

森林の騒音減衰効果に関する研究

前崎 武人* 鈴木 熙* 鈴木 悌司*

A study on the effect of forest for noise attenuation

By Takehito MAESAKI*, Hiroshi SUZUKI*
and Teiji SUZUKI*

はじめに

われわれの生活環境では、交通機関による騒音、工場騒音、建設騒音、商業宣伝の騒音などさまざまな種類の騒音が発生している。こうした騒音は、近時、人間活動の活発化にともなってますます増大化、多様化の傾向を示し、人の健康をおびやかす公害として問題となってきている。

騒音を防止、軽減するためには、まず第1に発生源自体を規制すべきことはもちろんであるが、騒音の伝搬をしゃ断することも必要である。このため、騒音防止工学の分野では、さまざまな騒音しゃ断施設が研究されている。

しかし、森林を騒音しゃ断施設として利用することの効果、すなわち森林自体による正味の騒音減衰量についての調査研究は、国内では公表されたものはほとんどみあたらないようである。国外でもこの問題を直接扱った調査研究は少なく、EMBLETON(1963)、COOK *et al.*(1971)、EYRING(1946)、WIENER(1960)による研究など、わずかに数編のものがあるにすぎない。しかも騒音防止工学の分野では、森林による騒音減衰効果については、否定的な立場が多く、たとえば前川(1968)は、「騒音を防ぐ目的で植樹帯をつくることがあるが、その効果は疑問である。」としている。

しかし、森林による騒音減衰効果は、櫻山(1972)がEMBLETONやCOOK *et al.*の調査結果から、「森林の騒音減衰機能は、物理量として明確に識別できる程度の大きさを持っている。騒音防止工学方面の通説として、防音効果はほとんど無いとされるのは、幅の狭い樹列の効果が現行の各種防音工事の効果に比べて、比較にならないためと解される。」と指摘するように、まったく皆無というものではないし、さらに森林には気象緩和効果などの公益的効用もあることから、防音林を造成することは、決して無駄ではないと考えられる。

筆者らは、昭和47年度において、北海道生活環境部自然保護課から依頼された「生活環境における緑地機能の実証的調査研究」をとりまとめるのにさいし、森林が交通騒音の軽減に対してどの程度の効果を果たすかについての調査を行なったので、ここにその概要を報告する。

なお、この調査の実施にあたり、道立公害研究所の白川研究員にはいろいろとご指導をいただき、また、道商工観光部工業課、道立公害研究所、苫小牧・室蘭の各保健所、旭川市役所からは測定器材を借用する便宜を与えていただいた。ここに厚くお礼を申しあげる。

* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forest Experiment Station, Bibai, Hokkaido

調査地および調査方法

調査地

調査地は、直線をなす道路に近接し、地形は平坦であり、林分はできるだけ均一で孔状地がないところを選定した。そして、国道 36 号線（方向は SE，幅員 8 m）沿いに所在する恵庭市内の国有広葉樹 2 次林とこれに隣接する牧草地および広島町内の私有カラマツ林，ならびに札幌市内に所在する北大植物園の北 5 条通り（方向は W，幅員 16m）に面した広葉樹林と芝生地の森林 3 ヲ所，対照草地 2 ヲ所，あわせて 5 ヲ所を選んだ。

これら調査地の概況は，表-1 のとおりである。

表-1 調査地の概況

調査地 No.	位置	林分	大きさ		樹種	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	ha あたり			備考
			道路に面する幅 (m)	長さ				本数 (本)	断面積 (m ²)	材積 (m ³)	
国道 36 号線沿地											
1	恵庭市	広葉樹 2 次林	70	10km	ミズナラ エゾイタヤ等	12	10.8	1,400	19.3	131	林床はクマイザサ 中生
2	広島市	針葉樹林	100	100m	カラマツ	11	9.6	1,700	17.8	96	林床はクマイザサ 密生，緩い上昇傾斜 草丈 10~20cm
3	恵庭市	牧草地	200	500m							
北大植物園内											
4	札幌市	広葉樹	80	100m	ハレニレ ミズキ等	13	7.1 23.0*	1,100	49.0	832	林床は草本類疎生， ハレニレ大木散生 草丈 2~5 cm， ハレニレ大木散生
5	札幌市	芝生地	80	100m							

注：*は上層木平均樹高

調査方法

1) 騒音レベルの測定

測定点は，調査地 No. 1, 2 では，道路に対して直角に，路肩から 8 m の距離にある林縁部を 0 m 地点とし，これから林内の 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100m 地点に設定した。調査地 3 は，これに準じて設定した。調査地 No. 4, 5 では，路肩から 4 m の距離にある林縁部を 0 m 地点とし，調査地 No. 4 では 60m 地点まで，調査地 No. 5 では 40m 地点まで，前者と同様にして測定した。

使用した器材は，リオン製の指示騒音計 NA - 07A 型および高速度レベルレコーダー LR - 01E 型である。これらを 3 組用意し，1 組はつねに 0 m 地点に置き，他の 2 組は 10m と 20m，30m と 60m，.....のように設置した。指示騒音計には防風スクリーンを着用して地上 1.2m に設置し，聴感補正回路は A，動特性は fast を使用した。レコーダーのペン速度は，200mm/sec を用いた。

