

# 冷凍·空調의 現況과 展望

## 1. 머리말

冷凍·空調의 목적은 人間에게 쾌적한 주거환경과 식품 등의 高品質保存環境 즉 하이어미니티한 空間을 제공함에 있다.

종래에, 냉동기는 高效率化, 低騒音化, 콤팩트化, 高信賴性化 등의 관점에서 高性能化를 이루어 왔다. 그 결과 이미 성숙한 단계에 이르렀다고 보지만 최근의 보다 高度의 市場니즈에 부응하기 위해서는 아직 많은 技術的 課題가 남아 있다. 현대적인 空調技術의 역사는 아직 30년 정도이고 “하이어미니티란 어떠한 것인가”에 대하여 확립된 컨셉트도 충분하지 못하다. 人間生活의 충실과 함께 금후에는 더욱더 어미니티에의 要求는 높아갈 것이 예상되어, 이제부터는 人間이나 動植物의 生理 등 科學的 識見에 기초한 空間創造이어야 할 것이다.

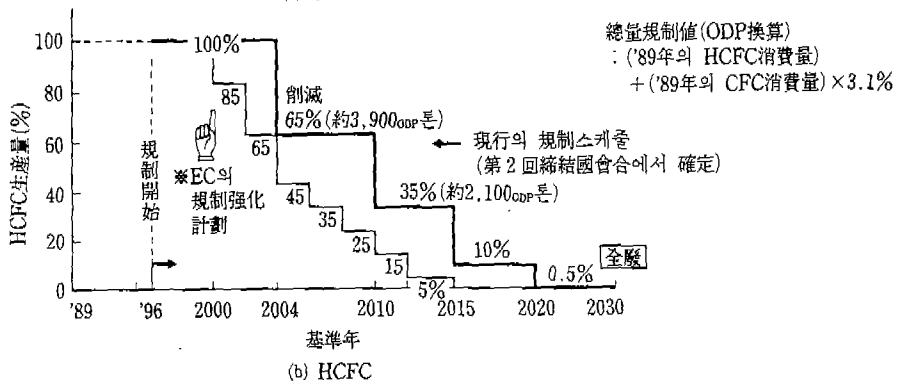
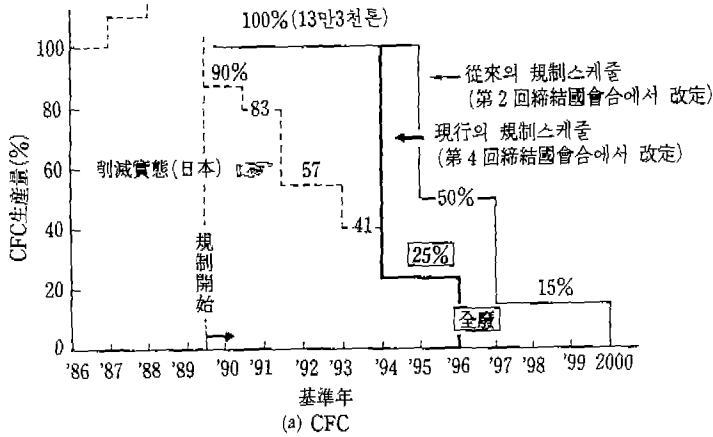
쾌적공간에의 요구에 응하여 量的으로 확대되어 온 空調機·冷凍機는 환경에 미치는 영향도 커져서 地球環境과의 共生이 중요한 課題가 되고 있다. 性能, 安全性, 價格 등의 점에서 最良의 것으로 생각되었던 프레온系冷媒가 오존층을 파괴한다는 지적에 따라 프레온自身과 프레온 등을 사용하는 機器의 運轉에 수반하는 CO<sub>2</sub>의 발생에 의한 地球氣候變化(溫暖化) 문제도 현저하게 되었다. 發電所에서의 CO<sub>2</sub>발생억제를 위하여, 電氣

式히트펌프는 高效率化에 의한 省電力化가 필요하게 되었고 더욱이 未利用에너지나 솔라 등 新 에너지의 活用이 효과적인 것이 되고 있다. 인버터空調機에 불가결한 파워일렉트로닉스의 발전은 壓縮機의 容量制御도 가능하게 하고 있으나 그 결과 발생하는 電源高調波는 電力用機器를 비롯하여 다른 機器의 正常動作을 방해하게 된다.

