

# 空調設備의 새로운 評價方法

## A Proposed Air-Conditioning Rating System

Joseph B. Olivieri

(ASHRAE Journal, Jan., 1971)

金 兆 永 譯

建物이란 居住者에게 快適한 環境을 제공하는 하나의 시스템이다. ASHRAE의 規準으로서 勸獎値는 다음과 같다.

- DB 73~77°F
- RH 20~60%
- 風速 45 ft/min(max)~10 ft/min(min)
- MRT 70~80°F

快適치 못한 建物は 많이 있으나 이것은 建築家와 設備技術者가 각각 별개의 시스템으로 생각하고 무리하게 統合하기 때문이다. 建物과 環境制御設備는 人體와 血液循環系統을 끊을 수 없는 관계와 같이 별도로 생각할 수 없다. 建物과 空調設備를 同一體로서 評價하는 데는 그에 따를 評價方法이 必要하다. 이 방법은 人間의 快感에 대한 氣流, 平均輻射溫度(MRT), 주위의 氣溫과 濕度, 氣溫의 制御, 換氣, 騒音의 수준, 信賴性, 등을 고려하지 않을 수 없다.

지금까지는 空調方式의 List 를 주면서 이것을 1에서 5까지 評價를 해 달라는 요청을 받았던 경험을 가지고 있으리라 생각한다. 이 評價方法에 대하여 의문으로 생각하는 點은 不適當한 空調方式이 충분히 減點되지 않아서 좋은 것과 나쁜 것의 차이가 없기 때문에 客觀的인 評價가 되지 않는 點이다. 따라서 直線形의 評價方法에 비추어 指數形의 評價를 해 보면 어떤가 보자.

다음 式에 快感에 영향을 미치는 항목을 포함할 수 있다.

즉 快適指數, CC는

$$CC = \frac{XM^2 + XR^2 + XT^2 + XC^2 + XV^2 + XS^2 + XQ^2}{10}$$

M : 氣流의 要素

R : MRT의 要素

T : 氣溫의 要素

H : 關係濕度の 要素

C : 氣溫制御의 要素

V : 換氣의 要素

S : 騒音의 要素

Q : 信賴度の 要素

X : 1 또는 2, 단 2項目에만은 2를 줄 수 있다.

각 항은 0~10까지의 단계로 評價한다. 이 評價方法을 提案하는 이유는 直線形의 評價方法은 각 項目의 評價할 方式을 충분히 減點할수 없기 때문이다. 예를들면

90~100 : A

80~89 : B

70~79 : C

60~69 : D

60 以下 : F

라 하면

直線形의 評價方法으로는 각 項目이 9라면 合計點은 90點이 되어 "A"가 되지만 이 새로운 評價方法을 쓰면

$$CC = \frac{6(9)^2 + 2(9)^2 + 2(9)^2}{10} = \frac{810}{10} = 81\%$$

즉 快適指數 AA="B"가 된다.

같은 式으로 平均 8의 方式은

直線形=80 : B

指數形=64 : D

平均 7의 方式은

直線形=70 : C

指數形=49 : F

2개의 항목에 있어 2배의 重要도가 부여되는 점이 꽤

유효한 것이다. 예를 들면 刑務所의 設備에 對해서는 換氣와 信賴性이 重要하고 會議室에 對해서는 騒音과 換氣가 重要하다.

評價를 함에 있어서 空調方式만을 생각해서는 안된다 어떤 方式은 하나의 建物에 대하여 적합 하지만 다른것에는 부적합한 경우도 있다. 예를 들면 창이 없는 建物에 대해서 天井送出的 方式은 문제되지 않고 난방이 될 수 있지만 외부의 창문이 많은 건물은 그렇지 않다. 건물이 서는 지역성을 생각할 필요가 있다.

하나의 문제점은 評價를 하는 사람의 主觀이 개입되기 쉬운 것이다. 다행히 評價의 項目에 있어서는 ASHRAE의 規準이 있어 다음에 설명을 해보자.

