

第1回 交通公害シンポジウム —道路交通騒音—

Environmental Deterioration Caused by Traffic Systems : Road Traffic Noise
1990 Symposium of the Special Research Project "Development of a Comprehensive
Method of Assessing the Environmental Deterioration Caused by Traffic Noise"

平成2年2月1～2日

特別研究「広域都市圏における交通公害防止計画策定のための環境総合評価手法に関する研究」
シンポジウム報告

田村正行 編

Edited by Masayuki TAMURA

The National Institute for Environmental Studies

環境庁 国立公害研究所

序

本報告書は特別研究「広域都市圏における交通公害防止計画策定のための環境総合評価手法に関する研究」の一環として総合解析部・地域計画研究室が中心となって主催したシンポジウムの記録をとりまとめ、作成したものである。このシンポジウムは交通騒音に限らず騒音問題をテーマにした、当研究所としては初めての組織的なイベントであった。幸いに、当方からの依頼に応じて音響研究分野で我が国の権威として夙に高名の五十嵐寿一先生をはじめ、大学、民間で騒音（又は広く音環境）について最先端の研究を続けてこられた先生方、さらに現場で騒音問題に取り組んでこられた第一線の方々にご参加いただいたことは主催者の一人として大変喜ばしいことであった。

このように、種々の異なる立場で、かつ巾広く工学技術的、心理学的、法制度的の諸側面から音問題を総合的に論じる機会は、貴重なものとして、参加者全員からもこの試みを評価いただいた。そのため会議は大いに熱のこもった楽しいものとなり、時間を忘れて夜半までも充実した議論が続けられたが、このような雰囲気の一部は本報告書の中から感じとっていただけるのではないかと思う。

本書の構成は、最初に道路騒音をいかに認識し、対応するかということに関する一般的な問題提起であり、次に道路騒音の予測と対策のための新たな工学的手法の提案がまとめられている。さらにこれを受けて、それらの手法が現場の対策にどのようにつながるかという視点での議論の章がある。最後に、“音”というものをどのように評価するかという難しい課題を、生理、心理、さらには文化的側面から論じた章があり、全体として大きく上記の4章から成っている。

ここでの音環境に関する総合的な討論そのものが、今回の第一義的な成果であることは言うまでもないが、同時に、田村主任研究員がほとんど単独で進めてきた研究成果に対し高い評価をいただいたこと及び改めて研究所の首脳にも環境問題全体の中での音研究の意義、奥深さ、などについて、理解を得る機会となったことも本シンポジウムのもう一つの意義であったと考える。

当研究所ではこれまで騒音研究に対して、組織立った取り組みはなされてこなかった。しかし、今回ご参加いただいた各分野の専門家からも、国の環境研究の中心として当研究所が騒音研究に何らかの核を持つことに強い希望が表明された。このシンポジウムがそのような方向づけへの第一歩となれば、これもまた大きな成果の一つであろう。

最後に、ご多忙のところを遠路筑波までお出かけ下さった演者の先生方に改めて深謝申し上げます。また、本シンポジウムの開催を支援頂いた所長、副所長並びに研究企画官に謝意を表すと共に、開催準備やとりまとめに多大の努力を払った地域計画研究室のメンバーには、その労に敬意を表する次第です。

平成2年5月

国立公害研究所 総合解析部

部長 内藤 正明

目 次

第Ⅰ章：「道路騒音問題の現況と課題」

- 1) 道路交通騒音の現況と対策の動向…………… 1
大西 博文（環境庁大気保全局交通公害対策室）
- 2) 道路騒音事件の解決（公害紛争処理法の活用とその特徴）…………… 9
明石 圭之（公害等調整委員会）
- 3) 交通騒音の評価…………… 13
五十嵐寿一（財団法人小林理学研究所）

第Ⅱ章：「道路騒音の予測及び対策技術」

- 1) 交通騒音防止手段としての防音塀…………… 21
藤原 恭司（九州芸術工科大学音響設計学科）
- 2) エネルギー的考え方に基づく道路騒音の予測計算方法…………… 28
橘 秀樹（東京大学生産技術研究所）
- 3) 道路騒音の精密予測の試み…………… 37
田村 正行（国立公害研究所総合解析部）

第Ⅲ章：「道路騒音対策の実態と効果」

- 1) 掘割道路側壁からの反射音対策…………… 43
青井 一郎（大阪府公害監視センター騒音検査課）
- 2) 阪神高速道路の騒音対策…………… 54
溝淵 修治（阪神高速道路公団大阪管理部）
- 3) 騒音対策としての緑の効果…………… 65
鹿島 教昭（横浜市公害研究所騒音研究室）
- 4) 緩衝緑地帯による遮音効果…………… 77
三沢 彰（千葉大学園芸学部環境緑地学科）

第Ⅳ章：「道路騒音の評価と音環境の創造」

- 1) 種々の心理的アスペクトから見た騒音評価…………… 83
難波精一郎（大阪大学教養部心理学教室）
- 2) 騒音の生理的影響に関する実験研究…………… 97
兜 真徳（国立公害研究所環境保健部）
- 3) サウンドスケープの思想をめぐって…………… 101
鳥越けい子（サウンドスケープデザイン研究機構）

第 I 章：「道路騒音問題の現況と課題」

I - 1 道路交通騒音の現況と対策の動向

大西博文

環境庁大気保全局交通公害対策室

1. 道路交通騒音の現況

(1) 環境基準の達成状況及び要請限度の超過状況

朝、昼間、夕及び夜間（以下4時間帯という）のすべての時間帯について測定されている全国の4,509測定点について環境基準の達成状況及び要請限度の超過状況をみると図-1のとおりである。4時間帯のすべてが環境基準を達成している測定点数は652点（14.5%）であり、4時間帯のいずれか又はすべてが要請限度を超過している測定点数は1,265点（28.1%）である。

(2) 区域、時間の区分別環境基準の達成状況及び要請限度の超過状況

区域の区分別、時間の区分別の環境基準の達成状況及び要請限度の超過状況を見ると図-2の通りである。第2種区域、第3種区域の測定点数が他の2区域に比べ多い。第2種区域では他の区域に比べ環境基準の達成率が低く、要請限度の超過割合が高い。また、夜間は他の時間帯に比べ環境基準の達成率が高く、要請限度の超過割合も高い。昼間については要請限度の超過割合が低い。

(3) 同一地点における環境基準の達成状況及び要請限度の超過状況の経年変化

昭和59年から63年までの5年間同一地点で測定された989測定点について測定結果を比較する

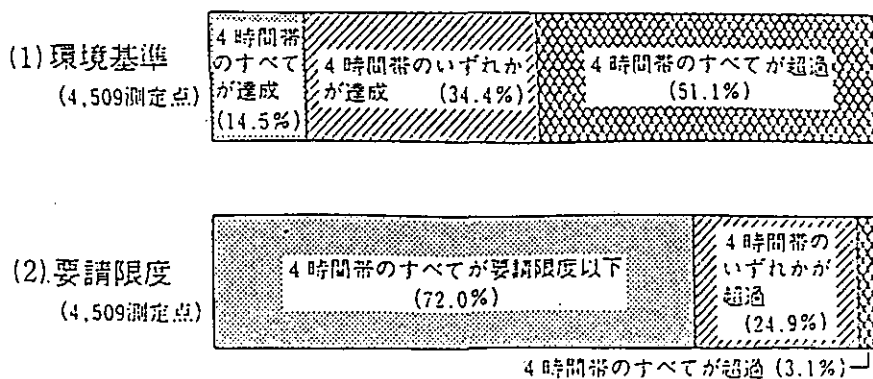
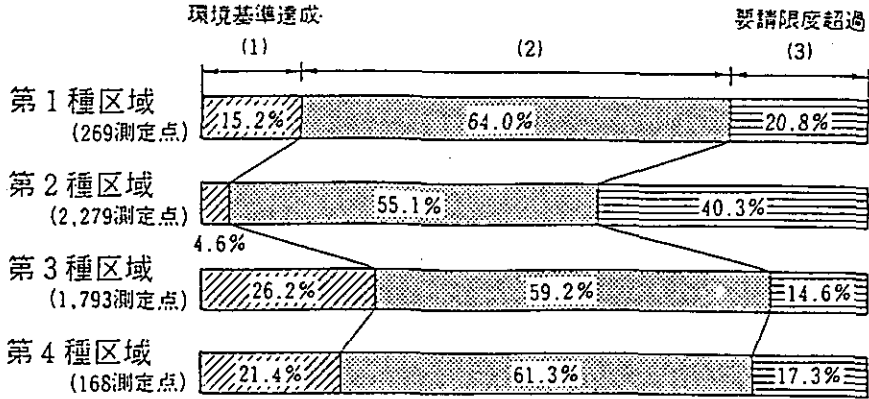
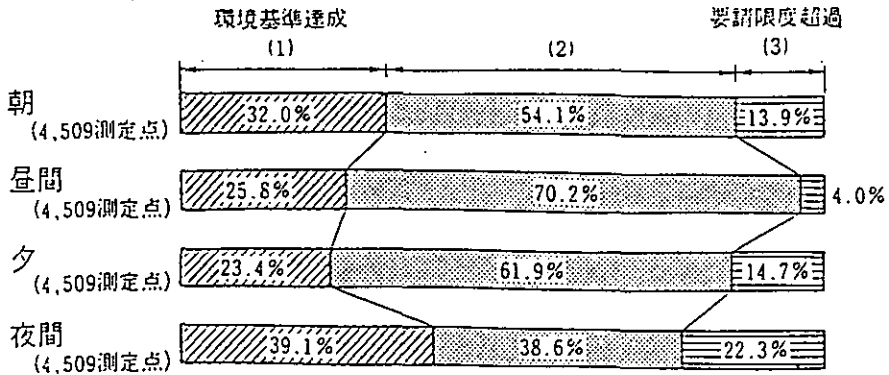


図-1 環境基準の達成状況及び要請限度の超過状況

(区域の区分別)



(時間の区分別)

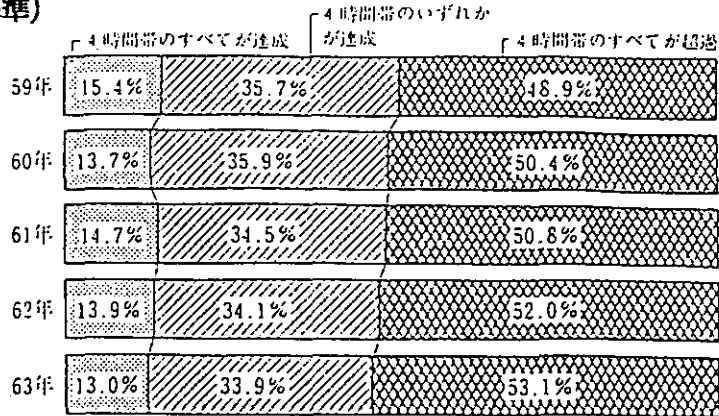


注) (1) 環境基準を達成している測定点の割合
 (2) 環境基準を超過しているが 要請限度以下である 測定点の割合
 (3) 要請限度を超過している測定点の割合

図-2 区域、時間の区分別環境基準の達成状況及び要請限度の超過状況

と図-3の通りである。63年は62年に比べ4時間帯のすべてが環境基準を達成している測定点の割合が0.8%減少し、4時間帯のいずれか又はすべてが要請限度を超過している測定点の割合が1.6%増加した。

(環境基準)



(要請限度)

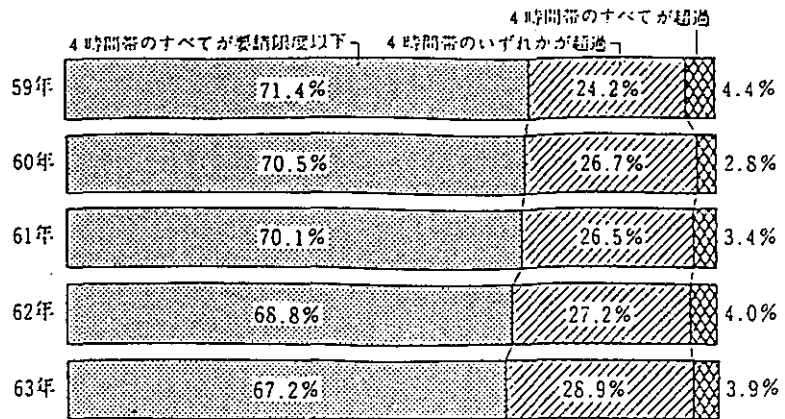


図-3 同一地点における環境基準の達成状況及び要請限度の超過状況の経年変化

2. 交通量等の状況

(1) 走行キロ数、自動車保有台数の推移 (運輸省調べ)

走行キロ数、自動車保有台数の推移を昭和59年度を100とした指数で見ると図-4および表1の通りであり、63年度はそれぞれ59年度の15%、20%増になっている。また、62年度に比べそれぞれ4.5%、4.7%増加している。

(2) 同一地点における平均交通量の推移

同一地点における騒音調査と並行して交通量を調査した地点が732点あり、その平均交通量は表-2のように推移している。63年は62年に比べ朝0.5%、昼間3.6%、夕2.4%、夜間9.0%増加

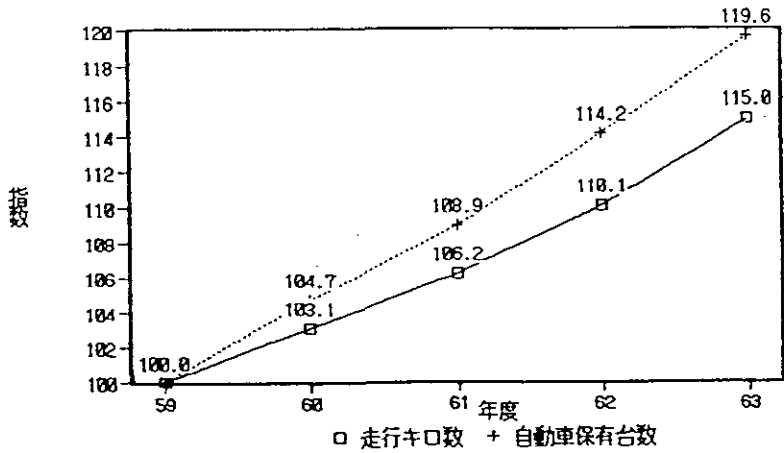


図-4 走行キロ数、自動車保有台数の推移

表-1 走行キロ数、自動車保有台数の推移

	59年度	60年度	61年度	62年度	63年度
走行キロ数 (百万キロ)	415,743	428,442	441,613	457,858	478,289
対前年度比		103.1	103.1	103.7	104.5
対59年度比	100.0	103.1	106.2	110.1	115.0
自動車保有台数 (万台)	4,612	4,827	5,022	5,265	5,514
対前年度比		104.7	104.0	104.8	104.7
対59年度比	100.0	104.7	108.9	114.2	119.6

表-2 同一地点における平均交通量の推移

年度	朝	昼間	夕	夜間
59	133.3	194.6	153.8	58.8
60	136.9 (102.7)	200.9 (103.2)	158.8 (103.3)	63.6 (108.2)
61	139.9 (102.2)	199.9 (99.5)	161.5 (101.7)	65.8 (103.4)
62	145.2 (103.8)	204.0 (102.1)	167.8 (103.9)	70.0 (106.4)
63	145.9 (100.5)	211.4 (103.6)	171.9 (102.4)	76.3 (109.0)

(台/10分, ()内は対前年比)

している。

(3) 大型車混入率等の推移

いくつかの地点、道路における大型車の割合の推移を見ると表-3の通りであり、近年大型車の割合が増加する傾向にある。

(4) 自動車による貨物輸送量の推移(運輸省調べ)

自動車による貨物輸送量の経年変化を見ると表-4の通りであり、63年度は62年度に比ベトン数で7.7%、トンキロで8.8%増加している。

表-3 大型車混入率等の推移

(%)

	59年度	60年度	61年度	62年度	63年度
首都高速通行台数	7.4	7.4	7.6	8.0	8.4
都県境交通量	12.0	11.2	11.6	12.6	12.9
川崎市内12箇所	-	24.4	-	26.2	-

注) 首都高速道路公団, 警視庁, 川崎市調べ。二輪車を除く。

大型車の範囲は調査により異なる。

表-4 貨物輸送量の推移

	59年度	60年度	61年度	62年度	63年度
トン数(千トン)	5114657	5048048	4969101	5046079	5433764
対前年度比		98.7	98.4	101.5	107.7
対59年度比	100.0	98.7	97.2	98.7	106.2
トンキロ(百万トンキロ)	200813	205941	216115	224053	243874
対前年度比		102.6	104.9	103.7	108.8
対59年度比	100.0	102.6	107.6	111.6	121.4

注) 軽自動車を除く。

3. 道路交通騒音対策の進捗状況

(1) 発生源対策

単体規制

自動車構造の改善により、自動車本体から発生する騒音の大きさそのものを減らす。

第二段階規制の実施（大型・中型車83ホン、小型・乗用車78ホン、二輪車75ホン、原付車72ホン）

57年／乗用車、58年／中型車、59年／大型バス、小型トラック・バス等、

60年／大型トラック等、61年／大型トラクタ等、62年／小型二輪車

近接排気騒音測定方法の導入（61年／二輪車、63年／乗用車、元年／トラック、バス等）

(2) 交通流対策

都市総合交通規制の実施

交通流の円滑化のための信号の系統化等総合的・体系的な交通管制等により、道路交通騒音の低減化を図る。

人口3万人以上の686都市で実施（62年度）

交通規制

道路、交通に応じた路線毎の速度規制、通行指定等の交通規制により、道路交通騒音の低減を図る。

大型貨物車等の通行禁止／環7以内の都心部及び環8；土曜22時～日曜7時

大型車等の道路中央寄り通行指定／環7、国道43号、国道1号岡崎地区、国道23号名古屋、四日市市内、国道26号堺市内等

バイパス等の整備

環状道路、バイパス等の整備により、大型車の都市内通過の抑制及び交通流の分散を図る。

環境改善効果／平均約11ホン（バイパス21路線の整備による環境改善効果の平均）

バイパス・環状道路が完成または一部完成している都市／必要都市489に対し178都市（62年度末）

物流拠点の整備

物流施設等の適正配置による大型車の都市内通過の抑制及び共同輸送等物流の合理化により交通量の抑制を図る。

流通業務団地の整備状況／整備済：札幌、東京、新潟、名古屋、岐阜、大阪、広島、福岡
整備（分譲）中：宇都宮、富山、神戸、岡山、熊本

トラックターミナルの整備状況／18,611バース（62年度末）←17,956バース（61年度末）

中央卸売市場の統合、移転／東京都大田市場等8市場の整備（第4次中央卸売市場整備計画；S61年度～H7年度）

(3) 道路構造対策

遮音壁の設置

遮音効果が高く、対策が比較的容易であり沿道からの乗入れのない有料道路等において有効な対策となっている。

環境改善効果／約10ホンの低減効果（高さ3mの遮音壁の背面、地上1.2mの高さでの効果（計算値））

日本道路公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団による設置延長／

1,900 km（63年度末）←1,792 km（62年度末）

環境施設帯の設置

沿道との間に10～20mの緩衝空間を確保し道路交通騒音の低減を図る。遮音壁、植樹等との併用によって一層効果的になる。

「道路環境保全のための道路用地の取得及び管理に関する基準」（49年、建設省都市局長道路局局長通知）に基づき設置されている道路用地、設置延長／約320 km（61年度末）

(4) 沿道対策

沿道整備計画の策定

道路交通騒音により生ずる障害の防止と適正かつ合理的な土地利用の促進を図るため都市計画に沿道整備計画を定め、幹線道路の沿道にふさわしい市街地整備を図る。

「幹線道路の沿道の整備に関する法律」（55年施行）

沿道整備道路指定要件／夜間騒音60ホン超、日交通量40,000台超他

沿道整備道路指定状況／7路線、延べ約94 km（元年）←約93 km（63年）；環7、環8、国道4、43、23号等

沿道整備計画が策定された区間／4路線23地区（環7、環8、国道4号、23号）

延長約48 km（元年）←約33 km（63年）

道路開発資金制度

幹線道路に面する緩衝建築物の建物等に対する低利融資を行うことにより、民間活力を活用した沿道整備を図る。

沿道都市改造事業／国道2号、154号で実施されている。

(5) 障害防止対策

住宅防音工事の実施

道路交通騒音の著しい地区において、緊急措置としての住宅等の防音工事助成により障害の軽減を図る。

防音工事の効果／8ホン程度

防音工事助成の指定要件拡大／夜間65ホンから60ホンへ

（59年度；阪神高速道路公団、60年度；首都高速道路公団）

有料道路周辺の住宅防音工事累積概数／37,000戸（63年度末）←34,000戸（62年度末）

沿道整備計画に基づく一般道路の住宅防音工事助成累積戸数（環7中野地区等）

／1,298戸（63年度末）←575戸（62年度末）

（6）推進体制の整備

道路交通公害対策推進のための体制づくり

道路交通騒音問題の解決のために、関係機関との密接な連携を図る。

環境庁／道路交通公害対策に係わる関係省庁連絡会議の開催など関係省庁との連携を密にした対策の推進

地方公共団体／国の地方支分局、地方公共団体の環境部局、道路部局、都市計画部局等を構成員とする協議会等による対策の推進（47都道府県・10政令市のうち28地方公共団体が設置（63年））

4. 道路交通騒音に対する環境庁の当面の施策

（1）道路交通騒音防止対策の計画的・総合的推進について

ア）都道府県が地域の実状に即した道路交通騒音対策を推進する際の基本的考え方、計画の取りまとめ手順等を示した「道路交通騒音防止対策の計画的総合的推進について」（昭和62年9月県等へ通知）に基づいた対策の推進が図られている。また、今後、地方における道路交通騒音防止対策の推進に資するため、必要な調整を図りつつ、モデル地区において調査等を実施していく。

イ）公害防止計画では、昭和62年度策定の第二次地域より、重点的に取り組むべき主要課題の一つとして交通公害対策を明示しており、現在策定中の第五次地域においてもこれを主要課題としている。今後とも、交通公害対策を重視した公害防止計画に基づく各種施策が推進されることにより、沿道環境の改善が期待される場所である。

（2）発生源対策について

昭和62年10月の小型二輪車に対する騒音規制の強化をもって、昭和51年に中公審より答申のあった第二段階規制を全車種に対して実施したことになり、今後新規制適合車への代替により騒音低減が期待される。さらに、街頭検査の容易な近接排気騒音測定方法を、二輪車、乗用車に続いて、元年6月からトラック、バス等についても導入した。今後も、一層の騒音低減の施策を検討する。

I - 2 道路騒音事件の解決 —公害紛争処理法の活用とその特徴—

明石圭之
公害等調整委員会

1. はじめに

平成元年3月23日、東京都世田谷区の住民133人から公害等調整委員会に対して申請のあった道路騒音等責任裁定事件は、調停成立という形で解決した。本件は、紛争の解決が、通常の裁判による解決とは異なる公害紛争処理法による解決という点で特色があると思われるので、この点を中心に事件の紹介をしてみたい。

2. 現地の状況と申請人の主張

(1) 現地の状況 [図-1]

本件は、次のような点から、その解決が困難視された事案であった。

ア) 本件紛争の現場である上馬交差点付近は、国道246号、都道環状7号線、首都高速3号線という3本の幹線道路が交差する都内でも有数の交通量の多い地域であり、それだけに自動車騒音等の影響が大きい地域であったこと

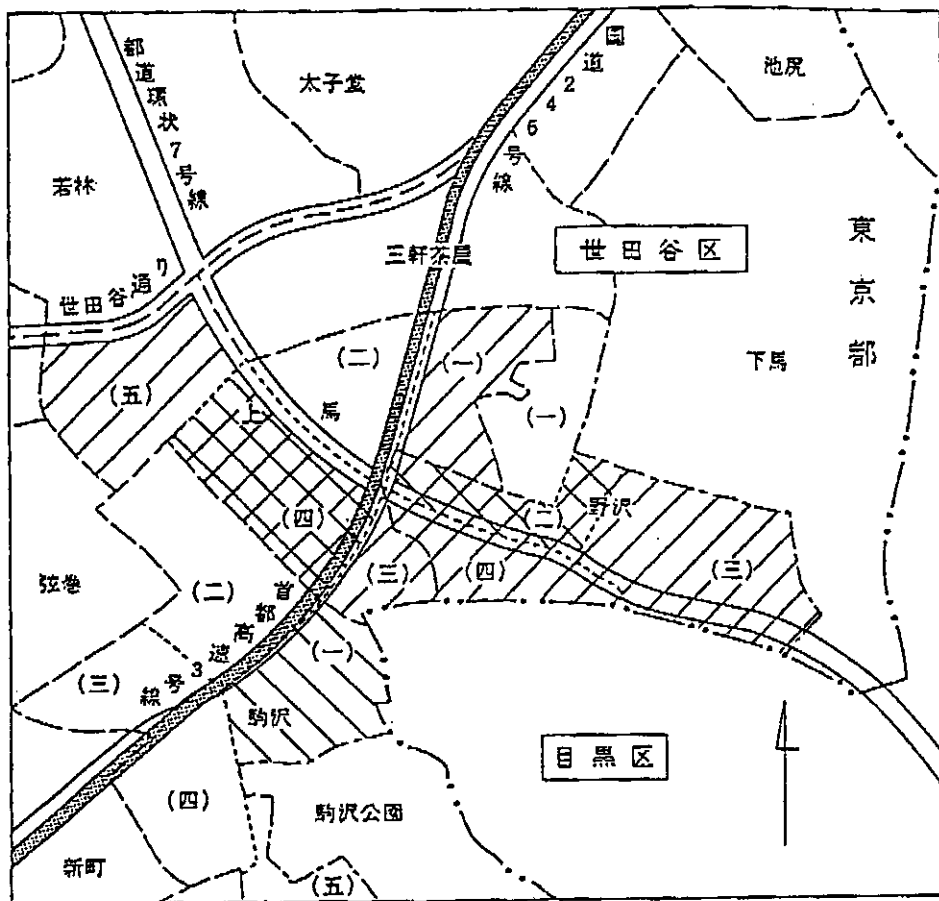
イ) 一方、これらの道路は、各道路とも1日当り8万台～10万台の交通量を有する現に供用中の道路であり、また、道路の沿道も商業地域で、商店、事務所等が連なり、その内側にも住宅が密集しているため、ハード面での公害防止対策がかなり限定されるという事情があったこと

ウ) 交差点に交差する3本の道路の管理者がそれぞれ異なっており、交差点付近の騒音等の被害を軽減するためには、それぞれの道路管理者が三位一体となって対策を講じなければ実効性が少ないという事情があったこと

(2) 申請人の主張

本件申請の概要は、付近住民が前記3本の道路を管理する国、東京都及び首都高速道路公団を相手として、自動車の運行による騒音等のため静穏な生活が妨害され、財産被害、健康被害をも受けたと主張して、過去の損害に対する賠償として各金50万円及び将来の損害に対する賠償として、本件公害による被害が解消されるまで1日当り各金500円の賠償を求め、というものであった。

なお、この申請は、責任裁定の申請といわれるもので、公害紛争処理法による紛争解決方法の一つであり、損害賠償責任の存否及びその範囲について公害等調整委員会の裁定を求めるものである。





-  62年(七)第2号事件の申請人居住地区
-  63年(七)第1号事件の申請人居住地区

図-1 道路騒音等被害事件関係図

3. 調停成立に至るまでの経緯

公害等調整委員会では、この責任裁定申請を受けただちに裁定委員会（委員3人で構成）を組織し審理を始めた。この裁定手続きは、民事訴訟の手續きに準じており、当事者双方の出頭のもとに、公開の期日（審問期日）を開き、そこで当事者の主張の整理、証拠調べ等が行われるものである。しかしながら、公害紛争の社会性、被害の立証の困難性等を考慮して、通常の民事訴訟における裁判所の役割に比べて職権による証拠調べや各種調査が行える等、公害等調整委員会に紛争の解決に向けて積極的に機能し得る権限を与えているのが特徴である。

裁定委員会は、このような審問期日における審理を進める一方、本件地域及び類似地域の現地調査、各種公害防止対策事例の調査を行い、又、裁定の審理と平行して合意による解決も進めてきた。この結果、当事者間にも、本件を損害賠償ではなく、永続的な効果のある公害防止対策を構ずるという方向での合意による解決の機運が高まり、また、裁定委員会としても本件の早期解決のためには、合意による解決が妥当と判断し、本件を調停に付する旨の決定を行い、当事者双方に対して調停案を示したところ、当事者双方がこれを受諾し、調停が成立したものである。

4. 調停条項の骨子

(1) 被申請人らは、道路管理者としてそれぞれ管理する国道246号、首都高速3号線及び都道環状7号線の本件区間について、沿道周辺の良い環境の保全に配慮して従来から実施している諸対策に引続き、以下の対策を講ずる。

ア) 公団は、沿道周辺の景観をも考慮したうえ、約1200メートルにわたり上下線両側に吸音型防音壁を設置する。

イ) 被申請人らは、車道、歩道の路面等について、維持、修繕等を適切に行う。

ウ) 東京都は、本件区間のうち約500メートルにわたって、今回の補修工事の際、自動車の走行騒音低減のための舗装を試験的に実施する。

エ) 国及び東京都は、本件区間のような商業的沿道利用の多い幹線道路に対する環境対策として、防音壁の設置等についての調査研究を進める。

オ) 被申請人らは、車道等の清掃及び植樹帯等の整備を適切に行う。

カ) 国は、本件国道について、沿道整備道路の指定を行うよう関係機関と調整を進める。

キ) 東京都及び公団は、住宅防音工事の助成について、今後とも沿道周辺の住民に対し、周知徹底を図り、その適切な実施に努める。

(2) 申請人らは、被申請人らに対する本件損害賠償請求を放棄する。

5. 公害紛争処理法による公害紛争の解決とその特色（特に民事裁判手続きと比較して）

公害紛争処理法による紛争解決の方法には、斡旋、仲裁、調停、裁定の4つの方法がある。これらについては、損害賠償責任の存否及びその範囲について法的判断を示す裁定の場合を除き、ほぼ次のような特色がある。特に、本件の最終的な手続きであり、かつ、最も利用されている調停手続においては、この特色が最も機能しうようになっている。

(1) 必ずしも法律上の請求権にこだわらないこと

(公害に係わる民事上の紛争であれば申請可能)

(2) 多様な解決が図れること

(法律上の根拠の有無にこだわらずに、実情に即した解決方法をとることが可能)

(3) 職権調査の活用が図れること

(4) 事務局職員の活用が図れること
(専門的知識の活用、行政施策との連携)

(5) 費用が、低廉で済むこと
(申請手数料が低廉。証人、鑑定費用の公費負担)

なお、裁定の場合においても、前述したように、通常の民事訴訟手続きに比べて、職権証拠調や証拠調の方法によらない事実の調査が可能であり、公害等調整委員会が紛争の解決に向けて積極的に機能しうることとされている。

6. おわりに

本件が、比較的短期間に解決を見たのは、当事者が迅速な解決に向けて真摯な努力を払ったことがその大きな要因である。同時に、紛争解決に向けて紛争処理機関が手続的にも権限的にも機動的、積極的に機能し得るという公害紛争処理法の特徴に負うところも大きかったと思われる。

一般の民事訴訟では、①当事者のいずれの主張が正しいかについて ②当事者から提出された証拠によって ③法律に基づいて、判断するものであろう。しかしながら、現実の公害紛争においては、当事者の事情、解決策の内容等の面から必ずしもこの様な訴訟的解決にはなじみ難いものが多い。この様な場合に、公害紛争処理法による解決が有効に機能すると考えられる。

