椎茸菌駒打ち作業による作業負担の実験的検討

井上 公基¹⁾, 長谷川徹也²⁾, 神代 雅晴³⁾

1) 日本大学農獣医学部

2) 近畿大学九州工学部

3) 産業医科大学産業生態科学研究所人間工学研究室

Work Load in Culture of Shiitake Mushroom

Kouki INOUE¹⁾, Tetsuya HASEGAWA²⁾ and Masaharu KUMASHIRO³⁾

1) Coll. of Agric. and Vet. Med., Nihon Univ., shimouma, setagaya-ku, Tokyo 154, Japan

2) Kyushu Coll. of Industrial Engineering and Management, Kinki Univ., Kayanomori, Iizuka 820, Japan

3) Dept. of Ergonomics, Institute of Industrial Ecological Sciences, U.O.E.H., Iseigaoka, Yahatanishi-ku, Kitakyushu 807, Japan

Plugging-in of a wood piece for the culture of shiitake mushroom is one of machine-assisted works in forestry, and is achieved by the use of an electric drill. The purpose of this study is to evaluate the effects of this work on the psychophysiological functions of workers. The work consisted of two conditions; working on a work table and working on the bare ground. The work load was examined by multifaceted observation. Results indicated that the CFF and the function of concentration (TAF-test) when compared with pre-work values were not significantly reduced after approximately 50 minutes of work. But the work performance produced a local muscular load due to work in unnatural work postures and the workers feel fatigue due to work itself. However, working on the work table had effects on mitigation on the work load, shortening of the working time and improvement of the work postures.

Key words: Workload, Forestry work, Work posture

1. はじめに

近年、森林作業においても機械化が浸透し、人力のみにたよっていた作業形態から機械を用いた作業形態へと徐々に変貌しつつある。そこで、産業医学、人間工学および労働科学などの領域で用いられている作業負担調査手法の中のいくつかの検査を機械を使用する森林作業に対して適用し、この種の機械化併用作業が生体におよぼす影響を検討することを目的として実験を行った。モデル作業としては、サイクルタイムが短くかつ繰り返し性のある電動ドリルを使用する椎茸菌の駒打ち作業を選定した。椎茸菌の駒打ち作業は、歩行距離が短く作業中ならびに作業の前・後に行う各種機能測定が比較的容易にできることから、モデル作

業として適当であると考えた。作業条件は、作業台を使用せずに地面で作業をさせた場合と原木を置く台ならびに駒打ち作業用の台を使用して作業を行わせた場合との2種類を設定した。前者は椎茸菌の駒打ち作業において一般に行われている作業方法を模したものであり、後者は姿勢負担軽減の観点から椎茸菌の駒打ち作業の問題点をより明確にするために対照作業として設定した作業条件である。

負担の指標に関して、石井(1980)はトラクタ集材作業者の労働負担調査の結果、労働負担は消費エネルギーのみでは判断できないと述べている。Tomlinsonら(1977)は、酸素消費量と心拍数の2種の測定指標を用いて実験式を求めた結果、森林作業における作業負

担との適応性が得られたと述べている。したがって、負担の指標としては複数の指標を用いることが必要と考えられる。さらに豊川ら(1981)は、機械化された森林作業における作業負担の評価には、従来から行われてきた身体的負担の評価手法とともに、精神的負担の評価手法をも導入する必要があると述べている。本研究において選定した椎茸菌の駒打ち作業は、電動ドリルや木づちを使用したサイクルタイムの短いかつ繰り返し性のある作業であることから、作業により精神疲労が誘発されるものと推測される。橋本(1981)は精神疲労の主症状として、生理・心理機能の低下、自覚的疲労感の増大、そして作業量の低下など他覚的疲労症状の3つの側面があると述べている。そこで、作業負担の観点からこれらの3つの側面を考慮して、生体影響の度合を検討した。

