

「固体推進薬衝突実験の爆発音被害に係る検討チーム」

中 間 報 告 書

平成 9 年 6 月 2 0 日

宇宙開発事業団

中間報告書目次

	ページ
1. まえがき	2
2. 実験の実施状況	5
3. 被害状況等	5
4. 検討内容	5
(1) 当時の気象状況	
(2) 音の発生状況	
(3) 音の伝搬状態	
(4) 養鶏場における音圧の推定	
(5) 音に対する動物の反応	
(6) 被害との因果関係	
5. まとめ	8
6. 現時点での再発防止策と実験再開の可能性	8
図 - 1 騒音測定値	9
〈参考資料〉	
・ 動物の可聴周波数の範囲	10
・ 周波数領域における音の分類	10
・ 聴感補正回路の特性	10
・ 逆転層の状況	11

1. まえがき

宇宙開発事業団（以下「事業団」という）が平成9年5月16日から5月28日までの予定で、北海道苫小牧市苫小牧東部開発地域において実施を計画していた固体推進薬衝突実験のうち、平成9年5月16日（金）に実施した基準爆薬実験で、当該実験の爆発音の影響と見られる被害報告（7km離れた養鶏場においてブロイラの成鶏及び幼鶏500羽が死亡）があった。事業団はこのことを深刻に受け止め、当面の実験を中断し、速やかに原因究明と対策処置を行うため、同5月19日に事業団内に安全管理部長をチームリーダーとする「固体推進薬衝突実験の爆発音被害に係る検討チーム」（以下「検討チーム」という）を発足させ、被害状況調査を含む被害発生原因の究明と再発防止対策、並びに苫小牧での実験の再開の判断を得るための技術検討を開始した。また、被害発生の原因究明をより客観的で確実に行うために、事業団理事長の委嘱を受けた各専門分野の外部専門家により検討内容の点検、助言、支援を受けることとした。

検討チームが得た、被害状況調査及び被害発生原因の解明の検討結果を、取りあえず「中間報告」として、平成9年6月19日に事業団理事長に報告することとした。

今後は、この「中間報告」をもとに、被害発生の再発防止対策及び固体推進薬衝突実験の実験再開の可否の検討を行い、平成9年8月下旬を目処に「最終報告」としてまとめ、理事長に報告する予定である。

「固体推進薬衝突実験の爆発音被害に係る検討チーム」構成員名簿

チームリーダー	福田敏幸（安全管理部長）
チームリーダー代理	田中俊輔（宇宙輸送システム本部 宇宙輸送システム技術部 主任開発部員）
サブチームリーダー	兵藤幸夫（安全管理部 主任開発部員）
サブチームリーダー	三枝 博（技術研究本部試験センター 主任開発部員）
サブチームリーダー	井坂健治（宇宙輸送システム本部 宇宙輸送システム技術部 主任開発部員）
構成員	茅野千明（安全管理部 副主任開発部員）
構成員	小柳英雄（安全管理部 開発部員）
構成員	高野 晃（信頼性管理部 次長）
構成員	佐野 昇（宇宙輸送システム本部 宇宙輸送システム技術部 主任開発部員）
構成員	谷口浩文（宇宙輸送システム本部宇宙輸送推進部 主任開発部員）
構成員	中村博行（宇宙輸送システム本部 宇宙輸送システム技術部 副主任開発部員）
構成員	木暮一正（宇宙輸送システム本部 宇宙輸送システム技術部 副主任開発部員）
構成員	岡田匡史（宇宙輸送システム本部H-II Aプロジェクト 副主任開発部員）
構成員	富岡健治（地球観測システム本部ALOSプロジェクト 主任開発部員）
構成員	木多見昌弘（技術研究本部試験センター 開発部員）
アドバイザー	山田良雄（筑波宇宙センター 所長）
アドバイザー	三戸 宰（軌道上技術開発システム本部衛星ミッション 推進部長）