I - 3 交通騒音の評価

五十嵐 寿 一

財団法人小林理学研究所

1. はしがき

昭和42年、公害基本法において騒音が7大公害の1つとしてとりあげられた背景には、高速道路、空港、新幹線等の建設が相次ぎこれらの交通騒音に対して周辺地域の住民から苦情が多くよせられたことがある。道路交通騒音に関する環境基準の設定にあたっては、評価の方法が確立されていなかったため、東京・大阪で実施された社会調査、実験室実験の結果及びISOの資料等を参考にし、すでに設定されていた一般環境における環境基準値に補正をして道路沿線地域の基準値を設定することになった。航空機騒音については、大阪、横田、千歳空港飛行場における調査及びロンドンヒースロー空港で実施された社会調査等、また新幹線騒音については、急遽実施された東海道、山陽（当時岡山まで開通）新幹線沿線に関する社会調査の結果等について審議が行われた。一方、道路交通騒音の評価指標については、JIS「騒音レベル測定方法」に準拠し、不規則騒音に対する測定方法としてわが国独自の L_{50} が採用された。ほぼ同じ頃、国際的にも交通騒音に対する関心が高まり、その評価方法について多くの研究が行われている。欧州では道路交通騒音について L_{50} よりは L_{10} を採用する動きがあり、また騒音の変動性を考慮した TNI (Traffic Noise Index) 及び英国のRobinsonが提案していたNoise Pollution Levelも用いられていた。またISOにおいては1960年頃より定常騒音、変動騒音を含めて環境における評価指標を等価騒音レベルに統一する方向で審議が進められ、1971年「Assessment of Noise with Respect to Community Response」を発行した。その後環境騒音については国際的にこの等価騒音レベルを騒音の物理指標として各種騒音の評価・対策が行われることになり、わが国においてもJISに等価騒音レベルの測定法が導入された。特に交通騒音の評価については、長期にわたる騒音暴露によって生ずる住民反応を調査することの重要性が認識され、騒音の物理指標と反応の関数関係を求めるため多くの社会調査が実施されてきたが、調査手法が確立されていなかったため相互の比較が困難であった。1978年、T.J. Schultzはその頃までに実施された社会調査について、彼独自の方法で整理を行っている。その後現在にいたるまで交通騒音について多くの社会調査が実施されており、各種交通騒音に対する反応の比較及び調査毎の反応の相違、調査結果に対する信頼性等についても詳しく検討が行われているので、それらを参考に交通騒音の評価についての問題点を述べてみることにする。

2. 騒音に関する社会調査の比較

Schultzは欧米各国で実施された道路、航空機、鉄道騒音に関する社会調査について、 L_{dn}

Highly Annoyed の関係に変換し統一して比較することを試みた⁽¹⁾。その結果18の調査の内11については図1のようにまとめた関数関係になり音源の種類に余り関係のない結果となっている。これらの調査は物理量として道路騒音については、 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{eq} 、航空機騒音については、 NNI 、 L_{eq} 等が使用されており、反応関数としても、Annoyance、Disturbance、Satisfaction-Dissatisfaction等必ずしも統一されておらず、評価尺度(Step数)も4、5、7、10段階のものがあり変数を L_{dn} とHighly Annoyedに変換することについて若干の問題はあるが、Schultzはそれぞれの原データを集めて慎重に検討している。この結果に対してK.D.Kryter⁽²⁾は航空機騒音は道路騒音に比べて反応が約10dB大きくなるという反論を述べている。しかしその後Schultzとの間で論争になりその差は必ずしも明確になっていない。一方Walker⁽³⁾等は道路と鉄道騒音に関する社会調査を比較しAnnoyanceの点では鉄道騒音は道路騒音より反応が小さく、逆に会話妨害については鉄道の方が影響があるという結果を得ている。さらにHall⁽⁴⁾等はこれらの社会調査における結果の相違について検討を行っている。

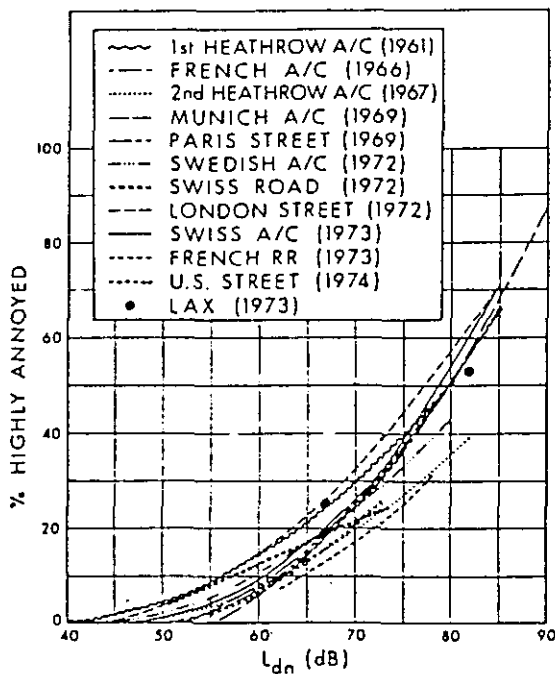


図1. Schultzの平均反応曲線

3. 日本における社会調査

国内においても昭和40年以来数多くの社会調査が実施されているが、騒音指標、反応の名称等も統一されていないので外国のデータとの直接の比較が困難なものもあるが、ここでは論文として詳細な記述のあるものについて、Schultzにならって、 L_{dn} とHighly Annoyedの関係に変換してまとめてみると図2～4のようになる。図2は道路交通騒音に対する反応で名古屋市⁽⁵⁾と福岡市⁽⁶⁾において実施された結果である。名古屋市の場合は騒音指標としては L_{eq} を用い反応として全く気にならない、少し気になる、気になる、非常に気になるの4段階評価で、非常に気になる(4)だけをとると図の●、気になる(3)以上では v になるが、ここで $(1/2) \times 3 + 4$ をとると○になりSchultzの結果によく合致する。福岡市の調査では L_{dn} とHighly Annoyedとしてまとめてあり、いずれもSchultzの結果にほぼ近い関係を得ている。図3は航空機騒音に関する一般空港⁽⁷⁾と特殊空港⁽⁸⁾周辺に於ける調査の結果であり、騒音指数についてWECP-NLから L_{dn} に変換した。図4は新幹線騒音について昭和62年と63年に実施された調査で⁽⁹⁾、東海道、山陽、上越、東北新幹線沿線7地域(各地域、200サンプル)にわたっている。この場合全地域を総合した結果として、Step 6, 7をとるとSchultzの曲線とは15dB以上またStep 7だけをとっても10dBの差があり、航空機及び新幹線騒音については、道路騒音と比較して甚だしくかけはなれているのでその相違についての検討が必要であろう。

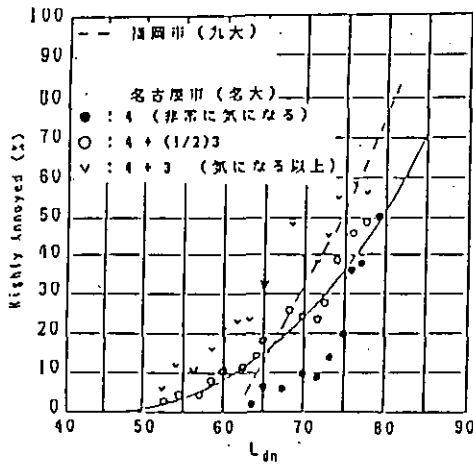


図2. 道路交通騒音に対する反応

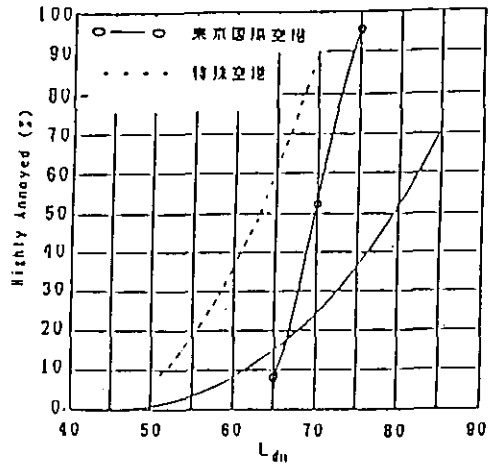


図3. 航空機騒音に対する反応

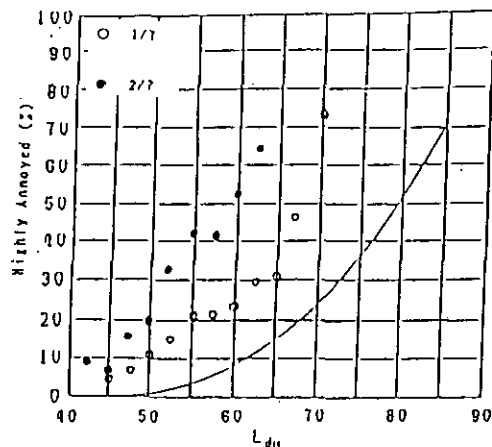


図4. 新幹線騒音に対する反応

4. 社会調査の結果の解釈について

Schultzの調査についても平均から外れた7つの調査について変動の原因の検討が行われていないが、日本で行われた結果もSchultzの結果に比べて、道路騒音を除いて著しく相違している。このように調査結果が相違する原因については、次のような要因に関係があると考えられる。

- (1). 音源の特性：不規則騒音と間欠騒音、時間帯による騒音の相違、暗騒音測定時期
- (2). 反応の表現及びStep数の選択：

反応の名称：うるさい、さわがしい、気になる、じゃまになる等

Step数：4、5、7、10、またStepの名称としては、

全く無い、少し、— — かなり、非常に、きわめて
また、上端、下端のみに名称をつける場合もある。

- (3). 音響以外の要因の影響：地域特性、年齢、職業、音源の経済性
音源に対する恐怖心または不満度

(1)の音源の特性については時間帯補正を含めて等価騒音レベルまたは L_{dn} として一括されていることが多いので、音源特性と反応の関係として比較することは困難で、個々のケースについて詳細に検討する以外に方法はない。暗騒音については相乗効果があるとするものと、マスキング作用があるとするものがあり明白な結論は得られていない。

(2)の反応の表現については、総合判断としてうるささを採用することが多いが、他の用語を用いた場合との相違についてはあまり明白になっていない。Stepとしては7段階表示が多くHighly Annoyedとして通常6と7をとるが、Step 7の名称を非常にとするか、6を非常にとして7をきわめてとすることによっても結果に差が生ずる可能性がある。またうるさいと言う反応

は音響以外の要因の影響が大きいので、音の大きさまたは会話に対する妨害といった反応の方がより音響的要因に対する反応を表現できるかもしれない。しかし長期的騒音暴露に対する反応として適当かどうか検討が必要である。

(注：反応尺度の選定によって調査結果に差の生ずることが十分考えられるので、統一された質問方法、尺度を用いて調査を実施することが望ましい。現在学会で統一した調査手法について作業が行われている)

(3) の音響以外の要因の影響：職業、年齢による反応の違いについては、サンプルの選定において平均化するようにするか、偏らない方法をとることが必要である。また同種の音源に対する異なった地域における反応については、それぞれの地域の特性によって反応に差の生ずることは十分考えられる。特に対象とする音源の持つ経済性、交通の場合は建設にいたる経過、及びその地域の住民のもつ音源に対する満足度、または不満度が大きく影響することが予想される。これらの場合は音源に対する騒音の評価というよりむしろ音を仲介として音源に対する満足度、不満度が反応として表現されることになり、必ずしも騒音の評価とは言い難い場合がある。例えば新幹線沿線の調査⁽⁹⁾では地域による差が10 dBにもなり、大都市圏と地方圏の沿線における反応として整理しても前者が約5 dB程度きびしいという結果も得られている。また航空機騒音の場合には、航路直下の住民は事故に対する恐怖心のため反応に影響があるとされている。従って社会調査の結果については、騒音対策のみではなく別途行政的な対応も必要になる。Fidell⁽¹⁰⁾等は理論的な考察から、社会反応の結果に差が生ずる原因として、音源の種類によってあるいはある特定の地域では、音響以外の要因によってうるささの反応を生ずる閾値に差があるためであるとして図5のような関数を提示している。ここで $A^* = 0.3L_{dn}$ で、 A^* はHighly Annoyedが

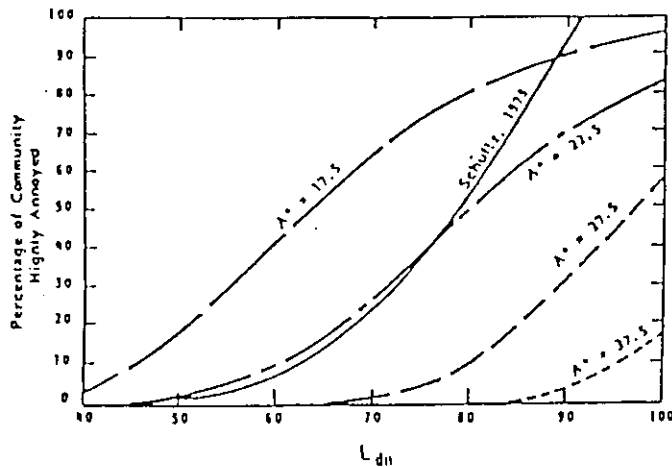


図5. うるささの反応関数 (Fidell)

$(1/e) = 37\%$ になる L_{dn} に対応している。なお騒音に対する個人の反応と騒音暴露との相関係数は0.3~0.4にすぎないが、グループの平均をとると0.8程度になるので、できるだけ多くのサンプルをとりその平均を取るべきであるとされている。

5. 環境基準について

わが国における環境基準は、通常の都市生活に支障をきたさない望ましい騒音環境として設定されたもので、基準値を越えると直ちに生活を妨害するレベルではないが、基準値、即規制値と受け取られているようである。日本の騒音に関する基準値は、米国におけるEPAの望ましい騒音レベルの推奨値にほぼ対応していて、HUD（都市開発局）やFAA（航空局）はEPAとは別に土地利用に対する勧告値として、一般住宅における許容レベルを L_{dn} 、65 dB を提案し、これを超える地域について防音工事が必要であるとしている。またANSI（米国標準）の規格⁽¹¹⁾ ‘土地利用と両立する騒音レベル’の別表（for information only）として、一般家屋に対する指針値を、 L_{dn} 、55~60 dB、許容限界を65 dBとして示されている。ここで指針値を別表としたのは、これを達成するための費用及び技術的可能性を考慮したものではないので規格には含めないとしている。またEPAの指針値についても、EPAは人間生活を保護するため十分安全を考慮した望ましい騒音レベルとして提案したもので基準値ではないとしている。環境騒音について可能な限り発生を抑えるため望ましい基準をきびしく設定することは原則として結構であるが、道路交通騒音については現在も国内の広範囲にわたって被害の苦情が多く、環境基準が達成されていないという批判を多く聴くについて、基準値の達成にのみ注目される結果、騒音の甚だしい地域の対策がややもすれば遅れることがあるのではないかと心配するのは筆者のみのき憂であろうか。基準を5 dBあるいは10 dBも越えている地域を詳細に調査して早急に対策を実施することが急務と考えるからである。

参考文献

- (1) T.J. Schultz: Synthesis of social surveys on noise annoyance
J.A.S.A. 64 (1978) p.377
- (2) K.D. Kryter: Community annoyance from aircraft and ground vehicle noise
J.A.S.A. 72 (1982) p.1222
- (3) J.G. Walker: Railway noise exposure; a possible method of establishing criteria for acceptability
J. Sound & Vib. 120 (1988) p.347
- (4) F.L. Hall: Community response to noise; Is all noise the same?
J.A.S.A. 76 (1984) p.1161
- (5) 久野他：名古屋市域における住居の騒音暴露量に関する研究

- 日本音響学会誌40 (1984) p.388
- (6) 藤本他：自動車騒音の日常生活への影響の調査と分析
日本音響学会誌42 (1986) p.432
- (7) 西宮 元：騒音振動に関する社会反応とその特徴について
日本音響学会誌32 (1976) p.147
- (8) 木村他：航空機騒音の WECPNL と住民反応
音響技術30 (1980) p.33
- (9) 運輸経済センターレポート：新幹線騒音に関する意識調査 (1988)
- (10) S. Fidell: Theoretical interpretation of prevalence of noise-induced annoyance in residential populations
J.A.S.A. 84 (1988) p.2109
- (11) American National Standard: Sound level descriptors for determination of compatible land use
ANSI S3.23-1980

第Ⅱ章：「道路騒音の予測及び対策技術」

Ⅱ-1 交通騒音防止手段としての防音塀

藤原 恭司

九州芸術工科大学音響設計学科

わが国の経済発展ともなって交通機関による騒音公害が顕在化して久しい。特に近年高速道路網と新幹線網の整備やその上を走行する車両の増加と高速化によって益々問題は厳しくなっている。従来よりこれらの騒音に対して防音塀を建てるのが一般に行われてきており、防音塀はある程度は効果を上げてきた。しかし環境基準、要請基準は変化することもないので、交通量増加や高速化による音源のパワーレベル上昇に対しては防音塀の高さを調整して対処せねばならない。初期の頃は防音塀の高さは1 m程度であったものが、すぐに3 mになり、現在は5 mもそう珍しいものではなくなっている。

これまで3 mであった所で音源のパワーレベルが上昇した場合、防音塀を高くしなければならないが、基礎の設計などは3 mに対して行われていることが多い。このような場合に高さを5 mにするには基礎からやり直さねば風圧に耐えることはできない。そこで望まれるのが高さを大きく変えないで遮音性能のみが増加する防音塀である。ここでは防音塀の高さは同じであるが、反射性の防音塀に比べ遮音性能が大きい防音塀について解析し、実験的にもその効果を検討する。

扱う防音塀の種類はFig. 1に示すように剛な、吸音性の、そしてソフトな薄い防音塀、反射性の防音塀の頂点にそれぞれ剛な、吸音性の、そしてソフトな円筒を取り付けた防音塀である。

1. 剛な薄い防音塀による超過減衰

この種の防音塀による超過減衰 $[ATT]_{ho}$ は周知の前川チャート [1] や他の予測式 [2] に

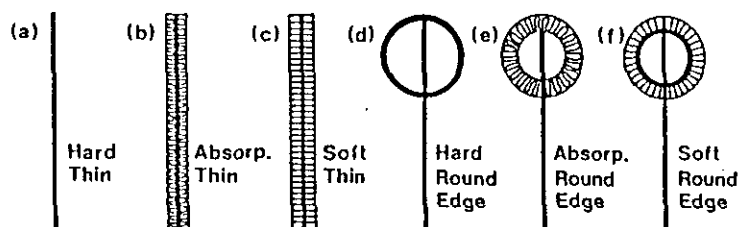


Fig. 1 Cross-section of different types of thin barrier.

より知ることが出来る。論文全体を通じてこの防音塀により与えられる超過減衰を基準値とする。すなわち他の種類の防音塀との比較においては他の防音塀による超過減衰とこの防音塀による超過減衰の差を問題にする。音源、受音点、防音塀及び円筒の位置関係は Fig. 2 に示す通りである、円筒が頂点に取り付けられても円筒の最高部分が円筒の無い防音塀の最高部分と一致する。

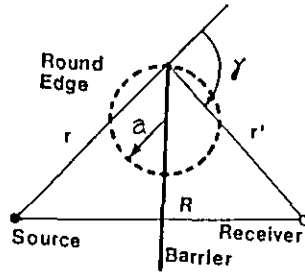


Fig. 2 Geometry of barrier, sound source and receiving point.

2. 吸音性の防音塀による超過減衰

吸音性の防音塀による超過減衰の理論値は剛な防音塀による超過減衰計算式の第二項に吸音性防音塀表面の反射率を掛ければ、近似的ではあるが一応の結果は得られる [3]。完全吸音の場合には剛な防音塀、ソフトな防音塀、各防音塀に対する理論式の和の二分の一により与えられる [4]。その解により求められた超過減衰を $_s[ATT]_{\infty}$ とすれば吸音性防音塀による表面仕上げの効果 $_s[EA]$ は

$$_s[EA] = _s[ATT]_{\infty} - _s[ATT]_{ho} \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

により与えられる。この $_s[EA]$ の値を回折角 γ の関数として表示したのが Fig. 3 である。図中のパラメーターは表面の反射率であり、 $Q = 0$ は完全吸音に対応する。防音塀の表面が完全吸音である場合には回折角 γ が 90° の場合で 5 dB 程度である。この吸音性の防音塀は容易に実現でき、多孔性材料で覆うことにより非常に高い吸音性能を達成できる。これは Fig. 1 - (b) に示すようなものである。そしてこのような防音塀は音源側のみが吸音性である形式であるが広範囲に利用されている。ただ残念なことにこの吸音性の効果は設計値には利用されていない。

3. ソフトな防音塀による超過減衰

防音塀の表面が完全吸音ではなくソフトである場合、すなわち $Q = -1$ の場合には超過減衰は完全吸音より大きく、Fig. 3 の破線で示すような効果がある。この防音塀はエネルギー的に

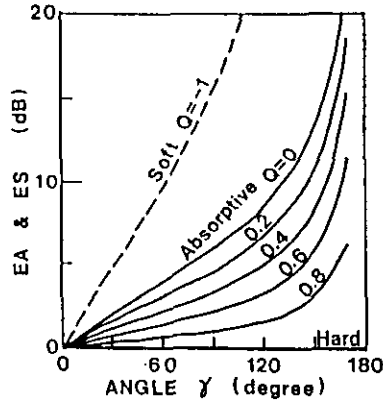


Fig. 3 Effects of absorptive and soft surface as a function of the diffraction angle gamma.

は完全反射であるが入射波は表面で逆相で反射される。この防音塀による効果は完全吸音性防音塀の効果の約2倍に当たる。その結果 ${}_s[ES]$ は

$${}_s[ES] = {}_s[ATT]_{so} - {}_s[ATT]_{ho} \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

で与えられる。ここで ${}_s[ATT]_{so}$ はソフトな防音塀による超過減衰量である [5]。このソフトな表面を実現するのは水中音響では容易かも知れないが、空気音響では少々困難である。ただ一つの解決策は1/4波長音響管を表面に並べる方法である。しかしこの方法は周波数選択性があり、設計周波数の二倍の周波数では $Q=1$ の完全反射性になってしまう。ここではその唯一の方法を採用し、効果を検討する。1/4波長音響管を両面に並べても全体としての厚さは半波長であり、その厚さの影響はごく僅かである [6]。

無響室において模型による実験を行った。設計周波数は4 kHzで、長さ21.3 cmの塩化ビニル製の音響室を音源側のみに取り付けた。芯になる材料は5 mmの亚克力板である。防音塀の大きさは長さ200 cm、高さ28 cmで、無響室の床に敷いた厚さ12 mmのラワン合板の上に立てた。音源位置は床から6.25 cm、防音塀から25 cmである。受信点は床から15 cmの高さを保ち、防音塀に垂直に移動させた。その結果の一部をFig. 4に示す。値は防音塀背後の相対音圧レベルである。防音塀の無い場合、剛な防音塀、そして音源側のみ1/4波長音響管を並べた防音塀の各場合を三角、白丸、黒丸で示す。設計周波数の4 kHzではソフトな表面の効果ははっきりと認められ、その倍の周波数である8 kHzでは音響管を並べても剛な状態になるので効果はない。吸音性の材料を全く用いなくても約4 dB程度の効果があり、これは無視し得ないものである。

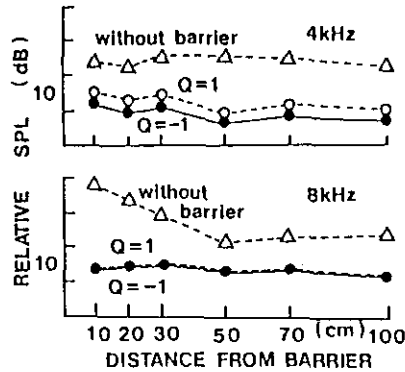


Fig. 4 Measured sound pressure levels in the cases when barrier surface is hard and soft.

4. 剛な円筒を頂点に持つ防音塀

防音塀の頂点に何か障害物がある場合には、それが無い場合に比べて超過減衰が大きくなることが知られている。ここでは話を単純にするためと実用性の観点からこの障害物として円筒を取り上げる。そしてまずその円筒が剛な場合に対して障害物の効果について検討する。防音塀の頂点に剛な円筒が取り付けられた場合の回折問題は既に Keller により解析されている [7]。その解を用いて剛な円筒の効果 ${}_c[EHC]$ は

$${}_c[EHC] = {}_c[ATT]_{hc} - {}_c[ATT]_{ho} \quad (\text{dB}) \quad (3)$$

により与えられる。ここで ${}_c[ATT]_{hc}$ はもちろん剛な円筒をもつ防音塀による超過減衰である、左側の添字 c は入射波が円筒波であることを意味し、二次元音場に対する解を用いていることを示す。それ故式(3)の右辺第2項も円筒波に対する剛な薄い防音塀による超過減衰である。右辺のように超過減衰値の差として求めた障害物の効果は球面波入射の場合のそれとほぼ等しいことが既に分かっているので、ここでも式(3)で与えられる計算値と点音源を用いた実測値を直接比較する。

式(3)による計算値の一つを Fig. 5 の点線で示す。縦軸が効果、横軸が円筒の相対サイズである。円筒が剛な場合にはあまり効果は大きくなく、2~3 dB 程度で、効果が負になることもある。Fig. 6 には実測値との比較を示す。音源と受音点の位置はそれぞれ防音塀の頂点から 40 cm、60 cm である。計算値と実測値はそれぞれよく一致している。回折角 γ が 45° の場合には効果は大きくなく、 $\gamma = 90^\circ$ では効果は 5 dB にも達する。特に円筒の直径が半波長 ($ka = \pi/2$) の場合には効果が著しい。

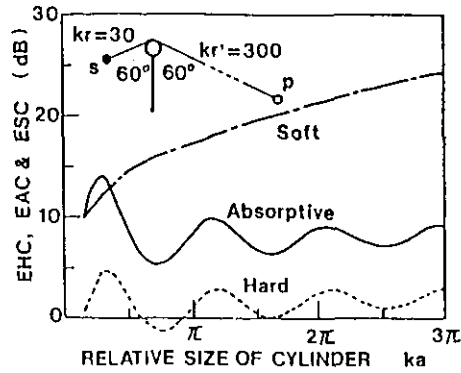


Fig. 5 Comparison of numerically obtained effects of cylinder for different reflection characteristics.

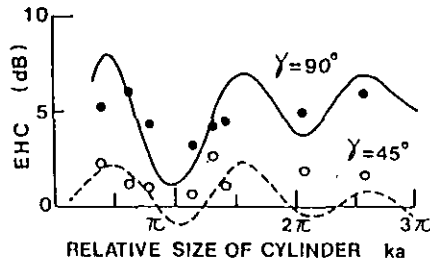


Fig. 6 Comparison of measured and predicted effects of hard cylinder.

5. 吸音性円筒を頂点にもつ防音塀

防音塀の頂点にある円筒が吸音性である場合には、その防音塀による超過減衰は円筒が剛である場合より大きい [8]。ここでは簡単のため円筒は完全吸音であるとする。その場合の理論解は第2節で述べたように防音塀全体が剛であるときの解とソフトであるときの解の和の二分の一により近似的に与えられる。防音塀全体がソフトである場合の解はやはり Keller によって求められている [7]。吸音性円筒の効果 ${}_c[EAC]$ は

$${}_c[EAC] = {}_c[ATT]_{ac} - {}_c[ATT]_{ho} \quad (4)$$

で与えられる。ここで ${}_c[ATT]_{ac}$ は吸音性円筒を頂点に持つ防音塀による超過減衰である。計算例の一つが Fig. 5 の実線で示されている。効果は7~8 dBであり、剛な場合より5 dB程度大

きい。実際このような防音塀を実現するには保温筒として市販されている材料を薄い防音塀に取り付ければよい。その形は Fig. 1 - (e) の様なものとなる。

この種の防音塀が現実に実用化されている [9]。直径が40 cm～50 cm のグラスウール製保温筒を耐候性にするために薄いプラスチック膜で被い、さらに薄い穴あきアルミ板で被う。そして更に突然の交通事故に対する安全性のためにステンレス製グリルの中に納めている。芯には Fig. 1 - (e) の条件を満たすために鉄板が垂直に挿入されている。この吸音性円筒を高速道路に沿った高さ3 mの既設の防音塀上部に取り付け、その効果が実測された [10]。結果の一部を Fig. 7 に示す。この図では既設の防音塀背後の相対音圧レベル (dBA) と吸音性円筒取り付け後の相対音圧レベルが示されている。それぞれのデータは7日間と5日間連続して夜間に計測され、平均された。測定日が違えば交通量が変化して音源パワーも変化するが、それに対しては防音塀の道路側に設けられた基準化用測定データにより調整されている。実測された吸音性円筒の効果は2～3 dB程度であるが、この値は既設防音塀の高さを2 m高くする、すなわち5 mの高さにすることに匹敵する。

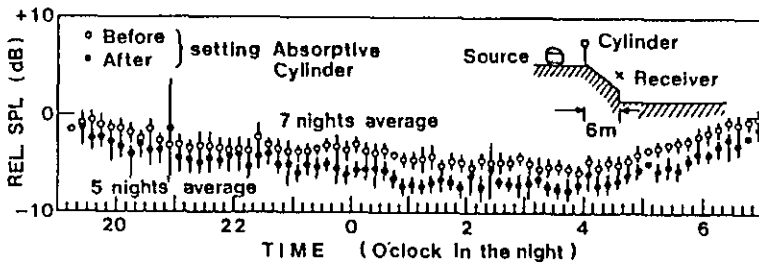


Fig. 7 Comparison of the sound pressure levels measured before and after setting an absorptive cylinder at the edge in the real situation.

