

# 空調設備의 知識

## 1

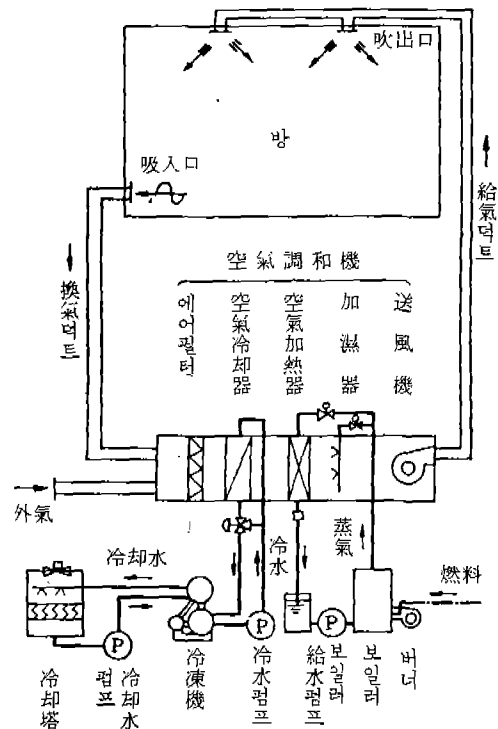
### 1. 空調設備의 概要

空氣調和란 室内 또는 特定場所의 溫濕度, 氣流 및 空氣淸淨度를 그 場所의 使用目的에 적합한 狀態로 조절하는 것이다. 이를 위한 設備로는 空氣의 溫습도를 調節하는 空氣調和機, 冷凍機나 보일러 등 熱源裝置, 空氣의 吹出口, 吸入口, 送風機, 덕트, 증기나 물의 配管, 펌프 등으로 構成된다. 이러한 構成器機는 空調方式이나 熱源方式에 따라서도 다르지만 그 예를 그림 1에 든다. 그림은 공조방식으로 단일 덕트方式을, 熱源裝置로는 冷凍機와 보일러의 併用方式을 사용한 것이다. 空氣조화기는 空氣의 溫습도를 調節하기 위한 空氣冷却器(冷却과 減濕을 한다), 空氣加熱器, 加濕器, 진애를 除去하는 에어 필터 및 室内에 송풍하기 위한 송풍기로 구성되었다.

空氣調和機로는 室内로부터의 還氣와 換氣를 위해 도입한 外氣를 혼합한 空氣를 溫습도 調節하여 給氣 덕트를 통해 室内에 보내고 있다. 또 空氣冷却器에서 사용하는 냉수는 冷凍機로 냉각되며 冷凍機의 冷却水 冷却에 冷却塔이 사용된다. 또 空氣가열기나 加濕器에는 보일러로부터 증기가 보내진다.

또 空調設備에는 일반 빌딩이나 주택등에 사

용되는 人間의 快感이나 保健을 목적으로 하는 것(快感用 空調 혹은 保健用 空調라 한다)과 工場이나 창고 등에서 物品의 생산이나 저장을 위한 空氣환경의 유지를 목적으로 하는 것(産業用 空調)이 있다. 産業용 공조에는 대상으로 하



〈그림 1〉 空調設備의 構成例

는 物品이나 製法에 따라 필요한 溫濕度나 空氣 淸淨度가 여러가지가 있으며 設備의 구성도 빌딩 등에서 사용되는 일반 空調설비 이외에 고정 밀도의 溫濕度制御를 필요로 하는 恒溫恒濕裝置나 고도의 淸淨度가 요구되는 클린룸 등 特殊한 設備도 사용된다.

