

1991년도 세계 원전이용률 추이

1991년은 1990년에 비해 PWR, BWR 및 AGR의 성능이 개선됐다. 미국의 St Lucie 2호기(PWR)는 100% 이상의 연간이용률을 달성했는데, 이는 설계용량보다 더 높은 출력으로 발전소정지 없이 운전했기 때문이다.

90% 이상의 이용률을 기록한 발전소는 1991년에 31기이며, 1990년에는 20기였다. 또한 80% 이상은 1991년에 116기이며, 1990년에는 88기였다.

몇기의 대용량 발전소(1,300MWe Gross 이상)는 우수한 성능을 기록했는데, 특히 독일의 대용량 발전소 6기는 101억kWh 이상을 발전했다.

이용률과 가동률

여기에서 계속 언급되었지만, 연간이용률의 비교는 주의 깊게 처리돼야 하는데, 다른 국가간에 기록된 평균이용률을 비교할 때는 특히 주의해야 한다. 비교적 높은 투자비와 낮은 연료비로 운영되는 원자력발전소는 통상 기저부하용 발전소로 이용된다. 그러나 수력 발전용량이 크고 수자원이 풍부한 나라는 수력이 원자력 등 다른 발전원보다 선호되어 이용되고 있다. 이와 유사하게 발전소구성이 원자력주도의 국가는 일일부하 추종운전을 하기 때문에 하루중 일정한 시간은 전출력으로 이용되지 못한다.

수자원이 많은 국가의 예로는 스웨덴, 스위스 및 아르헨티나가 있으며, 원자력발전비용이 높은 프랑스는 원자력발전소를 일일부하추종운전하여 평균이용률이 낮게 되는 경향이 있다.

이들 국가들에 있어서는 가동률(발전소가 계통에 병입되어 있는 시간의 비율)과 이용률(동일 기간 설계용량에 의한 가능발전량과 실제발전량의 비율)의 차이는 기저부하용으로 원자력발전소를 운영하고 있는 다른 국가에 비해 클 것으로 기대된다.

이용률 순위

<표 1>에 1991년 12월말까지 12개월간 평균이용률 및 누계이용률 순위가 나타나 있으며, 또한 12개월간 평균가동률도 나타나있다.

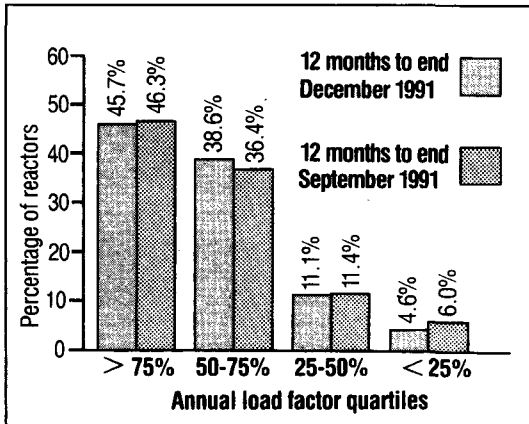
<표 2>에서는 1991년말까지 1년 내내 가동하지 않은 신규 발전소의 리스트가 나타나있다. 150MWe 이하의 발전소 및 舊소련 및 불가리아의 발전소는 제외되어 있다.

<표 1>에서 나타나 순위를 참조할 때는 연료재장전 주기가 12개월을 초과하는 많은 발전소가 있으므로 주의해야 한다. 조사기간(1991년 12개월) 내에 계획정지가 없었던 발전소는 계획정지가 있었던 발전소에 비해 원초적으로 유리한 이용률을 기록하고 있다. 상위 20개 발전소중 유일하게 伊方 1호기만 연료 재장전 순기간이 1991년 12월내에 실시됐으나, 이기간은 매우 짧은 기간이었을 것이다. 4개 발전소(Farley 2, 柏崎 제1, 福島 第1 4 및 敦賀 2)는 연료재장전정지기간의 일부가 12개월 내에 포함되어 있다. 상위 20개 발전소중 나머지 10개 경수로는 12개월 내에 어떠한 계획정지기간도 없었다. 반면, 기타 5개 발전소는 CANDU형으로 운전중 연료재장전을 실시했다.

