

興達電廠一至四號燃煤機組 健康風險評估報告

燃煤電廠之空氣污染與健康風險

燃煤發電是造成全球空氣污染的主因之一。燃煤發電會帶來大量的空氣污染物質，包含懸浮微粒（PM10）、細懸浮微粒（PM2.5）、氮氧化物（NOx）、硫氧化物（SOx）、臭氧（O₃）、重金屬等，其中硫氧化物、氮氧化物同時是衍生成PM2.5的主要成份。懸浮微粒在2013年被國際癌症總署（International Agency for Research on Cancer, IARC）列為一級致癌物，直徑細小的PM2.5是最有害的空氣污染物質之一。長期暴露在PM2.5的環境中可能引發動脈硬化、不良分娩、兒童呼吸道疾病等疾病問題¹。國際上大型的流行病學研究亦顯示PM2.5與心肺疾病與肺癌的死亡有顯著的關聯性^{2 3 4 5}。

臺灣最老舊的燃煤發電廠 - 興達電廠

臺灣2017年的燃煤發電佔比約為47%⁶，長期以來是臺灣發電來源的最大宗。根據資料顯示，臺灣目前有六座燃煤發電廠，其中位於高雄市之興達電廠，為民國60年代，台電為配合南部地區之電力成長需求而規劃興建，興達電廠內有四座燃煤機組⁷，其中一、二號機組裝置容量為500MW，三、四號機組裝置容量為550MW，合計2,100MW，一到四號機組分別於民國71、72、74、75年開始商轉，是全臺最老舊的燃煤發電機組⁸。其所帶來的空氣污染與健康衝擊，以及政府相關的更新與除役規劃，深受地方關注。

可歸因於興達電廠所帶來的PM2.5之健康風險評估

為了解營運中的興達電廠燃煤機組所帶來的PM2.5衍生之健康風險，綠色和平與國立臺灣大學公共衛生學院職業醫學與工業衛生研究所、流行病學與預防醫學研究所，以及中興大學工學院

¹ IARC, 2013年10月17日, Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths, 取自：https://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf

² Pope CA, Dockery DW. 2006. Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. J Air Waste Manag Assoc. 56:709-42.

³ Krewski D, Jerrett M, Burnett RT, et al. 2005. Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality. Res Rep Health Eff Inst 5-114. discussion 115-36.

⁴ Cooke RM, Wilson AM, Tuomisto JT, et al. 2007. A Probabilistic characterization of the relationship between fine particulate matter and mortality: Elicitation of European experts. Environ Sci Technol .41:6598-605.

⁵ Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, et al. 2010. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. Circulation. 121:2331-78.

⁶ 經濟部能源局, 106年全國電力資源供需報告, 取自：https://www.moeaboe.gov.tw/ecw/populace/content/ContentDesc.aspx?menu_id=6985

⁷ 興達電廠內除了四座燃煤機組，另外有五座天然氣機組

⁸ http://www.taipower.com.tw/tc/new_info/%e8%88%88%e9%81%94%e9%9b%bb%e5%bb%a0.aspx 台灣電力公司網頁，各火力發電廠簡介，興達電廠

環境工程學系合作，結合「GTx空氣品質模擬模型」與「健康風險評估模型」，推估可歸因於興達電廠所帶來的PM2.5之健康風險。

研究方法說明

本研究應用「GTx空氣品質模擬模型」結合「健康風險評估模型」，首先擷取環保署空氣污染排放量資料庫TEDS9.0版(2013年)⁹中興達電廠的空氣污染物質排放資料，使用「GTx空氣品質模擬模型¹⁰」去推算興達電廠在全臺所帶來的PM2.5濃度影響。

健康風險評估模型採用全球疾病負擔(Global Burden of Disease, GBD)計畫¹¹所建立之比較性風險評估(Comparative Risk Assessment, CRA)方法學，從過去的相關世代研究結果可以發現，缺血性心臟病、中風、肺癌及慢性阻塞性肺病與PM2.5的暴露有較高的相關性，因此本研究主要探討及評估罹患上述四種疾病而死亡以及早死¹²的人數。

以上述研究方法，本研究整合臺灣死因登錄資料，推算各年齡層對於不同PM2.5暴露濃度，罹患上述四種疾病並致死的相對風險，接著再結合未來各縣市人口年齡結構推估，評估各縣市可歸因於興達電廠所帶來的PM2.5濃度的死亡以及早死人數。