6. 頂点にソフトな円筒をもつ防音塀

最後に頂点にある円筒がソフトな場合について述べる。このような防音塀についての解は既に述べたように Keller により与えられているのでその式を直接用いる。このソフトな円筒の効果 ${}_c[ESC]$ は

$${}_c[ESC] = {}_c[ATT]_{ac} - {}_c[ATT]_{ho} \quad (\text{dB}) \quad (5)$$

で与えられる。計算例の一つを Fig. 5 の一点鎖線で示す。直径が半波長程度 ($ka = \pi/2$) であれば完全吸音性円筒の場合と大差ないが、直径が波長以上になると極端に効果は増大する。そして周波数変化による効果の増減がなく、単調増加である。

この種の境界条件を満たすのは困難であるが、第3節と同様に周波数選択性があっても良いのであれば、1/4波長音響管を配列することで実現可能である。その形は Fig. 1 - (f) に示すようなものとなろう。ただこれまでに実験的には研究していないので、計算値と実験値を比較する

ことはできない。

結 論

この論文の目的は前川チャートにより予測される超過減衰値よりも大きい超過減衰を同じ高さの防音塀によって得ることができるのかを示すことであった。答は“可能”である。そのためには従来行われているように防音塀表面を吸音性にするのが最も単純であるが、効果はあまり大きくない。それよりも表面をソフトにしたり、頂点に円筒のような障害物を取り付けることである。ソフトな表面であればその効果は非常に大きい、その表面を実現するのは容易ではなく、実現しても周波数選択性がある。使用目的に限られるかも知れない。その意味では吸音性円筒を頂点に取り付けることが最も効果が大きく、適用範囲は広い。

まとめとして述べたいことは、最近では以前のように障壁そのものに関する研究が行われていないが、まだまだ研究の余地があるのではないかということである。この方面の研究に費用の供給が行われることを期待したい。

参考文献

- [1] Z. Maekawa; “Noise reduction by screens”, Mem. Facu. Engi. Kobe Univ. 11 (1965) 29
- [2] 藤原; “障壁による音波の減衰に関する実験的一考察” 建築学会大会梗概集 昭和47年 p 47
- [3] K. Fujiwara, et al.; “Noise control by barriers Part 2 : Noise reduction by an absorptive barrier” Appl. Acoust. 10 (1977) 167
- [4] G.F. Butler; “A note on improving the attenuation given by a noise barrier” J. Sound & Vib. 32 (1974) 367
- [5] H.M. Macdonald; “A class of diffraction problems” Proc. Lond. Math. Soc. 14 (1915) 410
- [6] K. Fujiwara, et al.; “Noise control by barriers Part 1 : Noise reduction by a thick barrier” Appl. Acoust. 10 (1977) 147
- [7] J.B. Keller & D.G. Magiros; “Diffraction by a semi-infinite screen with round end” Commu. Pure & Appl. Math. 14 (1961) 457
- [8] 藤原; “吸音性円筒エッジをもつ防音塀の遮音性能について” 騒音制御工学会講演論文集 昭和62年 p 257
- [9] K. Fujiwara & N. Furuta; “Sound shielding efficiency of a barrier with a cylinder at the edge” Noise & Vibration '89 in Singapore E-65 (1989)
- [10] K. Yamamoto et al.; “Reduction of road traffic noise by absorptive cylinder adapted at the top of a barrier” Inter-Noise 89 (1989) 349

II-2 エネルギー的考え方に基づく道路騒音の予測計算方法

橋 秀 樹

東京大学生産技術研究所

1. まえがき

道路騒音の予測に関しては、昭和50年に日本音響学会から統一的な予測計算方法（いわゆる音響学会式）が発表され、現在に至るまでわが国における環境アセスメント等に広く用いられてきた。

しかし、この方法も発表されて以来10年以上も経ており、予測精度や実際の使用上の問題点を再検討することが必要となった。そこで日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会（佐々木實委員長）では日本道路公団からの依頼により昭和58年度以来、検討作業を継続的に行ってきた。

その結果、道路やその周辺の条件が比較的単純で、交通流や気象の条件あるいは道路からの距離などが適用条件を満足している場合には、実用上ほぼ満足できる予測精度があることが明らかとなった。しかし問題点としては、道路形状・種類、交通量、予測範囲などの適用条件が限定されていること、そのために適用範囲を逸脱して使用されているケースが多いこと、また道路や沿道の条件が複雑な場合には適用が難しく、しばしば本来の物理モデルに反するような使い方がされていることなどが指摘された。

また、周知のとおり現行の予測方法では騒音レベルの中央値 L_{50} を予測する方式をとっている。一方、最近の国際的な動向としては、環境騒音の統一的な評価量として等価騒音レベル L_{Aeq} が用いられ趨勢にあり、道路騒音に関しても英国で道路騒音に対して L_{10} を用いているのを除けば L_{50} のような時間率騒音レベルを用いているのはわが国以外にはほとんどない状況になっている。（わが国でも、騒音測定・評価方法の通則的な規格であるJIS Z 8731の改定（1983）の際に、 L_{Aeq} を将来の環境騒音の統一的な評価量とすべく評価量の一つとして採用している。）したがって、わが国の現状では L_{50} の予測が主流であるにしても、将来的には L_{Aeq} の予測方法も用意しておく必要がある。

一方、予測計算における物理モデルとしては、現行の方法ではいわゆる等間隔・等パワーモデルに基づきレベル統計量である L_{50} を求める方式となっているが、これでは交通流条件が複雑な場合、道路形状に変化がある場合、あるいは複数の車線あるいは区間の寄与を合成する場合などに原理的な無理が生じる。それに対して、エネルギー的考え方を基本とし、 L_{Aeq} を直接予測量とすることにより、予測モデルが単純化される可能性がある。（ただしその場合、現行行政的に用いられている L_{50} などの評価量は、何らかの統計的手法で L_{Aeq} から推定する必要がある。）

以上のような背景および考え方から、前記委員会では、現行の予測法の修正に留まらず、エネ

ルギー的な考え方に基づいた新たな予測計算方法の検討を進めている。その具体的な作業としては、以下の項目が挙げられる。

- 1) 予測方法の基本的考え方
- 2) 自動車の走行騒音パワーレベル
- 3) 騒音の伝搬計算方法
- 4) L_{Aeq} と L_{50} の関係に関する統計的解析
- 5) 実測調査による予測精度の検討

これらの内容のうち、本稿では主として、1) に関してこれまでの検討結果を紹介する。

2. エネルギー的考え方に基づいた計算モデル

エネルギーベースによる道路騒音の予測の基本的な方法としては、まず1台の自動車（音源）が道路上を走行したときの観測点における音圧の時間変化（ユニットパターン）に着目する。ただし理論的取り扱いとしては、音響エネルギー密度に基づいて考察する。

2. 1 最も単純なケース

図1に示すように、直線道路（ x 線）上を一台の自動車が一定速度 v (m/s) で一定のパワー $P(w)$ を放射しながら走行した場合、受信点 R における音響エネルギー密度 e (J/m³) は次式で表される。

$$e = \frac{P}{c} T \quad (1)$$

ただし、 c : 音速 (m/s)、

T : 音源点から観測点 R に至るエネルギー的伝達関数

ここで、一台の車が x 線上を $-\infty \sim +\infty$ にわたって歩行したときの R における e の全時間積分値 E (J·s/m³) は次式となる (図2)。

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} e(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} e(x) dx = \frac{P}{c} \int_{-\infty}^{\infty} T(t) dt = \frac{P}{cv} \int_{-\infty}^{\infty} T(x) dx \quad (2)$$

$(dx/dt=v)$

一台の自動車について上式の E が決まれば、1時間交通量を N (台/h) とすると、

$$1 \text{ 時間にわたる } E \text{ の総量: } E_{1h} = E \cdot N \quad (3)$$

$$\text{単位時間 (1s) あたりのエネルギー密度: } \bar{e} = \frac{E \cdot N}{3600} \quad (4)$$

したがって、等価音圧レベル L_{eq} (一般化するために、ここではA特性の周波数重み付けをしない L_{eq} を考える) は次式で表される。

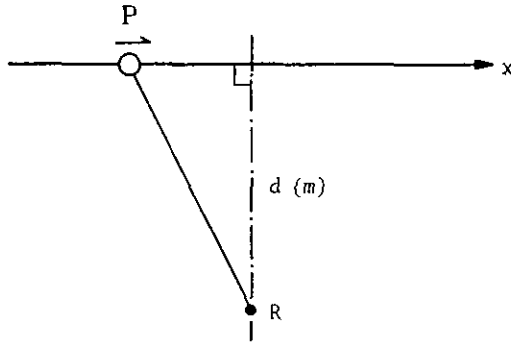


図1 移動点音源からの音の伝搬

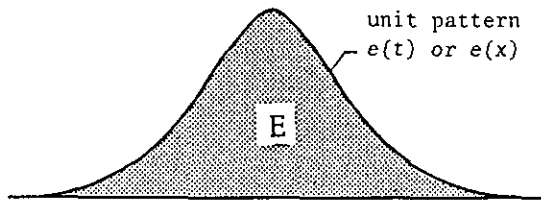


図2 ユニットパターン

$$\begin{aligned}
 L_{eq} &= 10 \log \frac{\bar{e}}{e_0} \\
 &= 10 \log \left[\frac{P \cdot N}{c e_0 v \cdot 3600} \int_{-\infty}^{\infty} T(x) dx \right] \\
 &= L_w + 10 \log N - 10 \log v + 10 \log \left[\int_{-\infty}^{\infty} T(x) dx \right] - 36
 \end{aligned} \tag{5}$$

ただし、 e_0 : 基準エネルギー密度 ($2.94 \times 10^{-12} \text{ J/m}^3$)、

L_w : 音源の音響パワーレベル

ここで車種構成に関する補正としては、2車種分類の場合には、大型車混入率を a として上式の N の代わりに次式を用いればよい。

$$N' = (1 + k \cdot a) N \tag{6}$$

ただし、 k : 大型車類の小型車類に対するパワーの比

以上の考察から明らかなように、 T の積分 (ユニットパターンの積分) を求めることが予測計算の上での要点となる。

2. 2 伝達関数 T について

(1) 最も基本的な場合

最も理想的な条件として、半自由音場における音の伝搬を考えると、伝達関数 T は次のように表される。

$$T = \frac{1}{2\pi r^2} = \frac{1}{2\pi \{(vt)^2 + d^2\}} = \frac{1}{2\pi v^2 \{t^2 + (d/v)^2\}} \quad (7)$$

したがって、

$$\begin{aligned} E &= \frac{P}{c} \int_{-\infty}^{\infty} T(t) dt \\ &= \frac{P}{c} \frac{1}{2\pi v^2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dt}{t^2 + (d/v)^2} \\ &= \frac{P}{2cvd} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\bar{e} = \frac{E \cdot N}{3600} = \frac{P \cdot N}{2 \cdot 3600 \cdot cvd} \quad (9)$$

したがって L_{eq} は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} L_{eq} &= 10 \log \left[\frac{P}{ce_0} \frac{N}{vd} \frac{1}{2 \cdot 3600} \right] \\ &= L_w + 10 \log N - 10 \log v - 10 \log d - 39 \end{aligned} \quad (10)$$

*) 簡略な予測式としては、上式を基本式として回折減衰の項 (ΔL_d)、地表面吸収による減衰項 (ΔL_g)、および気象の影響を表す項 (ΔL_m) などの補正項を加える方法も考えられる。ただしその場合には、これらの補正項は線音源(点音源を積分したもの)についての値とする必要がある。

(2) 一般的(減密)に考えた場合

実際の道路からの騒音の伝搬には種々の要因が影響する。そのうち、回折、地表面吸収、気象条件の影響は次式のように表せるものと考えられる。ただし、 f_d 、 f_g 、 f_m は、それぞれ表1に

表1 回折、地表面吸収、気象の影響

	原因	主要な要因
f_d	回折	音源-受音点間の距離 (l) 塀の高さ ($h_{barr.}$) 音源・受音点の高さ (h_s, h_r)
f_g	地表面	l, h_s, h_r
f_m	気象	l, h_s, h_r 風向 θ_w , 風速 V_w その他

示すように点音源からの音の伝搬に対する回折、地表面、気象の影響による項を表す。

$$T = \frac{1}{2\pi r^2} f_d \cdot f_g \cdot f_m \quad (11)$$

図3 (a)、(b)、(c)は、(1)で述べた基本的な完全反射面上での逆2乗減衰(実線)に対して、 f_d 、 f_g 、 f_m がそれぞれ単独に加わった場合の単独車歩行の場合のユニットパターンをモデル的に示したものである。このように、種々の影響によってユニットパターンが変化するが、それを何らかの方法で予測し、その積分値 E を求めることにより、原理的にはそれらの影響を含めた形で道路騒音の伝搬を予測することができる。

2. 3 任意の道路形状を対象とした場合

実際の道路は必ずしも直線状とは限らず、また周辺状況も含めて断面形状が一樣とは限らない。このような任意の道路形状を対象とする場合には、以下にのべるように区間を分割し、それぞれの区間からの伝搬音をエネルギー的に加算する方法が考えられる。その場合、音源の扱い方として二通りの方法がある。

(1) 単独車歩行について考える場合

図4に示すように、任意の形状の道路をいくつかの区間に分割する。その場合、 i 番目の区間では走行速度(V_i)、音響パワー(P_i)ともに一定(区間の関数)とする。

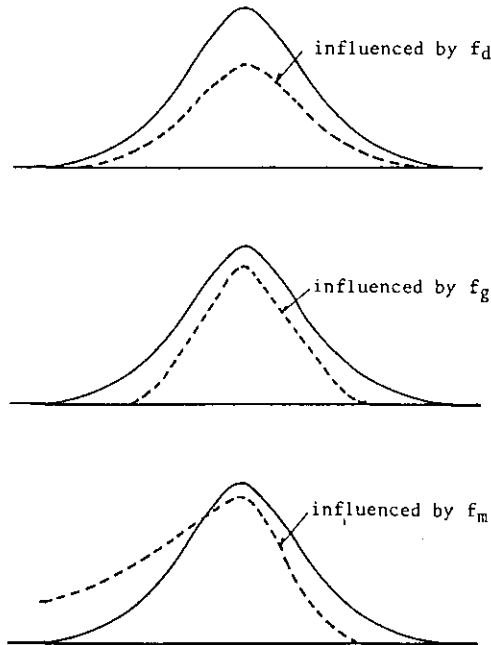


図3 回折、地表面吸収、気象の影響

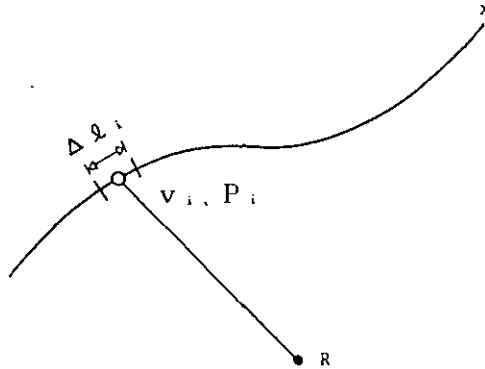


図4 曲線状道路からの騒音の伝搬 (1)

単独に走行する車が区間*i*にある場合、受音点*R*における音響エネルギー密度 e_i は

$$e_i = \frac{P_i}{c} T_i \quad (12)$$

したがって、その車が区間*i*を通過する間に*R*に到達するエネルギー E_i は、

$$E_i = e_i \frac{\Delta l_i}{V_i} = \frac{1}{c} \frac{\Delta l_i}{V_i} P_i \cdot T_i \quad (13)$$

ただし、 T_i : 各分割区間の代表点 (中央) から観測点に至るエネルギー的伝達関数

そこで、すべての分割区間からの E_i を加算すれば、全道路上を単独車が走行したときの受音点*R*における全エネルギー E となり、それと交通量から2.1と同様な方法で L_{eq} が求められる。

$$E = \sum E_i \quad (14)$$

図5は、各分割区間からの寄与を順次接続したもので、全道路上を1台の自動車が走行したときのユニットパターンに相当する。

(2) 定常交通流として考える場合

時間交通量を N (台/h)とすると、区間*i*における車両密度 k_i は、

$$k_i = \frac{N}{V_i \cdot 3600} \quad (\text{台/m}) \quad (15)$$

区間*i*に存在する車両の台数は、

$$k_i \Delta l_i = \frac{N \cdot \Delta l_i}{V_i \cdot 3600} \quad (16)$$

区間*i*から寄与による観測点*R*における音響エネルギー密度 e_i は、

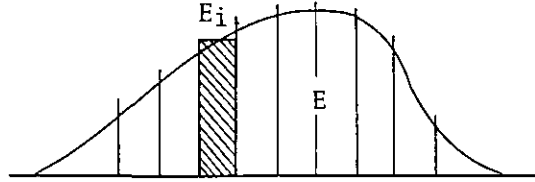


図5 ユニットパターン (区間分割)

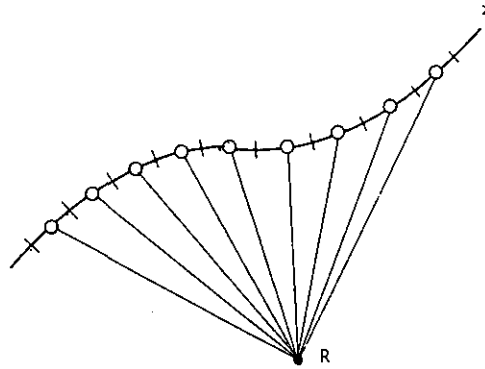


図6 曲線状道路からの騒音の伝搬 (2)

$$e_i = \frac{N \cdot \Delta l_i \cdot P_i}{c V_i \cdot 3600} T_i \quad (17)$$

道路全体からの音による観測点 R における音響エネルギー密度 \bar{e} は、

$$\bar{e} = \sum e_i = \frac{N}{3600 c} \sum \left(\frac{P_i \cdot \Delta l_i}{V_i} T_i \right) \quad (18)$$

したがって、 L_{eq} は次式で与えられる。

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{\sum (P_i \cdot \Delta l_i \cdot T_i)}{c e_0 v_i} \right] + 10 \log N - 36 \quad (19)$$

さらに条件を単純化し、速度 V 、音響パワー P を全区間をとおして一定とすると、

$$\bar{e} = \frac{P \cdot N}{c v \cdot 3600} \sum (\Delta l_i \cdot T_i) \quad (20)$$

したがって、 L_{eq} は次式で与えられる。

$$L_{eq} = L_w + 10 \log N - 10 \log v - 36 + 10 \log \{ \sum (\Delta l_i \cdot T_i) \} \quad (21)$$

3. 予測に必要な各要素についての検討

エネルギーベースによる道路騒音の予測方法の考え方は以上に述べたとおりであるが、これに基づいた具体的な計算方法を確立するために、以下のような要素ごとの検討を継続的に行っている。

(1) 自動車のパワーレベル

現行の音響学会予測方法で設定している自動車の定常走行騒音のパワーレベルは昭和50年以前に測定されたデータに基づいており、見直しが必要である。そこで、日本道路公団によって昭和55年以来毎年に行われていた一般使用過程車を対象とした実測調査の結果をもとに、A特性音場パワーレベルの平均値および分散、速度依存性、パワースペクトル、加速騒音規制による定常走行騒音の低減効果などについて車種ごとに統計的な解析を行っている。また自動車の走行騒音のパワーレベルの測定方法についても検討を行っている。

(2) 伝搬計算

2で述べたように、ここで考えている予測方法では、伝達関数(T)の計算が最も重要なポイントである。そこで距離減衰、回折、地表面の影響の計算方法について、二通りの考え方に基づいて検討を進めている。まず一つは物理的、数学的に減密な取り扱いとして、地表面における音の反射および障壁における回折現象について波動理論に基づいて周波数ごとに計算する方法(精密法)を整理している。もう一つの方法として、幾何音響学的な考え方と実験式に基づき、回折効果についても従来の計算チャートを用いる方法(簡易法)について検討を進めている。これまでの検討によれば比較的単純な条件の場合にはこれら二つの方法による計算結果はよく一致することが確かめられている。また実測値との対応性についても現在検討が進められている。

気象の影響に関しても実測データに基づいた検討が行われている。その結果、風や温度分布の変化による影響は他の要因に比べて決して無視できないことが明らかとなった。(例えば、道路から100 m程度離れると風の影響によって10 dB程度の騒音レベルの変化もあり得る。)騒音の伝搬に対する気象の影響はきわめて複雑であり、予測計算式の中にそれを組み込むことは現時点ではかなり難しい。しかし、日常的にあり得る気象の変化による騒音レベルの変動幅については、ある程度数量的に示す必要があり、それを目標として検討が進められている。

(3) L_{Aeq} と L_{50} の関係に関する統計的検討

前述のとおり、エネルギーベースによる予測法 L_{Aeq} が求められる。しかし、わが国では現在のところ道路騒音の評価には主として騒音レベルの中央値 L_{50} が主として用いられていることから、当分の間は L_{Aeq} から L_{50} を推定する必要がある。そこで、これらの評価量の間の関係について各種の道路および周辺条件のもと測定されたデータに基づいて検討が行われている。具体的には $L_{Aeq}-L_{50}$ の値を道路から観測点までの距離と平均車頭間隔の比などをパラメータとして統計的に推定する方法が検討されている。

4. むすび

以上、現在日本音響学会で検討が進められている道路交通騒音の新たな予測法について、その基本的な考え方、およびそれに基づいた検討内容の概略を述べた。この方法は、現在計算アルゴリズムの検討、実測値との照合による検討の段階にきており、近い将来具体的な形が明らかにされる見込みである。

II-3 道路騒音の精密予測の試み

田村正行

国立公害研究所総合解析部

1. 研究の背景

道路騒音問題に対する関心は近年非常に高まっており、都市部において新たに道路を建設するような場合には、必ずといってよいほど騒音公害が問題となる。また既存の道路においても、騒音による生活質の低下が見られるような場合には、有効な防止対策を立てることが求められている。このような状況の下で、道路建設を計画したり騒音防止対策を立案する際には、発生する騒音レベルや防止対策の効果を精度良く予測することが必要とされている。

従来、道路騒音の予測には日本音響学会方式による予測モデル¹⁾が広く用いられてきた。しかしこの予測式は、田園地帯の国道や高速道路のように道路構造と沿道条件が比較的単純な場合をモデル化したものであり、道路構造や沿道条件が複雑な都市部の道路においては、必ずしも適切なモデルであるとは言えない。このような場合の騒音伝播の予測方法としては、模型実験なども考えられるが、模型は製作に時間と費用がかかり汎用性も大きくない。そこで本研究では、汎用性のある数学的モデルを用いて、複雑な道路構造や沿道条件の場合にも適用が可能な予測方法の開発を試みた。

この予測モデルは、近年次第に用途が広がりつつある境界要素法に基づいて、道路と道路周辺建物を境界条件とする積分方程式を解くものである²⁾。境界条件さえ定めることができれば、どのような形状の道路や建物であっても、理論的には、本モデルにより騒音伝播を予測することが可能である。現在のところは、第一段階として二次元モデルを開発したところであるが、二次元モデルであっても騒音伝播の状況や防止対策の効果を定性的に評価する上で有用であると考えられる。本報告では、境界要素法に基づく騒音伝播予測モデルの原理を説明し、二次元騒音伝播予測モデルによる予測結果を示す。

2. 境界要素法に基づく騒音伝播予測モデル

図1のように、境界面 S で囲まれた空間中で音源 P_0 から音が放射されているものとする。このとき空間中または境界面上のある点 P における音圧 $U(P)$ は、ヘルムホルツ・キルヒホッフの積分定理により、次のように直接音と境界面による反射・回折音の和として表わされる³⁾。

$$K_p U(P) = G(P|P_0) + \iint_S \left[U(C) \frac{\partial G(P|C)}{\partial n_c} - \frac{\partial U(C)}{\partial n_c} G(P|C) \right] dS \quad (1)$$

ただし、 G は自由空間中の音の伝播を表わす関数であり、 $\partial/\partial n_c$ は境界上の点 C における内向き

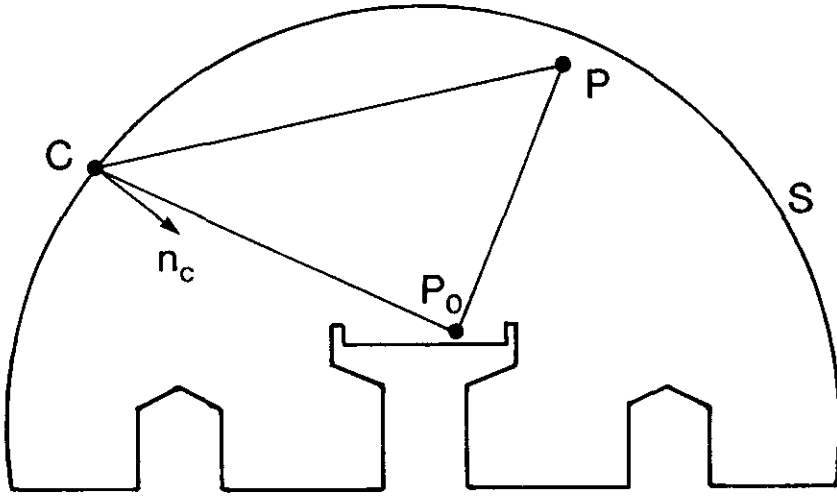


図1 ヘルムホルツ・キルヒホッフの積分定理.

法線方向の偏微分を表わす。定数 K_p は、点 P が空間中にあるときは1、境界面上にあるときは0から1の間の値をとる。この式は、境界面上での音圧分布がひとたび分かれば、空間中の任意の点における音圧がこれらから計算できることを示している。さらに、境界面 S による反射・回折音の内、上空の円弧状の部分からの寄与は、円弧の半径を無限に大きくとることにより、無視することができるので、結局、地表面や建築物などだけの表面音圧を求めれば良いということになる。

境界要素法とは、境界面を小さな要素に分割することによって式(1)を解く方法であり、次のように二段階の手順からなる。

- ①点 P が境界面上にあるものとして、境界面上での音圧分布を求める。境界面を要素に分割することにより、式(1)は各要素上での音圧を未知数とする連立一次方程式に変換される。この方程式を解けば、各要素上での音圧値が得られる。
- ②対象とする空間における音圧分布を求める。空間中の任意の点 P における音圧は、境界要素上での音圧値を用いて、式(1)の積分項を要素ごとに計算することにより求めることができる。

境界要素法は、広範に普及している有限要素法と技術的には似通っているが、後者と比べて次のような特徴がある。第一に、領域全体を分割する有限要素法に比べて、領域を囲む境界だけを分割すれば良いので、要素数を大幅に減少させることができる。第二に、屋外における音の伝播のように解放領域における場の計算に適している。ただし、場を満たしている媒体は一様でなければならないという制限がある。

ここで報告する騒音伝播予測モデルは、境界要素法に基づくモデルの第一段階として開発した

ものであり、二次元の境界要素法を用いている。したがって、音源、道路断面および沿道建築物の形状がどこで切っても同じ場合を想定しているということになる。道路、地表面、建築物などによって構成される境界面の形状と吸音特性は任意に指定することができるので、防音壁や吸音材料などを用いた場合の騒音防止効果を調べることが可能である。

3. 予測モデルの検証と予測結果

ここでの予測計算はすべて次のような設定条件の下で行った。

- ①地表面境界は、表示領域の水平方向長さの二倍まで考慮し、その先からの影響は無視できるものとした。
- ②要素の大きさは、一波長当たり少なくとも8個の要素が入るようにし、要素内の音圧は一定とした。
- ③音源は各車線上に一本設定し、位相差はないものとした。
- ④周波数は 300 Hz とした。

3. 1 予測モデルの検証

完全反射性の平面上に音源があるような単純な場合には、鏡像原理を用いて音の伝播を理論的に計算することができる。そこで、二車線の道路が完全反射性の平面上を走っている場合の騒音伝播を、境界要素法による予測モデルと鏡像原理から計算し、両者を比較することによって予測モデルの検証を行った。

図2 (a) と (b) は、それぞれ予測モデルと理論式から、音圧レベル分布を計算した結果である。表示領域の大きさは縦横ともに20 mである。色調は、音圧レベル 5 dB ごとに変えてあり、色が



図2 二車線道路が完全反射平面上を走っている場合の音圧レベル分布。
(a)境界要素法, (b)鏡像原理による計算結果.

濃いほど音圧レベルが高いことを示している。干渉による縞模様が現われているのは、音が単一周波数であるためである。実際の騒音の場合は広帯域音であるのでこのような干渉縞は消えてしまう。両者はよく一致しており、本予測モデルが正常に動作することが確かめられた。

3. 2 予測結果

図3 (a)は二車線の堀割道路の場合、図3 (b)はこれに長さ2 m厚さ50 cmの庇をつけた場合である。表示領域は縦横40 mとした。境界面は、道路、壁面、地表面などから成っており、全て完全反射性であるとしている。これらの図から、庇をつけることによって横方向の騒音伝播が大幅に抑制されていることが分かる。

図4 (a)は二車線の高架道路で周辺に建造物が無い場合、図4 (b)はその両側に建物が立ち並

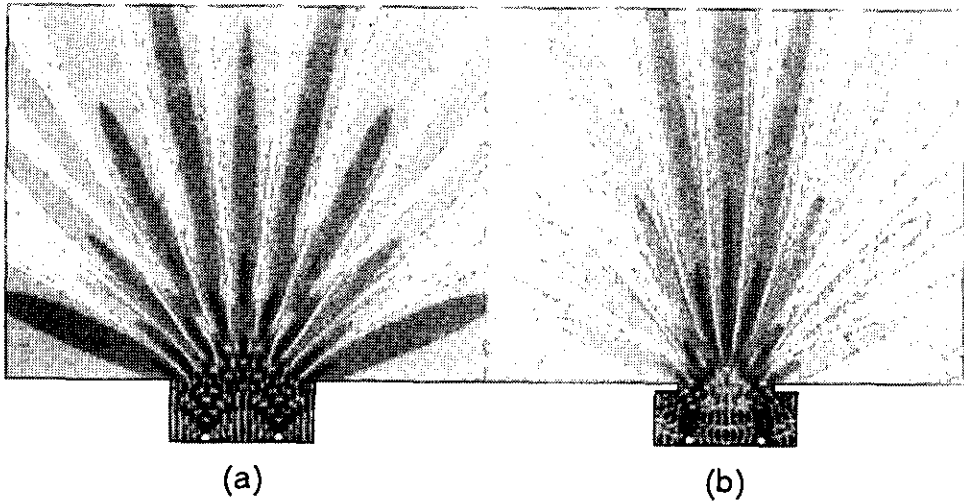


図3 (a)二車線堀割道路、(b)二車線堀割道路に庇をつけた場合の予測結果。

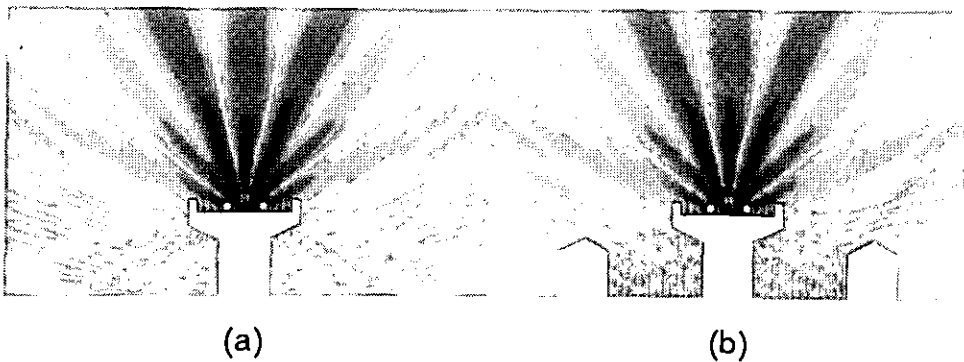


図4 (a)二車線高架道路、(b)二車線高架道路の両側に建物が立ち並んでいる場合の予測結果。

んでいる場合である。表示領域は縦横40 mとした。高架道路の端に立っている防音壁の道路側の面は、吸音性であるとしている。他の境界面は完全反射性である。このようなシミュレーションを行うことにより、バッファービルなどの効果を検討することができると考えられる。

4. 今後の課題

今後は、広帯域音の場合の予測計算、および三次元予測モデルの開発を行う予定である。三次元予測モデルを開発するためには、計算機容量の有限性による制限を緩和するために、計算機容量の拡大と近似手法の使用などが必要である。

参考文献

- 1) 石井聖光, “道路交通騒音予測計算方法に関する研究 (その1),”
日本音響学会誌 31, 507-517 (1975).
- 2) 田村正行, “道路の両側に設置された防音壁の減音効果,”
日本音響学会講演論文集, 427-428 (1984. 3).
- 3) J.W. Goodman, *Introduction to Fourier Optics* (McGraw-Hill, San Francisco, 1968)
Chap. 3.