固体推進薬衝突実験の爆破音被害に係る検討チーム
外部専門家名簿（５０音順）

NO	氏 名	勤 務 先	専 門 分 野
1	井 清 武 弘	通産省 工業技術院 資源環境技術総合研究所 安全工学部長	爆発音
2	菊 地 勝 弘	北海道大学大学院 理学研究科 教授	気 象
3	黒 田 英 司	日本工機（株）	爆発音による 動物被害
4	清 水 弘	北海道大学農学部 畜産科学科 教授	畜 産
5	田 中 克 己	通産省 工業技術院 物質工学工業技術研究所 基礎部 主任研究官 (NASDA客員開発部員)	爆発現象
6	山 田 一 郎	(財) 小林理研究所 所長	音 響

2. 実験の実施状況

固体推進薬衝突実験の予備実験として予定していた、爆薬を使った基準爆薬実験5回のうち、平成9年5月16日に、1回目（実験No.1-1-1 11時00分実施、爆薬量10kg）、2回目（実験No.1-1-2 14時15分実施、爆薬量50kg）、3回目（実験No.1-1-3 16時10分実施、爆薬量50kg）の3回を実施した。そのうち2回目または3回目で被害が発生したため、それ以降の実験を中断している。

3. 被害状況等

- (1) 被害については、7 km離れた養鶏場において、全体で50～60万羽いるブロイラのうち、音に驚いて逃げまどい隅に殺到し圧死したものと見られる、約500羽の被害報告だけが、厚真町役場にあった。
- (2) 実験場に近い約3 kmの地点に放牧されていた軽種馬（競走馬）が驚いて走り出したとの、牧場業者からの情報があった。
- (3) 10 km程度離れた場所に野鳥の宝庫のウトナイ湖がある。この時期はアオサギの抱卵期であり、音に驚いて飛び立ち、帰巢しないことが心配であるとの情報があったが、後にレンジャーによって、卵を抱えていることが確認された。
- (4) 半径約10 kmの範囲では「非常に大きな音で驚いた」という住民の声があった。ただし、爆発音なのか、それとも建屋等の振動による二次騒音なのかは、明確ではない。
- (5) 北海道庁、苫小牧市、厚真町、早来町など地元自治体は、実験の再開に当たっては十分な対策を要望している。

4. 検討内容

(1) 当時の気象状況

当日は深夜から続いていた霧雨がやみ、午後からは雲低高度の低い層雲は徐々に消滅し、3回目の実験時には晴れ間が覗く程度になった。札幌管区気象台の高層気象観測結果及び苫小牧測候所の気象概況を考えあわせると、実験当時

は風は弱く、実験場の上空に気温の逆転層が存在していた可能性が高かったものと推定される。

(2) 音の発生状況

周辺4個所で人に対する音の影響を調べるために、人の聴覚の周波数特性に補正した感度特性(A特性：以下、dBAと示す)を持つ騒音計を使って測定を行った。図-1に騒音測定値を示す。測定値は、爆点から約3.4km離れた牧場付近で最大値は2回目の83.5dBA、約1.7km離れた動物検疫所で最大値は3回目で80dBAであった。

爆点近傍の爆風圧センサーで得られたデータを基に、発生音響特性の解析を実施したところ、爆発音の基本周波数は10~20Hzの超低周波であり、200Hz以下の周波数帯が支配的であることが判った。なお、この10~20Hzの周波数帯は、建具やガラス窓等の共振点に近い周波数域である。

(3) 音の伝搬状態

音は伝搬する距離に比例して減衰すると共に、大気分子吸収ならびに草木による減衰がある。しかし、超低周波は大気減衰および草木減衰がほとんどない。すなわち、高周波成分は遠距離まで届きにくく、超低周波成分は遠くまで届き易い。また、音の遠距離伝搬原因として、地上面からの高さによって気温が変化する温度勾配と風速勾配などの気象条件による異常伝搬がある。特に気温の垂直勾配において逆転層(上空の方が気温が高い場合)があると、上空に放射された音は屈折し、あたかも反射したように地面に返り、音の異常伝搬を起こすことがある。

