

ばく露リスク低減措置 事例集

独立行政法人 労働者健康安全機構
労働安全衛生総合研究所

目 次

全体換気によるばく露リスク低減措置

- ・造船所における溶接ヒュームのばく露低減措置 粉じん 1

局所排気装置によるばく露リスク低減措置

- ・自動車製造工程における溶接ヒュームの発生源対策 粉じん 2
- ・金属加工現場における溶接ヒュームのばく露防止対策 粉じん 3
- ・機械製作作業場における金属研磨粉じんばく露の防止対策 粉じん 4
- ・吸引トーチの支持補助 粉じん ガス 5
- ・金属加工現場における金属研磨粉じんばく露の防止対策 粉じん 6
- ・遮光カーテンと外付け式フードを併用したオゾンばく露の抑制 ガス 7
- ・円形スロットフードの付設による、投入作業時における粉じん発散の抑制 粉じん 8
- ・排気と送気を併用した粉体秤量作業における粉じん対策 粉じん 9
- ・排気と送気を併用した溶接作業におけるヒューム対策 粉じん 10
- ・囲い式フードによる食品添加物調合作業時のばく露抑制（1） ガス ミスト 11
- ・囲い式フードによる食品添加物調合作業時のばく露抑制（2） ガス ミスト 12
- ・上方吸引型外付け式フードとカーテンの併用による有機溶剤のばく露抑制 ガス 13
- ・吸引ノズルの改造（発生源周りへの囲いの取付け）による有機溶剤ばく露の抑制 ガス 14
- ・上方吸引型外付け式フードの増設による有機溶剤ばく露の抑制 ガス 15
- ・下方吸引型外付け式フード（換気作業台）による木材粉じんばく露の抑制 粉じん 16
- ・スロットフード（吹き出し および 吸引）の増設による研磨粉じん（木材粉じん）
へのばく露の抑制 粉じん 17
- ・換気機能付き解剖台によるホルムアルデヒドばく露の防止対策 ガス 18
- ・局所排気装置等による有機溶剤ばく露の防止対策 ガス 19
- ・集じん機の付設による切削粉じんばく露の防止対策 粉じん 20
- ・集じん機の付設による金属研磨粉じんばく露の防止対策 粉じん 21
- ・装着型集じん機による研磨粉じん（木材粉じん）ばく露の防止対策 粉じん 22
- ・卓上設置型の下方吸引型外付け式フードによる研磨粉じんばく露の防止対策 粉じん 23
- ・ハンドレスト一体型フードによる有機溶剤ばく露の抑制 ガス 24
- ・手持ち式吸じんドリル（集じんドリル）によるコンクリート研削粉じんの抑制 粉じん 25
- ・排気機能付き研削工具（タックポイントングアングルグラインダー）による
モルタル粉じんばく露の抑制 粉じん 26
- ・給気マニホールドによる補助気流を利用した囲い式フードの捕集能力の向上 粉じん ガス 27
- ・溶接作業用集じん機を流用したナノ粒子の発じん抑制 ナノ粒子 28
- ・換気作業台（下方吸引）を併用した溶接作業用ブースの排気効果の向上 粉じん ガス ナノ粒子 29
- ・排気フードの付設による粉体混合容器からの発じん抑制 粉じん 30

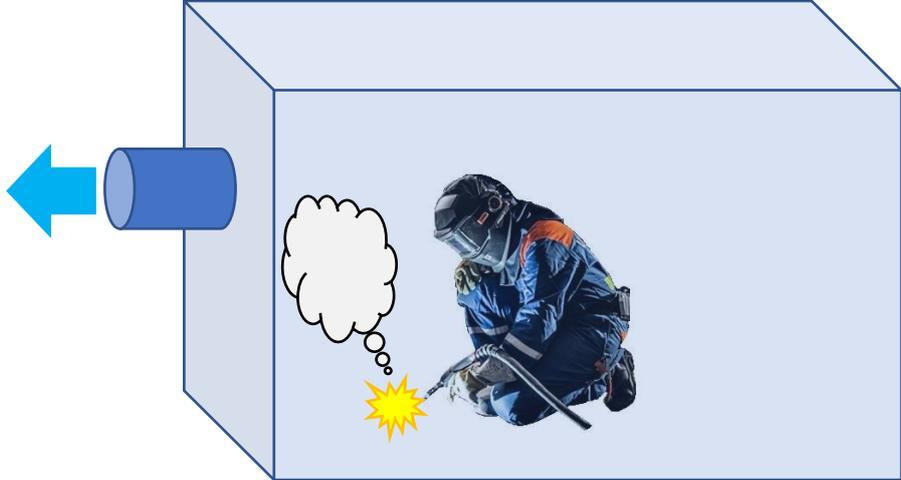
- ・給排気機能付き作業ブースによる、粉体原料取扱い作業時の粉じんばく露の防止 粉じん 31

プッシュプル型換気装置によるばく露リスク低減措置

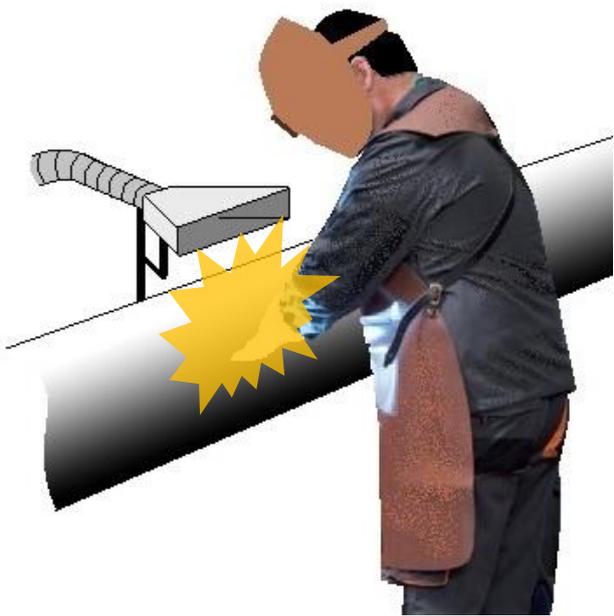
- ・建設工事用資材の試験業務における粉じんばく露防止対策 粉じん 32
- ・総合病院の洗浄滅菌室におけるエチレンオキシドガス（EOG）へのばく露防止対策 ガス 33
- ・解剖実習室におけるホルムアルデヒドへのばく露防止対策 ガス 34
- ・産業車両工場の溶接作業場における粉じんばく露防止対策 粉じん 35
- ・縦置きスロットフード（送気）を用いた後流抑制によるばく露の抑制 粉じん ガス 36

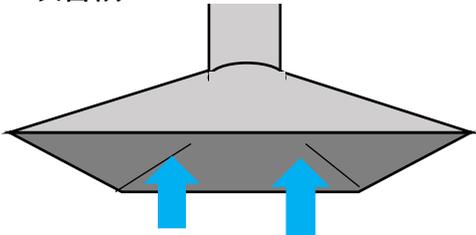
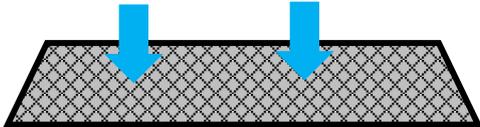
その他の方法によるばく露リスク低減措置

- ・作業員への清浄空気の送風による粉じんばく露の低減 粉じん 37
- ・作業姿勢の改善による粉じんばく露の低減 粉じん 38
- ・送風（一様流）による粉じんばく露の低減 粉じん 39
- ・磁力による研磨粉じん（磁性金属粉じん）ばく露の防止対策 粉じん 40
- ・ドアはめ込み式ファンを利用した、喫煙室からの煙漏煙による受動喫煙の防止 タバコ煙 41
- ・送風機と排気フードを併用した、無扉式喫煙室からの煙漏煙による受動喫煙の防止 タバコ煙 42
- ・小型卓上ファンを利用した、飲食店従業員の受動喫煙の防止 タバコ煙 43
- ・エアシャワーと作業場の入念な清掃による作業員のベリリウム感作の抑制 粉じん 44
- ・溶接施工法（溶接ワイヤ）の見直しによる溶接ヒュームの発生量の低減化 粉じん 45
- ・装着型小型送風機による溶接ヒュームばく露の抑制 粉じん 46
- ・湿式研磨による石材粉じん（鉱物性粉じん）の発散抑制 粉じん 47
- ・湿式研磨作業台による石材粉じん（鉱物性粉じん）の発散抑制 粉じん 48
- ・スタッド溶接における作業姿勢の改善によるヒュームばく露の低減 粉じん 49
- ・散水機能を備えたはつり機によるコンクリート研削粉じんばく露の抑制 粉じん 50
- ・手洗いによる付着ナノ粒子の除去 ナノ粒子 51
- ・天井設置型の空気清浄機を用いた感染飛沫へのばく露の抑制 粉じん ミスト ナノ粒子 52
- ・労働者への教育指導・啓蒙活動によるニッケルばく露の低減化 粉じん 53

番号	G - 1
改善事例名	造船所における溶接ヒュームのばく露低減措置
作業名	狭隘な構造物内におけるアーク溶接作業
有害物質	溶接ヒューム
改善法	空気の攪拌によるばく露濃度の低減化
改善の概要	<div style="text-align: center;">  <p>改善措置 前</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>改善措置 後</p> </div> <p>小型のファンを溶接作業が行われる構造物内に設置し、内部の空気を攪拌する。</p>
改善の効果	攪拌により、作業者のヒュームばく露濃度がほぼ半減した。
備考	空間内の汚染物質（この場合はヒューム）の濃度を均一に近付けることにより全体換気の効率が高まるので、これによってある程度のばく露濃度の低下が期待できる。ただし、攪拌気流が直接ヒュームを空間外へ排出させる訳ではない。

番号	L - 1							
改善事例名	自動車製造工程における溶接ヒュームの発生源対策							
作業名	炭酸ガスアーク溶接による板金溶接作業							
有害物質	溶接ヒューム							
改善法	自動溶接機と集じん機の併用							
改善の概要	<p>自動溶接機</p> <p>吸引ダクト</p> <p>取り付け</p> <p>集じん機 (本体)</p> <p>自動溶接機のトーチ先端部分に集じん機の吸引ダクトの先端部分を取り付け、ヒュームを発生源（アーク点）の近傍において吸引・捕集する。</p>							
改善の効果	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>取り付け 前</th> <th>取り付け 後</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>自動溶接機の周囲における粉じん濃度</td> <td>2.33 mg/m³</td> <td>0.25 mg/m³</td> </tr> </tbody> </table>			取り付け 前	取り付け 後	自動溶接機の周囲における粉じん濃度	2.33 mg/m ³	0.25 mg/m ³
	取り付け 前	取り付け 後						
自動溶接機の周囲における粉じん濃度	2.33 mg/m ³	0.25 mg/m ³						
備考	<p>常にアーク点から上方数センチ距離の位置で吸引を行うため、小排風量でありながら高い捕集効果を得ることが出来る。</p> <p>炭酸ガスアーク溶接の場合、アーク点近傍における気流はシールドを破壊して溶接欠陥を起こす原因となるので、アーク点における気流が 0.3~0.5 m/sec となるよう、集じん機の排風量を調節する。</p>							

番号	L-2		
改善事例名	金属加工現場における溶接ヒュームのばく露防止対策		
作業名	ガスアーク溶接による金属パイプの溶接作業		
有害物質	溶接ヒューム		
改善法	溶接用ポータブルLEV（可搬式の小型集じん装置）の適用		
改善の概要	<p>アーク点の近傍にポータブルLEVのフードを設置して、発生した溶接ヒュームを少ない排风量で効果的に吸引する。</p>   <p>溶接用ポータブルLEV</p> <p>持ち運び可能な本体内にHEPAフィルター、ファン、モーターを内蔵する。フード（外付け式）は、専用スタンド、クリップ、マグネット等で任意の位置に固定できる。</p>		
改善の効果		適用前	適用後
	溶接ヒュームのばく露濃度（ただしMnとして）	97 μm^3	46 μm^3
備考	複数の機種（主に海外製品）が市販されている。移動範囲が少ない小規模の溶接作業に対して効果を発揮する。上図のフードはスロットタイプだが、直径10cm程度の円形開口フードもある。基本的な構造は、一般的なハンダ吸煙器とほぼ同じである。		

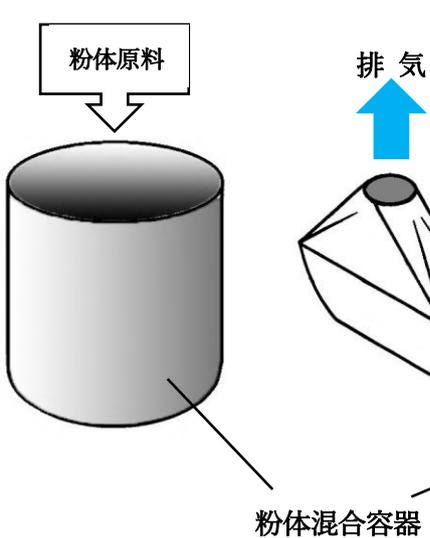
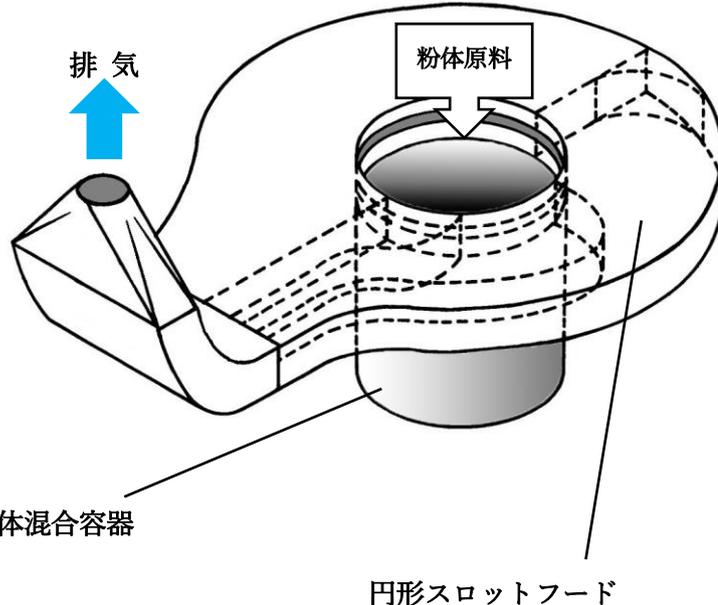
番号	L - 3							
改善事例名	機械製造作業場における金属研磨粉じんばく露の防止対策							
作業名	手持ち式グラインダーによる金属部材の研磨作業							
有害物質	金属粉じん							
改善法	上方吸引の外付け式フードを下方吸引方式に変更する							
改善の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>改善前</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>改善後（床面の一部から吸引）</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;">   </div>							
改善の効果	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>適用 前</th> <th>適用 後</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>発生源近傍の粉じん濃度</td> <td>0.45 mg/m³</td> <td>0.15 mg/m³ 以下</td> </tr> </tbody> </table>			適用 前	適用 後	発生源近傍の粉じん濃度	0.45 mg/m ³	0.15 mg/m ³ 以下
	適用 前	適用 後						
発生源近傍の粉じん濃度	0.45 mg/m ³	0.15 mg/m ³ 以下						
備考	<p>手持ち式グラインダーから発生する吸入性の研磨粉じんは、グラインダーの回転砥石が巻き起こす強い気流に伴って拡散するが、閃光を発生して一方向に飛散する粗大粒子（粒径数十～数百μm）の飛散方向とは、必ずしも一致しない。吸入性の研磨粉じんを効果的に吸引するには、グラインダーが起こす気流を、スモーク・テスターなどを用いて目視確認し、その気流が向かう先の位置に吸引口を設けると良い。研磨粉じんには、被研削物だけでなく、砥石に由来する物質も含まれる。</p>							

番号	L-4
改善事例名	吸引トーチの支持補助
作業名	アーク溶接
有害物質	溶接ヒューム
改善法	吸引トーチを、サスペンダーやブーム等の作業用具とスリングによって作業者頭上から懸垂・保持し、作業者の腕の重量負担を軽減させて、作業性の向上を図る。
改善の概要	
改善の効果	一般に吸引トーチによるヒュームの捕集効果は高いが、通常の溶接トーチと比べて重量がかさみ作業性を低下させるため、現場では使用が敬遠される傾向がある。適当な作業用具と併用して作業者の腕への負荷を軽減させれば、このような吸引トーチの難点がある程度解消することが期待できる。
備考	吸引トーチの捕集効果はトーチの角度によって変化する。ヒュームはアークが発する高い熱によって上方に拡散するので、吸引トーチの吸引口がアーク点の直上に位置したときに吸引トーチの効果は最大となり、直下に位置したときに最小となる。また、アーク先端部からのシールドガスの吐出が吸引を妨げるので、シールドガス流量が 30 l/min を超えると、吸引トーチの効果は急激に低下する。

