

科學圖書大庫

# 空調設備的消音設計

編譯者 林俊茂

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

# 空調設備的消音設計

編譯者 林俊茂

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 陳俊安

# 科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國七十二年六月十七日初版

## 空調設備的消音設計

基本定價 1.70

編譯者 林俊茂 國立成功大學機械工程系畢

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306 號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號

電話 9221763  
9271575  
9271576  
9286842

電話 9719739

## 序 言

國泰人壽保險公司營建部，負責公司新建大樓營建，部內有建築、空調、水電專業工程師。來來大飯店工程結束後，吾人要求部內工程師就此飯店設計施工做綜合檢討，俾就公司新建33層超高層辦公大樓，設計施工上可更進一步而完美無缺點，並累積實際經驗使營建技術有長足進步。

林工程師俊茂，從事空調及給排水方面工作，工程經驗豐富，來來飯店工程設計和施工上頗多建樹，使工程配合飯店經營要求，而施工品質嚴格要求符合高標準。在空調工程上飯店要求清靜無噪音騷擾，機器需防震，機器房隔音，冷氣吹出聲不煩人，排出室外風不妨礙鄰居安寧，客室內馬桶排水聲不傳至他室，這些對於噪音控制極盡周到嚴格。林工程師能就自身工作需要，廣尋可供參考之資料，並加以綜合運用，並提供同業工程師參考，誠為難得，茲為鼓勵，忝為作序，希能再接再厲。

國泰人壽保險公司協理 劉秋德

西元一九八三年四月十日

# 自序

作者參與來來大飯店空調工程設計和施工工作，由於此為國際級觀光旅館，各方面要求水準極高，空調方面除了要求舒適合宜溫度外，在噪音的要求也特別考慮，先後請了英國噪音專家設計消音，但工程費需數千萬元，所費不貲，乃大幅削減，終至有部分消音工程不完備而有遺憾。作者從事空調工程多年，但在噪音處理方面較少深入，因而在觀念和此方面知識不足，因飯店設計工作需要，尋找國外資料多加充實，並譯出以供此方面工程人員之參考。此書為公制單位，合乎最近使用公制度量衡潮流，且其觀念的介紹和實務設計施工上頗有參考價值。

作者編譯本書，承蒙劉協理秋德，江副理丕德多有鼓勵並予指正，併此表示謝意。

編譯者 林俊茂敬識

西元一九八三年四月二十五日

# 目 錄

## 序 言

## 自 序

## 第一章 噪音的評準與容許噪音度

|               |    |
|---------------|----|
| 1-1 噪音的評準     | 1  |
| 1-2 室內的容許噪音值  | 9  |
| 1-3 屋外的噪音規定   | 9  |
| 1-4 有意義噪音的容許值 | 12 |

## 第二章 噪音防制計畫

|                  |    |
|------------------|----|
| 2-1 噪音發生原因與傳播形態  | 15 |
| 2-2 室內的噪音防制計畫與對策 | 17 |
| 2-3 屋外的噪音防制計畫    | 29 |

## 第三章 噪音的發生源

|                |    |
|----------------|----|
| 3-1 設備機械的噪音    | 42 |
| 3-2 氣體流動發生的噪音  | 49 |
| 3-3 進入風管內的其他噪音 | 59 |
| 3-4 固體傳播音      | 64 |

## 第四章 風管系內的自然減音

|                    |    |
|--------------------|----|
| 4-1 分岐引致的減衰（分配比係數） | 65 |
| 4-2 開放端反射引致的減衰     | 67 |

## 第五章 風管系的消音裝置

|     |                  |    |
|-----|------------------|----|
| 5-1 | 內襯吸音材料風管與其變形     | 68 |
| 5-2 | 直角彎頭             | 71 |
| 5-3 | 消音箱 ( chamber )  | 73 |
| 5-4 | 其他的消音裝置          | 78 |
| 5-5 | 消音裝置的壓力損失        | 81 |
| 5-6 | 消音器及設置位置的選擇應注意事項 | 83 |