第三章：「道路騒音対策の実態と効果」

III-1 堀割道路側壁からの反射音対策

青井 一郎、畑中 弘、辻井 洋一
大阪府公害監視センター騒音検査課

1. はじめに

道路交通による効用は、府民全体が享受するものであるが、交通公害の被害は沿道のみが受けしており潜在的な不公平感が高まっている。本調査では、このような道路沿道の騒音対策を、従来の遮音を主体にした対策から、遮音+吸音対策に主眼を置き実験的に検討した。

調査対策は、道路構造面からの対策（遮音対策主体）として注目されている堀割道路^{1,2)}とし、その側壁や防音壁からの反射音対策（吸音対策）について検討した。

2. 模型実験の概要

縮尺は1/20とし、実験対象周波数は、5 k~80 kHz(実物換算、250~4 kHz)とした。このように、実験に用いる周波数は、相似則^{3,4)}(空気の粘性は無視)を満たす必要があるため高周波帯域での性能を考慮して図1に示す測定機器を用いた。これらを含めた無響室内での暗騒音レベルを図2に示す。

音源は、断面18×18 mmのステンレスの角パイプ中に20 mm毎に仕切り板を置き、それぞれ25~26個ずつ直径3 mmのステンレスボールを入れたスチールチャンネルを軸を中心にモーターで回転させる方式を用いた。その外観を図3に、又、音響特性を図4及び図5に示す。なお、実験により得られた周波数スペクトルを実際の道路交通騒音(中央値)のスペクトルと等価にするための補正⁵⁾をデータ取り込み後に行った。

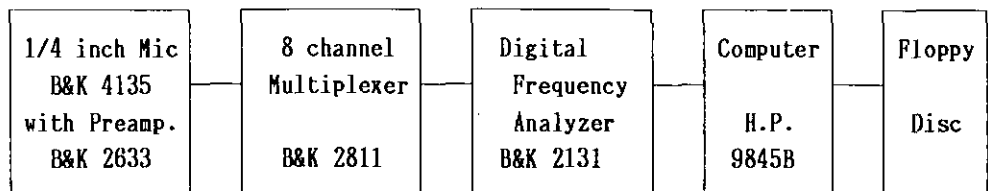


図1 音響模型実験の受信系統図

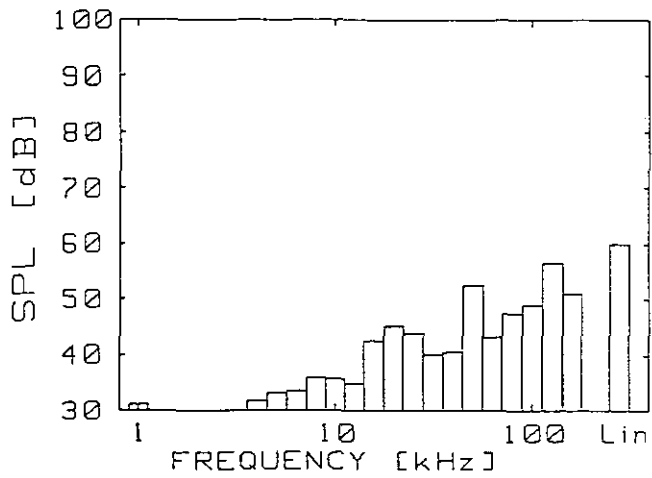


図2 測定機器を含めた無響室の暗騒音レベル

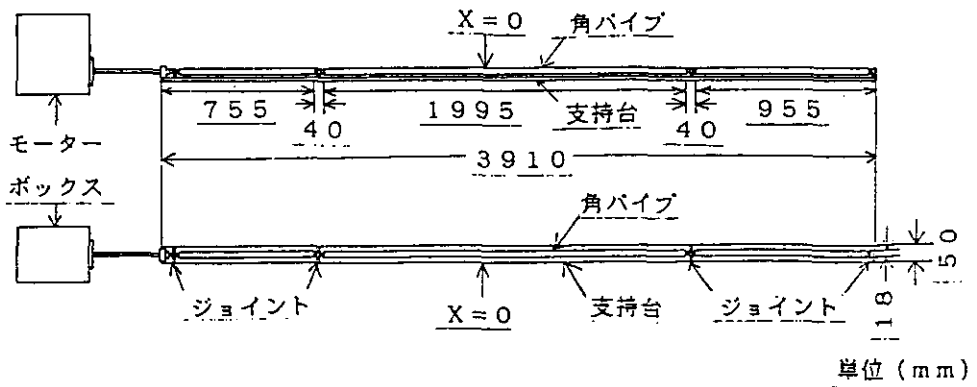


図3 線状音源

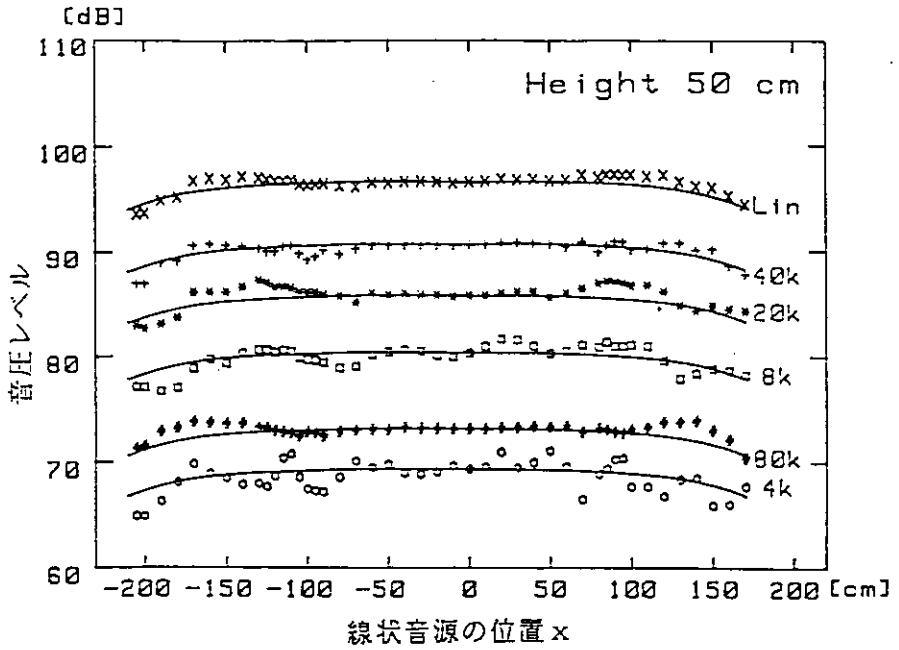


図4 線状音源の軸方向の音響性状

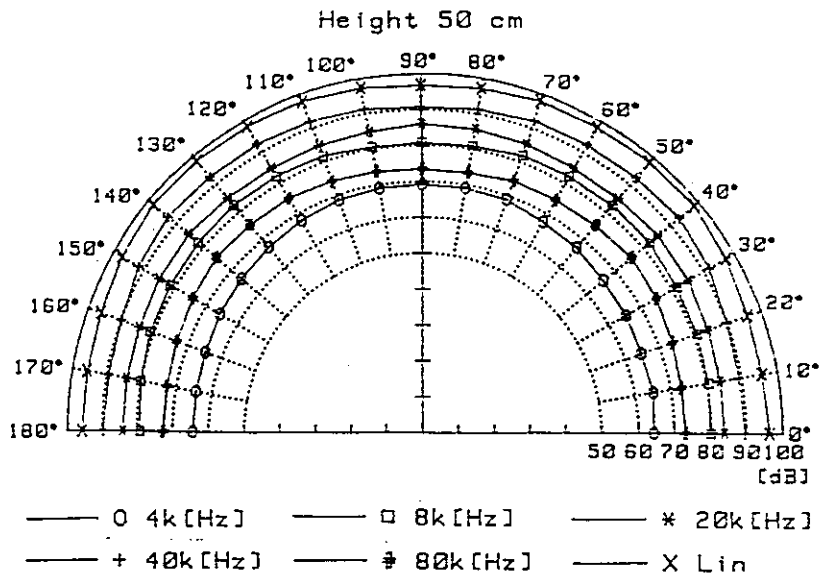


図5 線状音源の指向特性
(受音点は、音源から50cm)

堀割道路模型（実物換算、幅員11 m 深さ5 m）の外観は図6に示すとおりで、各ケースについて35点測定した。

3. 実験材料の吸音率

実験材料の吸音率は、厚さ15 mm のアクリル板で作られた模型残響室（容積0.09 m³、内表面積1.2 m²）で、Schroeder 法⁶⁾により残響時間を測定した後、ANSI S 1. 26-1978⁷⁾による実験式を用い、残響室法吸音率に対する空気の温湿度補正を以下のとおりに行った。

空室時、試料設置時における残響時間 (T_1 、 T_2) を空気吸収の寄与も含めて表すと次の通りとなる。

$$T_1 = \frac{55.3}{C_1} \frac{V_0}{\alpha_0 S_0 + 4 m_1 V_0} \quad (s) \quad (1)$$

$$T_2 = \frac{55.3}{C_2} \frac{V_0}{\alpha_0(S_0 - S) + \alpha S + 4 m_2 V_0} \quad (s) \quad (2)$$

ただし、 V_0 ；残響室の容積 (m³)、 S_0 ；残響室の内表面積 (m²)、 α_0 ；残響室の平均吸音率、 S ；試料の面積 (m²)、 α ；試料の残響室吸音率、 C_1 、 C_2 ；空室時、試料設置時の音速 (m/s)、 m_1 、 m_2 ；空室時、試料設置時の音響吸音係数 (1/m)。

(1) 及び (2) 式から、試料の吸音率 α を求めると、

$$\alpha = \frac{55.3 V_0}{S} \left[\frac{1}{C_2 T_2} - \frac{1}{C_1 T_1} \left(1 - \frac{S}{S_0} \right) \right] - \frac{4 V_0}{S} \left[m_2 - m_1 \left(1 - \frac{S}{S_0} \right) \right] \quad (3)$$

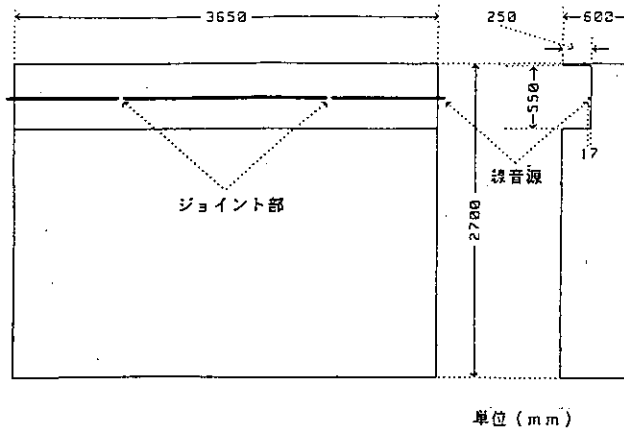


図6 堀割道路模型

(3) 式において、第2項が温湿度変化に対する補正を表す項である。

本調査では、空気吸収の影響をみるため得られた残響時間を全て温度20℃、相対湿度60%での換算残響時間⁸⁾ (T_s)で整理した。

$$T_s = \frac{0.161}{55.3/CT + 4(ms - m)} \quad (4)$$

ここで、 T : 測定された残響時間 (s)、 C : 残響時間測定時の音速 (m/s)、 m : 残響時間測定時の音響吸音係数 (1/m)、 ms : 標準状態の音響吸音係数 (1/m)。

各材料の吸音率は、(4) 式を (3) 式に代入することにより求めた。($C_1=C_2$, $m_1=m_2$)

空気吸収補正の影響を把握するため得られた結果の一例を図7に、又、模型実験に用いた材料 (24 kg/m³の5 mm厚グラスウール、1 mm厚羊毛フェルト、同不織布) の吸音率を図8に示す。

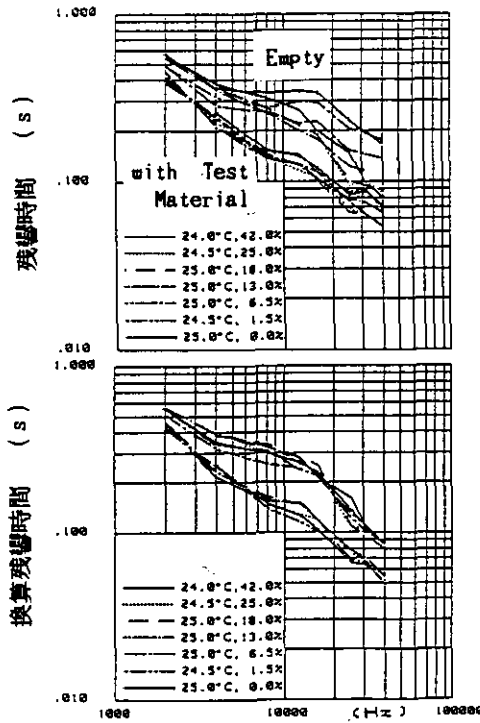


図7 空室時と試料設置 (1 mm厚羊毛フェルト) 時の残響時間

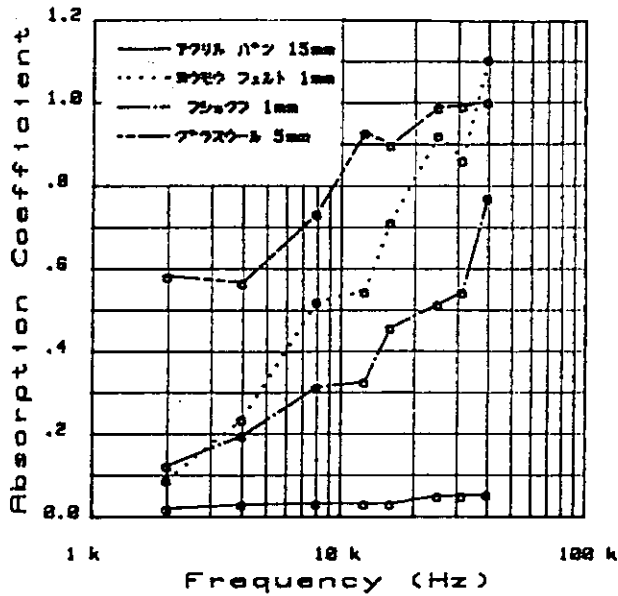


図8 実験材料の平均吸音率

4. 実験結果

本実験を通じて得られた結果（中央値）を2ケースの実験値の差で図9に示す。反射音の影響については、図9.1～9.2に実験結果を示す。図9.1は反射性防音壁（2 m）の影響、図9.2は、堀割道路側壁上部に設置された反射性防音壁（高さ3.3 m）からの影響を示している。一方、吸音効果に主眼を置いた騒音対策の効果については、図9.3～9.5に実験結果を示す。図9.3は、平坦道路を堀割道路にした場合の効果、図9.4は、堀割道路の側壁を吸音処理した場合の効果、図9.5は、両側壁に吸音処理した場合と片側壁のみに吸音処理した場合の差を示している。

更に、全ての実験結果と他報告⁹⁾による実験値を、一次反射と堀割道路両側壁による多重反射に区分して図10及び図11に示す。ここで、反射音は、前者については、防音壁の有無による実験値の差で示し、後者は、反射音が無い場合の計算値と実験値の差として示した。図11.1は、堀割道路の深さと幅員の比 (D/W) を1、2及び3にした場合の反射音の影響である。図11.2は側壁の吸音率と反射音の関係を示している。ただし、 D/W は一定 ($1/5$) とした。

5. まとめ

市街地での道路騒音防止対策の確立を図るため、沿道の高層建築物や堀割道路側壁で生ずる反

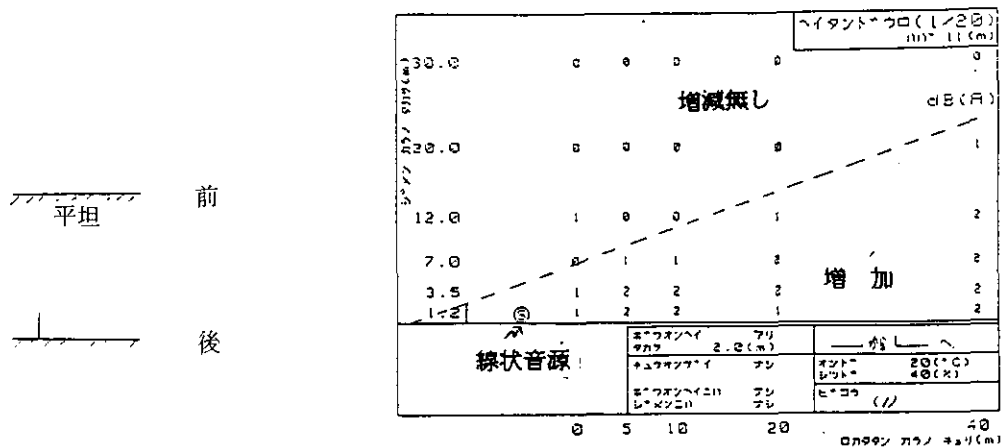


図 9.1 反射性防音壁 (2m) の影響

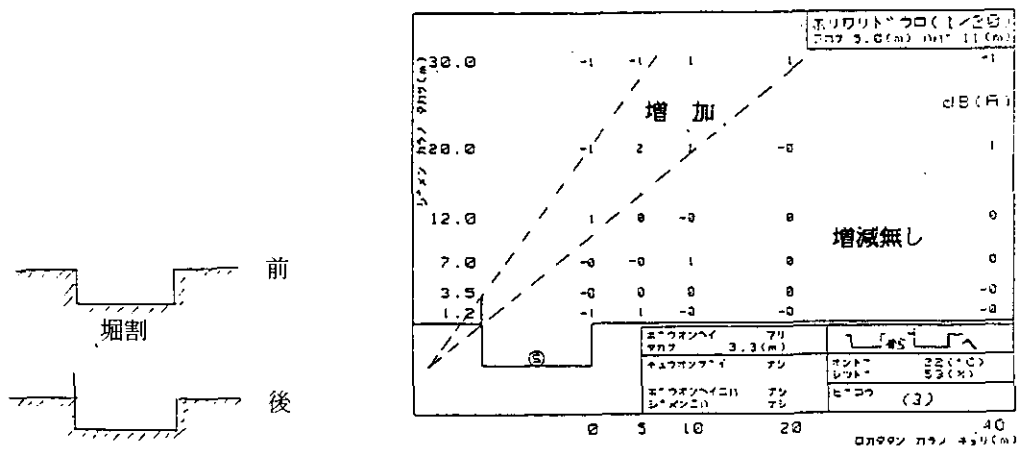


図 9.2 掘割道路側壁上部に設置された反射性防音壁 (高さ3.3m) からの影響

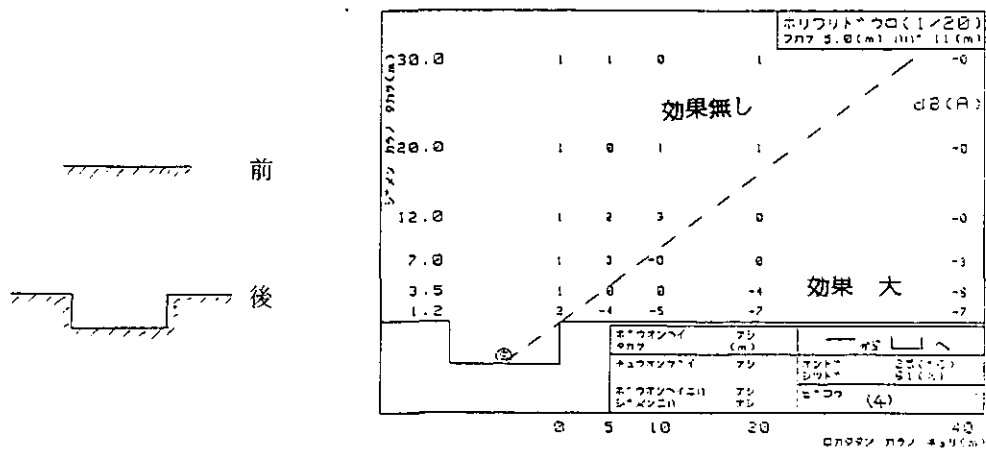


図 9.3 平坦道路を掘割道路にした場合の効果

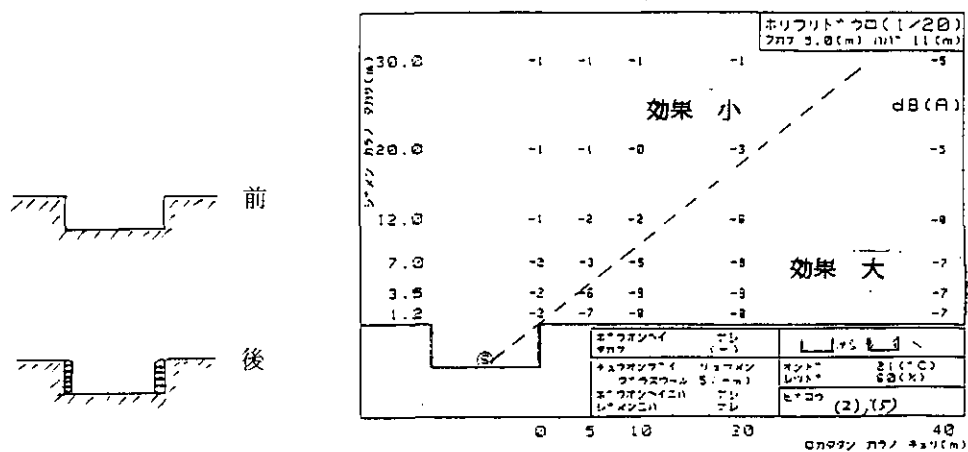


図 9.4 掘割道路の側壁を吸音処理した場合の効果

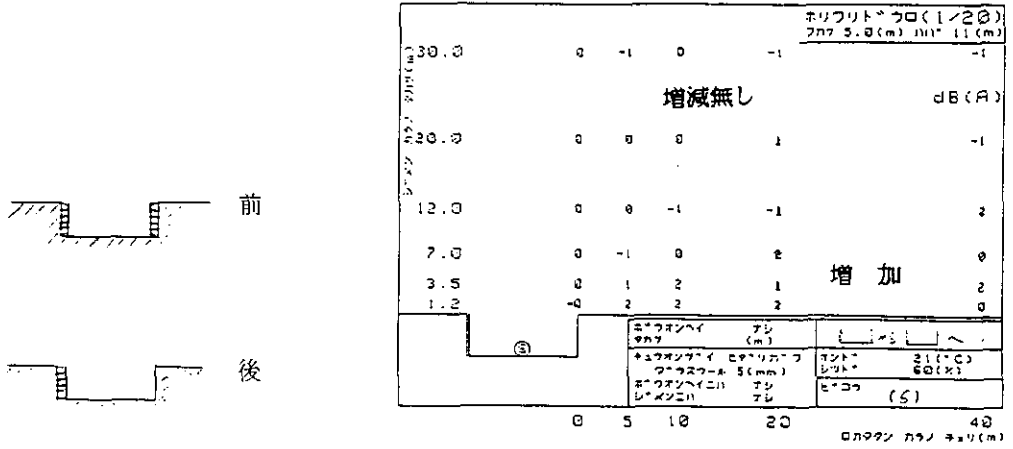


図9.5 両側壁に吸音処理した場合と片側壁のみに吸音処理した場合の差

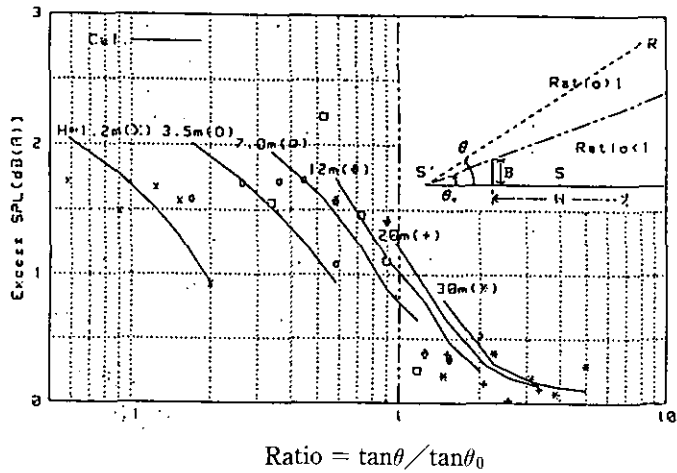


図10 平坦道路に設置した防音壁
 (塩ビ板) からの反射音. Hは受音点高さ.

凡例	D/W	側壁材料
※	5/11	塩化ビニル
○	5/11	不織布
=	5/11	羊毛フェルト
×	5/11	グラスウール

側壁の吸音率と反射音の関係。ただし、
D/Wは、一定(5/11)。

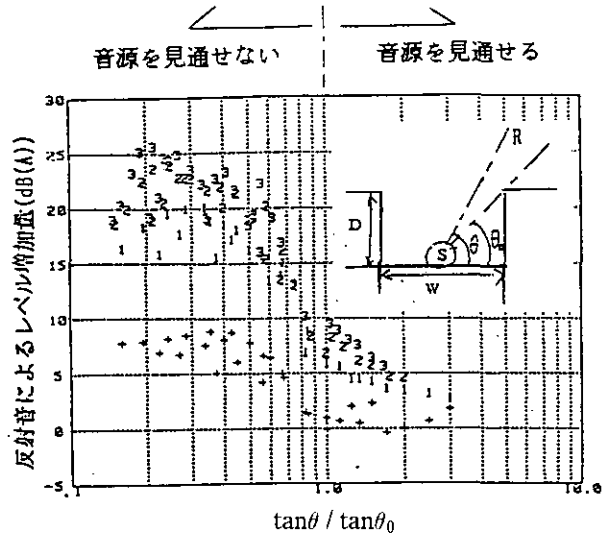


図11.1

凡例	D/W	側壁材料
1	1	塩化ビニル
2	2	塩化ビニル
3	3	塩化ビニル
+	1	モルトプレーン

掘削道路の深さと幅員の比(D/W)を1、2
及び3にした場合の反射音の影響。

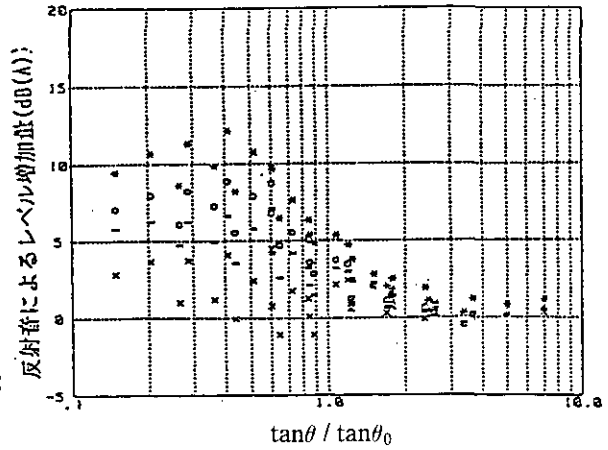


図11.2

射音の影響に着目し、模型実験によりその程度及び対策方法を検討した。

その結果、反射性壁からの一次反射音の影響は、最大で2 dB(A)程度であったが、堀割道路側壁間での多重反射音の影響は、回折による騒音減衰が大きく見込める地点ほどその影響が大きく、本調査では、両側壁にグラスウールを貼付した場合を基準として最大9 dB(A)のレベル上昇がみられた。このような結果は、両側壁を吸音処理することにより相応の対策効果が見込めることを示唆するものである。

参考文献

- 1) 足立義雄, 中須賀聡; 模型実験による堀割構造の減音効果, 土木技術資料, 25-11, p.p. 41-46 (1983)
- 2) 足立義雄, 中須賀聡; 堀割構造による騒音対策とその効果, 土木技術資料, 27-2, p.p. 51-57 (1985)
- 3) 江守一郎; 模型実験の理論と応用, 技報堂出版 K. K (1985)
- 4) 橋秀樹, 石井聖光; 音響模型実験における相似則と実験手法, 日本音響学会誌, Vol. 32 No. 10, p.p. 621-630 (1976)
- 5) 大阪府; 道路周辺建物の防音効果調査報告書, (昭和55年9月)
- 6) M.S. Schroeder; New method of measuring reverberation time, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 37, p.p. 409-412 (1965)
- 7) Standard Secretariat Acoustical Society of America; AMERICAN NATIONAL STANDARD, Method for the Calculation of the Absorption of Sound by the Atmosphere, ANSI S1.26-1978 (ASA 23-1978)
- 8) 日高新人, 他; 残響室法吸音率測定における空気吸収の補正について, 日本音響学会・建築音響研究会資料, No. AA 84-16 (昭和59年5月)
- 9) 今森, 井上; 堀割構造における自動車騒音予測の一手法, 第7回京大環境衛生工学シンポジウム (S. 60)

Ⅲ－２ 阪神高速道路の騒音対策

溝 渕 修 治

阪神高速道路公団大阪管理部

はじめに

阪神高速道路公団は、大阪市と神戸市との区域やその周辺で自動車専用道路の整備を促進して交通の円滑可を図り、都市機能の維持増進を目的として昭和37年5月に設立された。

昭和39年6月に開通して以来25年を向かえた現在、143.5kmのネットワークが完成し、一日の利用台数も約77万台となっている。

1. 対策の体系

阪神高速道路の騒音対策について、各種の対策を体系化してまとめると以下のようになる。

(1) 発生源対策

- 自動車構造の改善……………
- エンジン改良
- タイヤ改良
- 道路側の改善……………
- 伸縮継手の改良（補修取替え、ノージョイント化）
- 路面の平坦維持（舗装打ち替え、通行止め工事）

(2) 交通管理面

- 交通規制……………
- 速度規制
- 大型車通行区分の指定
- 重量違反車の取締り……………
- 軸重計
- 速度違反車の取締り……………
- バトロール
- 速度自動監視装置（スピードチェッカー）

(3) 道路面

- 計画上……………
- バイパス建設
- 高高架構造、堀割構造の採用
- 構造上……………
- 遮音板（吸音板、プラスチック板）
- 高架裏面反射音対策

(4) 沿道に対する施策

- 緊急的な措置……………
- 防音助成

- 恒久的な措置……………
- 環境施設帯
- 沿道整備法

2. 主な紛争事例（表1参照）

昭和45年の大阪万国博覧会を契機に阪神高速道路の建設に拍車がかかったが、昭和48年の石油危機によりわが国の経済成長の伸びは著しく鈍化し、これと平行してそれまで内在していた都市問題が環境問題および地価高騰の形で一気に顕在化した。都市高速道路はとりわけ環境問題を掲げる住民運動への対応を迫られることとなった。一部は訴訟にまで持ち込まれ、国および公団は新しい制度の制定や技術の開発により対応してきたが、いまだ根本的な問題解決に至っていないのが現状である。

3. 環境対策実施状況（図1参照）

阪神高速道路の建設または供用にともなり環境対策として、昭和61年度末までに実施してきた環境対策の主なものは、環境施設帯の設置294億円（35.1%）、防音工事の助成191億円（22.7%）、遮音壁の設置155億円（13.7%）、電波障害対策115億円（13.7%）、伸縮次手の補修改良74億円（8.8%）、日照阻害対策7億円（0.9%）、裏面反射音対策3億円（0.3%）、その他77億円となっている。