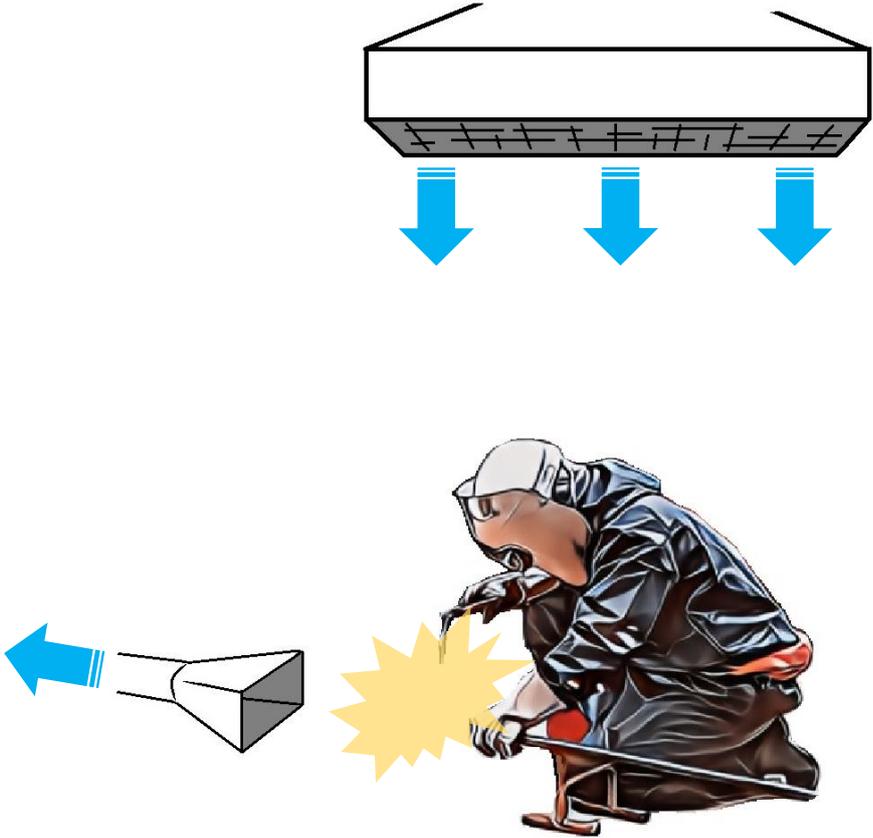
番号	L-5
改善事例名	金属加工現場における金属研磨粉じんばく露の防止対策
作業名	両頭グラインダーによる金属部材の研磨作業
有害物質	金属粉じん
改善法	グラインダー・カバーおよびワークレスト下部からの排気と、カバーの隙間から作業者の手前方向に噴き出す気流（円盤砥石の高速回転が起こす気流で、研磨粉じんを含んでいることから随伴流とも呼ばれる）の遮蔽プレートの取り付け。
改善の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>改善前</p>  <p>カバーと砥石の隙間から強い気流が矢印方向に噴き出す。この気流には研磨粉じんが含まれるため、気流の方向先の位置に立つ作業者は必然的に高濃度の研磨粉じんを身に受けることになる。</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>改善後</p>  <p>カバーと砥石の隙間を可能な限り塞ぎ、そこから噴き出す気流を遮断する（図中点線）。またカバーの上部およびワークレストの下部から吸引を行って研磨粉じんが作業者呼吸域へ侵入することを抑制する。</p> </div> </div>
改善の効果	両頭グラインダーに上記の改造を施すことで、吸入性の研磨粉じんの濃度を改造前の約1/7に低減させることが出来た。
備考	<p>詳細については、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>B.Innes. Floor stand grinder ventilation requirement. Trans.Amer.Foundry. Society. 76 (140), 321-344; 1974.</p>

;

番号	L-6
改善事例名	遮光カーテンと外付け式フードを併用したオゾンばく露の抑制
作業名	アルミニウム MIG 溶接
有害物質	オゾン
改善法	オゾンの成因となる紫外線を遮るカーテンで作業エリアを囲って作業者の周囲に放射する紫外線をカットすることで、作業者周囲の空間におけるオゾンの生成を抑える。同時に、外付け式フードを併用する事により、アーク点近傍で発生・拡散するオゾンとヒュームを吸引する。
改善の概要	<p>The diagram illustrates the improvement method. A worker wearing a blue shirt and a brown apron is performing MIG welding on a metal plate. The worker is wearing a grey protective hood. To the left, a blue external hood is positioned to capture fumes. A semi-transparent yellow light shield is set up around the work area, supported by blue pillars. The shield is held in place by a blue external hood. The worker is positioned behind the shield, and the welding arc is visible through the shield. Labels in the diagram include '外付け式フード' (external hood), '半透明の遮光カーテン' (semi-transparent light shield), and '支柱' (pillar).</p>
改善の効果	作業者の呼吸域におけるオゾン濃度が 0.3 ppm から ほぼ 0 ppm にまで低減した。
備考	<p>遮光カーテンは作業台の四隅に立てた 4 本の支柱によって固定されている（上図では作業者の手前側の左右 2 本のみ記入）。カーテンは、作業台の左右端と上部に張られ、アーク点を 3 方向から囲む形で設置されている（上図では作業者の左側のカーテンのみ記入）。こうして、カーテンが囲い式フードのような機能を果たし、外付け式フードの排気効果を高めている。</p> <p>溶接ヒュームはアーク点で発生するが、オゾンの生成場所は紫外線の影響が及ぶ空間範囲である。遮光カーテンでアーク点周囲を囲い紫外線の放射する空間を狭めることによりオゾンの生成を抑え、近隣作業者へのオゾンばく露を抑制する。</p>

番号	L-7				
改善事例名	円形スロットフードの付設による、投入作業時における粉じん発散の抑制				
作業名	粉体投入作業				
有害物質	酸化鉄、酸化クロムおよびカーボンブラックの混合粉体原料				
改善法	円形スロットフードによって、混合・攪拌容器の投入口から発生する粉じんを吸引除去する。				
改善の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>改善前</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>改善後</p>  </div> </div> <p>円形スロットフードの開口部（吸引口）を、粉体混合容器の上部開口面の周囲に合わせるように（周囲を取り囲むように）付設する。粉体原料の投入時に発生する粉じんを、容器上部の周囲から吸引する。</p>				
改善の効果	<p>粉体混合容器の上部開口面（投入口）近傍における総粉じんの濃度が、当初の約1%にまで低減した。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>改善前</th> <th>改善後</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">133.54 mg/m³</td> <td style="text-align: center;">1.37 mg/m³</td> </tr> </tbody> </table>	改善前	改善後	133.54 mg/m ³	1.37 mg/m ³
改善前	改善後				
133.54 mg/m ³	1.37 mg/m ³				
備考	<p>詳細については、下記の文献（英文）を参照。 T Iwasaki, J Ojima. Design of a Circular Slot Hood for a Local Exhaust System and its Application to a Miming Process for Fine Particles and Organic Solvents. Ind.Health 35 (1), 135-142 ; 1997.</p>				

番号	L - 8
改善事例名	排気と送気を併用した粉体秤量作業における粉じん対策
作業名	粉体原料の秤量（調合）作業
有害物質	穀物由来の有機粉じん
改善法	粉じん発生源（秤量容器）の手前と奥の二カ所にスロットフードの開口を設けて排気を行い、さらに作業者の頭上から濾過した清浄空気の送気も行って、秤量容器の周囲に発散する粉じんを効果的に捕集・吸引する。
改善の概要	<div style="text-align: center;"> </div> <p>開口面における送気、吸引（Slot A）、吸引（Slot B）の風速は、それぞれが 0.175 m/s, 1 m/s, 2 m/s となるように調整して使用している。</p>
改善の効果	上記の改善措置により、秤量作業者の粉じんばく露濃度は 42mg/m ³ から 0.08mg/m ³ にまで低下し、顕著な効果が認められた。
備考	<p>詳細については、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>K Heinonen, I Kulmala, A Saamanen. Local Ventilation for Powder Handling – Combination of Local Supply and Exhaust Air. AIHA Journal 57, 356-364 ; 1996.</p>

番号	L - 9
改善事例名	排気と送気を併用した溶接作業におけるヒューム対策
作業名	溶接作業
有害物質	溶接ヒューム
改善法	アーク点の近傍に側方吸引の外付け式フードを設置して排気を行い、さらに作業者の頭上から周囲より2～4℃ 低い清浄空気の送気も行って、ヒュームの呼吸域内侵入を効果的に抑制する。
改善の概要	
改善の効果	上記の改善方法を紹介している VTT フィンランド技術研究センター（同国で応用研究を行っている最大の研究技術会社および研究センター）で行われた効果検証実験では、作業者のヒュームばく露濃度が改善措置前の5～10%にまで低減した。ただし、この実験結果を記した報告書には、溶接方法、送気風速、排気流量、ヒューム濃度測定法 等の記載がないため、実験の詳細は不明。
備考	VTT が 1996 年に発行した以下の報告書の中で報告されている。 VTT Manufacturing Technology / Local Ventilation and Air Filtration Research at VTT, 1996.

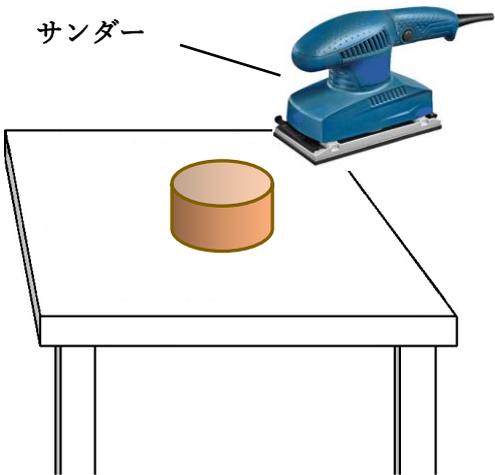
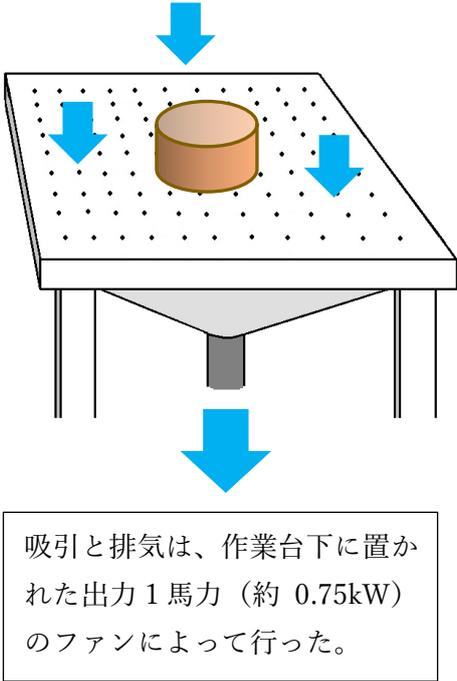
番号	L - 10
改善事例名	囲い式フードによる食品添加物調合作業時のばく露抑制 (1)
作業名	液体原料の調合容器 (タンク) への投入および混合作業
有害物質	食品添加物 (香料等)
改善法	スロット開口とプリーナムを設けた囲い式フードにより、台上の調合容器から発生する食品添加物の蒸気・ミストを吸引する。
改善の概要	<div style="text-align: center;"> </div> <p>米国 NIOSH が、同国内で頻発した菓子製造工場における作業者の健康障害 (閉塞性気管支炎) に対処するため、ACGIH の局排設計マニュアルに基づいて当該現場で施工した対策事例の一つ。この事例では、調合容器の奥手にスロット開口とプリーナムを設けることにより、囲い式フードの開口面における吸引気流の均一性を実現させている。囲い式フードの開口面上の平均風速は 0.94m/s, 排風量は 44m³/min になるよう調整して使用している。</p>
改善の効果	トレーサーガス (SF ₆) を用いた囲い式フードの捕集率は平均 97.5%であった。同フードの使用により、作業者のばく露濃度は使用前の 4~10%に低減した。
備考	<p>詳細については、下記の文献 (英文) を参照。</p> <p>K H Dunn, A Garcia, A Echt. Engineering Case Report Evaluation of a Local Exhaust Ventilation System for Controlling Exposures during Liquid Flavoring Production. J Occup Environ Hyg 5, D103-D110 ; 2008.</p>

番号	L-11
改善事例名	囲い式フードによる食品添加物調合作業時のばく露抑制 (2)
作業名	液体原料の調合容器 (タンク) への投入および混合作業
有害物質	食品添加物 (香料等)
改善法	スロット開口を設けた外付け式フードにカーテンと天板を取り付けて捕集効果を高め、台上の調合容器から発生する食品添加物の蒸気・ミストを吸引する。
改善の概要	<div style="text-align: center;"> </div> <p>米国 NIOSH が、同国内で頻発した菓子製造工場における作業者の健康障害 (閉塞性気管支炎) に対処するため、ACGIH の局排設計マニュアルに基づいて当該現場で施工した対策事例の一つ。この事例では、調合容器の奥手に設けた外付け式フードに天板とカーテンを取り付けて、構造および機能を囲い式フードに近づけている。囲い式フードと見なした場合の開口面上の平均風速は 0.38m/s、排風量は 64m³/min になるよう調整して使用している。</p>
改善の効果	トレーサーガス (SF ₆) を用いた囲い式フードの捕集率は平均 97%であった。
備考	<p>詳細については、下記の文献 (英文) を参照。</p> <p>K H Dunn, A Garcia, A Echt. Engineering Case Report Evaluation of a Local Exhaust Ventilation System for Controlling Exposures during Liquid Flavoring Production. J Occup Environ Hyg 5, D103-D110 ; 2008.</p>

番号	L - 12
改善事例名	上方吸引型外付け式フードとカーテンの併用による有機溶剤のばく露抑制
作業名	攪拌機によるタンク内での有機溶剤混合作業
有害物質	有機溶剤
改善法	改善前：混合容器の上部に設置した外付け式フードの開口面は、混合容器の開口面よりも小さかったため、周囲への漏洩が顕著だった。 改善後：外付け式フードの開口面周囲にテーパーを設け、混合容器よりも大きな開口面積を確保し、さらに周囲を透明なビニールカーテンで覆い、周囲への漏洩拡散を抑制できるものとした。
改善の概要	<div style="text-align: center;"> </div> <p>混合容器への原料投入の妨げにならないよう、改善後のフード開口部（テーパー）には一部切り込みを入れてある。投入時にはカーテンの着脱も可能である。</p>
改善の効果	作業環境測定の結果、第二管理区分から第一管理区分へと改善された。
備考	厚生労働省 福岡労働局が行政指導を行い作業環境が改善された事例。以下を参照。 https://jsite.mhlw.go.jp/fukuoka-roudoukyoku/kantoku/oshirase/kyokusho-haiki_01021.html

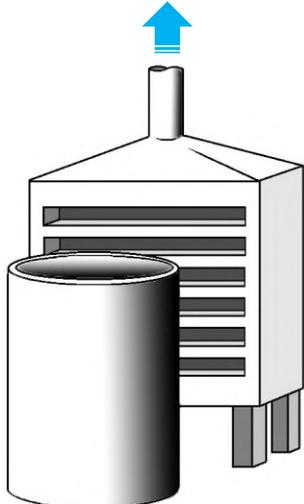
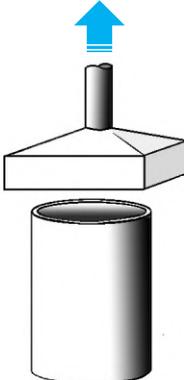
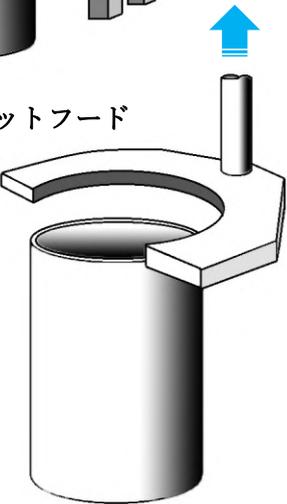
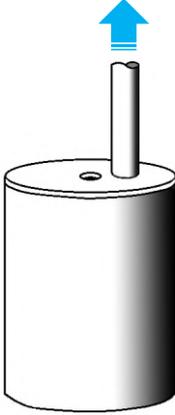
番号	L - 13
改善事例名	吸引ノズルの改造（発生源周りへの囲いの取付け）による有機溶剤ばく露の抑制
作業名	攪拌機による容器内での有機溶剤混合作業
有害物質	有機溶剤
改善法	<p>改善前：角型の混合容器の上方に設けられた吸引ノズル（ダクト・エンドの外付け式フード）から排気を行っていたが、容器から発散する有機溶剤蒸気を十分に捕集できず周囲への漏洩・拡散が顕著だった。</p> <p>改善後：混合容器の左右および上方に囲い（パネル）を取り付け、囲い式フードに近い形状の物に改造し、捕集力を高めた。</p>
改善の概要	<div style="text-align: center;"> <p>改善前</p> <p>改善後</p> <p>攪拌機</p> <p>吸引ノズル</p> <p>混合容器</p> </div> <p>混合容器への原料投入や攪拌機の妨げにならないよう、改善後の囲いの上部には一部切り込みを入れてある。</p>
改善の効果	作業環境測定の結果、第二管理区分から第一管理区分へと改善された。
備考	厚生労働省 福岡労働局が行政指導を行い作業環境が改善された事例。以下を参照。 https://jsite.mhlw.go.jp/fukuoka-roudoukyoku/kantoku/oshirase/kyokusho-haiki_01021.html

