

低音圧レベル騒音曝露初期にみられる血圧応答に関する研究

The Blood Pressure Responses in the Early Stage of Exposure to Low Intensity Level Noise

林 文代 杉浦 静子

【要約】 In the present study we have continuously measured systolic and diastolic blood pressure of 35 female subjects aged between 19 and 22 years using Finapres in the early stage of exposure to low intensity level noise. The noises used were a steady noise and three kinds of fluctuating noises. Two blood pressure peaks were observed: immediately after the exposure and at 100 sec. after the exposure. These changes were more marked in the steady noise than in the fluctuating noise. The degree of blood pressure elevation depended on the intensity of the steady noise. The effects on blood pressure differed according to the mode of noise fluctuation.

【キーワード】 Noise(騒音), Early response(初期応答), Blood pressure(血圧)
Continuous measurement(連続測定)

はじめに

騒音の健康への影響には、騒音性難聴、聴取妨害、精神活動妨害、睡眠妨害、身体的不調などがある^{1~4)}。そのうち、身体的不調は脳下垂体—副腎皮質系および自律神経系を介して発現し、曝露騒音レベル50~70 dB (A) 以上になると、交感神経の緊張による反応がみられる^{5,6)}。われわれは自律神経系を介した生体応答として、騒音が脈波に変化を生じさせることをすでに報告した⁷⁾。また、血圧応答に関しては変動騒音と定常騒音を音源として、各種の音強で130秒間の曝露をおこない、曝露前血圧に対する曝露最終30秒間の血圧を比較した成績を報告した⁸⁾。それによると、血圧に影響を与える騒音の音圧臨界レベルは収縮期血圧で54 L_{Aeq} dB、拡張期血圧で54~58 L_{Aeq} dBであった。

血圧への影響の騒音臨界レベルに関して陳らは次のように報告している⁹⁾。すなわち、騒音曝露によって

誘発される血圧上昇を同期加算法により測定し、最小二乗法で得た回帰曲線によって誘発血圧がゼロになる音圧レベルを計算し、55.5dBと推定している。この値はわれわれの実測により得られた値とほぼ一致した。しかし、われわれの報告と陳らとの報告とを比較すると、表1に示したようにいくつかの点で不一致または未解明の部分が残されている。すなわち、われわれは130秒間の連続曝露に対して、陳らは30秒毎の間欠曝露であり、曝露様式が異なっている。また、陳らは曝露15秒目の昇圧を指標として求めた臨界音圧レベルであるのに対して、われわれは曝露100~130秒目の昇圧を指標に使っている。さらに、100~130秒曝露と初期

表1. 騒音曝露による血圧への影響に関する2報告の比較

項目	細目	陳ら報告〔日衛誌43(1)〕	著者ら報告〔日衛誌54(1)〕
曝露音	音源	白色騒音	広帯域騒音, 定常, 変動
	音圧レベル	60, 70, 80, 90, 100dB	各人MCL, L_{Aeq} 46~82dB
	曝露様式	30s ON—30s OFF, 15回	130s, 連続
指標	被験者	18~28歳, 男女, 25名	若年女子, 35名
	測定	耳介 or 手指, 最高血圧, 連続	手指, 最高・最低血圧, 連続
成績	血圧動向	約15sで最大昇圧, 以後低下	曝露最終30s間の平均で評価
	音強と昇圧	音強依存的に昇圧, 誘発血圧 ゼロ音圧レベル55.5dB	音強依存的に昇圧, 臨界レベル L_{Aeq} 54~58dB

15秒との中間期の血圧動向が明らかでない。また、曝露冒頭の昇圧と130秒曝露時点の昇圧との関係が不明である。

これらのうち本報では、定常騒音もしくは変動騒音を曝露し、収縮期および拡張期の両血圧を連続測定し、次の事項を検討した。すなわち、冒頭昇圧と130秒曝露時点昇圧との関係、両期の中間期の血圧動向、および定常騒音と変動騒音との血圧影響の比較を明らかにした。

方 法

実験内容をあらかじめ説明し、同意の得られた年齢19～22歳の正常血圧の女子35名を被験者とした。測定は室温23±1℃、暗騒音30dBA以下の実験室内でおこなった。被験者を実験室に入室させ、20分以上安静仰臥位をとらせた。その間に被験者の右手第III指にOhmeda社製2300型Finapresのフィンガーカフを、両耳にSony社製MDR-CD470型ヘッドホン装着した。

