

図書室



土木研究所資料

第791号

RRL Report LR 357

道路交通騒音に関する資料

昭和48年1月

建設省土木研究所
道路部交通環境研究室

この資料は、1970年にROAD RESEARCH LABORATORYのRRL Report LR357として出版された“A review of road traffic noise”(The working group on research into road traffic noise)を翻訳したものである。ただし、附録2、3については、原文のまま収録してある。

内容は、英国の国内外における道路交通騒音に関する研究の現状について評論し、さらに今後この方面の研究の必要項目について勧告したものである。研究の評論については簡潔ではあるが多方面にわたっており、特に詳細な文献が紹介されているので今後道路交通騒音に関する研究を進めてゆく上には、極めて貴重な資料であろう。

道路交通公害特に交通騒音対策が緊急な道路行政上の課題となっている今日、この資料が研究と対策の一助となれば誠に幸である。

取り急ぎ翻訳し、印刷したため、訳文のよくこなれていない箇所あるいは内容の理解が不十分なための誤訳の部分も多々あることと思う。ご気付きの点について御教示し戴ければ誠に幸である。

交通環境研究室長

金 安 公 造

ROAD RESEARCH LABORATORY
Ministry of Transport
RRL REPORT LR 357

A REVIEW OF ROAD TRAFFIC NOISE

The Working Group on Research into Road Traffic Noise

Road Research Laboratory
Crowthorne, Berkshire
1970

THE WORKING GROUP

Chairman

R. S. Millard Esq., C. M. G., B. Sc., Ph. D., C. Eng., F. I. C. E., A. M. I. Struct.
E., M. Inst. H. E. (Road Research Laboratory)

Members

M. E. Burt Esq., B. A., C. Eng., F. R. Ae. S.
(Road Research Laboratory)

D. E. Dyas Esq., C. Eng., M. I. C. E.
(Ministry of Transport)

A. E. Haines Esq., C. Eng., M. I. Mech. E.
(Ministry of Transport)

D. R. Johnson Esq., B. Sc., C. Eng., A. F. R. Ae. S.
(National Physical Laboratory)

N. S. Kirk Esq., B. A., Ph. D., F. S. S.
(University of Technology, Loughborough)

A. Lassiere Esq., M. Sc. (Eng.) B. A.
(Ministry of Transport)

S. J. Leach Esq., B. Sc., Ph. D.
(Building Research Station)

C. H. G. Mills Esq., B. Sc. (Eng.) A. K. C., C. Eng., F. I. E. E.
(The Motor Industry Research Association)

H. W. Pratt Esq., B. A., (Arch.) Ph. D., A. R. I. B. A.
(Ministry of Housing and Local Government)

Professor T. Priede, Inz. Mech. Latvia., Ph. D. (Lond.) D. Sc. (Eng.),
M. I. Mech. E., M. S. A. E. (Institute of Sound and Vibration Research)

G. H. Vulkan Esq., B. Sc., A. Inst. P.
(Greater London Council, Scientific Branch)

L. H. Watkins Esq., B. Sc., C. Eng., M. I. C. E., M. Inst. H. E., F. R. Met. S.
(Road Research Laboratory)

Secretary

D. G. Harland Esq., B. Sc., A. Inst. P.
(Road Research Laboratory)

序 文

道路交通騒音の研究に関する作業グループは、連合王国において直接道路交通騒音の研究に従事している中央政府および地方政府、大学および産業界の科学者および技術者から構成されている。作業グループへの委任事項は“交通騒音に関する知識の現況および国の内外における現在の研究を評論すること；今後ますます努力が必要な道路交通騒音の研究分野を確認すること；連合王国における交通騒音の研究について協力し、他の諸国との情報の交換を促進すること；交通騒音の研究の結果の応用について勧告すること”である。

この評論は最初の報告である；この中では、われわれは委任事項の最初の二つの部分について計画した。

今後、われわれは会合して、わが国における交通騒音の研究の進歩について評論することを提案する。われわれは、研究が極めて緊急な三つの分野を確認し、そこで、限定されているが特定の調査目的を持つ三つのグループを作った。

- (1) 都市部の自動車道路に対する騒音バリアーの模型の開発
- (2) 非常に重い貨物自動車の実地標準の開発
- (3) 交通騒音が全国の個人および社会に与える影響についての広範な調査

われわれは、この報告書の準備について、以下の方々から受けたかずかずの援助について感謝する。

T. Aspinall Esq., B.Sc., A. Inst.P.(自動車工業研究協会)

C.G.Bottom Esq., B.Sc., (Soc.Sci.)(Loughborough 工科大学)

W.E.Scholes Esq., B.Sc., A.Inst.P.(建築研究所)

P.E.Waters Esq., B.Sc.(Eng.)(音および振動研究所)

Ray Millard

Crowthorne, 1970

目 次

作業グループ

序 文

1. 序 論	1
2. 交通騒音に対する人々の反応	3
2.1 序 論	3
2.2 困 惑	3
2.3 会話妨害	4
2.4 生理的な影響	6
2.5 人間の行為に与える影響	6
2.6 睡眠妨害	7
2.7 社会的影響	8
2.8 要約および今後の研究への勧告	9
3. 自動車騒音の減少	10
3.1 序 論	10
3.2 自動車騒音の特質およびレベル	10
3.2.1 走行速度の影響	10
3.2.2 加速の影響	10
3.2.3 実効荷重の影響	11
3.2.4 自動車周辺の騒音の影響	11
3.2.5 同一モデルの異った自動車の間の変化	11
3.2.6 自動車騒音レベルのスペクトルおよびレベル	11
3.3 自動車騒音の音源および減少	12
3.3.1 Power Unit - 騒音の特質およびレベル	12
3.3.2 Power Unit - エンジンカバー	14
3.3.3 Power Unit - 吸気および排気騒音	15
3.3.4 Power Unit - ファン騒音	15
3.3.5 Power Unit - 排気ブロア騒音	16
3.3.6 トランスミッションシステムの騒音	16
3.3.7 空気騒音	16
3.3.8 路面騒音	16
3.3.9 タイヤ騒音	17
3.3.10 ブレーキ騒音	17
3.3.11 自動車の外面からの騒音	18

3.3.12	実効荷重騒音	18
3.4	規制による自動車騒音の統制	18
3.4.1	関連した連合王国の規制	18
3.4.2	国際規制	19
3.4.3	騒音規制の実施	20
3.4.4	騒音レベル限度の今後の減少	20
3.5	要約および研究勧告	20
4.	交通騒音および減音方法	22
4.1	序 論	22
4.2	交通騒音の音源	22
4.2.1	交通量	22
4.2.2	車種構成	23
4.2.3	走行速度	23
4.2.4	交差点および横断歩道	23
4.2.5	道路勾配	24
4.2.6	道路幅員	24
4.2.7	路 面	24
4.3	交通騒音の伝搬	24
4.3.1	遮音壁	24
4.3.2	道路レベル	26
4.3.3	距 離	26
4.3.4	遮へい物	27
4.3.5	地面の吸収	27
4.3.6	反 射	28
4.3.7	地面の地形	28
4.3.8	風 速	28
4.3.9	温度および湿度	28
4.4	受音者の環境	28
4.4.1	部屋の向き	28
4.4.2	窓	29
4.4.3	床の高さ	29
4.4.4	吸 収	29
4.4.5	屋外の環境	30
4.5	要約および今後の研究への勧告	30
5.	騒音基準の選択	32
5.1	序 論	32

5.2	型式の選択：現在の基準に対する評論	32
5.2.1	基準型式の選択	32
5.2.2	現在の基準の評論	34
5.2.3	現在ある代替案からの選択	35
5.3	基準レベルの選択	36
5.3.1	問題のスケール	37
5.3.2	騒音減少の技術的可能性	38
5.3.3	騒音減少の費用および費用—効果	38
5.3.4	騒音減少便益の評価	39
5.3.5	拘束の組合せ効果	41
5.4	要約および今後の研究への勧告	41
6	要約および討論	43
6.1	現在の状況の要約	43
6.1.1	交通騒音に対する人々の反応	43
6.1.2	個々の自動車の騒音	43
6.1.3	交通騒音	43
6.1.4	騒音基準および経済評価	44
6.2	騒音減少	44
6.2.1	現在の状態	44
6.2.2	近い将来の開発	45
6.2.3	長期計画	45
6.2.4	他の騒音源	47
7	結論および勧告	48
8	文 献	50
8.1	資料番号ごとの文献	50
8.2	アルファベットごとの著者および文献番号のリスト	57
9	附録1．用語集	61
10	附録2．連合王国における1970年1月1日現在の現在および最近の 交通騒音に関する研究	64
10.1	研究概要	64
10.2	研究計画および結果の段階	65
11	附録3．Institute of Sound and Vibration Research (I.S.V.R) における最近の技術的研究	77
11.1	パワーユニット設計	77
11.2	エンジンノイズのスペクトル	77

1. 序 論

1963年7月に提出された「騒音に係る委員会の最終報告」¹⁾は、騒音特に道路交通に起因する騒音による重要な問題について注目をひいた。1963年以来、道路上の自動車台数は約40%まで増加したが、騒音問題についての現在の範囲は、大きいにも拘らず確かではない。この報告で得られた算定では、連合王国の都市部の人口45Mの19%から46%の間の人々は、住居地域に対して望ましくないと判断されそうな騒音レベルを発生している交通量を有している道路で生活している。もし、道路上の個々の自動車の騒音特性が現在のまゝであり、また自動車台数が算定されたとおりに増加するとすれば、1980年までに、危険にさらされる人口の範囲は、30%から61%に増加するであろう。もし、自動車台数の増加に加えて、個々の自動車から発生する騒音が5 dB (A)まで増加すれば、都市人口の93%まで騒音が望ましくないということが判るのは確からしい。9Mの地方部の人口に対しての算定はより困難であるが、しかし現在影響されている人口は、13%から32%までの間であることは確かであろう。これらの数字はすべて家庭における障害に関連している。交通騒音の商業上および他の活動に与える影響については、事実上、数字によるデータは不可能である。

近年、価値のある多くの道路交通騒音に関連のある研究は、種々の機関によって行なわれている。1969年の当初に「道路交通騒音研究作業グループ」が、現在の知識と実施中の研究について評論すること、および将来の研究の必要性を述べるということを当初の作業として組織された。この報告書はこの作業の結果である。自動車外の騒音に制限している。車内騒音および車両によって建物に生ずる振動の問題は検討されていない。

音は、人間の耳によって検知される大気圧の波動による感覚である。音の中には受け取る人によって望まれないものがあり、そのとき騒音と記述される。多くの環境の中で、暗騒音の適度のレベルは望まれないが不愉快なものではないであろう。高いレベルにおいては、睡眠の損失、会話妨害あるいは音楽の楽しみの妨害によって有害なもの (nuisance) となるであろう。より高いレベルでは、重大な影響を与え、能率の低下を生ずるであろう。極端なレベルでは、騒音は聴力に損傷を生ずることになる。

交通騒音のレベルは、道路および道路を利用する自動車の特性、道路から聴く人までの距離および壁や建物のような遮音物の存在または不在を含む多くの要因に依る。交通に起因する音のレベルおよび伝搬による損失は、正確に物理学上の用語、一般にdB (A)のスケールで表わすことができる。しかし、聴く人に与える影響を評価するには、個人の多くの特質およびその人が従事している作業によって変化する主観的な反応を伴っているので、より困難である。

騒音は自動車の設計、運転および維持、道路の配置および道路の環境および建物の設計における各種の方法によって減少させることができる。一方、これらの手段は費用の増加および他の関連においてありうる不利益を伴っており、これらは財政上の料金で表わされるであろう。一方、極端な騒音は貧弱な環境の社会的罰則および作業効率の低下によって生ずる経済的な罰則の両者を伴って

いる。理論的にはこれらの罰則は財政上の料金で表わすことができるかもしれないが、現在の知識では、これが実施されるには不十分である。理想的には、異った場所（例えば、家庭、事務所、商店および工場）におけるいろいろな音のレベルに達するための費用および便益は、望ましい経済的レベルを設定することおよびそのレベルに達するのに必要な自動車、道路、環境および建物の設計の基準を示すことという目的のために比較されるべきである。したがって、発生および伝搬のすべての段階において交通騒音を減少するための技術的可能性および財政的な費用を評価することが望ましく、またこれらの減少したレベルの物理的、社会的および経済的な便益を財政上の料金で評価することが望ましい。

この報告書の二つの目的は、現在実際に用いるのに役に立つ知識を要約することおよび最も経済的な方法で将来必要とされる知識を得るには、いかなる研究が必要であるかを定めることである。第2章は騒音に対する人々の反応についての現在の知識および人々に与える交通騒音の起りうべき影響について評論しており；また物理的および主観的な測定に関する問題について討論している。第3章は個々の自動車の騒音特性の知識および減少の予想について討論しており、また第4章は交通によって発生する騒音および交通運用、道路設計および建物の設計方法によってどのように減少させることができるかについて論じている。第5章は実際の騒音基準における望ましい特色、道路交通問題の範囲および体系的な費用／便益分析のために必要なデータを論じている。第6章においては前各章に含まれている現在の知識の評論はともに要約されており、騒音の減少への適用が論じられている。第7章は結論と勧告を表にしている。

使われている用語および単位のうちであまり親しみのないものに対して簡潔な用語解説が附録1に与えられている。他の二つの附録は、現在および最近の連合王国における交通騒音の研究についての情報およびSouthamptonの「騒音および振動研究所」におけるエンジン騒音の減少についての最近の研究のより詳細な記述を含んでいる。

全般的な結論は、有用な当座の指標が設計の直接的な問題に関係のある人々に与えることができることであるが、しかし、特に将来の作業は、自動車騒音を減少することの長期間の展望を示すため、周辺の区域に対して環境基準を確立するためおよび国の社会的および商業的な寿命に与える交通騒音の悪影響を財政上の語で表わすための信頼できる尺度を必要としていることである。

2. 交通騒音に対する人々の反応

2.1 序 論

騒音に対するわれわれの応答は要因の多様性に影響され、その結果、非常に複雑である。これらの非常に広範な応答は、以下のことによって代表される：一困惑の表現、会話による伝達の困難、騒音による聴力の損失のような生理上の被害、作業遂行の低下、一般の安寧に影響する（例えば、睡眠障害あるいはストレスの発生によるもの）範囲およびわれわれの人間関係および志気への影響である。

騒音の大きさ、騒音の大きさの一時的変動、騒音のスペクトル、騒音に応答する人の位置と活動性、感情的な局面、その他のすべては、われわれの全応答に対する影響に相互に作用している。これらすべての要因は、幅広い環境の変化への条件あるいは適合性に対するわれわれの固有の能力によって、それら自身を複雑にしている。さらに、環境全体は理想的なことは殆んどなく、騒音は望ましくない要因の唯一のものであろう；ある場合には、他の緩和する要因に対するトレードオフとして、あるいは他の騒音に対する一つの騒音として出現することがあるであろう。

上述のように複雑であるにも拘らず、この章では交通騒音がわれわれに与える影響は、簡便のために、主要な応答の用語 それぞれ各節で取り扱われている で取り扱われている。いろいろな応答相互の内部相関に関する情報はばらばらであるので、各節の説明は注意すべきである。最終の 2.8 節は、章の要約および今後の研究に対する勧告について述べている。

2.2 困 惑

London Noise Survey^{1), 2), 3)} は、540 地点の騒音レベルを測定し、1300 人の居住者の主観的反応を調査した。30% は交通騒音によって非常に妨害されていることを主張した。これは最もしばしば聴かれている騒音であり、80% 以上の地点では最高のレベルを生じていた。交通騒音による困惑は多くの事項について生じている：とりわけ最も明白なことは、就眠および睡眠の困難性、会話による伝達の妨害、窓を閉めておくことおよび音楽を聞く楽しみが失われることである。騒音によって生ずる不満足は、心理的かつ社会的な要因の複合した相互作用から生ずる。これにも拘らず、二つの研究は、全体的な不満足に対する騒音の物理的測定に定量的に関係している (Griffiths and Langdon⁴⁾ および the National Swedish Institute⁵⁾。)

Griffiths and Langdon は、London 地域（自由な交通を流しているすべての直線かつ水平な道路）の 14 地点の 1290 人の居住者に対するインタビューに基づいて、結論を出している。騒音条件に対する不満は、一日を通じてサンプルした期間の 90% (L_{90}) および 10% (L_{10}) をこえる音のレベル (dB(A)) の平均値のウェイトづけされた組合せとよく相関していることが判った。組合せは、次式で示した "Traffic Noise Index" (TNI) の型である。

$$TNI = 4 (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \dots\dots\dots 1$$

また、 L_{10} および L_{90} は、それら自身は、不満足とはあまり相関していないことおよび TNI

は L_{10} の室内における値に関係している Wilson Committee の提案¹⁾ について進歩を与えた。しかし、室外では、ある週日の 0600 から 2400 時の周期の L_{10} の平均は、全日で平均した L_{10} の平均は、全日で平均した L_{10} よりも、不満足に対する相関がよく、直接用いるときの基準の基礎として示唆されている⁶⁾。

Sweden の研究は、妨害と騒音の三つの客観的測定値、 L_{10} 、 L_{50} および騒音曝露指数 (noise exposure index) との間によい相関があることを示した。この指数は騒音レベルのエネルギー平均値に基づいており、次式で表わされる。

$$L_{eq} = K \log \frac{1}{100} \sum 10^{L_i/K} f_i \dots\dots\dots 2$$

ただし、 K は定数、スウェーデンの研究では 10^* に等しい

L_i は 5 dB (A) 間隔の i 番目の平均音のレベル

f_i は、音のレベルが間隔 i にあるときの時間のパーセント

最近、Robinson⁸⁾ は、TNI 研究で提示された変動性の概念を組み込んで、“Noise Pollution Level” (L_{NP}) という指数が、交通、航空および研究所の騒音妨害の研究の結果を調整できることを示した。 L_{NP} は次式によって与えられる。

$$L_{NP} = L_{eq} + 2.56 \sigma \dots\dots\dots 3$$

ただし、 L_{eq} は、特定期間のエネルギー平均騒音レベル

σ は、同一期間の統計的時間シリーズとして考慮された同時におこる音のレベルの標準偏差

3 式において、 L_{eq} は 2 式において $K=10$ としたときと同じであり、dB(A) スケールのように困惑に十分に相関したスケールによる測定値から計算される。

TNI および L_{NP} は、概念として同じであるけれど、騒音の変動について TNI がウェイトづけされている範囲は、実際におこる交通騒音の分布の範囲に対する L_{NP} よりも 2~2.5 倍大きい。TNI の不満足関係は、1 日当り 4000 から 40000 台の範囲の交通量がある道路について推論されており、この範囲外の交通量については適用するために外推すべきではない。 L_{NP} は音源の変化および TNI よりも広い範囲のレベルに適用することが仮定されており、したがって L_{NP} は TNI よりも多方面に現われる。しかし、一方、運輸騒音のすべての型に対する評価の共通な方法を用いることは、明らかに魅力があり、正しく評価されるため TNI と L_{NP} の相対的な利点について、今後の実験的証拠が必要である。

2.3 会話妨害

会話妨害を評価することができる多くの方法がある。それらは明瞭度指数の計算から簡単な Noise Rating, Noise Criterion および平均バンドレベル法を通じて適当にウェイトづけさ

* いくつかの研究において K の他の値が用いられた。しかし、Griffiths and Langdon^{4), 7)} は、 $K=10$ が L_{eq} と不満足との間に最もよい相関を与えるということを結論している。しかし、これは TNI と不満足との間の相関ほどよくなかった。

れた音のレベルの測定まで広がっている。

会話妨害を評価する各種の方法は、Robinson⁹⁾とMills 他¹⁰⁾によって、最新の2報文で評論されている。Robinson は、一般の計画上の目的に対して、音のレベルdB(A)は、十分な評価方法であるということを結論し、Mills 他は、公共サービス車の代表的スペクトルを用いて音のレベルdB(A)とNR 数に基づいた方法および平均音圧レベルおよび附带的にZwicker loudness (phons (GD)) に基づいた方法との間に非常に高い相関があることを示した。二つの報文は、ISO の文書案——1961 に表にされ、未だ出版されていないが、その後異議を申し立てられていない——で指定されているNoise Rating の用語で、会話妨害を予想するための経験的な常数によって修正された音のレベルdB(A)を使用することを勧告している。

Robinson は Klumpp と Webster¹¹⁾ が見出したことに基づいた一つの関係を用いている。それは、

$$NR_{.512} \approx dB(A) - 3 \dots\dots\dots 4$$

ここで、 $NR_{.512}$ は 0.5, 1.0, および 2.0 KHz のみのオクターブの中心周波数に用いられている干渉騒音の Noise Rating Number である。

Mills 他¹⁰⁾ は、それぞれのスペクトルに対して、 $NR_{.512}$ は次式によって最も良く予測されることを見出した。

$$NR_{.512} \approx dB(A) - 6 \dots\dots\dots 5$$

しかし、公共サービス車の騒音の大きくて低い周波数の内容を考慮するために、次式の使用を示唆した。

$$NR_{\text{wide band}} \approx dB(A) - 2 \dots\dots\dots 6$$

ただし、 $NR_{\text{wide band}}$ は、63 Hz から 8 KHz の間の 8 つのバンド中心で用いられている干渉騒音の Noise Rating Number である。

4 式および 6 式から、交通騒音については、NR は 2 あるいは 3 単位小さい dB(A) によって、数量的によく予測されることが判るであろう。

交通騒音によって生ずる適当な会話妨害の指示のいくつかは、ISO (表-V, 文献9) の適用および NR 数を dB(A) に変換することによって得ることができる。例えば NR_{55} (≈ 58 dB(A)) は、普通の声のレベルで 1.3 m における会話および相当に満足できる電話の会話、事務室に対する最小の要求であるが会議室および教室においては差しつかえない程度以上のものである；窓が閉じている普通の建物を通じる伝環損失が 20 dB を許すと、最大の外部騒音レベルは 78 dB(A) であることを示唆している。明らかに、事務所は幹線道路の側に位置することはできるが、学校はできない。

上の例で示した作業は連続する騒音に関してである；騒音の一時的変動が大きいところでは、変動性に対して、おそらく若干の許容がなされるであろうが、しかしこの許容の範囲は不明であり、いろいろな状態によって、おそらく変化するであろう。情報が価値があると思われる一つの特別な分野は、多くの会話妨害であり、これはコンサートホール、学校、会議室および住宅のように、一定の敏感な環境の中のグループ活動に対して許容することができるものである。

2.4 生理的な影響

現在では、普通の条件の下での道路交通による騒音のばくろが、ばくろの長期間に対してさえも、いかなる場合でも、聞くことに害があるということ、あるいは他の直接の生理的悪影響があるということ、あるいは他の直接的生理的影響、例えばストレス症候群はあるであろうが、しかし今後の研究がなければ、交通騒音に関連して結論を出すことは不可能である。

1963年のWilson Committee¹⁾によって示された聴力の損傷についての情報は、Burns and Littler, the British Medical Association and Gloringによって提出された証拠に基づいており、連続的な音に対する常習的なばくろ(1日当たり5時間以上)は、もしレベルが90 dB(A)をこえていれば、聴力に対する危険となるであろうという供述にはほぼ一致している。1969年のMotor Vehicle(Construction and Use) RegulationsのRegulation 89では、いかなる車両も路側において92 dB(A)よりも大きくすることは許されていない。したがって、現実の違反の発生を許しても、事実上、危険なばくろ条件に対して、法定の測定距離(車道の最も近い部分から17ft.)にあること、あるいはそれ以上にあることは不可能であろう。

年齢に伴って普通に予想される低下は別として、聴力損失の範囲は、非常に短い一時的な音あるいは断続的な音の場合を除いて、受けた音のエネルギーに直接関係していることは広く信じられている。したがって、設定されるある基準以上では、音のレベルの3 dBの増加は露出時間の2倍に等しいという交換原則に基づいて、危険の度合は音のレベルの増加と露出期間の拡大の両者とともに増加する。この原理は、次式に示したNoise Immission Levelという概念で、最近、RobinsonとCook¹²⁾によって論証された。

$$E_A = L_A + 10 \log_{10} (T / T_0) \dots\dots\dots 7$$

ここで、 E_A はAでウェイトされたdBで表わされるNoise Immission Level

L_A はdB(A)で示された平均騒音レベル

Tは年数で示された全露出

T_0 は関係する期間(=1年)

である。

広範な工業調査¹³⁾によると、この作業は、ある与えられた E_A の値に対して、各可聴周波数ごとに、聴力レベルの特定の損失を受ける人口のパーセントを予測することができる方法を示している。例えば、82 dB(A) ($E_A = 95$)の平均レベルの交通騒音に対する20年間の露出という、ほとんどありそうもない場合において、露出口の2%のみ、すなわち、最も“騒音を感じやすい”耳の人は、2 KHzにおいて聴力の20 dBの減少を経験するであろう、そして、年齢による聴力の一般的低下のために、さらに2.5 dBの損失があるにもかかわらず、普通の会話の知覚力の重要な損傷をおこすのには、いまだ十分ではない。

2.5 人間の行為に与える影響

騒音が人間の行為に与える影響について行なわれた数多くの研究については、調査されている^{14), 15), 16), 17), 18)}。しかし、道路交通に起因する騒音についての文献は見出されなかった。

道路交通騒音が行為に与える影響を算定することは、次の三つの理由から困難である：(i)大部分の調査者は、約80dB(c)に条件をコントロールされた“静かさ”を用いており、これは道路交通から部屋の中に入ってくる最大のレベルに達していること；(ii)大部分の調査者は、道路交通騒音と特性の非常に異なる広いバンドの騒音を用いていること；(iii)大部分の調査者は、道路交通の場合と実際に比較にならない音のレベルの時間的変化を含んだ騒音を用いていること。

大部分の研究が標準とした作業の型は不寝番であり、この作業において、被実験者は時間の長い周期に対する表示システムを監視し、断続的に発生する信号の存在を報告することが要求されているのが典型的である。主な結果は次のとおりである。1回か2回の表示が監視され、また僅かな信号が発生されたいくつな不寝番における行為は、断続的あるいは衝動的な騒音の利益となる¹⁹⁾、²⁰⁾；定常的な騒音の条件下では行為は一般的に影響されないであろう²¹⁾、²²⁾。多くの表示が注意され、信号がしばしば起るような同様な業務における行為は、高い騒音の条件の下では監視している期間の終り近くに衰えていくことを示す傾向がある²²⁾、²³⁾、²⁴⁾。この影響は僅かであり、音のレベルが、90 dB(c)より大きいときはあまり当にならない。

他の型の作業における行為の漸減については、90dB(c)以上の音のレベルの場合についても判っている。例えば、意思決定²⁵⁾、簡単な頭脳作業²⁶⁾およびくりかえし作業²⁷⁾である。いかなる減少についても、一般に出来高が少ないということよりも、むしろ誤りがより多いという形を取る。一般に、もし被実験者が自分の最大の能力で情報を処理していれば騒音の不規則な刺激がその人の容量をこえ行為を衰えさせると思われる。もし、非常に少ない情報が処理されていれば、騒音は多分やわらげられたたいくつによって行為を改善することができ、実際に騒音のない場合は非常に混乱させる結果となる。作業で出合う業務の大部分は、これらの極端の間にあり、極端にたいくつでもなく、また能力一杯に作業しているほどでもない。もし、仕事からの十分な刺激があれば、行為の増加は生ずることが好ましくなく、そして行為における僅かな妨害は相対的に変化しないoverallな行為をそのままにして直接的に修正されることができる。

被実験者は、実験の期間中、業務行為において全く減少を示さないという事実は、実験の騒音レベルが普通の作業環境において受認されるであろうということを必ずしも意味しない。

2.6 睡眠妨害

騒音が睡眠に与える影響についてのいくつかの情報は、Social Survey²⁾、⁴⁾、²⁸⁾、脳波調査および自律状態の研究から入手することができる。

London Noise Survey²⁾において、インタビューされた人の35%は、これらの人の家族の何人かは、これは必ずしも交通騒音のみではなく、物理的な測定はできなかったけれども、屋外からの騒音によって睡眠を妨げられていることを主張した。TNI調査⁴⁾において睡眠妨害について二つのことが質問された；すなわちTNI95において約80%の人は、交通騒音によって目を覚まされることを主張し、TNI70において30%の人が交通騒音によって目を覚まされることを主張した。音響学上の傾向に基づく、インタビューされた人の10%から35%の人は、音を止めることによって起こされることを主張した。

多くの研究では、一般に、被実験者の目を覚ますことなく、騒音は脳波（E.E.G.）リズムに分解させることができるが、しかし、被実験者は起きているときの下級の睡眠には答えなかった。しかし、長時間の睡眠中のE.E.G. リズム分解は有害であろう。適応は可能であるが、しかし、それが生ずる環境はよく判っていない³⁴⁾。Schieber³³⁾は、交通騒音の条件の下において眠りにおちる時間および熟睡におちる時間を研究し、ある交通騒音の条件は、これらの期間を極端に長くするということを結論している。音のレベルの中央値が61dB(A)のとき（軽交通）は、75dB(A)（重交通）のときよりも睡眠におちるのにより困難であることが判った。そして、主要な要因は、レベルではなく、レベルの時間的変化であることを示唆している。

2.7 社会的影響

London Noise Survey²⁾では、6%の人が騒音のために家を移転したい希望を表明した。騒音の高い自動車道の沿線で生活している場合は、かなり高いパーセントの人々が、この希望を表明した。Central London²⁾では、客観的な騒音の傾向は、すべての社会的層に対して同様であった；しかし、インタビューのとき、社会的に高い階級の方が社会的に低い階級よりも不平は多かった；また非筋肉労働者は筋肉労働者よりも不平が多かった。American Survey²⁸⁾は、高所得のグループは低所得のグループよりも、騒音によってより多く“なやまされ”ていることを示した。騒音のうるさい地域にある家屋は、静かな地域にある家屋よりも高くないということが主張され³⁶⁾、あるいは売却するのにより長くかゝるということを示している³⁷⁾。多くの場合、交通騒音が資産の評価価値の減少の要因であることを報じている。新しい自道車道が建設されたところ、および支線の道路で交通密度が非常に増加したところでは特にそうである。多くの都市地域では、交通騒音が障害の一つの原因であるにも拘らず、子供達のような他の近隣の騒音は、二、三、の都市では、等しいかあるいはより重大であると思われることを、二つの調査は示唆している²⁸⁾、³⁸⁾。

作事中に音圧レベルを99から89dB(c)に減少することは、モラルを増加するという結果を示した²⁷⁾。しかし、作業者が業務に非常に興味を持っているか、あるいは仕事が非常に重大であると信じている場合は、非常に高い音圧レベル（94～119dB(c)）は、必ずしもモラルの低下の原因ではない³⁹⁾。高い騒音レベルは未熟練業務において、労働者の移動が多い⁴⁰⁾、また、Swedenでは、騒音レベルが高いという理由でストライキ行為のおそれがあった⁴¹⁾。これらの影響は、現在の日中の道路交通から生ずる代表的な室内の騒音傾向において生ずることはありそうにはない。

