

化学物質のリスク評価に基づく健康障害防止対策について

基調講演：労働衛生保護具の選択と使用法

(呼吸用保護具、化学防護手袋、化学防護服、保護めがね)

平成23年1月24日(月)

十文字学園女子大学大学院 人間生活学研究科
衛生学公衆衛生学研究室

田中 茂

〒352-8510 埼玉県新座市菅沢2-1-28

TEL 048(477)0555(内363)

FAX 048(477)0587

E-mail stanaka@jumonji-u.ac.jp

URL <http://www.jumonjiu.ac.jp/shokuei/stanak>

1

MSDSはこれでいいのか？

中央労働災害防止協会・安全衛生情報センターのGHSモデルMSDS情報より

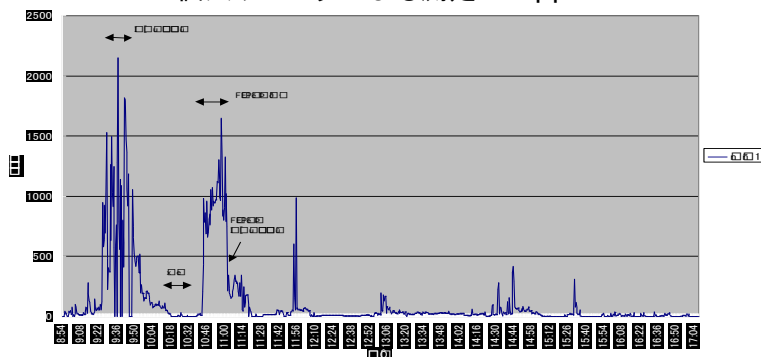
- トルエン(例)
- **8. ばく露防止及び保護措置**
- **保護具**
- **呼吸器の保護具**:適切な呼吸器保護具を着用すること。
- **手の保護具**:適切な保護手袋を着用すること。
- **眼の保護具**:適切な眼の保護具を着用すること。
保護眼鏡(普通眼鏡型、側板付き普通眼鏡型、ゴーグル型)
- **皮膚及び身体の保護具**:適切な顔面用の保護具を着用すること。

2

2. リスクアセスメントを実施し作業者の曝露状況の推定

- 個人曝露濃度測定で、1日の作業時間の平均濃度とともに瞬間的な濃度の把握が重要である。許容濃度を超えている作業における時間帯を把握し、それらの時間帯に保護具を装着する。

塩化メチレン職場（フィルタープレス）
個人サンプラ-による測定120ppm



3 作業者にあったマスク面体、保護めがね、保護衣等を選定する。

- 大きさの異なる保護具が市販されており、装着者にあったものを選定する。

4 保護具の装着、使用、管理について教育、訓練を実施する。

- 平素から訓練を繰り返して正しい使用法を習熟しておく。常に点検と手入れを励行して十分性能を発揮できる状態に保つことが重要である。

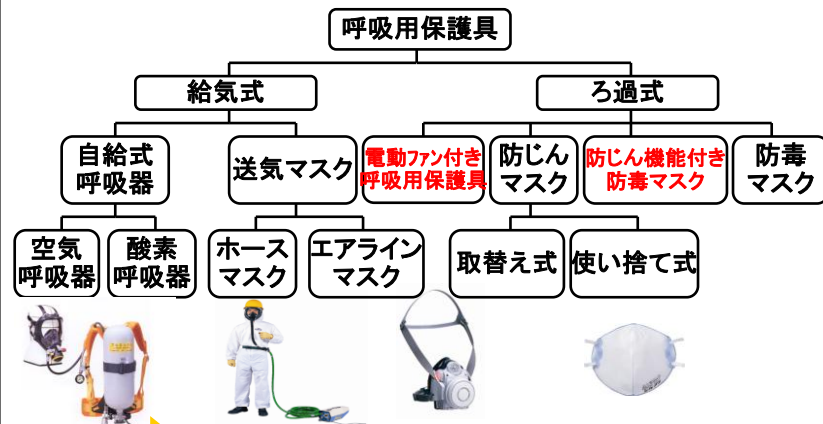
5 保護具着用管理責任者を選任する。

- 「防じんマスクの選択、使用等について」「防毒マスクの選択、使用等について」の通達で、作業場ごとに保護具着用管理責任者を選任することが記載されている。防じんマスクや防毒マスクを使用しなくても保護具を使用する事業場では、保護具着用管理責任者を選任し、保護具の購入から、廃棄までの管理および、装着者への教育、指導を行うことが望ましい。

6 保護具アドバイザーを活用する。

- 保護具メーカーが参画している(社)日本保安用品協会では、保護具メーカーの社員が現場からの保護具の相談、指導に対応できる知識、技術を習得させるための教育を行い、保護具アドバイザーの資格を取得させている。現場で、保護具について相談したいときは、保護具アドバイザーを活用することが望ましい。

呼吸用保護具の種類



該当する規格は？

JIS規格 : 全て

国家検定 : 防じんマスク、防毒マスクのみ

国家検定、JIS規格に合格している保護具を使用しましょう

使い捨て式



国(平13)検
第M19号
DR「直」RL3

国家検定合格標章
(防じんマスク)

取り替え式(半面形)



取り替え式(全面形)



国(平13)検
DR「直」RL3
第M19号

国家検定合格標章
(フィルター)

防じんマスク、防毒マスクを選定するとき、考えること

- ・ **防じんマスク** (粒子状物質)
 - ・ろ過材(フィルター)の選定: 使用物質の有害性、作業内容等を考慮(3段階の捕集効率より、選定)
 - ・マスクの顔面との接触面からの漏れ(フィットネス): 装着者の顔にあった面体の選定
- ・ **防毒マスク** (有機溶剤、酸、アルカリ等)
 - ・吸収缶の性能: 対象物質に対する破過時間(どれだけ捕集できるか)
 - ・マスクの顔面との接触面からの漏れ(フィットネス)
- ・ **防じん機能付き防毒マスク** (蒸気圧の高い粒子状物質)
 - ・有害性を考慮して、ろ過材の選定
 - ・マスクの顔面との接触面からの漏れ(フィットネス)

防じん機能を有する防毒マスクの使用について

- ・ 分子量が大きく、蒸気圧が低い化学物質を取り扱う作業環境
- ・ ガスまたは蒸気状の物質が粉じん等と混在している作業環境

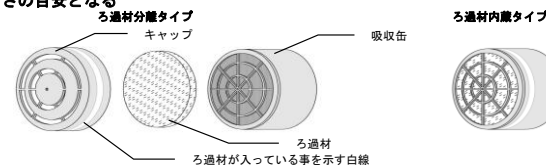
防じん機能を有する防毒マスクの選定方法と注意事項について

●選定方法

- ・ 作業環境中の有毒ガスや粉じんの区分にあわせて適切な吸収缶およびろ過材を選択する

●交換時期の目安

- ・ 除毒能力の有効時間内で、かつ、吸気抵抗の上昇で息苦しくならないうちに余裕をもって交換する
- ・ ろ過材は粉じん等の堆積により吸気抵抗が上昇する。取扱説明書等に記載の「吸気抵抗上昇値」は使用中の息苦しさの目安となる



