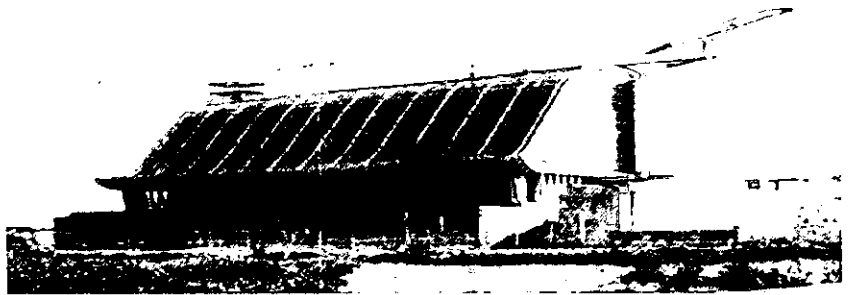


東京가스港北NT빌딩 (Earth Port)

· 출처 : 공기조화위생공학 제73권 제11호(pp.17~24)

장 문 석



〈사진 1〉 건물전경

“환경부하를 1/2로”라는 테마로 건축·환경·설비의 기술들을 종합적으로 결집한 환경공생형 건축의 Prototype 실현판으로서 계획·건설되었고, 운용에 대한 지속적인 following-up의 성과로 많은 실적이 얻어졌다. 자연에너지 이용, 최적제어, 코제너레이션, 에너지관리등의 효과에 의하여 연간 1차 에너지 소비량은 $796\text{MJ}/(\text{m}^2\text{yr})$ { $190\text{Mcal}/(\text{m}^2\text{yr})$ }로 되었다. 또한 환경부하의 측면에서 보면 LCCO_2 의 계산으로부터 $26.5\text{kg-C}/(\text{m}^2\text{yr})$ 이 얻어졌고 이것은 약 34%의 환경부하저감을 실현한 것이다.

시설개요

- 건축개요

건물명칭 : 東京가스港北NT빌딩(EarthPort)

주용도 : 사무실, 전화교환센터, 전시실

건설지 : 横浜市都筑區茅ヶ崎中央16-18

계획 : 東京가스(주)

시공, 감리 : 東京가스都市開發(주)
 설계 : (주)日建設計
 공동연구 : 山武하니웰(주)(현 山武빌딩시스템
 (주))

시공 : 건축 : (주) 熊谷組
 공조 : 高砂熱學工業(주)
 위생 : (주)關配
 전기 : (주)關電工
 공사기간 : 1994년 11월 ~ 1996년 3월
 부지면적 : 2,498,84m²
 건축면적 : 1,652,76m²
 연면적 : 5,645,13m²
 층수 : 지상4층, 옥탑층
 높이 : 처마높이 GL+20m, 최고높이 GL+27m
 구조 : 철골조 : 2~4층 사무실 부분<그림 1>
 철골철근콘크리트조 : 2~4층 양사이드코아부분
 철근콘크리트조 : 1층부분
 목조 : Ecological 코아

천정고 : 사무실 : 2.8~3.5m(경사천정)
 주차장 : 3층식 기계주차와 일부평면주차(계
 77대)

공조설비개요

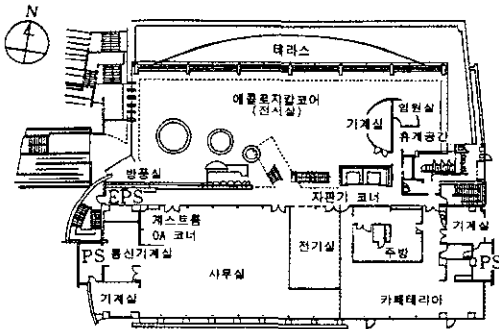
열원설비 : 가스흡수식 냉온수발생기 : 246kW
 (70USRt)
 배열투입형 가스흡수식 냉온수발생
 기 : 352kW(100USRt)
 코저너레이션 배열회수난방용열교환
 기 : 230MJ/h(55Mcal/h)
 펌프 : 1차펌프방식 (인버터타입에
 의한 VVW 방식)
 배관 : 냉수·냉온수의 2+4관 방식

