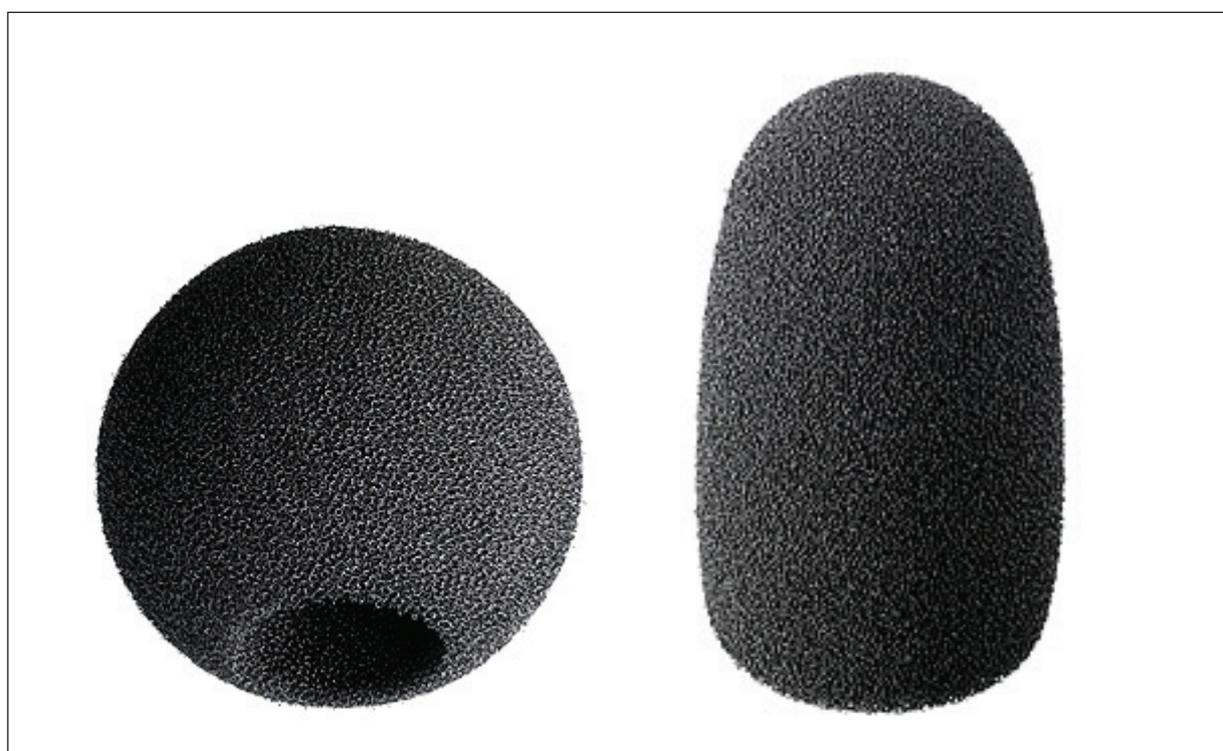


ウインドスクリーン

風のある場所での音響測定のための実践的ガイドライン



中程度の気流速度であっても、通常のマイクロホンによる圧力測定に深刻な影響を与える可能性があります。ウインドスクリーンがなければ、風によるノイズが支配的になり、測定すべき音響信号がノイズと区別できなくなります。

このアプリケーションノートでは、マイクロホンを完全に取り囲むウインドスクリーンを用いて、気流から発生するノイズをどのように減衰させるかを示しています。オープンセルフォーム構造により、気流の速度が振動板の位置で大幅に減少し、同時に音圧の変動がほぼ無傷で振動板に到達します。

お問い合わせ先
丸文株式会社
E-mail: gras@marubun.co.jp
〒103-8577
東京都中央区日本橋大伝馬町8-1
システム営業第1本部 営業第1部 計測機器課
TEL: 03-3639-9881

中部支社
〒450-0003
愛知県名古屋市中村区名駅南1-17-23
システム営業第1本部営業第3部 システム営業第2課
TEL: 052-563-1181

ウィンドスクリーン – 風の流れる状況での音響測定のための実用的なガイドライン

Per Rasmussen

はじめに

非常に穏やかな風の流れてあっても、通常のマイクロホンによる音圧測定には大きな影響を与えることがあります。マイクロホンの周囲に生じる気流の圧力変動や乱流は、マイクロホンから比較的大きな出力信号を発生させます。これらの圧力変動は、測定すべき音響信号とは関係ありません。任意の風速において、圧力変動のレベルは気流の乱れの程度に大きく依存します。