2. 実験方法

実験の対象とした椎茸菌の駒打ち作業は、被験者の右側にある原木置場から原木1本を被験者の正面にある作業場まで運び、電気ドリルを使用して1本当たり100個の穴をあけ、椎茸菌の植え込みを行った後、木づちを用いて駒打ちし、左側の原木置場に運ぶ一連の作業である。左右の原木置場は被験者から約50cmの距離とした。過去の報告から単純繰り返し作業においては作業開始後30分程度で、生体の意識水準の低下がおこってくることがMacworth(1969)、西岡(1962)により指摘されている。さらに、斉藤(1973)は単純繰り返し作業では一連続作業時間は長くとも90分を限度とし、休憩ないし待機を10分以上とることを目安にすべきであると述べ、キーパンチ作業に対して一連続穿孔作業時間が60分をこえないようにすることとした労働省通達を評価している。狩野(1968)は、フリッカー値の基準として、測定例の75%が4%の低下率以内にあることが望ましいと述べ、作業時間別にフリッカー値の変動分布をとったところ、ほぼ60分前後で測定例の75%が4%の低下率を割ったと述べている。以上のことから、本実験で対象とした繰り返し作業においても60分以内で作業が終了するように条件設定した。

上記一連の作業を5回繰り返し行わせた。使用した原木の大きさは、平均の長さ103cm(116cmから95cm)、断面の平均直径16.4cm(21.2cmから13.0cm)、平均重量26.6kg(55.0kgから13.3kg)である。

作業台を使用しない条件(以下、台不使用条件と称す)においては、被験者の右側に駒打ち前の原木置場、正面に穴あけおよび駒打ち用作業場、そして左側に駒打ち後の原木置場をそれぞれ地面に配した。(図1参照)

作業台を使用した条件(以下、台使用条件と称す)においては、小原(1971)が立位作業における最適作業台の高さとして90cmを推奨していることから、左右の原木置場に高さ73cmの台を設置するとともに、正面に穴あけおよび駒打ち作業用のY字型をした作業台を設置した。そして、いずれの作業台においても原木をのせるとその上面の高さが約90cmになるようにした。さらに、穴あけの際に使用するドリル操作時において手首に負担が生じることを防ぐために、ドリル先端からグリップ中央までの距離に相当する26cmの踏み台をY字型の作業台の背後に設け、穴あけ作業は踏み台上にて作業させ、駒打ち作業は踏み台を使用しないで作業させた。(図2参照)

調査項目の選定にあたっては、次の点を考慮した。すなわち、本報において対象とした椎茸菌の駒打ち作業は、電動ドリルによる穴あけおよび木づちを用いた駒打ちというサイクルタイムが短くかつ繰り返し性のある精神の集中および筋力を必要とする作業と、原木の運搬という筋力を主体とする作業の大きく2種類の要素が含まれた作業である。そこで、作業において疲労するであろう部位を考慮して、中枢機能、身体機能、そして疲労感の大きく3つに分けてそれぞれに対応する複数の作業負担調査項目を選択した。

図1 シイタケ駒打ち作業(作業台無し)
Culture of shiitake mushroom (without work station)

図2 シイタケ駒打ち作業（作業台有り）
Culture of shiitake mushroom (with work station)

前述の負荷作業に伴う大脳皮質活動水準の変動を把握するために、集中維持機能(TAF)検査(TAF-101, アロカ)およびフリッカー検査(FL-10柴田化学)の2項目を採用した。さらに身体的負担の度合を観察するために、心肺機能検査の一つである肺活量(竹井機器)と心拍数測定(ライフスコープ80EC-3200, ZB-311P送信機, 日本光電, SUPER BASE164B, 1430送信機, 日本電気三栄), 筋力活動として背筋力測定(竹井機器)と握力測定(竹井機器)を行った。また、作業に伴う主観的疲労感の出現度合を観察しようとして、30項目の自覚症状項目に対して○×方式で回答させる日本産業衛生学会・産業疲労研究会作成による「自覚症状しらべ」を用いた。他覚的な負担度合の観察としては、作業時間、出来高調査を通してパフォーマンスの変動を記述し、併せて作業中の作業姿勢の出現頻度について調査した。疲労自覚症状調べの作業前・後の訴え数の変化は χ^2 検定を用い、その他の測定値の経時的変化はT検定を用いて統計的解析を行った。

