

個人ばく露測定用ポンプの装着位置および形状が作業のしやすさに及ぼす影響†

岩切 一幸*1*5, 鷹屋 光俊*2*6, 山田 丸 *2*6, 加藤 伸之*2*7, 外山 みどり*3*5, 小山 冬樹*4*5

本研究では、個人ばく露測定用ポンプの装着位置および形状が作業のしやすさに及ぼす影響について検討した。被験者は男性 18 名とした。ポンプの装着位置は 3 条件（腰の位置：体の前面、側面、後面）、形状は 5 条件（縦と横の寸法：①20×10cm, ②15×10cm, ③10×10cm, ④10×15cm, ⑤10×20cm）とした。被験者には作業姿勢の異なる 6 つの模擬作業（立位×2, 座位×2, シャがんだ姿勢×2）にて、主観的な作業のしやすさを回答させた。実験の結果、縦長のポンプは、体の前面に装着して座位とシャがんだ姿勢にて作業する場合に作業の邪魔になった。しかし、ポンプを体の側面と後面に装着する場合、ポンプの形状の違いは、作業のしやすさに影響しなかった。ポンプの装着位置は、作業姿勢ごとに邪魔にならない適切な位置があった。これらのことから、ポンプによる作業のしやすさには、今回設定したポンプの形状よりも装着位置が大きく影響し、その装着位置を適切に設定することが重要と考えられた。

キーワード: ばく露測定, ポンプ, 装着位置, 形状, 作業のしやすさ

1. はじめに

有害な化学物質や粉じんなどのばく露が懸念される労働現場では、作業環境測定を行い、作業者の健康を損ねない値に有害物質の濃度が収まるように職場環境を改善する必要がある¹⁾。しかしながら、作業者に対するばく露量は、発生源から作業者までの距離や作業時間などによって異なり、作業内容や有害物質の性質によっては、作業環境測定のみで十分に危険性を把握できない場合がある¹⁻⁴⁾。このような時間的・空間的な問題などから、欧米諸国では、作業者自身に捕集装置（サンプラー）を取り付けて、作業者のばく露値を測定する個人ばく露測定が広く行われている^{5,6)}。一方、我が国では、個人ばく露測定はあまり行われず^{5,6)}、作業環境測定が主に行われてきた。しかしながら、近年、化学物質のリスクアセスメントが義務化されたことから⁷⁾、我が国でも個人ばく露測定によるリスク評価の必要性が高まっている⁴⁾。

個人ばく露測定は、ポンプなどの動力を用いずに化学物質などを吸着捕集するパッシブサンプリング法と、ポンプを取り付けて強制的に空気を吸引するアクティブサンプリング法の二つに大別できる^{8,9)}。パッシブサンプリング法⁸⁾は、比較的小型のサンプラーを胸の位置に装着するのみであるため、作業の障害にはならない。一方、アクティブサンプリング法⁹⁾は、サンプラーに加えてポ

ンプやチューブを装着する必要がある。特にポンプの装着位置や形状により作業者の負担は異なる。この個人ばく露測定用ポンプは、メーカーや用途により形状が異なり、また装着位置も様々である。NIOSH（米国国立安全衛生研究所）¹⁰⁾、ACGIH（米国産業衛生専門家会議）¹¹⁾、AIHA（米国産業衛生協会）¹²⁾、HSE（英国安全衛生庁）¹³⁾、日本産業衛生学会⁵⁾などから、個人ばく露測定に関するマニュアルやガイドラインなどが出されているが、それらに個人ばく露測定用ポンプの装着位置や形状に関する記述はない。また、先行研究においても、ポンプの装着位置や形状が、作業のしやすさに及ぼす影響については明らかにされていない。さらに、メーカーにおいても、個人ばく露測定用ポンプの装着位置や形状に関する検証は行われていない。作業や用途に合ったポンプの装着位置や形状を提案することは、作業のしやすさや負担を軽減するとともに、ポンプ使用者の増大にもつながることから、個人ばく露測定を推進する上で重要と考える。

そこで本研究では、萌芽的研究として、個人ばく露測定用ポンプの装着位置および形状が作業のしやすさに及ぼす影響について検討した。

2. 方法

1) 被験者

被験者は、右利きの年齢 20～49 歳（平均±標準偏差：29.4±9.6 歳）の男性 18 名とした。彼らの身長は 173.9±5.5 cm（165.7～184.6 cm）、BMI は 21.9±2.9（17.3～26.4）、腹囲（胴回り）は 79.2±7.4 cm（68.5～91.0 cm）であった。そのうち個人ばく露測定用ポンプの使用経験者は 4 名、運転免許の所持者は 13 名であった。

