

114-089-6227  
MOTC-IOT-113-TFB005

# 建構運輸管理機關(構)之調適 專業能力(2/2) — 人才培育及機制建議

著者：李曜全、蔡志賢、張齡云、許家勛  
朱珮芸、鄔德傳、蕭為元、楊家銘

交通部運輸研究所

中華民國 114 年 12 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

建構運輸管理機關(構)之調適專業能力. (2/2) : 人才培育及機制建議 / 李曜全, 蔡志賢, 張齡云, 許家勛, 朱珮芸, 鄔德傳, 蕭為元, 楊家銘著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 114.12

面 ; 公分

ISBN 978-986-531-727-0(平裝)

1. CST: 運輸管理 2. CST: 運輸系統 3. CST: 氣候變遷  
4. CST: 教育訓練

557

114017756

建構運輸管理機關(構)之調適專業能力(2/2)-人才培育及機制建議

著者：李曜全、蔡志賢、張齡云、許家勛  
朱珮芸、鄔德傳、蕭為元、楊家銘

出版機關：交通部運輸研究所

地址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網址：[www.iot.gov.tw](http://www.iot.gov.tw) (中文版>數位典藏>本所出版品)

電話：(02)2349-6789

出版年月：中華民國 114 年 12 月

印刷者：全凱數位資訊有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 65 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：320 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸科技及資訊組 • 電話：(02)2349-6789

國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號•電話：(02)2518-0207

五南文化廣場：400002 臺中市區中山路 6 號•電話：(04)2226-0330

GPN：1011401532 ISBN：978-986-531-727-0 (平裝)

著作財產權人：中華民國 (代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

## 交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：建構運輸管理機關(構)之調適專業能力(2-2)－人才培育及機制建議			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-727-0(平裝)	政府出版品統一編號 1011401532	運輸研究所出版品編號 114-089-6227	計畫編號 113-TFB005
本所主辦單位：運輸能源及環境組 主管：朱珮芸 計畫主持人：朱珮芸 研究人員：鄔德傳、蕭為元、楊家銘 聯絡電話：(02) 2349-6870 傳真號碼：(02) 2712-0223	合作研究：景丰科技股份有限公司 計畫主持人：李曜全 研究人員：蔡志賢、張齡云、許家勛 地址：106 臺北市大安區復興南路 2 段 286 號 4 樓 聯絡電話：(02) 2377-8011		研究期間 自 113 年 3 月 至 113 年 12 月
關鍵詞：氣候變遷、調適策略、氣候韌性、能力建構、教育訓練			
<p>摘要：</p> <p>運輸系統為重要的維生基礎設施，與民眾日常生活緊密相連。在氣候變遷影響下，運輸系統將面臨多重衝擊與風險。「氣候變遷因應法」要求各級政府推動調適能力建構，而運輸機關人員的專業能力是落實調適工作的基石，確保政策方向順利執行並減少極端天氣對系統的影響。「建構運輸管理機關(構)之調適專業能力」計畫分 2 年辦理，第 1 年期完成運輸系統調適課題研析及課程規劃，第 2 年期滾動檢討課程並提出人才培育及機制建議。</p> <p>113 年度主要成果如下：(1)滾動檢討並優化運輸調適專業課程，以強化實務應用，包括調適基礎課程、工具及指引課程、各運輸系統專業課程三大類，共 36 門課程。(2)113 年共辦理 24 小時運輸調適課程及 2 場實作工作坊，提升運輸單位人員之氣候變遷調適專業。(3)相關課程經授課講師同意後製作 e 化有聲教材，俾利更廣泛提供運輸相關從業人員學習。(4)完成運輸系統調適專業知識本，做為調適業務人員快速查詢與執行的工具書，內容涵蓋調適法規、辦理時程、執行方法與參考資料。(5)完成運輸調適課程師資參考名單及研提人才培育機制建議，協助運輸機關推動人才培育工作，以提升運輸系統氣候韌性。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
114 年 12 月	272	320	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS**  
**INSTITUTE OF TRANSPORTATION**  
**MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Capacity Building on Climate Change Adaptation of Transportation Management Authorities (2/2) – Talent Development and Mechanism Recommendations			
ISBN (OR ISSN) ISBN 978-986-531-727-0 ( pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011401532	IOT SERIAL NUMBER 114-089-6227	PROJECT NUMBER 113-TFB005
DIVISION: Transportation Energy and Environment Division DIVISION DIRECTOR: Pei-Yun Chu PRINCIPAL INVESTIGATOR : Pei-Yun Chu PROJECT STAFF: Deh-Juan Wu , Wei-Yuan Hsiao, Chia-Ming Yang PHONE: 886-2-23496870 FAX: 886-2-27120223			PROJECT PERIOD FROM March 2024 TO December 2024
RESEARCH AGENCY: Environmental Simulation Co. Ltd. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yao-Chuan Lee PROJECT STAFF: Chih-Hsien Tsai, Ling-Yun Chang, Chia-Hsun Hsu ADDRESS: 4F., No. 286, Sec. 2, Fuxing S. Rd., Taipei, Taiwan, R.O.C. PHONE: 886-2-23778011			
KEY WORDS: Climate change, adaptation strategy, climate resilience, capacity building, education and training			
<p>ABSTRACT:</p> <p>The transportation system constitutes a critical component of essential infrastructure, closely intertwined with the daily lives of citizens. Under the influence of climate change, transportation systems are expected to face multiple shocks and risks. The Climate Change Response Act mandates that all levels of government advance adaptive capacity building, wherein the professional competence of transportation agency personnel serves as a cornerstone for implementing adaptation measures, ensuring effective policy execution, and mitigating the impacts of extreme weather on the system. The project is being carried out over a period of two years. In the first year, the project focused on analyzing issues related to the adaptation of the transportation system and developing curriculum plans. In the second year, the curriculum will undergo iterative refinement, and recommendations for talent development and mechanisms will be proposed.</p> <p>The key achievements in 2024 include: (1) conducting rolling reviews and optimizing the professional curriculum on transportation adaptation to strengthen practical applications, comprising 36 courses across three categories – fundamental adaptation, tools and guidelines, and system-specific training; (2) delivering 24 hours of training and organizing two hands-on workshops to enhance the professional capacity of transportation personnel in climate change adaptation; (3) producing digital audio-based teaching materials, with instructors’ consent, to facilitate broader access and learning for transportation-related professionals; (4) completing the Transportation System Adaptation Knowledge Handbook as a practical reference tool for adaptation personnel, covering regulations, timelines, methods, and reference materials; and (5) compiling a reference list of instructors and proposing recommendations for talent cultivation mechanisms to assist transportation agencies in workforce development and strengthen the climate resilience of transportation systems.</p>			
DATE OF PUBLICATION December 2025	NUMBER OF PAGES 272	PRICE 320	
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 目錄

圖目錄.....	V
表目錄.....	VI
<b>第一章 緒論.....</b>	<b>1-1</b>
1.1 計畫緣起與目的 .....	1-1
1.2 工作項目 .....	1-2
1.2.1 全程（112—113 年）工作項目 .....	1-2
1.2.2 第 1 年期（112 年）已完成工作項目 .....	1-3
1.2.3 第 2 年期（113 年）工作項目 .....	1-3
1.3 研究範疇.....	1-4
1.4 第 2 年期（113 年）計畫流程.....	1-5
<b>第二章 文獻回顧 .....</b>	<b>2-1</b>
2.1 國內外與運輸調適課程相關資訊 .....	2-1
2.1.1 國內外氣候變遷調適趨勢.....	2-1
2.1.2 國內氣候變遷調適法令.....	2-18
2.1.3 氣候變遷調適教材 .....	2-27
2.2 氣候變遷調適知識本 .....	2-47
2.3 氣候變遷調適人才培育機制 .....	2-54
2.4 小結.....	2-58
<b>第三章 滾動檢討及辦理運輸調適專業課程 .....</b>	<b>3-1</b>
3.1 彙析文獻資料及意見回饋與課程規劃關聯性 .....	3-1
3.1.1 文獻資料與課程規劃關聯性.....	3-1
3.1.2 112 年問卷訪談結果及意見回饋與課程規劃關聯性 .....	3-8
3.2 辦理運輸調適課程規劃專家學者座談會 .....	3-18
3.2.1 運輸調適課程規劃專家學者座談會規劃.....	3-19
3.2.2 辦理運輸調適課程規劃專家學者座談會.....	3-20
3.2.3 運輸調適課程規劃座談會委員意見及課程檢討 .....	3-21
3.3 運輸調適完整課程之規劃 .....	3-26
3.3.1 本（113）年度調整之運輸調適課程 .....	3-26

3.3.2 運輸調適課程分類與課程地圖 .....	3-28
3.3.3 運輸調適完整課程 .....	3-31
3.4 辦理運輸調適課程及工作坊 .....	3-42
3.5 調適課程辦理及推廣應用成效分析 .....	3-46
3.6 建立運輸調適課程師資參考名單資料庫 .....	3-49
3.7 小結 .....	3-50
<b>第四章 運輸系統因應氣候變遷調適知識本 .....</b>	<b>4-1</b>
4.1 研擬流程 .....	4-1
4.2 架構及內容 .....	4-8
<b>第五章 研議運輸管理機關(構)調適專業人才培育機制 .....</b>	<b>5-1</b>
5.1 公務人員人才培育機制 .....	5-1
5.2 運輸管理機關(構)調適專業人才培育現況 .....	5-2
5.3 運輸管理機關(構)調適專業人才培育機制 .....	5-3
<b>第六章 結論與建議 .....</b>	<b>6-1</b>
6.1 結論 .....	6-1
6.2 建議 .....	6-4
<b>參考文獻 .....</b>	<b>參-1</b>

附錄 1 計畫摘要

附錄 2 名詞解釋

附錄 3 運輸系統因應氣候變遷調適知識本

附錄 4 審查意見辦理情形

附錄 5 計畫簡報

## 圖目錄

圖 1.4.1 工作流程圖 .....	1-5
圖 2.1.1 國家調適應用情境應用範例 .....	2-17
圖 2.1.2 氣候變遷因應法第 18 條氣候科研與風險評估示意圖 .....	2-20
圖 2.1.3 中央目的事業主管機關氣候變遷調適行動方案流程圖 ....	2-25
圖 2.1.4 國家氣候變遷調適行動方案推動框架 .....	2-26
圖 2.1.5 公路系統規劃階段調適指引提出「機制」及「方法」 ....	2-29
圖 2.1.6 將氣候調適分析整合到傳統的資產生命週期流程 .....	2-31
圖 2.1.7 航空組織氣候變遷風險評估與調適規劃步驟 .....	2-33
圖 2.1.8 氣候參數變化在港口可能導致的影響圖例 .....	2-44
圖 2.2.1 西班牙生態保護區氣候變遷調適規劃及管理指引手冊 ....	2-48
圖 2.2.2 西班牙手冊之目錄及其架構 .....	2-48
圖 2.2.3 英國氣候變遷調適手冊 .....	2-49
圖 2.2.4 英國氣候變遷調適手冊之目錄 .....	2-50
圖 2.2.5 伊斯蘭開發銀行的運輸部門氣候變遷調適指引說明 .....	2-51
圖 2.2.6 指引說明中針對道路系統的決策樹 .....	2-51
圖 2.2.7 國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適 .....	2-53
圖 2.3.1 能力建構執行循環圖 .....	2-57
圖 3.2.1 座談會工作時程管制圖 .....	3-19
圖 3.2.2 座談會照片 .....	3-21
圖 3.3.1 氣象相關課程諮詢會議 .....	3-27
圖 3.3.2 運輸調適課程分類 .....	3-29
圖 3.3.3 運輸調適課程地圖 .....	3-30
圖 4.1.1 「調適知識本」撰擬作業流程圖 .....	4-8
圖 5.3.1 調適專業人才培育機制座談會 .....	5-4

## 表目錄

表 2.1-1 不同時期推估情境.....	2-16
表 2.1-2 不同全球暖化程度情境.....	2-16
表 2.1-3 管理極端天氣事件對鐵路運輸影響的一般建議和指引....	2-40
表 2.3-1 能力建構可採取行動範例.....	2-57
表 3.1-1 2023 年期中審查委員意見與課程規劃關聯性.....	3-12
表 3.1-2 2023 年期末審查委員意見與課程規劃關聯性.....	3-13
表 3.2-1 運輸調適課程規劃座談會專家學者名單與專長.....	3-20
表 3.2-2 運輸調適課程規劃座談會委員意見及課程檢討方向.....	3-21
表 3.3-1 氣候服務相關課程及大綱.....	3-28
表 3.3-2 課程目標及課程關聯性彙整表.....	3-31
表 3.3-3 運輸調適課程內容資訊.....	3-35
表 3.3-4 運輸調適課程先修課程及建議上課對象.....	3-40
表 3.4-1 各場次教育訓練課程名稱、辦理時間及講師.....	3-43
表 3.4-2 各場次教育訓練課程課前、課後測驗答對率.....	3-44
表 3.4-3 各場次教育訓練滿意度調查結果.....	3-45
表 3.4-4 各場次教育訓練學員男女比例.....	3-45
表 3.4-5 各場次教育訓練及工作坊學員意見彙整表.....	3-46
表 3.6-1 依運輸領域分類調適課程師資統計.....	3-50
表 5.2-1 運輸管理機關(構)調適專業人才培育現況.....	5-2
表 5.3-1 運輸調適專業人才培育機制分階段實施建議.....	5-6

# 第一章 緒論

## 1.1 計畫緣起與目的

### 1. 計畫緣起

大量科學研究顯示，人類對大氣、海洋及陸地暖化的影響是無庸置疑的，大氣、海洋、冰雪圈與生物圈都已經發生廣泛且快速的變遷，聯合國政府間氣候變遷小組（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）2021 年所公布的氣候變遷第六次評估報告（AR6）預估，無論哪種排放情境，全球地表將持續增溫至少到本世紀中，除非在幾十年內大幅減少二氧化碳及其他溫室氣體排放，否則全球暖化幅度將在 21 世紀超過 1.5°C 及 2.0°C；且據世界氣象組織（World Meteorological Organization, WMO）統計，2023 年全球氣溫、海平面上升雙雙再創歷史新高，顯示氣候變遷問題的嚴重性與急迫性。

UNFCCC 最高權力機關為締約國大會（Conference of the Parties, COP，後簡稱 COP），每年集會一次，定期評審公約及締約方大會所通過法律文件之履行狀況，近期於 2022 年舉辦的 COP27，設定四大目標分別為減緩（Mitigation）：促使各國履行承諾，實現巴黎協定目標，將全球升溫控制在 2.0°C 內，並努力維持在 1.5°C 內；調適（Adaptation）：熱浪、野火等極端氣候事件加劇，為了減少衝擊，各國必須擬定事前預防、及時因應的調適策略；融資（Finance）：讓非洲、小島國家等發展中國家擁有充足資金，以進行氣候變遷減緩、調適工作；合作（Collaboration）：確保所有利害關係人充分參與，特別是脆弱族群、易受氣候變遷影響的非洲國家，並將 COP26 成果化為行動開始實施。在 2023 年舉辦的 COP28 簽署關於氣候、自然和人類的聯合聲明，致力於加強協作實現共同目標，特別強調應更新國家調適應計畫（National Adaptation Plans, NAPs），並確保原住民、地方社區、婦女和其他弱勢群體公平與有效參與，及透過以自然為本的解決方案（Nature-based Solutions, NbS）或以生態系統為本的解決方案（ecosystem-based solution）促進共同利益。

為與世界各國氣候變遷調適工作同步，我國自 98 年開始起推動氣候

變遷調適工作，行政院於 101 年核定「國家氣候變遷調適政策綱領」，並自 103 年起分期推動「國家氣候變遷調適行動計畫（102-106 年）」、「國家氣候變遷調適行動方案（107-111 年）」及「國家氣候變遷調適行動計畫（112-115 年）」，強化國家整體因應氣候變遷的韌性。另「氣候變遷因應法」（以下簡稱氣候法）於 112 年 2 月 15 日公布施行，增訂氣候變遷調適專章，將國家調適行動計畫、調適行動方案及地方調適執行計畫納為政府應盡之義務。

## 2. 計畫目的

本計畫旨在因應氣候變遷對交通運輸系統之衝擊，提升運輸管理機關（構）人員之調適專業知能。本計畫本（113）年度為第 2 年期，在延續第 1 年度研究基礎下，透過持續辦理運輸調適專業課程，製作運輸系統因應氣候變遷調適知識本，以及研擬運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制，強化運輸管理機關（構）人員面對氣候變遷衝擊之應變能力，期能即早因應並降低對運輸系統之衝擊，確保運輸服務不中斷。

## 1.2 工作項目

本計畫以 2 年的時間探討及建構運輸管理機關（構）調適專業能力。第 1 年（112 年）主要工作在滾動檢討我國運輸系統氣候變遷調適策略、探討運輸管理機關（構）人員應具備之調適專業知能，規劃氣候變遷調適專業知識課程，並辦理運輸調適教育訓練。第 2 年（113 年）主要工作在滾動檢討及辦理氣候變遷調適專業知識課程，製作運輸系統因應氣候變遷調適知識本，並研議運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制，俾提供運輸管理機關（構）辦理氣候變遷調適人才培育之參考。

以下分述全程與第 2 年期之工作項目。

### 1.2.1 全程（112—113 年）工作項目

本計畫全程（112—113 年）之工作項目如下：

1. 滾動檢討我國運輸系統氣候變遷調適策略。
2. 探討運輸管理機關（構）人員應具備之調適專業知能。

3. 規劃及辦理運輸管理機關（構）調適專業知識課程，並研提課程精進建議。
4. 製作運輸系統因應氣候變遷調適專業知識本。
5. 研議運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制。

### 1.2.2 第 1 年期（112 年）已完成工作項目

1. 參考國際調適發展趨勢及《氣候變遷因應法》調適專章規範事項，滾動檢討運輸系統調適四大策略 15 項措施，並新增蒐集各措施相關實務應用案例，提供運輸管理機關（構）後續之參考應用。
2. 透過問卷調查及訪談，了解運輸管理機關（構）之調適能力缺口及課程需求。
  - (1) 蒐集分析目前國外最新調適策略及調適措施發展趨勢。
  - (2) 依據本所前期相關研究成果，參考國外最新調適發展趨勢並檢視各部屬設施權責機關（構）現行調適作為，滾動檢討調適策略，提出我國最新運輸系統調適策略。
3. 透過國內外文獻彙析，探討運輸管理機關（構）應具備之調適專業能力。
4. 規劃運輸系統因應氣候變遷調適課程。
5. 辦理氣候變遷調適課程，共計 2 場次 4 門課程，包括氣候變遷及氣候災害、氣候變遷風險評估概論、自然解方（NbS）概念及國家法規與政策。

### 1.2.3 第 2 年期（113 年）工作項目

依據全程的工作項目及第 1 年期已完成工作內容，第 2 年期完成工作項目分述如下：

1. 持續蒐集國內外氣候變遷調適趨勢、相關課程/教材、國內法令及相關作業規定，研析可應用之運輸調適相關資訊，評估納入調適課程之規劃。
2. 彙析前述資料及 112 年調適教育訓練辦理成效與意見回饋，滾動檢討運輸調適課程之規劃。

3. 辦理運輸調適課程規劃專家學者座談會 1 場次，透過與專家學者交流，提升本計畫課程規劃之周延性。
4. 建立運輸調適課程師資參考名單資料庫（包含師資背景及授課主題）。
5. 製作運輸系統因應氣候變遷調適專業知識本。
6. 蒐集交通部部屬機關（構）調適專業知識課程及人才培育辦理情形，並研議運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制。
7. 辦理運輸調適課程 24 小時，以及互動交流之工作坊 2 場次：
  - (1) 課程主題包括：氣候變遷情境資訊介紹與應用、氣候風險決策參考資訊與應用、氣候服務的內涵與資料解讀、氣候變遷調適指引範例、氣候變遷風險評估準則及執行程序、氣候變遷調適綜合理念、運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題、氣候服務在調適應用案例，共計 8 場次 24 小時課程。
  - (2) 工作坊主題包括：「調適執行實作—運輸系統調適指引實務推演工作坊」及「運輸氣候變遷風險評估—範疇界定操作工作坊」，共計 2 場次。
8. 分析調適課程辦理及推廣應用成效，檢討並研提後續課程精進建議。
9. 綜整摘要說明 112-113 各年度階段性成果。
10. 配合前述工作及課程內容，提供運輸管理機關（構）人員諮詢服務。
11. 本計畫成果投稿於國內「中華民國運輸學會 2024 年年會暨學術論文國際研討會」（113 年 12 月 5~6 日），發表題目為：「運輸系統氣候變遷調適專業課程規劃」。

### 1.3 研究範疇

本計畫第 2 年期各主要工作項目之研究範疇界定如下：

1. 有關「蒐集國內外氣候變遷調適趨勢」、「滾動檢討運輸調適課程之規劃」、「製作運輸系統因應氣候變遷調適專業知識本」及「研議運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制」工作項目：研究範疇為交通部轄管公路、

鐵路、港埠、機場等運輸系統之部屬機關（構）及人員，參考國內外調適發展趨勢、研究及相關法規，研議及建構運輸管理機關（構）調適專業能力。

- 有關「辦理運輸調適課程及工作坊」之工作項目：課程規劃研究範疇涵蓋具優先性與共通性的主題，開放中央與地方政府運輸相關單位/機關、各捷運公司、高鐵公司、運輸相關顧問公司等參與，並爭取講師教材授權與課程錄製，供未來課程規劃及推廣之應用。課程將實施學員測驗與滿意度調查，並分析學習成效與推廣應用影響，作為後續課程優化依據。

## 1.4 第 2 年期（113 年）計畫流程

本計畫為兩年期計畫第 2 年，透過持續蒐集研析國外調適發展趨勢、相關課程/教材、國內法令及相關作業規定等相關文獻回顧，以及 112 年調適課程辦理成效及各單位課後意見回饋，滾動檢討運輸調適課程，建立運輸調適課程師資庫名單，並辦理 24 小時課程及 2 場次工作坊，課後分析課程辦理成效，滾動檢討研提後續精進建議。

其次規劃製作運輸調系統因應氣候變遷調適知識本，並研議運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制，完整的工作流程摘要如圖 1.4.1 所示。

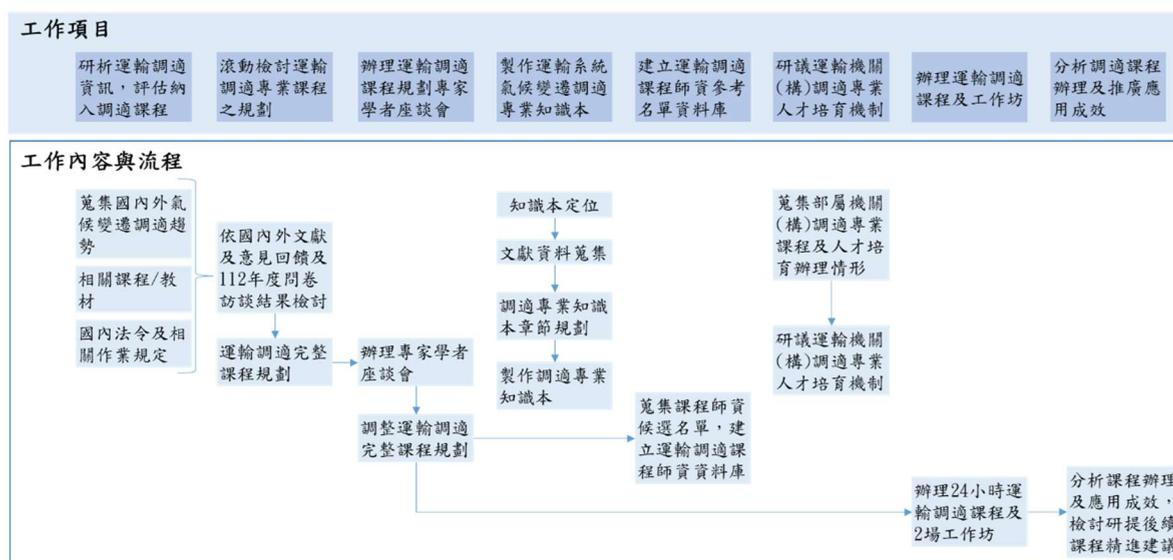


圖 1.4.1 工作流程圖



## 第二章 文獻回顧

### 2.1 國內外與運輸調適課程相關資訊

本計畫研究期程為 2 年，第 1 年期（112 年）規劃運輸調適課程時，已蒐集當時國內外氣候變遷調適趨勢、國內外氣候變遷調適法令及氣候變遷調適教材，但因國際氣候變遷及調適推展極為快速，為執行運輸調適課程滾動檢討，本年度（113 年）仍先蒐集近期新增或變動的資訊，做為課程滾動檢討及調整之參考。

#### 2.1.1 國內外氣候變遷調適趨勢

##### 1. 國際氣候變遷調適重要發展階段

氣候變遷加劇是導致全球與環境明顯改變之主因，自 1880 年至 2012 年間，人類活動所導致的地球暖化，造成全球平均地表溫度升高了 0.85°C，若持續以目前暖化速度持續增加，可能在 2030 年到 2052 年之間地球暖化便會達到 1.5°C。為了應對氣候變遷所帶來的衝擊，聯合國於 1992 年制定聯合國氣候變遷綱要公約（United Nations Framework Convention on Climate Change，以下簡稱「UNFCCC」）<sup>[1]</sup>，公約第 4 條亦闡明必須為氣候變化帶來的影響，做好調適準備。

UNFCCC 最高權力機關為締約國大會（Conference of the Parties，COP，後簡稱 COP），每年集會一次，定期評審公約及締約方大會所通過法律文件之履行狀況<sup>[2]</sup>，從初期如 COP3 僅少部分條文提到調適面相，至 2010 年 COP16 建立坎昆調適框架（Cancún Adaptation Framework），2015 年通過的巴黎協定，將歷年調適內容納入條文內彙整，在 2022 年 COP27 於 11 月 6 日至 18 日在埃及夏姆錫克（Sharm El Sheikh）舉辦，「氣候正義」為本屆會議焦點，設定的四大目標分別為減緩（Mitigation）：促使各國履行承諾，實現巴黎協定目標，將全球升溫控制在 2°C，並努力維持在 1.5°C；調適（Adaptation）：熱浪、野火等極端氣候事件加劇，為了減少衝擊，各國必須擬定事前預防、及時因應的調適策略；融資（Finance）：讓非洲、小島國

家等發展中國家擁有充足資金，以進行氣候變遷減緩、調適工作；合作（Collaboration）：確保所有利害關係人充分參與，特別是脆弱族群、易受氣候變遷影響的非洲國家，並將 COP26 成果化為行動、開始實施。

聯合國開發計畫署（The United Nations Development Programme, UNDP）鑒於正處於氣候危機的關鍵時刻，將 2024 年定為氣候行動「超級年」，根據聯合國開發計畫署（UNDP）與英國牛津大學和 GeoPoll 共同進行的氣候變遷民意調查「2024 年人民氣候投票」顯示，有五分之四的人（80%）希望他們的國家加強對氣候變遷的承諾，全球 69% 的人開始在做出居住或工作地點以及購買什麼等決策時考慮氣候變遷的影響，顯示氣候變遷議題已受到全球普遍重視<sup>[3]</sup>。

國際氣候變遷調適重要發展階段，可分為以下幾個階段：

#### (1) 啟蒙階段（1990 年代中期以前）

關鍵事件：1992 年「聯合國氣候變遷綱要公約」(UNFCCC) 簽署。

特徵與趨勢：

- ① 重視減緩（Mitigation）多於調適（Adaptation）：早期的國際談判重點是控制溫室氣體排放，氣候變遷調適尚未成為主要議題。
- ② 科學基礎的建立：由政府間氣候變遷專門委員會（IPCC）提供的科學報告，促進了各國對氣候變遷影響的認識。
- ③ 國際意識的覺醒：各國開始認識到氣候變遷的長期風險，但主要焦點放在預防（減緩）而非應對（調適）。

#### (2) 發展階段（1995 年-2009 年）

關鍵事件：

- ① 1997 年「京都議定書」簽署，關注溫室氣體減排責任分配。
- ② IPCC 第三次與第四次評估報告（2001 年、2007 年）進一步強調氣候變遷的影響與調適的必要性。

特徵與趨勢：

- ① 調適議題的萌芽：IPCC 報告中開始關注氣候變遷對生態系統、經濟和社會的衝擊，特別是對發展中國家的威脅。

- ② 以發展中國家為重點：許多發展中國家（如小島嶼國家）面臨直接威脅，呼籲更多的國際關注與支持。
- ③ 金融與資金需求的初步出現：討論支持發展中國家進行調適的資金機制，但具體的資金流動和機制仍不明確。

### (3) 提升階段（2010 年-2015 年）

關鍵事件：

- ① 2010 年「坎昆協定」：明確氣候變遷調適的重要性，並成立「綠色氣候基金」（GCF）以資助發展中國家的調適行動。
- ② 2013 年「華沙國際損失與損害機制」：針對氣候變遷導致的「損失與損害」提供支持。

特徵與趨勢：

調適成為平等的重點議題，調適開始被視為與減緩行動同等重要的國際議題。

- ① 國家調適計畫（NAPs）的提出：發展中國家（特別是最不發達國家，LDCs）被鼓勵制定國家調適計畫（NAPs），以識別和優先處理國內的調適需求。
- ② 資金支持機制的建立：綠色氣候基金（GCF）開始運作，支持發展中國家的調適行動，並承諾每年提供 1,000 億美元的氣候資金。
- ③ 損失與損害的正式承認：華沙國際機制標誌著國際社會對「損失與損害」的首次制度性承認，強調氣候變遷影響無法通過調適完全避免。

### (4) 成熟階段（2015 年至今）

關鍵事件：

- ① 2015 年「巴黎協定」：調適成為協定的核心目標之一。
- ② 2021 年「格拉斯哥氣候公約」：加強對氣候調適資金的支持，要求在 2025 年前將調適資金的分配倍增。

特徵與趨勢：

- ① 調適成為國際協議的核心部分：巴黎協定中，調適與減緩行動同等重要，並首次要求各國提出「國家調適目標（Adaptation Goals）」。
- ② 透明化的調適承諾：國家每五年必須更新「國家自主貢獻（NDCs）」，並報告調適行動的進展。
- ③ 調適融入國家發展規劃：調適不再僅是應急措施，而是成為國家發展計畫、永續發展目標（SDGs）和災害風險管理的組成部分。
- ④ 調適融資的擴大：全球資金流動進一步擴大，綠色氣候基金（GCF）、全球環境基金（GEF）等國際資金機構為調適行動提供資金支持。
- ⑤ 氣候正義和公平性：小島嶼國家和最不發達國家（LDCs）強調「氣候正義」的觀念，要求富裕國家提供更多的技術和資金支持，特別是對那些受氣候變遷影響最嚴重的國家。