## 第六章 風管系的消音設計

|     |                      |     |
|-----|----------------------|-----|
| 6-1 | 對象吹出口 ( 或吸入口 ) 的寄與係數 | 88  |
| 6-2 | 送風機噪音的消音設計           | 93  |
| 6-3 | 氣流噪音的檢討              | 98  |
| 6-4 | 串音的消音設計              | 101 |
| 6-5 | 向屋外放射的送風機噪音的消音設計     | 107 |

## 第七章 基礎資料

|     |                                                                                |     |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7-1 | 術語                                                                             | 108 |
| 7-2 | 透過損失                                                                           | 115 |
| 7-3 | 吸音率                                                                            | 122 |
| 7-4 | 日本國內法規                                                                         | 140 |
| 7-5 | $10^x$ ( $0.01 \leq x \leq 1.00$ ) 及 $\log x$ ( $1.00 \leq x \leq 10.00$ ) 對數表 | 144 |

## 圖表索引

## 索引

# 第一章 噪音的評準與容許噪音度

## 1-1 噪音的評準

### 1. 以 $\text{phon (A)}$ [ $\text{phon (A)}$ ] 爲評準

即應用 (指示) 噪音計測得的 $\text{phon (A)}$ 值，做爲噪音的評準。噪音的影響程度，以 $\text{phon (A)}$ 的值表示，如表 1.4 內所示情形。此 A 特性的噪音位準是合乎良好聽感的範圍。此特性是在實際測定與表示上使用極方便，故一般常用做噪音評準的基礎。

於噪音測定時，可依 J I S 噪音位準測定方法的規定操作。另有 C 特性，其噪音位準與噪音的總音壓 ( overall ) 大致相等，由此關係，因此 $\text{phon (C)}$ 也可測定出。

[ 例 ] 圖 1-1 爲地下鐵路換氣口例子，所示噪音爲 74  $\text{phon (A)}$ ，與表 1-4 相對照；可知噪音位準太高了。

### 2. 以 $\text{NR}$ 數爲評準

使用周波數分析器測定的八音度頻帶位準，如圖 1-1 所示情形，圖內所示音譜的最大  $\text{NR}$  值即噪音的  $\text{NR}$  數\* ( Noise Rating Number 或噪音額定值 )。

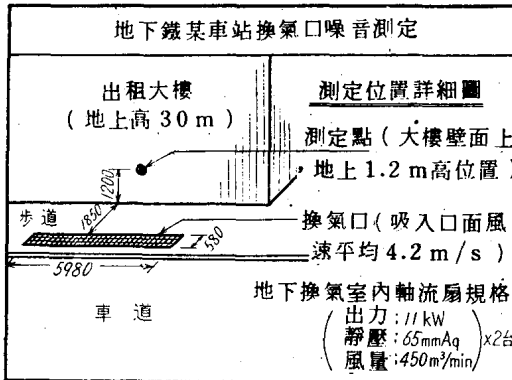
將  $\text{NR}$  數爲評準與噪音的影響列表，如表 1-4 所示，此表上亦將  $\text{NR}$  數與 $\text{phon (A)}$ 的對照列出。

