

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：考察)

考察NEW IERE國際性資料交換與合作活動組織  
及日本與加拿大新發電技術與新能源利用

服務機關：台灣電力公司  
出國人員 職 稱：一般工程師  
姓 名：鄭增祥  
(姓名代號)：552911

出國地點：日本、加拿大  
出國期間：89年11月23日至12月7日  
報告日期：90年元月18日  
出國計劃：89年度第199號

G3/  
C08907491

# 考察 NEW IERE 國際性資料交換與合作活動組織及日本與加拿大新發電技術與新能源利用

## 目 錄

|  |    |
|--|----|
| 壹、前言   | 1  |
| 貳、NEW IERE(International Electric Research Exchange)協會 | 4  |
| 一、NEW IERE 的源起   | 4  |
| 二、NEW IERE 會員種類、年費及享有之權利                               | 4  |
| 三、NEW IERE 的組織與活動                                      | 6  |
| 四、台電加入此一組織的背景及 NEW IERE 目前情況                           | 8  |
| 參、日本北海道電力公司  | 9  |
| 一、概要   | 9  |
| 二、北海道電力公司總合研究所 (R&D Dept.)                             | 12 |
| (一)概要  | 12 |
| (二) R&D Dept.除電力經營必要的研究工作外其目前                          |    |
| 主要研究課題   | 12 |
| 1.農漁養殖產品技術的改良  | 13 |
| 2.製造工業技術的改良  | 13 |
| 3.生活與環境技術的改善   | 13 |
| 三、北海道電力公司的風能利用   | 15 |

|   |    |
|---|----|
| 肆、加拿大天然資源部能源研究中心(CANMET)                  | 17 |
| 一、概況                                      | 17 |
| 二、太陽牆 (Solarwall)                         | 18 |
| (一) Canadair 建造太陽牆的緣起                     | 19 |
| (二) Solarwall 的原理                         | 19 |
| (三) Solarwall 安裝情況                        | 20 |
| (四)經濟效益                                   | 21 |
| 三、CETC 的粉煤燃燒研發概況與研究項目                     | 21 |
| 伍、加拿大魁北克電力公司天然災害對策及支援系統                   | 24 |
| 一、前言                                      | 24 |
| 二、魁北克電力公司天然災害對策及支援系統規劃                    | 24 |
| (一)規劃前提與優先處理順序                            | 24 |
| (二) 1999 年魁北克電力緊急災害支援計畫制訂準則               | 25 |
| (三)採行之決策層次                                | 26 |
| 三、1998 年元月大冰雪風暴緊急災害處理對策                   | 27 |
| (一)魁北克電力的主要輸電設備及在冰暴發生前的概況                 | 27 |
| (二)魁北克電力在冰暴發生時受損情況及發生後的善後處理               | 28 |
| 陸、加拿大 Ontario Power Generation Inc. (OPG) | 34 |
| 一、概況                                      | 34 |
| 二、汽機葉片破損分析情形                              | 35 |
| 柒、結論與建議                                   | 37 |

# 表目録

|  |    |
|--|----|
| Table 1 : LISTS OF NEW IERE's EXECUTIVE AND REGULAR MEMBERS..... | 39 |
| Table 2 : ORGANIZATION CHART OF HEPCO.....                       | 42 |
| Table 3 : HOKKAIDO ELECTRIC GROUP COMPANY.....                   | 43 |
| Table 4 : HEPCO's SERVICE AREA AND ELECTRIC POWER SYSTEM.....    | 44 |
| Table 5 : ORGANIZATION AND HISTORY OF R&D DEPARTMENT, HEPCO..... | 45 |

## 圖目錄

|        |   |    |
|--------|---|----|
| Fig.1  | The outline of a road-heating system using a waste water source heat pump.....      | 46 |
| Fig.2  | Windmills in Tomari, HEPCO (1) .....  | 47 |
| Fig.3  | Windmills in Tomari, HEPCO (2) .....  | 48 |
| Fig.4  | Solarwall installed at Canadair facility.....                                       | 49 |
| Fig.5  | Principle of solarwall operation.....   | 49 |
| Fig.6  | Solar cladding mounted on a metal wall.....   | 50 |
| Fig.7  | Chart of Operational Coordination Unit, Hydro-Quebec Canada.....                    | 51 |
| Fig.8  | Chart of Strategic Coordination Unit, Hydro-Quebec Canada.....                      | 52 |
| Fig.9  | Diagram of the Transmission System before the Ice Storm.....                        | 53 |
| Fig.10 | Radial Thickness of Ice on Conductors in Quebec on January 9, 1998.....             | 54 |
| Fig.11 | Number of Customers Without Power from January 5 to February 5, 1998. ....          | 55 |
| Fig.12 | Load Losses Caused by the Ice Storm from January 5 to January 25, 998. ....         | 56 |
| Fig.13 | Ontario Power Generation's Fossil Generating Stations and Generating Capacity. .... | 57 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| Fig.14 | Chart of OPG's Electricity Production.....                                 | 58 |
| Fig.15 | Chart of OPG's Electricity Production (FOSSIL).....                        | 59 |
| Fig.16 | Nanticoke Unit 1, HP Rotor, Ontario Power.....                             | 60 |
| Fig.17 | Cracking at the balance piston, HP Rotor, Ontario Power.....               | 61 |
| Fig.18 | Cracks at the balance piston/Shaft radius, HP Rotor, Ontario<br>Power..... | 62 |
| Fig.19 | Nanticoke U6 L-1 Turbine Blade Failure.....                                | 63 |

## 壹：前言

本次職奉派考察 New IERE 國際性資料交換與合作活動組織及日本與加拿大新發電技術與新能源利用，為期 14 天。因在考察任務結束依行程應於 12 月 5 日從加拿大多倫多國際機場搭乘加拿大楓葉航空班機至溫哥華轉搭當日華航班機返台，由於多倫多機場下大雪，飛機延遲起飛，致使無法銜接返台之華航班機，復經加航安排於次日同時間之華航班機返台，因此，抵台之日期較原訂日期多一天。此次出國考察之主題包括(1)位於日本東京之 IERE 協會，考察其國際性資料交換與合作活動組織之架構與功能(2)日本北海道電力公司之研發情形與風能的利用(3)位於渥太華之加拿大天然資源部能源研究中心 (CANMET)，考察其太陽牆 (solarwall) 的應用及粉煤燃燒研發概況(4)位於魁北克電力公司總部 (在蒙特婁市) 之國際合作及事務處，考察其天然災害因應對策及支援系統及(5)位於多倫多之安大略發電公司(Ontario Power Generation Inc.)，考察其公司概況及汽機葉片破損分析情形。整個出國考察的行程如下：

| 起迄日期                      | 機 構 名 稱                                | 地 點 | 工 作 內 容                                 |
|---------------------------|--|-----|---|
| 89.11.23<br> <br>89.11.23 |  |     | 往程（台北→東京）                               |
| 89.11.24<br> <br>89.11.25 | New IERE 協會                            | 東 京 | 考察日本 New IERE 協會國際性資料交換與合作活動組織之運作       |
| 89.11.26<br> <br>89.11.28 | 日本北海道電力公司                              | 札 幌 | 考察其研發課題與新能源(風能)利用                       |
| 89.11.29<br> <br>89.11.29 |  |     | 行程（東京→台北→溫哥華→渥太華）                       |
| 89.11.30<br> <br>89.11.30 | 加拿大天然資源部能源礦物研究中心(CANMET)               | 渥太華 | 考察其太陽牆及粉煤燃燒設備研發概況與研究項目                  |
| 89.12.01<br> <br>89.12.01 | 加拿大魁北克電力公司總部                           | 蒙特婁 | 考察其天然災害因應對策及支援系統                        |
| 89.12.02<br> <br>89.12.04 | 加拿大 Ontario Power Generation Inc.(OPG) | 多倫多 | 考察 OPG 概況及其汽機葉片破損分析情形                   |
| 89.12.05<br> <br>89.12.05 |  | 溫哥華 | 由於多倫多下大雪飛機延遲起飛，致使無法銜接返台之華航班機，被迫滯留溫哥華一天。 |
| 89.12.06<br> <br>89.12.07 |  |     | 返程（溫哥華→台北）                              |



在此次十四天的考察行程中共計前往① IERE 協會②北海道電力公司③加拿大天然資源部能源研究中心④加拿大魁北克電力公司總部⑤加拿大安大略發電公司等五個機構。由於各個考察地點相隔甚遠，花費在行程上的時間相對的也較多，尤其在加拿大部份由於地廣人稀，各個考察點均需以計程車代步，又適逢寒冬下雪，交通更是困難。

以下之章節，將依職考察機構之先後順序作報告整理，期能提供同仁對這些機構有更深一層的瞭解與認識。

# 貳：NEW IERE 協會

## 一、源起

NEW IERE 協會的前身為在 1968 年 10 月由包括 EPRI, UNIPED, CEA 及 Japan IERE Council 等四個創始會員組成的一種非營利之國際組織。其宗旨在結合全球性合作，利用國際性資料交換及合作活動以提昇 R&D 成效，進而解決電力工業的中長程問題。為要滿足廿一世紀電力市場面臨解制及競爭力的劇增，Japan IERE 更從 2001 年 1 月 1 日起擴充成 NEW IERE，同時尋求全球性的會員加入。

## 二、IERE 會員種類、年費及享有之權利

參與之會員可享有透過 NEW IERE Websites 擷取資料及開發利用的好處，目前有兩種會員型式。

### (一)高級會員 (Executive Member)

#### 1.年費

年費為美金 6,000 元，用來贊助全球性的 NEW IERE 活動經費，並可參與任何的 NEW IERE 活動。

#### 2.權利

- ①高級會員的代表人可參與董事會成員的選舉。
- ②高級會員的代表人及其成員可參加所有的 NEW IERE 活動。
- ③可享有五個點與 NEW IERE Website 連結以接收 NEW IERE 所有之活動與研發等資料。
- ④可利用 Website 與其他會員溝通或提計畫或洽詢問題。

⑤可在總部支援下籌辦 NEW IERE 會議。

⑥可提出 NEW IERE 活動之建議。

(二)一般會員 (Regular Member)

1. 年費

年費為美金 1,500 元，用來贊助全球性的 IERE 活動並可參與 IERE 的任何活動。

2. 權利

①可享有一個點與 NEW IERE Website 連結以接收 NEW IERE 所有之活動與研發等資料。

②可利用 Website 與其他會員溝通或提計畫書或洽詢問題。

③一般會員的代表人及其成員可參與所有 NEW IERE 活動。

④可提出 NEW IERE 活動之建議。

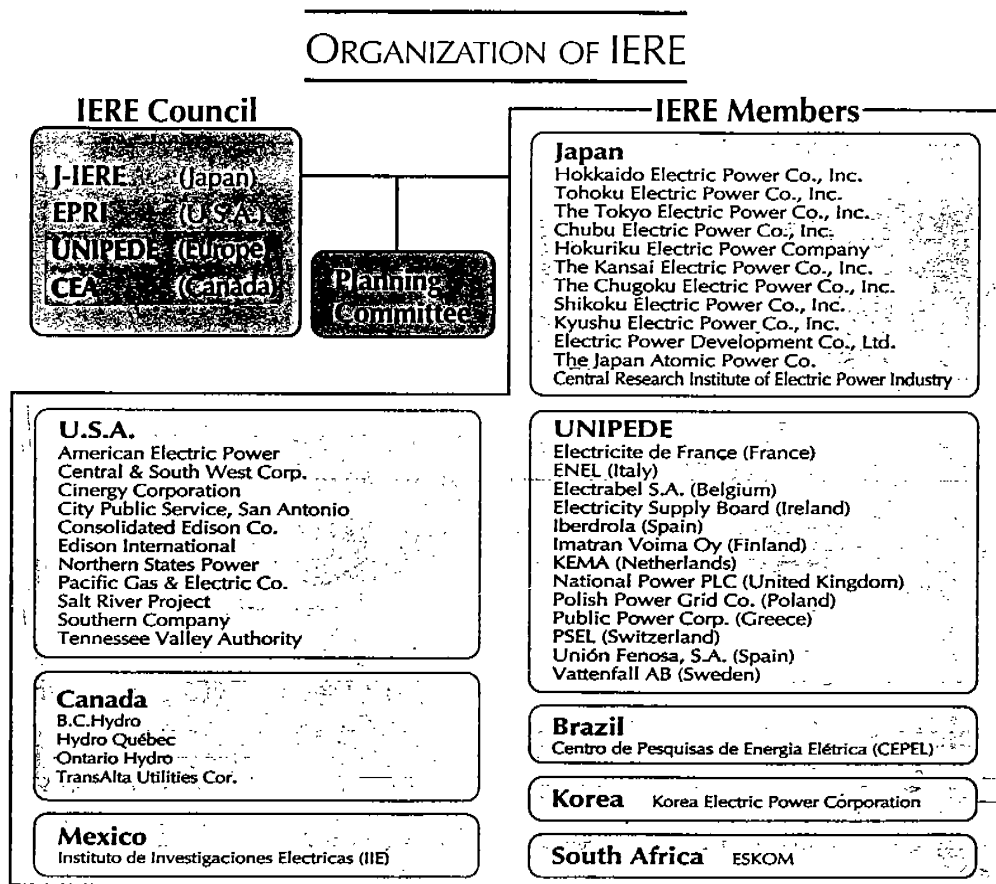
(三) NEW IERE Website:

<http://pilot-iere.dcc.co.jp>

### 三、NEW IERE 的組織與活動

#### 1. Japan IERE 的組織

Japan IERE 在 2001 年 1 月 1 日改組成為 New IERE，在改組前之 Japan IERE 組織如下：



#### 2. NEW IERE 的活動

##### (1) General Meeting——

NEW IERE 的 General Meeting 每 18 個月由協會成員輪流主辦，在 General Meeting 中，電力事業的資深經理人相互討論

R&D 策略等之相關主題以及各自之技術性工作。到目前為止，共舉辦 24 屆 General Meeting。第一屆 General Meeting 於 1969 年在波蘭舉行，此為各會員與不同領域專家意見交流的處所。其中第 24 屆的 General Meeting 更為 IERE 的關鍵性年會，在此一年會中，決定將 Japan IERE 擴充成為 NEW IERE，並開始吸收全球性會員加入，同時修改 IERE 章程。

#### (2) Working Group——

此為一因應在無競爭性及共同利益情況下等之國際性議題所成立的工作小組，亦即當多家電力事業單位認為需要利用一個結合國際性層次的工作小組來共同解決某些特殊議題時，則 Working Group 將會針對此一議題訂出一特定期限來進行調查研究。此種視需要臨時成立之 Working Group 曾經調查研究過 “The Effect of SO<sub>2</sub> on Human Health and Ecology” 及 “The Effect of EMF on Living Organisms”，具有相當意義與成效。

#### (3) Workshop——

此為一技術層次的討論會，討論各電力事業單位間共同技術性的問題，從 1981 年起共舉辦 27 個場次。

#### (4) Forum——

此為電力事業單位經營者與先進科學家共聚一堂來討論電力事業 R&D 策略走向的一種討論會，到目前為止共舉辦了三場此種討論會。

(5) New Activities——

此為一臨時提出之活動，由會員提出計畫書經董事會認可後即可執行。

#### 四、台電加入此一組織的背景及目前情況

綜觀上述，New IERE 對電力產業之 R&D 資料交流提供了更寬廣的溝通管道，對提昇電力事業 R&D 確有助益。由於日本 IERE 協會來函邀請台電加入，經衡量諸多因素，本公司確有加入成為其會員以共享全球性研發資訊資源之必要，復由於此一組織係本公司第一次接觸，初始若能有如一般會員所列之權利應已足夠，因此，本公司自 2001 年 1 月 1 日起即以一般會員的身份加入，爾後再視需要評估調整與會身份。截至目前為止，加入 New IERE 的高級會員有 15 個組織，一般會員有 26 個組織，總共 41 個組織。會員名單如附表一，提供參考。

# 參：日本北海道電力公司

## 一、概要

北海道的總面積為 83,451km<sup>2</sup>，佔日本全國總面積的 22%，人口約為 570 萬，為在日本 47 個縣中屬於第七高人口的縣。

北海道電力公司為日本十大電力公司之一，成立於 1951 年 5 月 1 日，在 1999 年的員工人數為 6440 人，資本額為 1,068,140 仟美元。該公司提供了日本最北方整個北海道約 370 萬用戶的電力，除了設於北海道首府札幌市的總部外，在整個北海道地區也設立很多辦公室聯絡網，藉以滿足當地用戶特殊的需求或服務。

北海道電力公司的經營理念在強調尊重人性及承諾提供整個區域良質穩定且有效率的供電服務。根據此諸理念，北海道電力的主要目標在提供北海道地區長期穩定及充裕的電力供應，回饋社區以及善盡地球環境保護的責任。

北海道電力公司的組織圖如附表二，與其業務相關的公司如附表三及其涵蓋之服務區域、發電設備及電力系統分佈圖如附表四。HEPCO 的主要發電種類、發電廠及發電容量摘述如下：

(→) Power-Generating Facilities

Hokkaido Electric:

|                     |                 |       |
|---------------------|-----------------|-------|
| Hydroelectric       | 66(1,277,972kW) | 21.5% |
| Thermal             | 11(3,450,410kW) | 58.2% |
| Steam               | 6(3,285,000kW)  |       |
| Gas Turbine         | 1( 148,000kW)   |       |
| Internal Combustion | 4( 17,410kW)    |       |
| Geothermal          | 1( 50,000kW)    | 0.8%  |
| Nuclear             | 2(1,158,000kW)  | 19.5% |
|                     | <hr/>           |       |
|                     | 80(5,936,382kW) |       |