道路交通騒音が困惑の原因となるところでは、人間関係およびグループ作業の行為に影響するであろう⁴²⁾。しかし、ある状態では、道路交通騒音は、会話のマスキングによって、一定の量の聴覚のプライバシーが与えられ、したがって有益となろう⁴³⁾、⁴⁴⁾。高い音圧レベルは直接精神上的の病気の原因となるということは、明白でないということを、ある調査者は報じている¹⁾、⁴⁵⁾。しかし、最近の研究は、ロンドン空港の近傍において、精神病院の入院者と航空騒音との間に一つの関係があることを示している⁴⁶⁾。騒々しい条件がたいくつな業務に関連して見出される場所では、職業のために生ずるノイローゼが発生するであろう⁴⁷⁾、⁴⁸⁾。

2.8 要約および今後の研究への勧告

交通騒音が困惑、会話および聴力に与える影響についての情報は、入手することが可能である。最近の作業は、仮りの許容限度は、困惑と会話障害について設定することができるであろうが、しかし、その有効性は、今後の現場研究によって確める必要がある。生理的な影響については、現在の日中の交通騒音によって、聴力損失を生ずる騒音も他の直接的な生理的障害も生ずることはありそうもないということを示す確かな証拠はあるが、しかし、間接的な生理的影響についての証拠は、不明確である。

人間の行為に与える騒音の影響については、多くの作業がなされているけれども、特に交通騒音に関するものはない。業務が音による伝達を含むもの以外は、交通騒音レベルは、行為の損傷が生ずるレベル以下であるということは、明らかである。この要因はコンサートホール、学校、会議室および住宅におけるグループ活動で示唆される会話障害レベルよりも大きな影響を有しているであろう。

交通騒音が睡眠に及ぼす影響に関する情報は、限定されているが判っており、各種の社会的影響は、外面に現われたレベルより以上に調査されたことを現わしていない。

この章では、次のような研究を必要としていることを示している。

1. 提案された困惑の客観的測定 (TNI と L_{NP}) の利点と、その環境の領域への応用を比較する社会的影響の調査
2. 交通騒音レベルの時間的变化が会話伝達に与える影響についての算定
3. 交通騒音が、授業、学習および関係あるグループ活動に与える影響
4. 交通騒音が睡眠に与える影響
5. 交通騒音が人の健康に与える影響

3. 自動車騒音の減少

3.1 序 論

すべての条件の下で、自動車から発生する騒音を十分に定義するためには、ギヤー比、速度、加速、路面および実効荷重のような運転上のパラメータを考慮することが必要である。しかし、自動車の車外騒音についての文献の大部分は、I.S.O.の通過走行試験^{49), 50)}に関して規定された運転上のパラメーターの組で発生した騒音を考慮しているのみである。この試験は、1台の自動車が設計された限界内で運転されるときに発生する最大の騒音を決めるために試みられるものである。

道路用の自動車は、それぞれ騒音を発生する多数のシステムから構成されている。自動車から発生する騒音はこれらのシステムからの相対的レベル、特徴および相互作用に依存している。現在生産されている自動車について、主要な騒音源はパワーユニットおよびその補助機関であり、その他の騒音発生体は伝達機構、タイヤ、ブレーキ系、車体および実効荷重である。

この章の3.2節では、自動車の全騒音およびこれが自動車を運転する方法にいかに関連するかについて考察し、3.3節では個々の音源および騒音を減少させる方法について論議し、3.4節では自動車騒音を制御するための規制を評論し、3.5節では章を要約し、今後の研究についての勧告を与えている。

3.2 自動車騒音の特質およびレベル

3.2.1 走行速度の影響

Waters⁵¹⁾は、自動車が水平な道路上を一定の速度で走行しているとき、自動車の音圧レベルdB(A)と走行速度の対数との間におよそ直線関係があることを示した。データが不十分であるのでこの関係を正確に決めることは不可能であるが、次式で示される：

$$\text{音圧レベル dB(A)} = 30 \log_{10} V + k \dots\dots\dots 8$$

ここで、 k は未定のパラメーターである。

同様な関係は、自動車の回転騒音についてRathe⁵²⁾により、自動車のエンジン騒音についてPriede⁵³⁾により、自由に走行している交通による平均騒音レベルについてJohnson およびSaunders⁵⁴⁾により得られている。

この分野において、エンジンのオーバースピードについては、誰にも考慮されていないが、25%のオーバースピードはエンジンをブレーキとして用いているときは一般的な走行方法であり、この条件は重要であろう。

3.2.2 加速の影響

Waters⁵¹⁾ およびBurt⁵⁵⁾の両者は、定常速度と比較して加速中の自動車の騒音は非常に増加することを示している結果を与えたが、しかし、測定が困難なことが、この影響の充分な調査を妨げている。適切な試験方法は、現在Institute of Sound and Vibration Research およびRoad Research Laboratoryによって、調査中である。

3.2.3 実効荷重の影響

運転上のパラメーターの一つとしての実効荷重は、Waters⁵¹⁾によって研究された1台のローリーおよび1台の乗用車以外については、いかなる注目も受けられていない。これらの自動車の両者は、載荷していないときよりも載荷しているときの方が、定常走行時は静かであったが、一般化するためには資料は少なすぎた。

3.2.4 自動車周辺の騒音の分布

自動車周辺の騒音の分布については、ごく僅かのデータしか出版されていない。Priede⁵⁶⁾は、2台の静止している自動車から1 mの地点の測定値を与えている。試験された自動車に対して、車体はエンジンを側方で覆っているので、側方への放射は前方への放射よりも小さいことが判った。

Rathe⁵⁷⁾は、一定の速度で運転されている乗用車に垂直な平面について、いくつかの結果を得た。自動車の走行路の中心から7.5 mのところ測定され、水平から45°および60°の間についてほぼ分布は一樣であり、乗用車の垂直上方で約6 dB(A)小さいことを示した。

3.2.5 同一モデルの異った自動車の間の変化

Hadley⁵⁷⁾は、使用したモーターサイクルの6ケのモデルの標準偏差は1.9 から1.6 dBであることを報じている。Martin⁵⁸⁾は、訓練されていない運転者および修正 I.S.O. 試験を用いて、5種の異ったモデルの乗用車を試験して、各モデルの標準偏差は約2 dBであることを見出した。18の異ったモデルからなる94台の使用中の自動車についての運輸省の I.S.O. 試験は、ディーゼルエンジンのローリーについては0.9 dB(A)、ガソリンエンジンの重ローリーについては1.1 dB(A)、ガソリンエンジンの軽商用車については1.3 dB(A)、小さい乗用車タイプについては0.2 dB(A)、350 cc のモーターサイクルについては0.7 dB(A)の標準偏差があることを示した。

3.2.6 自動車騒音のスペクトルおよびレベル

各種の級の自動車からの騒音のスペクトルについては、ごく僅かのデータしか出版されていないことが判った。そしてこの節では、Institute of Sound and Vibration Research および Road Research Laboratory によって行なわれたが、これまでにまだ出版されていない測定を報告する。多数の異ったタイプの商用車についての I.S.O. 走行試験^{49), 50)}に対する騒音レベルの分布は MIRA^{60), 61)}によって得られている。

この節の目的のために、自動車は重商用車、軽商用車、P.S.V.s、小乗用車、大乗用車、高性能乗用車およびモーターサイクルに分類することができる。図1～5は、これらの5つのグループに対するデータを示しており；P.S.V.sあるいはモーターサイクルについてのデータは、入手していない。この議論は I.S.O. の走行試験^{49), 50)}の条件の下での試験から得られたスペクトルのみに関している。

重商用車は総重量3.5 ton以上として設計されたものとして分類されている。これらは約3 ℓから16ℓまでの範囲の容量の4ストロークディーゼルエンジンによって、主に力を得ており、出力は80から300 b.h.p. であり、総重量32 ton が最高である。エンジン容量が6 ℓから8 ℓの3台の自動車について試験され、このスペクトルは図1にプロットされている。これらのスペクトルは、周波数約3 kHzまで約80 dB で、ほとんど一定であり、それから周波数の10倍ごとに約20 dB

減少している。1 から 3 kHz の間の山は、ディーゼルエンジンの特徴の“ノック”であり、シリンダーの圧力の振動によって生ずる 5 kHz 近くの第二のピークは、一般的でないことはない。低周波数においてスペクトルが幅広く分散しているのは、吸排気の休止の変化および車体の共鳴のせいである。

軽商用車および乗用車は、総重量が 3.5 ton 以下あるいは 12 座席以下の自動車として定義されている。これらはガソリンあるいはディーゼルエンジンが用いられており、エンジンの型の選択は、しばしば買う人にまかされている。図 2 は 4 台のガソリンエンジンの軽商用車に関するスペクトルを示している。これらのスペクトルは、1 kHz における 70 dB を通って、10 倍について 12 dB の負の傾斜を有している。この級のレベルの広がり是他のいかなる級車両よりも広い。15 ~ 20 dB の広がり大部分の周波数バンドで表われている。125 ~ 160 Hz および 80 Hz における低いレベルは、ガソリン車の典型的なものである。この級の車体のカバーは、ディーゼルノックを減じているので、得られた分散のなかで、ディーゼルエンジンを有する自動車のスペクトルはガソリンエンジンの自動車のものとは幾分異っている。

乗用車は、おもに水冷の 4 ストロークのガソリンエンジンが用いられており、まれに、2 ストロークの空冷またはディーゼルエンジンが用いられている。乗用車のエンジンの出力は、他のいずれのグループの自動車よりも広い範囲をカバーしている；最小と最大との差は大きさの順序よりも大きい。機関騒音および冷却ファン騒音は全騒音レベルに充分強大に寄与しているにもかかわらず、排気騒音は一般に卓越している。

エンジンの容量が 1.5 l およびそれ以下の 3 台の軽乗用車、2.5 l 以上の 3 台の大型乗用車および 1.0 l から 4.0 l までの 4 台の高性能車およびスポーツ車がテストされた。これらのスペクトルは、それぞれ図 3、4 および 5 に示してある。乗用車騒音の主な特徴は約 70 dB でスペクトルが平であり、125 ~ 160 Hz で 100 dB に達する主要なピークがあり、2 kHz 以上で 10 倍当り 15 ~ 20 dB 減少することである。大型乗用車のグループでは低い周波数のピークは特によく表われていないが、これに対して、これらの周波数における最大レベルは、最も大きいスポーツカーから得られる。高性能車級は、一般に非常に高いレベルを与えており、125 ~ 160 Hz では 100 dB までとなっている。乗用車の大きさは増加しているので低周波数の排気騒音は、スペクトルが 125 ~ 160 Hz における 100 dB から 10 倍当り 20 ~ 30 dB の一様な傾斜で減少しているという極端な条件まで増加している。

3.3 自動車騒音の音源および減少

3.3.1 パワーユニット——騒音の特徴およびレベル

(i) エンジン騒音の源

広範な調査⁶²⁾は、ディーゼルエンジンからの卓越した騒音は燃焼に伴うシリンダー中の圧力の急速な上昇によって生ずることを示している。ピストン、燃料注入システム、その他のような騒音の二次的な機構源は、騒音の全レベルおよび特質を修正することは少ない^{62), 63), 64), 65), 66), 67), 68)}。ガソリンエンジンでは、圧力上昇が滑らかであるので、機構上の騒音が非常に寄与して

いる。ディーゼルエンジンをturbocharging しているものは、シリンダー圧力の急激な上昇を滑らかにし、これらの型のエンジンは大部分の条件の下で普通に音を発しているディーゼルエンジンよりも静かである⁵⁶⁾。

(ii) 速度の影響

dB(A) で示されたエンジン騒音は、回転速度 N の対数に直線的に増加することが示されている⁶³⁾。

普通に音を発しているディーゼルエンジンに対して

$$\text{音圧レベル } \text{dB(A)} = 30 \log_{10} N + k \quad \dots\dots\dots 9$$

turbocharged ディーゼルエンジンおよび2ストロークディーゼルエンジンに対して、

$$\text{音圧レベル } \text{dB(A)} = 40 \log_{10} N + k \quad \dots\dots\dots 10$$

ガソリンエンジンに対して、

$$\text{音圧レベル } \text{dB(A)} = 50 \log_{10} N + k \quad \dots\dots\dots 11$$

ここで、各式の k は未定のパラメーターである。

これらの関係はシリンダー圧力図の異った型式によって決定されている⁶²⁾。これらはまた、ガソリンおよびturbocharged ディーゼルエンジンの滑らかな圧力上昇から増加した分が速度の増加として減少していることを示している。

(iii) 荷重の影響

シリンダー圧力図における荷重の影響は、ガソリンエンジンにおいて非常に明らかであるが、しかし、ディーゼルエンジンにおいては小さい(“load advance” が injection system に代る場合を除いては)。従って、空の場合と満載条件の間の騒音レベルの変化は、ディーゼルエンジンの場合は3 dB(A) よりもめったに大きくないが、ガソリンエンジンについては10 dB(A) 程度高くなる^{56), 64)}。

(iv) エンジンの大きさの影響

I.S.V.R.における最近の作業(附録3)は、エンジンから出る騒音のレベルを決めるのに、従前考えられていた swept volume⁶⁹⁾ よりも、孔径 B が重要であるということを示している。この関係は、ガソリンおよびディーゼルエンジンの両方に対して、次式で示される。

$$\text{音圧レベル } \text{dB(A)} = 50 \log_{10} B + k \quad \dots\dots\dots 12$$

ここで、 k は未定のパラメーターである。

これは速度の影響に関して、シリンダーブロックから0.9 mの定格の荷重と速度の下で4ストロークのディーゼルエンジンの騒音は次式に統合することができる。

$$\text{音圧レベル } \text{dB(A)} = D \log_{10} \frac{N}{3300} + 50 \log_{10} B + 53.8 \quad \dots\dots\dots 13$$

ここで、 D は dB/10 倍で示されたシリンダー圧力スペクトルの勾配

N は rev./min. で示された回転速度

B は cm で示された孔径

ガソリンエンジンおよび2ストロークディーゼルエンジンに対する同様な式は、データが不充

分なので開発されていない。

(V) 設計の影響

Priede, Grover 他⁷⁰⁾ および Thien⁷¹⁾ による作業は、エンジン構造の設計の根本的な変化は、音圧レベルで 10 dB(A) 減少することができることを確証した。これは、7 あるいは 8 dB(A) のレベルの減少を与えた I.S.V.R. における構造研究エンジンの設計^{56), 69)} を導いた。しかし、このエンジンを生産するには、まだ十分な実現性はない。

現在生産されている自動車のディーゼルエンジンの騒音の調査は、定格の速度と荷重の下で試験台上のエンジンから測定される騒音が 99 および 110 dB(A) の間にあることを示している(附録3)。これは、過去に観測されたよりも非常に大きい変動であって最小の overall space を占有するために特別に設計されたコンパクトエンジンと称されるものを導入することによって説明されている。これらの設計は一般に over-square であり、従って高規格の速度をもっている。その結果、これらのコンパクトエンジンからの騒音は、孔径の増加の理由および高速運転の理由の両者によって高い。

(VI) エンジン騒音のスペクトルとレベル

Priede, Grover および Lalor⁷²⁾ によって V8 エンジンで代表されるいくつかのもの以外に、エンジン騒音のスペクトルの範囲について示している出版は非常に少ない。附録3は、ディーゼルエンジンについてのいくつかのスペクトルおよびレベルの表を与えている。ガソリンエンジンについては、唯一のデータを入手することができる。エンジンの構成は 13 式で与えられる騒音レベルに影響しないが、しかし、スペクトルについて細かい点で異なっている。ディーゼルエンジンは、典型的な“ディーゼルノック”である 1~3 kHz における高い音圧によって特徴づけられている。同様に combustion chamber cavity の常態の周波数および主要な構造的な共鳴からのシリンダー圧力の振動によって、高いレベルが発生する。

3.3.2 パワーユニット — エンジンカバー

エンジンおよびトランスミッションのカバーは騒音の減少に有効であることが判った^{60), 61), 73), 74), 75), 76)}。この理由から、商用車の設計はエンジンカバーを含めるべきであることが勧告された。公共サービス車、軽商用車および乗用車はエンジンカバーを備えており、これは、これらの車の騒音を現在のローリーの設計のレベル以下に減少させている一助けとなっている。カバーは維持の障害となり、ラジエターを通りエンジンを流れる空気量を少なくすることによって冷却を悪くする欠点がある。(極端に冷却される場合に、これは利点となり、カバーはエンジンを清浄に保つ)。

Aspinall および West⁷⁴⁾ は、カバーの重量ハンディとともに、各種のカバーの程度によって得られた騒音減少の二・三の例を引用している。もし、面密度が 5 kg/m^2 の材料が用いられれば、線状のエンジンおよびギャーボックスカバーは約 45 kg であり、全減音量は 7~11 dB(A) となる。Juhaaz of M.A.N.^{75), 76)} は、精密に作られたカバーを用いることによって 15~20 dB(A) 減音することができた。

カバーすることの代替手段は、エンジンの上に弾力的に支持されている不感性的な材料でエンジン

の放射面をカバーすることである^{70), 71)}。このような方法は、シャシーを覆うよりも実質的に安価であり、冷却の問題を少なくさせる。

3.3.3 パワーユニット——吸気および排気騒音

内燃機関からの吸気および排気の両者の騒音は、高い圧力の振幅で振動する gas columns が直接大気に伝達されることによって起る。これらの騒音源を制御する一般の原理は、生じる圧力の変動を減少させる消音器を用いることである。消音なしでは、排気および吸気は、エンジン騒音の主な音源である^{56), 77), 78), 79), 80), 81), 82)}。吸気および排気騒音の両者は、速度と同じ関係があることが判った。

$$\text{音圧レベル } dB(A) = 45 \log_{10} N + k \dots\dots\dots 14$$

ここで、Nはエンジン速度、

kは未定のパラメーター。

吸気騒音は吸気バルブの開閉の結果であり⁷⁷⁾、排気バルブの流の特質および排気システムに非常に影響されている⁵⁶⁾ことが示されている。この理由から、吸気騒音は、排気ブレーキが設けられたとき、大きな問題となるであろう。吸気騒音は荷重の増加に伴って増大する⁵⁶⁾：ディーゼルエンジンにおいて無負荷の場合と全負荷の場合の間の騒音の増加は10および15 dBの間であり、ガソリンエンジンの場合は20および25 dBの間である。

排気騒音は排気バルブを開くことに伴って、排気システムの中にガスを急激に発射することによって発生する。バルブを閉めることの影響はあまりない⁵⁶⁾。排気騒音は排気バルブの特質およびタイミングによって非常に幅広く影響される；British Internal Combustion Engine Research Institute は、エンジン設計のこれらの点に着目することによって排気騒音を10～15 dB 減音することができた⁸³⁾。Motor Industry Research Association は、排気システムの広範な調査を実施した^{78), 79), 80)}、しかし、排気消音器の挙動を説明するのに完全に満足する理論は、いまだ開発されていない。しかし、一例えば、燃料タンクカーおよび連結されたローリーのように一自動車設計に課せられた空間の制限がある場合を除いては、排気を消音することはあまり問題ではない⁸²⁾。エンジン負荷を無負荷から全負荷に変えることによって、排気騒音は15から20 dB 増加する、turbocharging は、エンジンと吸気騒音を減少させるのと同程度に排気騒音を相当減少させる。

3.3.4 パワーユニット ファン騒音

エンジンを冷却するファンの最も一般的な型は軸流型である。これは水冷型のエンジンのラジエーターを通して空気を一定に吸い込むのが普通である。遠心型のファンはときどき空冷エンジンに用いられる。

軸流型ファンから発生する騒音の機構はSharland⁸⁴⁾によって述べられている。速度による音圧レベルの変化は、次式によって与えられる：—

$$\text{音圧レベル } dB(A) = 60 \log_{10} N + k \dots\dots\dots 15$$

ここで、kは未定のパラメーターである。

高速のエンジン速度において、ファン速度を減ずるための特別な連結機は、ファン騒音を制御す

るのに最も有効な方法である。動いているブレードと他の遮断物（ファンベルト、エンジン突起物その他）との間の相互作用は非常に効果がある⁸³⁾。運転速度範囲をこえてレベルの調和を分布させるのに、ブレード間隔を有効に用いることができ、76°の4枚ブレードのファンは、これに対して満足であることが判った^{85), 86)}。

3.3.5 パワーユニット——排気ブロー騒音

rotary positive displacement blowers (Roots type) は2ストロークディーゼルエンジンの scavenging blowers として広く用いられている。これらのブロワーの吸気騒音は有効運転範囲以上では、100から150 dB(A)に変化する。精密な通風の消音器があっても、エンジンおよび自動車からの卓越した騒音源となっている⁵⁶⁾。これらのブロワーから発生する騒音の機構についての調査は、速度による音圧レベルの変化を次式で示している⁸⁷⁾：—

$$\text{音圧レベル } \text{dB(A)} = 55 \log_{10} VZ + k \dots\dots\dots 16$$

ここで、Vはローターの先端速度

Zはローター当りの葉の数

kは未定の定数

3.3.6 トランスミッションシステムの騒音

トランスミッションによって発する騒音は自動車のすべての騒音源のなかで、最も不明なものであろう。自動車から分離されたミッションについてのいくつかの研究は Enrenreich⁸⁸⁾ および Beuler⁸⁹⁾ といった人によって行なわれており、ギヤーから発生する騒音の機構について明らかにされている。一台の完成した自動車では、ギヤーボックスはエンジンから構造的に伝達される騒音を発生するので、これは主要な励起とはならない。しかし、騒音の減少を最大にするためにエンジンをカバーする場合に、ギヤーボックスを含む必要があることが示されているので、ミッションは騒音発生物として重要である^{60), 61), 73), 74)}。

3.3.7 空気騒音

空気騒音の機構は良く知られている⁹⁰⁾。車外の空気騒音の主要な原因は、自動車の表面から発散される渦であり、速度による音圧レベルの変化は次式で示される：—

$$\text{音圧レベル } \text{dB(A)} = 55 \log_{10} V + k \dots\dots\dots 17$$

ここで、Vは空気に対する自動車の相対速度

kは未定の定数

Waters⁶¹⁾ および Rathe⁵²⁾ によって引用された速度に対する自動車騒音の関係についてのデータは、17式の勾配が空気騒音は車外において重要でないであろうということを示唆してことに手掛を得ていない。

3.3.8 路面騒音

Rathe⁵²⁾ は40, 60 および80 km/hで惰行している4台のセダン型自動車からの騒音を調査し、次式を得た：—

$$\text{騒音レベル } \text{dB(A)} = 0.2 V + k \dots\dots\dots 18$$

ここで、Vはkm/hで表わされた自動車速度

k は路面による定数

しかし、調査速度の範囲は小さく、データは次式と等しい：—

$$\text{騒音レベル } \text{dB(A)} = 30 \log_{10} V + k \dots\dots\dots 19$$

湿潤路面では、1 kHz 以上の周波数では、跳ね水は広いバンドノイズを与える。滑らかなアスファルトでは、回転騒音レベルは乾燥路面上のレベルよりも約15 dB 以上増加するが、一方粗なコンクリート路面では、湿っている場合は約8 dB 増加する。Rathe は、湿ったコンクリートと湿ったアスファルトの間の騒音レベルの差は重要でないことを見出した。

連合王国における最近の実験では、すり減ったコンクリートを retexure し、その迂り抵抗を改善するための最も満足すべき処理は交通流に対して直角に溝を切ることであるということが判った^{55), 91)}。これらの溝に対して28mmの間隔が用いられ、100 km/h において992 Hzの周波数を励起させた。およそこの周波数における調子は、交通がこの種の路面を高速で通過するときには、路側において聞かれる。

3.3.9 タイヤ騒音

Wieuer⁹²⁾ は、異った設計のタイヤについて、粗および密な路面上で30および50 mph で走行している乗用車からのタイヤ騒音を調査した。randomised トレッドパターンのタイヤが用いられ、得られた1/3 オクターブのスペクトルは、著しいピークを示さなかった。粗な道路におけるスペクトルは800 Hz までほぼ一定であり、それから高い周波数において10倍について約30 dB減少した。速度変化はスペクトルのレベルを変えたが、その形状を非常に変えることはなかった。滑らかな道路に変えることによる音の発生は減少は、100 ~ 1500 Hz の範囲でレベルを減少させた。タイヤの骨組材料およびトレッドゴムの変化は、スペクトルおよびレベルを極く僅か変えるだけであった。湿った道路についての試験は行なわれなかった。

50 mphにおける滑らかな回転走行について、ローリータイヤのトレッド設計が研究され、滑らかなトレッドの騒音レベルが最も低く、周囲に溝があるタイヤトレッド、広い間隔のパターン、横溝、ブロックパターンおよび一様なポケットのパターンの順に騒音レベルは増加した^{93), 91)}。

Burt⁵⁵⁾ は、64 km/h で車輪をロックしてブレーキをかけている間のタイヤスキールによって、およそ100 dB(A)の騒音レベルがあることを示した。スキールおよび異常なタイヤ騒音についての他のデータは、Luetgebrune⁹⁵⁾、Joy 他⁹⁶⁾ およびLippmann⁹⁷⁾ による論文で与えられている。

3.3.10 ブレーキ騒音

自動車のブレーキ系は二種の騒音源であり、困惑の原因となるが、しかし交通騒音の全レベルに非常に関与することはない。これらはブレーキスキールであり、またエアブレーキ系の圧力の解放によって生ずる騒音である。

ブレーキスキールのレベルについて入手しうるデータはないが、しかし、これは一般に2~3 kHz の不連続な周波数の騒音である。ドラムおよびディスクブレーキの両者についてブレーキ騒音を減少させる各種の方法が述べられている^{98), 99), 100), 101), 102)}。

エアブレーキを解放するときの騒音についてのデータは出版されていないが、しかしSwitze—

reland では自動車から7mのところでは82dB(A)が限界とされている。

3.3.11 自動車の外面からの騒音

自動車の外面から発する騒音の機構はPried⁵⁶⁾によって論じられている。この音源からの騒音は、自動車の速度範囲の全体にわたって全く一定である。低周波騒音であり、したがってdB(A)で測定された自動車の音圧レベルにはほとんど寄与していない。

3.3.12 実効荷重騒音

自動車の実効荷重によって発せられる騒音についてのデータは全く出版されていないが、しかし、木枠につめられたビン、ガスボンベのような荷物は、明らかに一つの騒音源である。この騒音はしばしば衝撃的であり、したがって現在の騒音レベル計で測定することは、その“動特性”が衝撃的な騒音を測定するのに遅すぎるので、困難である。

3.4 規制による自動車騒音の統制

3.4.1 関連した連合王国の規制

騒音レベルの限度および測定による施行は、1968年3月15日に議会によって作成された規制によって最初に規定され、The Motor Vehicles Construction and use (Amendment) Regulations 1968, S.I. 1968 No. 362. として出版された。その後、the Motor Vehicle (Construction and Use) Regulations 1969, S.I. No. 321, として出版され、一部分はRegulations 23 および 89 に含まれる騒音統制に関連している。

Regulation 23 は、1970年4月1日以降に最初に使用される自動車に適用される製作の制限に関する。規制に従うことは自動車製作者の責任であり、現在では運輸省によって認可された型はない。Regulation で規制されている騒音レベルの限度は表-1 に与えられており、測定はB.S. 3425 : 1966⁵⁰⁾で述べられている試験方法に従って行なわれる。

表-1 最大許容レベル
Regulation 23 The Motor Vehicles(Construction and Use) Regulation

自動車の級および種類	最大騒音レベル* dB(A)
1. シリンダー容量が50ccをこえないモーターサイクル	77
2 シリンダー容量が125cc をこえるモーターサイクル	86
3. その他のモーターサイクル	82
4. 最大総重量が3.5トンをこす貨物車； モータートラクター； 機関車； トラクター； 作業用トラック； 工作用プラント；および 乗用車	
運転者を除いて12名以上を乗せる構造のもの	89
5. その他の乗用車、例えば運転者を除いて12人をこえない構造のもの	84
6. 最大総重量3.5トンをこさない貨物車；および上述のものに分類されない他のすべての自動車	85

* British Standard BS 3425 の方法による測定：1966⁵⁰⁾。

Regulation 89 は、"使用" 制限に関するものであり、1931年1月1日以降に最初に使用される自動車およびすべてのトレーラーに適用される。現在ある自動車および1970年11月1日以前に最初に使用される自動車は1968年7月1日以降に規定された騒音レベル限度に適合することが要求されている。この制限は、シリンダー容量が50ccを超えるモーターサイクル（級2および3）および級6に対してそれぞれ90dB(A) および92dB(A) とされている。他のすべての場合および1970年11月1日以降に最初に使用されるすべての自動車に対して、制限は表-1のそれぞれの級について与えられている値の3 dB (A) 上である。これらの制限は路側測定に適用され、最小の場所の面積とRegulations のSchejule 10に述べられている試験場所を取りまく騒音環境に特有な3dB(A)の許容量を含んでいる。

3.4.2 国際規制

欧州経済委員会（E.C.E.）は、自動車騒音規制（Regulation a）をUniform Conditions of Approval and Reciprocal Recognition of Approval for Motor Vehicle Equipment and Parts の採用に関するUnited Nations 1958 Agreement に併合した。

Regulation 9, これは1968年3月に有効となるが、は200 BHP (DIN)よりも大きく開発されているエンジンに適合する重車量を区別しており、I.S.O.の試験条件の下で92 dB (A)の制限を許容している。これは現在の連合王国の規制よりもきびしくない。

連合王国以外の数個の国々では、騒音レベル測定による自動車の騒音の制限を規制している。これらの簡単な要約は表-2に示した。

表-2 測定に基づいた自動車騒音法令に関する諸国

国名	状況		テストの型				自動車の型			文 献
	現 行	提 案	ISO Static	ISO Mobile	特 殊	Operating	モーターサイクル	乗用車	商用車	
Austria	×		×	×			×	×	×	(104)
Belgium	×			×			×	×	×	(107)
Bermuda	×				×		×			(57)
California	×				×	×	×	×	×	(112)
Canada(Tronto)	×					×	×	×	×	(106)
Denmark	×						×			(107)
Finland	×		×				×	×	×	(107)
France	×			×			×	×	×	(108)
Germany	×		×	×	×		×	×	×	(109)
Italy	×		×		×		×	×	×	(110)
Japan	×				×		×	×	×	(106)
Luxembourg	×			×			×	×	×	(107)
Netherlands	×			×			×	×	×	(111)
New York State	×				×		×	×	×	(105)
Norway	×			×		×	×			(107)
Portugal	×			×			×	×	×	(107)
South Africa		×		×			?	×	×	(105)
Spain	×				×		×	×	×	(107)
Sweden		×				×	×	×	×	(106)
Switzerland	×		×				×	×	×	(103)
V.K.	×			×		×	×	×	×	(一)

3.4.3 騒音規制の実施

路側において個々の自動車騒音を測定することは容易ではない。連合王国の規制は、測定に影響する反響を防ぐため開けた場所を指定しており、自動車のピークよりも10dB以下の暗騒音があり、製作制限よりも3dB以上のレベルを認めている。しかし、いくつかは成功して行なわれたけれども、交通量が要求される周囲の状況および空間に充分適合するほど少ない場所を見出すことは困難であり、試験場所を通過する運転者からマイクを隠すことは困難である。

効果的な規制を統制するために、停車した自動車を試験する方法は、重貨物車の試験場所に適用するために、運輸省によって開発されている。このような方法の採用は、最大総重量が3.5 tonを超過しているすべての貨物車の騒音ポテンシャルを形成してることの年間の照査を可能にするであろう。

