

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

2004年亞太經濟合作(APEC)韓國核能發電技術訓練課程

服務機關：台灣電力公司

出國人職稱：第三核能發電廠
修配課修配股長

姓名：劉文斌

出國地區：韓國

出國日期：93年4月5日

報告日期：93年6月15日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：2004 年亞太經濟合作(APEC)韓國核能發電技術訓練課程

頁數 19 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司 / 陳德隆 / (02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

劉文斌/台灣電力公司/第三核能發電廠修配課/修配股長/08-8893470 轉 2520

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：93.04.05~93.05.01 出國地區：韓國

報告日期：93.06.15

分類號/目

關鍵詞：韓國核能發電技術訓練課程

內容摘要：(二百至三百字)

訓練內容包括(1)二十三項課題課堂講授 (2)參訓人員報告所屬國經濟及電力系統現況 (3) 參訪有關之機構、公司及核電廠。

課堂講授項目可分類為(1)核能發電之必要性及世界核能發電工業現況 (2) 韓國電力系統現況及運轉績效 (3)自外國引進核能技術之策略及執行步驟(4) 技術自主後核電廠系統及相關設備設計、製造能力(5)核能電廠維護能力等。

各國報告中得知，中國預定在 2010 年前興建二十部核能發電機組。越南及印尼兩國已委請韓國完成核能電廠可行性評估，越南預定 2017 年第一部核能發電機組商轉；印尼預估 2009 年後該國石油不再出口，擬興建核電廠提供源能，以保持天然氣能繼續出口賺取外匯，第一部核能發電機組將在 2017 年商轉。韓國已準備向開發中國家輸出核能電廠。

機構、公司、核電廠參訪有 POSCO 鋼廠、現代造船、現代汽車、三星電子、DOOSAN 重工、韓國核能研究所、韓國核燃料公司、KOPEC、KHNP、KPX、Wolsong 及 Ulchin 核電廠。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.nat.gov.tw>)

目錄

	<u>頁數</u>
一. 出國事由-----	2
二. 出國行程-----	2
三. 主辦單位-----	2
四. 參訓人員-----	2
五. 訓練內容-----	3
(一) 課堂講授-----	4
(二) 參訓人員所屬國經濟及電力現況簡報摘要-----	10
(三) 機構、公司及核電廠工廠參訪-----	16
六. 心得與建議-----	20

一、出國事由

- (一) 韓國政府為加強亞太地區各國核能發電技術合作交流，及宣達其自力研發設計核電廠之能力與經驗，特舉辦此項「亞太經濟合作韓國核能發電技術訓練課程」，邀請 APEC 各會員國派員參加。

課程內容為介紹：

- (1) 核能發電之必要性及世界核能發電工業現況。
 - (2) 韓國電力系統現況及運轉績效。
 - (3) 自外國引進核能技術之策略及執行步驟。
 - (4) 技術自主後核電廠系統及相關設備設計、製造能力。
 - (5) 參訪韓國相關產業公司。
- (二) 韓國第一座核能電廠(KORI)是完全依靠外來技術而建立，經過多年努力，目前已能自行設計核能電廠，核電廠多項設備有能力自製，核電廠運轉績效亦有優秀表現，其核電廠之平均 capacity factor 高達 94.2%，超出世界平均 76.5%甚多。此種自我提升技術的努力過程與精神，實值得參考借鏡。藉著此次訓練機會，期能從中擷取寶貴經驗，經由各參訓人員間知識、意見交流，更可了解其他國家之電力技術現況及足供學習之處，進而作為提升我國核能發電技術之努力指引。

二、出國行程

93 年 04 月 05 日~05 日 往程 (台北→漢城→釜山)。

04 月 06 日~30 日 韓國核能發電技術訓練課程及公司、機構、核電廠參訪。

05 月 01 日~01 日 返程 (漢城→台北)。

三、主辦單位

韓國商業工業及能源部:MOCIE----Ministry Of Commerce, Industry and Energy
(Nuclear Power Industry Division)

韓國水力核能電力公司:KHNP-----Korea Hydro & Nuclear Power Company

四、參訓人員-----18 人

中華民國 2 人-----原子能委員會及台電公司核能三廠

香港 2 人-----香港機電工程署

中國 1 人-----浙江秦山核能電廠計畫 office

印尼 3 人-----National Nuclear Energy Agency

越南 3 人-----Ministry of Industry (MOI)及 Institute of Energy (IE)

馬來西亞 2 人-----Malaysian Institute For Nuclear Technology Research
(MINT)及 Tenaga Nasional Berhad (TNB) 國有電力公司

秘魯 2 人-----Peruvian Nuclear Energy Institute

智利 2人-----Chilean Commission of Nuclear Energy
墨西哥 1人----- Resources Projects Office (Ministry of Energy)

五、訓練內容

訓練分為三部份(一)課堂講授二十三項課題(二)參訓人員所屬國經濟及電力現況簡報(三)機構、公司及核能電廠工廠參訪。分別敘述如下:

(一)課堂講授二十三項課題

上課地點在 KHNP 核能訓練中心，課題分類如下:

韓國介紹

1. Korea language
2. Korea society & culture

核能電廠原理基本介紹

3. Fundamentals of nuclear engineering
4. Power plant system overview
5. Nuclear safety

世界核能發電工業現況

6. The need for nuclear power
7. Overview of world nuclear power

韓國電力及核能發電現況

8. Structure of Korea electricity power system
9. Status & prospects of Korea nuclear power industry
10. Legislative & regulatory framework in Korea

韓國自行設計核能電廠介紹

11. Introduction of Korea Standard Nuclear Power Plant (KSNP)
12. Introduction of APR-1400 (Advanced Power Reactor)
13. SMART(System-integrated Modular Advanced Reactor) nuclear desalination plant