分析情境說明

本研究依據經濟部公布之「106年全國電力資源供需報告¹³」，各別分析興達電廠一、二號機組於2023年除役，以及設定興達電廠三、四號機組於2027年除役兩種情境。情境分析結果將說明機組如期除役後能夠減少之健康風險。

評估結果發現，若興達電廠第一及第二號機組於2023年除役後，推估至2040年時累積減少的總死亡人數約為1,958人，年平均約109人；若興達電廠第三及第四號機組於2027年除役後，推估至2040年時累積減少的總死亡人數約為1,101人，年平均約79人。詳細結果分述如下。

⁹ 行政院環保署，空氣汙染排放量查詢系統 https://teds.epa.gov.tw/new_main2-0-1.htm

¹⁰ Tsuang B.J., 2003, "Quantification on the source/receptor relationship of primary pollutants and secondary aerosol by a Gaussian plume trajectory model: Part I theory" Atmospheric Environment, 37(28), pp. 3981-3991

¹¹ WHO, About the Global Burden of Disease (GBD) project, <https://is.gd/QnT2M4>

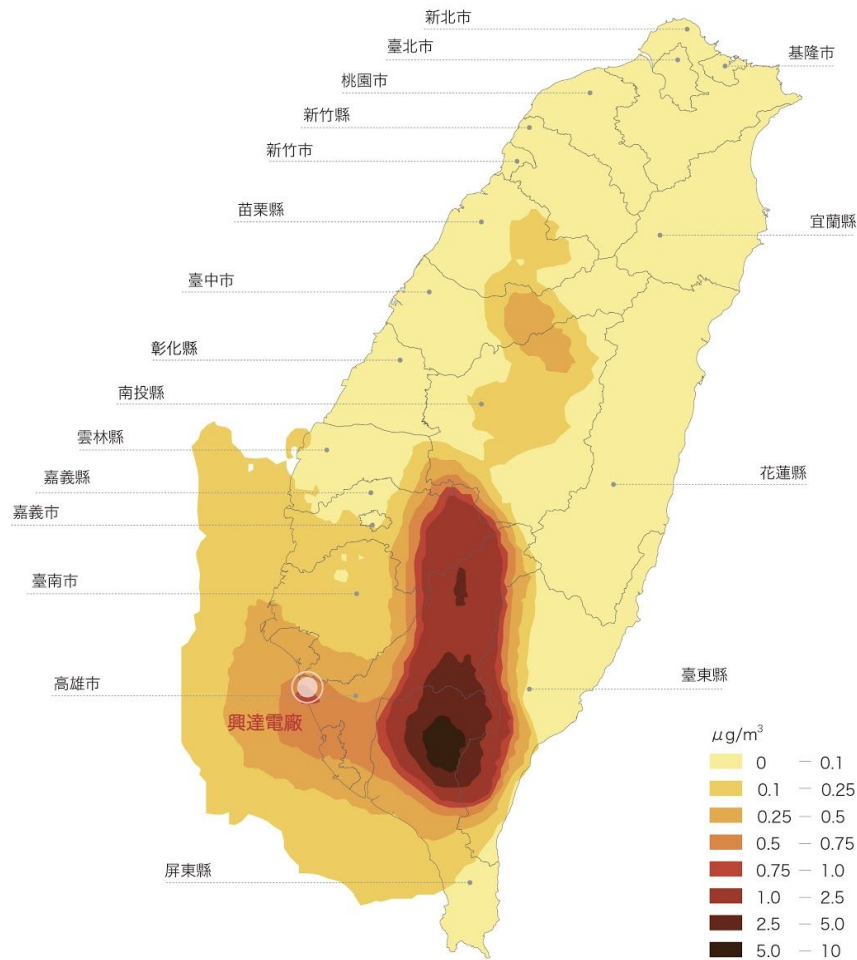
¹² 指特定族群中，過早發生之死亡事件。本研究訂為年齡 70 歲以下之死亡稱為早死。

¹³ 經濟部能源局106年全國電力資源供需報告，取自：
https://www.moeaboe.gov.tw/ecw/populace/content/ContentDesc.aspx?menu_id=6985

