原 著 騒音性聴力損失者のコミュニケーション障害に関する研究

太 田 克 彦*

STUDIES ON THE ACOUSTIC COMMUNICATION CAPACITY
OF WORKERS WITH HEARING LOSS INDUCED BY NOISE

Katsuhiko OHTA†

Up to the present social evaluation of the degree of hearing loss is made by the average threshold values for several pure tones involved in the acoustic range related to speech. This average indicates numerically only a qualitative aspect of the communication capacity. The language used in our daily life is formed by tones of various frequencies and intensities. Accordingly, the degree of actual competence of communication can not simply be indicated by such average values. Threshold is the sound-level which is just noticeable. Therefore, the scale related to easiness for hearing should be included into the social evaluation on the degree of hearing loss.

From the above-mentioned view point, this study was made for clarifying the relationship between the auditory threshold and the most comfortable loudness level (MCL) elicitable by pure-tone and speech audiometry. And more over a classification on 20 monosyllables was made by using the "hard-easy" scale for listening. The subjects were 124 male workers (248 ears) engaged in noisy work-shops. Noise levels in these work-shops were 90 dB (A) or over.

The following results were obtained:

(1) High positive correlations were found between the threshold at 4000 Hz and those at 3000 and 6000 Hz, and between the threshold at 1000 Hz and those at 500 and 2000 Hz. From these facts, 1000 Hz and 4000 Hz were useful test-frequencies for early detection of noise-induced hearing loss.

(2) High positive correlation between the threshold and MCL was found in at each frequency, especially in high frequencies.

(3) Inverse correlation was found as significant between the threshold and MCL-threshold. That is, a recruitment phenomenon was observed in workers with noise-induced hearing loss.

(4) The auditory threshold at which MCL begins to increase significantly above the normal MCL level was 30 dB at 4000 Hz and 0 dB at the average frequency value $(C_2+2C_3+C_4)/4$ or $(C_2+2C_3+2C_4+C_5)/6$.

The auditory threshold at which the impairment of communication in daily life begins was 50 dB at 4000 Hz, 0 dB at the average value $(C_2+2C_3+C_4)/4$, and 20 dB at the average value $(C_2+2C_3+2C_4+C_5)/6$.

(5) Monosyllables listened easily were "A", "Wa", "To" and "O", while those hard of listening were "Ji", "Ki", "Ne", "Su", "Shi", "Te" and "Ri".

(6) Monosyllables with which the subjects frequently tended to confused were as follows: "Ha", "Ta", "Mo", "Ba", "Ga", "Te" and "Ne". The confusion was mainly related to the consonant coming at the top of the word.

(7) In the examination of articulation of the monosyllables at the minimum intelligible level, "Ni", "Shi", "Ga", "Ki" and "Su" showed higher rates in subjects with normal auditory threshold than in those with hearing loss.

(8) In the examination of articulation of the monosyllables at MCL (for sentence), "Ki", "Su", "Te" and "Ji" showed higher rate in subjects with normal auditory threshold than in those with hearing loss.

*三重県立大学医学部衛生学教室 (主任: 松井清夫教授)
昭和47年2月14日受付

†Department of Hygiene, Mie Prefectural University School
of Medicine (Director: Prof. K. MATSUI)
Received for publication, February 14, 1972

(9) In the examination of MCL for monosyllables, those monosyllables which showed the same pattern mentioned above were “Ni”, “Su” and “Ji”, but “Ri” showed significantly lower articulation rate in subjects with hearing loss.

緒 言

作業の機械化に伴い、広範囲の職場で騒音水準が上昇し、騒音性難聴者が増加してきている。騒音性難聴の病理¹⁻⁶⁾および環境騒音と難聴発生との関連⁷⁻¹⁰⁾は、近年詳細な研究が進められ、聴力保護を目的とした環境基準の設定¹¹⁾がなされるに至った。

難聴耳の障害程度は、4分法、6分法などの方式で評価されることが多い。これらは、会話音域の周波数を念頭において、単一指標で表現しようとするものであるから、周波数別可聴閾値による表示より、社会生活上の支障を表現しているように思われる。しかし、その算出基礎は可聴閾値であり、「どの程度の音圧から聞こえるか」を総合化していることになる。社会生活上の支障は、「聞こえるか」の側面もさることながら、「聞きやすいか」もしくは「了解できるか」の側面においても検討されねばならない。このような観点から、騒音性難聴耳の最快適音強水準 Most Comfortable Loudness Level (MCL) を測定し、これと可聴閾値との関連を求めた。さらに、日本語のうち、いくつかについて「聞きやすさ」および「聞き違いやすさ」についても検討した。

研究 方法

某電気器具製造工場において、90ホン(A)以上の騒音職場に勤務する男子に、聴力検査および耳科学的検査を行ない、騒音性聴力損失のある172耳を抽出した。これに、聴力損失のない76耳を加え、計248耳を研究対象とした。該当職場の騒音レベルは、過去10年間さしたる変化はきかしていなかった。

環境騒音測定は、Brüel & Kjoer 社製 Audio Frequency Spectrometer Type 2112を用いた。

聴力測定手順は、まず純音気導聴力、次いで純音 MCL、文章了解最小レベル、文章 MCL、音節 MCL、語音明瞭度の順とした。

測定は、一過性聴力損失の影響を避けるために、就業前に行なうことを原則としたが、やむをえない場合は昼休みを利用し、暴露中止後90分以上の時間間隔を経た後に行なった。測定場所は、暗騒音20ホン(A)の無響防音室で、リオン AA-32型オーディオメーターおよびソニー777型テープレコーダーを用いて行なった。

