

化學品分級管理及 作業環境監測

授課老師：

職業衛生技師

工業安全技師

劉老師

1

講師簡介

學歷：

中山醫學大學 職業安全衛生學系畢

陽明交通大學 產業防災碩士

經歷：

台灣山葉機車 職業安全衛生管理師

上市塑膠公司 安全衛生工程師

證照：

消防設備師(2019)(**榜首**)

工礦衛生技師(2016)(**榜首**)

工業安全技師(2017)(**榜首**)

消防設備士(2018)

甲級職業安全管理師(2012)

甲級職業衛生管理師(2012)

甲級廢棄物處理技術員(2013)

乙級勞工安全衛生管理員(2011)

2

前言

化學物質 (Chemical Substance) 指天然或人工合成之化學元素及化合物，化學化工產業蓬勃發展，代表的是化學品種類的增加與量化，有鑑於化學品種類繁多，依103年建置完成之國家既有化學物質清單計93,000種，具有GHS健康危害者超過19,000種，惟現行依「特定化學物質危害預防標準」、「有機溶劑中毒預防規則」、「鉛中毒預防規則」及「四烷基鉛中毒預防規則」納入特別管理者，僅117種，而訂有空氣中容許濃度標準之化學品僅492種，因此，有必要建立危害性化學品危害預防管理措施。

3

洗劑致癌？洗衣店夫妻 先後罹血癌過世

2016-05-17 03:24:11 聯合報 記者修瑞瑩、江慈琇／台南報導



台南市一對經營洗衣店多年的夫妻，先後死於血癌，是否與乾洗業使用的洗劑有關，專家認為因果尚待釐清。

台北榮總臨床毒物與職業醫學科主任楊振昌指出，早年乾洗店會使用四氯乙烯作為乾洗溶劑，溶掉衣物上的髒汙，四氯乙烯已被列為2 A級可能致癌物質。至於這對夫婦先後罹患血癌，是否與職業曝露有關，因果關係仍待釐清。

這對夫妻經營洗衣店卅多年，先生在五十多歲時罹患血癌，雖經過化療，仍不治；妻子在六年多後也罹血癌，由於男主人之前的經驗，家人決定放棄治療，半年前過世。

夫妻兩人沒有血緣，都罹患血癌，醫師認為與基因無關，應該是受環境影響；夫妻長期從事洗衣業，太太在十多年前就開始洗腎，懷疑與洗劑有關。

衛福部台南醫院血液腫瘤科醫師李艷林表示，乾洗劑中的四氯乙烯及苯，都是國際公告的高致癌性危險物質，除對肝、腎有影響，臨床研究也與膀胱癌、食道癌及血癌等相關。

李俊璋表示，四氯乙烯毒性強，已證實會造成肝癌，目前使用的業者少；石油系乾

資料來源:定性模式、半定量及定量 暴露評估工具之應用 方澤沛

高科技化學劑 害死3人

「致命毒害」顯影劑TMAH年耗300萬噸 卻無解毒劑

2007/07/23

資料來源：蘋果日報

【許佳惠／台北報導】化學毒物「氫氧化四甲基銨」

(Tetramethylammonium Hydroxide, TMAH) 在台已造成三人死亡，醫界卻束手無策。三年前出現國內首例死亡個案後，今年又增兩例，三人都是高科技業人員，從接觸該毒物到死亡僅半小時，堪稱科技新貴致命毒害。醫界指TMAH可經皮膚吸收造成呼吸抑制，致死性很高且無解毒劑，使用應提高警覺，醫界也正試圖找出解毒劑。

因TMAH中毒會抑制呼吸，毒性三十分鐘內發作，且現無解毒劑，只能呼籲濺到時至少沖水十五分鐘，送醫途中供給氧氣並提升血壓，爭取到院前活命機會，以便醫師有機會有一般解毒方式嘗試挽救；且因TMAH會經皮膚吸收，急救醫師若接觸患者恐遭波及，最好告知醫師。

資料來源：定性模式、半定量及定量 暴露評估工具之應用 方澤沛

台積電南科18廠工安意外2工人遭化學液噴濺手臉送醫

2020/10/20

資料來源：ETtoday新聞雲

台南市安定區北園二路台積電18廠，20日中午傳出有2名男子工作不慎被TMAH（氫氧化四甲胺）噴濺到，1名被噴濺到手掌，1名被噴濺到手腕及臉部，台南市消防局據報馬上派出救護車前往，將2人送永康奇美醫院救治，有2名20幾歲男子，工作不慎被TMAH（氫氧化四甲胺）噴濺到，一名被噴濺到手掌，一名被噴濺到手腕及臉部（約2*2公分），119馬上請業者對傷者先執行「除汙」作業，並派遣四大、南科消防分隊，共計出動5車11人前往救援，並通報南區緊急醫療應變中心、南科重大事故通報中心、南科工安通報中心、南科管理局、台南市意外事故緊急通報小組等單位。

奇美醫學中心指出，戴姓及陳姓2人遭化學藥劑噴濺後由救護車送至奇美醫院，戴男手部及臉部輕微灼傷，陳男遭化學藥物噴濺手掌及手背，2人就醫前皆有沖水及敵福靈處理，醫療團隊擔心後續風險，目前仍留院觀察中。



資料來源：定性模式、半定量及定量 暴露評估工具之應用 方澤沛

6



群聚職業病首例 6人溴丙烷中毒 20150418 公視晚間新聞 2015年4月18日



蘋果日報 - 2011-02-18 - 蘇州南門外德誠路開採 蘋果首度承認華工中毒死 2011年2月17日



南韓逾100人爛肺死亡案公司道歉代表遭家屬怒批 2016年5月3日



南韓三星海新 設備廠位區區員工15得癌症 20161129 公視晚間新聞

資料來源:定性模式、半定量及定量 暴露評估工具之應用 方澤沛

美國高鉛白油漆廣告

7

THE OUTLOOK ADVERTISING SECTION

Get Ready to Paint

It is poor economy to delay your painting—make your plans now, select your color schemes, engage your painter, and be prepared for painting weather when it comes. Only good paint and a good painter will insure lasting satisfaction. Such a painter will tell you that Carter Pure White Lead and pure linseed oil, mixed exactly to suit local conditions and the surface of your house, is the cheapest and best paint you can use.

Carter White Lead

"The Lead with the Spread" is the strictly pure white lead of our forefathers, only whiter, finer and more perfectly made. It makes the whitest white paint and with it are produced the clearest and most lasting colors. Carter is the painter's favorite white lead—the qualities that have led him to prefer it should lead you to specify it. Everything the property owner should know about painting is to be found in "Pure Paint," a leaf-book on house-painting, with four color schemes from "The Paint Remixer" portfolio. Write for a copy today and read it before completing your spring painting plans. It is FREE.

CARTER WHITE LEAD COMPANY.
12005 So. Peoria Street, Chicago, Illinois.
Factories: Chicago and Omaha

This is a 1914 ad for a Carter white lead! The size of the ad is approximately 5x6 inches. The caption for this ad is 'Get Ready to paint'

THE SATURDAY EVENING POST

The sparkle of new paint on your home makes even more than the brightest and warmest rays of the sun.

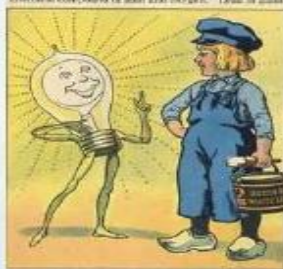
LEAD

1918 Ad National Dutch Boy White Lead Paint Babbitt

資料來源:定性模式、半定量及定量 暴露評估工具之應用 方澤沛



早期業者設計繪本，讓小孩找大人講故事
早期美國人不知道，當小朋友智力受到鉛影響，智力遲緩呆呆的



燈泡有加鉛，特別亮
瓷具特別亮，因為有加鉛



資料來源:定性模式、半定量及定量 暴露評估工具之應用 方澤沛

9



1. 子彈頭有加鉛，所以都打得穿
2. 橡皮擦有加鉛，安定劑
3. 所以我們的油漆有加鉛
4. 有加鉛好東西，油漆有加鉛較安定

美國小兒科醫師發現，致力遲緩兒的共同點，就是使用油漆→油漆廠商不服，對拉我們有加鉛，但小朋友不會吃啊→油漆剝落小朋友東摸西摸沒洗手吃東西，造成血中鉛過高



資料來源:定性模式、半定量及定量 暴露評估工具之應用 方澤沛

10

哈佛研究：電子菸油疑造成嚴重肺病「爆米花肺」

Chemicals Linked to 'Popcorn Lung' Found in Flavored E-cigarettes

Tue, 12/29/2015 - 1:59pm

by Lauren Scrudato, Associate Editor

Get daily news for laboratory professionals - Sign up now!

A recent study published by Harvard researchers reported that diacetyl, a flavoring chemical linked to cases of severe respiratory disease, has been found in a variety of electronic cigarettes and refill liquids.

Diacetyl first popped up on the radar about a decade ago after signs of bronchiolitis obliterans, commonly known as "Popcorn Lung" began appearing in individuals who were exposed to the compound while working in microwave popcorn processing plants. Diacetyl is used to enhance the flavor of artificial butter in popcorn, but it is also used as a flavoring in certain alcohols – and now e-cigarettes.



資料來源:定性模式、半定量及定量 暴露評估工具之應用 方澤沛

11

200員工罹癌 三星認錯賠償

常年接觸苯 3C產品「命換來的」

2014年06月27日

117
5.4 萬



三星韓姓女員工二○○一年被診斷罹患腦癌，現已無法行走。翻攝《華盛頓郵報》

南韓

【韓政燕／綜合外電報導】全球第5大企業的三星集團是南韓人的驕傲，然而它也是部分員工用命換來的代價。《華盛頓郵報》前天揭露，約有200名三星半導體工廠員工，因長期暴露在有毒化學物質下罹患白血病及罕見疾病。三星長年避而不談，直到上月才鬆口道歉，承諾賠償。

據維權團體Banolim統計，三星在首爾以南的器興區半導體廠，至少有58名員工罹白血病和其他血液相關的疾病，另有人罹患乳腺癌和腦癌。這些人在工作過程中都曾接觸到放射線和苯。

58歲計程車司機黃相基的女兒，2003年進入工廠工作，2007年因白血病辭世，年僅22歲。黃相基發現多人有類似情形，且都是20至30歲的年輕人，於是他開始與維權團體合作調查內幕。

工廠沒教毒物防護

一名受害女工表示，工廠只要他們保持生產線乾淨，卻沒教安全處理化學物質，「工廠的重點是產品，不是工人」。一名1995年入廠的韓姓女工，工作2年開始經期異常，無法直行走路。2001年被判罹患腦癌，現已癱瘓。她母親難過得把所有三星的產品換掉，表示一看到三星的標誌就好心碎。

資料來源:定性模式、半定量及定量 暴露評估工具之應用 方澤沛

12

2011年2月18日 16:58

美商蘋果電腦公司近日公佈一份管理報告，坦承供應商勝華科技蘇州廠（即聯達科技），因為使用有毒溶劑、沒做好安全防護，導致137名員工出現慢性中毒的症狀；儘管蘋果在近期才公佈管理報告，然而，這件事情已在1年前就受到陸媒高度關注。



據悉，「正己燒」雖然效果比酒精好，但卻有一定毒性，問題就出在聯達科技沒有做好通風設備，也沒有警告員工中毒的危險性，導致有員工直接將這種有毒液體拿在手上把玩，「揮發的很快，摸一下都沒有了，我還拿在手上玩呢，玩得很舒服，馬上就揮發了。」

* 2011.02.18

報告中說明蘇州正己烷事件：
「2010年，我們了解到，在蘋果公司供應商勝華科技蘇州工廠（即聯建科技，台資企業），有137名工人因暴露於正己烷環境，健康遭受不利影響……」



13



多氯聯苯禍延三代 2歲娃中毒

25年前米糠油污染事件 篩檢發現第二、三代體內仍有殘毒 疑產婦哺乳造成

[illegible]

資料來源：定性模式、半定量及定量 暴露評估工具之應用 方澤沛

14

* 法源依據 - 職業安全衛生法

第10條	雇主對於具有危害性之化學品，應予標示、製備清單及揭示安全資料表並採取必要之通識措施。 製造者、輸入者或供應者，提供前項化學品與事業單位或自營作業前應予標示及提供安全資料表；資料異動時，亦同。 前二項化學品之範圍、標示、清單格式、安全資料表、揭示、通識措施及其他應遵行事項之規則，由中央主管機關定之。
第11條	雇主對於前條之化學品，應依其健康危害、<u>散布狀況</u>及<u>使用量</u>等情形，評估風險等級，並採取<u>分級管理措施</u>。 前項之評估方法、分級管理程序與採行措施及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

- ✓ 102年7月3日經總統令公布。
- ✓ 行政院核定自103/7/3及104/1/1，分二階段施行。

15

* 法源依據 - 職業安全衛生法

第12條	雇主對於中央主管機關定<u>有容許暴露標準之作業場所</u>，應<u>確保勞工之危害暴露低於標準值</u>。前項之容許暴露標準，由中央主管機關定之。雇主對於經中央主管機關指定之作業場所，應訂定作業環境監測計畫，並設置或委託由中央主管機關認可之<u>作業環境監測機構</u>實施監測。但中央主管機關指定免經監測機構分析之監測項目，得僱用合格監測人員辦理之。雇主對於前項監測計畫及監測結果，應公開揭示，並通報中央主管機關。中央主管機關或勞動檢查機構得實施查核。前二項之作業場所指定、監測計畫與監測結果揭示、通報、監測機構與監測人員資格條件、認可、撤銷與廢止、查核方式及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。
------	--

16

* 法源依據 - 職業安全衛生法

第13 條

製造者或輸入者對於中央主管機關公告之化學物質清單以外之新化學物質，未向中央主管機關繳交化學物質安全評估報告，並經核准登記前，不得製造或輸入含有該物質之化學品。但其他法律已規定或經中央主管機關公告不適用者，不在此限。前項評估報告，中央主管機關為防止危害工作者安全及健康，於審查後得予公開。前二項化學物質清單之公告、新化學物質之登記、評估報告內容、審查程序、資訊公開及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

17

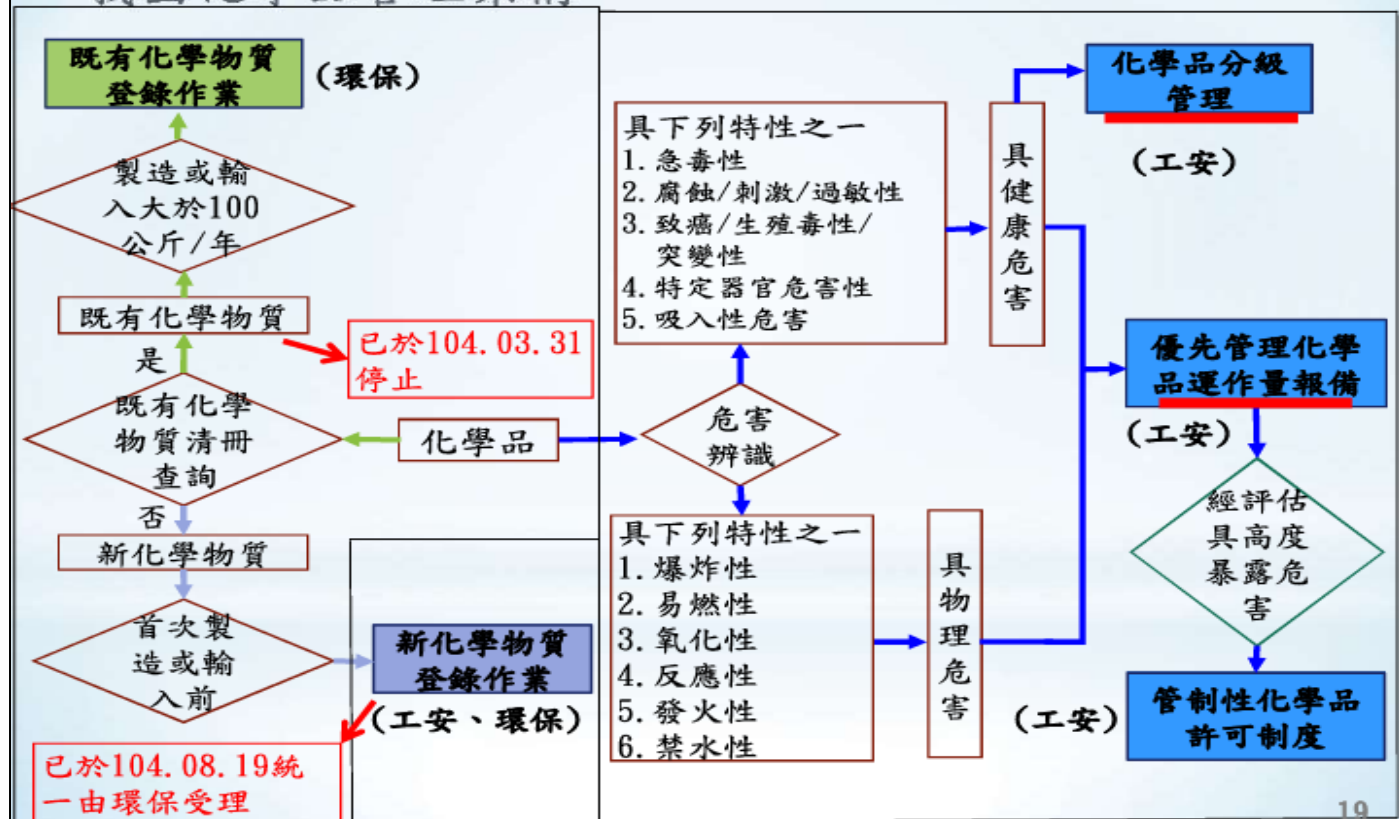
* 法源依據 - 職業安全衛生法

第14 條

製造者、輸入者、供應者或雇主，對於經中央主管機關指定之管制性化學品，不得製造、輸入、供應或供工作者處置、使用。但經中央主管機關許可者，不在此限。製造者、輸入者、供應者或雇主，對於中央主管機關指定之優先管理化學品，應將相關運作資料報請中央主管機關備查。前二項化學品之指定、許可條件、期間、廢止或撤銷許可、運作資料內容及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。

18

* 我國化學品管理架構



19

作業環境監測實施辦法 (依職

安法第12條第五項規定訂定)

(中華民國一零五年十一月二日修訂發布)

20

何謂作業環境監測？

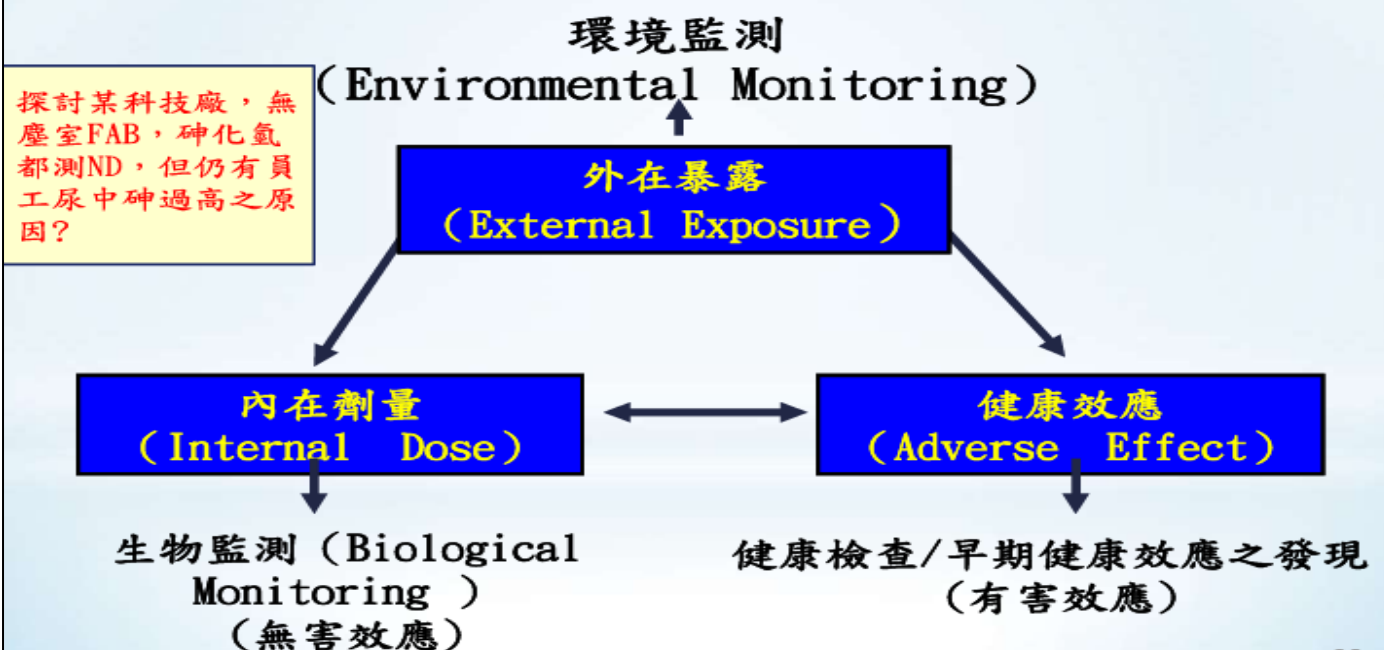
- 雇主對於中央主管機關定有容許暴露標準之作業場所，應確保勞工之危害暴露低於標準值。(職安法第12條)



* 作業環境監測：指為掌握勞工作業環境實態與評估勞工暴露狀況，所採取之規劃、採樣、測定及分析之行為。

21

外在暴露、內在劑量與健康效應



22

化學品危害風險評估技術隨著所採取定性、半定量與定量評估方法不同，其技術強度、不確定度與風險高估程度亦有所不同。

化學品危害風險技術	技術強度	不確定度	風險高估可能性
	低	高	大
定性危害風險評估			
半定量危害風險評估			
定量危害風險評估			
— 模式推估			
— 直讀式儀器偵測			
— 作業環境監測			
— 生物偵測			
	高	低	小

資料來源:職業衛生 侯宏誼 全華圖書

23

*作業環境監測目的:

- **勞工暴露濃度是否超過法令之規定**
(勞工作業場所容許暴露標準)。
- 瞭解環境中化學物之濃度、成份等。
- 檢查現有控制設備(如局部排氣裝置)之控制能力。
- 平時的監測資料，可了解操作條件是否有改變。
- 提供政府檢查及監督、法令修訂及擬訂參考、學術研究機關流行病學調查。
- **法律訴訟的証據**。(職業病?)