曝露騒音は100～8000Hzに主勢力のある広帯域定常騒音および図1に示すような音圧レベル変化のある3種の変動騒音を用いた。騒音はヘッドホンを通して両耳から130秒間連続曝露した。音圧レベルは各被験者毎に、別途の研究のために測定してある3種音楽のMCL (the most comfortable level) とした。テスト・ミュージック毎に各人のMCLが異なっていたので、同一被験者について3つの異なる音圧レベルでの

曝露を定常もしくは変動騒音についておこなった。その音圧レベルは46～82L_{Aeq}dBの間であった。

血圧の測定は、Finapresのフィンガーカフ装着後、騒音曝露5分前から曝露終了まで連続自動測定した。測定記録は、NEC三栄社製RECTI-HORIZ-8Kに連続描記させた。

血圧値のサンプリングは拍動毎とし、収縮期および拡張期血圧を計測した。曝露前30秒間のサンプル値を平均して曝露前血圧とした。曝露開始後の血圧サンプル値を曝露前血圧に対する指数に換算した。曝露開始から100秒までの間を20秒単位に5区画とし、曝露最終30秒間を1区画とした。各区画毎に血圧指数を平均し、区間血圧指数とした。一方、これとは別に騒音曝露開始冒頭に収縮期血圧が上昇するので、上昇した血圧指数が最高値を示すまでの時間を54L_{Aeq}dB以上の定常騒音音圧レベル曝露の場合について計測した。

血圧経時変化についての統計検討は次のようにおこなった。すなわち、曝露前値(指数100)を対照として曝露後の6区画の指数との間の比較、各区間指数間の比較、および各区間における定常騒音曝露の場合と変動騒音曝露の場合との比較は対応のあるt検定によりおこなった。一方、曝露音圧レベル別指数間の比較は対応のないt検定によりおこなった。また、定常騒音曝露における冒頭昇圧と曝露最終30秒間昇圧との間の相関はPearsonの積率相関係数として求め、studentのt検定により危険率を判定した。

成 績

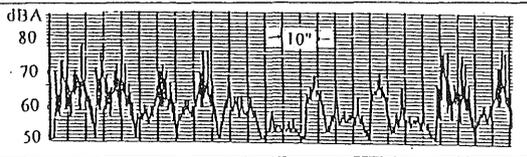
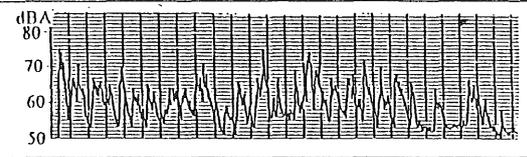
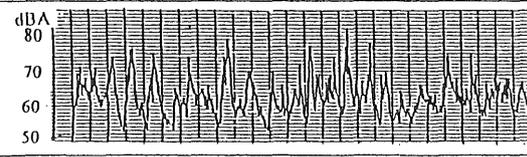
変動騒音種	変動騒音の変動性	変動の特徴
1		45秒～110秒の間に低音圧レベル帯。 0～45秒および110秒以後の間、高レベル律動的。
2		曝露全期間低レベル律動的。 高レベルピークなし。
3		全期間にわたり、音圧レベル変動幅が大。 高レベルのピーク出現多い。

図1. 変動騒音の特徴

全被験者について定常もしくは変動騒音曝露による血圧指数の経時変化を図2に示した。

定常騒音曝露では曝露冒頭に収縮期・拡張期血圧共に一過性の上昇がみられた。この上昇は曝露前値に対して収縮期・拡張期血圧共に危険率0.1%以下で有意であった。変動騒音曝露では、曝露冒頭の一過性上昇は収縮期血圧においてのみみられ、曝露前値に対して1%以下の危険率で有意であった。

