

G特性による超低周波音測定（第2報）

末岡伸一

要 旨

超低周波音の測定については、1995年の国際規格ISO 7196で、1～20Hzの超低周波音に着目したG特性が定められている。これにより、国際的な超低周波音の測定手法は、統一的なものとなっている。

このG特性による心理的影響に係る目安を、現在の各種データから検討したところ、当面は、95dB程度が適切と考えられる。

この点をふまえて、高架道路、鉄道高架、燃焼サイロにおける超低周波音をG特性により測定したところ、この95dBを越える値は記録されなかった。

キーワード：超低周波音、G特性、目安、高架道路、鉄道高架

G-Weighting Measurements of Infrasound (2)

Shinichi Sueoka

Summary

International standard ISO 7196-1995 specifies G-weighting for infrasound, whose spectrum lies within the frequency band from 1 Hz to 20 Hz. As an outcome, an internationally agreed upon technique to measure infrasound was united. As a result of our examination from the recent data to prepare a standard, which based including psychological effects, we considered 95 dB to be the most appropriate as the standard.

To test this, we measured the infrasound level using G-weighting, and found out none of the infrasound levels in the environs of an elevated road, an elevated railroad, and a combustion silo, did approach 95dB.

Keywords : Infrasound, G-weighting, standard, elevated road, elevated railroad

1 はじめに

超低周波音についての測定評価法や指針値の作成については、行政に多くの要望が寄せられている。また、苦情処理や業者指導を行なう行政機関としても、測定評価法を明確にする必要があり、対策検討のためにも統一された測定手法による事例の蓄積が求められている。

この超低周波音については、1995年に国際標準化機構の規格ISO 7196で、1～20Hzの超低周波音にのみ着目したG特性が定められ、国際的な測定手法は、統一的なものとなっている。この周波数重み特性は、10Hz以上で感度が良いようになっており、20Hzで最大の9 dBの加重を加えている。一方、我が国においては、超低周波音と低い周波数の可聴音を同時に評価することが従来か

ら行われてきた。しかし、超低周波音と可聴音を同時に評価する根拠がはっきりしないこと、ISO規格と異なる評価は国際的に好ましくないこと、などからG特性による測定が望ましいと言える。

筆者は、このG特性により環境中の超低周波音の実態調査を行っており、前報に続き交通施設等からの超低周波音の測定を行ったので報告する。また、この超低周波音に対する評価指針は、定められていないが、その指針値検討において必要な事項について、若干の整理を行ったので合わせて報告する。

2 超低周波音の調査結果

(1) 調査方法

測定に使用した機器等は、下記のとおりである。

- ①超低周波音計 リオン(株)製 NA-94 型
周波数重み特性としてはG特性を使用し、時間重み特性は1秒を使用した。
- ②レベル処理器 リオン(株)製 SV-76 型
等価超低周波音レベル (L_{Geq}) の算出に利用し、超低周波音計の出力を100msでサンプリングした。また、最大値 (L_{GMAX}) は、サンプリング最大値もしくはレベルレコーダの波形記録から読み取った。
- ③測定は、測定対象が見渡せる場所で、マイクロホン高さ1.2mで行った。気象条件としては、風の弱い日時を選んで実施した。
- ④測定は、 L_{Geq} 又は L_{GMAX} を測定項目とし、オールパスが最大時の1/3オクターブ周波数分析も合わせて実施した。

(2) 合材サイロの超低周波音

燃焼炉からの超低周波音の例として、合材サイロからの超低周波音の測定を行った。測定対象は、図1に示すとおり3方向を道路に囲まれた施設で、かなり頻繁にダンプ等の出入りがあった。測定は、車両の出入りのない時間をねらって、距離別に1分間の L_{Geq} を十数回繰り返して測定し、パワー平均した。

