

# 超低周波音の実測調査について

宮本俊二 末岡伸一 上原幸雄

## 1 はじめに

最近、音によって、窓や建具などがガタツクあるいは耳・胸部への圧迫感、不快感、目まい、頭痛などの影響を受けている事例が多くなってきている。音が聞えなくても、これらの影響があらわれることがあることから、聞えない音の公害あるいは超低周波音公害と呼ばれ、新たに対処すべき問題としてクローズアップされてきている。

この問題は、かなり以前から発生していたのではあるが、部分的、断片的であったために、データの蓄積は少くかつ体系的に整備されておらず、加えて、人体への影響、測定評価の方法および防止方法についても不明の点が多い実状であった。このため、これらの諸点についての解明を図るべく、調査研究を進めることが必要とされた。

本調査は、この調査研究の一環として実施されたものであるが、まず、その第一段階として、各種の発生源についての超低周波音および低周波音の発生状況および被害状況を把握するために、実測調査を実施したので、この実測調査の概要と結果について報告する。

## 2 実測調査の概要

本調査では、まず、発生源からの音の全容をとらえ、そのなかでの超低周波音および低周波音の含まれかたおよび程度を明かにするために、測定周波数範囲を2 Hz～10 Hzとし、騒音スペクトル、音圧レベルおよび騒音レベルを測定することにしたが、測定対象とした発生源は次のとおりである。

交通機関：航空機、鉄軌道車輛、自動車

工場施設：空気圧縮機、真空ポンプ、オイルバーナ  
回転乾燥炉、混合機、電気炉

一般施設：オイルボイラ、送風機

上記の発生源のうち、航空機、鉄軌道車輛、回転乾燥

炉、オイルボイラについては、周辺住宅内において同様な測定を実施するとともに、被害状況の実状聴取を行った。

測定は、音圧計の出力をデータレコーダに収録し、のちに再生して、リアルタイムアナライザに導入し、1/3オクターブバンドレベル、音圧レベルおよび騒音レベルを讀取する方法で実施した。また、測定時には、参考として、測定者が知覚した所見を記録することとした。使用した測定機器は次のとおりである。

音圧計：測定周波数範囲2 Hz～10 KHz、測定レベル範囲30～130 dB、20 Hz～10 KHz はJIS C1505に相当。

データレコーダ：ソニー FR3515RW、5チャンネル、周波数範囲DC～10 KHz、S/N比50 dB

リアルタイムアナライザ：B & K 3347+5647、周波数範囲2 Hz～40 KHz、ダイナミックレンジ50 dB  
時定数 サインランダム、ファーストランダム、スローランダム

## 3 航空機

現用の航空機は、主としてジェット機であるが、ターボプロップ機も一部で使用されている。音の面からみると、ジェット機の音はジェット排気音、タービン・ファンなどの回転音および機体による空気力学的音に大別され、ターボプロップ機の場合にはさらにプロペラの回転音とギアボックス音<sup>1), 2)</sup>が加わるとされている。排気ジェットは低周波域に強い成分をもつ騒音スペクトルを示し、ジェット機では、排気ジェットが強大であるために、強い低周波成分を含む音を放射するとされている<sup>1), 2)</sup>。

航空機の音は、機種、離着陸、飛行経路、受音点までの距離などを要因とし、複雑であるが、この調査では、図1に示す伊丹空港周辺4ヶ所、横田基地周辺2ヶ所において測定を実施した。

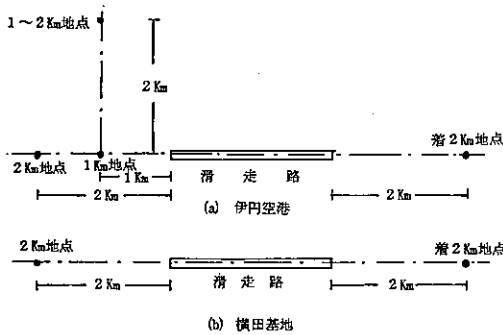


図1 測定点の配置

(1) 伊丹空港周辺

離陸時の騒音スペクトルは、図2のとおりである。滑走路延長上で滑走端から1 kmの地点（以下では1 km地点と略す）では、727, DC 8, 707および737のいずれの機種の場合も、125Hzの成分が2Hz~10kHzの全周波数範囲において卓越しており、98~102dBを示している。また、バンドレベルが80 dB以上の周波数範囲は20Hz~2kHzに及んでいる。測定時には、頭耳に音が著しく響き、胸、腹にも強い圧迫が感じられた。滑走路延長上で滑走端から2 kmの地点（以下では2 km地点と略す）では、中高周波域に強い成分を有する機種もみられるが、100~200Hzの周波数範囲で92~98 dBを示している。1 km地点に比し、低中周波域のレベルは低くなる傾向となっており、知覚の所見もやや軽度であった。滑走路延長上で滑走端から1 kmの側方2 km地点（以下では1-2 km地点と略す）では、全機種とも旋回終了後に音圧レベルが最大を示すが、この場合の騒音スペクトルは、図に示すように、全機種とも類似の形となっており、80Hzが卓越し85~93dBを示している。音は聞えるが、ほとんど感じられないもしくはわずかに感じられる程度であった。

図1に示す滑走路延長上の滑走端から2 kmの地点（以下では着2 km地点と略す）では、着陸時の騒音スペクトルを測定したが、測定結果は図3のとおりである。全機種とも、中高周波域に強い成分があり、これに比し、100 Hz以下の低周波域でのレベルは10~20 dB低くなっている。707およびDC-8の場合には、中高周波域の音によるとみられるかなり強い刺激が耳や頭などに感じられた。