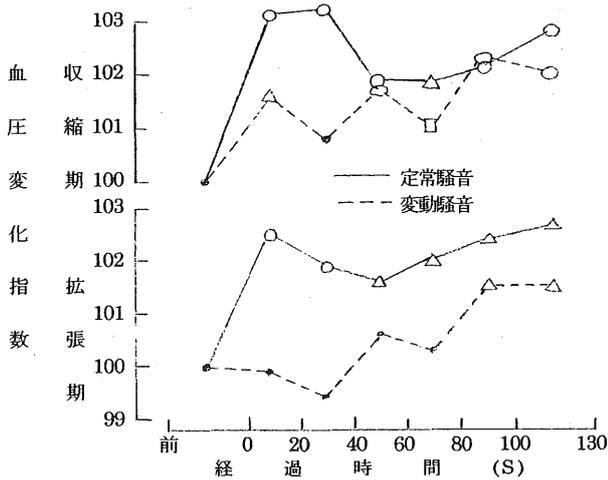


図2. 定常もしくは変動騒音曝露による血圧経時変化

注：1) 前値に対して、○： $p < 0.001$ △： $p < 0.01$
□： $p < 0.05$ ・：ns

定常騒音曝露時の収縮期血圧は冒頭の有意な昇圧の後、曝露40秒以降一旦低下し、曝露80秒以降から再び上昇した。一旦低下した時点の収縮期血圧指数は冒頭上昇の指数に比べて危険率2%以下で有意な低下であった。しかし、その指数は曝露前値と比べると0.1%以下の危険率で有意に高い水準であった。

定常騒音曝露時の拡張期血圧は曝露冒頭の有意な昇圧後一旦下降し、その後再び上昇する傾向をたどった。

変動騒音曝露時の収縮期血圧は冒頭の有意な上昇後、曝露20~40秒の間では一旦低下し、曝露前値との間に有意な差はみられなくなった。曝露40秒以降再び上昇し、全ての曝露で曝露前値との間に5~0.1%以下の危険率で有意な上昇がみられた。

変動騒音曝露時の拡張期血圧は曝露80秒までには有意な変動を示さなかった。曝露80秒以降は曝露前値に対して1%以下の危険率で有意な上昇となった。

以上の成績を小括すると、定常騒音曝露による血圧への影響は、冒頭の上昇と100秒曝露以降での昇圧との2相があること、定常騒音曝露の影響に比べて変動騒音曝露の影響は小さいこと、変動騒音曝露では収縮期血圧では昇圧に2相がみられるが、拡張期血圧では冒頭の上昇がみられないことが示された。

曝露音圧レベルを53.9LaeqdB以下、54.0~57.9LaeqdB、58.0LaeqdB以上の3段階に分け、曝露音圧レベル別に定常もしくは変動騒音曝露による血圧の経時変化の統計学的検定結果を図3に示した。

曝露騒音種別、曝露音圧レベル3段階別の収縮期血

血圧	曝露レベル LaeqdB	曝露時間 (S)						
		0	20	40	60	80	100	130
収縮期	>58.0	○	○	□	△	○	○	
	57.9~54.0	△	□	□	△	△	△	●
	53.9>		□	△				
拡張期	>58.0	○	△		△	△	○	
	57.9~54.0	□	□	△		△		
	53.9>		□	△				

図3. 曝露音圧レベル別にみた定常騒音と変動騒音による血圧経時変化

注：前値に対して昇圧：

○：定常，●：変動= $p < 0.001$
△：定常，▲：変動= $p < 0.01$
□：定常，■：変動= $p < 0.05$

圧の変化は以下のものであった。

定常騒音53.9LaeqdB以下曝露群の収縮期血圧では、曝露前値と比較し21~40秒区間指数では5%以下、41~60秒区間指数では1%以下の危険率で有意に上昇がみられた。変動騒音53.9LaeqdB以下曝露群の収縮期血圧では、有意な変動はみられなかった。

定常騒音54.0~57.9LaeqdB曝露群の収縮期血圧では、曝露前値と比較し1~20秒区間指数および81~100秒区間指数で1%以下、21~40秒区間指数および41~60秒区間指数で5%以下の危険率で有意に上昇がみられた。変動騒音54.0~57.9LaeqdB曝露群の収縮期血圧では、曝露前値と比較し1~20秒区間指数、61~80秒区間指数、80~100秒区間指数および101~130秒区間指数で5%以下、41~60秒区間指数で1%以下の危険率で有意に上昇がみられた。

定常騒音58.0LaeqdB以上曝露群の収縮期血圧では、曝露前値と比較し1~20秒区間指数、21~40秒区間指数、81~100秒区間指数および101~130秒区間指数では0.1%以下の危険率、41~60秒区間指数では5%以下の危険率、61~80秒区間指数では1%以下の危険率ですべて有意な上昇であった。変動騒音58.0LaeqdB以上曝露群の収縮期血圧では、曝露前値と比較し41~60秒区間指数では5%以下、81~100秒区間指数では1%以下、101~130秒区間指数では0.1%以下の危険

率で有意な上昇であった。

曝露騒音種別、曝露音圧レベル3段階別の拡張期血圧の変化は以下のものであった。

定常騒音53.9L_{Aeq}dB以下曝露群の拡張期血圧では、曝露前値と比較し21～40秒区間指数で5%以下、41～60秒区間指数で1%以下の危険率で有意に上昇した。

