

呼吸防護計畫教育訓練

C(1) 定性密合度測試原理

黃盛修 專案計畫助理教授

shhuangieh@ntu.edu.tw

台灣大學職業醫學與工業衛生研究所

當你使用它們時，能獲得多少保護效果？



密合度的可靠性是關鍵！

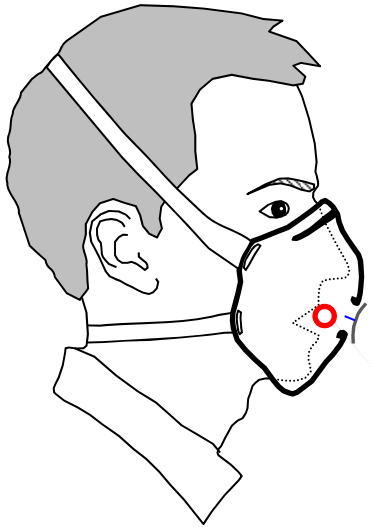


<http://leanblitzconsulting.com/page/8/>



<http://www.dailymail.co.uk/news/article-3545243/Re-live-sinking-Titanic-real-time-Visually-stunning-emotionally-heartbreaking-video-captures-moment-doomed-ship-s-hours.html>

防護係數 (Protection Factor, *PF*)



$$\frac{C_o}{C_i} = PF$$



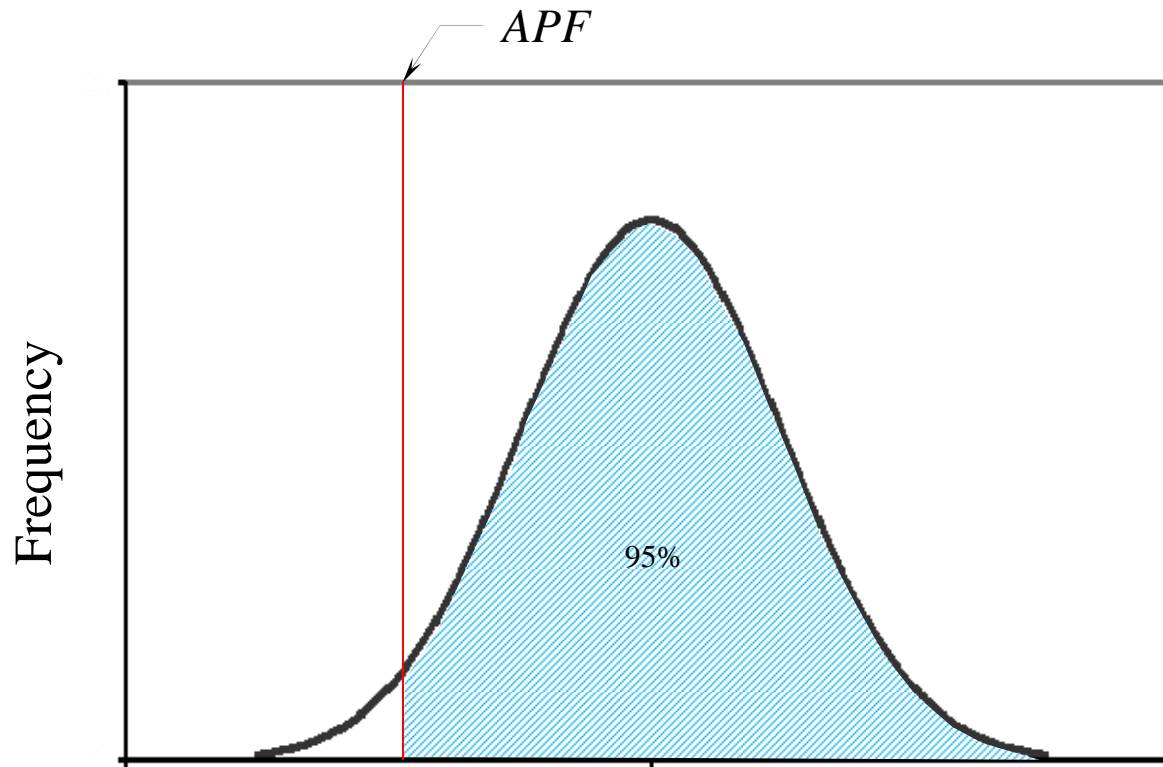
APF

- ↳ 代表可以降低污染物濃度的倍數：
 - $PF=1$
 - $PF=\infty$
- ↳ PF 越大，保護效果越好；
- ↳ 受密合程度與口罩濾材效率的影響。



指定防護係數 (Assigned Protection Factor, *APF*)

最多可允許犧牲5%佩戴人員的健康！



工作環境防護係數
(Workplace Protection Factor, *WPF*)

- 相同的呼吸防護具；
- 佩戴人員確實受過訓練、**通過密合度測試**、並且完全遵守呼吸防護具的使用原則；
- 在實際的工作環境中所測得之防護效果；

指定防護係數 (Assigned Protection Factor, APF)