各調査地の測定日の気象状態は，表 - 2 やとおりである。

測定日の最大風速は，3.5~8.7m/sec であるが，林内ではほとんど無風にちかい状態であった。風向は，調査地 No. 1 では林分にほぼ直角に吹いており，No. 2, 3 では音源側から吹いているので追い風であり，No. 4, 5 では向い風であった。

1 日の測定時間は，レコーダーの蓄電容量から，4 時間が限度となった。

調査地附近の交通状態は，国道 36 号線では 5 分間に上下線をあわせて 120 台程度で，トラック，バスなど

表-2 調査日の気象状態

調査地 No.	調査年月日 1972年	気温 ()	最大風速 (m/sec)	風向	備考
1	9月6~8日	15.3~22.7	3.5~7.3	NNW, SSE	千歳側候所測定
	9月19日	15.8~18.4	6.2	SE	周波数分析, 同上
2	9月9日	16.4~23.1	7.7	S	同上
3	9月10日	17.4~21.6	8.7	N	同上
	9月21日	14.0~21.0	5.2	N	周波数分析, 同上
4, 5	8月7~11日	22.5~35.1	4.5~5.5	SE, SW	札幌气象台測定

の大型車の走行が多く、北5条通りでは5分間に150台程度で、乗用車の走行が多かった。

2) 周波数分析

周波数分析の調査は、調査地 1, 3 の 10m, 50m, 100m地点で行なった。使用器材は、リオン製のオクターブ分析器 SA-55 型と指示騒音計、高速度レベルレコーダーである。測定対象とした中心周波数は、63~8,000c/s である。騒音計およびレコーダーは、騒音レベルの測定に準じて使用した。ただし、騒音計の聴感補正路はCを使用した。

調査結果

トラック通過音の最大値の減衰

1) 自然減衰を含めた減衰量

騒音レベルの記録紙上の変動状態をみると、1台の自動車がマイクロホン前を通過するとき最大値をもつ曲線となり、1台ごとに分離できる状態であった。そこで、トラックが通過したときの最大値だけを読みとり、0mから100mまでの各地点ごとに平均値を求めた。そして、0m地点の値から各地点での値を差引いたものを、各地点の減衰量とした。その結果は、表-3の実測値欄のとおりである。

なお、読みとり数は、国道36号線沿いでは1時間あたり150~200個、北大植物園では40~60個であった。また、0m地点におけるトラック通過音の最大値の騒音レベルは、70~75ホン(A)(以下Aは省略)であった。

この実測値を図示すると図-1のとおりである。図-1によると、林内距離の増大につれて減衰量も増大するが、その増加量は次第に小さくなる傾向がみられる。そこで、まず、減衰量(y)と距離の対数値(log)とのグラフを揃くと、図-2のようにほぼ直線となるので、距離別減衰量を

$$y = a + b \log \quad (1)$$

で求めた。その結果は、つぎのとおりである。

$$\text{広葉樹2次林 } y = 26.261 \log - 17.94$$

$$\text{カラマツ林 } y = 24.151 \log - 23.98$$

$$\text{牧草地 } y = 13.551 \log - 10.78$$

$$\text{広葉樹林 } y = 16.501 \log - 8.28$$

$$\text{芝生地 } y = 10.53 \log - 1.99$$

これらの式をもちいて距離別減衰量を計算したものが表-3の計算値1の欄の値であり、この曲線を図示すると図-1および図-2のとおりである。

表 - 3 トラック通過音の最大値の減衰 (自然減衰を含む)(ホン(A))

区 分	林 内 距 離 (m)							
	10	20	30	40	50	60	80	100
広葉樹2次林								
実測値	4.7	8.9	12.2	15.7	20.1	19.8	22.9	25.4
計算値1	3.3	9.7	13.5	16.1	18.2	19.9	22.5	24.6
計算値2	4.0	9.0	13.0	16.0	18.3	20.2	23.0	24.9
カラマツ林								
実測値	0.9	7.1	11.4	15.6	17.6	19.0	20.4	25.0
計算値1	0.2	7.4	11.7	14.7	17.0	19.0	22.0	24.3
計算値2	3.2	7.6	11.4	14.5	17.0	19.0	22.0	24.2
牧草地								
実測値	2.8	7.4	9.6	10.2	10.9	13.6	15.4	16.8
計算値1	2.8	6.9	9.2	10.9	12.2	13.3	15.0	16.3
計算値2	2.9	6.3	8.9	10.9	12.3	13.5	15.2	16.4
広葉樹林								
実測値	9.0	12.3	15.2	18.2	20.5	21.2		
計算値1	8.2	13.2	16.1	18.1	19.7	21.0		
計算値2	7.6	13.1	16.4	18.5	19.9	21.0		
芝生地								
実測値	8.7	11.5	13.3	15.2				
計算値1	8.5	11.7	13.6	14.9				
計算値2	8.2	11.9	13.7	14.8				
音源が点状と線状との中間 の場合の距離減衰の理論値	3.9	6.4	8.1	9.5	10.8	11.7	13.4	14.3