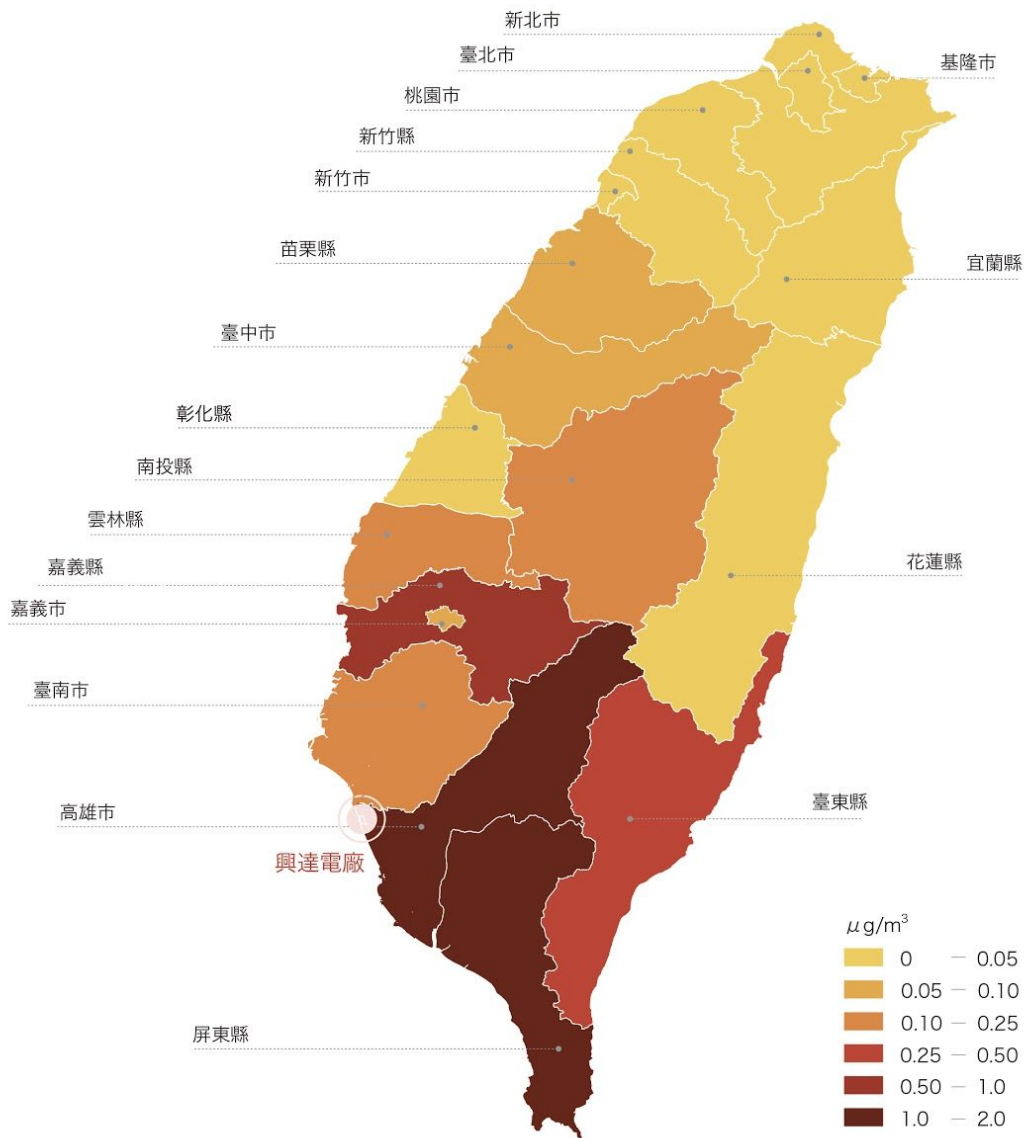
(一)情境一：興達電廠一、二號機組於2023年除役

- 興達電廠一、二號機貢獻之PM2.5年平均濃度

圖一、圖二分別為興達電廠一、二號機組所貢獻之PM2.5濃度之等濃度以及縣市平均值之空間分布圖。最大貢獻濃度落在屏東縣，貢獻PM2.5濃度介於10.0至15.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之間，縣市層級中最主要的影響為高雄市及屏東縣，其次影響的縣市為嘉義縣及臺東縣。