特に屋外での音圧レベルの測定では、風によるノイズ信号が測定用マイクロホンに与える影響を考慮する必要があります。これは、ビューフォート風力階級で「軟風」と呼ばれる

時速15.5km（または時速10マイル）程度でも同じです。気流の乱れの程度にもよりますが、このようなそよ風は、約50～70dB(A)の音圧レベルに相当する圧力変動をマイクロホンに引き起こします。

気流が問題となるのは、屋外での測定時だけではありません。換気システムや空調システムは、屋内での測定時にも気流を発生させ、測定に深刻な影響を与える可能性があります。同様に、風洞やエアダクトでの測定では、正確な音響測定を可能にするために、ウィンドスクリーンやその他のソリューションを使用する必要があります。

ビューフォート風力階級	平均風速		記述的な風の用語
	km/h	mph	
0	<1	<1	平穏（へいおん）
1	3	2	至軽風（しけいふう）
2	8.5	5.5	軽風（けいふう）
3	15.5	10	軟風（なんふう）
4	24	15.5	和風（わふう）
5	33.5	21.5	疾風（しっふう）
6	43.5	28	雄風（ゆうふう）
7	55.5	35	強風（きょうふう）
8	68	42.5	疾強風（しっきょうふう）
9	81.5	50.5	大強風（だいきょうふう）
10	95.5	59	全強風（ぜんきょうふう）
11	110	68	暴風（ぼうふう）
12	>118		颶風（ぐふう）

Fig. 1. The Beaufort wind scale

ウィンドスクリーンなしでマイクロホンに発生するノイズ

風の中に置かれたときにマイクロホンのダイヤフラムに誘導されるノイズは、気流の乱れの程度によって異なります。図2は、低乱流と高乱流の中に1/2インチの測定用マイクロホンを