注：計算値1は対数式，計算値2は NÄSLUND 式による。

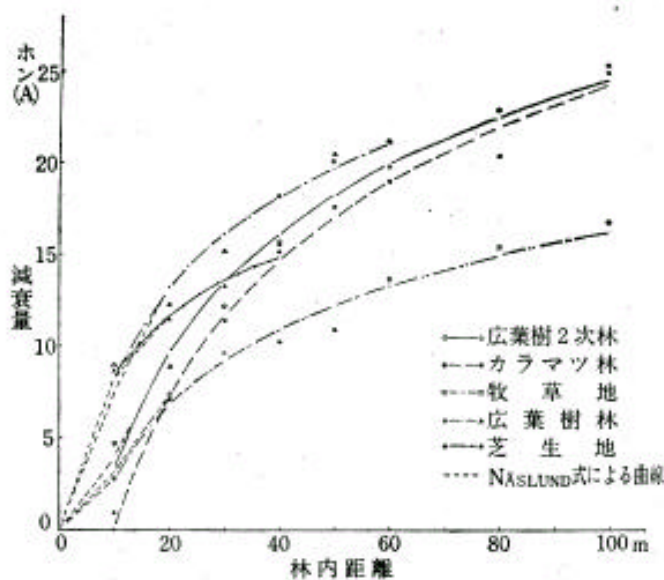


表 - 1 トラック通過音の最大値の減衰 (自然減衰を含む)

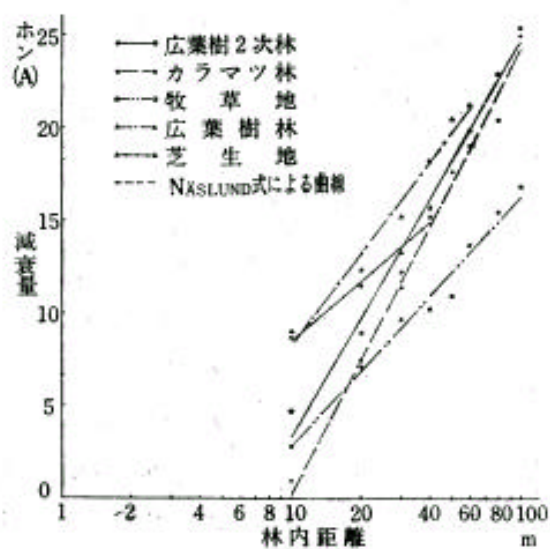


表 - 2 トラックの通過音の最大値の減衰 (自然減衰を含む)(対数目盛)

これらの図表によると、10m地点での適合状態があまりよくない。そこで、つぎに、NÄSLUND式

$$y = \frac{2}{(a + b)^2} \quad (2)$$

をもちいて計算した。その結果は、つぎのとおりである。

$$\text{広葉樹 2 次林} \quad / \sqrt{y} = 33.1 + 0.67$$

$$\text{カラマツ林} \quad / \sqrt{y} = 3.97 + 0.163$$

$$\text{牧 草 地} \quad / \sqrt{y} = 3.78 + 0.209$$

$$\text{広 葉 樹 林} \quad / \sqrt{y} = 1.75 + 0.189$$

$$\text{芝 生 地} \quad / \sqrt{y} = 1.21 + 0.229$$

これらの式をもちいて距離別減衰量を計算したものが表-3 の計算値 2 の欄の値である。その結果は、20m 以上の距離については対数式で求めた値にほとんど近似し、10m地点では、図-1 にみるように対数式の曲線よりもよく適合している。したがって、騒音の距離別減衰曲線には、NÄSLUND 式がよく適合するといえそうである。

表-3 によると、林内距離別減衰量は、広葉樹 2 次林では 30m地点で 13 ホン、50mで 18 ホン、100mで 25 ホン、カラマツ林ではそれぞれ 11 ホン、17 ホン、24 ホン、広葉樹林では 30mで 16 ホン、50mで 20 ホンとなり、広葉樹林での減衰量が若干多くなっている。牧草地での減衰量は、30mで 7 ホン、50mで 12 ホン、100mで 16 ホンとなり、芝生地では 30mで 14 ホンとなり、芝生地での減衰が高くなっている。

2) 森林自体による減衰量

一般に音は、伝搬経路に障害物がない場合でも、距離による減衰、空気分子の吸収による減衰、風・温度・降水などによる減衰および土地の吸収による減衰などによって自然に減衰する。したがって、森林自体による正味の減衰量を求めるためには、表-3 の値から自然減衰量を差し引く必要がある。

この自然減衰量として牧草地の値をもちいることとし、それぞれに対応する値から差し引くと、表-4 のとおりである。

さらに、小林理学研究所の調査によると、平坦開放道路におけるトラック通過音の最大値の減衰は、点音源の場合の理論値と線音源の場合のそれとの中間値に一致したと報告されている（安岡 1968）。したがって、今回の調査の場合におけるトラック通過音の最大値の距離減衰の理論値は、式

$$y = 15 \log d_2/d_1 \quad (3)$$

ここに y : 減衰量 (ホン)

d₁ : 音源から基準点 (0m地点) までの距離 (m) = 12m

d₂ : 音源から各測定点までの距離 (m)

の d₂ に 22m, 32m,を代入して求められる。その計算結果は、表-3 の理論値欄のとおりである。この理論値をそれぞれに対応する計算値から差し引くと、表-4 のカッコ書きのとおりである。