### 氣 流

어떤 상태에 있어서 氣流는 기분이 좋은 산들바람 일 때도 있고, 또 어떤 경우에는 드래프트를 일으킬 때도 있다. 이 드래프트란 불쾌감을 만드는 氣流와 氣溫의 組合이다. ASHRAE의 드래프트에 對한 公式은 드래프트의 數值的 定義로서 다음과 같다.

$$T_{ed} = (t_x - t_c) - 0.07(V_x - 30)$$

$T_{ed}$  = 相當 드래프트溫度

$t_x$  = 局所氣流의 溫度

$t_c$  = 設定氣溫

$V_x$  : 局所氣流의 風速

風速이 30 ft/min(0.15m/s)에서 15ft/min(0.075m/s)씩 증가될 때마다 氣溫이 1 deg F 내려간다는 것에 相當한다.

ASHRAE의 Guide and Data Book(G&DB)에 의하면 局所氣流의 풍속이 30 ft/min 이하로서 氣流의 溫度가 室溫과 같을 때 中性地域 또는 無風이라고 불리는 상태가 존재한다. 氣流의 風速을 올리고 氣溫을 내리게 되면 드래프트가 느껴진다. 50 ft/min의 氣流를 3 deg F의 低下된 氣溫으로 만들면 사람들은 30%가 목 부분에서 불쾌감을 느끼고 같은 조건으로 바닥 가까이는 10%의 사람들 밖에 불쾌감을 느끼지 않는다.

Miller와 Nevins는 이 원리를 이용해서

[ADPI(Air Distribution Performance Index)]를 作成했다. 80%의 사람들이 快感을 느끼는 범위는 氣溫을 -3°F부터 +2°F까지 그리고 氣流를 最大 70 ft/min(0.35 m/s)로 해서 그림 2에 사선부로 표시 되어 있다.

ADPI를 決定하기 위해서 바닥위 36 inch에 있는 2×6×2ft의 空間內에 있는 216點의 氣溫과 速度를 測定했다. 그래서 이 216點의 가운데 70 ft/min 이하로 -3에서 +5에 합치하는 을을 ADPI라 한다. 快適한 冷暖

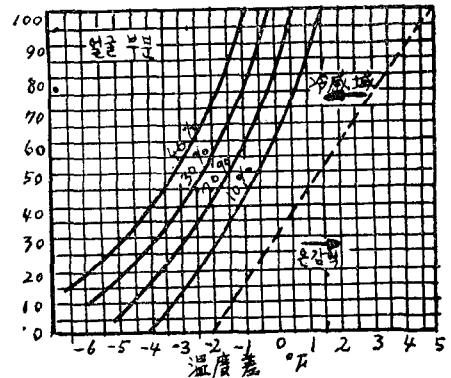
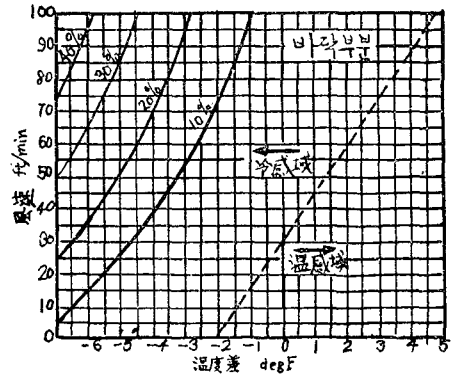


그림-1 공조실내에 있어서 드래프트에 의한 불쾌감을 갖는 在室者의 비율(G&DB 1969)

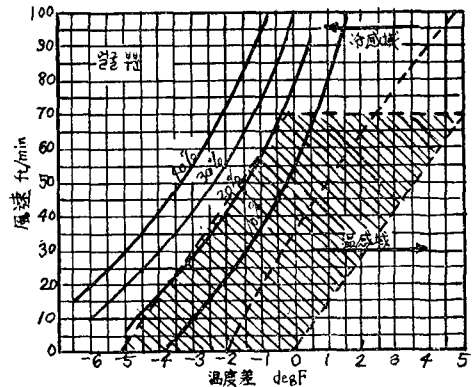
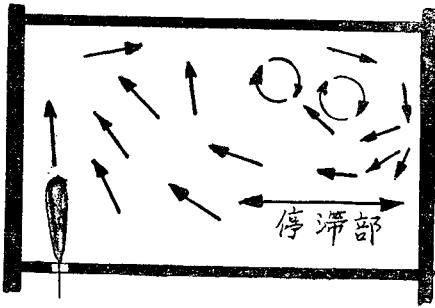


