

出國報告（出國類別：國際會議）

2016 年第 28 屆國際環境流行病學 研討會出國報告

服務機關：勞動部勞動及職業安全衛生研究所

姓名職稱：潘致弘 副研究員

派赴國家：義大利

出國期間：105 年 8 月 30 日至 9 月 7 日

報告日期：105 年 12 月 2 日

摘要

此次所參加的 2016 年國際環境流行病學研討會是從 2016 年 9 月 1 日至 2016 年 9 月 4 日舉行，研討會地點為義大利羅馬，此次研討會的主軸為舊與新的風險－環境流行病學的挑戰，這些挑戰非常明確，包括既有的健康危害物質：石棉、農藥、空氣污染物等危害物，而減少與去除這些危害物的暴露，仍面臨許多障礙，需要有創新的暴露評估方法與研究設計及數據分析來評估危害物的改變對健康效應的影響，並要將環境衛生付諸行動，介入健康的未來，包括並研討環境暴露對健康效應的流行病學研究，期能喚起公共政策對環境與職業健康的重視。

此次研討會發表本所研究成果論文 "**Exposure to Multiple Heavy Metals and Health Hazards in Shipbuilding Workers**"，以某造船公司的 200 位電焊作業勞工為暴露組，而以 100 位辦公室人員為對照組，並以作業環境空氣之區域採樣與個人採樣測定來評估現場工作人員暴露鉻、鎳、錳、鎘、銅、鋅、鉛、鈷、鋁、鉍等重金屬的情形，並利用問卷調查來了解現場工作人員與辦公室人員的工作史、疾病史、生活型態、睡眠品質、神經精神健康情形等資料，並測定健康效應指標，以線性混合效應迴歸模式標評估重金屬對勞工的健康效應指標影響。研究結果顯示，侷限空間電焊作業區的重金屬濃度顯著高於開放空間電焊作業區及金屬切割區；電焊作業勞工胸部 X 光異常率以及肺功能異常率皆顯著高於對照組；且電焊作業勞工 DNA 氧化傷害指標濃度亦顯著高於對照組，而鉻、鎳、鋅、鋁四種重金屬濃度與電焊作業勞工 DNA 氧化傷害指標濃度呈顯著正相關。因此建議事業單位對電焊作業勞工加強作業環境工程控制，例如加強通風設備與換氣量，並加強電焊作業勞工個人防護具的佩帶。各國學者踴躍發問，充分達到學術交流之目的，皆獲得熱烈迴響與高度肯定，並受到國際矚目。

在此次研討會中令人印象較為深刻的一個議題為：將環境與職業流行病學應用於政策執行，此議題引起熱烈的討論，藉此得知全世界所有國家的學者在將環境流行病學應用於政策執行面時，皆遭遇極大的困難，唯有透過國際間密切知識交流，截長補短，結合大家的努力，分享我們的成果、最好的實施方法、與共同制定決策，使環境與職業流行病學知識更加明朗化，才能使將環境與職業流行病學應用於政策執行面的可行性變高。

在職業性癌症的研究方面，除了考量職業危害物暴露之外，也要考量環境危害物的暴露；而在職業安全衛生政策的訂定需考量醫學面、科技面與經濟面之外，並需符合社會需求。

而特別需要關注的議題為暴露石綿所引起的間皮細胞瘤等職業病，義大利於 1992 年起禁用石綿，但在 2012 年因暴露石綿引起胸膜間皮細胞瘤死亡的人數達到 1,211 人的高峰期，其中男性死亡人數：876 人，女性死亡人數：325 人；尤其我國將於 2018 年全面禁用石綿，對於暴露石綿引起的職業病預防，必需有因應對策。

在健康風險研究的議題方面，由於我們面對新的風險：來自氣候的變遷，將會增加環境與生物危害的風險；在科技快速變遷的全球化世界，造成新的問題，包括：基因改造有機物、新的化學品、奈米科技、行動電話、新的病毒，例如：禽流感有可能迅速大量的傳播。為能永續發展與避免健康危害，我們必需能夠辨識與防範新的威脅；然而知識就是行動的依據。

研討會的環境流行病學與暴露分析研究成果將可提供我國政府機構、事業單位與學術研究機構參考，期能促使政府機構與事業單位加速改善環境中的危害物質，預防環境傷病或職業傷病的發生。

關鍵詞：風險，環境流行病學，職業流行病學，暴露分析，職業安全衛生政策

目 次

摘要.....	1
目錄.....	3
圖目錄.....	4
第一章 出國目的.....	5
第二章 過程.....	7
第三章 參加研討會心得.....	11
第一節 發表論文心得.....	11
第二節 職業流行病學心得.....	11
第三節 醫學面心得.....	17
第四節 政策面心得.....	23
第五節 綜合心得.....	27
第四章 建議事項.....	28
附錄 研究成果論文"Exposure to Multiple Heavy Metals and Health Hazards in Shipbuilding Workers 內容".....	32

圖目錄

圖 1 於 2016 年國際環境流行病學與國際環境流行病學協會理事長 Manolis Kogevinas 合影.....	29
圖 2 於 2016 年國際環境流行病學研討會發表論文回答美國學者提問與合影...	30
圖 3 於 2016 年國際環境流行病學研討會發表論文與英國學者討論及合影.....	31