## 2. 近期國際氣候變遷調適動態

近期國際氣候變遷調適推動進展包括：

### (1) 2023 年聯合國氣候變化大會（第 28 屆締約國會議，COP28）<sup>[4]</sup>

2023 年 11 月 30 日至 12 月 12 日，COP28 於阿拉伯聯合大公國杜拜舉行。根據「阿聯共識」決議通過「阿聯全球氣候韌性綱要」（the United Arab Emirates Framework for Global Climate Resilience），呼籲根據「巴黎協定」第二條規定，以包容性方式，納入現有最佳科學知識與原住民族觀點，致力於降低脆弱性、提升調適能力與氣候韌性，並促進人類福祉與自然系統的恢復。該綱要強調須於地方至全球各層面加速行動，以實現「全球調適目標」（Global Goal on Adaptation, GGA）。GGA 涵蓋多項主題領域，包括水資源、糧食與農業、健康、生態系與生物多樣性、基礎設施與人類聚居地、消除貧困與生計保障，以及文化遺產的保護。此外，大會亦針對特定主題與部門（如水與衛生、糧食與農業、基礎設施、消除貧困與生計等）及所謂的「調適週期」（指導性全球框架）建立具時程性的全球

目標。此一框架旨在提升各國面對氣候變遷風險的整體韌性，進一步明確調適目標與相關指標的設定與追蹤。目標如下：

- ① 影響、脆弱及風險評估：到 2027 年，所有締約方都已建立早期多重災害警報系統、可降低風險的氣候資訊服務，以及強化氣候相關數據、資訊及服務的系統化觀測站。到 2030 年，所有締約方都進行了最新的氣候災害、氣候變化影響及風險暴露的評估，並據此制定國家調適計畫、政策工具、規劃過程或策略。
  - ② 規劃：到 2030 年，所有締約方都已制定了由國家驅動、顧及性別、完全透明且公眾可參與的國家調適計畫及政策工具，相關規劃過程或策略要兼顧調適目標並涵蓋生態系統、部門、人民及脆弱社區。
  - ③ 實施：到 2030 年，所有締約方在國家調適計畫、政策及策略方面取得了具體進展，因此減少前述之主要氣候災害所帶來的社會及經濟影響。
  - ④ 監測、評估和學習：到 2030 年，所有締約方已經設計、建立並運行了監測、評估與學習系統，用來監測國家調適的努力狀況，並建立必要的體制功能以確保該系統得到充分發揮。
- (2) 「聯合國氣候變化綱要公約」(UNFCCC)第 60 次附屬機構會議(含 SBSTA60 與 SBI60，通稱 SB60 會議) [5]

2024 年 6 月在德國波昂舉行的 SB60 會議，針對全球調適目標 (GGA) 的協商聚焦於「調適指標開發」，並提出 5 個不同選項，討論如何準備現有指標的反應和對應。同時，藉由設立多個專家工作組，確保地區平衡參與，並舉行定期會議和工作坊。也將辦理多場次工作坊，以反饋和審查調適指標的開發和應用。而在調適指標的標準建立上，則指出指標選擇應具備調適性，能夠反映國家情況和不同背景，並能解析不同的社會群體（如性別、年齡、原住民身份等）的數據。

國家調適計畫 (NAP) 是 UNFCCC 於 2010 年所建立，旨在系統地增強國家韌性和調適能力。而 SB60 會議對 NAP 進行小範圍的全球盤點，強調開發中國家在過去十年的調適努力和成就，並提

出建議以供 COP29 考慮和採納。而為期兩年的 UAE-Bélem 工作方案，旨在開發評估全球調適目標（GGA）進展的指標。SB60 會議就該計畫的工作方式達成共識，以便在 COP30 上採納最終指標，這些指標應包括性別平等和社會包容考量。

### (3) 英國第三期國家調適計畫<sup>[6]</sup>

在英國第三期國家調適計畫中，交通基礎設施對日常生活至關重要，然而正面臨來自氣候變遷的多重挑戰，包括洪水、熱浪、海岸侵蝕、地層下陷和極端天氣等氣候挑戰。隨著氣候變遷衝擊影響趨勢，這些風險的嚴重性預計會增加，對交通基礎設施造成更大的壓力。為因應上述挑戰，政府透過採取調適措施，確保交通網絡的韌性及可靠性，降低中斷風險和服務損失，藉此減緩氣候衝擊對經濟活動、社會公平、健康和福祉所帶來的負面影響。主要措施包括：

#### ① 整體策略

- a. 調適策略的發展：英國交通部（DfT）將制定一套全面的交通調適策略，因應「氣候變化風險評估」中所揭示的交通相關風險，並於 2024 年發布運輸調適公開諮詢報告<sup>[7]</sup>。
- b. 研究與創新：彌補現階段關鍵證據的缺口，並為交通系統調適決策提供科學依據與技術支撐。
- c. 資訊分享與合作：持續推動跨運營單位、區域及政府層級的資訊交流與協作，強化交通部門對氣候風險的整體管理與應對能力。

#### ② 鐵路

- a. 基礎設施升級：Network Rail 將於第六控制期（2019 - 2024）及第七控制期（2024 - 2029）期間，透過投資土工作業與排水系統，提升鐵路物理基礎設施的韌性與適應能力。
- b. 報告與建議的實施：落實鐵路事故調查處對 2020 年 Carmont 脫軌事件所提出之建議，並依據 Mair 與 Slingo 報告內容，強化土工作業管理與氣象科學應用，目標於 2029 年前完成相關改善。

- c.極端熱浪應對：依據 2023 年春季極端熱浪專案小組報告之建議，視經費情況推動相關調適作為，以減輕熱浪對鐵路運作的衝擊。
- d.區域調適策略：規劃並推動區域層級的鐵路調適路徑策略，並依據資助機構的協議內容持續推動實施。
- e.自然為本解方（NbS）：於 2023 年底前完成對採用自然為本解方以降低氣候風險之可行性與機會的審查與評估。

### ③ 公路與高速公路

- a.減少洪水風險：通過改善與戰略公路網絡相關的排水系統，在已知易淹區域優先進行維護與更新工程，以降低洪水帶來的風險。
- b.因應多元氣候風險：依據第三期國家調適報告所列措施，全面應對高溫、風暴、地層下陷與沖刷等風險，內容包括路面狀況監測、將氣候變遷因素納入地基收縮-膨脹敏感性等級評估，以及辨識與導入有效的調適方案。
- c.推動環境可持續性戰略：落實 2023 年 5 月發布之「環境可持續性戰略」中的承諾，整合氣候風險與其他環境議題，並透過自然為本解方（如自然洪水管理）強化道路網絡及周邊社區的氣候調適與韌性。

### (4) 法國第三期國家氣候變遷調適計畫<sup>[8]</sup>

為了應對氣候變遷帶來的風險，法國生態、永續發展與能源部（MEDDE）發布了國家氣候變遷調適計畫（MEDDE，2011）。2011 年首次發布第一期調適計畫（Plan national d'adaptation au changement climatique-1, PNACC-1），涵蓋 2011-2015 年期間；第二期調適計畫（PNACC-2）涵蓋 2018-2022 年，並於 2025 年 3 月 10 日發布第三期國家調適計畫，第三期國家氣候調適計畫首次以 2100 年之前所有公共政策中穩健、協調且可下降的暖化軌跡為基礎。該計畫將根據已達到的全球暖化水平和科學預測定期修訂，以便在必要時調整調適速度。相較於前期計畫有以下幾個主要的進步之處：

- ① 統一的氣候暖化參考路徑：PNACC-3 首次以一個經過協商、穩健且可應用於所有公共政策的暖化參考路徑(TrACC)為基礎。該路徑預計到 2100 年法國的平均氣溫將上升 4°C。這與 PNACC-2 早期設定的 2050 年全球氣溫升高 2°C 的參考路徑有所不同。
- ② 更強的行動原則與目標：新計畫建基於前兩期計畫的成就，並加入了新的六大策略原則：
  - 預測：根據科學數據建立行動措施。
  - 漸進性：制定分階段的計畫，包括到 2030 年的具體行動、未來 30 年的中期措施，以及到 2100 年的重大選擇。
  - 優先順序：根據集體風險和成本來選擇適應程度。
  - 共效益：優先選擇能同時促進適應、減排、保護生物多樣性且不破壞生態系統的措施。
  - 動員：在社會各層面建立一種「適應反射」(adaptation reflex) 文化，目標是讓每個人和每個行業都能在日常工作和生活中採取適應行動。
  - 差異化：在地方層級實施國家策略，以適應不同地區的具體環境和社會經濟特徵。
- ③ 更全面的涵蓋範圍：PNACC-3 共包含 52 項措施，圍繞五個主要面向展開，旨在為個人、地區、社區、經濟領域和自然界提供解決方案。計畫特別針對法國海外領土的特殊性，規劃了具體的適應措施，特別是應對熱浪、自然災害、海岸線後退和水資源供應等問題。
- ④ 更緊密的跨領域連結：PNACC-3 強調氣候變遷適應與減緩 (Mitigation) 是法國氣候行動的兩個必要且相互依存的組成部分。它也與其他國家策略 (如水計畫和生物多樣性策略) 緊密結合，並特別強調「基於自然的解決方案」。

法國第三期國家氣候變遷調適計畫 (PNACC-3) 總共包含 52 項措施，圍繞著五大核心主軸，旨在為個人、地區、社區、經濟領域和自然界提供解決方案。

主軸一：保護人民，此主軸旨在透過以下新措施來保護法國人民免受氣候變遷的影響：

- ① 強化保險制度：強化對自然災害保險的預防基金，並透過保險系統現代化，確保人民能負擔且獲得保險。
- ② 應對氣候風險：應對與水循環變化、自然災害風險增加相關的風險，並保護人民免受熱浪的影響。
- ③ 都市改造：透過部署「自然解決方案」(Nature-based solutions)，例如城市綠化，以降低城市對氣候變遷衝擊的脆弱性。

主軸二：確保地區、基礎設施與關鍵服務的韌性，此主軸著重於地方層級的調適策略，以確保公共服務和主要基礎設施的持續性：

- ① 地方調適策略：制定各地方政府特有的調適策略。
- ② 基礎設施韌性：確保交通、能源、電子通訊網路等關鍵基礎設施的韌性。
- ③ 水資源：針對水資源管理制定調適措施。

主軸三：調適人類活動：確保經濟韌性及國家在 4°C 下的糧食、經濟與能源主權，此主軸專注於確保法國經濟的韌性，特別針對對氣候變遷最脆弱的產業，例如農業、農產食品業、漁業、旅遊業和林業：

- ① 創新：支援氣候變遷調適方面的創新。
- ② 企業意識：透過提供工具與數據，協助企業將氣候變遷風險納入其決策中。
- ③ 勞動條件：調整工作條件以應對氣候變遷，並加強雇主的預防義務。

主軸四：保護自然與文化遺產，此主軸旨在保護自然環境和文化遺產，並與其他國家策略（如《國家生物多樣性策略》和《水計畫》）相輔相成：

- ① 生態系統調適：採取行動調適所有自然環境，以便社會能持續從其生態系統服務中受益。
- ② 遺產保護：針對脆弱的文化遺址，特別是列為世界遺產的地點，制定調適計畫。
- ③ 研究與知識：鼓勵研究以提升對氣候變遷對生態系統影響的了解。

主軸五：動員全國各界力量，成功調適氣候變遷，此主軸旨在動員社會各個層面，從研究到公民，共同應對調適挑戰：

- ① 研究動員：依賴堅實的科學研究，動員研究人員，特別是參與重大計畫的人員。
- ② 公民與利益相關者參與：透過協商與公眾參與來推動計畫，並在社會中建立「調適思維」。
- ③ 公眾意識：提高大眾、公務員、民選官員和年輕人對氣候變遷調適的意識。

法國第三期國家氣候變遷調適計畫(PNACC-3)中與運輸相關的行動，可分為「既有行動」與「新行動」兩部分，既有行動是先前已開始或承諾執行的行動，PNACC-3 旨在延續或深化這些工作：

- ① 脆弱性評估與研究：在 PNACC-1 之後，運輸部門已進行多項脆弱性研究，涵蓋範圍包括道路、鐵路網、地鐵、輕軌、主要海港和機場。
- ② 技術標準調適：從 PNACC-1 開始，法國就已著手檢討交通基礎設施的設計、營運與維護技術標準。
- ③ 道路指南：《道路修復技術指南》已開始進行氣候變遷調適調整。
- ④ 鐵路公司行動：法國國家鐵路網公司(SNCF Réseau)已採納其氣候變遷調適策略與 2024-2026 年路線圖。
- ⑤ 港口策略：交通部已向十大主要海港發出建議，要求其更新脆弱性研究並將氣候變遷調適納入考量。

- ⑥ 機場工具：交通部開發「VULCLIM」工具，用於評估大都會區機場的脆弱性。

在 PNACC-3 提出的新行動，旨在加強並擴大既有策略，包括以下項目：

- ① 制定調適計畫：要求所有運輸網路的營運商和基礎設施管理者，根據參考暖化路徑情境，制定調適計畫。
- ② 國家道路網計畫：繼續進行國家道路網的脆弱性研究，並根據結果制定行動計畫，以應對已知的自然災害風險。
- ③ 鐵路網調適：SNCF Réseau 將更新其路線圖，並在與國家簽訂的下一個績效合約中納入氣候變遷調適目標。
- ④ 大眾運輸適應指南：交通部將制定決策支援指南，為運輸組織機構（AOMs）提供建議，幫助其調整大眾運輸服務以應對高溫天氣。
- ⑤ 技術標準更新：針對交通運輸相關技術標準，將設定具體時程以逐步更新，特別是考量到氣候變遷的影響。
- ⑥ 建立交流網絡：交通部將主導一個工作小組，與基礎設施管理者分享經驗、匯集知識並協調做法，討論氣候數據、成本效益評估、脆弱性評估和行動優先順序等議題。
- ⑦ 供應鏈韌性：建立評估供應鏈（包括運輸、倉儲和轉運）韌性的方法，以應對氣候災害帶來的風險。
- ⑧ 油氣供應鏈：研究國內與國際油氣供應與物流的脆弱性，特別是萊茵河等內陸水道在低水位時對燃料運輸的影響。

#### (5) 美國的氣候行動計畫<sup>[9]</sup>

由美國運輸部（Department of Transportation, DOT）領導的美國氣候行動計畫為應對氣候變遷帶來的風險，特別是對於交通基礎設施和相應社區的安全、有效性、公平性和永續性的風險，以減少交通運輸部門的溫室氣體排放，並提高交通基礎設施的氣候變遷抵禦能力。這個氣候行動計畫包括了確保交通基礎設施計畫、政策和營運充分考慮氣候變遷的影響，同時納入調適和韌性解決方案。計畫指出調適和韌性策略必須依據對氣候變遷風險、影響和脆弱性的

科學理解；因此，計畫和行動必需根據最新的科學研究進行不斷更新與評估。此外，計畫也強調調適和復原計畫將優先幫助最容易受到氣候影響的人群、社區和基礎設施。計畫將致力於透明的過程，讓社會各界有意義地參與決策，以解決與氣候變遷影響和調適相關的不平等和環境正義問題。並推動透過調適策略保護生物多樣性和生態系統服務，以提高人類和自然系統對氣候變遷和其他風險的抵禦能力。此外，調適行動需要跨多個部門、地理範圍和政府單位的協調；因此，調適行動的基礎需要建立在受影響社區現有的努力、知識和有意義的參與上。

DOT 很早就認知到需要使交通基礎設施和營運系統能夠調適氣候變遷的影響，從規劃層面一直延伸到專案開發和設計，對不同模式、地點和系統進行了脆弱度和風險評估。其中，一些組織機構已就如何進行氣候變遷對交通影響的脆弱度評估提供了指引，還有一些組織機構針對氣候變遷對設施的影響進行了脆弱度和調適案例研究，並開發了技術援助和工具，以更好地解決氣候變遷對運輸資產的影響。DOT 還進行一個優先研究項目，以開發工具來評估建立韌性交通基礎設施的成本和效益。

以下是 DOT 實施的 5 項優先調適行動，主要是加強其機關(構)計畫的氣候準備，以及聯邦採購、房地產、公共土地和水域及金融計畫的管理。

優先行動 1 將韌性納入 DOT 補助和貸款計畫。

優先行動 2 增強整個專案規劃和開發過程的韌性。

優先行動 3 確保 DOT 設施和營運資產的韌性。

優先行動 4 確保氣候就緒的服務和供應。

優先行動 5 改善氣候教育和韌性研究。

DOT 根據 E.O. (Executive Order) 第 211 條 14008 和 CEQ (Council on Environmental Quality) 指令要求各機構確定管理採購、不動產、公共土地和水域，盤點最容易受到氣候變遷影響的財務項目的管理職能和/或決策點的脆弱度，包括不具備韌性之專案、不動產和營運資產的位置、關鍵任務活動的服務和供應中斷、該系統缺

乏足夠的氣候變遷教育資源，以及受過韌性知識訓練的熟練員工不足等面向。因此，運輸系統機構需努力提高員工氣候素養，並增強氣候調適能力的機構行動，例如提高其建築物和營運資產的韌性，並採取內部調適行動。最後透過公平的視角來分析氣候變遷產品和服務供應的機構行動，以分析這些的項目如何影響弱勢社區。這項分析將氣候變遷抵禦能力納入交通運輸的計畫、政策和行動的努力。在分析 DOT 行動影響時，重要的是要確定這些社區及公眾有意義地參與其中，經由教育和溝通，使利害關係人了解潛在影響並共同製定解決方案，減輕交通行動和氣候變遷的影響。透過考慮氣候公平，DOT 需確保所有人都能從氣候解決方案中平等受益，並減輕一些社區承受的不成比例的氣候影響負擔。

#### (6) 加拿大鐵路氣候變遷調適計畫<sup>[10]</sup>

隨著氣候變遷與極端天氣事件日益頻繁，加拿大的鐵路網絡與供應鏈面臨多重且日益複雜的風險。為強化鐵路部門的應變能力，加拿大交通部推動「鐵路氣候變遷調適計畫」(Rail Climate Change Adaptation Program, R-CCAP)，做為鐵路安全改善計畫的一環。R-CCAP 旨在協助鐵路部門研究、開發並導入創新技術、工具與方法，以有效應對氣候相關風險。該計畫透過提供聯邦資金補助，支持第一級、第二級及第三級鐵路運輸公司推動相關計畫，特別聚焦於辨識氣候變遷風險，及減緩極端天氣對加拿大鐵路運輸系統造成之衝擊。

R-CCAP 資助以下項目類別：

- ① 風險評估：支持相關研究與工程評估，協助鐵路運輸業者深入瞭解氣候變遷對其鐵路網絡與營運所構成的風險與潛在影響。
- ② 監測技術：資助創新技術或作業流程的測試、試辦與導入，提升對鐵路氣候風險（如森林火災、洪水、植被狀況、山體滑坡等）的監測能力與即時應變效能。
- ③ 緩解措施：支持新型設計、維護程序、工程技術或替代材料的應用與成效評估，以強化加拿大鐵路網對氣候變遷（如洪水、

永凍土退化，以及日益極端的溫度條件與變化等情境)的調適能力。

R-CCAP 所資助的項目涵蓋多元領域，重點包括：當地氣候趨勢分析和極端天氣事件預報研究；利用遙感技術監測極端天氣事件、火災風險和/或山崩、落石、土石流和天坑風險造成的水位和洪水風險；開發創新的機器學習演算法和數據處理系統/技術，以分析來自監測技術的數據；評估涵洞和橋梁的設計標準和更換/維護程序，以改善排水並考慮更高的洪水水位/風險；測試新型土壤穩定技術；測試水位監測感測器；測試由回收材料等製成的軌道扣件。在 2022/2023 至 2023/2024 兩個會計年度內，R-CCAP 共提供 20 項補助計畫，總金額達 540 萬加元，支持鐵路部門加速推動氣候調適科技與措施的研發與應用：

- ① 沖刷危險風險評估與監控系統部署
- ② 水文事故預報與反應系統
- ③ IOC (Integrated Operations Centre) 地質災害管理系統升級
- ④ 氣候引起的地面災害風險評估工具
- ⑤ 再生材料鐵路枕木的工程與試鋪設
- ⑥ Big Sky Rail / Mobilgrain 橋梁侵蝕緩解和監測
- ⑦ Last Mountain Railway 橋梁侵蝕緩解和監測
- ⑧ 將衛星和高軌卡車儀表數據整合到當前的鐵路水檢查程序中，以提高其在不斷變化的氣候條件下的有效性
- ⑨ 地質災害管理遙感集成
- ⑩ 鐵路網的水力學和水文研究
- ⑪ 太平洋鐵路網氣候物理風險評估
- ⑫ 發展監測軌道挫曲風險的有效方法
- ⑬ 大西部鐵路涵洞評估與更換
- ⑭ 用於識別和減輕氣候變遷對永久凍土影響的綜合鐵路基礎設施監測框架
- ⑮ 鐵路涵洞評估與更換

- ⑩ 創新的土壤穩定性：在北極輕軌上使用聚氨酯泡沫修復橋梁背牆
- ⑪ 火災風險研究和風險消除計畫
- ⑫ 安大略省北部短期洪水監測項目
- ⑬ Southern Saskatchewan 南部氣候復原力計畫
- ⑭ 水位感測器技術用於遠端監測不列顛哥倫比亞省南部鐵路橋梁的洪水風險並提高橋梁的抗災能力

### 3. 我國氣候變遷調適推動情形

#### (1) 國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適<sup>[11]</sup>

環境部及國科會於 2024 年 5 月 8 日發布「國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適」，本報告為「氣候變遷因應法」通過後，兩機關首次依法聯合發布的國家層級氣候變遷科學報告，延續國科會先前發布之「臺灣氣候變遷科學報告 2011」與「臺灣氣候變遷科學報告 2017」對科學資訊的更新與彙整。本報告以中央各部會為主要目標對象，聚焦於氣候變遷相關科學方法與推估資訊的彙編，扼要呈現 2017 年以來之最新氣候變遷發展與影響。內容涵蓋全球與東亞氣候變遷概況、臺灣地區的氣候變遷現象與衝擊資訊，以及氣候風險與調適之科學架構，做為中央與地方政府研擬氣候變遷調適行動之科學依據，進一步強化調適規劃之基礎與政策推動之效能。

為強化氣候變遷調適自中央向地方之深化推動，提升地方政府執行調適計畫之能力，環境部積極推動因地制宜、由下而上，並兼顧社區與原住民族觀點的調適策略，協助各地研擬具體可行之調適執行方案與完整因應措施。為此，環境部於 113 年 6 月辦理「地方氣候培力—調適能力建構推動工作會議」，透過調適知能專題演講及地方執行案例經驗分享，促進地方政府在政策規劃與行動落實上的能力建構與交流合作。

由於不斷更新的氣候變遷推估資料（AR4、AR5、AR6），如表 2.1-1，資訊量越來越龐大，常造成資料應用單位使用時無所適從，

「國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適」提供共同設定的情境提供部會研擬調適行動方案參考。

表 2.1-1 不同時期推估情境

不同時期資料	AR4	AR5	AR6
推估起始年	2001	2006	2015
常用情境	B1,A1B,A2	RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 RCP8.5	RCP：代表濃度路徑 SSP：社會經濟路徑
空間解析度	250~350km	100~250km	更高解析度全球模式 (60~125km)
模式數	24 個	42 個	60 個

資料來源：國家災害防救科技中心，氣候變遷情境說明，2023

設定全球暖化程度具有以下優點：

- 簡化氣候應用情境
- 可掌握決策時間點
- AR6 可同步更新比較

「國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適」提供 3 個全球暖化程度（1.5/2/4°C）情境，各情境時段（中位數）及時間分佈（最快、最晚）如表 2.1-2：

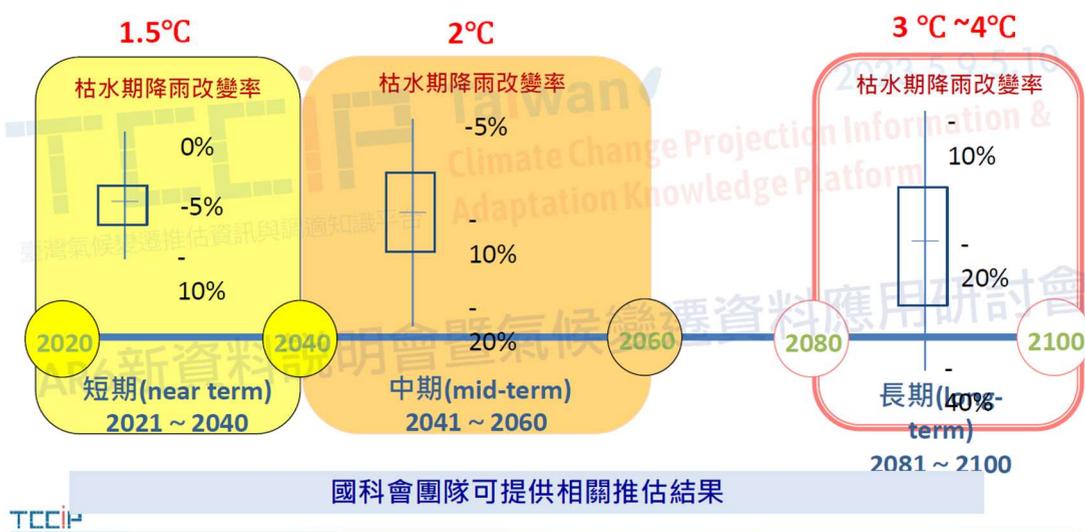
表 2.1-2 不同全球暖化程度情境

情境	時段 (中位數)	時間分佈 (最快、最晚)
1.5°C	2029	2015-2071
2°C	2045	2029-2084
4°C	2072	2067-2085

資料來源：國家災害防救科技中心，氣候變遷情境說明，2023

國家調適應用情境 3 個全球暖化程度 (GWL) / 固定升溫情境時序，應用於枯旱風險與調適的範例，如圖 2.1.1 所示：

### 國家調適應用情境應用範例<sup>(示意)</sup>：枯旱風險與調適



資料來源：國家災害防救科技中心，氣候變遷情境說明，2023

圖 2.1.1 國家調適應用情境應用範例

#### (2) 總統府設置「國家氣候變遷對策委員會」

賴清德總統於 2024 年 6 月 19 日就職滿月記者會上宣布成立「國家氣候變遷對策委員會」（以下簡稱氣候變遷委員會）。

氣候變遷委員會定位為統籌和協調全國氣候政策的制定與執行，確保不同部門在推動氣候調適措施時能夠相互協同，由行政院副院長、中研院院長等人擔任副召集人，並邀集政府機關、產業界、公民團體及學者專家代表擔任委員及顧問。氣候變遷委員會討論範疇涵蓋七大主軸，包括：淨零路徑、多元綠能減碳科技、綠色數位雙軸轉型、永續綠生活、公正轉型、綠色永續金融，以及國土永續調適韌性等。

「國家氣候變遷對策委員會第 1 次委員會議」於 113 年 8 月 8 日舉行，由總統親自主持，說明氣候變遷委員會組成秉持「跨領域」、「跨世代」、「跨主張」原則，宣誓政府有決心透過多元對話方式，凝聚社會共識，以面對攸關全球及臺灣未來發展的重大挑戰。委員會有 8 位部會首長投入，由環境部部長擔任執行秘書。第 1 次委員

會議中，由環境部報告「氣候變遷對全球及臺灣的影響衝擊評估」，及台灣電力公司報告「臺灣電力供需的轉型與挑戰」。

環境部的「氣候變遷對全球及臺灣的影響衝擊評估」報告指出，2024 上半年全世界已經有 127 起重大天災，其中包含臺灣 4 月發生的花蓮大地震。過去 5 年臺灣遇到嚴重乾旱，2024 年則是凱米颱風帶來極端暴雨，顯示極端氣候已是日常。而全球氣溫跟工業革命前相比已經升溫超過 1.5°C，正在邁向 2°C，若全球減碳失敗，甚至可能走向升溫 4°C，使海平面上升、海冰面積縮小，海洋酸化等情形加劇。對於氣候變遷帶來的危機，防災、淨零跟調適必須要三位一體，才能建構韌性國土。臺灣過去在防災跟淨零部分都有相當基礎與推動，調適則是目前最需要加強部分，因此，後續行政團隊會往包括健全國家調適行動之執行管考機制、落實各項推動調適工作所需的法制化工作、提升短期因應及中長期政策規劃與風險評估能力、充實財務資源配置、提升調適人才培育，及擴大資訊透明與公眾參與等再著力推動。

「國家氣候變遷對策委員會第 2 次委員會議」於 113 年 10 月 24 日下午舉行，總統指出當前全世界都面對極端氣候與減碳的挑戰，臺灣身為全球技術供應鏈的重要角色，有必要加大氣候行動來提升產業的國際競爭力，加速接軌全球減碳進程；也願意和包括中國在內的世界各國合作，共同面對氣候變遷的挑戰。

第 2 次委員會議提出政府的戰略方向是要推動「第二次能源轉型」，確保能源供應的穩定與韌性。未來會逐步推動節能政策，鼓勵各行各業推動「深度節能」，包括提出投資獎勵、投資抵減、政府補助等方法，協助產業節能；也會推動能源技術服務—ESCO 機制，提供保險壽險業資金，改善企業設備與生產流程。

### 2.1.2 國內氣候變遷調適法令

行政院 2012 年 6 月 25 日核定「國家氣候變遷調適政策綱領」，訂定調適政策願景、原則及政策目標，並提出因應之調適策略。各部會及所屬機關即依此政策架構，研擬並推動具體之調適行動方案與計畫，逐步落實