(二) Major Power Stations

| Power Station   | Fuel Type                |       | Maximum Permitted Capacity (kW) |
|-----------------|--------------------------|-------|---------------------------------|
| A Uryu          | Hydroelectric            |       | 51,000                          |
| B Nokanan       | Hydroelectric            |       | 30,000                          |
| C Hoheikyo      | Hydroelectric            |       | 50,000                          |
| D Tomura        | Hydroelectric            |       | 40,000                          |
| E Tokachi       | Hydroelectric            |       | 40,000                          |
| F Okuniikappu   | Hydroelectric            |       | 44,000                          |
| G Niikappu      | Hydroelectric            | No. 1 | 100,000                         |
|                 |                          | No. 2 | 100,000                         |
| H Takami        | Hydroelectric            | No. 1 | 100,000                         |
|                 |                          | No. 2 | 100,000                         |
| I Takisato      | Hydroelectric            |       | 57,000                          |
| J Sunagawa      | Coal                     | No. 3 | 125,000                         |
|                 |                          | No. 4 | 125,000                         |
| K Naie          | Coal                     | No. 1 | 175,000                         |
|                 |                          | No. 2 | 175,000                         |
| L Tomakomai     | Heavy and Crude Oil      | No. 1 | 250,000                         |
| M Date          | Heavy Oil                | No. 1 | 350,000                         |
|                 |                          | No. 2 | 350,000                         |
| N Tomato-atsuma | Coal                     | No. 1 | 350,000                         |
|                 |                          | No. 2 | 600,000                         |
|                 |                          | No. 3 | 85,000                          |
| O Shiriuchi     | Heavy Oil and Orimulsion | No. 1 | 350,000                         |
|                 |                          | No. 2 | 350,000                         |
| P Mori          | Geothermal               |       | 50,000                          |
| Q Tomari        | Nuclear (PWR)            | No. 1 | 579,000                         |
|                 |                          | No. 2 | 579,000                         |

(As of March 31, 2000)

從上面 Power-Generating Facilities 中，我們可看出 HEPCO 主要發電方式有水力(21.5%)、火力(58.2%)、地熱(0.8%)與核能(19.5%)。另外，他們還正規劃興建第三座核機組 ( PWR)，出力為 912MW，預定在 2008 年 10 月運轉。

## 二、北海道電力公司總合研究所 ( Research and Development Dept. )

### (一)概況

除了提供北海道地區用戶穩定可靠的電源外，北海道電力公司更從事於多方面的研發規劃，所有之研發活動規劃均依北海道不同區域需要來制訂進行，也由此可直接促進當地的發展。

總研所的前身為成立於 1947 年 Hokkaido Electric Power Distribution Company (HEPDC) 所屬之 Technical Research Center，爾後於 1951 年 5 月 1 日 HEPCO 正式成立，其 Technical Research Center 亦經多次搬遷，最後在 1987 年重新命名為 Research and Development Dept.，並於 1996 年搬遷至 Ebetsu 現址。R&D Dept. 所推動的計畫除針對電力應用與輸配電技術等研究外，更著重於當地工業與人類福祉等方面所需的研究，由此可進而結合社區，回饋當地民眾。

北海道總合研究所的組織圖如附表五，下分十三個部門，總共 104 人，其中研究人員 76 人（博士 12 人，碩士 38 人），員工雖不多，但研究的領域則涵蓋區域性電力技術提升、電力設備有效利用、資訊處理技術、先進用電器具研究、新能源與新材料開發研究、環境與化學生物科技、土木工程、經濟與管理及煤灰應用等研究。

### (二) R&D Dept. 目前主要研究課題

根據 HEPCO 經營的理念，除供應當地用戶良質、充足穩定的電力外，更著重於回饋當地民眾的所需。因此，現階段在回饋社區方面主要的研究主題包括：

### 1. 農漁養殖產品的技術改良——

此一研究主題包括花和蔬菜類耕植技術改良及適合北方區域水產漁類養殖技術等。研究的成果包括適合北方嚴寒氣候下，蔬菜類有效的種植方式、針對花類利用光能技術的栽植及如鱈魚（Sturgeon）等北方區域漁產的養殖技術等。

### 2. 製造工業的技術改良——

為要確保農漁產品的質與量，在北海道最重要的工業就是研發出高功能的加熱與乾燥技術。

北海道電力目前已發展出一套有效率的利用電能於加熱與乾燥農漁產品的技術上且已被北海道工業界廣泛利用。研究成果包括如利用紅外線乾燥干貝（scallop）的機器，此種機器目前已被北海道工業方面廣泛利用，利用此種機器可降低傳統干貝產品製造所需乾燥一半的時間。

### 3. 生活與環境技術改善——

#### (1) 利用電能設計寒帶住屋（Housing）及省能設備：

在北海道非常有必要在冬季利用省能方式將屋內變成更舒適的居家環境，北海道在寒帶住屋結構方面包括如設計 All Electrical Test House 及設計出多種儲熱式電熱器（mycom type 與 economy type）等暖房方面的研究。

#### (2) 利用 Heat Pump 將下水道污水作為熱源的路面加熱系統：

在都會區下水道污水的溫度分佈均非常穩定且相對的非常高，甚至在冬季還有 15°C 左右。因此，下水道污水的熱能可作為非常有效的熱泵熱能的來源。北海道電力已發展出一套針對利用下水道污水作為熱源的路面加熱系統如 Fig. 1 所示，這套路面加熱系統尤其在斑馬線地帶非常需要。

(3)利用煤灰提煉除硫吸收劑以設計煙氣除硫系統：

北海道電力公司為全世界第一個設計出乾式 FGD 系統來作為電廠煙氣再循環的機構。

北海道電力從煤灰（Coal ash）中已成功的提煉出除硫吸收劑（The Desulfurization Absorbent）且應用在 Tomato-Atsuma Power Station。為更進一步改良應用此一技術，北海道電力相繼研發利用 heated slurry 來大量製造此類吸收劑，此一技術在 LILAC FGD System 已在進行實用性示範階段。同時，此一新的排煙除硫系統並已安裝在中國大陸山東省的黃島發電廠，作為“低煤質燃煤電廠對環境衝擊評估技術研究”的示範電廠，此一研究為日本 MITI (Ministry of International Trade and Industries)所主導的 Green Aid Plan 中的一部份。

(4)干貝殼廢棄物的有效利用：

在北海道每年大概有超過 20 萬噸的廢棄干貝殼，這相當於貝殼年獲量的 52%，數量非常龐大。如何有效利用此諸廢棄物成為眾所關心的一項議題。和石灰石（limestone）一樣，干貝殼（Scallop）主要成份組成為碳化鈣，北海道電力經研究發現利用干貝殼作為 Wet FGD System 的除硫媒介物非常有效，此種功效並經在商轉的 Tomato Atsuma Power Station 示範測試加以證明。

(5)煤灰的有效利用：

日本廢棄物回收法（The Waste Recycle Law）特別指明從燃煤電廠排放的煤灰為一特定之副產品，它的品質必需加以控制以進一步作為資源回收的利用，且電力公司有責任提昇它的使用性。北海道電力公司多年來亦積極從事此方面的研究，為

加速此一副產品的再利用，北海道電力已進行研究其品質控制以及儲存方法，更朝著試圖利用煤灰作為路基材料和作為水泥添加物的方法。在利用煤灰有效的填海造地方面，北海道電力規劃了一塊試驗性的煤灰填海造地區域，利用此一區域進行土質穩定性及其他參數的測試研究。

### 三、北海道電力公司風能利用

職於 11 月 28 日考察北海道電力公司的風力發電設施，北海道電力公司安排參觀位於札幌市總部約 2 個小時車程的泊縣(Tomari Prefecture)，但因當天下大雪，高速公路封閉，因此必需改走一般道路前往，原訂在 10:30 可到達的行程，一直到 11:50 左右才抵達，但又要考量回程所需時間及能及時趕上 17:30 由札幌回東京的班機，我們必需在約 1:00 左右離開泊縣風力發電的現場。因此，實際上只能有約 1 小時的時間參觀，時間非常緊迫。由於當天氣溫在  $-3 \sim -5$  °C 左右，加上現場山上風又大，因此，雖然穿上雪衣，但連站都不易站穩而且寫字都會發抖。

在日本，一半以上的風力發電機 (windmills) 都在北海道，總共額定出力約在 150MW 左右。尤其在 Tomame 是日本最大最多 windmills 的地方，共有 39 座風力發電機，全部額定出力約為 50MW。

在泊縣 (Tomari) 北海道電力所屬的風力發電廠計有 4 部機組，其型式、出力和其他參數歸納如下：

|        | #1 風車發電機               | #2 風車發電機             | #3,#4 風車發電機          |
|--------|------------------------|----------------------|----------------------|
| 型式     | Propeller Downwind(背風) | Propeller Upwind(迎風) | Propeller Upwind(迎風) |
| 額定出力   | 250kw                  | 300kw                | 275kw                |
| 額定轉速   | 41rpm                  | 42rpm                | 43rpm                |
| 額定風速   | 11.0m/s                | 13.0m/s              | 12.9m/s              |
| 運轉可能風速 | 4.5~20.0m/s            | 5.0~25.0m/s          | 5.0~24.0m/s          |
| 葉片數    | 1                      | 2                    | 3                    |
| 葉片直徑   | 33m                    | 32m                  | 28m                  |
| 風車高度   | 33m                    | 30m                  | 30m                  |
| 旋轉方向   | 順時針                    | 逆時針                  | 逆時針                  |

詳細參照 Fig. 2

北海道電力公司的四部風力發電機組均為遙控式，11月28日當天機組運轉情況為#1機停機，#2機出力270kw（風速12.5m/s），#3機出力205kw（風速11.8m/s）及#4機出力257kw（風速12.2m/s）。此四部風力發電機組的發電量平均可供應全部大樓的40%的用電需求。

值得一提的是，此處之#1風力發電機為單葉片，是日本僅有的一部單葉片風力發電機組，可惜當天沒有運轉。另為保護風車葉片，在風速大於25m/s時為避免當機即自動停止運轉。

# 肆：加拿大天然資源部能源礦物 研究中心 ( CANMET )

## 一、概要

加拿大能源礦物研究中心位於離渥太華約一小時車程的郊區，隸屬於加拿大天然資源部，職此次考察的單位為其 CANMET Energy Technology Center (CETC)。

CETC 在 R&D 方面有超過 80 年以上的經驗，主要從事於眾所關心的省能與環保衝擊方面的技術研究，其研究範圍包括：

- ①工業與建築物能源有效利用的研究
- ②再生能源
- ③替代性交通運輸燃料
- ④社區能源系統規劃
- ⑤燃料之潔淨與有效的燃燒技術
- ⑥碳氫化合物（如天然氣、煤或廢油）之有效處理與轉換。
- ⑦ CO<sub>2</sub> 的捕集與處理。

在 CETC，所有的研究計畫都必需有 partners，這些 partners 就是 CETC 的服務顧客。這些顧客包括私人公司、商貿及專業機構、電力事業、大學、工業標準起草單位和各種不同層級的政府機構等。另外，CETC 也和國外相關機構在雙方或多方的 R&D 合約下相互合作。

CETC 服務 partners 的方式如下：

- ①協助各公司建立用來發展或採行在節約能源或促進環保等方面的相關技術及其相關規劃。
- ②提供中小企業如何利用最少資源及最佳理念來進行 R&D 工作。
- ③成立或參與相關之大型 R&D 團隊，以協助解決工業方面的共通性問題。

此次職參訪 CETC 主要的主題包括省能的太陽牆（solarwall）及粉煤燃燒設備，茲分述如下：

## 二、太陽牆（solarwall）

solarwall 的優點在於①具有高效率之收集太陽熱能並可改善空氣品質②不管在新或舊的建築物都可安裝此種容易安裝而且成本很低的設備③和傳統系統比較起來有非常短的回收期以及④降低環境污染的衝擊。

世界上最大的太陽牆即安裝於 Canadair facility，其係由多倫多的 Conserval Engineering 所研發建造。所謂 solarwall 就是一種太陽熱能收集系統用以加熱建物之通風空氣（ventilation air），此種 solarwall 看起來雖然像傳統的金屬塗層板，但是它的功能却像太陽集熱盤（Soar Panel）。

在蒙特婁，Matrix Energy Inc.透過 Conserval Engineering 的研發在 Bombardier's Canadair facility 安裝了 solarwall system。這一套安裝系統僅僅在 1.7 年就回收了節省的熱能進而使得該公司不必再使用石化燃料及承受到受其排放物污染所造成的環境衝擊。因此，此一 solarwall 提供了此一非常忙碌的飛機製造安裝工廠內舒適的室內工作環境。solarwall 安裝於 Canadair 的外觀如 Fig. 4 所示。茲將 Canadair



facility 安裝太陽牆的緣由、太陽牆的原理、應用情況及其經濟效益等概述如下：

#### (一) Canadair 建造太陽牆的緣起

Canadair facility 是 Bombardier 的一個主要飛機零件加工、製造、鉚合、噴漆及清理的工廠，很多這種操作會產生有毒且刺鼻的煙氣，因此，需要大量新鮮空氣加以稀釋，但是，原有的通風系統已無法提供足夠的通風空氣來達到維持室內空氣在所需之空氣品質標準。Bombardier 面臨兩個問題：①必需改善室內空氣品質②工廠外牆已經嚴重腐損到達不能再用的情況且必需重新被覆。

傳統的處理方式當然就是增加安裝通風系統及外牆隔板重新換新，但是，此一作法除每年增加加熱器的燃料費用及維護成本外尚需一大筆可觀的成本花費，因此，solarwall 技術就成為其通風與外牆整修兼具的唯一選擇。

#### (二) solarwall 的原理

solarwall 結合了目前最先進的太陽能科技來減低成本。solarwall 或稱 perforated-plate absorber，就像一個很堅固永久的薄膜。Solarwall 的外牆金屬薄板佈滿了數百萬個直徑在  $1\text{mm}^{\phi}$  以矩陣方式排列的小孔，這些小孔使外面的新鮮空氣經由其表層流通，其安裝的位置是在進入之新鮮空氣最易吸收太陽熱能的建物南向外牆，距離建物主結構體 30 公分的地方，如此形成一個空氣流通的穴道。牆內安裝通風扇將其形成負壓並將空氣從數百萬個小孔吸入。空氣吸入後沿著外牆薄板的內側向上流通同時吸收太陽熱能。被加熱的空氣沿著穴道上升後儲存在屋頂天蓋（canopy）的位置，

然後利用 Distribution ducting 內的風扇打入建築物室內。在建築物內，風扇系統嵌入多孔的管路內，藉以將新鮮的熱空氣打入建物內需要通風的地方。有關 solarwall 的操作原理如 Fig. 5 所示。

### (三) solarwall 安裝情況

Canadair facility 在 1996 年 10 月完成安裝 solarwall system，整個系統涵蓋的總面積為  $8,826\text{m}^2$ 。此一系統 24 小時在運作，其中約有一半的 solarwall system 全額定速運轉，其餘的則視情況變化其運轉速率。具有互補色的輕型水泥預鑄牆板則安裝在不受 solarwall 影響的北向牆，有關 solarwall 安裝示意圖如 Fig. 6 所示。

所有的參數譬如輸送之空氣溫度、開啓夏季旁通風門 (by-pass damper) 的溫度、開啓排氣風扇的溫度及整個系統手動操作等都可由中央控制電腦系統加以設定。除此之外，電腦控制系統也具有系統 real-time 操作特性及運轉記錄的程式。

整個 Canadair facility 所需之通風空氣高達  $1,070,000\text{m}^3/\text{h}$ ，此一大量空氣由 29 個風扇及其對應之多孔空氣導管所組成的網線來供應，在 heating season 期間，實際的平均空氣流量為極接近設計值的  $1,149,280\text{m}^3/\text{h}$ 。

另外，根據 Ceiling temperature，可由電腦控制的 49 座 roof exhausters (總排氣容量高達  $950,000\text{m}^3/\text{h}$ ) 同時被安裝藉以來平衡通風空氣。

在 1996/97 年間，監測結果顯示 Canadair solarwall 每年傳送了  $1.21\text{GJ}/\text{m}^2$  的 Solar energy，其平均太陽熱能收集效率為 63%。除此之外，由 solarwall system 所減少通過南向牆的熱能傳導給由外牆吸

入之空氣後再分送至建物內，最近的監測資料顯示每年可節省高達  $1.42\text{MJ}/\text{m}^2$  的熱能。因此，Canadair solarwall 每年所能節約的能源估計為每平方收集面積的  $2.63\text{GJ}/\text{m}^2$  (based on an eight-month heating season)。

#### 四、經濟效益

solarwall 總共安裝價格包括人力與硬體材料為 CAD 2,575,000 元，如果以傳統之方式更新側牆鐵板、絕熱板及空氣系統等估計約需 CAD 2,290,000 元，因此，安裝 solarwall system 必需額外增加的成本為 CAD 285,000 元。