2) 実験条件

実験条件は、ポンプ装着位置 3 条件、ポンプ形状 5 条件、模擬作業 6 条件の計 90 条件とした。ポンプ装着位

† 本報は作業環境、第 40 巻、第 1 号、PP.37-47、2019 の記述の一部を加筆修正し、まとめ直したものである。

*1 労働安全衛生総合研究所 産業疫学研究グループ

*2 労働安全衛生総合研究所 作業環境研究グループ

*3 労働安全衛生総合研究所 人間工学研究グループ

*4 千葉大学大学院

*5 現所属 労働安全衛生総合研究所 人間工学研究グループ

*6 現所属 労働安全衛生総合研究所 化学物質情報管理研究センター
ばく露評価研究部

*7 現所属 京都大学大学院工学研究科

連絡先：〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾 6-21-1

労働安全衛生総合研究所 産業疫学研究グループ 岩切一幸*

E-mail: iwakiri@h.jniosh.johas.go.jp

置は、ベルトの位置にて、体の前面（腹部左側）、側面（体側左側）、後面（腰背部中央）とした。一般的にポンプを後面に装着する場合は、腰背部の右側または左側に装着するが、本実験では予備実験にて背もたれのある椅子に座らせた場合に（下記の運転作業）、腰背部の右側または左側にポンプがあると姿勢が不安定となり、著しく不快であったことから、ポンプの後面位置は腰背部の中央とした。ポンプ形状（縦×横の寸法）は、①20×10cm、②15×10cm、③10×10cm、④10×15cm、⑤10×20cmとし、いずれも奥行は6cm、重量は500gとした（図1）。

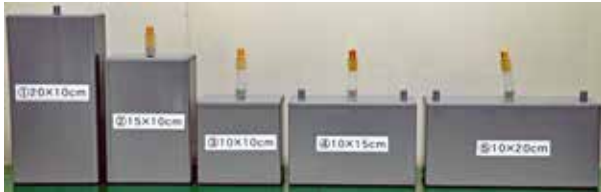


図1 模擬ポンプの形状

これらのポンプ形状は、国内および国外において既に市販されている製品を参考にモデル化した。ポンプにはチューブ（アズワン、シリコンチューブ内径5mm・外径11mm）とサンプラー（柴田科学、NWPS-254）を装着した。模擬作業は、1) 立位姿勢での粉体詰め込み作業、2) 座位姿勢での運転作業、3) 立位姿勢での前面研磨作業（作業位置は肩の高さ）、4) 座位姿勢での下方面研磨作業（作業位置は座面）、5) しゃがんだ姿勢での前面研磨作業（作業位置は肩より低い位置）、6) しゃがんだ姿勢での下方面研磨作業（作業位置は床面）とした（図2）。これらの模擬作業は、様々な作業がある中で、我々が労働災害調査や現場調査などで遭遇した^{14,15)}、有害物質のばく露リスクの高い作業などを元に類型化した。しゃがんだ姿勢は、全て左片膝付きとした。

模擬的な粉体詰め込み作業は、立位姿勢のまま被験者の右側にある容器から左側の容器に粉体を模したパイプ素材（パイプ枕に入っているストロー状のもの）を、右手に持った柄杓を使って詰め込む作業とした。模擬的な運転作業は、フォークリフトの運転を模して、肘掛けが

なく背もたれのある椅子に座って、ハンドル操作を模倣する作業とした。椅子に座る時は、背もたれに寄り掛かかる姿勢とした。また、フォークリフトの後進時を想定した右後ろを振り向く姿勢と、積載中の前進時を想定した右前や左前をのぞき込む姿勢もとるようにした。模擬的な研磨作業は、電気ディスクグラインダ（日立工機、FG10SS2）の本体を右手で持ち、左手でサイドハンドル部分を持って、前面研磨作業では上下に、下方面研磨作業では前後にグラインダを動かす作業とした。グラインダは、安全を考慮して稼働させなかった。

3) 評価項目

評価項目は、作業のしやすさに関連する以下の4つの主観的評価項目とし、4件法にて評価した。これらの項目は、予備実験にて被験者に自由に回答してもらった結果をカテゴリー化して作成した。また予備実験では、ポンプの形状および装着位置を変えて血圧、心電図、筋電図などの生理学的な評価指標を測定したが、それらに違いは認められなかった。さらに、ポンプの形状や装着位置の違いによる粉体詰め込み作業回数を検討したが、ポンプの装着位置や形状にて差はなかった。その他、動作分析についても検討したが、作業のしやすさと動作との関係は十分に明らかになっていないことから、本研究では割愛した。

- [1] ポンプが手の動きの邪魔（障害）になると感じる程度（以下、手の動きと記載）
 - 1. 邪魔にならない
 - 2. 少し邪魔になる
 - 3. ある程度邪魔になる
 - 4. 大変邪魔になる
- [2] ポンプが作業姿勢を保つのに邪魔（障害）になると感じる程度（以下、作業姿勢と記載）
 - 1. 邪魔にならない
 - 2. 少し邪魔になる
 - 3. ある程度邪魔になる
 - 4. 大変邪魔になる
- [3] ポンプが体を圧迫して邪魔（障害）になると感じる程度（以下、圧迫感と記載）
 - 1. 邪魔にならない
 - 2. 少し邪魔になる
 - 3. ある程度邪魔になる
 - 4. 大変邪魔になる
- [4] チューブが気になる（作業への集中を阻害すると