## 2. 室內環境

### 가. 溫熱環境

사람은 体内에 발생하는 熱을 피부의 表面으로부터의 放熱과 呼吸에 의한 防熱로 体外에 放出하고 있다. 이러한 방열에 영향하는 室內環境으로는 인체 주위의 空氣溫度, 濕度, 人体에 닿는 氣流速度 및 복사열이 있다. 이 복사열에는 人体에 직접 닿는 日射나 室內壁面으로부터의 복사가 있다. 人体에는 放熱의 自己調節 機能이 있어 이러한 環境條件이 다소 변화하여도 필요한 放熱을 한다. 만약 室溫이 上昇하거나 하여 放熱量이 부족하면 人体는 더위를 느껴 体内의 調節機能이 작동하여 피부 血管의 흐름을 증가시켜 放熱을 촉진시킨다. 그래도 아직 放熱量이 부족하면 땀을 내서 방열량을 증가시킨다. 또 室溫이 내려서 放熱量이 과잉이 되면 추위를 느껴 피부 血管의 흐름을 감소시켜서 放熱량을 저하시킨다. 空調設備로서는 人体가 不快함이나 더위나 추위를 느끼지 않고 放熱調節을 할 수 있는 범위에서 溫濕度 등 環境要素의 값을 유지하여야 한다. 또 이와같이 快適한 환경조건은 人体의 活動狀態나 着衣狀態에 따라서도 변한다.

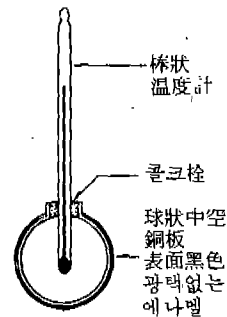
이와같이 快適한 溫感을 주는 快感條件은 溫度, 濕度, 氣流 및 복사의 4 環境要素와 活動狀態(代謝量) 및 着衣의 人体側 2 要素가 영향한다. 그래서 각 환경요소의 조합으로 동일 溫感을 주는 溫感指標나 快適範圍, 이것과 活動狀態나 着衣의 量과의 관계 등에 대해 많은 實驗이 행해져 각종 快感線圖 등이 作成되고 있다. 그러나 溫感은 個人差나 狀況에 따른 차이가 있으

며 快適範圍도 많은 사람이 만족할 수 있는 統計인 값으로 표시된다.

또한 위의 각 要素를 定量的으로 表示하는 경우에는 溫濕度나 氣流速度는 문제가 없지만 복사열의 表示에는 平均 복사온도가 사용된다. 이것은 人体가 받는 복사가 室內의 壁面으로부터의 복사라고 인정하고 同量의 복사를 주는 벽면의 均一한 表面溫度로 表示한다. 이 값은 近似的으로는 벽면 각 부의 表面溫度의 加重平均으로 표시된다. 이 測定에는 그림 2와 같은 글로브 溫度計(속이 빈 黑球의 内部에 溫度計를 삽입한 것)를 사용하여 이 測定값의 글로브 溫度로부터 平均 복사온도를 계산할 수 있다. 단, 여기에는 주위의 空氣溫度(乾球溫度)나 氣流速度도 영향한다.

또 人体의 代謝量의 表示에는 의자 安靜의 상태를 기준으로 하여 이 代謝量을 1 met라 한다. 이것은 성인남자는 体表面당 약  $50\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 이다. 体表面積을 약  $1.6\text{m}^2$ 라 하면 熱量으로 약  $80\text{kcal}/\text{h}$ 가 된다. 着衣의 表示에는 熱抵抗값이 사용되며  $0.18\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}/\text{kcal}$ 를 1 clo라 한다. 사무실에서의 표준적인 값은 代謝량이 1.0~1.2 met, 着衣는 夏服으로 약 0.5clo, 冬服으로 약 1.0clo이다.

溫感指標에는 여러가지가 있지만 자주 사용되는 것에는 有效溫度, 修正有效溫度, 作用溫度(效果溫度라고도 함) 및 PMV(Predicted Mean Vote) 등이 있다. 有效溫度는 溫度, 濕度 및



