

既有建築物含石綿建材診斷評估之研究

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 109 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

10915G0019
PG10902-0257

既有建築物含石綿建材診斷評估之研究

受委託者：永旭豐環境科技有限公司

研究主持人：葉禮旭

協同主持人：中國醫藥大學公共衛生學院公共衛生學系 郭教授 錦堂

研究員：陳屏甫

研究助理：潘昱伶

研究期程：中華民國 109 年 2 月至 109 年 12 月

研究經費：新臺幣 1,162,800 元整

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 109 年 12 月

（本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見）

目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
ABSTRACT	XI
第一章 緒 論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究方法與流程	3
第三節 執行進度符合情形	5
第二章 蒐集國內外潛在含石綿建材既有建築物之診斷評估相關 資料	7
第一節 國內含石綿建材管制規定	7
第二節 國外潛在含石綿建材既有建築物之診斷評估相關資料	20
第三章 針對潛在含石綿建材既有建築物進行個案調查及分析 ...	45
第四章 研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草 案）	65
第一節 研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草 案）	65
第二節 針對潛在含石綿建材既有建築物個案調查及分析結果	78

第三節 專家諮詢會議	82
第五章 石綿檢測技術訓練課程	93
第六章 結論與建議	101
第一節 結論	101
第二節 建議	102
附錄一 評選會議意見回覆	105
附錄二 期中審查會議意見回覆	109
附錄三 期末審查會議意見回覆	115
附錄四 國內既有建築物含石綿建材案例進行現況基礎調查檢測 報告	123
附錄五 研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草 案）第 1 次專家諮詢會議相關資料	141
附錄六 研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草 案）第 2 次專家諮詢會議相關資料	147
附錄七 石綿檢測技術訓練課程簽到表及教材	157
參考文獻	245

表次

表 1.3-1、預期研究進度表	5
表 2.1-1、各部會針對建築物含石綿建材管制規定	8
表 2.1-2、我國石綿管制沿革	9
表 2.1-3、石綿之管制濃度與大量運作基準一覽表	10
表 2.1-4、建築物防火避難設施及設備安全標準檢查簽證項目表	14
表 2.2-1、防止含石綿的梁柱噴塗式防火披覆材飛散方法的特點	28
表 2.2-2、調查案例疑似石綿建材圖像彙整表	34
表 2.2-3、劣化程度判定基準	38
表 2.2-4、石綿噴塗式防火披覆材劣化狀態及種類	38
表 2.2-5、英國石綿建材劣化評估標表	44
表 3-1、公有建築物可能含石綿成分建材清查結果	47
表 3-2、公有建築物可能含石綿建材之棟數清查結果	47
表 3-3、建築物疑似石綿建材標示表	49
表 3-4、基隆市 1 件既有建築物含石綿建材案例資料	51
表 3-5、臺北市 1 件既有建築物含石綿建材案例資料	52
表 3-6、臺南市 2 件既有建築物含石綿建材案例資料	54
表 3-7、臺中市 2 件既有建築物含石綿建材案例資料	58
表 3-8、疑似石綿建材樣品定性及定量分析結果	61

表 3-9、散染色液偏光相位差顯微鏡（PLM）檢測報告	62
表 3-10、調查案例疑似石綿建材圖像彙整表.....	64
表 4.1-1、建築物含石綿建材診斷評估總表.....	70
表 4.1-2、國內目前經認證具檢驗石綿建材之檢驗機構.....	72
表 4.1-3、含石綿建材飛散性分類等級.....	73
表 4.1-4、波形石綿瓦（波形石綿浪板）表面劣化度判定基準.....	74
表 4.1-5、梁柱噴塗式防火披覆材料表面劣化度判定基準.....	75
表 4.1-6、石膏板、氧化鎂板表面劣化度判定基準.....	76
表 4.2-1、含石綿建材既有建築物個案調查之含石綿建材診斷評 估及評分情形	81
表 4.3-1、第 1 次專家諮詢會議成員	82
表 4.3-2、第 1 次專家諮詢會議議程.....	83
表 4.3-3、第 1 次專家諮詢會議重點意見回覆說明.....	85
表 4.3-4、第 2 次專家諮詢會議成員	87
表 4.3-5、第 2 次專家諮詢會議議程.....	88
表 4.3-6、第 2 次專家諮詢會議重點意見回覆說明.....	90
表 5-1、石綿檢測技術訓練課程課程大綱.....	93

圖次

圖 1.2-1、研究流程.....	4
圖 2.2-1、含石綿建材的調查流程.....	23
圖 2.2-2、石綿風險評估流程圖.....	42
圖 3-1、內政部調查各機關管理之建築物含石綿建材之函文.....	48
圖 3-2、A 案例現場調查情形.....	52
圖 3-3、B 案例現場調查情形.....	54
圖 3-4、C 案例現場調查情形.....	56
圖 3-5、D 案例現場調查情形.....	58
圖 3-6、E 案例現場調查情形.....	59
圖 3-7、F 案例現場調查情形.....	60
圖 4.1-1、建築常見疑似石綿建材位置.....	68
圖 4.3-1、第 1 次專家諮詢會議情形.....	84
圖 4.3-2、第 2 次專家諮詢會議情形.....	89
圖 5-1、石綿檢測技術訓練課程辦理情形.....	94

摘要

關鍵字：石綿、石綿建材診斷評估、石綿檢測技術

一、研究緣起

暴露在含飛散石綿纖維的空氣中會導致肺癌或其他惡性腫瘤，對人體確實有害，目前已被世界衛生組織（WHO）列為一級致癌物，我國在民國九十五年以前興建、裝修或未領有建築執照之建築物，因當時隔音、防火及防水等需求，普遍使用含有石綿之建材，現仍廣泛存於既有建築物中。為妥善管理含石綿建材之建築物，行政院環保署組成跨部會小組，並定期召開「含石綿建材建物跨部會管理及石綿危害宣導」會議追蹤，其中內政部營建署負責既有建築物含石綿建材辨識、調查及資料庫建立、含石綿建築物之拆除規定與拆除機構管理等工作。

內政部建築研究所於 108 年調查計畫中，已完成彙整國際最新石綿鑑定標準之發展趨勢及完成國內既有建築物含石綿建材案例現況基礎調查，另協助內政部營建署推動既有建築物含石綿建材之管理，後續亟需針對潛在含石綿建材之既有建築物之診斷評估，進行相關原則及流程之研擬，並配合辦理個案調查及分析。因此，本研究主要目的將規劃「建築物含石綿建材診斷評估及作業流程」，俾供初步辨識、先期診斷或危害拆除評估之應用；另參酌國際石綿檢測標準，辦理石綿檢測技術訓練課程，以提升內政部建築研究所性能實驗中心石綿建材檢測技術及分析量能。

二、研究方法及過程

本研究方法主要以「文獻研究法」、「調查研究法」為主，本研究蒐集及研析國內外有關建築物含石綿建材診斷評估及作業流程之文獻，接續依據內政部營建署 108 年度調查各機關管理之建築物有無使用可能含石綿成分建築材料之調查結果或「建築物疑似石綿建材申報系統」之建築物，依據調查結果或申報建築物挑選潛在含石綿建材既有建築物進行個案調查及分析，並辦理 2 場次產官學研「建築物含石綿建材診斷評估及作業流程

草案專家諮詢會議」，針對我國「建築物含石綿建材診斷評估及作業流程」草案，提出修正建議，最後辦理 3 日石綿檢測技術訓練課程，內容包括前處理、顯微鏡檢測技術及 X-射線繞射分析技術等，以提升內政部建築研究所性能實驗中心石綿建材檢測技術及分析量能。

三、重要發現

(一) 完成國內外潛在含石綿建材既有建築物之診斷評估相關文獻資料，以及英國、愛爾蘭、日本、韓國及越南等國家對蒐集國內外潛在含石綿建材既有建築物之調查流程、目視判定及劣化評估之文獻搜集與探討。

(二) 完成針對潛在含石綿建材既有建築物進行個案調查及分析

本研究過程中發現國內 6 件國內既有建築物含石綿建材案例進行個案調查時，其興建時期從民國 62 年代至 75 年代，並分析 15 件樣本類型包含屋面覆蓋油毛氈、波形石綿浪板、石膏板、梁柱噴塗式防火披覆材、水塔隔熱材等，均採樣送至實驗室檢測，經檢測結果，有白石綿 4 件其含量 8.25% 至 29.96%，褐石綿 1 件其含量 8.67%，另外，此次調查首次發現屋面覆蓋油毛氈及水塔隔熱材有石綿纖維，以及危害性較高之褐石綿。

(三) 完成研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）

本研究完成建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案），其內容包含通則、疑似石綿建材、建築物疑似石綿建材調查及診斷評估，以及預防措施，以供建築師或專業技師針對建築物及居住環境進行含石綿建材初步辨識，如果發現含有石綿建材，應考慮含石綿建材的種類、劣化程度、建築物的未來處理規劃、及必要採取具體的防護措施等綜合判斷。

(四) 完成石綿檢測技術訓練課程

本研究參酌國際石綿檢測標準，由中國醫藥大學公共衛生學院

公共衛生學系郭錦堂教授親授 2 場次石綿鑑定之量化檢測技術及分析量能之教育訓練，以期提升內政部建築研究所性能實驗中心石綿建材檢測技術及分析量能。

四、主要建議事項

本研究已完成國內外潛在含石綿建材既有建築物之診斷評估相關文獻資料及潛在含石綿建材既有建築物進行個案調查及分析，研擬「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）」及完成石綿檢測技術訓練課程工作項目，獲得許多具體結論，因此後續研究建議有下列幾點：

建議一

檢討內政部 107 年 12 月 26 日修正「建築物公共安全檢查申報相關書表格式」之「（F2-5）建築物疑似石綿建材標示表」疑似石綿建材種類：立即可行建議

主辦機關：內政部營建署

本研究於 108 年度及 109 年度 20 件針對國內既有建築物含石綿建材案例進行個案調查，其興建時期從民國 40 年代至 80 年代，共分析 31 件樣本、6 種類型，均採樣送至實驗室檢測，分析屋面覆蓋油毛氈 6 件，僅 1 件含白石綿纖維、波形石綿浪板 5 件，5 件均含白石綿纖維、石膏板 10 件均不含白石綿纖維、梁柱噴塗式防火披覆材 8 件，8 件均不含白石綿纖維、水塔隔熱材 1 件，1 件含褐石綿纖維，另本研究案例調查檢測建築物天花板之材質，主要為礦纖天花板，均不含石綿纖維。

建議二

研擬建築物含石綿建材診斷評估作業手冊：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

本研究完成建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案），並

初步建立含石綿建材診斷評估及劣化評分計算方式，包括評估各種含石綿建材的狀況及其石綿纖維逸散風險，故有關石綿建材診斷評估及劣化評分計算方式尚須更多國內既有建築物含石綿建材案例個案研究進行驗證研究，建議研擬建築物含石綿建材診斷評估作業手冊，以利提供建築師或專業技師進行建築物含石綿建材劣化評估之參考依據。

ABSTRACT

Keywords: asbestos, risk evaluation for asbestos-containing building materials, asbestos testing technology

Introduction

Exposure in the air that contains floating asbestos fibers might lead to lung cancer or other malignant tumor. It is currently listed as group 1 carcinogen by World Health Organization (WHO), and it is indeed harmful to human body. The buildings constructed and refurbished before 2006 or buildings with no building permit still contains asbestos due to the demands of sound proof, fire proof, and water proof. In order to manage the buildings containing asbestos building materials in our country, the Environmental Protection Administration, Executive Yuan establishes a cross-functional group and holds the meeting of “cross-departmental management on buildings containing asbestos construction material and promotion of asbestos hazard” regularly for follow-up. Moreover, Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior is in charge of the identification, investigation, and database establishment of existing buildings that contain asbestos construction material, the demolishing regulations for building containing asbestos, and the management of demolishing agents.

The investigation program for 2019 carried out by Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior has completed the summary of the development trend on international latest asbestos certification standard and case situation basic survey on the existing buildings containing asbestos construction material in our country. Furthermore, it assists Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior to promote the management of existing buildings containing asbestos construction material. It urgently needs to implement the proposal of relevant principles and procedures in terms of the diagnostic assessment done on the potential existing buildings containing asbestos

construction material as well as cooperate with the case investigation and analysis. Therefore, the research proposes the plans for diagnostic assessment and operating procedure of buildings containing asbestos building materials as application for initial identification, advanced diagnosis, or demolishing evaluation of hazard. In addition, asbestos testing technology training courses are provided with the reference of international asbestos testing standard in order to enhance the testing technology and analysis capability on asbestos construction material implemented by performance experiment center at Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior.

Research methods and processes

The main research methods of this study include “Literature Research” and “Survey Research”. In this study, we’ve collected and analyzed the documents about operating procedures, assessment and identification of relevant buildings with asbestos-containing materials domestically and internationally. Construction and Planning Agency of Ministry of Interior conducted the building investigation of each administration in 2019 to check if any asbestos-containing materials are used in buildings or check the possible buildings having “building with suspect asbestos-containing materials declaration system”. According to the results of investigation or declared buildings, the potential asbestos-containing materials in existing buildings are selected to conduct case investigation and analysis. Two government-industry-university-institute sessions, “Draft Expert Consultation Conference of Identification, Evaluation and Operating Procedures for Buildings with Asbestos-containing Materials”, are held. For “Evaluation, Identification and Operating Procedures for Buildings with Asbestos-containing Materials (Draft)” of Taiwan, we provide some suggestions for correction. The last but not the least, three days of asbestos detection technology training course are held. In the sessions, it includes pre-processing, microscopic examination and X-ray diffraction analysis, etc., in the hope of improving the detection technology of

asbestos-containing materials and energy analysis in Performance Experiment Centre, Architecture and Building Research Institute, Ministry of Interior.

Major outcomes

1. Completed the documents related to identification and evaluation of buildings with potential asbestos-containing materials domestically and internationally, and collect the information about investigation process, visual judgment and deterioration assessment of existing buildings with potential asbestos-containing materials in the U.K., Ireland, Japan, South Korea, Vietnam and other countries.
2. Completed the case investigation and analysis of building with potential asbestos-containing materials

During the research process, we found 6 domestic buildings with asbestos-containing materials for case investigation. The construction period of buildings was from 1973 to 1986. Fifteen samples, including asphalt-saturated roofing felt, wave asbestos tiles, gypsum boards, sprayed fire-resistive materials, water tank heat insulating materials, were sent to the laboratory for testing. The test results show that there are 4 cases of samples containing white asbestos ranging from 8.25% to 29.96%, and 1 case of sample containing 8.67% brown asbestos. What's more, the investigation discovered for the first time that the asphalt-saturated roofing felt and the water tank heat insulating materials contain asbestos fibres and more dangerous amosite asbestos.

3. Completed the plan of evaluation, identification and operating procedures for buildings with asbestos-containing materials (Draft)

This study has completed the evaluation, identification and operating procedures for buildings with asbestos-containing materials (Draft). It includes general rules, suspect asbestos-containing materials, investigation and

diagnostic evaluation of building's suspect asbestos-containing materials, and preventive measures for architects or professional technicians to make initial identification of asbestos-containing materials in buildings and living environment. If any asbestos-containing material is discovered, a comprehensive judgment should be made by taking the type of asbestos-containing materials, the degree of deterioration, the future planning, and necessarily specific protective measures into consideration.

4.Completed training course of asbestos detection technology

In this study, the international asbestos testing standards are used as reference. Professor Jin-Tang KUO in China Medical University has given three days of education and trainings for asbestos identification's quantitative detection technology and energy analysis, in the hope of improving the detection technology of asbestos-containing materials and energy analysis in Performance Experiment Centre, Architecture and Building Research Institute, Ministry of Interior.

Main Recommendations

This study has completed relevant documents about identification and evaluation of existing buildings with potential asbestos-containing materials domestically and internationally as well as the case investigation and analysis of buildings with potential asbestos-containing materials. The plan of “evaluation, identification and operating procedures for buildings with asbestos-containing materials (Draft)”, and training courses of asbestos detection technology are also drafted. We've led to several concrete conclusions. Therefore, the following suggestions are listed for the future studies:

Suggestion 1

Review the “Detailed Form of Suspect Asbestos-containing Materials for Buildings”

in the “Form Related to Building’s Public Safety Inspection Reports” amended on 26th of December 2018 by Ministry of Interior. For any type of suspect asbestos-containing materials for buildings: Feasible Suggestion.

Organiser: Construction and Planning Agency, Ministry of Interior.

During 2019 and 2020, the case investigation was conducted in twenty domestic buildings with asbestos-containing materials. Their construction period was 1951 to 1991. Thirty-one samples under 6 types have been analyzed in total. The samples are delivered to the laboratory for testing. Six items of asphalt felt covering roof are analyzed, in which only one contains chrysotile fiber; Five items of asbestos corrugated sheets are analyzed, all of which contain chrysotile fiber; Ten items of gypsum plats are analyzed, all of which contain no asbestos fiber; Eight items of beam-column spraying fireproofing materials are analyzed, all of which contain no chrysotile fiber; One item of heat insulating material for water tank is analyzed, and it contains amosite fiber.

Suggestion 2

Develop a Manual of Operations for Assessment and Analysis of Buildings with Asbestos-containing Materials: Mid-term and Long-term Suggestion

Organiser: Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior.

Co-organiser: Construction and Planning Agency, Ministry of Interior.

The evaluation, identification and operating procedures for buildings with asbestos-containing materials (Draft) have been completed in this study. In addition, the identification assessment and deterioration scoring methods for asbestos-containing materials are initially established, including evaluating the status of various asbestos-containing materials and the risk of asbestos fibres spreading. Therefore, the identification, evaluation and degradation scoring of asbestos-containing materials shall have more case studies for verification. It is

recommended to develop a manual of operations for assessment and analysis of buildings with asbestos-containing materials in order to provide architects or professional technicians working in Construction and Planning Agency, Ministry of Interior with assessment reference for buildings with deteriorated asbestos-containing materials.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起

聯合國環境規劃署及糧食與農業組織意識國際貿易中某些危險化學品和農藥對人類健康與環境具有有害影響，於 1998 年通過鹿特丹公約（Rotterdam Convention），2004 年生效，其公約將石綿（除白石綿）納入管制對象，目前締約國家為 166 國；世界衛生組織（World Health Organization, WHO）亦提出 10 種具高度危險性之化學物質，這些物質可能因管理不善易引起重大公共衛生議題，造成人體及環境之不良影響，石綿為 10 種重大公共衛生關注化學物質之一；此外，將石綿納入「2013-2020 年預防和控制非傳染性疾病全球行動計畫」，要求會員國依據石綿肺等職業疾病之法規採取預防性措施及治療，以預防及消除工作場所之石綿暴露；並要求會員國分別於 2015 年、2018 年及 2020 年提交行動計畫之進展報告，主要內容包括：（一）減少石綿相關疾病最有效之途徑為禁止使用、（二）提供替代品資訊並訂定取代石綿之經濟及技術機制、（三）防止接觸及搬運（拆除）時暴露石綿、（四）加強對石綿相關疾病之早期診斷、治療及癒後服務、（五）建立石綿人員登錄制度，並針對接觸人員執行醫療監護、（六）提供石綿材料及產品之危害資訊，並加強宣傳教育。

環保署於民國 78 年 5 月將石綿公告列管為毒性化學物質，內政部於民國 92 年即配合將建築技術規則建築設計施工編有關防火安全規定條文中，列舉石綿製品之規定刪除，並於民國 93 年起認可防火材料時加強查核是否含有石綿成分；經濟部自民國 95 年起，已陸續修正相關國家標準，訂有不得含石綿成分之建築板材，並列為應施檢驗商品，採取抽驗之管理措施，故自民國 95 年起，國內建築界幾已完全不再使用含石綿建築材料。然而石綿引起肺癌的誘導期約 30-40 年，間皮瘤則為 40-50 年，再者，石綿暴露的問題尚未完全解決，仍有許多石綿瓦、石綿板、隔熱建材、含石綿管線、建築廢棄物等未被妥善標示與處理。一旦這些建物建材進行拆除、翻修，或因天災所造成破壞，則可能引發石綿污染問題，甚而影響國人健康。

貳、研究目的

依據內政部不動產資訊平台，顯示 109 年 2 季統計資訊，屋齡低於 20 年，共有 206 萬 6,470 宅（23.5%）、屋齡為 20 年至 40 年，共有 419 萬 8,055 宅（47.7%）、屋齡高於 40 年，共有 254 萬 5,594 宅（28.9%），總房屋稅籍住宅類數量為 881 萬 119 宅，針對既有建築物疑似石綿建材調查，內政部於 107 年 12 月 26 日修正「建築物防火避難設施與設備安全檢查申報書」增加「建築物疑似石綿建材標示表」，其檢查對象包含公共集會類、商業類、工業、倉儲類、休閒、文教類、宗教、殯葬類、衛生、福利、更生類、辦公、服務類及住宿類，檢查頻率為每 1 年 1 次至每 4 年 1 次，調查疑似石綿建材種類包含波形石綿瓦、屋面覆蓋油毛氈、波形石綿浪板、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂板、梁柱噴塗式防火披覆材、石綿地磚等七類，填寫內容包含「疑似石綿建材各項目之數量」、「位置及範圍標示」等，透過專業機構及專業人員進行建築物公共安全檢查作業，於 4 年內可調查完成應辦理建築物公共安全申報之建築物疑似石綿建材標示，惟未針對疑似石綿建材飛散風險、劣化程度、防護措施，有明確界定方式以及標準作業程序。

本研究的目的是在於建立「建築物含石綿建材診斷評估及作業流程」，適用於既有建築物和可能使用石綿產品的建築物設備，既有建築物包括一般透天房屋、公寓大廈、學校、幼兒園、托兒所、醫院、商業用建築物、工廠等，以供專業人員針對建築物及居住環境進行建築物含石綿建材初步辨識，在對既有建築物中是否存在石綿建材進行初步診斷時，應注意施工時的材料和施工方法，根據建築物的類型使用了含石綿的建材在生產期間對石綿的用途進行篩選之後，對於確定的位置，收集樣本並進行分析以確定石綿的存在與否。如果發現含有石綿建材，應考慮到劣化狀態等，並根據建築物的未來處理情況、有必要採取具體的防護措施綜合判斷。另參酌國際石綿檢測標準，辦理石綿檢測技術訓練課程，以提升內政部建築研究所性能實驗中心石綿建材檢測技術及分析量能。

參、本研究之重要性

行政院環境保護署於 108 年 9 月訂定「含石綿建材建物跨部會管理及石綿危害宣導方案」，該方案有關強化含石綿建材建物之資料建立及拆除管理之推動策略包含（一）修正建築物拆除施工規範、修正建築物拆除執照審查表、建築物拆除施工規範及建築物拆除執照審查表之修正發布事宜，均依法制作業程序辦理、（二）修正「建築物公共安全檢查申報相關書表格式」，於公共安全檢查申報納入疑似含石綿建材建築物之資料、（三）修正「建築物室內裝修管理辦法相書表格式」及「建築物拆除施工規範」，建立室內裝修涉及石綿建材拆除管理機制、（四）研提建築物含石綿成分建材體檢手冊。

行政院環境保護署於 108 年每季邀集內政部營建署、內政部建研所、勞動部職安署、教育部、衛生福利部國健署、經濟部標檢局、環保署（廢管處、環檢所、環境督察總隊、化學局）等召開「含石綿建材建物跨部會管理及石綿危害宣導會議」，會中內政部營建署、內政部建研所、勞動部職安署、環保署（廢管處、化學局）均進行專案報告及執行進度，並滾動檢討執行成效。

本研究建立「建築物含石綿建材診斷評估及作業流程」，提供專業人員針對屋齡 20 年以上之 674 萬 3649 宅之建築物及居住環境進行建築物之石綿瓦、石綿板、隔熱建材等進行初步辨識，以期逐步解決石綿建材暴露的問題，並降低建築物若含石綿建材需進行拆除、翻修作業時可能引發石綿逸散污染問題，也可建立適用我國建築物含石綿建材診斷評估標準作業指引，以明確掌握建築物含石綿建材類型、數量、位置，具體診斷石綿建材劣化程度與石綿建材防護措施之建議。

第二節 研究方法與流程

壹、研究方法

本研究方法主要以「文獻研究法」、「調查研究法」為主，本研究程序說明如下：

一、研析國內外有關建築物含石綿建材診斷評估及作業流程之文獻。

二、依據內政部營建署 108 年度調查各機關管理之建築物有無使用可能含石綿成分建築材料之調查結果或「建築物疑似石綿建材申報系統」之建築物，依據調查結果或申報建築物挑選潛在含石綿建材既有建築物進行個案調查及分析。

三、研擬我國「建築物含石綿建材診斷評估及作業流程」草案。

四、辦理 2 場次產官學研「建築物含石綿建材診斷評估及作業流程草案專家諮詢會議」。

五、辦理 2 場次石綿檢測技術訓練課程，內容包括前處理、顯微鏡檢測技術及 X-射線繞射分析技術等。

貳、研究流程

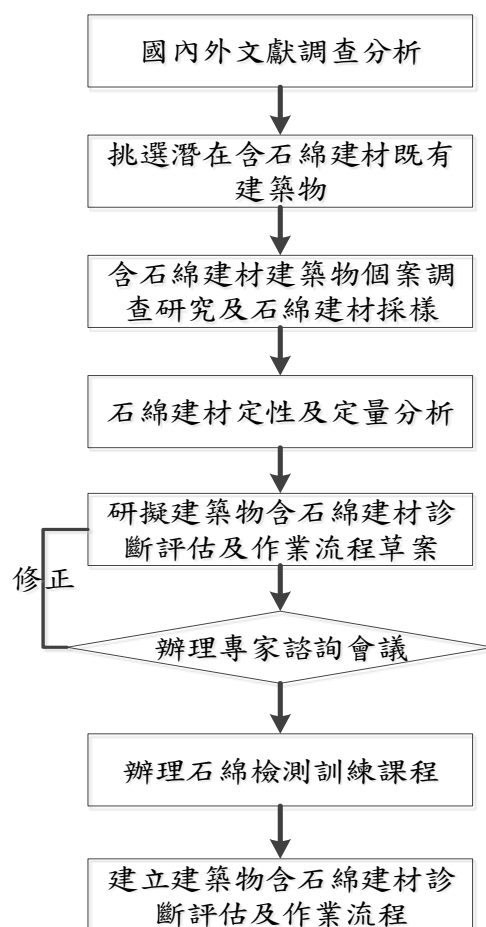


圖 1.2-1、研究流程

(資料來源：本研究彙整)

第三節 執行進度符合情形

本研究工作執行期間自決標日 109 年 2 月 7 日起至 109 年 12 月 31 日止，共計約 11 個月。各個工作項目實施進度、查核點及達成情形如表 1.3-1 所示，預定進度與實際進度無差異。

表 1.3-1、預期研究進度表

工作項目 \ 月次	109 年 2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	備 註
※研究內容、方向確立及人員建置準備	◎											
蒐集國內外潛在含石綿建材既有建築物之診斷評估相關資料					(1)							
針對潛在含石綿建材既有建築物進行個案調查及分析			(2) (3)	(4)								
2 場專家諮詢會議					(5) △				(8) △			
2 場石綿檢測技術訓練課程							(7) ☆					
※期中報告					(6) ◎							
※期末報告									(9) ◎			
※成果報告											(10) ◎	
預定進度 (累積數)	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	100	已完成 預計執行

(資料來源：本研究彙整)

查核點	預定完成時間	執行成果	達成情形
(1)	109.7.31	● 完成蒐集調查流程相關文獻：日本 1 件；目視判定相關文獻：日本 1 件；劣化判定相關文獻：日本 1 件；風險評估相關文獻：愛爾蘭 1 件、葡萄牙 1 件、英國 1 件；相關法規：韓國 1 件、越南 1 件。	已完成
(2)	109.04.21	● 完成 2 件北部既有建築物含石綿建材案例進行個案調查。	已完成
(3)	109.04.28	● 完成 2 件南部既有建築物含石綿建材案例進行個案調查。	已完成
(4)	109.05.08	● 完成 2 件中部既有建築物含石綿建材案例進行個案調查。	已完成
(5)	109.06.18	● 辦理研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）第 1 次專家諮詢會議於 109 年 6 月 18 日假建築研究所 13 樓簡報室辦理，以建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）為主要討論議題，共產官學 13 人參加會議。	已完成
(6)	109.06.30	● 提送期中報告。	已完成
(7)	109.08.18~ 109.08.20	● 已於 109 年 8 月 18 日至 8 月 20 日假內政部建築研究所性能實驗中心，辦理石綿檢測技術訓練課程，由本研究之共同主持人-中國醫藥大學公共衛生學院公共衛生學系郭錦堂教授親授石綿鑑定之量化檢測技術及分析量能之教育訓練。	已完成
(8)	109.10.06	● 辦理研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）第 2 次專家諮詢會議於 109 年 10 月 6 日假建築研究所 13 樓簡報室辦理，以建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）為主要討論議題，共產官學 15 人參加會議。	已完成
(9)	109.10.15	● 提送期末報告。	已完成
(10)	109.12.03	● 提送成果報告。	已完成

第二章 蒐集國內外潛在含石綿建材既有建築物之診斷評估相關資料

第一節 國內含石綿建材管制規定

各部會涉及石綿管理之職責分工，環保署主管石綿之原料管理與廢棄處理，包括石綿原料用途、清除處理及環保法規等；內政部營建署主管包括建築物含石綿之調查、室內裝修及拆除施工規定與拆除機構管理等；勞動部主管職場暴露評估，包括勞工健康檢查、作業環境測定、危害預防及職業病補償機制；經濟部主管石綿商品之國家標準、應施行檢驗商品項目之管理及建築板材抽驗成果等。本節內容蒐集方式為相關部會網站搜尋，包括環保、建築管理、勞工、經濟部標準檢驗局及教育部相關法令，如表 2.1-1 所示。

一、環保規定

環境保護署主管石綿之原料管理與廢棄物處理，包括毒性及關注化學物質管理法、有害事業廢棄物認定標準、事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準、應以網路傳輸方式申報廢棄物之產出、貯存、清除、處理、再利用、輸出及輸入情形之事業、建築物拆除後含石綿廢棄物清理作業指引等。

（一）毒性及關注化學物質管理法（原：毒性化學物質管理法） （108.01.16 修正公告）

1.管制沿革

環保署早於民國 78 年 5 月將石綿公告列管為毒性化學物質，並於 80 年、85 年、86 年、87 年、94 年、98 年、101 年、102 年及 106 年間 9 次修正石綿相關運作規定，如表 2.1-2 所示。

表 2.1-1、各部會針對建築物含石綿建材管制規定

項目	主管機關	主管法令	重點管制內容
石綿管制	環保署	毒性及關注化學物質管理法 (原：毒性化學物質管理法) (108.01.16 修正公告)	石綿原料禁止製造、輸入、販賣
石綿建材 檢驗標準	經濟部標準檢驗局	CNS 15546「建築材料中石綿含量試驗法」(101.5.23 公布)	測量建材製品中石綿含量之方法
		CNS 13970「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料石綿含量試驗法」(86.11.29 公布)	測量建材製品中石綿種類之方法
石綿建材 建物調查	內政部	建築物公共安全檢查簽證及申報辦法(107.2.21 修正公告)	建築物公共安全檢查申報，不包含住宅類 5 樓以下之建築物
裝修管制	內政部	建築物室內裝修管理辦法 (108.6.17 修正公告)	建築物室內裝修審查
	教育部	高中職及國中小校舍結構耐震能力補強設計作業規範 (108.7.17 修正公告)	補強工程之拆除物疑似含有石綿材料處理辦法
拆除管制	內政部	建築物拆除施工規範 (107.12.10 修正公告)	建築物拆除審查
危害預防	勞動部	石綿建材拆除作危害預防指引 (107.9.28 修正公告)	拆除現場防護作業
石綿廢棄物 管理	環保署	廢棄物清理法(106.6.14 修正公告)	石綿廢棄物清理及流向管制
		建築物拆除後含石綿廢棄物清理作業指引(108.1.9 公告)	
		有害事業廢棄物認定標準 (106.5.12 修正公告)	
		事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準(95.12.14 修正公告)	
		應以網路傳輸方式申報廢棄物之產出、貯存、清除、處理、再利用、輸出及輸入情形之事業(107.11.27 修正公告)	

(資料來源：本研究彙整，民國 109 年 10 月)

表 2.1-2、我國石綿管制沿革

年份	公告	內容
78	列管毒性化學物質	民國 78 年 5 月 01 日公告石綿為毒性化學物質，禁止使用於新換裝之自來水管，列管編號 003-01。
78	排除管制例外項目	民國 78 年 11 月 07 日函釋：凡石綿含量未達 15% (w/w) 已使用至管線、鍋爐、汽車等硬體設備或商品者，則不包括在管制內。
80	禁用於飲用水管線	民國 80 年 02 月 27 日公告：禁止石綿使用於新換裝之飲用水管及其配件，已使用中之水管及水管配件，得繼續使用至報廢為止。
85	9 項許可目的用途	民國 85 年 10 月 17 日公告許可目的用途： 1.研究、試驗、教育。2.合成樹脂（增黏劑）石綿防水膠、填充縫膠之製造。3.石綿瓦、板、管、石綿水泥之製造。4.防火、隔熱、保溫材料之製造。5.石綿帶、布、繩索、墊片之製造。6.石綿過濾器、瀝青（填充料）之製造。7.剎車來令片之製造。8.建材填縫帶之製造。9.石綿防銹漆之製造。
86	禁止製造輸入販賣使用青石綿及褐石綿	民國 86 年 2 月 26 日公告： 1.管制濃度標準：纖維狀、細絲狀或絨毛狀石綿含量達 1%（含）以上者（w/w）。 2.禁止製造、輸入、販賣及使用青石綿（Crocidolite）及褐石綿（Amosite）。但試驗、研究、教育用者，不在此限。
87	修正石綿濃度管制標準及毒性分類	民國 87 年 07 月 07 日公告： 1.修正管制濃度標準：纖維狀、細絲狀或絨毛狀石綿含量達 1%（含）以上者（w/w）。 2.新增許可目的用途：10.纖維水泥板之製造。
87	修正運作管理事項	民國 87 年 12 月 01 日公告：石綿之貯存場所須為密閉場所，貯存時應採足以防止飛散及流失之容器盛裝。
94	修正限制用途管制	民國 94 年 12 月 30 日公告：自 97 年 1 月 1 日起石綿禁止用於石綿板、石綿管、石綿水泥、纖維水泥板之製造，並於公告日起不予新登記備查或核可該等用途。
98	修正用途管制	民國 98 年 7 月 31 日公告： 1.增列石綿自九十九年一月一日起石綿禁止用於合成樹脂（增黏劑）、石綿防水膠、填充縫膠之製造；防火、隔熱、保溫材料、矽酸鈣板之製造；石綿帶、布、繩索、墊片之製造；石綿過濾器、瀝青（填充料）之製造；石綿防銹漆之製造，並於公告日起不予新登記或核可該等用途。 2.刪除石綿於合成樹脂（增黏劑）、石綿防水膠、填充縫膠、防火、隔熱、保溫材料、石綿帶、布、繩索、墊片、石綿過濾器、瀝青（填充料）、石綿防銹漆之製造。
101	修正用途管制	民國 101 年 2 月 2 日公告： 1 新增禁止運作事項：自 101 年 8 月 1 日起禁止用於擠出成形水泥複合材中空板及建材填縫帶之製造；自 102 年 2 月 1 日起

年份	公告	內容
		禁止用於石綿瓦之製造；自中華民國 107 年 7 月 1 日起禁止用於剎車來令片之製造。並於公告日起不予新登記或核可該等用途。 2.刪除得使用用途：石綿瓦、擠出成形水泥複合材中空板之製造。剎車來令片之製造。建材填縫帶之製造。
102	修正用途管制	民國 102 年 1 月 24 日公告：自 102 年 2 月 1 日起禁止用於石綿瓦之製造，但 101 年 2 月 2 日修正公告前已取得石綿使用於石綿瓦製造之使用登記檔得使用至該登記檔有效期限屆期為止。
106	提前禁用石綿用於剎車來令片之製造	民國 106 年 5 月 10 日公告：自中華民國 107 年 1 月 1 日起禁止用於剎車來令片之製造。但中華民國 106 年 5 月 10 日修正公告前已取得石綿使用於剎車來令片製造之登記或核可檔者，得使用至該登記或核可檔有效期限屆期為止。

(資料來源：行政院環境保護署，石綿危害資訊專區，民國 109 年 10 月，取自：<https://topic.epa.gov.tw/asbestos/cp-135-7614-a4756-4.html>)

2.公告毒性化學物質及其管制濃度與大量運作基準一覽表有關毒管法附表一中石綿之列管編號、管制濃度、大量運作基準及毒性分類等規範如下表 2.1-3 所述。

表 2.1-3、石綿之管制濃度與大量運作基準一覽表

列管編號	序號	中文名稱	英文名稱	管制濃度 (w/w%)	大量運作基準 (公斤)	毒性分類
003	1	石綿	Asbestos	1	500	2

(資料來源：行政院環境保護署，石綿危害資訊專區，民國 108 年 10 月，取自：<https://topic.epa.gov.tw/asbestos/cp-135-7614-a4756-4.html>)

3.禁止運作事項

- (1) 禁止製造、輸入、販賣及使用青石綿 (Crocidolite) 及褐石綿 (Amosite)。但研究、試驗、教育用途者，不在此限。
- (2) 禁止使用於新換裝之飲用水管及其配件，使用中之水管及水管配件得繼續使用至報廢為止。
- (3) 禁止用於石綿板、石綿管、石綿水泥、纖維水泥板之製造。
- (4) 禁止用於合成樹脂 (增黏劑)、石綿防水膠、填充縫膠之製造；防火、隔熱、保溫材料、矽酸鈣板之製造；石綿帶、布、繩索、墊片之製造；石綿過濾器、瀝青 (填充料) 之製造；

石綿防銹漆之製造，並於公告日起不予新登記或核可該等用途。

- (5) 禁止用於擠出成形水泥複合材中空板及建材填縫帶之製造；禁止用於石綿瓦之製造，但 101 年 2 月 2 日修正公告前已取得石綿使用於石綿瓦製造之使用登記檔得使用至該登記檔有效期限屆期為止；自 107 年 1 月 1 日起禁止用於剎車來令片之製造。並於公告日起不予新登記或核可該等用途。

4.使用用途

- (1) 研究、試驗、教育。
- (2) 禁止石綿用於石綿瓦之製造，但中華民國 101 年 2 月 2 日修正公告前已取得石綿使用於石綿瓦製造之使用登記檔得使用至該登記檔有效期限屆期為止。
- (3) 自中華民國 107 年 1 月 1 日起禁止石綿用於剎車來令片之製造。

(二) 石綿廢棄物管理法規

1.有害事業廢棄物認定標準（109.02.21 修正公告）

依第 4 條第 8 款規定「石綿及其製品廢棄物」係指事業廢棄物具有下列性質之一者：

- (1) 製造含石綿之防火、隔熱、保溫材料及煞車來令片等磨擦材料研磨、修邊、鑽孔等加工過程中產生易飛散性之廢棄物。
- (2) 施工過程中吹噴石綿所產生之廢棄物。
- (3) 更新或移除使用含石綿之防火、隔熱、保溫材料及煞車來令片等過程中，所產生易飛散性之廢棄物。
- (4) 盛裝石綿原料袋。

(5) 其他含有百分之一以上石綿且具有易飛散性質之廢棄物。

事業廢棄物如屬符合上述性質之石綿及其製品廢棄物，則認定屬有害事業廢棄物；如石綿及其製品廢棄物如不具上述性質，因對環境及人體健康較無危害性，認定屬一般事業廢棄物。

2.事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準（109.02.21 修正公告）

屬有害性事業廢棄物範疇之石綿及其製品廢棄物，其處理方式應符合設施標準第 20 條第 15 款之規定：經潤濕處理，再以厚度萬分之六十公分以上之塑膠袋雙層盛裝，開口綁緊後袋口反折再綑綁一次後，置於堅固之容器中，或採具有防止飛散措施之固化法處理。

3.應以網路傳輸方式申報廢棄物之產出、貯存、清除、處理、再利用、輸出及輸入情形之事業（107.11.27 修正公告）

依廢棄物清理法第 31 條規定，屬環保署公告「應以網路傳輸方式申報廢棄物之產出、貯存、清除、處理、再利用、輸出及輸入情形之事業」，即應依環保署公告「以網路傳輸方式申報廢棄物之產出、貯存、清除、處理、再利用、輸出及輸入情形之申報格式、項目、內容及頻率」規定，向直轄市、縣（市）主管機關申報事業廢棄物之產出、貯存情形及清理流向等資料；若非屬前開指定公告應以網路申報之事業所產生之廢棄物，應由公民營廢棄物清除處理機構申報營運紀錄。

4.相關罰則

屬有害事業廢棄物之石綿及其製品廢棄物，其貯存、清除、處理如違反規定，依廢棄物清理法第 53 條處新臺幣 6 萬元以上 1000 萬元以下罰鍰。

5.建築物拆除後含石綿廢棄物清理作業指引（108.01.09 公告）

環保署於 108.1.9 訂定建築物拆除後含石綿廢棄物清理作業指引，以協助拆除與清除業者瞭解對拆除後含石綿建材廢棄物貯存、清除及處理過程，並提供相關機關輔導清除處理流程時之參考。

二、建築管理規定

內政部營建署主管包括建築物含石綿之拆除規定與拆除機構管理，包含建築物公共安全檢查簽證及申報辦法、建築物室內裝修管理辦法、建築物拆除施工規範等。

（一）建築物公共安全檢查申報相關書表格式（107.2.21 修正公告）

內政部 107 年 12 月 26 日台內營字第 1070820935 號令修正建築物公共安全檢查申報相關書表格式，自 108.1.1 生效。

- 1.內政部為逐步建立使用石綿建材之建築物資料庫，修正「建築物防火避難設施與設備安全檢查申報書」增加「建築物疑似石綿建材標示表」，納入建築物公共安全檢查申報項目。
- 2.應填具之對象為民國 95 年以前興建、裝修或未領有建造執照之建築物，由專業機構或專業人員檢視建築物實際現況，記錄 7 項（波形石綿瓦、屋面覆蓋油毛氈、波形石綿浪板、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂版、梁柱噴塗式防火披覆材、石綿地磚）可能含石綿成分之建材種類、數量及位置。
- 3.應由防火避難設施類或設備安全類之建築物公共安全檢查專業檢查機構或專業人員簽證，並配合修正建築物公共安全檢查簽證及申報辦法、建築物防火避難設施及設備安全標準檢查簽證項目表，如表 2.1-4。

表 2.1-4、建築物防火避難設施及設備安全標準檢查簽證項目表

項次	檢查項目	備註
(一) 防火避難設施類	1.防火區劃	一、辦理建築物防火避難設施及設備安全標準檢查之各檢查項目，應按實際現況用途檢查簽證及申報。 二、供 H-2 組別集合住宅使用之建築物，依本表規定之檢查項目為直通樓梯、安全梯、避難層出入口、昇降設備、避雷設備及緊急供電系統。
	2.非防火區劃分間牆	
	3.內部裝修材料	
	4.避難層出入口	
	5.避難層以外樓層出入口	
	6.走廊（室內通路）	
	7.直通樓梯	
	8.安全梯	
	9.屋頂避難平臺	
	10.緊急進口	
	11.疑似石綿建材標示	
(二) 設備安全類	1.昇降設備	
	2.避雷設備	
	3.緊急供電系統	
	4.特殊供電	
	5.空調風管	
	6.燃氣設備	

（資料來源：內政部營建署，建築物公共安全檢查申報相關書表格式。民國 109 年 10 月，取自：<https://www.cpami.gov.tw/政府資訊公開/主動公開資訊/中央法規/法規查詢/30-建築管理篇/33454-建築物公共安全檢查申報相關書表格式.html>）

(二) 建築物室內裝修管理辦法相關書表格式 (108.6.17 修正公告)

內政部 107 年 12 月 6 日台內營字第 1070815905 號令修正「建築物室內裝修管理辦法相關書表格式」之「(E1-1) 建築物室內裝修圖說審查表」、「(E1-5) 建築物室內裝修簽證表」及「(E1-9) 拆除物有無含石綿報告書」。

- 1.修正建築物室內裝修圖說審查表 E1-1，於審查項目圖說部分增加拆除物有無含石綿報告書（及不含石綿檢驗證明文件），針對民國九十五年以前興建、裝修或未領有建造執照之建築物，如含有波形石綿瓦、屋面覆蓋油毛氈、波形石綿浪板、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂板、梁柱噴塗式防火披覆材、石綿地磚等可能含石綿材料者，或經建築物公共安全檢查申報具疑似石綿建材者，應將相關建材逐項送驗或提出相關證明，確認是否含有石綿材料，未送驗者視同含有石綿材料，並檢附拆除物有無含石綿報告書（及不含石綿檢驗證明）。
- 2.修正建築物室內裝修簽證表 E1-5，簽證項目增加拆除物有無含石綿報告書（及不含石綿檢驗證明）。
- 3.新增建築物室內裝修拆除物有無含石綿報告書 E1-9。

(三) 建築物拆除施工規範(107.12.10 修正)

內政部為強化既有建築物含石綿建材拆除及安全防護處理之管理，於 107 年 12 月 10 日台內營字第 1070816462 號令修正，自 108 年 1 月 1 日生效，其修正重點內容說明如下：

- 1.建築物拆除施工規範資料送審規定如下：

(1) 施工計畫書：

施工前承攬營造業應分別依建築物拆除施工方式擬具拆除工程施工計畫書，並經相關主管機關備查後始可施工。

施工計畫書內容應包含下列項目：工程概述、準備工作、防護設備、拆除作業、拆除物源頭分類、交通維持、安全衛生管理、環境保護、緊急應變等計畫，與需留於原地之各項建築物或設施之保護及損傷修補措施及承攬契約所規定之事項：

- A.工程概述：包含工程名稱、業主單位、監督單位、承攬營造業、工程地點、工程規模概述、契約工期、拆除物內容概述。
- B.準備工作計畫：包含申請書、建築物之權利證明文件或其他證明、工程圖樣、基地環境調查、拆除建築物本身及基地四周環境進行調查，依據調查結果選定施工方法及機具。
- C.防護設備計畫：包含安全圍籬、臨時支撐、鷹架、防塵帆布網、安全防護措施及設備。
- D.拆除作業計畫（包含地上及地下構造物之拆除作業）：包含工法與促使廢棄物減量及提升再利用價值之程序。
- E.拆除物源頭分類計畫：包含於主結構體破壞前，將可再使用和可再利用材料或構件進行拆解，並規劃適當之拆除物堆置區域。

中華民國九十五年十二月三十一日以前興建、裝修或未領有建造執照之建築物，含有波形石綿瓦、屋面覆蓋油毛氈、波形石綿浪板、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂板、梁柱噴塗式防火披覆材或石綿地磚等可能含石綿成分之材料，或經建築物公共安全檢查申報具疑似石綿成分之材料者，應檢附拆除物有無含石綿報告書如附表。上開報告書載明上開材料不含石綿成分（含石綿物質重

量未達百分之一），並應提出檢驗或相關證明文件，未送驗或無相關證明文件者，應依本規範拆除石綿材料相關規定辦理。

F.交通維持計畫：承攬營造業應配合工程施工計畫，擬定交通維持計畫。

G.安全衛生管理計畫：包含勞工及工地之安全防護措施，並應提供必要之人身保險。

H.環境保護計畫：包含水污染防治、空氣污染防制、噪音和振動管制。

I.緊急應變計畫：包含緊急應變組織及應變程序。

2.建築物室內裝修涉材料拆除者，應進行拆除物源頭分類，並準用本規範第五點至第十一點、第十二點第四款及第五款、第十三點至第十五點、第十六點第一款及第三款規定。如涉有石綿材料之拆除，直轄市、縣（市）主管建築機關發給許可文件時，應通知當地勞動檢查機構及環保機關配合監督查核。

三、勞工相關規定

勞動部主管職場暴露評估，包括勞工健康檢查、作業環境測定、危害預防及職業病補償機制等，訂定石綿建材拆除作危害預防指引（107.9.28修正公告）。

勞動部為使相關業者於實施石綿建材拆除作業時，有相關可參考之採取措施，以維護工作者健康，爰參考國內外相關作法及法令規定訂定本指引為行政指導，提供雇主危害預防之參考，於中華民國 107.09.28 勞職授第 10702044201 號函訂定，其重點說明如下：

（一）適用對象：建築及營造相關產業、室內裝修工程、廢棄物清除、處理業、修船和拆船等涉及石綿建材拆除之業者。

（二）實施拆除作業時應注意事項

含石綿等建材之建築物等，若在良好的狀況下，不會釋出石綿纖維而浮游於空氣中，但因維修保養或修理改造之需要，從事石綿等之拆除作業時，即可能造成石綿纖維飛散，而危害到工作者之健康。因此拆除石綿等板材時，宜儘可能避免進行破碎、切割、研磨或鑽孔，並保持外形良好，以免石綿纖維粉塵飛揚。

（三）從事含石綿等建材之建築物等拆除作業應採取之措施

雇主使勞工進行建築物等拆除作業時，必須事前就該建築物等之建材是否含石綿等進行調查，以辨識可能之危害。經調查結果確認有使用含石綿等建材時，在勞工暴露於石綿粉塵危害之預防措施上，必須採取職業安全衛生設施規則及特定化學物質危害預防標準等規範之各種危害控制措施。石綿之危害預防可透過工程控制，行政管理和個人防護裝備來完成，工程控制包括消除、隔離、密閉來源、局部排氣，如建築物牆面、天花板等之含石綿等噴塗式防火披覆材因損傷、劣化等而有粉塵飛散，可採取清除、以藥劑固定或以其他建材包覆隔離等措施；行政管理包括安全作業程序、輪班、縮短暴露時間、勞工教育訓練，並提供盥洗設施；個人防護裝備包括配戴呼吸防護具及穿著適當的防護裝備。另依勞工作業場所容許暴露標準規定，石綿粉塵屬於第三種粉塵，其 8 小時日時量平均容許濃度為 0.15f/cc，而美國職業安全衛生署（OSHA）規定，30 分鐘之暴露值不可超過 1f/cc。從事石綿等作業之作業場所應訂定作業環境監測計畫，定期實施監測，以確保勞工之危害暴露低於標準值。

四、經濟部標準檢驗局相關規定

經濟部標準檢驗局自民國 95 年起，陸續廢止所有石綿產品標準共 41 種、制修訂 12 種建築材料等國家標準規定不得含石綿，並制定石綿檢驗法標準 3 種，本研究彙整 CNS 15546「建築材料中石綿含量試驗法」及 CNS 13970「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料石綿含量試驗法」重點內容

如下：

(一) CNS 15546「建築材料中石綿含量試驗法」(101.5.23 公布)

CNS 15546「建築材料中石綿含量試驗法」係以 X 光繞射裝置及相位差顯微鏡，量測建材製品中石綿含量，進行交互比對確認是否含有石綿，須兩種方法檢測皆符合無檢出石綿的情況才可判定為「無含有石綿」，若僅有一種判定無石綿，則需再次分析，若檢測結果有石綿，則判定為「含有石綿」。再以 X 光繞射分析方法進行石綿定量分析，計算石綿的含量，其極限值可達 0.1%。

量測建材製品之對象有耐火包覆材料（噴塗材料等），以蛭石為原料之噴塗材料，內裝材料（成形板）、地磚、外裝材料（成形板、水泥砂漿）、屋頂材料、煙囪材料、保溫材料、紡織品（織物），密封材料，伸縮接頭等。

不適用於可能含有石綿之天然礦物及使用此天然礦物生產之製品（不包含以蛭石為原料製造之噴塗材料）。

(二) CNS 13970「鋼骨構造用噴附式防火被覆材料石綿含量試驗法」(86.11.29 公布)

CNS 13970「鋼骨構造用噴附式火被覆材料石綿含量試驗法」係規定直接噴附鋼骨構照表面之防火披覆材料石綿含量試驗之方法，該試驗法對石綿纖維的定義為長度與直徑比大於 3：1，且具有石綿之光學性者；鑑定樣品中是否含有石綿，首先是以低倍率立體顯微鏡檢查樣品中纖維分佈狀況，然後利用偏光顯微鏡鑑定可疑之纖維，從其纖維的消光性、延長性符號及中央光阻色散染色等光學特性可做石綿種類的測定，其測定範圍為 1~100%石綿纖維。

五、教育部相關規定

教育部於中華民國 98 年 6 月 29 日教育部台國（一）字第 0980111014A 號函頒布高中職及國中小校舍結構耐震能力補強設計作業規範，並於中華

民國 108 年 7 月 17 日教育部國民及學前教育署臺教國署國字第 1080078570 號函修正，第四條作業規範細則，第六項發包文件，第 3 款，新增含石綿相關規定：

倘補強工程之拆除物疑似含有石綿材料，應規劃後續處理辦法

- (1) 有關石綿材料，乙方應參考內政部營建署「建築物疑似石綿建材標示表」。
- (2) 乙方應提醒監造廠商督促施工廠商應依內政部營建署「建築物拆除施工規範」、勞動部「石綿建材拆除作業危害預防指引」及行政院環保署「建築物拆除後含石綿廢棄物清理作業指引」等規定辦理。
- (3) 乙方應編列檢測及處理石綿建材之相關經費。