在通過密合度測試且全程正確使用下！



過濾面體式
APF = 10



半罩式面罩
[彈性塑料]
APF = 10



全罩式面罩
[彈性塑料]
APF = 50



寬鬆式淨氣動力呼吸防護具
(PAPR)
APF = 25



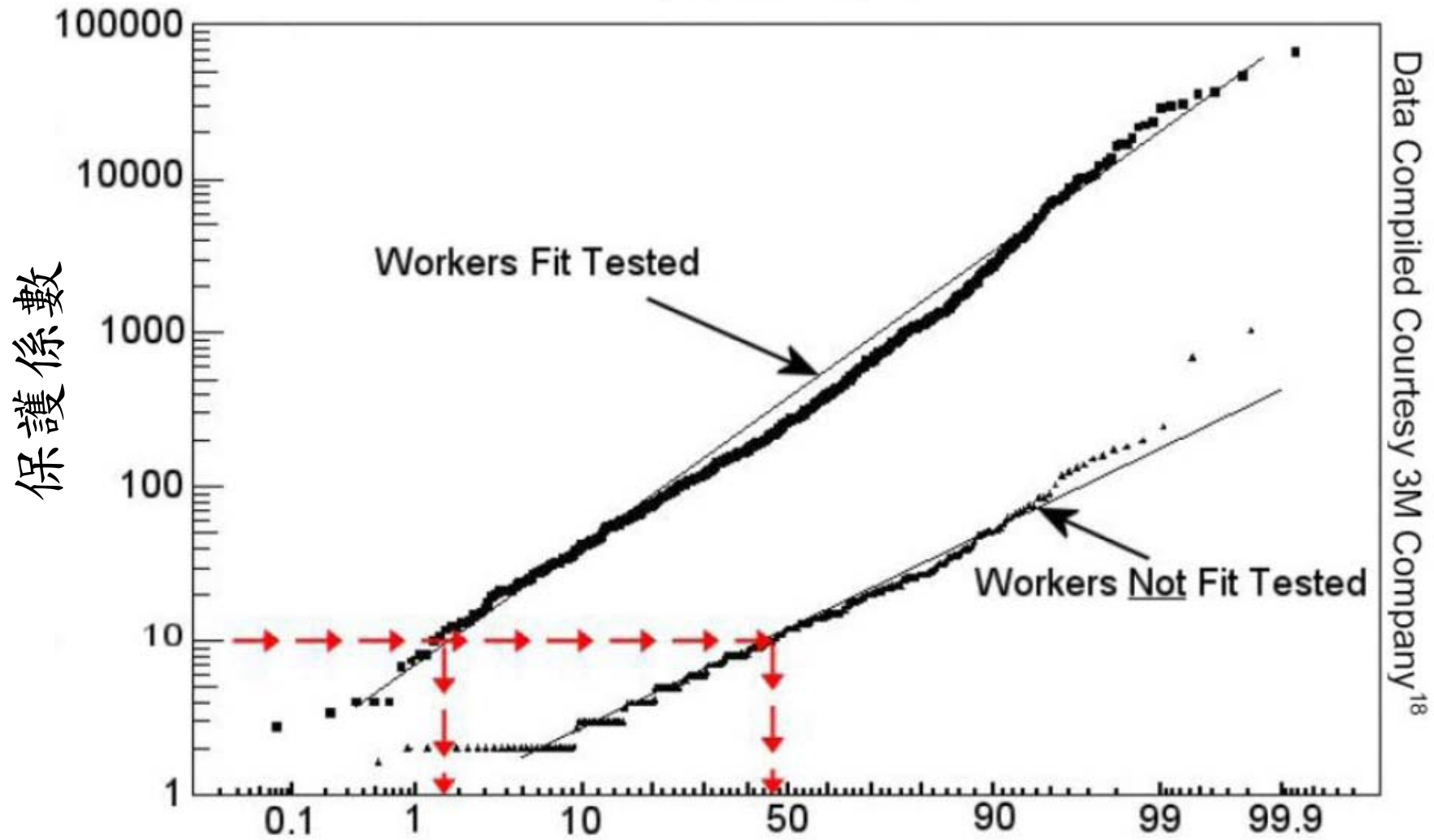
頭罩式淨氣動力呼吸防護具
(PAPR)
APF = 25

全罩式輸氣管呼吸防護具(SAR)
APF = 1,000



全罩面體自攜式呼吸防護具
APF = 10,000

半面體呼吸防護具有無密合度測試的實際保護效果



人數累積百分比

過濾面體口罩

只針對濾材

(42 CFR part 84)

(EN 149: 2001)

	美規, N/R/P			歐規		
濾材等級	95	99	100	FFP1	FFP2	FFP3
過濾效率, %	95	99	99.97	80	94	99
吸氣阻抗, mmHg	35			22.3	25.4	31.9
測試流率, L/min	85			95		



口罩防護係數的「地板」與「天花板」

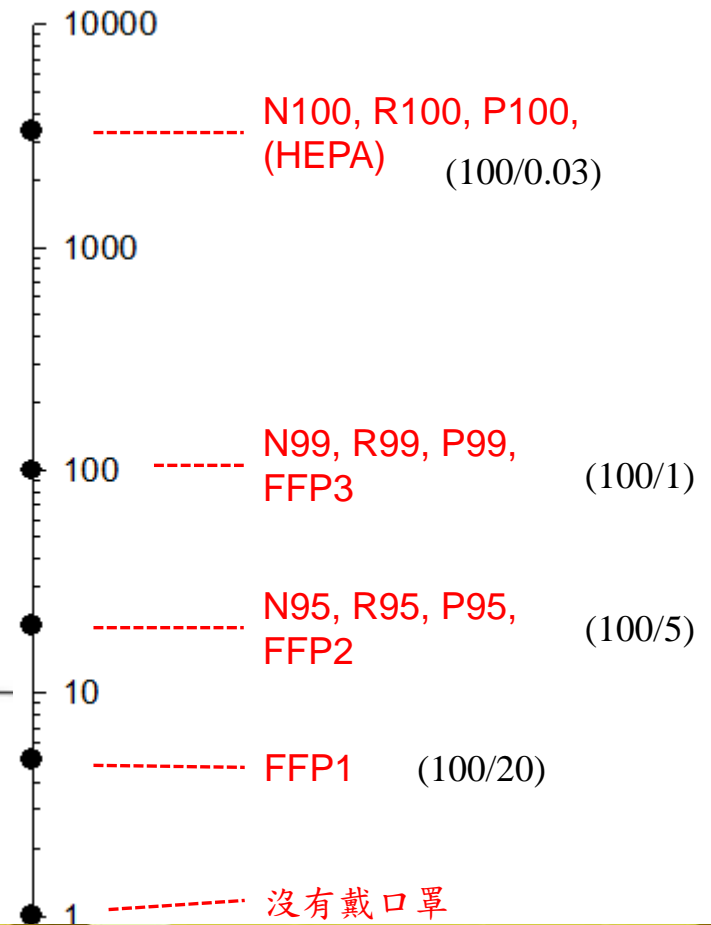
(半面體)



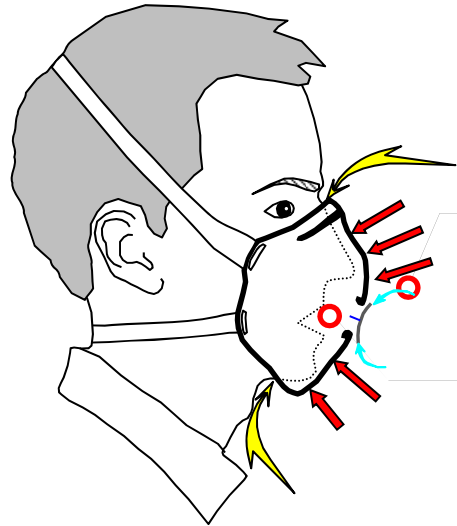
指定防護係數 (APF) :
由主管機關指定該款呼
吸防護具的最高可使用的
防護效果。



在完全緊密的情況下



防護係數 vs. 密合係數 (Protection Factor vs. Fit Factor)



$$\frac{C_o}{C_i} = PF$$

當 L_2 、 $L_3 \sim 0$ 時， $C_o/C_i = FF$

- ☑ 活性炭—氣狀物質
- ☑ HEPA—粒狀物質

L_1 -- 面體與臉部接合處

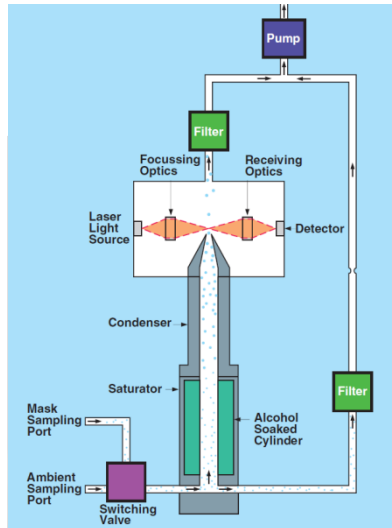
L_2 -- 排氣閥+其他管線連接觸

L_3 -- 濾材

FF ：檢視防護具面體與臉部的密合程度。

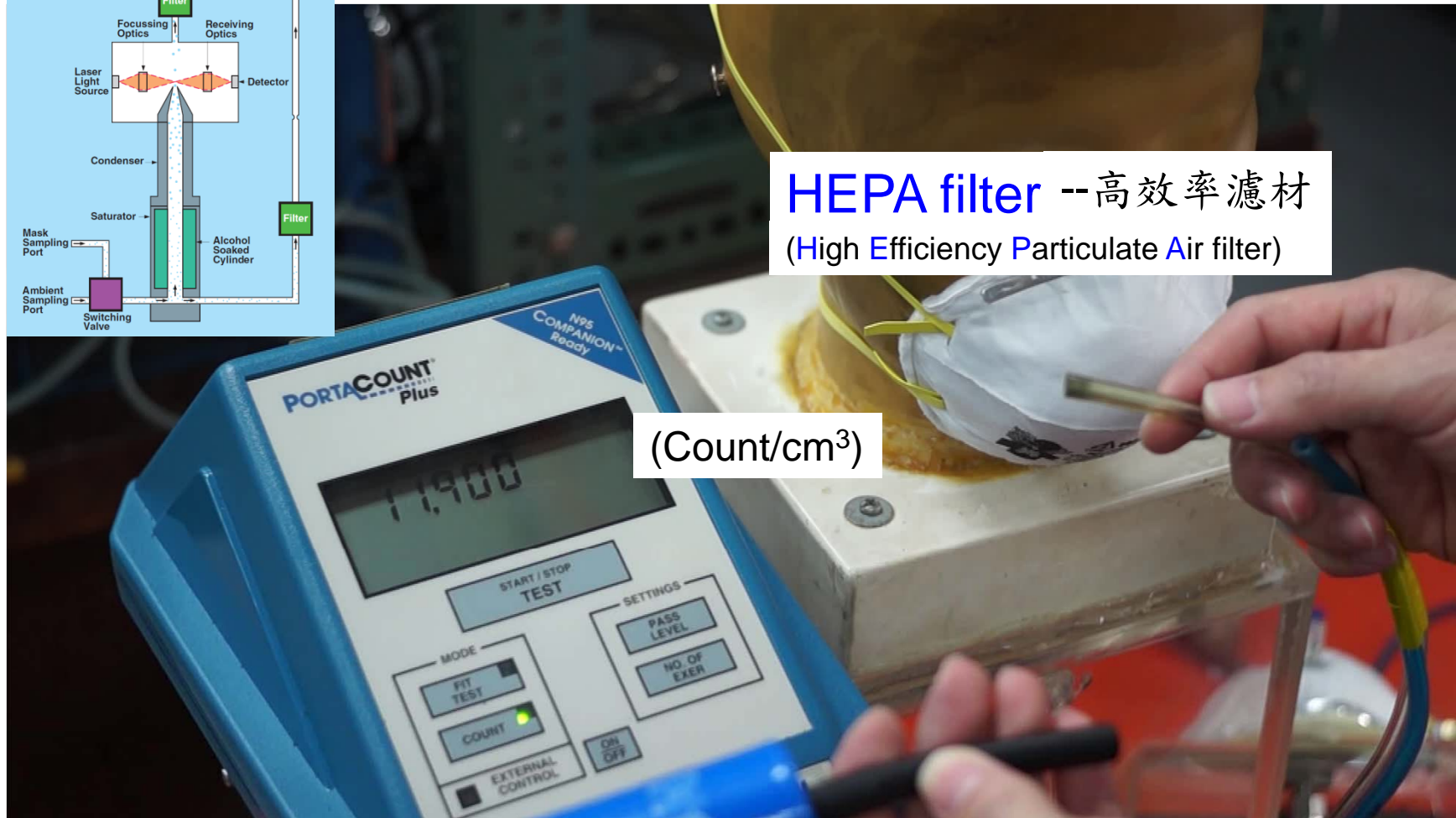
(Condensation Particle Counter, CPC)

