

職業暴露石棉引起之癌症認定參考指引  
-肺癌

勞動部職業安全衛生署  
中華民國 110 年 6 月修訂 2 版

【本參考指引由勞動部職業安全衛生署委託賴昆暉醫師、黃敬淳醫師主筆修訂】

## 一、導論

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，因為在結晶成纖維狀的過程有差異而具有不同結構與化學性。蛇紋石屬只有溫石綿 (chrysotile)，又稱白石綿 (white asbestos)，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, brown asbestos)、斜方角閃石 (anthophyllite)、陽起石 (actinolite) 以及透閃石 (tremolite) 等。

露天開採的石綿沉澱物，經過分類與乾燥等加工成為石綿纖維原料，再進一步應用，商業上較普遍被應用者為白石綿、褐石綿與青石綿等三種，工業用途則以白石綿用量最大。

表一、石綿介紹與分類[1]

石綿 (asbestos)	蛇紋石屬 (serpentine group)	白石綿 (chrysotile)，又稱溫石綿，質軟具有可彎曲性，可被編織成束。
	角閃石屬 (amphibole group)	青石綿 (crocidolite)，稍具彈性，耐酸不耐熱。 褐石綿 (amosite)，纖維較粗。
		斜方角閃石 (anthophyllite)，與褐石綿類似。 陽起石 (actinolite)，常見於褐石綿中之雜質。 透閃石 (tremolite)，常見於白石綿與滑石中之雜質。

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)，及瀰漫性胸膜增厚等等，石綿暴露亦可能增加喉癌、卵巢癌及消化系統癌症的風險，但之間的因果關係同時需考慮受其他因素 (如吸菸、喝酒) 之共同作用，其健康危害往往是暴露數十年之後才發生，如石綿暴露引起惡性間皮細胞瘤的潛伏期可長達 30 至 40 年，因此容易忽視疾病與石綿暴露的關係。

早在 1920 年代就有人描述兩位石綿紡織工人出現肺部纖維化的情形，1924 年 Cooke 發表了第一例石綿肺症 (asbestosis) 的案例，不過到

1935年Lynch和Smith發表了石綿肺症與支氣管肺癌(bronchogenic cancer)之間的相關性後，人們才開始慢慢地瞭解到石綿的健康危害，到了1960年人們才清楚的認識到石綿和惡性間皮細胞瘤(malignant mesothelioma)之間的相關性。國際癌症研究署(International Agency for Research on Cancer, IARC)在1977年將石綿(包括所有種類)列為第一類人體致癌物，並在1987年重新回顧文獻再次確認其致癌性。石綿致癌的確切病理機制目前並不清楚，研究指出石綿釋放的一些自由基(free radical)可改變細胞正常的細胞凋亡(apoptosis)過程或使抑癌基因(tumor suppressor gene)突變，另外石綿會抑制免疫細胞，如自然殺手細胞(natural killer cell)的活性。不過這些都只限於體外實驗，體內機轉仍不明。

根據世界衛生組織(WHO)1997年針對包括石綿在內的粉塵纖維(fiber)，定義為：長度  $> 5 \mu\text{m}$ ，寬度  $< 1 \mu\text{m}$ 且長寬比  $> 3:1$ 者，這個條件下的粉塵容易經呼吸道進入體內，並累積在肺部，為可呼吸性粉塵(respirable dust)。其中大於 $5 \mu\text{m}$ 中長度的石綿纖維比小於 $5 \mu\text{m}$ 短纖維更具致癌性。實驗資料顯示，在相同化學組成與等量狀況下，較長纖維的毒性高於短纖維，長度 $10-15 \mu\text{m}$ 纖維會引起肺部及橫膈膜纖維化，造成石綿沉著病(asbestosis)； $8-10 \mu\text{m}$ 之短纖維則可能導致間皮瘤(mesothelioma)。

石綿導致的癌化過程和石綿纖維是否可分解有關，較長的纖維難以被肺泡巨噬細胞吞噬，而無法順利被分解，此現象稱之為「不完全吞噬作用」(incomplete phagocytosis)，最後導致這些纖維無法被有效排出體外[2]。具有較長纖維( $5-10 \mu\text{m}$ )的角閃石石綿(青石綿、褐石綿)相對於蛇紋石石綿(白石綿)有較強的致癌性，兩者引起惡性間皮細胞瘤之致癌性約相差2~4倍，但導致肺癌的強度是相近的。角閃石石綿家族增加惡性間皮細胞瘤的風險罹患率最顯著，其次是肺癌、喉癌及消化系統癌症。然而，過去有些研究顯示，即使暴露於高量的溫石綿，也並未顯著增加肺癌風險，但在少量暴露於其他種類石綿時(如：角閃石

屬)，癌症發生率則顯著上升。因此，雖然纖維的長短是癌症風險評估的重要因子，但不能純粹只考慮此因素，還需綜合考量腫瘤類型、暴露物質種類、可取得之毒性資料等等[3]。

在飲水相關規定中，環保署(U.S. EPA)提出飲水中的石綿纖維每公升不得超過700萬根長纖維(長纖維：長度大於等於5 μm)，美國職業安全衛生署(OSHA)則規定在正常情況下(一天8小時作業時數，每週40小時作業時數)，作業場所空氣中的石綿纖維含量不得超過0.1 f/cc (長纖維：長度大於等於5 μm)。台灣勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準規定，石綿纖維工作場所中8小時日時量平均容許濃度(PEL-TWA)為0.15 f/cc。

而針對有職場石綿暴露之工作者，建議根據三個面向評估：暴露強度、暴露經過時間、暴露時間長短。由於胸部X光與肺功能檢查皆可能於石綿暴露一段長時間後惡化，臨床檢查追蹤的時間長度與頻率上，建議在暴露結束後持續追蹤30年，且每3至5年追蹤一次，追蹤項目主要為胸部X光與肺功能檢查。若是曾經為石綿暴露工作者，且合併有吸菸暴露或戒菸少於15年者，應定期接受低劑量電腦斷層檢查(low-dose computed tomography, LDCT)。另外，建議有石綿肺患者接受流感與肺炎鏈球菌疫苗施打。附上各國建議之追蹤時間如下表[4]：

表二、各國針對石綿暴露工作者所採行影像學檢查追蹤計畫[4]

國家	檢查方式	追蹤間隔與備註
美國	胸部 X 光	根據年齡每 1 至 5 年一次，僅針對現職石綿暴露者
英國	特定胸腔檢查	至少每 2 年一次，病歷保存 40 年
芬蘭	胸部 X 光	職前、暴露 10 年時與往後每 3 年一次
瑞典	胸部 X 光	每 2 年一次
德國	胸部 X 光	每 1 至 3 年一次
	低劑量 CT	每年一次；針對 1985 年以前有石綿暴露、石綿暴露 10 年以上、吸菸超過 30 包年、55 歲以上、可以承受胸腔手術且無肺癌病史者