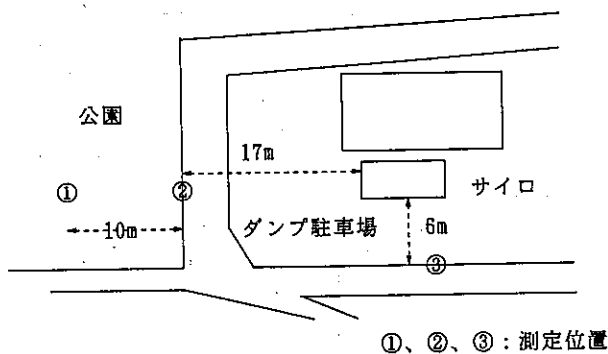


図1 合材サイロの測定位置 (平面図)

測定結果は、表1に示したが、変動が小さく定常な音とみなせ、サイロ近くの6m地点での L_{Geq} は93dBであった。また、図2に示すとおり、中心周波数は、16Hzとなっており、3地点のいずれも85dB前後の値であった。この結果から、施設のごく近くでないかぎり、大きな値にはならないと思われる。

(3) 平面道路からの超低周波音

平面道路の自動車走行に伴う超低周波音を調査するた

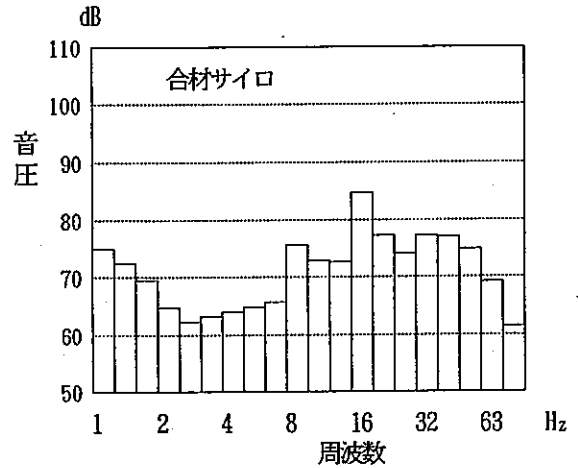


図2 合材サイロ (敷地境界) の周波数分析結果

表1 合材サイロからの超低周波音

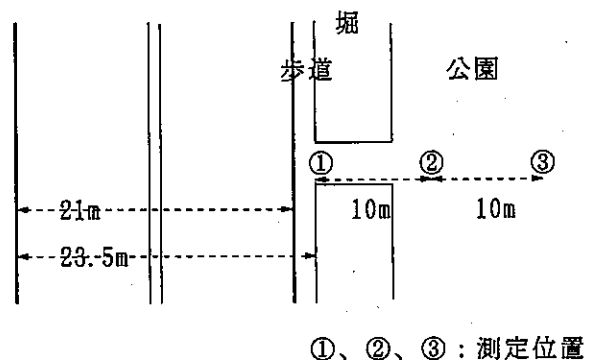
単位: dB

測定地点	L_{Geq}	L_{Aeq}
①サイロから6m	93	71
②サイロから17m	85	70
③サイロから27m	84	68

注 1分間値のパワー平均

めに、幹線道路 (環状8号線) に面した地点で測定を実施した。測定場所は、図3に示すとおりであり、距離別に時間を変えて3回ずつ測定した。当該道路は、交通量の激しい道路であり、道路境界における L_{Aeq} は75dB前後であり、1時間の交通量も1970台/h、大型車混入率は25%であった。

環状8号線



①、②、③: 測定位置

図3 幹線道路の測定位置 (平面図)

