

10 鉄道騒音の各種評価量の検討について

Study on the Noise Evaluation of Rail-Road.

別 井 仁 Hitoshi BETSUI

鈴 木 富 雄 Tomio SUZUKI

名 取 兵 一 Hyoichi NATORI

1. はじめに

鉄道騒音に係る環境基準については、現在昭和50年7月24日付で告示された「新幹線騒音に係る環境基準」があるだけで、在来線については未制定の状況にある。

在来線の評価については、新幹線と異なりタイヤの性格や車種構成（路線によっては、貨物車等が混入する）車両構成、速度等が一定していないため、新幹線の環境基準に基づく評価を適用することは余り適切とは考えられない。本調査では、在来線、新幹線の各一地点について、24時間の自動測定を行い、各種の評価量に基づき両者を比較し、在来線に対する評価法を検討した。

2. 調査場所

1) 在来線（国鉄南武線）

川崎市中原区中丸子562番地
市立橘高等学校

2) 新幹線（東海道）

川崎市中原区西加瀬163番地
（株）荏原製作所 至誠寮

詳細を表1に示す。なお、鉄道の地形構造は、在来線は平坦、新幹線は高架で1.5 m程度の防音壁が設置されている。

表1 鉄道騒音測定場所及び測定日時

種 別	測 定 場 所	測 定 日 時	音源までの距離
在来線（国鉄南武線）	川崎市中原区中丸子 562 川崎市立橘高等学校	昭和59年8月6日 12時～	20 m
新幹線（東海道）	川崎市中原区西加瀬 163 K-K 荏原製作所 寮	昭和59年8月10日 14時～	33 m

3. 調査方法

3.1 使用機器

- | | | |
|------------|-------------------|----|
| 1) 普通騒音計 | NA-09 (リオン) | 1台 |
| 2) A/D変換装置 | 7344A (シストロン ドナー) | 1台 |
| 3) データ処理装置 | PFC-15 (パナファコム) | 1台 |

3.2 測定方法

測定に係る制御は、計測制御マイコン(PFC-15)を用い、使用言語はベーシックとして自動測定を行った。計測のシステムを図1に示す。測定は、図2の取込時間の関係に示すように正時からスタートして次の正時までの1時間ごとを基準とし、等価騒音レベル L_{eq} 及び、時間率騒音レベル L_x 値を、又、時間内に入る鉄道騒音については、図2にも示すように随時取込みを行い、単発騒音暴露レベル L_{AE} 、ピーク値 L_{Peak} 、 L_{Peak} から10dB下を継続する暴露時間を記録した。なお、正時において L_{AE} のデータサンプリングが行われている場合、 L_{eq} 、 L_x のメモリーを最優先とし、引き続き L_{AE} を記録するようにプログラムした。

単発騒音暴露レベル L_{AE} のデータサンプリング法については、トリガーレベルを超えるデータを全てサンプリングする方法と、レベルチャート等から求めるようにピーク値から10dB低い部分を積分し、パワー平均する二通りの方法が考えられる。本法では、図2の斜線部分のデータを一時メモリーしておき、レベルダウンを検出の後、ピーク値から10dBの範囲で積分整理した。

本調査に用いた騒音計は交流出力(AC)であり、図1には示していないが時定数をSLOWにするため、時定数調整回路を径由し、A/D変換装置にはアナログの直流(DC)入力とした。又、サンプリング周期は、一般環境と鉄道と区別せず0.5秒で統一した。本法で用いたシステム・フローチャートを参考までに図3に示す。