第一章 出國目的

- 1.研究領域背景相關資料發展趨勢說明：**環境流行病學與暴露分析的發展趨勢為促進安全製造與安全使用化學品、藥物與生物材質及重視食品安全，並研討環境暴露對健康效應的流行病學研究，期能喚起公共政策對環境健康的重視；以及積極與縱和及橫切面的預防政策：例如：法國在過去 3 年間由首相同意實施數項跨部會聯合的健康風險預防措施計畫，包括癌症計畫、國家健康與環境計畫、國家職業衛生計畫。值得注意的是所有的計畫都以橫切面的方式來處理。官員與專家已取得聯合工作的方式-健康、環境、勞工、農業等，並相互學習。辨識與評估未來新的與複雜的風險是必須的，例如：禽流感有可能迅速大量的傳播。為能永續發展與避免健康危害，我們必需能夠辨識與防範新的威脅；然而知識就是行動的依據。國際合作極其重要，例如：在工業製程中所使用的化學品超過 100,000 種，然而只有數百種有健康影響的研究；我們必須加強國際間知識交流，結合我們的努力，分享我們的成果、疑慮、最好的實施方法、與共同制定決策。
- 2.確屬業務需要，有助提昇施政品質：**研討會的環境流行病學與暴露評估研究新知並可提供我國學術研究機構、政府機構與事業單位參考，期能促使政府機構與事業單位加速改善環境中的危害物質，預防職業傷病或環境傷病的發生。
- 3.該研討會有足資借鏡之處：**目前國際環境流行病學學會會員國已超過 50 個，2016 年參加該研討會的國家有 57 個，參加人數超過 1300 人，此研討會除了專題演講、論文發表之外，並提供論壇，使各國的流行病學家、毒理學家、暴露分析學者、其他環境科學家與道德哲學家能充分溝通,交流創新的研究方法學與嘗試突破研究瓶頸，期能促成環境流行病學與暴露

評估研究能更上一層樓。該研討會並有論壇充分討論如何將科學研究應用於法規標準，例如：依據流行病學的知識，歐盟的 25 個會員國已禁用石棉（在全世界過去使用石棉的 180 個國家中，已有超過 50 個國家禁用石棉），實有我國足資借鏡之處。

第二章 過程

2016 年 8 月 30 日由桃園中正國際機場啟程，8 月 30 日抵達義大利羅馬參加 2016 年國際環境流行病學與暴露分析研討會，9 月 1 日為開幕式，由義大利政要、國際環境流行病學學會代表代表致詞，並以衛星視訊會議方式，將研討會資訊傳送到全球各地，9 月 1 日至 9 月 4 日研討會的方式包括：訓練課程、專題演講、論壇、口頭論文發表、與壁報論文發表，涵蓋的主題包括：

1. 環境衛生的傳統風險因子

(Traditional risk factors in environmental health)

2. 暴露空氣污染物的長期健康效應

(Health effects of long term exposure to air pollution)

3. 噪音與生物效應

(The broadening noise phenome and its biological links)

4. 氣候變遷－超越巴黎公約：環境流行病學如何提出貢獻？

(Climate change – beyond the Paris Agreement: how can environmental epidemiology contribute?)

5. 環境衛生政策

(Environmental Health Policies)

6. 創造一個良好的科學與政策界面

(Creating a Better Science-Policy Interface)

7. 全球食品安全與環境衛生

(Global Food Safety & Environmental Health)

8. 環境正義

(Environmental Justice)

9. 空氣污染與死亡率

(Air Pollution and Mortality)

10. 室內空氣污染評估

(Assessment of Indoor Air Pollution)

11. 空氣污染與心血管疾病

(Air Pollution & CVD)

12. 空氣污染之介入與環境正義

(Air Pollution, Intervention and Environmental Justice)

13. 環境流行病學

(Environment & Cancer)

14. 工作與致癌物

(Work & Carcinogens)

15. 作業場所危害物暴露與健康效應

(Workplace Exposures & Effects)

16. 生物偵測

(Biomonitoring)

17. 微生物暴露評估

(Approach to Microbial Exposure Assessment)

18. 室內空氣污染評估

(Assessment of Indoor Air Pollution)

19. 空氣污染與氣喘

(Air pollution and Asthma)

20. 離子與非離子輻射
(Ionizing & Non –Ionizing radization))
21. 神經發展效應
(Neuro-developmental Effects)
22. 水質與健康
(Water Quality & Health)
23. 基因與環境之交互作用
(Gene-Environment Interaction)
24. 歐盟的暴露評估策略
(Exposure Assessment within EU's Reach Policy)
25. 暴露評估模式
(Modeling Exposures & Assessment Outcomes)
26. 多環芳香族碳氫化合物暴露評估
(PAH Exposure Assessment)
27. 砷與錳
(Arsenic and Manganese)
28. 懸浮微粒之個人採樣評估
(Estimating Personal PM Exposures)
29. 鄰苯二甲酸之流行病學研究
(Epidemiological Studies of Phthalates)
30. 皮膚暴露與健康效應
(Dermal Exposure and Effects)

31. 熱危害與罹病率及死亡率

(Heat-Morbidity & Mortality)

32. 物理性活動與暴露評估

(Physical Activity & Exposure Assessment)

33. 環境壓力與醫院管理

(Environmental Stressors & Hospital Administration)

34. 農業衛生研究的發現

(Findings from the Agricultural Health Study)

35. 孩童健康研究

(Children's Health Study)

36. 電磁場研究

(Research on Electromagnetic Fields)

