

## 振動工具の健康影響と振動障害検診項目の妥当性に関する研究

—奈良県における振動障害検診活動の総括的知見と今後の課題—

森山忠重<sup>1)</sup>, 車谷典男<sup>1)</sup>, 杉本和夫<sup>2)</sup>,  
出島牧彦<sup>1)</sup>, 榎本康博<sup>1)</sup>, 新井孝和<sup>3)</sup>,  
佐藤雅司<sup>3)</sup>, 山口文吾<sup>3)</sup>, 伊木雅之<sup>4)</sup>

1. 奈良県立医科大学公衆衛生学教室
2. 済生会御所病院内科
3. 医療法人南労会紀和病院内科
4. 福井医科大学環境保健学教室

### EFFECTS OF VIBRATING TOOLS ON FORESTRY WORKERS AND VALIDITY OF MEDICAL EXAMINATION TO DETECT VIBRATION DISEASE

—A COMPREHENSIVE REVIEW OF MEDICAL EXAMINATION PROGRAMS  
FOR VIBRATION DISEASE OVER 10 YEARS AND SOME FUTURE ISSUES  
IN NARA PREFECTURE—

TADASHIGE MORIYAMA<sup>1)</sup>, NORIO KURUMATANI<sup>1)</sup>, KAZUO SUGIMOTO<sup>2)</sup>,  
MAKIHICO DEJIMA<sup>1)</sup>, YASUHIRO ENOMOTO<sup>1)</sup>, TAKAKAZU ARAI<sup>3)</sup>,  
MASASHI SATOH<sup>3)</sup>, BUNGO YAMAGUCHI<sup>3)</sup> and MASAYUKI IKI<sup>4)</sup>

1. *Department of Public Health, Nara Medical University*
2. *Division of Internal Medicine, Gose Saiseikai Hospital*
3. *Division of Internal Medicine, Kiwa Hospital*
4. *Department of Environmental Health, Fukui Medical School*

Received July 5, 1991

*Summary*: To investigate the validity of cold water immersion test—immersing the affected hand up to the wrist in water at 10°C for 10 minutes—for evaluating peripheral vascular and nervous functions of workers using vibrating tools, and to study other effects of the tools, more than 6000 medical examination records of forestry workers collected over 10 years were analyzed in Nara Prefecture. The results are as follows:

1) Immersion test could detect cases of VWF (vibration-induced white fingers) only at room temperature 20–23°C. Fingertip skin temperature of workers with VWF was significantly lower than that of workers without it.

2) Vibrotactile threshold has been shown to be negatively associated with skin temperature. After controlling for this association, median vibrotactile threshold was shown to be higher in workers with dysesthesia or with VWF than in controls and workers without VWF.

3) A dose response relationship between estimated VWF incidence rate and duration of chainsaw usage was statistically shown.

4) Almost all audiograms of five-year age groups showed the so-called c<sup>5</sup>dip typical of initial noise-induced permanent threshold shifts.

Workers with longer usage of the chainsaw developed significantly greater hearing loss at 4 kHz than those with shorter usage. The association between VWF and hearing loss remained even when confounders on hearing such as age and exposure time to noise were considered.

5) The prevalence of low-back pain was as high as 66%. This was comparable to results derived from occupational medicine studies which reported this to be a major issue. The prevalence of bradycardia was less than 50/min, which is 2 to 3 times higher than that of the normal population.

This finding could be due to long-term strenuous work in the forest.

### Index Terms

vibrating tools, vibration-induced white fingers (VWF), skin temperature and vibrotactile threshold, noise-induced deafness, ECG

## 1. 緒 言

かつて白ろう病と呼ばれた振動障害の歴史は、圧搾工具使用者にみられた Raynaud 現象を観察した 1911 年の Loriga の報告に始まる<sup>1)</sup>。わが国での最初の報告は村越<sup>2)</sup>による圧搾空気使用機による身体的障害についての論文であるが、振動障害が労働衛生学上、これ程までに重要な課題となったのは、チェーンソーが林業労働に導入されてからのことである。

それは今から約 35 年前にさかのぼる。1954 年、台風によってもたらされた大量の風倒木処理に、北海道で外国製チェーンソーが試験的に使用されたのが端緒となったと言われている。チェーンソーは手鋸、手斧伐倒の 2 倍から 3 倍の生産性を有することから、数年も経ずして、総台数は少ないものの全国各地の国有林に行きわたり、その後、1960 年代初頭に始まる高度経済成長による木材需要の増大にともない、国有林のみならず民有林においても急速に普及した<sup>3)</sup>。1989 年現在、約 36 万台のチェーンソーが全国で使用されており<sup>4)</sup>、今日ではチェーンソーを抜きにしては、林業労働そのものが成立し得ない状況にある。このようなチェーンソーの普及は、林道開発にともなうトラック輸送の発達とあいまって、人力に頼っていたそれまでの激しい重筋肉労働から労働者を解放し、林業労働に大きな変化をもたらした。しかし、その一方で、今日までの連続とした振動障害の歴史を生み出すことにもなった。

チェーンソーの導入後まもなく、それらを使用している国有林労働者に「白ろう発作」や「手指のしびれ」が出

現していることが、1959 年の農林省<sup>5)</sup>と 1963 年の林野庁<sup>6)</sup>によるアンケート調査で明らかにされた。これらの調査報告はあまり注目を集めなかったようであるが、1964 年に岐阜県の付知営林署で山田ら<sup>7)</sup>によって実施された系統的な労働衛生学的調査は、この調査概要が NHK のドキュメンタリー番組「現代の映像『白ろうの指』」で紹介され、一躍社会的に注目されたこともあって、多くの研究者の関心を引きおこし、1965 年の 11 月には日本産業衛生学会「局所振動障害研究会」が発足した。

その後、チェーンソーを代表的な振動工具として、局所振動の人体への影響に関する疫学的研究、臨床的研究、実験的研究が数多く積み重ねられてきた。その結果、局所振動は、単に「白ろう発作」すなわち Raynaud 現象に代表される末梢循環系障害のみならず、末梢神経系障害や骨関節障害を生ずる上に、中枢神経系障害をももたらす可能性が示唆されるに及び、病名自体も「白ろう病」よりも「振動病」あるいは「振動障害」と呼ばれるようになった<sup>8-12)</sup>。国際的にも Vibration disease が正式な病名として定着している。また、代表的な症状である Raynaud 現象は、原因たる振動を冠して Vibration-induced White Fingers (以下、VWF) と呼ばれることが多い。一方、チェーンソー以外の振動工具取り扱い労働者についての検討も進み、種々の工具により振動障害が発生していることが確認されている。1980 年の日本産業衛生学会振動障害委員会報告<sup>13)</sup>によれば、それらは 40 余種に達する。

このような振動障害に対し、責任監督官庁である林野庁と労働省は数次にわたる通達を通じて、その対策を試

みてきた。なかでも、「月40時間、1日2時間、1回連続10分」を骨子としたチェンソーの使用時間規制<sup>14,15)</sup>と、1973年度から民有林労働者を対象に実施されることになった「振動障害巡回特殊検診事業」<sup>16)</sup>は、重要な位置を占めている。

さて、奈良県の振動障害問題であるが、それは、労働省の外郭団体である林業労働災害防止協会に設置された「振動障害検診委員会」が、1972年に民有林として名高い奈良県吉野郡下の3村で調査を実施したことに端を発している。この時の結果は細川ら<sup>17)</sup>によって、受診者84名のうち要治療が35名、要注意20名、要精検10名、異常なしが19名と報告されている。この調査が契機となって、振動障害の予防対策に関する審議検討のための「チェンソー等使用に伴う振動障害予防対策会議」が全国に先駆けて設置され、早くも翌1973年度には第一回目の「振動障害巡回特殊検診」が、林業災害防止協会奈良県支部の委託を受けた当教室の前任教授市場邦通を班長として、実施されるに至っている<sup>18,19)</sup>。対象は奈良県下の山林現場で、チェンソーや刈り払い機などの振動工具を使用している林業労働者である。その後、今日に至るまで本教室が一貫して毎年冬季、継続してこの巡回検診を担当してきている。本教室が検診を開始してから今年(1991年)で18年が経過するが、この間、森山忠重の教授着任にともない検診方法と診断基準の見直し作業が行われ、1979年に現行の検診方法がほぼ確立された。以来、10余年を経過するに至ったのを機会に、今回、若干の未発表資料も含め、当教室が検診を通じて進めてきた振動障害に関する研究結果<sup>20-32)</sup>を総括することにした。

## II. 研究課題

著者らが奈良県で振動障害の検診を始めた頃は、振動障害に関する疾患概念や病像<sup>8-10)</sup>はほぼ確立されていたが、チェンソーの使用時間規制や検診の実施手技が労働省から通達<sup>33)</sup>されるなど、新たな展開を見せつつあった時期である。しかしながら、林業労働者の健康状態を評価する上で、検診項目の妥当性や振動工具が発する騒音の聴力への影響など検討すべき課題は数多く残されていた。当時、巡回検診の機会を通じて検討が可能と考えた課題は、これらのうち主要たるものは以下の3点であった。

第一点は、労働省が定めた振動障害の検診方法の妥当性に関する検討であった。当時、労働省は、急速に顕在化しつつあった振動障害への行政的対応を余儀なくされ、具体的な検診手技を定めた通達<sup>33)</sup>を出して間もない頃である。検診は、20℃から23℃に維持した室温下で5℃の

冷水中に患側を手関節まで10分間浸漬させる、いわゆる冷水浸漬負荷検査を主体としたもので、末梢循環機能と末梢神経機能の状態を、浸漬前と浸漬中および浸漬終了後に測定する指尖皮膚温や振動感覚閾値等で評価しようとするものである。しかしながら、たとえば、検査時室温を20℃から23℃に維持することの根拠は著者が調べた範囲では見あたらず、また、浸漬中の苦痛を和らげるために水温を従来の5℃にかえて10℃とする方法<sup>34)</sup>が次第に普及しつつあったが、こうして得られる指尖皮膚温や、指尖皮膚温と相関を持つ振動感覚閾値の有効性に関する研究も極めて乏しかった。

第二点は、振動曝露量と生体反応、特にVWFとの量反応関係に関する検討であった。チェンソーに代表される手腕系への振動曝露とVWFとの因果関係については、数多くの臨床的研究および疫学的研究により明らかであったが、チェンソーの使用時間規制に根拠を与える量反応関係に関する報告は数少なく、しかも、その存在を明瞭に示した研究は皆無といえる状況であった。

第三点は、振動障害以外の林業労働にともなう健康問題に関する検討であった。林業労働者を一人の人間として医学的な観点から評価する場合、振動障害のみならず林業労働によってもたらされる他の健康影響をも考慮する必要があることは言うまでもない。たとえば騒音の健康影響である。これについては渡部ら等<sup>35-37)</sup>の報告を除けば、林業労働者の騒音性難聴の疫学的所見を明らかにした研究は皆無であり、チェンソーなど林業で用いられている振動工具の騒音レベルや、作業者の騒音曝露レベルを検討した報告も極めて少なかった。また、腰痛に関する研究も騒音性難聴と同様にほとんどなく、実態すら明らかでないといった状態であった。

以上の三点を主要な研究課題として、長年にわたり検診を実施してきた。以下、その成績について述べる。

## III. 対象と方法

各研究は1、2年を単位として巡回検診の機会を通じて実施してきたため、それぞれの対象人数や方法の細部については実施時期によって異なる。ここでは各研究に共通した項目を記載するとともに、それぞれに独自のものについては必要に応じてその都度述べることにする。

### A. 研究対象

研究対象は林業災害防止協会奈良県支部（後に林材業災害防止協会奈良県支部）の委託を受けた著者らの教室が、毎年、振動障害の各種症状が増強する冬季、主として10月下旬から翌年の2月上旬にかけて、奈良県吉野郡下の各村を巡回方式で実施してきた振動障害特殊検診の

Table 1. Time trend of the numbers of forestry workers who had medical examinations for vibration disease in Nara Prefecture from 1977 through 1990

Year	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86
Number	502	451	650	543	608	600	572	545	489	464
Year	'87	'88	'89	'90	Total					
Number	412	296	216	219	6567					

受診者である。受診は本人の希望による。Table 1は、著者らが検診を担当し始めた1977年度から1990年度までの受診者数の推移を示したもので、この間の総数は延べ6567名、年平均469名である。受診者の殆どは男性で、チェーンソーまたは刈り払い機または集材機の使用歴がある林業労働者である。

#### B. 自覚症状に関する問診

検査に先立って一定様式の間診票に基づき、振動障害を熟知した医師が各種自覚症状について問診をおこなった。とりわけ振動障害の主要な症状であるVWFとしびれ感については、詳細に聞き取った。

VWFは、通常、全身的な寒冷曝露によって誘発されるものであり、また、以下のDで述べる冷水浸漬負荷検査自体がVWFの誘発率もほぼゼロであるため、検査者が検査当日に被験者の発作を視覚的に確認する機会は皆無である。従って、VWFの有無は被験者が自ら訴える症状によって判断せざるを得ない。そこで、先ず全員に対し、手指の白変発作を経験したことがあるか否かを問い、あると回答した場合に、それは、寒冷曝露により誘発される手指掌背両側の遠位部により明瞭な一過性の白変発作で、消失時に異常知覚を伴うもの<sup>10,38)</sup>か否かを問い、これらの基準全てを確認できた場合のみVWF陽性とすることにした。白変の訴えはあっても、この基準に一致しなかった者は疑診例として、別に扱った。

しびれ感については、「長時間の正座後に下肢に発生するジンジンした感じ」と定義し、上肢にこのような感覚が出現するか否か、そして出現する場合には、その部位と持続性か間欠性かを、さらには夜間覚醒<sup>9)</sup>をとまうか否かも聞き取った。

以上の自覚症状に加え、難聴、耳鳴、眩暈等の各種自覚症状、さらに既往歴や現病歴、振動障害の治療歴についても聴取した。

#### C. 振動工具の累積使用時間の算出

振動工具の振動曝露量およびその騒音曝露量を推定するために、チェーンソー、刈り払い機、そして集材機のそれぞれについて、各使用開始時点から検診当日までの使用状況を十分な時間をかけて詳細に聴取した。具体的

は、一定の様式に従って、各振動工具の使用開始年と終了年、そしてその間の年間使用日数および1日平均使用時間、さらに使用期間中にそれらの変化があった場合や年単位の使用中断期間があった場合には、それぞれの時期の使用状況を個別に聞き取った。同時に林業以外での振動工具の使用歴についても同様の問診を行い、その上で、各振動工具ごとに使用年数、使用日数、使用時間を積算して累積使用時間<sup>39)</sup>を算出し、この値をそれぞれの工具による振動曝露量あるいは騒音曝露量の指標として用いた。

#### D. 冷水浸漬負荷検査

冷水浸漬負荷検査は一定の水温に維持した恒温槽(COOLNIT CL-19 TAIYO社製)の冷水中に、VWFを経験している者は発作手を、そうでない者は原則として右手を手関節まで10分間浸漬させ、浸漬前後の浸漬側の指尖皮膚温や振動感覚閾値等を経時的に測定する方法である。負荷水温は、被験者の浸漬中の苦痛を和らげる目的で従来の5℃に変わって普及し始めていた10℃<sup>34)</sup>を用いた。なお、実際的水温は恒温槽の精度限界のため10±0.5℃の範囲である。

指尖皮膚温を測定するには、室温を一定に保ち被験者をその室温に慣らすことが必要のため、原則として、検診会場である山村振興センター等の一室に割り当てられた検査室に入室後、最低30分間安静に待機させたのち負荷検査を開始した。検査に先立ち被験者は、検査室とほぼ同じ室温の部屋で問診と心電図検査を受けており、それらに要する時間は待ち時間を入れて1時間以上あるため、検査を開始する時点では検診会場に来る途上で冷された体は暖められ、かつ設定された検査室の室温に十分馴れていると思われる。着衣状態は暑さも寒さも感じない程度とし、検査当日は検査終了まで禁煙とした。室温は、被験者の直ぐそばで肩の高さに取り付けられたサーミスター温度計のセンサーにて測定、監視した。適宜、窓の開閉、暖房の調節を行ない、後述する検査時室温条件の決定のための研究の場合を除き、室温は常に20℃から23℃未満の範囲、しかも20℃近くに維持するように努めた。

### E. 指尖皮膚温の測定

指尖皮膚温（以下、単に皮膚温という）は、冷水浸漬手側の第III指につけたサーミスター温度計（デジタル式、宝工業 HD-111）を用いて測定した。センサーは、動静脈吻合が豊富に分布し<sup>40)</sup>、寒冷刺激に対する血管反応をより鋭敏に把握することが期待できる掌側指尖部に、血流を阻害しない程度の強さで、かつ防水に十分留意しサージカルテープを用いて固定した。測定時点は、浸漬開始前、浸漬中6分目から10分目までの1分毎、および浸漬終了後5分目と同10分目の計8時点を原則とした。

### F. 振動感覚閾値の測定

皮膚温の測定と同じく冷水浸漬手側で、第II指掌側指尖部の125 Hzに対する振動感覚閾値（以下、単に振動覚という）を振動感覚測定器（AU-02 A, RION 社製：出力レベル-10~40 dB）を用い、断続モード、2.5 dB 上昇法にて測定した。測定時点は浸漬開始前、浸漬終了直後、終了後5分目、同10分目の計4時点である。

### G. 血圧測定と心電図の記録

問診に引き続き暫時安静後、椅座位にて右上腕で血圧を測定し、その後、三要素直記式心電計(DU-3 S, フクダ電子製)を用い、25 mm/秒の掃引速度にて、12誘導の心電図を原則として8拍から10拍記録した。要した時間は1要素あたり約8秒程度で、1人計約30秒であった。記録中、不整脈が観察された時には診断に必要と思われる十分な時間の心電図を記録した。

### H. 聴力損失の測定

一連の振動障害検診が終了した後、順次に検診会場で最も静かな部屋に設置した簡易防音室(AT-4 C, RION 社製)の中に被験者を入れ、オージオメータ(AA-62, JIS T 1201 1963, 診断用I型, RION 社製)を用いて、0.5, 1, 2, 4, 8 kHzに対する気導と骨導の純音聴力損失を、5 dB 上昇法により測定した。各試験周波数とも同一の値が2回続けて得られるまで繰り返し行った。測定時の暗騒音レベルは防音室内で常に40 dBA以下であり、前日までのチェンソー等の使用にともなう騒音曝露の終了時点から聴力測定までの時間は、最短の者で約18時間であった。なお、聴力検査は1980年度と1985年度に実施した。

### I. 診察

全ての検査終了後に、受診者全員に対し、上肢の触覚および痛覚の検査を主体とした診察を行うとともに、聴力検査を実施した年度には耳鏡を用いた鼓膜の診察も行った。

## IV. 結 果

### 1. 検診項目に関する研究

#### A. 検査時室温条件の決定<sup>30)</sup>

##### (1) 対象と方法

1977年度の受診者498名の中から、男性で、過去1年以内にVWFを経験しているが未治療の者（以下、VWF群(+)）と、VWFも手指にしびれなどの異常知覚も経験したことがなく、かつ診察で上肢に触覚と痛覚の鈍麻が認められなかった者（以下、VWF(-)群）とを抽出し、その上で皮膚温に対する年齢要因<sup>41)</sup>をそろえるために40才未満もしくは60才以上の者を除外して得られた、VWF(+)群45名とVWF(-)群84名を分析対象とした。