2 km地点および着2 km地点において、YS 11の離着陸時の騒音スペクトルを測定したが、測定結果は図4のとおりである。離着陸いずれの場合も、プロペラ

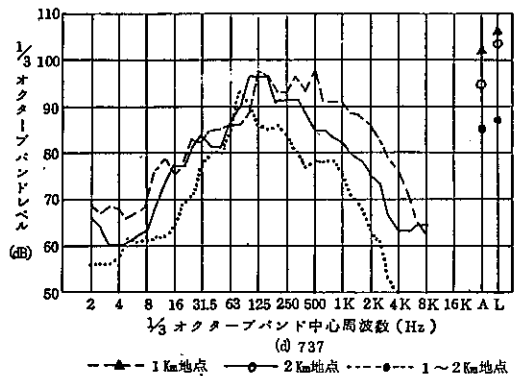
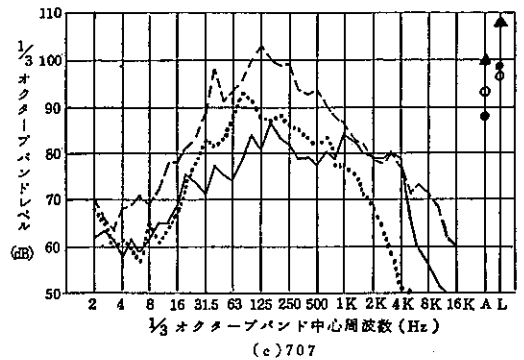
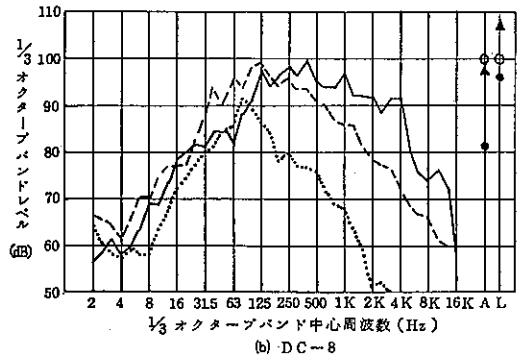
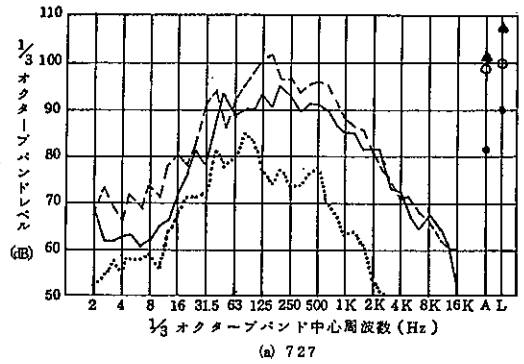


図2 離陸時の機種別騒音スペクトル

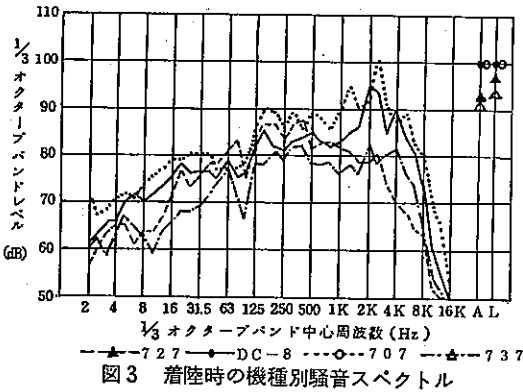


図3 着陸時の機種別騒音スペクトル

の回転に関係する調和系列とみられる純音成分が顕著にあらわれている。離陸時における160Hzが最もレベルが高く、86 dBを示しているが、それ以下の低周波域では75 dB以下のレベルとなっている。測定時には、耳を中心としてぶるんとふるわせられるようなやゝ不快な感じを受けた。

離陸の3地点および着陸の1地点の計4地点において、住宅内の騒音スペクトルを測定するとともに、居住者の反応を聴取したが、その結果はつぎのとおりである。図5-(a)は、1 km地点の木造モルタル亜鉛引鉄板葺2階建における測定結果を示したものである。全機種とも、ほぼ類似した騒音スペクトルを示している。125 Hz前後は85~90 dBで最もレベルが高く、31.5~250 Hzの周波数範囲では80 dB以上となっている。この建物は、出張社員のための工場の寮であるが、ジェット機の通過時には、窓、壁、タタミを始めてとして部屋全体が振動し、胸、腹に音が響く状態となる。図5-(b)は、2 km地点の防音工事済の木造モルタル瓦葺2階建の住宅における測定結果を示したものである。図2-(c)の屋外の結果と同様に、707は直近を旋回中であつたためレベルは低い。他の3機種はほぼ同等の騒音スペクトルを示しており、50~200 Hzの周波数範囲のレベルが他に比し高く、70~80 dBとなっている。このレベル条件で、居住者は胸や腹にやや圧迫感がある、耳鳴りがすることがある建具がややガタガタすると述べている。図5-(c)は、1~2 km地点の木造モルタル瓦葺2階建の住宅における測定結果を示したものである。図2の屋外の測定結果と同様に、80 Hzが卓越しており、72~83 dBを示している。50 Hzで73 dBを示している機種もあるが、63 Hz以下の低周波域ではバンドレベルは70 dB以下となっている。このレベル条件に、居住者はきちんと閉め

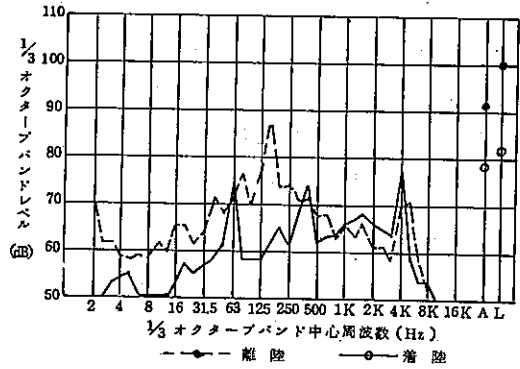


図4 YS-11の騒音スペクトル

ていない戸やアルミサッシ窓などがガタツク以外は、とくに障害はないと述べている。図5-(d)は、着2 km地点の木造モルタル瓦葺2階建の住宅における測定結果を示したものである。離陸時の騒音スペクトルが山形状であるのに対して、図3の屋外の騒音スペクトルに対応して、騒音スペクトルは平坦な状であつて、バンドレベルは65~75 dBに分布している。このレベル条件に対して、居住者は耳や胸に圧迫感がある、戸や障子がガタツクことがあるなどを述べており、付近の住宅では、瓦がずれる、建付が悪くなるなどの障害があると述べている。

