

電動ファン付き呼吸用保護具の防護係数に関する文献等について

1 電動ファン付き呼吸用保護具の規格における規定

- (1) 電動ファン付き呼吸用保護具の規格（平成 26 年厚生労働省告示第 455 号。以下「構造規格」という。）では、第 6 条（性能に関する試験）の粒子捕集効率試験の試験条件として、フィルタの捕集効率の等級を PS1/PL1:95.0%、PS2/PL2:99.0%、PS3/PL3:99.97 の 3 等級に区分している。
- (2) 構造規格第 6 条は、電動ファン付き呼吸用保護具の漏れ率試験の試験条件として、指定のフィルタを装着したマスクからの漏れ率を等級ごとに S 級:0.1%、A 級:1.0%、B 級:5.0% の 3 等級に区分している。したがって、この漏れ率は、フィルタ及び面体からの漏れ率を両方評価した数値となり、防護係数の逆数に近い概念となる。

2 日本工業規格における規定等

- (1) JIS T8150:2006 の付表 2 は、指定防護係数（訓練された着用者が、正常に機能する呼吸用保護具を正しく着用した場合に、少なくとも得られるであろうと期待される防護係数）について、ろ過式の動力付きの呼吸用保護具の指定防護係数は、半面形で 4～50、全面形で 4～100、フード形で 4～25、フェイスシールド形で 4～25としている。さらに、付表 2 の注では、ろ過式の防護係数は、面体等の漏れ率[Lm(%)]及びフィルタの透過率[Lf(%)]から、 $100/(Lm+Lf)$ によって算出すると規定している。
- (2) JIS T8150:2006 の解説では、付表 2 に示した防護係数は、米国国家規格（ANSI）及び米国職業安全衛生研究所（NIOSH）、英国安全衛生部（HSE）等に示された指定防護係数を参照し、我が国の呼吸用保護具の種類に適した数値について安全性を考慮して決めたものであるとしている。さらに、同解説では、欧米の指定防護係数の根拠は、実験室において被験者が呼吸用保護具を実際に着用し、一定の動作及び発声を行ったときの実測値を集計し、その代表値として帰納した値であり、着用者間のばらつきに対して安全側に設定した値であるとしている。

3 米国の法令等における規定

- (1) 米国安全衛生庁（USOSHA）の規則（29 CFR 1910.134(d））「呼吸用保護具の選択」においては、各種類の呼吸用保護具の指定防護係数(assigned protection factor)を Table 1 において規定しており、電動ファン付き呼吸用保護具（PAPR）については、半面形で 50、全面形で 1,000、ヘルメット形で 25、フード形で 1000、ルーズフィッティング形で 25としている。
- (2) OSHA の指定防護係数は、米国産業規格（ANSI）Z88.2:1992 の指定防護係数を根拠の一

つとしている (Steelnack (2007))。ANSI の原案作成委員会では、指定防護係数の根拠としていくつかの文献をあげている (Nelson (1996))。半面形 PAPR については、鉛溶融炉における高性能フィルタ (HEPA) を備えた半面形 PAPR を着用した作業者の防護係数を実測した結果、防護係数の幾何平均が 431、5 % パーセンタイルの推定値が 58 であったことを主な根拠としている (Lenhart and Campgell (1990))。全面形 PAPR については、鉛溶融炉における全面形 PAPR を着用した作業者 (定量的フィットテストの結果、最小のフィット係数は 500 であった。) の防護係数を実測した結果、5 % パーセンタイルの防護係数が 1400 であったこと (Colton et al. (1990))、ヘルメット・フード形の PAPR の防護係数実測値の 5 % パーセンタイルの防護係数が 1470 であったこと (Keys et al. (1990)) を主な根拠としている (Table III 参照)。