我國氣候調適政策之目標與方向。

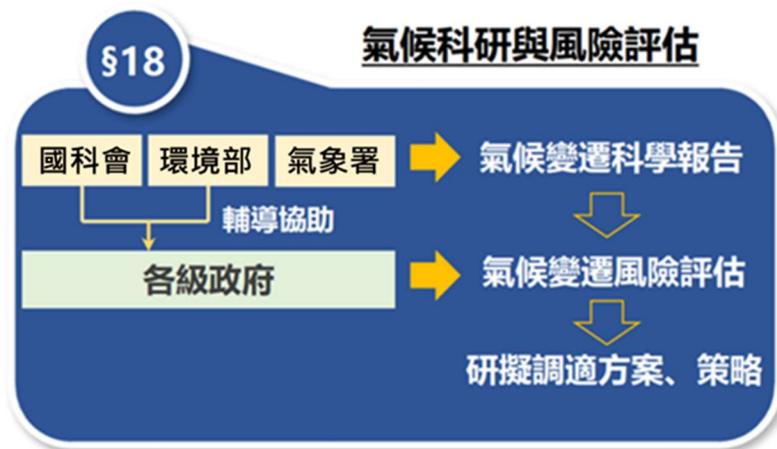
自 2012 年以來，國家調適政策歷經多次重大法制與政策發展，包括 2015 年溫室氣體減量管理法（以下簡稱溫管法）通過、2018 年國家氣候變遷調適行動方案（107-111 年）核定實施、2023 年溫管法修正為「氣候變遷因應法」並納入調適專章、2023 年 11 月行政院核定「國家因應氣候變遷行動綱領」，強化氣候調適的法制基礎與推動架構。在此發展脈絡下，運輸系統亦持續配合調整，提出新的調適目標、策略措施與推動計畫。整體而言，我國氣候調適政策係在法規支持下滾動式推動，顯示掌握相關法規演進脈絡、解讀法規修正重點，已成為各運輸管理機關（構）應具備之核心調適專業能力之一

### 1. 氣候變遷因應法

為因應全球氣候變遷，制定氣候變遷調適策略，降低與管理溫室氣體排放，落實世代正義、環境正義及公正轉型，善盡共同保護地球環境之責任，並確保國家永續發展，國家因此制定氣候變遷因應法（以下簡稱氣候法）。

相較於氣候法前身溫管法僅宣示了「減緩」與「調適」並重之國家精神，氣候法內增訂了調適專章，調適專章從基礎能力建構、科研推估接軌、確定推動架構等 3 重點著手。重點一為提升國家整體因應氣候變遷基礎能力，政府應推動調適能力建構事項，並融入國民、事業、團體應致力參與之責任；重點二就強化科研接軌，由中央科技主管機關綜整氣候變遷科學、情境及風險資訊，定期公開氣候變遷科學報告，各級政府進行氣候變遷風險評估，做為調適推動依據；重點三係確定氣候變遷調適推動架構，由中央目的事業主管機關訂定「權責領域調適行動方案」，中央主管機關整合擬訂「國家氣候變遷調適行動計畫」，地方政府訂定「氣候變遷調適執行方案」強化因地制宜之調適策略，透過每年編寫成果報告，進行資訊公開及公眾參與程序。

根據氣候變遷因應法第 17 條，政府應推動各項事項以構建氣候變遷調適能力，該條文中明列 10 項氣候變遷調適能力建構項目，第 18 條則明訂國家氣候科學報告之產製及使用（如圖 2.1.2）。



資料來源：本計畫繪製

圖 2.1.2 氣候變遷因應法第 18 條氣候科研與風險評估示意圖

本計畫初步分析其中與運輸設施權管機關（構）直接相關能力建構項目，包括：

- (1) 以科學為基礎，評估氣候變遷風險：各部會應使用相同「國家調適應用情境」做為評估氣候變遷風險和辨識調適缺口的共同參考基準。該情境基於固定暖化情境設定，即西元 2021-2040 年升溫 1.5°C 和西元 2041-2060 年升溫 2°C。
- (2) 強化因應氣候變遷調適能力，提升氣候韌性：包括減少運輸設施脆弱性，增強其耐受力和恢復力。
- (3) 確保調適措施與國家永續發展目標相一致：確認所採取之調適措施符合或不損害永續發展目標（SDGs）的推動。
- (4) 促進研發和推動與氣候變遷調適相關的衍生產品和商機：運輸設施之建構與升級，應結合交通科技創新與調適需求，積極帶動氣候相關產業之研發與發展。具體可涵蓋智慧運輸解決方案、綠色能源基礎建設、氣候風險監測與預警系統等領域，促進產業轉型、擴大綠色投資，創造氣候調適相關之產品研發與新興商機。
- (5) 強化調適教育、人才培育和公民意識提升：運輸設施管理機關（構）可以藉由教育和培訓計畫、專家和顧問支援、跨部門合作、辦理線

上論壇和專業研討會進行知識交流，建構教育和培訓分享平台等，建立具備調適專業能力人才，提升整體機關（構）調適能力。

(6) 增強脆弱群體應對氣候變遷衝擊的能力：分析和辨識易受氣候變遷衝擊影響的脆弱群體，並相應制定調適措施。

## 2. 國家因應氣候變遷行動綱領

原 2015 年溫室氣體減量及管理法即規範中央主管機關應擬訂行動綱領，第一版行動綱領經行政院於 2017 年 2 月 23 日核定。「氣候變遷因應法」於 2023 年 2 月 15 日公布施行後，環境部依據該法第 9 條規定，參酌聯合國氣候變化綱要公約與其協議或相關國際公約決議事項及國內情勢變化，會商中央目的事業主管機關檢討修訂「國家因應氣候變遷行動綱領」，並於 2023 年 11 月經行政院核定；依該法第 9 條第 2 項，行動綱領未來至少應每四年檢討一次。行動綱領是我國氣候治理上位方針，本次修訂主要呼應國際氣候協議，強調減緩與調適兩者並重，將 2050 淨零排放納入願景目標，增列公正轉型、風險評估及以自然為本等基本原則，藉以擘劃我國氣候變遷調適策略及淨零排放路徑藍圖，引領建構能適應氣候風險之低碳家園，確保國家永續發展。

在氣候變遷調適上，行動綱領強調應參酌國內外最新氣候變遷科學研究、分析及情境推估，納入因應氣候變遷風險因子，提高氣候變遷調適能力，降低脆弱度及強化韌性，落實氣候變遷風險評估，規劃早期預警機制及系統監測，確保國家永續發展。具體提列「提升維生基礎設施韌性」、「確保水資源供需平衡與效能」、「促進土地利用合理配置，提升國土韌性」、「防範海岸災害、確保永續海洋資源」、「提升能源供給及產業之調適能力」、「確保農業生產及維護生物多樣性」及「強化醫療衛生及防疫體系、提升健康風險管理」等七大調適領域政策內涵。運輸系統屬於維生基礎設施重要的一環，其中「提升維生基礎設施韌性」明列以下兩個方向：

(1) 整合國土防洪治水韌性調適能力，強化公共工程應變能力。

(2) 提升運輸、通訊及資訊系統等設施因應氣候變遷之調適能力。

在溫室氣體減量上，呼應臺灣 2050 淨零排放路徑及 12 項關鍵戰略，提列六大部門減量政策內涵，包含「建構零碳能源系統，提升供電網絡穩定韌性」、「促進產業綠色轉型，以循環經濟導向的永續生產模式」、「發展

智慧綠運輸，推動運輸淨零轉型」、「建構永續淨零建築與推動低碳轉型」、「促進永續農業經營，完善生態系統管理」及「減輕環境負荷，建立能資源循環利用社會」。

此外，為促使氣候治理政策順利推行，納入八大政策配套，包含「推動綠色金融，提升產業氣候韌性」、「完善氣候法制基礎」、「落實碳定價制度」、「推動五大淨零科技領域研發」、「發展氣候科學及調適研究」、「落實全民行為改變、認知與共識」、「培育因應氣候變遷人才」及「落實公正轉型與公民參與」。

行動綱領在氣候法中係設定在最上位的國家氣候治理重要方針，各級政府應依循行動綱領及氣候法規定，由中央目的事業主管機關研擬所屬部門溫室氣體減量行動方案、氣候衝擊權責領域調適行動方案，送環境部報請行政院核定並定期滾動式檢討，地方政府則須據以制訂溫室氣體減量執行方案及氣候變遷調適執行方案，透過橫向及縱向整合溝通機制，跨領域推動溫室氣體減緩與氣候變遷調適能力建構，創造社會、經濟、環境永續發展及維護全民健康的共同效益。

### 3. 氣候變遷因應法施行細則

「溫室氣體減量及管理法施行細則」2023年12月29日修正為「氣候變遷因應法施行細則」，全文25條，自發布日施行。細則修正主要補充氣候法「第二章政府機關權責」及「第三章氣候變遷調適」之細節性事項，包含中央及地方主管機關權責事項、減量及調適相關目標計畫方案評估記載內容、成果報告定期公開及管考改善、調適目的及基本原則、明定資訊公開落實公民參與等，以利氣候法的推動與執行。

施行細則修正重點如下：

#### (1) 增修中央與地方主管機關權責事項

經盤點氣候法增修條文，將中央主管機關權責事項由13項增為22項，增加包括全國性溫室氣體減量及氣候變遷調適之成果檢核、全國溫室氣體減量額度之審查、核准、移轉及交易、溫室氣體排放源碳費徵收、溫室氣體管理基金之管理、進口產品碳排放量之申報、審查及管理、產品碳足跡之審查、查驗、核算、核定、查核

及檢查、高溫暖化潛勢溫室氣體之管理、二氧化碳捕捉後封存之審查及管理等事項。

配合氣候法強化地方政府之角色，將地方主管機關權責事項從 3 項擴增到 14 項，包含增列直轄市、縣（市）氣候變遷因應推動會之規劃及執行、氣候變遷調適執行方案之訂修、規劃及執行、協助轄內排放源操作與排放相關設施及有關資料之檢查與輔導、直轄市、縣（市）氣候變遷教育及宣導、民間團體推展、人員訓練與講習，乃至於轄內氣候變遷調適及溫室氣體減量之調查、輔導及研究發展、城市交流、產品碳足跡之查核及檢查、參與中央有關機關氣候變遷因應工作之推動等事項，落實在地氣候治理。

## (2) 明定氣候治理相關綱領、目標、計畫、方案應評估記載內容

為依據氣候法第 10 條擬訂五年一期階段管制目標，細則中除明定中央有關機關應進行溫室氣體排放趨勢推估及情境分析，提出電力排放係數、各部門減量情境、貢獻及成本估算外，參採預告過程民間團體建議，增列應提出電力需求成長，再評估其可能衍生之影響，透過氣候法所訂學者專家技術諮詢小組深化擬定過程，續召開公聽會廣徵意見。

至於六大部門減量行動方案，應考量聯合國及國際氣候協議建議之國家氣候行動應具備元素；並參照 2023 年 8 月 15 日行政院國家永續發展委員會第 35 次委員會議陳前院長「訂定年度目標，並逐年檢討改進」之指示，新增「評量指標」及「管考機制」，落實逐年檢討改進；另參採預告過程民間團體建議，為呼應氣候法新增公正轉型規定，新增各部門行動方案內容應包括「可能影響評估」，以兼顧我國環境、經濟、社會之永續發展，即早採行因應措施。

## (3) 強化國家減量成果之定期管考及檢討改善

就我國接軌國際規範逐年撰擬公開之國家溫室氣體排放清冊，細則通盤檢討各部會統計作業之可行性，將發布時間從每年 12 月 31 日提前至 6 月 30 日。

我國溫室氣體減量責任由能源、製造、運輸、住商、農業及環境等六大部門共同承擔，各部門行動方案年度成果及檢討改善尤為

重要。本次細則明定中央目的事業主管機關應於每年 9 月 30 日前提出年度成果報告，倘未達所屬部門階段管制目標或評量指標，則應併同提出改善措施，中央主管機關則於每年 11 月 30 日前向行政院報告階段管制目標執行狀況。此外，地方主管機關之減量成果，亦得透過減量執行方案年度成果報告之撰擬，在每年 9 月 30 日前送直轄市、縣（市）氣候變遷因應推動會後公開。

#### (4) 納入調適目標原則及行動計畫方案項目

細則依立法院審議氣候法附帶決議，補充氣候法調適專章之調適目的及基本原則，包含應建立以科學為基礎、因地制宜與社區為本下發展氣候調適，強化脆弱族群因應氣候衝擊能力，並充分考量人權潛在影響。此外，新增調適相關計畫方案應包含氣候變遷衝擊、情境設定及風險評估、目標、策略、期程、經費、檢討、管考等要素，做為各級政府推動調適行動之執行依據。

#### (5) 明定資訊公開落實公民參與

為落實公眾參與，細則明定相關會議資訊應於一定期限前對外公開，除中央部門行動方案公聽會應於會議舉行 10 日前公布外，參採預告過程民間團體建議，增加地方執行方案座談會等程序亦應於舉辦前 7 日前對外公開。另規範細則所定各級政府氣候變遷相關應公開之文件資訊，都應統一公開於中央主管機關指定網站，便於各界查詢。

### 4. 領域調適行動方案及國家調適計畫

氣候變遷因應法 19 條規定：

「中央目的事業主管機關應就易受氣候變遷衝擊之權責領域，訂定四年為一期之該領域調適行動方案（以下簡稱調適行動方案），並依第 5 條第 3 項、第 6 條及第 17 條訂定調適目標。

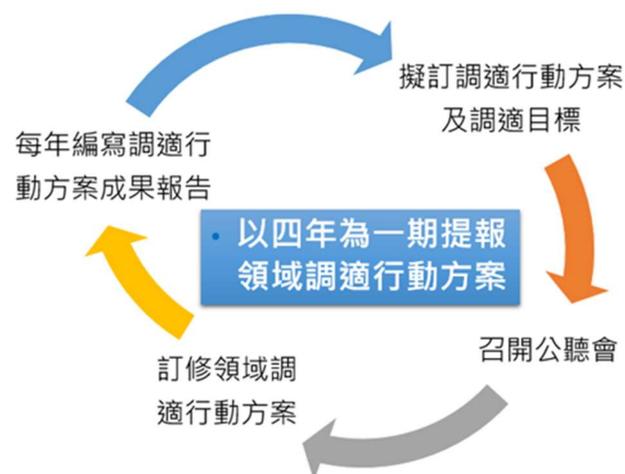
中央目的事業主管機關擬訂前項調適行動方案及調適目標，應邀集中央及地方有關機關、學者、專家、民間團體經召開公聽會程序後訂修該領域調適行動方案，送中央主管機關。

中央主管機關應依行動綱領，整合第一項調適行動方案，擬訂國家氣候變遷調適行動計畫（以下簡稱國家調適計畫），報請行政院核定後實施，

並對外公開。

第一項中央目的事業主管機關應每年編寫調適行動方案成果報告，送中央主管機關報請行政院核定後對外公開。」

本法條主要規範易受氣候變遷衝擊權責領域之中央目的事業主管機關，定期擬訂調適行動方案、完成公聽會程序及編寫調適行動方案成果報告，如圖 2.1.3 所示。交通部所屬運輸權管機關（構），為對應易受氣候變遷衝擊權責領域「維生基礎設施」之主要中央目的事業主管機關。



資料來源：本計畫繪製

圖 2.1.3 中央目的事業主管機關氣候變遷調適行動方案流程圖

領域調適行動方案及國家調適計畫，整體推動框架設定區分為「辨識氣候風險與調適缺口」及「調適規劃與行動」等二階段，如圖 2.1.4。

- (1) 第一階段：包含界定範疇、檢視現況、評估風險等 3 構面，做為調適規劃與行動之依據，若經辨識無調適缺口，第二階段不予執行。
- (2) 第二階段：包含綜整決策、推動執行、檢討修正等 3 構面，並依第二階段推動情形，視需要再行檢視第一階段並滾動式修正。



資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫

圖 2.1.4 國家氣候變遷調適行動方案推動框架

## 5. 氣候變遷風險評估準則

氣候變遷風險評估是「辨識氣候風險與調適缺口」的關鍵工作，依據我國「氣候變遷因應法」第 18 條第 3 項氣候變遷風險評估之作業準則，由中央主管機關會商有關機關定之，目的為使各級政府因應氣候變遷影響，有效整合各領域調適策略與行動計畫，促進跨領域與跨層級溝通交流，提供各級政府進行氣候變遷風險評估時應有的原則性架構，因此建構氣候變遷風險評估關鍵步驟，以做為後續調適政策、措施及計畫規劃之參考依據。環境部 2024 年經辦理研商會及修正等程序，氣候變遷風險評估作業準則已於 2025 年 7 月 16 日發布，要點如下：

- (1) 法源依據。(第一條)
- (2) 用詞定義。(第二條)
- (3) 適用範圍。(第三條)
- (4) 氣候變遷風險評估之基本原則，包括界定範疇、現況檢視及評估未來氣候變遷風險之應考量事項。(第四條至第七條)
- (5) 研擬、推動氣候變遷調適方案及策略之應辦理事項及原則。(第八條至第十一條)
- (6) 施行日。(第十二條)

後續將依發布之氣候變遷風險評估準則更新運輸調適課程。

### 2.1.3 氣候變遷調適教材

本計畫蒐集整理國內外調適相關課程教材，藉此研析可應用於運輸調適課程規劃相關參考借鑑，評估納入本計畫運輸調適課程之適宜性。

#### 1. 教育部氣候變遷調適教育教材「氣候變遷調適專業融入補充教材-維生基礎設施（交通系統）領域（2022年版）」<sup>[12]</sup>

依據教育部之氣候變遷教學資訊平台資訊，教育部為推動氣候變遷調適專業人才培育，曾編撰交通運輸相關氣候變遷調適專業融入補充教材、實作教材、教材簡報及輔助影音教材，目標為建立大專相關科系學生氣候變遷調適有關知能。

本計畫就教材編撰結構分析，大專生氣候變遷專業培訓框架，係先建立通識性基礎知識，而後就不同運輸系統分別進行專業培訓，因此氣候變遷調適授課遞進過程分為：

第一章 背景與基礎概念

第二章 公路系統氣候變遷調適策略

第三章 軌道系統氣候變遷調適策略

第四章 港埠設施氣候變遷調適策略

第五章 機場設施氣候變遷調適策略

在背景與基礎概念部分，涵蓋氣候變遷定義與影響、大氣環流模式、溫室氣體情境、氣候變遷對交通系統的影響、我國氣候變遷調適策略與行動方案、永續發展。在公路、軌道、港埠設施與機場設施等專業運輸系統氣候變遷調適策略部分，則先以了解氣候變遷對各系統的影響，接著介紹氣候變遷對該運輸系統的衝擊評估與風險管理、國內外氣候變遷調適行動方案等。

該課程設計與教材編撰，係基於國內大專院校學生為主體設計，因此在課程結構設計、課程深度及實作案例上，都可借鑑為本計畫完整課程規劃之主要框架，尤其在基礎概念上的層次與發展邏輯。由於該系列課程之主要教材編撰完成於2022年，部分法規制度與科學資訊目前已有更新，如溫室氣體減量管理法已修訂為氣候變遷因應法，聯合國政府間氣候變遷專門委員會 IPCC 亦於2023年公布最新科學報告 AR6，因此相關教材如有使

用需求，必須要重新檢視設計。

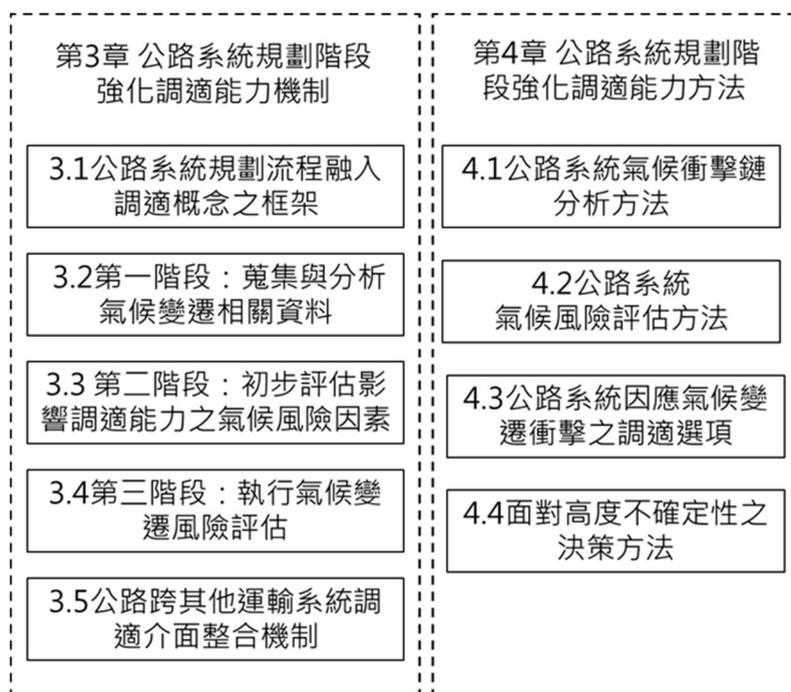
## 2. 公路系統規劃階段調適指引（2022）<sup>[13]</sup>

本所於 2022 年透過專案研究計畫，研擬公路規劃強化調適能力指引，旨在協助公路系統權責機關與實務從業人員於規劃階段更全盤性、系統性地納入氣候變遷調適理念，以提升我國公路系統在氣候變遷下的調適能力。

本指引內容提出公路系統規劃階段融入氣候變遷調適理念「機制」及「方法」，其中「機制」係指將氣候變遷調適融入公路系統規劃作業之流程與步驟，「方法」指於上述機制內所提及之工作項目之作業方式建議，架構與編排如圖 2.1.5。在指引中將調適工作區分為執行氣候變遷風險評估及研擬調適選項（adaptation options）兩階段，包括規劃階段之風險缺口指認方法，以及解決風險問題提升氣候韌性之可行調適選項。

此外，本指引將公路系統規劃作業流程區分為資料蒐集分析、方案研擬與評估，以及工程研究與評估 3 個作業階段，並以工作流程圖標示各作業階段中，既有工作流程及該流程中應融入氣候變遷風險調適的程序，非常明確的引導融入調適程序的執行時機與執行項目。

本指引在交通運輸系統中公路系統於規劃階段融入調適作業程序上已堪稱完整，可納入運輸管理機關構調適專業人員系列課程中，對全體運輸部門從業人員，可建立調適工作以「機制」與「方法」兩面向展開之基礎概念；對公路系統人員更能提供專業調適方法理解與參考應用。



資料來源：公路系統規劃階段強化調適能力之探討（2/2）-強化調適能力作為與指引，民國 111 年。

圖 2.1.5 公路系統規劃階段調適指引提出之「機制」及「方法」

### 3. 美國聯邦公路管理局（Federal Highway Administration, FHWA）內部機構人員氣候變遷對營運管理訓練（2015）<sup>[14]</sup>

美國交通部（Department of Transportation, DOT）推動之營運管理（Transportation Systems Management and Operations, TSMO）策略中，對應氣候變遷各項衝擊影響是當中重點。因此美國聯邦公路管理局提出了「運輸系統管理、營運和維護氣候變遷調適指南」（Climate Change Adaptation Guide for Transportation Systems Management, Operations, and Maintenance），指南目標對象為聯邦及各州 TSMO 計畫經理、州交通部規劃人員、參與州和地方機構陸上交通系統日常管理、運作和維護的從業人員。美國聯邦公路管理局並依據這份調適指南，撰擬了一份教材簡報（Adaptation To Climate Change in Transportation Operations and Maintenance - Technical Staff Briefing）。

完整調適指南可採以線上學習方式進行，指南包括案例與檢核表（<https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop15026/index.htm#toc>），教材簡報將調適指南分為若干重要環節，包括：氣候資料之解讀、氣候變遷對

交通部門影響、不積極因應氣候變遷將導致更大風險、可能的應對原則，以及調適框架之建立與實行。

該調適指南非針對特定事件或現象的專業解方研究，因此內容不涉及面對極端氣候或事件時如何實際應變，而是給予基礎管理人員應具備之氣候變遷調適知識，使機構更能「前期」(up-front)預備面對可能的問題。

該指南為本計畫目前所蒐集到運輸系統對氣候變遷調適最完整框架，當中並定義了運輸系統面對氣候變遷調適應具備之六大能力，此部分將為本計畫規劃課程面向時重要參考方向。

#### 4. 歐盟專案經理指南：使脆弱的投資具有氣候韌性<sup>[15]</sup>

歐盟委員會在 2011 年提出了關於氣候變遷調適財務規劃時專業指南 (Non-paper Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient)，並強烈建議歐盟資助計畫應使用指南，考量基礎設施與相關資產納入氣候調適能力。

該指南指出專案經理應有的基本認知，包括：開發專案的可行性研究、選址決策、環境或社會影響評估應將調適模組融入既有評估程序的一部分（主流化），而非取代原有評估程序，調適模組可能增加 1 至 10% 經費。在氣候變遷下，專案計畫中原來沿用的設計閾值可能會更頻繁地被突破。氣候變遷可能會導致曾經被認為是「異常但可接受的閾值」失去意義，它變得經常發生且不可接受。為使未來更具氣候韌性，專案必須在「正常」和「關鍵閾值」之間更嚴格的範圍內運作，因此在著手調整資產和基礎設施時，需要考慮與整個系統及其各個組件相關的問題，該指南提供相關考量建議及工具。

指南將氣候調適能力融入傳統資產生命週期評估程序中，提供氣候調適工具包的 7 個模組，其中前 4 個模組屬於風險評估，後 3 個模組屬於調適規劃，在專案計畫從策略研擬、規劃、設計、施工、操作營運等階段，各有對應的調適模組應被融入既有程序（如），指南所提供模擬如下：

- (1) 敏感度分析 (Sensitivity analysis, SA)
- (2) 暴露評估 (Evaluation of exposure, EE)
- (3) 脆弱度分析 (結合模組 1 和 2) (Vulnerability analysis, VA)
- (4) 風險評估 (Risk assessment, RA)

- (5) 調適選項的決定 ( Identification of adaptation options, IAO )
- (6) 調適方案評估 ( Appraisal of adaptation options, AAO )
- (7) 將調適行動計畫納入計畫 ( Integration of adaptation action plan into the project, IAAP )

生命週期階段	開發者目標	過程 / 分析	1	2	3	4	5	6	7
			SA	EE	VA	RA	IAO	AAO	IAAP
策略	確立初步範圍及商業策略	商業模式發展							
		前期可行性研究							
計畫	確立發展方向及執行策略	概念設計							
		場地選擇							
		合約規劃							
		技術選擇							
		成本估算與財務 / 經濟模型							
		可行性研究							
		環境與社會影響評估範圍界定與基準線							
		完成範圍規劃及執行計劃							
設計	完成範圍規劃及執行計劃	前端工程設計 ( FEED )							
		成本估算與財務 / 經濟模型							
		完整的環境與社會影響評估 & 環境與社會行動計劃							
採購 / 建造	詳細規劃及建造資產	詳細工程設計							
		工程採購與建設管理 ( EPCM )							
執行	經營、維護 & 改善資產	資產管理							
		運營與維護							
停用	停用 & 管理責任	停用計劃							

資料來源：European Commission，Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient，2011

圖 2.1.6 將氣候調適分析整合到傳統的資產生命週期流程

由於本指南提供對於基礎設施資產管理在氣候變遷下生命週期觀念，如壽命短的設備組件不需要考慮氣候變化，但對於壽命較長的組件如此考量就變得十分關鍵，因此本計畫認為符合運輸系統人員知能需求，規劃完整課程時將適度引導相關概念，將模組做為風險評估可用工具進行介紹。

### 5. 航空組織氣候風險評估、調適與韌性：氣候變遷風險評估與調適規劃的關鍵步驟<sup>[16]</sup>

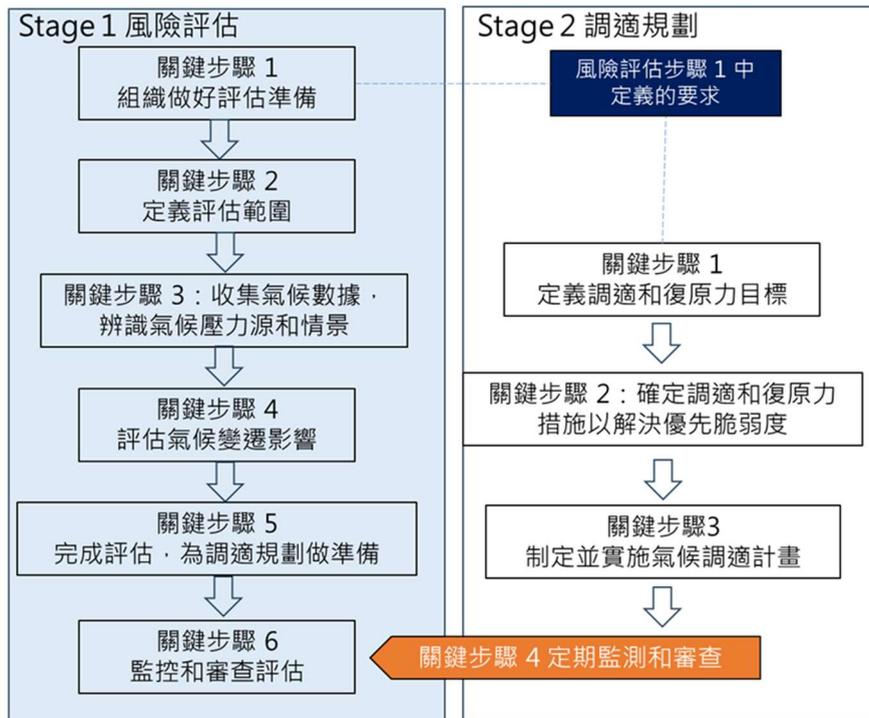
國際民航組織 ( International Civil Aviation Organization, ICAO ) 氣候變

遷風險評估及調適計畫指南，旨在供全球航空網路中的機場、飛機營運商和空中導航服務提供者（Air navigation service providers, ANSP）使用。正在對其航空部門進行氣候變遷風險評估的國家也可以在國家層級使用，做為特定航空評估或做為更廣泛的國家、運輸部門評估的一部分。

該指南具有廣泛的適用性，並且提供了通用步驟清單，各個組織和國家可根據其具體組織或國家情況進行調整。風險評估亦可根據組織的需要而簡單或複雜，風險評估的規模、範圍和預算也可根據組織的目標和資源進行調整。

航空組織在進行氣候變遷風險評估時需要考慮 6 個關鍵步驟，如圖 2.1.7 左側所示。分別為：①為評估做好準備，②定義評估範圍，③收集氣候數據，包括識別氣候壓力源和情景，④評估氣候變遷影響，⑤完成評估，為調適做好準備規劃，以及⑥監控和審查評估。制定氣候調適規劃時需要考慮 4 個關鍵步驟，如圖 2.1.7 右側。分別為：①定義調適和復原力目標，②確定調適和復原力措施以解決優先脆弱性，③制定和實施氣候調適計畫，以及④定期監測和審查。

由於飛航系統風險評估是高度專業工作，相較一般原則性氣候變遷調適風險評估可能更為複雜，因此由 ICAO 所提供之氣候變遷風險評估及調適計畫指南具高度指導意義，本計畫認為在航空系統專業調適課程中，應有適度之時數與資源針對文件內容進行解讀與瞭解。