1) 立位での粉体詰め込み作業 2) 座位での運転作業
 3) 立位での前面研磨作業 4) 座位での下方面研磨作業
 5) しゃがんだ姿勢での前面研磨作業 6) しゃがんだ姿勢での下方面研磨作業

図2 模擬作業

感じる)程度(以下、チューブと記載)

1. 気にならない
2. 少し気になる
3. ある程度気になる
4. 大変気になる

4) 測定手順

実験は、2018年2月に、室温22℃・相対湿度30%のシールドルーム内にて行った。被験者の服装は、作業ジャケット、ズボン、作業靴とした。サンプラーは、作業ジャケットの左襟に装着した。サンプラーとポンプを繋ぐチューブは、被験者ごとに長さを調節した。ポンプを前面と側面に装着する場合、チューブは体の前面にて体に這わせた長さとし、同じ長さのものを使用した。ポンプを後面に装着する場合、チューブは体の後面にて体に這わせた長さより10cm程度長くして、背中に1箇所クリップ止めをした。

実験では、まず被験者の身長、体重、血圧などを測定し、その後模擬作業の練習を行い、一定の休憩後に測定を開始した。実験条件は被験者ごとにランダムとし、各条件の実施時間は約1分とした。これは、予備実験にて1分、5分、15分、30分、45分、60分と作業を実施し、作業のしやすさの変化を検討したが、大きな違いはなかったことから、最短の1分を採用した。主観評価は、作業の後半に、実験者が口頭で質問し、被験者も口頭で回答する形式とした。実験条件間には1分間程度の休憩を設け、一人当たりの実験時間は約3時間であった。

本研究は、労働安全衛生総合研究所研究倫理審査委員会の承認を得て実施した(通知番号:H2907)。被験者には、個人情報保護、予測される危険と対策、実験参加の撤回自由などを十分に説明した上で、実験参加同意書に署名してもらった。

5) 統計解析

評価項目は、「邪魔にならない/気にならない」を1.0、「少し邪魔になる/少し気になる」を2.0、「ある程度邪魔になる/ある程度気になる」を3.0、「大変邪魔になる/大変気になる」を4.0とし、各模擬作業におけるポンプの形状ごとに、ポンプの装着位置(3水準)をフリードマン検定にて解析した。また、ポンプの形状(5水準)

についてもフリードマン検定にて解析した。フリードマン検定は、反復測定による一元配置分散分析に相当するノンパラメトリック検定である。フリードマン検定にて有意差が得られた場合は、水準間の比較をウィルコクソンの符号付順位検定にて多重比較した。多重比較検定の有意確率は、ボンフェローニ補正にて調整した。ポンプの装着位置では、多重比較を3回行ったことから、得られた有意確率を3倍した。ポンプの形状では、多重比較を10回行ったことから、得られた有意確率を10倍した。さらに、各模擬作業の測定項目ごとに、評価項目(y)と被験者の身長(x₁)および腹囲(x₂)との関係を重回帰分析にて解析した。これらの統計解析にはIBM SPSS ver.22を用い、統計的有意差は危険率5%未満とした。

3. 結果

1) 立位姿勢での粉体詰め込み作業

【作業姿勢の評価項目】

ポンプの装着位置は、いずれのポンプ形状においても、体側面の装着が作業姿勢、この場合左手の位置を保つのに少し邪魔であった(図3)。しかしながら、前面および後面の装着は邪魔ではなかった。ポンプの形状は、体の側面に装着した場合、①20×10cmのポンプと③10×10cmのポンプの間に有意差が認められたが、形状間に大きな差はなかった。

【手の動き、圧迫感、チューブの評価項目】

ポンプの装着位置および形状において各水準間に有意差は認められず、いずれの値も約1.0(邪魔にならない/気にならない)であった。

2) 座位姿勢での運転作業

【作業姿勢の評価項目】

ポンプの装着位置は、いずれのポンプ形状においても、体後面の装着が作業姿勢を保つのに最も邪魔であり、次いで前面の装着が邪魔であった(図4)。しかしながら、側面の装着は邪魔ではなかった。ポンプの形状は、体の前面に装着した場合、縦10cmの③10×10cm、④10×

