

六本木 힐스지구에 에너지공급

※본 자료는 일본 열병합발전센터 자료에서 발췌·번역한 것임

1. 머리말

六本木가 새롭게 변한 거리로 태어났다. 東京에 문화의 핵을 만들어 일본을 대표하는 「문화도시」를 창출하기 위하여 계획된 거리, 「六本木힐스지구」가 금년 4월 25일 Grand Open을 하였다. 이 계획은 기성시가지에 있어서 민간의 재개발프로젝트 중에서는 국내 최대규모로서 구역면적이 약 11.6헥타, 총연상면적 약 76만㎡이라는 Scale을 자랑한다.

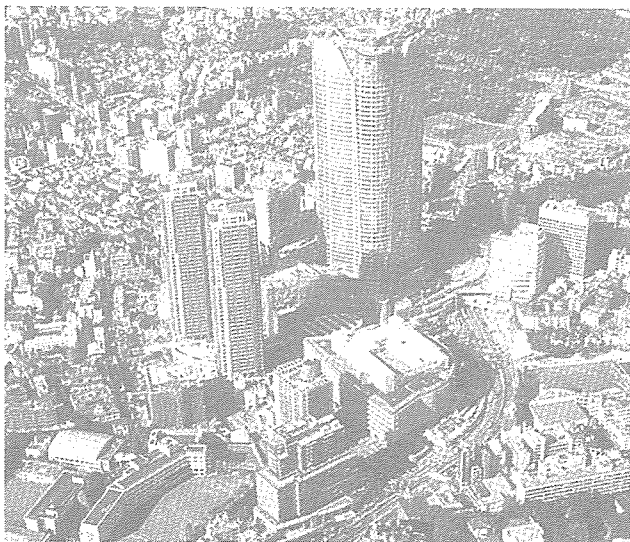


그림-1 六本木힐스지구

여기에 녹색이 풍부하고 윤기있는 문화도심의 실현을 시설계획의 Master Plan으로 하고 오피스, 주택, 호텔, 상업시설, 문화시설 등의 기능을 융합하고 기존의 못(池)·녹색의 보전을 시작으로 공원·광장 등을 정리하여 계획 부지면적의 과반이 Open Space로 되었다.

Grand Open후 5월 5일까지 11일간의 연 내장객(延來場客)수는 297만명으로서 대 성황을 이루었다.

六本木힐스지구의 외관을 그림-1, 건물개요를 표-1에 각각 표시하였다.

2. 六本木에너지서비스주식회사 개요

六本木에너지서비스(주)는 六本木힐스지구의 전력과 열에너지 공급을 목적으로하는 사업회사로平成12년 8월에 森맥주(주)와 東京가스(주)의 공동출자로 설립되었다.

平成13년 9월에 경제산업대신으로부터 특정전기사업 및 열공급사업의 사업허가를 받고平成13년 10월 중순부터 발전시설, 열공급시설을 설치하는 六本木힐스 森타워 지하층 부분의 공사를 시작하였다.

건설공사는 신일본제철(주)가 일괄로 시공, 면밀한 시공계획과 철저한 공정관리로 단기간에 효율적으로 진척되었다. 공사착공 약 10개월 후인平成14년 8월에 東京전력(주)으로부터 특고압수전을, 東京가스(주)로부터 가스공급을 받고 그후 기기류의 시운전 조정을 거쳐 六本木힐스지구의 Open에 맞춰 금년 5월 1일에 특정전기사업 및 열공급사업을 개시하였다.

사업개시에 앞서 4월 18일에 경제산업대신에게 특정전기사업의 전기공급조건을 제출하고 열공급사업의 열요금 인가를 4월 22일부로 경제산업대신으로부터 받았다. 또한 특정전기사업자로서는 일본 국내에서 5건째의 실시례, 열공급사업자로서는 87건째(공급구역으로서는 149건째)가 된다. 또한 본 사업은 「신에너지 이용 등의 촉진에 관한 특별조치법」의 규정에 근거하고平成12년도에 경제산업대신으로부터 신에너지 등 이용계획의 인정을 받아 「신에너지 사업자 지원대책사업」의 보조사업으로 보조금을 교부 받았다.