#### (2) 横田基地周辺

図6および図7は、2 km地点および着2 km地点におけるC5AおよびC130の離陸時、着陸時の騒音スペクトルをそれぞれ示したものである。両機種とも、騒音スペクトルは、離陸時と着陸時には大きな差はなく、だいたいにおいて類似の分布を示している。C5Aは、高周波域に主成分があるが、離陸時には、100~200 Hzで約90 dB、31.5~80 Hzで80 dB前後となつており、低周波域にも強い成分があることを示している。測定時には、頭と耳に音が強く響きわたり、胸や腹にもかなり強く音が感じられた。C130は、ターボプロップ機であり、図4に示すYS11ほど顕著ではないが、プロペラの回転に起因する調和系列とみられる純音成分が低周波域にあらわれている。約125 Hzが最大で、84 dBを示しているが、63 Hz以下の周波数では70 dB以下となっている。YS11の場合と似た不快な感じを受けた。

#### 4 鉄軌道車輛

鉄軌道車輛による音は、車輛とレールの摩擦および衝撃、レールの継ぎ目における衝撃、これらによって誘発

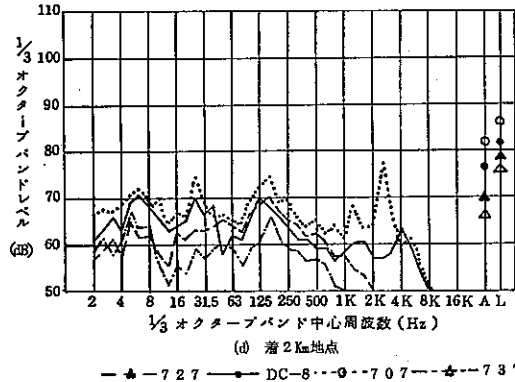
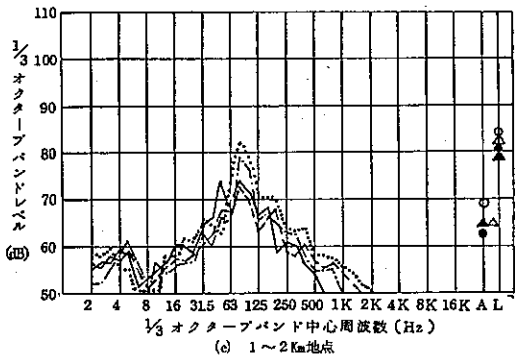
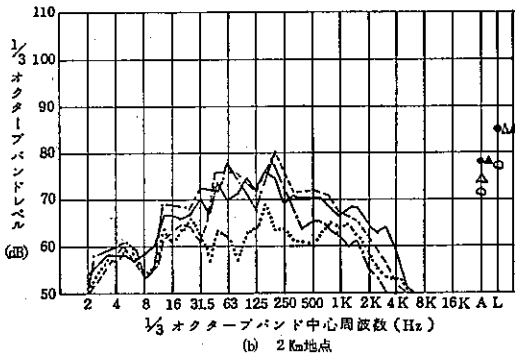
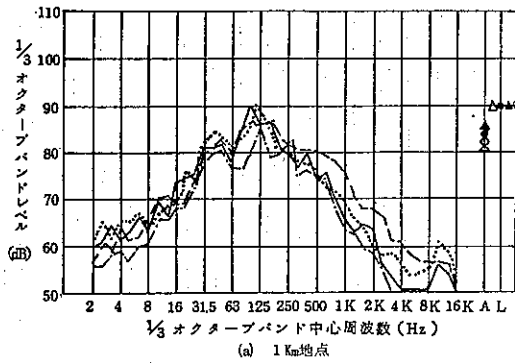


図5 住宅内の機種別騒音スペクトル

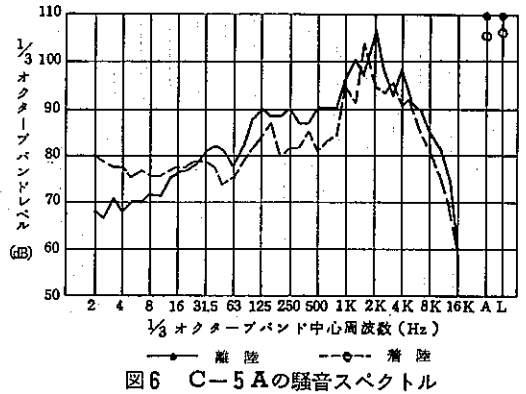


図6 C-5Aの騒音スペクトル

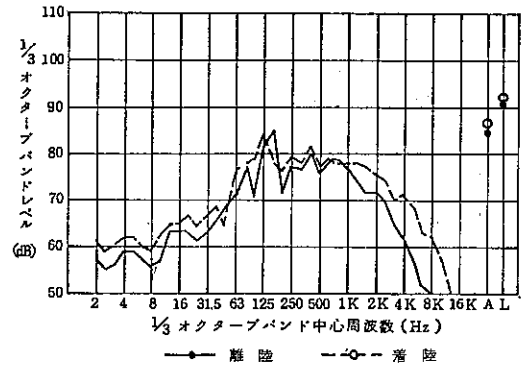


図7 C130の騒音スペクトル

される車体、車体各部および軌道構造物などの振動、架線と集電部の振動およびスパークなどが発生要因となっている。ある程度離れた受音点には、さらに、走行速度、路盤構造物の種別および距離などが関係し、これらの各部からの音が総合されて到達するが、平たんでは低周波域に主成分を有する音となることが知られている。この調査では、在来線は路盤構造物が平たんおよびコンクリート高架である場合、新幹線は路盤構造物が鋼桁高架および切取である場合のそれぞれについての騒音スペクトルの測定を実施した。

(1) 在来線鉄道

図8は、私鉄電車であるが、路盤構造物は平たん、速度約40 km/hで走行する普通電車と速度約60 km/hで走行する快速電車の線路中心から10 mの地点における騒音スペクトルを示したものである。騒音スペクトルは、快速電車が中高周波域で2~5 dB高くなっているが、ほぼ類似の形を示しており、低中周波域が主成分となっている。普通電車は63 Hzが、快速電車は50 Hzがいずれも84 dBで、他の周波数より高いレベルを示している。測定時には、いずれも上半身にはっきりと圧迫