此次國際研討會超過有 57 個國家的學者與研究生參加，口頭論文與壁報論文發表超過 1000 篇，並有論壇充分討論如何將環境與職業流行病學應用於政策執行，例如：石綿的長期健康危害效應。以懸浮微粒對人體的急性與慢性傷害的環境與職業流行病學證據，提出聲明書，建議歐盟之空氣污染標準不應放寬，而要更加嚴格。

第三章 參加研討會心得

第一節 發表論文心得

此次研討會發表本所研究成果論文 "Exposure to Multiple Heavy Metals and Health Hazards in Shipbuilding Workers"，以某造船公司的 200 位電焊作業勞工為暴露組，而以 100 位辦公室人員為對照組，並以作業環境空氣之區域採樣與個人採樣測定來評估現場工作人員暴露鉻、鎳、錳、鎘、銅、鋅、鉛、鈷、鋁、鈹等重金屬的情形，並利用問卷調查來了解現場工作人員與辦公室人員的工作史、疾病史、生活型態、睡眠品質、神經精神健康情形等資料，並測定健康效應指標，以線性混合效應迴歸模式標評估重金屬對勞工的健康效應指標影響。研究結果顯示，侷限空間電焊作業區的重金屬濃度顯著高於開放空間電焊作業區及金屬切割區；電焊作業勞工胸部 X 光異常率以及肺功能異常率皆顯著高於對照組；且電焊作業勞工 DNA 氧化傷害指標濃度亦顯著高於對照組，而鉻、鎳、鋅、鋁四種重金屬濃度與電焊作業勞工 DNA 氧化傷害指標濃度呈顯著正相關。因此建議事業單位對電焊作業勞工加強作業環境工程控制，例如加強通風設備與換氣量，並加強電焊作業勞工個人防護具的佩帶。各國學者踴躍發問，充分達到學術交流之目的，皆獲得熱烈迴響與高度肯定，可見本所研究成果已達國際水準，並受到國際矚目，如圖 2 所示；研究成果論文則如附錄所示。

第二節 職業流行病學心得

1.義大利的暴露石綿與間皮細胞瘤之調查研究

全球 56 個國家於 1994-2008 年，這 15 年間因暴露石綿導致間皮細胞瘤的死亡人數高達 174,3000 人。此外有 33 個國家使用石綿的 38,900 個案沒有出現間皮細胞瘤的症狀。全球每年約有 14,200 例間皮細胞瘤個案。義大利於 2004 年因為職業性暴露石綿所引起的死亡人數達 107,000 人，而由於惡性間皮細胞瘤的死亡人數則為 59,000 人；而義大利於 1993-2012 年間，有 21,463 人罹患間皮細胞瘤(約 1073 人/年)，其中有 93%為惡性胸膜間皮細胞瘤。以全球觀點而言，胸膜間皮細胞瘤與暴露工業用石綿有高度相關性。

義大利為歐洲國家中生產石綿量排名第二位的國家，意大利在 1992 年禁用石綿；但義

大利於 2012 年因暴露石綿引起胸膜間皮細胞瘤死亡的人數達到 1,211 人的高峰期，其中男性死亡人數：876 人，女性死亡人數：325 人。

2. 石綿簡介

石綿是一種纖維狀水合矽酸鹽天然礦石的通稱，可分為蛇紋石屬（serpentine group）以及角閃石屬（amphibole group）兩大類。蛇紋石屬只有白石綿（chrysotile, white asbestos），又稱溫石綿，為目前使用最廣泛的石綿，佔所有石綿種類之 95% 以上。角閃石屬包括青石綿（crocidolite, blue asbestos）、褐石綿（amosite）、斜方角閃石（anthophyllite）、陽起石（actinolite）以及透閃石（tremolite）等。因為石綿的物理與化學特性良好，可耐高溫、耐酸鹼、抗腐蝕、耐磨及絕緣等，再加上價格相對便宜，所以工業用途非常廣泛，據估計有三千種以上的用途。從表 1 可看出石綿常見用途及產品。

表 1 石綿常見用途及產品

產品	用途
建築材料	地磚、建築地板、防火門、隔牆板、隔音板、水泥板、石綿瓦、屋頂用覆蓋毯
墊圈及充填物	酸泵之墊圈、泵附件、凸緣附件、槽體密封附件、化工廠管線充填物、包裝材料
摩擦物質	剎車來令、離合器外層、變速器裏襯、工業用耐磨物質
油料、塗料、防漏劑	汽車卡車本體塗裝、屋頂塗裝、屋頂防漏
石綿加強塑膠	馬達附件、高張力用途之鑄造物、石綿 PVC、壓成型物質、飛航工業之動力管噴嘴、火箭之隔熱物質、飛彈之燃料箱
石綿水泥管	自來水或下水道配管、化工廠配管、壓力管、電線電纜導管
紡織物質	防火衣、防火毛毯、手套、織成紗、索、布、蓆等、戲院銀幕、窗簾
石綿紙	耐火紙、桌墊、飲料過濾器、熔融玻璃處理設備
其他	抗震、太陽熱表面物質、電源絕緣體、石綿芯網

石綿的潛在暴露需考慮石綿製品之整個生命週期中可能暴露的環節，包括開採石綿，製造各種石綿製品，石綿製品之更換及維修，石綿製品之破損後可能逸散至周遭環境，石綿建材之拆除，廢棄物之處置等，除了職業暴露之外，可能也會造成環境污染。