3.4.4 騒音レベル限度の今後の減少

ある期間に適切な指導が与えられれば、自動車の製作者は、乗用車については80dB(A)、容量が125 cc をこえるモーターサイクルについては84dB(A)、商用車の大部分については86dB(A)のI. S. O. の走行試験の制限に適合させる可能性があるであろうということは、研究の結果は示唆している。

3.5 要約および研究勧告

定速度で走行している場合、自動車騒音レベルは速度の10倍について約30dB(A)、すなわち速度が倍になると9dB(A)増加する。同一条件の下で測定された同一モデルの自動車に対する騒音レベルの標準偏差は約2dB(A)である。自動車音のスペクトルおよび自動車音の音場の分布についての情報は多くない。自動車騒音レベルに対する加速および実効荷重の影響は、よく判っていない。

現在生産されている自動車の騒音の最も主要な音源はエンジンであり、多くの重ローリーに取りつけられているover square diesel engineはすべてのエンジンの中で最も騒音が高い。エンジン構造を再設計することによって、長期的にはエンジン騒音を約10dB(A)減少することは可能であろう。短期的には、エンジンおよびミッション全体をカバーすることによってローリー騒音を減少させることができるが、しかし、冷却問題およびスペースの制限が、多くのモデルにこの手段を用いることを妨げている。連結されているローリーおよびタンカーについて、スペースの制限は、やはり消音器の設計問題を生じている。タイヤおよび路面の騒音は、もし、エンジンおよび排気騒音が10dB(A)まで減ずることができれば、主要な自動車騒音源となろう。道路騒音の発生機構は、現在では解明されていない。

現在の連合王国の規制における騒音レベルの制限は、holding limitsとしてのみ考慮すべきであり、ローリーについては86dB(A)および乗用車については80dB(A)の製作レベルは、技術的に可能である。

この章は、以下の研究と開発が必要であることを指摘している。

1. 加速および実効荷重の自動車騒音に与える影響。
2. 道路上における自動車騒音とI.S.O. 走行試験における自動車騒音との間の関係。

3. 路面騒音

4. 現在のレベルの少なくとも10dB(A)以下の騒音レベルを狙とした重連結ローリーの開発, およびこのようなローリーの可能性を実際に証明し, 商業的に育成すること。

4. 交通騒音および減音方法

4.1 序 論

音響学上の問題は三つの広い項目について考察することができる：(i)音源，(ii)音の伝搬，(iii)受音者の環境である。交通騒音の場合は音源は，型の異なる多数の自動車からなる交通と交通が移動する道路である。騒音の伝搬は道路の高さ，道路と受信者との間の距離および遮へい物，またこれらの間の地盤の型と地形によって影響される。気候，特に風向と風速は騒音の伝達に影響するであろう。受音者の環境は，その人達が居住している建物および建物の中での活動性という要因が，交通騒音を聴く人に直接影響するというに関係している。

この章は，交通騒音のレベルと特質を決定する音源，伝搬および受音者の環境の各種の状況および騒音を減少させる方法について述べている。問題の各要素は簡便のために節および小節に別けられているけれども，これらの要素は相互に関連しており，実際上の問題は併せて考慮されなければならないということは強調されなければならない。4.5 節は章を要約し，今後の研究についての勧告を与えている。

4.2 交通騒音の音源

この節では交通音源は1本の道路上の自動車の集合として考えられている。個々の自動車からの騒音は前章で考察されており，ここでは論議しない。

道路交通による騒音は幅広いバンドノイズであり，その明細のすべてについては，オーバオールレベルに対する周波数スケールのそれぞれの部分の寄与を示すために，周波数分析が必要である。図-6 は二つの代表的な交通騒音の分析例を示している。一つは毎時3000台走行している6車線の自動車道路の最も近い車線から4mのところ測定された騒音に関するものであり，他の例はラッシュ時のLondonのStrand街の縁石における騒音の分析である。両者とも時間の10%をこえる騒音レベルに関するものである。他の状況，例えば，距離が異なること，道路の型が異なること，あるいは交通量が異なれば，スペクトルは異なるであろうし，さらに時間の10%をこえるレベルかあるいは他のパーセントを考えるかどうかによってスペクトルは異なるであろう。幸いにも多くの目的に対して，交通騒音は周波数分析なしに騒音レベルdB(A)によって充分明らかにされる。しかし，測定の基本的単位としてのdB(A)の使用は，特に遮へいや建物の絶縁のように制御方法を考慮するときのような二次的な影響をあいまいにする¹¹³⁾。

4.2.1 交通量

交通量が増加すると騒音は増加するが，簡単な関係ではない。都市部の道路において，交通量が少ない場合は騒音レベルは交通量とともに急速に増加するが，しかし交通量が1200台/時以上となると，おそらく混雑が増加して速度が低下するので，騒音の付加的な増加は少ない。自動車道路では相当する交通量は2500台/時である。一般に，自動車道路において時間の10%をこえる騒音レベル(L₁₀)は交通量の増加よりも急速に増加する^{114), 115), 116), 117), 118)}。交通が二・

三の主要道路に集中することは、主要道路沿いの騒音を非常に増加させることはないであろうが、細道路については交通量が減少するので、相当減少するであろう。これに対して、主要道路の交通を細道路に分散させる一方通行計画は、主要道路の改善なしに、細道路の環境のかなりの悪化の原因となる。

Johnson および Saunders⁵⁴⁾ は、自由走行で道路からの距離が自動車の間の車頭間隔の4倍よりも大きいところの連続交通の特別の場合についての実験式を見出した。これは、20%の重量車を含む道路からの交通量、速度および距離に対する騒音レベルの中央値(L_{50})に関するものである：—

$$L_{50} = 46.5 + 10 \log_{10} \frac{Q}{d} + 30 \log_{10} \frac{\bar{V}}{65} \dots\dots\dots 20$$

ここで、 L_{50} は騒音レベルの中央値 (dB (A))

Q は交通量 (台/時)

d は路側からの距離 (m)

$\bar{V}$ は平均走行速度 (km/h)

4.2.2 車 種 構 成

車種構成が交通騒音に与える影響についての情報は大部分定性的である。重量車のパーセントが大きくなると騒音は大きくなる。斜面および交通の停止点においては、乗用車とローリーの間の騒音レベルの差は強くなる。しかし、速度が増加するにともなってローリーと乗用車との騒音の差は少くなり、したがって自動車道路では車種構成の影響は都市部道路よりも重要ではない⁵⁴⁾。車種構成の影響についてのいくつかの定量的情報はあが、交通の停止に関するものはない。都市部の道路では、20%の重量車を含むとき1200台/時の交通量の代表的騒音レベルの中央値は69 dB (A)であるが、重量車が50%になると7 dB (A)に増加する^{115), 116), 117), 118)}が、これに対して、自動車道路における自由走行の交通量に対して、3 dB (A)以上増加することはない⁵⁴⁾。

4.2.3 走 行 速 度

自動車道路において、平均走行速度が2倍となると約9 dB (A)増加し、これに相応して主観的な音の大きさはほぼ2倍となる⁵⁴⁾。速度の増加は乗用車に対する影響の方がディーゼルのローリーに対する影響よりも大きい。高速においては、タイヤ騒音およびおそらく空気騒音はエンジン騒音と同じように重要となり、速度が増加するに従って低周波数のレベルよりも高周波数の音圧レベルが増加するので、交通騒音の周波数スペクトルは異なる^{117), 118), 120)}。

4.2.4 交差点および横断歩道

騒音の特性およびレベルは交差点へ近接することによって影響される。交差点や横断歩道では自動車の減速、停止および加速によって騒音レベルは急速に変化する。その結果としてのレベルの変動は—20 dB (A)をこえるであろう—主観的に重要である。個々の自動車からの騒音レベルは定速度で走行しているときよりも発車のときの方が高いことがある。特にローリー、高性能乗用車、およびモーターサイクルがそうであり、また自動車が上り勾配でスタートしなければならないときも高い。今後、いろいろの条件の時の交通の停止が騒音レベルに与える影響の定量的情報が必要で

ある。

4.2.5 道路勾配

自動車の騒音、特に重量車からの騒音は自動車が坂道にあるとき増加し、長い坂道の場合非常に著しい。20%の重量車を含んでいるとき $1/11$ の上り勾配で L_{50} は6 dB(A)まで増加することが判った⁵⁴⁾。30 phmの速度の1台のローリーからの騒音レベルは $1/20$ の勾配で8 dB(A)まで増加する¹¹⁸⁾。しかし、勾配が交通騒音に与える影響についての情報は非常に限られている。

4.2.6 道路幅員

市街地で両側に高い建物がある狭い道路では、建物の正面に反射する音によって‘canyon effect’を生ずる^{121), 122)}。他のすべての条件が等しい場合に、このような道路では広く開けた道路よりも6 dB(A)大きい。

車道が2重のような広い道路ではバリアーから自動車までの距離が狭い道路の場合よりも遮へいされることが少ないので、路側のバリアーの効率に影響を与えるであろう。

4.2.7 路面

路面を設計する場合、第一に考慮すべきことは迂り抵抗を良くすることである。不幸なことには、このために設けられた粗な路面は滑らかな路面よりも騒々しい。連合王国で行なわれた測定では、乾燥路面の下で、主要道路で現在一般に用いられている路面——すなわちBS 594 アスファルトあるいはブラシされたコンクリート路面——上を通過する交通の路側の騒音レベルの間の差は非常に僅かであることを示している。Mill HillのM1における路側の一つの試験では、コンクリート路面ではアスファルト路面を通過する同じ交通よりも L_{10} の値は約1 dB(A)高かった。Rath⁵²⁾(3.3.8参照)は、乗用車について、惰行時の騒音レベルはコンクリートよりもアスファルトの方が高かったことを見出したが、しかし、この報告はコンクリートが滑らかであったか、ブラシされていたか明らかでなく、また普通の交通条件においてエンジン騒音は惰行騒音の変化を非常にマスクすることが考えられるであろう。

4.3 交通騒音の伝搬

道路交通騒音の伝搬は多くの要因によって影響される。これらには路側における遮へい、距離、地面の吸収効果、中間障害物による遮へい、反射および気象の影響が含まれる。

4.3.1 遮音壁

道路からの騒音の伝搬は、路端におけるバリアーあるいは道路を切上に建設すること、あるいはこれらの二者の組合せによる音響的な遮へいによって影響されるであろう。伝搬する騒音の減少は障害物の全有効高に順に依存している音の影の広がりに基づいており、これは障害物の頂点から音源と受音点とを結ぶ直線に下した垂線の高さである。高の影は障害物の有効高を高くすること、あるいは障害物を音源に近づけること(図-7)によって増加することができる。遮へいは伝達されたスペクトルを修正することによって交通騒音の特性を変え¹¹³⁾、そして L_{90} よりも L_{10} を大きく減少させる。このように、バリアーは交通騒音を減ずるのみでなくピークを小さくさせる¹²³⁾。

バリアーによって落とされた音の影は不透明な物体によって落とされた光の影よりも鮮明に定められ

ることがなく、また、実際の騒音バリアーの頂点および端部を廻って回折するのであろう。このことは、実際のバリアーは、回折された音のレベルよりも小さいレベルまで十分に減音された伝達音を弱めることのみに、必要であるということを示している。回折された音からの寄与は聴く人がバリアーから遠ざかるほど増加する。したがって、路側のバリアーは道路近くの高いレベルを減音するのに最も有効であり、道路からはなれた低いレベルについて効果は少ない。この効果が変わることはバリアーの音の影におけるほぼ一定の音のレベルの範囲を作る。

単一の周波数の音調を発している一つの点音源からの音圧レベルを減じているバリアーの計算について、いくつかの理論的方法が提案されている^{(124), (125), (126), (127), (128)}が、音源は道路上に分配されており、また交通騒音のスペクトルは広い周波数範囲で連続している(図-6)ので、路側のバリアーの動作を確信をもって予測することは不可能である。単一周波数について、一つの点音源を道路の幅の中間に仮定し、それから文献121~125の曲線、例えば図-8が作られた Maekawa の曲線を用いることによって算定することができる。この手順により、Redfearn⁽¹²⁴⁾の曲線を用いて、図-6に示すような広いバンドノイズについて、現場の状況によって弱くされる損失が5 dB(A)ほど許容されるが、単一図形の全減少が計算されている。これらは、30m の車道端にある高さ3mの長いバリアーに対して、バリアーから6mの地点で12dB(A)また65mの地点で8.5 dB(A)の減音を予測している⁽¹²⁹⁾。現場条件の交通に対する騒音レベルの減少を定めるための今後の研究は緊急な優先性があり、二つの計画が実行中である(附録2参照)。

音を弱くすること以外に、バリアーの設計で考慮すべき要因は、道路利用者の安全性(運転者と歩行者の両者)、道路およびバリアーの後の保護すべき地域からの外観、およびバリアーからの反射による道路上の騒音の増加である。実際のバリアーは伝達する音を、10~12dB(A)の騒音の減音を与える回折音のレベルよりも小さくすることだけでなく、面密度を10 km/m²よりも大きくしない必要があり、これは風荷重に抵抗するのに十分な強さをバリアーに与えている。約5 dB(A)の減少を与えるために設計されたバリアーは孔または小さなすき間を組みこむことができよう。

表-3は、自動車道路の片側に沿う剛体バリアーの1フィート当りのコストについて、Greater London Council Architects' DepartmentおよびMinistry of Housing and Local Governmentによって行なわれた計算(未出版)を示している。

表-3 騒音バリアーの建設費

バ リ ヤ ー	1フィート当の費用	算 定 者
10 ft 高の煉瓦壁	10 ポンド	G. L. C.
平で曲っている12 ft高の煉瓦壁	7	H. O. H. L. G.
10 ft高のコンクリートパネル壁	20	G. L. C.
6 ft 高の木の板	2	G. L. C.
12 ft高の土堤	14~16	H. O. H. L. G.

バリアーは都市部の自動車道路から騒音が拡散するのを防ぐのに非常に有効であることは明白に証明できるであろうが、しかし、現在では都市部の騒音を減少させる可能性、あるいは設計、建設および維持に関係する問題についての実際の経験は充分でない。

4.3.2 道路レベル

騒音の伝達は道路が高架か、平面かあるいは掘割かによっている。

- (a) 平面——騒音は低い障害物によって影響され、距離によると同様に地面の影響によって弱められるであろう。
- (b) 高架——高架道路上の交通による騒音は、道路と受音者との間の低い障害物あるいは地面の吸収によって全く影響されないか、あるいはせいぜいごく僅か、影響されるであろう。このように、高架道路からの騒音は、同じ交通を通して平面道路からの騒音よりも相当広い地域に影響するであろう。高架道路に非常に近い住宅では、一階は実際の道路構造物によって遮へいされ、上層階よりも静かであろう。非常に高い道路の床版は、多少の音の影を生じ、一階における道路からの騒音は最初は距離とともに増加し、ピークに達する前に、それから減少するであろう。高架の自動車道路の下空間では騒音レベルは高架端よりも約 20dB(A)小さいであろう¹³⁰⁾。
- (c) 掘割——この場合はバリアーで遮へいされた道路の場合と似ていないことはなく、これらの道路は環境にいくらか影響を与えている(4.3.1参照)。垂直な壁は一般により遮へいとなるが、しかし、近くの住居に反射する音の影響がありそうであるということは考慮しなければならない。勾配のある草の盛土については、幾何学的音の影および騒音の弱化は減少するが、しかし反射の問題は避けることができる。

掘割式の自動車道路の近くの低い開発地について、十分な騒音の減少を得ることができた¹¹⁴⁾, ¹¹⁷⁾, ¹¹⁹⁾, ¹³¹⁾。一例として、法が盛土である 7 m 深さの自動車道路において、ピークレベルは 30 m の水平距離のところで、全体で 20dB(A)減少した。平面の自動車道では、この距離で約 10 dB(A)の減少しか期待できない。

道路の高さの異なる型の利点を比較するのには、費用は主要な要因である。1965 年に Best¹³²⁾ による算定は、London 近郊の往復 6 車線の自動車道路のマイル当りのコストを与えた。これは地下のサービスの権利侵害について割引を含んでいるが土地の取得は含んでいない。算定されたコストは切上道路についてマイル当り 2.8 百万ポンドから、チューブ式のトンネルの地下道路についてマイル当り 30 百万ポンドの範囲があった。1968 年 Kerensky¹³³⁾ は、自動車道路の建設費は平面の建設について 1 車線 1 マイル当り 0.1 百万ポンドから、掘削トンネルの場合の 1 車線 1 マイル当り 5.4 百万ポンドの範囲にあることを算定した。しかし、最近の調査では無理のない地盤の掘削トンネルの費用はより低いことを示している。

4.3.3 距離

交通騒音のレベルとその特性は道路からの聴く人までの距離に関係している。道路の近くでは、個々の車両は明瞭に聴くことができ、 L_{10} と L_{90} の間に実質的な差がある；遠くへはなれると、個々の自動車からの騒音は一般の交通騒音の中に没入して、 L_{10} と L_{90} は収斂する。これは個々の自

動車は点音源として作用し、騒音の伝搬は逆二乗則——距離が2倍になると6 dB (A)減音する——に従うという理由である。交通の流は全体として1本の線状音源として考えられ、騒音伝搬は単純逆則に従い、距離が2倍となれば3 dB (A)減少するだけである。表-4 は規則正しい間隔で自由に走行している理想的な条件について、距離と交通量がピークと平均騒音レベルに与える理論的影響を要約している¹⁵⁴⁾。実際に、このパターンからの重要な変化が生ずる^{119), 130), 131)}。

表-4 騒音レベルと自動車道路からの距離と交通量との概略
の関係（理想的な交通量を仮定した場合）

(Johnson and Saunders 54)

	距離が車頭間隔の半分以下		距離が車頭間隔の半分より大	
	ピークレベル	平均レベル	ピークレベル	平均レベル
交通量が2倍に増加すると	なし	6 dB (A)	3 dB (A)	3 dB (A)
自動車道からの距離が半分になると	6 dB (A)	なし	3 dB (A)	3 dB (A)

騒音レベルの距離による減少は、幹線道路に隣接する土地が高価であることおよび受ける便益が土地の価格にバランスするので、非常に重要な経済上の要因である。表-5 は、London近郊の3種の異なる型の道路に隣接する土地の取得について、Kerensky が算定した価格を示している¹³³⁾。

表-5 London の道路沿線の土地価格

	道路片道の1マイル当り幅10ftの価格
D-Ring (環-3) (大部分が開けた地方部)	1 5 0 0 0 ポンド
C-Ring (環-2) (大部分が郊外部)	1 6 0, 0 0 0 "
Motorway Box (環-1) (London 中心部)	4 0 0, 0 0 0 "

4.3.4 遮へい物

静かな工場、倉庫、事務所および多層階の駐車場のような中間の建物は騒音源からの遮へいとなる。これらの効果は、高さと音源と受音者との相対的位置による。一般の事務所に対する騒音の要求は住居に対する基準よりも要求されることは少なく、また現代の空気調節された事務所はシールされた窓により騒音に対してよく絶縁されているので、遮へいに対して適切な建物である。また、Single aspect あるいは特に絶縁された flats は遮へいとして用いられている。

樹木およびかん木は葉があるときでも遮へい効果は少ない。樹木の幅1mについて、わずか1dBの減少が期待されるだけである。平行に植えられた数例の樹木は、一群に植えられた同数の樹木よりも、いくらか効果がある。植樹によって実際の減音効果は少ないが、騒音源を視覚的に遮へう心理的效果は重要であろう^{114), 134), 135), 136)}。

4.3.5 地面の吸収

音の弱化に対する地面の影響は複雑であり、表面の性質、道路からの距離および音の径路の地面への近接に依存している。さびしく反射する表面に対して、地面による弱化は無視できるが、しかし植物で覆われている粗な路面に接近して伝搬する場合は、最大となる。ここで考えられている障害のない距離（200 mまで）に対して、周波数の1部についてのみ、地面の吸収は有効であり、代表的に500 Hz 周辺であるが、しかしこれは音源と受音者の有効高さに依存している。入射角が地面に対して 10° 以上で、光線の径路に沿って伝搬する音に対しては、地面の影響は無視できる。

草地において約1.2 mの高さの受音者に伝搬する交通騒音に対して、地面の効果は受音レベルについて100 m当り約3 dB (A)の減音となる^{(114), (115), (138), (139), (140)}。

4.3.6 反 射

騒音バリヤーあるいは他の壁が道路の近くにあるところでは、建物に向って他の側から反射する騒音（4.2.6および4.3.2参照）が重要となり、反射の減音方法が研究されている。適切な材料および方法において、風化、費用、外観、洗浄および事故に対する影響の可能性について考慮しなければならない。

4.3.7 地 面 の 地 形

道路に平行な地面の地形は騒音の分布に影響するであろう。谷底にある道路は、同一水平距離にあるが道路よりも低い家にある道路が影響するよりも、道路から高い坂にある家に影響することが多いであろう。

4.3.8 風 速

風のない静かな条件に比較すれば、風は聴く人から音源に向って吹いているときは、風は非常に騒音を減少させるが、しかし、聴く人に向って吹いているときは、僅かに増大させる。影響は風の勾配によって伝わる音の回折によって生じ、したがって距離と地面の粗度に依存する。草地を伝達する交通騒音レベルの代表的な差は16 km/h の風速が受音者から道路に吹いているときと道路から受音者に向って吹いているときは、200 mで7 dB (A)、100 mで5 dB (A)、50 mで2 dB (A)である。風勾配が高周波数のときよりも低周波数のときの方が影響が少ないので、騒音の周波数スペクトルは変化する^{(138), (139), (141)}。

4.3.9 温度および湿度

音が温度の逆転（例えば高さとともに気温が増加する）によって下方に回折されるとき、温度は音の伝達にいくらか影響するが、しかし相当の距離以上のときのみである。これは、騒音が1 マイルあるいはそれ以上音源からはなれていて影響されない地域で聴こえる理由であろう。しかし、この影響は都市部の騒音レベルに重大に寄与することはない。

交通騒音を計画している距離について、湿度の変化が騒音の減少に与える影響はない。

4.4 受音者の環境

4.4.1 部屋の向き

主要な騒音源に面していない部屋では、面している部屋よりも非常に低い騒音レベルを期待でき、この差は建物の高さや長さによっている。主要道路上の郊外部の半独立家屋の場合は、後の方の部

屋は前の部屋よりも約15～20 dB (A)だけ、外部騒音レベルは低い。窓が道路に直角に面している場合は、部屋は騒音源から半分遮へいされているが、閉じた窓に達する音は入射角が小さいガラスの絶縁されたものよりも容易に入ってくる^{142), 143)}。騒音問題がきびしいところでは、単一の向きの住宅の使用はニューサンスを軽減できる¹⁴⁴⁾。

4.4.2 窓

すべての構造上の窓は、軽量パネルを除いて、窓よりも音の絶縁がかなり大きいので、大部分の建物において窓の遮音は決定している要因である。表-6は各種の型の窓がついている部屋の外部と内部の騒音レベルのおよその差を示している。

表-6 各種の窓の外と内との騒音レベルの差

開いた通常の窓	5～15 dB (A)
完全に閉じた通常の窓	20～25 dB (A)
開いた二重窓	20～25 dB (A)
閉じた二重窓	30～35 dB (A)
シールした一重窓	25～30 dB (A)
シールした二重窓	35～40 dB (A)

窓の遮音価値についてより詳細は他のところ^{143), 145), 146)}で与えられており、建物の遮音の広範な研究はフランスで出版されている¹⁴⁷⁾。

窓の遮音は、常に換気の必要性和関連して考慮されなければならない。換気はくい違い開き——上部が中で下部が外部の垂直スライド窓——あるいは機械換気によって行なうことができる。濾過された空気の入入口を設けることおよび消音器を組み込むための部品は、補充のヒーティングシステムの有無にかかわらず利用できるが、しかし常に満足するとは限らない、特に夏はそうである。

4.4.3 床の高さ

都市部の騒音レベルは高さによってあまり変化しなく、また縁石のところの騒音レベルと2階または3階の外部のところの騒音レベルの間の減少は別として、下の階と上の階との間の外部レベルの変化は少ないということを、実験的な作業は示している。このことは、建築物が高くなればなるほど、交通による騒音は直接的に低くなるが、しかし騒音が集まる範囲が大きくなるからである。自動車道路から若干の距離がある高い建物について、地面の影響による弱化が加わるので、低い階は高い階よりも静かであろう。騒音の特性は高さによって変化し、レベルの変動は小さくなり、騒音の高い周波数成分は減少する^{148), 149)}。

4.4.4 吸 収

室内の音響的な吸収は小さいが、しかし室内に入ってくる騒音の特性とレベルの両方に相当影響を与える。天井の低い吸音性のある部屋では、部屋の吸音性が非常に高ければ、窓の側と部屋の後では騒音レベルの差は非常に大きいであろう。家具が一杯でカーベットの敷いてある部屋と家具のない部屋との間の騒音レベルの差は、通常6 dB (A)まで高まるであろう。

4.4.5 屋外の環境

ドアの内部では、音を聞く人は自分のいる建物によって保護されている。戸外では完全に騒音に暴露されており、このことは駐車場、車庫および商店街に対して、かなりの外部レベルを受けていることを忘れるべきではない。

4.5 要約および今後の研究への勧告

騒音減少の最も明白な型は音源にあり、前章で述べられた個々の自動車に適用される。交通密度が小さい場合は、交通量の変化は騒音レベルの変化を大きくする。完全な都市部では、交通を二・三の幹線道路に集中して細街路からできるだけ多くの交通をなくすことによって、非常に環境を改善することができる。これに対して、幹線道路について相当な改善することなしに、これまでは静かであった道路に騒音を拡散させるような一方通行計画は、非常に注意深く検討されなければならない。車種構成が騒音に与える影響は完全に理解されていないけれども、最大の騒音の減少に対して、地内のアクセスが必要なところを除いては重商用車は主要道路では制限されるべきであろう。夜間における商用車の通行の制限はまた価値があるであろう。

速度制限の遵守および可能な低下は騒音レベルを減少させるであろう。高性能の乗用車については特にそうである。

もし、音源で騒音を減ずることができないならば、音源を騒音を感じやすい地域から分離することが必要である。交通騒音について、計画段階において幹線道路と住宅開発を分離することによって、このことは最もよく達せられるであろう。騒音レベルがすでに高いところでは、強度の低い騒音源を追加しても、ごく僅か増加するか、あるいは全く増加しないであろう。したがって幹線道路は重工業地帯あるいは主要鉄道路線に近く計画すべきであろうが、しかしこの考えはあまり実施されない。道路が住宅の近くを通る場合は、道路が切土の場合は騒音の障害が最低であり、道路が高架のときは最も広く分散する。高架道路上および平面道路の拡がり小さい場合、道路の近くにある騒音バリアーは、近くの高さの低い家屋の遮へいに効果があるが、高い建物の遮へいには効果はない。バリアーは自動車道路よりも現存する都市部道路ではあまり実用的でない。植樹は心理的な効果以外はほとんど効果がない。騒音を減少するため距離を利用することは一般的に市内では経済的に受入れられない。騒音を感じやすい建物は、静かな工場、多層階の駐車場、倉庫、事務所あるいは適当な絶縁の屋根のような中間の建物によって遮へいすることができる。

建物の内部では、音に最も敏感な部屋、一般に住宅では寝室、は主要な騒音源に面しないようにすべきである。単一の向きの住宅は騒々しい環境に適切な解答を与えるであろう。学校で教室や図書室を遮へいするために、ときどき体育館、食堂および台所が利用される。状況あるいは他の理由で上述の救済策が利用できない場合は、ある種の型の窓の処理が必要である。外部の騒音レベルが非常に高いところでは、シールされた二重窓を用いるべきであり、代替策として換気を設備する必要がある。あまりきびしくない場合は、引き違いの二重窓の使用が考えられるが、しかし騒音問題に対するこの解決法は、十分な音の絶縁と十分な換気との比較を、建物の居住者は必要とするであろう。

この章は、次の研究と開発が必要なことを示している：－

1. 交通の停止、坂道および車種構成が騒音レベルに与える影響。
2. バリヤーが交通騒音に与える効果、および市街地の自動車道路に対する標準バリヤーの開発。
3. 建物の向きが建物の正面における交通騒音に与える影響。
4. 安価で効果的な人工換気方法の開発。
5. 都市部における交通騒音予測法の開発。
6. 計画家のための騒音設計便覧の準備。

5. 騒音基準の選択

5.1 序 論

輸送施設の利用者は、移動に際して社会的費用の全部を負担していない—騒音、事故、悪臭および視線侵入の形で外部不経済を生じている。したがって、適当な基準を式に作ることによって影響の程度と範囲に制限を設けることに対する要求がある。

すべての環境の中で、誰もが妨害されない状態を保持することを保証する基準を設けることは、活動性や移動性を極端に制限する結果となり、また防止方法について非現実的な支出を含むので、意味のないことであろう。騒音の減少を遂行することにおいてさえも解答を見出すことはできなく、騒音の減少はすべての経済的および非経済的な活動および輸送との関連について、広い範囲で考慮されなければならない。しかし、理想的な基準は騒音を制御するための望ましい制限を定めるのに役に立つ。実用的な基準の目標は、睡眠および会話障害、および一般的な困惑のような特定の影響が大部分の人に対して受忍できるレベルまで減少されることを保証しなければならない。

基準の選択は二つある；第一は「型式」であり、第二は決定されなければならない「レベル」である。型式および現在あるいろいろの案は5.2節で論議されている。適切な拘束を考慮したレベルの設定に対する費用—便益接近法は5.3節に述べてある。

5.2 型式の選定：現在の基準に対する評論

5.2.1 基準型式の選定

交通騒音に適用できる基準を選定する場合、他の騒音源がいくつかありうること、騒音地帯全体は多数の影響を生ずること、および土地利用が異なれば受音感度が異なることについて想起すべきである。主要な音源の特性は表-7に示してあり、音源、影響および土地利用との関係は表-8に示してある。

表 - 7 騒音源の特性

特 性	音 源					
	道 路 交 通	航 空 機	鉄 道	新 技 術 *	産 業	建 設
音 源 の 移 動	○	○	○	○	×	時 々
スペクトル分布の性質	○	○	○	未 知	×	×
音 色 の 成 分	時 々	○	×	未 知	時 々	時 々
不 連 続 衝 画 性	×	時 々	時 々	未 知	時 々	時 々
短 期 の 変 動	○	○	○	未 知	時 々	時 々
一 日 の 変 動	○	○	○	未 知	時 々	○

* ホーバークラフト、VTOL機、進歩した乗用列車、その他

次の三つの質問は基準のタイプを選定する場合に基本的に重要である。

1. 騒音の影響に関係しているか、騒音源に関係しているか？
2. 一つの影響に適用できるか、いくつかのものに適用できるか？
3. 音源の一つのタイプに適用できるか、いくつかのタイプに適用できるか？

第一の意見は、交通騒音に対する基準に当てはめるタイプは明らかに音源に関係している、すなわち、個々の自動車からの騒音出力の制限である。しかし、聴こえるのは交通騒音であるから、特別の影響および一般の困惑に関係している基準から出発し、それから交通騒音の相当するレベルを減少するために名種の土地利用に望ましい規模を与えることがより实际的である。そこで、個々の自動車の出力、交通量、車種構成およびそれに達する速度の諸量の組合せに対して、一定のレベルの範囲を与える。制御されない他の交通騒音の変化をそのままにして、個々の出力を制御することは、他の方法で得られたものと比較された騒音を減ずることは勿論であるが、受忍できる騒音地域が生ずるということを保証しないであろう。