技術移轉策略及執行步驟

14. Nuclear technology localization experience in Korea
15. Localization experience of NPP engineering technology
16. NSSS localization experience
17. Localization experience of fuel manufacturing technology

核能電廠建廠管理

18. NPP construction system in Korea & prospects
19. Financing of nuclear power projects

20. Bid evaluation for nuclear power project

21. Project management of NPP construction

核能電廠公關

22. Public acceptance & participation in decision making

韓國電廠維護服務公司介紹

23. NPP maintenance technology

茲就世界核能發電工業現況、韓國電力及核能發電現況、技術移轉策略及執行步驟、韓國電廠維護服務公司介紹等四項詳述如下：

1. 世界核能發電工業現況

1-1 擬引進新建第一座核能電廠的國家為

- (1) 孟加拉---1986 年完成可行性評，1999 年完成人員訓練，準備提國際標。
- (2) 埃及-----2002 年完成可行性評，詳細計畫研擬中。
- (3) 摩洛哥---1984 年完成可行性評，詳細計畫研擬中。
- (4) 印尼-----2003 年完成可行性評，2016 年第一座核能電廠商轉。
- (5) 越南-----1999 年完成可行性評，2017 年第一座核能電廠商轉。

1-2 增建新核能電廠

- (1) 中華民國---2 部機興建中
- (2) 蘇俄-----在 2010 年完成核能電廠裝置容量佔比提高至 30%目標。
- (3) 羅馬尼亞---2 部機興建中，1 部機復建可行性評估中。
- (4) 保加利亞---Belene 核電廠復建中。
- (5) 斯洛法克---評估復建 Mochovce 核電廠 3、4 號機。
- (6) 依朗-----1 部機興建中。
- (7) 印度-----在 2007 年將核能電廠裝置容量增加至 4000MW(目前 2493MW)。
- (8) 日本-----2012 年完成新建 15 部機
- (9) 中國-----兩部機興建中，2010 年完成興建 20 部機。
- (10) 巴基斯坦--評估兩部機興建計畫。
- (11) 芬蘭-----2009 年完成興建第五部核電廠。

1-3 現有核能電廠延壽及提昇容量

- (1) 蘇俄-----進行 11 部機各延壽 15 年。
- (2) 立陶宛-----Lgnalina3 號機提昇容量。
- (3) 美國-----20 年內有 50 部機將各延壽 20 年。
- (4) 保加利亞---Kozloduy5、6 號機提昇容量。
- (5) 西班牙-----Jose Cabrera & Trillo 1 號機延壽。
- (6) 斯洛法克---Bohunice3、4 號機評估提昇容量。
- (7) 加拿大-----重新啟動 Bruce A 3、4 號機及 Pickering 1 至 4 號機(2007)。

2. 韓國電力及核能發電現況

2-1 韓國電力現況

1945 年韓國有 3 家民營電力公司，在 1961 年合併為 1 家國營電力公司 (KECO)，1981 年改名為 KEPCO (Korea Electric Power Company)。1993 年開始籌劃民營化及電業自由化，2001 年分割成 6 家電力公司及 1 家調度公司，分別為

Korea South-East Power Co. Ltd (KOSEPCO)

Korea Midland Power Co. Ltd (KOMIPO)

Korea Western Power Co. Ltd (KOWEPO)

Korea Southern Power Co. Ltd (KOSPO)

Korea East-West Power Co. Ltd (KEWESPO)

Korea Hydro & Nuclear Power Co. Ltd (KHNP)

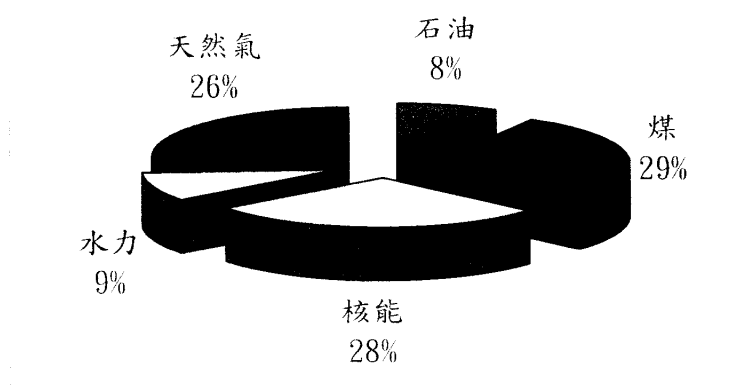
Korea Power Exchange Co. Ltd (KPX)

即火力電廠電力公司 5 家，水力核能電廠電力公司 1 家 (KHNP)，火力電廠電力公司要民營化，而水力核能電廠電力公司仍然維持國有，因為政府釋出之股票購買率低，火力電廠電力公司民營化還未達成。

電力總裝置容量 56,074MW，尖峰負載 47,385MW，依燃料別詳分如下表：

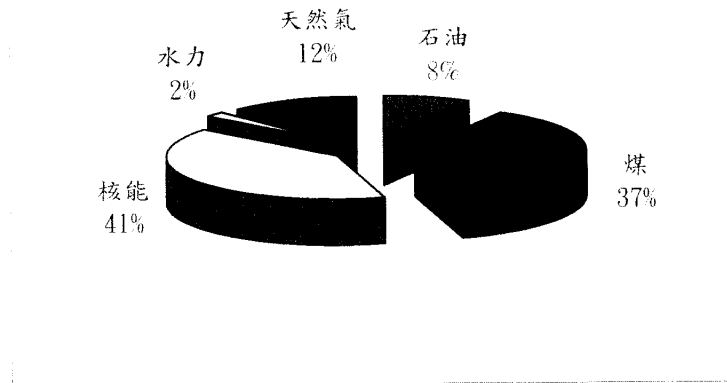
電廠型式	裝置容量 MW	機組數
核能	15,270	18
火力	23,390	195
複循環	13,090	109
水力	3,870	141
合計	56,074	463