置いたときの、風による信号を示しています。低周波数では、高乱流によって発生するノイズは、低乱流によって発生するノイズよりも約20dB高いことがわかります。

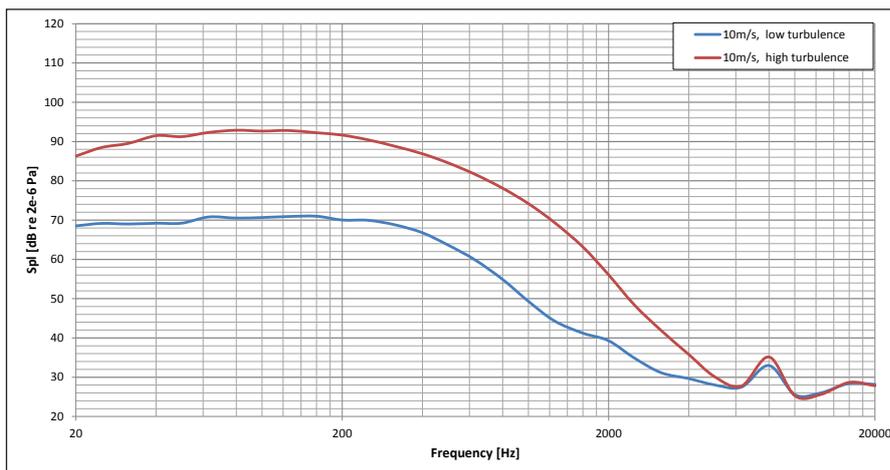


図2. 風速10m/sのときにマイクロホンに発生したノイズ

低乱流、高乱流ともに、風速の増加に伴い、マイクロホンに誘導されるノイズが増加しています。

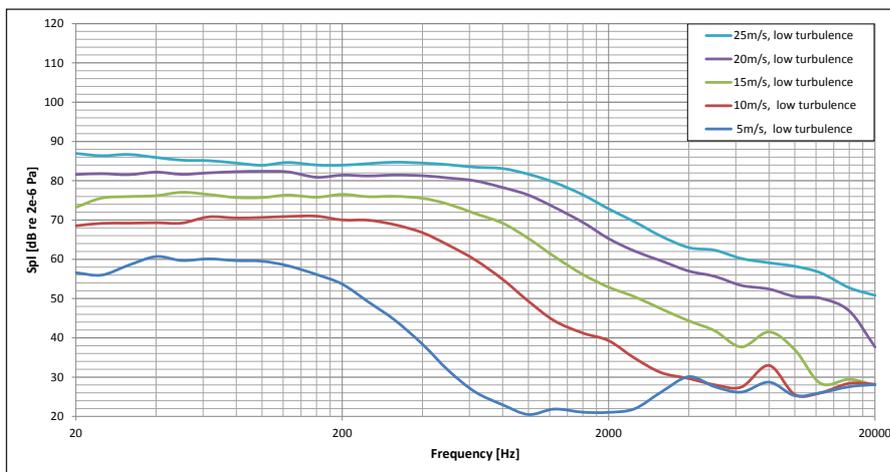


図3. 低乱流、ウィンドスクリーンなしの場合の風による誘導ノイズ

誘発された変動は低周波信号が主で、風速とともにレベルが上昇しています。

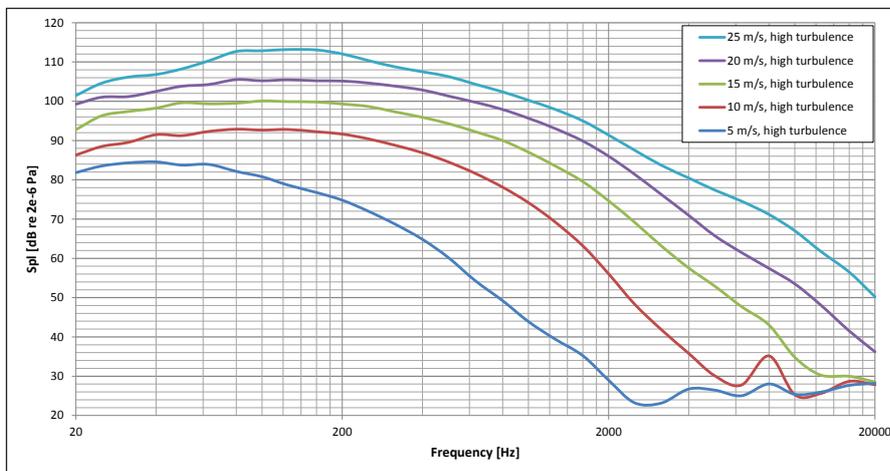


図4. 高乱流、ウィンドスクリーンなしの場合の風による誘導ノイズ

誘発された変動は低周波信号が主体で、風速とともにレベルが上昇しています。低乱流と比較して、レベルが著しく高くなっています。

風向きの影響

図2から図4のスペクトルはすべて、マイクロホンに正面から風が当たった場合のもので、例えば図5aで定義したような0度の入射です。

マイクロホンのダイヤフラムが流れの方向と平行になるようにマイクロホンを90度回転させると（図5b）、中周波では流れに起因するノイズ信号がわずかに減少しますが、高周波ではかなり高いレベルになります。

マイクロホンサイズの影響

直感的には、マイクロホンのサイズを小さくして気流の乱れを最小限にすることで、風の流れの影響を軽減できると考えられます。しかし、この方法では、低周波ではわずかな減少しか得られず、高周波ではノイズによる信号が増加してしまいます。