24

*作業環境監測項目：

(職業安全衛生法施行細則17條)

6個月

- 一、設置有中央管理方式之空氣調節設備之建築物室內作業場所。(測CO2)
- 二、坑內作業場所。(測CO2與粉塵)
- 三、顯著發生噪音之作業場所。(八小時日時量平均音壓級85分貝以上)

四、下列作業場所，經中央主管機關指定者：

3個月

- (一) 高溫作業場所。(指定七種且達連續工作溫度以上)

6個月

- (二) 粉塵作業場所。(附表一乙欄特定粉塵作業場所)
- (三) 有機溶劑作業場所。
- (四) 特定化學物質作業場所。

每年

- (五) 鉛作業場所。
- (六) 四烷基鉛作業場所。

五、其他經中央主管機關指定公告之作業場所。

接近煉焦爐或於其上方從事煉焦作業之場所，應每六個月監測溶於苯之煉焦爐生成物之濃度一次以上。(監測8)

25

補充資料：

*粉塵作業認定：

(粉塵危害預防標準第3條)

實施特殊健檢

實施環境監測

特定粉塵發生源

應採之防護措施

甲欄	乙欄	丙欄
粉塵作業	特定粉塵發生源及應採措施	應著用呼吸防護具之作業
(一) 採掘礦物等(不包括掘掘土石)場所之作業。但於坑外以鑽式採掘之作業及於室外非以動力或非以爆破採掘之作業除外。	(一) 於坑內以動力採掘礦物等之處所。	(一) 於坑外以衝擊式鑿岩機採掘礦物等之作業。
(二) 積載有礦物等(不包括掘掘物)車荷台以翻覆或傾斜方式卸礦場所之作業。但(三)、(九)或(十八)所列之作業除外。	(一) 之處所： 1. 使用衝擊式鑿岩機採掘之處所應使用濕式型者。但坑內經查確無水源且供勞工著用有效之呼吸用防護具者不在此限。 2. 使用衝擊式鑿岩機之處所應維持濕潤狀態。	(二) 於室內或坑內之裝載礦物等之車荷台以翻覆或傾斜方式卸礦之作業。
(三) 於坑內礦物等之粉碎、粉磨、篩選或裝卸場所之作業。但掘掘礦物等	(二) 以動力粉碎、粉碎或篩選之處所。	(二) 之處所： 1. 設置密閉設備。

26

補充資料：

* 應設置局部排氣裝置之型式：

(粉塵危害預防標準第7條)

雇主依前條規定設置之局部排氣裝置（在特定粉塵發生源設置有磨床、鼓式砂磨機等除外），應就附表二所列之特定粉塵發生源，設置同表所列型式以外之氣罩。

特 定 粉 塵 發 生 源		氣 罩 型 式
附表一乙欄（五）所列從岩石或礦石切斷之處所		外裝型氣罩上方吸引式
附表一乙欄（六）所列之處所		外裝型氣罩
附表一乙欄（八）所列之處所	土石、岩石、礦物、碳原料或鋁箔之搗碎、粉碎處所	外裝型氣罩下方吸引式
處所	土石、岩石、礦物、碳原料或鋁箔之修飾處所	外裝型氣罩
附表一乙欄（十四）所列使用壓縮空氣除塵之處所		外裝型氣罩上方吸引式
附表一乙欄（七）	砂模拆除或除砂之處所	外裝型氣罩上方吸引式
所列之處所	砂再生之處所	外裝型氣罩

27

* 勞工作業環境監測實施辦法 (第2條)

六、第三者認證機構：指取得國際實驗室認證聯盟相互認可協議，並經中央主管機關公告之認證機構。(2)

七、認證實驗室：指經第三者認證機構認證合格，於有效限期內，辦理作業環境監測樣本化驗分析之機構。(2)



28

* 勞工作業環境監測實施辦法 (第8條、第9條)

針對化學性有害物

臨時性作業、作業時間短暫或作業期間短暫，**且勞工不致暴露**於超出短時間時量平均容許濃度，或最高容許濃度之虞者，**得不受前項規定之限制**。(8)

A、臨時性作業：指正常作業以外之作業，其作業期間不超過三個月，且一年內不再重複者

B、作業時間短暫：指雇主使勞工每日作業時間在一小時以內者

C、作業期間短暫：指作業期間不超過一個月，且確知自該作業終了日起六個月，不再實施該作業者

* 增列雇主於引進或修改製程、作業程序、材料及設備前，應評估其勞工暴露之風險，對有增加暴露風險者，應即實施作業環境監測。(9)

29

* 勞工作業環境監測實施辦法 (第10、10-1條)

雇主實施作業環境監測前，應就作業環境危害特性、監測目的及中央主管機關公告之**相關指引(X95)**等，規劃採樣策略，並訂定**作業環境監測計畫**，**確實執行**，並依實際需要檢討更新。

監測計畫，雇主應於作業勞工顯而易見之場所公告或以其他公開方式揭示之，必要時**應向勞工代表說明**。

雇主於實施監測十五日前，應將監測計畫依中央主管機關公告之網路，實施**通報**。(10)

✓ 監測計畫，應包括下列事項：(10-1)

1. 危害辨識及資料收集。
2. 相似暴露族群之建立。
3. 採樣策略之規劃及執行。
4. 樣本分析。
5. 數據分析及評估。

30

* 勞工作業環境監測實施辦法 (作業環境監測指引)

常考(此方法即是AIHA手冊執行方式，也是現在的環測暴露評估執行方式)

相似暴露族群：

指工作型態、危害種類、暴露時間及濃度大致相同，具有類似暴露狀況之一群勞工

- (一) **危害辨識及資料收集**：依**作業場所危害及先期審查結果**，以系統化方法辨識及評估勞工暴露情形，及應實施作業環境監測之作業場所，包括物理性及化學性危害因子。
- (二) **相似暴露族群**之建立：依不同部門之危害、作業類型及暴露特性，以系統方法建立各相似暴露族群之區分方式，並運用**暴露風險評估**，排定各相似暴露族群之相對風險等級。
- (三) **採樣策略之規劃及執行**：規劃**優先監測之相似暴露族群**、監測處所、樣本數目、監測人員資格及執行方式。
- (四) **樣本分析**：確認實驗室樣本分析項目及執行方式。
- (五) **數據分析及評估**：依監測數據規劃統計分析、歷次監測結果比較及監測成效之評估方式。

31

環境監測目的

基線監測

基本上就是現在作測辦法，用SEG的概念去涵蓋所有人的暴露評估

基線監測 Baseline

- SEG 的暴露概況是什麼（即暴露和變化程度）？
- 根據決策標準，暴露程度是可接受還是不可接受？

符法性監測 Compliance

- 工作場所暴露是否符合職業暴露標準(OEL)？

診斷監測 Diagnostic

- 有哪些暴露？
- 暴露源、作業型態是如何影響暴露實態？

資料來源：監測數據分析及應用 王櫻芳

32

(一)基線監測(Baseline)：

1. 估計某一SEG的勞工的暴露水準及其長期暴露變化。
2. 著重在建立準確的暴露實態。
3. 有效能且有效率的解釋SEG的暴露是否可接受。
4. 建立後續合適的暴露管理。

暴露實態：指用以描述某一相似暴露族群不同勞工間之暴露強度及不同時間之變化情形。

(二)符法性監測(Compliance)：

1. 評估監測值對OEL的遵守符合情形。
2. 通常會關注於最糟糕情況(worst-case)。
3. 符法性策略是最常被使用的。
4. 以最糟糕情況策略進行監測，無法定義長期暴露實態的特徵。
5. 解釋最糟糕情況監測數據必須很小心，因其無法反映SEG的真實暴露實態，也無法反映該SEG勞工的真實健康風險。

區域採樣：用來確認設備控制的有效性找出污染源...等，或評估工程控制方法之有效性，而設計的採樣方法！

(三)診斷監測(Diagnostic)：

1. 常用來找出暴露源，及了解該暴露源、作業型態或其他變數(如產生率)對勞工暴露的貢獻。
2. 依目的選擇區域監測或是個人監測。

診斷監測進→行比較

1. 工程控制
2. 分析方法
3. 管理/程序控制
4. 時間(季節/班別)

資料來源：監測數據分析及應用 王櫻芳

33

基線監測(Baseline) AIHA 1998提出

1. 暴露剖面的正確表示值 (1)暴露程度(2)變異性
2. 新製程開始的時候
3. 既有製程的初始評估

符合性監測(Compliance) NIOSH 1977提出

確認工廠暴露程度是否低於暴露標準？

1. 常常採用NIOSH(1977)策略，焦點放在最糟狀況(worse-case)
2. 採用隨機策略(預設值)
3. 高估了真實暴露剖面(baseline)

34

貴公司的作業環境監測目的？

目的要具體!!!
這樣的目的OK嗎?

我的願望是...
世界和平

為掌握勞工作業環境實態與評估勞工暴露狀況，所採取之規劃、採樣、測定及分析之行為。

具體?

- 鑑定出廠內較嚴重的暴露來源，評估其危害成分及暴露濃度並逐步控制至 1/2 容許濃度以下。
- 瞭解廠內每一個工作人員（相似暴露群）的暴露程度，並逐步降低暴露至 1/10 容許濃度以下。
- 減少工作人員暴露於危害物的風險，平時將危害物濃度控制至 1/100 以下，保養、維護時將危害物濃度控制於容許濃度 25 以下

作業環境監測計畫

本場所作業環境實態與評估工作者其作業環境暴露狀況，所採取之規劃、採樣、測定及分析之行為。

二、範圍：

本場所使用化學性危害物質及物理性危害之作業環境，均應依規定實施作業環境監測之場所（如附表 1 所示）。

三、組織成員與職責：

1. 初建作業環境監測計畫(含採樣策略)應由職業安全衛生管理單位或小組，或委託外聘職業安全衛生專業人員(單位)成立「作業環境監測小組」，作業環境監測小組應發揮以下任務：

- (1) 決定作業環境監測目的及暴露管理目標；
- (2) 規劃與執行作業環境監測工作；
- (3) 作業環境監測結果的檢討；

2. 成員職責

- (1) 職業安全衛生管理單位：制定採樣策略並安排作業環境監測工作及其進行方式，事前向各單位溝通，並提供初次監測報告供本處作業環境監測人員參考。
- (2) 作業場所負責人：協助安全衛生人員與暴露者溝通。
- (3) 暴露者：配合作業環境監測人員的指示進行採樣。
- (4) 作業環境監測機構：委由執業之工環衛生技師或作業環境監測機構實施作業環境監測，說明採樣、及實際進行作業環境監測工作。

3. 作業環境監測計劃

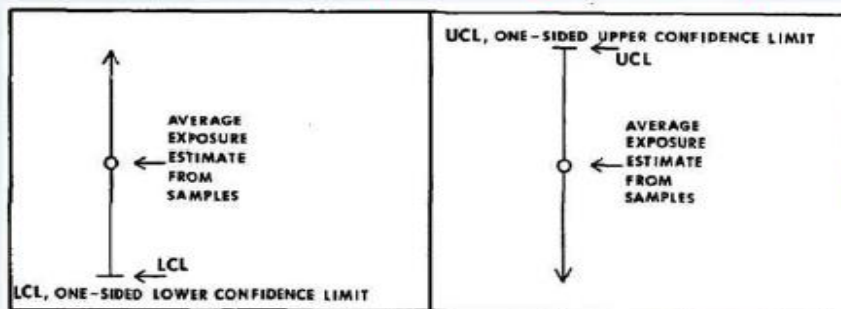
- (1) 危害辨識及資料收集。
- (2) 相似暴露族群之建立。
- (3) 採樣策略之規劃及執行。
- (4) 根本分析。
- (5) 數據分析及評估。

第 1 版/第 1 頁

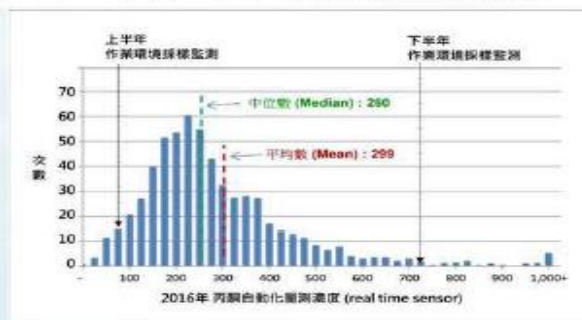
案例分析及演練(含作業環境監測計畫及監測結果報告撰寫實務) 王櫻芳

35

綜合討論 哪個時候用哪個?



**NIOSH 1977年提出的
符法性監測**



**AIHA1998年提出
的基線監測**

36

作業環境監測指引草案

勞工作業環境監測實施辦法修正草案總說明

勞工作業環境監測實施辦法(以下簡稱本辦法)係依職業安全衛生法(以下簡稱本法)第十二條第五項授權訂定,旨在規定雇主對於中央主管機關指定之作業場所,應實施作業環境監測,以掌握勞工作業環境實態與評估勞工暴露狀況,並作為雇主改善作業環境之參考。本辦法訂定發布施行後,歷經多次修正,最後一次修正日期為一百零五年十一月二日。本次修正除檢討新增作業環境監測項目、調整監測結果保存年限,及強化作業環境監測機構之管理外,為鼓勵事業單位實施作業環境監測自主管理,提升作業環境監測成效及運用,精進以風險為基礎之作業環境監測管理制度,爰擬具本辦法修正草案,修正重點如下:

- 一、配合考試院於一百零八年六月將工礦衛生技師類科名稱修正為職業衛生技師,修正相關技師類科名稱。(修正條文第四條、第十二條、第十三條、第十八條、第二十七條、第三十二條)
- 二、為擴大作業環境監測之採樣分析方法資料庫,並與國際接軌,增列可依國際職業安全衛生機構所發布之標準方法,實施作業環境監測,以符合實務需求。(修正條文第五條)
- 三、增訂應實施二氧化矽定期監測之作業場所,雇主已依室內空氣品質管理法實施檢驗測定者,得免實施。(修正條文第六條)
- 四、考量事業單位因臨時之製程或產能調配原因無法於預定定期程安排監測,為提供合理之時間完成監測,事業單位得於屆期日前後三十日內辦理;另配合勞工健康保護規則及特定化學物質危害預防標準之規定,增列溴丙烷、3,3'-二氯-4,4'-二胺基苯甲烷、丙稀酸酐、4,4'-二異氰酸二苯甲烷、二異氰酸異佛爾酮、環氧乙烷、甲醚、1,3-丁二烯、1,2-環氧丙烷、溴化氫、鉍及其化合物、鉍及其無機化合物、

六、增列事業單位勞工人數未滿一百人者,得採最大暴露危險群採樣策略,選擇有代表性對象進行監測之規定。(修正條文第十條)

七、為確保雇主僱用乙級以上之監測人員或委由執業職業衛生技師執行監測之品質及正確性,增列監測儀器設備之規定。(修正條文第十三條)

八、考量部分應實施定期監測之物質,其致癌誘導期長達10年以上,爰參考勞工健康保護規則特殊(體格)健康檢查紀錄保存年限之規定,調整監測紀錄之保存年限。(修正條文第十四條及第十四條附表五)

九、為鼓勵事業單位推動作業環境監測自主管理,增訂作業環境監測管理成效經中央主管機關審查通過者,其監測頻率得不受第七條規定之限制。(修正條文第十七條)

十、增訂監測機構監測人員應為專任之規定。(修正條文第十八條)

十一、增訂監測機構認可程序及有效期間之規定。(修正條文第二十二條)

十二、增訂監測機構主動申請暫時停止業務或廢止認可之規定。(修正條文第二十三條)

十三、增訂監測計畫或監測結果之資料有誤或缺漏、監測計畫,或監測結果、僱用監測人員實施監測時,未依相關規定辦理之處分規定。(修正條文第二十九條)

十四、增訂監測機構指派未具資格之監測人員執行監測業務,及未主動申請暫時停止業務或廢止認可之處分規定。(修正條文第三十一條)

37

符法測定 (Compliance test)

(NIOSH 1977 Sampling strategy)

38

符法測定 (Compliance test)

1. 最大暴露危險群(maximum exposure risk group)為美國國家安全衛生研究所(NIOSH; National Institute for Occupational Safety and Health)於1977年所提出，
2. 其目的在於用最少的樣本數，來有效檢視勞工之暴露是否符合(compliance)法令標準，整體理論架構如下頁圖。
3. 唯本法並不足以描述個暴露族群(含最高暴露危險群之暴露實態，特別是當有害物容許濃度值下降時，甚至無法判別以往之各暴露族群是否可符合法令規範。

資料來源：監測數據分析及應用 王櫻芳

39

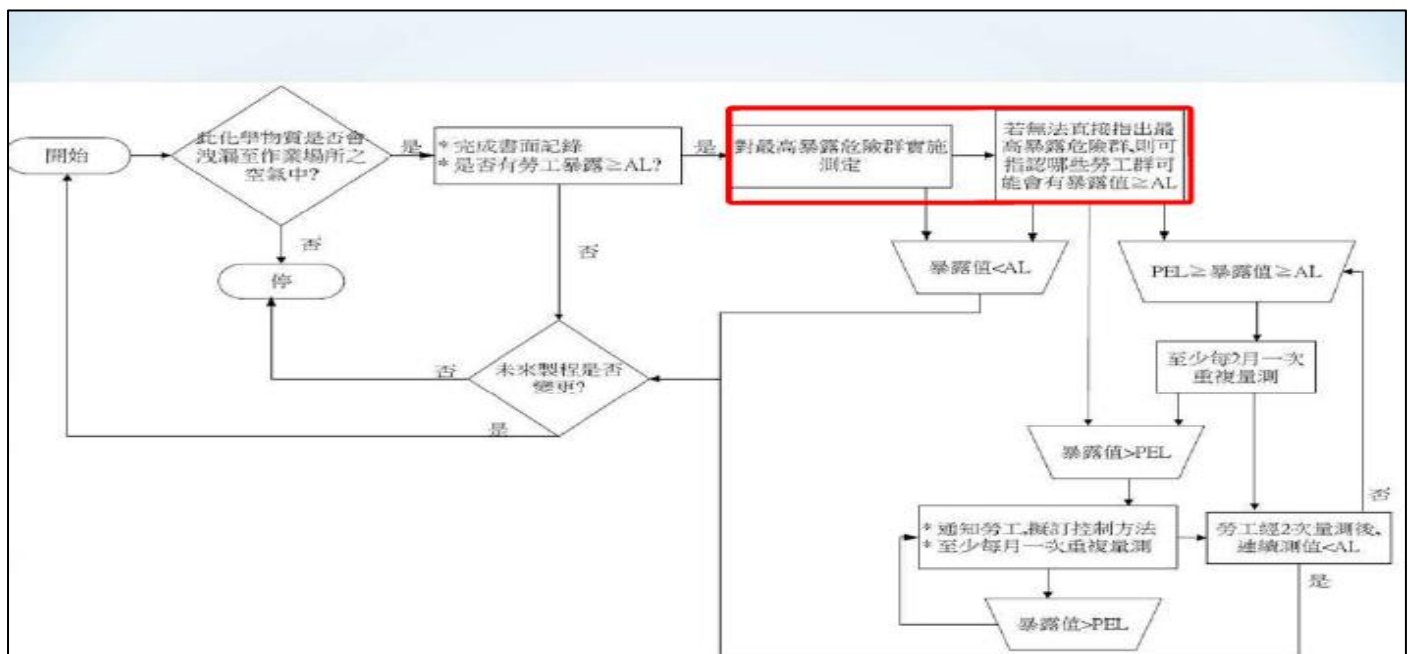


圖 1 最大暴露危險群測定之理論架構

資料來源：監測數據分析及應用 王櫻芳

40

如何決定最高暴露危險群

1. 最高暴露危險群：

- 最接近有害物發生源之勞工
- 或其暴露濃度可能超過1/2容許濃度之勞工
- 及抱怨可能遭受污染之勞工等

2. 原則上，若其暴露量低於容許標準，則可預期其他低暴露勞工族群均可符合法令標準。

3. 唯若其暴露量高於容許值，則需再對**次高**暴露群勞工實施進一步之測定，**直到找到低於容許濃度的暴露族群，始為最大暴露族群。**

資料來源：監測數據分析及應用 王櫻芳

41

1. 按統計上「有90%信心，至少有一採樣對象為暴露在前10%者」之限制需求95%信心最高10%的暴露。例如20人之相似暴露族群需採13人之樣本
2. 依表來決定採樣對象工人數
3. 再利用亂數表隨機方式，從該群全部勞工中，選擇採樣物件。

最高暴露危險群之採樣

隨機抽樣：
自選定的最大暴露群個體，從
均勻暴露風險群組中隨機選出

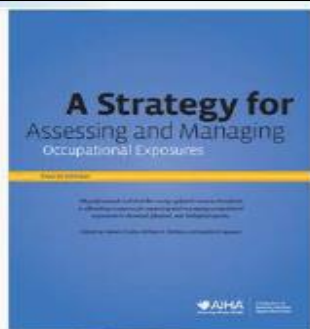
高暴露母群體數， N	樣本數，n
8	7
9	8
10	9
11~12	10
13~14	11
15~17	12
18~20	13
21~24	14
25~29	15
30~37	16
38~49	17
50	18
> 50	22

For N=26
=>
n= 15

If N<7, n=N

(根據族群人數規模決定最少須採樣的樣本數後)

42



基線監測

基本上就是現在作測辦法，用SEG的概念去涵蓋所有人的暴露評估

全盤測定

Comprehensive exposure assessment

(AIHA 1998 Sampling Strategy)

資料來源：監測數據分析及應用 王櫻芳

43

重要概念

1. 國內之作業環境測定制度因應法令要求已執行多年，但長期以來事業單位多以符合法令要求，也就是以最高暴露危險群為對象，即所謂的compliance為執行環測之最高目標。
2. 顯然前述**只能考慮到高暴露族群之作業環境暴露之符合性，並無法達到評估事業單位各不同暴露族群之暴露實態評估之目的。**
3. 要達到前述作業環境測定的目標，只有用全面性 (comprehensive) 的思維模式才可能達成。

暴露實態：指用以描述某一相似暴露族群不同勞工間之暴露強度及不同時間之變化情形。

資料來源：監測數據分析及應用 王櫻芳

44

重要概念

1. 依據AIHA於1998年所提出的採樣策略—“A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures”，即強調以comprehensive的概念取代compliance之精神，俾使所擬訂之採樣策略可對廠內所有勞工、所有時間的所有暴露進行瞭解。
2. 所謂全盤性暴露評估策略(comprehensive exposure assessment strategy)主要係利用劃分相似暴露群(similar exposure group)的方法來規劃不同勞工暴露族群之採樣策略，並利用統計的方法將數據做適當的分析以描繪其暴露實態(exposure profile)以掌握各SEG所有時間與所有物質之暴露。