第二節 國外潛在含石綿建材既有建築物之診斷評估相關資料

目前國際有關建築物含石綿建材診斷評估相關文獻及研究極為少數，本研究整理相關文獻如下：

- 一、日本石綿協會於 2005 年出版「既存建築物における石綿使用の事前診断監理指針」，其章節內容為總則、基本事項、含石綿建材的初步調查及調查方法、含石綿建材的適用性和診斷方法、拆除/翻新注意事項等。
- 二、日本国土交通省於 2008 年出版「目で見るアスベスト建材の第二版」，其內容編列建築物中含石綿建材位置及圖例，以幫助拆除工人輕鬆辨識建材是否含有石綿，並進行適當處理。
- 三、日本財團法人日本建築中心於 2018 年出版「既存建築物の吹付けアスベスト粉じん飛散防止処理技術指針・同解説 2018」，其指南介紹應用於既有建築物內噴塗式防火披覆材之調查、診斷方法的基本事項，為噴塗式防火披覆材的適當防止飛散處理做出貢獻。
- 四、韓國環境部訂定石綿安全管理法於 2019 年 11 月 26 日修正公告(2020 年 5 月 27 日實施)，分為 8 章節，共 49 條，其立法目的是為安全管理石綿，防止石綿對公眾健康造成損害，並使公眾能夠在健康舒適的環境中生活。

五、越南總理於 2014 年 8 月 22 日批准第 1469/QĐ-TTg 號公告有關至 2020 年及 2030 年越南建築材料的發展方向及總體規劃。

六、愛爾蘭健康與安全管理局（Health and Safety Authority）於 2013 年出版「含石綿材料之工作場合-含石綿材料管理及減量實用指南（Asbestos-containing Materials（ACMs） in Workplaces - Practical Guidelines on ACM Management and Abatement）」，其指南目的為提供廣泛指導相關人員以預防因吸入石綿纖維造成職業病，包含建築物所有人、工作場所雇主、建築師、石綿清除人員、維修人員等，其重點章節內容包含石綿和含石綿材料的風險、含石綿材料的風險評估、管理含石綿材料、石綿調查等。

七、葡萄牙職業安全衛生學會（Portuguese Society of Occupational Safety and Hygiene）於 2012 年出版「《職業安全與衛生》-SHO2012（Occupational Safety and Hygiene - SHO2012）」，其章節《建築安全與健康：石綿》（Safety and Health in Construction: Asbestos）內文收錄含石綿建築工程、風險評估、清除石綿設備選擇、石綿清除技術等。

八、英國健康與安全行政委員會(Health and Safety Executive)於 2012 年出版「石綿調查指南」，其章節主要為擬備石綿調查報告、風險評估及含石綿建材損害評估等。

綜上國際有關建築物含石綿建材診斷評估相關文獻及研究可知，建築物含石綿建材著重現場調查流程、劣化評估、施工作業防護措施等。

壹、調查流程相關文獻

一、既有建築物中使用石綿的初步診斷管理指南

日本石綿協會於 2005 年出版「既有建築物中使用石綿的初步診斷管理指南（既存建築物における石綿使用の事前診断監理指針）」，其章節內容為總則、基本事項、含石綿建材的初步調查及調查方法、含石綿建材的適用性和診斷方法、拆除/翻新注意事項等，重點說明如下：

（一）含石綿建材的初步調查及調查方法

1.通用調查方法

建築物包括（1）一般住宅、（2）公寓、（3）學校/幼兒園/保育園/醫院、（4）大廈、（5）特殊建築物、（6）與交通有關的建築物、（7）工廠等，含石綿建築材料的使用也因用途而異，但通用的調查方法如下：

- A.用於建築物的建築材料具有使用目的，且取決於建築物，需要防火性、耐久性及耐候性。含石綿的建築材料之所以用於這些目的，是因為它們具有優異的不燃性、耐久性及耐候性，並且無論建築物的類型皆能使用。
- B.對於使用含石綿的建築材料而言，建造年份非常重要。然而，含石綿的建築材料可能會因石綿類型而異，不同時期所含之石綿種類不同，並且在製造含石綿建築材料的同時，其他廠商亦可能製造不含石綿的建築材料，因此有必要特別留意。
- C.如果不清楚是否為含石綿的建築材料，則應採樣並分析樣品。

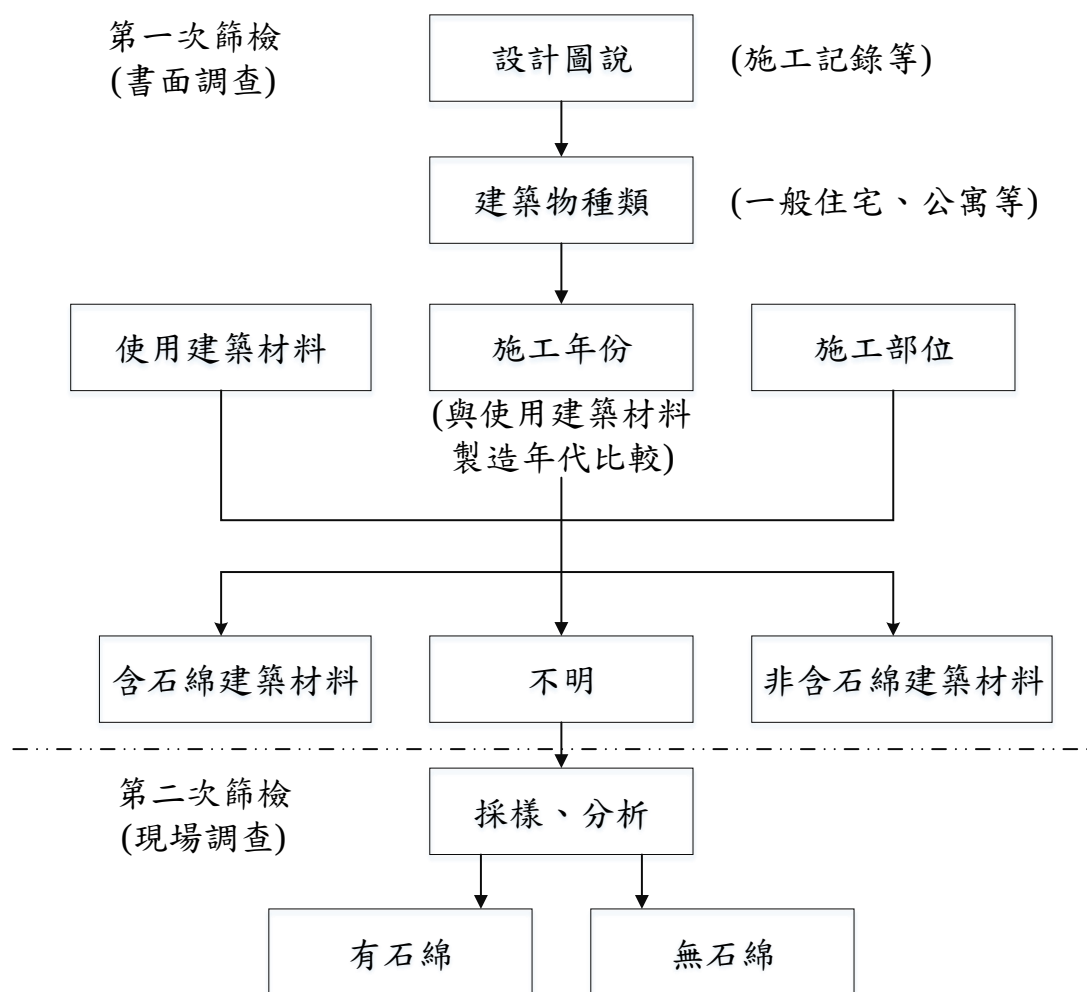


圖 2.2-1、含石綿建材的調查流程

(資料來源：日本石綿協會(2005)既有建築物中使用石綿的初步診斷管理指南)

2.不同類別建築物初步調查中要注意的要點

- (1) 一般住家為一層或兩層的房屋：石綿建材主要用於內部和外部，尤其可能使用水循環設備。
- (2) 公寓為舊式公寓或社區大樓等：使用含石綿建築材料的主要目的是作為鋼骨的防火披覆材、作為內部和外部防火建築材料，用於隔熱、吸音和裝飾。
- (3) 學校、幼兒園、保育園、醫院：使用含石綿建築材料的主要目的是作為鋼骨的防火披覆材、作為內部和外部防火建築材料，用於隔熱、吸音和裝飾。

- (4) 大廈：為商業建築物、私人建築物或政府建築物等，使用含石綿建築材料的主要目的是作為鋼骨的防火披覆材、作為內部和外部防火建築材料，用於隔熱、吸音和裝飾。
- (5) 特殊建築物：為劇院、電影院、大廳、百貨商店、遊樂場等，使用含石綿建築材料的主要目的是作為鋼骨的防火披覆材、作為內部和外部防火建築材料，用於隔熱、吸音和裝飾。
- (6) 與交通有關的建築物：為車站建築物、飛機場和卡車停車場等，使用含石綿建築材料的主要目的是作為鋼骨的防火披覆材、作為內部和外部防火建築材料，用於隔熱、吸音和裝飾。
- (7) 工廠：使用含石綿建築材料的主要目的是作為鋼骨的防火披覆材、作為內部和外部防火建築材料，用於隔熱、吸音和裝飾；對於工廠辦公室等建築物，請參閱關於大廈或特殊建築物的部分。
- (8) 其他：立體停車場、體育館等，使用含石綿建築材料的主要目的是作為鋼骨的防火披覆材、作為內部和外部防火建築材料。
- (9) 工作機器、設備：在工廠和鍋爐等工作的機器和設備中，含石綿的工業產品用於密封和隔熱，而含石綿的隔熱材料用於使設備主體和管道維持溫度。

3.設計圖說調查

使用設計圖說進行調查是首要的篩選工作，即使設計圖說上的產品名稱是包含石綿的建築材料的產品名稱，該產品也不一定用於實際建築中，因此基本上希望進行現場調查。

4.現場初步調查

如果設計圖說調查不足，則將在現場進行初步調查，除了含

石綿的建築材料外，石膏板的辨別是初步調查的重點。另外，如果不清楚其是否為含石綿建築材料，則有必要採樣並分析石綿的存在與否。

(1) 如何判定石膏板

石膏板與含石綿的建築材料之間的近似差異如下，且這些差異可用於判定石膏板。

A. 石膏板是以硫酸鈣為主要成分的板材，在含石綿的建築材料中幾乎沒有以硫（或硫酸鹽）為主要成分的產品。

B. 石膏板的表面可能會用紙，因此請拿掉部分表面並檢查是否易燃。

(2) 採樣方法

A. 收集噴塗式防火披覆材

1996 年 3 月 29 日，厚生勞動省公告第 188 號“建築物噴塗式防火披覆材的石綿含量評估方法”中介紹了採樣含石綿噴霧材料的方法。收集樣品時，請戴防塵面具：

(A) 就建築物的防火構造而言，應使用一次性手套等從三個或更多位置取樣。尤其是在體育館等建築物的一層建築面積為 3000 m² 或更大的建築物的情況下，應每 600 m² 取樣一次。

(B) 收集的樣品量必須為 9cm³ (3cm x 3cm x 1cm) 或更大。

(C) 以一層為單位收集的樣品在同一容器中（容積為 50 毫升或以上之帶拉鍊的塑料袋或帶蓋的容器），輸入樣品編號、採樣日期、建築物名稱，採樣位置等。

B.收集噴塗式防火披覆材以外的樣品

在拆除或翻新的前提下進行抽樣的情況下，收集樣品時，請戴防塵面具：

- (A) 在建築物的內部/外部材料的建築表面上，使用軟木極桿或切割器從三個或更多位置收集樣品。
- (B) 作為指導，一個地方的收集面積應為 100 cm^2 （例如 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ ）。
- (C) 以一層為單位收集的樣品在同一容器中（容積為 200 毫升或以上之帶拉鍊的塑料袋或帶蓋的容器），輸入樣品編號、採樣日期、建築物名稱，採樣位置等。

當將來將現有建築物繼續使用時，在調查是否使用含石綿的建築材料時，將通過以下方法收集樣本：

- (A) 樣品將從疑似建築中使用含石綿的建築材料的部位採集，並且不損害建築的美觀。（例如：在檢查門的後面、牆或天花板的邊緣）
- (B) 樣品收集面積應為 100 cm^2 （例如 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ ）或更大。
- (C) 以一層為單位收集的樣品在同一容器中（容積為 50 毫升或以上之帶拉鍊的塑料袋或帶蓋的容器），輸入樣品編號、採樣日期、建築物名稱，採樣位置等。

(3) 採樣點修復方法

為了拆除/翻新，可以將採樣區域保持原樣，但是如果石綿粉塵可能會飛散，則必須使用粉塵飛散處理劑等來抑制粉塵飛散。另外，如果從將來將繼續使用現有建築物的位置採集樣本，並且從美學的角度考慮需要維修，則維修

將在以下條件下進行：

A.使用不含石綿的材料進行維修

B.在用於維修材料和現有建築材料的粘合劑成分中，應盡可能避免甲醛和 VOC（揮發性有機化合物）

（二）加工含石綿建築材料的可能性和診斷方法

在含石綿的建築材料中，需要進行去除工法及包覆工法等處理的建築材料為噴塗式防火披覆材、含石綿的防火塗層板，第 2 型矽酸鈣板、根據情況而定的斷熱材也同樣需要診斷。對於除此以外的含石綿建築材料，不必診斷是否可以加工，在拆除/修理時必須注意。

1.含石綿的噴塗式防火披覆材

是否加工含石綿的噴塗式防火披覆材的診斷和診斷方法應基於建築中心的公佈。要點如下：

診斷是否要處理含石綿的噴塗式防火披覆材和診斷方法應基於建築中心發布的「在既有建築物上噴防止石綿粉塵的預防技術」：

（1）根據含石綿的噴塗式防火披覆材是否變質或損壞，來確定執行「保養」還是執行「處理」。

A.保養

如果含石綿的噴塗式防火披覆材沒有變化，則結構狀況良好，在沒有人與機器的接觸的狀況下，請嘗試維護。建議每年至少檢查一次，在某些情況下，建議在施工現場測量石綿粉塵的濃度。

B.處理

在以下情況下，必須執行「處理」：

(A) 發現劣化或損壞時

(B) 當人/機器可能與含石綿的噴塗式防火披覆材層接觸時（特別是，如果所使用的石綿是褐石綿或青石綿，則必須進行某些處理）

(2) 含石綿的噴塗式防火披覆材防止飛散處理工法的選擇

防止含石綿的噴塗式防火披覆材飛散的方法包括 A. 去除工法、B. 固化工法、C. 包圍工法，詳如表 2.2-1。作為防止含石綿的噴塗式防火披覆材飛散的方法，基本上希望使用去除工法，但因施工成本、施工時間等。可能需要使用固化工法或包圍工法。

表 2.2-1、防止含石綿的梁柱噴塗式防火披覆材飛散方法的特點

工法	去除工法	固化工法	包圍工法
概要	一種從施作面完全清除現有含石綿的噴塗式防火披覆層的方法	使現有的含石綿的噴塗式防火披覆材保持原樣，並用化學物質浸漬噴塗式防火披覆層或噴塗式防火披覆成膜材料等，可以完全除去表面層或噴塗式防火披覆層。是一種包覆或固定以防止石綿粉塵飛散到使用空間中的方法	使現有的含石綿的噴塗式防火披覆材保持原樣，將噴塗式防火披覆層完全被板材覆蓋，因此不會暴露在使用空間中。

（資料來源：日本石綿協會於（2005）既有建築物中使用石綿的初步診斷管理指南）

2. 含石綿的防火披覆材、第二型矽酸鈣板、斷熱材，保溫材

含石綿的防火披覆材、第二型矽酸鈣板、斷熱材及保溫材，基本容積密度小於 0.5g/cm^3 ，並且相對較脆。應根據上述含石綿的防火披覆材的加工可用性的診斷和診斷方法。

3.含石綿的模壓板

含石綿模壓板的拆除或裝修，將根據國土交通省的「建築翻新工程監督指南，第 2 卷（2002 年版）」執行，在裝修之前，有必要事先檢查是否包含石綿成分。

4.石綿工業產品

除上述以外的石綿工業產品無需進行是否可以加工之診斷，因此必須檢查它們是否包含石綿成分，並且在更換時要注意石綿粉塵的飛散，這一點很重要。

二、石綿安全管理法

韓國環境部於 2019 年 11 月 26 日修正公告石綿安全管理法，於 2020 年 5 月 27 日強制實施，共 8 章節(49 條)，分別為第 1 章總則、第 2 章石綿管理基本計劃等、第 3 章含石綿製品的管理、第 4 章天然石綿管理、第 5 章建築物石綿管理、第 6 章石綿拆除工作場所周圍環境管理、第 7 章附則、第 8 章罰則，重點說明如下：

第 21 條 (建築物石綿調查)

一、總統令規定的建築物所有者，根據《幼兒教育法》第 7 條規定的幼兒園和《基礎教育和中等教育法》第 2 條規定的學校而言，是指學校建築物所有者。根據《建築法》第 22 條第 2 款於使用許可的批准日期，石綿調查機構應在一年內進行建築物石綿調查，並記錄並保存結果。但是屬於以下任何一項的建築物除外：

- 1.根據《綠色建築物施工補助法》第 16 條被認證為綠色建築的建築物，並已確認未根據總統令規定使用石綿建築材料。
- 2.根據《職業安全與衛生法》第 119 條第 2 款的主體進行過或正在進行石綿調查的建築物；（如果僅對建築物的一部分進行調查，則僅為一部分）以及根據同一的規定可省略石綿調查的建築物。

3.屬於總統令規定原因的建築物，例如該建築物或建築物中使用的材料很明顯不含石綿。

二、石綿調查機構在對建築物進行石綿調查時，石綿調查機構應依據《職業安全與衛生法》第 119 條第（5）款對建築物進行石綿調查的方法。

三、記錄和保存建築物石綿調查結果所需的事項，應根據環境部規定執行。

第 22 條（依據建築物石綿調查的結果採取的措施）

一、建築物所有者應在建築物石綿調查完成後的一個月內將建築物石綿調查結果提交給特別自治市長、特別自治省長、市長、縣長和區長（就學校而言是指校長或教育主管）在這種情況下，若建築物所有者使用超過規定標準的石綿建材，應在準備好建築物石綿地圖後，將其標明用於建築物的石綿建材的位置、面積和狀況，並提交給石綿調查機構，必須依據環境部規定通知建築人員，例如租客、管理人員以及建築物的受讓人。

二、根據第一款的下半部分為建築物準備石綿地圖的石綿調查機構，應遵守環境部規定建築物石綿地圖製作標準和方法。

三、石綿建築物所有者應遵守總統令規定的石綿建築物管理標準，以防止石綿對人體的傷害。但是，總統令規定的場所，例如定期僱用工人的工作場所，應受《職業安全與衛生法》的約束。

四、特別自治市長、特別自治省長、市長、縣長和區長如果承認擔心由於石綿的逸散而對人體造成傷害，可以責令石綿建築物所有者拆除和清除石綿，並應採取其他必要措施以防止石綿逸散。

五、如果根據第四款收到命令的人不遵守該命令，則特別自治市長、特別自治省長、市長、縣長和區長可以命令中止使用該建築物。

六、依照第四和第五款履行命令的石綿建築物的所有者，應根據環境部規定，向特別自治市長、特別自治省長、市長、縣長和區長報告該命令

的執行情況。特別自治市長、特別自治省長、市長、縣長和區長應立即請有關公職人員檢查命令的執行情況。

七、如果根據第五款收到暫停使用命令的石綿建築物的所有者打算再次使用該建築物，則依據第四款執行命令，必須將必要實施計畫提交給特別自治市長、特別自治省長、市長、縣長和區長批准。

八、提交建築石綿調查結果的時間和方法，根據第七款應包含在實施計劃中的事項以及批准程序之類的必要事項，應根據環境部的條例執行。

第 23 條（指定石綿建築物安全管理人員）

一、石綿建築物的所有者應指定至少一名人員，有關建築物的使用者或管理者作為石綿建築物安全管理人員，並將其報告特別自治市長、特別自治省長、市長、縣長和區長。更換石綿建築物安全管理人員時，同樣適用。

二、石綿建築物安全管理人員應遵守環境部對石綿建築安全管理的規定。

三、石綿建築物安全管理人員的指定標準、指定和變更的期限，申報方法等必要事項，由環境部決定。

第 24 條（對石綿建築物安全管理人員的教育）

一、石綿建築安全管理人員應按照環境部條例的規定，接受由環境大臣進行的石綿安全管理培訓（在學校等情況下指教育大臣，以下在本條中也適用）。但是，這不適用於已收到總統令規定的石綿安全管理的情況，例如根據《職業安全與衛生法》第 29 條第 1 款或第 32 條第 1 款的主要文本進行的安全和健康教育。

二、環境部長可根據第一款向相關石綿建築的所有者收取全部或部分教育費用。

三、根據《總統令》的規定，環境部長可將第一款所述的教育委託給相關的專門機構。

四、根據第一款進行石綿安全管理教育的時間，頻率和時間以及根據第二款收取教育費用等必要事項，應根據環境部的條例確定。

第 25 條(波形石綿浪板的石綿調查等)

一、環境部長根據環境部的規定，對於總統令所規定的設施（例如使用波形石綿浪板的設施），有關中央行政機構的負責人或地方政府的負責人可以對石綿的實際使用狀況和對人體的危害進行調查。

二、環境部長，有關中央行政機關的負責人或地方政府的負責人應負責所有根據第（1）款對設施中使用的石綿進行拆除，拆除，處理以及由於拆除，拆除和處置而對設施進行的改善而產生的所有費用。一些可以得到支持。

第 26 條(波形石綿浪板加工的特殊情況)

任何打算拆除、移除、收集、運輸、存儲或加工，依據第 25 條第（1）款使用在設施中的波形石綿浪板的人，均應遵守《職業安全與衛生法》第 119、120 和 123 條以及《廢棄物管理法》的第 13 條。但可以依據總統令的規定拆除、移除、收集、運輸、存儲或加工。

三、含石綿建材發展方向

越南總理於 2014 年 8 月 22 日批准第 1469/QĐ-TTg 號公告有關至 2020 年及 2030 年越南建築材料的發展方向及總體規劃，發展觀點為在經濟有效利用自然資源和環境保護的基礎上，發展建築材料的生產，以實現穩定並持續發展，且滿足國內需求並參與出口等，重點說明如下：

（一）至 2020 年的建築材料發展方向及總體規劃：

1.總設計能力：纖維水泥屋頂工廠的總設計能力現在約為每年 1 億平方公尺。

2.規劃目標：嚴禁使用角閃石石綿纖維（褐石綿、青石綿）生產屋頂板。

3.投資方向：從現在到 2020 年新的投資和對纖維水泥屋頂生產線的擴建方面的投資，使全國的總設計能力約為每年 1.06 億平方米。不再投資或擴建使用蛇紋石(白石綿)的設施，逐步改變使用白石綿替代纖維的方式。

(二) 2020 年至 2030 年的建築材料發展方向及總體規劃：制定逐步減少計畫，以逐步減少至終止在生產屋頂材料時使用白石綿纖維。

貳、目視判定相關文獻

一、目視石綿建築材料第二版

日本國土交通省於 2008 年出版「（目視石綿材料第二版）目で見るアスベスト建材の第二版」，其內容編列建築物中含石綿建材位置及圖例(表 2.2-2)，以幫助拆除工人輕鬆辨識建材是否含有石綿，並進行適當處理，重點說明如下：

從 1970 年代末到 1980 年代末進口的大部分石綿已廣泛用於建築物中作為建築材料，但是隨著這些建築物的使用壽命減少，預計拆除及維修工作的數量將會增加。在建築物的拆除工作中，重要的是要遵守石綿危害預防規則及其他相關法律，以採取適當措施。本文是為了幫助在建築工地的作業人員能輕鬆識別石綿的存在與否並適當地進行處理，以防止石綿的飛散及暴露。

表 2.2-2、調查案例疑似石綿建材圖像彙整表

石綿建材	疑似石綿建材參考圖示
波形石綿瓦	
波形石綿浪板	

石綿建材	疑似石綿建材參考圖示		
石綿水泥煙囪			
石膏板或氧化鎂板			
梁柱噴塗式防火披覆材			
石綿地磚			

(資料來源：日本國土交通省(2008)目で見るアスベスト建材の第二版)

叁、劣化判定相關文獻

一、既有建築物石綿噴塗式防火披覆材粉塵飛散防治技術指南

日本財團法人日本建築中心於 2018 年出版「既有建築物石綿噴塗式防火披覆材粉塵飛散防治技術指南（既存建築物の吹付けアスベスト粉じん飛散防止処理技術指針・同解説 2018）」，其指南介紹應用於既有建築物內噴塗式防火披覆材之調查、診斷方法的基本事項，重點說明如下：

在現場調查中，根據調查計劃，要注意與書面調查所獲得的信息有所不同，應盡可能對現有建築物的內部和外部進行徹底調查，並記錄使用石綿噴塗式防火披覆材等的使用部位、類型、劣化程度等。

（一）現場調查的必要性

在既有建築物中，竣工時設計圖說記載的項目可能與實際建築材料有所不同，並且設計圖說的記錄及存儲、竣工後的維修歷史記錄可能不足。請務必進行現場調查以識別並記錄是否含石綿噴塗式防火披覆材及該位置的變質狀態。在現場調查中，除了一般的走廊、倉庫及房間外，還應從檢查口等檢查天花板、牆壁、電氣系統和設備管道通過的管道等的內部。

（二）現場調查流程

1.既有建築物外部調查

在進入要測量的現有建築物之前，應確認並記錄現有建築物的內容，例如結構、樓層、煙囪、有或沒有緊急樓梯的既有建築物的組成、地基等。

2.既有建築物內部調查

樓梯間、電梯、管井和其他硬孔區域將與每個樓層的每個客廳分開進行調查。將與現有建築物的所有權人或管理人設計圖說中未描述的維修歷史和管理狀態進行面談。

3.劣化程度判定

4.採樣

(三) 現場調查注意事項

1.容易忽略的地方，需要注意的地方

進行實地調查時，要特別注意不要忽略石綿噴塗式防火披覆材。

2.飛散預防和安全措施

在天花板檢查口中，石綿噴塗式防火披覆材等可能會從天花板後面的樑和板材上剝落，並堆積在板材上。檢查天花板檢查口的內部時，請慢慢打開檢查口，並通過間隙檢查內部，以確保沒有堆積物。如果有堆積物，請在檢查口正下方的地板上安裝一片塑膠層等，並在用高性能真空吸塵器清潔檢查口的背面後將其打開。在調查工作中，請務必穿著適當的安全防護服和防護設備，並採取措施防止跌落、跌倒、墜落和觸電等職業事故。在確認安全之前，請勿在可能存在缺氧或有毒氣體暴露的區域內進行調查。

(四) 劣化程度判定

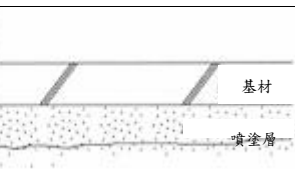
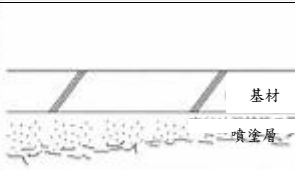
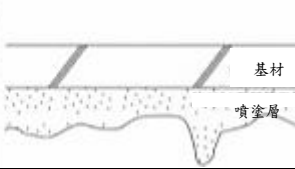
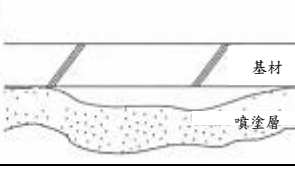
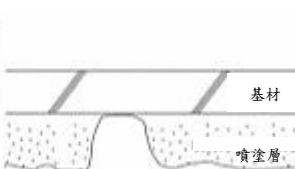
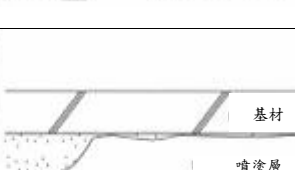
像其他建築材料一樣，石綿噴塗式防火披覆材等可能會因老化而變質，並且由於材料本身的變質或對基材的粘附性降低而可能散落。在考慮採取措施防止石綿噴塗式防火披覆材時，劣化判定是標準之一。如果判斷產品屬於劣化類別(表 2.2-3 及表 2.2-4)，則不要在防止飛散的措施中選擇維護和保養，而應立即採取清除之類的防止飛散的措施。

表 2.2-3、劣化程度判定基準

分類	基準
無劣化	在施工現場，例如噴塗式防火披覆材，幾乎未觀察到損壞或起毛，包括局部或少量人造划痕和凹痕的情況。
輕微劣化	表面變質，並且層的表面起毛。存在因人為或外部衝擊而造成的局部損壞，已確認有多個缺陷的局部損壞，以及由於某些原因（例如漏水或冷凝）而導致某種程度的局部劣化。
劣化	在整個施工現場都觀察到了某種程度的破裂、下垂、表面浮起、剝落、深層損壞和缺陷。

（資料來源：日本財團法人日本建築中心（2018）既存建築物の吹付けアスベスト粉じん飛散防止処理技術指針・同解説 2018））

表 2.2-4、石綿噴塗式防火披覆材劣化狀態及種類

劣化狀態	圖片		定義/主要原因
表面起毛			由於噴塗的石綿表面層中粘合劑的變質，石綿纖維變得蓬鬆。
纖維斷裂			從“蓬鬆”的程度進一步惡化，並且表層或表層下的纖維鬆弛並變粗糙。
垂落			噴塗的石綿的一部分已經變質，並由於外力而向下垂下。
基材和噴塗層之間漂浮或剝落			噴塗的石綿與基材的粘合性降低，導致噴塗的石綿與基材之間出現縫隙或分離。
噴塗層局部破損或缺陷			由於人工或老化，在諸如噴霧的石綿之類的層表面上，各層本身之間或各基底之間會出現局部凹痕，剝落或剝落。
噴塗層破損或缺陷			由於人為或暫時的變化，壓痕，剝落或幾乎在整個建築表面上發生的剝落。

（資料來源：日本財團法人日本建築中心（2018）既存建築物の吹付けアスベスト粉じん飛散防止処理技術指針・同解説 2018））

肆、風險評估相關文獻

一、含石綿材料之工作場合-含石綿材料管理及減量實用指南

愛爾蘭健康與安全管理局於 2013 年出版「含石綿材料之工作場合-含石綿材料管理及減量實用指南（Asbestos-containing Materials (ACMs) in Workplaces - Practical Guidelines on ACM Management and Abatement)」，其指南目的為提供廣泛指導相關人員以預防因吸入石綿纖維造成職業病，包含建築物所有人、工作場所雇主、建築師、石綿清除人員、維修人員等，其重點章節內容包含石綿和含石綿材料的風險、含石綿材料的風險評估、管理含石綿材料、石綿調查等，重點說明如下：

風險評估是《2005 年法案》和《石綿條例》的關鍵要求。雇主必須在進行任何維護、維修、拆除或翻新工程之前，識別並評估現場的所有石綿建材，並且必須進行書面風險評估。風險評估必須由合格的人員進行，該人員應受過有關工作類型和控制措施的培訓、知識和經驗。

石綿建材風險評估提供以下資訊：

- （一）工作場所雇主應如何管理石綿建材，並作出保留、補救或移除之決策
- （二）客戶及建築設計師決定建設項目內是否需要石綿建材
- （三）石綿承包商制定有關減少石綿建材之相關工作計劃。

石綿建材之風險評估可分為物質評估及優先級評估，兩者評估後各自產生得分數值，將這兩個分數相加即可得出石綿建材整體風險等級，物質評估及優先級評估說明如下：

（一）物質評估

石綿建材之物質評估以下列四個項目評估石綿建材逸散程度：

1. 建材類型，例如：隔熱材料、木板等

2.建材狀況，例如：良好狀況，低、中度或高度破損等

3.表面處理，例如：複合材料、固化工法等

4.石綿類型，例如：青石綿、褐石綿、白石綿等

（二）優先級評估

在進行石綿調查時，合格的檢驗師將依石綿含量、潛在危險及石綿纖維飛散程度提供建議，並為管理決策提供優先評估，例如：拆除、維修或長期管理等等。

石綿建材風險評估是對於拆除、維修或暴露於石綿之工人所提供之調查報告，以防止接觸石綿並建立安全的工作計劃，因此石綿建材風險評估的需具備條件如下：

（一）確保由具有相關工作或受過相關控制措施培訓之合格人員進行風險評估。

（二）確定石綿的類型及建材狀況（即材料評估）。

（三）評估石綿建材暴露程度及預期接觸人數。（例如操作員、居住者、公眾成員及其他承包商等）。

（四）列出並執行將要採取的措施，以防止石綿建材暴露或將暴露程度降至最低，例如：優先評估、呼吸防護設備（RPE）、廢棄物處理及緊急程序等。

（五）考慮對石綿建材暴露進行空氣監測。

（六）使用衛生科學局（HAS）或其他權威來源發布之指南，包括個人防護設備（PPE）供應商或設備供應商的信息。

（七）記錄風險評估之重要發現並永久保留。

（八）與工作場所之僱員或代表進行風險評估之溝通。

(九) 於下列情形時需定期進行風險評估：

1. 評估不正確
2. 現有風險評估不再有效
3. 工作類型改變

二、《職業安全與衛生》-SHO2012-《建築安全與健康：石綿》

葡萄牙職業安全衛生學會於 2012 年出版「《職業安全與衛生》-SHO2012 (Occupational Safety and Hygiene - SHO2012)」，其章節《建築安全與健康：石綿》(Safety and Health in Construction: Asbestos) 內文收錄含石綿建築工程、風險評估、清除石綿設備選擇、石綿清除技術等，重點說明如下：

工作場所若含有石綿建材將導致人體暴露於危險中，因此石綿建材之風險評估將有助於所有者及設計師決定如何處理含石綿之有害建材，並決定承包商是否需向葡萄牙工作條件管理局進行工作通知，且實施必要之措施及設備。

石綿建材風險評估以纖維暴露時間和建材保存狀況最為關鍵，並決定後續採取措施。根據 266/2007 號法令規定每立方厘米含有 0.1 根纖維為工人暴露極限，並持續 8 小時計算其平均值（建築物用戶亦使用相同參考值），圖 2.2-2 為風險評估流程圖及建議程序，同時顯示工人暴露之風險。

根據第 266/2007 號法令第 6 條規定，不能以上述方式測量纖維逸散量，纖維逸散量應於工作活動中進行空氣樣品採樣送至於合格之實驗室，分析方式需採用相差顯微鏡以使測量結果更可靠。

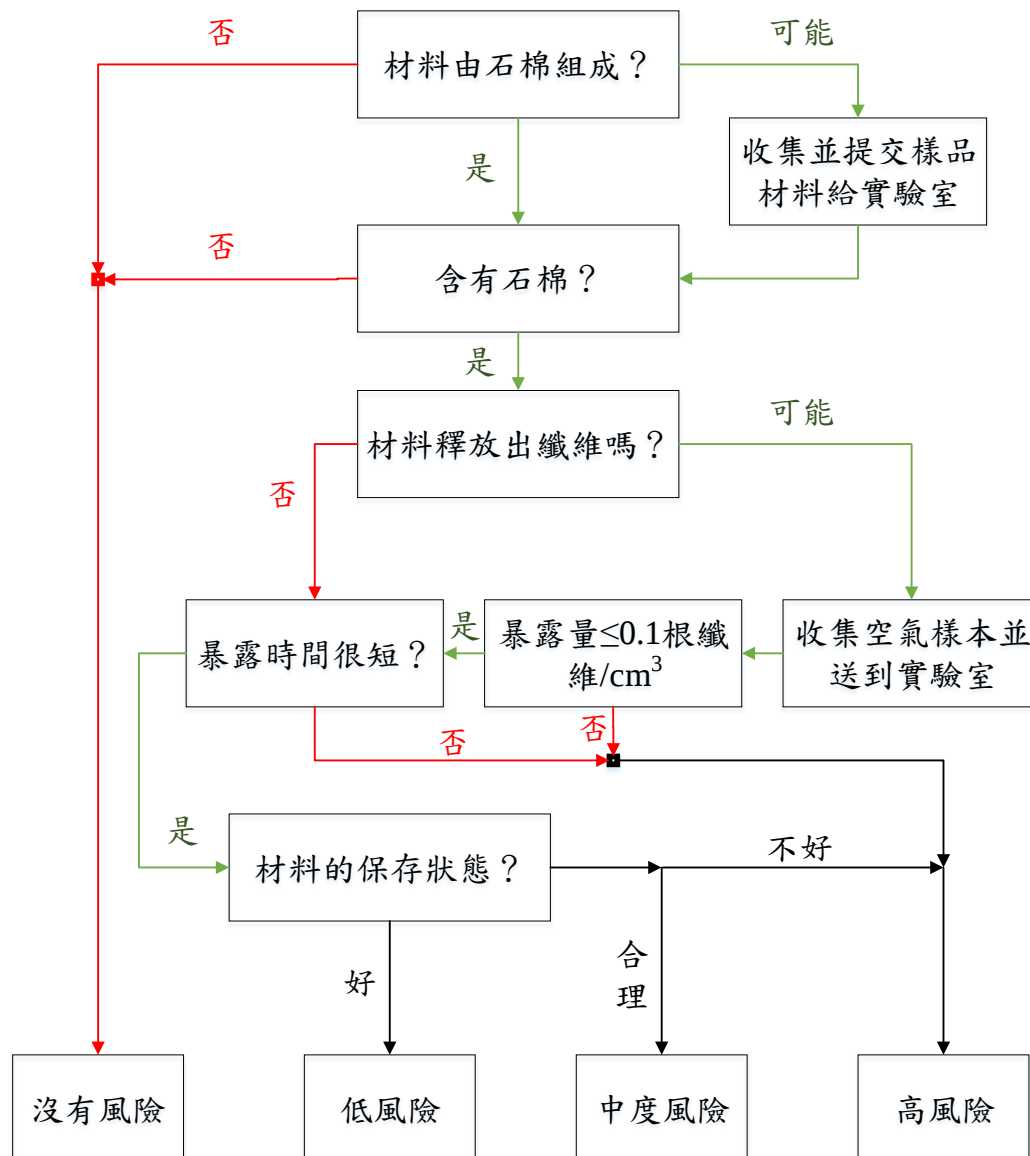


圖 2.2-2、石棉風險評估流程圖

(資料來源：葡萄牙職業安全衛生學會於 (2012) Occupational Safety and Hygiene - SH02 012 《Safety and Health in Construction: Asbestos》)

三、石棉調查指南

英國健康與安全行政委員會(Health and Safety Executive)於 2012 年出版「石棉調查指南」(Asbestos: The survey guide)」，其章節主要為擬備石棉調查報告、風險評估及含石棉建材損壞評估等，重點說明如下：

(一)石棉建材損壞評估

石棉建材壞害評估管理調查，應包括評估各種石棉建材的狀況

及其釋放石綿纖維的能力。石綿建材壞害標準化評估算法，基於一個簡單的加法算法，可用於數值評估纖維的潛力發布。石綿建材壞害標準化評估算法並非旨在計算效力或石綿建材之間的纖維釋放/潛在危險。但是，它確實使石綿建材成為以簡單的數字順序排列，並評估是否進行拆除或是後續防護之依據。

(二)石綿建材壞害評估算法

石綿建材壞害評估過程中，影響石綿纖維的主要因素評定分數，然後可以將其加在一起以獲得石綿建材壞害評估等級。決定纖維量的四個主要參數受到干擾時從石綿建材釋放的因子：

- 1.石綿建材類型。
- 2.損壞或劣化程度。
- 3.表面處理。
- 4.石綿纖維類型。

每個參數的得分在 1 到 3 之間。得分 1 等於纖維釋放的可能性低，2 = 中，3 = 高。兩個參數可以得分也為零（相當於纖維釋放的可能性非常低，分配給四個參數中的每個參數的值相加在一起得出總計分數介於 2 到 12 之間。對假定的或強烈假定的石綿建材進行打分除非有確鑿的證據表明，否則為青石綿（即得分= 3）。評估得分為 10 或更高的材料被評為具有較高的如果受到干擾，可能會釋放出纖維。分數介於 7 和 9 之間風險中等，介於 5 到 6 之間的風險較低。分數 4 或更少具有釋放石綿纖維的極低潛力，評分範例如表 2.2-5 所示。

表 2.2-5、英國石綿建材劣化評估標表

項目	分數	評分說明
石綿建材類型	1	石綿增強複合材料（塑膠，樹脂，膠泥，屋頂氈，乙烯基地地板磚，半硬油漆或裝飾面漆，石綿水泥等）
	2	壓榨板，其他低密度絕緣板，石綿紡織品，墊片，繩索和機織紡織品，石綿紙和氈。
	3	絕熱層（例如管道和鍋爐的滯後物），噴塗的石綿，鬆散的石綿，石綿床墊和填料
損壞/劣化的程度	0	狀況良好：無明顯損壞
	1	低度損壞：一些划痕或表面痕跡，木板，瓷磚上的折斷邊緣等
	2	中度損壞：材料嚴重破裂或材料存在的幾個小區域被破壞，露出鬆散的石綿纖維
	3	高度損壞：材料，噴霧劑和隔熱材料的損壞或分層嚴重，可見石綿碎片
表面處理	0	材料表面已用樹脂、磚材等材料處理
	1	材料表面已用保護劑處理
	2	材料表面保護劑已損壞
	3	材料表面未使用保護劑處理
石綿纖維類型	1	白石綿
	2	角閃石綿
	3	青石綿
總計		

分數	釋放石綿纖維的分險
10 或 10 分以上	高
7 至 9	中
5 至 6	低
4 分或 4 分以下	非常低

（資料來源：英國健康與安全行政委員會(2012)Asbestos: The survey guide）

第三章 針對潛在含石綿建材既有建築物進行個案調查及分析

內政部於 108 年 1 月 2 日內授營建管字第 1080800031 號函調查各機關管理之建築物有無使用可能含石綿成分建築材料（波形石綿瓦、屋面覆蓋油毛氈、波形石綿浪板、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂板、梁柱噴塗式防火披覆材、石綿地磚），本研究將從調查結果（表 3-1、表 3-2）中挑選 6 件案例，進行含石綿建材既有建築物進行個案調查及分析，資料庫潛在案例以公共工程為對象，篩選興建年份較早、潛在 2 種以上含石綿建材、目前暫無人使用者為調查目標，現場將拍照目視判斷其損壞程度與可能飛散等級及風險，經現場採樣後送實驗室分析其成分後，研判是否為含石綿建材之既有建築物。

一、調查國內既有建築物含石綿建材案例來源及篩選原則

內政部於 108 年 1 月 2 日內授營建管字第 1080800031 號發函（圖 3-1）調查各機關管理之建築物有無使用可能含石綿成分建築材料（波形石綿瓦、屋面覆蓋油毛氈、波形石綿浪板、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂板、梁柱噴塗式防火披覆材、石綿地磚），公有建築物可能含石綿成分建材清查結果（表 3-1 及表 3-2），本研究將從內政部調查結果中挑選 6 件，進行含石綿建材既有建築物進行個案調查及分析，篩選原則如下：

- （一）公有及民間建築物興建年份較早，且含 2 種以上可能含石綿建材。
- （二）建築物使用梁柱噴塗式防火披覆材
- （三）供公眾使用之公有建築物
- （四）建築物室內使用石膏板或氧化鎂板
- （五）建築物室外使用波形石綿浪板

二、現場調查作業

本研究團隊將參照內政部「建築物含石綿成分建材體檢手冊」及建築

物疑似石綿建材標示表（表 3-3）之內容，研擬既有建築物含石綿建材現況基礎調查表，作為既有建築物含石綿建材案例進行現況基礎調查表，並邀請 1 位專家同行，進行建築物石綿存在位置、面積、類型、損壞或惡化情形、檢測方法及拆除廢棄處理成本估算。

三、石綿噴塗材損壞及惡化程度的判斷

如果石綿噴塗材暴露、損壞或變質，含有的石綿可能會散落在大氣中，因此是否採取必要的措施，具體取決於損壞程度及惡化的程度。在現場目視檢查噴塗材的狀況以確定損壞或變質的程度：

（一）目視判斷方法

檢查噴塗材的表面，是否符合任何類型的損壞或惡化。如地下室的暗處，使用手電筒等。此外，在高處或不穩定的地方，必要時戴頭盔並採兩個以上人員一起工作。

（二）損壞，惡化程度和飛散風險

噴塗材的損壞程度，惡化程度和石綿飛散的風險分類如下：

1. 沒有飛散的危險：在噴塗表面上沒有發現表面粗糙、浮起、損壞、缺陷時。
2. 飛散的風險很小：局部損壞或缺陷並且未擴大，周圍牢固地固定在表面上。
3. 飛散的風險很高：噴塗表面上整體粗糙（絨毛、纖維斷裂、纖維下垂等）
4. 飛散的風險極高：

（1）噴塗材與基材鬆散

（2）頻繁看到掉落的噴塗材碎屑

（3）噴塗表面整體損壞或缺陷

四、既有建築物含石綿建材現況基礎調查損壞及惡化程度的判斷

- (一) 材料名稱編號：A：波形石綿瓦、B：屋面覆蓋油毛氈、C：波形石綿浪板、D：石綿水泥煙囪、E：石膏板或氧化鎂板、F：梁柱噴塗式防火披覆材、G：石綿地磚。
- (二) 飛散等級：第一級：石綿飛散性明顯很高、第二級：石綿飛散性高、第三級：石綿飛散性相較低。
- (三) 劣化程度：程度一：飛散的風險極高（材料與基材鬆散、頻繁看到掉落的材料碎屑、表面整體損壞或缺陷）、程度二：飛散性很高（表面粗糙、絨毛、纖維斷裂、纖維下垂等）、程度三：飛散的風險很小（局部損壞或缺陷並且未擴大，周圍牢固地固定在表面上）、程度四：飛散的風險極小（在表面上沒有發現表面粗糙、浮起、損壞、缺陷）。

表 3-1、公有建築物可能含石綿成分建材清查結果

項目 統計量	公有建築物可能含石綿成分建材項目及數量						
	1. 波形石綿瓦	2. 屋面覆蓋油毛氈	3. 波形石綿浪板	4. 石綿水泥煙囪	5. 石膏板或氧化鎂板	6. 梁柱噴塗式防火披覆材	7. 石綿地磚
項目數量 (m ²)	38,650	40,205	88,491	2	1,402,143	499,575	30,679
建築物數 (棟)	139	79	316	1	1,423	63	22

(資料來源：108 年第 2 季「含石綿建材建物跨部會管理及石綿危害宣導」會議資料)

表 3-2、公有建築物可能含石綿建材之棟數清查結果

具 1 項可能含石綿建材之建築物棟數	1,854
具 2 項可能含石綿建材之建築物棟數	78
具 3 項可能含石綿建材之建築物棟數	11
可能含石綿建材之建築物棟數合計	1,943

(資料來源：108 年第 2 季「含石綿建材建物跨部會管理及石綿危害宣導」會議資料)

抄本	檔 號： 保存年限：
	內政部 函
發文日期：中華民國108年1月2日 發文字號：內授營建管字第1080800031號 連別：普通件 密等及解密條件或保密期限： 附件：如文	機關地址：10556臺北市松山區 八德路2段342號(營 建署) 聯絡人：劉奇岳 聯絡電話：02-87712793 電子郵件：liuu@cpami.gov.tw 傳真：02-87712709
	受文者：如行文單位
主旨：檢送「可能含石綿建材之公有建築物統計表」1份，請查 填貴管及所屬機關所管理之建築物有無使用可能含石綿成 分建築材料(波形石綿瓦、屋面覆蓋油毛氈、波形石綿浪 板、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂板、梁柱噴塗式防火 披覆材、石綿地磚)，於文到二個月內函復，請查照。	說明：
	一、依據立法委員林靜儀108年度中央政府總預算案提案(附件 1)及行政院環境保護署107年12月13日環署授化字第 1070016974號函(附件2)辦理。 二、石綿由微米大小的纖維束組成，具有絕緣、絕熱、隔音、 耐高溫、耐酸鹼、耐腐蝕和耐磨等特性，早期大量使用並 無限制。近年，世界衛生組織和國際癌症研究署已將石綿 列入一級致癌物質，我國行政院環境保護署於民國78年將 石綿公告為列管的毒性化學物質，本部於92年修正建築技 術規則建築設計施工編刪除石綿製品，經濟部自95年起陸 續修正相關國家標準，訂有不得含石綿成分之板材，並列
第 1 頁 共 2 頁	

圖 3-1、內政部調查各機關管理之建築物含石綿建材之函文

表 3-3、建築物疑似石綿建材標示表

F 2 - 5

建築物疑似石綿建材標示表

年度 檢查申報案	檢查日期	年 月 日
-------------	------	-------

檢查登記號碼：

共 頁，第 頁

各項目之位置、數量及範圍標示		
波形石綿瓦		數量： m^2 kg 位置及範圍描述：
屋面覆蓋油毛氈		數量： m^2 kg 位置及範圍描述：
波形石綿浪板		數量： m^2 kg 位置及範圍描述：
石綿水泥煙囪		數量： m^2 kg 位置及範圍描述：

建築物疑似石綿建材標示表（續頁）

F 2-5

年度 檢查申報案	檢查日期	年 月 日
-------------	------	-------

檢查登記號碼：

共 頁，第 頁

各項目之位置、數量及範圍標示		
石膏板或氧化鎂板		數量： m ² kg 位置及範圍描述：
梁柱噴塗式防火披覆材		數量： m ² kg 位置及範圍描述：
石綿地磚		數量： m ² kg 位置及範圍描述：
檢查人簽證		圖 號
(簽章)		

備註：1.本報告書適用於建造執照日期為中華民國九十五年以前興建、裝修或未領有建造執照之建築物。

2.本報告書所定有含石綿成分，為含石綿物質重量百分之一以上者。

3.內政部 107.12.26 台內營字第 1070820935 號令修正，自 108.1.1 生效

（資料來源：內政部營建署，建築物公共安全檢查申報相關書表格式。民國 109 年 6 月，取自：
<https://www.cpami.gov.tw/政府資訊公開/主動公開資訊/中央法規/法規查詢/30-建築管理篇/33454-建築物公共安全檢查申報相關書表格式.html>）

五、現場調查結果

針對國內既有建築物含石綿建材案例進行個案調查，本研究團隊於 109 年 4 月 21 日完成基隆市 1 件及臺北市 1 件、109 年 4 月 28 日完成臺南市 2 件、109 年 5 月 8 日完成臺中市 2 件，共計 6 件案例現況基礎調查。

(一) 基隆市現場調查結果

本研究團隊於 109 年 4 月 21 日完成基隆市 1 件既有建築物含石綿建材案例進行個案調查（表 3-4）。

表 3-4、基隆市 1 件既有建築物含石綿建材案例資料

案例	建造執照年份	可能含石綿成分建材項目及數量 (m ²)						
		1.波形石綿瓦	2.屋面覆蓋油毛氈	3.波形石綿浪板	4.石綿水泥煙囪	5.石膏板或氧化鎂板	6.梁柱噴塗式防火披覆材	7.石綿地磚
A	68					6,367	4,000	

（資料來源：108 年第 2 季「含石綿建材建物跨部會管理及石綿危害宣導」會議資料）

1.A 案例

A 案例興建於民國 68 年，主要可能含石綿成分建材項目為石膏板或氧化鎂板及梁柱噴塗式防火披覆材，其中石膏板或氧化鎂板，面積為 6,367 平方公尺，分布於○○大樓天花板，經中國醫藥大學郭錦堂教授，初步現場判定非屬含石綿之石膏板或氧化鎂板；另梁柱噴塗式防火披覆材（樣品編號 A-1），面積為 4,000 平方公尺，分布於○○舊大樓天花板夾層，經定性試驗結果為未含石綿纖維，如圖 4.1-2 所示。

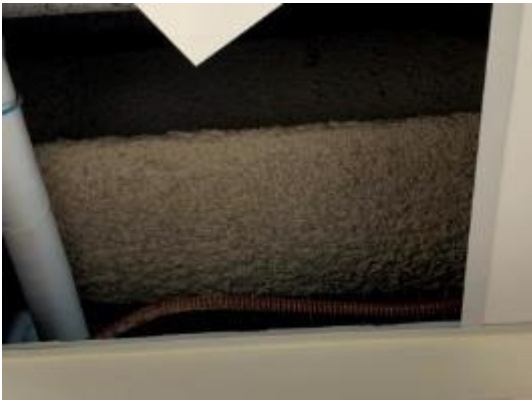
	
石膏板或氧化鎂板	梁柱噴塗式防火披覆材(A-1)
	
梁柱噴塗式防火披覆材(A-1)採樣情形	梁柱噴塗式防火披覆材(A-1)樣品

圖 3-2、A 案例現場調查情形

(資料來源：本研究彙整)