表二、各國針對石綿暴露工作者所採行影像學檢查追蹤計畫[4]

國家	檢查方式	追蹤間隔與備註
義大利	胸部 X 光/CT 肺功能	職前與定期檢查(至少每 3 年一次)、退休後由醫師決定
日本	胸部 X 光	每半年一次(每年 2 次)，包括現職石綿暴露、退休人員與間接石綿暴露人員
韓國	胸部 X 光	每年；包括現職石綿暴露與退休人員

本指引將透過文獻收集分析，提供臨床醫師有關職業暴露石綿引起之肺癌的臨床診斷參考。此疾病列於【增列勞工保險職業病種類項目表】第5.1項『肺癌，喉癌，間皮細胞瘤（胸膜、腹膜、心包膜）』，國際疾病傷害及死因分類標準第十版(ICD-10)可參考C34所提及之相關診斷碼。

## 二、具潛在性暴露的職業

### (一)石綿的潛在暴露來源

石綿英文 Asbestos 一詞源自希臘文，意指「不可消滅的」，早在四千年前就有使用記錄，因其具有多種特性，包括：防火性、耐高溫、絕緣、耐磨損、耐酸鹼、耐腐蝕、耐高張力、纖維柔軟、可撓性、可紡性等，用途非常廣泛，包括：建築業、儀器設備、紡織業與填充阻隔材料等。依據美國礦物局(U.S. Bureau of Mines)統計，石綿的用途可達 2,000 種以上，加拿大天然資源部(Natural Resources Canada)的統計更高達到 3,000 種以上，工業界對石綿的倚賴程度可見一斑，而生活環境中亦不難發現石綿製品的存在。主要產品可分為四大類：

- 1.水泥製品：石綿瓦、石綿板、石綿隔熱磚、石綿磁磚、石綿管等。
- 2.紡織製品：防火隔熱布、石綿毯、石綿防火衣與防火手套等。
- 3.耐磨製品：煞車來令片、離合器片等。
- 4.絕緣製品：絕熱填充材料、防漏墊圈、石綿油漆填充物等。

表三、石綿常見產品及用途[5]

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
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
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、化工廠配管、壓力管、電線電纜導管
其他	抗震、太陽熱表面物質、電源絕緣體、石綿芯網

石綿經開採後，進行各種產品的加工過程，皆有機會破碎成細小纖維，懸浮在空氣中，形成粉塵污染。生活環境的石綿來源計有：1.自然界：石綿礦經由風化與侵蝕作用暴露在空氣中，形成石綿纖維懸浮。2.礦物開採：採礦過程的開鑿、破碎、擠壓、研磨等過程，使石綿纖維暴露至空氣中。3.工商業製程：石綿製品製造過程中，若未採取有效而適當的防護措施，將造成石綿纖維與粉塵逸散。4.廢棄物：含有石綿的廢棄物未經依規定處理，或是部分使用石綿建材之建築物拆除、風化與侵蝕過程所造成的逸散。

石綿的暴露評估，需考慮石綿製品於個案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、石綿製品破損逸散至周遭環境、石綿建材之拆除、廢棄物之處置等等；除了職業暴露之外，周遭的人可能也會因為環境汙染，而存有職業旁暴露(paraoccupational exposure)。

暴露於含石綿纖維之滑石(talc containing asbestiform fibers)等同於

石綿暴露，其致癌性來自於石綿；至於不含石綿的滑石，其主要成分是二氧化矽(silica)，國際癌症研究署(IARC)將其歸為第一類，即「對人類為確定之致癌物」(Carcinogenic to humans)，會增加肺癌的發生風險[6]。

## (二)石綿暴露高風險之產業與相關職業

以下所列之部分職業目前已不存在，而各職業所存有之石綿暴露，可能隨著使用材料的替代更換而降低，不同職業間也會有暴露高低之差異，評估時仍需深入探究以貼近實際暴露情形。

- 1.石綿產品製造業：石綿產品之製造過程中，如果未採取有效而適當的防護措施，將造成石綿粉塵逸散。
  - (1)石綿水泥及建材業：石綿板、石綿管、石綿水泥、纖維水泥板，石綿水泥瓦、石綿隔熱磚、石綿磁磚。
  - (2)石綿耐磨業：剎車來令片、離合器片、變速器襯裏、工業用耐磨物質。
  - (3)石綿隔熱絕緣業：防火、隔熱、保溫材料、絕熱填充材料、防漏墊圈、石綿油漆填充物。
  - (4)石綿紡織業：防火隔熱布、石綿毯、石綿防火衣與防火手套、石綿帶、石綿繩索、石綿墊片等等。
- 2.建築工程相關產業：包括建築工人、建材生產工人、建築工程師、水泥工、砌磚師傅、屋瓦修理、防火施工等。房舍維修中含石綿建材之裝設、破損、移除及修繕，都可能有石綿暴露。建築拆除作業時，由於含有石綿之粉塵大量飛揚於空氣中，工人暴露程度更為嚴重。
- 3.海運/船艙作業/造船業相關產業：造船工、維修技工、接管工、拆船工人。
- 4.汽機車製造與維修產業：剎車來令片的材料含有石綿。可能暴露的除了生產線工人外，還包括汽車技師及維修工等等。
- 5.電氣工程相關產業：包括電路工程師、電線及電話線路維修員等等。
- 6.鐵路工業：早期蒸汽火車鍋爐作業，大量填充石綿。

- 7.航太製造業：包括飛機及飛彈製造。
- 8.鍋爐製造相關產業：鍋爐使用大量隔熱材質，早期使用石綿。
- 9.石綿礦場及含石綿之石材之加工業：石綿礦經由風化與侵蝕作用，形成石綿纖維懸浮在空氣中；採礦過程的開鑿、破碎、擠壓、研磨等過程，使石綿纖維飛散至空氣中。石綿礦廠工人包括開採礦工，礦場清潔工人等等。在台灣東部日據時代有石綿礦的開採，約在1986年停止採礦，然而後來可從含白石綿的蛇紋石中採適當的石材經過加工出產玉石，例如豐田玉，從事石材之加工的工人也可能在加工研磨的過程暴露到白石綿。
- 10.其他，如密裝/管路作業：包括接管工(pipe fitter)、水管清潔工等等。工人即使配戴完整的防護用具，石綿纖維仍可能殘留於防護衣、面罩、手套上，導致脫下防護具時產生暴露。而石綿工人若回家前並未更換衣物，其衣服上附著有石綿纖維，同住的家人就可能暴露到石綿，尤其是負責洗衣的人，此種可稱為職業旁暴露(paraoccupational exposure)。另外也需考量環境暴露的可能性，居家附近若有石綿工廠或石綿礦場的人，也可能暴露於石綿纖維的環境汙染。

