

# 建設業における騒音／振動発生工具での作業に関する実態調査 並びに聴力変化へ及ぼす影響の実証実験

柴田 延幸\*1 佐々木 毅\*2 久永 直見\*3 柴田 英治\*4 久保田 均\*2  
中村 憲司\*5 松尾 知明\*2 岡 龍雄\*2 甲田 茂樹\*2, \*6

建設業従事者の問診票調査から騒音発生工具に加え振動発生工具を使用すると聴力低下の有訴が更に高くなる  
ことが示された。しかし、建設現場で実際に用いている工具の騒音や手腕振動の発生レベルに関する報告が少な  
いため、その実態調査を行った。また、その現場では聴力低下に関する調査は困難なため、実験室実験によって  
騒音、そして騒音と手腕振動の複合ばく露による一時的聴力低下に関する検討を行った。

実態調査は、某県建設労働組合員を対象に計 30 名のおよそ 39 種類の作業について騒音と手腕振動の発生レ  
ベルを測定した。作業は据え置き型機械または手持ち工具を用いたものに分け、発生レベルを 1 日のばく露許容時  
間に換算して整理した。その結果、手腕振動レベルは 1 日のばく露許容時間が 1 時間までと強い振動を発生する  
工具があったものの、多くの機械・工具で 1 日のばく露許容時間が 8 時間までであった。一方、騒音レベルはほ  
とんどの機械・工具で 1 日のばく露許容時間が 2 時間までであり、手腕振動レベルでの 1 日のばく露許容時間との  
違いがみられた。

実証実験は、男子大学院生 8 名を対象として、騒音は上述の実態調査で録音したサンダーによる木材研磨作業  
時のものと手腕振動は加振器を用いてばく露を行った。その結果、複合ばく露によって一時的聴力低下が発生す  
る可能性、交感神経系(唾液中クロモグラニン A)が亢進することが示唆された。

キーワード: 建設業労働者, 騒音, 手腕振動, 据え置き型機械, 手持ち工具, 複合ばく露, 聴力変化

## 1 実態調査の背景

前稿(本プロジェクト研究のサブテーマ 2)で報告し  
たように、建設業従事者の問診票を用いた調査結果によ  
ると、騒音発生工具を頻繁に使用する者は使用しない者  
に比べ聴力低下の有訴が多く、騒音／振動発生工具を両  
方使用する者は聴力低下の有訴が更に多かった。また騒  
音／振動発生工具の使用と聴力低下について林業労働者  
を対象とした調査報告は多くあるものの<sup>1,7)</sup>、建設業労  
働者を対象とした調査は少ない<sup>8,9)</sup>。そこで、建設現場  
で用いている工具を使用する時の騒音や手腕への振動の  
発生レベルを測定する実態調査を実施した。

## 2 実態調査の対象者・方法

対象は某県建設労働組合員で、予備調査も含め計 30  
名(職種は大工 23 名, 鉄骨工 4 名, 建具工 1 名, 左官 1  
名, 土木工 1 名)のおよそ 39 種類の作業について騒音  
並びに手腕振動ばく露量の測定を行った。

各々の対象者の作業場等において、対象者が据え置き  
型機械や手持ち工具で普段よく行う作業を数分間行って

もらい測定した。測定機器として、音響振動マルチ分析  
システム(6ch 仕様)、普通騒音計、粉じん用個人サンプ  
ラー、デジタル粉じん計を現場に持ち込み、対象者には  
普段の作業時の個人用保護具の装着状況や自覚症状など  
について聞き取りも行った。