금후의 住宅構造는 高氣密·高斷熱경향으로, 斷熱을 높임으로써 空調負荷를 低減할 수 있다. 동시에 高氣密下에서의 空氣質의 向上을 위해서는 熱回收에 의한 省에너지機能을 갖춘 換氣가 중요하다. 하이어미니티한 空調에는 종래의 對流方式만이 아니라 輻射方式과의 併用이 主流가 될 것이다. 글로벌한 관점에서 에너지의 多樣化에 대응한 機器와 시스템의 開發 등 새로운 現想的인 空調·冷凍方式의 고찰과 실용화를 지향하고 거기에 프레온의 代替라든가 省에너지를 비롯한 地球環境保護와 어미니티의 調和를 기하여야 할 것이다.

## 2. 機器開發과 環境의 共生

금후의 機器開發과 관련한 地球環境과의 調和 및 共生에 대하여 고려하여야 할 要因에 대하여 기술한다.



〈그림 1〉 CFC 및 HCFC의 規制スケジュール(曆年)

## 2.1 오존層 保護

1974년 로랜드教授 등에 의한 冷凍機·空調機用 冷媒인 CFC의 오존層 파괴의 可能性에 대한 지적 이래 HCFC도 포함하여 오존層保護를 위해 이들 파괴물질의 使用消滅과 全廢計劃이 몬트리올議定書締結國간에 합의되었다. 그림 1은 1992년 締結國會合에서의 합의내용을 표시하였으며 오존 파괴성이 강한 CFC는 1995년말, 또 파괴성이 CFC에 비하여 대략 1/10 이하인 HCFC는 2020년에(實質)新規冷媒生産을 全廢하게 된다.

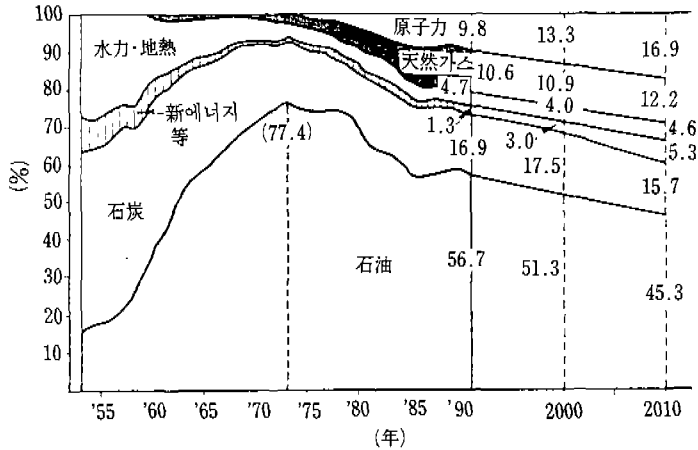
## 2.2 地球氣候의 變化

地球溫暖化의 메커니즘은 명확하지는 않으나 CO<sub>2</sub>가스나 冷媒자신에 의한 영향이 지적되어 歐

美를 비롯하여 各國에서 그 對策이 시급한 과제가 되고 있다.

美國에서는 “地球溫暖化防止行動計劃”에서 2000년 이후의 CO<sub>2</sub>排出量을 1990년 수준으로 유지하려는 움직임이 있다. CO<sub>2</sub>가스의 발생은 石油使用量과 관련되므로 CO<sub>2</sub>가스의 消滅은 機器의 效率向上이 효과적이다. 省에너지法의 施行을 기다릴 필요도 없이 機器의 效率化는 본질적인 과제이며 冷凍機·空調機에 대하여 이 방면에 주력하여야 함은 불가결한 것이다.

프레온의 大氣放散防止에 대해서는 예를 들면 美國에서는 Clean Air Act에 의하여 禁止되어 있듯이 어떤 형태가 되든 強制力도 필요하다. 최종적으로는 回收한 프레온의 파괴기술의 實用化 등이 필요하게 된다.