(二) 臺北市現場調查結果

本研究團隊於 109 年 4 月 21 日完成臺北市 1 件既有建築物含石綿建材案例進行個案調查(表 3-5)。

表 3-5、臺北市 1 件既有建築物含石綿建材案例資料

案例	建造執照年份	可能含石綿成分建材項目及數量 (m ²)						
		1.波形石綿瓦	2.屋面覆蓋油毛氈	3.波形石綿浪板	4.石綿水泥煙囪	5.石膏板或氧化鎂板	6.梁柱噴塗式防火披覆材	7.石綿地磚
B	62-75		2054.28			2131.84		

(資料來源：108 年第 2 季「含石綿建材建物跨部會管理及石綿危害宣導」會議資料)

1.B 案例

B 案例興建於民國 62-75 年，主要可能含石綿成分建材項目為屋面覆蓋油毛氈及石膏板或氧化鎂板，其中建築物主管機關表示石膏板或氧化鎂板為新裝修建材未含石綿成分；另屋面覆蓋油毛氈，分布於○○大樓（興建於民國 62 年）頂樓防水層（樣品編號 B-1 及 B-2），面積分別為 264.64 平方公尺及 849.78 平方公尺、△△大樓（興建於民國 75 年）頂樓防水層（樣品編號 B-3），面積為 657.75 平方公尺、◇◇大樓（興建於民國 68 年）頂樓防水層樣品編號（B-4），面積為 282.11 平方公尺，經中國醫藥大學郭錦堂教授檢測，定性試驗結果樣品編號 B-2 為含白石綿纖維，含量為 29.96%，其餘樣品編號 B-1、B-3、B-4 皆未含石綿纖維，如圖 3-3 所示。

	
屋面覆蓋油毛氈(B-1)劣化情形	屋面覆蓋油毛氈(B-1)樣品
	
屋面覆蓋油毛氈(B-2)劣化情形	屋面覆蓋油毛氈(B-2)樣品

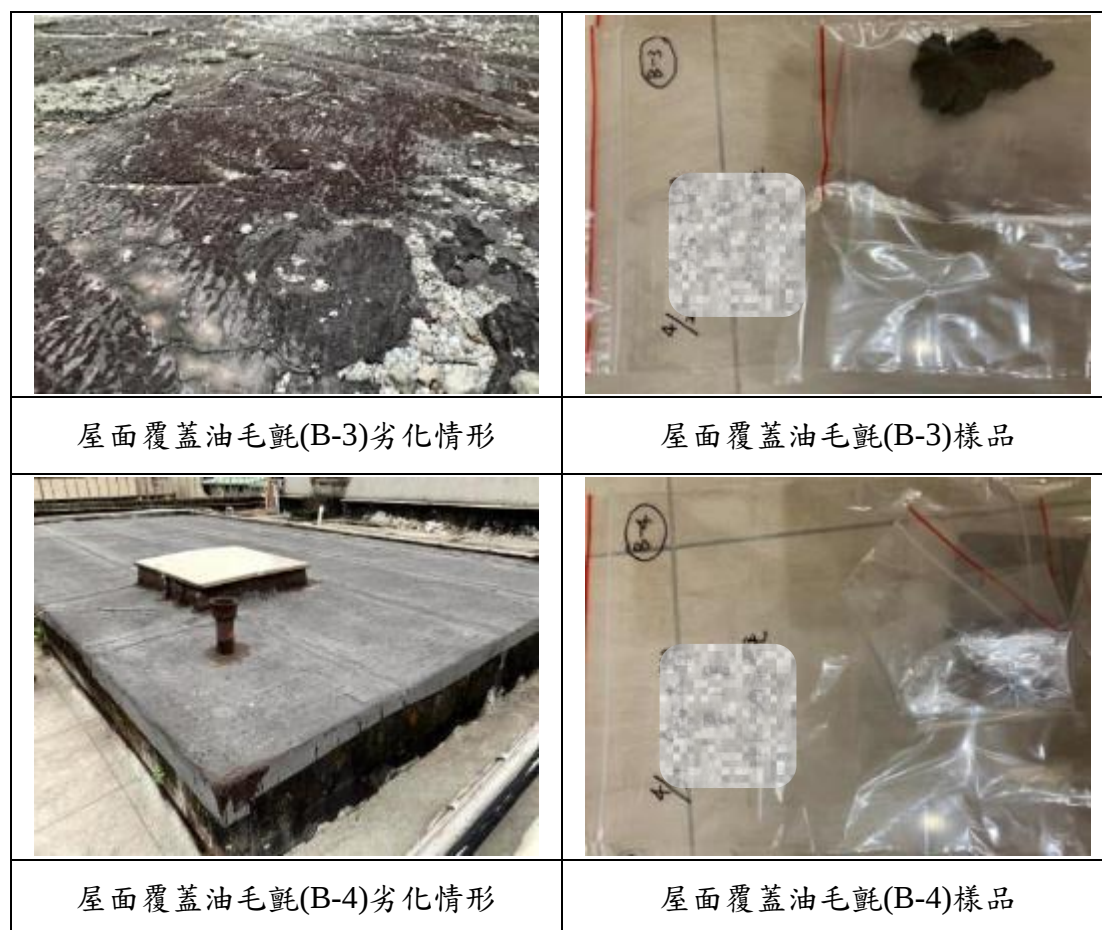


圖 3-3、B 案例現場調查情形

(資料來源：本研究彙整)

(三) 臺南市現場調查結果

本研究團隊於 109 年 4 月 21 日完成臺南市 2 件既有建築物含石綿建材案例進行個案調查 (表 3-6)。

表 3-6、臺南市 2 件既有建築物含石綿建材案例資料

案例	建造執照年份	可能含石綿成分建材項目及數量 (m ²)						
		1.波形石綿瓦	2.屋面覆蓋油毛氈	3.波形石綿浪板	4.石綿水泥煙囪	5.石膏板或氧化鎂板	6.梁柱噴塗式防火披覆材	7.石綿地磚
C	無					6,161	9,280	
D	64-75	9,230						

(資料來源：108 年第 2 季「含石綿建材建物跨部會管理及石綿危害宣導」會議資料)

1.C 案例

C 案例主要可能含石綿成分建材項目為石膏板或氧化鎂板及梁柱噴塗式防火披覆材，其中梁柱噴塗式防火披覆材（樣品編號 C-1），面積為 9,280 平方公尺，分布於○○大樓通風管道、石膏板或氧化鎂板，面積為 6,161 平方公尺，建築物主管機關表示近年室內裝修時已更換板材，裝修前使用之板材目前存放於儲藏室（樣品編號 C-2）；現行使用於○○大樓 2 樓走廊天花板之板材（樣品編號 C-3），經中國醫藥大學郭錦堂教授檢測，定性試驗結果為皆未含石綿纖維，如圖 3-4 所示。

	
梁柱噴塗式防火披覆材(C-1)採樣情形	梁柱噴塗式防火披覆材(C-1)樣品
	
石膏板或氧化鎂板(C-2)現場判定情形	石膏板或氧化鎂板(C-2)樣品

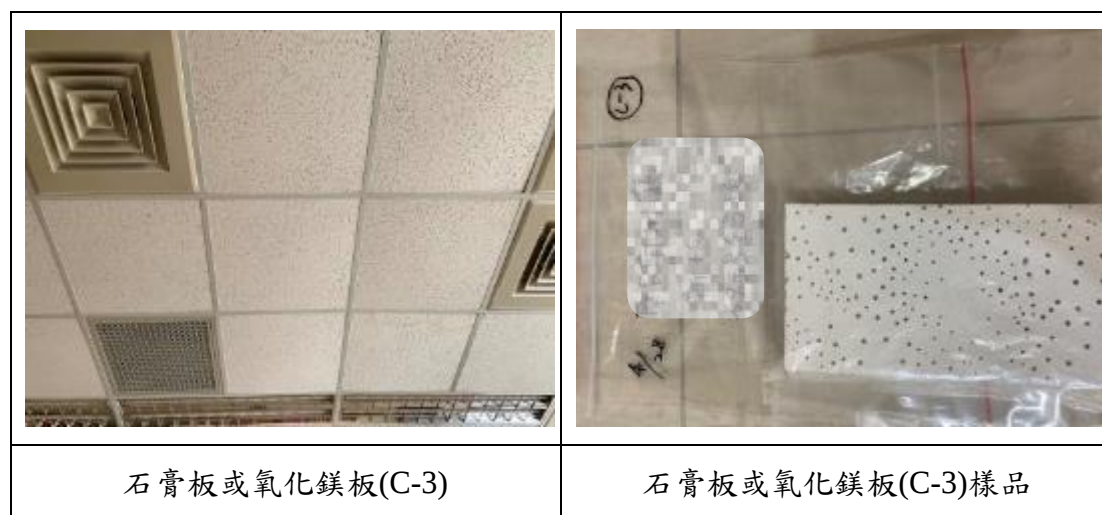


圖 3-4、C 案例現場調查情形

(資料來源：本研究彙整)

2.D 案例

D 案例興建於民國 64-75 年，主要可能含波形石綿浪板（波形石綿瓦）及水塔隔熱材，該案例共申報 7 件建築物可能含波形石綿浪板（波形石綿瓦），分布於 I 建築物（興建於民國 69 年）外牆牆面，面積為 1,080 平方公尺、II 建築物（興建於民國 75 年）外牆牆面，面積為 250 平方公尺、III 建築物外牆牆面，面積為 500 平方公尺、IV 建築物（興建於民國 64 年）外牆牆面，面積為 6,500 平方公尺、V 建築物外牆牆面，面積為 180 平方公尺、VI 建築物外牆牆面，面積為 520 平方公尺、VII 建築物外牆牆面，面積為 200 平方公尺，另 VI 建築物旁有一廢棄水塔，鐵皮剝落，裸露隔熱材，本案例挑選 I 建築物外牆牆面之波形石綿浪板（樣品編號 D-1）及 V 建築物外牆牆面之波形石綿浪板（樣品編號 D-2）及水塔隔熱材（樣品編號 D-3）進行採樣，並經中國醫藥大學郭錦堂教授檢測，定性試驗結果樣品編號 D-1 為含白石綿纖維，含量為 12.87%；樣品編號 D-2 為含白石綿纖維，含量為 8.25%；樣品編號 D-3 為含褐石綿纖維，含量為 8.67%，如圖 3-5 所示。

	
I 建築物波形石綿浪板(D-1)	波形石綿浪板(D-1)樣品
	
III 建築物波形石綿浪板	IV 建築物波形石綿浪板
	
V 建築物波形石綿浪板(D-2)	波形石綿浪板(D-2)樣品
	
VI 建築物波形石綿浪板	VII 建築物波形石綿浪板



圖 3-5、D 案例現場調查情形

(資料來源：本研究彙整)

(四) 臺中市現場調查結果

本研究團隊於 109 年 4 月 21 日完成臺中市 2 件既有建築物含石綿建材案例進行個案調查 (表 3-7)。

表 3-7、臺中市 2 件既有建築物含石綿建材案例資料

案例	建造執照年份	可能含石綿成分建材項目及數量 (m ²)						
		1.波形石綿瓦	2.屋面覆蓋油毛氈	3.波形石綿浪板	4.石綿水泥煙囪	5.石膏板或氧化鎂板	6.梁柱噴塗式防火披覆材	7.石綿地磚
E	無			110	2	14		
F	73						1,267	

(資料來源：108 年第 2 季「含石綿建材建物跨部會管理及石綿危害宣導」會議資料)

1.E 案例

E 案例主要可能含石綿成分建材項目為波形石綿浪板、石綿水泥煙囪及石膏板或氧化鎂板，其中波形石綿浪板 (樣品編號 E-1)，面積為 110 平方公尺，分布於○○攤位天花板；石綿水泥煙囪 1 支，位於△△攤位爐臺，經洽詢建築物主管機關，原申報 2 支為誤繕；石膏板或氧化鎂板，面積為 14 平方公尺，分布於攤位陽臺外側吊頂，經中國醫藥大學郭錦堂教授檢測，定性試驗結果

樣品編號 E-1 為含白石綿纖維，含量為 9.69%，如圖 3-6 所示。

	
波形石綿浪板(E-1)	波形石綿浪板(E-1) 樣品
	
石綿水泥煙囪	石膏板或氧化鎂板

圖 3-6、E 案例現場調查情形

(資料來源：本研究彙整)

2.F 案例

F 案例興建於民國 73 年，主要可能含石綿成分建材項目為梁柱噴塗式防火披覆材，分布於○○大樓地下 1 樓至地上 6 樓梁柱及天花板，本案例挑選 1 樓入口處（樣品編號 F-1）、B1（樣品編號 F-2）及 1 樓出口處梁柱上之梁柱噴塗式防火披覆材（樣品編號 F-3），經定性試驗結果為未含石綿纖維，如圖 3-7 所示。

	
梁柱噴塗式防火披覆材(F-1)劣化情形	梁柱噴塗式防火披覆材(F-1)樣品
	
梁柱噴塗式防火披覆材(F-2)劣化情形	梁柱噴塗式防火披覆材(F-2)樣品
	
梁柱噴塗式防火披覆材(F-3)劣化情形	梁柱噴塗式防火披覆材(F-3)樣品

圖 3-7、F 案例現場調查情形

(資料來源：本研究彙整)

(五) 現場調查樣品檢測分析結果

由中國醫藥大學郭錦堂教授針對 15 件疑似含石綿建材樣品進行定性及定量分析，有 10 件樣品不含石綿纖維，有 4 件樣品含白石綿纖維，1 件樣品含褐石綿纖維。

含白石綿纖維樣品中，1 件建材種類為屋面覆蓋油毛氈，樣品編號 B-2 石綿纖維含量 29.96%；其餘 3 件建材種類為波形石綿浪板，樣品編號 D-1 石綿纖維含量 12.87%；樣品編號 D-2 石綿纖維含量 8.25%；樣品編號 E-1 石綿纖維含量 9.69%；含褐石綿纖維樣品，僅 1 件水塔隔熱材，樣品編號 D-3 石綿纖維含量 8.67%。

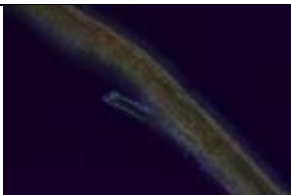
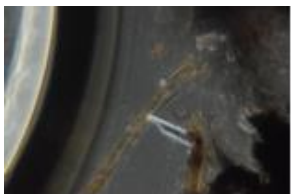
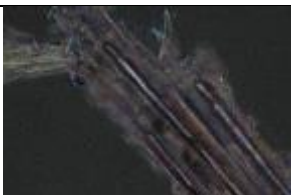
共 15 件樣品定性及定量分析如表 3-8 及表 3-9，調查案例疑似石綿建材圖像彙整如表 3-10，15 件疑似石綿建材樣品檢測完整報告請參閱附錄四。

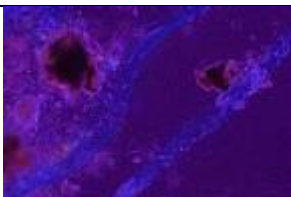
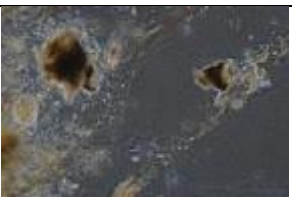
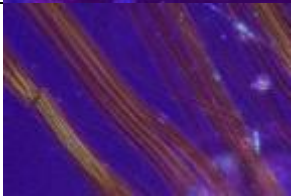
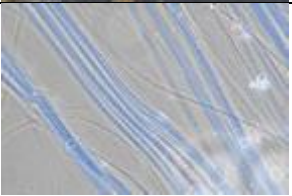
表 3-8、疑似石綿建材樣品定性及定量分析結果

編號	含量 (%)	種類
A-1	ND	未檢出
B-1	ND	未檢出
B-2	29.96	白石綿
B-3	ND	未檢出
B-4	ND	未檢出
C-1	ND	未檢出
C-2	ND	未檢出
C-3	ND	未檢出
D-1	12.87	白石綿
D-2	8.25	白石綿
D-3	8.67	褐石綿
E-1	9.69	白石綿
F-1	ND	未檢出
F-2	ND	未檢出
F-3	ND	未檢出

(資料來源：本研究彙整)

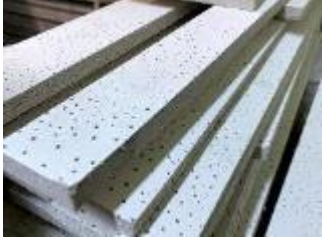
表 3-9、散染色液偏光相位差顯微鏡（PLM）檢測報告

編號	RI	DS-垂直	DS-平行	結果
A-1	1.550			ND
B-1	1.550			ND
B-2	1.550			白石綿.
B-3	1.550			ND
B-4	1.550			ND
C-1	1.550			ND
C-2	1.550			ND
C-3	1.550			ND

編號	RI	DS-垂直	DS-平行	結果
D-1	1.550			白石綿
D-2	1.550			白石綿
D-3	1.550			ND
	1.680			褐石綿
E-1	1.550			白石綿
F-1	1.550			ND
F-2	1.550			ND
F-3	1.550			ND

註：ND 為未檢驗出石綿成份
（資料來源：本研究彙整）

表 3-10、調查案例疑似石綿建材圖像彙整表

石綿建材	疑似石綿建材參考圖示		
屋面覆蓋 油毛氈			
波形石綿 浪板			
石綿水泥 煙囪			
石膏板或 氧化鎂板			
梁柱噴塗 式防火披 覆材			
水塔隔熱 材			

(資料來源：本研究彙整)

第四章 研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程 （草案）

第一節 研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）

109.10.14 版

壹、通則

1.1 目的

為避免既有建築物發生石綿建材劣化造成石綿粉塵逸散情形，提供專業人員於含石綿建材診斷評估調查作業時，進行含石綿建材劣化狀態判定與後續防護工作之建議，特訂定本作業流程。

解說：

提供專業人員針對建築物及居住環境進行含石綿建材初步辨識。在進行初步診斷時，應注意根據建築物使用可能含石綿的建材及用途進行篩選之後，對於疑似的案例，並應收集樣本並進行分析以確定石綿的存在與否。如果發現含有石綿建材，應考慮含石綿建材的種類、劣化程度、建築物的未來處理規劃、及必要採取具體的防護措施等綜合判斷。

1.2 適用範圍

- (1)領有建造執照日期為中華民國 95 年 12 月 31 日以前興建、裝修之建築物。
- (2)中華民國 95 年 12 月 31 日以前興建未領有建造執照之建築物。

解說：

石綿會引起的疾病包含惡性間皮細胞瘤(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及消化系統癌症的風險，目前被世界衛生組織（WHO）列為一級致癌物，對人體有害，內政部營建署 92 年修正建築技

術規則建築設計施工編有關防火安全條文刪除列舉石綿建材之規定，內政部建築研究所 93 年公告綠建材標章通則明訂不得含有石綿，經濟部自 95 年陸續修正相關國家標準，訂有不得含石綿成分之建築板材，並列為應施檢驗商品，採取抽驗之管理措施；但 95 年以前興建、裝修或未領有建築執照之建築物，因隔音、防火及防水等之需求所使用之建材，如波形石綿瓦、波形石綿浪板、石膏板、梁柱噴塗式防火披覆材等均有可能含有石綿，必須妥善予以管理及處理。

1.3 用詞定義

- (1)專業人員：指依建築法第七十七條第三項規定由中央主管建築機關認可，得受託辦理建築物公共安全檢查業務，並依法登記開業之建築師或執業技師。
- (2)含石綿建材：參考有害事業廢棄物認定標準規定，含石綿建材為含石綿物質重量比達百分之一以上者。
- (3)梁柱噴塗式防火披覆材：指以噴塗、塗抹或以其他方式將含石綿披覆材施加到梁柱表面所製成(形成)之表面材料。
- (4)含石綿建材檢驗機構：經財團法人全國認證基金會(TAF)認證具檢驗石綿建材能力之機構。

貳、疑似石綿建材

2.1 疑似石綿建材種類

包括：波形石綿瓦、波形石綿浪板、屋面覆蓋油毛氈、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂板、梁柱噴塗式防火披覆材、石綿地磚等。

解說：

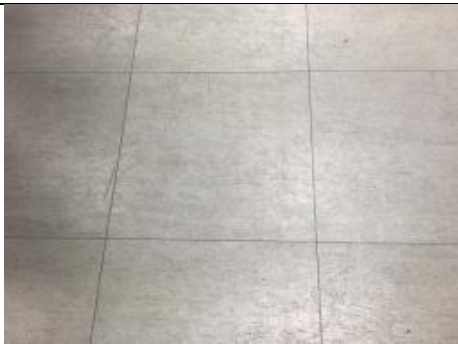
依照內政部「建築物疑似石綿建材標示表」（表 3-3），建築物疑似石綿建材種類如波形石綿瓦、波形石綿浪板、屋面覆蓋油毛氈、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂板、梁柱噴塗式防火披覆材、石綿地磚。

2.2 中華民國 95 年 12 月 31 日以前興建、裝修之建築物，疑似石綿建材可能位置

- (1)屋頂、屋簷、遮雨棚。
- (2)外牆、分間牆、女兒牆。
- (3)煙囪。
- (4)天花板。
- (5)樓板。
- (6)梁、柱。
- (7)樓梯間、升降機間、梯廳、升降機道、排煙室。

解說：

建築物常見疑似石綿建材主要位於建築物之位置（圖 4.1-1）。

	
天花板	梁、柱
	
地板	屋頂及屋簷

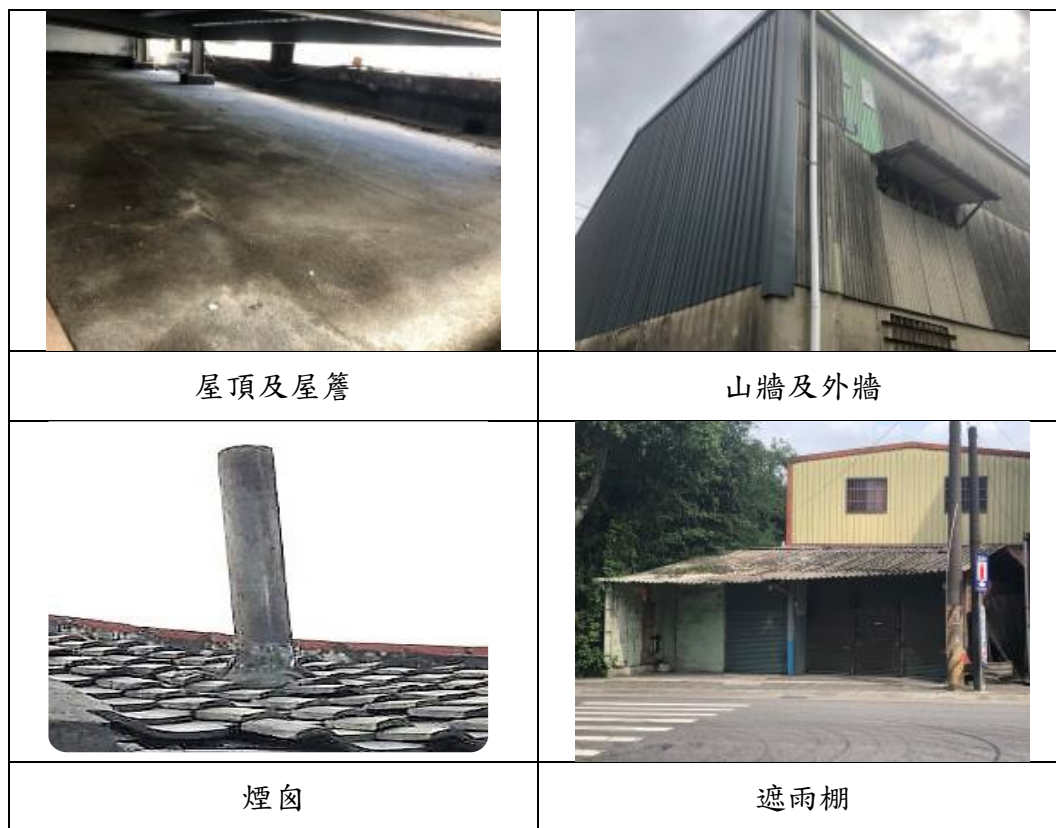
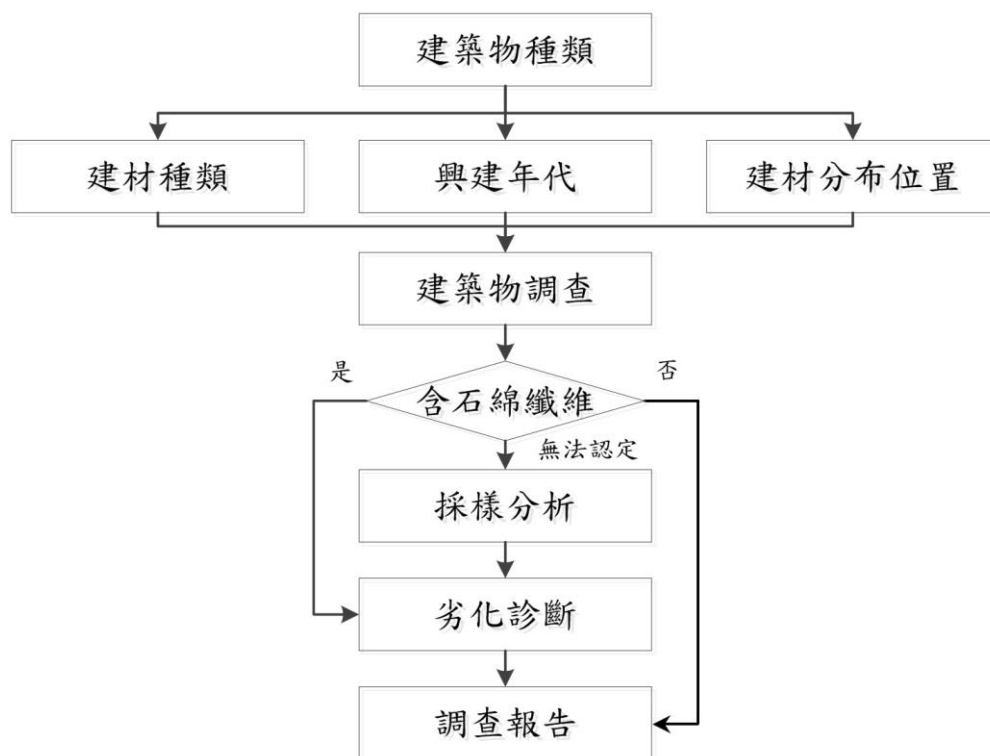


圖 4.1-1、建築常見疑似石綿建材位置

叁、建築物疑似石綿建材調查及診斷評估

3.1 疑似石綿建材調查作業流程



1.現場調查作業準備工作

調查前取得建築物原設計圖說，以及歷次室內裝修圖說，以確認建築物輪廓、結構、興建年代、建材種類、建材分布位置等，以確認現場調查大致流程；若無法取得建築物原設計圖說，以及歷次室內裝修圖說，可與建築物所有權人、物業管理公司、管委會、建商等有關人員了解建築物興建及室內裝修情形，根據上述討論結果，並先行瀏覽建築物外觀、屋頂及地板等，繪製簡單的建築物平面草圖及粗略輪廓。

2.現場調查作業工作

依據建築物圖說或建築物平面草圖，調查者可以從建築物外觀，依序於屋頂、頂層、各樓層及地下層等進行調查，於建築物含石綿建材診斷評估總表（表 4.1-1），填寫調查結果。

表 4.1-1、建築物含石綿建材診斷評估總表

壹、建築物基本資料*註 1

建築物名稱		評估檢查日期	
建築物地址			
興建年度	年	專業人員簽章	
地上樓層數		地下樓層數	
建築物依構造型式分類： ☐ 鋼筋混凝土構造 ☐ 加強磚造 ☐ 鋼構造 ☐ 輕鋼構造 ☐ 木構造 ☐ 磚構造 ☐ 其它：_____			
使用用途： ☐ 住宅 ☐ 辦公 ☐ 商業 ☐ 農業 ☐ 工業 ☐ 其它：_____			

註 1：建築物含石綿建材診斷評估對象為領有建造執照日期為中華民國 95 年 12 月 31 日以前興建、裝修之建築物或中華民國 95 年 12 月 31 日以前興建未領有建造執照之建築物

貳、含石綿建材診斷評估及評分

項次	位置	建材類型 *註 1	石綿類型 *註 2	分數	飛散性 *註 3	分數	劣化度 *註 4	分數	評分(P) *註 5	風險度 *註 6
1					級別____		程度____			程度____
2					級別____		程度____			程度____
3					級別____		程度____			程度____
4					級別____		程度____			程度____
5					級別____		程度____			程度____
6					級別____		程度____			程度____
7					級別____		程度____			程度____
8					級別____		程度____			程度____
9					級別____		程度____			程度____
10					級別____		程度____			程度____

註 1、石綿建材種類包括：波形石綿瓦(A)、波形石綿浪板(B)、屋面覆蓋油毛氈(C)、石綿水泥煙囪(D)、石膏板或氧化鎂板(E)、梁柱噴塗式防火披覆材料(F)、石綿地磚(G)。

註 2、石綿類型：第一型：青石綿(3 分)、第二型：褐石綿(2 分)、第三型：白石綿(1 分)。

註 3、飛散性分類等級：第一級：石綿飛散性明顯很高(3 分)、第二級：石綿飛散性高(2 分)、第三級：石綿飛散性相較低(1 分)。

註 4、劣化度分類：程度一：飛散的風險極高(3 分)、程度二：飛散的風險很高(2 分)、程度三：飛散的風險很低(1 分)。

註 5、評分=石綿纖維類型(分數)、飛散性(分數)、劣化度(分數)分數加總。

註 6、低度風險($1 \leq P \leq 4$)、中度風險($5 \leq P < 7$)、高度風險($8 \leq P \leq 9$)

含石綿建材診斷評分計算

項目	分數	評分說明
石綿纖維類型	1	白石綿
	2	褐石綿
	3	青石綿
飛散性	1	波形石綿瓦、波形石綿浪板、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂板、石綿地磚
	2	屋面覆蓋油毛氈
	3	梁柱噴塗式防火披覆材料
劣化度	0	狀況良好：無明顯損壞
	1	程度三：飛散的風險很低
	2	程度二：飛散的風險很高
	3	程度一：飛散的風險極高

3.疑似石綿建材採樣

(1)疑似石綿建材採樣，應準備個人防護裝備及工具如下列：

- A.安全帽、護目鏡、工作服、防護手套。
- B.拋棄式防塵口罩（美規 N99 或同等級以上），半面體或全面淨氣式呼吸防護具（過濾效果 99.97%以上）。
- C.手電筒，照相機，備用電池。
- D.濕潤劑，膠帶，濕紙巾，麥克筆（油性），夾鏈袋。
- E.錘子，鉗子，刀具，刮刀，螺絲刀。

(2)梁柱噴塗式防火披覆材採樣方法如下列：

- A.使用一次性手套，建議每 600 m²取樣一次。
- B.收集的樣品量必須為 9cm³（3cm x 3cm x 1cm）。
- C.同一樓層蒐集的樣品裝在同一容器中（容積為 50 毫升或以上之帶拉鍊的塑料袋或帶蓋的容器），輸入樣品編號、採樣日期、建築物名稱，採樣位置等。

(3)收集噴塗式防火披覆材以外的樣品

- A.在建築物的內部/外部材料的建築表面上，使用手工具從 3 個或更多位置收集樣品。
- B.一收集的樣品量為 100 cm²（例如 10 cm x 10 cm）。
- C.以一層為單位收集的樣品在同一容器中（容積為 200 毫升或以上之帶拉鍊的塑料袋或帶蓋的容器），輸入樣品編號、採樣日期、建築物名稱，採樣位置等。

4.疑似石綿建材分析

國內目前經認證具檢驗石綿建材之檢驗機構為台灣檢驗科技股份

有限公司及內政部建築研究所如表 4.1-2 所示。

表 4.1-2、國內目前經認證具檢驗石綿建材之檢驗機構

認證編號	機構名稱	實驗室名稱	聯絡人電話	實驗室地址	檢測類別
0475	台灣檢驗科技股份有限公司	化學實驗室-臺北	(02)22993279#3203	248 新北市五股區新北產業園區五權七路 25 號	石綿建材定性及定量分析
1646	內政部建築研究所	內政部建築研究所性能實驗中心	(06)3300504#2101	71150 臺南市歸仁區六甲裡中正南路一段 2496 號	石綿建材定性及定量分析

5.含石綿建材劣化診斷

如果疑似石綿建材暴露、損壞或變質，含有的石綿可能會散落在空氣中，暴露風險取決於損壞程度及劣化的程度。在現場目視檢查疑似石綿建材的狀況以確定損壞或變質的程度。

6.現場調查結果

於建築物含石綿建材診斷評估總表（表 4.1-1）填寫調查結果。

3.2 含石綿建材劣化診斷

以外觀目視檢查含石綿建材，確認材質外觀損壞或變質狀態，判定表面劣化程度及石綿纖維飛散風險。

解說：

1. 外觀目視檢查方法

檢查疑似石綿建材的表面，是否符合任何類型的損壞或劣化，如地下室的暗處應使用手電筒等，此外在高處或不穩定的地方，必要時戴頭盔並由兩個以上人員一起工作。

2. 含石綿建材飛散性分類等級

含石綿建材飛散性分類等級如表 4.1-3：

表 4.1-3、含石綿建材飛散性分類等級

分類等級	第一級 石綿飛散性明顯很高	第二級 石綿飛散性高	第三級 石綿飛散性相較低
建材種類	梁柱噴塗式防火披覆材	屋面覆蓋油毛氈	波形石綿瓦、波形石綿浪板、石膏板或氧化鎂板、石綿地磚、石綿水泥煙囪

3. 表面劣化度及飛散風險

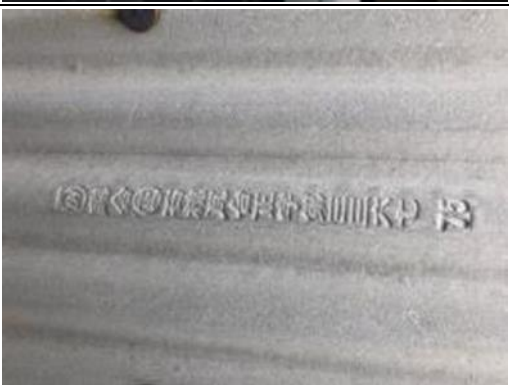
含石綿建材飛散風險判定可以如下：

- （1）劣化度程度一：飛散的風險極高。
- （2）劣化度程度二：飛散的風險很高。
- （3）劣化度程度三：飛散的風險很低。

4. 波形石綿瓦（波形石綿浪板）表面劣化度判定基準

波形石綿瓦（波形石綿浪板）表面劣化度判定基準如表 4.1-4：

表 4.1-4、波形石綿瓦（波形石綿浪板）表面劣化度判定基準

表面劣化度	圖片	外觀目視法
程度一		觀察建材外觀表面整體損壞或缺陷或變質，水泥部分的有許多石綿纖維暴露在表層
程度二		觀察建材外觀表面部分損壞或缺陷或變質，水泥部分的石綿纖維部分暴露
程度三		觀察建材外觀表面覆蓋有水泥，建材外觀表面完整，且無石綿纖維暴露在表層

5.梁柱噴塗式防火披覆材表面劣化度判定基準

梁柱噴塗式防火披覆材表面劣化度判定基準如表 4.1-5：

表 4.1-5、梁柱噴塗式防火披覆材料表面劣化度判定基準

表面劣化度	圖片	外觀目視法
程度一		觀察建材外觀材料與基材鬆散、頻繁看到掉落的材料碎屑、表面整體損壞或缺陷
程度二		觀察建材外觀表面粗糙、絨毛、纖維斷裂、纖維下垂等
程度三		觀察建材外觀在表面上沒有發現表面粗糙、浮起、損壞、缺陷

6.石膏板、氧化鎂板表面劣化度判定基準

石膏板、氧化鎂板表面劣化度判定基準如表 4.1-6：

表 4.1-6、石膏板、氧化鎂板表面劣化度判定基準

表面劣化度	圖片	外觀目視法
程度一		觀察建材外觀表面整體損壞或缺陷或變質，有許多石綿纖維暴露在表層
程度二		觀察建材外觀表面部分損壞或缺陷或變質，有部分的石綿纖維部分暴露
程度三		觀察建材外觀表面表面完整，且無石綿纖維暴露在表層

肆、含石綿建材之防護及處理方式

建築物經專業人員判定含石綿建材為中度風險等級，建築物所有權人或管理負責人得進行石綿粉塵危害之防護措施，如須進行石綿建材室內裝修或拆除作業，應遵循內政部「建築物室內裝修管理辦法」、「建築物拆除施工規範」、勞動部「石綿建材拆除作業危害預防指引」及環保署「建築物拆除後含石綿廢棄物清理作業指引」等規定辦理。

解說：

含石綿建材建築物之危害預防可透過工程控制來完成，包包括消除、隔離、密閉來源、局部排氣，如建築物牆面、天花板等之含石綿等噴塗式防火披覆材因損傷、劣化等而有粉塵飛散，可採取清除、以藥劑固定或以其他建材包覆隔離等措施；如須進行石綿建材拆除作業，應遵循內政部「建築物拆除施工規範」、勞動部「石綿建材拆除作業危害預防指引」及環保署「建築物拆除後含石綿廢棄物清理作業指引」等規定辦理。

第二節 針對潛在含石綿建材既有建築物個案調查及分析結果

針對國內既有建築物含石綿建材案例進行個案調查，本研究團隊完成 6 件案例現況基礎調查，詳如第三章針對潛在含石綿建材既有建築物進行個案調查及分析，本章節為有關個案分析之飛散性及劣化度判斷說明：

一、A 案例

A 案例興建於民國 68 年，主要可能含石綿成分建材項目為梁柱噴塗式防火披覆材（樣品編號 A-1），分布於天花板夾層，經中國醫藥大學郭錦堂教授初步現場判定飛散性為第一級：石綿飛散性明顯很高；劣化度為程度三：飛散的風險很低（觀察建材外觀在表面上沒有發現表面粗糙、浮起、損壞、缺陷），經中國醫藥大學郭錦堂教授檢測，定性試驗結果為未含石綿纖維。

二、B 案例

B 案例興建於民國 62-75 年，主要可能含石綿成分建材項目為屋面覆蓋油毛氈，分布於○○大樓（興建於民國 62 年）頂樓防水層（樣品編號 B-1 及 B-2）、△△大樓（興建於民國 75 年）頂樓防水層（樣品編號 B-3）、◇◇大樓（興建於民國 68 年）頂樓防水層樣品編號（B-4），經中國醫藥大學郭錦堂教授初步現場判定，樣品編號 B-1 之飛散性為第二級：石綿飛散性高；劣化度程度三：飛散的風險很低、樣品編號 B-2 之飛散性為第二級：石綿飛散性高；劣化度程度三：飛散的風險很低，另△△大樓（樣品編號 B-3）之飛散性為第二級：石綿飛散性高；劣化度程度三：飛散的風險很低及◇◇大樓頂樓防水層（B-4）之飛散性為第二級：石綿飛散性高；劣化度程度三：飛散的風險很低。

經中國醫藥大學郭錦堂教授檢測，定性試驗結果樣品編號 B-2 為含白石綿纖維，含量為 29.96%，其餘樣品編號 B-1、B-3、B-4 皆未含石綿纖維。

三、C 案例

C 案例主要可能含石綿成分建材項目為石膏板或氧化鎂板及梁柱噴塗式防火披覆材，其中梁柱噴塗式防火披覆材（樣品編號 C-1），分布於○○○大樓通風管道，經中國醫藥大學郭錦堂教授，初步現場判定飛散性為第一級：石綿飛散性明顯很高；劣化度程度三：飛散的風險很低（觀察建材外觀在表面上沒有發現表面粗糙、浮起、損壞、缺陷）；另石膏板或氧化鎂板為裝修前使用之板材目前存放於儲藏室（樣品編號 C-2），經中國醫藥大學郭錦堂教授初步現場判定飛散性為第三級：石綿飛散性相較低；劣化度程度三：飛散的風險很低（觀察建材外觀表面表面完整，且無石綿纖維暴露在表層）；現行使用於○○○大樓 2 樓走廊天花板之板材（樣品編號 C-3），經中國醫藥大學郭錦堂教授，初步現場判定飛散性為第三級：石綿飛散性相較低；劣化度程度三：飛散的風險很低（觀察建材外觀表面表面完整，且無石綿纖維暴露在表層），經中國醫藥大學郭錦堂教授檢測，定性試驗結果為未含石綿纖維。

四、D 案例

D 案例興建於民國 64-75 年，主要可能含波形石綿浪板（波形石綿瓦）及水塔隔熱材，該案例共申報 7 件建築物可能含波形石綿浪板（波形石綿瓦），分布於 I 建築物（興建於民國 69 年）外牆牆面、II 建築物（興建於民國 75 年）外牆牆面、III 建築物外牆牆面、IV 建築物（興建於民國 64 年）外牆牆面、V 建築物外牆牆面、VI 建築物外牆牆面、VII 建築物外牆牆面，經中國醫藥大學郭錦堂教授初步現場判定飛散性皆為第三級：石綿飛散性相較低；劣化度皆為程度三：飛散的風險很低（觀察建材外觀表面覆蓋有水泥，建材外觀表面完整，且無石綿纖維暴露在表層）。

另 VI 建築物旁有一廢棄水塔，鐵皮剝落，裸露隔熱材，經中國醫藥大學郭錦堂教授，初步現場判定疑似含石綿成分，且飛散性為第二級：石綿飛散性高；劣化度為程度二：飛散的風險很高（觀察建材外觀表面粗糙、絨毛、纖維斷裂、纖維下垂等）。

本案例挑選I建築物外牆牆面之波形石綿浪板（樣品編號D-1）及V建築物外牆牆面之波形石綿浪板（樣品編號D-2）及水塔隔熱材（樣品編號D-3）進行採樣，並經中國醫藥大學郭錦堂教授檢測，定性試驗結果樣品編號D-1為含白石綿纖維，含量為12.87%；樣品編號D-2為含白石綿纖維，含量為8.25%；樣品編號D-3為含褐石綿纖維，含量為8.67%。

五、E 案例

E 案例主要可能含石綿成分建材項目為波形石綿浪板（樣品編號E-1），分布於天花板，經中國醫藥大學郭錦堂教授初步現場判定飛散性為第三級：石綿飛散性相較低；劣化度為程度三：飛散的風險很低（觀察建材外觀表面覆蓋有水泥，建材外觀表面完整，且無石綿纖維暴露在表層）。經中國醫藥大學郭錦堂教授檢測，定性試驗結果樣品編號E-1為含白石綿纖維，含量為9.69%。

六、F 案例

F 案例興建於民國73年，主要可能含石綿成分建材項目為梁柱噴塗式防火披覆材，分布於梁柱及天花板，經中國醫藥大學郭錦堂教授，初步現場判定飛散性皆為第一級：石綿飛散性明顯很高；劣化度皆為程度三：飛散的風險很低（觀察建材外觀在表面上沒有發現表面粗糙、浮起、損壞、缺陷），本案例挑選1樓入口處（樣品編號F-1）、B1（樣品編號F-2）及1樓出口處梁柱上之梁柱噴塗式防火披覆材（樣品編號F-3），經定性試驗結果為未含石綿纖維。

五、現場調查樣品檢測分析結果

由中國醫藥大學郭錦堂教授針對15件疑似含石綿建材樣品進行初步現場判定以及定性及定量分析，有10件樣品不含石綿纖維，有4件樣品含白石綿纖維，1件樣品含褐石綿纖維，其含石綿建材診斷評估及評分情形，詳如表4.2-1所示。

表 4.2-1、含石綿建材既有建築物個案調查之含石綿建材診斷評估及評分情形

項次	位置	建材類型 *註 1	石綿類型 *註 2	分數	飛散性 *註 3	分數	劣化度 *註 4	分數	評分(P) *註 5	風險度 *註 6
B-2	頂樓防水層	E	第 3 型	1	級別二	2	程度三	1	4	程度低
D-1	外牆牆面	B	第 3 型	1	級別三	1	程度三	1	3	程度低
D-2	外牆牆面	B	第 3 型	1	級別三	1	程度三	1	3	程度低
D-3	廢棄水塔	水塔隔熱材	第 2 型	2	級別二	2	程度二	2	6	程度中
E-1	天花板	B	第 3 型	1	級別三	1	程度三	1	3	程度低

註 1、石綿建材種類包括：波形石綿瓦(A)、波形石綿浪板(B)、屋面覆蓋油毛氈(C)、石綿水泥煙囪(D)、石膏板或氧化鎂板(E)、梁柱噴塗式防火披覆材料(F)、石綿地磚(G)。

註 2、石綿類型:第一型:青石綿(3 分)、第二型:褐石綿(2 分)、第三型:白石綿(1 分)。

註 3、飛散性分類等級:第一級:石綿飛散性明顯很高(3 分)、第二級:石綿飛散性高(2 分)、第三級:石綿飛散性相較低(1 分)。

註 4、劣化度分類:程度一:飛散的風險極高(3 分)、程度二:飛散的風險很高(2 分)、程度三:飛散的風險很低(1 分)。

註 5、評分=石綿纖維類型(分數)、飛散性(分數)、劣化度(分數)分數加總。

註 6、低度風險($1 \leq P \leq 4$)、中度風險($5 \leq P < 7$)、高度風險($8 \leq P \leq 9$)

(資料來源：本研究彙整)

第三節 專家諮詢會議

研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)專家諮詢會議辦理目的為避免既有建築物發生石綿建材劣化造成石綿粉塵逸散情形，提供專業人員、檢查員、技師或建築師於診斷評估調查作業時，進行含石綿建材劣化狀態判定與後續危害預防工作之建議，特研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)。

壹、第 1 次專家諮詢會議

一、諮詢會議成員選定

本專家諮詢會議成員的選定以在石綿建材初步診斷、劣化狀態等領域學有專精或具豐富實務經驗者為優先考量。經過本研究團隊內部多次討論人選名單，並與內政部建築研究所磋商後，再經徵詢所列學者專家及政府機關代表人選參與意願，以擬定會議成員，第 1 次專家諮詢會議成員如表 4.3-1。

表 4.3-1、第 1 次專家諮詢會議成員

類別	姓名	任職/職稱
學者/ 專家	郭錦堂	中國醫藥大學/教授
	王韡蒨	國立中央大學土木工程學系/副教授
	邱暉仁	財團法人臺灣營建研究院/經理
	林杰宏	財團法人台灣建築中心/副執行長
	楊宗叡	國產建材實業研發中心/副理
	倪勇	惠普股份有限公司/總經理
	李銘智	國宇建材股份有限公司/顧問
政府 機關	羅時麒	內政部建築研究所/組長
	陳禱	內政部建築研究所/專案助理
	劉奇岳	內政部營建署建築管理組/科長
	潘致弘	勞動部勞動及職業安全衛生研究所/簡任研究員
公會	黃進修	臺灣鋼鐵工業同業公會/顧問

(資料來源：本研究彙整)

二、會議時間及地點

（一）時間：109 年 6 月 18 日（五）10：00~12:00。

（二）地點：內政部建築研究所 13 樓簡報室。

三、議程

研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）第 1 次專家諮詢會議如表 4.3-2 所示。

表 4.3-2、第 1 次專家諮詢會議議程

時 間	講 題	主講人
09：30~10：00	報到	
10：00~10：05	開幕致詞	建研所長官
10：05~10：25	建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）	永旭豐環境 科技有限公司
10：25~12：00	建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）討論	全體與會代表
12：00~	散會	

（資料來源：本研究彙整）

四、會議聯絡人及電話

潘 昱 伶 工 程 師 ： 手 機 ： 0983-510-907 ； E-mail ：
sunrise.puffy@gmail.com

五、場地及交通簡介

（一）地址：新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓。

（二）交通資訊：捷運新店線大坪林站（3 號、4 號出口）。

六、會議重點

研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）第 1 次專家諮詢會議於 109 年 6 月 18 日假建築研究所 13 樓簡報室辦理（辦理情形如圖 4.3-1），專家諮詢會中，建研所羅時麒組長、陳禱專案助理與會指導。會中由計畫主持人進行簡報，針對建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案），請與會專家提出建議。專家諮詢會議以建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）為主要討論議題，並針對產官學多方層面進行評估，會議重點建議節錄如（表 4.3-3），作為本研究完整建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）之參考。

研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）第 1 次專家諮詢會議會議通知及簽到等相關資料如附錄五。



圖 4.3-1、第 1 次專家諮詢會議情形

（資料來源：本研究彙整）

表 4.3-3、第 1 次專家諮詢會議重點意見回覆說明

專家重點意見	意見回復
一、1.1 目的中所指的專業技師為何？	感謝委員意見，依據「建築物公共安全檢查簽證及申報辦法」第二條，專業人員：指依本法第七十七條第三項規定由中央主管建築機關認可，得受託辦理建築物公共安全檢查業務，並依法登記開業之建築師或執業技師。
二、1.3 用詞定義，含石綿建材為含石綿物質重量百分之一以上者，定義不是很清楚。	感謝委員意見，依據環保署 87 年 7 月 7 日修正石綿濃度管制標準及毒性分類，石綿管制濃度標準：纖維狀、細絲狀或絨毛狀石綿含量達 1%（w/w（含）以上者）。
三、第 8 頁表 2 有提到屋面覆蓋油毛氈、石綿地磚、石綿水泥煙囪，但在劣化度並未探討。	感謝委員意見，本研究團隊 108 年及 109 年針對潛在含石綿建材既有建築物進行北中南東 19 個案現場調查及 30 件疑似石綿建材進行分析，目前上述調查作業尚未發現石綿地磚、石綿水泥煙囪，本研究團隊將於建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）納入屋面覆蓋油毛氈、石綿地磚、石綿水泥煙囪之劣化度之內容。
四、判定及鑑別的科學化及標準化的工具、使用人工智慧及影像辨識。	感謝委員意見，本研究團隊將徵詢國內石綿檢測實驗室，是否有足夠石綿檢測影像，提供使用人工智慧及影像辨識之用，以提升影像辨識精確度。
五、風險管理矩陣分級簡化為 3*3 較容易操作。	感謝委員意見，本研究團隊修正建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）中表 1 含石綿建材診斷評分計算，修正為飛散性 3 級及劣化度 3 極。
六、用詞定義（4）石綿纖維濃度標準，依台灣勞工作業環境中石綿纖維工作場所 8 小時日時量平均容許濃度（PEL-TWA）為 0.15 根/毫升、長度大於 5 μ m、長寬比	感謝委員意見，本研究團隊後續徵詢勞動部勞動及職業安全衛生研究所，有關空氣中石綿纖維濃度標準之定義。

專家重點意見	意見回復
在 3 以上。	
七、P.10 石綿纖維濃度測定二家機構只能檢測作業場所及拆除作業，室內空氣石綿檢測需用穿透式電子顯微鏡。	感謝委員意見，本研究團隊後續徵詢勞動部勞動及職業安全衛生研究所，有關室內空氣石綿纖維濃度檢測實驗室之資訊。
八、建議可一併檢視 CNS 之各項石綿檢測規範，如有修正必要可供相關單位參考。	感謝委員意見，本研究團隊已於「既有建築物含石綿建材基礎調查計畫」業務委託之專業服務案，建議修訂 CNS 15546 R3216 建築材料中石綿含量試驗法，並於 108 年第四季「跨部會石綿危害管理及宣導」會議，會議結論，請經濟部標檢局辦理修訂 CNS 15546 R3216 建築材料中石綿含量試驗法之作業。
九、簡報 P.5，106 年我國房屋稅籍資料應確認是否有更新的數據，納入期中報告提供參考。	感謝委員意見，依據內政部不動產資訊平台 109 年 1 季統計資訊，屋齡<20 年：219 萬 9,727 宅（25.03%）、屋齡= 20~40 年：436 萬 6,870 宅（49.63%）、屋齡>40 年：222 萬 4,760 宅（25.30%），總房屋稅籍住宅類數量 879 萬 1,357 宅。
十、「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）」用字，建議參照現行相關法規用詞。	感謝委員意見，本研究團隊會參照現行相關法規用詞，據以修正建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）之內容。
十一、「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）」部分板材用字應更謹慎，疑似石綿建材種類應附註為建築物興建、裝修 95 年以前，避免引發誤會。	感謝委員意見，本研究團隊修正建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）中，加註疑似石綿建材種類應附註為建築物興建、裝修 95 年以前。

（資料來源：本研究彙整）

貳、第 2 次專家諮詢會議

一、諮詢會議成員選定

本專家諮詢會議成員的選定以在石綿建材初步診斷、劣化狀態等領域學有專精或具豐富實務經驗者為優先考量。經過本研究團隊內部多次討論人選名單，並與內政部建築研究所磋商後，再經徵詢所列學者專家及政府機關代表人選參與意願，以擬定會議成員，第 2 次專家諮詢會議成員如表 4.3-4。