純音気導聴力測定は、ほぼ聴力測定基準によったが、

選別測定周波数は、250, 500, 1,000, 2,000, 3000, 4,000, 6,000, 8,000 Hz の8周波数とした。

純音 MCL の測定は、原法¹²⁾では 5 dB 間隔であるが、5 dB 間隔では識別不可能な者が大半を占めることを予備実験で知ったので、10 dB 間隔とした。この場合、2〜3回測定をくり返すことにより一定値を得ることが可能であった。なお、MCL の被検者に対する instruction は次のごとく行なった。すなわち、「強さの異なった3種類の音が聞こえてきますから、あなたに一番気持ちよく聞こえる音の一つだけ選んで、何番目の音か教えてください。選び方は、レシーバーから聞こえた音が小さすぎたり、うるさすぎたりせず、長く聞いていても疲れなと思われる音（たとえば、電話中相手の声が遠すぎたり、近すぎたりしない）を自由に選んで、なるべく早く教えてください」と指示した。

語音聴力検査用語には、日本オーディオロジー学会制定の67式語表を採用した。

文章了解最小レベルは、次のごとく測定した。すなわち、67式語表のA表に収録されている20の質問文を聴取させて、質問の意味が理解できれば口答するように指示した。これによる100%正解し得た音強を文章了解最小レベルとした。

文章 MCL の測定は、上述の質問文から同一文を数回再録録音したものを用い、純音 MCL の場合と同様の手技で行なった。

音節 MCL は、先に求めた各耳別の了解最小レベル、文章 MCL より 10 dB 低いレベル、および文章 MCL の順に各3レベルで明瞭度検査を行ないながら、何番目の表が最も快適に聞こえたかを応答させて求めた。しかし、文章 MCL 水準で快適と応答した被験者には、さらに 10 dB 間隔で上昇させ、再確認を行なった。

研究 成績

研究対象者の職場環境騒音の周波数構成を図1に示す。職場によりその構成は多少の差を認めるが、ほぼ会話音域から 8,000 Hz 付近におよぶ広帯域騒音である。音源の性状は、プレス加工時に発する衝撃性金属音が主体であった。

騒音性聴力損失のある172耳について、騒音暴露経験年数別にオーディオグラムをみると、図2のごとくなる。暴露年数が5年以上になると C⁵ dip の底は深くなり、

Fig. 1. Mean sound pressure level with standard deviation in dB.

Fig. 2. Audiogram on the 172 ears diagnosed "Noise-induced hearing loss" by exposed years.

The classification of exposure duration and the number of ears are as follows: dotted line, 0—4 years, N=5; thin solid line, 5—9 years, N=70; thick solid line, 10—14 years, N=48 and broken line, over 15 years, N=49.

Table 1. Correlation matrix among the pure tone auditory threshold.

	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
250	—	0.740***	0.440***	0.345***	0.220**	0.159*	0.188**	0.328***
500	—	—	0.567***	0.431***	0.190**	0.238***	0.252***	0.296***
1000	—	—	—	0.578***	0.356***	0.121	0.211**	0.248***
2000	—	—	—	—	0.532***	0.290***	0.374***	0.398***
3000	—	—	—	—	—	0.715***	0.623***	0.543***
4000	—	—	—	—	—	—	0.679***	0.430***
6000	—	—	—	—	—	—	—	0.642***
8000	—	—	—	—	—	—	—	—

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$.

dip 幅も拡大していくが, 会話音域にまでおよんではい
なかった. 4 分法平均聴力値で 20 dB を越える者は 1

名であった.

正常耳および難聴耳を含む 248 耳について, 各周波数

Fig. 3. Pure tone and speech MCL by hearing level at 4000 Hz (M.+S. E.).

Table 2. Correlation coefficients between auditory threshold and MCL at each of the frequencies.

MCL Threshold	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
250	0.137*	0.101	0.000	-0.007	0.042	0.023	0.054	0.167**
500	0.143*	0.158*	0.015	-0.012	0.034	0.101	0.120	0.115
1000	0.140*	0.131*	0.070	0.053	0.101	0.085	0.086	0.138*
2000	0.136*	0.083	0.046	0.127*	0.207**	0.198**	0.139*	0.235***
3000	0.018	0.121	0.082	0.073	0.441***	0.551***	0.400***	0.390***
4000	0.047	0.113	0.038	0.087	0.405***	0.659***	0.438***	0.297***
6000	0.044	0.141*	0.083	0.116	0.375***	0.525***	0.662***	0.446***
8000	0.145*	0.174**	0.144*	0.170**	0.389***	0.377***	0.454***	0.700***

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$.

の純音可聴閾値間の相関を、表1に示す。表にみると、各周波数において他の周波数のほとんどが、有意な相関を示している。とりわけ、4,000 Hz 可聴閾は3,000, 6,000 Hz のそれときわめて高い相関を示し、また、1,000 Hz 可聴閾は500および2,000 Hz のそれと高い相関を示している。

純音可聴閾と純音 MCL との相関を表2に示す。表に示すごとく、同一周波数間の可聴閾と MCL においては

1,000 Hz を除く全周波数で有意に正の相関を認め、とくに3,000 Hz 以上での相関係数は高値を示す。また、異周波数間においても3,000 Hz 以上で、可聴閾と MCL は隣接周波数間でもなお高い相関を示している。

4,000 Hz における可聴閾値別に各 MCL を図3に示す。図中、棒高は平均値を、棒上の垂線は標準誤差を示した。可聴閾0 dB 以下群の示す各周波数別 MCL を正常 MCL とし、これより逸脱して高い MCL を示す

Fig. 4. MCL for monosyllable by average hearing level (M.+S. E.).

- (a) : represents the MCL for monosyllable by average hearing level in $(C_2+2C_3+C_4)/4$ dB.
 (b) : represents it in $(C_2+2C_3+2C_4+C_5)/6$ dB.
 C_2 : hearing threshold at 500 Hz.
 C_3 : hearing threshold at 1000 Hz.
 C_4 : hearing threshold at 2000 Hz.
 C_5 : hearing threshold at 4000 Hz.

Table 3. Correlation coefficients between average hearing level and MCL for speech.