図5. マイクロホンの向きに対する風の流る方向

図2から図4のスペクトルは、いずれも正面からマイクロホンに到達した風の場合であり、図5aで定義した0°入射の場合です。

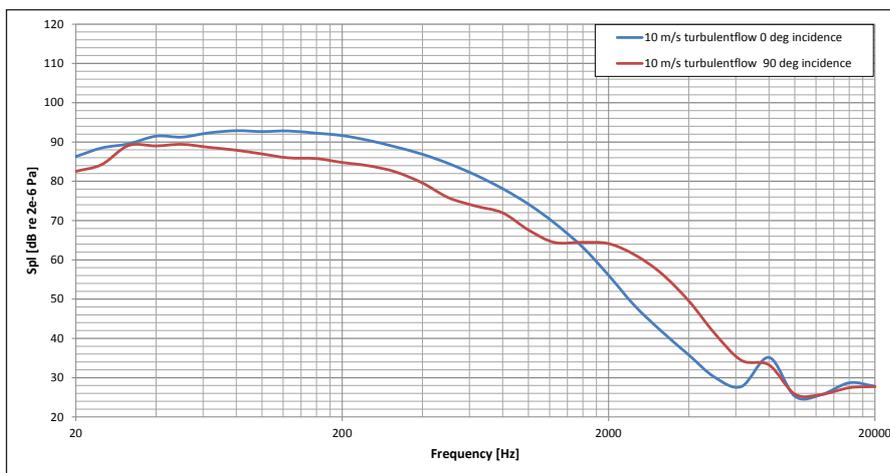


図6. 風の入射角が0度と90度の場合の風切り音の信号

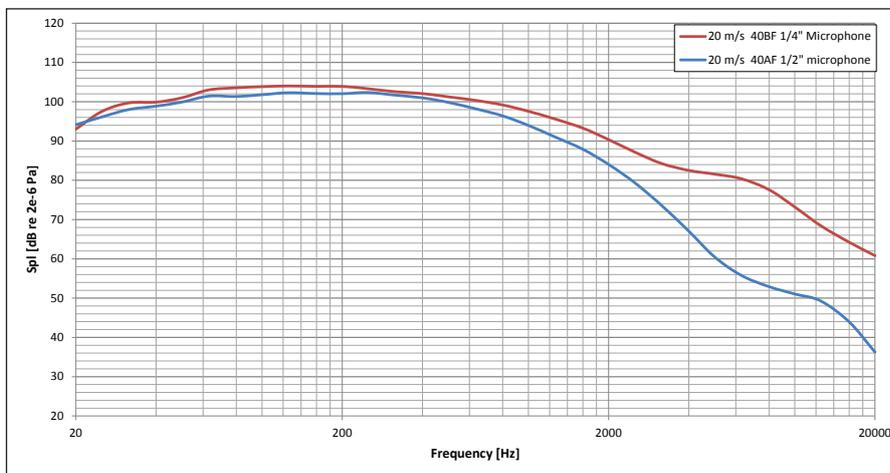


図7. 0度入射の1/2インチと1/4インチマイクロホンの風切り音

高周波数では、1/4インチマイクロホンの方がダイヤフラムの面積が小さく、ダイヤフラムの面積にかかる圧力の平均値が減少するため、ノイズ信号が増加します。

ウィンドスクリーンが空気の流れに与える影響

マイクロホンのダイヤフラムにかかる流れによる圧力信号は、ウィンドスクリーンを使用することで大幅に低減することができます。ウィンドスクリーンは、圧力に敏感なマイクロホンのダイヤフラムが発泡材の層で完全に囲まれるように、マイクロホンの上に取り付けられます。一般的には、音響減衰を最小限に抑えたオープンセル構造のフォームで作られています。

ウィンドスクリーンのサイズは、いくつかの相反する要素の妥協点です。ウィンドスクリーン内のマイクロホン位置での気流を最小にするためには、ウィンドスクリーンはできる限り大きくする必要があります。

しかし、非常に大きなウィンドスクリーンは、空気の流れと音場の両方を乱してしまいます。

図9に示すように、大きなウィンドスクリーンは流れを乱し、マイクロホンの背後に乱流を発生させます。さらに、流れの安定性が強く求められる風洞で測定を行う場合、流れの変化が許容されないことがあります。また、高速の流れでは、ウィンドスクリーン素材が流れの圧力によって圧縮され、ウィンドスクリーンの風切り音の低減と、ウィンドスクリーン素材を介した音響透過率の変化の両方が損なわれてしまいます。