表-4 によると、森林自体による減衰量は広葉樹 2 次林、カラマツ林では、林内距離 30 地点で 3~5 ホン、50mでは 5~8 ホン、100mでは 8~11 ホンであるが、広葉樹林では 30mで 8 ホン、50mで 9 ホンとなり、前者に比べて大きな減衰量となっている。カラマツ林では、対数式による 10m地点での減衰量は自然減衰量を大きく下まわっているが、NÄSLUND 式の場合には、これがかなり修正されている。また、牧草地の値を基準とし

表 - 4 森林自体による騒音の減衰 (トラック通過音の最大値)(ホン (A))

区分	基準値	林内距離 (m)							
		10	20	30	40	50	60	80	100
広葉樹 2 次林									
計算値 1	牧草地	0.5	2.8	4.3	5.2	6.0	6.6	7.5	8.3
	理論値	(- 0.6)	(3.3)	(5.4)	(6.6)	(7.4)	(8.2)	(9.1)	(10.3)
計算値 2	牧草地	1.1	2.7	4.1	5.1	6.0	6.7	7.8	8.5
	理論値	(0.1)	(2.6)	(4.9)	(6.5)	(7.5)	(8.5)	(9.6)	(10.6)
カラマツ林									
計算値 1	牧草地	- 2.6	0.5	2.5	3.8	4.8	5.7	7.0	8.0
	理論値	(- 3.7)	(1.0)	(3.6)	(5.2)	(6.2)	(7.3)	(8.6)	(10.0)
計算値 2	牧草地	0.3	1.3	2.5	3.6	4.7	5.5	6.8	7.8
	理論値	(- 0.7)	(1.2)	(3.3)	(5.0)	(6.2)	(7.3)	(8.6)	(9.9)
広葉樹林									
計算値 1	牧草地	5.4	6.3	6.9	7.2	7.5	7.7		
	理論値	(4.3)	(6.8)	(8.0)	(8.6)	(8.9)	(9.3)		
計算値 2	牧草地	4.7	6.8	7.5	7.6	7.6	7.5		
	理論値	(3.7)	(6.7)	(8.3)	(9.0)	(9.1)	(9.3)		

たものは、理論値を基準としたものに比べて若干下まわっている。

騒音レベルの中央値の減衰

1) 自然減衰を含めた減衰量

騒音が不規則かつ大幅に変動する場合には、騒音レベルの中央値と 90%レンジの両端の値で表示することに規定されている。そこで、記録紙上の騒音レベルを、5 秒間隔で 50 個読みとり、累積度数分布曲線を描いて、その中央値を求めた。そして、0 m地点での値から各地点での値を差し引いたものを、各地点の減衰量とした。その結果は、表-5 の実測値欄のとおりである。

なお、0 m地点における騒音レベルの中央値は、国道 36 号線沿いでは 58 ~ 66 ホン、北 5 条通りでは 66 ~ 70 ホンであった。

表 - 5 の実測値をもちいて、トラック通過音の最大値の場合と同様に、対数式および NÄSLUND 式で中心線を求めると、つぎのとおりである。すなわち、対数式の場合には

$$\text{広葉樹 2 次林 } y = 13.73 \log - 13.35$$

$$\text{カラマツ林 } y = 12.44 \log - 11.28$$

$$\text{牧草地 } y = 6.32 \log - 5.88$$

$$\text{広葉樹林 } y = 10.61 \log - 2.67$$

$$\text{芝生地 } y = 8.23 \log - 1.57$$

NÄSLUND 式の場合には

$$\text{広葉樹 2 次林 } \sqrt{y} = 5.00 + 0.217$$

$$\text{カラマツ林 } \sqrt{y} = 5.13 + 0.218$$

$$\text{牧草地 } \sqrt{y} = 8.75 + 0.288$$

$$\text{広葉樹林 } \sqrt{y} = 1.46 + 0.226$$

$$\text{芝生地 } \sqrt{y} = 1.47 + 0.256$$

表 - 5 騒音レベルの中央値の減衰 (自然減衰を含む)(ホン(A))

区分	林内距離 (m)							
	10	20	30	40	50	60	80	100
広葉樹2次林								
実測値	4.2	4.8	6.5	8.5	11.8	11.5	12.5	14.2
計算値1	0.4	4.5	6.9	8.6	10.0	11.1	12.8	14.1
計算値2	1.9	4.6	6.8	8.6	10.0	11.1	12.8	14.1
カラマツ林								
実測値	1.9	3.9	6.6	8.8	9.9	11.6	12.2	13.6
計算値1	1.2	4.9	7.1	8.6	9.9	10.8	12.4	13.6
計算値2	1.9	4.4	6.6	8.3	9.7	10.9	12.6	13.8
牧草地								
実測値	0.5	2.8	3.2	3.5	4.8	5.5	6.5	6.8
計算値1	0.4	2.3	3.5	4.2	4.9	5.4	6.1	6.8
計算値2	0.7	1.9	3.0	3.9	4.7	5.3	6.3	7.1
広葉樹林								
実測値	7.9	11.6	12.6	13.6	15.9	16.3		
計算値1	7.9	11.1	13.0	14.3	15.3	16.2		
計算値2	7.2	11.2	13.3	14.6	15.4	16.0		
芝生地								
実測値	7.0	8.7	10.0	12.3				
計算値1	6.7	9.1	10.6	11.6				
計算値2	6.2	9.2	10.8	12.1				
線音源の場合の距離減衰の理論値	2.6	4.3	5.4	6.3	7.2	7.8	8.9	9.7