冷水浸漬負荷検査時の室温条件は、冬季の室内における通常の着衣状態で、ふるえも発汗も生じないと思われる13℃以上27℃未満の範囲内で設定した。得られる標本数を考慮しながら、日単位で室温条件を変更することとし、同一検診日は検診終了時刻まで目的温度±1℃の範囲内に維持した。

##### (2) 検査時室温と皮膚温との回帰モデルの設定

検査時室温とその条件下で測定される皮膚温との関係を示すモデルとして、単回帰モデル、折曲点が1つの折れ線モデルを設定した。単回帰は目的とする二変量が直線的な関係にあると仮定した場合の、折れ線モデルは二変量の直線的な関係がある点を境に変化することを仮定した場合の、そしてホッケースティックモデルは、折れ線モデルと同じくある点を境に2変量の関係が変化することを仮定していることに加え、閾値の存在を仮定したモデルである。これらのモデルを設定した理由は、冬季の20℃を中心とした血管調節域に相当する環境室温下では、皮膚温は環境温とほぼ直線的な関係にあり、この温度域から身体冷却域側または蒸泄調節域側に遠ざかるに従い、皮膚温は次第に一定の値に収束する傾向<sup>44)</sup>にあるため、今回設定した室温の範囲内では、室温と皮膚温との二変量の関係は基本的に直線的な関係で表現でき、折曲点が存在するとしても1か所と考えたからである。

この3つのモデルに対する回帰式をVWF(+)群、VWF(-)群それぞれについて求め、この中から赤池の情報量規準(AIC)<sup>45)</sup>に従い、最も適合度の高かった回帰モデルを室温と皮膚温との関係を表す最良のモデルとして採用した。なお、折曲点が1つの折れ線モデル（以下、折れ線回帰モデルと言う）では、折れ線を構成する左右2本の直線の、左側直線の右端点と右側直線の左端点と

の間に折曲点が存在するように回帰線を与えた。また、AICは $-2 \log(\text{最大尤度}) + 2 \times (\text{自由パラメータ数})$ で算出されるが、単回帰モデル、折れ線回帰モデル、ホッケースティックモデルの自由パラメータ数は順に3、5、4である<sup>46)</sup>。

なお、室温には冷水浸漬開始前室温と浸漬終了後10分目室温の平均値を用いた。

(3) 検査時室温と皮膚温との回帰関係

Fig. 1 から Fig. 3 に冷水浸漬前と浸漬終了後5分目および同10分目の、AICによって選択された回帰モデル下での、皮膚温の測定時室温に対するVWF(+)群とVWF(-)群の回帰線をそれぞれ示した。

浸漬前は、Fig. 1に見るようにVWF(+)群とVWF(-)群とで選択されたモデルは異なり、前者は単回帰モデル、後者は室温座標(X座標)14.5°Cに折曲点を持つ折れ線回帰モデルであった。14.5°Cの折曲点より高温側の2本の回帰直線はほぼ重なっている。一方、低温側はVWF(-)群が負の傾きとなっているため、両群は明らかに違っているが、この負の左側直線を構成する標本数は6例と少なく、「傾き=0」の帰無仮説は許容された( $p > 0.1$ )。

浸漬終了後5分目の場合も選択されたモデルは浸漬前と同じく両群で異なっていたが(Fig. 2)、VWF(-)群が単回帰モデルであったのに対し、VWF(+)群は室温19.9°Cを折曲点とする折れ線モデルであった。両回帰線間の距離はこの折曲点で最も大きく、これから低温側あるいは高温側のいずれに向かっても次第に小さくなる。なお、VWF(+)群の左側直線は「傾き=0」の帰無仮説

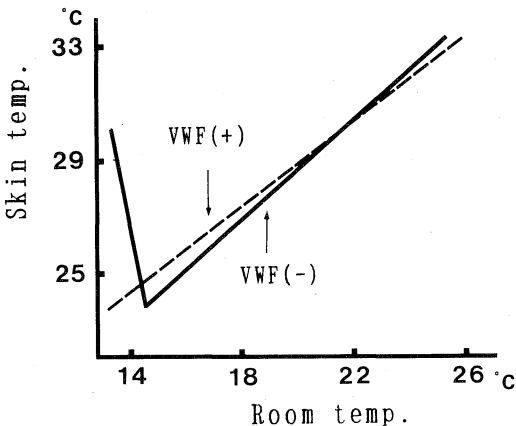


Fig. 1. Regression of the fingertip skin temperature before cold water immersion on room temperatures.

を許容したが、右側直線は棄却した ( $p < 0.05$ )。一方、浸漬終了後10分目の場合はFig. 3のごとく、両群ともホッケースティックモデルが選択された。しかし、Y軸切片の値はVWF(-)群がVWF(+)群に比べ1.5°C高く、しかもVWF(-)群の折曲点の室温座標は18.0°CとVWF(+)群に比べ1.5°C高く、しかもVWF(+)群の折曲点の室温座標は18.0°CとVWF(+)群に比べ2.5°C原点側にあり、さらに折曲点よりも高温側における直線の傾きはVWF(+)群がより急峻であった。その結果、両回帰線間の距離はVWF(+)群の折曲点20.5°Cで最も大きく、これより低温側であっても高温側であっても小さかった。両群の右側直線はともに「傾き=0」の帰無仮

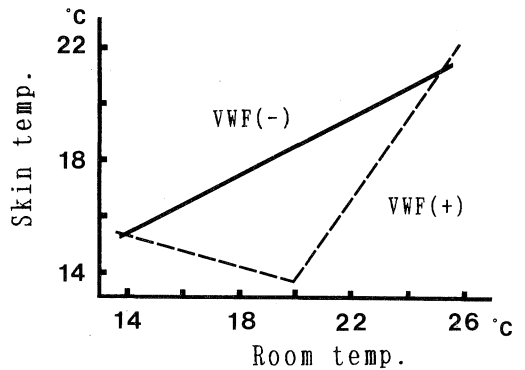


Fig. 2. Regression of the fingertip skin temperature 5 minutes after the end of immersion on room temperatures.

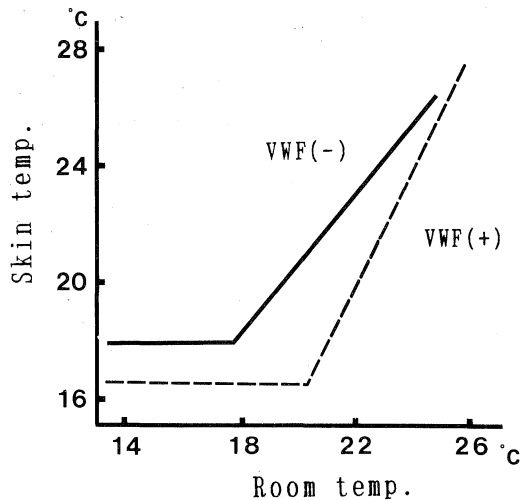


Fig. 3. Regression of the fingertip skin temperature 10 minutes after the end of immersion on room temperatures.

Table 2. Comparison of ages and skin temperatures among the operators without and with VWF under different room temperature settings

Room temperatures (°C)	13 ≤ t < 18		18 ≤ t < 22		22 ≤ t < 27	
	VWF(-)	VWF(+)	VWF(-)	VWF(+)	VWF(-)	VWF(+)
Group						
No of subjects	17	11	26	13	41	21
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Room temperature (°C)	15.3	1.3	15.7	1.3	19.7	1.4
Age (years)	46.4	4.9	46.7	4.4	48.5	5.1
Skin temperature (°C)						
Before immersion	25.9	4.8	25.7	4.2	29.3	3.5
During immersion <sup>a)</sup>	11.2	1.5	11.0	0.8	11.3	1.2*
After immersion						
5th minute	16.3	3.1	15.1	3.7	17.9	4.3*
10th minute	18.3	5.2	16.8	4.1	20.6	5.6*

a) The average of the skin temperatures recorded every one minute from the sixth to the tenth minute during cold water immersion.

\* Significant difference between VWF(-) and VWF(+) groups at the level of 0.05.

説を棄却している ( $p < 0.05$ ).

なお、浸漬中6分目から10分目までの浸漬中平均皮膚温は、室温との相関がVWF(-)群で0.09、VWF(+ )群で0.28と低かったことに加え、標準偏差がそれぞれ1.2°Cと0.7°Cと恒温槽の精度限界(±0.5°C)程度であり、標本間の相互比較性が乏しいため回帰モデルへの当てはめは行なわなかった。

#### (4) 検査時室温条件別にみた皮膚温の比較

浸漬終了後5分目および10分目で、VWF(+ )群とVWF(-)群の回帰線間の距離が最も大きかった20°C付近を中心に、分析対象者全129名を室温条件によって3群に分類し、各条件下におけるVWF(+ )群とVWF(-)群との皮膚温を比較したのがTable 2である。各室温群内の2群間の平均年齢には差は認められない。20±2°Cの室温条件下では、浸漬前を除くいずれの時点もVWF(+ )群の皮膚温がVWF(-)群に比べ有意に低く( $p < 0.05$ )、VWF(+ )群の回復過程の遅れが観察されるが、これより低温側ないし高温側の室温条件下では両群の皮膚温に有意差は認められなかった。なお、検査当日までのチェンソーの累積使用時間は、同一の室温条件下ではいずれもVWF(+ )群がVWF(-)群に比べ有意に長かったが、室温条件が異なるVWF(+ )群間あるいはVWF(-)群間では差はなかった。

### B. 皮膚温のスクリーニングレベルの設定<sup>26)</sup>

#### (1) 対象とその内訳

1982年度と1983年度の検診受診者延べ1044名、実人数764名のうち、例数が少なかった女性と40才未満の者を除いた687名の中から、過去1年以内にVWFを経験

しているが治療経験のない者63名と、VWFも手指のしびれ感の経験もなく、診察でも触覚、痛覚ともに異常が認められなかった117名を、それぞれVWF(+ )群、VWF(-)群として抽出した。重複受診者については1983年度の検査成績を用いている。これらの工具使用者群に加え、奈良県吉野郡某村の村職員のうち、林業労働者と同年令層に属する40才以上の男性職員で、特記すべき既往歴も振動工具の使用歴もなく、かつ冷水浸漬負荷検査の協力が得られた25名を対照群として設定した。対照群の検査は1982年2月上旬、室温条件等を含め通常の振動障害検診と同一の方法にて実施した。

これら計3群の5才年齢階級別構成は、VWF(+ )群とVWF(-)群がともに50才から55才未満が20名(34.1%)および40名(31.7%)と最も多く、また55才以上がそれぞれ30名(47.6%)と33名(28.8%)であったのに対し、対照群で最も多かったのは40才から45才未満の10名(40.0%)で、55才以上は2名(8.0%)と少なかった。平均年齢は順に54.7才(±6.3:標準偏差)、51.4才(±6.7)、47.4才(±4.9)で、VWF(+ )群が他の2群に比べ、また、VWF(-)群は対照群に比べ有意な高令であった。

なお、検査時室温は前項Aの結果に基づき、労働省が指定する室温条件である20°Cから23°C未満の範囲<sup>23)</sup>のうち、20°C近くに維持するように努めた。

#### (2) スクリーニングレベルの検討

VWF(+ )群の63名をcase群、対照群の25名とVWF(-)群のうちチェンソーの累積使用時間が2000時間未満群の45名とをcontrol群として、各時点の皮膚温そのものの値と、浸漬後皮膚温の浸漬前値への回復状

Table 3. Screening level, sensitivity( $S_t$ ), specificity( $S_p$ ) and correct diagnosis rate( $C_r$ )

	Before immersion				5min after immersion				10min after immersion				
	Level	$S_t$	$S_p$	$C_r$	Level	$S_t$	$S_p$	$C_r$	Level	$S_t$	$S_p$	$C_r$	
Skin temp.(°C)	30.0	48.9	59.6	54.3	15.0	37.8	93.6	66.3	17.0	44.4	85.1	65.2	
	31.0	66.7	46.8	56.5	16.0	66.7	85.1	76.1	18.0	66.7	78.7	72.8	
	32.0	71.1	31.9	51.1	17.0	77.8	72.3	75.0	19.0	71.7	72.3	71.7	
	33.0	82.2	25.5	53.3	18.0	82.2	57.4	69.6	20.0	82.2	70.2	76.1	
				30.0	66.7	80.9	73.9	45.0	73.3	78.7	76.1		
			Recovery rate(%)	35.0	77.8	70.2	73.9	50.0	80.0	70.2	75.0		
				40.0	82.2	57.4	69.6	55.0	88.9	57.4	72.8		
									Level	$S_t$	$S_p$	$C_r$	
									Mean skin temp. during immersion(°C)	10.5	37.8	85.1	62.0
										11.0	68.9	48.9	58.7
										11.5	93.3	23.4	57.6

1. Correct diagnosis rate is the percentage of true positives and negatives to total subjects.
2. Recovery rate =  $(X - BT) / (X - ET) \times 100$ , where X is fingertip skin temperature 5 or 10 min after immersion, BT is that of before immersion and ET is just before the end of immersion.

況を示す回復率<sup>9)</sup>(Table 3 脚注 2 参照)のスクリーニングレベルの検討を試みた。VWF(-)群のうち 2000 時間未満群を control 群に含めたのは、対照群だけでは標本数が十分でなかったためである。後述(2. B(2))するごとく、VWF(-)群をその使用時間によって 2000 時間未満群, 2000 時間群以上に分類し, 冷水浸漬負荷検査にともなう皮膚温の推移を比較した時, 前二者が年齢を一致させた対照群と有意差を認めなかったものの, このうち 2000 時間未満群のみを control 群に含めた理由は, 2000 時間を超えると VWF の発生率が有意に増大するとの報告<sup>30)</sup>があることから, より安全を見込んだためである。

5 才年齢階級別にみると, 45 才未満は case 群が 3 例, 60 才以上は control 群が 5 例と感度, 特異度を求めるには標本数が少なく, これら年齢層の検討はできなかった。しかし, 40 才から 60 才未満の範囲においては, いずれの 5 才年齢階級でも case 群, control 群ともに 10 例から 20 例の標本数が得られ, また同程度の感度あるいは特異度を得るためのスクリーニングレベルは, いずれの年齢階級にも大きな違いがなかったため, 45 才から 60 才未満に属する標本を一括してスクリーニングレベルを検討することにした。浸漬中 6 分目から 10 分目までの浸漬中平均皮膚温は 0.5°C 単位, それ以外の皮膚温は 1°C 単位, 回復率は 5% 単位で検討することにし, それらの感度と特異度, さらに患者および健康者がそれぞれ正しく陽性者および陰性者と診断される率((真陽性者+真陰性者)/(患者+健康者), 以下, 正診率と呼ぶ)を求めた。Table 3 はこのようにして求めた, case 群 40 名と control 群 47 名についての主要なスクリーニングレベ

ルの結果である。control 群のうち 32 名が 2000 時間未満群であり, チェンソーの平均累積使用時間は 911.2 時間であった。

Ipsen<sup>47)</sup>はスクリーニングレベルの条件として, (感度+特異度) = 1 の帰無仮説を棄却し, かつ (感度+特異度) > 1 であることをあげているが, これに従えば, 浸漬前皮膚温はいずれのレベルも (感度+特異度) = 1 の帰無仮説を許容し, スクリーニング項目としては妥当でないと考えられた。一方, 浸漬中の平均皮膚温は 11.0°C を除くレベルが帰無仮説を棄却したが低い有意水準 ( $P < 0.05$ ) にとどまり, また, 正診率も 60% 前後と低かった。これらに対して, 浸漬終了後皮膚温と回復率はいずれもこの帰無仮説を高い有意水準 ( $P < 0.0001$ ) をもって棄却し, 正診率もより高い値を示した。感度と特異度がともに 80% を超えるレベルはいずれの指標についても設定できなかったが, 両者ともに比較的高い値を示したスクリーニングレベル(未満)は, 浸漬終了後 5 分目皮膚温の 17°C, 同 10 分目皮膚温の 20°C, 5 分目回復率の 35%, 10 分目回復率の 50% で, 70.2% から 82.2% の範囲にあった。

### C. 振動覚に関する検討

#### (1) 分析対象

本研究の対象者は, 前項 B と同じ VWF(+)群の 63 名と VWF(-)群の 117 名および対照群の 25 名に加え, 前二者を抽出したもとの対象集団 1044 名の中から前項 B と同様に女性と 40 才未満の者を除いた者のうち, VWF は未経験であるが, 振動障害の主要症状の一つである手指のしびれ感<sup>9)</sup>を半年以上にわたってほぼ持続的にありと訴えていた 48 名(以下, シビレ群)である。



シビレ群の平均年齢は55.0才(±5.9)で、VWF(+)群群以外の2群とに有意差が認められた。

VWF(+)群など同一群内で10才年齢階級別の振動覚の中央値を比較すると、対照群とVWF(+)群はともに浸漬前、浸漬終了直後、同終了後5分目、同10分目のいずれの測定時点においても年齢階級間で差はなく、かつ年齢との間に一定の傾向は認められなかった。しかし、VWF(-)群では60才以上の者が浸漬後、他の年齢群に比し有意に高い振動覚を示す一方、シビレ群でも60才以上が浸漬前と終了直後で50才代よりも有意に大きい振動覚を示した。年齢と振動覚のPearsonの積率相関係数は、VWF(-)群とシビレ群の場合のみ、いずれの測定時点も0.3から0.5の範囲にあって有意であったが、60才以上の者を除いた場合、ともに0.2前後となり有意ではなくなった。これらのことから、以下では60才以上の者を除いたVWF(-)群103名、シビレ群38名、VWF(+)群48名を分析対象とした。なお、対照群の人数は、60才以上の者がいなかったため25名と変わりはない。

(2) 皮膚温との相関

Table 4に測定時点別の皮膚温と振動覚とのPearson積率相関係数を示した。浸漬前は4群とも有意な相関を認めない。浸漬直後はVWF(+)群では相関はみられなかったものの、他の3群は皮膚温と有意な負の相関を示した。一方、浸漬終了後5分目、同10分目は、シビレ群の5分目を除けば、4群ともいずれも有意な負の相関を示し、特に対照群では相関係数-0.7前後の強い負の相関が認められた。

(3) 症状群別による振動覚の比較

Table 5にこれら4群の各測定時点における振動覚の中央値とMann-WhitneyのU test(両側)の結果を示した。浸漬前および浸漬直後は、対照群の振動覚がVWF(-)群を含め他の3群よりも有意に低く、またVWF(-)群もシビレ群、VWF(+)群に比べ有意に低かった。しかし、シビレ群とVWF(+)群との間には差は認められなかった。一方、浸漬終了後5分目の場合、対照群とVWF(-)群とは差はなかったものの、これら2群に

Table 4. Correlations between vibrotactile threshold and fingertip skin temperature among the subjects divided by their subjective symptoms (\* : p<0.05, \*\* : p<0.01)

Groups	No. of subjects	Before immersion	After Immersion :		
			0min.	5min.	10min.
Control	25	.10	-.42*	-.73**	-.68**
VWF(-)	103	.17	-.23*	-.48**	-.50**
Dysesthesia	38	.17	-.32*	-.28	-.47**
VWF(+)	48	-.19	-.11	-.50**	-.53**

Table 5. Comparison of vibrotactile threshold in dB among the groups divided by subjective symptoms. Median values of vibrotactile threshold were tested by Mann-Whitney test (\* : p<0.05, \*\* : p<0.01, ns: not significant)

Groups	A	VWF	Dys.	VWF	B	VWF	Dys.	VWF
		(-)	(+)	(-)		(+)		
Control	-4.0	*	**	**	11.3	*	**	**
VWF(-)	-1.1	-	**	**	14.3	-	**	**
Dysesthesia	2.6	-	-	ns	19.5	-	-	ns
VWF(+)	6.1	-	-	-	23.5	-	-	-

Groups	C	VWF	Dys.	VWF	D	VWF	Dys.	VWF
		(-)	(+)	(-)		(+)		
Control	5.8	ns	*	**	1.7	ns	**	**
VWF(-)	7.8	-	*	**	3.3	-	**	**
Dysesthesia	11.5	-	-	**	9.2	-	-	**
VWF(+)	18.8	-	-	-	14.6	-	-	-

A : median vibrotactile threshold before immersion  
 B : immediately after immersion    C : five minutes after immersion  
 D : ten minutes after immersion

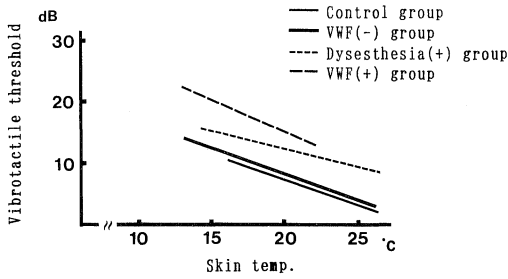


Fig. 4. Regression of vibrotactile threshold on fingertip skin temperature 10 minutes after the end of immersion.