2003年裝置容量燃料別佔比



2003年總發電量 322,314GWh，售電量 293,569GWh，依燃料別詳分如下圖：

2003年發電量燃料別佔比



2-2 韓國核能發電發展歷程

1957年成為 IAEA 會員

1958年公佈原子能法

1959年設立第一座研究用反應器---TRIGA Mark--II

1968年因能源危機，決定發展核能發電

1971年開始建造第一部核能機組 Kori 一號機(600 MW 西屋公司 PWR 型)，全靠西屋公司提供技術與設備。

1977年開始建造第二部核能機組 Kori 二號機(同 Kori 一號機)，及第二部核能機組(Wolsong 一號機，650MW CANDU PHWR)。

1978年 Kori 一號機商轉。

1984年開始核能發電技術自主計畫，預定10年內完成人力資源培育，與各相關國外公司簽定技術移轉合約，以 Kori 三、四號機，Ulchin 一、二號機，Yonggwang 一、二號機作為技術移轉電廠，邊作邊學。

1990年韓國政府指定有關設備專賣權，分配各廠商研製特定設備，電廠於採購相關設備時，如國內廠商可自製，則不管價格是否高於外貨，一律向國內製造商採購。

1998年第一部自行設計之核電廠「韓國標準型核能電廠 KSNP---PWR·2 loop、1000MW」Ulchin 三號機，開始商轉。

預計2010年改良型 KSNP'核能電廠 Shin-Kori 一號機商轉，2014年進步型 APR1400 核能電廠 Shin-Kori 三號機商轉。

2-3 韓國現有運轉中核電廠型式：

反應器型式	電廠機組
KSNP 1000MW	Yonggwang #3-6, Ulchin #3-6,
Westinghouse PWR 600MW	Kori #1-2
Westinghouse PWR 900MW	Kori #3-4, Yonggwang #1-2
Framatome PWR 900MW	Ulchih #1-2
CANDU 600MW	Wolsong #1-4

●建造時依國外公司提供的優惠條件為選擇反應器型式根據，但都是壓水式核電廠。

2-4: 建廠/計劃中核電廠

4 部機興建中，另 4 部機已取得開工許可，開始廠址整地。詳如下表：

電廠機組	反應器型式	容量(MW)	電廠型式	商轉日期	
Ulchin	#5	PWR	1000	KSNP	Jun. 2004
	#6	PWR	1000	KSNP	Jun. 2005
Shin-Kori	#1	PWR	1000	KSNP ¹	Sep. 2008
	#2	PWR	1000	KSNP ¹	Sep. 2009
	#3	PWR	1400	APR1400	Sep. 2010
	#4	PWR	1400	APR1400	Sep. 2011
Shin-Wolsong	#1	PWR	1000	KSNP ¹	Sep. 2009
	#2	PWR	1000	KSNP ¹	Sep. 2010

預計在 2015 年核能發電佔總裝容量之 35.2%，總發電量之 50%

2-5: 韓國核電工業現況

自行設計已達 95%，目前有能力設計三款型式反應器核電廠---KSNP、KSNP¹及 APR1400(Advanced power Reactor 1400MWe)。79%相關設備已能自行製造，如核燃料、反應爐、蒸汽產生器、汽機、發電機、馬達、泵、管路、閥等。部份設備如反應器冷卻水泵和離心式注水泵，因市場規模因素，尚未自製而向國外廠商購買(反應器冷卻水泵向德國西門子買)。

核電廠 2003 年平均容量因素達 94.2%，高出世界平均 76.5%甚多，有 5 部機排名世界前 10 名，Kori 三號機原設計是 952MW，實際平均發電 1,000MW，容量因素超過 100%。Ulchin 三號機曾創下連續三個燃料週期 breaker to breaker 連續運轉紀錄。

電廠維護工作由韓國電力公司之子公司 Korea Power Service 公司執行，核能電廠大修工期平均 37.2 天，預定 5 年後達到大修工期 18 天目標。

3: 技術移轉策略及執行步驟

第一階段: 1970 年代以 turnkey 方式引進核能發電廠與技術，主要是 Kori 一、二號機和 Wolsong 一號機。此階段為「技術全靠人」，所有技術全來自外國公司，國內公司僅提供勞力支援、砂石、水泥及鋼筋等。

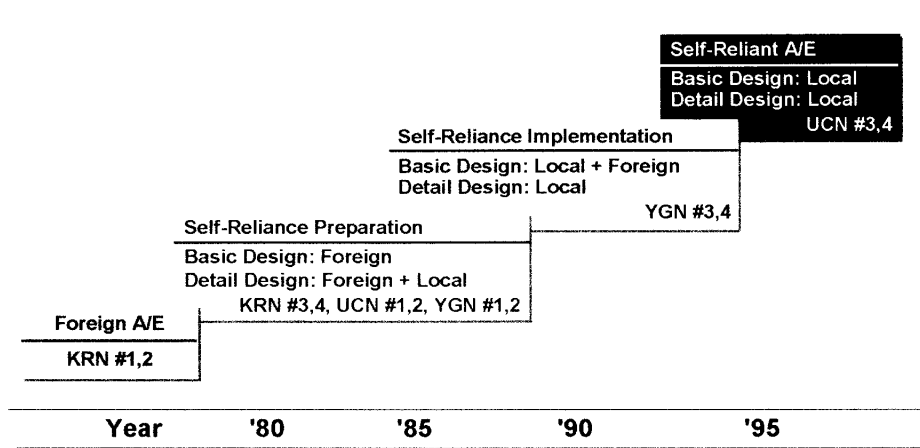
第二階段: 此為「技術取得」階段，1980 年代起由韓國政府主導，開始核能發電技術自主計畫，分為系統設計及設備製造兩部份進行(80 年代後期才進行設備製造技術移轉)。以 Kori 三、四號機，Ulchin 一、二號機，Yonggwang 一、二號機作為系統設計技術移轉開端，簽定建廠合約時加入技術移轉條款，明定移轉項目及進度。電力公司派人至外國公司訓練，邊學邊作，政府負擔一切費用，並追蹤移轉進度。結訓後人員進工地，直接執行建廠工作。系統基本設計由外國公司執行，訓練人員和外國公司人員共同作細部設計。國內設備製造廠家則製作 BOP 之泵、空調、開關場等設備；蒸汽產生器、汽機等主要設備則僅作組裝工作。