表－8 騒音源、影響および土地利用との関係

音 源 , X	影 響 , Y	土 地 利 用 , Z					
		土 地 利 用	内 部 騒 音 源	影 響	時 間 感 音 性		
					日 中	夜 間	
X1 自動車	移動音源 Y1 睡眠妨害 Y2 会話妨害 Y3 困 惑 Y4 作業効率 Y5 聴力損失 固定音源	Z1病 院	静 / 適度	Y1, Y3,	○	○	
X2 航空機		Z2 コンサートホール	静 / 適度	Y2, Y3,	○	○	
X3 鉄 道		Z3学 校	静 / 騒々	Y2, Y3, Y4	○	×	
X4 新 技 術		Z4住 宅	適度	Y1, Y2, Y3	○	○	
X5 産 業		Z5事 務 所	適度 / 騒々	Y2, Y3, Y4	○	×	
X6 建 設		Z6商 業	適度 / 騒々	Y2, Y3, Y4	○	×	
X7 その他		Z7リクリエーション	静	Y3,	○	○	
		Z8産 業	適度 / 騒々	Y5, Y4, Y2	○	×	

注 (1) 影響はおよそ感音性の順序で配置してある—最も感音性の高いもの(すなわち、最も低いレベルによって妨害となるもの)が第一。

(2) 影響は相互に関係がある—例えば作業効率は会話妨害および困惑に依存する。困惑はある場合は睡眠および会話妨害に依存する。

(3) 土地利用はおよそ感音性の順序で配置してある—最も高いものが第一である。大部分の土地利用はいくつかの影響に対して感音性が高い。このような場合は、最も重要なものが第一である。

基準は特定の影響および影響のいろいろな組合せから生ずる一般の困惑に適用することが要求されている。会話によるコミュニケーションが重要な事務所および学校、また居住状況に関連がある一般の困惑に対する他のところについて、特別の基準が用いられるであろう。

周波数分布、音色、短期の変動および24時間の変動が、各種の音源によって本質的に異なるので、すべてに適用する単一型式の基準は複雑であり、まだ見い出されていない。

このように複雑であるという観点から、基準の適切な型式は自明ではなく—評価方法が必要である。表－9は基準の型式について望ましい要望および現在の基準に含まれる範囲を示している。

これらについては、以下で論議される。

表 - 9 基準の評価

必要条 件	現在ある基準 (2)			
	平 均 L 10 dB(A)	L _{eq}	TNI	L NP
R 1 騒音レベルの簡単な物理的測定に基づくもの	○ (3)	○ (3)	○ (3)	○ (3)
R 2 スペクトルの型を考慮	○	○	○	○
衝撃性 (もしあれば)	×	×	×	×
変動 (もしあれば)	×	×	○	○
24時間分布 (もしあれば)	×	×	×	×
R 3 コミュニティの反応との相関	僅 か	僅 か	良 好	良 好
R 4 数種の音源の種類への適用の可能性	×	×	×	○
単一および組合せ	×	×	×	○
R 5 特定の影響および一般的な困惑に対する利用性	○	○	○	○
R 6 設定された値に従っていくつかの土地利用に対する利用性	○	○	○	○
R 7 計画の目的に対する適用性	○	○	○	○
R 8 設計指導の可能性	○ (6)	○ (5)	×	×

- 1) これらの必要条件は重要性の順序で並べていない。
- 2) 最も多い必要条件に適用している基準は「最良」なものである必要がないので、必要条件は重要性が等しい必要はない。
- 3) 予め定められた期間について平均する必要がある。
- 4) 日中と夜間について異った値を設けるべきである。

5.2.2 現在の基準の評価

単一の走行自動車からのピーク時のA-荷重の騒音レベルは、音の大きさの主観的な印象に良く相関している¹⁵⁰⁾。しかし、交通騒音は多くのタイプの異なる自動車から構成されており、その主観的影響は騒音レベルの変化に依存しており、平均あるいはピーク値には正確には依存していない。

A-荷重された騒音レベルそれ自身は交通騒音に対する基準とできない；しかし、時間に依存した騒音レベルの基本的な単位は、次のように論じられた。

(i) 時間の10%をこえる騒音レベル, L₁₀。Wilson委員会は、1963年にL₁₀レベルの用語で多くの勧告をしている(表-10参照)。

24時間をこえるL₁₀単位は、複雑性を示すので、コミュニティの応答によく相関しないということは不便である(2.2参照)。一方、交通騒音レベルのデータについて報告されているものの多くは、L₁₀で表わされているので、他の指標よりもL₁₀についての経験済が多い。ScholesおよびSargentは、他の指標が今後テストされるまでは、交通騒音の基準は0600と2400時の間の平均L₁₀で表わされるべきであるということを提案した⁶⁾。彼等は住宅地の建物の外部で最大L₁₀レベルが70dB(A)であることを示唆した。社会的な反応に対する相関の点から、L₁₀レベルを設けるこ

とは判断の方法としては確かに非常に大きい。

表-10 室内における最大 L_{10} 値について
Wilson 委員会の勧告

状 況	日 中	夜 間
地 方 部	40 dB(A)	30 dB(A)
郊 外 部	45 dB(A)	35 dB(A)
都 心 部	50 dB(A)	35 dB(A)

(ii) The Traffic Noise Index, TNI。この単位はかなり重交通の道路に面している都市部の居住者の不満とよく相関している。騒音レベルの範囲について相当のウェイトを与えており、暗騒音レベルについてはあまりウェイトを与えていない。TNIは各種のタイプの音源の組合せに対しては、まだテストされていなく、また、推論される騒音条件の範囲外では外推がよくあてはまらないというような型式である。Langdon と Scholes,¹²³⁾ は、現在の都市部の日中では、建築物の正面で74 TNIの値は快適さについてかなりの標準を示していることを示唆している。

(iii) 等価騒音レベル, L_{eq} 。スウェーデンの研究⁵⁾では、この指標は交通騒音障害とよく相関しているが、しかしGriffiths と Langdon^{4), 7)}はTNI(2.2参照)ほどには不満足に対して相関していないことが判った。 L_{eq} は音源の範囲について適用されるべきであるといういくつかの証拠がある。 L_{eq} の単位で示された基準レベルに対する勧告は、まだ作られていない。

(iv) The Noise Pollution Level, L_{NP} 。Robinson⁸⁾は、評価の分散手法を導いて騒音の困惑の研究は事務所、航空機、自動車および産業に分けられる傾向があることを記述している。

いくつかのタイプの音源からでる騒音の場合に単一化された評価の方法がないので、快適さの保全は非常に困惑している。現在ある評価方法の調査において、Robinson⁹⁾は、等エネルギー原理(例えば L_{eq})は評価方法の統一に対する基礎として広く用いられるが、しかし、事柄の連続は原理が示唆しているよりも急速に困惑を増加させるということを見出した。結果となっている困惑を決める範囲の変動が重大であることを調査は示している。したがって型式(等価騒音レベル+変動要因)の指標はそれ自身を示唆している。

Robinsonは、 L_{NP} は交通騒音についてのGriffiths と Langdon のデータがTNIと同じ程度に良いことを証明していること、フランスの飛行場の近くの社会的調査から得られた航空機についての式の予測を、定量的に支持していること、騒音にさらすことに対する期間—対—強さのトレードオフについての研究所の実験をもまた説明できることを証明している。

Robinson は、個々の騒音に対して建築物の正面で 75 ± 2 dB(A)、全体の騒音のばくろに対して L_{NP} (A)の最大は72が限度であることを提案している⁹⁾。

5.2.3 現在ある代替案からの選択

時間平均された基準の計算は、24時間周期以上の観測された間欠的な騒音レベルを含んでいる一つの手順であり、記録された騒音レベルの分布の統計的解析によって追求される。 L_{10} は直接的

にこの解析から誘導され、TNIはさらに簡単な計算を必要としている。 L_{eq} と L_{NP} はより計算を必要とするが、しかしこれは、充分、計算機のオペレーターの容量あるいは一台の小さい電子計算機の容量の範囲内である。したがって、選択は指標の計算の実用性に依存しない。考えられた基準のどれ一つも、障害に寄与できる要因のすべてを考慮していないが—しかし、これまで案出された基準はすべて考慮されていないので、この要望に対する判断は程度の問題である。TNIおよび L_{NP} は L_{eq} よりもコミュニティの反応に高く相関しているので、その点についてはより好ましい。 L_{NP} は、TNIと異って、音源の組合せを当然としているが、この点が L_{NP} を好む一つの重要な点となっているのであろう。影響および土地利用の理由で、 L_{eq} 、TNIおよび L_{NP} の間の基本的選択に関する充分なデータはない。

データおよびそれを予測する方法が可能なので、短期間の間は L_{10} はおそらく引き続き用いられるであろう。さらに予測に用いるのに簡単である。 L_{NP} あるいはTNIは、コミュニティとの相関が高く、適用範囲も広いので、長い期間の目的には、今後の研究に従って、 L_{NP} あるいはTNIが適用されるべきであろう。

5.3 基準レベルの選択

基準レベルに対するいろいろの勧告はこれまでの節で与えられている。これらの勧告は、基準の提案された型式よりも、一般的に完全な正当性にほど遠い。快適性の合理的かつ実際的なレベルを構成する特別な場所で研究されたものに基づいた専門家の意見を示しているのであろう。あるいは、いくぶん専断的な特性についての報告であろう。いくつかの明白な方法においても、適切な制限を考慮した基準レベルの設定へのより体系的な接近が要求されている。このような接近の構造は以下に述べられており、これを用いることによって生ずる問題点は評論されている。

費用—便益解析手法は現在調査評価の広い範囲にわたって用いられている。これらの多くの場合、intangiblesと呼ばれるものを考慮する必要がある。これらは貨幣単位で直接評価することのできない計画の結果であり、したがって費用や便益を評価することができる他の結果と比較することができない。intangiblesは重要であるけれども、これを考慮するために完全に満足な方法はなく、しばしば無視されるか、あるいは問題があることを僅かに述べられるか、非貨幣単位で測定され、主要な解析と分けて考慮されている。

現在の文の中では、質の低い環境に賛成した一定費用の騒々しい輸送と質の高い環境を有するいく分費用の高い（騒音減少はいくつかの点で支出を必要としているので）静かな輸送との間に、選択はある。もし、費用—便益解析が適用されるならば、つぎのことが必要である。

- a. 道路交通によって生じた騒音の単位およびその騒音への社会的反応の単位で表わされた都市部および地方部の両方に対する問題のスケールについての情報
- b. 車両の設計、道路の設計、交通管理、建築物の設計および都市形態による騒音の減少に対する技術的可能性についての知識
- c. それぞれのケースにおける費用—効果の概念が適用された各方法の適用の費用についての情報

d. より静かな環境による便益の評価方法

e. 他の関連した圧迫感についての知識

5.3.1 問題のスケール

今後10年間の自動車人口の予想される伸びは、同年間の人口および住宅地の道路の延長の伸びよりも、実質的に高い(表-11)。

高い交通量が予想され、したがって道路網の増加に比例して高い騒音レベルが予想される。図-9は、 L_{10} のいろいろなレベルに曝されている都市部の人口およびパーセントを示している。専門家は、都市部では65~70dB(A)の L_{10} レベル以上では騒音は満足されていないことを示していること(1), 6), 9), 123)。都市部の人口の19%は、1970年に約70dB(A)のレベルに曝されており、1980年には30%に増加するであろう。また46%は65dB(A)以上のレベルに曝されており、これは1980年までに61%に増加するであろうということが判るであろう。

表-11 人口、自動車台数および住宅地道路延長

	1970	1980
人口(百万人)		
都市部	45.3	48.0
地方部	9.1	9.6
計	54.4	57.6
自動車台数(100万台)	16.0	24.6
住宅地道路(100マイル)		
都市部	36.5	38.6
地方部	14.5	14.5
計	51.0	53.1

個々の自動車からの騒音の発生は変らないものと仮定して、1980年について計算した。しかし、これは、法的制限が低減するのによって自動車の設計が変る結果、低下するかもしれないし、あるいは特定のタイプの自動車については高くなるかもしれない。表-12は、時代がたつて自動車の騒音発生量が変化した場合の騒音曝露関係を示している。

表-12 自動車騒音レベルおよび騒音曝露

状 況	65~70dB(A)の L_{10} レベルに曝される都市人口	
	1970	1980
自動車騒音レベルが不変	8.5~21 百万人 19~46 %	14~29 百万人 30~61 %
1975年まで5dB増加 その後レベルの変化なし	8.5~21 百万人 19~46 %	29~45 百万人 61~93 %
1975年まで5dB減少 1980年までさらに5dB減少	8.5~21 百万人 19~46 %	0.9~4.3 百万人 1.8~9 %
1980年までに5dB減少	8.5~21 百万人 19~46 %	4.3~14 百万人 9~30 %

自動車台数の増加は、今後10年間の間に、個々の自動車の発生量を5 dB(A)減少させても、不満足なレベルに曝されている人の数を半分にもならないということである。10年間にもし10 dB(A)減少できれば、過度なレベルを経験している人の数は、現在の1/5より少なくなるであろう。人口9百万人の地方部についても、同様な計算を行なうことができた。これらは、現在影響を受けている人の割合は、13~32%の間にあることを示している。適切なデータなしに作成されなければならなかった多数の単純な仮定に基づいているので、計算結果は注意して取り扱う必要がある。特に満足されない状況にあると見做される人口の比率は、設定される基準レベルに、非常に関係している。

5.3.2 騒音減少の技術的可能性

自動車の騒音を減少させる技術的な可能性は、すべて第3章で取り扱われており、交通を減少させる他の意見は第4章で討議されている。音源において騒音を減少させることは、必要性および他の方法の範囲について重大な影響があるであろう。可能性のある方法が代替的な方法の間に分布している比率は、まだ考えられていない費用-効果基準に従っている決定の問題である。

5.3.3 騒音減少の費用および費用-効果

各種の騒音減少方法に対して有効な包括的な費用はない。自動車人口は、各級の設計が異なり、処理される前に騒音発生が異なるいくつかの級から構成されているので、自動車を静かにさせる代表的な費用の形態は引用することができない。設計の変化によるか、あるいは現在の設計を緩和する処置をとるかに依存している減少の費用は考慮されている。いくつかの重車両のエンジンを音響的にカバーすることに対して、50と200ポンドの間の費用は、おそらく5 dB(A)の減少となる。

各種の道路設計の費用の形態は、一般に構造のタイプを決定する地方的状況（横断する道路の頻度、地下サービスの改築等）に従って、広く異なる。表-13は各種のタイプの道路の相対的建設費を示している。土地利用がそれぞれ異っており（特にトンネルに対して）、用地価格の範囲が広いので、用地費は含まれていない、また、相対的全費用はこの表から非常にかけはなれている。2, 3, 4および5の構造物は低層の建築物に対して音響的保護となるが、しかし1, 6, 7および8は遮音壁を必要とするであろう。遮音壁は1フィート当り約10ポンドの費用がかかり、5~10 dB(A)程度の減少が期待できる。美観その他の理由から、限られた位置にのみ利用される。トンネルは地盤より上の問題をともに解決するであろう。

環境に対する理由からの交通管理の導入による費用の増加は計算されていない。速度および、または交通量の制限、および特定の道路上の一定車両の禁止は、分散する交通は道路網の他のリンク上の旅行時間と距離が長くなる結果、おそらく附加的費用を生じ、またこれらのリンクで混雑が増加し、すでにそのリンクを利用している交通の費用を増加させるであろうということを意味している。全体交通は次の路線の制限をなくし、また交通の影響は中間にある周囲の地域に分散するので、このようなタイプの交通管理による交通影響を予測し、費用を算定することは、非常に困難である。

建築物の音響的遮断の費用については、かなりの情報を入手することができるが、しかし建物の型式、窓の大きさおよび位置によって、これらは広い範囲にわたって変化している。家屋について

は、二重ガラス、屋根の遮音およびドアのシールの費用は、100～300ポンドの間にある。少なくとも14.5百万人が不満足な騒音レベルに曝されており（5.3.1参照）、もし世帯当りの人数を3.3人と仮定すると、4.4百万戸の住宅は440～1,320百万ポンドの補修費用が必要となる。

広汎な再開発地域およびニュータウンでは、設計の早い段階から騒音規制概念を導入することは可能である。いくつかの方法、例えば、道路の近くに騒音を感じない建築

物を他の建築物をシールドするために設けることは費用がかからないであろう；その他のものは、現在の状況の費用と比較してより少ない費用を導入することができる。設計は多様な要求を満たすのが目的であり、静かな環境はその一つであるので、そのような状況で費用を定めることは現実的でない。

騒音規制における費用一効果は、まだ定義されるべきでない。影響される人の数を無視しているので、「デジベル減少当りポンド」で表わすことはできない。

効果は、つぎのことを考慮すべきである。

- a. 考えている手法によって影響される人の数、
- b. 騒音減少の大きさおよび継続期間、
- c. 手法が有効な「寿命」。

建築物が遮音されているとき、到達した静けさ、便益を受けると思われる人の数、および構造物の有効な寿命を算定することができる。自動車が静かになると、交通騒音レベルは低下し、その量は自動車を利用している道路上にある量に依存している；減少の期間は自動車の利用に依存しており、そして影響を受ける人の数は横断路線の一方の側の土地利用に依存している；手法は自動車の運転寿命以上に効果がある。自動車を静かにすることによる便益を算定することは、建築物を遮音することによる便益を算定するよりも、もっと困難である。

自動車を静かにすることと建築物を遮音することの比較は複雑である。自動車を静かにすることは、屋外と屋内の環境の両者を改善し、運転寿命は、自動車台数（新しい単位）の大部分が工場の段階で修正することができるということのようである。建物を遮音することは、屋内状況を改善するだけであり（長い期間であるけれど）、毎年の追加は全建築物のストックの大きな部分ではないので、建設段階の修正のインパクトは限られている。

音響学的見地からの道路設計の各種の型式の費用一効果は（遮音壁、切土等による地上レベル）、体系的に調査されていなく、そして、交通管理および都市部の設計について、充分な正確さで、費用および便益が計算されるまで、費用一効果は算定することができない。

5.3.4 騒音減少便益の評価

表-13 道路（6車線）設計の相対的建設費

建設形態	指数
1. 平面	100
2. 切土（バランスしていない）	200
3. 切土（バランスしている）	130
4. よう壁のある切土	400
5. 土築堤	120
6. 盛土	300
7. よう壁のある盛土	400
8. 高架	700
9. 掘進トンネル	1,300

各種の状況の下で、騒音制御の費用効果方法の大部分が認められたとき、それを施行するか、しないかの決定は、少なくとも一部は、静おんな環境に達するための費用の金銭的評価の比較に依存するであろう。intangible および便益のしばしば定量化できない性質の点で、評価は非常に困難であり、それを解くのに経過は限られていることはおどろくべきことではない。

(i) 評価の一般的問題

だれでもその人の活動性によって感受性が異っており、与えられた環境、特にいくつかの影響（ガス・騒音）がともに存在するときは、環境に対する人々の反応の範囲は広いであろう。反応は、影響が発生している環境の質、および個人が、それらの発生と被害の両者である（例えば乗用車を有する自宅保有者）か、あるいはまさに発生し、まさに被害を受けているかによって異なる。特定地域の研究の結果は、影響の期間および強度が場所によって本質的に異なるので、一般的に適用することができない。また、所得が増大している時代に、将来の評価が現在のものと異なるであろうから、環境の質は増加を見込んだ傾向で評価されるであろうということは、ほんとうらしい。

(ii) 可能な技術

1. 家屋の価格。輸送施設に関連した環境要因の経済的影響についての合衆国の研究¹⁵¹⁾は決定的でない。ロンドン第三空港についてのRoskill委員会は、航空機騒音の家屋の価格に与えるインパクトを研究¹⁵²⁾しており、Keele大学は道路交通騒音に関して同様な作業¹⁵³⁾を行なっている。

環境に与える影響の潜在的な市場評価について、きわめて僅かな状況の一つであるので、家屋価格の研究は非常に興味がある。騒音レベルが高いときは市場価格に損失を生ずるということは、自明のことである。残念なことには、つぎのことを含むいくつかの複雑さがある。

- a. いくつかの環境の変化の組み合わさった影響による主要な家屋価格の決定要素の孤立
- b. 他の環境の影響による騒音の影響の孤立
- c. 騒音の感受性の許容。騒音地域が異なる2軒の同様な家屋は、感受性のない人は同じ結果を与え、感受性のある人は結果が異なる。静かなところと騒々しいところにおける家屋のストックおよび感受性のある人とならない人の割合を考慮して解析されなければならない。消費者余剰の存在および移動の費も考慮されなければならない。

もし、根拠のある結果が調査から得るためには、調査は非常に注意して設計されなければならない。

2. 利用の変化。騒音はいくつかの建築物の本来の利用を不適當にする。財産の新しい利用と本来の利用に対する使用料の差は、騒音の影響を評価するのが一般であるということが示唆された。
3. 現状を復元する費用。時々、影響の評価を検証することであるけれども、補修方法の費用と影響についての人々の評価の間には必要な関係はない。ある場合には、現状を復元することは技術的に不可能である。しかし、これらの費用は障害の烈しさのおよその指標を与える。
4. 社会的調査。「あなたは、騒音を避けるための費用としていかにほど準備していますか？」あるいは「あなたは騒音のためにいかにほど金を使いましたか？」という質問は、「なし」から

50,000 ポンド までの範囲の答をもたらすであろう。「もし補助金が、費用の $\alpha\%$ をカバーできれば、家屋の騒音遮断の改善のために、あなたはいかほど支出しますか？」という質問は、より有効であろう。

5. シミュレーション手法。これらの手法は、人々を「ゲーム状況」におき、その中で多数の環境およびアクセシビリティの変数に対する費用構成が与えられ、これらの間の限られた費用の配分について意見を云うことが質問される。各種の環境要因をインプットされた値は、それから推論できる。この方法の限界は、利用できる選択を示す際に、ゲーム状況（費用構造を含む）が実際に不完全であることであり、反応の仮説性である。

前述の困難性にも拘らず、評価の研究を続けることは重要である。というのは、いかに簡単であり不完全であっても、現在の手続を改善するものである。輸送計画および投資の全体評価における騒音の影響を算定することによって、設定された値は不確かであり、保持する方法を導入するか否かの決定は、費用と比較できる量がないことを考慮すべきである。

5.3.5 拘束の組合せ効果

問題のスケールと残された代替案の費用一効果の外に、考慮すべき基準について、さらに拘束がある。これらは、

- i) 騒音地域に関して満足されるべき人の割合、および
- ii) 騒音規制を頭打ちする予算

人口の部分およびその中のグループが何であるかについては非常に論議されていない。基準レベルが設定される時に、満足される傾向がある。レベルが達した時に満足されないで残っている2.5～5%は、現実的な目標であろうということが示唆された。どの程度のパーセントが提案されても、選択された基準のいろいろなレベルの社会的反応に関する問題が残っている。したがって、「95%の満足」に相当する基準レベルを認めることができる。騒音規制は、環境改善の計画の中のいくつかの目的の一つである。相対的プライオリティについて広い前後関係をとる決定は、騒音規制に対する最大の figure の割当てを導くであろう。また、これは到達できるものに影響するであろう。

拘束についての組み合わせられた operation を図-10に略図的に示してある。各支出のレベル毎に、各種の騒音規制方法の optimal mix（費用一効果の単位で）に、全費用曲線は対応している。基準レベルの各種の値において、パーセント満足曲線は、満足した人の割合を示している。満足を望む最小の割合（図-10において75%の任意の値で示されている）は、可能な基準レベルの上限を設定し、最小費用レベルを指定している。逆に費用と技術の拘束は、基準レベルの最下限、したがって満足のパーセントの上限を設定している。基準レベルの実用上の範囲の間にある傾分は、仮定された拘束を示している。図-10に必要なデータを入手することができないので、軸に数字のスケールを入れることはできない。

5.4 要約および今後の研究に対する勧告

基準の選択は、型式とそのレベルについての決定を含んでいる。必要条件の表は、採用された基

準の比較に対する基礎として書くことができる。選択されたものは、理想的に、物理的測定から容易に推論され、騒音源の範囲、影響および土地利用に広く適用でき、コミュニティの反応によく相関すべきである。騒音の強度および変動に基づいた基準は、やがて適用できるであろう。

基準レベルの選定は、問題のスケール、騒音規制が可能な方法の費用-効果、より静かな環境に設定された値および満足される人々の割合の一つの函数である。インプットとしてこれらの要因をもつ費用-便益解析のフレームワークは書かれている。不十分なデータと同時にいくつかの原理上の問題（特に便益の評価において）がある。もし、またいつか、これらが解決されるとすれば基準選択の特別な勧告が可能であろう。

この章は、つぎの研究が必要なことを示している。

1. 交通騒音減少方法の当座の費用。
2. 交通騒音減少による便益の評価方法。

6. 要約および討論

この章では、これまでの章を要約し、現在および今後の交通騒音問題を討議している。

6.1 現在の状況の要約

6.1.1 交通騒音に対する人々の反応

交通騒音の現在のレベルは、聴力損失あるいは他の直接生理的損傷の原因となっている；間接的な生理的影響および社会的影響および精神病的影響に関する証拠は不明である。

住宅地域において困惑、(睡眠損失を含む)を生じている交通騒音のレベルについて、いくつかの情報は手に入れることができるが、しかしこの情報は不十分であり、騒音減少の経済的価値の算定を含んでいない。

仕事音が音による伝達を含んでいるときは、交通騒音レベルは人間の行為を損うのに十分なほど高い。コンサートホール、学校、会話室および住宅の中のグループの活動性の損傷は、示唆される会話妨害レベルよりも大きい。しかし、これらのレベルは、日常作業の行為を損傷するものよりも低い。

6.1.2 個々の自動車の騒音

いろいろタイプの自動車によるスペクトル分布およびオーバーオール騒音レベルについては、また自動車の速度、ギヤー比および加速によって、騒音がいかに影響されるかについての体系的なデータは、現在入手できるようになっている。

また、パワーユニット、吸気、排気、その他による騒音レベルへの寄与およびこれらの寄与がいかにエンジンの設計および運転条件によって影響されているかについても、また良く判っている。騒音の主要な音源は重商用車のディーゼルエンジンである。最近におけるシリンダー孔の大型化および回転数の高速化の傾向は、騒音レベルを増加させた。開発計画は、騒音の減少に到達することのみならず、現在のレベルを保持することを必要としている。

長期的には、エンジンの構造設計の原理的な改良、エンジンカバーの設計および各種の部品の開発によって大きく減少させる見透しがある。エンジンおよび排気騒音が減少すれば、タイヤおよび道路路面が主要な自動車騒音源となるが、しかし道路—タイヤ騒音発生機構は良く判っていない。自動車騒音減少の各種のレベルに達するのに必要な臨時の資本および経常経費を算定する必要がある。現在では、自動車騒音の制限は法的な要望によるものにすぎなく、これらの限度以下に騒音を減少することには、商業的な誘因はない。

6.1.3 交通騒音

交通量および速度が交通騒音に与える影響は、道路から観測者までの距離による減少とともに、かなり良く判っている。個々の自動車が全体の交通騒音レベルに与える効果は、重商業車が一般的に最も重要な騒音源であるけれども、あまりよく判っていない。

このことについて、勾配および交差点の影響とともに、今後の研究が必要である。高架および掘

割道路の効果および遮音壁の範囲については、かなりの情報が入手することができるが、しかし、遮音壁の実際の適用について、特により多くのデータが必要である。多くの個々の道路からの寄与によって生ずる都市部の騒音の一般的レベルについて、いくつかの測定は入手できるが、さらに多くのデータが必要である。建築物の正面、特に窓による減音について、かなり良く判っているが、しかし今後の換気技術の開発が必要である。

6.1.4 騒音基準および経済評価

騒音基準には非常に多くの種類があり、各種の音源からの組み合った騒音の発生の基準容量の基準化が必要である。

近年、最も広く用いられている基準であるので、直接使用について、 L_{10} （すなわち、時間の10%をこえる騒音レベル）に基づいた基準が最も用いられているようである。しかし、強度と同様に騒音の変化に基づいた基準、および道路交通以外の他の音源の影響を評価するのに用いることができるものに、目的を向けるべきである。

自動車騒音および交通騒音の両者に対して、費用—便益接近法を用いて望ましいレベルを指定することを試みたものは、まだ、あまりにも知識は少ない。特定のレベルに適用する経済的費用の知識は入手できないが、しかし、これを得るのに非常に困難であることを証明すべきでない。経済的費用の単位（特定のレベルで騒音を規制することから）で評価することは、容易でない。騒音減少の費用および得られた快適性の評価の両方について、強力な研究が必要である。

都市部人口の19%と46%の間、および地方部人口のいくらか少いパーセントは、望ましくなく高い騒音レベルの道路で生活している。しかし、個々の自動車の騒音特性が変化しなくとも、この状況は交通量の増加のために悪くなることは確かである。自動車騒音の10 dB(A)の全体減少は、都市部および地方部の両地域について、交通騒音を消滅させる傾向に向う長い道のりであろう。

6.2 騒音減少

交通騒音問題は、基本的には、つぎの4要因の経済的最適化の一つである：自動車の設計；道路およびその環境の設計と利用；建築物のレイアウトおよび詳細設計および聞く人の位置に應ずる騒音基準のレベル。

これらの四つの要因の重大性は、適用の性質に依存しており、それはつぎの三つに分けられる；現在の状態、近い将来の開発を含む状態、および長期間の計画である。

6.2.1 現在の状態

騒音問題の大部分は、道路交通と建築物がすでに依存する状態を含んでいる。自動車は最終的により静かに作られても（6.2.2 および6.2.3 参照）、これらの地域の騒音レベルは交通量の増加に伴って増加するであろう。また、軽減方法も限られている。距離は騒音レベルの減少に用いることはできなく、あるいは、大きな支出なしに建築物のレイアウトあるいは建設に基本的な変更をすることができない。僅かな地点では遮音壁は助けとなるであろうが、大部分の場所では実用的でもなく、あるいは受け入れられないであろう。したがって、直接できる騒音減少方法は、建築物の簡素な改良である、すなわち、窓の処理と交通規制方法である。後者は、商用車の使用制限および交通

を少数の重交通道路に集中させることを含んでいるであろう。また、その道路は自動車の使用者にいくらかの経済的ペナルティを課すことを含むであろう。

特定の基準レベルに対処する費用の算定はできるけれども、騒音減少の費用効果の評価は、まだ不可能である。

6.2.2 近い将来の開発

新しい状況（既設の都市地域内に道路を新設する場合、既存の道路沿いに建築物を新設する場合、あるいは全く新しい開発を計画する場合）において、壁の使用、切土、トンネル、交通管理、建築物の配置および部屋の設計によって、緩和に対する余裕がある。新しい建築物について騒音を軽減することは、騒音を感じやすい部屋を道路から離れて面する設計によって、ごく僅かあるいは全く費用を使わないで、あるいは他のペナルティなしで、達することができよう、しかしときどき、騒音軽減と他の望ましい要因、例えば景観や南側の面を楽しむこと、その間に不調和を生ずるであろう。新しい建築物の裏側を道路に面して建てるという確かな傾向があり、この傾向は道路それ自体の環境を改善することはないであろう。