<그림 2> 日本의 1차에너지供給構成 推移

### 2.3 에너지 情勢

省에너지는 1970년대의 오일쇼크에 의해 그 重要性이 인식되고 버블經濟의 붕괴후에는 溫暖化의 観点에서 재차 강조되었다. 특히 家庭用 冷暖房에어컨은 1998년 省에너지法의 改正이 예상되므로 機器의 效率向上에 대한 開發이 급선무가 되었다.

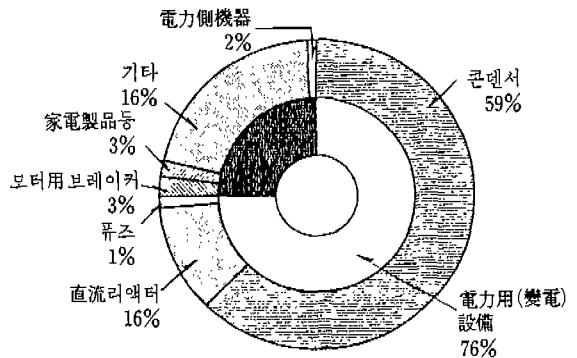
日本의 石油依存率의 低下는 天然가스, 솔라 등 新에너지의 畵어의 增大과 연관된다. 그림 2의 1992년도의 에너지供給構成에 따르면 10년후의 石油依存率은 1991년의 56.7%에서 51.3%로 低下되고 가스, 솔라 등 新에너지가 增加됨을 알 수 있다. 이와 같은 경향 가운데 現時點에서도 프레온問題도 고려하여 에너지源의 多樣化에 대응한 熱驅動式熱源機의 高性能化와 新方式의 實用化가 필요하게 되었다. 또 原子力의 신장도 예측되어 夜間의 잉여전력의 有效利用으로 문제해결이 기대된다.

### 2.4 電源高調波規制

과워일렉트로닉스의 급속한 進歩는 특히 空調

機의 인버터容量制御를 위한 半導體應用을 보급 시켰다. 이 電子回路에서의 콘덴서의 充放電에 수반하여 發生하는 電流波形의 일그러짐(歪)이 送電經路를 經由하여 電力設備에 큰 影響을 끼쳐 社會問題가 되고 있다. 그림 3에 電源高調波의 障害狀況을 나타내었다. 發熱, 燒損, 울림 등의 症狀이 나타나고, 가장 큰 것은 콘덴서와 리액터 로서 電力用設備 전체의 76%를 점유하고 있다.

이와 같은 波形의 일그러짐에 의한 高調波의 發生을 規制하기 위해 유럽에서는 IEC(國際電氣 標準會議)가 중심이 되어 規格을 制定하여 1996년 1월부터 시행하도록 되어 있다. 日本에서도



<그림 3> 電源高調波障害를 받는 機器

(株)日本冷凍空調工業會라든가 (株)日本電機工業會 등에 의해 그와 같은 規格案이 검토되고 있다.

### 3. 冷凍機·空調機의 現狀과 將來

#### 3.1 대체프레온 對應

##### (1) 冷凍·冷蔵分野

종래, 가정용 냉동·냉장고에는 發泡劑로서 CFC-11이, 또 冷媒로서는 CFC-12가 사용되고 있었다. 그러나 어느것이나 脫CFC化技術이 거의 확립되어 1993년 가을에는 發泡劑는 HCFC-141b, 그리고 冷媒는 HFC-134a를 주로 한 代替化 冷蔵庫가 시판되고 1995년말에는 모두 대책이 이루어질 계획이다. 그러나 發泡劑에는 아직 약간의 오존과괴성이 있는 HCFC-141b가 이용되고 있다. 또한 冷媒에는 오존과괴계수(ODP)가 0인 HFC-134a에의 轉換이 달성되었지만 이 冷媒는 自己潤滑性이 적어 壓縮機(특히 로터形)와의 適合性에 어려움이 있다. 이때문에 레시프러形(Reciprocating) 壓縮機에는 HFC-134a, 또 로터形에는 HCFC-22와의 組合으로 實用化를 도모하고 있다. 미쓰비시電機에서는 非相溶性 潤滑油의 사용, 壓縮機의 新構造化 등 독자적인 技術開發

에 의하여 他社보다 앞서 로터壓縮機와 HCFC-134a의 이상적인 組合을 달성하였다.