(4) 養鶏場における音圧の推定

今回問題となった約7km離れた養鶏場における音圧を推定するため以下の二通りの方法で実施した。

- ①爆点近傍の爆風圧計測データを基に、音圧の推定を行った。養鶏場付近では遠距離でも減衰の少ない超低周波を中心として、直接伝搬でもオーバーオールレベル(周波数毎の全ての音圧の和)で100dBを越える音圧が加わった可能性がある。これに、気温の逆転層の影響が加われば更に大きな音圧が推定される。

②米国のANSI (American National Standards Institute)という組織が提案している推算式を用いて推定した。推定値は、91.6 dBC (C特性)であり、気象条件などの影響による偏差を考慮すると100 dBC以上となる可能性がある。

これらの2つの方法で推定された音圧は、人間や鶏の聴感特性では殆ど感応し難い周波数も含んでいるが、鶏舎の構造によってはトタン屋根や窓など、建屋構造の一部の「振動」を発生させた可能性がある。

(5) 音に対する動物の反応

人は2 kHzを中心とした20 Hz～20 kHzが可聴周波数範囲である。鳥類の可聴周波数の範囲はほぼ人に近く、視覚や振動に敏感であり、鶏は危険を感じたときには隅の方に集まり潜り込もうとする習性があると言われている。

馬の可聴周波数範囲は、55 Hz～33.5 kHzで、低周波域は人より敏感ではないと言われている。しかし、馬は一般に臆病で神経質であり、突発的な爆発音には驚きや恐怖を表し、暴走したり、狂騒したりする場合があるということである。また、実験をしたこの時期はアオサギなどの抱卵期であったので爆発音に驚き帰巢しないと雛がかえらない恐れがあるとの指摘があった。

(6) 被害との因果関係

解析によると、爆発音により発生した超低周波音を含む音波が約7 km離れた鶏舎の屋根や壁面などを振動させるレベルで伝搬し得ることが推定された。

また、半径10 kmの範囲で、「非常に大きな音で驚いた」などの情報から、逆転層による異常伝搬も可能性として考えられる。

したがって、「超低周波音による鶏舎の揺れ、さらに逆転層による大きな音に、危険を感じた多くのブロイラがパニックを起こし、結果的に一部の雛鳥等が圧死した」という見方を、否定することは出来ない。

しかしながら、本検討においては、鶏舎における音圧レベルの直接的な測定値があるわけではなく、かつ、逆転層についても、現地でのデータがあるわけではないので、厳密な意味での因果関係を確定するものではない。

5. まとめ

本実験では、爆風圧が人に与える影響及び窓ガラス破損等の予測計算を行い、飛散物及び騒音を考慮して警戒区域を設定した。

今回の被害は、

(1) 警戒区域を越えて、予想外の遠距離まで超低周波音の伝搬が推定される。

(2) 逆転層により、大きな音が異常伝搬した可能性がある。

(3) 超低周波音や大きな音により、鶏舎が振動した可能性がある。

の要因により、ブロイラーが驚いた結果、多くのブロイラーが習性による異常行動をとり、下敷きになったブロイラーが圧死に至ったものと思われる。

本実験では、人体及び窓ガラス破損等への直接の影響は考慮されていたが、爆発音の超低周波成分を含む音波の直接伝搬及び逆転層による異常な遠距離伝搬によって、密集して飼われているブロイラーが異常行動を起こし圧死に及ぶことまでは、考えがおよばなかった。

なお、今回、事故には至っていないが、馬が驚いて走り出したケースが報告されており、動物検疫所や牧場の超低周波も含めた音圧データをみると、建屋を振動させるエネルギーが有ったと考えらる。突発音に敏感な馬の習性を考慮すると、馬に被害がおよぶ可能性も潜在していたと思われる。

6. 現時点での再発防止対策と実験再開の可能性

実験規模を変えると実験の本来の意味がなくなることから、爆薬量を減少させることは困難である。

超低周波音を含む音波が及ぶ範囲の建物等の振動や音が、馬や鶏等の家畜に二次的に影響することなどに対処することは困難であり、現時点では実験再開の見通しはたっていない。

