

## 風による低周波空気振動について

山根一祐・宮田年彦  
稲村正博・畦崎俊敬

### はじめに

自然現象には低周波空気振動の源となりうるものが多くある。中でも、風は低周波領域に大きな成分を持つため、野外での低周波空気振動の測定の際問題となる。これについては、各機関において調査研究がされているが、<sup>1)~5)</sup>今回著者らは、

風速と $\frac{1}{2}$ オクターブバンド音圧レベルとの関係を調査し若干の知見を得たので報告する。

### 測定日時、気象および測定場所

- 1 測定日時、気象 表1のとおり
- 2 測定場所 衛生研究所(3階建て)屋上

表1 測定日時・気象条件

測定月日	測定時刻	天候	風向	平均風速
6月22日	9:30 ~ 9:40	曇	N~NNE	3.09 m/sec
7月4日	9:33 ~ 9:40	晴	S	7.41
7月25日	9:20 ~ 9:30	晴	S~SSW	2.70
8月4日	9:15 ~ 9:21	晴	S~SSE	0.43
8月9日	13:20 ~ 13:30	晴	NE~NNE	3.40
8月10日	14:46 ~ 14:52	晴	N~NNW	4.82
8月12日	(No.1) 9:05 ~ 9:11	曇	SSE~SW	1.67
8月12日	(No.2) 10:25 ~ 10:31	曇	NNE	0.96

### 測定方法

調査に使用した測定機器類を表2に示す。低周波マイクを風の来る方向に向けて設置し、公害用振動計につなぎ、その出力をデータレコーダー

にFM方式により6分間収録した。また同時に、風速計の出力を高感度記録計により記録した。前者は、繰り返し再生して $\frac{1}{2}$ オクターブ分析器にかけ、各バンドレベルをレベルレコーダーにより記録した。

表2 測定機器と使用条件

測定機器	型式	使用条件
低周波マイク	RION MV-03	VAL特性 Tape speed: 19 cm/sec  pen speed: slow chart speed: 1 mm/sec 瞬時風速 chart speed: 20 mm/min RANGE: 1V
公害用振動計	RION VM-14B	
データレコーダー	SONY DFR-3515	
1/3オクターブ分析器	RION SA-57	
レベルレコーダー	RION LR-04	
風車型自記風速計	小笠原 PR-550	
高感度記録計	東亜電波 EPR-100A	

測定結果と考察

(1) Leq、Lx、平均風速の算出

All-Pass および2~100Hzの1/3オクターブバンドにおける計19枚のレベルチャートからそれぞれ5秒ごとのレベルを72個読みとり、そのバンドにおけるLeq、L50、L5、L95を求めた。また風速

