



# IOSH

ISBN 986036769 - 8



9 789860 36769 0

GPN : 1010200974

定價：新台幣200元

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

多種重金屬暴露勞工健康危害評估先驅研究 IOSH101-M312

101年度研究計畫 IOSH101-M312

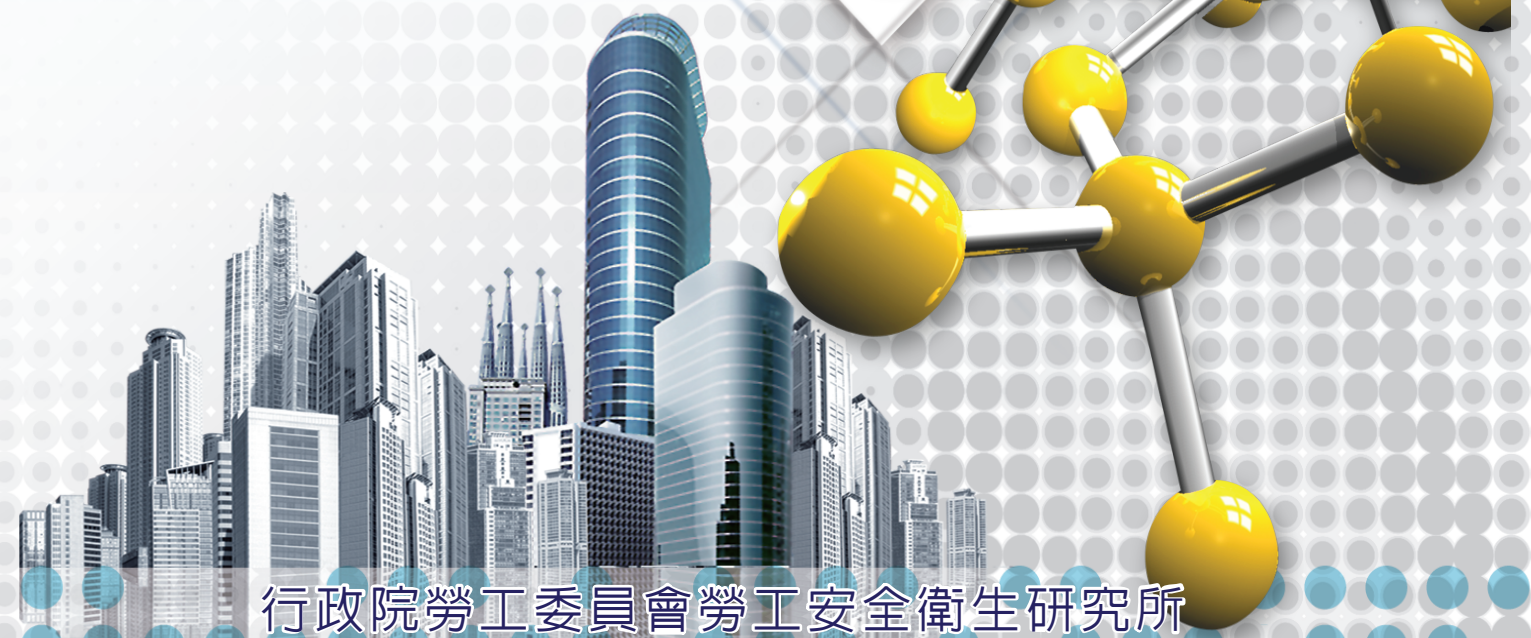


## 勞工安全衛生研究報告

多種重金屬暴露勞工健康危害評估先驅研究

Pilot Study for Health Hazards Evaluation of  
Multi-Heavy Metal Exposure Workers

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所



行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所



多種重金屬暴露勞工健康危害評估先驅  
研究

**Pilot Study for Health Hazards  
Evaluation of Multi-Heavy Metal  
Exposure Workers**

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

# 多種重金屬暴露勞工健康危害評估先驅 研究

## **Pilot Study for Health Hazards Evaluation of Multi-Heavy Metal Exposure Workers**

研究主持人：林文一、潘致弘

計畫主辦單位：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

研究期間：中華民國 101 年 3 月 15 日至 101 年 12 月 31 日

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

中華民國 102 年 4 月

## 摘要

重金屬廣泛使用於電子業、油漆、瓷器、電鍍、金屬加工、焊接與藥物等工業，過量暴露具有多重毒性，例如腦神經、精神行為異常、周邊神經病變、呼吸道不適、肝功能異常、腎毒性、血液毒性、內分泌異常、生殖障礙與致癌性等。個別重金屬毒性國際已有很多研究，職業性與環境暴露毒性也有報告，但多種重金屬同時暴露的研究甚少，尤其針對多種重金屬作業環境管制標準、勞工安全防護措施、生物標記測量與管制標準及勞工健康保護規則與健康檢查等的研究探討甚少；因此本研究的目的包括以下四項：1.以作業環境測定評估多種重金屬指標暴露的情形；2.探討多種重金屬暴露勞工的腦神經、肺部呼吸、心臟血管、肝腎功能、血液及內分泌功能方面的健康危害；3.探討多種重金屬暴露勞工的氧化傷害指標；4.研擬多種重金屬暴露勞工健康危害預防對策。

本研究採橫斷性研究，研究的目標群體為某造船公司的電焊作業勞工共計 200 位，對照群體為該造船業辦公室人員共計 100 位。以環境採樣與個人採樣來評估現場工作人員的暴露情形，並利用問卷收集來了解現場工作人員與辦公室人員的基本資料、工作史、自覺症狀，並在工作制度上調查是否有輪班情形而影響睡眠品質；並利用極早期失智症篩檢量表(AD-8)來進行簡易的認知問題篩檢，再以巴金森篩檢問卷進行早期巴金森症狀的篩檢。並藉由健康檢查來看員工身體狀況，在氧化壓力指標方面選擇 8-羥基-2-去氧鳥嘌呤核苷(8-OHdG)來進行探討。

研究結果發現，在不同的工作環境之下勞工所受到的重金屬暴露濃度有所差異，在本研究當中將勞工現場工作環境區分成三種型態，局限空間焊接、開放空間焊接、鋼板切割區，分析環測與個人採樣資料發現以局限空間焊接勞工的重金屬暴露最高，鋼板切割區的濃度最小；三組之間有統計上顯著差異( $p < 0.01$ )。暴露組的 DNA 氧化傷害指標-尿液中 8-OHdG 濃度顯著高於對照組；藉由線性混合效應迴歸模式分析可以看到重金屬與 DNA 氧化傷害指標有顯著



相關，其中又以鋅、鉻、鎳、錮、鉍五種重金屬與 DNA 氧化傷害指標有顯著相關。在極早期失智症篩檢量表部分只有在活動興趣嗜好降低的選項是有顯著差異的，在暴露組部分 68%的勞工在失智量表測定是正常的，對照組部分 79%的勞工是正常的。

由本研究之作業環境中的重金屬測定結果顯示，局限空間焊接作業有 1 位勞工個人採樣的重金屬濃度超過作業環境空氣中容許濃度標準，而且有 8 位勞工暴露的濃度超過作業環境空氣中容許濃度標準的二分之一濃度(行動濃度)，而且暴露組的 DNA 氧化傷害指標-尿液中 8-OHdG 濃度顯著高於對照組，此外，暴露組胸部 X 光以及肺功能的異常率皆顯著高於對照組，因此對造船業多種重金屬暴露勞工，以下有幾點建議：

1. 建議造船業加強局限空間焊接作業通風設備與換氣量，以減少勞工在工作時所暴露的多種重金屬等有害物質。
2. 造船業電焊與金屬切割工作員工有少數人並未全程使用個人防護用具，因此建議造船業加強個人防護用具的佩帶觀念與宣導，使員工能加強保護自身的健康。
3. 建議雇主對於造船業電焊與金屬切割工作員工胸部 X 光以及肺功能異常者，須加強健康管理，並以工程改善方式降低其作業環境中重金屬等為害物的暴露。
4. 由於目前國內已有電焊業員工罹患肺癌與腎臟癌的案例，由於電焊業勞工在工作時會受到重金屬的暴露，因此針對重金屬暴露員工的健康檢查，建議增加癌症篩檢項目，以達成職業病預防健檢的目的。

關鍵字：重金屬、電焊作業勞工、健康危害評估、職業安全衛生

## **Abstract**

Heavy metals are widely adopted in electrical industry, painting industry, porcelain industry, metalwork industry, welding industry, and pharmaceutical industry. Over exposure of heavy metals may induce multiple toxicity, cranial nerves abnormality, behavior disorders, peripheral neuropathies, respiratory discomforts, liver function abnormality, kidney toxicity, endocrine disorders, reproduction disorders, and carcinogenesis. There were numerous studies regarding single metal hazards. However, there were few studies regarding multi-heavy metals effects on workers. Especially, workplace permissible exposure limits, occupational safety protection measures, biological monitoring and biological exposure index are very limited for multi heavy metals exposure workers. Therefore, the purpose of this study includes: 1. Environmental monitoring for multi heavy metals exposure workers; 2. Health hazards evaluation for cranial nerves, lung respiration, cardiovascular, liver and lung function, blood and endocrine function in multi heavy metals exposure workers; 3. Oxidative stress in multi heavy metals exposure workers; 4. Submission for prevention measures of health hazards in multi heavy metals exposure workers.

This project involved a cross-sectional study using a target group of 200 welders and a control group of 100 office workers in the shipbuilding industry. It evaluated worker exposure by environmental sampling and personal sampling; it also used questionnaires to gain information on the field and office staff, including basic information, work history, and symptoms. It investigated whether shift work affected the quality of sleep; it used an early cognitive function questionnaire to conduct simple cognitive problem screening; and it also used screening questionnaires to carry out early Parkinson's screening. It carried out health checks

to identify the physical condition of employees, and choose 8-hydroxy 2-deoxy guanine nucleotide (8-OHdG) as the oxidative stress indicator.

The results of the study revealed that heavy metal exposure concentrations were different in different workplaces. The study covered three types of worksite: confined space welding , open space welding, and steel plate cutting areas. From the data derived from environment measurement and personal sampling, we found that workers in the confined space welding area had the highest exposure to heavy metals and those in the steel plate cutting area had the smallest. There were statistically significant differences among the three types of worksite ( $p < 0.01$ ). There was no significant difference between the exposure and control groups in most health checks. In the early dementia screening scale, significant differences were seen only in the reduced activity hobbies item. The DNA oxidative damage biomarker-urinary 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) levels in exposure group exceeded than those in control group. Zinc, chromium, nickel, strontium, beryllium are positively correlated with oxidative damage biomarker-urinary (8-OHdG) levels by linear mixed-effects regression models. In the dementia rating scale, more than 68% of workers in the exposure group were normal and about 79% of workers in the control group were normal.

The environmental monitoring for heavy metals in the air of workplace indicated that one personal monitoring data exceeded the permissible exposure limit (PEL) in Taiwan, ROC, 8 personal monitoring data exceeded half of the PEL (action level). The DNA oxidative damage biomarker-urinary 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) levels in exposure group exceeded than those in control group. Additionally, both of the abnormal rate of chest X-ray examination and lung function in exposure group were significantly higher than those in control group. Therefore, we have the following suggestions for multi



heavy metals exposure workers. 1.The ventilation should be enforced for confined space welding workers in shipbuilding industry for reducing multi heavy metals or other hazard exposure; 2.Personl protection equipment should be enforced for confined space welding workers and metals cutting workers to wear; 3. The employer should strengthen the health management for welding workers and metals cutting workers with abnormality of chest X-ray examination and lung function. Furthermore, the employer should reduce the levels of multi heavy metals and other hazards by engineering control; 4.There were lung cancer and kidney cancer cases in welding workers. Welding workers are high risk group for multi heavy metal exposure. We suggest that the cancer screen be added to the health examination items for multi heavy metal exposure workers to prevent occupational disease incidence.

Key word : Heavy metal, Welders, Health hazard evaluation, Occupational safety and health

# 目錄

摘要.....	i
<b>Abstract.....</b>	<b>iii</b>
目錄.....	vi
表目錄 .....	viii
圖目錄 .....	x
<b>第一章 前言 .....</b>	<b>1</b>
第一節 背景分析.....	1
第二節 研究目的 .....	6
<b>第二章 文獻回顧 .....</b>	<b>7</b>
第一節 重金屬暴露來源 .....	7
第二節 重金屬對人體的健康效應 .....	8
第三節 電焊業中重金屬暴露來源 .....	13
第四節 問卷設計 .....	16
<b>第三章 研究方法 .....</b>	<b>17</b>
第一節 探討流行病學文獻.....	17
第二節 研究對象 .....	17
第三節 問卷調查 .....	17
第四節 作業環境重金屬暴露之環境測定 .....	18
第五節 粉塵濃度測定 .....	22
第六節 生物指標測定 .....	22
第七節 統計分析 .....	32
<b>第四章、研究結果 .....</b>	<b>33</b>

第一節 環境中重金屬濃度 .....	33
第二節 個人採樣資料 .....	38
第三節 工作現場微粒暴露分析 .....	56
第四節 生物指標測定 .....	63
第五節 問卷結果 .....	77
<b>第五章、討論 .....</b>	<b>88</b>
第一節 工作時暴露的重金屬濃度與環境檢測 .....	89
第二節 健康情況 .....	91
第三節 問卷 .....	92
<b>第六章、結論與建議 .....</b>	<b>94</b>
第一節 結論 .....	94
第二節 建議 .....	96
<b>參考文獻 .....</b>	<b>99</b>
<b>附件一、問卷 .....</b>	<b>118</b>
<b>附件二、AD-8 極早期早期失智症篩檢量表 .....</b>	<b>126</b>
<b>附件三、巴金森篩檢問卷 .....</b>	<b>127</b>
<b>附件四、匹茲堡睡眠品質指標 (PITTSBURGH SLEEP QUALITY INDEX)</b> <b>.....</b>	<b>128</b>



## 表目錄

表 1、焊接種類.....	2
表 2、健康危害.....	4
表 3、勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準.....	8
表 4、一般焊條中化學成分種類.....	14
表 5、國內某造船業常使用的焊條成分分析.....	14
表 6、12 種金屬偵測極限與檢量線.....	21
表 7、不同作業環境中重金屬濃度分布.....	35
表 8、連續五天局限空間焊接勞工個人採樣(單位:μg/m <sup>3</sup> ).....	40
表 9、連續五天開放空間焊接勞工個人採樣(單位:μg/m <sup>3</sup> ).....	41
表 10、連續五天切割區焊接勞工個人採樣(單位:μg/m <sup>3</sup> ).....	42
表 11、12 種重金屬之間的相關係數.....	55
表 12、局限空間焊接與行政區粉塵濃度比較.....	62
表 13、開放空間焊接與行政區粉塵濃度比較.....	62
表 14、勞工一般健康檢查資料.....	66
表 15、心血管疾病相關健檢資料.....	67
表 16、肝功能檢查相關健檢資料.....	68
表 17、腎功能指標相關健檢資料.....	69
表 18、一般血液常規健康檢查相關資料.....	70
表 19、內分泌功能相關健康檢查資料.....	71
表 20、一般尿液常規健康檢查資料.....	72
表 21、現場三區勞工 8-OHdG(ng/ml)連續五天變化情形.....	74
表 22、300 位勞工 8-OHdG 濃度(μg/g creatinine).....	75
表 23、8-OHdG 與各種重金屬的線性混合效應迴歸模式分析.....	76
表 24、基本資料.....	80

表 25、工作經歷.....	81
表 26、生活型態.....	82
表 27、AD-8 極早期失智症篩檢量表 .....	83
表 28、巴金森篩檢量表.....	84
表 29、睡眠情況.....	85
表 30、匹茲堡睡眠品質.....	86
表 31、本研究與國內其他學者比較.....	90

## 圖目錄

圖 1、現場工作環境.....	19
圖 2、作業環境現場平面圖.....	34
圖 3、鋅、錳、鉛在三區中濃度分布圖.....	36
圖 4、鉛、銅、鉻在三區中濃度分布圖.....	36
圖 5、鎘、鋇、砷、鎳、鈷、鉍在三區中濃度分布圖.....	37
圖 6、三區個人採樣五天變化情形(Zn) .....	43
圖 7、三區個人採樣五天變化情形(Mn) .....	44
圖 8、三區個人採樣五天變化情形(Al).....	45
圖 9、三區個人採樣五天變化情形(Cu) .....	46
圖 10、三區個人採樣五天變化情形(Pb).....	47
圖 11、三區個人採樣五天變化情形(Cr).....	48
圖 12、三區個人採樣五天變化情形(Ni).....	49
圖 13、三區個人採樣五天變化情形(As) .....	50
圖 14、三區個人採樣五天變化情形(Sr) .....	51
圖 15、三區個人採樣五天變化情形(Co) .....	52
圖 16、三區個人採樣五天變化情形(Cd) .....	53
圖 17、三區個人採樣五天變化情形(Be) .....	54
圖 18、連續三天局限空間焊接粉塵濃度變化.....	58
圖 19、連續三天行政區粉塵濃度變化(對照局限空間焊接).....	59
圖 20、連續三天開放空間焊接粉塵濃度變化.....	60
圖 21、連續三天行政區粉塵濃度變化(對照開放空間焊接).....	61
圖 22、現場員工配戴個人防護具.....	98



# 第一章 前言

## 第一節 背景分析

環境中的重金屬來源有很多，其中包含了自然與人為，在人為方面會隨著工業的活動而增加環境中的重金屬濃度，像是電鍍業、電子業、油漆、金屬工業、電焊切割等行業，在勞工作業環境當中常會經由製程而釋放出重金屬而危害勞工的健康。在眾多行業之中又以電焊業裡的重金屬成份最為複雜，鋼板與焊材常會因為用途的不同而使得內含的成分有所不同，因此在電焊業中常會同時暴露在多種不同的重金屬之下。

電焊作業在工業發展上佔有非常重要的角色。電焊作業在工業上應用的範圍很廣，例如在汽車工業、製造業、建築業、船舶業等方面都有著普遍的應用。電焊作業的原理是利用「熱」或是「加壓」的方式將兩塊金屬融合，由於能使用相近的材質進行焊接，因此焊接部位與原來的特性相似，進而形成一體的接合，使得不同金屬之間能夠密合連結，效果比螺絲與鉸釘連接處的氣密效果好而且更加牢固，同時因焊接不需以重疊或凸緣作為連結，故其連結處較為平滑。焊接技術可依目的做多方面方法之變化，焊接可用於各種不同材質、大小及形狀之金屬物料連接。一般常見的焊接工法有很多（如表 1 所示），大致上可分為氣體焊接、電弧焊、電阻焊、固態焊接等四大類，其中又以電弧焊為日常中最常使用的電焊技術。

表 1、焊接種類

焊接方式	縮寫
氧乙炔氣焊法	OAW
氬氧氣焊法	OHW
包藥電弧焊	FCAW
氣體金屬電弧焊	GMAW
氣體鎢極電弧焊	GTAW
潛弧焊	SAW
保護金屬電弧焊	SMAW
電阻點焊法	RSW
電阻浮凸焊法	RPW
高週波焊法	HFW
冷壓焊法	CW

有研究指出電焊作業會對人體造成許多的健康危害[1]，種類包含了噪音、熱危害、金屬煙煙、游離輻射、粉塵等，其中又以金屬煙煙為主要的危害。有研究顯示吸入過多的金屬煙煙除了會造成呼吸系統方面的疾病(例如氣喘、支氣管炎、肺功能異常、肺癌)之外，也會經由上呼吸道進入腦部或是經由淋巴傳至血液後對神經系統方面造成不良的影響(例如巴金森氏症)，如表 2 所示。金屬煙煙產生之主要原因為是由於在焊接過程當中，需藉由電弧之高溫(高達 3,600 °C 以上)將焊材填熔於母材上，此溫度遠超過焊材金屬沸點，會產生許多混合氣體、煙煙 (fume) 及微小粒狀物質等污染物[2]，其中煙煙之組成份包括鐵、鉻、鎳、銅、鉛、錳、汞、鉬、鈦、釩、錫及鋅。電焊煙煙主要成分為鐵，雖然鐵對人體的毒性危害比較低，但是金屬煙煙中還具有其中種類的的毒性金屬，包含了鉻、鎳、鉛、鉍、鎳、鋅、鈷、鋁、錳等，主要來源含有此類金屬的合金鋼與電焊條[3]。

表 2、健康危害

	錳	鉛	鎘	砷	銅	汞	鋁	硒	鉻	鉍	鈷	鋅	鎳
神經精神異常	、	、	、	、	、	、	、						
睡眠障礙	、	、				、							
類巴金森氏症	、				、								
運動神經傳導異常		、				、		、					
周邊神經病變		、		、		、		、					
鼻穿孔					、								
肺部纖維化			、		、				、	、	、		
肺功能異常	、			、					、	、	、	、	、
血壓異常		、	、		、				、				
心血管功能異常			、	、									
肝功能異常	、		、	、	、								
腎功能異常		、	、		、				、				

煙煙的成份與發生量會因電弧焊料件材質、電弧焊作業方式及所使用電極的種類而異，例如一般電弧焊所產生的煙煙中含有鐵、錳及其他金屬之非結晶熔渣的粒狀物；不銹鋼電弧焊所產生的煙煙中則是含有鉻與鎳化合物[4]。近年來對於電焊作業的危害暴露評估已成為國內勞工安全衛生研究方面的重要課題，根據本所對於國內電焊業勞工的重金屬煙煙暴露調查發現，電焊作業較常暴露的重金屬有鐵、鉛、鎘、錳、鎳與鉻等[5]。除了分析金屬煙煙中所包含的種類之外，這些金屬對人體的健康效應也是個重要的議題；例如電焊作業勞工暴露在金屬奈米物質會造成高細胞鈣離子引起凋亡、肺功能、心血管與肝臟傷害；由本會編印的職業疾病案例（編號：78003）指出[6]，我國最早的案例發生在民國 75 年，地點在台北縣某錳鋼及矽鋼錳製造工廠，由於廠房內較為密閉，且因為廠內的熔爐排風設備故障，導致工廠內產生的煙煙無法排出，在這種環境之下工作幾年以後，發現到有六名勞工出現行動困難、手腳無力、聲音變小且講話聽不清楚、臉部表情生硬不自然（俗稱面具臉）、寫字過小且愈寫愈小等症狀，經過醫師診斷判定為神經系統受到傷害所引起的巴金森氏病。至於在國外的流行病學研究當中，有許多研究也證實了慢性錳暴露的主要標的器官為中樞神經系統，主要會產生許多神經行為症狀，如運動遲緩、平衡異常、步履及言語異常、認知遲緩、情緒改變等，更嚴重則可能造成錳中毒而產生跟自發性巴金森氏疾病無法辨別的神經症狀如肌肉無力、僵直、上肢顫抖等[7]。在工業上，錳鋼的高溫焊接在空氣中產生的錳煙煙在人體已經確認會造成呼吸系統、免疫系統、生殖系統及中樞神經系統等的危害。世界衛生組織亦指出如果長期或反覆的暴露於錳將會影響到神經系統，並且造成神經功能及神經心理上的異常[8]。

本研究的流行病學調查是針對國內某造船業中大量金屬切割與金屬焊接產生金屬煙煙暴露的勞工為研究對象，進行橫斷性流行病學研究，以問卷調查、生物檢體測定、健康指標篩檢、醫師理學檢查、作業環境測定等方式來評估金屬煙煙對勞工健康之影響，以研擬金屬焊接勞工健康危害預防措施，提供事業單位做為健康管理之重要參考依據，並期能做為本會未來訂定勞工安全衛生相關法規之重要參考依據。

## 第二節 研究目的

本研究主要是探討勞工暴露在金屬切割與焊接所產生之金屬煙塵作業環境中，所暴露的環境濃度與健康效應之間的關係，並期望能達成以下幾點：

1. 以作業環境測定評估多種重金屬暴露指標。
2. 探討多種重金屬暴露勞工之腦神經、肺部呼吸、心臟血管、肝腎、血液、內分泌等健康危害。
3. 探討多種重金屬暴露勞工之氧化傷害指標。
4. 研擬多種重金屬暴露勞工健康危害預防對策。

## 第二章 文獻回顧

### 第一節 重金屬暴露來源

國內各種作業環境中有重金屬暴露，尤其在金屬切割[9, 10]、焊接[11-20]之金屬煙、電鍍業[21-23]、各種合金製造業[21, 23-35]有多重重金屬暴露。如鋼鐵製造、焊接、採礦及提煉過程中所產生的錳(Magnese, Mn)粉塵；鎳的提煉業、鎳合金業、電鍍業、焊接業、鎳—鎘電池業、製玻璃瓶業、製錢幣業、珠寶業、陶器業、染料業等鎳(Nickel, Ni)粉塵暴露；電子業、塑膠穩定劑的製造及使用、鉛精鍊業、電池製造業、廢電池回收與鉛提煉、焊接及切割業、橡膠業塑膠業、油漆業、焊接鉛的物品、製造鉛的漆加物、鋅及的銅的精煉、顏料及漆料製造業等鉛(Lead, Pb)粉塵；合金製造、陶器業、化學品合成、電池製造、染料製造、電鍍業、電子工人、鍍鋅業、漆料及色料業、焊接業等鋅(Zinc, Zn)粉塵；鎘製造業、鉛及鋅的熔鑄業、電鍍業塑膠穩定劑製造、鎘鎳電池製造業、焊接鍍鎘物質合金製造業、色料業、電子製造業等引起鎘(Cadmium, Cd)粉塵；農藥的製造及噴灑，砷的製造及生產、電子半導體的製造等砷(Arsenic, As)粉塵；電鍍業、金屬工業、彩色電視影像管製造、銅刻、玻璃業、水泥使用、不鏽鋼(琢磨)、紡織業(色料)、焊接業等鉻(Chromium, Cr)粉塵；電池製造者、銅精鍊業、色料業及漆業、防腐劑、水處理、焊接業、合金業、電鍍業、殺黴菌農藥、殺螺藻類之藥劑、顏料油漆業等的銅(Copper, Cu)粉塵；在牙醫、電池業、壓力計及校正儀器造、氯鹼業、陶器業、電鍍業、電氣產品金及銀的提煉、水銀燈及螢光燈業、漆料、紙漿製造業、照像業、溫度計等元素汞，中藥、消毒劑、染料及漆料、皮毛處理、製革業木村防腐、氯乙烯製造、汞蒸氣燈、鏡中的銀粉、照相業、香水與化妝品業等無機汞，殺菌劑、製紙業、殺黴菌劑、殺虫劑製造、木村防腐劑等有機汞等等之汞(Mercury, Hg)暴露；鋁業製造、各種鋁金屬加工、鋁煉製與回收業、鋁焊接等等鋁(Aluminium, Al)暴露；電子電腦業、陶瓷業、國防工業、航空業、運動器材等金屬加工業、汽車製造、金屬和金加工等等鈹(Beryllium, Be)暴露；油漆、瓷器、漆器製造業、金屬合金等鈷(Cobalt, Co)暴露；電子與半導體製造、藥品製造、塑膠硬化劑、金屬業等硒(Selenium, Se)暴露；電子業、電子儀器、影像相關產業、殺菌劑、金屬和金與珠寶加工等銀(Silver, Ag)暴露。電子產業、電漿膜、電池產業、電容薄膜、陶瓷、漆料與治療骨質疏

鬆之藥物等產業使用銦(Strontium, Sr)等。

## 第二節 重金屬對人體的健康效應

在勞工重金屬暴露方面我國政府為了保障勞工在作業場所的安全，行政院勞工安全衛生委員會也有訂定相關的法規，並針對勞工作業環境裡面空氣中的有害物質及濃度制定了相關的規範，如表 3 所示。

表 3、勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準

中文名稱	元素符號	容許濃度(mg/m <sup>3</sup> )
鈹	Be	0.002
砷	As	0.01
鈷	Co	0.05
鎘	Cd	0.05
鉛	Pb	0.05
銅	Cu	0.2
鉻	Cr	1
鎳	Ni	1
錳	Mn	1
錫	Sn	2
鋅	Zn	5

至於重金屬暴露導致各種的健康傷害已有許多案例[36-39]，例如錳(Magnese Mn)的急性暴露以金屬切割與焊接產生之氧化錳煙引起金屬煙熱[40-42]與化學性肺炎[43-47]與氣喘[43, 48]，其他金屬引起之煙亦造成金屬熱(Metal fume fever)[40, 49, 50]；慢性錳暴露，金屬焊接煙[51-53]與合金加工[29, 54, 55]之暴露，主要是以錐體外症候群(Extrapyramidal Syndrome)之神經精神病變[56-62]表現，包括認知障礙及情緒困擾，記憶障礙[63]，躁動、無法控制之哭笑、歌唱與跳舞、失眠，行動笨拙，行走困難、僵硬、無法說



話、抖動、類似巴金森症[64-69]等。鎳(Nickel, Ni)吸入有機鎳 Nickel carbonyl 所致[70]，血糖及尿糖上升；常會有噁心、嘔吐、頭痛、頭暈、失眠、躁動持續數小時、然後 12 小時到 5 天沒症狀。隨之會有如肺炎般的胸悶、呼吸困難、咳嗽、心悸、流汗、虛弱及視力模糊。誤飲鎳污染的飲水或透析用水被污染所致，其症狀為噁心、嘔吐、頭痛、心悸、虛弱、腹瀉、呼吸短促、咳嗽等持續 1-2 天。電鍍業者長期皮膚接觸會有過敏性皮膚炎、接觸性皮膚炎(Contact Dermatitis)發生，另外慢性呼吸道疾病[71-75]、呼吸道過敏[76, 77]、免疫機能異常、及癌症[78-80]，尤其以鼻腔、咽喉與肺部為主之呼吸道癌[81-89]、口腔癌[90]都可發生，但尿液或血液中之鎳濃度與病變無關。鉛(Lead, Pb)急性暴露有疲倦、躁動、感覺異常、肌痛、腹痛、抖動、頭痛、噁心、嘔吐、便秘，嚴重時運動神經病變、腦病變、抽搐、昏迷、嚴重腹絞痛、急性腎衰竭等；慢性暴露主要傷害有腦部神經系統[91-99]的腦病變、精神智能障礙、神經行為異常[99-102]、運動神經傳導速度變緩，腎臟傷害[103-116]的高血壓[117-128]、痛風[129]，及慢性腎衰竭與血液骨髓的貧血[130-134]、溶血[135]，另外甲狀腺功能低下[136-142]、減少精子活動性及數目[143-151]、致癌性[152-155]與干擾維生素 D 功能。鋅(Zinc, Zn)吸入氯化鋅(Zinc Chloride)的煙霧微粒會引起咳嗽、呼吸困難，呼吸窘迫症，急性腎衰竭；皮膚接觸鋅化合物會引起皮膚炎，有些人會潰瘍；吸入氧化鋅的粉塵及煙霧，咳嗽、呼吸短促、疲勞、肌痛、發燒到，流汗，化學性肺炎，肺水腫等金屬燻煙熱。慢性鋅中毒引起血銅濃度大幅下降相關之貧血[156-162](Microcytic or Normocytic) with low Total Iron-binding Capacity(TIBC)[156, 158]、Sideroblastic Anemia[163-166]，白血球稀少症[160]、免疫力受損、體重減輕等症狀。鎘(Cadmium, Cd)在工作環境中吸入氧化鎘引起嚴重的金屬燻煙熱，在暴露後 12-24 小時後，發生胸痛、頭痛、咳嗽、呼吸困難、發燒、肺水腫、腎肝壞死；食入鎘引起噁心、腹痛、嘔吐、出血性腸胃炎、肝、腎壞死、心臟擴大；慢性吸入主要引起肺纖維化及腎病變；慢性食入主要引起腎病變包括低分子量蛋白尿、胺基酸尿及糖尿等尿液表現，周邊神經病變之痛痛病，高血壓、心臟血管疾病，腎衰竭後引起鈣代謝異常相關之骨質疏鬆與骨折，及肺癌為主之癌症，男性生育力下降、不孕症等；砷(Arsenic, As)經由食入，引起急性期有噁心、嘔吐、腹痛、血便、休克、低血壓、溶血、大蒜、及金

屬味、肝炎、黃疸、急性腎衰竭、昏迷、抽搐，之後如周邊神經炎；吸入性傷害有咳嗽、呼吸困難、胸痛、肺水腫、急性呼吸衰竭；慢性砷暴露引起皮膚溼疹、角質化、皮膚癌、Bowen's disease，中樞及手套襪子分布周邊神經病變引起肌無力與肌肉萎縮，貧血、血球稀少、白血病，血管粥狀硬化(Atherosclerosis)、冠狀動脈疾病與周邊血管病變、四肢壞死(烏腳病)及肝功能異常，肺癌、肝癌及膀胱癌等致癌性病變。鉻(Chromium, Cr)中的六價鉻為腐蝕毒性物，急性六價鉻金屬暴露引起皮膚鉻潰瘍、鼻中隔穿孔、接觸性過敏性皮膚炎、皮膚全層性潰瘍、腸胃道出血、急性腎衰竭與肺水腫等。慢性鉻粉塵吸入引起肺部纖維化、塵肺症、氣喘；而且增加癌症發生，特別是肺癌；長期食入六價鉻可能引起胃癌。銅(Copper, Cu)因誤食大量的銅會引起腹痛、腹瀉、嘔吐、吐血、變性血紅素症、血尿；嚴重時有肝炎、低血壓、昏迷、溶血、急性腎衰竭、抽搐、甚至死亡；慢性過量銅金屬累積在第十三對染色體上負責產生銅運輸酶的基因發生異常產生銅的代謝異常之威爾森氏症(Wilson Disease)[167, 168]引起包括顫抖(Tremor)、運動失調(Ataxia)與肌張力不足(Dystonia)等之腦部病變，情緒不穩、憂鬱症、躁症、精神錯亂、人格改變等精神異常，腎功能異常，眼睛角膜外圍銅顆粒堆積與肝纖維化、肝硬化外，在肝臟快速由膽汁排泄在外情況下，少有慢性因為食入銅而造成問題；長期吸入銅粉塵及煙煙，會導致鼻中隔穿孔、肺部肉芽腫、肺間質纖維化(Vineyard Sprayer's Lung)及肺癌。汞(Mercury, Hg)因為吸入汞蒸氣會引起口腔炎、腸炎、發燒、意識混亂、急性支氣管炎、肺炎、呼吸困難等問題；慢性汞金屬暴露引起中毒會有手部戲為性顫抖發抖(Fine Tremor)之神經變病，對刺激反應過度之所謂 erethism mercurialis(包括失眠、害羞、記憶衰退、情緒不穩、神經質、及食慾不振、社會萎縮、甚至憂鬱症症狀)等神經精神異常，以及牙齦發炎(Gingivostomatitis)；長期職業性金屬汞暴露引起臨床上不明顯之神經精神異常，如注意力不集中、失憶、行為架構困難與肌肉運動表現下降(Motor Performance)，近端性為主的肌肉無力，汞會抑制兒茶酚胺激素(Catecholamines)代謝而使得血液的兒茶酚胺激素增加導致心跳加速、多汗、高血壓[169-171]，手掌與腳掌皮膚癢、紅腫、脫屑之紅皮水腫性多發性神經病(Acrodynia)[39, 169, 172, 173]等；如日本經驗，有機汞(Methyl Mercury)因長期食入而累積導致疲累、口腔周圍與四肢神經麻木