感が感じられた。図9は、国鉄電車であるが、コンクリート高架を50km/h前後のほぼ同等の速度で走行する中距離電車と近距離電車についての高架直下および線路中心から20mの地点における騒音スペクトルを示したものである。中距離電車が近距離電車よりレベルが5~8dB高くなっているが、騒音スペクトルは類似の形をしており、低周波域に主成分があることを示している。いずれの場合も、50Hzが卓越しており、20m地点で80dB前後となっている。図10は、図8と同じ私鉄電車であるが、普通電車が速度約40km/hでコンクリート高架を走行する場合の線路中心から10mの地点における騒音スペクトルを示したものである。騒音スペクトルは、図9の国鉄電車の騒音スペクトルと類似の形をしており、低周波域に主成分があることを示している。同じ私鉄電車についての図8に示した平たんを走行する普通電車の騒音スペクトルと対比すると、卓越周波数は同じく63Hzであり、100Hz以下の周波数域のスペクトルも類似している。また、中高周波域でのスペクトルには、かなりの違いがみられるが、コンクリート高架に設置されている約1.5mの防音壁による遮蔽効果が大きく影響しているものと考えられる。

(2) 新幹線鉄道

図11は、鋼桁高架を速度約100km/hで走行する新幹線の線路中心から10mの地点における騒音スペクトルを示したものである。騒音スペクトルは、低周波域に主成分があることを示している。63Hzが92dBで、卓越しており、25~100Hzの周波数範囲でのバンドレベルは80dB以上となっている。図12は、切取区間を速度約130km/hで走行する新幹線の線路中心から10mの地点における騒音スペクトルを示したものである。騒音スペクトルは、低中周波域に主成分があることを示しているが、バンドレベルは全周波数に亘って70dB以下となっている。列車通過の直前および直後には、若干の風圧があらわれ、わずかに体感じられるが、これを定量的に明かにするまでには至らなかった。

(3) 周辺住宅内

図13は、図8の平たん区間の線路に面する木造モルタル垂鉛引鉄板葺2階建の住宅における騒音スペクトルを示したものである。10Hzおよび20Hzからいずれも74dBで、最もレベルが高く、40Hzは67dB、400Hzは68dBであるが、その他の周波数は65dB以下と

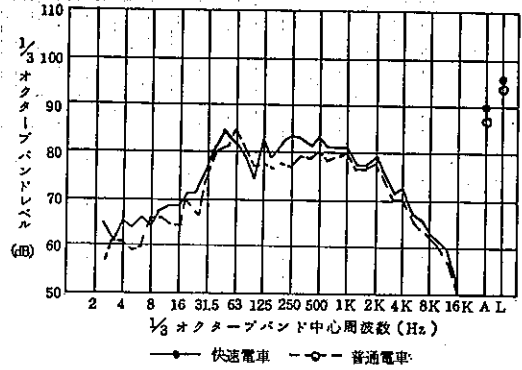
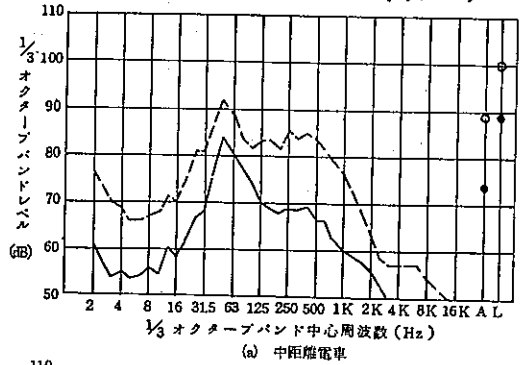
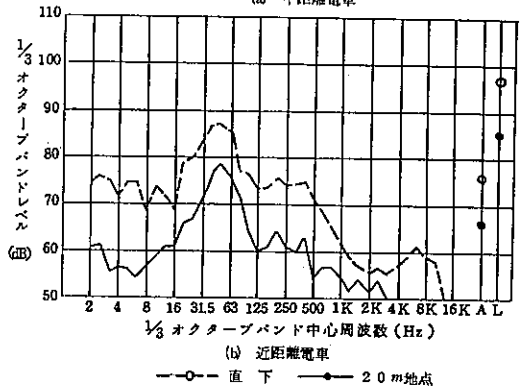


図8 私鉄電車の騒音スペクトル(平たん)



(a) 中距離電車



(b) 近距離電車

図9 国鉄電車の騒音スペクトル(コンクリート高架)

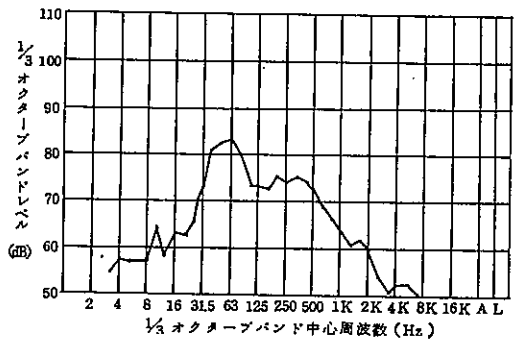


図10 私鉄電車の騒音スペクトル

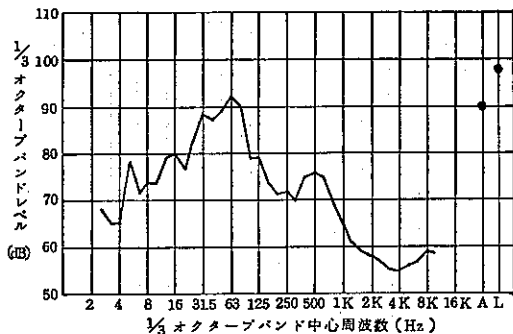


図 11 新幹線の騒音スペクトル (鋼桁高架)

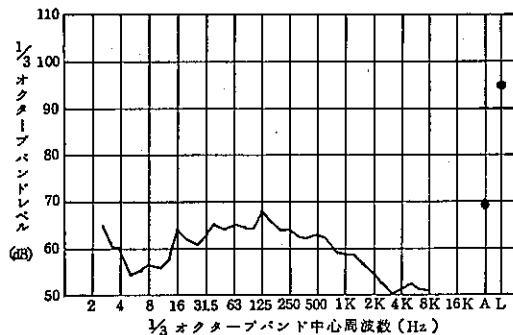


図 12 新幹線の騒音スペクトル (切取)

