

X ガス焚冷温水機より発生する超低周波数騒音について

1 ま え が き

最近、ボイラー、加熱炉、転炉等において燃焼による超低周波数騒音(20 Hz 以下)の問題が大きくクローズアップされてきた。この超低周波数騒音は音よりもむしろ圧力波によって周囲の人々の健康、建物等に与える影響の方がはるかに大きい。一般的には燃焼にともなう騒音の方が、同一速度で燃料だけを噴出させたときの騒音よりもはるかに大きいとされている。これは、燃焼用空気の流れの乱れ、圧力、エネルギーの乱れ場が変わったりするためであるが、装置自体との共振もからんでいるのが普通である。

対策としては(1)空気流の乱れを小さくさせる方法(2)音響的に音圧波を減衰させる方法の2種類が考えられるが、音響的に減衰させる方法は波長が長いので、一般に対策は困難である。今回、ガス焚冷温水機の空気流の乱れを変えて超低周波数騒音の減少について実験的に調査を行なう機会を得たので、その結果について報告する。

2 調 査 内 容

- (1) 調査場所 図1のようにガス焚冷温水機室の屋上に音源になっている煙突の先端より9m離れた地点にて、インパルス精密騒音計のマイクロホンを設置した。
- (2) 測定方法 インパルス精密騒音計にデータレコーダを接続し、バーナー噴射角度 θ を 20° 、 30° (標準)、 40° 、燃量噴射量 q を、 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $150 \text{ m}^3/\text{h}$ (標準)及び空気比 λ を 1.0 、 1.3 (標準)、 1.5 に変化させ、それぞれの組合せによる18方法について記録し、周波数分析を行なった。
- (3) 測定機器

インパルス精密騒音計	2209 B.K
データレコーダ	R-410 テイアック
高速度レベルレコーダ	LR-03 リオン
" "	2305 B.K
周波数分析器	2114 B.K

3 調 査 結 果

表2に測定結果を、図2～図9にパラメーターを変えてグラフで示した。なお測定番号の内容は表1の通りである。

4 噴射角度，燃料噴射量及び空気比と音圧レベルについての重回帰分析

噴射角度，燃料噴射量及び空気比と音圧レベルについての関係を解析するために次による重回帰分析を行なった。

(1) 重回帰式

噴射角度を x_1 ，燃料噴射量を x_2 m³/h，空気比を x_3 とし，音圧レベル (Lin) y dB の回帰推定値を Y dB とすると重回帰式は表 2 より， $Y = 50.617 + 0.225x_1 + 0.127x_2 + 8.888x_3$ dB となる。

(2) 重回帰式の検定

(ア) 分散分析による方法

帰無仮説 H_0 (求めた重回帰式は y の推定に何ら役立たない) のもとで F -分布表によれば，分散比 $F = 23.452 > F(3, 13, 0.01) = 5.739$ であり危険率 1% で H_0 を棄却する。

すなわち危険率 1% で有意である。

(イ) 重相関係数による方法

重相関係数 $R = 0.919$ ，寄与率 (説明力) $R^2 = 0.844$ であり，上で求めた重回帰式は， x_1, x_2, x_3 ，によって y を求めることは積極的に有効であるといえる。

(ウ) 重回帰式の標準変量による表現

各変量 x_i ($i = 1, 2, 3$) の重回帰式に与える影響を同次元で比較するため，標準変量 (平均 $\bar{x}_i^* = 0$ ，分散 $\sigma = 1$) になおすと重回帰式は

$$Y^* = 0.439x_1^* + 0.772x_2^* + 0.439x_3^* \quad \left(Y^* = \frac{Y - \bar{y}}{\sigma_y} \right)$$