については、3秒ごとの値を120個読みとり、相乗平均を求め平均風速とした。

(2) スペクトルの型

各測定で得られたスペクトルチャートを図1-a~hに示す。周波数が高くなると音圧レベルが下がる傾向であることが認められる。

風速2.7%以上の場合、L95とL5は全バンドで約

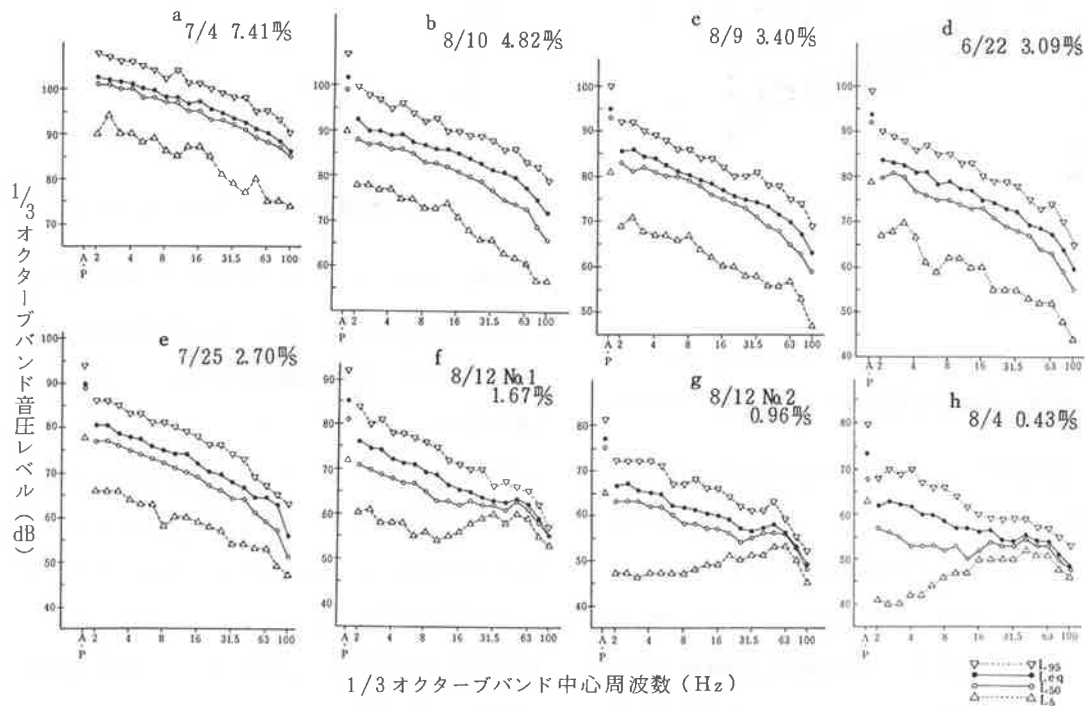


図1 各測定で得られた1/3オクターブ分析スペクトル (風速の大きい方から降順)

20 dBの差があるが、風速 1.7%以下では周波数が高くなる程  $L_{95}$  と  $L_5$  の差が小さくなっている。また 50 Hz あたりに小さな山があるようである。このように風速 2.7%以上と 1.7%以下とでスペクトルが異なることについては、これが風特有の現象か、あるいはそれ以外に原因するものかについては今後の課題とする。

(3) 風速と  $L_{eq}$  との関係

各測定スペクトルを  $L_{eq}$  でまとめたものが図 2 である。これより風速の上昇につれて、すべてのバンドレベルが上がっていることが認められる。

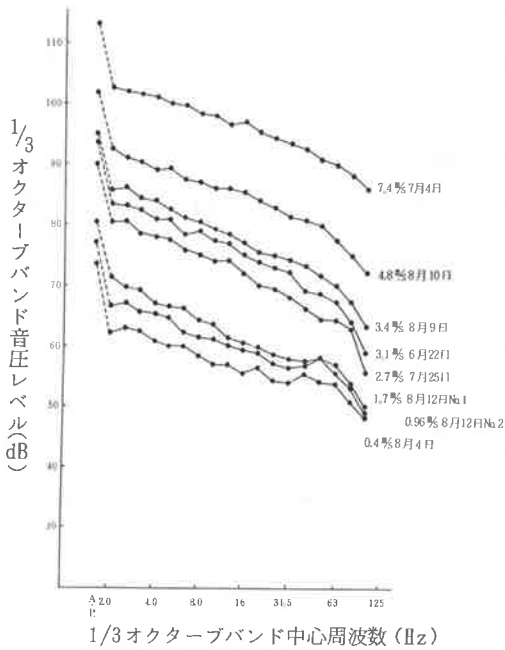


図 2 全測定で得られた、 $L_{eq}$  のスペクトル

各測定スペクトルの  $L_{eq}$  のうちから、All-Pass、2、16、63、100 Hz の 5 バンドについて、平均風速と各バンドレベルの対応を図 3 に示した。

一般に、風速の対数と音圧レベルは比例関係にあるといわれる<sup>5)</sup>。今回の場合、瞬時値ではなく平均的な値ではあるが、図 3 に見られるように比例関係が認められる。但し、平均風速 1.7% 以下の

場合と、2.7~7.4% の場合とで異なっている。(2) において、この 2 つの場合でスペクトルも異なることを述べたが、このことも比例関係の相異に関係していると思われる。今回は、平均風速 2.7~7.4% の場合に注目し議論を進める。

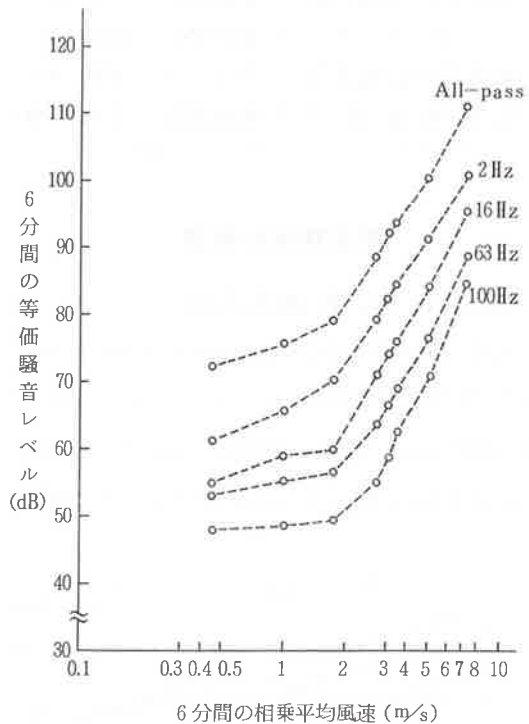


図 3 平均風速と 1/3 オクターブバンド  $L_{eq}$

直線で近似できると考えられる平均風速 2.7~7.4% の 5 組のデータによって、各バンドの回帰直線を求めた。比例係数と定数項を表 3 にまとめ、また図 4-a、b に図示した。