### 三、醫學評估與鑑別診斷

肺癌是源自氣管、支氣管的上皮細胞、或肺臟細胞的癌瘤。與石綿暴露相關的肺癌主要為四種組織型態：鱗狀細胞癌(squamous cell carcinoma)、肺腺癌(adenocarcinoma)、大細胞肺癌(large cell carcinoma)、及小細胞肺癌(small cell carcinoma)；而於2014年更新之赫爾辛基準則，增加了石綿相關肺癌的額外兩種組織型態：肉瘤樣細胞肺癌(sarcomatoid carcinoma)及肺腺鱗癌(adenosquamous carcinoma) [4,7]。

#### (一)臨床症狀

肺癌病人的臨床表現可能與局部腫瘤生長、侵犯鄰近的結構、腫瘤轉移有關，也有可能發生伴癌症候群(paraneoplastic syndrome)，例如

因腫瘤分泌激素不當而導致鈣離子、鈉離子和鉀離子等電解質失常及其他症狀。

原發肺腫瘤通常造成咳嗽、痰中帶血、哮鳴、呼吸困難、胸痛、或因阻塞引起的肺炎。晚期可能因腫瘤轉移或因對血管、神經、心臟、食道、骨骼等器官直接侵犯或壓迫，而造成各種症狀。腫瘤的擴散可能造成氣管的阻塞、食道的壓迫，以及血管結構之壓迫所引起的上腔靜脈症候群(superior vena cava syndrome)，周邊神經系統也可能受影響，喉返神經(recurrent laryngeal nerve)麻痺會造成聲音嘶啞，交感神經侵犯則可能引起 Horner's 症候群(患側上眼瞼下垂、縮瞳、患側皮膚乾燥)、或膈神經麻痺。其他非特異性的症狀如體重減輕、食慾變差，疲倦等，亦可以很明顯[8,9]。

## (二) 身體檢查

對於懷疑罹患肺癌的患者，症狀表現可以輔助評估疾病的進展及預後，因此除了肺部相關的理學檢查外，也應針對個案的主訴，作症狀導向(symptom-directed)之細部檢查。以下舉例：

1. 臀部疼痛可考慮安排 X 光檢查(懷疑遠端轉移)。
2. 疑似 Horner's 症候群可考慮安排腦部 MRI。
3. 出現神經學症狀需考慮針對大腦及脊髓作進階檢查。
4. 低血壓合併竇性心搏過速及奇脈(pulsus paradoxus)，則須考慮是否有惡性心包膜積液。

## (三) 影像學檢查

胸部 X 光是診斷肺癌最重要的工具之一。胸部 X 光的發現與腫瘤細胞型態、腫瘤位置、及是否有局部侵犯有關。

鱗狀細胞癌(squamous cell carcinoma)較常位於中央，合併肺門淋巴結腫大(hilar adenopathy)；肺腺癌(adenocarcinoma)較常表現為周圍型腫瘤結節，並侵犯胸膜及胸壁；大細胞肺癌(large cell carcinoma)則常為一個周圍型大腫塊合併肺炎；小細胞肺癌(small cell carcinoma)的常見特徵，則是中央型腫瘤合併肺塌陷(atelectasis)及肺門與縱隔腔淋

巴結腫大。

以胸部電腦斷層可較準確地決定肺癌的程度。電腦斷層及高解析度電腦斷層(high resolution computed tomography, HRCT)亦有助於診斷石綿肺症及石綿相關的胸膜異常[9]。

#### (四)實驗室檢查

痰液細胞學檢查大約可診斷出 60%的肺癌案例，使用軟式光纖支氣管鏡檢查在肺癌病人可看見 65%的病灶，支氣管黏膜切片(biopsy)和刷檢(brushing)大致可診斷出 90%的病灶。透過 X 光透視指引(fluoroscopic guidance)進行經胸壁細針抽取術(transthoracic fine-needle aspiration)可運用在支氣管鏡檢查不到的周圍型腫瘤。如果上述較不具侵襲性的診斷工具無法確診時，可能需做探查式胸廓切開術(exploratory thoracotomy)[9]。

#### (五)預後

石綿相關肺癌的預後與非石綿相關肺癌類似[10]，石綿的暴露並不顯著影響存活時間，其存活時間平均數約 16 個月。若為女性、診斷時分期較早、腫瘤較小、無遠端轉移、患者較年輕、有較好的肺功能及健康狀態、無吸菸、血色素較高、LDH 值正常、屬非小細胞肺癌的組織型態，則其存活時間較長。

#### (六)鑑別診斷

- 1.肺結核(pulmonary tuberculosis)：肺結核是結核菌(Mycobacterium tuberculosis)引起的感染症，可藉由痰抹片抗酸菌染色檢查及結核菌培養檢驗與肺癌作區別。
- 2.其他肺炎(pneumonia, bacterial or fungal infection)：可能造成肺部浸潤的陰影，對正確的抗生素治療反應良好。
- 3.類肉瘤症(sarcoidosis)：類肉瘤症是侵犯全身多數器官的肉芽腫性發炎，病理組織切片檢查可見非乾酪性壞死之肉芽腫性發炎。
- 4.良性肺部腫瘤(benign lung tumor)：與肺癌可由病理組織切片檢查作區別。

#### 四、流行病學證據

肺癌在大部分國家男性中是最常見的惡性腫瘤，是全世界癌症死亡的主因，在台灣十大癌症死因中也常居第一位。據估計，全球男性每年新發生 960000 例肺癌，每年因肺癌死亡有 850000 例；女性每年新發生 390000 例肺癌，每年因肺癌死亡有 330000 例。大部分肺癌的潛伏期約 20 年，其存活率不佳，五年存活率約 5-10% [11]。

吸菸(cigarette smoking)是肺癌的主要風險因子，可歸因比例為 80% 以上，吸菸者比未曾吸菸者肺癌的相對風險 RR 為 8.96，吸菸引起肺癌在男性的相對風險 RR 是 9.87，在女性 RR 是 7.58。石棉亦是肺癌的風險因子，石棉暴露世代中總死因的 20% 是肺癌，所有肺癌中將近 7% 可歸因於石棉暴露，職業因子估計可能引起工業化國家肺癌的 5-10%，其中最重要的是石棉及燃燒燻煙(combustion fumes) [11]。

石棉工人罹患肺癌最初是 1935 年由 Lynch 及 Smith 報告，在石棉肺症的病人以屍體剖檢診斷為鱗狀細胞癌[12]。1949 年 Merewether 報告，235 例男性石棉肺症進行屍體剖檢中 13% 患有肺癌，相較之下，矽肺症死亡的近 7000 例中只有 1.2% 的肺癌患者，自此肺癌與石棉肺症的相關性漸受重視[13]。1955 年 Doll 報告石棉紡織工廠的研究，105 例屍體剖檢中有 18 例肺癌(17.1%)，工作史 20 年以上有 113 位，其中 11 位死於肺癌，肺癌的風險約為一般人口的 11 倍，因此確立肺癌是石棉工人的特定工業危害[14]。