(Paresthesia)、手部活動困難、運動失調(Ataxia)、發音困難(Dysarthria)與視力模糊、視野狹窄等問題。鋁(Aluminium, Al)金屬在日常生活用品與工業上大量使用，因食入在腸胃道有 0.1%到 1%吸收後與鐵蛋白(Transferrin)結合分布全身後在骨頭與肺部累積，腎功能異常是導致鋁堆積之主要因素，鋁抑制鈣離子進入骨質且抑制骨生成母細胞(Osteoblastic)與蝕骨母細胞(Osteoclastic)功能而導致骨質疏鬆(Osteoporosis)、骨質軟化(Osteomalacia)等；長期鋁累積，有神經精神異常、貧血與骨病變；職業暴露鋁金屬引起認知障礙、憂鬱、協調失常、記憶減退與顫抖等神經精神異常，可能與失智症相關，骨質密度減少、骨頭疼痛、骨軟化症與自發性骨折，同時因為與鐵蛋白結合而導致對鐵劑治療無反應之貧血(Hypovolemic Microcytic Anemia)且貧血嚴重性與血液中鋁濃度有正相關性；長期暴露鋁之勞工增加膀胱癌與肺癌之風險。鈹(Beryllium, Be)經肺部肺泡吞噬細胞吸收後，分布到骨頭、肝、腎、肺與淋巴系統中，由腎臟排除；鈹主要誘發細胞性免疫(Th1-mediated)相關性之肉芽腫(Granulomas)與單核球細胞浸潤，皮膚接觸引起刺激性、過敏性皮膚炎與肉芽腫；長期鈹暴露誘發全身性過敏反應，包括噁心、疲累、發燒、胸痛、呼吸困難、體重減輕，淋巴結腫大與肝脾腫大，肺部漸進性惡化而肺衰竭；胸部 X 光早期呈現正常，但漸進性雙側肺部瀰漫性浸潤與肺門淋巴腫大；肺功能檢測有 1/3 呈現阻塞性變化、1/4 以局限性為主、1/3 以一氧化碳通透減少為主，其餘為混合性變化；另鈹金屬對人類可能為致癌物。鈷(Cobalt, Co)為維生素 B12 成分之一，但長期鈷粉塵吸入白血球與多核性吞噬細胞浸潤之纖維性肺瀉泡炎、進而引起肺間質性病變(Interstitial lung disease)與阻塞性肺功能障礙；長期食入過量鈷金屬引起心肌病變、心包膜積水與雙心室性心衰竭；但症狀與血中鈷濃度無相關。硒(Selenium, Se)經由肺部與消化道吸收後堆積於肝臟與腎臟，由糞便及尿液排出；過量硒可能經由抑制硫氫基酵素功能而引起氧化壓力增加而致毒性；掉髮、指甲異常、牙齒脫色與蛀蝕；長期大量硒攝取引起神經病變而有輕度癱瘓(Paresis)與皮膚感覺異常(Paresthesia)等，臨床表現與體液中濃度相關。銀(Silver, Ag)經皮、肺、腸胃道吸收，肝代謝；銀與硫氫基、蛋白質有很高結合性，無機銀鹽類與蛋白質、DNA 及 RNA 結合，但銀並非致癌物；長期銀中毒在皮膚引起不可逆性藍灰色色素沉積之 Argyria；銀在腎臟沉積於腎絲球濾泡之基底層(Basement

membrane)為主，但臨床上腎功能異常少見，且與體液之銀濃度無關。鋇(Strontium, Sr)在電漿顯影使用眾多，與骨骼再生與骨質密度相關之藥物上，如 Strontium ranelate 具刺激骨質生成與抑制骨質流失之雙重作用而治療骨質疏鬆與預防骨折；鋇與鈣代謝有 99%相似，鋇於人體中主要位於骨頭[174]，少量鋇有利於增加骨質再生，但過量引起鋇佝僂病(Strontium Rickets)，抑制骨質再生，減少骨頭與血液中鈣含量[175, 176]。

### 第三節 電焊業中重金屬暴露來源

一般來說電焊過程中所使用的材料包含母材、焊條、助焊劑等物質。其中母材的種類又可分成碳鋼、低合金鋼包含鉻及錳含量在 1%以下與鉻含量在 1%以上或錳含量在 0.5%以上、高合金鋼（包含麻田塞鐵不銹鋼材、肥粒鐵不銹鋼材、沃斯田鐵不銹鋼材與高碳化鉻）、黑鐵、鍍鋅鋼板、生鐵製、銅製、鋁製、高錳鋼（13%）等等。隨著焊接過程以及電焊條組成的不同，焊接時所產生的煙煙是一種由許多不同金屬所組成的複雜混合物，美國職業安全與衛生署(OSHA)指出焊接煙煙的分析中主要有 13 種金屬元素，分別為鈷、鉍、鎘、鉻、銅、鐵、錳、鎳、鉛、銻、釩、鋅、鉬。為了增加鋼鐵的延展性及強韌性，煉鋼時仍會加入錳及其他化合物，所以鋼鐵合金都有錳金屬的存在。

焊條由焊芯和藥皮組成。焊芯除了含有大量的鐵外，還有碳、錳、矽、鉻、鎳、硫和磷等(表 4 為一般常見的焊條成分，表 5 為國內某造船公司常使用的焊條成分)；藥皮內材料主要由大理石、螢石、金紅石、純鹼、水玻璃、錳鐵等組成。焊接時，電弧放電產生 4000℃ - 6000℃ 高溫，在熔化焊條和焊件的同時，產生了大量的煙塵，其成分主要為氧化鐵、氧化錳、二氧化矽、矽酸鹽等，煙塵粒瀰漫於作業環境中，極易被吸入肺內。長期吸入則會造成肺組織纖維性病變，即稱為電焊工塵肺，而且常伴隨錳中毒、氟中毒和金屬煙霧熱等並發病。患者主要表現為胸悶、胸痛、氣短、咳嗽等呼吸系統症狀，並伴有頭痛、全身無力等病症，肺通過氣功能也有一定程度的損傷。在重金屬物質中的  $\text{SiO}_2$  屬於結晶型，主要用途為作為造渣和作為活化劑使用，在焊接過程當中能調整溶渣的物化性能，提高電弧、電壓、細化熔滴，且提高焊條熔化係數；對於塗敷了  $\text{SiO}_2$  活性劑的焊縫，隨著  $\text{SiO}_2$  塗敷量的增加，焊道寬度逐漸變窄，弧坑變長變窄變深。在所有活性劑中， $\text{SiO}_2$  對焊縫成形作用效果最大。

表 4、一般焊條中化學成分種類

	鈦型	鈦鈣型	鈦鐵礦型	氧化鐵型	纖維塑型	低氫型
SiO <sub>2</sub>	15~31	10~30	23~28	35~40	20~26	5~25
TiO <sub>2</sub>	24~48	20~35	10~18	<10	11~15	<22
MnO	5~7	6~9	10~19	16~18	6~8	2~7
FeO	4~22	5~25	7~25	30~35	2~12	2~20
MgO	5~7	1~5	1~8	<5	3~5	<5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4~6	5~8	3~9	<4	9~10	<12
CaO	<10	8~12	2~10	<3	<2	8~26
揮發成分	<12	<10	2~10	<2	2~10	<20

單位：%

表 5、國內某造船業常使用的焊條成分分析

	品名		
	TL-50D	KFX-71T	SFC-71
C	0.15	0.12	0.12
Mn	1.6	1.75	1.75
Si	0.9	0.9	0.9
P	0.035	0.03	0.03
S	0.035	0.03	0.03
Ni	0.3	0.5	0.5
Cr	0.2	0.2	0.2
Mo	0.3	0.3	0.3
V	0.08	0.08	0.08
Cu		0.35	0.35

單位: (wt%)

助焊劑的種類有很多，一般可區分成三大類，分別是無機系列、有機系列焊樹脂系列。無機系列助焊劑的化學作用強，助焊性能非常好，但腐蝕作用大，屬於酸性焊劑。因為它溶解於水，故又稱為水溶性助焊劑，它包括無機酸和無機鹽 2 類。含有無機酸的助焊劑的主要成分是鹽酸、氫氟酸等，含有無機鹽的助焊劑的主要成分是氯化鋅、氯化銨等，它們

使用後必須立即進行非常嚴格的清洗，因為任何殘留在被焊件上的鹵化物都會引起嚴重的腐蝕。這種助焊劑通常只用於非電子產品的焊接，在電子設備的裝聯中嚴禁使用這類無機系列的助焊劑。

有機系列助焊劑的助焊作用介於無機系列助焊劑和樹脂系列助焊劑之間，它也屬於酸性、水溶性焊劑。含有有機酸的水溶性焊劑以乳酸、檸檬酸為基礎，由於它的焊接殘留物可以在被焊物上保留一段時間而無嚴重腐蝕，因此可以用在電子設備的裝聯中，但一般不用在表面黏著技術(Surface-mount technology, SMT)的焊膏中，因為它沒有松香焊劑的黏稠性（起防止貼片元器件移動的作用）。

在電子產品的焊接中使用比例最大的是松香樹脂型助焊劑。由於它只能溶解於有機溶劑，故又稱為有機溶劑助焊劑，其主要成分是松香。松香在固態時呈非活性，只有液態時才呈活性，其熔點為 127℃ 活性可以持續到 315℃。錫焊的最佳溫度為 240～250℃，所以正處於松香的活性溫度範圍內，且它的焊接殘留物不存在腐蝕問題，這些特性使松香為非腐蝕性焊劑而被廣泛應用於電子設備的焊接中。

## 第四節 問卷設計

本研究針對的對象是大量金屬切割與金屬焊接產生煙塵暴露的勞工，在問卷的設計項目包含了基本資料、工作經歷、生活型態以及一般疾病史等四大項。問卷設計完成後進行初測並進行信效度之檢測。在信度檢測的部分，招募至少 20 位主管和督導參與兩次測試，測試時間間隔兩週。信度指標是計算 Cronbach's  $\alpha$  係數，以分析「多種重金屬暴露勞工健康危害評估」問卷各面向的內在一致性，若是值大於 0.7 則表示各項目確實測量同一概念(本問卷 Cronbach's  $\alpha$  係數為 0.9)。而再測信度之檢驗是以計算級內相關係數(Intraclass correlation coefficients, ICC)來分析前後兩次所測量到的分數。問卷建構效度的部份，則採用因素分析方法予以檢測。問卷內容針對工作經歷和生活型態這兩個部分進行效度檢測，其結果與兩週前的詢問結果一致( $\kappa = 1$ )。



## 第三章 研究方法

### 第一節 資料收集

經由圖書文獻、期刊與網際網路搜尋、整理、分析多種重金屬暴露勞工之流行病學調查相關文獻資料。

### 第二節 研究對象

本研究當中選定的研究對象為某造船業員工，由於造船業勞工在工作時常常因工作需求而進行電焊作業，因此工作時會大量暴露在金屬煙煙當中，而金屬煙煙當中的重金屬組成成分複雜，故在本研究當中選定造船業為研究對象並探討其暴露情形，並依照工作地點的不同將其區分成暴露組及對照組共 300 人，暴露組方面選擇 200 位在現場工作的員工，平時從事的工作為鋼板焊接與切割；對照組則是選擇辦公室人員 100 人，平常工作地點都在室內，不會進到工作現場。

### 第三節 問卷調查

研究中所使用之問卷收集有關的個人基本資料，基本人口學資料主要包括性別、年齡、身高、體重、教育程度、婚姻狀態等，過去疾病史、生活史(吸菸、二手菸暴露、飲酒、嚼食檳榔、飲茶或咖啡以及運動習慣等)。工作職業暴露調查包括工作職稱、職業史(特別針對從事重金屬暴露工作致癌，從開始工作時經歷的公司企業、工作場所地點與工作年數詳實記錄)，排氣措施與防護具使用情形，主要重金屬危害暴露情形，是否其他危害物暴露情形等。另外詢問是否有長期服用中藥粉等。

工作制度方面，則詢問上班時間制度與輪班情形，同時探討睡眠品質問題。

## 第四節 作業環境重金屬暴露測定

### 1. 勞工作業環境測定

檢測作業環境中勞工呼吸空氣中之重金屬濃度以做為外在環境多種重金屬暴露評估。作業環境依工作環境特性，例如不同之焊接方法或局限空間及其他可能作業環境，選取適當之作業地點分配收集 8 小時工作環境氣體以為分析[177-181]。

#### 1.1 作業環境測定之理由：

電焊作業(welding)是我國工業技術發展相當重要的技術，電焊作業在工業上的運用相當廣泛，例如：汽車工業、建築業、製造業等。電焊會產生多種的危害，包括：熱危害、噪音、震動、有害氣體與金屬煙煙(fume)等，其中氣體和金屬煙煙為主要危害。電焊過程中所產生的氣體與煙煙經由勞工吸入後會在健康方面造成不良的影響。一般來說電焊煙煙的粒徑範圍約為 0.1~2  $\mu\text{m}$ ，大部份為可呼吸性粉塵，容易進入肺部沉積造成危害。因此探討電焊工人在職場作業環境中所暴露的金屬煙煙量多寡已經成為一個重要的議題。合金金屬切割與研磨加工，電鍍業使用多種重金屬亦使勞工暴露於多種重金屬環境。

#### 1.2 作業環境測定分析內容：

本實驗針對工作環境中的金屬煙煙微粒進行採樣分析，以便了解勞工在工作環境上暴露量的多寡。

#### 1.3 如何採樣：

本實驗使用 MCE 濾紙進行金屬煙煙的採集，採樣方式為 cassette；所使用的濾紙為 37 mm, pore size: 1.2 $\mu\text{m}$ ，實驗中使用高流量的 pumps，以每分鐘 2 升的流量進行採樣。

#### 1.4 採樣規劃：

個人採樣部分以相似暴露族群的方式選取，每個暴露群選擇十位員工進行個人採樣，

代表該暴露群的暴露狀況，暴露區依照其工作特性一共區分成三個區塊，分別是開放空間焊接、局限空間焊接、以及鋼板切割(如圖 1 所示)；鋼板一進入船體工廠會先進行落樣，再依照落樣的樣式進行鋼板切割，之後將切割完成的鋼板進行焊接組裝，一直到鋼板離開船體工廠前所焊接的內容會越來越細膩且焊接空間會越來越小，故將整個焊接現場加以區分成此三部分。每位採樣對象採集五次，分別為星期一到星期五，採樣時段分成上午及下午兩個時段，中午員工休息一小時不進行採樣，故每個時段採樣時間為四個小時，一天總共進行八小時的環境樣本採集。



圖 1、現場工作環境

### 1.5 避免污染 (How to avoid contamination)：

每次採樣的過程當中為了評估是否在樣本運送、操作、保存過程中有受到汙染，包含介質空白(median blank)與現場空白(field blank)，現場空白的樣本數為每次採集樣本的 10 %；此外在採樣前後樣本包裝需確實包裝完整並冷藏，在運送過程要確保樣本不會有遭受到其他污染物污染。由於樣本數多因此採樣前需註明清楚採樣日期時間與地點。

## 2. 分析方法：

本研究的分析方法依據行政院環境保護署的環境檢驗所公布的空氣中粒狀污染物金屬檢測方法—感應耦合電漿質譜儀(NIEA A305.10C)進行檢測(請參閱網址：<http://www.niea.gov.tw/niea/AIR/A30510C.htm>)。本研究中所使用的是感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS)，並利用霧化器將待測量品經霧化處理後配合載送氣流輸送含待分析元

素之氣膠(Aerosol)至電漿當中，樣品受熱後經去溶劑、分解、原子化/離子化等一系列反應，形成單價正離子，透過真空介面傳輸進入質譜儀，配合質量分析器以特定質荷比之離子予以解析，再以電子倍增器檢測進行元素之定量分析。

樣本處理過程如下：

- (1) 採樣介質以 65 %硝酸和 60 %過氯酸(4：1，v/v)消化酸消化後，然後以 4% 硝酸 + 1% 過氯酸溶液定量至 25mL。
- (2) 以感應耦合電漿質譜分析儀 (Inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)[182-184]測定最終溶液中鉻、鎳、錳、鎘、銅、鋅、鉛、鈷、鋇、鉍、鉍等重金屬。

在樣本上機之前會先建立校正曲線且線性相關係數需 $\geq 0.995$ ；並建立儀器的偵測極限(LOD)與定量極限(LOQ)，方法為連續分析 7 次空白溶液，以其 3 倍之標準偏差為 LOD 值，10 倍之標準偏差為 LOQ，如表 6。在樣本分析方面每分析 10 個樣本會再隨機挑選 1 樣本進行添加回收效率的實驗，並計算其回收率，回收率需達  $100\pm 20\%$ 。此外在品質控制方面每分析 10 個樣本後，會選取一個標準品進行品質控制，計算其準確率(Accuracy)並達  $100\pm 20\%$ 。

表 6、12 種金屬偵測極限與檢量線

Metal	Range ( $\mu\text{g/L}$ )	$R^2$	Recovery rate (%)	Accuracy (%)	Precision RSD (%)	LOD ( $\mu\text{g/L}$ )	LOQ ( $\mu\text{g/L}$ )
Zn	100~1000	0.999	101.2%	104.9%	0.5%	0.009	0.03
Mn	1~100	0.999	92.3%	96.0%	0.5%	0.014	0.048
Al	1~100	0.9997	90.4%	95.8%	1.8%	0.044	0.145
Cu	0.05~10	0.9997	101.7%	98.2%	1.4%	0.003	0.01
Pb	0.05~10	0.9997	100.7%	96.9%	2.4%	0.008	0.026
Cr	0.05~10	0.9997	98.5%	97.5%	1.6%	0.005	0.027
Ni	0.05~10	0.9997	101.6%	98.8%	1.1%	0.006	0.021
As	0.05~10	1	101.3%	99.6%	1.8%	0.002	0.006
Sr	0.1~10	0.9999	98.3%	99.1%	0.9%	0.001	0.002
Co	0.1~10	0.9999	99.0%	98.5%	0.9%	0.001	0.002
Cd	0.1~10	0.9999	95.7%	98.5%	1.2%	0.001	0.002
Be	0.1~10	0.9999	97.0%	97.7%	2.7%	0.001	0.003

## 第五節 粉塵濃度測定

本實驗中所使用的儀器為 IAQcheck™ 攜帶式微粒濃度監測儀 (IAQcheck™ portable dust monitor, series 1.108, Grimm, Germany)，為一連續測量空氣懸浮微粒的小型攜帶儀器，微粒測定的數據可用粒數(counts/l)或是質量( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )來表示這些測量值。Model 1.108 利用光譜散射技術做為單一微粒的計數，藉由 semiconductor-laser 為光源，當微粒通過雷射照射所散射的訊號以近乎 90° 的反射鏡收集並傳輸至 recipient-diode。通過 diode 的訊號經過增幅後再以波高分析器將訊號分類至不同粒徑。本儀器內部利用幫浦以固定流量 1.2 liters/minute 將外界氣體吸入以便分析，儀器偵測上限為 100 mg/liter (質量濃度) 及 2000000 counts/liter (粒數濃度)，敏感度為 1 particle/liter，開始測量後每六秒鐘會更新一次讀值，數據的紀錄可設定選擇 6 秒、1 分鐘、5 分鐘、10 分鐘、15 分鐘、30 分鐘及 1 小時之監測間隔。

採樣過程中分別將儀器放置在工作現場以及行政區以便作為粉塵濃度的比較，每天採樣結束後會更換內部鐵氟龍濾紙 (PTFE, 47mm, pore size = 1.2  $\mu\text{m}$ )。

## 第六節 生物指標測定

所有受試者在第一次參與本計劃時，皆提供勞工健康檢查，其內容包含有一般生理檢查、醫師問診與理學檢查、血液檢測、生化檢查、尿液檢測及各種功能檢查。由專業之護理人員以標準方式採集血液，裝入內含 EDTA 抗凝劑之真空採血管(Vacutainer, BD,USA)約 3 毫升為血球分析、空白真空採血管(Vacutainer, BD,USA)約 8 毫升為血清生化檢驗、Sodium Fluoride 真空採血管 (Vacuette, BD,USA)約 2 毫升為血糖檢測，以及 Sodium Citrate 真空採血管 (Vacuette, BD,USA)收集血液檢體，以尿液收集盒收集尿液，並由專業人員將檢體送醫院由台灣認證基金會(TAF)認證符合 ISO15189 之檢驗室檢測。

## 檢查項目：

### (一) 一般生理檢查指標

其內容主要包含有身高、體重、胸圍、腰圍、血壓值(收縮壓與舒張壓)與心跳測量，視力、聽力、辨色力等檢查，由專業之醫療人員進行量測。

### (二) 醫師問診與理學檢查

健康檢查醫師對受試者進行頭頸部、胸部、心臟、腹部與四肢等理學檢查，執行高血壓、糖尿病、腦中風或出血、腦部外傷、癲癇、氣喘、心肌梗塞或心絞痛等心臟血管疾病、B 型肝炎、C 型肝炎、結婚無避孕措施一年未懷孕、各種癌症(特別是鼻咽癌、鼻腔癌、鼻竇癌、肺癌、膀胱癌)等與其他可能之疾病史詢問，特別以美國胸腔學會編撰呼吸道症狀之咳嗽、咳痰、喘鳴、呼吸短促、感冒，心血管系統之胸悶、胸痛、運動活動喘等症狀之評估，並執行理學檢查，特別對巴金森氏[185, 186]之靜止性顫抖(Tremor)[187]、肢體僵硬(Rigidity)、動作遲緩(Bradykinesia)、步態不穩(Postural Anormality)等核心症狀[185, 186]，且特別注意肌無力、彎腰駝背姿勢與拖腳走路、雞步(Cock walk)；對肺部理學檢查之呼吸喘鳴音(Wheezing)；對皮膚檢查皮膚色素沉積與癌化病變等。

### (三) 腦神經系統健康影響評估

各種重金屬毒性引起神經行為異常，以腦部核磁共振攝影(MRI)呈現 High Signal Intensity 比檢查血液重金屬含量有較高預測性[188, 189]，但 MRI 檢查費用高；因此，以量表評估認知障礙、記憶減失、睡眠障礙與理學檢查評估類巴金森氏症[69, 190-193]，特別注意動態性震顫(kinetic tremor)、肌肉張力不全無力(dystonia)、步態異常(gait disturbances)，早期就有精神、平衡與語言方面之異常較為可行之方式。本研究中所使用的量表有以下幾種：

#### 1. 極早期失智症篩檢檢測量表：

由 2009 年世界阿茲海默氏失智症大會發表，經劉景寬、楊淵韓發表使用之極早期認知功能問卷(AD-8)[194-197]可以簡易協助偵測早期認知問題之篩檢，為認證過有效快速自我評估之工具。

## 2. 簡易智能評估量檢測：

經神經科專科醫師訓練後之問卷員協助，以簡易智能評估量檢測台灣版(Mini-Mental Status Examination, MMSE TDS)[198-201]檢測定向感，登錄能力，注意力，記憶力，抽象概念，語言能力及構圖能力等心智功能，經神經科專科醫師評分；總分 30 分，24 分以下異常，轉介神經科醫師進一步診療。

## 3. 巴金森氏核心運動症狀(Motor Movement in UPDRS)[190-192, 202, 203]：

經健康檢查醫師檢查發現巴金森氏核心症狀中之靜止性顫抖(Tremor)、肢體僵硬(Rigidity)、動作遲緩(Bradykinesia)、步態不穩(Postural Anormality)者，尤其有肌無力、彎腰駝背姿勢與拖腳走路，雞步(Cock walk)，受檢者被前推反而向後動等特殊異常，轉介神經科醫師進一步診療。

## 4. 巴金森篩檢問卷 (Questionnaire for Parkinson's disease as a screening instrument)[204-207]：

由澳洲研發，根據巴金森常見症狀，由受試者自行填寫之問卷，有不錯的一致性，使用 Score 為 5 分或以上時，其靈敏度與特異性分別為 0.88 與 0.95。新近發展，針對社區巴金森氏症盛行率篩檢需要之問卷工具[205, 208]，受試者一致性(Cronbach's alpha of the questionnaire was 0.708)，當閾值設在 5/6 時，其靈敏度與專一性分別為 0.98 與 0.61，且改善可靠性。本研究選用專一性較高之工具[206, 207]。

## 5. 純音聽力檢查(Pure Tone Audiogram,PTA)：

重金屬暴露常有聽力異常，雖然在金屬暴露的工作場所，如金屬切割、造船焊接、金屬加工等，常同時有噪音暴露，但重金屬仍是引起聽力異常之重要危險因子[209-211]。以 PTA 檢查評估多重重金屬暴露對聽力之影響。受試者於符合勞工健康檢查指定醫療機構辦法背景噪音的聽力檢查室或檢查隔音箱中由專業醫療人員實施。

## 6. 匹茲堡睡眠品質指標：

精神認知異常之睡眠品質常是異常的[212]，睡眠品質常為認知異常之指標；以精神科專科醫師訓練後之問卷員協助，以中文版匹茲堡睡眠品質指標[213-216](Pittsburgh Sleep



Quality Index, CPSQI)[217-221]評估睡眠品質以評估重金屬暴露對勞工睡眠之影響。

#### (四) 肺部呼吸系統健康影響評估

##### 1. 胸部 X 光檢查：

以檢測肺部結構性異常，如肺氣腫、腫瘤等。有疑似肺腫瘤者，協助安排前往醫院胸腔科詳細檢查與診療。

##### 2. 肺功能測量：

肺功能由具證書之檢驗師以 HI-801(Fukuda Corporation)手提式肺功能機測得，FVC、FEV1 及 FVC/FEV1 等項目。在進行測量之前，儀器皆以 3 公升之唧筒進行校正。與採集尿液同一時間點進行肺功能之測試。其精確度約在 $\pm 4\%$ 以內，包括用力肺活量(FVC)，第一秒的呼氣量( FEV1.0 )，第一秒用力呼氣量百分比(FEV1.0/FVC % )，最大呼氣中期流速( MMF；FEF 25-75 % )，最大呼氣氣流速率(PEFR),及用力肺活量於百分之五十與七十五時強力呼氣流速( FEF50%，FEF 75%)等，此外本儀器尚可自動校正性別、年齡、身高而主動計算出受測者上項之各預期值，便利於各種肺功能情況之比較。本儀器的容量測試範圍在 400-8000 毫升間，流速的測試範圍在 0-14 l/sec 間，故若測試者肺功能不在此範圍內時，將不被列入研究分析中。測量前都需按標準步驟校正，以求資料的正確性，在施試前先以圖解及示範說明方式教導受測者如何接受測試，受測者採站姿，不用鼻夾的方式，且每位受測者至少測量三次，且其中最大 FVC 及 FEV1.0 值與次大值相差不得超過 5%或 0.1 公升，即滿足可再現性標準(reproducibility criteria)，並依美國胸腔協會建議之標準方法，取其中之最大值，作為研究分析所用之肺功能資料。由於該儀器為流量式肺功能儀(flow typespirometer)，其測定結果受環境因素影響較小，所有測定結果不進行 BTPS(body Temperature 37°C，ambient pressure,saturated with water vaper at 37°C)轉換。

#### (五) 心臟血管系統與新陳代謝健康影響評估

##### 1. 新陳代謝指標檢查[117, 222-225]:

以收集血清於檢驗室檢查血糖(Blood Sugar)、總膽固醇(Cholesterol)、三酸甘油脂

(Triglyceride)、高密度膽固醇(HDL-cholesterol)、低密度膽固醇(LDL-cholesterol)等。

## 2. 心血管疾病風險早期指標:

以收集之血清於檢驗室檢查高靈敏度 C 反應蛋白(High-sensitivity CRP, hs-CRP)與纖維素原(Fibrinogen)。

## (六) 肝臟系統健康影響評估

肝功能血清檢驗[226]：

以 TAF 認證實驗室使用品質認證之生化檢驗設備，檢驗肝功能麩草醋酸轉胺酶/麩丙酮酸轉胺酶(AST/ALT)與伽瑪麩胺轉生肱酶(gamma GT)，同時以免疫酵素法檢驗 B 型肝炎表面抗原(HBsAg)與第二代免疫酵素法檢驗 C 型肝炎抗體(Anti-HCV)以評估病毒性肝炎對肝功能指數之干擾影響。

## (七) 腎臟系統健康影響評估

### 1. 尿液試紙與尿液沉渣顯微鏡檢查：

在尿液常規檢測之項目中，包含有尿糖、尿蛋白、酸鹼度、尿潛血、膽紅素、尿膽素原、尿比重、白血球、亞硝酸、酮體，這些項目主要在了解受試者之尿道感染、尿糖、腎功能異常以及潛血等問題。

### 2. 血液腎功能檢驗：

在 TAF 認證實驗室使用品質認證之生化檢驗設備檢驗血液中血清尿素氮 (BUN)、肌酐酸(creatinine)、尿酸(uric acid)等，以檢驗腎臟功能。並分別以公式 Abbreviated Modification of Diet in Renal Disease-Isotopic Dilution Mass Spectrometry (MDRD-IDMS) equation[227]及 Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration (CKD-EPI) equation[228, 229]估計腎絲球過濾率(Estimate Glomerular Filtration Rate, eGFR)。使用 CKD-EPI 預估之 GFR 比 MDRD 所預估之 GFR 值較高，尤其在腎絲球功能受損較輕微之早期者[230-233]，種族影響 MDRD 的預估效果[234-236]，原有西方國家使用之程式低估華人約 23%，引此，本研究除了使用原有 MDRD 外，另使用 1.23xMDRDeGFR 為 GFR 預估值[234, 237]。雖然在肝硬化病人腎

病變使用，有些建議使用六變相的 MDRD 公式較能預估癒後[238]。MDRD 的公式為 MDRD eGFR [239] =  $175 \times (\text{Scr})^{-1.154} \times (\text{Age})^{-0.203} \times (0.742 \text{ if female}) \times (1.178 \text{ if black})$ 。依據研究，CKD-EPI eGFR [239]的公式為：女性血液肌酸酐小於 0.7 mg/dL 時， $\text{eGFR} = (\text{Creatinine}/0.7)^{-0.329} \times (0.993)^{\text{age}} \times (166 \text{ if black; } 144 \text{ if white or other})$ ；女性肌酸酐大於 0.7 mg/dL 時， $\text{eGFR} = (\text{Creatinine}/0.7)^{-1.209} \times (0.993)^{\text{age}} \times (166 \text{ if black; } 144 \text{ if white or other})$ 。男性肌酸酐小於 0.9mg/dL 時， $\text{eGFR} = (\text{Creatinine}/0.9)^{-0.411} \times (0.993)^{\text{age}} \times (163 \text{ if black; } 141 \text{ if white or other})$ ；男性肌酸酐大於 0.9mg/dL 時， $\text{eGFR} = (\text{Creatinine}/0.9)^{-1.209} \times (0.993)^{\text{age}} \times (166 \text{ if black; } 144 \text{ if white or other})$ 。

### 3. 尿液 creatinine 濃度檢測：

以標準 Jaffe reaction 生化檢測方法檢驗尿液濃度以作為尿液重金屬濃度、尿液腎功能指標之尿液微蛋白 (microalbumin)、beta-2 微蛋白 ( $\beta 2$ -microglobulin) 及 N-Acetyl- $\beta$ -(D)-Glucosaminidase Activity(NAG)的校正。

### 4. 腎小管腎功能損害尿液指標：

以尿液  $\beta 2$ -microglobulin[240-245]，N-Acetyl- $\beta$ -(D)-Glucosaminidase Activity[246-259]作為腎臟小管功能受損的早期指標。其中  $\beta 2$ -microglobulin 尿液收集後，盡快加入 1N 濃度 NaOH 以提高其 PH=7-9，以增加  $\beta 2$ -microglobulin 在尿液中之穩定度，離心去除顆粒性內含物以減少干擾後，以 Siemens N Latex  $\beta 2$ -Microglobulin 試劑(Siemens Healthcare Diagnostics, Barcelona, Spain)，以抗原抗體反應後，使用 Siemens BN ProSpec nephelometry 檢測，其檢測範圍為 0.2-6.0 mg/L with excellent precision (CV 4.5-5.3%)。其中尿液 NAG 活性檢測，取尿液使用 Diazyme Laboratories 試劑(Diazyme, General Atomics, La Jolla, CA)以 ACCUTE 在 505nm Spectrometry 全自動生化分析儀反應檢測，其檢驗範圍為 0.3-200.0 IU/L with excellent precision (CV<5%)。

## (八) 內分泌系統康影響評估

### 1. 血液檢測內分泌功能[146, 260]：

甲狀腺功能中之甲狀腺刺激素[261-268](TSH)、男性睪固酮(Testosterone)、女性之動情素(Estradiol)作為分析多種重金屬暴露對內分泌之影響。

#### (九) 血液系統健康影響評估

##### 1. 一般血液血球檢查：

白血球 ( White Blood Cell, WBC )、紅血球 ( Red Blood Cell, RBC )、血紅素 ( Hemoglobin )、血球容積 ( Hematocrit )、平均血球容積比、平均紅血球血色素量、平均紅血球血色素濃度以及血小板 ( Platelet Count )。

##### 2. 網狀紅血球(Reticulocyte)檢查:

評估骨髓紅血球製造能力。

##### 3. 血清鐵蛋白 Ferritin 檢驗：

作為貧血原因之鑑別診斷，特別鉛中毒、鋁中毒相關貧血與缺鐵性貧血間之鑑別。

#### (十) 致癌性健康影響評估

多種重金屬具有致癌性，根據 IARC 分類，Group 1 中有 Aluminum、Arsenic、Cadmium、Nickel 等，Group 2A 中有 Cobalt、Lead 等。因此，有各種重金屬暴露相關性癌症之報告[36, 269-274]。主要發生癌症有肺癌[82, 275-281]、鼻咽癌[282]、膀胱癌[283-287]、腎臟癌[288-291]、肝癌[292-294]、皮膚癌[295]等。國內更有台鎳勞工罹患肺腺癌、某機械零件工廠勞工罹患鼻咽癌、某航空公司修護工廠勞工罹患肺癌、某噴焊作業工廠勞工罹患膀胱癌等案例。

1. 醫師問診與理學檢查中記載各種癌症之病史，特別肺癌、上呼吸道癌症、腸胃道癌症、肝癌與肝臟血管肉癌、泌尿道癌症與皮膚癌等。
2. 胸部 X 光有疑似癌症者進一步檢查確認。
3. 血尿者由泌尿科評估泌尿系統癌症性血尿之可能。

#### (十一) 骨質密度檢測：

1. 重金屬干擾鈣離子代謝，特別鋁與腎功能惡化到腎衰竭干擾鈣代謝與骨細胞功能

引起骨質疏鬆、骨質密度減低與骨軟化症，因此，測量骨質密度與鈣磷代謝。

2. 多種重金屬影響骨質代謝，包括鉛、鋁、鎘等，其對於骨質密度的影響具多重與交互作用。雖然使用雙能量 X 光吸收儀(DEXA)[296-298]測定骨質密度較準確，但執行方式較困難，因此，先驅性研究以腳跟骨定量式超音波(Quantitative Ultrasound)骨質密度儀(SAHARA, HOLOGIC, USA)檢查右腳跟骨之骨質密度。跟骨為全身小樑骨含量最高的區域(高達 95%)，所以骨質是否流失，腳跟骨骨質密度篩檢[299]，其穩定度良好(CV=2%)[300-303]，以世界衛生組織已制定骨質密度診斷的標準值，年輕成人骨質密度平均值以下之一個標準偏差內 (T 值>-1.0)為正常，T 值在-1~-2.5 間為骨質減少，T 值小於-2.5 時為骨質疏鬆。記錄 T 值與 Z 值作為分析參考與分析。

(十二) 氧化傷害指標：檢測勞工尿液中 8-羥基 -2- 去氧鳥嘌呤核苷 (8-hydroxy-2-deoxyguanosine, 8-OHdG)為氧化傷害指標。其檢測分析方法如下：

樣本前處理:

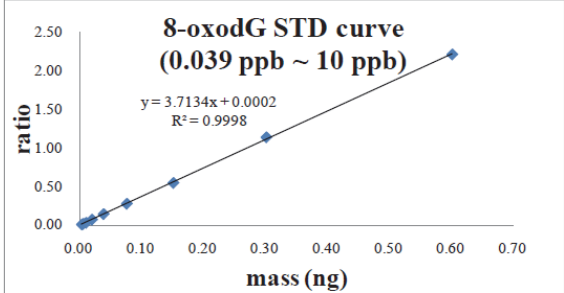
分析方法主要參考 Hu et al. 2010a[304]。將儲存於-20°C的尿液樣本，於水浴溫度 37°C下進行解凍10分鐘，再充分震盪混合。離心後，取 20 µl的尿液上清液，以含有適量同位素內標的溶劑[5% (v/v) methanol (MeOH) + 1 mM ammonium acetate (AA)]稀釋10倍後，再以連線固相萃取搭配液相層析串聯質譜儀 (on-line SPE-LC/MS/MS) 進行分析。

相關分析條件如下表所示：

表一、On-line SPE-LC/MS/MS 層析條件及質譜參數設定

On-line SPE	說明
injection volume	100 µl
trap column	Inertsil ODS-3 column [75×3.0 mm (i.d.); 5 µm]
mobile phase (gradient mode)	
- solvent Ia	
- solvent Ib	5% (v/v) MeOH+1 mM AA
	75% (v/v) MeOH+1 mM AA
<b>Liquid chromatography</b>	
analytical column	Inertsil ODS-3 column [250×3.0 mm (i.d.); 5 µm]
mobile phase (gradient mode)	
- solvent IIa	5% (v/v) MeOH+1 mM AA
- solvent IIb	50% (v/v) MeOH+1 mM AA
<b>Electrospray ionization</b>	
<b>MS/MS</b>	
model	API 3000 triple-quadrupole mass spectrometer
mode	Positive/MRM
- 8-oxodG	m/z: 284→168
- <sup>15</sup> N <sub>5</sub> -8-oxodG (同位素內標)	m/z: 289→173