被験者は、年齢18歳から23歳までの林学科に所属し、実習において椎茸菌の駒打ち作業を経験したことのあ

る一作業条件を同一時間帯内で1回行なった。また、2つの作業条件間で作業前の被験者の状態を同じにするために、同一被験者に対して行う次の作業条件との間には一日の間隔をおき、作業条件の組合せはランダムとした。被験者には実験前日7時間以上の睡眠をとるように指示し、過激な運動等は禁じた。実験当日は午前9時に作業場に集合させ、生体諸機能が安定した時点を見計らって肺活量測定、背筋力測定、握力測定、集中維持機能(TAF)検査、フリッカー検査そして心拍数の安静値を測定し、合わせて疲労自覚症状調査を行い、これらの測定結果を作業前値とした。測定終了後に作業を開始し、作業終了直後、作業終了後30分目および作業終了後60分目に作業前と同一の検査を行った。心拍数は作業中についても連続して測定し、フリッカー検査は、駒打ちした原木を原木置場に運び終わった直後にも測定した。作業中の姿勢はビデオレコーダに記録した。なお、作業を遂行するにあたっては、被験者に早く正確に行うように指示した。

3. 実験結果

(1) 作業時間

台不使用条件および台使用条件における作業開始から作業終了後までの平均作業時間はそれぞれ48.44分、45.54分で、台不使用条件に比較して台使用条件にお

図3 作業中の腰曲げおよび膝曲げ姿勢の出現頻度
Appearance frequency of work postures

る作業時間が有意に短かった ($p < 0.05$).

(2) 作業姿勢

作業中の姿勢を記録したビデオテープの画面を15秒ごとに観察し、腰の曲げ角度と膝の曲げ角度をそれぞれ4段階に分類して、その出現率を観察すると図-3のごとくである。すなわち、台使用条件に比べて台不使用条件における腰曲げおよび膝曲げ姿勢の出現率が大であった。

(3) 集中維持機能(TAF)

作業前・後および回復過程における TAF・D 値の変動を示すと図-4のごとくである。すなわち、台不使用条件および台使用条件のいずれにおいても作業前に比較して作業後の低下が観察され、その後時間の経過とともに TAF・D 値が亢進するパターンを呈していた。しかし、作業前値とその他の測定時点における値を比較検定すると、いずれの条件においても有意の差が認められなかった。さらに、各測定時点における作業条件間の値を比較検定すると、いずれの測定時点においても有意の差が認められなかった。TAF・L 値に

おいても、TAF・D 値と同様にいずれの作業条件においても作業前値と他の測定時点との間に有意の差は認められず、またいずれの測定時点においても作業条件間に有意の差は認められなかった。

(4) フリッカー検査

作業前・後および回復過程におけるフリッカー値の変動を示すと図-5のごとくである。すなわち、台不使用条件においては作業前の値に比べて1本目を原木置場に置き終わった時点で低下率が3.7%を示し、その後4本目の終了時点では低下率が1.9%まで上昇するもののその後徐々に低下し、作業終了時には3.4%、そして作業終了後60分目には6.1%の低下率を示した。一方、台使用条件では作業前に比べて3本目の終了時点における低下率が3.9%と最も大を示した。そして、4本目の終了時点において低下率が0.6%に回復するものの、作業終了時には1.7%の低下率を示し、その後作業終了後30分目まで漸次低下傾向が観察された。作業終了後60分目の低下率は3.2%であった。

作業前・後のフリッカー値を比較すると、いずれの

図4 TAF・Dの変動
Changes in TAF・D values during working hours and recess

図5 作業前値を100%としたフリッカー値の変動
Changes in critical fusion frequency (CFF) during working hours and recess