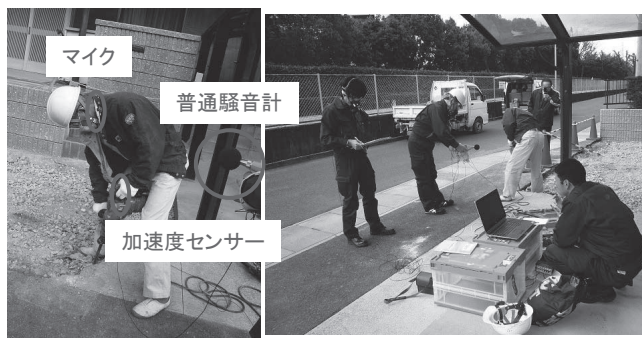


図 1. ハンマードリルによる研り(はつり)作業での測定風景

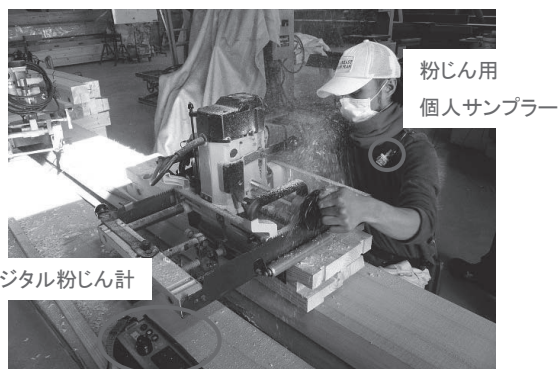


図 2. 大入りルータによる木材の切削作業の測定風景

\*1 人間工学リスク管理研究グループ。

\*2 有害性評価研究グループ。

\*3 愛知学泉大学家政学部。

\*4 愛知医科大学医学部。

\*5 環境計測管理研究グループ。

\*6 研究企画調整部。

騒音は作業者の襟元に固定したマイクロフォン(Type 4961, B&K)を用いて測定した。手腕振動は、3軸加速度センサ(Type 4520-002, B&K)を工具のハンドルの形状に合ったL型またはT型アダプタに装着し、それを作業者が握って作業をしながら測定した。マイクロフォン及び加速度センサーは音響振動マルチ分析システムに接続され、音圧信号及び加速度信号を同時記録した。騒音は作業者の近傍(数十 cm)で調査者が普通騒音計でも測定した(図1)。なお、騒音・手腕振動レベルの測定時には同時に粉じん用個人サンプラーを作業者の襟元に装着し、デジタル粉じん計を作業者の近傍あるいは作業台上に設置して粉じん発生量を測定している(図2)が、騒

音や手腕振動レベルへの影響はほとんどない。

騒音の評価: 音圧レベルにA特性(周波数重み付け特性A)で周波数重み付けをしたA特性音圧レベルを指標とした。なお、作業者に装着したマイク音から解析した値を採用しているが、マイク音を測定できなかった作業では普通騒音計で測定した値を採用して平均値を算出した。また、同じ種類でありながら異なる大きさの工具(例えば丸のこに装着されている歯の直径が異なる場合)で測定した場合は、最も大きいリスクを見積もる観点から、A特性音圧レベルの最大値を採用して平均値を算出した。

手腕振動の評価: 周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値(m/s<sup>2</sup>)を指標とした。なお、工作機械・手持ち

