

## 【112 年度政府科技發展計畫績效自評暨計畫管考評核審查意見表】

一、計畫名稱：空污危害與健康防護之防制新策略(4/4)

二、審議編號：

三、績效自評審查委員：江康鈺、林能暉、李俊璋、陳美蓮、龍世俊

日期：113 年 3 月 13 日

### 計畫績效自評審查意見

#### 壹、計畫實際執行與原計畫目標符合程度(35%)

本項目在評核計畫之執行是否符合原計畫之目標及內容，並就所遭遇困難提出有效因應對策，若有差異，經說明後是否可接受。

(優：90 分以上、良：89 分-80 分、可：79 分-70 分、待改善：69 分-60 分、劣：59 分以下)

委員	審查意見	自評評等	回復說明
1-1	1. 針對不同群體定義出空氣污染物最低觀察到有害效應的暴露劑量(lowest observed adverse effect level, LOAEL)這部分如果只是進行文獻探討，不需要花這些經費。應該有本土空污-健康模型來探討 LOAEL。	良	1-1 在探討 LOAEL 時，有使用本土空污-健康模型。然而，因臺灣人口暴露於空氣污染物的分布之限制，因此缺少了流行病學研究的對照組（因為缺少暴露於低濃度的族群），這也就造成本土調查到的 LOAEL 可能會高於國外低污染區的 LOAEL 值。 1-2 因此，我們訂定原則，若國外相對低污染區研究文獻中 PM <sub>2.5</sub> 與 NO <sub>2</sub> 之 LOAEL 大於臺灣空氣污染物濃度的 25%，再以健保資料庫進行驗證。 1-3 健保資料庫申請及使用費用負擔重，雖說是政策科技計畫，然而衛福部資料中心卻認為不符合公務研究需求之規定，故須比照一般收費計價。當然，此多年期計畫之中，LOAEL 分析僅是其中一小部分。

## 計畫績效自評審查意見

	<p>2. 能見度模型之應用性有必要再加強說明。</p> <p>3. 沒有應用分析之 PM 成分來進行健康效應評估，十分可惜。</p>		<p>1-4.109 至 111 年間，搭配健保資料庫資料及使用本土空污-健康模型的研究成果略述如下：</p> <p>(1) 母親孕期及孩童出生後前三年所暴露之 NO<sub>2</sub> 與 SO<sub>2</sub> 濃度下降應可減少孩童氣喘診斷之發生；</p> <p>(2) PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub> 及 O<sub>3</sub> 暴露濃度下降時應可改善氣喘孩童發生因氣喘而需至急診就醫的發生；</p> <p>(3) 結合 GBD 資料所推估之可歸因於 NO<sub>2</sub> 孩童氣喘發生率，臺灣本島於 2000 至 2018 年平均 NO<sub>2</sub> 濃度下降 7.3 ppb，推估可歸因 NO<sub>2</sub> 之孩童氣喘診斷發生減少 7.5%；</p> <p>(4) PM<sub>2.5</sub> 暴露濃度較高的 20-65 歲國人，其中風與心肌梗塞「發生勝算比」較高。</p> <p>2. 能見度模型可以輔助了解是甚麼污染物對能見度的影響較大或是減低甚麼樣的污染物對能見度改善效益較高，將這樣的結果應用於研擬空氣品質改善策略。</p> <p>3-1 空氣污染物對於健康的影響是重要議題，不因為計畫結束而終止，尤其慢性的健康效應亦是影響國人健康的重要議題，只是，成分資料也需要累積足夠年分，才能進一步探討慢性/累積性的健康效應，所以，應用 PM 成分來進行健康效應評估會是繼續研究的努力目標。</p> <p>3-2 我們在計畫執行期間，也曾嘗試將 PM 成分與與全國婦幼一健保資料庫世代研究兒童執行健康效應分析；惟，PM 成分採樣及分析時間，是在研究個案出生之後，所以無法將 PM 成分和兒童長期的慢性疾病發生做連結，未來若有新的健康資料會持續嘗試將 PM 成分納入並評估其健康效應。</p>
1-2	本計畫各細部計畫，均已達成原計畫目標及內容，研究成果	優	謝謝委員指教。

## 計畫績效自評審查意見

	豐碩。		
1-3	目標二、三下，本年度部分子計畫預算刪減，或因疫情影響工作進度或達成績效，其他則達成原定目標。整體而言，在健康危害效應研究上或有不錯結果，可供政策制定參考。	優	謝謝委員指導。
1-4	本計畫執行內容與目標，符合原計畫規劃之目標與內容。	優	謝謝委員指教。
1-5	尚稱符合。	良	謝謝委員指導。