石綿引起的疾病主要包括惡性間皮細胞瘤（malignant mesothelioma）、石綿肺症（asbestosis）、肺癌、胸膜斑（pleural plaques）及瀰漫性胸膜增厚。惡性間皮細胞瘤是間皮細胞（mesothelium）的惡性腫瘤，原發於胸膜、心包膜或腹膜之漿膜裡襯（serosal linings）的癌症；石綿肺症是指石綿引起之肺部瀰漫性間質纖維化。其他石綿相關的疾病有：石綿疣（asbestos warts）、胸膜斑塊（pleural plaques）、瀰漫性胸膜增厚；石綿暴露亦可能增加喉癌及消化系統癌症的風險。

3.重金屬的職業危害

重金屬暴露導致各種的健康傷害已有許多案例]，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與化學性肺炎與氣喘，其他金屬引起之煙煙亦造成金屬熱(Metal fume fever)；慢性錳暴露，金屬焊接煙煙與合金加工之暴露，主要是以錐體外症候群(Extrapyramidal Syndrome)之神經精神病變表現，包括認知障礙及情緒困擾，記憶障礙，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，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、呼吸道過敏、免疫機能異常、及癌症，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、運動神經傳導速度變緩，腎臟傷害的高血壓、痛風，及慢性腎衰竭與血液骨髓的貧血、溶血，另外甲狀腺功能低下、減少精子活動性及數目、致癌性與干擾維生素 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(Microcytic or Normocytic) with low Total Iron-binding Capacity(TIBC)、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，中樞及手套襪子分佈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)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，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)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，分佈到骨頭、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)先關性之肉芽腫(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 以侷限性為主、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其心肌病變、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。銣(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；銣與鈣代謝有 99%相似，銣於人類主要位骨頭，少量銣有利於增加骨質再生，但過量引起銣佝僂病(Strontium Rickets)，抑制骨質再生，減少骨頭與血液中鈣含量。

第三節 醫學面心得

1. 職業安全衛生法規或標準的訂定必需考量醫學面的現有知識，而癌症為我國勞工死因的首位，勞工癌症與預防的研究在我國實為刻不容緩。職業性癌症的研究方面，除了考量職業危害物暴露之外，也要考量環境危害物的暴露，建立暴露的基線資料極為重要，加拿大安大略省的癌症研究論文為很值得我國借鏡學習，茲將其 20 年的研究計畫簡述如下：
 - (1) 加拿大安大略省資料：加拿大安大略省的面積 1076395 平方公尺、人口 12160282 人 (其中有 350 萬人為由其他國家移民至加拿大)、人口密度：13.4 人/平方公尺 (安大略省北部

人口密度：1.1 人/平方公尺；安大略省南部人口密度：115.3 人/平方公尺)、2007 年慢性

疾病死亡人數：A.癌症死亡人數：26900 人；B.心血管疾病死亡人數：28300 人；呼吸

道疾病死亡人數：3100 人；糖尿病死亡人數：2900 人。

(2) 安大略省世代研究的目標

- A. 建立環境與職業暴露的基線資料，作為癌症、心血管疾病與其他慢性疾病廣範圍研究的整合性平台。
- B. 作為提昇病源學(etiology)的知識、疾病預防、生物學、與早期發現疾病的先驅研究。
- C. 獲得發現風險與風險特性描述的決定因子與交互作用數據。
- D. 評估與追蹤風險因子及個人和社區的行為改變。

(3) 主要研究問題

- A. 研究對象：安大略省的成年人
- B. 環境因子與基因對於癌症、冠狀動脈心臟疾病、中風的影響為何？
- C. 癌症、冠狀動脈心臟疾病、中風的主要風險決定因子為何？

(4) 研究經費

目前 5 年的研究經費為 5 千 7 百萬美金，包括：

A 安大略省癌症研究所：

(A)發展階段基金：1 百萬美金 (2007-2009)

(B)委託研究計畫經費：2 千萬美金 (2009-2013)

B.全國世代研究平台於安大略省研究經費：1 千 5 百 5 拾萬美金

C. 安大略省心臟與中風基金會：

(A)贊助心血管疾病研究科學家參與研究計畫

(B) 5 年的研究經費約為 2 千萬美金

(5) 研究特色

A. 研究樣本數：1 萬 5 千人

B. 具各不同種族之代表性

C. 年齡：35-69 歲

D. 徵募受測者期間：2008—2013 年

E. 性別：男女各約佔 50%

F. 排除對象：居無定所者

G. 取樣架構：樣本數為 50 個社區的民眾，來源包括：

(A) 公眾意識運動的自願者

(B) 已登記參與研究的受測者資料庫

H. 整合性數據資料：自評報告、生理量測、生物偵測與健康檢查資料的整合數據資料。

I. 追蹤調查約 20 年

(A) 主動式：直接聯繫受測者，5 年內重複追蹤測定

(B) 被動式：串連紀錄資料

(C) 研究人員：包括 5 個專業領域—a.癌症流行病學、b.職業與環境流行病學、
c.毒理學、d.工業衛生、e.分析化學的研究人員。

(6) 安大略省環境與職業污染物測定

A. 確認暴露來源：包括空氣、水、食物、消費者與個人醫護產品、工作場所與家庭（土壤、灰塵等）。

B. 優先研究的污染物：包括砷、氡、奈米物質、個人用的醫藥產品。

C. 環境與職業暴露測定，包括：

(A) 社區暴露

(B) 鄰近地區暴露

(C) 職業暴露：包括個人的室外與室內暴露

(D) 家庭暴露：包括個人的室外與室內暴露

(E) 個人暴露評估方法包括

a. 吸入、食入、經皮膚吸收的暴露測定

b. 體內劑量的測定，包括：

(a) 生物暴露指標：I. 生物樣品的基線分析 II. 生物樣品的長期追蹤

(b) 健康效應生物指標

c. 問調查卷評估

2. 必須對作業環境空氣中的危害物對勞工的死亡率影響或空氣中的污染物對民眾的死亡率影響，做長期追蹤研究；以此研討會國際學者所發表關於化學危害物對勞工的死亡率影響與長期暴露空氣中的污染物對民眾的死亡率影響的兩篇論文摘述如下：