変動騒音53.9L_{Aeq}dB以下曝露群の拡張期血圧はいずれの区間においても有意な変化はみられなかった。

定常騒音54.0～57.9L_{Aeq}dB曝露群の拡張期血圧では、曝露前値と比較して1～20秒区間指数および21～40秒区間指数で5%以下、41～60秒区間指数、81～100秒区間指数では1%以下の危険率で有意な上昇であった。変動騒音54.0～57.9L_{Aeq}dB曝露群の拡張期血圧では、曝露前値と比較して41～60秒区間指数で5%以下の危険率で有意な上昇がみられた。

定常騒音58.0L_{Aeq}dB以上曝露群の拡張期血圧では、曝露前値と比較し1～20秒区間指数および101～130秒区間指数では0.1%以下、21～40秒区間指数、61～80秒区間指数および81～100秒区間指数では1%以下の危険率で有意な上昇がみられた。しかし、41～60秒区間指数は有意な上昇ではなかった。変動騒音58.0L_{Aeq}dB以上曝露群の拡張期血圧はいずれの区間においても有意な変化はみられなかった。

以上の曝露音圧レベル別血圧経時変化を小括すると以下のようであった。すなわち、収縮期血圧においては曝露音圧レベルが大となるほど昇圧が著明であることが定常もしくは変動騒音曝露共にみられた。拡張期血圧においては、定常騒音曝露では曝露音圧が大となるほど昇圧が著明であったが、変動騒音では曝露音圧が上昇してもほとんど影響がみられなかった。

変動騒音の種別に、曝露による血圧経時変化を図4に示した。No.1音曝露では、曝露80秒以降の区間の収縮期血圧が5%以下の危険率で有意に上昇した。しかし拡張期血圧は全ての区間において有意な変化はみられなかった。No.2音曝露では、収縮期・拡張期血圧共に全ての区間で有意な変化はみられなかった。これに対して、No.3音曝露では、収縮期血圧が全ての区間で5%以下の危険率で有意に上昇した。また、拡張期血圧は曝露41～60秒区間、81秒以降の区間で5%以下の危険率で有意に上昇した。以上の結果から、変動騒音の音圧レベル変動の様相により血圧への影響が異なることが明らかとなった。

変動騒音種	血圧	曝露時間 (S)						
		0	20	40	60	80	100	130
1	収縮期						□	△
	拡張期							
2	収縮期							
	拡張期							
3	収縮期	□	□	△	□	△	△	
	拡張期			□			△	△

図4. 変動騒音曝露による血圧経時変化

注：前値に対して昇圧：

○：p < 0.001, △：p < 0.01, □：p < 0.05

曝露初期20秒間の血圧指数および曝露101～130秒区間の血圧指数を曝露音圧レベル別に比較し、表2に示した。定常騒音曝露初期20秒間の場合、53.9L_{Aeq}dB以下曝露群に比べて58.0L_{Aeq}dB以上曝露群の収縮期および拡張期血圧は共に高く、2%以下の危険率で有意であった。曝露101～130秒区間については、53.9L_{Aeq}dB以下曝露群に比べて58.0L_{Aeq}dB以上曝露群の収縮期および拡張期血圧は共に高く、収縮期血圧では0.1%以下の危険率で、拡張期血圧では1%以下の危険率で有意であった。また、54.0～57.9L_{Aeq}dB曝露群に比べて58.0L_{Aeq}dB以上曝露群の拡張期血圧は高く、2%以下の危険率で有意であった。すなわち、曝露初期血圧上昇も曝露最終30秒間の血圧上昇も共に曝露音圧レベル依存性であった。

変動騒音曝露初期20秒間の場合、53.9L_{Aeq}dB以下曝露群に比べて54.0～57.9L_{Aeq}dB曝露群の収縮期血圧は2%以下の危険率で有意に高かった。しかし、拡張期血圧では曝露音圧レベル別群間に有意な差はなかった。曝露101～130秒区間については、収縮期および拡張期血圧共にすべての曝露音圧レベル別群間に有意な差はみられなかった。

定常騒音曝露20秒までの冒頭昇圧と101～130秒区間の昇圧との個人別相関は、収縮期・拡張期血圧共に両区間の血圧指数間には0.70の相関係数が得られ、0.1%以下の危険率で有意であった。変動騒音曝露の場合の収縮期血圧では、曝露20秒までの冒頭昇圧と101～130秒区間の昇圧との個人別相関は0.34の相関係数が得られ、0.1%以下の危険率で有意であった。変動騒音曝露の場合の拡張期血圧では、冒頭昇圧がみられなかったため、曝露20秒までの血圧指数と101～130秒区間の