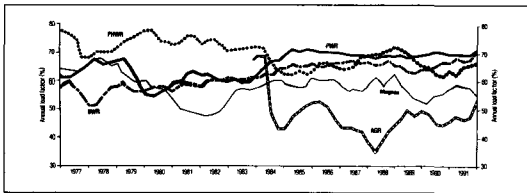
<그림 1>에는 1991년 연간이용률을 25%씩 나눠 표시했다.

원자로형별 성능

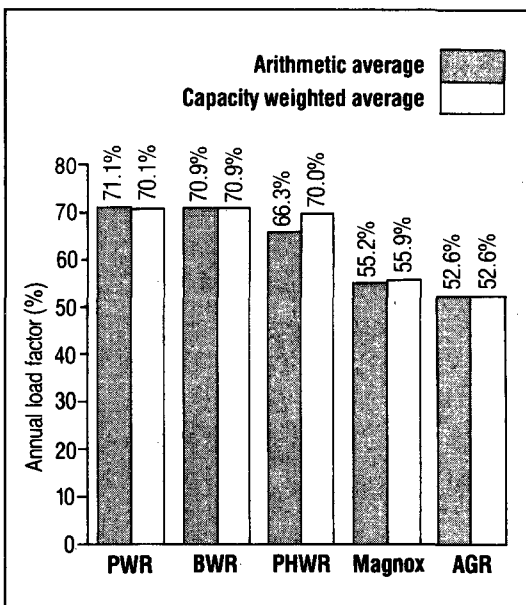
<그림 2>에는 지난 14년에 걸쳐 주요 원자로형에 따른 연간이용률을 나타낸다. 1991년 12월말까지의 주요



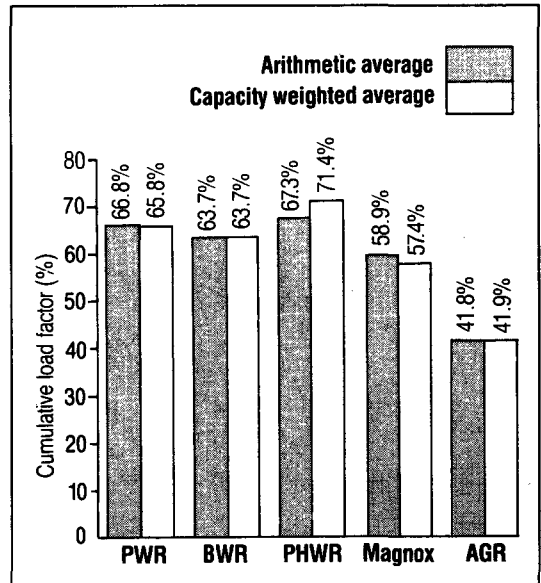
〈그림 1〉 Percentage of reactors in each of the annual load factor quartiles, 1990 and 1991.



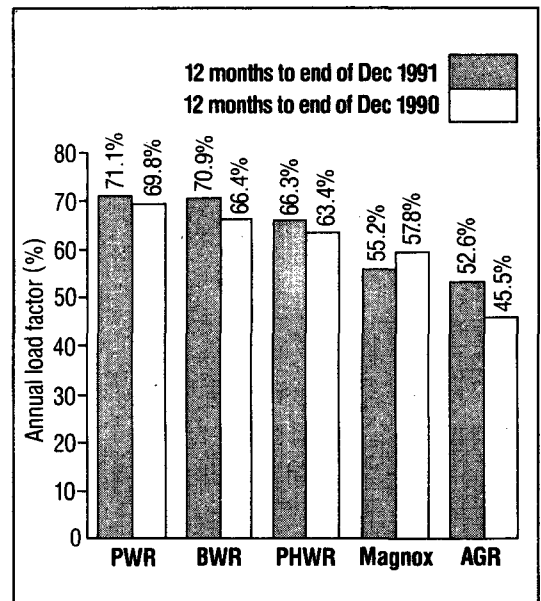
〈그림 2〉 Trends in arithmetic average annual load factors recorded by the main reactor types.