Method for auditory threshold assessment	MCL for speech			
	Sentence		Monosyllable	
	r	p	r	p
$(C_2+2C_3+C_4)/4$	0.305	0.001	0.309	0.001
$(C_2+2C_3+2C_4+C_5)/6$	0.364	0.001	0.422	0.001

4,000 Hz 可聴閾群をみると次のごとくであった。すなわち、250~2,000 Hz の正常 MCL より有意な逸脱を示す可聴閾群はみられず、3,000 Hz 正常 MCL より

Fig. 5. MCL for sentence by average hearing level (M.+S. E.).

- (a) : represents the MCL for sentence by average hearing level in $(C_2+2C_3+C_4)/4$ dB.
 (b) : represents it in $(C_2+2C_3+2C_4+C_5)/6$ dB.

の逸脱は可聴閾 50 dB 以上群において、4,000 Hz 正常 MCL より逸脱は可聴閾 30 dB 以上の各群で、6,000 および 8,000 Hz 正常 MCL より逸脱は可聴閾 50 dB 以上群で、それぞれ 5% 以下の危険率で有意にみられた。また、正常文章 MCL より逸脱は可聴閾 50 dB 以上群で、正常音節 MCL より逸脱は 30 dB 以上の各群で 5% 以下の危険率で有意にみられた。

4 分法および 6 分法平均聴力と語音 MCL との相関を表 3 に示す。いずれにおいても、有意な正の相関を認める。文章 MCL より音節 MCL のほうが大なる相関を得、また 4 分法に比し 6 分法による相関は大であった。両分類による聴力値別語音 MCL を図 4, 5 に示す。両分法可聴閾 0 dB 以下群の示す文章および音節 MCL を正常 MCL とし、これより逸脱して高い MCL を示す可聴閾群をみると次のごとくであった。すなわち、4 分法可聴閾では正常文章および音節 MCL より

Table 4. Correlation coefficients between auditory threshold and "MCL-threshold" at each of the frequencies.

MCL-threshold Threshold	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
250	-0.398***	-0.412***	-0.293***	-0.284***	-0.262***	-0.171**	-0.142*	-0.245***
500	-0.291***	-0.483***	-0.365***	-0.355***	-0.329***	-0.212***	-0.188**	-0.250***
1000	-0.122	-0.271***	-0.576***	-0.427***	-0.401***	-0.162*	-0.176**	-0.173**
2000	-0.148*	-0.176**	-0.332***	-0.575***	-0.525***	-0.191**	-0.311***	-0.241***
3000	-0.114	-0.060	-0.160*	-0.305***	-0.778***	-0.412***	-0.360***	-0.261***
4000	-0.042	-0.057	-0.078	-0.124	-0.501***	-0.709***	-0.393***	-0.217***
6000	-0.065	-0.043	-0.072	-0.165**	-0.425***	-0.407***	-0.623***	-0.355***
8000	-0.058	-0.042	-0.043	-0.144*	-0.310***	-0.213***	-0.332***	-0.564***

*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001.

Table 5. Discrimination of monosyllable at minimum intelligible level for speech.

Test-syllable	Rate of discrimination (%)			(Error)— (No-Ans.)	Confused-syllable (b)
	Corresponded to the test- syllable (a)	Unsuitable answer			
		Error	No-Ans.		
A	99.2	0.8	0.0	0.8	A, Ka Ha, Ka, A, Sa O, To, Ko, Ro Wa, Ra Ra, Wa He, E Te, E, Re
Wa	86.3	6.4	7.3	— 0.9	
To	81.0	8.1	10.9	— 2.8	
Yo	77.0	12.9	10.1	2.8	
O	71.8	16.1	12.1	4.0	
Ha	54.4	35.9	9.7	26.2*	
Ta	48.0	26.3	15.7	10.6*	
U	44.4	10.9	44.7	—33.8*	
Ku	40.7	26.6	32.7	— 6.1	
Ni	29.0	26.3	44.7	—18.4*	
Mo	27.8	52.0	20.2	31.8*	
Ba	27.4	49.2	23.4	25.8*	
Ga	26.6	54.8	18.6	36.2*	
Ri	19.8	21.0	59.2	—38.2*	
Te	19.0	54.4	26.6	27.8*	
Shi	13.3	10.5	76.2	—65.7*	
Su	12.5	33.9	53.6	—19.7*	
Ne	12.5	55.2	32.3	22.9*	
Ki	9.3	32.6	58.1	—25.5*	
Ji	1.2	35.9	62.9	—27.0*	

*p<0.001.

(a) : The rate of subjects recognized correctly the test-syllable.

(b) : These indicate the monosyllables with which the subjects frequently tended to confuse the test-syllable.

逸脱は共に可聴閾 0 dB 以上の各群で、5%以下の危険率で有意にみられた。6分法可聴閾では正常文章 MCL よりの逸脱は可聴閾 20 dB 以上群で有意に、正常音節 MCL よりの逸脱は可聴閾 0 dB 以上の各群で有意にみられた。

各周波数別に、可聴閾と MCL 値との差を求め、これと可聴閾との相関を表示したものが表 4 である。表にみるごとく、4,000 Hz のみならず、すべての周波数で同一周波数における可聴閾と「MCL—可聴閾」との間に、有意な負の相関を認める。また、低音部における可聴閾では全周波数帯に、高音部可聴閾では中音部周波数帯以上に「MCL—可聴閾」との相関がみられ、騒音性聴力損失の進展過程に伴って、「MCL—可聴閾」との負の相関野も拡大していくごとくである。

各耳別の文章了解最小レベルにおいて、検査20語の明瞭度（正聴率で示す）、誤聴率および脱落率（検査用紙

に空白を示した場合）を表 5 に示す。明瞭度が20%に達しない語を明瞭度の低いものから列挙すると、「じ」「き」「ね」「す」「し」「て」「り」であった。一方、70%を越える語を明瞭度の高いものから並べると、「あ」「わ」「と」「よ」「お」となり、良聴語である。

正聴を得られなかった場合には、誤聴もしくは脱落現象のいずれかになる。その場合、脱落現象に比し誤聴傾向を有意に示したのは、「は」「た」「も」「ば」「が」「て」「ね」である。誤聴傾向を示すこれら7語の聞き違いについて、海老原の誤聴マトリックス¹³⁾を作成し検討した。それによると、誤聴は他の語に平等におこることなく、特定語に集中して誤聴されることがみられた。そこで、誤聴される頻度が20%を越える聞き違いられた語をみると、「は」は「あ」「か」に、「た」は「は」「か」「あ」「き」に、「も」は「お」「と」「こ」「ろ」に、「ば」は「わ」「ら」に、「が」は「ら」「わ」に、「て」は「へ」

Table 6. Articulation of monosyllable at minimum intelligible level for speech by three methods for auditory threshold assessment.

