韓國·벨기에間 原子力協力展望

本稿는 지난 4月6日 美國原子力學會(ANS) 韓國支部가 主催한 第24回 月例技術討論會에서 「European Prospects for The Cooperation in The Nuclear Energy Fileld with Korea-The Belgian Experience」라는 제목으로 특별강연한 內容을 번역 정리한 것이다.

Jean-Marie Noirfalisse
〈駐韓 벨기에大使〉

유럽과 韓國은 共同으로 成就해야 할 많은 일들을 갖고 있으며, 원자력에너지 分野도 그 中의 하나이다. 벨기에는 이러한 相互協力에 의한 共同利益을 보여줄 수 있는 좋은 立場에 놓여있다.

유럽/韓國間의 紐帶强化

1. 韓國과 유럽共同體(EC)間에 紐帶를 強化해야 할 많은 理由中에 에너지와 관련된 것으로 다음의 세가지 근본적인 것을 들 수 있다.

a) 政治的인 필요성 : 韓國, 美國 및 EC는 根本的으로 같은 價値觀과 東西陣營間에서 같은 安保意識을 갖고 있으며 에너지의 안전한 供給을 確保해야 할 必要性을 똑같이 느끼고 있다. 이 「3角紐帶關係」中에서 韓國과 EC와의 關係가 가장 弱하다. 現在 韓國사람과 유럽사람들은 다 같이 이것을 強化해야 한다고 보고 있다.

b) 經濟的인 必要性 : 오늘날 全世界的인 次元에서 볼 때 우리는 경제, 技術 各分野에서 共存共榮을 期하지 않으면 안된다. 몇가지 要因들이 이러한 相互關係에 影響을 준다. 이들 中에서 가장 意義있는 것은 1992年까지 「EC特有의 市場」을 形成하여 EC의 對外通商政策과 研究開發分野에서의 寄與度를 높이기 위해 EC의 能力을 기르는 것이다.

c) 에너지展望 : EC와 韓國은 에너지依存에 있어 制約을 받는다는 點에서 비슷하다. 따라서 兩國은 共同努力을 기울여야 한다.

– 兩國은 輸入에너지에의 依存度가 매우 높다 : EC 47%, 韓國 45%(美國 은 12%)

– 에너지의 合理的利用을 위한 效果的인 政策을 펴고 있음에도 不拘하고 에너지費用은 如前히 높다.

※EC는 1985年에 에너지供給에 約 100兆원, 에너지關聯投資에 30兆원을 使用했다.

※그러나 兩國은 에너지消費를 줄이기 위한 積極的인 努力을 傾注해오고 있다. :

年間%	EC	한 국
○60年代	+4.7	+8.2
○80年代	+1.7	+5.7
○90年代	+1.3	–

※이와 同時에 原子力發電量增加를 위해 努力해 왔다.

總에너지對比%	1985 / 86		2000.	
	EC	韓國	EC	韓國
○石油	48	45	40	39
○原子力	9	14	19	16

總發電量對比%(1985 / 86)	EC	韓國
○原子力	32	44

– EC는 또 生産面의 競爭力과 環境保全을 維持하고 將來의 石油波動에 對備하기 위해 高度한 非原子力에너지技術開發에 努力을 集中하고 있다.(反復使用可能한 에너지源과 에너지의 效率的利用을 위한 EC의 現計劃에 대해 約 1千7百50億원의 豫算이 確保돼있다).

2. 벨기에政策의 基盤은 EC이다.

벨기에는 眞正한 意味에서 EC의 中心役割을 하고 있기 때문에 벨기에사람들은 그들에게 좋은 것은 EC에게도 좋다는 思考方式에 젖어있다. 그 理由는 EC에의 隷屬과 이에 쉽게 接近할 수 있는 特典이있는 獨特한 位置에 놓여 있기 때문이다. 벨기에의 基本的인 自由貿易政策도 EC의 對外通商政策을 立案하는데 있어 큰 도움이 되었으며 이로 因해 同國의 研究開發能力이 向上되는 結果를 가져왔다.

벨기에의 EC內部에서의 共同作業은 原子力에너지應用分野에서 重要한 몫을 차지했다.