品保品管

尿液中 8-oxodG 的檢測			
檢量線		線性迴歸:	
濃度 (ng/ml)	回推誤差 (%)	$Y=3.7134x+0.0002$	
0.0390625	3	相關係數:	
0.078125	12	R square:0.9998	
0.15625	16		
0.3125	0		
0.625	2		
1.25	1		
2.5	2		
5	2		
10	0		

	Urine 1	Urine 2	Urine 3
<b>Precision</b>			
<b>Intraday</b>			
(mean±SD, ng/ml)	8.6±0.2	17.0±1.2	6.7±0.3
CV%	2.5	7.3	3.7
<b>Interday</b>			
(mean±SD, ng/ml)	8.6±0.4	17.0±0.5	6.8±0.6
CV%	4.1	3.2	8.6
<b>Recovery (mean±SD, %)</b>	107.0±2.8		
標準品持續校正確認查核 (準確度, %)	95-101		
尿液樣本查核 (準確度, %)	110-122		

(十三) 專科醫師健康諮詢與職業專科醫師職業健康服務:

1. 多種重金屬暴露勞工之健康檢查與生理指標，由內科專科醫師、神經科專科醫師、精神科專科醫師提供健康諮詢服務，必要時轉介相關科別診療。
2. 具有多種重金屬暴露環境之公司企業，由職業專科醫師提供[勞工健康保護規則]相關之職業健康服務，提供工業安全衛生改善措施建議，以改善多種重金屬暴露勞工之安全衛生環境與防護，促進暴露勞工之職業健康。

## 第七節 統計分析

本研究所使用的統計軟體為 SPSS 19.0 版，主要進行問卷結果、環境中重金屬濃度、勞工個人重金屬濃度暴露以及作業現場與辦公室的粉塵濃度、健康檢查結果分析。分析方法以描述性統計、變異數分析及卡方檢定為主；利用資料預檢的方式來看身高、體重、BMI、年齡以及工作年資等項目，再以卡方檢定來看問卷中暴露組與對照組之間各類別變項間的相關性是否有顯著差異。重金屬暴露濃度以及粉塵濃度方面則是以單因子變異數分析來看各組之間的相關性，另外本研究中也進行 12 種重金屬之間的相關性分析，並以線性混合效應迴歸模式(Linear mixed-effects models)分析方式來探討環境中重金屬濃度對氧化壓力指標的影響，在分析過程中皆先進行年齡、吸菸、喝酒及嚼檳榔等干擾因子的校正後再進行探討。在健康檢查結果的部分則是利用卡方檢定與 two sample t-test 來進行暴露組與對照組間的比較分析。



## 第四章 研究結果

### 第一節 環境中重金屬濃度

本研究針對某造船公司現場作業進行作業環境測定，並將工作現場分成開放空間焊接、局限空間焊接、以及鋼板切割等三區(如圖 2 所示)；樣本一共分析 12 種金屬元素，分別是鉻、鎳、錳、鎘、銅、鋅、鉛、鈷、銻、鉍、鋁、砷，各元素濃度如表 7 所示。在開放式空間焊接當中濃度最高的是鋅  $36.256 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，濃度最低的是鎘  $0.004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；在局限空間當中濃度最高的是鋅  $779.589 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最低濃度則是出現在鉍  $0.055 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；至於在鋼板切割區當中濃度最高的也是鋅  $6.397 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，濃度最低則是在鈷  $0.004 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

如果用濃度來區分成高濃度、中間濃度、以及低濃度等三種組別(group)，在高濃度方面包含了鋅、錳、鋁等物質；中間濃度則是有鉻、銅、鉛；低濃度則是有鉍、鈷、鎳、砷、銻、鎘等物質(圖 3、圖 4、圖 5)。在高濃度部分可以看到局限空間的濃度在這三區當中呈現最高，範圍為  $98.381 \sim 779.589 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，開放空間焊接濃度次之，其範圍為  $4.315 \sim 36.256 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鋼板切割區的濃度則是最低，濃度範圍則是  $0.812 \sim 6.397 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；在高濃度部分中這三區中的濃度大小皆為鋅>錳>鋁(圖 3)。在中間濃度的部分當中也是以局限空間的濃度最高，濃度範圍為  $5.28 \sim 15.607 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，開放空間焊接濃度次之，其濃度範圍為  $0.4 \sim 2.105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鋼板切割區的濃度最低，濃度範圍為  $0.06 \sim 1.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；在中間濃度範圍裡面局限空間焊接中鉛的濃度高於銅以及鉻；在開放空間焊接中則是以銅的濃度較高；至於在鋼板切割區當中也是以銅的濃度較為來的高。至於在低濃度範圍的部分我們可以看到一樣是在局限空間焊接的濃度為最高，濃度範圍為  $0.055 \sim 1.125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；最低的是在鋼板切割區，濃度範圍為  $0.003 \sim 0.108 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；至於在低濃度當中的金屬元素濃度在局限空間焊接當中以砷的濃度較高，在開放空間焊接當中則是以鎳的濃度較高，至於在鋼板切割區也是砷的濃度高於其他金屬元素。以濃度百分比來看的話可以發現開放空間焊接跟鋼板切割這兩區不論是在高濃度、中間濃度或是低濃度當中的金屬元素濃度百分比的組成是較為相似的。

圖 2、作業環境現場平面圖

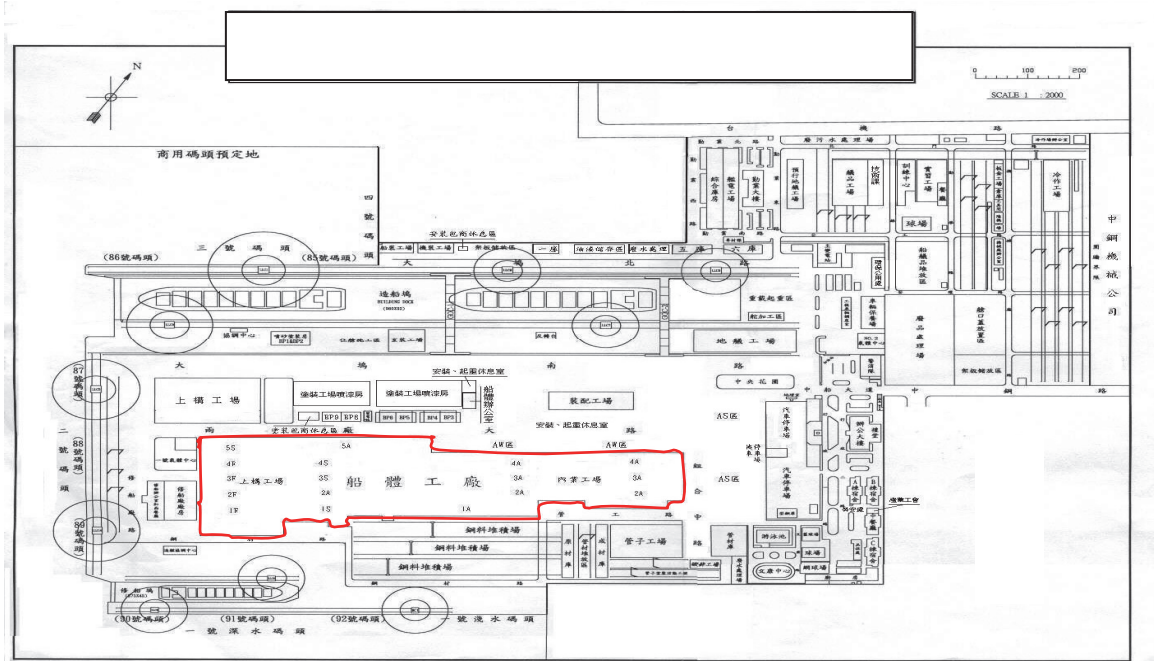


表 7、不同作業環境中重金屬濃度分布

	切割區 (N=5)			開放空間 (N=5)			局限空間 (N=5)			P-value
	平均值	±SD	(%)	平均值	±SD	(%)	平均值	±SD	(%)	
高濃度組	Zn	6.397 ± 0.345	51.50%	36.256 ± 0.534	45.02%		779.589 ± 102.46		76.19%	<0.001
	Mn	3.287 ± 0.031	26.46%	36.232 ± 1.382	44.99%		112.506 ± 0.644		10.99%	<0.001
	Al	0.812 ± 0.106	6.54%	4.315 ± 0.286	5.36%		98.381 ± 21.909		9.61%	<0.001
中間濃度組	Pb	0.067 ± 0.012	0.54%	0.400 ± 0.031	0.50%		15.607 ± 3.082		1.53%	<0.001
	Cu	1.150 ± 0.079	9.25%	2.105 ± 0.275	2.61%		9.207 ± 1.576		0.90%	<0.001
	Cr	0.541 ± 0.072	4.36%	0.872 ± 0.186	1.08%		5.286 ± 0.943		0.52%	<0.001
	Cd	0.003 ± 0.004	0.03%	0.004 ± 0.005	0.00%		0.066 ± 0.012		0.01%	<0.001
低濃度組	Sr	0.020 ± 0.003	0.16%	0.050 ± 0.004	0.06%		0.190 ± 0.042		0.02%	<0.001
	As	0.031 ± 0.008	0.25%	0.112 ± 0.001	0.14%		1.125 ± 0.235		0.11%	<0.001
	Ni	0.108 ± 0.008	0.87%	0.174 ± 0.009	0.22%		0.952 ± 0.168		0.09%	<0.001
	Co	0.004 ± 0.001	0.04%	0.015 ± 0.002	0.02%		0.320 ± 0.073		0.03%	<0.001
	Be	ND		ND			0.055 ± 0.020		0.01%	<0.001
總和濃度 (ppb)										
			12.42	80.53	100%		1,023.28		100%	

\*本表 P-value 為 ANOVA 檢定

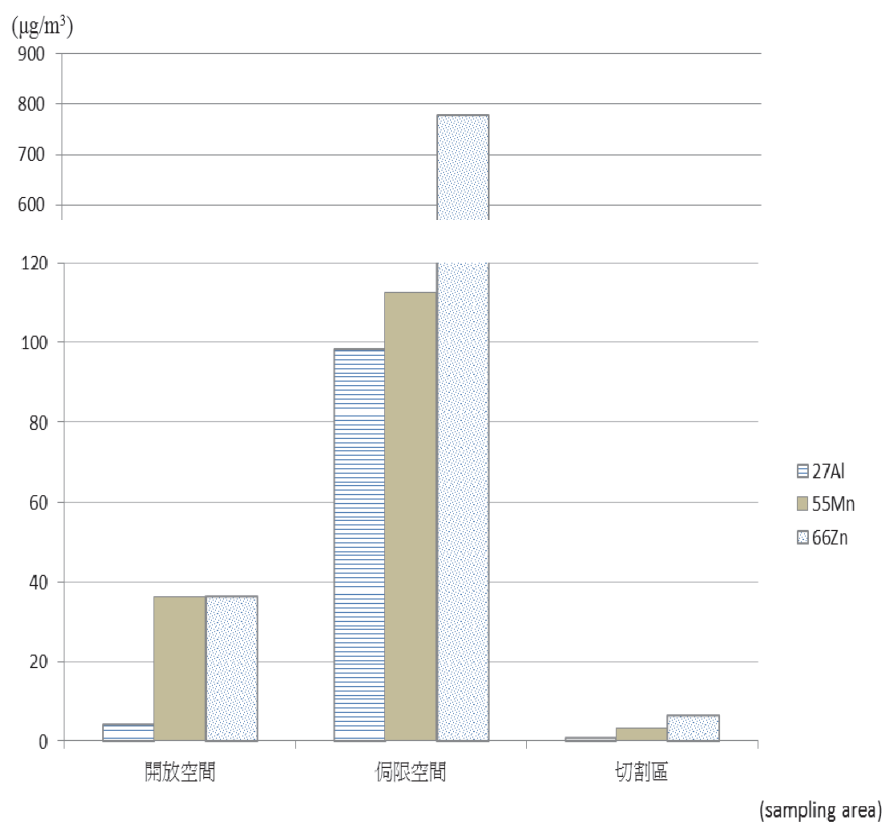


圖 3、高濃度組鋅、錳、鋁在三區中濃度分布圖

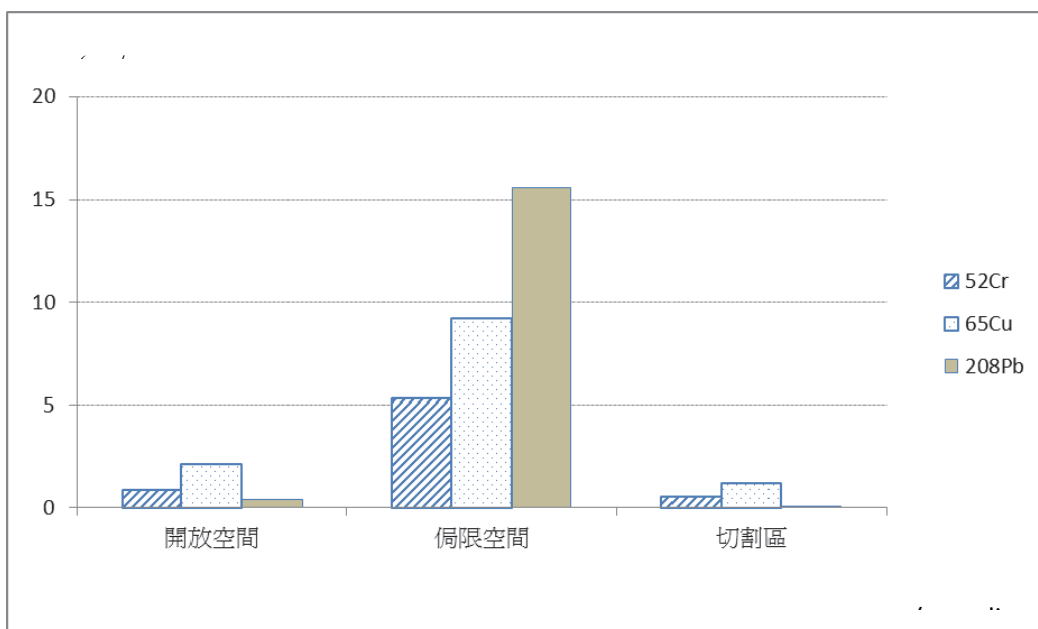


圖 4、中間濃度組鉛、銅、鉻在三區中濃度分布圖

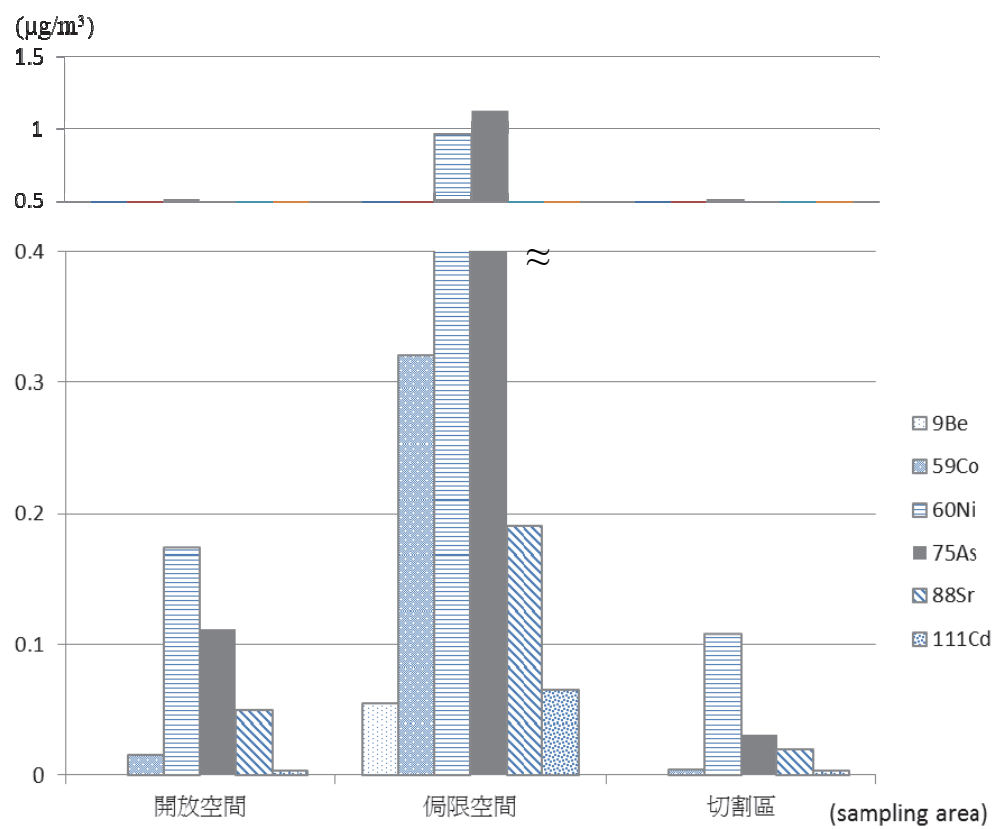


圖 5、低濃度組鎘、鋇、砷、鎳、鈷、鉍在三區中濃度分布圖

## 第二節 個人採樣資料

個人採樣部分一共分成三區去進行採樣，每一區有十個人連續進行五天的個人採樣，其濃度分布情形如表 8~表 10 所示。在局限空間的部分可以看到在這 12 種金屬元素一樣可以區分成低、中、高濃度等三種分布情形，其中以鋅的濃度遠高於其他的金屬。在高濃度的部分可以看到在這十位員工當中鋅的濃度範圍從  $180 \sim 560 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，錳的濃度範圍為  $34.3 \sim 54.53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鋁的濃度範圍為  $13.13 \sim 92.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在中間濃度部分銅和鉛的濃度較為相近，其中銅的濃度範圍從  $1.6 \sim 6.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；鉛的濃度範圍從  $1.76 \sim 5.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；鉻的濃度為  $0.63 \sim 2.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在低濃度的部分濃度分布的情形為鎳>砷>鋇>鈷>鎘>鉍，鎳的濃度較高於其他金屬，濃度範圍為  $0.18 \sim 0.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；砷的濃度  $0.16 \sim 0.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鋇的濃度範圍為  $0.08 \sim 0.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鈷的濃度範圍為  $0.05 \sim 0.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鎘的濃度範圍為  $0.01 \sim 0.045 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；鉍的濃度最低，其濃度範圍為  $0.002 \sim 0.009 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (如表 8 所示)。

在開放空間的部分一樣可以分成三種濃度分布，在高濃度的分布情形為鋅>錳>鋁，鋅的濃度濃度範圍從  $25.07 \sim 65.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，錳的濃度範圍為  $15.09 \sim 66.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鋁的濃度範圍為  $1.35 \sim 15.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在中間濃度的分布情形為銅>鉛>鎘；銅的濃度為  $0.71 \sim 5.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在鎘的部分有六位員工的濃度低於偵測下限，其濃度範圍為  $0.09 \sim 0.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在低濃度的金屬當中分布情形為鎳>砷>鋇>鈷>鎘>鉍；鎳的濃度為  $0.05 \sim 0.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，砷的濃度範圍為  $0.1 \sim 0.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鋇的濃度範圍為  $0.04 \sim 0.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鈷的部分則有兩位員工的濃度是低於偵測下限的，其濃度範圍為  $0.01 \sim 0.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在鎘濃度範圍為  $0.005 \sim 0.02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在鉍的部分這十位員工的濃度都低於偵測下限(如表 9 所示)。

在切割區的部分一樣是區分成三種濃度分布，在高濃度的分布情況為鋅>錳>鋁，鋅的濃度範圍為  $9.52 \sim 22.81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，錳的濃度範圍為  $1.92 \sim 12.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鋁的濃度範圍為  $0.57 \sim 2.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在中間濃度的部分其分布情形為銅>鉛>鉻，銅的濃度範圍為  $0.11 \sim 2.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鉻的濃度範圍為  $0.02 \sim 0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在低濃度的金屬當中分布情形為鎳>砷>鋇>鈷>鎘>鉍，鎳的濃度範圍為  $0.01 \sim 0.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在砷的部分有兩位員工的濃度低於偵測下限，其濃度範圍為  $0.05 \sim 0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鋇的濃度範圍為  $0.004 \sim 0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鈷的濃度為  $0.003$

~ 0.01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，鎘的濃度為 0.001 ~ 0.004  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在鍍的部分十位員工的濃度都低於偵測下限(如表 10 所示)。

如果把這每一區的十位員工做為整區的暴露代表的話可以看到每一區禮拜一到禮拜五的變化情形(如圖 6~圖 17)。在這 12 種重金屬當中，有兩種重金屬(鍍 Be、鉻 Cr)在開放空間焊接與鋼板切割區當中並沒有每天都偵測到。其中鉻在開放空間當中有兩天是低於偵測下限的，在切割區的部分則有三天的濃度是低於偵測下限的；至於鍍在開放空間當中有兩天的濃度是低於偵測下限的，在鋼板切割區的部分則是五天都低於偵測下限。

表 11 為本研究中 12 種重金屬之間的相關性，可以看到鍍與其他金屬的相關性較低，其餘 11 種金屬之間的相關性較高。

表 8、連續五天局限空間焊接勞工個人採樣(單位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	Confined_1 (N=5)		Confined_2 (N=5)		Confined_3 (N=5)		Confined_4 (N=5)		Confined_5 (N=5)		Confined_6 (N=5)		Confined_7 (N=5)		Confined_9 (N=5)		Confined_10 (N=5)		p-value <sup>a</sup>
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Zn	454.40	233.07	560.68	172.10	270.01	100.20	286.40	62.15	367.95	311.39	180.63	46.80	207.25	84.93	280.28	98.00	316.20	292.66	<0.001
Mn	45.31	11.27	34.30	8.49	38.32	1.09	54.53	16.39	46.99	28.17	38.08	0.24	41.40	2.50	39.31	2.05	42.26	9.17	<0.001
Al	18.39	15.28	36.66	10.63	42.80	47.11	13.13	8.99	26.14	26.12	23.28	11.89	15.50	8.65	18.13	11.88	92.41	75.14	0.005
Cu	3.44	1.42	5.49	2.49	4.19	1.54	2.98	2.42	3.41	3.39	3.46	1.71	1.60	0.32	2.30	1.26	6.30	3.68	<0.001
Pb	2.50	2.07	4.96	1.70	5.75	6.79	1.80	1.61	3.67	3.63	3.16	1.47	1.76	0.24	2.41	1.44	5.18	3.76	<0.001
Cr	1.19	0.72	2.12	1.09	1.46	1.17	0.63	0.44	1.24	1.02	1.01	0.59	0.96	0.52	0.73	0.62	0.73	0.15	<0.001
Ni	0.44	0.24	0.53	0.18	0.57	0.19	0.18	0.10	0.27	0.19	0.39	0.19	0.26	0.06	0.27	0.16	1.09	0.94	0.001
As	0.36	0.17	0.35	0.11	0.45	0.21	0.16	0.12	0.30	0.24	0.35	0.17	0.16	0.06	0.26	0.16	0.76	0.45	<0.001
Sr	0.13	0.06	0.18	0.08	0.19	0.13	0.08	0.02	0.12	0.09	0.13	0.04	0.11	0.06	0.13	0.07	0.23	0.10	<0.001
Co	0.10	0.03	0.10	0.03	0.14	0.13	0.05	0.03	0.09	0.07	0.10	0.05	0.07	0.03	0.08	0.06	0.05	0.05	<0.001
Cd	0.016	0.008	0.036	0.010	0.037	0.036	0.010	0.004	0.018	0.016	0.016	0.007	0.014	0.008	0.015	0.008	0.045	0.019	0.001
Be	0.003	0.001	0.005	0.002	0.009	0.014	0.002	0.001	0.005	0.005	0.004	0.002	0.003	0.001	0.003	0.002	0.005	0.003	<0.001

- : 表示ND

a : t-test



表 9、連續五天開放空間焊接勞工個人採樣(單位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

勞工 1	勞工 2		勞工 3		勞工 4		勞工 5		勞工 6		勞工 7		勞工 8		勞工 9		勞工 10		p-value <sup>a</sup>		
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD			
Zn	28.08	28.08	27.97	27.97	48.88	48.88	35.71	35.71	33.22	33.22	38.04	38.04	43.73	43.73	65.15	65.15	45.44	45.44	25.07	25.07	<0.001
Mn	17.34	10.93	28.77	13.19	66.58	48.69	34.77	32.32	25.34	10.61	21.78	7.64	52.03	10.27	61.70	31.90	52.72	43.10	15.09	9.10	<0.001
Al	2.36	1.95	4.58	3.79	4.29	2.84	5.33	5.47	2.84	3.15	1.91	0.95	2.55	2.51	15.99	9.12	2.67	1.95	1.35	0.42	0.010
Cu	1.22	0.46	1.09	0.26	5.14	7.54	2.38	2.73	1.09	0.33	0.82	0.15	1.68	1.37	3.79	3.45	1.98	2.20	0.71	0.33	0.002
Pb	0.51	0.32	1.25	1.89	0.56	0.21	0.35	0.20	0.40	0.20	0.33	0.06	0.39	0.21	0.81	0.50	0.35	0.16	0.24	0.17	<0.001
Cr	-	-	-	-	0.09	0.10	0.23	0.02	-	-	-	-	-	-	0.79	0.47	0.10	0.02	-	-	0.155
Ni	0.13	0.07	0.07	0.02	0.10	0.05	0.11	0.03	0.09	0.09	0.07	0.03	0.07	0.05	0.18	0.13	0.05	0.03	0.06	0.03	<0.001
As	0.14	0.04	0.12	0.01	0.12	0.02	0.14	0.04	0.10	0.02	0.24	0.20	0.10	0.03	0.22	0.09	0.12	0.02	0.13	0.03	<0.001
Sr	0.05	0.03	0.04	0.01	0.07	0.02	0.04	0.02	0.05	0.02	0.05	0.01	0.05	0.03	0.05	0.02	0.04	0.02	0.04	0.02	<0.001
Co	-	-	0.01	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	-	-	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.001
Cd	0.008	0.007	0.020	0.006	0.010	0.003	0.008	0.000	0.006	0.003	0.009	0.002	0.019	0.021	0.008	0.004	0.007	0.002	0.005	0.001	<0.001
Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : ND

a : t-test

表 10、連續五天切割區焊接勞工個人採樣(單位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	勞工 1		勞工 2		勞工 3		勞工 4		勞工 5		勞工 6		勞工 7		勞工 8		勞工 9		勞工 10		p-value <sup>a</sup>
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Zn	13.03	4.13	14.65	6.27	16.53	2.09	9.52	6.31	22.81	9.48	11.81	1.76	14.90	6.28	15.67	3.27	13.04	5.49	22.39	7.24	<0.001
Mn	8.05	4.10	10.53	6.50	8.85	2.57	1.92	2.10	11.25	6.75	7.76	5.19	7.40	4.20	12.77	5.90	7.06	4.29	11.50	7.42	<0.001
Al	2.27	0.07	0.57	0.02	0.33	0.05	2.47	0.07	0.90	0.15	1.62	1.79	0.71	0.12	1.92	0.10	-	-	2.24	0.10	0.001
Cu	1.90	2.35	0.48	0.52	0.43	0.16	0.11	0.06	1.72	1.89	0.36	0.43	2.52	3.45	0.38	0.10	0.77	1.11	0.50	0.55	0.006
Pb	0.18	0.05	0.22	0.11	0.19	0.06	0.10	0.08	0.18	0.07	0.11	0.04	0.14	0.05	0.23	0.07	0.09	0.04	0.14	0.06	<0.001
Cr	0.12	0.10	0.15	0.05	0.14	0.03	0.10	0.01	0.20	0.01	0.02	0.01	0.10	0.03	0.16	0.08	0.06	0.03	0.05	0.00	<0.001
Ni	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	<0.001
As	0.04	0.01	-	-	0.10	0.05	-	-	0.10	0.06	0.04	0.03	0.07	0.03	0.06	0.03	0.05	0.01	0.13	0.03	<0.001
Sr	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.005	0.005	0.004	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.005	0.01	0.003	0.004	0.001	0.01	0.004	<0.001
Co	0.005	0.001	0.004	0.002	0.01	0.001	0.003	0.002	0.01	0.002	0.003	0.001	0.003	0.001	0.004	0.002	0.003	0.001	0.01	0.003	<0.001
Cd	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.000	0.001	0.001	0.004	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.003	0.002	-	-	<0.001
Be	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : ND

a : t-test

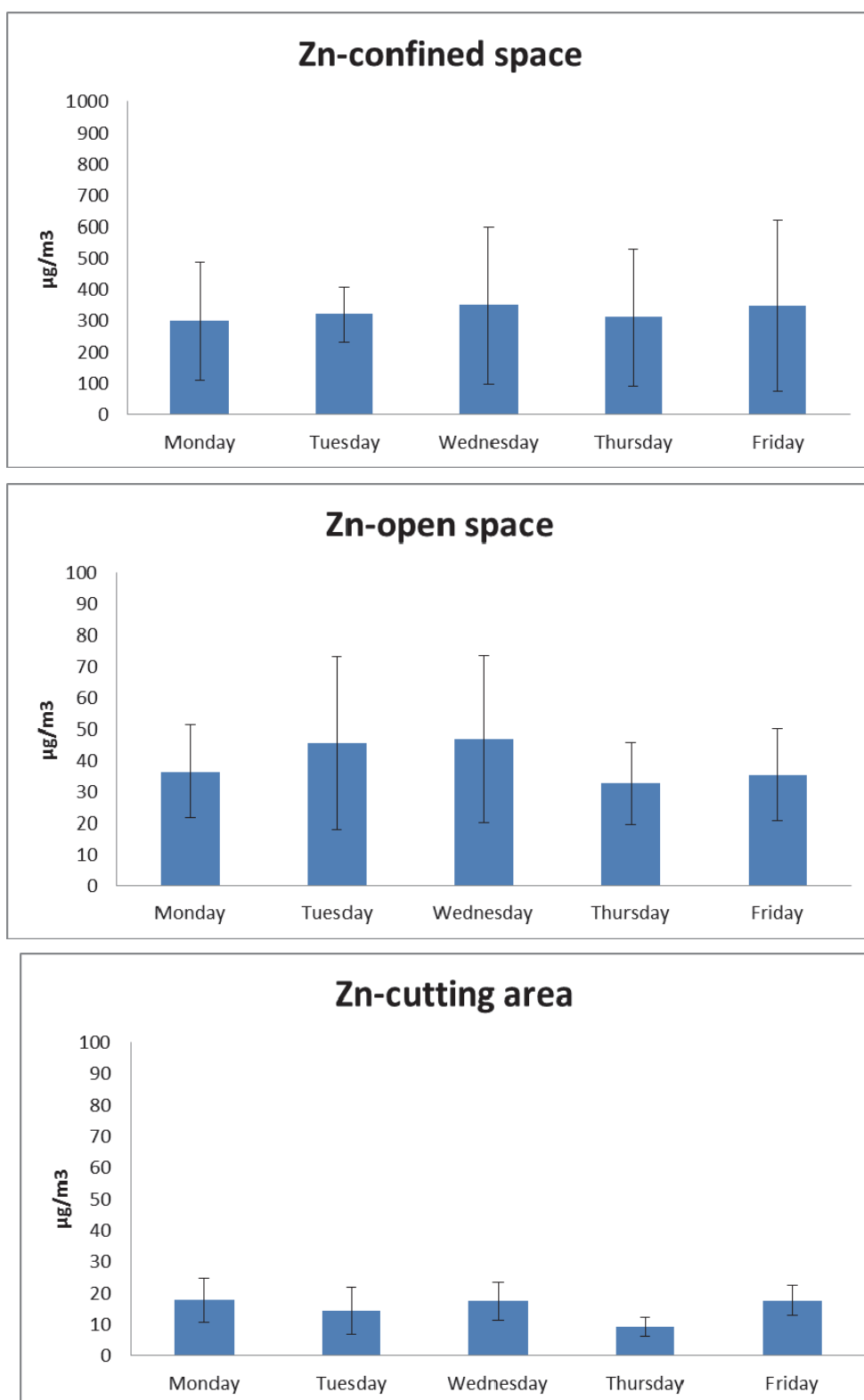


圖 6、三區個人採樣五天變化情形-鋅(Zn)

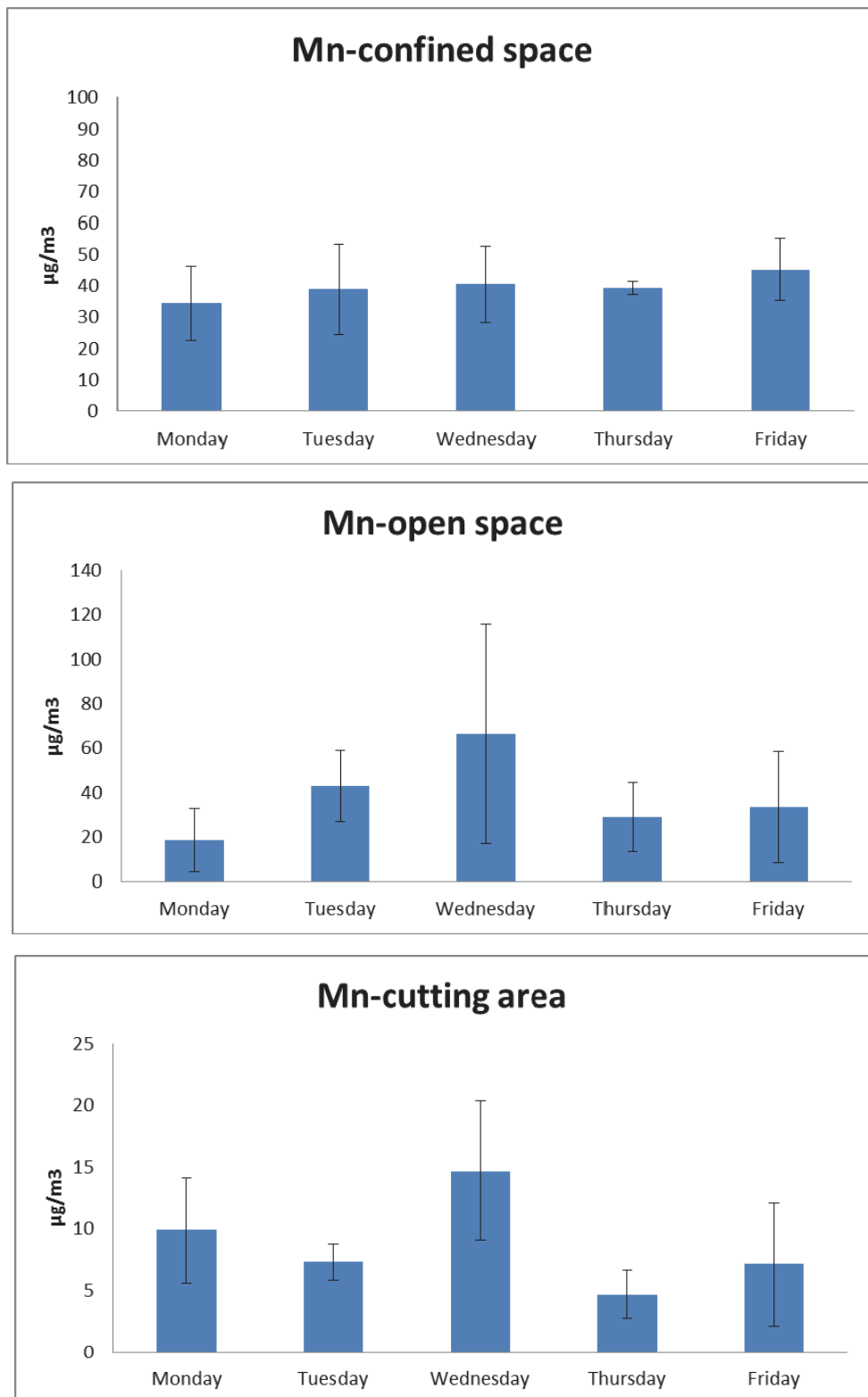


圖 7、三區個人採樣五天變化情形-錳(Mn)

