

벨기에 原子力選擇의 分析

1. 벨기에의 1次에너지 및 電力生産

1960년에는 1次에너지의 생산이 벨기에 수요의 60%이상을 차지하고 있었으나 현재는 불과 25%로 되었다.

石炭의 수입이 증가하면서 점차 감소경향에 있었던 國內生産이 자리를 바꾸었다. 석탄의 年間輸入量은 대체로 1,000萬톤 정도이며 그 주요한 공급국은 歐洲石炭·鐵鋼共同體(30%), 미국(35%) 및 南아프리카(20%)이다.

原油의 수입은 1973년 3,700萬톤을 정점으로 그후 약2,000萬톤까지 감소하고 있다. 석유수입의 地理的分布는 근년 크게 변화하고 있다. OPEC의 벨기에에 대한 수출은 1979년에는 90%였으나, 현재는 불과 40%로 되었고 반면 北海와 소련의 비율이 각각 20%와 25%로 증가하고 있다. 석유의 수출벨런스는 船舶用燃料를 포함해서 약1,000萬톤이었는데 국내 및 국제적인 석유수요의 감소결과 半分이 되고 있다. 네덜란드로부터의 天然가스 수입은 1960년에 시작되었다. 이것도 근년에 와서는 多樣化되어 노르웨이의 가스가 총수입량의 20%를 占하고 있으며, 말레지아의 비율도 20%에 가깝다. 소량의 천연가스 수출이 룩셈부르크에 대해서 행해지고 있다.

쇼오原子力發電所와 Tihange原子力發電所에서 생산된 電力은 벨기에와 프랑스사이에서 定期的으로 교환되고 있으나, 그외의 교환은 일시적으로 필요에 따라서 행해지고 있을 뿐이다.

總1次에너지消費量에서 점하는 電力의 비율

은 현재 30%에 가깝다. 벨기에의 電力生産源의 변화는 表1과 같다.

이것은 원자력발전소의 영향이 점차로 커져가고 있음을 나타내고 있다.

II. 벨기에의 原子力發電能力

1960年代 中頃に 大型PWR이 競争力있는 가격으로 電力을 생산할 수 있는 것이 밝혀졌다. 그래서 벨기에의 電力會社는 共同으로 원자력발전소 2基의 건설에 대해서 연구를 했다. 그 하나는 셀테河畔의 Doel근방에 있고, 또 하나는 뮤즈의 Tihange근방이었다. 그 결과 39.25萬KWe의 PWR 2基(Doel-1과 Doel-2) 및 87萬KWe PWR 1基(Tihange-1)가 건설되었다. Doel에 (80萬KWe 1基가 아니고) 40萬KWe 2基를 選擇한 것은 電力會社가 비교적 적은 容量의 送電網을 갖고 있어서 이에 대한 큰 리스크를 제한하고, 80萬KWe터빈의 운전경험이 충분치 못하다고 생각했기 때문이다. 그러나 프로젝트全體의 경제성을 향상시키기 위해서 Doel原子力發電所의 補助施設은 2基의 發電所가 共有하고 있다.

Tihange에서 大型 1基를 선택한 것은 SENA발전소의 파트너로 프랑스電力公社(EDF)가 이 프로젝트에 참가했기 때문이다. Doel1, 2號機의 경우와 같은 이유에서 충분히 實證되고 있는 45萬KWe의 터빈 2基가 87萬KWe의 原子爐에 接續되었다. 여기서도 벨기에와 프랑스의 전

력회사가 투자 및 생산물에 대해서 50%씩 분담하고 있다.

Doel 1, 2 號機와 Tihange 1 號機는 1974~1975년에 운전을 개시했다.

1973년의 石油危機는 벨기에의 연료공급에서의 脆弱性を 명백히 했다. 그 결과 벨기에의 電力會社는 1次에너지源을 多樣化하기 위해 原子力發電所의 건설을 추진할 것을 결정했다. 그래서 1950년대에 출발한 계획이 Doel 3 號機와 Tihange 2 號機의 건설로 이어지고 각각 1982년과 1983년에 送電을 개시했다.