Test-syllable	$(C_2+2C_3+C_4)/4$			$(C_2+2C_3+2C_4+C_5)/6$			C_5		
	under 0 N=71	over 10 N=33	Diff. (a)	under 0 N=31	over 10 N=74	Diff. (a)	under 0 N=27	over 30 N=96	Diff. (a)
A	100.0	97.0	3.0	100.0	98.6	1.4	100.0	99.0	1.0
Wa	90.1	81.8	8.3	77.4	89.2	-11.8	74.1	88.5	-14.4
Yo	78.9	69.7	9.2	74.2	78.4	-4.2	81.5	76.0	5.5
O	73.2	72.7	0.5	74.2	70.3	3.9	77.8	63.5	14.3
To	78.9	84.8	-5.9	71.0	79.7	-8.7	70.4	83.3	-12.9
U	53.5	33.3	20.2	51.6	36.5	15.1	55.6	46.9	8.7
Ta	45.1	45.5	-0.4	41.9	37.8	4.1	51.9	43.8	8.1
Ni	32.4	30.3	2.1	38.7	29.7	9.0	51.9	28.1	23.8*
Ha	46.5	45.5	1.0	35.5	52.7	-17.2	40.7	59.4	-18.7
Shi	18.3	15.2	3.1	32.3	6.8	25.5***	51.9	2.1	49.8***
Ku	32.4	36.4	-4.0	32.3	37.8	-5.5	48.1	40.6	7.5
Ga	29.6	6.1	23.5***	32.3	20.3	12.0	37.0	27.1	9.9
Ki	11.3	12.1	-0.8	25.8	5.4	20.4**	40.7	3.1	37.6***
Ri	26.8	15.2	11.6	25.8	14.9	10.9	25.9	11.5	14.4
Ba	31.0	21.2	9.8	25.8	28.4	-2.6	33.3	29.2	4.1
Mo	29.6	27.3	2.3	25.8	32.4	-6.6	25.9	32.3	-6.4
Su	15.5	21.2	-7.7	19.4	13.5	5.9	33.3	7.3	26.0***
Te	14.1	21.2	-7.1	19.4	28.4	-9.0	25.9	20.8	5.1
Ne	11.3	9.1	2.2	6.5	10.8	-4.3	7.4	19.8	-12.4
Ji	1.4	0.0	1.4	3.2	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0
Mean	41.0	37.3	3.8	40.7	38.6	2.1	46.7	39.1	7.6
S. E.	3.3	4.9		4.5	3.4		4.7	3.0	

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$.

(a) : The values in these columns were obtained by taking the values of "over 10" or "over 30" from the values of "under 0".

Table 7. Three above-threshold levels by three methods for auditory threshold assessment.

Above-threshold level	$(C_2+2C_3+C_4)/4$			$(C_2+2C_3+2C_4+C_5)/6$			C_5		
	under 0 N=71	over 10 N=33	Diff. (a)	under 0 N=31	over 10 N=74	Diff. (a)	under 0 N=27	over 30 N=96	Diff. (a)
M. I. L. (b)	14.9±0.4	24.1±1.0	9.2**	13.1±0.6	21.5±0.6	8.4**	13.8±0.8	19.5±0.5	5.7**
MCL-St (c)	37.3±0.7	43.0±1.2	5.7**	35.8±0.9	39.9±1.5	4.1*	37.0±0.9	42.1±0.7	5.1**
MCL-Ms (d)	40.6±0.8	47.3±1.3	6.7**	37.4±1.0	47.3±0.9	9.9**	40.7±1.4	46.6±0.7	5.9**

* $0.05 < p < 0.1$ ** $p < 0.001$.

(a) : The values in these columns were obtained by taking the values of "over 10" or "over 30" from the values of "under 0".

(b) : Minimum intelligible level for speech.

(c) : MCL for sentence.

(d) : MCL for monosyllable.

「え」に、「ね」は「て」「え」「れ」に誤聴していた。

良聴耳と非良聴耳との語音聴力の差を表6に示す。4

Table 8. Articulation of monosyllable at MCL for sentence by three methods for auditory threshold assessment.