圖一 興達電廠一、二號機組所貢獻之PM_{2.5}等濃度空間分布圖



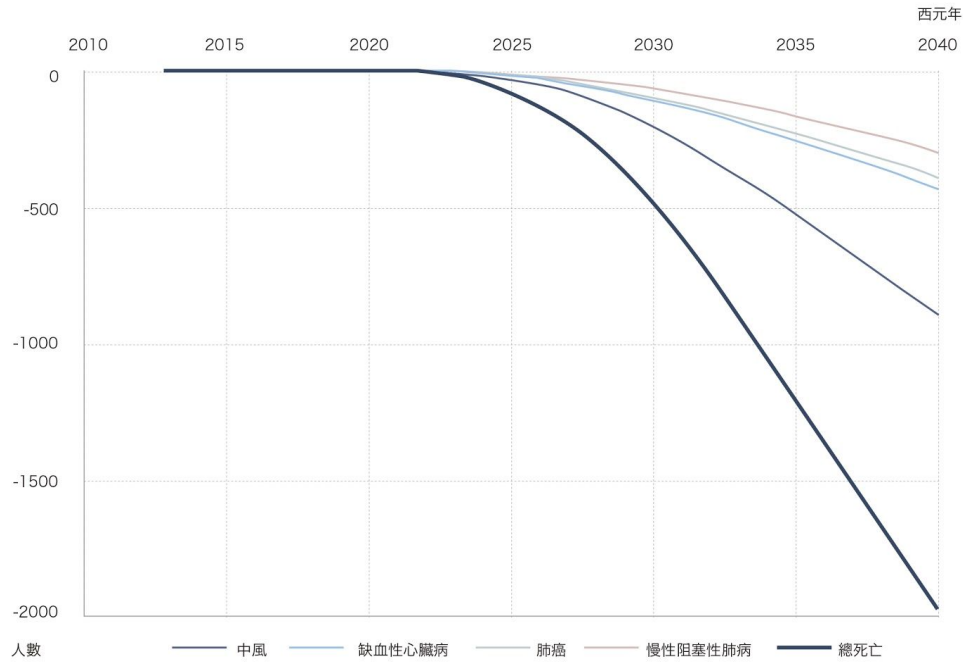
圖二 興達電廠一、二號機組所貢獻之PM2.5縣市平均值空間分布圖

- 可歸因於興達電廠一、二號機所帶來的PM2.5之健康風險

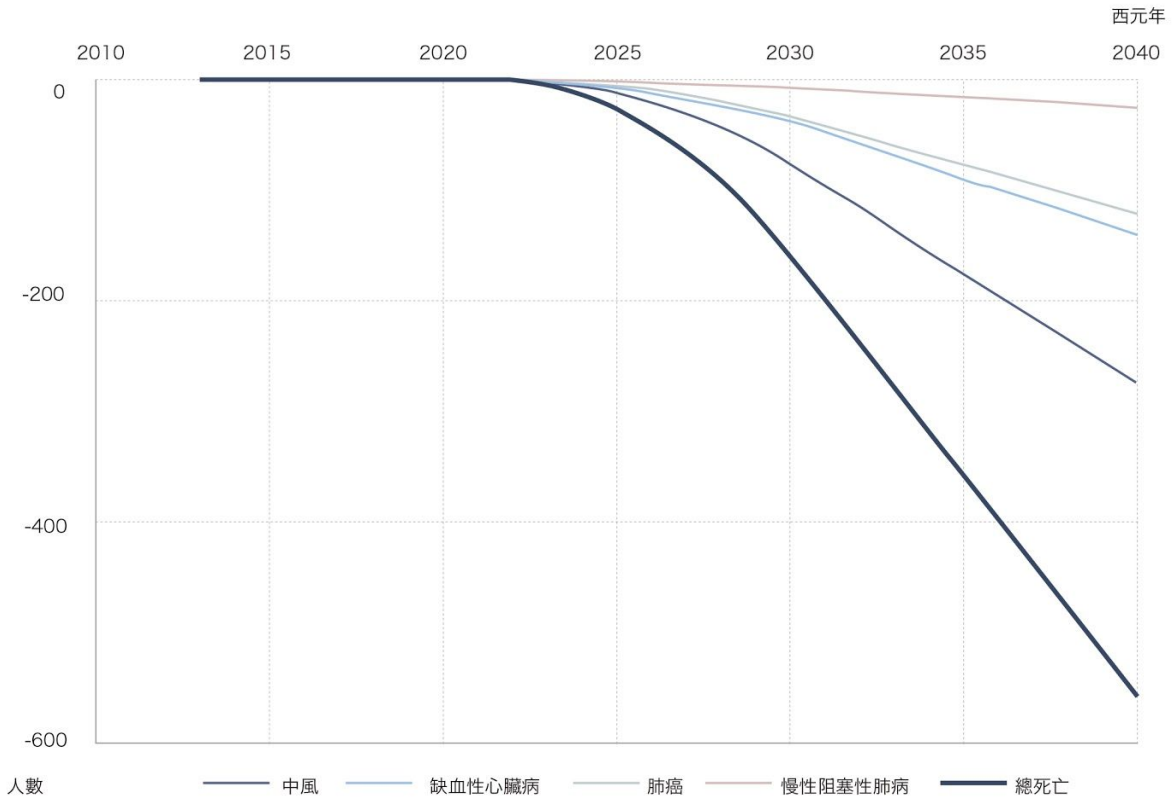
圖三、圖四分別為可歸因於興達電廠一、二號機組排放PM2.5之逐年累積死亡及早死人數時間序列圖，圖三顯示在減少興達電廠第一及第二發電機組後，推估至2040年時累積將減少的總死亡人數約為1,958.0人，年平均約為108.8人。其中因中風減少的累積總死亡人數約為869.2人，年平均約為48.3人；因肺癌減少的累積總死亡人數約為382.5人，年平均約為21.3人；因缺血性心臟病減少的累積總死亡人數約為423.0人，年平均約為23.5人；因慢性阻塞性肺病減少的累積總死亡人數約為283.2人，年平均約為15.7人。