なっている。このレベル条件に対して、居住者は耳、胸などに圧迫感がある、戸や障子がガタツクと述べている。測定時には、木製の窓および窓枠がかなりの音をたてガタツクのがみられ、体にわずかに音を感じられた。図 14 は、図 9 のコンクリート高架に面する木造モルタル瓦葺 2 階建の住宅における騒音スペクトルを示したものである。10 Hz および 16 Hz が約 70 dB であるが、その他の周波数はいずれも 65 dB 以下となっている。このレベル条件に対して、居住者は夜間に戸、障子などがわずかにガタツクのが気になると述べている。

### 5 自動車

自動車の音は、エンジン音、排気音、ファン音およびタイヤ音に大別されるが、これらの音のうち、タイヤ音は高速走行時に無視できないレベルを示すが、通常の市街地の走行状態ではレベルが低いとされている<sup>3)</sup>。エンジン音は、エンジンの回転、回転に起因する各部の振動および燃焼により発生するが、低周波域では調和系列の高調波群があらわれかつ中高周波域にも成分を有する音とされている<sup>4), 5)</sup>。排気音は、エンジン音に比し、著しく低周波域の成分が大きく、さらに、消音器による高周波域の

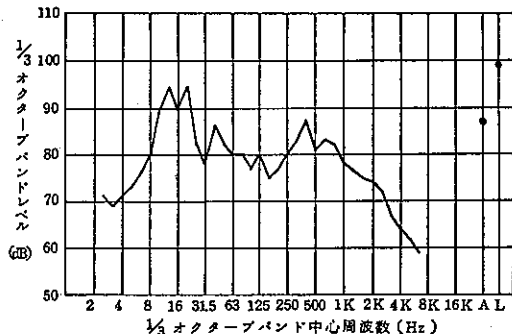


図 13 住宅内の騒音スペクトル (在来線 平たん)

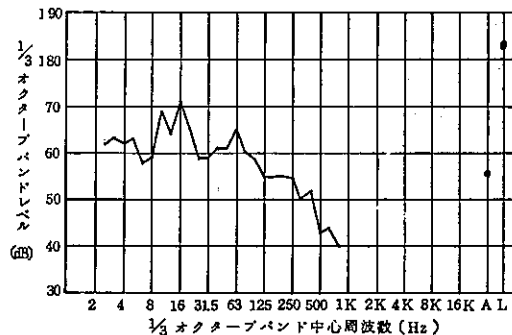


図 14 住宅内の騒音スペクトル (在来線、コンクリート高架)

減音が低周波域より大きいことも加わって、低周波域が卓越するスペクトルを示すとされている<sup>5)</sup>。実走行状態では、これらの音が走行速度、道路構造、距離などを要因として周辺へ伝搬するが、この調査では市街地道路の平たん区間を走行する自動車について、車種別に騒音スペクトルを測定した。測定位置は、自動車側方、車輛中心線から 7.5 m の位置である。

図 15 は大形トラック (10 ton)、図 16 は大形ミキサー車、図 17 はタンクローリー車 (7 ton)、図 18 は小形トラック (3 ton)、図 19 はバスの騒音スペクトルをそれぞれ示したものである。いずれの場合も、車速 30 ~ 40 km/h、加速走行時である。図 20 は、車速 40 ~ 50 km/h で定常走行する乗用車の騒音スペクトルを示したものである。どの車種の場合も、調和系列とみられる周波数にピークがあらわれている。バスを除き、40 ~ 80 Hz が卓越周波数となっており、これをピークとする山形のスペクトルを示し、低周波域に主成分を有することを示している。バンドレベルの最大は、乗用車は 73 dB であるが、他はいずれも 90 dB 前後を示している。