なお、環境施設帯の設置のうち、約95%は用地費および保証費であり、電波障害対策の内、約53%は維持管理費である。

4. 騒音対策事例

以下に、尼崎市武庫川地区において実施した高架裏面反射音対策の事例を掲げる。なお、本資料は、次の報告書より抜粋したものである。

高橋、都、溝渕；“高架裏面反射対策”、(財)阪神高速道路管理技術センター、
監修 阪神高速道路公団、技報第五号（1985）

表1 阪神高速道路に関わる主な紛争事例と公害対策

	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61年		
大阪守口線紛争 〃 日照調停 中津コーポ公害調停 泉北線公害調停 大阪西宮線の工事禁止仮処分申請 神戸2号線再検討委員会 西大阪線, 国道43号, 市岡公害調停 国道43号訴訟 西淀川訴訟		41.5				45	46.10						52.3											
							46.11					51.2												
								47.10							54.10									
								47.9	48.5		控訴審		52.3											
									48													58		
										49.10		51.7												
													51.8										一審	
														53.4										
国の基準等 公団の対策								46	49	48	49	50	51	52	53	55	56			59	59			
								騒音に係る環境基準	テレビ改善対策	大気汚染に係る環境基準	環境施設帯 ………堺線	3公団要望「自動車構造の改善」 自工会・トラック協会・11関係機関	テレビ・日照補償	防音助成	学校騒音補償	環境影響評価に関する当面の措置方針 について	マニユール制度	沿道法 ………↓43号線	テレビ打切補償		住宅防音助成を夜間60ホンに拡大 (閣議決定)			
社会的背景			42	44	45	45	46	46	47	48	49	49	50			55	56						60	61
			公害対策基本法	大阪空港訴訟提起	光化学スモッグ禍 公害対策本部	イタイイタイ病訴訟 公害14法(公害国会)	四日市公害訴訟	水俣病訴訟	新幹線訴訟提起 空港訴訟一審	空港控訴審	空港控訴審	新幹線訴訟一審	大阪空港最高裁判決	新幹線訴訟一審									43号線訴訟一審判決 新幹線二審判決	

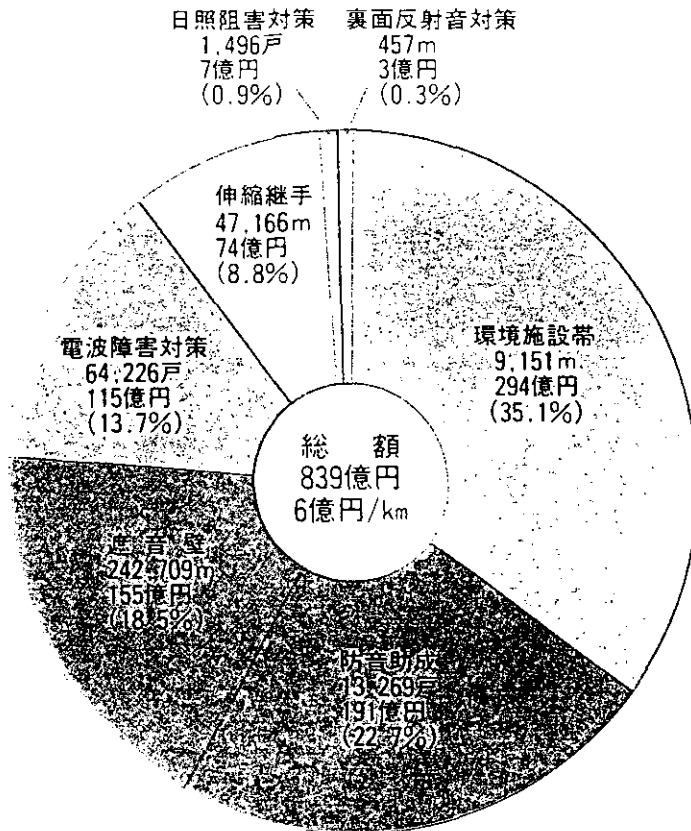


図1 阪神高速道路に係わる環境対策実施状況

(資料抜粋)

高橋、都、溝渕：“高架裏面反射音対策”、(財)阪神高速道路管理技術センター、
監修 阪神高速道路公団、技報第五号(1985)

高 架 裏 面 反 射 音 対 策

計 画 部 環 境 対 策 室 高 橋 文 治

大 阪 第 三 建 設 部 設 計 課 都 良 伸

計 画 部 環 境 対 策 室 溝 渕 修 治

要 約

大阪西宮線の供用に際して行われた沿道の詳細な騒音実測調査において、尼崎市武庫川地区では、予測値より著しく高い騒音レベルが観測された。武庫川地区の高架構造がダブルデッキという特殊な構造であることを考えれば、この騒音レベルの増加は反射音の影響と判断せざる得なかった。

そこで、20分の1の模型をもちい、具体的な対策方法の検討を行った結果、吸音材にグラスウールを用いて、アルミ枠とアルミ金網で覆った幅1m、長さ1.5mおよび2.6m、厚さ10cmの吸音パネルを開発した。

反射音対策試験工事として昭和59年度に武庫川町2～3丁目の457.7mのダブルデッキ区間で、約1,800枚の吸音パネルを高架裏面にとりつけた。工事前の8月と、工事後の10月にそれぞれ48時間の騒音測定を行った結果、少ないところで2dB(A)、多いところで5dB(A)の騒音値が低下した。また、試験車一台走行音のピーク値でみた対策効果は、更に大きく、直前付近の車からの音に対して最も効果があることがわかった。

これらの対策効果は、ほぼ予想されたとおりの結果で満足すべきものであった。

まえがき

道路交通騒音の予測及び対策について、日本音響学会を始め道路関係各機関において、種々実施されているところである。

予測式として、日本音響学会のモデルがあるが、これは道路が理想的開放条件下の場合に適用されるものとして実用に供されている。また、道路交通騒音対策として、遮音壁が用いられ実効をあげているが、複雑な道路形状(二層構造)や沿道が中高層住宅で閉塞されている場合には、反射音等の影響があり単なる遮音壁では効果がなく、予測

も困難なことが多い。

反射音の調査・研究は、反射面の性状が複雑なことも相まって十分な解明がなされておらず、個々の問題に関してケーススタディ的な調査が行われているにすぎないのが現状である。

本文は、昭和56年6月に供用開始された阪神高速道路大阪西宮線の尼崎市武庫川地区の二層構造区間において実施された高架裏面反射音に対する調査、及び対策方法の検討、並びに対策試験工事の効果測定結果についての一連の報告である。

1. 武庫川地区の概要

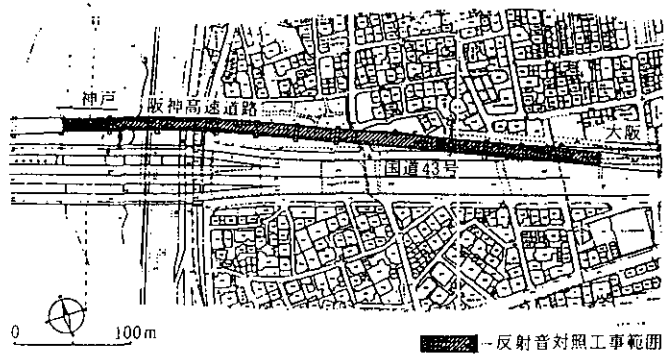


図-1 平面図

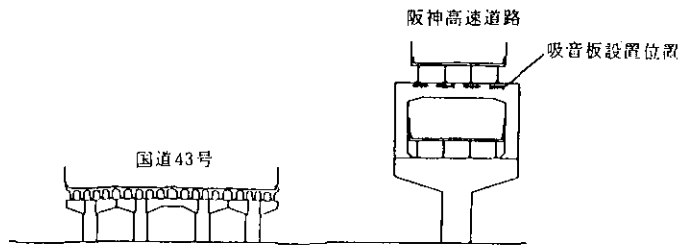


図-2 断面図



写真-1 大阪西宮線武庫地区

当地区は、国道43号線が武庫川を越えるため高架構造となっており、周囲の騒音値は小さく、比較的静穏であった。

阪神高速道路は、国道43号線の高架を避けるため、北側にずれ二層構造という特殊な断面形状で建設された(図-1、2、写真-1)。

大阪西宮線の供用(昭和56年6月27日)の前後において、武庫川地区の騒音測定を行った結果、

1.7～5.0 dB(A) (一日平均)の増加が見られた。

そこで、当地区の実態を把握する目的で、一般走行騒音や試験車一台走行騒音を実測し、解析検討を行った。その結果、武庫川地区の道路交通騒音の特徴は、直接音の影響は小さく、ダブルデッキ内で反射した音の影響が大きいことがわかった。

また、反射音対策を検討した結果、防音壁のかさ上げによる対策は、構造物の設計強度上から無理であったので、当該地区においては、特に高架裏面への吸音パネル設置が対策方法として一番有効であると考えられた。

(2、3章 省 略)

4. 取付方法の検討

4-1 取付け方法の立案

二段階の騒音模型実験の結果、対策方法は図-13に示すとおり、高架裏面の桁下に両面型吸音パネルを部分的に取り付ける方法に決定した。

また、吸音パネルの取付けは、主桁の腹板に逆L字型の吊り金具を取付け、その先に橋軸直角方向に角材を通し、更にその先にL字型の吸音パネル受け材を取付け、その受け材に防振ゴムをはさんで吸音板をボルト締めする方法で行った。

4-2 吸音パネルの寸法

縮尺模型実験の結果を踏まえ、運搬、施工性から、 $260 \times 100 \times 10$ cm (内側主桁下) と $150 \times 100 \times 10$ cm (外側主桁下) に決定した(図-14)。パネル重量は、内側のもので約40kgである。

なお、パネル間のすき間は、道路本体構造物の補修点検、管理上の問題から、約1mとした。

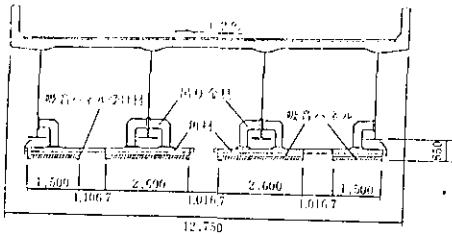


図-13 吸音パネルの取付け方法

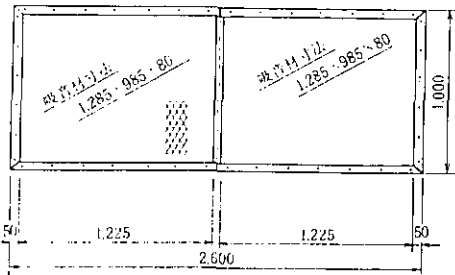


図-14 吸音パネル(内側主桁下)

4-3 吸音パネルの材料

吸音材としては図-15に示すとおり、通気性のある芯材(塩化ビニリデン)を 32 kg/m^3 のグラス

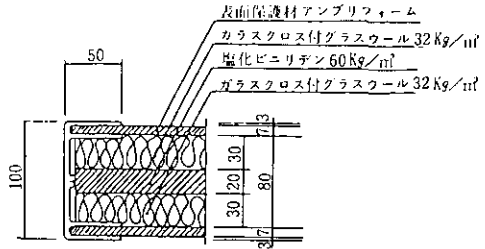


図-15 吸音パネル断面図

ウールではさみ、表面を発水処理したグラスクロスで包み、更にアンプリフォームではさんで、アルミのアングルで固定したものである。

なお、中心にある芯材は吸音効果よりも、作業性をよくするためのものである。

また、表面被膜材としてグラスクロスを用いたのは、吸音効果、耐久性そして景観上の色彩面で従来用いられているフッ素フィルムよりもすぐれているためである。

次に、吸音パネルの外枠及び表面保護材(アンプリフォーム)をアルミ製としたのは、次の理由による。

- 1) 軽重量である。(主桁本体に応力的余裕がない。)
- 2) 耐久性材料である。
- 3) 所定の荷重に耐え得る。(人間が乗る可能性がある。)

4-4 その他

下フランジと吸音パネルとのクリアーを60cm確保したのは、下の理由からである。

- 1) 下フランジ裏面の補修点検が必要である。
- 2) 美観上。(検査路が隠れる。)
- 3) 施工性がすぐれている。(吸音パネルの取り込みが容易である。)

両端外側に飾り板を取付けたのは、下の理由からである。

- 1) サイドからの景観を考慮した。
- 2) 雨等の吹き込みを極力押える。

5. 吸音材の検討

5-1 吸音材の構造

両面吸音型のパネルを考えて、図-16に示すとおり、中心の芯材を両端からグラスウールではさみ、そのグラスウールの密度を変化させた3つのタイプで性能試験を行った。

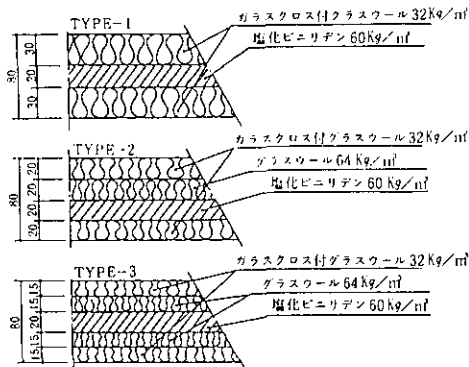


図-16 吸音材の構造

5-2 性能試験

性能試験は、垂直入射吸音率と残響室法吸音率の2種類について行った。(図-17, 18)

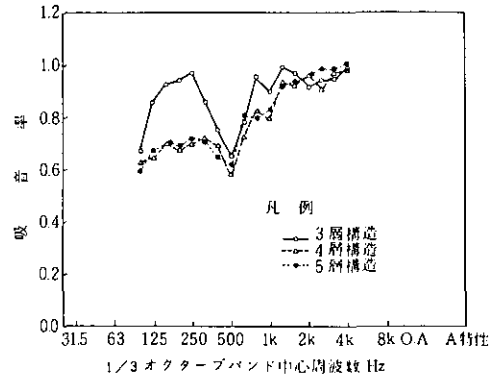
その結果、TYPE-1(3層)の性能が良かった。

6. 試験工事の概要

表-2に試験工事対象区の道路諸元および試験工事の数量を示す。

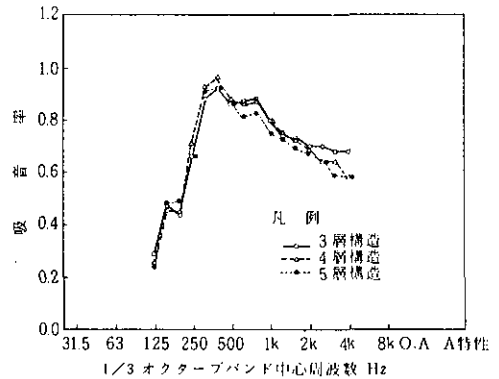
表-2 試験工事の概要

項目	数量	備考
対象道路	綱1型合成樹脂12連	
延長	457.7 m	柵間長30.0m~51.5m
巾	12.8 m	最小12.75 m、最大13.35 m
橋面積	5.870 m ²	
吸音板取付延長	421.3 m	
吸音板面積	3.362 m ²	橋面積に対する割合 = $\frac{3.362}{5.870} = 57.2\%$



周波数 Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	O.A	A特性
垂直入射吸音率 3層	0.86	0.97	0.65	0.90	0.92	0.99				
4層	0.65	0.70	0.58	0.80	0.96	0.97				
5層	0.67	0.72	0.62	0.83	0.96	1.00				

図-17 垂直入射吸音率の測定結果 (空気層 250 mm)



周波数 Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	O.A	A特性
残響室法吸音率3層	0.20	0.66	0.66	0.80	0.70	0.63				
4層	0.26	0.71	0.80	0.80	0.69	0.58				
5層	0.24	0.66	0.86	0.75	0.67	0.58				

図-18 残響室法吸音率の測定結果 (平坦配置の場合)

7. 効果測定結果

図-19に示す地点での実測結果を用いて、工事

前と工事後の騒音レベルを比較して、効果を調べた。図-20に、30分毎に2日間測定した計96個の中央値(L₅₀)の平均値を比較して求めた対策効果を、図-21に同様に90%レンジの上端値(L₅)の対策効果を示す。

なお、工事前後の交通量の概略は表-3に示すとおりである。夜間において、大型車台数にかなりの違いが見られる。

表-3 阪神高速道路上り車線の交通量

	工事前		工事後	
	大型車	小型車	大型車	小型車
朝	2,445	6,894	2,484	6,864
昼間	14,190	45,897	15,018	44,187
夕	2,391	15,681	2,214	12,936
夜間	3,675	7,806	5,655	6,477
2日間	22,701	76,278	25,371	70,464

L₅₀、L₅共に、道路端より25~45mの地点が最も効果が大きく、4~6dBの対策効果があった。これは、工事後に大型車の増加していること等を考慮すると、ほぼ模型実験の結果と合致して

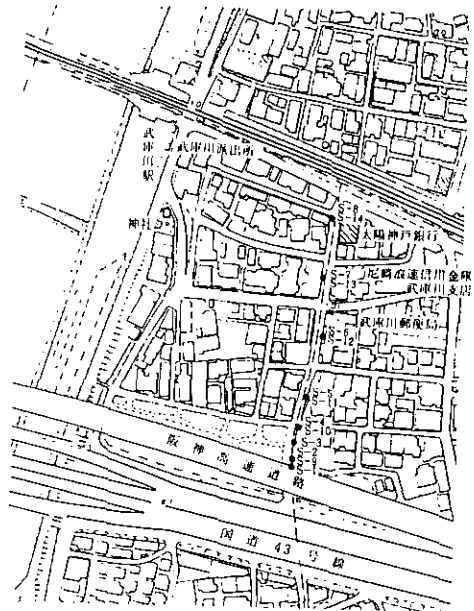


図-19 対策効果測定地点

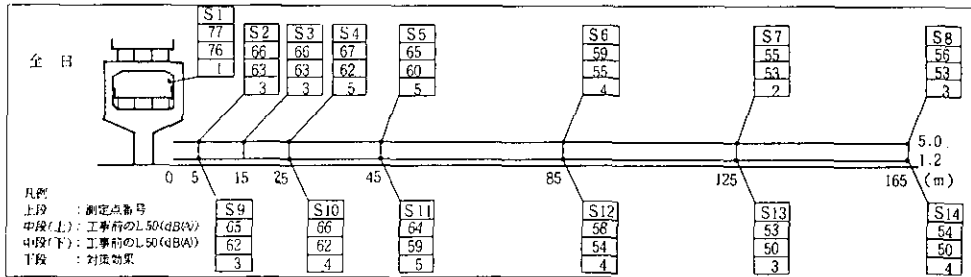


図-20 対策効果の測定結果(工事前のL₅₀と工事後のL₅₀の比較)

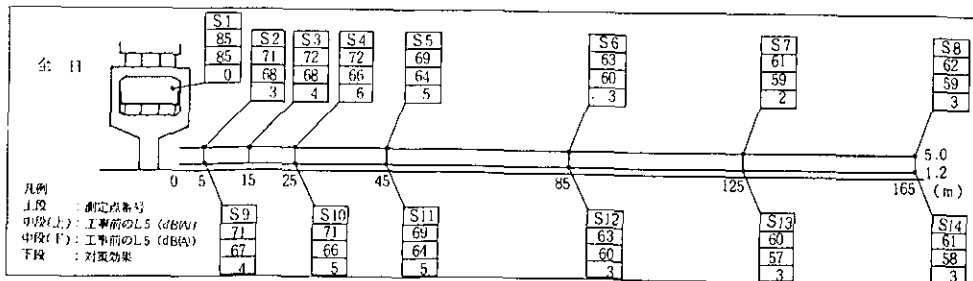


図-21 対策効果の測定結果(工事前のL₅と工事後のL₅の比較)

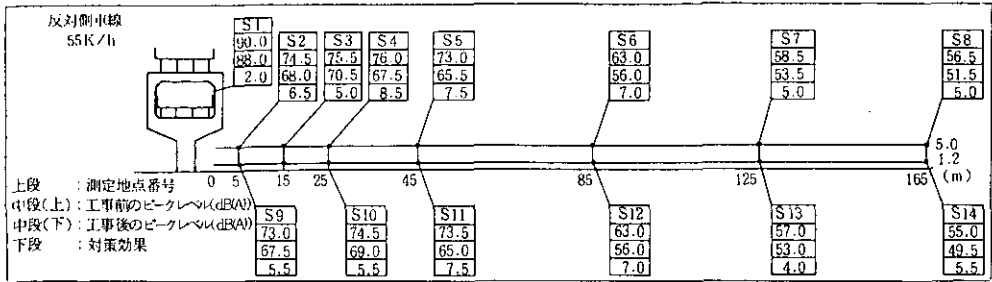


図-22 試験車走行音のピークレベルを比較した対策効果測定結果

(a) 測定点高さ 5.0 m

(b) 測定点高さ 1.2 m

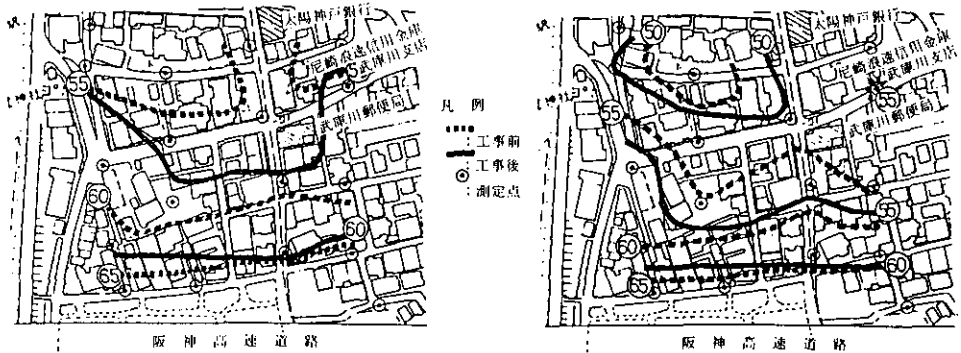


図-23 住宅地内の騒音レベルL₅₀の分布(調査期間中の平均値)

いるものと考えられる。

7-2 一台走行音のピークでみた効果

騒音レベルの統計値のときと同様に、試験車一台走行音のピークレベルについて工事前後で比較した対策効果を図-22に示す。

最も対策効果が大きかったのは、統計値のときと同様に、道路端より25～45mの地点であった。効果は、5.5～8.5 dB(A)とL₅₀やL₅よりも更に大きかった。従って直前付近の車からの音に対して、より効果があると考えられる。

7-3 騒音レベルの平面分布

工事前後の住宅地内の騒音レベルの調査結果を用いて、調査期間中の騒音レベルの中央値(L₅₀)の分布を図-23に示す。

測定点高さ5m、1.2m共に、阪神高速道路に

面する第1列目の住居付近で約5dBの対策工事の効果と考えられる騒音レベルの減少が見られる。この効果は、測定点が奥に位置するほど小さい。

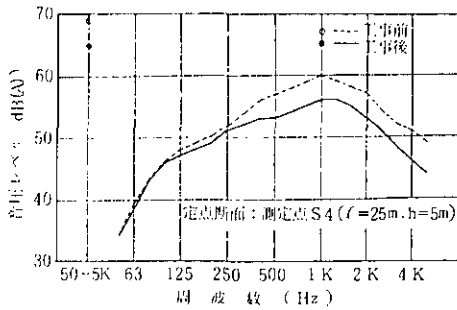
奥の測定点の周辺には商店等があり、人通りも多いことなどから、この騒音レベルの分布の違いは、道路以外の音源より生じたと考えられる。

また、測定点の高さによっても、分布に違いがみられる。高さ5mの測点の方が騒音レベルが高いが、対策効果は奥の方までであることがわかる。これは、住宅の影響が大きいことを示すものである。

7-4 周波数特性の比較

道路交通騒音の周波数特性を工事前後で比較して図-24に示す。

これは、朝の時間帯の分析結果で、いずれの値も各バンドにおける音圧レベルの中央値である。



図一 24 一般走行騒音の周波数分析結果

測定点は、道路端から25 m、地上5 mのS₄である。効果の特徴は、200 Hz以上の帯域でレベルが減少しており、特に500 Hz以上において顕著である。

あとがき

今回、阪神高速道路大阪西宮線の二層構造区間（尼崎市武庫川地区）において、高架裏面反射音に対する調査により、反射音の影響と思われる騒音レベルの上昇が観測され、対策方法の検討及び、試験対策工事を行った結果、ほぼ予想された対策効果が得られた。

しかしながら、反射音の実態は未だ不明な点が多く、どのような場合も、今回の手法が有効であるかは疑問である。

高架裏面反射音対策に限ってみても、①対象となっている道路形態、②周辺の建物状況、③直接音の影響によってその対策効果は若しく異なるものと考えられる。

以上から、高架道路沿道での環境対策の一つの手段として、高架裏面反射音対策を考えるためには、道路の形態、対象とする範囲、構造の保守管理、美観、費用等を考慮した総合的な検討が今後ともさらに必要となろう。

Ⅲ－３ 騒音対策としての緑の効果

鹿島教昭

横浜市公害研究所騒音研究室

1. はじめに

都市の環境騒音を増大させる原因は道路交通騒音と言って過言ではないであろう。最も肝腎な対策は音源である自動車騒音を低下することであるが、遅々としてその効果は現れないようである。

横浜市公害研究所と道路環境研究会（横浜国立大学工学部建築学教室内）は市街地を通過する幹線道路沿道地域における道路側の騒音公害対策の一手法として、歩車道間に設ける植樹帯に着目し、植樹帯による物理的及び心理的減音効果の研究を進めその結果を報告書^{1,2)}にまとめると共に、既に報告を行ってきた³⁻⁶⁾。

一方、横浜市緑政局では市の事業として緑化を推進しており、昭和60年度から61年度にかけて、磯子区森1丁目を南北に通過する「市道磯子方面561号線」（通称産業道路）を対象に植樹帯を設置する計画を立案し、60年度にJR磯子駅前から350m南にある森新橋まで緑化工事を実施した。この植樹帯は主たる樹種にアラカンを用いた高垣の連続した植樹帯（樹高約1.5m）であり、横浜市としては非常に稀な例であった。緑政局は61年度に森新橋から更に150m南の新森橋まで緑化する計画であったが、その緑化延伸事業の前に上記報告書に注目し、現場における植樹帯の物理的・心理的減音効果をより高めるような植樹帯の設計指針について公害研究所と共同で研究することを求めた。公害研究所と道路緑化研究会（前記研究会を発展解消）は、過去実施してきた研究結果を実際の現場に適用し検証発展させる良い機会と判断し、緑政局を含めた三者で植樹帯設置前後における物理的効果を測定するとともにアンケート調査で心理的効果を調査し、植樹帯設置が市民生活に与える影響を研究することにした。

本報では植樹帯の物理的効果として、模型実験から得た植樹帯の挿入損失を予測するチャート⁵⁾から計算した値と、実際の道路沿いに植えられた植樹帯による挿入損失とを比較検討する。

2. 調査方法

2-1 調査時期

緑政局の昭和61年度緑化延伸事業は62年3月に施工された。植樹帯の挿入損失の測定は新植したアラカンが活着するまで一年間の余裕をとり、昭和63年3月9日に実施した。

2-2 調査対象の道路

図-1に植樹帯を設置した道路を示す。図右上のJR磯子駅近くのマツザカヤ前を起点とし、

国道16号線にはほぼ並行して南下し、磯子区杉田4丁目で国道16号線と一緒に「市道磯子方面561号線」である。これは車道幅員16mの上り2車線、下り2車線の道路で通称『産業道路』と呼ばれている。音圧レベルを測定した当日の交通量、平均車速及び大型車混入率を表-1に示す。交通量は15分間の交通量から1時間の値を求めている。平均車速は15分間に通過する自動車を上り各20台程度を対象に、一定距離を通過する時間から算出している。計時した自動車は信号で停止状態となっていないものであるから、都市域を長距離移動する平均速度に比べ速めになっていると思われる。また大型車混入率はいずれの時間帯も20%を超えており非常に高い。昭和62年度の12時間交通量調査⁷⁾と比較しても、都市間幹線道路である国道1号線や国道16号線なみの交通量、大型車混入率であると言えよう。

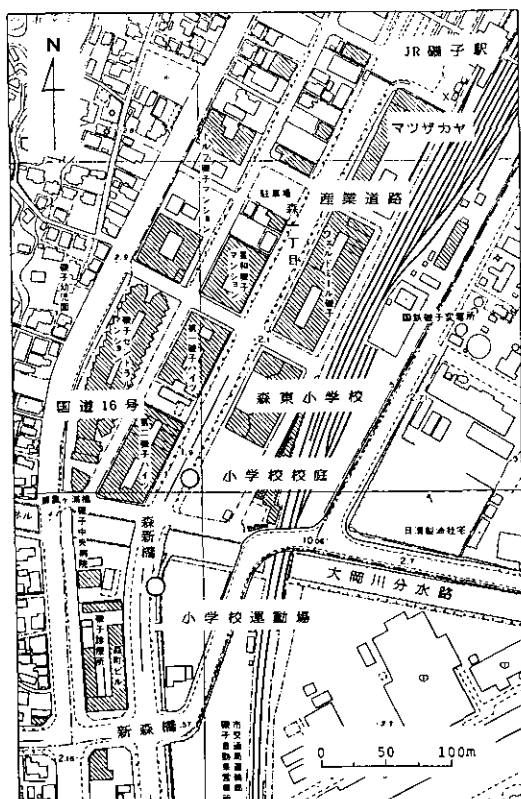


図-1 測定対象の道路と測定点(○)

表-1 市道磯子方面 561号線の交通量等

時 間	上下別	交通量	平均車速	大型車混入率
		台/時	km/s	%
14:15	上	964	42.1	27.8
14:30	下	892	45.9	35.0
14:55	上	1044	34.5	28.7
15:10	下	1028	42.9	47.5
15:48	上	944	42.0	22.0
16:03	下	968	34.9	38.0

2-3 測定対象の植樹帯

挿入損失を得るために選んだ植樹帯は60年度事業のもの（既設植樹帯とする）と61年度事業のもの（新折植樹帯とする）である。実際に測定を行った既設植樹帯の位置を図-1で説明する。図のはぼ中央東西に大岡川分水路が流れており、その川に産業道路が通る森新橋が架かっている。この森新橋の北東にある森東小学校の校庭前が既設植樹帯の位置である。同様に新設植樹帯の位置は大岡川分水路の南にある同小学校運動場の前である。

既設植樹帯の概要を図-2に示す。この植樹帯はアラカン (*Quercus glauca*)、アオキ (*Aucuba japonica*)、及びサツキ (*Rhododendron indicum*) の3層各1列で構成されている。アラカンは高さが歩道上1.6m、幅0.65m、道路に沿って1m当り3株植栽され、同様に、アオキは高さが1m、幅0.35m、1m当り2株、またサツキは高さ0.4m、幅0.5m、1m当り5株植栽され全体として長さ50m程の連続植樹帯であり、対面側の見透しはアラカンの場合はかなり見にくい程度、アオキの場合は殆ど見えない。なおここに示した植樹帯の寸法は次の例も含め大略のものであるが、マイクロホンの位置は正確に測ってある。

新設植樹帯の概要を図-3に示す。この植樹帯はアラカンとサツキからなる2層各1列である。アラカンは高さが歩道上1.55m、幅0.4m、1m当り3株植栽され、サツキは高さが歩道上0.45m、幅0.55m、1m当り5株植えられ、全体として長さ35mの連続植樹帯となっている。このアラカンは未だまばらな感じで対面側もよく見える。

なお植樹帯の緑量を調査するため、マイクロホン高さ辺りで一辺が0.2mの立方体に含まれる葉を各植樹帯から採取した。但し採取したのはアラカンとアオキであり、マイクロホンの高さを考慮して挿入損失に無関係と思われるサツキは採取していない。