### 貳、計畫經費運用之妥適度(10%)

本計畫執行之經費與工作匹配，與原計畫之規劃是否一致，若有差異，其說明是否能予接受。

(優：90分以上、良：89分-80分、可：79分-70分、待改善：69分-60分、劣：59分以下)

委員	審查意見	自評評等	回復說明
2-1	符合原規劃。	優	謝謝委員指教。
2-2	計畫經費執行率均達 100%。	優	謝謝委員指導。
2-3	經費使用大致符合原規劃，因計畫需要，微調資本門購買設備，可接受。	優	謝謝委員諒察。
2-4	計畫經費運用及執行率達 100%，執行成效良好。	優	謝謝委員指教。
2-5	與原規劃尚稱符合。	優	謝謝委員指導。

### 參、計畫主要成就及成果(重大突破)之價值、貢獻度及滿意度(35%)

請依計畫在學術成就、技術創新、經濟效益、社會影響及其他領域所獲得成就之價值與貢獻，包含量化指標及質化效益達成情形進行評量，若其達成情形與原列指標與預期成效有所差異，其說明是否合理並予採計。

## 計畫績效自評審查意見

(優：90分以上、良：89分-80分、可：79分-70分、待改善：69分-60分、劣：59分以下)

委員	審查意見	自評評等	回復說明
3-1	<p><b>【量化績效指標達成情形】</b> 可。</p> <p><b>【學術成就(科技基礎研究)】</b> 可。只有看到健康識能的論文，在化學分析、健康效應等等皆沒有論文，也沒有技術報告。</p> <p><b>【技術創新(科技技術創新)】</b> 良。</p> <p><b>【經濟效益(經濟產業促進)】</b> 沒有探討。</p> <p><b>【社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)】</b> 有利健康促進。</p> <p><b>【其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)】</b> 可。</p>	可	<p>1. 健康效應計畫的研究發表，列於績效報告 P.79~P.81 頁中，呈現形式配合政府計畫管理系統之格式，本次重新彙整期刊論文發表、研討會論文發表、以及計畫主持人受邀於國際研討會中進行相關專題演講之清單，列於此意見回復對照表後方附表。</p> <p>2. 而 PM<sub>2.5</sub> 化學分析計畫的執行結果在 112 年分別在「國際氣膠研討會」以及「環境工程年會」發表，題目分別如下，並將併同修正績效報告：</p> <p>(1) 孫紹恩、李崇德、紀凱獻、榮建成、周崇光，2023。煙道排放 PM<sub>2.5</sub> 的可過濾性微粒 (FPM) 與可凝結性微粒 (CPM) 化學成分剖面，中華民國環境工程學會 2023。宜蘭，台灣。</p> <p>(2) S.-E., Sun, C.-T., Lee, Charles C.-K. Chou, S.-Y., Chang, C.-C., Jung (2023). Source apportionment of PM<sub>2.5</sub> using Positive Matrix Factorization (PMF) in Taiwan from 2017 to 2022. 2023 International Conference of Aerosol Science and Technology.</p>
3-2	<p><b>【量化績效指標達成情形】</b> 量化績效指標均達標或進度超前。</p>	優	謝謝委員指教。

## 計畫績效自評審查意見

	<p><b>【學術成就(科技基礎研究)】</b>整體計畫成果，無論在數量或品質方面，均相當豐碩亮眼，有助於提升我國在國際環境流行病學研究領域的知名度與影響力。</p> <p><b>【技術創新(科技技術創新)】</b>建築醫學居家健診及介入改善，有助於民眾對建築衛生意識的提升；開發快速基因檢測套組，作為空氣污染暴露引發疾病的預警指標，初步測試具可行性，雖待商品化，仍具創新性。</p> <p><b>【經濟效益(經濟產業促進)】</b></p> <p><b>【社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)】</b></p> <p>本計畫成效之一為空氣污染健康識能推廣，可協助提升民眾對空氣污染的認知及自我防護意識和能力。</p> <p><b>【其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)】</b></p> <p>參與美國 NASA 之 multi-Angel Imager for Aerosol (MAIA) 國際合作計畫，並協助持續進行空氣污染採樣計畫，提高台灣空品研究能見度。本計畫在人才培育以及空氣品質標準修訂建議，均具成效。</p>		
3-3	<p><b>【量化績效指標達成情形】</b></p> <p>達成</p> <p><b>【學術成就(科技基礎研究)】</b></p> <p>在健康相關計畫，已見研究成果發表，其他有待後續努力。</p> <p><b>【技術創新(科技技術創新)】</b></p>	良	謝謝委員指導。