Test-syllable	$(C_2 + 2C_3 + C_4)/4$			$(C_2 + 2C_3 + 2C_4 + C_5)/6$			C_5		
	under 0 N=71	over 10 N=33	Diff. (a)	under 0 N=31	over 10 N=74	Diff. (a)	under 0 N=27	over 30 N=96	Diff. (a)
A	100.0	97.0	3.0	100.0	100.0	0.0	100.0	99.0	1.0
Wa	100.0	97.0	3.0	100.0	98.6	1.4	100.0	97.9	2.1
Yo	100.0	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0
O	100.0	97.0	3.0	100.0	98.6	1.4	100.0	97.9	2.1
To	100.0	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0
U	98.6	97.0	1.6	96.8	97.2	- 0.4	100.0	95.9	4.1
Ta	95.8	90.9	4.9	96.8	89.2	7.6	92.6	89.6	3.0
Ni	91.5	90.9	0.6	90.3	87.8	2.5	100.0	83.3	16.7
Ha	100.0	100.0	0.0	100.0	95.9	4.1	100.0	98.0	2.0
Shi	97.2	87.9	9.3	100.0	83.7	16.3	100.0	84.4	15.6
Ku	100.0	100.0	0.0	100.0	98.6	1.4	100.0	97.9	2.1
Ga	100.0	94.0	6.0	100.0	94.6	5.4	92.6	97.9	- 5.3
Ki	91.5	78.8	12.7	96.8	74.3	22.5**	81.5	67.7	13.8
Ri	94.4	87.9	6.5	87.1	93.2	- 6.1	77.8	97.9	- 20.1*
Ba	83.1	81.8	1.3	77.4	77.0	0.4	77.8	78.1	- 0.3
Mo	98.6	100.0	- 1.4	96.8	100.0	- 3.2	96.3	100.0	- 3.7
Su	100.0	78.8	21.2***	100.0	77.0	23.0*	92.6	78.1	14.5
Te	98.6	87.9	10.7*	100.0	79.7	20.3*	85.2	84.4	0.8
Ne	93.0	90.9	2.1	90.3	85.1	5.2	92.6	88.5	4.1
Ji	91.5	78.8	12.7	100.0	70.3	29.7***	85.2	66.7	18.5
Mean	96.7	91.8	4.9**	96.6	90.0	6.6**	93.7	90.2	3.5
S. E.	0.5	1.4		1.1	1.2		1.5	1.0	

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$.

(a): The values in these columns were obtained by taking the values of "over 10" or "over 30" from the values of "under 0".

分法および6分法平均聴力については、0 dB 未満群と10 dB 以上群に、4,000 Hz 可聴閾値においては0 dB 以下群と30 dB 以上群に分けて比較した。明瞭度は、了解最小レベルにおける弁別能として表わした。検査20語の明瞭度を平均して総合明瞭度を求めた。これを各分類別に、良聴耳群と非良聴耳群について比較すると、表下欄に示すごとくである。いずれの聴力分類においても、良聴耳群の総合明瞭度に比し非良聴耳群のそれは低い。が、有意ではなかった。しかし、これは良聴耳群と非良聴耳群間に明瞭度の差がないことを示すものではない。すなわち、検査時の音圧は各耳の了解最小レベルで行なっており、そのレベルは表にみるごとく、良聴耳群は非良聴耳群に比し有意に低い。したがって、いかにも良聴・非良聴耳群間に明瞭度の差がないごとくみえている

にしかすぎない。

これを各検査語別にみると、次のごとく結果が得られた。すなわち、先の良聴5語は、両群ともに明瞭度は高く、いずれの分類においても有意差を認めない。明瞭度20%未満の難聴語は、4分法非良聴耳群にみられる「が」を除けば、各分類における非良聴耳群ではほぼ同一で、「じ」「し」「き」「す」「り」「ね」などである。良聴耳群における難聴語は「じ」「し」「き」「す」「ね」であり、さらに4分法および6分法分類の良聴耳群では「て」が含まれている。しかし、4,000 Hz 良聴耳群で「り」は20%以上の明瞭度を示している。

各分類にもとづく良聴・非良聴耳群間に、明瞭度の有意差を認める語は、4分法では「が」、6分法では「し」「き」、4,000 Hz では「に」「し」「き」「す」であり、い

Table 9. Articulation of monosyllable at MCL for monosyllable by three methods for auditory threshold assessment.

Test-syllable	$(C_2+2C_3+C_4)/4$			$(C_2+2C_3+2C_4+C_5)/6$			C_5		
	under 0 N=71	over 10 N=33	Diff. (a)	under 0 N=31	over 10 N=74	Diff. (a)	under 0 N=27	over 30 N=96	Diff. (a)
A	100.0	100.0	0.0	96.8	100.0	- 3.2	100.0	100.0	0.0
Wa	98.6	100.0	- 1.4	100.0	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0
Yo	100.0	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0
O	100.0	97.0	3.0	100.0	98.6	1.4	100.0	97.9	2.1
To	100.0	100.0	0.0	100.0	98.6	1.4	100.0	99.9	0.1
U	100.0	100.0	0.0	100.0	98.6	1.4	100.0	97.9	2.1
Ta	94.4	97.0	- 2.6	96.8	95.9	0.9	96.3	95.8	0.5
Ni	88.7	84.8	3.9	90.3	79.7	10.6	100.0	74.0	26.0**
Ha	100.0	97.0	3.0	100.0	100.0	0.0	100.0	99.0	1.0
Shi	97.2	97.0	0.2	100.0	87.8	12.2	100.0	88.5	11.5
Ku	100.0	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0	100.0	100.0	0.0
Ga	100.0	97.0	3.0	100.0	98.6	1.4	100.0	97.9	2.1
Ki	93.0	87.9	5.1	83.9	91.9	- 8.0	92.6	77.1	15.5
Ri	93.0	97.0	- 4.0	87.1	98.6	-11.5*	85.2	99.0	-13.8***
Ba	90.1	87.9	2.2	80.6	82.4	- 1.8	88.9	84.4	4.5
Mo	98.6	100.0	- 1.4	96.8	100.0	- 3.2	92.6	100.0	- 7.4
Su	100.0	88.9	11.1*	100.0	91.9	8.1	100.0	91.7	8.3
Te	98.6	97.0	1.6	100.0	93.2	6.8	92.6	92.7	- 0.1
Ne	97.2	93.9	3.3	93.6	98.6	- 5.0	100.0	91.7	8.3
Ji	97.2	75.8	21.4*	100.0	71.6	28.4**	92.6	65.7	26.9*
Mean	97.3	94.9	2.4	96.3	94.3	2.0	97.0	92.7	4.3
S. E.	0.5	1.1		1.0	0.9		1.0	1.0	

*p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001.

(a) : The values in these columns were obtained by taking the values of “over 10” or “over 30” from the values of “under 0”.