벨기에의 산업계는 최초로 원자력발전소의 設計, 製造, 建設 및 試運轉에 깊이 関여해왔다. 예를 들면, 原子力蒸氣供給系統(NSSS)의 계약은 벨기에의 기업(ACEC-CMI)이거나 프라마톰 또는 웨스팅하우스와 벨기에의 큰 企業(ACEC-MI)의 joint venture로 發注되었다. 현재 운전중인 원자력발전소는 表 2 와 같다.

Ⅲ. 벨기에 原子力産業의 狀況

同時에 4 基의 大型發電所(Doel 3, 4 號機, Tihange 2, 3 號機)를 建設해서 作業量이 많을 때는 벨기에에서는 20,000명이 원자력산업에서 일했다.

1979년에 新規發注의 전망이 없어지자 벨기에 原子力産業會議는 원자력발전소의 建設에 関제하고 있던 企業 25個社에 대해서 雇用에 関한 샘플調査를 하였다. 그 결론은 國內의 원자력 계획이 없어질 경우 원자력산업노동자의 44%만이 다른 직장으로 옮길 수 있다고 했다.

1981년에 제조 및 엔지니어링分野에서의 일이

〈表 1〉 벨기에의 電力生産源

(단위 : %)

源 \ 年	1974	1976	1982	1983	1984
石 炭	17.5	17.1	31.8	27.7	27.8
石 油	46	35.8	25.4	13	8.4
가 스	34.5	25.3	10.4	11.2	10.2
水 力	1.7	0.7	2.2	2.3	2.5
原子力	0.3	1.1	30.2	45.8	50.7

감소하고 있는 것에 주의가 환기되었다. 1980년에는 15,000명의 일이 있었는데 新規發注가 없어서 1983년에는 4,500명, 1985년에는 1,000명이 되었고 이것과 並行해서 대량의 Know-how가 없어졌다. 벨기에 원자력산업은 성숙하고 있었으며 원자력발전소 機器의 90% 이상을 설계, 제작하여 운전으로 가지고 갈 수가 있으므로 이 손실은 크다.

또 원자력은 kWh當의 코스트, 고용 및 국가 경제라는 점에서 가장 훌륭한 선택이라고 인정되었다. 이들 요인에 대해서는 넓은 consensus가 있었음에도 불구하고 장래의 움직임에 대해서 不明確하기 때문에 不活發하게 되어있다.

Ⅳ. '80年代의 不明確한 環境下의 意志決定

과거에 벨기에의 電氣需要는 많은 선진공업국과 마찬가지로 電力用에 年率 7%(10년에 倍增)로 증가하였으며, 에너지用的 增加率은 조금 더 크다(年約 8%). 다른 에너지형태보다 높은(1963~1973년의 總 1次에너지의 증가율은 年 5%)이 증가율은 전력의 多樣한 가치를 갖는다는 성격에 의한 것으로서 그로 인해 다른 에너지형태로 바꾸어지고 있는 것이다.

1974~1975년의 경제위기에 의해 이 경향은 鈍化되었으나, 年間最大需要量은 증가했다(1973년에 比해서 10%增). 소비의 92~93%를 충족하고 있는 民間電力會社의 1973~1976년 증가율은 17.1%로서 年平均 5.7%에 상당한다. 이

〈表 2〉 原子力發電計劃

發 電 所	萬KWe(Net)	商業運轉 開始年
BR 3	1.05	1962
SENA	31.2	1966
Doel 1	39.25	1974
Doel 2	39.25	1975
Tihange	87.0	1975
Doel 3	90.0	1982
Tihange	90.0	1983
Doel 4	100.0	1985
Tihange	100.0	1985

것은 어려운 경제위기속에서의 증가율이다. 1977년 전체의 증가율은 불과 4.3%였다.

1980년과 1981년은 주로 현저한 經濟不況때문에 前年과 비교해서 각각 0.7%와 0.2% 감소였다.

그러나 國家全體로서는 더욱 많은 에너지가 필요하며 에너지수요가 감소하고 있는 것은 아니다. 벨기에의 생활수준을 개선하고 경제불황에 직면하고 있는 국민에게 고용을 제공하기 위해서는 국민 1인당의 에너지소비량을 높게 유지하고 더욱 높힐 필요가 있다.