– EURATOM(유럽原子力共同體)內部에서 우라늄供給 및 原子力研究事業을 通해 寄與(核融合分野 包含).

– 유럽諸國의 여러開發段階 또는 代替段階에 놓여있는 核燃料週期와 關係을 맺음 :

※英國 : 유럽最初의 加壓水爐인 벨기에의 BR3를 利用하면서 스페트럼 시프트爐開發을 위한 Vulcain프로젝트와, 實驗的인 高温가스爐開發을 위한 Dragon프로젝트에 參與.

※프랑스 : Tihange 및 Chooz原電플랜트의 建設 및 運營과, 混合酸化物(우라늄 및 플루토늄)燃料(MOX)생산에 참여.

※西獨 및 네덜란드(DEBENE會員國) : KALKAR의 SNR-300 高速增殖爐 프로젝트에 參與.

※프랑스, 이탈리아 및 DEBENE會員諸國 : Creys-Malville의 SUPERPHENIX 高速增殖爐開發에 參與.

※EURODIF(벨기에持分 11%) : 우라늄濃縮事業에 참여.

벨기에의 原子力産業實績

벨기에는 유럽原子力産業의 先驅者役割을 했으며 現在 民間原子力産業分野에서 世界的인 先進強國隊列에 끼어 있다.

3. 過去歷史

1944年 美國과 벨기에는 10年協定을 맺어 벨기에領 콘고의 우라늄購買에 있어 美國에게 優先權이 주어졌다. 그 代身 벨기에에게는 將來의 原子力에너지利用에 대해 特惠가 주어졌다. 벨기에는 또 자이레共和國이 Kinshasa에 아프리카最初의 研究用原子爐를 建設하는 것도 도왔다.

1962年유럽最初의 PWR인 BR3가 7年建設工事 끝에 Mol原子力센터에서 稼動이 始作되었다. BR3의 主目的은 發電(11.2MWe gross) 뿐만 아니라 大型유니트를 위한 플랜트要員들의 事前訓練 및 MOX나 스페트럼시프트爐와 같은 改良된 型式을 試驗하는데 있었다.

1960年代 中盤에 이미 벨기에는 PWR에 의해 發電되는 電力의 價格競爭力을 豫見했었다. 1967年 8年建設工事끝에 Chooz의 SENA發電플랜트(50 / 50比率로 벨기에 / 프랑스 合作)가 稼動에 들어갔다. 發電(312MWe net)外에도 SENA플랜트는 벨기에와 프랑스의 機器供給者들에게 PWR分野에서 새로운 技術을 試驗해 볼 수 있는 機會를 주었으며 플랜트設計者(A / E)들에게는 最初의 經驗을 얻을 수 있는 機會

를 마련해 주었다.

1973年의 石油波動은 벨기에가 原子力發電爐로써 PWR를 選擇하게 된 契機를 마련했으며 그 후 原子力發電프로그램은 現在까지 繼續發展해 왔다(表1 참조).

〈表 1〉 벨기에의 原子力發電計劃

POWER STATION NAME	NET POWER MWe	YEAR OF COMMERCIAL OPERATION	MAIN CHARACTERISTICS
BR 3	10.5	1962	PROTOTYPE
CHOOZ*	312	1966	UNDERGROUND REACTOR
DOEL 1	392.5	1974	TWIN UNITS
DOEL 2	392.5	1975	
TIHANGE 1*	870	1975	1 REACTOR 2 TURBINES
DOEL 3	900	1982	3 LOOPS, 3SAFEGUARD SYSTEM
TIHANGE 2	900	1983	
DOEL 4	1000	1985	3000MWth REACTOR, 3SAFEGUARD SYSTEM
TIHANGE 3	1000	1985	
KALKAR**	300	1986	L.M.F.B.R.
CHOOZ B1***	1430	1992	N 4
CHOOZ B2***	1430	1994	N 4
N8	1390		

* FRANCO-BELGIAN POWER STATIONS (50% · 50%)
** JOINT PROJECT WITH GERMANY AND THE NETHERLANDS
*** FRANCO-BELGIAN POWER STATIONS (75% · 25%)

4. 核燃料週期 各過程에서의 豊富한 經驗

벨기에는 이미 오래된 民間用原子力의 歷史를 通해 核燃料週期分野의 技術 및 運營面의 개혁에서 主導的인 役割을 하였다.

a) 우라늄調達 : SYNATOM은 벨기에의 國營 및 民營電力會社들間의 50 / 50比率의 合作業體로서 우라늄 및 核燃料週期서비스 市場에서 世界의 12個 最大바이어中의 하나이며, 全體容量 5,500MWe(net)의 7基의 全出力유니트들에게 供給하고 있다.