資料來源：International Civil Aviation Organization，Climate risk assessment, adaptation and resilience: Key steps in Aviation Organisation Climate Change Risk Assessment and Adaptation Planning，2022，本計畫繪製

圖 2.1.7 航空組織氣候變遷風險評估與調適規劃步驟

## 6. 紐澤西州公路局氣候韌性與調適課程<sup>[17]</sup>

紐澤西州公路局根據美國國家公路研究所（National Highway Institute, NHI）提供的培訓課程，規劃一系列課程以強化該州公路的調適和復原力。這些課程主要針對在交通機構（主要是州交通部）的工程、設計和專案開發/美國環境政策法（National Environmental Policy Act）單位工作的交通人員需求，也適合對規劃、資產管理、營運和維護有興趣的人員。預期學員包括來自州交通部、地方政府、部落政府、聯邦州機構和顧問等單位的專業工作人員。

最終紐澤西州公路局從 NHI 所提供之課程中，選擇 10 項課程做為氣候變遷調適之專業培訓項目，包括：

- (1) 了解過去、現在和未來的氣候變遷（FHWA-NHI-142081，2 小時）。此課程將介紹：各種氣候變數的未來預測，包括降雨、溫度和海平面、氣候科學原理，以及這些變化對交通設施的潛在影響的概述。

- (2) 溫度和降水預報簡介 (FHWA-NHI-142082, 1 小時)。展示如何制定適合交通項目規劃和設計的預報，並討論相關的限制和不確定性。
- (3) 系統脆弱度評估 (FHWA-NHI-142083, 2 小時)。介紹脆弱度概念，以了解極端天氣對道路基礎設施的影響。學員將了解系統級脆弱度評估的目的、用於進行評估的各種技術，以及評估結果應用。
- (4) 專案決策的調適性分析 (FHWA-NHI-142084, 2 小時)。介紹如何對專案開發流程進行設施級調適評估。將向學習者介紹基於風險的方法來開發和評估調適選項，並選擇調適策略。
- (5) 解決公路計畫開發和初步設計中的氣候復原力問題 (FHWA-NHI-141085 (A)) 課程。這是一門由講師指導的培訓課程，學員將在課程中學習將復原力概念納入工程分析中，確定適當的復原力策略，並認識到調適之間的潛在聯繫項目開發和環境流程。也將向學習者介紹調適評估方法。
- (6) 將永續性融入基礎設施設計和決策：核心模組 (FHWA-NHI-131134A) 屬於基礎等級培訓課程。完成課程後，學員將能夠：① 確定永續發展的三大支柱（經濟、環境和社會）及其在基礎設施決策中的重要性；② 透過交通領域的具體例子描述權衡和上下文敏感性；③ 對交通決策的各個階段，舉例說明如何將永續性指標納入交通決策的每個階段。
- (7) NEPA 和交通決策簡介 (FHWA-NHI-142052)。本課程解釋聯邦公路管理局交通決策過程的方法，包括考慮交通對人類和自然環境的影響，同時平衡公眾對安全和高效交通的需求。本培訓涵蓋環境品質委員會和 FHWA 制定的 NEPA 法規、政策和指南。
- (8) 環境正義基礎 (FHWA-NHI-142074, 5 小時)。課程解釋環境正義如何應用於交通決策的每個階段。在本課程中，學員將了解在整個交通決策過程中考慮環境正義的各種策略和資源。
- (9) 自行車設施設計 (FHWA-NHI-142080, 8 小時)。本課程涵蓋騎車者安全、舒適和連結性的原則、自行車道類型的選擇和相關設計考量因素，以及國家規劃和設計資源。本課程透過提供關鍵的規劃和

設計訊息，幫助從業者有效率、有效地交付高品質、安全的多模式專案。

(10) 空氣品質規劃：清淨空氣法概述 (FHWA-NHI-142068, 1.5 小時)。

培訓的目的是為參與者提供空氣品質規劃的概述，包括要求、流程、與交通規劃和專案開發的相互作用和影響。

美國國家公路研究所 (National Highway Institute, NHI) 提供的培訓課程，是 NHI 基於需求度、師資、教材或現有科學研究下提出的個別項目，因此未必能涵蓋氣候變遷調適能力完整面向，但由紐澤西州的選擇可以觀察出，永續發展、氣候環境正義及綠色運輸，在氣候變遷調適完整藍圖中占有一定重要性，因此本計畫沿用此概念融入後續課程規劃中。

#### 7. 美國紐約市哥倫比亞大學氣候變遷調適課程<sup>[18]</sup>

紐約市哥倫比亞大學 (Columbia University NYC) 的氣候學院 (Climate School)，設有氣候及社會 (Climate and Society) 碩士學位供研究生攻讀，學位核心課程與選修課程是相對非常完整的氣候變遷知識架構，不僅包括氣候變遷調適，也包含氣候定量、應用與減緩等相關知識，對氣候變遷完整知能課程設計規劃具相當參考價值。

碩士學位的研究生遵循一系列學習順序，包括完整的核心課程 6 門核心課程，以及實習、研討會選修課程。這些核心課程旨在提供通用技能和共享的區域和全球氣候動態、統計評估、風險管理、溝通、司法和應用研究方面的專業工作知識。核心課程與實習、研討會選修課程包括：

- (1) 氣候變異與變遷動力學 (3 學分)
- (2) 減緩氣候變遷 (3 學分)
- (3) 氣候變遷調適 (3 學分)
- (4) 氣候資料應用的定量方法 (4 學分)
- (5) 區域氣候及氣候衝擊 (3 學分)
- (6) 氣候和社會的應用 (3 學分)
- (7) 暑期實習：氣候與社會 (6 學分)
- (8) 研討會：氣候與社會 (6 學分)

除了 6 門核心課程外，學校並開設了若干選修課程供學生選讀，氣候

與社會碩士課程的學生必須至少選修 4 門研究生選修課程，總共 12 個學分。這些選修課程並不完全是氣候學院專屬課程，而是分散在哥倫比亞大學校園內的研究所或大學部。由課程目錄可以間接體會氣候與社會碩士生在專業知能上可能需具備之能力。課程列舉（由於選修課可能每學年或學期變動，此處可能非完整列舉）如下：

- 空氣污染與環境正義
- 複雜氣候風險簡介
- 黑色生態
- 在災害管理中建立公平的社區夥伴關係
- 氣候變遷決策
- 氣候變遷法律與政策
- 氣候變遷與災害管理
- 氣候正義：理論、實踐與政策
- 氣候正義與公平的氣候行動
- 氣候流動性
- 糧食系統與氣候相互作用
- 亞洲氣候政治：分析發展與環境的困境
- 災後復原：關注住宅和經濟部門
- 區域氣候科學與氣候服務預報
- 溫室氣體減量的社會、公平與治理考量
- 社會影響：商業、社會與環境
- 氣候變遷策略溝通
- 邁向氣候調適力與正義

由於哥倫比亞大學（Columbia University NYC）氣候學院（Climate School）的氣候及社會（Climate and Society）碩士學位，是正式的學分制學位，因此課程設計的遞進及完整性，是相當有指標意義的參考。本計畫參酌相關課程設計，於本計畫課程規劃時加強氣候公平、氣候科學應用等課程比重，令課程完整度能達一定需求及水準。

#### 8. 機場面對氣候變遷的復原力和調適能力（2018）<sup>[19]</sup>

國際機場協會（Airports Council International, ACI）於本報告指出，機

場是商業、複合運輸的交會處及從業人員的工作節點，也是所服務區域和國家基礎設施的重要組成。機場有眾多利害關係人和使用者，基礎設施和營運必須具有高水準的可用性、可靠性和彈性，因此在業務連續性計畫必須將短期和長期預期的氣候變遷對持續服務的脆弱性納入考量。

氣候變遷調適和復原力工作應包括安全的營運考慮，以及對機場營運的法律、環境、財務和商業影響。只有全面的氣候變遷風險管理策略才能確保營運的連續性、獲利能力和資產價值。部分機場已經見證了投資環境的逐步變化，投資者也會根據氣候相關財務揭露工作小組（TCFD）建議的框架來評估與氣候變遷相關的風險和機會。

ACI 建議機場應考慮：

- (1) 在製定總體規劃時考慮氣候變遷的潛在影響。
- (2) 對其營運程序和現有基礎設施進行更惡劣天氣事件和氣候變遷的風險或嚴重性評估。
- (3) 根據風險/關鍵性評估以及整體業務連續性計畫和應急計畫，在早期階段製定並納入行動。
- (4) 規劃和開發與機場工作人員和航空利益相關者的有效溝通管道，包括航空公司、空中導航服務提供者、機場外服務提供者、學術界、社區和負責天氣監測、氣候分析和災害管理的政府單位。

本報告從海平面上升、溫度變化、改變結冰條件、暴風強度增加、降雨量變化、風向變化及沙漠化等 7 個氣候壓力因子，分別檢視以下機場設施及營運：

#### (1) 基礎設施

##### ① 機場（包括跑道、滑行道和停機坪）

路面結構的損壞與劣化

路面惡化（並分解成異物碎片）

路面污染增加（雪、冰、水）

排水及徑流系統能力

電氣系統（包括照明和標示）

##### ② 航廈和陸側基礎設施

地面通道、流通、裝載和停車受阻

建築物、構築物損壞

地基被破壞

③ 支援設施、助航設備、燃料儲存及其他

設施設備老化

導航訊號失真和衛星覆蓋

增加維修、修理和大修

電氣系統故障/短路/尖峰

火災風險增加（噴射燃料的閃點約為 100°F/38°C）

(2) 服務、存取、維護和操作

① 飛機操作

由於在較高氣溫升力和推力減少，需要增加跑道長度

爬升率降低，油耗增加

需要改變飛行航跡（進場航線、降落、起飛）

紊流較大

能見度降低

對飛機造成損壞的可能性（結構、航空電子設備等）

更多的維修、修理和檢修

除冰需求

② 空中/地面導航控制

能見度降低（視覺和訊號視線問題）

通訊系統故障的程度增加

③ 野生動物危害管理

生態系、野生動物和野生動物誘引劑分佈的變化

野生動物攻擊的風險增加

④ 緊急管理

與天氣相關的緊急狀況

使用機場做為避難所或救援行動的樞紐

⑤ 其他營運方面

乾旱導致可用水量減少  
暖氣、通風和空調需求和持續時間增加  
延誤和航班取消

⑥ 環境管理

噪音排放模式改變，投訴增加  
生態系的變化與相關風險  
空氣品質下降

⑦ 人員和乘客

熱力衰竭的風險  
旅遊格局的變化  
傳染病和流行病風險

以上項目對機場應用於我國兩階段調適推動框架中第一個階段「辨識氣候風險與調適缺口」極有助益，可從以上項目篩選所有潛在風險的項目，進行本階段界定範疇、檢視現況、評估風險等3構面工作。

## 9. 鐵路調適-適應未來的鐵路 (2017) [20]

本報告是國際鐵路聯盟(UIC)制定的框架性文件，其內容闡述氣候變遷的背景、所面臨的問題、應對調適挑戰的策略和工具包，也透過案例研究展示世界不同地區的鐵路如何適應不斷變化的氣候和極端天氣。

本報告提供鐵路以外其他領域在氣候風險管理，以及世界各地工程師、操作員和規劃人員的不同經驗改編的技術和工具，目的在幫助資產管理者、鐵路營運商、機車車輛工程師、情境規劃人員和許多其他人應對不同的調適挑戰。

報告指出，鐵路系統若欲被認定為「已完成調適」，需具備以下4項關鍵條件：

- (1) 本身具有調適性的組織營運，並將調適能力融入其所有職能，而不僅僅是資產管理。
- (2) 了解影響鐵路的當前和未來天氣狀況的範圍，並制定營運和管理策略，使其能夠應對天氣挑戰。

(3) 了解氣候變遷如何隨著時間的推移影響營運條件的範圍，並至少以與影響它的氣候相同的速度發展其營運和管理策略。

(4) 將調適氣候變遷做為一切照舊方案的一部分，以便調適成本對財務表現僅產生邊際影響。

本報告並提供管理極端天氣事件對鐵路運輸影響的一般建議和指南（如表 2.1-3），對軌道運輸調適提供包含設施、車輛、營運、員工、資訊、立法等全面性的調適建議與指引。

表 2.1-3 管理極端天氣事件對鐵路運輸影響的一般建議和指引

領域	長期準備	極端事件管理
天氣預報	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 與天氣預報提供者合作</li> <li>● 在需要的地方安裝當地天氣預報系統</li> <li>● 建立氣象閾值和行動觸發因素，並參考資產狀況資料庫進行本地調整</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 使用天氣預報系統來確定可能受影響最嚴重的區域，並部署設備、人員和應變準備</li> </ul>
車輛	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 評估車輛對過去事件中觀察到的特定天氣類型的脆弱性</li> <li>● 調整車輛並增強韌性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 為車輛配備適合天氣的額外設備（例如除雪機）</li> <li>● 加熱/冷卻/清潔/覆蓋車輛以確保其處於運作狀態</li> <li>● 檢查車輛是否有與天氣相關的問題（例如聯軸器、轉向架和車門結冰）</li> </ul>
基礎設施	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 評估先前活動中發現的與天氣相關的基礎設施問題</li> <li>● 維護資產狀況資料庫並與天氣預報整合</li> <li>● 建置備援與緊急應變機制（如過路卡車、備用轉轍器及對向車道調度作業）</li> <li>● 定期清理軌道與電車線周邊區域，移除危險物體與過度生長之植被</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 檢查基礎設施是否有潛在故障顯（例如排水堵塞、開關凍結、不安全的物品）</li> <li>● 預先整備基礎設施並進行緊急維護（例如排水堵塞）</li> <li>● 部署應變團隊監控高風險基礎設施（例如懸鏈線、排水系統、軌道）</li> <li>● 清除軌道上堵塞軌道或損壞電車線的碎片和異物</li> </ul>

表 2.1-3 管理極端天氣事件對鐵路運輸影響的一般建議和指引 (續 1)

領域	長期準備	極端事件管理
裝置	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 規劃應對各類當地災害風險所需之應變設備 (如泵浦、除冰機、旋轉除雪機、可移動水壩、起重機)</li> <li>● 檢查應變設備與備品之可用性</li> <li>● 建立設備與備件之後勤支援計畫</li> <li>● 確保具備柴油引擎做為替代牽引動力來源，並預先簽訂緊急使用合約</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 檢查設備的可用性和功能</li> <li>● 將設備和人員集中在受影響最嚴重的地區</li> <li>● 在需要的地方提供備用零件</li> <li>● 部署柴油引擎和驅動器，以防電力系統損壞</li> </ul>
營運	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 預先擬定緊急應變計畫與營運調整時程表 (包含改道行駛、列車提前折返及限速行駛等措施)</li> <li>● 建立緊急通報機制</li> <li>● 規劃替代公車運輸策略，包含替代車站設置、駕駛人員訓練及簽訂框架合約等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 實施緊急速度限制</li> <li>● 視需要制定特殊時間表</li> <li>● 必要時中斷或停止操作</li> <li>● 必要時提供更換服務</li> </ul>
資訊	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 建置多元乘客服務資訊系統 (如線上即時資訊、資訊顯示設備)</li> <li>● 整合不同類型的資產監控資料庫</li> <li>● 提高氣候變遷適應意識</li> <li>● 加強區域和國際良好實務交流</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 提供乘客即時資訊 (例如網路、行動數據和傳單和廣告看板等傳統格式)</li> <li>● 與重要機構保持溝通</li> <li>● 讓工作人員隨時了解狀況，以便將最新資訊傳達給乘客</li> </ul>
合作	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 與消防隊和其他緊急服務部門一起規劃和準備緊急情況</li> <li>● 與氣象服務部門合作繪製災害、脆弱性和風險圖</li> <li>● 促進企業和機構之間的合作</li> <li>● 促進公共和私營機構的縱向和橫向合作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 與當地緊急服務部門合作</li> <li>● 安裝公共控制和指導中心，包括鐵路和緊急服務</li> </ul>
員工	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 辦理事件發生與異常操作情境之故障排除與資訊通報培訓</li> <li>● 建立責任明確之在地故障排除團隊</li> <li>● 定期演練針對惡劣天氣之緊急應變計畫 (含緊急維修工作)</li> <li>● 與地方緊急應變機關共同舉辦聯合演訓</li> <li>● 確定協調工作的人員/團體</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 預先整備緊急應變小組</li> <li>● 依據災害類型與所需專業，將人員機動部署至應變現場</li> <li>● 部署專業人員進行特殊設備的維修與處理</li> </ul>

表 2.1-3 管理極端天氣事件對鐵路運輸影響的一般建議和指引 (續 2)

領域	長期準備	極端事件管理
立法	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 與地方或中央政府協調並明確優先事項與最低服務標準，以確保在災害或緊急情況下，關鍵運輸服務可持續運作最長時間，並於中斷後儘速恢復營運</li> <li>● 就備災行動之預算範圍、額外資源緩衝及系統韌性提升等事項達成共識</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 與主管機關保持密切聯繫，並依據既有協議內容執行相關行動</li> </ul>
<p>事件發生後應採取的行動：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 恢復正常運作</li> <li>● 評估基礎設施、車輛和建築物的損壞</li> <li>● 評估應對措施的有效性</li> <li>● 根據經驗教訓進行調整/加強</li> </ul>		

資料來源：RAIL ADAPT Adapting the railway for the future, 2017

#### 10. 港口和內陸水道的氣候變遷調適規劃技術指引 (2020) [21]

隨著全球氣候變遷加劇，世界各地的港口與水道正面臨氣溫與水溫上升、海平面上升，以及季節性降水與風浪條件變異等挑戰。極端天氣事件（如風暴、熱浪與乾旱）發生的頻率與強度亦持續上升，對商業營運、安全維護與基礎設施造成重大衝擊，並對地方、國家乃至全球經濟體系構成嚴峻風險。水路運輸基礎設施將因此面臨嚴重的不利影響。港口與航道經營者亟需採取緊急且前瞻性的調適行動，強化系統之抵禦能力與適應能力，以確保運輸鏈的韌性與長期穩定性。

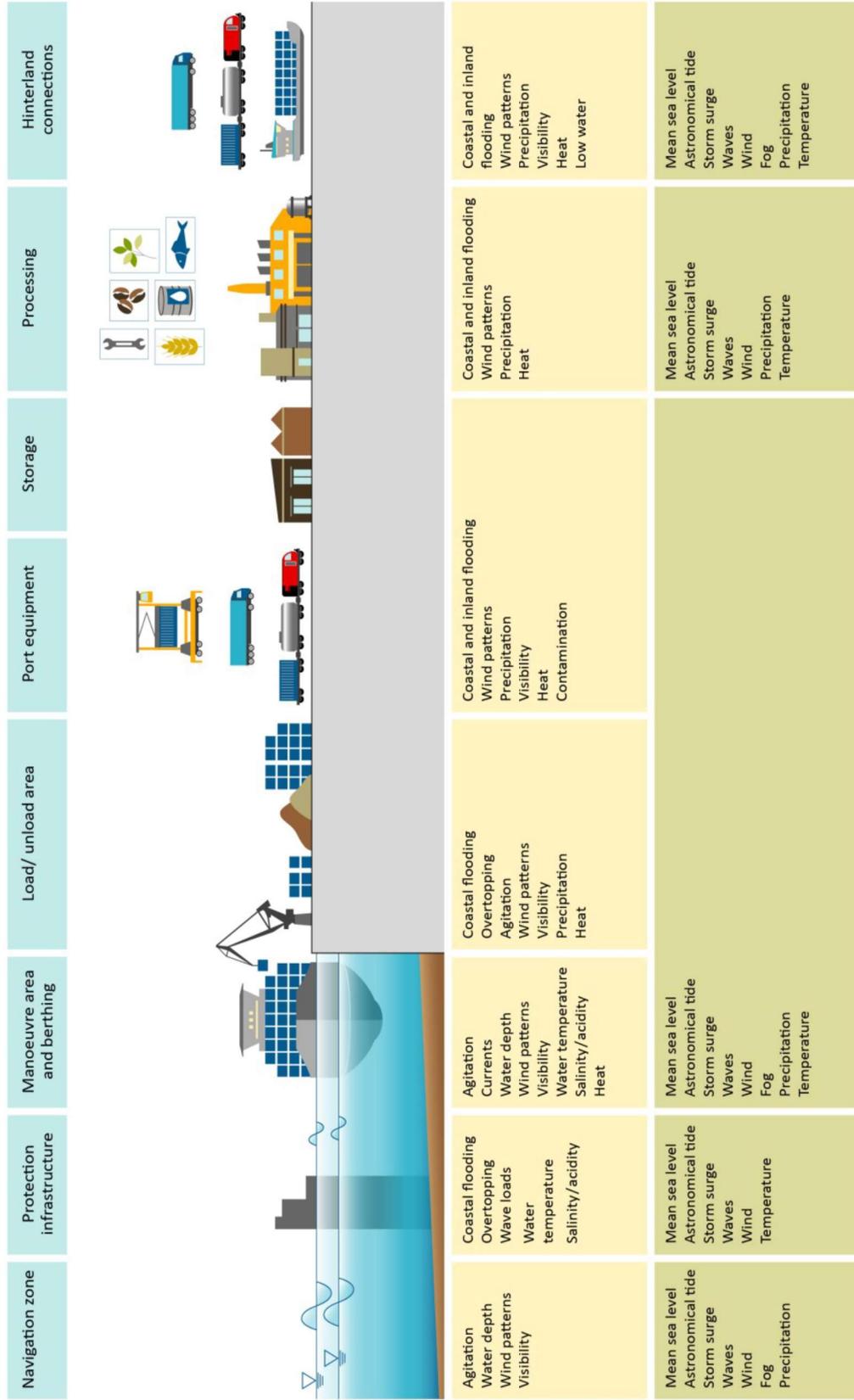
本指引由世界水運基礎設施協會（World Association for Waterborne Transport Infrastructure, PIANC）第 178 工作小組的國際專家共同編撰，旨在說明氣候變遷對港口與水道可能造成之影響，並提出港口與水道業者在因應氣候風險過程中所需面對的關鍵挑戰與調適方向，做為推動韌性強化與永續發展之重要參考依據。

本指引提出一套由四個階段組成的方法框架，以協助港口與航道的資產所有者與營運單位制定提升氣候韌性的行動計畫：

- (1) 第一階段釐清氣候變遷將如何影響現有資產、營運與系統運作，並界定應參與調適規劃的相關單位與利害關係人。

- (2) 第二階段確認擬定調適策略所需的氣候相關資訊類型，並說明運用氣候變遷「情境」可如何協助掌握未來可能的變化範圍與不確定性。
- (3) 第三階段評估水運基礎設施資產、營運與系統對氣候變遷的脆弱性，並進行風險分析，以辨識高風險區位與優先調適需求。
- (4) 第四階段提出制定調適策略與行動計畫時，應納入的潛在措施組合，涵蓋結構性、操作性及制度性等層面。

本指引彙整了 16 個國際良好實踐案例研究，做為港口與航道部門推動氣候變遷調適之參考，並提供多種資料蒐集與紀錄保存範本。圖 2.1.8 為氣候參數變化在港口可能導致的影響圖例。



資料來源：PIANC, CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLANNING FOR PORTS AND INLAND WATERWAYS, 2020,

圖 2.1.8 氣候參數變化在港口可能導致的影響圖例

本指引採用基於閾值（threshold-based）的方法來定義港埠風險指標。設計和營運閾值，或其他可接受風險指標，是氣候變遷調適規劃的重要賦能要素。閾值衡量的是氣候相關參數或流程的變化在何種程度上可能造成損害，損害資產的完整性，導致營運中斷（例如特定設施的暫時關閉），或對安全、業務或環境造成其他影響。

識別資產、營運或系統何時接近特定閾值，有助判斷其相對敏感性，而超過該閾值通常意味著預期影響的發生。因此，閾值被視為重要的風險指標。常見的閾值包括最大風速、最高或最低溫度與濕度、水深或洪水深度、有效波高等物理氣候參數；此外，經濟與財務相關的閾值亦可能納入考量。例如，港口與航道管理部門可能已針對僱用承包商執行維護、疏浚或植被清理，或購置必要設備並培訓操作人員的成本效益進行評估。隨著氣候變遷的影響，這些評估結果可能發生變化，進而影響調適策略的選擇與資源配置。

閾值數據可來自多種來源或加以匯整，包括設計文件、設備或工廠手冊、標準損傷曲線、健康與安全法規或協議，以及專家知識與實務經驗等。例如，不同品牌與型號的起重機，其製造商會依據設備配置訂定相應的風速作業限制，做為安全運作的關鍵閾值依據。

定義可接受風險水平除需考量超出操作閾值可能產生的影響外，港口或航道管理組織通常會依據預先設定的參考風險等級做為判斷標準。例如，企業政策可能要求針對具有特定重現期的氣候事件提供相應保護措施。可接受的殘餘風險等級取決於多項因素，包括對歷史事件的深入理解與評估。許多國家基於過去事件的分析和專家判斷，已制定洪水深度與損害關係曲線。國際組織亦積極推動相關研究，如歐盟委員會發佈的全球洪水深度損害函數，即為此類重要參考資料。這些資訊可做為組織缺乏特定操作閾值時，評估與定義可接受風險水平的依據。

超出閾值的範例可能包括以下情況：

- (1) 根據所分析的多種氣候變遷情境，預期風速將超過起重機製造商建議的操作限制，或對船舶停泊能力造成不利影響。
- (2) 在更嚴重的情況下，例如淹水情況及相關故障風險，將超出設計標準或洪水深度損害曲線。

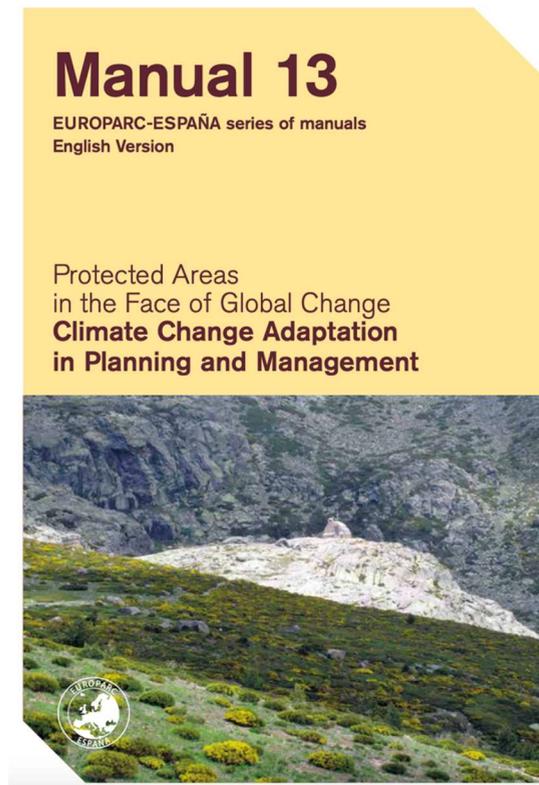
- (3) 預計季節性降雨量減少，可能導致未來 20 年內水位下降至內陸水域安全航行所需的最低深度以下。
- (4) 預測未來 25 年內極端波峰水位可能達到上層建築或甲板高度，造成電力負荷出現階段性變化。
- (5) 某些水位變化可能影響船舶停泊可行性，例如渡輪因連接跨距或坡道設計而受限。
- (6) 預期冬季波浪條件或海況惡化，將使某些領航作業大部分時間變得不安全，或超過海上疏浚物處置場的安全閾值。
- (7) 預計起霧頻率增加，可能在未來 10 年內導致符合港口安全規範的船員數量不足。
- (8) 季節性降雨變化可能使預期洪水深度在 30 年內阻礙車輛安全進入部分港區場地。
- (9) 預測極端最高或最低溫度及高濕度，將損害港口及航道人員健康安全，影響敏感貨物裝卸與儲存，或超出某些設備的操作限制。
- (10) 由於冷卻設備能源成本在未來 10 年內上升，熱浪頻率及強度增加將對營運產生不利影響。
- (11) 預期溫暖水域植被生長加速，可能需增加割草頻率，且經濟評估顯示購買割草設備較租用更為划算。

## 2.2 氣候變遷調適知識本

本計畫蒐集國內外不同類型的手冊和知識本，做為運輸系統因應氣候變遷調適知識本編撰之參考，相關文獻資料蒐集研析說明如下。

1. 西班牙的「手冊 13 面對全球變遷的保護區-氣候變遷調適的規劃及管理」  
(Protected Areas in the Face of Global Change. Climate Change Adaptation in Planning and Management.) [22]

西班牙針對生態保護區所制定的氣候變遷調適手冊（如圖 2.2.1），手冊架構包含前言、摘要、資料蒐集方法、全球變遷及氣候變遷概述、氣候變遷調適策略及政策、生態保護區調適的重要性及作為、生態保護區的氣候變遷調適規劃、氣候變遷調適措施、最終考慮因素和對未來的展望、參考文獻和附錄（如圖 2.2.2）。



資料來源：[https://redeuroparc.org/wp-content/uploads/2022/03/manual13\\_eng.pdf](https://redeuroparc.org/wp-content/uploads/2022/03/manual13_eng.pdf)