1985 年簽定設備製造技術移轉合約，以 Yonggwang 三、四號機作為設備製造技術移轉開端，設備製造廠之資金則由政府及電力公司支援。此時系統基本設計由國內人員和外國公司人員共同執行，細部設計則是全由本國人員執行。

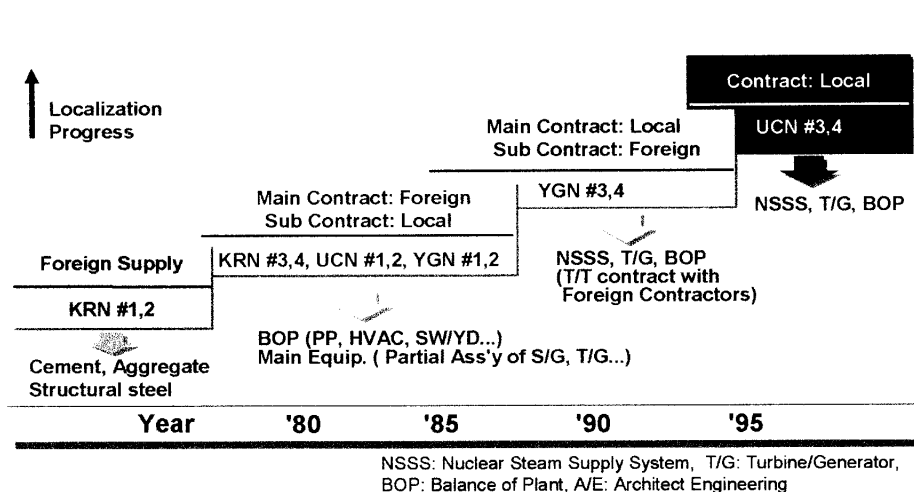
第三階段: 1990 年開始技術自主階段，自行設計 1000MW 二迴路韓國標準型核能電廠(KSNP--- Ulchin 三、四號機)，主要設備如反應器、蒸汽產生器、汽機/發電機等皆已可國內廠商自製供應。這時實行設備專賣權，即使價格比外國製設備貴，也要優先採購國內產品。

現在已有 8 部自行設計及製造的機組運轉中，並已設計完成改良型的 KSNP 及進步型的 APRI400 核電廠，目前開始建造中。

系統設計技術移轉過程



設備製造技術移轉過程



4: 韓國核能電廠維護工作

電廠平日例行維護及大修工作，全部由 Korea Plant Service & Engineering Company (KPS) 負責，KPS 公司於 1974 年成立，是 KEPCO 子公司。目前員工人數三千七百多人，維護機具二萬多件(總值八仟七百萬美元)，擁有 3 處訓練中心，整個公司的功能類似以台電公司修護處、檢測隊、訓練中心及電力研究所四個單位合併而成。KPS 公司經營目標 *To be a World Leader in the field of Plant Service*。

KPS 工作服務項目有：

- (1) 平日維護工作，包括預防保養、預測保養及故障修復等。
- (2) 機組大修工作，包括反應器維護及更換燃料、蒸汽產生器檢查及修復、反應器冷卻水泵檢查及修復、汽機/發電機檢查及修復、機/電/儀設備修復等。
- (3) 專家羣特殊案件工作，包括大型轉子及泵/馬達修復/平衡、儀器及控制系統診斷、汽機組件及發電機診斷、振動分析及電力/電子設備診斷等。
- (4) 核能技術中心，工作項目包括反應器組件、反應器冷卻水泵/馬達組件、蒸汽產生器一、二次側組件及安全閥等故障診斷，運轉前/中測試(Prc and In Service Inspection)，超音波及渦電流檢測(Ultrasonic & Eddy Current Testing)。目前全國有 214 部機由 KPS 提供維護服務，包括 18 部核能機組、水力 36 部機、火力(煤、石油)38 部機及複循環 99 部機。自 1978 年起至今，累計核能機組大修次數為 121 部機。除韓國國內電廠維護工作經驗外，KPS 亦曾和外國公司合作參與外國電廠維護工作，詳如附表。

Company	Westinghouse	Master-Lee	Anatec	Wesdyne	Brooks	Crane Nuclear	Others
Country	USA, Belgium, Slovenia, Brazil	USA	USA	China	USA	USA	Belgium, China
Power Plant	47	7	7	1	6	1	3
Field	GTSPR, QDA RCP, ROSA Refueling	QDA	QDA	Bottom Head Inspection	UBIB/SWATS	AOV	RVHP Inspection, Refueling,
Personnel	144	21	22	1	14	2	5

(二)參訓人員所屬國經濟及電力現況簡報摘要

1. 中國

能源以煤和水力為主，煤礦集中於北部和西北部，水力資源在西南部，工商業集中於東南沿海。估算如是所需電力全靠在東南沿海建造燃煤火力電廠來供應，則運輸煤要佔去公路運輸量的 25%，鐵路運輸量的 48%；再加上防治環境污染考量，於是制定「全力發展水力發電，適當發展核能發電」政策。目前有 9 部核能機組運轉中，佔全數供電量之 1.3%，4 部核能機組興建中，預定在 2010 年完成 20 部核能機組。