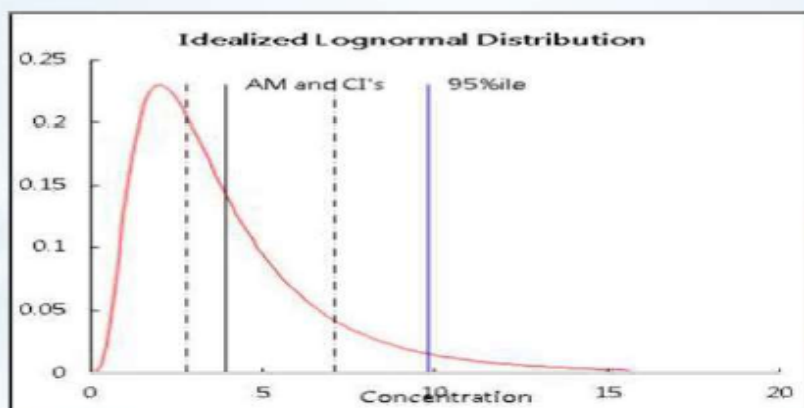
暴露實態：指用以描述某一相似暴露族群不同勞工間之暴露強度及不同時間之變化情形。

資料來源：監測數據分析及應用 王櫻芳

45

全盤性暴露評估策略

以圖形曲線表達各項統計數值所代表的意義，並在曲線中標示各項資料的相對位置，呈現視覺化的統計分析結果。搭配統計結果清單，更容易找出環測數據所蘊藏的寶貴資訊。



資料來源：監測數據分析及應用 王櫻芳

46

相似暴露族群暴露實態之評估結果分級管理原則：

危害性化學品評估及分級管理技術指引

附件五 相似暴露族群暴露實態之評估結果分級原則

雇主對各相似暴露族群，應依其暴露實態之第九十五百分位值 (X_{95})，對照該化學品之容許暴露標準 (PEL)，依表 5-1 進行作業場所評估結果分級。雇主另亦得依其需要，參考美國工業衛生學會 (AIHA, American Industrial Hygiene Association) 分級方式實施之 (如表 5-2)。

表 5-1

範圍	評估結果分級
$X_{95} < 0.5\text{PEL}$	第一級
$0.5\text{PEL} \leq X_{95} < \text{PEL}$	第二級
$X_{95} \geq \text{PEL}$	第三級

表 5-2

範圍	AIHA 評估結果分級
$X_{95} < 0.01\text{OEL}$	0
$0.01\text{OEL} \leq X_{95} < 0.1\text{OEL}$	1
$0.1\text{OEL} \leq X_{95} < 0.5\text{OEL}$	2
$0.5\text{OEL} \leq X_{95} < \text{OEL}$	3
$X_{95} \geq \text{OEL}$	4

依 AIHA 規定，SEG 以 95 百分位值做為評估分級管理的依據。

表 5-3 暴露評估分級表

暴露等級	範圍	說明
0	監測結果的 95 分位估計值 (Q_{95}) $\leq 1\%$ 容許暴露標準 (PEL)	暴露情形幾乎不存在。
1	$1\% \text{PEL} < (Q_{95}) \leq 10\% \text{PEL}$	暴露情形受到高度的控制，勞工有受到低量的暴露。
2	$10\% \text{PEL} < (Q_{95}) \leq 50\% \text{PEL}$	暴露情形控制良好，勞工常 (frequent) 接觸到低濃度的暴露及少量 (rare) 的高濃度暴露。
3	$50\% \text{PEL} < (Q_{95}) \leq \text{PEL}$	暴露情形有控制，勞工常 (frequent) 接觸到低濃度的暴露及不頻繁的 (infrequent) 的高濃度暴露。
4	$(Q_{95}) > \text{容許暴露標準}$	暴露情形缺乏控制，勞工經常 (often) 接觸到高濃度或非常高濃度的暴露。

47

暴露風險等級及控制管理措施說明

採樣策略	範圍	評估結果分級	控制措施與管理
<u>PEL-TWA</u>	$X_{95} < 1/10\text{PEL}$	第一級	應持續維持原有之控制措施或管理措施外，製程或作業內容變更時，並採行適當之變更管理措施。
<u>PEL-STEL 或 PEL-Ceiling</u>	$\text{UCL}1.95\% < 1/10\text{PEL}$		
<u>PEL-TWA</u>	$1/10\text{PEL} \leq X_{95} < 1/2\text{PEL}$	第二級	就製程設備、作業程序或作業方法實施檢點，採取必要之改善措施。
<u>PEL-STEL 或 PEL-Ceiling</u>	$1/10\text{PEL} \leq \text{UCL}1.95\% < 1/2\text{PEL}$		
<u>PEL-TWA</u>	$X_{95} \geq 1/2\text{PEL}$	第三級	採取有效控制措施，並於完成改善後重新評估，確保暴露濃度低於容許暴露標準。
<u>PEL-STEL 或 PEL-Ceiling</u>	$\text{UCL}1.95\% \geq 1/2\text{PEL}$		

48

AIHA適用的管理/控制

Table 24.1 – AIHA® Exposure Control Rating Categories

SEG Exposure Control Category**	Applicable Management/ Controls
0 (<1% of OEL)	no special action necessary 無需採取特別行動
1 (<10% of OEL)	standard procedures and training, general hazard communication 標準程序和訓練，一般危害通識
2 (10–50% of OEL)	+ chemical specific hazard communication, periodic exposure monitoring 特定化學危害通識，定期暴露監測
3 (50–100% of OEL)	+ required exposure monitoring, workplace inspections to verify work practice controls, medical surveillance and biological monitoring as appropriate for the agent 需要進行暴露監測、檢查工作場所驗證落實控制措施、針對該危害採取適當的醫療監測(健檢)和生物偵測
4+ (>100% of OEL, Multiples of OEL; e.g., based on respirator APFs)	+ implement hierarchy of controls, monitoring to validate effectiveness of controls at mitigating exposure to acceptable levels and/or to assess the respirator protection factor selection when other controls are ineffective or infeasible

** Upper Tail Decision statistic = 90th, 95th, 99th percentile

實施階層控制，並進行監控以驗證有效性控制措施將暴露降低到可接受的水平，當其他控制措施無效或不可行的，應評估防護係數選擇適當的呼吸防護器具。

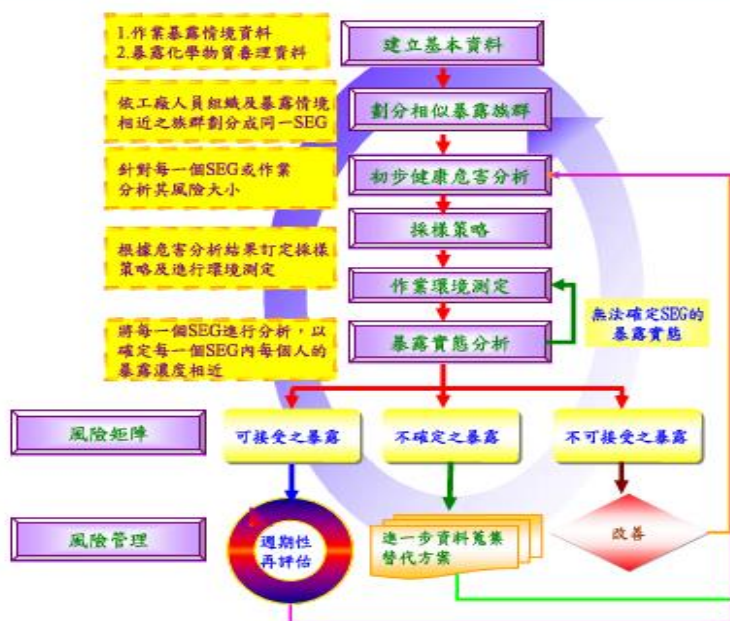
控制的階層考量(Hierarchy of Control):

1. 消除造成暴露的製程、設備或物質。
2. 以低暴露的製程、設備或物質等取代。
3. 工程控制。(密閉、隔離、通風)
4. 勞工作業方法控制與訓練。(正確的工作)
5. 行政管理措施。(輪班、減少暴露時間)
6. 使用PPE。

49

暴露評估概念 (流程圖)

1. 運用監測數據的**值**判斷相對**風險**高低
2. 運用監測數據的**數量**判斷**未知程度**大小



50

* 勞工作業環境監測實施辦法 (第10-2)

從事特別危害健康作業之勞工人數在100人以上，或勞工人數500人以上者，監測計畫由監測評估小組研訂：

1. 工作場所負責人。
2. 職業安全衛生人員。
3. 執業工礦衛生技師。
4. 工作場所作業主管。

簽名及作成紀錄，留存備查，並保存三年。

技師**不得為監測機構之人員**，且以經**附表二之一**所定課程訓練合格者為限。

51

* 勞工作業環境監測及暴露評估訓練課程

課程名稱	時數(小時)
1 暴露評估概論與基本資料蒐集	6
2. 作業場所暴露剖面(Exposure Profile)及相似暴露族群(Similar Exposure Groups)之建立	12
3. 採樣策略	12
4. 定性模式、半定量及定量暴露評估工具之應用	6
5. 監測數據分析及應用	6
6. 案例分析及演練(含作業環境監測計畫及監測結果報告撰寫實務)	12
合計	54

52

* 勞工作業環境監測實施辦法 (第11條)

雇主實施作業環境監測，應設置或委託監測機構辦理。

但監測項目屬物理性因子或得以直讀式儀器有效監測之下列化學性因子者，得僱用乙級以上監測人員或委由工礦衛生技師辦理：

■ 直讀式儀器有效監測之下列化學性因子

1. 二氧化碳
2. 二硫化碳。
3. 二氯聯苯胺及其鹽類。
4. 次乙亞胺。
5. 二異氰酸甲苯。
6. 硫化氫。
7. 汞及其無機化合物。
8. 其他經中央主管機關指定公告者。

採樣

- 雇用領有乙級以上作業環境監測技術士
- 工礦衛生技師
- 委由作業環境監測機構

■ 物理性因子

53

* 勞工作業環境監測實施辦法 (第12條)

* 雇主訂定監測計畫，實施作業環境監測時，應會同職業安全衛生人員及勞工代表實施。

* 監測結果應保存3年。屬附表四所列化學物質者，應保存30年；粉塵應保存10年。

* 監測結果，應於作業勞工顯而易見場所公告或以其他公開方式揭示之，必要時應向勞工代表說明。

* 雇主應於採樣或測定後45日內完成監測結果報告，通報至中央主管機關指定之資訊系統。

54

附表三

勞工作業環境監測結果紀錄表

一、作業環境監測基本資料：

事業單位名稱		行業別		
事業單位地址		負責部門及聯絡人	部門	
監測日期	年 月 日		姓名	
			電話	
監測機構名稱、監測人員姓名及資格文號		監測人員簽名		
會同監測之勞工安全衛生人員及勞工代表職稱、姓名		會同監測人員簽名		

二、作業環境監測紀錄（註1）

監測編號	監測方法	監測處所（註2）	監測項目	採樣幫浦編號	採樣介質種類	監測條件			監測（採樣）起訖時間（時、分）	總計時間	採樣體積（m ³ ）	校正後採樣體積（m ³ ）	監測結果（註3）	認證實驗室名稱
						現場溫度（℃）	現場壓力（mm Hg）	採樣流速（ml/min）						
							前	後	平均					
依監測結果採取必要防範措施事項														

附註：

55

* 作業環境監測數據之應用

1. 用以推估其他類似作業場所危害因子種類、強度、濃度等。
2. 據以擬定後續整體環境監測計畫。
3. 據以擬定後續各場所採樣策略。
4. 據以訂定各種評估基準。
5. 據以擬定監測後之設備改善計畫。
6. 據以擬定現場衛生管理計畫（含健康管理計畫）。
7. 據以設置各種必要之監測儀器。

56

*作業環境監測規劃

57

何謂作業環境監測？

- 雇主對於中央主管機關定有容許暴露標準之作業場所，應確保勞工之危害暴露低於標準值。(職安法第12條)



*作業環境監測：指為掌握勞工作業環境實態與評估勞工暴露狀況，所採取之規劃、採樣、測定及分析之行為。

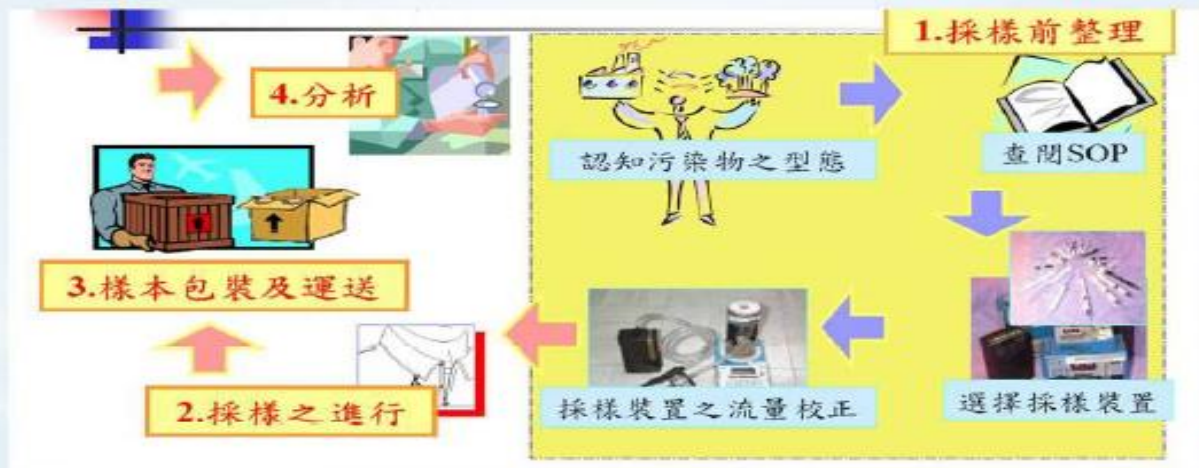
58

作業環境監測整體觀念



59

採樣流程



60

作業環境監測原理

* 將空氣中特定污染物捕集於特定介質上，藉由特定時間流通的空氣量，推估空氣中污染物濃度。

* 重點

- ◆ 採樣具有專一性
- ◆ 須知流經介質的空氣量
- ◆ 量測空氣量指標需標準化
- ◆ 推估必定有誤差存在



環境監測代表工作者或作業區域的暴露情形，採樣前、中、後及後續分析要盡量避免誤差；環測才具有**代表性**。

61

含採樣策略之監測計畫訂定

採樣策略擬定應考量問題 作業環境監測前需考慮的基本問題：

1. 為何要採樣？(採樣目的及想要解決的問題)
2. 測定評估的層級？
3. 要監測什麼？(危害因素)
4. 要監測那些人的暴露量？
5. 採集樣本的位置？
6. 何時監測及監測頻率為何？
7. 每一樣本採樣時間？
8. 樣本數目多少？
9. 要記錄那些資料？

62

含採樣策略之監測計畫訂定

採樣策略應予文件化，其內容應包括下列事項：

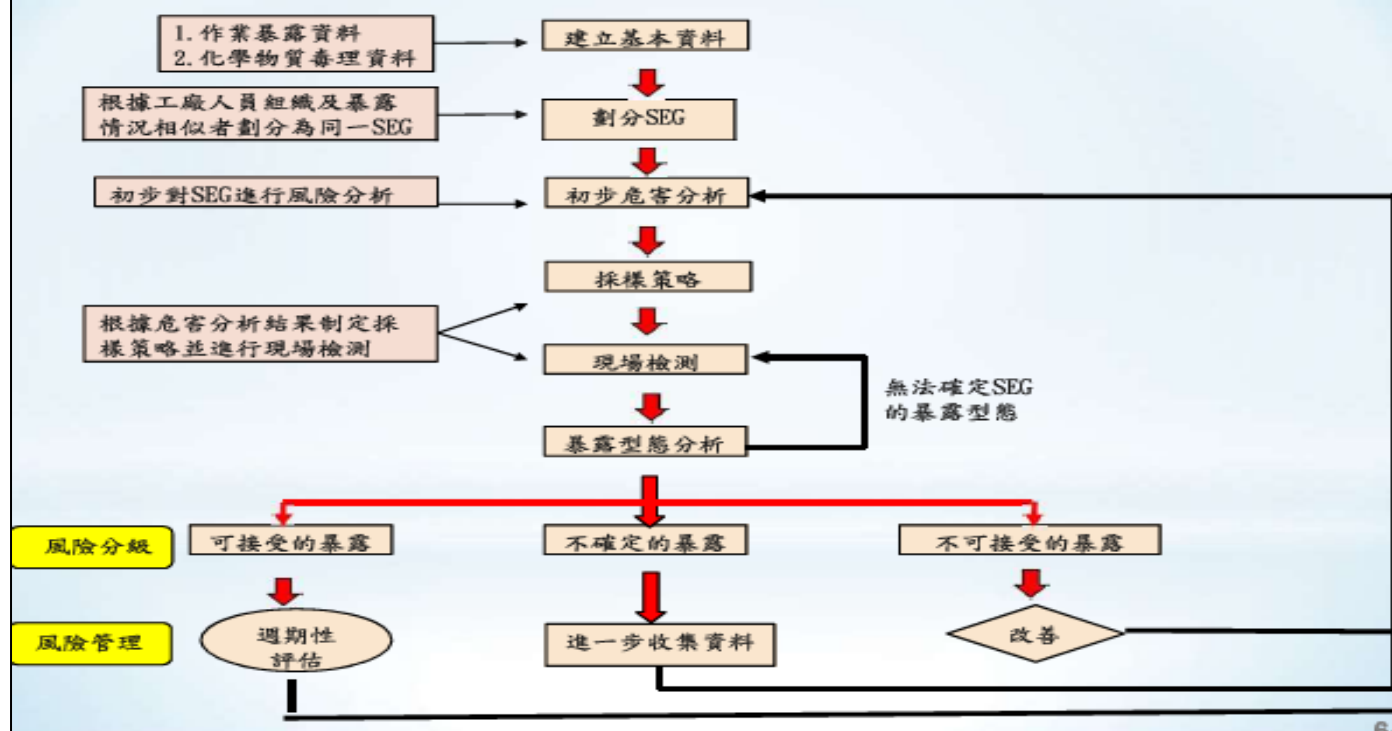
- (一)危害辨識：應以系統化方法辨識作業場所中可能發生之各種危害，應涵蓋物理性及化學性危害因子。
- (二)測定處所：對所有具危害之場所應進行測定，當不易執行時，須選擇具代表性之測定處所；其選擇方式應對各項危害、場所及人員進行合理化之分類，確保使用「有效推論」之原則並考量其風險，以掌握作業場所內之全面狀況。
- (三)採樣規劃：應對具代表性之測定處所評估其相對風險，以作為測定順序之依據。

➤ 建議依下列三個步驟：

1. 辨識各項危害，擬訂相似暴露群組(SEG)之區分方法及各相似暴露群組暴露實態之建立方式，完成相似暴露群組區分。
 2. 運用風險評估，區分各相似暴露群組之相對危害。
 3. 優先測定高風險及法規要求之相似暴露群組。
- 雇主應依作業場所環境之變化及特性，適時調整採樣策略。

63

AIHA暴露評估管理策略框架圖



64

含採樣策略之監測計畫訂定

工作開始:此時可由雇主指定專人或組成作業環境監測及暴露評估工作小組，將該小組組成成員之執掌與權責加以界定，**訂定政策並確認作業環境監測及暴露評估之目的，及撰寫計畫大綱及初稿。**



資料來源：採樣策略理論與法規基礎 蔡朋枝

65

含採樣策略之監測計畫訂定 -工作開始

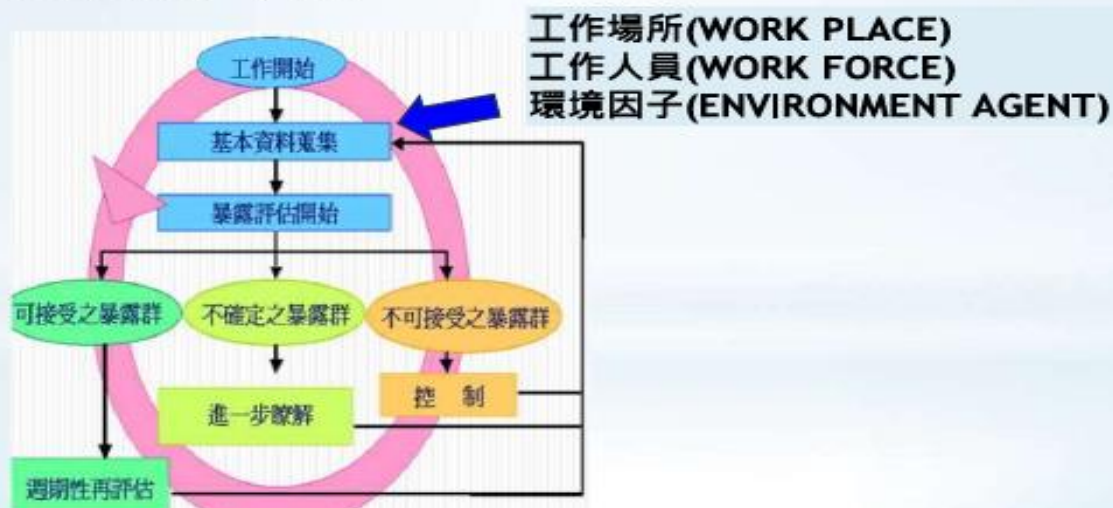
人員類別	負責人(單位)姓名	職責
雇主	林小丙	1.掌握勞工對於化學品的暴露資訊 2.提供勞工安全無虞的工作場所
工安部 勞工安全衛生人員	張大光	1.評估廠內危害並進行作業特性調查，擬定及執行作業環境測定計畫 2.提出採樣規劃 3.作業環境測定工作協調及管理 4.環測過程定期查核 5.測定結果之評估與提議改進措施 6.紀錄保存
採購人員	趙小林	1.作業環境測定委外工作之採購、簽約與付款
現場主管(人員)代表	製造部：陳一二 製程部：呂三四 設備部：孫大中	1.提出作業環境測定需求 2.提供現場相關資訊 3.確定受測人員 4.採取改進措施
勞工代表	王小名	1.提出作業環境測定需求 2.監督環測工作之執行