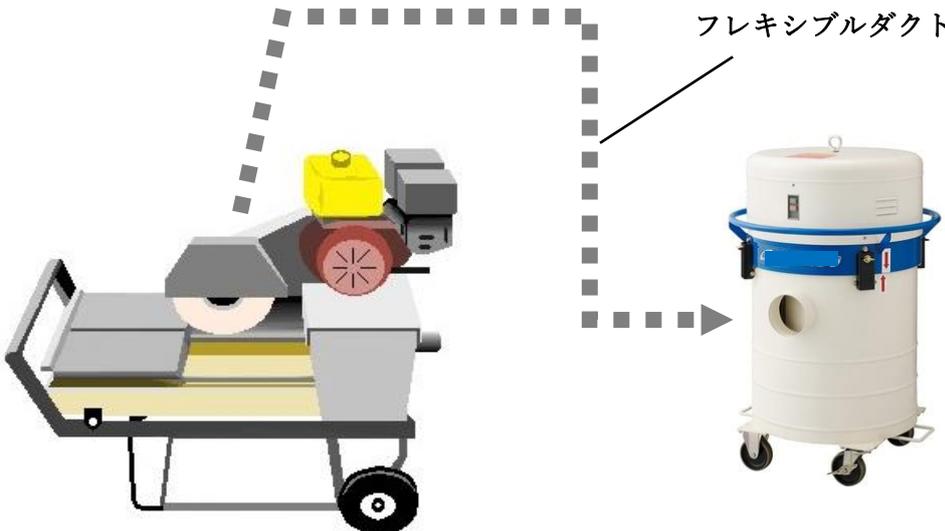
番号	L - 14
改善事例名	上方吸引型外付け式フードの増設による有機溶剤ばく露の抑制
作業名	洗浄槽内における脱脂洗浄作業
有害物質	有機溶剤
改善法	<p>改善前：洗浄槽の縁（奥手）に側方吸引型のスロットフードを設けて槽内の液面から発生する有機溶剤蒸気の吸引を行っていたが、フードからの漏洩が顕著だったため、作業環境の悪化原因になっていた。</p> <p>改善後：スロットフードの排気ダクトを分岐させ洗浄槽の真上位置に上方吸引型外付け式フードを増設して上方と側方の両方から吸引を行えるように改造した。また、スロットフードの開口部の縁に取り付けたフランジと増設した外付け式フードとの隙間をビニールカーテンで塞ぎ、増設したフードの捕集能力（吸引効果）を高めた。</p>
改善の概要	<p>改善前</p> <p>改善後</p> <p>スロットフード</p> <p>スロットフード</p> <p>ビニールカーテン</p> <p>分岐ダクト</p> <p>洗浄槽</p>
改善の効果	作業環境測定の結果、第二管理区分から第一管理区分へと改善された。
備考	厚生労働省 福岡労働局が行政指導を行い作業環境が改善された事例。以下を参照。 https://jsite.mhlw.go.jp/fukuoka-roudoukyoku/kantoku/oshirase/kyokusho-haiki_01021.html

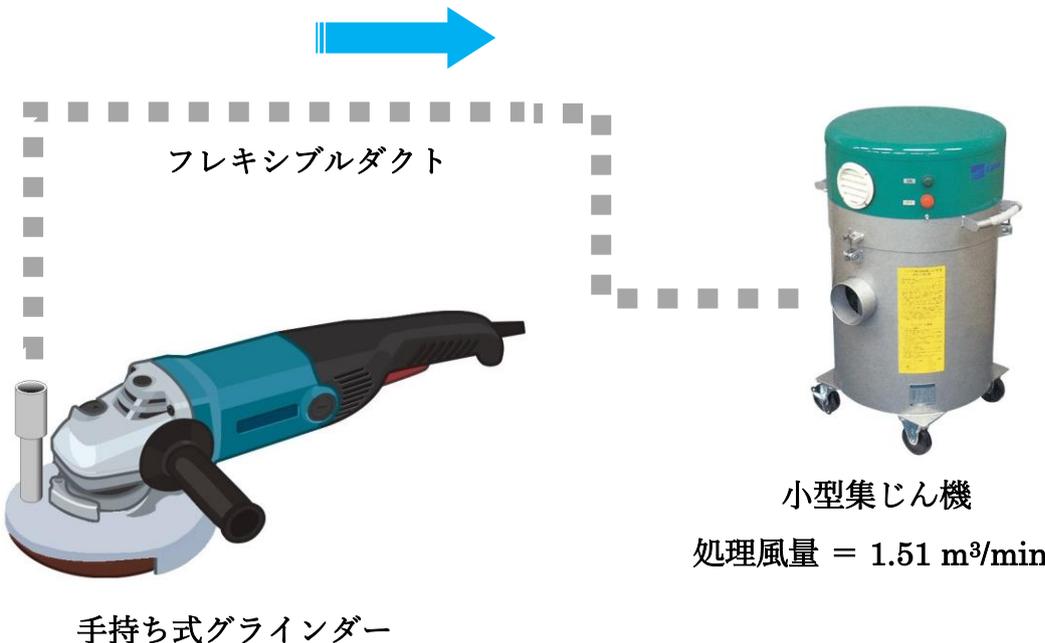
番号	L - 15
改善事例名	下方吸引型外付け式フード（換気作業台）による木材粉じんばく露の抑制
作業名	サンダーによる木材表面の研磨作業
有害物質	木材粉じん
改善法	<p>改善前：作業台の上に被研削物（硬木材）を載せ、その表面を手持ち式のサンダーにより研磨していた。防じん措置を講じていなかったため、周囲に著しい研磨粉じん（木材粉じん）の飛散が認められた。</p> <p>改善後：作業台の天板に作孔して下方吸引型外付け式フード（換気作業台）に改造した。作業に干渉するフードが存在しないので、作業性を損なうことがない等の利点がある。</p>
改善の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>改善前</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>改善後</p>  </div> </div> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">吸引と排気は、作業台下に置かれた出力1馬力（約 0.75kW）のファンによって行った。</p>
改善の効果	<p>研磨作業者の木材粉じんの総粉じんばく露濃度の変化によって効果を検証した。使用したサンダーによって差がでたが、改善後は、ばく露濃度を最大で改善前の 8.3%（18mg/m³ → 1.5mg/m³）にまで低減した。</p>
備考	<p>詳細については、下記の文献（英文）を参照。 J.R Martin, D.M Zalk. Carpenter Shop Wood Dust Control: Practical Experience to Reduce Hardwood Dust Exposures below the American Conference of Governmental Industrial Hygienists Threshold Limit Values. Appl Occup Environ Hyg 12(9), 595-605 ; 1997.</p>

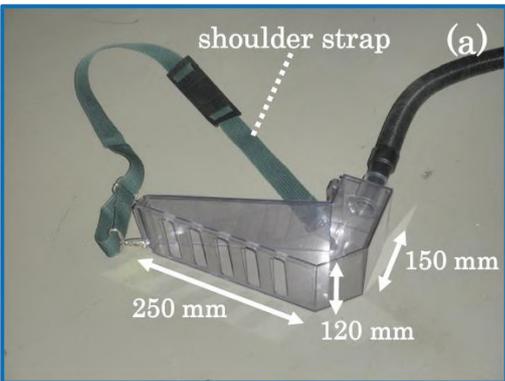
番号	L - 16
改善事例名	スロットフード（吹き出し および 吸引）の増設による研磨粉じん（木材粉じん）へのばく露の抑制
作業名	水平ベルトサンダーによる木材の研磨作業
有害物質	木材粉じん
改善法	<p>改善前：水平ベルトサンダーによる研磨作業から発生する粉じん対策として、側方吸引型の外付け式フードを設置したが、十分な効果が得られていなかった。</p> <p>改善後：ベルトの回転に伴って発生する随伴流（作業者に向けて吹き付ける研磨粉じんを含んだ気流）を抑制するため、外付け式フードの開口面上部の隙間に送気するスロットフード（吹き出し）を増設した。さらに、作業台の奥端と外付け式フードの開口面下部との隙間から吸引するスロットフード（吸引）も増設し、外付け式フードからの漏洩を抑制させた。</p>
改善の概要	<p>スロットフード（吹き出し）</p> <p>外付け式フード 開口面風速： 0.86 ~ 1.27 m/sec</p> <p>スロットフード（吸引） 開口面風速：3.36 m/sec（最大）</p> <p>水平ベルトサンダー 作業台 木材（被研削物）</p>
改善の効果	研磨作業者の木材粉じんのばく露濃度の変化によって効果を検証した。スロットフード（吹き出し+吸引）により、ばく露濃度を最大で改善前の 11%にまで低減させた。
備考	<p>詳細については、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>V Hampl, O.E Johnston. Control of Wood Dust from Horizontal Belt Sanding. Am Ind Hyg Assoc J 46(10), 567-577 ; 1985.</p>

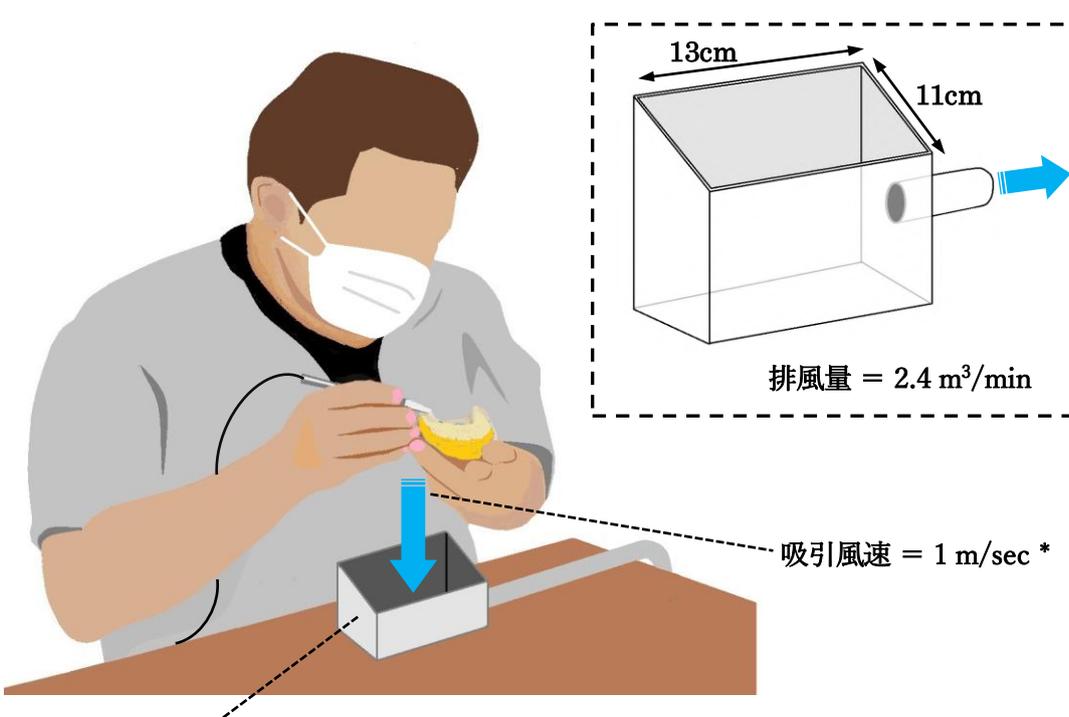
番号	L - 17
改善事例名	換気機能付き解剖台によるホルムアルデヒドばく露の防止対策
作業名	人体解剖実習
有害物質	ホルムアルデヒド
改善法	解剖台の両側端にスロット開口を設け、そこからホルムアルデヒドの吸引を行う。排気は解剖台の下部からダクトを通じて解剖室外に排出される。スロット開口面上の風速がなるべく均一になるよう、解剖台下部の排気流路に工夫がなされている。解剖作業の休止時には蓋を被せてホルムアルデヒドの拡散を防ぐようになっている。解剖作業時、この蓋は左右に割れて、解剖台の下部空間に収まるようになっている。
改善の概要	<p>スロット開口</p> <p>スロット開口</p> <p>排気流量：7.8 m³/min</p> <p>(蓋)</p>
改善の効果	解剖作業者のホルムアルデヒドに対する平均ばく露濃度が 0.88 ppm (0.20 ~ 2.50 ppm) → 0.05 ppm (0.02 ~ 0.10 ppm) に低減した。
備考	詳細については、下記の文献（英文）を参照。 R.C Klein, C King, P Castagna. Controlling Formaldehyde Exposures in an Academic Gross Anatomy Laboratory. J Occup Environ Hyg 11, 127-132 ; 2014.

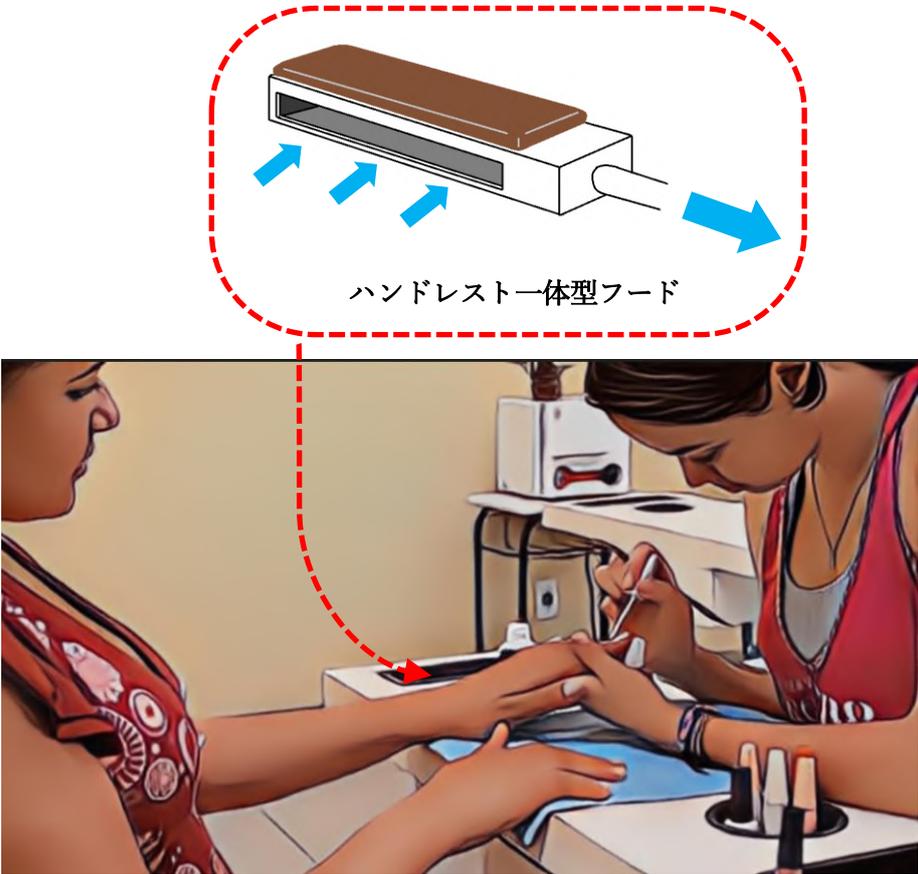
番号	L - 18
改善事例名	局所排気装置等による有機溶剤ばく露の防止対策
作業名	印刷工場内における有機溶剤の混合・調整作業
有害物質	トルエンおよびキシレン
改善法	<p>容器の開口面から発散する有機溶剤蒸気への対策を全体換気のみになっていた印刷工場内の各所（計 29 箇所）に、米国産業衛生専門家会議（ACGIH）が推奨する各種局所排気装置（外付け式ルーバ型フード、上方吸引型キャノピーフード、半円形スロットフード）を設置もしくは密閉措置を施した。各局排の排気風量は、容器の開口面積 1m² 当たり約 14.2 m³ とした。</p>
改善の概要	<p>外付け式ルーバ型フード（14 箇所）</p>  <p>上方吸引型キャノピーフード（8 箇所）</p>  <p>半円形スロットフード（4 箇所）</p>  <p>密閉化（有蓋容器の利用）（3 箇所）</p> 
改善の効果	工場内作業員 19 名の平均ばく露濃度を比較したところ、トルエンは対策前の 42%、キシレン（Para および Meta）は 39% に低減した。
備考	<p>詳細については、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>ACGIH (1995) Industrial Ventilation a manual of recommended practice, 22nd Ed., ACGIH, Cincinnati.</p>

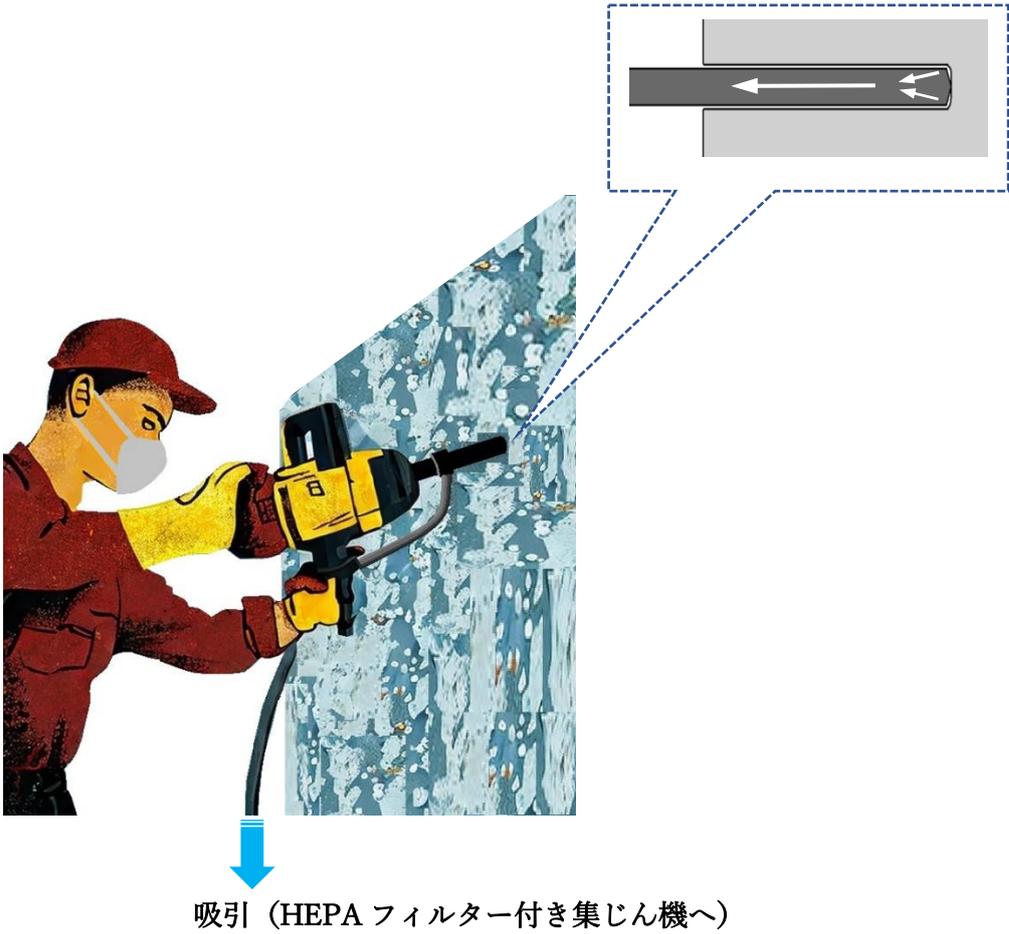
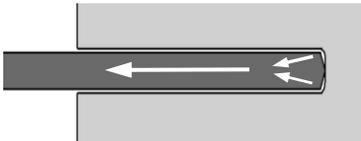
番号	L - 19
改善事例名	集じん機の付設による切削粉じんばく露の防止対策
作業名	乾式石材切断機による石材・ブロック等の切断作業
有害物質	鉱物性粉じん
改善法	エンジン駆動の乾式石材切断機から発生する切削粉じんを集じん機で吸引・捕集して、周囲への飛散および作業者へのばく露を抑制する。フレキシブルダクトで、切断機のブレードの直下と集じん機とを繋ぐ。
改善の概要	 <p>乾式石材切断機</p> <p>出力 3kW, 5500 rpm ブレード (円盤カッター) 径 24 cm</p> <p>フレキシブルダクト</p> <p>集塵機</p> <p>吸引流量 2.1 m³/min</p>
改善の効果	石材切断機と集じん機を併用したところ、被検者（作業者）6名の吸入性粉じんの平均ばく露濃度は、集じん機使用前の平均ばく露濃度の約5%（89.85 mg/m ³ → 4.31 mg/m ³ ）に低減した。
備考	詳細については、下記の文献（英文）を参照。 G.A Croteau, S.E Guffey, M.E Flanagan, N.S Seixas. The Effect of Local Exhaust Ventilation Controls on Dust Exposures during Concrete Cutting and Grinding Activities. Am Ind Hyg Assoc J 63, 458-467; 2002.

