

NIGHT NOISE GUIDELINES FOR EUROPE

欧州夜間騒音ガイドライン

EXECUTIVE SUMMARY

実務的概要

World Health Organization Regional Office for Europe

世界保健機関欧州事務局

2009 年 10 月

平松幸三, 松井利仁, 田鎖順太 訳

2010.10.7

はじめに

この文書は、睡眠中の騒音曝露に対するガイドラインを作成するための WHO 作業部会が得た結論を示すことを目的としており、『WHO 環境騒音ガイドライン (1999)』の拡張とみなしうる。『健康に基づく (health-based)』ガイドラインの必要性は、すでに一部『環境騒音の評価と管理に関する EU 指令 2002/49/EC』(これは環境騒音指令 END (Environmental Noise Directive) として人口に膾炙している) において規定され、EU 加盟国は 2007 年半ば以降騒音マップおよび夜間騒音曝露についての資料を作成することが求められているところである。今回の作業は、欧州委員会の助成ならびにスイスおよびドイツ政府の援助によって実現した。

多くの国が夜間騒音曝露の制御を目的とした法規制を行ってはいるものの、曝露実態およびそれによって引き起こされる住民への影響についての資料は少ない。騒音による高度な睡眠妨害を受けている人員の推定は数カ国で実施されており (図 1 はオランダにおける調査例である)、それによれば、全人口の相当部分はその健康と生活満足度 (well-being) を脅かされかねない騒音レベルに曝露されている可能性がある。

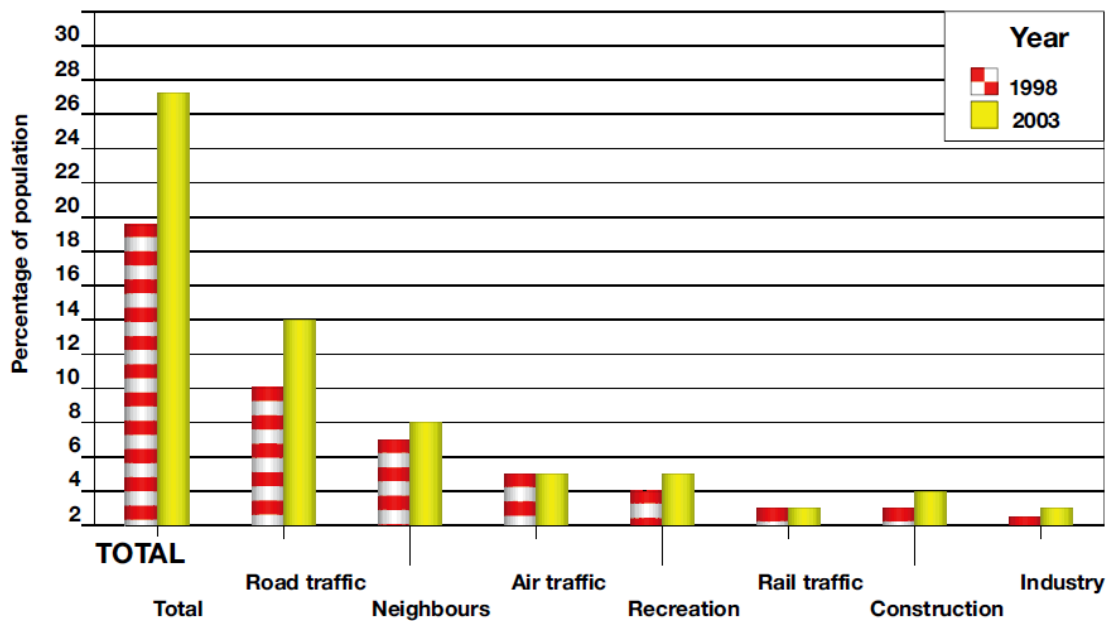


図 1 騒音による高度な睡眠妨害を受けている人口の割合 (1998 と 2003 の調査結果, オランダ)

夜間騒音の健康に与える影響に関する直接的な知見はほとんど得られていないため、既存のガイドラインならびに規制では、間接的な知見、つまり騒音の睡眠に対する影響および睡眠と健康との関係が用いられている。この方法の利点は、睡眠と健康との関係に関する多数の医学的知見が利用可能であり、騒音による睡眠妨害に関して詳細な情報が存在することにある。