## 計畫績效自評審查意見

	<p>部分創新成果，例如，建置快篩生物標記。</p> <p><b>【經濟效益(經濟產業促進)】</b></p> <p>較不適用。</p> <p><b>【社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)】</b></p> <p>健康福祉與安全保護之提升</p> <p><b>【其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)】</b></p> <p>主要表現在人才培育</p>		
3-4	<p><b>【量化績效指標達成情形】</b></p> <p>計畫執行符合原規劃之量化績效指標，執行成果良好。</p> <p><b>【學術成就(科技基礎研究)】</b></p> <p>計畫規劃之創新技術與研究，有具體之學術成果發表，具有應用之可行性。</p> <p><b>【技術創新(科技技術創新)】</b></p> <p>計畫執行之創新研究，結合地理資訊系統與遙感探測技術，具有提升代表性與解析度之技術創新。</p> <p><b>【經濟效益(經濟產業促進)】</b></p> <p>計畫執行成果有助提升民眾對空氣污染健康識能，進而減少民眾就醫之醫療花費，創造相關效益。</p>	優	<p>謝謝委員指教。</p>

## 計畫績效自評審查意見

	<p><b>【社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)】</b></p> <p>相關計畫執行成果，可進一步提升民眾對空氣污染健康識能，具有提升社會福祉與環境保護之整體效益。</p> <p><b>【其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)】</b></p>		
3-5	<p><b>【量化績效指標達成情形】</b></p> <p>無量化指標</p> <p><b>【學術成就(科技基礎研究)】</b></p> <p>已完成 6 篇期刊論文、12 篇研討會論文發表。</p> <p><b>【技術創新(科技技術創新)】</b></p> <p>無</p> <p><b>【經濟效益(經濟產業促進)】</b></p> <p>無</p> <p><b>【社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)】</b></p> <p>對於空污風險評估及溝通稍有助益。</p> <p><b>【其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)】</b></p>	良	謝謝委員指導。

### 肆、跨部會協調或與相關計畫之配合程度(10%)

(優：90 分以上、良：89 分-80 分、可：79 分-70 分、待改善：69 分-60 分、劣：59 分以下)

委員	審查意見	自評評等	回復說明
4-1	本計畫由中華民國環境部、衛生福利部國民健康署及財團法人國家衛生研究院跨部會共同執行，實際執行者為國家衛生	良	謝謝委員指教。

## 計畫績效自評審查意見

	研究院，由環境部定期召開審查會議。		
4-2	本計畫為跨環保署與健康署之合作計畫，透過本計畫建立溝通討論平台，有助於兩部會對空氣品質與健康議題的聚焦與共識，利於後續跨部會政策溝通與落實。	優	謝謝委員指導。
4-3	跨環境與衛福部會合作。	優	謝謝委員指教。
4-4		優	
4-5	與其他部會協調處少。	良	本計畫為探討近年我國空氣品質與健康影響之關係，由環境主責機關本部與健康主責機關衛生福利部國民健康署及國家衛生研究院共同合作探討近年我國空氣品質改善的健康效益，藉由跨部會研究資源整合，探討環境及健康之間的關係。

### 伍、後續工作構想及重點之妥適度(10%)

計畫是否落實檢討改進，並將檢討結果納入後續工作構想？屆期計畫後續是否有推廣或擴散計畫成果效益之措施等？

(優：90分以上、良：89分-80分、可：79分-70分、待改善：69分-60分、劣：59分以下)

委員	審查意見	自評評等	回復說明
5-1	後續展望著重在提昇健康識能，亦應加強本計畫所界定出各地不同之污染源進一步管控。	可	<ol style="list-style-type: none"> <li>感謝委員的建議，我們的研究在過去已經完成了PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、O<sub>3</sub>等一般空氣污染物之推估模型，亦完成了PM<sub>2.5</sub>中砷、錳以及鉛污染物等重金屬成分之地理人工智慧推估模型，但由於我國有採樣分析粒狀污染物重金屬成分之監測站數量有限，因此推估出的成果有其限制性，但其熱點分布及土地利用排放源仍值得環保單位參考。</li> <li>另本計畫使用PMF受體模式所推估出來的污染因子，雖然大</li> </ol>