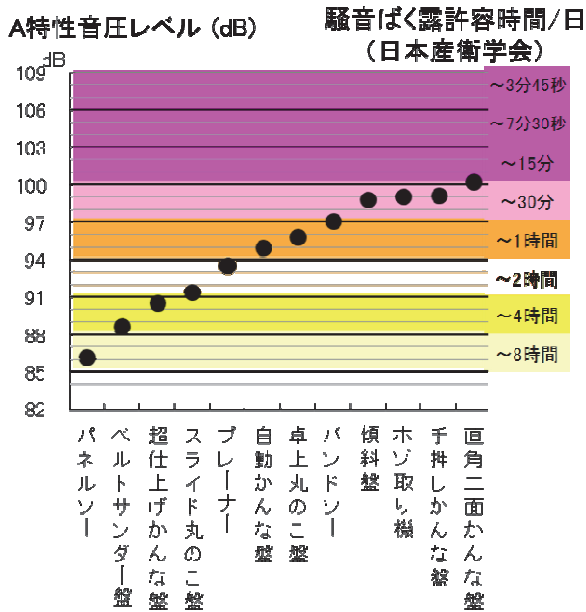


図 3. 木材切削時の据え置き型工作機械使用時の騒音ばく露レベル

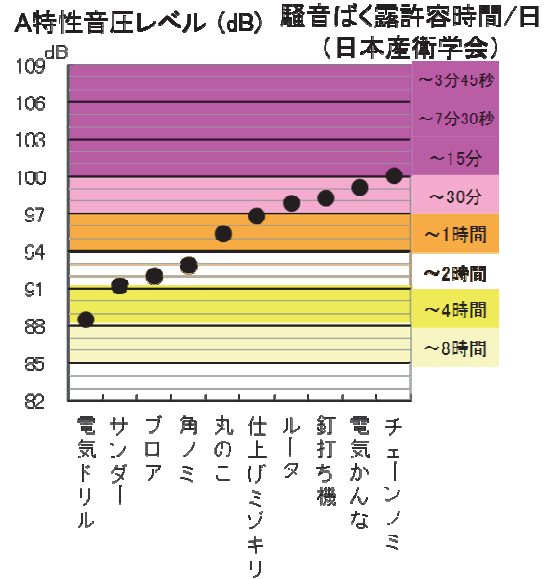


図 4. 木材切削時の手持ち工具使用時の騒音ばく露レベル

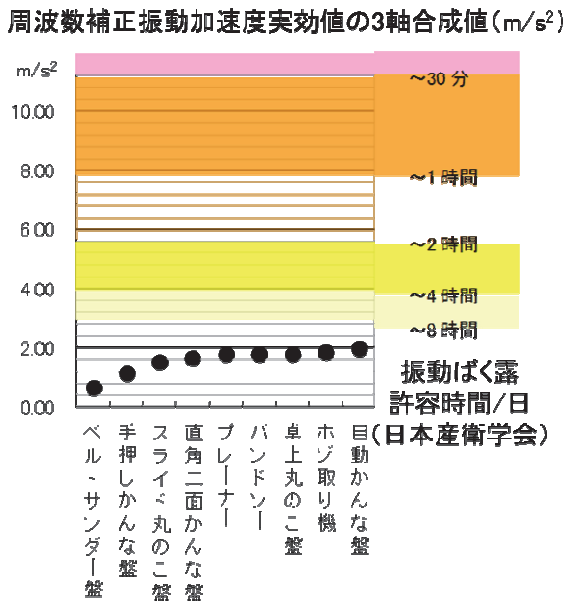


図 5. 木材切削時の据え置き型工作機械使用時の手腕振動ばく露レベル

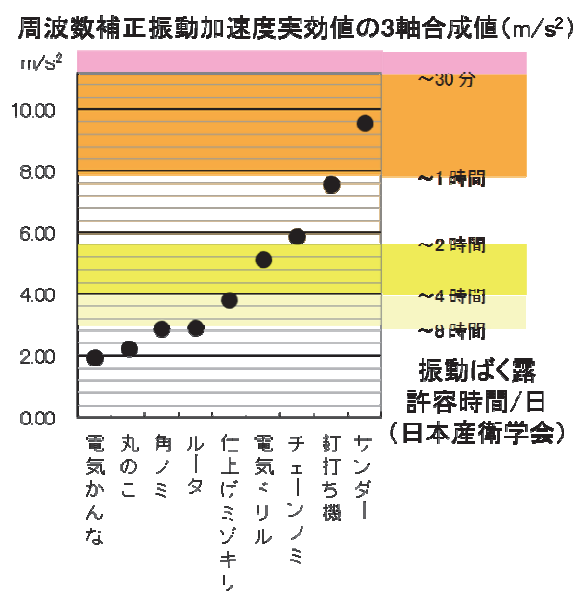


図 6. 木材切削時の手持ち工具使用時の手腕振動ばく露レベル

工具使用時の平均値は異なった作業員から算出するが、同じ種類でありながら異なる大きさの工具、あるいは左右の手腕で測定した場合は、最も大きいリスクを見積もる観点から、3軸合成値の最大値を採用して平均値を算出した。

上記のように算出した騒音、手腕振動のレベルから、日本産業衛生学会が定める許容基準<sup>10)</sup>に従って各々の一日のばく露許容時間を算出した。なお、算出した値は、工作機械や手持ち工具によって測定回数が1回～10数回とばらついており、切削する木材の材質、使用する機械や工具の状態、測定空間、作業員等によって変わることがあることに留意されたい。

### 3 実態調査の結果・考察

木材切削時の据え置き型工作機械使用時の騒音ばく露レベル(図3)では、パネルソー、ベルトサンダー盤を除くと、いずれの工具による作業においても91dBを超えており1日の許容時間は1時間以内であった。特に直角二面かんな盤は100dBを超え1日の許容時間が15分未満、手押しかんな盤、ホゾ取り機、傾斜盤は1日の許容時間が15分までと大きな騒音を発生していた。