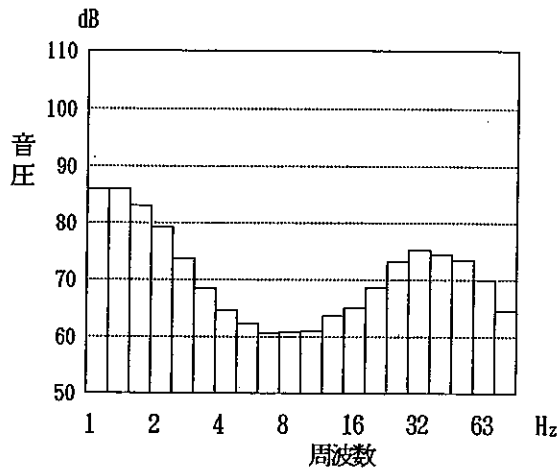


図4 幹線道路（道路境界）の周波数分析結果

表2 幹線道路からの超低周波音

単位：dB

測定地点		L_{Ceq}	$L_{GM_{max}}$	L_{Aeq}
①道路境界	1	86	94.6	73
	2	84	94.7	75
	3	83	90.8	73
②境界から10m	1	82	91.9	68
	2	81	89.1	67
	3	82	90.1	67
③境界から20m	1	79	90.7	65
	2	79	88.9	64
	3	80	87.5	65

注 異なる時間帯に3回の10分間測定

測定結果は、表2に示すとおりであり、道路境界において L_{Ceq} が86dBであり、自動車交通からの超低周波音は、それほど大きくないと思われる。周波数分析の結果は、図4に示すとおり、20~63Hzが中心周波数であり、低い周波数の騒音の方が大きな値になっている。なお、1~3Hzが高くなっているのは、風等の影響と思われるが、G特性では、この周波数域では、大きなマイナスの補正を行っており、 L_{Ceq} にはほとんど影響を与えていない。

(4) 高架道路からの超低周波音

図5は、高架道路の測定例であり、幹線道路（国道20号線）の上部に首都高速道路が設置されている場所である。測定地点は、典型的なマンション・ビルの谷間であり、騒音レベルも道路境界で L_{Aeq} が77dBと高い値を示している。測定は、直行する街路を利用して、距離別に時

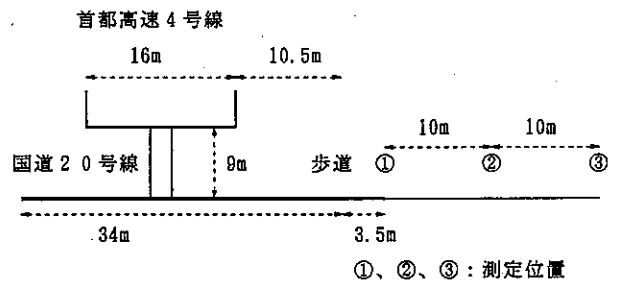


図5 高架道路の測定位置（立面図）

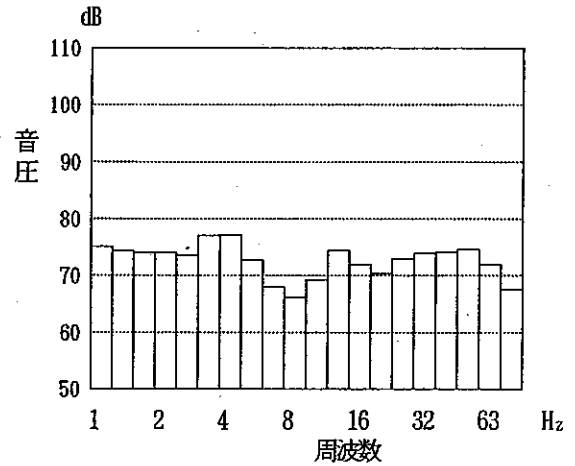


図6 高架道路（道路境界）の周波数分析結果

表3 高架道路からの超低周波音

単位：dB

測定地点		L_{Ceq}	$L_{GM_{max}}$	L_{Aeq}
①道路境界	1	88	94.5	77
	2	86	93.9	77
	3	84	98.5	77
②境界から10m	1	86	93.8	74
	2	86	93.2	73
	3	83	97.0	74
③境界から20m	1	86	95.6	72
	2	84	94.1	71
	3	83	94.9	71

注 異なる時間帯に3回の10分間測定

間帯を変えて3回づつ実施した。

測定結果は、表3に示すとおりであり、道路境界において L_{Ceq} の最大値88dBが測定された。周波数分析の結果は、図6に示すが、10~63Hzで平均的な値となっている。また4Hz以下が高くなっているのは、この測定地点ではビル風が常時あることによるものと思われるが、G特性の測定値には大きく影響していない。