現有運轉中核能機組及計畫中機組詳細資料如下表：

機組	反應器 型式	淨功率 (MWe)	商轉日期	反應器 供應商	汽機/發電機 供應商	建造商
大亞灣 1	PWR	944	1994·2	Framatome	GEC/Alsthom	HCCM/其他
2	PWR	944	1994·5	Framatome	GEC/Alsthom	HCCM/其他
嶺澳 1	PWR	935	2002·7	Framatome	GEC-Alsthom	GEC-Alsthom
2	PWR	935	2003·3	Framatome	GEC-Alsthom	GEC-Alsthom
秦山 1	PWR	279	1994·4	CNNC	CNNC	CNNC
2	PWR	610	2002·6	CNNC	CNNC	CNNC
3	PWR	610	2003·4	CNNC	CNNC	CNNC
4	PHWR	665	2003·2	AECL	Hitachi	CNNC
5	PHWR	665	2003·11	AECL	Hitachi	CNNC
田灣 1	VVER	1000	2004·12	AEE&ZAES	AEE&ZAES	CNNC
2	VVER	1000	2005·12	AEE&ZAES	AEE&ZAES	CNNC

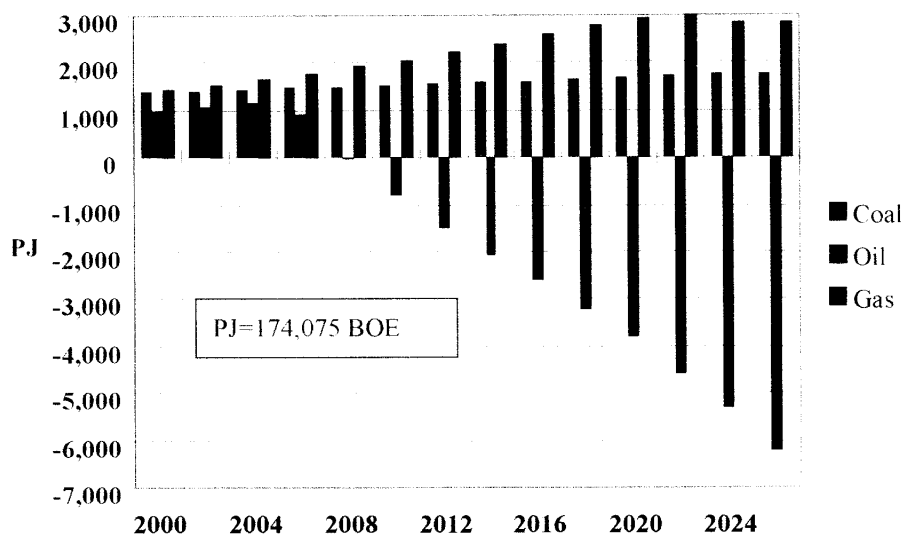
2. 香港

兩家私人電力公司 CLP Power Hong Kong Limited (CLP) 及 the Hongkong Electric Company Limited (HEC)，CLP 供應九龍、新界地區電力，HEC 供應香港及鄰近小島地區電力，此地區部份電力也由大亞灣核能電廠供應。香港電廠大部份是燃煤及天然氣發電廠，也有少數水力電廠。香港政府作電力管理。CLP 擁有鄰近的大亞灣核電廠 25% 股份。1997 年後經濟開始轉差，平均個人所得逐年遞減，經濟指數如下表。2004 年 1 月與中國之 The Closer Economic Partnership Arrangement (CEPA) 生效，再加上中國遊客大量湧至，經濟才逐漸好轉。現今製造業用電量僅為 90 年代之 $\frac{1}{3}$ ，總用電量隨服務業發展而增長，製造業 GDP 佔比從 1980 年之 23.6% 降為現今之 5.2%。

	1997	1998	1999	2000	2001	2002
GDP growth rate (%)	5.1	-5.0	3.4	10.2	0.5	2.3
GDP (HK\$ billion)	1,345	1,280	1,246	1,288	1,270	1,260
Population (million)	6.5	6.5	6.6	6.7	6.7	6.8
Per capita GDP (US\$)	26,762	25,253	24,313	24,811	24,214	23,800

3. 印尼

在東南亞國家中，平均每人能源消費量最低，依賴出口天然氣、石油賺取外匯，因開採技術問題及國內自用量增加，預估 2009 年起無法再出口石油。政府及國會已達成共識，一致認為「核能發電對環境最友善，能為長期發展提供穩定電力」，故決定發展核能發電以保存石油及天然氣，確保能繼續出口賺外匯；已委請韓國完成核能電廠可行性評估，將在爪哇中部建造第一座核電廠，預計 2016 年商業運轉。預估能源貿易累計量如下圖，2009 年後從石油輸出國變成輸入國。



4. 馬來西亞

有 3 家電力公司，在 3 處不同地區提供電力，Tenaga Nasional Berhad (TNB) 在馬來西亞半島，Sabah Electricity Supply Sendirian Berhad (SESB) 在 Sabah 省，Sarawak Electricity Supply Corporation (SESCO) 在 Sarawak 省。馬來西亞半島地區還有 11 家獨立電力公司 (IPP) 發電賣給 TNB。大部份是燃煤及天然氣發電廠，政府已設定化石能源每年最高開採量，因為現今核能電廠經濟裝置容量為 900~1000MW，依電力需求趨勢預估，及考量電力系統規模，在 2020 年前可還不必有核電廠，但已認知必須提早對核能發電進行了解及評估。

TNB 裝置容量：

Plant Generation Type	Installed Capacity
• Conventional Thermal (Oil/Gas)	1,560.0 MW (9.0%)
• Conventional Thermal (Coal)	2,980.0 MW (17.2%)
• Hydro	1,910.5 MW (11.0%)
• Gas Turbine	1,653.0 MW (9.6%)
• Combined Cycle	2,050.0 MW (11.9%)
• Diesel	14.1 MW (0.1%)
• IPP, Dedicated Power Producers, Cogenerators	7,126.0 MW (41.2%)