표-1 六本木힐스지구 건물개요

六本木힐스全体概要	施工区域 約 11.6ha 敷地面積 89,400㎡ 延床面積 759,100㎡
建物概要 [A街区]	■ハリウッドビューティプラザ (事務所・学校・店舗) 建物階数 地上12階/地下3階、延床面積 24,800㎡
[B街区]	■六本木ヒルズ森タワー (事務所・店舗・美術館) 建物階数 地上54階 (高さ238m) /地下6階、延床面積 379,500㎡ ■グランドハイアット東京 (ホテル・店舗) 建物階数 地上21階/地下2階、延床面積 69,000㎡ ■けやき坂コンプレックス (映画館・店舗) 建物階数 地上7階/地下3階、延床面積 23,700㎡ ■テレビ朝日 (放送棟) 建物階数 地上8階/地下3階、延床面積 73,700㎡
[C街区]	■六本木ヒルズレジデンス A・B・C・D棟 (住宅・店舗) 建物階数 地上部A棟6階/B・C棟4階/D棟18階/地下2階、延床面積 149,800㎡ ■けやき坂テラス (事務所・店舗) 建物階数 地上6階/地下1階、延床面積 6,900㎡ ■寺院棟 (寺院) 建物階数 地上2階/地下1階、延床面積 500㎡ ■住宅関連施設・備蓄倉庫 建物階数 地上2階/地下1階、延床面積 400㎡ (2棟合計)
[D街区]	■六本木ヒルズゲートタワー (事務所・店舗) 建物階数 地上15階/地下2階、延床面積 30,800㎡

3. 에너지공급 개요

당 지구에의 에너지공급은 특정건물의 전력수요에 따라 전 전력을 자신이 보유한 발전설비에 의하여 직접 공급하는 특정전기사업 (平成7년의 전기사업법 개정시에 제정된 전기사업)과 그의 발전설비로부터 회수되는 배열을 유효 활용한 열공급사업을 동시에 실시하는것으로서 저 가격의 에너지공급과 동시에 높은 에너지절약과 환경보전의 실현을 목표로 하는것이다.

전력공급대상은 특정전기사업자로부터 전력공급

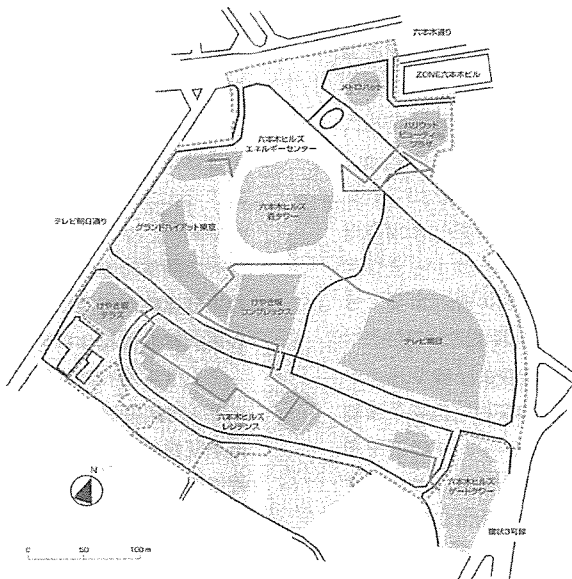


그림-2 六本木힐스지구 재개발계획 구역과 전력 공급대상건물

을 받는것으로 합의된 건물 단위로 설정, 전기사업법의 공급지점으로 전기공급의 허가를 받았다.

열공급대상은平成12년 6월에 결정되어 도쿄도의 지역냉난방계획 구역내의 건물로 되어있다.

전력공급시설과 열공급시설은 六本木힐스 森타워의 지하층에 설치되어 있고 지하 플랜트 부분은 층 높이 10미터, 床面積이 약 11,000㎡의 대규모 시설이다. 각 건물에의 전력 및 열공급은 각 건물로 통하는 전용통로 등에 배전용 케이블, 열공급배관을 부설하여 이를 이용하고 있다.

그림-2에 六本木힐스지구 재개발계획구역과 전력·열공급대상건물을 표시하고 그림-3에 에너지공급시스템 개요를 표시하였다.

3.1 전력공급시설

전력공급시설의 주요기기 사양과 각 설비의 특징 등을 표-2에 표시하였다.