ずれも良聴耳群に比し、非良聴耳群の明瞭度が有意に低い。

良聴耳群と非良聴耳群における検査20語の明瞭度を、語音 MCL 水準でみた結果を表8, 9に示す。表8は、文章 MCL 水準における語音明瞭度を各聴力分類別にみたものである。表中、下欄に総合明瞭度を示す。検査時の音圧は各耳により異なり、表7に示すごとく、良聴耳では低音圧で、非良聴耳では高音圧で行なっているにもかかわらず、いずれの聴力分類においても、良聴耳群の総合明瞭度は非良聴耳群のそれよりも高く、4分法および6分法値では1%以下の危険率で有意である。これを各検査語別に観察すると、4分法では「す」「て」、6分法では「き」「す」「て」「じ」がいずれも良聴耳群に比し、非良聴耳群では有意に低かった。しかし、4,000 Hz

では「り」が良聴耳に比し非良聴耳群で有意に高かった。

表9に、音節 MCL 水準における明瞭度を示した。この場合、各聴力分類の良聴耳群の総合明瞭度は非良聴耳群のそれより高いが、有意ではなかった。このことは先述の了解最小レベル、文章 MCL の場合に述べたと同様に、音節 MCL においても表7にみるごとく良聴耳群の音節 MCL は、非良聴耳群のそれより有意に低い。したがって、音節 MCL 水準における総合明瞭度が良聴・非良聴耳間で有意の差がみられなくても、両群間の明瞭度に差のないことを示すものではない。各検査語別にみると次のごとくであった。良聴耳群に比し非良聴耳群の明瞭度が有意に高かった語は、4分法では「す」「じ」、6分法では「じ」、4,000 Hz では「に」「じ」であった。こ

れに対し、「リ」は6分法においても4,000 Hzにおいても、良聴耳群に比し非良聴耳群のほうが明瞭度は高かった。

考 察

騒音職場従業員の聴力保護を目的にした多段スクリーニングにおいては、検査周波数として1,000および4,000 Hzが、初段階検査に用いられることが多い^{14,15)}。各周波数の可聴閾値相互間の相関は成績の項で述べたごとく、1,000 Hzの閾値は500および2,000 Hzのそれと高い相関を示し、4,000 Hzは3,000および6,000 Hzとの間に高い相関を示す。したがって、1,000および4,000 Hzを検査周波数として採用した場合、少なくとも500ないし6,000 Hzの周波数帯の聴力損失を検出するに足る条件を備えているといえる。また、騒音性聴力損失の進展は高音部損失から始まることを考慮すれば、スクリーニングの初段階においては、3,000ないし6,000 Hzの間のdipの検出が主目的になるので、4,000 Hz単独の検査音によってその目的は達せられよう。

難聴の量的表現方法としては、語音聴力検査法の未だ普及されないところに、すでに会話音域の障害程度を推定する方法として、4分法、6分法などの平均聴力算出方法が行なわれていた。前者は身体障害者認定の、また後者は職業性難聴の労災補償の等級認定に現在でも採用されている。しかし、純音平均聴力で語音聴力を表現しようとする現行の方式には批判が多い^{16,17)}。これに対し、語音聴力検査法が開発、改善され、できるだけ社会的障害度として表わそうとの試みがなされている^{18~20)}。また、純音にしる語音にしる、閾値測定値が必ずしも社会的コミュニケーション障害程度を直示するか否かは疑問しい。すなわち、「聞こえる」ことと、「聞きやすい」ことは意味が異なる。したがって、閾値とMCLの関係を明らかにする必要がある。また測定を、純音で行なうか語音で行なうかの別にも、上記関係を検討する必要も生ずる。

MCLは、Watson & Tolan¹²⁾がRecruitment検出方法として報告して以来、Saltzman²¹⁾、Mol²²⁾、Bangs²³⁾、本邦では新井²⁴⁾、立木²⁵⁾らがMCLについての知見を報告している。また最近では、Kopra²⁶⁾、海野²⁷⁾らがMCL値を補聴器適用検査に応用している。しかし、騒音性難聴者の可聴閾とMCLとの関連についての詳細な研究はみられない。

純音聴力とMCLとの関係は、3,000 Hz以上の高音域において正の相関が高く、同一周波数間ではとくにそ

の傾向が強かった。可聴閾と閾値上MCL値(MCL—可聴閾)との関係は、負の相関を得た。これらの結果を総合すると、聴力損失が大となればそれに応じてMCLも大となることを示している。しかし、MCLの増加の度合は聴力損失と等量でなく、聴力損失が大となる程度にはMCLの増加が大とならないために、閾値上MCL値は相対的に小さくなることを示している。この現象は一般にrecruitmentと呼ばれるものであり、本報における騒音性聴力損失者においては、recruitment現象が陽性であるといえる。騒音性難聴にみられるrecruitment陽性率は、諸家によりその成績は一致しないが、新鮮例もしくは典型例では100%の陽性率を認めるという^{28,29)}。「MCLと可聴閾の差」をrecruitment現象の指標とする本報の成績結果からは、いずれの周波数においても有意な負の相関を認め、とくに3,000、4,000 Hzで著明であった。すなわち、騒音性難聴において最も聴力障害の著しい周波数域で、recruitmentが強陽性となるごとくである。