年間우라늄消費量 900톤은 供給多樣化政策에 따라 充當된다.

i) 輸入 : 濠洲, 카나다 및 中南아프리카로 부터 같은 比率로 長期契約을 通해 消費量의 80% 輸入.

ii) 1980年부터 輸入燐酸鹽에 含有돼 있는 우라늄을 抽出하여 所要量의 4%充當.

iii) 再處理된 使用後燃料로 부터 回收한 약간 濃縮된 우라늄과 플루토늄의 再循環에 의한 것(1990年에는 15%에 이를 것으로 豫想). 벨기에의 政策은 또한 戰略的인 貯藏量確保(한 供給源으로 부터 10年間 供給中斷事態가 發生했을 때 이를 補償하기 위한 2年分의 우라늄貯藏量確保)와 供給量確保(유럽電力會社相互間의 燃料支援供給)에 目標를 두고 있다. 이와 동일한 多樣化政策이 EURODIF, 美國 및 蘇聯과의 協定에 따른 濃縮事業에서도 追求되었다.

b) 濃縮우라늄燃料加工 : FBFC의 Dessel플랜트가 1958年부터 稼動中이며 1974~1985年사이에 4,000톤의 우라늄이 再處理되었다. 이로因해 벨기에는 原子力發電플랜트運營에 있어 높은 生産性, 自動化 및 現在의 稼動時間延長등을 特徵으로 하는 벨기에特有의 技術을 開發하였다.

c) 再處理 : 유럽의 再處理 容量이 超過되고 파이롯트 플랜트의 目標가 達成되었기 때문에 Dessel의 EUROCHEMIC플랜트는 稼動된지 거의 滿30年이 되는 지난 1986年에 廢鎖되었다. 이 再處理活動은 다음과 같은 效果를 가져왔다.

i) 全世界 모든 再處理플랜트에서 Dessel 工程(PUREX)을 利用하였다.

ii) 大型플랜트에서의 再處理가 困難한 熱中性子爐燃料를 아주 작은 容量의 再處理플랜트에서 처리할 수 있는 가능성을 硏究할 수 있게 하였다.

iii) 廢鎖된 플랜트의 除去 및 除染을 成功的으로 遂行할수 있게 되었다.

d) 플루토늄燃料, MOX우라늄 / 플루토늄燃料棒의 가공 : 벨기에는 또 고속 및 熱中性子爐의 플루토늄燃料加工에 있어 30年의 經驗을 갖고 있다. Belgonuclaire의 Dessel플랜트는 IAEA의 最高品質基準에 의하면 世界의 3個最上位플랜트中의 하나다. 벨기에와 프랑스는 現在 그들의 加工容量을 늘이기 위해 協調하고 있다

(1989年의 35톤(net)을 1990年代後盤에 140톤으로 늘릴 豫定).

e) 廢棄物의 管理, 處理 및 貯藏 : 이 分野에 대한 信賴性있는 技術을 갖추는 것이 지금까지 벨기에의 原子力發電計劃의 必須要件으로 돼 왔다. 벨기에廢棄物管理公社(ONDRAF)가 廢棄物管理責任을 지고 있다. 廢棄物處理는 信賴度가 높은 處理工程에 따라 原産地나 또는 Mol의 原子力에너지 센터에서 이루어진다.

f) 安全性 : 人口密度가 높기 때문에 벨기에는 가장 嚴格한 美國原子力規制委員會基準과 國際的으로 通用되는 物理的保安基準을 適用하고 있다. 벨기에에는 또 IAEA와 Euratom에 의해 2重으로 統制를 받기 때문에(産業分野에서 이러한 統制로 因한 負擔을 안게 됨) 이 分野에서 높은 産業安全性에 關한 技術과 研究開發能力을 成功的으로 發展시켰다.