(5) 高さのある高架道路からの超低周波音

図7は、高さのあるダブルデッキの高架道路の例であり、測定対象は、高さ12mと24mの2段になっており、かなり高い場所を通過する高架道路である。高架下の幹線道路の境界から距離別に3点で測定を行った。

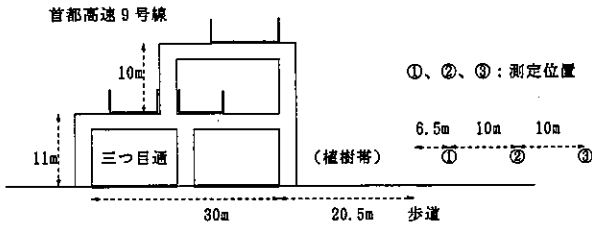


図7 高さのある高架道路の測定位置 (立面図)

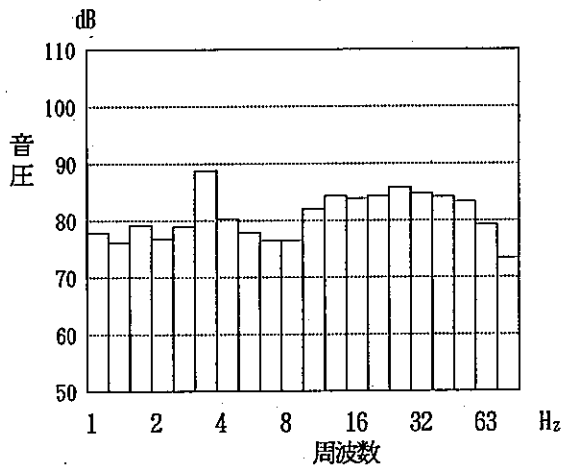


図8 高さのある高架道路 (道路境界) の周波数分析結果

表4 高さのある高架道路からの超低周波音
単位: dB

測定地点		L_{Ceq}	L_{GMax}	L_{Aeq}
①道路境界	1	88	94.6	72
	2	86	91.9	71
	3	85	93.3	71
②境界から10m	1	85	90.4	70
	2	85	90.3	69
	3	84	91.2	69
③境界から20m	1	85	92.2	69
	2	84	90.7	68
	3	83	89.3	68

注 異なる時間帯に3回の10分間測定

測定結果は、表4に示すとおりであり、いずれの点も L_{Ceq} で85~87dB程度であり大きな差はなかった。高さの

ある高架道路のため測定点と高架との実質距離に差がないことが原因と思われる。図8は周波数分析の結果であり、(4)の高架道路と同様の傾向にあり、10~63Hzにおいて85dB前後の平均的なレベルを示している。

(6) 鉄道高架からの超低周波音

鉄道の高架構造からの超低周波音を調査するために、図9に示す地点で測定を行った。ここは、地下鉄の高架部であり、通過する列車ごとの最大値 (L_{GMax}) を距離別に3点で測定した。

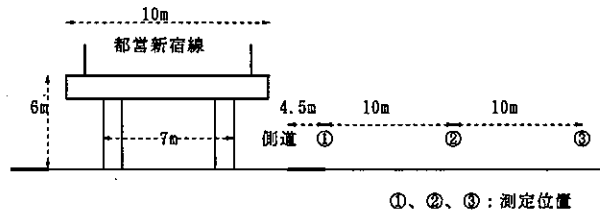


図9 鉄道高架の測定位置 (立面図)