木材切削時の手持ち式工具使用時の騒音ばく露レベル(図4)では、電気ドリルを除くと、いずれの工具による作業においても91dBを超えており1日の許容時間は1時間以内であった。特にチェーンノミは100dBを超え1日の許容時間が15分未満、手持ち式工具では電気かんな、釘打ち機、ルータは1日の許容時間が15分までと大きな騒音を発生していた。

木材切削時の据え置き型工作機械使用時の手腕振動ばく露レベル(図5)では、全て1日8時間の許容基準以内と判断された。

木材切削時の手持ち式工具使用時の手腕振動ばく露レベル(図6)では、サンダー(30分まで)、釘打ち機(1時間まで)、チェーンノミ(1時間まで)、電気ドリル(2時間まで)での手腕振動レベルが高かった。

直接的に比較することは困難であるが、林業労働者で騒音が97-102dB、手腕振動が1-18m/s<sup>2</sup>のばく露を受けているという報告<sup>2, 3)</sup>、heavy engineering production workshopでグラインダーやハンマーでの作業時の騒音が77-109dB、手腕振動はグラインダーが平均7.6m/s<sup>2</sup>、ハンマーが平均4.5m/s<sup>2</sup>という報告<sup>9)</sup>があり、我々の調査でのばく露レベルはそれらに匹敵するかもしれない。また、騒音と手腕振動の複合ばく露による一過性難聴との関連について実験室実験では一時的に聴力閾値の上昇が起こるといった結果と聴力閾値の上昇は起きないという相反する結果が出ている<sup>11-13)</sup>。今回の調査では、インタビューによると普段の耳の聞こえが悪いという回答は多かったものの、工具の使用と騒音性難聴との関連については言及することはできない。

研究の限界として、第一にランダムに選択した被験者ではなく、数も少ない。次に、工作機械や手持ち工具によって測定回数が1回～10数回とばらついており、切

する建材の材質、使用する機械や工具の状態、作業員の作業方法等によって変わるので、今回の調査結果を代表値とみなすことは難しい。最後に、実際にaudiometryをしていないことから、騒音性難聴の発症状況については把握していない。以上の点に関しては、更に調査が必要であろう。

### 4 実態調査のまとめ

実態調査では、手腕振動のレベルは1日のばく露許容時間が1時間までと強い振動を発生する工具があったものの、多くの機械・工具で1日のばく露許容時間が8時間までであった。一方、騒音のレベルはほとんどの機械・工具で1日のばく露許容時間が2時間までであり、手腕振動のレベルでの1日のばく露許容時間との違いがみられた。よって、機械・工具を使用する作業時間を設定する際には騒音、手腕振動の両方の値を比較し、リスクの高い方の1日ばく露許容時間で決める必要があると考えられた。

### 5 実証実験の背景

騒音と手腕振動の複合ばく露による聴力低下への影響について検討するには、上述の実態調査では実際に労働者が使用している騒音／手腕振動発生工具や機械のばく露条件(強さや時間)の設定や統一、聴力等の測定場所の確保が困難である。そこで、そのような統制が可能な実験室実験で検討することとした。

また、以前より林業労働者等の疫学調査から騒音性難聴は手腕振動により悪化するという報告があり<sup>1-7)</sup>、それは交感神経系の亢進によるものと考えられているが、実験室実験による様々なばく露条件では、聴力が低下するか否かについてのコンセンサスは得られていない。そこで、一時的聴力変化(閾値上昇)が生じる騒音と手腕振動の複合ばく露条件を検討し、交感神経系を中心とした生体指標を同時に測定し、それらへの影響も併せて検討した。