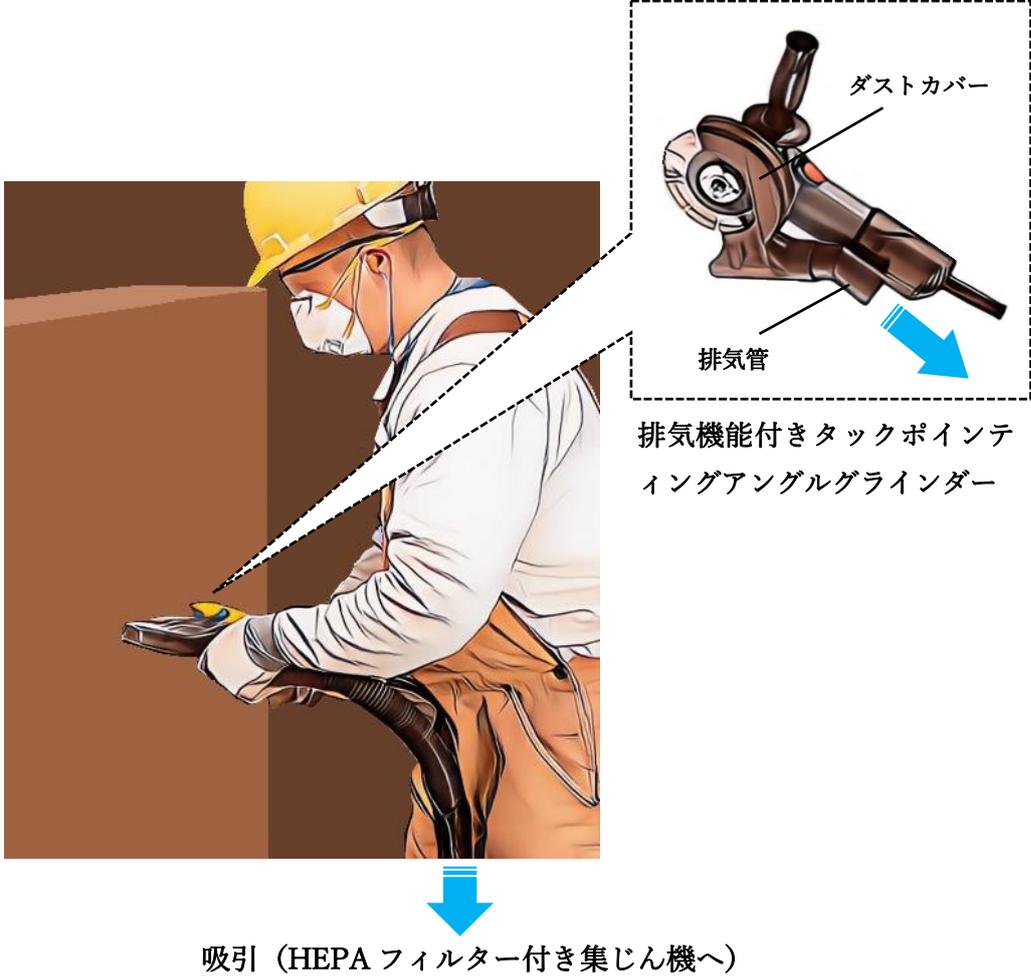
番号	L - 20						
改善事例名	集じん機の付設による金属研磨粉じんばく露の防止対策						
作業名	手持ち式グラインダー（ディスクグラインダー）による金属研磨作業						
有害物質	研磨作業から発生する金属粉じん及びヒューム						
改善法	電動の手持ち式グラインダーから発生する研磨粉じんを可搬式の小型集じん機で吸引・捕集して、周囲への飛散および作業者へのばく露を抑制する。フレキシブルダクトで、グラインダーの砥石カバーの上面と集じん機とを繋ぐ。						
改善の概要	 <p>手持ち式グラインダー</p> <p>フレキシブルダクト</p> <p>小型集じん機 処理風量 = 1.51 m³/min</p>						
改善の効果	<p>グラインダー近傍（＝研磨作業者の想定呼吸域の近傍）における吸入性の金属研磨粉じんの平均濃度は、集じん機（処理風量：1.51 m³/min）を併用することにより、措置前の約 63%に低減した。</p> <table border="1" data-bbox="486 1473 1189 1624"> <thead> <tr> <th>集じん機</th> <th>粉じん濃度 [mg/m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>無</td> <td>7.73 ± 1.70</td> </tr> <tr> <td>有</td> <td>4.87 ± 1.01</td> </tr> </tbody> </table> <p>（算術平均値 ± 標準偏差； n=10）</p>	集じん機	粉じん濃度 [mg/m ³]	無	7.73 ± 1.70	有	4.87 ± 1.01
集じん機	粉じん濃度 [mg/m ³]						
無	7.73 ± 1.70						
有	4.87 ± 1.01						
備考	<p>詳細については、下記の文献（英文）を参照。 J Ojima. Efficiency of a Tool-mounted Local Exhaust Ventilation System for Controlling Dust Exposure during Metal Grinding Operations. Ind. Health 45, 817-819 ; 2007.</p>						

番号	L - 21						
改善事例名	装着型集じん機による研磨粉じん（木材粉じん）ばく露の防止対策						
作業名	手持ち式サンダーによる木材の研磨作業						
有害物質	木材粉じん						
改善法	<p>手持ち式サンダーから発生する木材粉じんを装着型の小型集じん機で吸引・捕集して、周囲への飛散および作業者へのばく露を抑制する。</p> <p>下図(a) フードの寸法および形状。集じん機本体（HEPA フィルター付き真空掃除機）とフレキシブルダクトで繋いで使用する。作業者に装着できるように、肩紐が取り付けられている。</p> <p>下図(b) フードは、肩紐で作業者の肩から吊り下げて使用する。立位で作業を行う際、研磨粉じんへのばく露が最も多い部位（＝作業者の腹部付近）にフードの開口面が位置するように吊り下げ、木材粉じんを発生源近傍で吸引・捕集する。</p>						
改善の概要	 						
改善の効果	<p>作業者の呼吸域における吸引力（インハラブル）の木材粉じんの平均濃度は、装着型集じん機を使用することにより、使用前の約 11% に低減した。</p> <table border="1" data-bbox="485 1547 1208 1688"> <thead> <tr> <th>装着型集じん装置</th> <th>粉じん濃度 [mg/m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>無</td> <td>20.71 ± 9.33</td> </tr> <tr> <td>有</td> <td>2.26 ± 1.13</td> </tr> </tbody> </table> <p>(算術平均値 ± 標準偏差； n = 12)</p>	装着型集じん装置	粉じん濃度 [mg/m ³]	無	20.71 ± 9.33	有	2.26 ± 1.13
装着型集じん装置	粉じん濃度 [mg/m ³]						
無	20.71 ± 9.33						
有	2.26 ± 1.13						
備考	<p>詳細については、下記の文献を参照。</p> <p>小嶋 純. 小型集塵装置による木材研磨粉じんばく露の抑制. 第 90 回 日本産業衛生学会 講演集, p. 506 ; 2017.</p>						

番号	L - 22						
改善事例名	卓上設置型の下方吸引型外付け式フードによる研磨粉じんばく露の防止対策						
作業名	マイクロ・グラインダによる小物部材の研磨作業						
有害物質	無機研磨粉じん						
改善法	<p>手持ち式のマイクロ・グラインダを使用する小物の研磨作業から発生した粉じんを、卓上設置型の下方吸引型外付け式フードによって吸引捕集し、作業者の粉じんばく露を低減させる。同フードの設置位置は、研磨点の直下とする。</p> <p>小物研磨は発じん量自体は少ないが、緻密な作業である為、発生源に顔を近づけて行う場合が多く、このような作業姿勢が比較的大きなばく露の原因になる場合がある。</p>						
改善の概要	 <p>下方吸引型外付け式フード</p> <p>排風量 = 2.4 m³/min</p> <p>吸引風速 = 1 m/sec *</p> <p>* 粉じん則が規定する外付け式フードの制御風速と同じ風速で吸引。</p>						
改善の効果	<p>小型の下方吸引型外付け式フードを作業台上において使用することにより、吸入性研磨粉じんのばく露濃度は、使用前の約 16 % 以下にまで低減した。</p> <table border="1" data-bbox="399 1568 1244 1747"> <thead> <tr> <th></th> <th>粉じんばく露濃度 [mg/m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>フード（吸引） 無</td> <td>8.13 ± 4.06</td> </tr> <tr> <td>フード（吸引） 有</td> <td>< 1.33</td> </tr> </tbody> </table> <p>(算術平均値 ± 標準偏差； n=10)</p>		粉じんばく露濃度 [mg/m ³]	フード（吸引） 無	8.13 ± 4.06	フード（吸引） 有	< 1.33
	粉じんばく露濃度 [mg/m ³]						
フード（吸引） 無	8.13 ± 4.06						
フード（吸引） 有	< 1.33						
備考	<p>詳細は、下記の文献を参照。</p> <p>小嶋 純. マイクロ・グラインダによる研磨作業時の粉じん曝露と対策. 産業衛生学雑誌 49, 100-102 ; 2007.</p>						

番号	L-23
改善事例名	ハンドレスト一体型フードによる有機溶剤ばく露の抑制
作業名	ネイルサロンにおける施術（マニキュア塗布作業）
有害物質	（ネイル彩色用マニキュアに含まれる）有機溶剤
改善法	ネイルサロンにおける施術中に顧客が手を載せるハンドレストの側面下部が開口部になったハンドレスト一体型のフードを用いて下方から吸引を行うことにより、ネイリストおよび顧客の有機溶剤ばく露を低減させる。
改善の概要	 <p>The diagram shows a white rectangular hood with a brown top surface, labeled 'ハンドレスト一体型フード' (Hand rest integrated hood). Blue arrows indicate air flow: three arrows point from the bottom of the hood, and one arrow points away from the side. Below the diagram is a photograph of a nail technician working on a customer's hands. A red dashed line connects the hood in the diagram to the hood on the technician's workstation in the photograph.</p>
改善の効果	アメリカ疾病予防センター（CDC）が行った模擬作業実験によると、ネイリストおよび顧客の指先位置から発生させたトレーサー・ガスに対して上記の一体型フードを適用したところ、同ガスは捕集率 62%で吸引・捕集された。
備考	<p>現在、日本国内のネイルサロンでは溶剤を使用しないジェルネイルが主流となっているため、高濃度の有機溶剤蒸気がサロン内に拡散する可能性は低いですが、作業者の手元直下にフードを設ける方法は、机上における小物部品の塗布作業などに対して有効に活用できると思われる。</p> <p>詳細は、下記の文献（英文）を参照。 In-Depth Survey Report An Evaluation of Local Exhaust Ventilation Systems for Controlling Hazardous Exposures in Nail Salons （https://www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/005-164.pdf）</p>

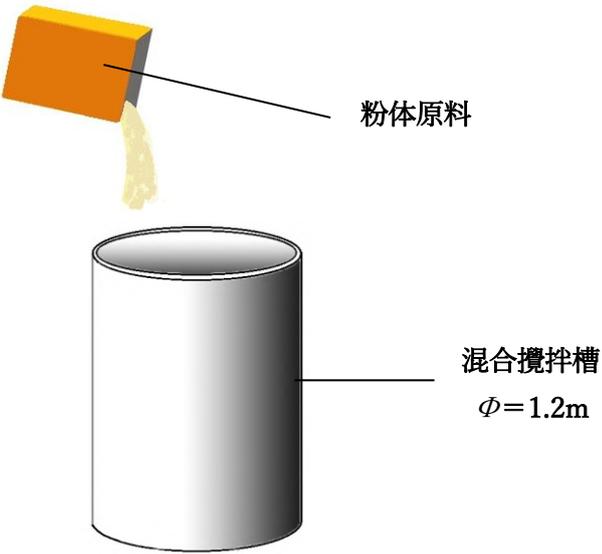
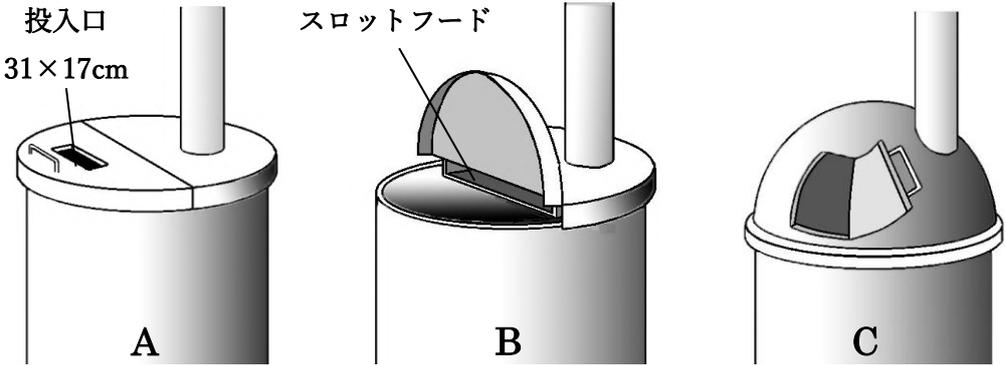
番号	L-24
改善事例名	手持ち式吸じんドリル（集じんドリル）によるコンクリート研削粉じんの抑制
作業名	コンクリート建材の穿孔作業
有害物質	コンクリート研削粉じん
改善法	<p>ドリルの先端部から吸引を行う吸じんドリル（右図）を用い、コンクリート製建材の穿孔作業に伴って発生する粉じんを発生源で捕集する。</p> <div data-bbox="1050 416 1444 680" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">  <p>先端部に開けられた吸引口から研削粉じんを吸引する。</p> </div>
改善の概要	<div data-bbox="419 734 1428 1668" style="text-align: center;">  <p>吸引（HEPA フィルター付き集じん機へ）</p> </div> <div data-bbox="1023 734 1428 927" style="border: 1px dashed gray; padding: 5px; margin-left: auto; margin-right: auto;">  </div>
改善の効果	<p>吸じんドリルの使用により、吸入性粉じんのばく露濃度は、以下のように低減した。</p> <p style="text-align: center;">使用前：3.32 mg/m³ → 使用后：0.143 mg/m³ 未満</p>
備考	<p>詳細は、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>D Rempel, A Barr, M R Cooper. Effect of hollow bit local exhaust ventilation on respirable quartz dust concentrations during concrete drilling. <i>J. Occup. Environ. Hyg.</i> 16(5), 336-340 ; 2019.</p>

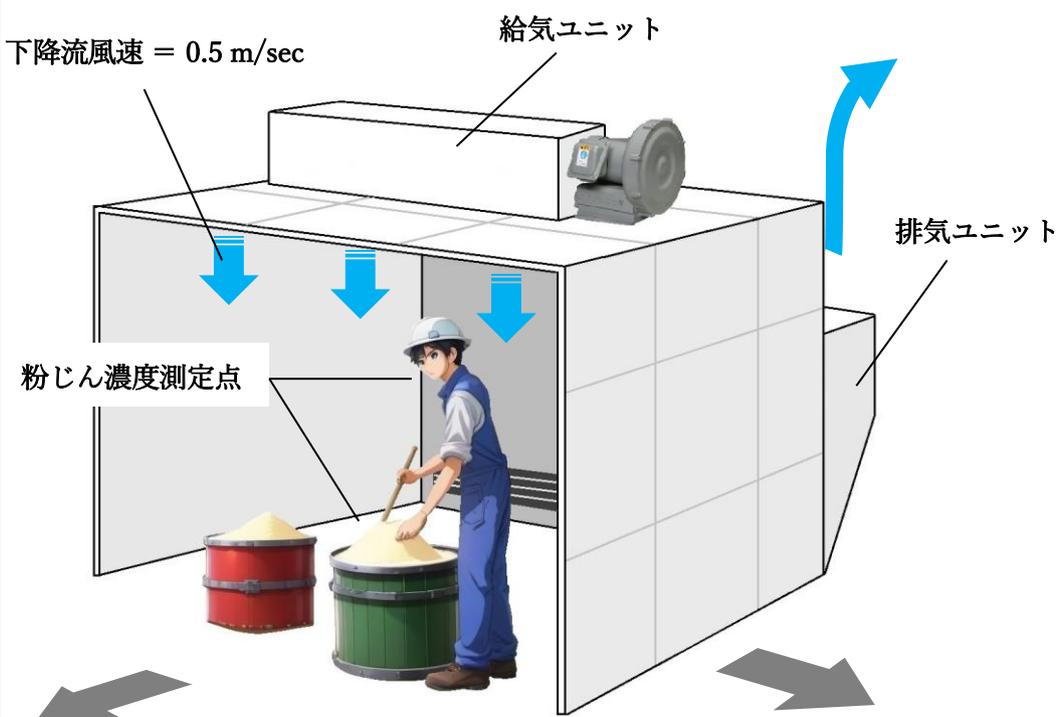
番号	L - 25
改善事例名	排気機能付き研削工具（タックポイントングアングルグラインダー）によるモルタル粉じんばく露の抑制
作業名	建築物壁面のモルタル剥離作業
有害物質	モルタル粉じん
改善法	モルタルを剥離する際に使用する研削工具に排気機能付きの機種を選ぶことにより、発生するモルタル粉じんを発生源から直接吸引捕集して、作業者の粉じんばく露を低減させる。
改善の概要	 <p>排気機能付きタックポイントングアングルグラインダー</p> <p>吸引 (HEPA フィルター付き集じん機へ)</p>
改善の効果	22 人の作業員を被験者とし、吸入性結晶質シリカ粉じんのばく露濃度測定により上記の排気機能付き研削工具のばく露抑制効果を検証したところ、以下の結果を得た。 使用前：0.35～1.1 mg/m ³ → 使用后：0.06 mg/m ³ （幾何平均値）
備考	詳細は、下記の文献（英文）を参照。 S Collingwood, W A Heitbrink, Field Evaluation of an Engineering Control for Respirable Crystalline Silica Exposures during Mortar Removal. <i>J. Occup. Environ. Hyg.</i> 4 (November), 875-887 ; 2007.