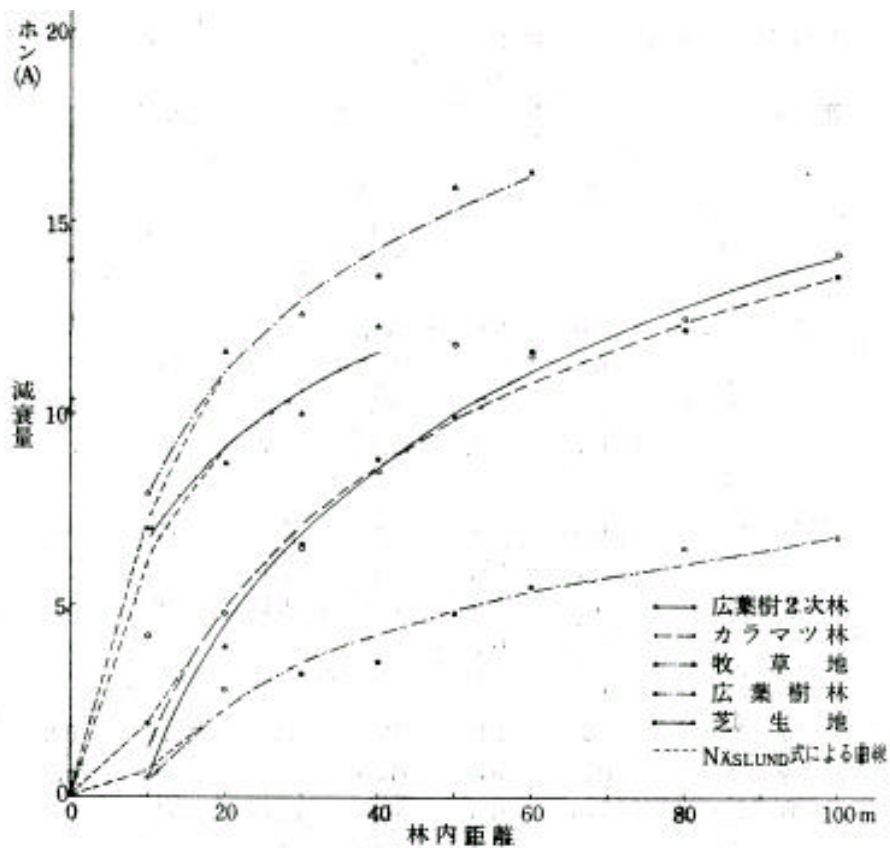


図 - 3 騒音レベルの中央値の減衰 (自然減衰を含む)

となった。これらの値を図示すると、図-3 および図-4 のとおりである。

これらの図表からわかるように、中央値の場合にも最大値の場合と同様に、10m附近の適合状態はNÄSLUND式がよく、20m以後では、両者とも近似した値を示している。

表-5 によると、林内距離別減衰量は、広葉樹2次林、カラマツ林とも類似した値を示し、30mで7ホン、50mで10ホン、100mで14ホンとなっている。これに対し広葉樹林では30mで13ホン、50mで15ホンとなり、前者に比べて5ホン程度高くなっている。牧草地では30mで3ホン、50mで5ホン、100mで7ホンであるが、芝生地では30mで11ホンも減少し、広葉樹2次林を上まわる低下を示している。

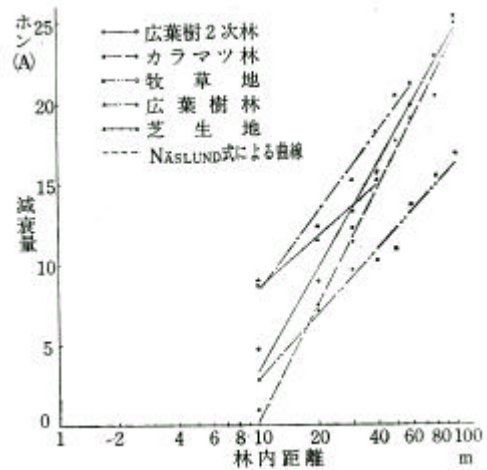


図-4 騒音レベルの中央値の減衰
(自然減衰を含む)(対数目盛)

2) 森林自体による減衰量

騒音レベルの中央値の場合の森林自体の減衰量を、トラック通過音の最大値の場合と同様にして牧草地および理論値を基準として求めると、表-6のとおりである。この場合の理論値は、線音源の場合における距離減衰式

$$y = 10 \log d_2 / d_1 \quad (4)$$

ここに y : 減衰量 (ホン)

y : 音源から基準点 (0m地点) までの距離 (m) = 12m

y : 音源から各測定点までの距離 (m)

の d_2 に 22m, 32m, を代入して求めた (表-5)。

表-6 によると、森林自体による減衰量は広葉樹2次林、カラマツ林では、30mあたり2~4ホン、50mで3~5

表-6 森林自体による騒音の減衰 (騒音レベルの中央値)(ホンA))