공조설비 : 사무실 : 천정철퍼금기 VAV 바닥
 배기방식
 전화교환센터 : 바닥취출VAV + 책
 상 Personal 팬방식
 Ecological 코아 : 바닥취출 VAV방식
 기타 작은방 : FCU, GHP, EHP 방식
 환기설비 : 제1종환기 : 기계실등
 제3종환기 : 화장실등
 자연환기 : 주차장(일부보조기계환
 기), Ecological코아+사무실(중간기)

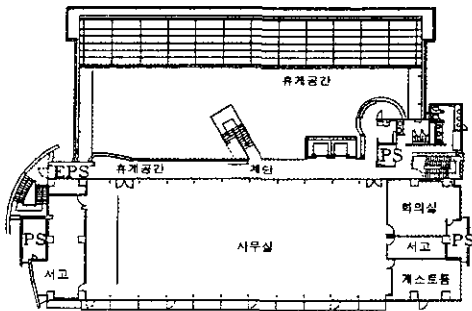
배연설비 : 전관 자연배연
 자동제어 : DDC방식에 의한 개별분산형제어+
 글로벌(최적)제어
 중앙감시 : 건물관리, 에너지관리(BEMS)
 시스템

급배수 위생설비

상수설비 : 수조 FRP 패널형(유효 17t)
 가압급수방식
 중수설비 : 중수조지하피트(유효 7t)
 가압급수방식
 원수 : 건물우수, 세면배수등
 여과설비 : 물리여과방식(5t/일)
 급탕설비 : 코제너레이션 배열이용+보조가스
 온수기에 의한 중앙방식



(a) 2층 평면도



(b) 1층 평면도

<그림 1> 건물평면도

급탕예열조 : SUS444(유효1.5t)

배수설비 : 옥내 : 오수, 잡배수, 우수의 분류식

옥외 : 오수, 우수의 분류식

위생기구 : 절수형 기구, 자동수전

소화설비 : 옥내소화전설비 · 포말소화설비 · 이
동식분말소화설비

쓰레기처리 : 고내바이오방식에 의한 음식물쓰
레기 감량화 처리

전기설비

수변전 : 6.6kV 1회선수전

옥외분전반 (변압기용량 500kV · A)

예비전원 : 비상용발전기(디젤 120kW · A)

상용발전기(가스엔진 32kW)

직류전원장치(300AH)

배전방식 : 저압배전방식(3상3선 200V + 단상
3선200V)

조명설비 : 주광연동제어(Hf 형광등연속조광
형) : 사무실, 전화교환센터, 식당등

주광연동점멸제어 : Ecological 코아등

인체감지센서에 의한 점멸제어 : 화장실

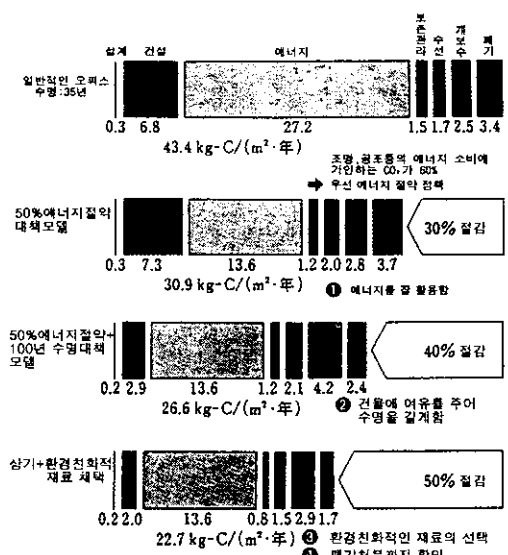
통신설비 : 전화설비 · TV공청설비 · 인턴폰설
비 · 차로관제설비

방재설비 : 비상방송 · 자동화제경보

방법설비 : ITV 설비 · 입퇴관 설비

서론

건축이 환경에 미치는 영향을 반감시키기 위
해서는 에너지 사용량의 50% 절감, 100년 정도
의 건물수명 연장 및 환경친화적인 건자재의 사
용과 같은 대책이 필요하다는 계산예가 있다.<그
림 2> 이 건물은 "환경부하 1/2"을 테마로 되어
있다. 계획단계에서 "라이프사이클 에너지절약형
오피스 연구"를 하여 이것들을 실현하기 위한
구체적인 기술을 경제성, 에너지절약성, 쾌적성
의 검증은 근거로 추출하였다. 그 성과인
"Prototype Office"로 종합된 환경공생형 건축의



<그림 2> 오피스빌딩의 라이프사이클 CO2 계산에

원형을 토대로 실제의 건물이 실현된 것이다. 계
획, 설계를 통해서 기계설비적인 분야뿐만 아니
라 건축계획, 환경계획, 전기·공조·위생설비계
획에 걸쳐 종합적이고 또한 창조적인 기술의 실
현에 이르는 노력으로 그 성과가 얻어지고 있다.