한편 歐州製品의 一部에는 ODP가 0, 그리고 地球溫暖化係數(GWP)도 극히 적은 시크로벤덴 發泡라든가 炭化水素系冷媒를 搭載한 冷蔵庫가 제품화되어 있다. 이들 炭化水素系物質은 강한 可燃性을 나타내어 기기설계, 제조공정, 사용 등에 세심한 주의가 필요하다. 금후 이들의 사용에는 地球環境의 保全과 機器의 安全과의 트레이드 오프관계에서 신중한 검토가 필요하다.

CFC-12나 R-502의 低溫機도 1991년도부터 HCFC-22에의 代替化가 시작되고 1993년도에는 거의 완료하는 것으로 되어있다. HCFC의 사용은 아직 長期間의 사용이 허용되고 있으나 장차 HFC 등으로 轉換되어야 할 것이다.

##### (2) 空調分野

패키지에어컨이나 룸에어컨用 冷媒로는 현재 HCFC-22가 주로 사용되고 있다. HCFC-22의 代替冷媒에 대한 評價는 美國 ARI(Air-Conditioning & Refrigeration Institute)를 중심으로 한 AREP/TC(Alternative Refrigerant Evaluation Program/Technical Committee)와 이와 협조한 (社)日本冷凍空調工業會·JAREP/TC委員

<표 1> 주요 代替候補冷媒의 特性

特 性 \ 代替冷媒	HCFC-22	HFC-134a	HFC-32/125/134a (23/25/52)	HFC-32/125 (50/50)	HFC-32/134a (25/75)
HGWP CFC-11=1(基準)	0.36	0.25	0.38	0.51	0.23
可燃性	不燃	不燃	實用上不燃	實用上不燃	實用上不燃?
冷媒의 取扱	單一冷媒	單一冷媒	非共沸冷媒	擬共沸冷媒	非共沸冷媒
理論COP化 HCFC-22基準	1.00	1.01	0.97	0.88	0.97
能力化 HCFC-22基準	1.00	0.64	1.00	1.37	0.89
吐出壓力 $P_{diss}$ (MPa)	2.03	1.39	2.19	3.17	1.88
吐出溫度 $T_d$ (°C)	101	78	91	98	84

계산조건: 凝縮溫度  $T_c=52^\circ\text{C}$  凝縮器出口過冷度  $SC=5^\circ\text{C}$   
 蒸發溫度  $T_e=5^\circ\text{C}$  蒸發器出口過熱度  $SH=10^\circ\text{C}$

회에서 검토되고 있다.

평가 내용은 각종 代替冷媒를 사용한 壓縮機의 칼로리미터테스트와 유닛에의 드롭핑테스트, 또한 代替冷媒에 약간의 設計變更을 한 소프트웨어 마이즈테스트 등으로 구성되어 있다. 아직까지 여러 사람의 일치된 통일적인 冷媒는 존재하지 않지만, 현재 有望視되고 있는 代替冷媒로서는 HCFC-22와 諸特性이 유사한 非共沸混合冷媒 HFC-32/125/134a, 壓力레벨은 높지만 共沸性에 가까운 冷媒 HFC-32/125 등이 있다.

표 1에는 대표적인 HFC 冷媒와 그들 混合冷媒의 特性을 나타내었다. 이들 候補冷媒에는 미약하긴 하지만 可燃性이 있는 HFC-32를 포함하고 있어, 이 可燃域을 회피하기 위한 各成分의 混合化決定이 큰 문제점으로 되어 있다.

CFC-11이나 12를 사용하는 大型冷凍機분야도 HCFC-22나 123 또는 HFC-134a가 달성되어 가고 있다. 장래에는 HFC화가 필요하지만 특히 低壓冷媒인 HCFC-123의 代替冷媒는 유력한 후보가 거론되고 있지 않아 今後 注力할 필요가 있다.