--凝結式微粒計數器

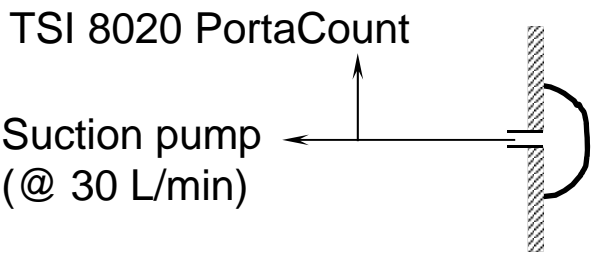


HEPA filter --高效率濾材
(High Efficiency Particulate Air filter)

(Count/cm³)

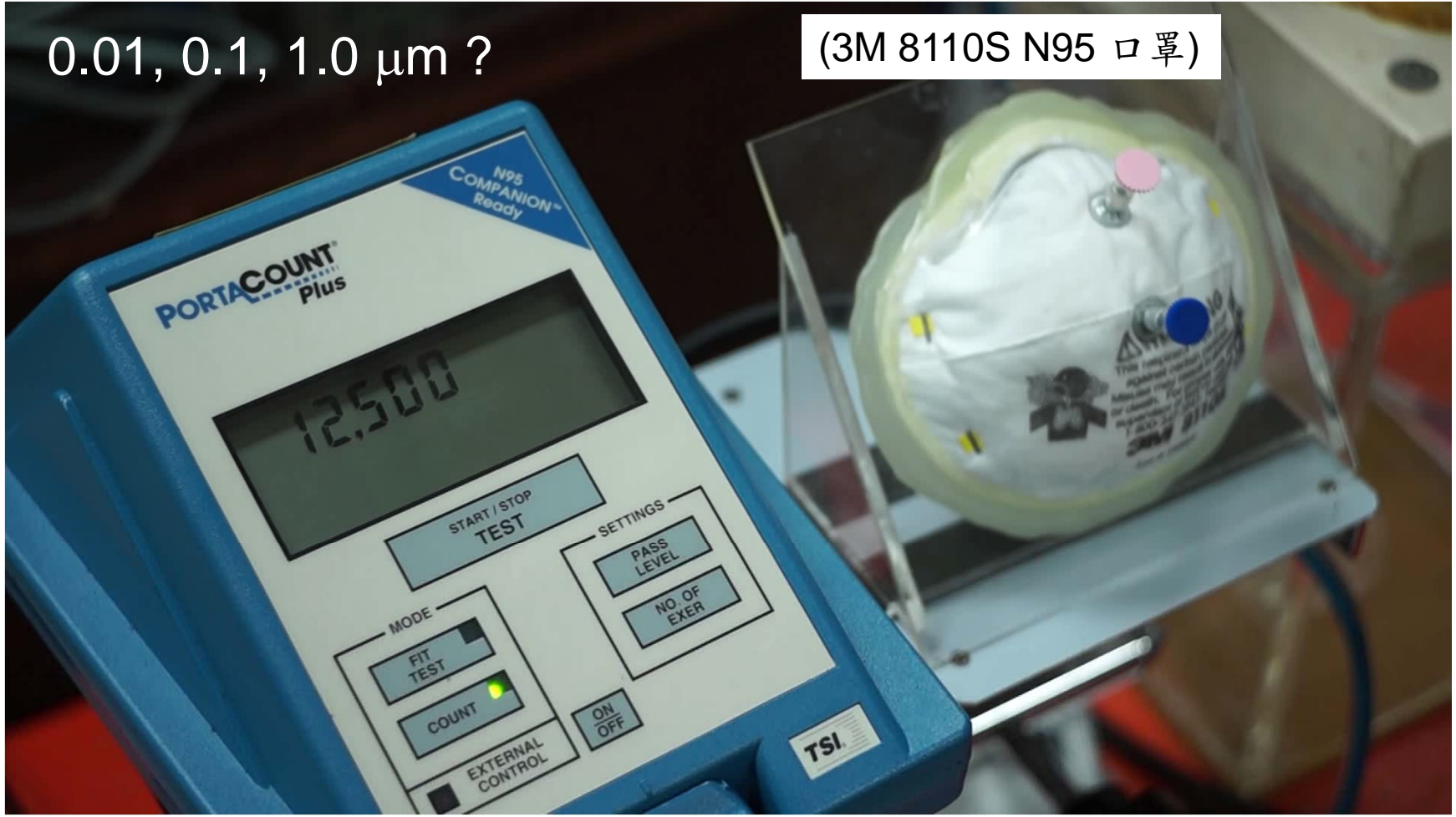


總微粒穿透率



$$\frac{180}{12500} \times 100\% = 1.44\%$$