에너지절약의 계획

이 건물에서 에너지절약 계획의 특징은 자연
채광, 자연환기등 자연에너지를 이용하는데 있다.
빛과 바람을 실내로 직접 도입하는 자연에너지
이용기술은 쾌적성이 증시되는 사무실에서는 채
택이 어렵다고 할 수 있다. 그렇지만 자연에너지
의 이용은 화석에너지처럼 이산화탄소등의 폐기
물을 방출하지 않기 때문에 환경문제 완화를 위
하여 중요한 개발과제이다. 따라서 다음에 설명
하는 개념을 도입함으로써 자연에너지를 적극적
으로 이용하는 것이 가능하게 된다고 생각된다.

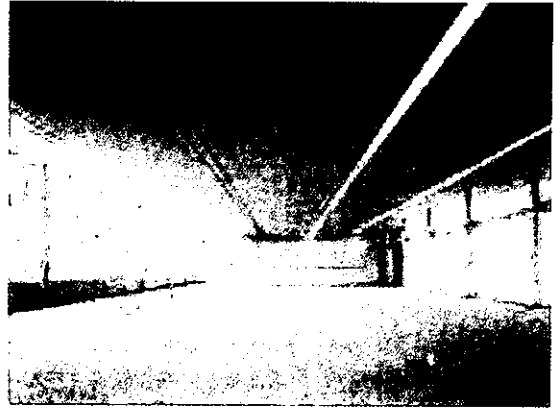
• Task와 Ambient 개념의 도입

사무실 주위의 공간을 분석하여 보면 재실자
근방(Task)과 그 주변(Ambient)이 있고 그 밖에

복도등의 경로공간, 아트리움등의 반 옥외공간, 그리고 옥외와 단계적으로 질이 다른 공간(환경) 구성으로 나눌 수 있다. 종래의 인공조명과 공조는 이들 공간의 질적 차이를 무시하여 전반적으로 균일하고 완전환산혼합을 전제로 했다. 따라서 실내 레이아웃의 자유도가 높다는 등의 장점이 있는 반면 조도와 온습도 조건이 서로 다른 공간에서 필요로 하는 최고치(예를들면 조도 750Lx, 공기온도 26°C 등)를 만족하도록 운용되기 때문에 불필요한 많은 에너지가 소비된다. 그래서 공간의 질이 다르다는 것에 착안하여 필요에 대응하는 에너지이용, 즉 고품질, 안정이 요구되는 Task 공간에는 인공조명과 공조(화석에너지 소비를 수반)를 이용하고 비교적 허용폭이 크다고 생각되는 Ambient 공간에는 자연에너지를 이용하는 방법의 적용을 시도하였다. 즉 Task & Ambient(TAL)의 개념에 패시브 & 액티브의 개념을 융합시켜서 필요최소한의 화석 에너지 소비로 쾌적한 실내환경을 얻는 것을 목적으로 하였다.

• 자연채광

창측조명이 점멸제어가 대부분이었던 종래의 자연채광에서는 조명의 점멸에 의한 위화감과 실루엣현상, 책상의 장애물등에 의한 그림자등, 시환경과 집무작업상 바람직하지 않은 상황이 생길 염려가 있다. 이러한 염려를 불식시키기 위하여 TAL의 개념과 더불어 자연채광이 유효하

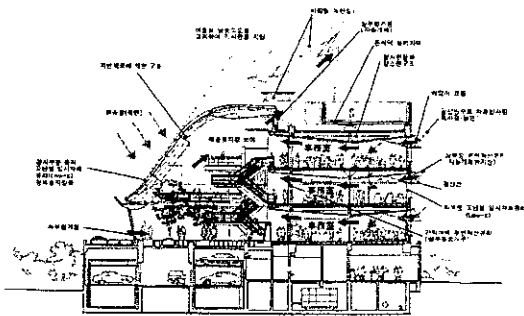


〈사진 2〉 사무실 내부(좌측이 남측)

