

Burden of Disease from Environmental Noise

Quantification of healthy life years lost in Europe

環境騒音による疾病負荷

欧州において失われている健康生存年の定量化

WHO 欧州地域事務局

欧州委員会共同研究センター

(2011)

平松幸三, 松井利仁訳

序文

疾病負荷の24%を環境リスクが占めていることは、公衆衛生の専門家の間では通説となっている。その負荷の一部は、道路、鉄道、空港、工場及び事業場から放出される広汎な環境騒音によるものである。交通騒音のために、3人に1人が昼間不快感をおぼえ、5人に1人が夜間睡眠妨害をこうむっている。高レベルの環境騒音に慢性的に曝露されると、心筋梗塞などの心臓血管系疾患のリスクを増大させることが、疫学研究による科学的根拠によって明らかにされている。したがって、環境騒音は単に生活妨害や不快感だけではなく、公衆衛生に対する脅威とも考えられる。

1999年にWHOは、健康に対する騒音の有害影響に関する科学的根拠を総括し、「環境騒音ガイドライン」(Guidelines for community noise)において公衆を保護するための指針値を勧告した。欧州連合(EU)は2002年環境騒音の管理に関する指令を制定し、それに伴って、大多数のEU加盟国は戦略的騒音マップを作製し、環境騒音に関する行動計画を策定した。環境と健康のためのWHO欧州センター・ボン事務所は、欧州委員会(European Commission)の助成を得て、「欧州夜間騒音ガイドライン」を発し、夜間騒音の制御と監視を行う地域における将来の立法措置に備えて政策立案者に対し専門的・科学的な助言を提供した。さらに、騒音の健康負荷に焦点をあてた一連のプロジェクトがWHO欧州地域事務局によって2005年から2009年にかけて実施された。

2010年3月にイタリア・パルマで開催された第5回「環境と健康に関する閣僚会議」において、加盟国がWHOに対し環境騒音政策のための適切なガイドラインの制定を強く勧告した。本報告は、政策立案者が環境騒音の健康影響を定量化するための一助となることによって、上記要望に答えんとし、WHOが欧州委員会共同研究センターの助成を得て作成したものである。ここに示されている疾病負荷の科学的根拠は、2012年の加盟国承認に向けてWHO欧州地域事務局が用意しつつある新欧州保健政策「健康2020」に提供することとなる。

疾病負荷を算定するにおいて、曝露量－反応関係と症例研究結果を立証する科学的根拠が、著名な科学者群からなる作業部会によって吟味された。ここに挙げた文献類は、専門家の査読を経たものである。地域事務局は、本報告を作成し、公表するために尽力を惜しまなかった諸家に謝意を表するとともに、この成果が「パルマ宣言」の履行に裨益し、欧州市民の健康増進に貢献する、と信じるものである。

WHO 欧州地域事務局

伝染病・健康保障・環境部 部長

Dr. Guénaél R. M. Rodeir

実務的概要

はじめに

都市化，経済成長，交通機関の発達が，環境騒音曝露とそれに起因する健康影響をもたらしてきた。環境騒音は，作業場内での騒音を除く，あらゆる騒音源から放出される騒音，と定義される。環境騒音の管理に関する EU 指令（欧州騒音指令）は環境騒音の音源として工場及び事業場を含めている。

環境騒音に起因する環境性疾患負荷を算定するためには定量的リスク評価手法が適用されるべきである。リスク評価とは，有害要因を同定し，曝露人口を評価し，適切な曝露量—反応関係を決定することである。環境性疾患負荷は，障害調整生存年（DALY：disability-adjusted life year）で表される。DALY とは早世によって失われた余命と不健康または障害によって失われたに等しい「健康」生存年数との和である。

世界保健機関（WHO）は，1990 年代後半に世界疾病負荷を算定している。2002 年には，まず鉛，室内外空気汚染，水と衛生について環境性疾患負荷を公表した。環境と健康のための WHO 欧州センター（ボン）は，環境騒音曝露に起因する環境性疾患負荷を算定するための作業グループの会合を複数回招集した。これらの会合で得られた複数の結論と勧告とを総合し，欧州で得られた科学的根拠とデータを用いた環境騒音のリスク評価に関する指針を作成したのが，本報告である。