図 4-a、b に見られるように周波数が高くなるに従い比例係数は大きくなるが、定数項は小さくなるのがわかる。風に対する低周波マイクと騒音計の比較が京都市公害センターより報告されている。<sup>5)</sup> この報告では、低周波マイクと騒音計を使用し、オールパス音圧レベルの風速の対数上への回帰直線を比較しているが、比例係数は騒音計

の方が低周波マイクのものより大きく、定数項は低周波マイクの方が騒音計より大きいことが認められるが、著者らのデータからも予想できる結果である。

表3 Leqの平均風速の対数への回帰直線の係数、定数項と相関係数

1/3オクターブバンド中心周波数	係数	定数項	相関係数
(All Pass)	51.5761	67.7119	0.9972
2 Hz	49.9537	58.9274	0.9995
2.5	47.2329	60.1831	0.9950
3.15	50.0749	57.3345	0.9954
4	50.7887	56.0453	0.9939
5	50.3366	55.7972	0.9985
6.3	53.6715	52.2922	0.9962
8	51.3795	52.9302	0.9961
10	53.2063	50.9519	0.9961
12.5	51.0939	51.6218	0.9991
16	56.4491	47.3822	0.9994
20	56.6025	45.8900	0.9984
25	55.9314	45.2735	0.9990
31.5	55.8026	44.3309	0.9971
40	58.3021	41.5282	0.9983
50	58.8289	39.6915	0.9989
63	57.6070	39.2061	0.9974
80	59.2068	35.9243	0.9935
100	68.0098	26.4718	0.9988

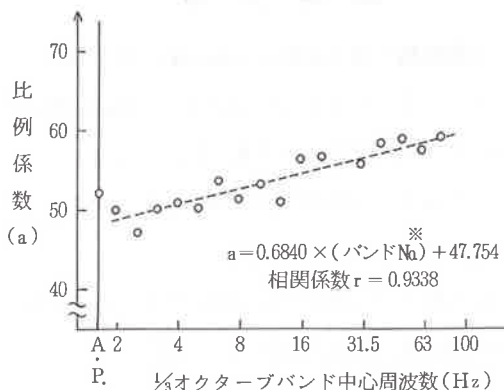


図4 a 1/3オクターブバンドと比例係数の関係

※ バンドNo = 1, 2, …, 18は1/3オクターブバンド中心周波数 = 2, 2.5, …, 100 Hzに相当する。

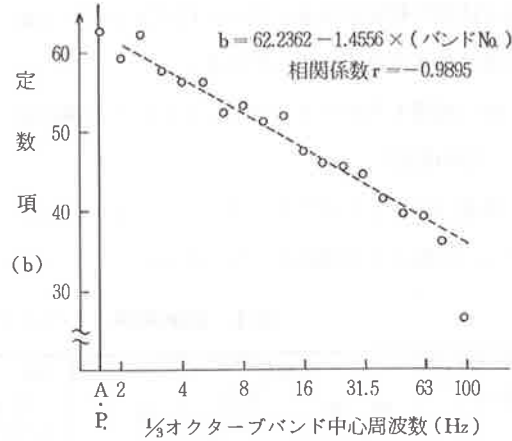


図4 b 1/3オクターブバンドと定数項の関係

(4) 風スペクトルの予測式

図4-a、bの破線は、1/3オクターブバンドに対する比例係数と定数項の変化を直線で近似したものである。この近似により、平均風速を $\bar{W}$  ( $2.7 \leq \bar{W} \leq 7.4$  %) とすると、その1/3オクターブ分析スペクトルが次式で予測できる。

$$Leq(\bar{W}, n) = (47.754 + 0.684 \times n) \times \log \bar{W} + (62.236 - 1.456 \times n) \dots \dots \dots \text{①}$$