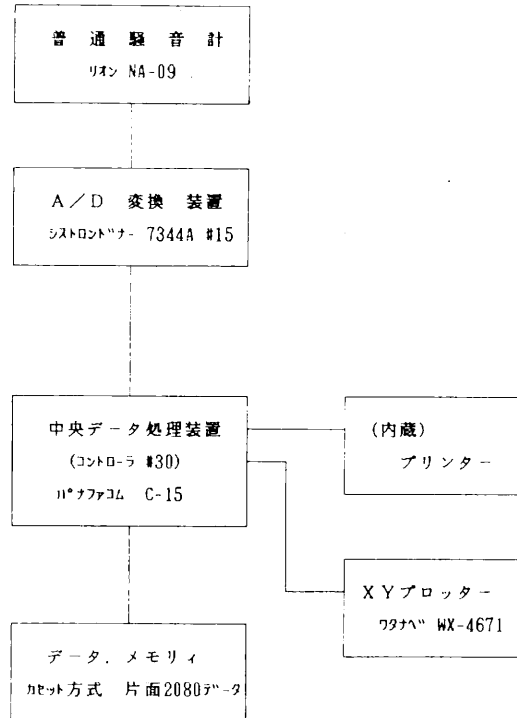
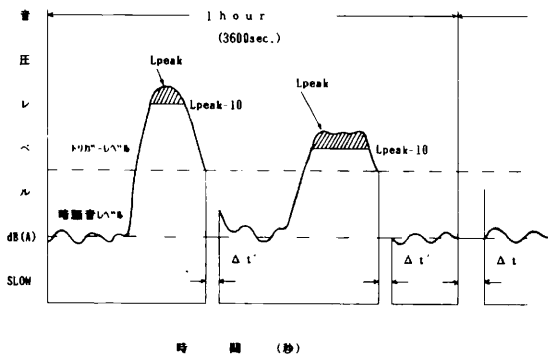


図1 マイコンによる鉄道の単発騒音暴露レベル L_{AE} 及び等価騒音レベル $L_{Aeq}(1h)$ の計測システム



備考: Δt ... $L_{Aeq,T}$ 及び L_A 記録時間 約 1 秒
 $\Delta t'$... L_{AE} の記録時間 約 0.5 秒

図2 マイコンによる単発騒音暴露レベル L_{AE} と等価騒音レベル L_{Aeq} の取り込み時間の関係

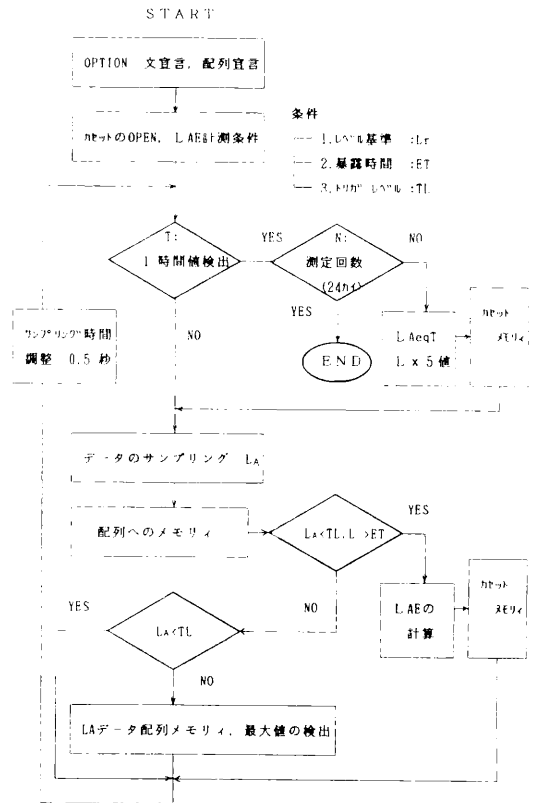


図3 鉄道の L_{AE} 及び $L_{Aeq,T}$ の計測システム フローチャート

3.3 情報記録の内容

鉄道騒音に係わる各種評価量の情報処理は、図1の計測システムに示すように記憶媒体はカセット(片面2080データ)方式であり、磁気テープ面には図4のように、 L_{AE} と L_{eq} の各9項目を記録した。又、表2は情報記録内容と記録に要する時間を示したもので、車両の長さが異なる場合、暴露時間も付随して変化し、 L_{AE} の計算処理時間は個々の列車によって違ってくる。その時間は最小で0.45秒、最大で約1.0秒である。