このことよりいえることは， x_1, x_2, x_3 の y に与える影響は x_2 がかなり大きく， x_1, x_3 が同じくらいである。

(エ) 偏回帰係数の検定

変量 x_i の係数 (偏回帰係数) の有意性は t -分布表によれば

$$t_1 = 12.598 > t(13, 0.001) = 4.221$$

$$t_2 = 7.008 > t(13, 0.001) = 4.221$$

$$t_3 = 3.982 > t(13, 0.005) = 3.373$$

となる。

すなわち各変量 x_i の重回帰式の中での役割はそれぞれ 0.1%，0.1%，0.5% の危険率で有意であるといえる。

5 ま と め

全体的に 12.5 Hz から 31.5 Hz の超低周波数騒音が大きなレベルとなっている。卓越周波数は明確ではないが、空気比が多くなる程 12.5 Hz から 31.5 Hz の方へピークが移動する傾向がみられる。燃料噴射量について検討すると図. 8 にみるように噴射角度 30° (標準), 空気比 1.3 (標準) の時, 燃料噴射量が 150 m³/h (標準) より 100 m³/h の時の方が 8 dB 程度低い。これは燃料噴射量が少ない程, 炉内の燃焼エネルギーが小さくなるので当然のことと思われる。空気比については, 図. 2 にみるように燃料噴射量 150 m³/h, 噴射角度 30° の時, 空気比が, 1.0, 1.3, 1.5, と大きくなる程レベルも 3 ~ 5 dB 程度大きくなっている。これは空気比が大きくなる程, 空気の流入速度が速くなり, 内部エネルギーが増加するためと思われる。噴射角度については図 9 にみるように燃料噴射量 150 m³/h, 空気比 1.3 の時, 噴射角度が 20°, 30°, 40° と大きくなる程わずかではあるが, レベルは大きくなっている。また以上のことについては, 重回帰分析結果においてもいえることで, この分析結果から, 音圧レベルを小さくするには, 燃料噴射量, 空気比, 噴射角度の順に小さくすればよいといえる。

(参考文献)

- 1) 時田保夫 最近における音響計測法 社団法人日本音響学会
P P. 75~90 (昭和49年)
- 2) 西脇研究所 西脇研究室3周年記念講演会論文集
P P. 103~110 (昭和48年)
- 3) 河口至商 多変量解析入門 森北出版

表 1. 測 定 項 目

測定番号	噴射角度 θ°	燃料噴射量 $q \text{ m}^3/\text{h}$	空気比 λ	測定番号	噴射角度 θ°	燃料噴射量 $q \text{ m}^3/\text{h}$	空気比 λ
1	30	150	1.0	10	20	100	1.0
2			1.3	11			1.3
3			1.5	12			1.5
4		100	1.0	13	40	150	1.0
5			1.3	14			1.3
6			1.5	15			—
7	20	150	1.0	16	100	1.0	
8			1.3	17		1.3	
9			1.5	18		1.5	