近い将来に、受忍できる騒音レベルに達するのに経済的な結果についての十分なデータを提供することを決定しなければならないであろう。この期間に、おそらく、与えられた道路のタイプは現在の騒音と同じ量を発生すると仮定することが必要であろう。明らかに、開発段階を通じての改良には長年かかり、新しい自動車の設計に合体し、現在ある自動車のストックをおきかえるための生産は充分長くかかるであろう。交通量と速度についていえば、増加する傾向にある。

この期間に、音源の問題にいくつかのインパクトを作ることが望ましい。すなわち、費用一便益解析あるいは公衆の意見の圧力は、この方法で部分的に問題を解決すべきであるということを示すであろうということを期待して、音のない自動車によることである。新しい道路用自動車の設計、開発および生産のための時間は少なくとも5年である。1975年に、新しい自動車によって騒音レベルの減少に影響を与えるのは、既知の技術の開発およびそれらを自動車の生産に合体するためかなりの時間がかかるであろう。しかし、重要な基礎的研究および最近の騒音研究の結果、自動車生産に原理的な設計変化を合体するための時間は認められないであろう。これらの考察について、すべての乗用車について、British Standard 50¹⁾に従って、1975年までに84 dB(A)から80 dB(A)にレベルを減少するのに重要な技術的問題あるいは経済的なペナルティはないであろう。実際に、多くのサロンカーは、すでに80 dB(A)であるので、1972年における変化は、その間のいかなる低下の可能性を予測することは望ましいであろう。この場合、排出系統および車体のかなりの再設計が必要なので、1975年までに、スポーツカーに対して80 dB(A)に減少することを延期することが必要であろう。重商用車の一般的なタイプについては、大部分のものは、現在89 dB(A)の限界にあるので、今後の5年に最低限の実際的目標は、おそらく現在の89 dB(A)を86 dB(A)に減少させることであろう。現在開発されているより重量があり、かつ、強力な商用車に対しては、89 dB(A)を保つことさえも重要な開発業務であろう、特に騒音よりも他の考慮（例えば、高速エンジンおよび大気汚染の減少）による現在の指令は、低騒音設計に必然的に適合しないであろう。

6.2.3 長期計画

長期計画では、自動車の設計、道路の設計、建築物の設計および騒音レベルの間について、国民的意見は最適なバランスに達すべきであろう。これは明らかに技術的および経済的な課題である。多くの場合、騒音軽減のための単純な過程の利用は、経済的でないであろう。換気システムのために必要な間接的な改善の費用はあまり確かではないけれども、建築物を遮音するための費用は、現在、相当な精度で計算できる。技術的可能性および自動車を改良するための各種レベルの全体費用の評価および各種騒音レベルに対する快適性および行為の費用を算定することには非常な困難がある。

この国で、空の1.5トン以上の商用車の現在の供給および運転費用（賃金は含まれない）は、年間約1,000 Mポンドである。このような自動車から騒音を減ずるためにいくら費用がかかるかはわからないが、しかし5%（すなわち50 Mポンド）をこえる見込はない。都市部に住んでいる45 Mの人によって静かな環境に到する値および交通騒音によって不利な影響を受けるとされる26 Mの仕事をしている人々のどの位の作業効率の改善の値とどのようにして比較する見込があろうか？もし自動車を静かにする費用が、環境および効率による便益をこえているならば、経済的な答は、自動車それ自身に対して何も云えない。自動車運転者によって負担される追加的費用という点で公平な解答であろう。

前に示唆したレベルが1975年（6.2.2参照）までに成就されると仮定すれば、そのあとの論理上の日はおよそ1980年であり、設計開発および生産のために5年間を許容すると、1970年から5年間の研究を見ると、そのときにおける第一の目標は、乗用車に対して定められた80 dB(A)に商用車が達することであろう（スポーツカーおよびモーターカーを含むすべての車に対して）。この一様なレベルは、騒音レベルの一般的な減少、特に邪魔になるピークレベルの減少に貢献するであろうし、また、重商用車に対する80 dB(A)までの減少、新しいエンジンと車両の設計、開発までに数年の研究がその後必要であろう。I.S.O.の勧告で要求されている比較的低い速度（50 km/h）で発生する騒音へ、前述のことが適用される。走行騒音は、この速度では無視できるが、市街地の自動車道路上の速度（およそ80 km/h）では、走行音は現在85 dB(A)に達しており、低騒音設計に自動車および自動車一道路相互の両者について注目する必要があるであろう。

1980年までに約75 dB(A)まで乗用車の減少は可能性があるであろう。またおそらく望ましいことである。たとえ、乗用者が80 dB(A)のままであり、商用車がこの値まで減少しても、交通騒音問題について実質上の減少となり、上述のとおり、均一性それ自身が価値がある。しかし、主として乗用車、特に夜間に、影響される多くの地域があり、もし一定の場所と時間に商用車の使用について制限が課せられれば、これらの地域では乗用車について75 dB(A)に減少することは価値があるであろう。

前述の自動車騒音レベルの望ましい減少についての議論は、ISOテストによって記述されているが、しかし減少の影響の評価の中で、実際の道路条件の下で等しい減少を仮定している。試験と道路条件との間の関係は重要な変化のないこと、および特に、タイヤ騒音が他の騒音源と比べて相対的な重要性が無視できないことを保証する研究が設計の傾向としては行なわれなければならない。

自動車騒音の減少（自動車の資本および運転費用の影響の評価を含む）についての研究は、極端な騒音の経済的な影響についての研究と併行して遂行されるべきである。1975年までに、現実な技術的かつ経済的な評価が道路自動車に必ず騒音レベルを作ることができるように。全体的経済上のバランスが到達することを保証する道路の建築物および設計、交通規制および騒音基準の他の局面についてもまた、研究は進められるべきである。5年の告示は、1980年における影響を受けるレベルを与えることができる。その結果、新しい自動車の設計と開発に対して、かなりの時間を与えるので、商用車は、およそ1985年までに静かな自動車によって大部分はおき替えらるであろう。サービス寿命の長い公共サービス車を除いては、この15年という期間は、長いけれども、道路および建築物の寿命と比較すると短い。音源において交通騒音を減少することは、本質的には実際的であり、経済的であるならば、およそ1975年までの影響を決定することは存在を導く公害を長く続ける建築物の形に、結合する必要を避けるであろう。

6.2.4 他の騒音源

もし、道路交通による騒音が減少すれば、他のいくつかの騒音源が困惑に対して大きくなり、大部分とならないことを保証することが必要である。したがって、騒音問題を全体として取り組む力があるいくつかの機関が必要である。この討論は考えている地域に適用される環境全体がバランスすることを保証するために、他の環境問題、例えば大気汚染、視線侵入に拡大することができよう。

建築物の設計によって、軽減される交通騒音の一つの利点は、他の外部の騒音源に対しても保証できることである。これは、家庭、学校およびコンサートホールに対して、外部の音源よりも内部の音源が限界となる事務所よりも重大である。

7. 結論および勧告

1. 道路交通による騒音は、すでに、各種の方法および各種の度合で、連合王国の人口の大部分に影響を与えている。道路車両の数の現在の傾向は、この状況は、ドラステックな手段がとられない場合には、つぎの10年間に悪化しそうであることを示している。
2. 道路交通による騒音の現在のレベルは、生活条件に悪影響を与えているが、しかし健康に重大な危険となっていることを示していない。實際上、家庭における快適性の損失および事務所における効率の損失、その他の経済的価値についての確実なデータはない。この分野に対する実質的な研究が必要である。
3. 音源および個々の自動車から発生する騒音レベル、各種の条件の下に交通騒音が伝搬する方法、建築物設計による軽減の可能性の知識は僅かにある。個々の自動車からの騒音が交通騒音に組み合わされる過程は良く判っていない。この分野、特に複合した都市における研究がより一層必要である。
4. 法外でないがしかし有効な新しい自動車の騒音レベルの減少は、既知の技術の開発と適用によって5年以内に達することができよう。もし、アクセスが必要でない主要道路で重商用車が禁止され、すべての運転者によって速度制限がよく遵守されれば、一方、現在の都市部の条件の下に、騒音環境はかなりの改善することができよう。
5. 長期的には、音源における交通騒音問題の本質的な軽減は、ISOテストの下で、商用車の騒音レベルを約80 dB(A)に、乗用車を約75 dB(A)に、それぞれレベルの減少は、実際の運転条件の下で、減少することが必要であろう。これは商用車に対して重大な問題となろう；新しいエンジンおよび自動車の設計と開発のために数年間の研究が必要となるであろう。この目的のための研究（自動車の資本および運転費用、大気汚染、その他の影響の評価を含む）は、したがって、極端な騒音の経済的効果とともに行なわれるべきである。
6. 1975年頃までに、データは道路の自動車によってうける騒音レベルの根拠ある経済的評価を作ることができるであろう。もしこの評価が低いレベルが、5年間の予告を正当化されることを示せば、1980年に法的レベルが実施され、新しい自動車の設計と開発のために正当な時間が与えられる。1985年頃までには、商用車群はより静かな自動車によって、かなり取り替えられるであろう。また、この予想は、そのときまで長い間使用されている道路および建築物の設計において仮定されるであろう。
7. いくつかの他の騒音源がすでに優越しているか、あるいは優越となるか、またほとんど邪魔となっている場合に、交通騒音を減少するのに問題は少ない。したがって、いかなる地域においても、すべての騒音源を規制する必要がある実際に関係のある地域に充てられているすべての環境要因のレベルのバランスを保つことが望ましい。
8. 第2章から第5章を含めて、章の終りで与えられた今後の研究に対する17の詳細な勧告を再掲すれば、つぎのとおりである。

2.8

1. 提案された困惑の客観的な尺度 (TNI および LNP) の利点およびそれらの環境の範囲に適用
することを比較することの社会的効果の調査
2. 交通騒音レベルの会話伝達に対する影響の一時的変化の評価
3. 交通騒音の授業, 学習およびこれらに関係のあるグループ活動への影響
4. 交通騒音の睡眠への影響
5. 交通騒音の健康への影響

3.5

6. 自動車騒音に対する加速および実効荷重の影響
7. 道路上の自動車騒音と ISO の運転通過試験における自動車騒音との関係
8. 路面騒音
9. 騒音レベルを現在のレベルよりも少くとも 10 dB(A) 下げることが目的とした重連結ローリー
ーの開発, このようなローリーの可能性の論証および商業的育成能力

4.5

10. 交通信号, 丘陵部および車種構成の交通騒音レベルに与える影響
11. 遮音壁の交通騒音による影響および都市自動車に対する標準壁の開発
12. 建築物の状況が建築物の正面における交通騒音による影響
13. 人工換気の高価でないが効率的な方法の開発
14. 都市地域における交通騒音の予測方法の開発
15. 計画者のための騒音設計便覧の準備
16. 交通騒音減少手法の現在の費用
17. 交通騒音減少による便益の評価方法

8 REFERENCES

8.1 REFERENCES IN NUMERICAL ORDER

1. WILSON, SIR ALAN, Chairman. Noise - Final Report of the Committee on the Problem of Noise. Cmnd 2056, London 1963 (H. M. Stationery Office).
2. McKENNEL, A. C. and E. A. HUNT. Noise Annoyance in Central London. The Government Social Survey, C. O. I. Report No. SS. 332, March 1962.
3. PARKIN, P. H., H. J. PURKIS, R. J. STEPHENSON, and B. SCHLAFFENBERG. London Noise Survey. Ministry of Public Building and Works, Building Research Station, London 1968 (H. M. Stationery Office).
4. GRIFFITHS, I. D. and F. J. LANGDON. Subjective Responses to Road Traffic Noise. J. Sound Vib. 1968, 8, 16.
5. STATENS INSTITUT FOR BYGGNASFORSKNING. Trafikbuller i Bosladsomraden, Statens Institut for Byggnadsforskning, Rapport 36/68, Stockholm, 1968.
6. SCHOLES, W. E. and J. W. SARGENT. Designing against Traffic Noise. Ministry of Public Buildings and Works, Building Research Station, Garston, 1970 (To be published).
7. GRIFFITHS, I. D. A Note on the Traffic Noise Index and the Equivalent Sound Level. J. Sound Vib. 1968, 8 (2), 198-200.
8. ROBINSON, D. W. The Concept of Noise Pollution Level. Ministry of Technology, NPL Aero Report. Ac 38, 1969 (National Physical Laboratory).
9. ROBINSON, D. W. An Outline Guide to Criteria for the Limitation of Urban Noise. Ministry of Technology, NPL Aero Report Ac 39, 1969 (National Physical Laboratory).
10. MILIS, C. H. G., D. T. ASPINALL, D. C. LAVENDER and J. WEST. A Survey of Noise in Public Service Vehicles. M. I. R. A. Research Report 1969/14, 1969 (Motor Industry Research Association).
11. KLUMPP, R. G. and J. C. WEBSTER. Physical Measurement of Equally Speech-Interfering Navy Noises. J. Acoust. Soc. Am 1963, 35, 1328.
12. ROBINSON, D. W. and Miss J. P. COOK. The Quantification of Noise Exposure. Ministry of Technology, NPL Aero Report Ac 31, 1968 (National Physical Laboratory).
13. ROBINSON, D. W. The Relationships between Hearing Loss and Noise Exposure. Ministry of Technology, NPL Aero Report Ac 32, 1968 (National Physical Laboratory).
14. DAVIES, D. R. and G. R. J. HOCKEY. The Effects of Noise and Doubling the Signal Frequency on Individual Differences in Visual Vigilance Performance. Br. J. Psychol. 1966, 57, 381.
15. WOODHEAD, M. M. An Effect of Noise on the Distribution of Attention. J. Appl. Psychol. 1966, 50, 296.
16. WERNSTEIN, A. and R. S. MACKENZIE. Manual Performance and Arousal. Percept. Mot. Skills, 1966, 22, 498.
17. MURRAY, D. J. The Effect of White Noise upon the Recall of Vocalised Lists. Can. J. Psychol. 1965, 19, 333.
18. MIRABELLA, A. and D. A. GOLDSTEIN. The Effects of Ambient Noise upon Signal Detection. Human Factors, 1967, 9, 227.

19. KIRK, R. E. and E. HECHT. Maintenance of Vigilance by Programmed Noise. *Percept. Mot. Skills*, 1963, 16, 553.
20. WATKINS, W. A. and C. E. FEEHRER. Investigations of Acoustic Effects upon Visual Signal Detection. USAF: ESD. TR 64-557, 1964.
21. JERISON, H. J. Performance on a Simple Vigilance Task in Noise and Quiet. *J. Acoust. Soc. Amer.* 1957, 29, 1163.
22. BROADBENT, D. E. and M. GREGORY. Effects of Noise and of Signal Rate upon Vigilance Analysed by Mean of Decision Theory. *Human Factors*, 1965, 7, 155.
23. TEICHNER, H. W., E. AREES and R. REILLY. Noise and Human Performance, A Psychophysiological Approach. *Ergonomics* 1963, 6, 83.
24. BROADBENT, D. E. Effect of Noise on Visual Performance. *Quart. J. Exp. Psychol.* 1954, 6, 1.
25. WOODHEAD, M. M. Effect of Brief Loud Noise on Decision-Making. *J. Acoust. Soc. Am.* 1959, 31, 1329.
26. BROADBENT, D. E. Effect of Noise on an Intellectual Task. *J. Acoust. Soc. Am.* 1958, 30, 824.
27. BROADBENT, D. E. and E. A. J. LITTLE. Effects of Noise Reduction in a Work Situation. *Occup. Psychol.* 1960, 34, 131.
28. U.S. DEPARTMENT OF HOUSING AND URBAN DEVELOPMENT. Noise in Urban and Suburban Areas, Results of Field Studies. U.S. Dept. of Housing and Urban Development, Washington, D. C. 1967.
29. SUITO, K. A Polygraphical Study of the Effect of Noise on Sleep. (In Japanese) *Nihon Koshu-eisci Zasshi (Jap. J. Publ. Hlth.)*, 1965, 10, (June), 383.
30. FUKUSHIMA, U., T. SHIMIZU and Y. SAITO. An E. E. G. Study of Sleep Conditions under Unusual Circumstances. II An Industrial Medical Study on the Oil Excavation on the Sea, (in Japanese). *Irosaki Med. J.* 1963, 15, 484.
31. OTTO, E. Results of a Low-Control, Continual Depth-of-sleep Determination on Man, (in German). *Psychiatric Newsl. Med. Psychol.* 1964, 16, 254.
32. RICHTER, Hs. R. Le sommeil morcele: Derangements du sommeil nocturne par le bruit; aspects electro-encepholographiques d'un probleme de medicine preventive. *Soc. EEG. Francaise, Montpellier, May, 1966, Rev. Neurol.* 1966, 115, 592.
33. SCHIEBER, J. P. Etude analytique en laboratoire de l'influence du bruit sur sommeil. *Faculte de Medicine de Strasbourg.*
34. OSWALD, I. Private communication, 16 June 1969.
35. BACELON, M and C. LAMURE. C.I.B. BULLETIN, N. 1-2 1966.
36. WALLER, R. A. Environmental Quality, its Measurement and Control. *Int. Symp. on Urban Renewal, Brussels, October, 1967.*
37. WALTERS, D. Railway Noise in Housing Areas. *Birmingham School of Architecture, December 1968. (Unpublished Pilot Study).*
38. REYNOLDS, I. and C. NICHOLSON. Layout Study Survey, Noise in Six Council Estates, Draft 1. Ministry of Housing and Local Government. (Unpublished).
39. FELTON, J. S. and C. SPENCER. Morale of Workers Exposed to High Levels of Occupational Noise. *Amer. Ind. Assoc. J.* 1961, 22, 136.
40. HICKISH, D. E., J. G. JONES and D. C. MURPHY. Evidence to the Committee

- on the Problem of Noise, with Special Reference to the Effect of High Intensity Noise on Workers in Industry. *Annals Occup. Hyg.* 1962, 5, 183.
41. INGEMANSSON, S. Discussion p.307. The Control of Noise. National Physical Laboratory, Symposium No. 12, London 1962, (H. M. Stationery Office).
 42. STEMERDING-BARTENS, J. The Influence of Noise on Groups. Dutch Inst. Pub. Health Eng. Rept. D16 1-98 1960.
 43. HOPKINSON, R. G. and E. ROWLANDS. Is Traffic Noise an Acceptable Mask? Institute of Physics and the Physical Society, Acoustics Group Meeting - Urban Noise, June 1969, (Unpublished).
 44. ROWLANDS, E. Noise in Hospitals; Subjective and Objective Criteria. Environmental Design Research Unit, University College, London. 1968.
 45. DAVIES, H. Editor. Auditory and Non-Auditory Effects of High Intensity Noise. Project ANEHIN: Final Report, Joint Project 13.01. 99 Subtask 1. Report No. 7, 1958, Central Institute for the Deaf, St. Louis, Mo and U.S. Naval School of Aviation Medicine, Pensacola, Fl.
 46. ABHY-WICKRAMA, I., M. F. ABROOK, F. E. G. GATTONI and C. F. HERRIDGE. Mental Hospital Admissions and Aircraft Noise. *The Lancet*, 1969, 2 (7633), 1275 - 77.
 47. FRIEDMANN, G. Automation - Some Psychosociological Aspects. *Ann. Econ. -Soc. -Civil*, 1958, 13, 625; Abstract Occup. Saf. Health Abs. 1964, 2, 689.
 48. LECLARE, M. Contribution to the Study of the Mental Health of Workers: Psychological Effects of Automation of the Tertiary Task (result of an enquiry carried out on 1000 office machine operators). Lyon, 1955, (editions Camille Annequin) Abstract Occup. Saf. Health Abs, 1964, 2, 706.
 49. INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDIZATION. Recommendation R362 Methods of Measurement of Noise Emitted by Vehicles. Geneva, 1964, (International Organisation for Standardization).
 50. BRITISH STANDARDS INSTITUTION. British Standard BS 3425: 1966. Method for the Measurement of Noise Emitted by Motor Vehicles. London, 1966, (British Standards Institution).
 51. WATERS, P. E. Control of Road Noise by Vehicle Operation. British Road Federation Conference, Road and Environmental Planning and the Reduction of Noise. Southampton, 1969 (Unpublished).
 52. RATHE, E. J. Uber den Larm des Strassenverkehrs. *Acustica*, 1966, 17, 268.
 53. PRIEDE, T. Noise and Vibration Problems in Commercial Vehicles. *J. Sound Vib.* 1967, 5, (1), 129-154.
 54. JOHNSON, D. R. and E. G. SAUNDERS. The Evaluation of Noise from Freely Flowing Road Traffic. *J. Sound Vib.* 1968, 7 (2), 287-309.
 55. BURT, M. E. Traffic Noise - Aspects of Highway Design and Traffic Management. British Road Federation Conference, Road and Environmental Planning and the Reduction of Noise. Southampton, 1969 (Unpublished).
 56. PRIEDE, T. Origins of Automotive Engine and Vehicle Noise. Lecture presented to the Engine Manufacturers Association in Chicago, U.S.A., on 28 June 1968.
 57. HADLEY, W. C. Noise Level Studies of Motorcycles in Bermuda. *Noise Control*, 1959, 5, (3), 21-23.

58. MARTIN, R. Comparative Sound Level Measurements on Motor Vehicles. Institution of Electrical Engineers Conference on Acoustic Noise and its Control. IEE Conference Publication No. 26, 1966.
59. HAINES, A. E. Private Communication.
60. MILLS, C. H. G. and D. T. ASPINALL. Noise of Commercial Vehicles. Ch. 10, Commercial Vehicles, Engineering and Operation, I. Mech. E., 1967.
61. ASPINALL, D. T. Control of Road Noise by Vehicle Design. British Road Federation Conference on Road and Environmental Planning and the Reduction of Noise, Southampton, 1969 (Unpublished).
62. PRIEDE, T. Some Studies into Origins of Automobile Diesel Engine Noise. 11th Int. Automobil Technischen Kongress, June 1966 Munich, F. I. S. I. T. A., Paper C. 12.
63. PRIEDE, T. Relation between Form of Cylinder-pressure Diagram and Noise in Diesel Engines. Proc. Inst. Mech. Engrs. (A. D.), 1961 (1) 63-77.
64. PRIEDE, T. Noise of Internal Combustion Engines. The Control of Noise National Physical Laboratory Symposium No. 12, 97-113, Discussion 114-118 London, 1962. (H. M. Stationery Office).
65. UNGUR, E. and D. ROSS. Vibrations and Noise due to Piston Slap in Reciprocating Machinery. J. Sound Vib. 1955, 2, (2), 132-146.
66. FIELDING, B. J. and K. SKORECKI. Identification of Mechanical Sources of Noise in a Diesel Engine: Sound Emitted from the Valve Mechanism. Proc. I. Mech. E. 1966/7, 181 pt 1 437 - 446; Discussion 447-451.
67. ZIMMERMANN, K. D. The Noise Produced by the Injection Pump and its Relation to Total Diesel Engine Noise. S. A. E. Paper No. 690449, May 1969.
68. SOROKA, W. W. and C. F. CHIEN. Automotive Piston-Engine Noise and its Reduction - a Literature Survey. S. A. E. Paper No. 690452, May 1969.
69. ANON. Engine Structural Vibration. Automobile Engineer, 1969, 59 (11), 396-8.
70. PRIEDE, T., A. E. W. AUSTEN and E. C. GROVER. Effect of Engine Structure on Noise of Diesel Engines. Proc. I. Mech. E. 1964 179, pt. 2a, (4).
71. THIEN, G. E. Methods and Problems in Noise Reduction in High Speed Diesel Engines. S. A. E. Paper No. 680407, May 1968.
72. PRIEDE, T., E. C. GROVER and N. LALOR. Relation between Noise and Basic Structural Vibration of Diesel Engines. S. A. E. Paper No. 690450, May, 1969.
73. MILLS, C. H. G. and D. T. ASPINALL. Some Aspects of Commercial Vehicle Noise. Applied Acoustics, 1968, 1, (1), 47-66.
74. ASPINALL, D. T. and J. WEST. The Reduction of the External Noise of Commercial Vehicles by Engine Enclosure. M. I. R. A. Report No. 1966/17, Nuneaton 1966, (Motor Industry Research Association).
75. JUHAZ, F. Noise Reduction in a Commercial Vehicle through Complete Enclosure of the Engine. A. T. Z., 1965, 65, (11), 380-385.
76. JUHAZ, F. Noise Reduction by Acoustic Enclosures for Internal Combustion Engines. N. T. Z. 1968, 29, (1), 11-14.
77. AUSTEN, A. E. W. and T. PRIEDE. Origins of Diesel Engine Noise. Symposium on Engine Noise and Noise Suppression, pp. 19-32, Discussion pp. 59-61 1958 (Institute of Mechanical Engineers).

78. HAYNES, C. D. and E. L. KELL. Engine Exhaust Silencing. (First Report). M.I.R.A. Report No. 1964/3, Nuneaton 1964 (Motor Industry Research Association).
79. HAYNES, C. D. and E. L. KELL. Engine Exhaust Silencing. (Second Report). M.I.R.A. Report No. 1965/2, Nuneaton 1965 (Motor Industry Research Association).
80. HAYNES, C. D. and E. L. KELL. Engine Exhaust Silencing. (Third Report). M.I.R.A. Report No. 1965/12, Nuneaton 1965 (Motor Industry Research Association).
81. ANON. Air Intake Silencing. Automobile Engineer 1969, 59, (11), 398-400
82. ANON. Exhaust Systems. Automobile Engineer 1969, 59, (11), 400-402.
83. MANSFIELD, W. P. and E. J. NESTORIDES. Recent Developments in Engine Noise Reduction. Proc. Diesel Engineers and Users Association, London, Feb. 1965.
84. SHARLAND, I. J. Sources of Noise in Axial Flow Fans. J. Sound Vib., 1964, 1 (3), 302.
85. MADISON, R. D. and R. J. WELLS. Fan Noise. Handbook of Noise Control. Chapter 25, London, 1957 (McGraw-Hill Book Company).
86. GIERKE, H. E. Von. Aircraft Noise Sources. Handbook of Noise Control. Chapter 33, London, 1957 (McGraw-Hill Book Company).
87. PRIEDE, T. Origins of Rotary Positive Displacement Blower Noise. Proc. I. Mech. E. 1966/7, 181, pt. 3c, Paper 11 of Noise from Power Plant Equipment.
88. ENRENREICH, M. and M. RUBIN. Noise Analysis of a Vehicle Transfer Gear-box. I. Mech. E. (A. D.) 1961, (10) 337-350.
89. BEULER, E. Influences on the Noise of Transmissions. S.A.E. Paper 680051, Jan. 1968.
90. NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. The Control of Noise. Symposium No. 12, London 1962, (H. M. Stationery Office).
91. WELLER, D. E. and D. P. MAYNARD. Treatments to Retexture a Worn Concrete Surface of a High Speed Road. Ministry of Transport, R. R. L. Report LR. 250, Crowthorne 1969 (Road Research Laboratory).
92. WIENER, F. M. Experimental Study of the Airborn Noise generated by Passenger Automobile Tyres. Noise Control, 1960, 6, 14), 13-16.
93. ROBERTSON, T. A. Truck Tyre Noise. S. A. E. Detroit Section Meeting, Feb. 18, 1957.
94. ROBERTSON, T. A. and J. H. COX. Truck Tyre Noise - Problems and Solutions. S. A. E. Summer Meeting June 1958.
95. LUETGEBRUNE, H. Tyre Noises - Vehicle Noises. Deutsche Kautschuk - Gesellschaft, Paper given at Munich Meeting, Oct. 1954.
96. JOY, T. J. B., D. G. HARTLEY and D. M. TURNER. Tyres for High Performance Cars. S. A. E. Summer Meeting June 1955.
97. LIPPMANN, S. A. Tyres in Automobile Vibration Problems. Noise Control, 1956, 2, (3), 41-43.
98. STEVENSON, W. C. The Problem of Brake Squeal - A Literature Survey. M. I. R. A. Bulletin, 1968, (6), 3-6.
99. FOSBERRY, R. A. C. and Z. HOLOUBECKI. Disc Brake Squeal, its Mecha-

- nism and Suppression. M. I. R. A. Report No. 1961/22.
100. JARVIS, R. P. and B. MILLS. Vibration Induced by Dry Friction. I. Mech. E. Proc. 1963/4, 178 pt. 1, (32) 847-66.
 101. WAGENFUHRER, H. Noise from Brakes. A. T. Z. 1964 66, (8), 217-222. (M. I. R. A. Translation No. 15/65).
 102. LANGE, R. W. Excavator Clutches and Brakes, Behaviour of Drums and Linings. S. A. E. Preprint 2240, Sept. 1960.
 103. SWISS FEDERAL POLICE DEPARTMENT. Draft Construction Regulations. Bern, 1967, (The Swiss Federal Police Department).
 104. The Austrian Gazette (Bundesgesetzblatt), December 31 1955, Sections 8 and 22.
 105. FORD MOTOR CO. LTD., Private Communication.
 106. O. E. C. D., Private Communication.
 107. M. I. R. A., Private Communication.
 108. Journal Officiel, 15th Nov. 1962, p. 11103 (France).
 109. German Road Traffic Regulations; Verkehrsblatt, 1966, 20, (9), 531-4.
 110. The Italian Code of the Road, Articles 214, 215, 283, 286 and 289.
 111. DUTCH MINISTRY OF TRANSPORT AND WATERWAYS. Regulations No. 28216 and 28217. Dutch Ministry of Transport and Waterways, 23 June, 1966.
 112. California Vehicle Code Sections 23130 and 27160 and California Administrative Code Regulations Relative to Noise Adopted, 12 Jan. 1968.
 113. HARMAN, D. M. The Role of the dB(A). Applied Acoustics, 1969, 2, (2), 101-9.
 114. MEISTER, F. J. Protection against Traffic Noise (Die Lärmdämmung in Strassenverkehr) VDI Z, 1964, 106, (23), 1165-1173 Translation BRS Library Communication No. 1248: 1965. Building Research Station (Unpublished).
 115. LAMURE, C. and S. AUZOU. Noise Levels near Motorways in Non-built up Areas. (Les Niveaux de bruit au Voisinage des Autoroutes Degagees) Cahiers du Centre Scientifique et Technique du Batiment, 1964, 599 (71) Translation B. R. S. Library Communication No. 1315: 1965. Building Research Station, (Unpublished).
 116. STEPHENSON, R. J. and G. H. VULKAN. Traffic Noise. J. Sound Vib. 1968, 7, (2), 247-262.
 117. RUCKER, A. and K. GLUCK. The Propagation and Suppression of Road Traffic Noise in Built-up Areas (Die Ausbreitung und Dämpfung des Strassenverkehrslarms in Bebauungsgebieten). Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 1964, 32 Translation, B. R. S. Library Communication No. 1314, 1965, Building Research Station (Unpublished).
 118. GALLOWAY, W. J. and W. E. CLARK. Prediction of Noise from Motor Vehicles in Freely Flowing Traffic. Fourth International Congress on Acoustics, Copenhagen, August 1962 Paper L. 28.
 119. OSSIPOV, G. L. Requirements Regarding Noise Originating from Land Transportation Facilities. Paper for the Traffic Noise Colloquium, C. S. T. B., Paris, November, 1968.
 120. NICKSON, A. F. Can Community Reaction to Increased Traffic Noise be Forecast? Fifth International Congress on Acoustics, Liege, September, 1965.
 121. BURE, V. Paper for the International Symposium on Noise Abatement, Brussels,

1967.