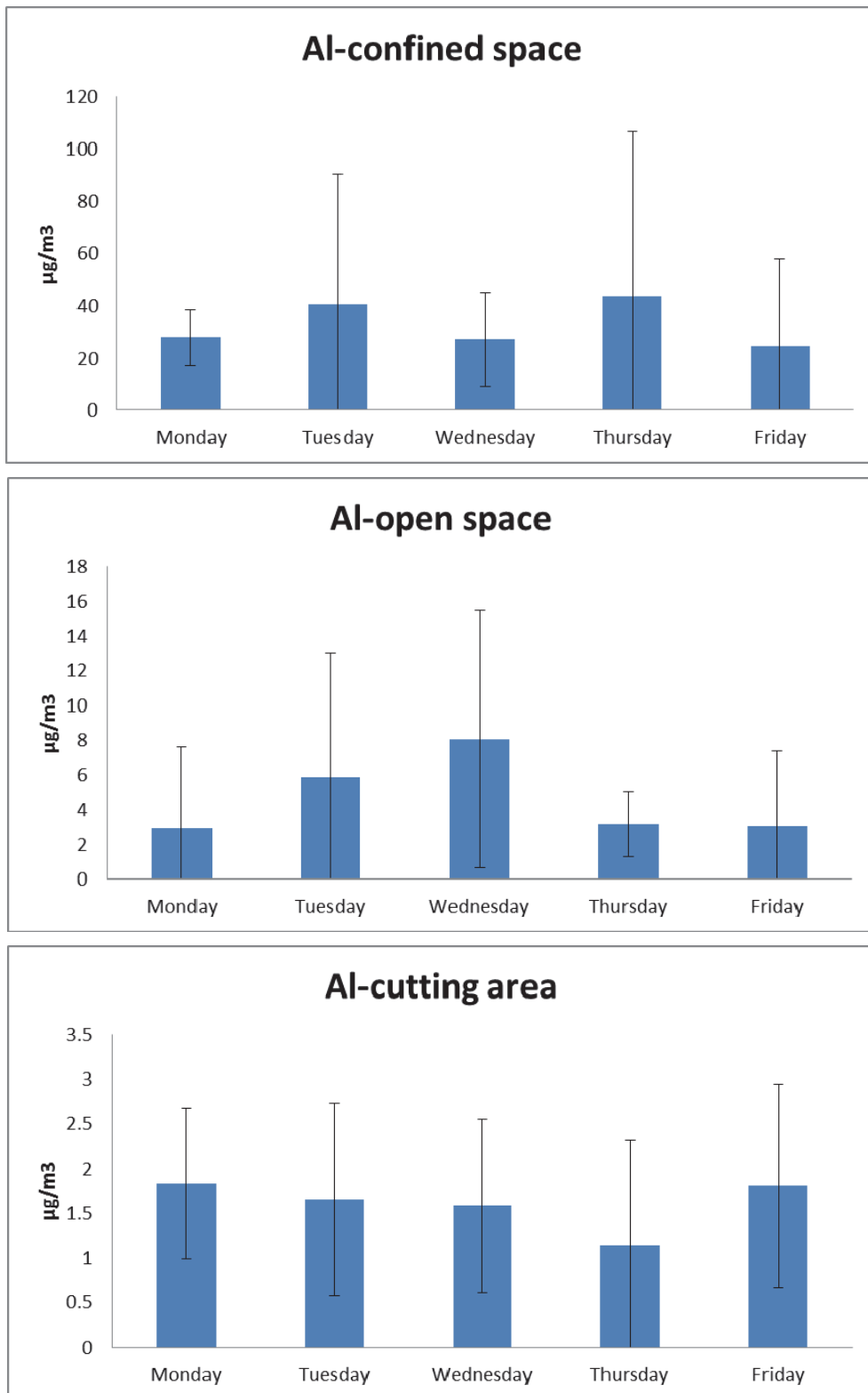


圖 8、三區個人採樣五天變化情形-鋁(Al)

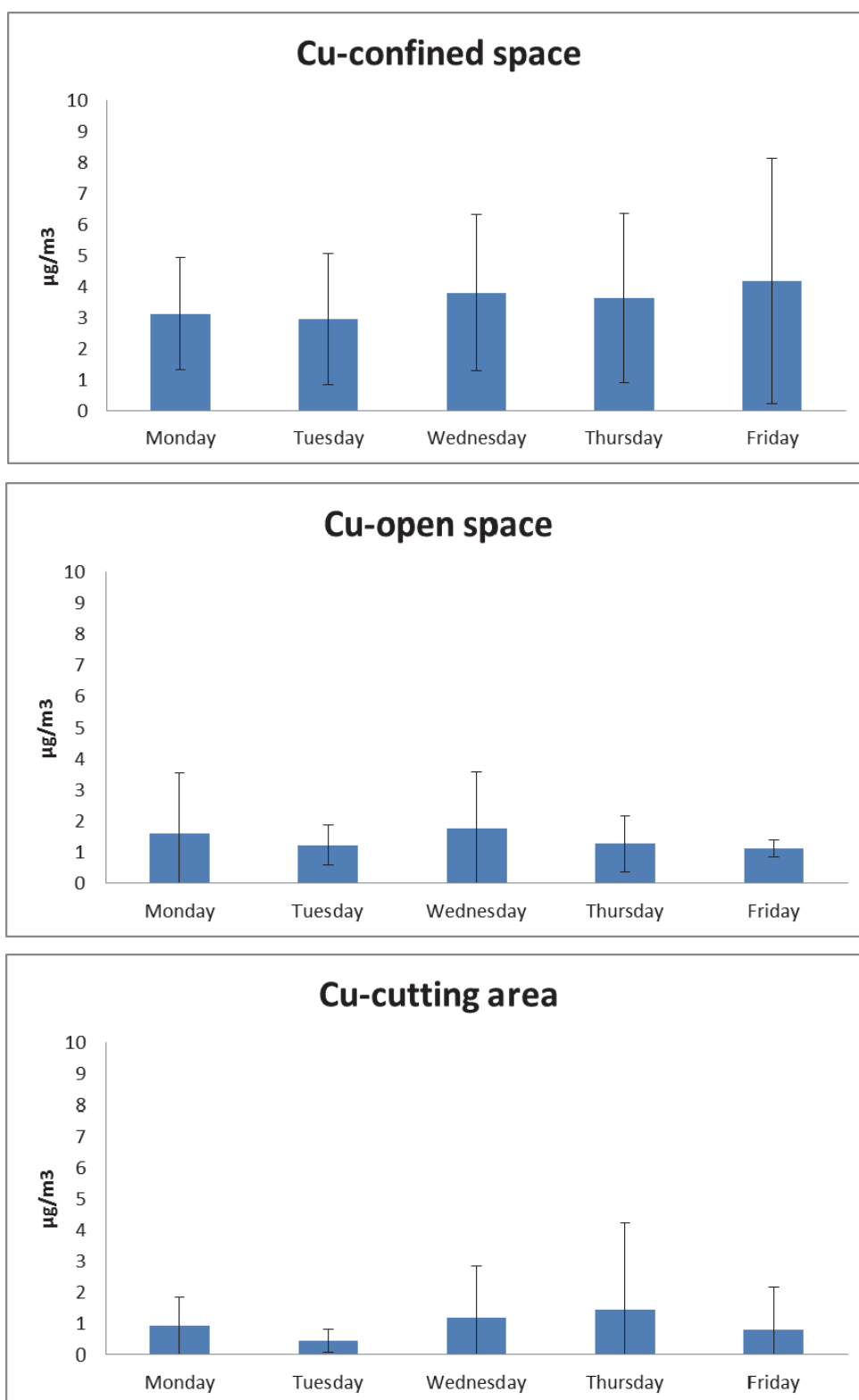


圖 9、三區個人採樣五天變化情形-銅(Cu)

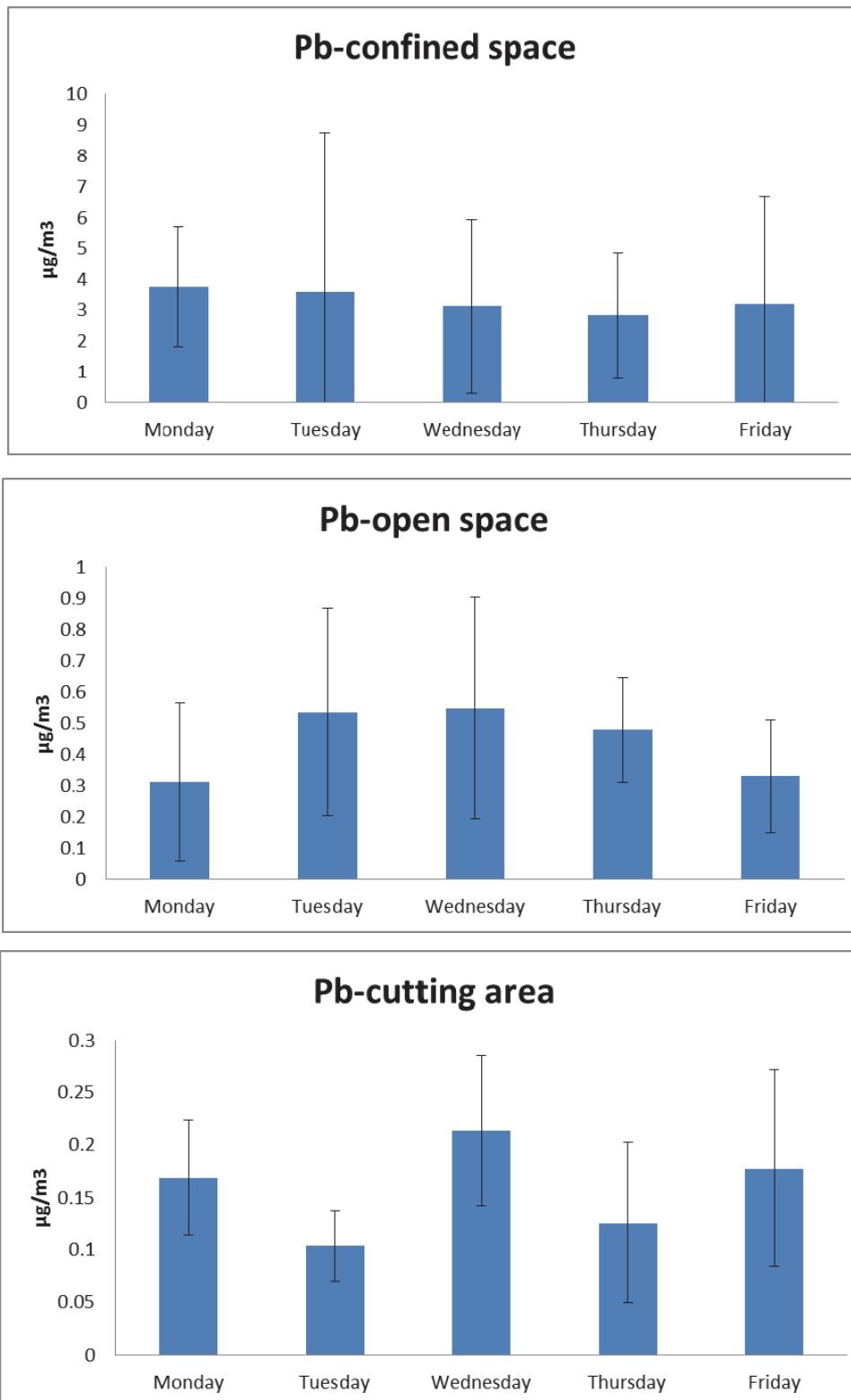


圖 10、三區個人採樣五天變化情形-鉛(Pb)

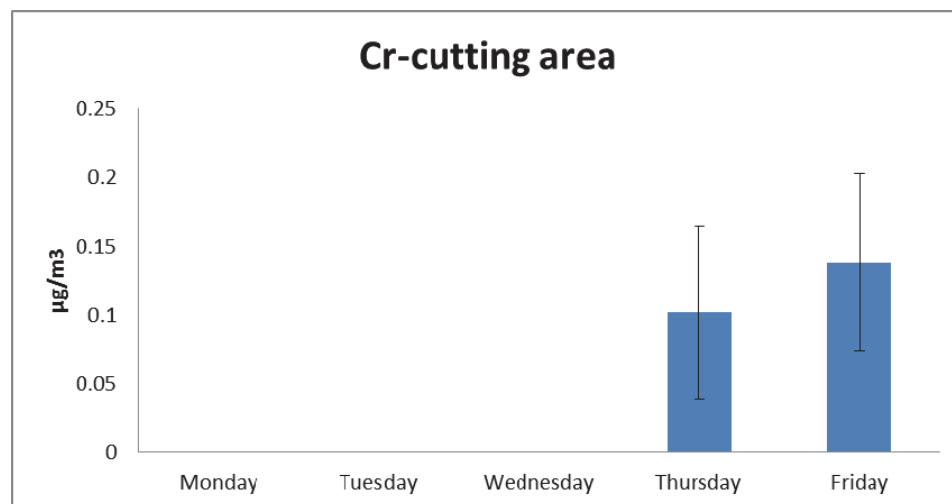
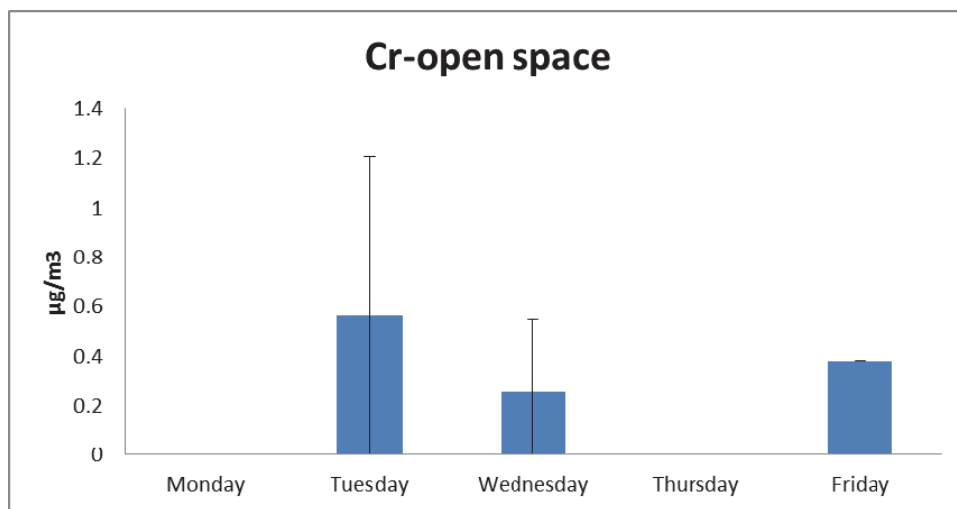
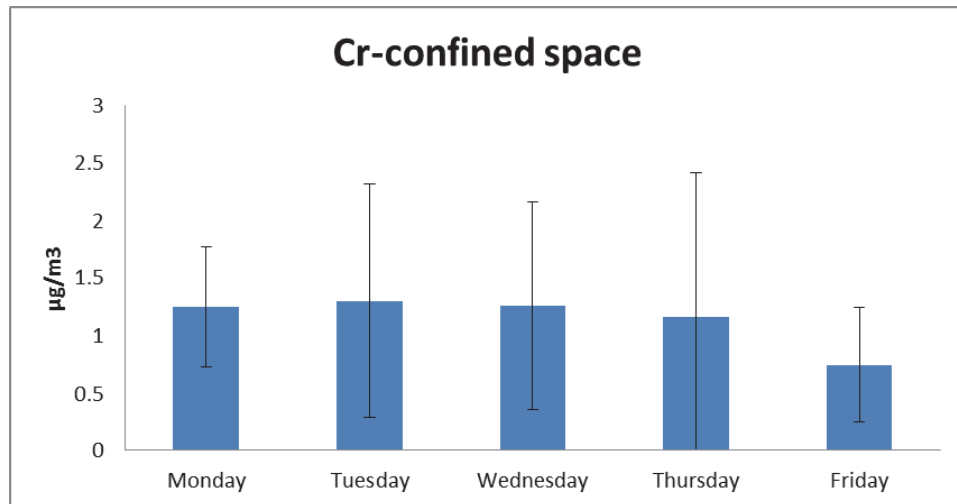


圖 11、三區個人採樣五天變化情形-鉻(Cr)



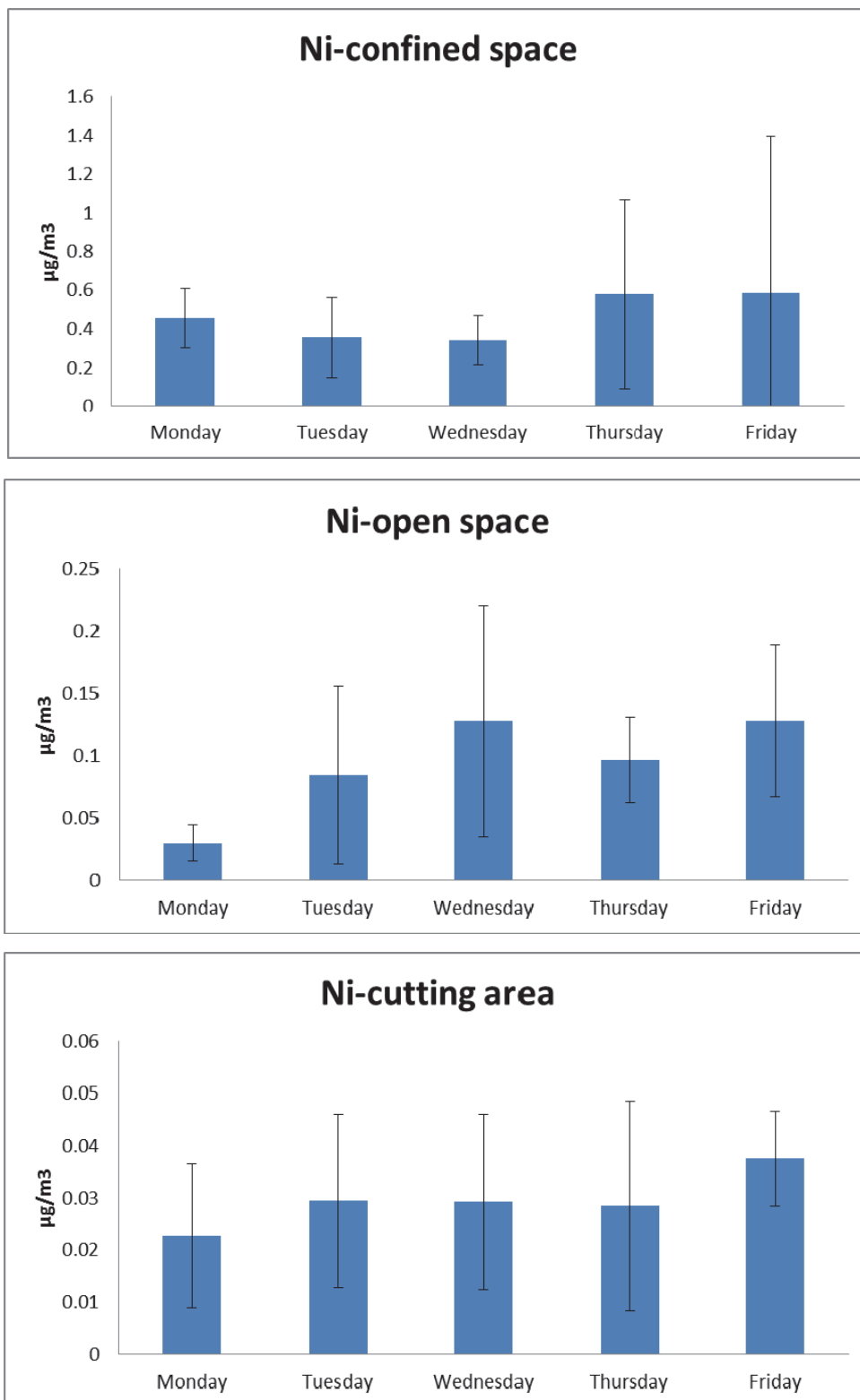


圖 12、三區個人採樣五天變化情形-鎳(Ni)

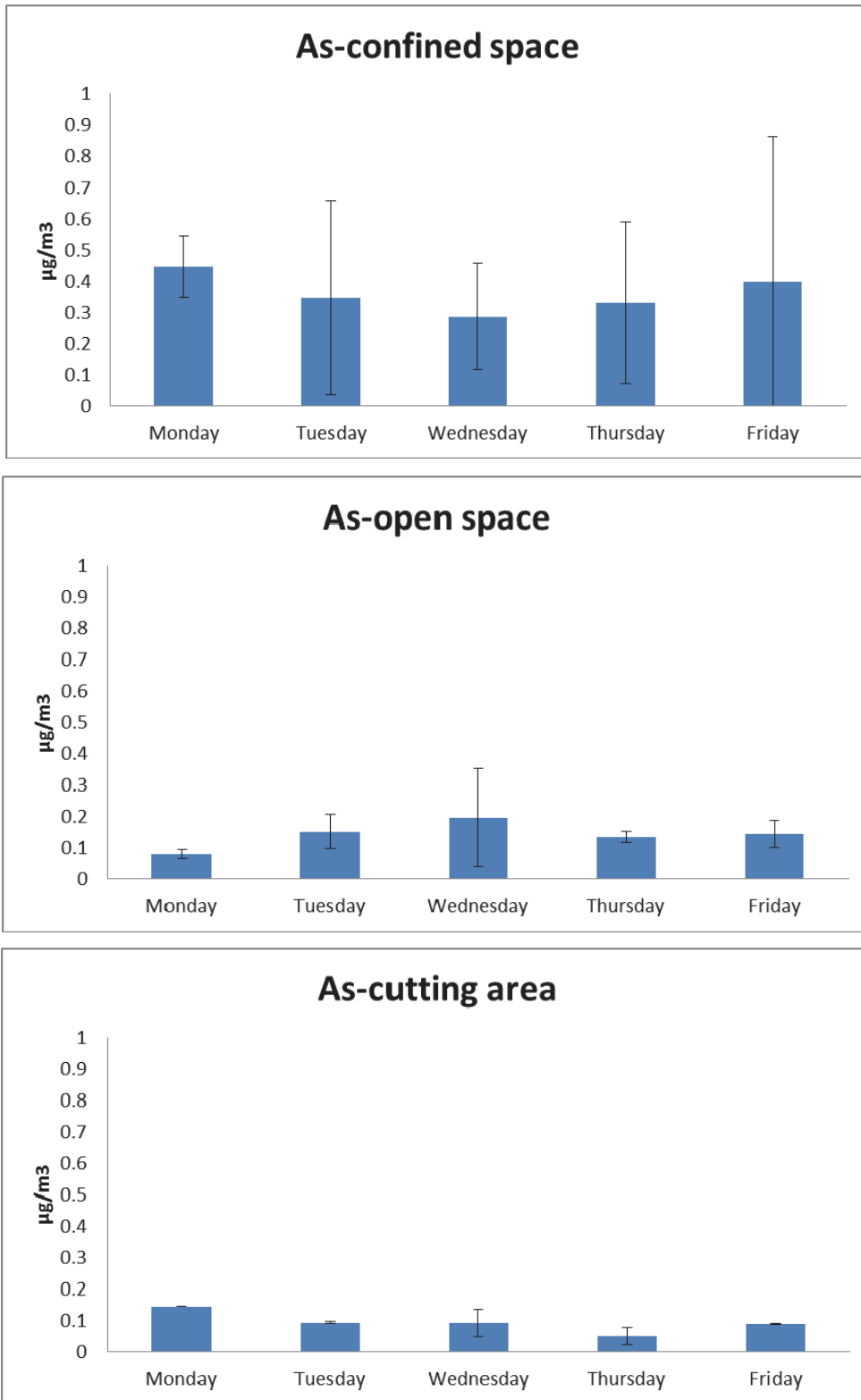


圖 13、三區個人採樣五天變化情形-砷(As)

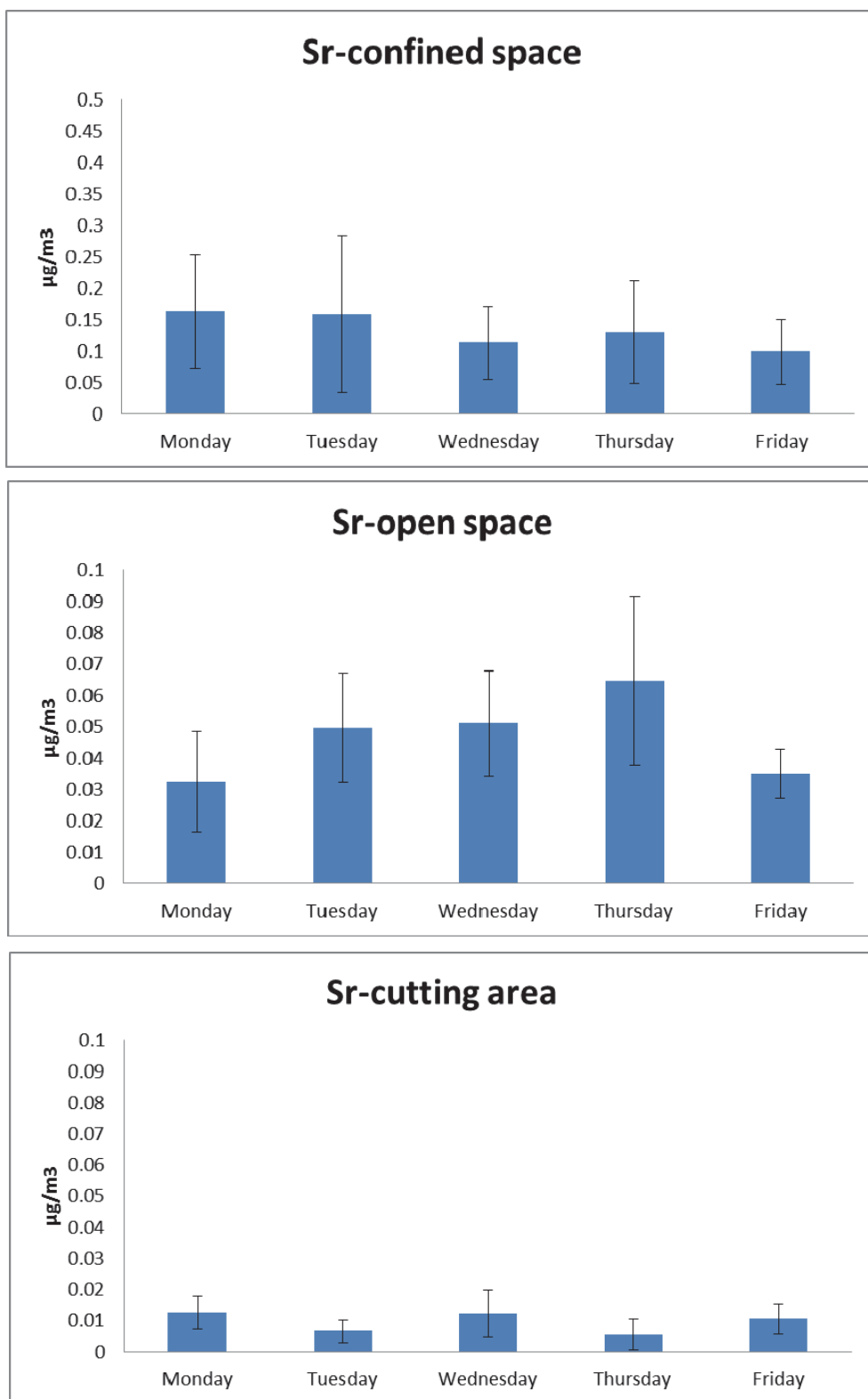


圖 14、三區個人採樣五天變化情形-鋇(Sr)

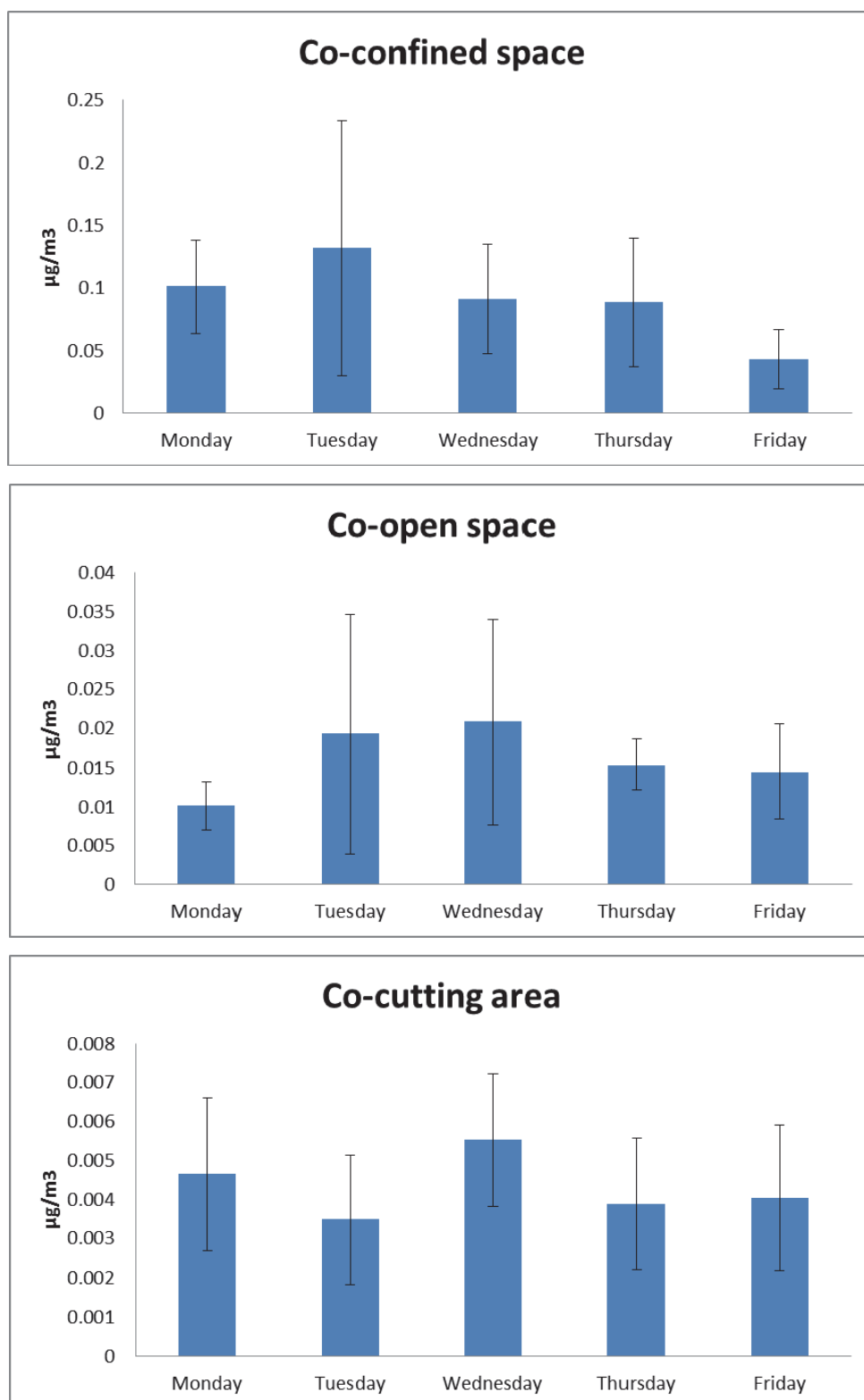


圖 15、三區個人採樣五天變化情形-鈷(Co)

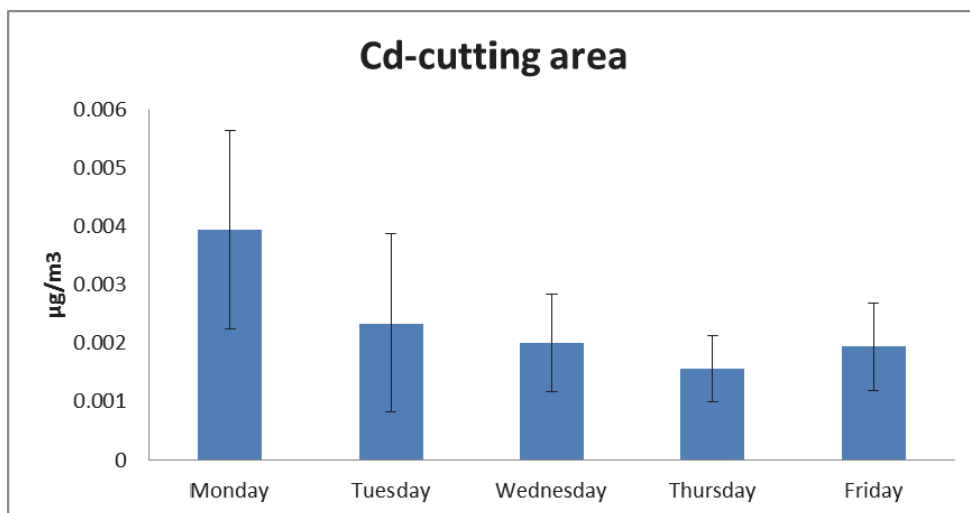
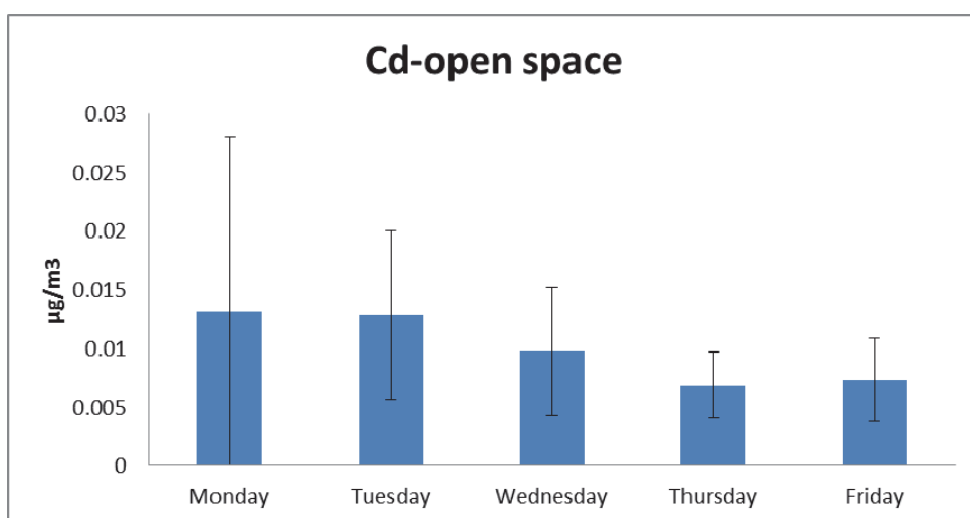
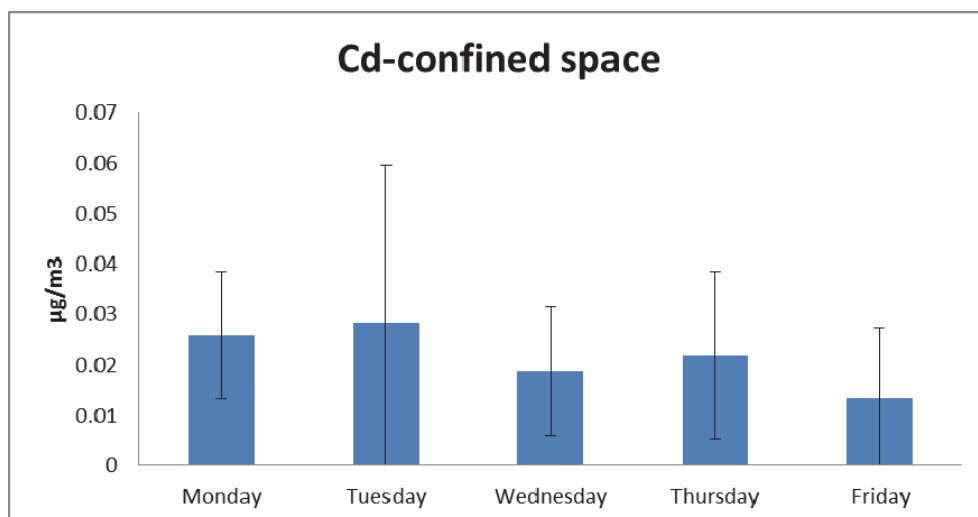


圖 16、三區個人採樣五天變化情形-鎘(Cd)