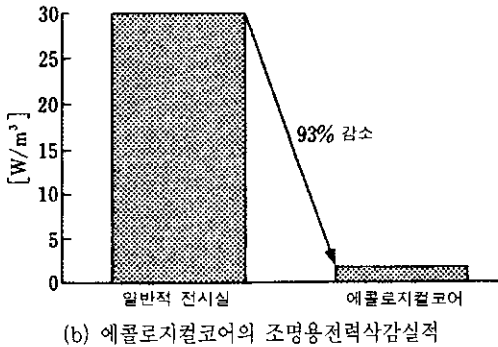
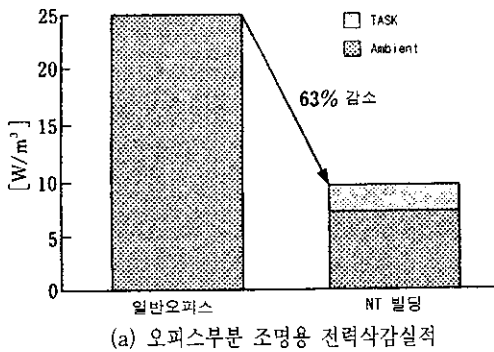
다고 생각된다. 즉 자연광을 Ambient광으로 이용하여 사무실이 밝다는 느낌을 얻는 방법이다. 이를 위하여 거주자의 시야에 점유하는 비율이 큰 천장에 자연광이 유입되도록 건축적인 연구를 하였다. 이러한 것들은 다음과 같다.〈사진 2, 그림 3〉

- 1) 경사천정 : 한정된 층고에서 최대한의 채광면을 확보하도록 한다. 또한 천공에 대한 형태계수를 작게하여도 천정면을 밝게하는 기능을 준다.
- 2) 광선반 : 과도한 직사광선의 침입을 차단하는 것으로 브라인드 사용빈도를 경감시키고 창면휘도의 역제로 실루엣현상을 완화시킨다. 또한 반사광을 천장면으로 유도하는 역할을 한다.
- 3) Ecological 코아(북측 공간) : 남측의 창면 및 사무실의 북측에 위치한 에코로지컬코아로의 주광에 의하여 이상적인 남북의 양면채광이 가능하게 하고 실루엣현상도 방지한다.

자연채광의 효과는 아래와 같다. 사무실에서는 일반적인 오피스빌딩(25W/m²)과 비교하여 63% 정도의 조명용전력 소비량의 절감을 가져왔다. 또한 에콜로지컬코아에서는 날씨에 관계없이 인공조명이 필요하지 않았고 일반의 전시설



〈그림 3〉 건물 단면 개념도



<그림 4> 조명전력의 삭감 효과

(30W/m²)과 비교하여 93% 정도를 절감하였다.
<그림 4>

• 자연환기

바람은 특성상 풍향과 풍속이 안정적이지 못하다. 비와 소음, 먼지의 침입등은 업무에 지장을 주므로 이에 대하여 충분하게 고려할 필요가 있다. 이처럼 자연의 바람을 도입하여 쾌적한 실내 환경을 실현하기 위해서는 여러 가지 연구가 필요하며, 다음과 같은 건축적인 연구를 실시하였다.<그림 3>

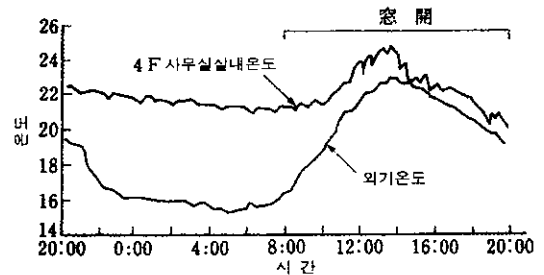
- 1) 광연반상부의 환기창 : 거주역 상부의 천정 부근을 통풍경로로 하는 것이 가능하기 때문에 거주역의 풍속을 억제한다.
- 2) 에플로지컬코어와 동서의 계단실 : 오피스와 연결된 수직의 통풍경로로서 상부풍의

유인효과와 부력환기를 촉진하여 풍향과 풍속에 속박되지 않는 통풍을 가능하게 한다.