比ベシビレ群と VWF(+)群の振動覚は有意に大きく、さらに VWF(+)群はシビレ群よりも有意に大きかった。浸漬終了後 10 分目も 5 分目と同様の結果を示している。しかし、本研究と同一の対象者を用いた成績によれば、VWF(+)群の浸漬終了後の皮膚温は対照群や VWF(-)群に比べ有意に低く<sup>48)</sup>、かつ Table 4 に示したごとく振動覚と皮膚温は有意な負の相関関係にあるため、振動覚の差は皮膚温の差を考慮する必要がある。そこで、浸漬終了後皮膚温に対する振動覚の回帰直線を求め、その傾きと Y 軸切片に関する検定<sup>49)</sup>を行うことにした。Fig. 4 はこのうち浸漬終了後 10 分目の結果を示したものである。直線の傾きはいずれの 2 群間にも差はない。切片の値は VWF(+)群が対照群と VWF(-)群に比べそれぞれ 7.4 dB (95% 信頼区間: 3.6, 11.2), 6.9 dB (4.1, 9.7) 大きく、また、シビレ群は同じく対照群、VWF(-)群に比べそれぞれ 6.2 dB (2.7, 9.7), 5.0 dB (同 2.2, 7.9) 大きかったのに対し、VWF(+)群とシビレ群との間には有意差は認められなかった。浸漬終了後 5 分目も同様の結果であった。

## 2. 振動曝露量との量反応関係に関する研究

### A. VWF との量反応関係<sup>22)</sup>

#### (1) 対象と振動曝露量の推定

1977 年度と 1978 年度の振動障害検診の受診者 766 名の中から、チェンソーのみの使用者 249 名を抽出し、このうちチェンソーの使用歴が判明した 231 名を分析対象とした。34 名が VWF を経験していた。VWF の経験者は発作初発時までの、未経験者は検診時現在までの、チェンソー使用年数と年間平均使用時間 (年間平均使用日数と 1 日平均使用時間の積) を求めた。使用年数によって対象者を 0 年から 4 年未満、4 年から 8 年未満、8 年から 12 年未満、12 年から 16 年未満、16 年から 20 年未満の 5 群に分類するとともに、同じ対象者を年間平均使

用時間 300 時間以下の群とそれより長い群の 2 群に分類した。ただし、チェンソーの使用中断期間が一年以上ある者、または年間平均使用時間が年によって著しく変化している者は、その時点で調査対象から脱落した者として扱った。

#### (2) 分析方法

2 つの方法を用いて量反応関係を検討した。

第一の方法は、指数型モデル<sup>50)</sup>を用いた検討である。一般に、曝露量を横軸、反応量を縦軸として描いた曲線が右上がりの単調増加曲線である場合、量反応関係の存在が支持されたと解釈される。しかし、予め大きさが定まった母集団から発生する疾患の累積発症割合は、曝露量と発症率に関連性のない場合であっても常に右上りの単調増加曲線となり、また生命表法に基づいた推定発症率は  $p_{i-1} \leq p_i$  の関係が成立するため、これまた常に右上がりの単調増加曲線となる。従って、このような曲線が得られても、必ずしも量反応関係の存在が支持されたことにはならない。しかしながら、曝露量と疾患の発症率とに関連性がない場合、その疾患は曝露量の大小にかかわらず一定の時間経過に対して一定の割合で発生すると仮定できる。本研究に即して言えば、ある時点からある時点までの期間  $t_i$  内におけるチェンソー使用による VWF 発症率  $\alpha_i$  は、チェンソーと VWF との間因果関係がない場合、 $\alpha_i = 1 - e^{-k \cdot t_i}$  で算出できる<sup>50)</sup>。この  $\alpha_i$  は期間  $t_i$  の長さが等しければ一定で、しかもその推定値は、実際に VWF を発症した合計人数を、期間  $t_i$  の初期人数の合計人数で割ることによって求められる。このような  $\alpha_i$  を用いて求められる指数型モデル下の期待値と、実際の観察値との適合性を調べれば、VWF とチェンソーとの関連性を統計的に検定することができる。

第二の方法は、チェンソーの年間平均使用時間が異なる集団間の VWF 発症率の差違を検定する方法で、具体的には生命表法を用いて得たそれぞれの VWF 推定発症率を Mantel-Haenszel 法<sup>51)</sup>を用いて検定した。

#### (3) 累積使用時間との量反応関係

Table 6 に対象者 231 名について、各観察期間内 ( $X_{i-1} - X_i$ ) に VWF を発症した人数  $a_i$ 、当該期間における初期人数  $b_i$ 、 $X_{i-1}$  以降の全期間の  $a_i$  と  $b_i$  の累積合計である  $n_i$ 、生命表法に基づく各観察時点までの VWF 推定累積発症率  $p_i$ 、および指数型モデルに基づく期待発症者数  $e_i$  を示した。観察初期、すなわちチェンソーの使用年数の短い時点の  $a_i$  は  $e_i$  より小さいが、使用年数が長い時点では逆転している。この  $a_i$  と  $e_i$  の差違は有意であり ( $\chi^2$

Table 6. Estimated incidence rate ( $\hat{P}_i$ ) of VWF and the expected number of the patients ( $e_i$ ) under the exponential model

$X_{i-1} - X_i$	$a_i$	$b_i$	$n_i$	$\hat{p}_i$	$e_i$
0~4y	6	45	231	0.026	13.75
4~8	16	56	180	0.113	10.72
8~12	8	57	108	0.178	6.43
12~16	3	12	31	0.236	2.56
16~20	1		8	9	0.321
Total	34	197	571		34.00

$a_i$ : number of operators with VWF in the year.  
 $b_i$ : number of withdrawals without VWF.  
 $n_i$ : number of the subjects at the first day in the year.  
 $\hat{\alpha} = 34/571 = 0.060$ ,  $\chi^2_0 = 8.09 > \chi^2(0.025) = 7.38$

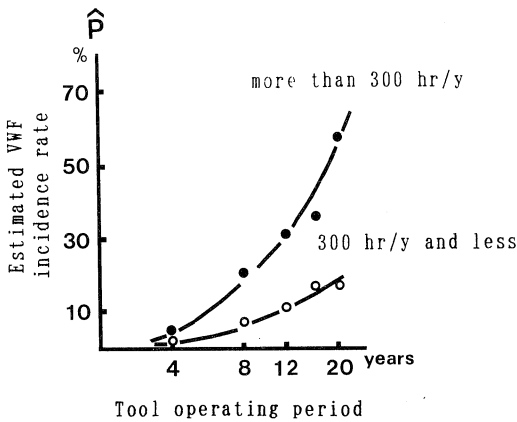


Fig. 5. Estimated VWF incidence rate in the two groups different in mean operating hours per year.

test,  $p < 0.05$ ), 「チェンソーの使用年数とは無関係に一定の割合で VWF が発生している」とする帰無仮説, すなわち指数型モデルへの適合性は棄却され, VWF がチェンソーの使用時間に対応して発症率が高くなっていることが支持された. その結果は, 未発症のまま調査対象から脱落した者を平均 1/2 期間観察できたと仮定した場合でも同じであった.

一方, Fig. 5 は, 年間平均使用時間で分類した 2 群の生命表法に基づく VWF 推定発症率を, 対数変換した使用年数の関数として示したものである. 右上がりの滑らかな単調増加曲線であるが, いずれも前述の帰無仮説を棄却したことに加え, 両者の発症率曲線は交わることなく, その差は統計学的に有意であり ( $p < 0.01$ ), 使用年数が同じであれば, 年間平均使用時間が長い群の VWF 発症率が高いことが示されている.

B. 皮膚温との量反応関係<sup>48)</sup>

(1) 対象と方法

皮膚温のスクリーニングレベルの設定 (1. B) で用いた VWF(+ )群 63 名, VWF(- )群 117 名, 対照群 25 名を対象とした. VWF(- )群の 117 名を, 振動工具の累積使用時間と各種自覚症状愁訴率との関連性を観察した Miyashita ら<sup>39)</sup>の成績に従い, チェンソーの累積使用時間により 2000 時間未満群 45 名, 2000 時間以上 5000 時間未満群 41 名, 5000 時間以上群 31 名に分類した上で, VWF(+ )群と対照群をあわせて計 5 群の各々から, 5 才階級で年令を一致させて抽出率 1 : 1 : 1 : 1 : 1 の割合で標本を無作為に抽出し, 19 組の標本を得た. これら 5 群の平均年令はいずれも 48.4 才から 48.8 才の間に分布しており, よく一致していた. 一方, チェンソーの平均累積使用時間は, 2000 時間未満群が 759.3 時間, 2000 時間以上 5000 時間未満群が 3489.4 時間, 5000 時間以上群が 7622.9 時間, そして VWF(+ )群が 6909.4 時間で, VWF(+ )群の累積使用時間は 5000 時間以上群と差はなかったが, 5000 時間未満の 2 群に比べ有意に長かった.

(2) 累積使用時間との量反応関係

Fig. 6 にこの 19 組の 10℃10 分冷水浸漬負荷検査にともなう皮膚温の経過を示した. 浸漬前皮膚温の平均値は, 対照群, 2000 時間未満群, 2000 時間以上 5000 時間未満群, 5000 時間以上群の 4 群が 30.8℃から 31.0℃の範囲にあってほぼ一致していたが, VWF(+ )群は有意差はなかったものの約 2℃低い値を示した. 浸漬中の皮膚温は, VWF(+ )群が他群に比べ 7 分目から 10 分目まで有意に低い値で推移した. 浸漬終了後の回復状況は対照群, 2000 時間未満群および 2000 時間以上 5000 時間未満群の 3 群が類似しており, これらの間では有意差は認められなかったが, 5000 時間以上群はこれら 3 群よりも緩やかな回復経過をたどり, その 5 分目, 10 分目の皮膚温は対照群に比べ有意に低い値を示した. VWF(+ )群はこの 5000 時間以上群よりもさらに緩やかな回復経過をたどり, 浸漬終了後 2 分目で既に対照群および 5000 時間未満群の計 3 群との間に有意差が証明され, 以後, 時間経過とともにその差はより明瞭となった. また VWF(+ )群は 5000 時間以上群よりも低い値を示したが, 有意差は認められなかった. Fig. 7 は浸漬前皮膚温の差を除外すべく浸漬終了後の回復率<sup>49)</sup>の推移を見たものであるが, 結果は Fig. 6 の皮膚温の場合と同じであった.

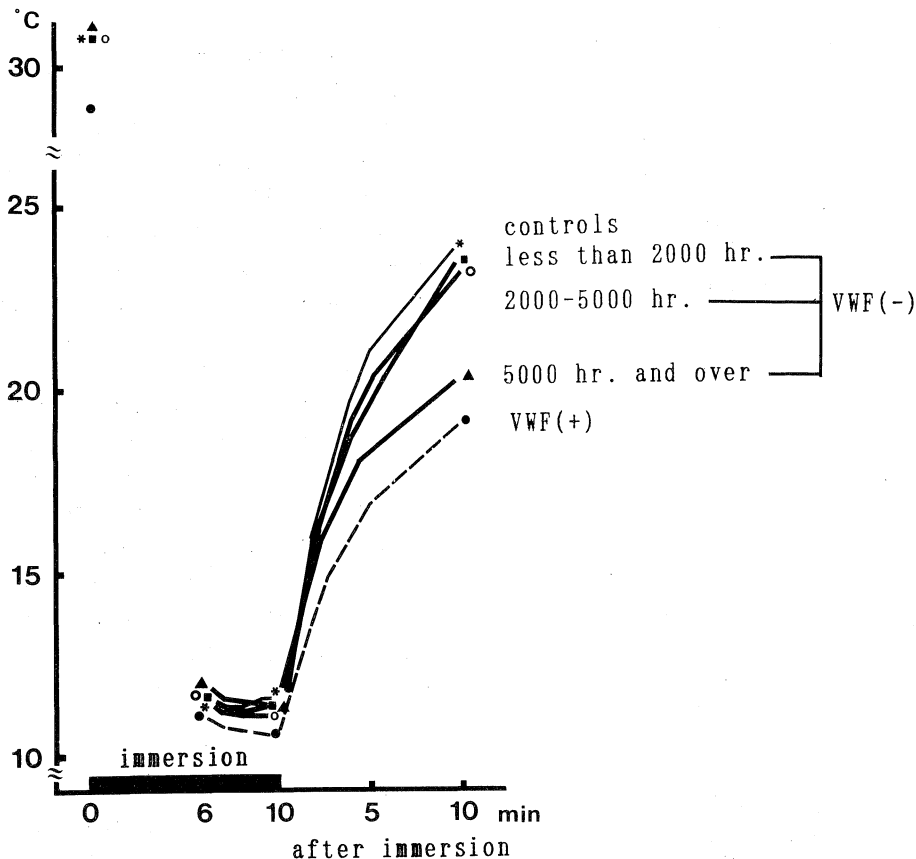


Fig. 6. Serial changes of fingertip skin temperature of the controls, the workers with and without VWF before, during and after cold water immersion test. The workers without VWF were divided into three groups according to the sum of operating hours of chainsaws. The ages were individually matched in each group.

C. 振動覚との量反応関係<sup>28)</sup>

(1) 対象

振動覚に関する検討の項(1. C)で用いた VWF(-) 群 103 名, シビレ群 38 名, VWF(+ )群 48 名を対象とした. 各群それぞれをチェーンソーの累積使用時間により 2000 時間未満群, 2000 時間以上 5000 時間未満群, 5000 時間以上 8000 時間未満群, 8000 時間以上群に分類した上で, それら累積使用時間群間の振動覚の差を検討した. 前述の皮膚温と違って, 症状群ごとの比較を試みたのは, 末梢循環機能と振動覚との関連性<sup>29)</sup>が示唆されているため, 振動曝露量との関係を検討するには, 各標本の特性が均質と推定される集団単位, すなわち症状群ごとの検討がより適切と考えたからである.

(2) 累積使用時間との量反応関係

まず VWF(-)群であるが, 標本数の関係から 2000 時

間未満群, 2000 時間以上 5000 時間未満群, 5000 時間以上群の 3 群に分類した. 浸漬前の中央値は順に -0.3 dB, -1.1 dB, -1.1 dB で, 浸漬終了直後も 15.5 dB, 14.2 dB, 14.6 dB と累積使用時間による差は認められなかった. 一方, 浸漬終了後 5 分目と同 10 分目については, 5000 時間以上群の皮膚温が 2000 時間未満群に比べ低い傾向にあり (たとえば, 10 分目皮膚温は  $20.8 \pm 4.4$  °C と  $23.2 \pm 5.5$  °C で  $p < 0.1$ ), かつ振動覚は Table 4 に示したごとく皮膚温と有意な負の相関にあるため, 振動覚の皮膚温に対する回帰直線を累積使用時間群ごとに求め, 傾きや Y 軸切片の差を比較することにした<sup>49)</sup>. Fig. 8 はこのうち浸漬終了後 10 分目の結果を示したものであるが, いずれの 2 直線を比較してもその傾きと切片には有意な差はなかった. シビレ群についても同じく上記のごとく 3 群に分類し検討を加えたが, 使用時間の長短によって振動覚が異なる結果は得られなかった. 一方,

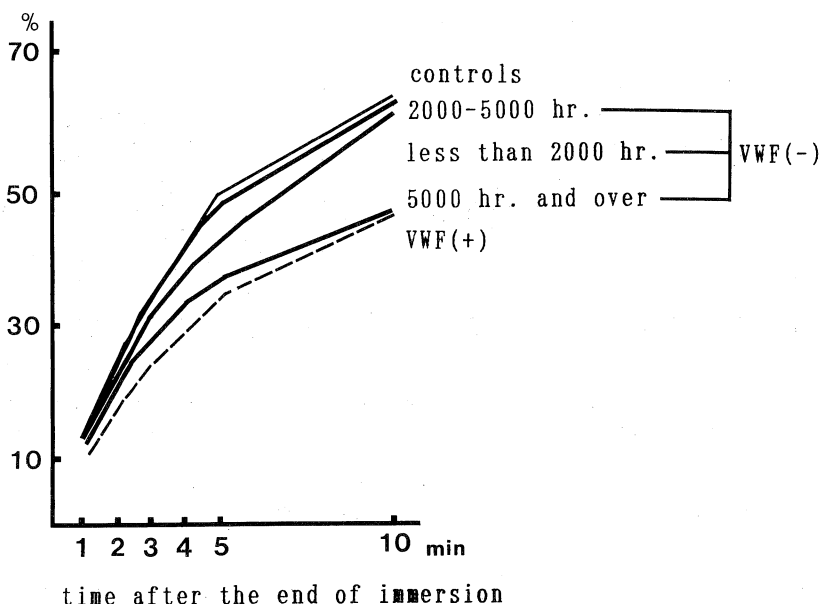


Fig. 7. Serial changes of recovery rate of the controls, the workers with and without VWF before, during and after cold water immersion test. The workers without VWF were divided into three groups according to the sum of operating hours of chainsaws. The ages were individually matched in each group.

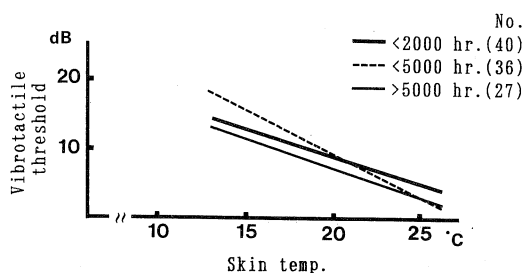


Fig. 8. Regression of vibrotactile threshold on fingertip skin temperature 10 minutes after the end of immersion among the workers without VWF. The workers were divided by chainsaw operation time.