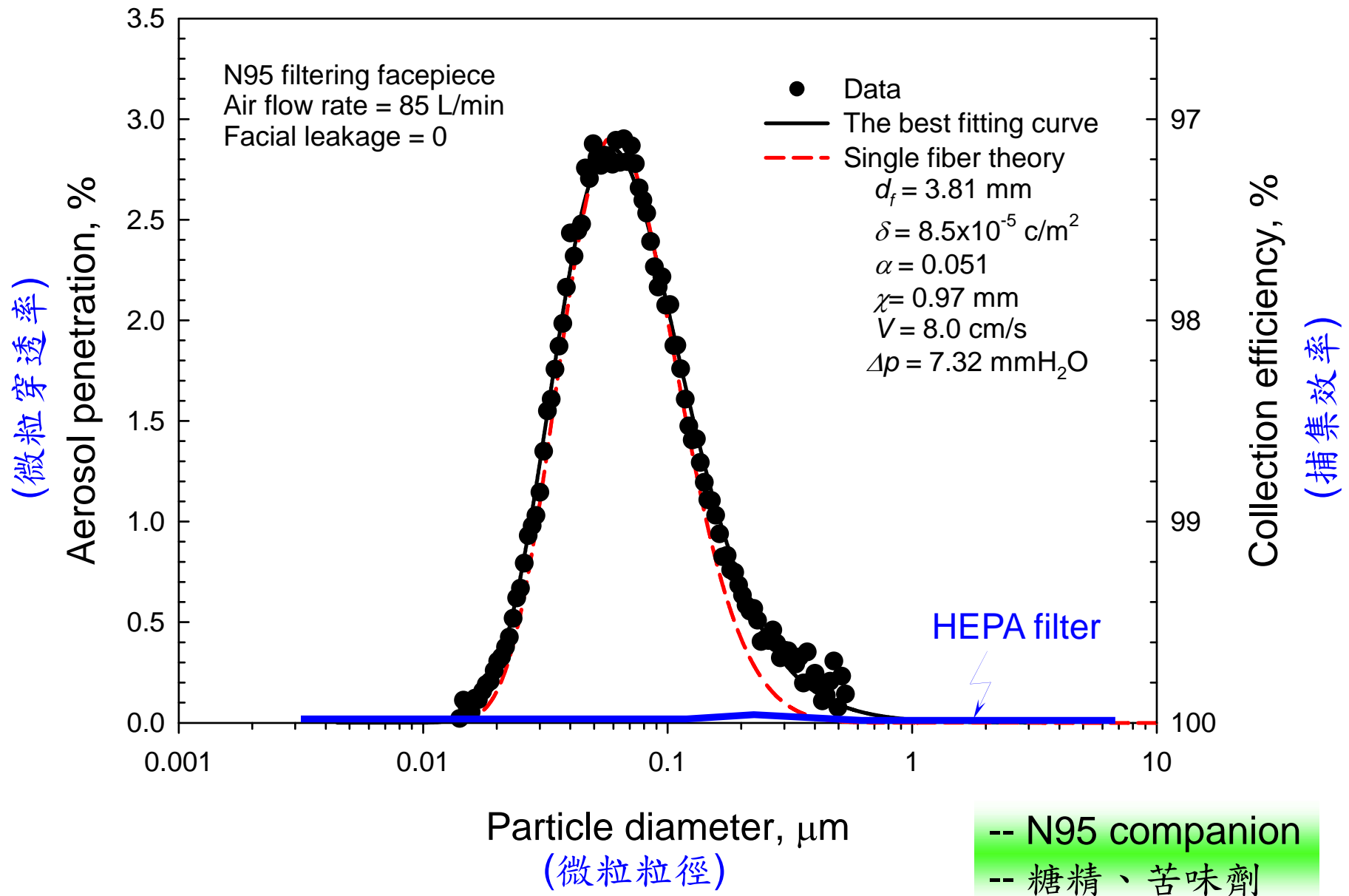
PF = 69.4



0.01, 0.1, 1.0 μm ?

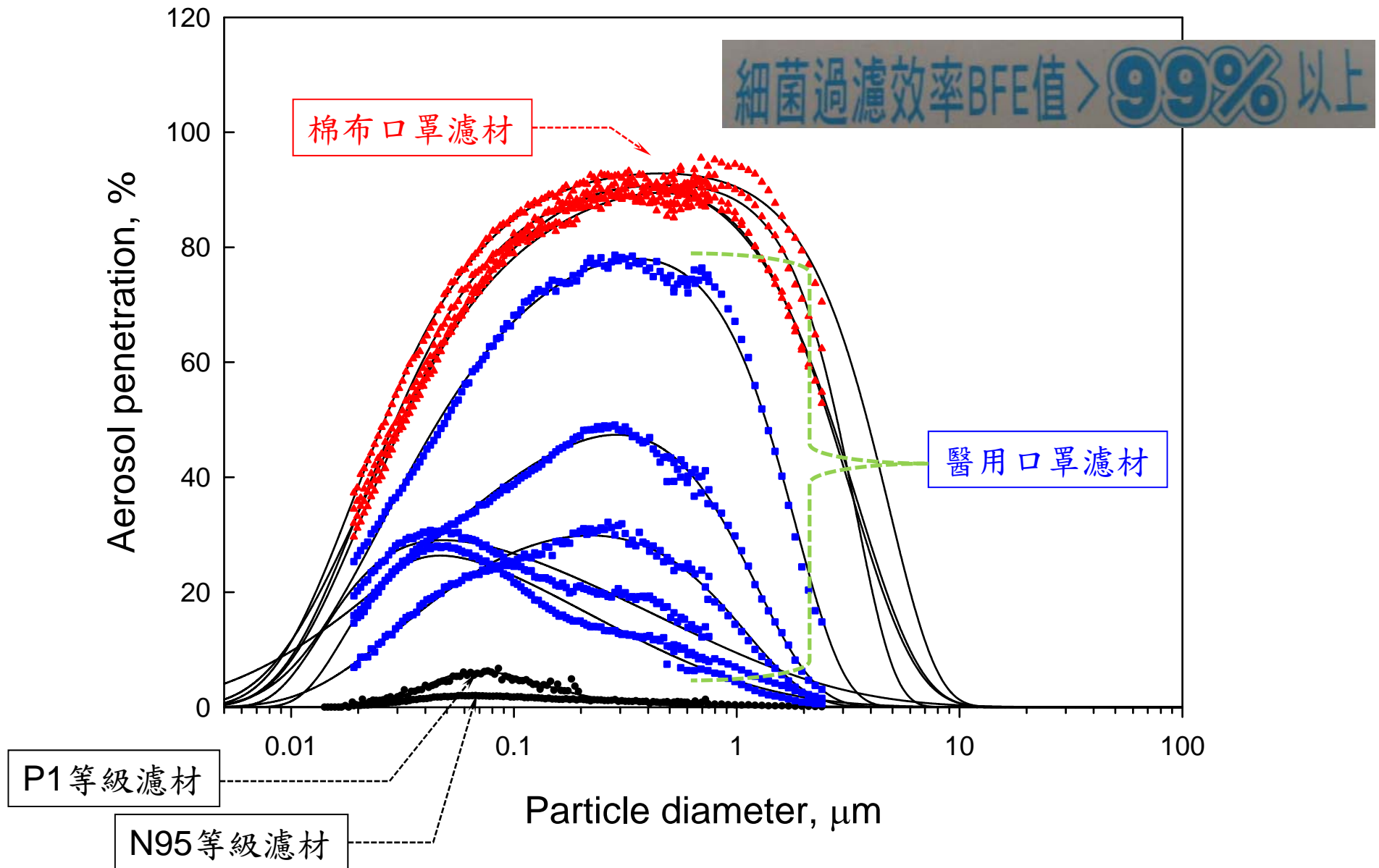
(3M 8110S N95 口罩)

濾材的效率是粒徑的函數!!!



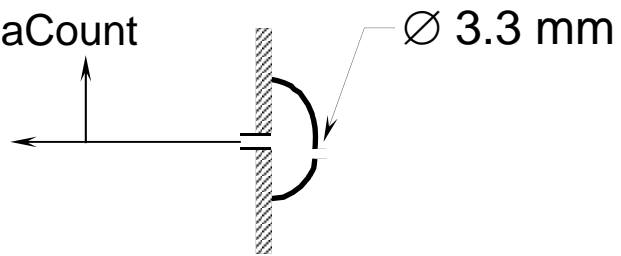
各式口罩濾材之微粒穿透率曲線

(測試流率 = 85 L/min)