(1) 對二氨基聯苯(Benzidine) 與 3,3-二氯對二氨基聯苯(3,3-Dichlorobenzidine)暴露勞工之癌症

發生率與死亡率：

A. 對二氨基聯苯（生產期間：1945-1965 年）用來製造染料，為人類的致癌物，會導致人體產生膀胱癌。在動物實驗結果，對二氨基聯苯會導致人體膀胱、膽管、骨髓、乳房、造血系統與肝臟腫瘤。美國於 1973 年禁用對二氨基聯苯。

B. 3,3 二氯對二氨基聯苯（生產期間：1945-1989 年）用來製造染料，為人類的可能致癌物。在動物實驗結果，3,3 二氯對二氨基聯苯會導致人體膀胱、皮膚、小腸、結締組織、唾腺、乳房、造血系統與肝臟腫瘤。3,3 二氯對二氨基聯苯目前在美國廣泛用於商業用途，3,3 二氯對二氨基聯苯目前在中國、印度、日本、南韓、德國。

C. 研究方法

(A) 重建世代資料 (Reconstruct cohorts)，包括：姓名、出生日期、工作職稱、任職日期與離職日期

(B) 取得癌症發生率與死亡率數據，包括：

- a. 美國康乃迪克州所有勞工之癌症登記檔 (1980-2005 年)
- b. 美國所有勞工之死亡檔
- c. 對二氨基聯苯作業勞工死亡證書
- d. 3,3 二氯對二氨基聯苯作業勞工問卷調查資料
- e. 對二氨基聯苯與 3,3 二氯對二氨基聯苯兩類作業勞工之保險公司結算檔案資料
- f. 對二氨基聯苯與 3,3 二氯對二氨基聯苯兩類作業勞工之癌症監測計畫相關資料

(C) 確定暴露資料：將 826 位對二氨基聯苯作業勞工分為高暴露組 (n=105)、中暴露組

(n=148)、低暴露組 (n=341)、無暴露組 (n=232)。將 583 位 3,3 二氯對二氨基聯苯作業

勞工分為高暴露組 (n=39)、中暴露組 (n=183)、低暴露組 (n=171)、無暴露組 (n=190)。

(D) 計算標準化癌症發生率

(E) 比例危害分析 (Proportional hazard analysis)：以評估其他風險因子。

D. 結果與結論

(A) 對二氨基聯苯與 3,3 二氯對二氨基聯苯兩類作業勞工之膀胱癌發生率顯著提高。

(B) 對二氨基聯苯與 3,3 二氯對二氨基聯苯兩類作業勞工之其他癌症發生率顯著提高。

(C) 暴露對二氨基聯苯及 3,3 二氯對二氨基聯苯兩類物質與癌症的相關性結果似有低估。

(2) 長期暴露空氣污染物對民眾死亡率的影響

重新分析美國六個城市(Watertown, Massachusetts; Harriman, Tennessee; St. Louis; Steubenville, Ohio; Portage, Wisconsin; Topeka, Kansas) 暴露空氣污染物對 25-74 歲的 8111 位白人民眾死亡率的影響。

A. 研究方法：從 1974 年開始以追蹤世代研究法 (Prospective cohort study) 針對美國六個城市暴露空氣污染物對眾死亡率的影響，進行 16 年的長期追蹤研究。

(A)統計方法：分層性別與以 5 歲分層年齡，並調整吸菸、教育程度、身體質量指數 (BMI)與粉塵、氣體、煙煙之職業暴露、以 Cox 比例-危害迴歸模式分析空氣污染與死亡率之相關性。

(B)數據資料驗證：隨機挑選 250 份問卷與 250 份死亡證書進行驗證。

(C) 空氣污染暴露評估：美國哈佛大學原以固定位置監測站的空氣污染數據，包括總

懸浮微粒、可吸入微粒、細微粒、硫酸鹽、氣膠酸度、二氧化硫、二氧化氮與臭

氧的年平均濃度。而重新驗證空氣污染數據的目的涵蓋三個方面：

- a. 驗證由原始採樣介質測定空氣污染，經換算後的濃度數據。
- b. 評估空氣污染濃度數據的驗證程序。
- c. 釐清空氣污染數據平均值的計算方式與評估平均值的靈敏度。

B. 結果與結論

長期暴露空氣中細懸浮微粒 (PM_{2.5}) 心肺疾病的死亡率增加，並經驗證所有量測數

據的誤差都低於 1%，並在可接受的信賴區間範圍內。

第四節 政策面心得

1. 建立一個更好的科學與政策界面

科學家與政策制定者，往往會有不同的觀點，如何建立一個好的科學與政策界面，使科學家與政策制定者有良好的互動影響，以下列二個研究例證來做說明：

(1) 美國健康效應研究所 (Health Effects Institute) 的工作

美國健康效應研究所是一個非營利的研究機構，成立於 1980 年，其成立的宗旨為提供空氣污染對健康效應的高品質、公正與中肯的科學知識與政策建議給政府機構與國際組織；美國健康效應研究所的百分之五十經費來自美國環保署，另外百分之五十經費來自全世界汽車工業的贊助。