GRASのウィンドスクリーンAM0069は、直径90mmのオープンセルフォームのウィンドスクリーンで、1/2インチの測定用マイクロホンに対応しています。

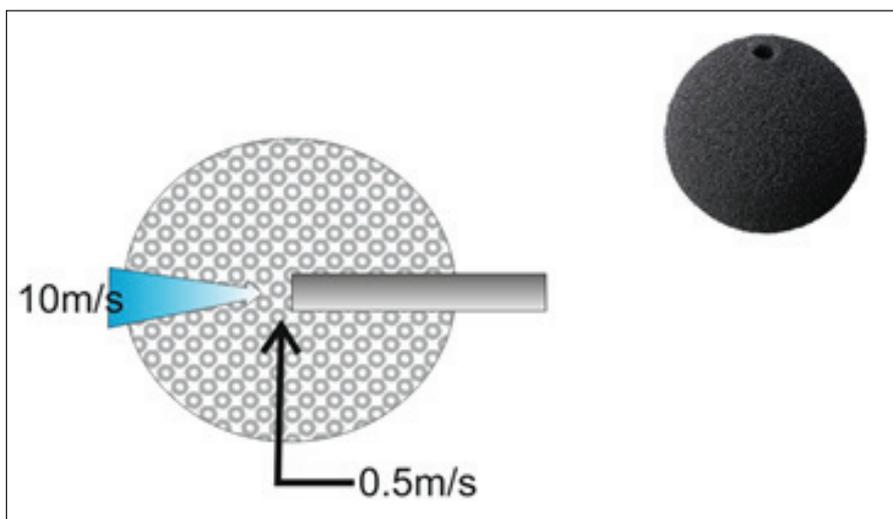


図8. ウィンドスクリーンの構造

オープンセル構造により、音圧の変動が素材を伝わってマイクロホンの振動板に到達すると同時に、空気の流速が徐々に減少し、振動板の位置で大きく減少するようになっています。