表 4.3-4、第 2 次專家諮詢會議成員

類別	姓名	任職/職稱
學者/ 專家	詹穎雯	國立臺灣大學土木工程學系/教授
	郭錦堂	中國醫藥大學公共衛生學院公共衛生學系/教授
	林杰宏	財團法人台灣建築中心/副執行長
	邱暉仁	財團法人台灣營建研究院/經理
	張矩墉	張矩墉建築師事務所/建築師
政府 機關	呂文弘	內政部建築研究所/簡任研究員
	陳禱	內政部建築研究所/專案助理
	陳威成	內政部營建署建築管理組/專門委員
	潘致弘	勞動部勞動及職業安全衛生研究所/簡任研究員
	侯昱辰	勞動部職業安全衛生署/檢查員
	連琬玢	行政院環境保護署毒物及化學物質局/高級環境技術師
公會	黃進修	臺灣鋼鐵工業同業公會/顧問
	李易軒	中華民國全國建築師公會/建築師
	陳俊芳	中華民國全國建築師公會/建築師

（資料來源：本研究彙整）

二、會議時間及地點

(一) 時間：109 年 10 月 6 日 (二) 14：00~16:30。

(二) 地點：內政部建築研究所 13 樓簡報室。

三、議程

研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)第 2 次專家諮詢會議如表 4.3-5 所示。

表 4.3-5、第 2 次專家諮詢會議議程

時 間	講 題	主講人
13：30~14：00	報到	
14：00~14：05	開幕致詞	建研所長官
14：05~14：25	建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)	永旭豐環境 科技有限公司
14：25~16：30	建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)討論	全體與會代表
16：30~	散會	

(資料來源：本研究彙整)

四、會議聯絡人及電話

潘 昱 伶 工 程 師 ： 手 機 ： 0983-510-907 ； E-mail ：
sunrise.puffy@gmail.com

五、場地及交通簡介

(一) 地址：新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓。

(二) 交通資訊：捷運新店線大坪林站(3 號、4 號出口)。

六、會議重點

研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)第 2 次專家

諮詢會議於 109 年 10 月 6 日假建築研究所 13 樓簡報室辦理（辦理情形如圖 4.3-2），專家諮詢會中，建築研究所呂文弘簡任研究員、陳禱專案助理與會指導。會中由計畫主持人進行簡報，針對建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案），請與會專家提出建議。專家諮詢會議以建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）為主要討論議題，並針對產官學多方層面進行評估，會議重點建議節錄如（表 4.3-6），作為本研究完整建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）之參考。

研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）第 2 次專家諮詢會議會議通知及簽到等相關資料如附錄六。



圖 4.3-2、第 2 次專家諮詢會議情形
（資料來源：本研究彙整）

表 4.3-6、第 2 次專家諮詢會議重點意見回覆說明

專家重點意見	意見回復
一、本原則及作業流程使用之主要結論(或產出)即為「診斷評估總表」，故宜將該表列為本文中，而非「附表」。	感謝委員意見，本研究團隊已將附表 2、建築物含石綿建材診斷評估總表，將納入建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)本文中表 1。
二、本研究研究成果如涉公安申報或室內裝修或手冊之建議修正，本署樂意採納。	感謝委員意見，本研究團隊於 108 年及 109 年 20 件針對國內建築物含石綿建材案例進行個案調查時，其興建時期從民國 40 年代至 80 年代，並分析 31 件樣本類型包含屋面覆蓋油毛氈、波形石綿浪板、石膏板、梁柱噴塗式防火披覆材、水塔隔熱材等，均採樣送至實驗室檢測，經檢測結果，有僅於波形石綿浪板檢測含白石綿纖維，建議檢討「(F2-5)建築物疑似石綿建材標示表」疑似石綿建材種類。
三、公安申報調查時，尚無法確認是否含石綿，則表 2 是否只要是”疑似”就要填？	感謝委員意見，附表 2、建築物含石綿建材診斷評估總表，主要針對建築物建材經檢測判定為含石綿建材後，填寫之表格。
四、表 6 請修正為國內目前經認證具檢測作業環境空氣中石綿粉塵濃度之檢驗機構。	感謝委員意見，本研究團隊已將建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)修正肆、室內空氣中石綿粉塵濃度之內容及刪除表 6、國內目前經認證具化驗石綿粉塵濃度之檢驗機構。
五、表 3~5 劣化程度判定基準+圖 1~3 建議可整合，以方便閱讀及使用。	感謝委員意見，本研究團隊已將建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)之表 3 至 5 及圖 1 至 3 整合內容。
六、附表 2、簽章欄要統一，使用用途依建築技術規則。	感謝委員意見，本研究團隊已修正附表 2、建築物含石綿建材診斷評估總表之簽章欄，以及使用用途依建築技術規則修正。
七、資料中談及石膏板或氧化鎂板都是用輕鋼架天花板的照片，請問	感謝委員意見，本研究於 108 年及 109 年對國內建築物含石綿建材案例

專家重點意見	意見回復
一般用於輕隔間的石膏板材是否也是在內？	進行 20 件個案調查時，檢測建築物天花板之材質，主要為礦纖天花板，均無輕鋼架天花板為石膏板材質。
八、1.1 目的中增加專業人員、檢查員，那評估總表是否也要同時修正將其納入？	感謝委員意見，依據「建築物公共安全檢查簽證及申報辦法」第二條，專業人員：指依本法第七十七條第三項規定由中央主管建築機關認可，得受託辦理建築物公共安全檢查業務，並依法登記開業之建築師或執業技師，本研究團隊已將 1.1 目的修正為依法登記開業之建築師或執業技師。
九、建議含石綿建材表面劣化程度判定基準，除外觀目視法外的評估方式，須要有多一層的檢查，例如採用塑膠袋包覆樣品，以手捏壓方式評估其碎化程度，若易壓碎才列入飛散性極高等級。	感謝委員意見，本研究團隊將波形石綿瓦(波形石綿浪板) 表面劣化度判定基準及石膏板或氧化鎂板表面劣化度判定基準納入以手捏壓方式評估其劣化程度。
十、建議「2.2」依建築物部分分類較為妥適，勿以室內、外區分，易生執行困擾；附表之貳配合修正。	感謝委員意見，本研究團隊將建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)之 2.2 依建築物部分分類。
十、判定原則，檢測費用？目前二家檢驗機構，如更新清除是否較具經濟性。	感謝委員意見，目前國內目前經認證具化驗含石綿建材之檢驗機構之定性檢驗費用約 4000/件至 5000 元/件，定量檢驗費用為 12000 元/件，另目前石綿廢棄物清除處理費用約數萬元/公噸。

（資料來源：本研究彙整）

第五章 石綿檢測技術訓練課程

壹、石綿檢測技術訓練課程

為提升內政部建築研究所性能實驗中心石綿建材檢測技術及分析量能，本研究參酌國際石綿檢測標準，辦理石綿檢測技術訓練課程，由本研究之共同主持人-中國醫藥大學公共衛生學院公共衛生學系郭錦堂教授親授石綿鑑定之量化檢測技術及分析量能之教育訓練，課程將分為3日，每日授課6小時，共18小時，已於109年8月18日至8月20日假內政部建築研究所性能實驗中心辦理完成，石綿檢測技術訓練課程課程大綱如表5-1，石綿檢測技術訓練課程辦理情形如圖5-1所示。

表 5-1、石綿檢測技術訓練課程課程大綱

日期	時間	課程名稱	課程內容
8 月 18 日	10:00- 12:00	國內外石綿檢測及分析方法	(一) 關於石綿 (健康與用途) (二) 國內石綿目前管制現況 (三) 國際常用石綿檢測方法比較
	13:30- 15:30	偏光顯微鏡檢測方式	(一) 偏光顯微鏡檢驗前的校正程序 (二) 檢測注意事項
	15:30- 17:30	相位差顯微鏡檢測方式	(一) 相位差顯微鏡檢驗前的校正程序 (二) 檢測注意事項
8 月 19 日	10:00- 12:00	X-射線繞射分析樣本前處理	石綿建材 XRD 前處理程序
	13:30- 17:30	X-射線繞射分析實務操作	Shimadzu XRD-6000 儀器操作程序
8 月 20 日	10:00- 12:00	JIS A1481-1-2-3 分析方法介紹	JIS A1481-1-2-3 分析方法介紹
	13:30- 17:30	JIS A1481-1-2-3 分析實務操作	(一) 無機樣品前處理 (二) 有機樣品前處理 (三) 試劑 (四) 顯微鏡校正 (五) JIS A1481-1 操作方法 (六) JIS A1481-2 操作方法 (七) JIS A1481-3 操作方法

(資料來源：本研究彙整)



圖 5-1、石綿檢測技術訓練課程辦理情形

貳、石綿檢測技術訓練課程教材及重點內容（附錄七）

一、國內外石綿檢測及分析方法：

（一）關於石綿（健康與用途）

石綿屬纖維化塵粒礦物，主要成分為矽酸鹽。石綿具有耐熱，耐酸、耐磨擦、耐化學品腐蝕、過濾性、可撓性、可紡性及接近鋼鐵的張力強度等多種特性，被工業界視為瑰寶，而廣泛應用在各種工業用途上。

國外石綿管制年代演變：

- 1.1930 年肺癌疾病被關心。
- 2.1950 年石綿具有有害性問題的懷疑。
- 3.1960 年學者們確認石綿具有害性。
- 4.1960-1970 年因石綿的關係患者陸陸續續出現。社會也有認知到危害問題。
- 5.1970 年美國因石綿受害求償，造成企業及保險公司破產嚴重。
- 6.WHO 於 1972 年發表石綿為致癌物
- 7.石綿在 2000 年 WHO 提出環境中濃度為 0.1 根/L
- 8.2005 年日本爆發石綿工廠周邊居民也發生間皮瘤事件。

（二）國內石綿目前管制現況

我國在 107 年 1 月 1 日起邁入非石綿家園國家。原則禁止使用該類產品。

（三）國際常用石綿檢測方法比較

1.臺灣

(1) CLA2318 空氣中纖維計數（定量）：位相差顯微鏡法（PCM）

---濾紙透明化，石綿計數板視野直徑 100um

(2) NIEA R401.22C 含石綿物質及廢棄物中之石綿檢測法（定性、

定量）偏光顯微鏡法（PLM）

2.日本

(1) JIS A 1481 空氣中石綿纖維計數（定性、定量）：位相差顯微

鏡法（PCM）---濾紙透明化，石綿計數板視野直徑 300um

偏光顯微鏡法（PLM）、X 光繞射儀（XRD）、掃描式電子

顯微鏡法（SEM）、穿透式電子顯微鏡法（TEM）。

3.美國

(1) ISO/DIS 22262-1 & ISO/DIS 22262-2 大塊樣品石綿檢測（定

性、定量）：偏光顯微鏡法（PLM）、掃描式電子顯微鏡法

（SEM）、穿透式電子顯微鏡法（TEM）。

(2) NIOSH 9002 大塊樣品石綿檢測（定性、定量）：偏光顯微鏡

法（PLM）

(3) NIOSH 9000 石綿含量分析（定性、定量）：X 光繞射儀

（XRD）

二、相位差及偏光顯微鏡檢測方式

（一）緣起

針對建築材料和既有的建築物上之建材中是否含有石綿問題應加以掌握資訊，以便未來該建築物重建或拆除之際，能明確得知建材上是否含有致癌物質的石綿，以預防及保護勞工的健康。

本方法建立建材中含石綿快速、簡易、低成本的位相差/偏光顯微鏡檢測方法。

(二) 試劑

1.色散染色用折射率指數 (RI) 液以 1.550、1.606、1.620、1.670、1.680 及 1.700 的應用及組合進行石綿種類的鑑別。

2.丙酮。

3.採樣器 (SKC)。

4.濾紙：Millipore type，孔徑 $0.8\ \mu\text{m}$ ，濾紙直徑 25mm。(SKC)

5.顯微鏡：Nikon ECLIPSE Ni、Olympus BX53。

(1) 位相差設備：位相差聚光器。

(2) 偏光設備：顯微鏡下方裝偏光板 (polarizer)，上方裝分析偏光板 (analyzer)。

(3) 物鏡石綿專用 40X N.A. (解析度) 0.75 以上，W.D. 0.66mm 以上之位相差 功能。

(4) 載玻片：25mm x 75mm。

(5) 蓋玻片：22 x 22mm。

(6) 十字微尺檢測玻片 (eyepiece) 27 ψ YSK27, McCan imaging。

(7) 敏銳色板 (530nm)。

6.鑷子、手術刀

7.石綿標準品

(1) 白石綿 (Chrysotile) $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ JAWE121。

(2) 褐石綿 (Amosite) ($\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$)、($\text{Fe}^{2+}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$) JAWE221。

(3) 青石綿 (Crocidolite) $(\text{Na}_2 (\text{Fe}^{2+} \text{Fe}^{3+} \text{Si}_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2))$
JAWE321。

(4) 透閃石 (Tremolite) $(\text{Ca}_2 (\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2 (\text{Mg}/$
 $(\text{Mg}+\text{Fe})=1.0-0.9))$ JAWE531。

(5) 陽起石 (Actinolite) $(\text{Ca}_2 (\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2 (\text{Mg}/$
 $(\text{Mg}+\text{Fe})=0.5-0.9))$ JAWE631。

(6) 斜方角閃石 (Anthophyllite) $(\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2)$
JAWE451。

8.X 光繞射儀 (XRD-6000, Shimadzu, Japan)

(三) 顯微鏡校正

- 1.顯微鏡構造。
- 2.光軸校正。
- 3.位相差校正。
- 4.物鏡微測玻片校正。
- 5.空氣採樣纖維素酯濾紙樣品前處理。
- 6.建材中石綿檢測。
- 7.石綿密度計算。
- 8.檢測下限。
- 9.A 計數規則。

三、X-射線繞射分析樣本前處理

(一) 石綿蟻酸前處理操作方法

(二) 石綿標準品的檢量線建置

四、X-射線繞射分析實務操作

- (一) 啟動 XRD 冷卻設備
- (二) 啟動 XRD 電源
- (三) 啟動 PC。XRD 運作連結接再 C 槽硬碟的 xddat
- (四) 尋找 PC 畫面中的 PCXRD 後執行
- (五) 打開 Display & Setup
- (六) 出現 Display or XRD System Parameter Setup Program 畫面
- (七) 延續的畫面會出現側角儀 (goniometer)，按“確定”後自動校正歸零
- (八) 打開”XG Control”確認，圖示可以明確了解設備目前狀況
- (九) 建置分析條件及樣品序號
- (十) 樣品數據解析，先按“Basic Process”
- (十一) Data Base 比對，開啟 Search Match

五、日本 JIS A1481-1-2-3 分析方法：

- (一) JIS A1481-1-2-3 分析方法介紹
- (二) 無機樣品前處理
- (三) 有機樣品前處理
- (四) 試劑
- (五) 顯微鏡校正
- (六) JIS A1481-1 操作方法
- (七) JIS A1481-2 操作方法
- (八) JIS A1481-3 操作方法

第六章 結論與建議

第一節 結論

依據本研究完成之成果，提出以下結論：

- 一、已完成彙整日本石綿協會於 2005 年出版「既存建築物における石綿使用の事前診断監理指針」、日本国土交通省於 2008 年出版「目で見るアスベスト建材の第二版」、日本財團法人日本建築中心於 2018 年出版「既存建築物の吹付けアスベスト粉じん飛散防止処理技術指針・同解説 2018」、韓國環境部訂定於 2019 年 11 月 26 日修正公告之石綿安全管理法、越南總理於 2014 年 8 月 22 日批准第 1469/QĐ-TTg 號公告有關至 2020 年及 2030 年越南建築材料的發展方向及總體規劃、愛爾蘭健康與安全管理局（Health and Safety Authority）於 2013 年出版「含石綿材料之工作場合-含石綿材料管理及減量實用指南」、葡萄牙職業安全衛生學會於 2012 年出版「《職業安全與衛生》-SHO2012」、英國健康與安全行政委員會於 2012 年出版「石綿調查指南」等，國外潛在含石綿建材既有建築物之診斷評估相關資料，以提供本研究團隊研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）參考之用。
- 二、針對國內既有建築物含石綿建材案例進行個案調查，本研究團隊於 109 年 4 月 21 日完成基隆市 1 件及臺北市 1 件、109 年 4 月 28 日完成臺南市 2 件、109 年 5 月 8 日完成臺中市 2 件，共計 6 件案例現況基礎調查，共 15 件進行樣品定性及定量分析，有白石綿 4 件其含量 8.25%至 29.96%，褐石綿其含量 8.67%，此次調查首次發現屋面覆蓋油毛氈及水塔隔熱材有石綿纖維，以及危害性較高之褐石綿。
- 三、本研究團隊已於本（109）年度 6 月 18 日及 10 月 6 日辦理 2 場次「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）專家諮詢會議」，與會專家針對建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）提出建議，作為建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）之修正參考。本研究

完成建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案），其內容包含通則、疑似石綿建材、建築物疑似石綿建材調查及診斷評估，以及預防措施，以供建築師或專業技師針對建築物及居住環境進行含石綿建材初步辨識，如果發現含有石綿建材，應考慮含石綿建材的種類、劣化程度、建築物的未來處理規劃、及必要採取具體的防護措施等綜合判斷。

四、為提升內政部建築研究所性能實驗中心石綿建材檢測技術及分析量能，本研究參酌國際石綿檢測標準，辦理石綿檢測技術訓練課程，由本研究團隊之共同主持人中國醫藥大學公共衛生學院公共衛生學系郭錦堂教授親授石綿鑑定之量化檢測技術及分析量能之教育訓練，課程將分為 3 日，每日授課 6 小時，共 18 小時，已於 109 年 8 月 18 日至 8 月 20 日假內政部建築研究所性能實驗中心辦理完成，課程大綱為（一）國內外石綿檢測及分析方法、（二）偏光顯微鏡檢測方式、（三）相位差顯微鏡檢測方式、（四）X-射線繞射分析樣本前處理、（五）X-射線繞射分析實務操作、（六）JIS A1481-1-2-3 分析方法介紹、（七）JIS A1481-1-2-3 分析實務操作。

第二節 建議

依據本研究完成之成果，提出以下具體建議：

建議一

檢討內政部 107 年 12 月 26 日修正「建築物公共安全檢查申報相關書表格式」之「（F2-5）建築物疑似石綿建材標示表」疑似石綿建材種類：立即可行建議

主辦機關：內政部營建署

本研究於 108 年度及 109 年度 20 件針對國內既有建築物含石綿建材案例進行個案調查，其興建時期從民國 40 年代至 80 年代，共分析 31 件樣本、6 種類型，均採樣送至實驗室檢測，分析屋面覆蓋油毛氈 6 件，僅 1 件含白石綿纖維、波形石綿浪板 5 件，5 件均含白石綿纖維、石膏板 10 件均不含白石綿纖維、梁柱噴塗式防火披覆材 8 件，8 件均不含白石綿纖維、水塔隔熱材 1 件，1 件含褐石綿纖維，另本研究案例調查檢測

建築物天花板之材質，主要為礦纖天花板，均不含石綿纖維。

建議二

研擬建築物含石綿建材診斷評估作業手冊：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

本研究完成建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案），並初步建立含石綿建材診斷評估及劣化評分計算方式，包括評估各種含石綿建材的狀況及其石綿纖維逸散風險，故有關石綿建材診斷評估及劣化評分計算方式尚須更多國內既有建築物含石綿建材案例個案研究進行驗證研究，建議研擬建築物含石綿建材診斷評估作業手冊，以利提供建築師或專業技師進行建築物含石綿建材劣化評估之參考依據。

附錄一 評選會議意見回覆

「既有建築物含石綿建材診斷評估之研究」評選會議於 109 年 1 月 21 日舉行，委員意見及辦理情形答覆列表如下：

項次	評選委員意見	廠商回應
1	- 服務建議書 P.18 研究進度及預期完成之工作項目，採用“甘特圖（Bar chart）”顯示各主要工作項目期程，對整個計畫案之進度確實動向很難掌控，建議增列“S curve 進度曲線”，以橫軸表示工作時程，縱軸表示完成累積值來表示整個計畫執行進展，方能於履約階段檢討比較整個計畫之實際進度與預定進度是否異常，以作為趕工控管達進度管理目標。 - 服務建議書 P.19 本研究成果（四）提供內政部建築研究所性能實驗中心「18小時石綿鑑定」之“量化檢測技術”及“分析量能”之教育訓練，建議辦理推廣應用計畫之人才培育教育訓練後，實施「成果問卷調查」。 - 服務建議書 P.16 研究經費配置，有關出席費（含專家訪談費用）2000 元（人/次），建議按行政院規定採最高支給 2500 元（人/次）。 - 石綿建築物之拆除應避免石綿留在原地、回收場，採“石綿標示”及“工業用地土壤石綿蹤跡”，請說明如何「偵測暨防護措施」，以防止後續石綿飛散空污及劣化狀態，以降低用戶和社區造成的風險與傷害。	- 本研究將參酌委員意以及內政部建築研究所委託研究報告書撰寫格式規範，修訂整體計畫執行研究進度及預期完成之工作項目之內容。 - 本研究提供內政部建築研究所性能實驗中心至少 18 小時石綿鑑定之量化檢測技術及分析量能之教育訓練，將於教育訓練完成後實施成果問卷調查。 - 有關出席費（含專家訪談費用）2000 元（人/次），本研究遵循內政部建築研究所規範出席費（含專家訪談費用）規定辦理。 - 石綿廢棄物清理管理權責單位為行政院環保署，行政院環保署於 108 年 1 月 9 日公告建築物拆除後含石綿廢棄物清理作業指引，以協助拆除與清除業者瞭解對拆除後含石綿建材廢棄物貯存、清除及處理過程，並提供相關機關輔導清除處理流程時之參考。

項次	評選委員意見	廠商回應
2	1. 國內石綿鑑定檢測技術除 建築研究所性能實驗中心外，是否有其他機構亦有此能量？未來是否有更多檢測能量之需求？請說明。 2. 服務建議書 P.9「……建材診斷評估及作業流程」之劣化程度如何辨識？又防護與拆除措施，國內實務上是否已有應用案例？請說明。 3. 服務建議書 P.10 潛在石綿建材之建築物篩選時，會選取幾處調查分析？主要重點為何？期望掌握何種資訊？請說明。	1. 目前可檢驗石綿建材有 3 家檢驗機構，分別為台灣檢驗科技股份有限公司、內政部建築研究所及中國醫藥大學公共衛生學系郭錦堂教授石綿檢驗實驗室，目前行政院環保署環檢所刻正建立檢驗石綿建材技術，可增加國內檢測能量。 2. 本研究會參考國內外有關建築物含石綿建材診斷評估及作業流程之文獻，例如日本石綿協會於 2005 年出版「既存建物における石綿使用の事前診断監理指針」、日本環境省水大氣環境局大氣環境課於 2014 出版「建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル」，以期建立石綿建材劣化程度分級，另勞動部於 107.9.28 公告「石綿建材拆除作危害預防指引」規範拆除現場防護作業及措施，惟上開指引是否有相關案例，本研究後續將洽詢勞動部。 3. 內政部於 108 年 1 月 2 日內授營建管字第 1080800031 號發函調查各公務機關管理之建築物有無使用可能含石綿成分建築材料，本研究將依其調查結果篩選案例進行個案調查，篩選原則優先順序以學校、醫院等供公眾使用建築物、興建年份較久公有建築及民間建築等，調查個案研究數量原則為 6 件，會依實際執行情形調整，主要希望透過個案研究，以明確掌握建築物含石綿建材類型、數量、位置，具體診斷石綿建材劣化程度。

項次	評選委員意見	廠商回應
	4. 未來選取調查對象時，建議考量各態樣（如建材種類與位置）之代表性。	4. 本研究個案研究調查石綿建材種類會以梁柱噴塗式防火披覆材、石膏板或氧化鎂板、石綿地磚、石綿水泥煙囪為主。
3	1. 服務建議書 P.5 的專業技師類別為何？如何執行 P.6 的初步辨識工作？請說明。 2. 本案研究挑選採樣是否已列冊 3000~4000 件且從中選取？是否為建物公安檢查一環或為公寓大廈管理中之公共空間？請說明。 3. 本案實驗室認證與 18 小時的提升檢測技術為內政部建研所實驗室？專業技師或民眾？請說明。 4. 本案未列入拆除規定中參與人員之分析，拆除機構管理如何執行？應無法達成服務建議書 P.11 所列研究流程之研究最終目的，請說明。 5. 本案建議將循環經濟中之再生材檢測石綿含量，納入管理流程中。	1. 內政部於 107 年 12 月 26 日修正「建築物防火避難設施與設備安全檢查報告書」增加「建築物疑似石綿建材標示表」，主要透過建築師進行建築物公共安全檢查作業，其辨識方式，係依據「建築物疑似石綿建材標示表」之內容進行辨識。 2. 同第 2 委員第 3 點意見回覆。 3. 本研究工作項目提供內政部建築研究所性能實驗中心 18 小時石綿鑑定之量化檢測技術及分析量能之教育訓練，訓練對象為內政部建築研究所性能實驗中心。 4. 有關建築物石綿建材拆除管理權責為內政部營建署，為強化含石綿建材拆除管理，內政部營建署修正建築物拆除施工規範及建築物拆除執照審查表修正「建築物室內裝修管理辦法相書表格式」及「建築物拆除施工規範」，以確實管理建築物石綿建材拆除作業與機構。 5. 聯合國環境規劃署及糧食與農業組織於 1998 年通過鹿特丹公約（Rotterdam Convention），2004 年生效，其公約將石綿納入管制對象，目前締約國家為 166 國，禁止石綿輸出入，目前有關

項次	評選委員意見	廠商回應
		廢棄物輸入管理權責屬行政院環保署，行政院環保署針對廢棄物輸入管理已有管理機制。
4	1. 本案針對個案調查，請說明實施流程、準備採樣幾間房子及如何具有代表性？ 2. 本案針對草案之擬訂，請說明實施流程，內容包含哪些重點項目及如何取得或準備參考哪些資料？ 3. 本案個案調查之結果和草案之擬訂有無關係？請說明。（從研究進度看似無關）	1. 同第 2 委員第 3、4 點意見回覆。 2. 本研究建立「建築物含石綿建材診斷評估及作業流程」，其草案內容為基本事項、含石綿建材的初步調查及調查方法、含石綿建材的適用性和診斷方法、拆除/翻新注意事項等。 3. 本研究係依據進行個案調查結果，作為建立「建築物含石綿建材診斷評估及作業流程」參考依據。
5	1. 本案係為協助本部（營建署）推動既有建築物含石綿建材之管理，因此有關建築物含石綿建材辨識診斷評估之對象應以專業人員為主，至於一般民眾之推廣宜由主管機關（環保署）辦理，請補充說明本案可能之對象為何？ 2. 服務建議書 P.17（六）其他費用中勞務服務費，單價 150 元與現行規定不一致，請補充說明。 3. 本案有關石綿鑑定之教育訓練應以國際及 CNS 檢測標準為主，請補充說明訓練課程內容。	1. 有關建築物含石綿建材辨識診斷評估之對象為建築師，透過本研究建立「建築物含石綿建材診斷評估及作業流程」，以期協助建築師針對建築物含石綿建材診斷評估作業提供參考依據。 2. 本研究將依勞動部規定調整勞務服務費為 158 元。 3. 有關石綿鑑定之教育訓練會以國際石綿檢驗標準 ISO 22262-1：2012、ISO 22262-2：2014 及 CNS15446 作為訓練主要內容。

附錄二 期中審查會議意見回覆

「既有建築物含石綿建材診斷評估之研究」期中審查會議於 109 年 7 月

14 日舉行，委員意見及辦理情形答覆列表如下：

審查委員	委員意見	廠商回應
李教授 魁鵬	1.本研究對於石綿建材之管控具有重要貢獻。	感謝委員意見。
	2.因應石綿之檢驗機構可能會有變動，建議報告中第 67 頁之表 4.1-3 及第 70 頁之表 4.1-8 可改放置在附錄中。	感謝委員意見，本研究團隊已將表 4.1-3 建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）之附表 1 中。
徐副董事 長文志	1.報告書中有關實施診斷評估及作業流程之主體對象，係提及「專業技師」，其實「建築師」在執行公共安全檢查或對於建築物診斷評估上相當熟悉，建議應一併列入考量。	感謝委員意見，有關研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)，可提供專業人員於建築物疑似石綿建材標示調查作業時，進行含石綿建材劣化狀態判定與後續防護工作之建議。另專業人員，指依建築法第七十七條第三項規定由中央主管建築機關認可，得受託辦理建築物公共安全檢查業務，並依法登記開業之建築師或執業技師。
	2.在實施建築物含石綿建材之診斷中，對於該材料未有暴露之虞者，是否也需列為評估對象？請執行單位於研究中提出處置管理建議。	感謝委員意見，本研究團隊針對內政部「建築物疑似石綿建材標示表」，建築物疑似石綿建材種類如波形石綿瓦、波形石綿浪板、屋面覆蓋油毛氈、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂板、梁柱噴塗式防火披覆材、石綿地磚，訂定石綿建材飛散性分類等級、表面劣化度判定基準，以及含石綿建材診斷評分，依供專業人員計算風險度。
	3.對於經診斷含有石綿建材，若未及拆除時，建議補充簡易之防護逸散措施，以降低建築物使用者恐慌。	感謝委員意見，本研究團隊已將建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）納入肆、含石綿建材之防護及處理方式，說明可採取清除、以藥劑固定或以其他建材包覆隔離等措

審查委員	委員意見	廠商回應
		施。
陳科長 清茂	1.報告書中第 43 頁，表 3-4 既有建築物含石綿建材現況基礎調查表中「拆除成本估算後續處理建議事項」，建議分為「拆除成本估算」及「後續處理建議事項」等 2 項，應並於成果報告中提出供填報人參考。	感謝委員意見，P.43 表 3-4 既有建築物含石綿建材現況基礎調查表，主要針對潛在含石綿建材既有建築物進行個案調查，現場將拍照目視判斷其損壞程度與可能飛散等級及風險，經現場採樣後送實驗室分析其成分後，研判是否為含石綿建材之既有建築物，已將該調查表刪除「拆除成本估算後續處理建議事項」之內容。
	2.報告書中第二章有關國內含石綿建材管制規定，建議再蒐集及說明 CNS 相關規定。	感謝委員意見，本研究團隊蒐集經濟部標準檢驗局相關規定並納入期末報告第二章第一節。
	3.報告書中第 60 頁用詞定義，建議增加各項目定義依據之法規說明，例如含石綿建材含量 1%以上是依有害事業廢棄物認定標準規定、含石綿建材分析機構應列出目前符合之機構、石綿纖維濃度標準是依勞工作業場所容許暴露標準等。	感謝委員意見，本研究團隊已將建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）用詞定義，參照現行法規加以修正。
	4.報告書中第 52 頁之 E 案例提報疑似含石綿項目包含石綿水泥煙囪，為公有建築物中唯一提報之石綿水泥煙囪案例，卻未採樣及進行定性檢測，理由為何？請說明。	感謝委員意見，E 案例提報疑似含石綿項目包含石綿水泥煙囪，屬日據時期之煙囪，外觀維護良好，建議本研究團隊不要採樣，造成破壞古蹟之情事。
	5.本計畫所使用疑似石綿建材之圖式及相關研究成果，後續請貴所提供本署宣導使用。	感謝委員意見，本研究成果係屬內政部建築研究所，本研究團隊配合內政部建築研究所相關規定辦理。
	6.本研究召開之「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)第 2 場專家座談會議，建議邀請第一線從業人員參加，俾使診斷評估原則及作業流程內容更加完備。	感謝委員意見，針對建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)第 2 次專家諮詢會議已邀請第一線從業人員之建築師公會 3 位代表與會及指導。
	7.報告書中文字錯漏建議： (1)第 13 頁建築管理規定中，	感謝委員意見，已於期末報告修正內容如下： (1)調整 P.13 建築管理規定中，

審查委員	委員意見	廠商回應
	(一)(二)(三)建議仿石綿廢棄物管理法規寫法，直接列出法規名稱及修正日期即可。 (2)第 13、15 頁，各式書表之附件(附件四)均未檢附，另第 13 頁倒數第 6 行，「樑柱」請修正為「梁柱」。 (3)第 52 頁及第 53 頁之圖 3-5 及圖 3-6 部分照片應旋轉 90 度。 (4)本報告第四章所使用「噴附式防火被覆材料」、「梁柱噴附式防火披覆材料」等名詞，與本部「建築物疑似石綿建材標示表」所列「梁柱噴塗式防火披覆材」不一致，請予以統一。	(一)(二)(三)之寫法。 (2)修正 P.13 及 P.15 誤繕之文字。 (3)調整 P.53 圖 3-5 及 P.54 圖 3-6，部分照片之旋轉角度。 (4)統一「梁柱噴塗式防火披覆材」之文字。
張建築師 矩墉	1.依本計畫顯示，含石綿建材除石綿瓦、石綿浪板、煙囪隔熱少數項目外，石膏板、氧化鎂板業根本無法從外表得知是否含石綿，若要建築師在拆除前調查清楚，一定是一律先當做疑似全部送樣檢驗，才不致疏漏，這對現有實驗室的量能將是一大考驗，也會影響拆除工期，建議能提供更多明確相關辨識圖例，以降低初判疑似含石綿建材的數量。	感謝委員意見，本研究於 108 年及 109 年 20 件針對國內建築物含石綿建材案例進行個案調查時，其興建時期從民國 40 年代至 80 年代，並分析 31 件樣本類型有僅於波形石綿浪板檢測含白石綿纖維，目前有 SGS 及內政部建築研究所可進行石綿檢驗，目前亦有民間檢驗實驗室刻正建置石綿檢驗設備，以期增加檢驗量能。
	2.一般建築業界所稱石膏板、氧化鎂板，都是做為輕隔間之板材。但綜觀本研究報告，其所附石膏板、氧化鎂板卻是一般用於輕型鋼架天花板之礦纖板、礦纖天花板，與實際使用不符，請說明。	感謝委員意見，本研究於 108 年及 109 年 20 件針對國內建築物含石綿建材案例進行個案調查時，其興建時期從民國 40 年代至 80 年代，並分析 31 件樣本類型包含屋面覆蓋油毛氈、波形石綿浪板、石膏板、梁柱噴塗式防火披覆材、水塔隔熱材等，均採樣送至實驗室檢測，經檢測結果，有僅於波形石綿浪板檢測含白石綿纖維，另檢測建築物天花板之材質，主要為礦

審查委員	委員意見	廠商回應
		織天花板。已建議檢討內政部 107 年 12 月 26 日修正「建築物公共安全檢查申報相關書表格式」之「(F2-5)建築物疑似石綿建材標示表」疑似石綿建材種類。
	3.依本計畫召開之「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)專家座談會議資料所示，與會人員並無日後的診斷參與之專業人員、建築師、技師，也無日後實際的拆除業者，建議第 2 次座談會增加這方面之代表，讓初步辨識、先期診斷或拆除評估為相關作業內容更加完備。	感謝委員意見，針對建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)第 2 次專家諮詢會議已邀請第一線從業人員之建築師公會 3 位代表與會及指導。
	4.本計畫研擬「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)時，建議對含石綿建材(包括疑似)之拆除方法、程序提出具體建議，以維護施工者與環境之安全衛生。	感謝委員意見，有關建築物石綿建材拆除管理權責為內政部營建署，為強化含石綿建材拆除管理，內政部營建署修正建築物拆除施工規範及建築物拆除執照審查表修正「建築物室內裝修管理辦法相書表格式」及「建築物拆除施工規範」，勞動部訂定石綿建材拆除作危害預防指引針對拆除現場防護作業做規範，以確實管理建築物石綿建材拆除作業。
	5.另針對劣化程度採用定性的描述，在現場可能會有標準不一的疑慮，建議加上定量之描述。	感謝委員意見，針對建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)，主要以專業人員以目視判斷，本研究團隊參考英國及日本相關文獻，均已定性及圖片方式，較難有定量方式判定，因此本研究團隊參用定性描述及圖片，提供專業人員做為參考依據。
溫經理 俊清	1.本研究針對既有建築物含石綿建材診斷評估，包含國外文獻調查、國內個案調查及舉辦專家座談會議等，在執行進度控管適宜值得肯定。	感謝委員意見。
	2.本研究報告書中第 67 頁之疑似石綿	感謝委員意見，本研究團隊參考日本

審查委員	委員意見	廠商回應
	建材採樣分析，納入相關使用個人防護裝備及工具，請再補充說明如何採樣及樣品是否具代表性。 3. 另在石綿檢驗機構：(1)SGS：Positive/Negative(認證範圍)(定性)；(2)建研所：>1%石綿量(定量)，兩者判定方式不同，未來如何進行？請說明。	建築物石綿建材調查採樣相關文獻，建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)，加強說明採樣及樣品之內容。 感謝委員意見，目前SGS及內政部建築研究所石綿檢驗方式，定性係乃利用相位差顯微鏡或偏光顯微鏡，進行石綿纖維判定，定量係乃利用XRD(X-射線繞射分析)進行含量判定。
勞動部勞動及職業安全衛生研究所(潘簡任研究員致弘)	1. 本研究報告書中第60頁之1.3用詞定義(4)請修正為：「空氣中石綿纖維8小時日時量平均容許濃度標準：0.15根/cc(石綿粉塵係指纖維長度在五微米以上，長寬比在三以上之粉塵。)」	感謝委員意見，本研究團隊已將建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)修正1.3用詞定義感、肆室內空氣中石綿粉塵濃度之內容及刪除表6、國內目前經認證具化驗石綿粉塵濃度之檢驗機構。
	2. 勞動部已公告「石綿建材拆除作業危害預防指引」，石綿之危害預防包括工程控制、行政管理及個人防護裝備等，請納入文獻、法規比較。	感謝委員意見，本研究團隊已將勞動部已公告「石綿建材拆除作業危害預防指引」納入建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)肆、含石綿建材之防護及處理方式中。
	3. 有關疑似含石綿建材似乎忽略了矽酸鈣板，建議納入。	感謝委員意見，本研究團隊依據內政部「建築物疑似石綿建材標示表」，建築物疑似石綿建材種類如波形石綿瓦、波形石綿浪板、屋面覆蓋油毛氈、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂板、梁柱噴塗式防火披覆材、石綿地磚等為主。
台灣省建築材料商業同業公會聯合會(王總幹事榮吉)	1. 本研究針對潛在含石綿建材既有建築物進行北、中、南部分個案調查及分析，從實際調查、訪查均有詳實的分析與報告，予以肯定。	感謝委員意見。
	2. 蒐集日本及南向國家地區，因與國內地理環境、氣候、區域等較相當，適合使用，建議可一併納入參考之用；至於愛爾蘭、葡萄牙，因屬歐洲、北歐，參考即可。	感謝委員意見，本研究已將蒐集韓國、日本及越南國家之潛在含石綿建材既有建築物之診斷評估相關資料入期末報告中。

審查委員	委員意見	廠商回應
呂簡任研究員文弘	1.依本所所務會議決議事項「請環境控制組督促執行單位妥予了解，石綿在民國95年以前的既有建築中，有哪幾種使用形式，是否會因時間久遠產生劣化情形，且劣化後是否會逸散至大氣中造成環境污染，及對民眾健康產生危害，俾供研擬診斷評估原則及作業流程參考。」請執行單位審查慎研析，並於成果報告中提出納入「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)」。	感謝委員意見，本研究團隊依據內政部「建築物疑似石綿建材標示表」，建築物疑似石綿建材種類如波形石綿瓦、波形石綿浪板、屋面覆蓋油毛氈、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂板、梁柱噴塗式防火披覆材、石綿地磚等7項疑似石綿建材為主，另本研究於108年及109年20件針對國內建築物含石綿建材案例進行個案調查時，其興建時期從民國40年代至80年代，並分析31件樣本類型，有僅於波形石綿浪板檢測含白石綿纖維，參考國外相關文獻，波形石綿浪板飛散風險較低之建材。本研究團隊建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)訂定石綿建材飛散性分類等級、表面劣化度判定基準，以及含石綿建材診斷評分，依供專業人員計算風險度。
	2.另針對行政院環境保護署召開「跨部會石綿危害管理及宣導」會議之相關會議結論，請執行單位一併納入參酌。	感謝委員意見，本研究團隊配合辦理。
	3.本研究研擬「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)」時，請執行單位關注勞動部勞動及職業安全衛生研究所提及相關作業規定及管制機制，尤其是在後續處理及不需立即拆除者如何防護?請補充說明。	感謝委員意見，本研究團隊已將各部會針對石綿管制規定納入建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)肆、含石綿建材之防護及處理方式中。
主席(鄭主任秘書元良)	1.本研究研擬「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)」用詞與格式，請執行單位再確認。	感謝委員意見，遵照辦理。

附錄三 期末審查會議意見回覆

「既有建築物含石綿建材診斷評估之研究」期末審查會議於 109 年 10 月

28 日舉行，委員意見及辦理情形答覆列表如下：

審查委員	委員意見	廠商回應
張建築師 矩墉	1.本研究是否有評估過現行使用含石綿建材的“量”有多少？大概分布在哪些類別之建築物？請補充說明	感謝委員意見，內政部 107 年 12 月 26 日台內營字第 1070820935 號令修正建築物公共安全檢查申報相關書表格式，並於 108.1.1 生效，針對民國 95 年以前興建、裝修或未領有建造執照之建築物，由專業機構或專業人員檢視建築物實際現況，記錄 7 項（波形石綿瓦、屋面覆蓋油毛氈、波形石綿浪板、石綿水泥煙囪、石膏板或氧化鎂版、梁柱噴塗式防火披覆材、石綿地磚）可能含石綿成分之建材種類、數量及位置，並於內政部營建署建築物疑似石綿建材申報系統辦理申報作業。
	2.本研究疑似石綿建材中，石膏板是否專指輕鋼架天花板？如能釐清，將有利於後續執行，請說明。	感謝委員意見，本研究於 108 年度及 109 年度 20 件針對國內既有建築物含石綿建材案例進行個案調查時，其興建時期從民國 40 年代至 80 年代，並分析 31 件樣本類型包含屋面覆蓋油毛氈、波形石綿浪板、石膏板、梁柱噴塗式防火披覆材、水塔隔熱材等，均採樣送至實驗室檢測，經檢測結果，有僅於波形石綿浪板檢測含白石綿纖維，另檢測建築物天花板之材質，主要為礦纖天花板，本研究建議內政部營建署檢討內政部 107 年 12 月 26 日修正「建築物公共安全檢查申報相關書表格式」之「(F2-5)建築物疑似石綿建材標示表」疑似石綿建材種類。
	3.另簡報 P.31 (2)，外牆、分間牆、女兒牆皆是部位名稱，防火牆則	感謝委員意見，本研究針對建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程

審查委員	委員意見	廠商回應
	是功能名稱，並列似有不妥，建議修正。	(草案)，2.2 中華民國 95 年 12 月 31 日以前興建、裝修之建築物，疑似石綿建材可能位置刪除防火牆之內容。
徐理事長 文志	1.本研究符合預期成果需求。	感謝委員意見。
	2.本研究研擬之建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程，適用範圍為 95 年 12 月 31 日前興建，領有執照或未領有執照之建築物，固然因經濟部 95 年始將石綿列為應施檢驗項目，但仍建議縮小範圍，例如特定建築用途或以供公眾使用之建築物優先辦理。	感謝委員意見，本研究研擬之建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)，主要配合內政部建築物公共安全檢查申報作業，主要對象為民國 95 年以前興建、裝修或未領有建造執照之建築物，由專業機構或專業人員檢視建築物實際現況，記錄可能含石綿成分之建材種類、數量及位置，並於內政部營建署建築物疑似石綿建材申報系統辦理申報作業。
	3.另在含石綿建材之防護及處理方式之所列建議，經判定為中度風險等級，建築物所有權人或管理人得進行危害防護措施，為任意規定。則在公共安全檢查申報書中，是否需列入改善追蹤？請說明。	感謝委員意見，針對含石綿建材經判定為中度風險等級，建築物所有權人或管理人得進行危害防護措施，是否於公共安全檢查申報書中，列入改善追蹤，涉及建築管理法規，將轉請內政部營建署討論及研議。
	4.本研究對於建築物中可能含有石綿建材的位置，若為隱蔽部分，基於檢查人的專業風險，可能皆以疑似推測，將可能造成檢驗需求大增，建議應有明確規範。	感謝委員意見，針對建築物中可能含有石綿建材的位置，有關建材隱蔽部分，皆以疑似石綿建材種類申報，目前後續管制作業，依據建築物拆除施工規範規定，如建築物公共安全檢查申報具疑似石綿成分之材料者，應檢附拆除物有無含石綿報告書如附表。上開報告書載明上開材料不含石綿成分（含石綿物質重量未達百分之一），並應提出檢驗或相關證明文件，未送驗或無相關證明文件者，應依本規範拆除石綿材料相關規定辦理。
陳委員瑞玲（陳委員文卿代	1.報告 P.47 表 3-2、公有建築物「可能」含石綿建材之棟數清查結果「可能」之用語太含糊，建議修	感謝委員意見，有關 P.47 表 3-2 公有建築物可能含石綿建材之棟數清查結果，係為內政部於 108 年 1 月 2 日內

審查委員	委員意見	廠商回應
理)	正。另對於該等建築物可能含石綿之資訊是否應讓建築物所有者知道？請說明。	授營建管字第 1080800031 號發函調查各機關管理之建築物有無使用可能含石綿成分建築材料，另公有建築物可能含石綿成分建材清查結果，其檢測為含石棉建材是波形石綿浪板，皆為已知含石綿建材。
	2.報告 P.61 (五) 現場調查樣品檢測分析結果，濃度表示為 (mg) 不符常規，請說明濃度 (mg) 與含量 (%) 之關係並依常規修正分析結果。	感謝委員意見，已於成果報告 P.51~P.63 五、現場調查結果，依常規修正分析結果。
	3.現行綠建材標章評估中於「通則」將石綿列為不得檢出，本研究卻都列出定量數值，是如何定量、檢測極限為何，請說明。另建議將上述「綠建材標章通則」規定之事項列在研究中，並對於綠建材評估手冊通則是否修正，請提出建議。	感謝委員意見，目前經濟部標檢局刻正 CNS45546 建築材料中石綿含量試驗法包含定性及定量內容，待上述國家標準修正完成後，本研究建議「綠建材標章通則」及綠建材評估手冊通則修正，納入年度相關計畫工作項目執行。
陳科長清茂	1.報告第三章個案調查及分析，重複使用第四章飛散性及劣化程度判斷之研究成果來說明，建議研究團隊調整章節配置或將飛散性及劣化程度判斷部分移列第四章之後作為案例。	感謝委員意見，本研究將期末報告第三章針對潛在含石綿建材既有建築物進行個案調查及分析，有關個案分析之飛散性及劣化程度判斷內容納入成果報告 P.78 第四章第二節針對潛在含石綿建材既有建築物個案調查及分析結果中說明。
	2.報告 P.74 表 4.1-3 含石綿建材飛散性分類等級，飛散性僅與建材種類相關，惟第三章案例之飛散性未與該表對應，例如案例 A 之梁柱噴塗式防火披覆材，飛散性為第三級，惟依表 4.1-3 應為第一級；案例 B 之屋面覆蓋油毛氈(B-1)飛散性為第三級，惟依表 4.1-3 應為第二級……等，建議研究團隊通盤檢視各案例分析之結果，避免前後資料有無法對應現象。	感謝委員意見，已修正成果報告 P.74 表 4.1-3 含石綿建材飛散性分類等級與第三章個案調查及分析之用詞對應，並通盤檢視及調整各案例分析之散性分類等級。

審查委員	委員意見	廠商回應
	3.另依第四章建立之架構，飛散性僅與建材種類相關，對應結果為飛散性高低，劣化程度僅與建材現況有關，對應結果為飛散風險高低，惟第三章的案例在描述上部分將劣化程度描述為飛散性，例如案例 D 第一段末「……劣化程度為程度二：飛散性很高……」，應修正為飛散風險很高。	感謝委員意見，已於成果報告 P.51-P.62 五、現場調查結果修正劣化程度之描述。
	4.報告表 4.1-1、建築物含石綿建材診斷評估總表中，石綿纖維類型之「角閃石綿」部分，因青石綿亦屬「角閃石綿」之一，建議修正為「褐石綿」。另表註 2：「……第二型：角閃石綿高(2分)……」，其中高字似為多餘亦與前揭用詞一併修正為「褐石綿」。	感謝委員意見，已於成果報告 P.72 表 4.1-1、建築物含石綿建材診斷評估總表之角閃石綿修正為褐石綿，並刪除冗詞。
	5.本研究建議敘明檢測建築物天花板之材質主要為礦纖天花板，並補充說明該礦纖天花板不含石綿。	感謝委員意見，本研究已於成果報告摘要及第六章結論與建議，補充說明該礦纖天花板不含石綿之內容。
	6.報告相關文字修正建議： (1)P.3 參、本研究計畫之重要性第三段「提供專業人員針對 881 萬 119 宅之建築物……」，因屋齡 20 年以上方可能使用含石綿建材，建議修正為「提供專業人員針對屋齡 20 年以上之 674 萬餘宅之建築物……」。 (2)P.5 表 1.1-1、預期研究進度表中「11 月」重複 2 次，應修正為「11 月」及「12 月」。 (3)P.13 二、(一)1.「內政部為逐步	感謝委員意見：已於成果報告修正內容如下： (1)P.3 參、本研究計畫之重要性第三段「…針對 881 萬 119 宅之建築物…」，修正為「…針對屋齡 20 年以上之 674 萬 3649 宅之建築物…」。 (2)P.5 表 1.1-1、預期研究進度表修正誤繕文字 (3)P.13 二、(一)1.「內政部為逐步建

審查委員	委員意見	廠商回應
	建立使用石綿建材之建築物資料庫，內政部營建署修正……」，建議修正為「內政部為逐步建立使用石綿建材之建築物資料庫，修正……」。 (4)P.23~24 各段落文字「防火批覆材」，應修正為「防火披覆材」。 (5)P.27(二)1.(1)及以下文字「某些處理」，建議修正為「處理」；另「維護和保養」與A.「保養」名詞應統一。 (6)P.28(B)使用「鐵石綿」，建議修正為常用之名詞「褐石綿」。 (7)P.38 表 2.2-3 無劣化之基準「在施工現場幾乎未觀察到損壞或起毛，例如噴過的石綿……」，其中「噴過的石綿」所指為何，請釐清。 (8)P.67 第四章文字「梁柱噴附式披覆材料」，請修正為「梁柱噴塗式披覆材料」(有多處)。 (9)P.68 中，1.3(2)「含石綿建材：參考有害事業棄物認標準規定……」漏字，應修正為：「含石綿建材：參考有害事業廢棄物認定標準規定……」。 (10)P.69 解說：「建築物常見疑似石綿建材主要位於建築物能位置」，建議修正為「建築物常見疑似石綿建材主要位於建築物之位置」。 (11)P.72 中，3.及以下文字「疑似石綿建材採樣分析」，因分析部分已於第 4.點規定，建議修正為「疑似石綿建材採樣」。 (12)P.73 表 4.1-2「國內目前經認證	立使用石綿建材之建築物資料庫，內政部營建署修正……」，修正為「內政部為逐步建立使用石綿建材之建築物資料庫，修正……」。 (4)P.23~P.24 各段落之「防火批覆材」修正為「防火披覆材」。 (5) P.27~P.28(二)1.(1)之「保養」及「處理」等詞彙，修正並統一用詞。 (6)P.28(B)「…鐵石綿…」，修正為「…褐石綿…」。 (7)修正 P.38 表 2.2-3、劣化程度判定基準誤繕文字及用詞。 (8)P.67 第四章文字「梁柱噴附式披覆材料」，修正為「梁柱噴塗式披覆材料」，並全文檢視、修正。 (9)P.68 1.3 用詞定義(2)「…參考有害事業棄物認標準規定…」修正「…參考有害事業廢棄物認定標準規定…」。 (10)P.69 解說：「建築物常見疑似石綿建材主要位於建築物能位置」，修正為「建築物常見疑似石綿建材主要位於建築物之位置」。 (11)P.72 中，3.及其內文「疑似石綿建材採樣分析」，修正為「疑似石綿建材採樣」。 (12)P.73 表 4.1-2「國內目前經認證具

審查委員	委員意見	廠商回應
	具化驗石綿之檢驗機構」，建議修正為「國內目前經認證具化驗石綿建材之檢驗機構」。	化驗石綿之檢驗機構」，建議修正為「國內目前經認證具化驗石綿建材之檢驗機構」。
李教授訓谷(書面意見)	1.本研究如期完成各工作項目，符合預期成果。	感謝委員意見。
	2.報告中附錄文件之文字與圖形清晰度，建議研究團隊再加強。	感謝委員意見，已於成果報告強化附錄文件之解析度。
	3.報告格式，請研究團隊依照內政部委託研究計畫之格式修正撰寫。	感謝委員意見，本研究依照內政部建築研究所研究計畫之格式修正撰寫。
中華民國全國建築師公會(楊建築師勝德)	1.目前建築管理單位對於拆除執照有提及石綿問題，但對於補照並沒有要求「舊有建築物」需檢視石綿建材之項目，建議本研究能納入討論。	感謝委員意見，本研究將目前建築管理單位對於拆除執照有提及石綿問題，但對於補照並沒有要求「舊有建築物」需檢視石綿建材之項目之問題，轉請內政部營建署討論及研析。
羅組長時麒	1.本研究係為協助本部營建署推動既有建築物含石綿建材管理所研擬之「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)」，經2次專家座談會討論修正雖已完成內容，惟考量後續將函送該署應用，請研究團隊於完成成果報告前，除參酌委員意見修正，請再與該署討論內容是否合宜適用。	感謝委員意見，有關建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)之用詞與內容，會參考各位委員之意見，並與內政部營建署業務承辦單位詳細討論後，據以修正草案內容。
	2.國內石綿已於民國95年禁止使用，一般新建建築物不會使用石綿建材，為避免引起誤解，請研究團隊於相關表格中，應註明係針對民國95年以前的既有建築物之調查。	感謝委員意見，本研究研擬之建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)，主要配合內政部建築物公共安全檢查申報作業，主要對象為民國95年以前興建、裝修或未領有建造執照之建築物，已於P.71表4.1.1建築物含石綿建材診斷評估總表加註說明針對民國95年以前的既有建築物之調查。
	3.目前國際石綿鑑定檢測技術之發展趨勢，偵測極限已由1%提升至0.1%，隨之檢測標準亦由定性、半定量提升為定量，我國CNS檢	感謝委員意見。

