

騒音性難聴症例における標準聴力検査と 高周波聴力検査域値の比較検討

阿瀬 雄治¹⁾, 辻 久茂²⁾, 原 晃¹⁾, 草刈 潤¹⁾

¹⁾筑波大学臨床医学系耳鼻咽喉科

²⁾総合病院土浦協同病院耳鼻咽喉科

要旨：某事業所の騒音職場に従事する従業員の純音聴力検査の折り、高周波領域（8～18 kHz）も同時に測定した。特に4 kHzにdipの認められる場合は障害の程度により高周波領域の聴力図のパターンに違いのある傾向が認められた。即ち、騒音によると思われる聴力障害でC⁵dipの障害が軽いときは、高音域にもdipが2つ以上認められ、dip以外の周波数における域値の上昇は僅かであった。C⁵dipが40～50dBの場合は高周波領域のdipは1つで、dip以外の周波数にも有意に域値の上昇を認めた。C⁵dipがより高度に障害されていると、高周波領域と同様に高度に障害されている傾向を示す結果を得た。C⁵dipを認めない高音障害型の難聴の場合、高周波領域もその延長線上にある如き障害のタイプを示した。このような高周波聴力図は、加齢による聴力障害のタイプと異なり、騒音性難聴における聴力の経時的变化を示唆している様に思われる。

—キーワード—

標準純音聴力、高周波聴力、C⁵dip、騒音性難聴

はじめに

ヒトの聴覚において周波数の感受性は低周波は16Hzから高周波は20kHzまでと成書に記されているが、これを明確にうらづけた論文は見あたらない。即ち、この16Hzから20kHzという値の根拠はどこにあるのであろうか。ここに歴史的興味をそそる面がある。例えば、周波数の下限については、1830年、フランスのサバールは8 Hzと示し、後にヘルムホルツは16Hzから32Hzの範囲と曖昧であるが引き上げている¹⁾。上限についても明確な周波数は明かではない。

19世紀頃、音叉による検査を行っていた時代は、あわせて、monochordによる高周波領域の聴覚機能を検査することは日常的な事であった²⁾。monochordは弦の張り具合いと、可動性の駒の移動により、任意の周波数が得られ、これを用いて気導聴力ならびに骨導聴力が測定されていた。気導においては15kHzから20kHzまで、骨導聴力においては17kHzから27kHzま

で測定され、骨導の方がより高周波まで測定し得たようである³⁾。20世紀に入り真空管の発明により電氣的聴力計（オージオメータ）が開発され、これと共に使われるイヤホンの特性が6～8 kHz以上では使用出来ないという理由と電話の発明にともなう通話明瞭度の体系的な研究で、会話聴取の音域が500Hzから3000Hzの範囲で十分なることから、高周波領域の検査は見捨てられてしまった^{1),3)}。

1960年代になり再び高周波領域の重要性が見直されるようになった。特に、加齢による、いわゆる老人性難聴⁴⁾、耳毒性物質⁵⁾の投与に伴う難聴ならびに騒音性障害^{6),7)}において高音域の障害が認められることから、あらためて騒音によると思われる障害の早期発見に役立つとして見なおされはじめた。

近年、産業医学の立場より事業所等において就業につく前、即ち、採用時と、就業についてから定期的聴力管理が義務づけられた。我々は某事業所の従業員の純音聴力検査の折り、高周波領域も同時に測定し、こ

の両者の関係について検討したところ騒音による聴力障害について興味ある所見を得たので報告する。

対象と方法

検査対象は従業員567名,その内臨時の職員が230名,年齢層は18歳より60歳まで,平均年齢は,男子40歳,女子36歳である。これらの人々に1000Hzと4000Hzの選別検査を事業所の保健室にて行い,規定の聴力レベルで聞き取れ得なかった人々は,65名であった。

この内,内耳疾患ならびに幼児期より感音難聴を自覚している人が5名あった。よって60名について集計した(表1)。これら60名の平均年齢は42.2歳,平均勤続年数は17.5年である。この60名について土浦協同病

表1 調査対象とした年齢層ならびに勤続年数

対 象：清涼飲料等製造場従業員(567名)を労働安全衛生法に基づき聴力選別を行い1000Hz,4000Hzの音が規定の聴力レベルで聞き取りえなかった人。

年 齢 層：18歳～60歳 65名
 男子：56名 (内, 中耳炎 2名, その他 2名)
 女子：9名 (内, 中耳炎 1名)
 平均年齢：42.2歳 最年少：24歳 最年長：58歳