図 1. 調 査 場 所

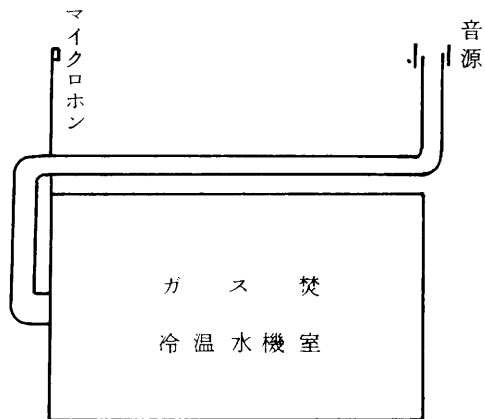


表 2 測 定 結 果

周波数 側定番号 Hz	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	Lin	A
1	65	62	62	60	58	56	59	62	82	81	59	69	75	75	73	66	60	68	71	57	55	52	50	50	48	48	46	48	43	43	41	40	38	36	35	36	40	85	58
2	56	56	60	60	58	53	57	62	81	85	61	72	80	77	76	68	63	69	71	61	56	52	49	48	47	46	45	45	43	42	41	39	38	36	35	38	40	88	59
3	57	57	58	61	55	50	53	56	63	68	62	89	90	76	75	77	65	70	70	65	61	55	50	51	49	49	48	45	46	45	44	40	40	37	36	39	41	92	61
4	53	58	58	60	54	51	55	57	66	69	57	63	71	66	66	61	57	65	69	58	56	51	50	51	51	49	48	48	44	45	42	41	40	36	36	31	33	76	59
5	54	57	57	60	56	52	56	58	76	75	59	65	72	70	69	63	60	64	69	57	52	49	49	48	48	48	48	47	46	44	41	39	39	34	33	31	33	80	58
6	55	57	60	60	56	52	55	57	63	70	61	73	80	72	71	64	58	65	69	59	54	51	48	47	47	49	49	45	46	42	40	38	37	33	32	31	34	83	58
7	57	59	60	59	55	51	56	63	80	79	59	66	72	73	72	64	58	66	67	56	53	51	48	46	48	46	48	45	44	43	40	37	37	33	31	31	34	84	57
8	54	57	60	61	57	51	55	61	75	85	66	67	78	75	74	68	62	64	68	62	56	54	51	48	47	48	47	46	45	44	41	40	39	35	34	35	36	86	58
9	56	57	57	59	56	51	56	60	75	84	63	70	81	75	77	66	60	64	67	63	55	54	51	51	50	51	50	49	49	47	46	46	45	41	40	41	43	87	60
10	56	58	58	61	57	52	56	59	68	68	58	65	71	68	70	66	62	61	66	55	52	48	49	49	49	49	47	45	46	43	41	40	35	33	31	29	27	77	57
11	55	56	59	60	56	52	55	57	66	73	60	67	76	70	71	65	61	62	67	60	54	50	49	48	47	48	47	45	45	42	41	39	46	34	31	31	25	79	57
12	57	58	58	60	56	52	55	58	74	70	61	69	79	72	72	65	57	63	68	60	56	53	49	48	49	49	48	47	45	43	42	40	39	35	33	33	23	82	58
13	54	54	58	58	54	52	54	61	80	83	59	69	75	74	73	64	61	65	66	57	54	52	48	47	47	47	45	45	45	43	40	40	37	34	32	32	24	86	57
14	56	55	57	59	55	51	54	59	66	77	71	67	86	81	81	71	68	68	71	62	62	57	51	51	49	50	46	41	49	48	44	42	40	37	33	32	23	89	61
16	55	58	57	60	57	55	56	61	81	80	63	69	74	72	71	66	61	65	66	56	54	52	51	53	49	47	47	47	42	41	40	39	37	35	32	32	23	85	57
17	60	60	50	61	56	54	56	60	78	83	68	72	79	76	73	67	63	65	68	58	55	52	52	53	50	47	47	46	45	43	42	40	38	36	32	32	23	86	58
18	58	61	58	58	54	52	53	58	65	71	66	76	82	75	76	69	65	66	68	61	58	53	52	53	49	47	47	48	46	45	42	40	38	36	33	32	23	84	59
暗騒音	56	56	58	59	56	53	51	55	59	58	61	62	59	60	63	60	60	69	58	56	52	50	50	53	49	47	46	45	43	43	41	40	38	33	31	29	22	72	56