## 計畫績效自評審查意見

			致能從污染指紋對污染因子做初步的命名或界定，但各污染因子仍有可能來自複數污染源貢獻，因此，雖然可以提供空品改善需努力的方向，但細部到提供「污染源」控管的建議，仍需更多的證據輔助。
5-2	本計畫為本期之最後一年計畫。	優	謝謝委員指教。
5-3	在暴露評估與健康危害預警、風險評估與流行病學分析、早期健康效應及防護介入措施評估等四大研究方向提出後續精進建議，具可行性。	優	謝謝委員指導。
5-4	後續建議合理可行，有助於後續細懸浮微粒監測、政策推動與瞭解民眾健康識能之落實度。	優	謝謝委員指教。
5-5	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 計畫已屆期。</li> <li>2. 關於評估國小校園教室各式防護介入方法之有效性及採用之優先順序；開發居家空氣品質改善策略，後續有無實例或實績供參。</li> </ol>	良	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究以實際場域驗證提出「校園選用防護設備選用技術手冊及試算表」，可作為校園選用防護設備參考，後續推廣及宣傳，將再與環境部研議，期望將研究產出落實於民眾生活。</li> <li>2. 「居家室內空氣品質自主健診及改善策略指引」初版係依據四年期間收集的數據、資料及研究成果，透過滾動式修正所制定，亦完成場域驗證。研究團隊規劃透過相關學會的官方網站進行廣泛宣傳，以提高指引的知名度，並透過不同族群的回饋，滾動式修正，努力推動這項指引，不因計畫結束而中止，為我國室內空氣品質盡一份心力。</li> <li>3. 上述之手冊與指引，謹檢附如附件 1 與附件 2。</li> </ol>

## 陸、綜合意見

對整體計畫之看法，以及是否有其他可提升或創造價值之建議？

委員	綜合意見	回復說明
6-1	<p><b>【本計畫優點】</b></p> <p>優點為連結空污與健康。</p> <p><b>【建議事項】</b></p> <p>1. 分析眾多 PM 成分，應探討 PM 成分對健康影響及介入方案。</p>	<p>1-1 謝謝委員建議，由於成分資料也需要累積足夠年分，才能進一步探討慢性/累積性的健康效應；又，因 PM 成分採樣與分析時間點，是在全國婦幼一健保資料庫世代研究兒童出生之後，無法與兒童的長期慢性疾病做連結。應用 PM 成分來進行健康效應評估會是繼續研究的努力目標。</p> <p>1-2 本計畫於 109 至 112 年間，透過老人世代與學童世代探討 PM<sub>2.5</sub> 對健康影響的成果，略述如下：</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(1) PM<sub>2.5</sub> 空氣污染與年長者握力與肌肉量下降及脂肪量增加相關；</li><li>(2) PM<sub>2.5</sub> 與年長者的糖尿病及高血壓發生風險增加有關；</li><li>(3) PM<sub>2.5</sub> 暴露與加速老人肺功能 FVC 的下降速度有關；</li><li>(4) PM<sub>2.5</sub> 濃度改善可反應於年長者反應速度改善與記憶能力改善；</li><li>(5) PM<sub>2.5</sub> 暴露與學童握力下降及肺功能 FEV1/FVC 比例下降具相關性；</li><li>(6) PM<sub>2.5</sub> 濃度增加與學童收血壓及舒張壓在年度間變化增加有關</li></ul> <p>1-3 透過問卷調查及健檢資料的整合分析，獲得可作為初步介入方案：霧霾天使用室內方法控制室內空氣品質與減少戶外運動這兩項有助於降低空污的暴露的應變行為，對於 PM<sub>2.5</sub> 加速肺功能下降速度影響具有保護作用。然而，年長者與學童家長在空污對腦心血管相關的健康影響正確回答率較低，顯示國人對於空污的健康影響認知仍有待加強，前述成果與建議，均呈現於績效報告中「九、全期計畫(109~112 年)成果政策回饋及建議事項」。</p>

	<p>2. 「早期預警生物標記與檢測平台」只有學術價值，沒有實用及政策價值。環境部已有環境濃度或可以測量個人暴露濃度來獲知民眾之暴露濃度，就是重要的預警指標。要建立每個人都有個人化差異的早期生物指標，不是有政策目的的科技計畫讓支持的項目。未來儘量不要提類似的科技計畫。</p>	<p>2. 謝謝委員意見與建議。新穎性空污生物標記的研發，以現階段成果看來，確實偏向於學術研究探討。我們期許後續有經費持續發展成為新穎性檢測試劑組，可以作為個人防護的指標參考工具，以期強化個人防護之效益。</p>
6-2	<p><b>【本計畫優點】</b></p> <p>1. 協助完成更具實證科學基礎的空氣污染與公眾健康之關係、介入改善方法及成效，以及長期空氣污染物組成及趨勢資料的建置，有助於未來空氣污染防治政策調修方向參考。</p> <p>2. 投入相當多研究人才，學術研究成果豐碩，並且從保護民眾健康角度提供相當多的政策建議。</p> <p><b>【建議事項】</b></p> <p>建議將本計畫之學術研究成果進行科普轉譯，編製空品健康防護技術手冊，以提升民眾對於空氣污染暴露與健康、介入防護能力。</p>	<p>謝謝委員的建議，國民健康署負責之提升民眾空氣污染之健康識能計畫，已編製「面對空氣污染，你所需要知道的事」衛教手冊，並公開於國民健康署網站，內容將面對空氣污染防護知識、防護措施及自我保護方式等收編成冊，藉以提升民眾空污健康識能，切合空污危害與健康防護技術之主題。</p>
6-3	<p><b>【本計畫優點】</b></p> <p>進行關鍵性空氣污染物 PM2.5 化學組成長期監測分析，以及其與健康效應相關性探討，以精進相關政策制定，促進健康福祉。</p> <p><b>【建議事項】</b></p> <p>在健康效應探討上應持續，並對於新興大氣污染物，例如，POPs，可以進一步關注。</p>	<p>謝謝委員肯定，未來若有各鄉鎮 POPs 之監測資料，並且足夠進行各鄉鎮 POPs 濃度推估，則可進行健保資料庫之分析，以及與學童世代、老人世代問卷調查及健檢資料串檔進一步分析。</p>
6-4	<p><b>【本計畫優點】</b></p> <p>本計畫對於建置細懸浮微粒之基本資訊，提供國內空氣污染及民眾健康</p>	<p>謝謝委員指導。</p>