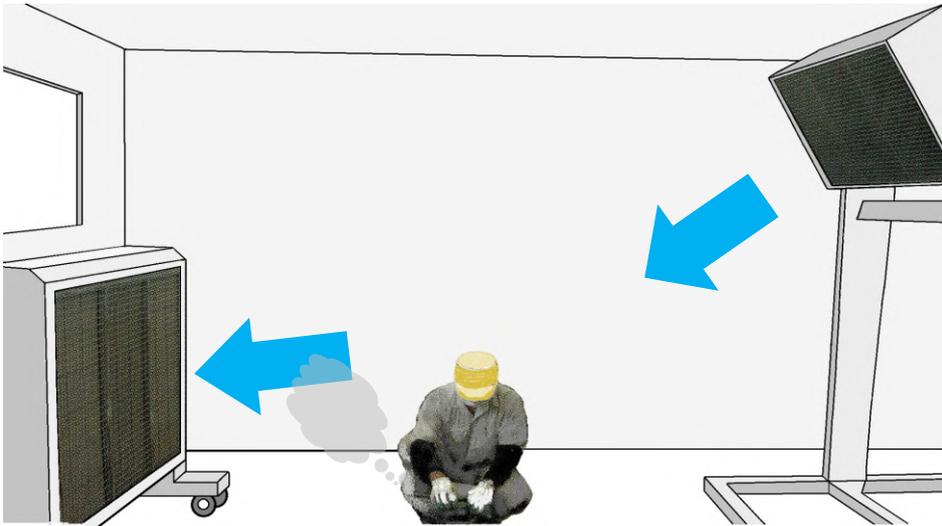
番号	L-26
改善事例名	給気マニホールドによる補助気流を利用した囲い式フードの捕集能力の向上
作業名	囲い式フード内に設置したミル・マシンによる製粉作業
有害物質	(物質濃度の直接測定は行わず、トレーサー・ガス (SF ₆) によってフードの性能評価を行う。)
改善法	囲い式フードの開口面内側下部に給気用マニホールドを取り付け、そこから上方(囲い式フードのテイク・オフ)に向けて送気を行うことにより、フード内にカーテン状の補助気流を形成させ、フードの捕集能力を高める。
改善の概要	
改善の効果	フード内部に上向きの補助気流を起こすことにより、排风量 (Q) を約 33% 低減 (2.86 → 1.89 m ³ /sec) させても、フードの捕集効率を低下させないことが、トレーサーガス法により証明された。補助気流の風量は排风量の約 59~77% とした。
備考	詳細は、下記の文献 (英文) を参照。 V Hampl, OE Johnston, DJ Murdock Jr. Application of an Air Curtain-Exhaust System at a Milling Process. Am Ind Hyg Assoc J. 49 (4), 167-175 ; 1988.

番号	L - 27
改善事例名	溶接作業用集じん機を流用したナノ粒子の発じん抑制
作業名	ナノ粒子製造装置の反応槽の洗浄作業
有害物質	ナノ粒子（マンガン、ニッケル、コバルト等の金属酸化物粉じん）。ただし、発じん後に空中で凝集した粒子の粒径は $5\text{nm} \sim 2\ \mu\text{m}$ であった。
改善法	反応槽を洗浄・清掃する際に槽の底部から発じんするナノ・マテリアルの粒子を、溶接ヒューム対策に用いられる集じん機（ヒューム・コレクター）によって捕集し、周囲への拡散を抑制する。
改善の概要	
改善の効果	集じん機の使用により、測定点（反応槽底部の辺縁部）におけるナノ粒子の個数濃度と質量濃度（NIOSH Method 7302 によって測定）は、それぞれ使用前の 4% および 12% にまで低減した。
備考	<p>溶接ヒュームにもナノ・サイズの微粒子が多く含まれるので、溶接用集じん機の流用は合理的である。</p> <p>詳細は、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>MW Methner. Effectiveness of Local Exhaust Ventilation (LEV) in Controlling Engineered Nanomaterial Emissions during Reactor Cleanout Operations. J Occup Environ Hyg 5, D63-D69 ; 2008.</p>

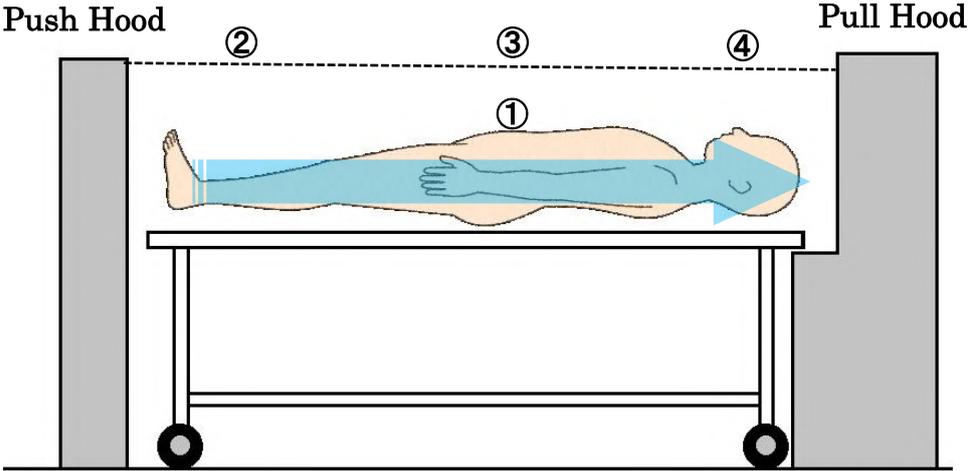
番号	L-28
改善事例名	換気作業台（下方吸引）を併用した溶接作業用ブースの排気効果の向上
作業名	アーク溶接作業
有害物質	溶接ヒューム（酸化金属のナノ粒子として注目）
改善法	ブース天井の排気口にフレキシブルダクトを付設し、アーク点の直上からの排気を可能とする。またブース内に換気作業台を設置して下方から吸引することにより、発生源（アーク点）の上下から同時にヒュームを排出する。
改善の概要	<p>改善前 $Q = 11 \text{ m}^3/\text{min}$</p> <p>改善後 $Q = 9 \text{ m}^3/\text{min}$</p> <p>ヒューム濃度測定点</p> <p>1.5 m</p> <p>1.5 m</p> <p>フレキシブルダクト</p> <p>$Q = 11 \text{ m}^3/\text{min}$</p> <p>ブースのサイズは 2.1m(縦) × 1.5m(横) × 1.8m(奥行) としている。ヒューム濃度の測定点は、溶接作業者の呼吸域相当位置（床面から 1.5m）とした。</p>
改善の効果	<p>フレキシブルダクトの付設と換気作業台の導入により、作業者の呼吸域相当位置におけるナノ粒子の個数濃度は、以下のように低減した。</p> <p>改善前：7.78×10^5 個 / m^3 → 改善後：1.48×10^4 個 / m^3</p> <p>改善前のブースを使用した場合、溶接終了後約 11 分で測定点（作業者呼吸域）における粒子濃度はブース外におけるバックグラウンド値と同レベルにまで低下した。同様に、改善後のブースでは約 6 分後にバックグラウンド値程度にまで低下した。</p>
備考	<p>詳細は、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>M-H Lee, WJ McClellan, J Candela, et al. Reduction of Nanoparticle Exposure to Welding Aerosols by Modification of the Ventilation System in a Workplace. <i>J. Nanoparticle Res.</i> 9, 127-136 ; 2007.</p>

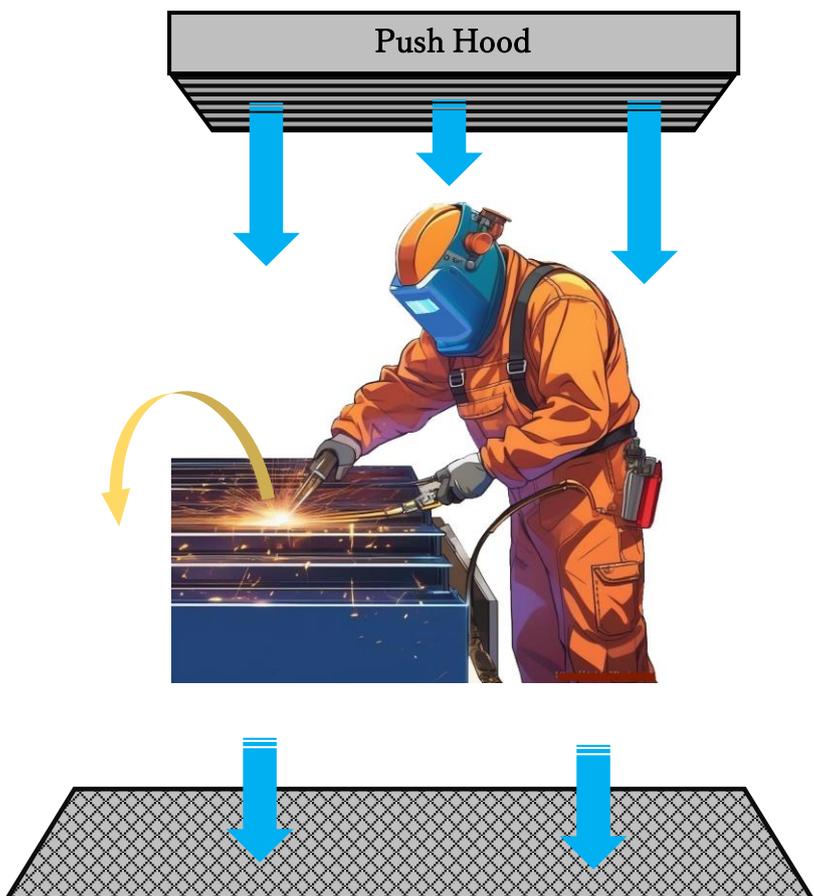
番号	L - 29
改善事例名	排気フードの付設による粉体混合容器からの発じん抑制
作業名	粉体投入作業
有害物質	食品添加物（ジアセチル粉体）
改善法	粉体原料投入時の発じんを抑制するため、容器（混合攪拌槽）の開口部に3種類の排気装置（A～B）を取り付け、捕集効果をトレーサーガス（SF ₆ ）法にて検証した。
改善の概要	<p>改善前</p>  <p>粉体原料</p> <p>混合攪拌槽 Φ=1.2m</p> <p>改善後</p>  <p>投入口 31×17cm</p> <p>スロットフード</p> <p>A B C</p>
改善の効果	排風量を 5.66m ³ /min に調整し、投入口に向けて 0.5m/sec の乱れ気流を与えたが、捕集効率は A～B の何れにおいても 90%以上を記録した。制作費は A が最小だった。
備考	<p>詳細は、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>DVL Hirst, KH Dunn, SA Shulman, et al. Evaluation of Engineering Controls for the Mixing of Flavorings Containing Diacetyl and other Volatile Ingredients. <i>J. Occup. Environ. Hyg.</i> 11, 680-687 ; 2014.</p>

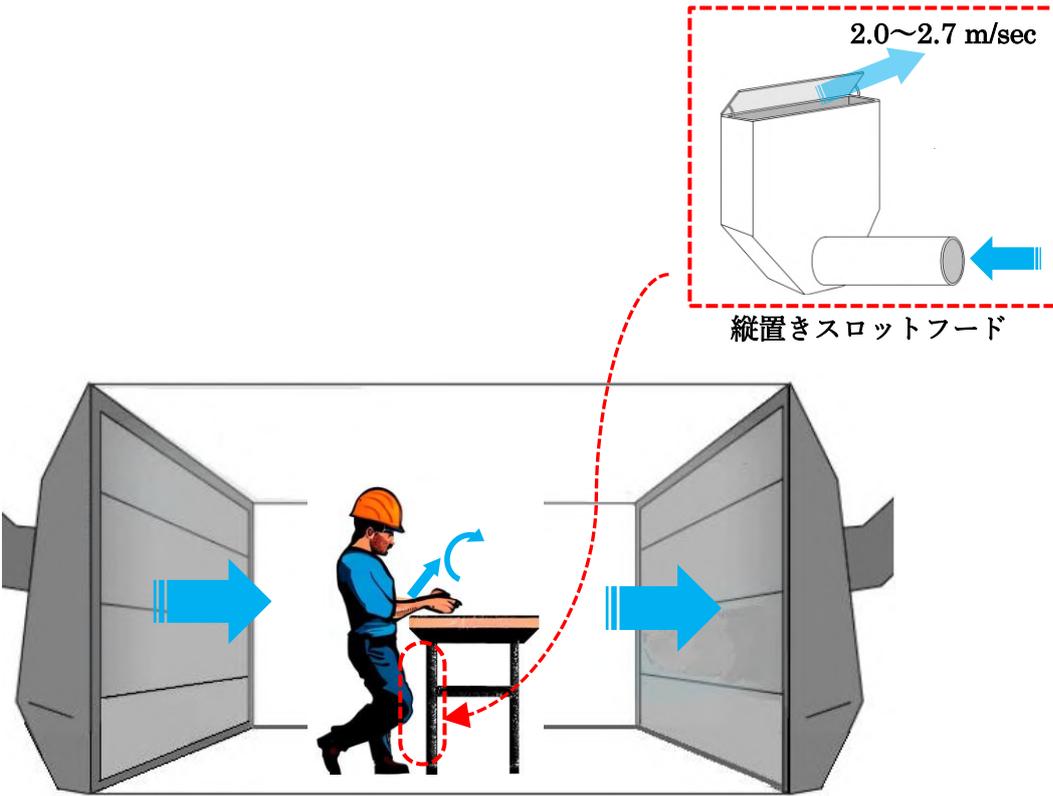
番号	L - 30
改善事例名	給排気機能付き作業ブースによる、粉体原料取扱い作業時の粉じんばく露の防止
作業名	粉体原料を取り扱うマニュアル作業（ラクトース（乳糖）を有害粉じんに見立てた擬似作業（スコップによる容器間の移し替え作業）を行い、手作業による一般的な粉体原料の取扱い作業を再現した。）
有害物質	粉じん
改善法	下図のようなブース内で粉じん作業を行う。作業者の頭上に設置される給気ユニットから下降流が供給され、ブース奥の低位置から吸引・排気される。排気ユニットにはHEPA フィルターが内蔵されており、吸引した空気を浄化した後、室内に放出（還流）する。
改善の概要	 <p>ブースは組み立て式となっており、作業に合わせて寸法を変えることができる。必要に応じてブース本体の移動も可能である。試験粉じんのラクトースは、粒径 $45\mu\text{m}$ 以下のものを使用した。</p>
改善の効果	呼吸域および発生源近傍（容器開口面）における粉じん（ラクトース）濃度は、ブースの最大効果を得た場合において、それぞれ 1.20 mg/m^3 と 30.23 mg/m^3 であった。
備考	詳細は、下記の文献（英文）を参照。 LM Lo, B Hocker, AE Steltz, et al. Performance evaluation of mobile downflow booths for reducing airborne particles in the workplace. <i>J. Occup. Environ. Hyg.</i> 14 (11), 839-852 ; 2017.