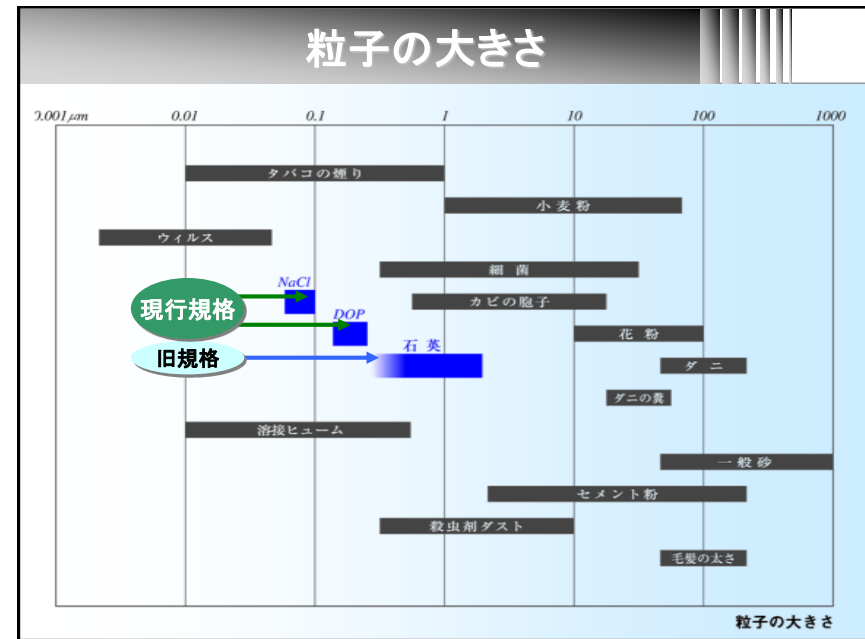
防じん機能を有する防毒マスクの構造例

マスクの選定をするとき:

- ・マスクのろ過材(フィルター)の粒子径に対する粉じんの捕集効率
- ・顔面とマスクとの接触面からの漏洩



11



日本の防じんマスクの国家検定規格:

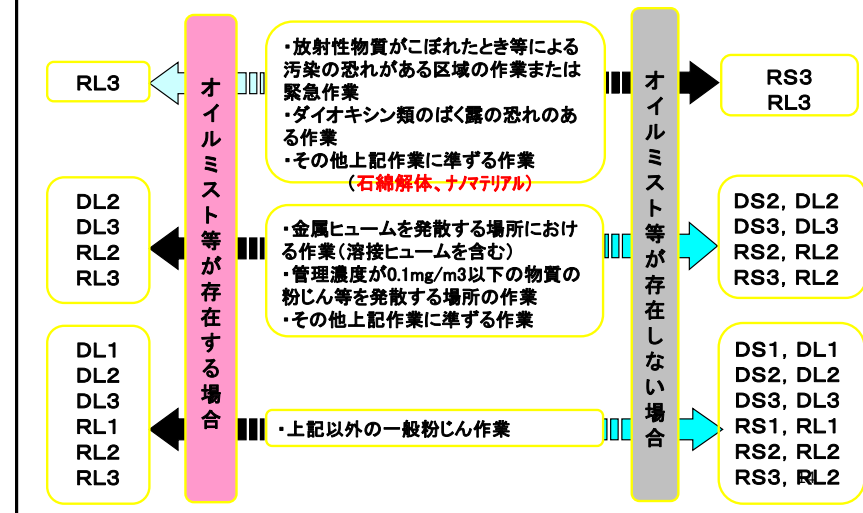
固体粒子:NaCl 100mg供給まで

液体粒子:DOP 200mg供給まで

取替え式(R) Replaceable			使い捨て式(D) Disposable		
固体粒子用 (S)	液体粒子用 (L)	捕集効率	固体粒子用 (S)	液体粒子用 (L)	捕集効率
RS1	RL1	80.0%以上	DS1	DL1	80.0%以上
RS2	RL2	95.0%以上	DS2	DL2	95.0%以上
RS3	RL3	99.9%以上	DS3	DL3	99.9%以上

13

粒子状物質の及び作業の種類から考えた防じんマスクの区分について

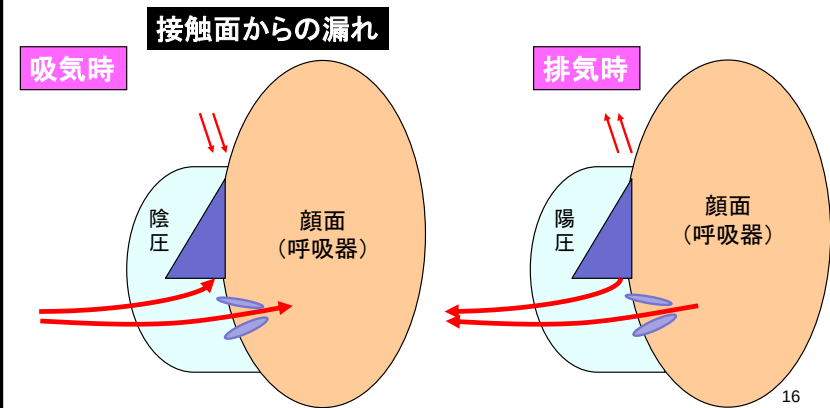


装着の仕方が悪いと顔面とマスクとの接触面からもれて、
せっかくマスク装着してても有害物に曝露してしまう。



15

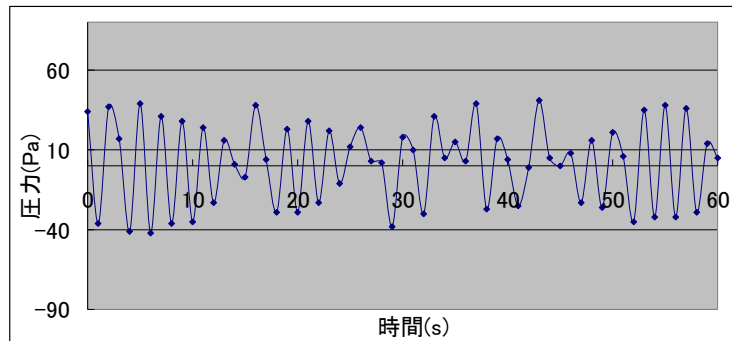
マスク装着での注意点: 吸気時、面体内は陰圧になる。その
ため、装着が悪いと面体と顔面との接触面から漏洩がおきる。