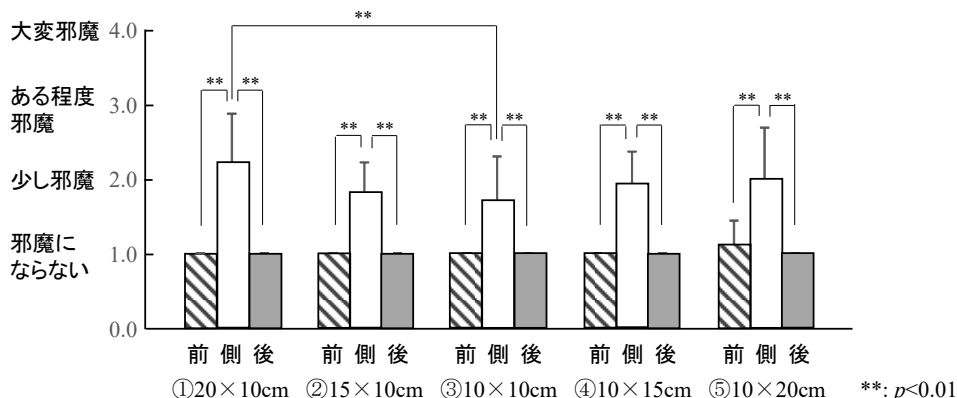


図3 立位での粉体詰め込み作業におけるポンプが作業姿勢を保つのに邪魔になると感じる程度

15cm, ⑤10×20cm のポンプが, ①20×10cm のポンプほど邪魔ではなかった.

【圧迫感の評価項目】

圧迫感の評価項目は, 作業姿勢の評価項目と同様の傾向と数値を示した. それに加え, ポンプを体の後面に装着した場合, ③10×10cm のポンプと①20×10cm および④10×15cm のポンプの間に有意差が認められたが, 形状間に大きな差はなかった.

【手の動き, チューブの評価項目】

ポンプの装着位置および形状において各水準間に有意差は認められず, いずれの値も約 1.0 (邪魔にならない/気にならない) を示した.

3) 立位姿勢での前面研磨作業

【手の動き, 作業姿勢, 圧迫感, チューブの評価項目】

ポンプの装着位置および形状において各水準間に有意差は認められず, いずれの値も約 1.0 (邪魔にならない/気にならない) であった.

4) 座位姿勢での下方面研磨作業

【作業姿勢の評価項目】

ポンプの装着位置は, ①20×10cm, ②15×10cm, ③10×10cm のポンプにおける体前面の装着が, 作業姿勢を保つのに邪魔であった (図 5). しかしながら, 側面および後面の装着は邪魔ではなかった. また, ④10×15cm および⑤10×20cm のポンプにおいても同様の傾向を示した. ポンプの形状は, 体の前面に装着した場合, 縦 10cm の③10×10cm, ④10×15cm, ⑤10×20cm のポンプが, ①20×10cm のポンプほど邪魔ではなかった.

【圧迫感の評価項目】

圧迫感の評価項目は, 作業姿勢の評価項目と同様の傾向と数値を示した.

【チューブの評価項目】

いずれのポンプ形状においても, ポンプを体前面に装着した場合, チューブが少し気になった (前面平均: 1.6 ± 0.7). 一方, ポンプを側面および後面に装着した場合, チューブは気にならなかった (側面平均: 1.0 ± 0.0, 後面平均: 1.0 ± 0.0).