整個 solarwall system 可傳送每年每平方米  $2.63\text{GJ}$  的太陽熱能，亦即每年有超過  $23,000\text{GJ}$  ( $2.63^{\text{GJ}/\text{m}^2} \times 8,826\text{m}^2$ ) 的太陽熱能。若以燃油單價  $\text{CAD } 0.25/\text{m}^3$  估算，每年可節省燃料費用為 CAD 153,500 元。solarwall system 所用之離心泵比典型的 make-up air unit 省電，目前風扇系統每年全年運轉 (8,760 小時)，其 total energy consumption 為  $376\text{kW}$ ，若以每度電 CAD 0.062 元 (即  $0.062/\text{kWh}$ ) 計算則每年風扇運轉所需成本約為 CAD 204,400 元。在用傳統的系統時，需耗電能約為  $400\text{kW}$  以及年運轉成本估算為 CAD 218,000 元，因此，每年的電力節省費用約略為 CAD 13,500 元。綜上所述，每年可節省的電能與燃料費用約為 CAD 167,000 元，由此推算其回收期約 1.7 年 ( $285,000 \div 167,000$ )。

### 三、粉煤燃燒設備

在加拿大工業和電力事業界從原來燃用高品質燃料轉向國產煤及低質煤的情況下，CETC 就意識到國產煤在國內能源需求方面愈來愈

愈重要，也因此有關燃煤效率方面的計畫愈受重視，也希望藉此改善燃煤的經濟性和環保要求。

CETC 在此方面可提供需要依靠高效率燃煤燃燒工業製程的公司最佳利潤的研究服務。舉例而言，CETC 和工業界合作來偵測工業用和電廠用新產煤質析出物等重要的燃燒效率特性，目前 CETC 的研究活動包括：

- ①量測加拿大煤的燃燒效能、熱傳導及排放物特性。
- ②建立商用加拿大煤在燃燒效能與排放物特性的最新參考資料庫。
- ③在工業燃燒系統方面促進以煤替代石油的研究。
- ④評估加拿大煤在熱傳導、析出物和排放物等方面受煤質潔淨度的影響。
- ⑤研究加拿大煤點火、脫除揮發成份以及燃燒後灰燼的基本特性。
- ⑥量測原煤與淨煤燃燒及操作特性。
- ⑦評估用於發電鍋爐之加拿大煤析出物及輻射型熱傳面和高溫加熱器管等表面灰份的結渣潛能性。
- ⑧發展出一套在 Research tunnel furnace 內使用之煤燃燒數學模式以預估火燄性質。
- ⑨發展與應用一套非接觸性火燄診斷技術，然後將這些診斷方法和利用傳統火燄量測方法作調整比較以瞭解火燄特性。
- ⑩設計和提供一小規模之燃燒反應爐，用來研究粉煤燃燒時的火燄反應情況。

據瞭解，從 PTL Research Ltd., IEA, Thermal Sciences Ltd., AOSTRA, Stone & Webster Canada Ltd., 以及其他相關公司等都準備和 CETC 合作進行粉煤燃燒等特性研究。

CETC 在煤灰燃燒反應的研發方面，設計了一座直徑 63<sup>mm</sup>× 長度 2<sup>m</sup> 的燃燒反應器 (Entrained flow Combustion Reactor, EFR) 藉以提供煤質燃燒、氣化及燒成灰燼等狀態下其時間與溫度的重要歷程記錄，經由此產生的數據可用於印證數學模式，此諸數據亦可應用於發展針對煤質燃燒及煤炭氣化過程評估的新模式。

在調查評估粉煤的燃燒和結渣特性方面，CETC 有一座粉煤燃燒研究鍋爐 (Pulverized Coal-fired Research Boiler, PSRB)，此一系統由兩具反向低渦旋的燃燒器所組成並可達到 2.5GJ/h 的全載燃燒速率。這兩具燃燒器，可以在 1~3 秒內停置於燃燒筒內三個基本的位置，藉以觀察其燃燒情況。利用 PSRB, CETC 亦可調查評估重油、高硫瀝青以及將重油及油沙進行析解提升為燃料替代物的利用，同時，亦可利用此一設備研究減低氮和二氧化硫的排放。

# 伍：加拿大魁北克電力公司天然災害 對策及支援系統(總部)

## 一、前言

有關天然災害緊急對策及支援系統，魁北克電力公司針對(1)緊急對策支援計畫的建立(2)現行的決策決定層次(3)政府相關支援計畫(4)魁北克電力公司在緊急對策的處理方式及(5)2000年相關研究計畫等提供書面之珍貴參考資料。同時，由於魁北克電力公司處於寒冷地帶，因此，此次職前往考察時，主管國際事務合作的 Mr. Jacques-Andre Couture 亦針對在 1998 年元月魁北克地區發生非常嚴重大風雪侵襲致使整個輸電線及鐵塔因結冰負荷過重而倒塌的事件提出探討。由於魁北克電力所提供之書面簡報資料及發生於 1998 年元月大風雪造成魁北克電力整個系統大停電的緊急處理對策內容非常多，謹將歸納重點如后。

## 二、魁北克電力公司天然災害對策及支援系統規劃

### (一)規劃前提與優先處理順序

魁北克電力在處理緊急災害方面的對策，經管理部門就主要服務單位、緊急狀況處理對策之制訂及其優先處理順序等規劃如下：

#### A. 主要服務單位：

- ①發電部門
- ②輸電部門
- ③配電部門

④情報資料技術中心

⑤工程及營建單位

B.緊急狀況處理對策的制訂：

①每一個主要服務單位都要有其緊急狀況處理計畫

②所有緊急計畫的制訂都要參考以前部份或短期事故來考量  
制訂

③尤其針對 1998 年元月之冰暴所造成不可思議的嚴重災害，  
顯示應尚存有某些脆弱及溝通不良之處，應加以檢討修正。

(二) 1999 年魁北克電力緊急災害支援計畫制訂準則

A.目標

①結合各單位的緊急對策計畫並確保整個相互聯結性。

②確保災害預防對策能確實執行。

③透過一適當的決策過程以制訂能執行一有效且快速相互支  
援運作的程序。

④制訂一個能與公司外機構立即溝通的內部單位溝通網路。

B.準則

①確保公司內部各單位的緊急計畫能隨時協調運作。

②開發一能即時分析與災害減緩的程序。

③將公司現有的組織結構納入救援計畫的考量重點。

④強調特殊任務角色及劃清責任歸屬。

⑤確實能使上一級層次的單位掌握現況。

⑥根據事前制訂的天然或其他災害預防準則確實運作。

⑦確保公司外各機構能給予在各策略性的合作與協調上充份  
支援。

- ⑧維持一持續性與一致性的即時資訊提供機制。
- ⑨提供一堅強有力的危險管理訓練管道。
- ⑩提供支援與調節緊急事件發生時的財務衝擊。
- ⑪依據 Hydro-Quebec 的緊急支援計畫制訂一即時追蹤查核系統。

### (三)採行之決策層次

#### A.操作協調單位(Operational Coordination Unit)

- ①協調電力復原操作。
- ②協調人力、物力及其他所需資源的配置。
- ③從其他各省份的緊急支援中心(PECs)獲得持續性的情報資訊。
- ④建立預防對策與建議供作 Strategic Coordination Unit 的決策參考。
- ⑤隨時通知 Strategic Coordination Unit 最新的情況。
- ⑥決策層次指揮系統參考 Fig. 7。

#### B.策略協調單位( Strategic Coordination Unit)

- ①與中央政府深入探討相關之協調策略。
- ②與公共安全機關作充份之策略運作方面的協調。
- ③充份支援操作協調單位。
- ④批准認可操作性和緊急計畫。
- ⑤深入探討研究溝通策略與緊急計畫之制訂準則。
- ⑥適時通知董事會階層。
- ⑦與公司外機構協調緊急操作方式。
- ⑧在省級層次代表電力公司。



- ⑨獲得中央政府的全部授權。
- ⑩維持與公司外相同受政府授權單位間的關係。
- ⑪決策層次指揮系統參考 Fig. 8。

### 三、1998 年元月大冰雪風暴緊急災害處理對策

(一)魁北克電力的主要輸電設備及在冰暴發生前的概況

魁北克電力公司供應整個魁北克省 96%的電力，其他 4%則由市營的電力機構提供，總共供電面積高達 997,994km<sup>2</sup>。

在供電設施方面，魁北克電力有 385 個 Substations 及 3,125 Medium Voltage(MV)供電線路，提供了約 346 萬用戶用電，規模至為龐大。在輸電線方面，Overhead lines 及 Underground 分別為 95,603km(91%)及 8,928km(9%)，輸電電桿 240 萬支，人孔有 30,200 個。魁北克電力的用戶及用電量概述如下：

|                              | 用 戶 數     | 用電量(TWh) |
|------------------------------|-----------|----------|
| Residential<br>Agricultural  | 3,157,000 | 51.5     |
| Commerical/<br>Institutional | 280,000   | 29.8     |
| Industrial                   | 13,000    | 62.7     |
| Other                        | 6,000     | 5.4      |
| Total                        | 3,456,000 | 149.4    |

另，在冰暴發生前整個輸電系統如 Fig. 9，在冰暴發生時，以 Chateauguay 及 Hertel 的週邊區域最為嚴重，其附著在輸電線上的結冰直徑在 75mm  $\phi$ ，其他的區域結冰直徑也在 0~50mm  $\phi$  中間不等，如 Fig. 10 所示。

## (二)魁北克電力在冰暴發生時受損情況與發生後的善後處理

### A.冰暴發生情況

魁北克地區在 1998 年元月 6 日遭受冰暴嚴重侵襲，當時即有約 70 萬戶的用電立即遭受斷電，而在以後的五天中更連續遭受四次極為嚴重的冰暴侵襲，事態非常嚴重。整個魁北克省靠近紐約的地帶，如 Chateauguay 及 Hertel 等地區由於人口密集、商業大樓林立，影響至大。用戶斷電在元月 10 達到最高點（斷電用戶為 1,393,300 戶），由於係地處寒帶的冬季，搶修極為困難，魁北克電力花了整整一個月的時間才完全恢復供電。在 1/5~2/5 間的斷電及復電情況，如 Fig. 11 與 Fig. 12 所示。

### B.冰暴發生後的受損情況

在冰暴發生後的受災統計如下：

- ① 17,045 根輸電桿斷損。
- ② 4,926 具變壓器被燒毀。
- ③ 3,400km 的輸電線必需重建。
- ④在 1/10 的最嚴重時刻，約有 1,400,000 用戶遭受斷電影響。
- ⑤大約有 3,000,000 人在 1/10 無電可用。
- ⑥ 21,317 支鐵塔的橫向支撐棒受損。
- ⑦大約 10,000km 輸電線斷線受損。
- ⑧大約 20,000 個聯結器(Connectors)必需修復。

另外，從以下的數據，我們也可瞭解到當時輸電系統（Transmission System）的受創情形，在冰暴最嚴重時，共有 66 個變電所故障：

## REVIEW OF THE DAMAGE TO THE TRANSMISSION SYSTEM

| Voltage Level | Number of Lines Damaged | Number of Towers Damaged | Length of Lines Affected km/miles |
|---------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 735KV         | 10                      | 149                      | 75/45                             |
| 315KV         | 12                      | 58                       | 20/12                             |
| 230KV         | 13                      | 306                      | 135/81                            |
| 120KV         | 67                      | *1,091                   | 160/96                            |
| 49KV          | 14                      | **1,500                  | 120/72                            |
| Total         | 116                     | 3,104                    | 510/306                           |

\* Steel and Wood Structures

\*\*Wood Structued (approx number)

C.冰暴發生後的處理優先順序：

- ①強化未受損的系統。
- ②儘速與公司外的同業達成支援承諾。
- ③將總部內相關部門的緊急支援計畫聯結起來。
- ④將總部的所有緊急支援計畫與中央政府、市政府及其他相關單位作最佳的協調。
- ⑤根據各系統原訂準則儘速制訂復原服務的優先順序。
- ⑥加強 local 和 regional levels 間的溝通聯繫。

D.冰暴發生後的復原情形

魁北克電力公司在 1998 年元月 6 日起在連續短短五天內就遭受四次的大冰暴侵襲，致使魁北克省南方的大城如 Chateauguay 及 Hertel 等的輸電設備遭受嚴重受損。由於該地區屬於寒帶，在天寒地凍家家戶戶都沒有暖氣和電力可用的情況下，其痛若的程度可想而知。但魁北克電力立即成立緊急災害救援系統，在元月 13 日（一星期後）即恢復供應 50% 以上的用戶用電，而在 2 月 5 日所有用戶全部復電，參考 Fig. 11。

魁北克電力的災害救援系統搶修復原的優先順序考量如下：

第一期：至少使 50% 以上的用戶恢復供電。

第二期：全部用戶恢復供電。

第三期：強化輸電系統以因應在 1998~1999 間的下一個負載高峰期。

第四期：強化輸電系統中長程規劃以改進安全的電力供應。

至於在冰暴發生後，魁北克電力在第三期的強化輸電系統方面，魁北克電力採取的措施如下：

- ①在 Hertel 和 des Cantons Substations 間架設一 735KV 迴路。
- ②在 Aqueduc 和 Atwater Substations 間架設一 315KV 迴路，使 Montreal 都會區儘速恢復供電。
- ③在 Grand-Brule 和 Vignan Substations 間架設一 315KV 迴路。
- ④在靠近 Jacques-Cartier Substation 架設一 315KV 迴路，使魁北克市及其附近儘速恢復供電。
- ⑤在 Duvernay 和 Anjou Substation 間建立一 315KV 高壓線路。
- ⑥在 Outaouais 區域增加一主要聯絡網路和 Ontario Hydro Power 的電力網相聯結。

在災害搶修方面，魁北克電力立即動用所有可用之資源包括：

- ①召集所有公司內員工投入搶修。
- ②召集所有退休可用的員工投入搶修。
- ③雇用當地之下游承包商共同投入搶修。
- ④邀請北美其他電力公司如美國地區及加拿大境內的 Ontario, New Brunswick, Manitoba 及 British Columbia 等共同加入搶修。
- ⑤要求加拿大的部隊共同加入搶修。
- ⑥與工會充份協調合作。
- ⑦在災害最高峰期至少約有 2000 組（每 3 人一組）同時進行搶修。

根據統計，受到此次大冰暴的衝擊，魁北克電力在 1998 年的淨收益減少加幣 1 億元，受損成本估計約為加幣 8 億元，在輸配電方面系統修復費用為加幣 5 億 2 仟 5 百萬元以及預估花費在強化輸電線路相關計畫(1998-2002)約需加幣 8 億 1 仟 5 百萬元。總計在此次冰暴，魁北克電力公司損失在加幣 22 億元以上。

#### E.冰暴後所得到的教訓與心得

- ①加強危機發生時的橫向聯繫與管理。
- ②加強橫向與縱向的溝通。
- ③加強災害的預防與災害發生後災害的減緩。
- ④成立一個永久的危機處理團隊。
- ⑤隨時更新各部門的危機處理計畫。
- ⑥加強從業人員危機處理訓練。
- ⑦確保危機處理的品質。
- ⑧必需和政府及同業保持良好關係使成爲密切聯繫的夥伴。
- ⑨天然災害發生時如何運用有效的資源(包括人力、物力及財力)。
- ⑩輸電線路及鐵塔受損係起因於冰雪凝結及強風等負荷遠超過其設計標準所致，應加強此方面的設計及改良。
- ⑪爲改善供電安全，輸配電系統設計標準必需重新評估。
- ⑫鐵塔與輸電線的設計準則必需加以重新評估，並應將氣候因素納入重要考量。
- ⑬加速進行 R&D 的相關計畫使能很快速的發展出一套有效的除冰技術(de-icing techniques)。

- ⑭維持與改善和其他公司電力系統互聯結的容量，藉此改進緊急支援的能力。
- ⑮為要使受災民眾即時瞭解災害修復情況，總部應每天召開記者會說明進度以安定民心。
- ⑯鼓勵員工士氣，灌輸員工災區輸電網路必需以最快速的方式重建與最短時間內完成，是我們電力公司的責任。
- ⑰為要報導正確消息，必需和媒體密切聯繫，且要提供媒體最真實的訊息，千萬不可隱瞞實情，以免招致民怨。
- ⑱即刻成立災民收容所，善盡社會責任並應隨作關心民眾的提醒與引導。

# 陸：加拿大 Ontario Power Generation Inc. (OPG)

## 一、概況

安大略發電公司（OPG）係在 1999 年 4 月 1 日由 Ontario Hydro 改組而成。該公司計有火力、水力與核能等三種不同的發電型式。目前共有發電廠 80 座，至 1999 年 12 月 31 日的總裝置發電容量為 30,900MW。以 1999 年為例，OPG 在安大略省的售電量約為 132.4TWh 以及另有 4.5TWh 的售電量和密西根網路聯結，輸售至美國。

安大略發電公司以 1999 年為例，提供了安大略地區約 85% 的電力需求，由於該公司的超大發電容量（尖峰負載需求約為 24,500MW），使其成為北美最具競爭性的電力公司。此種多元化發電方式的混合運用促使安大略發電公司有低發電成本、低大氣排放物、高彈性發電調度操作及高供電可靠度等優勢。茲將其火力、水力與核能等三種發電概況，彙述於次。

### (一) Fossil Power

Ontario Power Generation 擁有六座火力發電廠，如 Fig. 13 所示，總淨發電量為 9,700MW 約佔全公司發電量的 33.3%。在六座發電廠中僅有一座燃用天然氣和石油而其他五座則為全燃煤的電廠。

Ontario Power 的火力發電由於可以快速起動以配合每日或季節性用電尖峰需求，因此在提供穩定供電品質上扮演了極重要的角



色，OPG 的發電部門及火力發電部門組織如 Fig.14 與 15。

### (二) Hydro Power

Ontario Power 的水力發電在二十世紀的前 50 年提供了安大略穩定的經濟成長。目前，Ontario Power 計有 68 座大大小小的水力發電廠，最小發電量為 1MW，最大發電量為 1,300MW，總裝置容量大於 7,200MW。