圖四顯示，在情境下將減少總早死人數約為546.6人，年平均約為30.4人，其中因中風減少的累積早死人數約為269.3人，年平均為15.0人；因缺血性心臟病減少的累積早死人數約為135.7人，年平均為7.5人；因肺癌減少的累積早死人數約為118.0人，年平均為6.6人；因慢性阻塞性肺病減少的累積早死人數約為23.7人，年平均約為1.3人。

依縣市而言，預計以高雄市、屏東縣及臺南市的健康衝擊最為嚴重，死亡人數推估每年分別約為50.0、30.7及6.5人，而早死人數推估則每年分別約為15.6、8.5及1.7人。



圖三 可歸因於興達電廠一、二號機組排放PM_{2.5}之逐年累積死亡人數時間序列圖

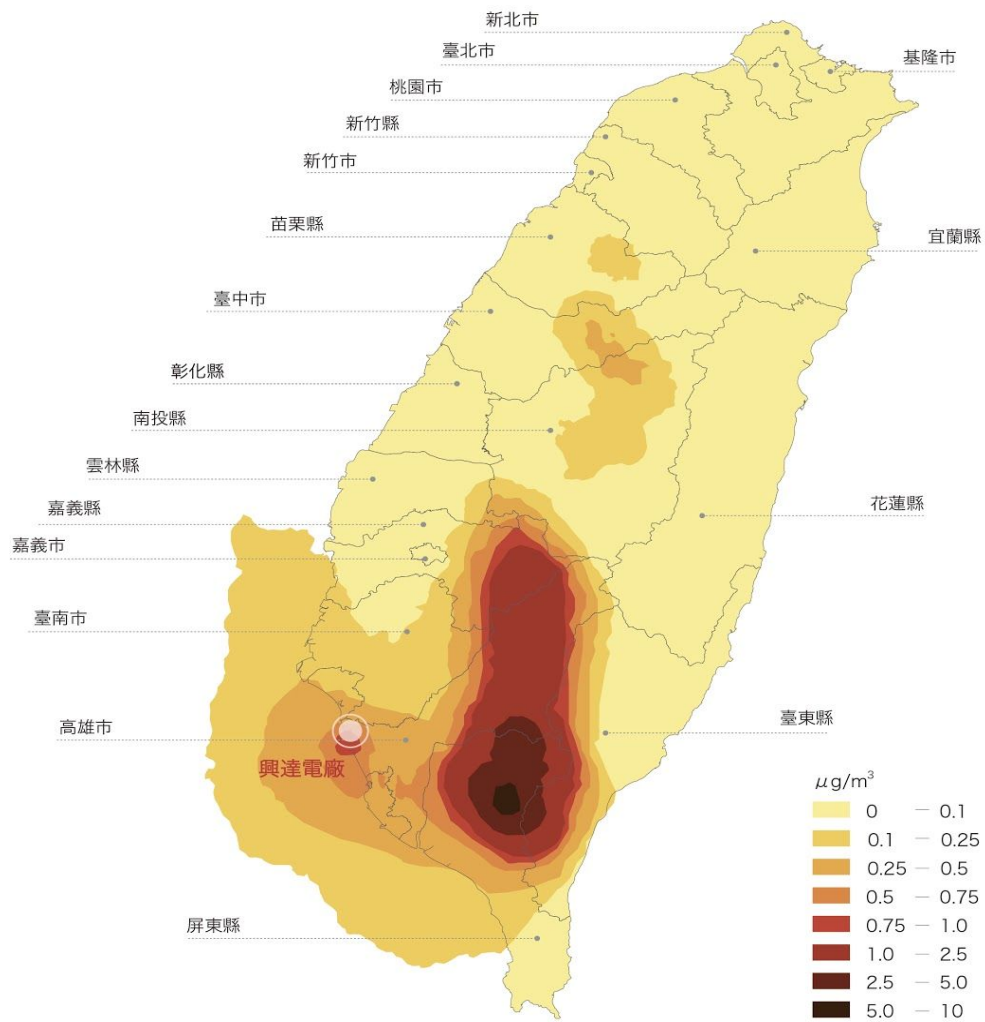


圖四 可歸因於興達電廠一、二號機組排放PM2.5之逐年累積早死人數時間序列圖