図6 心拍数の変動
Changes in heart rate during working hours and recess

作業条件においても有意の差は認められなかった。

(5) 心拍数

作業開始から作業終了までの平均心拍数ならびに安静値、作業終了後30分目、および作業終了後60分目の10分当りの平均心拍数を示すと図-6のごとくである。すなわち、台不使用条件における作業中の平均心拍数は106拍/分で、台使用条件における作業中の平均心拍数は105拍/分であった。

平均心拍数は、いずれの測定時点においても作業条件間に有意な差は認められなかった。また、安静値と作業終了後30分目、および作業終了後60分目の平均心拍数を比較すると、いずれの作業条件においても有意な差は認められなかった。

(6) 肺活量および筋力

作業前値を100%として作業後ならびに作業終了後30分目、60分目の肺活量、背筋力および握力の測定結果を示すと図-7のごとくである。すなわち、台不使用条件における肺活量および握力は、作業後および作業終了後の回復過程においても作業前値とほぼ同様の値を示した。背筋力は作業後および作業終了後30分目に作業前の値に比べて4.1%の低下を示し、作業終了後

図7 作業前値を100%とした肺活量, 背筋力, および握力の変動
Changes in vital capacity, back strength and grip strength during working hours and recess

60分目においても作業前値に比べて3.3%の低下を示していた。一方, 台使用条件における肺活量および握力は, 作業前値に比較して作業後および作業終了後の回復過程において値が亢進していた。背筋力は作業前値に比較して作業後において2.1%の低下が観察されたが, 作業終了後30分目には作業前値の水準に回復していた。作業前・後の肺活量と筋力を比較すると, いずれの作業条件においても有意の差は認められなかった。

(7) 疲労自覚症状

疲労自覚症状の症状群別訴え率の順位を観察すると, 台不使用条件における作業前においてのみI群>II群=III群の順で, その他の測定時点ではいずれの作業条件においてもI群>III群>II群の順であった。

両作業条件における30項目の平均訴え率を示すと図一8のごとくである。すなわち, 台不使用条件における作業後の訴え率は, 作業前に比べて6.7%増加し, 作

業終了後60分目においても訴え率は作業前より2.5%大であった。一方, 作業台使用条件における作業後の訴え率は作業前に比べて1.3%の増加を示し, 作業終了後60分目の訴え率は作業前より, 1.2%減少していた。

吉竹(1978)は, 訴え率の多い症状項目を抽出する基準として25%以上が一応の目安になると述べている。そこで, 作業後の時点で25%以上の訴え率を示した症状項目を列挙すると図一9のごとくである。すなわち, 作業前・後の訴え率を比較すると, いずれの作業条件においても「目がつかれる」および「肩がこる」の訴え率が作業前に比較して作業後に12.5%増加していた。「足がだるい」の症状項目に関しては台不使用条件に比べて台使用条件における訴え率の増加が12.5%大であった。一方, 「全身がだるい」, 「頭がぼんやりする」および「腰がいたい」の3項目は, 台使用条件に比べて台不使用条件における作業後の訴え率の増加が25.0%大であった。

図8 疲労自覚症状30項目の平均訴え率
Mean complain rate of subjective fatigue symptoms

いずれの作業条件においても、作業後の症状項目の訴え率を比較すると、有意な差は認められなかった。

4. 考 察

集中維持機能(TAF)検査は、2 mの距離から2.5 cmの光源標的をフォト・トランジスタが内蔵された一点支持の照準眼鏡を持って「1分間狙い、10秒間休む」の動作を3回繰り返すもので、TAF・Lを集中のレベルを表すもの、TAF・Dを集中維持の動揺度を表すものと定めている(Takakuwa, 1962: 高桑ら, 1963)。そして、TAFの低下は作業負担が過度になったための大脳皮質活動水準の低下と報告されている(Kumashiro, 1984: 高桑ら, 1967)。また、フリッカー検査はちらつきの判別閾値を指標とする検査で、フリッカー値は知覚皮質領域の興奮水準、あるいは意識の機能水準を示す生理学的指標であるといわれている(橋本, 1963)。橋本(1972)は、筋疲労という局所的な疲労であっても、大脳の中枢性の疲労と無関係でないと述べている。そこで、本報において得られたTAF値およびフリッカー値の変動を観察すると、いずれの作業条件においても作業後における有意の機能低下は認められなかった。さらに吉竹(1978)は、疲労自覚症状