以  $\frac{1}{3}$  八度音頻帶個別測定時，可得表 1-2 所示情形，各八度音頻帶

[註] 日本國內，由 I S O ( 國際標準化機構 ) 推薦的  $\text{NR}$  數評準逐漸取代  $\text{NC}$  數的評準。



## 2 空調設備的消音設計



民國 64 年 2 月 6 日午後 4 時 40 分

天候 雲, 微風

測定者

測定條件

民家的數地境界線上測定軸

流扇 2 台運轉時

測定器具

指示噪音計 A 公司  $\alpha$  型

周波數分析器 B 公司  $\beta$  型

精密麥克風 B 公司  $\beta M$  型

高速水準錄音機 B 公司  $\beta L$  型

精密指示噪音計 B 公司  $\beta \omega$  型

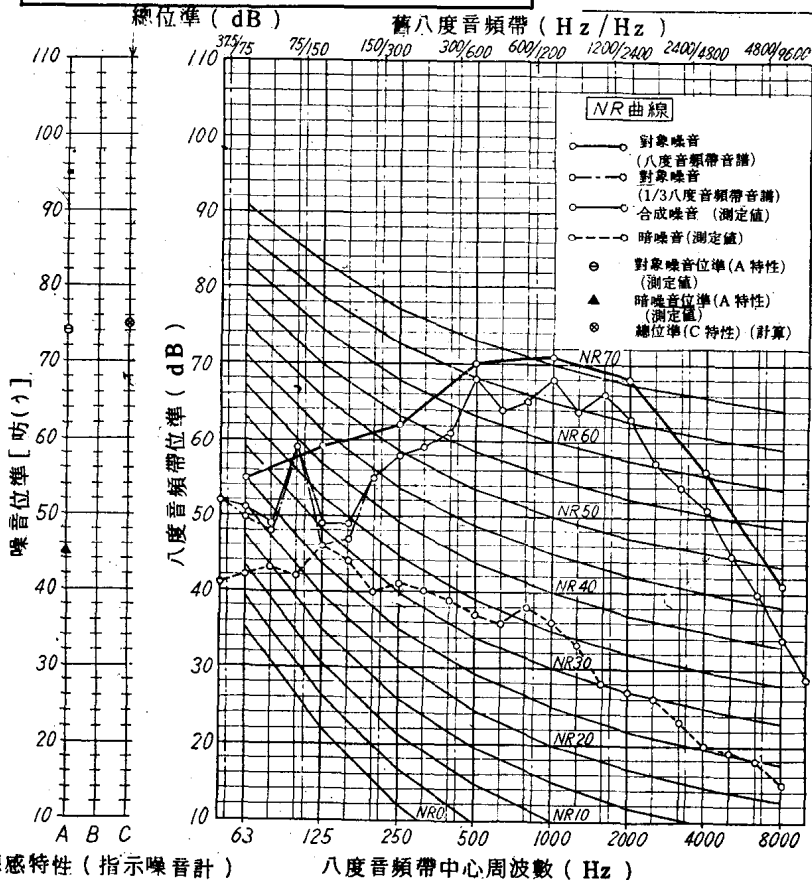


圖 1-1 地下鐵路某車站換氣口的噪音測定。

表 1-1 自八度音頻帶曲線計算叻(A)值之補正值

| 八度音頻帶<br>中心周波數 | 補 正<br>(減除數) | 舊八度音頻帶         | 補 正<br>(減除數) |
|----------------|--------------|----------------|--------------|
| 63 (Hz)        | 26 (dB)      | 37.5 ~ 75 (Hz) | 28 (dB)      |
| 125            | 16           | 75 ~ 150       | 19           |
| 250            | 9            | 150 ~ 300      | 11           |
| 500            | 3            | 300 ~ 600      | 5            |
| 1000           | 0            | 600 ~ 1200     | 1            |
| 2000           | -1           | 1200 ~ 2400    | -1           |
| 4000           | -1           | 2400 ~ 4800    | -1           |
| 8000           | 1            | 4800 ~ 9600    | 0            |

由對應三個 $\frac{1}{3}$ 八度音頻帶位準合成，圖中可清楚看出此合成過程。

在日本至今將所有以NC記載的資料改以NR評準已改完成，如圖 1-1 中所示，即以舊八度音頻帶刻度列出相對照。

[例] 圖 1-1 的地下鐵路換氣口例子，噪音改以NR 71 表示。

### 3. 以NC數為評準

如同以NR數為評準相同，圖 1-2 中以各八度音頻帶位準表示，音譜上所示最大的NC值，即為噪音的NC (Noise Criteria 或噪音準則) 數。

圖 1-2 所示為新的周波數分析配合NC曲線，圖上並將舊的八度音頻帶做刻度對照使用。實際上如圖 1-3 所示，NR數與NC數沒有很大差異。以周波數分析器的通帶濾波器 (band pass filter)，處理後，使可適度轉換成以NR數為評準時，以NC數為評準標準就可以省去。