2-4 音圧レベルの測定

道路交通騒音の音圧レベルは、騒音計内臓の2チャンネルのオープンリール式のデータレコー

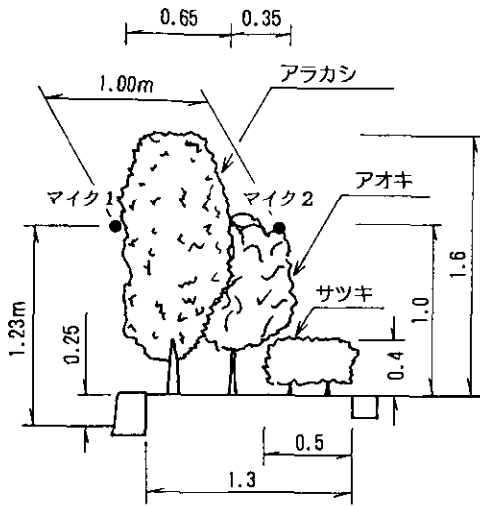


図-2 既設植樹帯の概要

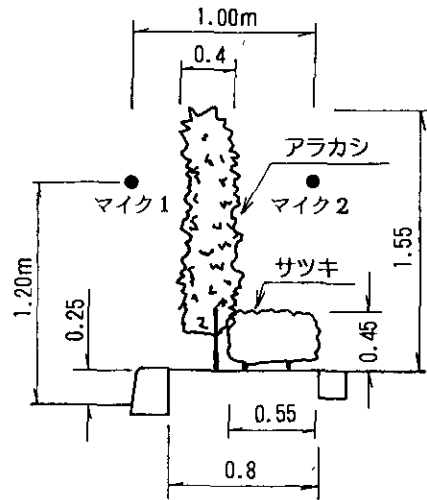


図-3 新設植樹帯の概要

ダ (NAGRA IV-SJ) に、テープ走行速度19.05 cm/s で録音した。まず植樹帯が無い位置において、歩車道境界にマイクロホン1 (CH-1) を車道上1.2 mの高さに設定し、マイクロホン2 (CH-2) を歩道上でマイクロホン1と水平レベルで同等の高さとし、マイクロホン1とマイクロホン2の水平距離を1.00 mとして植樹帯が無い場合の音圧レベルを15分間測定した。

次に2つのマイクロホンの配置を上記と同じように保ちつつ、両マイクロホンの間に植樹帯を挟んで同様に15分間音圧レベルを測定した。従って植樹帯による挿入損失は、植樹帯が在る場合の音圧レベル差から植樹帯が無い場合の音圧レベル差を引くことによって求められる。なお植樹帯の有無に関係なく、道路沿道に音を反射する建物がない歩道側を選んで測定を行った。

2-5 音圧レベルの分析

音圧レベルの周波数分析は1/3オクターブバンドで行った。図-4に分析のブロック図を示す。データレコーダーから来る信号を25 Hz~20 kHzの中心周波数を持つ1/3オクターブ周波数分析器に通し、サンプリング時間0.5秒で40個サンプリングし、時定数0.12秒で分析した。1サンプル毎の分析結果をGP-IBを介して次々とフロッピーディスクに落とし、その後に中央値 (L_{50}) や等価騒音レベル (L_{eq}) を算出した。分析対象は音圧レベルが85 dB~90 dBとなる部分であるが、周波数分析器が1チャンネルのためデータレコーダーのCH-1とCH-2を同時に分析することは不可能である。しかし録音時に入れた測定開始のタイムマークから一定時間後に分析を開始しているから、CH-1とCH-2は事実上同時分析と言える。

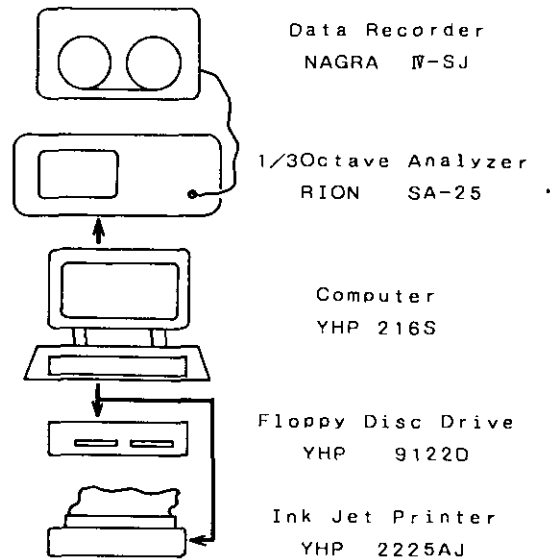


図-4 分析のブロック図

3. 結果と考察

3-1 植樹帯の物理特性

葉はビニールの袋に採取し、葉が乾燥しないように保存しつつ早めに一枚ずつ葉の長径 (l)、短径 (s) を定規で最小 0.5 mm まで測り、同様に葉の質量 (w) は 0.01 mg まで測った。葉面積 (A) は葉を方眼紙にコピーし方眼紙の面密度から算出した。植樹帯の物理特性として葉一枚当りの平均値で表-2 に示すが、アラカシの場合は既設、新設共にサンプル数50枚から、アオキの場合はサンプル数24枚から求めたものである。なおここで言う平均値はあくまでこのサンプルに限った平均であって、いつでもどこでも通用する平均値ではないことは、樹木の成長度やサンプル時期等を考えれば明かである。但し、表中の単位体積当りの葉面積 (F) は表に示した葉面積の平均値から求めている。

3-2 葉面積の別の求め方

葉面積を求める場合に一枚毎に算出するのは甚だ面倒であり、簡単に求める方法があれば便利である。そこで既設植樹帯のアラカシの各物理特性間の相関行列を表-3 に示す。これを見ると葉面積と他の物理特性との相関は非常に高く、どれを採ってみても葉面積の算出に有効のようであるが、長径 l や短径 s は葉一枚毎に計量せねばならぬのに対して、質量 w は何枚かをまとめて計量することが可能である。従って総質量とその枚数が分かれば回帰式から葉面積を求められ非常に簡単になる。但し数枚の葉の面積を算出する場合には、面積の定義からしても $l \times a$

表-2 植樹帯の物理特性

植樹帯樹種	既設植樹帯		新設植樹帯
	アラカシ	アオキ	アラカシ
長径 l mm	71.9	118.7	67.4
短径 s mm	27.4	52.5	24.7
l · s mm ²	2121.2	6470.4	1713.5
質量 w mg	247.98	1170.58	182.05
葉面積 A mm ²	1340.2	4492.7	1098.6
総葉数 枚	67	24	85
総質量 g	15.43	28.09	15.15
F m ⁻¹	11.22	13.48	11.67

アラカシのサンプル数は50

F: 単位体積当りの葉面積

表-3 既設アラカシの物理特性の相関

特性	短径	質量	l · s	葉面積
長径	0.891	0.926	0.947	0.940
短径		0.968	0.977	0.978
質量			0.985	0.987
l · s				0.994

から求めた方が精度は良い。ここでは両者の回帰式を次に示す。

$$A = 4.7386 \times w + 165.12 \quad r = 0.987$$

$$A = 0.6617 \times ls + 63.98 \quad r = 0.994$$

A: 葉面積 mm²/枚

w: 質量 mg/枚

ls: 長径 × 短径 mm²/枚

r: 相関係数

同様にアオキと新設したアラカシの回帰式を以下に示す。

アオキ

$$A = 3.2679 \times w + 667.33 \quad r = 0.980$$

$$A = 0.6608 \times ls + 217.01 \quad r = 0.997$$

アラカシ

$$A = 4.5842 \times w + 264.11 \quad r = 0.958$$

$$A = 0.6452 \times ls - 6.82 \quad r = 0.991$$

新設したアラカシの相関係数が低めであるが、これは相対的に葉面積に比し質量が小さめだったためではないだろうか。また葉面積の質量に対する回帰の場合にかなりの大きさと定数項が残っているのも問題であるが、今後正確なデータを多数収集すれば回帰式もかなり改善されるものと考えられる。

3-3 植樹帯による挿入損失の実測値と計算値

3-3-1 植樹帯による挿入損失の計算方法

文献5)に植樹帯による挿入損失(IL)を求める計算チャートを報告したが細かな計算手順は示していない。ここにその計算チャートを図-5に、また定義した葉面積係数と散乱数及び記号を再掲し、実際の計算例を示す。なお挿入損失は次式で求められる。

$$IL = FL \times f(ka)$$

葉面積係数	FL : 単位断面積当りの、音が通過して行く経路中に実際に存在する総葉面積	[無次元]
散乱数	ka :	[無次元]
F	: 単位面積中の総葉面積	[L^{-1}]
L	: 音が通過する植樹帯の幅	[L]
$k = 2\pi/\lambda$: 波長定数	[L^{-1}]
a	: 葉面積を円とした時の直径	[L]
$\lambda = c/f$: 波長	[L]
$c = 340 \text{ m/s}$: 大気中の音速	[$L \cdot T^{-1}$]
f	: 周波数	[T^{-1}]

実際に植樹帯の挿入損失を計算で求めるには、まず散乱数 ka の値を用い、図-5の計算チャート上で単位葉面積係数当りの挿入損失 $IL/(FL)$ を求め、その値に葉面積係数を乗じて挿入損失を計算する。

ここで計算例として既設植樹帯の挿入損失を求める。但し ka が7以下ではクサツゲ及びストウツゲの実験結果を、また ka が7以上ではクサツゲの実験結果を実用的として使用する。

[計算例]

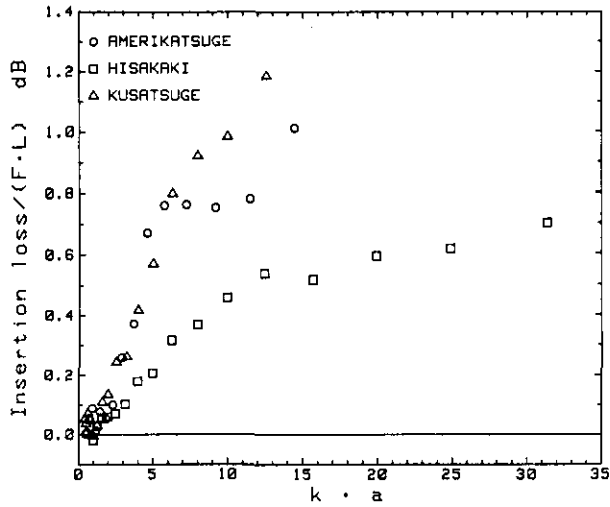


図-5 挿入損失の計算チャート

葉の平均的大きさ a は、葉面積 A を円と考えた場合の直径だから、表-2 から各植樹帯の a は次のようになる。

$$\text{アラカシ} : A = 1340.2 \text{ mm}^2 \rightarrow a = 41.31 \text{ mm}$$

$$\text{アオキ} : A = 4492.7 \text{ mm}^2 \rightarrow a = 75.63 \text{ mm}$$

次に音が通過する植樹帯の幅 L であるが、先の図-2 に示したようにアラカシの幅が 0.65 m、アオキの幅が 0.35 m であった。しかし、陽の当たらぬ植樹帯内部には葉がないため、ここでは現場の測定結果から葉が存在する長さ L を次のようにとった。

$$\text{アラカシ} : L = 0.40 \text{ m} \quad \text{アオキ} : L = 0.25 \text{ m}$$

従って、表-2 の F と、上記 L から葉面積係数 FL は以下の通りである。

$$\text{アラカシ} : FL = 4.49 \quad \text{アオキ} : FL = 3.37$$

アラカシの場合に周波数 4000 Hz を適用すると、散乱数 ka は

$$\begin{aligned} ka &= 2\pi a/\lambda = 2\pi fa/c \\ &= 2 \times 3.1416 \times 4000 \times 41.31 \times 10^{-3} / 340 \\ &= 3.05 \end{aligned}$$

この $ka = 3.05$ の値をクサツゲ、またはアメリカツゲの線に当てはめると、 $IL/(FL) = 0.30$ が求まるから、 IL は

$$IL = 0.30 \times F \cdot L = 0.30 \times 4.49 = 1.35 \text{ dB}$$

となる。

挿入損失は低い周波数帯では殆どゼロとなるので、周波数630 Hz 以上について計算した挿入損失を表-4に示す。既設植樹帯全体の挿入損失はアラカシの挿入損失とアオキの挿入損失の和となる。新設したアラカシ1列の植樹帯では中が空洞になる程ではないので、 $L = 0.40 \text{ m}$ 、 $a = 37.40 \text{ mm}$ を用いて挿入損失を計算した。

表-4 計算による既設及び新設植樹帯の挿入損失

樹種 f Hz	既 設						新 設		
	アラカシ $F \cdot L = 4.49$			アオキ $F \cdot L = 3.37$			アラカシ $F \cdot L = 4.67$		
	k · a	IL/(F·L)	IL	k · a	IL/(F·L)	IL	k · a	IL/(F·L)	IL
	dB	dB		dB	dB		dB	dB	
630	0.48	0.02	0.09	0.88	0.04	0.13	0.44	0.02	0.09
800	0.61	0.02	0.09	1.12	0.06	0.20	0.55	0.02	0.09
1000	0.76	0.03	0.13	1.40	0.09	0.30	0.69	0.03	0.14
1250	0.95	0.05	0.22	1.75	0.11	0.37	0.86	0.04	0.19
1600	1.22	0.06	0.27	2.24	0.19	0.64	1.11	0.06	0.28
2000	1.53	0.10	0.45	2.80	0.25	0.84	1.38	0.09	0.42
2500	1.91	0.14	0.63	3.49	0.37	1.25	1.73	0.11	0.51
3150	2.40	0.20	0.90	4.40	0.59	1.99	2.18	0.17	0.79
4000	3.05	0.30	1.35	5.59	0.74	2.49	2.76	0.25	1.17
5000	3.81	0.45	2.02	6.99	0.85	2.86	3.46	0.37	1.73
6300	4.81	0.65	2.92	8.81	0.97	3.27	4.35	0.59	2.75
8000	6.11	0.78	3.50	11.18	1.08	3.64	5.53	0.73	3.41
10000	7.63	0.90	4.04	13.98	1.22	4.11	6.91	0.84	3.92

3-3-2 実測値と計算値の比較

・図-6に今回測定した植樹帯による挿入損失を白丸で示し、計算で求めた挿入損失を黒丸で示す。

周波数が高くなるに従い挿入損失が大きくなるのは、これまでの屋外実験³⁾及び模型実験^{4,5)}と全く同じである。

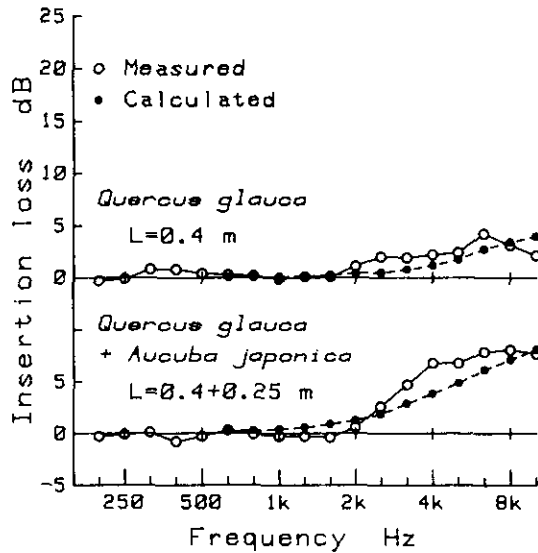


図-6 挿入損失の実測値と計算値

次に計算値が実際の挿入損失より小さめになるのは、文献5)と同一結果である。この理由は、模型実験では狭い空間に大きな葉面積を持つことになってしまったが、実際の植樹帯がそのような葉面積を持って繁茂することは不可能で、葉一枚々々が十二分に音を散乱するためと考えられる。この辺りに植樹帯の挿入損失を計算で求める時の問題点があり、研究を一層進展させる必要がある。それにしても、単純で規模の小さい植樹帯ではあるものの、挿入損失が認められたことは予想以上であり、これは今後道路環境を改善する方法を進展させることにつながると思われる。

次に、騒音全体では植樹帯によって、どの程度レベルが低下したのかを表-5に示す。騒音レベルの低下量自体は非常に小さいものである。しかし音圧レベルの等価騒音レベル (L_{eq}) を除き、レベルが低下傾向にあることもまた事実と言えるであろう。騒音レベルをどれほど小さくするかは、植樹帯の挿入損失のみならず植樹ますも含めた植樹帯全体の設計方法に関する問題と思われる。

表-5 騒音の低下量

植樹帯	音圧レベル dB		騒音レベル dBA	
	L_{50}	L_{eq}	L_{50}	L_{Aeq}
既 設	0.2	-0.2	0.4	0.4
新 設	0.5	0.3	0.8	0.6

3-4 挿入損失がマイナスとなる増幅現象

過去に実施したスピーカを用いた屋外実験³⁾や屋内の模型実験^{4,5)}では、500 Hz～2 kHzに挿入損失がマイナスとなる増幅現象が認められた。この現象を筆者らは、植樹帯が無い場合には音源から直接来る音波と地表面で反射して来る音波とが干渉して、地表面による過剰減衰が生じ距離減衰以上に音は減衰するが、植樹帯が在ると音波の位相が乱され過剰減衰が生じにくくなり、植樹帯が無い場合の音圧レベルから植樹帯が在る場合の音圧レベルを引くと、見かけ上増幅することが基本であると説明してきている。しかしこの図-6では明白な増幅は認められない。もっとも植樹帯の挿入損失が小さい、即ち植樹帯の音の散乱効果が強くないならば増幅も小さくなる傾向はある。しかし他の原因として音源が自動車で常にマイクロホンの前を通過し、かつ音源とマイクロホンとの距離が刻々変化して音波の位相が乱れ、従って地表面による過剰減衰が生じにくいことも考えられる。

なお渡辺ら⁸⁾は葉を長方形模型として室内実験を行った結果、挿入損失がマイナスになる原因は種々考えられるが、今のところ特定できないとしている。これらも含めこの増幅現象の解明が今後の課題と言えよう。

4. まとめ

横浜市緑政局がアラカシやアオキ等を用いた連続植樹帯で「市道磯子方面561号線」の道路緑化を実施した際に、植樹帯の減音効果として挿入損失を測定した結果次のことが判明した。

- 1) 高さが約1.5 m、幅0.4 m～1.0 mの小規模の植樹帯ではあるが、挿入損失が認められ、連続植樹帯は道路の騒音環境の改善に役立つものと思われる。
- 2) 周波数が高まるに従い挿入損失が大きくなる事実はこれまでの模型実験やスピーカを用いた屋外での実験結果と全く同一である。
- 3) 計算による挿入損失は実際の植樹帯のそれより小さめになる傾向がある。これは計算チャート自体が、かなり葉が密な模型実験から得られたためである。この事は樹木の植栽方法に関係してくる。つまり葉が狭い空間に密にあるよりは粗にある方が葉一枚が効率よく音を散乱することになる。計算で挿入損失を予測する現在のチャートの改善点がここにあると考える。しかし模型実験で得た計算チャートは現場の植樹帯に対しても概ね有効である。
- 4) 模型や屋外の実験では500 Hz～2 kHzの範囲において挿入損失がマイナスになる増幅が存在したが、今回自動車を音源とした挿入損失には顕著な増幅は認められなかった。これが挿入損失自体が小さいためか、或は音源の差異か、移動音源のためか、または音源とマイクロホン間の距離が一定ではないためなのか、以上のことも今後の研究課題である。
- 5) 葉の寸法を一枚々々計量せずとも葉の質量から葉面積を求める式を提示したが、これもデータを集め改善する必要がある。

5. おわりに

今回新設した植樹帯の植樹ますの幅（奥行）は0.8mと既に計画決定されており、歩道幅員との関係からも調査段階でその変更が自由にならず、結果として単一の幅を持った植樹帯を調査するに終わっている。今後は植樹帯の高さや幅を大きく変化させ得る現場において、調査を積み重ねる必要があると考える。

参考文献

- 1) 横浜市公害研究所：道路周辺の植樹帯による物理的及び心理的減音効果に関する研究
－中間報告－，公害研資料No.49（1983， 3）。
- 2) 横浜市公害研究所：道路周辺の植樹帯による物理的及び心理的減音効果に関する研究
－総合報告－，公害研資料No.66（1985， 3）。
- 3) 鹿島教昭、田村明弘：植樹帯による物理的減音効果，音響学会講演論文集Ⅱ，521－522（1983，
10）。
- 4) 鹿島教昭、田村明弘：植樹帯による物理的減音効果（その2），音響学会講演論文集Ⅱ，413
－414（1984， 10）。
- 5) 鹿島教昭、田村明弘、鈴木弘之：植樹帯による物理的減音効果（その3），音響学会講演論
文集Ⅱ，453－454（1985， 9～10）。
- 6) 鹿島教昭、田村明弘、鈴木弘之：植樹帯による物理的減音効果（その4），音響学会講演論
文集Ⅱ，455－456（1985， 9～10）。
- 7) 横浜市：昭和62年度交通量調査報告書，昭和63年3月。
- 8) 渡辺敏夫、山田伸志：植物模型による音の散乱，日本音響学会誌，43（11），845－850（1987）。

Ⅲ－４ 緩衝緑地帯による遮音効果

三 沢 彰

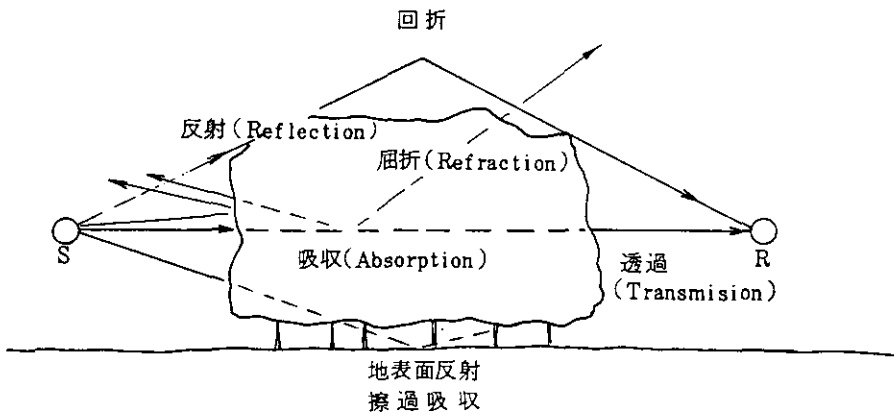
千葉大学園芸学部環境緑地学科

1. はじめに

緩衝緑地帯とは環境へのインパクトを緩衝するために、発生源と受害者との間に設けられる緑地帯を言うが、道路の場合、1974年に制度化された「環境施設帯」がそれに当たる。これは、幹線道路を新設または改築する場合において、当該幹線道路に隣接する地域の生活環境を保全する必要があると認められるときに適用されるもので、その規模は生活環境保全の必要の程度に応じて道路の車道端より両側に10mまたは20mの幅で設けられるとされており、その幅員の設置基準は道路規模および交通量と沿道の土地利用形態による。そしてこの環境施設帯には植樹帯・遮音壁など自動車走行に伴う環境インパクトの緩和のための工作物の他に、歩道、自動車道、通過交通の用に供しない道路等、沿道の生活利便に供せるものを設けることができるとしている。緩和が期待できる環境質としては大気環境、音響環境、視覚環境などであるが、本報告ではその内の音響環境に絞って、すなわち環境施設帯に植栽される樹林が道路騒音に対してどの程度の緩衝効果を有するかについて検討してみようとするものである。

2. 樹林による遮音

樹林内を音が透過する際の減衰の機構は図－1によって説明される。この図で吸収とは樹林内



図－1 樹林による遮音効果のメカニズム

を通過する過程で枝葉・幹によって音が吸収されることを言い、複雑で密な展葉形態を持つ樹種では展葉部全体が、いわゆる多孔質材料の役をし、音のエネルギーの一部がこの穴の中で摩擦抵抗や粘着抵抗、あるいは微細な繊維状の器官の振動によって熱エネルギーに変換することを言う。反射とは、樹木の持つ枝葉・幹に音があたり、その面で反射することを言い、複雑な面を有する樹林の場合は一方的な反射と言うよりは散乱と表現した方が良いであろう。この散乱によって受音者側に向かう音のエネルギーが減少することによる効果である。地表面反射・擦過吸収とは林床に音が入射し、地表や地被植生によって反射・吸収が生じることである。以上のような物理的現象によって樹林は音を減衰させると考えられる。なお、図中の屈折、回折も音が光と同じ波であることからくる現象であるが、これらは樹林の遮音効果からはむしろマイナスに働くことになる。

著者は以上の樹林による遮音のメカニズムを踏まえ、簡易無響室、圃場などで各種の実験¹⁾を過去に行った。その成果の2、3についてここに報告したい。

図-2は簡易無響室（日本道路公団試験所）で行った実験のブロックダイアグラムである。図-3のようにスピーカー（sp）とマイク（Mic）の間に生垣を設置した。図-4は実験結果の一部である。マサキ一列、マサキ2列とはマサキ（高さ180 cm 葉張60 cm）の密植状態の生垣の1列、2列のものであり、ミックス6列とはマサキの他にほぼ同一寸法密植状態のネズミモチ、カイヅカイブキを加えて6列の生垣を設置したものである。これらの生垣による減衰量は、列数によって明らかに差があり、また、周波数が大きくなるにしたがって減衰量は累増する。この結果は山田ら²⁾が樹木の吸音率を残響室法によって求めた結果に近似しており、それにならって求め

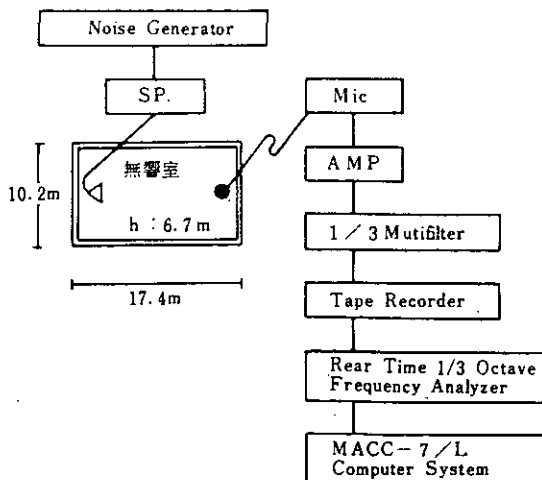


図-2 測定システムのブロックダイアグラム

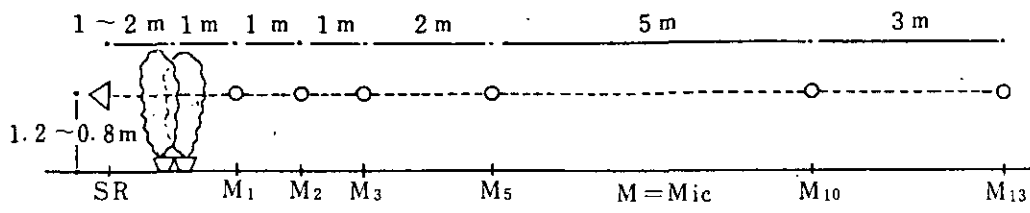


図-3 測定断面

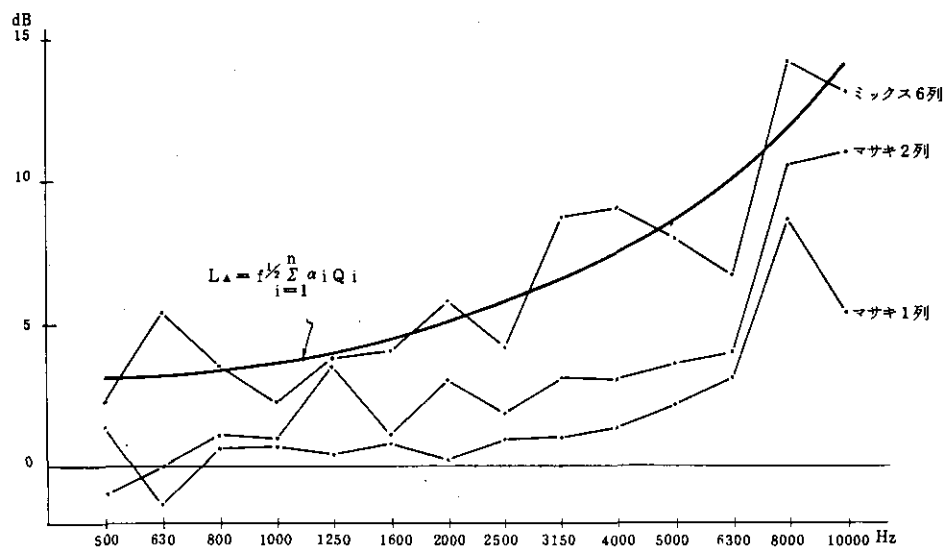


図-4 生垣の周波数別減衰量

た回帰式が図中のものである。また、図-5~8は圃場（茨城県新治郡出島村 十条製紙霞ヶ浦樹木センター）での実験結果である。図-5は圃場内の植木畑で測定したもので樹林の手前1.5m、地上0.8mにスピーカーを設置しホワイトノイズを発生させて、それを樹林幅10m内に置いたマイクにより録音し分析したものである。図中の減衰量とは同一圃場内で同じセッティングで樹木の無いところでの測定結果との差である。周波数による効果の違いは先の図-4の結果と同じであるが、ここで注目したいのは針葉樹と広葉樹との減衰量の差である。周波数の大きいところで明らかに差が見られる。この結果は Leo Beranek³⁾の結果にも見られることで、樹林の遮音効果が吸音であるよりは反射である可能性を示唆するものであった。そこで図-6に従って針葉樹、広葉樹それぞれ数種ずつ樹林面の反射音量を測定し、樹林の無い場合との差を求めた。その結果図-7、8のように針葉樹と広葉樹とで明らかな違いが見られたのである。樹木の吸音

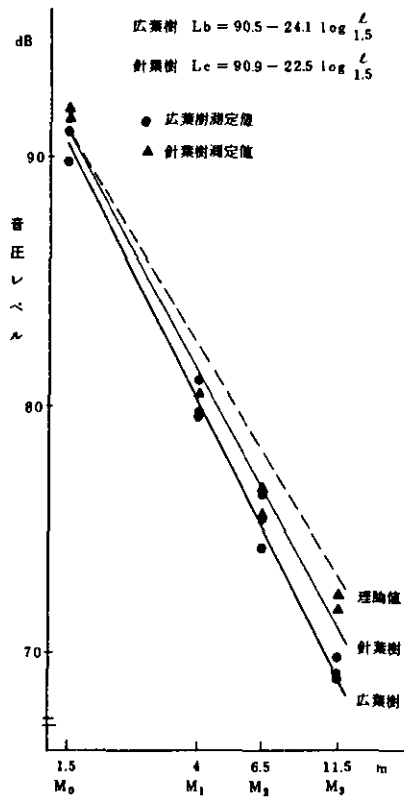


図-5 広葉樹と針葉樹による周波数別減衰量の差 (樹林幅10m)