또한 2개의 모순되는 要因을 고려에 넣을 필요가 있다.

○電力需要의 停滯와 앞으로의 展開에 대한 전망이 어려우므로 새로운 원자력발전소 發注의 결정이 어렵다.

○그동안 벨기에의 원자력산업계는 3년간에 4기의 원자력발전소를 운전개시까지 가져간다

〈表3〉 各種戰略에 따른 設備容量의 增加

年	技術的으로 最適	25%CHOOZ B, B+ 參加+反對給付	1,300 MW 原子力 벨기에製	600MW 石炭火力 脫硫裝置無
電力需要增加率: 1.5%/年				
1989	-	-	-	600CH
1990	-	-	-	-
1991	-	-	-	-
1992	-	348N	-	-
1993	-	-	1300N	-
補足				
電力需要增加率: 2.5%/年				
1989	-	-	-	600CH
1990	-	-	-	-
1991	-	-	-	-
1992	-	348N	-	-
1993	1300N	-	1300N	-
補足				
電力需要增加率: 3.5%/年				
1989	-	-	-	600CH
1990	600CH	600CH	600CH	-
1991	600CH	200LF	600CH	600CH
1992	-	348N	-	-
1993	1300N	-	1300N	1300N
補足	-	1994년에 384 N	-	-
N : 原子力 LF : 流動床 AG : 가스·터빈+ CH et CHD : 石炭火力 脫硫裝置付 및 蒸氣터빈 脫硫裝置無				

는 難作業을 수행할 수 있도록 편성한후 혹심한 日 不足에 直面한다.

新規發注가 없기 때문에 벨기에의 원자력산업은 최종적으로 소멸되어 전력회사에 대한 충분하고 전문적인 保守서비스를 유지할 수 없다는 문제가 생긴다. 한편 Know-how를 잃어버리면 廢爐나 代替爐 건설작업을 수행할 능력도 없어져 버린다.

電力會社가 하고 있는 評價方法은 3종류의 수요증가(1.5%, 2.5%, 3.5%)에 대해서 表3에서 설명하는 각종 해결책의 總平準코스트를 비교한다는 것이다.

코스트 초과를 최소로 한다는 선택에서 나온 해결책은 다음과 같은 프랑스의 프랑스電力公社(EDF)와 벨기에의 Tihange會社 사이의 協定이다.

○벨기에의 전력회사는 1991년에 운전을 개시하는 139萬KW의 쇼오B 1號의 25%를 분담한다.

○마찬가지로 벨기에의 전력회사는 1992年末에 운전을 개시하는 130萬KW의 쇼오B 2號의 25%를 분담한다. 이 분담은 운전개시시부터 1995년 12월까지의 기간으로 한다.

○EDF는 빠르면 1995년에 운전을 개시하는 벨기에의 원자력발전소 B 8의 50%를 분담한다.

이 參加方式은 충분한 融通성이 있으며 벨기에 전력회사에 대해서 프랑스의 標準化의 경제적 이익을 享受하게 되므로 최선의 경제적선택(원자력은 확실히 코스트가 最低이다)이라고 인정되고 있다.

이와 병행해서 프랑스와 벨기에 산업계의 파트너 사이에 NSSS와 turbo-generator에 대한 協定이 성립하여 벨기에의 메이커가 쇼오B1과 B2의 25%를 受注하고, 프랑스의 메이커가 벨기에의 B8 발전소에 참가하는 것으로 되어있다

이와 같은 해결책은 전력회사와 산업계 파트너의 불만에 응답하는 것임이 명백하다. 더욱이 이 해결책의 또하나 이익은 3개의 發電所用으로 제작되는 機器의 合理化와 標準化가 가능해

지며, 벨기에 산업계의 생산코스트에 대한 경제불황이 나쁜 영향을 최소 한도로 억제하는 것이 가능하게 된다는 것이다.