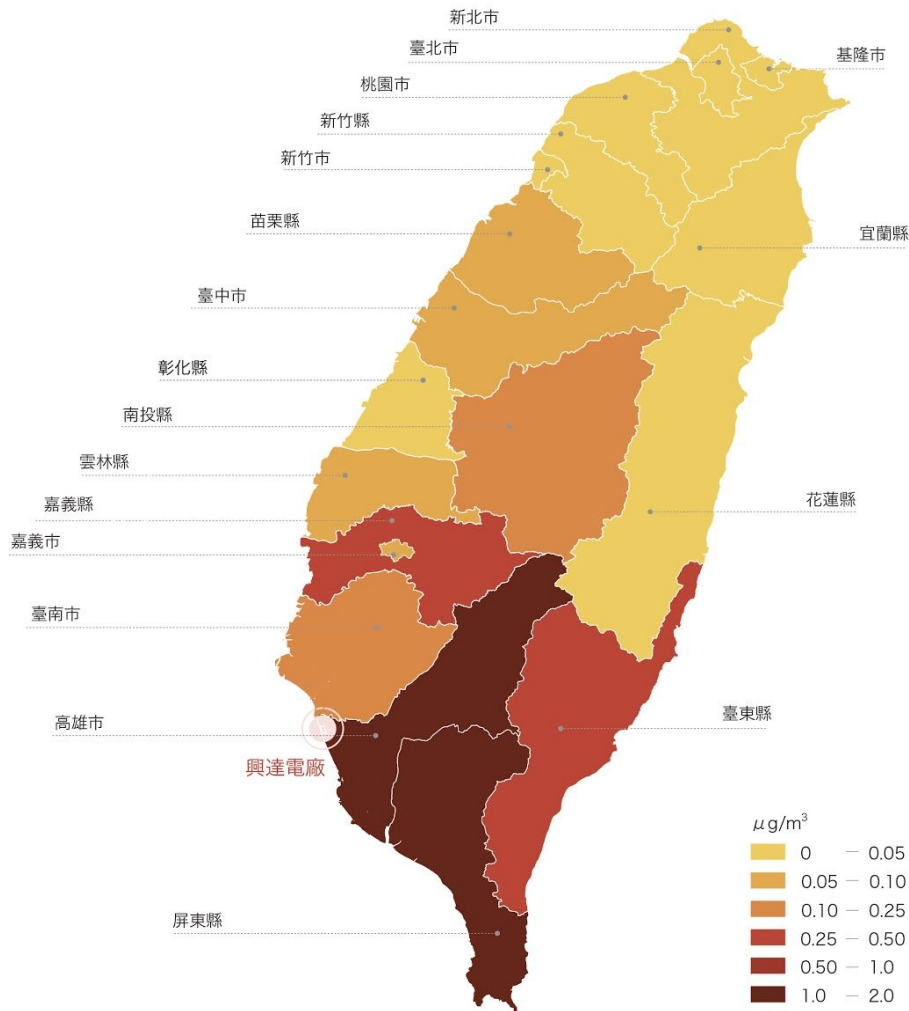
(二)情境二：興達電廠三、四號機組於2027年除役

- 興達電廠三、四號機貢獻之PM2.5年平均濃度

圖五、圖六為興達電廠三、四號機組所貢獻之PM2.5濃度之等濃度圖以及縣市平均值之空間分布圖。結果顯示與興達電廠一、二號機組幾乎相同，最大貢獻濃度落在屏東縣，貢獻PM2.5濃度介於10.0至15.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之間。縣市層級中最主要的影響為高雄市及屏東縣，其次影響的縣市為嘉義縣及臺東縣。



圖五 興達電廠三、四號機組所貢獻之PM2.5等濃度空間分布圖



圖六 興達電廠一、二號機組所貢獻之PM2.5縣市平均值空間分布圖