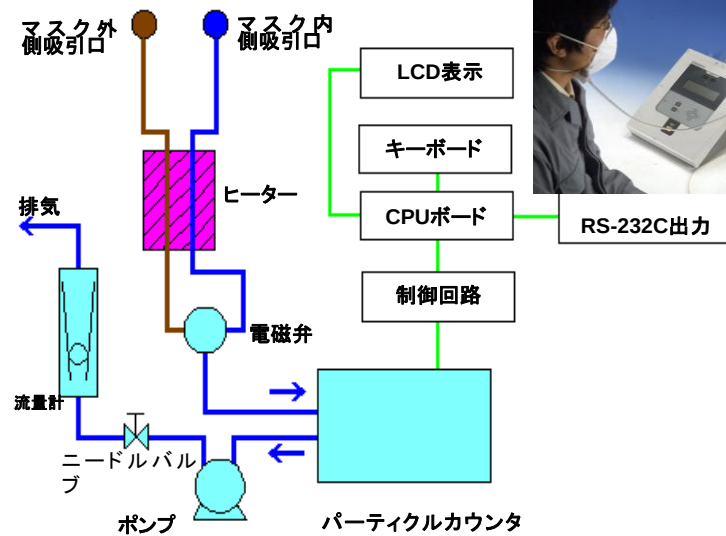
16



使い捨て式防じんマスク
漏れ率: 7.25%

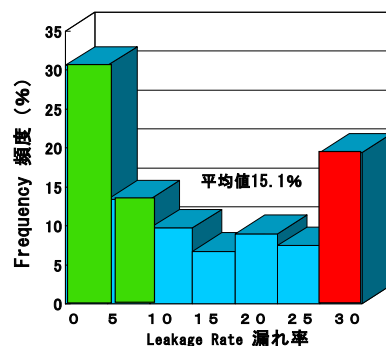


マスクフィッティングテスターMT-03



18

Investigation of Leakage Rate 防毒マスクの漏れ率

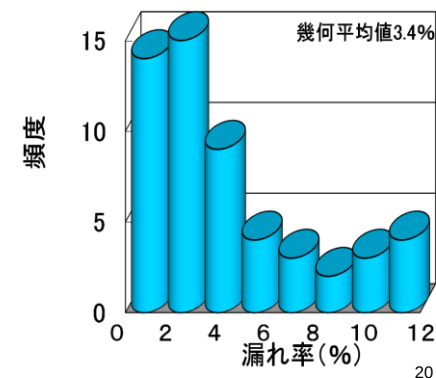


Less than 10% pass
10%以下は合格とする

19

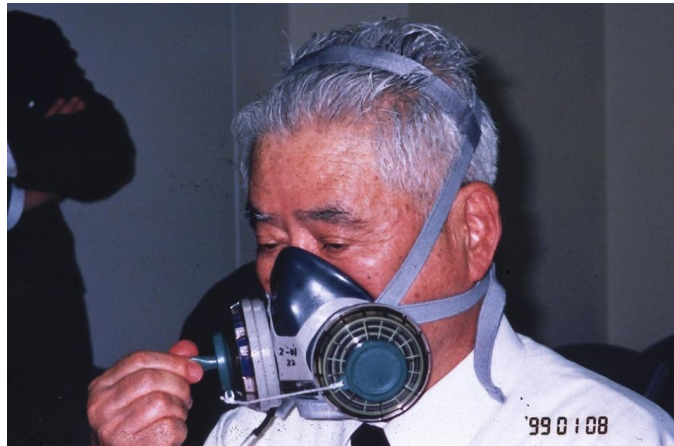
全面面体を装着した植物検疫くん蒸業者(54名)の 顔面と面体からの漏れ率

全面面体でも不適切な装着だと漏れる。



20

**フィットチェッカーを用いた漏れチェック
(労働科学研究所、木村菊二先生)**



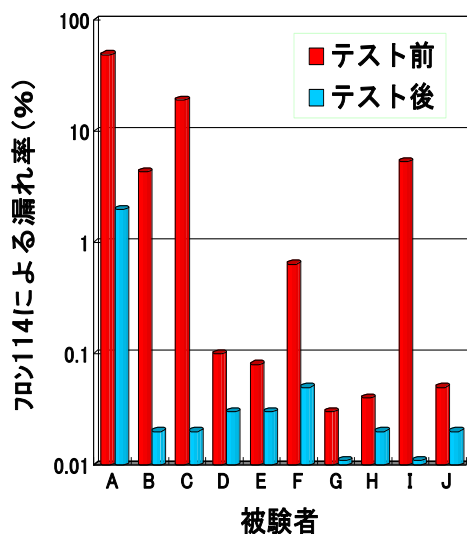
21

**陰圧法による漏れのチェック(定性的)
吸気口を手のひらでふさいで吸えれば漏れがある。
押しすぎないように。**



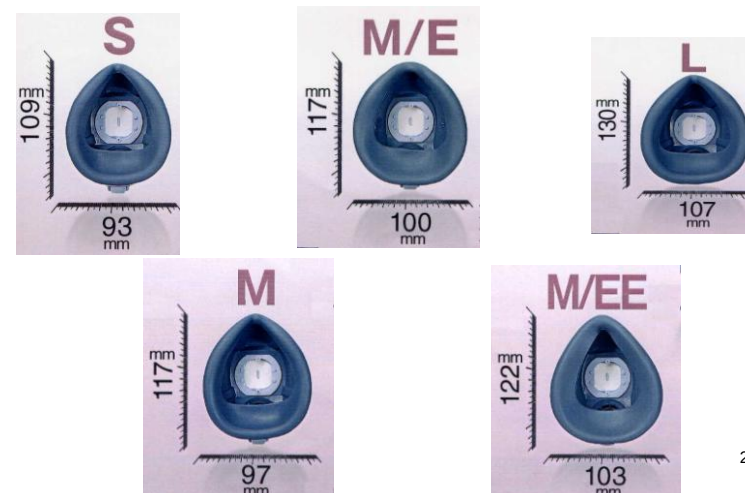
22

陰圧法によるフィットテスト実施前後の漏れ率
陰圧法でチェックすることにより、始めてのAも低い漏れ率になった。



23

同一マスクで接顔体5タイプのものもある。
自分の顔にあうマスクを選択することが大切。

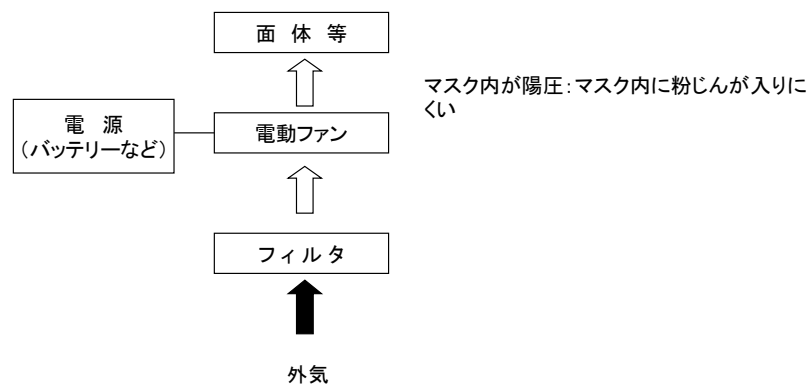


24

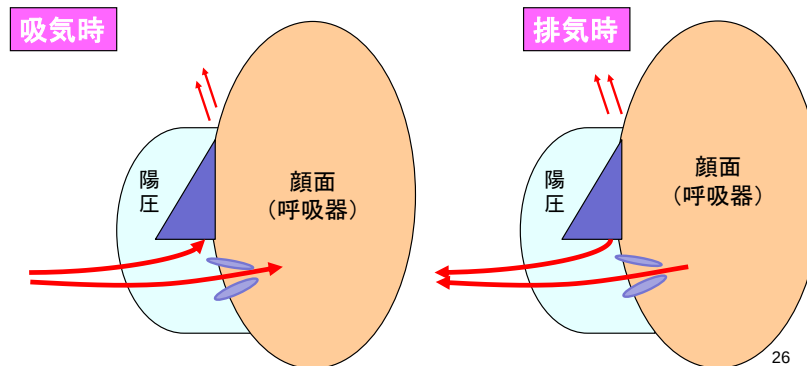
電動ファン付き呼吸用保護具

JIS T 8157