- 3) 자동개폐의 환기창 : 공조와 병행하여 창을 열었을 경우 에너지낭비를 방지하도록 자연환기가 유효할 때에는 계속적으로 공조하는 것을 적극 피하도록 외기와 실내 온습도 상태를 늘 감시하는 공조제어 연동과 우수침입방지를 위한 강우감지로 창을 닫는 등 창도 자동제어의 대상으로 낭비없이 쾌적한 공간을 창출한다.

자연환기의 효과는 다음과 같다.

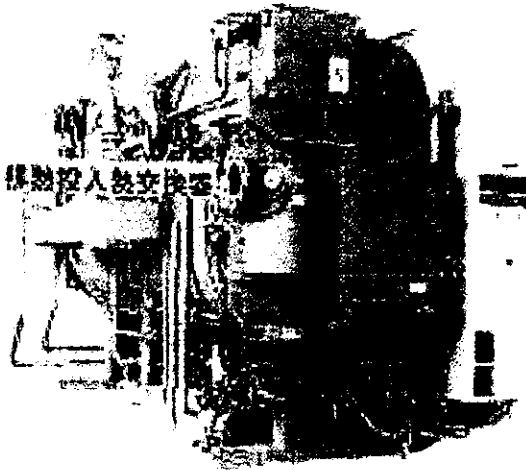
작년의 공간별 일차에너지 소비실적으로 추정한다면 10월 한달간 약 38MJ/(m²년) (9Mcal/m²년)의 에너지가 절감된 것으로 나타났다. 자연환기 기간중 사무실의 온도변화는 실측결과로부터 실온은 대개 외기온도보다 2~3℃ 정도 높게 변화하고 있으며 거의 예측한 대로 나타났다.<그림 5>



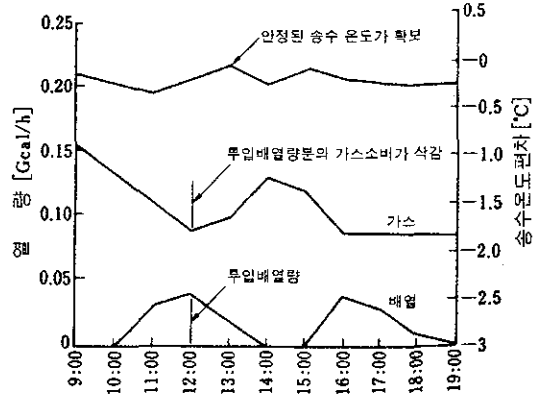
<그림 5> 자연환기중의 사무실 실온(1996년 10월 13일)

• 코제너레이션

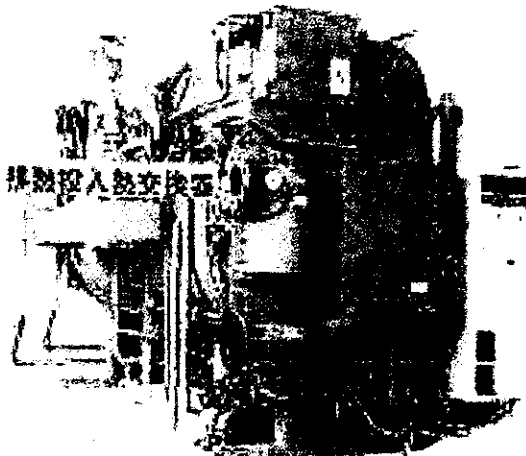
사무소건물에서 코제너레이션의 유효성을 높이기 위하여 배열의 냉방이용을 크게하는 것이 하나의 관건이다. 본 건물에서는 개발·제품화가 건물건설과 동시기에 이루어진 배열투입형 냉온수발생기(제너링, 사진 3, 그림 6)를 채택하여 배열의 이용효율을 높였다. 이 기기는 증발수를 흡수한 희석흡수액의 재생가열과정에 배열을 이용한다. 그 때문에 발전기의 저온의 배온수(70~100℃)도 이용가능하고 배열의 투입상황에 따라



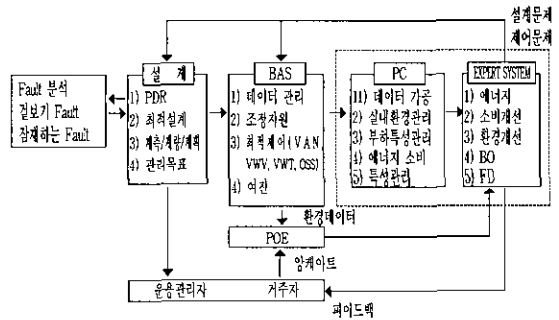
〈사진 3〉 배열투입형 가스흡수식 냉온수발생기



〈그림 7〉 제너링과 운전 상황



〈그림 6〉 제너링



〈그림 8〉 BEMS 전체이미지

결과를 보여주고 있다.