Ontario Power 對水力電廠的保養維護及性能提昇仍至於環境保護至為重視，僅僅在 1998 年即投入 138 百萬元的經費用於上述相關的維護改善工作。

### (三) Nuclear Power

Ontario Power 在核能方面計有 Bruce, Darlington 及 Pickering 等三座核能電廠，總裝置容量為 8,728MW，提供了安大略省 40% 的電力需求。

## 二、汽機葉片破損分析情形

導致汽機葉片破損的原因很多，諸如 erosion, corrosion, high-cycle/low-cycle fatigue 等等。在汽輪機的高、中、低壓三段汽缸，由於低壓汽缸經做功後其溫度與壓力相對比較起來變為最低，因此，造成的葉片破損機率也相對的提高，尤其在低壓段中的 L-0 與 L-1 葉片為甚。以 500MW 出力的汽機為例，其葉片長度常在 30" 左右，遭受磨蝕，腐蝕及週波疲勞的影響最為嚴重。此種情況，世界各國的發電機組都會面臨同樣的問題。

在 Ontario Power，同樣以 500MW Thermal Power Plant 為例，其 turbine blade built-in type 有 fur type 和 bolt-in type 等兩種。在此次職

參訪時，Ontario Power 火力發電部門 Mr. Ivan Kosiba 等三人即以其裝置容量最大的燃煤電廠 Nanticoke 中的 Unit 1（出力 500MW）和 Unit 6（出力 500MW）為例，分別討論其 HP rotor 及 L-1 turbine blade 受損形況。

#### (一) Nanticoke U1 HP Rotor

Nanticoke Unit 1 的 HP Rotor（Fig. 16）製造廠為 Siemens。按照 OPG 的汽機保養，大約每 1.5~2.0 年做一次大修檢查。但在 1997 年 9 月 26 日由於控制室顯示在 HP Rotor 的位置有振動偏高及異音，因此停機檢修。

在機組停機 HP Rotor 上蓋吊啓後發現之裂痕為①在 balance piston 的位置上發現有約 8 公分長× 0.15 公分深的裂痕（參考 Fig.17）②在 balance piston 與 shaft radius 處利用磁粉探傷（MT）發現數處在離 balance piston 表面 1” 處的裂痕（參考 Fig. 18）。此諸裂痕均以修磨焊補的方式予以處理。

#### (二) Nanticoke U6 L-1 Turbine Blade Failure

Nanticoke Unit 6 在 1976 年商轉，其低壓汽機的葉片和一般火力電廠低壓段葉片的情況類似，由於溫度低、壓力小、濕度大等影響，容易造成腐蝕與磨蝕現象。尤其在運轉 20 年以後，其 LP2 低壓末級葉片 L-1（葉片長度 24”）的根部由於機組起停過於頻繁（約 1200 次）溫度變化大而引起 low cycle fatigue 而造成葉片根部裂傷（Fig. 19）。根據 OPG 統計，此一類型的葉片損傷從運轉後約有 20 片發生在同樣葉片位置，OPG 認為改善之道在於改變運轉模式及加強安全運轉以避免機組起停過於頻繁等應可減少此類葉片根部破損甚或葉片斷裂的情況。

## 柒：結論與建議

1. Japan IERE 協會為擴大與全世界電業或學術單位作技術合作及資料交流，自 2001 年起徵求有興趣的機構加入，並成立全球性的 NEW IERE 協會。本公司自 2001 年起加入為其一般會員，可經由一個點透過其網站或蒐集 R&D 資訊、或參與其相關活動、或與其他會員溝通、或研提計畫及洽詢問題，並可提出 NEW IERE 活動之建議等，功能非常完備。目前雖尚在籌備階段，工作人員也僅有 8 人，而且並在另覓新辦公地址，但我們今後應可多利用此一資源加強我們對全球性研發活動的瞭解與參與，預期將會有良好成效。
2. 北海道電力公司的經營理念除供應穩定良質的電力外，更著重於地球環境的保護及回饋社區的民眾所需。基於此，北海道電力在 R&D 方面除電力經營必要的技術性研究工作外，它在回饋社區民眾及環保方面也作了相當程度的努力，包括①在農漁養殖技術及產品技術的改良如寒帶花卉蔬菜的栽植及干貝乾燥技術②在生活與環境技術改善方面如利用電能設計寒帶住屋及省能設備、利用熱泵以下水道污水為熱源來加熱路面、利用煤灰提煉除硫吸收劑來設計 FGD 系統、以及利用干貝殼中含有大量碳化鈣的成份來作為 Wet FGD 系統的除硫媒介物等回饋社區及環境保護等研發工作，均值得我們借鏡。
3. 加拿大魁北克電力公司地處高緯度，其供電服務範圍尤其在冬季均屬酷寒區域，平時的維護保養即已相當困難，若有緊急天然災

害發生，其搶修過程之艱難，可想而知。魁北克電力平常就訂有緊急事故處理準則，以供不時之需。在此一方面，魁北克電力特別以其 1998 年元月的大冰暴所造成的輸配電線損害及搶修提出探討。這些準則、搶修考量之優先順序及其所得到的教訓與心得等，均值得我們學習借鏡。

4. 加拿大 CETC 發展出一套 solarwall system，它的原理為利用加裝鑽有數百萬小孔（約  $1\text{mm}^2$ ）的浪型板牆於建物南向，然後利用風扇將新鮮熱空氣抽入並分配至需要改善通風之處，以改善工作環境之空氣品質。此一太陽熱能的利用尤其對工作環境惡劣、空氣品質不佳的工作場所非常需要。此一系統除能改善工作環境外更能節省相關之能源成本，值得參考。
5. 加拿大 CETC 正積極從事其國產低質煤作燃燒特性研究，包括的項目很多如其燃燒效率、火燄特性及利用反應爐來偵測各種不同煤質成份燃燒情況與其結渣情形等之相關研究，此諸研究和本公司燃煤電廠的粉煤燃燒有密切關連，值得我們借鏡或諮詢。

Lists of Executive and Regular members

< 1. Executive Member > 15 Organizations

| Organization   | Country      | Representative  |
|--|--------------|---|
| ABB Power Systems  | Sweden       | Mr. Michel Chamia<br>(Chief Engineer and Company Senior Specialist)   |
| Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI) | Japan        | Mr. Motohide Sato<br>(President)  |
| Chubu Electric Power Co., Ltd.                                 | Japan        | Mr. Masaaki Shiga<br>(Executive Vice President and Director)  |
| Electricite de France (EDF)                                    | France       | Mr. Roger Ballay<br>(Vice President)  |
| Electric Power Research Institute (EPRI)                       | U.S.A.       | Mr. Mark Lauby<br>(Executive Director)  |
| ESKOM  | South Africa | Dr. John Lennon<br>(Senior General Manager)   |
| Korea Electric Power Corporation (KEPCO)                       | Korea        | Mr. Jin-Sung, Kim<br>(Senior Vice President)  |
| KEMA   | Netherlands  | Dr. J. van Liere<br>(Chief Technology Officer)  |
| Hydro Québec   | Canada       | Mr. Roger Lanoue<br>(Vice-president, Research and Strategic Planning)   |
| Instituto de Investigaciones Electricas (IIE)                  | Mexico       | Dr. R. Canales Ruiz<br>(Head of Electric Systems Division)  |
| Mitsubishi Electric Corporation                                | Japan        | Mr. Kohei Maki<br>(Member of the Board, Group President, Public Utility Systems Group)                          |
| RAO EES Rossii   | Russia       | Mr. Y. Kucherov<br>(Head of Strategy and R&D Policy Department)   |
| The Kansai Electric Power Co., Ltd.                            | Japan        | Mr. Yasuo Hashimoto<br>(Executive Vice President and Director)  |
| Tokyo Electric Power Company (TEPCO)                           | Japan        | Mr. Takeshi Taneichi<br>(Executive Vice President)  |
| Toshiba Corporation  | Japan        | Mr. Toshiyuki Ohshima<br>(Corporate Senior Vice President, President and CEO, Power Systems & Services Company) |

<2. Regular Member> 26 Organization

| Organization  | Country     | Representative   |
|---|-------------|--|
| Agency for Environment and Energy Management (ADEME)                      | France      | Dr. Jacques Labeyrie<br>(Scientific Director)                                      |
| Central Power Research Institute (CPRI)                                   | India       | Mr. M. K. G. Pillai<br>(Director General)  |
| China EPRI  | P. R. China | Prof. Xuehao Hu<br>(Director, Research Management Department)                      |
| Electrical Engineering & Science Research Institute (EESRI)               | Korea       | Prof. Jong Keun, Park<br>(Professor)   |
| Fuji Electric Co., Ltd.   | Japan       |  |
| High Voltage Direct Current Power Transmission Research Institute (NIIPT) | Russia      | Dr. Galanov V.<br>(General Director)   |
| Hitachi Ltd.  | Japan       |  |
| Hokkaido Electric Power Co., Ltd.   | Japan       | Mr. Koichi Taharasako<br>(General Manager, Department of Research and Development) |
| Hokuriku Electric Power Co., Ltd.   | Japan       |  |
| Kyushu Electric Power Co., Ltd.   | Japan       |  |
| IBERDROLA S.A.  | Spain       | Mr. Pedro Martinez Cid<br>(Manager of Technological Development)                   |
| Japan Atomic Power Company  | Japan       |  |
| Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)                         | Korea       | Dr. Dong-Wook, Park<br>(Vice President, R&D)                                       |
| Korea Plant Service & Engineering Co., Ltd                                | Korea       | Dr. Kyun-Suk, Han<br>(General Manager, Board of Technology Development)            |
| Korea Power Engineering Co. Ltd. (KOPEC)                                  | Korea       | Mr. Yong-Taek, Park<br>(President & CEO)   |
| Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.   | Japan       |  |
| Power Grid Corporation of India Ltd.                                      | India       | Mr. Vicas Saksena<br>(Deputy General Manager)                                      |
| PSEL  | Switzerland | Mr. Jean-Louis Pfaeffli<br>(President) ✓   |

|                                      |         |   |
|--------------------------------------|---------|---|
| Public Power Institute, TV A         | U.S:A   | Ms. Anda Ray<br>(Director)  |
| Shikoku Electric Power Co., Ltd.     | Japan   | Mr. Takashi Kurida<br>(Managing Director)   |
| Taiwan Power Company (TPC)           | Taiwan  | Mr. Youan-Yang Chiou<br>(General Manager)   |
| The Chugoku Electric Power Co., Ltd. | Japan   | Mr. Masahide Imamura<br>(Managing Director)   |
| Tohoku Electric Power Co., Ltd.      | Japan   | Mr. Tetsuro Saito<br>(Senior Officer & General Manager,<br>Research & Development Center) |
| Transalta Utilities Corporation      | Canada  | Mr. Malcom McDonald<br>(Director, Research and Technology)                                |
| Union Fenosa                         | Spain   | Mr. Luis Zarauza<br>(Head of Research)  |
| VTT Energy                           | Finland | Prof. Mikko Kara<br>(Research Director)   |

DIRECTORS AND AUDITORS

附表二



**Chairman of the Board of Directors**  
Seiji Izumi



**President and Director**  
Hideo Minamiyama



**Executive Vice President and Director**  
Yoshio Kajiyama



**Executive Vice President and Director**  
Kan Tsuneta

ORGANIZATION

**Managing Directors**

- Mitsuo Okabe
- Toshiki Takeda
- Yasuo Katsuki
- Hirosato Sakamoto
- Koji Seyama
- Shigeru Honda

**Directors**

- Teruo Morioka
- Mitsuo Ito
- Kunihiro Iwanami
- Tetsuo Matsufuji
- Isao Owada
- Tatsuo Kondo
- Ken Sano
- Nobuyuki Suga

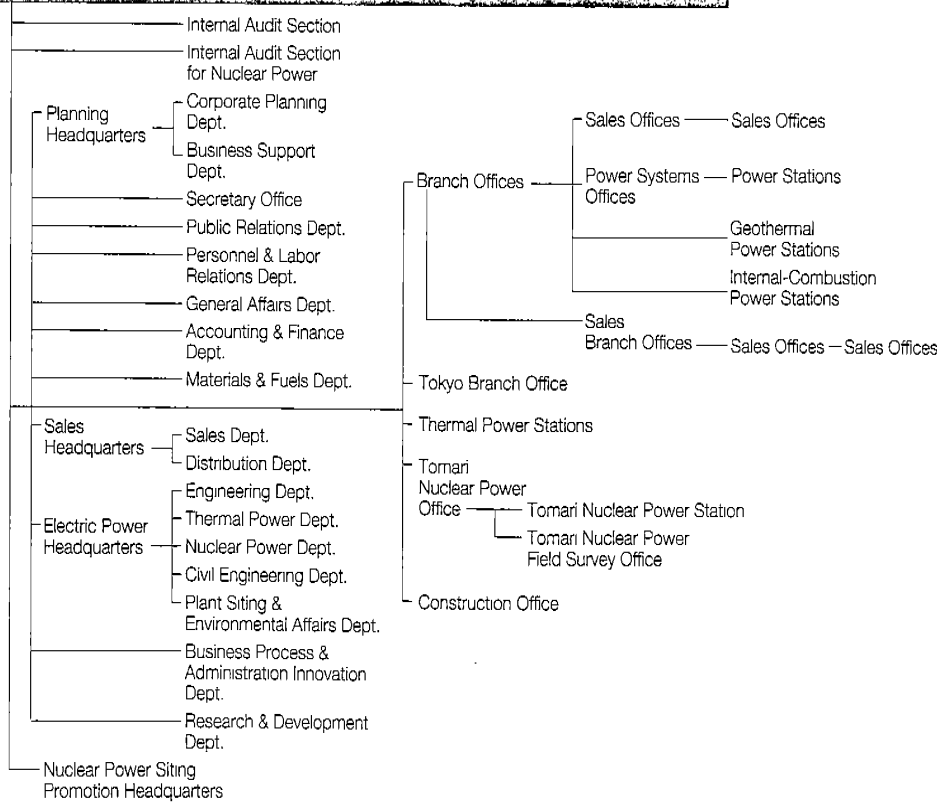
**Senior Corporate Auditors**

- Shoichi Murai
- Nobuhiro Shimoyama

**Corporate Auditors**

- Koji Hirao
- Isuo Terada
- Yukio Nozaki

**Chairman / President / Executive Vice Presidents / Managing Directors / Directors**



**Corporate Auditors**

Office of the Corporate Auditors

(As of June 29, 2000)

HOKKAIDO ELECTRIC POWER CO., INC.

ANNUAL REPORT 2000

PAGE 45J



**Hokkaido Electric Power Co., Inc.**  
Date established: May 1, 1951 Paid-in capital: ¥114,291

|  |   |
|--|---|
| <b>Electric Power Wholesalers</b>                      |   |
| Tomakomai Kyodo Power*                                 | Date established: May 27, 1968 Paid-in capital: ¥1,600<br>Wholesale of electricity by thermal (oil-fired) generation  |
| Hokkai Hydro Generation                                | Date established: December 11, 1982 Paid-in capital: ¥950<br>Wholesale of electricity by hydroelectric generation   |
| <b>Fuel Storage</b>                                    |   |
| Tomato Coal Center*                                    | Date established: July 1, 1982 Paid-in capital: ¥5,000<br>Unloading, storage, and delivery of coal  |
| <b>Electric Construction</b>                           |   |
| Hokkai Electrical Construction**                       | Date established: October 1, 1944 Paid-in capital: ¥1,514<br>Construction of transmission lines and distribution lines  |
| TEXEL  | Date established: March 6, 1970 Paid-in capital: ¥494<br>Construction of transmission lines and distribution lines  |
| <b>Wattmeters Supply</b>                               |   |
| Hokkaido Electric Meters Industry                      | Date established: August 1, 1954 Paid-in capital: ¥30<br>Maintenance, adjustment, and manufacture of electric meters  |
| <b>Maintenance and Repair of Electrical Facilities</b> |   |
| Hokuden Kogyo*   | Date established: April 2, 1956 Paid-in capital: ¥80<br>Agent of insurance, advertising, lease of buildings, and construction works   |
| Hokkaido Plant Service*                                | Date established: November 1, 1974 Paid-in capital: ¥60<br>Construction, maintenance, and repair of power plants  |
| Hokkaido Yochi   | Date established: July 1, 1981 Paid-in capital: ¥25<br>Management of the land and buildings owned by Hokkaido Electric  |
| Hokuden Eihai Engineering                              | Date established: March 20, 1985 Paid-in capital: ¥50<br>Design, surveying, and maintenance of distribution facilities  |
| <b>Electric Appliance Sales</b>                        |   |
| Hokuden Life System                                    | Date established: June 1, 1989 Paid-in capital: ¥50<br>Manufacture, sales, and repair of electric appliances<br>Consultation on efficient electricity usage                     |
| <b>Telecommunications Service</b>                      |   |
| Hokkaido Telecommunications Network                    | Date established: April 1, 1989 Paid-in capital: ¥12,500<br>Provision of exclusive-use telecommunications circuits  |
| Hokkaido Satellite Communications                      | Date established: April 2, 1990 Paid-in capital: ¥400<br>Provision of satellite telecommunications circuits (Resales)   |
| <b>Computer Service</b>                                |   |
| IST Hokkaido   | Date established: June 1, 1991 Paid-in capital: ¥100<br>Planning and design of information networks and development of related software<br>Provision of data processing service |
| <b>Other</b>   |   |
| Hokkaido Urban Architecture                            | Date established: July 1, 1974 Paid-in capital: ¥10.5<br>Design and supervision of architecture projects  |