(Powered Air Purifying Respirators: PAPR)

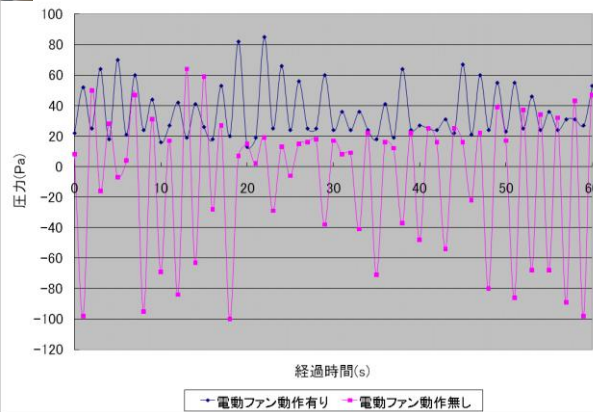


電動ファン付き呼吸用保護具:
吸気時も面体内が陽圧にある





標準型電動ファン付き呼
吸用保護具BL100S
漏れ率: 0.29 %



電動ファン付き呼吸用保護具の種類

- フェイスシールド形PAPR(溶接作業
グラインダー作業等)
- フード形PAPR(原子力発電所、
農薬散布等)
- 全面形PAPR(石綿解体等)
- 半面形PAPR(ずい道作業等)
- 補助型PAPR



28

呼吸に追従する送風システム

息を吸う

粉じんをフィルタでろ過し、電動ファンによって送風を行う

息を吸うときだけ送風

●必要かつ十分な風量

息をはく

息を吐くとき送風おさえる

- フィルターに粉じんが堆積を抑える
- バッテリーの消耗を抑える
- 息が吐きやすい

29

漏れ率の比較の一例

接顔部にわざとすき間を作って漏れ込みが発生する状態を再現して測定したもの

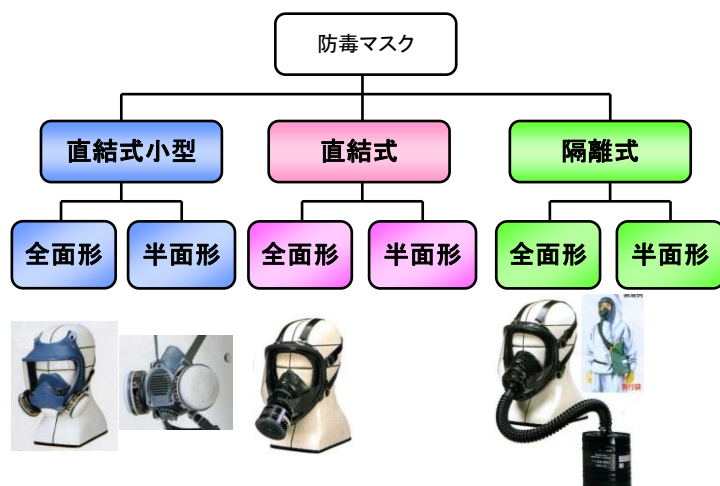
電源OFF わざと作ったすき間から 漏れ込む状態	電源ON ブレスリンクブロワーマスク 本来の送風がある状態
8.46%	0.00%
23.68%	0.00%
28.36%	0.00%
20.77%	0.00%
34.32%	0.22%

人口肺1.6ℓ×25回／分

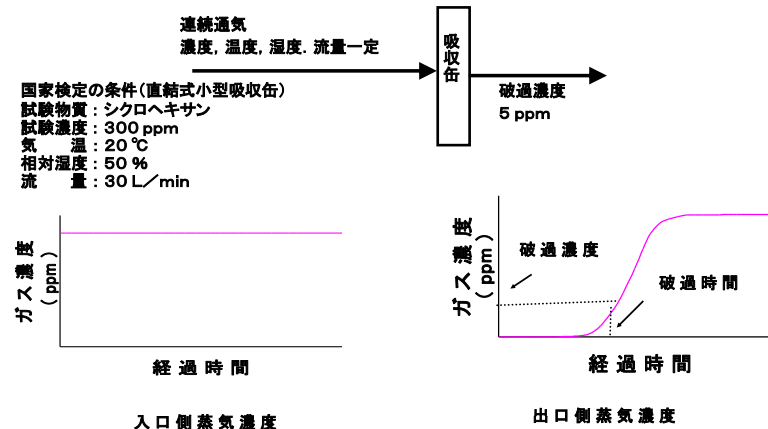
BL-100Sを使用

30

防毒マスク



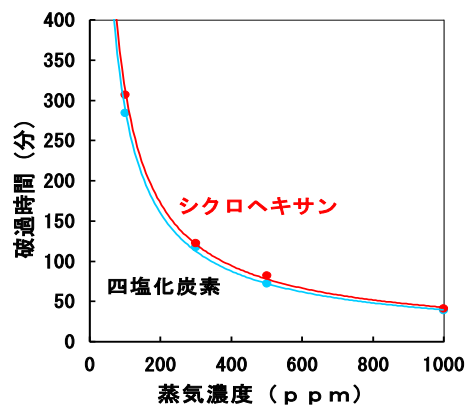
有機ガス用吸収缶の破過の模式図 (ある量を捕集すると吸収缶出口側に漏れでてくる一破過)