平均勤続年数：17.5年

C⁵dip の認められた人の年齢層：最年少：34歳

C⁵dip の認められた人の勤続年数：最短：7年 最長：41年

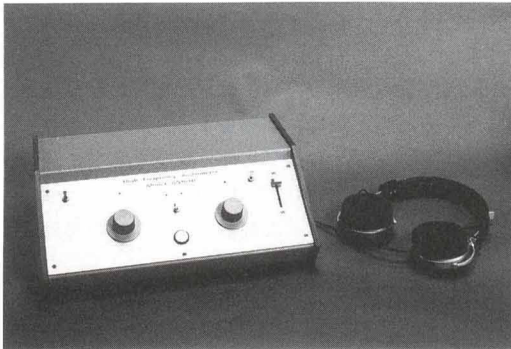


図1 高周波オーディオメータの外観とイヤホン

院耳鼻咽喉科防音室での精密聴力検査を行い(オーディオメータ RION AA-61A),得られたオーディオグラムから,2000Hz以上の周波数の障害,特に騒音曝露したあとなどに生ずるオーディオグラム上の4000Hzを中心と

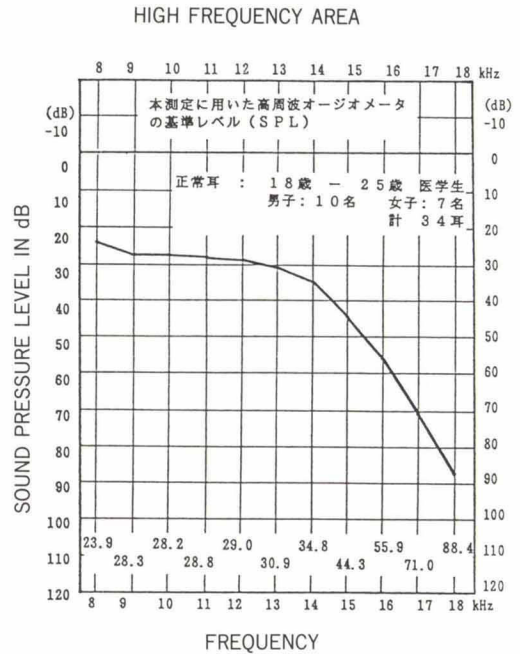


図2 正常耳の基準レベル
 18歳より25歳までの17名, 34耳の平均。

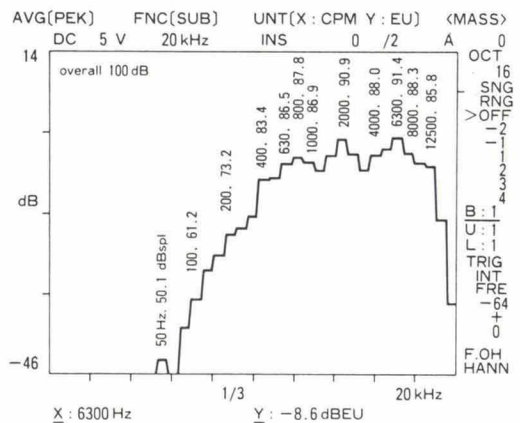


図3 事業所内で最も騒音レベルの強い場所での音響スペクトル
 400Hzから12500Hzと幅広い周波数成分をもつ。

したV型の切れ込みを示すいわゆるC^sdipや高音障害型と、高周波聴力検査(デンマーク, Interacoustic 社製, High-Frequency Audiometer, AS-10HF. イヤホン は KOSS HU/1A Stereophone (図1)) との結果につき比較検討を行った。

この高周波オーディオメータの attenuator の目盛りの基準レベルは, Sound pressure level (SPL) に設定されている。よって正常耳の基準レベルを決定すべく, 18歳より24歳までの医学生17名34耳について高周波領域の域値を測定し, その平均値をもって正常耳の聴力レベルの基準とした(図2)。

事業所における最も騒音の激しい場所での騒音レベルは, Over all で100dBを示した。騒音計(B & K, 1/2"コンデンサーマイクロホン Type 3133, 増幅器 Type 2606)でのA特性, B特性, C特性いずれも100ホンを示した。その音響スペクトル(小野測器 FFT CF-300)は1/3オクターブフィルタでの分析で400Hzから12500Hzと幅広いスペクトルを示した(図3)。スペクトル中に特徴的周波数は認めない多くの成分をもつ騒音である。常時従業員が作業している場所はOver all で90dBを示し, 音響スペクトルも同様なスペクトルを示した。

結 果

標準純音聴力検査におけるオーディオグラムの聴力型は水平型, 高音漸傾型, 高音急墜型ならびにC^sdip型に分類された。ここで特にC^sdip型を示した例は60人中40人とその2/3に認められた。これらのオーディオグラムから4000Hzの障害程度により, 5つのグループに分類して標準純音聴力と高周波聴力のオーディオグラム上のタイプと比較した。