【手の動きの評価項目】

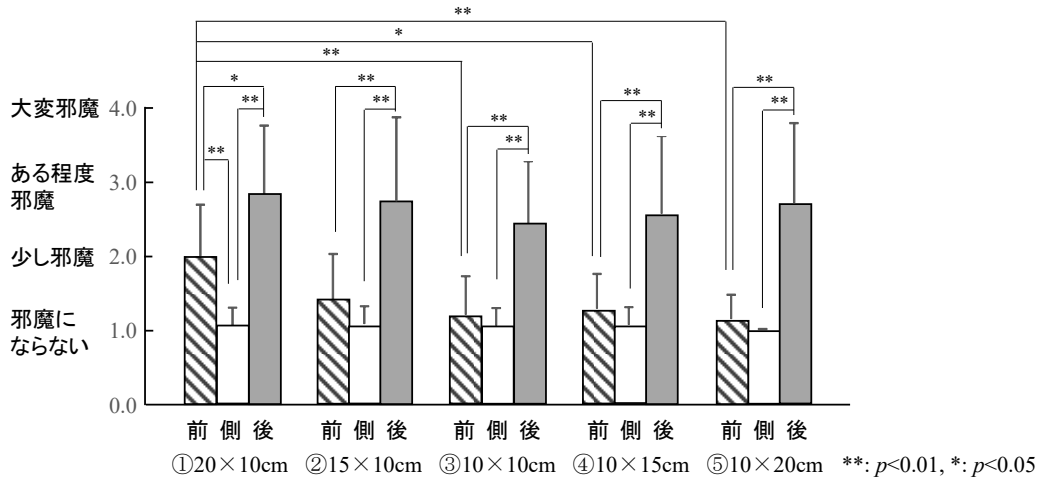


図 4 座位での運転作業におけるポンプが作業姿勢を保つのに邪魔になると感じる程度

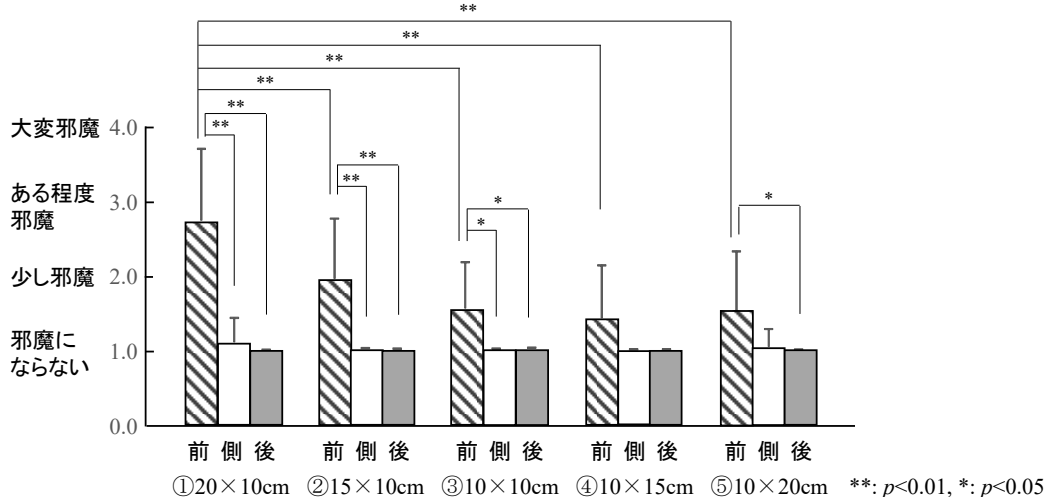


図 5 座位での下方面研磨作業におけるポンプが作業姿勢を保つのに邪魔になると感じる程度

ポンプの装着位置および形状において各水準間に有意差は認められず、いずれの値も約 1.0 (邪魔にならない) を示した。

5) シャがんだ姿勢での前面研磨作業

【作業姿勢の評価項目】

ポンプの装着位置は、①20×10cm および②15×10cm のポンプにおける体前面の装着が、作業姿勢を保つのに邪魔であった (図 6)。しかしながら、側面および後面の装着は邪魔ではなかった。ポンプの形状は、体の前面に装着した場合、縦 10cm の④10×15cm および⑤10×20cm のポンプが、①20×10cm のポンプほど邪魔ではなかった。

【圧迫感の評価項目】

圧迫感の評価項目は、作業姿勢の評価項目と同様の傾向と数値を示した。

【手の動き、チューブの評価項目】

ポンプの装着位置および形状において各水準間に有意差は認められず、いずれの値も約 1.0 (邪魔にならない/気にならない) であった。

6) シャがんだ姿勢での下方面研磨作業

【作業姿勢の評価項目】

ポンプの装着位置は、①20×10cm および②15×10cm のポンプにおける体前面の装着が、作業姿勢を保つのに邪魔であった (図 7)。しかしながら、側面および後面の装着は邪魔ではなかった。ポンプの形状は、体の前面に装着した場合、縦 10cm の③10×10cm、④10×15cm、⑤10×20cm のポンプが、①20×10cm のポンプほど邪魔ではなかった。

【圧迫感の評価項目】

圧迫感の評価項目は、作業姿勢の評価項目と同様の傾向と数値を示した。

【チューブの評価項目】

チューブは、①20×10cm のポンプを体前面に装着した場合、少し気になったが (①の前面: 1.5±0.7)、それ以外は約 1.0 (気にならない) を示した。