なお、一時間ごとの記録に要する時間は、通過本数によっても異なるが、サンプリング総数から逆算すると1.5秒前後の記録に対するロスタイムが認められた。

L_{AE} の算出方法は、次式に示すようにJIS Z8731 4.3 (b)「単発騒音暴露レベルの求め方」によった。

$$L_{AE} = 10 \log_{10} \left[\frac{\Delta t}{T_0} \sum 10^{L_{An}/10} \right] \dots\dots\dots ①$$

△t : サンプル時間(0.5秒) L_{An} : △tごとの騒音レベル
 T₀ : 規準化時間(1秒) n : 測定値の総数

又、一時間ごとに算出した等価騒音レベルL_{Aeq}(1h)は、JIS Z8731 4.2(1)「等価騒音レベルL_{Aeq,T}の測定方法」により求めたもので、次式を使用した。

$$L_{Aeq}(1h) = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum 10^{L_{An}/10} \right] \dots\dots\dots ②$$

L_{An} : 得られた騒音レベル測定値
 n : 1時間における測定値の総数

Z\$ V\$ Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Z6 Z7 Z8

項目	時間	L _{Aeq}	L _{ave}	観測時間	L	L	L	L	L
分類		L _{AE}	L _p	暴露時間	95	90	50	10	5
Aフロック					Bフロック				

備考 : L_{AE}の計測時は、Aフロック 下段、L_{eq}, L_xは、Aフロック 上段及び Bフロック

図4 カセット磁気テープへの情報記録内容

表2 項目別記録事項及び記録に要する時間

項目	カセット 記録事項	記録時間
単発騒音暴露レベル	1) 時間	0.45 ~ 1.0 秒
L _{AE}	2) L _{AE}	
	3) 継続時間 {ピーク値より10dB下}	
	4) ピーク値	
等価騒音レベル	1) 時間	0.9 秒
L _{Aeq,T}	2) L _{Aeq} (1h)	
	3) 平均値 L _{Ave}	
	4) 計測時間	
	5) 時間率騒音レベル L _x {L5, L10, L50, L90, L95}	

備考 : 単発騒音暴露レベルの記録時間は計算時間を含む

4. 各種評価量及びその算出方法

鉄道のような間欠騒音の評価については、新幹線の評価に見られるピーク値の何本かのパワー平均値や改定の JIS Z8731 に示される単発騒音暴露レベル L_{AE} 等がある。又、航空機騒音の環境基準 WECPNL についても、時間帯と発生頻度に重みづけを加味したもので在来鉄道騒音の評価に適していると考えられ、本報告では前述の他、次の評価量を算出した。

- 1) ピーク値のパワー平均 (Power Average Level) L_{PWA}
ア. 20本に達するまで測定し、上位半数の10本をパワー平均する。
イ. 各時間ごとに通過列車(上下)のピーク値をパワー平均する。
- 2) 単発騒音暴露レベル (Single Noise Exposure Level) L_{AE} 算出の基本式は、3.3①式のとおり。
- 3) 等価騒音レベル (Equivalent Sound Level) $L_{Aeq}(1h)$ 算出の基本式は、3.3②式のとおり。
- 4) L_{AE} から求めた等価騒音レベル $L'_{Aeq}(1h)$

$$L'_{Aeq}(1h) = 10 \log_{10} \left[\frac{T_0}{T} \left(10^{L_{AEn}/10} \right) \right] \dots\dots\dots ③$$

T_0 : 規準化時間 (1秒) L_{AEn} : 個々に得られた L_{AE} 値
 T : 1時間 (3600秒)

(JIS Z8731 4.2(1)等価騒音レベル $L_{Aeq, T}$ の算出方法による)

- 5) 昼夜等価騒音レベル (Day Night Average Sound Level) L_{dn}

$$L_{dn} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{24} \left(15 \times 10^{L_d/10} + 9 \times 10^{(L_n+10)/10} \right) \right] \dots\dots\dots ④$$