図 2

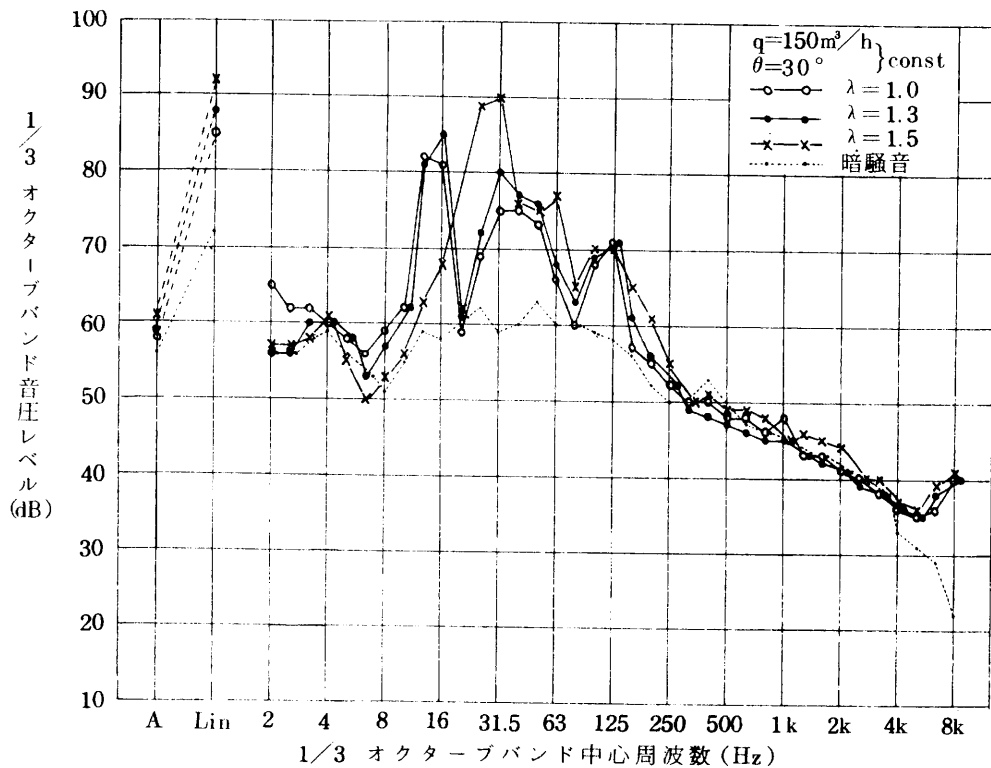


図 3

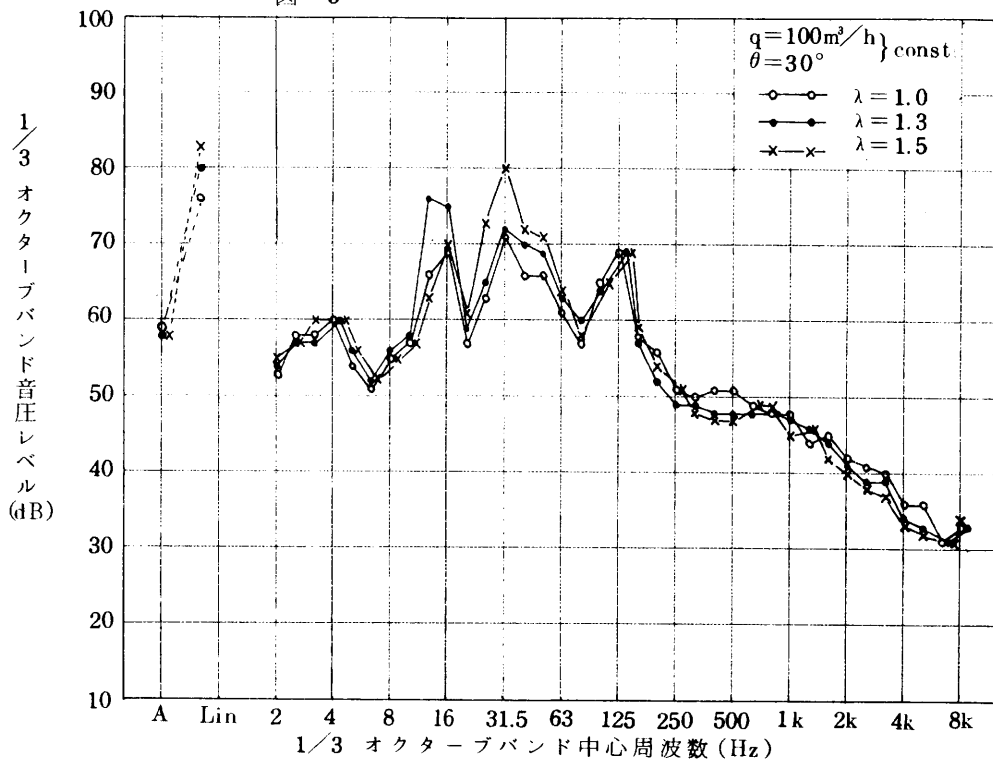