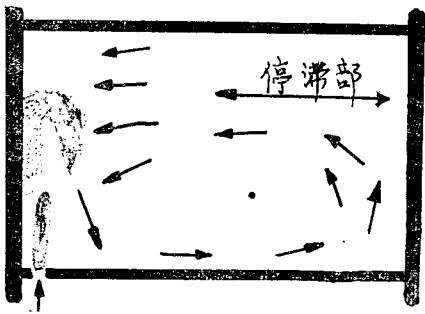
그림-2 ADPI로서 快適域 (사선부분은 右室者의 80%가 만족하고 있다는 것을 표시함)

房空間은 적어도 90 이상의 높은 ADPI를 要求한다.

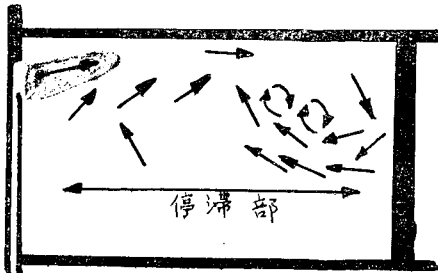
ADPI는 Straub와 Gilman의 研究에 있는 것과 같이 送出口의 위치에 따라 크게 영향을 받는다. 그림 3은 바닥에서 溫風이 送出하는 상태를 표시한다. 溫風이 외벽의 不快한 드래프트를 相殺시키고 있는 것을 주의해서 보는 것이 좋겠다. Smoke Test에서 내벽측의 停滯部



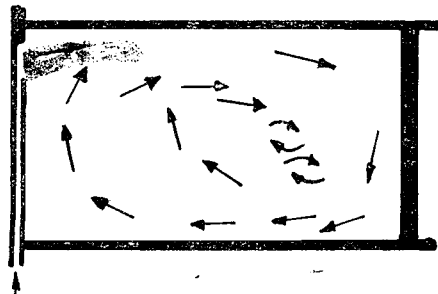
暖房  
그림-3 바닥면의 난방



冷房  
그림-4 바닥면에서 냉방



暖房  
그림-5天井面에서 温風吹出의 경우



冷房  
그림-6天井面에서 冷風送出의 경우

를 보면 안다.

그림 4는 같은 위치에서 冷風을 送出하는 것을 표시한다. 温風이 平井 또는 내벽의 높은 위치에서 送出하는 경우 停滞部가 外벽 가까이 되어서 Cold Draft가 일어나는 것을 그림 5에서 볼 수 있다.

그림 6은 같은 위치에서 冷風을 送出하는 것을 표현다. Sraub 와 Gilman은 選氣口의 위치가 공기 분포에 대하여 대부분 영향을 주지 않는다고 한다. 만약 여기서 ADPI=90이 實用上 가능한 최고점이라 할 때 이것을 10으로 評價해서 80을 0으로 한다. ADPI=86은 快適指數 CC의 氣流에 對한 評價는 6이다. 送出口가 여름과 겨울에 같이 사용될 때 그 지방의 Degree day에 따라 여름 겨울 중 어느 한쪽에 중점을 두고 평가할 필요가 있다.