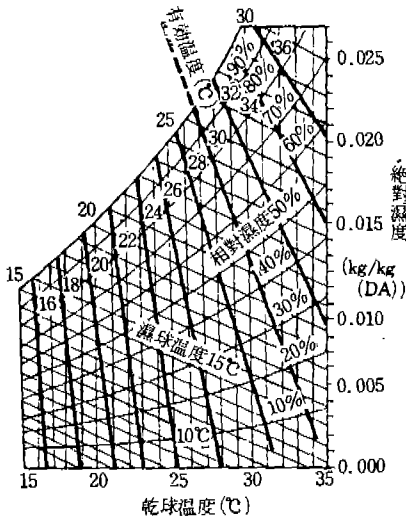
〈그림 2〉 글로브 溫度計

氣流速度를 조합한 것으로, 그림 3에 이 예를 든다. 이것은 사무실용 빌딩 등에서 氣流速度가 작은 경우에 적용되는데 복사의 영향은 무시하고 있다. 이 有效溫度의 값은 동일 濕感을 주는 상태를 相對濕度 50%일 때의 溫度로 표시하고 있다. 그림처럼 溫度가 높은 곳에서는 濕感에 주는 濕度의 영향은 크지만 溫度가 낮아지면 濕度의 영향이 작아지며 有效溫度 一定의 線은 溫度 일정의 線과 대차가 없어진다. 空調를 하는 방에서는 예를 들면 有效溫度 26℃에서는 溫度 1℃의 변화와 相對濕度 약 30%의 변화가 동일한 濕感의 변화를 주고, 有效濕度 20℃에서는 온도 0.5℃의 변화가 相對濕度 약 30%의 변화와 等價이다. 이처럼 濕感에 대하여는 온도가 중요한 要素이며 相對濕度는 비교적 영향이 적다. 그래서 일반의 空調設備에서는 溫度의 제어에 중점이 주어지며 相對濕度는 극단으로 커지거나 작아지지 않으면 되어 가는 형편에 맡겨두는 것도 많다.

또한 복사가 큰 경우의 濕感指標로는 修正 有效溫度나 作用溫度가 사용된다. 修正 有效溫度는 有效溫度의 乾球溫度 대신에 글로브 溫度를

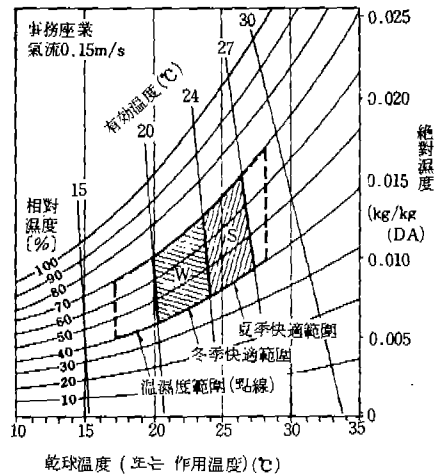
사용한 것이다. 作用溫度는 乾球溫度와 平均 복사온도를 조합한 것으로, 氣流速度가 작은 경우는 乾球溫度와 平均 복사온도의 平均값과 거의 동일해진다. 또 作用溫度는 글로브 溫度에서도 유사해진다. 또 PMV는 실내환경 및 人體側의 각 要素를 포함하는 열 밸런스에서 구한 快適方程式과 濕感과의 關係를 表示하는 것으로, 표준적인 條件과 다른 경우 등에도 널리 적용된다. 이 계산은 좀 복잡하지만 직접 측정하는 계기도 개발되었다.

그림 4는 사무실 빌딩 등을 대상으로 한 快適線圖의 한 예인데 쾌적범위는 여름은 有效溫度를 24~27℃, 겨울은 20~24℃로 하고 있으며 이것은 일반적으로 사용되는 경험적인 값을 표시한 것이다. 着衣는 上衣를 벗고 勤務하는 정도를 想定하고 있으므로 이것과 다른 상태에서는 快適範圍도 여기서 다소 이동한다. 또 상대습도는 40~70%의 범위에 限定되고 있지만 이것은 濕感 이외의 要素도 고려한 것으로, 상대습도가 너무 높아지면 不快感이 있거나 室內에서 局部的으로 結露가 생기는 일이 있으며 곰팡이 발생의 우려도 있다. 또 상대습도가 너무 낮으



(R. G. Nevins, A. P. Gagge : ASHRAE Journal, May 1972)

〈그림 3〉 有效溫度



주) 1. 복사열의 影響이 큰 경우는 作用溫度를 사용.  
2. ASHRAE 新有效溫度(1972)에 의함.

〈그림 4〉 溫濕度의 快適範圍

면 靜電氣가 일어나거나 呼吸器의 건조 등 保健上 바람직하지 못한 영향이 있다.

空調하는 室內의 환경기준은 표 1과 같다. 이 溫濕度の 범위는 그림 4에 點線으로 표시하였는데 일반적으로 사용되는 快適溫度는 이것보다 좁은 범위이다. 또 냉방 시의 外氣와 室溫의 溫度差가 규정된 것은 이 溫度差가 너무 크면 옥외로부터 방으로 출입 시, 感覺的, 生理的인 히트 쇼크가 있어 保健上 좋지 않기 때문이다.