- (1) 標準オーディオグラムでC^sdipの4000Hzが35dB以内にあるものは, 高周波領域は10kHzから12kHz附近にdipが軽度にとめられ, 且つ, 高周波領域の高音域に聴力の低下を示すパターンになる傾向を示した(図4)。
- (2) 4000Hzが40dBから50dBにある場合には, 高周波領域のより高い周波数にdipを認める傾向を示した(図5)。
- (3) 4000Hzが55dB以上を示す場合においては, 高周波領域は高度に障害されている型を示す傾向であった(図6)。
- (4) 一側がほぼ正常で, 他側にC^sdipを認める例においては, 高周波領域の高音部分で両側共に同程度の

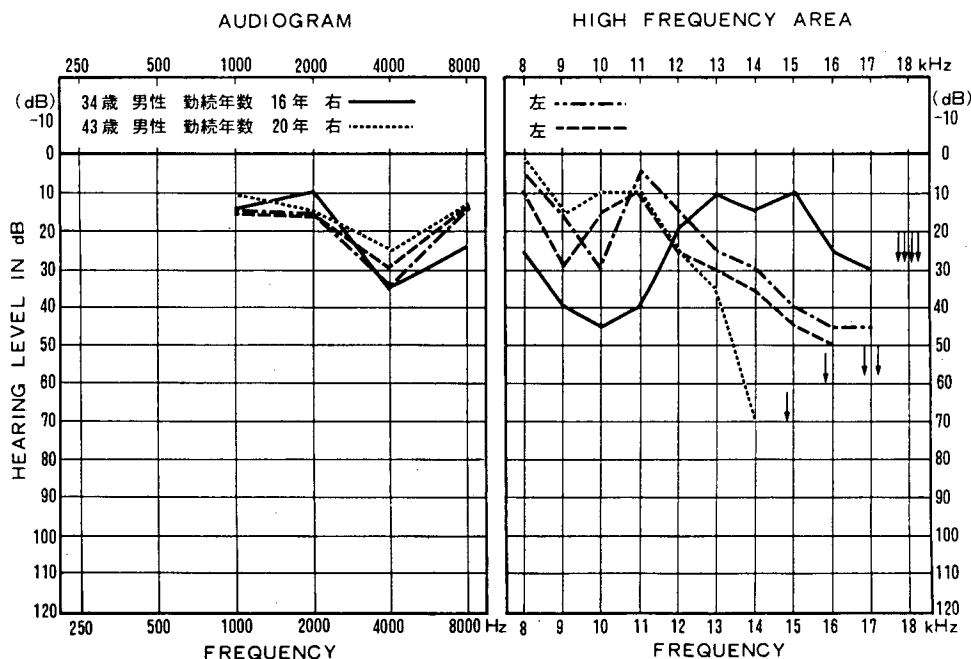
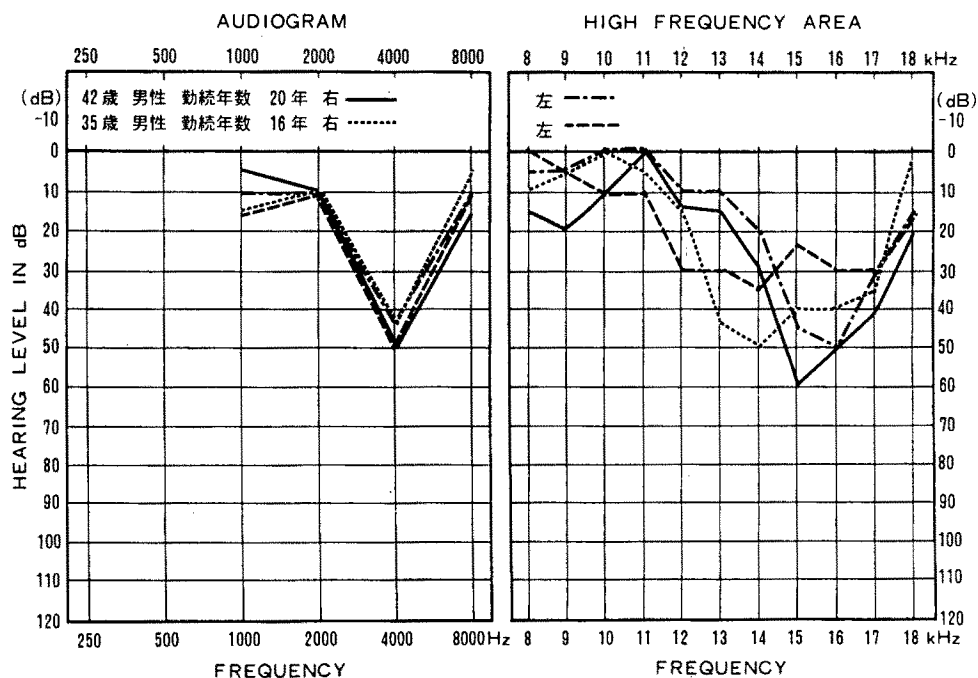
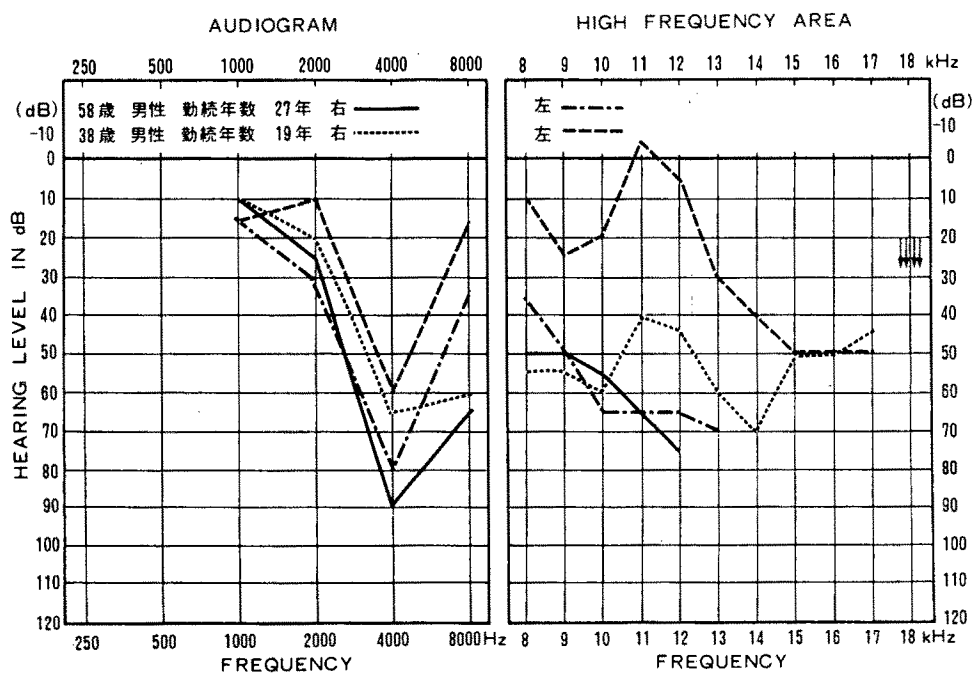