本報告は，その読者として，環境騒音の影響を推定しなければならない政策立案者，その助言者，実務的作業を担当する関係諸機関の職員，および利害関係者を第一に想定している。ここでは環境騒音の健康影響に関する科学的根拠に基づく情報を提供し，そういった影響を定量化する方法を例示する。要するに本刊行物は，以下に列挙する項目を提供することを目的とする。

- 環境騒音の健康リスク評価の方法に関する指針
- 環境騒音と健康影響との関係に関する科学的根拠の吟味
- 環境騒音の健康影響負荷の算定結果の実例
- 環境性疾患負荷算定手法の不確実性と限界についての考察

環境性疾患負荷算定のワーキンググループが検討した環境騒音の健康評価項目には，心臓血管系疾患，認知障害，睡眠妨害，耳鳴，アノイアンス（不快感）が含まれる。ただし，アノイアンスは，「世界疾病負荷プロジェクト」では健康影響とはみなされていなかったが，WHO がなしている広義の健康の定義に鑑み，環境性疾患負荷算定においてはアノイアンスも選定することとした。

曝露評価

騒音曝露の評価には多数の要因を考慮しなければならないが、その中には以下の2項目が含まれる。

- 測定または計算／予測に基づき、適切な騒音指標により表示される曝露量
- 騒音に曝露される人口の分布

本報告では騒音曝露人口は、欧州騒音指令によって作成された騒音マップに基づくものとする。同指令では騒音指標として L_{den} (時間帯補正等価騒音レベル) と L_{night} (夜間等価騒音レベル) の年平均値*を提唱している。

$$L_{den} = 10 \cdot \lg \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening+5}}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night+10}}{10}} \right)$$

ただし

$$L_{day} = Leq, 12h, \quad L_{evening} = Leq, 4h, \quad L_{night} = Leq, 8h$$

ここに $L_{Aeq,t}$ とは、騒音曝露が最大である建物前面における観測時間 t 時間にわたる A 特性等価騒音レベル**。

環境性疾病負荷の評価方法

疾病負荷は、次式で示される、総人口における障害調整生存年 DALY により表される。

$$DALY = YLL + YLD$$

ここに YLL は、「損失生存年数 (years of life lost)」で、次式で求められる。

$$YLL = \sum_i (N_i^m \cdot L_i^m + N_i^f \cdot L_i^f)$$

ここに N_i^m は年齢層 i の男性の、 N_i^f は年齢層 i の女性の死亡数で、それぞれに死亡時点での平均余命 L_i^m あるいは L_i^f が掛けられている。YLD は、「障害生存年数 (years lived with disability)」で、次式で求められる。

$$YLD = I \cdot DW \cdot D$$

ここに I は発症数、 DW (disability weight) は障害の重度、 D は障害を有する平均年数。 DW は各健康状態に関連し、0 (完全な健康状態に相当) から 1 (死に相当) までの値を取る。

各評価項目の環境性疾病負荷は、以下の情報とデータとを用いて算定した。

- 環境騒音曝露人口分布状況
- 各健康評価項目に関する曝露量－反応関係
- 環境騒音曝露による人口寄与割合
- 調査または定期的な統計報告から得られた健康評価項目の罹患率／有病率に関する集団ベースの算定値
- 各健康評価項目の障害の重度 (DW)

* パワー平均値。

** A 特性等価騒音レベルとは、A 特性フィルタを通した騒音のパワーを平均化してレベル表示した指標。 L_{Aeq} あるいは単に Leq と表す。 $Leq, 4h$, $Leq, 8h$, $Leq, 12h$ は、それぞれ観測時間 4 時間、8 時間、12 時間にわたって平均化を行った Leq 。 L_{den} は、夕方 5dB、夜間 10dB の上乘せをした Leq 。