範 例 內 容	屬性說明
為符合「勞工作業環境測定實施辦法」之相關規定。	符合法令基本要求
依法每半年執行作業環境測定相關工作。	符合法令基本要求
為同時符合「勞工作業環境測定實施辦法」及「勞工作業環境空氣中有毒物質容許濃度標準」之相關規定。	符合法令基本要求
為評估勞工作業環境空氣中有毒物質濃度是否符合「勞工作業環境空氣中有毒物質容許濃度標準」或自行設定優於法令管制標準之規定。	除符合法令基本要求外，更迭階優於法令
依規定每半年執行作業環境測定，並逐步瞭解平時及非例行性作業人員之暴露資訊。	除符合法令基本要求外，更迭階優於法令
瞭解每一個工作人員(相似暴露群)的暴露資訊，並逐步降低暴露至容許濃度以下。	除符合法令基本要求外，更迭階優於法令
建立一套完整的作業環境測定評估系統，逐步瞭解每一個工作人員的暴露資訊，以建置全面人員的暴露基礎資料。	除符合法令基本要求外，更迭階優於法令

資料來源：採樣策略理論與法規基礎 蔡朋枝

含採樣策略之監測計畫訂定

基本資料蒐集:資料蒐集應包括，辨別**工作場所、工作強度與環境因素、及工廠歷年環測資料整理**、製程流程及工作組織特性、製程設備特性、勞工作業內容了解，藉現場訪視、人員訪談及文件審查行為害調查與工作分析



資料來源：採樣策略理論與法規基礎 蔡朋枝

67

含採樣策略之監測計畫訂定

三、基本資料蒐集



資料來源：採樣策略理論與法規基礎 蔡朋枝

68

資料收集

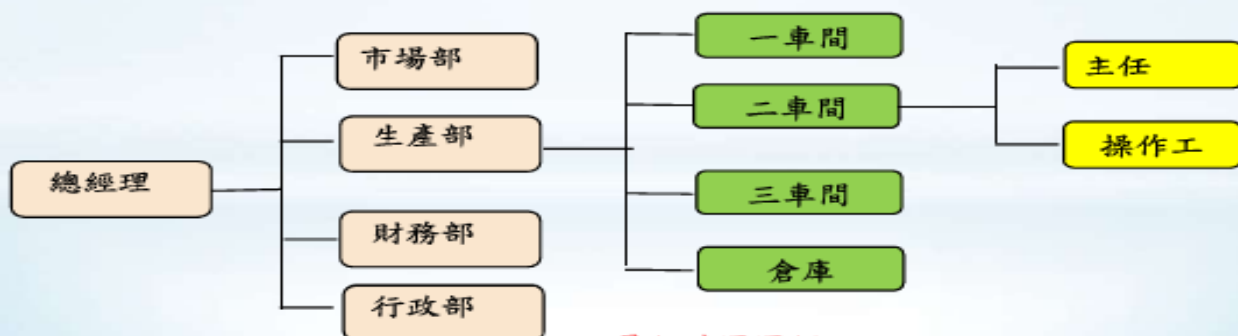
職業危害通常較不明顯，不容易察覺，因此必須依賴**工作流程分析**，使後續的風險評估工作確實有效。進行職業衛生風險評估之前，必須先將收集的工廠相關資料進行歸納，基本資料包括：

1. 人員組織(勞動人員)
2. 操作流程
3. 現場職業衛生調查(暴露情況)
4. 可能暴露的化學物質訊息
5. 歷年檢測資料

69

資料收集-人員組織

工作場所**化學性因子**檢測之主要目的是**評估勞工暴露狀況**，一般是以**個人採樣**為主，為了理解相關母群體之分布，規劃時首先需要界定相關人員，利用工廠的**人事資料**或對廠內各類**工作人員**及其**職務**進行調查，製作**人員組織圖**，即可全盤掌握所有人員，提供各項後續規劃之參考。

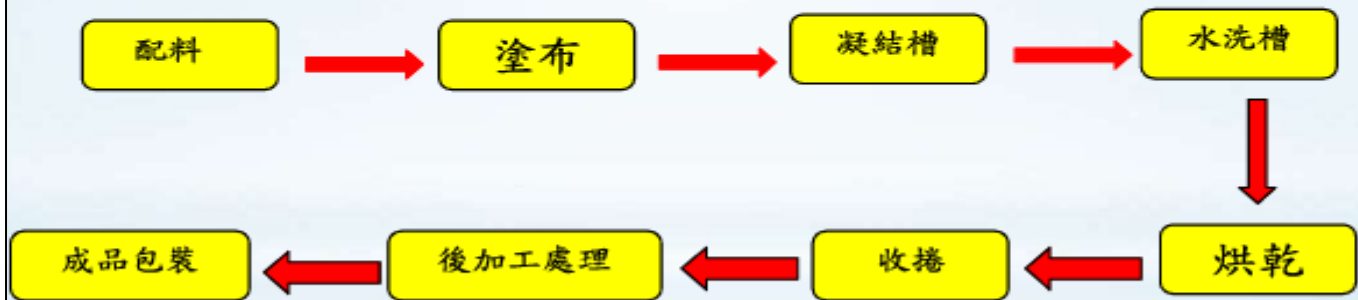


人員組織圖圖例

70

資料收集-操作流程

收集工廠**操作流程圖**以及**操作流程說明**，並對各生產工序職業病危害因子之暴露情況加以了解。



PU皮革濕式法工藝流程圖

71

資料收集-職業衛生調查1

現場職業衛生調查主要內容：

1. **部門**-按照公司人員組織進行劃分，針對生產單元需要細化。
2. **作業區域**-確認勞工實際操作區域，例如二車間配料區、二車間塗佈區。
3. **作業人數**-記錄作業場所總人數。
4. **作業名稱**-針對全廠不同作業流程分別記錄，例如配料作業、濕式塗佈等。
5. **原物料**-使用物料的名稱、使用量、成分(SDS)。
6. **作業時間**-記錄每項作業每次所需時間，若長時間作業則記錄一個班次的時間，例如配料攪拌每次15min，則記錄為0.25h/次。
7. **作業頻率**-以一週為週期，記錄一週的作業次數，例如濕式塗佈一天8小時，每週工作5天，則頻率為5次/週。

72

資料收集-職業衛生調查2

8. **使用量**-記錄每次作業個化學品的使用量，以公斤為單位，若為混合物時，則須分別記錄各化學物質之重量，例如乾式塗佈使用的PU樹脂中含有 DMF 15%，MEK 50%，甲苯20%及其他15%，每次使用2噸，則使用量記錄分別為DMF 300 kg/次，MEK 1000 kg/次，甲苯400 kg/次。
9. **工程控制**-無防護、整體換氣、局部排氣(不確定是否有效)、局部排氣(確定有效)、密閉五個等級。
10. **整體防護具(PPE)配戴率**- PPE必須是有效且適當配戴，例如濕式作業勞工有4人，每天工作8 h，一星期工作5天，平均每人每天配戴6 h，則PPE配戴總時間為 $4 \times 5 \times 6 = 120$ h，總工作時間為160 h，此作業配戴率為75%。

73

資料收集-職業衛生調查3

部門	作業區域	作業人數	作業名稱	化學物質	作業方式	作業時間(h/次)	頻率(次/週)	使用量(kg/次)	工程控制	PPE配戴率	備註

74

資料收集-化學物質訊息

安全資料表

中英文名稱

(有些化學物質可能有其他名稱，例如乙酸又稱為醋酸)

CAS編號

(查詢化學品訊息的最佳關鍵詞)

理化特性

(包括分子式、分子量、物理型態、氣味、顏色、沸點、熔點、蒸氣壓……)

職業暴露限值

(PEL、NIOSH REL、ACGIH TLVs……)

毒理訊息

(暴露途徑、致癌性、LD₅₀、LC₅₀、IDLH……)

75

資料收集-歷年檢測資料

收集工廠歷年依據環測辦法進行的定期檢測數據及相關資料彙總相關數據，找出工廠**嚴重**的作業、區域、人員等

➤ 制定職業衛生風險評估採樣策略的參考依據

76

含採樣策略之監測計畫訂定

作業環境監測指引：

(一)危害辨識及資料收集：依**作業場所危害及先期審查**結果，以系統化方法辨識及評估勞工暴露情形，及應實施作業環境監測之作業場所，包括物理性及化學性危害因子。

環測先期審查目的：

事業單位在建立作業環境監測計畫前應先針對工廠現有之危害辨識、採樣策略、評估及控制等作法進行全面性之先期資料蒐集，利用先期資料之結果來修訂此次作業環境監測計畫書之內容及方向。

77

先期審查資料蒐集

表 2.3 作業環境監測先期資料蒐集應包含內容

先 期 資 料 蒐 集	歷年環境監測資料統計分析	符合 OELs 現況分析 超過 OELs 族群分布 確認高風險暴露人員或高危害作業區均已掌握 ※註：此部份可能會有不同年度由不同家監測機構執行之情形故結果可統籌彙整比較
	歷年勞工健檢(含異常率)結果分析	針對各危害因子所對應勞工健檢異常項目進行危害評估及可能工關聯性鑑別，以作為環測採樣策略之參考 ※註：1. 此部份應在符合調查法前提下，由事業單位醫療衛生單位協助針對健檢中較高項目，觀察是否有集中於某些特定部門員工之趨勢，或針對個人健康問題，以作為未來是否需加強部門或人員環境監測之參考依據。 2. 此部份只能由事業單位主動提供所委託環境監測機構，不具強制性，除於及職業疾病之鑑別。
	危害性化學品清單	化學品清單及使用數量，必要時可提供安全資料表(SDS)以作為危害鑑別參考依據 ※註：適用於化學性因子，可考量危害性化學品健康危害、毒性、腐蝕性及遠距離使用量等作為危害鑑別及後續風險評估之參考依據
	製程流程及危害分析	製程作業流程和操作程序條件及各製程作業所對應危害因子及該可能暴露勞工人數之說明 (含製程流程圖、作業程序說明等)
	前一年環境監測計畫管理審查結果或改善控制措施	追蹤前一年作業環境監測計畫管理審查後之改善成效

78

作業環監測要掌握5W3H

依採樣目的而設計取得**代表性樣本之方案**，其要考慮的主要項目包括如下：

- 採樣目的(why) → 區域、個人、通風設備效能評估、基線監測、符法性監測、診斷監測
- 採樣對象(who) → 相似暴露族群(SEG)、最大暴露危險群
- 採樣位置(where) → 地點、放樣位置
- 一個工作天的採樣時段(when) → 何時、設備運轉
- 採樣介質(what) → 活性碳、矽膠、玻纖濾紙…
- 每個樣品採樣時間(how long) → 建議最小採樣體積、STEL、全程連續多樣本
- 每個工作天採樣樣本數(how many) → 建立暴露實態之樣本數量、空白採樣
- 採樣頻率(how often) → 依環測辦法半年、每年、3個月、依暴露評估結果優先建立暴露實態

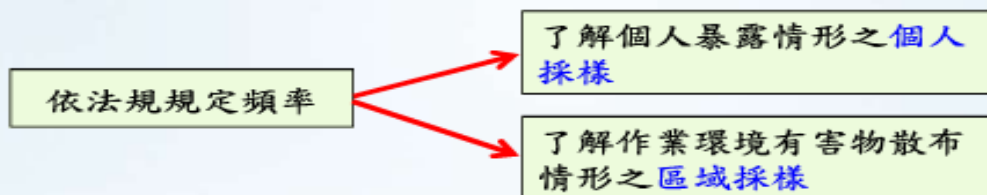
79

79

作業環監測要掌握5W3H

***採樣目的(why)決定：**

1. 我們要先掌握此次監測的目的才能後續規畫如何採樣。



2. 作業環境改善評估。

3. 評估工程控制設備之效能。(氣罩外測濃度測定)

依現行作業環境監測制度，應以**各相似暴露族群的個人監測，去建立暴露實態**

暴露實態：指用以描述某一相似暴露族群不同勞工間之暴露強度及不同時間之變化情形。



80

環境監測目的

(一)基線監測(Baseline)：

1. 估計某一SEG的勞工的暴露水準及其長期暴露變化。
2. 著重在建立準確的暴露實態。
3. 有效能且有效率的解釋SEG的暴露是否可接受。
4. 建立後續合適的暴露管理。

(二)符法性監測(Compliance)：

1. 評估監測值對OEL的遵守符合情形。
2. 通常會關注於最糟糕情況(worst-case)。
3. 符法性策略是最常被使用的。
4. 以最糟糕情況策略進行監測，無法定義長期暴露實態的特徵。
5. 解釋最糟糕情況監測數據必須很小心，因其無法反映SEG的真實暴露實態，也無法反映該SEG勞工的真實健康風險。

區域採樣：用來確認設備控制的有效性找出污染源...等，或評估工程控制方法之有效性，而設計的採樣方法！

(三)診斷監測(Diagnostic)：

1. 常用來找出暴露源，及了解該暴露源、作業型態或其他變數(如產生率)對勞工暴露的貢獻。
2. 依目的選擇區域監測或是個人監測。

資料來源：監測數據分析及應用 王櫻芳

81

個人採樣(personal sampling)

1. 為最主要之採樣方法。

2. 目前最常使用之採樣策略包括：

- (1)NIOSH1977之最大暴露危險群(maximum exposure risk group)採樣暴露者之符法性評估(compliance assessment)
- (2)AIHA之相似暴露群(SEG, similar exposure group)採樣策略評估勞工之長期平均暴露量(long-term average exposure assessment)。

82

區域採樣(area monitoring)

1. 實施區域採樣時，需先按勞工作業之活動範圍及有害物質分佈狀態，擬訂出測定物件區域（即單位作業場所），然後在此單位作業場所內實施可用以評估作業環境平均濃度之測定方法。

區域採樣：用來確認設備控制的有效性找出污染源…等，或評估工程控制方法之有效性，而設計的採樣方法！

2. 唯此法通常無法用以直接評估勞工之暴露情形，因此已逐漸被個人採樣所取代。

3. Area sampling + time/activity => Personal exposures

（不會用區域採樣來代替人員的暴露，除非有「時間活動量表」的輔助，才能進一步去估算人員的暴露！）

83

AIHA手冊原文資料

Diagnostic Monitoring

診斷監測：目的在確定暴露來源，瞭解暴露之所有污染源貢獻程度

When trying to identify the exposure source and understand how sources, tasks, and other variables (e.g., production rates) contribute to worker exposure, diagnostic monitoring should be conducted. The results can help the industrial hygienist devise the most appropriate and efficient control strategies for unacceptable exposures.

If the source is from a fixed piece of equipment, area monitoring techniques are appropriate. If the source moves with a worker or depends on individual work practices, personal monitoring techniques are appropriate. In most cases, measurement averaging times should reflect process cycle times rather than OEL averaging times. Using a longer averaging time will simply average out the actual data required for problem identification.

區域監測

Wipe testing is a form of diagnostic monitoring. The quantity of a chemical agent or radioisotope per unit of surface area can be used as a measure of contamination.⁽¹⁶⁾ Surface wipe monitoring and use of colorimetric skin patches can help particularly in evaluating the effectiveness of controls or work practices implemented to reduce dermal exposures. Notable examples are the wipe testing criteria established by the U.S. Department of Energy for beryllium. In DOE operations, surfaces contaminated with beryllium must not exceed a removable contamination level of 3 ug/100 cm² during non-operational periods as a measure of acceptable housekeeping. Additionally, before releasing beryllium-contaminated equipment or other items to the general public or for use in a non-beryllium area of a DOE facility, wipe testing is required to verify that the removable contamination level does not exceed 0.2 ug/100 cm².⁽¹⁷⁾

84

AIHA手冊原文資料

Exposure Monitoring

Area Monitoring

Area measurements are collected at fixed positions and therefore, usually do not accurately reflect the exposure of individuals. They can be used to measure emissions from process equipment or background levels of an environmental agent. Area monitoring can be used to determine concentration contours or gradients of agents (such as sound pressure levels) in a room. Real-time area monitoring can be used for a variety of purposes, including the detection (via measurement and alarm) of peak concentrations of acutely toxic agents — particularly those with poor warning properties (e.g., carbon monoxide, hydrogen sulfide). Area measurements can be used in time trend analyses to detect seasonal variation, process cycling, or changes in efficiency of ventilation controls. They also are used principally to support diagnostic monitoring.

More often than not, area monitoring is inadequate for exposure assessment: for area or positional measurements to truly represent exposure, workers must be almost stationary (non-mobile). In most SEGs, a significant portion of the exposure originates from tasks and the associated near-field exposures. Even in those SEGs in which the exposure originates in the far-field (background), fixed positional measurements usually inaccurately characterize workers' true exposures.

區域監測是在固定位置收集的，因此通常不會準確反應個人的暴露情形。

通常，區域監測不足以進行暴露評估；為了使面積或位置測量真正代表暴露，工作人員必須幾乎靜止（不可移動）。

即使在暴露源自遠場（背景）的 SEG 中，固定位置測量通常也無法準確表徵工人的真實暴露情況。

85

作業環監測要掌握5W3H

為何採樣對象(who)要針對相似暴露族群：

1. 相似暴露族群(SEG):指工作型態、危害種類、暴露時間及濃度大致相同，具有類似暴露狀況之一群勞工。
2. 利用有限的資源(人力、物力、財力與時間)使採樣點具最高的代表性。
3. 簡化偵測的樣品數目，使有限的資源有效的應用於最需要瞭解的重點工作場所，並建立該工作場所內所有人、所有時間、所有健康危害物質的暴露資料。

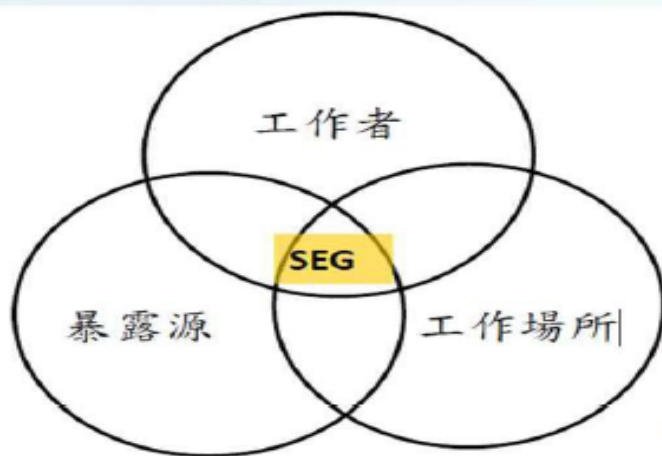
怎麼劃分



86

作業環監測要掌握5W3H

相似暴露族群示意圖

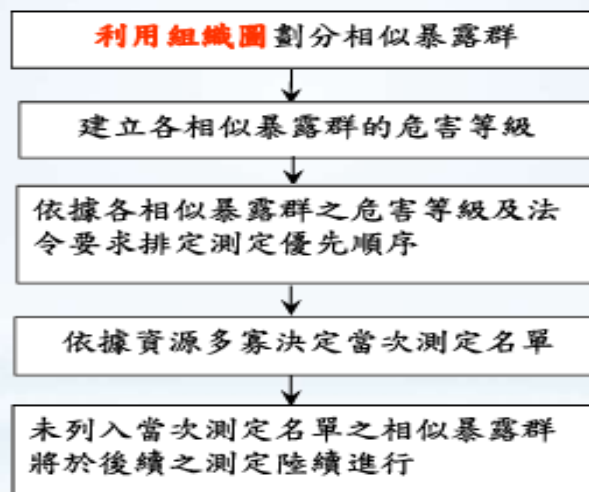


相似暴露族群：指工作型態、危害種類、暴露時間及濃度大致相同，具有類似暴露狀況之一群勞工。

暴露實態：指用以描述某一相似暴露族群不同勞工間之暴露強度及不同時間之變化情形。

87

作業環監測要掌握5W3H



△以相似暴露群進行採樣點整體評估流程圖

88

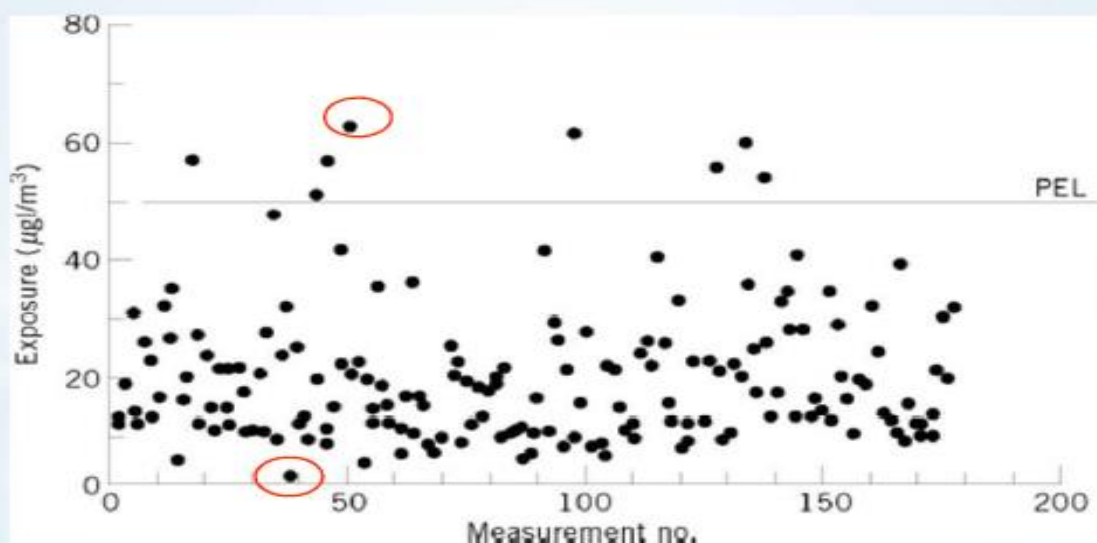
作業環監測要掌握5W3H

1. 美國工業衛生協會(AIHA)於1998年針對有害物因子暴露提出之建議方法。→現行作業環境監測法規。
2. 利用廠內基本資料，將廠內的工作人員依暴露狀況劃分為數個相似暴露群，並逐步進行量測，以瞭解整廠暴露實態。
3. 對於某一暴露群超過法定濃度應不接受並即控制，若低於法定濃度則則接受並定期評估，對於不確認群則需再進一步評估。
4. 藉由上述機制對工廠重複進行評估以掌握工廠所有暴露群的所有暴露實態。
5. 參考人員組織配置圖，適當將同部門內進行同一作業類型(如製程、操作方式、使用相同物質等)的工作人員劃分為同一個相似暴露群。
6. 同一暴露群內每個人暴露情形類似，理論尚可利用少數人的量測結果代表同一群內每一個人的暴露群。