(1) 계통연계용 수변전설비

東京전력(주)로부터 본선·예비선의 2회선을 인입하고 보완공급계약(운전예비계약 : 발전설비 정격출력합계의 3%, 대기예비계약 : 발전설비의 최대 정격

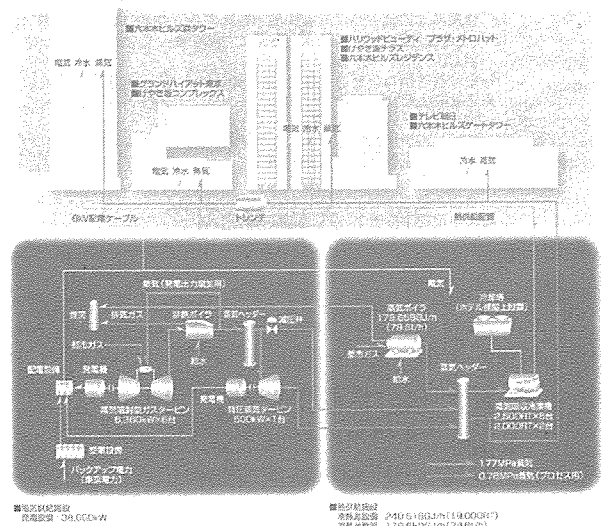


그림-3 에너지공급시스템 FLOW 개요

출력 1대분)을 체결하였다. 보완공급계약이란 전기사업법상의 위치로 특정전기사업자가 발전설비의 정기점검시 등에 있어서 부족전력을 일반전기사업자로부터 수전하기 위한 계약이다.

상시에는 東京전력 66kV 계통과 연계되고 수요전력을 감당하는 발전설비를 운전(수전전력 ≒ 0kW, 0kVar)하고 있으나 계통연계용 Relay가 동작시 등에 있어서는 계통분리하여 발전설비의 계속운전이 가능하도록 계획되어 있는 등 신뢰성이 높은 전력공급시스템으로 구성되어 있다.

또한 수전용 특고변압기(風冷시 정격 15MVA × 4대)는 부하시 Tap 전환장치를 설치, 특고계통측의 전압이나 부하상태 등에 관계없이 일정한 배전전압을 유지하도록 운영하고 있다.

(2) 발전설비

특정전기사업의 사업요건으로 공급지점의 최대전력의 조달이 가능한 발전설비용량을 설치하는 것이 필요하다. 계절간이나 주야간 등의 부하변동에 따라 고효율운전을 실시하기 위한 대수 분할을 고려, 전력과 열부하의 변동에 따라 최적의 열전비(熱電比)로 운전되는 열전비 가변형의 증기분사형 가스터빈 6,360kW(0°C정격, 도시가스 연료시)를 6대 설치 하였다.

상시 연료는 환경면에 우수한 도시가스를 사용하여 방재시 및 비상시용의 연료로 등유탱크를 설치하였다.

증기분사형 가스터빈이란 배열회수 보일러에서의

표-2 주요기기사용 (전력공급시설)