番号	P - 1							
改善事例名	建設工事用資材の試験業務における粉じんばく露防止対策							
作業名	粉体のふるい分け, 混練作業							
有害物質	コンクリート、アスファルトおよび碎石の粉じん							
改善法	プッシュプル型換気装置（開放式 斜降流型）の設置							
改善の概要	<p>試験作業で発生する粉じんのばく露対策として、従来は作業室壁面に付設した有圧換気扇による全体換気を行っていたが十分な効果を得られていなかった為、プッシュプル型換気装置を導入した。</p> 							
改善の効果	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;"></th> <th style="width: 25%;">改善前</th> <th style="width: 25%;">改善後</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>作業者の口元における粉じん濃度</td> <td>100</td> <td>15.7</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">（導入前の濃度を 100 とした場合）</p>			改善前	改善後	作業者の口元における粉じん濃度	100	15.7
	改善前	改善後						
作業者の口元における粉じん濃度	100	15.7						
備考	<p>作業範囲が広い場合や発生源の位置が移動する作業の場合、局所排気装置と比べて広い換気区域を確保できるプッシュプル型換気装置が適している。</p> <p>プッシュ気流を背中で受けるような作業姿勢を取ると、発生した粉じんが呼吸域に向かって逆流する状態になり易い。その逆流を防ぐため、作業者は気流を妨げないような位置（気流を体の側方から受ける向き）で作業を行う。</p>							

番号	P - 2		
改善事例名	総合病院の洗浄滅菌室におけるエチレンオキシドガス（EOG）へのばく露防止対策		
作業名	EOG 滅菌機による医療器具等の滅菌作業		
有害物質	エチレンオキシドガス		
改善法	プッシュプル型換気装置（開放式 下降流型）の設置		
改善の概要	<p>EOG 滅菌機で滅菌した器具等を取り出してエアレーターへ移し替える作業時に、滅菌機内に残留していたエチレンオキシドガスが室内に漏出・拡散し、一時的に高濃度（30～40ppm）となる状況であった。作業者の健康被害が懸念されることから、スライド式のプッシュプル型換気装置を洗浄滅菌室に設置した。</p>		
改善の効果		改善前	改善後
	作業者の呼吸域における EOG 濃度	0.4 ppm	< 0.1 ppm
	（検知管による測定結果）		
備考	設置および運用コストに配慮し、1組のプッシュプルユニットで3台の滅菌機に対応できるように、プッシュフードがスライドで水平移動して換気区域の位置変更が容易な可動式プッシュプル型換気装置とした。		

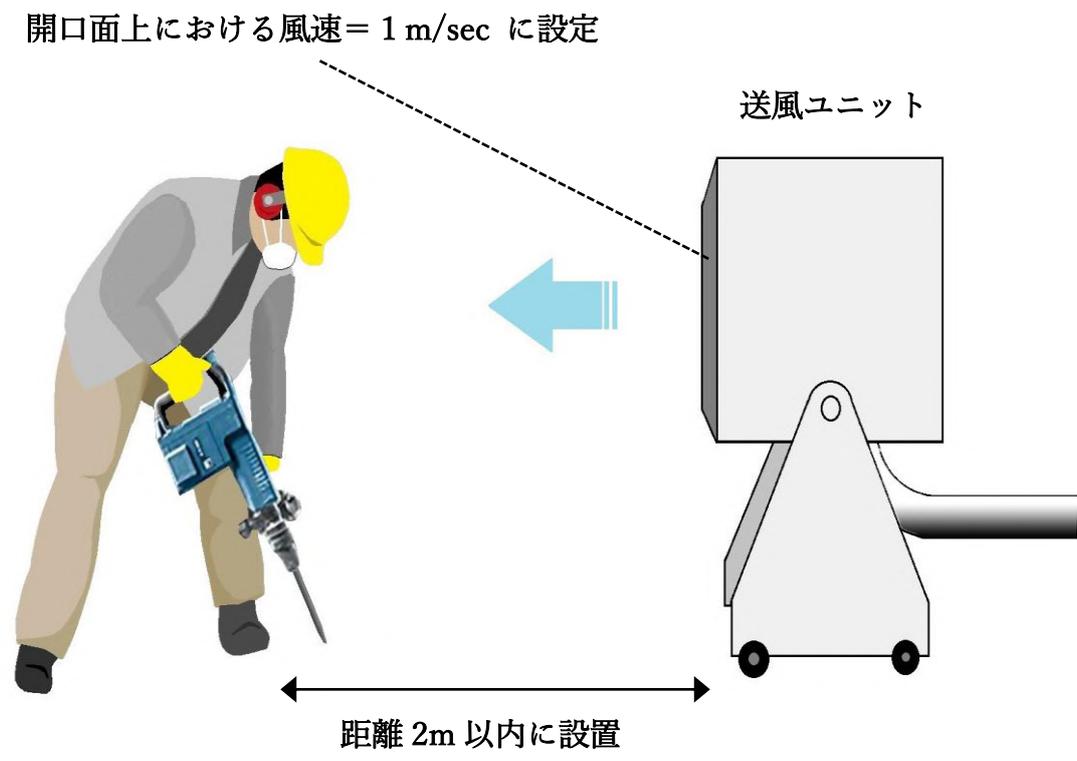
番号	P - 3																							
改善事例名	解剖実習室におけるホルムアルデヒドへのばく露防止対策																							
作業名	解剖実習																							
有害物質	ホルムアルデヒド (HCHO)																							
改善法	プッシュプル型換気装置 (開放式 水平流型) の設置																							
改善の概要	<p>大学医学部における解剖実習の際、遺体から発生するホルムアルデヒドに実習生らがばく露することを防ぐ目的で、同室内に設置されている 17 台の解剖台の全てにプッシュプル型換気装置を付設した。</p> 																							
改善の効果	<table border="1" data-bbox="367 1243 1420 1590"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>付設前</th> <th>付設後</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">解剖実習室内の平均 HCHO 濃度 [ppm]</td> <td>1.36</td> <td>0.28</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">各測定点 (上図) における HCHO 濃度 [ppm]</td> <td>①</td> <td>3.03</td> <td>2.39</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>1.79</td> <td>0.34</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>1.87</td> <td>0.42</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>2.50</td> <td>0.52</td> </tr> </tbody> </table>					付設前	付設後	解剖実習室内の平均 HCHO 濃度 [ppm]		1.36	0.28	各測定点 (上図) における HCHO 濃度 [ppm]	①	3.03	2.39	②	1.79	0.34	③	1.87	0.42	④	2.50	0.52
		付設前	付設後																					
解剖実習室内の平均 HCHO 濃度 [ppm]		1.36	0.28																					
各測定点 (上図) における HCHO 濃度 [ppm]	①	3.03	2.39																					
	②	1.79	0.34																					
	③	1.87	0.42																					
	④	2.50	0.52																					
備考	<p>プッシュプル型換気装置を解剖台の前後に付設する事により、実習室内の平均濃度および実習生の呼吸域近傍 (測定点①~④) の濃度を顕著に低減させることが出来たが、特定化学物質障害予防規則で定める HCHO の管理濃度 (=0.1 ppm) 以下にまで下げることは出来なかった。これは、実習中にプッシュプル型換気装置の換気区域から外れた位置で作業を行うことがあった為と考えられる。</p>																							

番号	P - 4		
改善事例名	産業車両工場の溶接作業場における粉じんばく露防止対策		
作業名	アーク溶接		
有害物質	溶接ヒューム		
改善法	プッシュプル型換気装置（開放式 下降流型）の設置		
改善の概要	<p>立位姿勢の溶接作業者が、作業台上に載せた金属製被加工物の溶接を行う際に粉じん（溶接ヒューム）ばく露を受けていたが、局所排気装置では十分なばく露防止効果が得られなかったため、開放式下降流型のプッシュプル型換気装置を導入した。</p>  <p style="text-align: center;">Push Hood</p> <p style="text-align: center;">Pull Hood（床の一部をフードの開口面とした金属メッシュ製の換気作業床）</p>		
改善の効果		設置前	設置後
	作業場内のヒューム濃度 [mg/m ³]	29.1	0.76
	作業者呼吸域におけるヒューム濃度 [mg/m ³]	6.5	0.09
備考	溶接ヒュームは高温によって上方に拡散するので、アーク点の真上から排気する方が捕集効果は高いが、その場合、ヒュームの流れは作業者の呼吸域を通過する（高濃度ばく露の原因となる）ため、排気口は下方（足元）に設けてある。		

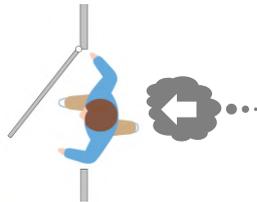
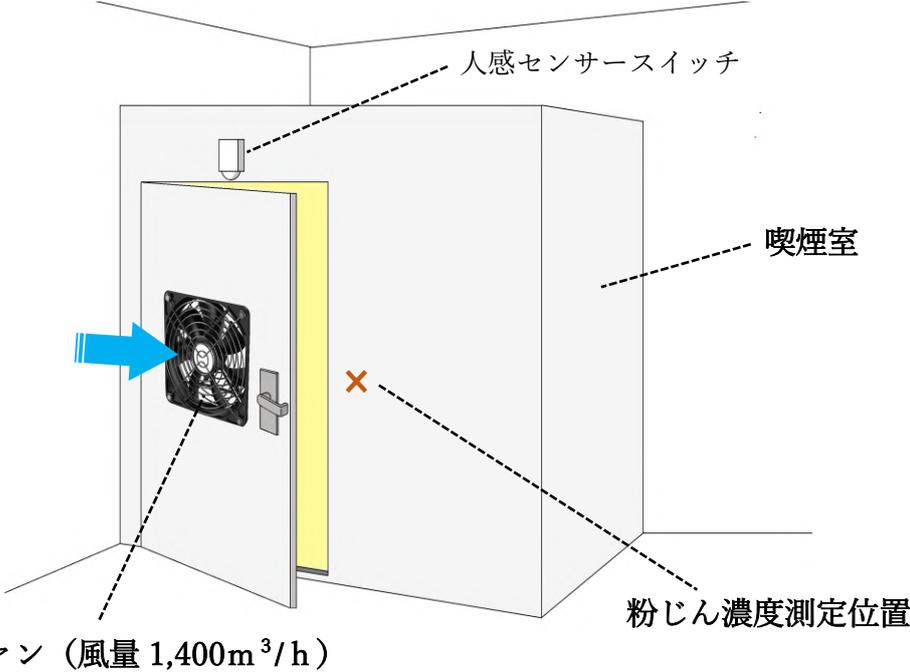
番号	P-5
改善事例名	縦置きスロットフード（送気）を用いた後流抑制によるばく露の抑制
作業名	プッシュプル型換気装置使用時の有機溶剤作業
有害物質	有機溶剤
改善法	<p>水平流型プッシュプル型換気装置使用時に作業者が気流を背後から受ける姿勢で作業を行った場合、作業者の前で後流（局部的に生じる渦による逆流現象）が発現してばく露を助長する恐れがある。そこで作業者の足元に縦置きスロットフードを設置し斜め上方に向けて送気を行うことにより、作業者呼吸域に向かってくる後流を前方に押し返してばく露の低減を図る。同スロットフードの送気はフットスイッチによってON/OFF制御を行い、作業中必要時にのみ送気が行えるようにしている。</p>
改善の概要	 <p>2.0~2.7 m/sec</p> <p>縦置きスロットフード</p>
改善の効果	<p>プッシュプル型換気装置の使用時（一様流風速 0.3~1.6 m/sec）に、作業者と作業台との隙間に設置した縦置きスロットフードから開口面風速 2.0~2.7 m/sec の送気を行うことにより、作業者呼吸域における有機溶剤濃度を、送気を行わなかった場合の 0 ~ 37.6 % に低減させた。</p>
備考	<p>詳細は、下記の文献（英文）を参照。 Jun OJIMA. Worker Exposure due to Reverse Flow in Push-pull Ventilation and Development of a Reverse Flow Preventing System. <i>J Occup Health</i> 44, 391-397 ; 2002.</p>

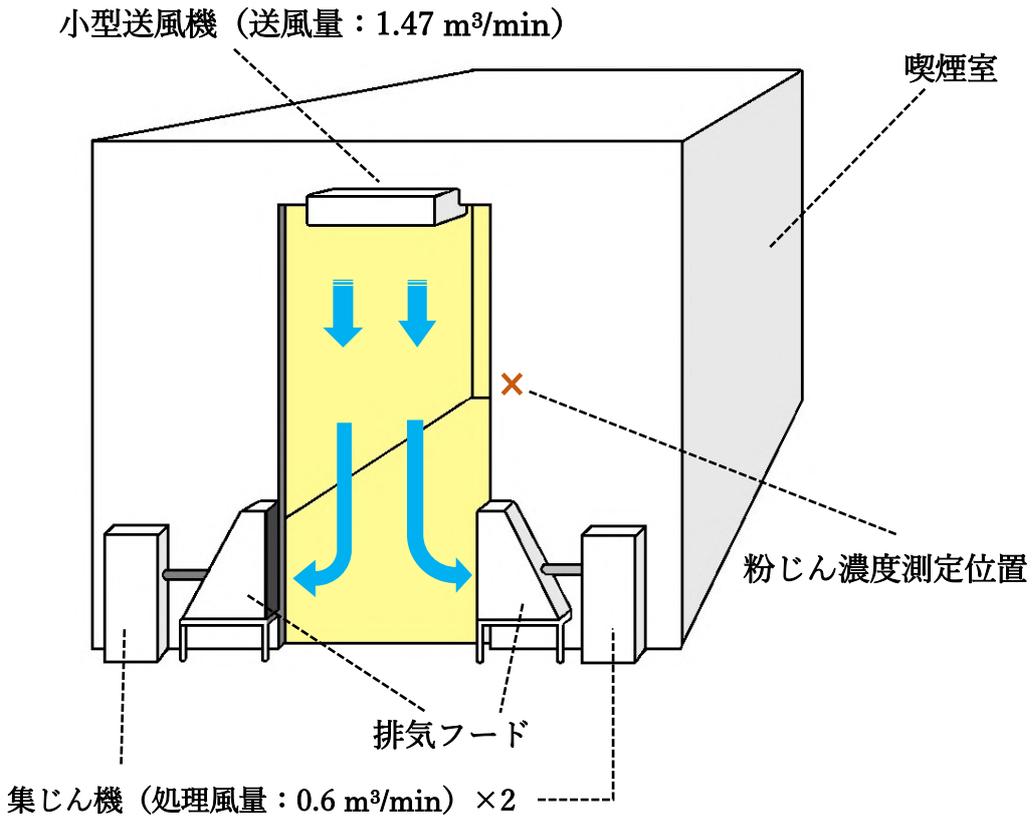
番号	E - 1
改善事例名	作業者への清浄空気の送風による粉じんばく露の低減
作業名	粉体の袋詰め作業
有害物質	鉱物性の粉体原料
改善法	作業者の頭上から除じんした清浄空気を送気して呼吸域への吸入性粉じんの侵入を防ぎばく露を抑制する。
改善の概要	<p style="text-align: center;">頭上設置型の送風装置</p>
改善の効果	送風装置の設置により、作業者呼吸域における吸入性粉じんのばく露濃度を設置前の約2%にまで低減させることが出来た。
備考	送風機は作業環境中から吸引した含じん空気を二重のフィルターによってろ過してから送気するため、粉じんの環境濃度の低下にも役立つ。

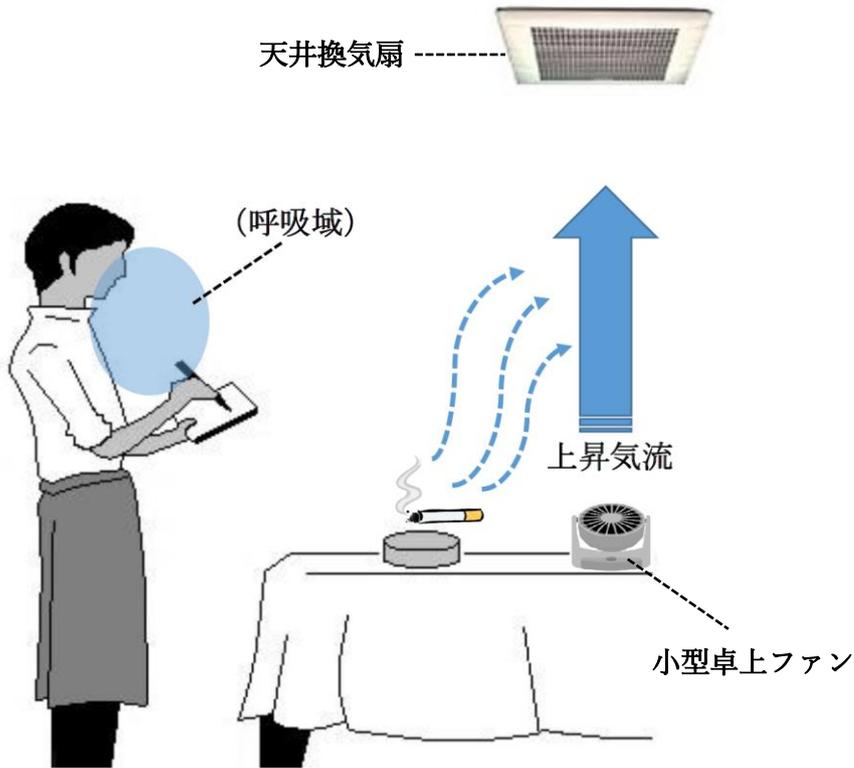
番号	E - 2
改善事例名	作業姿勢の改善による粉じんばく露の低減
作業名	粉体原料の秤量作業（容器からの掬い取り）
有害物質	プラスチック原料の粉体
改善法	作業者が上半身をかがめ容器を上からのぞき込む姿勢で粉体原料を掬い取る作業を行っていたため、発じんした原料が作業者の呼吸域に達し、高濃度のばく露が起きていた。そこで容器を高さの低い物に替え、それを台上に置くことにより、作業者がかがむ角度を小さくして、発じんした原料へのばく露を低減させた。また、かがむ際の身体的な負荷が低減したため、作業者からは好意的に受け入れられた。
改善の概要	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>改善前</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>改善後</p>  </div> </div>
改善の効果	作業姿勢の改善により、粉じんばく露が（最大で）改善前の 60%強に低減させることが出来た。
備考	<p>詳細については、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>M G Gressel, T J Fischbach. Workstation Design Improvements for the Reduction of Dust Exposures during Weighing of chemical Powders. Appl. Ind. Hyg. 4(9), 227-233 ; 1989.</p>