における症状群別の平均訴え率の順序関係をもとに、「I群>III群>II群」を「一般型」、「I群>II群>III群」を「精神作業型・夜勤型」、そして「III群>I群>II群」を「肉体作業型」として分類している。そこで、作業後の症状群別訴え率の順位から推測すると、本報において対象とした椎茸菌駒打ち作業は、肉体作業というよりも、一般に多くみられる作業に近い性質を有する作業であるといえる。したがって、作業強度が比較的小さく、かつ作業時間が短かったために大脳皮質活動水準の顕著な低下を認めない作業条件であったと推測される。

作業台を使用せずに作業させた条件と作業台を使用して作業させた条件における作業負担を比較すると、台不使用条件における作業後のフリッカー値および背筋力の成績は、有意の低下が認められなかったものの台使用条件に比較して前・後差値が大きく現れた。また、作業後の疲労自覚症状の訴え率を観察すると、台使用条件に比較して台不使用条件における訴え率の増加が大きかった。さらに、台不使用条件における「全身がだるい」、「頭がぼんやりする」および「腰がいたい」の3症状項目の訴え率は、両条件間に有意の差が認められなかったものの台使用条件に比較して訴え率は大を示した。作業中の各種姿勢の出現頻度を観察すると、台不使用条件における腰曲げおよび膝の屈曲角度は台使用条件に比較して大きかった。岡田(1971)は、各種姿勢保持中の筋電図を記録した結果、中腰前傾では体幹と下肢の両者に中等度以上の負荷が観察されたと述べている。また、森岡ら(1977)は姿勢を変えて引っぱり作業をさせた結果、前傾姿勢では僧帽筋、脊柱起立筋、大腿二頭筋そして腓腹筋のいずれの筋群にも収縮活動が観察され、しゃがみ姿勢では僧帽筋と脊柱起立筋に収縮活動が観察されたと述べている。したがって、台不使用条件においては腰背部の筋肉を持続的に使用した結果、腰部および全身の疲労感が増大し、背筋力の低下および機能回復の遅延を招いたものと推測される。一方、台使用条件においては「足がだるい」の症状項目の訴え率が台不使用条件に比較して大であった。作業中の各種姿勢の出現頻度を観察すると、台使用条件における立位姿勢の出現頻度は台不使用条件に比較して大であり、膝曲げや腰曲げ姿勢が少なかった。佐藤(1979)は、下肢を動かすことにより筋疲労の進行を防ぐとともに立位での静脈還流の不利を筋

図9 疲労自覚症状において25%以上の訴え率を示した症状項目
Conditional items with more than 25% complain rate of subjective fatigue symptoms

ポンプの働きで補い、比較的長時間の立位姿勢保持が可能になると述べている。したがって、膝の曲げ伸ばしが少ない立位姿勢保持を50分間課した結果として、被験者は足のだるさを強く訴えていたものと推測される。

不自然な中腰姿勢やしゃがみ姿勢など、局所的な筋を使用しかつ持続的な筋収縮が要求される作業は静的筋作業と呼ばれている。静的筋作業は、消費エネルギーは小さいものの筋への血流が筋肉の持続的収縮により、組織への酸素補給が不十分になる。そして、作業者にとって苦痛が大きく、しかも筋の疲労が生じればその回復は遅いといわれている(遠藤, 1981)。岡田(1971)は、特定の筋負荷に伴う姿勢保持に関して、下肢筋の場合には支持脚の交代や位置の変化等により負担を軽減しうるが、体幹の固定に関与する固有背筋に

においてはこのような自由度がなく、その活動は軽度ないし中等度の前屈作業における作業姿勢保持に不可欠であることから、その負担は大きくなる傾向があると述べている。したがって、原木の移動や、穴あけおよび駒打ちを地面で行う作業においては、たとえ短時間の作業であっても、本実験の対照作業で用いた様な作業台を使用するなどして、不自然な作業姿勢に起因する負担を軽減する必要性があるものと推測される。