<p>最新設備(受電電・配電設備)ノ莫支・中立電機・京三製作所</p> <p>圖特高電氣設備 66kVキュービクル型SF₆ガス絶縁開閉装置 (C-GIS)、本線・予備線2回線受電、VCTハイパスあり、VCB X 8 台</p> <p>圖特高電氣設備 風冷式油入絶縁変圧器、定格電圧 66kV/6.6kV (17tap LRT付)、定格容量 15 MVA (風冷時) X 4 台</p> <p>圖密圧母線構成 常用系4母線十回線系2母線十回線系2母線、真空遮断器 (VCB) X 112 台、(受電変圧器2次CB、母線遮断器CB、フィーダCB、充電機CB、充電機系統遮断器CB、所内CB、熱供給給電CB)</p> <p>圖力率改善用コンデンサ装置 11,800kVar (高・低圧合計容量)</p> <p>圖発電機所内変圧器 巻力 6.6kV/415V 1,000kVA X 2 台、電灯用変圧器合計容量 300kVA (一部灯塔共用)</p> <p>圖供給給電用変圧器 巻力 6.6kV/415V 1,000kVA X 2 台、1,200kVA X 2 台、電灯用変圧器合計容量 95kVA</p> <p>圖低圧供給用変圧器 (注完機)</p> <p>单相3線式 10B/200V、200kVA X 22 台</p> <p>圖無停電電源装置 (UPS)、直流電源装置 UPS: 30kVA X 2 台、直流電源: 合計 300A、蓄電池合計容量 1,650Ah/10r 車 (保冷冷蔵型 MSE)</p>	<p>圖特高電氣設備 定給出力: 6,360kW (0°C定給、都市ガス燃料時) X 6 台 (うち3台常用助焚使用発電機) (別項定給 3,000kW 灯油燃料時最大出力 6,000kW)</p> <p>圖燃料 燃料: 灯油燃料機時 総合効率 74.0% (発電効率 28.7%、排熱回収効率 45.9%)、灯油燃料時 総合効率 47.9% (発電効率 25.4%、排熱回収効率 11.9%)</p> <p>圖発電機 1回用排熱回収方式排熱発電機、定格容量 750kVA、力率 0.8 (遅相)、巻電圧 6.6kV 排熱回収方式イテ: 自然循環型自給式、定格出力 1.77MPa (絶対)、蒸気量 12.507t/h 圖排熱回収: 屋架水接触熱交換機排熱装置、排熱 NOx 40ppm 以下 (O₂ = 0%換算) 圖冷気供給装置: 冷水熱交換方式、給水給熱量 3,604MJ/h/台</p>
<p>圖背圧式蒸気タービンノ神戸製鐵</p> <p>定給出力 500kW 巻電圧 415V 背圧発電機 蒸気入口 1.60MPa (絶対)、蒸気出口 0.81MPa (絶対)、定給蒸気流量 23.57/t/h</p>	
<p>圖中央監視設備(電力・熱供給給電共用)ノ京支</p> <p>監視制御点数 約 6,000 点、制御系 LAN および制御ステーション(X 4 系統) 2 通信、CRT 9 台 (監視制御用 5 台、運転計画用 2 台、バックアップ用 (独立別系統) 1 台)、ITV 監視用 1 台)、監視用大画面 100inch (DLP方式、4 分割表示可)、備内 ITV 装置 (デジタル式、10 系統監視)</p>	

발생증기가 배열이용측 (열공급시설측)에 여유가 있을 경우에는 잉여증기를 가스터빈에 분사하여 연소가스와의 혼합유체로 터빈을 구동함으로써 발전 출력의 증가와 발전효율의 상승에 이용함으로써 종합효율이 높은 운전이 유지되는 열별합시스템이다. 가스터빈 발전설비 6대 중 3대는 소방법상 필요한 40초 기동가능 등의 조건을 충족하므로 상용방재 겸용기이고 발전설비가 설치되는 건물측의 방재전원으로서도 활용된다. 또한 尿素水접촉 환원촉매 탈초장치에 의하여 배출 NOx 치는 40ppm (O₂=0% 환산) 이하로 되고 하절기 고온시의 출력 저하를 보완하기 위하여 흡기냉각장치(열공급시설측에서 제조하는 냉수와의 열교환방식)을 설치하였다. 채용한 증기분사형 가스터빈 발전설비의 열전가변특성을 그림-4에, 당 시설의 설치상황을 그림-5에 각각 표시하였다.