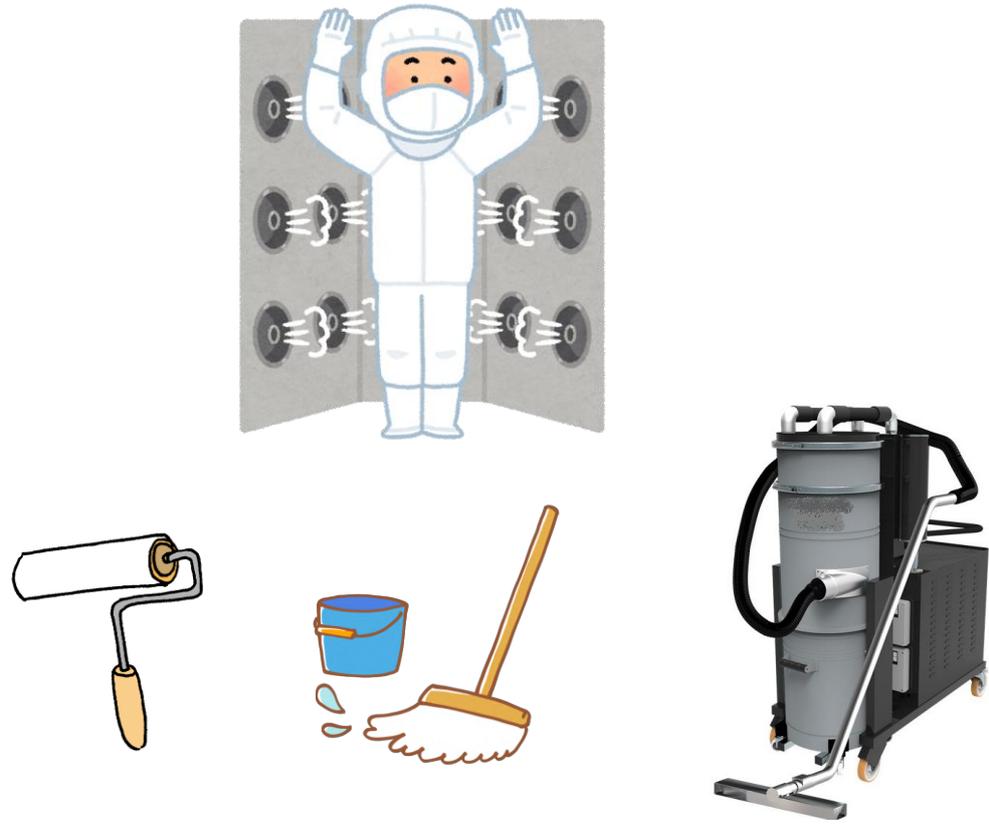
番号	E - 3					
改善事例名	送風（一様流）による粉じんばく露の低減					
作業名	手持ち式工具（コンクリートブレイカー、アングル・カッター、チップング・ハンマー）によるコンクリートの破碎もしくは切断作業					
有害物質	鉱物性粉じん、コンクリート破碎粉じん					
改善法	作業者の呼吸域に向けて清浄な一様流を送気することにより、手持ち式工具から発生した粉じんを吹き飛ばして呼吸域への侵入を阻止する。送風ユニットの開口面にはハニカムが取り付けられており、送風気流の一様性が得られるようになっている。					
改善の概要	<p>開口面上における風速 = 1 m/sec に設定</p>  <p>送風ユニット</p> <p>距離 2m 以内に設置</p>					
改善の効果	送風を行った結果、作業者の呼吸域における総粉じん濃度は、以下のように低減した。					
	Concrete Breaker		Angle Cutter		Chipping Hammer	
	送風 無	送風 有	送風 無	送風 有	送風 無	送風 有
粉じん濃度 [mg/m ³]	0.218	0.046	1.043	0.393	0.983	0.235
備考	<p>風下にいる別の作業者にばく露を及ぼさないよう、十分な配慮が不可欠である。 詳細については、下記の文献（英文）を参照。 K Tsuji, I Fukuhara. Protection of Breathing Zone by Uniform Velocity Blowing. Am Ind Hyg Assoc J 61, 568-574 ; 2000.</p>					

番号	E - 4											
改善事例名	磁力による研磨粉じん（磁性金属粉じん）ばく露の防止対策											
作業名	両頭グラインダーによる金属部材の研磨作業											
有害物質	金属（鉄およびステンレス）粉じん											
改善法	<p>両頭グラインダーから発生し作業者に向かって飛散する研磨粉じんを、作業者と発生源との中間位置に固定した磁石板によって捕集し、ばく露を低減させる。</p> <p>磁石板は、作業者の視界を遮り作業性・視認性を低下させないように配慮し、市販の一般的な円形フェライト磁石（φ19 mm, 厚さ 3.5 mm 表面磁束密度 60 mT）を 100 mm×100 mm の鋼板上に最大限個数並べ、（研磨粉じんを随伴する）気流が吹き当たる位置および向きに固定して、呼吸域に侵入する粉じんを磁力でトラップする。</p>											
改善の概要	 <p style="text-align: right;">集じん用磁石</p>											
改善の効果	<p>磁石板を使用することにより、吸引力（inhalable）および吸入性（respirable）の金属粉じんのばく露濃度は、それぞれ使用前の約 2% および 39% に低減した。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">粉じんばく露濃度 [mg/m³]</th> </tr> <tr> <th>吸引力</th> <th>吸入性</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>磁石板 無</td> <td>2,030 ± 1,730</td> <td>8.66 ± 4.92</td> </tr> <tr> <td>磁石板 有</td> <td>43.0 ± 37.5</td> <td>3.41 ± 3.34</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">（算術平均値 ± 標準偏差； n=10）</p>		粉じんばく露濃度 [mg/m ³]		吸引力	吸入性	磁石板 無	2,030 ± 1,730	8.66 ± 4.92	磁石板 有	43.0 ± 37.5	3.41 ± 3.34
	粉じんばく露濃度 [mg/m ³]											
	吸引力	吸入性										
磁石板 無	2,030 ± 1,730	8.66 ± 4.92										
磁石板 有	43.0 ± 37.5	3.41 ± 3.34										
備考	<p>詳細は、下記の文献（2021 年 産業衛生学雑誌 優秀論文賞 受賞論文）を参照。 小嶋 純, 磁気を利用した簡易集じん法による金属研磨粉じんばく露の抑制, 産業衛生学雑誌 63 (4), p.129-132 ; 2021.</p>											

番号	E-5						
改善事例名	ドアはめ込み式ファンを利用した、喫煙室からの煙漏煙による受動喫煙の防止						
作業名	(喫煙室内の喫煙)						
有害物質	喫煙室内から漏出するたばこ煙						
改善法	<p>右図の様に、喫煙者が喫煙室のドアを押し開けて退室する際には、室内のたばこ煙が喫煙者と伴に室外へ漏出し、室外の非喫煙者に対して受動喫煙を及ぼす恐れがある。この様な漏出煙を抑制するため、ドアにファンをはめ込んで喫煙室内に向けて送風を行い、室外へ漏れ出る煙を室内に押し戻す。</p> 						
改善の概要	 <p>ファンを常時稼働させる必要はないので、ドア枠上部に取り付けた人感センサースイッチにより喫煙者が退室する間（ドアが開いている間）のみ稼働する仕組みとした。</p>						
改善の効果	<p>喫煙室外へ漏出するタバコ煙の濃度（=粉じん濃度測定位置における吸入性粉じん濃度）は、ドアのファンを稼働させることにより、措置前の約54%に低減した。</p> <table border="1" data-bbox="485 1630 1302 1778"> <thead> <tr> <th>ファンによる送風</th> <th>粉じん濃度 [mg/m³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>無</td> <td>0.0155 ± 0.0094</td> </tr> <tr> <td>有</td> <td>0.0084 ± 0.0059</td> </tr> </tbody> </table> <p>(算術平均値 ± 標準偏差)</p>	ファンによる送風	粉じん濃度 [mg/m ³]	無	0.0155 ± 0.0094	有	0.0084 ± 0.0059
ファンによる送風	粉じん濃度 [mg/m ³]						
無	0.0155 ± 0.0094						
有	0.0084 ± 0.0059						
備考	<p>詳細については、下記の文献を参照。 小嶋 純. 漏出煙を低減する喫煙室の試作 —全面禁煙化前の措置として—. 産業衛生学雑誌 56(3), 83-86 ; 2014.</p>						

番号	E-6				
改善事例名	送風機と排気フードを併用した、無扉式喫煙室からの漏出煙による受動喫煙の防止				
作業名	(喫煙室内の喫煙)				
有害物質	無扉式喫煙室内から漏出するたばこ煙				
改善法	<p>右図の様に、喫煙者が無扉式（ドアレス）喫煙室から退室する際には、室内のたばこ煙が喫煙者と伴に室外へ漏出し、室外の非喫煙者に対して受動喫煙を及ぼす恐れがある。このような漏出煙を抑制するため、出入り口の上部および左右下部に小型送風機と排気フード(×2)を取り付け、開口面上に下降流を形成させ、エアーカーテンの要領でタバコ煙を喫煙室内に封入する。</p> 				
改善の概要					
改善の効果	<p>喫煙室外へ漏出するタバコ煙の濃度 (=粉じん濃度測定位置における吸入性粉じん濃度) は、小型送風機と排気フードを併用することにより、措置前の 1/3 に低減した。</p> <table border="1" data-bbox="466 1675 1302 1778"> <tr> <td>措置前</td> <td>0.0102 ± 0.0022 [mg/m³]</td> </tr> <tr> <td>措置後</td> <td>0.0033 ± 0.0012 [mg/m³]</td> </tr> </table> <p>(算術平均値 ± 標準偏差 ; n=10)</p>	措置前	0.0102 ± 0.0022 [mg/m ³]	措置後	0.0033 ± 0.0012 [mg/m ³]
措置前	0.0102 ± 0.0022 [mg/m ³]				
措置後	0.0033 ± 0.0012 [mg/m ³]				
備考	<p>詳細については、下記の文献を参照。 小嶋 純. 漏洩煙を低減するドアレス喫煙室の試作, 安全衛生コンサルタン 40(133), 37-41 ; 2020.</p>				

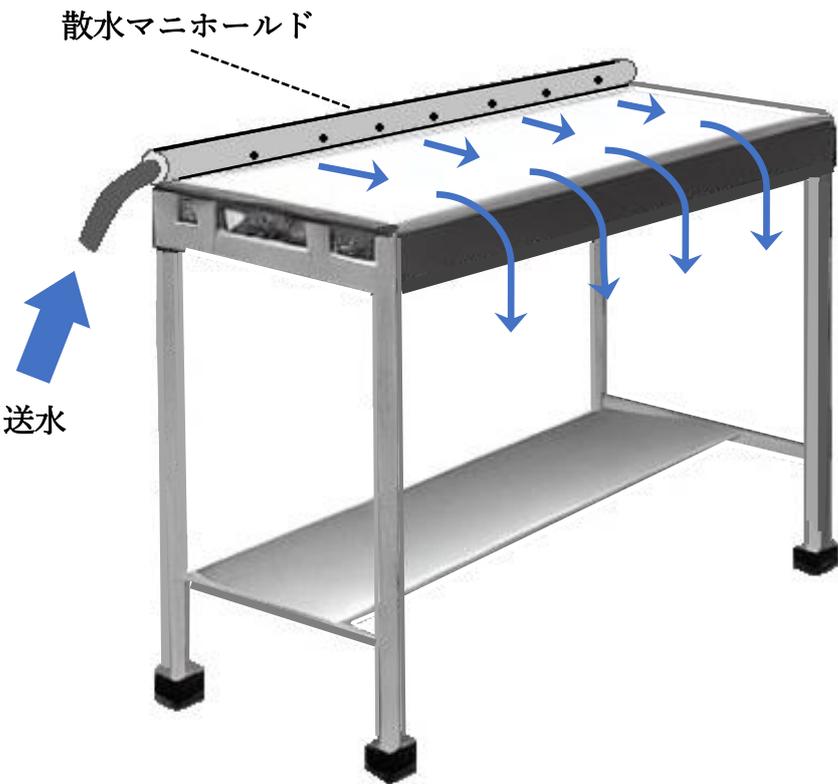
番号	E-7												
改善事例名	小型卓上ファンを利用した、飲食店従業員の受動喫煙の防止												
作業名	飲食店等における給仕												
有害物質	客席における喫煙から発生するタバコ煙および一酸化炭素等												
改善法	<p>下図の様に、気流は周囲の空気を引き寄せる性質がある。この性質を利用し、卓上中央に置いた小型ファン（羽径 10cm, 風速 約 4m/sec）から上方に向けて送気し、その気流に周囲のタバコ煙を捕捉させて天井の換気扇に導く。こうして客席の傍に立つ従業員の受動喫煙が抑制される。</p>												
改善の概要	 <p>発生したタバコ煙を上昇気流が引き寄せることにより、タバコ煙が四方に拡散して従業員の呼吸域に侵入することを防ぐ。</p>												
改善の効果	<p>卓上小型ファンの利用により、従業員の想定呼吸域における粉じん濃度等は下表の様に改善された。</p> <table border="1" data-bbox="389 1615 1417 1776"> <thead> <tr> <th></th> <th>小型ファン OFF</th> <th>小型ファン ON</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>粉じん濃度 [mg/m³]</td> <td>1.37 ± 0.51</td> <td>0.27 ± 0.12</td> </tr> <tr> <td>一酸化炭素濃度 [ppm]</td> <td>4.34 ± 2.58</td> <td>0.07 ± 0.32</td> </tr> <tr> <td>ニオイ指数</td> <td>95.5 ± 38.4</td> <td>34.8 ± 27.2</td> </tr> </tbody> </table> <p>(算術平均値 ± 標準偏差 ; n=20)</p>		小型ファン OFF	小型ファン ON	粉じん濃度 [mg/m ³]	1.37 ± 0.51	0.27 ± 0.12	一酸化炭素濃度 [ppm]	4.34 ± 2.58	0.07 ± 0.32	ニオイ指数	95.5 ± 38.4	34.8 ± 27.2
	小型ファン OFF	小型ファン ON											
粉じん濃度 [mg/m ³]	1.37 ± 0.51	0.27 ± 0.12											
一酸化炭素濃度 [ppm]	4.34 ± 2.58	0.07 ± 0.32											
ニオイ指数	95.5 ± 38.4	34.8 ± 27.2											
備考	<p>詳細は、下記の文献を参照。 小嶋 純. 飲食店等における受動喫煙の簡易対策. 安全衛生コンサルタント 39 (129), 36-40 ; 2019.</p>												

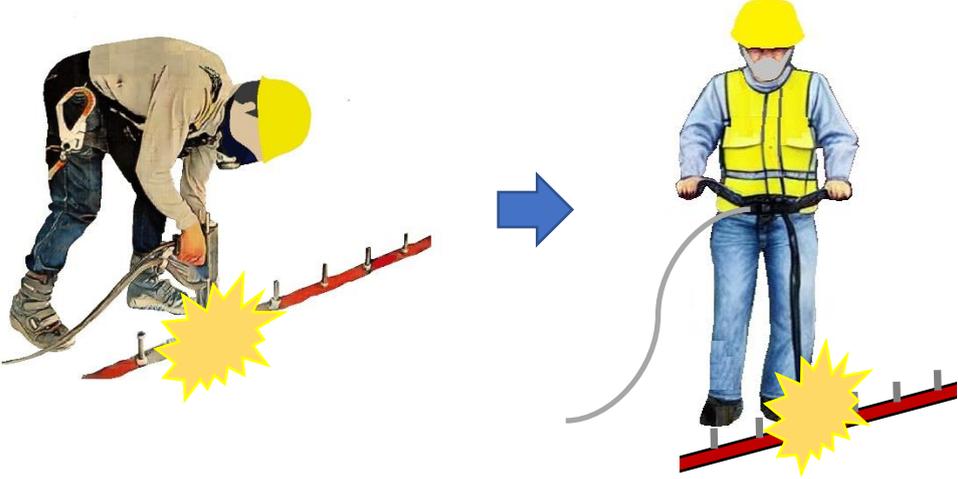
番号	E-8
改善事例名	エアーシャワーと作業場の入念な清掃による作業者のベリリウム感作の抑制
作業名	ベリリウムおよびその化合物の取り扱い作業
有害物質	ベリリウムおよびその化合物の粉じん
改善法	作業者に保護衣や保護手袋を着用させ、ベリリウムの経皮吸収を防ぐ。作業場の出入り口にエアーカーテンを設け、作業者の衣服や皮膚に付着した粒子状ベリリウムが室外に漏出することを抑制する。作業場の清掃を入念に行い、ベリリウムが事業所内の他の場所に拡散することを防ぎ、以て二次汚染を抑制する。
改善の概要	 <p>The image illustrates the improvement measures. On the left, a worker is shown in a full-body white protective suit with a hood and gloves, standing in an air shower (エアーシャワー) at the entrance of a facility. The air shower is depicted as a vertical panel with multiple circular air outlets. Below this, several cleaning tools are shown: a paint roller, a blue bucket, a broom, and a large industrial vacuum cleaner with a grey tank and black hoses.</p>
改善の効果	米国の酸化ベリリウム・セラミック工場において、上記の内容を骨子とするベリリウム対策プログラムを実施したところ、従業員のベリリウム感作率が実施前の約 12% にまで低減した。
備考	<p>詳細は、下記の文献を参照。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 小嶋 純. 管理濃度が厳しい物質の管理について — ベリリウムの場合. 安全衛生コンサルタント 40 (135), p.37-41 ; 2020. ・ K Cummings, D Deubner, G Day, et al. Enhanced preventive programme at a beryllium oxide ceramics facility reduces beryllium sensitisation among new workers. Occup Environ Med. 64 (2), 134-140 ; 2007.