心臓血管系疾患

道路交通騒音および航空機騒音と高血圧症ならびに虚血性心疾患との関連性を証明する疫学研究結果が近年増加してきた。道路交通騒音が、心筋梗塞を含む虚血性心疾患のリスクを増大させることは、これまでも明らかにされてきた。道路交通騒音ならびに航空機騒音はいずれも、高血圧のリスクを増大させる。鉄道騒音曝露による心臓血管系への影響に関する報告例はごく少ない。

曝露量－反応関係

環境騒音と心臓血管系へのリスクに関する曝露量－反応関係を、複数の疫学調査結果を統合した解析によって評価した。解析研究で得られたデータに対し、騒音レベルが 55～80dB の範囲で多項式をあてはめた。

$$OR \text{ (オッズ比)} = 1.63 - 6.13 \cdot 10^{-4} \cdot L_{\text{day,16h}}^2 + 7.36 \cdot 10^{-6} \cdot L_{\text{day,16h}}^3$$

西欧における負荷の算定

EU 加盟国内騒音マップの曝露データに基づいて、環境騒音による虚血性心疾患の疾病負荷を算定したところ、高収入の EU 諸国でおよそ 61,000 年であった。

子どもの認知障害

騒音曝露に起因する子どもの認知障害とは、騒音曝露期間中持続し、騒音曝露終了後も一定期間残存する、就学年齢の子どもの認知能力の低下と定義される。騒音が認知能力に悪影響を及ぼすこと、とりわけ子どもへの影響については、実験的、疫学的な研究がなされてきた。

仮定的曝露量－反応関係

利用可能な科学的根拠に基づき、騒音レベル (Ldn*) と認知障害のリスクとの仮定的な曝露量－反応関係を定式化した。すなわち、騒音のレベル Ldn が 95dB を超えると、曝露を受けた全ての子どもに認知上の影響が生じ、Ldn が 50dB 程度の比較的低レベルにおいては子どもに影響はないというものであり、障害生存年数を控えめに近似するための基本方針として上記 2 点間に直線的な関係を仮定した。

西欧における負荷の算定

スウェーデンの人口構成と曝露分布を西欧諸国全体に拡張した場合、EUR-A 諸国** における 7～19 歳の子どもの DALY は 45,000 年となる。

* 夜間のみ 10dB の上乘せをした Leq。

** 子どもと大人の死亡率が非常に低い欧州諸国。

睡眠妨害

睡眠妨害は、電気生理学的方法、または質問紙を用いた自己報告による疫学研究によって測定可能である。疫学研究では、「自己報告による睡眠妨害」が最も容易に得られる測定指標である。電気生理学的測定は、多額の費用を要し、多人数を対象に実施することが困難である上、測定そのものが睡眠に影響を及ぼすおそれがある。

曝露量－反応関係

「高度な睡眠妨害」(HSD) を受ける人口割合は L_{night} を変数として次式で求められる。

$$\text{HSD}[\%] = 20.8 - 1.05 \cdot L_{\text{night}} + 0.01486 \cdot L_{\text{night}}^2$$

西欧における負荷の算定

騒音マップから曝露量を求めて人口 50,000 人を超える都市域に居住する EU 人口について算定すると、騒音による睡眠妨害によって失われた DALY は、控えめに見積もって総計 903,000 年となる。

耳鳴

耳鳴は、外部に騒音源がない場合に生じる音の感覚と定義される。強大騒音曝露に起因する耳鳴は古くから報告されており、慢性的な騒音性外傷を有する患者の 50～90% に耳鳴を認める。その一部には、耳鳴のため、睡眠妨害、認知的影響、不安、心理的苦痛、鬱、会話等意思疎通の障害、欲求不満、刺激感応性（過敏性）、緊張、就業不能、能率低下、交際範囲の縮小を惹起している可能性がある。

曝露量－反応関係

西欧と北米諸国とでは、環境騒音に起因する耳鳴は、ヘッドホン型プレーヤー、射撃、コンサート、スポーツ・イベント、爆竹を使うイベントのような社会的騒音／レジャー騒音による曝露において最も高い関連性が認められる。レジャー騒音曝露に関する集団ベースの研究では、耳鳴のリスクはごくわずかである。耳鳴を有する人員を対象にした研究により、軽度、中等度、重度の耳鳴の平均有病率が算定されている。