早期報告提出與石棉暴露相關的肺癌，發生部位以周圍型較多，下葉較常見，組織型態以肺腺癌較多，但近來更完整的研究並沒有這些發現[9]。故肺癌的組織型態或解剖位置不足以判定可否歸因於石棉 [15,16]。

石棉暴露與肺癌之間的劑量反應關係則已經確立，即使短期卻大量的石棉暴露也會增加肺癌的風險，Selikoff 的研究發現石棉暴露在非吸菸者中會使肺癌風險增加約 5 倍。許多研究證實若吸菸者同時有石棉暴露，則發生肺癌的風險大幅提高，意味著吸菸可能扮演引發劑

(initiator)的角色，之後石綿暴露則發揮促進劑(promotor)的作用[9]。

石綿相關肺癌的重要特徵，是對於同時有吸菸及石綿暴露的人，其肺癌風險會呈現相乘地 (multiplicatively)增加，即石綿暴露與吸菸之間有協同(synergistic)的關係[9]。Harmmond 等人於 1979 年分析 17800 位石綿隔熱工人的癌症死亡率，與一般人口比較，發現吸菸增加肺癌的風險約 11 倍，石綿暴露 20 年以上增加非吸菸者的肺癌風險約 5 倍，吸菸及石綿暴露兩者合在一起卻增加肺癌的風險約 55 倍，因此兩者有相乘的效應(multiplicative effect)[17]，Yuwadee 等人於 2015 年所作的系統性文獻回顧與統合分析(Systematic Review and Meta-Analysis)，亦顯示吸菸及石綿暴露對於肺癌風險之相乘效應[18]。因此，應警告石綿工人吸菸會使肺癌風險會大大增加，並盡力協助工人戒菸[8]。

石綿暴露與石綿肺症和肺癌的死亡率呈正相關[19]。Steenland 等人回顧 6 個石綿肺症的職業世代研究，與 20 個石綿暴露工人、沒有石綿肺症的職業世代研究，摘要報告石綿肺症工人發生肺癌的相對風險(RR)是 5.91(95%信賴區間為 4.98-7.00)，石綿暴露，但沒有石綿肺症的工人相對風險(RR)是 2.00 (95%信賴區間 1.90-2.11)，其中 4 個研究調整過吸菸史，歸因於單獨石綿暴露的相對風險在 1.04 到 4.33 之間[20]。Brims FJ 等人於 2019 年之研究顯示：肺癌風險的增加與吸菸累積暴露量、石綿累積暴露量、及患有石綿肺症有關，胸膜斑對於肺癌風險則沒有額外的貢獻性[10]。

在大部分已發表的研究，石綿的累積暴露與肺癌之間的劑量反應關係已確立為直接的「線性關係」，肺癌的相對風險(relative risk, RR)可表示為： $RR = 1 + K \times E$ ，E 是石綿的累積暴露量，以纖維/毫升-年 (fiber/mL-year 或 fiber-year)表示，K 指工業特定的斜率；在所有的研究 K 都是正值，如石綿紡織及隔熱工人， $K = 0.03-0.05$ ，其中間值 4% 是赫爾辛基準則所採用的標準，故換算出相對風險(RR) = 2 時，石綿累積暴露量為 25 纖維/毫升-年作為暴露的參考基準[21]。此外，Nielsen 等人於 2014 年所作之系統性文獻回顧(Systematic Review)中顯示，雖然石綿暴露與肺癌發生大致上為「線性」劑量反應關係，但在石綿累

積暴露量極高時(>150 fiber/mL-year)，會達到高原期(level off)[16]。

荷蘭世代研究發現石綿暴露引起肺癌的總體相對風險(RR)是 2.49，低暴露的 RR 是 1.59，高暴露的 RR 是 3.49。Steenland 及 Stayner 報告發表於 1979-1994 年間 24 個石綿暴露與肺癌的流行病學研究，其肺癌標準化死亡比 SMR 介於 0.9 到 5.0 之間，平均值約為 2 [21]。Steenland 等人回顧 6 個石綿肺症的職業世代研究，與 20 個石綿暴露工人、沒有石綿肺症的職業世代研究，摘要報告石綿肺症工人的發生肺癌的相對風險(RR)是 5.91(95%信賴區間 4.98-7.00)，有石綿暴露、但沒有石綿肺症的工人相對風險(RR)是 2.00(95%信賴區間 1.90-2.11)，而其中 4 個研究調整過吸菸史，歸因於單獨石綿暴露的相對風險在 1.04 到 4.33 之間[20]。van Loon 等在荷蘭世代研究報告中提到 5 個石綿與肺癌的研究，其相對風險(RR)的估計值在 2.0 到 4.1 之間[22]。

日本 Kishimoto 等報告 120 例石綿暴露引起的原發肺癌的臨床分析，組織型態分佈並無特別傾向，鱗狀細胞癌 54 例，肺腺癌 51 例，小細胞肺癌 11 例，大細胞肺癌 4 例；發生年齡中位數為 70 歲，介於 47 到 87 歲；職業主要是造船(51 例)，其他有建築業(18 例)、鐵工(15 例)、石綿板製造(7 例)、管道工(6 例)、汽車產業(4 例)等；在 70 名可確定暴露期間的病人中，石綿暴露期間介於 2-60 年，中位數為 27 年，潛伏期介於 15-69 年，中位數為 43 年；肺癌患者中，合併石綿肺症有 35 例，合併胸膜斑有 77 例，22 例同時有石綿肺症及胸膜斑[23]。

Zhu 等報告中國 8 個白石綿工廠的回溯性世代研究，在 1972-1986 年間共有 5893 名工人，493 例死亡中有 183 例癌症，其中有 67 例為肺癌，與對照組相比，肺癌的相對風險(RR)為 5.3，肺癌的標準化死亡比是 4.2，顯著高於對照組；此外，有 148 例死於石綿肺症，其中 33 例有合併肺癌[15]。

職業病認定，一般共識為職業暴露致病的強度超過 50%，當未有其他變因干擾(confounding)，相當於該職業暴露之相對風險(Relative risk, RR)超過 2。一般而言，累積總吸菸量 15 包一年(pack-year)以內者

或戒菸超過 15 年者可視其吸菸之致癌性為低度風險。此外，吸菸及石綿暴露對於肺癌發生為相乘性之協同效應，因此如果石綿暴露量足夠，吸菸並不足以拒絕職業病因果關係之認定。

1997 年赫爾辛基準則(Helsinki criteria)提到所有組織型態的肺癌都可能和石綿暴露有關，主要為四種組織型態：鱗狀細胞肺癌(squamous cell carcinoma)、肺腺癌(adenocarcinoma)、大細胞肺癌(large cell carcinoma)、及小細胞肺癌(small cell carcinoma)；而於 2014 年更新之赫爾辛基準則，增加了石綿相關肺癌的額外兩種組織型態：肉瘤樣細胞肺癌(sarcomatoid carcinoma)及肺腺鱗癌(adenosquamous carcinoma) [6,7]。