ガイドライン作成手順

夜間騒音曝露の制御と監視に関する将来的な法規制および政策実施に対し、科学的な助言を欧州委員会とその加盟国へ提供するため、2003年、WHO ヨーロッパ事務局は専門家による作業部会を設置した。健康に基づくガイドライン値を定めるための学際的チームによって、夜間騒音の健康影響に関する既存の科学的知見に関する文献調査が行われた。作業部会の専門家らからの意見や報告は上記学際的チームにおいて吟味し、作業部会の中に設置された4つの専門家会議での討議を経た上で草案にまとめられた。2006年には、これらの草案は夜間騒音曝露ガイドラインとして1つの草案文書に編集され、多数の利害関係者や専門家らによって再吟味され、意見が付された。

2006年12月14日に開催された最終会議会議に置いて、作業部会の代表者、ならびに、企業・政府・非政府組織の利害関係機関代表者が、本報告書案の内容を章ごとに検討し、いくつかの基本的な問題点に関する討議を経て、最終的な『WHO ヨーロッパ夜間騒音ガイドライン』として提案されるガイドライン値および関連文章について全体的な合意に至った。

騒音指標

科学的な視点からいえば、騒音指標を選択するための最適な規準は、それによって影響を予測できるかどうかである。したがって、健康上のエンドポイントが異なれば、異なる指標が選ばれることがありうる。心臓血管系の障害のような長期的影響は、家屋正面の屋外夜間騒音レベルの年平均 ($L_{\text{night, outside}}^1$) など、長期間の騒音曝露を総合した指標とより関係しており、一方で、睡眠妨害のような瞬時的影響には、大型トラック、航空機、列車の通過時など発生騒音ごとの最大騒音レベル (L_{Amax}) がより適する。

実務的な視点からいえば、騒音指標は人々が直観的に理解できるように簡単に説明できるものであり、また、迅速かつ容易な適用および施行を可能とするために現行の法規制の実務と整合するものであることが求められる。ENDによって採用された $L_{\text{night, outside}}$ は科学的小および実務的小有用性から選ばれた指標である。現在、規制に用いられている指標の中では、 L_{Aeq} (A特性等価騒音レベル) と L_{Amax} が短期的および瞬時的な健康影響を予測する上で有用である。