図4 C^sdipが軽度の群の代表例(2例)

図5 C⁵dip が中等度群の代表例 (2 例)図6 C⁵dip が高度の群の代表例 (2 例)

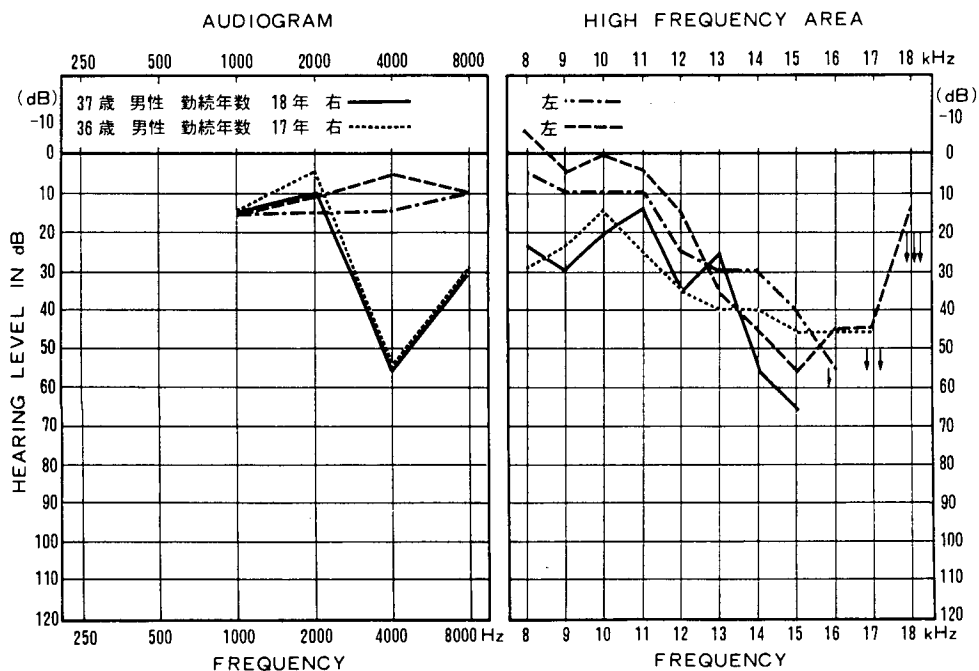


図7 一側が正常で他側に C^sdip を認める群の代表例 (2 例)