HCFC의 新規生産의 실질적인 全廢는 그림 1과 같이 2020년으로 脫HCFC 冷媒를 搭載한 空調機의 市場出現은 아직 멀다고 할 수 있다. 당분간은 機器內의 HCFC 使用량을 低減하고, 예측 못한 放散時에도 惡影響을 최소한으로 억제하는 노력도 필요하다. 또 복잡한 冷媒配管과 정밀한 冷媒制御를 필요로 하는 空調機의 HFC 代替實用化는 製品의 신뢰성유지와 多機種·多시리즈로의 전환을 위한 開發, 機器의 效率低下對策 등을 감안하면 신중하게 추진하여야 하므로 상당한 開發期間이 필요하다.

### 3.2 省에너지와 快適性的의 追求

#### (1) 機器·시스템의 進化

현재, 가옥 및 집합주택의 空調機는 1대1(室外機 1대와 室內機 1대)形의 룸에어컨이 주류를 이

루고 있다. 최근 수년간은 室內外機의 콤팩트화를 첫째로 하여 低振動·低騒音화가 중시되어 왔다. 그러나 최근에는 省에너지에 대응하여 機器의 高效率化에의 機運이 높아지고 있으며 이와 같은 動向은 글로벌한 環境保全의 관점에서 더욱 활발해질 것이다.

機器의 效率向上은 構成要素機器의 向上을 기본으로 함과 동시에 효율적인 사이클制御에 의한 효과를 기대할 수 있다. 특히 인버터 등에 의한 制御技術이 負荷에 따른 空調能力을 부여하며 起動·停止에 수반하는 損失도 輕減하여 省에너지와 쾌적성을 향상시키고 있다. 이는 값싸고 高性能인 마이크로프로세서에 의함이 크나 반면 電源高調波를 誘起하여 새로운 環境問題를 일으키는 원인이 되고 있다.

현재 主流인 1대1方式에서 멀티方式으로 시프트되어 가고 있다. 특히 빌딩空調에서는 멀티화가 全盛시대대로 되어 있으며 가정용에도 하우징에 어컨으로 보급되어 가고 있다. 또한 선진적인 高層集合住宅에서는 給湯이나 蓄熱機能을 갖춘 多機能히트펌프의 보급의 정후도 나타나고 있다. 混合冷媒技術 등으로 지탱되는 多溫度成長機能은 次世代多機能히트펌프의 核을 이룬다고 할 수 있다.

高氣密·高斷熱住宅의 보급도 멀지 않으며 에너지消費의 대폭적인 低減을 기할 수 있으나 동시에 종래 이상의 쾌적한 空間을 창조하지 않으면 안된다. 氣密度의 높음은 換氣의 重要性을 한층 높게 하며 쾌적한 空氣의 質을 얻기 위하여 각종 센서를 導入한 에너지回收 가능한 로스나 이 裝備의 換氣制御가 유력하다.

빌딩空調에서는 종래 chilling유닛을 중심으로 개발되던 氷蓄熱시스템이 設備용패키지나 빌딩용멀티에어컨에도 搭載되는 움직임도 볼 수 있다. 이 시스템은 償却期間이 긴 것이 普及의 최대장애였지만 受電量契約에서의 유리한 점이라든가 各補助成策이 마련되어 가고 있어서 급속한 보급확대가 예상된다. 또한 빌딩의 인텔리전트化는 지금

이상으로 진전되어 거기에 설치되는 OA機器의 증가는 同一 플로어에서도 冷房과 暖房의 同時運轉이 요구되는 경우가 늘고 있다.

## (2) 快適空間의 創造

쾌적한 空間創造를 위하여 근래 10년간의 課題로서 룸에어컨이나 패키지어컨에서는 送風機를 비롯한 低騒音化의 도모와 室內溫度分布개선을 위한 氣流制御가 주류가 되었다. 최근에는 보다 進化한 手法로서 人體檢知 등의 센서를 사용한 미세한 氣流制御로 발전되어 가고 있다.