### 4. 各種評準相互關係

(1) NR數與叻(A)的關係 NR數與叻(A)的關係如下式相等<sup>\*1</sup>。

[註] 1) NR數與叻(A)相關的比較，當空調機械的噪音測定有93.3%的精確度，下列的關係可成立：

$$NR數 = 叻(A) - 2 \pm 3 \dots\dots\dots (1.3)$$

同時，若包含機械噪音以外的噪音時，做各種音譜的調查，則噪音在一般可成立如下列關係。

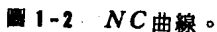
$$NR數 = 叻(A) - 3 \pm 1.5 \dots\dots\dots (1.4)$$

民國 年 月 日 午前 時 分  
午後 時 分  
天候

### 測定條件

指示噪音計

周波數分析器



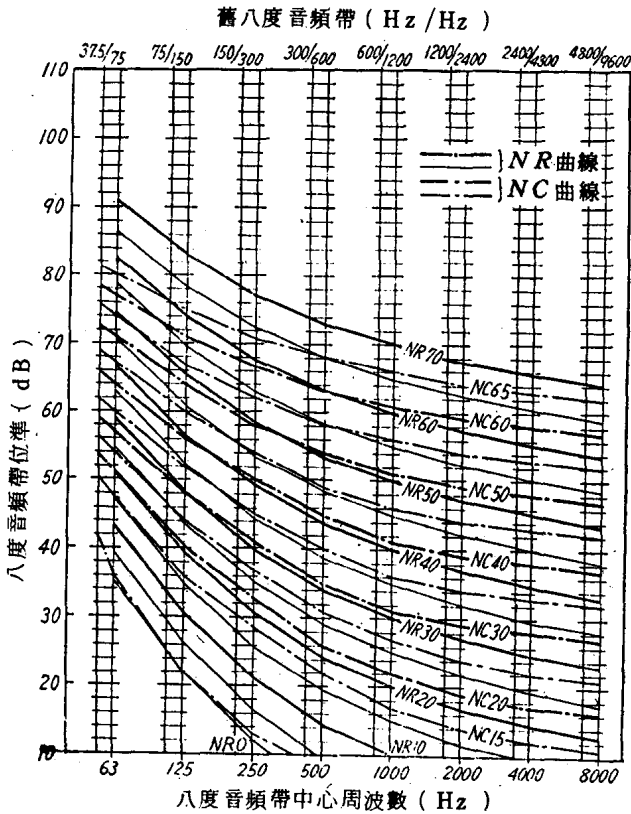


圖 1-3 NR 曲線與 NC 曲線比較。

$$NR \text{ 數} = \text{叻}(A) - 5 \dots\dots\dots (1.1)$$

(2) NC 數與叻(A)的關係 NC 數與叻(A)的關係如下式相等\*\*。

$$NC \text{ 數} = \text{叻}(A) - 6 \pm 2 \dots\dots\dots (1.2)$$

圖 1-3 中所示為 NR 曲線與 NC 曲線二者比較。NR 數或 NC 數在 20 ~ 50 的範圍內 (室內容許噪音使用的範圍)，兩曲線的差值，約 3 dB 程度，NR 數與 NC 數幾乎可視為相等。

(註) 2) 測定的精度不明確，一般的事務室等，將式 (1.2) 修正可適用下列公式：

$$NC \text{ 數} = \text{叻}(A) - 5 \dots\dots\dots (1.5)$$

(3) 自八度音頻帶音譜計算叻(A)值 當噪音的八度音頻帶音譜可求出時，即可計算出噪音位準叻(A)即各音頻帶以表 1-1 的補正值補正後，利用圖 1-4 曲線合成，所得的值即為噪音位準的叻(A)值。

表 1-2 所示為此計算例。在此計算結果，如圖 1-1 的地下鐵路換氣口的例子噪音位準為 74 叻(A)，與測定值一致。(八度音頻帶的測定因時間的差異，噪音有所變動，嚴格地說是沒有一致的)。另於此例中 NR 71 可轉換成  $71 + 5 = 76$  叻(A)，與推定值差異很少。此與式 (1.1) 的實際噪音位準比較稍大些。