表2. LAeqdB 別血圧指数変化比較 (M±SE)

血圧	曝露音種	常 騒 音				変 動 騒 音			
	区 間	曝露初期	20秒	曝露 101~130秒	曝露初期	20秒	曝露 101~130秒		
	LAeqdB	指 数	群間差	指 数	群間差	指 数	群間差		
収縮期	>58.0	104.8±1.07	* }	105.1±0.95	*** }	101.7±0.88	* }	102.4±0.68	
	57.9~54.0	102.5±0.86		102.3±1.13		103.0±1.27		102.4±0.89	
	53.9>	101.0±0.84		99.5±1.04		100.0±0.53		101.0±0.74	
拡張期	>58.0	104.0±1.09	* }	105.9±1.48	* }	99.3±0.79		101.3±0.72	
	57.9~54.0	102.1±0.94		100.8±0.88		101.5±1.15		101.7±0.81	
	53.9>	100.3±0.80		99.4±0.76		99.2±0.61		101.7±1.24	

***: P<0.001 ** : P<0.01 * : P<0.02

血圧指数との間の個人別相関を求めると0.23の相関係数が得られ、5%以下の危険率で有意であった。

定常騒音54.0LAeqdB以上の曝露の場合にみられる曝露冒頭の収縮期血圧昇圧が20秒までに最高値となる割合は63.2%であった。これに対して、58.0LAeqdB以上の曝露の場合のそれは59.6%であった。すなわち、初期昇圧最高値になるまでの時間と曝露音圧レベルとは関連しなかった。

考 察

騒音曝露による血圧への影響は2つの側面から研究がなされている。その1つは長期曝露の影響すなわち、高血圧発症の環境要因とみなし得るか否かという観点からの研究である。いま1つは短期曝露の影響すなわち、ストレス評価に関連した研究である。

長期曝露影響に関しては次の様な報告がなされている。すなわち、Greenら¹⁰⁾は85dB以上の職場騒音環境下の若年齢労働者の収縮期および拡張期血圧は、非騒音職場の労働者のそれより高いと報告している。また、Sahaら¹¹⁾は火力発電所における90~113dBAの騒音職場群と48~66dBAの対照職場群とを比較し、高血圧有症率が騒音職場従業員群に高いことを観察し、それが騒音曝露歴の長さ依存性であるとしている。さらに、Nowak¹²⁾は90dBAの定常もしくは間欠音曝露労働者2599名の労働日血圧と2454名の対照群のそれとを比較し、収縮期・拡張期共に曝露労働者が高いことを報告している。また血圧上昇は就業期間依存性であり、境界域高血圧者に影響が著明であったとしている。しかし、Hiraiら¹³⁾は2124名の長期騒音曝露労働者について観察し、血圧上昇は来さないと報告してい

る。したがって、高血圧発症因子としての騒音の位置づけは今後検討されるべき課題である。

短期曝露影響に関しては次のような報告がなされている。すなわち、Haiderら¹⁴⁾は騒音曝露の臓器影響、血圧・睡眠・内分泌調節、消化管障害、心身症状などについて総説している中で、血圧への影響は70~80dBA15分曝露で上昇するとしている。Sawada¹⁵⁾は22名の若年正常血圧被験者に80, 90, 100dBの定常もしくは間欠音を20分間曝露した結果、平均血圧の上昇は90, 100dB曝露群でみられたとしている。しかし、Evans¹⁶⁾は18~31歳の男子33名について90dBAの90分間間欠音曝露と45dBAの静穏化の血圧、心拍、norepinephrine, cortisolを測定した結果、心拍、norepinephrineおよびcortisolは曝露により上昇したが血圧は不変であったとしている。

以上のように短期曝露において、必ずしも昇圧がみられているわけではない。このような成績の不一致の原因として、短期曝露の場合には血圧測定法が問題となる。従来の非観血的血圧測定法はリバロッチ型血圧計により時間的不連続に測定したものである。本報成績で示したように曝露経過時間にしたがって血圧は変動するので、不連続測定では詳細な変動把握は困難である。Chenら⁹⁾もこのことを指摘し、同期加算法による連続的観察をおこなっている。しかし、Chenらの測定法では、収縮期血圧は把握できても拡張期血圧は観察され得ない。本報ではFinapresを用いて両期の血圧を連続測定し得た。