区分	基準値	林内距離 (m)							
		10	20	30	40	50	60	80	100
広葉樹2次林									
計算値1	牧草地	0.0	2.2	3.4	4.4	5.1	5.7	6.7	7.3
	理論値	(-0.2)	(0.2)	(1.5)	(2.3)	(3.0)	(3.3)	(3.9)	(4.4)
計算値2	牧草地	1.2	2.7	3.8	4.7	5.3	5.8	6.5	7.0
	理論値	(-0.7)	(0.3)	(1.4)	(2.3)	(2.8)	(3.3)	(3.9)	(4.4)
カラマツ林									
計算値1	牧草地	0.8	2.6	3.6	4.4	5.0	5.4	6.3	6.8
	理論値	(-0.7)	(0.6)	(1.7)	(2.3)	(2.7)	(3.0)	(3.5)	(3.9)
計算値2	牧草地	1.2	2.5	3.6	4.4	5.0	5.6	6.3	6.7
	理論値	(-0.7)	0.1	(1.2)	(2.0)	(2.5)	(3.1)	(3.7)	(4.1)
広葉樹林									
計算値1	牧草地	7.5	8.8	9.5	10.1	10.4	10.8		
	理論値	(5.3)	(6.8)	(7.6)	(8.0)	(8.1)	(8.4)		
計算値2	牧草地	6.5	9.3	10.3	10.7	10.7	10.7		
	理論値	(4.6)	(6.9)	(7.9)	(8.3)	(8.2)	(8.2)		

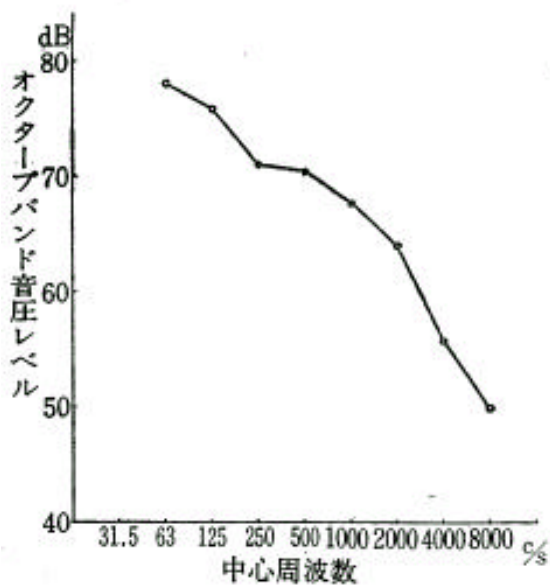


図 - 5 トラック通過音の最大値の騒音スペクトル

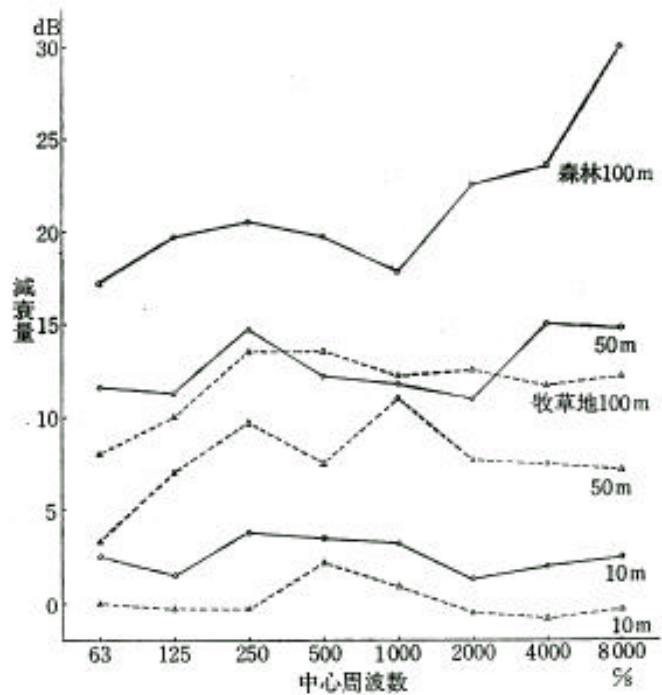


図 - 6 トラック通過音の周波数別減衰量 (自然減衰を含む)

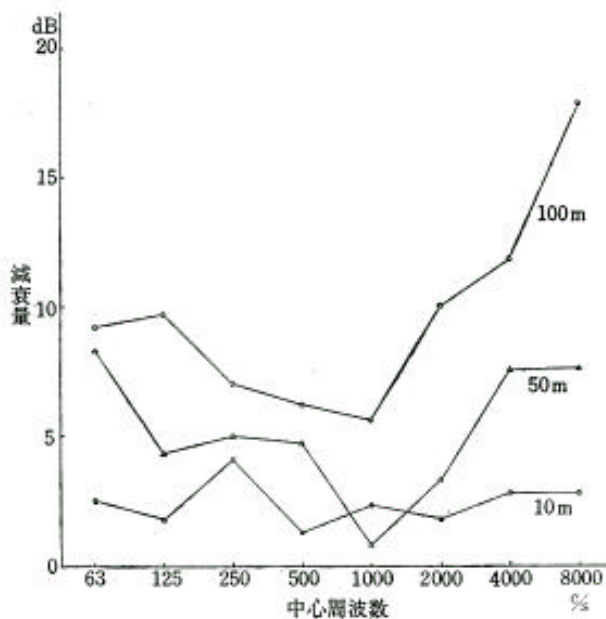


図 - 7 森林自体による周波数別減衰量

ホン、100mで4~7ホンであるが、広葉樹林では30mで10ホン、50mで11ホンとなり、前者に比べて高い減衰量を示している。広葉樹2次林の10m地点では、NÄSLUND式のほうが対数式よりよく適合しているが、カラマツ林の10m地点では両者の値はほとんど類似している。牧草地の値を基準としたものは、最大値の場合とは逆に、理論値を基準としたものに比べて2ホン程度高くなっている。