	<p>之影響，有實質之貢獻。</p> <p><b>【建議事項】</b></p> <p>無。</p>	
6-5	<p>1. 關於計畫目標 2 評估空氣品質與健康效應之關係，以精進空氣品質標準之關鍵預期成果針對不同群體定義出空氣污染物最低觀察到有害效應的暴露劑量 (lowest observed adverse effect level, LOAEL)，僅於資料庫收集，且僅收集 PM<sub>2.5</sub> 及 NO<sub>2</sub>，目前之 LOAEL 均遠低於環境空氣品質標準，如何應用至政策及標準修訂。</p>	<p>1-1 本計畫於 109 至 111 年間，使用次級資料庫完成數項研究分析，發現臺灣孩童氣喘診斷之發生、氣喘孩童急診就醫的發生、成年人中風與心肌梗塞發生勝算比、成年人代謝症候群及其組成成分、非酒精性脂肪肝之發生均隨空污改善而下降。</p> <p>1-2 有關 LOAEL 分析部分，要有相當人口暴露於低濃度區，方能精確尋出 LOAEL。因臺灣人口暴露於空氣污染物的分布限制，所以缺少了流行病學研究的對照組（因為缺少暴露於低濃度的族群），這也就造成本土調查到的 LOAEL 可能會高於國外低污染區的 LOAEL 值。</p> <p>1-3 因此，我們訂定原則，若國外相對低污染區研究文獻中 PM<sub>2.5</sub> 與 NO<sub>2</sub> 之 LOAEL 大於臺灣空氣污染物濃度的 25%，再以健保資料庫進行驗證。其他情形則以綜整呈現國際文獻（尤其是有含蓋低污染區之人類流行病學研究）中 PM<sub>2.5</sub> 與 NO<sub>2</sub> 之 LOAEL。為此，我們以國際論文發表較多的 PM<sub>2.5</sub> 與 NO<sub>2</sub> 為污染物，逐一檢視論文的 LOAEL。</p> <p>1-4 關於空污標準之修訂，WHO 於指引中聲明各國政府在制定空氣品質管理政策時應根據國家技術、經濟能力、政治與社會因素等加以考量，並依各國當地條件因地制宜。歐盟於 2023 年 6 月歐洲會議通過截至 2030 年的階段性目標為將 PM<sub>2.5</sub> 年均上限由 25 µg/m<sup>3</sup> 修訂至 10 µg/m<sup>3</sup>，而 NO<sub>2</sub> 則由 40 µg/m<sup>3</sup> 下修至 20 µg/m<sup>3</sup>（約 10.6 ppb），未來將再制定至 2040 年與至 2050 年的目標，逐步達成 WHO 建議的最終目標濃度標準。若僅從健康效應的觀點，研究團隊建議我國政府可參考歐盟的階段性目標概念，進行空氣品質標準目標訂定，並持續評估我國健康與經</p>

2. 關於計畫目標 2 關鍵預期成果 3 至少解析 1 項影響年長者健康指標 (如憂鬱症、血管硬化指標、老人認知功能、老人活動能力等) 之空氣污染物，評估 1 項影響婦幼族群神經認知行為發展異常及過敏性疾病之內在化學生物指標。僅追蹤 97 位臺北市 65 歲以上年長者，其代表性如何？如何應用至政策及標準修訂？