TSI 8020 PortaCount

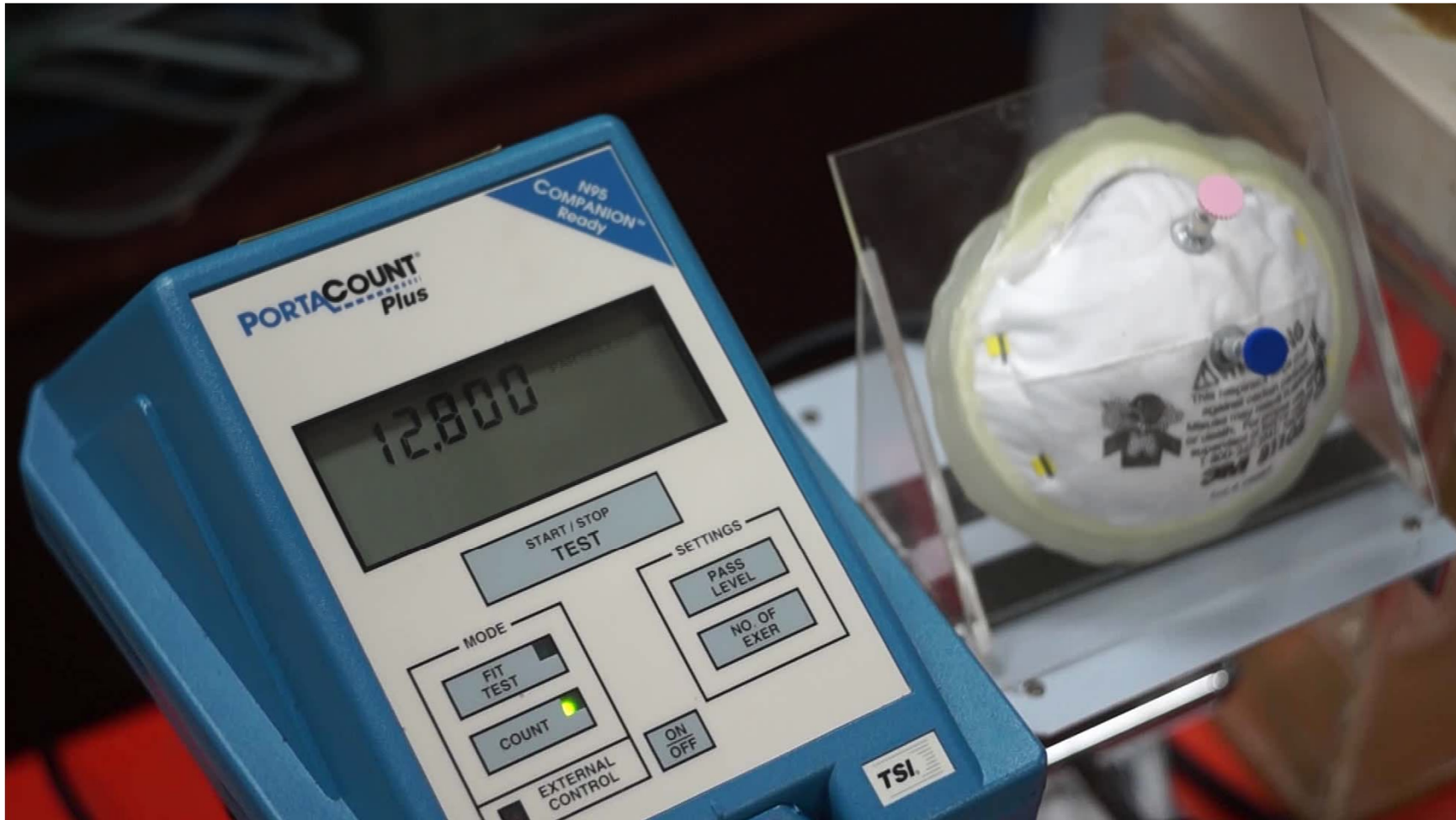
Suction pump



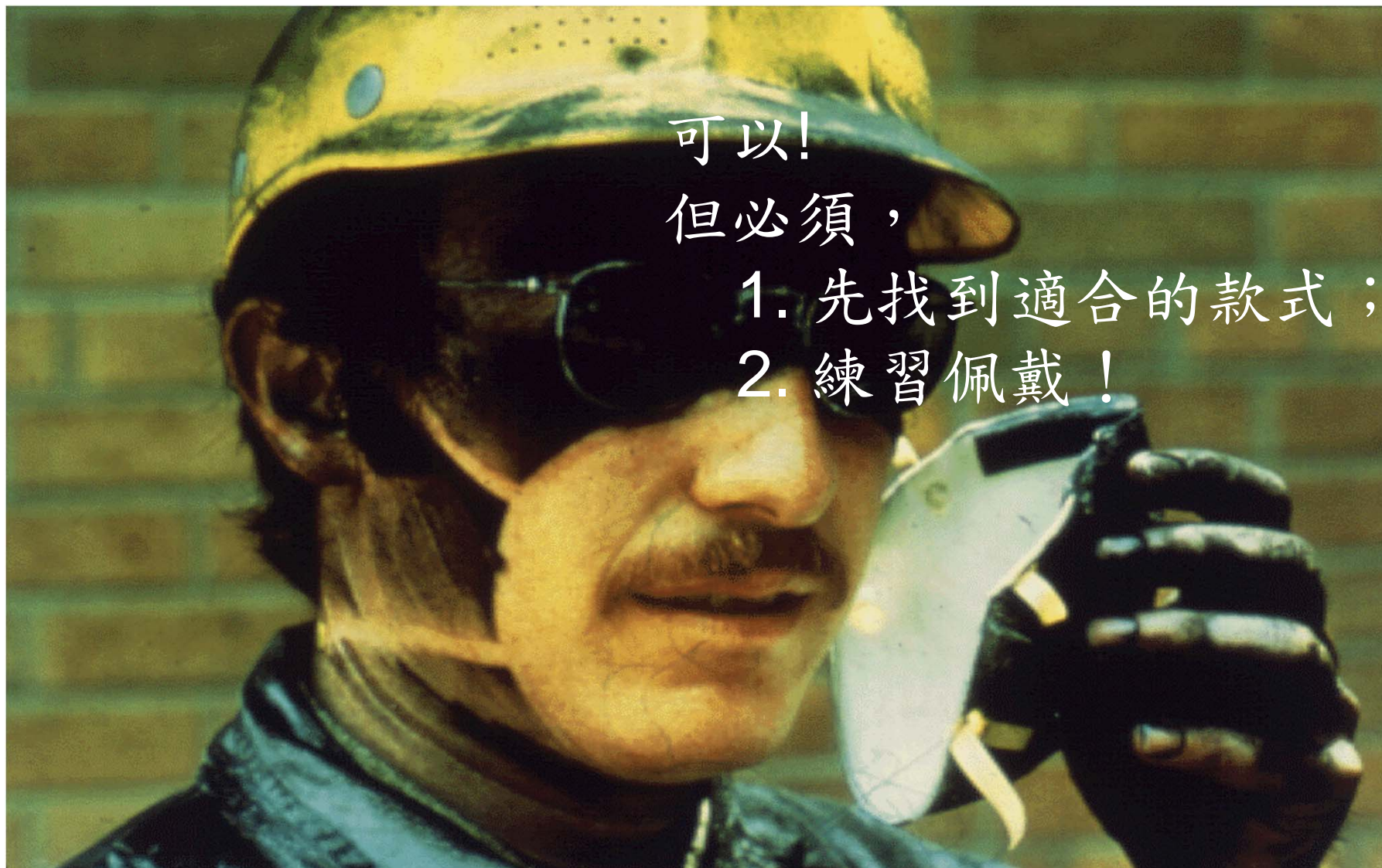
總微粒穿透率

$$\frac{2800}{13000} \times 100\% = 21.5\%$$

PF = 4.7



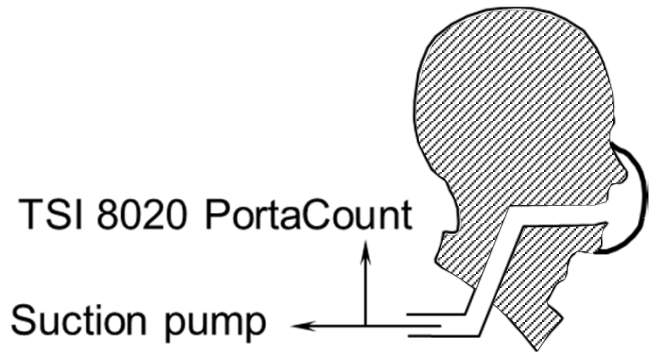
N95 口罩可不可以戴得密？



可以！

但必須，

1. 先找到適合的款式；
2. 練習佩戴！



總微粒穿透率

$PF = 1.7$

$$\frac{7800}{13000} \times 100\% = 60\% \quad (\text{調整前})$$

$PF = 43.5$

$$\frac{300}{13000} \times 100\% = 2.3\% \quad (\text{調整後})$$



有效防護係數

(Effective Protection Factor, *EPF*)