VWF(+)群は5000時間未満群, 5000時間以上8000時間未満群, 8000時間以上群に分類したが, 浸漬前値はそれぞれ6.0 dB, 8.5 dB, 5.2 dB, 浸漬終了直後も26.3 dB, 20.9 dB, 20.1 dBといずれも有意な差はなく, さらに終了後5分目と同10分目の使用時間別の回帰直線の比較においても傾き, 切片ともに有意差は認められなかった。

### 3. 振動障害以外の健康影響に関する研究

#### A. 振動工具の騒音レベルと作業者の騒音曝露レベル<sup>25)</sup>

測定対象は, 林業で用いられている手持ち振動工具であるチェーンソーと刈り払い機である。いずれも著者らが実際に山中の現場まで5名の作業者に同行し, これら作業者の通常の林業労働にもなって発生する振動工具からの騒音曝露レベルも測定した。なお, 作業者はいずれも振動工具使用歴10年以上の熟練した男性の民有林労働者である。

測定に用いた騒音計は, 精密級積分騒音計NL-10 (RION製, JIS C 1505)である。付属のマイクロフォンははずして作業者のヘルメットに取り付け, 延長コードEC-04 A (RION製)を介して本体と接続した。測定データはデータレコーダR-61 (TEAC製)に記録し, その再生出力を1/3オクターブバンド分析器SA-59 A (RION製)のA特性, または1/3オクターブバンドフィルターに通したのち, 振動騒音レベル処理器SA-72 (RION製)に入力して, 騒音レベルと1/3オクターブバンドレベルの $L_{eq}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_5$ および $L_{95}$ を算出した。SV-72によるデータの採取間隔は0.1秒である。一方, 同時に個人騒音曝露計EQ-07 (RION製, IEC: personal sound exposure meter Type 2)を, マイクを襟もとにつけて作業者に携帯させ, 作業中の $L_{eq}$ を午前と午後に分けて測定した。EQ-7のcriterion level, exchange rate, threshold levelはIEC規格に基づき, それぞ85,

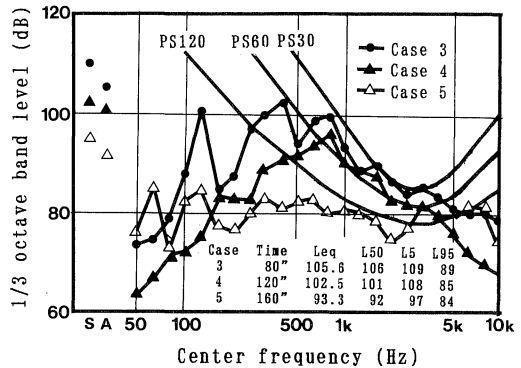
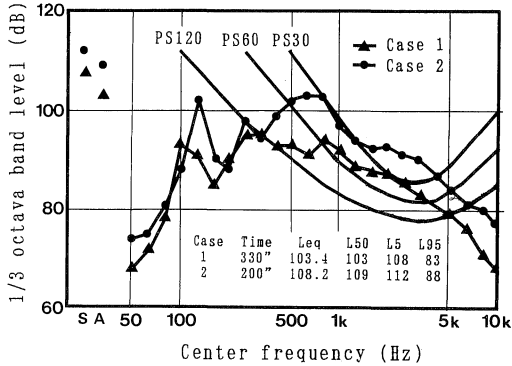


Fig. 9. One third octave band noise spectrum ( $L_{60}$ ) of chainsaws (Case 1 to 4) and a bush cleaner (Case 5). PS30: Permissible standard of noise level for 30 minutes of exposure recommended by Japan Association of Industrial Health<sup>93)</sup>. PS60: Ditto for 60 minutes. PS120: Ditto for 120 minutes. S: Sound pressure level [dB (SPL)] A: A-weighted sound level [dBA]

3, 80 dB に設定した。

Fig. 9 に工具の騒音レベルを示す。Case 1, 2, 3 はチェーンソーによる代表的と思われる 1 立木の伐倒時の、Case 4 はチェーンソーを用いた一連の作業時の、そして Case 5 は標準的と思われる場所での刈り払い作業時の、それぞれ  $L_{50}$  で表示した 1/3 オクターブバンドスペクトルと、その測定時間、そしてその間の等価騒音レベル ( $L_{eq}$ ) と騒音レベルの  $L_{50}$  値、および 90% レンジ ( $L_{95}$ ,  $L_{95}$ ) を示した。なお、図中の 3 本の曲線は日本産業衛生学会が聴力保護のために勧告している許容基準である。チェーンソーの騒音は、いずれもおおむね 350 Hz から 800 Hz に主勢力をもち、Case 4 を除いて 100 Hz から 125 Hz に孤立したピークが認められた。これに対して、刈り払い機の騒音はいずれの帯域ともほぼ一定したレベルを有していた。これらの騒音レベルはいずれも 120 分の許容基準を上回っており、特に Case 2 の騒音レベルは 30 分の許容基準をも上回っていた。なお、アイドリング時の騒音レベル ( $L_{50}$ ) は、伐倒時よりも 20 dBA 程度低く、83 dBA から 89 dBA であった。

Table 7 は、測定が完全であった 4 名の作業者の午前と午後の作業中の騒音曝露レベルとその間の測定時間を示したものである。いずれの作業者も午前と午後の  $L_{eq}$  に大きな相違はない。主として刈り払い作業に従事している Case 5 の騒音曝露レベルは、Fig. 9 の騒音レベルに対応して若干低い値を示したが、チェーンソーを使用していた他の Case は 90 dBA を超え、特に Case 2 の  $L_{eq}$  は 107 dBA と極めて大きかった。これはこの作業者が使用していたチェーンソーの鋸断時の騒音レベルが最も高かったことと、鋸断時間が最も長かったことによる。

Table 7. A-weighted equivalent sound levels ( $L_{eq}$ ) of the noise to which the subjects had been exposed during the day analyzed

Case	In the morning:		In the afternoon:	
	$L_{eq}$ [dBA]	Measuring [min]	$L_{eq}$ [dBA]	Measuring [min]
2	107.3	202	107.1	203
3	93.9	177	95.6	196
4	92.3	213	93.6	179
5	88.5	164	87.6	171

### B. 林業労働者の騒音性難聴<sup>53,54)</sup>

#### (1) 分析対象耳

1980 年度の検診受診者 543 名の中から、チェーンソー、刈り払い機、集材機以外の職業性騒音暴露歴がなく、結核の治療歴、梅毒、脚気、頭部外傷、メニエル病、回転性眩暈の既往歴もなかった男性を抽出した上で、耳鏡検査にて鼓膜穿孔が観察されず、しかも聴力測定にて伝音性難聴も認められなかった耳の聴力損失について分析を行った。分析対象耳は左耳を原則とし、左耳が除外された場合のみ右耳を用いた。左耳を用いた理由は、特にチェーンソー操作時の作業姿勢から、左耳がより騒音源に近いと考えたためである。この結果、360 名、360 耳が分析対象として得られた。対象者の年齢は 21 才から 67 才に分布し、平均 48.1 才 ( $\pm 8.2$ ) であった。分析対象者のうち、少なくとも片耳に難聴を訴えていた者は 78 名 (22.4%) で、同じく耳鳴を訴えていた者は 107 名 (30.0%) であった。問診で作業中耳栓を常時着用していると

回答した者は殆どいなかった。聴力損失の集団間の比較は中央値で行うこととし、検定には Mann-Whitney の U-test を用いた。なお、聴力損失の値は骨聴力の値を用いている。

### (2) 年齢階級別の聴力損失

例数の少なかった 30 才未満の 8 名と 60 才以上の 17 名を除く 335 名の、5 才年齢階級別の中央値で表した聴力損失を Fig. 10 に示した。この調査の 2 年後の 1982 年、日本工業規格 (JIS T 1201) が改定され、聴力は従来の聴力損失から聴力レベルで表示されることになったため、図には日本耳鼻咽喉科学会および日本オーソロジー学会が指定する変換用のオーソグラム表記法を用いた。加齢とともに特に高音域の聴力損失は増大しているが、一部の年齢を除きいずれの年齢群とも、8 kHz よりも 4 kHz の損失が大きい c<sup>5</sup>dip 型ないしそれに近い聴力像を呈している。

これは騒音性難聴の初期の典型的な聴力像で、分析対

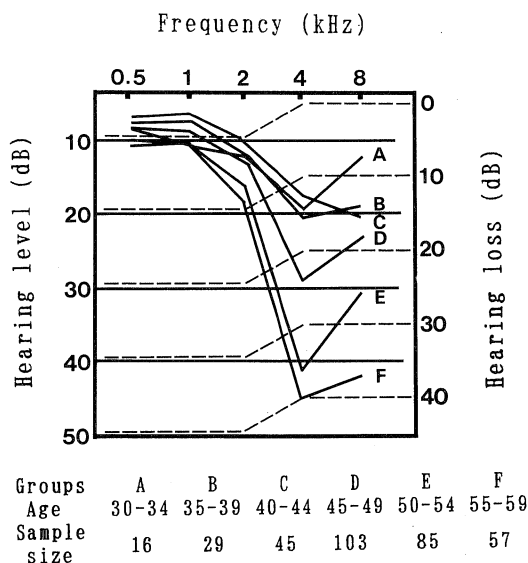


Fig. 10. Median audiograms of five-year age groups.

象耳に対する騒音の影響を示唆するものである。これらの聴力損失は、横内の報告<sup>55)</sup>より求めた 5 才年齢階級別の生理的な年齢変化に伴う聴力損失の中央値に比べ、4 kHz では図示した全年令階級で、8 kHz では 30 才から 34 才群を除く全階級で有意に大きかった ( $p < 0.05$ )。

### (3) チェンソーの聴力損失に及ぼす影響

チェンソーの聴力損失に及ぼす影響を検討するにあたって、年齢訂正聴力損失を用いることにした。これは、年齢と騒音の聴力に対する影響が互いに独立で相加的であるとの仮定のもとに、聴力に対する加齢の影響を除く目的で、聴力検査の実測値から、横内の報告<sup>55)</sup>より算出したその対象が属する 5 才階級別年齢群の加齢に基づく聴力損失を引いて求めた値である。独立で相加的であるとの仮定は 35 才から 60 才の間では適用できるとされている<sup>56)</sup>。一方、聴力損失の分散は加齢とともに増大するが<sup>56)</sup>、このような年齢訂正法では分散の増大を訂正できない。従って、分散の異なる年齢階級、すなわち 45 才から 49 才、50 才から 54 才、および 55 才から 59 才の 3 階級のみを対象として取り上げ、年齢訂正聴力損失の比較を行うこととした。ただし、45 才から 49 才群と 55 才から 59 才群との間の 2 kHz の聴力損失の分散には有意差があった ( $p < 0.01$ )。

まず、使用時間が明らかなチェンソー単独使用者 84 名についての検討を行った。このうち 45 才以上 60 才未満の者は 60 名で、これらをチェンソーの累積使用時間で 2 群に分け、年齢訂正による聴力損失の中央値を比較した。結果は Table 8 に示したように、両群とも 4 kHz の聴力損失が最も大きく、累積使用時間が長い群の聴力損失はいずれの周波数においても短い群よりも大きく、とりわけ 4 kHz においてその差は有意であった ( $p < 0.05$ )。なお、両群の平均年齢に有意差はなかった。

さらに、刈り払い機と集材機の取り扱い時間がほぼ等しい者を、チェンソーの累積使用時間によって分類した 3 群についても検討した。すなわち使用工具の累積使用時間が明らかな 45 才以上 60 才未満の者のうち、チェン

Table 8. Comparison of age-corrected median hearing loss in the subjects divided by operating hours of chainsaws

Operating hours	Sample size	Hearing loss (dB) at frequency (kHz) of:				
		0.5	1	2	4	8
Less than 4,000	30	-2.3	-2.4	0.3	15.6	8.6
4,000 or more	30	-1.5	-1.4	3.0	28.7*	14.7

The subjects were those who had used chainsaws only and whose age ranged from 45 to 59.

\*: Significant difference at the level of 0.05 by one-tailed Mann-Whitney test.

Table 9. Comparison of age-corrected median hearing loss among the groups divided by operating hours of chainsaws

Operating hour group	Sample size	Hearing loss (dB) at frequency (kHz) of:				
		0.5	1	2	4	8
Shortest group	51	-1.2	-1.3	2.6	20.6	8.9
Middle group	51	-1.0	-2.3	0.4	23.1*	11.4*
Longest group	51	-1.2	-0.8	4.3*	31.0*	17.9

Operating hours for bush cleaners and winches were matched among the groups. Ages of the subjects ranged from 45 to 59. Significant difference was at the level of 0.05(\*) or 0.01(\*\*) by one-tailed Mann-Whitney test.

ソーおよび刈り払い機の両者を使用している者 56 名と、チェーンソーおよび集材機を使用していた者 55 名をそれぞれ、刈り払い機または集材機の累積使用時間によって 1000 時間単位で層化した上で、各層内で標本数が 3 未満の場合は除外し、それ以上の場合は 3 の倍数になるように 1 例ないし 2 例を無作為に除外して得られた標本を、各層毎にチェーンソーの累積使用時間に従って 3 等分し、全ての層における 3 群を各群毎にまとめた。こうして得られたチェーンソーの累積使用時間の長短に基づく 3 群それぞれに、前述のチェーンソー単独使用者 60 名を累積使用時間によって 3 等分して得た各 20 名を加えることにより、一群 51 例からなる 3 群を得た。

こうして得た 3 群の年齢とチェーンソー以外の工具の累積使用時間の平均値には差は認められなかった。Table 9 はその 3 群の年齢訂正聴力損失を比較したものである。いずれの群も聴力損失は 4 kHz で最も大きく、かつ“Longest group”が 1 kHz を除く各周波数で最大の聴力損失を示している。0.5, 1 および 2 kHz では 3 群間に大差はなく、チェーンソー累積使用時間と聴力損失の間には一定の傾向は認められなかった。しかし 4 kHz および 8 kHz ではチェーンソー累積使用時間が長い群ほど聴力損失は大きく、“Shortest group”と“Middle group”との間には有意差は認められなかったものの、“Shortest group”と“Longest group”の間には 4 kHz および 8 kHz で、“Middle group”と“Longest group”の間には 2 kHz と 4 kHz で有意差が認められた。

なお、刈り払い機の聴力への影響を知るため、同じく 45 才以上 60 才未満で、累積使用時間の明らかな刈り払い機単独使用者と、刈り払い機とチェーンソーの使用者を用いて、チェーンソーの累積使用時間を一致させた上で、刈り払い機の累積使用時間により分類した一群計 26 名からなる 2 群の聴力損失について検討を行った。年齢訂正聴力損失中央値は、短使用时间群が 4 kHz で 28.1dB, 8 kHz で 7.9 dB であったのに対し、長使用时间群はそれぞれ 34.8 dB, 17.7 dB と大きい値を示したが、有意差は

みられなかった。また 0.5, 1, 2 kHz では両群間にほとんど差は認められなかった。集材機についても同様に一群 23 例からなる 2 群を得て、その聴力損失を比較したが特記すべき差は認められなかった。

### C. 聴力損失と VWF との関係

以上から明らかなごとく、チェーンソーなどの振動工具を使用する林業労働者は振動障害に加え、騒音性難聴の危険にさらされていると言える。ところで、Pyykkö ら<sup>57)</sup>は VWF を有する林業労働者の聴力損失は、VWF を有さない者よりも大きいことを報告している。この結果は手腕系に負荷された振動の上肢以外の部位への影響を評価する上で興味深い。そこで著者らは、工具の累積使用時間が等しい VWF 陽性者と陰性者の聴力損失の断面的検討を上述の聴力検査結果に基づいて行うとともに、5 年後に追跡調査を実施した。

#### (1) 断面研究の結果<sup>29)</sup>

前項 B の対象者 360 名の中で全振動工具の累積使用時間が判明した 289 名、289 耳のうち、予め VWF の疑診例 9 名を除いた上で、VWF の判断基準に一致した 51 名と VWF を訴えなかった 228 名のそれぞれから、抽出率 1:1 の割合で case 群および control 群として、同じ 5 才年齢階級に属し、チェーンソーの累積使用時間が同等で、かつ刈り払い機と集材機の累積使用時間も同等か control 群がやや長いペアーを抽出した。その結果、37 組のペアーが得られ、case 群の平均年齢は 49.8 才 (±5.8)、チェーンソー、刈り払い機、集材機の各累積使用時間はそれぞれ 6057 時間 (±3475)、1193 時間 (±2389)、3063 時間 (±5723) で、control 群は順に 50.1 才 (±6.2)、6052 時間 (±3455)、843 時間 (±1667)、4633 時間 (±7323) であった。control 群の集材機累積使用時間が case 群に比べ有意に長かった他には、差は認められなかった。

Fig. 11 は、case 群と control 群の聴力損失の中央値



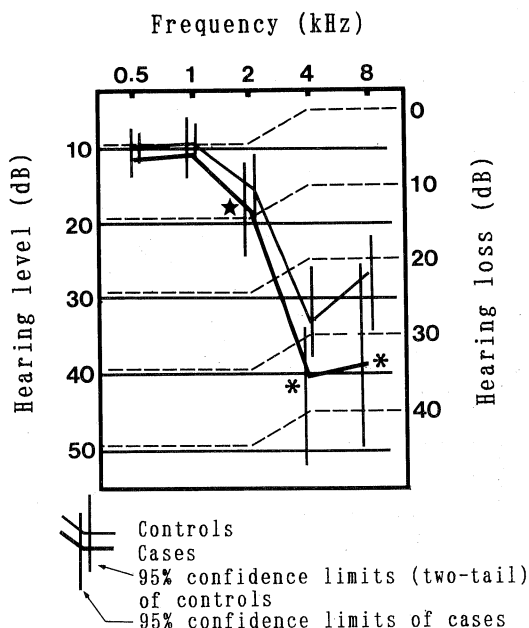


Fig. 11. Median audiograms of the cases and controls (37 pairs). Significant difference between the cases and controls at the level of 0.05(\*) by one-tailed Wilcoxon's paired rank test and almost so at 0.06(★).