以下整理列出 1997 及 2014 年赫爾辛基準則(Helsinki criteria)之建議內容[6,7]：

- (一)腫瘤位置不影響評估石綿暴露之貢獻性。
- (二)隨著石綿暴露量的增加，肺癌的發生風險也隨之增高，因此累積暴露量(cumulative exposure)是重要的評估因子。
- (三)約每增加 1 纖維/毫升-年(fiber/mL-year 或 fiber-year)，則增加肺癌發生風險約 4%，故當累積暴露量達 25 纖維/毫升-年時，其肺癌發生風險會達到一般族群的 2 倍。
- (四)肺臟組織遺存之石綿量可用來推估是否達 2 倍肺癌發生風險，然而由於缺乏標準化方法，應由各實驗室自行建立基準。
- (五)對於溫石綿(chrysotile)而言，其清除率較高，因此透過職業史推估累積暴露量(cumulative exposure)會比纖維負擔分析(fibre burden analysis)來的準確。
- (六)石綿肺為大量石綿暴露之指標，另外，除了石綿本身，石綿肺可能也額外貢獻並增加部分肺癌風險。
- (七)雙側瀰漫性胸膜增厚通常與中至重度石綿暴露有關，在暴露評估上，其與石綿肺所代表之石綿暴露意義十分接近。
- (八)胸膜斑為石綿暴露之指標，但其與少量石綿暴露有關，因此於評估時，

應一併搭配累積暴露量或纖維負擔分析。

(九)肺癌發生與第一次石綿暴露之時間間隔(lag time)，須至少為 10 年以上。

(十)雖然吸菸會影響肺癌發生率，但不會因此減少石綿對於肺癌發生風險之貢獻性。

## 五、暴露證據收集之方法

### (一)石綿暴露的評估

可靠的職業史是提供石綿暴露評估最好的工具。完整的職業史必須包括病患目前及過去的職業、工作地點及細部工作流程項目，因此需要有經驗的醫師花時間收集相關資料，根據石綿暴露高風險之產業與相關職業加以判斷[5,24,25]。若情況許可，工作記錄、安全資料表等的取得或實際工作場所的考察都可作為佐證及判定參考。在工業國家，有 20-40%的成年男性曾經有石綿暴露史[24]。

### (二)赫爾辛基準則(Helsinki criteria) [15]：

1997 年赫爾辛基準則提到所有組織型態的肺癌都可能和石綿暴露有關，並於 2014 年更新之赫爾辛基準則，增加了石綿相關肺癌的額外兩種組織型態：肉瘤樣細胞肺癌(sarcomatoid carcinoma)及肺腺鱗癌(adenosquamous carcinoma)。肺癌的組織型態或解剖位置不足以判定可否歸因於石綿。石綿相關肺癌的臨床症狀及徵候與其他原因造成的肺癌並無差異。石綿肺症的存在表示有重度暴露，其罹患肺癌的風險較高，但石綿肺症的存在對於歸因肺癌於石綿暴露是不一定需要的。兩側瀰漫型胸膜增厚通常與中度至重度石綿暴露有關，在暴露評估上，其與石綿肺所代表之石綿暴露意義十分接近。胸膜斑與低度石綿暴露有關，因此於評估時，應一併搭配累積暴露量或纖維負擔分析。吸菸等其他致癌風險因子之存在，並不會否決石綿導致職業性癌症之診斷。

赫爾辛基準則著重在累積石綿暴露量，可以用臨床上累積暴露之估計值，或以病理肺組織標本石綿含量之測量值。

### 1.職業史之條件：

1 年的重度暴露(例如石綿產品製造、石綿噴塗、隔熱作業、舊建築之拆除)或 5-10 年中度暴露(例如建築工人、造船工人)，罹患肺癌的風險增加為平常人的兩倍以上，可達職業病診斷之標準；此外，也需要符合首次暴露與診斷癌症的時間須相隔 10 年以上的時序關係。

### 2.石綿累積暴露量之條件：

隨著每 1 纖維/毫升-年(fiber/mL-year)之石綿累積暴露，肺癌的相對風險會增加 0.5-4%；使用上述範圍的上限估計值 4%，當石綿累積暴露量為 25 纖維/毫升-年時，肺癌相對風險會增加為兩倍。

### 3.肺部纖維負擔(病理肺組織標本石綿含量)之條件：

每公克乾燥的肺組織中角閃石石綿纖維計數在  $2 \times 10^6$  以上(長度為  $5 \mu\text{m}$  以上)或  $5 \times 10^6$  以上(長度為  $1 \mu\text{m}$  以上)，與肺癌相對風險增為兩倍有關。上述肺部纖維的濃度，等同於每公克乾燥肺組織中計數有 5000-15000 個石綿小體(asbestos bodies)、或每毫升支氣管鏡肺泡灌洗(bronchoalveolar lavage, BAL)液中計數約有 5-15 個石綿小體。當石綿小體的濃度低於每公克乾燥的肺組織中 10000 個石綿小體時，建議應採用電子顯微鏡的纖維分析。基於白石綿相對於角閃石石綿比較不會累積在肺部組織，因為對白石綿之清除速率較快，故以職業史推估白石綿所引起的肺癌風險會比以纖維分析佳。

參照赫爾辛基準則，在時序性上若可符合首次暴露石綿與肺癌發生的時間相隔 10 年以上，再搭配下列任何一項條件，則可診斷為石綿引起的肺癌[21,24,26]：

- 1.臨床、影像學(包括高解析度電腦斷層)或組織學上診斷有石綿肺症。
- 2.估計累積石綿暴露量為 25 纖維/毫升-年(或以上)，此為因多種纖維暴露而造成石綿肺症所設定的閾值標準。
- 3.每公克乾燥的肺組織中計數約有 5000 個以上的石綿小體。

- 4.支氣管鏡肺泡灌洗(BAL)液中計數約有 5 個以上的石綿小體。
- 5.每公克乾燥的肺組織中角閃石石綿纖維，長度為  $5\mu\text{m}$  以上，計數在  $2\times 10^6$  以上。
- 6.每公克乾燥的肺組織中角閃石石綿纖維，長度為  $1\mu\text{m}$  以上，計數在  $5\times 10^6$  以上。
- 7.在同一實驗室所做的肺部纖維計數是在與石綿肺症相關的範圍內，可視為與石綿肺症相同的重要性。
- 8.職業工作史：1 年的重度暴露(例如石綿產品製造、石綿噴塗、隔熱作業、舊建築之拆除)或 5-10 年中度暴露(例如建築工人、造船工人)。
- 9.基於白石綿相對於角閃石石綿比較不會累積在肺部組織，因為對白石綿之清除速率較快，故以職業史推估白石綿所引起的肺癌風險會比以纖維分析佳。