〈그림 3〉 Annual load factors for 1991 arithmetic and capacity-weighted averages.



〈그림 4〉 Cumulative(lifetime) load factors to end December 1991 arithmetic and capacity-weighted averages.



〈그림 5〉 Comparison of 1990 and 1991 annual average load factors for the main reactor types(arithmetic averages).

〈표 1〉 continued

Reactor name and country	Annual figures (for 12-months to end December 1991)				Cumulative (lifetime) figures (to end December 1991)				Reactor name and country	Annual figures (for 12-months to end December 1991)				Cumulative (lifetime) figures (to end December 1991)															
	Rank	Load factor, %	Avail., %	MWh (gr.) generated	Rank	Load factor, %	MWh (gr.) generated	MWe gross		Type	Rank	Load factor, %	Avail., %	MWh (gr.) generated	MWe gross	Type	Rank	Load factor, %	Avail., %	MWh (gr.) generated	MWe gross	Type	Rank	Load factor, %	Avail., %	MWh (gr.) generated	MWe gross	Type	
Nogent 2	GB	185	72.8		184	65.6	24145715	1363	P	12/88	GB	277	54.3	69.1	205	63.1	27921193	174	M	12/82	GB	277	54.3	69.1	205	63.1	27921193	174	M
Heysham A1	GB	186	72.7	83.3	335	36.6	18009410	860	A	07/83	GB	278	53.8	61.4	116	71.4	46870410	280	M	04/65	GB	278	53.8	61.4	116	71.4	46870410	280	M
Ringshals 3	S	187	72.7		232	59.5	57958372	90	P	09/80	GB	279	53.6	83.8	342	23.7	11919280	660	A	04/83	GB	279	53.6	83.8	342	23.7	11919280	660	A
Genkai 1	J	188	72.5	74.6	149	68.2	55444037	559	P	08/75	F	280	53.3	57.7	227	60.4	53654229	1382	P	09/84	F	281	53.2	61.7	134	64.0	58532392	957	P
Wylfa 1	GB	189	72.4		288	54.0	64861440	655	M	02/71	F	281	53.2	61.7	134	64.0	58532392	957	P	12/80	F	281	53.2	61.7	134	64.0	58532392	957	P
K-Karwa 2	J	190	72.3	73.5	172	68.3	12861010	1100	B	02/90	US	282	52.8		315	48.8	84958532	1152	B	09/74	US	282	52.8		315	48.8	84958532	1152	B
Oconee 3	US	191	72.2	75.4	153	68.0	95882927	926	P	09/74	J	283	52.4	54	221	60.9	12037356	165	H	04/78	US	191	72.2	75.4	153	68.0	95882927	926	P
Corn Yankee	US	192	72.1	75.9	142	69.2	91236124	616	P	08/67	US	284	52.4	55	191	64.5	81578674	902	P	11/75	US	192	72.1	75.9	142	69.2	91236124	616	P
Hatch 2	US	193	71.8		222	90.8	58043741	820	B	10/78	US	285	52.3		217	48.6	47752686	1152	B	02/74	US	193	71.8		222	90.8	58043741	820	B
Paluel 4	F	194	71.8	76.2	158	67.7	46934988	1382	P	04/86	US	286	51.7		294	52.8	68685630	680	B	10/69	F	194	71.8	76.2	158	67.7	46934988	1382	P
Laguna Verde 1	MX	195	71.7		327	44.6	7179771	675	B	04/89	F	287	51.7	55.9	218	61.0	73358613	930	P	04/77	MX	195	71.7		327	44.6	7179771	675	B
Tricastin 4	F	196	71.6	78	148	58.1	66625439	957	P	06/81	IN	288	51.6		287	54.1	11654872	220	H	11/80	F	196	71.6	78	148	58.1	66625439	957	P
Palo Verde 2	US	197	71.4		241	59.9	33846420	1403	P	04/86	F	289	51.3		168	56.4	40102971	956	P	09/84	US	197	71.4		241	59.9	33846420	1403	P
Kewaunee	US	198	71.3		64	77.3	68022331	563	P	03/74	F	290	51.1	62.5	255	57.8	42598443	1382	P	12/85	US	198	71.3		64	77.3	68022331	563	P
Chinshan 2	TW	199	71.2	78.1	113	71.5	52189515	636	B	12/78	US	291	51.1		319	47.6	58390565	849	B	04/75	TW	199	71.2	78.1	113	71.5	52189515	636	B
Dukovany 1	CZ	200	71.1		80	75.0	18010450	440	P	07/73	IN	292	50.9	22.4	268	56.3	25304201	1178	P	07/87	CZ	200	71.1		80	75.0	18010450	440	P
Calvert Cliffs 1	US	201	70.9	79.5	212	63.3	30206079	919	P	07/73	IN	293	50.7		310	50.2	20728624	910	B	08/69	US	201	70.9	79.5	212	63.3	30206079	919	P
Gravelines B1	F	202	70.8	75.5	215	61.6	61175467	957	P	03/80	US	294	50.5	53.6	302	51.8	63798493	897	P	05/76	F	202	70.8	75.5	215	61.6	61175467	957	P