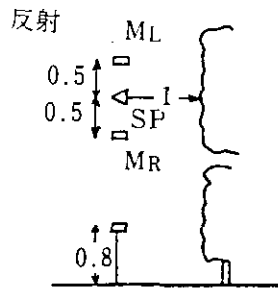


図-6 反射音の測定

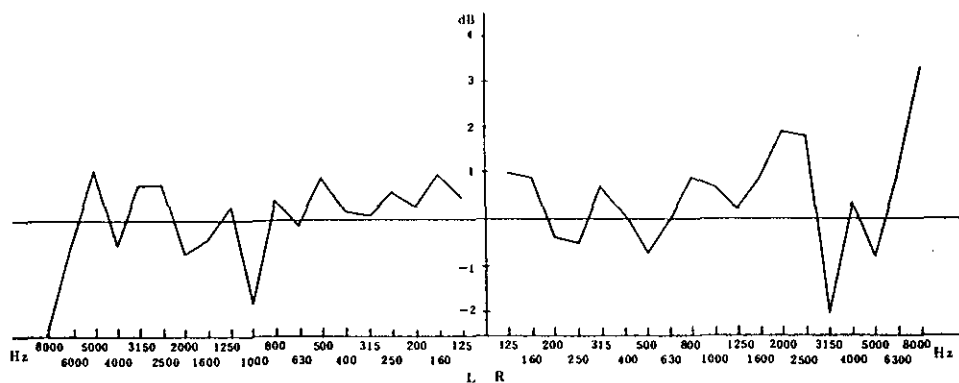


図-7 ヒマラヤスギの生垣による反射音

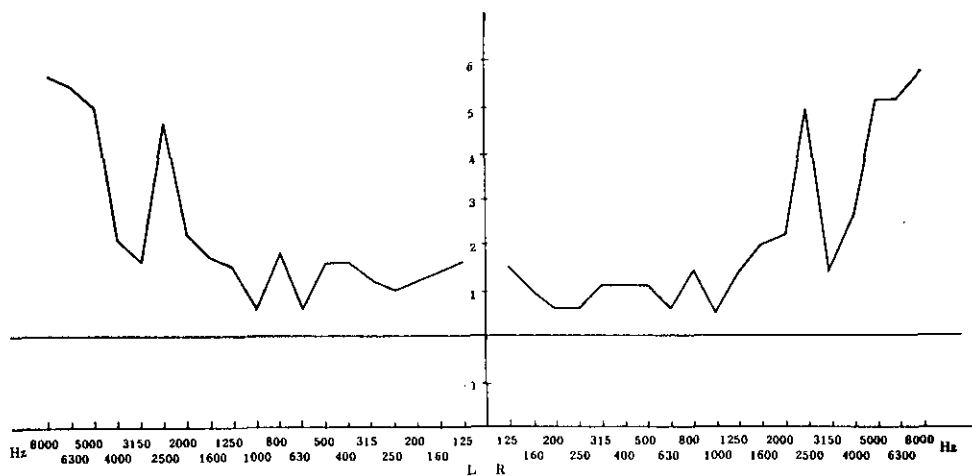


図-8 モッコクの生垣による反射音

については先の山田らの結果で針葉樹と広葉樹による差異は無いことが分っているので、上記した樹種による減衰量に差は吸音によるのではなく反射によるものであろうと考えられたのである。また、この一連の実験結果から樹林による遮音効果の予測も試みた。

3. 緩衝緑地帯による遮音効果

樹林による遮音効果として著者が得た結果は遮音にとって理想的な樹林の場合で3.7dB(A)/20mであった。これに対して、諸外国の公的機関が提案している値はDIN18005(案) -0.2~1.5dB(A)/10m、HRB-5~10dB/30m、AASHO-5dB/30mなどである。なお、以上の値は

線音源である道路騒音を対象にしたもので余剰減衰のみ（距離減衰を含まない）である。

以上の結果を緩衝緑地帯に当てはめるためには多くの問題が山積している。道路と緑地帯が同一平面に存在することはむしろ少なく、多くの場合、高架や盛土、切土との関係で考えなければならず、同一平面にある場合に比較し、緑地帯の効果は小さくなってしまふであろうが、それを解析することははなはだしく難しい。ここでは同一平面上に存在する緑地帯に限って考えてみたい。上記の数値に距離減衰を加えればその緑地帯のおおまかな減衰効果量になるが、距離減衰は20mで4～5 dB(A)と予測されるので、余剰減衰3.7 dB(A)を加えて約8 dB(A)が20mの緩衝緑地帯の遮音効果とすることになる。8 dB(A)の減衰量は遮音壁と比べても何等遜色のない値である。しかし、これを用地費を含めて費用便益分析により比較すると当然のことながら遮音壁の方が圧倒的に有利となる。ただし、緑地帯には遮音効果だけでなく他に多くの効用があり、これらを便益計算の中に入れることができれば、また違った評価にもなる。

4. むすび

以上のことから緑地帯の遮音効果をどのように評価するかはかならずしも単純には判断できない。しかし、高密度に宅地化された都市内において、80 dB(A)の騒音を50-60 dB(A)にまで減衰させるためには緑地帯のみでは現実的ではないであろう。遮音壁や遮音築堤との併用によって初めて実用的なものになると言えよう。

緑地帯と遮音効果に関しては以上の他にプラス側に働くものとして、発生源が遮蔽されることによる心理的効果⁴⁾とマスキング効果⁵⁾があり、マイナス側に働くものとして、音響レンズ効果⁶⁾と葉裏による反射効果等がある。これらについても十分な考慮がなされなければならない。

引用文献

- 1) 三沢 彰；沿道空間における環境緑地帯の構造に関する基礎的研究、千葉大園学報30号、1982
- 2) Shinji Yamada et al. ; Noise Reduction by Vegetation, Inter Noise, 1977
- 3) Leo Beranek; Noise Reduction, 1960 (文献5)より引用)
- 4) 三沢 彰、斉藤 庸平；樹木の騒音に対する心理的減音効果に関する実験的研究、造園雑誌48. 5, 1985
- 5) 三沢 彰ら訳；図説生活環境と緑の機能、産業技術センター、1978
- 6) William Allen, Philip Dickinson; The Tree Lined Barrier, Inter Noise, 1977

第Ⅳ章：「道路騒音の評価と音環境の創造」

Ⅳ-1 種々の心理学的アスペクトからみた騒音評価

難波 精一郎

大阪大学教養部心理学教室

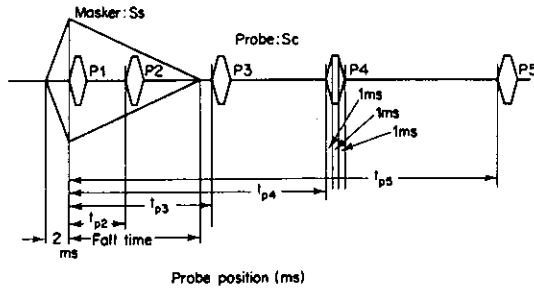
1. はじめに

騒音問題はその原因を音に起因するといっても、日常場面における騒音の影響は複雑なアスペクトを含み、必ずしも音の物理的性質のみで騒音の影響が規定されるものでないことはよく知られている。しかし、場面によっては、音の物理的制御によって問題が解決することも多くの経験が教えるところである。騒音の影響の評価、測定法および対策を考えるに当たって、騒音の影響のいかなる側面を問題にし、いかなる指標を用いるかを明らかにしておく必要がある。ここでは騒音の影響の評価に用いる種々の心理学的指標を中心に、影響の諸側面について考えてみたい。

2. 刺激の検知・弁別

聴覚の実験でもっとも基礎となる指標は刺激の検知と弁別である。特に刺激のある特性のみを可変とし、他の変数は一定となるように統制された実験条件下では、比較的安定した検知閾、弁別閾が得られる。これまでの音響心理学の体系は定常音を刺激として用いた検知・弁別に関する実験によって、主として構成されてきたと言っても過言ではなからう。これらの知見は聴覚系の感受性、分解能の指標となるので、例えば機械音中の異音の検出などの問題と関連するだろう。図1は広帯域騒音をマスキングとし、純音成分(1000 Hz)をプローブ信号とした場合の検知閾(マスキング閾)の一例で、プローブとマスキングの時間位置によって、検知閾の異なることが分かる¹⁾。図2は異音成分が付加することによる音質劣化の例(自動車車内騒音中の模擬ランブル音の場合)を示す²⁾。異音成分が大きくなるにつれて、音質劣化の程度が大きくなることが分かる。

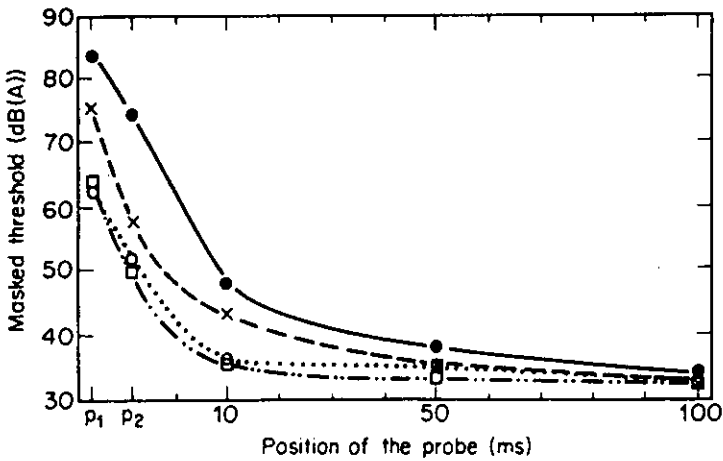
なお、近隣騒音問題などで紛争が生じた場合、たとえ問題となっている音の騒音レベルが微弱であっても、その音が検知されれば即騒音なるケースもあり、遮音対策に苦慮する場合も起こりうる。なおこの場合の検知は背景音から対象音を検出するマスキングに関する問題であるが、現実場面の音の場合、対象音、背景音とも周波数成分が複雑でかつレベル変動を伴う場合が多いので、典型的な実験室実験におけるような定常音を対象とする場合とは異なり、手法的にも工夫が必要となる。また日常場面における音環境は種々の音源から構成され、複合音源中の対象音についての検知であるので、いわゆる選択的注意の取り扱いも考慮に入れる必要がある。図3は、カ



Masker fall time	t_{p1}	t_{p2}	t_{p3}	t_{p4}	t_{p5}
16	0	8	26	66	116
64	0	32	74	114	164
256	0	128	266	306	356
512	0	256	522	562	612

Probe positions in Experiment 3.

⊗ 1 - a



⊗ 1 - b

Results of Experiment 3 for Subject A. It is noticeable that there exists an auditory after-effect of the masker when the duration of the masker is short. Masker fall time:

●, 16ms; ×, 64ms; ○, 256ms; □, 512ms.

synthesized wave (10 Hz + 20 Hz)

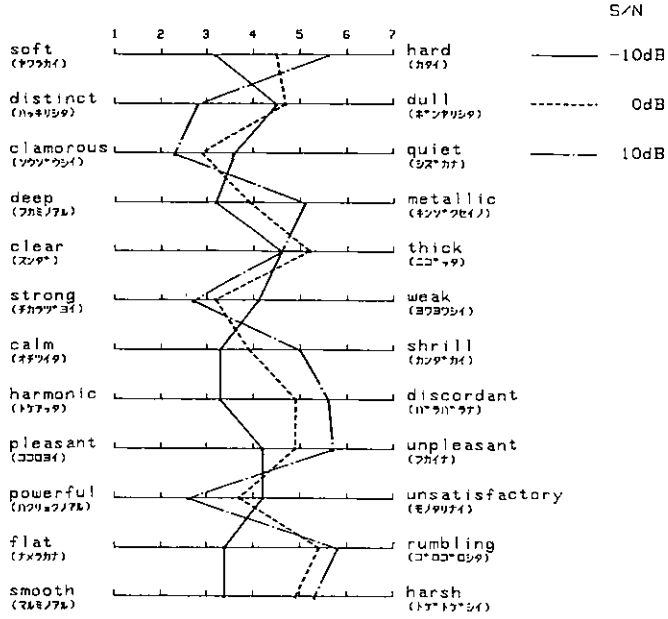


図 2

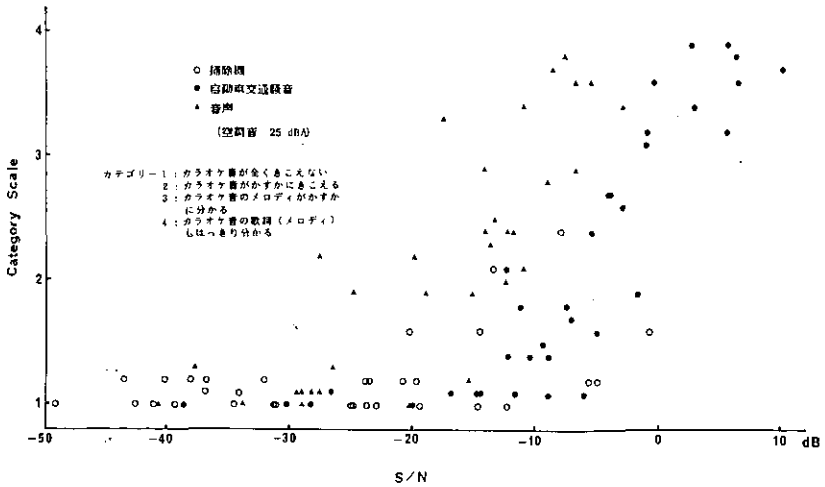


図 3

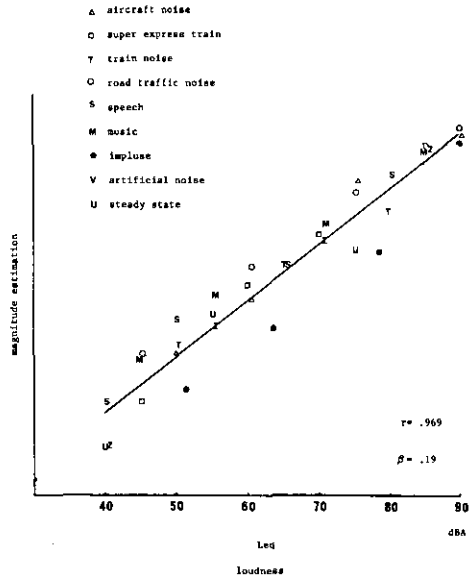
テゴリー連続判読法を用い、種々の音が時々刻々変動するなかで、カラオケ音の検知閾を求めたもので、カラオケ騒音のような有意味音の場合にはマイナスの S/N でも検知されうることを示す。

3. 尺度構成

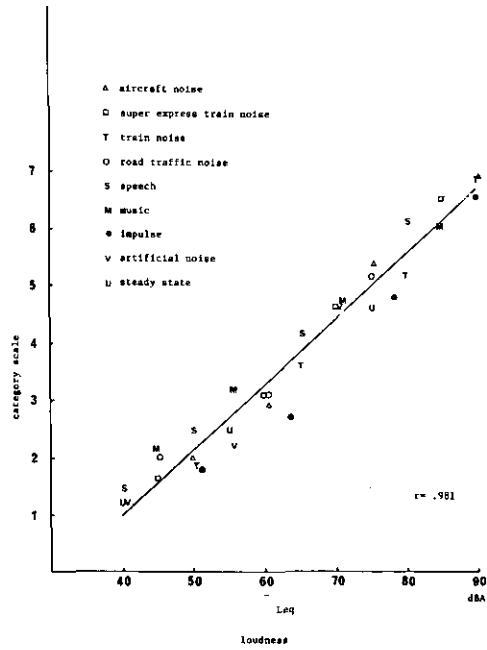
検知の場合は対象となっている音が聞こえるか否かが問題となるのであって、その程度が問題となっているわけではない。この意味で検知の判断は名義尺度上のものと言える。一方、道路交通騒音などの場合はそのレベルが低い場合はあまり問題とならず、レベルが上がるに従って問題が深刻化するケースが多い。この場合、物理量の変化とそれに伴う感覚量の変化との間に何らかの関数関係が見出されていれば、物理量を測定することで感覚量が予測できることになる。これは感覚尺度構成に関するテーマで、まず感覚量をいかなる手法で測定するかが問題となる。S.S. Stevens の提案した magnitude estimation (ME 法) は比率尺度 (power function) を構成できるすぐれた方法であるが、果してこの ME 法でえられた尺度が、確かに感覚量の上でも 2 倍、10 倍といった比率関係を示しているかを巡って多くの議論がある。L.E. Marks³⁾ の提案する sensoryphysics では、むしろ単純に同一数字は同じ感覚量を示すとして、ME 法で得られた数判断から主観的等価点を求める (同じ数字で判断された刺激は主観的に等価とみなす) 方法を示唆している。しかし、この方法について、最近 Marks⁴⁾ 自身が刺激文脈によって、得られるべき関数が異なり、同一数字が必ずしも同じ感覚量とみなせないデータのあることを明かにして、この sensoryphysics の適用にも限定条件のあることを示している。また音の大きさの場合、音圧レベルと大きさの間にべき法則が成立するのか、対数法則が成立するののかについても議論がある。図 4 に示すように、現実音 (道路交通騒音、鉄道騒音、航空機騒音など) に ME 法を適用した場合にはべき法則が、図 5 に示すようにカテゴリー尺度法を適用した場合には対数法則が成立し、用いた方法によって、得られる法則が異なる⁵⁾。従って、このような精神物理学的関数に関する議論を避けて、ME 法で得られた数判断から主観的等価点を求めればよいが、それには Marks の指摘する問題点がある。しかし、彼も示唆するように、刺激の変化範囲を音源毎に揃えておくと、刺激文脈の影響は減少する。図 6 は ME 法より主観的等価点を求めた例⁶⁾、図 7 は調整法によって直接、主観的等価点を求めたデータである⁵⁾。刺激の種類はいろいろだが、刺激の変化範囲はほぼ 50 dB 前後でそろっている。このような条件下では図 6 と図 7 に示すように、両者の傾向は大筋で一致し、ME 法から主観的等価点を求めることの妥当性が分かる。ちなみに同じデータを得るのに、調整法は ME 法の数十倍の時間を要する。

4. 騒音評価法について

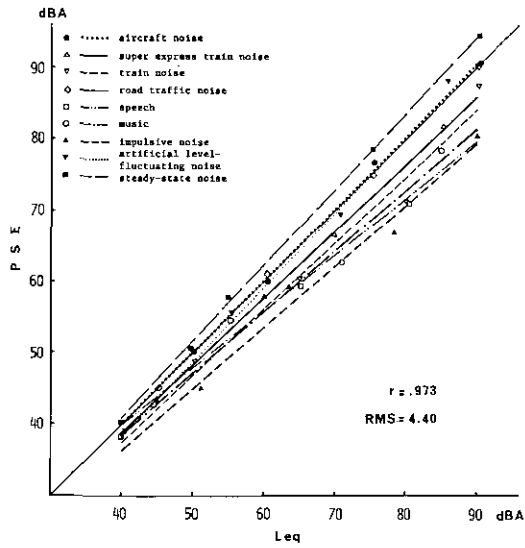
図 4～6 に示した刺激はレベル変動音でその代表値として L_{eq} が用いられている。レベル変動する音の代表値として従来より L_{50} が用いられているが、聴覚との対応のよさという観点から



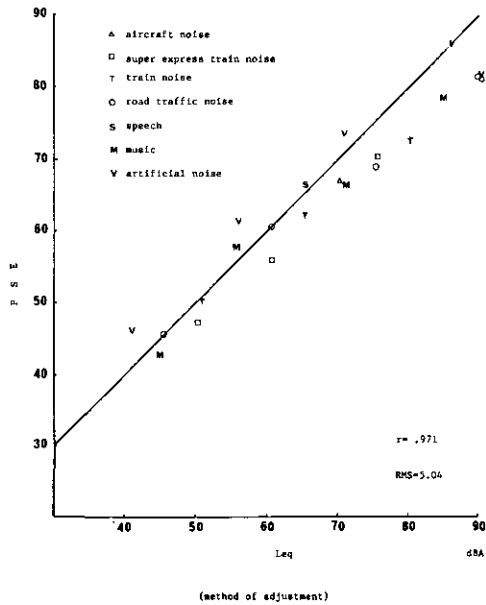
☒ 4



☒ 5



☒ 6



☒ 7

も、物理的にエネルギーは基本的な量である、という意味でも L_{eq} の方が L_{50} より優れている。ただし、 L_{eq} は周波数に関して聴感補正されているといっても、あくまで物理的測定に基づく量であり、騒音に関する主観量を考慮したものではない。最近、兜⁷⁾ は騒音不快指数として、種々の生活騒音のうるささについて、説明変数に単に L_{eq} のみでなく音に対する好き嫌いスコア、および音の種類を共変数として、説明率が単に L_{eq} のみの場合の44%から70%に上昇することを示している。なお、大きさの場合は L_{eq} との対応がよく、音源間の差異もあまり多くない。騒音評価量は単に物理的測定に基づく指標か、あるいは種々の心理的、社会的要因も考慮に入れたものか、今後議論が必要であろう。

5. 属性の問題

刺激に同じ音源を用いても、判断の аспек트가異なると、同じ実験結果は得られない。音感の属性として、高さ、大きさ、音色の3属性があるが、大きさと高さの区別は比較的容易としても、音色の定義をめぐっては多くの議論がある。さらに騒音の心理的影響の指標である、大きさ、やかましさ、うるささの定義となるとさらに多くの議論があり、まだ統一した結論に到っていない。この議論については、筆者が2度にわたり、日本音響学会誌^{8), 9)} において紹介したので、重複は避けるが、兜が示したように大きさとうるささとは、 L_{eq} との間に異なる傾向がえられる。桑野他¹⁰⁾ は西独と日本において上記36音源を用い、loudness、noisiness、annoyance 判断をME法により求めた。図8-13に示すように、やはりうるささ判断のとき L_{eq} との対応関係が音源によって異なることが分かる。また日本とドイツの間でも傾向が異なる。ところが、変動パターンは現実音と同じだが、搬送波にピンクノイズを用いた人工的変動音の場合、図14-19に示すように、loudness、noisiness、annoyance の間に相違が少なく、また日・独の間の差も少ない。このように、人工音の場合には心理的、社会的要因の影響は少ないが、現実音のうるささ判断の場合にはこれら諸要因を無視できないことを示唆している。ただうるささに関しては、現実場面の影響が大きいだけに、実験室でどこまでうるささを支配する要因の解明に迫れるか今後の課題であろう。

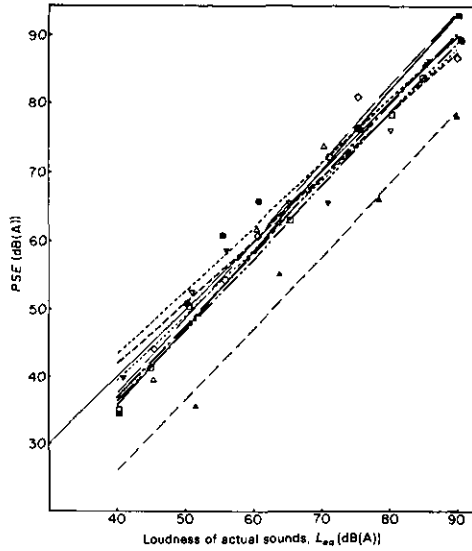


図8 Relation between L_{Aeq} and loudness of actual sounds judged by Japanese subjects.
 ●---, Aircraft noise; \triangle —, super express train noise; ∇ ---, train noise;
 \diamond —, road traffic noise; \square ---, speech; \circ ---, music; \blacktriangle ---, impulsive noise;
 \blacktriangledown ---, artificial level-fluctuating noise; \blacksquare —, steady state noise.

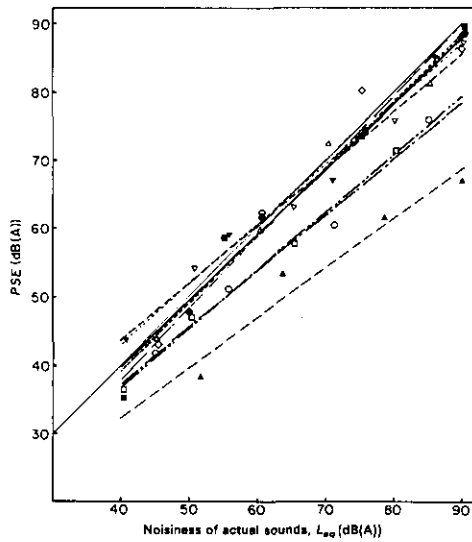
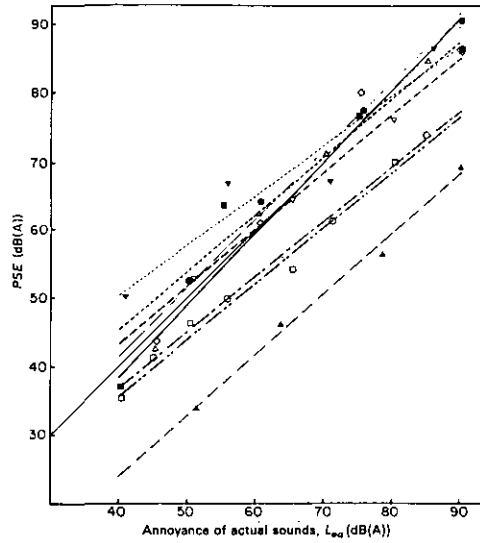
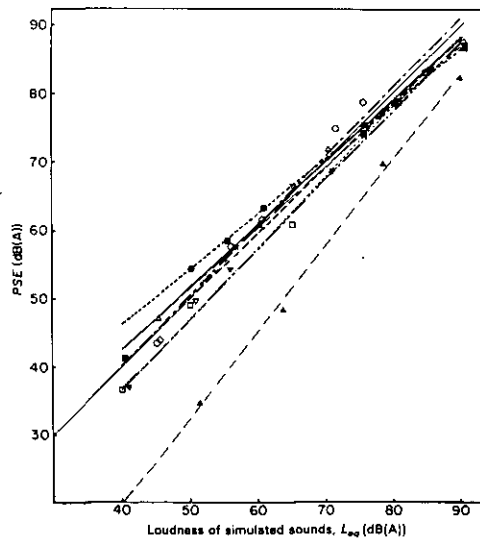


図9 Relation between L_{Aeq} and noisiness of actual sounds judged by Japanese subjects.



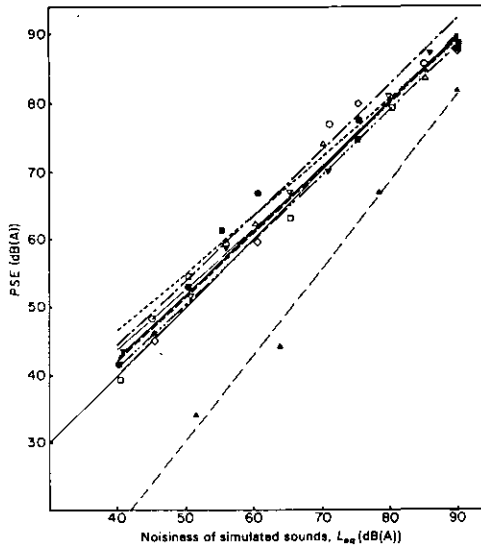
☒10

Relation between L_{Aeq} and annoyance of actual sounds judged by Japanese subjects.



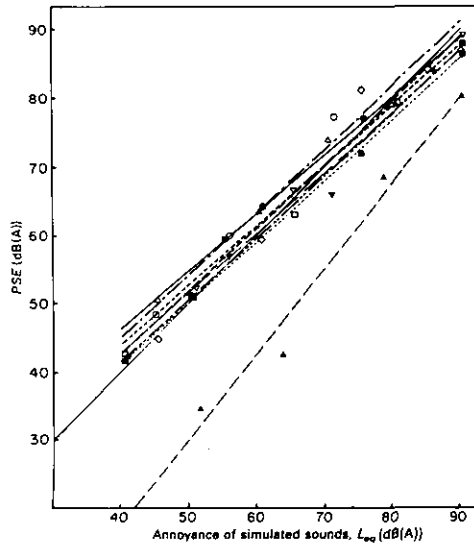
☒11

Relation between L_{Aeq} and loudness of simulated sounds judged by Japanese subjects.



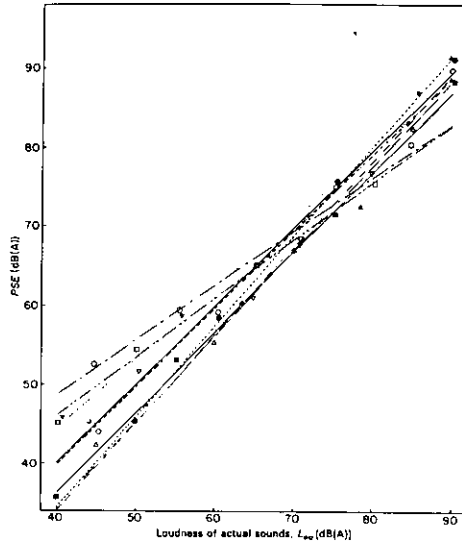
☒12

Relation between L_{Aeq} and noisiness of simulated sounds judged by Japanese subjects.



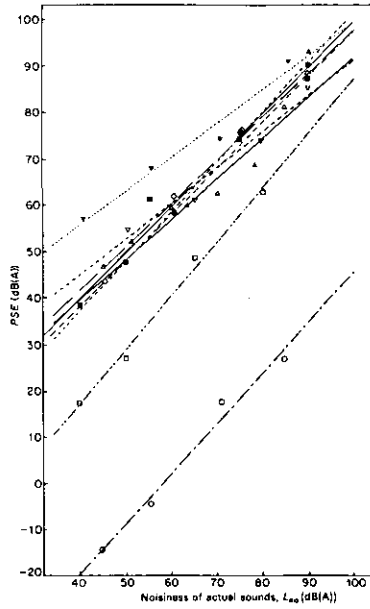
☒13

Relation between L_{Aeq} and annoyance of simulated sounds judged by Japanese subjects.



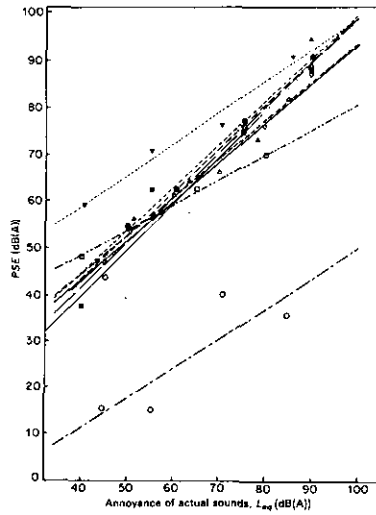
☒14

Relation between L_{Aeq} and loudness of actual sounds judged by German subjects. $r=0.980$; $RMS=3.36$.



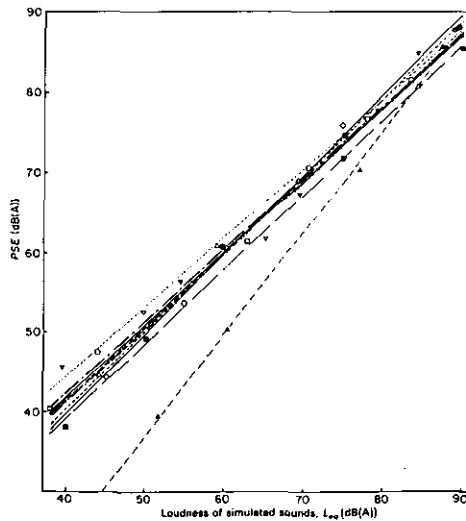
☒15

Relation between L_{Aeq} and noisiness of actual sounds judged by German subjects. $r=0.665$; $RMS=20.75$.



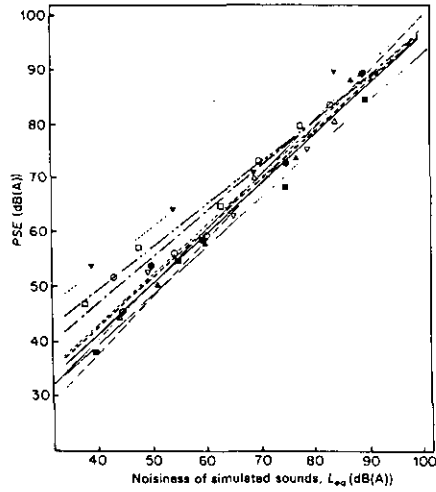
☒16

Relation between L_{Aeq} and annoyance of actual sounds judged by German subjects. $r=0.723$; $RMS=13.76$.