を、Fig. 10と同じオーディオグラム表記法に従って描いたものである。両群はともに4 kHzで聴力損失が最も大きく、騒音の影響を受けていることが示されている。しかし、騒音曝露時間が同等と考えられるにもかかわらず、case群の4 kHzと8 kHzの聴力損失中央値はcontrol群に比べ有意に大きい。

## (2) 追跡研究の結果<sup>22)</sup>

第一回目の聴力検査から5年後の1985年、再び、振動障害巡回検診時に同様の方法で聴力検査を実施した。両年度とも聴力検査を受診した者は108名で、このうちから中耳炎やメニエル病、さらに頭部外傷等の既往歴、結核の治療歴等がある者、林業以外での騒音曝露など聴力検査で伝音性難聴が発見された者を除外し、残る86名の気導聴力についてVWFとの関連性を検討した。分析対象者86名中、1980年にVWFがあり、追跡期間中も引き続きVWFを経験していた者は15名(15.6%)で、1985年現在に至るもVWFを未経験の者は69名(71.9%)、残り12名(12.5%)は追跡期間中にVWFを新規に発症したか、消退した者であった。聴力損失の進展は騒音曝露量だけでなく、対象者の年齢<sup>56)</sup>や騒音曝露開始時の聴力レベル<sup>58)</sup>にも影響される。そこで、VWF陽性群15名

と同陰性群69名から、各周波数毎に1980年の聴力レベルと年齢、および追跡した5年間のチェンソー等の累積使用時間を一致させた者を、それぞれVWF(+)群、VWF(-)群として1:1の割合で抽出し、両群の5年目の聴力レベルの差をWilcoxon's paired rank test(片側)にて検定した。両群とも8 kHzの聴力レベルの有意な悪化が見られたことに加え、VWF(+)群ではさらに2 kHzと4 kHzでも有意な悪化が認められた。なお、2 kHzでのVWF(+)群とVWF(-)群の年齢はそれぞれ50.4才(±4.7)と49.9才(±5.5)、累積使用時間は1717時間(±1384)と1206時間(±901)、4 kHzではそれぞれ50.3才(±5.5)と50.1才(±6.5)、および2045時間(±1154)と1949時間(±1795)でいずれも両群間に有意差はなかった。

この結果をさらに客観的な検査を用いて確認するために、冷水浸漬終了後5分目の皮膚温で対象者を分類した高皮膚温群と低皮膚温群から、先と同様に1980年の年齢、聴力レベル、および追跡期間中の振動工具累積使用時間を一致させて、case群とcontrol群をそれぞれ1:1で抽出した。両群の1980年の聴力像とその後の聴力レベルの変化をFig. 12-bに示す。低皮膚温群では8 kHzの他に2 kHzと4 kHzでも有意な聴力レベルの悪化を示した。2 kHzでの低皮膚温群と高皮膚温群の年齢はそれぞれ49.2才(±5.6)と48.5才(±5.6)、累積使用時間は1615時間(±1403)と2107時間(±1671)、4 kHzではそれぞれ48.9才(±5.0)と48.7才(±4.5)、および1692時間(±1358)と1938時間(±1446)でいずれも両群間に有意な差はなかった。

## D. 腰痛に関する検討

### (1) 対象とその内訳

1981年度の検診時に、検診受診者を対象として腰痛に関するアンケート調査を行った。調査票は日本産業衛生学会腰痛委員会による「腰痛診断のための問診票」を林業労働用に一部改変した上で、この年度の最初の2か村の受診者を対象に実施した予備調査結果を踏まえ作成したものをを用いた。自記式である。検診受診者459名全員から回答が得られたが、年齢不明と例数の少なかった女性を除いた残る441名を分析対象とした。年齢は30才から69才に分布しており、平均は50.9才(±7.8)で、このうち50才代が203名(46.0%)、40才代が136名(30.8%)と両者で全体の80%近くを占めていた。

### (2) 腰痛の愁訴率

Table 10に441全例と林業労働日数別にみた結果を

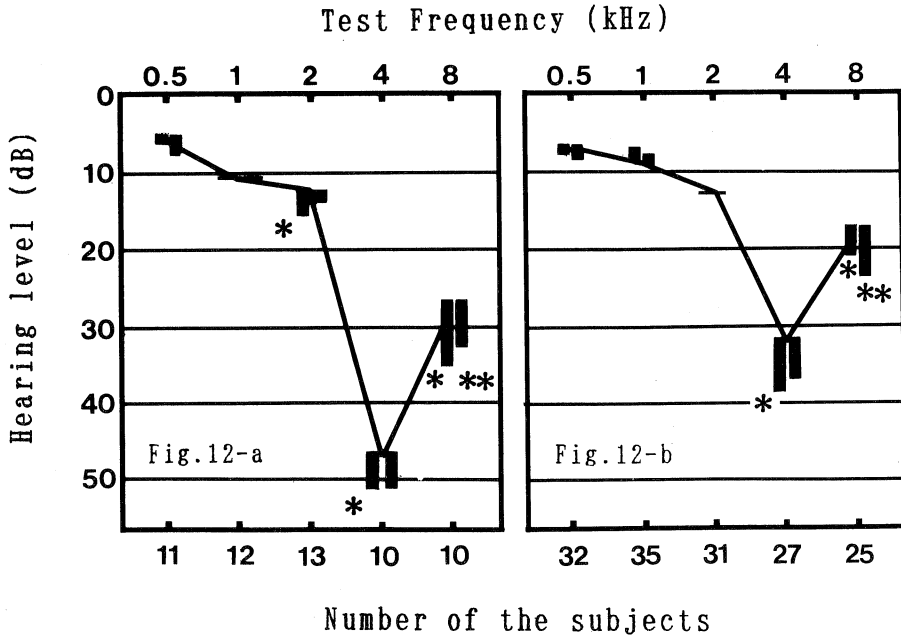


Fig. 12. Median audiograms in 1980 and median changes of hearing levels during the follow-up period in the groups with and without VWF (left) and those in the groups divided by the skin temperature 5 minutes after cold water immersion (right). a) left vertical bar: median change of hearing level of the subjects with VWF. right vertical bar: ditto of the subjects without VWF. b) left vertical bar: median change of hearing level of the subjects with lower skin temperature. right vertical bar: ditto of the subjects with higher skin temperature. \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$  by one-tailed Wilcoxon's paired rank test.

示した。後者は、検診日から過去一か月に林業労働に就労した日数を、予め用意した4つの選択枝「0日」「1日から9日間」「10日から19日間」「20日以上」の中から択させたものである。「0日」と回答した者の殆どは、1月中旬に実施した検診の受診者で、12月の中旬から正月にかけて仕事が休みの期間にあっていた者である。

全体についてみると、「現在、腰が痛い」と回答した者は132名、約30%であった。一方、「過去一か月の間に腰が痛かったこと」が「いつもある」と回答した者は70名、約16%、「時々」は220名、約50%、計約2/3の者が「過去一か月間」に腰痛を経験していることになる。これらの者の「最近一か月の腰痛」の発症状況は、「いつとはなく発症」とする者が過半数を超えており、「工作中、突然に」と答えた者は約30%であった。一方、これまでの腰痛経験者346名の「最近一か月の腰痛の程度」は「軽い痛みを感じる程度」と「特に気にならない程度」を合わせると過半数を超えていたが、「仕事を休む必要がある程度」の者も8.4%いた。治療は医療機関よりも鍼灸治療を受けている者が多く、両者あわせて約1/4であ

った。

林業労働日数群別の値は、全体を標準集団として求めた年齢訂正愁訴率であるが、例えば、「現在、腰が痛い」と回答した者の割合は「1-9日」群が38.2%と最高で、逆に「20日以上」群が24.1%と最低であったごとく、いずれの愁訴率も林業労働日数との間には一定の傾向は認められなかった。チェンソーの一か月の使用日数によっても同様の検討を行ったが、いずれの愁訴率とも使用日数との間には一定の傾向は観察されなかった。

E. 心電図所見からみた林業労働の循環器系に対する影響<sup>24,29)</sup>

(1) 対象とその内訳

1980年度からの3年間の振動障害検診の時に記録した延べ1780名の心電図のうち、例数の少なかった女性を除き、重複受診者についてはもっとも最近の心電図を用いることにして、最終的に953名の男性の心電図所見を分析資料として得た。平均年齢は50.7才(±8.8)、林業労働経験年数は27.5年(±10.4)で、最大血圧は141.4 mmHg (±22.9)、最小血圧は85.1 mmHg (±14.6)で

Table 10. Prevalence of low-back pain(LBP) of 441 forestry workers and age-adjusted LBP prevalence among the workers divided by their working days prior a month

	Total	Working days prior a month			
		0	1-9	10-19	20-31
Number of the subjects	441	52	61	227	101
LBP at present	29.9%	26.3%	38.2%	30.9%	24.1%
LBP prior a month :					
constantly	15.9	10.1	18.1	18.6	10.7
occasionally	49.9	50.5	56.8	51.6	41.2
Onset of LBP :					
sudden onset					
during working	28.9	31.9	30.7	29.3	34.6
during off time	7.0	9.3	8.8	7.4	2.8
gradual development	60.2	55.6	56.0	59.5	59.6
unknown	3.9	3.3	4.5	3.8	3.2
Severity of LBP prior a month :					
need holiday	8.4	10.6	2.3	9.5	7.5
need frequent rests	14.7	5.3	24.9	14.5	15.1
moderate pain	23.7	23.9	30.7	22.2	28.3
slight pain	30.9	34.5	32.3	28.6	29.4
doesn't bother	22.3	25.7	9.8	25.1	19.7
Treatment of LBP prior a month :					
orthopedic therapy	8.4	2.3	5.8	9.8	8.1
traditional acupuncture	15.6	18.7	7.9	16.3	19.6
doesn't need treatment	75.9	79.0	86.4	73.9	72.3

Table 11. Frequency of electrocardiographic findings classified by Minnesota Code among 953 subjects

Item	Code	No.	Number	%
Nothing reportable	I	0	566	59.4
Q and QS item	I	1	2	0.2
		3	12	1.3
		1	20	2.1
Axis items	II	2	1	0.1
		3	10	1.0
		4	1	0.1
		5	2	0.2
		1	81	8.5
High R waves	III	3	50	5.2
		2	7	0.7
S-T depression	IV	3	2	0.2
		5	26	2.7
		2	7	0.7
T-waves items	V	3	10	1.0
		4	10	1.0
		5	8	0.8
		3	3	0.3
		4	1	0.1
A-V conduction	VI	1	4	0.4
		2	15	1.6
		3	4	0.4
		5	12	1.3
		1	4	0.4
Ventricular conduction	VII	3	18	1.9
		7	2	0.2
		8	64	6.7
		9	21	2.2
		1	4	0.4
Arrhythmias	VIII	3	18	1.9
		7	2	0.2
		8	64	6.7
		9	21	2.2
		1	4	0.4

あった。WHO 基準<sup>59)</sup>に従った血圧分布は測定もれの5名を除けば、正常が397名(41.9%)、境界域が264名(27.8%)、高血圧が287名(30.3%)であった。

(2) ミネソタコードの出現頻度

心電図所見はミネソタコード<sup>60)</sup>に従い判読したが、一部のコードについては、日本人向けに大阪府立成人病センター集団検診第I部が改変を加えた分類を用いた。具体的には、3-3(左室肥大の疑い)を3-3-1(RV<sub>s</sub>+SV<sub>1</sub>>35mm)と3-3-2(RV<sub>s</sub>+SV<sub>1</sub>>35mm)に、8-1(頻発する期外収縮)を8-1-1(上室性期外収縮)と8-1-2(心室性期外収縮)に、また8-3(心房粗細動)を8-3-1(心房細動)と8-3-2(心房粗動)にそれぞれ細分し、新しく4-5(ST結合部下降<0.5mmだが4-3に当てはまらないもの)を付け加えた。

Table 11に953名の全所見を示す。「異常なし」(1-0)は566名で、全体の59.4%を占めた。臨床的な意義を有する所見のうち出現頻度が高かったコードは、左軸偏位(2-1)の20名(2.1%)、心房細動(8-3-1)の18名(1.9%)、そして完全右脚ブロック(7-2)の15名(1.6%)であった。この他に頻度が高かったコードは、左の高いR(3-1)の81名(8.5%)、洞性徐脈(8-8)の64名(6.7%)であった。年齢別の検討では、左の高いR(3-1)と心房細動(8-3-1)の出現率が高年齢群ほど高くなる傾向があり、逆に異常なし(1-0)は低くなっていったが、これらの他には年齢との関連性が認められたコードはなかった。一方、血圧区分別の主要コードの出現率はFig. 13に示したごとく、左軸偏

位(2-1)の出現率が正常群よりも境界域群、高血圧群で高く、このうち境界域群の出現率は正常群よりも有意に高率で、また、左の高いR(3-1)は正常群と高血圧群の間で有意差が認められた。「異常なし」(1-0)は正常群、境界域群、高血圧群の順に66.2%、55.3%、54.0%と低くなり、正常群と高血圧群との差は有意であったが、これらの他に有意差が認められたコードはなかった。

(3) チェンソーの累積使用時間別にみた心電図所見

Table 12は、例数の多かったチェンソーの専用使用者204名をその累積使用時間によって長短2群に分け、各

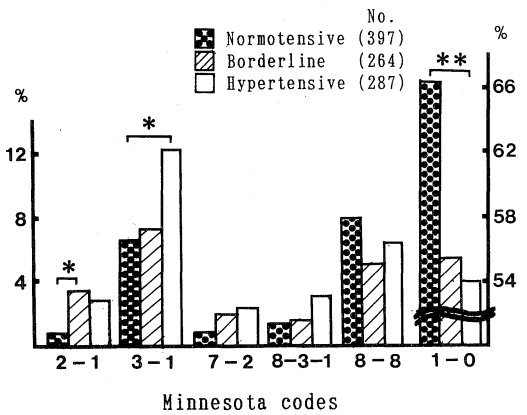


Fig. 13. Prevalence rates of some selected Minnesota codes among the groups divided by blood pressure according to WHO's criteria. \*: p<0.05, \*\*: p<0.01

Table 12. Comparison of blood pressure and prevalence of some selected Minnesota codes between 90 pairs divided by chainsaw operation time. Age of each pair was matched individually

	Chainsaw operation time(×10 <sup>3</sup> hr.)	
	less then 3	3 and over
Number	90	90
Age	52.9± 6.5	52.3± 6.1
SBP(mmHg)	146.5±23.7	139.8±23.9
DBP(mmHg)	87.2±15.6	85.6±16.9
1-0	50(55.6%)	50(55.6%)
1-1-6	1( 1.1)	0( - )
2-1	1( 1.1)	2( 2.2)
3-1	13(14.4)	8( 8.8)
4-2	2( 2.2)	0( - )
5-2	3( 3.3)	0( - )
7-2	1( 1.1)	1( 1.1)
8-3-1	1( 1.1)	3( 3.3)
8-8	7( 7.8)	7( 7.8)

群を5才年齢階級別に層化した後、それぞれから1:1の割合で5才年齢階級で年齢を一致させて無作為に標本抽出して得られた90組の主要コードの出現率である。平均年齢は3000時間未満群が52.9才(±6.5), 3000時間以上群が52.3才(±6.1)とよく一致しており、また、前者の最大血圧は後者に比し高かったものの、最小血圧とともに有意差は認められなかった。またチェンソーの平均累積使用時間は1336.9時間(±1026.1), 7759.4時間(±5038.3)であった。これらの両群間で出現率に有意な差が認められたコードはなかった。

## V. 考 察

### 1. 皮膚温検査時の室温条件について

安静時の皮膚温は、ある範囲内の環境温度下において、その環境温度に依存して高温下では高く、低温下では低くなることが観察されている<sup>44)</sup>。全身に分布する皮膚温度受容器からの温度情報は、交感神経系を介して末梢血管を高温下で拡張、逆に低温下で収縮させるが、それに伴う血流量の増城<sup>61)</sup>が皮膚温に反映されるためである<sup>62)</sup>。VWF(+)群の浸漬前皮膚温が室温条件に対し右上がりの直線回帰を示したことは(Fig. 1)、これらの知見に一致するものと言えよう。これに対し、VWF(-)群の場合は折れ線回帰モデルが選択され、しかも折曲点の左側直線は負の傾きであり、従来の知見と矛盾する結果となっている。しかし、この左側曲線を構成した標本数は6例と少なく、「傾き=0」の帰無仮説が許容されているため、この結果についてはさらに標本数を増やして検討する必要があると思われる。一方、右側直線は右上りの直線回帰であり従来の知見に一致していることに加え、VWF(+)群の回帰直線に重畳し、20℃前後<sup>63)</sup>やそれ以上の室温<sup>64)</sup>下で振動障害と健康者群との浸漬前平均皮膚温に差がなかったとするこれまでの報告によく対応している。

浸漬前皮膚温と同じく浸漬終了後5分目、同10分目の皮膚温も環境室温に依存していたが(Fig. 2, Fig. 3)、観察された室温の範囲ではその高低に拘らず、VWF(+)群の皮膚温がVWF(-)群に比べ一様に低い点が注目された。Wolfら<sup>65)</sup>は、寒冷刺激として著者らが用いている10℃の水温は、弱いながらも寒冷感覚や疼痛感覚を惹起させることを報告しているが、このような寒冷感覚はlow-threshold cold receptorやhigh-threshold cutaneous cold receptor<sup>66)</sup>を介して、また疼痛感覚はmechanothermal nociceptor<sup>67,68)</sup>を介して、ともに求心路を経て交感神経系の緊張を高めることが知られている<sup>69)</sup>。このことは、10℃冷水浸漬後の皮膚温は、浸

漬前皮膚温と同様に全身に分布する温度受容器からの情報、つまり環境室温に依存しながらも、10℃という寒冷刺激に対する交感神経系の反応をも含んだものであることを意味しよう。従って、VWF(+)群の浸漬終了後皮膚温が一様に低い値を示したことは、VWF(+)群の交感神経系の反応性が高まっていることを反映するものである。たとえば、振動障害患者の血中cyclic GMP濃度は、片手を手関節まで10℃の冷水中に5分間浸漬させた時、対照群と異なり浸漬中から浸漬終了後10分目まで上昇を続け、かつその上昇はphentolamineやatropineで抑制されることから、同患者の $\alpha$ -adrenergic receptorあるいはcholinergic receptorの機能亢進を推定した報告<sup>70)</sup>や、振動曝露によって $\alpha$ -receptorのnoradrenalineに対する感受性が亢進することを示した実験的研究<sup>71)</sup>など一致した成績と考えることができよう。

このような両群の皮膚温の差は両回帰直線間の距離から(Fig. 2, Fig. 3)、浸漬終了後5分目、同10分目とも20℃前後の室温で最も大きいことがうかがえる。20℃を中心に、標本数の大きさを考えて3群に分類し、VWF(+)群とVWF(-)群の皮膚温の差を比較すると(Table 2)、 $20 \pm 2$ ℃の条件群で従来の20℃から23℃下における報告<sup>34,63)</sup>と同様に、浸漬前を除くVWF(+)群の皮膚温は有意に低い値を示した。しかし、室温がこれより低温側であっても、また高温側であってもそのような差は観察されなかった。冬季で通常の着衣状態の場合、20℃前後の室温は主として四肢の皮膚血管の伸縮によって体温調節される血管調節域に相当する<sup>44)</sup>。従って、このような室温環境下では、寒冷刺激など外的刺激に対する交感神経系の反応は末梢血管の伸縮性に反映されやすく、VWF(+)群とVWF(-)群両群の10℃冷水浸漬に対する反応の差を、有意な皮膚温の差として把握したものと考えられる。これに対して20℃付近より低温側の室温条件は身体冷却域に近づくため、全身に分布する温度受容器からの寒冷情報を受けて、VWF(+)群のみならずVWF(-)群も共に交感神経系の緊張が高まった状態にある<sup>61)</sup>。このような状態においては、10℃の冷水浸漬自体が交感神経系をさらに緊張させる外的刺激としては不十分であるため、両群の交感神経系の反応の差が相対的に小さくなり、皮膚温に明瞭な差として反映されがたいと思われる。一方、逆に蒸泄調節域側に近い高温側では、両群とも交感神経系の緊張が十分に解放されていることから<sup>61)</sup>、VWF(+)群、VWF(-)群とも冷水刺激に対する交感神経系の反応の全体的な緊張に及ぼす影響が相対的に小さくなり、やはり皮膚温の差として検出しにくくなっているものと考えられる。