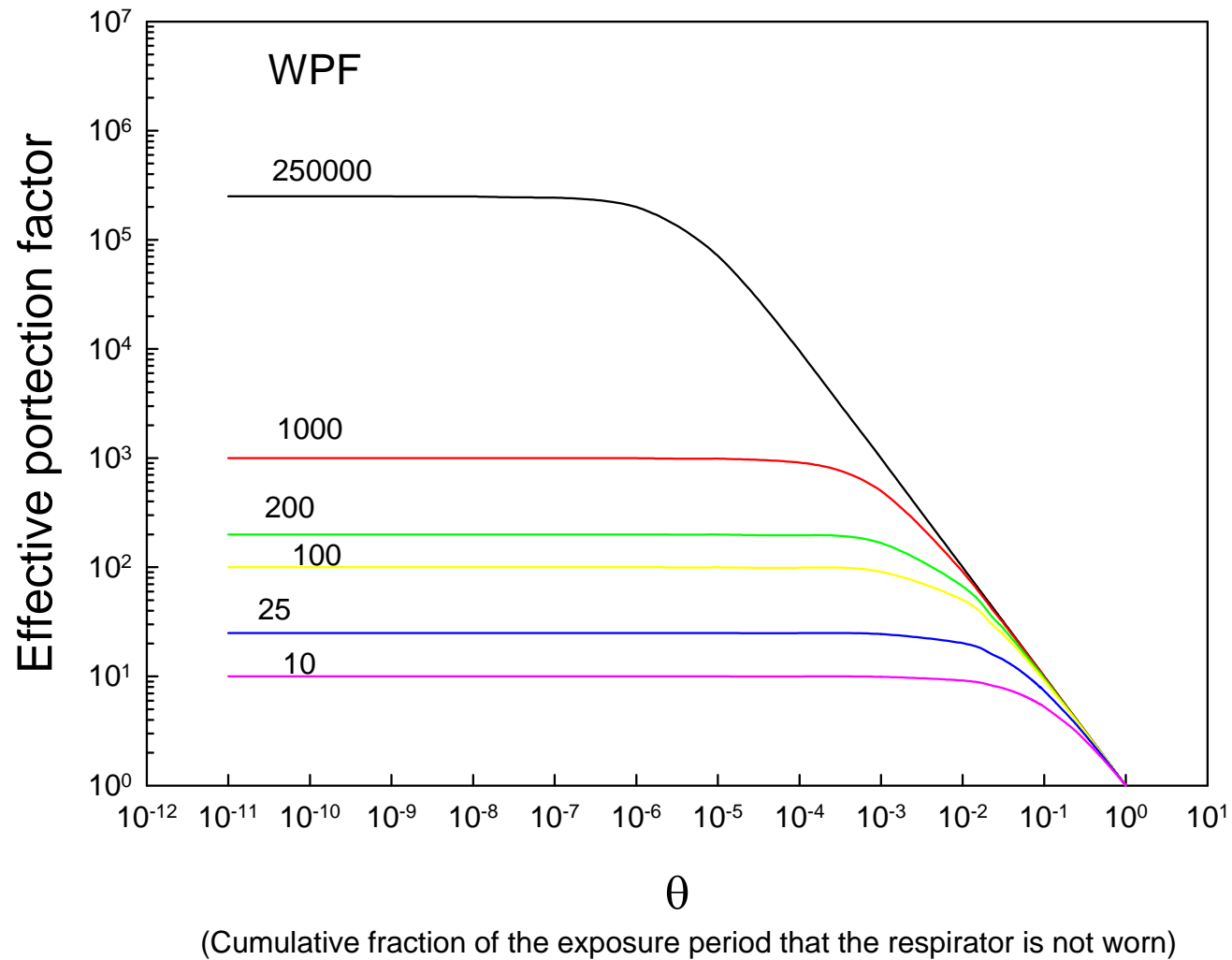
- 考慮實際作業時，沒有**全程、正確佩戴**呼吸防護具之結果（ θ =未佩戴的總時間分率）；

$$EPF = \frac{C_o}{C_{inhaled}} = \frac{C_o / C_i}{\frac{C_o \times \theta + C_i \times (1 - \theta)}{C_i}} = \frac{WPF}{\theta \times WPF + (1 - \theta)}$$

例：在一個8小時的作業中，沒有正確佩戴呼吸防護具的時間共累積了24分鐘；假設呼吸防護具的WPF=1000，則EPF=？

$$EPF = \frac{WPF}{\theta \times WPF + (1 - \theta)} = \frac{1000}{\left(\frac{24}{60 \times 8}\right) \times 1000 + \left(1 - \frac{24}{60 \times 8}\right)} = 19.627$$

有效防護係數 (Effective Protection Factor, *EPF*)



$$PF = \frac{\text{環境中污染物之平均濃度}}{\text{防護具內污染物之平均濃度}}$$

(保護係數)

(資料來源：勞動及職業安全衛生研究所)

	Surgical mask 1	Surgical mask 2	Surgical mask 3	N95 mask 1	N95 mask 2
平均	3.9	5.7	4.0	21.6	80.9
標準差	2.1	4.4	3.0	27.7	70.7
最大值	8.4	23.3	17.0	112.6	200.0
最小值	1.2	2.0	1.4	1.6	4.4
100以上比例	0.0%	0.0%	0.0%	6.5%	35.5%

↳ 如果沒有執行密合度測試，N95口罩的保護效果可能只有平面口罩的等級！

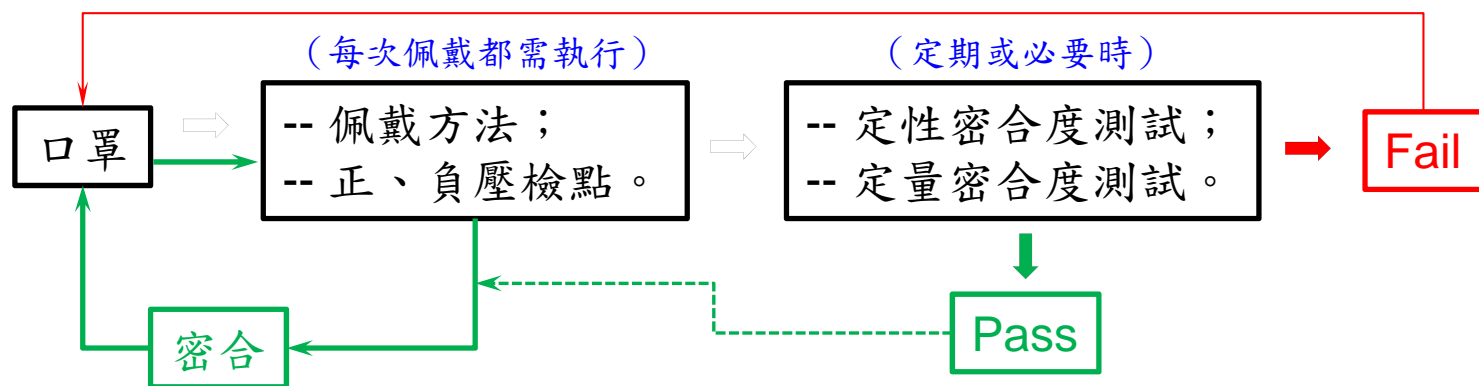
密合度測試的目的

檢視呼吸防護具面體與臉部的密合狀況：

↳ 找到有機會達到密合程度的口罩；

↳ 建立可以達到密合的佩戴方法？

(感覺與經驗)



使用哪些呼吸防護具前需要做密合度測試？

所有緊密接合式呼吸防護具！

不管正壓或負壓！

- 供氣式呼吸防護具（SAR）
- 電動送風淨氣式呼吸防護具（PAPR）
- 自攜式呼吸器（SCBA）
-

所有類型均在負壓操作模式下進行密合度測試！



定性密合度測試 (Qualitative fit testing, QLFT)

- 定性測試乃利用受測者嗅覺或味覺主觀判斷是否有測試氣體洩漏進入面體內；測試物質可使用無害而有味道或具刺激性等可以辨別之物質。
- 測試常使用的試劑：

試劑名稱	測試種類	定量比對測試
1. 香蕉油(Isoamyl Acetate)	氣體分子	相當FF=100
2. 糖精(Saccharin)	粒狀物	相當FF=100
3. 苦味劑(Bitrex TM ; Denatonium Benzoate)	粒狀物	相當FF=100
4. 刺激性煙霧(Stannic Chloride) ^a	粒狀物	x

^a 不建議使用刺激性煙霧

市售定性密合度測試用霧化器

(糖精與苦味劑)



3M FT-10

- pneumatic nebulizer
- *hand* aspirate the rubber squeeze bulb to generate aerosols
- particle size distribution??