89

此種環境如何得知暴露實態？

無法判斷最大危險群
整個作業環境不是一個母群體

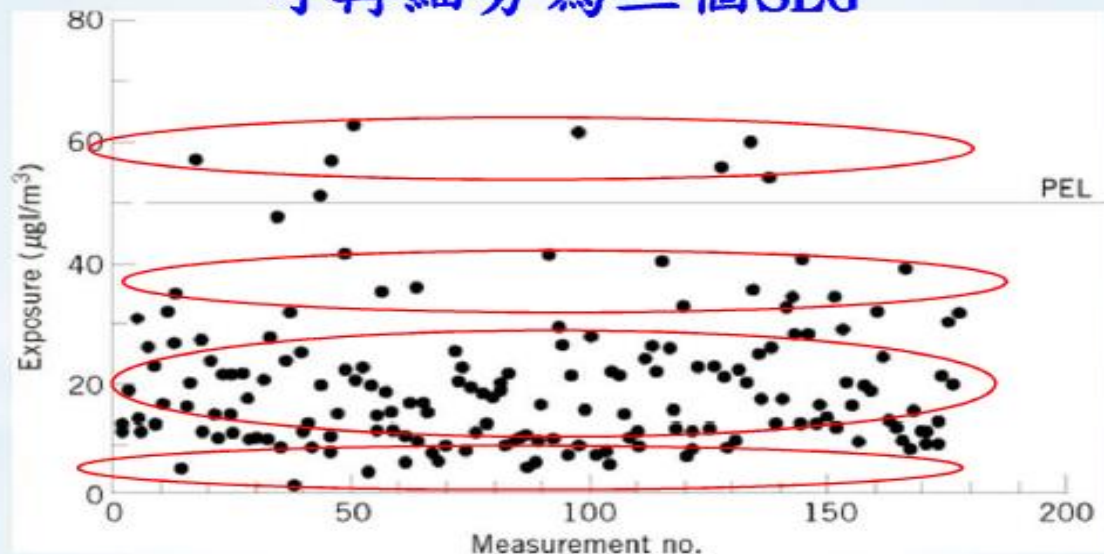


資料來源：監測數據分析及應用 黃奕孝

90

劃分相似暴露群嗎？

可再細分為三個SEG



資料來源：監測數據分析及應用 黃奕孝

91

如何劃分相似暴露族群(SEG)

- (1) **觀察法**：利用製程(process)，工作項目(task)，組織(職務 job)及暴露危害物(agent)之種類由觀察、訪查、紀錄、調查加以區分SEG。 Ex:特殊的製程、不同的作業內容
- (2) **數據分析法**：由觀察法分出相似暴露群之後，經過數次測定有測定數值，比較2.5百分位與97.5百分位的比值，此值若小於4所規劃的相似暴露群合格，若比值大於4則須再進一步細分。

※參考英國HSE的建議，將數據資料轉換為自然對數，計算其組間第97.5百分位與第2.5百分位之比值($R_{0.95,B}$)，若 $R_{0.95,B} \leq 4$ ，則為同一組SEG。

92

為何需建立相似暴露族群？

工廠作業人員眾多，如果每一個人都進行風險評估，不但**不經濟且沒有效率**，因此如果將**暴露狀況相類似**的人員歸為一類，可以使健康風險評估工作更確實有效。

相似暴露群(similar exposure group, SEG)是指一群體內每個人工作類似，也有大致相同的暴露(暴露種類、時間及濃度)，因此可以利用有**代表性的**評估結果(暴露型態)，代表群體內每一個人的暴露狀況。

➤ 如何建立SEG?

劃分方法

1. 定性調查
2. 定量監測及數據統計
3. 定性、定量相結合

93

SEG族群劃分原則(觀察法)

1. 依製程及環境危害因子分類(特殊的製程)
2. 依製程、職務及環境危害因子分類(不相同的作業內容)
3. 依製程、職務、工作項目及環境危害因子分類
4. 工作小組(work team)分類
5. 非重複性工作(nonrepetitive work)分類
 - 一個相似暴露群組(similar exposure group, SEG)的有害物暴露濃度與此濃度隨時間變化的描繪稱為**暴露實態**。
 - 此描繪需要對SEG中勞工的**暴露規模大小和暴露變異情形進行估計**，並判斷此些估計結果的好壞。
 - 定義**SEG的暴露實態**就是**暴露平均值與暴露變異的估計及暴露分佈的描繪**

94

作業環境監測指引

三、相似暴露族群 (Similar Exposure Group, SEG) 之建立：

- (一)部門/製程/工作區名稱。
- (二)製程/工作區工作人數。
- (三)製程/工作流程說明。
- (四)化學品使用情形(運作量、運作方式、人員配置及位置)。
- (五)現場危害控制方式。

觀察法：利用製程(process)，工作項目(task)，組織(職務 job)及暴露危害物(agent)之種類由觀察、訪查、紀錄、調查加以區分SEG。 Ex:特殊的製程、不同的作業內容

Establishing SEGs by observation

•Classifying by

- ✓ **Process-Environmental Agent--**
(unique process and agents)
- ✓ **Process-Job-Environmental Agent--**
(dissimilar of the jobs)
- ✓ **Process-Job-Task-Environmental Agent--**
(task is a series of work elements)
- ✓ **Process-Task-Environmental Agent--**
- ✓ **work teams**
- ✓ **nonrepetitive work**
(continuous change)



資料來源：採樣策略理論與法規基礎 蔡朋特

95

AIHA手冊原文資料

exposures of many workers are measured and the individual workers are assigned to SEGs based on a statistical analysis of the exposure data.⁽³⁾

The observational approach allows the industrial hygienist to make initial judgments about exposures and prioritize them for further action—either in terms of exposure monitoring or control. It also allows the industrial hygienist to use his or her training and experience to maximize limited monitoring resources to begin characterizing employee exposures. These limited resources for performing exposure assessments, coupled with the need to move quickly on to prioritizing control and monitoring activities, practically forces an industrial hygienist to use the observational approach to form SEGs in a beginning program.

In most cases a combination of the two approaches is used. Both methods have advantages and disadvantages. Each has a place in this cyclic, continuously improving, comprehensive exposure assessment strategy:

1. Use the observational approach as the primary method for defining SEGs.
2. Qualitatively assess exposures for each SEG using professional judgment, exposure modeling, and available monitoring data.
3. Identify the critical SEGs where there is a significant risk that some workers who incur unacceptably high exposures may have been grouped with workers who have acceptable exposures.
4. Use exposure monitoring and statistical analysis to check and refine those critical SEGs.

4. 利用暴露監測和統計分析來檢查和細化這些關鍵 SEG。

96

AIHA手冊原文資料

Exposure Assessment: Establishing Similar Exposure Groups

As indicated in the EASM, an IH can now begin the Exposure Assessment portion of the model. The first piece, using the information gathered above, is to establish Similar Exposure Groups. As described earlier in this book, there are generally two methods to establishing SEGs: the observational approach and the sampling approach.⁽⁶⁾

Initially, in emergency response, an IH is most likely to use the observational approach when establishing SEGs. The reason is that emergency response typically occurs without warning, and even if a warning of the disaster had occurred (e.g., tsunami, terrorist event), the specific response operations involved cannot be predicted from the standpoint of knowing the specific hazards and the extent of the potentially exposed to those hazards. Thus, there really is no possibility of using previous sampling results to reflect a particular emergency response. An IH would expect in a batch industrial process. As the emergency response phase moves toward the consequence management of an incident, the approach may shift to the sampling approach. As described earlier in the book, other suggested methods for establishing SEGs include the following⁽⁶⁾:

- Classifying by process and environmental agent;
- Classifying by process, job, and environmental agent;
- Classifying by process, job, task, and environmental agent;
- Classifying by process, task, and environmental agent;
- Classifying work teams; and
- Classifying by nonrepetitive work.

1. 畫分相似暴露群暴露區 (exposure zone)

暴露區考量之屬性包括：暴露同一「危害」(hazard, agent)，有相似暴露屬性的人納入同一「暴露區」，形成相似暴露群

- (1) 使用相同設備
- (2) 生產的程序類似
- (3) 有類似的工程控制 / 個人防護設備

2. 透過觀察建立SEG

- (1) 依製程及環境危害因子分類 (特殊的製程)
- (2) 依製程、職務及環境危害因子分類 (不相同的作業內容)
- (3) 依製程、職務、工作項目及環境危害因子分類 (任務是一系列工作元素)
- (4) 依製程、工作內容及環境危害因子分類。
- (5) 工作小組(work team)分類
- (6) 非重複性工作(nonrepetitive work)分類

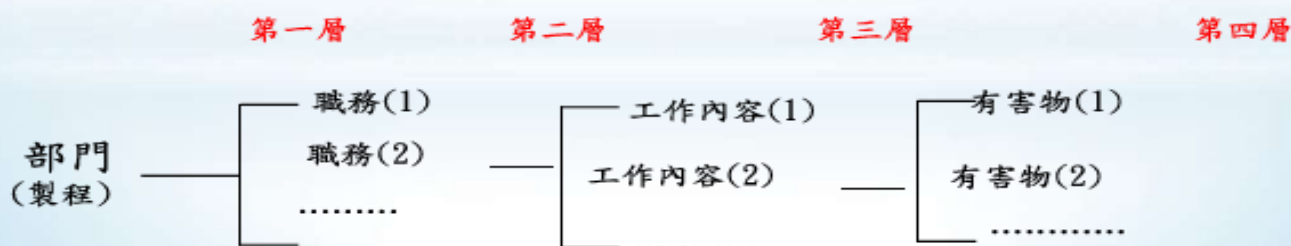
3. 透過抽樣建立SEG

- (1) 不是最優先的方法
- (2) 在 SEG 形成之前收集監測數據
- (3) 使用統計數據支援專業判斷
- (4) 進行大量且隨機多次環境監測，勞工不得為同一人。
- (5) 如果監測數據是隨機收集的，則可以使用過去的數據。
- (6) 透過環境監測加以定義或細分SEG群組。

97

定性調查法劃分SEG

1. 職業衛生技術人員可以依據工廠生產設備位置、工作流程、原物料種類及用量等資料，藉由觀察、訪談、紀錄、調查等方式區分相似暴露群。
2. 扎實而有效的定性調查，不但可區分相似暴露群，還可以初步判斷各暴露群中，那些暴露群需要進一步的檢測分析，或界定某些暴露群需要加強工程控制。
3. 具體可以依據部門(製程)、職務、工作內容、有害物種類等進行劃分。



98

利用觀察法，劃分相似暴露群

1. 可藉由廠內製程配製位置、工作流程、原物料種類及用量等資料，藉由觀察、訪談、記錄、調查等方式區分相似暴露群。
2. 優點：可以大量簡化偵測的樣品數目，使有限的資源有效的應用於最需要瞭解的重點作業場所，並建立該場所內所有人、所有時間、所有危害物的暴露資料。
3. SEGs之劃分應根據實際狀況，因地制宜善加區分。

99

定量監測法劃分SEG

歷年監測數據加以統計分析，也可以作為劃分相似暴露群的依據。理論上暴露型態及暴露濃度類似的勞工可以劃分為同一個相似暴露群，暴露濃度如有明顯差異的勞工，必須劃分為兩個不同的暴露群，需要分別進行其暴露評估之測量。

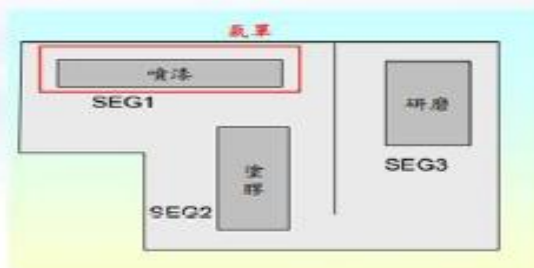
除了利用歷年的檢測數據外，也可以通過簡易偵測的測定方法進行，例如直讀式儀器。

AIHA原文手冊：監測數據是隨機收集的（隨機選擇日期、隨機選擇班次、隨機選擇人員），則可以使用過去的數據

100

定性觀察法與定量監測法之整合

1. 將**定性觀察所得結果**及**定量偵測資料**兩者相結合，以逐步劃分SEGs。
2. 實際應用時，職業衛生人員可以**先運用定性觀察法，劃分初步的相似暴露群**，之後再利用**監測資料評估所劃分之相似暴露群是否合理**。
3. 對於**暴露濃度明顯較低**（低於1/10 PEL）者，原則上建議可視為**同一個 SEGs**，不用特別強調統計上是否有顯著差異，而刻意劃分多個“低暴露實態”的SEGs。



101

SEG編號及對應的有害物

根據相似暴露群框架圖，將每一個相似暴露群分別進行編號，列出人員姓名，同時簡單說明該SEG所屬部門及其暴露情況，並詳細列出該相似暴露群可能暴露的有害物種類。

SEG編號	說明	姓名	有害化學因子
A1	乾式法配料主任	張XX等2人	DMF、MEK、Toluene
A2	乾式法配料操作工 (加料、攪拌)	李XX等10人	DMF、MEK、Toluene
A3	濕式法配料主任	黃XX等2人	DMF
A4	濕式法配料操作工 (加料、攪拌)	王XX等4人	DMF

102

每個SEG要6到10個隨機之樣本

Identify the appropriate interval for the exposure assessment

OELs appropriate averaging time

Randomly choose dates from the expo

決定多久作一次
(依據變化狀況)

隨機選擇日期

隨機選擇班次

隨機選擇人員

103

SEG群組暴露相似性判定

當一個SEG群組中，勞工平均暴露顯示不佳的暴露相似性時，意味者可能有勞工不適當地被分類在此群組，這時需要小心地觀察或獲得更多的測定數據，去檢查為何此些勞工有不同於其他勞工的暴露，當結果如下：

- 勞工平均暴露不同於其他勞工平均暴露的主因是製程異常狀況等非例行工作項目參與，則排除異常狀況後，在測定確認勞工暴露確實無太大差異，則維持原先分組
- 勞工個人工作習慣或所參與工作項目造成暴露差異，則此勞工須重新分組，以維持群組內勞工暴露的相似性。

資料來源：職業暴露評估 吳俊德

104

SEG群組暴露相似性判定

從勞工間長時間平均暴露變異的大小，可以得知SEG群組內勞工暴露平均差異的大小。其作法為計算群組中暴露分佈的第97.5分位值($X_{97.5\%}$)與第2.5分位值($X_{2.5\%}$)的比值(以符號 $R_{0.95,B}$ 表示)，由此比值的大小判定群組勞工暴露的相似性。

判斷相似暴露族群分組是否合宜：

判斷相似暴露族群之分組是否合宜之方法有許多，其中若以分析其監測數據的方式來評估，為比較暴露實態之97.5百分位值與2.5百分位值之比值，若小於等於4，則該群工作者的暴露被認定為是一個SEG。

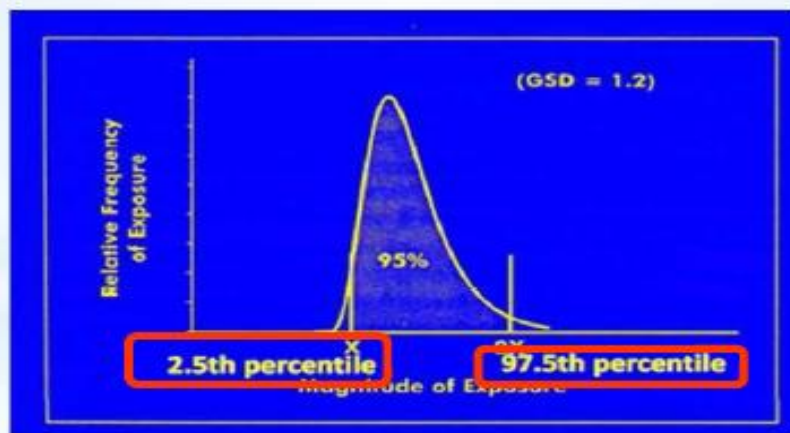
$$\frac{\text{LOGNORMAL 分佈_第97.5百分位 } X_{97.5}}{\text{LOGNORMAL 分佈_第2.5百分位 } X_{2.5}} \leq 4$$

資料來源:職業暴露評估 吳俊德

105

SEG群組暴露相似性判定

$R_{0.95,B}$ 值的意義為:群組95%的勞工最高和最低平均暴露的比值，此比值小於2(嚴格的標準)或小於4(較寬鬆的標準)，則判定群組中的勞工平均暴露有良好的相似性。



資料來源:職業暴露評估 吳俊德

106

SEG群組暴露相似性判定

- 估計群組暴露分佈的第97.5分位值($X_{97.5\%}$)與第2.5分位值($X_{2.5\%}$)：

$$GM = \exp(\bar{y})$$

$$X_{97.5\%} = \exp[\bar{y}_T + z_{0.975} \times \ln(GSD)] = \exp[4.10 + 1.96 \times \ln(1.88)] = 207.92 \text{ (ppm)}$$

$$X_{2.5\%} = \exp[\bar{y}_T - z_{0.975} \times \ln(GSD)] = \exp[4.10 - 1.96 \times \ln(1.88)] = 17.51 \text{ (ppm)}$$

- 計算 $R_{0.95,B}$ 值：

$$\frac{X_{97.5\%}}{X_{2.5\%}} = \frac{207.92}{17.51} = 11.87 = R_{0.95,B}$$

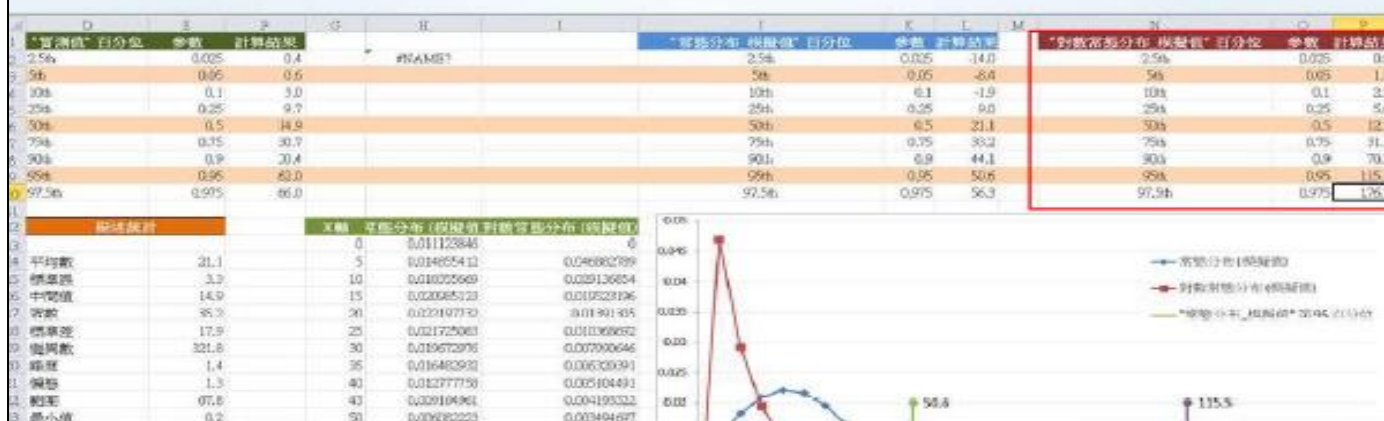
結論

- 此群組勞工暴露相似性不佳，須注意觀察個別勞工的工作習慣和所參與的工作項目，作為決定是否要做群組重新調整的參考。

資料來源：職業暴露評估 吳俊德

107

暴露實態之97.5百分位值與2.5百分位值



108

SEG檢測

檢測結果		相對應的說明
【第1類】 $R \leq 4$		已通過SEG分類已適當。
【第2類】 $R > 4$ ，若	平均濃度 ≤ 0.1 PEL	雖然 $R > 4$ ，但因平均環測濃度小於0.1倍容許濃度標準，勞工暴露有害物濃度低，較為安全無虞，因此可繼續進行暴露等級機率分析
	平均濃度 > 1 PEL	雖然 $R > 4$ ，但因平均環測濃度大於1倍容許濃度標準，勞工暴露有害物濃度高。
【第3類】 $R > 4$ 且平均濃度（X）為介於 $0.1 < X \leq 1$ 倍容許濃度時		SEG檢測結果 $R > 4$ ，且平均濃度（X）為介於 $0.1 < X \leq 1$ 倍容許濃度之間 1. 需檢視環測數據的背景資料（如：有害物當日使用量、控制設備是否開啟…等），檢視是否有異常的環測結果，若有異常值請將「異常值測定結果」進行排除後，再重新進行SEG檢定 2. 或重新檢視SEG劃分是否正確。