但し、 $n = 1, 2, \dots, 18$ は、バンドNo (1/3オクターブバンド中心周波数 = 2, 2.5, …, 100 Hzに相当)を示し、 $\log(\bar{W}, n)$  平均風速 $\bar{W}$ のときのn番目の1/3オクターブバンドにおける $Leq$ を示す。

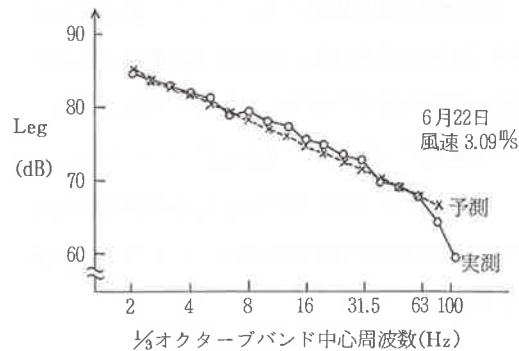


図5 6月22日測定分の予測式で得られた結果と実測値との比較

図5は、6月22日測定分について①の予測式をあてはめた結果である。2～63Hzにおいて±2dB以内の誤差で良く合致している。

(5) 風速と1/3オクターブバンドレベルの瞬時値間の相関  
風速の記録と1/3オクターブバンドレベルの記録から、15秒ごと24個のデータをサンプリングし、

風速および風速の対数と1/3オクターブバンドレベルの間の相関係数を求めた結果を表4に示す。8月12日測定分は風速が低いためか負の値が出ている。これを除けば正である。しかし、全般に相関係数は低く、有意と認め難い。もっと高い相関があってもよいと考えられるので、これについても今後の課題とする。

表4 瞬時風速と1/3オクターブバンドレベルとの相関

測定月日 1/3 オク タブ バンド	6月22日		7月4日		8月10日		8月12日(No.2)	
	風速	Log (風速)	風速	Log (風速)	風速	Log (風速)	風速	Log (風速)
(All pass)	0.633	0.646	0.440	0.435	0.699	0.697	0.297	0.565
2 Hz	0.558	0.564	0.512	0.503	0.643	0.658	0.226	0.539
2.5	0.659	0.660	0.246	0.222	0.526	0.524	0.397	0.572
3.15	0.622	0.623	0.323	0.310	0.551	0.533	0.439	0.509
4	0.393	0.428	0.077	0.070	0.622	0.610	0.344	0.558
5	0.630	0.631	0.446	0.434	0.737	0.718	0.288	0.518
6	0.588	0.611	0.632	0.614	0.585	0.566	0.235	0.521
8	0.748	0.747	0.149	0.144	0.659	0.650	0.157	0.404
10	0.625	0.630	0.402	0.406	0.693	0.688	0.227	0.451
12.5	0.649	0.650	0.369	0.367	0.589	0.579	0.137	0.342
16	0.638	0.656	0.469	0.467	0.683	0.679	0.221	0.428
20	0.660	0.666	0.664	0.652	0.706	0.709	0.086	0.300
25	0.646	0.644	0.506	0.511	0.653	0.646	0.179	0.435
31.5	0.636	0.649	0.504	0.504	0.641	0.640	0.019	0.390
40	0.665	0.672	0.597	0.601	0.645	0.643	-0.066	0.253
50	0.632	0.630	0.346	0.342	0.705	0.697	-0.262	-0.258
63	0.715	0.691	0.624	0.633	0.642	0.642	-0.171	-0.299
80	0.703	0.709	0.487	0.497	0.668	0.660	-0.299	-0.311
100	0.782	0.761			0.475	0.468	-0.153	-0.168
					0.586	0.581		

おわりに

2.7～7.4%の風による低周波空気振動のスペクトルの予測式を求めることができた。野外での低周波空気振動測定の際、同時に平均風速を求めれば風の影響をある程度補正できると考えられる。今回解明できなかった風速1.7%以下の場合のスペクトルおよび予測式の問題、並びに瞬時的な風速とレベルの間の相関の問題については今後の課題とする。

参考文献

- 1) 大熊恒靖：日本音響学会講演集，1976，5
- 2) 大熊恒靖：低周波音測定に及ぼす風の影響について，騒音制御工学会講演集，1980，9
- 3) 清水和男：低周波測定における風の影響，日本音響学会講演集，1980，10
- 4) 山田秀夫：低周波空気振動の測定における風雑音の分離，電気通信学会，1981，3
- 5) 橋本和平，高田義久，安井朗：超低周波騒音の測定における風の影響について，京都市公害センター年報第1号，198～208，1980.