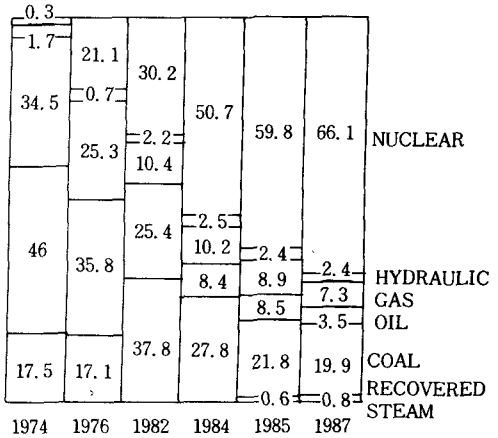
g) 基礎科學研究 : 40年前 벨기에가 原子力産業을 始作했을 때부터 原子力에너지 센터와 大學間核科學合同研究所에서는 密度높은 基礎科學研究를 追求해 왔다. 이 選擇은 다른 科學分野 研究와의 相乘作用을 勘案하여 愼重하게 이루어진 것이다. 벨기에는 原子核研究를 비롯해 高準位 및 中準位에너지分野에서 Euratom, 제네바의 CERN등을 통해 國際的인 事業에 積極 參與하고 있다.

h) 教育訓練 : 原子力分野에서 벨기에의 産業界, 學界 및 研究機關들은 職業訓練을 포함해 여러가지 수준의 教育訓練에 相當한 資源을 提供해 왔다. 벨기에의 大規模 外國人訓練課程은 다른 나라들과의 2國間協定 또는 IAEA計劃에 따라 施行되고 있다.

i) 非에너지分野에서의 原子力利用 : 벨기에의 原子力計劃에 따라 放射性同位元素의 生産 및 處理가 始作되었다. 오늘날 國立放射性同位元素研究所는 醫療(殺菌消毒, 診察, 分析, 治療, 單細胞抗體, 免疫作用을 위한 非放射能治療方法등), 農産物貯藏技術, 生物工學(動植物), 工業用檢出技術등의 여러分野에서 積極的으로 活動하고 있다. 몇年前에 벨기에(UCL-Ion Beans Applications)는 核醫學에서 直接 利用할 수 있는 小型사이클로트론을 開發해 지금은 成功的으로 販賣活動을 벌이고 있다.

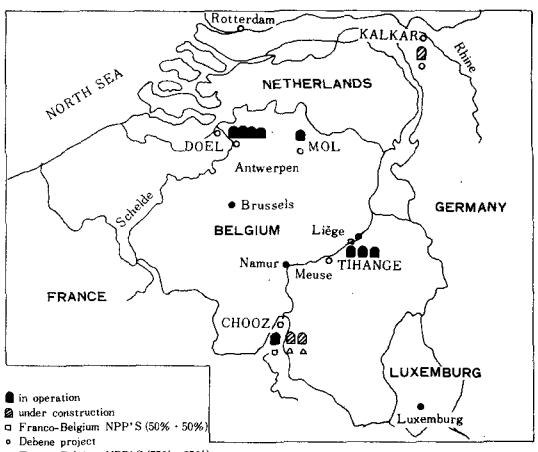
5. 現在의 記錄이 모든 것을 말해주고 있다.

(a) 原子力이 現在 벨기에發電量의 66.1%를 차지하고 있다(그림1).



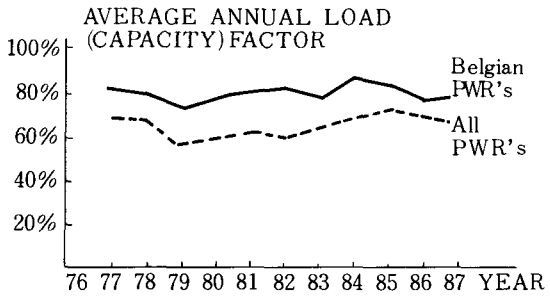
〈그림 1〉 벨기에의 電源別 發電量 구성비

(b) 벨기에는 1987年現在 施設容量 5,767MWe로 세계에서 가장 密集된 原子力電力網을 갖고 있으며 이는 韓國과 매우 비슷하다(그림2).