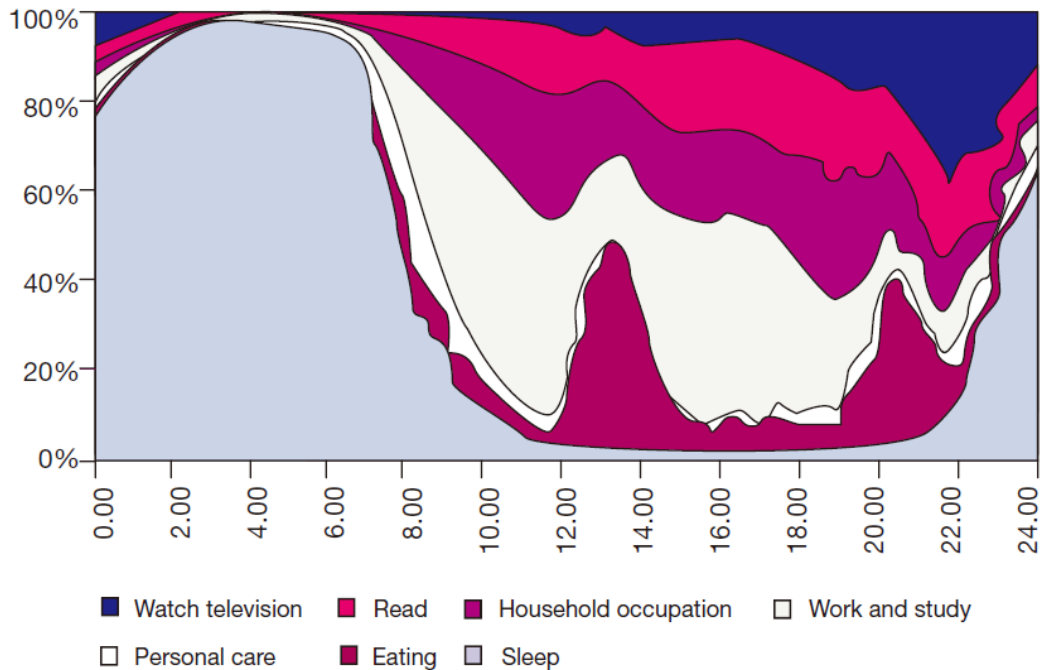
睡眠時間

生活基本調査研究所が2006年に実施した生活基本調査 (www.timeuse.org/access/) など複数の調査結果によれば、成人が床に就いている平均時間は約7.5時間であり、実際の平均睡眠時間はそれよりも若干短い。年齢や遺伝などの個人的要因によって、睡眠時間とその就寝、起床時刻には相当な違いがある。このため、24時間の中で8時間の夜間時間帯を確保することは睡眠保護のための最低限度の選択で

¹ L_{night} はすでに END によって屋外騒音レベルであると定義されているが、混乱を避けるため、本報告書では (屋外を意味する) 添字 “outside” を付加している。

ある。

国ごとに結果は異なるものの、調査結果（図2参照）によれば、8時間の夜間時間帯の確保によって人口の約50%が保護され、80%を保護するためには10時間が必要である。日曜日には睡眠時間がつねに1時間長くなるが、これは人々が平日に被った睡眠不足を回復するためであると考えられる。なお、(若い)子供がより長い睡眠時間をとるということにも留意すべきである。



Source: <http://www.ine.pt/prodser/destaque/arquivo.asp>, based on a study by the Instituto Nacional de Estatística Portugal, 1999.

図2 人々が睡眠や様々な生活活動に費やす時間の割合（ポルトガルの例）

騒音，睡眠そして健康

睡眠が生物学的に必要であり、睡眠妨害が様々な健康問題に関連していることについては十分な知見がある。子供、あるいは交代勤務従事者を対象とした研究では、睡眠妨害が健康に悪影響を及ぼすことが明確に示されている。

騒音は、多くの直接的あるいは間接的経路によって睡眠を妨害する。非常に低い騒音レベルにおいても生理学的反応（心拍数や体動の増加、脳幹の反応）を確実に計測することが可能である。一方、覚醒反応は生理学的反応に比べてかなり高い騒音レベルで生じ、その頻度が比較的少ないことも明らかにされている。

「十分な」および「限定的な」知見の定義

十分な知見：

夜間騒音曝露と健康影響との因果関係は既に確立されている。偶然の一致、バイアス、歪みなどが十分に排除されていると考えられる研究において、その関係を確認しうる。騒音健康影響をもたらす生物学的妥当性も十分に確立されている。

限定的な知見：

騒音と健康影響の関連性は直接的には観測されていないが、因果関係を支持するに足る優れた既存の知見がある。間接的な知見は豊富に存在し、それらは、健康に悪影響を及ぼす生理学的変化の中間的影響と騒音曝露とを結び付けている。

作業部会では、夜間騒音と自己申告による睡眠妨害、薬物の使用、自己申告による健康問題や不眠症の症状との関連について十分な知見があることについて合意をみた。これらの影響は人々にとって疾患につながる相当な負荷となりうる。その他の影響（高血圧、心筋梗塞、うつ病、等）については限定的な知見が得られている。それらに関する研究は少なく決定的ではないものの、生物学的妥当性のある因果の経路を構築することが可能であると考えられる。

知見が限定されている健康影響の例は心筋梗塞である。最新のメタ解析の結果によれば、心筋梗塞のリスクの上昇と L_{day} との関連については十分な知見があるものの、 $L_{night, outside}$ との関連する知見は限定的と考えられていた。これは、 $L_{night, outside}$ が比較的新しい曝露指標であり、心臓血管系疾患に関して夜間騒音に注目した調査が少ないためである。しかしながら、夜間の騒音曝露が日中の騒音曝露よりも心臓血管系に強く関連しているという仮説を支持する、動物やヒトを対象とした研究の知見があり、この研究項目に関する疫学研究的必要性は高い。