운영관리

건물의 운영단계에서 운용의 잘못(Fault)으로 인한 에너지의 낭비가 매우 많다는 현실에 주목하여 그것을 억제하기 위한 실용적인 BEMS (Building Energy and Environment Management System)을 개발하였다.〈그림 8〉 실용화를 목표로 한 BEMS의 전례가 없기 때문에 아주 초보적인 Fault 분석으로부터 착수하여 그 결과로부터 얻어진 내용을 근거로 순차전개하는 방법을 택했다. Fault 분석으로부터 얻어진 내용은 아래와 같다.

- 1) 설계문제의 Fault는 해결이 매우 어렵다.

연료가스의 소비를 억제하기 때문에 부분부하시와 배열투입량의 변화에 대하여도 우선적이고 안정적으로 배열을 이용하는 특색을 갖는다.〈그림 7〉 여기서는 가스엔진 상용발전기부터 얻어진 약 230MJ/h (55Mcal/h)의 배열이 주로 하계냉방, 급탕예열, 중간기냉방, 급탕예열, 동계난방, 급탕예열에 사용된다. 운전실적으로부터 76%의 총효율이 달성되어 당초의 예상을 크게 상회하는 양호한

- 2) 제어문제의 Fault는 최적제어가 되어있지 않은 것과 튜닝에 기인하는 것이 많다.
- 3) 관리문제의 Fault는 거의가 설정치문제에 기인한다.
- 4) Fault에는 겹으로 나타나는 Fault와 잠재된 Fault가 있으며 그 중 문제로 되는 것은 잠재된 Fault이다.

이상의 내용으로부터 다음과 같은 BEMS 계획으로 하였다.

- 1) 설계문제가 생기지 않도록 병목현상의 배제와 선택의 여지가 많은 설계로 했다.(구체적으로는 페리메타리스 공조의 채용과 외기냉방, 자연환기가 가능한 계획등으로 했다.)
- 2) 종래의 개별(최적)제어에 더하여 글로벌(최적)제어를 개발하여 적용했다.(구체적으로는 VWV 제어는 2차측공조기의 밸브개도에 따라서 펌프의 인버터와 바이패스밸브를 제어한다. 또한 2차측 공조기의 송풍온도와 밸브개도에 따라 열원의 송수온도제어(VWT 제어)를 하였다.)
- 3) 제어의 안정성을 향상시키기 위하여 정적인 알고리즘부터 동적인 알고리즘을 갖는 제어방식을 채택했다.(구체적으로는 외기도입량과 냉수온도등에 따른 밸브제어의 비례영역보정제어등)
- 4) 잠재하는 Fault에 대하여는 원인을 예측하여 그 예측을 기초로 계측계량계획을 실시했다.(구체적으로는 용도별 계량뿐만 아니라 공간별 계량등을 하였다.)
- 5) 4)의 계측계량계획을 근거로 잠재하는 Fault를 발견하기 위한 도구를 개발했다.(각종 계측계량치의 상관도 : FD(Fault Detection)기능이라 부름)

본 건물의 BEMS는 개발에 착수하여 3년이 경과하였고 이에 상응한 성과를 냈다고 자부하고 있다. 그러나 건물의 BEMS는 보급을 목적으로 하는 개발을 현재도 계속하고 있으며 현 시점에서서는 최종적인 성과로서 완성해야할 방향이 어딘지를 겨우 요약할 단계에 있고 금후도 계속하여

follow-up을 할 생각이다.

건물의 수명연장

- 거리와 조화되는 매력있는 건축

오피스의 평균수명은 35년 정도라고 말하여지고 있다. 건축에서 환경부하를 반감시키기 위해서는 그것을 적어도 100년으로 할 필요가 있다. 이를 위하여 필요한 것은 무엇보다도 거리와 조화되는 매력있는 건축이 매우 중요하다고 생각한다.

- 여유

매력있는 건축의 다음으로 중요한 것이 여유이다. 이런 여유라는 것으로는 평면적인 여유와 단면적인 여유가 있다고 생각되어 다음처럼 계획하였다.