32

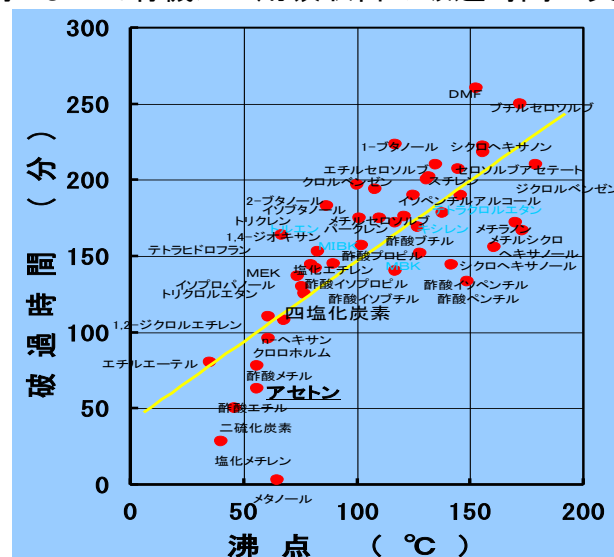
直結式小型吸収缶のシクロヘキサンと 四塩化炭素に対する破過曲線図

シクロヘキサンは以前の四塩化炭素(オゾン層破壊物質のため使用禁止)と、ほぼ同じ破過時間を示す



33

有機溶剤によって有機ガス用吸収缶の破過時間が異なる



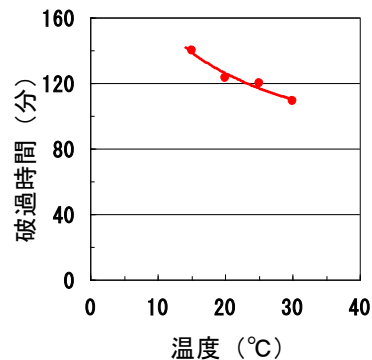
田中のデータ:有機溶剤46物質(300ppm 20℃ 50%)

34

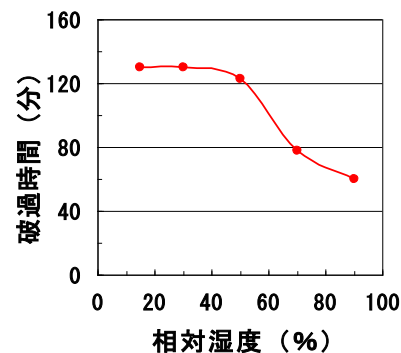
直結小型吸収缶の除毒能力(温度、湿度の影響)

破過時間は温度、湿度の影響を受けやすい。

湿度の高い環境で有機ガス用吸収缶を使用するときは注意



相対湿度 : 50%
蒸気濃度 : 300ppm
有機溶剤 : シクロヘキサン



温度 : 20°C
蒸気濃度 : 300ppm

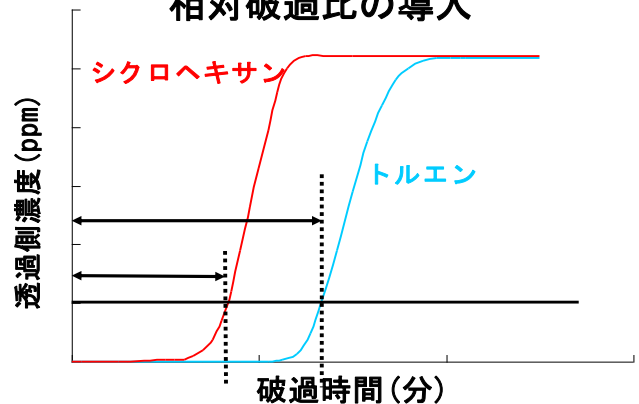
35

有機ガス用吸収缶の破過 (交換時期)の推定

- 破過曲線図の活用: 各有機溶剤の相対破過比を参考にする。
- 吸収缶から漏洩してくる臭気による。
- 吸収缶から脱着してくる有機溶剤蒸気を確認: 検知管やセンサーを活用
- 吸収缶の質量増加
- センサーを取り付けたマスクによる検知(現在市販されていない)
- 使用日数で管理

36

シクロヘキサンの破過曲線図を利用する方法 相対破過比の導入



$$\text{相対破過比} = \frac{\text{各有機溶剤の破過時間 (B)}}{\text{シクロヘキサンの破過時間 (A)}}$$

37

相対破過比の利用の仕方

- ☛ メーカーは各物質の相対破過比、シクロヘキサンに対する破過曲線図、および相対湿度による破過時間の関係を提示する。
- ☛ ユーザーは対象物質を確認する。混合溶剤のときは破過時間の早い物質が対象となる。その相対破過比を確認する(A)。
- ☛ 作業者の曝露濃度を推定する。混合溶剤のときは、各有機溶剤濃度を合計した濃度(B)を求める。
- ☛ シクロヘキサンの破過曲線図から、濃度(B)より破過時間を求め、それに相対破過比(A)を掛けて推定破過時間(吸収缶の使用時間)を求める。