審查委員	委員意見	廠商回應
	測標準，刻正進行修正中，未來可依申請人需求進行相關檢測，本研究透過研究團隊協助本所性能實驗中心精進鑑定技術；後續綠建材標章之石綿試驗，亦將配合新版 CNS 標準修訂進行微調。	
主席(鄭主任秘書元良)	1.本研究研擬之「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)」，部份用詞與內容尚須斟酌調整，考量後續將函送本部營建署應用，請研究團隊與該署詳細討論是否合宜適用後再提出定稿納於成果報告。	感謝委員意見，有關建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)之用詞與內容，本研究參考各位委員之意見，並經內政部營建署業務承辦單位詳細討論後，修正草案內容，納於成果報告 P.67 第四章第一節。

附錄四 國內既有建築物含石綿建材案例進行現況基礎調查檢測報告

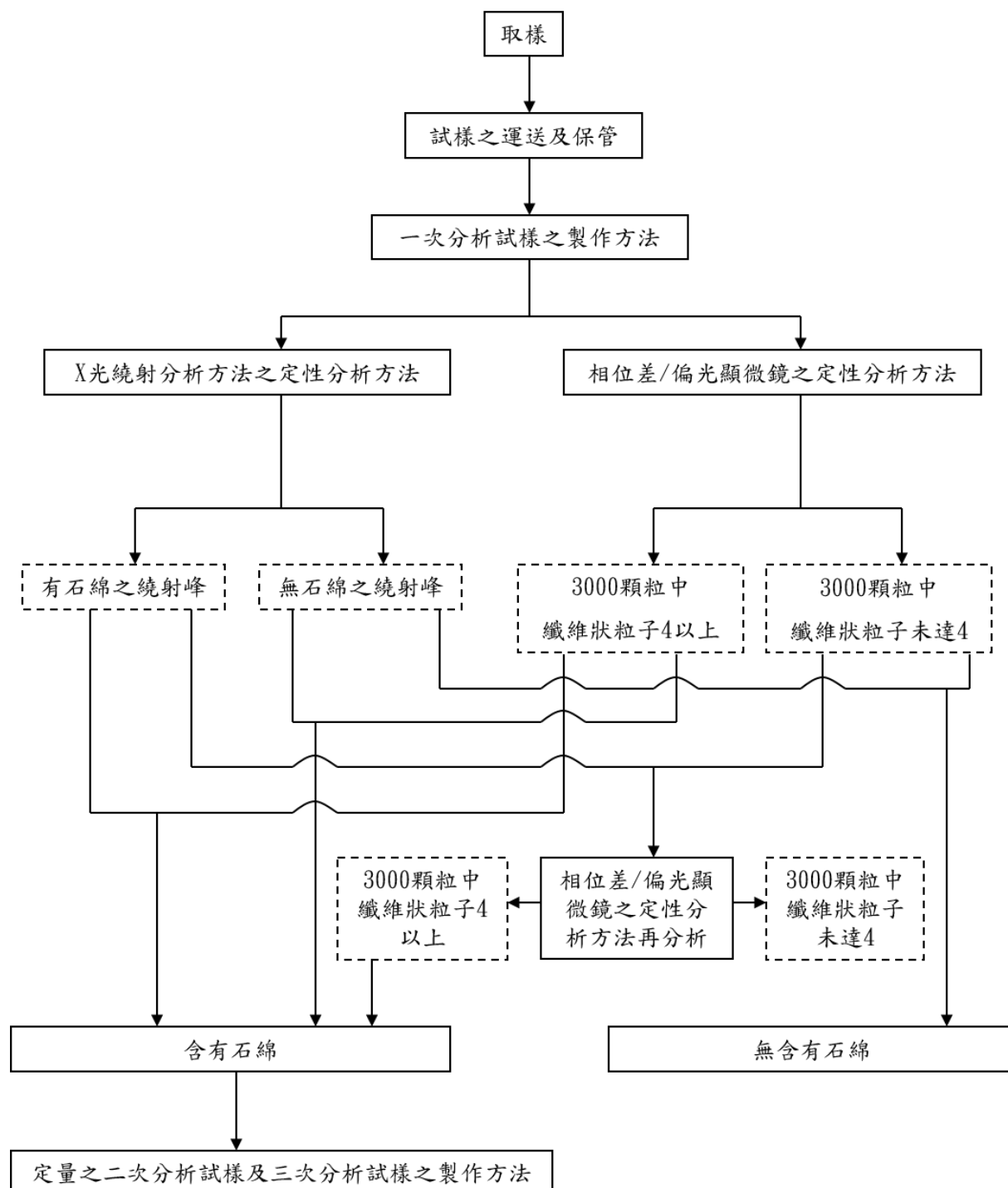
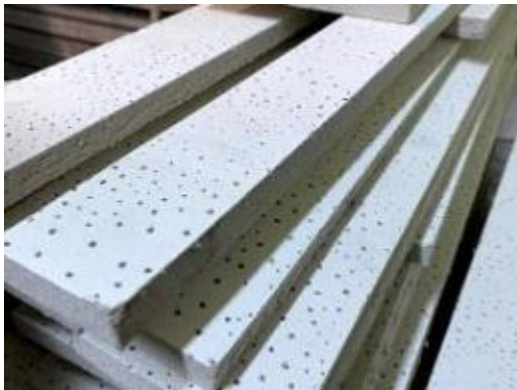


圖 1 JIS A 1481-2 樣品檢測判定程序

15 件石綿建材檢測結果

1. 樣品彙整及取樣

序	編號	樣品
1	A-1 梁柱噴塗式防火披覆材	 
2	B-1 RF 油毛氈	 
3	B-2 RF 油毛氈	 
4	B-3 RF 油毛氈	 

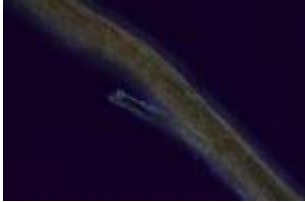
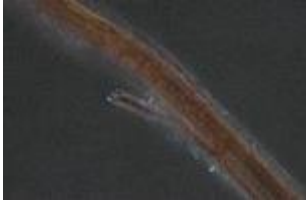
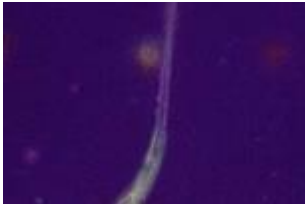
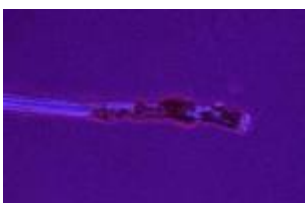
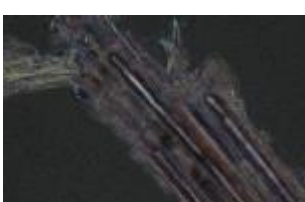
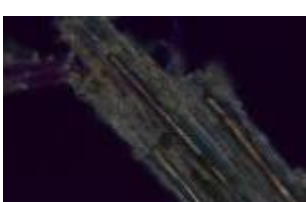
序	編號	樣品	
5	B-4 RF 油毛氈		
6	C-1 梁柱噴塗式防火披覆材		
7	C-2 天花板原建材		
8	C-3 天花板原建材		

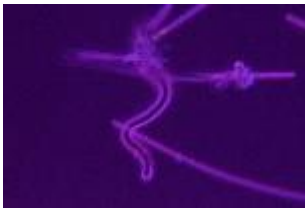
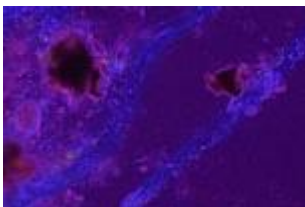
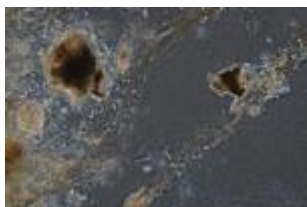
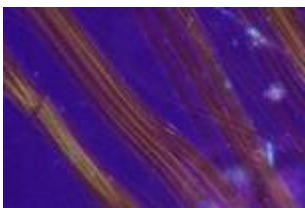
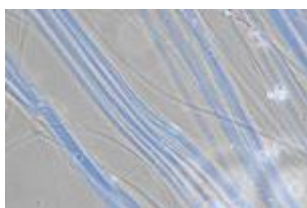
序	編號	樣品
9	D-1 波形石綿浪板	 
10	D-2 波形石綿浪板	 
11	D-3 水塔隔熱材	 
12	E-1 波形石綿浪板	 

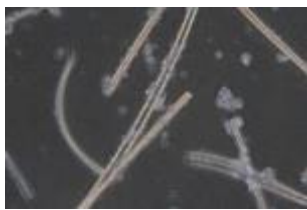
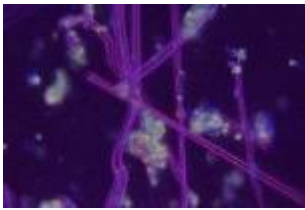
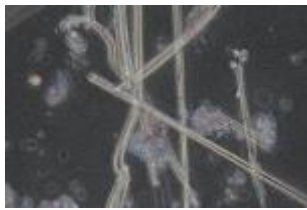
序	編號	樣品
13	F-1 梁柱噴塗式防火披覆材	 
14	F-2 梁柱噴塗式防火披覆材	 
15	F-3 梁柱噴塗式防火披覆材	 

2. JIS A1481-2 分析

A. 散染色液偏光相位差顯微鏡 (PLM) 檢測報告

編號	RI	DS-垂直	DS-平行	結果
A-1	1.550			Neg.
B-1	1.550			Neg.
B-2	1.550			白石綿.
B-3	1550			Neg.
B-4	1.550			Neg.
C-1	1.550			Neg.

編號	RI	DS-垂直	DS-平行	結果
C-2	1.550			Neg.
C-3	1.550			Neg.
D-1	1.550			白石綿
D-2	1.550			白石綿
D-3	1.550			Neg.
	1.680			褐石綿
E-1	1.550			白石綿

編號	RI	DS-垂直	DS-平行	結果
F-1	1.550			Neg.
F-2	1.550			Neg.
F-3	1.550			Neg.

B. X 光繞射儀 (XRD) 檢測結果

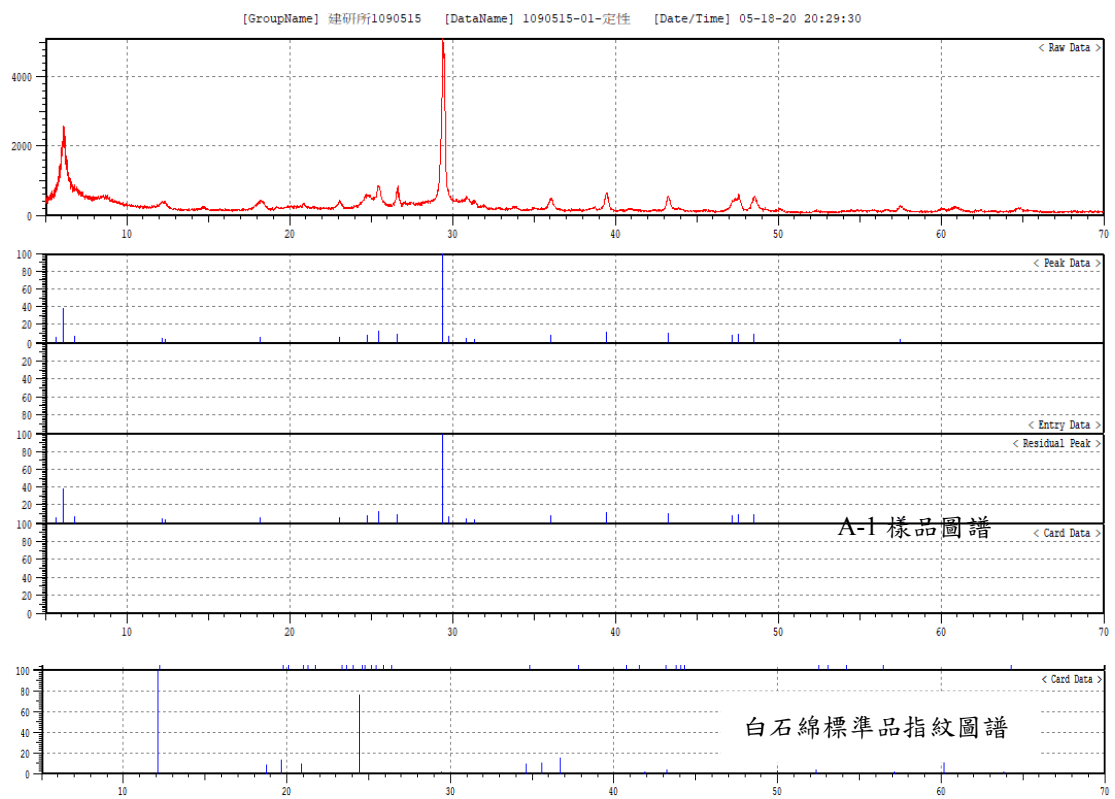


圖 01 編號 A-1 XRD 圖譜

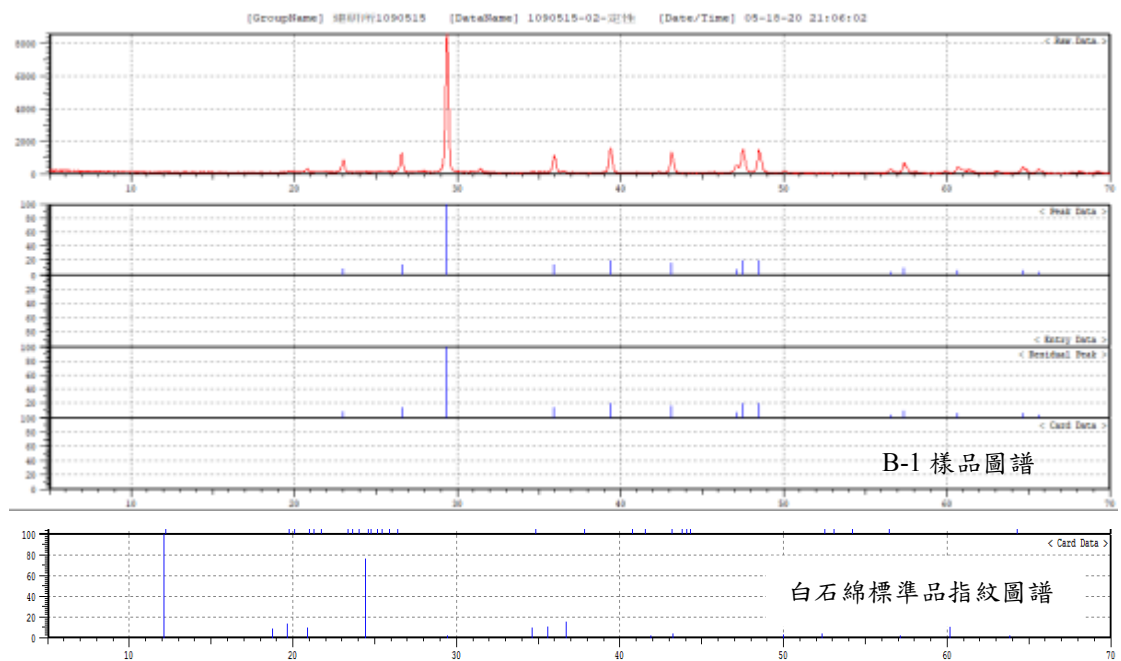


圖 02 編號 B-1 XRD 圖譜

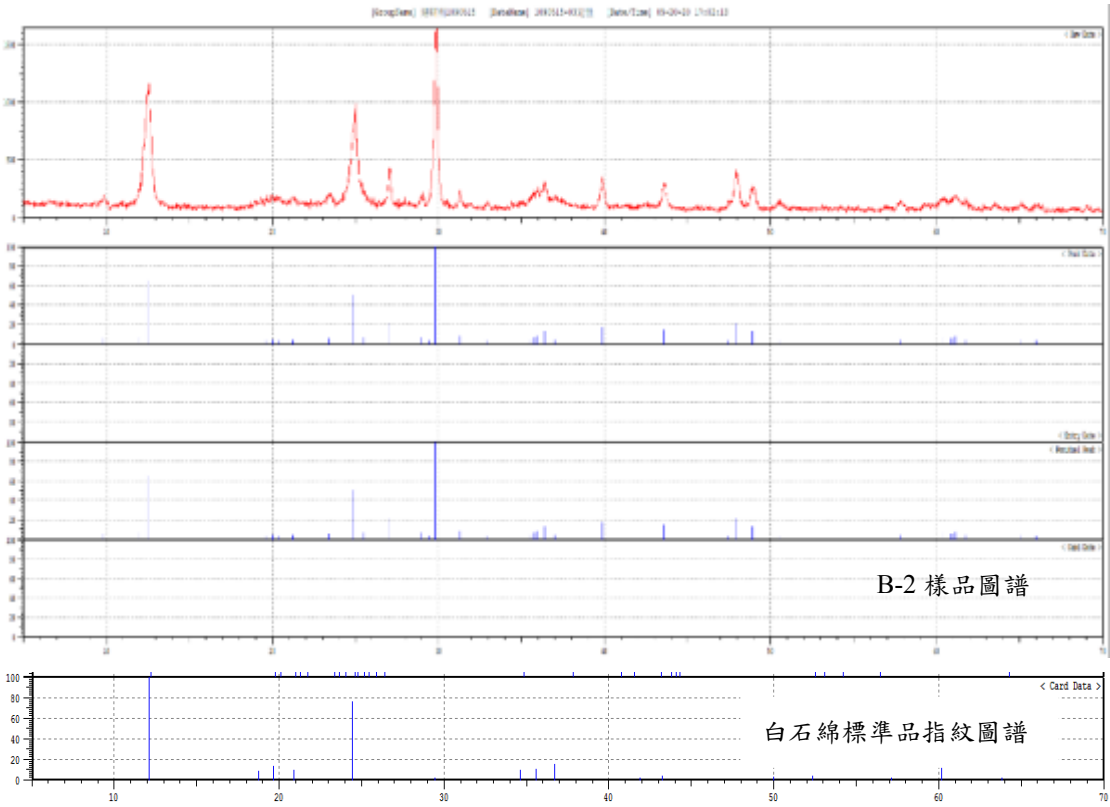


圖 03 編號 B-2 XRD 圖譜

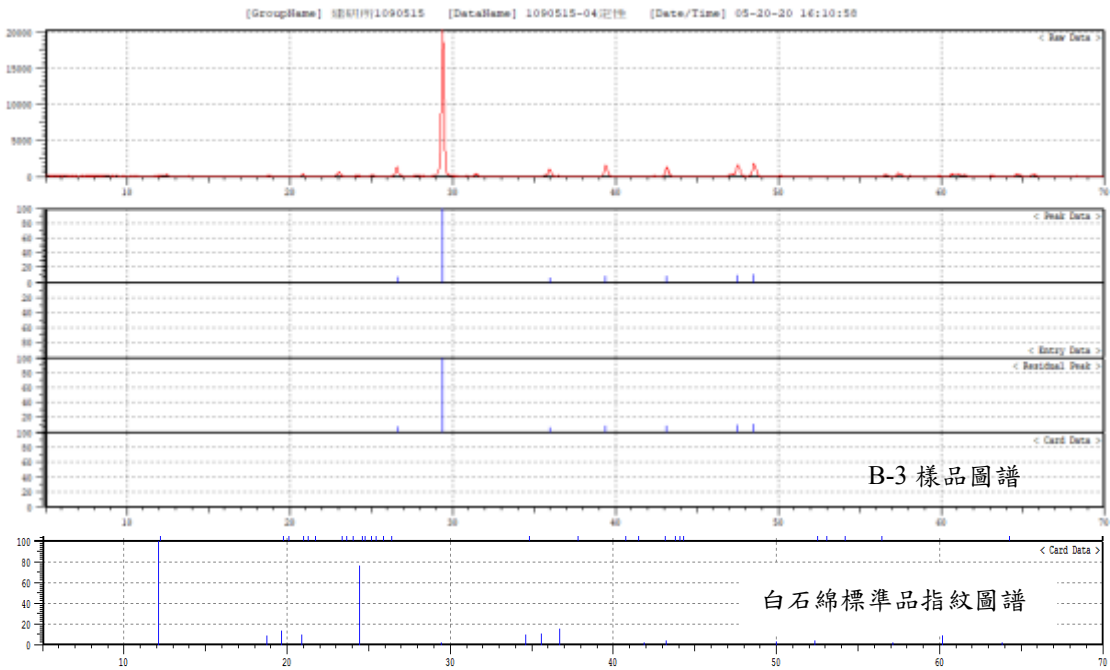


圖 04 編號 B-3 XRD 圖譜

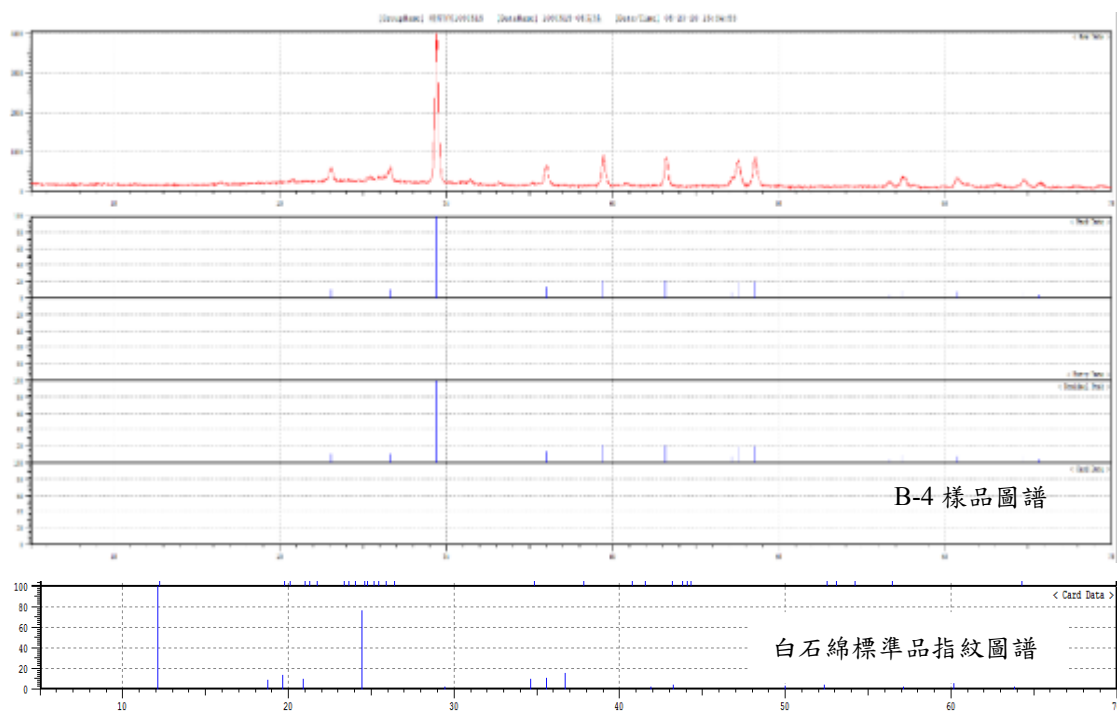


圖 05 編號 B-4 XRD 圖譜

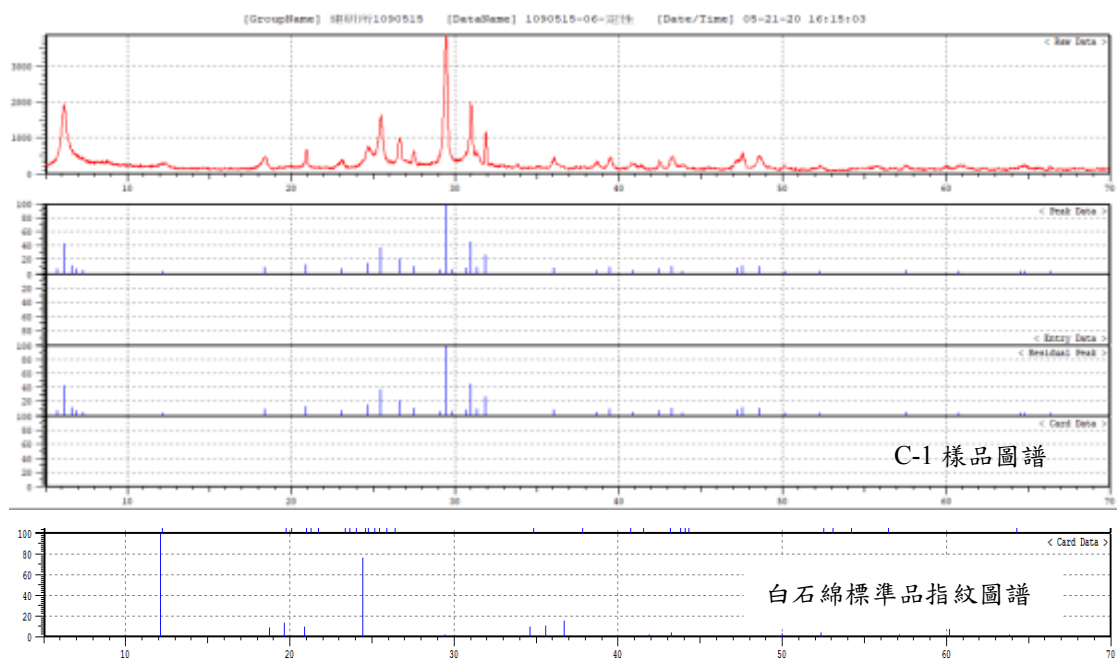


圖 06 編號 C-1 XRD 圖譜

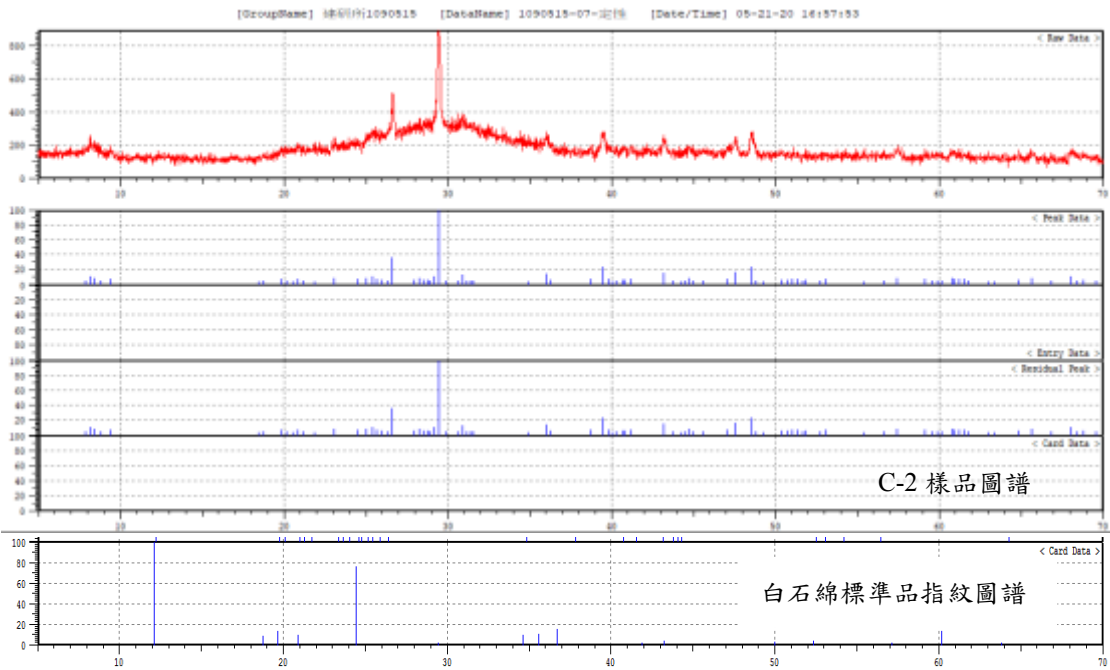


圖 07 編號 C-2 XRD 圖譜

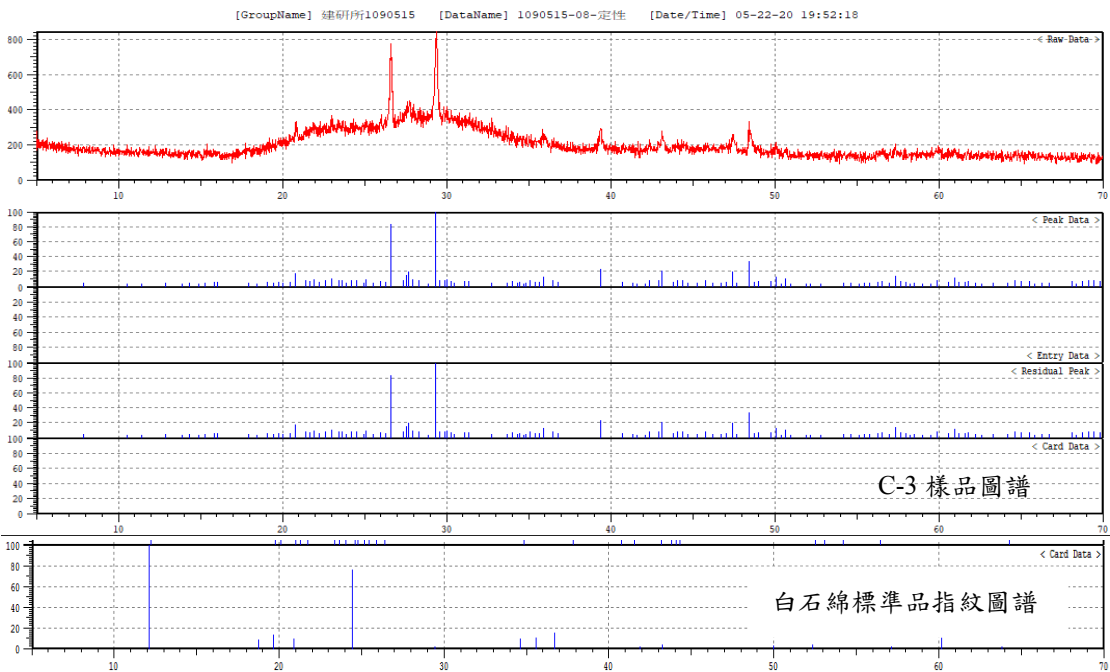


圖 08 編號 C-3 XRD 圖譜

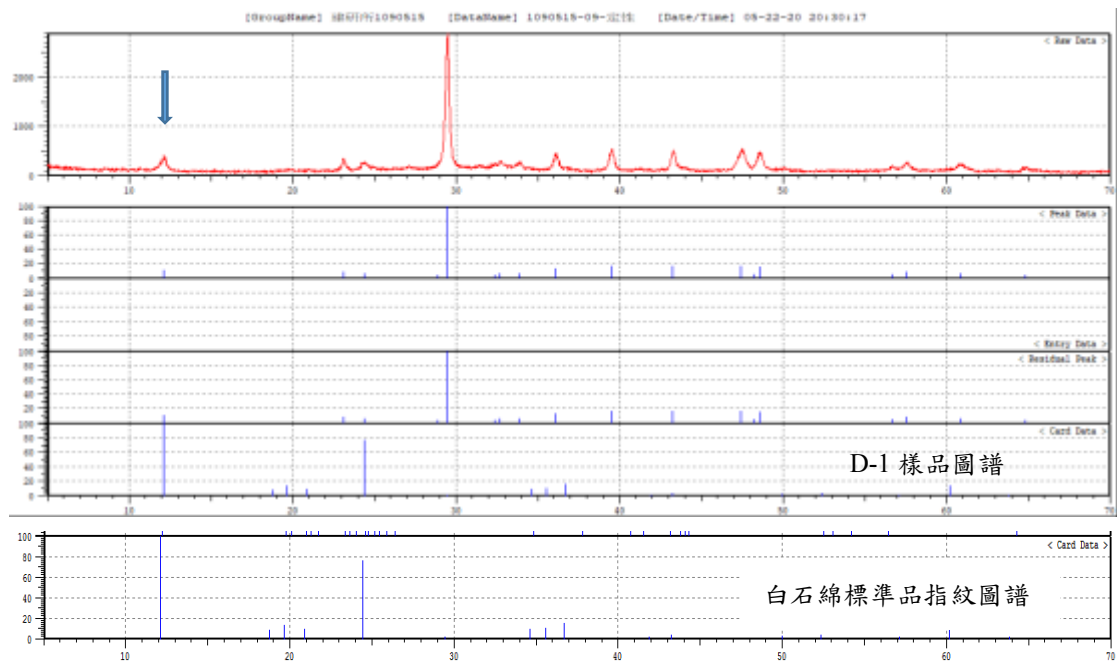


圖 09 編號 D-1 XRD 圖譜

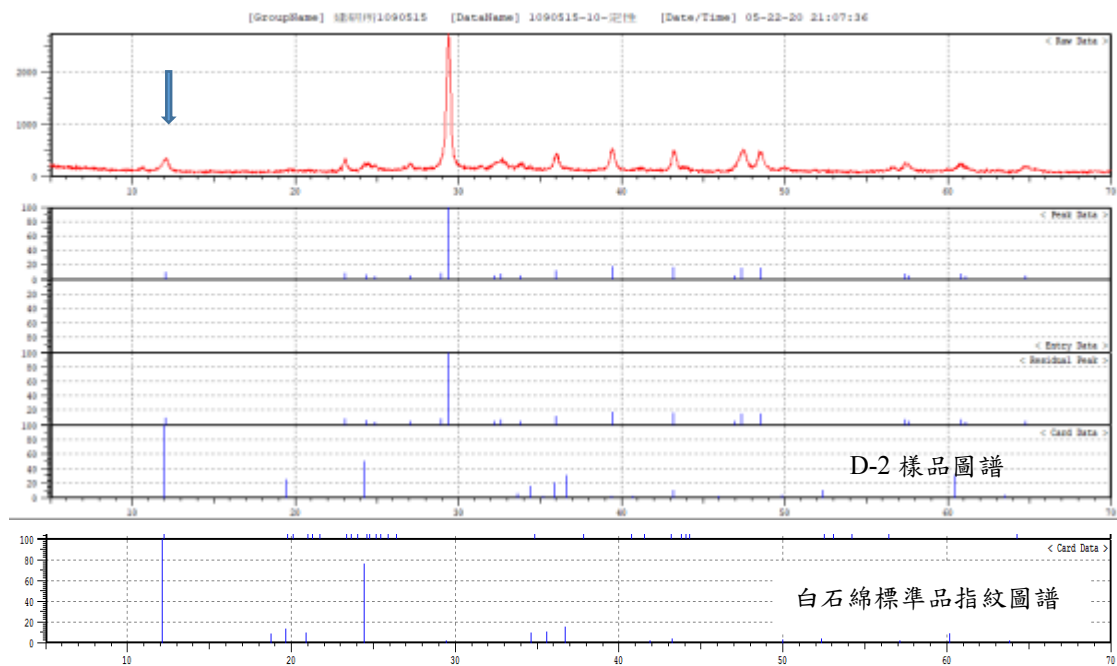


圖 10 編號 D-2 XRD 圖譜

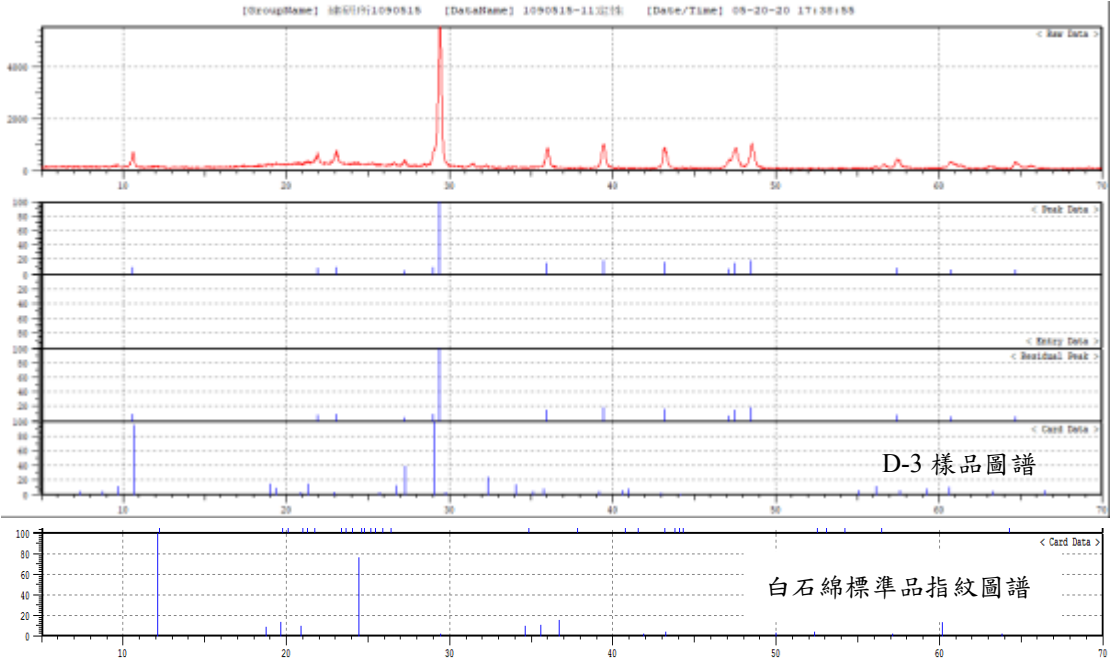


圖 11 編號 D-3 XRD 圖譜

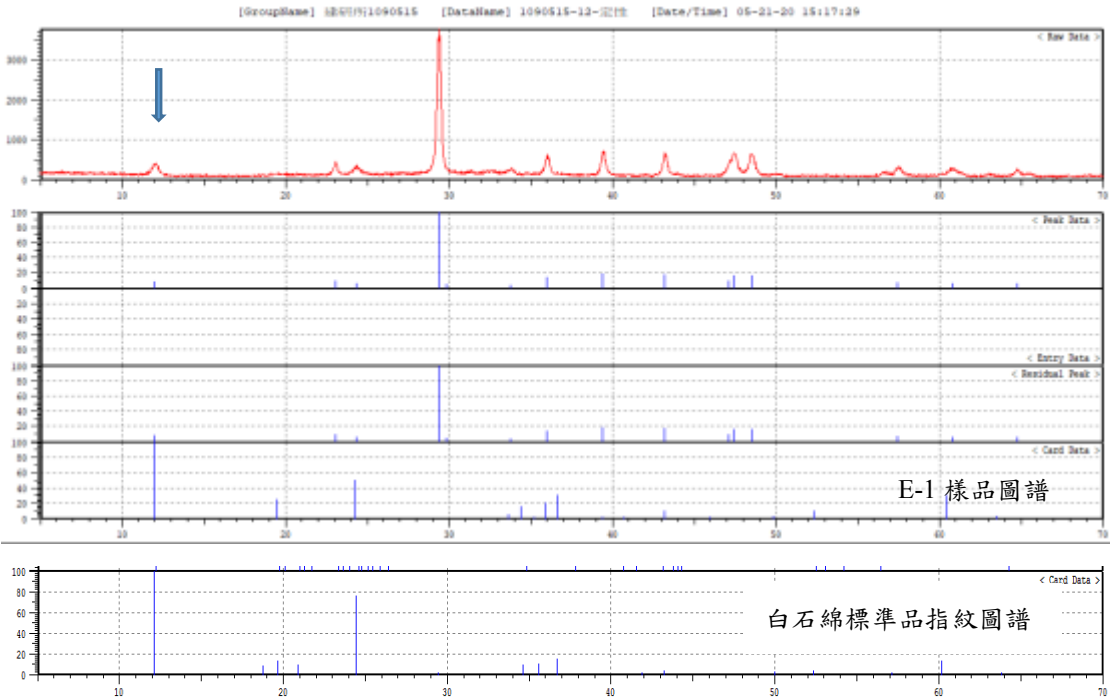


圖 12 編號 E-1 XRD 圖譜

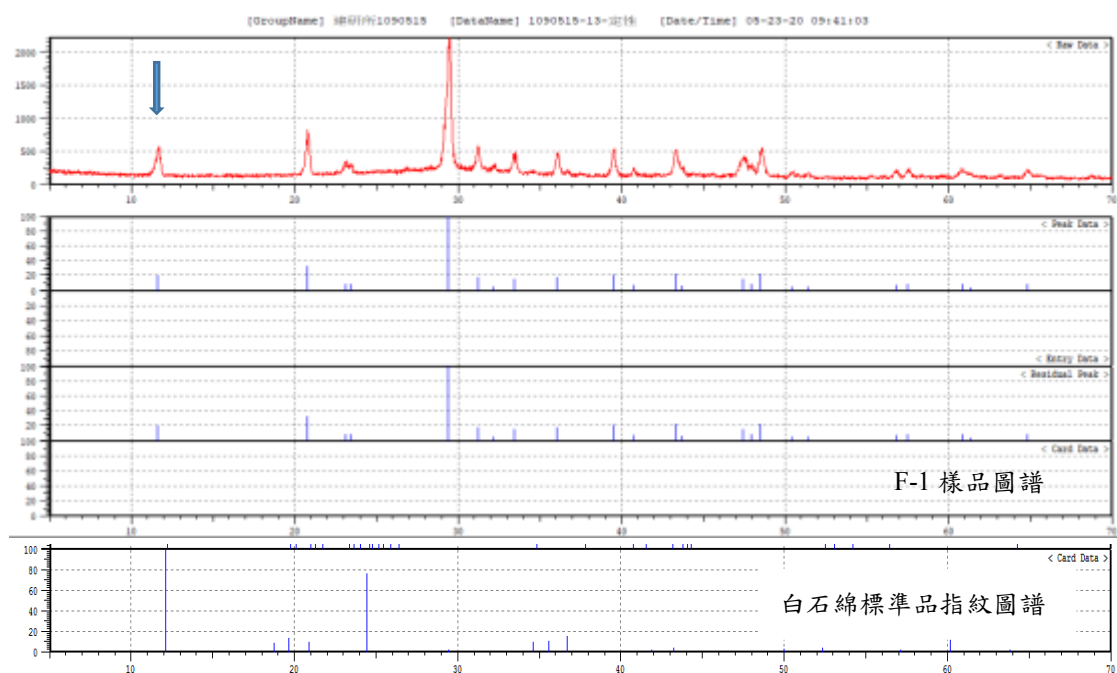


圖 13 編號 F-1 XRD 圖譜

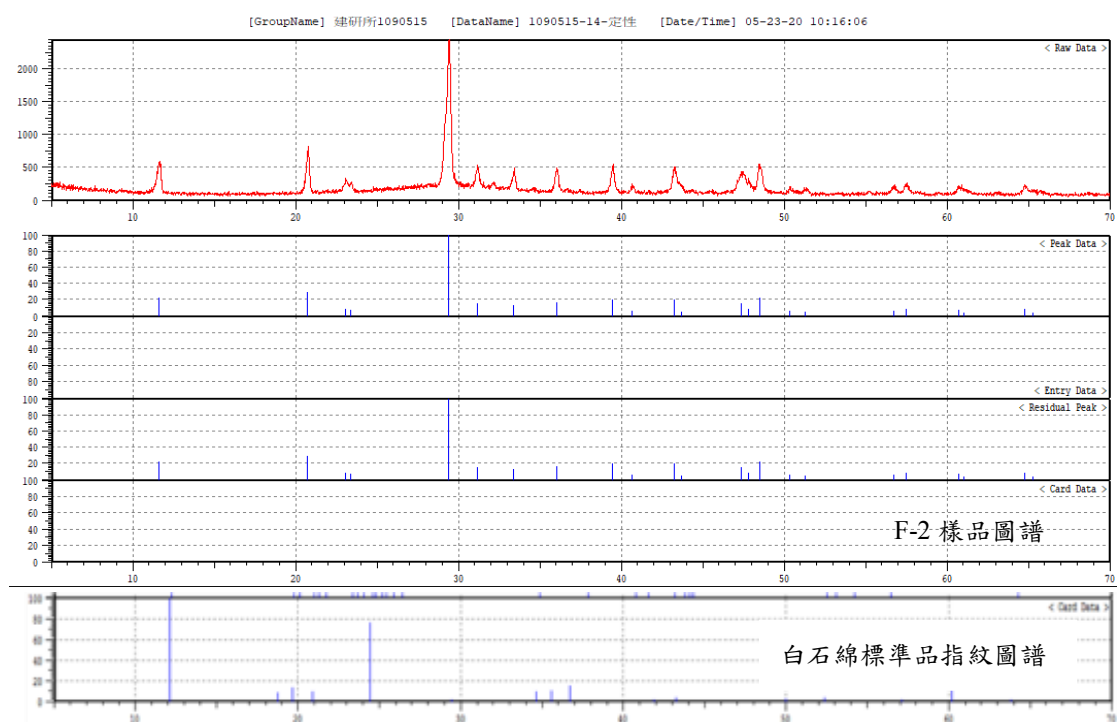


圖 14 編號 F-2 XRD 圖譜

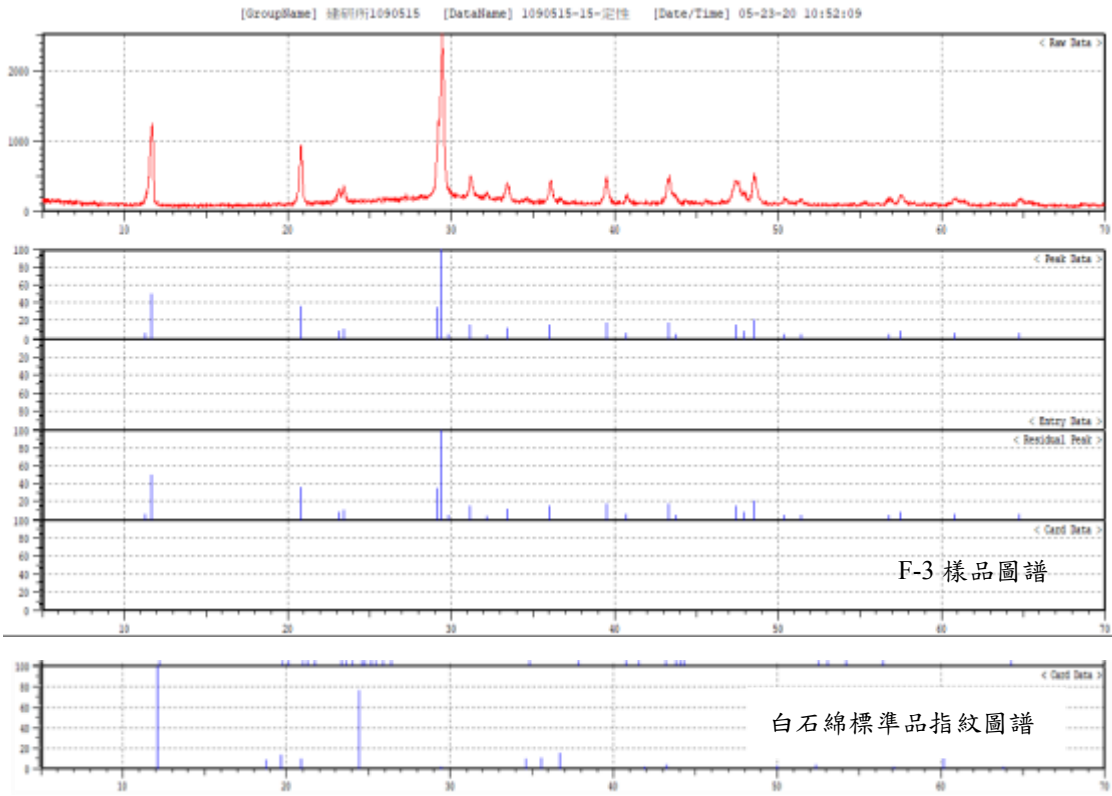


圖 15 編號 F-3 XRD 圖譜

3. JIS A1481-3 建材檢測濃度

編號	濃度 (mg)	含量 (%)	種類
A-1	ND	ND	--
B-1	ND	ND	--
B-2	5.7	29.96	白石綿
B-3	ND	ND	--
B-4	ND	ND	--
C-1	ND	ND	--
C-2	ND	ND	--
C-3	ND	ND	--
D-1	4.59	12.87	白石綿
D-2	2.36	8.25	白石綿
D-3	0.92	8.67	褐石綿
E-1	2.45	9.69	白石綿
F-1	ND	ND	--
F-2	ND	ND	--
F-3	ND	ND	--

附錄五 研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程 (草案) 第 1 次專家諮詢會議相關資料

一、簽到冊

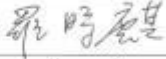
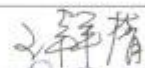
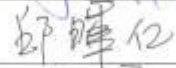
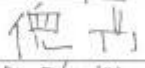
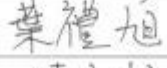
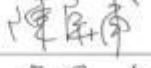
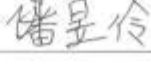
研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)
第一次專家諮詢會議 簽到單

壹、 時間：109 年 6 月 18 日(星期四)上午 10 時 00 分

貳、 地點：內政部建築研究所 13 樓簡報室(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)

參、 主持人：郭錦堂教授 

肆、 與會人員：

單位	職稱	姓名	簽到
內政部建築研究所	組長	羅時麒	
內政部建築研究所	專案助理	陳禱	
內政部營建署建築管理組	科長	劉奇岳	
勞動部勞動及職業安全衛生研究所	簡任研究員	潘致弘	
國立中央大學土木工程學系	副教授	王輝蓀	
財團法人台灣建築中心	副執行長	林杰宏	
財團法人臺灣營建研究院	經理	邱暉仁	
惠普股份有限公司	總經理	倪勇	
國宇建材股份有限公司	顧問	李銘智	
國產建材實業	經理	楊宗叡	
臺灣鋼鐵工業同業公會	顧問	黃進修	
永旭豐環境科技有限公司	計畫主持人	葉禮旭	
永旭豐環境科技有限公司	研究員	陳屏甫	
永旭豐環境科技有限公司	工程師	潘昱伶	

二、簡報資料



潛在含石棉建材既有建築物進行個案調查							
產品編號	產品種類	產品照片	廠牌名稱	劣化程度	濃度(mg)	含量(%)	種類
D-1	定向石棉纖維板		第二面	劣化四	4.59	12.87	石棉板
D-2	定向石棉纖維板		第二面	劣化四	2.36	8.29	石棉板
D-3	石棉纖維板		第二面	劣化二	0.92	8.67	石棉板

潛在含石棉建材既有建築物進行個案調查							
產品編號	產品種類	產品照片	廠牌名稱	劣化程度	濃度(mg)	含量(%)	種類
E-1	定向石棉纖維板		第二面	劣化四	2.45	9.69	石棉板
F-1	定向石棉纖維板		第一面	劣化二	ND	ND	-
F-2	定向石棉纖維板		第一面	劣化二	ND	ND	-
F-3	定向石棉纖維板		第一面	劣化二	ND	ND	-

建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
壹、通則	
1.1目的	
本作業程序針對既有建築物和可能使用石棉產品的建築物設備，提供專業技師於建築物含石棉建材診斷評估調查作業時，進行建築物之含石棉建材劣化狀態判定與後續防護工作之建議。	

建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
壹、通則	
1.2適用範圍	
依據內政部中華民國107年12月26日台內營字第 1070820935 號修正「建築物公共安全檢查申報相關書表格式」之「(F2-5)建築物疑似石棉建材標示表」，其適用於建造執照日期為中華民國95年以前興建、裝修或未領有建造執照之建築物。	

建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
壹、通則	
1.3用詞定義	
(1)含石棉建材：建材含石棉成分，為含石棉物質重量百分之一以上者。	
(2)噴塗式防火被覆材：指以噴塗、塗抹或以其他方式將石棉等施加到結構或基表表面所製成之表面材料（例如天花板上的吸音材料和結構構件上的防火材料，或用於隔音、防火和其他目的之表面材料）。	
(3)含石棉建材分析機構：經政府機關或財團法人全國認證基金會(TAF)認證具化驗石棉建材之檢驗機構。	
(4)石棉纖維濃度標準：1根石棉纖維(≥5微米長)/毫升空氣。	

