04
Czech Republic	4	1,648	2	1,824	12.13	28.20	34-08
Finland	4	2,310			18.33	29.51	63-04
France	56	58,493	4	5,810	341.80	75.29	616-07
Germany	21	22,657			143.00	29.33	300-04
Hungary	4	1,729			13.23	43.73	38-02
India	9	1,493	5	1,010	4.32	1.37	119-03
Iran			2	2,146			0-00
Japan	49	38,875	5	4,799	258.30	30.70	632-11
Kazakhstan	1	70			0.38	0.58	21-06
Korea, RP	10	8,170	6	4,820	55.92	35.48	90-04
Lithuania	2	2,370			6.63	76.37	18-06
Mexico	2	1,308			4.28	3.22	5-11
Netherlands	2	504			3.70	4.86	47-09
Pakistan	1	125	1	300	0.52	1.01	23-03
Romania			5	3,250			0-00
Russian Fed.	29	19,843	4	3,375	97.83	11.39	412-03
South Africa	2	1,842			9.69	5.69	20-03
Slovak Rep.	4	1,632	4	1,552	12.13	49.05	50-09
Slovenia	1	632			4.39	38.01	13-03
Spain	9	7,105			52.80	34.97	119-11
Sweden	12	10,002			70.20	51.13	197-00
Switzerland	5	2,985			22.98	36.84	98-10
(Taiwan, China)	6	4,890			33.48	31.72	80-01
UK	34	11,720	1	1,188	79.40	25.79	796-04
Ukraine	15	12,679	6	5,700	68.45	34.20	156-06
USA	109	98,784	1	1,165	639.36	21.98	1,727-04
TOTAL	432	340,347	48	38,876	2,130.13	16.8	6,194-07

(76.4%), 프랑스 (75.3%), 벨기에 (55.8%), 스웨덴 (51.1%), 슬로바키아 (49.1%), 불가리아 (45.6%), 헝가리 (43.7%), 슬로베니아 (38.0%), 스위스 (36.8%), 그리고 대한민국(35.5%) 순으로 대한민국은 원전시설 용량과 원전 점유율 모두 세계 10위를 점하고 있다.

한편 세계 15개국에서 48기 39GWe의 원전이 건설중에 있다.

이를 국별로 살펴보면 우크라이나가 6기 5.7GWe, 대한민국이 6기 4.8GWe, 일본이 5기 4.8GWe, 루마니아 5기 3.2GWe, 인도가 5기 1GWe, 프랑스가 4기 5.8GWe 순으로 원전을 건설중에 있다.

이를 원자로형별로 살펴보면, PWR이 27기 26GWe, PHWR이 14기 7GWe, BWR이 3기 3GWe, FBR이 3

FBR이 4기 2GWe이고, 기타 노형 1기 등이다.

이를 국가별로 총전력중 원전이 차지하는 비율로 살펴보면, 리투아니아

기 1.7GWe, 그리고 LWGR이 1기 1GWe로 현재 세계적으로 건설중인

원전의 대부분은 PWR과 PHWR임을 알 수 있다.

### 앞으로의 전망

여기서는 2015년까지의 원자력발전 전망을 95년 7월에 수행한 IAEA의 자료 중심으로 논의하고자 한다.

이는 상(上)·하(下)안으로 구분하여 예측하고 있다.

2000년까지는 현재 건설중인 48기의 원전 대부분이 가동에 들어갈 것으로 예상된다.

대한민국·중국·일본 등 극동아시아 국가에서 새로운 원전건설이 추가될 것이지만, 미국·캐나다 등 북미지역, 그리고 유럽지역에서는 당분간은

추가 원전건설은 없을 것으로 예측하고 있다.

〈그림 3〉에 보는 바와 같이 2000년도의 원자력발전 시설용량은 367~375GWe로 예측된다.

21세기에 들어서서는 기술적·경제적 그리고 환경 및 정치적인 불확실성 요인이 더 커질 것으로 예측된다.

하안의 경우는 다음과 같은 가정하에서 작성되었다.

즉 △ 선진국의 경제성장 속도 및 전력수요 성장률이 아주 미미할 것이며 △ 원자력발전이 깨끗한 에너지원임에도 불구하고, 일반대중들은 아직 체르노빌사고와 같은 대형사고를 생각하여 원전건설에 반대하는 입장을 견지할 것이며 △ 원전을 건설코자 하

는 개도국이 경제적 어려움으로 인하여 이를 추진하지 못하며, 국제적으로도 개도국의 원전건설을 위한 자금지원을 하지 못하고 △ 기존 원전의 수명기간 이후 폐쇄시 이를 원전으로 대체하지 않는다는 비관적 전제로 작성되었다.

이 경우 세계 원전은 2010년을 정점으로 하여 감소하여 2015년의 경우 2000년 수준과 비슷한 370GWe의 시설용량으로 세계 총전력의 13%를 공급할 것으로 예측된다.

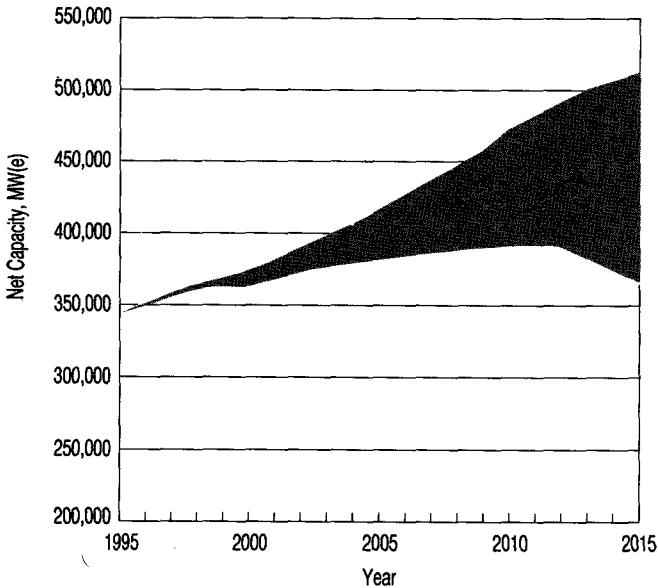
상안의 경우는, 원전의 안전성과 경제성에 대한 국민들의 인식이 점차 제고되고, 특히 환경측면에서 원자력발전의 중요성이 부각되기 시작하고, 국제협력을 통한 원자력발전의 기술교류와 자금지원이 활발해진다는 전제로 작성되었다.