〈그림 2〉 벨기에의 原電배치도

(c) 벨기에原子力産業은 世界에서 가장 높은 全體플랜트 利用率을 示顯함으로서 좋은 記錄을 남기고 있다(그림3, 표2).



〈그림 3〉 서방세계 PWR과 벨기에 PWR의 年間平均利用率 비교

더 세부적인 統計를 보면 이 分野에서의 良好한 實績을 알 수 있다. 特히 플랜트稼動初年度와 10次年以後의 實績은 良好하다(표3).

(d) 이러한 實績은 벨기에原子力産業界와 벨기에의 研究開發努力의 結果이다. 벨기에産業界의 이와 같은 經驗은 原子力計劃事業의 初創期부터 原子力 및 非原子力設備分野에 벨기에의 國內事業이 積極 參與한대서 온 것이다. 原子力엔지니어링分野에서 벨기에産業은 多角的인 接近方式을 取함으로서 競爭이 甚한 原子力機器供給市場에서 試驗臺에 오르기 전에 이미 이에 對備하고 適應할수 있는 機會를 가질 수 있었다. 벨기에는 恒常 最新의 技術을 驅使했으므로 固定된 仕樣으로 해서 支障을 받지 않았다.

〈表 2〉 國家別 平均利用率

	Arithmetic average annual load factor %	Arithmetic average lifetime load factor %	MWh generated
Finland	92.3	79.8	142,862,729
Switzerland	84.6	79.8	212,827,025
Belgium	82.3	78.8	261,073,289
Spain	79.7	67.0	222,591,434
Korea	79.1	68.6	119,808,805
Sweden	76.4	67.1	488,429,698
Japan	76.3	66.1	1,269,128,043
FR Germany	75.0	68.0	875,382,799
Taiwan	73.4	62.5	173,336,553
Canada	72.2	78.6	606,316,716
France	61.9	62.1	1,500,835,737
USA	58.4	56.6	4,354,203,974
UK	51.8	48.2	768,063,210
India	46.5	44.9	54,231,555

〈表 3〉 벨기에 原子力發電所의 運轉實績

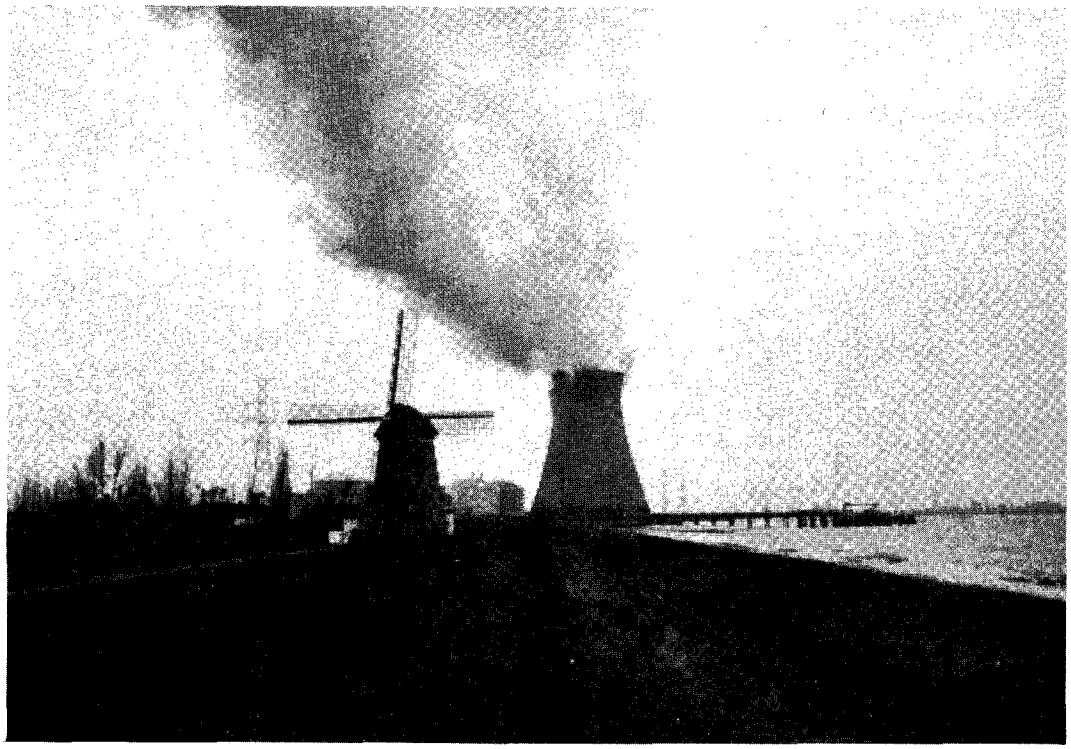
(Chooz 1號機 제외)