L_d : 昼間等価騒音レベル 7~22時 (15時間)
 L_n : 夜間等価騒音レベル 22~7時 (9時間)

- 6) 時間率騒音レベル (x% Sound Level) L_x

- ア. L_{50} (中央値)
- イ. L_{10} (80%レンジの上端値)

- 7) WECPNL値 (Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level)

$$\overline{WECPNL} = \overline{dB(A)} + 10 \log_{10} N - 27 \dots\dots\dots ⑤$$

ただし $N = N_2 + 3N_3 + 10(N_1 + N_4)$

N_1 : 0~7時までの本数

N_2 : 7~19時 "

N_3 : 19~22時 "

N_4 : 22~24時 "

$\overline{dB(A)}$: 得られたピーク値のパワー平均

5. 結果と考察

鉄道騒音の各種評価量と時間ごと一日の測定結果について、新幹線については表4に、在来線については表5に各々示した。

この結果を通覧すると、新幹線の環境基準で評価するピーク値のパワー平均とWECPNL値が極めて近似し、又、等価騒音レベル $L_{Aeq(24)}$ とは、時間率騒音レベルのうち、 L_{10} が比較的よく近似した。

鉄道騒音の評価については、新幹線の環境基準によりその測定方法が定められており、今回の調査ではこれらの評価方法を基準として何が適当かを検討し、考察することとした。

5.1 新幹線と在来鉄道騒音のバラツキ幅について

表3は、得られた測定結果を基に在来線と新幹線の評価量ごとの標準偏差を示した。結果から

表3 在来線と新幹線の評価量による標準偏差

種別	ピーク値の パワー平均	単発騒音 暴露値 L_{AE}	暴露時間 (秒)	L _{AE} から求めたL _{Aeq,T}		通過本数 測定距離
				L _{Aeq,T}	実測-計算	
在来線 (国鉄南武線)	2.3585	1.9291	2.6539	65.3	0.2	395本
	(81.2)	(88.4)	(11)			20m
新幹線 (東海道)	0.7534	0.6660	1.6348	56.1	1.2	244本
	(70.5)	(80.5)	(15)			33m

もわかるように、新幹線のピーク値は極めて安定しており、1dB(A)以下、それに対して在来線では2dB(A)強のバラツキが見られた。単発騒音暴露レベル L_{AE} では、ピーク値のパワー平均より、新幹線、在来線共にバラツキ幅が改善されている。図5は、単発騒音暴露レベル L_{AE} と L_{Peak} を発生頻度ごとにその分布を見たものである。新幹線、在来線共に L_{Peak} より L_{AE} が若干シャープになっており、分布幅も若干狭いことが確認できる。

暴露時間は、ピーク値から10dB下回る継続時間を示したもので、共に2~3秒のバラツキ範囲であった。継続時間は、列車速度が大きな要因を占めていると考えられるが、ピーク値の変動を見る限り余り大きな影響を及ぼしていない。これは従来の調査結果に一致した。こうしたことから在来線のピーク値に与えるバラツキの要因は、車両の長さによるものが大と考える。(新幹線の場合は、16両で一定している)図6に発生頻度ごとの継続時間の分布状況を示す。この図からも確認できるように発生回数を等しくした時、継続時間幅はほぼ同じである。ただし、分布割合は在来線の方が大きい。