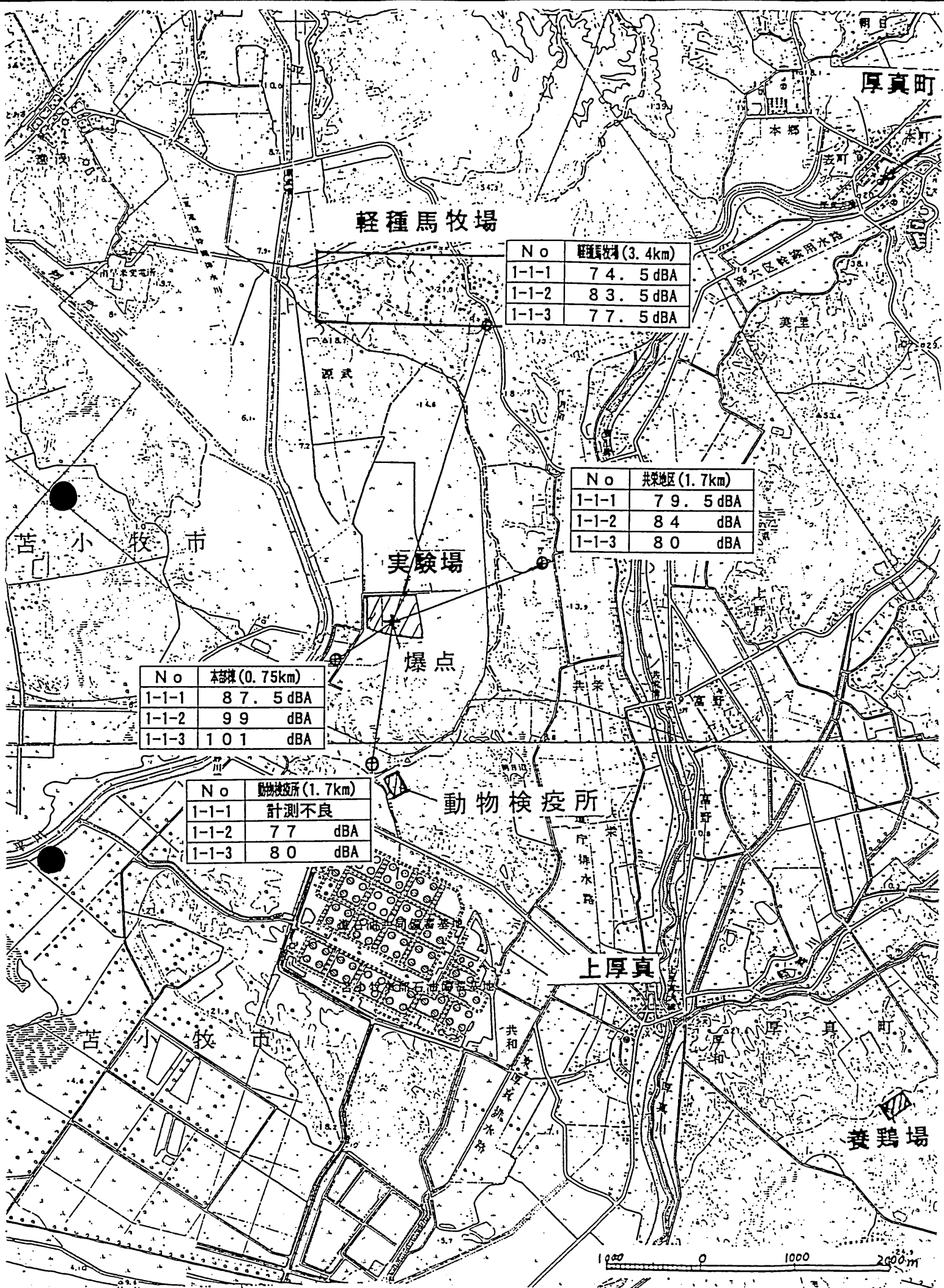


図1 騒音測定値

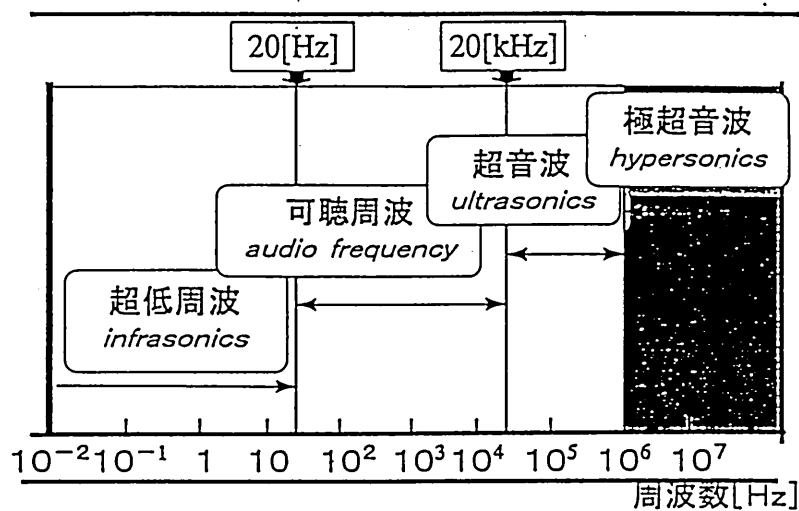
<参考>

動物の可聴周波数の範囲

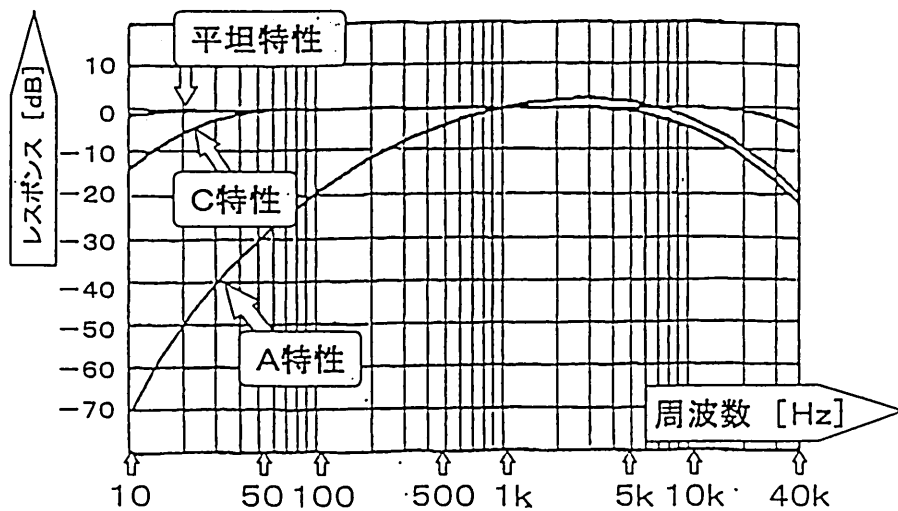
ヒト	20 Hz - 20 kHz	ウシ	125 Hz - 42 kHz
イヌ	15 Hz - 50 kHz	コウモリ	1000 Hz - 120 kHz
ネコ	60 Hz - 65 kHz	イルカ	50 Hz - 150 kHz
ウマ	55 Hz - 33、5 kHz	鳥類	ほぼヒトに近い

出典

1. 「動物の爆発音に対する応答について」：黒田英司、工業火薬 Vol 43、No. 4
2. 「発破による音と振動」：(社)日本騒音制御工学会技術部会低周波音分科会