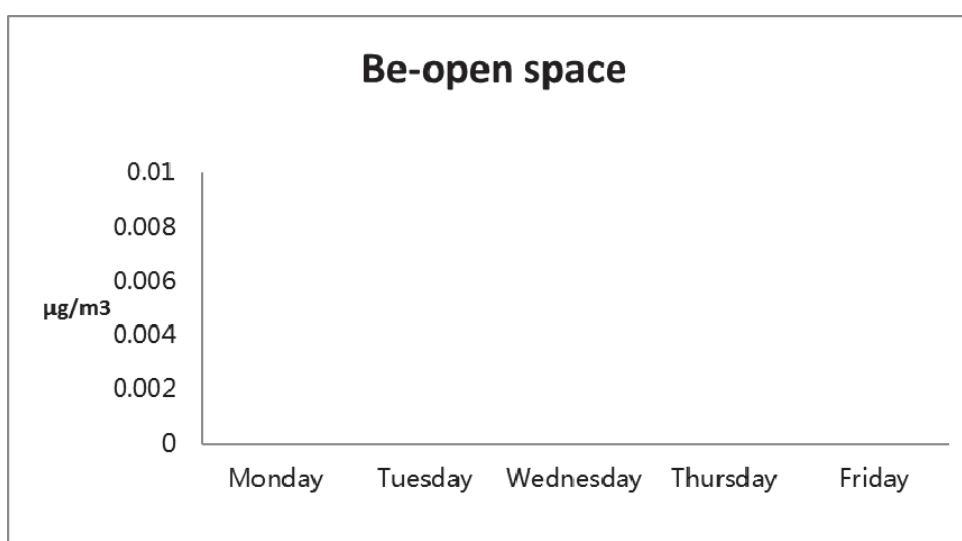
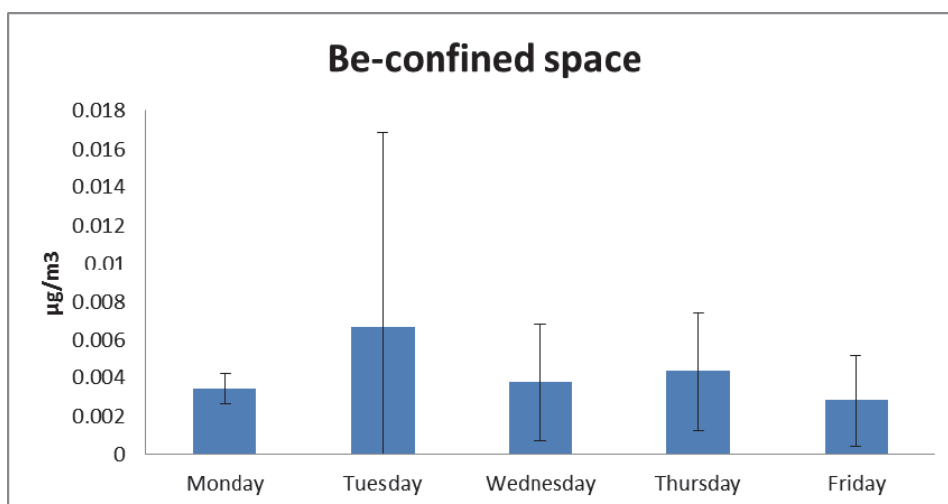


圖 17、三區個人採樣五天變化情形-鋇(Be)

表 11、12 種重金屬之間的相關係數

Spearman correlation coefficient											
	Zn	Mn	Al	Cu	Pb	Cr	Ni	As	Sr	Co	Be
Zn											
Mn	.790**										
Al	.806**	.408**									
Cu	.659**	.518**	.689**								
Pb	.875**	.757**	.900**	.665**							
Cr	.851**	.320*	.914**	.620**	.912**						
Ni	.804**	.585**	.851**	.646**	.851**	.836**					
As	.709**	.363**	.781**	.541**	.757**	.835**	.809**				
Sr	.885**	.739**	.815**	.659**	.922**	.775**	.852**	.719**			
Co	.900**	.732**	.881**	.675**	.911**	.904**	.899**	.836**	.909**		
Cd	.813**	.623**	.717**	.679**	.808**	.816**	.732**	.685**	.813**	.787**	
Be			.584**	.459**	.549**	.527**	.486**	.529**	.570**	.488**	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 第三節 工作現場微粒暴露分析

在工作現場當中透過粉塵監測儀(Dust monitor)的數據我們可以看到連續三天工作現場與辦公室中懸浮微粒的變化情形，工作現場部分一共區分成開放空間焊接和局限空間焊接。在局限空間部分第一天早上從九點開始，可吸入性粉塵、胸腔性粉塵、呼吸性粉塵的濃度都逐漸升高，在 AM 09:55 達到最大值( $2122.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )，之後開始逐漸下降，到接近中午休息時間時濃度會下降到  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在中午休息時間濃度不超過  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，到了 PM 1:00 開始上工之後濃度又逐漸升高，大約在 PM 01:50 時達到下午最大值( $1929 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )，如圖 18(a)。在第二天早上，也是從九點開始濃度逐漸上升，到了 AM 9:33 達到上午最高( $7681.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )，之後濃度開始下降，到了中午休息時間時濃度最低會下降到  $24.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，之後到了 PM 1:00 開始上工後濃度又隨之增加，大約在 PM 1:34 左右達到下午最高濃度  $4690.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，之後濃度開始逐漸下降，如圖 18(b)。第三天早上濃度也是從九點開始濃度逐漸上升，到了 AM 10:05 時出現較高濃度( $3708.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )但非最高濃度，之後開始逐漸下降一直到 AM 11:00 後又突然升高，中午時間隨著停工濃度維持在  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以下，到了下午上工時間濃度又開始逐漸升高，約在 PM 2:05 時達到最高值( $3759.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )。至於在行政區的部分在第一天的濃度較高，最高到  $261 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，第二天的濃度最高只有  $31.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，第三天的濃度最高為  $27.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；以三天的平均濃度來看的話可以看到在局限空間焊接的部分其可吸入性粉塵的濃度為  $1802.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，胸腔性粉塵的濃度為  $1792.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，呼吸性粉塵的濃度為  $1749.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，如圖 18(c)；行政區的部分可以看到在可吸入性粉塵三天的平均濃度為  $65.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，胸腔性粉塵的濃度為  $65.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，呼吸性粉塵的部分則是  $64.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。由此可以看到與工作現場相比，在行政區的部分粉塵濃度都是低於現場的。(如表 12 所示)

在開放空間焊接的部分，如圖 20，第一天的粉塵濃度上升情形與局限空間焊接的情況相同，當天最高的濃度為  $152.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最低濃度為  $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；第二天的濃度範圍最高達到  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最低為  $4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；第三天的濃度範圍為  $239.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最低為  $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。這三天的平均濃度在可吸入性粉塵方面為  $79.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，胸腔性粉塵的平均濃度為  $77.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，呼吸性粉塵的部分為  $65.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。與當天的行政區粉塵濃度相比可以看到在第一



天的辦公室粉塵濃度最高只有  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最低為  $4.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；第二天的粉塵濃度最高為  $23.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最低為  $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；第三天的粉塵濃度最高為  $17.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最低為  $3.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。在辦公室這三天的平均濃度方面，可吸入性粉塵的濃度為  $7.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，胸腔性粉塵的濃度為  $7.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在可呼吸性粉塵的濃度方面為  $7.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。(如表 13 所示)

辦公室的部分可以看到在這六天的平均濃度都很接近，將濃度畫成圖來看的話可以看到每天的濃度變化都是相似的(圖 19、圖 21)，每天早上九點開始濃度會略為高一些，之後開始下降，每天的濃度變化會隨著行政人員的活動有關，例如窗戶、空調、大門的開啟等行為都會影響濃度的變化。

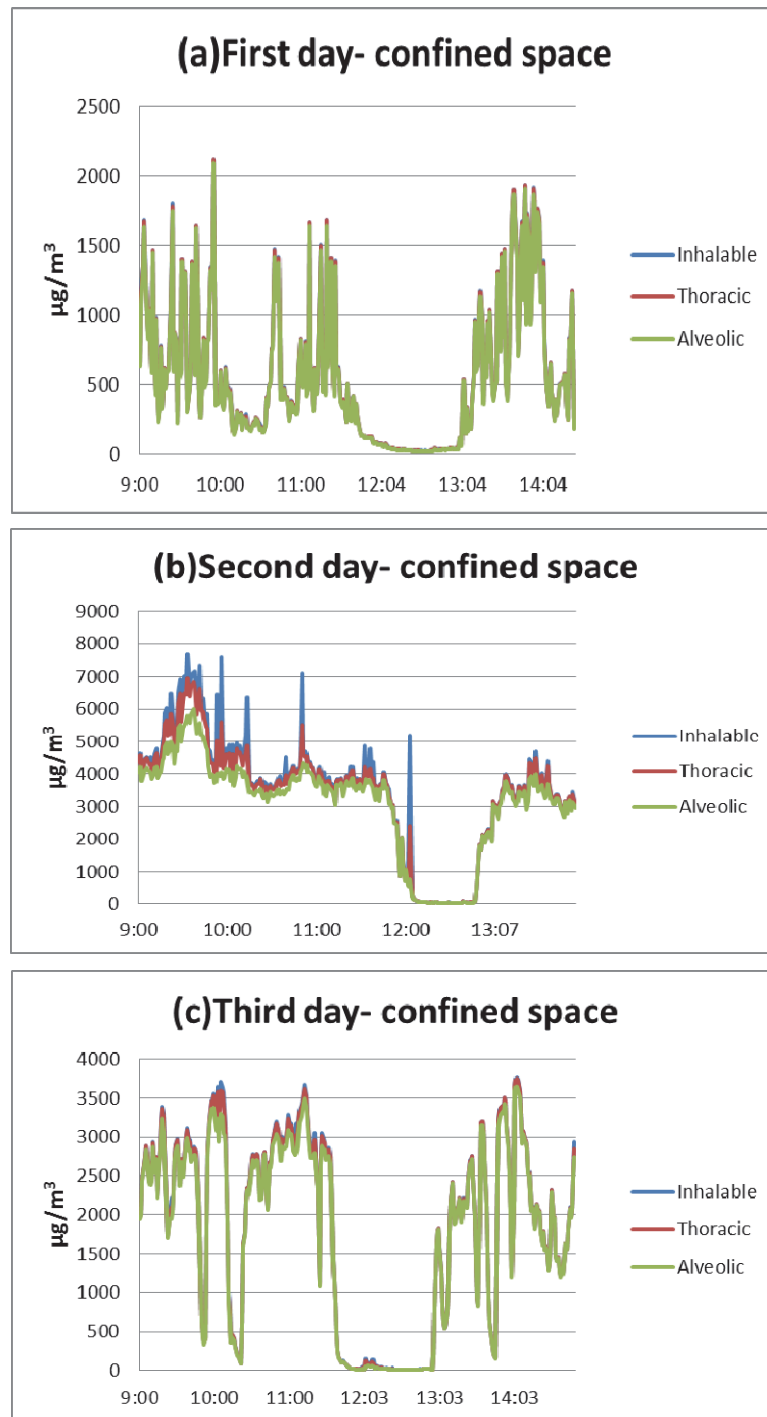


圖 18、連續三天局限空間焊接粉塵濃度變化

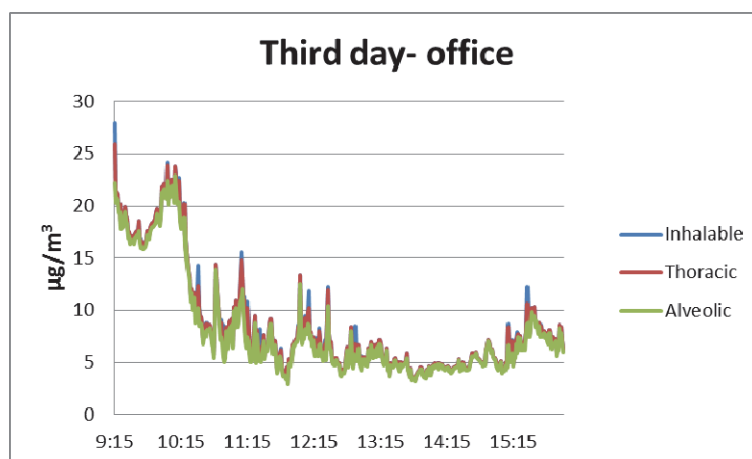
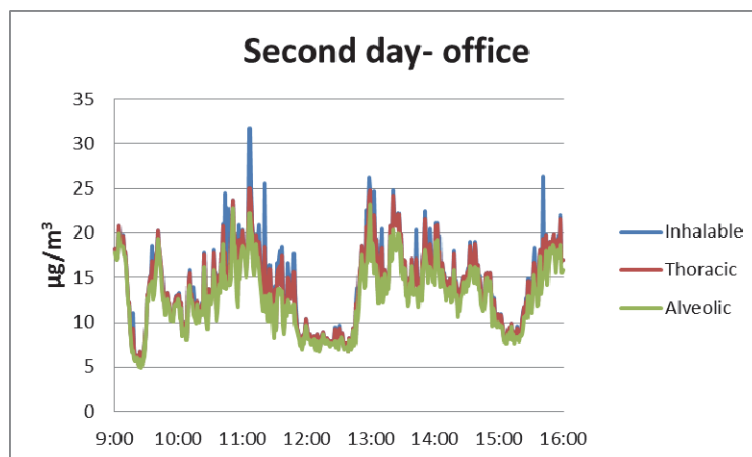
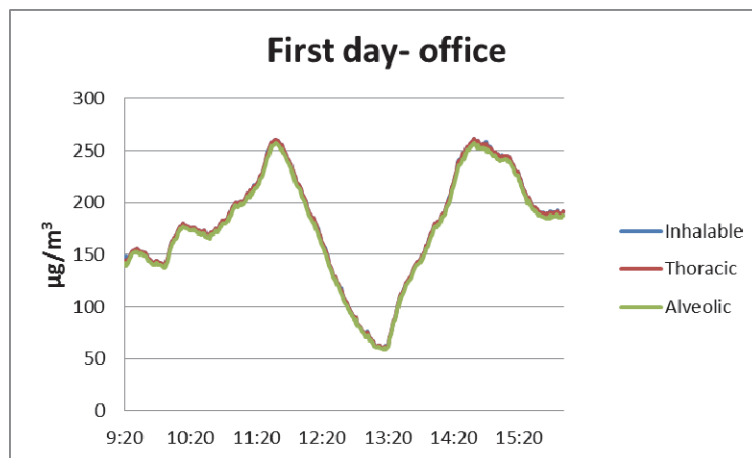


圖 19、連續三天行政區粉塵濃度變化(對照局限空間焊接)

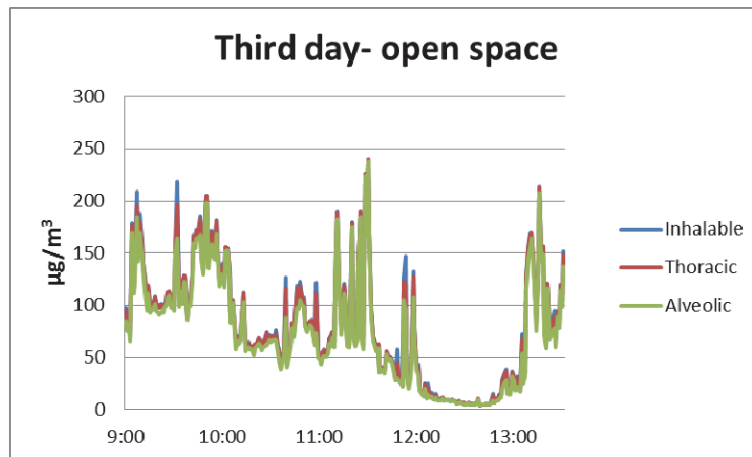
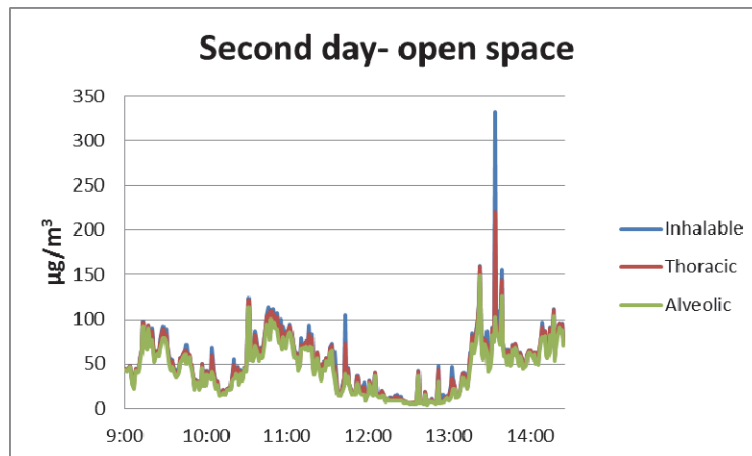
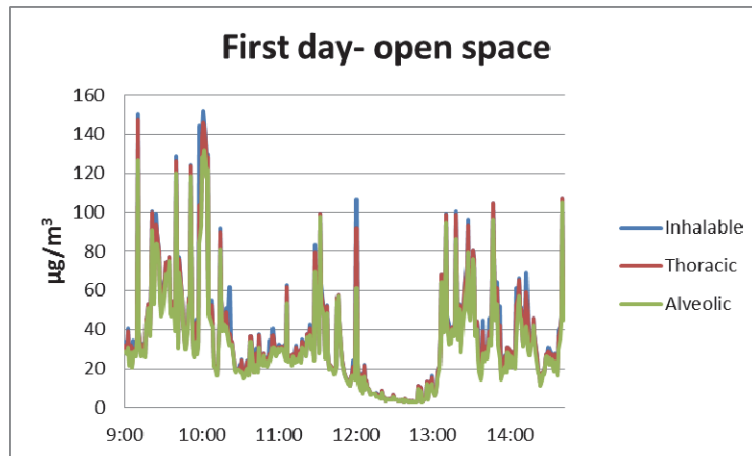


圖 20、連續三天開放空間焊接粉塵濃度變化

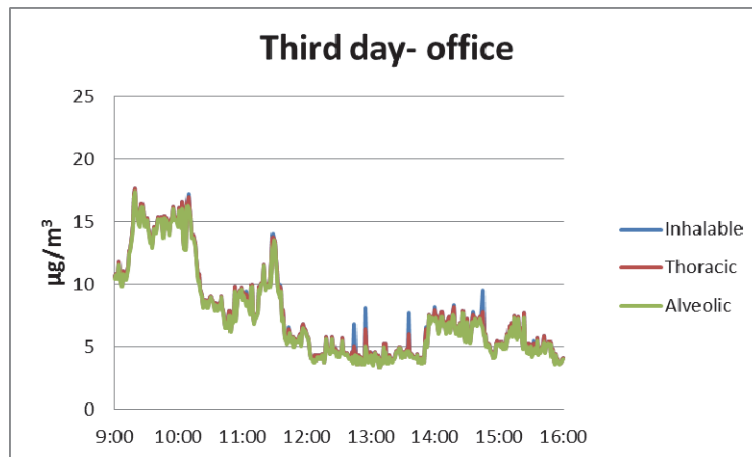
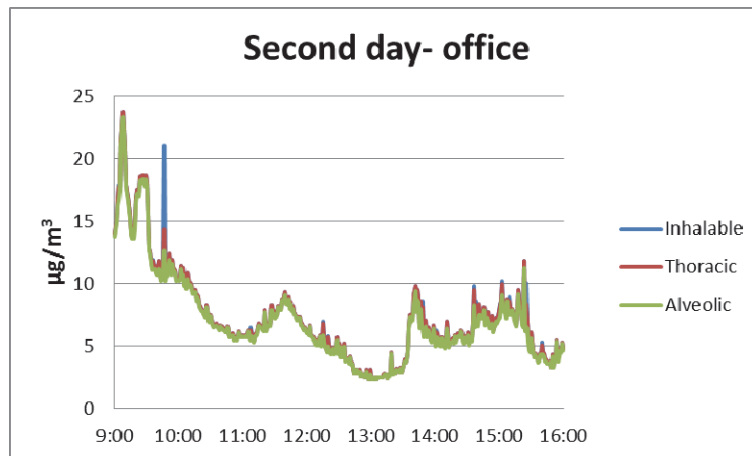
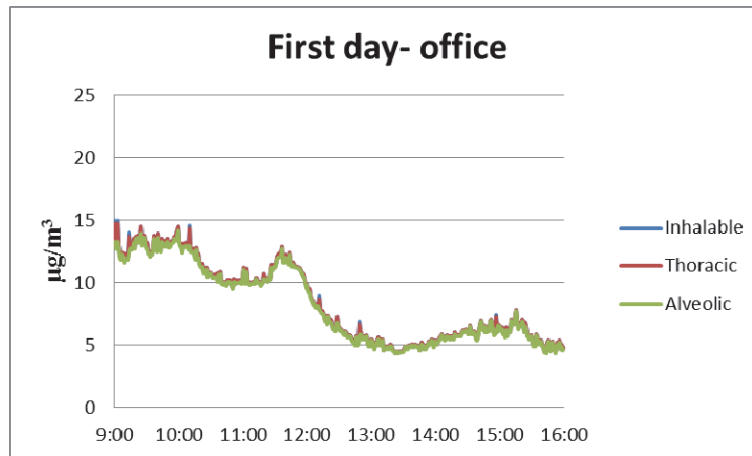


圖 21、連續三天行政區粉塵濃度變化(對照開放空間焊接)

表 12、局限空間焊接與行政區粉塵濃度比較

	局限空間			行政區		
	範圍	中位數	平均值±標準差	範圍	中位數	平均值±標準差
可吸入性	7~3759.3	2163	1802.4 ±1237	3.0~261	15.65	65.65±83.85
胸腔性	7~3747.1	2150	1792.7 ±1230	3.0~261	15.50	65.52±83.87
呼吸性	6~3653.2	2123	1749.4 ±1195	2.9~257	14.30	64.19±82.95

\*本表 P-value 為 ANOVA 檢定

單位:( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

表 13、開放空間焊接與行政區粉塵濃度比較

	局限空間			行政區		
	範圍	中位數	平均值±標準差	範圍	中位數	平均值±標準差
可吸入性	4~332.9	70.3	79.21 ±52.29	2.3~23.8	6.70	7.77 ±3.60
胸腔性	4~239.9	69.5	77.73 ±50.22	2.3~23.8	6.70	7.75 ±3.58
呼吸性	3~237.5	65.2	72.30 ±47.53	2.3~23.4	6.50	7.75 ±3.53

\*本表 P-value 為 ANOVA 檢定

單位:( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

## 第四節 生物指標測定

### 1. 健康檢查

在生物指標測定部分一共選擇了 300 位造船業員工，其中包含了 200 位平時工作會接觸到電焊作業及切割鋼板，100 為辦公室從業人員。測定結果如表 14~表 20 所示。在一般健康檢查的部分可以看到在暴露組現場員工部分，其 BMI 有 53%的人是正常的，34.5%的人是過重，對照組則有 62%的員工 BMI 是正常的；在骨質密度測定方面，暴露組有 67%的人是正常的，33%的人有骨質疏鬆的現象，對照組也是有 67%的人是正常的，33%的人有骨質疏鬆的現象。在血壓部分暴露組有 30.5%的人有高血壓的情形，對照組則是有 26%的人有高血壓的症狀。肺功能部分在暴露組有 18.5%的人是限制性肺功能異常，6%的人是有阻塞性的肺功能異常；對照組有 13%的人是限制性肺功能異常，其餘為正常。胸部 X 光部分在暴露組有 11.5%的人有肺結節，4.5%的人是肺部肋膜增生，6%的人肺部有纖維化的情形；在對照組部分有 8%的人有肺結節，2%的人有肺部纖維化的情形，如表 14 所示。

在心血管健康指標方面，檢查項目中只有高敏感度 C 反應蛋白在暴露組與對照組之間有顯著差異。高敏感度 C 反應蛋白在暴露組有 5%的人是異常，對照組有 13%的人也是異常。在纖維素原部分暴露組有 11.5%的人出現異常，對照組有 11%的人出現異常，其餘人都正常。飯前血糖部分在暴露組有 10%的人是異常，對照組有 8%的人出現異常，其餘人都正常。總膽固醇方面在暴露組有 47%的人是異常，對照組則是 60%的人是異常，其餘人都正常。在三酸甘油脂方面暴露組有 20.5%的人是異常，對照組則是 16%的人異常，其餘人都正常。HDL 的部分在暴露組異常率為 1%，對照組全部都是正常。LDL 的部分在暴露組則是有 12.5%的人是異常，對照組有 13%的人是異常的，如表 15。

在肝功能檢查的項目中暴露組與對照組之間並無顯著差異。首先是 GOT 的測定，在暴露組的部分異常率有 17%，對照組的異常率為 16%。GPT 的部分在暴露組異常率為 26.5%，對照組的異常率為 27%。r-GPT 的部分在暴露組的異常率為 8%，對照組的異常率為 7%。B 型肝炎表面抗原在暴露組呈現陽性的佔了 17%，對照組的部分異常率為 20%。C 肝病毒抗體在暴露組的異常率呈現陽性的佔了 2%，對照組的部分則是沒有發現異常。

在腎功能指標當中 eGFR 在暴露組與對照組之間有顯著差異，其他項目則無。血液中的肌酸酐，在暴露組的部分異常率為 0.5%，對照組的部分則是 1%。血中尿酸的部分在暴露組有 7%的人是異常的，對照組的部分有 9%的人是異常。尿液中的肌酸酐在暴露組與對照組的檢查結果都是正常的。在 eGFR 方面暴露組的部分有 79.5%的人屬於輕度慢性腎功能障礙，3%的人有中度慢性腎功能障礙；對照組的部分有 93%的人屬於輕度慢性腎功能障礙，4%的人是中度慢性腎功能障礙。在 NAG 方面暴露組則是 13.5%是異常，對照組方面則有 8%的人異常。Beta-2-microglobulin 在暴露組有 2%的人是異常，再對照組則是 3%的人異常。

在血液常規檢查項目的部分暴露組與對照組之間並無顯著差異。在白血球方面，暴露組檢查結果異常的有 21%，對照組異常的人 18%。紅血球檢查部分在暴露組有 20.5%的人異常，對照組的部分有 13%的人檢查結果是異常的。血紅素檢查部分在暴露組有 33.5%的人是異常的，對照組的部分異常率有 29%。血球容積在對照組的異常率有 20.5%，對照組的異常率有 19%。平均血球容積比的部分在暴露組異常率有 10.5%，對照組的異常率有 5%。平均紅血球血色素量在暴露組的異常率為 33.5%，對照組的異常率為 29%。平均紅血球血色素濃度在暴露組的異常率為 23.5%，對照組的異常率為 18%。血小板的部分在暴露組的異常率為 2.5%，對照組的異常率為 3%。



在內分泌功能檢查部分暴露組與對照組之間皆無顯著差異。甲狀腺激素方面在暴露組的異常率為 2.5%，對照組的異常率為 3%。男性睪固酮方面暴露組的異常率為 9%，對照組的異常率 5%。

一般尿液常規檢查的部分只有尿糖與酮體在暴露組與對照組之間有顯著差異。在尿糖的部分暴露組檢查異常的有 1%，對照組有 5%是異常的；酮體的部分有 2.5%的人是異常，對照組的部分則是 7%的人呈現異常。在尿蛋白的部分在暴露組有 17.5%的人是異常，對照組的部分有 18%的人是異常。在酸鹼度、膽紅素、亞硝酸鹽的部分暴露組和對照組接沒發現異常。尿潛血的部分在暴露組有 12%的人是異常的，對照組則有 8%的人是呈現異常。尿膽素原的部分在暴露組有 1%的人是異常的，對照組的部分則有 2%的人呈現異常。尿比重的部分在暴露組有 9%的人是異常，對照組的部分有 7%的人呈現異常。白血球的部分在暴露組有 1%的人是異常，對照組的部分都是正常。

表 14、勞工一般健康檢查資料

	暴露組		對照組		<i>p</i> -value <sup>a</sup>
	個案數	百分比	個案數	百分比	
性別					
男	200	100.00%	100	100.00%	
BMI					0.133
正常	106	53.00%	62	62.00%	
過重	69	73.40%	29	76.32%	
輕度肥胖	17	10.69%	9	11.84%	
中度肥胖	8	3.85%	0	0.00%	
骨質密度					1.000
正常	134	67.00%	67	67.00%	
骨質疏鬆	66	33.00%	33	33.00%	
高血壓					0.418
無	139	69.50%	74	74.00%	
有	61	30.50%	26	26.00%	
肺功能					0.047*
正常	179	89.50%	87	87.00%	
限制性肺功能異常	19	9.50%	13	13.00%	
阻塞性肺功能異常	2	1.00%	0	0.00%	
胸部 X 光					0.013*
正常	177	88.50%	90	90.00%	
肺結節	15	7.50%	8	8.00%	
肋膜增生	5	2.50%	0	0.00%	
肺部纖維化	3	1.50%	2	2.00%	

<sup>a</sup> 卡方檢定

\*  $p < 0.05$

表 15、心血管疾病相關健檢資料

心血管健康指標

	暴露組		對照組		<i>p</i> -value <sup>a</sup>
	個案數	百分比	個案數	百分比	
高敏感度 C 反應蛋白					0.014*
正常	190	95.0%	87	87%	
異常	10	5.0%	13	13%	
纖維素原					0.898
正常	177	88.5%	89	89%	
異常	23	11.5%	11	11%	
飯前血糖					0.575
正常	180	90.0%	92	92%	
異常	20	10.0%	8	8%	
總膽固醇					0.034*
正常	106	53.0%	40	40%	
異常	94	47.0%	60	60%	
三酸甘油脂					0.349
正常	159	79.5%	84	84%	
異常	41	20.5%	16	16%	
HDL					0.316
正常	198	99.0%	100	100%	
異常	2	1.0%	0	0%	
LDL					0.902
正常	175	87.5%	87	87%	
異常	25	12.5%	13	13%	

<sup>a</sup> 卡方檢定

\* *p*<0.05

表 16、肝功能檢查相關健檢資料

肝功能測定					
	暴露組		對照組		<i>p</i> -value <sup>a</sup>
	個案數	百分比	個案數	百分比	
肝功能					
GOT					0.827
正常	166	83.0%	84	84.0%	
異常	34	17.0%	16	16.0%	
GPT					0.926
正常	147	73.5%	73	73.0%	
異常	53	26.5%	27	27.0%	
r-GPT					0.715
正常	179	91.8%	93	93.0%	
異常	16	8.20%	7	7.0%	
B 型肝炎表面抗原					0.524
陰性	166	83.0%	80	80.0%	
陽性	34	17.0%	20	20.0%	
C 肝病毒抗體					0.155
陰性	196	98.0%	100	100.0%	
陽性	4	2.00%	0	0.0%	

<sup>a</sup> 卡方檢定

\*  $p < 0.05$

表 17、腎功能指標相關健檢資料

腎功能指標評估

	暴露組		對照組		<i>p</i> -value <sup>a</sup>
	個案數	百分比	個案數	百分比	
肌酸酐(B)					0.616
正常	199	99.5%	99	99.0%	
異常	1	0.5%	1	1.0%	
尿酸(B)					0.539
正常	186	93.0%	91	91.0%	
異常	14	7.0%	9	9.0%	
肌酸酐(U)					
正常	200	100.0%	100	100%	
異常	0	0.00%	0	0.0%	
尿素氮					0.363
正常	192	96.0%	98	98.0%	
異常	8	4.0%	2	2.0%	
eGFR					0.002*
第一期	35	17.5%	3	3.0%	
第二期	159	79.5%	93	93.0%	
第三期	6	3.0%	4	4.0%	
CKD-EPI eGFR					0.009*
第一期	63	31.5%	16	16.0%	
第二期	134	67.0%	80	80.0%	
第三期	3	1.5%	4	4.0%	
NAG					0.221
正常	157	78.5%	78	78.0%	
異常	27	13.5%	8	8.0%	
Beta-2-Microglobulin					0.589
正常	196	98.0%	97	97.0%	
異常	4	2.0%	3	3.0%	

<sup>a</sup> 卡方檢定

\* *p*<0.05

表 18、一般血液常規健康檢查相關資料

血液常規檢查

	暴露組		對照組		<i>p</i> -value <sup>a</sup>
	個案數	百分比	個案數	百分比	
血球因子					
白血球					0.540
正常	158	79.00%	82	82.00%	
異常	42	21.00%	18	18.00%	
紅血球					0.111
正常	159	79.50%	87	87.00%	
異常	41	20.50%	13	13.00%	
血紅素					0.431
正常	133	66.50%	71	71.00%	
異常	67	33.50%	29	29.00%	
血球容積					0.759
正常	159	79.50%	81	81.00%	
異常	41	20.50%	19	19.00%	
平均血容積比					0.110
正常	179	89.50%	95	95.00%	
異常	21	10.50%	5	5.00%	
平均紅血球血色素量					0.431
正常	133	66.50%	71	71.00%	
異常	67	33.50%	29	29.00%	
平均紅血球血色素濃度					0.276
正常	153	76.50%	82	82.00%	
異常	47	23.50%	18	18.00%	
血小板					0.800
正常	195	97.50%	97	97.00%	
異常	5	2.50%	3	3.00%	

<sup>a</sup> 卡方檢定

\*  $p < 0.05$

表 19、內分泌功能相關健康檢查資料

內分泌功能

	暴露組		對照組		$p$ -value <sup>a</sup>
	個案數	百分比	個案數	百分比	
甲狀腺激素					0.800
正常	195	97.5%	97	97.0%	
異常	5	2.5%	3	3.0%	
男性睪固酮					0.220
正常	182	91.0%	95	95.0%	
異常	18	9.0%	5	5.0%	

<sup>a</sup> 卡方檢定

\*  $p < 0.05$

表 20、一般尿液常規健康檢查資料

尿液常規檢查

	暴露組		對照組		<i>p</i> -value <sup>a</sup>
	個案數	百分比	個案數	百分比	
尿糖					0.031*
正常	198	99.0%	95	95%	
異常	2	1.0%	5	5%	
尿蛋白					0.915
正常	165	82.5%	82	82%	
異常	35	17.5%	18	18%	
酸鹼度					
正常	200	100.0%	100	100%	
異常	0	0.0%	0	0%	
尿潛血					0.290
正常	176	88.0%	92	92%	
異常	24	12.0%	8	8%	
膽紅素					
正常	200	100.0%	100	100%	
異常	0	0.0%	0	0%	
尿膽素原					0.477
正常	198	99.0%	98	98%	
異常	2	1.0%	2	2%	
尿比重					0.555
正常	182	91.0%	93	93%	
異常	18	9.0%	7	7%	
白血球					0.316
正常	198	99.0%	100	100%	
異常	2	1.0%	0	0%	
亞硝酸鹽					
正常	200	100.0%	100	100%	
異常	0	0.0%	0	0%	
酮體					0.061*
正常	195	97.5%	93	93%	
異常	5	2.5%	7	7%	

<sup>a</sup> 卡方檢定; \* *p*<0.05



## 2. 8-OHdG 檢測

在 8-OHdG 檢測部分一共分成兩部分，第一部分為工作現場參與個人採樣的 30 位員工，第二部分為健康檢查的 300 人。在第一部分一共蒐集 30 位員工禮拜一到禮拜五每天早晚的尿液，早上的尿液為上班之前蒐集，下午的尿液為下班之前蒐集。由表 21 可以看到在開放區下班前的尿液與上班前的尿液之間皆達顯著差異，由此可以看到經過一天的工作之後員工體內的 8-OHdG 濃度有增加，至於在禮拜一到禮拜五連續五天之間的濃度變化不大。

在體檢方面可以區分成暴露組與對照組，這三百位員工的平均濃度為  $1.29(\pm 0.84) \mu\text{g/g creatinine}$ ，濃度範圍為  $0.11 \sim 6.82 \mu\text{g/g creatinine}$ ，如果將這三百位員工已暴露組與對照組來區分開來的話，在暴露組的平均濃度為  $1.43(\pm 0.9) \mu\text{g/g creatinine}$ ，濃度範圍從  $0.11 \sim 6.82 \mu\text{g/g creatinine}$ ；在對照組的平均濃度是  $1.02(\pm 0.64) \mu\text{g/g creatinine}$ ，濃度範圍從  $0.15 \sim 6.82 \mu\text{g/g creatinine}$ ，在這兩組之間有顯著的差異( $p=0.023$ )，如表 22 所示。