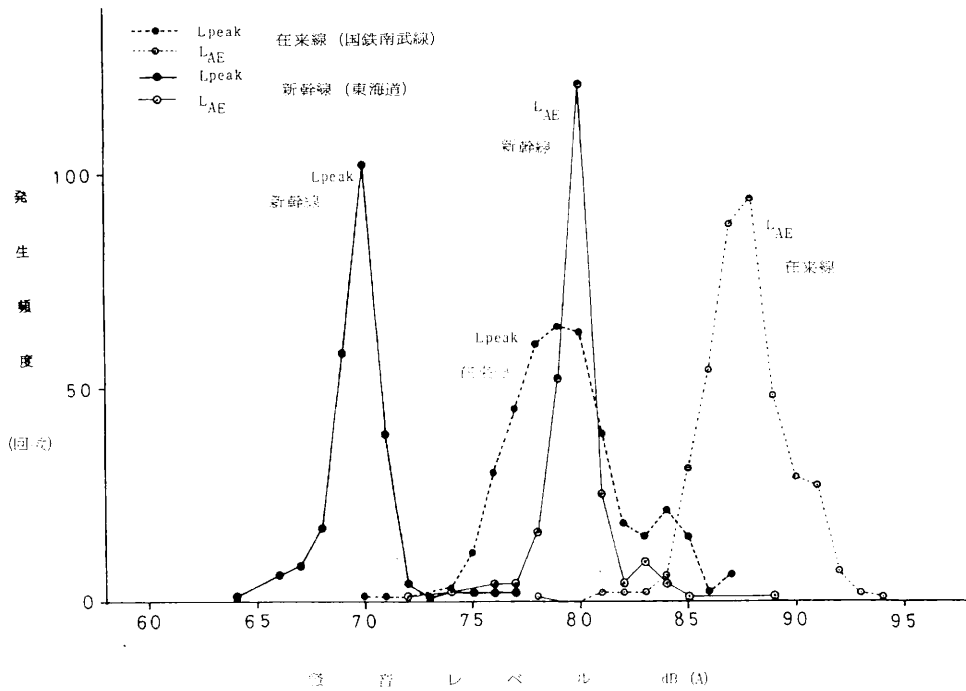


図5 鉄道騒音の種別ごと L peak, LAE の発生頻度分布

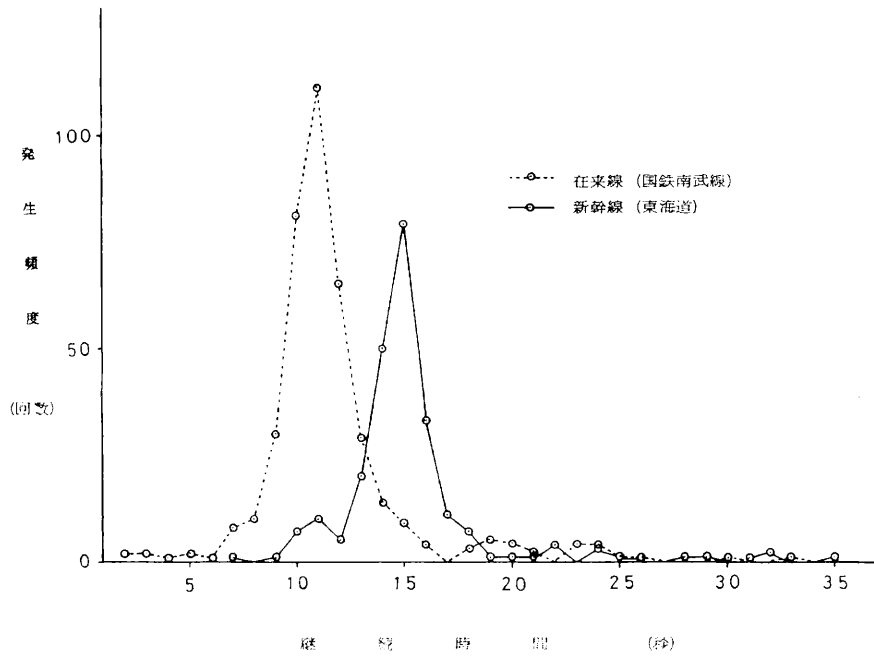


図6 鉄道騒音の種別ごと継続時間の発生頻度分布

継続時間：ピーク値より10dB 下

表4 鉄道騒音の各種評価量と時間毎測定結果

測定対象：東海道新幹線

時間 (時)	列車 本数	ピーク値のパワー平均		単発騒音		等価騒音実測		LAEの計算基		暴露時間 秒 (Peak@10db)	WECPNL (航空機騒音)	昼夜等価騒音 レベル L _{dn}		時間率騒音レベル	
		時間毎	上位半数	暴露値	L _{AE}	L _{Aeq} (1h)	L _{Aeq} (1h)	L ₅₀	L ₁₀						
14時	15	70.8	*	81	58.3	57.2	15					49	57		
15	13	70.4	71.6	80.7	57.8	56.4	15					50	56		
16	14	70.4	70.6	80.3	58.2	56.3	14			N1:0-7時		50	59		
17	16	70.4	*	80.6	59.7	57.2	15			=7本	L _d =59.8	54	62		
18	21	70.3	71.1	80.5	61.1	58.2	16			N2:7-19時	7-22時	58	63		
19	15	70.6	*	80.8	60.6	57	17			=184本		57	63		
20	13	70.7	71.4	80.4	59.1	56	14			N3:19-22時	L _n =50.9	56	61		
21	11	71.1	*	81.3	59.9	56.2	18			=39本	22-7時	57	61		