西欧における負荷の算定

2001年現在 15 歳以上の EUR-A 諸国の人口 344,131,386 人の平均有病率データを用いて、軽度、中等度、重度の耳鳴有病率を算定した。障害の重度は軽度に対し 0.01、中等度と重度に対し 0.11 とした。環境騒音に起因する耳鳴の人口寄与割合* は、科学的知見に基づき 0.03 とした。環境騒音に起因する耳鳴により失われた DALY は、EUR-A 諸国内成人人口につき 22,000 年である。

* 曝露群の罹患率あるいは有病率のうち、その曝露が原因となっている割合。

アノイアンス（不快感）

WHO は健康を、単に病気とか虚弱でないというだけではなく、身体的、精神的、社会的に完全に良好な状態である、と定義している。したがって、環境騒音による高度のアノイアンスは環境性健康負荷のひとつとみなすべきである。社会調査によって騒音によるアノイアンスを評価するために質問紙の標準化が行われている。高度に不快（highly annoyed）とする割合（%）が、アノイアンスの住民反応率としてもっとも広範に用いられている指標である。

曝露量－反応関係

道路交通騒音曝露の場合「高度に不快」（HA）とする人口割合は、次式で求められる。

$$HA[\%] = 0.5118 \cdot (L_{den} - 42) - 1.436 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{den} - 42)^2 + 9.868 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{den} - 42)^3$$

西欧における負荷の算定

騒音マップから曝露量を求めて、人口 50,000 人を超える都市域に居住する EU 人口について算定すると、騒音によるアノイアンスにより失われた DALY は、控えめに見積もって総計 654,000 年となる。

結論

環境騒音曝露と健康への悪影響との関連性を裏付ける十分な科学的根拠が、複数の大規模疫学調査研究によって得られている。したがって、環境騒音は単に生活妨害や不快感の原因だけではなく、公衆衛生および環境衛生の問題としても考慮されねばならない。

WHO の地域事務局が召集した作業部会は、騒音関係の健康評価項目を選定し、その疾病負荷を WHO 方式によって定量化する具体的事例を示して、国の水準や地方の水準における政策立案者、あるいはその助言者が利用可能なように本報告を刊行した。曝露評価、曝露量-反応関係、保健統計に不確実性が伴うため、できる限り控えめな仮定を設定した。

西欧諸国における環境騒音により失われた DALY を算定すると、虚血性心疾患につき 61,000 年、子どもの認知障害につき 45,000 年、睡眠妨害につき 903,000 年、耳鳴につき 22,000 年、アノイアンスにつき 654,000 年となる。これらすべてを合計すると、負荷は 100～160 万 DALY と推測される¹。つまり、EU 加盟国を含め西欧諸国における交通関連騒音にかかる健康生存年の損失は、年間少なくとも 100 万年ということである。西欧諸国においては、道路交通騒音にかかる睡眠妨害とアノイアンスが、環境騒音による負荷の大半である。南東ヨーロッパならびに最近独立した

¹異なる影響による損失年数を加算しうるかどうかは明らかではない。個人に複合影響が生じるとき、各々の健康影響は、拮抗的であるよりむしろ相乗的影響を持つ可能性がある。したがって、異なる評価項目に対し相乗作用を考慮せずに加算することは、慎重な評価になる、と考えられる。

諸国において曝露の資料が不足しているため、欧州全域で疾病負荷を算定することはできなかった。

ここに示す環境騒音曝露にかかる選定された健康評価項目の負荷算定方法は、そこで設定された仮定、適用限界、不確定性に対し注意深い配慮をするかぎり、国際的水準、国の水準、地方の水準の関係諸機関において利用可能である。本報告では、2010年に開催された第5回「環境と健康に関する閣僚会議」で採択された「パルマ宣言」において加盟国が強く勧告したように、将来、WHOが適切な騒音ガイドラインを策定するための、最新の科学的根拠の吟味を行っている。