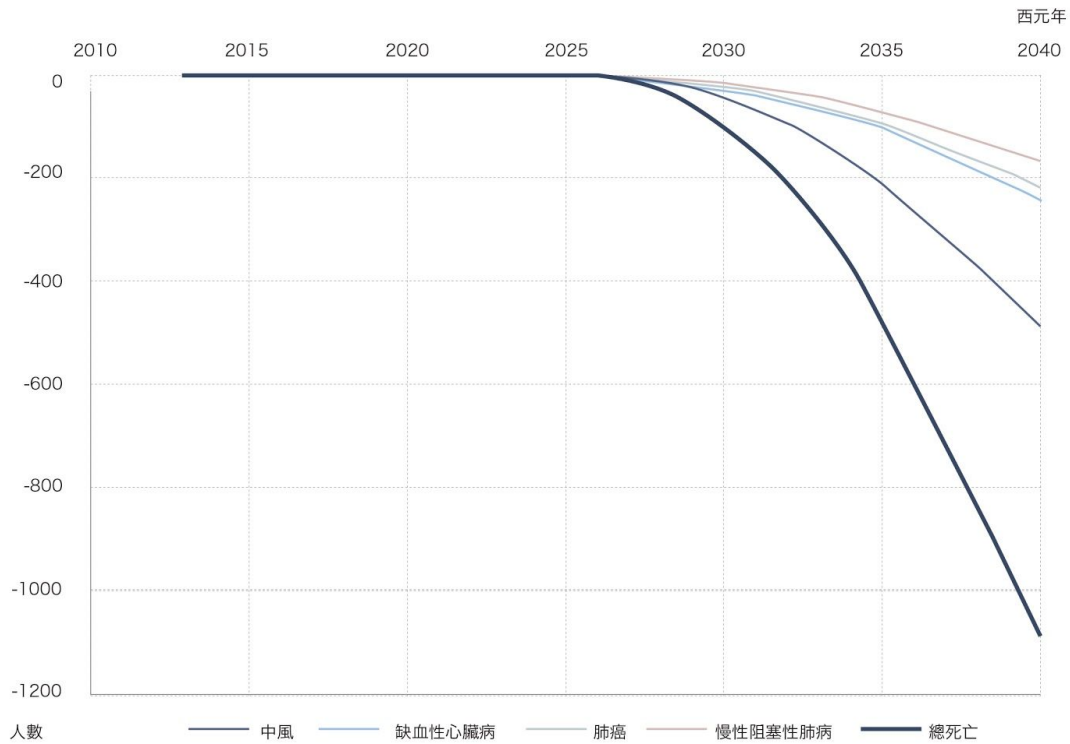
- 可歸因於興達電廠三、四號機所帶來的PM2.5之健康風險

即使情境二空品模擬結果之空間分布與情境一相似，然而由於除役時間不同，造成健康衝擊評估結果並不相同。圖七、圖八分別為全臺可歸因於興達電廠三、四號機排放PM2.5之逐年累積死亡及早死人數時間序列圖。圖七顯示在減少興達電廠第三及第四號發電機組後，推估至2040年時累積減少的總死亡人數約為1,101.0人，年平均約為78.7人，其中因中風增加的累積總死亡人數約為485.7人，年平均約為34.7人；因缺血性心臟病增加的累積總死亡人數約為237.5人，年平均約為17.0人；因肺癌增加的累積總死亡人數約為214.7人，年平均約為15.3人；因慢性阻塞性肺病增加的累積總死亡人數約為163.2人，年平均約為11.7人。