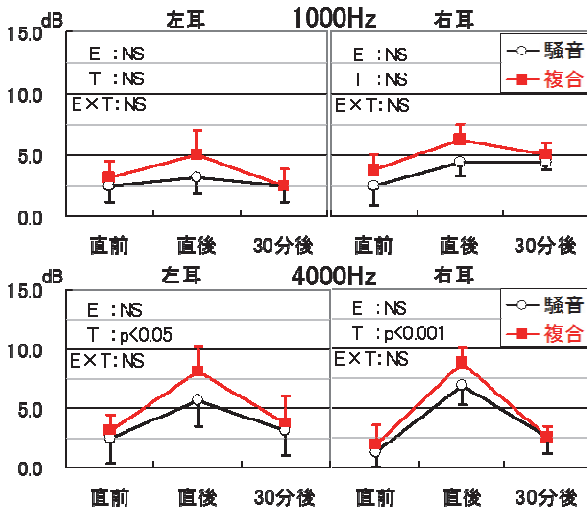
### 6 実証実験の対象者・方法

被験者は、医師によるメディカルチェックを受けた健康な男子大学院生8名(23.0±0.8歳)とした。

騒音ばく露は、上述の実態調査の建築現場で録音したサンダーによる木材研磨作業時の音を95dB(日本産業衛生学会による1日許容時間47分)に調整しヘッドフォンを12分間装着させた。複合ばく露は、前述の騒音に加え、同様にサンダーの実測値を再現した5.60m/s<sup>2</sup>(日本産業衛生学会による1日許容時間120分)に設定した加振器を把持力30±5N、押す力50±5Nに制御・確認させながら1分毎に12分間繰返させた。

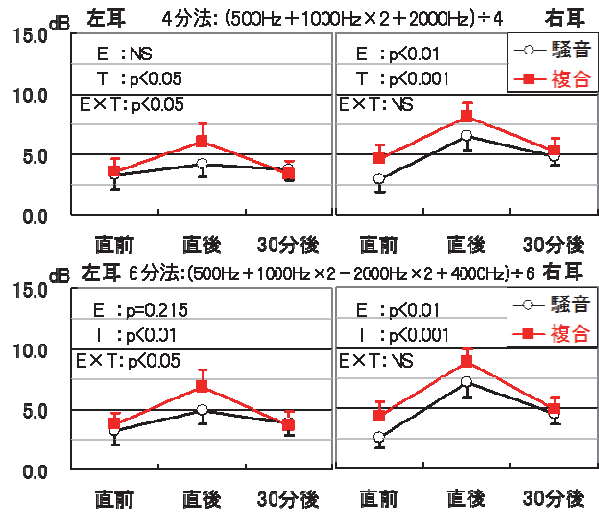
測定は、半無響室でオージオメータによる左右耳の聴力検査(500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz, 8000Hz)、自動血圧計(リパロッチ・コルトコフ法)による血圧測定、サリベットによる唾液採取、自覚症状の自記式質問紙をばく露直前、直後、30分後に行った。なお、ばく露





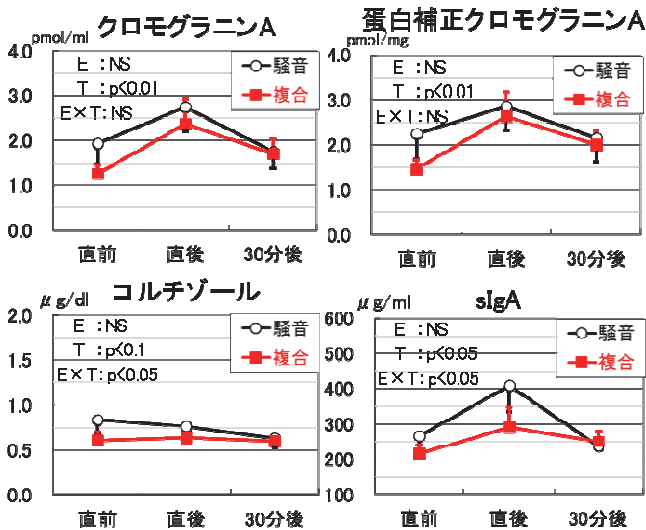
図中のドットは平均値・エラーバーは標準誤差、  
E: ばく露, T: 時間, NS: 有意差なし

図 7. ばく露前後の聴力レベルの変化



図中のドットは平均値・エラーバーは標準誤差、  
E: ばく露, T: 時間, NS: 有意差なし

図 8. ばく露前後の平均聴力レベルの変化



図中のドットは平均値・エラーバーは標準誤差、  
E: ばく露, T: 時間, NS: 有意差なし

図 9. ばく露前後の唾液中ホルモン値の変化

60 分後の聴力レベルは直前の値にほぼ戻ることを確認した。採取した唾液は凍結保存し、後に交感神経系の指標としてクロモグラニン A と  $\alpha$ -アミラーゼ、内分泌系の指標としてコルチゾール、免疫系の指標として分泌型免疫グロブリン A (sIgA) を測定した。

統計解析は、ばく露(E: 騒音, 複合)と時間(T: 直前, 直後, 30 分後)を要因とする二元配置型の反復測定分散分析を行った。

### 7 実証実験の結果・考察

図 7 に聴力レベルの結果のうち 1000Hz と 4000Hz の結果を示す。500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz, 8000Hz の 5 つの周波数での両ばく露直前からの差分の最小値～最大値では騒音ばく露直後に 0.6～7.5dB, 複合ばく露直