以上、本研究から、VWF(+)群とVWF(-)群の皮膚温の差を検出する室温条件としては、20℃付近が適切であり、これを大きく上回る室温や反対に大きく下回る室温は妥当でない判断できよう。労働省通達<sup>39)</sup>は、室温条件を「20℃から23℃」とすることとしているが上限の23℃が23℃未満を意味するとすれば許容できる条件設定と考えられる。しかし、実際の検診にあたっては、この範囲内の20℃近くの室温を維持することが望ましいと思われる。なお、この室温条件は冬季に実施した検査成績から得られたものであり、温冷感覚が全く異なる夏季の条件設定については別に検討を要する。

## 2. 皮膚温のスクリーニングレベルについて

以上のように室温条件を予め決定した上で、次に検討したのがその条件下で測定された皮膚温のふり分け能についてである。

浸漬前皮膚温はいずれのレベルも、Ipsenらがスクリーニングレベルに必要な条件として提唱している「(敏感度+特異度) = 1の帰無仮説を棄却し、かつ(敏感度+特異度) > 1」という条件<sup>47)</sup>を満足せず、スクリーニング項目としての利用価値は低いと考えられた。一方、浸漬中平均皮膚温は10.5℃と11.5℃がこの条件を満足したが、両者とも正診率は60%程度と、浸漬後皮膚温や回復率に比べ相対的に低い値を示した(Table 3)。冷水浸漬中にみられるCIVD(cold-induced vasodilatation)の出現率が、Raynaud現象陽性者では対照群に比べ低いことが知られているが<sup>34,72)</sup>、被験者の苦痛を和らげる目的で用いている10℃の水温自体が、CIVDを誘発するには弱い寒冷刺激であり<sup>73)</sup>、VWFの有無にかかわらず明瞭なCIVDが出現しがたいために、ふり分け能が低くなっていると考えられる。岩田ら<sup>74)</sup>は、浸漬水温が10℃の場合の浸漬中平均皮膚温の診断的価値は水温が5℃の時と比較して低いとしているが、同様の指摘と言えよう。

これらに対して、浸漬終了後5分目、同10分目の皮膚温および回復率はいずれも上述の帰無仮説を高い有意水準( $P < 0.0001$ )をもって棄却したのみならず、正診率も70%から75%と比較的高い値を示した。これらのスクリーニングレベルは正診率の点でも、敏感度あるいは特異度のいずれかを高く設定した時の偽陽性率、偽陰性率の高低の点でも類似しており優劣つけがたい、振動障害検診の目的を異常者の発見とするならば、敏感度ができるだけ高くなるようなレベルを設定するのが望ましく、この点から言えば、88.9%と最も高い敏感度を示した10分目の回復率55%がよいということになる。しかし、このレベルの特異度は57.4%と低く、偽陽性例が多くな

るため、これより敏感度は若干低くなるが大差はなく、かつ特異度、正診率がともに高くなるレベル、即ち、5分目皮膚温の17℃、10分目皮膚温の20℃、または5分目回復率の35%、10分目回復率の50%のいずれかをスクリーニングレベルとすることが実際的と思われる。この中では10分目皮膚温の20℃が正診率も76.1%と相対的に高く、推奨できよう。

しかしながら、いずれのスクリーニングレベルを採用するにしても、20%から30%程度の偽陰性者と偽陽性者が生ずることになる。偽陰性の理由として、今回の研究ではVWFの重症度を考慮していないこと、VWF自体は毛細血管に分岐する細小動脈の分岐部分の血管平滑括約筋の過度の収縮に起因しているのに対し、皮膚温は細小動脈の血流量を反映していること<sup>75)</sup>、あるいは側副血行路の発達などをあげることができよう。一方、振動曝露歴もなく、Raynaud現象も未経験の健康者で見られる偽陽性例は、そうでない健康者に比べVWFを発症しやすいリスクを持っていると考えることもできるが、今後の課題である。これらの者に対する健康管理上の方針であるが、偽陰性者に対しては、他に振動障害を示唆する所見がなければ、振動作業の中止を指示するとともに慎重な経過観察を行えばよいと考える。皮膚温から判断する限りは血流量が一定水準に保たれているはずであるから、特別の理由がない限り、積極的な治療は不要と思われる。一方、偽陽性者に対しては振動作業の短縮と定期検診の受診を指示することになる。

最近、細小動脈の寒冷刺激に対する過敏性を評価する目的で、指尖動脈圧の測定が試みられている<sup>76)</sup>。VWFの出現機序に、より接近した検査方法であり、敏感度、特異度ともに皮膚温よりも約10%高い成績が得られている<sup>77)</sup>。しかし、その手技の煩雑さを考慮すると、現段階では少なくとも集団検診に用いるのは困難で、皮膚温のかわりになるとは考えがたい。

## 3. 振動覚について

Bolanowskiら<sup>78)</sup>は、150 Hz以下の試験周波数に対する振動覚は、皮膚温が20℃から25℃以上ではこれに影響されず、この温度範囲以下では皮膚温が低下するに従い閾値が上昇することを明らかにしている。本研究で冷水浸漬終了後において振動覚が皮膚温と負の相関を示したことは(Table 4)、浸漬前皮膚温がVWFが陽性の者も含め殆どが25℃以上であったのに対し、浸漬終了後は回復が最も良かった対照群でも5分目が平均21.6℃、10分目が平均24.5℃と、対照者も含め25℃以下の者が多かったことに対応するもので、Bolanowskiらの成績に一致

するものと言えよう。125 Hzの振動に対する受容器はパシニー小体<sup>80</sup>と考えられているが、単離したパシニー小体を用いた電気生理学の実験<sup>79</sup>)によれば、緩衝液の温度が低くなるに従い generator potential は低下し、絶対不応期は延長することが明らかにされている。すなわち、皮膚温が低くなるような状態においては、パシニー小体の反応性も低下するため、一定の皮膚温以下では、皮膚温と 125 Hz に対する振動覚は負の相関を示すものと考えられる。

従来、試験周波数 20 Hz から 50 Hz<sup>80</sup>または 100 Hz と 200 Hz<sup>81</sup>)に対する VWF(+)群の浸漬前(室温下)の振動覚は、対照群や VWF を訴えない者などに比し有意に大きいことが指摘されているが、本研究でも同様の成績が得られている(Table 5)。一方、10℃冷水に5分浸漬した時の浸漬終了後5分目の100 Hzと200 Hzに対するVWF(+)群の振動覚は、対照群に比較し有意に大きい<sup>81</sup>)ことも報告されている。本研究の125 Hzの場合もこれと同じ結果と言えるが、先にも述べたごとく、浸漬終了後の振動覚は皮膚温と負の相関があるため、皮膚温を考慮する必要がある。そこで著者らは回帰直線を用いた検討をおこなったが(Fig. 4)、その結果は、VWF(+)群の冷水浸漬後の振動覚は皮膚温を考慮しても、対照群やVWF(-)群よりもなお有意に大きいことが明らかとなった。

本研究では、VWFが未経験で手指にしびれを訴える者を別にシビレ群として設定し、その振動覚を検討したが、その閾値は対照群とVWF(-)群に比べ有意に低かったものの、浸漬前のみならず、浸漬終了後も皮膚温を考慮するとVWF(+)群との差は認められなかった(Table 5, Fig. 4)。しかしながら、VWF(+)群の訴える手指のしびれ感の殆どが一過性であったのに対し、シビレ群は持続性であり、また前者の皮膚温は後者に比べ、たとえば後10分目で $18.6 \pm 4.3^\circ\text{C}$ に対し $23.1 \pm 6.4^\circ\text{C}$ といったように有意に低く、両群の病態が著しく異なっていると考えられるにもかかわらず振動覚に違いがなかったことは、振動工具による神経障害の発症機序を考える上で示唆に富んでいる。発症機序に関する従来の知見は、大きく二つに分けることができる。すなわち、VWFに代表される末梢循環障害に起因する ischemic neuropathy<sup>82,83</sup>)とする説と、carpal tunnelの entrapment<sup>83</sup>)や頸椎異常の関与<sup>84</sup>)など、VWFとは独立した機序<sup>85</sup>)によるとする説である。著者らのVWF(+)群とシビレ群に関する成績は、実際には、両者の機序による神経障害が共に存在することを示唆するものとして興味深い。VWFおよびシビレ感を訴える振動工具作

業者30名の手指生検資料の病理学的検索を行った武内ら<sup>86</sup>)は、末梢神経の脱髄性病変と、これに比べると軽度のパシニー小体の層状構造の部分的な破壊や、同中心部における軸索尖端部分の消失を報告している。また、著者らが振動覚を測定した第II指の支配神経である正中神経の知覚伝導速度の低下<sup>87</sup>)も指摘されている。本研究で認められたVWF(+)群とシビレ群の振動感覚の鈍麻は、このような病理学的変化に対応するものと推定される。

振動覚が本研究で示されたように自覚症状によく対応し、かつ検査手技が簡便であることを考えるなら、その測定は特に多数例を対象とする集団検診において、末梢神経系の異常を観察し得る他覚的検査の一つとして意義あるものと考えられる。しかし、浸漬終了後の振動覚はその判定に皮膚温を考慮する必要がある上に、たとえば10分目の場合、VWF(+)群と対照群の皮膚温に対する振動覚の回帰直線のY軸切片の差は7.4 dB(Fig. 4)と、単純な中央値の差である12.9 dB(Table 5)よりも小さいのみならず、浸漬前の両群の差である10.1 dBよりも小さかったことを考えれば、実際の検診にあたっては、振動覚の測定は浸漬前と浸漬終了直後の2回で十分と思われる。

#### 4. 振動曝露量の指標について

振動曝露量の指標として、問診で得られた振動工具の使用歴から算出した累積使用時間を本研究では用いた。使用歴は本人の記憶のみによるものであり、作業記録等の客観的な資料は存在しない。問診は具体的には、チェーンソー等の振動工具を使用し始めた時期を確認することから始める。次いで過去一年間の毎月の使用日数と、年間を通じての一日あたりの平均的な使用時間について聞き取る。前者については被験者の回答は比較的早く明瞭であるが、後者については日変動が大きいためかやや曖昧であり、答も1時間単位の推定となる。その後、これらを基準として、過去の使用状況はそれより「多かったか」「同じ位だったか」「少なかったか」を質問し、使用状況が異なる場合は、新たにその間の年間の使用日数と一日の平均使用時間との回答を求め、今度はこれを基準としてさらに過去に遡るということを使用開始時期まで繰り返し、使用状況を聞き取っている。

言うまでもなく、このようにして得られた情報は誤差を含んだものであり、個人の絶対的な曝露量を評価する指標としては不適切である。しかも仮に正確な使用時間が得られたとしても、時代とともに改良されてきた振動加速度などのチェーンソーの物理的特性の違いまで把握できる訳ではない。しかし、対象者をその曝露量の大小に

よって大きくいくつかの集団に分類するための半定量的な指標として、このようにして得た累積使用時間を用いることは妥当と思われる。各個人の曝露情報の誤差が分類することによりある程度相殺されること、また平均的には、使用時間が長い者は振動加速度のより大きいチェンソーを使っていた者であり、逆に使用時間が短い者は改良されて振動加速度が小さくなったチェンソーを使用していると考えられるからである。Miyashita ら<sup>39,88)</sup>は、本研究と同様にして得た振動工具の累積使用時間が、VWF などの自覚症状の愁訴率と関連性があることを報告しており、振動曝露量の指標として用い得ることが支持されている。ただ、著者らの経験によれば、time study<sup>29)</sup>の結果から著者ら問診者が推定する使用時間よりも、被験者はやや長めに回答する傾向が認められ、また有症状者は思い出しのバイアス<sup>89)</sup>のために、使用状況を過大に申告する可能性があることには留意しておく必要がある。

##### 5. 振動曝露量との量反応関係について

一般に、ある要因とある生体反応の間に因果関係があるとき、典型的には S 字状の、実際の疫学調査では通常右上がりの単調に増加する発症曲線が得られることが知られている<sup>90)</sup>。逆にこのことから、要因曝露量が大きくなるに従い発症率も順に高くなるような発症率曲線が得られた場合、量反応関係が認められたと解釈されることが多い。しかし、因果関係が存在しなくとも同様のことは観察され得る。例えば、分母集団の大きさが一定で当該疾患の発症者の累積合計を分子とするコーホート研究や、得られる推定発症率が常に  $p_{i-1} \leq p_i$  の関係となる生命表法から得られる発症率曲線は、必ず右上がりの単調増加曲線を描く。従って、得られた発症率曲線が右上がりの単調増加曲線であることをもって、直ちに量反応関係の存在を肯定することは適切ではない。

このようなことから、Yamazoe<sup>50)</sup>は量反応関係を検定するモデルとして「指数型発症モデル」を開発しているが、これは要因が発症に対して蓄積的に作用しない場合の発症モデルで、このモデルへの適合性を検定することによって量反応関係の存在を統計的に示そうというものである。本研究ではこのモデルを用いた。すなわちチェンソーの使用期間の長短、つまり振動曝露量の大小とは無関係に、一定期間に一定の割合で VWF が発生するという「VWF 発症率は指数分布に従う」とのモデルを設定し検定した。その結果、このモデルへの適合性は棄却されるとともに ( $p < 0.05$ , Table 6), 使用初期においては観察値が指数型モデル下の期待値よりも小さく、その後は逆転していることが示された。このことは、チェ

ンソーによる振動曝露と VWF 発症率との間に量反応関係が存在することを意味する。さらに本研究では、振動曝露量の異なる集団間の発症率曲線を比較することによっても量反応関係の検討を試み、VWF の発症率は年間当たりの使用密度の高い群で有意に高いことを示した (Fig. 5)。

以上の成績は VWF と振動曝露量との量反応関係の存在を支持するものであるが、VWF の発症にいたるまでの末梢循環機能障害の進展状況と振動曝露量との関係を見ると、浸漬終了後の皮膚温の回復過程は、VWF(-) 群のうち 5000 時間未満群の 2 群と対照群の計 3 群で、そして 5000 時間以上群と VWF(+) 群の 2 群でそれぞれ類似しており、後 2 群の回復経過が遅延していることが示された (Fig. 6)。このうち注目すべきは、VWF 等の自覚症状のない 5000 時間以上群が対照群に比し有意に遅い回復経過を示したことである。同様のことは浸漬前の皮膚温の差を考慮した回復率 (Fig. 7) についても観察されたことから、これらの成績は、末梢循環機能がチェンソーの使用にともない、量反応関係的に障害されていることを示すものと考えることができよう。同時に浸漬終了後の皮膚温回復過程は、VWF 未発症者であっても、チェンソーの使用時間が長くなり血管反応の異常機転が進展してきた者の、循環動態の変化を把握し得る指標として有用であることを物語るものである。

このような VWF の発症率と皮膚温の成績は、振動障害の発症予防に使用時間規制が有効であることを証明するものである。しかしながら、今回の成績から、振動障害の発症を十分に低く抑えることが期待できるチェンソーの使用時間を具体的に求めることは困難で、今後の課題として残されている。

一方、振動覚については、このような量反応関係の存在はなかった (Fig. 8)。Miyashita ら<sup>39)</sup>は VWF を含んだ集団を対象に、常温下で振動覚の異常を示す者の割合は総使用時間とともに増加することを報告しているが、使用年数を指標に用いた小谷ら<sup>81)</sup>や原田ら<sup>91)</sup>の研究は、著者らと同じく関連性を認めていない。振動工具使用者の神経障害の発症には、既に述べたように複数の機序<sup>82,83)</sup>が推定されているため、振動曝露量と振動覚との量反応関係の検討には発症機序別の検討が必要と思われる。しかしながら、現時点ではそのような分類が可能な指標は不明であり、今後の課題と言えよう。

##### 6. 振動工具の騒音レベルと作業者の騒音曝露レベルについて

チェンソーの騒音レベルは、林業労働への導入当初の



ごく初期には鋸断時で120 dBA 前後という強大なものであった<sup>92)</sup>が、1967年の渡部の報告<sup>95)</sup>では、最大出力時に110 dBAで、作業中はこれを超えないレベルであったと述べられている。1977年以降、新たに発売されるチェンソーについては工場出荷時の騒音レベル値が公表されるようになったが、それによれば、1978年発表のチェンソーの鋸断時の平均騒音レベルは101.3 dBAで、1983年には100.8 dBAとなっている。この5年間に顕著な低下は認められないものの、ごく初期の報告<sup>92)</sup>や渡部の報告<sup>95)</sup>に比べれば明らかに低いレベルと言えよう。しかし、作業現場で用いられている振動工具は使用にともなう工具の劣化があるため、本研究で明らかのように実際の騒音レベルは(Fig. 9)、渡部の報告以降、顕著な低下は認められないと考えられた。

一方、こうした振動工具の使用者の騒音曝露レベル(Table 7)を、日本産業衛生学会が聴力保護のために勧告している許容基準<sup>93)</sup>と比較すると、Case 2が曝露していた騒音レベルは107 dBAと30分の許容基準を大きく10 dBA上回るレベルであり、Case 3とCase 4は60分の許容時間と同等の、最も低かったCase 5の場合でも240分の許容基準と同等の騒音レベルであった。ただし、この許容基準は常習的な騒音曝露を想定しており、振動工具の使用日数が平均的に週3日から4日の林業労働の場合、仮に週3日の曝露と仮定して、許容しうる曝露時間は2倍となり、Case 2では30分以下、Case 3とCase 4では120分、Case 5では480分になる。しかし、実際に作業者が騒音に曝露されていた時間は、Case 2からCase 5の順にそれぞれ432分、373分、392分、345分であり(Table 7)、刈り払い作業のCase 5を除いていずれの騒音曝露も許容基準を大きく上回っていた。

ISOの勧告R 1999<sup>94)</sup>は、聴力障害を「0.5, 1, 2 kHzの平均聴力レベルが25 dB以上」と定義し、ある騒音による聴力障害の増加分を予測する方法を示している。今、本研究で得られた $L_{eq}$ と曝露時間(Table 7)を用い、これと同じ曝露が週に3日あると仮定してこの予測方法を適用すると、聴力障害を起こす者の割合は、Case 2の条件で10年後に40.8%、20年後に56.5%、30年後に60.3%、Case 3で同じく12.2%、19.8%、22.1%、Case 4で9.8%、15.7%、17.7%、Case 5では2.6%、5.3%、7.0%となった。平均的な林業労働と推定されるCase 3とCase 4の場合でも、20年から30年後には20%前後の騒音による聴力障害者の増加が予測されることになり、幾分騒音レベルが低下した現行のチェンソーであっても、その聴力に対する有害性は重大であると評価されよう。