Note: Paid-in capital unit = ¥ million

\* Consolidated subsidiary

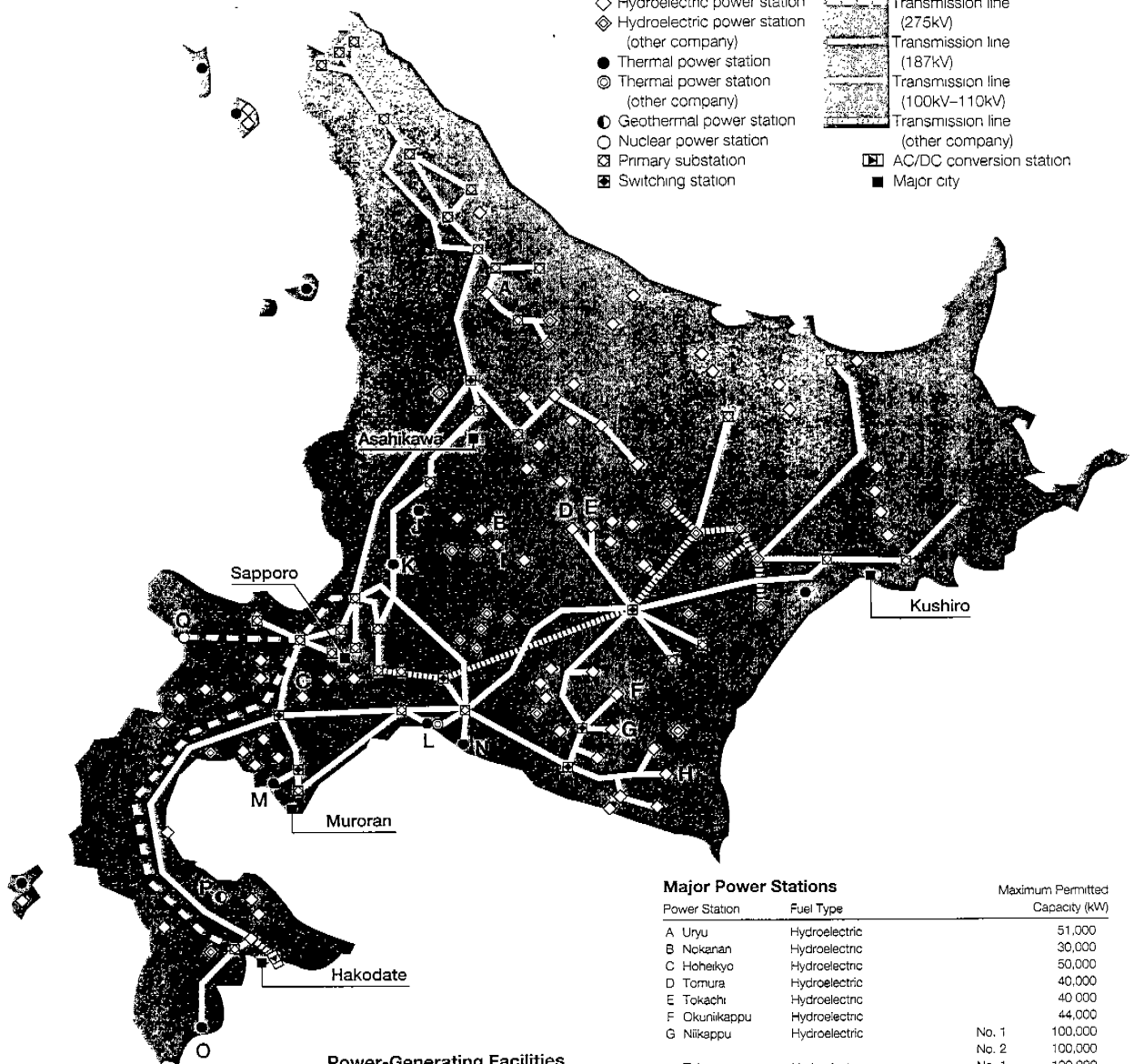
\*\* Affiliated company under the application of the equity method

(As of March 31, 2000)

SERVICE AREA AND ELECTRIC POWER SYSTEM

附表四

- ◇ Hydroelectric power station
- ◊ Hydroelectric power station (other company)
- Thermal power station
- ⊙ Thermal power station (other company)
- ⦿ Geothermal power station
- Nuclear power station
- ⊠ Primary substation
- ⊞ Switching station
- Transmission line (275kV)
- Transmission line (187kV)
- Transmission line (100kV-110kV)
- Transmission line (other company)
- AC/DC conversion station
- Major city



Power-Generating Facilities

| Hokkaido Electric:  |                         |
|---------------------|-------------------------|
| Hydroelectric       | 66 (1,277,972kW)        |
| Thermal             | 11 (3,450,410kW)        |
| Steam               | 6 (3,285,000kW)         |
| Gas Turbine         | 1 ( 148,000kW)          |
| Internal Combustion | 4 ( 17,410kW)           |
| Geothermal          | 1 ( 50,000kW)           |
| Nuclear             | 1 (1,158,000kW)         |
| <b>Total</b>        | <b>79 (5,936,382kW)</b> |

Other Companies Supplying

| Hokkaido Electric: |                        |
|--------------------|------------------------|
| Hydroelectric      | 21 ( 294,640kW)        |
| Oil-fired          | 1 ( 250,000kW)         |
| <b>Total</b>       | <b>22 ( 544,640kW)</b> |

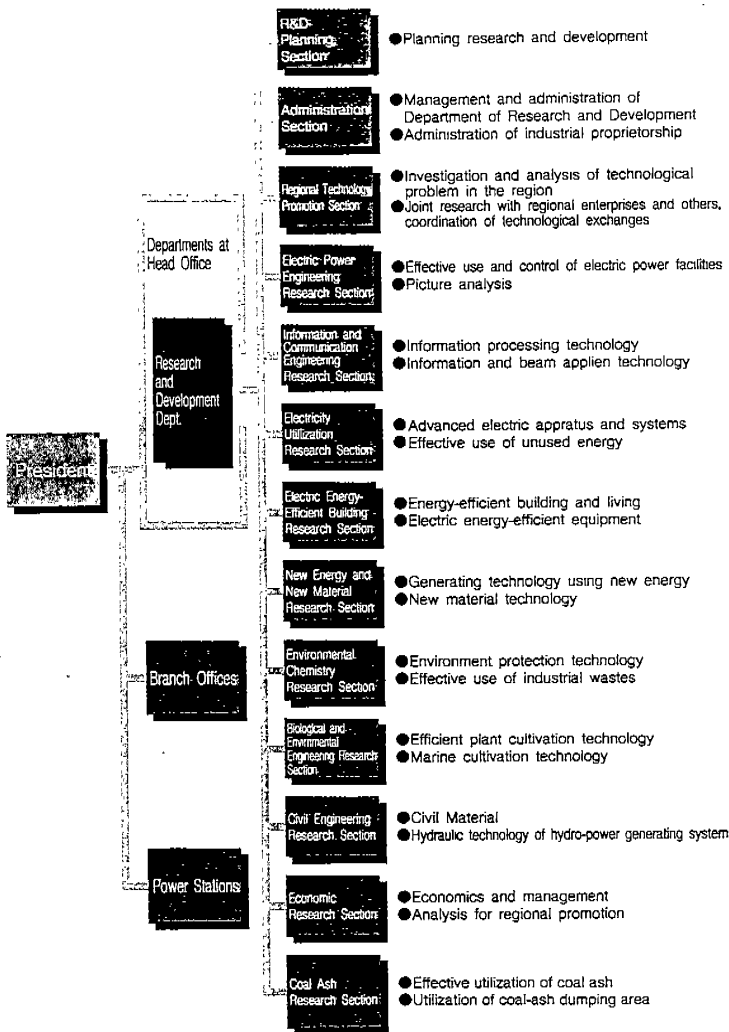
Major Power Stations

| Power Station   | Fuel Type              | Maximum Permitted Capacity (kW)                |
|-----------------|------------------------|--|
| A Uryu          | Hydroelectric          | 51,000   |
| B Nakanan       | Hydroelectric          | 30,000   |
| C Hoheikyo      | Hydroelectric          | 50,000   |
| D Tomura        | Hydroelectric          | 40,000   |
| E Tokachi       | Hydroelectric          | 40,000   |
| F Okunikappu    | Hydroelectric          | 44,000   |
| G Niikappu      | Hydroelectric          | No. 1 100,000<br>No. 2 100,000                 |
| H Takami        | Hydroelectric          | No. 1 100,000<br>No. 2 100,000                 |
| I Takisato      | Hydroelectric          | 57,000   |
| J Sunagawa      | Coal                   | No. 3 125,000<br>No. 4 125,000                 |
| K Naie          | Coal                   | No. 1 175,000<br>No. 2 175,000                 |
| L Tomakomai     | Heavy and Crude Oil    | No. 1 250,000                                  |
| M Date          | Heavy Oil              | No. 1 350,000<br>No. 2 350,000                 |
| N Tomato-atsuma | Coal                   | No. 1 350,000<br>No. 2 600,000<br>No. 3 85,000 |
| O Shiruchi      | Heavy Oil and Ormulson | No. 1 350,000<br>No. 2 350,000                 |
| P Mon           | Geothermal             | 50,000   |
| Q Toman         | Nuclear                | No. 1 579,000<br>No. 2 579,000                 |

HOKKAIDO ELECTRIC POWER CO., INC. ANNUAL REPORT 2000 PAGE 473

# Organization and History

附表五



| Date    | Transition  |
|---------|---|
| 1947.1  | The Hokkaido Electric Power Distribution Co.,Inc. Technical Research Center (established) |
| 1951.5  | Hokkaido Electric Power Co.,Inc Technical Research Center                                 |
| 1960.12 | Move to new office in Naebo   |
| 1974.6  | Move to new office in Satozuka  |
| 1987.2  | Reforming and renaming of Technical Research Center to Research and Development Dept.     |
| 1996.6  | Move to new office in Tsuishikan, Ebetsu (Present site)                                   |

■ Number of personnel as of

October 1, 1996 2000

Total 100 104

(Researchers 81)

76

■ Number of industrial

Proprietorship as of

October 1, 1996 2000

Number of acquired rights

Domestic: 187 ~~177~~ 216

Foreign: 26

Number applied

Domestic: 235 ~~216~~ 174

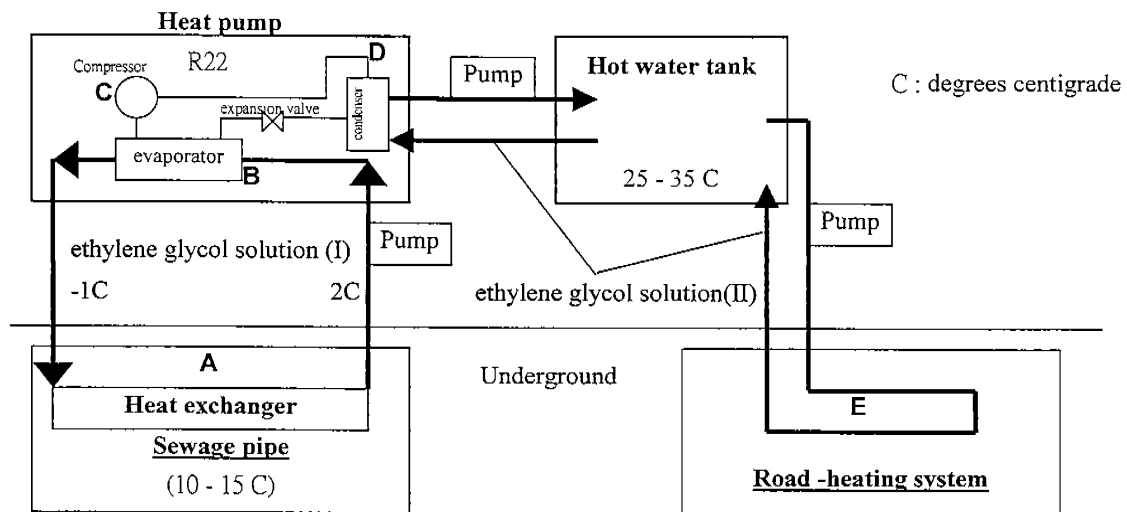
Foreign: 31 ~~26~~

附表五：ORGANIZATION AND HISTORY OF R&D DEPARTMENT, HEPCO

Fig. 1

*The outline of a road-heating system using a waste water source heat pump*

The heat source of this system is waste water in under ground sewer pipes of which temperature is kept between 10 to 15 degrees centigrade throughout the year.



\*R22, one of the CFC gases, is a well known refrigerant used for an air conditioner.

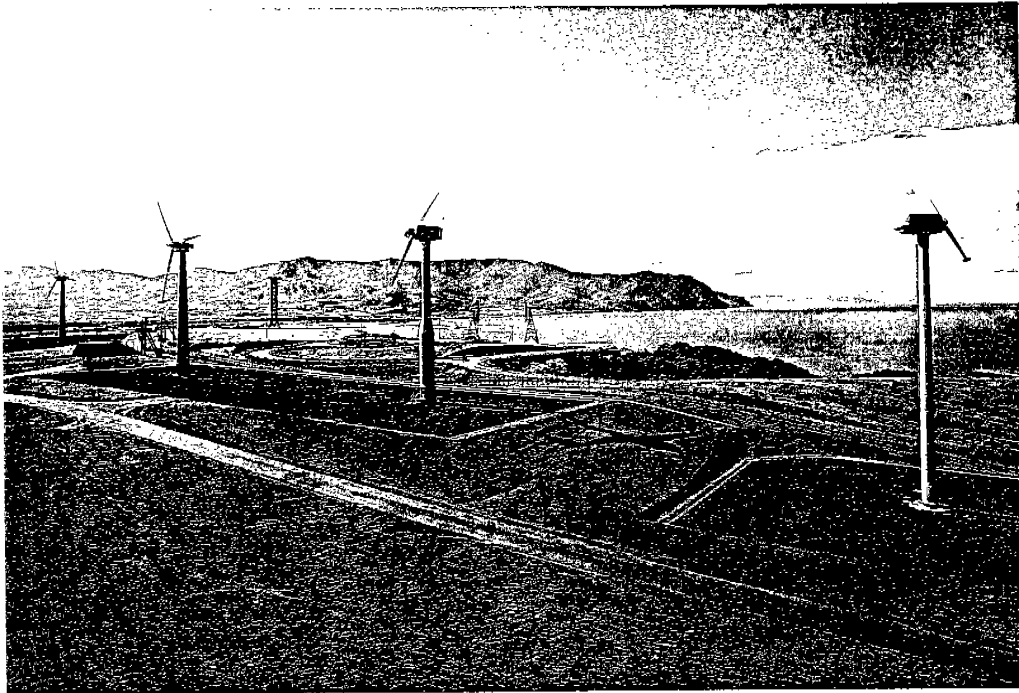
- A: Accumulate heat by a heat exchanger in a sewage pipe through circulation of an ethylene glycol solution (I)
- B: Vaporize low-pressured R22 by the ethylene glycol solution (I)
- C: Compress R22 at high pressure and make it hot
- D: Transfer heat from R22 to an ethylene glycol solution (II) in a condenser
- E: Use the ethylene glycol solution (II) for road heating system

This system can make about tripled amount of heat compared with only using electricity (COP\*=3).