	Conventional net power	year start Commercial operation	1982	1983	1984	1985	1986	1987
	(1) (2)							
Doel 1	392.5 / 400	2.75	92.7	81.5	90.8	84.2	76.6	83.6
2	392.5 / 400	11.75	75.2	58.7	84.6	84.6	65.2[3]	74.7
3	900 / 900	10.82	–	85.0	89.5	82.4	87.0	72.6
4	980 /1010	7.85	–	–	–	82.6	87.3	77.0
Tihange 1	870 / 870	10.79	81.1	76.9	83.6	78.6	52.8[3]	96.5
2	900 / 900	6.83	–	87.0	86.7	84.2	78.5	83.5
3	1020 /1020	7.85	–	–	–	–	85.1	87.6
Average			83.8	79.7	87.3	82.9	79.7	81.5

(1) Conventional net power until Dec. 31, 1985

(2) Conventional net power since Jan. 1, 1986

(3) Outage for annual refueling and modifications resulting from a review after ten years of operation (source : Electronucleaire – April 1988)



民間原子力에너지分野에서의 韓國/벨기에 協力관계

6. 民間原子力分野에서의 벨기에/韓國間의 協力은 유럽/韓國間의 協力關係를 강화시킬 것이다. 벨기에/韓國間의 鞏固한 政治的紐帶는 經濟分野에서의 同質性에도 그 原因이 있는 것이다. 즉, 世界通商舞臺에서 비슷한 立場과 甚한 에너지依存이 그것이다. 벨기에의 研究開發能力과 自由貿易原則 역시 벨기에로 하여금 原子力에너지分野에서 韓國에게 가장 適合한 파트너가 될 수 있는 素地를 마련하는 것이다.

韓國과 벨기에 間에 原子力平和利用에 關한 協定이 締結된 以後로 이와 같은 협력에 대한 制度的인 裝置가 마련돼있다. 그러나 지금까지 韓國專門要員들의 벨기에內에서의 訓練이나 다른 方式에 의한 技術移轉이 施行되었지만 現時點에서는 確固한 産業面의 성과가 훨씬 重要하다고 본다. 벨기에는 그의 높은 品質과 이에 대한 努力을 認定받고 있음에도 不拘하고 다른 西方國들에 比해 벨기에의 原子力産業은 世界의 다른 나라들, 特히 亞細亞地域에서 純粹한 競爭面에서 벨기에가 成就했던 것 보다 韓國에서는 別로 이루어진 것이 없다. 韓國과 벨기에 兩國間의 關係는 原子力分野에서도 더 높은 次元에서 均衡을 이루는 것이 要請되고 있다.

協力增進의 可能性은 많으며 그 中 産業, 技術諮問 및 研究開發分野에 關한 몇가지 例를 들어보면 다음과 같다 :

–燃料設計 및 燃料週期適正化를 위한 管理.

–原子力週期工程의 標準化

–發電플랜트의 運轉 및 安全度向上을 위한 高度한 技術

–放射性廢棄物管理 및 그 시스템

–發電플랜트의 設備補完 및 技術提携

–美國과 프랑스의 技術을 모두 綜合한 訓練課程

–放射性同位體生産工程 등.