## 5. 分貝值 (dB) 的合成與分解

(1) 分貝值的合成 圖 1-4 所示，為二個音壓位準的合成簡易計算圖。此圖所示在大的音能量上加上小的音的寄與量\* (dB)。而二者的音壓位準差在 10 dB 以上的情形，通常以不相加為宜。

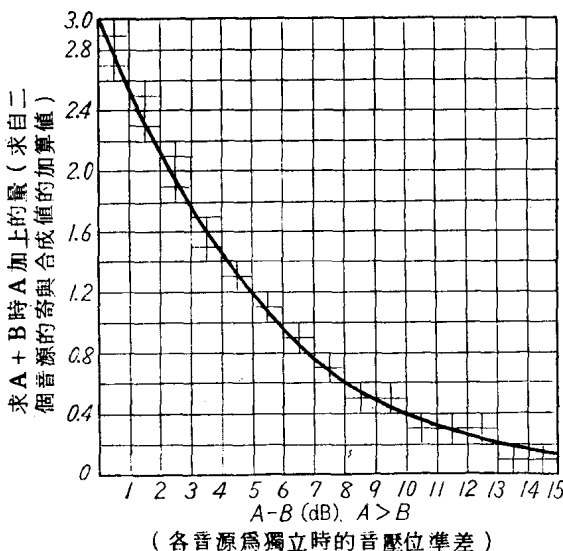


圖 1-4 分貝合成計算圖。

〔註〕 音壓位準有噪音位準，音頻帶位準 (band level)，音功率位準 (power level) 等，在分貝尺度的量合成上可以使用，但是噪音位準的合成時，單位以叻為主。

表 1-2 分貝合成例 (圖 1-1 噪音測定結果比較)

| 為八度音<br>頻帶中心<br>周波數(Hz) |       | 1/3八度音<br>頻帶中心<br>周波數(Hz) | 1/3八度音<br>頻帶標準<br>(dB) | 合成操作 |       | 八度音頻<br>帶標準<br>(dB)<br>(合成) | 八度音頻帶曲線算出時(A)值 |     | 合 成 |
|-------------------------|-------|---------------------------|------------------------|------|-------|-----------------------------|----------------|-----|-----|
|                         |       | 圖 1-1                     |                        |      |       |                             | 補正值<br>(表1-1)  | 補正後 |     |
| 63                      | 40    | 51                        |                        |      |       |                             |                |     |     |
|                         | 50    | 52                        |                        | +2.1 |       |                             |                |     |     |
|                         | 63    | 50                        |                        | 54.1 | +1.0  | 55                          | 26             | 29  |     |
|                         | 80    | 48                        |                        |      | -55.1 |                             |                |     |     |
| 125                     | 100   | 59                        |                        | +0.2 |       |                             |                |     |     |
|                         | 125   | 46                        |                        | 59.2 | +0.2  | 59                          | 16             | 43  |     |
|                         | 160   | 47                        |                        |      | -59.4 |                             |                |     |     |
|                         |       |                           |                        |      |       |                             |                |     |     |
| 250                     | 200   | 55                        |                        | 59.8 | +2.6  |                             |                |     |     |
|                         | 250   | 58                        |                        | +1.8 |       | 62                          | 9              | 53  |     |
|                         | 315   | 59                        |                        |      | -62.4 |                             |                |     |     |
|                         |       |                           |                        |      |       |                             |                |     |     |
| 500                     | 400   | 61                        |                        | 68.8 | +1.2  |                             |                |     |     |
|                         | 500   | 68                        |                        | +0.8 |       | 70                          | 3              | 67  |     |
|                         | 630   | 64                        |                        |      | -70.0 |                             |                |     |     |
|                         |       |                           |                        |      |       |                             |                |     |     |
| 1000                    | 800   | 65                        |                        | 69.8 | +1.0  |                             |                |     |     |
|                         | 1000  | 68                        |                        | +1.8 |       | 71                          | 0              | 71  |     |
|                         | 1250  | 64                        |                        |      | -70.8 |                             |                |     |     |
|                         |       |                           |                        |      |       |                             |                |     |     |
| 2000                    | 1600  | 66                        |                        | 67.8 | +0.3  |                             |                |     |     |
|                         | 2000  | 63                        |                        | +1.8 |       | 68                          | -1             | 69  |     |
|                         | 2500  | 57                        |                        |      | -68.1 |                             |                |     |     |
|                         |       |                           |                        |      |       |                             |                |     |     |
| 4000                    | 3150  | 54                        |                        | 55.8 | +0.3  |                             |                |     |     |
|                         | 4000  | 51                        |                        | +1.8 |       | 56                          | -1             | 57  |     |
|                         | 5000  | 45                        |                        |      | -56.1 |                             |                |     |     |
|                         |       |                           |                        |      |       |                             |                |     |     |
| 8000                    | 6300  | 40                        |                        | 41.0 | +0.3  |                             |                |     |     |
|                         | 8000  | 34                        |                        | +1.0 |       | 41                          | 1              | 40  |     |
|                         | 10000 | 29                        |                        |      | -41.3 |                             |                |     |     |
|                         |       |                           |                        |      |       |                             |                |     |     |