【手の動きの評価項目】

ポンプの装着位置および形状において各水準間に有意差は認められず、いずれの値も約 1.0 (邪魔にならない) であった。

7) 身長および腹囲と評価項目との関係

重回帰分析の結果、座位での運転作業において、②15×10cm のポンプを体側面に装着する場合、チューブが気になる程度と被験者の身長および腹囲との間に有意な

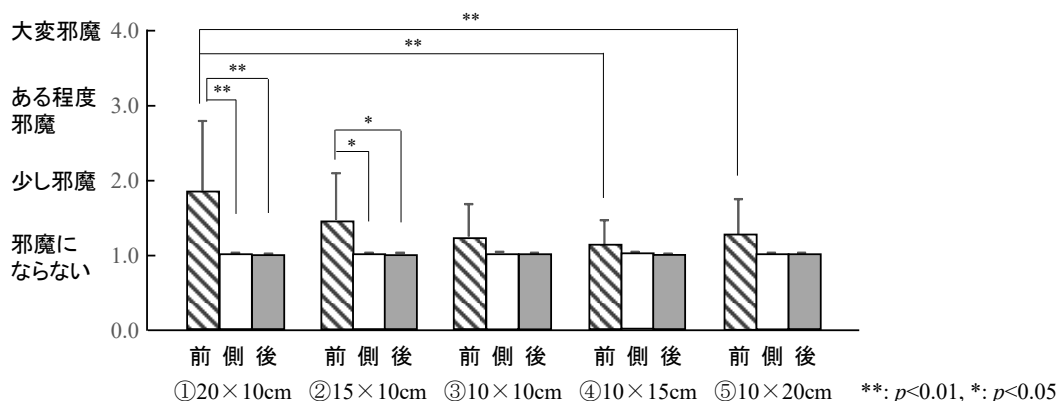


図 6 シャがんだ姿勢での前面研磨作業におけるポンプが作業姿勢を保つのに邪魔になると感じる程度

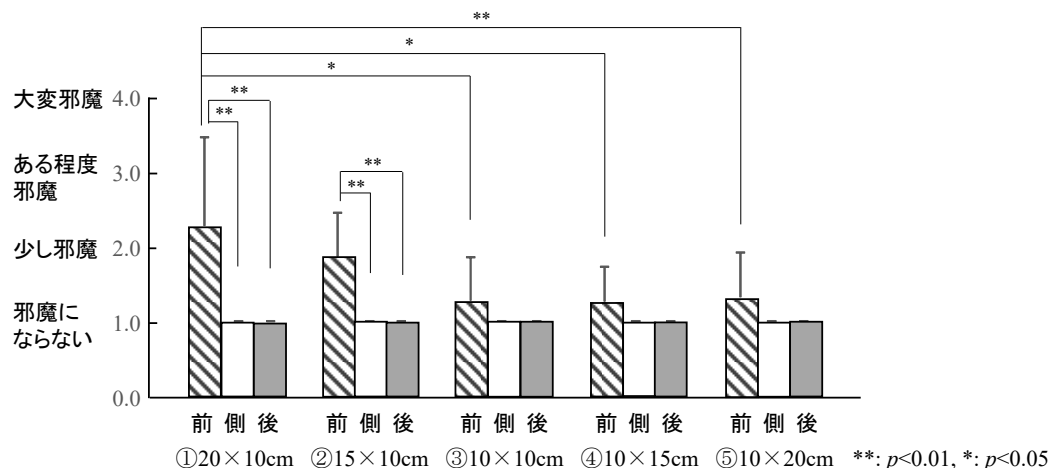


図 7 シャがんだ姿勢での下方面研磨作業におけるポンプが作業姿勢を保つのに邪魔になると感じる程度

相関関係が認められた ($y=0.001x_1+0.032x_2-1.522$, $R^2=0.376$, $p=0.029$, 身長 x_1 : $\beta=0.014$, $p=0.948$, 腹囲 x_2 : $\beta=0.612$, $p=0.009$). シャがんだ姿勢での前面研磨作業においても, ③10×10cm のポンプを体の前面に装着する場合, 体を圧迫して邪魔になる程度と被験者の身長および腹囲との間に有意な相関関係が認められた ($y=0.039x_1+0.015x_2+6.807$, $R^2=0.373$, $p=0.030$, 身長 x_1 : $\beta=-0.557$, $p=0.016$, 腹囲 x_2 : $\beta=0.281$, $p=0.191$). また, シャがんだ姿勢での下方面研磨作業においては, ⑤10×20cm のポンプを身体の前面に装着した場合, 体を圧迫して邪魔になる程度と被験者の身長および腹囲との間に有意な相関関係が認められた ($y=0.031x_1+0.055x_2+2.516$, $R^2=0.488$, $p=0.007$, 身長 x_1 : $\beta=-0.276$, $p=0.156$, 腹囲 x_2 : $\beta=0.656$, $p=0.003$). しかしながら, それら以外の条件においては, 有意な相関関係は認められず, ポンプの装着位置や形状と被験者の身長および腹囲との間に一貫性のある結果は得られなかった。

4. 考察

立位での粉体詰め込み作業では, ポンプを左側面に装着した場合, 全ての形状において, ポンプは作業姿勢を保つのに少し邪魔になった。これは, 左手の位置にポンプがあったため, 手のやり場に困ったためと考えられる。一方, ポンプを前面と後面に装着した場合, いずれの形状においても, ポンプは作業のしやすさに影響しなかった。ポンプの形状に関しては, 体の側面に装着した場合, ①20×10cm のポンプと③10×10cm のポンプの間に有意差が認められたが, 形状間に大きな差はなかったことから, 形状による影響は小さいものと考えられる。これらのことから, この作業では, ポンプの形状に関わらず, 体の前面または後面にポンプを装着するのが適切と考えられる。

座位での運転作業では, ポンプを後面に装着した場合, 全ての形状において, ポンプは作業姿勢を保つのに邪魔になり, また体を圧迫して邪魔になった。これは, ポンプが椅子の背もたれと体に挟まれることで局所的に圧力が高まり, かつその部分でしか体を支えられないことで不安定になったためと考えられる。ポンプを前面に装着した場合, 縦長の①20×10cm および②15×10cm のポンプは作業姿勢を保つのに邪魔になり, また体を圧迫して邪魔になった。これは, 縦長のポンプが腹部や大腿部に当たって圧迫し, 運転作業における右前や左前をのぞき込む姿勢の変化を妨げていたためと考えられる。しかしながら, 縦10cm の③～⑤のポンプでは, 体の前面に装着しても邪魔ではなかった。この点については今後さらに検討する必要があるが, 縦10cm 以下のポンプであれば, 座位での運転作業において, 体の前面に装着しても邪魔にならないと思われる。ポンプを側面に装着した場合, いずれの形状においても, ポンプは作業のしやすさに影響しなかった。このことから, この作業では, ポン