SESB 及 SESCO 裝置容量：

Plant Generation Type	Installed Capacity	
	Sabah	Sarawak
• Conventional Thermal (Oil/Gas)	-	50 MW
• Conventional Thermal (Coal)	-	-
• Hydro	66 MW	101 MW
• Gas Turbine	104 MW	289 MW
• Combined Cycle	-	-
• Diesel	302 MW	117 MW
• Other (Rural Electrification: Diesel & Mini Hydro)	6 MW	-
Total	478 MW	557 MW

5. 越南

全國電力總裝置容量 10,010MW，最高負載為 7,408MW，2003 年總發電量為 40,924GWH，(我國為 173,810GWH)，其中水力發電量佔 46.4%，火力 23.6%，柴油氣渦輪 30%。

依現在經濟發展趨勢預計，在 2015 年即會有電力短缺問題，所以已在 1999 年委請韓國完成核電廠可行性評估，2004 年決定興建核能電廠，計劃於 2017 年開始商轉，2020 年核能發電佔全國總發電量的 11.1%。現行 100MW 以下之發電廠開放私人設立。

電力裝置依燃料別佔比如下表所示：

Nº	Generating structure	1999	2000	2001	2002	2003
	Total generation (GWh)	23739	26593	30608	35795	40924
	Growth rate (%)	9.6	12.0	15.0	16.9	14.3
	KWh per capita	309	341	389	449	507
	Peak demand (MW)	4329	4893	5655	6552	7408
	Load factor (%) (LF)	62.6	62.1	61.6	62	63
1	Hydro power gen.	13937	14547	18210	18198	18986
	Share (%)	58.7	54.7	59.4	50.8	46.4
2	Thermal power gen.	5386	5941	6462	8008	9688
	Share (%)	22.7	22.3	21.1	22.4	23.6
3	Diesel-GT power gen.	4416	6105	5936	9589	12250
	Share (%)	18.6	23.0	19.3	26.8	30

6. 智利

天然資源僅有水力，全國電力總裝置容量 10,465.9 MW，總供電量為 42,633.3GWH，水力電廠供電量佔全數之 53.4%，天然氣電廠供電量為 46.6%，天然氣全由阿根廷供應，阿根廷進入冬季後，天然氣使用量上升，再加上能源公司私有化後管理不當，造成天然氣供應失調，自用已不足，即減少對其他國家輸出天然氣，使得智利電力供應倍增壓力。目前無發展核能發電計畫。

發電量依燃料別佔比如下表：

Electric Energy Generation (GWh)				
YEAR	Hydraulic	Others Thermics	Combined Cycle	Total (GWh)
2002	22,605	9,535	10,213	42,353
2001	21,259	9,810	10,217	41,286
2000	18,832	12,730	8,024	39,586
1999	13,379	18,831	5,809	38,019
1998	15,855	19,031		34,885
1997	18,828	13,721		35,549

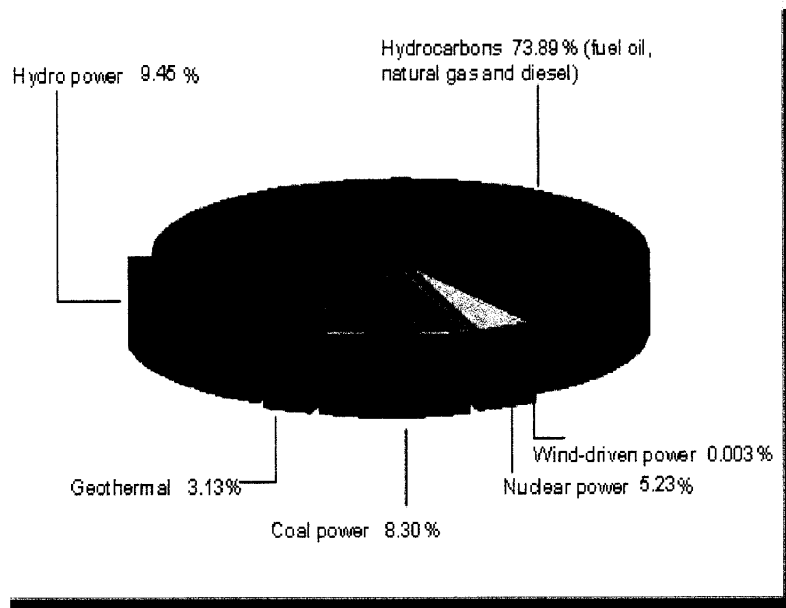
7. 秘魯

天然資源有天然氣、水力、石油、煤、鈾等，以天然氣為大宗。電力總裝置容量 5,920MW，其中水力電廠佔 51%，化石燃料火力電廠為 49%(天然氣電廠佔 16%，柴油氣渦輪電廠為 24%，燃煤電廠 9%)。2003 年總供電量為 22,891 GWh, 水力電廠提供 81%電量，其電力網和厄瓜多爾電力網連接。正計劃將舊式燃油電廠改為天然氣電廠，經過評估，如果往後天然氣使用量受限，則會選擇核能發電來提升全國電力網的穩定度。有意執行核電廠可行性評估。

8. 墨西哥

天然氣存量全球第 21，石油存量全球第 9，產量全球第 7，依公司規模來比較，其 PEMEX 石油公司為全世界第二大，全產量的 55%出口，天然資源還有鈾礦。The Comisión Federal de Electricidad 為國有電力公司，全國電力總裝置容量為 43,726.7 MW(含 14 家 IPP, 裝置容量 6,755.7MW)。現有一座核能電廠 Laguna Verde's Nuclear Power Plant，2 部機裝置容量皆為 682.44MW, 反應器為奇異公司 BWR-5, MARK-II 型，汽輪發電機為日本 Mitsubishi 公司製。發電量佔全國供電量之 5.23%。為提高效率及減少 CO₂ 排放量，計劃將舊式燃油電廠改為天然氣電廠。