図 4

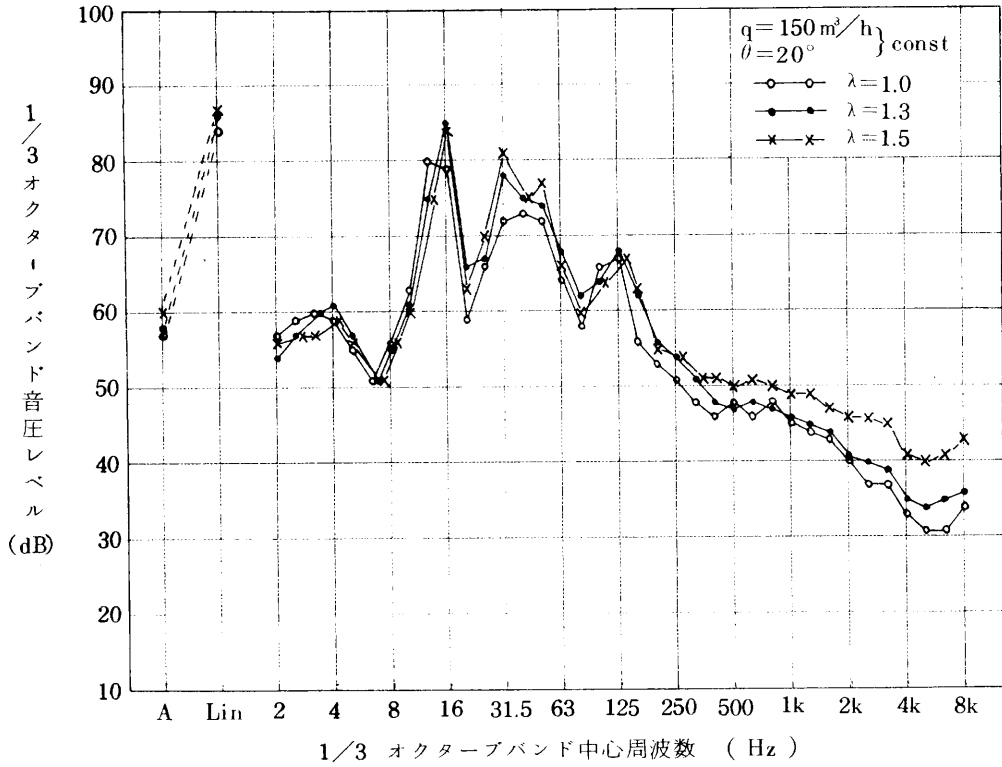


図 5