人體에 닿는 氣流速度도 溫感에 영향을 주는 要素이다. 氣流는 人體를 冷却시키므로 夏季에 空調하지 않는 방에서 선풍기를 사용하는 경우나 高溫인 爐 등에서 의 복사열을 받는 경우는 效果의이지만 空調한 방에서는 너무 속도가 빠른 氣流가 닿는 것은 快感的으로나 保健的으로 좋지 않다. 이러한 不快한 氣流를 드래프트라 부르는데 특히 冷風이 몸에 닿는 경우가 문제된다. 빌딩 管理의 基準에서는 0.5m/s 이하로 하지만 冷房時에는 人體에 닿는 冷風의 속도는 0.3 m/s 이하로 하는 것이 좋다. 일반적으로 空調時에 快適한 氣流速度는 0.1~0.2m/s 정도이다.

또 선풍기나 공장의 局所 冷房의 경우에도 강한 氣流가 장시간 人體에 닿으면 局部的으로 몸을 차게 하여 保健上 有害하므로 適當한 風速의 선정과 선풍기의 회전처럼 간헐적으로 氣流를 닿게 하여야 한다.

또 하나의 溫感要素인 복사열은 空調時에는 창에서 들어오는 日光을 블라인드 등으로 차단하고 室內 壁面溫度도 室內氣溫과 그리 차이가 없다고 치고 고려하지 않는 일이 많다. 그러나 벽

〈표 1〉 居室의 環境基準

項 目	基準值
溫 度	17~28℃
相 對 濕 度	40~70%
氣 流 速 度	0.5m/s以下
浮 遊 粉 塵 量	0.15mg/m <sup>3</sup> 以下
一酸化炭素含有率	10ppm以下
炭酸가스含有率	1,000ppm以下

면온도가 氣溫과 크게 차이 나는 경우는 溫感에 의 영향은 무시할 수 없다. 예를 들면 夏季에 吸熱 유리를 사용한 窓面의 온도가 상승하여 부근의 在室者에게 큰 복사열을 주는 경우나 冬季에 단열이 나쁜 벽면의 表面溫度가 낮은 경우 등이 문제된다. 또 복사 난방을 하는 경우에도 이것을 고려하여야 한다. 이러한 경우에는 그림 4의 氣溫 대신에 作用溫度 또는 글로브 溫度를 사용하여 快適範圍를 수정하여 검토하면 된다.

또 上記의 各項 이외에도 快適條件에 영향을 주는 것으로는 室內의 溫度分布, 溫度變動率, 바닥면 온도, 복사 受熱의 非對稱性 등이 있다. 이 중 특히 문제되는 것은 暖房時의 室內 上下의 溫度勾配인데 머리쪽과 다리쪽의 온도차가 3℃ 정도 이내로 하는 것이 좋다.

産業用 空調에서는 대상으로 하는 物品에 따라 室內溫濕도가 다르다. 그 일례를 표 2에 들었는데 사람을 대상으로 하는 快感用 空調와는 크게 다른 條件을 필요로 하는 것도 적지 않다.

#### 나. 空氣清淨度

室內空氣의 汚染은 人體나 器機, 建物構造 등에서 발생하는 汚染物質에 의하는 것과 侵入 汚

〈표 2〉 各種 工程의 溫濕度 條件

生産工程	溫度 (℃)	濕度 (%)	生産工程	溫度 (℃)	濕度 (%)
食 品			電機, 機械		
발효실	26~28	75	I C 製造	22~24	35~45
포장실	18	65	코일, 變壓器	22	15
조식실	18~20	45~50	精密機械部品加工	24	45~50
담배製造	21~24	55~65	렌즈研磨	27	80
쌀貯藏	10~13	70~75	織 維		
茶貯藏	5	40	木綿 精紡	27~29	55~70
製 藥			製織	26~27	70~80
錠劑製造	23~25	25~30	毛 카 닝	27~29	65~70
粉劑製造	24~27	15~35	精紡	27~29	50~60
잉크製造	27	35	製織	27~29	60~65

주) 이 값은 生産工程에 요구되는 溫濕度の 一例이며, 同一製品이라도 品種이나 製法에 따라 다른 값이 요구되는 일이 있다.