供電量依燃料別佔比如下圖：



(三)機構、公司及核能電廠參訪

總計參訪了9家公司，一家研究機構，二座核能電廠，分別為：

- 1、公司:POSCO鋼廠(Pohang Steel Company)、現代重工(Hyundai Heavy Industry)、現代汽車(Hyundai Motors)、斗山重工(Doosan Heavy Industry)、三星電子(Samsung Electronics)、韓國核燃料公司(Korea Nuclear Fuel Company, Ltd.)、韓國電力工程公司(Korea Power Engineering Company, INC.)、韓國水力核能電力公司(Korea Hydro & Nuclear Power Company, Ltd.)、韓國電力調度公司(Korea Power Exchange Company)。

參訪內容和一般民眾旅遊參觀團無異，觀看簡報短片後，由車子載運繞廠一圈，或進入廠內沿參觀路線，快速通過觀看生產過程。安排參訪這些公司的主要目的是展現韓國工業的規模與製造能力，沒有機會進一步了解其中生產及管理技術特點。

- 2、研究機構:韓國原子能研究所---KAERI Korea Atomic Energy Research Institute
參觀 HANARO (High-flux Advanced Neutron Application Reactor)30MW
研究用反應器,該反應器是 KAERI 在 1995 年 4 月所建造。其用途是核燃料材料試驗、同位素生成、提供中子源等。

3、核能電廠:Wolsong 及 Ulchin 核電廠

3-1、Wolsong 核電廠

Wolsong 核電廠基本資料，四部機運轉中：

機組	裝置容量 MW	反應器型式	反應器緩和劑冷卻劑	反應器供應商	汽機/發電機供應商	建造商	商轉日期
1	678	CANDU PHWR 2-LOOP	重水 D ₂ O	AECL	NEI Parson	Hyundai/Donga	1983/04
2	700	CANDU PHWR 2-LOOP	重水 D ₂ O	AECL	Doosan/GE	Hyundai/DaeWoo	1997/07
3	700	CANDU PHWR 2-LOOP	重水 D ₂ O	AECL	Doosan/GE	Hyundai/DaeWoo	1998/07
4	700	CANDU PHWR 2-LOOP	重水 D ₂ O	AECL	Doosan/GE	Hyundai/DaeWoo	1999/10

同一廠址內正在興建兩座新機組，基本資料如下：

機組 Shin-Wolsong	裝置容量 MW	反應器型式	反應器緩和劑冷卻劑	反應器供應商	汽機/發電機供應商	建造商	商轉日期
1	1000	KSNP ⁺ PWR 2-LOOP	輕水 H ₂ O	Doosan	Doosan/GE	Samsung/Donga	2009/09
2	1000	KSNP ⁺ PWR 2-LOOP	輕水 H ₂ O	Doosan	Doosan/GE	Samsung/Donga	2010/09

參觀過程是先在簡報室看 10 分鐘簡報短片，再到展示館看燃料棒實體模型、系統介紹圖等，接著參觀養魚場、用過燃料乾式貯存場、低階核廢物貯存場，進入廠房參觀控制室、汽機間、反應器間人員/設備通道、用過燃料池。最後到訓練中心看模擬器訓練。全程可自由照像。

參訪心得分述如下：

(1) 廠內的用過燃料池僅能存放 6 年運轉產生的用過燃料，至今還未找到最終貯存場，所

以在廠內蓋室外型乾式貯存槽。

- (2) CANDU 型反應器可不必停機而在運轉中更換燃料，但產生的核廢料較其他型式核電廠來得多，Wolsong 電廠廠長對此感慨很深，有其利必有其弊。
- (3) 其低階核廢料原設計是每部機每年 250 桶，經過多年努力改進，現在是 4 部機每年總共五百多桶，已經把產量降為一半，但一知道核三廠兩部機每年總共才產生 16 桶低階廢料，驚訝不已。
- (4) 養魚池是在室內，這點和核三廠不同，而其規模也來得大，並且是選擇高級海產來飼養，像韓國特有的海螺，每個即要韓幣壹萬元(折合台幣約 310 元左右)。
- (5) 控制室內每值有六個人(現場巡視有四人)，緊急計畫技術支援中心(TSC)就在控制室外，隔著透明玻璃窗可清楚看到控制室內情況。
- (6) 汽機間參觀平台高度和汽機間維修大吊車幾乎等高，隔著玻璃窗可看到高壓汽機、低壓汽機、發電機、和汽水分離再熱器。除了大吊車外，在較低高度，沿著汽輪發電機組軸向方向設有門式吊車，方便汽輪發電機組大修工作。
- (7) 廠內參觀路線沿途地板都是鋪設防滑塑膠地板，樓梯每一階也是如此。
- (8) 訓練中心的佈置很柔性，牆上掛書法及繪畫，不見得每件事外表都要顯現硬梆梆才是有效率。
- (9) 模擬器訓練室外設有討論區，四週佈置著控制室盤面的縮小照片，訓練後組員可在討論區就訓練過程中的優缺點提出意見。

3-2、Ulchin 核電廠

Ulchin 核電廠基本資料，四部機運轉中：

機組	裝置容量 MW	反應器型式	反應器緩和劑冷卻劑	反應器供應商	汽機/發電機供應商	建造商	商轉日期
1	950	PWR 3-LOOP	輕水 H ₂ O	Framatome	Alstom	Hyundai/ Donga	1988/09
2	950	PWR 3-LOOP	輕水 H ₂ O	Framatome	Alstom	Hyundai/ Donga	1989/09
3	1000	KSNP PWR 2-LOOP	輕水 H ₂ O	Doosan	Doosan/ GE	Hyundai/ Donga	1998/08
4	1000	KSNP PWR 2-LOOP	輕水 H ₂ O	Doosan	Doosan/ GE	Hyundai/ Donga	1999/12