資料來源：監測數據分析及應用 黃奕孝

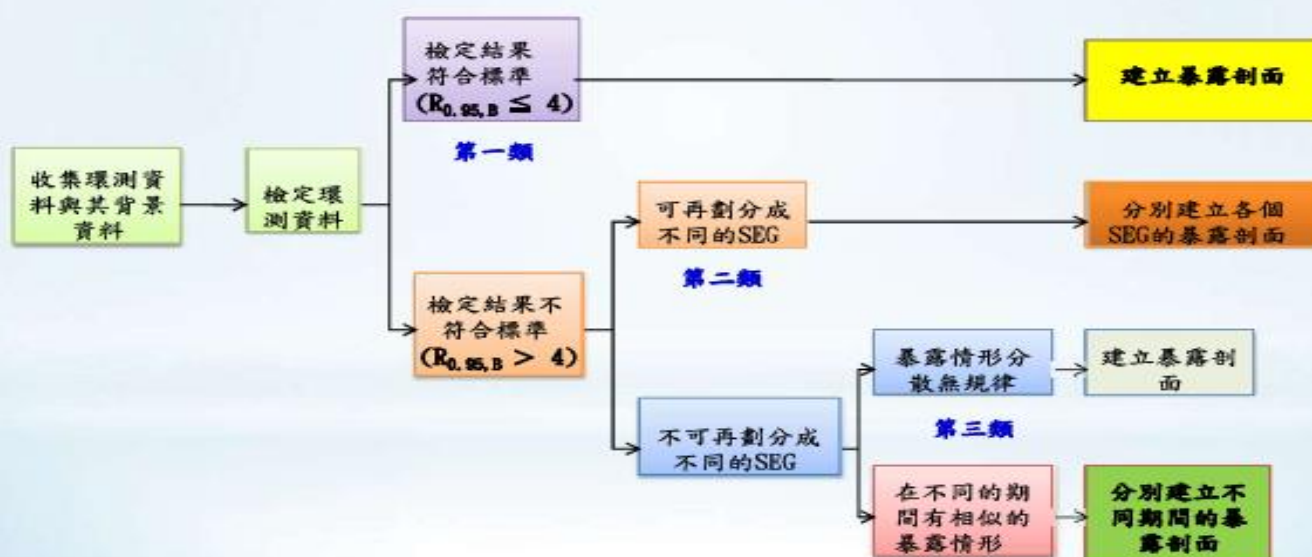
109

作業環境監測計劃書檢討範例

改善前異常情況	改善後情形
異常說明： SEG 57(油墨包裝區)丙酮暴露的95百分位值128.89ppm，已達到1/2容許濃度(100ppm)以上，依照危害性化學品分級管理辦法，應就製程設備、作業程序或作業方法實施檢點，採取必要之改善措施。	改善說明： 1. 本區為區域監測，其目的為了解勞工作業之活動範圍的有害物質分佈狀態及濃度。 2. 藉由SEG 57，可觀察到其環境95th的暴露實態有高於1/2容許濃度(100ppm)之情形，故本單位後續會建立該區(油墨包裝區)勞工之SEG暴露實態來判斷是否可接受。 3. 實際做法為 (1)於2024上半年度先加測1點該區員工的個人採樣，如果濃度低於1/10 PEL(20 ppm)，預定於每半年增加數據至6筆以上，建立完整暴露實態，確保該區勞工之暴露是可接受。 (2)如果上半年1樣本之個人暴露介於1/10~1PEL，屬於不確定之暴露，應再隨機取樣增加數據樣本進行分析，擬在下半年監測，增加個人採樣之數量(2個以上不同勞工進行個人採樣) (3)如果上半年1樣本之個人暴露超過PEL(200ppm)，則進行現場控制設備之改善後，在進行個人作業環境監測。

110

監測數據可能狀況



資料來源：監測數據分析及應用 黃奕孝

111

含採樣策略之監測計畫訂定

通常用在初次監測評估SEG風險等級的方式

劃分各相似暴露群之暴露危害等級 (Exposure Hazard Rating, EHR)

針對大規模工廠，所有的工作人員經由相似暴露群的劃分後，可能會有數十個不同的相似暴露群，在每次測定資源有限的情況下，不可能每次測定都對每一個相似暴露群進行測定，因此如何有系統的挑選各個相似暴露群測定的優先順序，就必須先瞭解各個相似暴露群之暴露危害等級，**界定出各個相似暴露群的危害等級高低順序後，依序進行測定**，以逐步對各個相似暴露群之暴露狀況進行瞭解並掌握。

一般來說，**暴露危害等級 (Exposure Hazard Rating, EHR) 可由兩項因子來決定**，一為暴露物質本身之毒性大小，也就是化學品的危害評比

(Hazard Rating, HR)、暴露的程度(Exposure Rating, ER)及資料的不確定度 (Uncertainty Rating, UR) 等 3 項因子對相似暴露族群的綜合影響，計算方式 (公式 1) 及各項因子的評比方法說明如下：

$$EHR = HHR \times ER \times UR$$

EHR：暴露危害評比

HHR：健康危害等級

ER：暴露危害等級

UR：資料不確定度

112

健康危害等級 (Health Hazard Rating, HHR)

依據化學品的職業暴露標準高低，參考表 7 所列之健康危害等級評比標準，評估其等級為何。若化學品無職業暴露標準，則可參考表 8，以該物質之「急毒性指標」進行評比；若化學品仍沒有急毒性資訊，則以化學品的「致癌分類」來進行評比；若化學品皆無這三類資訊，則評比該物質之 HHR 為等級 1。

表 7 初步危害分析危害因子等級評比表

等級	健康效應等級 (HHR)	暴露危害等級(ER)				不確定度 (UR)
		蒸氣壓 (VP) @25°C	每週使用量 (OA)	每週工作 時間(T)	控制措施 (Control)	
1	300 ≤ PEL	固體	X ≤ 50 kg	T ≤ 5 小時/週	全面防護	已建立完整之暴露資訊
2	100 ≤ PEL < 300	0 < VP ≤ 1 mmHg	50 < X ≤ 200 kg	5 < T ≤ 10 小時/週	局部防護	高度 確定
3	10 ≤ PEL < 100	1 < VP ≤ 10 mmHg	200 < X ≤ 500 kg	10 < T ≤ 15 小時/週	整體防護	確定
4	1 ≤ PEL < 10	10 < VP ≤ 50 mmHg	500 < X ≤ 1000 kg	15 < T ≤ 20 小時/週	個人防護具	不確定
5	PEL < 1	50 < VP mmHg	1000 < X kg	20 < T 小時/週	無控制措施	高度 不確定

表 8 健康危害等級其他指標評比表

項目 等級	急毒性指標		致癌分類	
	LD ₅₀ (mg / kg)	LC ₅₀ (mg / L)	(IARC)	(ACGIH)
1	X > 5,000	X > 25	4	A5
2	2,000 < X ≤ 5,000	5 < X ≤ 25	3	A4
3	200 < X ≤ 2,000	1 < X ≤ 5	2B	A3
4	25 < X ≤ 200	0.25 < X ≤ 1	2A	A2
5	≤ 25	≤ 0.25	1	A1

以最高來當選擇，ex職業暴露標準3，急毒性指標2，致癌分類1→就選1

113

暴露危害等級 (Exposure Rating, ER)

此步驟為評估勞工暴露於有害物的程度，需評估包括：化學品的蒸氣壓 (Vapor Pressure, VP)、化學品使用量 (Operation Amount, OA)、使用時間 (作業時間 Time, T)、工程控制 (Control) 等 4 項因子，各因子評比參考如表 7 所示。評比後求取這四項因子的幾何平均值，即為暴露危害等級，其計算方式如公式 2 所示。

$$ER = (VP \times OA \times T \times Control)^{1/4} \dots \dots (公式 2)$$

ER：暴露危害等級

VP：蒸氣壓

OA：使用量

T：工作時間

Control：危害控制措施

表 7 初步危害分析危害因子等級評比表

等級	健康效應等級 (HHR)	暴露危害等級(ER)				不確定度 (UR)
		蒸氣壓 (VP) @25°C	每週使用量 (OA)	每週工作 時間(T)	控制措施 (Control)	
1	300 ≤ PEL	固體	X ≤ 50 kg	T ≤ 5 小時/週	全面防護	已建立完整之暴露資訊
2	100 ≤ PEL < 300	0 < VP ≤ 1 mmHg	50 < X ≤ 200 kg	5 < T ≤ 10 小時/週	局部防護	高度 確定
3	10 ≤ PEL < 100	1 < VP ≤ 10 mmHg	200 < X ≤ 500 kg	10 < T ≤ 15 小時/週	整體防護	確定
4	1 ≤ PEL < 10	10 < VP ≤ 50 mmHg	500 < X ≤ 1000 kg	15 < T ≤ 20 小時/週	個人防護具	不確定
5	PEL < 1	50 < VP mmHg	1000 < X kg	20 < T 小時/週	無控制措施	高度 不確定

114

資料不確定度 (Uncertainty Rating, UR)

此因子係對相似暴露族群暴露情形瞭解的程度，
評比依據如表 7 及表 10 所示。

表 7 初步危害分析危害因子等級評比表

等級	健康效應等級 (HHR)	暴露危害等級(ER)				不確定度 (UR)
		蒸氣壓 (VP) @25°C	每週使用量 (GA)	每週工作 時間(T)	控制措施 (Control)	
1	300 ≤ PEL	同類	X ≤ 50 kg	T ≤ 5 小時/週	密閉設施	心連心完整 之暴露資訊
2	100 ≤ PEL < 300	0 < VP ≤ 1 mmHg	50 < X ≤ 200 kg	5 < T ≤ 10 小時/週	局部排風	高度 確定
3	10 ≤ PEL < 100	1 < VP ≤ 10 mmHg	200 < X ≤ 500 kg	10 < T ≤ 15 小時/週	整體排風	確定
4	1 ≤ PEL < 10	10 < VP ≤ 50 mmHg	500 < X ≤ 1000 kg	15 < T ≤ 20 小時/週	個人防護具	不確定
5	PEL < 1	50 < VP mmHg	1000 < X kg	20 < T 小時/週	無控制措施	高度 不確定

表 10 不確定性 (UR) 指數評比

UR 等級	評分依據
5	ER 評比項目缺 4 項目
4	ER 評比項目缺 3 項目
3	ER 評比項目缺 2 項目
2	ER 評比項目缺 1 項目
1	ER 評比項目全齊

115

危害暴露評比(ERR)計算及排序

評比各項因子後，利用公式 1 計算各相似暴露族群暴露危害評比分數，同時將相似暴露族群依暴露危害評比分數的高低進行排序。本廠相似暴露族群分析結果如表 9 所示。

表 9 相似暴露族群初步危害分析排序

SEG 代號	部門	作業人員 職稱	作業區域	作業 人數	作業名稱 屬性	使用化學品 屬性	EHRR	蒸氣壓 @25°C	蒸氣壓 等級	化學品用量 <kg/週>	使用量 等級	作業頻率 <小時/週>	作業量 等級	控制措施	控制措施 等級	UR	不確 定度	ERR	備註
04	生產課 C 組	作業員	包裝作業區	2	包裝作業	列行性 二甲苯單酯類	3	2.75	3	1500	5	15	3	整體排風	3	3.41	4	40.80	作業環境測定未通過 定・臨時暴露標準判定
05	生產課 B 組	作業員	反應槽區	5	調劑材料作業	列行性 二甲苯單酯類	5	0.025	2	60	2	2.5	1	局部排風	2	1.68	4	33.64	作業環境測定未通過 定・臨時暴露標準判定
06	生產課 B 組	作業員	反應槽區	5	人工塗料作業	列行性 二甲苯單酯類	3	2.75	3	1500	5	10	2	局部排風	2	2.78	4	33.40	作業環境測定未通過 定・臨時暴露標準判定
08	生產課 B 組	作業員	反應槽區	5	包裝作業	列行性 二甲苯單酯類	5	0.025	2	60	2	25	5	密閉設施	1	2.11	3	31.72	作業環境測定未通過 定・臨時暴露標準判定
														整體排風	3	3.68	4	29.30	作業環境測定未通過 定・臨時暴露標準判定
														局部排風	2	2.34	4	28.08	作業環境測定未通過 定・臨時暴露標準判定

建議：第一次做環測可以用做了n年的就不用了，因為你都有資料了

116

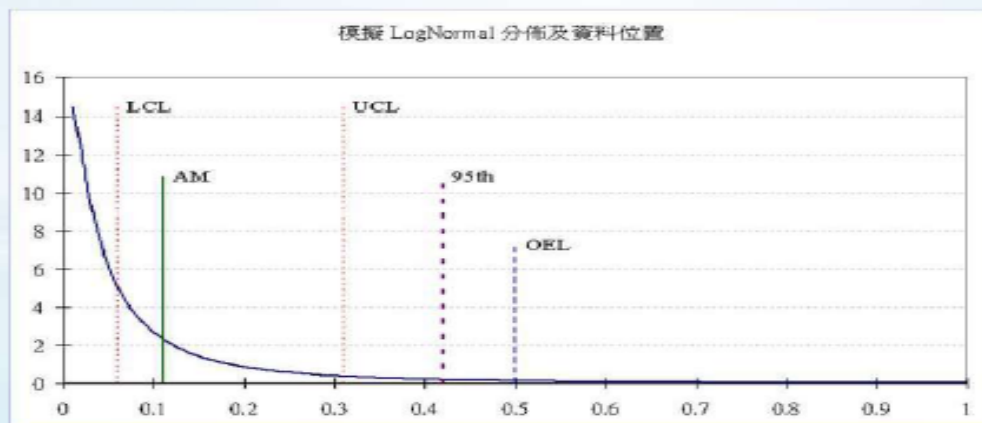
初步危害分析表

分析項目	使用化學品	健康危害指數(HER)	物理化學狀態	使用頻率	控制措施	相對使用量指數	不確定度(UR)	暴露危害指數(ER)	總分
SEG	SMI	苯							
		甲苯							
		二甲苯							
		苯乙烯							
A1		1,3-丁二烯							
		苯乙烯							
		丙烯							
		清洗臥式濾網	1,3-丁二烯						
非常態作業	清洗丁二烯反應器	1,3-丁二烯							
	清洗丁二烯酸洗槽	1,3-丁二烯							
	清洗丁二烯蒸發槽	1,3-丁二烯							
	V-413 NaNO ₂ 槽排液	Dimer							
	輸洗槽酸液之調配	NaOH							
		1,3-丁二烯							
	丁二烯送料濾網拆清	1,3-丁二烯							
	丁二烯取樣	1,3-丁二烯							

117

機率分布圖

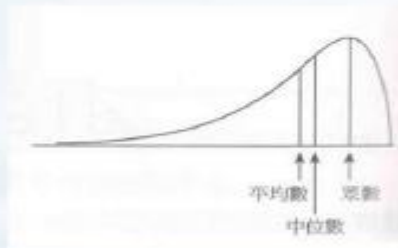
- 根據原始值之統計特性予以**模擬 Log-normal 分布**，並將統計資料匯製於該分布曲線上，以顯示各項資料之落點位置，並掌握與 OEL 之相對距離。



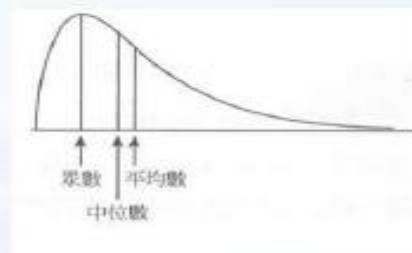
118

對數常態分佈(Lognormal Distribution)

- 根據許多暴露測定值呈現左偏及右偏的狀況，**不適合以常態分佈描述。**
- 對數常態分佈是描述具這些特性暴露資料的可能統計分佈之一。



左偏分佈



右偏分佈

119

作業環境監測數據的分佈特性

- 一般而言，作業環境監測之數據，多半以對數常態分佈(Log-normal distribution)之形式呈現。
- 因此，建議職業衛生師應採用幾何平均數(GM)、幾何標準差(GSD)來表示暴露濃度之分布情況；
- 若以算術平均數(AM)來表示平均暴露狀況，有可能因為少數幾個高濃度數據結果，造成AM偏高之情形。

120

不確定性(Uncertainty)

- 這裡所稱之的“不確定性(Uncertainty)”，**是指數據本身的變異(Variance)特性。**
- 例如，某一分布型態下的平均值(AM或GM)，在不確定性的描述中，**並不是一個固定的數值，而是一範圍**，若這個範圍越大，則不確定性越高。
- 若變動範圍越窄，不確定性越低；
- 現場甲苯平均暴露濃度為**25 ppm**，(CI信賴區間：**22~28 ppm**)，若再進行相同的採樣分析，該平均濃度有95%的機會，落在 22~28 ppm 之間。

121

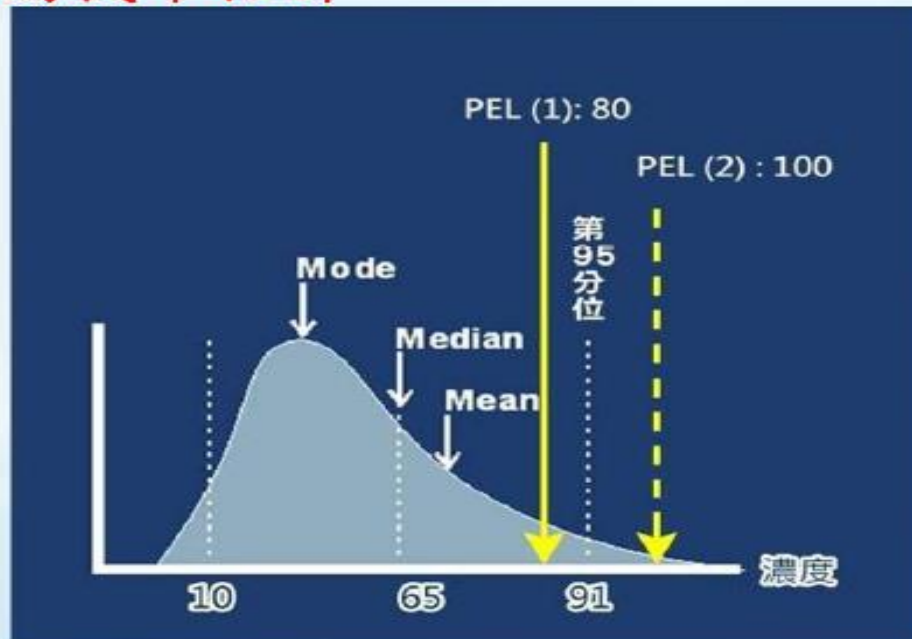
暴露分布第95百分位值超過暴露限值的機率估計

- 百分位數又稱百分位分數(Percentile)，是一種相對地位量數，它是次數分布中的一個點。
- 把一個次數分布排序後，分為100個單位，百分位數就是次數分布中相對於某個特定百分點的原始分數，它表明在次數分布中特定個案百分比低於該分數。
- **百分位數用P加下標m(特定百分點)表示**。譬如，若P30等於60，則其表明在該次數分布中有30%的個案低於60分。

資料來源:作業場所暴露實態(剖面)及相似暴露族群之建立 方澤沛

122

對數常態分布下，第95分位值超過暴露限值的機率估計



- 不同PEL之設定，對，“可接受的暴露” (Acceptable Exposure) 之影響？
- 單一批的樣本量測結果，與實際的母體分布，仍有一定程度之差異。
- 描述單一批次量測結果的不確定性，即為相當重要的工作。

資料來源：定性模式、半定量及定量 暴露評估工具之應用 方澤沛

123

第95分位值(95百分位數)

let $y = \ln(x)$

$$gm = \exp\left(\frac{\sum y_i}{n}\right)$$

$$gsd = \exp\sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

一個除以n、一個除以n-1
差別在一個描述性統計(描述母體)、一個是推估統計

- X代表環測的濃度
→ concentration(ppm. or. mg/cm³)

推導 (編輯)

若幾何平均數是

$$\mu_g = \sqrt[n]{A_1 A_2 \cdots A_n}$$

則兩邊取自然對數得

$$\ln \mu_g = \frac{1}{n} \ln(A_1 A_2 \cdots A_n)$$

常積的對數等於對數的和 (假設對於所有i, A_i 是正數)，所以

$$\ln \mu_g = \frac{1}{n} [\ln A_1 + \ln A_2 + \cdots + \ln A_n]$$

現在可以看出 $\ln \mu_g$ 是這組 $\{\ln A_1, \ln A_2, \dots, \ln A_n\}$ 的算術平均數，因此這組的算術標準差應為

$$\ln \sigma_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln A_i - \ln \mu_g)^2}{n}}$$

推小變式

$$\sigma_g = \exp \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln \frac{A_i}{\mu_g})^2}{n}}$$

124

第95分位值(95百分位數)

A	B	C	D	E	F	G	H
	concentration(ppm.or.mg/cm3)	取ln	average	幾何平均樣本標準差 gm	stdev	幾何平均標準差 gsd	X95
001:	0.062	-2.780620894	-1.6592382	0.19028	1.268577661	3.55579142	1.53353
002:	0.06	-2.813410717					
003:	0.066	-2.718100537					
004:	0.063	-2.764620553					
005:	0.065	-2.733368009					
006:	0.065	-2.733368009					
007:	0.794	-0.230671818					
008:	0.055	-2.900422094					
009:	0.794	-0.230671818					
0010:	0.658	-0.418550348					
0011:	0.806	-0.215671536					
0012:	0.676	-0.391562203					
0013:	0.067	-2.70206266					
0014:	0.055	-2.900422094					
0015:	0.057	-2.864704011					
	0.067	-2.70206266					
	0.658	-0.418550348					

資料來源:定性模式、半定量及定量 暴露評估工具之應用 方澤沛

125

暴露變異數(或標準差)的估計

- 標準差 (standard deviation, SD)(樣本估計值 以符號s表示)

— 直接估計法

- 常態分佈

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

- 對數常態分佈 ($y_i = \ln x$)

$$s_l = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

資料來源:

職業暴露評估

吳俊德

126

對數常態分佈參數估計

- 幾何平均值 (geometric mean, GM)

$$GM = \exp(\bar{y})$$

- 幾何標準差 (geometric standard deviation, GSD)

$$GSD = \exp(s_l)$$

資料來源:

職業暴露評估

吳俊德

127

90th, 95th, and 99th Percentiles

$$\begin{aligned} \text{let } \bar{y} &= \ln(\bar{g}) \\ s_y &= \ln(d) \end{aligned}$$

$$\hat{X}_p = \exp(\bar{y} + Z_p \cdot s_y)$$

$$\hat{X}_{0.90} = \exp(\bar{y} + 1.282 \cdot s_y)$$

$$\hat{X}_{0.95} = \exp(\bar{y} + 1.645 \cdot s_y)$$

$$\hat{X}_{0.99} = \exp(\bar{y} + 2.327 \cdot s_y)$$

$\bar{g}$: 幾何平均值 (gm)

d : 幾何標準差 (gsd)

$e^{\bar{y}}$ = gm (幾何平均)

$\bar{y} = \ln(\text{gm})$

e^{s_l} = gsd (幾何標準差)

$s_l = \ln(\text{gsd})$

資料來源: 暴露評估與勞工作業環境監測 黃亦孝

128

95th Percentile

$$\begin{aligned}\hat{X}_{0.95} &= \exp(\bar{y} + 1.645 \cdot s_y) \\ &= \exp(0.0620 + 1.645 \cdot 0.6043) \\ &= 2.88 \text{ mg/m}^3\end{aligned}$$

$e^{\bar{y}} = gm$ (幾何平均)
 $\bar{y} = \ln(gm) = \ln(1.064) = 0.062$
 $e^{s_l} = gsd$ (幾何標準差)
 $s_l = \ln(1.83) = 0.6043$

資料來源: 暴露評估與勞工作業環境監測 黃亦孝

129

$$\hat{X}_p = gm \cdot gsd^{1.645}$$

Alternative upper percentile formula

$$\begin{aligned}\hat{X}_{0.95} &= gm \cdot gsd^{1.645} \\ &= 1.06 \cdot 1.83^{1.645} = 2.88 \text{ mg/m}^3\end{aligned}$$