- (1) 평면적인 여유를 위하여

평면적인 여유를 위하여 다음과 같은 계획을 하였다.

- 1) 확장이 쉬운 코아외부에 면하는 설비샤프트 계획
- 2) 융통성이 있는 오피스레이아웃을 가능케 하는 장스팬의 구조계획
- 3) 장래의 샤프트 증설에 손쉽게 대응할 수 있는 에콜로지칼코아

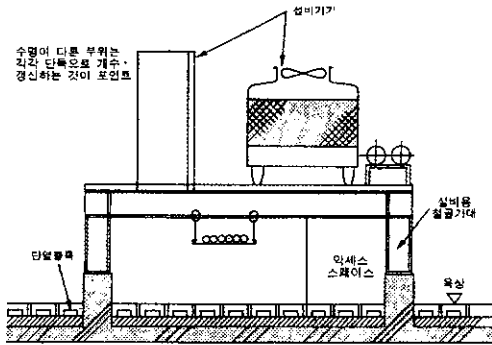
- (2) 단면적인 여유를 위하여

단면적인 여유를 위하여 장래의 고밀도 부하대응(바닥취출공조와 퍼스널공조등)을 고려하여 각 층을 200mm의 free access floor로 했다.

- 동시 이중공사의 방지

설비기기의 수명을 20년으로 한다면 100년 동안에 적어도 4회의 대규모 개수공사가 필요하다. 개수공사에 있어서 공사비의 삭감 및 공사에 수반하는 폐기물 억제에 위하여 이중공사에 대한 동시공사의 방지가 반드시 필요하다. 따라서 수명이 다른 부재(설비기기와 건축재료등)는 각각 단독으로 갱신·개수하도록 계획하였다. 예를 들면 옥상에 뜬바닥(철골가대)을 설치하여 그것을 설비기기로 한 것, 단열블록에 의한 방수막음을 계

획한 것 등을 들 수 있다. <그림 9> 기타 페리메타리스 공조방식과 덕트리스 공조방식도 동행공사방식에 이바지한다. 또한 동서코아의 외부에 설치된 확장성·개신성에 우수한 설비 샤프트, 위생기구설비의 유니트형 바닥상부배관등도 같은 관점으로 계획한 것이다.



<그림 9> 옥상의 설비용 철골가대



<사진 4> 에콜로지컬 코어내경관(좌측이 북측)

환경친화재의 활용

• 자연재료(나무)의 활용

환경문제는, 환경에 대하여 허용한도를 넘는 속도로 화석에너지가 소비되는 것이 그 원인으로 더욱이 폐기물이 문제인 것은 의심할 수 없는 사실이다. 그 증거로 환경문제는 화석에너지 소비에 수반하는 배열이 아니고 CO₂ 등의 배출물이 문제시 되고 있는 것으로부터도 분명하게 알 수 있다. 자연에너지이용과 자연재료의 활용이 중요한 것도 바로 여기에 있다. 특히 자연재료의 활용으로서 계획적으로 심은 나무의 활용은 환경부하를 경감시키기 위한 유효한 수단으로 생각된다. 따라서 본 건물에서는 각실의 바닥재와 에콜로지컬코아의 구조재료로서 나무를 활용하여 환경부하의 경감을 목표로 하고 있다. <사진 4>

• 재생재료·리사이클재료의 활용

환경부하를 위하여 종래의 일방통행형 소비사회구조로부터 순환형의 사회시스템의 구축

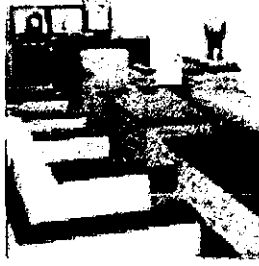
이 요구된다. 이를 위하여 재생재료·리사이클재료의 활용이 반드시 필요하다. 이들 재료는 값싼 재료를 사용하는 종래의 제품과 비교하여 비싸기 때문에 멀리하는 경향이 있지만 본 계획에서는 환경부하경감을 목표로 하여 순환형사회시스템의 구축에 조금이라도 이바지하는 것이 중요하다고 생각하여 적극적인 채택을 도모하였다. <사진 5>

• 흙과 초록색

콘크리트와 아스팔트로 뒤덮은 땅은 태양으로부터의 방사열에 의하여 고온으로 되고 그 결과 대기의 온도를 상승시키기 때문에 열섬현상을 일으킨다. 따라서 도심에서는 공조를 하지 않고서는 더위를 참고 견디어 내는 것이 가능하지 않게 되고, 이에 따른 공조배열이 도시기온의 상승에 일조를 하는 악순환으로 된다. 이러한 악순환을 개선하기 위하여 흙과 초록색을 되돌릴 필요가 있다.



