

## 農業機械による騒音と振動の 身体に及ぼす影響

金沢大学長 豊田 文一

### 要 旨

ここ10数年来、農業労働の革命の変革は著しいものがあり、しかもそれが余りにも急激で、農村環境は時にそれに適応し、時に改修しながら今日に至っている。しかも農業の機械化も、その最も大きな問題で、農業従事者の健康を守る上で看過できない事実も明らかにされている。この点に問題を集約すると、騒音と振動の身体に及ぼす影響は極めて重視されるべきものである。

私どもは過去4年間にわたる研究を続けてきた。この研究で指向したことは騒音と振動の物理的条件である。また、農業機械による災害防止を如何にすべきかにもある。

さて、私どもは富山県において昭和45年より51年にわたる7年間で1,811件の事例を調査した。機械別事故構成率はコンバイン、トレーラー、歩行用トラクターで、その66.9%を占めている。性別では男73.0%、女27%、年令的には40才代がピークを示した。事故の時刻的分布では午後に多発しているが、ピークは午前11時にあることが特徴的である。曜日別では日曜、祭日に頻発し $\frac{1}{3}$ がここに集中している。この事実は富山県の専業農家比率は2.8%で、全国比率12.4%に比し極めて低率で、第2種兼業農家84.2%の実態より、いわゆる土日農業を典型的に物語っている。

さて、このような私どもの調査を踏まえながら研究に着手した。それで先ず各機種の騒音レベルdB(A)を歩行型刈取機、乗用型刈取脱穀機、脱穀機60台について測定した所、平均で90 dB 前後である。これは8時間暴露で

日本産業衛生協会の90 dB、ISOの80 dBの許容基準から、継続的に暴露された場合には聴力の低下をもたらすことを意味する。さらに騒音成分はサウンドスペクトログラフによる分析で低周波から高周波までの成分をもつ広帯域音であることと、聴器に最も有害な2,000、3,000、4,000Hzの帯域成分が含まれていることは注目すべきである。

ただ、農業機械の使用は富山県では季節的に集中する傾向にあり、私どもは秋期農繁期の専業農家の60日間の騒音暴露時間を調査した。1日平均で男7.9時間、女7.8時間、8時間以上のもの47%、また1日10時間を超すものも少なくない。これは生産労働者の1日平均と大差はなかった。それで実際圃場において聴力の変動を調査すると、農業機械による1時的聴力損失(TTS)が明らかに認められ、回復まで2~3時間を要した。

それでこの使用者246名について聴力検査を実施、その81名(38%)に聴力低下を認めた。それで機械操作をしないが、傍で作業に従事しているものを傍作業群、操作しているものを作業群、農業機械のみならず勤務先の工場で大きな騒音に暴露されている併用群に分けて検討すると、併用群が最も高く38%、専用群29%、傍作業群26%の順となり、年令的には40才代が最も高く51%で、次いで50才代、30才代、20才代、60才代の順となる。ここで注目すべきは併用群の高いことであり、勤務先の騒音の影響も加わるため、最も高率となったのであろう。

そこで、正常聴力の20才女子5名について

騒音90~95dB(農業機械の騒音、成分は高音漸傾型の広帯域騒音)を5分間負荷し、ベケシー型オーディオメーターで、負荷停止後8分間記録した。その結果、TTSは限界強度まできている。次に作業中、会話聴取が如何に影響されるか語音明瞭度の検索も行った。その実験成績では、騒音レベルが70~80 dB以下におさえないと会話聴取率の低下をきたすことが証明され、農業機械騒音による情報伝達の阻害が災害につながる可能性が推測された。

さらに、どの程度の騒音が中枢機能の抑制や生体行動に対する妨害効果が起こり易いか検討した。まず騒音を負荷してフリッカー値の測定を行った。22才~26才の男子学生6名を用いトラクターエンジン騒音70dB、90dBを負荷した。この成績では70dBでも90dBで20分間の作業後、ほとんど差はない。フリッカー値の低下は大半にみられたが、個人差は認められ上昇したものもある。この事実より大脳の活動水準(興奮あるいは覚醒水準)には抑制的にも、刺激的にも70dBと90dBと余り大きな相違はなかったと考えてよい。次いで周辺視選択反応を行って研究を進めた。これは追跡トラッキングで、読み取りのエラーカウントを計測する。この結果、騒音負荷により、エラーカウントの増大が証明された。以上のことは騒音負荷により、実験中網膜から視神経を通り、視覚神経中枢に至る全視覚系の興奮性を示し、大脳中枢の興奮は、緊張度の一指標として、騒音負荷の影響を示しているものである。

さらに研究を進め、振動病の病態生理において自律神経系の態度が注目されていることから交感神経の緊張亢進状態の存在が推測される。それで騒音により血管運動神経に如何なる影響があるか実験を行った。それで指先皮膚温を示標として、末梢循環の変動を観察した。21~23才の健康な男子5名、ヘッドホーンを通じて106dB、2,000Hzの純音を3分間被検者に負荷した。皮膚温は最初の1分間