後に 1.2～6.3dB 程度の低下が認められ、4000Hz においては両耳とも統計学的な有意差は認められないものの騒音ばく露に比べ複合ばく露で若干低下した。

図 8 に平均聴力レベルの結果のうち 4 分法と 6 分法の結果を示す。右耳ではばく露による有意な低下、左耳で騒音ばく露に比べ複合ばく露で有意な低下が認められた。

図 9 に唾液中ホルモンの結果のうちクロモグラニン A 値とそれを蛋白質で補正した値、コルチゾール値、sIgA 値の結果を示す。騒音と複合ばく露直後にクロモグラニン A, sIgA 値とも増加が認められたものの、両ばく露直前の値は複合ばく露より騒音ばく露の方が高く、両ばく露直後の値は両ばく露とも同等であった。

### 8 実証実験のまとめ

実証実験結果をまとめると、若年被験者による実験室実験では、95dB の騒音ばく露よりも 95dB の騒音と 5.60m/s<sup>2</sup> の手腕振動の複合ばく露によって一時的聴力低下が発生する可能性が示唆された。また、両ばく露での変化の違いは更に検討する必要があるが、交感神経系(唾液中クロモグラニン A)が亢進することが示唆された。

### 参考文献

- 1) Pyykkö I, Pekkarinen J, Starck J (1987) Sensory-neural hearing loss during combined noise and vibration exposure. An analysis of risk factors. *Int Arch Occup Environ Health* 59(5), 439-54.
- 2) Pyykkö I, Koskimies K, Starck J, Pekkarinen J, Färkkilä M, Inaba R (1989) Risk factors in the genesis of sensorineural hearing loss in Finnish forestry workers. *Br J Ind Med* 46(7), 439-46.
- 3) Pyykkö I, Starck J, Färkkilä M, Hoikkala M, Korhonen O, Nurminen M (1981) Hand-arm vibration in the

- aetiology of hearing loss in lumberjacks. *Br J Ind Med* 38(3), 281-9.
- 4) Iki M (1984) Noise-induced deafness among forestry workers using vibrating tools (Part 1) Epidemiological study on the relationship between noise exposure and hearing loss. *J Science Labour* 60(5), 203-13 (in Japanese).
  - 5) Iki M (1984) Noise-induced deafness among forestry workers using vibrating tools (Part 2) An association between digital circulatory disturbance and hearing loss. *J Science Labour* 60(5), 215-22 (in Japanese).
  - 6) Starck J, Pekkarinen J, Pyykkö I (1988) Impulse noise and hand-arm vibration in relation to sensory neural hearing loss. *Scand J Work Environ Health* 14(4), 265-71.
  - 7) Iki M, Kurumatani N, Satoh M, Matsuura F, Arai T, Ogata A, Moriyama T (1989) Hearing of forest workers with vibration-induced white finger: a five-year follow-up. *Int Arch Occup Environ Health* 61(7), 437-42.
  - 8) House RA, Sauvé JT, Jiang D (2010) Noise-induced hearing loss in construction workers being assessed for hand-arm vibration syndrome. *Can J Public Health*. 101(3), 226-9.
  - 9) Pettersson H, Burström L, Hagberg M, Lundström R, Nilsson T (2012) Noise and hand-arm vibration exposure in relation to the risk of hearing loss. *Noise Health* 14(59), 159-65..
  - 10) 日本産業衛生学会 (2013) 許容濃度の勧告 (2013 年度). *産業衛生学雑誌* 55(5), 196-7, 204-5.
  - 11) Miyakita T, Miura H, Futatsuka M (1987) An experimental study of the physiological effects of chain saw operation. *Br J Ind Med* 44(1), 41-6.
  - 12) Zhu S, Sakakibara H, Yamada S (1997) Combined effects of hand-arm vibration and noise on temporary threshold shifts of hearing in healthy subjects. *Int Arch Occup Environ Health* 69(6), 433-6.
  - 13) Pettersson H, Burström L, Nilsson T (2011) The effect on the temporary threshold shift in hearing acuity from combined exposure to authentic noise and hand-arm vibration. *Int Arch Occup Environ Health* 84(8), 951-7.