同一廠址內正在興建兩座新機組，基本資料如下：

機組 Shin- Ulchin	裝置容 量 MW	反應器 型式	反應器 緩和劑 冷卻劑	反應器 供應商	汽機/發 電機供 應商	建造商	商轉 日期
1	1000	KSNP ⁺ PWR 2-LOOP	輕水 H ₂ O	Doosan	Doosan/ GE	Samsung/ Donga	2004/06
2	1000	KSNP ⁺ PWR 2-LOOP	輕水 H ₂ O	Doosan	Doosan/ GE	Samsung/ Donga	2005/06

參觀過程是先在簡報室看 15 分鐘簡報短片，再到訓練中心看模擬器訓練，接著到大簡報室(約可容納 100 人左右的電影院)看核能宣傳立體電影，出了大簡報室，人員用車子載運到廠區最高點鳥瞰全廠區六部機景觀。接著到 Shin-Ulchin 一號機沿參觀路線看控制室、汽機間、用過燃料池等，最後進入建造中的 Shin-Ulchin 二號機汽機間及反應器間看現場設備。全程皆不可以照像。

參訪心得分述如下：

- (1) 蓋在電廠外的展示館結合當地的民眾活動中心，周遭環境設計成一座公園，活動中心內有保齡球館、健身房、熱水游泳池及圖書館。熱水游泳池的熱源來自電廠溫排水。經費全由電力公司支出。
- (2) 電廠簡報短片中，首先是當地名勝古蹟風景區介紹，此段佔去三分之二時間，接著是電廠和當地居民互動相處和樂的畫面，如此一來核能電廠不會破壞環境、不是想像中那樣地妖魔鬼怪的印象就植入參觀者的腦中。
- (3) 立體電影要戴上特殊的眼鏡來看，內容除一般核能知識、核能發電原理外，還包括以電腦動畫介紹大修燃料更換、反應器冷卻水泵維修等，效果勝過千言萬語之宣傳解說。
- (4) Shin-Ulchin 一號機參觀路徑所規劃的，與以往參觀過的核能電廠有很大不同，一踏進廠房正面牆上掛的是世界名畫(複製品)及當地藝術家作品，角落還佈置小型的水車流水花園，側面牆大型平面電視畫面是世界名畫，隔段時間即變化畫面。使用時可展示出參觀路線動畫，用手指在各停留點一點，就會顯示該處的文字說明及照片。走動路徑沿途空間裝璜，像似在美術館看「與環境和平相處」大型照片展覽，並且有音樂陪襯，所要表現的是與眾不同的質感。參觀的內容是控制室、汽機間及用過燃料池。
- (5) Shin-Ulchin 二號機尚在建造中，故有機會進入到汽機間及反應器間內實地 walkdown。汽機間設備的空間佈置比核三廠來得寬敞，應是有考慮往後設備維修空間需求。因為是 2-loop 反應器型式，反應器間內的空間亦比核三廠來得大，反應器冷卻水泵應該可以在裏面進行維修，沒有設計大型污染設備維修工廠。

六、心得與建議：

- (一)韓國舉辦此次訓練課程的目的，是向有意建立核能電廠的國家，介紹其核能發電技術能力，及彼此可以合作的範圍與方式，顯示出韓國核能發電業界開擴國外市場的意向及決心，工廠參訪亦是展現其工業製造能力及規模。所以僅在”韓國標準型核電廠”、”建廠管理”、”技術移轉”等項目之介紹較為詳細，其他進一步深入的技術問題則略而不談。
- (二)韓國沒有天然能源資源，核能是必要的選擇，情況與日本、台灣相同，據其預估，全世界核能發電工業在2010年將再興起，所以現在積極準備參與此市場，並且已幫印尼、越南完成核能電廠可行性評估，成功地踏進這兩個國家的市場大門。
- (三)韓國人的”執念”，不管作什麼事，一定舉全國之力達到「最大、最好、技術自主」的目標。核能電廠的技術從設計、建造到維護也是如此連貫地深耕。反觀我們，不提自行設計電廠，連本身已有的電廠維護工作技能，也可能會在「大包商」的政策下流失殆盡。忘情遠眺天際彩虹，也要小心不可踏壞腳下玫瑰。
- (四)講課時常有講師問起「台灣為何要停核電廠」，其他國家參訓者亦有此疑問。回顧環保及核安記錄，我們不會自我醜化地回答說「沒有能力管理好核能電廠」，評估經濟及國力現況，也不能自我「膨風」地說「台灣即使現在把核能電廠停掉，經濟照樣穩健發展」，只好避開話題說「台灣在找到核廢料最終貯存場及缺電這兩種情況都成立時，還是會繼續興建核能電廠」，沒有回答問題也算是一種回答吧。
- (五)印尼代表說，「國際反核團體在日本已沒有市場，就到台灣營造新的舞台，現在準備到印尼去開拓新的揮灑空間」，他開玩笑的說，最好這一批反核人士就留在台灣好了，讓印尼有機會趕快把核能電廠建成。兩相比較之下，沒有天然能源資源的台灣，要關掉核能電廠，天然能源資源豐富的印尼，要建核能電廠，好省下天然氣賣給台灣——實在諷刺之至。
- (六)在準備「參訓人員所屬國經濟及電力現況簡報」資料時，發現本公司網站及企業網站都無公司宣傳短片，建議在公司企業網站設立公司宣傳短片供各單位自由下載。
- (七)本公司網站介紹核能電廠之網頁內容不夠生動，目前以靜態表列資料方式來介紹核能電廠，畫面生硬無趣，也無法有效介紹核能發電原理、電廠設備及核廢料處理方法。建議以動畫來介紹核能發電原理、電廠設備及核廢料處理方法；內容可參考韓國水力核能電力公司網站類似作法。(www.khnp.co.kr之 Cyber Tour 網頁)。此項已另提員工提案。