38

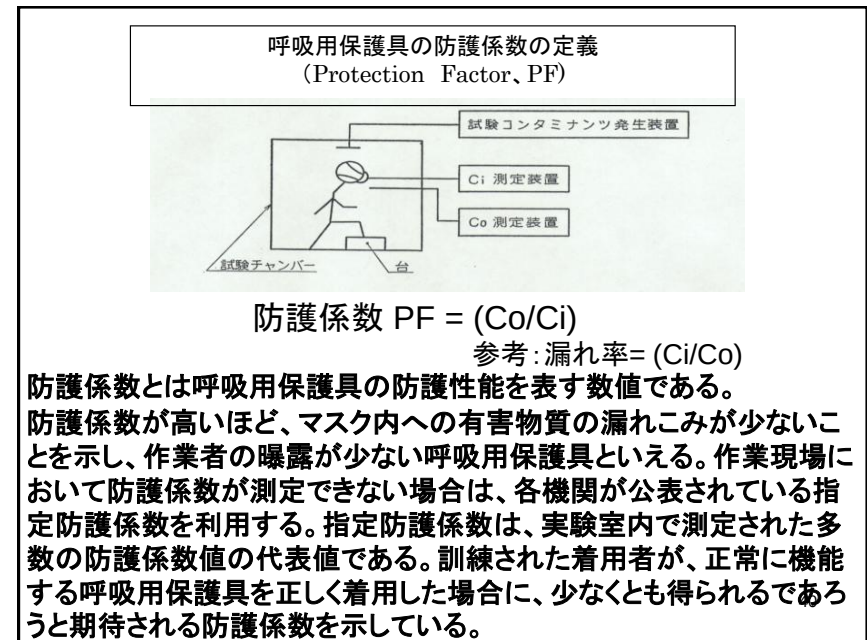
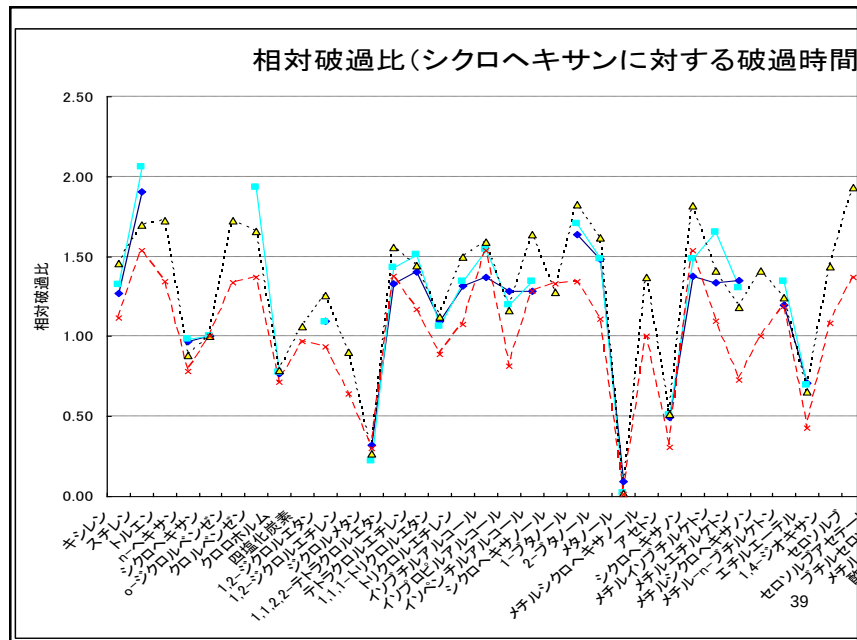
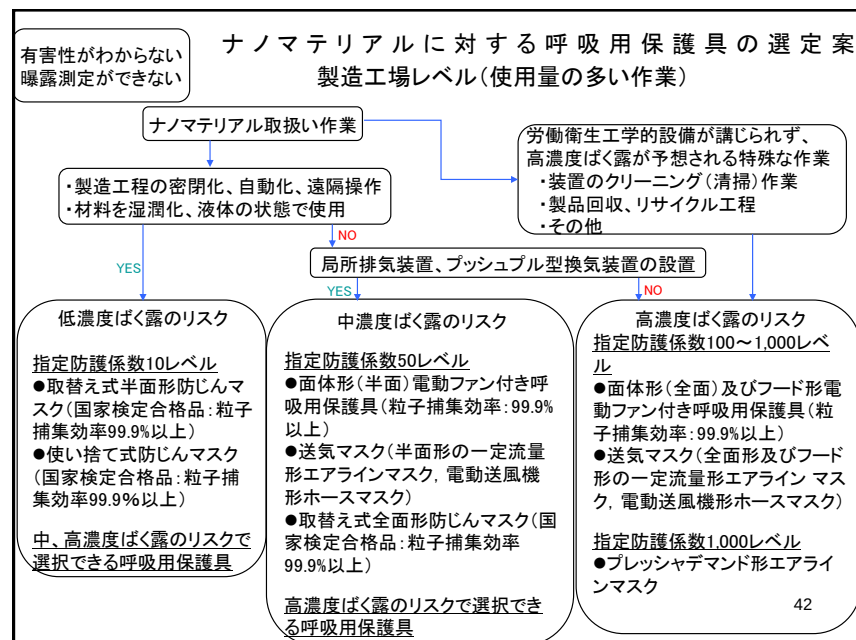


表 呼吸用保護具の指定防護係数（出典 JIS T 8150-2006参照）

マスクの種類			指定防護係数
防じんマスク (動力なし)	使い捨て式		10※
	半面形 取替え式マスク		
	全面形 取替え式マスク		50※
電動ファン付き 呼吸用保護具	半面形		50
	全面形		100
	フード形、フェイスシールド形		25
送気マスク	デマンド形	半面形	10
		全面形	50
	一定流量形	半面形	50
		全面形	100
		フード形 フェイスシールド形	25
	プレッシャデマンド形	半面形	50
		全面形	100※



背 景

1990年代半ばまで: インジウムは安全な金属

1990年代半ば: インジウムを含む化合物半導体の粉体を動物肺に直接注入する実験

↓
肺に強い炎症

1990年代末: ITO研磨作業者が肺障害(間質性肺炎)で入院
2001年: 同作業者が死亡
肺の所見が動物で観察されたものと類似

↓
インジウム粉じんが人に肺障害を起こす可能性

・薄型TVディスプレイの透明電極の材料に使用。
・今年6月に発がん性を示す動物実験の結果が報告。
・ACGIH-TLV 0.1 mg/m³から目標濃度の設定

・3月29日(火)9時から関東産業衛生技術部会研修会として慶応大学医学部で開催

インジウム取扱い作業に対する呼吸用保護具の選定 —許容される濃度を3×10 ⁻⁴ mg/m ³ とした時の選定目安表—	
作業環境測定結果 (作業環境評価基準に準じ算出した第1評価値に基づき判別)	選定すべき保護具の目安
測定未実施*又は	【指定防護係数100～1,000レベル又はそれ以上の防護性能が期待できるもの】 ●面体形(全面)電動ファン付き呼吸用保護具(粒子捕集効率: 99.9%以上) ●全面形の一定流量形エアラインマスク ●フレッシュアデマント形エアラインマスク
3×10 ⁻² mg/m ³ 以上	
目標濃度 1×10 ⁻²	
3×10 ⁻³ mg/m ³ 以上	【指定防護係数50～100レベル又はそれ以上の防護性能が期待できるもの】 ●面体形(半面)電動ファン付き呼吸用保護具(粒子捕集効率: 99.9%以上) ●取替え式全面形密着じんマスク(国家検定合格品: 粒子捕集効率99.9%以上) (装着者がこれらの呼吸用保護具を装着し、定期的にマスクフィッティングテストにより漏れ率測定で2%未満(防護係数50以上)であることを確認することが必要であればこの濃度で使用可)
3×10 ⁻⁴ mg/m ³ 超	【指定防護係数10レベル又はそれ以上の防護性能が期待できるもの】 ●取替え式半面形密着じんマスク(粒子捕集効率99.9%以上)
許容される濃度 3×10 ⁻⁴	
3×10 ⁻⁴ mg/m ³ 以下	呼吸用保護具の使用が望ましい