既存の知見を総覧した結果、以下の結論が導かれる。

- 睡眠は生物学的に必要であり、睡眠の妨害は健康に係わる様々な悪影響と関連している。
- 睡眠中の騒音が生物学的に影響を与えることに関する十分な知見がある。心拍数の増大、脳幹の反応、睡眠深度の変化、覚醒反応である。
- 夜間騒音曝露が、自己申告による睡眠妨害、薬物使用の増加、体動の増加、（環境要因による）不眠症の原因となることを示す十分な知見がある。
- 騒音による睡眠妨害は、それ自体が健康問題（環境要因による不眠症）であるとみなされるが、健康および生活満足度（well-being）に更なる悪影響を引き起こす。
- 睡眠妨害が、疲労、事故、作業能力の低下を引き起こすという限定的な知見がある。
- 夜間騒音が、ホルモンレベルの変化や心臓血管系疾患、うつ、その他の精神的疾患といった臨床症状を引き起こすという限定的な知見がある。これらの因果経路を説明する要素については十分な知見があり、妥当性のある生物学的モデルが既に得られていることが強調されるべきである。

高感受性群

子供は覚醒反応の閾値が大人に比べて高く、そのため、夜間騒音に対する感受性が低いことがしばしば見受けられる。しかし、その他の影響に関しては、子供は大人に比べて同じか、あるいはより強い反応を示す傾向がある。また、子供は睡眠時間が大人よりも長いため、夜間騒音により多く晒されている。これらの理由から、子供は高リスク群であると考えられる。

年齢が上がるに従って睡眠構造がより断片的になるため、高齢者は睡眠妨害に対して感受性が高い。これは妊娠中の女性や健康上の問題を持つ者においても同様であり、このような人々も高リスク群である。

最後に、交代勤務従事者はサーカディアンリズムへの適応のために睡眠構造がストレス状態にあり、高リスク群である。

騒音影響の閾値

無毒性量（NOAEL）は毒性学の概念であり、対象生物の形態、機能的耐容、成長、発達、寿命などに検出可能な悪影響を引き起こさない最大の濃度と定義される。夜間騒音については、このような悪影響は必ずしも明らかではないため、この概念は毒性学と比較するとそれほど有用ではない。しかしながら、すでに各種騒音影響の閾値が示されている。閾値とは、影響が生じ始める値、もしくはそのレベル以上であれば影響が曝露レベルと関係する値のことである。それらの影響の中には、心筋梗塞のような重大な病理学的影響や体動の増加のような生理学的影響の変化も含む。

環境曝露の健康に対する影響を評価する上で、騒音曝露の閾値は極めて重要である。これらの閾値は、研究対象が限定されてはいるが、これを踏まえることによって総合的影響に関するより深い洞察が可能となる。表 1、表 2 に、「十分」もしくは「限定的」な知見が確認できた騒音の健康影響がすべて列挙されている。これらの影響に関して、通常、閾値はよく知られており、いくつかについては、曝露の程度による用量 - 影響関係も確立されている。

表1 十分な知見が得られている影響とその閾値の要約

影響		指標	閾値, dB
生物学的影響	心臓血管系機能の変化	*	*
	脳波に基づく覚醒反応	$L_{Amax,inside}$	35
	体動とその発現	$L_{Amax,inside}$	32
	睡眠深度の持続時間や睡眠構造の変化, および睡眠の断片化	$L_{Amax,inside}$	35
睡眠の質	中途覚醒, 早朝覚醒	$L_{Amax,inside}$	42
	入眠障害	*	*
	睡眠の断片化, 睡眠時間の減少	*	*
	睡眠中の平均体動の増加	$L_{night,outside}$	42
生活満足度 (well-being)	自己申告による睡眠妨害	$L_{night,outside}$	42
	睡眠薬・鎮静薬の使用	$L_{night,outside}$	40
病状	環境要因による不眠症**	$L_{night,outside}$	42