### 表面溫度

表面溫度는 快適이라고 생각할 때 중요한 요소의 하나지만 빠뜨리기 쉬운 것이다. 우리들의 身體는 低温의 外周物에 대하여 熱을 發射한다. 만일 外周物의 表面이 대단히 차거울 때 복사에 의해서 잃어버리는 열이 증가되어 사람들은 추위를 느낀다. 그와 반대로 추위가 高温일 때 身體는 복사열을 흡수해서 따뜻함을 느낀다. 보통 미국 사람들의 피부는 表面溫度가 약 90°F로서 그보다 저온의 물체에 대해서는 열을 복사하고 높은 것에서는 열을 받는다. 이 일은 우리가 감촉에 좋지 않은 이유이다. 피부의 표면온도가 체적상 가장 중요한 것이다. 피부의 表面溫度 1°F의 강하는 空氣溫度 4°F의 降下에 상당한다. MRT 1.5°F의 降下는 공기온도 1°F의 降下에 상당한다. 數年前에 필자가 이 문제에 대하여 채택에서 실험을 했었다. 그때 居室을 실험실로 개조했다. 실험실은 6×7 ft의 斷熱유리의 문(door)으로 하고 居室의 중간에 6×7×16ft가 되도록 칸막이를 만들고 그리고 정원측에 低温室을 만들고 여러가지 暖房方式을 테스트하기 위하여 低温側의 溫度가 -10에서 +30°F까지 변화되도록 했다. 外部氣溫 0°F인 때 이 유리의 걸을 기분 좋게 앉을 수 있는 한계는 4ft이다. 30°F인 때는 2ft 정도까지 기분 좋게 앉아 있을 수 있다. 홉걸 유리는 테스트 하지 않았지만 결과가 좋지 않는 것은 뻔한 일이다. Fanger는 가벼운 차림으로 앉아 있는 사람은 室温 75°F 풍속 40 ft/min일 때 MRT는 90이 필요하다고 보고하고 있다. 가벼운 차림이란 젊은 여성인 사무원이 입고 있는 것이며 타이프 또는 어떤 작업 때의 MRT는 80°F로 한다. 일반 남자가 가벼운 차림으로 사무복을 입는 경우는 靜座의 경우 MRT는 75°F, 타이

프를 칠 때는 60°F가 적당하다.

McNall 등은 表面溫度가 室溫보다 20°F 이상 낮게 되지 않으면 快適하다고 보고하고 있다. 그러나 이 때는 나머지 다른 벽은 室溫과 같은 MRT로 되기 위해 加熱되고 있다. 따라서 홑겹 유리의 表面溫度는 外氣가 0°F 일 때 17°F, 10°F 일 때 25°F, 20°F 일 때 32°F였다. 한편 2중 유리일 때는 0°F 일 때 47°F, 10°F 일 때 51°F, 20°F 일 때 54°F였다.

快適한 상태를 유지하기 위해서는 75°F의 室溫일 때 MRT 70°F, 표면온도 50°F가 필요하다.

새로운 評價方法에 있어서, MRT를 사용하기 위해서는 외벽면에서 2ft 떨어진 곳에 있는 사람의 MRT를 계산할 필요가 있다. 그래서 외벽의 표면온도를 계산한다. MRT가 70°F이면 10點 주고, 60°F이면 0을 주어서 그 사이에 비례의 점을 준다. 표면 온도가 5°F 이하이면 MRT가 아무리 높아도 0이 된다. 겨울의 설계 조건에는 MRT를 계산할 필요가 없다. 90%를 Cover할 값으로서 만족하다.

예를 들면 Detroit의 설계조건은 0°F이지만, 20°F를 적용하면 90%가 그 이상의 온도가 된다.

### 溫度와 濕度

대다수의 사람들에 있어서는 겨울 75°F(23.9°C), 30% RH가 이상적인 快適條件이다. (여름은 75°F, 50%RH), 만약 온도가 75°F를 유지하며 RH는 감소가 되면 추위를 느낀다. 이것은 우리들의 몸에서 습도를 발산하여 그에 따라 열을 뺏기 때문이다. 反對로 RH가 상승하면 우리들은 습기를 발산 못해서 더워 땀이 나는 것을 느낀다.

그러나 冬期에 있어서 관계 습도의 快適 범위는 매우 넓다. 50~20%RH의 사이는 體感的으로 어떤 차이를 느끼지 않는다. 냉방시에는 관계습도가 땀이 나오는 상태까지 달하지 않으면 불편감은 없다. 그 점은 대개 75°F, 60%RH의 點이다. 따라서 우리들은 冬期の 設計條件을 만족하도록 장치를 설계해 놓으면 안전하다. 그러나 때로는 夏期에 不完全한 장치가 존재한다. 만약 장치가 夏期에 75°F(23.9°C)를 유지하면 評價는 10으로 하고 80°F(26.7°C) 밖에 유지되지 않으면 10점으로 해서 그 사이를 비례 배분해서 채점한다.