圖 2.2.1 西班牙生態保護區的氣候變遷調適規劃及管理指引手冊

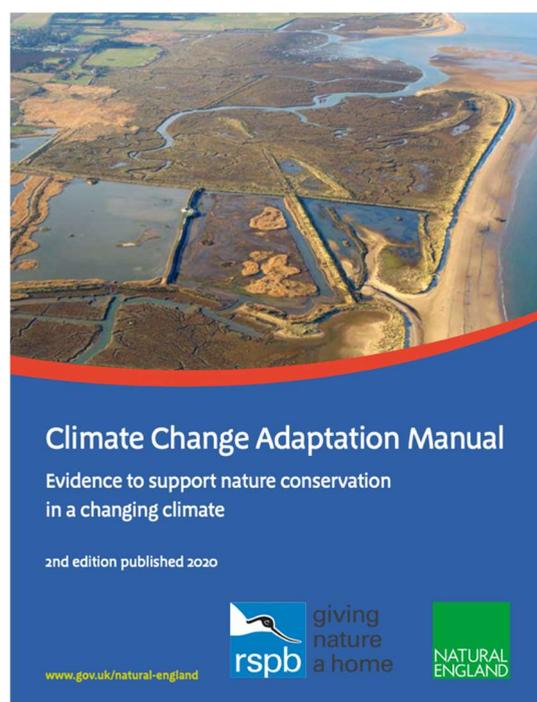
<b>Índice</b>	
7	<b>Foreword</b>
17	<b>1 Executive Summary</b>
21	<b>2 Presentation</b>
22	2.1 Methodology
26	<b>3 Global Change and Climate Change</b>
25	3.1 Global Change
26	3.2 Components of Climate Change
28	3.3 Impact of Climate Change on Biodiversity
31	3.4 The Role of Protected Areas in the Face of Climate Change
37	<b>4 Adaptation to Climate Change</b>
37	4.1 Strategies Against Climate Change
39	4.2 Adaptation to Climate Change on the International Agenda
41	4.3 Adaptation to Climate Change in European Policies
42	4.4 Adaptation to Climate Change in Spanish Policies
47	<b>5 Adaptation in Protected Areas</b>
47	5.1 How Important Is Adaptation in Protected Areas?
48	5.2 What Kind of Adaptation Makes Sense in Protected Areas?
48	5.3 General Criteria for Adaptation to Climate Change in Protected Areas
63	<b>6 Adaptation to Climate Change in Planning for Protected Areas</b>
63	6.1 Planning in A Changing Environment.Cascade Planning
64	6.2 Adaptation within the Management Cycle
67	6.3 Criteria for Incorporating Adaptation in the Design of Management Plans
83	<b>7 Adaptation Measures</b>
86	7.1 Characteristics of Adaptation Measures
83	7.2 Adaptation Measures in Protected Areas
84	7.3 Types of Adaptation Measures
95	<b>8 Final Considerations and Perspectives for the Future</b>
99	<b>9 References</b>
107	<b>10 Annex</b>

資料來源：[https://redeuroparc.org/wp-content/uploads/2022/03/manual13\\_eng.pdf](https://redeuroparc.org/wp-content/uploads/2022/03/manual13_eng.pdf)

圖 2.2.2 西班牙手冊之目錄及其架構

## 2. 英國的「氣候變遷調適手冊」(Climate Change Adaptation Manual) [23]

英國的氣候變遷調適手冊(如圖 2.2.3)，先說明英國自然環境面臨的氣候變遷影響，並闡述調適的基本原則、脆弱性評估方法與調適行動規劃程序。第二部分針對不同的棲息地，分析氣候變遷潛在的影響，並提出具體的調適作為。第三部分則著重於物種層級，說明不同生物對氣候變遷的敏感度與脆弱性，並評估其受衝擊的程度與可行的調適策略。隨後章節討論綠色基礎建設及地質與地形所面臨的氣候風險，第六部分則探討交通與休閒活動如何受到氣候變遷影響，在交通面向中，手冊列舉可能造成影響的氣候因子，並提出具潛力的調適措施，同時說明相關的法律與政策規範。最後，手冊彙整生態系統層級的氣候變遷影響綜述，並附有專有名詞解釋(如圖 2.2.4)。



資料來源：<https://publications.naturalengland.org.uk/publication/5679197848862720>

圖 2.2.3 英國氣候變遷調適手冊

# Contents

Part 1: Background information and key concepts 7

Part 2: Habitats 50

Part 3: Species 264

Part 4: Green infrastructure and climate change 484

Part 5: Geology and geomorphology 517

Part 6: Access and recreation 536

Part 7: Ecosystem Services and climate change 564

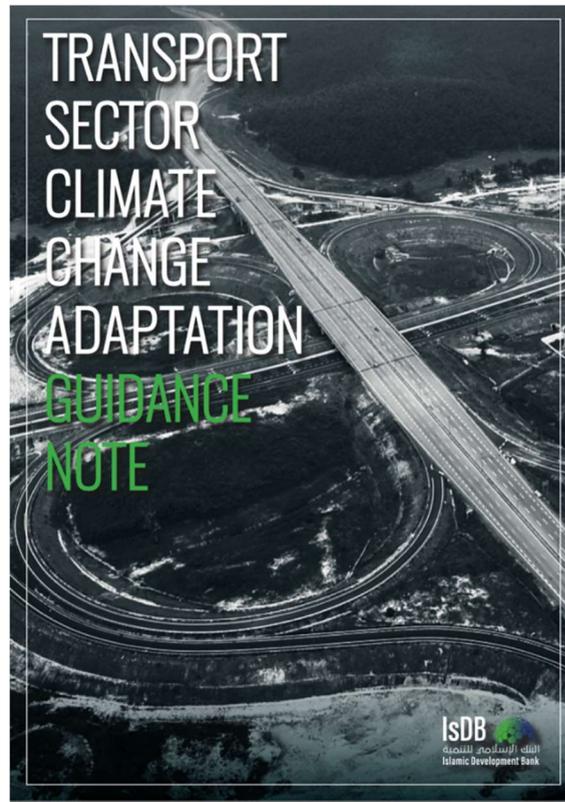
Part 8: Glossary 577

資料來源：<https://publications.naturalengland.org.uk/publication/5679197848862720>

圖 2.2.4 英國氣候變遷調適手冊之目錄

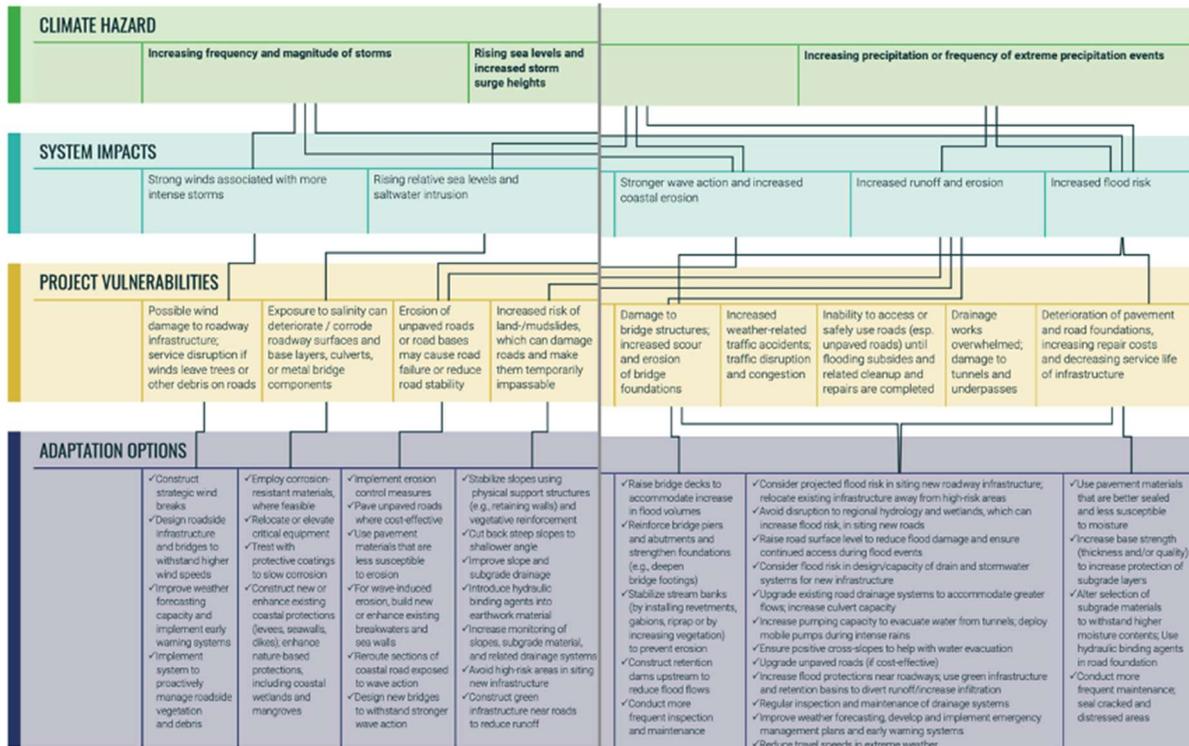
### 3. 伊斯蘭開發銀行的「運輸部門氣候變遷調適指引說明」(Transport Sector Climate Change Adaptation Guidance Note) [24]

此運輸部門指引說明(如圖 2.2.5),由世界資源研究所(World Resources Institute, WRI)為伊斯蘭開發銀行(Islamic Development Bank, IsDB)編寫,以使 IsDB 專案團隊能夠將氣候風險資訊納入交通運輸相關專案設計樓程中。本說明首先簡要介紹 IsDB 營運地區的預期氣候變遷趨勢背景及其對交通運輸部門可能造成的影響,接著描述管理氣候變遷風險所需的步驟,包括氣候風險篩檢、衝擊與調適評估,最終進入調適計畫之規劃與執行。後續進一步針對不同運輸系統,說明其可能面臨的氣候影響、系統脆弱性,以及調適計畫的設計與推動過程(如圖 2.2.6),最後提出評估調適計畫的方法,並以案例研究做為結論,展示實際的案例。



資料來源：<https://www.isdb.org/sites/default/files/media/documents/2021-01/IsDB-Transport-Note.pdf>

圖 2.2.5 伊斯蘭開發銀行的運輸部門氣候變遷調適指引說明



資料來源：<https://www.isdb.org/sites/default/files/media/documents/2021-01/IsDB-Transport-Note.pdf>

圖 2.2.5 指引說明中針對道路系統的決策樹

#### 4. 交通部「氣候變遷調適政策研討－運輸系統」簡報

110年9月張景森政委曾邀請交通部一同討論運輸系統相關的氣候變遷調適政策，簡報內容包括氣候變遷趨勢、全球暖化的因應及國際調適趨勢、我國調適的推動工作、運輸系統因應氣候變遷調適策略規劃、後續推動建議等。簡報內容為我國的現況及規劃，大部分內容適合放入本計畫的氣候變遷調適知識本，提供給交通部執行調適業務的人員了解及參考，且簡報多已精簡、圖文並茂可以快速製作成知識本。仍需注意法規部分已有更新，故簡報內容須全盤檢視、更新。

#### 5. 國家科學及技術委員會與環境部共同發布的「國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適」<sup>[11]</sup>

此報告為國家科學及技術委員會與環境部共同發布（如圖 2.2.7），以氣候變遷科學、衝擊與調適為主，共分五章；前三章以氣候變遷科學趨勢以及未來推估為主，後兩章內容以衝擊與調適為主軸。第一章說明全球與東亞的氣候變遷；第二、三章分別描繪臺灣氣候變遷趨勢與未來推估；第四章彙編氣候變遷對水領域、坡地、海岸、糧食生產與安全、生態、人類健康、城鄉規劃等議題之衝擊資訊；第五章則說明氣候變遷風險與調適架構之科學論述與知識方法學。



資料來源：<https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ScientificReport2024/>

圖 2.2.7 國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適

## 6. 本所調適相關成果報告

本所歷年辦理運輸調適相關研究計畫並有成果報告，內容皆值得參考納入，如 2022 年出版之「公路系統規劃階段強化調適能力之探討 (1/2)」成果報告、2024 年出版之「公路系統規劃階段強化調適能力之探討 (2/2)-強化調適能力作為與指引」成果報告，以及 112 年執行之「建構運輸管理機關(構)之調適專業能力 (1/2)－課題研析及課程規劃」成果報告等，包含運輸系統調適策略、風險評估步驟等內容，都將評估納入本計畫知識本，提供相關調適知識予運輸相關人員了解。

## 2.3 氣候變遷調適人才培育機制

### 1. 國內法規

依目前公務人員人才培育相關法令，有訓練及終身學習兩種管道可推動氣候變遷調適人才培育機制。

「公務人員訓練進修法」公務人員的訓練包含公務人員考試錄取人員訓練、升任官等訓練、高階公務人員中長期發展性訓練、行政中立訓練、公務人員專業訓練、一般管理訓練、進用初任公務人員訓練等。該法之施行細則進一步規定：「本法所稱訓練，指為因應業務需要，提升公務人員工作效能，由各機關（構）學校提供現職或未來職務所需知識與技能之過程。」這些訓練內容皆是以增加工作所需的知識、技能，使人員更符合機關單位、所任職位的需求。這些訓練的目的性強烈，為即時性的需求而設；亦即人員為了因應職位、升遷、工作內容等需求所設的訓練。這樣的訓練多為短期，且多半與長期的個人或組織需求沒有連結，氣候變遷調適人才的訓練應屬這類性質。

從訓練進修法第 8 條內容來看，公務人員的進修分為入學進修、選修學分及專題研究。方法包含：

- (1) 國內外專科以上學校入學進修或選修學分
- (2) 國內外機關（構）學校專題研究
- (3) 國內外其他機關（構）進修

訓練進修法施行細則第 3 條更明確指出：「本法所稱進修，指為配合組織發展或促進個人自我發展，由各機關（構）學校選送或由公務人員自行申請參加學術或其他機關（構）學校學習或研究，以增進學識及汲取經驗之過程。」訓練進修法及其施行細則所言之學習場域明確，且有完善評估機制、多透過專科以上學校或訓練機構進行。這是將氣候變遷調適人才訓練機制委託外部機關（構）學校實施可參考的方式之一。

此外，依照訓練進修法施行細則第 24 條規定，我國終身學習制度之推動，各主管機關得主動或協調國內外學術或其他機構，提供以下終身學習措施：

- (1) 建立學習型組織

- (2) 塑造組織終身學習文化
- (3) 結合公私部門辦理有關終身學習活動
- (4) 建立與充實終身學習資源網路
- (5) 其他有關終身學習機會

行政院 2023 年 12 月 26 日函有關公務人員每人每年最低學習時數及業務相關學習時數內涵調整說明，自 2024 年 1 月 1 日起，各機關（構）公務人員每人每年學習時數規定仍聚焦於與業務相關之學習活動，又業務相關學習時數仍維持 20 小時，其內涵如下：

- (1) 其中 10 小時必須完成當前政府重大政策、法定訓練及民主治理價值等課程：
  - ① 當前政府重大政策（1 小時）。
  - ② 環境教育（4 小時）。
  - ③ 民主治理價值課程（5 小時）：性別平等、廉政與服務倫理、人權教育、轉型正義、行政中立、多元族群文化、公民參與等。
- (2) 其餘 10 小時由公務人員自行選讀與業務相關之課程，各機關並得依施政重點、業務需要或同仁職能發展自行規劃辦理相關課程。

終身學習相較於訓練、進修，所涵蓋的學習面向、時間範圍皆更為廣泛。總結來說，終身學習與訓練、進修的概念，有下列 3 項相異之處：

- (1) 目的不同：終身學習不為特定工作、職位而設，學員可以為了職涯規劃參與學習，也可以為了提升生活品質、滿足自身的學習慾望而學習。
- (2) 時間範圍不同：終身學習的時間表涵蓋人的出生到死亡。終身學習非以短期的需求為目標，而是長時間不斷地進行。
- (3) 學習範圍不同：終身學習的範疇可以包含精進專業技能、學習與工作相關的新知，也可以包含與工作無關的各種面向的知識、語言、技能。

因此，根據「精進公務人員終身學習制度之研究」<sup>[26]</sup>，此一由主管機關主動或協調國內外學術或其他機構所建立的終身學習機制，容易使得主管機關所負責之任務繁重，尤其當配合的國內外機構增加，所衍生的資源

整合、協調、檢核問題也隨之增加，也是採用終身學習制推動氣候變遷調適人才培育機制時需考量的事項。

## 2. 國際組織

在國際氣候變遷能力建構方面，巴黎能力建構委員會（Paris Committee on Capacity-building, PCCB）於 2015 年在 COP 21 會議上成立，旨在回應發展中國家於實施及強化氣候變遷能力建構過程中所面臨的現有與新興差距及需求。2019 年締約國決定 PCCB 也應為「巴黎協定」服務。PCCB 的核心目標在於辨識能力差距與需求，並提出潛在解決方案，包括加強與氣候變遷相關的能力建構工作的一致性和協調性。PCCB 積極促進各級（地方、國家、區域和全球）利害關係人之間的合作，加強網絡和夥伴關係，以增強協同交流並促進知識和經驗共享。透過其能力建構平台和通訊工具，PCCB 促進資訊和知識的獲取，促進氣候行動的推展，並持續追蹤能力建構成效，以確保各國隨著時間的推移不斷改進。

PCCB 於 2019 年發布的一份技術文件證實，所有國家都繼續面臨體制、技術和財務能力障礙，各國需求的範圍和規模以及解決這些需求的能力存在顯著差異。該技術文件建議開發一個工具包，為發展中國家締約方評估與實施「巴黎協定」相關的能力差距和需求提供資訊。

PCCB 2022 年出版「PCCB 工具包—評估能力建構差距和實施「巴黎協定」的需求」<sup>[19]</sup>非常值得參考。其目的是為發展中國家政府官員及其執行夥伴提供資源，用以評估相關能力需求及差距。該工具包包含多項已成功採行的實務方法範例，並連結「聯合國氣候變化綱要公約」能力建構資訊平台及其他線上資源，鼓勵各國持續發展能力建構作為。

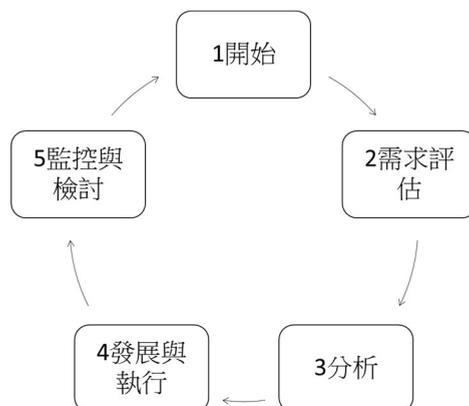
PCCB 能力建構工具包提供可採取行動範例，從技術援助/基礎設施、個人訓練和教育、個人、特定工作的學習過程及小組、特定工作的學習過程分別列舉可採取之能力建構行動，如表 2.3-1 所示。

表 2.3-1 能力建構可採取行動範例

技術援助、設備、基礎設施、連結性	個人訓練和教育	個人、特定工作的學習過程	小組、特定工作的學習過程
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 短期及長期技術援助(安排顧問、顧問、資源人力)</li> <li>● 招募</li> <li>● 從建築物到辦公桌及電腦等一切資源</li> <li>● 軟體、訓練教材</li> <li>● 網路連線/購買寬頻</li> <li>● 根據國際標準對設備進行校準和認證</li> <li>● 取得研究資料和報告</li> <li>● 提供進修和培訓獎勵/獎學金</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 特定學科的、以科技為基礎的培訓</li> <li>● 高等教育(學位、證書、非證書[包括通過獎學金])</li> <li>● 非認證培訓(內部課程和外部課程)</li> <li>● 透過手冊/文本自學</li> <li>● 遠距教學</li> <li>● 方法同上,但適用於管理、行政、領導和創業精神等議題</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 結構化的在職訓練(通常教導人們完成設定的任務)</li> <li>● 輔導(透過提出有效的問題以協助解決其問題)</li> <li>● 指導(協助解決其職務上的問題;為職業發展提供指導和支持)</li> <li>● 在職學徒/實習</li> <li>● 培訓他人/培訓種子教師</li> <li>● 領導力/樹立適當行為榜樣</li> <li>● 研究助理、實地實習、研討會和會議</li> <li>● 培訓與規劃工作坊</li> <li>● 分享知識與交流的會議</li> <li>● 展現成果、獲取知識和建立聯繫的會議</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 透過促進解決問題進行團隊學習</li> <li>● 工作安排/工作輪換</li> <li>● 流程審查</li> <li>● 組織審查</li> <li>● 制定任務回應「模板」,例如常規任務清單、常見詢問的標準答案、常見文件範例</li> <li>● 進行先導試驗 ( pilot testing ) 測試新想法</li> <li>● 遊學</li> <li>● 互訪</li> </ul>

資料來源：PCCB TOOLKIT, to assess capacity building gaps and needs to implement the Paris Agreement, 2022

在執行能力建構時，也應採如圖 2.3.1 評估、分析、執行及監控檢討的循環方式執行，以確保執行成果逐步提升。



資料來源：本計畫繪製

圖 2.3.1 能力建構執行循環圖

以上能力建構行動非常詳盡外，其分類方式也提供人才培育機制規劃一個很好的指引，可從基礎設施、個人及組織或特定工作分別進行規劃。

## 2.4 小結

### 1. 國內外與運輸調適課程相關資訊

因應國際氣候變遷調適趨勢發展，第 28 屆締約方會議（COP28）決議從地方至全球層級加速調適行動，並通過「阿聯全球氣候韌性綱要」。而在第 60 屆附屬機構會議（SB60）中，針對全球調適目標（Global Goal on Adaptation, GGA）之協商，聚焦於「調適指標開發」，提出五種不同的指標設計選項，討論如何運用既有指標反映調適進展並加以調整應對。

在國內方面，2023 年 5 月，國家科學及技術委員會與環境部共同發布「國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適」，針對氣候變遷推估情境提供一致性參考依據，做為各部會研擬調適行動方案的基礎。同年 11 月，行政院核定「國家因應氣候變遷行動綱領」，參酌「聯合國氣候變化綱要公約」及相關協議，呼應國際氣候倡議，強調減緩與調適並重，將「2050 淨零排放」納入國家願景，並新增「公正轉型」、「風險評估」、「以自然為本」等基本原則。隨後，環境部於 2023 年 12 月修正發布「氣候變遷因應法施行細則」，增列中央與地方主管機關權責事項，明訂氣候治理綱領、目標、計畫與方案需納入調適目標原則及資訊公開機制，強化公民參與。「氣候變遷風險評估準則」已於 2025 年 7 月 16 日發布。

綜上所述，因應國內外調適政策發展趨勢，未來調適課程內容應持續更新國際最新進展，並納入施行細則、國家共同情境及規劃工具等基礎知識。此外，國外課程新案例如美國哥倫比亞大學設立之氣候變遷調適碩士學程，所涵蓋之核心與選修課程提供完整的氣候變遷知識架構，內容橫跨調適、量化分析、應用實作與減緩等領域，對於我國氣候變遷調適課程之設計具高度參考價值。

### 2. 氣候變遷調適知識本

本計畫蒐集並彙整多種類型之國內外手冊與知識本，做為編撰氣候變遷調適知識本的重要參考資料。主要包括西班牙的「手冊 13 面對全球變

遷的保護區-氣候變遷調適的規劃及管理」、英國「氣候變遷調適手冊」、伊斯蘭開發銀行的「運輸部門氣候變遷調適指引說明」及本所相關成果報告，彙整其中值得納入知識本資料。

### 3. 氣候變遷調適人才培育機制

依據現行公務人員人才培育相關法規，氣候變遷調適人才可透過「在職訓練」與「終身學習」兩大管道進行培育。隨著參與國內外機構數量日增，若採終身學習制度推動調適能力建構，則需同步關注資源整合、課程協調與品質檢核等衍生問題，為後續推動所必須考量之關鍵要素。

在國際經驗方面，巴黎能力建構委員會（Paris Committee on Capacity-building, PCCB）所提出的「能力建構工具包」提供具體且多元的行動範例，涵蓋技術援助與基礎設施建設、個人訓練與教育、特定職務或小組的工作型學習等面向，內容詳盡且實務性高。此工具包可做為我國建立氣候變遷調適人才培育機制的重要參考，並有助於分別從基礎設施、個人與組織（或特定職務）等層級，發展具體且系統性的能力建構策略與行動方案。



## 第三章 滾動檢討及辦理運輸調適專業課程

本計畫第 1 年期（112 年）已完成運輸調適專業知識課程規劃，並辦理 12 小時課程。為精進課程規劃，113 年度持續蒐集國內外氣候變遷調適趨勢、相關課程/教材、國內法令及相關作業規定，研析國內外可應用運輸調適相關資訊，並研析 112 年課程辦理成效及學員之回饋意見，完成初步調適課程規劃檢討後，辦理專家學者座談會邀請調適與運輸專家學者提供建議，以完成運輸調適專業課程規劃滾動檢討。

### 3.1 彙析文獻資料及意見回饋與課程規劃關聯性

為持續滾動檢討運輸部門氣候變遷調適專業課程之內容與設計，本計畫彙整並分析蒐集之相關文獻資料、112 年度問卷與深度訪談結果、學員課後意見回饋，以及專家學者座談會所提建議，做為課程規劃修正與優化之依據。本節將說明各類資料之參採情形，並釐清其與課程規劃之關聯性。

#### 3.1.1 文獻資料與課程規劃關聯性

本計畫參考多項國內外與運輸調適課程相關之文獻資料與研究成果，包含國際重要政策發展、各國部門調適策略、國內政策法規進展，以及氣候調適課程與培力工具等，做為課程規劃滾動檢討之參考。

##### 1. 國內外氣候變遷調適趨勢

###### (1) 將氣候調適內容納入體制框架中

IPCC AR6 第二工作小組（WGII）指出，建立明確的體制架構、健全法規制度、運用政策工具等，是推動氣候調適行動得以落實與擴大的關鍵賦能條件。為有效應對氣候變遷挑戰，法國成立專責工作小組，負責定義氣候變遷情境、研析交通基礎設施受影響標準，並審查數百項相關資料，以更新氣候預測資料與適用指標；由於氣候預報能力仍有侷限，該小組亦持續滾動修正相關標準與規範。

美國交通部則於其氣候行動計畫中，將氣候變遷納入機關運作、聯邦採購、房地產管理與金融計畫等各領域，並融入撥款與貸款政策、法規指引及採購契約中，確保聯邦資助之交通項目具備氣候韌性。

根據以上國際氣候變遷調適趨勢，將氣候調適納入政府法規和相關標準，有助於將氣候變遷考量融入交通規劃、設計、建設與維護等各階段。

考量交通部及部屬機關（構）應依我國「國家氣候變遷調適行動計畫（112-115年）」之國家氣候變遷調適框架兩階段（「辨識氣候風險與調適缺口」、「調適規劃與行動」）執行，為深化運輸系統調適能力建構，建議於課程規劃中納入「國家法規與政策」相關內容，強化運輸管理機關（構）對調適法規及調適制度脈絡之理解與應用能力。

## (2) 跨部門整合是有效應對氣候變遷的關鍵

各國調適策略普遍強調跨部門整合與協作，以提升調適行動之可行性與效益。例如，生態系統為基礎的調適作為涵蓋城市綠化、水文調控、海岸保護等，需結合環境、交通與都市規劃等領域共同推動。法國與德國均建立跨領域工作平台，整合各部門專家資源以協同解決交通設施與移動性議題；英美等國也強調跨領域解決方案，並納入土地使用、能源與基礎設施依賴性評估，強化整體氣候韌性。

依據我國「氣候變遷因應法」第8條第1項，為推動氣候變遷因應及強化跨域治理，行政院國家永續發展委員會（以下簡稱永續會）應協調、分工、整合國家因應氣候變遷基本方針及重大政策之跨部會氣候變遷因應事務。對運輸主管機關而言，儘管推動跨部門整合非其單獨職責，但須有能力理解並配合跨域合作架構。因此，雖該議題為重要國際趨勢，惟基於實務執行角色，課程中可透過案例引導理解，但不列為獨立模組課程。

## (3) 促進氣候行動的利害關係人合作與脆弱群體參與

IPCC AR6 指出，雖全球調適行動日益增強，社會大眾對氣候風險之認知提升，惟實際調適行動仍與所需程度存在落差，尤以脆

弱群體最為明顯。COP27 氣候高峰會亦呼籲應加強對弱勢群體之關注與支持，確保氣候行動具備公平性與包容性。

以美國交通部為例，其氣候行動計畫明確指出，調適與復原計畫應優先考量最易受氣候衝擊之人群、社區和基礎設施，並強化跨部門、跨區域與跨層級的協作機制。具體作法包括：開發協助內外部利害關係人參與之指引文件、推動社區教育、建立資訊平台，以及確保外部機構易於取得相關資源。

增強脆弱群體應對氣候變遷衝擊的能力，不僅是當前調適發展的重要議題，我國「氣候變遷因應法」第 17 條亦明定，調適政策與措施應納入對脆弱群體、社區及原住民族為本的考量。有鑑於此，規劃新增「運輸系統在氣候變遷調適中的環境正義議題」，以強化運輸管理機關（構）將脆弱群體、環境正義等議題融入交通決策。

#### (4) 2023 年聯合國氣候變化大會（COP28）最新趨勢

2022 年 COP27 會議決定啟動一系列工作計畫，做為衡量氣候變遷影響、風險與脆弱性之指南，並據以規劃國家層級之具體調適行動。各締約方最後達成「夏姆錫克實踐計畫」（Sharm el-Sheikh Implementation Plan）之共識，該共識彙整 COP27 會議主要成果，涵蓋 16 項議題。其中與氣候調適有關的內容包括：

- ① 全球調適行動將持續推動至 COP28，並為全球第一次盤點提供相關資訊。
- ② 締約方同意採取適當的轉型作法，以提高國家的調適力及系統韌性，降低對氣候衝擊的脆弱性。
- ③ 要求已開發國家緊急且顯著增加對發展中國家的氣候調適資金與技術移轉。
- ④ 各國同意設立過渡委員會，於 2023 年 COP28 前提出新的資金安排和其他建議。

2023 年 11 月 30 日至 12 月 12 日，COP28 於阿拉伯聯合大公國（簡稱阿聯）杜拜舉辦，並達成「阿聯共識」，決議通過「阿聯全球氣候韌性綱要」（the United Arab Emirates Framework for Global Climate Resilience），該綱要強調應依據《巴黎協定》第二條規定推

動調適行動，並強調調適應具包容性，兼顧最新科學知識與原住民族的傳統知識體系，以提升整體調適能力與系統韌性，增進人類福祉及恢復自然。

此次會議呼籲在地方至全球各層級加速行動，以實現全球調適目標（Global goal on adaptation, GGA）。締約方就多項具體主題與部門（如水和衛生、糧食和農業、消除貧困、生計保障及基礎設施等）進行協商，並提出「調適週期」做為全球共同的指導架構，訂定具時限的全球調適目標。這個目標框架旨在增強各國應對氣候變遷的抵禦能力各締約方應於 2030 年前完成最新之氣候災害、氣候變遷影響與風險曝露之評估，並據以制定國家層級的調適計畫、政策工具、規劃流程或策略。此部分聚焦於調適行動的執行層面，對本計畫之課程規劃雖無直接影響，惟未來仍應持續關注其所提出之目標與指標發展趨勢，並視需要納入相關課程內容之更新與調整。

## 2. 國內氣候變遷調適法令

對於國內氣候變遷調適法令，除「國家法規與政策」課程已納入課程規劃之外，氣候變遷因應法所涉及議題須納入課程檢討的事項包括：

### (1) 氣候變遷風險評估準則

依我國氣候變遷調適行動計畫（112-115 年），整體推動框架設定區分為「辨識氣候風險與調適缺口」及「調適規劃與行動」等二階段，第一階段包含界定範疇、檢視現況、評估風險等 3 構面，做為調適規劃與行動之依據，若經辨識無調適缺口，第二階段不予執行，因此風險評估工做為氣候變遷調適的基礎與關鍵性工作。