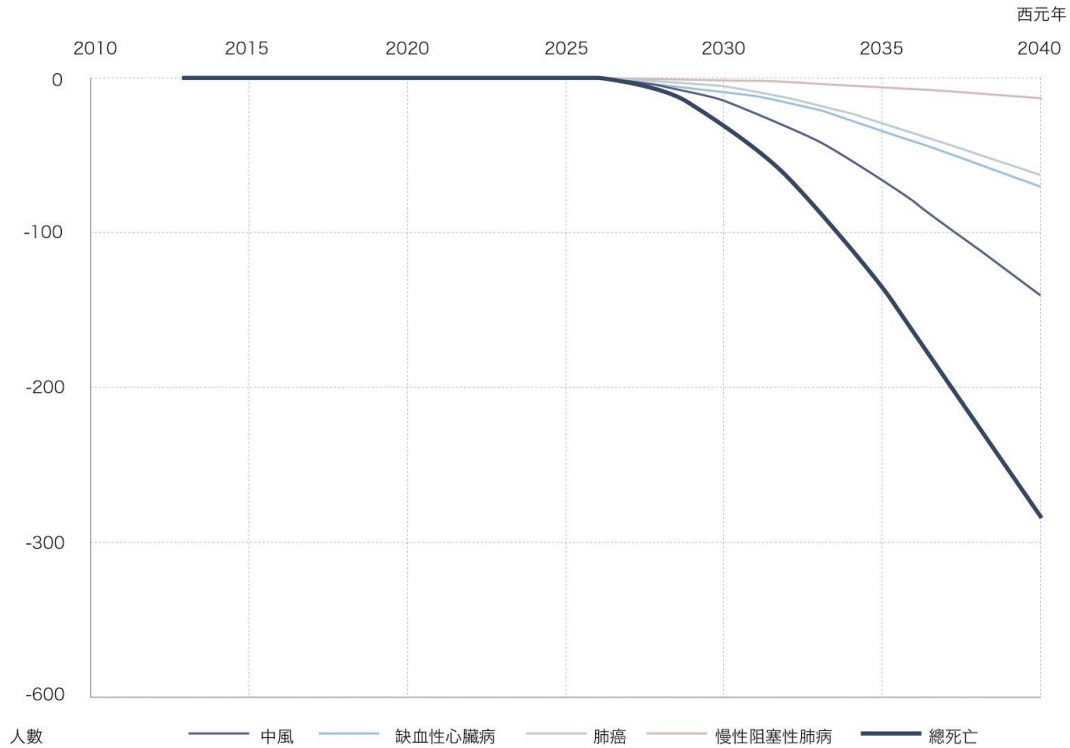
圖八顯示，在該情境下推估減少總早死人數約為288.8人，年平均約為20.6人，其中因中風減少的累積早死人數約為141.3人，年平均約為10.1人；因缺血性心臟病減少的累

積早死人數約為71.8人，年平均約為5.1人；因肺癌減少的累積早死人數約為63.0人，年平均約為4.5人；因慢性阻塞性肺病減少的累積早死人數約為12.6人，年平均為0.9人。

依縣市而言，以高雄市、屏東縣及嘉義縣的健康衝擊最為嚴重，死亡人數推估每年分別約為36.1、22.0及6.0人，而早死人數推估則每年分別約為10.6、5.7及0.9人。



圖七 可歸因於興達電廠三、四號機組排放PM2.5之逐年累積死亡人數時間序列圖



圖八 可歸因於興達電廠三、四號機組排放PM2.5之逐年累積早死人數時間序列圖

燃煤電廠除役 轉用再生能源

研究結果發現，興達電廠帶來的PM2.5健康風險，對屏東縣及高雄市這兩個地區的衝擊最大，而興達電廠四部機組除役後，推估每年全臺將可減少平均百位左右的死亡人數。換句話說，興達電廠的燃煤電廠機組愈早除役，對民眾的健康風險影響愈小。

臺灣長期仰賴傳統的燃煤及核能發電，忽視再生能源的發展，綠色和平呼籲政府，應該在既定期程下，加速興達電廠四部燃煤機組的除役進度，減少對民眾的健康衝擊，南部各縣市也該盡速發展分散式的再生能源供電設施，減少對燃煤電廠的依賴，讓供電穩定和民眾健康得以兼顧。