122. ROBINSON, D. W., W. C. COPELAND and A. J. RENNIE. Motor Vehicle Noise Measurement. Engineering Lond., 1961, 211, 493-7.
123. LANGDON, F. J. and W. E. SCHOLES. The Traffic Noise Index a Method of Assessing Noise Nuisance. Architects' Journal 1963, 147, (16), 813-20.
124. FEHR, R. O. The Reduction of Industrial Machine Noise. Proc. 2nd Annual National Noise Abatement Symposium, 1951 2, 93-103.
125. RETTINGER, M. Noise Reduction of Barriers. Noise Control 1957, 3 (5), 50.
126. PARKIN, P. H. The Propagation of Sound in Air. N. P. L. Symposium No. 12, 197-209, London 1962, (H. M. Stationery Office).
127. REDFEARN, S. W. Some Acoustical Source-Observer Problems. Phil. Mag. 1940 (ser. 7) 30, 223-236.
128. MAEKAWA, Z. Noise Reduction by Screens. Applied Acoustics, 1968, 1, 157-173.
129. PRATT, H. W. The Effects of Road Traffic Noise on the Layout and Design of Buildings in Urban Environments. University of Sheffield, 1968, Ph. D. Thesis (Unpublished).
130. STEPHENSON, R. J. and G. H. VULKAN. Noise From Elevated Trunk Roads. Tn. Plann. Rev. 1963, 34, 141-152.
131. BEATON, J. L. and L. BOURGET. Can Noise Radiation from Highways be Reduced by Design. Highway Research Record, 1968, (232) 1-8.
132. BEST, K. H. Structural Engineering Implications of the London Traffic Survey. J. Inst. Struct. Eng., 1965, 43, (5), 155-62.
133. KERENSKY, O. A. Urban Motorways and Their Environment, 1968. Rees Jeffreys Triennial Lecture to the Town Planning Institute. The Institute, London.
134. EMBLETON, T. F. W. and G. J. THIESSEN. Train Noises and Use of Adjacent Land. Noise Control (Sound), 1962, 1, (1), 10-16.
135. EMBLETON, T. F. W. Sound Propagation in Homogeneous, Deciduous and Evergreen Woods. J. Acoust. Soc. Am., 1963, 35(8), 1119 - 1125.
136. MEISTER, F. J. Measurements of Traffic Noise in West Germany. J. Acoust. Soc. Am., 1957, 29 (1), 81-4.
137. MEISTER, F. J. and W. RUHRBERG. The Influence of Belts of Vegetation on the Propagation of Noise (Der Einfluss von Grunanlagen auf die Ausbreitung von Gerauschen). Larmbekampfung 3(1), 5-11.
138. PARKIN, P. H. and W. E. SCHOLES. The Horizontal Propagation of Sound from a Jet Engine Close to the Ground at Radlett. J. Sound Vib. 1964, 1, 1-13.
139. PARKIN, P. H. and W. E. SCHOLES. The Horizontal Propagation of Sound from a Jet Engine Close to the Ground at Hatfield. J. Sound Vib. 1965, 2, (4), 353-374.
140. SCHOLES, W. E. and P. H. PARKIN. The Effect of Small Changes in Source Height on the Propagation of Sound over Grassland. J. Sound Vib. 1967, 3, 424-42.
141. PARKIN, P. H. and W. E. SCHOLES. Oblique Air-to-Ground Sound Propagation over buildings. Acustica, 1958, 8, 99-102.
142. HARDY, A. C. and P. T. LEWIS. Sound Insulation Standards for Buildings Adjacent to Urban Motorways. British Road Federation, Conference on Road and Environmental Planning and the Reduction of Noise, Southampton 1969 (Unpublished).

143. IANGE, P.A. De. Sound Insulation of Glazing with Respect to Road Traffic Noise. Applied Acoustics 1969, 2 (3), 215-36.
144. Heston Grange Housing. Official Architecture and Planning, 1967, 30 (5), 650-655.
145. PILKINGTON BROS. LTD. Windows and Noise. Glass and Windows Bulletin No.3, February 1964.
146. WOOLLEY, R. M. Sound Insulation of Windows. Ministry of Public Buildings and Works, B.R.S. Design Paper 64, Garston, 1967 (Building Research Station).
147. C.S.T.B. Transmission of Noise through Facades (Transmission du Bruit a Travers les Facades) Report No. DGRST/CSTB 64-FR-136. 1968 (C.S.T.B).
148. GREATER LONDON COUNCIL. Research into Noise Levels in London 1965. Report by the Scientific Adviser, 1965, Greater London Council.
149. STEPHENSON, R. J. and G. H. VULKAN. Urban Planning against Noise. Official Architecture and Planning, 1967, 30 (5), 643-7.
150. MILLS, C. H. G. and D. W. ROBINSON. The Subjective Rating of Motor Vehicle Noise. Noise - Final Report of the Committee on the Problem of Noise Cmnd 2056, London 1963 (H. M. Stationery Office) 173-85.
151. COLONY, D. C. Study of the Effect, if any, of an Urban Freeway upon Residential Properties Contiguous to the Right of Way. University of Toledo, Toledo, Ohio (Unpublished).
152. ROSKILL, The HON. MR. JUSTICE, Chairman. Commission on the Third London Airport, Papers and Proceedings, Volume VII, Stage III, Research and Investigation Part 1. Assessment of the Short-Listed Sites: Proposed Research Methodology. London 1969 (H. M. Stationery Office).
153. STATISTICAL RESEARCH UNIT IN SOCIOLOGY, University of Keele. Private Communication.

8.2 ALPHABETICAL LIST OF AUTHORS AND REFERENCE NUMBERS

ABEY WICKRAMA I	46
A 'BROOK MF	46
AREES E	23
ASPINALL DT	10, 60, 61, 73, 74
AUSTEN AEW	70, 77
AUZOU S	115
BACELON M	35
BEATON JL	131
BEST KH	132
BEULER E	89
BOURGET L	131
BROADBENT DE	22, 24, 26, 27
BURE V	121
BURT ME	55
CHIEN CF	68
CLARK WE	118
COLONY DC	151
COOK Miss JP	12
COPELAND WC	122
COX JH	94
DAVIES DR	14

DAVIES H	45
EMBLETON TFW	134, 135
ENRENREICH M	88
FEEHRER CE	20
FEHR RO	124
FELTON JS	39
FIELDING BJ	68
FOSBERRY RAC	99
FRIEDMANN G	47
FUKUSHIMA U	30
GALLOWAY WJ	118
GATTONI FEG	46
GIERKE HE Von	83
GLUCK K	117
GOLDSTEIN DA	18
GREGORY M	22
GRIFFITHS ID	4, 7
GROVER EC	70, 72
HADLEY WC	57
HAINES AE	59
HARDY AC	142
HARMAN DM	113
HARTLEY DG	96
HAYNES CD	78, 79, 80
HECHT E	19
HERRIDGE CF	46
HICKISH DE	40
HOCKEY GRJ	14
HOLOUBECKI Z	99
HOPKINSON RG	43
HUNT EA	2
INGEMANSSON S	41
JARVIES RP	100
JERISON HJ	21
JOHNSON DR	54
JONES JG	40
JOY TJP	96
JUHAAZ F	75, 76
KELL EL	78, 79, 80
KERENSKY OA	133
KIRK RE	19
KLUMPP RG	11
LALOR N	72
LAMURE C	35, 115
LANGDON FJ	4, 123
LANGE PA de	143
LANGE RW	102
LAVENDER DC	10
LECLARE M	48
LEWIS PT	142
LIPPMANN SA	97
LITTLE EAJ	27
LUETGEBRUNE H	95

MACKENZIE RS	16
MADISON RD	85
MAEKAWA Z	128
MANSFIELD WP	83
MARTIN R	58
MAYNARD DP	91
McKENNEL AC	2
MEISTER FJ	114, 136, 137
MILLS B	100
MILLS CHG	10, 60, 73, 150
MIRABELLA A	18
MURPHY DC	40
MURRAY DJ	17
NESTORIDES EJ	83
NICHOLSON C	38
NICKSON AF	120
OSSIPOV GL	119
OSWALD I	34
OTTO E	31
PARKIN PH	3, 126, 138, 139, 140, 141
PRATT HW	129
PREDE T	53, 56, 62, 63, 64, 70, 72, 77, 87
PURKIS HJ	3
RATHE EJ	52
REDFEARN SW	127
REILLY R	23
RENNIE AJ	122
RETTINGER M	125
REYNOLDS I	38
RICHTER HsR	32
ROBERTSON TA	93
ROBINSON DW	8, 9, 12, 13, 122, 150
ROSKILL Hon. Mr. Justice	152
ROSS D	65
ROWLANDS E	43, 44
RUBIN M	88
RUCKER A	117
RUHRBERG W	137
SAITO Y	30
SARGENT JW	6
SAUNDERS EG	54
SCHIEBER JP	33
SCHLAFFENBERG B	3
SCHOLES WE	6, 123, 138, 139, 140, 141
SHARLAND IJ	84
SHIMIZU T	30
SKORECKI J	66
SPENCER C	39
SOROKA WW	68
STEMERDING-BARTENS J	42
STEPHENSON RJ	3, 116, 130, 149
STEVENSON WG	98
SUITO K	29
TEICHNER WH	23

THIEN GE	71
THIESSEN GJ	134
TURNER DM	96
UNGUR E	65
VULKAN GH	116, 130, 149
WAGENTFUHRER H	101
WALLER RA	36
WALTERS D	37
WATERS PE	51
WATKINS WA	20
WEBSTER JC	11
WELLER DE	91
WELLS RJ	85
WERNSTEIN A	16
WEST J	10, 74
WIENER FM	92
WLLSON Sir ALAN	1
WOODHEAD MM	15, 25
WOOLLEY RM	146
ZIMMERMANN KD	67

9. 附 録 1 用 語 集

交通騒音の分野は、多数の学科を包括しており、それぞれ特殊の専門語を用いている。この用語集は広汎なものとするつもりはないが、この評論を書くのに用いた特殊の専門語を定義することを試みている。より広汎な音響学上の用語集は、British Standard Glossary of Acoustical Terms B.S. 661にある。

ASPIRATION

エンジンのシリンダーの中に吸入される空気の道。普通に吸入されたエンジンの空気は、ピストンの吸入ストロークによって、大気圧で吸入される。turbo-charged エンジンでは、空気は同様に吸入ストロークによって吸入されるが、しかし大気圧以上の圧力で吸入される。

AUDIOMETER

聴力を測定するための器具。

BORE

エンジンのシリンダーの直径。

dB (A)

A 荷重されたデジベル。騒音レベル（後述）の単位の一つであり、低周波数の騒音のウェイトは小さい。この単位は騒音に対する主観的な反応により相関を示す。

dB (C)

C 荷重されたデジベル。31.5 と 8,000 Hz との間の周波数を持つ騒音について等しいウェイトを与える。

DECIBEL (or dB)

レベルの単位。普通は二つのパワーの比の対数の 10 倍であるが、しかし、例えば音のように、二つの波動している圧力の比の平方根に比例するような現象に対しては、二つの圧力の比の対数の 20 倍と定義されるであろう。

DISORIENTATION

空間と時間における関係を感じ取る能力の個々の損失。

ELECTRO ENCEPHALOGRAM (E . E . G .)

神経中枢における活動によって頭の中におこる電流の変動を示す記録。

EXTERNALITY

経済学において、externality とは、活動において、何らの自発的な関心を持たない人が受ける活動からの費用（或は便益）。

FLOW (or TRAFFIC FLOW)

単位時間に一定点を通過する自動車の台数

FREQUENCY

周期的な現象の繰り返しの比率。音色の frequency は音楽のピッチを定める。

HERTZ (Hz)

周波数の単位—毎秒当りの繰り返し数。

INTANGIBLE

経済学において、金銭的価値で与えられることができなく、かつ、費用と便益の財政的な均衡に影響されることができない活動の結果。

I.S.O.

International Organisation for Standardization。

Loq

変動する騒音レベルのエネルギー平均単価レベル。

L_{NP}

noise pollution level を参照のこと。

L₁₀

任意の定められた時間の10%をこえるdB(A)で表わされる騒音レベル。

L₅₀

任意の定められた時間の50%をこえるdB(A)で表わされる騒音レベル、したがって、騒音の中央値。

L₉₀

任意の定められた時間の90%をこえるdB(A)で表わされる騒音レベル。

LOUDNESS

一つの音の強さについて聞く人の感覚。騒音レベルの10dBの増加はおよそ2倍の大きさを与える。

NEUROSIS

ノイローゼ。

NOISE

聞く人によって望ましくない音。

NOISE POLLUTION LEVEL(L_{NP})

$$L_{NP} = L_{eq} + 2.56 \delta$$

(2.2 ANNOYANCEにおける討議を参照のこと)。

OBJECTIVE MEASUREMENT

物理的な量の測定であり、評価から独立しており、'主観的測定'に対比される。

OVER-SQUARE

ストロークが孔より小さいエンジン。

P.S.V.

Public Service Venicle。公共サービス車—バス。

SOUND

(a) 弾性のある媒質(通常は空気)の中を伝搬する物理学的な波動で、聴覚で存在のわかるもの。

(b) 物理学的な波動によって生ずる聴覚。

SOUND PRESSURE

音場の一点における圧力の交錯する成分。

SOUND PRESSURE LEVEL

デジベルで表わされ、基準圧力 $20 \mu\text{N}/\text{m}^2$ に対する音圧の実効値との比の対数の 20 倍。

SPECTRUM

音圧レベルの周波数に対する分布を持った音である。

STANDARD DEVIATION

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2$$

STROKE

(a) エンジンのピストン運動の振幅。

(b) 4 ストローク、あるいは 2 ストロークの場合は、全エンジンサイクルに対するピストンの移動の数。

SUBJECTIVE ASSESSMENT

個人または複数の個人の判断に基づいた評価。

SYNDROME

A complex going together of the various symptoms of some disorder.

TRAFFIC NOISE INDEX (TNI)

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \quad \dots\dots\dots 1$$

(See discussion under 2.2 ANNOYANCE)

TURBOCHARGER

A mechanical device fitted to engines to increase the pressure of the air supplied to the engine inlet valve.

10 APPENDIX 2 SUMMARY OF CURRENT AND RECENT TRAFFIC NOISE RESEARCH IN THE UK - 1 JANUARY 1970

10.1 RESEARCH ABSTRACTS

1. The Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton
Basic investigation of the origins of internal and external noise in cars and commercial vehicles; the effect of noise on working efficiency.
2. The Motor Industry Research Association
The measurement of noise from vehicles; subjective rating; commercial vehicle noise and its reduction; engine exhaust silencing.
3. CAV Ltd
Reduction of noise of diesel engines.
4. Perkins Engines Ltd
Reduction of noise of diesel engines.
5. Ricardo Ltd
Reduction of noise of diesel engines.
6. Dunlop Ltd
Measurement of tyre noise.
7. London Transport Board, Research Division
Development of sound insulation of single decker public service vehicles.
8. Greater London Council
The measurement of noise from urban motorways; the testing of noise barriers; the noise output of individual vehicles; the determinants of traffic noise; monitoring of noise levels; noise insulation of buildings; the effects of traffic management schemes; case studies on roads and educational buildings; the impact of new forms of technology.
9. National Physical Laboratory
Prediction of noise from freely-flowing traffic; development of noise control criteria; measurement of noise exposure; study of propagation phenomena; calculation of noise level reduction due to a barrier.
10. Road Research Laboratory
Development of instrumentation for noise logging and mapping; measurement of vehicle noise under non-ISO test conditions; tyre noise, effects of surfacing and other aspects of road design.

11. Building Research Station
Community response to traffic noise; testing of experimental noise barriers.
12. Ministry of Housing and Local Government
Studies of the cost of protecting housing against external noise.
13. Department of Physics, Chelsea College of Technology
Physical acoustic modelling of traffic noise.
14. Department of Architecture, Liverpool University
Physical acoustic modelling of traffic noise; habituation to noise.
15. School of Architecture, Portsmouth College of Technology
The sleep disturbance due to traffic noise.
16. Department of Building Science, Sheffield University
The effects of road traffic noise on the layout and design of buildings in urban environments.
17. Building Science Section, University of Newcastle upon Tyne
The noise climate arising with various vehicles, road conditions and road designs; the noise attenuation characteristics of various types of windows.
18. Loughborough University of Technology
Studies of the noise mechanisms inherent in jets, rotors, tyres and brakes. Measurement and estimation of noise climates from road and air traffic and determination of community response; noise control in buildings; audiological studies among vehicle users.
19. Department of Civil Engineering, Imperial College of Science and Technology
Study of traffic and environment.
20. W.S. Atkins and Partners
Development of Environmental methodology; consultancy work on motorway routes and their noise effects.
21. Freeman Fox Wilbur Smith and Associates
Aspects of environmental planning related to noise, as part of consultancy work.

10.2 RESEARCH PROJECTS AND SCALE OF EFFORT

1. The Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton
- 1.1 Automotive Engineering Group

The major part of the Group's activities are concerned with vehicle and engine noise and vibration. There is a continuing programme of basic investigation into the origins of noise of cars and commercial vehicles, consisting of a set of selected projects which will establish the basic principles of quiet vehicle design. Close links are maintained with the Motor Industry Research Association, and co-operation has been established with the Road Research Laboratory - a joint programme of research is being prepared.

Research is proceeding under the following heads;

Automobile Noise and Vibration

- i) Structural behaviour of the car body.
- ii) Interaction of cavity resonance and structural vibration of cars and vehicle cabs.

iii) Engine excited 'boom' in motor cars.

iv) Noise of commercial vehicles. Three aspects are being investigated;

(a) origins of noise inside the cab (b) identification of the various sources of noise to outside and (c) the effect of operational conditions on exterior noise.

v) Engine and transmission induced parasitic oscillations of motor cars.

Engine Noise

Research on engine noise is continuing with major financial support from the Science Research Council, the Ministry of Technology, Ministry of Defence (Fighting Vehicles Research and Development Establishment), Cummins Engines Company, Ford (Dagenham) Trust, Perkins Engines Company and the British Leyland Motor Corporation. The British Leyland Motor Corporation has also awarded a Lectureship in engine noise studies.

Regular meetings are held to discuss research results and to formulate appropriate research programmes with the British Internal Combustion Engine Research Institute, Perkins Engines Company, CAV Ltd, Cummins Engines Company and British Leyland Motor Corporation. Current Research topics are;

i) Relationship between noise due to combustion and piston slap in diesel engines.

ii) Structural modes on in-line diesel engines.

iii) Low noise diesel generating set.

iv) V-Form diesel engines; fundamental investigation of how bending modes develop from the combustion pulse; effect of structural modifications on the modes of vibration; the relation between the noise of a Vee engined truck to the noise of the engine when installed on test bed.

v) ISVR structure research engine.

vi) Impulsive excitation of engine structures.

Professor T. Priede is a member of the Working Group on Research into Road Traffic Noise.

1.2 Audiology and Human Factors Group

The Human Factors Unit has been set up as a new section within this group. Research in the Unit is mainly in the fields of human response to vibration and the non-auditory effects of noise. Work in hand includes the development of objective methods of assessing the distraction and loss of working efficiency due to noise (this is supported by the Science Research Council).

Scale of Work

The work of the Institute on road traffic noise is done by three groups; Engine, Commercial Vehicle, and Car Group.

1. Staff.

a. Engine noise. 2 Industrial lecturers and 5 Research Fellows, with total salaries of ¥14,000 per annum.

b. Commercial Vehicle Noise. 2 Research Fellows, with total salaries of ¥3,200 per annum.

c. Car Noise. 2 Research Fellows, with total salaries of ¥3,200 per annum.

d. Technical staff - 9 Technicians, with total salaries of ¥10,500 per annum.

	Total Staff Expenditure	¥30,900 per annum
2. Laboratory expenditure		¥11,500 per annum
	Total Expenditure	¥42,400 per annum

There are in addition a number of postgraduates and undergraduates working on automotive noise problems, who are not being paid by research contracts. These number on average 3 or 4 3rd year undergraduates, and 3 or 4 M Sc students.

2. The Motor Industry Research Association

The Association has been involved in research on the techniques of noise reduction in individual vehicles, for several years. Reports have been published on the following topics;

- i. The measurement of noise emitted by motor vehicles.
- ii. Engine exhaust silencing - a series of reports.
- iii. Commercial vehicle noise; the reduction of the external noise by engine enclosure.
- iv. The subjective rating of motor vehicle noise.

A comprehensive review of the problems of vehicle noise and their possible solution prepared by members of the Noise Section, was presented to the 11th International Automotive Congress in 1966.

Mr. C.H.G. Mills, the Head of the Noise Section is a member of the Working Group on Research into Road Traffic Noise.

Scale of Work

1. Analytical investigation of energy transmission of random vibrations through complex structures. ¥2,000 per annum for 2 years.
2. Transmission of vibrational energy through body structures including the measurement of point mobility of structures. $1\frac{1}{2}$ Engineers pa.
3. Development of test procedures for measuring properties of resilient mounts; routine testing of mounts. 1 Engineer pa.
4. Measurement of acoustic properties of materials and structures. Application of results to typical vehicles. $1\frac{1}{2}$ Engineers pa.
5. To advise and carry out work as necessary in connection with British Standards Institute, Ministry of Transport and International Standards Organization, in internal and external noise. $\frac{1}{2}$ Engineer pa.
6. Subjective survey of noise on vehicles under service conditions. $\frac{1}{2}$ Engineer pa.
7. Development of new techniques of vehicle noise measurement and proposal of design criteria. 1 Engineer pa.
8. Construction of engine noise test cell, ¥10,000.

3. CAV Limited

The current programme of work on diesel engine noise reduction stems directly from the two designs of quiet engine produced at CAV between 1959 and 1963. In these engines the vibratory motions of the external surfaces are controlled by stiffening or damping the thin sectioned areas of the external surfaces of the engine, or by isolating these surfaces from the vibrations developed within the engine. Reductions of 10 dB have been obtained in the audio range by using magnesium alloy for crankcase walls and sandwich materials for the covers.

The firm consider that smaller reductions (of the order of 5 dB) can be obtained by treatment of the external surfaces of engines made of conventional materials. The future programme includes further exploration of new techniques for quietening covers and some application of these developments to current engine designs. It is then intended to investigate modifications inside the engine to reduce noise. In parallel with this, the work on engine accessories and equipment made by CAV will be directed towards keeping their noise levels below those of quieter engines.

Scale of Work

The Noise Section has 5 professional members, and is supported by specialist technicians in various departments. The 1969/70 programme includes $1\frac{3}{4}$ man years on engine noise (of which $\frac{1}{2}$ man years is allocated to diagnosing noise problems on customer's engines). Other studies are being carried out on fuel injection pump noise ($\frac{1}{2}$ man-year), turbocharger noise ($\frac{1}{2}$ man-year) and electrical machine noise ($\frac{1}{2}$ man-year).

Approximately ¥10,000 was spent on major re-equipment in 1966-68, and the budget for equipment in 1969-70 is ¥5,000.

4. Perkins Engines Co

Perkins have been actively interested in the field of engine noise and vibration for several years, and have supported the experimental work carried out on engine structure research at both CAV and ISVR. They are currently investigating the use of laminated steel panels with an interlayer to provide a damping medium. Perkins also do work on complete vehicles to assist manufacturers who install their engines.

5. Ricardo and Co Ltd

Ricardos are carrying out studies on the reduction of the level of noise emitted by road vehicle diesel engines under four headings;

- a. Reduction of combustion noise. This is done by changing the combustion chamber's configuration, and appropriate control of fuel injection.
- b. Reduction of noise generated elsewhere - by attention to timing drives and piston movement.
- c. Minimizing noise radiation from engine structure. Appropriate design of the engine structure and enclosing covers and panels.
- d. Engine enclosures. Development of lightweight practical enclosures.

Scale of Work

- 2 Professional engineer man-years per annum
- 2 technician man-years per annum

The budget related to noise studies has been about ¥10,000 per annum for several years. Noise test facilities expenditure in 1970 will be ¥15,000.

6. The Dunlop Co Ltd

The company state that car tyre noises are well below the legislation limits, and that truck and commercial vehicle tyre noises in general are masked by the vehicle engine and exhaust noises for all classes of vehicle. Some of the "Off the Road" duty tyres in these ranges, on the quieter vehicles can sometimes be identified as generating distinct characteristic whine when on roads, but still at a measured level below the legislation limits.

The tyre industry however is developing all its newer tyres in the commercial vehicle field always with a view to avoiding tyre generated noises ever becoming a predominant source as vehicles are quietened. When all other considerations allow, pattern randomising as carried out on car tyres will be adopted in the truck range, though for some of the forthcoming patterns this may not always be possible, in the first developments.

Scale of Work

Members of the tyre testing team work on noise as and when required, up to a maximum of three professionals. Noise test work is a small part of the tyre testing budget.

7. London Transport Board, Research Division

Some development work has been done on the noise insulation of a double-decker bus engine. Quietening was achieved, but access for maintenance became so poor, that the modification was abandoned as impractical. London Transport have specified that noise insulating material should be applied to panels adjacent to the engine on single-decker buses.

London Transport specify that buses supplied to them must comply with the legislative limits, and they carry out tests from time to time to ensure that they do. They do not however carry out development work on the quietening of vehicles.

Scale of Work

The amount of effort devoted to noise problems fluctuates considerably; it averages 1 scientist man-year per annum, and 1 supporting staff man-year per annum.

8. The Greater London Council

The Scientific Adviser's Branch does work on noise research and noise control under the following heads;

- i. The effects of noise from urban motorways. Measurements have been made of the noise climate before and after the building of the M1 extension into London. Similar measurements have been made on the Blackwall Tunnel approach.
- ii. Measurement of the noise output of individual vehicles. A further series of measurements is planned for the near future.
- iii. The effect of traffic volume and composition on traffic noise levels.
- iv. The variation of noise level over a 24 hour period and at weekends.
- v. Annual monitoring of the noise level.
- vi. Projected noise survey of levels in outer London. Measurements for the Zone 277 environmental management study. Barnet noise survey for planning purposes.
- vii. School noise survey. Objective measurements linked to a social survey to establish standards for different types of educational activities.
- viii. Individual investigations on schools and colleges. Noise measurements in existing buildings and roads, and also measurements where new buildings and/or roads are planned.
- ix. Measurements on the effects of various forms of noise insulation in buildings.
- x. Effect of traffic management schemes on the noise climate.
- xi. The noise output of new forms of transport; noise from helicopters, hovercraft, and VTOL machines.
- xii. Planned work on the testing of noise barriers on urban motorways. This work should be complementary to that being arranged by the Building Research Station; it will involve the erection and testing of a barrier in an urban area (the BRS tests will be on a rural stretch of the M1). A formal request from the GLC for assistance from the Ministry for this programme has not yet been made, but some informal preparatory work has been done.
- xiii. Experimental work on model testing techniques.

Mr. G.H. Vulkan of the Scientific Adviser's Branch, is a member of the Working Group on Research into Road Traffic Noise.

Scale of Work

1. a. One scientist and 7 scientific assistants, full time (including 4 graduates).

b. Two scientific assistants, part time (both graduates)

2. The laboratory is equipped with a specially designed mobile laboratory for field work.

9. The National Physical Laboratory

A report was published in 1967 by Johnson and Saunders, giving a method of predicting the level and statistical characteristics of noise from freely flowing traffic, in terms of vehicle flow, speed, and percentage of heavy vehicles, with indications of the effect of road gradient and ground attenuation. The original purpose of this work was to provide a base line against which to judge long term trends in traffic noise climate. The experimental work will accordingly be continued in the future. Dr. D. W. Robinson is concerned with the subjective assessment of all types of noise. NPL Aero Report Ac 39 "Outline guide to criteria for the limitation of urban noise" summarizes the present situation with regard to methods of noise assessment. NPL Aero Report Ac 38 "The Concept of Noise Pollution Level" describes how this measure, which takes account of the mean prevailing level plus the fluctuations, can unify the rating procedure with respect to noise emanating from a variety of sources. The measure is shown to account for the data obtained in the Griffiths and Langdon study of traffic noise, for the response to aircraft noise near airports, and for laboratory studies of the duration-versus-intensity trade-off. Since actual situations often involve a noise climate due to the combination of several types of source, the development of such a measure is important from the point of view of the setting of criteria.

NPL Aero Report Ac 40 by Johnson examines the effect of changes in the statistical distribution of a noise climate on the calculation of total noise exposure, and is related to the question of subjective assessment.

The study of propagation phenomena by Delany and Bazley is reported in NPL Aero Report Ac 41. It has been shown that the calculation of the attenuation due to ground absorption can be simplified by using the appropriate plane wave reflection coefficient. The formation of "sonud shadows" due to wind and temperature gradients has also been studied.

Miller and Burton (Division of Numerical and Applied Mathematics) have developed a method for calculating the reduction in sound pressure level due to a rigid barrier using a new integral equation formulation, and a report on it will be published shortly.

Mr. D. R. Johnson was a member of the Working Group on Research into Road Traffic Noise during the preparation of this Review, his place has now been taken by Dr. M. E. Delany.

Scale of Work

There are up to 15 people in the Acoustics Section, working on various aspects of noise, some of which is relevant to the traffic noise problems viz. Subjective assessment, atmospheric propagation and the theoretical performance of noise barriers. There is no direct allocation of manpower or funds to traffic noise research at present, though it is intended to extend the work of Johnson and Saunders in the future, as mentioned above.

10. The Road Research Laboratory

Traffic noise research is undertaken by the Noise Group, one of six groups in the Climate and Environment Section of the Design Division. The Noise Group research programme was outlined in RRL Technical Note TN 365 (February 1969) "Revised proposals for research into traffic noise"

Four topics were mentioned;

i. The measurement of vehicle noise under non-ISO test conditions. This work is in progress, with the collaboration of Mr. Waters of the Institute of Sound and

Vibration Research.

- ii. The development and use of instrumentation for noise logging and mapping. The necessary equipment is on order.
- iii. The investigation of the effects of high noise levels on the drivers of commercial vehicles. Work on this topic has not yet begun.
- iv. The effect of different types of road surface on tyre noise. Measurements are currently in progress.

Dr. R. S. Millard, Deputy Director of Road Research, is the chairman of the Working Group on Research into Traffic Noise. Mr. M. E. Burt, Head of Design Division and Mr. L. H. Watkins, Section Leader Climate and Environment Section, are both members of the Working Group. The Secretary of the Working Group is Mr. D. G. Harland, Group Leader Noise Group.

Scale of Work

1. Full-time staff of the Noise Section
 - a. 1 Senior Scientific Officer
 - b. 1 Scientific Officer
 - c. 1 Experimental Officer
 - d. 1 Assistant Experimental Officer
2. Financial resources
 - a.

Equipment (1969-70)	¥14, 000	
(1970-71)	¥8, 000	
 - b.

Full scale experiments (1969-70)	¥15, 000
(1970-71)	¥50, 000
 - c. External Contract (1969-70) ¥1, 500

11. The Building Research Station

11.1 The Traffic Noise Index

Griffiths and Langdon have carried out a large-scale study of community response to traffic noise (see section 2.2). The results were published in April 1968 in two reports; "Subjective response to road traffic noise" and "The traffic noise index; a method of controlling noise nuisance"

The first report is based on acoustic measurements at fourteen sites in the London area and 1200 interviews dealing with the effects of the noise conditions prevailing at each of these, with the aim of developing acceptability criteria for traffic noise from roads in residential areas. Dissatisfaction with the noise conditions, as expressed by the residents at each of the sites, was related to sound levels in such a way that it was possible to predict the median level of dissatisfaction at each site by the use of a measure taking into account the mean sound levels exceeded for 90% and 10% of the sampling periods through a whole day - the so-called traffic Noise Index.