建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
貳、疑似石棉建材	
2.1疑似石棉建材種類	
波形石棉瓦、波形石棉波板、屋頂覆蓋油毛氈、石棉水泥磚、石膏板或氧化鋁板、鋼柱噴塗式防火被覆材、石棉地磚等。	

建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
貳、疑似石棉建材	
2.2建築物疑似石棉建材可能位置	
(1)建築物內部空間	
A.天花板：石膏板或氧化鋁板。	
B.梁、柱：噴塗式防火被覆材。	
C.地板：石棉地磚。	
(2)建築物外部空間	
A.屋頂及屋簷。	

建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
貳、疑似石棉建材	
2.2建築物疑似石棉建材可能位置	
(A)波形石棉瓦。	
(B)波形石棉波板。	
(C)油毛氈。	
B.山牆及外牆：波形石棉波板。	
C.牆面：波形石棉波板。	
D.磚牆：石棉水泥磚。	

建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
參、建築物疑似石棉建材調查及診斷評估	
3.1疑似石棉建材調查作業流程	

建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
參、建築物疑似石棉建材調查及診斷評估	
3.2含石棉建材診斷評估	
含石棉建材以外觀目視檢查方法確認材料外觀損壞或變質狀態，判定含石棉建材表面劣化程度及石棉纖維飛散風險。	
劣化程度	第一面
劣化程度二	第二面
劣化程度三	第三面
劣化程度四	第四面
劣化程度五	第五面
劣化程度六	第六面
劣化程度七	第七面
劣化程度八	第八面
劣化程度九	第九面
劣化程度十	第十面
劣化程度十一	第十一面
劣化程度十二	第十二面
劣化程度十三	第十三面
劣化程度十四	第十四面
劣化程度十五	第十五面
劣化程度十六	第十六面
劣化程度十七	第十七面
劣化程度十八	第十八面
劣化程度十九	第十九面
劣化程度二十	第二十面
劣化程度二十一	第二十一面
劣化程度二十二	第二十二面
劣化程度二十三	第二十三面
劣化程度二十四	第二十四面
劣化程度二十五	第二十五面
劣化程度二十六	第二十六面
劣化程度二十七	第二十七面
劣化程度二十八	第二十八面
劣化程度二十九	第二十九面
劣化程度三十	第三十面
劣化程度三十一	第三十一面
劣化程度三十二	第三十二面
劣化程度三十三	第三十三面
劣化程度三十四	第三十四面
劣化程度三十五	第三十五面
劣化程度三十六	第三十六面
劣化程度三十七	第三十七面
劣化程度三十八	第三十八面
劣化程度三十九	第三十九面
劣化程度四十	第四十面
劣化程度四十一	第四十一面
劣化程度四十二	第四十二面
劣化程度四十三	第四十三面
劣化程度四十四	第四十四面
劣化程度四十五	第四十五面
劣化程度四十六	第四十六面
劣化程度四十七	第四十七面
劣化程度四十八	第四十八面
劣化程度四十九	第四十九面
劣化程度五十	第五十面
劣化程度五十一	第五十一面
劣化程度五十二	第五十二面
劣化程度五十三	第五十三面
劣化程度五十四	第五十四面
劣化程度五十五	第五十五面
劣化程度五十六	第五十六面
劣化程度五十七	第五十七面
劣化程度五十八	第五十八面
劣化程度五十九	第五十九面
劣化程度六十	第六十面
劣化程度六十一	第六十一面
劣化程度六十二	第六十二面
劣化程度六十三	第六十三面
劣化程度六十四	第六十四面
劣化程度六十五	第六十五面
劣化程度六十六	第六十六面
劣化程度六十七	第六十七面
劣化程度六十八	第六十八面
劣化程度六十九	第六十九面
劣化程度七十	第七十面
劣化程度七十一	第七十一面
劣化程度七十二	第七十二面
劣化程度七十三	第七十三面
劣化程度七十四	第七十四面
劣化程度七十五	第七十五面
劣化程度七十六	第七十六面
劣化程度七十七	第七十七面
劣化程度七十八	第七十八面
劣化程度七十九	第七十九面
劣化程度八十	第八十面
劣化程度八十一	第八十一面
劣化程度八十二	第八十二面
劣化程度八十三	第八十三面
劣化程度八十四	第八十四面
劣化程度八十五	第八十五面
劣化程度八十六	第八十六面
劣化程度八十七	第八十七面
劣化程度八十八	第八十八面
劣化程度八十九	第八十九面
劣化程度九十	第九十面
劣化程度九十一	第九十一面
劣化程度九十二	第九十二面
劣化程度九十三	第九十三面
劣化程度九十四	第九十四面
劣化程度九十五	第九十五面
劣化程度九十六	第九十六面
劣化程度九十七	第九十七面
劣化程度九十八	第九十八面
劣化程度九十九	第九十九面
劣化程度一百	第一百面

建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)

噴塗式防火披覆材劣化程度

西森建築師事務所

永信環境科技股份有限公司

41

建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)

波紋石棉板劣化程度

西森建築師事務所

永信環境科技股份有限公司

42

建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)

石膏板、氧化鋁板劣化程度

西森建築師事務所

永信環境科技股份有限公司

43

建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)

磚、石棉纖維濃度

含石綿建材之建築物經專業技師判定表面劣化程度高時，應進行石棉纖維濃度採樣分析。

認證編號	機構名稱	聯絡人電話	實驗室地址	檢測類別
2047	北森檢驗和技術有限公司	(02)22186655	23148 新北市新店區中正路558號3樓	總粉塵石棉
2448	興誠科技股份有限公司	(02)87518600	114台北市內湖區瑞隆街103號2樓之4	總粉塵石棉

西森建築師事務所

永信環境科技股份有限公司

44

建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)

含石綿建材診斷評估及評分

編號	項目	編號	項目	編號	項目	編號	項目
1	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋
2	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋
3	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋
4	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋
5	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋
6	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋
7	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋
8	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋
9	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋
10	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋	屋頂-屋

註1：屋頂-屋：屋頂-屋。註2：屋頂-屋：屋頂-屋。註3：屋頂-屋：屋頂-屋。註4：屋頂-屋：屋頂-屋。註5：屋頂-屋：屋頂-屋。註6：屋頂-屋：屋頂-屋。註7：屋頂-屋：屋頂-屋。註8：屋頂-屋：屋頂-屋。註9：屋頂-屋：屋頂-屋。註10：屋頂-屋：屋頂-屋。

西森建築師事務所

永信環境科技股份有限公司

45

簡報結束
敬請指教

三、委員意見

委員	委員意見
國立中央大學土木工程學系王副教授 韋蒨	一、1.1 目的中所指的專業技師為何？
	二、1.1 解說：「石綿的存在與否。如果發現含有石綿建材，應考慮到等」，語意不清。
	三、1.3 用詞定義，到結構或基板表面所製成之表面材料（例如天花板上的吸音材料...），為什麼沒有列在 2.1 內？需要列嗎？
	四、1.3 用詞定義，含石綿建材為含石綿物質重量百分之一以上者，定義不是很清楚。
	五、圖 2.1、2.2 內外部圖片對應，是否須建物外貌照片再對應細部照片，會更清楚，檢查人員會比較好判斷。
	六、3.1 疑似石綿建材調查作業流程：1.2 的適用範圍中，提出適用於建造執照日期為中華民國 95 年以前興建、裝修或未

	領有建造執照之建築物。所以這一個條件是不是應該為調查流程的起啟，所以建議本流程可以再予以修改。（95 年日期要明確，第 5 頁流程圖若建物興建年代不知或大於 95 年，要如何處理？）
	七、第 6 頁 1、現場調查作業準備工作中「繪製」簡單的建築物平面圖草圖或概略輪廓，會是由誰來繪製？
	八、第 6 頁石綿建材採樣人員應由誰執行？如何取代表性樣品？取樣數量？
	九、第 7 頁必要時戴頭盔並與兩個以上一起工作。何謂”兩個”？語意需再修飾。
	十、第 8 頁與第 9 頁有第一級、劣化度程度一、程度一等三種度量方式，建議統一。
	十一、第 8 頁表 2 有提到屋面覆蓋油毛氈、石綿地磚、石綿水泥煙囪，但在劣化度並未探討。
	十二、附表 1 中數量及重量的填報，是否會有困難？
	十三、調查中，會不會有牽扯到違章問題？
	十四、附表 2 建議整合為一張評估表
	十五、低、中、高風險評估 6、9、12 數字如何訂定出來？
財團法人 台灣建築 中心林副 執行長杰 宏	一、文字要符合法令、規章的格式及書寫方式。
	二、判定及鑑別的科學化及標準化的工具、使用人工智慧及影像辨識。
	三、風險管理矩陣分級簡化為 3*3 較容易操作。
國宇建材 股份有限 公司 李顧問銘 智	一、貳、疑似石綿建材-2.1 疑似石綿建材種類，其中列出石膏板、氧化鎂板。目前國內使用的石膏板多為國內製造（如環球石膏板），進口數量應該有限，且國內應該 80 年代已有在生產石膏板，多使用玻璃纖維，而可能含有石綿成份的，可能為國外進口（如大陸）。因此若在本草案將「石膏板」正面表述在上面，有可能會引起業者反彈，雖然文中有說明 95 年後，國內已禁止使用，但可能會因為少量進口有疑慮的石膏板，而被擴大解釋，建議表述方式要修正。另氧化鎂板目前都是使用玻纖網，可能要確認舊建築物是否含有石綿，如有，尚要檢驗是否為氧化鎂板或實際為其他板材。
	二、油毛氈目前無劣化程度的參考標準。

臺灣鋼鐵 工業同業 公會 黃顧問進 修	一、用詞定義（4）石綿纖維濃度標準，依台灣勞工作業環境中石綿纖維工作場所8小時日時量平均容許濃度（PEL-TWA）為0.15根/毫升、長度大於5 μ m、長寬比在3以上。
	二、P.10石綿纖維濃度測定二家機構只能檢測作業場所及拆除作業，室內空氣石綿檢測需用穿透式電子顯微鏡。
內政部營 建署建築 管理組 劉科長奇 岳	一、為掌控國內含石綿建築物及其後續處理，行政院環保署、勞動部、經濟部、內政部等均共同分工處理，內政部除函請各公有建築物管理機關自主標示疑似含石綿建材之建築物外，也透過建築物公共安全檢查制度協助標示疑似含石綿建材之建築物，以利後續建築物拆除時能保障勞工之安全及以確保廢棄物之妥善處理。
	二、建議可一併檢視 CNS 之各項石綿檢測規範，如有修正必要可供相關單位參考。
內政部建 築研究所 羅組長時 麒	一、簡報 P.5，106 年我國房屋稅籍資料應確認是否有更新的數據，納入期中報告提供參考。
	二、「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）」用字，建議參照現行相關法規用詞。
	三、「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）」部分板材用字應更謹慎，疑似石綿建材種類應附註為建築物興建、裝修 95 年以前，避免引發誤會。
結論	一、本次會議各專家學者意見，請本研究團隊彙整後調整「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）」，納入後續報告內容辦理。
	二、有關「建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程（草案）」用字遣詞，請參照相關法規用詞。

附錄六 研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程 (草案)第2次專家諮詢會議相關資料

一、簽到冊

研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)

第2次專家諮詢會議 簽到單

壹、時間：109年10月6日(星期二)下午14時00分

貳、地點：內政部建築研究所13樓簡報室(新北市新店區北新路三段200號13樓)

參、主持人：郭錦堂教授

肆、與會人員：

單位	職稱	姓名	簽到
內政部建築研究所	組長	羅時麒	羅時麒
內政部建築研究所	專案助理	陳禱	陳禱
國立臺灣大學土木工程學系	教授	詹穎雯	詹穎雯
內政部營建署建築管理組	專門委員	陳威成	陳威成
勞動部勞動及職業安全衛生研究所	簡任研究員	潘致弘	潘致弘
勞動部職業安全衛生署	檢查員	侯昱辰	侯昱辰
行政院環境保護署毒物及化學物質局	高級環境技術師	連琬廷	請假
財團法人台灣建築中心	副執行長	林杰宏	林杰宏
財團法人臺灣營建研究院	經理	邱暉仁	邱暉仁
	建築師	張矩墉	張矩墉
臺灣鋼鐵工業同業公會	顧問	黃進修	黃進修
中華民國全國建築師公會	建築師	李易軒	李易軒
永旭豐環境科技有限公司	計畫主持人	葉禮旭	葉禮旭
永旭豐環境科技有限公司	工程師	潘昱伶	潘昱伶

研擬建築物含石綿建材診斷評估原則及作業流程(草案)

第 2 次專家諮詢會議 簽到單

壹、時間：109 年 10 月 6 日(星期二)下午 14 時 00 分

貳、地點：內政部建築研究所 13 樓簡報室(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)

參、主持人：郭錦堂教授

肆、與會人員：

單位	職稱	姓名	簽到
內政部建築研究所	副研究員	徐嘉晴	徐嘉晴
中華民國全國建築師公會	建築師	李石軒	李石軒

二、簡報資料

建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)

第2次專家諮詢會議

主辦機關：內政部建築研究所
執行單位：永建環境科技股份有限公司

中華民國109年10月6日

簡報大綱

- 1 研究主旨及目的
- 2 潛在含石棉建材既有建築物進行個案調查
- 3 研擬建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)

1.1 研究主旨

內政部營建署涉有石棉建材之拆除規定：

- 107 建築物室內裝修管理辦法相關表格格式
- 107 建築物拆除施工規範
- 108 建築物公共安全检查申報相關表格格式

內政部建築研究所：

- 108 查驗區屋宇石棉鑑定標準之發展趨勢
- 108 國內既有建築物含石棉建材系別基礎調查
- 108 協助推動既有建築物含石棉建材之管理

規劃「建築物含石棉建材診斷評估及作業流程」，提供初步辨識、先期診斷或危害評估之應用。

1.2 研究背景

WHO 2013-2020 年預防及控制非傳染性疾病全球行動計畫

TAIWAN

95年以前興建，裝修或拆除有建築物之建築物，應先進行石棉調查，防火及防水等之需求仍應從容於建築物。

1.3 研究目的

內政部不動產資訊平台109年第2季統計資訊我國房屋稅籍住宅數量為881萬119宅

屋齡>40年：254萬 5,594宅 (28.9%)
屋齡=20~40年：419萬 8,055宅 (47.7%)
屋齡<20年：206萬 6,470宅 (23.5%)

1.3 研究目的

「建築物公共安全检查簽證及申報辦法」

建築物疑似石棉建材申報系統：http://cpabm.cpami.gov.tw/

7大類

1.3 研究目的

建立「建築物含石棉建材診斷評估及作業流程」

專業人員、檢查員、技師或建築師 初步辨識

● 石棉瓦
● 石棉板
● 隔熱建材
● 防火披覆材

逐步解決石棉建材暴露的問題
降低建築物含石棉建材進行拆除、翻修作業時可能引發石棉塵散污染問題
建立適用我國建築物含石棉建材診斷評估標準作業指引
具體診斷石棉建材劣化程度與石棉建材防護措施之建議

2.1 潛在含石棉建材既有建築物進行個案調查

既有建築物含石棉建材基本資料

建物資訊	類別	屋齡(年)	1. 屋外石棉瓦	2. 屋頂隔熱	3. 屋外石棉板	4. 石棉瓦	5. 石棉板	6. 石棉纖維水泥板	7. 石棉地磚
4/21 A	68					6,367	4,000		
4/21 B	62	849.78				896.84			
4/28 C	66					6,161	9,280		
4/28 D	69	1,080							
5/8 E	70				110	2	14		
5/8 F	73							1,267	

2.1 潛在含石棉建材既有建築物進行個案調查

樓別/層別	樓層/層別	樓層照片	取樣位置	劣化程度	濃度(mg)	含量(%)	備註
A-1	屋頂隔熱式防火披覆材		第三層	無發現	ND	ND	-
B-1	屋頂隔熱式防火披覆材		第三層	無發現	ND	ND	-
B-2	屋頂隔熱式防火披覆材		第二層	無發現	5.7	29.96%	含石棉
B-3	屋頂隔熱式防火披覆材		第三層	無發現	ND	ND	-
B-4	屋頂隔熱式防火披覆材		第三層	無發現	ND	ND	-

2.1 潛在含石棉建材既有建築物進行個案調查

樓別/層別	樓層/層別	樓層照片	取樣位置	劣化程度	濃度(mg)	含量(%)	備註
C-1	屋頂隔熱式防火披覆材		第一層	無發現	ND	ND	-
C-2	屋頂隔熱式防火披覆材		第三層	無發現	ND	ND	-
C-3	屋頂隔熱式防火披覆材		第三層	無發現	ND	ND	-

2.1 潛在含石棉建材既有建築物進行個案調查							
樣品編號	樣品種類	樣品照片	發數編號	採集深度	濃度(mg)	含量(%)	種類
D-1	室內石棉板		第三樣	表面層	4.59	12.87	含石棉
D-2	室內石棉板		第三樣	表面層	2.36	8.25	含石棉
D-3	水泥纖維板		第二樣	表面層	0.92	8.67	含石棉

內政部建築研究所 永宸環境科技股份有限公司

2.1 潛在含石棉建材既有建築物進行個案調查							
樣品編號	樣品種類	樣品照片	發數編號	採集深度	濃度(mg)	含量(%)	種類
E-1	室內石棉板		第三樣	表面層	2.45	9.69	含石棉
F-1	居住建築物式防火遮蔽材料		第一樣	表面層	ND	ND	-
F-2	居住建築物式防火遮蔽材料		第一樣	表面層	ND	ND	-
F-3	居住建築物式防火遮蔽材料		第一樣	表面層	ND	ND	-

內政部建築研究所 永宸環境科技股份有限公司

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
壹、通則	
1.1 目的	
為避免既有建築物發生石棉建材劣化造成石棉粉塵逸散情形，提供專業人員、檢查員、技師或建築師於診斷評估調查作業時，進行含石棉建材劣化狀態判定與後續危害預防工作之建議，特訂定本作業流程。	

內政部建築研究所 永宸環境科技股份有限公司

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
壹、通則	
1.2 適用範圍	
(1) 領有建造執照日期為中華民國95年以前興建、裝修之建築物。 (2) 中華民國95年以前興建未領有建造執照之建築物。	

內政部建築研究所 永宸環境科技股份有限公司

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
壹、通則	
1.3 用語定義	
(1) 含石棉建材：指含有害健康之石棉纖維，含石棉纖維量達百分之五以上者。 (2) 噴塗式防火遮蔽材料：指以噴塗、塗抹或以其他方式將含石棉纖維材料塗加於結構或基表面所製成（形成）之表面材料（例如天花板上之吸音材料和隔柱等結構件上之防火材料，或用於隔音、防火和其他目的之表面材料）。 (3) 含石棉建材分析機構：經財團法人全國認證基金會(TAF)認證具檢驗石棉建材能力之檢驗機構，或具相關石棉檢測分析能力之學校及校內單位。 (4) 石棉纖維濃度標準：參考勞工作業場所容許暴露標準規定，為纖維長度在五微米以上，長度比在三以上之石棉纖維，濃度達每立方公分1.5根以上石棉纖維 ≥ 5 微米長/毫升空氣。	

內政部建築研究所 永宸環境科技股份有限公司

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
貳、疑似石棉建材	
2.1 疑似石棉建材種類	
包括：波形石棉瓦、波形石棉浪板、屋頂覆蓋油毛氈、石棉水泥煙囪、石膏板或氧化鋁板、居住建築物式防火遮蔽材料、石棉地磚等。	



內政部建築研究所 永宸環境科技股份有限公司

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
貳、疑似石棉建材	
2.2 中華民國95年以前興建、裝修之建築物，疑似石棉建材可能位置	
(1) 建築物室內空間 A. 天花板：石膏板或氧化鋁板。 B. 鋼骨、梁、柱：噴塗式防火遮蔽材料。 C. 地板：石棉地磚。 (2) 建築物戶外空間 A. 屋頂及屋簷。 (A) 波形石棉瓦。 (B) 波形石棉浪板。 (C) 油毛氈。	

內政部建築研究所 永宸環境科技股份有限公司

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
貳、疑似石棉建材	
2.2 中華民國95年以前興建、裝修之建築物，疑似石棉建材可能位置	
B. 山牆及外牆：波形石棉浪板。 C. 鐵窗欄：波形石棉浪板。 D. 煙囪：石棉水泥煙囪。	

內政部建築研究所 永宸環境科技股份有限公司

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
參、建築物疑似石棉建材調查及診斷評估	
3.1 疑似石棉建材調查作業流程	
<pre>graph TD A[疑似石棉建材調查] --> B[樣品採集] A --> C[現場初步調查] A --> D[樣品分析] B --> E[樣品分析] C --> E D --> E E --> F[含石棉建材] E --> G[無石棉建材] F --> H[風險評估] G --> I[無須後續處理] H --> J[調查報告]</pre>	

內政部建築研究所 永宸環境科技股份有限公司

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)	
參、建築物疑似石棉建材調查及診斷評估	
3.2 含石棉建材診斷評估	
以外觀目視檢查含石棉建材，確認材質外觀損壞或變質狀態，判定表面劣化程度及石棉纖維釋放風險。	

內政部建築研究所 永宸環境科技股份有限公司

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)

含石棉建材飛散性分類等級

分類等級	第一級 石棉飛散性極高	第二級 石棉飛散性高	第三級 石棉飛散性中等
建材種類	噴塗式防火塗層材料	磨面磨光水磨石	塗料石綿瓦、塗料石綿板、石膏板或氧化鋁板、石棉地磚、石棉水泥磚板

含石棉建材飛散風險

(1)劣化程度一：飛散的風險極高。(2)劣化程度二：飛散的風險很高。(3)劣化程度三：飛散的風險很低。

內政部建築研究所

永信環境科技股份有限公司

25

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)

波形石綿瓦(波形石綿板)表面劣化度判定基準

程度一	程度二	程度三
觀察建材外觀表面無龜裂或剝落現象，水泥部分約有百分之十面積有劣化現象。	觀察建材外觀表面部分龜裂或剝落現象，水泥部分約有百分之二十面積有劣化現象。	觀察建材外觀表面龜裂或剝落現象，水泥部分約有百分之三十面積有劣化現象。
		
		

內政部建築研究所

永信環境科技股份有限公司

26

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)

噴塗式防火塗層表面劣化度判定基準

程度一	程度二	程度三
觀察建材外觀表面無龜裂或剝落現象，水泥部分約有百分之十面積有劣化現象。	觀察建材外觀表面部分龜裂或剝落現象，水泥部分約有百分之二十面積有劣化現象。	觀察建材外觀表面龜裂或剝落現象，水泥部分約有百分之三十面積有劣化現象。
		
		

內政部建築研究所

永信環境科技股份有限公司

27

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)

石膏板或氧化鋁板表面劣化度判定基準

程度一	程度二	程度三
觀察建材外觀表面無龜裂或剝落現象，水泥部分約有百分之十面積有劣化現象。	觀察建材外觀表面部分龜裂或剝落現象，水泥部分約有百分之二十面積有劣化現象。	觀察建材外觀表面龜裂或剝落現象，水泥部分約有百分之三十面積有劣化現象。
		
		

內政部建築研究所

永信環境科技股份有限公司

28

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)

肆、室內空氣中石棉粉塵濃度

含石棉建材之建築物經專業人員、檢查員、技師或建築師判定表面劣化程度高時，應進行石棉纖維濃度採樣分析。

認證編號	機構名稱	聯絡人電話	實驗室地址	檢測類別
2047	永信檢驗科技股份有限公司	(02)22186655	23148 新北市新店區中正路558號3樓	總粉塵石棉
2448	興誠科技股份有限公司	(02)87518600	114 台北市內湖區瑞湖街103號2樓之4	總粉塵石棉

內政部建築研究所

永信環境科技股份有限公司

29

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)

伍、石棉粉塵危害之預防措施

含石棉建材之建築物經認證合格石棉粉塵濃度之檢驗機構進行室內空氣中石棉粉塵濃度採樣分析，分析結果超過空氣中石棉粉塵8小時日時量平均容許濃度標準0.15根/cc，建築物所有權人或管理負責人應進行石棉粉塵危害之預防措施。

內政部建築研究所

永信環境科技股份有限公司

30

3.1 建築物含石棉建材診斷評估原則及作業流程(草案)

含石棉建材診斷評估及評分

項目	評估標準	評估結果	評估分數	評估分數	評估分數	評估分數
1	第一級	第一級	1	1	1	1
2	第二級	第二級	2	2	2	2
3	第三級	第三級	3	3	3	3
4	第四級	第四級	4	4	4	4
5	第五級	第五級	5	5	5	5
6	第六級	第六級	6	6	6	6
7	第七級	第七級	7	7	7	7
8	第八級	第八級	8	8	8	8
9	第九級	第九級	9	9	9	9
10	第十級	第十級	10	10	10	10

註1：劣化程度分類：第一級：無劣化現象(0分)；第二級：劣化程度低(1分)；第三級：劣化程度中(2分)；第四級：劣化程度高(3分)；第五級：劣化程度很高(4分)；第六級：劣化程度極高(5分)；第七級：劣化程度極高(6分)；第八級：劣化程度極高(7分)；第九級：劣化程度極高(8分)；第十級：劣化程度極高(9分)。

內政部建築研究所

永信環境科技股份有限公司

31

簡報結束
敬請指教

三、委員意見

委員	委員意見
台灣大學 土木系詹 穎雯教授	一、本原則及作業流程使用之主要結論(或產出)即為「診斷評估總表」，故宜將該表列為本文中，而非「附表」。
	二、表 1、表 6 為廠商之表列，建議以「附件」方式呈現，以便於未來表列內容之更新。
	三、依總表之評估(分)標準，將只有防火披覆材(第一級)與油毛氈(第二級)，這兩類材料財有可能得出「中度風險」(4 分)之結果，是否過於寬鬆，請再評估。
	四、石綿採樣之步驟、方法、數量、頻率未於本草案中明訂，建議增訂。
	五、1.2 適用範圍之(2)是考慮修改為(2)其他未領有建造執照之建築物。
內政部營 建署陳威 成專門委 員	一、本研究背景資料，有關既有建築物疑似含石綿建材之統計，本署可提供公安申報之統計資料。
	二、本研究研究成果如涉公安申報或室內裝修或手冊之建議修正，本署樂意採納。
	三、草案名稱為...”評估原則及作業流程”，其作業流程為另一件事？或是僅為”評估作業原則”？
	四、本草案目的為確保居住者健康或是拆除勞工安全？
	五、1.1 建議納入公安檢查人員、室裝設計、施工人員(附表 2 亦同)。
	六、肆及伍均提及如劣化程度高或粉塵濃度高時，”應”採納或預防措施，該強制規定似應有法源依據，建請研究單位提供。
	七、附表 2、建築”技”師，技應刪除。
	八、公安申報調查時，尚無法確認是否含石綿，則表 2 是否只要是”疑似”就要填？
勞動部勞 動及職業 安全衛生 研究所潘 致弘簡任 研究員	一、第 3 頁 2.2 中華民國 95 年以前興建、裝修之建築物，疑似石綿建材可能位置，建議不要區分建築物室內空間及戶外空間，因建築材料包括石綿板、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、防火門、隔牆板、隔音板、石綿瓦、屋頂用覆蓋毯，難以絕對劃分於室內或戶外空間。
	二、第 2 頁石綿纖維濃度標準...濃度達每立方公分 1.5 根以上石

委員	委員意見
	綿纖維/毫升空氣；請修正為 0.15 根/cc(石綿粉塵係指纖維長度在五微米以上，長寬比在三以上之粉塵)
	三、表 6 請修正為國內目前經認證具檢測作業環境空氣中石綿粉塵濃度之檢驗機構。
勞動部職業安全衛生署侯昱辰檢查員	一、第 6 頁個人防護裝備呼吸防護具部分建議可增加「或正壓供氣式呼吸防護具」。
	二、第 7 頁「6.現場調查結果」之內容建議移至「3.2 含石綿建材診斷評估」之後。
	三、依第 9 頁「肆、室內空氣中石綿粉塵濃度」判定表面劣化程度高時，應進行石綿粉塵濃度採樣分析，惟「6.現場調查結果」亦建議，若為石綿建材診斷評估為中度風險，應盡速進行石綿粉塵濃度採樣分析，兩者是否一致？
	四、第 10 頁石綿粉塵 8 小時日時量平均容許濃度(PEL-TWA)為 0.15f/cc，為勞動部勞工作業場所容許暴露標準之規定，係規範勞工作業場所，是否適用一般建築物，建請執行單位再斟酌。
	五、第 10 頁伍、「石綿粉塵危害之預防措施」建議修改為「石綿粉塵危害之防護措施」。
財團法人台灣建築中心林杰宏副執行長	一、使用的對象，草案中壹、通則 1.1 目的...專業人員、檢查員、技師等人員及資格建議亦應於 1.3 用詞定義中也應說明定義。
	二、適用範圍 1.2 與 3.1 作業流程未相符：1.興建年代、2.採樣分析。
	三、噴附式防火披覆材料 1.3 及 2.1、2.2，建議限定指鋼骨防火披覆。
	四、表 3~5 劣化程度判定基準+圖 1~3 建議可整合，以方便閱讀及使用。
	五、位置及利用平面圖來呈現比較精確。
	六、附表 2、簽章欄要統一，使用用途依建築技術規則。
財團法人臺灣營建研究院邱暉仁經理	一、本草案之執行啟動時機為何？檢測結果未來是否可供公眾做調閱？草案名稱是否統一”疑似”？
	二、1.3 (1) 1%以上，是否需述明檢測方法？
	三、水泥纖維板是否有可能含有石綿。

委員	委員意見
	四、2.2 室內空間石膏板或氧化鎂板，有無使用於牆(隔間)的可能性？
	五、3.1 解說 3、疑似石綿建材採樣分析，內容以使用工具為主，是否調整文字？
	六、p.8 表 3、4、5，外觀目視法，字型調整，另外程度一、二中整體部分的定義為何？
	七、附表 1.2 是否修為總表 1.調查內容 2.？
張矩墉建築師	一、目的應該是針對建築物拆除作業時，為防止含石綿材料粉塵逸散、影響健康而定？
	二、適用範圍訂在 95 年之前建築物，建議要將原由說清楚。但是否含有 95 年以前生產，但 96 年之後使用的情形。是否提醒注意。
	三、名詞定義(1)建議修正為含石綿物質重量”比”達百分之一以上者。
	四、資料中談及石膏板或氧化鎂板都是用輕鋼架天花板的照片，請問一般用於輕隔間的石膏板材是否也是在內？
	五、若確定含石綿材料、拆除時之 SOP 是否應適當描述一下(依危害或劣化程度作不同處理)
	六、1.1 目的中增加專業人員、檢查員，那評估總表是否也要同時修正將其納入？
臺灣鋼鐵工業同業公會黃進修顧問	一、建議含石綿建材表面劣化程度判定基準，除外觀目視法外的評估方式，須要有多一層的檢查，例如採用塑膠袋包覆樣品，以手捏壓方式評估其碎化程度，若易壓碎才列入飛散性極高等級。
	二、建築師或執行事業技師判定表面劣化程度時，若採用表 6 建議之檢測機構採用勞工作業場所總粉塵石綿方式沒有法源依據，而且一般建築物室內空氣品質標準亦無含石綿纖維標準。但若進行拆除作業時則應可採用勞工作業場所空氣品質管制。
中華民國全國建築師公會陳俊芳建築師	一、依室內裝修 E1-9 表格「1.2 適用範圍」之(1)...95 年 12 月 31 日...。(2)應刪除「中華民國 95 年以前興建」之修正建議；附表 2 之基本資料配合修正。
	二、依 P.10 表 6 及 P.6 表 1 之認證檢驗機構各未達三家，是否影響執行面？
	三、本評估原則及作業流程之主管機關？法源為何？

委員	委員意見
	四、建議「2.2」依建築物部分分類較為妥適，勿以室內、外區分，易生執行困擾；附表之貳配合修正。
	五、附表2為建築師或執行技師簽章，然「1.1目的」之診斷評估為專業人員、檢查員、技師或建築師，並不一致，或是建議表2修正為「診斷評估調查人員」欄位。
中華民國 全國建築 師公會李 易軒建築 師	一、目前國內疑似建材部分比重所占？
	二、判定原則，檢測費用？目前二家檢驗機構，如更新清除是否較具經濟性。
	三、防護措施-日常/拆除/回收。
	四、拆除作業 SOP？
	五、廢棄物回收標準？

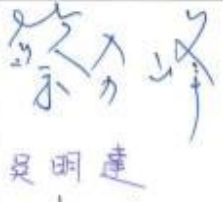
附錄七 石綿檢測技術訓練課程簽到表及教材

一、簽到表

QP-13-02

性能實驗中心檢測實驗室

人員內部訓練課程簽到表

主題：	石綿檢測技術訓練		
時間：	109年8月18日（星期二） 上午10：00～下午17：30 109年8月19日（星期三） 上午10：00～下午17：30 109年8月20日（星期四） 上午10：00～下午17：30		
地點：	內政部建築研究所 性能實驗中心		
講師：	郭教授錦堂（中國醫藥大學公共衛生學系）郭錦堂		
出席人員：	 陳明連 林禮旭 葉禮旭	 陳明連 陳禮旭 葉禮旭 林招煥	 陳明連 陳禮旭 葉禮旭 林招煥

二、石綿檢測技術訓練課程教材

石綿訓練課程

中國醫藥大學公共衛生學系

環境測定研究室

郭 錦堂 教授

2020/03

石綿檢測及分析方法

Ver. 1.2

中國醫藥大學公共衛生學系

郭 錦堂 教授

2020 年 03 月

石綿檢測及分析方法

大綱

- 關於石綿(健康與用途)
- 我國目前現況
- 國際上常見方法比較

石綿(Asbestos)

- 石綿屬纖維化塵粒礦物，主要成分為矽酸鹽。石綿具有耐熱、耐酸、耐摩擦、耐化學品腐蝕、過濾性、可撓性、可紡性及接近鋼鐵的張力強度等多種特性，被工業界視為瑰寶，而廣泛應用在各種工業用途上。

年代演變（歐美）

- 1930 年 肺癌疾病被關心。
- 1950 年 石綿具有有害性問題的懷疑。
- 1960 年 學者們確認石綿具有害性。
- 1960-1970 年因石綿的關係患者陸陸續續出現。社會也有認知到危害問題。

1970 年美國因石綿受害求償，造成企業及保險公司破產嚴重。

2005 年日本爆發石綿工廠周邊居民也發生間皮瘤事件。

- WHO 於 1972 年發表石綿為致癌物
- 石綿在 2000 年 WHO 提出環境中濃度為 0.1 根/L。

- 我國在 107 年 1 月 1 日起邁入非石綿家園國家。

原則禁止使用該類產品，但石綿產品實際上存在環境處處皆可看到，拆除之際雖有規範，卻皆與一般廢棄物共同任意拆除與拋棄。

- 產品中含石綿量 1.0%(0.1%)以下。因此我國應積極針對既有的建築物上之建材中，是否含有石綿問題應加以掌握資訊。
- 檢測方法將提供國內建立正確、簡易的 XRD 和相位差/偏光顯微鏡檢測方法。

1. 石綿的用途與人體健康之影響

A. 關於石綿(健康與用途)

石綿是一種纖維狀水合矽酸鹽礦石的通稱

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

B. 石綿的種類

	Group	Asbestos	Mineral name	Normal Composition
A S B E S T O S	Serpentine	Chrysotile	Chrysotile	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
		(白石綿)使用上佔95%以上		
		Crocidolite	Riebeckite	$Na_2Fe_3^{2+}Fe_2^{3+}Si_8O_{22}(OH)_2$
	Amphibole	(青石綿)		
		Amosite	Grunerite	$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$
		(褐石綿)		
		Anthophyllite	Anthophyllite	$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$
		(斜方角閃石)		
	Amphibole	Tremolite	Tremolite	$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$
		(透閃石)		
		Actinolite	Actinolite	$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$
		(陽起石)		

C. 石綿相關疾病

石綿引起的疾病主要包括惡性間皮瘤(malignant mesothelioma)、石綿肺(asbestosis)、肺癌、胸膜斑(pleural plaques)。然而，惡性間皮瘤是一種較罕見的癌症，來源是間皮細胞(mesothelium)的惡性病變，原發於胸膜、心包膜或腹膜之漿膜裡襯(serosal linings) 的癌症。

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(1A)人體致癌物，並在 1987 年重新回顧文獻再次確認其致癌性。

2. 我國目前現況

台灣雖已訂石綿退場機制，但現存石綿建材的清查和管理，環保署坦言「無法可管」；一來石綿建材屬人民財產，二來環保署業務只能就石綿有害廢棄物及石綿有毒原料，逐步訂出禁用時間表。

1. 研究、試驗、教育。

2.禁止石綿用於石綿瓦之製造，但中華民國 101 年 2 月 2 日修正公告前已取得石綿使用於石綿瓦製造之使用登記文件得使用至該登記文件有效期限屆期為止。

3.自中華民國 107 年 7 月 1 日起禁止石綿用於剎車來令片之製造。

3. 國際上常見方法比較

台灣

CLA 2318 空氣中纖維計數(定量)

位相差顯微鏡法(PCM)---濾紙透明化，石綿計數板視野直徑 100um

NIEA R401.22C

含石綿物質及廢棄物中之石綿檢測法(定性、定量) 偏光顯微鏡法(PLM)

日本

JIS A 1481

空氣中石綿纖維計數(定性、定量)

位相差顯微鏡法(PCM)---濾紙透明化，石綿計數板視野直徑 300um

偏光顯微鏡法(PLM)

X 光繞射儀(XRD)

掃描式電子顯微鏡法(SEM)

穿透式電子顯微鏡法(TEM)

美國

ISO/DIS 22262-1 & ISO/DIS 22262-2

大塊樣品石綿檢測(定性、定量)

- 偏光顯微鏡法(PLM)

- 掃描式電子顯微鏡法(SEM)
- 穿透式電子顯微鏡法(TEM)

NIOSH 9002

大塊樣品石綿檢測(定性、定量)

- 偏光顯微鏡法(PLM)

NIOSH 9000

石綿含量分析 (定性、定量)

- X 光繞射儀(XRD)

國別	方法	樣本	定性/量	分析方法	檢定方式
台灣	CLA 2318	空氣採樣	定量	PCM(視野直徑 100um)	單一
	NIEA R401.22C	建材採樣	定性 定量	PLM	單一
日本	JIS A 1481	空氣採樣	定性 定量	1.PCM(視野直徑 300um) 2.PLM 3.XRD 4.SEM 5.TEM	多種
美國	ISO/DIS 22262-1(-2)	建材採樣	定性 定量	1.PLM 2.SEM 3.TEM	多種
	NIOSH 9002	建材採樣	定性 定量	PLM	單一
	NIOSH 9000	建材採樣	定性 定量	XRD	單一

石綿分析方法

- CLA 2318(PCM)2008.02.15
 - NIOSH 7400(PCM)1994.05.15
 - NIOSH 9002(PLM)1989.05.15
 - NIEA R401.22C(PLM)2011.12.15
 - CNS 13970(1997/11/29)(PLM)-鋼骨構造用噴附式防火被覆材料石綿含量試驗法
 - CNS 15546(104/01/26)(XRD)2012.05.23(JIS A1481: 2006)
 - EPA_600R93116_bulk_asbestos_part1(PLM,XRD)1993.07
 - EPA_600R93116_bulk_asbestos_part2(PLM,XRD)
 - ISO/DIS 22262-1(SEM,TEM,PLM)(2012)
 - ISO 22262-2 (2014)
 - JIS A1481 XRD 定性+ 定量(2006)
 - ISO 22262-3(2016)
- 2014 廢除舊版後，重新公布新 JIS A 1481:2014

JIS A 1481(2014)

- JIS A 1481-1 SEM, TEM + PC/PLM 定性
ISO-22262-1
- JIS A 1481-2 PC/PLM + XRD 定性
- JIS A 1481-3 XRD 定量
ISO-22262-3
- JIS A 1481-4
ISO-22262-2

目前美國國內檢測石綿各種方法

Method # (a)	Test Method	Qualitative Technique	Quantitative Technique
1	EPA 600/M4-82-020 (1982 Interim Method)	Polarized Light Microscopy	Point Counting (b)
2	EPA 600/M4-82-020 (1982 Interim Method)	Polarized Light Microscopy	Equivalent Visual Estimation (b)
3	EPA 600/M4-82-020 (1982 Interim Method)	Polarized Light Microscopy	Gravimetric Reduction (c)
4	EPA 600/M4-82-020 (1982 Interim Method)	X-Ray Diffraction	Standards Comparison
5	EPA 600/R-93/116 (1993 Revised Method)	Polarized Light Microscopy	Point Counting (b)
6	EPA 600/R-93/116 (1993 Revised Method)	Polarized Light Microscopy	Calibrated Visual Estimation (b)
7	EPA 600/R-93/116 (1993 Revised Method)	Polarized Light Microscopy	Gravimetric Reduction (c)
8	EPA 600/R-93/116 (1993 Revised Method)	X-ray Diffraction	Standards Comparison
9	EPA 600/R-93/116 (1993 Revised Method)	Analytical Electron Microscopy	Calibrated Visual Estimation (b)
10	IRRS 244-3	Polarized Light Microscopy	Visual Estimation (b)
11	New York State Method 198.1	Polarized Light Microscopy	Point Counting (b)
12	New York State Method 198.4	Transmission Electron Microscopy	Visual Estimation (b)
13	New York State Method 198.6	Polarized Light Microscopy	Gravimetric Reduction (e)
14	NIOSH Method 9002	Polarized Light Microscopy	Visual estimation (b)
15	NIOSH Method 9002	X-Ray Diffraction	Standards Comparison
16	OSHA Method D-191	Polarized Light Microscopy	Visual Estimation (b)
17.	Other (d)		

(a) number to enter, per sample, on data coding form
(b) with or without sample prep by gravimetric matrix reduction
(c) results expressed as weight percent alone, without point counting or visual estimation
(d) please briefly describe your method on the Data Submission portion of the PAT Portal (Comments)
(e) results expressed by point counting the residue of gravimetric sample reduction techniques.

纖維素酯濾紙(PLM) 位相差/偏光顯微鏡顯微鏡

Ver. 1.2

中國醫藥大學公共衛生學系

郭 錦堂 教授

2020 年 03 月

§ 纖維素酯濾紙(PLM) 位相差/偏光顯微鏡顯微鏡

我國應積極針對建築材料和既有的建築物上之建材中是否含有石綿問題應加以掌握資訊，以便未來該建築物重建或拆除之際，能明確得知建材上是否含有致癌物質的石綿，以預防及保護勞工的健康。

1983 年 ILO 發行石綿的安全使用實施綱要和安全使用條約中有明確定義中共有白石棉、褐石棉、青石棉、斜方角閃石、透閃石及陽起石等 6 種石棉，而石棉的檢測方法亦同。日本 2005 年發生石棉家園事件後，除了對勞工石棉暴露職業過程和症狀重新嚴格檢視外，石棉工廠週邊居民和石棉家屬們提供健康檢查，結果發現事件發生前和重新檢視後，從 2005 年到 2014 年罹患惡性中皮腫人數增加了 3790 人(2014 年部分統計只 29 人)。而因石棉造成肺癆、惡性中皮腫、石棉肺、良性石棉胸水、瀰漫性胸膜肥厚等患者共增加 6341 人，目前因石棉造成與上述 5 種疾病，而死亡申請補償統計總共 9261 人。因此日本政府的環境廳和厚生省正式面對石棉造成國人和勞工健康危害，除了健康補償外，石棉引起環境問題受到嚴重關注，相關法令就更加積極採取因應對策，因此石棉於 2006 年全面禁止使用，和建材中不得含石棉成分 0.1% 以上，特別疑似建材中含有石棉時，或建築物要重建時，其建材必須依法規自行檢測，並配合污染防制法規實施。以拆除建築物或改修作業時需要事前調查是否含有石棉時，依石棉危害預防規則的第 3 條第 1 項，事業單位要針對建築物或工作物的解體、破碎等作業時，必須要針對該建築物以目視、該建物的設計圖面等事先查閱有無含有石棉事項作調查。同時石棉危害預防規則的第 3 條第 2 項，規定事業單位除了依第 1 項作調查外，也需要針對該建築物是否有使用石棉調查外，並分析是否含有石棉，石棉的重量含量是否含有 0.1% 以上分析調查。

本方法建立建材中含石棉快速、簡易、低成本的位相差/偏光顯微鏡檢測方法。我國石棉檢測有 CLA 2318(PCM)，此方法只能觀察計算空氣中纖維

數，但無法鑑別真實性的石綿種類，在先進國家早已以保守使用。目前國際規範以 ISO/DIS 2226-1 及日本的 JIS A 1481 為主要的檢測方法。此兩方法中的共同點皆有偏光顯微鏡方法，JIS A 1481 又增加位相差共同檢測，因此位相差/偏光顯微鏡應在國內盡快建置標準檢測作業流程(S.O.P.)，以符合國際規範的檢測模式，並也提供未來的訓練及方法的檢測依據。

一、試劑

1. 色散染色用折射率指數 (RI) 液以 1.550、1.606、1.620、1.670、1.680 及 1.700 的應用及組合進行石綿種類的鑑別。
2. 丙酮
3. 採樣器(SKC)
4. 濾紙：Millipore type，孔徑 0.8 μm ，濾紙直徑 25mm。(SKC)
5. 顯微鏡：Nikon ECLIPSE Ni、Olympus BX53
 - (1) 位相差設備：位相差聚光器
 - (2) 偏光設備：顯微鏡下方裝偏光板(polarizer)，上方裝分析偏光板(analyzer)。
 - (3) 物鏡石綿專用 40X N.A.(解析度) 0.75 以上，W.D. 0.66mm 以上之位相差功能。
 - (4) 載玻片：25mm x 75mm
 - (5) 蓋玻片：22 x 22mm
 - (6) 十字微尺檢測玻片(eyepiece) 27 ϕ YSK27, MeCan imaging)
 - (7) 敏銳色板(530nm)
6. 鑷子、手術刀。
7. 石綿標準品
 - ①白石綿(Chrysotile) $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ JAWE121
 - ②褐石綿(amosite) $(\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2)$ 、 $(\text{Fe}^{2+}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2)$ JAWE221
 - ③青石綿(Crocidolite) $(\text{Na}_2(\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2))$ JAWE321
 - ④透閃石(Tremolite) $(\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2)$ ($\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})=1.0-0.9$) JAWE531
 - ⑤陽起石(Actinolite) $(\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2)$ ($\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})=0.5-0.9$) JAWE631
 - ⑥斜方角閃石(Anthophyllite) $(\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2)$ JAWE451
8. χ 光繞射儀(XRD-6000, Shimadzu, Japan)

二、顯微鏡校正

1.顯微鏡構造

位相差顯微鏡之原理(圖 1.2)為透過樣品的可見光的光程差變成振幅差,提高了各種結構間的對比度,使各種結構變為更清晰可見。光線透過樣品發生折射,偏離了原來的光路,同時被延遲了 $1/4\lambda$ (波長),如果再增加或減少 $1/4\lambda$,則光程差變為 $1/2\lambda$,兩束光合軸後干涉加強,振幅增大或減少,提高反差,此現象比一般光學顯微鏡的解析更好。

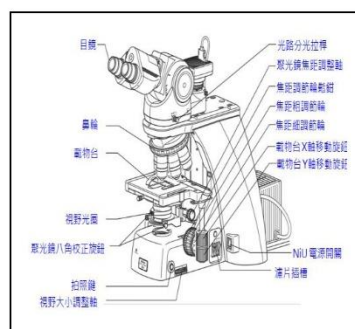


圖 1 位相差顯微鏡構造

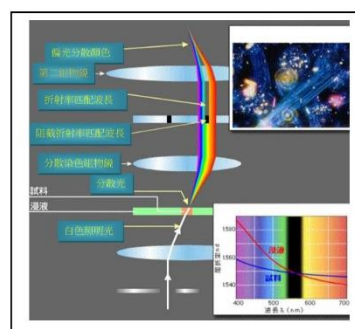
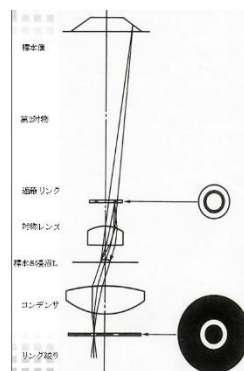


圖 2 位相差顯微鏡原理



2. 光軸校正

首先依圖 1 顯微鏡各項位置相關功能認識，接著將物鏡轉至 Ph1(10X)

以及位相差聚光器轉至 A 後，再將光圈調至最小，並且觀察顯微鏡中影像為一個八角形影像。接著，轉動聚光器垂直調節輪使八角形影像銳利之後，再行調整聚光器平行調節輪，使八角形位於視野中心點，並放大光圈嘗試使八角形能均勻以視野為外切圓(圖 3)。完成上述步驟後將光圈放至最大即完成校正。

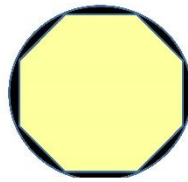


圖 3 光軸校正

3. 位相差校正

首先，將物鏡轉至 Ph1(10X)以及位相差聚光器轉至 Ph1 後，再將位相差校正器從 O 轉至 B，並且調整校正器上的光環焦距環，達到視野中黑亮雙環影像清晰。再者，轉動位相差聚光器下方的位相差調節輪，使亮環與暗環重疊，接著將物鏡轉至 Ph2(40X)以及位相差聚光器轉至 Ph2 後，重複上述步驟。完成後，將位相差聚光器下方的位相差調節輪鎖住，以及位相差校正器從 B 轉至 O，即校正完畢。

4. 物鏡微測玻片校正

首先，將物鏡轉至 Ph2(40X)以及位相差聚光器轉至 Ph2 後，將物鏡微測玻片放上載物台微尺規(stage micro，圖 4)上後，再行用目鏡中十字微尺規(ocular micro，圖 5)對準視野中微測玻片上的刻度，用以確定所觀察之日標大小的尺規準確。

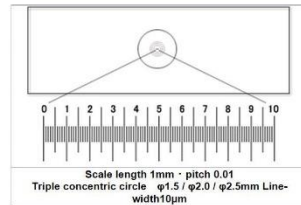


圖 4 載物台微尺規

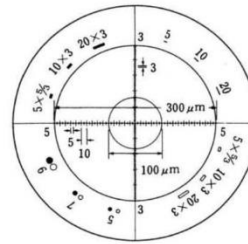


圖 5 圓十字微尺規

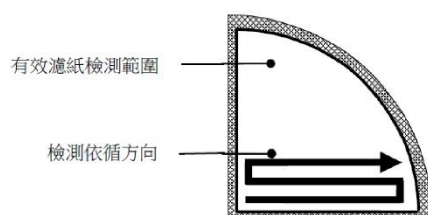
5. 空氣採樣纖維素酯濾紙樣品前處理

A. 濾紙前處理

盡可能使用帶靜電的陶瓷夾工具，取出採樣後的濾紙匣中的濾紙，放置在乾淨玻璃片上，再以乾淨圓弧形手術刀，以壓滾方式將濾紙切出 1/4 大小作為檢測樣品，其餘再迅速作保存。為著避免受到二次污染，切刀要維持乾淨。濾紙在切割時，所捕集的纖維掉落，在切割時盡量避免正反面交叉放置。

B. 濾紙透明化

濾紙(1/4 大小)放置在玻璃片上，之後放置在丙酮蒸氣發生器的氣化口之下，丙酮注入蒸氣發生器時要緩慢速度實施，一但丙酮蒸氣碰到濾紙會立即被透明化，之後再滴各種不同係數的折色液，再覆上乾淨的蓋玻片後進行檢測。



6. 建材中石棉檢測

取建材具代表性之待測樣品於樣品容器中。樣品採取 3 處，每處的大小規格為 10 公分 x 10 公分。依 JIS A1481-1 特別陳述樣品的檢測數量做說明，亦為樣品各採取 3 處的個別先做粉碎前處理後，再合併一起當作一件分析樣品。建材的樣品會因目的的所需，產品會加副產品成為分析上的干擾，添加有樹

酯、瀝青、碳酸鈣、矽酸鈣、石膏、橡膠等，因此樣品的前處理有如加溶劑、加熱、加酸等處方法，亦為前處理就需要樣品的種類不同，所選取之前處理方法有別。

樣品中含有各種添加物時，須依經驗判定來選擇適宜的前處理方法，以降低干擾而獲得較佳分析結果。以橡膠、樹脂類的前處理以低溫灰化為宜，瀝青則以直鏈型互融的有機溶劑為佳。碳酸鈣以蟻酸、珪石以氧化鉀、石膏以 皆為較佳的前處理方法。樣品如經高溫灰化或強酸處理後，有些石綿有可能會影響偏光橙色反應。