*作業環境測定が実施されていない作業
・労働衛生工学的設備が備わらず、高濃度(暴露が予想される特殊な作業・設置のクリーニング(清掃)作業 他

総合的に判断して呼吸用保護具を選定する。

- 作業者の曝露濃度が基準値(管理濃度、許容濃度等)の何倍で作業しているかを予測し、保護具の指定防護係数と比較して選定する。指定防護係数の高い保護具を使用する程、作業者の曝露が少ないといえる。
- (1) **送気マスクの選定を優先する**。発がん性など有害性の高い物質や、ガス、蒸気状物質において防毒マスクで捕集除去が難しい物質などでは、送気マスクを使用する。マスク内が陰圧になることが少ないことより、物質がマスク内に侵入しにくく作業者の曝露が少ないといえる。
- (2) **粒子状物質：電動ファン付き呼吸用保護具(PAPR)**は、送気マスクと同様、マスク内が陰圧になりやすいため推奨される。使用物質の有害性が高ければ標準型PAPRを、低ければ補助型PAPRを検討する。ろ過材の選定は上記1-②を参照する。
- (3) **ガス・蒸気状物質**：沸点の低い化学物質(メタノール、アセトン、ホルムアルデヒド、エチレンオキシド等)は有機ガス用吸収缶で捕集しにくく、その物質専用の吸収缶か送気マスクを使用することが推奨される。
- (4) **蒸気圧を有する粒子状物質**：防じん機能付き防毒マスクを選定する。ACGIHのTLVsのリスト中、TWAの欄にIFV(インハラブル粒子及び蒸気)と記載されているのが56物質と多くあり、この保護具の選択使用に該当する。

通達： 化学物質等による 眼・皮膚障害防止対策 の徹底について

平成15年8月11日付け
基発第0811001号
厚生労働省労働基準局
安全衛生部



化学物質等による眼・皮膚障害防止 対策の徹底について

- 平成15年8月11日付け 基発第0811001号
厚生労働省労働基準局安全衛生部
- 化学物質等による眼又は皮膚への障害が、化学物質等による職業性疾病全体の約半数を占めており、その件数は近年増加するとともに、重篤な障害となった事例も発生している。
- これらの健康障害は、化学物質が飛散して労働者の身体に接触すること等により発生している。
- これらの健康障害の発生を防止するためには、適切な保護具の使用等を徹底することが重要である。
- (適切な保護具: 化学防護服、化学防護手袋、保護めがね)

化学防護手袋



作業現場での手袋に関する使用状況

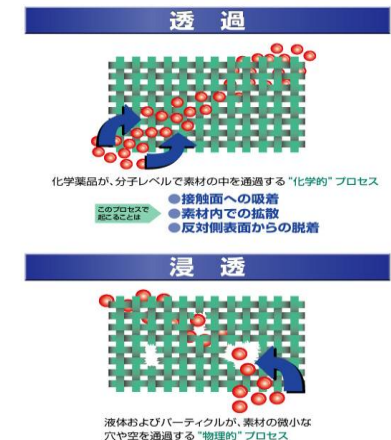
- ジメチルホルムアミド(DMF): 1日10分間 ノズルの洗浄に使用している。産業医が高い尿中NMF(DMFの代謝産物)に疑問を持った。天然ゴムの手袋を使用。
- 塩化メチレン(ジクロロメタン): 衛生管理者から塩化ビニールの手袋を支給され、作業者は手がひりひりするのはいしょうがないと思っていた。
- メチルエチルケトン(MEK): 使い捨て手袋を装着しているが、手指の刺激、傷があると痛い、皮膚が白っぽくなる、と訴えていた。
- N-メチルピロリドン: 洗浄剤としてトリクロロエチレン代替物質として使用し始めたら、カブレを生じた。

49

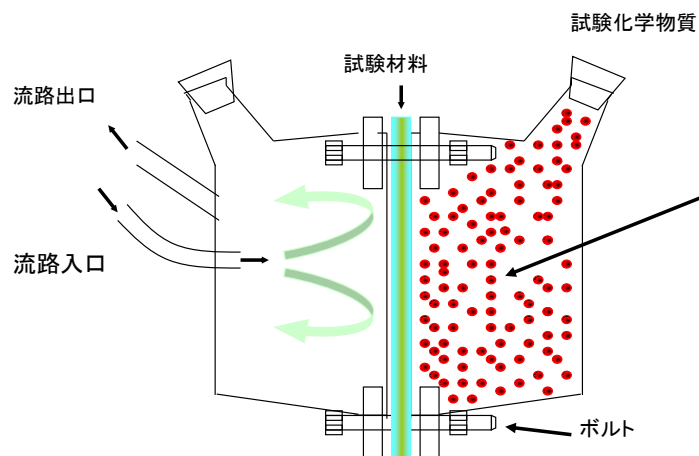
化学防護服、化学防護手袋、 化学防護長靴 JIS規格の改正(1998年6月)

化学物質に対する 保護具の性能試験

不浸透試験から 透過試験へ



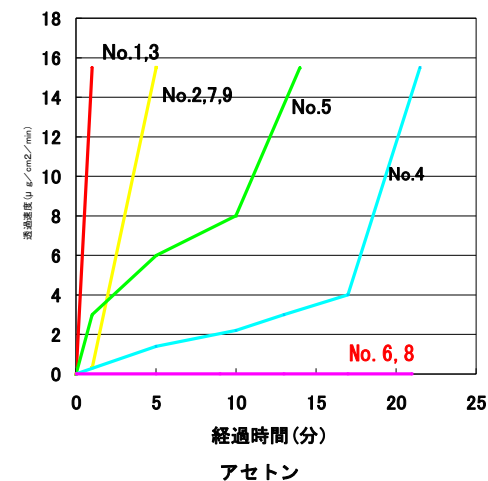
透過試験装置 JIS規格で採用された装置



51

経過時間と透過速度の関係

No.は材質の異なる手袋の種類を示す。多くの手袋は即有機溶剤蒸気を透過する結果であった。



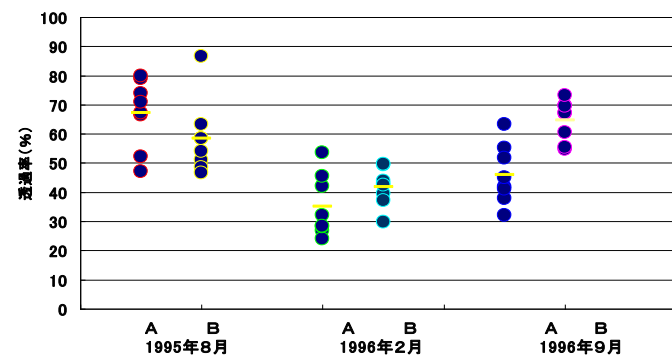
52

化学物質を取扱うのに一般の作業服でいいのですか？
 作業服からの有機溶剤蒸気の透過
 (活性炭フィルターを作業服の外側と内側(下着)に各8か所装着、捕集した有機溶剤を分析し、透過率を求めた。)