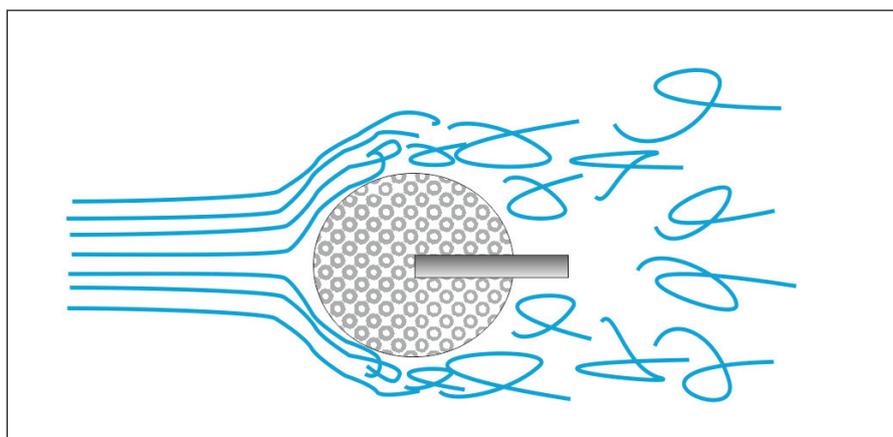


図9. ウィンドスクリーンの効果

ウィンドスクリーンは、測定すべき音響信号と区別できないような音響ノイズを発生させます。この影響は、ウィンドスクリーンのサイズが大きくなるほど大きくなります。

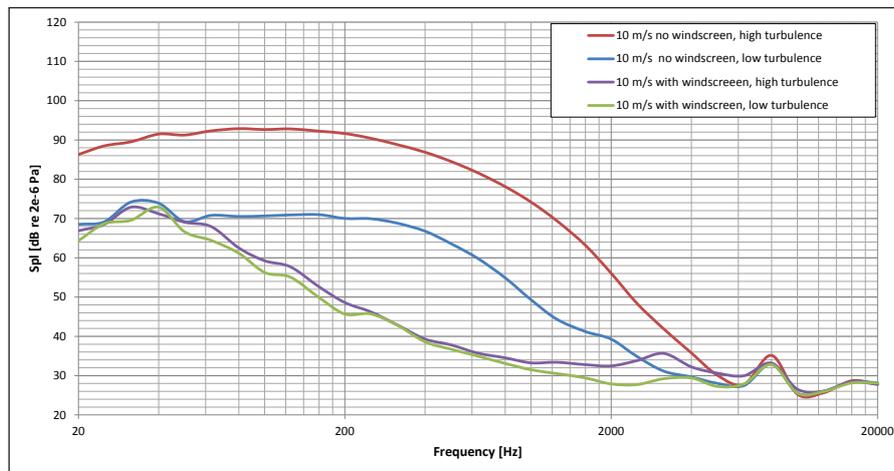


図10. AM0069 90mmウィンドスクリーンによる風切り音の低減

ウィンドスクリーンの音響的影響

ウィンドスクリーンの効果は、ウィンドスクリーンがある場合とない場合に行った測定結果を比較することで得られます。

測定は無響室でランダムな広帯域ノイズ信号を用いて行われました。

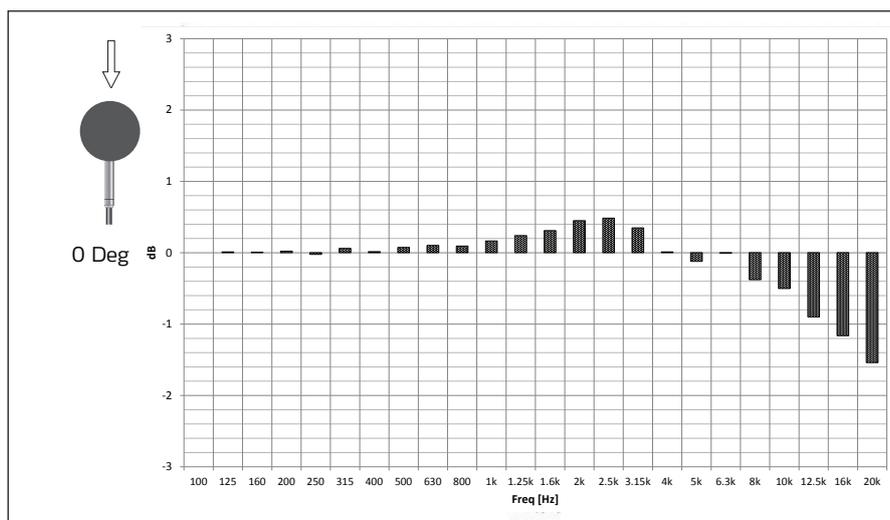


図11. 46AF 1/2インチ自由音場型マイクロホンの周波数特性に対する90mmウィンドスクリーンの影響、入射角0°

効果は約200Hz以下では非常に小さいです。250Hzから4kHzまでの周波数範囲では、ウィンドスクリーンによって信号がわずかに増幅され、2.5kHzでは最大0.6dBの増幅が見られます。8 kHz以上の周波数では、ウィンドスクリーンによって周波数特性が低下します。

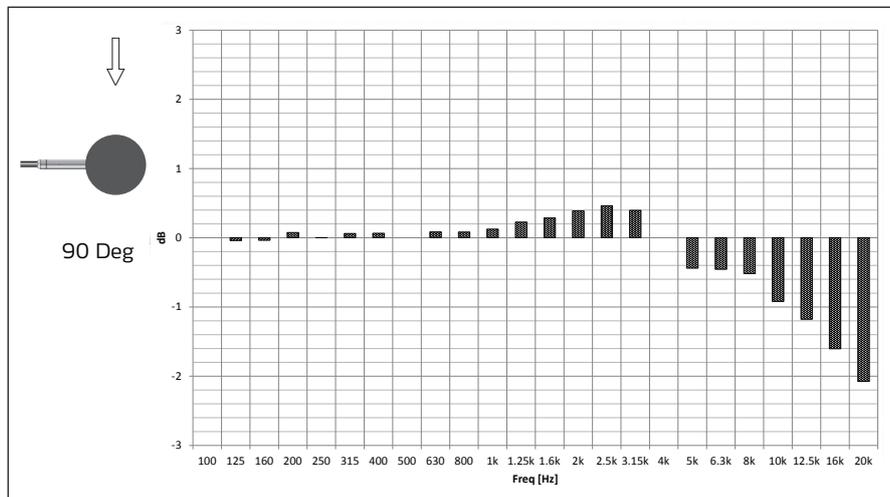


図 12. 46AF 1/2インチ自由音場型マイクロホンの周波数特性に対する90mmウィンドスクリーンの影響、入射角90°

90度での入射角（マイクロホンの振動板に平行）の場合、低周波ではほぼ同じ結果となりますが、高周波では減衰量が大きくなります。

まとめ

中程度の気流速度であっても、通常のマイクロホンによる圧力測定に深刻な影響を与える可能性があります。気流の乱れの程度にもよりますが、そよ風に相当する流れであれば、約50~70dB(A)のノイズレベルが発生します。これらのレベルは、風速が増すにつれて増加します。

ウィンドスクリーンがないと、風による騒音が支配的になり、測定すべき音響信号が騒音と区別できなくなります。

空気の流れから発生するノイズは、マイクロホンを完全に囲むウィンドスクリーンで減衰させることができます。

このようなウィンドスクリーンは、気流から発生するノイズを低減するのに十分な大きさが必要ですが、同時に、音場をあまり乱さない程度の小ささも必要です。直径90mmのウィンドスクリーンは、これらの相反する要素をうまく調和させています。