Oldbury 2	GB	203	70.7	100	254	57.8	37566750	313	M	05/68	US	295	50.4	55.8	199	63.8	92074336	833	B	04/72	GB	203	70.7	100	254	57.8	37566750	313	M
Nine Mile Pt 1	US	204	70.7	78.2	207	68.7	67797687	545	P	06/69	US	296	50.3	54	278	55.2	36826940	957	P	01/81	US	204	70.7	78.2	207	68.7	67797687	545	P
Krummel	D	205	70.4	79.3	50	78.9	57857075	1316	B	09/83	GB	297	50.2	58.7	783	40.1	18023800	660	A	10/84	D	205	70.4	79.3	50	78.9	57857075	1316	B
Kuosheng 1	TW	206	70.1	76.2	167	66.6	61312868	985	B	05/81	GB	298	49.9	75.6	275	55.8	36884852	313	M	12/87	TW	206	70.1	76.2	167	66.6	61312868	985	B
Takahama 1	J	207	70.0		258	57.4	74199163	826	P	03/74	GB	299	48.6	58	304	51.5	9013174	682	A	02/89	J	207	70.0		258	57.4	74199163	826	P
Genkai 2	J	208	69.9	72.0	67	68.5	36507925	685	P	07/73	J	300	48.2	49.3	264	57.0	44773207	542	B	06/75	J	208	69.9	72.0	67	68.5	36507925	685	P
Bilibis 4	D	209	69.9	77.3	180	66.0	120789869	1204	P	08/74	C	301	47.6		83	74.5	66122903	542	H	05/73	D	209	69.9	77.3	180	66.0	120789869	1204	P
Bradwell 1	GB	210	69.9	94.1	235	59.9	26479259	174	M	08/62	US	302	47.6	51.6	190	64.6	77768479	911	P	12/76	GB	210	69.9	94.1	235	59.9	26479259	174	M
Salerm 1	US	211	69.5		273	55.8	86335810	1170	P	12/76	IN	303	47.2		316	48.7	20401693	210	B	04/69	US	211	69.5		273	55.8	86335810	1170	P
Dungessens A2	US	212	69.5	91.8	250	58.1	37731360	957	P	01/86	J	312	47.1	52.4	266	56.6	97373207	1085	B	08/73	US	212	69.5	91.8	250	58.1	37731360	957	P
Paisades 1	US	213	69.5		332	41.2	61778675	845	P	11/71	US	305	47.1	61.4	240	58.9	43635500	326	M	02/86	US	213	69.5		332	41.2	61778675	845	P
Blayais 4	F	214	69.0	73.8	112	71.6	51729927	951	P	05/83	US	306	47.1	50.9	321	45.9	8280140	660	A	11/88	F	214	69.0	73.8	112	71.6	51729927	951	P
Hatch 1	US	215	68.9		237	59.3	72841644	818	B	11/74	F	317	47.0	51.9	226	60.5	76328560	857	B	02/75	US	215	68.9		237	59.3	72841644	818	B
Bonsselle	US	216	68.8		67	78.9	5947475	481	P	07/73	GB	308	46.5	57.7	324	45.6	68474627	964	B	09/78	US	216	68.8		67	78.9	5947475	481	P
Bellevue 2	F	217	68.8		223	60.8	25327943	1363	P	07/88	US	309	44.6	50.7	286	54.2	48986450	660	A	02/76	F	217	68.8		223	60.8	25327943	1363	P
Flinnville 2	F	218	68.7	73.4	248	58.3	38525229	1382	P	07/86	US	310	44.1	47.9	293	53.2	41233000	1154	B	05/84	F	218	68.7	73.4	248	58.3	38525229	1382	P
St Alban 2	F	219	68.6	74	295	52.7	35059669	1381	P	07/86	IN	311	43.7		303	51.6	85451889	1022	P	07/73	F	219	68.6	74	295	52.7	35059669	1381	P
St Alban 1	F	220	68.5	72.8	239	4	44050160	1381	P	09/85	F	312	42.7		312	42.7	68474627	964	B	09/78	F	220	68.5	72.8	239	4	44050160	1381	P
Sendai 1	J	221	68.3	76.3	51	78.8	51233285	890	P	09/83	F	313	42.6	48.6	171	66.3	69121200	957	P	08/79	J	221	68.3	76.3	51	78.8	51233285	890	P
North Anna 1	US	222	68.2		195	64.0	74215887	990	P	04/78	F	314	41.7	44.7	185	65.5	43100916	919	P	11/83	US	222	68.2		195	64.0	74215887	990	P
Tomon 2	J	223	68.2	69.1	216	61.3	4188313	579	P	08/90	D	315	41.0	43.5	45	79.5	93748255	872	P	10/72	J	223	68.2	69.1	216	61.3	4188313	579	P
Pickering 1	C	224	68.1	75	200	63.8	62902986	542	H	04/71	US	316	40.6	47.1	337	34.0	49743658	1098	B	09/74	C	224	68.1	75	200	63.8	62902986	542	H
Fukushima 1.3	J	225	67.9		211	62.3	72062666	794	B	03/75	SA	317	40.5		271	56.1	30842785	965	P	07/85	J	225	67.9		211	62.3	72062666	794	B
Dresden 2	US	226	67.8		75	305	51.2	46972277	1122	B	09/82	US	318	39.5	245	58.5	90415188	834	B	04/70	US	226	67.8		75	305	51.2		