이 경우 원전의 시설용량은 꾸준히 증가하여 2015년까지 세계적으로 515GWe의 시설용량을 확보, 총전력의 15%를 공급할 것으로 예측하고 있다.

### IAEA의 주요활동

첫째, TMI 및 체르노빌 원전사고의 악몽을 딛고 추가 원전건설 붐을 조성하는 길은, 원전의 안전성에 대한 인식 제고 그리고 방사성폐기물의 안전관리 및 처분에 달려 있다고 하겠다.

원전의 안전성 향상 및 제고를 위해 IAEA는 94년 「국제원자력안전협약」



(그림 3) Worldwide nuclear power outlook up to 2015

을 마련, 금년중에 국제협약으로 발효 시킬 예정으로 있으며, 방사성폐기물의 안전처분과 관련해서도 이와 비슷한 방법으로 「국제방사성폐기물관리협약」을 마련중에 있다.

또한 원자력안전규제업무는 독립적으로 추진되어야 한다는 원칙하에서, IAEA는 Division of Nuclear Safety를 Department of Nuclear Energy and Safety에서 분리, 96년 1월 1일부터 새로운 Department of Nuclear Safety로 승격·발족하였다.

둘째, TMI 사고 및 체르노빌 원전 사고 이후 세계 여러나라에서 신형안전로의 개념설계에 착수하였으며, IAEA는 이들 신형안전로의 개념정립을 위한 폭넓은 정보교류, 특히 안전성에 관한 통일된 개념정립, 건설비 절감방안, 건설공기 단축 및 운전효율성 향상방안에 관한 폭넓은 기술정보 교류를 도모하고 있다.

이를 위해 원자력발전 업무증진을 담당하고 있는 IAEA의 Division of Nuclear Power에서는 경수로·가스냉각로 및 고속로 등에 관한 3개 IWG(International Working Group)를 두어 정기적인 전문가회의 등을 통해 이들 원자로개발에 관한 기술정보 교환을 추진하고 있다.

대한민국은 경수로 및 고속로 IWG의 회원국이다.

이들 3개 IWG를 통한 각국 전문가의 자문을 통해 기술개발에 필요한 분야에 대하여 IAEA는 CRP(Coor-

dinated Research Programme)를 추진하여 관심있는 회원국의 참여를 통한 기술개발을 도모하고 있으며, 이들 CRP에는 통상적으로 10여개국이 참여하고 있으며 3~5년간 계속 수행한다.

셋째, 5년 정도에 한번씩 관심사항이 되고 있는 기술분야에 대한 국제심포지엄을 개최하고 있다.

신형로개발분야의 경우, 93년 10월 18일~22일에 한국전력공사와 공동으로 서울에서 「Advanced Nuclear Power System : Design, Technology, Safety and Strategies for their Deployment」의 제목으로 국제심포지엄을 성공적으로 추진한 바 있으며, 98년에 다시 서울에서 정부후원으로 경·중수로 기술개발방향에 관한 국제심포지엄을 「Symposium on Trends in Design and Technology Development for Evolutionary Water Cooled Reactors」의 제목으로 개최예정이다.

또한 97년 봄에는 서울 또는 대전에서 한국원자력연구소 등과 공동으로 원자료를 이용한 해수담수화사업에 관한 국제심포지엄을 개최할 예정이다.

넷째, Division of Nuclear Power에서는 운영중인 원자력발전소의 가동률 향상, 운전원 교육향상 및 원자로 수명연장을 위한 3개 IWG도 구성하여 운영하고 있다.

대한민국은 이들 3개 IWG의 회원

국으로 참여하여 주요한 역할을 수행하고 있다.

체르노빌 원전사고 이후, 상당히 많은 국가에서 원자력발전소의 건설을 중단하거나 취소한 상태에 있어, IAEA는 97년부터 이들 원전의 건설 재개를 위한 기술상의 애로점 해결과 가능한 경제적 지원방안 등을 추진할 예정이다.

## 결 언

대한민국은 원자력발전소 운영기수 및 점유율면에서 세계 10위에 있고, 특히 최근에는 북한에 지원키로 한 2기의 경수로가 한국형 경수로로 결정됨에 따라, 대한민국이 원자력발전 기술자립국임이 세계적으로 입증되었고 또한 수출국으로 부상되었다.

세계적으로 볼 때 원자력발전의 경우 앞으로 당분간은 대한민국·일본·중국 등 아시아국가가 주축이 되어 추진할 것이며, 신형안전로의 상용화가 실현되고, 부품의 규격화와 모듈화를 통한 건설공기의 단축 등을 통한 원전의 경제성이 더 향상되면, 세계 여러나라에서 원자력발전 건설에 박차를 가할 것으로 전망되며, 이렇게 되면 원전수출국으로서의 대한민국 위치가 한단계 높아질 것으로 전망된다. ☞

이 글은 1월 9일 열린 제75차 원자력계 월례기술회의에서 발표한 것이다.