\*:COP=Coefficient of performance

Fig.2

# 風力発電 泊ウインドヒルズ

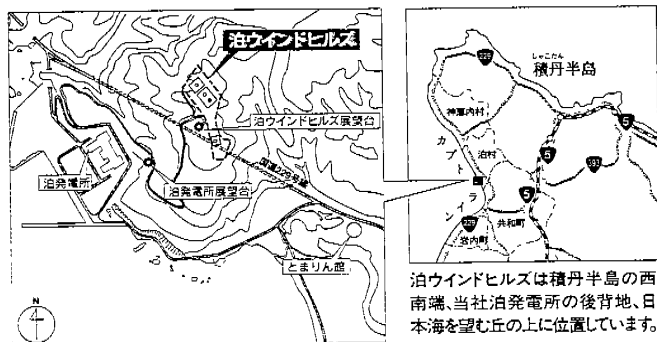


## 泊の丘から未来へむけて

当社は地球環境問題への対応と、石油代替エネルギーの確保という観点から、従来より新エネルギー技術の開発に積極的に取り組んでおります。その一環として、ほりかつぶ発電所(通称=泊ウインドヒルズ)を建設いたしました。すでにこのシステムにより、積雪寒冷地での適合性や各種風車の運転特性の把握などについての実証試験を終えております。今後は、各風車の耐久性、信頼性を引き続き検証するとともに、実証試験で得た知見をもとに、経済性など残る課題の解決に取り組んでいきます。

ほりかつぶ発電所では次のような実証試験を行いました。

- 風車発電機の出力・電圧変動にともなう配電システムへの影響調査と、系統連係時の問題点の把握
- 積雪寒冷地での適合性の調査  
～着雪、着氷の有無や、運転性能の変化など
- 各風車ごとの稼働状況の評価
- 複数台の風車による出力変動の平準化効果、風車間の相互干渉などの把握



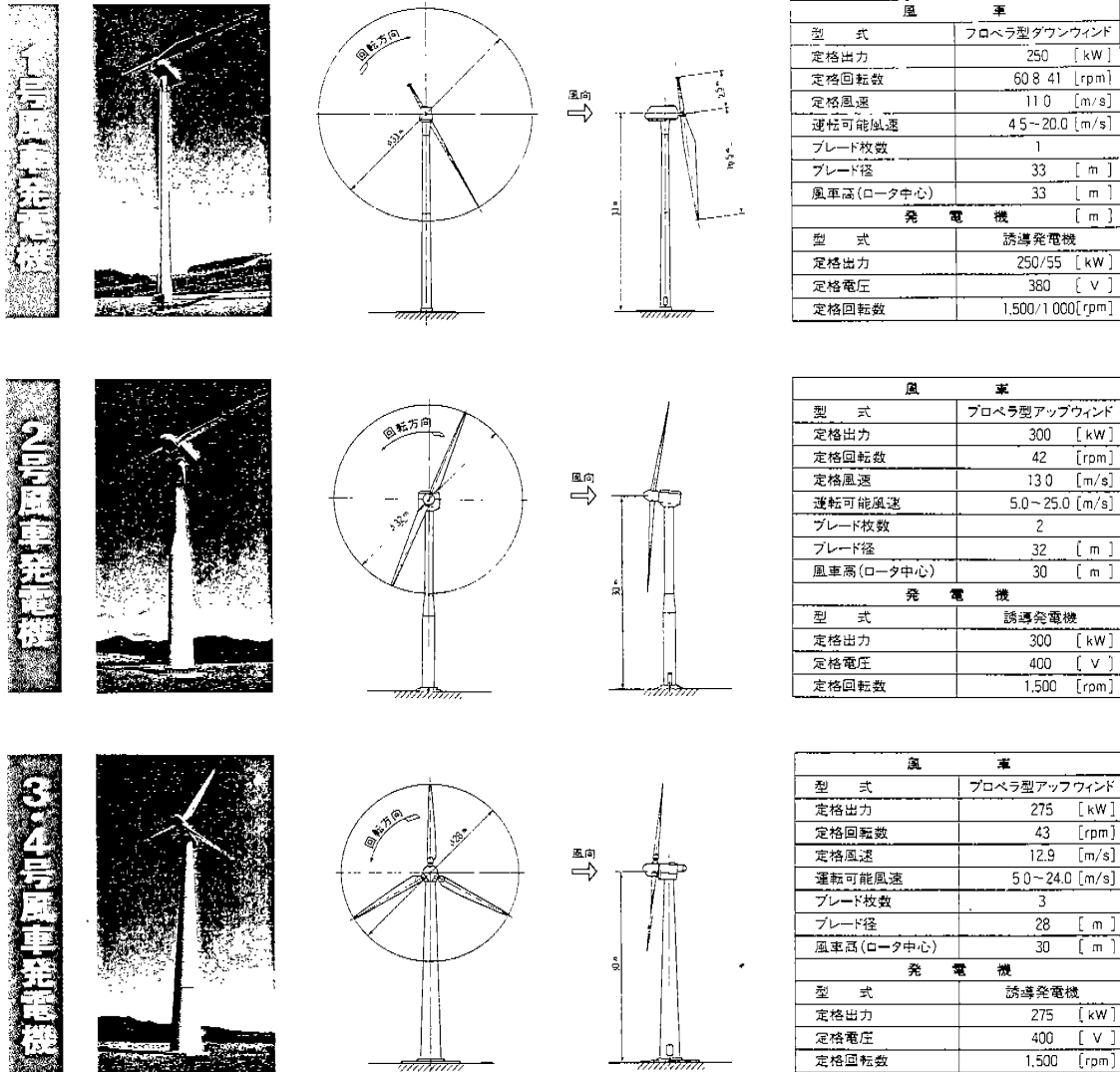
## 北海道電力(株)ほりかつぶ発電所

所在地 / 古宇郡泊村大字堀株村字山の上

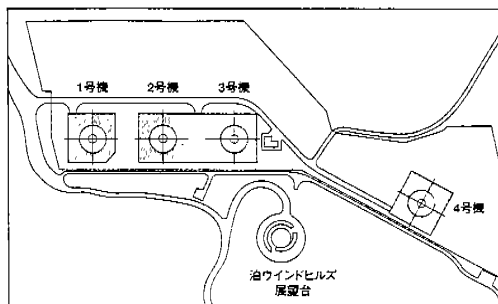
問い合わせ先 / 〒045-0201 古宇郡泊村大字堀株村字古川45-1 北海道電力㈱原子力PRセンター『とまりん館』 ☎0135-75-3001

# 21世紀へ向かって4つの風車が回ります

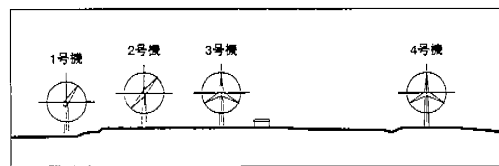
Fig.3 ほりかつぶ発電所の風車はすべてプロペラ型で、1～3枚羽根の3種類の風車を4基設置しています。  
 このように、複数の種類の大型風車がーか所に設置されたのは国内では初めてです。  
 発電所は無人で、札幌系統制御所から遠隔監視制御を行なっています。  
 総出力は1,100kWで、発電した電力は当社の原子力PRセンター<とまりん館>に供給しています。  
 (一般家庭<20A契約の場合>の約500軒分に相当)



●ダウンウィンド：羽根がタワーの風下でまわる ●アップウィンド：羽根がタワーの風上でまわる



平面図



断面図

Fig.4 Solarwall installed at Canadair.

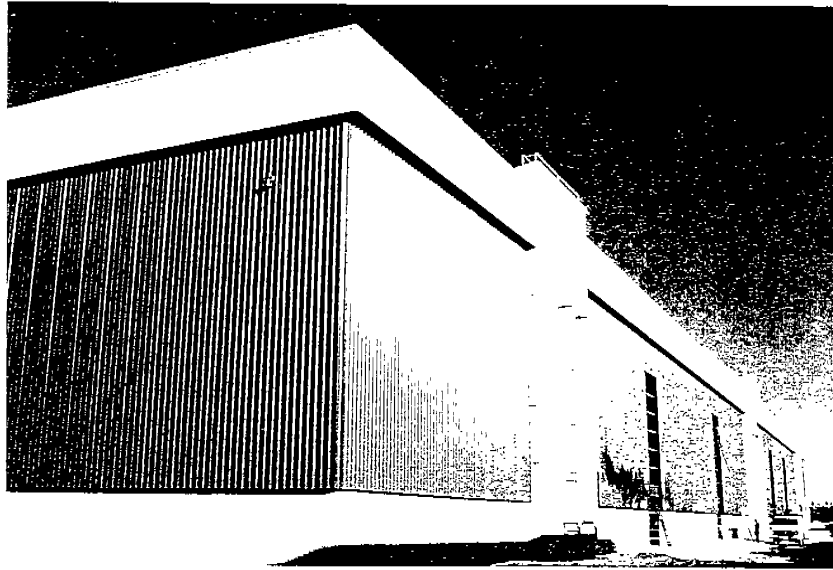


Fig.5 Principle of solar wall operation.

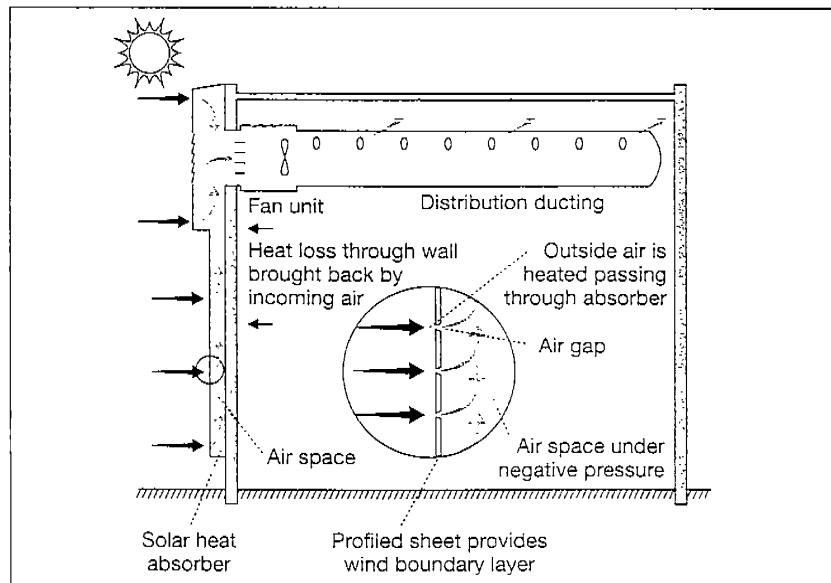
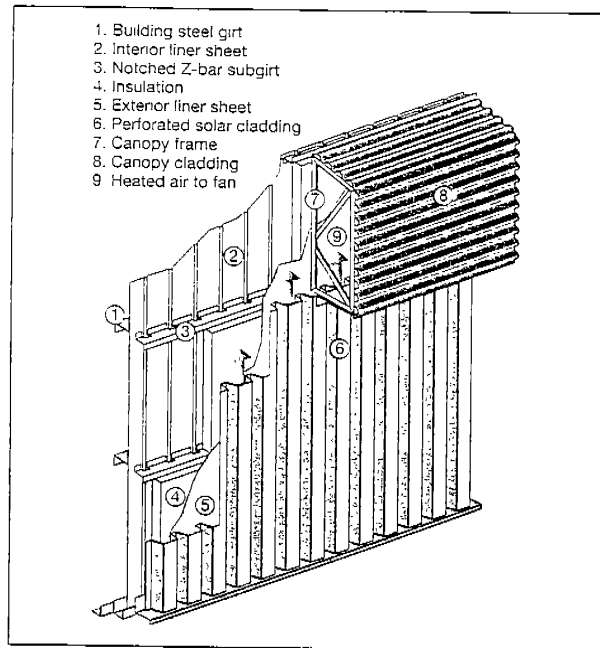


Fig. 6 Solar cladding mounted on a metal wall.





# Operational Coordination Unit

Deputy CEO  
Director of the Operational Coordination Unit

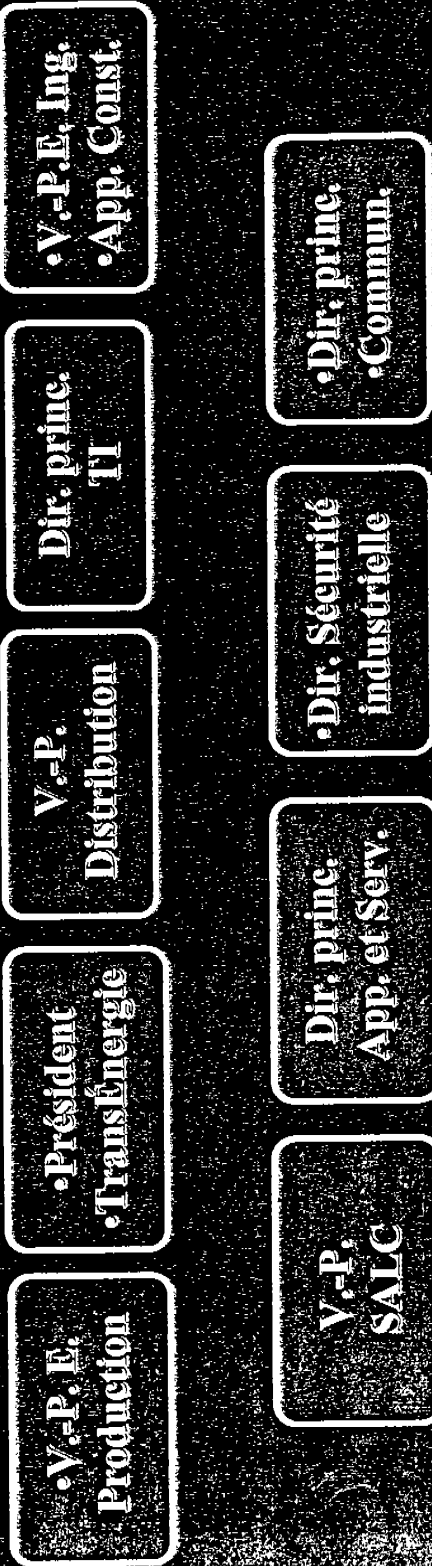


Fig.7 Chart of Operational Coordination Unit, Hydro-Quebec Canada



# Strategic coordination unit

Chairman of  
the Board

President and CEO  
Director of the strategic unit

CCER

Research and  
Strategic Plan.