4,000 Hz、4分法および6分法可聴閾値別に語音MCLをみた結果は次のごとくことがみられた。すなわち、それぞれの可聴閾において0 dB以下群のMCLを正常MCLとし、それより有意な逸脱増高したMCLを示す可聴閾群を文章MCLでみると、4,000 Hz可聴閾では50 dB以上群、4分法可聴閾では0 dB以上群、6分法可聴閾では20 dB以上群であった。音節MCLでみると、4,000 Hz可聴閾では30 dB、4分法および6分法可聴閾ではいずれも0 dB以上の各群であった。4分法可聴閾においては、文章・音節共に0 dB以上群からすでに正常MCLよりの逸脱がみられるが、4,000 Hzおよび6分法可聴閾においては、正常MCLよりの逸脱が有意にみられる可聴閾段階は、文章MCLの場合に比し音節MCLの場合のほうが小なる閾値からみられた。このことは表6に示したごとく、文章了解レベルにおける音節明瞭度が低いことと関連し、文章MCLにおいては文中、全音節が必ずしも明瞭聴取できなくても文意を理解しうることを示す。これは、可聴閾がかなり大なる聴力損失値にならないと文章MCLの逸脱増高をみないものと思われる。これに対し、音節においては文意を持たないので、1個ずつの刺激語の理解が必要となるために、聴覚閾値のわずかな障害も音節MCLに反映し、音節は単音MCLの意味に近いものと推察される。4,000 Hz MCLにおいても、音節MCLにおいても、4,000 Hz可聴閾30 dB以上各群において、正常MCLよりの逸脱がみられることはこれを裏付けよう。以上のこと

が文章 MCL と音節 MCL の違いとしてあらわれたものと思われる。日常生活においては、音節そのものよりも文章としての了解が生活障害として重要な意味を持つと考える。この観点にたつて、正常文章 MCL からの逸脱はどの閾値水準からおこるかをみると、4,000 Hz では 50 dB、4 分法では 0 dB、6 分法では 20 dB となる。すなわち、この水準が社会的コミュニケーション障害と認める基準となるものと考えられる。一方、文章了解最小レベルについてこの関係をみると、表 7 に示すごとく、4 分法、6 分法、4,000 Hz 可聴閾各分類による良聴耳群と非良聴耳群間にはそのレベルに有意の差があり、非良聴耳群は高い。以上のごとく、可聴閾値の測定によってある程度は「聞きやすさ」を表現することができる。

一方、言語の側からみた場合に、聞きやすいものと聞きにくいものがある。成績の項で示したごとく、良聴語とみなされた「あ」「わ」「と」などの各音節は、どのレベルにおいても、良聴耳群と非良聴耳群で有意な差を認めなかった。難聴語については、良聴耳群と非良聴耳群間で、明瞭度に有意な差を認める音節が出現した。

一般に、母音は子音よりも明瞭度が高く、また濁音よりは清音のほうが高い³⁰⁻³²⁾とされている。表 5 を母音と子音に分けてみると、各分類による両群ともに母音の明瞭度は 68~78% を示し、子音のそれは 32~42% であった。また清音および濁音に分類すると、前者は 42~51%、後者は 9~23% であった。すなわち、了解最小レベルにおいては明らかに子音よりは母音が、また濁音よりは清音が聞きやすいことを示している。しかし、良聴・非良聴耳群間では差はなかった。語音 MCL 水準でこの関係をみてみると、母音および子音間、清音および濁音間には有意な差は認められなかった。

後藤³³⁾は、有声子音と無声子音に分けて語の聴取難易を検討しているが、それによれば、騒音性難聴耳の語音聴力は他の感音難聴耳がそうであるごとく、正常耳と同じく有声子音語群よりも無声子音語群のほうが良好であると報告している。しかしながら、表 6、8、9 において有声子音語群と無声子音語群に分けて明瞭度をみると、各分類ともに両子音語群に有意な差はみられず、また良聴耳群および非良聴耳群間においても有意差を示さない。

海老原¹³⁾は、誤聴傾向について検討し、正常耳では [n, m]、感音難聴耳では [n, m]、[s, t, p, h]、[t, p, k]、[g, z, d, b, r] 間の子音で頻度が高いとしている。福島³⁴⁾は、正常耳に多く誤聴されるものは難聴耳でも同様の結果を得、濁音、拗音に多くみられるが、清音でも s, t 桁音などは誤聴されやすいとしている。このこと

は、これらの子音の振動帯域が高音部にホルマントを有するために、高音部障害を特徴とする感音難聴に頻度が高いと説明している。表 5 にみられるごとく、誤聴傾向を示す 7 語の聞き違い方を総括すると、頭子音部における聞き違いが主であり後母音の影響は少ない。これは福島³⁴⁾の成績と一致する。しかし、その誤聴傾向は、海老原¹³⁾の示すごとき語群間の誤聴に限られてはいなかった。福島³⁴⁾は、感音難聴耳では正常耳に比較して頭子音誤聴の減少がみられ、脱落、後母音誤聴の増加となると述べているが、本報においては、了解レベルにおける誤聴傾向は良聴耳群と、非良聴耳群間に差はみられていない。

本報で用いた語音聴力検査用語は、20 語にすぎなかった。しかし、その明瞭度は複雑かつ微妙なる現象を呈していることが推定された。すなわち、文章を了解しうる最小のレベルにおいて、良聴耳群の明瞭度が非良聴耳群のそれよりも有意に高い値を示した「に」「し」「が」「き」「す」の 5 語は、文章 MCL 水準でみると「き」「す」となり、音節 MCL 水準では「に」「す」の 2 語になる。一方、文章 MCL 水準では「て」「じ」が、音節 MCL 水準では「じ」が新たに出現している。

一方、語音 MCL 水準では「り」は、良聴耳群の明瞭度が非良聴耳群より低い。また、音強レベルを増大しても、「に」は良聴・非良聴耳群とも明瞭度の低い語群に属するが、「り」は非良聴耳群では明瞭度の低い語群からはずれ、高い語群に移動した。このことは海老原¹³⁾がすでに報告しており、本報でも一致した。しかし、音節の聞きにくさを閾値測定をもとにしてみた場合、各測定音強レベルを通じて一定音節が必ずしも浮かび上がってこない。このことは、個体閾値、測定音強、音節特性が複雑にからみあって、聞くことの難易度を形成していることを推定させる。

結 論

騒音性難聴耳 172 耳に、正常耳 76 耳を加えた 248 耳を対象に、純音および語音で測定し、コミュニケーションの難易度という観点から両者の関連を検討した。またあわせて、67 式語表における弁別能について検討した。