資料來源: 暴露評估與勞工作業環境監測 黃亦孝

130

超出職業暴露限值的百分比(Exceedance Fraction)

- 通常以計算第95%分位值($X_{95\%}$)作為判斷依據，對於對數常態分佈的 $X_{95\%}$ 的計算如下：

$$\bar{y} = \frac{\sum \ln(x_i)}{n} = \frac{13.62}{15} = 0.91 \quad s_l = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2.320}{15-1}} = 0.41$$

- 找出常態分佈95%分位值對應的 z 值，此值為 $z=1.645$ 。

$$\begin{aligned} X_{95\%} &= \exp(\bar{y} + z \times s_l) \\ &= \exp(0.91 + 1.645 \times 0.41) \\ &= 4.88 \text{ (mg/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$e^{\bar{y}} = \text{gm}$ (幾何平均)
 $\bar{y} = \ln(\text{gm})$
 $e^{s_l} = \text{gsd}$ (幾何標準差)
 $s_l = \ln(\text{gsd})$

$$\text{gm} = \exp\left(\frac{\sum y_i}{n}\right)$$

$$\text{gsd} = \exp\sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

資料來源：

職業暴露評估

吳俊德

131

常態分佈表(累計到 Z 值之面積)

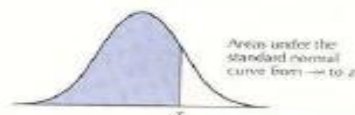


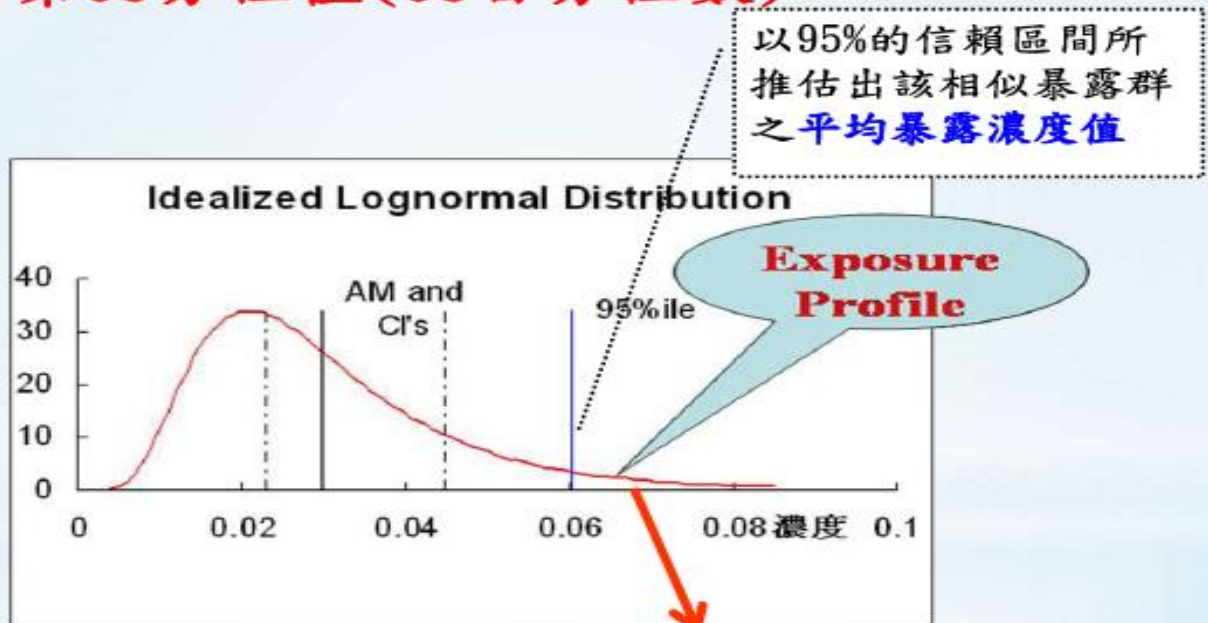
TABLE A.1 (continued)

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.00	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.10	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.20	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.30	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.40	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.50	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.60	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.70	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.80	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8079	0.8106	0.8133
0.90	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.00	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.10	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8829
1.20	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.30	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.40	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.50	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9440
1.60	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.70	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.80	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.90	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9755	0.9761	0.9767
2.00	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.10	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.20	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.30	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9915
2.40	0.9918	0.9920	0.9922	0.9924	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.50	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.60	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.70	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.80	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.90	0.9981	0.9982	0.9983	0.9984	0.9985	0.9986	0.9986	0.9987	0.9988	0.9989
3.00	0.9989	0.9990	0.9991	0.9992	0.9993	0.9994	0.9995	0.9996	0.9997	0.9998
3.10	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.20	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.30	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.40	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.50	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.60	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.70	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.80	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.90	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
4.00	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999

0.9495 | 0.9505
 0.9750

132

第95分位值(95百分位數)



133

暴露濃度分佈

偵測結果比職業暴露標準低
表示合格?

OEL: 10ppm

5ppm

0

5

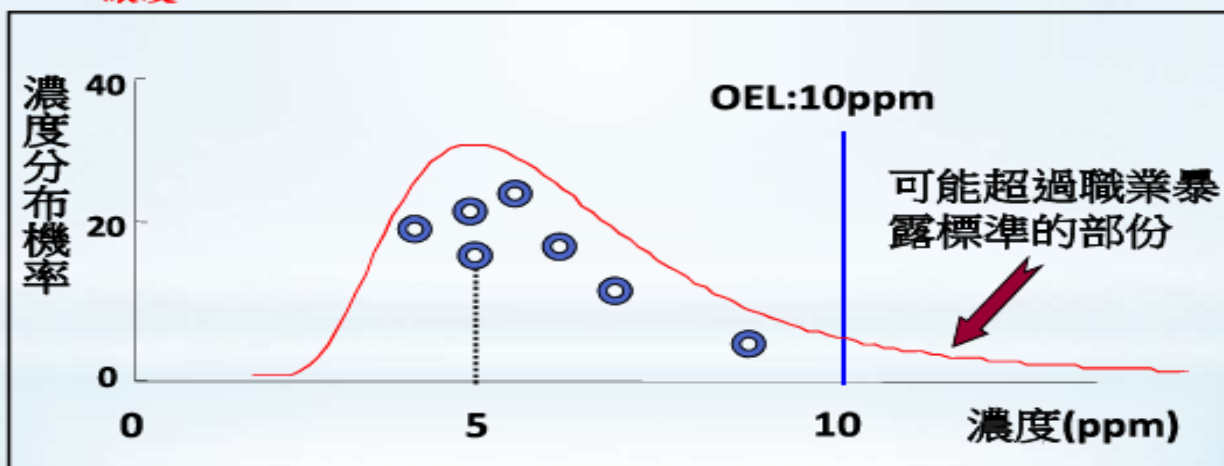
10

濃度(ppm)

134

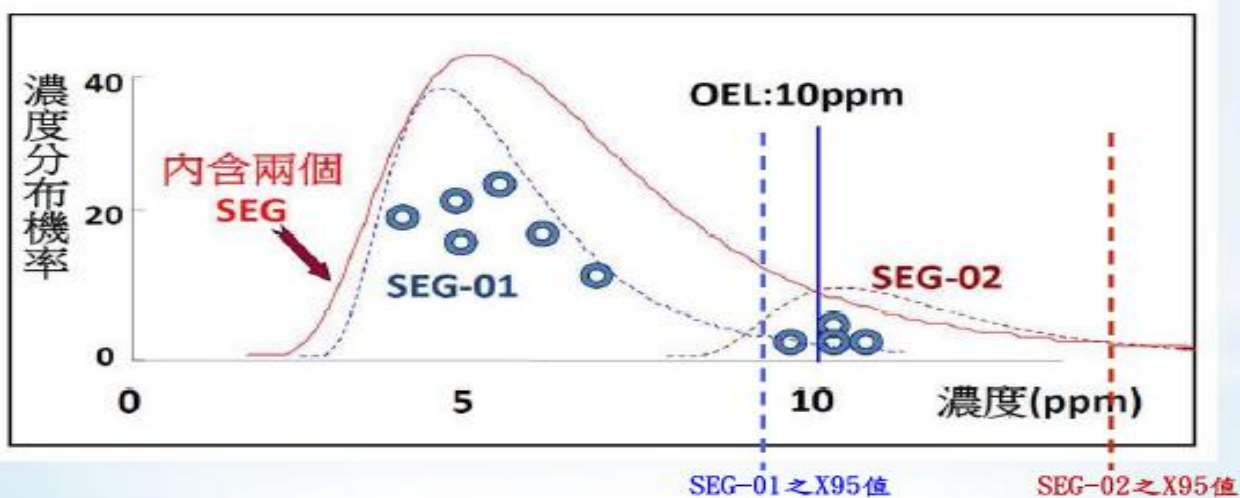
暴露濃度分佈 暴露實態？

採集足夠的樣本再透過統計學的方式求得X95的濃度在容許濃度範圍內，確保SEG群體有95%機率不會超過該有害物容許濃度。



135

暴露濃度分佈 暴露實態？



136

後續管理

採樣策略	範圍	評估結果分級	控制措施與管理
PEL-TWA	$X_{95} < 1/10\text{PEL}$	第一級	應持續維持原有之控制措施或管理措施外，製程或作業內容變更時，並採行適當之變更管理措施。
PEL-STEL 或 PEL-Ceiling	$\text{UCL}1.95\% < 1/10\text{PEL}$		
PEL-TWA	$1/10\text{PEL} \leq X_{95} < 1/2\text{PEL}$	第二級	就製程設備、作業程序或作業方法實施檢點，採取必要之改善措施。
PEL-STEL 或 PEL-Ceiling	$1/10\text{PEL} \leq \text{UCL}1.95\% < 1/2\text{PEL}$		
PEL-TWA	$X_{95} \geq 1/2\text{PEL}$	第三級	採取有效控制措施，並於完成改善後重新評估，確保暴露濃度低於容許暴露標準。
PEL-STEL 或 PEL-Ceiling	$\text{UCL}1.95\% \geq 1/2\text{PEL}$		

→ SEG-01

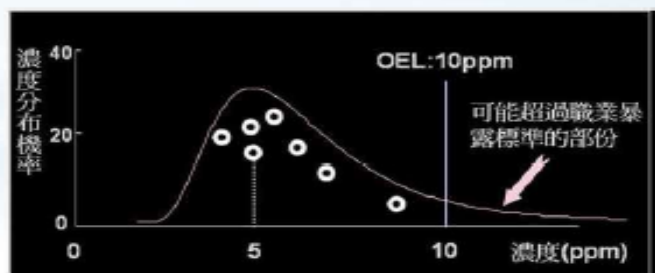
→ SEG-02

137

暴露實態(Exposure profile)

暴露實態：指用以描述某一相似暴露族群不同勞工間之暴露強度及不同時間之變化情形。

- 過去環測多以單一次測值代表其暴露值=>測值未超過職業暴露標準真的表示合格？
- 事實上可能會有部分偏差，主要原因在於
 - 環境每天都會發生變化(不同人員、不同時間、產量、環境、通風等情況)，因此環境濃度應是呈現 lognormal distribution，而不是固定不變的測值，這就是所謂的暴露實態。



138

作業環境監測要掌握5W3H

*每個樣品採樣時間(how long)決定：

1. 藉由採樣流率及建議採樣體積(最大或最小)來決定所需每個樣品採樣時間。
2. 採最小採樣體積：進行環境測定時，應採樣至少採集具代表時間的樣本，能夠採到足夠精確分析之量或可分析之針測下限值為原則。(採到足夠的量分析才能準確)
3. 最大採樣體積之限制，避免於採樣過程中由於採樣時間過長或採樣流率過大造成破出現象。
4. 當待測物有短時間時量平均容許濃度標準 (PEL-STEL)，則其最小採樣體積為**最大採樣流率乘以15分鐘**。
5. 評估勞工8小時日時量平均暴露濃度時，採樣時間**至少6小時以上**，可參考現場作業環境調查，決定是否需要以2個以上連續多樣品採樣進行評估。

139

甲基異丁酮標準採樣分析方法：

行政院勞工委員會採樣分析建議方法	
1211(等級 A) 甲基異丁酮	methyl isobutyl ketone 編輯日期：07/30/2003
容許濃度 行政院勞工委員會：50 ppm OSHA：50 ppm；STEL 75 ppm NIOSH：50 ppm；STEL 75 ppm ACGIH：50 ppm；STEL 75 ppm (1 ppm = 4.09 mg/m ³)	參考資料：NIOSH 1500 (8/15/1994) [1] 分子式：(CH ₃) ₂ CHCH ₂ COCH ₃ 分子量：100.16 別名：MIBK, hexone, isopropyl acetone, 4-methyl-2-pentanone
基本物性： 液態：密度0.80 g/mL @25 °C 沸點：117 °C 蒸氣壓：2.0 kPa (15mmHg) @20 °C	CAS No.：108-10-1 RTECS No.：SA 9275000
採樣	分析
採樣介質：活性碳管(100mg/50mg) 流率：10~200mL/min 採樣體積：最小 0.5 L @ 94 ppm 最大 8.8 L 樣本運送：冷藏 樣本穩定性：15 天@4°C 現場空白樣本：每批樣本數的10%，至少需二個以上。	儀器：GC/FID 分析物：甲基異丁酮 試劑：1 mL CS ₂ ，放置 30 分鐘 注射量：2 µL 溫度—注入口：150 °C —偵檢器：180 °C —管柱：80 °C 載流氣體：氮氣，10 mL/min 管柱：30 m x 0.53 mm ID, fused silica WCOT, DB-1，管內襯厚 1.5 µm 標準樣本：分析物溶於 CS ₂ 中 檢量線範圍：0.08~10 mg/mL 可量化最低量：0.08 mg/樣本 分析變異係數(CV%)：2.3%
範圍：208~836 mg/m ³ 偏差：未測定 精確度係數(CV%)：0.8 % 準確度：6.4 %	

140

作業環監測要掌握5W3H

每個樣品採樣時間(how long)之方式：

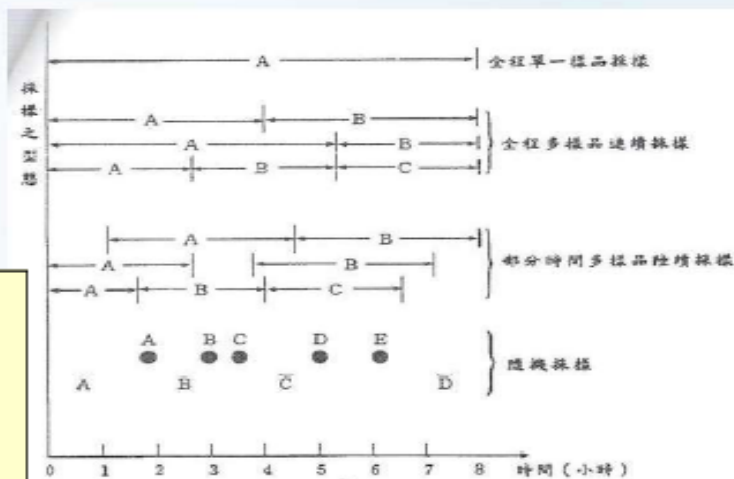
採樣型式

全程單一

全程多樣品

部分時間多樣本(最佳)

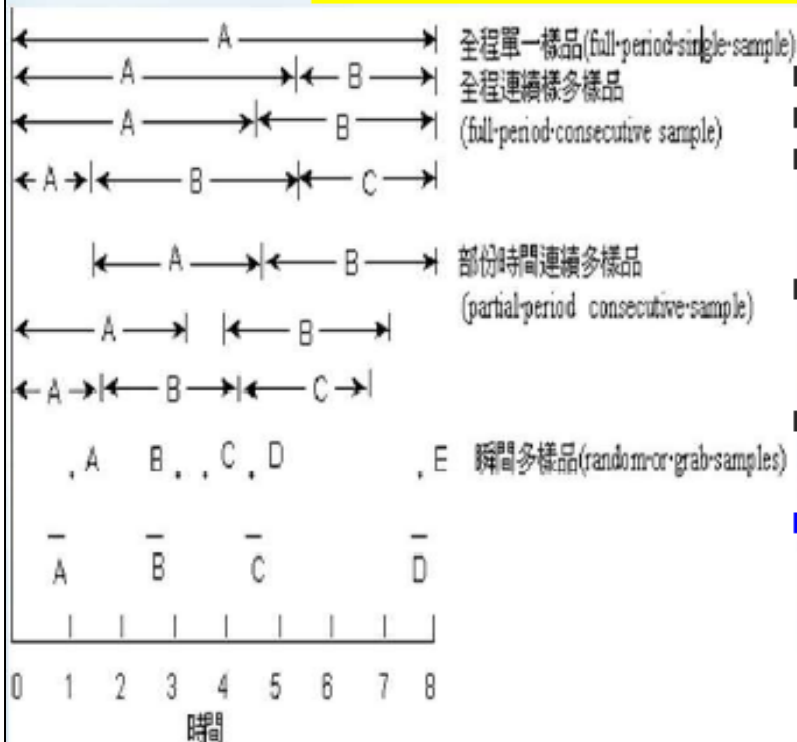
隨機採樣(最差)



141

1. 除直讀式儀器外，不管哪種採樣形式，仍需採足「**最小採樣體積**」，才能採集足夠的分析量。
2. 全程多樣本切越細，越能知道採樣物質隨時間的濃度變化。
3. 全程多樣本可配合現場環境，調大採樣泵浦流率，且能避免破出

作業環監測要掌握5W3H



- 全程單一樣品：已知暴露穩定
- 部份單一樣品：已知暴露穩定
- 全程連續多樣品：**最能評估勞工真正平均暴露範圍，以及一天內的暴露變化情形。**
- 部份連續多樣品：實務可行最能評估勞工真正平均暴露範圍，以及工作時間內的暴露變化情形。
- 瞬間多樣品：用於瞬間多點高暴露。(STEL)
- NIOSH建議就8hr-TWA，以**兩個**
全程連續採樣，就樣品統計與經濟觀點而言，似乎較為理想。

142

作業環監測要掌握5W3H

每個樣品採樣時間(how long):

1. 為什麼作業環境測定不測滿八小時？

- (1)NIOSH在1977年Occupational Exposure Sampling Strategy Manual中提到了幾種的採樣方式，其中一種是The Partial Consecutive Samples(部分時間連續樣本採樣)，裡面有提到了**採樣時間至少要是全程的70~80%**，以8小時來看，70%就是5.6小時。
- (2)實務面執行時間考量，若要採滿八小時，不論是採樣人員或是事業單位，在工作時間上都需要額外加班配合。

2. 未測滿八小時要如何與八小時日時量平均容許濃度比較？

- (1)檢查員：需有足夠證據證明超過，所以八小時日時量平均容許濃度=六小時測值*6/8
- (2)事業單位：**寧可高估不要低估，所以將未測得之兩小時濃度，以六小時測值視之。**

143

勞工工作場所容許暴露標準 (第8條)

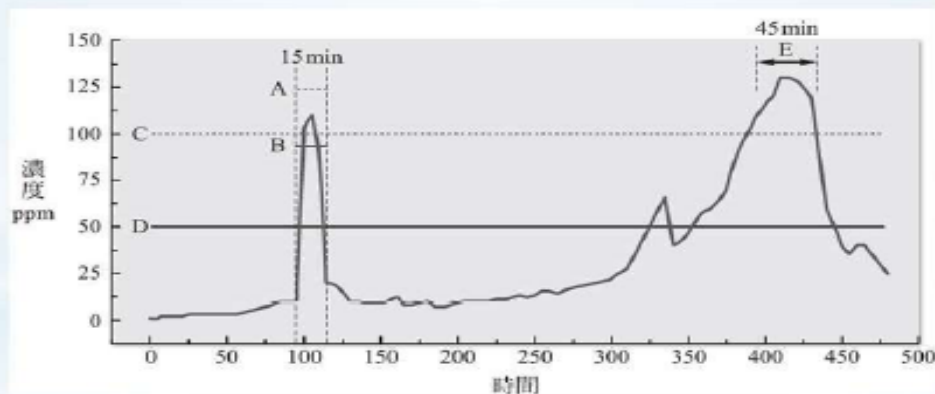
勞工作業環境空氣中有害物之濃度應符合下列規定：

- 一、**全程工作日之時量平均濃度**不得超過相當八小時日時量平均容許濃度。
- 二、**任何一次連續十五分鐘**內之時量平均濃度不得超過短時間時量平均容許濃度。
- 三、**任何時間**均不得超過最高容許濃度。

※寫問答題一定要注意是否有考量STEL

144

在化學物質的生產製程中，現場作業的勞工可能於短時間內接觸高濃度的化學物質，如調製配藥作業，其暴露時間可能僅有短短數分鐘至數十分鐘。故除了要考量八小時日時量平均容許濃度外，尚需參考短時間時量平均容許濃度，以提供勞工健康之保障。



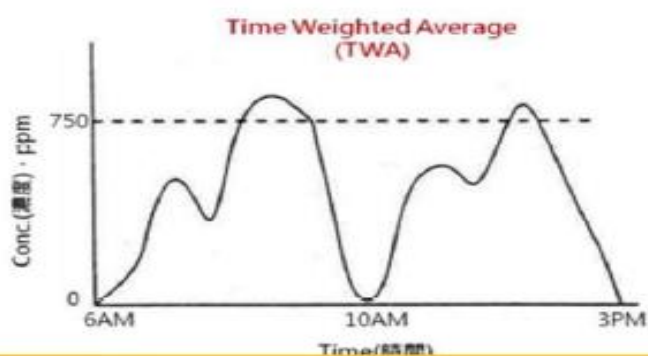
勞工暴露情形示意圖

資料來源:職業衛生 侯宏誼 全華圖書

145

TLV-TWA八小時日時量平均恕限值(八小時日時量平均恕限值標準值)的意義是指：「在該濃度下，幾乎所有的工作者，每天工作八小時，每週工作五天，終其一生不會發生不良的健康效應」。對於人員健康的影響，可以TLV-TWA恕限值來評估。必須注意的是，TLV-TWA的恕限值是取8小時的平均值，而工作場所化學物質的濃度，會隨著時間變化而有所改變，也就是在某一時間，其暴露濃度可能已達到致死濃度。

圖 1 八小時日時量平均恕限值(TWA)示意圖

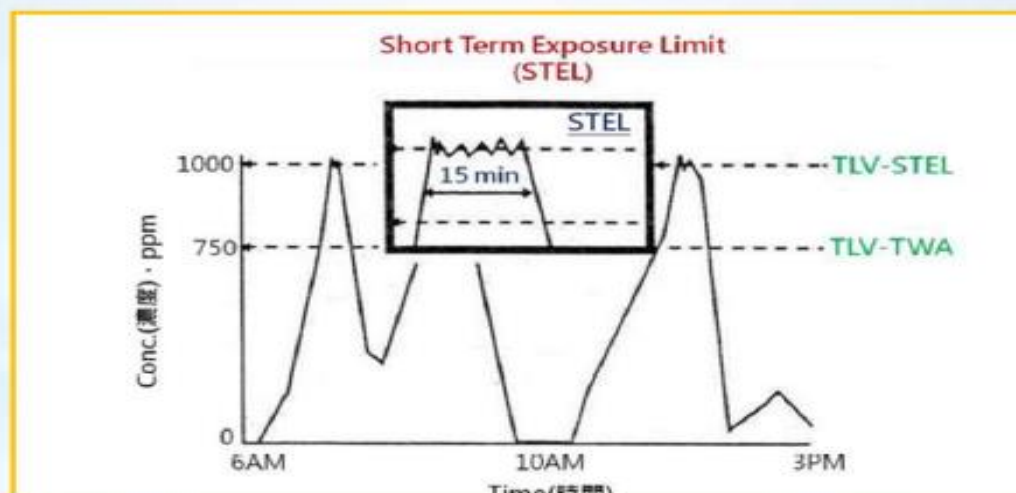


思考:要如何才能正確量測到STEL及Ceiling值?