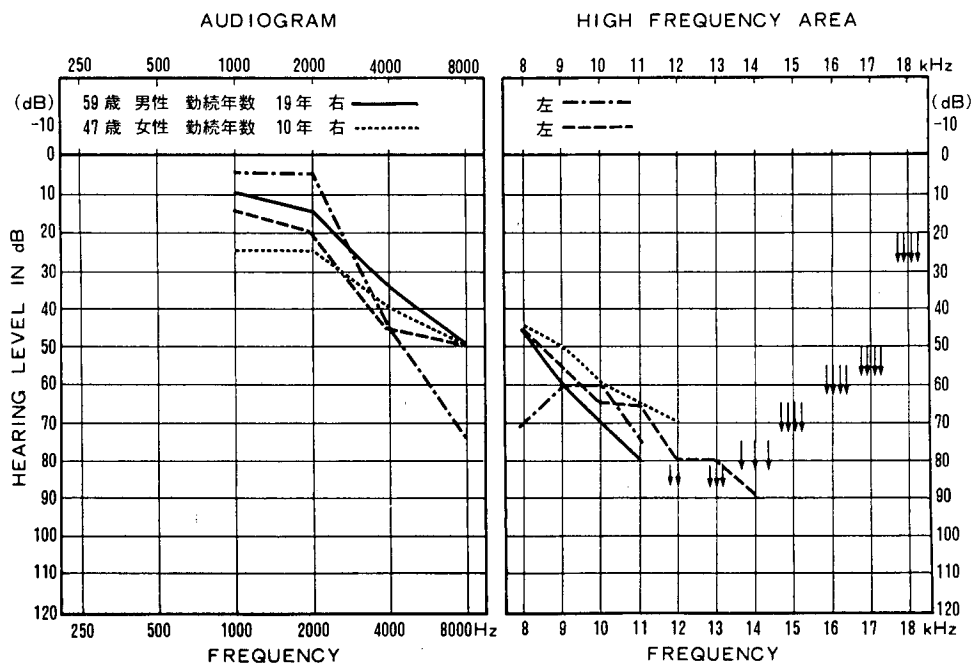


図8 高音漸傾ならびに急墜型の代表例 (2 例)

聴力障害を認める傾向を示した(図7)。

- (5) 高音漸傾型ならびに高音急墜型をなす場合には、高音域も標準オーディオグラムの延長上にあるように、高度の障害を示している型を示した(図8)。

これらいずれのタイプと群とも年齢、勤続年数に関して、お互いに相関は示さなかった。

考 案

最小可聴域値の音圧測定は、近代でのフレッチャー・ウェーベルの値よりも1桁のオーダーで差が認められている。

近年、音響測定法に関しては、この10年間単位でその精度は高まっており、それにもとづいたヒトの聴覚域値の測定に関しても影響を及ぼすものと考えられる。

高周波領域に関してはこの意味はむしろヒトの聴覚の限界をさぐる面からの興味から生じたもので、特に聴力は人により、年齢により、また測定時の環境や体調によっても変動するという聴覚心理的背景が重要な因子をもっている。

高周波聴力を測定するにあたり、イヤホンよりの出力音圧校正法、イヤホン自身の特性、測定方法ならびに測定条件(MAFやMAP*)など問題となる点も多々ある^{6),9),10)}。

今回我々が用いた高周波オーディオメータは従来より

使用している標準オーディオメータと同じタイプであり、出力音圧調整も5 dB stepであり、イヤホンはコードを除くと9.3オンスと軽く、周囲もソフトラバーで覆われていて扱い易い実用性に富んだ装置である。

高周波領域の基準レベルを設定するときは12歳～15歳まで若年者を採用すべきで、18歳ですでに高周波領域は域値の上昇が認めはじめるという意見もある^{11),12)}。ちなみにE. Laukliら¹³⁾は、高周波オーディオメータの形式(Demlar 20K)は異なるもイヤホンは我々の使用したものと同一タイプのKOSS社のHV/1Aを使用し、SPLで音圧校正をし、20歳から24歳の30例60耳の正常値をだしている。その値は我々の18歳より24歳の値とほぼ同じ値を示した。

このイヤホン(KOSS)の音圧校正に関する音響学的評価はS.A. Faustiら⁹⁾の論文に詳しく記載されている。

加齢に関しては、古くアフリカの奥地、スーダンのマバーン地方の原住民の聴覚を調べた興味ある論文がある¹⁴⁾。この部落では祭りの際の太鼓の音、人の話し声、鳥の鳴き声以外音という音が無いという所であり、年齢毎の聴覚域値曲線は現代社会での集計と比較して、明らかに相違がある(図9)。