빌딩空調에는 換氣에 의한 空氣質의 向上, 그리고 센싱을 갖춘 氣流制御에 의한 溫度分布의 개선으로 세밀한 존(Zone)空調의 실현이 기대된다. 이들은 換氣冷房에 의한 省에너지화와 거주자의 存在領域에 한정된 空調의 실행으로 省에너지의 효과도 얻을 수가 있다.

금후 普及하는 高氣密·高斷熱住宅은 적은 에너지로 24시간 空調를 실현하고 보다 쾌적한 空間을 창조하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위해서는 換氣 및 空氣處理·熱回收·蓄熱이라고 하는 시스템화가 필요하게 되어 人體檢知센서, 냄새센서, 各種 가스센서 등의 도입으로 空氣質의 향상에 가일층의 노력이 필요하다.

輻射空調의 快適성이 제안된지 오래지만 그 普及은 충분하다고 할 수 없다. 省에너지로 또한 쾌적한 空間形成으로 종래의 對流方式에 併用한 輻射方式이 유망시된다. 예를 들면 빌딩의 파라미터領域은 輻射空調로 보완하는 방식이 보다 좋으며, 마찬가지로 일반주택에 있어서도 高氣密·高斷熱化의 보급에 의하여 輻射空調의 웨이트가 증가되리라고 생각된다.

한편 食品 등의 高品質保存에는 가스雰圍氣라든가 溫濕度條件의 制御가 실용화단계에 이르렀다. 가스雰圍氣制御에서는 食品에서 나오는 에틸렌가스의 除去가 食品의 劣化를 방지하고 습도 90%를 유지하는 低溫高濕度保存의 효과도 확인되어 製品化도 시도되고 있다. 금후에는 食品生

理 등의 과학적 연구가 진전됨에 따라 한층 효율이 좋은 手法도 개발될 것이다. 또 잡균 등의 制御技術로서 이온이나 오존, 산소 등의 효과도 實用으로 이어질 것이며 이들 技術은 大型貯藏倉庫에서 家庭用冷凍冷藏庫까지 응용될 것이다.

본격적인 하이어미니티의 創造를 위해서는 空調에서는 視覺, 聽覺 등 人間의 感性에의 理解, 또 保存에서는 食品의 生物學的인 메커니즘 등 科學的 어프로치도 필요하다.

## 3.3 에너지의 多樣化

빌딩空調의 熱源機方式은 그림 2의 1차에너지의 供給推移나 최근의 脫프레온對應으로도 변화하고 있으며 1992년도 중반에는 直膨方式에서 水方式으로의 移行을 볼 수 있으며 吸收式冷溫水機의 伸長이 현저해졌다. 吸收式冷溫水機는 地域熱供給시스템의 擴大傾向, 그리고 장차 成長하리라 생각되는 코제너레이션이나 各種 機器의 排熱利用과 未利用에너지活用이란 관점에서 더욱 중요성이 증가될 것이다.

또 電氣·가스·石油·排熱 등의 에너지源의 多樣化는 가스엔진驅動히트펌프를 보급시켰지만 장래에는 省메인티넌스로 低排가스나 低振動·低騒音 등의 장점이 있는 스텔링엔진이나 빌미어 등의 外燃機關의 발전도 예상할 수 있다.

環境과의 共生에서는 住宅의 에너지源으로서 솔라에너지의 活用이 불가결한 時代가 머지않다고 예측할 수 있다. 솔라에너지의 普及擴大는 깨끗한 에너지로서도 가장 기대되며 값싸고 효율높은 솔라셀의 開發이 관건이다. 최근에는 發電한 잉여전력의 逆潮流가 제도화되어 政府補助金政策과 함께 최대의 문제점이었던 經濟性的의 개선도 도모되어 普及促進이 기대된다.

## 4. 製品을 지탱하는 基盤技術

冷凍機·空調機는 成熟製品으로 자리잡혀 있어

비약적인 高性能化는 쉽지 않으며 종래의 매크로의인 開發手法으로는 한계에 부딪히고 있다. 이제부터는 보다 마이크로로 基礎技術에 기초한 研究開發에서 타결이 이루어질 것이다.