146

TLV-STEL短時間時量平均上限值的意義是指「**勞工連續曝露在此濃度15分鐘**」不致於有下列反應：

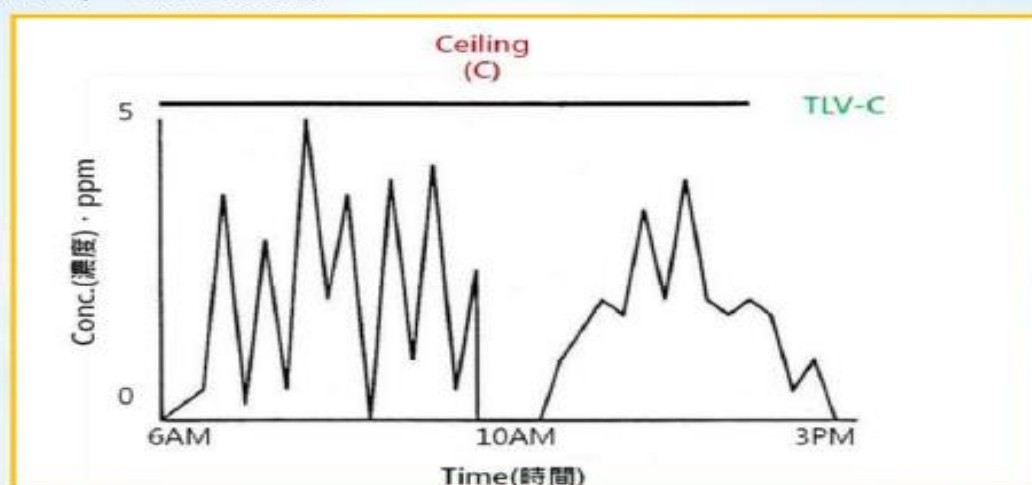
- (1)不可忍受的刺激。
- (2)慢性或不可逆的組織病變。
- (3)因醉暈作用增加意外事故的傾向或降低工作效率。



147

TLV-Ceiling 最高濃度上限值：最高容許濃度即任何時間均不得超過的最高濃度，大部分是針對有強烈刺激性(或有快速生物效應)的化合物。

其意義為：「**不得使勞工任何時間遭遇不可忍受的刺激或生理病變**」。主要是針對**一旦人體曝露，可能導致急速和特殊反應的化學物**。此值對於洩漏應變時，可視為一個限制指標。



148

採樣時間規劃

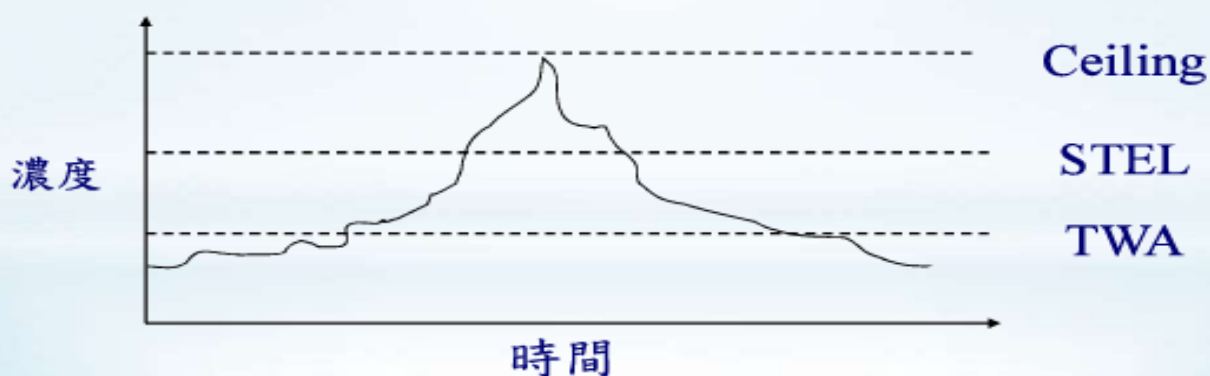
預估現場濃度

以有害物使用量預估， $C(\text{mg}/\text{m}^3) = W(\text{mg})/V(\text{m}^3)$

前一次環測結果決定

直讀式儀器測得

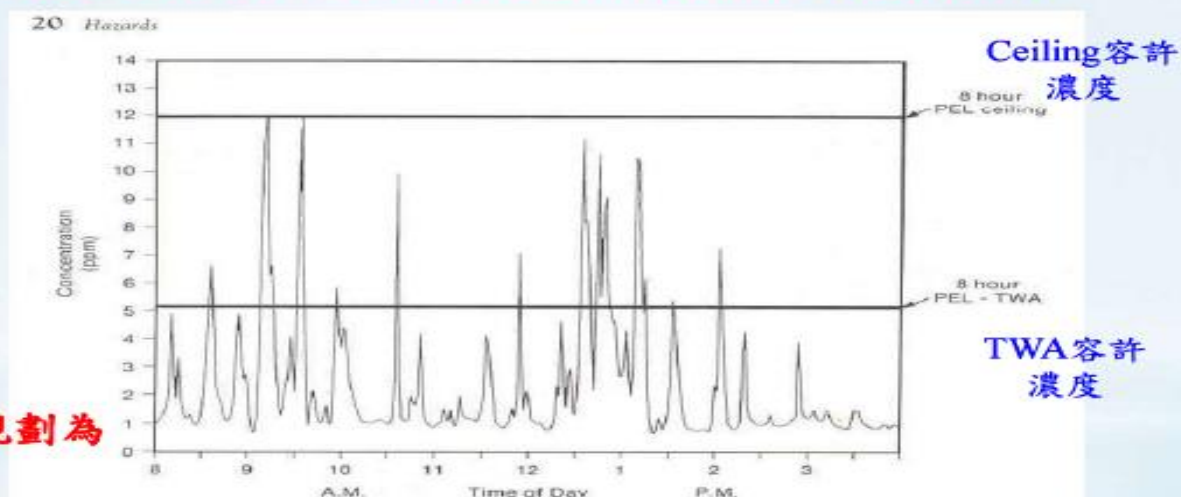
評估對象



149

採樣時間規劃

假設實際濃度分佈及容許濃度如下圖該如何規劃採樣？



採樣之規劃為何？
TWA？
STEL？

Figure 1-1. Representations of OSHA PELs: The 8-hour TWA showing typical fluctuations, and the 8-hour PEL Ceiling as a maximum value not to be exceeded.

150

全程多樣本採樣以甲基異丁酮為案例：

1. 全程多樣本採樣：建議最大採樣體積採ND要求，以**最大流率**去採樣。

2. 以**甲基異丁酮**為案例：

(1) 每支樣本最大採樣時間： $8.8\text{L} \div 0.2\text{L/min} = 44\text{min}$

(2) 需採集樣本數： $360\text{min}(6\text{小時}) / 44\text{min} = 8.18\text{支}$

→ 需採**9**支樣本

(3) 計算時量平均濃度：

$\frac{\text{編號}(1)\text{ppm} \times 44\text{min} + \text{編號}(2)\text{ppm} \times 44\text{min} + \dots + \text{編號}(9) \times 8\text{min}}{360\text{min}} = \text{時量平均濃度}(\text{ppm})$

153

* 作業環監測要掌握5W3H

* 採樣介質(what)及每個樣品採樣時間(how long)決定：

1. 標準採樣方法分析方法可上職安研究所查詢，目前公告之標準採樣分析方法為200種。EX: 丙烯腈



154

*作業環監測要掌握5W3H

*每個工作天採樣樣本數(how many)決定:

1. 相似暴露族群的樣本數: 樣本數多寡將嚴重影響統計結果之準確性，每個相似暴露群樣本數足夠才能符合統計學上的要求。
2. 現場空白樣本: 為確保採樣過程中，污染物的確來自現場，而非採樣時人為操作污染或樣品運送過程中受污染。(每批樣本數的10%，至少需2個以上)

現場空白樣本製作方法: 將一採樣介質打開，迅速放入一密閉容器中，待採樣結束後，與樣品一起包裝、運送、貯存及分析，其過程皆與樣本一致，但沒有採樣動作。

項次1. 要怎麼決定



155

委託單位: 股份有限公司

受測單位:

受測單位地址:

監測日期: 114 年02 月06 日

樣品收受日期: 114 年02 月07 日

分析日期: 114 年02 月19 日

報告編號: KSD1140219

分析項目: 對苯二酚

容許濃度: 2mg/m³

分析方法: ZD-SOP-AR039/A.6 (OSHA PV2094)

現場氣溫: 20.0℃

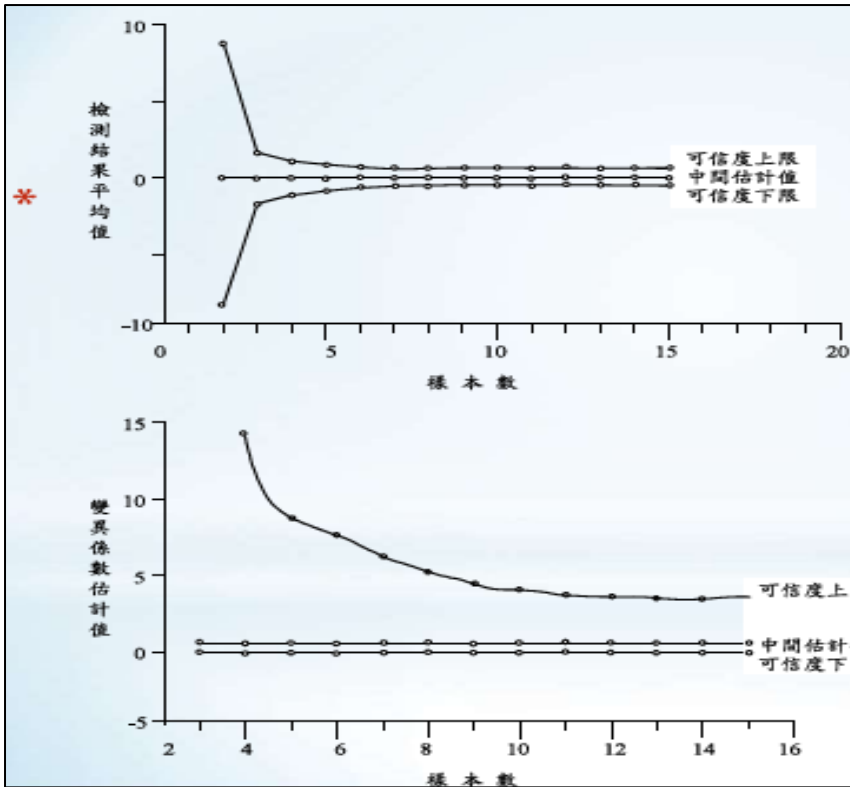
現場氣壓: 762.0mmHg

檢量線最低質量: 3.9521 μg

序號	實驗室 樣品編號	瓶號	監測處所	監測時間 hh:mm-hh:mm	採樣速率 mL/min	校正後 採樣體積 L	分析值 μg	空氣中 濃度 mg/m ³	備註
1	L02070544	KT02042	一號 PV 3F R011	08:50-14:59	108.4	72.8	<3.9521	<0.054	1
2	L02070545	BKT31	BK				<3.9521		
3	L02070546	BKT32	BK				<3.9521		
4			以下空白樣						

BK: 空白樣本

156



樣本數目與偵測結果平均值及標準偏差值之關係隨著樣本數的增加，偵測結果平均值及標準偏差值皆逐漸改善，**並且當樣本數在6-10個的時候**，此兩種數值皆逐步達到平衡顯示要得到量測結果為可接受的精確度時，**每一個相似暴露群的最小隨機採樣個數為6個樣品數**。

157

樣本數(how many)決定方式→暴露實態值所需之樣本數

如相似暴露群之**平均暴露濃度**顯示**超過容許濃度或低於1/10容許濃度標準**（屬於極為確定之暴露狀態），則該相似暴露群只要**6~10個測定值**即可；但若該相似暴露群之**平均暴露濃度**是介於**10%~100%容許濃度標準**間，屬於較不確定的暴露狀態，則需要較多樣本，才足以達到**95%信賴水準**；至於實際所需樣本數，則需依各相似暴露族群濃度的**幾何標準偏差值變異之大小及測值與容許濃度標準之比值**而有所不同，對照如下表所示。因此進行作業環境測定後，將依此法建立各相似暴露族群的暴露實態。

實測值/OEL 比例	樣本數 (n)				
	變異性小 (GSD*=1.5)	GSD=2	變異性中 (GSD=2.5)	GSD=3	變異性大 (GSD=3.5)
0.75	25	82	164	266	384
0.5	7	21	41	67	96
0.25	3	10	19	30	43
0.1	2	6	13	21	30

*GSD = 幾何標準差(geometric standard deviation)

158

樣本數(how many)決定方式→暴露實態值所需之樣本數

首先要先算**實測值的平均**，再用此平均數除以OEL(Occupational Exposure Assessment)，比例在**0.75(75% 倍OEL)**與**0.1(1% 倍OEL)**之間的**數值**，再比較這些實測值的變異性，從變異性小(GSD1.5)到變異性大(GSD3.5)之中對應的數目就是要清楚地描述暴露實態所需要的數據。

相似暴露群之平均暴露濃度值是介於10%~75%容許濃度標準，屬於較不確定的暴露狀態，因此需要較多樣本，才足以達到**95%信賴水準**。

實測值/OEL 比例	樣本數 (n)				
	變異性小 (GSD=1.5)	GSD=2	變異性中 (GSD=2.5)	GSD=3	變異性大 (GSD=3.5)
0.75	25	82	164	266	384
0.5	7	21	41	67	96
0.25	3	10	19	30	43
0.1	2	6	13	21	30

*GSD = 幾何標準差(geometric standard deviation)

思考:為什麼表格中沒有大於75%OEL的位置?
表格中也沒有小於1% 倍OEL的位置?

159

樣本決定(節省經費的實際做法)

所以在看懂表格，運用表格的時候也別被表格嚇到，以為要測定幾百個數據或幾十個數據才能知道暴露實態。

事實上大部分的數據不是遠小於OEL就是有一兩次高於OEL，遠小於OEL的情況不需要累積那麼多數據，也不需要做出相似暴露群的暴露實態。同樣的如果有一、兩次高於OEL那就要改善，此情況不需要累積那麼多數據，也不需要做出相似暴露群的暴露實態。

160

Sampling Randomly from Stationary Populations (1)

Random sampling

- Each element in the population must have equal likelihood of being observed.
- Practical considerations of travel constraints, weather, process operation parameters, budgetary limits, and the need to characterize multiple exposure profiles make statistically randomized sampling extremely difficult in the real world.
- To avoid known bias:
 - If possible, avoid clustering your monitoring into consecutive periods.
 - To monitoring different seasons to avoid biases introduced by factors that change with weather conditions.
 - To understand process cycles and avoid biases they might introduce.
 - To include both typical and unusual events.

隨機採樣

在分佈中的每個元素被監測的可能性**必須**均等。但因採樣過程，天氣，製程操作參數，預算限制...等現實狀況，真正的隨機採樣極其困難

要避免下列之已知的偏差：

如果可能，避免監測到群集(連續或重覆)的時期。

監測不同的季節，以避免與氣象條件的變化導致的變動。

要了解的製程參數和週期，避免此變動引起的偏差。

要包括常態和非常態的工作

161

Nondetectable Data

Monitoring result below the analytical limit of detection should not be discarded. Several techniques are available for including below detection limit data in statistical analysis.

A factor of 0.7 times the detection limit may be most appropriate for data with relatively low variability ($GSD < 3$).

A factor of 0.5 times the detection limit may be best when the variability is high ($GSD > 3$). If more than 50% of data are below the detection limit then special techniques may be required.

Probability plot is another way to include data below the detection limit in the statistical analysis. These plots allow extrapolation of the data above the detection limit to account for the data below the detection limit for determination of a reasonable estimate of the average and variability.

低於檢量**下限**的**分析監測結果**
不應該被捨棄。

幾種技術可用於低於檢量下限的數據統計。

如數據分佈變異性低 ($GSD < 3$) 以檢量下限的0.7倍取代。

如數據分佈變異性高 ($GSD > 3$) 以檢量下限的0.5倍取代

如果數據的50%以上是在檢量下限以下則需要其他方式。

162

検討日期：2025年07月29日

163

6到10個樣本之隨機

Identify the appropriate interval for the exposure assessment

OELs appropriate averaging time

Randomly choose dates from the expo

決定多久作一次
(依據變化狀況)

隨機選擇日期

隨機選擇班次

隨機選擇人員

165

幾種可以減少樣本數量的狀況

遠小於
(far low)10%

遠大於(well
above)100%OEL

只須確定
可接受或不可接受
不用精確求得整個暴露輪擴

資料來源: 監測數據分析及應用 黃奕孝

166

AIHA手冊原文資料：

possible, a subset of workers and days (or other appropriate periods) is chosen for monitoring, and the results are used to estimate the exposure profile inferentially. Industrial hygienists have long struggled to come up with an acceptable answer to the question: "How many measurements are necessary?" Even today, professional judgment is the predominant way to determine the measurement number. In fact, the number of measurements needed depends on a variety of factors, including the monitoring goal and the SEG's exposure profile. If one measurement result is far below 10% of the OEL threshold or well above 100% of the OEL, then it may be all the monitoring required to judge the exposure acceptable or unacceptable. If the exposure profile is highly variable or positioned within the range of 10% to 100% of the OEL, then more samples might be needed to adequately characterize the exposure profile. (21,22)

幾種可以減少樣本數量的狀況(2)

遠小於
(far low)10%

遠大於(well
above)100%OEL

只須確定
可接受或不可接受
不用精確求得整個暴露輪擴

167

不可以減少樣本數量的情況

濃度變化很大
(Highly
variable)

可能超過
(within the
range 10%~
100%OEL)

需要精確的瞭解暴露輪擴
(exposure profile)
需要較多樣本

資料來源：監測數據分析及應用 黃奕孝

168

暴露評估概念流程圖→樣本數決定



169

確認暴露實態-規劃與決策依據



170

要去掉極端值嗎？

Professional judgment as to the homogeneity of the defined groups is essential. However, as a rule of thumb, if an individual exposure is less than half or greater than twice the arithmetic mean, the relevant work factors should be closely re-examined to determine whether the assumption of homogeneity was correct.

專業判斷定義的相似暴露群的均勻性是非常有必要的。然而，根據經驗法則，**如果一個單一的測值小於一半或大於兩倍的算術平均**，相關工作的因素，應密切重新檢查，以確定此個體和相似暴露群同質性的假設是否正確。

資料來源：監測數據分析及應用 黃奕孝



171

樣本決定(節省經費的實際做法)

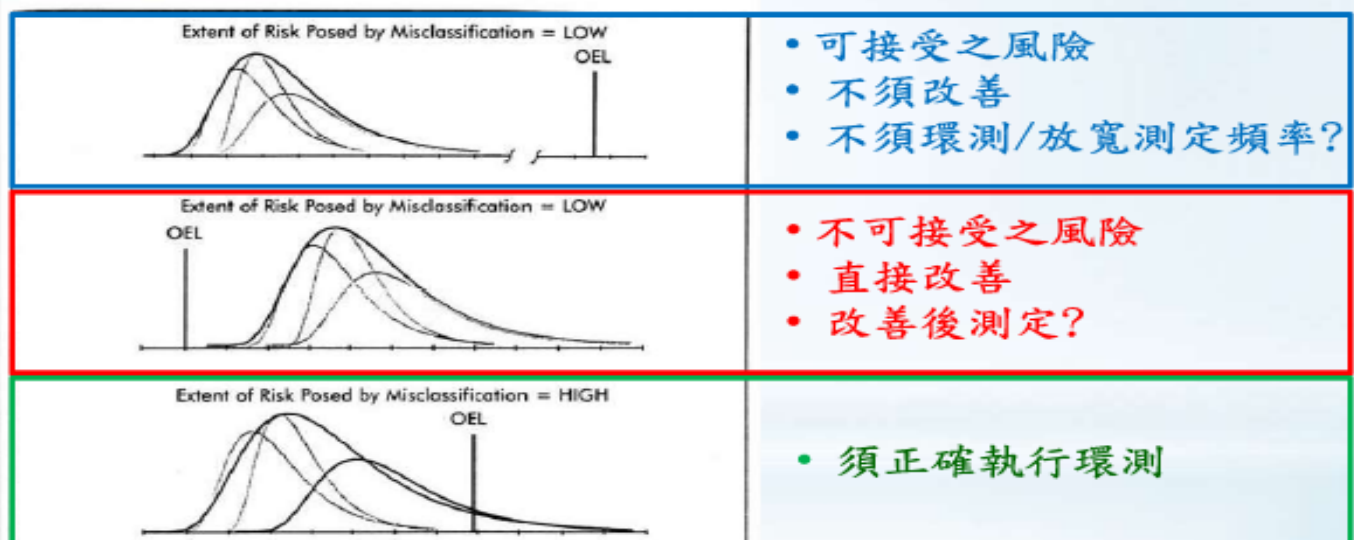


Figure 7.8 — Risk posed by misclassification of an individual worker's exposure.

172