A. 樣品直接可看到纖維時：

建材樣品的取樣及前處理皆在附有 HEPA 濾材抽風櫃內實施。詳細觀察樣品的外觀、種類，並確認是否含有纖維，同時判斷樣品是否需要做前處理，接著才在放大鏡下或立體顯微鏡之下進行實體取樣，再立體顯微鏡從 10 倍率到 40 倍率連續做變化倍率觀察，之後以 10 倍率下，以不鏽鋼夾子取纖維直接放在無纖維乾淨的玻璃片上，再加各種不同折色液係數值各加 3-4 滴，進行各種石綿種類鑑定。但樣品含有瀝青、塑膠、橡膠、樹脂時，需使用有機溶劑或高溫爐 485℃ 做灰化處理。有機溶劑會因材料的差異，須依個別作合宜前處理，並配合相關知識的判斷做較佳前處理。樣品如含有石灰石、石膏、矽酸鈣時，可以在室溫用稀醋酸(50%)和 2mol/L 鹽酸或 KCl 作前處理。灰化處理之下白石綿、褐石綿、青石綿等須注意到光學性質也有可能受到影響。

B. 樣品無法看到纖維時：

- (1).取適當大小進行粉碎(100mesh)(圖 9)。
- (2).樣品含有機物時，需經低溫灰化處理 $485 \pm 10^\circ\text{C}$ 1 小時。
- (3).取 10-20mg 量在 50mL 三角錐瓶內，加無纖維純水 40 cc 再放磁石棒，

做充分攪拌。

(4).取 10-20 μ l 放在玻璃片上，並放在加溫板上 $100\pm 10^{\circ}\text{C}$ 45 分鐘(圖 10)。

(5).每片檢測 1000 粒子數中的石綿數，3 片共檢視 3000 粒子數，總共合起來有 4 根石綿含量時，判定此建材含有石綿成分為陽性。

圖 9 樣品前處理流程圖(a)為 XRD 檢測方法及位相差/偏光顯微鏡檢測方法，個別檢測都呈現含有石綿時，建材確定為含有石綿。(b)為 XRD 檢測方法為含有石綿時，但位相差/偏光顯微鏡檢測方法初次檢測為不含石綿時，有可能取樣不均造成疑似陰性，確保誤差產生誤判，樣品需再次取樣做前處理，如果再次檢測 3000 顆粒子裡找到有 4 根纖維時以上(含)，結果判定為含有石綿建材，相反的石綿檢測不到 4 根時，此建材判定為不含石綿。(c)為 XRD 檢測方法沒有檢測到石綿資訊，但位相差/偏光顯微鏡檢測方法能明顯檢測 3000 顆粒子裡，找到有 4 根纖維時以上(含)，結果判定為含有石綿建材。(d)為 XRD 檢測方法沒有檢測到石綿資訊，同時在位相差/偏光顯微鏡檢測方法也檢測不到 4 根石綿時，此建材判定為不含石綿。

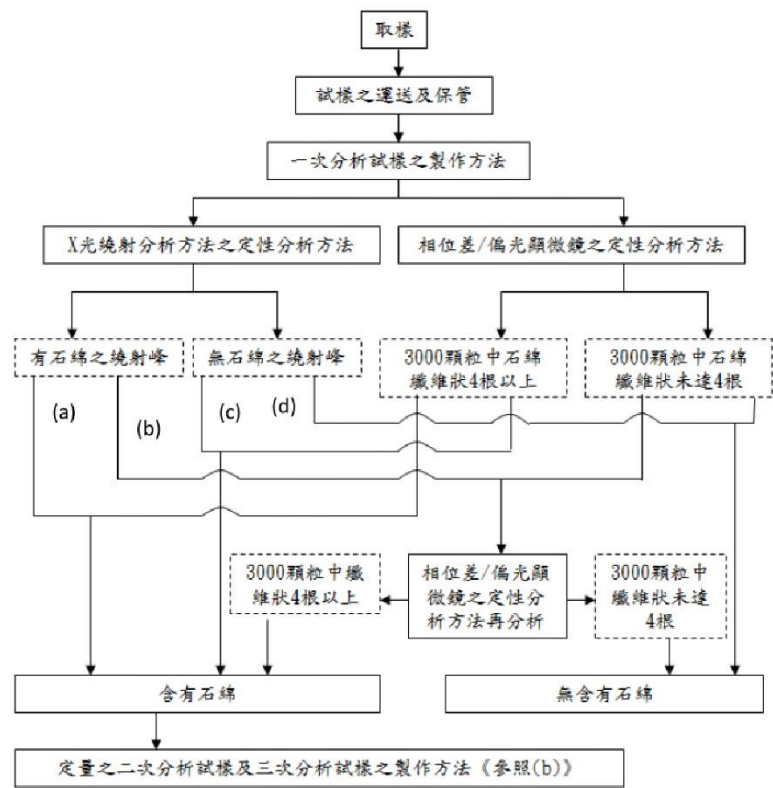


圖 9 建材製品中石綿含量量測方法流程圖

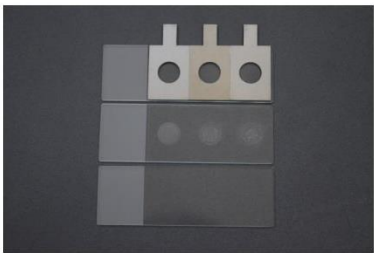


圖 10 建材石綿檢測樣品製作

C. 位相差/偏光顯微鏡用標本製作

將直接從建材取得的纖維放置在乾淨的玻璃片上，或研磨成細粉後再配置成水檢體，取少量放置在乾淨的玻璃片上經加熱定型成樣本，接著加數滴折色液後取乾淨蓋玻片覆蓋後成為偏光顯微鏡標本用。各種石棉對應不同折色液係數值，白石綿為 1.550、褐石綿、青石綿為 1.680、青石綿為 1.700、斜方角石為 1.606、陽起石為 1.630、透角閃石為 1.606(表 1)。

位相差/偏光顯微鏡檢測石棉纖維時，先以 100 倍(目鏡鏡頭 10 倍 X 物鏡鏡頭 10 倍)詳細觀察之後，再切換成物鏡鏡頭 40 倍作檢測。各種石棉具有型態、多色性、消光特性，延伸性，屈折率等特性等差異。偏光顯微鏡的解析能力界限是 $1\mu\text{m}$ 以上纖維，但顯微鏡的物鏡(NA 值 0.7 以上)和光源強度增加(100W 以上)等加以改善，目前已經可以觀察到 $1\mu\text{m}$ 以下纖維。在光學檢測能力單一 $0.5\mu\text{m}$ 以下纖維檢測會呈現困難，但在多數聚集一起時，還可以觀察辨識。位相差在高倍數的位相差物鏡下，可以加大反差並增加解像力，對物體的部位之屈折率和厚度的不一，使透光產生明暗的位相差，如此會使無色透明物體的樣品也可以清晰被觀察出來的優點檢測方法。因此纖維達 $0.2 \sim 0.3\mu\text{m}$ 大小還可以被觀察到。但計數原則只以長度 $5\mu\text{m}$ 以上寬 $3\mu\text{m}$ 以下，長寬比大於 3:1 的纖維。

石棉為天然礦物，具有特性結晶格子，會因方向的改變，光的速度，屈折率、吸收等各物質的光學特性會不同，此光學稱為異光體。而岩綿、玻璃綿等為非結晶物質，其光學稱為等方體。異光體的特性具有複曲折性(偏光特性)，在位相差/偏光顯微鏡加裝偏光板，經偏光板的轉動或樣品台的轉動後，樣品上的分散液會隨著角度改變顏色(消光和對角)，偏光板的震動方向和石棉的延伸方向一致，或垂直方向等改變，分散液的 RI 值的不同，此 2 種方向的組合觀察下，可以很特徵觀察到分散色的改變來鑑別石棉的種類。

白石綿具有正延伸方向的光學特性，這跟偏光的震動方向一致時呈現藍色，當上偏光板轉動 90 度時，偏光的震動方向為垂直光時呈現紅紫色，但青石綿的延伸方向為負，所以不具上述的特性變化。

表 3 顯示褐石綿和青石綿可共同在 RI 值 1.680 下可有鑑別性，而斜方角閃石、陽起石、透閃石共同在 RI 值 1.606 下，斜方角閃石可以有區別，而陽起石和透閃石皆無法鑑別，陽起石再以 RI 值 1.630 之下還是無法區別，因此本研究特別針對斜方角閃石、陽起石、透閃石各別加以探討。

表 1 各種石綿與折色液係數之關係

石綿種類	折色液係數 $\eta_D^{25^\circ\text{C}}$	分散色(無偏光)	分散色($\perp$)	分散色($\parallel$)
白石綿	1.550	紅紫色	藍色	紅紫色
褐石綿	1.680	粉紅色	淡藍色	褐色
青石綿	1.680	淡褐色	褐色	淡褐色
	1.700	藍色	藍色	藍色(明亮)
斜方角閃石 (530nm)	1.640	香檳金	暗藍紫色	藍檳色
陽起石 (530nm)	1.640	金黃色	紫色	金黃色
透閃石 (530nm)	1.640	黃藍色	藍色(明亮)	藍紫色

7. 石綿密度計算

以 100 μm 視野計數所得之纖維數累計 ≥ 100 根，即可停止計數，但其計

數的視野數不得少於 20 個。若所計數的視野數已達 100 個，則不論計數的纖維數有多少，均應停止計數。

計算及報告濾紙之纖維密度 $E(l/mm^2)$ ，以每一視野之平均纖維數 (F/nf) 減去空白樣本之平均纖維數 (B/nb) ，除以視野面積 $(Af, 0.00785 mm^2)$ ， $E = f$ /mm2

$$E = \frac{\left(\frac{F}{n_f} - \frac{B}{n_b} \right)}{A_f}$$

石綿纖維濃度計算:

石綿纖維濃度計算公式

$$Fas = A \times Nas / a \times n \times V \times 10^3 \dots\dots\dots(1)$$

Fas: 石綿纖維濃度(f/cc)

A: member filter 有效面積(mm²)

Nas: 在位相差計算的纖維中以偏光法判定為石綿的纖維數(根)

a: 計算視野面積(mm²)

n: 計算總視野

V: 採集總流量

8. 檢測下限

由上式(1)計算出檢測下限值

例: 在 50 視野中檢測到有 1 根石綿纖維時的檢測下限? 求 E 值

十字微尺規視野 100μm 時 a:0.007854mm²

A=385mm²(有效面積 25mm)、a=0.007854mm²(100μm)、n=50、

V=300L、Nas=1 所以 E=0.00327l/cc

9. A 計數規則

我國位相差顯微鏡檢測石棉方法，以 400 倍下在十字微尺規視野 100 μ m 範圍，觀察 100 個視野，或 100 根石棉纖維。計數規則依 OSHA、NIOSH 規定使用 A 規則如下(表 2，圖 11)：

- (1).計數長度大於 5 微米之纖維，假如為捲曲纖維，沿著捲曲測量長度。
- (2).計數長寬比等於或大於 3：1 之纖維。
- (3).纖維與計數板視野邊緣相交，依下列方式計數：
 - a.計數完全在計數板區域內長度大於五微米之纖維。
 - b.合乎 1，2 條件但在計數板視野內只有一終端者，計數 1/2 纖維。
 - c.假如相交計數板超過一次則不予計數。
 - d.對於不合乎上述規則之纖維不予計數。
- (4).成束狀之纖維，除非個別纖維終端可明顯判別，否則視為一根纖維。
- (5).計數足夠視野使用纖維數等於或大於 100 根，並且最少計數 20 個視野，但不論纖維多少，最多 計數 100 視野停止計數。

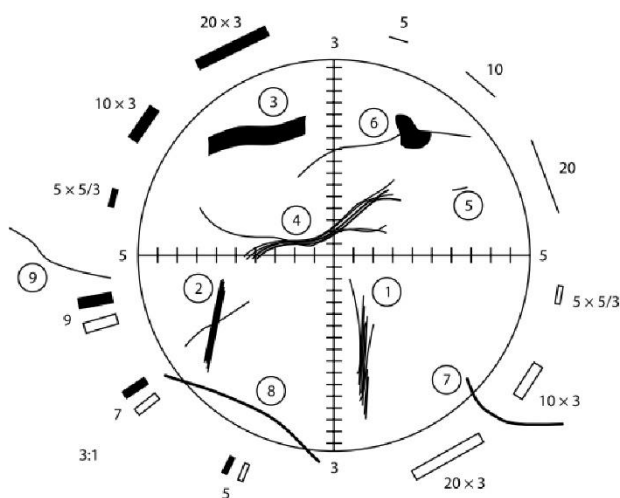
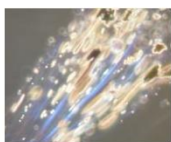
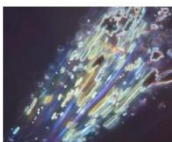
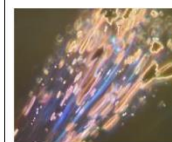


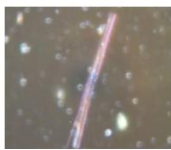
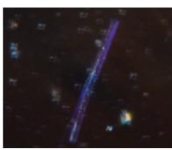
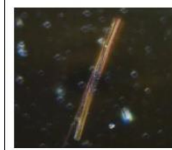
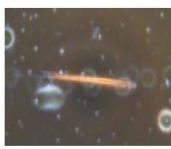
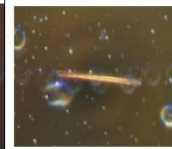
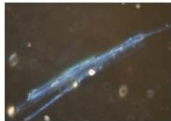
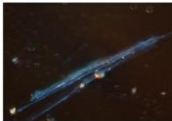
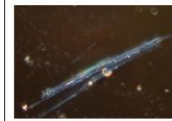
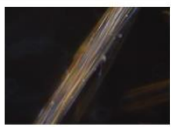
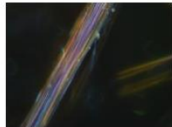
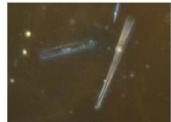
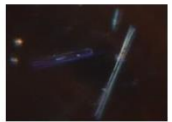
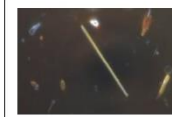
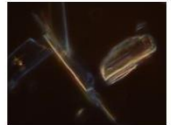
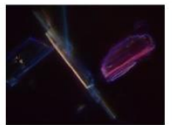
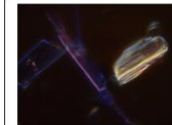
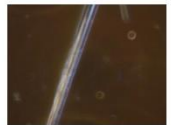
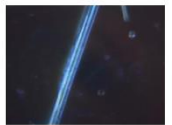
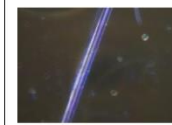
圖 11 石棉纖維計數規則

表 2 A 技術規則

編號	纖維數量	說 明
1	1 根纖維	成束的細小纖維，假如纖維似乎是來自同一束的纖維，且纖維長度及長寬比符合計數標準，則不論其是否為石棉，皆可計數為1根纖維。
2	2 根纖維	假如纖維長度及長寬比符合計數標準(長度大於5 μm 且長寬比等於或大於3:1)，且纖維並非來自於同一束的纖維，則可分別計數纖維數量。
3	1 根纖維	雖然纖維直徑 >3 μm ，但依計數規則仍可視為1根纖維，A計數規則並未對纖維直徑予以規範，量測纖維直徑是以最寬的地方作為量測點。
4	1 根纖維	雖然細小長纖維從整束纖維中向外延伸，但細小長纖維似乎是整束纖維的一部分，則依計數規則視為1根纖維。
5	0 根纖維	長度 <5 μm ，則不予計數。
6	1 根纖維	纖維部分被粒狀物蓋住，假使纖維並非來自於粉塵且長度及長寬比符合計數標準，則可視為分開的纖維。
7	0.5 根纖維	纖維的一端在計數板內，則視為 0.5 根纖維。
8	0 根纖維	纖維橫過該計數板視野邊緣超過1次以上，則不予計數。
10	0 根纖維	纖維在計數板範圍外，則不予計數。

表 3 石棉敏銳色板標準品之分散色

石棉種類	折色液係數 $n_D^{25^\circ\text{C}}$	敏色光板分散色 (無偏光)	敏色光板分散色($\perp$)	敏色光板分散色($\parallel$)
白石綿	1.550			

褐石綿	1.680			
青石綿	1.680			
	1.700			
斜方角石	1.606			
	1.640			
陽起石	1.606			
	1.640			
透角閃石	1.606			
	1.640			

石綿使用位相差偏光顯微鏡鏡檢前的校正程序

Ver. 1.2

中國醫藥大學公共衛生學系

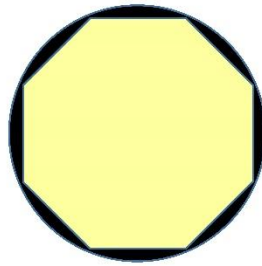
郭 錦堂 教授

2020 年 03 月

石綿使用位相差偏光顯微鏡鏡檢前的校正程序

1. 光軸校正

首先，將物鏡轉至 Ph1(10X)以及位相差聚光器轉至 A 後，，再將光圈調至最小，並且觀察顯微鏡中影像為一個八角形影像。接著，轉動聚光器垂直調節輪使八角形影像銳利之後，再行調整聚光器平行調節輪使八角形位於視野中心點，並放大光圈嘗試使八角形能均勻以視野為外切圓。完成上述步驟後將光圈放至最大即完成校正。



2. 位相差校正

首先，將物鏡轉至 Ph1(10X)以及位相差聚光器轉至 Ph1 後，再將位相差校正器從 O 轉至 B，並且調整校正器上的光環焦距環，達到視野中黑亮雙環影像清晰。再者，轉動位相差聚光器下方的位相差調節輪，使亮環與暗環重疊，接著將物鏡轉至 Ph2(40X)以及位相差聚光器轉至 Ph2 後，重複上述步驟。完成後，將位相差聚光器下方的位相差調節輪鎖住，以及位相差校正器從 B 轉至 O，即校正完畢。

3. 物鏡微測玻片校正

首先，將物鏡轉至 Ph2(40X)以及位相差聚光器轉至 Ph2 後，將物鏡微測玻片放上載物台上後，再行用目鏡中十字尺規對準視野中微測玻片上的刻度，用以確定所觀察之目標大小的尺規準確。

石棉蟻酸前處理

Ver. 1.2

中國醫藥大學公共衛生學系
郭 錦堂 教授

2020 年 03 月

Weigh prepared(grinded) sample (100mg)



Analytical Balance AUD-220D(readable to 0.01mg)

石綿標準品的檢量線建置

石綿重量(mg)	FA(mL)	DiH ₂ O(mL)
0.1	0.02	0.04
0.5	0.1	0.2
1.0	0.2	0.4
3.0	0.6	1.2
5.0	1.0	2

FA：蟻酸 DiH₂O：無塵去離子水

**Pour the sample into Formic-acid Solution
(20%)**



Disperse the Solution by Ultra Sonic Cleaner



1min

Dip the Solution in Hot Water Bath (30deg • 4deg)



**Stir 30 sec
&
Leave 1.5min**

Repeat 6 times

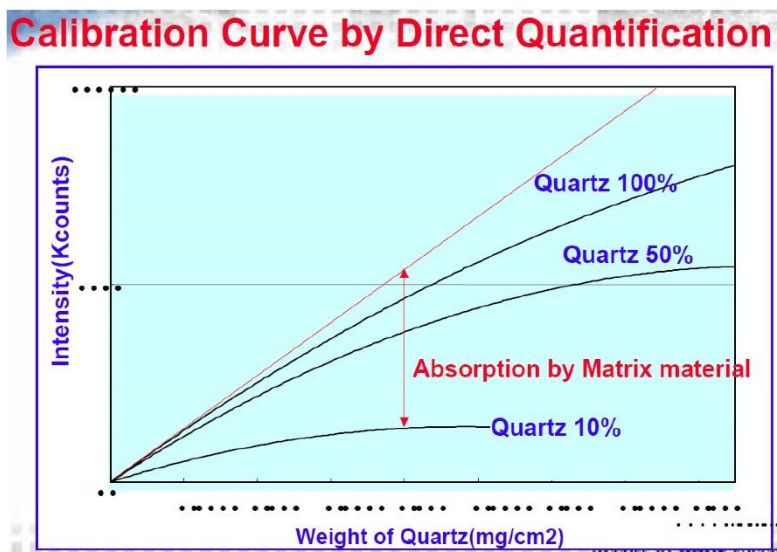
Set the filter(T60A20) onto Filtration Apparatus



Correct the sample on the filter



Access to y



Shimadzu XRD-6000 儀器操作程序

Ver. 1.2

中國醫藥大學公共衛生學系
郭 錦堂 教授

2020 年 03 月

Shimadzu XRD-6000 儀器操作程序

1. 啟動 XRD 冷卻設備。



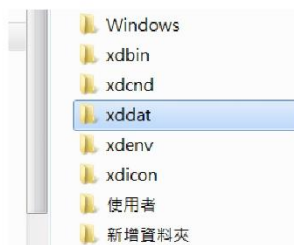
冷卻設備電源有雙相及三相，須明確以免造成設備受損。

2. 啟動 XRD 電源。



Shimadzu XRD 有 XRD-6000 和 XRD-7000 型。

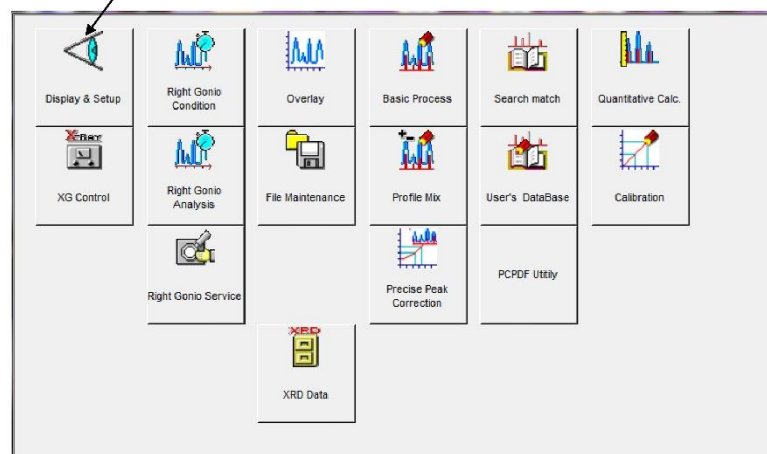
3. 啟動 PC。XRD 運作連結接再 C 槽硬碟的 xddat。



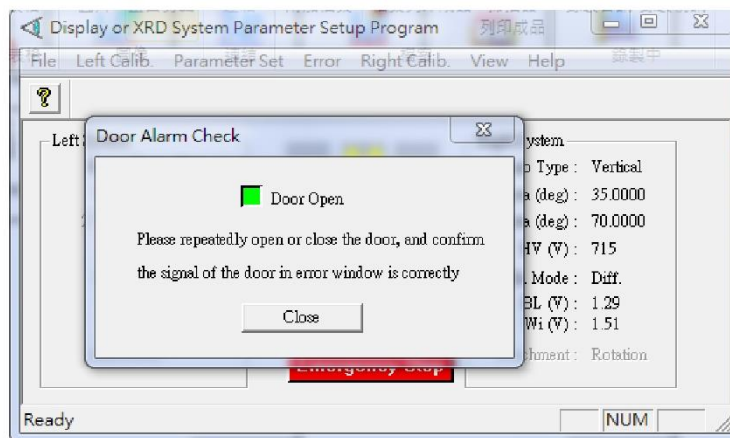
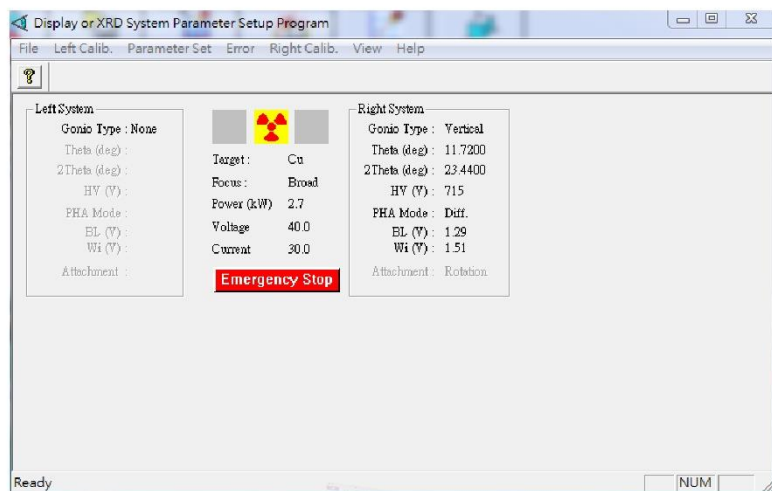
4. 尋找 PC 畫面中的 PCXRD 後執行



5. 打開 Display & Setup

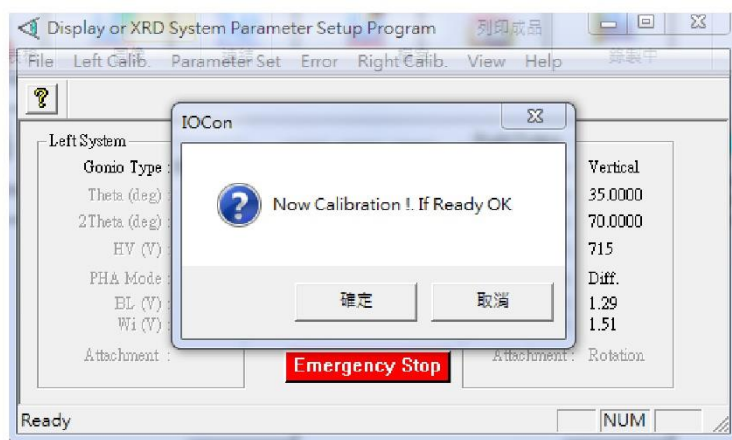


6. 出現 Display or XRD System Parameter Setup Program 畫面

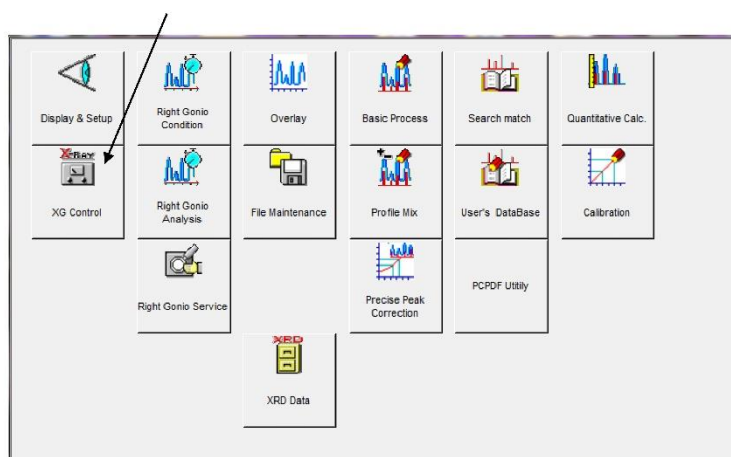


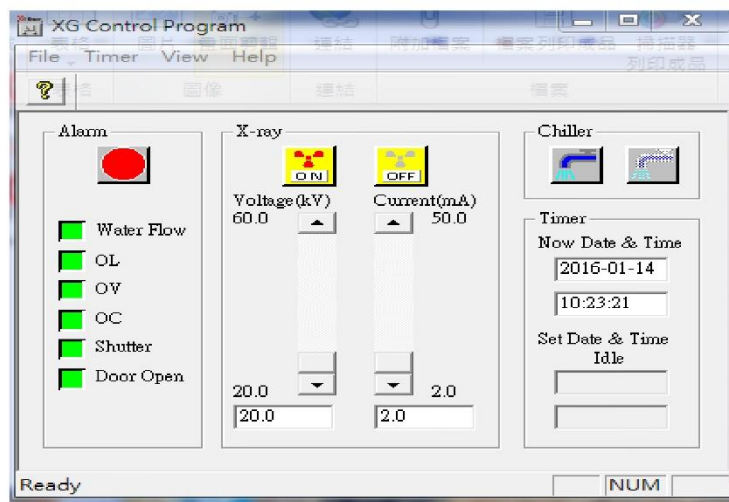
上圖的 Door Alarm Check 畫面代表 PC 與 XRD 已經連上線，當 XRD 的機門打開時“綠”轉“紅”；關起機門時“紅”轉“綠”皆能正常反應，代表設備之間的溝通一切正常。再按“Close”紐。

7. 延續的畫面會出現側角儀(goniometer)，按“確定”後自動校正歸零。



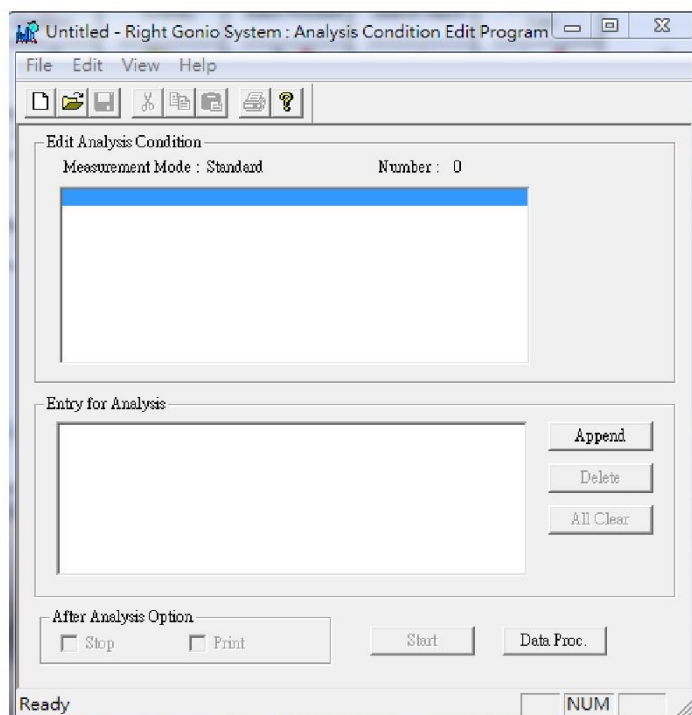
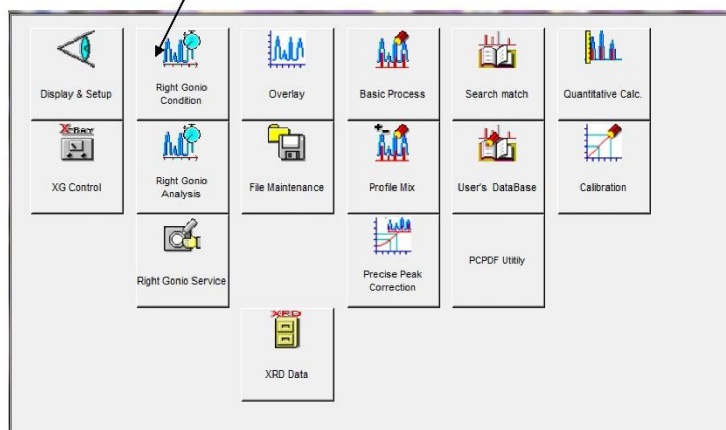
8. 打開 "XG Control" 確認，圖示可以明確了解設備目前狀況。



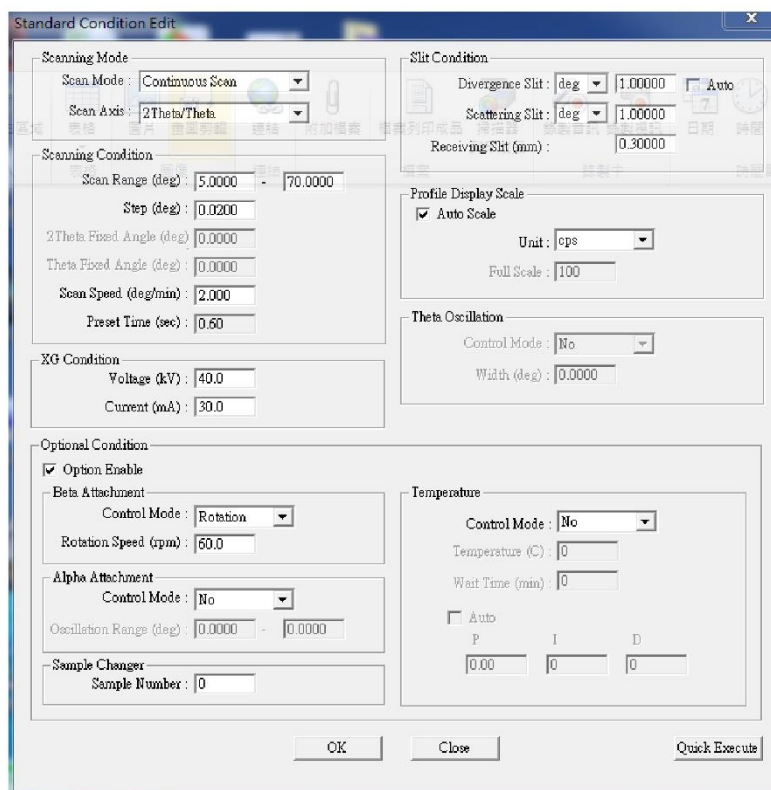


Water Flow
OL : overload
OV : over voltage
OC : over current
Shutter : problem on the shutter
Door Open : door is open

9. 建置分析條件及樣品序號

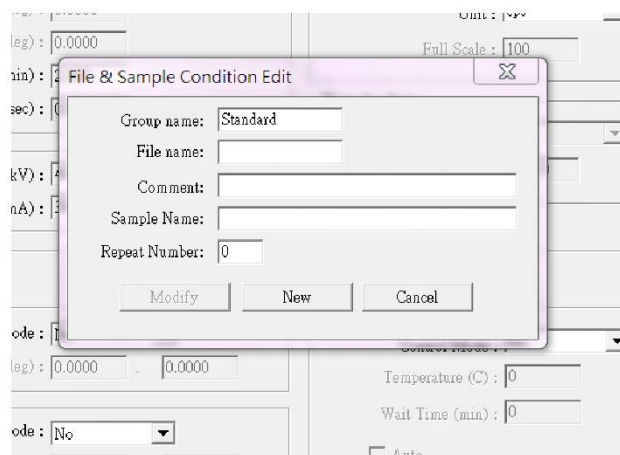


在藍線上快速擊兩次。

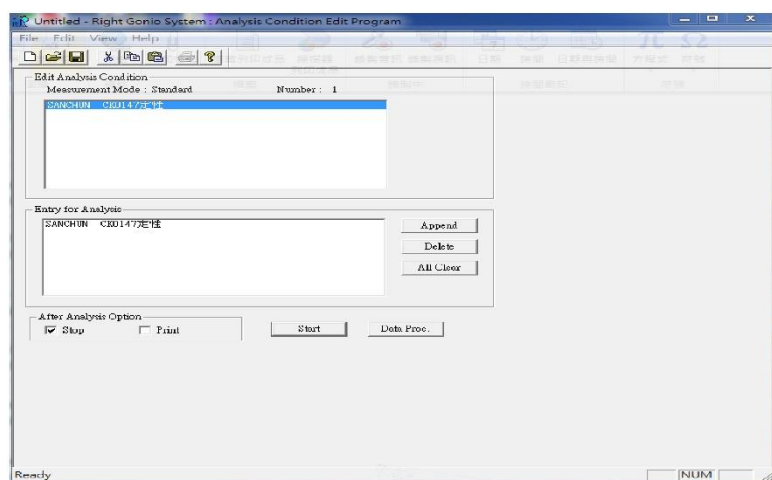


1. 設定 scan range
2. 設定 scan speed
3. 設定 optional condition 中的 option enable “v”，在 Beta Attachment 的 control Mode 選 Rotation，轉速在定性為 60 rpm，定量為 30 rpm。
4. 按 “OK”

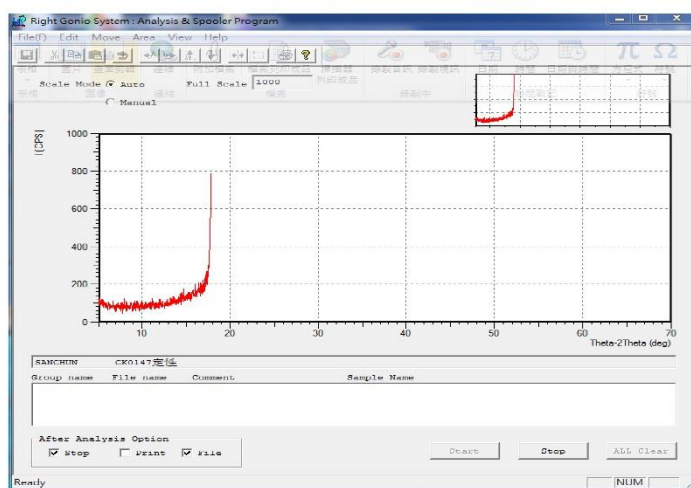
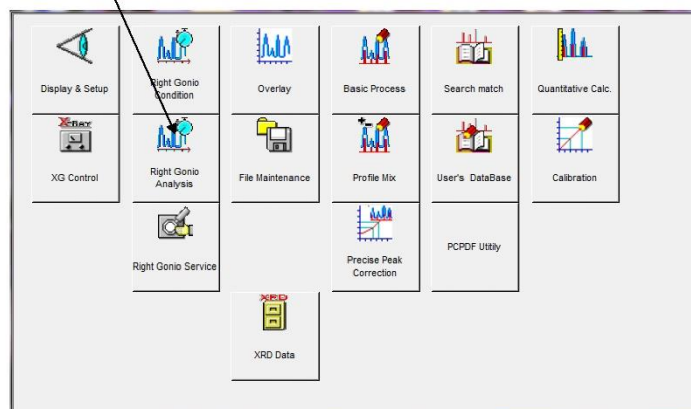
接著在 Group name 設檔案匣，File name 為子檔案。畫面變成 File & Sample Condition Edit，如果所設定的無誤，在按 “New”。



由 File & Sample Condition Edit 會變成編修分析條件頁面，然後將欲分析的檔案選取後，再按 “Append”。再按 “Start” 將檔案傳到分析介面去。

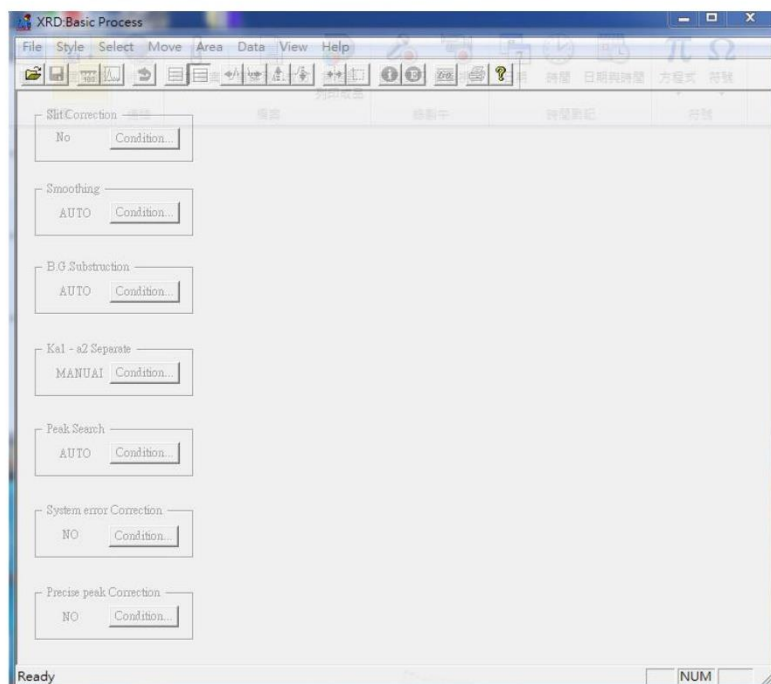
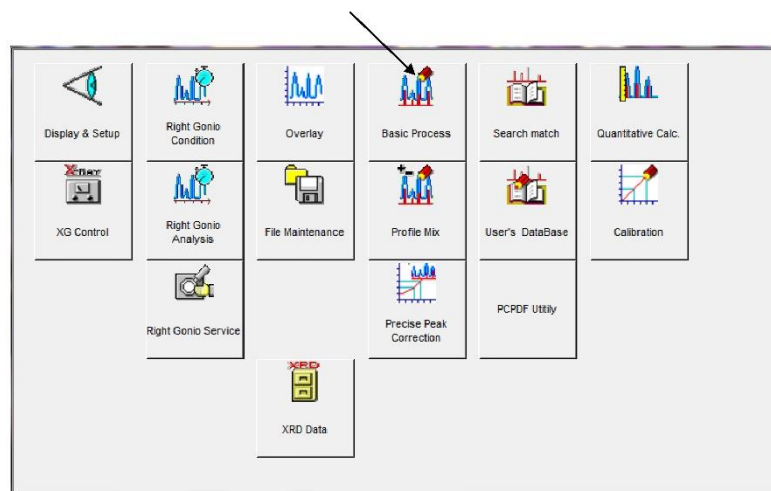


上述的再按 “Start” 將檔案會傳到分析介面去之前。必須先開 “Right Gonio Analysis”。

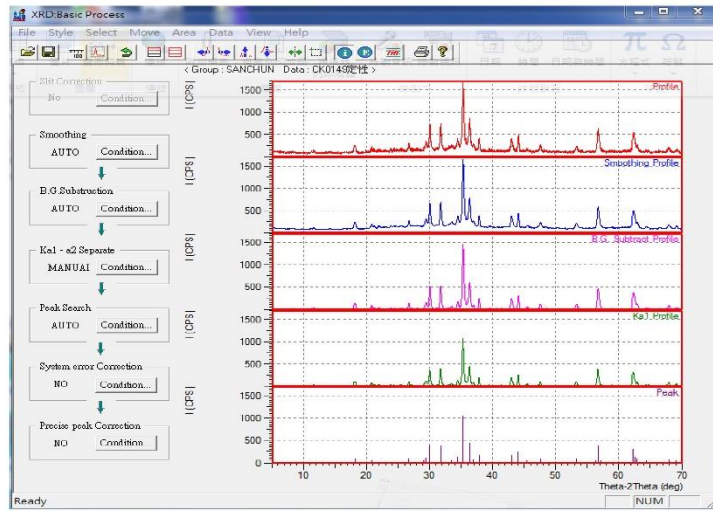


在按 “Start” 執行分析。

10. 樣品數據解析，先按 “Basic Process”

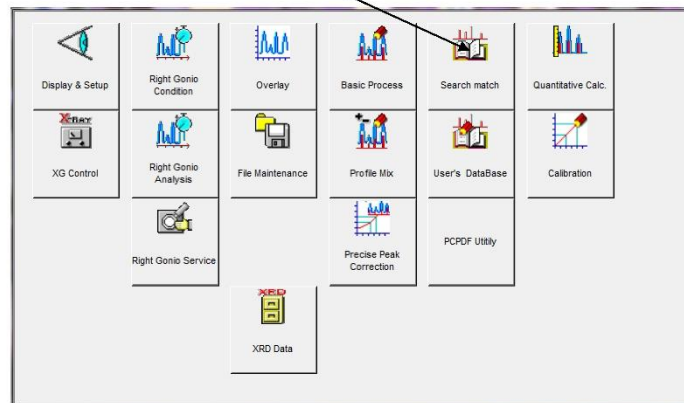


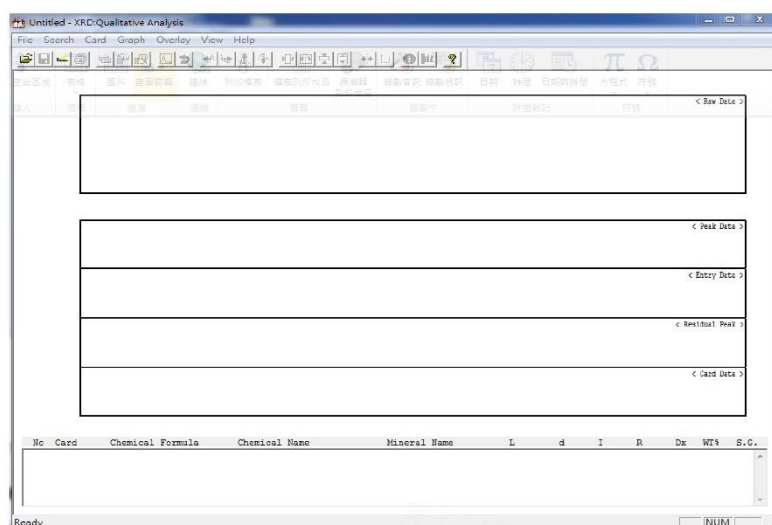
將檔案直接拖拉到此畫面裡。



1. 執行“GO”後資料會處理成圖形。檔案裡原只有兩個檔案會變成五個檔案。
2. 再按“i”可以查到各角度的資訊。

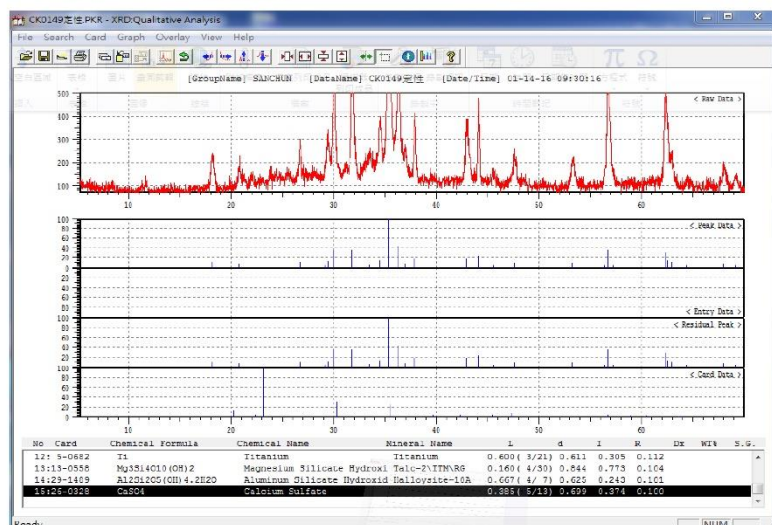
11. Data Base 比對，開啟 Search Match。





將檔案直接拖拉到畫面內。

1. 選 Search
2. 選 Pre-Search → Search
3. 選 Search → Search
4. 選 User File → User File
5. 選 enve.UDB 開取舊檔 → Search

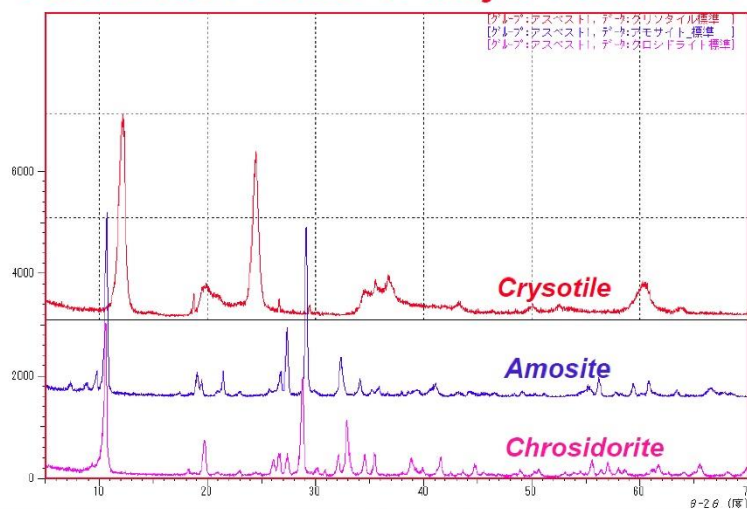




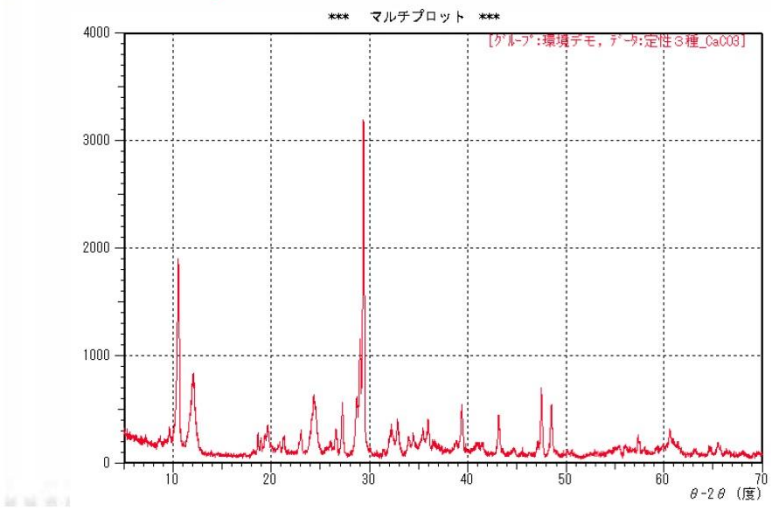
Measuring Condition for Asbestos

Item	Qualitative	Quantitative
X-ray Power	CuK α line, 40kV-40mA	CuK α line, 40kV-40mA
K α Elimination	Graphite Monochrometer	Graphite Monochrometer
Slits Conditions	DS & SS:1deg RS:0.3mm	DS & SS:1deg RS:0.3mm
Scan Speed	2deg/min • • Step:0.02deg	0.5deg/min • • Step:0.02deg
Scan Range	2theta 5 to 70deg	11 to 13 deg 41 to 43 deg
Sample Rotation	60RPM	30RPM

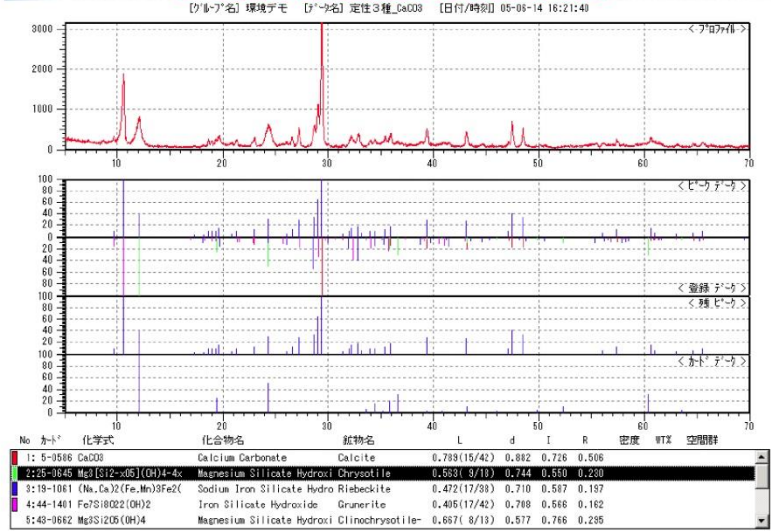
Raw Data Profile of Major Asbestos

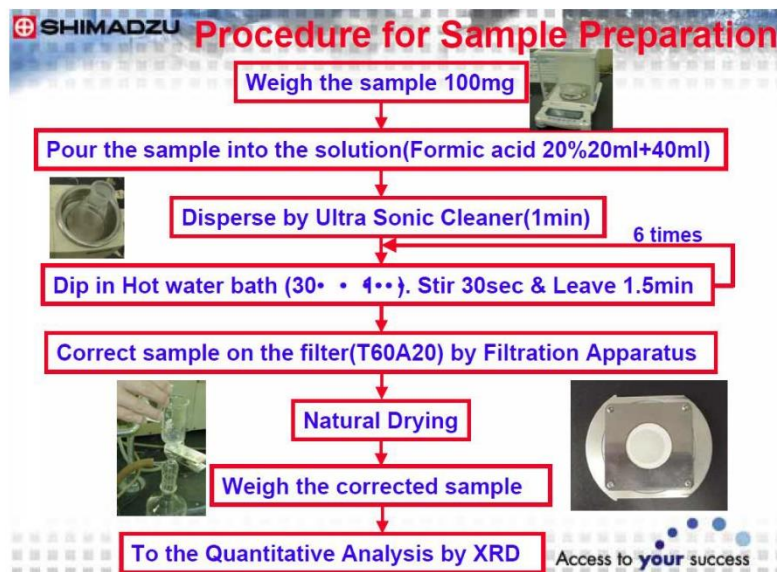
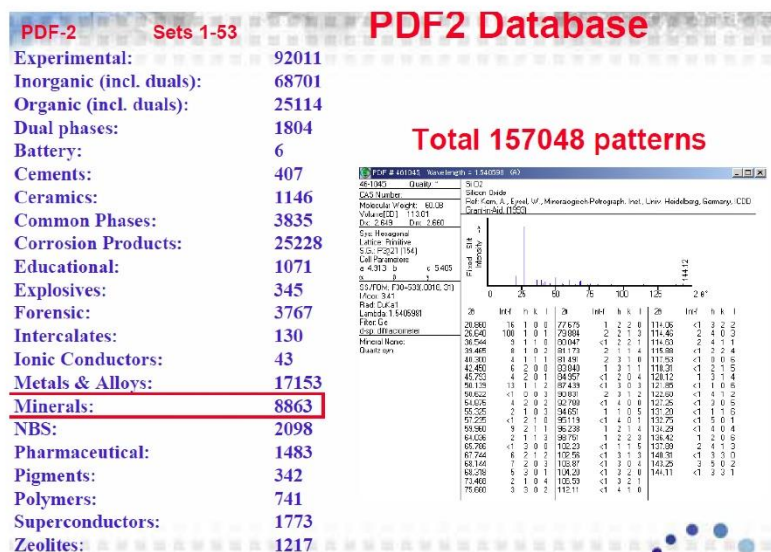