TSI Q-Fit

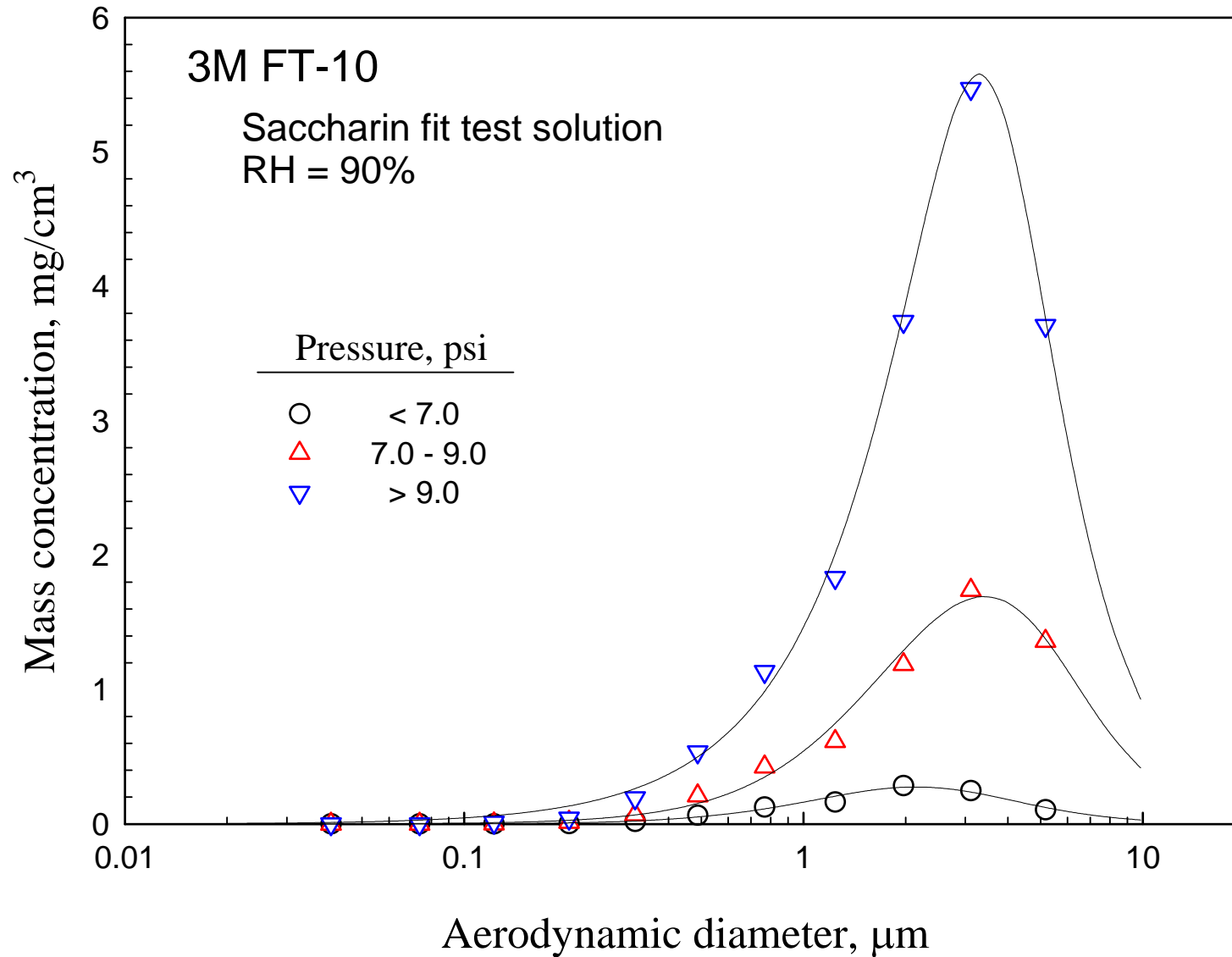
- pneumatic nebulizer
- using an integral *pump* to generate aerosols
- particle size distribution??

APPENDIX A TO § 1910.134—FIT TESTING PROCEDURES

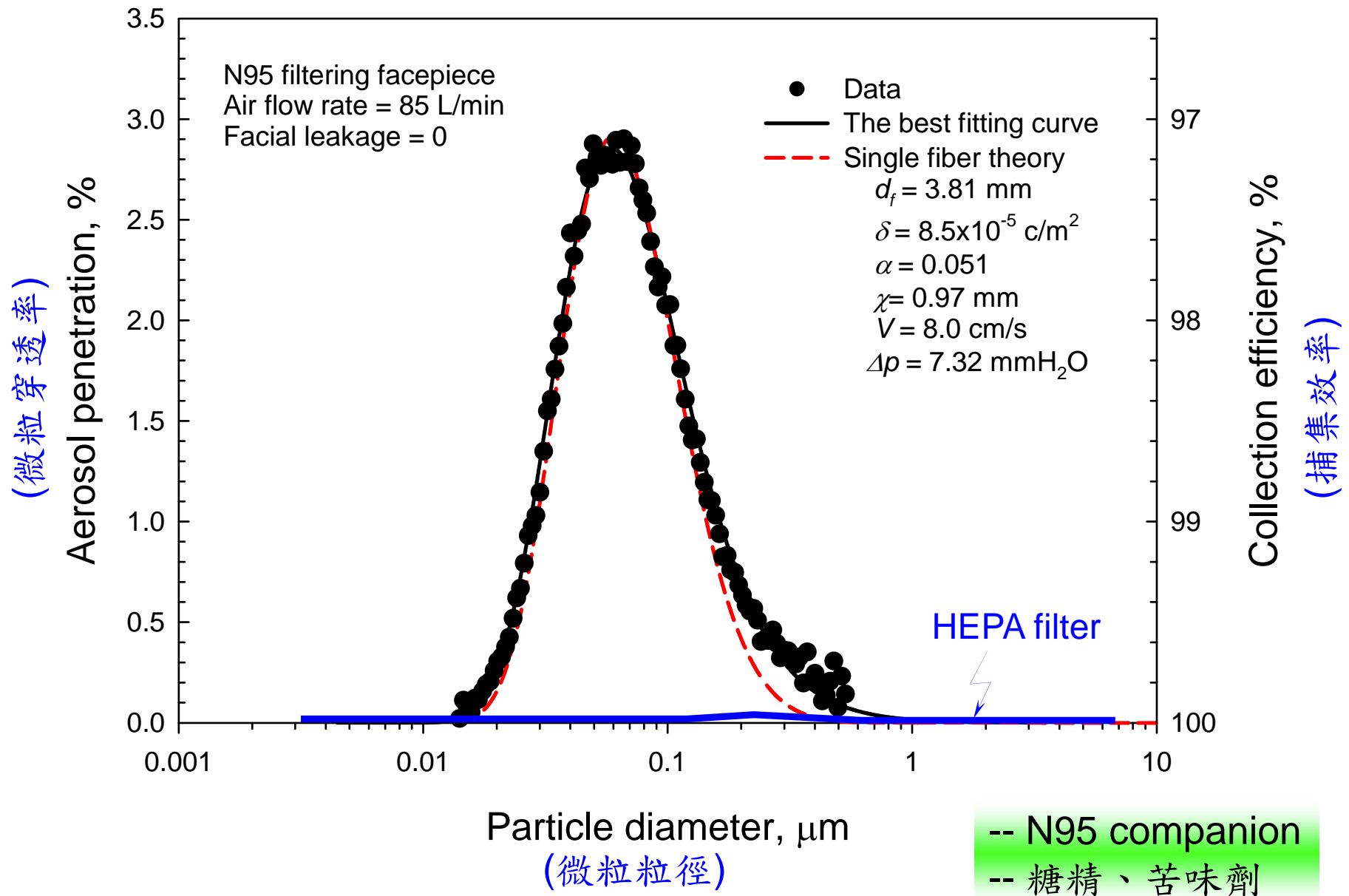
(糖精與苦味劑溶液的配製)

	Sensitivity test sloution	Fit test solution
Saccharin	-- 0.83g sodium saccharin + 100 ml water -- 1 ml Fit test solution + 100 ml water	83g sodium saccharin + 100 ml water
Bitrex	13.5 mg Bitrex + 100 ml 5% NaCl solution	337.5 mg Bitrex + 200 ml 5% NaCl solution

3M FT-10霧化器在不同壓力下產生糖精微粒質量加權分布



濾材的效率是粒徑的函數!!!