* MAF: minimum audible field

MAP: minimum audible pressure

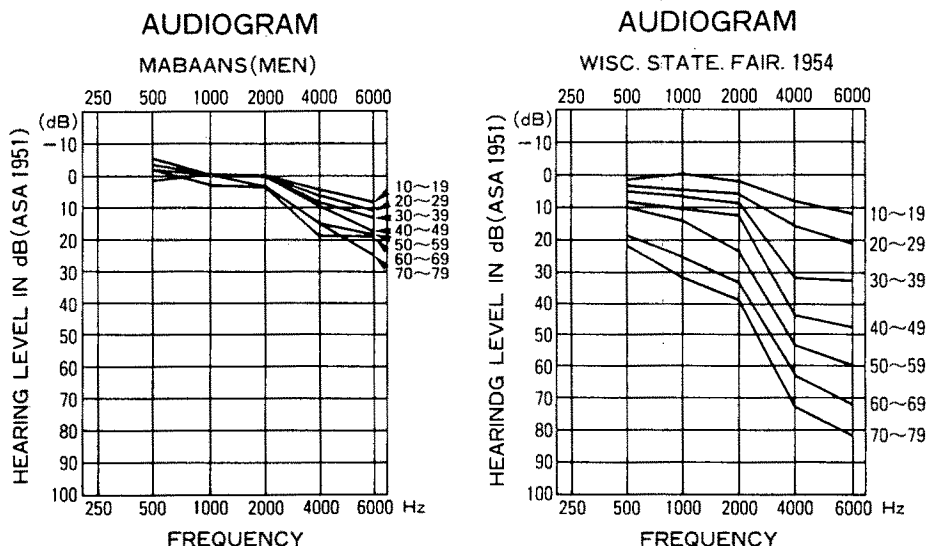


図9 スーダンのマバーン族の聴力(左図)と Wisconsin state fair in 1954での白人の測定データ(右図)¹⁴⁾

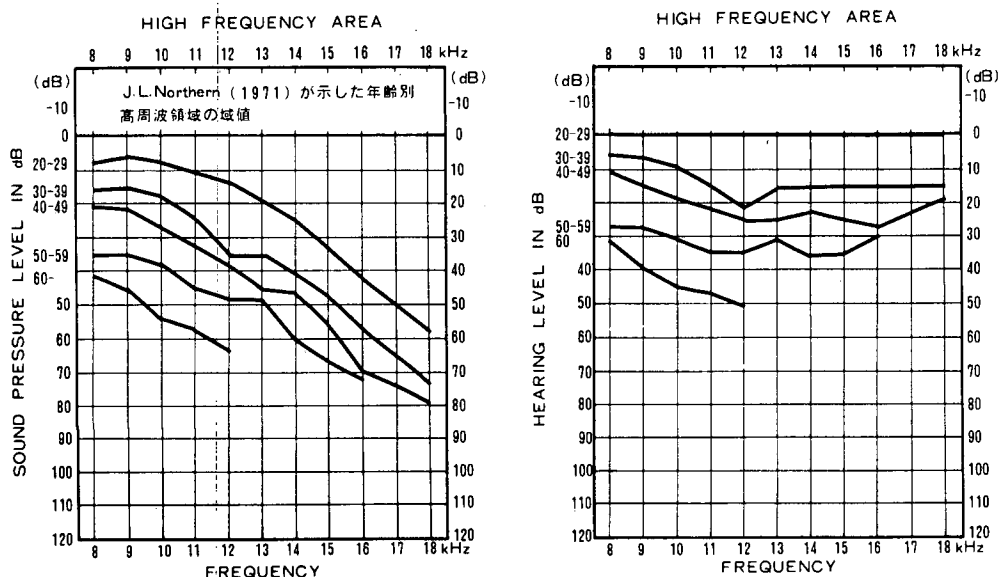


図10 J.L. Northern のデータ

左図は年齢別に SPL で示してある。右図は20歳～29歳を基準レベルにして表示したもの¹⁸⁾。

1964年の Rosen らの報告によれば、マバーン族と白人社会の年齢による差は、14kHz において30歳代ですでに10dB、40歳代では50dB¹⁾の差をもって白人の方が年齢的障害程度が進行し、60歳代ではマバーン族の13%の人が16kHz が聞こえるのに対して、白人社会の人は0%である。

社会があらゆる面で文明化し、騒音にさらされることが多くなるとともに、より多く騒音障害が年齢とあいまって進行することが認められる内容である。

酒井ら¹⁵⁾は C²dip 症例と正常人の間には高周波領域には殆ど差を見られないといっている。一方、関¹⁶⁾は米国製の TRACOR ARJ-4HF を使った多くの年齢層、症例と比較検討を行っている。加齢による難聴と騒音性難聴との間には、明らかな差を認め、且つ、年齢的变化は人種差にあるとしている。