습도에 있어서는 冬期 25% 이상 가지면 5점, 夏期 50% 이하를 유지하면 5점으로 한다. 冬期 25% 이하이면 0점, 夏期 60% 이상이면 0점으로 해서 비례배분으로 채점해서 두개를 합쳐한 습도를 評價한다.

### 溫度 制御

다음에 부분적인 온도제어를 생각해 보자. 수년전 필자가 큰 회사의 공조장치를 검토한 일이 있다. 居住者와 종종 이야기 한 결과 대개가 바라는 온도가 크게 다른 것을 알았다.

예를 들면 製圖室에서는 하나의 방 가운데 정상적인 상태로 거주하고 있어 在室者가 모르게 濕濕度의 그라프를 써 보니 75°F, 50%의 상태를 유지하고 있어 그 가운데 4인을 뽑아서 몇도가 제일 快適한가 질문을 해 보았다. 네 사람 다 75°F에 동의했다. 그래서 각자 1주간 快適한가 어떤가 日記에 기재토록 부탁했다. 실험 기간중 그 방은 75°F, 50%RH를 유지 했으나 네 사람 전원 快適하다고 말한 적이 없다. 두 사람이 있으면 각기 다른 온도를 희망한다. 그래서 같은 사람이라도 매일 희망하는 온도가 다르다. 그러므로 최소의 단위로서는 個人別의 制御가 필요하게 된다. 個別制御가 10, Zone制御가 5, 그외를 0점으로 평가하면 된다.

### 換 氣

환기는 담배 연기나 體臭를 제거하는데 필요하다. G&DB 참조.

推獎換氣量을 사용될 때 得點을 10, 最少值일 때 5로 하고 그 이하일 때 0으로 한다.

### 騒 音 值

소음의 허용치는 G&DB의 값을 사용한다. 그 방이 NC 35를 요구하는 방이고 장치도 NC 35를 유지하면 得點은 10이 된다. NC 35를 넘으면 得點이 2點 감한다. 만약 장치가 NC 40의 소음을 내면 得點은 0이 된다.

### 裝置의 信賴性

이 값은 技術者의 경험과 판단에 따라 얻는다. 이것으로 快適에 對한 Parameter는 全部 갖춘 것이 된다.

- 1) Draft가 없는 것
- 2) 最低 50°F(10.0°C)의 表面溫度이고 MRT 70°F
- 3) 室溫은 75°F
- 4) 關係濕度 25~50%
- 5) 個室制御, 또는 Module制御
- 6) ASHRAE의 換氣推獎值
- 7) ASHRAE의 推獎許容騒音值
- 8) 裝置의 信賴性

여기서 몇개의 建物에 대해서 각각 몇가지 方式의 評價를 하여 보자. 建物은 美國의 北部에 있는 것으로서

세개의 建物에 對해 각각 여섯개의 方式을 적용한다. 建物은 事務所用 Building 으로 하고 첫째는 2/3의 면적이 홀결 유리이고 두번째는 1/3의 면적이 홀결 유리이고 셋째는 1/10이 斷熱 유리로 한다.

검토해 본 방식은 다음과 같다.

- 1) Perimeter 에 加熱을 않고 天井送出的 二重 Duct
- 2) 바닥 送出的 二重 Duct
- 3) Perimeter 에 加열 장치를 붙인 二重 Duct
- 4) Perimeter 에 加열 장치를 붙인 Multi Zone
- 5) 2 Pipe Fan Coil
- 6) Through the wall 形 Terminal Unit

2/3의 面積이 홀결 유리로서 북쪽을 향하게 건축한 사무실용 Building 의 경우 우선 최초로 2點을 주고 2項目을 정한다. 이 경우는 유리면적이 큰 것이 문제이지만 表面溫度를 끌어 올린다. 같은 모양으로 유리면적이 크므로 氣流에도 2點을 준다.

表 1

方 式 名	사무실 2/3유리	1/3유리	1/10유리
天井送出的 二重 Duct	55	62	95
바닥送出的 二重 Duct	68	75	88
二重 Duct+放熱器	75	95	95
Mnlti-Zone+放熱器	67	87	87
FAN-Coil (2pipe)	52	59	64
Through the wall-Unit	58	63	79

(1) 天井送出的 二重 Duct 方式

氣流(M): 天井에서 送出하는 경우 ADPI 는 대략 80 이하이므로 評價는 0.