其中在暴露組如果將吸菸因素加進去探討的話，可以看到有吸菸的員工體內 8-OHdG 濃度( $1.68 \pm 1.16$ )比沒吸菸的來的高( $1.36 \pm 0.8$ )，有無吸菸之間達邊緣顯著差異( $p=0.069$ )。在對照組的部分有吸菸的員工濃度( $1.08 \pm 0.62$ )也是比沒吸菸( $1.01 \pm 0.65$ )的來的高，有無吸菸之間則達顯著差異，如表 22 所示。

為了探討 8-OHdG 與重金屬之間的關聯性，以線性混合效應迴歸模式分析重金屬對 8-OHdG 的影響(如表 23 所示)，可發現在鋅、鎳、鉍、鉻、錒與 8-OHdG 之間有顯著相關。

表 21、現場三區勞工 8-OHdG(ng/ml)連續五天變化情形

		N	上午		下午		P-value <sup>a</sup>
			平均值	標準差	平均值	標準差	
局限空間							
	禮拜一	10	5.76	2.73	2.70	3.00	0.165
	禮拜二	10	4.54	2.86	7.20	3.84	0.990
	禮拜三	10	5.80	2.27	7.91	4.22	0.150
	禮拜四	10	5.92	2.73	7.40	3.17	0.026*
	禮拜五	10	5.83	2.36	6.78	2.78	0.129
開放空間							
	禮拜一	10	6.41	5.67	8.09	7.35	0.001*
	禮拜二	10	6.94	5.25	9.92	6.69	0.002*
	禮拜三	10	5.46	3.53	7.52	5.81	0.123*
	禮拜四	10	6.99	4.32	6.51	4.67	0.050*
	禮拜五	10	5.21	3.14	7.06	5.28	0.031*
切割區							
	禮拜一	10	3.47	1.71	2.47	1.81	0.110
	禮拜二	10	4.06	2.49	2.75	2.56	0.203
	禮拜三	10	3.87	2.64	2.05	1.96	0.083
	禮拜四	10	3.23	1.79	2.91	1.90	0.516
	禮拜五	10	3.54	1.81	2.02	1.38	0.104

a : pair t-test

\*  $p < 0.05$

表 22、300 位勞工 8-OHdG 濃度( $\mu$  g/g creatinine)

	N	平均值	標準差	中位數	最小值	最大值	p-value <sup>a</sup>
全部組別	300	1.29	0.84	1.17	0.11	6.82	
暴露組	200	1.43	0.90	1.23	0.11	6.82	0.023*
對照組	100	1.02	0.64	0.88	0.15	6.82	
暴露組							
有抽菸	47	1.68	1.16	1.30	0.39	4.25	0.069*
沒抽菸	153	1.36	0.80	1.20	0.11	3.08	
對照組							
有抽菸	18	1.08	0.62	0.97	0.26	2.47	0.023*
沒抽菸	82	1.01	0.65	0.86	0.15	3.08	
a:t-test							

表 23 以線性混合效應迴歸模式分析重金屬對 8-OHdG 的影響

	Predictor	adjR <sup>2</sup>	Beta	P-value
8-OHdG		0.789		
	Zn		0.603	0.014*
	Mn		0.083	0.417
	Al		-0.174	0.375
	Cu		-0.108	0.299
	Cr		1.994	<0.001*
	Ni		0.743	0.002*
	As		0.013	0.954
	Sr		0.513	0.003*
	Cd		0.228	0.303
	Be		0.963	<0.001*

\*p<0.05

註：以上皆先校正過年齡、吸菸、喝酒

## 第五節 問卷結果

健康問卷一共收集了 300 份，其中包含了行政區 100 人(對照組)以及工作現場 200 人(暴露組)。由表 24~表 30 可以看到暴露組和對照組的資本資料、工作型態以及生活型態的情形。在基本資料方面，暴露組的平均年齡大約是 49.9 歲，而對照組的平均年齡約 49.5 歲，兩組無顯著差異。身高方面暴露組的平均身高為 168.1 公分，對照組為 168.64 公分，兩組之前並無顯著差異。學歷方面在暴露組大多數為高中或高職畢業，大專以上也有 42 人；至於在對照組方面大專以上有 70 人，在學歷方面兩組之間有顯著的差異，如表 24。

在第二部份工作經歷這邊可以看到暴露組的工作年資較長，平均是 31 年，最少年資為 1 年，最大是 43 年；對照組方面平均年資為 30 年，最少為 1 年，最多為 40 年。至於之前是否有在其他公司工作，暴露組的部分只有 6% (12 人)曾在其他公司工作過，對照組則是有 19% (19 人)在其他公司工作過。在工作內容部分可以看到暴露組大部分都從事切割及焊接的工作(約 96.5 %)，少數人在駕駛吊車(7%)；對照組大約有 95 % 的人是在辦公室，5 % 的人是擔任公安巡查及救火的工作。至於工作單位粉塵暴露方面在暴露組有 59%(118 人)覺得下班時身上沾了不少的粉塵，對照組則是只有 81% 的人覺得身上稍微沾了一點粉塵，如表 25。

在第三部分生活型態方面可以看到在吸菸的部分，暴露組有 47% 的人是沒有吸菸的，已戒菸的有 21% 的人，每天都抽的為 32%；對照組大多數的人是沒有吸菸的(78%)。檳榔的部分在對照組沒有人有吃，但在暴露組有 3.5% 的人是目前仍有在吃。喝酒方面暴露組有 37% 的勞工目前有在喝，已戒酒的有 7 人；對照組目前有在喝酒的只有 9 人，已戒酒的有 13 人。在中藥服用方面暴露組有 20.5%(41 人)的人偶爾有在服用中藥，對照組則是有 23%。在海鮮食用方面暴露組有 78% 的人是每週都固定有吃海鮮的，對照組全部的人皆有在吃海鮮(100%)，如表 26。

在 AD8 早期失智篩檢量表的部分可以看到暴露組異常率高於對照組；有判斷力困難的情況在暴露組有 12%的人，對照組則是 4%；活動與興趣嗜好降低在暴露組佔了 19.5%，對照組佔了 7%；會重複相同的問題在暴露組佔了 14.5%，對照組則是 10%。學習小器具有困難的人在暴露組佔了 8%，對照組佔了 7%；會忘記正確的年月在暴露組佔了 11%，對照組佔了 7%；處理財務上有困難在暴露組佔了 11%，對照組佔了 9%；忘記約會的時間在暴露組佔了 7.5%，對照組佔了 5%；有持續思考與記憶力問題的部分在暴露組佔了 20.5%，對照組佔了 14%(表 27)。

巴金森篩檢量表的部分，手腳不靈活的人在暴露組佔了 1.5%，對照組則是 0%；字寫得越來越小在暴露組佔了 3%，對照組佔了 1%；動作越來越緩慢的人在暴露組佔了 6.5%，對照組佔了 2%；走路彎腰駝背在暴露組佔了 7%，對照組佔了 3%；走路不再像以前習慣前後擺動在暴露組佔了 3.5%，對照組佔了 3%；走路邁開步伐有困難在暴露組佔了 1%，對照組也是 1%；手腳頭部有不由自主地顫抖在暴露組佔了 1%，對照組佔了 2%；臉部表情變少或流口水現象在暴露組佔了 1%，對照組佔了 2%；聲音改變在暴露組佔了 3%，對照組佔了 3%；轉身有困難在暴露組佔了 2%，對照組佔了 3%；從座椅站起來有困難在暴露組佔了 3%，對照組佔了 2%，如表 28。

睡眠情況部分，暴露組平均需要  $20.17 \pm 15.98$  分，對照組則需  $15.71 \pm 13.12$  分才能夠入睡，且達統計上顯著差異( $p=0.014$ )，顯示暴露組需花更多的時間才能夠讓自己入睡；而在每晚可以入睡幾個小時方面，暴露組為  $6.89 \pm 0.86$  時，對照組亦為  $6.89 \pm 0.90$  時，兩組並未達顯著差異( $p=0.828$ )，如表 29 所示。

匹茲堡睡眠品質的部分(如表 30)無法在 30 分鐘入睡的人在暴露組佔了 50%，對照組佔了 32%；半夜因便清醒在暴露組佔了 48%，對照組佔了 35%；必須起來上廁所的人在暴露組為 58%，對照組則為 51%；呼吸不順暢在暴露組佔了 9%，對照組佔了 2%；睡覺會大聲打呼在暴露組佔了 37%，對照組佔了 32%；睡覺時會覺得冷的人在暴露組佔了 5%，對照組佔了 9%；睡覺時會覺得熱的人在暴露組佔了 14%，對照組佔了 10%；半夜會做惡夢的人在暴露組佔了 10%，對照組佔了 14%；覺得身上會疼痛的人在暴露組佔了 14%，對照組佔了 15%；晚上需要藥物助眠的人在暴露組佔了 3%，對照組佔了

2%；公共場合無法清醒的人在暴露組佔了 7%，對照組佔了 8%；無心完成該做之事在暴露組佔了 3%，對照組佔了 5%；覺得自己睡眠品質不好的人在暴露組佔了 23%，對照組佔了 27%。

表 24、基本資料

基本資料	暴露組(N=200)	對照組(N=100)	<i>P-value</i>
年齡(年)			
18~30	6 (3.0%)	5 (5.0%)	0.585 <sup>a</sup>
30~40	17 (8.5%)	9 (9.0%)	
40~50	83 (41.5%)	33 (33.0%)	
50~60	92 (46.0%)	51 (51.0%)	
60~	2 (1.0%)	2 (2.0%)	
平均	49.9	49.5	
身高(cm)	168.1±5.53	168.64±6.25	0.247 <sup>b</sup>
體重(kg)	68.0±8.98	67.7±8.12	0.151 <sup>b</sup>
學歷			
國中	17 (8.5%)	3 (3.0%)	<0.001 <sup>a</sup>
高中或高職	141 (70.5%)	27 (27.0%)	
大專	30 (15.0%)	51 (51.0%)	
大專以上	12 (6.0%)	19 (19.0%)	

a :卡方檢定

b :Two sample t-test



表 25、工作經歷

工作經歷	暴露組(N=200)	對照組(N=100)	<i>P-value</i> <sup>a</sup>
工作年資(年)			
最大	43	40	0.433
最小	1	1	
平均	31.2±8.85	30.34±9.77	
之前曾在其他公司工作			
是	12(6.0%)	19(19.0%)	<0.001
否	188(94.0%)	81(31.0%)	
工作			
固定白天班	200(100.0%)	92(92.0%)	<0.001
輪班	0(0.0%)	8(8.0%)	
工作內容			
辦公室	0(0.0%)	95(95.0%)	<0.001
切割	35(17.5%)	0(0.0%)	
焊接電焊	123(79.0%)	0(0.0%)	
填補	0(0.0%)	0(0.0%)	
油漆	0(0.0%)	0(0.0%)	
金屬加工現場	0(0.0%)	0(0.0%)	
其他(吊車、公安巡查、救火)	7(3.5%)	5(5.0%)	
現在的工作單位的粉塵暴露			
下班時衣服仍保持乾淨	13(6.5%)	19(19.0%)	<0.001
下班時衣服偶爾沾了一些粉塵	63(31.5%)	81(31.0%)	
下班時衣服沾了不少粉塵	118(59.0%)	0(0.0%)	
對面看不見人	6(3.0%)	0(0.0%)	

a:卡方檢定

表 26、生活型態

生活型態	暴露組(N=200)	對照組(N=100)	P-value <sup>a</sup>
是否吸菸			
否	94(47.0%)	78(78.0%)	<0.001
已戒菸超過半年	42(21.0%)	0(0.0%)	
每天都抽	64(32.0%)	22(7.0%)	
平均一天抽 __支	11	4	
是否吃檳榔			
否	172(86.0%)	100(100.0%)	<0.001
已戒掉超過半年	21(10.5%)	0(0.0%)	
每天都吃	7(3.5%)	0(0.0%)	
平均一天大約吃__顆	22	0	
喝酒的習慣			
否	119(59.5%)	78(78.0%)	<0.001
已戒(至少戒掉一年)	7(3.5%)	13(13.0%)	
目前有喝	74(37.0%)	9(9.0%)	
是否一年內服用中藥粉或喝煎煮之中藥			
沒有	152(76.0%)	77(77.0%)	0.162
偶爾使用	41(20.5%)	23(23.0%)	
近三個月內使用 10 天以上	7(3.5%)	0(0.0%)	
近三個月內使用 10 天到 30 天	0(0.0%)	0(0.0%)	
近三個月使用 30 天以上	0(0.0%)	0(0.0%)	
平常是否食用海鮮			
否	44(22.0%)	0(0.0%)	<0.001
是	156(78.0%)	100(100.0%)	
平均每星期食用海水魚(次)	2	1	
淡水魚(次)	1	1	
蝦蟹(次)	1	1	
貝(次)	1	1	

a:卡方檢定

表 27、AD-8 極早期失智症篩檢量表

	暴露組 (N=200)		對照組 (N=100)		<i>p</i> -value <sup>a</sup>
	個案數	(%)	個案數	(%)	
判斷力困難					0.002*
是	24	12.0%	4	4.0%	
否	136	68.0%	85	85.0%	
不知道	40	20.0%	11	11.0%	
活動興趣嗜好降低					<0.001*
是	39	19.5%	7	7.0%	
否	138	69.0%	90	90.0%	
不知道	23	11.5%	3	3.0%	
重複相同問題					0.008*
是	29	14.5%	10	10.0%	
否	139	69.5%	84	84.0%	
不知道	32	16.0%	6	6.0%	
學習小器具有無困難					0.392
是	16	8.0%	7	7.0%	
否	164	82.0%	87	87.0%	
不知道	20	10.0%	6	6.0%	
忘記正確年月					0.127
是	22	11.0%	8	8.0%	
否	156	78.0%	87	87.0%	
不知道	22	11.0%	5	5.0%	
處理財務有無困難					0.067
是	22	11.0%	9	9.0%	
否	156	78.0%	87	87.0%	
不知道	22	11.0%	4	4.0%	
忘記約會時間					0.017*
是	15	7.5%	5	5.0%	
否	160	80.0%	91	91.0%	
不知道	25	12.5%	4	4.0%	
有持續思考與記憶力問題					0.132
是	41	20.5%	14	14.0%	
否	136	68.0%	79	79.0%	
不知道	23	11.5%	7	7.0%	

<sup>a</sup> 卡方檢定 ; \**p*<0.05

表 28、巴金森篩檢量表

	暴露組 (N=200)		對照組 (N=100)		<i>p</i> -value <sup>a</sup>
	個案數	(%)	個案數	(%)	
手腳不靈活					0.298
有	3	1.5%	0	0.0%	
無	197	98.5%	100	100.0%	
寫字越寫越小					0.264
有	6	3.0%	1	1.0%	
無	194	97.0%	99	99.0%	
動作越來越緩慢					0.057
有	13	6.5%	2	2.0%	
無	187	93.5%	98	98.0%	
走路彎腰駝背					0.098
有	14	7.0%	3	3.0%	
無	186	93.0%	97	97.0%	
走路不再像以前習慣前後擺動					0.565
有	7	3.5%	3	3.0%	
無	193	96.5%	97	97.0%	
走路邁開步伐有困難					0.702
有	2	1.0%	1	1.0%	
無	198	99.0%	99	99.0%	
手腳頭部有不由自主抖動					0.404
有	2	1.0%	2	2.0%	
無	198	99.0%	98	98.0%	
臉部表情變少或流口水現象					0.205
有	2	1.0%	2	2.0%	
無	198	99.0%	98	98.0%	
聲音改變					0.620
有	6	3.0%	3	3.0%	
無	194	97.0%	97	97.0%	
轉身有困難					0.424
有	4	2.0%	3	3.0%	
無	196	98.0%	97	97.0%	
從座椅站起有困難					0.472
有	6	3.0%	2	2.0%	
無	194	97.0%	98	98.0%	

<sup>a</sup>: 卡方檢定 ; \**p*<0.05

表 29、睡眠情況

	暴露組 (N=200)				對照組 (N=100)				<i>p</i> -value <sup>a</sup>
	平均數(標準差)	中位數	最小值~最大值		平均數(標準差)	中位數	最小值~最大值		
多久才能入睡(分)	20.17(15.98)	15.00	0.00~90.00		15.71(13.12)	10.00	1.00~60.00		0.014*
每晚可入睡幾個小時	6.89(0.86)	6.88	3.67~10.33		6.89(0.90)	6.92	4.50~10.30		0.828

a:2-sample t-test

\*p<0.05

表 30、匹茲堡睡眠品質

		暴露組 (N=200)		對照組 (N=100)		<i>p</i> -value <sup>a</sup>
		個案數	(%)	個案數	(%)	
無法 30 分鐘入睡	<1	100	50%	68	68%	0.003*
	>1	100	50%	32	32%	
半夜因便清醒	<1	105	53%	65	65%	0.036*
	>1	95	48%	35	35%	
必須起來上廁所	<1	84	42%	49	49%	0.266
	>1	116	58%	51	51%	
呼吸不順暢	<1	183	92%	98	98%	0.026*
	>1	17	9%	2	2%	
大聲打呼	<1	127	64%	68	68%	0.489
	>1	73	37%	32	32%	
覺得冷	<1	191	96%	91	91%	0.174
	>1	9	5%	9	9%	
覺得熱	<1	172	86%	90	90%	0.359
	>1	28	14%	10	10%	
做惡夢	<1	181	91%	86	86%	0.195
	>1	19	10%	14	14%	
身上疼痛	<1	172	86%	85	85%	0.796
	>1	28	14%	15	15%	
晚上需要藥物助眠	<1	195	98%	98	98%	0.576
	>1	5	3%	2	2%	
公共場合無法清醒	<1	186	93%	92	92%	0.861
	>1	14	7%	8	8%	

無心完成該做之事						0.376
	沒影響	194	97%	95	95%	
	有影響	6	3%	5	5%	
睡眠品質						0.429
	好	155	78%	73	73%	
	差	45	23%	27	27%	

註:≤1 從未發生或不到一次 ,>1 約一兩次或三次或三次以上

<sup>a</sup>:卡方檢定 ; \*p<0.05

## 第五章 討論

本研究針對某造船業的電焊作業勞工為研究對象，至收案結束一共有 300 位員工參與研究，其中包含了現場電焊作業勞工 200 名(暴露組)與辦公室從業人員 100 名(對照組)。研究對象皆為自願性參與，透過公司部門對員工簡介研究內容，並增加一般個人健康檢查所沒有的項目來讓員工能對自身的健康狀況更加了解，因此本研究的暴露組與對照組人員皆是對自身健康較為關注者，因此可以減少健康工人效應(healthy worker effect)造成偏差的可能性。

本研究當中的現場電焊作業勞工平時工作內容與地點都是固定的，該公司在電焊作業現場為一個連續性的生產線，鋼板一進入到焊接工廠時會先進行畫圖，並根據畫圖的結果進而切割成所需的樣式，之後切割好的鋼板會移動到較為開放空間進行焊接，逐步地將大小不同的鋼板進行焊接，之後這些半成品的鋼板會再往前移動並進行更加細微的修補焊接，經過檢查之後沒有問題才會離開焊接工廠。

因此本研究依照現場作業型態將其區分成三區鋼板切割區、開放空間焊接、局限空間焊接進行作業環境測定與個人採樣來探討個人工作時所受到的重金屬濃度暴露，並透過問卷內容與健康檢查的項目來看重金屬的暴露是否影響到員工的健康。



## 第一節 工作時暴露的重金屬濃度與環境檢測

本研究當中一共測定了 12 種重金屬元素，在環境檢測方面可以看到濃度最高的為鋅，其次是錳、鋁、鉛、銅、鉻、鎘、鎘、砷、鎳、鈷、鉍，依照濃度的大小可以區分成低、中、高三種濃度分組，高濃度組為鋅、錳、鋁，中間濃度組為鉛、銅、鉻，低濃度組為鎘、鎘、砷、鎳、鈷、鉍。表 31 為本研究所測得的數據與其他國內學者的研究做比較，可以看到本研究中的濃度李聯雄教授研究中的濃度相似，針對各種金屬濃度加以細分的話可以看到李聯雄教授的研究中小組合區與本研究中的局限空間較為相似[305]，在組合區與大組間區則是與開放空間的濃度較為相似。

個人測定部分其金屬元素組成與環境中所偵測到的濃度組成相同，在高濃度組部分為鋅、錳、鋁，中間濃度族群為鉛、銅、鉻，低濃度族群為鎘、鎘、砷、鎳、鈷、鉍。本研究中所測定的金屬元素當中有十種在本所有制定暴露容許濃度建議標準，將本實驗的數據與勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準去做比較，可以看到在局限空間勞工暴露方面，這十種金屬元素暴露濃度當中在錳的部分有一位員工暴露的濃度是超過 1/2 PEL-TWA( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )；在開放空間焊接部分有四位員工錳的暴露量是超過 1/2 PEL-TWA( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )。至於在鋼板切割區的員工則是都沒有超過各種金屬的 1/2 PEL-TWA。由個人採樣的資料可以看到與環境測定的資料具有一致性，在局限空間焊接的濃度遠高於開放空間焊接與鋼板切割區，但如果把每一區分開看的話可以發現到每個人暴露的重金屬濃度會經由工作內容的不同而所暴露的重金屬量也會不同。

表 31、本研究與國內其他學者比較

	本研究			其他研究(李聯雄, 2010)[305]		
	局限空間	開放空間	切割區	小組合	組合段	大組件
	(N=5)	(N=5)	(N=5)	(N=6)	(N=6)	(N=6)
9Be	0.05	ND	ND	-	-	-
59Co	0.32	0.02	0.004	0.49	0.05	0.07
60Ni	0.95	0.17	0.11	0.17	0.12	0.09
75As	1.12	0.11	0.03	-	-	-
88Sr	0.19	0.05	0.02	-	-	-
111Cd	0.07	0.004	0.003	0.25	0.05	0.11
52Cr	5.29	0.87	0.54	1.64	1.19	0.4
65Cu	9.21	2.10	1.15	1.84	0.49	2.37
208Pb	15.61	0.40	0.07	11.38	5.64	3.36
27Al	98.38	4.31	0.81	-	-	-
55Mn	112.51	36.23	3.29	118	103	195
66Zn	779.59	36.26	6.40	-	-	-

“—”：未測

## 第二節 健康情況

在健康檢查的結果當中暴露組的肺功能異常的比例在暴露組是比較高的，佔了暴露組的 24.5%，其中限制性肺功能的部分就佔了 18.5%，阻塞性肺功能則是佔了 6%，且暴露組與對照組兩者之間在統計上有顯著差異。在胸部 X 光的部分異常的比例也是暴露組比對照組來的高，異常比例佔了暴露組的 22%，其中肺結節的人佔了 11.5%，胸部肋膜增生的人佔了 4.5%，肺部纖維化的人佔了 6%，且暴露組與對照組之間在統計上是有顯著差異的；去探討胸部 X 光與肺功能異常的可能原因因為暴露組的員工在進行電焊作業時即使配戴了個人防護用具但整個工廠內還是會充滿著微量的金屬煙，且中午休息時勞工們還是處於工廠之中，雖然根據懸浮微粒偵測的結果在中午的量是比較低的，但勞工在休息時還是暴露在充滿重金屬的環境當中，因此長期暴露之下而使得在胸部 X 光與肺功能檢查的部分異常率較對照組高。

在心血管疾病的部分，可以看到高敏感度 C 反應蛋白中對照組異常的比例是比較高的，在暴露組與對照組之間有統計上顯著的差異；在總膽固醇的部分也是對照組異常比例高於暴露組，且兩組之間有統計上顯著的差異；由這兩點來看對照組的員工平時可能較少從事勞力密集的工作，長期待在辦公室中使得運動量較暴露組低，因此在心血管疾病指標的部分讓對照組異常的較暴露組高。

在氧化壓力傷害指標部分可以看到焊接作業現場的勞工在下午下班前都是比上午上班前來的高，由此結果可以看到在經過一整天的焊接工作後會造成體內 8-OHdG 濃度的上升，另外藉由複迴歸分析可以看到鋅、鉻、鎳、鋁、鉍等元素確實會影響體內 8-OHdG 的濃度。至於在體檢收集的個案部分中，所測得的 200 位暴露組與 100 位對照組尿異中 8-OHdG 濃度中可以看到，在暴露組的平均濃度是高於對照組的，且兩組之間有顯著差異，顯示現場的電焊工人經由金屬煙中的重金屬暴露之後確實會增加體內 8-OHdG 的濃度；再進一步區分勞工平時有無吸菸習慣的話可以看到，在暴露組當中有吸菸的勞工在體內 8-OHdG 的濃度也比沒有吸菸的勞工來的高；再看到對照組的部分，有吸菸的員工確實也比沒有吸菸

的員工體內 8-OHdG 濃度來的高，因此可以看到除了平時重金屬暴露之外，吸菸的習慣也會影響到體內 8-OHdG 的濃度。

### 第三節 問卷

在一般健康問卷的部分，雖然暴露組與對照組的平均年齡相近，但若以年齡分層來看的話可以發現在對照組的年齡是稍微偏高的，50 歲以上的員工占了 53%；暴露組 50 歲以上的勞工只佔了 47%。由此可以看到兩組的年齡層分布有些微的差異。在身高體重方面，兩組的平均身高與體重都很相近，且兩組之間並無顯著差異。至於學歷部分在暴露組主要都是高中職，對照組則大專(含)以上的比例較高，這部份的可能原因為暴露組勞工從事技術性工作，因此學歷部分較不重視。至於在工作年資部分暴露組與對照組的平均年資相近，但在最大年資的部分暴露組是高於對照組的。

在早期失智篩檢問卷方面，在判斷力困難、活動興趣嗜好降低、重複相同的問題、忘記約會時間等選項在暴露組與對照組之間有顯著差異，其他的選項都無顯著差異。另外在早期失智篩檢量表中學習小器具有無困難、忘記正確年月、處理財務上的困難、有持續思考與記憶力的問題等選項，不論是在暴露組還是對照組的部分超過 50%的人都沒有出現這方面的問題。

在巴金森篩檢量表部分不論是暴露組或對照組，在手腳不靈活、寫字越寫越小、動作越來越慢、走路彎腰駝背、走路不再像以前習慣左右擺動、走路邁開步伐有困難、手腳頭部有不由自主抖動、臉部表情變少或流口水現象、聲音改變、轉身有困難、從座椅站起來有困難等選項當中，超過 90%的人都沒有這些困難發生，而且在暴露組與對照組之間也沒有顯著差異。

在睡眠部分可以看到如表 29 所示，在暴露組的員工躺上床後要花比較長的時間才能入睡，平均約 20 分鐘；在對照組平均 15 分鐘就能入睡，兩組之間有顯著差異。至於睡眠

時間的長短在兩組都是大約每天睡 6.8 個小時，兩組之間無顯著差異。在睡眠品質問卷部分暴露組在無法 30 分鐘入睡、半夜起來上廁所、睡眠時呼吸不順暢等三個選項中約有 50% 的人在這方面是有困難的，與對照組相比的話是具有顯著差異的。在半夜起來上廁所的選項在暴露組與對照組中約有 50% 的人有這情況發生。

## 第六章 結論與建議

### 第一節 結論

本研究針對造船業焊接現場員工為研究對象，並針對焊接勞工工作時所受到的金屬煙塵暴露情形進行量測，並與員工健康檢查結果進行比對。本研究結果可提供國內相關電焊作業環境暴露基本資料，讓相關單位能針對勞工安全衛生方面制定防護標準。

1. 本研究結果顯示，重金屬在作業環境當中會依據空間的不同而有不同的暴露影響，在局限空間中暴露的濃度是最高的，平均可達到  $1023 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在開放空間的部分平均只有  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在切割區的濃度是最低的，平均只有  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；在這三區當中有顯著的差異。
2. 個人採樣暴露的部分與環境採樣相同，以局限空間的濃度為最高，平均可達  $408 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，開放空間的濃度介於中間，平均濃度達  $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，切割區的濃度是最低的，濃度只有  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；個人採樣部分在這三組人員當中也是有顯著差異的。
3. 在胸部 X 光以及肺功能檢測部分可以看到暴露組異常的比例較對照組來的高，在胸部 X 光部分暴露組異常比例為 22%，其中包含了肺結節、肺部肋膜異常增生、以及肺部纖維化等症狀；在肺功能部分，暴露組中肺功能異常的比例為 24.5%，其中包含了阻塞性肺功能異常與限制性肺功能異常。
4. 心血管指標部分只有高敏感度 C 反應蛋白、總膽固醇等因子在暴露組與對照組之間有顯著差異，其餘像是纖維素原、飯前血糖、三酸甘油脂、HDL、LDL 的項目中兩組之間沒有顯著差異。

5. 在腎功能指標評估的部分，腎絲球過濾率異常的比例在對照組稍微偏高，且對照組與暴露組之間有顯著差異；至於其他像是肌酸酐、尿酸、尿素氮等項目中在暴露組與對照組之間無顯著差異。
6. 暴露組的 DNA 氧化傷害指標-尿液中 8-OHdG 濃度顯著高於對照組；藉由混合線性迴歸模式分析可以看到重金屬與 DNA 氧化傷害指標有顯著相關，其中又以鋅、鉻、鎳、鋇、鉍五種重金屬與 DNA 氧化傷害指標有顯著相關。
7. 在 AD-8 早期失智篩檢問卷當中可以看到暴露組異常率高於對照組，由此問卷顯示暴露組的員工在早期失智篩檢量表的部分的表現是比較差的，在 AD-8 的選項中判斷力上的困難、活動興趣降低、重複相同的問題、忘記約會時間等項目中，暴露組與對照組之間是有顯著差異的，其餘選項雖然在暴露組的員工異常率高於對照組，但兩組之間並無顯著差異。
8. 在巴金森篩檢量表部分雖然暴露組與對照組之間沒有顯著差異，但是暴露組在問卷項目中有異常的比例是比對照組來的高。
9. 在匹茲堡睡眠問卷當中，暴露組晚上入睡的時間比對照組來的長；且在睡眠品質部分中可以看到無法在 30 分鐘入睡、半夜因便清醒、呼吸不順暢等項目，暴露組比對照組的異常率高，且兩組之間是有顯著差異的。

## 第二節 建議

勞工是整個社會結構組成中重要的一個環節，因此勞工們的健康與工作時的危害暴露情形是值得去關注的。在本研究當中雖然工作環境中的重金屬濃度只有一位勞工超過法規標準值，但仍需關注勞工工作時的環境，以下有幾點建議：

1. 依據勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準，在局限空間方面雖然只有一位勞工的鋅暴露值超過 TWA，但在 1/2 TWA(action level)的部分則有 8 位勞工暴露的濃度是超過的，以本會公布的局限空間作業危害預防要點來看的話，建議公司可以加強通風設備與換氣量，以減少勞工在工作時所暴露的有害物質。
2. 雖然公司有向員工推廣工作時個人防護用具的使用，但在現場的員工有少數人並未全程使用個人防護用具，因此針對個人防護用具的佩帶觀念仍需加強並宣導(如圖 22 所示)，讓員工能在工作之餘也能保護到自身的健康。
3. 在員工健康部分應努力推廣健康促進以便減少代謝症候群的發生，可以推行健康操，或是推行相關的有氧運動體適能，並舉辦各部門的康樂競賽，定期記錄其心肺指數，提升員工們的健康意識。完整的職業安全衛生除了創造健康無危害的環境之外，健康的工作者也是健康職場中一個重要的一環，讓員工維持良好的身心與體能也是一個企業提升競爭力的重要因素，對於代謝症候群的預防可參考以下幾點：
  - (1) 保持建議之體重，注意均衡飲食：六大類營養要均勻攝取，避免過度精緻的糖類製品，澱粉類零食及碳酸飲料；足夠的蛋白質及油脂攝取，避免反式脂肪酸；最重要的是蔬果類之攝取。
  - (2) 規律且有效的運動習慣：本研究中並無看出員工是否有固定運動的習慣，但適量的運動對 HDL 及睡眠是有其助益的，因此建議公司對員工進行體適能的推廣，鼓勵員工除了上班之外能有規律的運動。



4. 建議雇主對於造船業電焊與金屬切割工作員工胸部 X 光以及肺功能異常者，須加強健康管理，並以工程改善方式降低其作業環境中重金屬等危害物的暴露。
5. 由於目前國內已有電焊業員工罹患肺癌與腎臟癌的案例，由於電焊業勞工在工作時會受到重金屬的暴露，因此針對重金屬暴露員工的健康檢查，建議增加癌症篩檢項目，以達成職業病預防健檢的目的。



圖 22、現場員工配戴個人防護具

## 誌謝

本研究計畫參與人員包括高雄市立小港醫院林主任文一，高雄醫學大學吳主治醫師明蒼、彭副教授瓊瑜、蕭聖霖先生，以及本所潘副研究員致弘、何組長俊傑、陳助理研究員志章，謹此敬表謝忱。

## 參考文獻

- [1] Jenkins, N.T., Pierce, G. and Eagar, T.W, Particle size distribution of gas metal and flux cored arc welding fumes. *Welding Journal*, 2005.
- [2] Yu, I.J., et al., Pattern of deposition of stainless steel welding fume particles inhaled into the respiratory systems of Sprague–Dawley rats exposed to a novel welding fume generating system. *Toxicol Lett*, 2000. 116(1–2): p. 103-111.
- [3] Jenkins, N.T., *Chemistry of airborne particles from metallurgical processing*, 2003, Massachusetts Institute of Technology, Department of Materials Science and Engineering.
- [4] 謝俊明, 不銹鋼電弧焊煙暴露危害與評估技術之檢討與建議. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所, 1999.
- [5] 謝俊明, 電焊勞工錳鉻鎳重金屬暴露調查技術探討. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所研究報告, 2006.
- [6] 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所, 行政院勞工委員會八十六年十月出版職業性疾病案例. 1997.
- [7] Bowler, R.M., et al., Manganese exposure: neuropsychological and neurological symptoms and effects in welders. *Neurotoxicology*, 2006. 27(3): p. 315-326.
- [8] 劉紹興、蔡洋廉, 電焊作業勞工錳暴露與健康效應之研究. 安全衛生簡訊第 92 期.
- [9] Mauri, M., F. Spagnoli, and M. Marcaccio, Heavy metal in sediments and bioaccumulation in the bivalve *Corbula gibba* in a drilling discharge area. *Ann Chim*, 2004. 94(1-2): p. 57-69.
- [10] Johnson, J.C., et al., Lead exposure among workers renovating a previously delead bridge: comparison of trades, work tasks. *AIHAJ*, 2000. 61(6): p. 815-9.
- [11] Wang, X.L., et al., [Effect of heavy metals exposure on neurobehavioral function in welders]. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*, 2008. 26(11): p. 641-4.
- [12] Luo, J.C., K.H. Hsu, and W.S. Shen, Pulmonary function abnormalities and airway irritation symptoms of metal fumes exposure on automobile spot welders. *Am J Ind Med*, 2006. 49(6): p. 407-16.
- [13] Alexopoulos, E.C., et al., Biological monitoring of hexavalent chromium and serum levels of the senescence biomarker apolipoprotein J/Clusterin in welders. *Bioinorg Chem Appl*, 2008: p. 420578.
- [14] Stafilov, T., et al., Heavy metal contamination of topsoils around a lead and zinc smelter in the Republic of Macedonia. *J Hazard Mater*, 2010. 175(1-3): p. 896-914.
- [15] Martley, E., B.L. Gulson, and H.R. Pfeifer, Metal concentrations in soils around the copper smelter and surrounding industrial complex of Port Kembla, NSW, Australia. *Sci Total*

- Environ, 2004. 325(1-3): p. 113-27.
- [16] Koptsik, S., et al., Heavy metals in soils near the nickel smelter: chemistry, spatial variation, and impacts on plant diversity. *J Environ Monit*, 2003. 5(3): p. 441-50.
  - [17] Meyer, I., J. Heinrich, and U. Lippold, Factors affecting lead, cadmium, and arsenic levels in house dust in a smelter town in eastern Germany. *Environ Res*, 1999. 81(1): p. 32-44.
  - [18] Hartwell, T.D., et al., Heavy metal exposure in populations living around zinc and copper smelters. *Arch Environ Health*, 1983. 38(5): p. 284-95.
  - [19] Benin, A.L., et al., High concentrations of heavy metals in neighborhoods near ore smelters in northern Mexico. *Environ Health Perspect*, 1999. 107(4): p. 279-84.
  - [20] Landrigan, P.J. and E.L. Baker, Exposure of children in heavy metals from smelters: epidemiology and toxic consequences. *Environ Res*, 1981. 25(1): p. 204-24.
  - [21] Wojcik, A., et al., [Exposure of galvanization plant's workers to various heavy metals and cyanides during the production process]. *Ann Univ Mariae Curie Sklodowska Med*, 1987. 42: p. 111-6.
  - [22] El Safty, A., et al., Zinc toxicity among galvanization workers in the iron and steel industry. *Ann N Y Acad Sci*, 2008. 1140: p. 256-62.
  - [23] Hengstler, J.G., et al., Occupational exposure to heavy metals: DNA damage induction and DNA repair inhibition prove co-exposures to cadmium, cobalt and lead as more dangerous than hitherto expected. *Carcinogenesis*, 2003. 24(1): p. 63-73.
  - [24] Roedel, E.Q., et al., Pulmonary toxicity after exposure to military-relevant heavy metal tungsten alloy particles. *Toxicol Appl Pharmacol*, 2011.
  - [25] Verma, R., et al., In vitro profiling of epigenetic modifications underlying heavy metal toxicity of tungsten-alloy and its components. *Toxicol Appl Pharmacol*, 2011. 253(3): p. 178-87.
  - [26] Wang, Z.X., et al., Environmental impact and site-specific human health risks of chromium in the vicinity of a ferro-alloy manufactory, China. *J Hazard Mater*, 2011. 190(1-3): p. 980-5.
  - [27] Miller, A.C., et al., Neoplastic transformation of human osteoblast cells to the tumorigenic phenotype by heavy metal-tungsten alloy particles: induction of genotoxic effects. *Carcinogenesis*, 2001. 22(1): p. 115-25.
  - [28] Watarai, M., et al., Amount of metallic ions released from Ti-Ni alloy by abrasion in simulated bioliquids. *Biomed Mater Eng*, 1999. 9(2): p. 73-9.
  - [29] Baldwin, M., et al., Past occupational exposure to airborne manganese in a manganese alloy plant. *J Occup Environ Hyg*, 2008. 5(7): p. 426-37.
  - [30] Muttamara, S. and S.T. Leong, Health implication among occupational exposed workers in a chromium alloy factory, Thailand. *J Environ Sci (China)*, 2004. 16(2): p. 181-6.
  - [31] Roslyi, O.F., et al., [Occupational medicine in aluminum and copper alloy production]. *Med Tr Prom Ekol*, 2000(3): p. 13-7.