で急激に低下し、続く2分間はその低下緩やかであった。その低下は左手約1.8℃、右手約1.4℃で、負荷終了後徐々に上昇を始め、約6分間でほぼ元の値にもどり、実験前の値を上まわった。これは直接手先の血管に作用するのではなく、大きい音が聴器に作用し、時に不快刺激を引き起こし、自律神経中枢に作用し交感神経を興奮させ、このため血管運動神経も同時に興奮し、末梢血管が収縮し、手指皮膚血流が減少、皮膚温の低下をきたすものとする。この機序は上位中枢を介しての反応である。

次に振動について述べる。ここに記述する振動は農業機械に関するもので、振動量は力学量であり、これは振幅と周波数によって規定される。この測定は振動加速度を前後、上下、左右について同時記録することと、その周波数分析に主眼をおいた。そこで3方向成分のストレートゲージ型加速素子を封入したピックアップを試作させ(ST型)、ラジオテレメーターによる遠隔測定を試みた。歩行型トラクター(ヤンマーYC 5,400cc)のゴムタイヤ使用のロータリーによる代かき時のハンドル実測例では、加速度振幅は前後方向で最も大で、左右方向では小さい。周波数分析成分として前後方向では可なり高周波成分まで含まれているが、左右方向ではそれが少ない。それで全体として振幅が小さくなっていることが示される。

次に乗用型耕耘機における全身振動の計測を行った。測定方法は測定用ボックスを座席の上におき、その上に操作者が坐る方法を採用した。垂直及び水平方向の振動が測定されるよう振動加速ピックアップが内蔵されている。操作者2名、2回にわたって耕耘機を操作させ、荒かき30分間行わせた。その測定成績は振動レベル(VL)では垂直振動では耕耘、路上走行ともに約98dBVLの値をとる。耕耘機の排気量、操作者の違いによるレベルの差はない。水平振動の前後方向、左右方向

ともに約86dB VLで、垂直振動より約12dB VL低い値をとる。IS-2631の基準によれば、垂直振動では約2時間、水平振動では約5時間の連続使用許容量となっている。そのため、私どもの調査した農繁期の使用時間約8時間という数値から考えても耕耘機を使用するとき時間規制等の措置が必要である。振動加速度レベル(AL)は全身振動としては、ほとんど人体に影響を及ぼさない60 Hz以上の周波数も一様に計測され、そのレベルの変動は、測定条件の変化に必要以上に影響されやすい。このため人体に対する振動評価という点からあまり望ましくない。周波数スペクトルについては垂直振動では10 Hz以下の低周波数成分が主である。これに対し、水平振動は50Hz以上の周波数成分が主体となっている。人体の振動感覚から考えて垂直振動による影響は水平振動より大である。

そこで耕耘機使用者の自覚症状は、私どもの調査で、主なものは腰、背中がいたい、単調であきがる、肩がこる、胃腸の調子が悪くなる、手が腫れぼったくなる、食欲がなくなる、頭がぼんやりする、眼がいたい、気疲れするなどである。

それで振動が入力される部位により生体反応が異なると考え、まずハンドル操作に伴う手から入手される振動の影響を実験室内で生理学的および感覚のパラメーターを使用して研究を行った。その方法は一時的に変動する末梢循環機能、末梢深部機能、末梢表在知覚、末梢運動機能にみられる一過性の域値変動(TTS)を測定した。手に対する振動負荷(周波数125Hz、振動加速度120dB)を2分間と6分間暴露とした。その成績は指先皮膚温は負荷終了後2分間群では、約3.1℃、6分間群では約1.9℃低下し、負荷時間の短い群に低下が大きい。しかし回復時間は、負荷の長い群は遅い。また、ハンドル把持の強い程低下は大きい。さらに指先振動感覚(125Hz)は負荷終了後15.2dBの上昇をみた。その回復過程

は時間の対数軸に直線的な関係を有している。指先痛覚(注射筒式)の域値は、振動負荷により、その終了後は前値の2~4倍に上昇し、前値の2.3gに対し6.3gになった。指タッピング(10秒間)の回数には、ほとんど影響はみられなかった。次に前腕の表面筋電図を指標として作業後の腕のしびれや異和感の起こる要因を検討した。その結果は、筋疲労時の変化によく類似している。その徐波成分の増加は、自己受容インパルスの減少であり、これと機序を同じくすれば、筋紡錘の伸展受容器としての影響が考えられ、興味ある事実である。