## 7. 騒音性難聴について

著者らが得た聴力検査の結果(Fig. 10)は、4 kHzに最も大きい聴力損失を持つ典型的な騒音性難聴の聴力像 $c^5dip^{95)}$ に一致しており、しかも4 kHzと8 kHzの聴力損失はともに殆どの年齢階級で、横内の報告した生理的な年齢変化にともなう5才年齢階級別聴力損失<sup>95)</sup>に比べ有意に大きい値であった。横内と同様の報告は他に藤崎ら<sup>96)</sup>、渡部ら<sup>97)</sup>のものであるが、それらとの比較でもほぼ同様の結果が得られたことから、本研究の対象者の聴力損失は加齢を有意に上回る損失であると考えてよく、しかも示された聴力像(Fig. 10)や既に述べた作業者の騒音曝露レベル(Table 7)の大きさから考えて、その聴力損失は騒音に起因する難聴であると判断することができよう。

従来より、騒音曝露量の指標として、騒音作業の従事年数がよく用いられている。一日の騒音曝露時間や年間労働日数が比較的一定していると考えられる工場労働者については、従事年数と聴力損失との間に量反応関係が認められている<sup>98-100)</sup>。しかし、林業労働では、労働者間で工具の年間使用日数や一日の平均使用時間にばらつきがあるため、使用年数すなわち従事年数が同じであっても騒音曝露量が同じとは限らない。これまでの林業労働者を対象とした研究<sup>35-37,101)</sup>で量反応関係が得られなかったのは、工具使用年数を曝露量の指標としていた点に問題があったと考えられる。そこで、本研究では工具の累積使用時間を用いることにした。累積使用時間の問題点については既に述べた通りであるが、例数の多かったチェンソー使用者に関する分析結果は(Table 8, Table 9)、いずれの累積使用時間群も騒音性難聴に特徴的な $c^5dip$ を示しているのみならず、使用時間の長い群ほど聴力損失は大きく、しかも、それは4 kHzを中心に統計的に有意であった。このことは、林業労働においても騒音曝露量と聴力損失との間に量反応関係が存在することを意味する。なお、刈り払い機および集材機の単独使用者は少なく、多くはチェンソーを併用していたため、本研究ではこれら工具間の聴力に対する障害性の違いを明らかにすることはできなかった。

以上、前項6では現在使用されているチェンソー等の振動工具の騒音レベルは聴力を障害し得ることを論じ、この項では現実にはこれらの騒音曝露によって林業労働者の聴力は障害されていること、さらに工具の累積使用時間と聴力損失との間に量反応関係が存在することを指摘した。これらのことから、現行のチェンソー等を用いることは、すでに冒されている林業労働者の聴力をさらに

悪化させると同時に、新たにこれらを使用する労働者に聴力障害を発生させる可能性がきわめて高いと言えよう。

騒音性難聴の対策としてまず優先されるべきは、騒音発生源たる振動工具の改良である。労働省は振動障害を予防する観点から、チェンソーの振動加速度を29.4 m/sec<sup>2</sup>以下とするように規制しているが<sup>102)</sup>、騒音レベルについては測定を義務づけているだけで、特別の規制はなく放置されている。従って、工具の騒音を軽減させるための法的規制が望まれよう。また、使用時間の短縮も必要である。現在、やはり振動障害対策の目的で、振動工具の一日の使用時間を2時間以下に規制する労働省通達が発布されている<sup>103)</sup>。しかし、この程度の規制は、一日30分以下の許容基準の騒音レベルを大きく上回る曝露を受けていた例 (Fig. 9, Table 7) もあったことを考えると不十分であり、聴力保護も考慮した使用時間規制に改めるべきであろう。同時に作業者に対しては、作業中の移動にはエンジンを停止させることや、使用時間を短縮するための作業仕組みの改善に関する指導を積極的に行うべきである。耳栓などの保護具の着用は次善の対策であるが、現段階ではその着用が必要である。

## 8. VWF と騒音性難聴の関連性について

騒音曝露量や年齢など、聴力に対する交絡要因を考慮した VWF 陽性者と陰性者を用いた症例対照研究で、著者らの断面調査 (Fig. 11) と追跡調査 (Fig. 12) はともに、症例、対照の両群とも騒音性難聴に特徴的な c'dip の聴力像を有することを示すと同時に、4 kHz を中心とした周波数の聴力損失は VWF 陽性者で有意に大きいことを示した。両調査とも騒音曝露量の指標として累積使用時間を用いている点や、特に追跡調査では標本数が少ないことなど、得られた結果の解釈において慎重な態度が必要であるが、Pyykkö ら<sup>57)</sup> や Miyakita ら<sup>100)</sup> も同様の成績を報告している。

このような VWF と聴力損失との関連性についての機序は明らかでないが、VWF に代表される末梢循環機能障害と騒音性難聴の間には何らかの共通の病態があって、これらを通じて振動と騒音が、末梢循環と聴力の双方に影響を及ぼしあっていると考えられる。Pyykkö ら<sup>57)</sup> は同様の推論のもとに、共通の病態として交感神経系を想定している。

局所振動刺激に対する交感神経系の反応が当該部位にとどまらないことは、振動を負荷した反対側の手指血管にも収縮がみられること<sup>104)</sup> や、足趾に Raynaud 現象の出現する振動障害患者が存在すること<sup>105)</sup> などから容易に推測されよう。一方、頸部の交感神経の切断は内耳の

血流量を増加させること<sup>106)</sup>、また交感神経の電気刺激は蝸牛マイクロフォン電位を低下させること<sup>107)</sup>、さらに交感神経ブロックが騒音による聴力低下を抑制すること<sup>108)</sup> など、交感神経系の緊張状態が内耳の血液循環を介して有毛細胞を障害し、難聴の進行に影響する可能性が示唆されている。

これまでの研究によれば、VWF 有症者の尿中のカテコラミン排泄量は正常者よりも多く<sup>109)</sup>、寒冷曝露によって正常者よりも有意に上昇する VWF 有症者の指動脈圧は指根部の麻酔によって正常化すること<sup>110)</sup> が明らかにされている。即ち、VWF 有症者の交感神経系は強い緊張状態にあるか、あるいはその興奮性が高まっていることが推定されるが、このような状態にある者はそうでない者に比べ、同程度の騒音曝露であっても、それによって内耳循環の受ける影響は相対的に大きく、その結果、VWF 有症者により大きい聴力損失が出現したと考えることができよう。しかし、もともと交感神経系の緊張の高い者がそうでない者に比べ、振動と騒音の双方の影響を受けやすく、VWF と聴力損失を独立に発生させている可能性も考えられる。これらについては今後の検討課題である。

## 9. 腰痛について

林業労働者の腰痛に関する研究は数少ない。辻<sup>111)</sup> は国有林労働者 5323 名のアンケート調査を行い、「現在、腰痛あり」とする者の訴え率を伐木造材夫、集材機運転手など 9 種類の職種について検討し、伐木造材夫の訴え率の 32.1% を最高に、平均 14.3% であることを報告している。敵ら<sup>112)</sup> も、やはり国有林労働者 912 名を対象に、著者らと同じように日本産業衛生学会腰痛委員会の「腰痛診断のための問診票」に準拠したアンケート調査を行い、「最近一か月、腰痛がいつもあり」と回答した者の割合は集材機運転手が最も高く約 35%、伐採夫など他の職種は約 15% で、これに「最近一か月、腰痛が時々あり」を加えた腰痛愁訴率は、集材機運転手で最も高く 80%、貨物運転手と伐採夫が約 65% とこれに続き、平均は 61.8% であったと報告している。著者らの対象である国有林では国有林のような職務分担はなく、全員が必要に応じて種々の作業を行っているのが通常であるため職種別の比較はできなかった。対象者全体の愁訴率をみると (Table 10)、「現在、腰痛あり」と回答した者は 29.9% で辻の伐木造材夫の結果に近く、また「最近一か月、腰痛がいつもあり」と回答した者は 15.9%、さらにこれに「最近一か月、腰痛が時々あり」を加えた腰痛愁訴率は 65.8% で、敵らの伐採夫の愁訴率に匹敵していた。

この65.8%という腰痛愁訴率は、著者らと同じく日本産業衛生学会腰痛委員会の問診票を用いて調査された各種産業現場の愁訴率の中でも、港湾荷役労働に次いで高率で、従来より腰痛多発職場として知られてきた電気工事労働現場や、建設現場等での愁訴率<sup>113)</sup>と同等かこれらを上回っている。畝ら<sup>112)</sup>は林業労働は「腰痛多発職場」であることを指摘しているが、本研究からも同様の指摘ができよう。このような腰痛の要因として、その発症経過 (Table 10) から、伐採木等の重量物取り扱い作業や、足場が不良な傾斜地で余儀なくされる不自然な作業姿勢<sup>114)</sup>の持続や、全身振動を生ずる集材機の運転作業<sup>112)</sup>などが推定される。

## 10. 心電図所見について

一般成人を対象とした厚生省の循環器疾患基礎調査報告<sup>115)</sup>や、外来初診患者を対象とした久保田ら<sup>116)</sup>と小沢ら<sup>117)</sup>の報告、さらに電機工場の現場労働者についての山田ら<sup>118)</sup>や山村の一般住民を対象とした福井ら<sup>119)</sup>の報告など、これまでの多くの研究は一致しており、正常心電図を示す者の割合は加齢とともに低下すること、また高血圧群により低いことを観察している。著者らの成績も同様で、異常なし(1-0)の出現率は年齢とともに低下し、高血圧群により低い結果であった (Fig. 13)。個別コードの結果をみても、左の高いR(3-1)と心房細動(8-3-1)の出現率は加齢とともに高くなる傾向がみられ、また左の高いR(3-1)は血圧正常群に比べ高血圧群に有意に高く、一方、洞性徐脈(8-8)は年齢、血圧ともに関連性は見られず、いずれも従来の知見に一致していた。しかし、洞性徐脈の出現率は、判定基準が本研究と同じく50/分以下で、男性でかつ調査対象数も多かった久保田ら<sup>116)</sup>、小沢ら<sup>117)</sup>、佐久間ら<sup>120)</sup>のそれぞれ2058名中1.3%、1937名中3.5%、5203名中0.3%に比べると、著者らの対象集団は6.7%と明らかに高率であった (Table 11)。

Matobaら<sup>121,122)</sup>は、治療によって振動障害患者の自律神経機能が正常化するのにもない。徐脈や心拡大さらには低血圧の改善が認められることを理由に、このような心血管系の変化は、工具の振動と騒音、そして作業場の寒冷環境というストレスに対して形成される適応現象であるとする仮説を提唱し、振動暴露と洞性徐脈との関連性を推定している。

しかしながら、この徐脈の形成には林業労働で観察される高いRMRも関与していると考えられる。チェーンソーや刈払い機が林業労働に導入され始めた1960年代前半の調査<sup>92,123-125)</sup>によれば、主作業である伐倒や枝払い作業に要するRMRは3ないし7の範囲にあり、林業労働

全体に要する消費エネルギーは1日あたり約2500 Kcalから4000 Kcalと推定されている。その後、振動工具の軽量化にともなって消費エネルギー量は、以前に比べ減少していると推定されるが、依然として機械化されていない枝条整理作業や急斜面の山中にある作業現場までの往復に要するRMRは7から10前後<sup>123,124,126)</sup>と大きく、林業労働は以前ほどのことはないにしろ、今なお重筋肉労働であると言えよう。中西ら<sup>127)</sup>は、消費エネルギー量が大きい農作業従事者の心エコーの特徴的所見として、左室後壁幅が厚いことなどを観察するとともに除脈傾向が認められることを報告している。本研究で洞性徐脈の出現率とチェーンソーの累積使用時間との間に関連性がみられなかったこと (Table 12) も考え合わせれば、林業労働者に観察される高率の洞性徐脈は、Matobaら<sup>121,122)</sup>が指摘するような振動曝露の影響のみならず、振動工具の使用も含めた林業労働という、重筋肉労働に基づき酸素需要の増大に対する適応現象も関与しているのが妥当と思われる。

## 11. 今後の課題<sup>128)</sup>

著者らが長年実施してきた振動障害特殊検診の受診者は、1979年の650名をピークに次第に減少してきている (Table 1)。そのうち要治療者の占める割合も1976年と1978年の35.5%を最高に、若干の変動を見せつつも減少傾向にあり、また新規受診者も減少しており、ここ数年は50人前後とかつての1/2程度となっている。林業労働の衰退とそれともなう林業労働者の絶対的な減少に加え、長年にわたる検診による患者の発掘が一通り行き渡ったことや、林業労働を離れ治療に専念する者が増えてきたこと、さらに振動工具の工学的な改善による新規発症者の減少などが影響していると考えられる。このことから分かるように、山田<sup>7)</sup>によって初めて林業労働者の振動障害が報告されてから30年を迎えようとする現在、振動障害をめぐる状況は大きく変わりつつあるように思える。そこで以下に、振動障害検診活動を通して著者らが考えた今後の課題をあげておきたい。

第一は検診未受診者の掘り起こしである。最近においてすら、新規検診受診者の中にVWF有症者が発見される。しかも著者らが経験した限りでは、それらの者は、後継者事業などで林業に就労したばかりの若年労働者のように、最近になって障害性の低いチェーンソーを使用し始めた者ではなく、VWFを発症して年数が経過しているにも拘らず、単に検診に参加してこなかった者ばかりである。このような未受診者をなくすための効果的な検診の呼びかけ方法の構築と、その実体を保証するための

組織化が検診活動の意義を徹底させるという意味が必要である。第二は現行検診の強化である。既に指摘してきたように、林業労働者は単に振動障害だけではなく、騒音性難聴や腰痛のリスクも抱えている。現行の検診は振動障害を目的としたものであるが、これを林業労働者の職業性疾患一般にかかる総合的な検診と位置づけ、実行可能な予算的保障と各種医療機関の連携のもとに発展的解消を図ることが望まれる。山村の過疎化が指摘されて久しいが、このような林業労働者の包括的な健康管理は、単に振動障害といった職業性疾患の予防だけでなく、村勢を支える林業労働者の健康の維持増進に大きな役割を果たすであろう。第三は振動障害患者の社会復帰対策である。現在、労働省によって認定されている振動障害患者は、全国で一万人を超えると言われている。治療方法の開発と確立に多くの努力が傾けられているが、顕著な効果をもたらす方法は依然としてなく、とりわけ障害性の大きいチェンソーを使用してきた高令者の治療は困難を極めている。しかしながら、忍耐強い治療によって症状の軽快が見られるのも事実であり、こういった人達が、いきなり林業労働に従事したために症状を増悪させることがないように、段階的な職場復帰に向けたプログラム作りが社会的な枠組の中で行われることが望まれる。第四は症状固定として治療から放置された人々に対するケアである。現在、一定期間の治療により症状の改善がみられない者は労働基準行政上、症状固定として扱われ、労災医療の対象外となる。そのため、振動障害の症状は継続していても治療を受けることは実質的にできず、これらの者に対するケアは患者の高令化にともなって地域保健上、今後ますます重要な課題になると思われる。保健婦による訪問指導など、積極的な地域行政の関与が望まれる。第五は行政諸規制の強化である。すでに指摘してきたように、チェンソーの規格などの現行の規制は振動障害の予防を目的としたものであり、聴力保護の立場からは極めて不十分なものである。林業労働者の健康を包括的に管理するという立場から、より総合的な規制が必要である。かつての出来高制賃金から日給制へと賃金形態が移行しつつあるなど、林業労働全般の労働条件は改善されてきている。しかしながら、とりわけ民有林では、チェンソーなどの長時間使用を余儀なくされる状況も残っており、行政的規制を実現化し得る一層の労働条件の改善も必要である。

## VI. 結 論

著者らの教室が、奈良県下のチェンソー等を使用する林業労働者を対象に 10 余年にわたり実施してきた、振動

障害巡回特殊検診を通じて得られた知見を総括した。

(1) 10℃10 分冷水浸漬負荷検査に適切な室温条件を検討するために、VWF(+)群と VWF(-)群にそれぞれについて、検査時室温に対する皮膚温の回帰モデルを作成した。その結果、冷水浸漬前皮膚温は両群の回帰直線がほぼ重なり、両群の皮膚温の差を検出できる室温条件の設定はできなかったが、浸漬終了後 5 分目、同 10 分目の皮膚温の場合、VWF(+)群と VWF(-)群の回帰線間の距離は室温 20℃前後で最も大きく、この 20℃前後が検診に妥当な室温条件と考えられた。実際、20℃を中心に両群をそれぞれ 3 群に分類した時、 $20 \pm 2$ ℃の室温条件群の場合でのみ、VWF(+)群と VWF(-)群の浸漬終了後の皮膚温に有意差が認められた。

(2) 上記室温条件下で得られる皮膚温のスクリーニングレベルについて検討した。振動工具の使用歴がない者と、VWF 等の自覚症状がなくチェンソーの累積使用時間も 2000 時間未満と短かった者とを control 群とし、VWF(+)群を case 群とした時、敏感度、特異度ともに比較的高い値を示したスクリーニングレベルは、浸漬終了後 5 分目皮膚温の 17℃、同 10 分目皮膚温の 20℃、5 分目回復率の 35%、10 分目回復率の 50%で、70.2%から 82.2%の範囲にあった。しかし、浸漬前皮膚温、浸漬中平均皮膚温のスクリーニングレベルはいずれも敏感度、特異度のいずれかが低く、スクリーニング項目には適さなかった。

(3) 浸漬前(室温下)振動覚の閾値は対照群、VWF(-)群、シビレ群、VWF(+)群の順に大きく、前二者の閾値は後二者に比べ有意に小さかった。一方、浸漬終了後 5 分目、同 10 分目の振動覚は皮膚温と有意な負の相関にあったため回帰直線を用いて検討したが、皮膚温の違いを考慮しても、VWF(+)群とシビレ群の振動覚は対照群、VWF(-)群よりも有意に大きいことが示された。しかし、この差は浸漬前と浸漬終了直後で観察される差違よりも小さく、実際の検診にあたっては、振動覚の測定は室温下と浸漬終了直後の 2 回のみでよいと思われた。

(4) 実際のデータを用いて生命表法により推定したチェンソー使用者の VWF 発症率は、「振動曝露とは無関係に一定時間の経過に対し一定の割合で VWF が発生する」との指数型発症モデルに適合せず ( $p < 0.05$ )、また年間当たりのチェンソー使用時間の長短によって対象を 2 群に分け、両群の VWF 推定発症率曲線を比較した時、使用時間が長い群の発症率は短い群に比べ有意に高いことが示された ( $p < 0.01$ )。これらの結果は、チェンソーの使用時間と VWF の発症率との間に量反応関係が存在することを示すものである。

(5) 林業労働の騒音発生源であるチェーンソーと刈り払い機の作業中の騒音レベルは、90 dBA から 108 dBA の範囲にあった。一方、作業者が実際に曝露していた騒音レベルは 88 dBA から 107 dBA の範囲にあり、その間の曝露時間は午前午後とも 170 分から 200 分であった。週 3 日の割合でこのような騒音曝露状況の林業労働が行われると仮定した時、それは日本産業衛生学会が定める聴力保護のための許容基準を上回るものであり、チェーンソーによる騒音性難聴の発生の危険が推定された。