- [32] Priante, E., et al., [The occupational risks in a company producing aluminum alloy wheels]. *Med Lav*, 1992. 83(5): p. 461-5.
- [33] Bazarova, E.L., [Evaluating occupational health risk in titanium alloys production workers]. *Med Tr Prom Ekol*, 2007(3): p. 14-20.
- [34] Arena, V.C., et al., Issues and findings in the evaluation of occupational risk among women high nickel alloys workers. *Am J Ind Med*, 1999. 36(1): p. 114-21.
- [35] Dobecki, M., et al., [Evaluation of occupational exposure to nickel and other metals based on the analysis of air in the production of nickel alloys]. *Med Pr*, 1988. 39(6): p. 399-405.
- [36] Jarup, L., Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull*, 2003. 68: p. 167-82.
- [37] Graeme, K.A. and C.V. Pollack Jr, Heavy metal toxicity, part ii: lead and metal fume fever. *The Journal of Emergency Medicine*, 1998. 16(2): p. 171-177.
- [38] Graeme Md, K.A. and M.D.F.C.V. Pollack Jr, Heavy Metal Toxicity, Part I: Arsenic and Mercury. *The Journal of Emergency Medicine*, 1998. 16(1): p. 45-56.
- [39] Ibrahim, D., et al., Heavy metal poisoning: clinical presentations and pathophysiology. *Clin Lab Med*, 2006. 26(1): p. 67-97, viii.
- [40] Dennis, J.H., et al., A model for prediction of fume formation rate in gas metal arc welding (GMAW), globular and spray modes, DC electrode positive. *Ann Occup Hyg*, 2001. 45(2): p. 105-13.
- [41] Kalliomaki, P.L., et al., Kinetics of the metal components of intratracheally instilled stainless steel welding fume suspensions in rats. *Br J Ind Med*, 1986. 43(2): p. 112-9.
- [42] Graeme, K.A. and C.V. Pollack, Jr., Heavy metal toxicity, part II: lead and metal fume fever. *J Emerg Med*, 1998. 16(2): p. 171-7.
- [43] Nemery, B. and M. Demedts, Respiratory involvement in metal fume fever. *Eur Respir J*, 1991. 4(6): p. 764-5.
- [44] Langen, H.J., M. Held, and B. Jany, [Cryptogenic organizing pneumonia after metal fume inhalation]. *Rofo*, 2006. 178(12): p. 1263-4.
- [45] Ebran, B., et al., [Radiological evidence of lung involvement in metal fume fever]. *Rev Pneumol Clin*, 2000. 56(6): p. 361-4.
- [46] Van Pee, D., O. Vandenplas, and J.B. Gillet, Metal fume fever. *Eur J Emerg Med*, 1998. 5(4): p. 465-6.
- [47] Gordon, T. and J.M. Fine, Metal fume fever. *Occup Med*, 1993. 8(3): p. 504-17.
- [48] Kawane, H., et al., Metal fume fever and asthma. *Chest*, 1988. 93(5): p. 1116-7.
- [49] Offermann, P.V. and C.J. Finley, Metal fume fever. *Ann Emerg Med*, 1992. 21(7): p. 872-5.
- [50] Heydon, J.L. and A.N. Kagan, Metal fume fever. *N Z Med J*, 1990. 103(883): p. 52.
- [51] Laohaudomchok, W., et al., Neuropsychological effects of low-level manganese exposure in welders. *Neurotoxicology*, 2011. 32(2): p. 171-9.
- [52] Halatek, T., et al., Neurological and respiratory symptoms in shipyard welders exposed to

- manganese. *Int J Occup Med Environ Health*, 2005. 18(3): p. 265-74.
- [53] Sjogren, B., et al., Effects on the nervous system among welders exposed to aluminium and manganese. *Occup Environ Med*, 1996. 53(1): p. 32-40.
  - [54] Bouchard, M., et al., Manganese cumulative exposure and symptoms: a follow-up study of alloy workers. *Neurotoxicology*, 2008. 29(4): p. 577-83.
  - [55] Gjønnes, K., et al., Characterisation of workplace aerosols in the manganese alloy production industry by electron microscopy. *Anal Bioanal Chem*, 2011. 399(3): p. 1011-20.
  - [56] Rohling, M.L. and G.J. Demakis, Potential neuropsychological profiles in welders occupationally exposed to manganese: an examination of effect size patterns. *J Clin Exp Neuropsychol*, 2007. 29(8): p. 813-22.
  - [57] Bast-Pettersen, R., et al., Neuropsychological function in manganese alloy plant workers. *Int Arch Occup Environ Health*, 2004. 77(4): p. 277-87.
  - [58] Witholt, R., R.H. Gwiazda, and D.R. Smith, The neurobehavioral effects of subchronic manganese exposure in the presence and absence of pre-parkinsonism. *Neurotoxicol Teratol*, 2000. 22(6): p. 851-61.
  - [59] Bowler, R.M., et al., Dose-effect relationships between manganese exposure and neurological, neuropsychological and pulmonary function in confined space bridge welders. *Occup Environ Med*, 2007. 64(3): p. 167-77.
  - [60] Bowler, R.M., et al., Manganese exposure: neuropsychological and neurological symptoms and effects in welders. *Neurotoxicology*, 2006. 27(3): p. 315-26.
  - [61] Ellingsen, D.G., et al., A neurobehavioral study of current and former welders exposed to manganese. *Neurotoxicology*, 2008. 29(1): p. 48-59.
  - [62] Bouchard, M., et al., Neuropsychiatric symptoms and past manganese exposure in a ferro-alloy plant. *Neurotoxicology*, 2007. 28(2): p. 290-7.
  - [63] Chang, Y., et al., Altered working memory process in the manganese-exposed brain. *Neuroimage*, 2010. 53(4): p. 1279-85.
  - [64] Wang, J.D., et al., Manganese induced parkinsonism: an outbreak due to an unrepaired ventilation control system in a ferromanganese smelter. *Br J Ind Med*, 1989. 46(12): p. 856-9.
  - [65] Sato, K., et al., [A case of welder presenting with parkinsonism after chronic manganese exposure]. *Rinsho Shinkeigaku*, 2000. 40(11): p. 1110-5.
  - [66] Ordonez-Librado, J.L., et al., Manganese inhalation as a Parkinson disease model. *Parkinsons Dis*, 2010. 2011: p. 612989.
  - [67] Huang, C.C., Parkinsonism induced by chronic manganese intoxication--an experience in Taiwan. *Chang Gung Med J*, 2007. 30(5): p. 385-95.
  - [68] Perl, D.P. and C.W. Olanow, The neuropathology of manganese-induced Parkinsonism. *J Neuropathol Exp Neurol*, 2007. 66(8): p. 675-82.

- [69] Cersosimo, M.G. and W.C. Koller, The diagnosis of manganese-induced parkinsonism. *Neurotoxicology*, 2006. 27(3): p. 340-6.
- [70] Scott, L.K., et al., Respiratory failure from inhalational nickel carbonyl exposure treated with continuous high-volume hemofiltration and disulfiram. *Inhal Toxicol*, 2002. 14(11): p. 1103-9.
- [71] Shi, Z.C., Study on lung function and blood gas analysis of nickel carbonyl workers. *Sci Total Environ*, 1994. 148(2-3): p. 299-301.
- [72] Shi, Z.C., [Study on the lung function of nickel carbonyl workers]. *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi*, 1986. 20(6): p. 351-3.
- [73] Brera, S. and A. Nicolini, Respiratory manifestations due to nickel. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2005. 25(2): p. 113-5.
- [74] Artiunina, G.P., et al., [Respiratory system diseases in workers in the production of nickel, cobalt and copper]. *Med Tr Prom Ekol*, 1998(11): p. 32-6.
- [75] Srivastava, A.K., et al., Blood chromium and nickel in relation to respiratory symptoms among industrial workers. *Vet Hum Toxicol*, 1992. 34(3): p. 232-4.
- [76] Marraccini, P., et al., [Respiratory allergy to nickel. Description of an atypical clinical case]. *G Ital Med Lav Ergon*, 2008. 30(2): p. 139-41.
- [77] Shirakawa, T., et al., Hard metal asthma: cross immunological and respiratory reactivity between cobalt and nickel? *Thorax*, 1990. 45(4): p. 267-71.
- [78] Roberts, R.S., et al., Cancer mortality associated with the high-temperature oxidation of nickel subsulfide. *IARC Sci Publ*, 1984(53): p. 23-35.
- [79] Peto, J., et al., Respiratory cancer mortality of Welsh nickel refinery workers. *IARC Sci Publ*, 1984(53): p. 37-46.
- [80] Becker, N., J. Claude, and R. Frentzel-Beyme, Cancer risk of arc welders exposed to fumes containing chromium and nickel. *Scand J Work Environ Health*, 1985. 11(2): p. 75-82.
- [81] Sivulka, D.J., Assessment of respiratory carcinogenicity associated with exposure to metallic nickel: a review. *Regul Toxicol Pharmacol*, 2005. 43(2): p. 117-33.
- [82] Beveridge, R., et al., Lung cancer risk associated with occupational exposure to nickel, chromium VI, and cadmium in two population-based case-control studies in Montreal. *Am J Ind Med*, 2010. 53(5): p. 476-85.
- [83] Sorahan, T. and S.P. Williams, Respiratory cancer in nickel carbonyl refinery workers. *Occup Environ Med*, 2006. 63(12): p. 856; author reply 856.
- [84] Grimsrud, T.K. and J. Peto, Persisting risk of nickel related lung cancer and nasal cancer among Clydach refiners. *Occup Environ Med*, 2006. 63(5): p. 365-6.
- [85] Sorahan, T. and N.A. Esmen, Lung cancer mortality in UK nickel-cadmium battery workers, 1947-2000. *Occup Environ Med*, 2004. 61(2): p. 108-16.
- [86] Seilkop, S.K. and A.R. Oller, Respiratory cancer risks associated with low-level nickel



- exposure: an integrated assessment based on animal, epidemiological, and mechanistic data. *Regul Toxicol Pharmacol*, 2003. 37(2): p. 173-90.
- [87] Grimsrud, T.K., et al., Exposure to different forms of nickel and risk of lung cancer. *Am J Epidemiol*, 2002. 156(12): p. 1123-32.
  - [88] Becker, N., Cancer mortality among arc welders exposed to fumes containing chromium and nickel. Results of a third follow-up: 1989-1995. *J Occup Environ Med*, 1999. 41(4): p. 294-303.
  - [89] Anttila, A., et al., Update of cancer incidence among workers at a copper/nickel smelter and nickel refinery. *Int Arch Occup Environ Health*, 1998. 71(4): p. 245-50.
  - [90] Yuan, T.H., et al., Possible association between nickel and chromium and oral cancer: a case-control study in central Taiwan. *Sci Total Environ*, 2011. 409(6): p. 1046-52.
  - [91] Niu, Q., F. Dai, and Y. Chen, [Assessment for effect of low level lead-exposure on neurobehavior in workers of printing house]. *Wei Sheng Yan Jiu*, 1998. 27(6): p. 365-6.
  - [92] Zhang, X.Q., [Observations of neurobehavior in lead exposed workers]. *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi*, 1991. 25(5): p. 272-4.
  - [93] Weiss, B., Lead, manganese, and methylmercury as risk factors for neurobehavioral impairment in advanced age. *Int J Alzheimers Dis*, 2010. 2011: p. 607543.
  - [94] Zheng, H., et al., [Effects of low-level lead exposure on the neurobehavioral development of infants and early intervention]. *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi*, 2008. 42(3): p. 165-8.
  - [95] Tellez-Rojo, M.M., et al., Longitudinal associations between blood lead concentrations lower than 10 microg/dL and neurobehavioral development in environmentally exposed children in Mexico City. *Pediatrics*, 2006. 118(2): p. e323-30.
  - [96] Min, J.Y., et al., Neurobehavioral function in children with low blood lead concentrations. *Neurotoxicology*, 2007. 28(2): p. 421-5.
  - [97] Chen, S.S., et al., Neurobehavioral changes in Taiwanese lead-exposed workers. *J Occup Environ Med*, 2005. 47(9): p. 902-8.
  - [98] Urbano, M.L., et al., [Assessment of neurobehavioral functions of workers exposed to low doses of metallic lead]. *G Ital Med Lav Ergon*, 2005. 27 Suppl 1: p. 62-7.
  - [99] Schwartz, B.S., et al., Occupational lead exposure and longitudinal decline in neurobehavioral test scores. *Epidemiology*, 2005. 16(1): p. 106-13.
  - [100] Niu, Q., et al., A comprehensive neurobehavioral and neurophysiological study for low level lead-exposed workers. *G Ital Med Lav Ergon*, 2000. 22(4): p. 299-304.
  - [101] Ma, T., H.H. Chen, and I.K. Ho, Effects of chronic lead (Pb) exposure on neurobehavioral function and dopaminergic neurotransmitter receptors in rats. *Toxicol Lett*, 1999. 105(2): p. 111-21.
  - [102] Chia, S.E., et al., Cumulative blood lead levels and neurobehavioral test performance. *Neurotoxicology*, 1997. 18(3): p. 793-803.

- [103] Alasia, D.D., P.C. Emem-Chioma, and F.S. Wokoma, Occupational and environmental lead exposure in Port Harcourt, Nigeria: analysis of its association with renal function indices. *Niger J Med*, 2010. 19(4): p. 407-14.
- [104] Yen, T.H., D.T. Lin-Tan, and J.L. Lin, Chronic renal failure induced by lead. *Kidney Int*, 2011. 79(6): p. 688; author reply 688-9.
- [105] Onuegbu, A.J., et al., Assessment of some renal indices in people occupationally exposed to lead. *Toxicol Ind Health*, 2011. 27(5): p. 475-9.
- [106] Weaver, V.M., et al., Longitudinal associations between lead dose and renal function in lead workers. *Environ Res*, 2009. 109(1): p. 101-7.
- [107] Chen, B., et al., Selenium, lead, and cadmium levels in renal failure patients in China. *Biol Trace Elem Res*, 2009. 131(1): p. 1-12.
- [108] Rastogi, S.K., Renal effects of environmental and occupational lead exposure. *Indian J Occup Environ Med*, 2008. 12(3): p. 103-6.
- [109] Lin, T. and J. Tai-Yi, Benchmark dose approach for renal dysfunction in workers exposed to lead. *Environ Toxicol*, 2007. 22(3): p. 229-33.
- [110] Hernandez-Serrato, M.I., et al., Lead blood concentrations and renal function evaluation: study in an exposed Mexican population. *Environ Res*, 2006. 100(2): p. 227-31.
- [111] de Burbure, C., et al., Renal and neurologic effects of cadmium, lead, mercury, and arsenic in children: evidence of early effects and multiple interactions at environmental exposure levels. *Environ Health Perspect*, 2006. 114(4): p. 584-90.
- [112] Yu, C.C., J.L. Lin, and D.T. Lin-Tan, Environmental exposure to lead and progression of chronic renal diseases: a four-year prospective longitudinal study. *J Am Soc Nephrol*, 2004. 15(4): p. 1016-22.
- [113] Elinder, C.G. and A. Alvestrand, Environmental lead exposure and chronic renal disease. *N Engl J Med*, 2003. 348(18): p. 1810-2; author reply 1810-2.
- [114] Wang, V.S., et al., Relationship between blood lead levels and renal function in lead battery workers. *Int Arch Occup Environ Health*, 2002. 75(8): p. 569-75.
- [115] Lin, J.L., et al., Environmental lead exposure and progressive renal insufficiency. *Arch Intern Med*, 2001. 161(2): p. 264-71.
- [116] Lim, Y.C., et al., Renal dysfunction in workers exposed to inorganic lead. *Ann Acad Med Singapore*, 2001. 30(2): p. 112-7.
- [117] Bener, A., et al., Association between blood levels of lead, blood pressure and risk of diabetes and heart disease in workers. *Int Arch Occup Environ Health*, 2001. 74(5): p. 375-8.
- [118] Nomiyama, K., et al., Lead induced increase of blood pressure in female lead workers. *Occup Environ Med*, 2002. 59(11): p. 734-8.
- [119] Telisman, S., et al., Lead effect on blood pressure in moderately lead-exposed male workers. *Am J Ind Med*, 2004. 45(5): p. 446-54.

- [120] Fenga, C., et al., Relationship of blood lead levels to blood pressure in exhaust battery storage workers. *Ind Health*, 2006. 44(2): p. 304-9.
- [121] Poreba, R., et al., Ambulatory blood pressure monitoring and structural changes in carotid arteries in normotensive workers occupationally exposed to lead. *Hum Exp Toxicol*, 2011. 30(9): p. 1174-80.
- [122] Kuo, H.W., et al., Association between blood lead level and blood pressure in aborigines and others in central Taiwan. *Int J Occup Environ Health*, 2006. 12(3): p. 222-7.
- [123] Chu, N.F., et al., Reappraisal of the relation between blood lead concentration and blood pressure among the general population in Taiwan. *Occup Environ Med*, 1999. 56(1): p. 30-3.
- [124] Weaver, V.M., et al., Associations between patella lead and blood pressure in lead workers. *Am J Ind Med*, 2008. 51(5): p. 336-43.
- [125] Poreba, R., et al., [Relationship between chronic exposure to lead, cadmium and manganese, blood pressure values and incidence of arterial hypertension]. *Med Pr*, 2010. 61(1): p. 5-14.
- [126] Scinicariello, F., H.G. Abadin, and H.E. Murray, Association of low-level blood lead and blood pressure in NHANES 1999-2006. *Environ Res*, 2011. 111(8): p. 1249-57.
- [127] Gonick, H.C., Lead, renal disease and hypertension. *Am J Kidney Dis*, 2002. 40(1): p. 202-4.
- [128] Mordukhovich, I., et al., Associations of toenail arsenic, cadmium, mercury, manganese, and lead with blood pressure in the normative aging study. *Environ Health Perspect*, 2012. 120(1): p. 98-104.
- [129] Ruiz, M., V. Furio Bacete, and D. Juarez Centeno, [Renal insufficiency and uric gout in a lead worker (clinicopathologic conference)]. *Rev Clin Esp*, 1985. 177(7): p. 343-52.
- [130] Jang, W.H., et al., Low level of lead can induce phosphatidylserine exposure and erythrophagocytosis: a new mechanism underlying lead-associated anemia. *Toxicol Sci*, 2011. 122(1): p. 177-84.
- [131] Hegazy, A.A., et al., Relation between anemia and blood levels of lead, copper, zinc and iron among children. *BMC Res Notes*, 2010. 3: p. 133.
- [132] Turgut, S., et al., Interaction between anemia and blood levels of iron, zinc, copper, cadmium and lead in children. *Indian J Pediatr*, 2007. 74(9): p. 827-30.
- [133] Alexa, I.D., et al., [Chronic lead poisoning-- a "forgotten" cause of anemia]. *Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi*, 2002. 106(4): p. 825-8.
- [134] Bashir, R., et al., Blood lead levels and anemia in lead exposed workers. *J Pak Med Assoc*, 1995. 45(3): p. 64-6.
- [135] Corradi, M., et al., [Acute lead poisoning: a singular case of hemolytic anemia and lead colic]. *Med Lav*, 2011. 102(3): p. 243-9.
- [136] Dundar, B., et al., The effect of long-term low-dose lead exposure on thyroid function in

- adolescents. *Environ Res*, 2006. 101(1): p. 140-5.
- [137] Liang, Q.R., et al., [Effects of lead on thyroid function of occupationally exposed workers]. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*, 2003. 21(2): p. 111-3.
- [138] Singh, B., et al., Impact of lead exposure on pituitary-thyroid axis in humans. *Biometals*, 2000. 13(2): p. 187-92.
- [139] Lopez, C.M., et al., Thyroid hormone changes in males exposed to lead in the Buenos Aires area (Argentina). *Pharmacol Res*, 2000. 42(6): p. 599-602.
- [140] Schumacher, C., et al., Thyroid function in lead smelter workers: absence of subacute or cumulative effects with moderate lead burdens. *Int Arch Occup Environ Health*, 1998. 71(7): p. 453-8.
- [141] Chaurasia, S.S., et al., Lead induced thyroid dysfunction and lipid peroxidation in the fish *Clarias batrachus* with special reference to hepatic type I-5'-monodeiodinase activity. *Bull Environ Contam Toxicol*, 1996. 56(4): p. 649-54.
- [142] Lasisz, B., Z. Zdrojewicz, and Z. Marcinkowski, [Effect of lead on thyroid function]. *Wiad Lek*, 1992. 45(3-4): p. 116-9.
- [143] Alexander, B.H., et al., Semen quality of men employed at a lead smelter. *Occup Environ Med*, 1996. 53(6): p. 411-6.
- [144] Kuo, H.W., C.S. Wang, and J.S. Lai, Semen quality in workers with long-term lead exposure: a preliminary study in Taiwan. *Sci Total Environ*, 1997. 204(3): p. 289-92.
- [145] Hovatta, O., et al., Aluminium, lead and cadmium concentrations in seminal plasma and spermatozoa, and semen quality in Finnish men. *Hum Reprod*, 1998. 13(1): p. 115-9.
- [146] Telisman, S., et al., Semen quality and reproductive endocrine function in relation to biomarkers of lead, cadmium, zinc, and copper in men. *Environ Health Perspect*, 2000. 108(1): p. 45-53.
- [147] Fatima, P., et al., Relationship of blood and semen lead level with semen parameter. *Mymensingh Med J*, 2010. 19(3): p. 405-14.
- [148] Meeker, J.D., et al., Cadmium, lead, and other metals in relation to semen quality: human evidence for molybdenum as a male reproductive toxicant. *Environ Health Perspect*, 2008. 116(11): p. 1473-9.
- [149] Kasperczyk, A., et al., Assessment of semen function and lipid peroxidation among lead exposed men. *Toxicol Appl Pharmacol*, 2008. 228(3): p. 378-84.
- [150] Xu, D.X., et al., The associations among semen quality, oxidative DNA damage in human spermatozoa and concentrations of cadmium, lead and selenium in seminal plasma. *Mutat Res*, 2003. 534(1-2): p. 155-63.
- [151] Kasperczyk, A., et al., [Lead and cadmium concentration in human semen]. *Ginekol Pol*, 2002. 73(5): p. 449-53.
- [152] Garcia-Leston, J., et al., Genotoxic effects of lead: an updated review. *Environ Int*, 2010. 36(6): p. 623-36.

- [153] Kasuba, V., et al., Evaluation of genotoxic effects of lead in pottery-glaze workers using micronucleus assay, alkaline comet assay and DNA diffusion assay. *Int Arch Occup Environ Health*, 2011.
- [154] Chen, Z., et al., Evaluating the genotoxic effects of workers exposed to lead using micronucleus assay, comet assay and TCR gene mutation test. *Toxicology*, 2006. 223(3): p. 219-26.
- [155] Rajah, T. and Y.R. Ahuja, In vivo genotoxic effects of smoking and occupational lead exposure in printing press workers. *Toxicol Lett*, 1995. 76(1): p. 71-5.
- [156] Nishiyama, S., et al., Zinc status relates to hematological deficits in middle-aged women. *J Am Coll Nutr*, 1998. 17(3): p. 291-5.
- [157] Greenberg, S.A. and H.R. Briemberg, A neurological and hematological syndrome associated with zinc excess and copper deficiency. *J Neurol*, 2004. 251(1): p. 111-4.
- [158] Yanagisawa, H., et al., Long-term intake of a high zinc diet causes iron deficiency anemia accompanied by reticulocytosis and extra-medullary erythropoiesis. *Toxicol Lett*, 2009. 191(1): p. 15-9.
- [159] Hein, M.S., Copper deficiency anemia and nephrosis in zinc-toxicity: a case report. *S D J Med*, 2003. 56(4): p. 143-7.
- [160] Porea, T.J., J.W. Belmont, and D.H. Mahoney, Jr., Zinc-induced anemia and neutropenia in an adolescent. *J Pediatr*, 2000. 136(5): p. 688-90.
- [161] Ece, A., et al., Increased serum copper and decreased serum zinc levels in children with iron deficiency anemia. *Biol Trace Elem Res*, 1997. 59(1-3): p. 31-9.
- [162] Gyorffy, E.J. and H. Chan, Copper deficiency and microcytic anemia resulting from prolonged ingestion of over-the-counter zinc. *Am J Gastroenterol*, 1992. 87(8): p. 1054-5.
- [163] Forman, W.B., et al., Zinc abuse--an unsuspected cause of sideroblastic anemia. *West J Med*, 1990. 152(2): p. 190-2.
- [164] Ramadurai, J., et al., Zinc abuse and sideroblastic anemia. *Am J Hematol*, 1993. 42(2): p. 227-8.
- [165] Fiske, D.N., H.E. McCoy, 3rd, and C.S. Kitchens, Zinc-induced sideroblastic anemia: report of a case, review of the literature, and description of the hematologic syndrome. *Am J Hematol*, 1994. 46(2): p. 147-50.
- [166] Broun, E.R., et al., Excessive zinc ingestion. A reversible cause of sideroblastic anemia and bone marrow depression. *JAMA*, 1990. 264(11): p. 1441-3.
- [167] 黃乃炯, et al., 威爾森氏症: 病例報告. *臺灣復健醫學雜誌*, 2009. 37(1): p. 59-65.
- [168] Schilsky, M.L., Wilson disease: genetic basis of copper toxicity and natural history. *Semin Liver Dis*, 1996. 16(1): p. 83-95.
- [169] Henningsson, C., et al., Acute mercury poisoning (acrodynia) mimicking pheochromocytoma in an adolescent. *J Pediatr*, 1993. 122(2): p. 252-3.
- [170] Torres, A.D., A.N. Rai, and M.L. Hardiek, Mercury intoxication and arterial hypertension:

- report of two patients and review of the literature. *Pediatrics*, 2000. 105(3): p. E34.
- [171] Joaquim de Oliveira, J. and S.R. Silva, [Arterial hypertension due to mercury intoxication with clinico-laboratorial syndrome simulating pheochromocytoma]. *Arq Bras Cardiol*, 1996. 66(1): p. 29-31.
- [172] Sedano, H.O., Mercury poisoning and acrodynia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 1998. 85(4): p. 349.
- [173] Laurans, M., et al., Familial mercury intoxication presenting with cardiovascular abnormalities and acrodynia. *Acta Paediatr*, 2001. 90(5): p. 593-4.
- [174] Apostolidis, N., et al., Calcium and strontium metabolic studies in patients on CAPD. *Peritoneal Dialysis International*, 1998. 18(4): p. 410-414.
- [175] Morohashi, T., et al., Effects of strontium on calcium metabolism in rats. II. Strontium prevents the increased rate of bone turnover in ovariectomized rats. *Jpn J Pharmacol*, 1995. 68(2): p. 153-9.
- [176] Morohashi, T., T. Sano, and S. Yamada, Effects of strontium on calcium metabolism in rats. I. A distinction between the pharmacological and toxic doses. *Jpn J Pharmacol*, 1994. 64(3): p. 155-62.
- [177] Berlinger, B., et al., A study of the bio-accessibility of welding fumes. *J Environ Monit*, 2008. 10(12): p. 1448-53.
- [178] Butler, O.T. and A.M. Howe, Development of an international standard for the determination of metals and metalloids in workplace air using ICP-AES: evaluation of sample dissolution procedures through an interlaboratory trial. *J Environ Monit*, 1999. 1(1): p. 23-32.
- [179] Flynn, M.R. and P. Susi, Manganese, iron, and total particulate exposures to welders. *J Occup Environ Hyg*, 2010. 7(2): p. 115-26.
- [180] Ellingsen, D.G., et al., Air exposure assessment and biological monitoring of manganese and other major welding fume components in welders. *J Environ Monit*, 2006. 8(10): p. 1078-86.
- [181] Kucera, J., et al., Monitoring of occupational exposure in manufacturing of stainless steel constructions. Part I: Chromium, iron, manganese, molybdenum, nickel and vanadium in the workplace air of stainless steel welders. *Cent Eur J Public Health*, 2001. 9(4): p. 171-5.
- [182] Pan, Y.P., et al., [Determination of trace metals in atmospheric dry deposition with a heavy matrix of PUF by inductively coupled plasma mass spectroscopy after microwave digestion]. *Huan Jing Ke Xue*, 2010. 31(3): p. 553-9.
- [183] de Boer, J.L.M., et al., Practical and quality-control aspects of multi-element analysis with quadrupole ICP-MS with special attention to urine and whole blood. *Anal Bioanal Chem*, 2004. 379(5): p. 872-880.
- [184] Chardin, B., F. Chaspoul, and P. Gallice, Heavy metals speciation by HPLC/ICP-MS: Application to the reduction of Cr (VI) and As (V) by sulphate-reducing bacteria.

- Canadian journal of analytical sciences and spectroscopy, 2003. 48(6): p. 336-342.
- [185] 陳品豪, 劉., 陳鵬升, 巴金森氏症. 基層醫學, 2008. 23(3): p. 76-78.
- [186] 謝美芬, 顏., 巴金森氏症的診斷與醫療. 家庭醫學與基層醫療. 25(1): p. 10-14.
- [187] 汪漢澄, 顫抖. 台灣神經學學會動作障礙學組, 2003.
- [188] Uchino, A., et al., Manganese accumulation in the brain: MR imaging. *Neuroradiology*, 2007. 49(9): p. 715-20.
- [189] Chang, Y., et al., High signal intensity on magnetic resonance imaging is a better predictor of neurobehavioral performances than blood manganese in asymptomatic welders. *Neurotoxicology*, 2009. 30(4): p. 555-63.
- [190] Stebbins, G.T. and C.G. Goetz, Factor structure of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale: Motor Examination section. *Mov Disord*, 1998. 13(4): p. 633-6.
- [191] Richards, M., et al., Interrater reliability of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale motor examination. *Mov Disord*, 1994. 9(1): p. 89-91.
- [192] Goetz, C.G. and G.T. Stebbins, Assuring interrater reliability for the UPDRS motor section: utility of the UPDRS teaching tape. *Mov Disord*, 2004. 19(12): p. 1453-6.
- [193] Goetz, C.G., et al., Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): Scale presentation and clinimetric testing results. *Movement Disorders*, 2008. 23(15): p. 2129-2170.
- [194] Yang, Y.-H., et al., Application of AD8 Questionnaire to Screen Very Mild Dementia in Taiwanese. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias*, 2011. 26(2): p. 134-138.
- [195] Galvin, J.E., et al., The AD8. *Neurology*, 2005. 65(4): p. 559-564.
- [196] Galvin, J.E., et al., Validity and reliability of the AD8 informant interview in dementia. *Neurology*, 2006. 67(11): p. 1942-1948.
- [197] Galvin, J.E., et al., Patient's Rating of Cognitive Ability: Using the AD8, a Brief Informant Interview, as a Self-rating Tool to Detect Dementia. *Arch Neurol*, 2007. 64(5): p. 725-730.
- [198] 廖麗君, et al., 缺血性腦中風患者功能預後之影響因素. 中華民國物理治療學會雜誌, 1999. 24(6): p. 408-419.
- [199] Schultz-Larsen, K., R.K. Lomholt, and S. Kreiner, Mini-Mental Status Examination: A short form of MMSE was as accurate as the original MMSE in predicting dementia. *Journal of Clinical Epidemiology*, 2007. 60(3): p. 260-267.
- [200] Schultz-Larsen, K., S. Kreiner, and R.K. Lomholt, Mini-Mental Status Examination: Mixed Rasch model item analysis derived two different cognitive dimensions of the MMSE. *Journal of Clinical Epidemiology*, 2007. 60(3): p. 268-279.
- [201] 吳小莉, et al., 南台灣社區失智症老人日常生活功 (第 36 期). 2010.
- [202] Movement Disorder Society Task Force on Rating Scales for Parkinson's, D., The Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS): status and recommendations. *Mov Disord*, 2003. 18(7): p. 738-50.