1955年 ISO¹⁷⁾は国際間のデータ交換の混乱をなくすため、聴覚には人種ならびに性差はないとの前提のもとに、アメリカ、イギリス、フランス、ドイツおよびソビエトの5カ国に正常聴力者の最小可聴域値音圧いわゆる0レベルの測定を依頼した。1964年このデータをもとにドラフトが出され、1969年に国際的に採択された。

高周波領域についても調査が進められ、年齢別に集計した1971年の J.L. Northern¹⁸⁾のデータ(図10)では、20歳から29歳を基準にして比較してみると、この年齢別聴力低下のタイプと本装置による我々の調査結果による騒音によると思われる高周波領域の聴力低下のタイプに違いが認められる。

西川ら¹⁹⁾は実験的にモルモットにより音響負荷による Action potential (AP) の域値上昇による内耳有毛細胞の障害を観察した。実験結果によれば、最も域値上昇の小さい群は、ある特異な周波数に明瞭な極大(いわゆる dip)を示し、中等度に域値が上昇をなす群では、2つ以上の極大値をもつものが多く表れ、高度に域値上昇をなす群では、全周波数にわたって高度な障害を被った状態へと移行する状態が示されている。

今回の我々の調査結果からも何かこの動物実験結果と似通った面が示唆された。

本事業所では若い年齢層の人々も多く就業についており、選別検査において、35歳未満の人々に精密検査を必要とした例の見あたらないことは、中堅層管理職の方々の若い時代の後遺症である様に考えられ、労働安全基準に則り、耳栓の励行が徹底し、聴覚障害に多くの関心が高まっていると推測した。

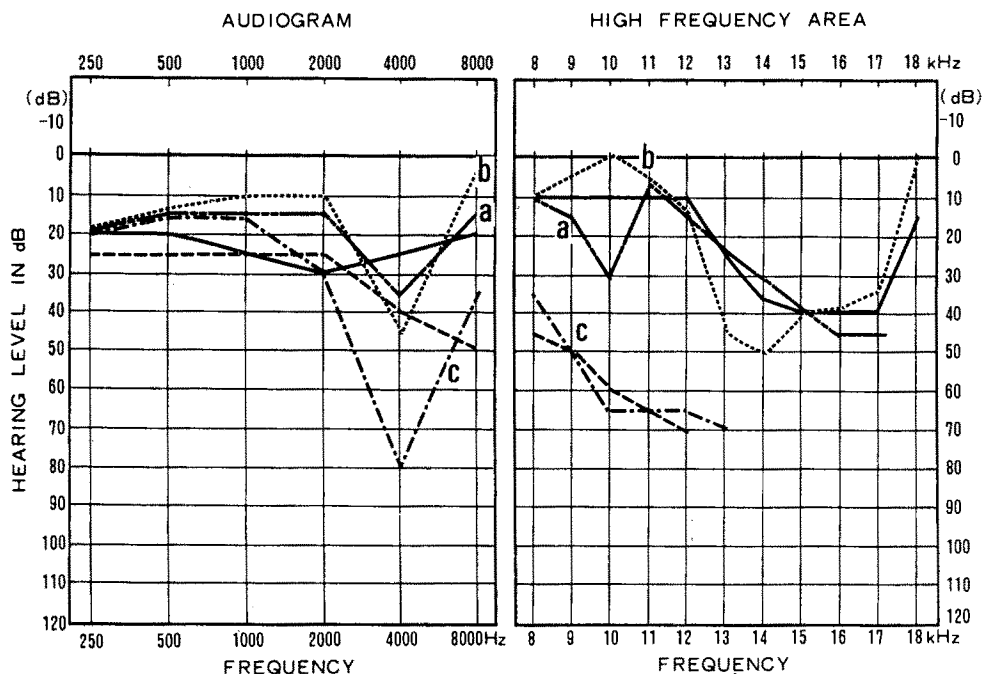


図11 標準純音聴力オーディオグラムの代表的タイプ(左図)と高周波領域の聴力型(右図)

まとめ

某事業所の騒音職場に働く従業員の高周波聴力検査の結果から、C⁵dipの軽度の群では10kHz～12kHz付近にdipが軽く認められ、かつ、高周波に聴力低下を示すパターンになる傾向を示した(図11中のa)。

C⁵dipが中等度においては、より高い周波数にdipを認めた(図11中のb)。

より高度のC⁵dipになると、高周波領域も高度の障害型を示す傾向が見られた(図11中のc)。高音漸傾型をなす場合には、高周波領域も同様にそのまま延長をなす型を示した。

本論文の要旨は、第25回日耳鼻茨城県地方部会、第9回日本聴覚医学会騒音研究会ならびに第35回日本聴覚医学会にて口演した。

Comparative Studies on the Threshold Levels of Standard and High-Frequency Audiometry in the Subjects with Noise Induced Hearing Loss