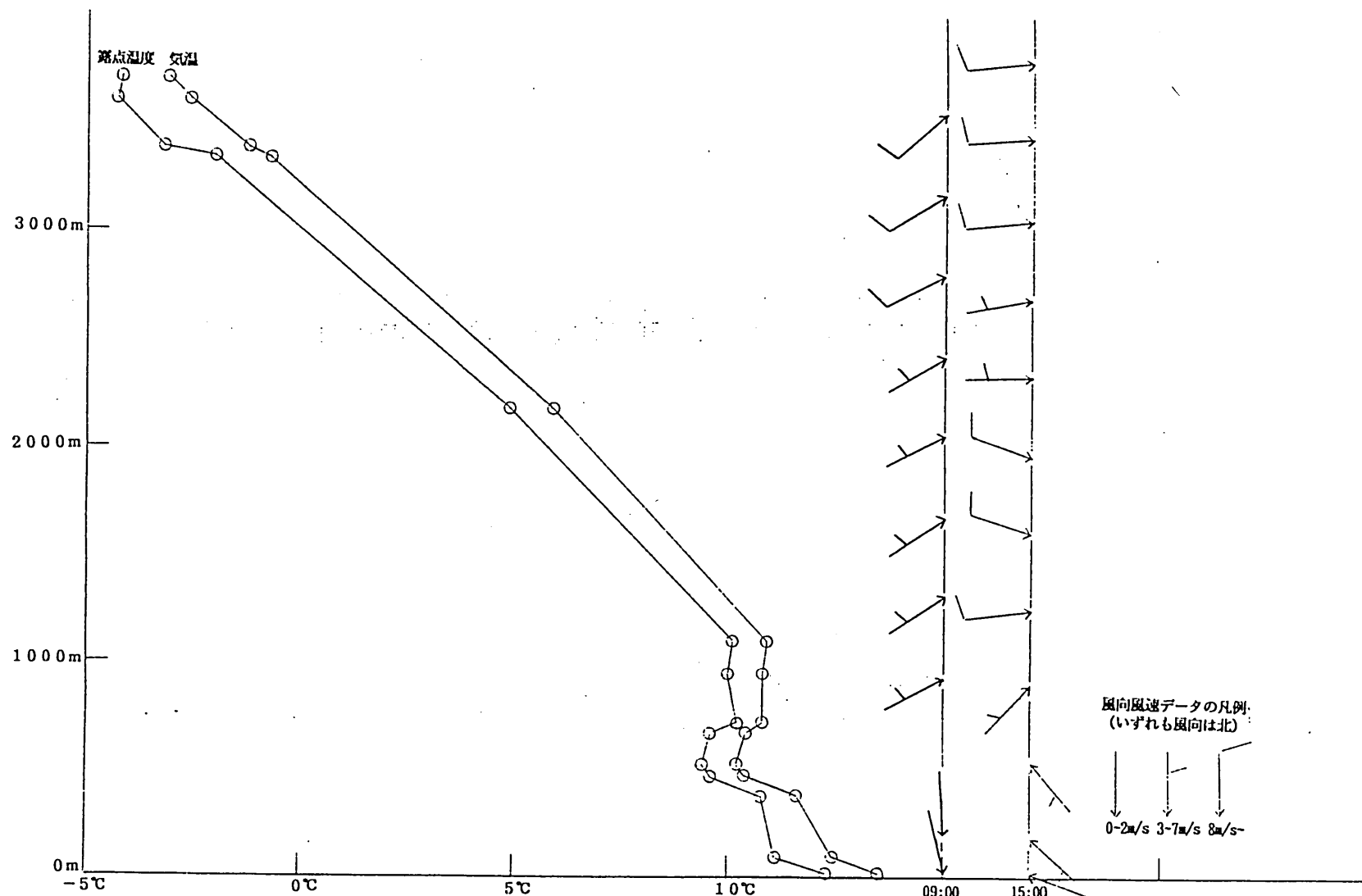


周波数領域における音の分類



聴感補正回路の特性

逆転層の状況



札幌における気温・風の鉛直プロファイル

1997年 5月16日09時観測

※本資料は札幌管区気象台高層気象観測室が実施した

レーウィンゾンデ観測(09時)及びレーウィン観測(15時)のデータから作成。