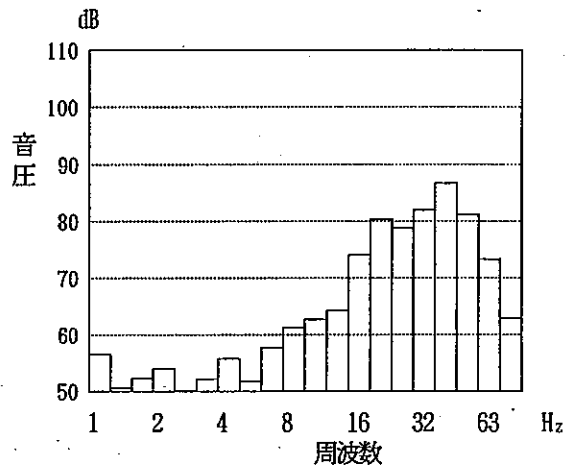


図10 鉄道高架 (側道の境界) の周波数分析結果

表5 鉄道高架からの超低周波音
単位: dB

測定地点	L_{GMax}	L_{Amax}
①側道道路境界	90 (87.0~92.0)	67
②境界から10m	87 (86.0~89.5)	65
③境界から20m	81 (79.0~82.5)	62

注 最大値のパワー平均 (列車本数11~17)

測定結果は、表5に示すとおりであり、高架に近い地点 (側道の道路境界) における平均の L_{GMax} が90dBとなっており、各列車とも比較的安定した値であった。周波

数分析の結果は、図10に示したが、20Hzを中心に値が高くなっており、いずれの測定点も同様の傾向であった。上下線（手前及び向側）でレベルの差は見られず、騒音のようにモーター音や転動音が主たる発生源ではなく、構造物による発生を示唆している。

(7) まとめ

道路及び鉄道とも、高架構造については、20Hz前後の周波数成分が大きくなっていった。このことは、G特性で最も加重している周波数が20Hzであることから、注意を怠ると問題が発生する可能性がある。但し、今回調査した地点では、いずれもG特性で95dB以下であり、通常の意味においては、環境中の超低周波音は、それほど大きくないといえる。

3 指針値についての検討

(1) G特性

指針作成においては、①対象、②評価量、③測定法、④指針値、などが必須の検討事項である。騒音の評価においては、これらについて、歴史的にそれぞれ定められてきたが、超低周波音については、今後の課題となっている。このうち、評価量については、周波数重み特性をどうするか、平均値か、最大値か、あるいはその他の統計値か、という問題がある。

周波数重み特性については、ISO規格においてG特性が定められた事から、少なくとも国際的なデータの比較という意味においては、このG特性で評価するのが最も適切と考えられる。なお、ISOでは、このG特性の制定にあたって最小可覚値の検討が行われ、各国の測定データにバラツキはあるが、感覚の周波数に対する勾配については、ほぼ-12dB/octで一致しているとされた。このことを根拠に、この周波数勾配を持たせたG特性が規定されて、統一的な測定が可能となっている。

(2) 指針値の検討

具体的に指針値を設定するに際しての大きな問題は、何を根拠とするかである。たとえば、騒音においては、通常は社会反応調査により、睡眠影響や会話妨害を根拠に指針の具体的な値を定めることが行われる。しかしながら、環境中に可聴される音が常時存在する騒音と異なり、超低周波音においては、別の考え方を採用しなければならない。すなわち、超低周波音においては、振動と同様に可覚されない、最小可覚値をもって指針値とする

ことが望ましいと考えられる。

図11は、騒音制御学会でまとめた図表及び落合らの論文にあった図を基に、筆者が概要として描いたものである。前述のとおり、最小可覚値のデータについては、多少のバラツキがあり、公的に取りまとめられたものは