The second report discusses the practical application of the Traffic Noise Index in particular, the effects of (a) distance (b) extra acoustic insulation of buildings (c) noise barriers, on the value of TNI.

11.2 Noise Barriers

Some initial experiments on model barriers in an anechoic chamber have been carried out. These showed that the noise insulation was markedly reduced by the presence of holes or gaps in the barrier construction.

Full scale experiments have almost been completed on a barrier at an open site.

using a point source of noise; the principal variables studied were barrier height, distance of source and receiver from the barrier, height of receiver from the ground, and the effect of the weather.

The next stage is seen as the evaluation of the performance of a barrier under more realistic conditions, i. e. beside a motorway, where the noise is a line rather than a point source. The construction of an experimental length of barrier (1000 ft at an approximate cost of £15,000) is about to begin at a point on the M1 which is in open country. The barrier will probably be erected by the local authority (Hertfordshire CC). The aesthetics of the design, which will ultimately be important because the probable location of barriers in urban areas will make them prominent structures, will be considered at a later stage. 'Before and after' measurements will be made at the barrier location in such a way that the results can be analysed in whatever way is subsequently proposed.

The MOT supported noise research at BRS for the three years ending March 1969 paying £10,000 per annum, about half the annual cost. Currently MOT are supporting the M1 barrier experiment by paying the constructional cost from RRL research funds. The BRS will carry out the field work over the next two years, doing approximately 13 man-years work in that time.

11.3 Other Work

The BRS has published a report on the protection of residential property against aircraft noise.

Dr. S. J. Leach, Deputy Head of the Environmental Design and Engineering Division is a member of the Working Group on Research into Road Traffic Noise.

Scale of Work

1. Staff. The current noise work involves three and a half professional man-years per annum, and 1 supporting staff man-year per annum, for the next three years.

12. Ministry of Housing and Local Government

A study of the costs of protecting housing against external noise has been made by the Ministry's Quantity Surveyors' branch for its Housing Research and Development Group. Results of the study, which was carried out in 1968-69, will be incorporated in a bulletin in the Design Series, dealing with traffic noise, to be published in 1970.

Scale of Work

Staff. 3 professional including 1 superintending.

13. Department of Physics, Chelsea College of Science and Technology

13.1 Infrasound

The Medical Research Council is supporting research work by Dr. H. G. Leventhall on the levels of infra-sound (i. e. sounds at frequencies below the audible range) in industrial and city environments.

13.2 Acoustic Modelling

Dr. Leventhall is supervising the work of Mr. A. L. Beaman, of the Scientific Adviser's Branch of the Greater London Council, for an M.Sc on the prediction of traffic noise using physical acoustic models. The thesis (awarded in November 1969) discusses the traffic noise prediction methods, and shows the value of acoustic modelling. There is a survey of the use of models in architectural acoustics, and the study of industrial noise, and the limited amount of published work on traffic modelling. Experimental work on a 1:50 scale model of traffic situations is reported.

Scale of Work

Dr. Leventhall (Part-time) and Mr. Beaman (Part-time)

14. The School of Architecture, Liverpool University

14.1 Dr. H. C. Pinfold has developed a physical model, at a scale of 1:100, for typical traffic situations. The "buildings" are simulated by polished softwood blocks, whose absorbing properties at frequencies up to 40,000 Hz are similar to the properties of bricks, concrete and glass at frequencies up to 400 Hz. The "traffic noise" is provided by small omni-directional loudspeakers emitting noise at up to 40,000 Hz. The noise climate on the model is measured by small microphones at the appropriate points. Dr. Pinfold claims good agreement, on the basis of tests carried out in conjunction with the Greater London Council, between survey measurements taken on real sites, and measurements taken on models of the same sites.

Dr. Pinfold has developed the method, with the help of a Science Research Council grant. He has increased the working frequency up to 80,000 Hz, and hence reduced the scale of the models; this has involved the modification of the associated equipment. A report on the latest version of the model will be available shortly.

14.2 Mr. F. F. Horton is carrying out a pilot study of the sociological aspects of noise annoyance. The psychology of small groups suggests that perception can be modified by the reports of others and the expectations of the perceiver. Many of the situations where the subjective response to noise is important are those where the effect of a social group may be important e.g. in offices and local communities. In such circumstances the mechanism of the formation and modification of group judgements is clearly important, particularly where it could illuminate the meaning of social surveys of noise response.

Scale of Work

1. Staff. Dr. Pinfold (Part-time) and Mr. Horton (Full-time)

2. Resources: Dr. Pinfold has an SRC grant of £1,100 to develop equipment. Dr. Pinfold hopes to obtain a research grant of approximately £10,000 which will allow the employment of one post-doctoral fellow, and one technician. Mr. Horton: RIBA grant.

15. School of Architecture, Portsmouth College of Technology

Mr. Harman, Senior Lecturer at the School, has studied the forms of noise acceptability criteria in current use, and he concludes that criteria should be derived from health considerations in the widest sense, taking into account both physiological and psychological aspects.

The nature of sleep, the levels of traffic noise which disturb it, and the consequences of sleep disruption are being studied. The work will be reported in an M Sc Thesis in the Department of Building at the University of Manchester Institute of Science and Technology, entitled "The Effects of Traffic Noise on Sleep", due to be submitted in March 1970.

Scale of Work

The work has been done part-time over the past three years, by Mr. Harman.

16. Department of Building Science, Sheffield University

PhD thesis, submitted in November 1968 by H. W. Pratt. The author is with the Housing Research and Development Group at the Ministry of Housing and Local Government.

The thesis considers the effects of road traffic noise on the layout and design of urban buildings singly or in groups, and aims to develop the means by which architectural design in urban environments may be optimised in relation to traffic noise.

It is in two parts, the first of which reports on a detailed investigation, including laboratory and field experimental work, of the separate factors which may affect building design and layout in relation to traffic noise. A second volume summarises the conclusions of the acoustical investigation most relevant to design, outlines a sequence for their application in the layout and building design process, and explains the layout and design possibilities for a number of building types in relation to typical existing or future traffic conditions. Illustrations are given of the application of the separate factors to explore some relationships between buildings and traffic in actual urban situations.

Scale of Work

1. Staff. 1 graduate research worker with 2 academic supervisors
 2. Resources. Technical and other resources of the University Departments of Building Science and Applied Mechanics.
17. Building Science Section, School of Architecture, University of Newcastle upon Tyne

The research concerning traffic noise is concentrated on two main aspects;

- i. Measurement of the noise generated by different types of vehicle operating under different road conditions and the way it is propagated into the surrounding space, with different types of road construction (i. e. on a cutting or on an embankment).
- ii. The sound attenuation performance achieved by windows mounted under normal conditions in buildings. The results are related to window type and the angles of incidence of the noise. They are being compared with those measured for glass totally sealed in an opening and measured under laboratory conditions.

A series of laboratory tests of the transmission loss of windows is also being carried out to determine the effect on window performance of the following variables; (a) standard of sealing (b) size of panes (c) type of frame and (d) rigidity of edge mounting.

The main findings to date have been that the published data on the sound insulation value of windows has been optimistic in relation to the measurements made in actual buildings. This is because the published data relates to laboratory measurements of sound insulation. The standard of workmanship involved in actual buildings leads to lower standard of air sealing, and hence to reduced insulation. It has been found necessary to study not only the sound insulation value of windows of heavy solid forms of construction, but also the sound insulation of new forms of construction - mainly frame buildings with lightweight cladding, which have poorer sound insulation values.

It is intended to produce design data for the standard of sound insulation required for buildings in relation to their siting with respect to a motorway, and also to establish similar design data for non-traditional forms of construction.

The research work was begun in October 1966 and was due to end in October 1969. However, an application to the Science Research Council has been made for a two year extension.

Scale of Work

1. Staff. 1 Research Associate
1 Technician
1 part-time laboratory assistant
2. Resources. £6,135 has been spent in the past 2 years, and £1,000 will be spent in the current financial year.

18. Loughborough University of Technology

Six research projects are in progress, which have a bearing on the traffic noise problem;

1. Fundamental studies of noise generation from rotating devices, such as rotors, fans, and tyres.
2. Development and testing of a working theory for brake squeal.
3. Noise control within buildings, including the effects of road and air traffic noise.
4. The effect of combine harvester and tractor noise on hearing.
5. Automotive vibration studies; structural dynamics of cars and rail vehicles; dynamics of valve gear and suspension systems.
6. Science Research Council contract for environmental studies in acoustics. This involves measurement of road and air traffic noise climates, and estimation of community response using social surveys.

Dr. N.S. Kirk, Assistant Director of Research in the Department of Ergonomics and Cybernetics, is a member of the Working Group on Research into Road Traffic Noise.

Scale of Work

1. One Reader and one Graduate, full-time.
2. One Reader and some students, part-time.
3. One lecturer, half-time on research.
4. One researcher.
5. Two Professors and two lecturers. This research is not specifically related to noise.
6. Three researchers, who do $1\frac{1}{2}$ man-years of work per annum between them. The value of the contract is £3,500 per annum.

19. Department of Civil Engineering, Imperial College of Science and Technology

The Transport Section of the Department is carrying out a study of Traffic and the Environment, which is supported by a two year grant from the Science Research Council. The environment considered includes noise, but there are no specialized noise studies involved.

The broad aim of the study is to examine the relationships between traffic characteristics, layout of roads and buildings, observed environmental conditions, and response levels as measured in the field. It is intended in a further three year study to develop a method for determining the environmental capacities of urban streets. The environmental factors being studied include noise, vibration, smoke and carbon monoxide concentration, visual intrusion and delay to pedestrians caused by vehicles. The traffic characteristics studied include volume, composition, speed, concentration and arrival patterns.

A mobile Traffic and Environment Analyser Unit has been developed for the recording of data in the field. The data is collected simultaneously and can be linked with the digitalised responses of up to 10 observers. Data for a wide range of streets has been collected, and is being analysed. The aim is to see to what extent the various environmental levels can be predicted for given traffic characteristics. It is hoped to obtain "environmentally weighted" pcu values for different types of vehicles and traffic situations. The subjective response to the combined influence of several environmental factors is also being studied. The group is also working on the effect

of different patterns of arrival on noise and other environmental factors.

Scale of Work

Staff. 2 $\frac{1}{2}$ research assistants, 1 technical assistant pa.

Budget. Approx. ¥5,000 per annum.

20. W. S. Atkins and Partners.

This firm of planning and engineering consultants is concerned with the evaluation of the alternatives available for noise control. The approach used is described in two papers;

- a. 'Environmental Quality, its Measurement and Control'
- b. 'The Transport Environment - Evaluation of Comfort'

It suggests that an intermediate variable (annoyance) be used to relate various aspects of the environment one to another, and to allow data from various aspects to be drawn together to enable a monetary evaluation to be made.

They have looked at a number of detailed designs for various motorway routes with noise nuisance in mind. They have also looked at the problems of preventing reflections from retaining walls, and have taken out a patent on a design.

Scale of Work

This is a function of commissions received.

21. Freeman Fox Wilbur Smith and Associates

Two recent publications by this firm of consultants relating to environmental planning are;

- a. "Design concepts in Urban Transportation Solutions".

This describes the multi-disciplinary approach to the detailed alignment and implementation of road schemes in Baltimore - apparently the inhabitants were highly critical of the arbitrary nature of some published freeway alignments, so the specification of consultants demanded more types of expertise than solely engineering skills.

- b. "Urban motorways and their environment". (Rees Jeffreys triennial lecture 1968)

They are undertaking studies to identify the relative costs and benefits of retaining or removing various links in transportation networks. The removal of links in base year networks when testing future conditions is necessary if considerations of environment require that future traffic flows be controlled or reduced on certain base year traffic routes. Although such studies involve additional tests on a transportation model, they are cheap relative to the total costs of a land use/transportation study.

Scale of Work

This is a function of commissions received.

11 APPENDIX 3 RECENT ENGINE RESEARCH AT THE INSTITUTE OF SOUND AND VIBRATION RESEARCH (ISVR)*

11.1 POWER UNIT DESIGN

Analysis by N Lalor of data collected recently at I. S. V. R. for diesel engine noise has led to the establishment of an empirical formula for the prediction of the noise from the current generation of four-stroke diesel engines. It has been found that the parameters determining combustion controlled noise emitted by the engine at its rated speed and load are, the bore size, the rated speed and the slope of the cylinder pressure spectrum. The sound level at .91m from the side of the engine on a test bed is given by:-

$$\text{Sound level dB(A)} = D \log_{10} N/3300 + 50 \log_{10} B + 53.8 \dots\dots\dots 13$$

where D is the slope of the cylinder pressure spectrum in dB/decade.

B is the bore size in cm.

N is the rated speed in rev/min.

This formula has been tested by applying it to calculate the sound level from 10 different engines (V8s, in-line 6s and an in-line 4) with bores ranging from 79mm up to 140mm. In no case was the difference between the predicted sound level and the measured sound level greater than 1.1 dB(A).

Insufficient data is available as yet to derive a similar relation for petrol engines and two-stroke diesel engines.

11.2 SPECTRUM OF ENGINE NOISE

Some spectra for internal combustion engines at rated load and speed are shown in figures 11, 12 and 13. These were measured on a test bed at .91m from the side of the engine which was fitted with its standard gearbox in direct drive, standard mounting system, no cooling fan and dyno test bed exhaust and inlet.

Figure 11 shows the spectra of three four-stroke V8 diesel engines of 7.7 to 15 litres capacity and one 6 liter V8 petrol engine. The diesel engine spectra are characterised by a level increase of about 20 dB per decade of frequency up to 500 Hz, a steady level of about 95 dB from 500 Hz to 3 kHz, and a level decrease of about 15 dB per decade above 3 kHz. The single petrol engine is similar but the level in the 2-3 kHz "knock" region is 7-8 dB lower. Because these V-engines are inherently short they can accommodate larger bores and run at higher rated speeds than inline 6 cylinder engines and are therefore noisier than the latter, compare figures 11 and 12. Each V-engine has a prominent peak somewhere in the range 200 to 2000 Hz which is the block to block vibration mode characteristic of this type of engine.

Figure 12 shows the spectra of three inline 6 cylinder four stroke diesel engines. These engines are about 3 dB quieter than the V8 engines described above. Their spectrum increases at about 12 dB per decade from 100 Hz to 1 kHz, has a level in the "knock" region of about 92 dB, and then decreases at some 10 dB per decade. Cylinder pressure oscillations produce the secondary peaks around 5 to 8 kHz in these engines. No data is available for inline 6 cylinder petrol engines.

Figure 13 shows the spectra of noise of 3 two-stroke diesel engines. These were a 3.5 litre opposed piston 3 cylinder engine and two different 4.8 litre inline 6 cylinder engines. They are characterised by an increase of level with frequency of about 25 dB per decade up to 1 kHz followed by a decrease of about 20 dB per decade. The levels in the "knock" region reach 95 dB and are similar to those produced by the V8

* Condensed from WATERS P.E., N. LALOR and T. PRIEDE. The Diesel Engine as the Source of Commercial Vehicle Noise - Critical Factors in the Use of Diesel Engines. Paper to be presented to the Conference of the Institute of Mechanical Engineers, September 1970.

engines. They are 3 dB noisier than the inline 6 cylinder engines whose structure they resemble more closely. No data on two-stroke petrol engines has been obtained.

No data on inline four cylinder engines is available.

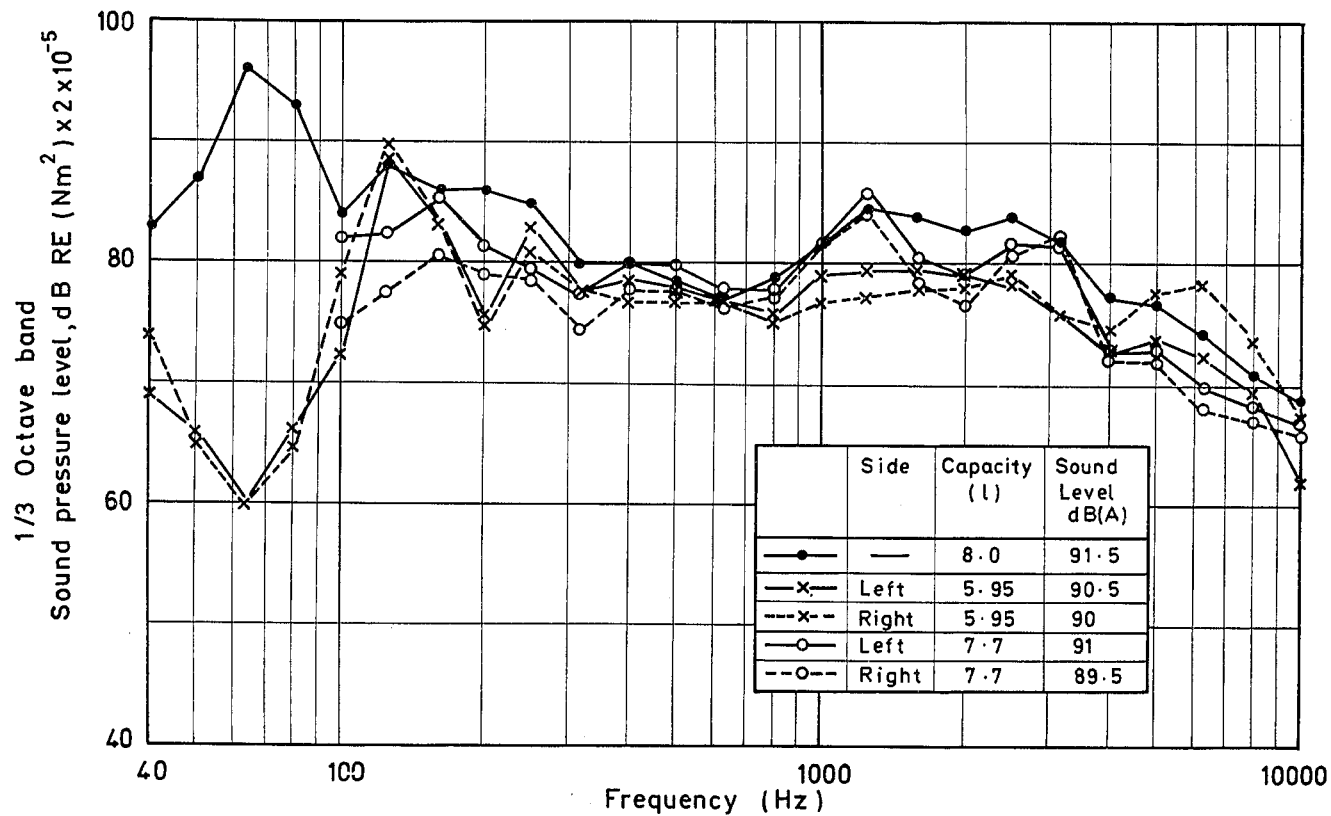


Fig.1 SPECTRUM OF NOISE EMITTED BY HEAVY COMMERCIAL VEHICLES

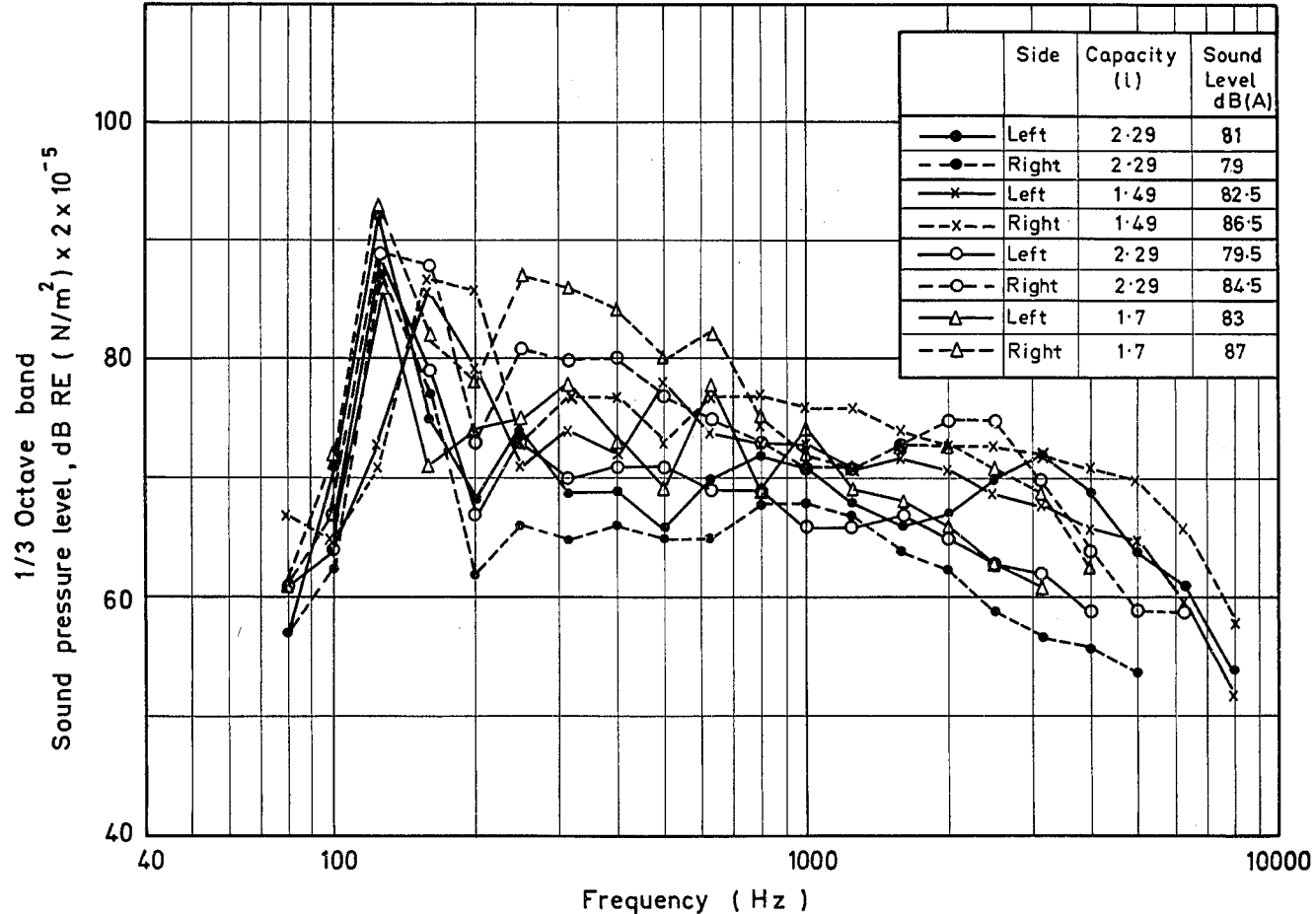


Fig.2 SPECTRUM OF NOISE EMITTED BY LIGHT COMMERCIAL AND PASSENGER VEHICLES

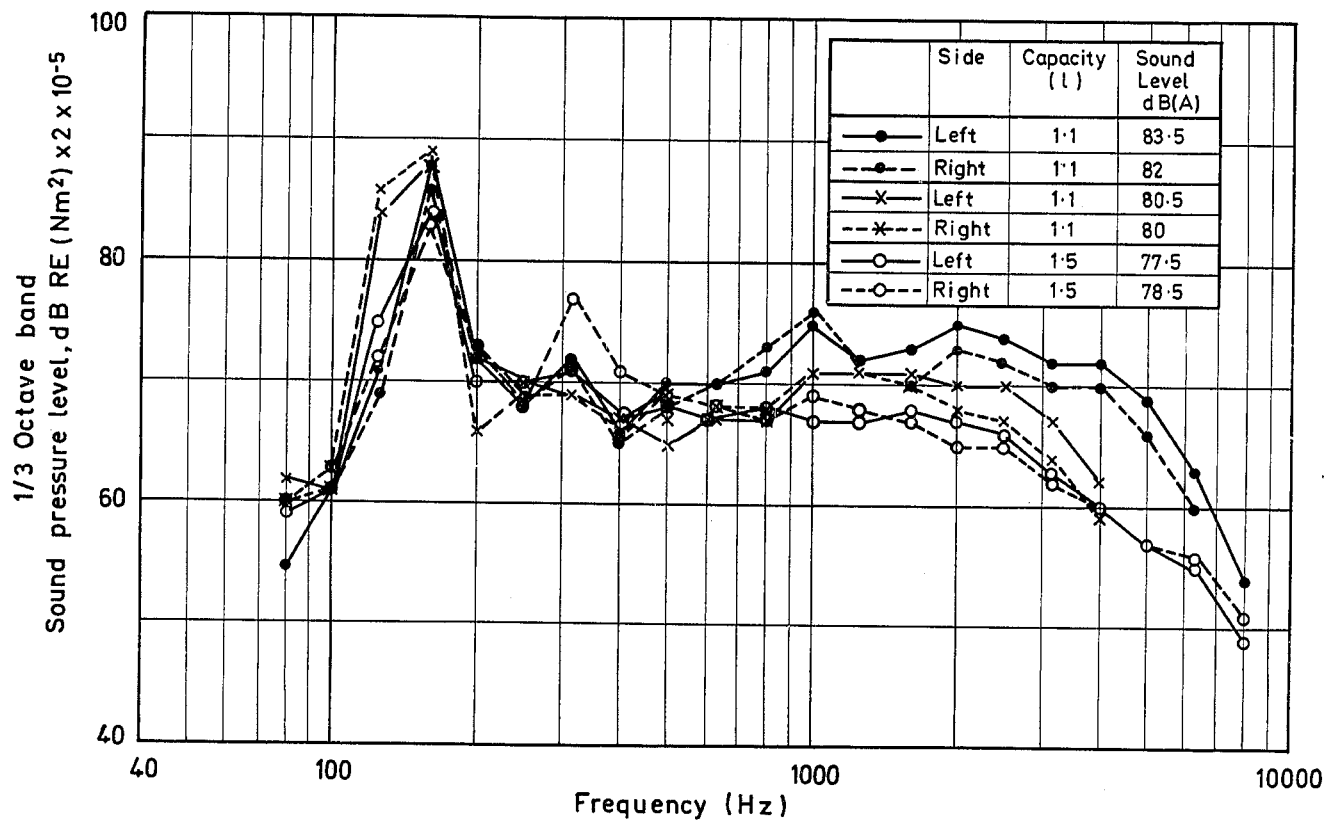


Fig.3 SPECTRUM OF NOISE EMITTED BY SMALL CARS.