(a) 리사이클유리를 사용한 외벽



(b) 재생지로 벽마감



(c) 재생콘크리트블록



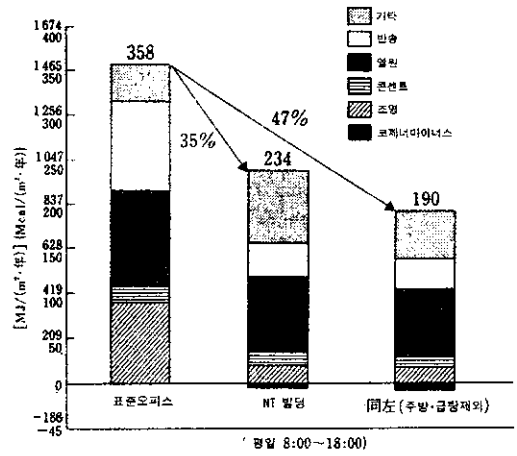
(d) 준설희 벽돌

<사진 5>

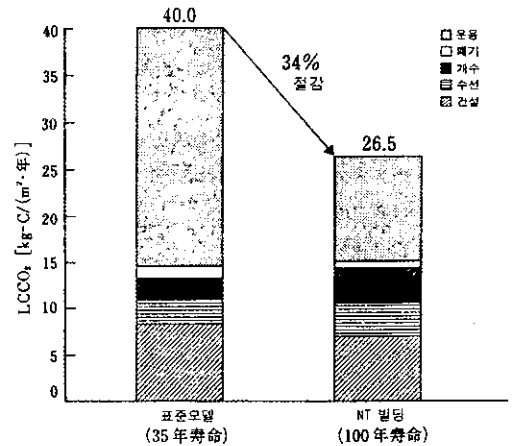


<사진 6> 서측 입구

본 계획에서는 가능한 한 흙과 초록색을 되돌려 주변경관을 고려하고 지하수의 함양등을 통



<그림 10> 일차에너지 소비량 비교



<그림 11> 환경친화재료 효과 제외

하여 주변환경·도시환경을 고려한 계획으로 했다.<사진 6>

에너지절약 실적과 환경부하(LCCO₂) 저감

본 건물을 운용한 결과 일차에너지 소비량은 자연채광에 의한 조명전력의 삭감, 자연환기에 의한 공조기간의 단축, 최적제어에 의한 반송동

력등의 낭비배제, 코제너레이션에 의한 에너지의
고효율이용 등으로부터 796MJ/(m²yr) {190Mcal/
m²yr}로 나타났다.<그림 10>

또한 환경부하의 삭감효과로서 에너지소비를
근거로 LCCO₂를 어림잡아 계산할 경우 환경친
화재료의 사용을 제외하여 34%가 저감되었다.
<그림 11>

여기서의 LCCO₂ 26.5kg-C/m²yr은 환경부하
1/2을 목표로 한 오피스빌딩의 어림셈 예시 중
“에너지절약과 장수명대책”의<그림 2> 26.6kg-
C/m²yr과 거의 같은 수치인 것으로부터 당초의

목표를 대체로 달성한 것으로 생각한다.

맺음말

환경부하삭감의 필요성에 대하여 세계적인 규
모로 인식되고 있으며 관계자의 책무가 한층 높
아진 가운데 이 건물에서 얻어진 식견과 기술
등이 앞으로 나타나는 많은 건물에 조금이라도
참고가 된다면 다행이라고 생각한다. ㉑

건축주인 동경가스도시개발(주) 및 본 건물의 건설에 많은 노력을 기울인 (주)熊谷
組를 위시하여 공사관계자분들, BEMS의 공동개발에 협력을 한 山武하니웰(주)[現山武
빌딩시스템(주)]의 여러분들, 그리고 실측에 지도를 해주신 武蔵工業大學의 宿谷선생님
과 연구실의 여러분들께 지면을 통하여 감사를 드립니다.