Human  
resources

Natural gas  
section

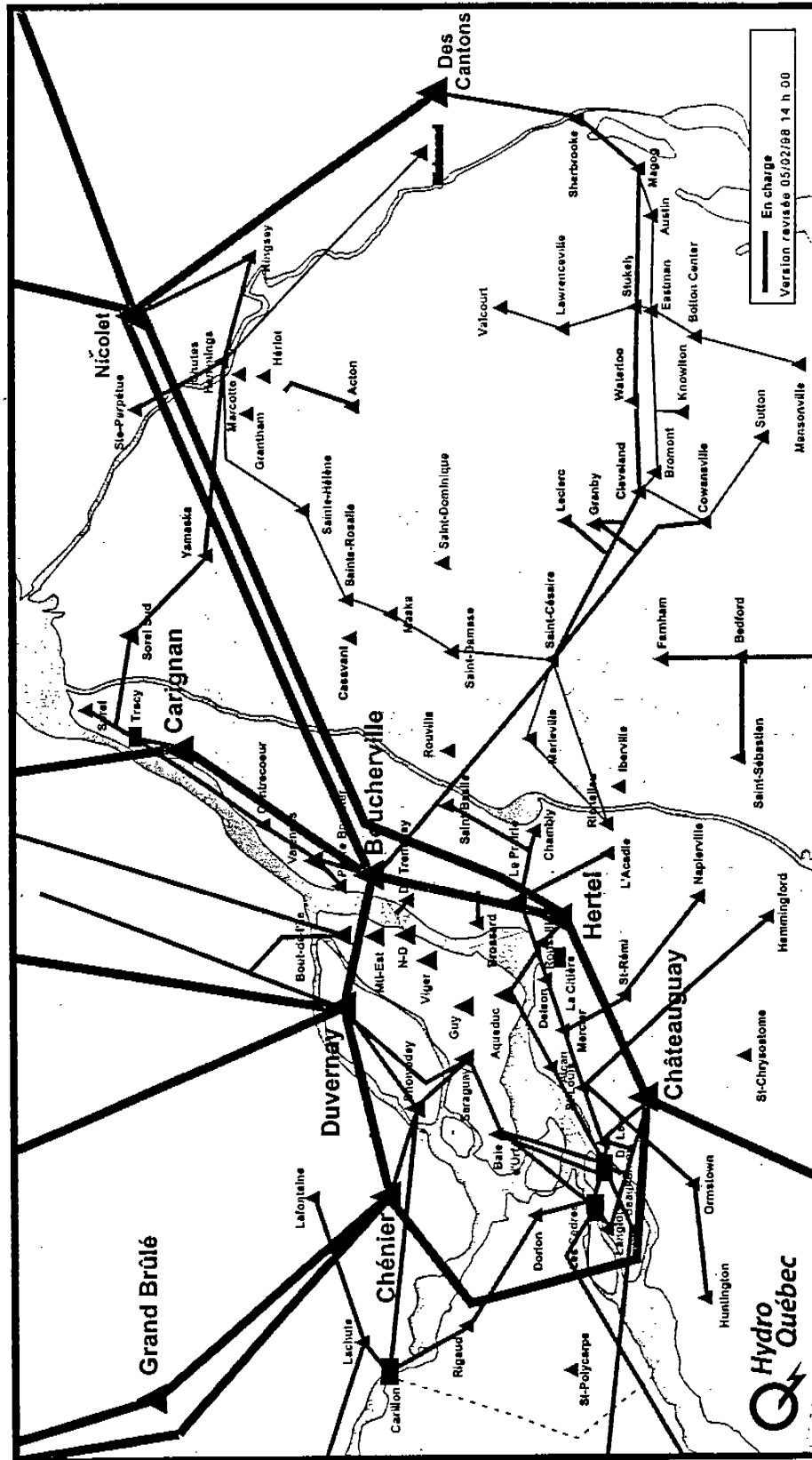
Special  
projects

Deputy CEO  
Director of the operational unit

Fig. 8 Chart of Strategic Coordination Unit, Hydro-Quebec Canada

Diagram of the transmission system before the storm

Fig.9



Radial thickness of ice on conductors in Quebec on 09-01-1998 Fig.10

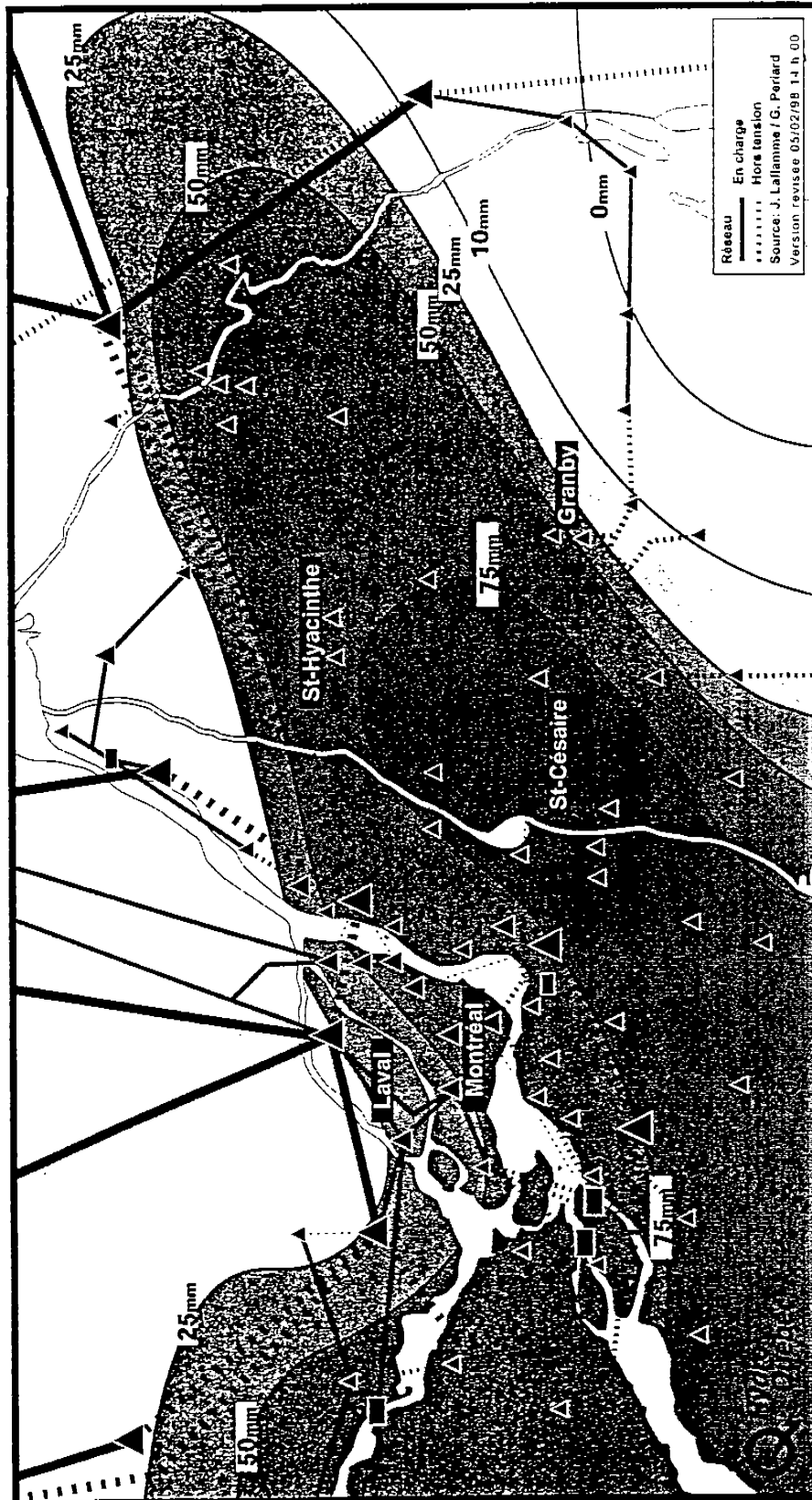


Fig.11

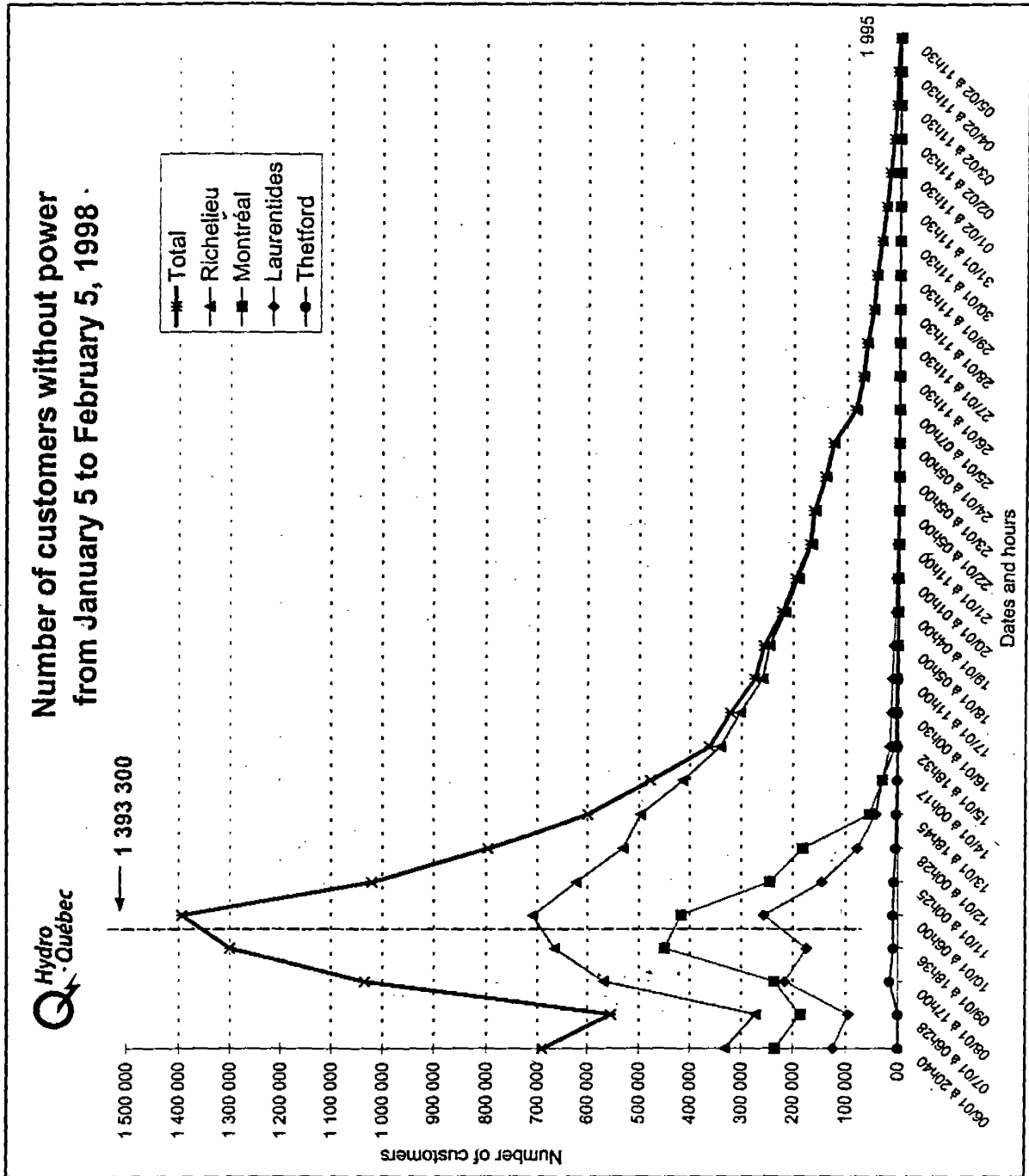


Fig.12

Load losses caused by the ice storm from January 5 to 25, 1998.

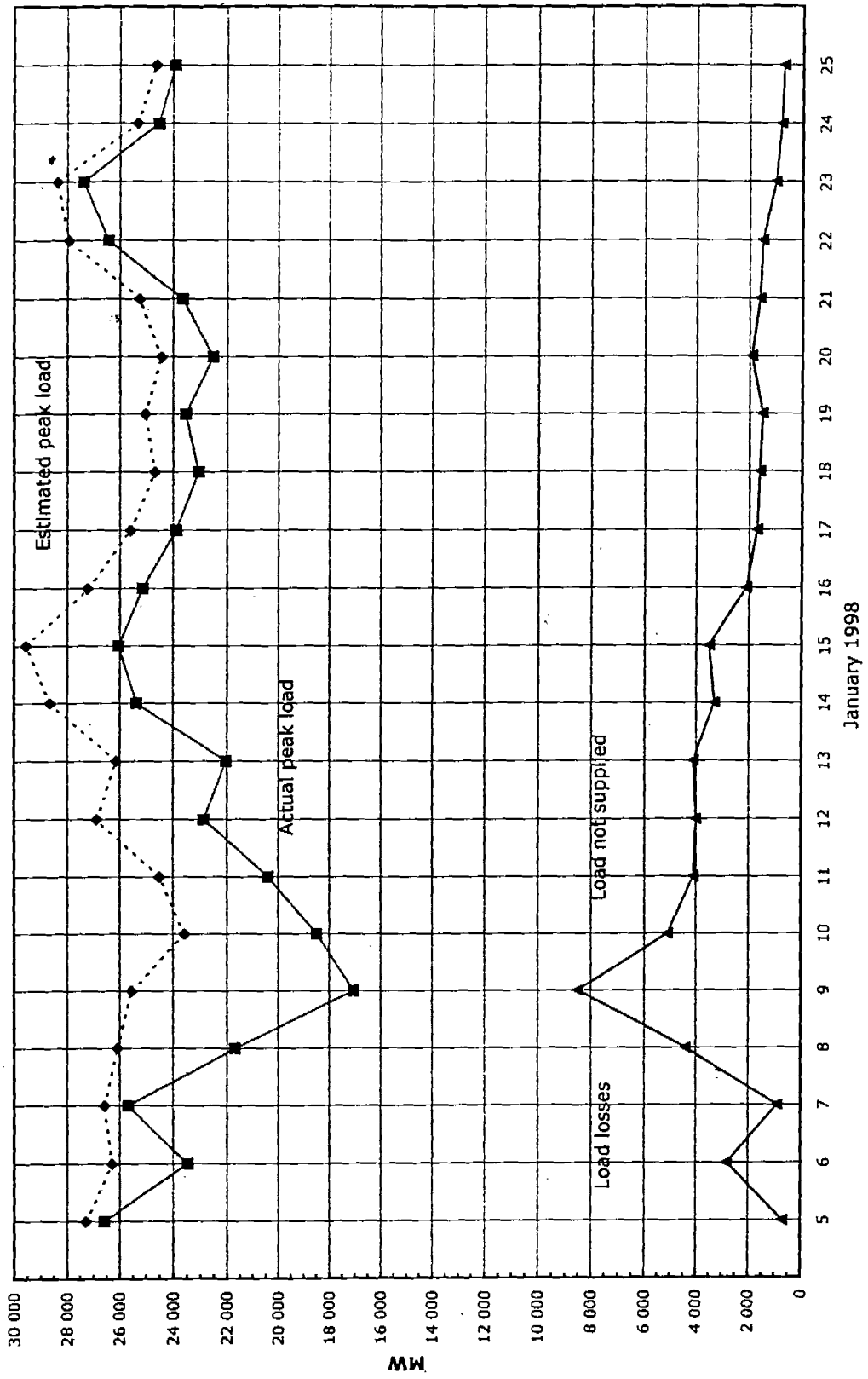
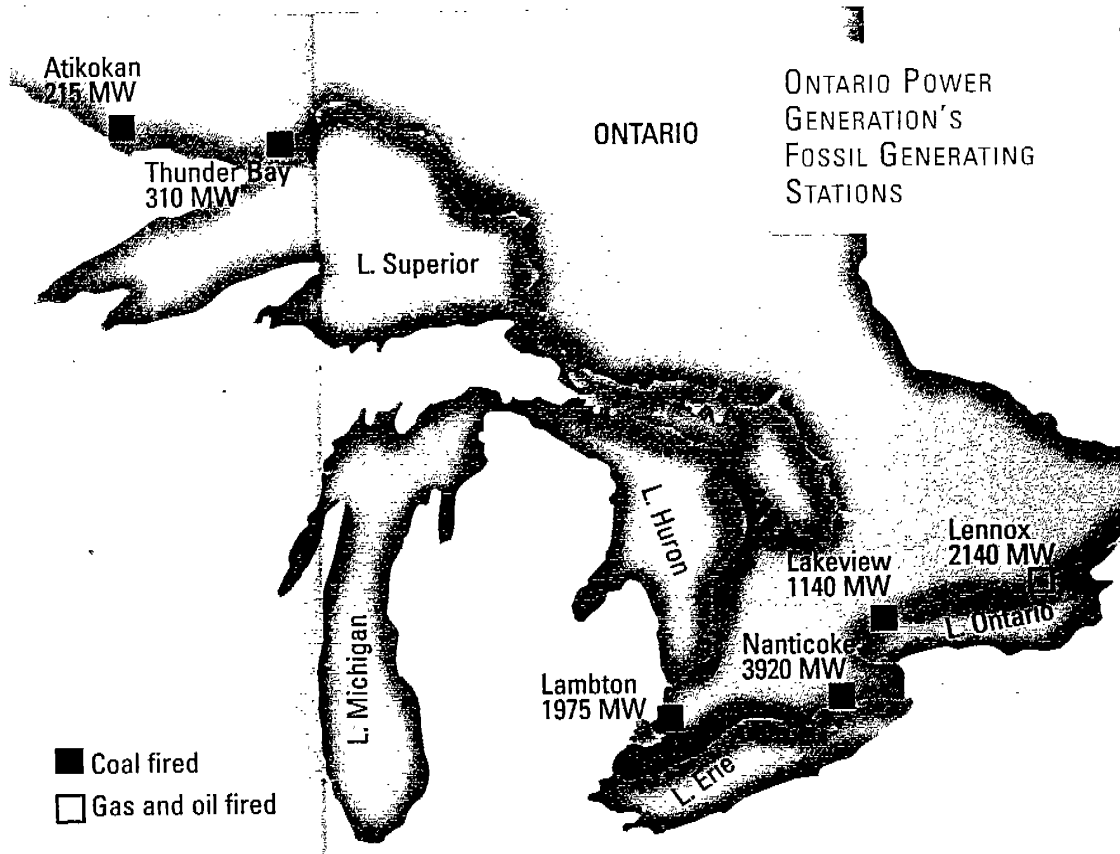
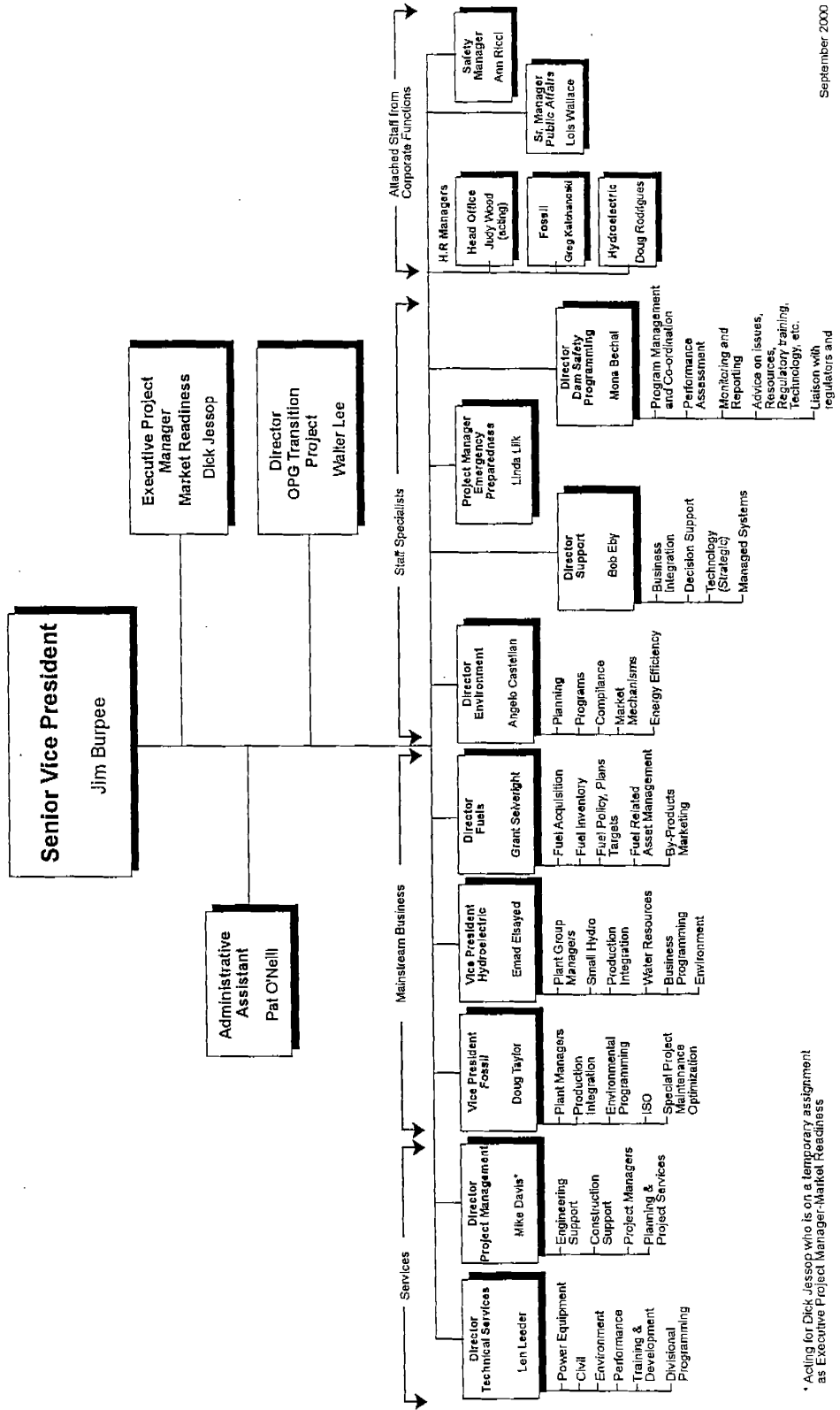