* 影響が生じることが示されている, あるいは生物学的に妥当な因果の経路が構築されているものの, 指標や閾値のレベルを定めるには至っていない。

** “環境要因による不眠症”は医学専門家による診断の結果であることに注意。“自己申告による睡眠障害”とは本質的には同じだが, 社会調査の中で報告される。質問の数やワーディングの細部が異なる可能性がある。

表2 限定的な知見が得られている影響とその閾値の要約**

影響		指標	閾値, dB
生物学的影響	(ストレス) ホルモンレベルの変化	*	*
生活満足度 (well-being)	日中, 夕刻における眠気, 疲れ	*	*
	日中のいら立ちの増加	*	*
	社会的接触の阻害	*	*
	不満感	$L_{night,outside}$	35
	認知力の低下	*	*
病状	不眠症	*	*
	高血圧	$L_{night,outside}$	50
	肥満	*	*
	(女性の) うつ病	*	*
	心筋梗塞	$L_{night,outside}$	50
	平均寿命の短縮 (早期死亡)	*	*
	精神障害	$L_{night,outside}$	60
	(職業上の) 事故	*	*

* 影響が生じることが示されている, あるいは生物学的に妥当な因果の経路が構築されているものの, 指標や閾値のレベルを定めるには至っていない。

** この表における影響に対する知見は限定的であり, 閾値も同様に限定的である。一般的には, 閾値レベルは各知見の専門家による判断に基づいている。

$L_{night, outside}$ との関係

今後数年にわたって、END（環境騒音指令：Environmental Noise Directive）は夜間騒音曝露を $L_{night, outside}$ の指標で報告することを要請する予定である。このため、 $L_{night, outside}$ と健康影響の関係を検討することは興味深い。しかし、健康影響と $L_{night, outside}$ の関係は単純ではない。短期間での影響は、主に寝室内における発生騒音ごとの最大騒音レベル $L_{Amax, inside}$ に関連する。（予想される）健康影響を単一のEU指標によって表すためには、何らかの推定が必要となる。脳幹の反応、体動、覚醒反応といった反応データから影響の総数を求めるためにはいくつかの仮定を必要とする。まず、個々の発生騒音に対する反応は独立して生じるという独立性の仮定が必要となる。音の大きさが異なる場合、発生順序が反応に強く影響するという知見があるが、このことを考慮に入れた推定はほぼ不可能である。次に、平均的な家屋防音量を仮定しなければならない。発生騒音ごとの反応は睡眠中の耳元におけるレベルとの関連で得られているためである。報告書では家屋防音量として 21dB という値が選択された。ただし、この値は国や文化の違いによって左右される。明白な点は、大多数の人々が窓を（少し）開けて眠りたいと考えている点である。21dB というやや低い防音量には既にこの点が考慮されている。もし騒音レベルが高くなると、人々は実際上窓を閉めることになるが、これは明らかに不本意であり、室内空気の悪化に対する不平不満が増え、睡眠妨害の発生は高水準のままとなる。これはすでに『WHO 環境騒音ガイドライン（1999）』において指摘されているところである。