전한 10개 발전소에 대해 기록되어 있다.

원자로 용량

<그림 7>에 원자로용량별 이용률분석기록을 표시한

<표 3> Cumulative(lifetime) load factor and electricity generated, main reactor types*

Reactor type	Average cumulative load factor to end 1991(%)	Cumulative generation to end 1991(TWh)
PWR	66.82	10764.54
BWR	63.70	4842.33
PHWR	67.27	1104.00
Magnox	58.94	713.44
AGR	41.81	316.43

*Only units more than one year old are included

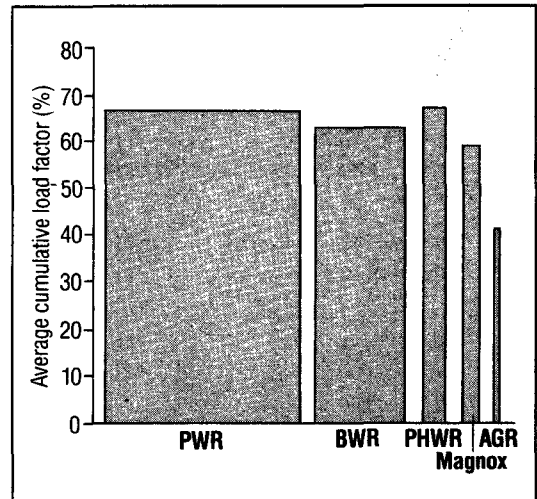
<표 4> Top ten reactors in terms of cumulative(lifetime) load factor(CLF)