到目前為止美國健康效應研究所已在北美洲、歐洲與亞洲完成超過 250 個研究計畫，並提出對一氧化碳 (carbon monoxide)、空氣毒物 (air toxics)、氧化氮 (nitrogen oxides)、柴油廢氣 (diesel exhaust)、臭氧 (ozone)、懸浮微粒 (particulate matter)、及其他污染物 (other pollutants) 的政策建議。

美國健康效應研究所之研究要領包括：

- A. 贊助研究來減低不確定度
- B. 進行政策相關研究
- C. 由獨立的研究委員會選定研究計畫
- D. 由獨立的審查委員會完成研究計畫審查

(2) 空氣清淨法案

美國環保署須訂定國家空氣品質標準 (National ambient air quality standards (NAAQS))，包括：

- A. 主要的空氣品質標準 (Primary NAAQS) 須有適當的安全界限值，以維護人體健康。
- B. 次要的空氣品質標準 (Secondary NAAQS) 須能夠維持公眾福祉 (包括但不侷限於對土壤、水、作物、植物、野生動物、能見度、與氣候效應)。

美國環保署須指定一個包含 7 個成員的獨立科學審查委員會，其中至少要有 1 位國家科學委員會的成員、1 位醫師、以及 1 位州政府空氣污染管制局的代表；此委員會要在 5 年內完成審查更新空氣品質標準的所有文件，並提出新的國家空氣品質標準建議給環保署。

立法需求的要件：

- A. 需反應最近的科學知識
- B. 不需要一個零風險的濃度
- C. 安全界限是在說明未定論的科學與技術的不確定性資訊，用以避免危害及保護敏感性族群。
- D. 不考慮制定法規的成本

國家空氣品質標準的制定或修訂需審核兩項主要檔案：

A.空氣品質規範檔案 (Air Quality Criteria Document)：該檔案由美國國家環境評估中心所製作，提供了最近評估空氣品質標準的科學資訊。

B. 參謀文件檔案 (Staff Paper)

由空氣品質規劃室製作參謀文件檔案

由空氣清淨科學諮詢委員(Clean Air Science Advisory Committee)會提出空氣中懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 的建議濃度標準：

A. 主要標準：

$PM_{2.5}$ 年平均濃度標準：13-14 $\mu g/m^3$

$PM_{2.5}$ 24 小時平均濃度標準：30-35 $\mu g/m^3$

建議改用粗顆粒指標為 $PM_{10-2.5}$

B. 次要標準

建議分別訂定 $PM_{2.5}$ 4-8 小時平均濃度標準以保護都市的能見度。

而美國環保署公佈的空氣中懸浮微粒 $PM_{2.5}$ 的濃度標準則為：

A.主要標準：

$PM_{2.5}$ 年平均濃度標準：15 $\mu g/m^3$

PM_{2.5} 24 小時平均濃度標準：35 µg/m³

粗顆粒指標為 PM₁₀

B. 次要標準

次要標準與主要標準的規範相同。

2. 科學與政策需符合社會需求

在職業安全衛生政策的訂定需考量醫學面、科技面與經濟面之外，並需符合社會需求。以在工業界使用數量相當多的 1,3-丁二烯（1,3-butadiene）為例，美國職業安全衛生署（Occupational Safety and Health Administration, 簡稱 OSHA）於 1971 年採取工業衛生技師協會在 1968 年的恕限值（Governmental Industrial Hygienists's (ACGIH's) threshold limit value），定出 1,3-丁二烯的八小時日時量平均容許濃度為 1,000 ppm，以防止暴露 1,3-丁二烯所引起的刺激與致昏迷作用。但由於在 1983 年的兩種動物實驗，闡述 1,3-丁二烯能引起多種癌症，因此美國聯邦政府在 1984 年與美國環保署（Environmental Protection Agency, 簡稱 EPA）分別提出要求與交付美國職業安全衛生署進行修訂 1,3-丁二烯的職業衛生執行標準，而美國職業安全衛生署在 1990 提出修正 1,3-丁二烯八小時日時量平均容許濃度為 2 ppm，並提出 1,3-丁二烯的短時間暴露容許濃度（short term exposure limit, 簡稱 STEL）為 10 ppm。對於 1,3-丁二烯職業衛生標準的訂定，美國職業安全衛生署進行了許多動物實驗、人類流行病學研究、人體之體內與體外系統之代謝物與代謝機制研究，並在常溫常壓下以 6.25~625 ppm 濃度範圍的 1,3-丁二烯進行定量的危險評估（quantitative risk assessment），證明 1,3-丁二烯為人體致癌物（human carcinogen），美國職業安全衛生署並允許事業單位使用防毒面具或濾毒罐，以保護員工的呼吸系統，以降低事業單位為符合 1,3-丁二烯職業衛生標準所付出的成本；美國勞工安全衛生研究所（National Institute of Occupational Safety and Health, 簡稱 NIOSH）則進行一系列工作現場訪視以提出勞工暴露於 1,3-丁二烯的情形