依據我國「氣候變遷因應法」第 18 條第 3 項，氣候變遷風險評估作業準則由中央主管機關（環境部）會商有關機關定之。2025 年環境部研商氣候變遷風險評估準則草案，已於 2025 年 7 月 16 日發布，後續將可能影響運輸調適課程規劃的最新方向納入檢討。

### (2) 建構綠色金融機制

依氣候變遷因應法第 17 條第 5 款，因應氣候變遷調適需求，建構綠色金融機制及推動措施。

除上述法規的規範外，綠色金融機制在支持氣候變遷調適具有關鍵角色<sup>[27]</sup>，原因包括：

- ① 額外的資金需求：應對氣候變遷的調適措施，如建造能夠在更高水位通行的橋梁即需要額外的大量資金排擠原有建設，傳統的資金來源往往不足以滿足這些需求，因此需要綠色金融來提供額外的資金支持。
- ② 鼓勵可持續投資：綠色金融機制可以鼓勵投資者投資於永續的項目，不僅有助於減緩氣候變遷，還能促進調適措施的實施，政府也可以透過綠色金融機制，如稅收優惠、補貼等方法激勵企業和個人採取更多的氣候變遷調適措施。
- ③ 風險管理：氣候變遷帶來了許多不確定性和風險，綠色金融可以協助企業和政府掌握營運風險與機會以管控氣候變遷風險。
- ④ 公共與私人部門的合作：綠色金融機制可以促進公共和私人部門之間的合作，共同投資於氣候調適項目。

基於以上法規及說明，在課程規劃中已納入「氣候財務風險揭露（TCFD）」。

### (3) 強化脆弱群體、融入社區及原住民族為本

依氣候變遷因應法第 17 條第 8 款，強化脆弱群體因應氣候變遷衝擊之能力，及第 9 款融入綜合性與以社區及原住民族為本之氣候變遷調適政策及措施。因此如前述說明，規劃新增「運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題」，以強化運輸機關（構）將脆弱群體、環境正義等議題融入交通決策。

## 3. 氣候變遷調適教材

本計畫除在第一年（2023 年）蒐集氣候變遷調適教材，第二年（2024 年）亦持續蒐集調適教材資料，以下說明氣候變遷調適教材與課程規劃之關聯性。

- (1) 教育部氣候變遷調適教育教材「氣候變遷調適專業融入補充教材 - 維生基礎設施（交通系統）領域（2022 年版）」

本教材係以國內大專院校學生為主要對象進行課程設計與內容編撰，無論在課程結構、內容深度，或實作案例方面，皆具有高度參考價值，可做為本計畫規劃完整課程架構時的重要依據，特別是在基礎概念的層次鋪陳與發展邏輯方面，提供良好範式。

惟該教材完成於 2022 年，部分法規制度與科學資訊迄今已有更新，例如「溫室氣體減量及管理法」已修正為「氣候變遷因應法」，聯合國政府間氣候變遷專門委員會（IPCC）亦於 2023 年發布第六次評估報告（AR6）。因此，未來如需採用相關教材內容，應先進行全面性檢視與調整，以確保內容之時效性與正確性。

## (2) 公路系統規劃階段調適指引

本指引在交通運輸系統中之公路系統調適作業程序上已堪稱完整，可納入運輸管理機關（構）調適專業人員訓練課程中。對整體運輸部門從業人員，有助於建立從「機制」與「方法」兩個面向推動調適工作的基本認知；對公路系統從業人員而言，亦提供專業調適方法的應用依據與操作參考。因此，本計畫課程規劃納入「調適指引範例」的課程及「調適案例分享」工作坊。

## (3) 美國聯邦公路管理局（Federal Highway Administration, FHWA）內部機構人員氣候變遷對營運管理訓練

美國聯邦公路管理局提出的「運輸系統管理、營運和維護氣候變遷調適指南」（Climate Change Adaptation Guide for Transportation Systems Management, Operations, and Maintenance），並依據這份調適指南，編制一份教材簡報「運輸營運與維護中的氣候變遷調適－技術人員簡報」（Adaptation To Climate Change in Transportation Operations and Maintenance - Technical Staff Briefing）。該教材簡報依調適指南內容，劃分若干重要環節，包括：氣候資料的解讀、氣候變遷對交通部門影響、不積極因應氣候變遷將導致更大風險、可能的應對原則，以及調適框架之建立與實行。

本計畫在課程規劃參考此份教材資料，補充納入「氣候服務內容與資料解讀」。

## (4) 歐盟專案經理指南：使脆弱的投資具有氣候韌性

本指南提供基礎設施資產管理在氣候變遷下之生命週期觀念，指出壽命較短的設備組件可不需要考慮氣候變化，但對於壽命較長的設備組件，氣候風險評估則成為關鍵一環。該觀念有助於強化運輸系統從業人員對於資產管理與風險評估的系統性理解，與本計畫課程培訓所需能力相符。因此，在完整課程規劃中，適度引導相關概念，並做為風險評估模組中可運用之工具範例進行介紹與應用說明。

(5) 航空組織氣候風險評估、調適與韌性：氣候變遷風險評估與調適規劃的關鍵步驟

由於飛航系統風險評估是高度專業工作，相較一般原則性氣候變遷調適風險評估可能更為複雜，因此由 ICAO 所提供之氣候變遷風險評估及調適計畫指南具高度指導意義。本計畫認為在航空系統專業調適課程中，應有適度之時數與資源針對文件內容進行解讀與瞭解。

(6) 紐澤西州公路局氣候韌性與調適課程

美國國家公路研究所 (National Highway Institute, NHI) 提供的培訓課程，係依據實務需求、師資、教材或現有科學研究成果下提出的個別課程項目，因此未必能涵蓋氣候變遷調適能力完整面向。但由紐澤西州我選擇的課程可以觀察出，永續發展、氣候環境正義及綠色運輸，在氣候變遷調適完整藍圖中占有一定重要性。因此本計畫亦參酌其概念，將相關理念融入課程規劃之中。

(7) 美國紐約市哥倫比亞大學氣候變遷調適課程

哥倫比亞大學 (Columbia University NYC) 氣候學院 (Climate School) 的氣候及社會 (Climate and Society) 碩士學位，是一正式的學分制學位，因此其課程設計具高度遞進性及完整性，具有重要的指標參考價值。本計畫參酌相關課程設計，於課程規劃時加強氣候公平、氣候科學應用等課程比重，提升課程規劃完整度，以能達一定需求及水準。

### 3.1.2 112 年問卷訪談結果及意見回饋與課程規劃關聯性

本計畫於第 1 年（2023 年），透過問卷調查與深度訪談，盤點運輸管理機關（構）人員在氣候變遷調適專業知能之缺口，並調查各機關（構）人員對調適專業知識之需求性及優先性。第一階段在全面性建立運輸部門各機關（構）從業人員對於氣候變遷調適之認知素養基線，因此採大量問卷普查形式進行大樣本分析，問卷對象不侷限於處理氣候變遷業務相關人員，調亦未區分群體或層級，以期獲得整體基線資料；第二階段則根據問卷結果，進一步針對調適專業知能缺口、專業知識之需求性及優先性，以及課程規劃建議等面向，進行各單位深入訪談。在意見回饋部分，則分別就 2023 年辦理之 12 小時調適課程學員回饋，以及 2023 年期末審查委員意見，進行說明。

#### 1. 112 年問卷調查結果與課程規劃關聯性

問卷調查目的設定為：

- (1) 對一般氣候變遷素養的理解。
- (2) 對運輸相關的氣候風險掌握。
- (3) 對氣候變遷課程之需求性及優先性。
- (4) 優先授課對象及其課程需求。

問卷調查結果主要包括以下：

- (1) 運輸管理機關（構）人員對於「氣候變遷」已有基本認知，但對於氣候變遷調適素養不足，有賴教育訓練提升。
- (2) 運輸管理機關（構）人員不瞭解在運輸方面的應用內涵及作法，但具備學習氣候變遷調適的潛在需求（動機與意願）。
- (3) 對運輸調適課程之需求性及優先性，以「調適新知與案例」、「氣候變遷衝擊與情境資訊」、「氣候變遷風險評估方法」等 3 類為優先。
- (4) 優先授課對象之職務與業務屬性，則認為應以「運輸規劃/設計」、「工程/施工」、「設施營運」、「工務養護」、「環境安全衛生」等業務人員為優先。

根據上述問卷調查結果，與課程規劃關聯性包括：

- (1) 運輸機關（構）人員氣候變遷調適素養不足，基礎素養課程具普遍需要性。
- (2) 對課程需求之屬性以實務工作應用類為主，如協助機關（構）執行風險評估，以及所需情境資訊、執行調適規劃參考資訊等課程。
- (3) 優先授課對象之業務屬性，包括規劃/設計、工程/施工、設施營運、工務養護、環境安全衛生等業務人員。

## 2. 112 年深度訪談結果與課程規劃關聯性

深度訪談對象以運輸管理機關（構）辦理調適業務之承辦人員及主管為主，涵蓋以下 8 個機關（構）：公路部分包括公路局、高速公路局，軌道部分包括鐵道局、國營臺灣鐵路股份有限公司，航空部分包括民用航空局、桃園國際機場股份有限公司，港埠部分包括航港局、臺灣港務股份有限公司等。透過訪談，深入了解實際執行調適業務人員對氣候變遷及調適議題的掌握度，以及對通識性與專業知識性之調適課程需求。

訪談結果主要包括以下：

- (1) 調適專業知能缺口部分，整體而言運輸機關（構）調適業務人員對氣候變遷調適知能仍處於初期階段。
- (2) 因公路、鐵路、港埠、機場所受國際規範不同，影響其在氣候變遷調適領域的知能表現；航空運輸管理機關（構）人員在此領域的掌握度最高，普遍對氣候變遷調適不陌生，受訪單位均能分辨氣候變遷減緩與調適的差別，也知道減災不全然等同於調適；民航局於「國家氣候變遷調適行動計畫」第三期（112-115 年）提出「民用航空局所屬航空站氣候變遷調適能力推動計畫」，將為後續計畫提出具一致性的調適策略與行動框架；桃園國際機場股份有限公司更已導入 ISO14090，推動「依據 ISO 氣候變遷調適指引，推動桃園區氣候變遷調適作業，並取得認證資格」計畫（112-114 年）。臺灣港務股份有限公司則在 2023 年成立永續辦公室，籌設專責氣候變遷調適單位，亦於 2023 年開始啟動 TCFD 專案。
- (3) 課程內容應引導學員了解該課程與其業務間的關聯，使其明白該課程的重要性，並指引其尋找相對應的解決策略；課程結束後，應有

相對應的實作機會，例如議題主導的專題工作坊，以及融入工程設計規範示範，以利於學員學以致用。

- (4) 建議運用制度面強化「學習動機」，也應設計氣候變遷調適行動的「學習誘因」，如公務員學習時數、證照。
- (5) 基礎課程主題應協助授課對象掌握該知識與其業務關聯性，使其理解「為什麼做」、「要做什麼」，以及「怎麼做」。專業課程主題應提供具體的操作技術，並進行國際案例解析，探討在臺灣如何在地化執行（並非僅模仿國際解決方案，而是深入了解其發展脈絡、政策條件、投入資源、所遇到的難題，以及克服方法等），以引導、協助業務執行。

根據上述深度訪談結果，與課程規劃關聯性包括：

- (1) 運輸管理機關（構）調適業務人員對調適基礎素養課程及操作引導類課程均有需求。
- (2) 考量公路、軌道、港埠及空運等運輸系統在調適業務推動上進展不一，除依據各運輸領域需求分別設計專業課程外，亦可安排已具實務經驗之機關分享推動經驗，促進跨領域學習與交流。
- (3) 為提升人員參與意願，除可提供公務人員學習時數做為誘因外，也可評估納入技師訓練積分制度；另可建議環境部於「環境保護專責及技術人員訓練管理辦法」中，於現有專責人員與專業技術人員之外，增列「調適專責人員」，以建立制度化的專業能力認證與訓練管道。

### 3. 2023 年 12 小時調適課程學員回饋與課程規劃關聯性

本計畫第 1 年（2023 年）已於 2023 年 10 月 27 日及 11 月 13 日辦理 4 門合計 12 小時課程，課程主題均屬調適基礎課程，包括「氣候變遷基礎科學及氣候災害」、「氣候變遷風險評估」、「氣候變遷因應法修正重點以及相關推動政策」及「自然解方（NbS）概念」。課後均實施測驗及滿意度調查，已完成課程成效與學員回饋評估，可做為後續課程內容滾動修正與精進之參考。

- (1) 課程辦理成效

為瞭解課程前後學員對課程內容吸收程度，課程實施前後以相同題目進行測驗。在「氣候變遷基礎科學」課程中，雖多數學員於課前已具備基本概念，但針對較深入的題目，例如「假如人類立刻停止溫室氣體排放，全球平均溫度會...」，課後答對率提升超過 40%，顯示課程有助於深化理解。在氣候變遷風險評估課後，認為「防減災工作」和「氣候變遷調適」具有不同本質者也由 64%提高至 80%，顯示參加課程的學員對調適認知有明顯提升。

## (2) 學員回饋

學員回饋課程滿意度，超過 90%的參與者對講授的課程內容感到滿意，認為這些內容提升了他們的氣候變遷調適知識和技能，對他們的業務極有助益，並表示將推薦同事參與未來的系列課程。

## (3) 課程辦理成效及學員回饋與課程規劃關聯性

從課程辦理成效與學員回饋結果可見，課程對提升運輸機關（構）人員調適素養具有明顯成效，特別是基礎概念性課程，有助於強化其調適基本知能。惟 2023 年課程辦理時，尚未規劃製作影片教材，因此在本（2024）年度特別規劃「調適綜合理念」課程，將調適基礎概念納入課程大綱，以利安排製作影片教材，未來可提供未來來參加課程之運輸管理機關（構）人員學習與參考。

## 4. 2023 年期中、期末審查委員意見與課程規劃關聯性

本計畫彙整第 1 年期（2023 年）期中及期末審查委員對課程規劃相關之提問與建議，並說明其對課程內容規劃之回應情形。期中審查委員意見及辦理情形詳列於表 3.1-1，期末審查委員意見及辦理情形則整理於表 3.1-2，以利後續課程規劃之檢討與調整參考。

表 3.1-1 2023 年期中審查委員意見與課程規劃關聯性

審查意見	辦理情形
葉佳宗委員	
1. 第七章規劃氣候變遷調適專業知識課程，相關課程所需的資料蒐集非常豐富值得肯定。另有必要針對學員需求、課程範圍，調適能力建構等重點，依照上課時數、頻率做進一步的規劃。	已依學員需求、課程範圍，調適能力建構等重點，納入將包含課綱、上課時數、推薦授課教師的整體課程規劃。
2. 運輸管理機關（構）調適專業能力之課程規劃，建議除考量總體性授課內容外，應強化課程重點，例如講授氣候變遷因應法，課程應著重在該法第三章調適專章；講授IPCC 氣候變遷第6次評估報告，重點應在其調適專章。透過妥適規劃設計，俾使課程具總體性，並明確呈現授課重點。	課程規劃核心內容將以氣候變遷調適為主軸，在氣候變遷因應法部分，除簡介法規整體架構外，即以氣候變遷調適專章相關法規與執行要點為主，IPCC 氣候變遷第 6 次評估報告（AR6）也將聚焦於 WG II 所提出的「衝擊、調適與脆弱度」，並已列入課綱。
交通部航政司	
1. 針對課程規劃部分，建議實務工作坊課程也能邀請交通部不同領域具有實務工作的單位分享具代表性案例，並進行分組實務演練，可提高後續各單位實作能力。建議教育訓練課程錄影並放置於網路，讓更多同仁受益。	實務工作坊課程規劃將參採建議邀請具有實務工作經驗的單位分享其執行成果，並評估對提高實作能力較有效果的課程型態，訓練課程也將錄影提供建檔及資訊分享。
本所運輸能源及環境組（含書面意見）	
1. 目前報告多以本所過去研究之訪談結果進行課程規劃，建議後續應以本計畫問卷調查及深度訪談之成果進行後續課程規劃，並納入期末報告。	已透過問卷調查分析結果擬定深度訪談訪綱，以瞭解各機關調適課程需求與現階段調適知能缺口，再針對訓練對象、知能背景、課程長度及頻率，規劃不同課程組合。
2. 問卷調查可進一步分析主管及非主管、不同運輸權管機關（構）對課程需求及優先性。	經進一步分析，主管及非主管、不同運輸權管機關（構）對課程需求及優先性的結果，與整體統計結果大致相同，即前 3 名課程主題為「氣候變遷衝擊與情境資訊」、「氣候變遷風險評估方法」、「調適新知與案例」（僅排序不盡相同）。
主席結論	
1. 請參照委員及與會單位針對課程規劃的建議，歸納問卷和訪談結果及專家建議，進行系統性的規劃，包括規劃基礎及進階課程的內容、授課對象、時數、頻率，以及各課程教材的重點內容等。	遵照辦理。已規劃基礎及進階課程的內容、授課對象、時數、頻率，以及各課程教材的重點內容等。（備註：113 年已滾動調整為「調適基礎課程」及「工具及指引課程」）

表 3.1-2 2023 年期末審查委員意見與課程規劃關聯性

審查意見	辦理情形
葉佳宗委員	
<p>1. 第4.3節領域知能第4-23頁以公路、軌道、港埠、機場做分類，與事業分工及空間範疇有關，但是缺乏系統整合的調適與互動關係。未來建議再加上系統性整合，俾利更完善規劃調適課程。</p>	<p>已將「跨領域整合概念」納入「調適綜合理念」課程大綱。</p>
葉欣誠委員	
<p>1. 文獻回顧中紐澤西州的氣候變遷課程顯示聯合國對於調適和人員訓練的重要概念是將永續性的概念納入課程考量。然而課程設計忽略永續性是涉及經濟、環境和社會等多方面考量的上位概念，教育訓練應對氣候變遷的調適和永續性概念有一個整體的理解，建議將此觀點納入課程規劃中，予以重視。</p>	<p>已將「永續性融入基礎設施設計和決策」納入「調適綜合理念」課程大綱。</p>
<p>2. 附錄1 附1-7頁，本計畫規劃將課程分為「調適通識課程」與「調適共同課程」。建議名稱考慮略為調整，俾明確區隔。</p>	<p>2023 年將課程分為調適基礎課程、調適進階課程及各運輸系統專業課程，2024 年已將課程滾動調整為「調適基礎課程」、「工具及指引課程」及「各運輸系統專業課程」三大類。</p>
<p>3. 課程規劃應根據蒐集分析之國內外相關文獻、問卷調查及訪談結果進行規劃設計，但報告書就所規劃課程，較無說明課程安排與前述文獻、調查結果之關聯性及邏輯性，建議補充說明。</p>	<p>已補充說明課程規劃經過參考文獻、問卷調查與訪談，確認運輸人員所須調適知能後設計課程，並與國內外調適課程進行對照。</p>
馮正民委員	
<p>1. 課程目前分為三類：通識、共同、專業，建議未來可就培訓人員之職責功能，分為策略管理層級、規劃管理層級、及作業管理層級，分別擬定培訓課程。</p>	<p>課程規劃已提出分職掌及層級之課程建議，建議在本計畫執行後回歸各機關參考並落實實施調適人才培訓。</p>
<p>2. 課程授課方式策略與規劃層級除了必要的授課外，儘量使用互動式之工作坊式。作業層級儘量以實務性操作方式。</p>	<p>課程已規劃執行方法與指引類課程以工作坊、實務性操作方式為原則。</p>
<p>3. 第 6-6 頁，文中建議優先加強高階主管對調適認知，若能對其認知課程有所初步建議，如其課程應著重概念及法規認識外，應教導其調適策略之產生及運用，則屬更佳。</p>	<p>已在調適綜合理念課程之課綱納入「調適策略之產生及運用」。</p>

表 3.1-2 2023 年期末審查委員意見與課程規劃關聯性 (續 1)

審查意見	辦理情形
<p>4. 第6-7頁，文中建議進階課程，目前尚無具實際經驗講師，如第5-22頁所示，B2課程涉及風險評估，交通部所屬一級單位皆有進行風險管理，且文官學院亦有授風險與危機管理課程之講師，稍微教導其調適之風險評估方法，應可培養一些實際講師。</p>	<p>調適風險評估執行方式與一般風險管理不盡相同，目前環境部正在研擬調適風險評估準則，本計畫已與環境部密切聯繫，掌握調適風險評估準則制定時程、內容及講師清單，未來文官學院若有合適講師也將納入師資清單。</p>
<p>蔡書彬委員</p>	
<p>1. 有關課程的規劃，與報告前半部文獻回顧及案例分析的連結性不是很強，建議再加強說明。</p>	<p>已補充說明課程規劃經過參考文獻、問卷調查與訪談，確認運輸人員所需具備調適知能後設計課程，並強化連結性說明。</p>
<p>2. 課程的規劃建議考慮到未來的可執行性，包括辦理單位、授課方式、學員對象、上課時(天)數、參與人員之人力資源和時間方面的限制...等，並思考在操作面如何吸引各機關(構)人員參加課程，以達到實際效果。</p>	<p>為解決參與人員之人力資源和時間方面的限制等問題，將規劃授課嫩榮製作有聲教材放於網站或其他形式提供未能參加課程之運輸管理機關(構)人員，以發揮課程最大效果。</p>
<p>韓振華委員</p>	
<p>1. 本計畫辦理課程規劃，蒐集國際間相關規範、文獻，進行問卷調查及訪談，請強化補充說明規劃之課程與國際文獻、問卷調查及訪談結果之關聯性。</p>	<p>已補充說明課程規劃經過參考文獻、問卷調查與訪談，確認運輸人員所需具備調適知能後設計課程，並強化關聯性說明。</p>
<p>2. 在課程設計階段，建議不僅需要考慮課程的內容和結構，還應有連貫性和回饋機制，如同一批人受完整之訓練課程並回饋意見，以確保設計的課程能夠滿足學員的需求。</p>	<p>課程設計已考慮連貫性，部分課程須先上過先修課程，課後均有測驗及滿意度調查以取得學員吸收與回饋意見，後續課程經取得授課教師同意，將製作成有聲教材放置於網站上，方便運輸管理機關(構)同仁參考和學習。</p>
<p>3. 表5.5-1整體課程規劃表中，A6運輸法規與調適課程師資待定，考量公、鐵、海、空各運具之法規與須遵循之國際規範均有不同，要找到能熟悉與精通各運具法規之師資或許不易，另各運輸部門需瞭解之法規與國際規範之需求亦有所不同，是否移至C各運輸系統專業課程，建議再予衡酌考量。</p>	<p>(1) 「運輸法規與調適」因國內剛通過氣候法，各單位也刻依法定事項辦理，目前確實不易找到能熟悉與精通各運具法規之師資，爰規劃先將本課程刪除。 (2) 在課程規劃中，已規劃國家政策與法規之課程，若各運輸部門有瞭解國際規範之需求將納入各運輸系統專業課程或課綱。</p>

表 3.1-2 2023 年期末審查委員意見與課程規劃關聯性 (續 2)

審查意見	辦理情形
葉佳宗委員	
<p>4. 報告第5-18頁中提及高階主管對運輸系統調適的認知相對模糊，惟依表5.5-2課程地圖中所列僅需接受A2國家法規與政策及A6運輸法規與調整，其涵蓋面是否足夠，建議再予考量。建議對主管的培訓課程規劃能兼顧培訓的廣度和深度，除了提供了解整體運輸氣候變遷調適工作的入門課程外，也應提供更深入的專業知識培訓。</p>	<p>考慮高階主管對調適業務理解需求及出席課程時間，將涵蓋<u>調適基礎理念</u>、<u>調適執行框架及氣候變遷法規需求</u> 3 個主題，在「調適基礎課程」A 類課程新增「調適綜合理念」3 小時課程，提供高階主管及全體運輸機關（構）人員參加，B 類及 C 類實務課程因課程時數較多，亦歡迎高階主管自由參加。</p>
<p>5. 報告書第5-27頁提及本（112）年度優先辦理共通基礎課程，明（113）年賡續辦理調適專業課程，惟查本年舉辦之兩場次教育訓練課程，僅完成共通基礎課程中A1-A4等四項課程，A5及A6似未安排，是否將於本年完成或將於明年賡續辦理，建請再予釐清。另課後問卷有90%以上的參與者對講授課程內容表示滿意，不知是否有調查參與學員對課程內容及時數有無調整之建議。</p>	<p>(1) 本計畫為 2 年期計畫的第 1 年，2023 年度計畫前期進行課程整體規劃，僅針對部分優先辦理共通基礎課程實施，第 2 年將賡續辦理其他課程。 (2) 滿意度調查問卷包括對課程內容滿意度之問項外，也有提供意見回饋之開放式回復空間，將參採委員意見，納入各個課程上課時數是否適當或增減必要的問項。</p>
交通部鐵道局	
<p>1. 針對調適課程的建議和問題，是否應該縮小優先授課對象的範圍？是否考慮錄製課程影片供無法參加實體課程者學習管道？另如何避免學員排斥並激發對氣候變遷調適課程興趣，未來也可提出建議方法。在課程開發和授課資源上，建議可與積極參與氣候變遷相關的民間組織合作。</p>	<p>課程與授課師資並未限制民間組織參與，本年度自然解方課程講師即為民間組織人員。</p>
本所運輸經營及管理組	
<p>1. 教育訓練應該是一個常態性的機制，以應對單位人員異動。即使未參與實體課程的人，也應有管道可獲取教材進行自我學習。本計畫2024年將辦理調適專業課程，將會有一批學員接受教育訓練，然而，需思考如何確保學員所任職務在人員異動後，新進人員仍能獲得持續培訓（如可透過提供多元學習資源的方式解決）。</p>	<p>後續課程規劃在取得授課教師的同意後，將授課錄影放在網站上，方便運輸管理機關（構）同仁參考和學習，在單位人員異動時，新進人員仍能獲得持續培訓。</p>

表 3.1-2 2023 年期末審查委員意見與課程規劃關聯性 (續 3)

審查意見	辦理情形
本所運輸能源及環境組 (含書面意見)	
1. 本計畫目前係規劃整體氣候變遷調適專業知識課程，部分規劃課程師資待定，請提出建議方案 (含後續國內相關師資培訓之建議)。	已依承辦單位意見提出整體氣候變遷調適專業知識課程建議師資，後續師資培訓建議邀請國內調適相關學者專家共同研商。
2. 有關師資洽邀、核發時數認證、滿意度調查等項目，請團隊補充納入課程規劃內容。	已依承辦單位意見，在課程規劃內容提出師資洽邀、核發時數認證、滿意度調查等項目。
主席結論	
1. 為強化本計畫調適專業課程之推廣，請評估取得授課教師的同意將授課錄影放在網站上，方便運輸管理機關(構)同仁參考和學習；同時探討是否可進一步連結到公務人員學習資源，並納入後續第2年度課程辦理之精進建議。	遵照辦理，將把評估取得授課教師的同意將授課錄影放在網站上，及是否可進一步連結到公務人員學習資源，納入第2年度課程辦理之精進事項。
2. 後續若規劃將教育訓練的責任轉交給各機關(構)自行進行培訓，請確定移轉對象和方式，包括：是否將整套課程規劃提供給各部屬機關(構)，或是針對不同機關(構)有不同課程規劃？目前課程是否能符合各機關(構)需求？請納入後續規劃建議，俾利後續部屬機關(構)應用。	遵照辦理，將把課程資料移轉對象和方式，包括：是否將整套課程規劃提供給各部屬機關(構)，或是針對不同機關(構)有不同課程規劃、目前課程是否能符合各機關(構)需求納入後續規劃建議事項。
3. 部分規劃課程師資待定，後續仍請提出建議師資方案。	遵照辦理。
4. 本計畫為2年期計畫，本(112)年度係規劃整體氣候變遷調適專業知識課程，請團隊參酌委員及與會單位意見，修訂報告書之課程規劃及後續辦理方式，俾做為113年計畫相關課程安排之參考應用。	遵照辦理。

彙整本計畫第1年(2023年)期中及期末報告審查委員意見如下：

- (1) 課程內容設計應依據所蒐集分析之國內外相關文獻、問卷調查及深度訪談結果(學員需求)進行規劃，並清楚說明課程安排與前述資料之關聯性及邏輯性。
- (2) 課程授課方式與規劃層級除必要的授課外，儘量使用互動式之工作坊方式。作業層級儘量以實務性操作方式，邀請交通部不同領域具

有實務工作經驗的單位分享具代表性案例，並搭配分組操作演練，以強化學員後續應用能力。

- (3) 建議加強調適領域知識間的整合性與跨領域互動關係的建構。
- (4) 永續性理念應融入課程規劃。
- (5) 課程規劃應考慮到未來的延續性與可執行性，特別是學員所任職務在人員異動後，應思考如何透過多元學習資源（如線上教材、教學影片）確保新進人員亦能持續接受培訓。
- (6) 課程設計不僅需要考慮課程的內容和結構，還應有連貫性和回饋機制，以利課程滾動修正與精進。
- (7) 「運輸法規與調適」課程部分，因涉及公路、鐵路、航空及港埠等不同運輸類型之特性與國際規範差異，建議調整至 C 類運輸系統專業課程，以利依領域專精深化內容並搭配適當師資。
- (8) 高階主管的培訓課程規劃應兼顧廣度和深度，除提供整體運輸氣候變遷調適的入門概念外，亦應涵蓋進階法規認知、策略形成與實務運用等內容，協助其於決策層面發揮影響力。
- (9) 後續若規劃將教育訓練的責任轉交給各機關（構）自行進行培訓，建議應釐清移轉對象與方式，包括是否提供完整課程規劃內容、是否須針對不同機關設計差異化課程，以及目前課程是否能符合各機關（構）需求，以提升實施成效。
- (10) 問卷調查可進一步分析主管及非主管、不同運輸權管機關（構）對課程需求及優先性，做為未來課程精準規劃依據

針對本計畫第 1 年（2023 年）審查委員意見，本計畫已進行檢討與回應，並於課程規劃中予以納入，具體關聯性說明如下：

- (1) 本（2024）年度課程辦理 24 小時之教學時數，並辦理 2 場次互動交流之工作坊，工作坊以分組實務演練為原則，符合委員對於強化實務操作與互動學習之建議。
- (2) 針對委員所提調適知能缺乏系統整合與永續觀念，已納入「調適綜合理念」課程大綱中，系統性說明調適基本概念及其與永續發展之關聯性。