連続気泡フォーム構造により、ダイアフラムの位置で空気の流速が大幅に減少し、同時に音圧の変動がほとんど損なわれずにダイアフラムに到達しています。

このようにして、周波数特性のわずかな変化を犠牲にして、流れによるノイズを大幅に減衰させることができます。

Appendix A ウィンドスクリーンが流れに与える影響

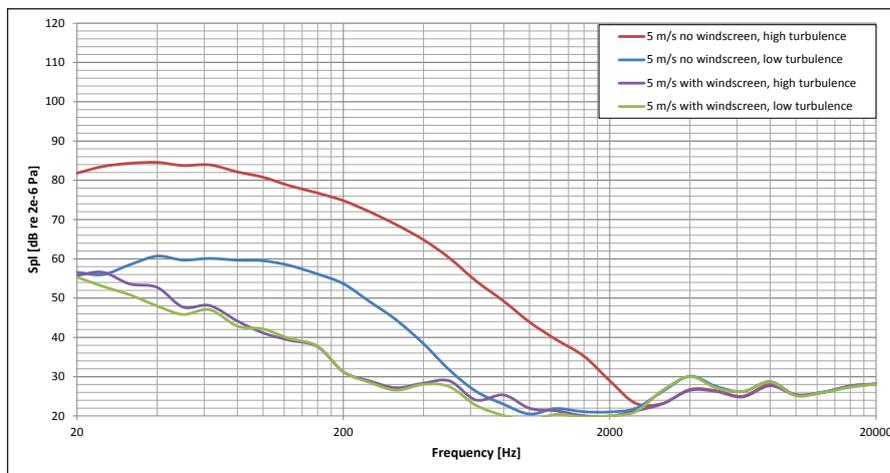


図13. 5m/sでの90mmウィンドスクリーンの効果

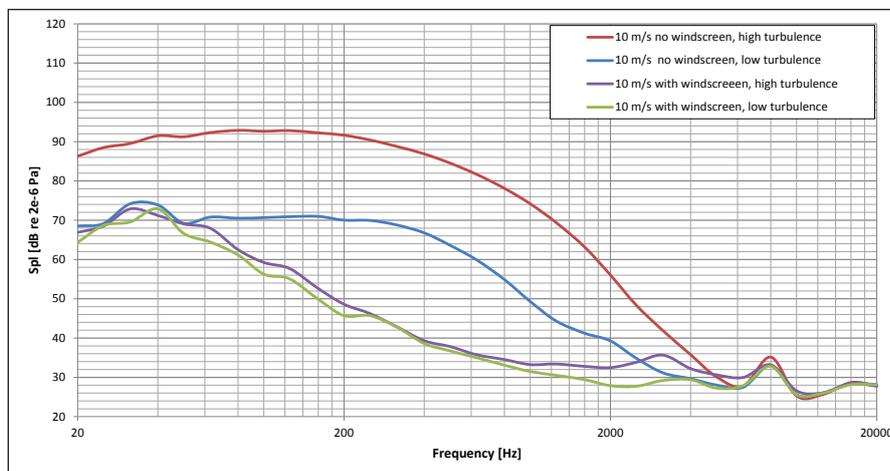


図14. 10m/sでの90mmウィンドスクリーンの効果

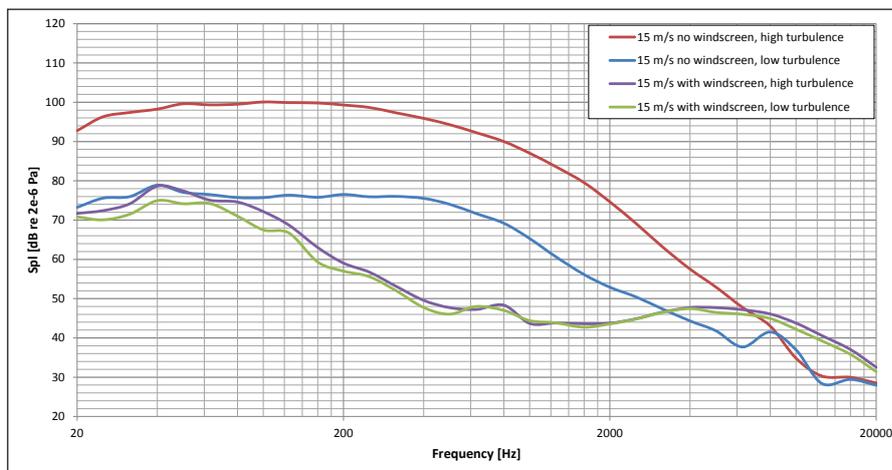


図15. 15m/sでの90mm
ウインドスクリーンの効果

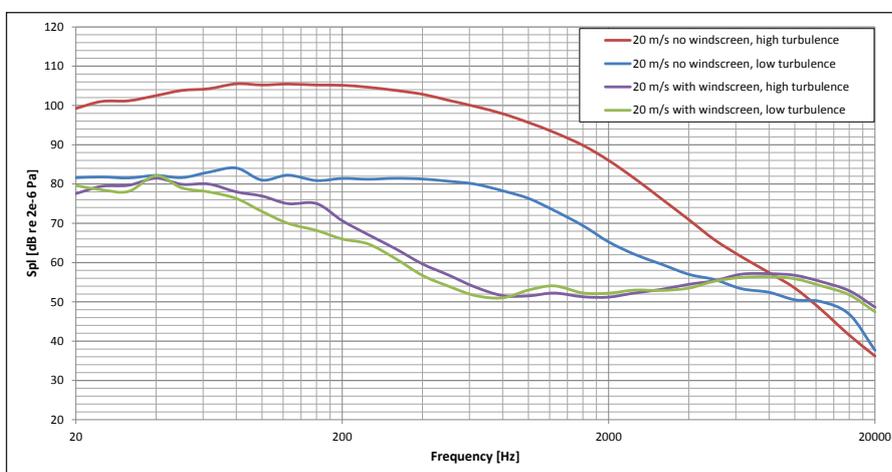


図16. 20m/sでの90mm
ウインドスクリーンの効果

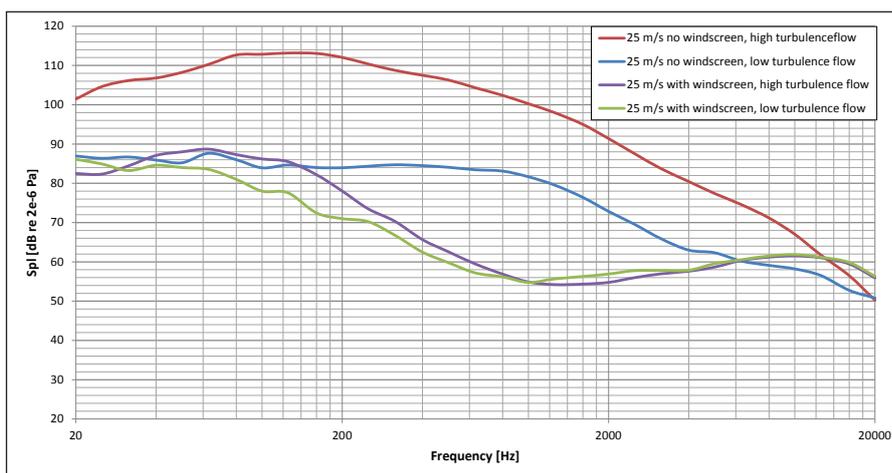


図17. 25m/sでの90mm
ウインドスクリーンの効果

Appendix B

46AF 1/2インチ自由音場型マイクロホンの周波数特性に及ぼすウインドスクリーンの影響

Freq [Hz]	0度の入射角 [db]	90度の入射角[db]
100	0.00	0.00
125	0.01	-0.04
160	0.01	-0.04
200	0.02	0.07
250	-0.02	0.00
315	0.06	0.06
400	0.01	0.06
500	0.07	0.00
630	0.10	0.08
800	0.09	0.08
1000	0.16	0.12
1250	0.24	0.23
1600	0.31	0.29
2000	0.45	0.39
2500	0.48	0.46
3150	0.35	0.40
4000	-0.01	0.00
5000	-0.12	-0.44
6300	-0.01	-0.46
8000	-0.38	-0.52
10000	-0.50	-0.92
12500	-0.90	-1.18
16000	-1.16	-1.61
20000	-1.54	-2.08