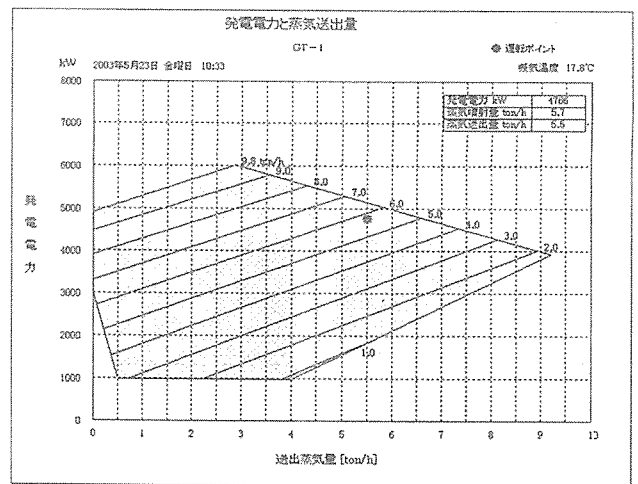


그림-4 증기분사형 가스터빈의 열전가변특성

그 외 가스터빈 배열회수보일러의 회수증기압력 (1.77MPa)과 열공급시설측에서의 사용증기압 (0.8MPa: 증기흡수식 냉동기의 입구압력 및 증기공급압력)의 압력차를 이용하여 발전하는 배압식 증기터빈발전기 500kW 1대를 설치하였다. 발전설비의 운전제어방식으로는 전 공급지점의 전력수요에 따라 발전하고 東京전력계통과의 연계운전시에는 수전점의 조류(潮流)를 검출하여 수전점 조류를 Zero가 되도록 발전기의 유효 및 무효전력 출력제어를 실시하고 東京전력계통과의 분리운전시에는 발전기 주파수 및 전압의 일정 제어를 실시하고 있다.

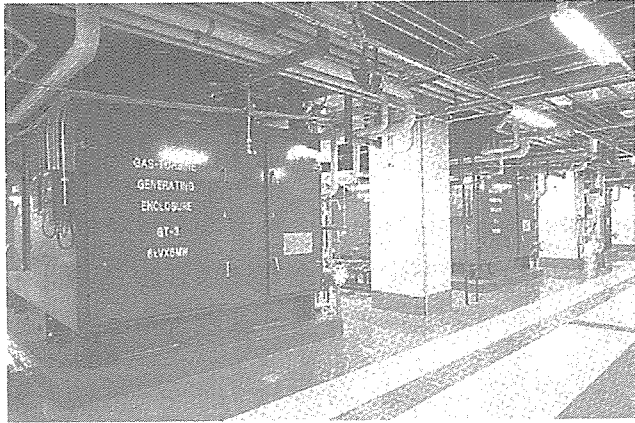


그림-5.1 가스터빈발전설비(3,4,5호기)

(3) 배전설비

최대전력 50kW 이상의 각 수요가에의 공급방식은 3상3선식·배전전압 6.6kV로 통일하고 심플한 배전계통을 구성하였다. 이로 인하여 종래에는 특고수 변전설비가 필요한 계약전력 2,000kW 이상의 수요가에서는 고압수전을 함에 따라 수전설비의 간소화를 도모할 수 있게 되었다.

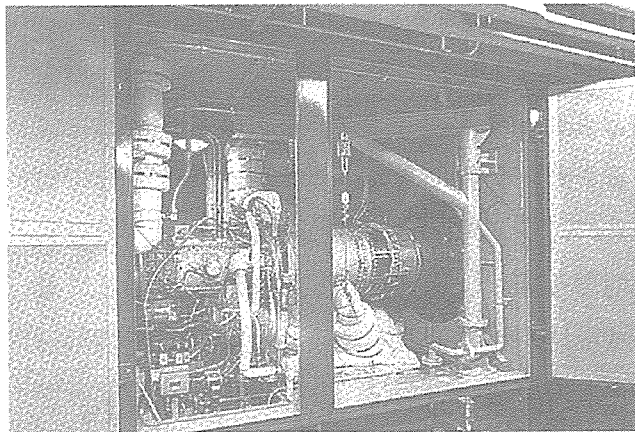


그림-5.2 가스터빈본체

고압모선은 상용배전계통 4모선+방재계통 2모선+소내계통 2모선으로 구성 되었고 공급용 配電線數는 28회선 (고압배전케이블 연장 약 9,100m), 장래의 부하증가가 가능한 용량을 갖는 모선 및 배전선의 2重化構成으로 하고 설비의 정기점검시 등에 있어서도 전력공급에 지장이 없도록 고려하여 설계하였다.

주택동의 住戶部分 (793건)에 대해서는 단상 3선식 100/200V 로 당사에서 직접 공급하고 공급설비는 공급용 변전소를 住宅棟內 5개소에 분산설치, 200kVA의 변압기 총 22대를 설치하였다.

(4) 기타설비에 관한 특징 등 (전기설비관련)

① 후각센서에 의한 절연감시

시설내의 배전반, 동력·분전반 및 제어반류에는 반내배선 등의 절연물 열화 등에 의하여 발생하는 분해가스를 조기에 검지함으로서 전기사고의 확대를 미연에 방하는 대책으로 후각센서를 설치하였다.