은 도입 外氣 中の 汚染物質에 의하는 것이 있다. 이것들의 主要한 것을 表3에 든다. 汚染物質의 種類로는 浮遊粉塵, 臭氣, CO, CO<sub>2</sub>, 세균 등이 있다. 이것들 중 빌딩 관리 기준에서는 表1에서 처럼 粉塵, CO 및 CO<sub>2</sub>의 기준값을 부여하고 있다.

粉塵에서 保健上 특히 문제되는 것은 1 $\mu$ m 정도 이하의 미세한 것이지만 이것보다 큰 것도 기물이나 衣服의 오염등에 원인이 된다. 미세한 粉塵으로는 大氣塵이나 담배의 연기 등이 있다.

일산화탄소는 흡연으로 생기는 것, 自動車의 排氣 가스, 燃燒器具에서 발생하는 것 등이 있다. 이것은 대단히 有害한 가스로서 産業衛生上 許容값은 50ppm이지만 장기적인 保健上 許容값으로는 10ppm이 사용된다.

탄산 가스는 大氣中の 濃度는 0.03~0.04%이지만 인간의 呼吸이나 燃燒器具로부터의 發生으로 室内的 濃度を 증가시킨다. 탄산 가스가 직접 人体에 害가 되는 것은 수 % 이상인 高濃度の 경우이지만 탄산 가스의 濃度は 室内換氣의

〈표 3〉 室内空氣 汚染物質

汚染源	主要汚染物質	
室内	人体	CO <sub>2</sub> , 毛髮, 비듬등, 体臭, 배설물냄새, 細菌
	사람의活動	衣服, 書類등에서 發生하는 粉塵
발생	事務器機	암모니아, 溶劑, 紙 등의 粉塵
	燃燒器具	CO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , 煤煙
	喫煙	臭氣, CO, CO <sub>2</sub> , 粉塵
侵入外氣	粉塵, 溶劑, 호름아르히디드, 라돈, 곰팡이	
	粉塵, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , 炭化水素	

良否를 나타내는 표준으로서 종래부터 사용되어 왔다. 粉塵 이외의 汚染物質은 일반적으로 換氣에 의해 除去하고 있으므로 換氣가 나쁘면 탄산 가스 뿐 아니라 臭氣나 기타의 室内 發生 汚染物質의 濃度も 높아진다. 특히 吸煙이 많은 경우에는 현저하다. 또 空調를 하고 있지 않는 경우에는 室内的 溫濕度も 높아진다. 이러한 換氣의 표준으로 하는 탄산 가스 濃度の 허용값에는 종래 0.1~0.15%가 사용되고 있었지만 빌딩 관리 기준에서는 0.1% (1,000ppm)가 채용된다.

臭氣에는 吸煙臭, 調理臭, 体臭, 배설물 냄새 등이 있다. 臭氣는 計量이 어렵지만 臭氣의 정도를 나타내기 위하여는 感覺的인 臭氣強度指數가 사용되는 일이 있다. 또 허용값을 직접 規定하는 대신에 臭氣의 제거에 필요한 換氣量을 사용하는 일도 있다. 빌딩의 거실 등에서는 특히 吸煙臭가 문제되는데 表4에 吸煙臭 除去에 필요한 換氣量을 표시한다. 또 室内 炭酸 가스 濃度を 0.1%로 유지하는데 필요한 換氣量은 사무실 등에서는 在室者 1名當 약 30m<sup>3</sup>/h이다.

産業空調에서는 對象으로 하는 物品에 따라 粉塵이나 가스의 허용 농도도 다르다. 또 發生하는 汚染物質도 여러가지 있다. 특히 清淨도가 문제되는 것은 半導體 등 精密加工工場에서 클린 룸이 사용되고 있는데 여기에는 表5와 같은 規格에 따른 클라스 표시가 사용된다.