與技術的可行性，對於經濟的分析有極大的幫助。而由國際合成橡膠製造研究所

（International Institute of Synthetic Rubber Producers, 簡稱 IISRP）贊助在 1995 年所完成的流行病學研究與動物實驗，證實勞工暴露於 1,3-丁二烯對造成癌症有過度的危險，此論點使 IISRP 與美國聯邦政府達成共識，提出現行 1,3-丁二烯八小時日時量平均容許濃度為 1ppm 與 1,3-丁二烯的短時間暴露容許濃度為 2 ppm，以及提出其他方面的職業衛生標準。由以上美國對於 1,3-丁二烯職業衛生標準的訂定與修正過程，實是我國值得學習的借鏡。

第五節 綜合心得

在國際環境流行病學我們應努力的方向包括：1.增進我們流行病學與環境暴露的科學知識極為重要：(1)因為某些疾病大量增加，例如：癌症、生殖失調（不孕、畸形胎兒）、神經退化疾病（老年癡呆症、帕金森氏疾病）、免疫系統疾病、過敏、氣喘、其他呼吸系統疾病、壓力等；(2)缺乏很多重要的知識，例如：在工業製程中所使用的化學品超過 100,000 種，然而只有數百種有健康影響的研究；(3)由於非常廣泛與複雜的爭議：由於職業與環境的污染，增加普遍的危害風險，因此應優先增進我們對致癌物、致突變性物質、與生殖毒害物質的知識。(4)我們面對新的風險：由於氣候的變遷，將會增加環境與生物危害的風險；在科技快速變遷的全球化世界，造成新的問題，包括：基因改造有機物、新的化學品、奈米科技、行動電話、新的病毒，例如：禽流感有可能迅速大量的傳播。為能永續發展與避免健康危害，我們必需能夠辨識與防範新的威脅；然而知識就是行動的依據。2.國際合作極其重要：我們必須加強國際間知識交流，結合我們的努力，分享我們的成果、疑慮、最好的實施方法、與共同制定決策；例如：依據流行病學的知識，歐盟的 25 個會員國已禁用石棉（在全世界過去使

用石綿的 180 個國家中，有 35 個國家已禁用石綿)。3.我們必須有積極與縱和及橫切面的預防政策：例如：法國在過去 3 年間由首相同意實施數項跨部會聯合的健康風險預防措施計畫，包括癌症計畫、國家健康與環境計畫、國家職業衛生計畫。值得注意的是所有的計畫都以橫切面的方式來處理。官員與專家已取得聯合工作的方式-健康、環境、勞工、農業等，並相互學習。辨識與評估未來新的與複雜的風險是必須的。

第四章 建議事項

建議我國政府機構與學術研究單位，需加強作業環境空氣污染物的急性心血管效應研究，並建議我國政府機構與學術研究單位必須加強國際間知識交流，結合我們的努力，分享我們的成果、最好的實施方法、與共同制定決策；例如：依據流行病學的知識，歐盟的 25 個會員國已禁用石綿（在全世界過去使用石綿的 180 個國家中，已有超過 50 個國家禁用石綿）。而特別需要關注的議題為暴露石綿所引起的間皮細胞瘤等職業病，義大利於 1992 年起禁用石綿，但在 2012 年因暴露石綿引起胸膜間皮細胞瘤死亡的人數達到 1,211 人的高峰期，其中男性死亡人數：876 人，女性死亡人數：325 人；尤其我國將於 2018 年全面禁用石綿，對於暴露石綿引起的職業病預防，必需有因應對策。

建議我國政府機構與學術研究單位建立整合性的職業與環境流行病學研究，以確認職業與環境危害因子，做好危害因子預防與控制工作。

建議我國政府機構與學術研究單位，在職業性癌症的研究方面，除了考量職業危害物暴露之外，也要考量環境危害物的暴露；並建議我國政府機構對於職業安全衛生政策的訂定需考量醫學面、科技面與經濟面之外，並需符合社會需求。



圖 1. 於 2016 年國際環境流行病學與國際環境流行病學協會理事長 Manolis Kogevinas 合影

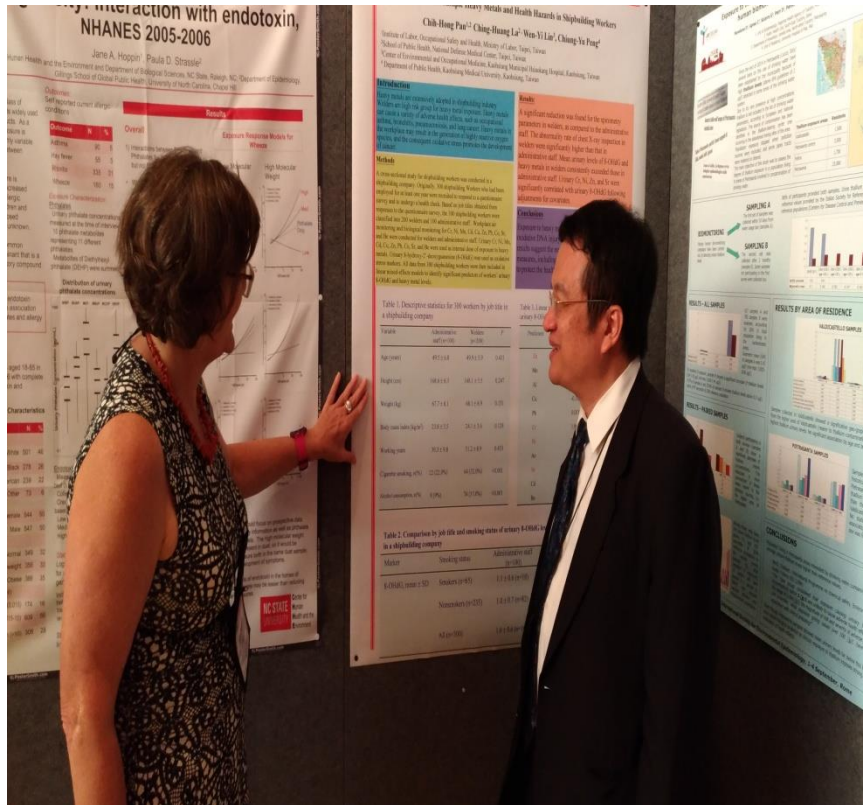


圖 2. 於 2016 年國際環境流行病學研討會發表論文回答美國學者提問與合影



圖 3 於 2016 年國際環境流行病學研討會發表論文與英國學者討論及合影

附 錄

研究成果論文" **Exposure to Multiple Heavy Metals and Health Hazards in Shipbuilding Workers "**