プの形状に関わらず, 体の側面にポンプを装着するのが適切と考えられる。

立位での研磨作業では, いずれのポンプ装着位置および形状においても, ポンプやチューブは邪魔ではなかった。これは, 両腕を肩の位置に上げた姿勢での作業であったため, 腰の高さに装着したポンプが前面, 側面, 後面のいずれの位置であっても, 作業を邪魔することはなかったためと考えられる。このことから, この作業では, ポンプの形状および装着位置はいずれでも良いと考えられる。

座位での下方面研磨作業では, ポンプを前面に装着した場合, 全ての形状において, ポンプは作業姿勢を保つのに邪魔になる傾向を示し, また体を圧迫して邪魔になった。特に縦長の①20×10cm のポンプにおいて, その傾向は強かった。さらに, チューブも気になり, 作業への集中を阻害した。これは, 縦長のポンプが腹部や大腿部に当たって圧迫し, また前傾姿勢になるのを妨げていたためと考えられる。また, チューブに関しては, 前傾姿勢をとることでチューブが前側にたわみ, 視界に入り込んだため, 気になったと考えられる。一方, ポンプを側面と後面に装着した場合, いずれの形状においても, ポンプは作業のしやすさに影響しなかった。このことから, この作業では, ポンプの形状に関わらず, 体の側面または後面にポンプを装着するのが適切と考えられる。

シャがんだ姿勢での前面研磨作業および下方面研磨作業では, ポンプを前面に装着した場合, 縦長の①20×10cm および②15×10cm のポンプにおいて, ポンプは作業姿勢を保つのに邪魔になり, また体を圧迫して邪魔になった。縦10cm の③～⑤のポンプでは, ①および②のポンプほどではないが, 被験者により少し邪魔になると感じる者がいた。これらは, 座位での下方面研磨作業と同様に, 縦長のポンプが腹部や大腿部に当たって圧迫し, また前傾姿勢になるのを妨げていたためと考えられる。一方, ポンプを側面と後面に装着した場合, いずれの形状においても, ポンプは作業のしやすさに影響しなかった。このことから, この作業でも, ポンプの形状に関わらず, 体の側面または後面にポンプを装着するのが適切と考えられる。

表1に, 本研究で得られた結果を基に総合的に判断した推奨するポンプの装着位置および形状の組み合わせを作業ごとに示す。ポンプの装着位置に関しては, ポンプを体の後面に装着した場合, 背もたれのある椅子に座る作業以外であれば, ポンプの形状に関わらず, ポンプは作業の邪魔にならないと思われる。しかしながら, 一人でポンプやチューブを後面に装着するのは困難であり, この場合, 別途装着を手伝う者が必要になる。一方, ポンプを体の前面または側面に装着する場合, ポンプが邪魔になる装着位置が作業姿勢ごとにあった。しかしながら, 邪魔になった作業姿勢は前面と側面で異なっており, また前面と側面ではチューブも同じ長さのものを使用すれば取り替える必要はない。このことから, この場合は, ポンプの位置を前面や側面に流動的に変えながら使用す

表 1 推奨するポンプの装着位置および形状の組み合わせ

作業内容	ポンプの 装着位置	ポンプの形状(縦×横)				
		①20×10cm	②15×10cm	③10×10cm	④10×15cm	⑤10×20cm
1)立位での粉体詰め込み作業	前面	○	○	○	○	○
	側面	×	×	×	×	×
	後面	○	○	○	○	○
2)座位での運転作業	前面	×	×	△	△	△
	側面	○	○	○	○	○
	後面	×	×	×	×	×
3)立位での前面研磨作業	前面	○	○	○	○	○
	側面	○	○	○	○	○
	後面	○	○	○	○	○
4)座位での下方面研磨作業	前面	×	×	×	×	×
	側面	○	○	○	○	○
	後面	○	○	○	○	○
5)しゃがんだ姿勢での前面研磨作業	前面	×	×	△	△	△
	側面	○	○	○	○	○
	後面	○	○	○	○	○
6)しゃがんだ姿勢での下方面研磨作業	前面	×	×	△	△	△
	側面	○	○	○	○	○
	後面	○	○	○	○	○

○:使用を推奨する, △:できれば使用を避けた方がよい, ×:使用を推奨しない

るのが良いと思われる。この使用方法では、位置を変える手間はかかるが、作業員一人でポンプやチューブを装着できる。これらのことから、ポンプは、前面や側面に流動的に変えながら使用するか、または後面に固定して使用するのが良いと思われ、それぞれの利点と欠点を考慮し、用途に合わせて使用する必要があると考える。ポンプの形状に関しては、前傾姿勢となる座位およびしゃがんだ姿勢において、ポンプを体前面に装着した場合、縦10cmを超える①および②のポンプが作業の邪魔になった。しかしながら、縦10cm以下の③～⑤のポンプであれば、作業の邪魔にならなかった。ポンプを体側面および後面に装着する場合は、ポンプの形状の影響はなかった。