TABLE III. Workplace Protection Factors—Powered Air Purifying Respirators

Studies	N	Geometric Mean	Geometric Standard Deviation	Best Estimate 5th Perc.
<i>Half mask</i>				
Lenhart ⁽²⁶⁾	25	431	3.4	58
Myers & Peach ⁽⁸⁾	7	49	2.5	11
daRoza (simulated work data) ⁽¹⁰⁾	—	5000	—	—
Skaggs (simulated work data) ⁽¹¹⁾	—	14300–20000	—	—
<i>Full facepiece</i>				
Ayer (simulated work data) ⁽¹²⁾	—	—	—	—
Myers & Peach ⁽⁸⁾	3	66	3.6	8
<i>Subsequent data</i>				
Colton ⁽¹³⁾	55	10300	3.4	1400
<i>Helmet/hood</i>				
<i>Decision based on analogy to atmosphere supplied helmet/hood data</i>				
<i>Subsequent data</i>				
Keys ⁽¹⁴⁾	60	10400	3.3	1470
<i>Loose-fitting facepiece</i>				
Myers (battery) ⁽¹⁵⁾	47	127	2.3	32
Gosselink ⁽¹⁶⁾	7	199	2.6	41
Myers (smelter) ⁽¹⁷⁾	43	184	3.3	27
Que Hee ⁽¹⁸⁾	—	—	—	—
daRoza (simulated work data) ⁽¹⁰⁾	—	—	—	—
Skaggs (simulated work data) ⁽¹¹⁾	—	—	—	—
<i>Dixon (program protection factor)⁽¹⁹⁾</i>				
—	—	230	—	—
<i>Subsequent data</i>				
Gaboury ⁽²⁰⁾	20	1410	2.5	306
Stokes ⁽²¹⁾	39	1530	5.8	85

- (3) さらに、同規則 1910.134(d)(3)(iv)において、事業者は、米国安全衛生研究所 (USNIOSH) に認証された高捕集効率フィルタ (HEPA) か、42CFR part 84 によって NIOSH が認証したフィルタを使用することを求めている。
- (4) 42CFR part 84 では、試験粒子別に、最低フィルタ捕集効率別に型式を定めており、その捕集効率の種類は、N100/R100: 99.97%、N99/R99: 99%、N95/R95: 95%の3段階となっている。

4 考察

- (1) 構造規格においては、防護係数の直接の規定はないが、JIS T8150 で定める防護係数の計算方法 ($100/(L_m+L_f)$) に構造規格の漏れ率試験の試験条件である等級別の漏れ率を面体からの漏れ率とフィルタ捕集効率の合計値として代入することにより、防護係数を計算した結果を表 1 に示す。

表1 構造規格の等級ごとの漏れ率の逆数

	B 級	A 級	S 級
防護係数	20	100	1000

- (2) OSHA 規則の指定防護係数の根拠となる文献が、それぞれ、高性能フィルタ (HEPA) を使用し、又は、フィットファクターが 500 あるなど、フィルタからの漏れ率をほぼ無視できる状態での実測値であることから、OSHA の指定防護係数は、面体からの漏れ率の逆数と考えるのが妥当 (全面形で 0.1%、半面形で 2%) である。したがって、この漏れ率と NIOSH のフィルタ等級に応じたフィルタからの漏れ率を JIS T8150 の防護係数の計算式 ($100/(L_m+L_f)$) に当てはめて防護係数を計算した結果を表 2 に示す。なお、N100/R100 のフィルタ漏れ率は 0 として計算している。

表2 米国規則の指定防護係数及び NIOSH の規則から計算される防護係数

	N95	N99	N100
全面形	19.6	90.9	1000.0
半面形	14.3	33.3	50.0

- (3) 以上の検討を踏まえると、全面形の電動ファン付き呼吸用保護具の防護係数については、表 1 によることが、OSHA 規則の指定防護係数とおおむね矛盾せず、妥当であると考えられる。一方、半面形については、表 2 と矛盾しない防護係数であるべきであり、今後、検討の必要がある。

(参照文献)

29 CFR 1910.134 Respiratory Protection Standard, US OSHA

42 CFR Part 84 Respiratory Protective Devices, NIOSH

OSHA (2009) Assigned Protection Factors for the Revised Respiratory Protection Standard, US OSHA

Colton, C.E., Mullis, H.E., Rhoe, C.R.(1990) Workplace Protection Factor for a Powered Air-Purifying Respirators. Paper presented at the American Industrial Hygiene Conference Orland, FL, May 1990.

Keys, D.R., Guy, H.P., Axon, M. (1990) Workplace Protection Factors of Powered, Air-Purifying Respirators. Paper presented at the American Industrial Hygiene Conference Orland, FL, May 1990.

Lenhart, S.W. and Campbell, D.L. (1984) Assigned protection factors for two respirator

types based upon workplace performance testing. *Ann. Occu. Hyg.* Vol.28, pp.173-182

Nelson, T.J. (1996) The Assigned Protection Factor According to ANSI, *AIHA Journal*, Vol.57. pp.735-740

Steelnack, J. (2007) Assigned Protection Factor (APF) Table Added to OSHA's Respiratory Protection Standard 29 CFR 1910.134. Paper presented at the American Industrial Hygiene Conference, June 2007.

JIS T8150:2006 呼吸用保護具の選択、使用及び保守管理方法・同解説