不密合處微粒之穿透率曲線

(Hinds and Kraske, 1987)

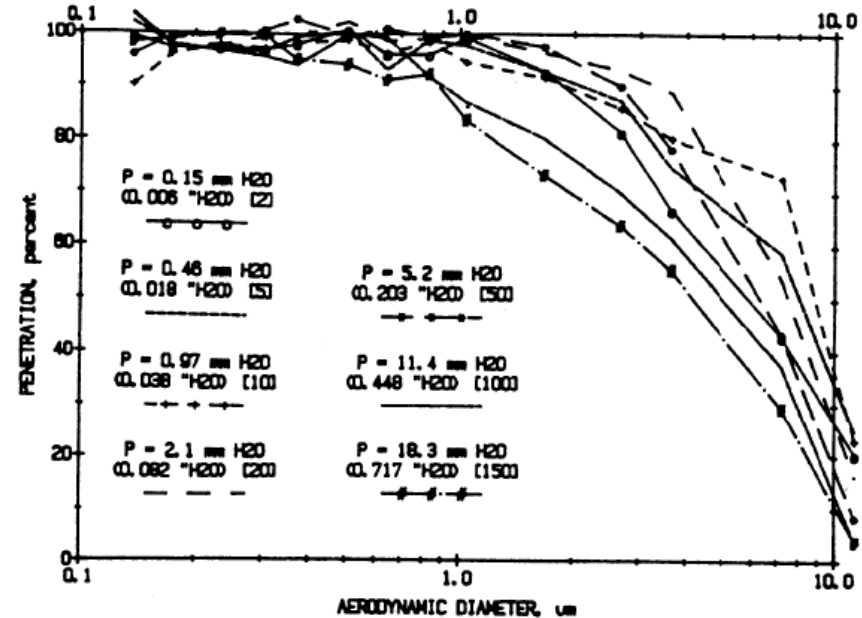
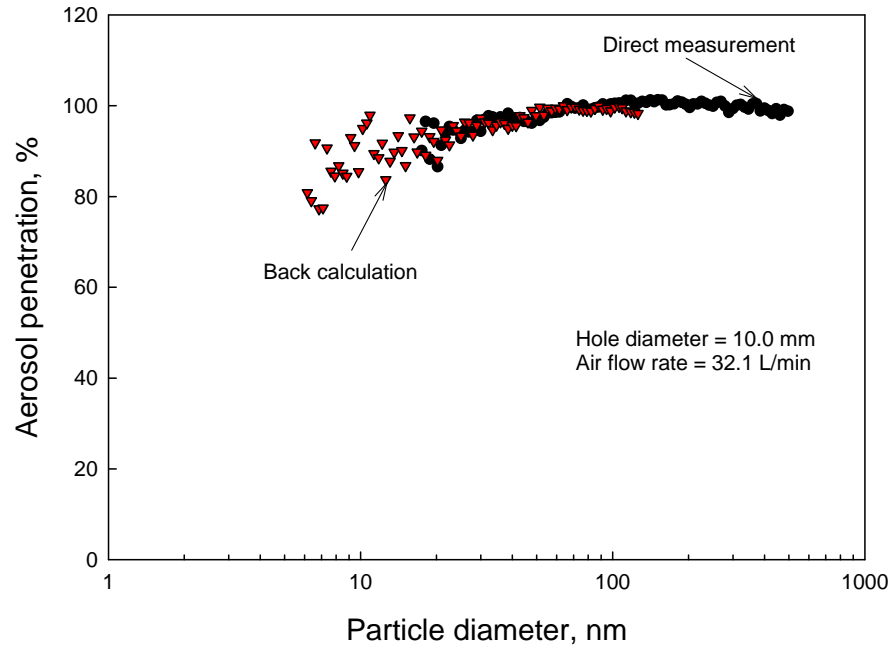
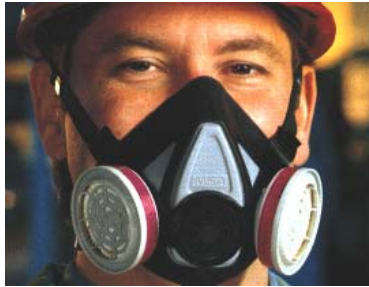


Figure 12 Leak performance, tube leak 1.0 mm ID \times 10 mm long. Numbers in brackets represent the equivalent flow rate (l/m) through a pair of MSA type S filters. (From Reference 3.)

密合係數值的要求



定性測試 定量測試

(才能達到 $APF=10$ 的效果)

⇨ 半面體呼吸防護具 ≥ 100 (OSHA)



定性測試 定量測試

(才能達到 $APF=50$ 的效果)

⇨ 全面體呼吸防護具 ≥ 500 (OSHA)
 ≥ 1000 (ANSI)

定性/定量密合度測試動作

	定性密合度測試 (QLFT)	時間	定量密合度測試 (QNFT)
測 試 動 作	正常呼吸	1 min	正常呼吸
	深呼吸	1 min	深呼吸
	左右擺頭	1 min	左右擺頭
	上下擺頭	1 min	上下擺頭
	大聲說話	1 min	大聲說話
		<u>15 sec</u>	<u>做鬼臉 (grimace)</u>
	俯身彎腰	1 min	俯身彎腰
	正常呼吸	1 min	正常呼吸



註：進行「做鬼臉」動作時受測者應以微笑或皺眉作為做鬼臉之臉部表情。此外，做鬼臉之目的為暫時破壞防護具面體與臉部之密合性，而後進行最後兩個動作時檢驗防護具是否重新與臉部密合，而非做鬼臉過程本身對面體產生之密合壓力。因此，此動作之密合係數不列入整體密合係數計算中。

定性/定量密合度測試比較

定性密合度測試(QLFT)

定量密合度測試(QNFT)



判定依據

自主性感受反應(主觀)

儀器設備量測(客觀)

測試結果

通過/不通過

密合係數(量化數值)

優點

成本低、
中小型作業環境適用性高、
容易維修保養

適用於所有緊密接合面體、
精準(不受人為誤判/欺騙)、
快速

缺點

不精準(易受人為誤判或欺騙)、
僅適用於拋棄式與半罩式面體、
耗時(因需進行閾值測試)

設備/耗材成本高、
需要特殊取樣裝置、
技術要求較高

請完成下列的表格，適用的打「√」、不適用的打「×」。不需要進行測試的畫「△」

呼吸防護具的種類		密合度測試方法		定性測試法		定量測試法	
		糖精、苦味劑、刺激性煙霧	香蕉油	環境微粒 (Portacount)	控制負壓 (OHD Quantifit)		
	FFP1						
	FFP2 N95						
	FFP3 N99						
	N100						
 PF < 10	防粒狀物						
	防氣狀物						
 PF > 10	防粒狀物						
	防氣狀物						
	正壓式 SCBA						
	PAPR						

請完成下列的表格，適用的打「√」、不適用的打「×」。不需要進行測試的畫「△」

呼吸防護具的種類		密合度測試方法		定性測試法		定量測試法	
		糖精、苦味劑、刺激性煙霧	香蕉油	環境微粒 (Portacount)	控制負壓 (OHD Quantifit)		
	FFP1		×		×		
	FFP2 N95		×		×		
	FFP3 N99		×		×		
	N100		×		×		
 PF < 10	防粒狀物						
	防氣狀物						
 PF > 10	防粒狀物	×	×				
	防氣狀物	×	×				
	正壓式 SCBA	×	×				
	PAPR	△	△	△	△		