#### 4.1 機器의 機能 및 性能의 革新

機器·시스템의 效率向上은 壓縮機, 熱交換器 등의 基幹要素機器와 冷凍사이클시스템의 兩面이 있다. 스크롤壓縮機에 대해서는 效率向上과 低振動·低騒音이 기대되지만 비약적인 실技術을 낳는 트라이볼러지(Tribology)가 중요하게 된다. 空調用熱交換器의 문제해결은 핀이나 傳熱管溝形狀의 刷新이 미크로한 熱流動解析 등에 기초한 傳熱促進技術에 의하여, 또 非共沸混合冷媒의 실용화에 수반한 新形態熱交換器의 創出에 의하여, 대폭적인 性能向上도 기대할 수 있다. 유닛의 小型化나 열교환기의 效率向上 등을 위해 送風機는 空力性能의 향상이 요구되는 일이 많으나, 동시에 低騒音에의 요구를 언제나 수반하고 있다. 이제부터는 翼面 등의 흐름의 境界層構造를 파악한 흐름制御가 필요하게 되었다.

#### 4.2 시뮬레이션技術의 活用

高度의 효율적인 開發은 경험에 기초한 試行錯誤의인 手法으로는 한계가 있어 미크로의인 觀點에서의 改善과 새로운 發想에 컴퓨터의 活用이 필요하다. 熱交換器나 壓縮機, 그리고 히트펌프 시스템에 이르는 最適設計는 상세한 流動·振動 등의 現象解析을 기초로 할 필요가 있으며, 여기에 컴퓨터가 수행하는 役割은 매우 크다.

오피스빌딩에서는 빌딩 外風을 받는 室外機의 설치에 따른 建物構造 등의 변경이나 쾌적한 住空間의 창조를 위한 溫熱, 氣流 및 먼지分布의 파악과 개선이 필요하게 된다. 실험적으로 이들의 상황을 조사하는데는 대단한 時間과 費用을 필요로 하며, 빈번한 實驗을 되풀이한다는 것은

곤란하며 또한 計測精度上的의 문제점도 있다. 이러한 경우에 實驗的으로 檢証된 熱流體數值 시뮬레이션技術은 최대의 효과를 발휘할 수 있다.

### 5. 맺음말

금후의 冷凍機·空調機의 개발은 地球環境과의 共生을 기초로 추진하여야 할 것이다. 그중에서도 환경보호에의 인식은 급속히 높아가고 있으며 오존層과피방지를 위한 代替프레온과 脫프레온技術은 조속히 해결하여야 할 과제이다. 현재 프레온對策으로는 CFC에서 HCFC로, 나아가 HFC에 轉換되어 가고 있으나 최종적인 HFC化에는 아직도 방대한 研究開發에의 노력을 경주할 필요가 있다. 또 機器·시스템의 高效率化는 地球上의 한정된 에너지源을 유효하게 활용하며 또한 솔라 에너지의 활용은 가장 중요한 課題로 이는 地球溫暖化防止에의 공헌으로 이어지게 된다. 이들 課題는 기술적 경제적 어려움도 아주 많으나 해결하고자 하는 社會的콘센서스도 얻을 수 있어 환경보호에 필요한 費用도 허용되는 상황이 되었다.

한편 버블붕괴후의 市場은 實物指向을 요구하고 있다. 冷凍機·空調機의 목적은 上記한 環境과의 共生下에 하이어미니티한 空間創造이다. 이를 향한 궁극적인 技術인 最適化를 달성하고 나아가 비약적인 타결을 얻기 위해서는 고객니즈의 정확한 파악과 製品을 지탱하는 高度의 技術을 확립하기 위한 노력이 불가결한 것으로 인식하고 있다.

官公署제외의 지도와 고객여러분의 깊은 理解 그리고 대학·국공립연구기관의 연구원 여러분의 협력 등이 필요하며 여러분의 支援을 바라마지 않는다.

---

이 원고는 日本 三菱電機技報를 번역, 전재한 것입니다. 本稿의 著作權은 三菱電機(株)에 있고 翻譯責任은 大韓電氣協會에 있습니다.