濟效益，此策略方法應符合國際間空污標準之訂定策略。

1-5 本計畫亦根據參與美兆健檢個案，以心血管疾病(CVD)、心臟病(CHD)、缺血性中風、COPD、下呼吸道感染(LRIs)、第二型糖尿病等，串聯其住家附近 PM<sub>2.5</sub> 推估暴露濃度，與健保資料，均已成功建立濃度反應關係，並估算相關疾病負荷 YLD，與提出成本效益分析，建議 PM<sub>2.5</sub> 年平均濃度管制標準為 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (最佳值為 12.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，捨小數點取整數)。

1-6 此外，也根據美兆健檢個案，約 17000 位不抽菸 50 歲以上沒有肺癌婦女的長期追蹤後續肺癌新發病例，成功建立濃度反應關係，長期暴露 PM<sub>2.5</sub> 濃度 > 22.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，風險比 HR 急速上升，證實 PM<sub>2.5</sub> 暴露與較年長不抽菸婦女肺癌發生率的關聯性，亦支持我國近年空品改善之成效。

2-1 解析影響年長者健康指標：

- (1) 於 111 年度發現 PM<sub>2.5</sub> 與 O<sub>3</sub> 的長期暴露，加速年長者於追蹤年度間反應速度下降、手眼協調下降、記憶力下降速率，屬於空污對於老人認知功能影響的研究成果。
- (2) 在心率追蹤研究，雖然參與之年長者為 97 位，但整體平均追蹤 435 日，透過連續性的資料收集，持續收集白天及晚上的心率，可更精準量測到個人靜息心率，變異性相對較小而可靠。
- (3) 靜息心率相關的文獻發表，通常為橫斷性或間斷性的量測，例如在醫院收案量血壓或是檢測 12 導極心電圖的時候一併量測，再串聯幾年後的心血管事件。以上的量測方法可能受到許多干擾因素，例如白袍症候群、檢測前的活動、檢測環境干擾等，而無法真實呈現個體的靜息心率。
- (4) 本研究中，隨機挑選臺北市與新北市地區老人世代研究族群，研究結果應可外推至一般年長者，提供目前對於交通空氣污染源為主城市環境，進行交通污染源的改善政策建議；惟，研究經費限制，無法納入其他縣市研究樣本，可能無法代表特殊產

<p>3. 關於評估國小校園教室各式防護介入方法之有效性及採用之優先順序；開發居家空氣品質改善策略有無實例或實績供參。</p> <p>4. 關於 PM2.5 中砷污染物最佳模型推估之濃度分布，結果顯示高濃度熱點分布區域多位於中南部沿海地區，同時也觀察到夏季濃度較低、秋冬季較高的季節差異。其來源及原因解析為何？</p>	<p>業結構之城市空污（如工業城市）對於年長者之影響。</p> <p>(5) 本研究於績效報告中有加強說明研究限制並加註此研究發現仍待未來更多研究加以佐證，臨床上則建議進一步考慮空污暴露對不同群體的影響。</p> <p>2-2 評估影響婦幼族群神經認知行為發展異常及過敏性疾病之內在化學生物指標：於計畫期程內完成 150 名出生世代兒童 8 至 12 歲追蹤，113 年持續進行完成 16 項尿中金屬檢測，其中亦包含與神經認知和過敏疾病有關之銅、鎘、砷等，具有顯著預測力。這些兒童主要來自臺灣中部地區，透過該族群之發現或能反映中部地區兒童環境污染物暴露情況。</p> <p>3-1. 本研究以實際場域驗證提出「校園選用防護設備選用技術手冊及試算表」，可作為校園選用防護設備參考，後續推廣及宣傳，將再與環境部研議，期望將研究產出落實於民眾生活。</p> <p>3-2. 「居家室內空氣品質自主健診及改善策略指引」初版係依據四年期間收集的數據、資料及研究成果，透過滾動式修正所制定，亦完成場域驗證。研究團隊規劃透過相關學會的官方網站進行廣泛宣傳，以提高指引的知名度，並透過不同族群的回饋，滾動式修正，努力推動這項指引，不因計畫結束而中止，為我國室內空氣品質盡一份心力。</p> <p>4. 值得一提的是，由於我國重金屬監測站數量有限，因此推估出的成果有其限制性，但其熱點分布及土地利用排放源仍值得環保單位參考。研究中發現，PM2.5 中砷污染物在春季與夏季時，在北部（桃園、板橋、臺北市）、中部（彰化沿海以及嘉義市周遭）及南部（臺南南側及高雄西部沿海）皆有顯著的空污熱點群聚。秋季及冬季時，北部熱點範圍大幅縮小，污染熱點明顯集中於中南部地區，尤其是臺南南側的市區、高雄西南沿海都</p>
---	---