本報成績で述べたように、曝露冒頭昇圧と曝露100秒以降の昇圧との間に一旦昇圧が解消するという血圧変動の2相がみられた。したがって、両期昇圧は曝露影響として同性質とはいえない。しかし、両期の昇圧

は共に曝露音圧レベル依存的であり、また個人別昇圧程度は両期の間に関係が認められたので、両期の昇圧は関連が深いものであると言えよう。

一方、定常騒音曝露による血圧への影響は変動騒音曝露によるそれより著明であった。血圧影響とは異なるが、騒音曝露により生ずる一過性聴覚閾値移動を指標として定常騒音と間欠音（変動騒音の一種）との曝露影響を比較すると、定常騒音の影響が大であることが知られている。このことは全曝露期間中の一定音圧レベル以上の曝露時間すなわち ON-time 依存的であることにより説明される¹⁷⁻¹⁹⁾。騒音曝露による血圧影響に前述の ON-time 則を準用すれば、変動騒音に比べて定常騒音曝露の影響が大であることが説明できる。

他方、変動騒音においては音圧レベル経時変化の様相が影響力を左右した。本報で用いた変動騒音3種のうち、血圧影響のあらわれたNo. 3は曝露全期間を通じて音圧レベル変動幅が大であり、高レベルピークの出現の多いものであった。すなわち、前述の ON-time 則からみれば、曝露期間を一定にした場合に ON-time の総計割合が大となる可能性がある。したがって、変動騒音のうち、高レベルピークの頻回出現が昇圧に関係すると推察できる。

本論文の要旨は第70回、71回日本衛生学会総会で発表した。

文 献

- 1) 長田泰公：騒音の健康被害，公衆衛生院研究報告，22，209-227，1973.
- 2) 長田泰公：騒音とからだ，からだの科学106，8-11，1982.
- 3) 難波精一郎：騒音の生理と心理，騒音制御，22（6），303-309，1998.
- 4) 桑野園子：騒音の生理的影響と心理的影響（時田保夫監修：音の環境と制御技術，第1巻 基礎技術）フジ・テクノシステム，東京，1999.
- 5) 山本剛二：騒音の心理・生理学的影響，騒音制御，17（2），70-74，1993.
- 6) 坂本弘：音と振動，（菊池安行，他：生理人類学入門—人間の環境への適応能—）南江堂，東京，1981.
- 7) 林 文代，他：低レベル音聴取に関する研究 精神循環系応答の立場から，三重県立看護大学紀要，2，135-140，1998.
- 8) 林 文代，他：低音圧レベル騒音曝露に対する血圧応答，日衛誌，54（1），197，1999.
- 9) Chen, C.J., et al: Measurement of noise-evoked blood pressure by means of averaging method, Journal of Sound and Vibration 151（3），383-394，1991.
- 10) Green, M.S., et al: Industrial noise exposure ambulatory blood pressure and heart rate, Journal Occupational Medicine, 33. 879-883, 1991.
- 11) Saha, S., et al: Effect of noise stress on some cardiovascular parameters and audiovisual reaction time, Indian Journal Physiology Pharmacol, 40（1），35-40, 1996.
- 12) Nowak, S.: Noise influence on increase of the arterial blood pressure in workers during working day, Polski Merkuriusz Lekarski, 1（6），389-393，1996.
- 13) Hirai, A., et al: Prolonged exposure to industrial noise causes hearing loss but not high blood pressure, Journal Hypertense, 9，1069-1073，1991.
- 14) Haider, M., et al: Gesundheits schaden durch Lärm, Acta Medical Austriaca, 11（5），161-164，1984.
- 15) Sawada, Y.: Hemodynamic effects of short-term noise exposure, Japanese Circulation Journal, 57（9），862-872，1993.
- 16) Evans, G.W.: Noise, physiology, and human performance, Journal Occupational Health Psychology, 2（2），148-155，1997.
- 17) Kryter, K.d., et al: Hazardous exposure to intermittent and steady-state noise. Journal Acoust. Soc. Am., 39（3），451-464，1966.
- 18) Botsford, J.H.: Simple method for identifying acceptable noise exposure, Journal Acoust. Soc. Am., 42（4），810-819，1967.
- 19) 許容濃度等委員会騒音班：日本産業衛生協会，許容濃度等委員会勧告の騒音許容基準について，産業医学，11（10），533-534，1969.