一般作業服(綿、混紡)において有機溶剤がどれだけ透過して皮膚表面に到達しているか
 (透過率の測定)

夏は60%、冬は40%
 (まるで裸で作業しているようです)



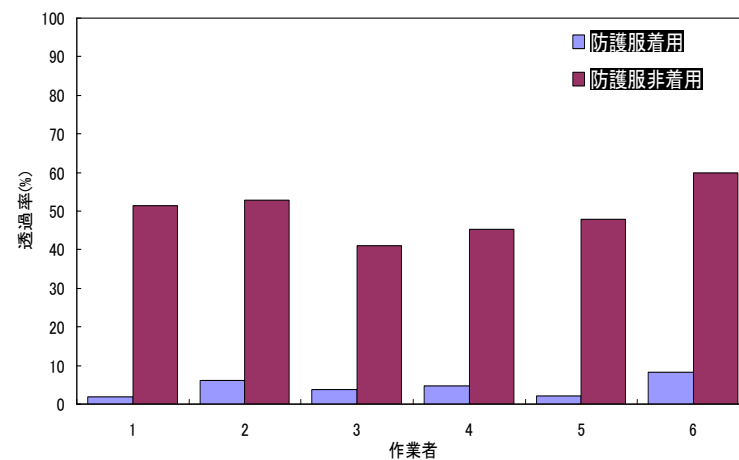
54

化学防護服での透過率測定



55

透過率は化学防護服を装着すると一般作業服の1/10に減少



56

2010年版保護具選定のための ケミカルインデックスの作成

- ・約800物質を対象
- ・呼吸用保護具、化学防護手袋と化学防護服
- ・今入手できる範囲での保護具選定の際の情報
- ・物質ごとに検索できるシステムを開発
- ・Microsoft Accessで作動

中防災新書『知っておきたい保護具のはなし』 田中 茂 著
(定価945円)をご購入の方に、**CDを無料で差し上げます。**

発行・販売: 中央労働災害防止協会 出版事業部

FAX 03-3452-2480 TEL 03-3452-6401(受注専門)

<http://www.jisha.or.jp/order/index.php> (中防災HP)

57

保護具選定のための
ケミカルインデックス
2010年度版(Office2003)Ver.2

下の検索方法より選択し、「検索」部分をマウスでクリックして下さい。

物質名(日本語)
半角カナで入力

物質名(英語)
半角英字で入力

CAS No.
半角数値で入力

検索

検索

検索

製作者:
・十文字学園女子大学 田中 茂 (stanaka@jumonji-u.ac.jp)
・(財)産業保健協会 浅沼 雄二

製作協力者:
・十文字学園女子大学 森 三樹雄
・十文字学園女子大学 鎌田 恒夫
・十文字学園女子大学 布施 晴美

F-検索(CAS)

CAS番号 56-23-5 化学物質名 四塩化炭素
Substance Carbon tetrachloride, Tetrachloromethane
管理濃度 5ppm 許容濃度 5ppm 経皮吸収 皮 発がん分類 2B
TLV-TWA 5ppm TLV-STEL/C 10ppm 注釈 Skin, A2

閉じる 印刷

[推奨する呼吸用保護具の選定]

	[粒子状物質]		[(粒子状と気体状)物質の共存]		[気体状物質]
送気マスク	電動ファン付き呼吸用保護具	防じんマスク	ろ過材の選定(捕集効率)	防じん機能付き防毒マスク	防毒マスク
☒	☐	☐	☐	☐	☐

参考) [2010 Respirator Selection Guide (3Mより)]

選定: 3M (全面体)防毒(有機ガス用)

臭気域値(ppm): 40.7
IDLH: 300

吸収缶破過試験 1 化学防護手袋の透過時間(分) 2 化学防護服の透過時間(分) 3

[直結小型有機ガス用吸収缶の破過試験と相対破過比]
(破過時間: 300ppmにおける破過時間。相対破過比: ショウベランの破過時間に対する化学物質の破過時間の比)

	<破過時間(分)>	<相対破過比>
興研(KGC-10)	128.3	1.1
三光化学(G31)	130	1.0
3M(6001)	340	1
Nelson	90.0	1.1

1 件あります ★詳細は各メーカーに、お問い合わせ下さい。

吸収缶破過試験 1 化学防護手袋の透過時間(分) 2 化学防護服の透過時間(分) 3

<Ansell製>
ホリエレン/ナイロン多層: 150 ニリル: 25 ネオフレン: 360 ホリエレン/アルコール: >360
ホリエレン/塩化ビニル: 25 天然ゴム: 250 ネオフレン/天然ゴム: 250

<North製>
シルバースーパ: >480 ナイトン: >780 プチル: 204 ニリルラテックス: 204 天然ゴム: 204

<ダイヤゴム製>
ダイヤブT-1: 204

1 件あります ★詳細は各メーカーに、お問い合わせ下さい。

1/1 フィルタなし 検索

吸収缶破過試験 1 化学防護手袋の透過時間(分) 2 化学防護服の透過時間(分) 3

<DuPont製>
タイバック: 11 タイケムC: 11 タイケムF: 11 タイケムTK: >480

1 件あります ★詳細は各メーカーに、お問い合わせ下さい。

矯正めがねと保護めがねの違い

作業現場で使用するため、物が飛んできてレンズが割れると大けがをする。
JIS規格により衝撃試験が行われています。



スペクタクル型保護めがね



- ・顔の大きさにあうめがねを選定
- ・顔との隙間がないめがねを選定
- ・つけたくなるデザイン
- ・度付きレンズを装着できるのがある



スペクタクル型保護めがね

- ・上部、サイド(サイドシールド)からの混入防止
- ・テンプル「つる」の長さ調整、
- ・レンズとテンプルの角度調整
- ・矯正めがねの上から使用可能なものもある



ゴーグル型保護めがね

- ・ガス・蒸気状物質を取り扱う際に使用
- ・曇り止め機能が向上
- ・クッション部分は清掃のしやすいエラストマー素材や軟質ビニール素材



保護面(顔全体を覆う)



- ・顔全体を覆うことができる
- ・視野が広い



まとめ

安全衛生保護具は支給するだけではダメ

- ・作業場ごとに保護具について勉強した保護具着用管理責任者を置く。
- ・保護具の種類、性能について情報収集
- ・作業、及び作業者にあった保護具の選定
- ・装着の仕方、取り扱いの教育、訓練の重要

教育なくして保護具の性能は発揮されない

安全衛生保護具は進化している。
作業者に適正使用を。

ご清聴ありがとうございました。

stanaka@jumomji-u.ac.jp

<http://www.jumonji-u.ac.jp/shokuei/stanaka/>

田中 茂