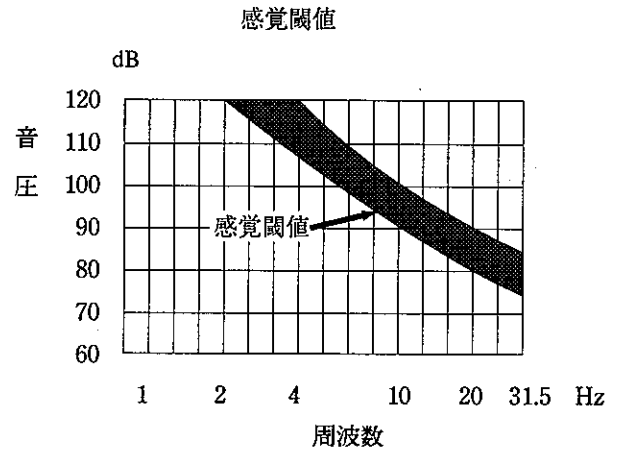


図11 超低周波音の最少可覚値の概要

ない。しかし、平均的な値として言われているのは、図11に示したものであり、10Hzで90~100dB、20Hzで80~90dBとなっている。これにG特性の補正を加えると、それぞれ90~100dB、89~99dBとなり、G特性による評価のひとつの目安となる。

また、ISO 7196においては、超低周波音は、可聴音に比べて音圧変化による感覚変化が急激であり、計測された非常に大きい例でも120dB程度であり、わずかに20dB強のレンジ幅が論議の対象となるとしている。そして、G特性補正後の音圧レベルが1~20Hzで100dB程度が平均的な聴取者に知覚されるとしている。また、おおむね90dB以下では、知覚されないとしている。

我が国では、環境庁が実施した低周波音の睡眠影響調査では、浅い眠りに対する影響は、10Hzで100dB、20Hzで95dBで生じるとされた。これはG特性に換算すると、それぞれ100dB、104dBとなる。

さらに、落合らが環境庁に寄せられた超低周波音及び低周波音の苦情例の測定データをG特性で整理すると、最小可覚値と考えられている95~100dB以下でも苦情が発生していたと報告している。これは、最小可覚値より低いレベルでの建具等の振動などによる物的被害による苦情と考えられている。

以上のことを勘案すると、当面は、超低周波音に関する

る目安としては、物的被害を考慮する必要のない外部での活用も考慮して、心理的苦情への対応を基本に検討するのが第一歩と考えられる。すなわち、物的被害による苦情は、より低いレベルで発生する可能性があることを前提に、最小可覚値と考えられる95dB程度を当面の目安とする事が考えられる。

なお、前述のとおり最小可覚値については、国内外の測定データに、かなりのバラツキがあり、特に感覚が鋭敏なグループがあるのではないかとの見解もある。そのため、今後は、現実の測定データを用いた被験者実験なども行いつつ、G特性による測定例を収集しながら、物的被害の扱いを含めて継続的に検討していく必要があると考えられる。

4 おわりに

本報告では、当面95dB程度が、心理的影響に係るひとつの目安と思われるとした。仮に、これを前報及び本報告において調査した事例にあてはめてみると、高架道路などでは、 L_{Ceq} が95dBを越える例はなく、通常の場合は心理的影響を起こすような超低周波音の発生は少ないと考えられる。しかし、瞬時瞬時で見れば、95dBを越える場合があり、注意を要すると考えられる。また、鉄道など間欠音の場合は、高架構造では L_{Gmax} が90dB前後であったが、前報の鉄桁の鉄道橋梁部では100dB近くになっており留意する必要がある。

なお、超低周波音の指針値検討においては、騒音と同様に超低周波音においても、工場からの騒音のように定常的な音もあれば、鉄道高架部のように間欠的な音もある点を検討する必要がある。そのため、 L_{Ceq} が良いのか、 L_{Gmax} が良いのか、または最小可覚値を越えたレベルの平均が良いのか、など引続き評価方法を検討しなければならない。あわせて、行政部門に超低周波音を測定評価する体制を築くためには、具体的な測定法や評価法を整理し取りまとめるなど、今後、検討すべき事項があることも指摘しておきたい。

なお、本調査の一部については、平成10年度の環境庁からの受託調査として実施したものである。

引用文献

- 1) ISO 7196: Frequency weighting characteristic for infrasound measurements、(1995)

- 2) 末岡: G特性による超低周波音測定(第1報)、東京都環境科学研究所年報、(1998)
- 3) 日本騒音制御学会: 低周波音及び超低周波音測定方法、技術レポート第11号、(1991)
- 4) 落合・横田: G特性音圧レベルによる低周波音の評価について、日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集、(1998)