完全을 期하기 위해 1985년에는 이 계획이 表 4 와 같이 조금 변경되었다. 원자력설비에 대해서는 큰 변경은 없으나(또한 이것은 燃料코스트의 假定에는 無關係) 특히 수요가 증가했을 때(在來型 火力發電所 대신) 流動床石炭火力發電所의 數가 증가하고 있다.

V. 將來的 選擇

上記의 결정은 N8의 確定契約이 1987년 초로 기대되고 있었던 1984년 초에 행해졌다. 이 계획은 앞으로 10年間 平均消費량이 매년 2.5%의 率로 증가한다는 것이 베이스로 되어 있다.

그러나 최근 2년간의 전력소비량은 4%의 율로 증가하고 있다. 이것은 당초의 2.5%라는 豫상이 너무 낮은 것이기 때문에 수정해야 함

(表 4) 各種電力需要增加率 및 코스트에 대한 容量의 增加

年	原子力의發展과 化石燃料 코스트			
	ur+ch	nu+CH	NU+CH	NU+ch
電力需要增加率: 1.5%/年				
1990	150 LF	150 LF	150 LF	150 LF
1991	348N	348N	348N	348N
1992	-	-	-	-
1993	-	-	-	-
1994	-	-	-	-
1995	348N	348N	348N	348N

	695 N	695 N	695 N	695 N
電力需要增加率: 2.5%/年				
1990	150 LF	150 LF	150 LF	150 LF
1991	348N	348N	348N	348N
1992	-	-	-	-
1993	-	-	-	-
1994	348N	348N	348N	348N
1995	695 N+150 LFD	695 N+160 LFD	695 N+160 LFD	695 N+150 LFD
電力需要增加率: 3.5%/年				
1990	150 LF	150 LF	150 LF	150 LF
1991	348 N+105 LFD	348 N+105 LFD	348 N+105 LFD	348 N+105 LFD
1992	2 × 105 LFD	160 TG	105 LFD+70TG	2 × 105 LFD
1993	348 N+150 LFD	348 N+90TG	348 N+80TG	348 N+105 LFD
1994	430 TG	470 TG	-	430 TG
1995	695 N+300 TG	695 N+300 TG	695 N+300 TG	695 N+300 TG
N : 原子力 LF : 普通炭 流動床 LFD : 스크램 流動床 TG : 가스터빈				

을 뜻하는 것인지, 아니면 4%의 증가는 일시적인 것인지.

1次에너지수요가 停滯되고 있을 때도 증가율 2.5%보다 높은 率을 유지하는 몇가지 이유가 있다.

○總 1次에너지에서 電力의 비율은 언제나 증가하는 경향에 있다. 약30%에서 40% 이상으로 증가할 것이다. 電力의 보급과 국민생산의 전체적인 生産性 사이의 相關關係를 明白히 하고 있는 사람들도 있다. 이와 같은 生産성의 증가는 불가피하다.

○현재의 석유가격 하락은 세계경제에 대해서 플러스의 영향을 가지고 있으나, 長期的 決定에 대해서는 영향을 미치지 않으므로 원자력 혹은 석탄에너지에 대해서 유리하다.

○많은 원자력발전소가 운전되고 있으므로 電力은 경쟁력을 강화해가고 있으며 그것이 다시 새로운 고객이나 새로운 용도(옥내난방, 水素生産 등)에 있어서 매력에 있는 것으로 되어있다.

○經濟分析에 의하면 不確實한 환경속에서는 設備過剩을 招來하는 것 같은 豫상의 잘못은 설비부족을 초래하는 잘못보다 경제적 손실이 적은 것이 명백하다.

그밖에 원자력발전소의 負荷追從能力이 대폭 개선되고 있다는 것, 廢爐 또는 교체해야 할 만큼 오래된 爐(35년이상 경과한 것)의 수가 증가한다(벨기에에서는 1983년에서 1993년에 120만KW)는 要因을 고려하면 設備增設(1985년~1995년의 전력계획을 초과하여)의 결정을 해야만 한다는 것은 명백하다. 그것이 原子力인가, 石炭火力인가는 政治的 決定이다. 大型石炭火力發電所를 脫硫黃裝置없이 계획할 수는 없으므로 원자력발전소는 앞으로도 석탄보다 廉價 에너지를 계속 생산할 것이다. 또 원자력의 코스트는 석탄보다 장래의 燃料코스트 不確實性에 대한 感受性이 훨씬 낮다. 석탄화력을 지지하는 요인은 에너지자원 多樣化의 필요성, 新技術의 개발(流動床技術 등) 혹은 國內 1次에너지生産의 保存에 관련하는 사회적 및 戰略的 要因

이다.