以上のごとく、椎茸菌の駒打ち作業を50分間負荷したところ著明な生理・心理機能の低下は認められなかった。しかしながら、自覚的な疲労感、特に悪い作業姿勢により出現したと推測される主観的な疲労症状が観察された。森林作業が機械化導入に伴って単純繰り返し型になっていることから、生理・心理的な作業負担測定手法の重要性が増しているものと思われる。

が、生理的な変化以前にあらわれる主観的負担を指標として作業改善への方策をとることも作業負担軽減対策への重要な課題であると推測される。

本研究においては学生を被験者としたため、実際の駒打ち作業に長年従事している作業者とは作業方法や作業速度に関して違いがあるものと推測される。今後、作業に対する習熟の差違に関しても検討を加えていく必要があるものと考えられる。

なお、本研究の一部は、昭和59年度文部省科学研究費補助金（奨励研究 A）により行われたことを付記する。

文 献

- 遠藤敏夫, 1981: 静的筋疲労の評価, 人間工学, 17(3): 123-127.
- 橋本邦衛, 1963: Flicker 値の生理学的意味と測定上の諸問題—Flicker Test の理論と実際—, 産業医学, 5(9): 563-578.
- 橋本邦衛, 1972: 「疲労」と「疲労感」—疲労の今日的意味—, 公衆衛生, 36(5): 293-300.
- 橋本邦衛, 1981: 精神疲労の検査, 人間工学, 17(3): 107-113.
- 石井邦彦, 1980: トラクター集材作業の労働負担, 日林関東支論, 32: 159-160.
- 狩野広之, 1968: 休憩時間とフリッカー値, 労働科学, 44(1): 32-41.
- 小原二郎, 1971: 暮らしの中の人間工学, 実教出版, 東京: 200pp
- Kumasiro, M., 1984: A mechanism of mental stress on VDT performance, *Ergonomics and Health in Modern Offices*, Taylor & Francis, London: 240-247.
- Mackworth, J. F., 1969: *Vigilance and habituation*, Penguin Books: 福島脩美・井深信男訳, 1975, ヴィジランスと慣れ: 岩崎学術出版社, 東京: 236pp
- 森岡三生, 丸瑠璃子, 1977: 腰曲げ作業における急性局所疲労の発現に関する実験的研究, 第2回姿勢シンポジウム論文集: 173-180.
- 西岡昭, 1962: *Vigilance* に関する心理的学研究, 心理学研究, 33: 154-166.
- 岡田守彦, 1971: 姿勢保持における筋負担, 姿勢シンポジウム論文集: 25-36.
- 斉藤一, 1973: 単調労働に関する研究, 労働科学, 49(2): 47-88.
- 佐藤陽彦, 1979: 立位作業時の姿勢変化, 人類誌, 87(2): 119-123.
- Takakuwa, E., 1962: The function of concentration maintenance (TAF) -as an evaluation of fatigue, *Ergonomics*, 5(1): 37-42.
- 高桑栄松, 高橋正幸, 小泉洸, 助川秀弥, 1963: 集中維持機能(TAF)測定装置について, 日衛誌, 18(2): 241-246.
- 高桑栄松, 土門洋哉, 斎藤和雄, 大中吉人, 井守輝一, 會根徳郎, 1967: 集中維持機能(TAF)に関する研究(X)—大脳皮質活動水準を中心として—, 日衛誌, 22(4): 511-515.
- Tomlinson, R.W. and Manenica, I., 1977: A study of physiological and work study indices of forestry work, *Ergonomics*, 8(3): 165-172.
- 豊川勝生, 石井邦彦, 1981: 林業労働者におけるフリッカー値, 日林関東支論, 33: 161-162.
- 吉竹博, 1978: 産業疲労—自覚症状からのアプローチ, 労働科学研究所, 東京: 181pp

(1987年6月18日受付)