### 6. 工場機械等

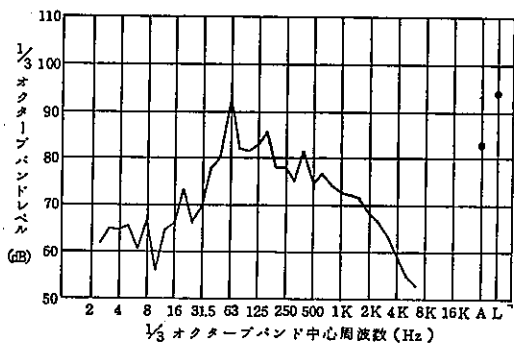


図15 大型トラック(10ton)の騒音スペクトル

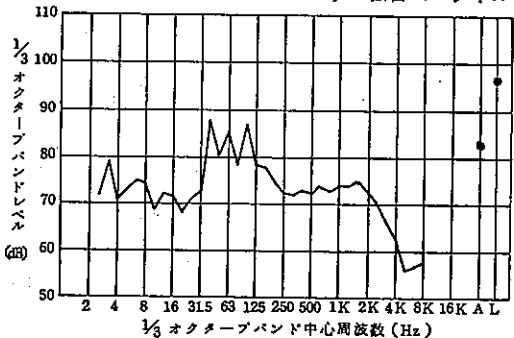


図16 大型ミキサ(7ton)の騒音スペクトル

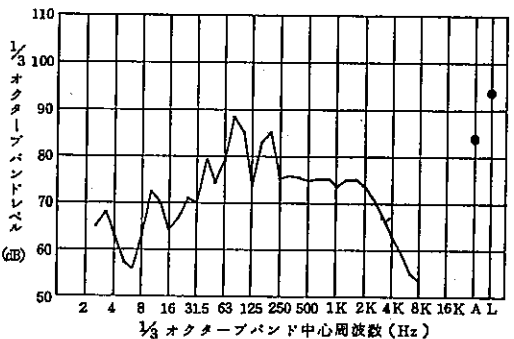


図17 タンクローリ車(7ton)の騒音スペクトル

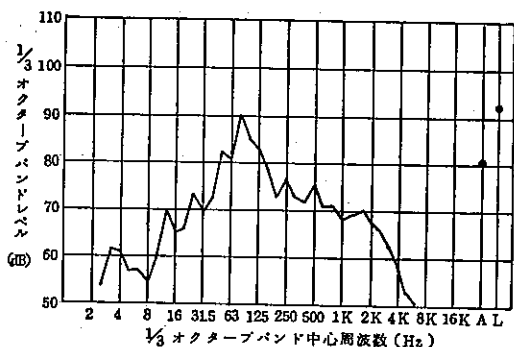


図18 小型トラック(3ton)の騒音スペクトル

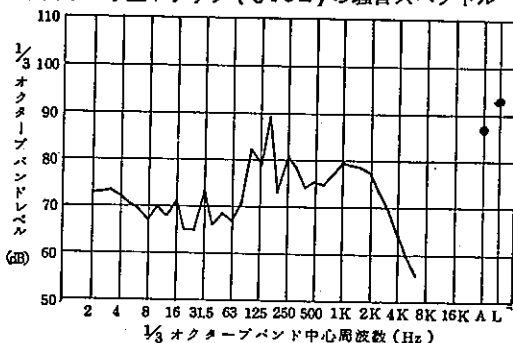


図19 バスの騒音スペクトル

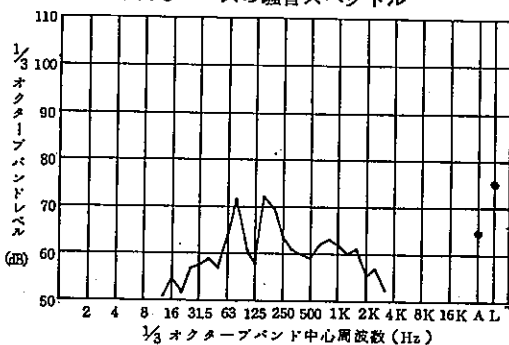


図20 乗用車の騒音スペクトル

工場機械等の中で、低周波域の音を発生する機械を発生機構により分類すると、つぎのようになる。

- (1) 往復運動、回転運動に起因するもの  
空気圧縮機、送風機、真空ポンプ、ディーゼル発電機など
- (2) 燃焼に起因するもの  
バーナ、回転乾燥炉、ボイラなど
- (3) 振動を利用するもの  
振動コンベア、振動篩など

(1)の機械では、音の周波数は機械の回転数によってきまるが、次式から求められる周波数を基本波とする調和系列の高調波群を含む音が発生するとされている。<sup>6)</sup>

$$f = \frac{R}{60} \text{ (Hz)}, \text{ 多翼送風機, ポンプ: } f = \frac{Z \cdot R}{60} \text{ (Hz)}$$

$$\text{ルーツ・プロア: } f = 4 \times \frac{R}{60} \text{ (Hz)}$$

$f$  = 基本波 (Hz),  $R$ : 回転数 (rpm),  $Z$ : 羽根の数

いま、回転数を1,200 rpm とすると、基本波  $f=20$  (Hz) となる。経験的に、第3~4次高調波までを考えるとよいとされるから、第3高調波を求めると、 $20 \times 3 = 60$  Hzとなる。超低周波域および低周波域の音を発生しやすいことを示している。

図21は、空気圧縮機(レンプロ形、電動機出力130kW、回転数580rpm、吐出圧力2kg/cm<sup>2</sup>、吸入流量45m<sup>3</sup>/h)の騒音スペクトルを示したもので