周波数分析

広葉樹2次林の林縁部(路肩から8m地点)において、トラック通過音の最大値の騒音スペクトルを測定し

た。その結果は、図-5のとおりである。

これによると、トラック通過音の最大値の騒音スペクトルは、中心周波数 63 から 500c/s までは 70dB 以上あるが、1 Kc/s 以上では周波数が多くなるにつれて減少し、8 Kc/s では 50dB に低下している。

この騒音が、森林および牧草地を通過した場合に、どの周波数でよく減衰するかをみると、図-6 のとおりである。

これによると、周波数別の減衰量はかなりバラツキがある。また、森林の 100m 地点では、周波数 8Kc/s のものの減衰量が著すくなっている。

森林自体による正味の減衰量は、牧草地の値を基準として求めると図-7 のとおりである。

この図によると、各地点における周波数別の減衰量は、63c/s の低周波のものと 4 Kc/s 以上の高周波のものとで低下量が大きく、とくに高周波での減衰が著しい傾向があり、500, 1 Kc/s では減衰量が小さくなっている。100m あたりの減衰量でみると、63~125c/s で 9~10 dB、250~1Kc/s で 6~7dB、2~4 Kc/s で 10~11dB、8Kc/s では 18 dB となっている。

考 察

森林による騒音の減衰量

今回の調査では、広葉樹 2 次林、カラマツ林および広葉樹林の 3 つの林分を調査対象としたが、このうち、広葉樹林は市街地内にあるため、ここでの測定値は測定対象とする騒音以外の音の影響を受けることが考えられるため、環境条件としては他の 2 つの林分のほうがすぐれている。このため、森林によってどの程度の騒音が減衰するかについての検討は、広葉樹 2 次林とカラマツ林とについてすすめることとする。

まず、自動車による騒音が森林内を通過したときの減衰量をみると、トラック通過音の最大値、すなわち音源が点状と線状の中間の場合には、表-3 にみるように、30m で 11~14 ホン、50m で 17~18 ホン、60m で 19~20 ホン、100m で 24~25 ホンとなり、距離が 2 倍となると約 7 ホン減衰量が増大している。騒音レベルの中央値、すなわち音源が線音源をなす場合には、表-5 にみるように、30m で 7 ホン、50m で 10 ホン、60m で 11 ホン、100m で 14 ホンとなり、距離が 2 倍となると 4 ホン減衰量が増大している。この値は、距離による減衰量に比べて、前者が 2.5 ホン、後者が 1 ホン高い値である。また、日本音響学会によると、林内通過音の減衰は、50m で 10~15 dB、100m で 25~30 dB であるとされている(橋本 1971)。今回の調査でえられたトラック通過音の最大値の減衰量は、これに比べて 50m では若干高く、100m では若干低い結果となっている。

自然減衰量を除いた森林自体による正味の減衰量は、牧草地の値を基準値とした場合についてみると、トラック通過音の最大値の場合には、表-4 にみるように 30m で 3~4 ホン、50m で 5~6 ホン、60m で 6~7 ホン、100m で 8~9 ホンとなり、騒音レベルの平均値の場合には、表-6 にみるように 30m で 3~4 ホン、50m で 5 ホン、60m で 6 ホン、100m で 7 ホンとなっている。樫山は EMBLETON や COOK *et al.* の調査結果から、森林自体による騒音減衰量を推定した。これによると、森林幅 30m で 8 ホン、50m で 13 ホン、60m で 15 ホン、100m で 20 ホンであるとされている。この値は、2 つの調査がいずれも再生音をもちいていることから、音源が点状のものと考えられるものである。このため今回の調査結果とは直接比較はできないが、今回の結果は、この値に比べて若干低い値となった。

森林による騒音減衰量は、図-2 および図-4 に示したように、距離の対数値と直線関係にあるが、10m 付近ではあまり適合がよくない。このため NASLUND 式をあてはめたところ、図-1 および図-3 にみるように適合

状態はよくなった。したがって、森林による騒音減衰曲線には、NÄSLUND式が適しているように考えられる。

このように、森林による騒音減衰量は、林内の通過距離には比例しない。したがって、森林によって騒音を防止する場合には、最も効果的な幅があることになる。今回の調査結果によると、その幅は 50m 程度、その場合の騒音減衰量は、自然減衰を含めて 10 ホン程度と考えられる。しかし、より多くの減衰を必要とする場合には、さらに幅を広げることが必要であり、かつ有効である。

森林の構成と騒音減衰量の関係

今回調査した広葉樹 2 次林とカラマツ林とは、林分状態はほぼ類似していた（表-1）。この 2 つの林分での騒音減衰量は、すでに示したようにほぼ近似した値となった。したがって、EMBLETON らが示しているように、防音効果には樹種による違いは認められないようである。