### (三)各國暴露評估之比較

累積石綿暴露量 25 纖維/毫升-年(含)以上之參考基準也在德國及丹麥使用，類似赫爾辛基準則所定的職業工作史是法國認定的基準，澳洲法院判決也是以赫爾辛基準則為基礎。德國的系統是基於 25 纖維/毫升-年的量化暴露，其基礎是來自標準化的工作史，參考涵蓋廣泛範圍的工作項目、工業類別及工作時期，並搭配有 27000 筆測量資料的完備資料庫，接著以實際測量值，加上專家意見做判定[21]。

De Vuyst 等研究 447 例肺癌病人切除的肺組織的石綿小體及纖維的含量，發現每公克乾燥的肺組織中計數有 5000 個石綿小體以上與顯著的職業累積暴露有相關，石綿小體的計數等同於每公克乾燥的肺組織中石綿纖維計數為  $5\times 10^6$ 。因此每公克乾燥的肺組織中計數有 5000 個石綿小體以上是職業暴露的指標，每公克乾燥的肺組織中有 5000 個石綿小體以上的這些病人中，約 50 發現有低度纖維化的病灶，影響小呼吸道及間質組織，並且在組織切片中可找到石綿小體。

### 比利時(Belgium)石綿暴露評估基準[21]

石綿暴露需符合下列條件之一：

- 1.石綿肺症或兩側瀰漫型胸膜增厚。
- 2.累積石綿暴露量 25 纖維/毫升-年(含)以上。
- 3.每公克乾燥的肺組織中計數有 5000 個石綿小體以上或支氣管鏡肺泡灌洗(BAL)液中計數有 5 個石綿小體以上。
- 4.職業暴露石綿的工作史 10 年以上。
- 5.首次暴露石綿與肺癌發生的時間相隔 10 年以上。

Thimpont 及 de Vuyst 提出可參考下列的次要基準(minor criteria)：  
(1)胸膜斑(pleural plaques)、(2)單側瀰漫型胸膜增厚、(3)細支氣管及其周圍纖維化但肺組織偵測不到石綿小體，但是這些證據本身並不足以論斷因果關係[21]。

#### 日本石綿暴露評估基準[27]：

- 1.第一種個案 — 在職業暴露石綿的工人中，罹患肺癌且有石綿肺症(asbestosis)之影像證據(參照國際勞工組織(ILO)塵肺症 X 光片分類，胸部 X 光顯示小粒不規則陰影，分布密度為 1/0 以上)。
- 2.第二種個案 — 罹患肺癌，沒有石綿肺症之影像證據；下列兩項皆須符合：
  - (1)職業暴露石綿的工作史 10 年以上。
  - (2)下列所提之醫學證據，至少需要具備一項：
    - A.胸部 X 光片上有胸膜斑(pleural plaques)。
    - B.痰液中有石綿小體(asbestos bodies)。
    - C.經由經支氣管鏡肺活檢(transbronchial lung biopsy, TBLB)、支氣管鏡肺泡灌洗術(bronchoalveolar lavage, BAL)、組織切片或屍體剖檢取得的肺組織中有石綿纖維、石綿小體。
- 3.第三種個案 — 罹患肺癌，不符合第一種及第二種個案。工作史相對較短但有大量職業石綿暴露，具備第二種個案第二點(2.之醫學證據)，即下列所提之醫學證據，需要具備一項：
  - A.胸部 X 光片上有胸膜斑(pleural plaques)。
  - B.痰液中有石綿小體(asbestos bodies)。

C.經由經支氣管鏡肺活檢((transbronchial lung biopsy, TBLB)、支氣管鏡肺泡灌洗術(bronchoalveolar lavage, BAL)、組織切片或屍體剖檢取得的肺組織中有石綿纖維、石綿小體。[日本，自1978年]

#### 加拿大石綿暴露評估基準[28]：

加拿大安大略省診斷為肺癌者，若(1)至少有10年明確且適當的石綿暴露工作史，且(2)第一次暴露到出現癌症之期間至少10年，則可認定為職業性肺癌[28]。

#### (四)石綿暴露濃度相關資料

理想上能收集到最好的暴露證據是取得個案過去工作現場之石綿濃度，與法規之標準做比較，其次是有類似的石綿相關產業所量測的石綿濃度以作為暴露之參考。因此整理過去國內外相關文獻如下供參考使用：

表四、石綿加工製造業暴露資料

研究期間		1988[29]	1989-1990[28]	1990-1992[30]	1992[31]
作業類別	採樣點	平均值 f/cc (樣本數) / (範圍)			
石綿水泥	加料口	2.13 (40) (0.04-13.84)			
	過磅	1.35 (1)			
	抄機	0.81 (1)			
	切頭尾	0.40 (2) (0.06-0.74)			
	辦公室	0.19 (1)			
石綿瓦製造	投料		0.74 (19) (0.03-3.68)	0.35 (12) (0.04-1.04)	
	成型		0.17 (26) (0.17-0.38)	0.43 (5) (0.03-0.64)	
	脫模		0.12 (15) (0.02-0.43)		
	抄造		0.11 (22) (0.02-0.27)		

表四、石綿加工製造業暴露資料

研究期間		1988[29]	1989-1990[28]	1990-1992[30]	1992[31]
作業類別	採樣點	平均值 f/cc (樣本數) / (範圍)			
	堆高機		0.06 (6) (0.01-0.12)		
石綿耐磨	加料口	3.57 (6) (1.40-6.18)			
	研磨	2.24 (10) (0.03-4.49)			
	混合	3.72 (1)			
石綿煞車來令片製造	投料			0.61 (21) (0.04-3.07)	0.69 (0.06-17.43)
	研磨鑽孔			0.63 (47) (0.13-2.43)	研磨 0.44 (0.03-3.86) 鑽孔 0.94 (0.11-2.42)
	成型			0.44 (18) (0.04-1.37)	0.63 (0.07-3.94)
	油壓				0.33 (0.05-2.89)
	非作業區				0.07 (0-29.21)
石綿墊圈製造	投料			0.29 (5) (0.13-0.6)	
石綿紡織	加料口	6.25 (1)			
	精紡	3.40 (1)			
	織布	1.95 (1)			
石綿絕緣	加料口	2.23 (2)			

表五、拆船業石綿暴露情形[32]

		平均濃度	95%信賴區間	範圍	樣本數
採樣區域	海上	0.18	0.20-0.57	0.02-1.00	46
	岸邊(吊舉搬運)	0.18	0.14-0.50	0.02-0.54	20

表四、石綿加工製造業暴露資料

研究期間		1988[29]	1989-1990[28]	1990-1992[30]	1992[31]
作業類別	採樣點	平均值 f/cc (樣本數) / (範圍)			
	陸地(石綿拆解區)	0.14	0.06-0.34	0.03-0.40	17
	回收場(搬運,切割)	0.12	0.04-0.29	0.05-0.24	6
船上拆解步驟	機艙拆解前處理	0.10	0.12-0.33	0.02-0.39	16
	機艙拆解	0.25	0.21-0.72	0.04-1.00	24
	鄰近機艙船艙拆解	0.11	0.10-0.34	0.03-0.26	6