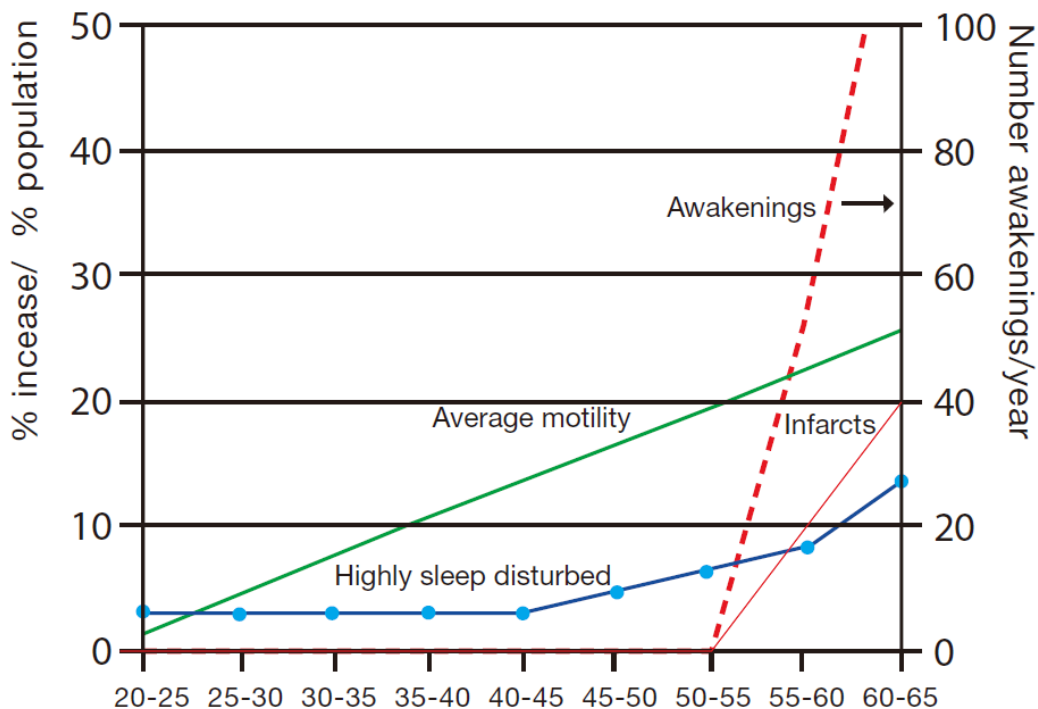


図3 夜間道路交通騒音による影響*

* 平均体動と梗塞は（ベースライン値に対する）増加率として表されている。高度な睡眠妨害は人口比で示されている。覚醒反応は年間の覚醒回数の増加数である。

音源によって騒音の発生回数は大きく異なる。道路交通騒音の特徴は、それぞれの発生騒音は比較的低レベルであるが発生回数が多い点にあり、一方、航空機、鉄道騒音の特徴は、騒音発生回数は少ないが騒音レベルが高いという点にある。2つの典型的な条件において推計が行われ、図示された。一つ目は平均的な都市道路（1日当たりの夜間交通量が600台であり、これは24時間交通量で8,000台、年間交通量で300万台というENDが定めている下限交通量にほぼ相当する。）であり、二つ目の例は平均的な航空機騒音曝露（1日当たりの夜間飛行回数が8回、年間に3,000回弱）である。

図3は、典型的な道路交通騒音（都市型道路）において $L_{night, outside}$ 値の上昇に伴ってどのように騒音影響が増加するかを示している。屋内での最大騒音レベル ($L_{Amax, inside}$) が覚醒反応の閾値を超えた領域では、騒音発生回数が多いため高頻度で覚醒反応が生じている。このことを具体的な条件として表すと、 $L_{night, outside}$ が60dBを越えるような騒音は、道路中心線から5m以内の地点において発生している。

図4に、典型的な空港における同様のグラフを示す。騒音の発生回数が少ないために、道路交通騒音による場合（図3）よりも覚醒反応回数は少ないが、健康影響は同等もしくはそれ以上の確率となっている。これらの推計例で最悪の場合、数値は何倍も大きくなる。 $L_{night, outside}$ 60-65dBに対する年間覚醒回数（図中の右軸）は約300回になる。