Name	Country	CLF	Type	First power
Emsland	D	91.3	P	04/83
Pt Lepreau	C	91.1	H	09/82
Pickering 7	C	87.8	H	11/84
Grohnde	D	86.9	P	09/84
Neckar 2	D	86.9	P	01/89
Paks 4	HU	86.9	P	08/87
Pickering 8	C	86.5	H	01/86
Bruce 5	C	86.4	H	12/84
Loviisa 2	SF	86.4	P	11/80
Paks 3	HU	85.8	P	09/86

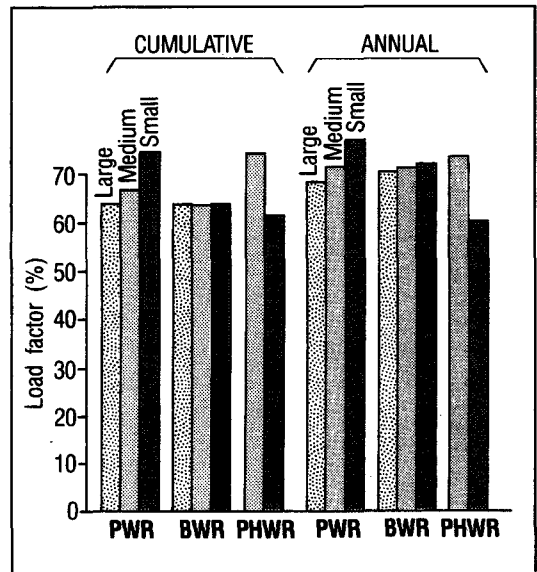
<표 5> Top ten electricity producers(as of end 1991)

Name	Country	TWh gen	MWe gross	Type	Period in op.
Biblis A	D	120.80	1204	P	17y 4m
Unterweser	D	119.67	1320	P	13y 3m
Biblis B	D	109.02	1300	P	15y 8m
Tihange 1	B	104.09	920	P	16y 9m
Cook 1	US	103.18	1089	P	16y10m
Oconee 1	US	101.96	926	P	18y 7m
Maine Yankee	US	100.75	890	P	19y 2m
Zion 2	US	100.45	1085	P	18y 0m
Zion 1	US	99.15	1085	P	18y 4m
Oconee 2	US	97.11	926	P	18y 0m

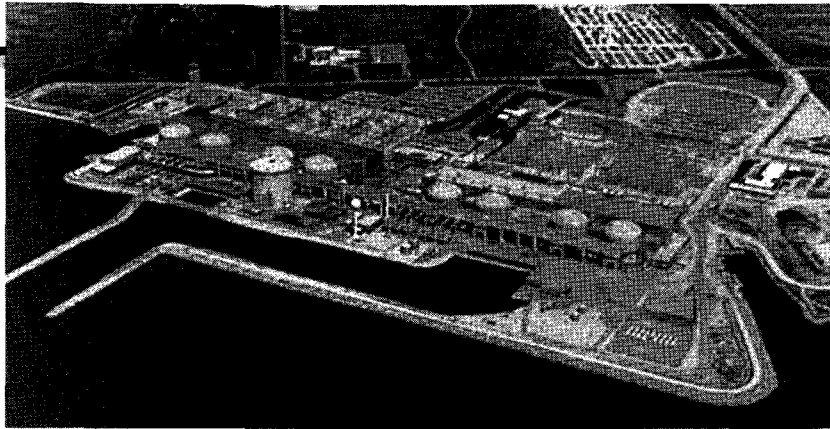
것으로 연간 및 누계이용률을 표시했다.



<그림 6> Cumulative(lifetime) load factors for each of the main reactor types. The widths of the bars correspond to cumulative electricity generated by each of the reactor types. The numbers are in Table 3.



<그림 7> Average annual and cumulative(lifetime) load factor for the three main reactor types in three size ranges.