表六、澳洲拆房業的暴露量測值<sup>[33]</sup>

作業類別	平均濃度	95%信賴區間
裁切(cutting)	1.5	0.1-3.6
鑽孔(drilling)	1.3	0.2-5.4
研磨(grinding)	1.0	0.1-3.0
噴砂(sanding)	2.4	0.1-7.0

## 六、結論

肺癌與石綿之暴露有強烈的相關性，以下認定基準之擬訂，主要參考赫爾辛基準則 (Helsinki Criteria 1997, 2014)及其他相關研究。

### (一)主要基準

#### 1.疾病證據：

肺組織切片等病理檢查證實為原發性肺癌，或細胞學檢查證實有肺癌細胞，並且配合合理的實驗室及影像學檢查。

#### 2.暴露證據：

必須具有石綿暴露的工作史，而醫學證據可增強工作史之效度。

##### (1)具有石綿暴露的工作史：

職業上有石綿暴露的工作史 10 年以上一般較無爭議。但暴露程度較嚴重者如：1 年的重度暴露(例如石綿產品製造、石綿紡

織、石綿噴塗、隔熱作業、舊建築之拆除)或 5-10 年中度暴露(例如拆船造船作業)，則可參考類似製程的空氣中採樣濃度(如回顧文獻)以衡量其暴露程度，其暴露工作期間依醫理判斷為較嚴重石綿暴露者可考慮縮短。估計累積石綿暴露量為 25 纖維/毫升-年(或以上)，可以認定為石綿暴露導致的職業性肺癌。暴露於含石綿纖維之滑石(Talc containing asbestiform fibres)等同於石綿暴露。

(2)石綿暴露的醫學證據：

- A.診斷為石綿肺症(asbestosis)。
- B.胸部 X 光片上有胸膜斑(pleural plaques)。
- C.痰液中有石綿小體(asbestos bodies)。
- D.經由經支氣管鏡肺活檢(transbronchial lung biopsy, TBLB)、支氣管鏡肺泡灌洗術(bronchoalveolar lavage, BAL)、組織切片或屍體剖檢取得的肺組織中有石綿纖維、石綿小體。

3.因果關係時序性：

首次暴露石綿與肺癌發生的時間，需相隔 10 年以上。

4.合理的排除其他常見非石綿引起的病因：

如吸菸，累積總吸菸量 15 包-年(pack-year)以內者或戒菸超過 15 年者，可視其吸菸之致癌性為低度風險。但吸菸與石綿暴露對肺癌發生為相乘性之協同效應，雖然吸菸會影響肺癌發生率，也不會因此減少石綿對於肺癌發生風險之貢獻性，因此當石綿暴露量足夠時，吸菸並不足以拒絕職業病因果關係之認定。

另外，氡(Radon)及空氣汙染亦是肺癌發生的相關危險因子。氡暴露與肺癌發生有劑量效應關係，每增加 100 貝克(Bq/m<sup>3</sup>)，肺癌風險會增加 2-25%；而以丹麥為例，約 1-2%的肺癌個案與空氣汙染有關[16]。

(二)輔助基準

- 1.作業環境空氣中石綿濃度測定記錄，可作為職業暴露的證據。
- 2.肺部石綿纖維分析：

纖維分析標準依據各實驗室不同，專家認為若有下列情形則與 2 倍肺癌風險有關。

- (1)每公克乾燥的肺組織中角閃石石綿纖維計數在  $2 \times 10^6$  以上(長度為  $5 \mu\text{m}$  以上)或  $5 \times 10^6$  以上(長度為  $1 \mu\text{m}$  以上)。
- (2)每公克乾燥肺組織中計數有 5000 個以上石綿小體(asbestos bodies)。
- (3)每毫升支氣管鏡肺泡灌洗(bronchoalveolar lavage, BAL)液中計數約有 5 個以上石綿小體。

## 參考文獻 (References)

- [1] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Arsenic, metals, fibres, and dusts. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum. 2012;100(Pt C):11-465. Retrieved from [https://publications.iarc.fr/\\_publications/media/download/3026/50ed50733f7d1152d91b30a803619022ef098d59.pdf](https://publications.iarc.fr/_publications/media/download/3026/50ed50733f7d1152d91b30a803619022ef098d59.pdf) (Dec. 23, 2020)
- [2] Barlow CA, Grespin M, Best EA. (2017). Asbestos fiber length and its relation to disease risk. *Inhalation Toxicology*. 29(12-14):541-554.
- [3] Pierce JS, Ruestow PS, Finley BL. (2016). An updated evaluation of reported no-observed adverse effect levels for chrysotile asbestos for lung cancer and mesothelioma. *Critical Reviews in Toxicology*. 46(7):561-86.
- [4] Wolff, H. Vehmas, T. Oksa, P. Rantanen, J. & Vainio, H. (2015). Asbestos, asbestosis, and cancer, the Helsinki criteria for diagnosis and attribution 2014: recommendations. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 41, 5-15.
- [5] 行政院勞委會：職場危害因子白石綿容許標準建議值文件。台北：行政院勞委會；2007。
- [6] IARC, International Agency for Research on Cancer. Overall Evaluations of Carcinogenicity. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 100C: Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts. Lyon, France 2012.
- [7] Tossavainen A. (1997). Asbestos, asbestosis, and cancer: the Helsinki criteria for diagnosis and attribution. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 23, 311-6.
- [8] O'Reilly KM, McLaughlin AM, Beckett WS, Sime PJ. Asbestos-related lung disease. *American Family Physician* 2007; 75:683-8.
- [9] Henderson DW, Leigh J. Asbestos and lung cancer: a selective up-date to The Helsinki Criteria for individual attribution. In: Tossavainen A, Lehtinen

S, Huuskonen M, Rantanen J, editors. 2000. New advances in radiology and screening of asbestos-related diseases. Proceedings of the International Expert Meeting; 2000 February 9-11; Espoo. Helsinki: FIOH, People and Work-Research Reports 36; 1-10. available at <http://www.mhlw.go.jp/shingi/2005/12/dl/s1221-8k1.pdf>

- [10] Brims FJ, et al. (2019). Pleural Plaques and the Risk of Lung Cancer in Asbestos-exposed Subjects. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*.
- [11] IARC, International Agency for Research on Cancer. World Cancer Report 2008. World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 2008.
- [12] Lynch KM, Smith WA. Pulmonary asbestosis: carcinoma of the lung in asbestos-silicosis. *American Journal of Cancer Research* 1935; 24:56-64
- [13] Steenland K, Loomis D, Shy C, Simonsen N. Review of occupational lung carcinogens. *American Journal of Industrial Medicine* 1996; 29:474-90.
- [14] van Loon AJ, Kant IJ, Swaen GM, Goldbohm RA, Kremer AM, van den Brandt PA. Occupational exposure to carcinogens and risk of lung cancer: results from The Netherlands cohort study. *Occupational and Environmental Medicine* 1997; 54:817-24.
- [15] Zhu H, Wang Z. Study of occupational lung cancer in asbestos factories in China. *British Journal of Industrial Medicine* 1993; 50:1039-42.
- [16] Nielsen LS, et al. (2014). Occupational asbestos exposure and lung cancer--a systematic review of the literature. *Archives of Environmental & Occupational Health*. 69(4):191-206.
- [17] Kishimoto T, Ohnishi K, Saito Y. Clinical study of asbestos-related lung cancer. *Industrial Health* 2003; 41:94-100.
- [18] Yuwadee Ngamwong, et al. (2015). Additive Synergism between Asbestos and Smoking in Lung Cancer Risk: A Systematic Review and Meta-

Analysis. *PLoS One*. 10(8): e0135798.