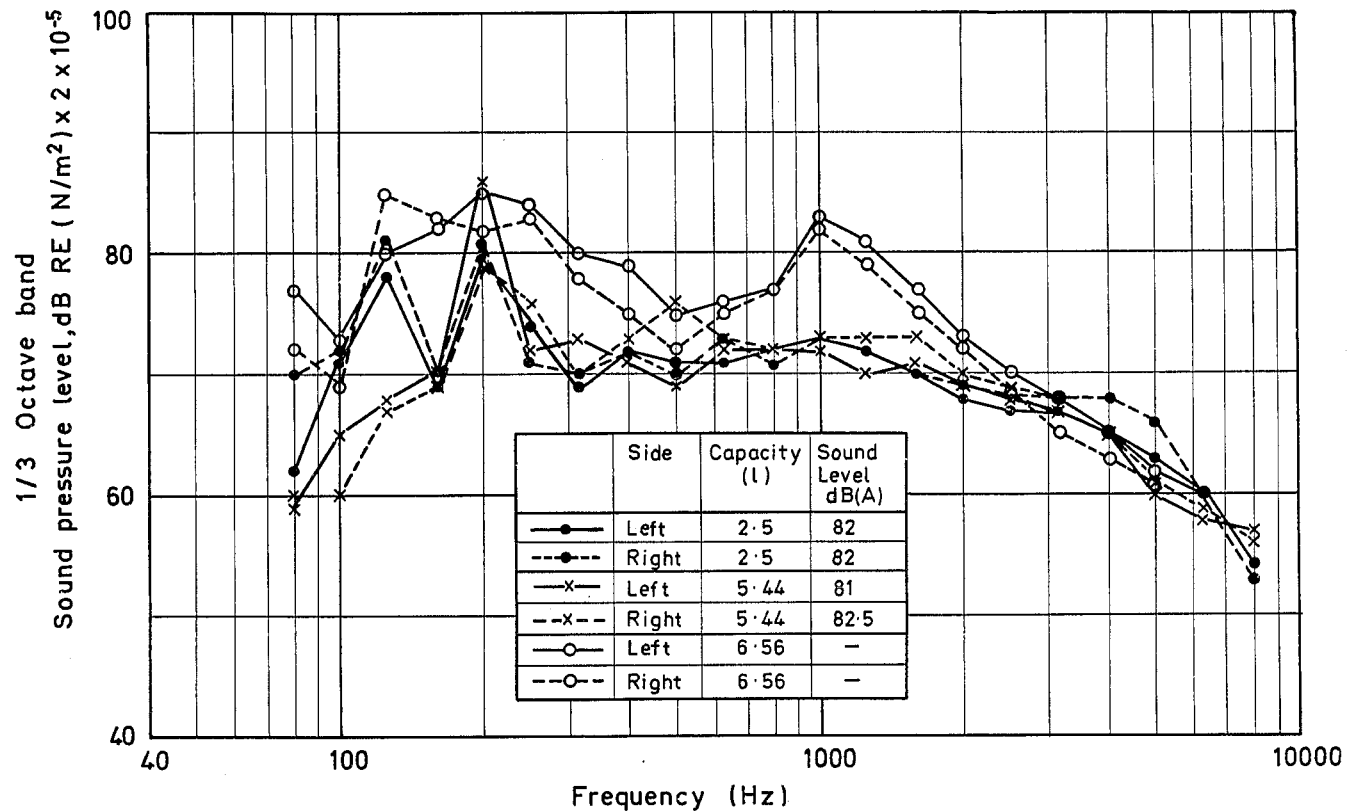


Fig. 4 SPECTRUM OF NOISE EMITTED BY LARGE CARS

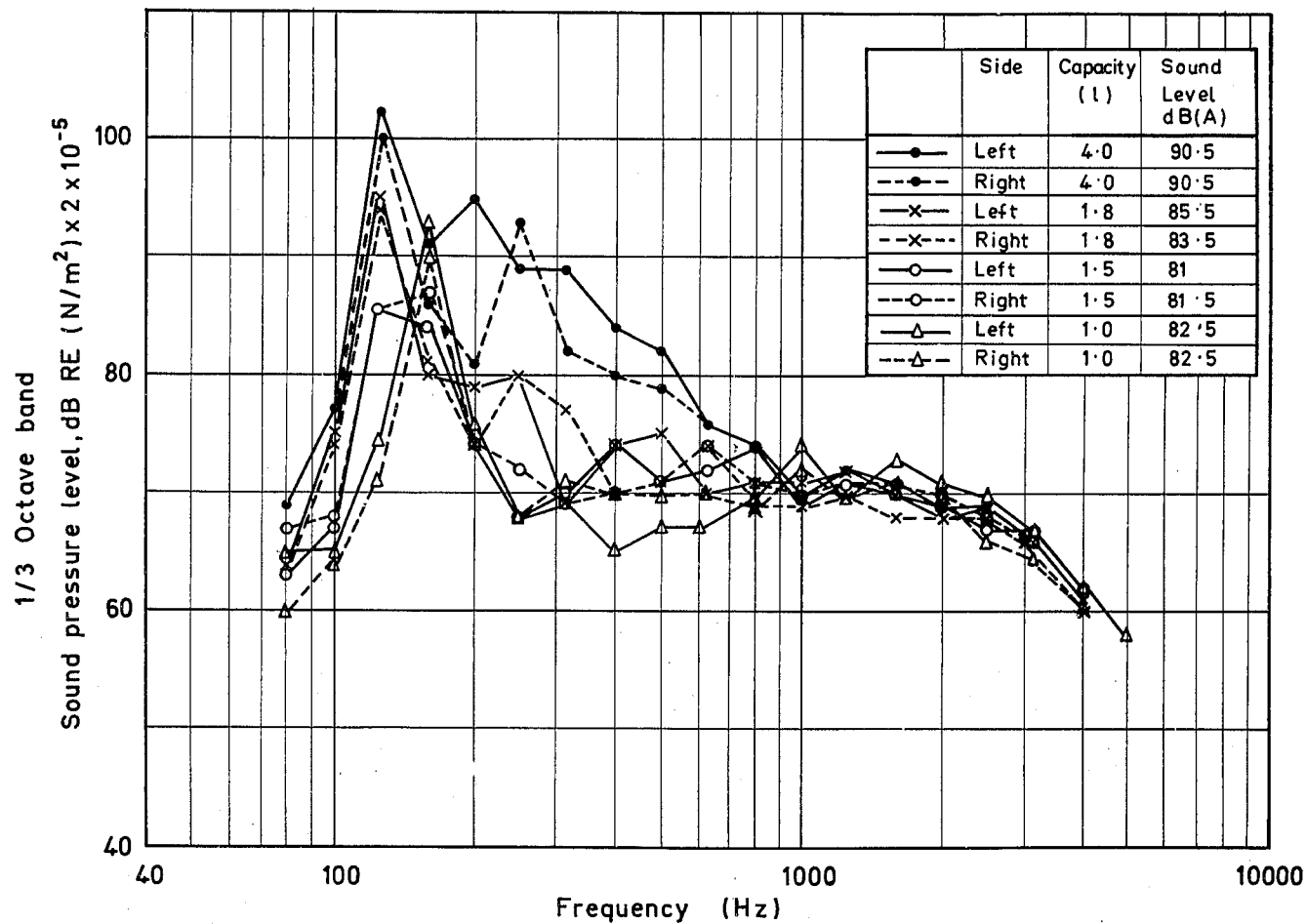


Fig.5 SPECTRUM OF NOISE EMITTED BY HIGH PERFORMANCE AND SPORTS CARS

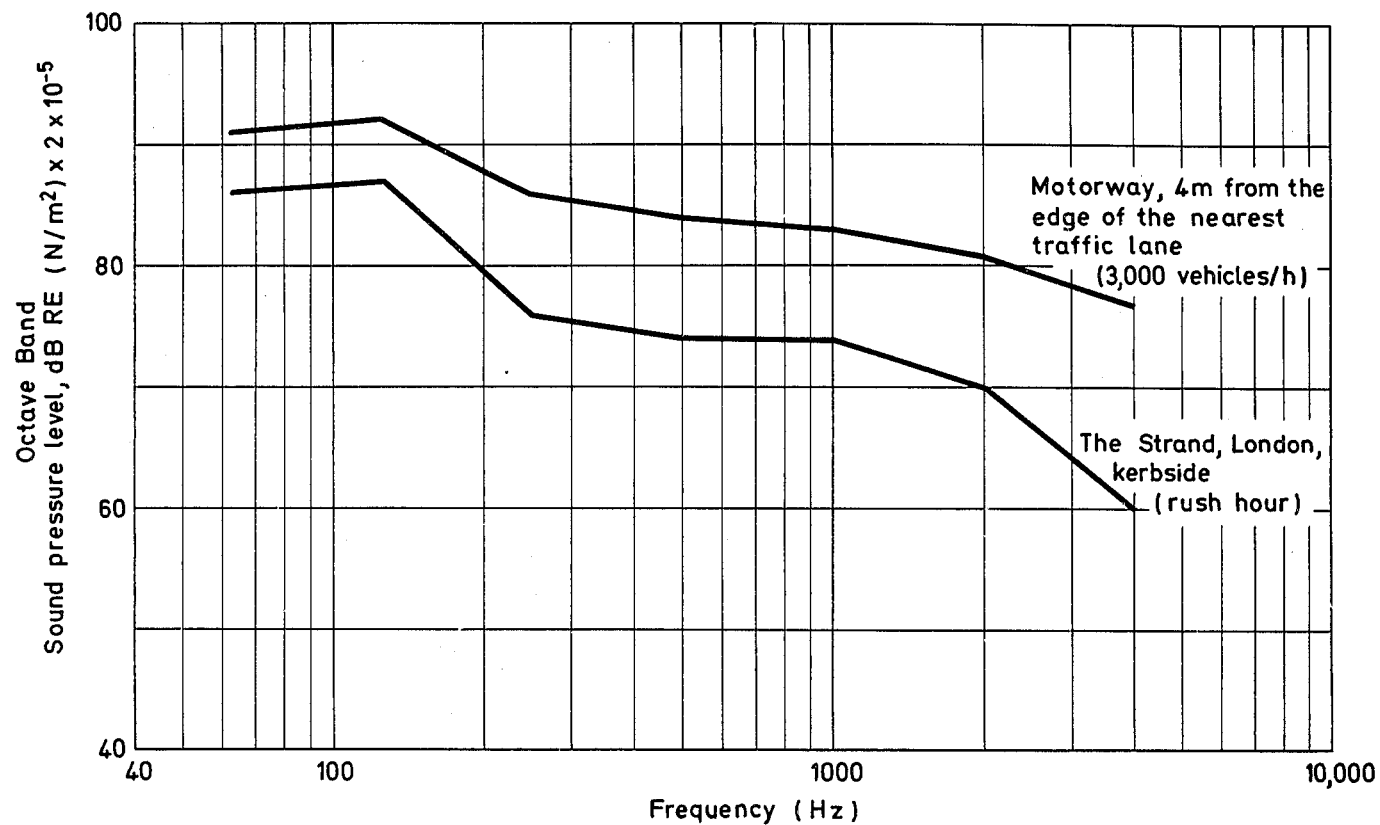


Fig.6. TYPICAL TRAFFIC NOISE SPECTRA (LEVELS EXCEEDED FOR 10 PER CENT OF TIME, L₁₀- OCTAVE BAND ANALYSIS)

$$N = \frac{f(a+b-c)}{170} \text{ where } f = \text{frequency}$$

Read off sound reduction from graph in Fig. 8

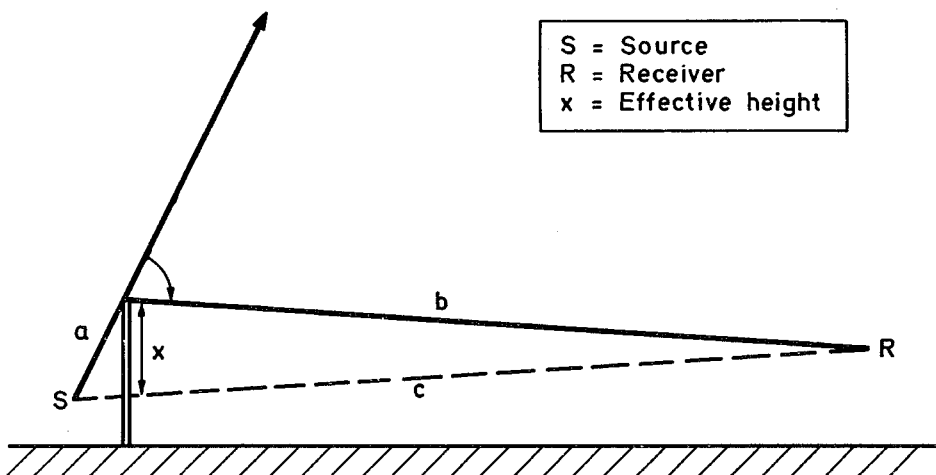
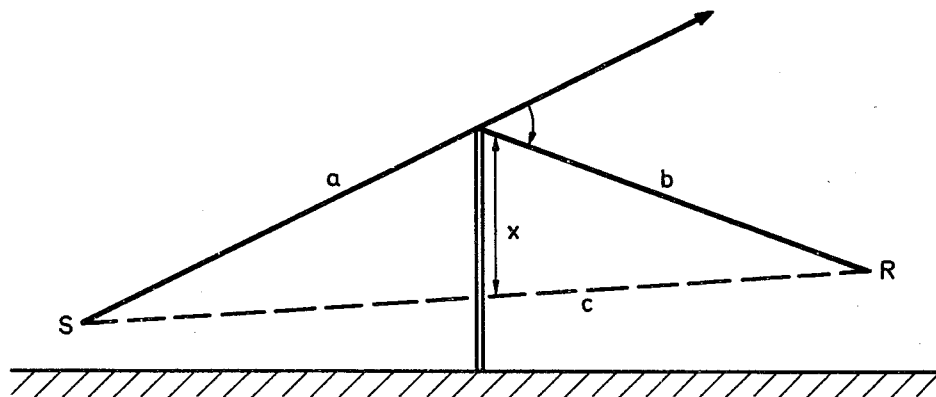
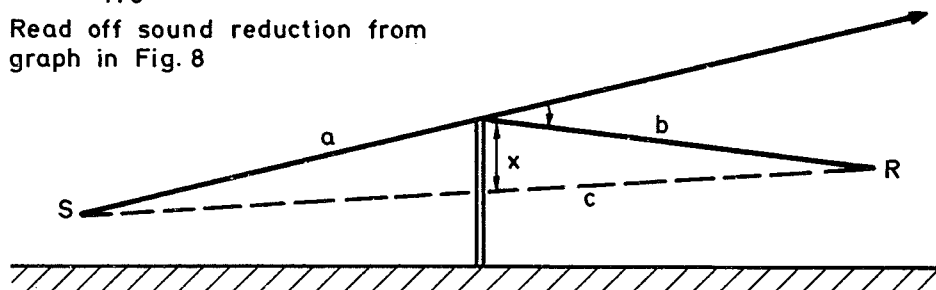


Fig. 7. SOUND REDUCTION BY BARRIERS

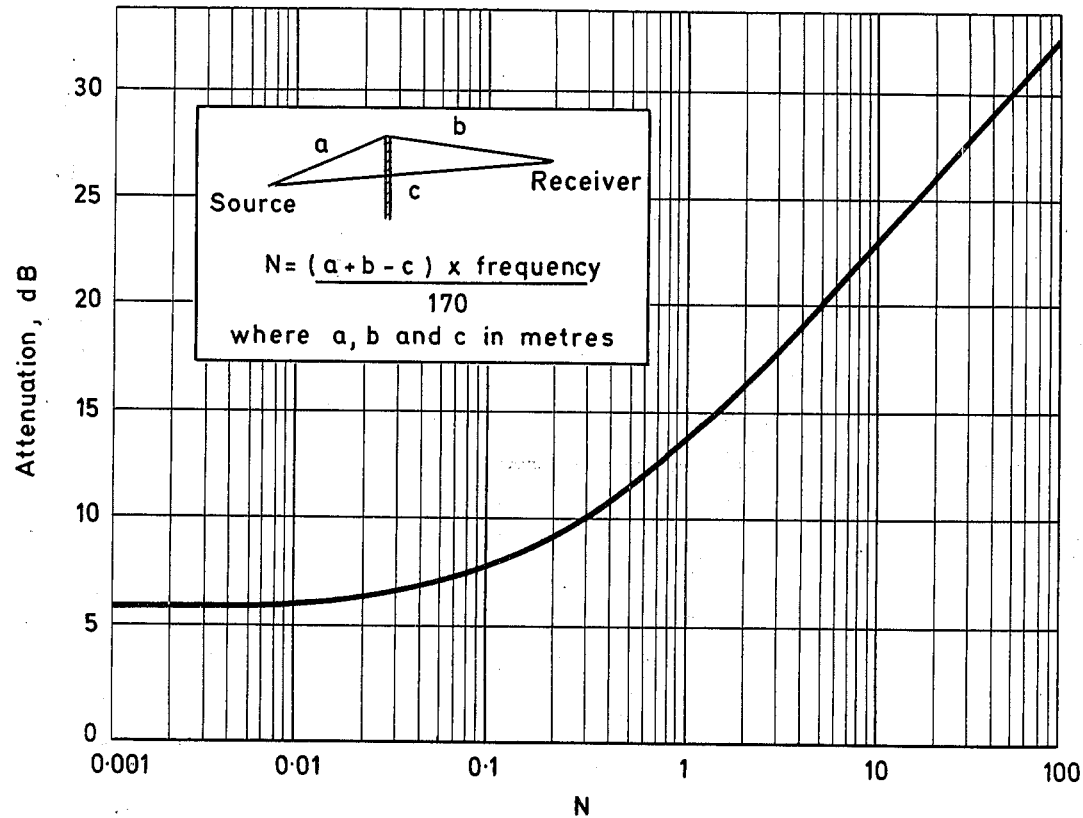


Fig.8. SOUND ATTENUATION OF A POINT NOISE SOURCE BY A BARRIER AFTER MAEKAWA

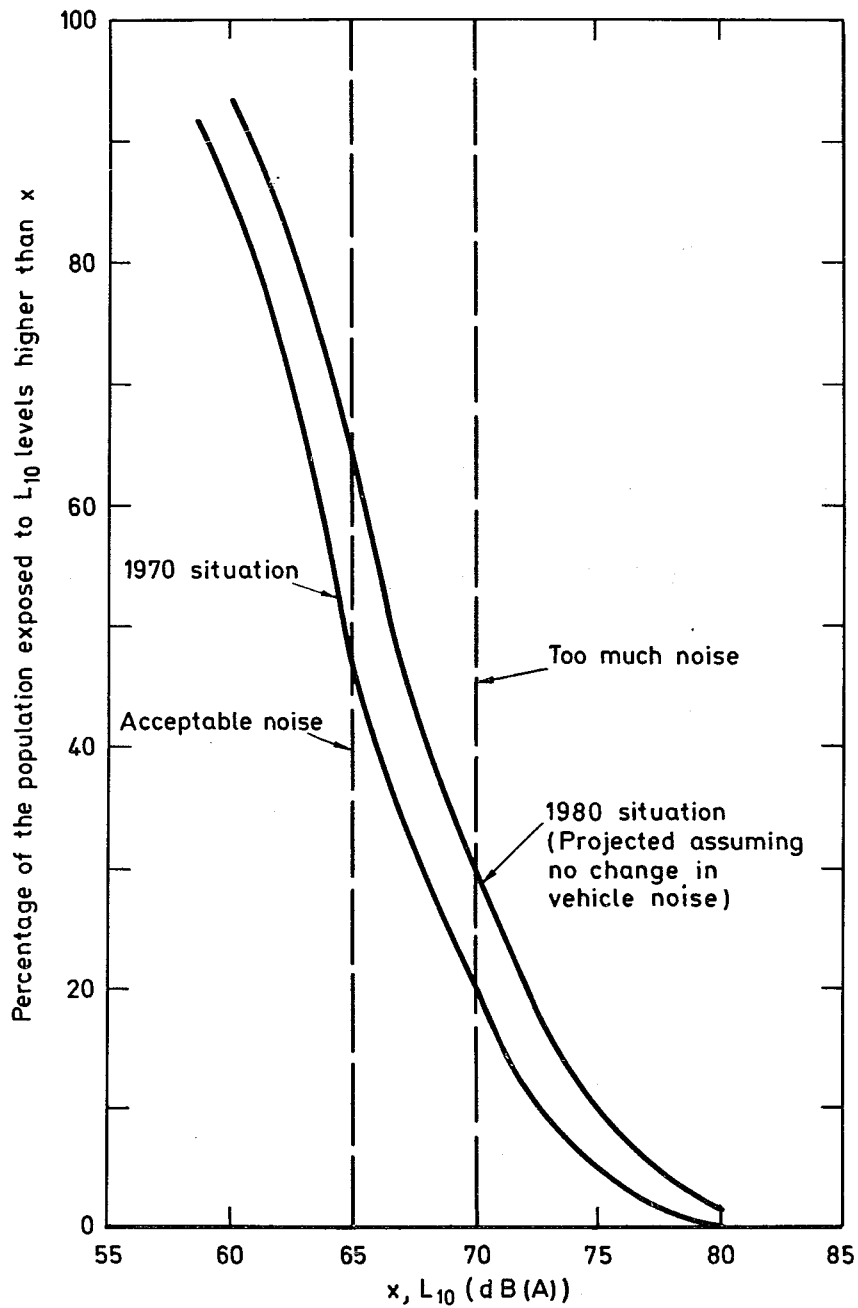


Fig.9. TRAFFIC NOISE EXPOSURE OF THE URBAN POPULATION IN 1970 AND IN 1980

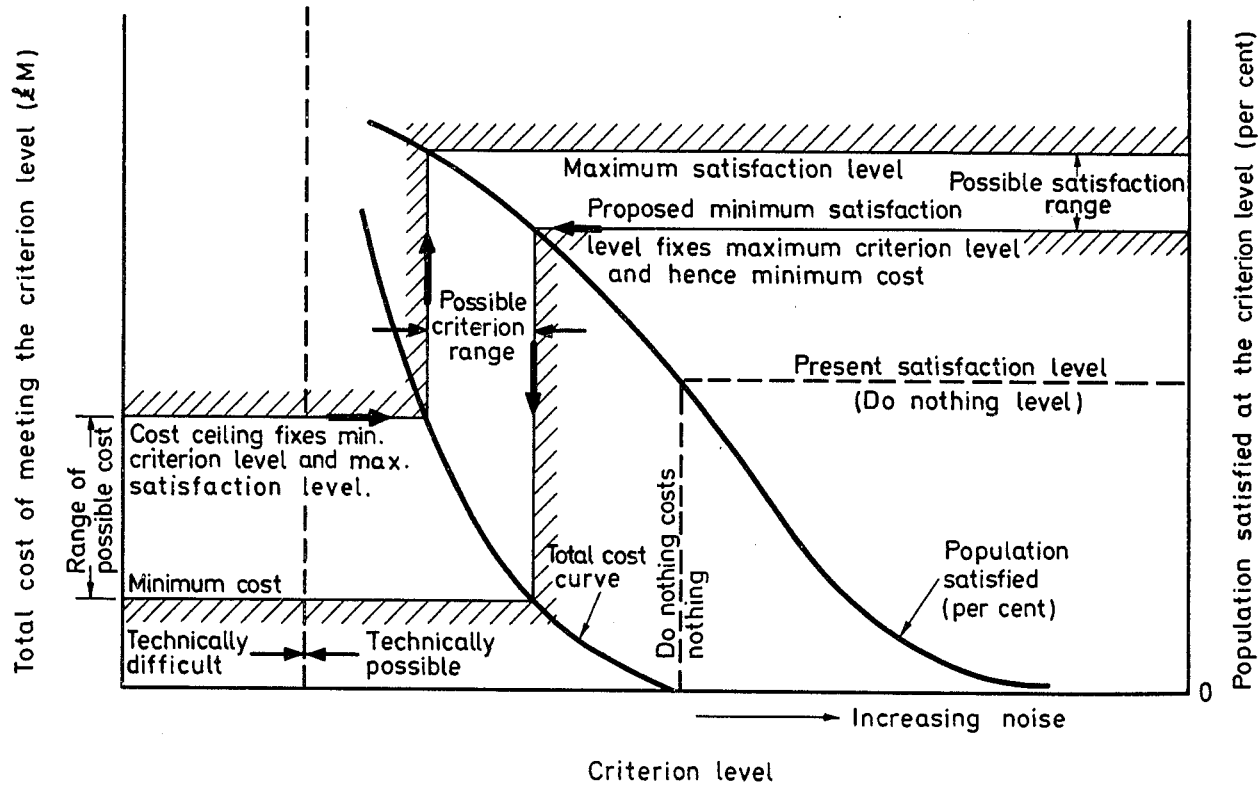


Fig. 10. CONSTRAINTS ON THE CRITERION LEVEL

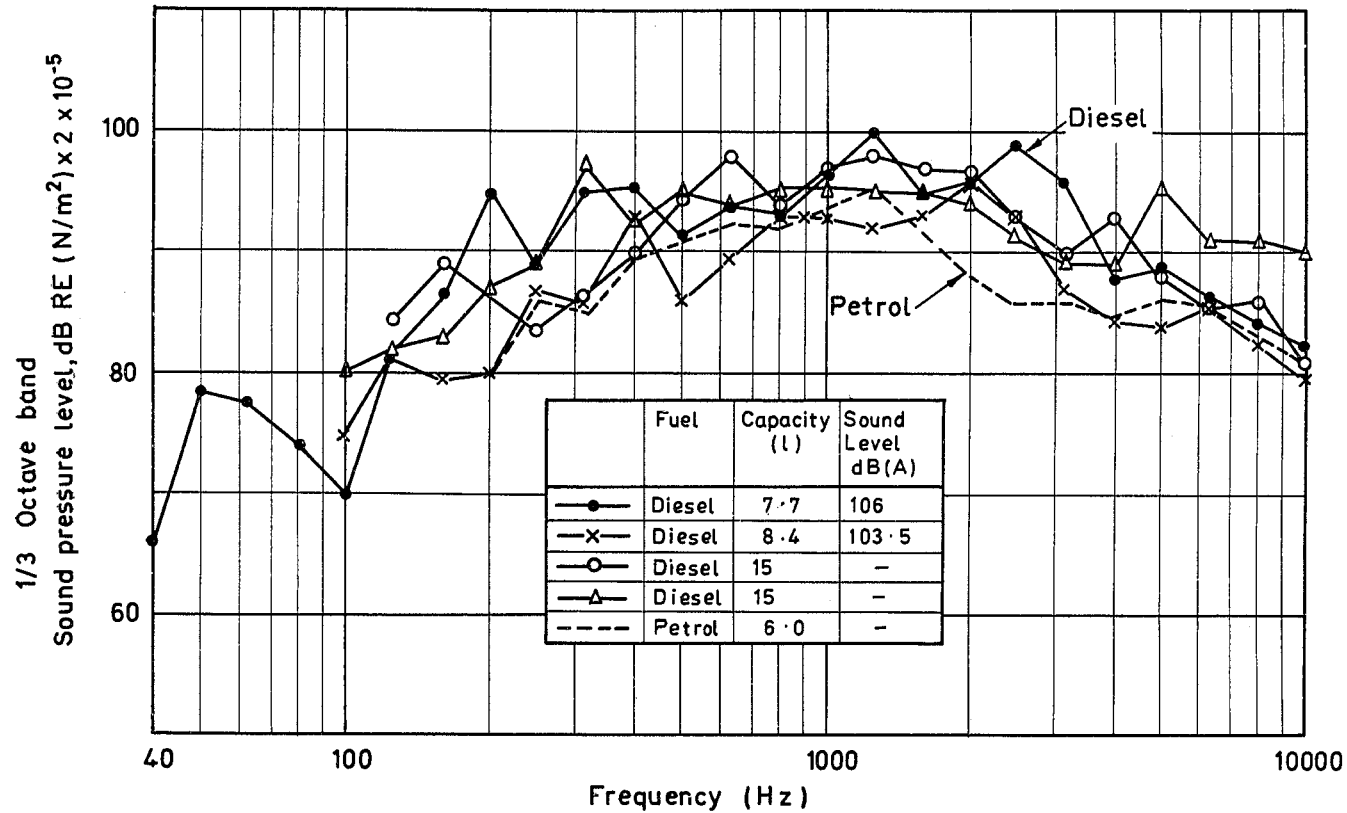


Fig.11 SPECTRUM OF NOISE EMITTED BY VEE-8 4-STROKE ENGINES

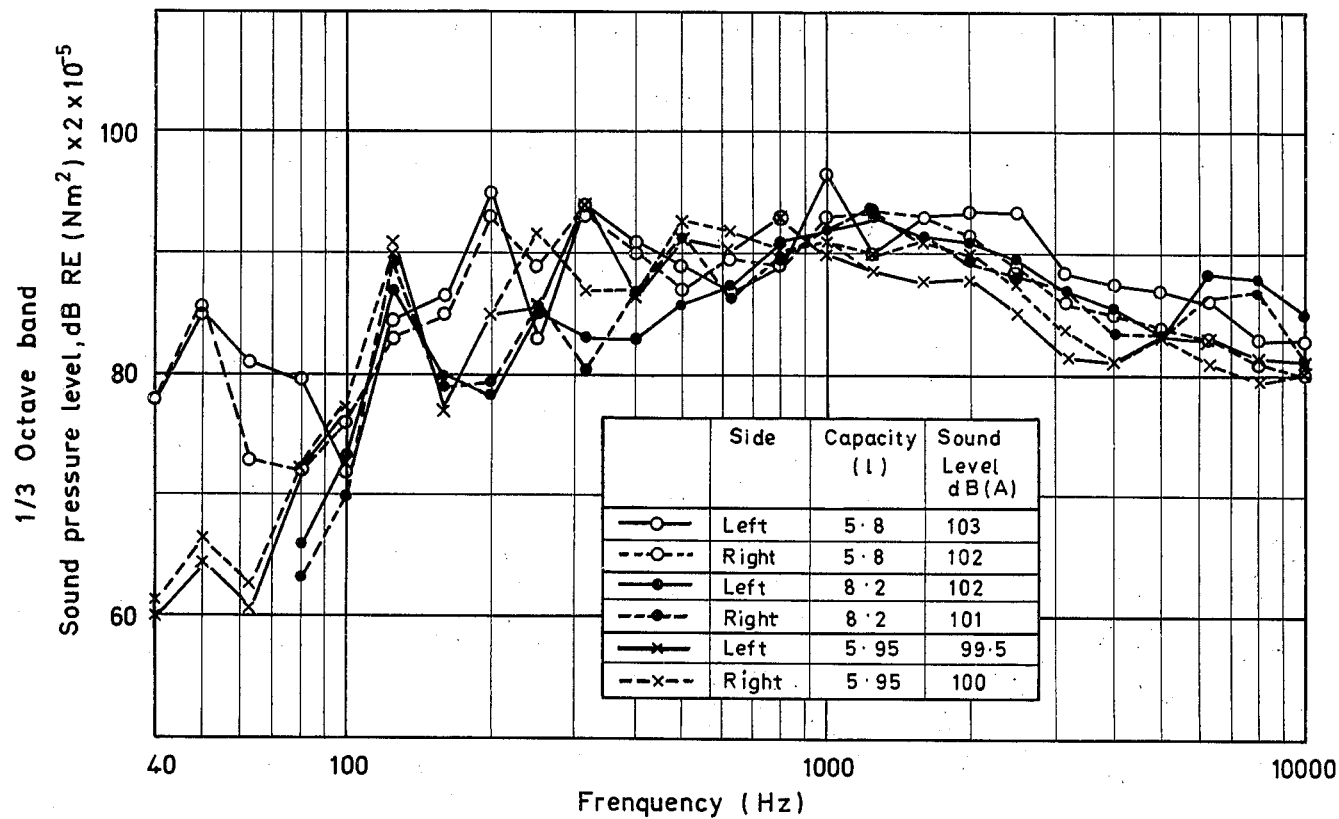


Fig.12 SPECTRUM OF NOISE EMITTED BY 6-CYLINDER 4-STROKE DIESEL ENGINES

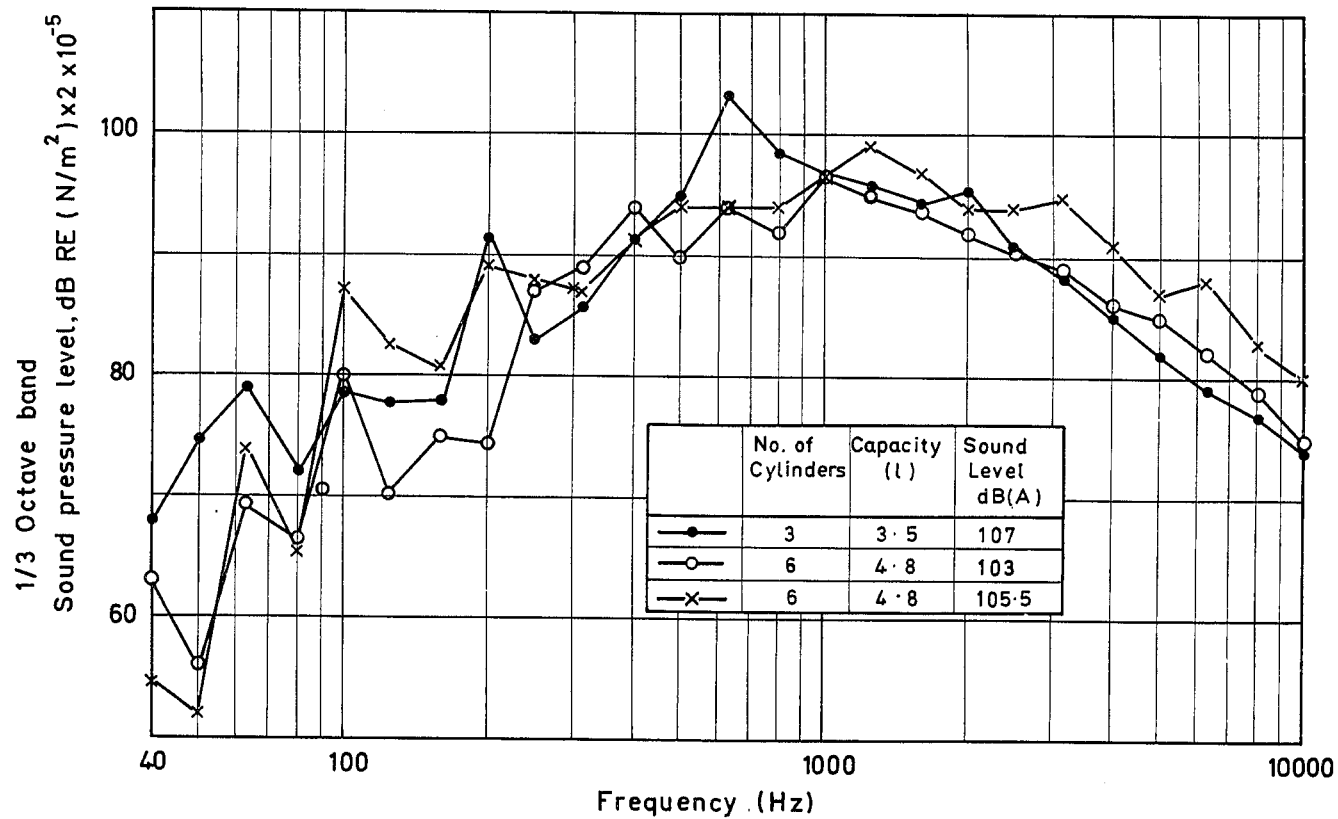


Fig.13 SPECTRUM OF NOISE EMITTED BY 2-STROKE DIESEL ENGINES

RRL Report LR 357
道路交通騒音に関する資料

土研資料第791号
昭48・1 (1973)

キーワード
道路交通騒音

要 旨 英国の内外における道路交通騒音に関する研究の現況の
評論および今後必要な研究の項目について勧告したもので
ある。



郵便はがき

は
十
円
切
手
を
い
は
つ
て
下
さ

2 8 0 - □ □

建設省土木研究所
交通環境研究室
御中

千葉県千葉市
四丁目十二番五二号
穴川

No. 0004

No. 0004

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第791号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印