Fig.13



# Electricity Production

Fig.14

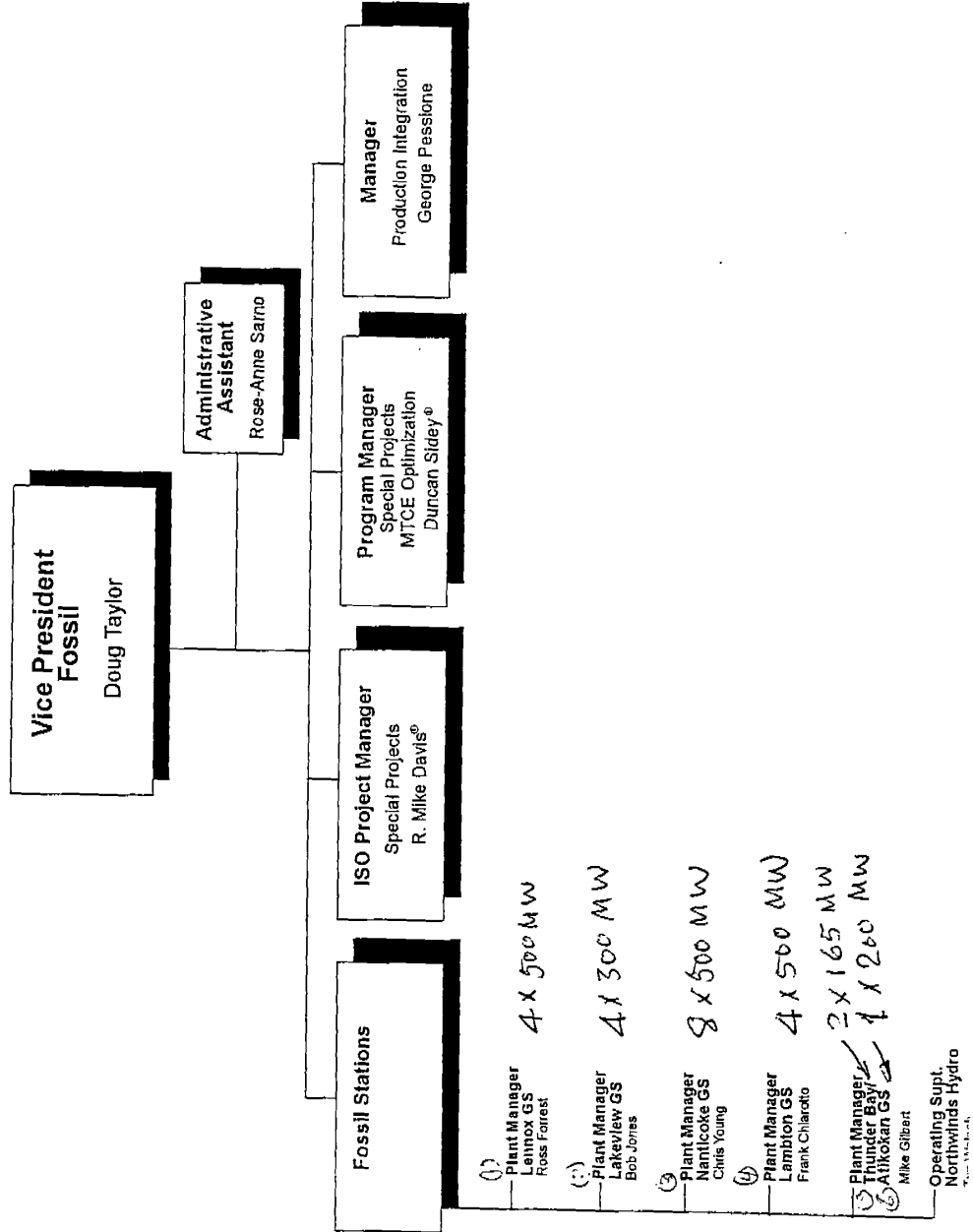


\* Acting for Dick Jessop who is on a temporary assignment as Executive Project Manager-Market Readiness



# Electricity Production Fossil

Fig.15



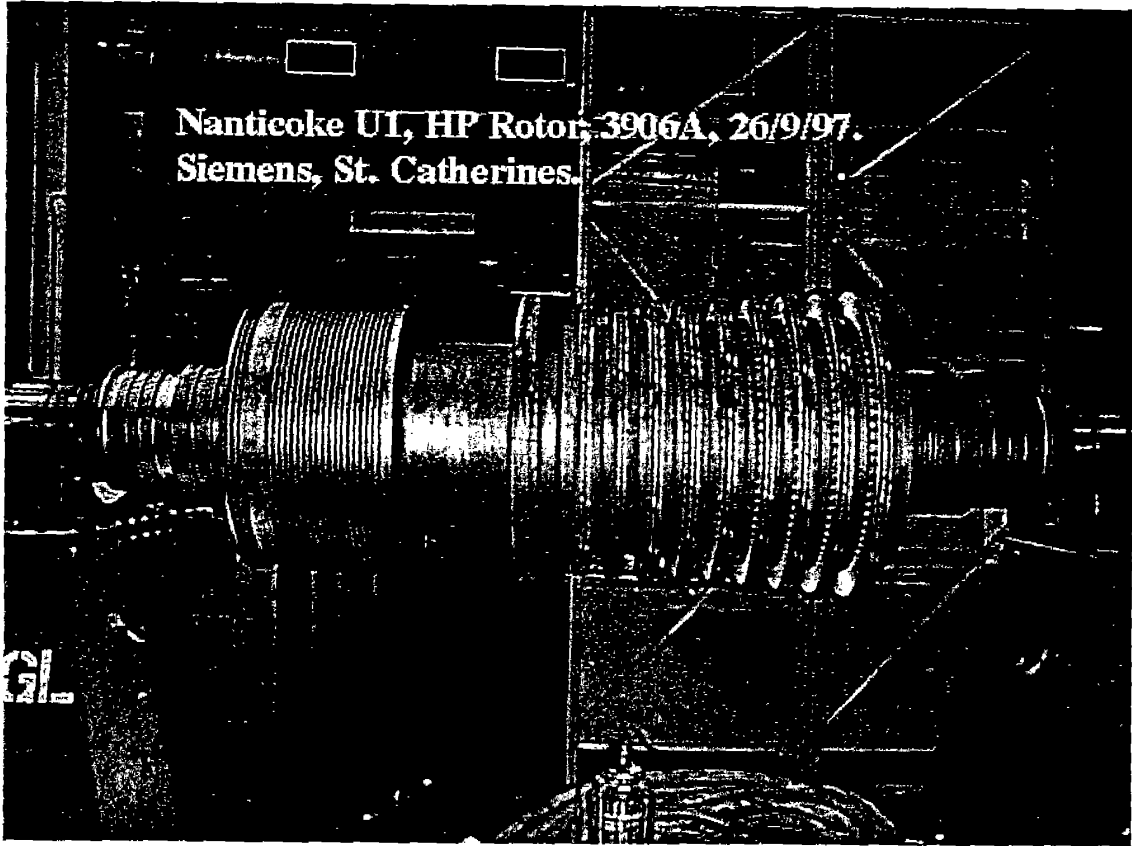


Fig.16 Nanticoke Unit 1, HP Rotor

Nanticoke U1, HP Rotor, 3906A, 26/9/97.  
Cracking at the balance piston.  
Siemens, St. Catherines.  
Balance piston on left, shaft on right.

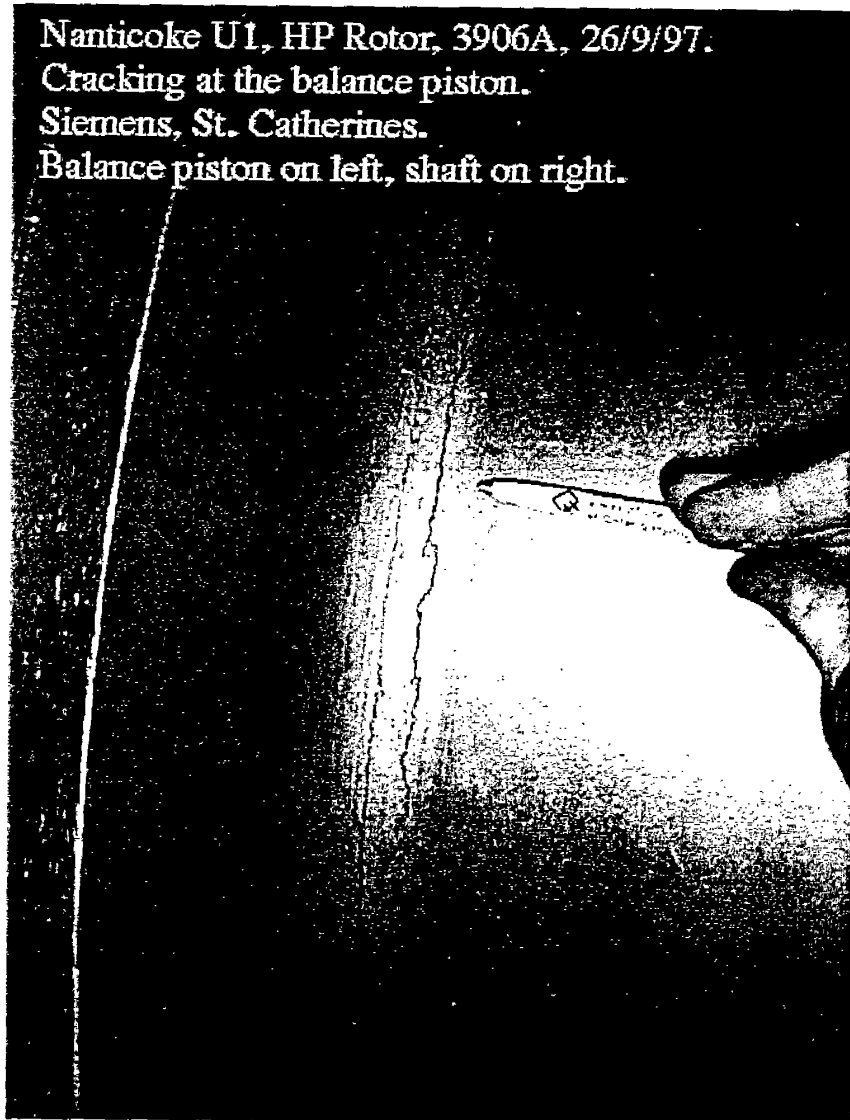


Fig.17. Cracking of the balance piston, HP Rotor

**Nanticoke U1, HP Rotor, 3906A, 26/9/97.  
Siemens, St. Catherines.**

**Cracks at the balance piston / shaft radius  
found by MT. Crack field extends 1" up  
the face of the balance piston (on left).**

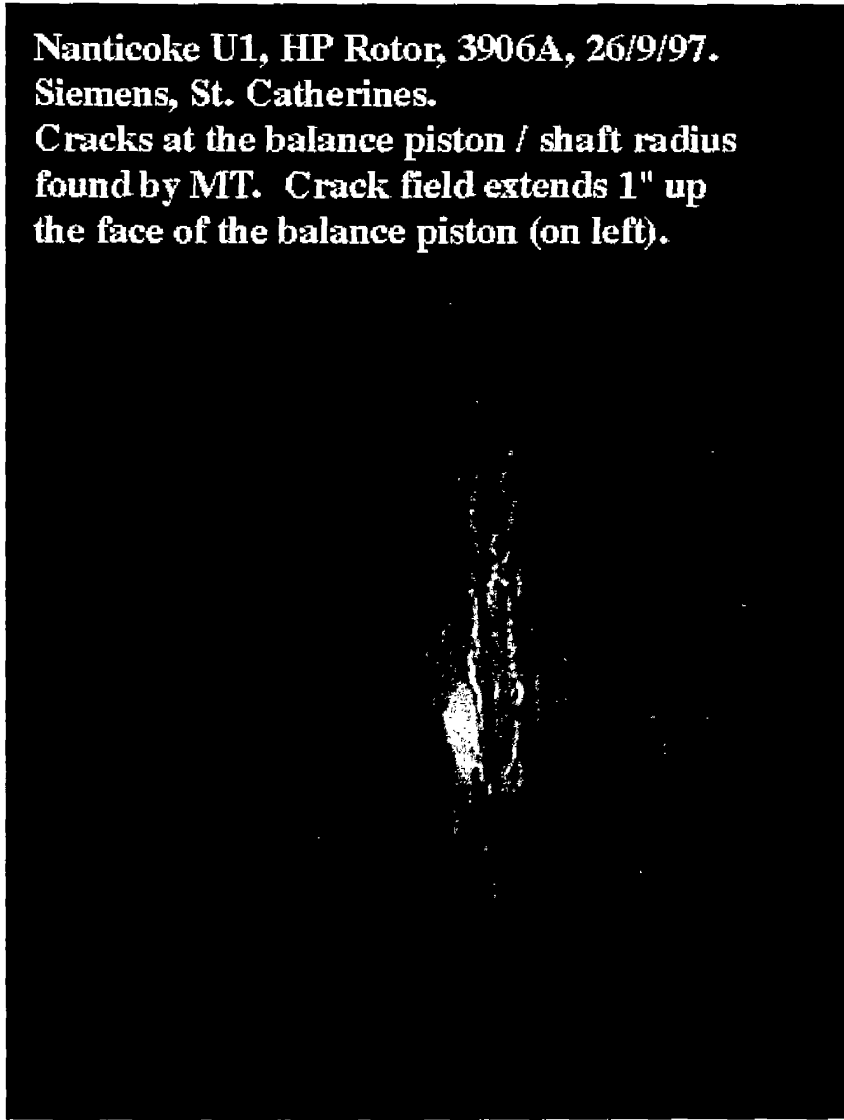
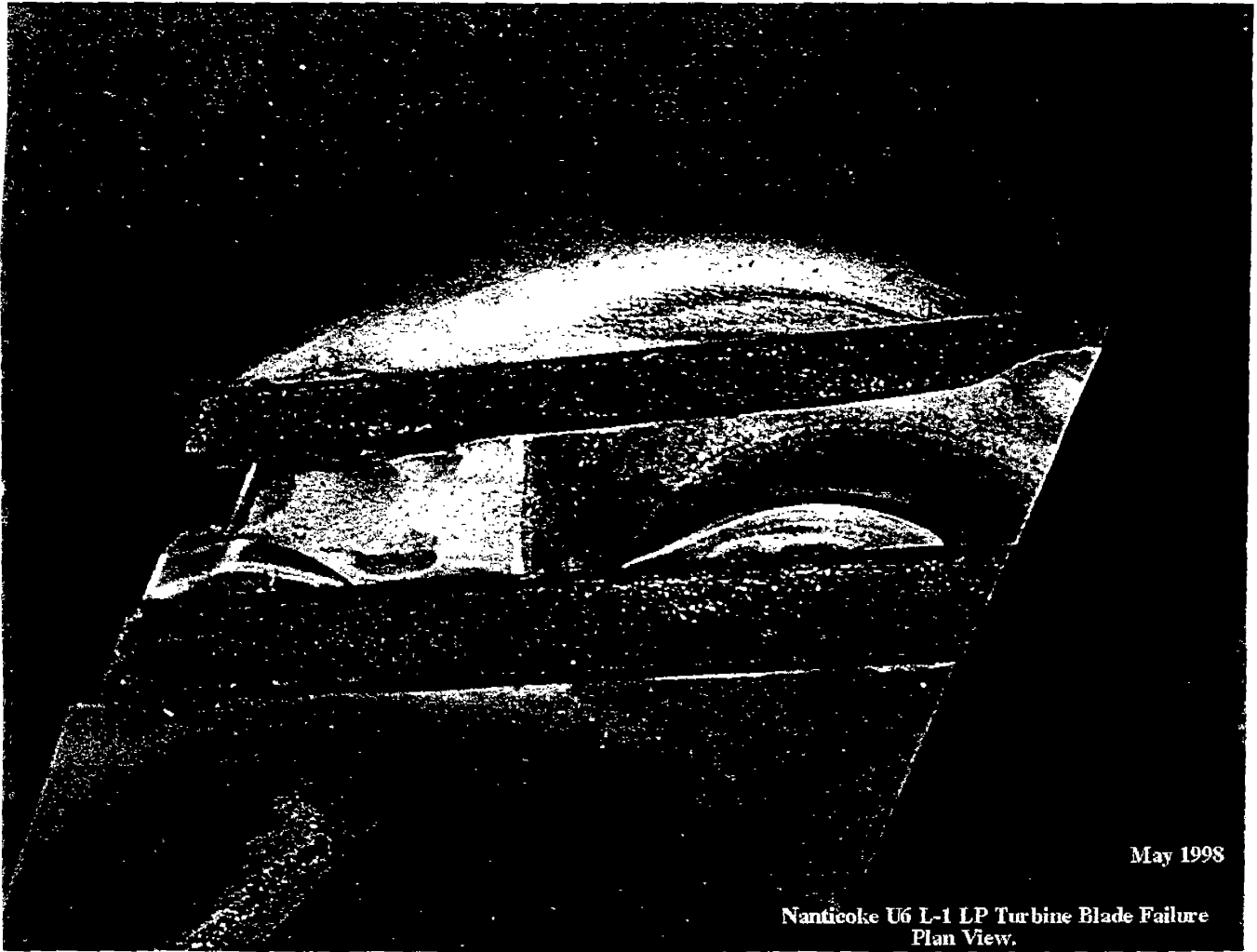


Fig.18 Cracks at the balance piston/Shaft radius, HP Rotor



May 1998

Nanticoke U6 L-1 LP Turbine Blade Failure  
Plan View.

Fig. 19 Nanticoke U6 L-1 Turbine Blade Failure