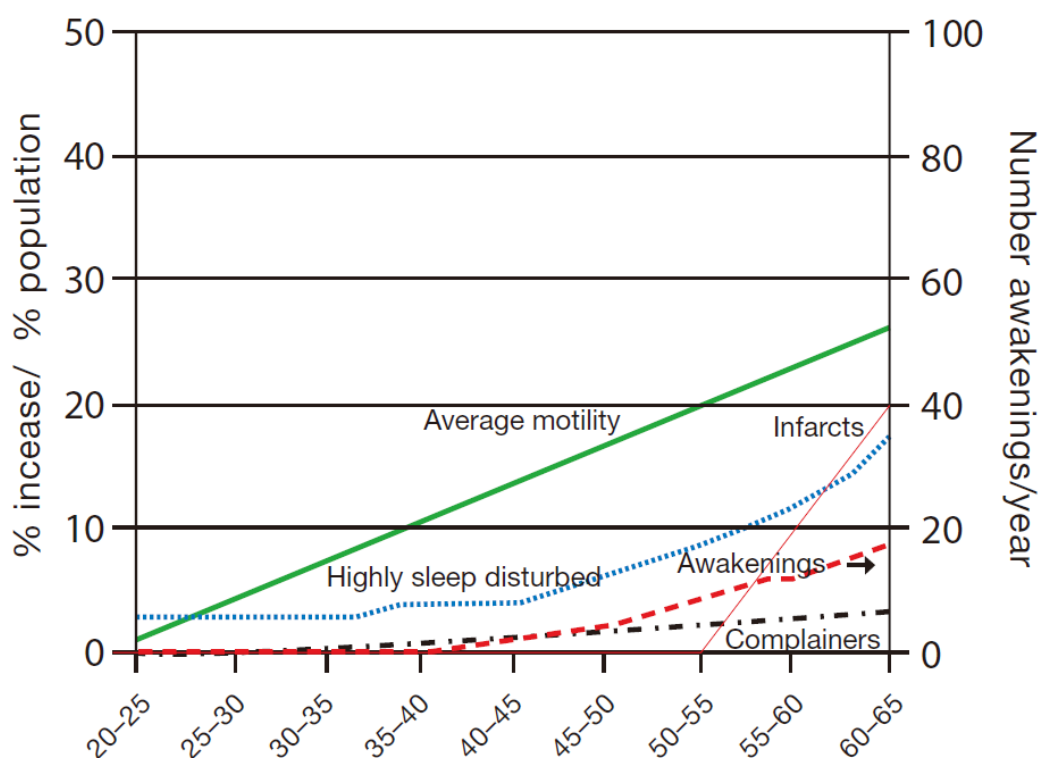


図4 夜間航空機騒音による影響*

* 平均体動と梗塞は（ベースライン値に対する）増加率として表されている。高度な睡眠妨害は人口比で示されている。苦情者数は空港近傍の住民比率として表されている。覚醒反応は年間の覚醒回数の増加数である。

近年の研究によれば、少数の単発的な騒音発生を伴った（自動車専用道路からの）高レベルの暗騒音は平均体動を増加させる可能性を示している。

以上より、 $L_{\text{night, outside}}$ を単一の騒音評価指標として用いることによって騒音影響と騒音評価指標との関係を確定することができる。しかし、いくつかの騒音影響についてはこの関係性が音源に依存していると考えられる。たいていの騒音影響について L_{night} は良好な関係を与えるが、いくつかについては音源間で相違がある。たとえば、鉄道騒音は覚醒反応を起すことが少ない。音源を考慮に入れることによって、騒音と健康影響の関係性がかなり正確になる。

健康保護のための提言

疫学的あるいは実験的研究による知見を体系的に概観することにより、夜間騒音曝露と健康影響との関係を以下のように要約することができる（表 3）。

$L_{\text{night, outside}}$ が 30dB 未満では、夜間騒音により睡眠中に体動の頻度が少し上昇することを除けば、睡眠への影響は生じない。 $L_{\text{night, outside}}$ が 40dB 未満では、健康に悪影響を及ぼす生物学的な十分な知見は見当たらない。しかしながら、 $L_{\text{night, outside}}$ が 40dB を超えると、自己申告による睡眠妨害や、環境要因による不眠症、睡眠薬・鎮静薬服用の増加など、健康に対する悪影響が生じる。

したがって、 $L_{\text{night, outside}}$ 40dB が夜間騒音によって悪影響が生じる下限値 (LOAEL) に相当する。55dB を越えると心臓血管系への影響が公衆衛生上の重要な事項となる。この影響は騒音の特性にそれほど依存しないと考えられている。30dB から 55dB のレベル帯域での影響については、各研究事例の詳細な条件に多くが依存するため、影響を明らかにするための詳細な検討が必要である。

表 3 夜間騒音レベル別に示した住民への影響

年平均夜間騒音レベル $L_{\text{night, outside}}$	住民に生じる健康影響
30dB 未満	個々の感受性や環境には差異があるものの、このレベルまでは生物学的な実質影響は認められない。 $L_{\text{night, outside}}$ 30dB は、夜間騒音によって影響が生じないレベル (NOEL) である。
30dB 以上 40dB 未満	この帯域から、体動、覚醒反応、自己申告による睡眠妨害、脳幹の反応など、睡眠に対して多くの影響が生じる。影響の程度は音源の特性と騒音発生回数に依存する。高感受性群（例えば子供、慢性的な患者、高齢者）は影響を受けやすい。しかし、最悪の場合でも、影響はそれほど大きくないと考えられる。 $L_{\text{night, outside}}$ 40dB は、夜間騒音によって悪影響が生じる下限のレベル (LOAEL) である。
40dB 以上 55dB 未満	曝露住民に健康への悪影響が生じる。多くの住民は夜間の騒音に適応するために生活を変更しなければならなくなる。高感受性群はより重度に影響を受ける。
55dB 以上	この状況は公衆衛生上ますます危険であると考えられる。健康への悪影響は頻繁に生じ、相当に高い比率の住民が高度なうるささを訴え、睡眠を妨害される。循環器系疾患のリスクが上昇するという知見がある。