〈表 6〉 Top ten reactors in each of three size ranges in terms of 1991 load factor

Reactor name	1991 load factor %	Type (country)
Over 1000MWe gross		
Callaway 1	97.9	P(US)
K-Kariwa 1	97.8	B(J)
Susquehanna 1	96.2	B(US)
Tsuruga 2	95.1	P(J)
Sequoyah 2	93.3	P(US)
McGuire 2	92.3	P(US)
Emsland	92.2	P(D)
Grafenrheinfeld	90.3	P(D)
Byron 2	89.6	P(US)
San Onofre 3	88.4	P(US)
Over 600MWe and up to 1000MWe gross		
St Lucie 2	100.2	P(US)
Fukushima I 5	99.6	B(J)
Pt Lepreau	97.7	H(C)
Fukushima I 4	97.6	B(J)
Oconee 2	95.7	P(US)
Almaraz 1	95.6	P(E)
Bruce 6	93.2	H(C)
North Anna 2	93.1	P(US)
Farley 2	92.8	P(US)
TVO 2	92.4	B(SF)
Over 150MWe and up to 600MWe gross		
Pickering 6	99.8	H(C)
Pickering 8	99.2	H(C)
Prairie Isl 2	96.4	P(US)
Garona	95.6	B(E)
Pickering 7	95.1	H(C)
Ikata 1	93.4	P(J)
Vermont Yankee	90.3	B(US)
Paks 2	90.1	P(HU)
Loviisa 2	89.2	P(SF)
Arnold	89.2	B(US)

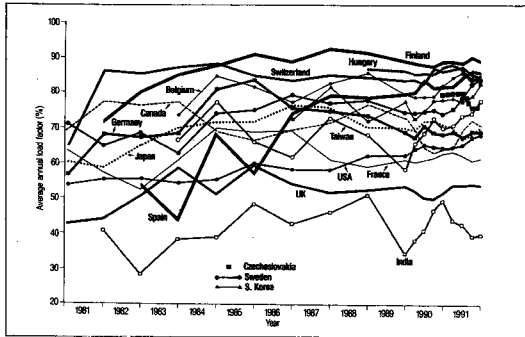
〈表 7a〉 Performance averages for countries with four or more reactors in operation

Country	Life-aver-1991		No of units	Gross MWe	Lifetime TWh generated	Operating experience (y/ m)
	age factor	load to end 1991				
Finland	89.3	83.4	4	2400.0	219.3	51 / 0
Belgium	83.9	80.7	7	5751.0	430.2	82 / 3
Taiwan	78.1	66.6	6	5144.0	299.9	61 / 7
Japan	71.3	68.2	41	32224.0	2031.9	488 / 10
Sweden	84.0	70.6	12	10422.0	768.7	160 / 5
France	61.8	62.4	56	59634.0	2602.6	485 / 5
Spain	86.1	73.8	9	7365.0	382.9	92 / 0
Canada	71.5	74.5	19	13904.0	941.0	211 / 5
Germany	69.2	71.9	21	23726.0	1461.4	235 / 6
CSFR	76.8	76.9	4	1802.0	68.2	22 / 4
Hungary	85.6	84.4	4	1840.0	85.9	25 / 10
Switzerland	84.8	81.5	5	3079.0	304.8	82 / 8
India	39.9	41.1	7	1565.0	75.9	91 / 2
UK	53.6	49.8	29	14204.4	913.4	493 / 8
US	68.2	60.6	110	107196.6	6606.9	1437 / 4
Korea	83.5	73.1	9	7765.7	317.6	61 / 5

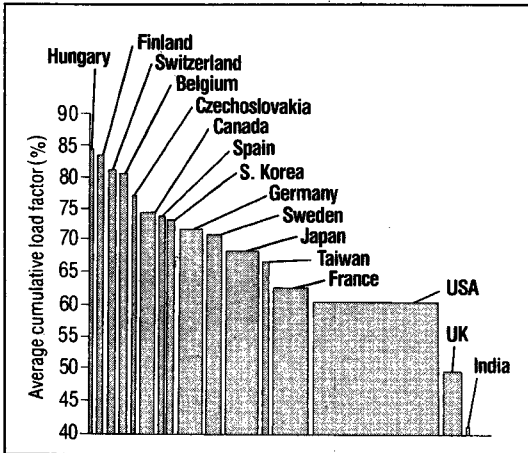
〈表 7b〉 Averages for countries with three or less reactors—not considered directly comparable with the figures in 〈表 7a〉