- [203] Goetz, C.G., P.A. LeWitt, and M. Weidenman, Standardized training tools for the UPDRS activities of daily living scale: newly available teaching program. *Mov Disord*, 2003. 18(12): p. 1455-8.
- [204] Chaudhuri, K.R., et al., International multicenter pilot study of the first comprehensive self-completed nonmotor symptoms questionnaire for Parkinson's disease: the NMSQuest study. *Mov Disord*, 2006. 21(7): p. 916-23.
- [205] Kim, J.-H., et al., The Validity and Reliability of a Screening Questionnaire for Parkinson's Disease in a Community. *J Prev Med Public Health*, 2010. 43(1): p. 9-17.
- [206] Setthawatcharawanich, S., et al., Short questionnaire for Parkinson's disease as a screening instrument. *Clin Neurol Neurosurg*, 2011. 113(10): p. 885-8.
- [207] Chan, D.K., et al., Validating a screening questionnaire for parkinsonism in Australia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2000. 69(1): p. 117-20.
- [208] Kim, J.H., et al., The validity and reliability of a screening questionnaire for Parkinson's disease in a community. *J Prev Med Public Health*, 2010. 43(1): p. 9-17.
- [209] Nikolov, Z., [Hearing reduction caused by manganese and noise]. *JFORL J Fr Otorhinolaryngol Audiophonol Chir Maxillofac*, 1974. 23(3): p. 231-4.
- [210] Chuang, H.Y., et al., A case-control study on the relationship of hearing function and blood concentrations of lead, manganese, arsenic, and selenium. *Sci Total Environ*, 2007. 387(1-3): p. 79-85.
- [211] Shargorodsky, J., et al., Heavy metals exposure and hearing loss in US adolescents. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 2011. 137(12): p. 1183-9.
- [212] Yu, J.M., et al., Low sleep efficiency in patients with cognitive impairment. *Acta Neurol Taiwan*, 2009. 18(2): p. 91-7.
- [213] Magee, C.A., et al., An investigation of the dimensionality of the Pittsburgh Sleep Quality Index in Australian adults. *Sleep and Biological Rhythms*, 2008. 6(4): p. 222-227.
- [214] Buysse, D.J., et al., The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry research*, 1989. 28(2): p. 193-213.
- [215] Chien, T.W., et al., Using Rasch analysis to validate the revised PSQI to assess sleep disorders in Taiwan's hi-tech workers. *Community mental health journal*, 2008. 44(6): p. 417-25.
- [216] Tsai, P.S., et al., Psychometric evaluation of the Chinese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index (CPSQI) in primary insomnia and control subjects. *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation*, 2005. 14(8): p. 1943-52.
- [217] Chien, T.-W., et al., Using Rasch Analysis to Validate the Revised PSQI to Assess Sleep Disorders in Taiwan's Hi-tech Workers. *Community mental health journal*, 2008. 44(6): p. 417-425.
- [218] Lin, P.-C., et al., Atypical work schedules are associated with poor sleep quality and



- mental health in Taiwan female nurses. *International Archives of Occupational and Environmental Health*: p. 1-8.
- [219] 張鈺姍, et al., Comparison of Risperidone and Haloperidol: Sleep Measures in Patients with Schizophrenia. *臺灣精神醫學*, 2008. 22(2): p. 107-114.
- [220] 張鈺姍, et al., Sleep Measures of Patients with Schizophrenia Treated with Risperidone, Clozapine, or Haloperidol. *臺灣精神醫學*, 2008. 22(4): p. 307-315.
- [221] Tsai, P.S., et al., Psychometric evaluation of the Chinese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index (CPSQI) in primary insomnia and control subjects. *Quality of Life Research*, 2005. 14(8): p. 1943-1952.
- [222] Antonowicz, J., et al., [Blood lipid parameters in smelters chronically exposed to heavy metals]. *Med Pr*, 1996. 47(3): p. 207-15.
- [223] Skoczynska, A., et al., [Risk of cardiovascular diseases in lead-exposed workers of crystal glassworks. Part I. Effect of lead on blood pressure and lipid metabolism]. *Med Pr*, 2007. 58(6): p. 475-83.
- [224] Sharma, G.K., et al., Assessment of test repeatability of arterial stiffness index. *Blood Press Monit*, 2005. 10(5): p. 271-4.
- [225] Tsai, J.C., et al., Correlation of plasma homocysteine level with arterial stiffness and pulse pressure in hemodialysis patients. *Atherosclerosis*, 2005. 182(1): p. 121-7.
- [226] Dioka, C.E., et al., Liver and renal function tests in artisans occupationally exposed to lead in mechanic village in Nnewi, Nigeria. *Int J Environ Res Public Health*, 2004. 1(1): p. 21-5.
- [227] Levey, A.S., et al., A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation. Modification of Diet in Renal Disease Study Group. *Ann Intern Med*, 1999. 130(6): p. 461-70.
- [228] Levey, A.S., et al., A new equation to estimate glomerular filtration rate. *Ann Intern Med*, 2009. 150(9): p. 604-12.
- [229] Montanes Bermudez, R., et al., [Assessment of the new CKD-EPI equation to estimate the glomerular filtration rate]. *Nefrologia*, 2010. 30(2): p. 185-94.
- [230] White, S.L., et al., Comparison of the prevalence and mortality risk of CKD in Australia using the CKD Epidemiology Collaboration (CKD-EPI) and Modification of Diet in Renal Disease (MDRD) Study GFR estimating equations: the AusDiab (Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle) Study. *Am J Kidney Dis*, 2010. 55(4): p. 660-70.
- [231] Levey, A.S. and L.A. Stevens, Estimating GFR using the CKD Epidemiology Collaboration (CKD-EPI) creatinine equation: more accurate GFR estimates, lower CKD prevalence estimates, and better risk predictions. *Am J Kidney Dis*, 2010. 55(4): p. 622-7.
- [232] Michels, W.M., et al., Performance of the Cockcroft-Gault, MDRD, and new CKD-EPI formulas in relation to GFR, age, and body size. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2010. 5(6): p. 1003-9.

- [233] Matsushita, K., et al., Risk implications of the new CKD Epidemiology Collaboration (CKD-EPI) equation compared with the MDRD Study equation for estimated GFR: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study. *Am J Kidney Dis*, 2010. 55(4): p. 648-59.
- [234] Praditpornsilpa, K., et al., The need for robust validation for MDRD-based glomerular filtration rate estimation in various CKD populations. *Nephrol Dial Transplant*, 2011. 26(9): p. 2780-5.
- [235] Imai, E., et al., Estimation of glomerular filtration rate by the MDRD study equation modified for Japanese patients with chronic kidney disease. *Clin Exp Nephrol*, 2007. 11(1): p. 41-50.
- [236] Matsuo, S., et al., Revised equations for estimated GFR from serum creatinine in Japan. *Am J Kidney Dis*, 2009. 53(6): p. 982-92.
- [237] Ma, Y.C., et al., Comparison of 99mTc-DTPA renal dynamic imaging with modified MDRD equation for glomerular filtration rate estimation in Chinese patients in different stages of chronic kidney disease. *Nephrol Dial Transplant*, 2007. 22(2): p. 417-23.
- [238] Chen YW, et al., Difference between CKD-EPI and MDRD equations in calculating glomerular filtration rate in patients with cirrhosis *World J Gastroenterol*, 2011. 17(40): p. 4532-4538.
- [239] Ardissino, G., et al., No difference in intestinal strontium absorption after oral or IV calcitriol in children with secondary hyperparathyroidism. The European Study Group on Vitamin D in Children with Renal Failure. *Kidney Int*, 2000. 58(3): p. 981-8.
- [240] Chaumont, A., et al., The threshold level of urinary cadmium associated with increased urinary excretion of retinol-binding protein and beta 2-microglobulin: a re-assessment in a large cohort of nickel-cadmium battery workers. *Occup Environ Med*, 2011. 68(4): p. 257-64.
- [241] Mocan, Z., et al., Urinary beta 2-microglobulin levels and urinary N-acetyl-beta-D-glucosaminidase enzyme activities in early diagnosis of non-insulin-dependent diabetes mellitus nephropathy. *Diabetes Res*, 1994. 26(3): p. 101-7.
- [242] Jantusch, B.A., et al., Urinary N-acetyl-beta-glucosaminidase and beta-2-microglobulin in the diagnosis of urinary tract infection in febrile infants. *Pediatr Infect Dis J*, 1994. 13(4): p. 294-9.
- [243] Nakagawa, H., et al., Urinary beta 2-microglobulin concentration and mortality in a cadmium-polluted area. *Arch Environ Health*, 1993. 48(6): p. 428-35.
- [244] Nomiyama, K., S.J. Liu, and H. Nomiyama, Critical levels of blood and urinary cadmium, urinary beta 2-microglobulin and retinol-binding protein for monitoring cadmium health effects. *IARC Sci Publ*, 1992(118): p. 325-40.
- [245] Chen, J.Y., Y.L. Lee, and C.B. Liu, Urinary beta 2-microglobulin and N-acetyl-beta-D-glucosaminidase (NAG) as early markers of renal tubular dysfunction in

- sick neonates. *J Formos Med Assoc*, 1991. 90(2): p. 132-7.
- [246] Kawai, T., et al., [Urinary N-acetyl-beta-D-glucosaminidase activity in workers exposed to organic solvents]. *Sangyo Igaku*, 1989. 31(2): p. 66-7.
- [247] Chia, K.S., et al., Urinary N-acetyl-beta-D-glucosaminidase activity in workers exposed to inorganic lead. *Occup Environ Med*, 1994. 51(2): p. 125-9.
- [248] Amakasu, H., et al., [Urinary N-acetyl-beta-D-glucosaminidase activity in liver cirrhosis with renal impairment]. *Nihon Shokakibyo Gakkai Zasshi*, 1991. 88(1): p. 51-6.
- [249] Endo, G., S. Horiguchi, and I. Kiyota, Urinary N-acetyl-beta-D-glucosaminidase activity in lead-exposed workers. *J Appl Toxicol*, 1990. 10(4): p. 235-8.
- [250] Tassi, C., et al., Activity and isoenzyme profile of N-acetyl-beta-D-glucosaminidase in urine from workers exposed to cadmium. *Clin Chim Acta*, 2000. 299(1-2): p. 55-64.
- [251] Skalova, S. and J. Chladek, Urinary N-acetyl-beta-D-glucosaminidase activity in healthy children. *Nephrology (Carlton)*, 2004. 9(1): p. 19-21.
- [252] Mazaheri, M., A. Samaie, and V. Semnani, Renal tubular dysfunction measured by N-acetyl-beta glucosaminidase/Creatinine activity index in children receiving antiepileptic drugs: a randomized controlled trial. *Ital J Pediatr*, 2011. 37: p. 21.
- [253] Wulff, M., U. Hogberg, and H. Stenlund, The effect of smelter work on fecundity. *J Occup Environ Med*, 1999. 41(8): p. 678-85.
- [254] Benoff, S., A. Jacob, and I.R. Hurley, Male infertility and environmental exposure to lead and cadmium. *Hum Reprod Update*, 2000. 6(2): p. 107-21.
- [255] Mendiola, J., et al., Exposure to environmental toxins in males seeking infertility treatment: a case-controlled study. *Reprod Biomed Online*, 2008. 16(6): p. 842-50.
- [256] De Fleurian, G., et al., Occupational exposures obtained by questionnaire in clinical practice and their association with semen quality. *J Androl*, 2009. 30(5): p. 566-79.
- [257] Massanyi, P., et al., Concentration of copper, iron, zinc, cadmium, lead, and nickel in boar semen and relation to the spermatozoa quality. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*, 2003. 38(11): p. 2643-51.
- [258] Danadevi, K., et al., Semen quality of Indian welders occupationally exposed to nickel and chromium. *Reprod Toxicol*, 2003. 17(4): p. 451-456.
- [259] 張書豪, 血中鉛值與不孕症相關性之探討. 高雄醫學大學職業安全衛生研究所學位論文, 2001(2001 年).
- [260] Hjollund, N.H., et al., Semen quality and sex hormones with reference to metal welding. *Reprod Toxicol*, 1998. 12(2): p. 91-5.
- [261] Bonde, J.P., The risk of male subfecundity attributable to welding of metals. Studies of semen quality, infertility, fertility, adverse pregnancy outcome and childhood malignancy. *Int J Androl*, 1993. 16 Suppl 1: p. 1-29.
- [262] Gnoth, C., et al., Definition and prevalence of subfertility and infertility. *Human Reproduction*, 2005. 20(5): p. 1144.

- [263] Evers, J.L.H., Female subfertility. *The Lancet*, 2002. 360(9327): p. 151-9.
- [264] Collins, J.A., et al., Treatment-Independent Pregnancy among Infertile Couples. *New England Journal of Medicine*, 1983. 309(20): p. 1201-1206.
- [265] Casterline, J.B., Collecting data on pregnancy loss: a review of evidence from the World Fertility Survey. *Stud Fam Plann*, 1989. 20(2): p. 81-95.
- [266] Larsen, U., Research on infertility: Which definition should we use? *Fertility and sterility*, 2005. 83(4): p. 846-852.
- [267] PJ, R., et al., WHO manual for the standard investigation and diagnosis of the infertile couple. Cambridge: Cambridge University Press,, 1993.
- [268] Andrzejak, R., et al., [Thyroid function in smelters after long-term exposure to heavy metals]. *Med Pr*, 1996. 47(3): p. 253-8.
- [269] Beyersmann, D. and A. Hartwig, Carcinogenic metal compounds: recent insight into molecular and cellular mechanisms. *Arch Toxicol*, 2008. 82(8): p. 493-512.
- [270] Sunderman, F.W., Jr., Carcinogenicity and mutagenicity of some metals and their compounds. *IARC Sci Publ*, 1986(71): p. 17-43.
- [271] Lauwerys, R.R., Metals--epidemiological and experimental evidence for carcinogenicity. *Arch Toxicol Suppl*, 1989. 13: p. 21-7.
- [272] Hartwig, A., Carcinogenicity of metal compounds: possible role of DNA repair inhibition. *Toxicol Lett*, 1998. 102-103: p. 235-9.
- [273] Hayes, R.B., The carcinogenicity of metals in humans. *Cancer Causes Control*, 1997. 8(3): p. 371-85.
- [274] Chang, Y.W., Nickel, cadmium and arsenic induced oxidative stress, expression of apoptic proteins and calcium influx in LLC-PK1 cells. 2006.
- [275] Antonini, J.M., et al., Effect of stainless steel manual metal arc welding fume on free radical production, DNA damage, and apoptosis induction. *Mol Cell Biochem*, 2005. 279(1-2): p. 17-23.
- [276] Moulin, J.J., et al., Risk of lung cancer in workers producing stainless steel and metallic alloys. *Int Arch Occup Environ Health*, 2000. 73(3): p. 171-80.
- [277] Wild, P., E. Bourgkard, and C. Paris, Lung cancer and exposure to metals: the epidemiological evidence. *Methods Mol Biol*, 2009. 472: p. 139-67.
- [278] Bruske-Hohlfeld, I., Environmental and occupational risk factors for lung cancer. *Methods Mol Biol*, 2009. 472: p. 3-23.
- [279] Clement-Duchene, C., et al., Characteristics of never smoker lung cancer including environmental and occupational risk factors. *Lung Cancer*, 2010. 67(2): p. 144-50.
- [280] McHugh, M.K., et al., Assessing environmental and occupational risk factors for lung cancer in Mexican-Americans. *Cancer Causes Control*, 2010. 21(12): p. 2157-64.
- [281] 洪申發, et al., 烏腳病盛行地區居民肺癌之長期世代追蹤研究. *中華公共衛生雜誌*, 1995. 14(1): p. 32-40.

- [282] Sunderman, F.W., Jr., Nasal toxicity, carcinogenicity, and olfactory uptake of metals. *Ann Clin Lab Sci*, 2001. 31(1): p. 3-24.
- [283] Reulen, R.C., et al., A meta-analysis on the association between bladder cancer and occupation. *Scand J Urol Nephrol Suppl*, 2008(218): p. 64-78.
- [284] Cassidy, A., et al., Risk of urinary bladder cancer: a case-control analysis of industry and occupation. *BMC Cancer*, 2009. 9: p. 443.
- [285] 廖崑富, et al., 烏腳病病患及盛行地區健康對照下泌尿道癌之長期世代追蹤研究. *中華公共衛生雜誌*, 1995. 14(1): p. 23-31.
- [286] 李貞妹, 砷誘發泌尿上皮細胞致癌作用之分子機轉. 高雄醫學大學生物化學研究所學位論文, 2004(2004 年).
- [287] 韓煥文, 尋找重金屬砷引發膀胱癌的分子機轉. 2005.
- [288] van Bommel, D.M., et al., Comprehensive analysis of 5-aminolevulinic acid dehydrogenase (ALAD) variants and renal cell carcinoma risk among individuals exposed to lead. *PLoS One*, 2011. 6(7): p. e20432.
- [289] Pesch, B., et al., Occupational risk factors for renal cell carcinoma: agent-specific results from a case-control study in Germany. MURC Study Group. Multicenter urothelial and renal cancer study. *Int J Epidemiol*, 2000. 29(6): p. 1014-24.
- [290] Boffetta, P., et al., Occupational exposure to arsenic, cadmium, chromium, lead and nickel, and renal cell carcinoma: a case-control study from Central and Eastern Europe. *Occup Environ Med*, 2011. 68(10): p. 723-8.
- [291] Southard, E.B., et al., Lead, calcium uptake, and related genetic variants in association with renal cell carcinoma risk in a cohort of male finnish smokers. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 2012. 21(1): p. 191-201.
- [292] Liu, J. and M.P. Waalkes, Liver is a Target of Arsenic Carcinogenesis. *Toxicological Sciences*, 2008. 105(1): p. 24-32.
- [293] Ferrand, J.F., et al., Hepatocellular carcinoma and occupation in men: a case-control study. *J Occup Environ Med*, 2008. 50(2): p. 212-20.
- [294] Lu, S.N., et al., Characteristics of hepatocellular carcinoma in a high arsenicism area in Taiwan: a case-control study. *J Occup Environ Med*, 2004. 46(5): p. 437-41.
- [295] 陳淑媛, et al., 烏腳病盛行地區居民之早期砷暴露和皮膚癌之病例對照研究. *中華民國公共衛生學會雜誌*, 1993. 12(1): p. 1-9.
- [296] Li, S.C., A Study on the Predictive Model for Bone Mineral Density Examination. 2008.
- [297] Fan, C.M., The Clinical Application of Dual-energy X-ray Absorptiometry in the Lumbar Spine and Femurs. 2010.
- [298] Chiu, K. and D. Fang, The use of Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) in evaluating the changes in bone mineral density about the femoral stem after cementless total hip replacement. *Hong Kong Journal of Orthopaedic Surgery*, 1999.
- [299] 蔡伊婷, 利用超音波參數評估骨質疏鬆症. 國立成功大學電機工程研究所碩士論文,

- 民國 92 年六月, 2003.
- [300] 許玉嫻, 影響繼發性骨質疏鬆症高危險群對骨質疏鬆症之認知及預防行為之相關因素探討. 2006.
- [301] 彭台珠, et al., 定量超音波骨密度儀於社區護理篩檢活動使用之可行性. 志為護理-慈濟護理雜誌, 2002. 1(2): p. 56-63.
- [302] 趙台駿, 由定量式超音波與雙能 X 光吸收儀所測得骨質密度之比較. 2003.
- [303] 徐鳴嶽, 建立可攜式超音波骨密度量測系統. 2006.
- [304] Hu, C.W., M.R. Chao, and C.H. Sie, Urinary analysis of 8-oxo-7,8-dihydroguanine and 8-oxo-7,8-dihydro-2'-deoxyguanosine by isotope-dilution LC-MS/MS with automated solid-phase extraction: Study of 8-oxo-7,8-dihydroguanine stability. Free Radic Biol Med, 2010. 48(1): p. 89-97.
- [305] 李聯雄：船舶業焊接作業金屬煙煙濃度調查。行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所 2010。

附件一、問卷

親愛的勞工朋友：

您好！為進行「多種重金屬暴露勞工健康危害評估先驅研究」，  
請您仔細填寫本問卷，您所填寫的資料我們會絕對保密；感謝  
您的合作。

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所  
高雄市立小港醫院 職業環境醫學中心 敬上



<http://www.iosh.gov.tw>

電話：02-26607600

地址：22143 新北市汐止區橫科里橫科路 407 巷 99 號

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所  
勞工健康調查問卷

填寫日期：\_\_年\_\_月\_\_日

**(一) 基本資料：**

1. 姓名：\_\_\_\_\_
2. 性別：☐男 ☐女
3. 出生年月：\_\_\_\_\_年 \_\_\_\_\_月
4. 請問您的最高學歷？  
(1)☐不識字 (2)☐小學或識字 (3)☐國中 (4)☐高中或高職  
(5) ☐大專 (6) ☐大專以上
5. 電話：(住宅)\_\_\_\_\_ (行動)\_\_\_\_\_
6. 身高(公分)：\_\_\_\_\_ ； 體重(公斤)：\_\_\_\_\_

**(二) 工作經歷：**

1. 您目前就業的公司為：  
(1) ☐造船業；(2) ☐金屬加工業；(3) ☐電鍍業；  
(4) ☐其他(請說明):\_\_\_\_\_。
2. 請問您目前的工作是屬於：  
(1)☐固定白天班 (2)☐固定小夜班 (3)☐固定大夜班 (4)☐輪班
3. 您目前在公司主要工作內容為：  
(1) ☐辦公室；(2) ☐切割；(3) ☐焊接電焊；(4) ☐去銹填補；(5) ☐油漆防銹；(6) ☐電鍍現場；(7) ☐金屬加工現場；  
(8) ☐其他(請說):\_\_\_\_\_。



4. 您目前工作現場地點特性為：

(1) ☐ 辦公室；(2) ☐ 空曠開放空間(如屋頂很高無隔間作業廠房)；(3) ☐ 半開放空間(如已有隔間的半完成船艙或通風良好之房間)；(4) ☐ 局限空間(如船艙內或通風不良之小房間)；(5) ☐ 其他(請說明): \_\_\_\_\_。

5. 您現在健康檢查表的作業名稱，有哪些項?(可複選)

(1) ☐ 一般 (2) ☐ 高溫 (3) ☐ 化學 (4) ☐ 鉛 (5) ☐ 粉塵 (6) ☐ 輻射 (7) ☐ 噪音 (8) ☐ 其他(請說明): \_\_\_\_\_。

6. 您在這家公司工作年資合計有\_\_\_\_\_年 \_\_\_\_\_ 月。

7. 您在目前的工作區(未曾中斷1個月以上)合計有\_\_\_\_年。

8. 您過去曾待過哪些工作區：

(1) ☐ 辦公室；(2) ☐ 切割；(3) ☐ 焊接電焊；(4) ☐ 去銹填補；  
(5) ☐ 油漆防銹；(6) ☐ 電鍍現場；(7) ☐ 金屬加工現場；  
(8) ☐ 其他(請說): \_\_\_\_\_。

9. 您在現場工作的資歷為(包含曾經在現場工作，現在轉調到非現場)：  
\_\_\_\_\_年

10. 您最近一年內，是否曾經進入工作現場廠區(指公司第二道管制大門內之現場作業區)？

(1) ☐ 是 (2) ☐ 否 (回答否者，請跳答至第17題)

(1.1) 您最近一次進入工作廠區，是在多久之前？

(a) ☐ 每天工作都在廠區 (b) ☐ 一個月內 (c) ☐ 一個月前  
(d) ☐ 三個月前 (e) ☐ 半年前 (f) ☐ 一年月前

(1.2) 您最近一次進入工作廠區，有沒有配帶防護口罩？

(a) ☐ 有，配帶防塵口罩 (b) ☐ 有，配帶濾毒罐 (c) ☐ 有，同時配帶以上兩者 (d) ☐ 沒有配帶以上任何防護口罩

- 11.請問您尚未進入這家公司之前，是否曾經工作於『重金屬接觸』的工廠(需工作半年以上才算，例如：焊接、電焊、金屬切割、金屬研磨加工、電鍍等)?
- (1) ☐是，如果是的話，工作時間為：\_\_\_\_\_年。(2) ☐否。
- 12.請問您尚未進入這家公司之前，是否曾經工作於『粉塵作業類』的工廠(需工作半年以上才算)?
- (1) ☐是，如果是的話，工作時間為：\_\_\_\_\_年。(2) ☐否。
- 13.請問您尚未進入這家公司之前，是否曾經工作於『噪音作業類』的工廠(需工作半年以上才算)?
- (1) ☐是，如果是的話，工作時間為：\_\_\_\_\_年。(2) ☐否。
- 14.請問您覺得您現在工作單位的粉塵暴露是如何？
- (1) ☐沒有，下班時服仍保持乾淨；
- (2) ☐輕度：下班時,衣服偶爾沾了一些粉塵；
- (3) ☐中度：下班時,衣服沾了不少粉塵；
- (4) ☐重度：對面看不見人。
- 15.請問您覺得您現在工作單位的特殊化學暴露是如何？
- (1) ☐沒有：上班時,沒有聞到怪異刺鼻的化學物質；
- (2) ☐輕度：上班時,偶爾聞到怪異的化學物質,但不會刺鼻；
- (3) ☐中度：上班時,常聞到怪異刺鼻的化學物質,但可忍受；
- (4) ☐重度：上班時,常聞到刺鼻的化學物質,且令人不舒服。
- 16.請問您覺得您現在工作單位有沒有規定需要使用『防塵口罩』
- (1) ☐公司沒有規定需要使用；
- (2) ☐公司規定需使用,而幾乎都使用(76%~100%)；
- (3) ☐公司規定需使用,而多數時間使用(51%~75%)；
- (4) ☐公司規定需使用,而偶爾使用(25%~50%)；
- (5) ☐公司規定需使用,而很少使用(0%~25%)。
- 『如果答「公司沒有規定需要使用」；則跳答第25題』

17.如果公司規定您在您目前的工作單位需使用『防塵口罩』 您大約多久更換『粉塵濾片』一次？

- (1) ☐ 天天換 (2) ☐ 2-3 天 (3) ☐ 一星期內  
(4) ☐ 二星期內 一個月內 (6) ☐ 一個月以上

18.請問您覺得您現在工作單位有沒有規定需要使用『濾毒灌』？

- (1) ☐ 公司沒有規定需要使用；  
(2) ☐ 公司規定需使用,而幾乎都使用(76%~100%)；  
(3) ☐ 公司規定需使用,而多數時間使用(51%~75%)；  
(4) ☐ 公司規定需使用,而偶爾使用(25%~50%)；  
(5) ☐ 公司規定需使用,而很少使用(0%~25%)。

『如果答「公司沒有規定需要使用」；則跳答第29題』

19.當您在工作場所使用『濾毒灌』防護工具，您會聞到化學異味或不好呼吸時就立即更換『吸收灌』？

- (1) ☐ 幾乎會 (2) ☐ 多數時間會 (3) ☐ 偶爾會 (4) ☐ 很少會

20.如果公司規定您在您目前的工作單位需使用『濾毒灌』，您大約多久更換『吸收灌』一次？

- (1) ☐ 天天換 (2) ☐ 2-3 天 (3) ☐ 一星期內 (4) ☐ 二星期內  
(5) ☐ 一個月內 (6) ☐ 一個月以上

21.您所使用『濾毒灌』防護工具的種類是哪一種？

- (1) ☐ 有機氣體用 (2) ☐ 一氧化氮用 (3) ☐ 氨氣用  
(4) ☐ 其它(請說明)\_\_\_\_\_。

### **(三) 生活型態:**

1. 您是否吸菸？

- (1) ☐ 無或請客才抽  
(2) ☐ 每天都抽，平均一天大約抽\_\_\_\_\_支，已\_\_\_\_\_年了。  
(3) ☐ 已戒菸超過半年  
(3.1) 戒菸之前，平均一天大約抽\_\_\_\_\_支，已\_\_\_\_\_年了

2. 您是否吃檳榔？

(1) ☐無或偶爾才吃

(2) ☐每天都吃，平均一天大約吃\_\_\_\_\_顆，已\_\_\_\_\_年了。

(3) ☐已戒掉超過半年了

(3.1)戒掉之前，平均一天大約吃\_\_\_\_\_顆，已\_\_\_\_\_年了。

3. 請問您有喝酒習慣嗎？

(1) ☐從不

(2) ☐已戒(至少戒掉一年)，\_\_\_\_\_歲開始喝，已戒酒\_\_\_\_\_年。

(3) ☐目前有喝，\_\_\_\_\_歲開始喝酒。

4. 您通常喝哪一種酒？(請選一項**最常**喝的種類)

(1) ☐啤酒類(酒精濃度低於10%):

平均**每星期**喝\_\_\_\_\_次，**每次**喝\_\_\_\_\_ (鋁)罐

(市售鋁罐台灣啤酒約 350C.C)。

(2) ☐中等酒精濃度(葡萄酒、米酒、紅露酒、紹興酒)：

平均**每星期**喝\_\_\_\_\_次，**每次**喝\_\_\_\_\_杯(每杯約 150C.C)。

(3) ☐烈酒(酒精濃度 50%)(高粱酒、威士忌、白蘭地、大麴酒、五加皮等)：

平均**每星期**喝\_\_\_\_\_次，**每次**喝\_\_\_\_\_杯(每杯約 50C.C)。

5. 您是否一年內服用中藥粉或喝煎煮之中藥？

(1) ☐沒有

(2) ☐偶而使用

(3) ☐近三個月內使用10天以上

(4) ☐近三個月內使用10天到30天

(5) ☐近三個月使用30天以上。

6. 如您使用中藥製品，主要的來源為？

- (1) ☐ 中醫師處方與正式中醫診所醫院取藥。
- (2) ☐ 自行中藥房購買。
- (3) ☐ 中醫成藥。
- (4) ☐ 來源不明或親戚朋友介紹。
- (5) ☐ 其他：\_\_\_\_\_。

7. 平常是否食用海鮮？

- (1) ☐ 是 (2) ☐ 否

(35.1) 食用的海鮮種類：

- (1) ☐ 海水魚，食用的頻率為：\_\_\_\_\_次(每星期)
- (2) ☐ 淡水魚，食用的頻率為：\_\_\_\_\_次(每星期)
- (3) ☐ 蝦蟹，食用的頻率為：\_\_\_\_\_次(每星期)
- (4) ☐ 貝類，食用的頻率為：\_\_\_\_\_次(每星期)

**一般疾病史：(每一項目均可複選)**

8. 一般疾病：

- ☐ 高血壓、☐ 糖尿病、☐ 高血脂症、☐ B 型肝炎、☐ C 型肝炎
- ☐ 無。

9. 腦部疾病：

- ☐ 被診斷有巴金森氏症、☐ 腦中風、☐ 腦出血、☐ 腦部外傷
- ☐ 癲癇、☐ 其他腦神經疾病：\_\_\_\_\_、☐ 無。

10. 呼吸道發炎：

- ☐ 過敏性鼻炎、☐ 鼻穿孔、☐ 鼻竇炎、☐ 無。

11. 氣喘類型：

- ☐ 幼兒期發作型氣喘；☐ 成年後次發作型氣喘；☐ 無。

(4.1) 氣喘發作時間：

- ☐ 目前工作後首次發作氣喘，☐ 工作後加重氣喘嚴重度。

12.肺部疾病：

☐阻塞性肺病(COPD)、☐慢性支氣管炎、☐氣腫、☐肺部纖維化、☐塵肺症、☐肺結核、☐無。

13.心血管疾病：

☐梗塞，☐心絞痛心臟血管疾病、☐無。

14.皮膚疾病：

☐皮膚過敏、☐異位性皮膚炎、☐蕁麻疹、☐乾癬、☐無。

15.癌症：\_\_\_\_\_、☐無。

## 附件二、AD-8 極早期失智症篩檢量表

姓名:\_\_\_\_\_ 病歷號碼:\_\_\_\_\_

1. 判斷力上的困難:例如落入圈套或騙局,財務上不好的決定,買了對受禮者不合宜的禮物。  <input type="checkbox"/> 是,有改變 <input type="checkbox"/> 不是,沒有改變 <input type="checkbox"/> 不知道
2. 對活動和嗜好的興趣降低。  <input type="checkbox"/> 是,有改變 <input type="checkbox"/> 不是,沒有改變 <input type="checkbox"/> 不知道
3. 重覆相同的問題、故事和陳述。  <input type="checkbox"/> 是,有改變 <input type="checkbox"/> 不是,沒有改變 <input type="checkbox"/> 不知道
4. 在學習如何使用工具、設備、和小器具上有困難。例如:電視、音響、冷氣機、洗衣機、熱水爐(器)、遙控器。  <input type="checkbox"/> 是,有改變 <input type="checkbox"/> 不是,沒有改變 <input type="checkbox"/> 不知道
5. 忘記正確的月份和年份。  <input type="checkbox"/> 是,有改變 <input type="checkbox"/> 不是,沒有改變 <input type="checkbox"/> 不知道
6. 處理複雜的財務上有困難。例如:個人或家庭的收支平衡、所得稅、繳費單。  <input type="checkbox"/> 是,有改變 <input type="checkbox"/> 不是,沒有改變 <input type="checkbox"/> 不知道
7. 記住約會的時間有困難。  <input type="checkbox"/> 是,有改變 <input type="checkbox"/> 不是,沒有改變 <input type="checkbox"/> 不知道
8. 有持續的思考和記憶方面的問題。  <input type="checkbox"/> 是,有改變 <input type="checkbox"/> 不是,沒有改變 <input type="checkbox"/> 不知道

### 附件三、巴金森篩檢問卷

(Questionnaire for Parkinson's disease as a screening instrument)

姓名:\_\_\_\_\_ 病歷號碼:\_\_\_\_\_

問 題	有	無
1. 您有無發現自己手腳不靈活，從事精細細微的手部工作有困難，例如扣您自己的鈕扣有困難麼？		
2. 您有發現您寫的字改變，和年輕寫的字比較，字越寫越小麼？		
3. 您有發現您的動作越來越慢，移動緩慢且僵硬麼？		
4. 您最近走路變得彎腰駝背麼？		
5. 您有發現您走路不再像以前習慣性前後擺動受臂麼？		
6. 您有發現最近由停止狀態要邁開步伐困難/或是走路行進中，想要停止步伐困難，沒辦法馬上停止麼？		
7. 您有發現頭部、手臂、手或腳任何一處有不自主抖動的現象麼？		
8. 您有發現最近臉部表情變少或無表情/或者常常嘴張開與流口水的現象麼？		
9. 您有發現您的聲音跟以前比起來，變得低沉而單調麼？		
10. 當您向後轉身時，會失去平衡/或需要向右轉時，需要好幾步，而不像以前可以輕易轉身或上軍訓課時輕易向右轉彎嗎？		
11. 您有發現很困難由座椅站起來嗎？		



## 附件四、匹茲堡睡眠品質指標 (Pittsburgh Sleep Quality Index)

姓名: \_\_\_\_\_ 病歷號碼: \_\_\_\_\_

請你就過去一個月來的日常（大多數）的睡眠習慣回答下列問題：

1. 過去一個月來，你通常何時上床？ \_\_\_\_\_ 時 \_\_\_\_\_ 分
2. 過去一個月來，你通常多久才能入睡？ \_\_\_\_\_ 分鐘
3. 過去一個月來，你早上通常何時起床？ \_\_\_\_\_ 時 \_\_\_\_\_ 分
4. 過去一個月來，你實際每晚可以入睡幾小時？ \_\_\_\_\_ 時 \_\_\_\_\_ 分

以下問題選擇一個適當的答案打勾，請全部作答？

5. 過去一個月來，你的睡眠出現下列困擾情形，每星期約有幾次？

	從 未 發 生	不 到 一 次	約 一 兩 次	三 次 或 以 上
(1) 無法在 30 分鐘內入睡。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(2) 半夜或凌晨便清醒。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(3) 必須起來上廁所。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(4) 覺得呼吸不順暢。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(5) 大聲打鼾或咳嗽。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(6) 會覺得冷。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(7) 覺得躁熱。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(8) 作惡夢。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(9) 身上有疼痛。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(10) 其他，	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

請說明： \_\_\_\_\_

6. 過去一個月來，整體而言，你覺得自己的睡眠品質如何？

☐ 很好      ☐ 還不錯      ☐ 差了點      ☐ 很差

7. 過去一個月來，你通常一星期幾個晚上需要使用藥物幫忙睡眠？

☐ 未發生      ☐ 不到一次      ☐ 一兩次      ☐ 三次或三次以上

8. 過去一個月來，你是否曾在用餐、開車或社交場合瞌睡而無法保持清醒，每星期約幾次？

☐ 未發生      ☐ 不到一次      ☐ 一兩次      ☐ 三次或三次以上

9.過去一個月來，你會感到無心完成該做的事。

☐沒有      ☐有一點      ☐的確有      ☐很嚴重

10.你有睡伴和室友嗎？

☐沒有睡伴或室友      ☐睡伴或室友不同臥房  
☐睡伴同室友不同床      ☐睡伴或室友同床

假如有睡伴或室友，請你問他並繼續作答；過去一個月來，  
下列情形每星期約出現幾次？

	從 未 發 生	不 到 一 次	約 一 兩 次	三 三 次 次 或 以 上
(1) 大聲打鼾。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(2) 入睡中出現一陣子停止呼吸現象。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(3) 入睡中出現腳（包括腿部）抽動或顫動現象。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(4) 夜間起來出現意識混亂或人時地分不清楚現象	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(5) 其他入睡中的躁動與不安情形。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

請說明：\_\_\_\_\_

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

多種重金屬暴露勞工健康危害評估先驅研究 / 林文一, 潘致弘著. -- 1版. -- 新北市 : 勞委會勞工安全所, 民102.04  
面 ; 公分  
ISBN 978-986-03-6769-0(平裝)

1. 勞工衛生 2. 職業衛生

412.53

102008388

多種重金屬暴露勞工健康危害評估先驅研究

著(編、譯)者: 林文一、潘致弘

出版機關: 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

221 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號

電話: 02-26607600 <http://www.iosh.gov.tw/>

出版年月: 中華民國 102 年 4 月

版(刷)次: 1 版 1 刷

定價: 200 元

展售處:

五南文化廣場

台中市中區中山路 6 號

電話: 04-22260330

國家書店松江門市

台北市松江路 209 號 1 樓

電話: 02-25180207

- 本書同時登載於本所網站之「出版中心」, 網址為  
[http://www.iosh.gov.tw/Book/Report\\_Publish.aspx](http://www.iosh.gov.tw/Book/Report_Publish.aspx)
- 本所保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者, 須徵求行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所同意或書面授權。

**【版權所有, 翻印必究】**

ISBN: 978-986-03-6769-0

GPN:1010200974