(6) オーディオメータを用いた聴力検査の結果、林業労働者の聴力像はいずれの 5 才年令階級別でも騒音性難聴に特徴的な c<sup>5</sup>dip 像を呈しており、しかも聴力損失の中央値は、4 kHz を中心に加齢ともなう生理的な変化よりも有意に大きく、これらの者に騒音性難聴が存在することが示された。また、例数の多かったチェーンソーの使用について、その累積使用時間別に聴力損失を比較したところ、いずれの累積使用時間群にも c<sup>5</sup>dip が観察されるとともに、累積時間が長い群の 4 kHz の聴力損失は短い群よりも有意に大きく、量反応関係の存在が推定された。

(7) VWF 陽性者の 4 kHz の聴力損失は、年令、騒音曝露歴などの交絡要因を考慮しても VWF 陰性者より有意に大きいことが、断面研究および追跡研究の両者によって示され、VWF 陽性者の騒音に対する聴力の感受性は陰性者よりも高いことが示唆された。

(8) 林業労働者の腰痛の愁訴率は、「現在、腰痛あり」が 29.9%、「過去一か月、いつもあり」が 15.9%、「過去一か月、時々あり」が 49.9% で、従来から指摘されている腰痛多発職場の愁訴率と同程度かそれを上回る値であった。

(9) 林業労働者の心電図所見をミネソタコードに基づき分類した。従来の知見と同じく、高年令群と高血圧群に「異常なし」(1-0) の割合が低く、逆に左の高い R (3-1)、心房細動 (8-3-1) などの割合が高かった。一方、洞性徐脈 (8-8) の出現率は 6.7% と、これまでに報告されている男性一般集団に比べ明らかに高率であった。

以上、現行の振動障害検診項目の妥当性を評価するとともに、林業労働者は振動障害だけでなく騒音性難聴や腰痛の危険にもさらされていることを示した。また、今後の課題についても触れた。

本論文の要旨は日本産業衛生学会、日本衛生学会等の国

内学会をはじめ、第 10 回アジア労働衛生会議(シンガポール、1982 年)、第 4 回手腕系振動に関する国際シンポジウム(フィンランド、1985 年)、第 2 回複合影響に関する国際シンポジウム(金沢、1986 年)で口演発表した。また、第 27 回近畿産業衛生学会(1987 年)で会長講演として、また第 110 回奈良医学会(1989 年)で特別講演として発表した。

#### 【謝辞】

当教室が長年にわたって担当してきた振動障害巡回検診は、多くの人々に支えられてきたものである。惜しめない御協力を頂いた各関係機関ならびに関係者の御名前をここに記して、心より感謝の意を表する。

奈良県農林部、奈良労働基準局、奈良県各関係市町村長および担当者、林材業災害防止協会奈良県支部、奈良県山林労働組合、奈良県森林組合連合会、奈良県木材協同組合連合会、町立大淀病院、奈良県川上村国保診療所、奈良県十津川村国保診療所、市場邦通前公衆衛生学教室教授、本学玉井進整形外科学教授、現奈良県立リハビリセンター一所长岩崎洋明氏、本学白井利彦皮膚科学教授、富井荘輔前衛生学教室助教授、荒地秀明前衛生学教室講師、高垣 裕氏、青木善也氏、池田和子氏、山口昌子氏、平田邦明氏、下川真弓氏、木村真由美氏、黒河鈴子氏、日野久美子氏、岡田美代子氏、平野玲子氏、原野久美子氏、坂浦洋子氏、松峯恵子氏、御興久美子氏、土肥祥子公衆衛生学教室助教授。

## VII. 文 献

- 1) Loriga, G. (上畑鉄之丞、池田健次郎、桜井忠義、的場恒孝 訳) : 労働科学 62 : 507, 1986.
- 2) 村越久男 : 臨床医学 26 : 506, 1938.
- 3) 三浦豊彦 : 労働科学 58 : 1, 1982.
- 4) 奈良基準局調べ
- 5) 農林省の調査, 1959.
- 6) 林野庁の調査, 1963.
- 7) 山田信也 : 労働の科学 20 : 20, 1965.
- 8) 山田信也、高城 晋 : いわゆる白ろう病 (振動障害). 新内科科学体系, 中山書店, 東京, p248, 1976.
- 9) 高松 誠、的場恒孝 : 振動病の診断と治療. 南江堂, 東京, 1976.
- 10) 岩田弘敏 : 振動症候群. 近代出版, 東京, 1978.
- 11) 斉藤和雄、斉藤幾久次郎、阿岸祐幸、西村昭男、中西昌美、石井清一、神代雅晴、保原喜志夫、佐野文男 : 職業病としての振動障害. 南江堂, 東京, 1980.
- 12) 岡田 晃 : 振動障害—研究動向と診療の実際. 篠原

- 出版, 東京, 1982.
- 13) 日本産業衛生学会振動障害委員会報告: 振動障害委員会報告. p 25, 1980.
  - 14) 林野庁: 林野庁通達 44 林野職第 442 号, 1970.
  - 15) 労働省: 基発第 134 号, 1970.
  - 16) 労働省: 基発第 597 号, 1973.
  - 17) 細川 汀, 中迫 勝, 西山勝夫, 門脇一郎, 山下節義, 徳永力雄, 湯浅 喬, 広沢巖夫: 産業医学 15: 531, 1973.
  - 18) 市場邦通, 青木善也, 高垣 裕, 富井荘輔, 玉井進, 岩崎洋明, 白井利彦: 奈良医学雑誌 26: 137, 1975.
  - 19) 市場邦通: 奈良県医師新報第 258 号: 3-4, 1973.
  - 20) 車谷典男, 御興久美子, 青木善也, 森山忠重, 富井荘輔, 荒地秀明, 池田和子, 白井利彦: 奈良医学雑誌 28: 1025, 1977.
  - 21) 車谷典男, 御興久美子, 青木善也, 森山忠重, 富井荘輔: 産業医学 23: 310, 1981.
  - 22) 車谷典男, 久繁哲徳, 伊木雅之, 森山忠重, 青木善也, 金 良根: 労働科学 58: 237, 1982.
  - 23) Iki, M., Kurumatani, N., Hirata, K. and Moriyama, T.: Am. Ind. Hyg. Ass. J. 46: 509, 1985.
  - 24) 平田邦明, 足達七郎, 車谷典男, 伊木雅之, 森山忠重: 日本公衛誌. 32: 421, 1985.
  - 25) 伊木雅之, 車谷典男, 平田邦明, 森山忠重: 労働科学 62: 93, 1986.
  - 26) Kurumatani, N., Iki, M., Hirata, K., Moriyama, T., Satoh, M. and Arai, T.: Scand. J. Work Environ. Health 12: 245, 1986.
  - 27) Iki, M., Kurumatani, N., Hirata, K., Moriyama, T., Satoh, M. and Arai, T.: Scand. J. Work Environ. Health 12: 365, 1986.
  - 28) 車谷典男, 伊木雅之, 平田邦明, 森山忠重: 日本災害医学会会誌 34: 438, 1986.
  - 29) Kurumatani, N., Iki, M., Moriyama, T., Ishikawa, H., Adachi, S., Satoh, M. and Arai, T.: Industrial Health 26: 43, 1988.
  - 30) 車谷典男, 伊木雅之, 出島牧彦, 森山忠重, 佐藤雅司, 松浦典代, 新井孝和: 労働科学 64: 155, 1988.
  - 31) 佐藤雅司, 新井孝和, 松浦典代, 出島牧彦, 車谷典男, 森山忠重: 日本災害医学会会誌 35: 859, 1987.
  - 32) Iki, M., Kurumatani, N., Satoh, M., Matsuura, F., Arai, T. and Ogata, A.: Int. Arch. Occup. Environ. Health 61: 437, 1989.
  - 33) 労働省: 基発第 609 号, 1975.
  - 34) Chang, G. P.: Jpn. J. Ind. Health 18: 453, 1976.
  - 35) 渡部真也: Audiology 8: 209, 1967.
  - 36) Holmgren, G., Johnsson, L., Kylin, B. and Linde, O.: in Occupational Hearing loss (Robinson, D. W., ed.). Academic Press, p 35, 1971.
  - 37) 鳥山 稔, 松浦禎子, 江口 哲, 山口雅士, 竹内美奈子, 寺尾江不, 吉本 裕: 日本災害医学会会誌 24: 526, 1976.
  - 38) 岩崎寛治, 恒川謙吾: 臨床と研究 59: 1140, 1982.
  - 39) Miyashita, K., Shiomi, S., Itoh, N., Kasamatsu, T. and Iwata, H.: Br. J. Indust. Med. 40: 92, 1983.
  - 40) Grant, R. T. and Bland, E. F.: Heart 15: 385, 1929-1931.
  - 41) 齊藤和雄, 新岡 正, 藤本 俊, 神代雅晴: 産業医学 22: 355, 1980.
  - 42) 大塚雍雄, 吉原雅彦: 応用統計学 5 (1): 29, 1975.
  - 43) Yanagimoto, T. and Yamamoto, E.: Environ Health Perspect 32: 193, 1979.
  - 44) 福田正弘: 日本生理学雑誌 15: 68, 1953.
  - 45) 坂元慶行, 石黒真木夫, 北川源四郎: 情報量統計学. 共立出版, 東京, p 42, 1983.
  - 46) 山本英二, 竹島克朗, 柳本武美: 統計数理研究所彙報 25 (1): 29, 1978.
  - 47) Ipsen: 疫学入門より. 医学書院, 東京, p 53, 1981.
  - 48) 車谷典男: 奈良医学雑誌 35: 403, 1984.
  - 49) 丹後俊郎: 医学への統計学. 朝倉書店, 東京, 1983.
  - 50) Yamazoe, S., Fukutomi, K. and Yanagimoto, T.: Ann. Ins. Statist. Math. (part B) 32: 281, 1980.
  - 51) Mantel, N. and Haenszel, W.: JNCI 22: 718, 1959.
  - 52) Lukas, E.: in Vibration effects on the hand and arm in industry (Brammer, A. J. and Taylor, W., eds.). John Wiley & Sons, p 39, 1983.
  - 53) Iki, M., Kurumatani, N. and Moriyama, T.: Proceeding of 10 th Asian conference on occupational health. p 369, 1982.
  - 54) 伊木雅之: 労働科学 60: 203, 1984.
  - 55) 横内幸子: 日耳鼻. 67: 1307, 1964.
  - 56) Corso, J. F.: in Effects on noise on hearing

- (Henderson, D. et al, eds.). Ranvan Press, p 497, 1976.
- 57) **Pyykkö, I.** : Br. J. Ind. Med. 38 : 281, 1981.
- 58) **Robinson, D. W.** : *in* Effects of noise on hearing (Hodderson, D. et al, eds.). Ranvan Press, New York, p 383, 1976.
- 59) **WHO** : WHO technical report series. No 231, Geneva, 1962.
- 60) **Blackburn, T.** : Circulation 21 : 1160, 1960.
- 61) **Scheuplein, R. J.** : Dermatology in general medicine, McGRAW-HILL book company, p 213, 1979.
- 62) **本田西男** : 呼吸と循環 12 : 897, 1964.
- 63) **榊原久孝, 宮尾 克, 金田誠一, 小林章雄, 中川武夫, 山田信也** : 産業医学 24 : 672, 1982.
- 64) **越智仁司, 大野秀樹, 渡部秀雄, 岸原千秋, 村松宰, 富田 勤, 高桑栄松, 本間 寛, 斉藤和雄** : 第51回日本産業衛生学会講演集. p 172, 1978.
- 65) **Wolf, S. and Hardy, J. D.** : J. Clin. Invest, 20 : 521, 1941.
- 66) **Lamperte, R. H. and Thalhammer, J.G.** : Brain Res. 244 : 279, 1982.
- 67) **Fruhstorfer, H. and Linbolm, U.** : Pain 17 : 235, 1983.
- 68) **Kreh, A., Anton, F. and Gilly, H.** : Exp. Neurol. 85 : 533, 1984.
- 69) **Ninomiya, I., Irisawa, A. and Nishimaru, N.** : Am. J. Physiol. 244 : 256, 1973.
- 70) **Okada, F., Honma, M. and Ui, M.** : Arch. Environ. Health 38 : 144, 1983.
- 71) **Azuma, T., Ohhashi, T. and Sakaguchi, M.** : Cardiovasc. Res. 14 : 725, 1980.
- 72) **Magos, L. and Okos, G.** : Arch. Environ. Health 7 : 402, 1963.
- 73) **Lewis, T.** : Heart 15 : 177, 1930.
- 74) **岩田弘敏** : 産業医学 10 : 119, 1968.
- 75) **Rothman, S.** : Physiology and biochemistry of the skin. The University of Chicago Press, Chicago & London, p 69, 1965.
- 76) **Nielsen, S. T. and Lassen, N. A.** : J. Appl. Physiol. 43 : 907, 1977.
- 77) **Olsen, N.** : Br. J. Ind. Med. 45 : 426, 1988.
- 78) **Bolanowski, S. J. and Verrillo, R. T.** : J. Neurophysiol. 48 : 836, 1982.
- 79) **Ishiko, N. and Lowenstein, W. R.** : J. gen. Physiol. 45 : 105, 1961.
- 80) **岡田 晃, 山下貴正, 南 正康, 高野敏雄, 山村晃太郎, 岩田弘敏** : 北方産業衛生 31 : 57, 1971.
- 81) **小谷諒夫, 宮田昭吾, 岩田弘敏** : 日衛誌. 31 : 583, 1976.
- 82) **高城 晋** : Jpn. Cir. J. 32 : 99, 1968.
- 83) **Cannon, L. J., Bernacki, E. J. and Walter, S. D.** : JOM 23 : 255, 1981.
- 84) **東儀英夫, 島田康夫, 塚越 広, 豊倉康夫, 滝田杏児, 藤正 巖** : 日本臨牀 32 : 3584, 1974.
- 85) **Matikainen, E. and Juntunen, J.** : Acta Neurol. Scand. Suppl. 92 : 211, 1982.
- 86) **武内忠男, 今西速男** : 熊本医学会雑誌 58 : 56, 1984.
- 87) **Araki, S., Honma, T. and Aoyama, K.** : Jpn. J. Ind. Health 18 : 516, 1976.
- 88) **松本健治, 井藤典彦, 笠松隆洋, 岩田弘敏** : 産業医学 19 : 22, 1977.
- 89) **Hennekens, C. H. and Buring, J. E.** : Epidemiology in medicine, Little, Brown and Company, Boston, p 34, 1987.
- 90) **重松逸造** : 新しい疫学の方法論. ソフトサイエンス, 東京, p 43, 1979.
- 91) **原田規章, 山田信也, 松本忠雄** : 産業医学 18 : 395, 1976.
- 92) **秋保親悌, 石井邦彦, 高樋孝一** : 林業試験場研究報告 111 : 143, 1959.
- 93) **日本産業衛生学会** : 産業医学 27 : 202, 1985.
- 94) **International organization for standardization** : ISO recommendation R 1999, 1971.
- 95) **Burns, W.** : Noise and man. 2nd ed., John Murray, p 214, 1973.
- 96) **藤崎茂己, 酒井俊一, 谷口武彦** : 日耳鼻. 66 : 41, 1963.
- 97) **渡部真也** : 新労働衛生ハンドブック 増補第4版増補編 (三浦豊彦ほか編). 労働科学研究所, p 180, 1982.
- 98) **山本剛夫** : 国民衛生 25 : 68, 1956.
- 99) **Taylor, W., Pearson, J., Mair, A. and Burns, W.** : J. Acoust. Soc. Am. 38 : 113, 1965.
- 100) **Schneider, E. J., Mutchler, J. E., Hoyle, H. R., Ode, E.H. and Holder, B. B.** : Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 31 : 368, 1970.
- 101) **三浦豊彦, 富永洋志夫, 肝付邦憲, 辻 隆道, 石井邦彦** : 労働科学 45 : 449, 1969.
- 102) **労働省** : 告示第 35号, 1977.

- 103) Miyakita, T., Miura, H. and Futatsuka, M.: Scand. J. Work Environ. Health 13 : 32, 1987.
- 104) Farkkila, M. and Pyykkö, I.: Scand. J. Work Environ. Health 5 : 368, 1979.
- 105) 人羅俊雄: 奈良医学雑誌 28 : 26, 1977.
- 106) Hulterantz, E.: Acta Physiol. Scand. 106 : 29, 1979.
- 107) Seymour, J.S.: J. Laryngol. 68 : 189, 1954.
- 108) Borg, E.: Acta Physiol. Scand. 115 : 281, 1982.
- 109) Matoba, T., Mizobuchi, H., Ito, T., Chiba, M. and Toshima, H.: Angiology 32 : 62, 1981.
- 110) Olsen, N., Fjeldborg, P. and Mortensen, J.B.: Br. J. Ind. Med. 45 : 272, 1985.
- 111) 辻 達彦: 労働の科学 27 (10) : 18, 1972.
- 112) 畝 博, 和气健三, 五島正規: 福大医紀. 7 : 33, 1980.
- 113) 青山英康: 職業性腰痛. 労働基準調査会, 東京, 1980.
- 114) 辻 隆道: 労働の科学 25 (4) : 9, 1970.
- 115) 厚生省公衆衛生局編: 昭和 55 年循環器疾患基礎調査報告. 日本心臓財団, 東京, 1983.
- 116) 久保田昌良, 武信満喜夫, 島本多喜雄: 心臓 2 : 278, 1970.
- 117) 小沢利男, 岩本昌昭, 半田 昇, 岸本篤郎, 蘇 進一, 永川祐三, 富永光春, 吉川政己: 日老医誌. 10 : 50, 1073.
- 118) 山田和生, 山名弘哉, 森 四郎, 寺本利之, 岩塚 徹, 岡島光治, 中山 龍, 富田嘉子: 日本循環器学誌. 22 : 6, 1958.
- 119) 福井定光, 石川兵衛, 喜多 豊, 西村牧男, 中谷開宇, 田村雅宥, 佐藤三郎, 松下慶子, 富岡和実: 内科 7 : 729, 1961.
- 120) 佐久間光史, 近藤 審, 橋本 勉, 草野史朗, 実川浩, 上田 新, 森岡 幹, 前田 裕, 細田 裕, 栗原忠雄, 木内達弥, 小高 稔, 一瀬 儀, 高島久, 斉藤宣照, 大武八郎, 高原 義: 国鉄中央保健管理所報第 18 集. p 100, 1982.
- 121) Matoba, T., Itaya, M., Toyomasu, K., Tsuiki, T., Toshima, H. and Kuwahara, H.: Am. J. Cardiol, 51 : 1223, 1983.
- 122) 的場恒孝: 日本医事新報 3096 : 3, 1983.
- 123) 堀井欣一, 菅 正倫, 小山悦子, 佐藤家之助: 新潟医学会誌. 76 : 860, 1962.
- 124) 中村 正, 白谷三郎, 石田良栄, 荻野幸男, 岩淵香児: 産業医学 5 : 643, 1963.
- 125) 辻 隆道: 労働の科学 22 (2) : 24, 1967.
- 126) Kurumatani, N., Dejima, M., Yamaguchi, B. and Moriyama, T.: 投稿中.
- 127) 中西範幸, 土井光徳, 小西正光, 高山佳洋, 内藤義彦, 寺尾敦史, 永野英子, 飯田 稔, 上島弘嗣, 谷垣正人, 嶋本 喬, 小町喜男: 日本公衛誌. 29 : 151, 1982.
- 128) 車谷典男: 林業労働史. p 45, 1989.