MRT (R): 유리면적이 크기 때문에 外氣 20°F 일 때 MRT 는 60. 그 때문에 評價는 0.

氣溫(T): 장치가 75°F 를 유지하도록 설계코져 할려면 評價는 10.

濕度(H): 여름 겨울에 양호한 습도 제어를 하여서 10點 溫度制御(C): 10點.

換氣(V): 推獎換氣量을 確保하여서 10點.

騒音(S): 設計자가 NC 35을 유지하도록 노력하여서 10點.

信賴性(Q): 장치로서는 信賴性이 높지만 中央式의 장치를 사용할 때는 하나의 고장이 전체에 영향이 있으므로 評價는 7點.

集計하면

$$\begin{aligned}
 M & 2(0)^2=0 \\
 R & 2(0)^2=0 \\
 T & (10)^2=100 \\
 H & (10)^2=100 \\
 C & (10)^2=100 \\
 V & (10)^2=100 \\
 S & (10)^2=100 \\
 Q & (7)^2=49
 \end{aligned}$$

549

$$\frac{549}{10}=54.9\%=F$$

(2) 바닥 送出的 二重 Duct 方式

氣流: ADPI 는 冬期 90. 夏期 85. 이것을 平均하면  $2/3(90)+1/3(85)=88$ . ADPI 88은 評價 8.

MRT: 창가에서 上向으로 送出하는 MRT 는 아마도 60°F 이므로 評價는 0. 따라서 내부 부하 때문에 10°F 의 外氣일 때도 送出溫度는 80°F 정도이므로 차거움을 느낀다.

$$\begin{aligned}
 \text{氣溫} & : 10 \\
 \text{濕度} & : 10 \\
 \text{溫度制御} & : 10 \\
 \text{換氣} & : 10 \\
 \text{騒音} & : 10 \\
 \text{信賴性} & : 7
 \end{aligned}$$

集計하면

$$\begin{aligned}
 M & 2(8)^2=128 \\
 R & 2(0)^2=0 \\
 T & (10)^2=100 \\
 H & (10)^2=100 \\
 C & (10)^2=100 \\
 V & (10)^2=100 \\
 S & (10)^2=100 \\
 Q & (7)^2=49
 \end{aligned}$$

677

$$\frac{677}{10}=67.7\%=D$$

(3) Perimeter 에 加열장치를 붙인 二重 Duct 方式

氣流: 10

MRT: 복사 Panel 에 따라 MRT 는 67이 되나 表面溫度는 아마도 50°F 이하이므로 0點

集計하면

$$\begin{aligned}
 M & 2(10)^2=200 \\
 R & 2(0)^2=0 \\
 T & (10)^2=100
 \end{aligned}$$

H  $(10)^2=100$

C  $(10)^2=100$

V  $(10)^2=100$

S  $(10)^2=100$

Q  $(7)^2=49$

749

$$\frac{749}{10}=74.9\%=C$$

2/3의 유리면적은 최고점이 75點이다. 만약 유리를 2  
중 또는 斷熱유리로서 30 inch 의 높이의 Perimeter 의  
Radiator 를 사용하면 MRT 는 71°F 가 되며 評價는 95  
點이 된다. 表 1은 以上을 간추린 것이다. 이 평가 방  
법을 현재 가동중의 장치를 체크하는 방법으로서도 유  
효하게 쓰인다.

# 友 信 設 備

서울特別市 中區 山林洞 166

世運商街 나棟가列 368號

電 話 27~1217. 7876

代 表 鄭 紋 和

— 營 業 種 目 —

暖 房 施 設 및 施 工

보 일 러 完全自動 制御裝置 및 半自動 (콘트롤 판넬)

보 일 러 低水位 }  
                  高壓力 } 警報 및 遮斷裝置  
                  失 火 }  
                  媒 煙 }

오일마나, 방카 C 예열기

GAS 및 경유 着火器

電子開閉器 및 Relay 販賣