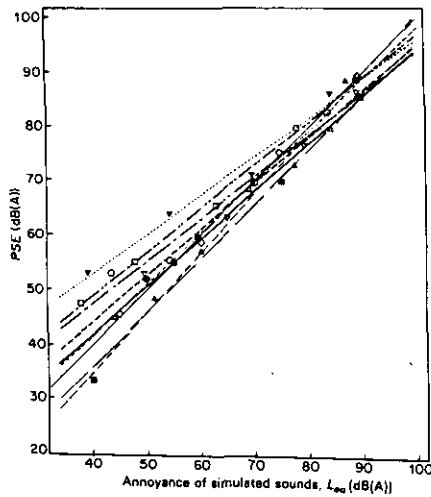
☒17

Relation between L_{Aeq} and loudness of simulated sounds judged by German subjects. $r=0.978$; $RMS=3.51$.



☒18

Relation between L_{Aeq} and noisiness of simulated sounds judged by German subjects. $r=0.964$; $RMS=4.58$.



☒19

Relation between L_{Aeq} and annoyance of simulated sounds judged by German subjects. $r=0.965$; $RMS=4.46$.

引用文献

- 1) S. Namba, T. Hashimoto and C.G. Rice, "The loudness of decaying impulsive sounds", *J. Sound Vib.*, 116, 491-507 (1987).
- 2) 橋本竹夫、桑野園子、難波精一郎, "定常音の上にAM音を付加した時の音質の評価について-自動車ランブル音に関連して-", 日本音響学会騒音研究会資料, N88-07-01, 1-10 (1988).
- 3) L.E. Marks, *Sensory process, the New Psychophysics*. (Academic Press New York, 1974).
- 4) L.E. Marks, "Magnitude estimation and sensory matching", *Perception & Psychophysics*, 43, 511-525 (1988).
- 5) S. Namba and S. Kuwano, "The loudness of non-steady state sounds. - Is ratio scale applicable? -", *Conference on Ratio Scaling of Psychological Magnitude*, (1989).
- 6) 難波精一郎、桑野園子, "種々の変動音の評価法としての Leq の妥当性、並びにその適用範囲の検討", *日本音響学会誌*, 38, 774-785 (1982).
- 7) 兜真徳, "生活騒音によるうるささの変動要因と数量化-不快(あるいは快適)指数の可能性-", *医学のあゆみ*, 152, 50 (1990).
- 8) S. Namba, "On the psychological measurement of loudness, noisiness and annoyance: A review", *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)*, 8, 211-222 (1987).
- 9) 難波精一郎, "ノイジネス・アノイアンスについて", *日本音響学会誌*, 44, 775-780 (1988).
- 10) S. Kuwano, S. Namba and H. Fastl, "On the judgment of loudness, noisiness, and annoyance with actual and artificial noises", *J. Sound Vib.*, 127, 457-465 (1988).

Ⅳ - 2 騒音の生理的影響に関する実験研究

兜 真 徳

国立公害研究所環境保健部

騒音の心理・生理的影響については、その物理量としての量-反応・影響関係を整理すべく数多くの実験あるいは疫学的研究が行われてきた。そのうち、生理的影響としては、特に神経・内分泌系の急性反応（即ち、交感神経系緊張反応あるいはストレス反応に関わる神経・内分泌系機能こう進）としての特徴が指摘されている。慢性的影響としては、動物実験において長期騒音暴露による高血圧の発生などが確認されているなど、いわゆる心身症のカテゴリーに入る疾患発生への影響が示唆されてきた。

しかし、これら生理的影響は個人差がきわめて大きい。急性反応のうち交感神経機能への影響を反映する心拍数の増加、末梢血流量の変化、皮膚電気抵抗の変化、呼吸の変化などを見ても、ある人では心拍数が大きく反応するのに、末梢血流の変化が殆ど見られないが、他の人ではその逆であるなどの大きな差異が認められる。これらは、生理反応における“heterogeneity”とよべる現象である。また、生理反応には、馴れ“habituation”の現象があるが、睡眠中の生理反応あるいは分裂病の患者では、こうした馴れは全く見られないとされている。これらの事実は、脳内における覚醒時のみ作動する防御機構の存在と、分裂病など病態時ではその機能が障害されていることを示している。

我々の生理的影響に関する実験研究においては、これら個人差、すなわち個人の感受性の差異に焦点を当てている。その1つが、末梢血流量の変化を示す指尖容積脈波の反応（AEPGR）に関する一連の研究である。

実験は、防音室内で、標準騒音であるホワイト・ノイズ（呈示3秒間を5回、ただし、間隔はランダム）をスピーカで再生し、被験者に座位にて聴かせ、同時に指尖脈波をモニターした。脈波の反応（AEPGR）は、刺激音前、後3秒間隔を10個までを対象とし、各3秒間隔にはいる振幅の平均値をその間隔の代表値とし、刺激音後の振幅の刺激前の振幅に対するパーセントで表現した。

実験1では、指尖脈波の振幅収縮反応と刺激音とのレベル・反応関係を整理するために、若年男子18名、女子17名、計35名を対象とした実験である。図1は、男女別の平均AEPGRを示しているが、音のレベルを L_{eq} で50、70および90と変化させた場合には、刺激後3-9秒での収縮を中心としてその収縮率が大きくなる様子が明らかである。また、同傾向には男女差はみられない。図2には、この結果を、横軸に刺激音レベル、縦軸に相対振幅率として図示した。図は、レベル50の時の収縮より、70、90では、有意に収縮が大きいことを示している。ただし、同対象者の結果には個人差が認められたので、最大収縮率により、0.7以下、0.7-0.9、0.9以上に3グルー

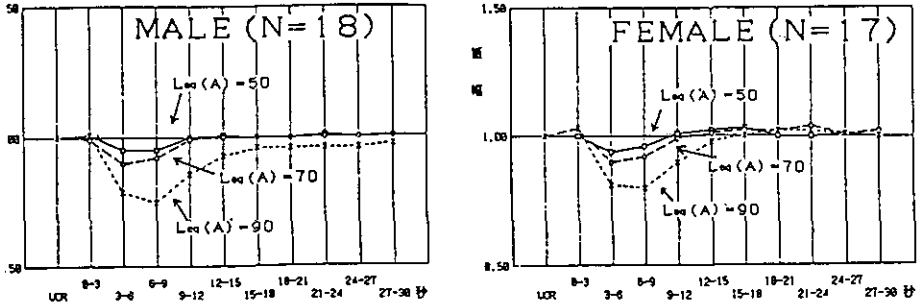


図 1

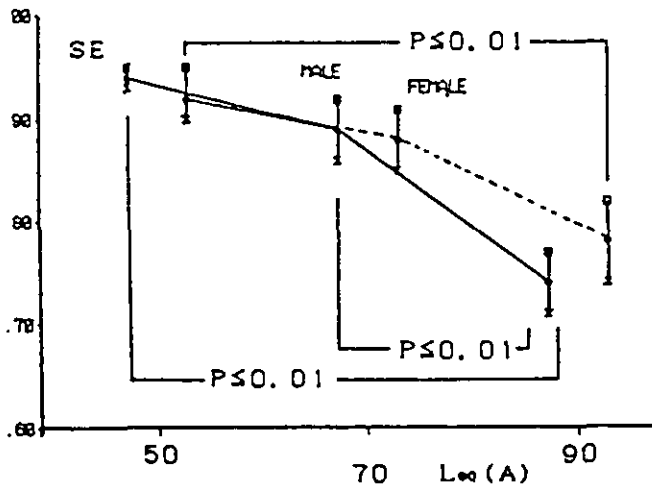


図 2

ブに分けて頻度を見たのが表 1 である。

以上の反応の個人差は、AEPGR が発生する主たる機序である脳・交感神経系の反応性の個人差を反映しているものと考えられ、個人の生理反応指標としての有用性を示唆している。しかし、AEPGR は、特に高齢者では、動脈硬化あるいは高血圧などの循環機能の変化を受けることが予想される。また、AEPGR が交感神経系の反応性を示すとすれば、交感神経系機能のレスタイング・レベルの状態（例えば、交感神経緊張、自立神経失調など）による反応性の変動も予想されるところである。

実験 2 では、従って、これらの点について、高齢者を含めて基礎的検討を行った。対象は、若年男女各 40 名、計 80 名（18-28 才）、高齢者男子 17 名、女子 18 名、計 35 名（60-83 才）である。

表1

	male	female	total
R±	3	5	8 (22.9%)
R+	8	6	14 (40.0%)
R++	7	6	13 (37.1%)
total	18	17	35 (100.0%)

R± ; 0.9 ≤, R+ ; 0.7 ≤ < 0.9, R++ ; > 0.7

交感神経機能のレスティング・レベルを調べるため、実験当日の早朝尿を採取し、同カテコールアミン（ノルエピネフリン（NE）、エピネフリン（EPI）、ドーパミン（DOPA）を測定した（測定法等省略）。また、循環器機能については心電図および眼底検査を行い同所見より異常所見者をカテゴライズした。得られた結果から、カテコールアミンを従属変数、年齢、性、心電図所見（有所見者の大半は、高血圧による左心室肥大）、AEPGR（3カテゴリー別）を説明変数とした重回帰分析を行ったのが表2である。同表は、心電図有所見者ではDOPAが、また、AEPGR低反応者ではNE有意に高値であることを示している。ここで、心電図有所見者を除いて、AEPGRの反応性別のカテコールアミン・レベルをみると、表3の結果であった。ここで、AEPGR、0.9以上のカテゴリーを0.9-1.0と1.0以上に分けて、同様の検討を行ったのが表4である。表4はAEPGRが1.0以上、すなわち、音刺激に対して脈波振幅が（通常とは反対に）大きくなるタイプの人では、交感神経系のレスティング・レベルが有意に高い傾向にあることを示している。

AEPGRに見られる個人差について、以上のような基礎的な知見が得られている。さらに、音刺激に対する心理的感受性が高いとされる神経症の患者についての検討を進めるほか、これら生理的な反応と心理的感受性（うるささの個人差）との関連などについて検討中である。

表2

変数	NE	EPI	DOPA
年齢			
20才代	0.149	0.034	-0.033
60	0.127	0.074	-0.304
70	0.323	0.074	1.204
80***	0.000	0.000	0.000
性			
男	-0.003	-0.014	1.179
女	0.000	0.000	0.000

ECG所見				
無	-0.451	0.095	4.845	*
有***	0.000	0.000	0.000	
血圧 ¹⁾				
正常	-0.082	-0.019	-0.266	
境界領域***	0.000	0.000	0.000	
AEPGR ²⁾				
I	0.423	* 0.041	0.468	
II	-0.051	-0.005	-0.689	
III***	0.000	0.000	0.000	
Intercept	1.416	0.018	10.074	*
	R 2 =0.167	R 2 =0.197	R 2 =0.093	

* ; $P \leq 0.05$

*** ; reference category

1) 血圧はWHOの分類による。

2) AEPGR ; I : $0.9 \leq \text{AEPGR}$, II : $0.75 \leq \text{AEPGR} < 0.9$, III : $\text{AEPGR} < 0.75$

表3

AEPGRのカテゴリー	NE($\mu\text{g}/\text{hr}$)	EPI($\mu\text{g}/\text{hr}$)	DOPA($\mu\text{g}/\text{hr}$)
(1) $0.9 \leq \text{AEPGR}$	1.48 ± 0.18	0.12 ± 0.03	6.90 ± 0.82
(2) $0.75 \leq \text{AEPGR} < 0.9$	1.03 ± 0.18	0.06 ± 0.03	5.00 ± 0.81
(3) $\text{AEPGR} < 0.75$	1.05 ± 0.18	0.08 ± 0.03	0.04 ± 0.79

* ; $P \leq 0.05$

(1) 年齢, 性, 血圧を調整した平均値

(2) ECG有所見者8名を除く。

表4

AEPGRのカテゴリー	NE($\mu\text{g}/\text{hr}$)	EPI($\mu\text{g}/\text{hr}$)	DOPA($\mu\text{g}/\text{hr}$)
(1) $1.0 \leq \text{AEPGR}$	1.84 ± 0.27	0.18 ± 0.04	8.10 ± 1.26
(2) $0.9 \leq \text{AEPGR} < 1.0$	1.26 ± 0.21	0.08 ± 0.03	6.19 ± 0.97
(3) $0.75 \leq \text{AEPGR} < 0.9$	1.05 ± 0.18	0.07 ± 0.03	5.07 ± 0.80
(4) $\text{AEPGR} < 0.75$	1.08 ± 0.18	0.08 ± 0.03	6.14 ± 0.79

* ; $P \leq 0.05$

(1) 年齢, 性, 血圧を調整した平均値

(2) ECG有所見者8名を除く。

Ⅳ-3 サウンドスケープの思想をめぐって

鳥越 けい子

サウンドスケープデザイン研究機構

1. はじめに

近年、社会のいろいろな分野で「音」に対する関心が高まり、さまざまな動きや広がりをみせている。

たとえば、民営化前後のJR東日本の動きひとつをとっても、千葉駅が発車のベルを廃止するという画期的試みを行ったかと思えば、新宿駅では昨年、従来のベルを路線ごとに異なるメロディに変えた。「サウンド・アメニティ・ベル」とも呼ばれるこの新しいベルを、皮肉にも、「音楽騒音」だとする人も少なくないという調査結果をアメニティを考える市民団体が発表している¹⁾。

このような都市空間に限らず、「音」や「音楽」はさまざまなメディアを通じ、現代社会の隅々にまで氾濫している。たとえば、今年の1月、筆者の訪れた北海道摩周湖では、展望台の横に設置された非常警報用らしいスピーカーから、ロックのような音楽が終始流されていた。音量は低いものだった。が、その音楽に気づいた後には、周囲の神秘的な風景もいっぺんに色あせたものとなってしまった。

これまできわめて限られた人々の関心事だった「音」に対し社会一般の関心が高まったこと、技術の進歩とあわせて「音」が生活のより広範な局面で利用されるようになってきたことそのものは、確かに意義深いことだ。しかしながら、これが「音への関心の高まり＝音楽／音の演出装置の導入」という単純な図式から「安易な音演出の導入」につながったり、反対に「音に関心を払うこと＝音の禁止」といったこれもまた短絡的図式によって、「騒音規制」の真の目的が問われることなく「音の規制」が一律に行われるようになったりすれば、それはかえって音の環境や文化の混乱を招くことになる。事実、特定の地域で重要な文化的価値をもった音が、音量が基準値を超えるなどの理由で「騒音」として排斥されたり、逆に樹木のざわめきやせせらぎの響きなどを楽しむべき公園で「音に気を遣った結果」BGMが流れる、といった「音」に対する「本末転倒な気配り」は例にこと欠かない。

それでは、このような状況はなぜ生まれるのであろうか。それは、世の中には、絶対的に「いい音」と「悪い音」、たとえば「音楽」と「騒音」とがあって、「騒音」を駆逐したあとを「音楽」で埋めておけばまず間違いはない、といった二元論的、要素主義的発想が、音環境一般をめぐってはまだ優勢であるからとも言えよう。たとえば、発車ベルの場合にも、従来のベルが「騒音」ならば、「音楽」であるメロディに変えればよいだろうとか、国立公園の中でも「音楽」ならば

「騒音」にはならないだろう、といった具合である。こうした状況の中では、「アメニティ」までもが「対象の構成要素によって規定される価値」のようにとらえられ、「サウンド・アメニティ＝音楽＝メロディ」といった構図ができあがってしまう。

けれども、絶対的「アメニティ・サウンド」などというものが存在しようはずはない。「音楽」もまた立派な「騒音」になることを、私たちは今では良く知っている。そもそも「アメニティ」とは、「単にひとつの性質をいうのではなく、複数の価値の相対的なカタログ（中略）…しかるべきものがしかるべき場所にあること」²⁾と定義される。つまり、同じ「スピーカーから流れる音楽」でも、それが東京の秋葉原の電気街の店頭にあった場合には「その街の経済的發展を促進する音」としてその地域の人々にとって大切な意味をもつ³⁾のに対し、摩周湖にあった場合には音量的にはいくら低いものでも、私にとっては周囲の景観の神秘性をだいなしにする言わば「文化的騒音」である。このように特定の音が「騒音」、すなわち「望ましくない音」であるか否かは、その音の物理的特質のみならず、むしろ、周囲のよりトータルな環境との整合性、その音を聞く人々や社会との関連などから決定されるのである。

したがって、ある音が「騒音」であるか否かを知るためには、成立基盤となる社会や文化の中にその音を引き戻し、そうしたコンテクストの中でその音の意味や価値を問い直す作業が必要不可欠である。また、特定の地域において何が「しかるべき音」なのかを知るためにはまず、その地域本来の音環境の全体像を「文化」レベルをも含めて把握しなければならないはずである。しかしながら、自然科学を中心とした音をめぐるこれまでの研究は、こうした領域に対して有効な方法論を打ち出していないと言えよう⁴⁾。

私たちは今、「騒音」や「音楽」といったこれまでの既成の制度を超え、「音」を人々の生活や社会の脈絡のなかでとらえる作業を初めなければならない。そして最終的には、「音」を単なる「空気の振動」としての「音響」の問題に留めず、「五感」を統合した人間の「全身感覚の思想」につなげていかなければならない。そうした一連の作業の基盤、思考の枠組を提供してくれるのが、音環境全体をひとつの「文化」としてとらえる「サウンドスケープ」という考え方である。

2. サウンドスケープとはなにか

「サウンドスケープ [soundscape]」とは、「サウンド」と「～の眺め」といった意味の接尾語「スケープ [scape]」との複合語である。視覚的な「風景＝ランドスケープ」に対して「耳でとらえた風景」、すなわち「聴覚的景観／音の風景」を意味することばである。

この「サウンドスケープ」という考え方において重要なのはまず、個々の音をそれぞれ単独に扱うのではなく、それらの組み合わせが構成する音環境全体をひとつの「景観」あるいは「風景」としてトータルにとらえることである。次に、音を物理的存在としてとらえるだけでなく、特定の社会で生活する人々がどのような音を聞き取り、それらをいかに意味づけ、価値づけているかを問題にすることである。たとえば、毎日の生活のなかで、人々がどのような音に季節のうつろ

いや朝夕のリズムを感じるのか、それぞれの地域らしさを支える音は何か、どのような響きに愛着を感じるのか…つまり、それぞれの時代や地域における音環境をひとつの「文化」としてとらえる、あるいは「音」という観点からその社会の文化をとらえようとするのが、「サウンドスケープ」の考え方の基本である。

騒音が「悪い音」であるのに対し、サウンドスケープとは「いい音」であるとか、サウンドスケープとは「快適な音をつくること」といった話しをよく聞くが、「サウンドスケープ」とはこのように、「いい音」「望ましい音環境」でもない。ましてや「音の積極的デザイン」のことでなければ、反対に「騒音反対運動」のことででもない。それ自体は、「騒音」も「音楽」も含めた私たちの音環境全体を表すまさに「中立的」概念であり、特定の社会の「音の世界」をトータルにとらえ、その生きた構造を明らかにしようとする考え方である。むしろ、特定の地域でどういふ音がなぜ、どのような場合に「望ましい」あるいは「望ましくない音／騒音」になるのか…それぞれの音をその成立基盤から問い直すための思考の枠組を提供してくれるのである。

「サウンドスケープ」という概念を、単なる「造語」としてではなく、現代における知的活動の新たなパラダイムの基礎として初めて位置づけたのは、カナダの作曲家マリー・シェーファーである。1970年代の前半を通じシェーファーは、ヴァンクーヴァーのサイモン・フレーザー大学に本部を置く「世界サウンドスケープ・プロジェクト」という組織を中心に音環境についての一連の調査研究活動を展開した。「サウンドスケープ」概念そのものも、その活動を通じ徐々に進化していったが⁵⁾、最終的には、「個人、あるいは特定の社会がどのように知覚し、理解しているかに強調点の置かれた音の環境」⁶⁾と定義されている。

こうした概念形成の背景にはさまざまなものがあるが、ここでは特に60年代の北アメリカにおいて「自然破壊」をめぐる社会問題、環境一般に対する人々の関心の高まり、いわゆる「エコロジー運動」や、マクルーハンらのコミュニケーション理論における「視覚中心の西洋近代文明に対する反省とそれに伴う聴覚文化復権の試み」といった当時の思潮が、シェーファーの「サウンドスケープの思想」形成と密接な関係にあった事実を指摘しておきたい。

さて、特定の地域の「サウンドスケープ」を問題とする場合、考慮すべきものにはさまざまなものがある。まず、構成音の種類としては、「音楽」などの人為的に創作デザインされたものばかりでなく、雨や風の音、動物の昆虫の鳴き声などの自然界の音から、人間の発する音、道具などの「物音」、機械の音など多種多様な音が含まれる。また、ラジオや電話などの音響メディアの音なども問題となってくるし、「記憶」や「イメージ」のなかの音も忘れてはならない重要な領域である。さらには、音そのもののレベルを超えて、それらの音が響く「共鳴箱」としての地形や空間の特質も問題となる。

「サウンドスケープ」という用語をこのように解釈していけば、私たち日本人にとっては、そうした考え方が「カナダで生まれた新たなコンセプト」というよりも、むしろ造園や茶道など日本の伝統文化における音の思想に通じるものであることが明らかとなる。たとえば「ししおどし」

などのわが国の伝統的な音響装置は、音環境をひとつの「風景」としてとらえる考え方を基本にしているし、「松風を聴く」という場合それはまさに「現実の音」と「イメージレベルの音」とが織り成す音の世界である。

一方、わが国の風景論にも戦前までは、音を風景の重要な要素として論じている文献が少なくない。昭和14年、今田敬一博士は当時東京風景協会から発行されていた『風景』という雑誌に、次のような書き出しで「風景と音」という文章を寄稿している。「風景は見るばかりでなく聴くべきときもある…聴く風景は見る風景に無形の雰囲気にあたえている。独歩は、秋ならば林のうちより起こる音、冬ならば林のかなたに遠く響く音に、武蔵野の心ともすべき雰囲気を汲んだ。この場合は聴くことがむしろ見ることを支配していて、こういう場合もしばしばおこっている。」⁷⁾

さらに、林学を専門とした今田博士の「森林風景」における音の描写には、極めて示唆深いものがある。「耳を傾けて聴くべき幽寂な音の雰囲気が、実はその風景にとって非常に大切なこともある。たとえば、奥山に呼ぶ何か鳥の一声二声のこだまするのを聞くと、山の霊気の益々身にせまるを覚え、また、幽谷の底にせせらぐ水の音に谷は益々深く、或はまた、しんしんという不思議な一種の低い音に、原始林の壮大さは益々圧倒的に感ぜられるようなものである。」⁸⁾ここに響く音が、単なる「空気の振動としての音響」ではないことに注目したい。「しんしんという不思議な音」とは、深山の冷気、樹々の香、山の神秘などすべてを統合したひとつのトータルな感覚である。少なくとも、約半世紀前の日本の風景論には、現在に比べ生き生きとした「耳の思考」、さらには「全身感覚の思考」とも言うべきものが働いていた。そして「音」の概念もまた、西洋近代文明の規定する「音響」を遙かに超えた、より幅の広い豊かな世界を意味していたといえよう。

このように、「音」の世界を「サウンドスケープ／音の風景」という考えかたからとらえなおすということは、西洋近代文明にとっては「視覚中心の自らの文明に対する反省とそれともなう聴覚文化復権の試み」といった意味をもつ一方、私たち日本人にとっては、「音」を風景の重要な要素としてとらえていたわが国の伝統的な風景概念の見直しにもつながるのである。

3. サウンドスケープ概念のデザイン活動における役割

以上、「サウンドスケープ」とはどのような考え方であるか、またその概念と思想が、現代の西洋と日本、それぞれにどのような基本的意味をもつかを明らかにした。次に社会における実際のデザイン活動の諸領域におけるその意義を考えてみたい。

まず第一に、特定の環境に対して音を付加、あるいは削減しようとする際、「サウンドスケープ」概念はその音の内容や機能とその場の音環境全体との関連において、さらにはその社会・文化的分脈から検討し直す契機を提供する。テレホンカード使用後の「ピーピー」という音を例にとってみよう。この音は、電話機そのものに対してデザインされた音であると同時に、駅の構内

に置いてあるのなら構内の、道路に置いてあるのならその道路の音の景観を構成するひとつの要素となっている。このように、ひとつの音が響けば、それは否応無くその場の音景観の一要素となる。このようなことは、ビジュアルな景観の場合にも言えることだが、「空気の振動」である音の場合、そうした「公共性」が他のメディアよりも一層強いというのもまた事実である。

「サウンド・デザイン／音のデザイン」というとこれまでとかく音を個別の対象としてバラバラのとらえ、それぞれが自己完結的に検討されていたと言えよう。が、実は「音」だからこそ、それをその場の社会や文化の生活を十分に考慮してその音の機能や内容を検討し位置づけていくことが必要なのである。使用後のカードに注意を喚起するというその機能のみから決定されているテレホンカードの音も、さらにそれが響く周囲のよりトータルな空間の特質などからも検討されるべきである。従来の「音のデザイン」にこのような新たな視点を与えるのが「サウンドスケープ」概念であり、そうした検討作業のための必要データを提供するのが「サウンドスケープ研究」およびその調査活動なのである。

「サウンドスケープ」概念のデザイン活動一般に対する意義としては次に、それによって音をめぐるデザイン活動の実態が、これまでの単なる「音の創造」から、地域本来の「聴覚的景観の修復／保存」にまで拡大されることがある。一般に「音のデザイン」というと「音をデザインすること」、つまり「人工的な音を創造デザインすること」を意味する。しかしながら「サウンドスケープ」という考え方を導入したとき、そこで問題にされる音には、そのように人工的につくられた音だけではなく、自然の音や人間の活動の音その他多種多様な音がある。それらの諸音によって構成されるその地域本来の音環境を実現することがデザインの目的であるという意識が確立したとき、同じ「音をめぐるデザイン活動」でもその実態はかなり異なってくる。

つまり、「サウンドスケープ」という考え方に基づいた場合には、人工的な音をつくる（プラス）ことだけでなく、たとえば自然の音を生かすため、何もしない（ゼロ）こと、音を削除する（マイナス）ことともまた立派なデザイン活動となる。音を取り去ることも、何もしないことでもクリエイティブな行為になり得ること、デザイン活動になり得るということが、サウンドスケープ概念の導入によって明らかとなるのである。この点を、これまで「デザイン活動」が一般に「モノづくり」を意味し、環境保護等の活動とはむしろ相反する行為であるとされていたことと考え合わせると、サウンドスケープというコンセプトの獲得が現代社会にとっていかに意義興味深いことであるかを理解することができる。

第三の意義は、「サウンドスケープ」という考え方が、「視覚的なもの」が中心だったこれまでのデザインの諸領域に対し、「ランドスケープ＝景観／風景」に本来含まれている「音および聴覚的要素」をより明確に認識し直す契機を提供することである。このことは特に、「サウンドスケープ・デザイン」という用語の意味するところと——この用語を名称としている私たちのグループ理念とも——深い関連がある。

「サウンドスケープ・デザイン」といった場合それは、「視覚的なもの」「形あるモノ」が中心

だったこれまでの都市計画や環境デザインなどの領域に、聴覚的な発想を取り込みながら、それぞれの地域本来の風景を修復、保存、創造していかこうとする活動の総称である。したがって、従来の「サウンド・デザイン」が「音の専門家」による「音のデザイン」であるのに対し、「サウンドスケープ・デザイン」は、「音の専門家」に留まらず、都市計画家や行政担当者などさまざまな立場の人々が「サウンドスケープ」という考え方を獲得することによって、それぞれの活動の中に聴覚的思考を導入していくことである。それは特定の環境の中に単に新たな音をつくっていくことを意味するのではなく、必ずしも「音によるデザイン」とは限らない。

つまり、「サウンドスケープ」概念によって、これまで視覚の陰に隠れて忘れられがちであった聴覚的世界が改めて意識されることによって、これまでとかく「音の専門家」のみによって「音響デザイン」によってのみ行われると考えられていた「音環境」および「サウンドスケープ」をめぐるデザイン活動が、多くの人々にとって自らの問題として浮上してくるのである。たとえば、こんな響きの聞こえる空間にしたいという発想から樹木の種類や路面の素材を決定することもできる。同様に、敷地計画、建築設計にもそうした発想を反映させることができる。このように、現代社会のより広範な領域で「音」をめぐる問題、聴覚的世界がさまざまな形で考慮されるようになることが「サウンドスケープ・デザイン」の理念であり、それを可能にするのが「サウンドスケープ」概念なのである。

したがって、「サウンドスケープ・デザイン」と言った場合、それは「サウンドスケープの直接のデザイン」を意味するのではない。それは、「サウンドスケープの考え方に基づいた」さまざまな環境設計、騒音規制、社会・環境教育などさまざまな領域にわたる諸活動に対する総称であり、それらが形成する一つの新しい「学際領域」を意味するのである。「サウンドスケープの思想」に基づくこうした活動は、特定の空間をデザイナー個人の内なるイメージで一方的に創造してしまうような従来の狭義の「デザイン活動」を意味するのではなく、最終的にはそこに生活する人々がそれぞれの地域文化を自発的に創造し得る土壌を育てることをめざすものである。

4. むすび

以上述べてきた一連の活動を展開するためには何よりもまず、ある地域や社会においてそれぞれの音がどのような意味をもって環境全体の中で機能しているかを明らかにしようとするサウンドスケープの調査研究の地道な実践が必要となる。「サウンドスケープ」概念とその思想についての基本的解説を目的とした本稿では扱うことができなかったが、われわれの組織内における研究セクションにおいても、「サウンドスケープ研究」基礎調査として既にさまざまなテーマについて自主研究、助成研究をすすめている。それらのテーマの中には、冒頭に述べた国立公園における音環境調査のように、その発展にあたって環境庁のような国家レベルの機関から何らかの協力が望まれるものも少なくない。「サウンドスケープ」の思想とその調査研究活動の必要性について、今後より広い方面で理解と協力が得られることを期待したい。

参考文献

- 1) 『Amenity』第7号、拡声器騒音を考える会、1989.
- 2) J.B. Cullingworth : Town and country planning in England and Wales, 1964.
- 3) 「神田サウンドスケープ——その歴史と現状」(トヨタ財団助成研究本報告書), 神田サウンドスケープ研究会, 1988.
- 4) この点を「アメニティ」概念や従来の騒音研究との関連において指摘し、深い考察を展開している文献には、平松幸三他:「音環境の把握と方法論との関連について」、『環境衛生工学』4巻, pp.23-40, 1990.がある。
- 5) 鳥越けい子:「サウンドスケープ概念の成立とその意義」、『音楽学』第34巻3号, pp.163-177, 1989.
- 6) B. Truax ed. : A Handbook for Acoustic Ecology, A.R.C. Publications, 1978.
- 7) 今田敬一:「風景と音」、『風景』第9巻2号, pp.12-14, 1939.
- 8) 同上文献7)による。

【平成2年5月9日編集委員会受理】

【国立公害研究所資料 F-22-'90/NIES】

第1回 交通公害シンポジウム
— 道路交通騒音 —

問い合わせ先：総合解析部 田村 正行

平成2年6月27日発行

発行 環境庁 国立公害研究所
〒305 茨城県つくば市小野川16番2

印刷 株式会社 エリート印刷
住所 茨城県牛久市柏田町3269