② 설비경신시 등을 고려한 환경면의 배려.

시설내 부하설비 등에의 배선에는 할로겐화합물 등을 함유하지 않은 케이블을 채용하였다. 또한 USP 및 직류전원장치용의 배터리에는 장수명형 배터리 (Super-MSE, 기대수명 13-15년) 를 채용하였다. 또한 SF₆가스를 사용하지않은 N₂가스 절연형 역률개선용 저압콘덴서 설비를 채용하는 등 설비경신시 등에 있어서 환경부하 저감을 위한 배려를 하였다.

③ 시설내 소비전력 저감을 위한 배려.

시설내의 동력설비에는 각소에 고효율모터 (최대 용량 300kW)를 채용하여 급배기팬이나 펌프의 인버터 적용에 의한 시설내 소비동력의 절감을 꾀하였다. 또한 시설내 조명의 단계 조광, 각실 조명의 인감센서 설치에 의한 불요시 소등에 의하여 시설내 조명용전력의 저감에도 고려하여 설계하였다.

④ 고조파 대책

수요가 측 및 당 시설내에 저압부하 측에 역률 개선용 콘덴서를 설치하고 역률개선을 겸한 고조파대책을 효과적으로 수립함.

⑤ 시설내 안전대책.

六本木힐스지구내의 각 건물에는 입주자나 Tenant 등에 대한 높은 안정성을 확보하기 위하여 고도의 안전시스템이 도입되었다.

電氣열쇠나 카드리더시스템 등의 안전시스템을 도입하여 부외자 침입방지대책 및 문의 개폐상태를 상시 감시하고 있다.

3.2 열공급시설

열공급시설의 주요 기기사양을 표-3에 표시하고 아래에 각 설비의 특징 등을 설명하였다.

표-3 주요기기 사양 (열공급시설)

냉매사이클設備 /ヒューワサイクル	合計容量 79.6 TWh (換算消費量)、使用燃料 都市ガス 13A、常用圧力 0.85MpaG (飽和)
	能力・台数 30.0T/h×2台 ; 4.8T/h×2台 ; 2.0T/h/5台 型式 縦置機形式 ; 伊藤機形式 ; 異設式 燃焼方式 低 NOx 自己再燃方式 ; 低 NOx 自己再燃方式 ; 低 NOx バーナー
蒸気機形式冷凍機設備 /蒸機	蒸気二重効用吸収式冷凍機、合計容量 18,000RT、冷水出入口温度 13℃~6℃ 冷凍能力・台数 2,500 RT × 6 台 ; 2,000 RT × 2 台 冷水流量/冷水1次ポンプ容量 1,030 m ³ /110kW ; 884 m ³ /75kW 冷却水流量/冷却水ポンプ容量 1,730 m ³ /300kW ; 1,358 m ³ /220kW
	強制誘引流風置空冷却塔 (重層式) × 5 セル、温水量合計 13,500 m ³ 設計冷却水入出温度 40℃~32℃、設計外気遠送温度 27.5℃ 送風機 縦置管型ファン、インバータ回転数制御(定格回転数時バイパス方式) 制御機 自動防止装置、空冷バypass装置 冷水量 2,820 m ³ × 3 セル ; 2,185 m ³ × 2 セル ファン駆動機容量 240kW ; 180 kW
気候制御設備	供給方式 4管式 (冷水位・蒸・蒸気性、温水) 総延長約 700m (1系統)

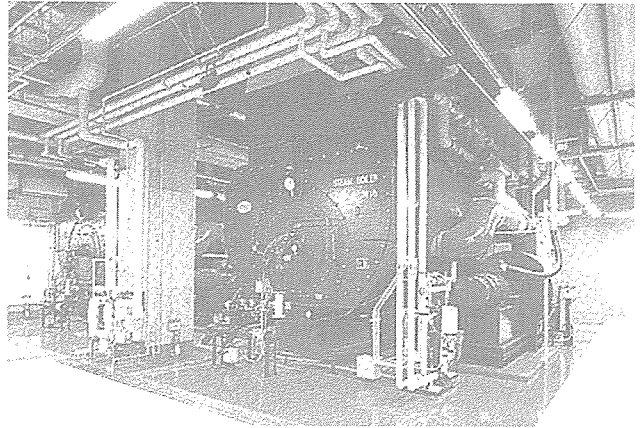


그림-6.2 증기보일러 (30t/h)