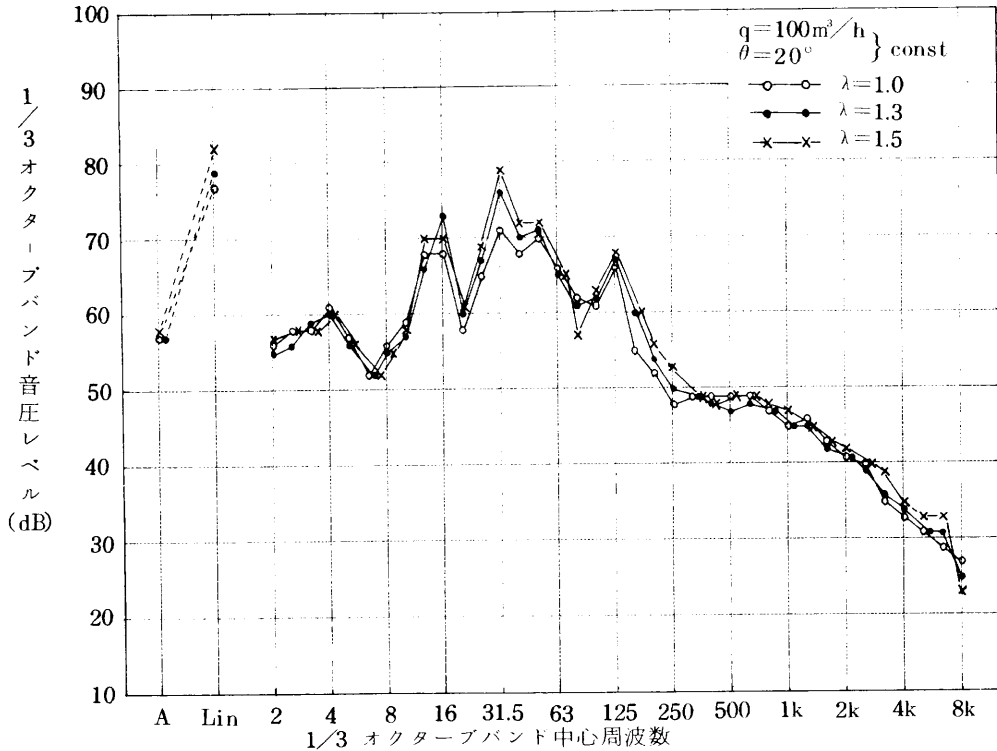


図 6

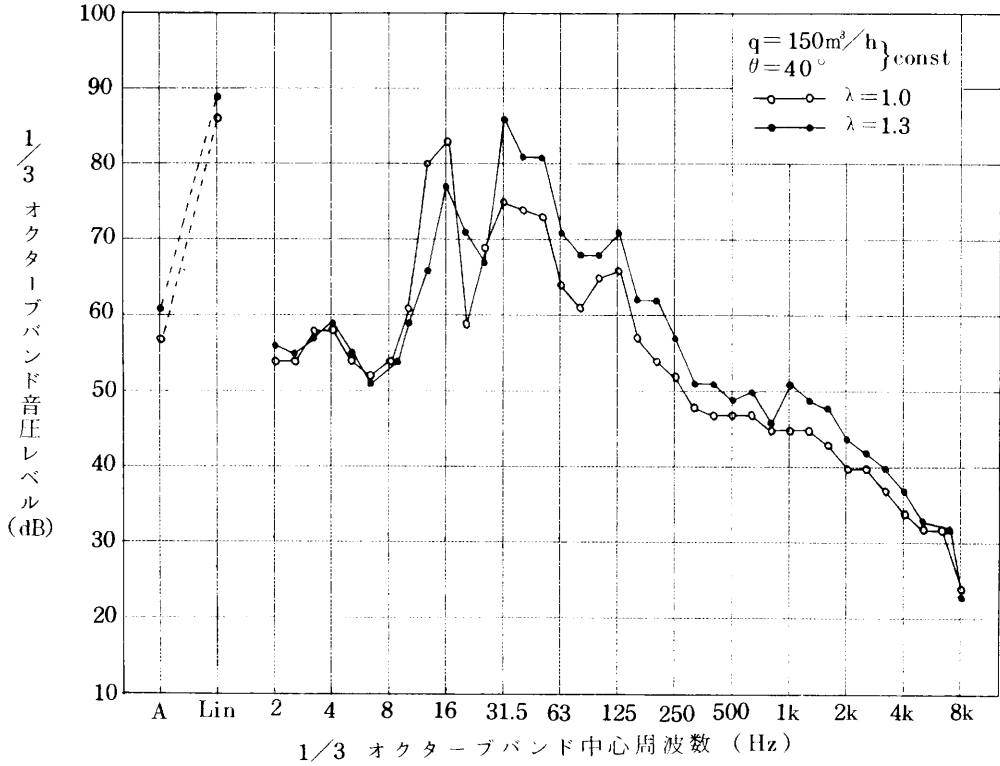


図 7