벨기에에서는 大型原子力發電所(100% 벨기에 혹은 近隣諸國과 共有)와 小型石炭火力發電所를 組合시킬 余地는 있다. 따라서 N9 大型原子力發電所에 대해서는 N8의 2, 3년후에 결정하여 1997~1998년경 운전개시한다는 것을 검토할 가능성도 있다.

VI. 結 論

벨기에의 경험에서 다음과 같은 결론이 얻어진다.

○原子力發電의 비율은 총전력생산량의 50%를 넘고 있으나, 원자력발전은 장래의 에너지投資로서는 아직도 경제적으로 유망하다.

○국제협력에 의해서 電力會社와 原子力産業界는 電力系에 새로운 大型原子力發電施設을 導入하게 함으로서 효과를 擴散시키는데 성공하고 있다.

○電力需要의 增加率은 不確定하기는 하나 長期的으로 發電能力의 不足은 設備過剩보다 경제적으로 뒤떨어진 해결책이다.

벨기에, 다음 原電 國産으로

벨기에의 INTERCOM社가 최근 밝힌 바에 의하면 同國 9基째의 原子力發電所가 되는 Doel 5號機(PWR, 145萬KW)는 벨기에 國産이 될 가능성이 높다고 한다.

이것은 벨기에의 원자력발전소가 지금까지 프랑스와의 共同事業에 의해서 건설되어 왔는데, 현재 프랑스側의 電力量이 飽和狀態에 도달되어 프랑스가 이번 계획에 參加하지 않을 것을 決定했기 때문이다.

그리고 벨기에에는 현재 프랑스가 건설중인 쇼오B1(PWR, 145萬KW)과 B2(同)에 25% 出資하고 있다.

OECD/NEA, 廢爐는 技術的으로 可能

發電原價上昇은 數%

經濟協力開發機構·原子力機關(OECD·NEA)은 1986년 11월 25일 「原子力發電所의 decommissioning(廢爐)은 技術的으로 可能하며, 그 發生廢棄物量은 管理可能한 범위일 뿐만 아니라 코스트도 妥當하다」는 내용의 보고서를 公表했다.

이에 의하면 지금까지 실시된 研究爐나 實驗施設의 광범위한 경험에서 원자력발전소의 解體에 必要한 除染, 放射線被曝管理, 廢棄物管理 등의 技術적인 面은 이미 확립되어 있다고 지적하고 있다.

또 이 보고서는 앞으로 10년안에 decommissioning되는 大型의 發電所는 거의 없으며, 다음 세기 초에 運轉壽命을 맞이하는 발전소가 상당수 될 것으로 예상된다고 하고 있다.

그밖에 最適의 decommissioning 戰略을 수립할 때 ① 公衆衛生이나 安全性, 環境保護, ② 解體하는 施設의 特徵, ③ 廢棄物管理, ④ 解體後 사이트의 再使用, ⑤ 코스트 및 資金의 入手, ⑥ 國家的, 社會的事情 등을 고려할 필요가 있다고 한 다음에 케이스에 따라서는 早急히 실시되는 작업도 있을 것이나 終了까지 몇십년이 걸리는 경우도 있다고 하였다.

Decommissioning 經費에 대해서 이 보고서는 發電所마다를 보았을 경우 1億~1億8千萬달러(1984年美國달러)의 범위에 있다고 하고 이들의 차이는 一括해서 곧바로 解體해 버리거나 2 단계로 나누어서 실시하는가에 따른다고 하였다.

그리고 decommissioning 費用이 發電原價에 얼마만큼 영향을 미치는가라는 점에 대해서는 全體의 불과 수%가 上昇하는 정도라고 結論내렸다.