(1) 열원설비 (냉동기, 보일러설비)

가스터빈 발전설비로부터의 배열회수증기의 유효 활용을 도모하기 위하여 열원기기는 전부 증기시스템으로 구성되어 온열원 기기는 증기보일러, 냉열원 기기는 증기흡수냉동기로 되어있다. 열공급에 필요한 증기량 중 연간 약 9할을 가스터빈의 배열회수에 의하여 감당하게 할 계획이다.

증기보일러의 용량분할은 하기 냉열부하 피크시 등에 있어서 증기 수요 최대시를 위한 대응량기 (노통연관식 30.0t/h × 2대)와 정상시 운용의 중용량기 (노통연관식 4.8t/h × 2대), 가스터빈 배열증기의 부족분을 보충할 보조용 소용량기 (관류식 2.0t/h × 5대)로 구성되어 있다.

증기흡수냉동기는 저부하시의 대응용 2000RT × 2대와 중고부하 대응용의 2500RT × 6대로 구성되어 있다. 냉수계통은 각 냉동기의 냉수제조용 1차펌프 (75kW/110kW)와 각 동에의 냉수공급용 냉수 2차펌프 (240kW × 4대, 인버터 제어 180kW × 2대)로 분할하여 變流量을 制御함에 따라 냉수부하에 따른 효율적인 운전이 가능하게 되었다. 그림-6에 열원설비의 설치상황을 표시하였다.

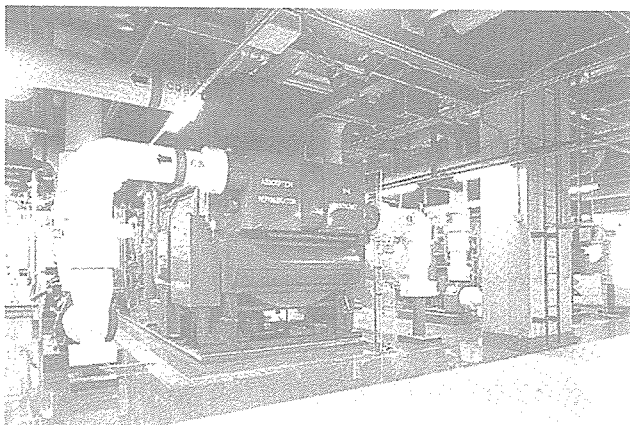


그림-6.1 증기흡수식냉동기(2500RT)

(2) 냉각탑설비

냉각탑설비는 六本木森타워에 인접한 저층동 옥상에 5셀로 분할하여 설치하고 설치공간을 효율적으로 활용하기 위하여 重層式 (2단형)타입의 냉각탑을 채용하였다. 도심부의 입지상 주위의 환경에 최대한의 배려를 도모하여 저소음형 팬 및 흡기소음기의 채용에 의한 저소음화, 장마계절 등의 고온다습시의 냉각탑으로부터의 수증기가 보이는 현상을 경감시키기 위하여 백연방지대책기 (兩端 2대)를 설치하였다. 또한 냉각탑 팬에는 회전수 제어방식으로 인버터제어에 의한 사용동력의 저감을 도모하였다.

냉각수 계통배관의 최대구경은 1,350A이고 특히 縦管부분이 무거운 중량이 가하여짐으로서 건물층의 하중계산이나 배관지지방법의 강도설계 및 진동시 해석 및 최적의 시공방법을 검토하여 설계하고 건설하였다.

4. 가동상황

5월 1일 전력·열공급사업 개시후 약 1개월이 경과하였으나 각 설비가 순조로히 가동되어 Tenant 나 거주자 등의 입주에 따라 각 건물의 전력·열부하도 서서히 증가되는 단계이다.