Raw data profile of asbestos in calcite



Search/Match Result





日本 JIS A1481 -1 -2 -3

分析方法

Ver. 1.2

中國醫藥大學公共衛生學系
郭 錦堂 教授

2020 年 03 月

JIS A1481 分析方法

取建材具代表性之待測樣品於樣品容器中。樣品採取 3 處，每處的大小規格為 10 公分 x 10 公分。依 JIS A1481-1 特別陳述樣品的檢測數量做說明，亦為樣品各採取 3 處的個別先做粉碎前處理後，再合併一起當作一件分析樣品。建材的樣品會因目的所需，產品會加副產品成為分析上的干擾，添加有樹脂、瀝青、碳酸鈣、矽酸鈣、石膏、橡膠等，因此樣品的前處理有如加溶劑、加熱、加酸等處方法，亦為前處理就需要樣品的種類不同，所選取之前處理方法有別。

樣品中含有各種添加物時，須依經驗判定來選擇適宜的前處理方法，以降低干擾而獲得較佳分析結果。以橡膠、樹脂類的前處理以低溫灰化為宜，瀝青則以直鏈型互融的有機溶劑為佳。碳酸鈣以蟻酸、珪石以氯化鉀、石膏以稀醋酸(50%)和 2mol/L 鹽酸皆為較佳的前處理方法。樣品如經高溫灰化或強酸處理後，有些石綿有可能會影響偏光呈色反應。

無機樣品前處理

1. 樣品做適當大小切割以提供樣品研磨。
2. 樣品研磨包括專用研磨機(震動型、機械型)、瑪瑙研鉢等。
3. 研磨時間避免長時間處理，會因磨擦產生高溫，影響石綿纖維結晶型態改變，研磨時間需要短而多次處理為宜。
4. 研磨後再經篩選網篩選 100mesh 粉碎樣品提供為 DS-PLM 及 XRD 石綿定性檢測用。

有機樣品前處理

1. 樣品含有有機成分、植物纖維成分等，須以灰化程序處理。但溫度不宜過高以免改變石綿纖維結晶型態。
2. 取適當量樣品秤重，放入陶瓷乾鍋 A。
3. 放置於 450±10℃ 高溫爐 1 小時。
4. 放冷後秤重 B，計算殘餘灰份率 R。

$$R = \frac{A}{B} \times 100$$

三、試劑

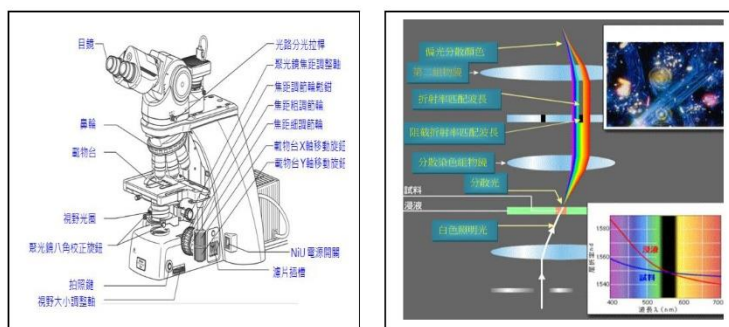
9. 色散染色用折射率指數 (RI) 液以 1.550、1.606、1.620、1.670、1.680 及 1.700 的應用及組合進行石綿種類的鑑別。
10. 丙酮
11. 採樣器

12. 濾紙：Millipore type，孔徑 0.8 μm ，濾紙直徑 25mm。
13. 顯微鏡：Nikon ECLIPSE Ni、Olympus BX53
 - (8) 位相差設備：位相差聚光器
 - (9) 偏光設備：顯微鏡下方裝偏光板(polarizer)，上方裝分析偏光板(analyzer)。
 - (10) 物鏡石綿專用 40X N.A.(解析度) 0.75 以上，W.D. 0.66mm 以上之位相差功能。
 - (11) 載玻片：25mm x 75mm
 - (12) 蓋玻片：22 x 22mm
 - (13) 十字微尺檢測玻片(eyepiece) 27 ψ YSK27, MeCan imaging)
 - (14) 敏銳色板(530nm)
14. 鑷子、手術刀。
15. 石綿標準品
 - ① 白石綿(Chrysotile) $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ JAWE121
 - ② 褐石棉(amosite) $(\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2)_2 \cdot (\text{Fe}^{2+}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2)_2$ JAWE221
 - ③ 青石棉(crocidolite) $(\text{Na}_2(\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2))$ JAWE321
 - ④ 透閃石(tremolite) $(\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2 (\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})=1.0-0.9))$ JAWE531
 - ⑤ 陽起石(actinolite) $(\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2 (\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})=0.5-0.9))$ JAWE631
 - ⑥ 斜方角閃石(anthophyllite) $(\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2)$ JAWE451
16. γ 光繞射儀(XRD-6000, Shimadzu, Japan)

四、顯微鏡校正

1. 顯微鏡構造

位相差顯微鏡之原理(圖 1,2)為透過樣品的可見光的光程差變成振幅差,提高了各種結構間的對比度,使各種結構變得更清晰可見。光線透過樣品發生折射,偏離了原來的光路,同時被延遲了 $1/4\lambda$ (波長),如果再增加或減少 $1/4\lambda$,則光程差變為 $1/2\lambda$,兩束光合軸後干涉加強,振幅增大或減少,提高反差,此現象比一般光學顯微鏡的解析更好。



1. 光軸校正

首先依圖 1 顯微鏡各項位置相關功能認識，接著將物鏡轉至 Ph1(10X)以及位相差聚光器轉至 A 後，再將光圈調至最小，並且觀察顯微鏡中影像為一個八角形影像。接著，轉動聚光器垂直調節輪使八角形影像銳利之後，再行調整聚光器平行調節輪，使八角形位於視野中心點，並放大光圈嘗試使八角形能均勻以視野為外切圓(圖 3)。完成上述步驟後將光圈放至最大即完成校正。

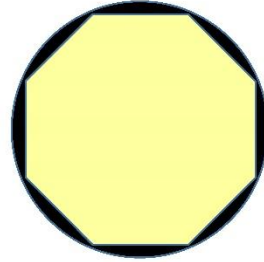


圖 3 光軸校正

2. 位相差校正

首先，將物鏡轉至 Ph1(10X)以及位相差聚光器轉至 Ph1 後，再將位相差校正器從 O 轉至 B，並且調整校正器上的光環焦距環，達到視野中黑亮雙環影像清晰。再者，轉動位相差聚光器下方的位相差調節輪，使亮環與暗環重疊，接著將物鏡轉至 Ph2(40X)以及位相差聚光器轉至 Ph2 後，重複上述步驟。完成後，將位相差聚光器下方的位相差調節輪鎖住，以及位相差校正器從 B 轉至 O，即校正完畢。

3. 物鏡微測玻片校正

首先，將物鏡轉至 Ph2(40X)以及位相差聚光器轉至 Ph2 後，將物鏡微測玻片放上載物台微尺(stage micro, 圖 4)上後，再行用目鏡中十字微尺(ocular micro, 圖 5)對準視野中微測玻片上的刻度，用以確定所觀察之目標大小的尺規準確。

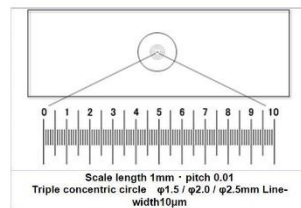


圖 4 載物台微尺規

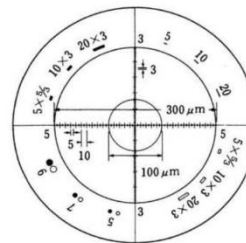


圖 5 圓十字微尺規

JIS A1481-1:2014 對應 ISO 22262-1

JIS A1481-2:2014 對應 JIS A1481:2008 定性分析

JIS A1481-3:2014 對應 JIS A1481:2008 定量分析

JIS A1481-1

JIS A1481-1:2014 對應 ISO 22262-1

ISO 22262-1(分散折色液偏光顯微鏡檢測方法，DS-PLM)

JIS A1481-1:2014(分散折色液位相差/偏光顯微鏡檢測方法)

JIS A1481-1:2014 對應 ISO 22262-1 方法，ISO 22262-1 方法包刮分散折色液偏光顯微鏡檢測方法(DS-PLM)、穿透式電子顯微鏡(TEM)、掃描式電子顯微鏡(SEM)等。其中以 DS-PLM 為簡便、快速、成本低的檢測方法。

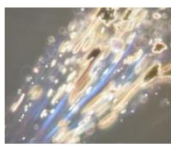
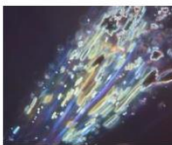
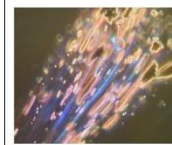
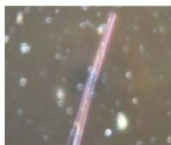
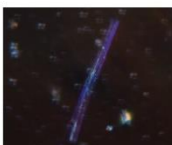
DS-PLM 為石綿定性檢測方法，但本分析方法以位相差/偏光顯微鏡檢測方法建材樣品的取樣及前處理皆在附有 HEPA 濾材抽風櫃內實施。詳細觀察樣品的外觀、種類，並確認是否含有纖維，同時判斷樣品是否需要做前處理，接著才在放大鏡下或立體顯微鏡之下進行實體取樣，再立體顯微鏡從 10 倍率到 40 倍率連續做變化倍率觀察，之後以 10 倍率下，以不鏽鋼夾子取纖維直接放在無纖維乾淨的玻璃片上。接著再加各種不同折色液係數值各加 3-4 滴，後取乾淨蓋玻片覆蓋後成為偏光顯微鏡標本用，進行各種石綿種類鑑定。各種石綿對應不同分散折色液係數值，白石綿為 1.550、褐石綿、青石綿為 1.680、青石綿為 1.700、斜方角石、陽起石、透角閃石為 1.640 (表 1)。表 2 實際樣品檢測結果。

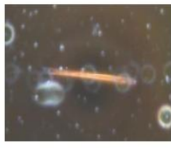
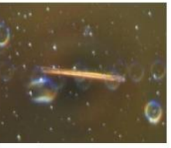
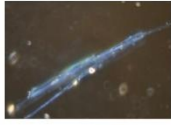
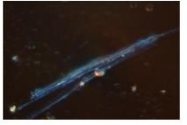
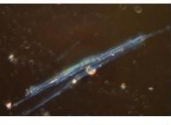
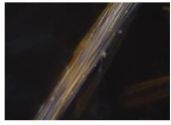
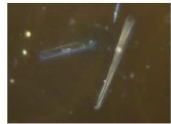
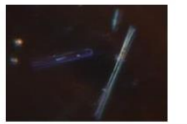
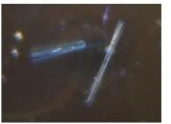
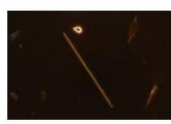
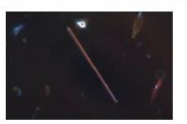
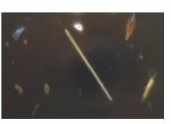
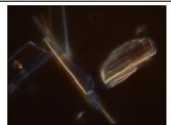
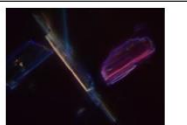
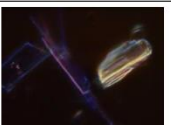
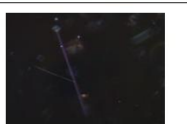
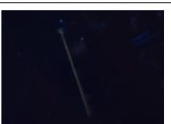
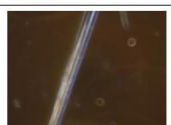
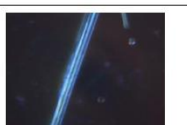
但樣品含有瀝青、塑膠、橡膠、樹脂時，需使用有機溶劑或高溫爐 485°C 做灰化處理。有機溶劑會因材料的差異，須依個別作合宜前處理，並配合相關知識的判斷做較佳前處理。樣品如含有石灰石、石膏、矽酸鈣時，可以在室溫用稀醋酸(50%)和 2mol/L 鹽酸或 KCl 作前處理。灰化處理之下白石綿、褐石綿、青石綿等須注意到光學性質也有可能受到影響。

表 1 各種石綿與折色液係數之關係

石綿種類	折色液係數 $\eta_D^{25^\circ\text{C}}$	分散色(無偏光)	分散色($\perp$)	分散色($\parallel$)
白石綿	1.550	紅紫色	藍色	紅紫色
褐石綿	1.680	粉紅色	淡藍色	褐色
青石綿	1.680	淡褐色	褐色	淡褐色
	1.700	藍色	藍色	藍色(明亮)
斜方角閃石 (530nm)	1.640	香檳金	暗藍紫色	藍檳色
揚起石 (530nm)	1.640	金黃色	紫色	金黃色
透閃石 (530nm)	1.640	黃藍色	藍色(明亮)	藍紫色

表 2 石綿敏銳色板標準品之分散色

石綿種類	折色液係數 $\eta_D^{25^\circ\text{C}}$	敏色光板分散色(無偏光)	敏色光板分散色($\perp$)	敏色光板分散色($\parallel$)
白石綿	1.550			
褐石綿	1.680			

青石棉	1.680			
	1.700			
斜方角石	1.606			
	1.640			
陽起石	1.606			
	1.640			
透角閃石	1.606			
	1.640			

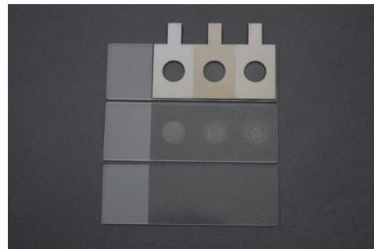
JIS A1481-2

JIS A1481-2:2014 對應 JIS A1481:2008 定性分析

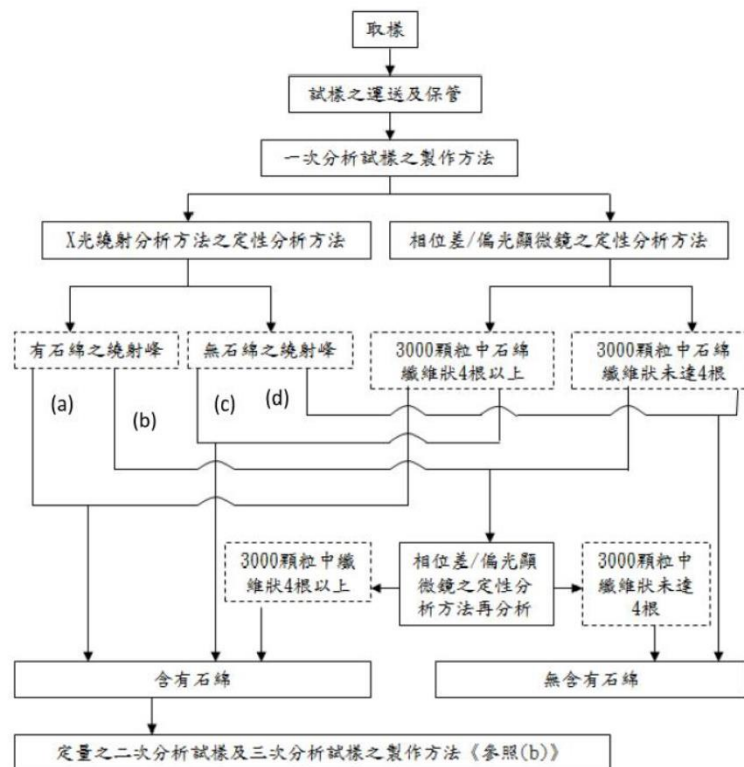
A.分散折色液位相差/偏光顯微鏡檢測方法

- (1).取適當大小進行粉碎(100mesh)(圖 9)。
- (2).樣品含有機物時，需經低溫灰化處理 $485\pm 10^{\circ}\text{C}$ 1 小時。
- (3).取 10-20mg 量在 50mL 三角錐瓶內，加無纖維純水 40 cc再放磁石棒，做充分攪拌。
- (4).取 10-20 μl 放在玻璃片上，並放在加溫板上 $100\pm 10^{\circ}\text{C}$ 45 分鐘(圖 10)。
- (5).每片檢測 1000 粒子數中的石綿數，3 片共檢視 3000 粒子數，總共合起來有 4 根石綿含量時，判定此建材含有石綿成分為陽性。

下圖為樣品前處理流程圖(a)為 XRD 檢測方法及位相差/偏光顯微鏡檢測方法，個別檢測都呈現含有石綿時，建材確定為含有石綿。(b)為 XRD 檢測方法為含有石綿時，但位相差/偏光顯微鏡檢測方法初次檢測為不含石綿時，有可能取樣不均造成疑似陰性，確保誤差產生誤判，樣品需再次取樣做前處理，如果再次檢測 3000 顆粒子裡找到有 4 根纖維時以上(含)，結果判定為含有石綿建材，相反的石綿檢測不到 4 根時，此建材判定為不含石綿。(c)為 XRD 檢測方法沒有檢測到石綿資訊，但位相差/偏光顯微鏡檢測方法能明顯檢測 3000 顆粒子裡，找到有 4 根纖維時以上(含)，結果判定為含有石綿建材。(d)為 XRD 檢測方法沒有檢測到石綿資訊，同時在位相差/偏光顯微鏡檢測方法也檢測不到 4 根石綿時，此建材判定為不含石綿。



建材石綿檢測樣品製作



建材製品中石綿含量測量方法流程圖

B.XRD 樣品分析

樣品研磨後再經篩選網篩選 100mesh 粉碎樣品提供為 DS-PLM 及 XRD 石綿定性檢測用。

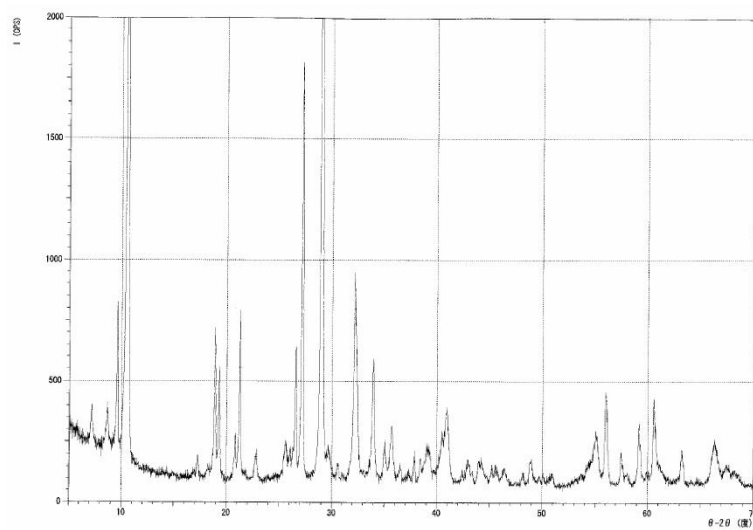
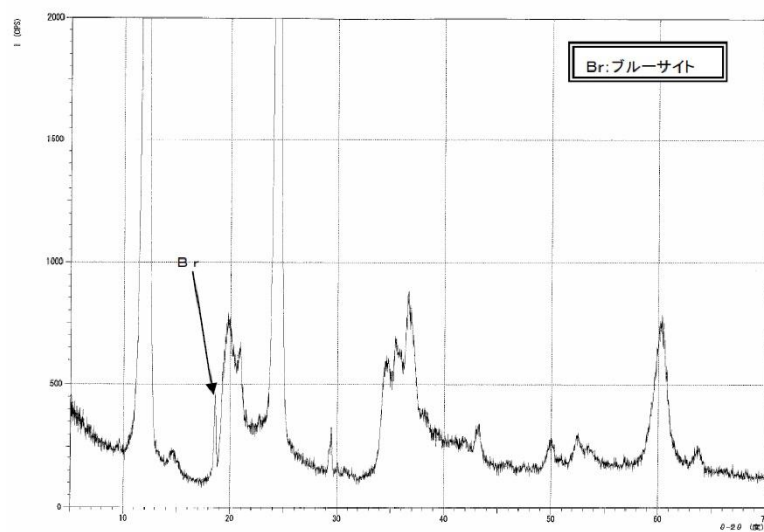
定性分析流程(第一次處理分析方法)

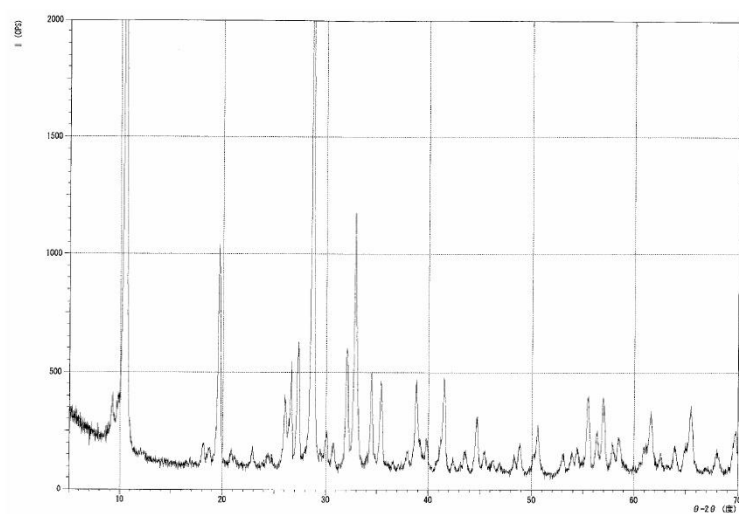
樣品中含的石綿外，還有多種的共存物質時，於定量時極為重要，因 X 光繞射是由同一種的結晶粒子產生多數的反射線，如果僅選擇 1-2 條角度線時，常常會受到其他物質干擾，造成定性的誤判。因此，利用燈源 $\text{CuK}\alpha$ 線時，反射線至少需要進行掃描後，從中至少得選取 5-6 條角度線，然後再與 PDF 資料庫進行比對，以降低樣品的誤判。

樣本最少需 10-100 mg/2 cm² 以上大小，分析前需以清水沖除及刷子刷除有機物及雜質土壤，放置乾燥後於抽風櫃中取出並放入不鏽鋼研磨玻打碎後，把碎片再放放置樣本瓶，將粉末撲滿並利用載玻片壓實粉末於定性載盤上，將 χ 光繞射依照定人批量式高速粉碎機中迴轉至無硬物碰撞內壁聲後數分鐘，靜置數分鐘等內容物細粒徑物質落下來，放至於抽風櫃中開啟抽風設施後，慢慢打開批量式高速粉碎機上蓋，用刮杓將粉碎物質置於 100 mesh 分析篩上，取分析篩下方物質後性分析條件參數設定（表 4）。分析完後比對軟體中的 ENVE 資料庫即可得到產品中為何種材質，而是否含有石綿。

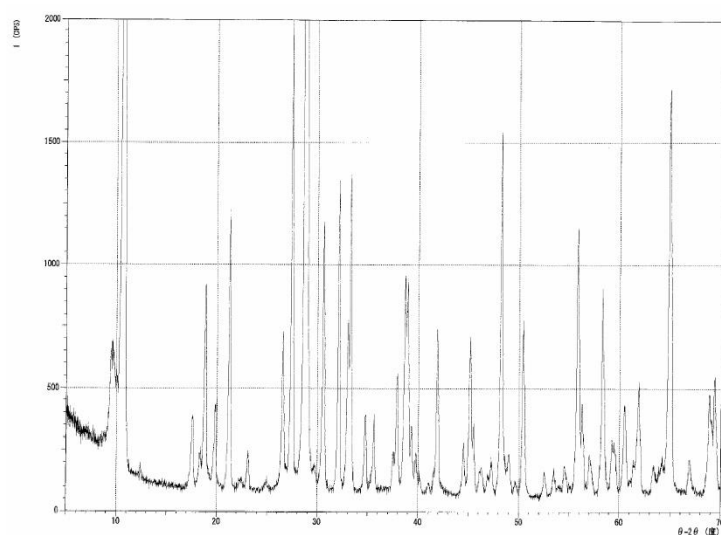
表 4. 日本 JIS A1481 定性定量於 χ 光繞射儀分析條件(Shimadzu XRD-6000)

項目	定性	定量
χ -ray 條件	CuK α line	CuK α line
發射光源	銅靶，X-Ray	銅靶，X-Ray
單光儀	石墨單光儀	石墨單光儀
光源能量	40 kV-30 mA	40 kV-30 mA
欄柵	DS：1°	DS：1°
掃描速度	快	慢
掃描範圍	2 θ ：5°~70°	2 θ ：11°~13°(白石綿) 2 θ ：9°~12°(褐、青石綿) 2 θ ：38°(鋁) 2 θ ：43°(鋅)
樣本旋轉速度	60 rpm	30 rpm

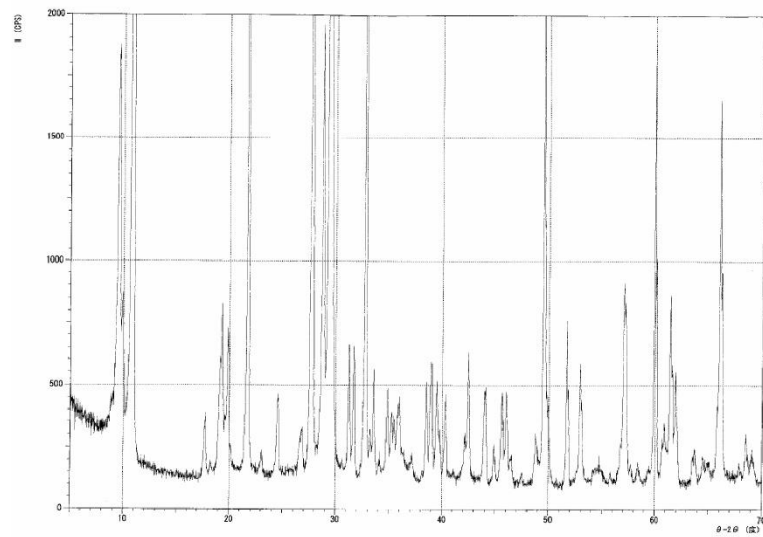




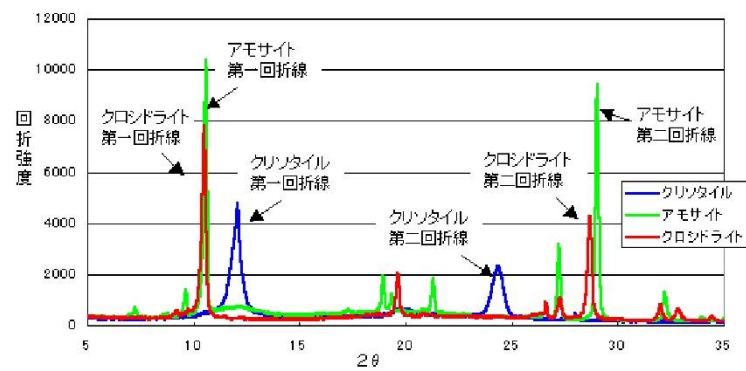
青石綿 XRD 標準圖譜 JAW331



陽起石及透角閃石石綿 XRD 標準圖譜 JAW431



斜方角閃石 XRD 標準圖譜 JAW521



C. 蛭石干擾前處理

JIS A1481-3

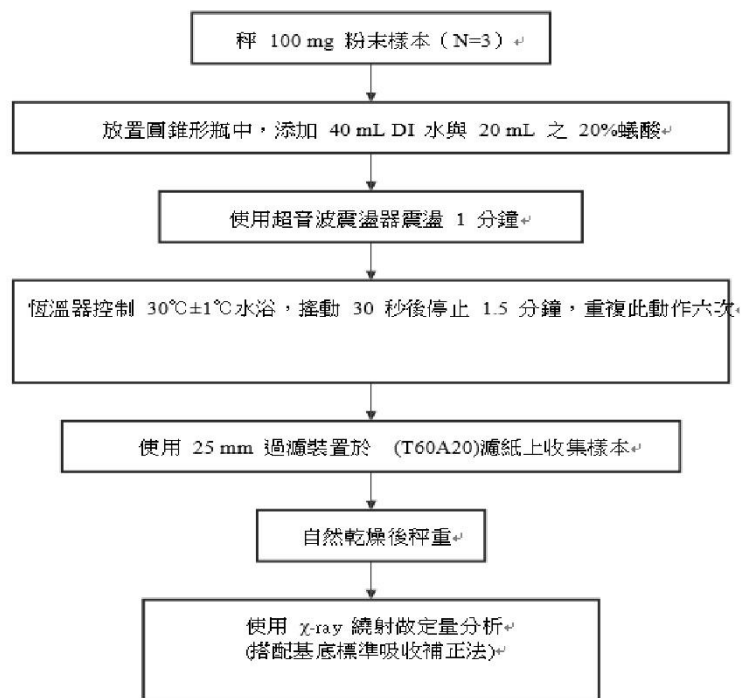
JIS A1481-2:2014 對應 JIS A1481:2008 定量性分析

定量分析流程(第二次處理分析方法)

當定性分析判定含有石綿後，先將空白 25 mm 聚四氟乙烯披覆玻璃纖維濾紙 T60A20 秤重記錄當時重量後，並先行於 χ 光繞射儀分析其背景補正角度鋅 (Zn) 或鋁 (Al)，乃再取樣本瓶中的樣本粉末於五位數精密電子天平中秤重 100 mg，放於 100 mL 定量瓶中每個樣本皆取三個，各加入 40 mL 去離子水與 20 mL 不同濃度的蟻酸、不同的水浴溫度、不同的震盪時間，經由 25 mm 過濾器過濾在空白 25 mm 聚四氟乙烯披覆玻璃纖維濾紙 T60A20，自然乾燥後以 χ 光繞射儀定量分析條件分析 (表 4)。在 JIS A1481 有明確規定，樣品的前處理之殘存率需要在 0.15% 以內，為滿足殘存率在 0.15% 以下時需進行 2 次或 3 次的前處理。當樣品分析後再將其帶入建立好的檢量線，得其重量在換算重量百分比，即為樣本石綿含有率。

A. 相關設備

1. 共柱試管：Pyrex, 15mm*110 mm 微量吸管：
2. SIBATA, 1 mL, 2 mL, 4 mL, 10 mL 定量瓶：
3. SIBATA、Pyrex, 100 mL 溫度計：酒精溫度計
4. 分析篩：100mesh: BUNSEKIFURUI KUANG YANG
5. 樣本瓶：40 mL
6. 塑膠瓶：250 mL
7. 定量量筒：SIBATA, 100 mL
8. 燒杯：Pyrex, 250 mL
9. 滴管：KIMBLE, 5 3/4 inch
10. 25 mm 聚四氟乙烯披覆玻璃纖維濾紙 T60A20: 25 mm Fiber film T60A20
11. 25 mm 過濾器：KONTES, microfiltration assembly, 25 mm, ULTRA-WARE
12. 濾紙夾鑷子
13. 馬達幫浦：ABM Greiffenberger antriebstechnik GmbH ME2c
14. 水槽恆溫控制器：TAIYO thermo minder Jr-80
15. 五位數精密電子天平：Electronic balance, AND, ER-182A
16. 超音波振盪器：ultrasonic cleaner, DELTA DC400H
17. 超純水機：MILLIPORE Milli-Q PLUS
18. χ 光繞射分析儀：SHIMADZU X-ray diffractometer XRD-6000



日本 JIS A1481:2008 石綿分析方法流程

表 4. 日本 JIS A1481 定性定量於 χ 光繞射儀分析條件(Shimadzu XRD-6000)

項目	定性	定量
χ -ray 條件	CuK α line	CuK α line
發射光源	銅靶, X-Ray	銅靶, X-Ray
單光儀	石墨單光儀	石墨單光儀
光源能量	40 kV-30 mA	40 kV-30 mA
欄柵	DS : 1°	DS : 1°
掃瞄速度	快	慢
掃描範圍	2 θ : 5°~70°	2 θ : 11°~13°(白石綿) 2 θ : 9°~12°(褐、青石棉) 2 θ : 38°(鋁) 2 θ : 43°(鋅)
樣本旋轉速度	60 rpm	30 rpm

B. 石綿標準品的檢量線建置

石綿重量 (mg)	FA(mL)	DiH ₂ O(mL)
0.1	0.02	0.04
0.5	0.1	0.2
1.0	0.2	0.4
3.0	0.6	1.2
5.0	1.0	2.

FA: 蟻酸 DiH₂O: 無塵去離子水

C. 基底標準吸收校正法

分析物質在低濃度下，會因樣本厚度對物質結晶繞射強度造成影響，而基底標準吸收校正法（圖 3）乃是為了克服此種因素而成的一種校正法，因此本研究把 χ 光繞射儀以鋁與鋅為材料的旋轉載盤當作基底標準物質。由本研究中選擇最佳的結果來選擇用單一種材質來做往後的分析，將採樣前後相對減

少的 強度變化差異做補正，即可計算出樣本中石綿含量，此方法適用於白石綿、青石綿、褐石綿。

* θ Zn or Al=鋅板或鋁板的折射角

θ asbestos=石綿折射角

*校正係數公式如下：

$$K_f = \frac{-R_\theta \ln(\Delta R_1)}{1 - (\Delta R_1) R_\theta}$$

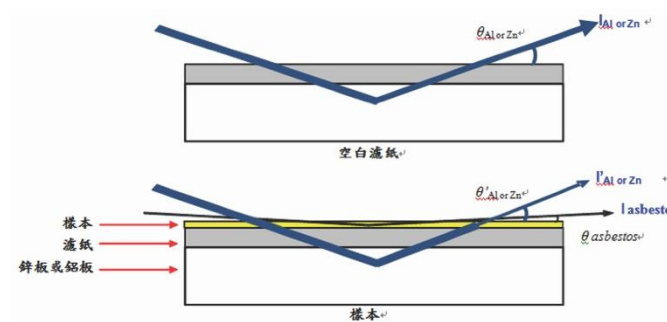
K_f =補正係數

R_θ =石綿在鋅板或鋁板的同折強度正弦比= $\sin \theta$ Zn or Al / $\sin \theta$ asbestos

ΔR_1 =減少率=(I Zn or Al/ I' Zn or Al)

* 2θ Zn=43°； 2θ Al=38°

2θ 白石綿=12.1°； 2θ 青石綿=10.4°； 2θ 褐石綿=10.5°



基底標準吸收校正法示意圖

D.石綿殘存率(第三次處理分析方法)

定量之共存物的殘渣率 樣品經酸處理後，一旦共存含量過多時，在樣品中

還是造成干擾，對定量還是會有不確定值產生，因此，樣品皆須經酸處理後，再經乾燥後稱重，在 JIS A1481 有明確規定殘存率需要在 15%以內，一次處理後若未能達到 0.15%時，需進行 2 次或 3 次的前處理。石綿的含有率計算如下：

石綿總含有率(%)=(檢量線計算得各石綿重量/欲過濾粉末重量)×100

石綿樣品中含有率計算 樣品經酸前處理後可以使樣品中的干擾物質降低，以達到分析的感度及精確度，樣品經酸處理後殘渣量如能在 15%以下，石綿含有率計算如下：

1. 樣品經一次酸處理殘渣量在 15%以下計算公式：

$$C_i = A_s / M_1 \times r \times 100 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$C = (C_1 + C_2 + C_3) / 3 \quad \dots\dots\dots(2)$$

C_i ：單一樣品分析後石綿含有率(%)

A_s ：樣品分析經由檢量線所求得之石綿含量(mg)

M_1 ：樣品酸前處理秤重量(mg)

r ：減量率。樣品如含有機物質時，需 450±5℃下 1 小時處理，重量無改變時 $r=1$ 。

加熱處理時樣品的重量有改變之計算公式如下：

$$C_r = A_{s1} \times (M_2 / M_3) / M_1 \times r \times 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

C_r ：加熱處理時，樣品分析中的石綿含有率(%)

A_{s1} ：樣品經由檢量線所求得之 3 次石綿含量(mg)

2. 樣品經二次酸處理計算公式：

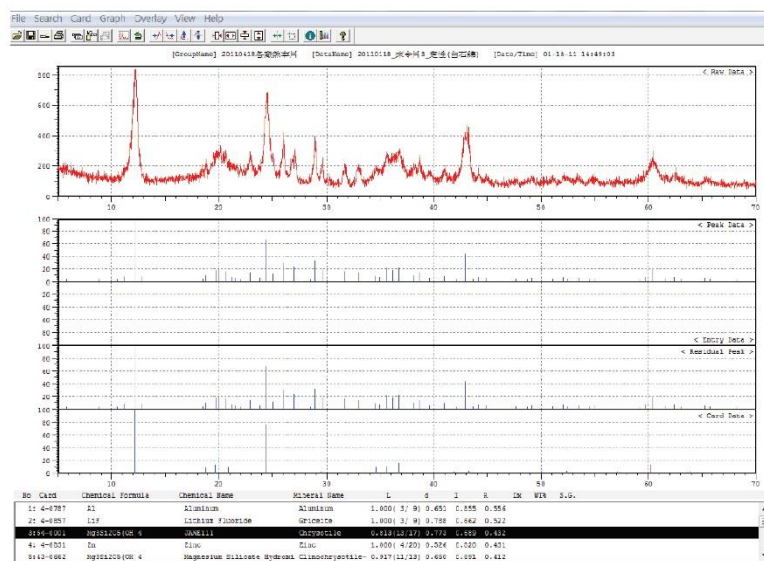
$$C_i = A_s \times (M_2 / M_3) / M_1 \times r \times 100 \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$C = (C_1 + C_2 + C_3) / 3 \quad \dots\dots\dots(5)$$

M_2 ：第一次酸處理殘渣量(mg)

M_3 ：第二次酸處理殘渣量(mg)

石綿總含有率(%)=(檢量線計算得各石綿重量/欲過濾粉末重量)×100%



剎車來令片樣品 XRD 分析圖譜

行政院勞工委員會採樣分析建議方法石綿之 XRD 分析方法
建立與應用

Ver. 1.2

中國醫藥大學公共衛生學系
郭 錦堂 教授

2020 年 03 月

行政院勞工委員會採樣分析建議方法

石綿之 XRD 分析方法建立與應用

方法編號：xxxx (等級 A)	審查日期：xx 年 xx 月 xx 日
化合物中文名：石綿	化合物英文名：Asbestos
容許濃度	參考資料：JIS A1481 [2]
勞委會：	分子式：依化合物之不同而不同；見表 1
OSHA：	分子量：依化合物之不同而不同
NIOSH：	別名：依化合物之不同而不同；見表 2
ACGIH：	CAS No.: 12001-29-5(白石綿)
環保署: 0.1%以下(含)	12172-73-5(褐石綿)
基本物性：纖維狀固體、結晶狀、異向 的(非均質的)	12001-28-4(青石綿)
固狀:硬度 2.5-6.0	
熔點: 1399-1521℃	
採 樣	分 析
採樣：取樣本約 5cm x 10cm	方法：X 光繞射法[3]
隔熱材質虛在不同位置共取三個 樣本做前處理	分析物質：石綿
	XRD 條件：
	銅靶；X-ray 燈管；石墨單光器
採樣體積：	Cu K α 40 kV-30 mA
最小採樣體積	DS：1°；SS：1°；RS：0.3 mm
最大採樣體積	掃描速度：0.5°/min，0.02 step
樣品運送：例行性	樣本轉速：30 rpm
樣品穩定性：穩定	檢量線範圍：0.09~5.21 mg/sample
現場空白樣品：每批樣品數的 10%，至 少	偵測極限：0.09 mg/sample
需二個以上空白樣品	分析變異係數：0.034%
準 確 度	
誤差：依檢測粒徑提供評估結果	
總變異係數(CV _T)：依檢測粒徑提供評估結 果	
準確度：依檢測粒徑提供評估結果	
適用範圍：粉末礦物	
干擾：雲母、碳酸鉀、長石、鋁石、石墨及鋁矽酸鹽 類。	
其他方法：NIOSH 9000	
1. 試藥：	

- 1.1 石綿
 - *特別注意：避免吸入石綿粉塵。
2. 設備：
 - 2.1 精密微量天平可精確至 0.01 mg。
 - 2.2 XRD： χ -ray 射管，石墨單光器，偵測器。
 - 2.3 鑷子，不鏽鋼材質，扁平鑷嘴。
 - 2.4 電子乾燥箱，溫度控制變動在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以內，相對濕度控制變動在 10%以內。
3. 採樣：
 - 3.1 每批樣品過篩前需將空白濾紙以 XRD 測定空白濾紙鋅板強度。
 - 3.2 每批樣品過篩前需準備樣本數的 10%，至少 2 個以上之空白介質作為現場空白樣本。
 - 3.3 將濾紙置於電子乾燥箱過夜。
 - 3.4 將濾紙以精密微量天平秤重，並記錄欲過篩前濾紙所秤的重量 W1，空白樣品濾紙所秤重量平均值為 B1：
 - 3.4.1 天平每次稱重前都要歸零。
 - 3.4.2 以鑷子夾取濾紙。
 - 3.4.3 連續兩次稱重讀值，其差值若小於 0.03 mg，取其平均值，否則稱取第三次重量，以其中較接近的兩次且差值小於 0.03 mg 者取平均值。

註：對於電子乾燥箱與天平置放室的溫度與相對濕度控制變動分別在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以內與在 $\pm 10\%$ 以內。
 - 3.5 將濾紙放入濾紙匣中並加以保存後標註辨識號碼。
4. 樣品過篩：
 - 4.1 取樣本約 5cmX10cm(n=3)，建材需在不同位置共取三個樣本做前處理
 - 4.2 取適量樣本將樣本破碎並經 100mesh 過篩。
 - 4.3 取過篩後的細粒徑樣本 100mg，並加入 20% 蟻酸 20ml 和 40ml 的 DI 水後處理。
 - 4.4 在 25°C 下水浴震盪 10 分鐘後停置 12 分鐘。
 - 4.5 再以 25mm 過濾器過濾至各濾紙上，自然乾燥，而後記錄酸處理後重量，
 - 另外濾紙有明顯缺失如粉塵負載過重、破損、等亦要記錄。
 - 註：取濾紙時，需很小心地以鑷子夾濾紙邊緣，小心別將濾紙弄破。
 - 4.6 上 X 光繞射儀分析。

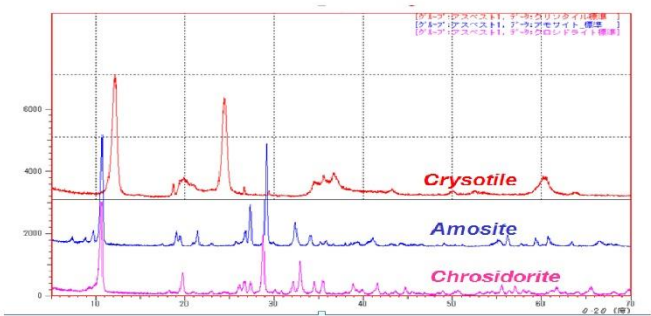
5. 儀器分析：

5.1 儀器分析條件	
	條 件
儀器	XRD
發射光源	銅靶， λ -ray
石墨單光器	Cu $k\alpha$ 40 kV-30 mA DS：1°；SS：1°；RS：0.3 mm 掃描速度：0.5°/min， 0.02 step 樣本轉速：30 rpm
檢量線範圍	0.09~5.21 mg/sample
偵測極限	0.09 mg/sample
分析變異係數	0.03@0.03~1.86 mg/sample

5.2 石綿之主要波峰角度：

	波峰(2 θ)		
	主要角度	次要角度	第三角度
白石綿	12.11	24.43	36.70
褐石綿	10.65	29.10	27.30
青石綿	10.40	28.73	32.90
鉍	43.1		

5.3 XRD 分析圖譜。



7. 計算：

7.1 基底標準吸收校正法，校正係數公式如下：

$$K_f = \frac{-R_s \ln(\Delta R_i)}{1 - (\Delta R_i) R_s}$$

K_f =補正係數

R_θ =石綿在鋅板或鋁板的回折強度正弦比= $\sin \theta_{zn} / \sin \theta_a$

ΔR_i =減少率= (I_{zn} / I'_{zn})

$I = I_m \times K_f$

I_m :樣本分析強度

$\theta_{zn}=43^\circ$

8. 參考文獻：

[1] 勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準，行政院勞工委員會，中華民國

92年12月。

[2] 礦物性粉塵關係，作業環境測定守則，日本作業環境測定協會，2005.

[3] アスベスト含有建材の最新動向と測定法、財団法人建材試験センター

編、日本規格協会、2008.

表一 石棉相關物化特性

種類	白石綿 Chrysotile	青石棉 Crocidolite	鵝石棉 Amosite	透閃石 Tremolite	陽起石 Actinolite	斜方角閃石 Anthophyllite
CAS No	12001-29-5	12001-28-4	12172-73-5	14567-73-8	13768-00-8	17608-78-9
分子式	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$	$[NaFe_{32}+Fe_{32}+Si_{18}O_{22}(OH)_2]_n$	$[(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	$[Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	$[Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	$[(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2]_n$
分子量						
物質狀態	固體	固體	固體	固體	固體	固體
形狀	纖維狀	纖維狀	纖維狀	纖維狀	纖維狀	纖維狀
顏色	白色，灰色，綠色，略帶黃色	淡紫色，藍色，綠色	褐色，灰色，略帶綠色	白色，淡綠色	綠色	白色，灰色，綠色，褐灰色
彈性	良好	良好	中等	易碎	中等到易碎	中等到易碎
氣味	無味	無味	無味	無味	無味	無味
分解溫度	800-850°C	800°C	600-900°C	1040°C	—	950°C
爆炸界限	不可燃	不可燃	不可燃	不可燃	不可燃	不可燃
比重	2.55	3.37	3.43	2.9-3.2	3.0-3.2	2.85-3.1
溶解度						
水	不溶	不溶	不溶	不溶	不溶	不溶
有機溶劑	不溶	不溶	不溶	不溶	不溶	不溶
酸	56.00	3.14	12.00			2.13
鹼	1.03	1.20	6.82			1.77

表2 石棉及其他纖維別名

化合物	別名
石棉及其他纖維	陽起石 (CAS No.77536-66-4) 或含鐵陽起石 (CAS No.15669-07-5)；棕石棉 (CAS No. 12172-73-5)；斜方角閃石 (CAS No. 77536-67-5)；白石綿 (CAS No.12001-29-5)；蛇紋石 (CAS No. 18786-24-8)；青石棉 (CAS No.12001-28-4)；透閃石 (CAS No.77536-68-6)；角閃石 (CAS No.1332-21-4)；陶製耐火纖維 (CAS No.142844-00-6)；玻璃纖維

附註1 基底標準吸收校正法

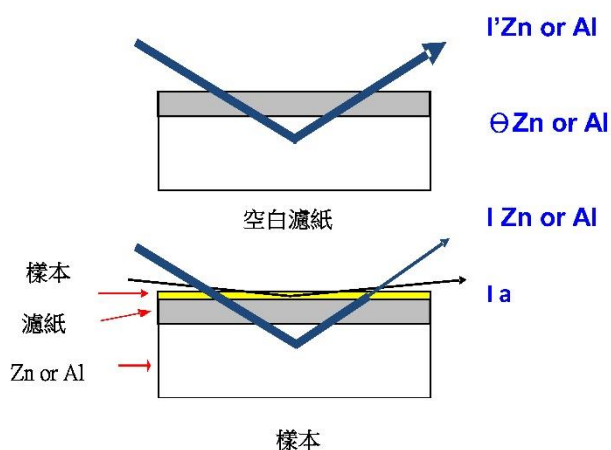


圖3 基底標準吸收校正法

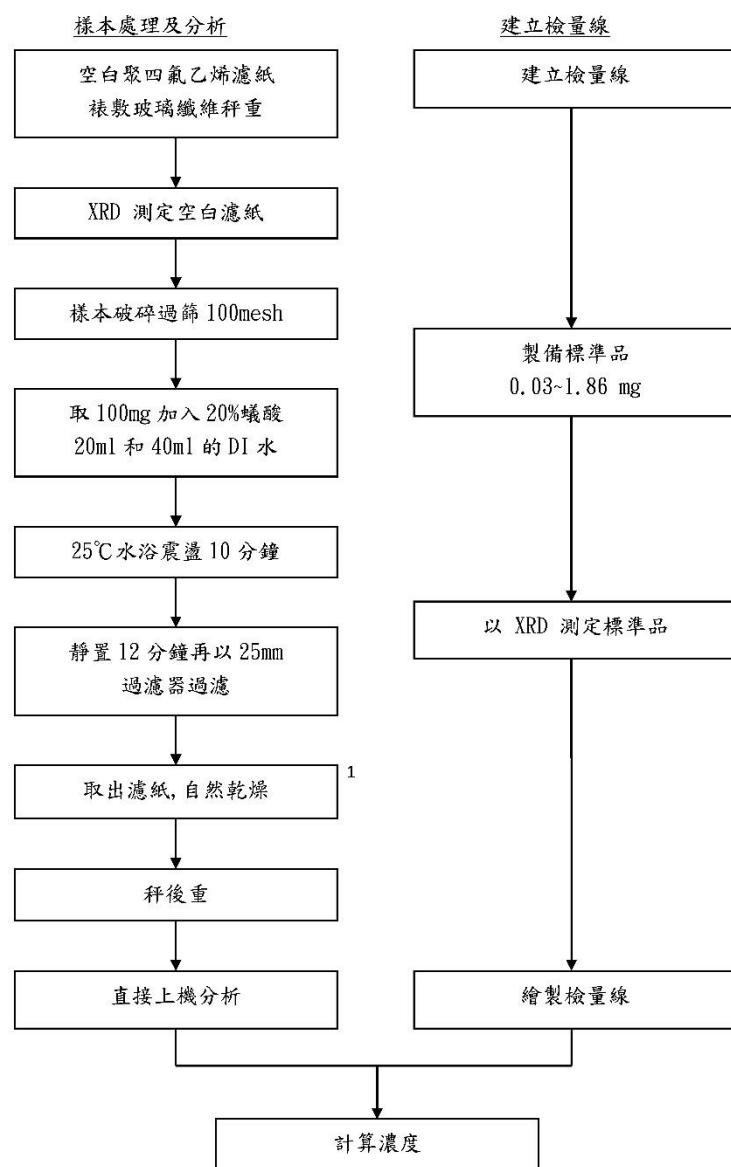
*基底標準吸收校正法乃是因採樣後在低濃度下，樣本厚度會對物質結晶繞射強度造成影響，因此把 χ -ray繞射儀以鋅為材料的旋轉載盤當作基底標準物質，將

採樣前後相對減少的強度變化之差異做補正，即可計算出石棉的含量。

* θ_{Zn} =鋅板繞射角

θ_Q =石綿繞射角

附註 2 樣本處理及分析流程圖



參考文獻

中文參考文獻

- 1.行政院環境保護署，石綿危害資訊專區。民國 109 年 6 月，取自：<https://topic.epa.gov.tw/asbestos/cp-135-7614-a4756-4.html>
- 2.108 年第 2 季「含石綿建材建築物跨部會管理及石綿危害宣導」會議會議資料
- 3.內政部營建署，建築物公共安全檢查申報相關書表格式。民國 109 年 6 月，取自：<https://www.cpami.gov.tw/政府資訊公開/主動公開資訊/中央法規/法規查詢/30-建築管理篇/33454-建築物公共安全檢查申報相關書表格式.html>
- 4.經濟部標準檢驗局，國家標準(CNS)網路服務系統。民 109 年 9 月，取自：https://www.cnsonline.com.tw/?locale=zh_TW
- 5.經濟部標準檢驗局，經濟部標檢局最新消息，標準檢驗局制定建築材料中石綿含量試驗法國家標準。民 109 年 9 月，取自：<https://www.bsmi.gov.tw/bsmiGIP/wSite/ct?xItem=43036&ctNode=6598&mp=1>

外文參考文獻

- 1.日本石綿協會，既存建築物における石綿使用の事前診断監理指針，平成 17 年 4 月
- 2.日本国土交通省，目で見るアスベスト建材の第二版，平成 20 年 3 月
- 3.日本財團法人日本建築中心，既存建築物の吹付けアスベスト粉じん飛散防止処理技術指針・同解説 2018，平成 30 年 9 月 28 日
- 4.환경부，석면안전관리법，取自：<http://www.law.go.kr/%EB%B2%95%E B%A0%B9/%EC%84%9D%EB%A9%B4%EC%95%88%EC%A0%84%EA>

%B4%80%EB%A6%AC%EB%B2%95

- 5.越南社會主義共和國中央政府，行政指導文件第 1469/QĐ-TTg 號。民 10 年 13 月，取自：http://vanban.chinhphu.vn/portal/page/portal/chinhphu/hethongvanban?class_id=2&_page=1&mode=detail&document_id=175657
- 6.Health and Safety Authority (2013) Asbestos-containing Materials (ACMs) in Workplaces - Practical Guidelines on ACM Management and Abatement
- 7.Portuguese Society of Occupational Safety and Hygiene (2012) Occupational Safety and Hygiene — SHO2012 — Safety and Health in Construction: Asbestos
8. 英國健康與安全行政委員會(Health and Safety Executive)，石綿調查指南，2012，取自：<https://www.hse.gov.uk/asbestos/index.htm>

既有建築物含石綿建材診斷評估之研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：葉禮旭、郭錦堂、陳屏甫、潘昱伶

出版年月：109 年 12 月

版次：第 1 版

ISBN 978-986-5450-47-2 (平裝)