		<p>會區與工業區，甚至是屏東北側鄉鎮。推測可能原因為此時中國大陸境外污染隨盛行季風傳輸至臺灣，境內工廠、焚化爐運作排放廢氣，臺灣中至西南部受到地形以及氣候因素影響，大氣擴散條件較不佳，導致懸浮微粒（PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>等）以及重金屬（鉛以及砷）在此區域濃度較高。</p>
--	--	--

<b>柒、總體績效評量</b> (優：90分以上、良：89分-80分、可：79分-70分、待改善：69分-60分、劣：59分以下)	
委員	自評評等
7-1	良
7-2	優
7-3	優
7-4	優
7-5	良

健康效應之期刊論文發表清單：

1. Chu-Chih Chen, Yin-Ru Wang, Jhi-Shin Liu, Hsing-Yi Chang, Yue Leon Guo, Pau-Chung Chen. (2023). Burden of cardiovascular disease attributable to long-term exposure to ambient PM<sub>2.5</sub> concentration and the cost–benefit analysis for the optimal control level. *Science of the Total Environment* 2023, 892:164767. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164767>
2. Chin, W. S., Pan, S. C., Huang, C. C., Chen, P. J., & Guo, Y. L. (2022). Exposure to Air Pollution and Survival in Follow-Up after Hepatocellular Carcinoma. *Liver cancer*, 11(5), 474–482. <https://doi.org/10.1159/000525346>
3. Chen, Y. C., Chin, W. S., Pan, S. C., Wu, C. D., & Guo, Y. L. (2023). Long-term exposure to air pollution and the occurrence of metabolic syndrome and its components in Taiwan. *Environmental health perspectives*, 131(1), 17001. <https://doi.org/10.1289/EHP10611>
4. Pan, S. C., Huang, C. C., Chin, W. S., Chen, B. Y., Chan, C. C., & Guo, Y. L. (2020). Association between air pollution exposure and diabetic retinopathy among diabetics. *Environmental research*, 181, 108960. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108960>
5. Effect of Long-term Exposure to air pollutants on Renal Function in Patients With Type 2 Diabetes 投稿中
6. Associations between long-term exposure to ambient air pollution and the incidence of nonalcoholic fatty liver disease: A cohort study in Taiwan 投稿中
7. Chen, C. H., Wu, C. D., Lee, Y. L., Lee, K. Y., Lin, W. Y., Yeh, J. I., Chen, H. C., & Guo, Y. L. (2022). Air pollution enhance the progression of restrictive lung function impairment and diffusion capacity reduction: an elderly cohort study. *Respiratory Research*, 23(1), 186. <https://doi.org/10.1186/s12931-022-02107-5>
8. Effects of long-term PM<sub>2.5</sub> exposures on yearly changes in grip strength and body composition among the elderly.投稿中
9. Babaan, J., Hsu, F. T., Wong, P. Y., Chen, P. C., Guo, Y. L., Lung, S. C. C., ... & Wu, C. D. (2023). A Geo-AI-based ensemble mixed spatial prediction model with fine spatial-temporal resolution for estimating daytime/nighttime/daily average ozone concentrations variations in Taiwan. *Journal of Hazardous Materials*, 446, 130749.
10. Wong, P. Y., Lee, H. Y., Chen, L. J., Chen, Y. C., Chen, N. T., Lung, S. C. C., ... Wu, C. D. & Spengler, J. D. (2022). An alternative approach for estimating large-area indoor PM<sub>2.5</sub> concentration—A case study of schools. *Building and Environment*, 219, 109249.
11. Wong, P. Y., Su, H. J., Lee, H. Y., Chen, Y. C., Hsiao, Y. P., Huang, J. W., ... Wu, C. D. & Spengler, J. D. (2021). Using land-use machine learning models to estimate daily NO<sub>2</sub> concentration variations in Taiwan. *Journal of Cleaner Production*, 317, 128411.
12. Wong, P. Y., Su, H. J., Lung, S. C. C., & Wu, C. D. (2023). An ensemble mixed spatial model in estimating long-term and diurnal variations of PM<sub>2.5</sub> in Taiwan. *Science of The Total Environment*, 866, 161336.