당 시설에 설치한 발전설비, 흡수식냉동기, 증기보일러 등 주요기기 운전계획에 있어서는 중앙 감시실 내에 설치된 운전계획용 컴퓨터에 의하여 전력 및 냉·온 열부하의 예측과 사전에 설정한 기기의 운전 우선순위를 기초로 최적의 운전대수 (기동정지) 및

최적 효율점에서 운전을 실시하기 위한 프로그램이 짜여져있다. 전력 및 열부하의 예측에 있어서는 전일 부하나 전주 同 요일 등 과거의 부하실적 및 기온 등에 기초한 당일/익일의 부하를 예측하고 다시 실제 발생한 부하와의 차이에 의하여 예측부하를 보정하고 있다.

운전계획 용 컴퓨터에 의한 전력부하, 냉열부하의 부하예측 및 운전대수의 상황을 그림-7에 표시하였다.

5. 맺는말

금년 봄에 오픈한 六本木힐스지구의 전력공급·열공급에 대한 개요를 소개하였다.

본 시스템의 설계, 건설에 즈음하여 경제성을 확보 (저가격의 전기요금·열요금) 하고 우수한 환경보전성 및 에너지절약성을 발휘하고 높은 공급 신뢰성을 실현하기 위하여 수많은 배려를 하여 금후에도 매일의 조업을 통하여 전체 시스템의 상세평가, 운용개선의 검토 등을 계속하여 나갈 예정이다.

또한 본 시스템의 가동은 지금 막 시작하였으므로 부하의 연도추이, 계절간·시간적인 변동 등을 포함하여 장기적인 가동데이터의 분석 등에 의하여 경제성, 에너지절약성, 환경보전성을 최대한 발휘해 나가기 위한 철저한 운전관리를 해나갈 것이다.

마지막으로 본 계획의 설계로부터 건설, 준공, 운

전감리까지의 각 단계에서 많은 협력과 지원을 주신 관계자 여러분에게 감사하고 본 지면을 빌어 인사를 드린다.◇

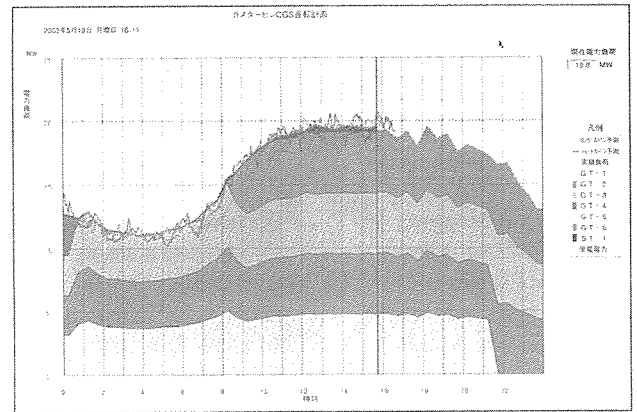


그림-7.1 전력부하예측과 발전설비 운전계획

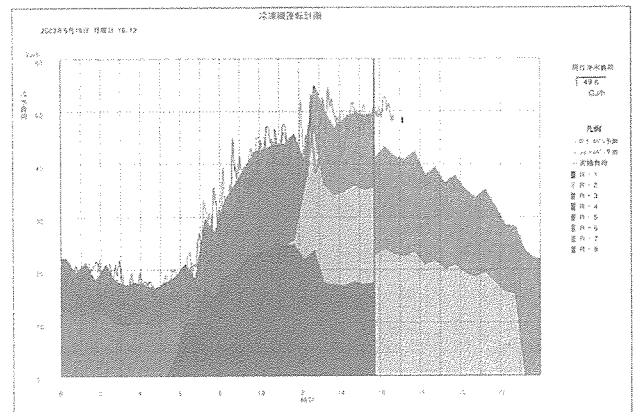


그림-7.2 운전계획컴퓨터에 의한 부하예측과 운전계획

회원사 동정 (The State of Major Affairs in Membership Companies)

1. 제 26회 에너지 절약 촉진대회 수상

지난 11월 12일 한국전력공사 대강당에서 개최된 제 26회 에너지절약 촉진대회에서 수상한 회원사 및 관계자 여러분에게 축하를 드립니다.

- 금탑산업훈장 : 금호석유화학(주) 김완재 부사장
- 철탑산업훈장 : 에너지관리공단 구정희 본부장
- 산업포장 : (주)강원보일러제작소 함진태 전무이사
(주)포스코 김장수 부장