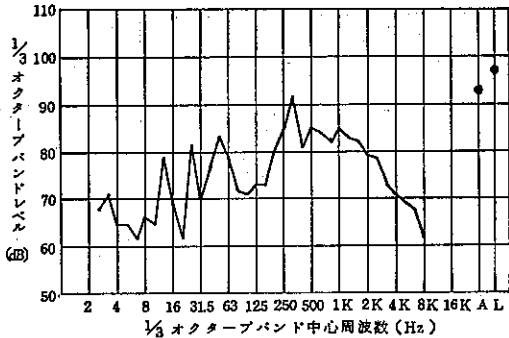


図 21 空気圧縮機の騒音スペクトル

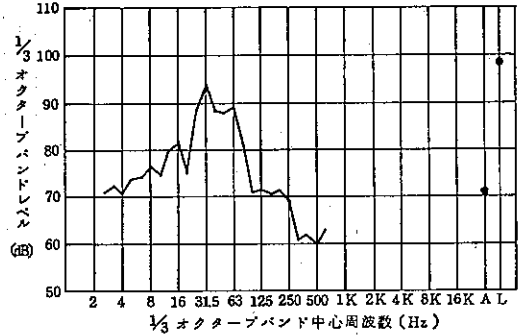


図 24 キクルバーナの騒音スペクトル

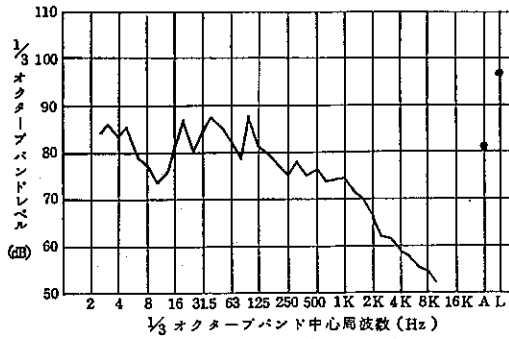


図 22 送風機の騒音スペクトル

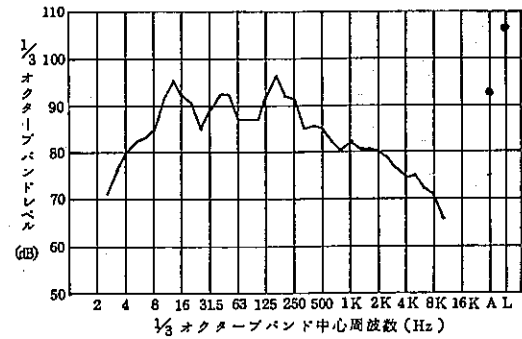


図 25 回転乾燥炉の騒音スペクトル

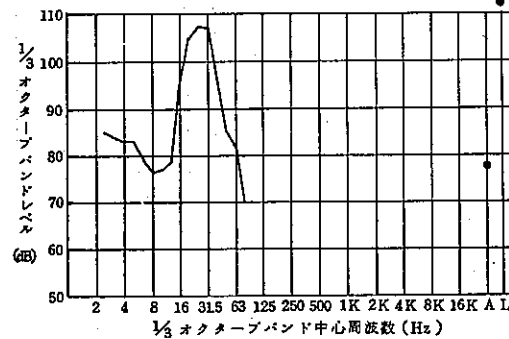


図 23 真空ポンプの騒音スペクトル

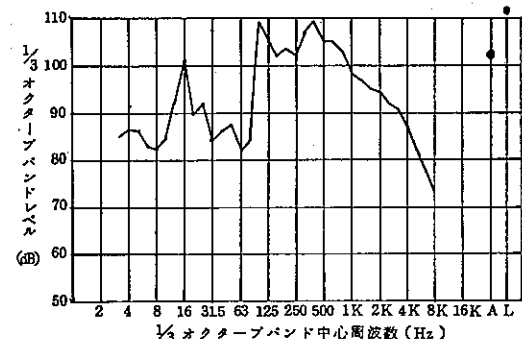


図 26 電気炉の騒音スペクトル

ある。測定位置は、室内で機械から1mの位置である。3.15Hzが92dBで卓越しており、12.5Hz、25Hz、50Hzがそれぞれ79dB、82dB、83dBとなっている。測定時に、かなり強い圧迫感を感じた。

図 22 は、送風機（空調用、空気量  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ 、回転数 1,405 rpm、電動機出力 18.5 kW）の騒音スペクトルを示したものである。測定位置は、室内で機械から1mの位置である。2.5Hz、5Hz、20Hz、46Hz、80Hzにピークがあらわれており、バンドレベルは86~88dBとなっている。

図 23 は、真空ポンプ（脱水装置用、150kW、345 rpm、最高真空度 98%、風量  $46 \text{ m}^3/\text{min}$ ）の騒音

スペクトルを示したものである。測定位置は、吐出口から8mの位置である。25Hzが108dBで卓越しているが、5Hzは83dB、20Hzは106dB、31.5Hzは107dBとなっており、それ以上の周波数成分は著しくレベルが低いことを示している。

(2)の燃焼による音は、燃焼面における気流の膨張と収縮されることによって発生するとされているが、燃焼室の共鳴によって燃焼室の寸法に比例した波長の超低周波<sup>(2), 7)</sup>および低周波域の音を発生することが多いとされている。

図 24 は、オイルバーナ（アスファルト熔解用）の騒音スペクトルを示したものである。測定位置は、バーナから1mの位置である。3.15Hzが93dBで卓越し



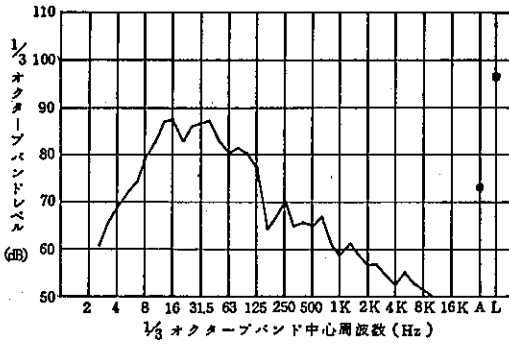


図27 暖房用ボイラの騒音スペクトル

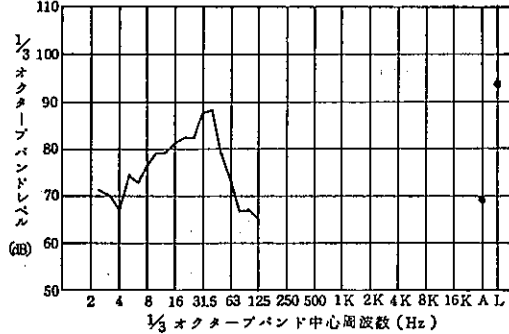
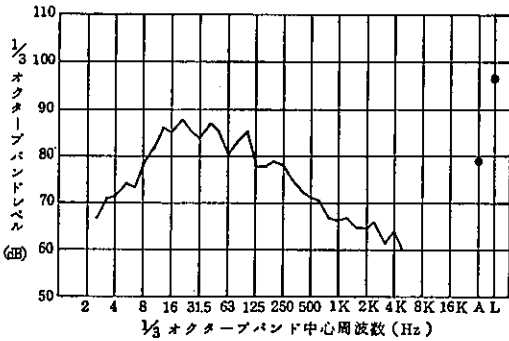


図28 暖房用ボイラの騒音スペクトル



てあり、次いで63Hzが89dB、25Hz、40Hzおよび50Hzはいずれも88dBとなっている。図25は、回転乾燥炉（燃焼消費量600l/h、回転数9rpm、乾燥能力60ton/h）の騒音スペクトルを示したものである。測定位置は、バーナの斜後方2.5mである。バーナ音、炉の回転音および炉の回転による砕石のぶつかり音などである。12.5Hzと160Hzが約96dBで、最もレベルが高く、40Hzと50Hzがいずれも93dBとなっている。測定時には、バーナ音によって耳、胸、腹にかなり強い圧迫感が感じられた。図26は、電気炉（25ton、12.000kVA）の通電時の騒音スペクトルを示したものである。100Hzと400Hzはいずれも109dBで、最も高いレベルを示し、次いで16Hzが101

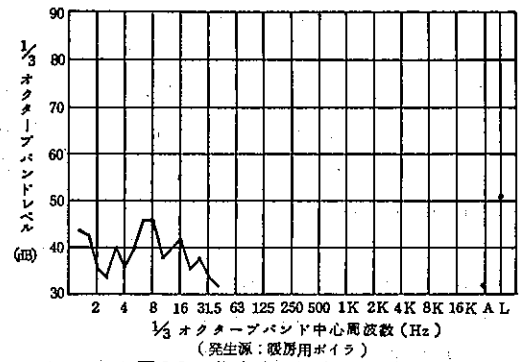


図30 住宅内の騒音スペクトル (発生源:暖房用ボイラ)

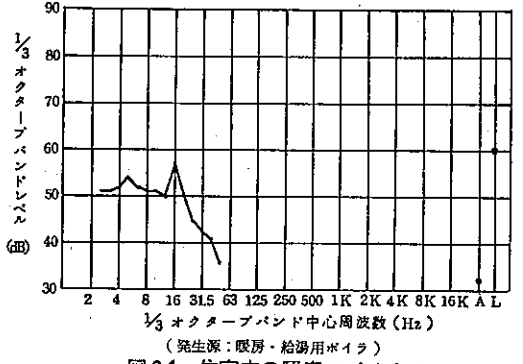


図31 住宅内の騒音スペクトル (発生源:暖房・給湯用ボイラ)

