

体育館 プール 等の大空間においては、10m基準でスピーカを設置することは不可能です。
よって、計算により、種類 取付位置 取付高さ 取付角度 供給電力を求めます。(性能基準による設置)

ただし、計算方法は2つあり、その空間の残響時間によって決まります。
具体的には、残響時間が3秒以上の場合は、臨界距離による制限が加わります。

残響時間が長いと
明瞭度が下がるためです。

なお、性能基準による設置は、大空間のみに認められている訳ではなく、
部屋や廊下のような小空間にも適用できます。
例えば、防災アンプの更新等により新消防法が適用されたため、
カバー範囲から外れたわずかな範囲をカバーさせる等にも活用できます。

臨界距離とは、
直接音が間接音と
同じ大きさになる地点の
スピーカからの距離です。

詳細は、平成11年2月2日 消防予第25号 「放送設備のスピーカの性能に応じた設置ガイドライン」
として、各都道府県の消防主管部長宛通知されています。
<http://www.fdma.go.jp/html/data/tuchi1102/110202yo25.html>

- ① まず、500Hzでの残響時間を計算します。
臨界距離による制限が、必要か否かを判断するために必要です。

$$\text{残響時間 } T = 0.161 \frac{V}{S \bar{\alpha}} \quad (\text{秒})$$

V = 室容積 m^3
S = 室法面積 m^2 (床+天井+壁4面)
 $\bar{\alpha}$ = 500Hzでの平均吸音率

$$\text{平均吸音率 } \bar{\alpha} = \frac{\sum S_n \alpha_n}{\sum S_n}$$

S_n = その部分の面積 m^2
 α_n = その部分の500Hzでの吸音率

- ② つづいて、2000Hzでの平均吸音率を計算します。
距離の計算は、2000Hzについて行いますので、この値が次の③項の計算に使われます。

計算方法は、500Hzの場合と同じですが、個々の材質の吸音率は、当然500Hzとは異なります。

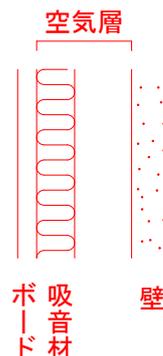
音響の計算において何が困難かと言うと、個々の材質の吸音率を調べることです。
現場の条件にピッタリ合った材質の吸音率は、なかなか見つかりませんが、
それでも、似たものの値を流用する(悪く言えばゴマカス)ことはできます。

しかし、吸音率を決められないものがあります。
それは、穴あき吸音ボードであり、吸音率は、施工方法により変わります。
例えば、材質 板の厚さ 孔の大きさ 孔の間隔 というボードそのものの性質だけでなく、
空気層の厚さ 吸音材の有無 吸音材の材質密度厚さ 壁の材質 等工法により異なります。
このようなデータは、建設会社や大学の音響研究室くらいにしか無いと思われま。

(ボードメーカーに電話したら、そう言われました。)

(建設会社では、たぶん企業秘密のデータです。)

それと、水の吸音率も調べられませんでした。
よって、ドウスリヤインデショウカネー。



③ 指向角度ごとの、最大カバー距離（75 dBを確保できる距離）を計算します。

なお、指向性係数Qは、下表に依りますが、固有のQを持つスピーカの場合はそれによります。

スピーカ種別	指向特性区分	指向角度			
		15度未満	15度以上 30度未満	30度以上 60度未満	60度以上 90度以下
コーンスピーカ	W	5	5	3	0.8
ホーン型コーンスピーカ 口径200ミリ以下のホーンスピーカ	M	10	3	1	0.5
口径200ミリを超えるホーンスピーカ	N	20	4	0.5	0.3

音圧レベルの計算は、下記の式に依ることとされています。

$$\text{音圧レベル } P = p + 10 \log_{10} \left\{ \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4(1-\bar{\alpha})}{S\bar{\alpha}} \right\} \text{ (dB)} \quad (\text{ベネラックの基本式})$$

直接音の減衰分
間接音による増加分

ただし、この式は音圧を求める式であり、距離を求める式ではありません。
そこでこれを、距離を求める式に変形します。

何Wにするかは
これで決めます

$$r = \sqrt{\frac{\frac{Q}{4\pi}}{\left\{ \frac{P-p}{10^{10}} - \frac{4(1-\bar{\alpha})}{S\bar{\alpha}} \right\}}}$$

r = 求めるカバー可能距離
 P = 基準レベル 75 (dB)
 p = スピーカの音響パワーレベル (dB) ←
 Q = スピーカの指向性係数 上表 ←
 S = 室総表面積 m^2 (床+天井+壁4面)
 $\bar{\alpha}$ = 2000Hzでの平均吸音率 ②で算出済み