內容

Exposure to Multiple Heavy Metals and Health Hazards in Shipbuilding Workers

Chih-Hong Pan^{1,2} Ching-Huang La² Wen-Yi Lin³ Chiung-Yu Peng⁴

¹Institute of Labor, Occupational Safety and Health, Ministry of Labor, Taipei, Taiwan

²School of Public Health, National Defense Medical Center, Taipei, Taiwan

³Center of Environmental and Occupational Medicine, Kaohsiung Municipal Hsiaokang Hospital, Kaohsiung, Taiwan

⁴ Department of Public Health, Kaohsiung Medical University, Kaohsiung, Taiwan

ABSTRACT

Introduction: Heavy metals are extensively adopted in shipbuilding industry. Welders are high risk group for heavy metal exposure. Heavy metals can cause a variety of adverse health effects, such as occupational asthma, bronchitis, pneumoconiosis, and lung cancer. Heavy metals in the workplace may result in the generation of highly reactive oxygen species, and the consequent oxidative stress promotes the development of cancer.

Methods: A cross-sectional study for shipbuilding workers was conducted in a shipbuilding company. Originally, 300 shipbuilding Workers who had been employed for at least one year were recruited to respond to a questionnaire survey and to undergo a health check. Based on job titles obtained from responses to the questionnaire survey, the 300 shipbuilding workers were classified into 200 welders and 100 administrative staff . Workplace air monitoring and biological monitoring for Cr, Ni, Mn, Cd, Cu, Zn, Pb, Co, Sr, and Be were conducted for welders and administrative staff. Urinary Cr, Ni, Mn, Cd, Cu, Zn, Pb, Co, Sr, and Be were used as internal dose of exposure to heavy metals. Urinary 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) was used as oxidative stress markers. All data from 300 shipbuilding workers were then included in linear mixed-effects models to identify significant predictors of workers' urinary 8-OHdG and heavy metal levels.

Results: A significant reduction was found for the spirometry parameters in welders, as compared to the administrative staff. The abnormality rate of chest X-ray inspection in welders were significantly higher than that in administrative staff. Mean urinary levels of 8-OHdG and heavy metals in welders

consistently exceeded those in administrative staff. Urinary Cr, Ni, Zn, and Sr were significantly correlated with urinary 8-OHdG following adjustments for covariates .

Conclusions: Exposure to heavy metals leads to an increased risk of oxidative DNA injury among shipbuilding workers. These results suggest the need to develop immediately preventive measures, including the use of hand gloves and respirators to protect the health of shipbuilding workers.

Keywords: heavy metals, shipbuilding workers, spirometry parameters, chest X-ray, oxidative stress

Table 1. Descriptive statistics for 300 workers by job title in a shipbuilding company

Variable	Administrative staff (n=100)	Welders (n=200)	<i>P</i>
Age (years)	49.5 ± 6.8	49.9 ± 5.9	0.433
Height (cm)	168.6 ± 6.3	168.1 ± 5.5	0.247
Weight (kg)	67.7 ± 8.1	68.1 ± 8.9	0.151
Body mass index (kg/m ²)	23.8 ± 3.5	24.1 ± 3.6	0.124
Working years	30.3 ± 9.8	31.2 ± 8.9	0.433
Cigarette smoking, n(%)	22 (22.0%)	64 (32.0%)	<0.001
Alcohol consumption, n(%)	9 (9%)	74 (37.0%)	<0.001

Table 2. Comparison by job title and smoking status of urinary 8-OHdG levels ($\mu\text{g/g}$ creatinine) in 300 workers in a shipbuilding company

Marker	Smoking status	Administrative staff (n=100)	Welders (n=200)	<i>P</i>
8-OHdG, mean $\pm$ SD (n)	Smokers (n=65)	1.1 $\pm$ 0.6 (n=18)	3.7 $\pm$ 2.0 (n=47)	<0.001
	Nonsmokers (n=235)	1.0 $\pm$ 0.7 (n=82)	3.4 $\pm$ 1.7 (n=153)	<0.001
	All (n=300)	1.0 $\pm$ 0.6 (n=100)	3.5 $\pm$ 1.9 (n=200)	<0.001

Table 3. Linear mixed-effects regression analysis: predictors of urinary 8-OHdG in 300 workers in a shipbuilding company

Predictors	8-OHdG (µg/g creatinine) Regression coefficient	<i>P</i>
Zn	0.603	0.014
Mn	0.083	0.417
Al	-0.174	0.375
Cu	-0.108	0.299
Pb	0.018	0.321
Cr	1.994	<0.001
Ni	0.743	0.002
As	0.013	0.654
Sr	0.513	0.003
Cd	0.228	0.303
Be	0.009	0.679