22	10	70.8	72.3	80.2	55.8	54.7	14			N4:22-24時		43	52		
23	4	70.4	*	80.5	51.8	51	14			=14本		40	46		
24	0	0	*	0	48.6	-	-					38	45		
1	0	0	*	0	45.5	-	-					38	42		
2	0	0	*	0	48	-	-			重みつき回数		36	50		
3	0	0	*	0	44.8	-	-			N=511本		38	43		
4	1	72.1	*	79.5	48.4	44	12					38	44		
5	0	0	*	0	47.2	-	-					40	48		
6	6	69.8	71.6	79.8	54	52.1	14			ピークレベル平均		43	51		
7	13	68.6	*	79.2	56.2	54.8	15			dB(A)=70.5		45	56		
8	15	69.7	69.6	80.1	58.1	56.4	16					48	60		
9	17	69.8	70.8	79.8	58.3	56.6	15					49	61		
10	15	71.6	73.5	82.1	61.2	58.4	17					49	64		
11	17	70.4	*	80.7	58.6	57.5	15					49	59		
12	12	70.5	71	81	57.3	56.3	16					47	55		
13時	16	71.2	71.1	80.7	58	57.2	14					49	56		
(合計)	244	PW 70.5	PW 71.4	PW.AV. 80.5	L _{Aeq} (24)57.3	L _{Aeq} (19)56.1	平均 15			70.6		59.8	平均46.7 54.7		