1) 純音可聴閾の周波数別相関では、1,000 Hz 可聴閾は 500, 2,000 Hz のそれと、また 4,000 Hz 可聴閾は 3,000, 6,000 Hz のそれと高い相関を示した。

2) 純音可聴閾と MCL とは正の相関を示し、可聴閾と「MCL-可聴閾」間では負の相関を得た。

3) 正常 MCL からの逸脱のおこりはじめる聴覚閾値は、4,000 Hz で 30 dB、4 分法値で 0 dB、6 分法値で

0であった。日常生活におけるコミュニケーション障害となる程度の聴覚閾値は、4,000 Hz で 50 dB, 4 分法値で 0 dB, 6 分法値で 20 dB であった。

4) 67式語表では、「あ」「わ」「と」「よ」「お」は良聴語に、「じ」「き」「ね」「す」「し」「て」「り」などは難聴語に属した。

5) 「は」「た」「も」「ば」「が」「て」「ね」などは誤聴率が高く、その誤聴傾向はいずれも頭子音の聞き違いが主であった。

6) 文章了解最小レベルにおいて、良聴・非良聴耳群間に有意に明瞭度差を示す語は「に」「し」「が」「き」「す」であった。

7) 文章 MCL 水準で、良聴耳群の明瞭度に比し非良聴耳群のそれが劣る語は「き」「す」「て」「じ」、音節 MCL 水準では「に」「す」「じ」であった。しかし、逆に非良聴耳群の明瞭度がすぐれている語は、文章 MCL・音節 MCL ともに「り」であった。

稿を終えるに際し、御校閲、御指導賜わった恩師松井清夫教授に深謝し、【終始御助言、御指導いただいた坂本 弘助教授に心から感謝します。

本稿の要旨は一部、第 44 回日本産業医学会総会および昭和 46 年度東海地方会にて発表した。

文 献

- 河田政一：音響性外傷の受傷性について，耳喉，26：575—585，1954.
- 山川 厚：音響受傷性に関する実験的研究，日耳鼻，61：1023—1034，1958.
- 新井 泰：強大音響刺激が聴器迷路に及ぼす影響に関する実験的研究，日耳鼻，65：1131—1148，1962.
- 立木 孝，他：音響性外傷の臨床的研究，日耳鼻，66：1056—1063，1963.
- Shapiro, S. L. : Deafness following short term exposure to industrial noise, Ann. Otol., 68：1170—1181，1959.
- Ruedi, L. : Different types of acoustic trauma by experimental exposure of the human and animal ear to pure tones and noise, Ann. Otol., 63：702—726，1954.
- 本間利義：職業性難聴の発生並びに進展に関する研究，日耳鼻，66：1383—1393，1963.
- 松井清夫，他：騒音性一過性聴力損失に関する研究，産業医学，7：415—420，1965.
- Glorig, A. and Davis, H. : Age, noise and hearing loss, Ann. Otol., 70：556—571，1961.
- Nixon, J. C., Glorig, A. and Bell, D. W. : Predicting hearing loss from Noise-Induced TTS, Arch. O. R. L., 81：250—256，1965.
- 日本産業衛生協会許容濃度委員会騒音班：騒音の許容基準について，産業医学，11：533—538，1969.
- Watson, L. A. and Tolan, T. : Hearing tests and hearing instruments, 86—87, Hafner Publishing Company, New York, 1967.
- 海老原利夫：Confusion matrix による日本語聴力検査法の研究，日耳鼻，62：463—479，1959.
- 堀口申作，他：単一純音 Screening test について，日耳鼻，62：1411—1418，1959.
- 森岡三生：難聴者のスクリーニングを目的とする集団聴力検査の一方法，労働科学，34：383—395，1958.
- 岡本途也：難聴の量的表現法の統一について，オージオロジー，7：7—13，1964.
- 山口 司：聴力平均計算法の検討と計算器の考案，耳喉，36：833—835，1964.
- 岡本途也，椿 茂和：語音明瞭度算出法に関する研究，日耳鼻，58：313—317，1954.
- 山村晃太郎，高島 久：純音可聴閾値による騒音性難聴判定法の検討，産業医学，13：136—137，1971.
- Davis, H. : The articulation area and the social adequacy index for hearing, Laryngoscope, 58：761—778，1948.
- Saltzman, M. and Ersner, M. S. : The growth of loudness, Arch. O. R. L., 59：76—86，1954.
- Mol, H. : The dynamic behaviour of the ear after the fenestration operation, Acta. Oto-laryng, 39：409—417，1951.
- Bangs, J. L. and Mullins, C. J. : Recruitment testing in hearing and its implications, Arch. O. R. L., 58：582—592，1953.
- 新井邦夫：レクリートメント検査法としての快適大いさ曲線，耳臨，47：400—403，1955.
- 立木 孝，湯本牧雄：Recruitment 測定法の検討，耳喉，28：403—410，1956.
- Kopra, L. L. and Blosser, D. : Effects of method of measurement on most comfortable loudness level for speech, J. Speech. Hearing Res., 11：497—508，1968.
- 海野佐金治：補聴器適応検査に関する実験的並びに臨床的応用，日耳鼻，72：1339—1373，1969.
- 渡辺昭夫：聴覚のレクリートメントに関する研究，日耳鼻，68：1391—1403，1965.
- Burke, K. S., Creston, J. E. and et al. : Recruitment in Noise-Induced Hearing Loss, Acta. Otolaryng., 62：351—361，1966.
- 菅谷健司：日本語，語音明瞭度検査に関する研究，東京慈恵会医科大学誌，67(2)：1—8，1954.
- 関 正幸：明瞭度検査語音表の研究，日耳鼻，60：399—407，1957.
- 富永泰栄：語音明瞭度聴覚検査に関する研究，日耳鼻，55：830—845，1952.
- 後藤禎亮：語音聴力像の臨床的分析的研究，耳臨，63：495—516，1970.
- 福島竜彦：語音聴力検査方法および語集に関する研究，日耳鼻，60：1052—1082，1957.