- (3) 為解決參與人員之人力資源和時間方面的限制等問題，建議將課程教材製作為影片，並上傳至網站供日後參考與學習，以提升資訊可近性與課程延續性，發揮課程最大效果。
- (4) 課程設計設定先修課程提供課程連貫性指引，同時透過課後測驗與滿意度調查蒐集學員回饋，做為後續課程改進依據。
- (5) 「運輸法規與調適」之基礎課程，因考量我國氣候變遷因應法方於2023年通過，各單位也刻依法定事項辦理相關作業，因此將本課程刪除。
- (6) 高階人員的支持與推動是調適工作關鍵，但通常高階人員無暇全程參與課程，經調整濃縮調適基礎課程為「調適綜合理念」，提供高階人員以精簡課程時間，吸收重要調適理念，並朝正確方向推動調適工作，避免不當調適決策。
- (7) 依委員建議，已將「各機關（構）調適人才培訓機制規劃」納入本年度重點工作。
- (8) 經進一步分析問卷調查結果顯示，對於主管及非主管、不同運輸權管機關（構）對課程需求及優先性的調查結果與整體統計結果大致相同，前3名課程主題為「氣候變遷衝擊與情境資訊」、「氣候變遷風險評估方法」、「調適新知與案例」，故維持原課程安排內容，無須進行調整。

## 3.2 辦理運輸調適課程規劃專家學者座談會

本計畫第1年期（2023年）在初擬運輸調適課程後，曾就課程規劃結果諮詢3位曾參與編撰教育部維生基礎設施（交通領域）專業融入補充教材的學者，惟受限於專家學者出席時間僅能個別辦理諮詢，本（2024）年度於完成運輸調適專業課程規劃檢討後，辦理1場專家學者座談會，邀請調適及運輸專家學者充分討論，提供整體課程規劃改善建議及各領域適用之專業課程規劃。並邀請公路、軌道、港埠及機場等運輸管理機關（構）出席提供業務需求單位意見。討論議題除整體調適課程規劃外，也請出席專家學者提出對各領域適用之專業課程規劃與授課教師名單等議題建議。

### 3.2.1 運輸調適課程規劃專家學者座談會規劃

為使參與座談會的專家學者會前了解討論議題與討論資料，讓座談會討論方向得以聚焦且結論能確實可應用於調整整體運輸調適課程規劃，訂定座談會工作時程管制圖如圖 3.2.1，以掌握座談會籌備工作進度。

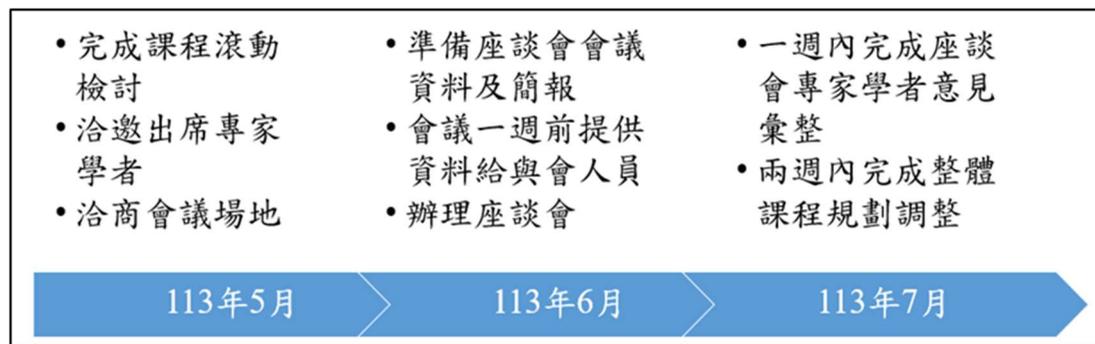


圖 3.2.1 座談會工作時程管制圖

座談會準備工作包括：

1. 洽邀出席專家學者：邀請調適及交通運輸專業學者之外，亦邀請工程顧問專家；另也邀請運輸管理機關（構）列席。
2. 座談會前資料準備：在會議一週前將本計畫規劃之整體運輸調適專業課程與課程規劃簡報提供給出席專家學者，讓與會專家學者充分了解辦理座談會目的與課程規劃內容。
3. 座談會簡報主題
  - (1) 課程規劃目的
  - (2) 課程規劃程序
  - (3) 整體運輸系統調適課程說明
    - ① 課程分類
    - ② 課程地圖（先修課程）
    - ③ 課程大綱、師資
4. 座談會諮詢議題
  - (1) 課程調整意見

(2) 推薦授課師資

(3) 各運輸系統別（公路、軌道、港埠及機場）調適專業課程與推薦授課教師名單

### 3.2.2 辦理運輸調適課程規劃專家學者座談會

運輸調適課程規劃專家學者座談會辦理情形如下：

1. 辦理時間：2024 年 6 月 20 日（星期四） 10:00~12:00
2. 地點：運輸研究大樓觀光署旅遊服務中心 2 樓會議室
3. 出席學者專家及運輸機關（構）人員

邀請專家學者名單如表 3.2-1 所示，座談會照片如圖 3.2.2。

表 3.2-1 運輸調適課程規劃座談會專家學者名單與專長

姓名	單位	專長
林俊全	國立臺灣大學地理環境資源學系特聘教授	調適學者
童慶斌	國立臺灣大學生物環境系統工程學系教授	調適學者
劉霈	逢甲大學運輸與物流學系教授	運輸學者
熊正一	臺南應用科技大學國際企業經營系教授	運輸學者
孫國勛	開南大學空運管理學系副教授	運輸學者
林陳佑	國立陽明交通大學運輸與物流管理學系助理教授	運輸學者
蘇育民	國立高雄科技大學土木工程學系助理教授	運輸學者
吳清如	鼎漢國際工程顧問股份有限公司副總經理	工程顧問
游約翰	中華航空股份有限公司協理	運輸單位
鄭智仁	中華航空股份有限公司經理	運輸單位
湯允中	台灣世曦工程顧問股份有限公司第二結構部副理	工程顧問
陳信諺	中興工程顧問股份有限公司工程師	工程顧問



圖 3.2.2 座談會照片

### 3.2.3 運輸調適課程規劃座談會委員意見及課程檢討

本計畫依循前述規劃，針對運輸調適課程規劃辦理專家學者座談會，分別就對整體課程規劃之建議（課程、大綱、時數、授課形式等）、對各運輸系統別專業調適課程及建議增補或調整師資名單進行討論，委員所提出意見及課程檢討方向重點彙整如表 3.2-2。

表 3.2-2 運輸調適課程規劃座談會委員意見及課程檢討方向

意見	課程檢討方向
林俊全特聘教授	
1. 本課程任務應為培力、提升素養，讓運輸系統人員可以面對氣候變遷風險去執行調適，重點在於如何具備執行能力。	(1) 以基礎課程提升素養。 (2) 以工具、指引課程提升執行能力。
2. 由於調適需要由各單位需編列預算解決問題，建議應先釐清問題，可採實作或討論方式提出高風險項目。	在各項課程設定各機關(構)實作討論時間，協助釐清(指認)問題。
3. 課程規劃應考慮課程對象、可達成目的，建議應優先提供各單位面對問題所需課程。	(1) 再檢討課程對象。 (2) 新增課程目的。 (3) 設定實作討論時間。

表 3.2-2 運輸調適課程規劃座談會委員意見及課程檢討方向 (續 1)

意見	課程檢討方向
童慶彬教授	
1. 課程規劃部分，概念性的課程可以豐富、完整，但指引、工具類的課程應該是目標導向 (target audit)，需要什麼給什麼，須能解決問題或替代方案。提升素養的課程對象可普遍化，技術性的課程則分眾授課。	(1) 檢討基礎概念性課程完整性，提升素養。 (2) 新增課程目的。
2. 我國兩階段六構面調適中的現況風險分析，應先從歷史災害分析作起，分析哪些災害和氣候有關，然後再進一步加入「未來氣候會改變」。	規劃一場次工作坊以風險評估為主題，協助機關(構)指認與氣候有關的災害及「未來氣候改變」的衝擊。
3. 氣象署所提供的氣候服務，建議涵蓋國外廣義的「氣候相關服務」。	「氣候相關服務」必須由最終使用者和提供者共同設計應有內容，課程規劃以提升運輸機關與氣象署溝通及對服務內容瞭解為目標。
4. 在氣候變遷下也可能有新商機，建議評估納入氣候變遷機會、轉型相關課程。	(1) 「TCFD」已涵蓋。 (2) 「調適綜合理念」將氣候變遷機會、轉型納入課程大綱。
5. 建議可納入 TCFD 課程，企業在氣候風險揭露法令下須執行，政府單位也需應用此概念調整組織、制度、執行風險管理流程及決策。	課程規劃將 TCFD 納入本年度實施課程，不限財務人員。
6. 公正轉型的概念 OK，但授課可能仍太早。	在基礎概念性課程「調適綜合理念課程」將此概念納入課程大綱。
劉霽教授	
1. 建議課程應模組化，依各類人員、各層級人員規劃所需課程，考慮完成課程後提供 certificate，如對未來晉升有助益，可提高各層級人員上課意願。	(1) 檢討提出依各類人員、各層級人員分類課表。 (2) 在調適人才培育機制，納入認證制度。
2. 建議強化跨領域合作的概念，如土地利用與運輸系統關係、如何讓氣候服務資料有效運用等。	結構性問題，非交通部權責。將跨領域合作概念納入「調適綜合理念課程」大綱。
3. TCFD 是重要課程，因財務人員是公務單位各計畫關鍵，此外財務人員也應具備調適概念，建議增加財務人員參加的課程。	(1) 將 TCFD 納入本年度實施課程。 (2) 檢討增加財務人員參加課程。

表 3.2-2 運輸調適課程規劃座談會委員意見及課程檢討方向 (續 2)

意見	課程檢討方向
4. 維運、工務相關人員也都有風險、調適需求，課程仍應涵蓋維運、工務人員，而非偏重規劃與設計人員。	(1) B5-3.維運階段調適融入項目與時機。 (2) 新增「施工階段」調適課程。
5. NbS 在小尺度範圍難以實施，需在綠色與灰色間尋找解決方案。	課程已調整為自然解方 (NbS) 概念。
熊正一教授	
1. 目前所規劃各運輸系統別專業課程比重偏低，建議系統性概念課程可減少。	提升素養的基礎課程僅 6~7 門課，指引、工具類雖非運輸系統專業課程，但均為各運輸系統執行調適工作所須，非概念課程
2. 建議各單位成立非正式編制組織執行調適工作，由副首長層級負責，小組人員 6~8 人，培訓這些人員執行調適工作。	納入調適人才培育機制檢討。
孫國勛副教授	
1. 更重要的是訓練系統的建構，橫向是利害關係人分析及利害關係人的影響，縱向是時間軸的規劃。	納入調適人才培育機制檢討。
2. 課程規劃過程所參考他國課程與目前設計課程差異比較，目前規劃課程的特色與貢獻？	在課程規劃中補充課程差異比較、特色與貢獻說明
3. 訓練課程是否有短、中、長期推動規劃，教材應定期更新的計畫？講師人才庫的建立，目前講師人才不足可先訓練基礎講師、種子教師。	納入調適人才培育機制檢討。
4. 可參考勞動部職能課程設計引用 ADDIE 教學設計模型，以確保課程發展與訓練成果，包括分析 (Analysis)、設計 (Design)、發展 (Development)、實施 (Implementation)、評估 (Evaluation) 五大面向，評估部分包括反應評估 (滿意度)、學習評估、行為評估、成果評估。	在課程規劃中新增課程目的，課程評估方法納入課後測驗參考。

表 3.2-2 運輸調適課程規劃座談會委員意見及課程檢討方向 (續 3)

意見	課程檢討方向
林陳佑助理教授	
1. 建議列出每一堂課具體學習標的 (Intended Learning Objectives, ILO)，每個課程列出具體學習後，會知道或有辦法回答、完成的問題或任務。	在課程規劃中新增課程目的，課程評估方法納入課後測驗參考。
2. 所有課程，除了課程地圖中個別課程之間的先後順序關係之外，每一堂課本身在上課前會需要具備什麼樣的基礎 (是否要會地理資訊系統軟體、是否要會統計概念、是否要懂代數學...等) 要標明清楚，以利運輸機關構在派員上課時，能更了解需要事前準備的工作，提升課程效果。	感謝提醒，納入課程檢討項目。
蘇育民助理教授	
1. 規劃的課程很豐富，何謂運輸管理機關？設定的上課對象，怎樣定義高階主管？這些單位人員都很忙碌，如何安排時間上課。	(1) 課程對象包括交通部部屬機關(構)、地方交通機關(構)。 (2) 「高階人員調適綜合課程」調整為「調適綜合理念」，所有人員含高階主管均須上課，以提升調適素養。
2. 公務單位預算很重要，財務人員應具備調適概念，才能支持調適經費。工程管理費並無法支用在氣候變遷這個項目。	(1) 將 TCFD 納入整體課程規劃。 (2) 檢討增加財務人員參加課程。
3. 新工、養務、電力、機務、養護等各單位人員，也應該都具備調適概念。	(1) B5-3. 維運階段調適融入項目與時機。 (2) 新增「施工階段」調適課程。
吳清如副總經理	
1. 運輸系統目前對調適素養不足，但運輸專業度高且系統複雜，需要運輸機關內資深人員經驗以本土的專業知識參與並把他們的知識擴散出來就調適議題與各領域專家，建立跨系統、跨機關間關係與共學，讓機關交流面對氣候變遷衝擊及調適的經驗知識。	工作坊邀請具調適執行經驗，建立運輸調適執行模式。

表 3.2-2 運輸調適課程規劃座談會委員意見及課程檢討方向 (續 4)

意見	課程檢討方向
<p>2. 溝通技巧很重要，因氣候變遷調適有很多是橫向工作，如機關如何說服主管將調適主流化到業務內，或者如何跟利害相關機關、群眾溝通氣候風險會發生怎樣事情。機關內調適工作小組的分工為何，或者當問題發生時要找專家，討論會要怎麼開，如何準備資料，對公務人員是很基本要去學習的技能。</p>	<p>規劃在「環境正義議題」中納入脆弱群體指認、公眾參與交通決策過程之溝通、執行技巧，以配合調適應用主軸，</p>
<p>3. 臺灣智慧科技，調適很多是過去技術，但如果新的公務員對調適有興趣，是否可開一堂課，如激勵創新，把其他機關構如何創新，或調適新科技案例分享。</p>	<p>規劃納入「調適綜合理念」課程大綱。</p>
<p>鄭智仁經理</p>	
<p>1. 氣候變遷是國際議題，把國外邏輯引進國內，如國際上(歐盟)已把調適和減緩合在一起這類主流思維，以和國際接軌，介紹國際新觀念、新法規、條約可納入課程。</p>	<p>氣候變遷相關議題國際推動進展快速，除提供資料來源供各單位隨時檢視國際資訊外，課程教材也以提供最新國際觀念與法規為原則。</p>
<p>2. 新觀念包括公正轉型在歐盟政策規劃十年前已放進各個層面，可納入基礎教育中。</p>	<p>在基礎概念性課程「調適綜合理念課程」將此概念納入課程大綱。</p>
<p>湯允中副理</p>	
<p>建議課程納入氣候變遷的起因，提供承辦人員具備調適思維的概念。</p>	<p>調適基礎科學相關課程已涵蓋本項主題。</p>
<p>陳信諺工程師</p>	
<p>關於課程適用問題，顧問公司工程師的工作為資料查詢、材料選擇及依據相關規範進行設計作業，對於 AR6 報告內容，以及全球氣候情境轉化為臺灣適用資料等議題，實務需求相對較低。</p>	<p>由於目前工程規範尚未將氣候變遷調適相關需求納入，因此需要工程師配合在規範調整前參加課程，以協助配合推動調適業務。</p>

綜整以上專家學者意見，其中共識程度較高之意見摘要：

1. 本課程之核心任務為強化調適知能與提升氣候素養，應針對一般機關人員提供普及型素養課程；而針對專業技術人員，則建議採分眾授課方式，提供符合其職能需求之進階技術課程。
2. 委員普遍認為 TCFD（氣候相關財務揭露）課程具高度重要性，不僅企業須因應相關法規揭露氣候風險，政府機關亦需理解並運用 TCFD 框架，做為組織調整、制度建構、風險管理及決策流程之依據，建議需列為課程。
3. 氣候變遷下也可能有新商機，建議課程可評估增設與「氣候變遷機會」及「轉型策略」相關之內容。
4. 課程設計應明確列出每堂課之學習標的，強化教學目的性。
5. 維運、工務（包括新工、養務、電力、機務、養護）相關人員也都有氣候變遷調適需求，授課對象仍應涵蓋維運、工務人員，而非偏重規劃與設計人員。
6. 目前運輸管理機關整體對氣候調適素養仍有不足，建議結合運輸機關資深實務人員之在地經驗，與各領域專家進行知識整合與對話，透過跨系統、跨機關的共學模式，促進面對氣候衝擊與調適作為之交流與能力建構。

### 3.3 運輸調適完整課程之規劃

112 年規劃之運輸調適課程，經本（113）年度依據相關文獻資料、審查委員與學員意見回饋，以及 112 年度問卷調查與深度訪談結果進行檢討後，完成滾動調整後之運輸調適完整課程。以下將分別說明本（113）年度課程調整內容、運輸調適課程分類與課程地圖，以及規劃運輸調適完整課程。

#### 3.3.1 本（113）年度調整之運輸調適課程

本（113）年度針對運輸調適課程之分類方式與課程內容進行滾動式調

整，以下分項說明調整重點：

## 1. 課程分類調整

112 年課程原依性質區分為「調適共同課程」與「各運輸系統專業課程」兩大類，其中「調適共同課程」再細分為「調適基礎課程」（涵蓋基礎科學、理念與法規政策）及「調適進階課程」。

然「調適共同課程」與「進階課程」等名稱，無法明確反映課程內容，可能影響使用者理解與選課意願。為提升分類清晰度與實用性，113 年將課程類別調整為 3 類，分別為「調適基礎課程」、「工具及指引課程」及「各運輸系統專業課程」。

## 2. 課程內容調整

課程內容方面，除依據文獻資料與委員意見回饋進行滾動修正外，亦進一步強化與氣候服務資訊應用之連結。以「氣象資料解讀及取得」課程為例，規劃時參考聯合國倡議、世界氣象組織（WMO）主導之全球氣候服務框架（Global Framework for Climate Services, GFCS）。GFCS 強調結合歷史與即時災害資料、氣象水文資訊及氣候預測趨勢，用以輔助進行災害與脆弱性分析，做為有效風險評估與提升決策韌性的依據。為深化課程內容規劃與掌握實務應用需求，113 年 5 月 10 日特別安排與中央氣象署洪景山組長進行視訊諮詢，針對課程內容、授課架構及可用資料進行討論與請益，如圖 3.3.1 所示。



圖 3.3.1 氣象相關課程諮詢會議

在諮詢會議中，洪景山組長建議，氣候服務課程可區分為 2 個面向，分別設計為「氣候服務內容與資料解讀」及「氣候服務在調適應用案例」2 門課程，其課程大綱詳列於表 3.3-1。課程設計重點在於協助學員理解氣象署所提供之氣候服務內容，並透過其他領域應用案例，進一步探討氣候服務於實務調適作業中的應用模式與合作方式。依據本次諮詢會議結論，本計畫已將「氣候服務在調適應用案例」納入本年度運輸調適課程之新增課程。

表 3.3-1 氣候服務相關課程及大綱

課程	大綱
氣候服務內容與資料解讀	1. 氣候危機背景說明，從極端天氣、極端氣候到氣候變遷的資訊。 2. 氣候服務案例。 3. 氣象署氣候監測預報資訊解讀。
氣候服務在調適應用案例	1. 氣象服務在水資源、能源、農業領域調適應用案例。 2. 與運輸單位建立氣候服務合作模式探討。

經過前述各項滾動檢討後，本年度運輸調適課程內容調整如下：

- (1) 原「高階人員調適綜合課程」調整為「調適綜合理念」課程。
- (2) 新增「氣候風險決策參考資訊」課程。
- (3) 刪除「運輸法規與調適」課程。
- (4) 新增「氣候變遷情境資訊介紹與應用」課程。
- (5) 新增「運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題」課程。
- (6) 新增「氣候服務在調適應用案例」課程。

### 3.3.2 運輸調適課程分類與課程地圖

本次運輸調適課程經滾動檢討修訂後，依內容性質與學習目標，其課程區分為三大類型，分別為調適基礎課程、工具及指引課程及各運輸系統專業課程，如圖 3.3.2 所示：

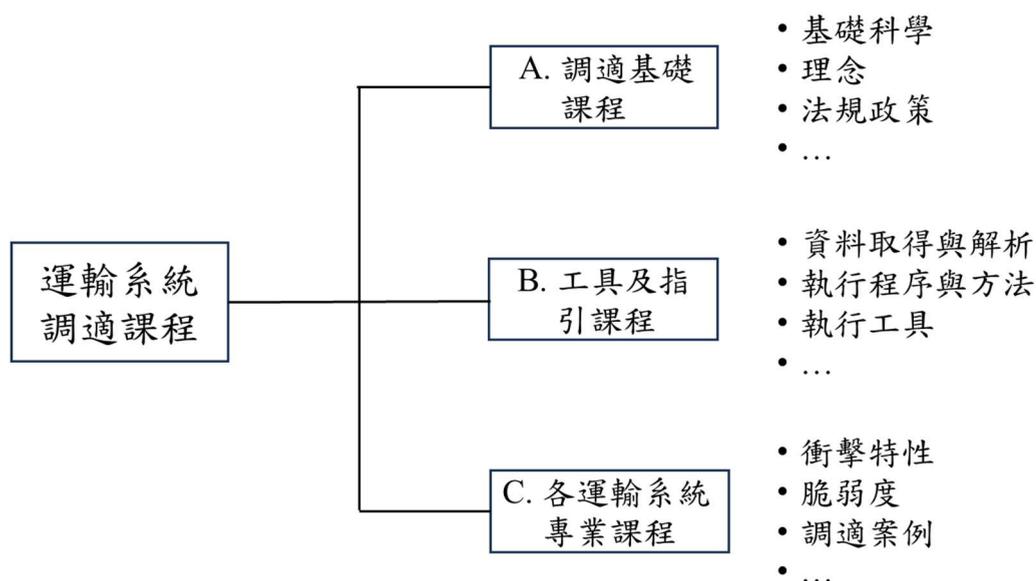
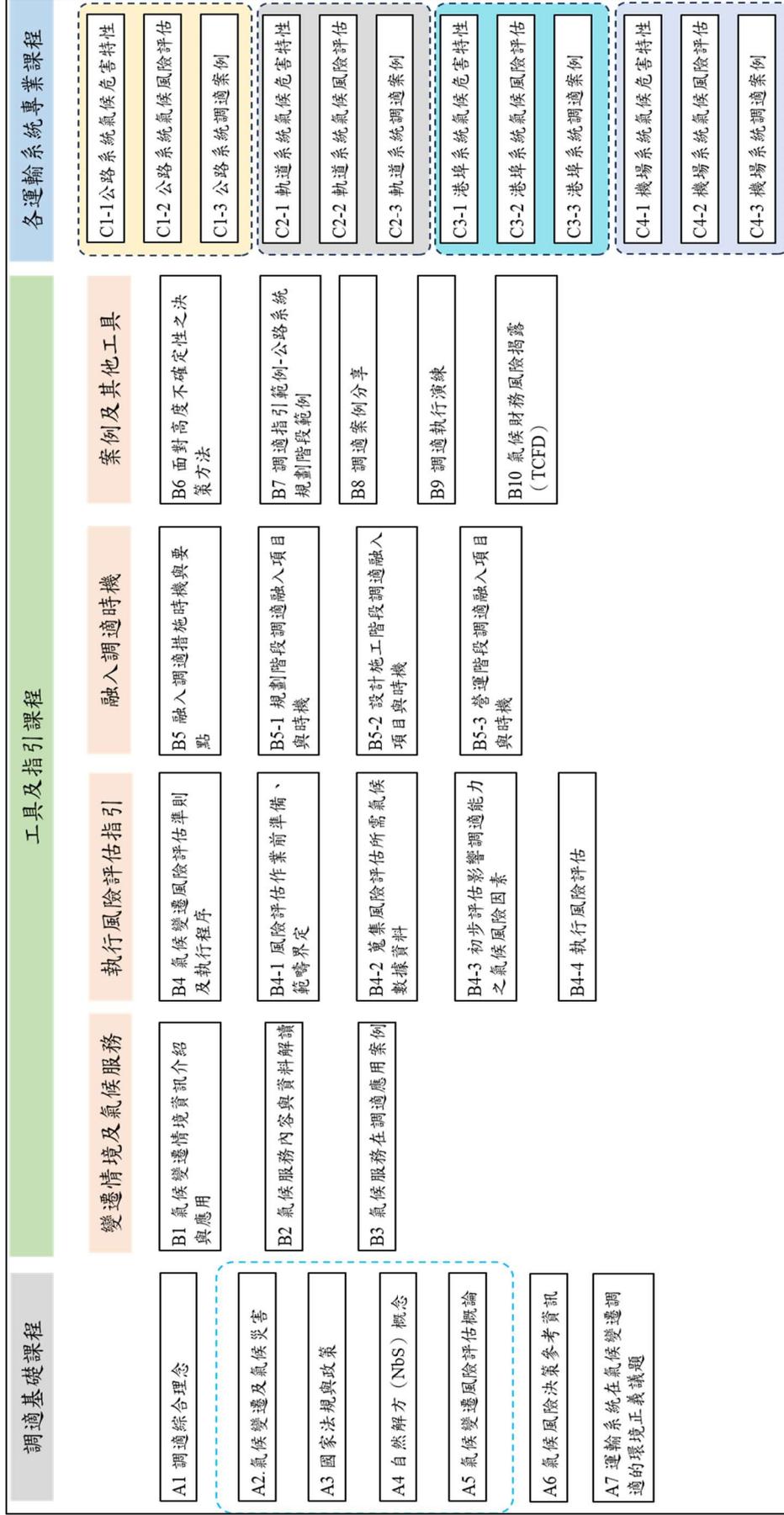


圖 3.3.2 運輸調適課程分類

運輸調適完整課程之課程地圖如圖 3.3.3 所示。課程架構簡要說明如下：

1. 調適基礎課程：共計 7 門課。
2. 工具及指引課程：包含「變遷情境與氣候服務」3 門課、「執行風險評估指引」5 門課、「融入調適時機」4 門課及「案例及其他工具」5 門課，總計 17 門課。
3. 各運輸系統專業課程：公路、軌道、機場、港埠等 4 類運輸系統各 3 門課，總計 12 門課。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.3.3 運輸調適課程地圖

### 3.3.3 運輸調適完整課程

各項課程之課程目標及課程關聯性說明，彙整如表 3.3-2 所示。

表 3.3-2 課程目標及課程關聯性彙整表

課程名稱	課程目標	課程關聯性
A. 調適基礎課程-		
A1.調適綜合理念	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.基礎課程提升運輸機關(構)人員素養。</li> <li>2.完整了解基礎調適基礎理念及調適重要性。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.座談會建議基本培力課程。</li> <li>2.第1年(112年)計畫所列應具備之調適專業能力。</li> <li>3.紐澤西州公路局韌性與調適課程。</li> <li>4.歐盟專案經理指南。</li> <li>5.美國交通部優先行動。</li> </ol>
A2.氣候變遷及氣候災害(112課程)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.認識氣候變遷基礎科學。</li> <li>2.認識氣候災害及其運輸系統影響。</li> </ol>	第1年(112年)計畫所列應具備之調適能力。
A3.國家法規與政策(112課程)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.了解氣候變遷因應法及相關法規事項及國家調適行動推動架構。</li> <li>2.了解目的事業主管機關權責及辦理時程。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.第1年(112年)計畫所列應具備之調適能力。</li> <li>2.機關意見：課程需涵蓋相關法規。</li> <li>3.法規與政策為問卷調查結果高度需求課程。</li> </ol>
A4.自然解方(NbS)概念(112課程)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.了解 NbS 定義與基本理念。</li> <li>2.了解 NbS 推動策略與效益。</li> <li>3.了解 NbS 評估指標。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.第1年(112年)計畫所列應具備之調適能力。</li> <li>2.自然解方為問卷調查結果高度需求課程。</li> </ol>
A5.氣候變遷風險評估概論(112課程)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.認識調適與防災差異。</li> <li>2.認識氣候變遷風險評估基本概念。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.第1年(112年)計畫所列應具備之調適能力。</li> <li>2.風險評估為問卷調查結果高度需求課程。</li> </ol>
A6.氣候風險決策參考資訊	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.了解國家科學報告內容及用途。</li> <li>2.具備查詢及正確選用氣候變遷情境資訊能力。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.第1年(112年)計畫所列應具備之調適能力。</li> <li>2.氣候變遷衝擊與情境資訊為問卷調查結果高度需求課程。</li> </ol>

表 3.3-2 課程目標及課程關聯性彙整表 (續 1)

課程名稱	課程目標	課程關聯性
<b>B. 工具及指引課程</b>		
A7. 運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 了解強化脆弱群體調適能力、脆弱群體指認。</li> <li>2. 了解交通決策方法如何納入環境正義。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 國際調適趨勢。</li> <li>2. 我國法令規範條文。</li> <li>3. 美國紐澤西州根據聯邦公路研究所課程列舉為該州之氣候變遷調適能力課程。</li> </ol>
B1. 氣候變遷情境資訊介紹與應用	具備查找與應用 TCCIP 資料服務、Dr.A 網站風險圖臺之風險圖、危害度、脆弱度及暴露度之圖資查詢與應用能力。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 112 年報告所列應具備之調適能力</li> <li>2. 氣候變遷衝擊與情境資訊為問卷調查、訪談高度需求課程。</li> </ol>
B2. 氣候服務內容與資料解讀	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 氣候危機背景說明，從極端天氣、極端氣候到氣候變遷的資訊。</li> <li>2. 氣候服務案例。</li> <li>3. 國際氣候服務應用現況。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 美國哥倫比亞大學氣候變遷調適課程。</li> <li>2. 機關意見：與氣象署已有防災預警系統合作經驗，有「氣候變遷調適」相關氣象資訊判讀課程需求。</li> </ol>
B3. 氣候服務在調適應用案例	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 氣象服務在水資源、能源、農業領域調適應用案例。</li> <li>2. 氣象資料統計方法、氣候數據分析與應用。</li> <li>3. 與運輸單位建立氣候服務合作模式探討。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 美國哥倫比亞大學氣候變遷調適課程。</li> <li>2. 機關意見：與氣象署已有防災預警系統合作經驗，有「氣候變遷調適」相關氣象資訊判讀課程需求。</li> <li>3. 氣象署諮詢會議意見。</li> </ol>
B4. 氣候變遷風險評估準則及執行程序	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 了解風險評估準則。</li> <li>2. 了解如何使用評估工具。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 深度訪談結果。</li> <li>2. 國內外運輸系統調適相關專業課程風險評估為問卷調查、訪談高度需求課程。</li> </ol>
B4-1. 風險評估作業前準備、範疇界定	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 了解高階承諾重要性。</li> <li>2. 了解如何選擇參與專家、參與人員。</li> <li>3. 了解如何界定範疇。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 深度訪談結果。</li> <li>2. 國內外運輸系統調適相關專業課程風險評估為問卷調查、訪談高度需求課程。</li> </ol>
B4-2. 蒐集風險評估所需氣候數據資料	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 具備取得歷史和基線氣候數據能力。</li> <li>2. 具備氣候服務資料解讀能力。</li> <li>3. 具備確定要評估的氣候情境能力。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 深度訪談結果。</li> <li>2. 國內外運輸系統調適相關專業課程風險評估為問卷調查、訪談高度需求課程。</li> </ol>