13. 翁佩詒, 吳治達, & 蘇慧貞. (2021). 結合土地利用迴歸與極限梯度提升演算法發展高雄都會區二氧化氮之推估模型. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 26(1), 1-12.
14. Asri, A. K., H. Y. Lee, Y. L. Chen, P. Y. Wong, C. Y. Hsu, P. C. Chen, S. C. C. Lung, Y. C. Chen, C. D. Wu\*. (2024). Estimating diurnal variation of nitrogen oxide concentrations in Taiwan: proposed a novel geoAI based ensemble mixed spatial prediction model. *Science of the Total Environment* 916: 170209.
15. MJ Chen, YL Guo, PP Lin, HC Chiang, PC Chen, YC Chen\*(2023). Air quality health index (AQHI) based on multiple air pollutants and mortality risks in Taiwan: Construction and validation. *Environmental Research*, 231, 116214.
16. Prenatal Air Pollution Exposure Predicted Attention Deficit Hyperactivity Disorder in Children from a Nationwide Birth Cohort Study in Taiwan. (preparing)

#### 健康效應之學術會議論文發表清單：

1. Effect of ambient air pollution on the decline of static lung volume and diffusion capacity among the elderly in Taiwan. International EConference on Geological and Environmental Sustainability. 2020 臺灣胸腔暨重症加護醫學會年會
2. The environmental factors for different seasonal attack patterns in asthmatic children., 2022 International Society for Environmental Epidemiology (ISEE)
3. 空氣污染於年長者靜息心率之影響；2023 環境科技論壇暨成果發表會
4. Wang HF, Wong PY, Lung SCC, et al.: Nitrogen Dioxide Variation During Commuting Periods Under The COVID-19 Epidemic Prevention Policies in Taiwan. The 28th International Symposium on Remote Sensing & The 6th Unmanned Aerial Vehicles in Geomatics (ISRS 2023 & UAV-g 2023), Jeju, Korea. (Oral presentation). April 19-21, 2023.
5. 曾于庭、蔡瀛逸、吳治達：應用空間地理集成模型推估環境中氮氣濃度之空間變化-以台南市市區為例。2023 年公共衛生聯合會員大會暨學術研討會(高雄醫學大學，台灣，海報發表) 2023 年 9 月 16 日至 9 月 17 日。
6. 曾于庭等：高時空解析度二氧化硫土地利用-機械學習推估模型之建置，2021 細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)管制及空氣品質與 COVID-19 議題研討會(國立屏東科技大學，屏東，海報發表) 2021 年 9 月 24 日-9 月 25 日。
7. Forum on Air Quality and Health Risk (空氣品質與健康風險論壇)，講題：空氣品質與健康維護。2021 第 28 屆國際氣膠科技研討會細懸浮微粒 (PM<sub>2.5</sub>) 管制及空氣品質與 COVID-19 議題研討會，2021.9.24 ~ 2021.9.25
8. Tsai TL, Wang CS, Wu CD, Wang SL. Air quality and children allergic diseases and neurodevelopmental disorders - A nationwide birth cohort follow-up approach. 2022 ISEE Conference.
9. Tsai TL, Wang CS, Huang LC, Chen LK, Wu CD, Wang SL. Air Quality and Child Neurodevelopment in Taiwan – a Nationwide Birth Cohort Study. 2022 年公衛聯合年會
10. Wang CS, Tsai TL, Huang LC, Chen LK, Wu CD, Wang SL. The Association between Prenatal Nitrogen Dioxide Exposure and Child Allergic Diseases in a Nationwide Birth Cohort Study in Taiwan. 2022 年

## 公衛聯合年會

11. 沙塵暴與 PM2.5 暴露對兒童呼吸道就診之影響. 2023 年公衛聯合年會
12. 空氣品質與兒童呼吸道過敏性疾病風險—全國性出生世代追蹤研究. 2023 年環境部環境科技論壇暨成果發表會
13. Prenatal residential air quality and childhood neurobehavioral diseases - A nationwide birth cohort follow-up approach. 2023 ISEE Conference.
14. Prenatal residential air quality and childhood neurobehavioral diseases - A nationwide birth cohort follow-up approach. 2023 ISES Conference.

## 受邀於國際研討會發表之空污與健康效應之專題演講：

**Asian landscape for investigations on air pollution and health.** At the Center for Air quality and health Research and evaluation (CAR) meeting. November 22, 2019, Sydney, Australia.

**Health effects of air pollutants and preventive strategies.** At Taiwan Environmental Protection Agency, Taipei, September 15<sup>th</sup>, 2021.

**Air pollution and diabetes.** At the International Symposium of Precision Environmental Medicine (2021 ISPEM)- Emerging scientific links between Air Pollution exposures and Health, Kaohsiung, September 26-27, 2021.

**Air Pollution and Liver Cancer.** At University of Tasmania, Australia, September 14, 2022.

**Children's environmental health in Taiwan: Challenges & opportunities.** At the Asia-Pacific Children's Environmental Health Symposium. October 19, 2019, Taipei, Taiwan.

**Environmental threats to children.** At National Taiwan University Children's Hospital, Taipei, December 25, 2020.

**International perspective on improving air quality.** At Centre for Air pollution, energy & health Research (CAR) symposium 2022 - Collaborations & partnerships for improved air quality, Sydney, May 25-26, 2022.