今回調査した 3 つの林分の騒音減衰状態をみると、国道 36 号線沿いの広葉樹 2 次林やカラマツ林の減衰量に比べて、北大植物園の広葉樹林の値はきわだって大きくなっている。この原因は、道路の交通状態、測定時の気象条件の違いのほか、林分密度の違いによるものと考えられる。すなわち、広葉樹林には直径 1m におよぶハルニレの大径本が散生しており、ha あたり断面積は、2 次林やカラマツ林に比べて 2 倍以上も密な状態になっていることによるものと考えられる。

また、このハルニレ大径木の樹高は 23m ほどで、この樹冠が調査地の全域を被っていた。このことは、北大植物園の広葉樹林が、国道 36 号線沿いの 2 つの樹林よりも大きな減衰量を示したことの 1 因と考えてもよさそうである。したがって、COOK *et al.* が、騒音減衰量と樹高とは有意な相関を示したとしていることが、この調査でも認められたといえよう。

草生地による騒音の減衰量

国道 36 号線沿いの牧草地における減衰量は、距離減衰の理論値に比べて、トラック通過音の最大値の場合には 30m 以上の地点で 1~2 ホン高く、騒音レベルの中央値の場合には 2 ホン程度低い値を示している。前者の場合の差は、牧草および地面の吸音による減衰と考えられる。後者の場合の差は、測定時の風が追い風であったことや暗騒音などの影響によって、減衰量がそれほどさがらなかったことによるものであろう。

北大植物園内の芝生地の減衰量は、牧草地だけでなく、広葉樹 2 次林やカラマツ林の減衰量までも上まわる値となっている。これは芝生地の幅が狭く、しかもその周辺は樹林で囲まれていて、芝生の上部は樹冠で被われていたため、周辺の森林によるしゃ音や上部の樹冠による上方を回折してきた音のしゃ断の効果が含まれていることによるものと考えられる。

森林による周波数別減衰量

森林による騒音減衰は、どの周波数のところでよく減衰するかを、自然減衰を除いた森林自体による正味の減衰量についてみると、図-7 に示したように、63c/s の低周波のものと、4 Kc/s 以上の高周波のものとで減衰量が大きく、とくに高周波でその傾向が著しいことが認められた。このことは、EMBLETON が「森林による減衰量は周波数の高い部分で大きくなる傾向がある。」としていることとよく一致している。騒音は 500c/s 程度以上の周波数の高い部分がやかましく不愉快に感じられるので、森林のもつ騒音減衰上の性質は、騒音防止上きわめて好都合である。

摘 要

1. 広葉樹 2 次林（本数 1,400 本/ha，断面積 19 m²/ha），カラマツ林（1,700 本/ha，18 m²/ha）および広葉樹林

(1,100本/ha, 49 m²/ha)と対照草地2カ所で、森林による自動車騒音の減衰効果を調査した。

2. 森林による自然減衰を含めた減衰量は、トラック通過音の最大値の場合には、林内距離 50mで 17~18ホン、100mで 24~25ホンとなり、距離が2倍になると約7ホン減衰量が増大し、騒音レベルの中央値や場合にはそれぞれ10ホン、14ホンとなり、距離が2倍になると4ホン減衰量が増大した。

自然減衰量を除いた森林自体による正味の減衰量は、トラック通過音の最大値の場合には、50mで 5~6ホン、100mで 8~9ホンとなり、騒音レベルの中央値の場合には、それぞれ5ホン、7ホンとなった。

3. 森林による騒音減衰曲線には、NÄSLUND式がよく適合した。また、林内距離 20m以上では、対数式がよく適合することが認められた。

4. 防音林を造成する場合の効果的な森林幅は 50m程度で、その場合に期待される減衰量は、自然減衰を含めて 10ホン程度である。しかし、幅をさらに広くしても有効である。

5. 森林による防音効果には、樹種による違いは認められなかったが、林木の直径が大きく、立木密度の高い場合には、防音効果は大きくなることが示唆された。

6. 草土地の騒音減衰量は、距離減衰の理論値に比べて、トラック通過音の最大値の場合には若干高く、騒音レベルの中央値の場合には若干低くなった。

7. 森林による防音効果は、63c/s以下の低い周波数のものと、4Kc/sの高い周波数のものとで大きく、とくに高い周波数のところで効果が著しいことが認められた。

文 献

- COOK, D. I. and HAVERBEKE, van D. F. 1971. Trees and shrubs for noise abatement. Research bulletin 46, Forest service, U. S. D. A. : 77p.
- EMBLETON, T. F. W. 1963. Sound propagation in homogeneous deciduous and evergreen wood. J. Acoust. Soc. Amer. 35 : 1119 - 1125.
- EYRING, C. F. 1946. Jungle acoustics. J. Acoust. Soc. Amer. 18 (2): 1 - 257.
- 橋本与良 1971 防音機能 (林業試験場 保健保全林). 林試研報 239 : 35 - 36
- 檜山徳治 1972 森林の騒音防止機能 (林業試験場 森林の公益的機能について). 調査部資料 47 - 1 : 106 - 113
- 前川純一 1968 塀その他障害物 (日本音響材料協会編 騒音対策ハンドブック. 技報堂): 267 - 272
- 日本音響学会 1967 新東京国際空港防音林音響調査研究報告. 橋本 (1971) から引用
- WIENER, F. M. 1960. Noise reduction (BERANEK ed.). chap. 9.
- 安岡正人 1968 騒音の実例 (日本音響材料協会編 騒音対策ハンドブック. 技報堂): 97 - 171