今回の被験者は、165.7～184.6 cmの身長であり、68.5～91.0 cmの腹囲であった。ポンプの装着位置や形状と被験者の身長および腹囲との間に一貫性のある結果は得られなかった。このことから、これらの身長および腹囲の範囲の者であれば、今回の結果が当てはまると考えられる。しかしながら、近年、労働現場では、女性作業員が増えている。女性の身長は、一般的に今回の被験者の身長より低い¹⁶⁾。縦長のポンプだけではなく、縦10cmのポンプであっても作業の障害になる可能性がある。このことから、身長の低い作業員に関しては、さらなる検討が必要と考える。また、極端に腹囲の大きな作業員に関しても、さらなる検討が必要と考える。その他、ポンプの装着方法は、ベルト以外にも、肩からの吊り下げや胸の部分への装着などがある。今回の結果は、ベルト以

外の装着方法には当てはまらない可能性がある。例えば、肩からの吊り下げの場合、縦長のポンプよりも、横長のポンプの方が邪魔になるかもしれない。このことから、ベルト以外の装着方法については、別途検討する必要があると考える。その他、今回の結果がポンプ以外の装置や工具にも当てはまるかについては、今回使用したポンプの形状に類似すれば同様の結果が予想されるが、工具などの形状が大きく異なるものに関しては別途検討が必要と考える。

5. まとめ

本研究では、ポンプの装着位置・形状と作業のしやすさとの関係について検討した。本研究の身長および腹囲の範囲の者がポンプをベルト位置に装着して使用するのであれば、縦10cmを超える縦長のポンプは、体の前面に装着して座位やしゃがんだ姿勢にて作業する場合に邪魔になった。しかしながら、それ以外であれば、ポンプの形状の違いは、作業のしやすさに影響しなかった。これらのことから、本実験で使用したポンプ形状の範囲に限るものの、縦長のポンプを体の前面に装着して座位やしゃがんだ姿勢にて作業する場合を除き、ポンプの作業のしやすさは、ポンプの形状よりも装着位置が大きく影響し、その装着位置を適切に設定することが重要と考えられた。

参 考 文 献

- 1) 保科一. 作業環境測定士のための個人ばく露濃度の測定と評価①作業環境測定と個人ばく露濃度測定. 作業環境. 2013: 34(1): 85-89.
- 2) 小西淑人. 個人ばく露測定の手法と活用. 働く人の安全と健康. 2001: 52(8): 743-746.
- 3) 名古屋俊士. 作業環境における個人ばく露測定に関する実証的検証事業. 第 53 回日本労働衛生工学会・第 34 回作業環境測定研究発表会抄録集. 2013: 198-203.
- 4) 田吹光司郎. 個人ばく露測定の実施状況及びばく露測定定着のための課題について. 労働衛生工学. 2015: 54: 77-83.
- 5) 産業衛生学会産業衛生技術部会. 化学物質の個人ばく露測定ガイドライン. 産業衛生学雑誌. 2015: 57: A13-A60.
- 6) 橋本晴男. 化学物質の個人ばく露測定ガイドラインについて. 労働衛生工学. 2016: 55: 43-48.
- 7) 厚生労働省. 化学物質等による危険性又は有害性等の調査等に関する指針について. 平成 27 年 9 月 18 日 基発 0918 第 3 号.
- 8) 山田憲一. 化学物質のサンプリング②パッシブサンプリング(1). 作業環境. 2013: 34(2): 79-89.
- 9) 菅野誠一郎. 化学物質のサンプリング①アクティブサンプリングによる化学物質の捕集. 作業環境. 2013: 34(1): 70-74.
- 10) Leidel NA, Busch KA, Lynch JR. Occupational exposure sampling strategy manual (NIOSH) Publication No. 77-173. Washington DC, Government Printing Office. 1977.
- 11) American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Air sampling instruments for evaluation of atmospheric contaminants. 9th Edition, ACGIH. Ohio. 2001.
- 12) American Industrial Hygiene Association. A strategy for assessing and managing occupational exposures. Bullock WH and Ignacio JS, 3rd ed. 2006.
- 13) Health and Safety Executive. Methods for the determination of hazardous substances. 96 volatile organic compounds in air (4). HSE books. 2000.
- 14) 鷹屋光俊, 芹田富美雄, 他. 多層カーボンナノチューブ製造工場における気中粒子の測定及び炭素分析 1-袋詰め作業-. 産業衛生学雑誌. 2010: 52(4): 182-188.
- 15) 独立行政法人労働安全衛生総合研究所. 災害調査報告書 A-2014-04. 平成 26 年 12 月. Retrieved July 27, 2018, available from https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/pdf/saigai_houkoku_2014_05.pdf#zoom=100
- 16) 厚生労働省. 平成 28 年国民健康・栄養調査報告. 第 2 部身体状況調査の結果.