다. 소음·진동

室内環境으로는 溫濕度나 清淨度 이외에 空調

〈표 4〉 吸煙의 臭氣量 除去하기 위한 換氣量

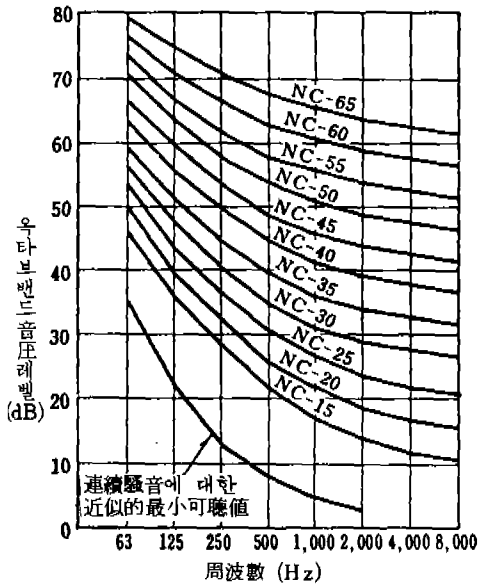
吸煙程度	適用例	必要換氣量 (m <sup>3</sup> /h·人) 最小量~推獎值	喫煙量 [本h·人]
대단히 많다	仲買人事務所, 新聞編輯室, 集會室	51~85	3.0~5.1
많다	각테일바, 事務所, 호텔客室	42~51	2.5~3.0
상당히	식당, 事務所	20~26	1.2~1.6
때때로	銀行營業室, 事務所, 商店	13~17	0.8~1.0

주) 吸煙臭를 臭氣強度 2 (快適하지 않지만 不愉快하지 않을 程度의 濃度)로 유지하기 위한 吸煙개수의 制限值

〈표 5〉 클린룸規格

등급 英國制 (미터制)	0.5 $\mu$ m以上과 粒子 의 最大數 個/ft <sup>3</sup> (個/l)	5 $\mu$ m以上인 粒子 의 最大數 個/ft <sup>3</sup> (個/l)
100 (3.5)	100 (3.5)	<10* (<0.35)
10,000 (350)	10,000 (350)	65 (2.3)
100,000 (3,500)	100,000 (3,500)	700 (25)

- 주) 1. 10個/ft<sup>3</sup> (0.35個/l) 以下の測定値는 샘플數가 많지 않으면 信賴性이 낮다.  
2. 美國聯邦規格 (Fed. Std. No. 209B, (1973))



옥타브밴드 中心周波數 (Hz)  
(Beranek · Shultz)

〈그림 5〉 NC 曲線

設備의 운전과 함께 생기는 소음이나 진동에 대하여도 고려하여야 한다. 소음의 표시에는 소음 레벨과 그림 5에 표시하는 NC값이 사용된다. 소음 레벨은 사람의 聽感補正을 한 소음의 크기를 표시한 것인데 環境의 良否 比較에는 좋지만 소음 계산에는 周波數의 옥타브 밴드 마다의 허용값을 표시한 NC값이 사용된다. 이것은 옥타브마다 측정된 音壓 레벨의 값이 모든 옥타브밴드에서 그림의 曲線을 초과하지 않는 NC값으로

〈표 6〉 室内 許容騒音

室 名	騒音레벨 (A特性) 폰	NC
住宅, 아파트		
居室, 寢室	30~35	20~25
廚房, 作業室, 浴室	40~45	30~35
病院		
病室, 診療室	35~40	30~35
待合室	40~45	35~40
學校		
教室	40	30
圖書室, 研究室	40~45	30~35
講堂, 音樂室	35~40	35~40
호텔, 旅館		
客室	30	25
부도	35~40	30
事務所		
一般事務所, 製圖室	40~45	35~40
會議室	30~35	25~30
應接室	35~40	30~35
計算室	45~55	40~50
商店	45~55	40~50
飲食店	30~55	45~50
體育館, 競技場	45~50	45~50
公會堂, 劇場, 會議場	35~40	35~40
音樂廳	30~35	20
工場		
輕機械室	50~60	45~60
重機械室	60~70	55~65

소음의 크기를 표시한 것이다. 또 일반적으로 사용되는 실내 소음의 허용값을 표 6에 든다.

또 진동의 크기 표시에는 振幅, 振動 加速度 레벨 및 振動 感覺補正을 한 振動 레벨 등이 사용된다. 일반적으로는 空調設備에 의해 발생하는 거실 내의 振動은 작기 때문에 직접 人体에 不快感을 주는 일은 적고 소음 발생의 원인으로 振動을 고려하면 된다. 그러나 精密加工이나 測定을 하는 방에서는 미소한 振動이 문제되는 것도 있으며 이 경우에는 振幅이나 加速度 레벨로 허용값이 주어진다.