圖 1-1 噪音測定結果比較

74.3  
74.3(A)  
-73.3 +1.0  
-69.3  
-57.0  
+0.3  
+0.2  
+0.4  
-67.2  
-53.4  
+0.2  
-43.2

[例] 80 dB的音與 78 dB的音合成時，合成音壓位準為

$$A - B = 80 - 78 = 2$$

自圖 1-4 查出，合成音壓位準 =  $A + 2.1 = 82.1$  dB

圖 1-1 所示為地下鐵路換氣口的噪音，以 $\frac{1}{3}$ 八度音頻帶測定的值。表 1-2 所示為以八度音頻帶位準合成的例子，且此表上有自八度音頻帶音譜計算出昉(A)值。一般不足 1 昉時，取 4 捨 5 入方式，因此本例子可計算出為 74 昉(A)。同樣地若不用表 1-1 的補正值後合成，可計算出為 75 昉(A)，但須以總位準 (overall level) 表示。

(2) 分貝值的分解 如圖 1-5 中所示為合成音的音壓位準與其中一個構成音的音壓位準為可知時，由此即可求出另一個構成音的音壓位準。

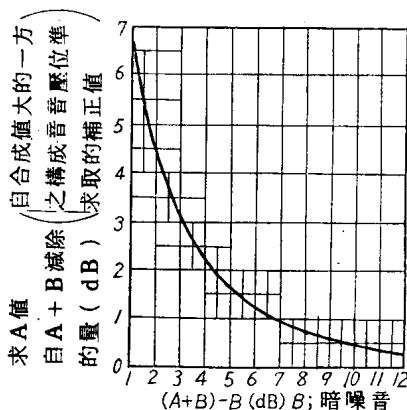


圖 1-5 分貝分解計算圖。

[例] 某機械測得聲音為 85dB，若將機械停止運轉，在測定點仍有 80dB 暗噪音。計算方式如下。

$$(A + B) - (B) = 85 - 80 = 5 \text{ (dB)}$$

因而，機械自身在測定點的音壓位準，利用圖 1-5 得。

$$A = 85 - 1.6 = 83.4 \text{ (dB)}$$

但是此補正值的信賴可靠性很小，因合成音與構成音的音壓位準的

表 1-3 暗噪音的補正 (單位 昉, 或 dB)

| 合 成 噪 音<br>(暗噪音 + 對象的音) | 補 正 值<br>(自合成噪音減除值) |
|-------------------------|---------------------|
| 暗噪音 + 3                 | 3                   |
| 暗噪音 + 4 ~ 5             | 2                   |
| 暗噪音 + 6 ~ 9             | 1                   |
| 暗噪音 + 10 ~              | 0                   |

差不足 3 dB (或 3 昉) 時, 另一構成音的音壓位準以推定方式求得並不適當, 在一般則以表 1-3 的值來代替圖 1-5 的值做補正。

(3) 暗噪音的影響 暗噪音與合成噪音之差為 3 ~ 10 昉時, 表 1-3 可用以推定探求對象音的噪音位準。以周波數分析的場合, 各個音頻帶 (band) 逐一做補正, 這樣可用以推定探求對象音的音壓位準 (dB)。