スピーカの種類は、これで決めます

残響時間が3秒未満の場合は、この値でスピーカの施工方法を決めます。 ⑤へ進みます。
 残響時間が3秒以上の場合は、臨界距離による制限を受けます。 ④へ進みます。

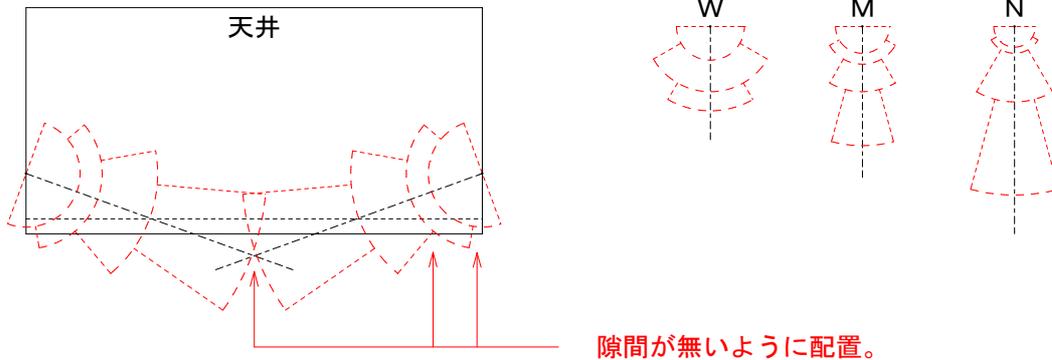
④ 指向角度ごとの、臨界距離を計算します。
 臨界距離とは、直接音が間接音と同じ大きさになる地点の、スピーカからの距離です。

$$\text{臨界距離 } r = \frac{1}{4} \times \sqrt{\frac{QS\bar{\alpha}}{\pi(1-\bar{\alpha})}}$$

Q = スピーカの指向性係数 上表
 S = 室総表面積 m^2 (床+天井+壁4面)
 $\bar{\alpha}$ = 2000Hzでの平均吸音率 ②で算出済み

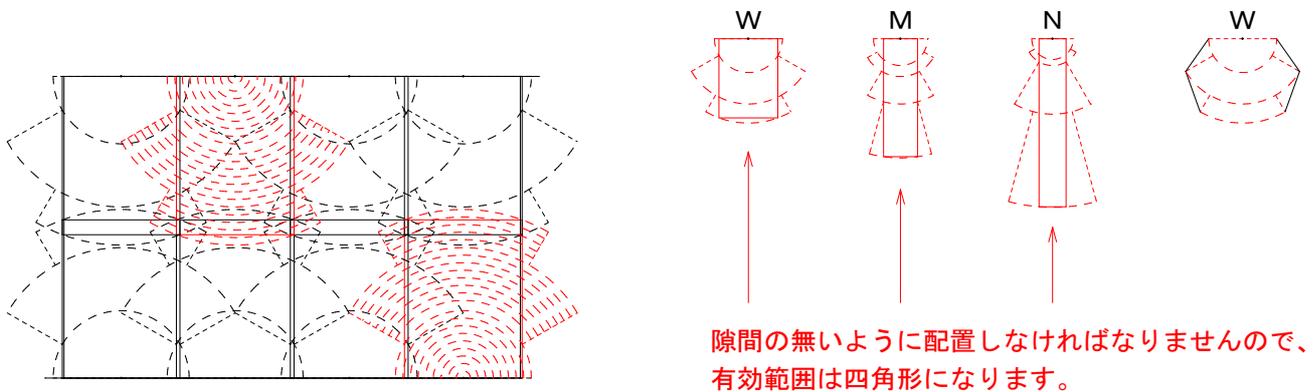
この計算で得られる距離の3倍の距離が、残響時間が3秒以上の時にカバーできる距離になります。
 もし、③で得られた値の方が小さい場合は、当然③の値がカバー距離になります。
 ⑤へ進みます。

- ⑤ 計算結果を図にします。たぶん、右図のような形になるはずですが。
 この図を、隙間の無いように断面図に配置して
 スピーカの垂直位置を決めます。
 なお、試聴点は床上1mです。



頂点を結んだ範囲がカバー範囲ではありません。
 よって、隙間を作らないためには、
 スピーカがたくさん必要になります。

- ⑤ スピーカの水平位置を決めます。



参考データ

10m基準は、消防法施工規則第25条の2第2項第三号 で、規定されています。

$$S \frac{\alpha}{1-\alpha} = R = \text{室定数}$$

平均吸音率 (Average Absorption Coefficient) is indicated above the α term.
 その部屋の吸音力 (Absorption Power of the Room) is indicated above the R term.
 平均反射率 (Average Reflection Coefficient) is indicated below the α term.

スピーカの電力	スピーカの増加音圧	カバー可能距離
2倍	+3 dB	1.41倍
4倍	+6 dB	2倍
10倍	+10 dB	3.16倍
20倍	+13 dB	4.47倍