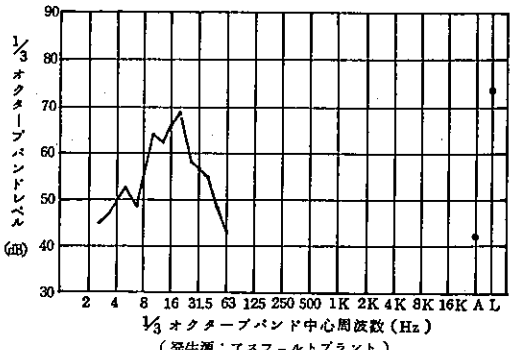


図32 住宅内の騒音スペクトル (発生源:アスファルトプラント)

dBとなっている。測定時には、体全体に著しく強い圧迫感が感じられた。図27は、家庭用暖房ボイラ（定格出力53,000kcal/h、燃料消費量8l/h）の騒音スペクトルを示したものである。測定位置は、約3.3m<sup>2</sup>のボイラー室内である。12.5Hz、16Hz、25Hz、31.5Hz、40Hzの調和系列とみられる周波数のレベルが高く、87dB前後となっており、スペクトルはほぼ山形を示している。測定時には、耳から頭にかけて強い圧迫感があつた。図28は、業務用の給湯、暖房ボイラ（燃料消費量8.4l/h）の騒音スペクトルを示したものである。測定位置は、約5.5m<sup>2</sup>のボイラー室内である。12.5

Hz, 16 Hz, 25 Hz および 40 Hz がほぼ同等で, 88 dB 前後となっており, 山形のスペクトルを示している。測定時には, 耳から頭にかけて強い圧迫感があった。図 29 は, 砕石混合機(電動機出力 37 kW, 回転数約 30 rpm)の騒音スペクトルを示したものである。測定位置は, 混合機の斜下方 1 m の位置である。混合機の回転音および回転による砕石のぶつかる音などがある。10 Hz, 20 Hz, 40 Hz および 100 Hz にピークがあらわれており, バンドレベルは 86~88 dB となっている。

図 30 は, 図 27 の家庭用暖房ボイラを設置している住宅の隣家の木造瓦葺平家の住宅における騒音スペクトルを示したものである。図に示すように, すべての周波数でバンドレベルは 46 dB 以下となっているが, この住宅の主婦は耳鳴り, 耳, 胸の圧迫感, 体がゆすられる, 目まいがするなどの影響を訴えている。図 31 は, 図 28 の業務用暖房・給湯ボイラを設置している病院の隣家の軽量鉄骨造 2 階建の住宅における騒音スペクトルを示したものである。すべての周波数でバンドレベルは 57 dB 以下となっているが, この住宅の主婦は, 耳や胸が圧迫される, 頭が痛くなる, 体がゆれるような感じがするなどを訴えている。図 32 は, アスファルトプラント周辺の約 200 m 離れた木造モルタル瓦葺 2 階建の住宅における騒音スペクトルを示したものである。20 Hz が 69 dB で卓越しているが, 10 Hz は 64 dB, 12.5 Hz は 62 dB とほぼ同等のレベルとなっており, 他の周波数はすべて 60 dB 以下を示している。このレベルに条件に対して, 居住者は戸などの建具がガタツクと訴えている。測定時には, 窓ガラスがわずかに振動しており, 半開きのドアやふすまがわずかに振動する, 家具のガラスがビリついているなどがみとめられた。

## 7 まとめ

この実測調査の結果から, 判明したことをあげると, 次のようになる。

(1) 往復・回転運動形および燃焼形の機械では, 超低周波域の成分がかなり含まれているが, 数 Hz 以下の成分が卓越する発生源は少ないものとみられる。

(2) 超低周波域に比し, 低周波域に強い成分を有する発生源は多い。

(3) 超低周波音による影響には, 窓や建具などのガタツキ, 耳や胸部などへの圧迫感, 不快感などがあるが,

これらの影響は低周波音によってもあらわれ得ると考えられる。

(4) (3)と関連して, 測定周波数範囲の上限は, 20 Hz でなく, たとえば 100 Hz のように高くすべきであろう。

(5) 騒音スペクトルと影響の関係の体系化は, 実測調査結果のみでは困難であり, 発生装置を用いた暴露実験による解明が必要である。

(6) レベルが非常に低い場合であっても, 著しい心理的, 生理的影響を訴えている事例があり, 問題のむずかしさを示唆している。

## 8 おわりに

本実測調査により, 今後の問題の解明にあたっての有益な基礎資料が得られた。人体影響, 測定評価の方法および防止方法など検討問題は多いが, 環境庁を始めとして諸機関においても, 調査研究が進められており, 今後においては, これらの成果を参考にしつつ, 残された課題の検討を進めてゆく予定である。

なお, 本実測調査は, 1976 年度および 1977 年度に実施したものである。

## 参 考 文 献

- 1) 米國運輸省: 大量輸送の発生する騒音とその軽減の可能性-第Ⅲ巻 空港/航空機システム  
航空公害防止協会航空公害調査研究シリーズ 42
- 2) 五十嵐寿一ほか: 音響と振動  
共立出版 K.K. 1968 年 10 月  
スがわずかに振動しており, 半開きのドアやふすまがわずかに振動する, 家具のガラスがビリついているなどがみとめられた。
- 3) 坂上丈寿ほか: 大形トラック・バス用タイヤのタイヤ騒音に関する研究 自動車騒音研究委員会・環境庁 1973 年 3 月
- 4) 兼重一郎: 自動車の機関騒音に関する研究 自動車騒音研究委員会・環境庁 1973 年 3 月
- 5) 守田 栄: 新版騒音と騒音防止 オーム社 1974 年 6 月
- 6) 福田基一: 騒音防止工学 日刊工業新聞社 1976 年 11 月
- 7) 西脇太一: 昭和 53 年度低周波空気振動緊急防止対策調査 環境庁