多くの瞬時的影響は L_{Amax} によって表される閾値と関連している。これらの影響と健康影響との直接的な関連性は容易に確立しがたい。しかし、瞬時的影響の回数の増加が一定水準を超えると、重大な臨床的影響を引き起こす潜在的な悪影響を与えることがある、という仮定をおくことには問題はないと考えられる。

表 3 に示した曝露影響関係に基づけば、公衆の健康を夜間騒音から保護するための夜間騒音ガイドライン値として以下の値が提案される。

表 4 欧州夜間騒音ガイドライン

夜間騒音ガイドライン (NNG)	$L_{night,outside} = 40dB$
暫定目標 (IT)	$L_{night,outside} = 55dB$

住民に対する、夜間騒音に関連した潜在的な健康影響の一次予防には、大多数の人々が床に就いている時間帯に、 $L_{night,outside}$ で 40dB を越える夜間騒音に曝露されるべきでないことを提言する。40dB という夜間騒音の LOAEL は、慢性的な疾患を有する者や高齢者などを含む公衆を、夜間騒音の健康への悪影響から保護するために必要な、健康影響に基づいた夜間騒音ガイドライン (NNG) の下限値と考えることができる。

$L_{night,outside}$ で 55dB という暫定値は、種々の理由によって夜間騒音ガイドラインを早期に達成できない場合のために提案されている。暫定値それ自体は健康影響に基づいた値ではない。高感受性群はこの騒音レベルでは保護されない。したがって、暫定値は実現可能性に基づいた中間目標に過ぎないと考えべきであり、政策立案者が、例外的な局所地域に対して一時的に考慮して良い値である。

環境騒音ガイドライン (1999) との関連性

夜間の騒音による影響や睡眠妨害は 1999 年に公布された WHO 環境騒音ガイドラインで、既に以下のように述べられている。

「睡眠妨害を防ぐためには、騒音が定常的な音ならば、屋内の等価騒音レベルは 30dBA 以下にとどめるべきである。定常音でない場合は、睡眠妨害は L_{Amax} と最も相関関係が高く、45dB 以下で影響が現れる。これは暗騒音レベルが低い場合に特に顕著である。したがって、可能ならば L_{Amax} が 45dBA を超える騒音は制限すべきである。高感受性群ではさらに低い値が望ましい。寝室の窓を少し開けて (屋内は屋外よりも 15dB 減衰) 眠れるようにすべきである。睡眠妨害を防止するためには、等価騒音レベルと騒音の発生回数やレベルを考慮すべきである。夜間の比較的早い時間帯をターゲットとした対策は、入眠障害を防止するために効果的であると考えられる。

1999 年のガイドラインは 1995 年までに行われた研究 (およびその後に行われた少数のメタ・アナリ

シス)に基づいている。その後、重要な新たな研究成果 (Passchier-Vermeer 他, 2002, Basner 他, 2004) が、正常な睡眠および睡眠妨害に対する新たな視点とともに報告されており、より正確な量-効果関係の評価が可能となった。現時点では、多くの騒音影響の閾値が L_{Amax} で 45dB よりも低いことが知られている。上記 WHO ガイドラインの最後の 3 項目はなおも有効である。すなわち、人々が窓を開けて就寝するには十分な理由があり、睡眠妨害を予防するためには等価騒音レベルおよび騒音発生回数を考慮に入れるべきであるということである。本ガイドラインは関係機関や利害関係者に対してこれを委ねるものである。この点から、本ガイドラインは 1999 年の環境騒音ガイドラインを補足するものである。このことは、1999 年のガイドラインで詳述されていた政府の騒音管理政策の枠組みに関する提言が、各国が本ガイドライン値を達成する際にも、妥当かつ適切と考えるべきであることを意味する。