Yuji Ase¹⁾, Hisashige Tsuji²⁾, Akira Hara¹⁾ and Jun Kusakari¹⁾

¹⁾Department of Otolaryngology, Institute of Clinical Medicine, University of Tsukuba

²⁾Department of Otolaryngology, Tsutsumiura Kyodo General Hospital

Hearing thresholds in 60 noise-exposed workers in a factory were measured using a high-frequency audiometer ranging from 8 to 18 kHz as well as a standard one. Sixty-six per cent of the test subjects exhibited a typical dip at 4 kHz (C⁵) and the threshold levels above 8 kHz were much influenced by the degree of C⁵ dip. In the subjects with a C⁵ dip of 35 dB or less, two dips or more were revealed above 8 kHz with a minimal threshold shift at other frequencies. When C⁵ dip was 40 to 50 dB, the number of a dip was single and a significant hearing loss was observed at other frequencies. In case of C⁵ dip of 50 dB or more, the hearing was further deteriorated above 8 kHz without a dip. When the hearing was a

high tone loss without C⁵ dip in a standard audiogram, the hearing levels above 8 kHz were also deteriorated with a gradual elevation of the threshold toward 18 kHz. These results seem to indicate that there are chronological changes in hearing of the patients with noise induced hearing loss.

参考文献

- 1) 早坂寿雄：音の歴史。電子情報通信学会：東京，1989.
- 2) 切替一郎，他共著：聴覚検査法。第2版，医学書院，東京，1974.
- 3) Tonndorf J.: High frequency audiometry. *Ann. Otol. Rhinol. Lary.* **93** ; 576-582, 1984.
- 4) Rosen, S., Plester, D., El-Mofty, A., Rosen, H. V.: High frequency audiometry in presbycusis. *Arch. Otolaryng.* **79** ; 34-48, 1964.
- 5) Jacobson, E.J., Downs, M.P., Fletcher, J.L.: Clinical findings in high frequency thresholds during known ototoxic drug use. *J. Aud. Res.* **9** ; 379-389, 1969.
- 6) Flottorp, G.F.: Effects of noise upon the upper frequency limit of hearing. *Acta Otolaryngol (stockh).* **75** ; 329-331, 1973.
- 7) Osterhammel, D.: High-frequency audiometry and noise-induced hearing loss. *Scand. Audiol.* **8** ; 85-90, 1979.
- 8) Fausti, S.A., Frey, R.H., Erickson D.A., et al.: A system for evaluating auditory function from 8000 -20000 Hz. *J.A.S.A.* **66** ; 1713-1718, 1979.
- 9) Ising, H., Babisch, U., Dziombowski, D., et al.: High-frequency audiometry using precision earphone: reliability under laboratory and field conditions. *Audiology* **25** ; 1-9, 1986.
- 10) De Seta, E. Bertoli, G.A., Filipo, R.: High-Frequency Audiometry above 8 kHz. Comparative results of normative thresholds obtained with a headphone system and a quasi-free-field system. *Audiology* **24** ; 254-259, 1985.
- 11) Harris, J.D. and Ward, M.D.: High-frequency audiometry to 20 kc/s in children of age 10-12 years. *Audit. Research* **7** ; 241-252, 1967.
- 12) Green, B.M., Kidd, G. and Stevens, K.N.: High-frequency audiometric assessment of a young adult population. *J.A.S.A.* **81** ; 485-494, 1987.
- 13) Laukli, E. and Mair, I.W.S.: High Frequency Audiometry. *Scand Audiol*, **14** ; 151-158, 1985.
- 14) Rosen, S. and Bergman, M.: Presbycusis study of a relatively noise-free population in the sudan. *Ann. Otolary.* **61** ; 727-743, 1952.
- 15) 酒井國男, 荻野 敏, 三好敏之, 他: C⁵dip 症例の高周波聴力 *Audiology (Japan)*, **19** ; 106-109, 1976.
- 16) 関 和夫: 日本人の高周波聴取能力について。耳鼻展 補: 21-27, 1975.
- 17) 阿瀬雄治: ISO 報告による各国のオージオメータ用 0 レベルの決定経過。 *Audiology (Japan)*, **9** ; 1-6, 1966.
- 18) Northern, J.L. and Downs, N.P.: Recommended high-frequency audiometric threshold levels (8000 -18000Hz). *J.A.S.A.* **52** ; (2) 585-595, 1971.
- 19) 西川典秀, 武山 実, 阿瀬雄治, 他: 強大音負荷後の AP 域値上昇の検討。耳鼻展, **33** ; 381-390, 1990.

(原稿受付 平成 3.5.24)