Argentina	86.4	68.0	2	1015.2	72.4	26 / 2
Brazil	25.0	22.6	1	657.0	12.6	9 / 8
Netherlands	68.8	76.9	1	480.9	59.9	18 / 5
Yugoslavia	85.1	70.6	1	664.0	42.1	10 / 2
South Africa	57.4	53.5	2	1930.0	67.5	14 / 1
Mexico	71.7	44.6	1	675.0	7.2	2 / 8

Cumulative operating experience figures include shutdown as operating reactors.



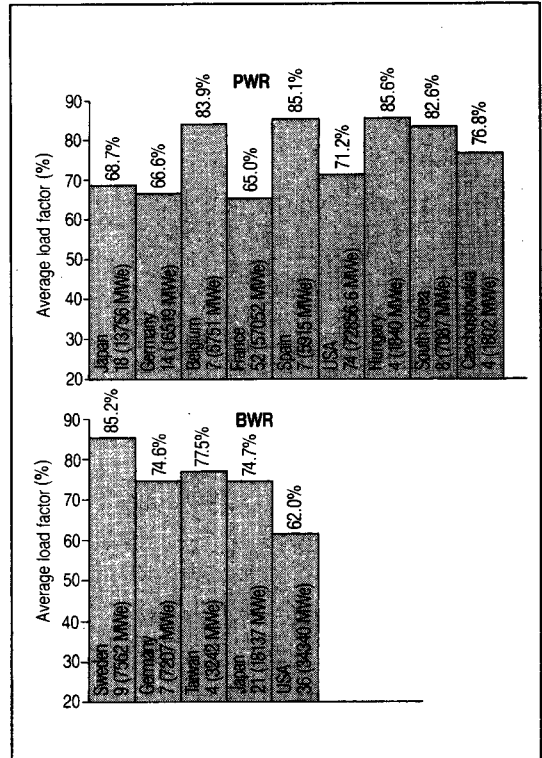
〈그림 8〉 Trends in annual arithmetic(unweighted) average load factor for countries operating four or more reactors.



〈그림 9〉 Arithmetic average cumulative(lifetime) load factors for countries with four or more operating reactors. The widths of the bars correspond to the total cumulative nuclear electricity generated in each country to the end of 1991.

원자로용량 구분은 L(Large)은 1,000MWe 이상, M(Medium)은 600MWe에서 1,000MWe, S(Small)은 150MWe에서 600MWe이다. PWR형의 경우 일반적으로 발전소용량이 작을수록 성능은 좋다. BWR형도 비슷한 결과를 갖고 있으나, 그 정도는 적다. 반면 PHWR형은 중간(Medium)용량의 발전소가 소규모(Small)용량의 발전소성능을 능가하고 있다.

〈표 6〉에는 각 용량별 상위 10개 발전소의 리스트이다.



〈그림 10〉 1991 average load factors for PWRs and BWRs in countries with four or more of each type operating.

국가별 순위

1년 이상 운전한, 150MWe Gross 이상의, 4기 이상 원자로를 갖고 있는 국가일 경우에 다른 국가와의 연간 평균이용률 비교가 현실적으로 가능하다. 〈그림 8〉에는 이러한 기준을 충족시키는 국가에 대한 산술평균이용률 추이를 표시한 것이다. 〈그림 9〉에는 누계발전량에 따른 막대그래프의 넓이를 조정하여 동일 국가에 대한 누계평균이용률을 표시한 것이다. 〈그림 10〉에는 PWR과 BWR을 나누어 1991년말 현재 운전중인 이들 원자로형의 4개 이상 발전소를 갖는 국가별 성능을 표시했다.

마지막으로 〈표 7〉에는 각 국가별 이용률을 요약 표시한 것이다. (NEI 4月號) ▣