そこで永年農業機械を操作したものと、使用しないものの差はどうであろうか。これには明らかに測定値の差のある項目が多かった。各種項目について検索したが、指先容積脈波は負荷後、対照群では上昇を示すが、症例群(農業機械使用者)では逆に負荷前より低くなる場合が大部分を占めていた。爪圧迫テストでは、左右の爪を10秒間強く圧迫し、色調が回復する時間であるが、対照群では全例2秒以下であるが、症例群では2秒を超え、5秒にも及ぶものがある。中指背例での皮膚温度では症例群の平均温度は低く、負荷後の低下率も大きい傾向を示した。つまり草刈機、耕耘機などの使用により、末梢の循環機能、神経機能の永久低下が、程度の差こそあれ存在していることが察せられる。

さらに私どもは振動の聴力に及ぼす影響について実験を行った。これには電気マッサージ器を用い、その電動子は振動周波数50~100 Hz、振動加速度100~130dBで両手で軽く5分間握らせた。ベケシー型オーディオメーターを使用し検査を行ったところ、聴力の低下が認められたが、騒音におけるより程度が軽かった。これは生体の共振動により内耳の血行障害と思われる。ただ受傷性に個人差があり、これは騒音負荷の場合と共通するものもあり、相反する場合もあった。なお、同様の方法で振動と騒音を同時に負荷したときは、



単独のみのときよりも大であり、この両者の相乗効果の存在が考えられる。この場合に低音域と高音域の両方に影響が大であり、聴覚障害の出現の可能性が示唆される。

一方、すべての作業活動は脳の情報処理過程の上に成立する。騒音、振動、動揺などの環境因子の影響も無視できない。この実験は耕耘機に連続したトレーラ上に坐した場合、連続フリッカー値のちらつき融合域値とちらつき弁別域値を連続測定すると同時に、左右視野に無作為に出現する数字の選別反応の応答時間を測定した。条件は負荷作業時間10～15分。振動は座面で約110dB、騒音は90dB前後とした。騒音のみの場合、フリッカー値は余り変化を示さなかったが、無負荷時の成績に比べて遅延応答の出現率の増加する傾向を認めた。すなわち騒音、振動同時負荷の場合、フリッカー値のうち、ちらつき弁別域値の低下、融合域値の上昇が有意に示され、一つには加振動による視認力の低下が関与していると推測される。また、選別反応時間の延長応答の出現率も騒音のみの場合より著しく多い結果をえた。

さてここで考えを進め、古くから振動病は手腕の症状が主たるものであるが、研究者の報告によると平衡感覚、すなわちめまい、またはメニール病様症状を訴えるものも少なくないと記述されている。これは騒音及び振動が、内耳に影響をもたらし、蝸牛と前庭器に障害を与える可能性が考えられる。そこでこれに対する実験を行った。平衡機能は触覚、筋感覚、関節感覚、腿感覚、内臓感覚などと視器ならびに前庭機能の協同作業により保たれるものであるが、そのうち最も重要なものは前庭器である。それでこの測定方法の一つである身体動揺について実験を行った。この方法は身体重心の動揺を軌跡化したもので、装置は重心動揺計（アニマ社製5301）を用いた。騒音90～95dB、振動は周波数50～100Hz、加速度レベル110～130dB、坐位で電動子を軽

く握らせた。

成績は騒音負荷では負荷前に比し動揺距離が長くなる傾向があったが、有意の差は認められなかった。振動と騒音同時負荷では、開眼時、閉眼時ではむしろ距離が短くなる傾向を示した。すなわち、重心動揺距離を示標とした場合、平衡機能への影響は否定的という解釈も成り立つが、聴力の一時的域値変動でみられた感覚上昇の現象もあり、これと同質の距離短縮とも考えられる。故に騒音と振動の負荷は内耳への影響は否定することができない。ただ、これらの実験において個人差の大なることがわかった。

さて、今回の報告は、主として田植機、脱穀機、コンバインなどの研究に指向したが、身体に及ぼす影響のうち振動病の発生は稀であった。しかし、チェンソー、穴あけドリル、草刈機、バインダーについての研究を進めており、これらによって振動病の発生が、私ども共同研究者により明らかにされている。今後の研究に期待している。

以上、農業機械の騒音と振動の身体に及ぼす影響について、現在までの成績を報告したが、この一時的影響も永久的影響へと推移する可能性を看過することができない。他方、作業中の災害事故発生も、騒音、振動の関与は十分察知される。それ故に私どものこの成果を踏まえて、機械自身の騒音と振動に対する製作過程において格段の工夫が望まれる。

しかし先に述べたような健康に及ぼす影響は認められるものの、機械化は農業の近代化に大きな役割を果たしたことを忘れてはならない。また、災害発生は操作者側にも機械に対する正確な知識に欠けていることも、各種調査で指摘されている所であり、私どもは本研究において事実は事実として報告したものであり、日本の農業の発展のため、一つの啓蒙の資料として役立てば幸いである。

注：本稿は昭和53年10月12日、新潟で開催された日本農村医学会第27回総会での宿題報告としての講演要旨です。