備考：ピーク値のパワー平均で、上位半数とは20本の中10本を指す。*印は、二組以上。

表5 鉄道騒音の各種評価量と時間毎測定結果

測定対象：国鉄南武線

時間 (時)	列車 本数	ピーク値のパー平均		単発騒音 暴露値 LAE	等価騒音実測 LAeq(1h)	LAEの計算 LAeq(1h)	暴露時間 秒 (Peak≧910dB)	WECPNL (航空機騒音)	昼夜等価騒音 レベル Ldn	時間率騒音レベル	
		時間毎	上位半数							L50	L10
14時	17	80.8	*	88.8	65.8	65.5	12			51	62
15	14	81.6	82.3	89.2	65.6	65.1	11			51	62
16	23	82	84.1	89.4	68.2	67.5	11	N1:0-7時		51	69
17	28	78.9	82.2	87.4	67.1	66.4	12	=39本	Ld=66.6	53	70
18	28	80.2	81.1	87.7	66.9	66.6	12	N2:7-19時	7-22時	52	70
19	19	79.5	81.3	88	65.7	65.3	13	=263本		48	64
20	17	81	82.4	88.7	65.4	65.4	11	N3:19-22時	Ln=62.8	46	60
21	19	81.4	*	88.3	65.9	65.5	11	=55本	22-7時	48	63
22	15	82.3	82.9	88.9	65.3	65.2	10	N4:22-24時		44	58
23	11	80.7	83.8	89.3	64.2	64.1	13	=26本		42	56
24	12	81.3	*	88.9	64.3	64.2	12			41	56
1	2	73.8	*	80	51.2	47.4	7			40	48
2	0	0	*	0	47.5	-	-	重みつき回数		40	44
3	1	87.1	83.4	87.4	54.9	51.8	2	N=1,078本		40	42
4	2	77.2	*	87.5	55.4	55	17			42	46
5	13	82.3	*	89.9	65.6	65.5	10			45	55
6	21	79.8	83.3	88.1	66	65.8	11	ピーク値の平均		48	64
7	34	79.2	81.3	87.7	67.8	67.5	12	dB(A)=80.8		52	73
8	31	79.9	80.8	88.3	67.9	67.7	11			53	71
9	24	81.9	82.9	88.9	67.5	67.2	10			54	67
10	12	81.5	*	89.7	65.4	64.9	11			52	61
11	18	80.8	83.4	88.5	66.2	65.5	10			54	64
12	17	79.5	81.1	88.4	65.9	65.2	13			55	66
13時	17	81.6	82.8	89.3	66.3	66	12			52	63
(合計)	395	PW 81.2	PW 82.3	PW.AV. 88.4	LAeq(24)65.5	LAeq(23)65.3	平均 11	84.1	70.0	平均48.1	60.6

備考：ピーク値のパー平均で、上位半数とは20本の中の10本を指す。*印は、二級以上

5.2 等価騒音レベルと単発暴露騒音について

単発騒音暴露レベル L_{AE} から求めた L'_{Aeq} と実測から求めた L_{Aeq} については、在来線が0.2 dB(A)、新幹線が1.2 dB(A)と共に非常によい結果が得られた。新幹線と在来線の測定地点については、ほぼ同じ条件で多少自動車騒音の影響を受けているが、対象騒音とのレベル差が異なる。即ち、新幹線では高架と防音壁の行路差と減衰により対象騒音レベルが自動車騒音を下回り、在来線では対象騒音が自動車騒音と同等若しくはそれを上回っており、これが計算と実測の差に影響したものと考えられる。

単発騒音暴露レベル L_{AE} と、ピーク値 L_{Peak} のレベル差は、8～10 dB(A)で安定しており、ピーク値に比べてバラツキの少ないことや等価騒音レベルの変換が容易であることを考えると極めてよい評価量と思われる。又、本調査とは直接関係しないが、騒音に与える気象影響の調査結果においてもピーク値よりも時系列評価のできる単発騒音暴露レベルが非常によい相関が見られている。

6. まとめ

調査結果を要約すると以下のとおりである。

- 1) 鉄道騒音のような間欠騒音を評価する尺度として、等価騒音値への変換の容易さやバラツキの少さ等を考慮すると、単発騒音暴露レベル L_{AE} が最も適した評価量と考えられる。
- 2) L_{AE} と L_{Peak} の差については、平均して8～10 dB(A)のレベル差となった。
- 3) L_{AE} から L_{Aeq} への変換(計算)については、目的とする対象騒音値と暗騒音値(例えば、自動車騒音のようにピーク値を持つもの)のレベル差に留意する。対象騒音のレベルは、暗騒音より充分大きく確保されていることが望ましい。
- 4) 等価騒音レベル L_{Aeq} は、単発騒音暴露レベル L_{AE} から容易に求められ、測定条件が整えば極めて正確に算出できる。

7. 参考文献

- 1) 中村・上原：等価騒音レベルによる鉄道騒音の測定，東京都公害研究所年報1983，210～212P
- 2) 五十嵐寿一：騒音の評価と等価騒音レベル，騒音制御工学会特別講演会資料1984.5.28
- 3) 今泉・上原・中村：鉄道騒音の単発暴露騒音レベル L_{eq} 測定の考察，東京都公害研究所年報1983，219～223P