- [19] 「職業性肺癌認定基準座談會」座談會會議記錄，2009年7月9日。
- [20] De Vuyst, Missourni A, Van Muylen A, et al. Systematic asbestos bodies counting in lung specimens resected for lung cancer. *European Respiratory Journal* 1997; 10(suppl 25): 19s.
- [21] Henderson DW, Rödelsperger K, Woitowitz HJ, Leigh J. After Helsinki: a multidisciplinary review of the relationship between asbestos exposure and lung cancer, with emphasis on studies published during 1997-2004. *Pathology* 2004; 36:517-550.
- [22] Morinaga K, Kishimoto T, Sakatani M, Akira M, Yokoyama K, Sera Y. Asbestos-related lung cancer and mesothelioma in Japan. *Industrial Health* 2001; 39:65-74.
- [23] Workplace Safety and Insurance Board (WSIB), Ontario, Canada. Entitlement criteria for Occupational Diseases: Lung Cancer-Asbestos Exposure (Document No.16-02-13). Published on 2004/10/12. Available at: <http://www.wsib.on.ca/wsib/wopm.nsf/Public/160213>. [accessed on 2009/08/30]
- [24] Craighead JE, Gibbs AR. *Asbestos and Its Diseases*. New York: Oxford University Press, 2008.
- [25] 森永謙二編集：職業性石綿ばく露と石綿関連疾患：基礎知識と労災補償。東京：三信圖書；2002。
- [26] Consensus Report. Asbestos, asbestosis, and cancer: the Helsinki criteria for diagnosis and attribution. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 1997; 23:311-6.
- [27] 石綿危害資訊專區。行政院環境保護署。檢自 <https://flora2.epa.gov.tw/ToxicC/Epa/Asbestos/EPA1.aspx> (民 106 年 11 月 9 日)
- [28] 石東生(民 80)。輔導石綿水泥瓦製造工廠勞工危害預防計畫報告。行

政院勞工委員會。

- [29] 張火炎、王榮德、張錦輝(民 77)。台灣地區石綿工廠空氣中石綿濃度測定。《中華衛誌》，8，28-35。
- [30] 張標、林剛毅、張簡振銘、陳俊六、楊子誼、蔡碧玉(民 83)。台灣省轄石綿作業事業單位勞工石綿暴露實況調查報告。台灣省政府勞工處。
- [31] 林宜長、徐傲暉、李誌峰、蘇振榮(民 81)。摩擦材料製造廠石綿污染問題之研究(剎車來令工廠)。行政院勞工委員會。
- [32] 林宜長、王鎮灝、徐傲暉、張翠珍、吳坤海、莊添壽、王明進(民 75)。舊船解體作業石綿污染調查。行政院國家科學委員會專題研究報告(研究編號：NSC75-0412-B002(25))。國立台灣大學醫學會公共衛生研究所。
- [33] Hyland, R. Yates, D. Benke, G. Sim, M. & Johnson, AR. (2010). Occupational exposure to asbestos in New South Wales, Australia (1970–1989): development of an asbestos task exposure matrix. *Occupational and Environmental Medicine*. 67, 201-6.
- [34] Rugo HS. Occupational cancer. In: Current Occupational & Environmental Medicine, 4th Ed. LaDou J (ed). New York: McGraw-Hill, 2007, p224-261.
- [35] Merewether ERA. Annual report to the chief inspector of factories for the year 1947. London: Her Majesty's Stationery Office 1949, pp. 79-87.
- [36] Doll R. Mortality from lung cancer in asbestos workers. *British Journal of Industrial Medicine* 1955; 12:81-6.
- [37] IARC, International Agency for Research on Cancer. Overall Evaluations of Carcinogenicity. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Supplement 7, Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. 1987, 440 pp.
- [38] Hammond EC, Selikoff IJ, Seidman H. Asbestos exposure, cigarette smoking and death rates. *Annals of the New York Academy of Sciences*

1979; 330:473-490.

- [39] 行政院國民健康局：健康數字 123。
- [40] 石綿(包括含石綿的滑石)引起之職業性癌症診斷認定參考指引-肺癌。(民 98)。行政院勞動部。
- [41] 李俊賢、蕭汎如、鄭雅文、王榮德(民 105 年 2 月 2 日)。石綿的健康危害與台灣現況。勞動者雜誌第 187 期。檢自  
<http://oshlink.org.tw/about/issue/asbestos/63> (民 106 年 11 月 9 日)
- [42] 環境毒物知多少：石綿。國家衛生研究院國家環境毒物研究中心。  
[http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq\\_detail.php?id=25](http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq_detail.php?id=25) 檢自(民 106 年 11 月 9 日)
- [43] Asbestos general information(2007). Health Protection Agency. Retrieved from  
[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/337511/HPA\\_ASBESTOS\\_general\\_information\\_v1.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/337511/HPA_ASBESTOS_general_information_v1.pdf) (Nov. 9, 2017)
- [44] Browne, K. A threshold for asbestos-related lung cancer. (1986). *British Journal of Industrial Medicine*, 43(8), 556-8.
- [45] Browne, K. (2001). The quantitative risks of mesothelioma and lung cancer in relation to asbestos exposure. *Annals of Occupational Hygiene*. 45, 327-9.
- [46] European Commission. (2009). Information Notices on Occupational Diseases: A Guide to Diagnosis. 301.21 Asbestosis., 170-2.
- [47] John, E. & Allen, R(2008). *Asbestos and Its Diseases*. Chapter10. Diagnostic features and clinical evaluation.
- [48] 台灣癌症登記中心。行政院衛生署。檢自：  
<http://tcr.cph.ntu.edu.tw/main.php?Page=A5B2#t04>
- [49] Plato N, Martinsen JI, Kjaerheim K, Kyyronen P, Sparen P, Weiderpass E. (2018). Mesothelioma in Sweden: Dose-Response Analysis for Exposure to 29 Potential Occupational Carcinogenic Agents. *Safety and Health at Work*. 9(3):290-295.

[50] 藍郁青、潘致弘(民 107)。職場石綿暴露與勞工職業病調查研究。勞動部勞動及職業安全衛生研究所。