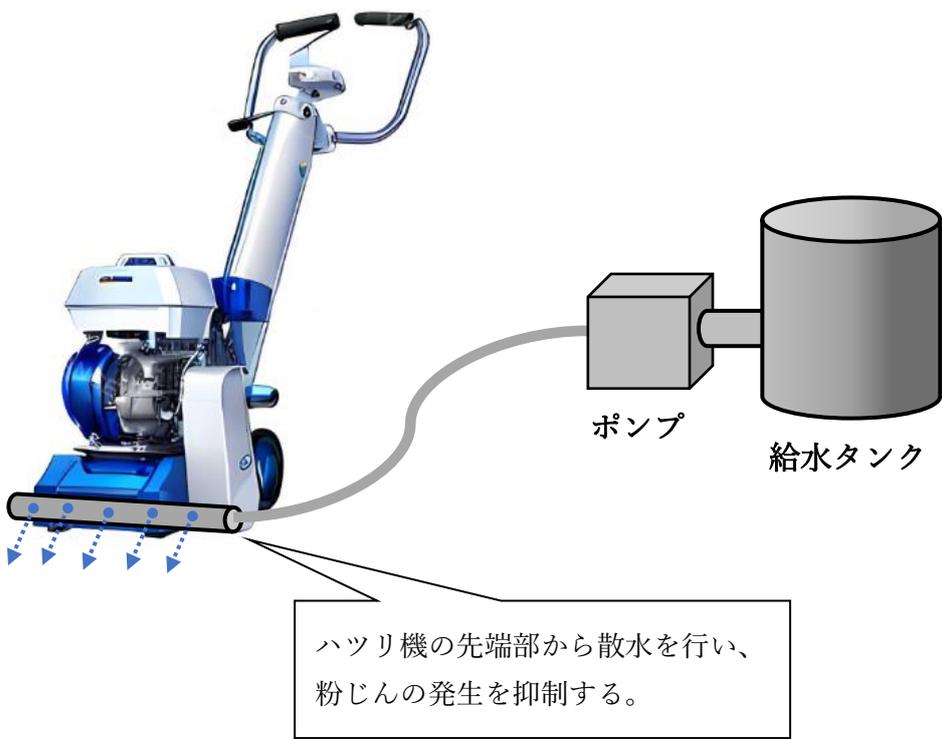
番号	E - 9
改善事例名	溶接施工法（溶接ワイヤ）の見直しによる溶接ヒュームの発生量の低減化
作業名	アルミニウム合金薄板の直流パルスミグ溶接
有害物質	溶接ヒューム
改善法	アルミニウムの直流パルスミグ溶接において使用する溶接ワイヤ（ $\phi=1.2\text{mm}$ ）を、5000系ワイヤ（A5183-WY, A5356-WY）から4000系ワイヤ（A4043-WY）に変更した。
改善の概要	 <p>以下の溶接条件でアルミニウムミグ溶接を行い、 母材=A5083P-O, A6061P-T6（何れも板厚8mm×300mm×300mm） シールドガス=Ar シールドガス流量=20L/min 溶接電流=100A, 200A 溶接ワイヤ=A5183-WY, A5356-WY, A4043-WY 溶接速度=300mm/min それぞれの条件組み合わせ下におけるヒュームの発生量を、JIS Z 3930 に準じて測定し、結果を比較した。</p>
改善の効果	測定の結果、以下の事実が明らかになった。 <ul style="list-style-type: none"> ・ヒューム発生量は、溶接電流の増加（100A→200A）に伴い増加する。 ・母材が A5083P-O の場合、ワイヤを A5183-WY から A4043-WY に改めると、ヒューム発生量は約 17% にまで低減した。 ・母材が A6061P-T6 の場合、ワイヤを A5356-WY から A4043-WY に改めると、ヒューム発生量は約 12～28.5% にまで低減した。 ・継手性能試験を行った結果、A4043-WY を用いた際の継手の伸びは 5000 系ワイヤを用いた場合より低下した。
備考	詳細は、下記の文献（学会抄録集）を参照。 高橋潤也，中島 均，藤井信之，ほか．アルミニウム合金薄板の溶接部における継手性能と施工環境の両方を考慮した溶接施工法の検討．第 61 回 日本労働衛生工学会 抄録集，80-81；2022．

番号	E - 10
改善事例名	装着型小型送風機による溶接ヒュームばく露の抑制
作業名	アーク溶接作業
有害物質	溶接ヒューム
改善法	<p>作業者の肩前に取り付けられた電池駆動の送風ファンから前方に向けて送風を行うことにより、ヒュームが呼吸域内へ侵入することを抑止してばく露を低減させる。送風はアーク点を指向していないため、シールド・ガスを阻害して溶接欠陥を生じさせる恐れはない。送風ファンは小型かつ軽量なので溶接用遮光面体と物理的に干渉せず、作業性や視認性を損なうこともない。</p>
改善の概要	
改善の効果	 <p>作業者の呼吸域にまで立ち上ってくるヒューム（左図）が、送風を行うことにより呼吸域への侵入を阻まれていることが分かる（右図）。</p>
備考	<p>詳細は、下記の文献を参照。 小嶋 純. 溶接ヒュームばく露のリスク低減措置. 産業衛生学雑誌 65 (2), 95-99 ; 2023.</p>

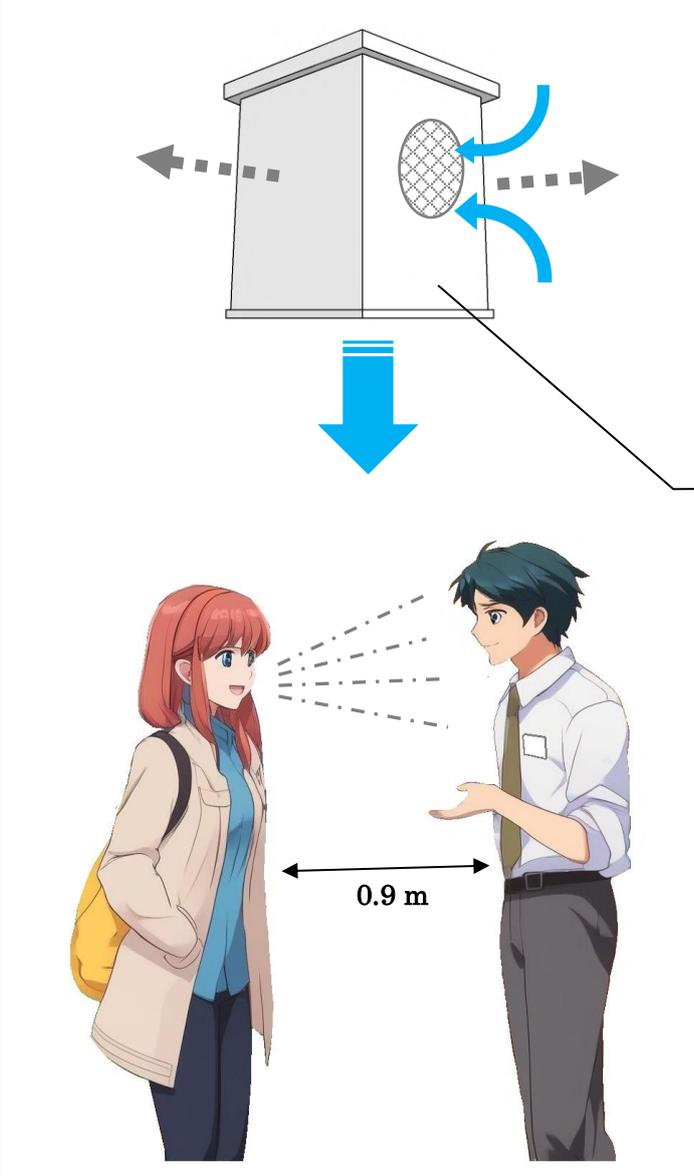
番号	E - 11
改善事例名	湿式研磨による石材粉じん（鉱物性粉じん）の発散抑制
作業名	小規模作業場における花崗岩の研磨作業
有害物質	石材粉じん（花崗岩の研磨粉じん）
改善法	台所用のカウンタートップ等に使用される石材（遊離けい酸を含有する花崗岩）を研磨する際に、市販の湿式グラインダー（研磨部位に散水・噴霧等を行う機能を備えたグラインダー）を利用することで、研磨粉じんの発散を抑制させる。
改善の概要	
改善の効果	<p>米国ワシントン州内の小規模研磨作業場に勤務する全 37 名の作業者に対し、湿式研磨の採用前後における研磨粉じんの平均ばく露濃度を測定してその効果を検証したところ、以下の結果を得た。</p> <p>（採用前）0.16 mg/ m³ → （採用後）0.07mg/ m³ 未満</p>
備考	<p>湿式にて作業を行うため、電動工具使用時には感電の防止対策が不可欠である。詳細は、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>N J Simcox, D Lofgren, J Leon, et al. Case Study / Silica Exposure during Granite Countertop Fabrication. Appl Occup Environ Hyg 14 (9), 577-582 ; 1999.</p>

番号	E - 12
改善事例名	湿式研磨作業台による石材粉じん（鉱物性粉じん）の発散抑制
作業名	石材の研磨・切削作業
有害物質	石材粉じん（花崗岩の研磨粉じん）
改善法	台所用のカウンタートップ等に使用される石材（遊離けい酸を含有する花崗岩）の研磨および切削作業を、湿式研磨作業台（作業面上に流水による被膜（sheet flow）をつくり、発生した石材粉じんを捕集して洗い流す。）上で行うことにより、発じんを抑制しばく露を低減させる。
改善の概要	
改善の効果	<p>湿式研磨作業台の効果を、採用前後における疑似作業者の吸入性粉じんばく露濃度（幾何平均値）で比較・検証したところ、以下の結果を得た。</p> <p>研磨作業 : (採用前) 8.20 mg/m³ → (採用後) 4.35 mg/m³</p> <p>切削作業 : (採用前) 4.33 mg/m³ → (採用後) 2.08 mg/m³</p>
備考	<p>湿式にて作業を行うため、電動工具使用時には感電の防止対策が不可欠である。排水には石材粉じんを含んでいるので、その処理も必要である。排気機能付きの工具と併用すれば、より効果的である。詳細は、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>D L Johnson, M L Phillips, C Qi, et al. Experimental Evaluation of Respirable Dust and Crystalline Silica Controls during Simulated Performance of Stone Countertop Fabrication Tasks with Powered Hand Tools. Annals of Work Exposures and Health 61 (6), 711-723 ; 2017.</p>

番号	E - 13
改善事例名	スタッド溶接における作業姿勢の改善によるヒュームばく露の低減
作業名	スタッド溶接（金属の平板上に専用のボルト等を溶接する技術）
有害物質	溶接ヒューム
改善法	立位で作業可能なスタッド溶接用トーチを開発し、ヒューム発生源と作業者呼吸域との物理的な距離を取ることで、ヒュームへのばく露を低減させる。同時に、姿勢を立位に替えることで、作業者の肉体的な負担の軽減を図る。
改善の概要	
改善の効果	溶接作業の訓練施設において、屈んだ姿勢で行う従来のスタッド溶接と、立った姿勢で行う“アップライト・システム”のスタッド溶接を実施し、それぞれの溶接時に作業者がばく露するヒュームの個人ばく露濃度を比較した。30名の溶接作業者が参加した比較実験の結果、作業姿勢を立位に改めることにより、ヒュームの平均ばく露濃度（個数濃度で計測）は、改める前の21.7～28.6%に低減した。また、作業姿勢を改めたことにより、作業者の生体力学的負荷（biomechanical loading）の低減にもつながった。
備考	<p>詳細は、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>NB Fethke, TM Peters, S Leonard, et al. Reduction of Biomechanical and Welding Fume Exposures in Stud Welding. Ann Ocuup Hyg. 60 (3), 387-401 ; 2016.</p>

番号	E - 14
改善事例名	散水機能を備えたはつり機によるコンクリート研削粉じんばく露の抑制
作業名	コンクリート床表面のはつり作業
有害物質	コンクリート研削粉じん
改善法	はつり機の先端部に取り付けた散水用マニホールドからはつり面に向けて散水を行い、研削粉じんの発生を抑制する。
改善の概要	 <p>はつり機の先端部から散水を行い、粉じんの発生を抑制する。</p>
改善の効果	はつり機を操作する作業者の呼吸域における吸入性粉じんの平均濃度を測定したところ、散水時の濃度は非散水時の濃度の 20% に低減した。
備考	<p>詳細は、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>A Echt, W Sieber, A Jones, et al. Control of Silica Exposure in Construction: Scabbling Concrete. Applied Occupational and Environmental Hygiene. 17 (2), 809-813 ; 2002.</p>

番号	E - 15
改善事例名	手洗いによる付着ナノ粒子の除去
作業名	ナノ粒子取扱い作業
有害物質	ナノ粒子（酸化第二鉄（ Fe_2O_3 ）の微粒子；粒径約 30 nm）
改善法	手の表面に付着した粉体原料（ナノ粒子）を水と石鹼で洗い落とす。
改善の概要	 <p>手洗いによるナノ粒子除去効果を、生体試料（ヒトから採取した皮膚組織）を用いた実験によって検証した。手洗いの方法は、欧州規格（European hand washing method EN 1449）に準じた。上記の生体試料を 1 もしくは 20 時間、ナノ粒子に曝して付着させた後、1 分間、石鹼と水によって洗浄する。洗浄後の試料表面に残存するナノ粒子を吸光光度分析や ICP 発光分析等によって定量し、ナノ粒子の除去率を算出した。</p>
改善の効果	ICP 発光分析によって定量した結果、ナノ粒子の除去率は、1 時間のばく露をさせた試料において 90%、20 時間ばく露の試料においては 86% だった。
備考	<p>作業者の手に付着したナノ粒子は、経皮吸収のみならず、食事や喫煙を介して経口で人体に取り込まれる可能性があるという。</p> <p>実験の詳細は、下記の文献（英文）を参照。 N A Lewinski, A Berthet, L Maurizi, et al. Effectiveness of hand washing on the removal of iron oxide nanoparticles from human skin ex vivo. J Occup Environ Hyg. 14 (8), D115-D119 ; 2017.</p>

番号	E - 16
改善事例名	天井設置型の空気清浄機を用いた感染飛沫へのばく露の抑制
作業名	小売店・飲食店等における接客業務
有害物質	呼気やくしゃみの際に発散するナノ～マイクロサイズの感染性飛沫（エアロゾル）
改善法	店舗の天井に設置した空気清浄機（前後左右に位置移動が可能）によって浄化した空気を従業員の頭上から送気し、客の口から飛んでくる飛沫へのばく露を抑制する。
改善の概要	 <p>この事例では、図のような状況を想定した実験モデルを構築して店舗従業員のばく露を再現し、従業員の呼吸域におけるエアロゾル濃度を計測して空気清浄機の効果を検証している。</p> <p>空気清浄機 HEPA フィルター内蔵 風量 54 m³/時</p> <p>実験では、呼気中の感染飛沫の疑似粒子としてナノサイズの食塩粒子を、くしゃみ時の飛沫の疑似としてマイクロサイズの単分散ガラス粒子を用いている。</p>
改善の効果	実験の結果、従業員の呼吸域におけるナノおよびマイクロ粒子の低減率は、空気清浄機の使用時において、共に 98 % 以上と計測された。
備考	<p>詳細は、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>T Lee, TL Barone, DS Yantek, et al. Evaluation of a prototype local ventilation system to mitigate retail store worker exposure to airborne particles. J Occup Environ Hyg. 20 (7), 289-303 ; 2023.</p>

番号	E - 17																								
改善事例名	労働者への教育指導・啓蒙活動によるニッケルばく露の低減化																								
作業名	ニッケル精錬																								
有害物質	亜硫化ニッケル																								
改善法	ニッケル精錬工場の労働者を対象に教育的介入（educational intervention）を実施して各人の安全衛生意識を向上させ、ニッケルばく露の低減化を図る。																								
改善の概要																									
改善の効果	<p>対象とする労働者を以下の3グループに分けて教育的介入を行った。</p> <p>グループ1：ニッケルによる健康被害やばく露防止法に関する冊子を配布する。</p> <p>グループ2：上記冊子のほか、ニッケルばく露に関する研修会を受講させる。</p> <p>グループ3：冊子と研修会のほか、各労働者からバイオマーカーを提出させ、その検査結果に基づいて個人面談と指導（personal feedback）を行う。</p> <p>介入前後で、労働者の便中および血中ニッケル濃度に下表のような変化が見られた。</p> <table border="1" data-bbox="406 1406 1396 1639"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">便中ニッケル [$\mu\text{g/L}$]</th> <th colspan="2">血中ニッケル [$\mu\text{g/L}$]</th> </tr> <tr> <th>介入前</th> <th>介入後</th> <th>介入前</th> <th>介入後</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>グループ1</td> <td>52.3</td> <td>8.5</td> <td>1.7</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>グループ2</td> <td>57.4</td> <td>9.6</td> <td>2.0</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>グループ3</td> <td>43.2</td> <td>8.2</td> <td>2.0</td> <td>0.1</td> </tr> </tbody> </table> <p>なお、この教育的介入の前後で当該作業場における気中ニッケル濃度に大きな変化が見られなかったことから、教育的介入の効果は作業中の労働者の行動や姿勢などに反映されたものと考えられる。</p>		便中ニッケル [$\mu\text{g/L}$]		血中ニッケル [$\mu\text{g/L}$]		介入前	介入後	介入前	介入後	グループ1	52.3	8.5	1.7	0.1	グループ2	57.4	9.6	2.0	0.1	グループ3	43.2	8.2	2.0	0.1
	便中ニッケル [$\mu\text{g/L}$]		血中ニッケル [$\mu\text{g/L}$]																						
	介入前	介入後	介入前	介入後																					
グループ1	52.3	8.5	1.7	0.1																					
グループ2	57.4	9.6	2.0	0.1																					
グループ3	43.2	8.2	2.0	0.1																					
備考	<p>詳細は、下記の文献（英文）を参照。</p> <p>K Rumchev, H Brown, A Wheeler, et al. Behavioral interventions to reduce nickel exposure in a nickel processing plant. J Occup Environ Hyg. 14 (10), 823-830 ; 2017.</p>																								