當暗噪音與合成噪音的差不足 3 昉 (或 dB) 時, 則探求對象音較暗噪音為小, 就不宜用圖 1-5 的值補正。無論如何, 總是希望測定場所暗噪音較合成噪音小於 10 昉 (或 dB) 以上, 才是正常良好測定場所。

[例] 於圖 1-1 中, 50 ~ 200 Hz 附近的補正是對暗噪音做的補正。

## 1-2 室內的容許噪音值

表 1-4 所示為噪音對人體, 會話, 電話產生的影響, 並列示各種噪音位準下適合的作業。表 1-5 所示為依室用途分別的容許噪音推薦值。

在表 1-5 的容許範圍下限的容許值, 應為室周圍噪音位準皆很低的情況下, 或室周圍有特別防音處理, 而在上限的容許值為室的周圍的噪音位準高的情況。但這容許值並不意味著一定是絕對值, 即使室內外的噪音取得平衡, 亦應以空調設備的噪音的容許值為準才可。

## 1-3 屋外的噪音規定

屋外的噪音在日本國的公害對策基本法及噪音規定法及各地方自治



表 1-4 室內環境與噪音的影響

| dB(A)     | 20        | 25         | 30         | 35           | 40               | 45           | 50          | 55          | 60               | 70           | 80          | 90                                                   | 100          |
|-----------|-----------|------------|------------|--------------|------------------|--------------|-------------|-------------|------------------|--------------|-------------|------------------------------------------------------|--------------|
| NC或NR數    | 10~15     | 15~20      | 20~25      | 25~30        | 30~35            | 35~40        | 40~45       | 45~50       | 50~55            | 60~65        | 70~75       | 80~85                                                | 90~95        |
| 對人體的影響    | 無音感       | 孤獨感        | 感覺非常安靜     | 安靜           | 無特別噪音感           | 感覺有人在活動      | 感覺有噪音       | 感覺明顯小噪音     | 感覺有較大噪音          | 適應噪音需時間      | 狹帶噪音小時使用    | 廣帶噪音8小時使用耳塞                                          | 廣帶噪音8小時內聽力降低 |
| 對會話的影響    | 自己吸氣聲可感覺  | 1 m前細音說話可行 | 5 m前細音說話可行 | 5 m前的喃喃談話可聽見 | 10 m前的會談可進行      | 普通會話6 m以內    | 普通會話3 m以內   | 普通會話1.5 m以內 | 大聲會話3 m以內        | 大聲會話1 m以內    | 大聲會話0.3 m以內 | 〔備註〕<br>參考本表時，注意下列各項：<br>1) 噪音內無純音成分。<br>2) 非衝擊性的噪音。 |              |
| 對電話的影響    | —         | —          | —          | —            | 不影響電話            | 稍不影響電話       | 似有無的影響      | 影響電話        | 聽打電話稍困難          | 聽打困難         | —           |                                                      |              |
| 容許通合作業的種類 | —         | 無指向性收音作業   | —          | —            | 單獨休息，團體性，傳達性     | 群體事務性（活動性多）  | 群體事務性（活動性多） | 群體多對性（會話發生） | 反覆行動性（作業性發生）     | 反射行動性（發言體使用） | —           |                                                      |              |
| 通用例       | 無聲室、聽覺實驗室 | 廣播播音室      | 音樂廳、聽力試驗室  | 書房、病房、劇室、音樂室 | 住宅、休息室、會議室、教室、影院 | 小事務室、設計室、編輯室 | 大事務室、營業窗口   | 飯店、吃茶店      | 體育館、競技場、汽車高速時於車內 | 空調機房、電車行走時車內 | —           |                                                      |              |

註：1) 本表適用於定常性廣頻帶噪音。

2) 本表含定常性廣頻帶噪音與無意義噪音，備註上注意事項噪音是否有意義噪音應檢討（可參照1-4節的有意義噪音容許值）