表 3.3-2 課程目標及課程關聯性彙整表 (續 2)

課程名稱	課程目標	課程關聯性
B. 工具及指引課程		
B4-3. 初步評估影響調適能力之氣候風險因素	1. 具備指認氣候變遷下的氣候壓力及危害能力。 2. 具備評估影響調適之氣候風險因素之能力。	1. 深度訪談結果。 2. 國內外運輸系統調適相關專業課程風險評估為問卷調查、訪談高度需求課程。
B4-4. 執行風險評估	1. 具備撰寫評估報告能力。 2. 具備選擇衝擊評估方法能力。 3. 具備與利害關係人溝通能力。	1. 深度訪談結果。 2. 國內外運輸系統調適相關專業課程風險評估為問卷調查、訪談高度需求課程。
B5. 融入調適措施時機與要點	了解策略、規劃、設計、施工、維運等階段融入調適措施時機。	調適對策研擬實務為問卷調查、訪談高度需求課程。
B5-1. 規劃階段調適融入項目與時機	具備在規劃階段執行調適融入調適措施能力。	調適對策研擬實務為問卷調查、訪談高度需求課程。
B5-2. 設計施工階段調適融入項目與時機	具備在設計施工階段執行調適融入調適措施能力。	調適新知與案例為問卷調查、訪談高度需求課程。
B5-3. 營運階段調適融入項目與時機	具備在營運階段執行調適融入調適措施能力。	調適新知與案例為問卷調查、訪談高度需求課程。
B6. 面對高度不確定性之決策方法	1. 了解無悔或低悔策略。 2. 了解情境規劃方法。 3. 了解調適路徑及穩健決策方法。	1. 不確定性下的決策為美國紐約州哥倫比亞大學氣候變遷調適核心課程「氣候資料應用的定量方法」建構之能力。 2. 公路系統規劃階段調適指引。
B7. 調適指引範例-公路系統規劃階段範例	了解公路系統規劃階段調適指引之規範原則。	調適新知與案例為問卷調查、訪談高度需求課程。
B8. 調適案例分享	了解從範疇界定、盤點、評估、溝通之完整調適執行程序。	調適新知與案例為問卷調查、訪談高度需求課程。
B9. 調適執行演練	具備依公路系統規劃階段調適指引執行能力。	調適新知與案例為問卷調查、訪談高度需求課程。

表 3.3-2 課程目標及課程關聯性彙整表 (續 3)

課程名稱	課程目標	課程關聯性
B. 工具及指引課程		
B10. 氣候財務風險揭露 (TCFD)	1. 了解氣候變遷風險與機會 2. 了解四大核心要素	1. 課程諮詢：建議教育訓練課程納入。 2. 學者專家座談會多位委員強調重要性。
C. 各運輸系統專業課程 (分公路、軌道、海運、航空 4 類)		
C1-1. 公路系統氣候危害特性	掌握路面、橋梁、邊坡、場站設施營運氣候危害特性。	各專業運輸系統調適執行方法為問卷調查、訪談高度需求課程。
C1-2. 公路系統氣候風險評估	具備執行路面、橋梁、邊坡、場站設施風險評估能力。	各專業運輸系統調適執行方法為問卷調查、訪談高度需求課程。
C1-3. 公路系統調適案例	了解國內、外公路運輸系統調適案例及應用情境。	各專業運輸系統調適執行方法為問卷調查、訪談高度需求課程。
C2-1. 軌道系統氣候危害特性	掌握軌道、橋梁、邊坡、場站設施營運氣候危害特性。	各專業運輸系統調適執行方法為問卷調查、訪談高度需求課程。
C2-2. 軌道系統氣候風險評估	具備執行軌道、橋梁、邊坡、場站設施營運風險評估能力。	各專業運輸系統調適執行方法為問卷調查、訪談高度需求課程。
C2-3. 軌道系統調適案例	了解國內、外軌道運輸系統調適案例及應用情境。	各專業運輸系統調適執行方法為問卷調查、訪談高度需求課程。
C3-1. 港埠氣候危害特性	掌握港埠基礎設施、導航、場站設施營運等氣候危害特性。	各專業運輸系統調適執行方法為問卷調查、訪談高度需求課程。
C3-2. 港埠氣候風險評估	具備執行港埠基礎設施、導航、場站設施營運風險評估能力。	各專業運輸系統調適執行方法為問卷調查、訪談高度需求課程。
C3-3. 港埠調適案例	了解國內、外港埠調適案例及應用情境。	各專業運輸系統調適執行方法為問卷調查、訪談高度需求課程。
C4-1. 機場設施氣候危害特性	掌握跑道、導航、場站設施營運等氣候危害特性。	各專業運輸系統調適執行方法為問卷調查、訪談高度需求課程。
C4-2. 機場設施氣候風險評估	具備執行跑道、導航、場站設施營運等風險評估能力。	各專業運輸系統調適執行方法為問卷調查、訪談高度需求課程。
C4-3. 機場設施調適案例	了解國內、外機場設施調適案例及應用情境。	各專業運輸系統調適執行方法為問卷調查、訪談高度需求課程。

整體運輸調適課程規劃內容資訊，包含課綱、授課形式、上課時數、建議師資等，彙整如表 3.3-3 所示。

表 3.3-3 運輸調適課程內容資訊

課程名稱	課綱	形式	時數	建議師資
A. 調適基礎課程		-	21	-
A1 調適綜合理念	1. 氣候變遷基礎科學 2. 氣候變遷因應法 3. 永續指標與決策 4. 氣候變遷調適專有名詞 5. 調適策略之產生及運用 6. 跨領域整合概念	講授	3	許晃雄（中研院環境變遷研究中心特聘研究員兼專題中心執行長）、徐旭誠（環境部氣候變遷署副署長）、童慶斌（臺灣大學生物環境系統工程學系教授）
A2 氣候變遷及氣候災害	1. 氣候變遷基礎科學 2. 氣候災害及其運輸系統影響	講授	3	許晃雄（中研院環境變遷研究中心特聘研究員兼專題中心執行長）、徐佩君（中興大學生物與永續科技學位學程助理教授）、曾琬鈴（台大氣候永續學程專案助理教授）、周仲島（台大氣科學系名譽教授）
A3 國家法規與政策	1. 氣候變遷因應法及相關法規 2. 國家調適行動推動架構 3. 目的事業主管機關權責	講授	3	徐旭誠（環境部氣候變遷署副署長）、葉信君（環境部氣候變遷署副組長）、何文淵（環境部氣候變遷署科長）
A4 自然解方(NbS)概念	1. NbS 的定義與基本理念 2. NbS 推動策略與效益評估 3. NbS 評估指標	講授	3	李玲玲（國立臺灣大學生態學與演化生物學所教授）、廖桂賢（國立臺北大學都市計劃所教授）、黃于玻（社團法人中華民國自然生態保育協會理事長）
A5 氣候變遷風險評估概論	1. 調適與防災差異 2. 氣候變遷風險評估概論 3. 風險評估準則	講授	3	陳永明（國家災害防救科技中心氣候變遷組長）、李欣輯（國家災害防救科技中心研究員）
A6 氣候風險決策參考資訊	國家科學報告、AR6 報告解讀與應用	講授	3	趙家緯（臺灣環境規劃協會理事長）、李欣輯（國家災害防救科技中心研究員）、洪國慶（市立台北大學城市發展學系暨研究所助理教授）
A7 運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題	脆弱群體指認、環境正義與交通決策、公眾參與交通決策過程	講授	3	林宗宏（中央研究院社會學研究所研究員）、林春元（臺灣大學法律學院副教授）

表 3.3-3 運輸調適課程內容資訊 (續 1)

課程名稱	課綱	形式	時數	師資
B. 工具及指引課程		-	51	-
B1 氣候變遷情境資訊介紹與應用	TCCIP 資料服務、調適百寶箱、Dr.A 網站風險圖臺之風險圖、危害度、脆弱度及暴露度之圖資查詢與應用	講授	3	陳永明 (國家災害防救科技中心氣候變遷組長)、李欣輯 (國家災害防救科技中心研究員)、劉子明 (國家災害防救科技中心研究員)、陳韻如 (國家災害防救科技中心研究員)
B2 氣候服務內容與資料解讀	1. 氣候危機背景說明, 從極端天氣、極端氣候到氣候變遷的資訊。 2. 氣候服務案例。 3. 氣象署氣候監測預報資訊解讀。	講授	3	洪景山 (氣象署副署長)、陳孟詩 (氣象署副組長)
B3 氣候服務在調適應用案例	1. 氣象服務在水資源、能源、農業領域調適應用案例。 2. 與運輸單位建立氣候服務合作模式探討	講授	3	洪景山 (氣象署副署長)、陳孟詩 (氣象署副組長)
B4 氣候變遷風險評估準則及執行程序	風險評估準則、評估工具	講授	3	陳永明 (國家災害防救科技中心氣候變遷組長)、李欣輯 (國家災害防救科技中心研究員)、徐旭誠 (環境部技監)、葉信君 (環境部氣候變遷署副組長)
B4-1 風險評估作業前準備、範疇界定	高階承諾、參與人員、執行時程、定義組織與地理邊界	講授或工作坊	3	陳永明 (國家災害防救科技中心氣候變遷組長)、李欣輯 (國家災害防救科技中心研究員)、童慶斌 (臺灣大學生物環境系統工程學系教授)、吳清如 (鼎漢國際工程顧問公司副總經理)、鼎漢團隊
B4-2 蒐集風險評估所需氣候數據資料	取得歷史和基線氣候數據, 包括歷史事件和衝擊報告包含地質、地形、氣候、水文等、根據評估時間尺度指認氣候壓力信心水準和預期變化規模、確定要評估的氣候情境	講授或工作坊	3	陳永明 (國家災害防救科技中心氣候變遷組長)、李欣輯 (國家災害防救科技中心研究員)、童慶斌 (臺灣大學生物環境系統工程學系教授)、吳清如 (鼎漢國際工程顧問公司副總經理)、鼎漢團隊
B4-3 初步評估影響調適能力之氣候風險因素	指認氣候變遷下的氣候壓力及危害、暴露與脆弱等因素, 初步評估影響調適能力之氣候風險因素	講授或工作坊	3	陳永明 (國家災害防救科技中心氣候變遷組長)、李欣輯 (國家災害防救科技中心研究員)、童慶斌 (臺灣大學生物環境系統工程學系教授)、吳清如 (鼎漢國際工程顧問公司副總經理)、鼎漢團隊

表 3.3-3 運輸調適課程內容資訊 (續 2)

課程名稱	課綱	形式	時數	師資
B4-4 執行風險評估	前置作業、選擇衝擊評估方法、執行風險評估、回報評估結果	工作坊	3	陳永明 (國家災害防救科技中心氣候變遷組長)、李欣輯 (國家災害防救科技中心研究員)、童慶斌 (臺灣大學生物環境系統工程學系教授)、吳清如 (鼎漢國際工程顧問公司副總經理)、鼎漢團隊
B5 融入調適措施時機與要點	策略、規劃、設計、施工、維運等階段融入調適措施時機	工作坊	3	吳清如 (鼎漢國際工程顧問公司副總經理)、徐旭誠 (環境部技監)、王筱雯 (成大水利及海洋工程學系教授)
B5-1 規劃階段調適融入項目與時機	資料蒐集階段、方案研擬與評估階段、工程評估階段	工作坊	3	吳清如 (鼎漢國際工程顧問公司副總經理)、徐旭誠 (環境部技監)、王筱雯 (成大水利及海洋工程學系教授)
B5-2 設計施工階段調適融入項目與時機	基本資料調查、基本設計、細部設計、施工安全	工作坊	3	吳清如 (鼎漢國際工程顧問公司副總經理)、徐旭誠 (環境部技監)、王筱雯 (成大水利及海洋工程學系教授)
B5-3 營運階段調適融入項目與時機	機電、通訊、監測、巡檢、管理維護、場站及作業人員安全與進出	工作坊	3	吳清如 (鼎漢國際工程顧問公司副總經理)、徐旭誠 (環境部技監)、王筱雯 (成大水利及海洋工程學系教授)
B6 面對高度不確定性之決策方法	無悔或低悔策略、情境規劃、調適路徑及穩健決策	講授	3	陳亮全 (銘傳大學都市規劃與防災學系客座教授)、童慶斌 (臺灣大學生物環境系統工程學系教授)、洪啟東 (銘傳大學都市規劃與防災學系教授)
B7 調適指引範例-公路系統規劃階段範例	公路系統規劃階段調適指引操作	講授	3	吳清如 (鼎漢國際工程顧問公司副總經理)、鼎漢團隊
B8 調適案例分享	從範疇界定、盤點、評估、溝通之完整調適執行案例	工作坊	3	王筱雯 (成大水利及海洋工程學系教授)、劉奇璋 (臺灣大學森林環境暨資源系教授)、李玲玲 (國立臺灣大學生態學與演化生物學所教授)
B9 調適執行演練	運輸系統調適指引工作實務推演	工作坊	3	吳清如 (鼎漢國際工程顧問公司副總經理)、鼎漢團隊、童慶斌 (臺灣大學生物環境系統工程學系教授)
B10 氣候財務風險揭露 (TCFD)	氣候變遷風險與機會、四大核心要素	講授	3	蔡易廷 (綠色生產力基金會專案經理)、郭士筠 (中央研究院環境變遷研究中心「產業氣候變遷風險評估研究計畫」主持人)

表 3.3-3 運輸調適課程內容資訊 (續 3)

課程名稱	課綱	形式	時數	師資
C.各運輸系統專業課程(分公路、軌道、港埠、機場4類)		-	4×9	-
C1-1 公路系統氣候危害特性	路面、橋梁、邊坡、場站設施營運等氣候危害特性	工作坊	3	吳昆峯(交通大學運輸與物流管理學系教授)、劉霈(逢甲大學運輸與物流系教授)、胡大瀛(成功大學交通管理科學系暨電信管理研究所教授)
C1-2 公路系統氣候風險評估	路面、橋梁、邊坡、場站設施營運等氣候風險評估	工作坊	3	
C1-3 公路系統調適案例	國內外公路運輸系統調適案例	工作坊	3	
C2-1 軌道系統氣候危害特性	軌道、橋梁、邊坡、場站設施營運等氣候危害特性	工作坊	3	鄭永祥(成功大學交通管理科學系暨電信管理研究所教授)、賴勇成(國立臺灣大學土木工程系交通組教授)、鍾志成(財團法人中興工程顧問社土木水利及軌道運輸研究中心主任)、張簡嘉壬(高雄科技大學鐵道技術中心主任)、林陳佑(陽明交大學運輸與物流管理系助理教授)、孫千山(中興工程顧問社土木水利及軌道運輸研究中心軌道運輸組組長)
C2-2 軌道系統氣候風險評估	軌道、橋梁、邊坡基礎設施氣候風險評估	工作坊	3	
C2-3 軌道系統調適案例	國內外軌道運輸系統調適案例	工作坊	3	
C3-1 港埠氣候危害特性	港埠基礎設施、導航、場站設施營運等氣候危害特性	工作坊	3	楊鈺池(高雄科技大學航運管理系教授)、林泰誠(國立臺灣海洋大學航運管理系教授)、黃明居(陽明交大運輸與物流管理系教授)、郭思瑜(高雄科技大學航運管理系副教授)
C3-2 港埠氣候風險評估	港埠基礎設施、導航、場站設施營運等氣候風險評估	工作坊	3	
C3-3 港埠調適案例	國內外港埠設施調適案例	工作坊	3	
C4-1 機場設施氣候危害特性	跑道、導航、場站設施營運等氣候危害特性	工作坊	3	熊正一(臺南應用科技大學國際企業經營系教授)、孫國勛(開南大學空運管理系副教授)
C4-2 機場設施氣候風險評估	跑道、導航、場站設施營運等氣候風險評估	工作坊	3	
C4-3 機場設施調適案例	國內外機場設施調適案例	工作坊	3	

運輸調適課程先修課程及建議上課對象如表 3.3-4 所示，建議上課對象分為高階主管、規劃設計施工人員、維運人員及財務人員等 4 類：

1. 高階主管：高階主管為推動調適工作的決策關鍵，考量其對調適業務的理解需求及可投入時間，特規劃 3 小時的「調適綜合理念」課程，內容涵蓋調適基本概念、執行框架及氣候變遷相關法規要求，提供高階主管及所有運輸機關（構）人員參與。此外，亦歡迎高階主管視需求選修後續工具指引及實務應用課程。
2. 規劃設計施工人員：因運輸系統在規劃、設計及施工階段即需納入氣候變遷與調適考量，建議此類人員除應修習「調適綜合理念」課程（為基礎課程濃縮版本）外，亦應參加所有基礎類課程。除營運相關內容外，亦應參與工具指引類及實務應用課程。
3. 維運人員：維運人員主要負責系統日常營運，較少參與系統路線選擇或新系統開發等規劃決策，因此可免修與規劃、設計及施工相關之課程。另因其職責性質，也可免修「面對高度不確定性的決策方法」、「調適指引範例—公路系統規劃階段」及「氣候財務風險揭露」等課程。
4. 財務人員：財務人員為各項公共建設計畫之關鍵角色，建議修習「調適綜合理念」、「國家法規與政策」及「氣候財務風險揭露」等 3 門課程，以強化其對氣候變遷財務風險與政策工具之理解。

表 3.3-4 第 3 欄先修課程並不具強制性，提供先修課程之目的在於提高學員對課程理解與吸收度，如 A3「國家法規與政策」列為 B5「融入調適措施時機與要點」之先修課程，係因國家法規明列各項調適工作時程規定，課程也提供我國調適兩階段執行框架，提供各部會辦理調適須共同遵行的程序，以相同程序方法推動各領域調適工作；此外，由於氣候變遷環境下極端氣候具有高度不確定性，因此 C1-3、C2-3、C3-3、C4-3「公路、軌道、港埠及機場系統調適案例」課程在面對高度不確定性的氣候風險因子進行調適選項決策時，如何綜合評估各種極端氣候情境對設施、人員及運輸系統對社會、經濟可能遭受之損害與調適投資成本，以選擇具有最高整體效益的調適決策，因此安排先修 B6「面對高度不確定性之決策方法」課程做為各運輸系統調適案例的先修課程。

表 3.3-4 運輸調適課程先修課程及建議上課對象

課程名稱	時數	先修課程	高階主管	規劃設計 施工人員	維運人員	財務人員
A1 調適綜合理念	3		✓			✓
A2 氣候變遷及氣候災害	3			✓	✓	
A3 國家法規與政策	3			✓	✓	✓
A4 自然解方概念	3			✓	✓	
A5 氣候變遷風險評估概 論	3			✓	✓	
A6 氣候風險決策參考資 訊	3			✓	✓	
A7 運輸系統在氣候變遷 調適的環境正義議題	3			✓	✓	
B1 氣候變遷情境資訊介 紹與應用	3			✓	✓	
B2 氣候服務的內涵與資 料解讀	3	A2、A3、 A5		✓	✓	
B3 氣候服務在調適應用 案例	3	B2		✓	✓	
B4 氣候變遷風險評估準 則及執行程序	3	A2、A3、 A5、B2		✓	✓	
B4-1 風險評估作業前準 備、範疇界定	3	B4		✓	✓	
B4-2 蒐集風險評估所需 氣候數據資料	3	B4-1		✓	✓	
B4-3 初步評估影響調適 能力之氣候風險因 素	3	B4-2		✓	✓	
B4-4 執行風險評估	3	B4-3		✓	✓	
B5 融入調適措施時機與 要點	3	A3		✓	✓	
B5-1 規劃階段調適融入 項目與時機	3	B5		✓		

表 3.3-4 運輸調適課程先修課程及建議上課對象 (續)

課程名稱	時數	先修課程	高階主管	規劃設計 施工人員	維運人員	財務人員
B5-2 設計施工階段調適 融入項目與時機	3	B5		✓		
B5-3 營運階段調適融入 項目與時機	3	B5			✓	
B6 面對高度不確定性之 決策方法	3	A6、B1、 B2		✓		
B7 調適指引範例-公路系 統規劃階段範例	3	A3、B2、 B3		✓		
B8 調適案例分享	3	A3、B2、 B3、B5		✓	✓	
B9 調適執行演練	3	A3、B2、 B3、B5		✓	✓	
B10 氣候財務風險揭露	3	A3、B2、 B3		✓		✓
C1-1 公路系統氣候危害 特性	3	B4		✓	✓	
C1-2 公路系統氣候風險 評估	3	C1-1		✓	✓	
C1-3 公路系統調適案例	3	B6		✓	✓	
C2-1 軌道系統氣候危害 特性	3			✓	✓	
C2-2 軌道系統氣候風險 評估	3	C2-1		✓	✓	
C2-3 軌道系統調適案例	3	B6		✓	✓	
C3-1 港埠系統氣候危害 特性	3			✓	✓	
C3-2 港埠系統氣候風險 評估	3	C3-1		✓	✓	
C3-3 港埠系統調適案例	3	B6		✓	✓	
C4-1 機場系統氣候危害 特性	3			✓	✓	
C4-2 機場系統氣候風險 評估	3	C4-1		✓	✓	
C4-3 機場系統調適案例	3	B6		✓	✓	

### 3.4 辦理運輸調適課程及工作坊

運輸系統是國家重要基礎設施，與民眾生活息息相關，而氣候變遷除造成全球暖化之外，強降雨、暴風等極端天氣也將對運輸系統帶來明顯的衝擊與影響。為強化臺灣面對氣候變遷衝擊的能力，我國於 112 年 2 月修訂施行「氣候變遷因應法」(以下簡稱氣候法)，其中第 17 條「為因應氣候變遷，政府應推動調適能力建構之事項」，即規範政府單位應強化氣候變遷調適之教育、人才培育，並推展相關活動，因此本計畫期透過辦理運輸調適教育訓練，以充實運輸管理機關(構)工作人員調適知能，提升運輸系統對於氣候變遷的調適韌性。

本所為協助運輸管理機關(構)更深入瞭解氣候變遷調適觀念及其在權管業務中的應用，透過教育訓練培育人才、強化調適能力建構，提升各運輸系統設施管理機關(構)之調適專業能力，以依據調適推動要領，強化運輸系統因應氣候變遷衝擊的準備度，降低未來極端天氣與氣候事件可能帶來之影響程度。本計畫規劃一系列「建構運輸管理機關(構)之調適專業能力」教育訓練課程，112 年度已優先辦理共通性基礎課程，透過通識性內容，協助交通部所屬機關(構)及運輸事業單位建立氣候變遷調適基本知能，做為後續專業能力養成之基礎，以利未來在國家調適框架下順利推動相關業務。

本(113)年度則依據合作研究計畫之主題與重點，規劃辦理 24 小時之專業課程及 2 場次互動交流工作坊，課程主題係依其重要性、必要性及運輸管理機關(構)課程需求等考量進行選定。所有教育訓練及工作坊開課前，皆有針對課程辦理型式、授課主題、內容大綱及講師背景等資訊，經內部充分討論與調整後，邀請講師授課並正式辦理課程。113 年辦理之 8 門教育訓練課程，每門課程時數為 3 小時，合計 24 小時，均採授課方式進行；另 2 場次工作坊則採專題說明後分組討論與成果發表之方式辦理。各課程及工作坊名稱、辦理時間與授課講師詳如表 3.4-1 所示。



表 3.4-1 各場次教育訓練課程及工作坊名稱、辦理時間及講師

課程/ 工作坊	課程名稱	辦理 日期	講師
課程	氣候變遷情境資訊介紹與應用	6/21	劉子明、 陳韻如
	氣候風險決策參考資訊與應用		黃國慶
	氣候服務的內涵與資料解讀	8/1	洪景山
	氣候變遷調適指引範例		吳清如
	氣候變遷風險評估準則及執行程序	9/30	紀佳法
	氣候變遷調適綜合理念		童慶斌
	運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題	10/25	林宗弘
	氣候服務在調適應用案例		陳孟詩
工作坊	調適執行實作—運輸系統調適指引實務推演工作坊	8/26	童慶斌
	運輸氣候變遷風險評估—範疇界定操作工作坊	11/12	陳永明

在本(113)年度課程安排中,「氣候風險決策參考資訊與應用」及「運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題」為調適基礎課程,因此優先納入本年度課程;其次,在工具及指引類課程方面,針對執行氣候風險評估所需之第一階段工作,變遷情境及氣候服務所屬3門課程「氣候變遷情境資訊介紹與應用」、「氣候服務的內涵與資料解讀」及「氣候服務在調適應用案例,以及「氣候變遷風險評估準則及執行程序」為調適第一階段工作—執行氣候風險評估所需工具,因此納入本年度課程安排;此外,「氣候變遷調適指引範例」則因公路系統規劃階段調適指引已發布,藉由公路指引做為範例可加速推動各運輸系統的各階段工作調適指引之建立;而「調適綜合理念」則因課程112年辦理調適課程時,尚未規劃將課程資料製作為e化教材,因此在本(113)年度特別將調適基礎概念納入課程大綱,以利安排製作影片教材供運輸管理機關(構)人員上網參考與學習,同時也方便高階主管在有限時間內(約3小時),掌握調適工作的核心理念與推動重點。

為瞭解課程前後學員對課程內容吸收程度,上課前後以相同題目由學員填寫問題,並於課後題目增加幾道調適概念性試題,以確保上課學員了解課程主要內容,各場次課前測驗平均答對率及課後測驗平均答對率如表3.4-2所示。

表 3.4-2 各場次教育訓練課程課前、課後測驗答對率

上課日期	課前測驗答對率	課後測驗答對率
6月21日上午	89.1%	91.1%
6月21日下午	75.2%	84.7%
8月1日上午	91.5%	96.0%
8月1日下午	80.8%	93.3%
9月30日上午	76.4%	92.2%
9月30日下午	63.6%	68.5%
10月25日上午	40.0%	61.5%
10月25日下午	86.0%	86.3%
平均	75.3%	84.2%

本年度各場次課程皆實施課前與課後測驗，整體結果顯示課後答對率普遍高於課前，顯示本計畫辦理之課程內容確實有助於學員理解氣候變遷調適相關知識。多數學員在課前即對氣候變遷因應法、氣候科學報告及運輸系統調適四大策略具初步認識，但對較細節的問題則掌握度有限。例如在「社會共享路徑（SSP）與溫室氣體排放路徑（RCP）中，何者代表溫室氣體排放減量最為艱困？」此題，課前僅約 60%的學員答對，課後則提升至近 80%。另就推估本世紀中期升溫程度的相關題目，課前答對率為 37%，課後則大幅提升至 85%，顯示學員對氣候變遷基礎知識的理解明顯增強。

部分課程的課後測驗答對率相對較低，原因包括課程內容較為進階或主題較為新穎。例如，9月30日下午課程講師長期投入調適領域，課程涵蓋層面廣泛，測驗題目相對困難；10月25日上午課程聚焦於脆弱群體指認、環境正義與交通決策等主題，屬於多數學員過去較少接觸的新議題，亦影響了測驗表現。

整體而言，超過 90%的參與學員對課程內容表示滿意，認為課程有效提升其氣候變遷調適相關知能與實務技能，對業務推動有明顯助益，並願意推薦同仁參加後續系列課程（詳見表 3.4-3）。此外，8月26日及11月12日辦理之 2 場工作坊未調查課程滿意度，而改詢問課程時間安排之適切

性，學員普遍回應「時間長度恰當」，但也有部分建議可延長討論時間，以利深入交流。今年度參與學員性別比例約為 1:1（如表 3.4-4 所示），顯示氣候變遷調適議題已獲得性別平衡且廣泛的關注。

表 3.4-3 各場次教育訓練滿意度調查結果

上課日期	本日課程安排的滿意度	本日課程的內容對您的業務有幫助	您滿意本日課程辦理的方式	未來願意繼續參加提升調適專業能力系列課程	未來會推薦同仁參加提升調適專業能力系列課程	平均
6月21日	100%	86%	100%	96%	96%	96%
8月1日	100%	96%	100%	100%	100%	99%
8月26日	100%	79%	—*	100%	100%	95%
9月30日	100%	100%	100%	94%	94%	98%
10月25日	94%	81%	94%	94%	100%	93%
11月12日	91%	100%	—*	100%	100%	98%
平均	97%	90%	98%	97%	98%	

註：\*係指工作坊未詢問本問題，改為詢問課程時間長度是否恰當。

表 3.4-4 各場次教育訓練學員男女比例

上課日期	男性參與比例	女性參與比例
6月21日上午	50.0%	50.0%
6月21日下午	44.0%	56.0%
8月1日上午	34.8%	65.2%
8月1日下午	50.0%	50.0%
8月26日	48.0%	52.0%
9月30日上午	61.1%	38.9%
9月30日下午	61.1%	38.9%
10月25日上午	46.2%	53.8%
10月25日下午	50.0%	50.0%
11月12日	54.5%	45.5%
平均	50.0%	50.0%

對於課程辦理之意見與建議，大多表示辦理用心，期待後續有更多課程，相關意見整理如表 3.4-5 所示。

表 3.4-5 各場次教育訓練及工作坊學員意見彙整表

<b>113 年 6 月 21 日課程回饋意見</b>
1. 可以拿在場學員單位，實作氣候調適六步驟，讓大家有共鳴，非單講述講義內容。
2. 希望可以事前提供 pdf 檔，環保無紙化，並事前調查需要印出紙本的人數。
3. 比照環評報告，環境敏感區位查詢平台推廣。
4. 完整操作示範（從界定、評估、圖資、調適、精進）。
5. 考量臺灣有火山地形，雖目前影響性小，基於預警機制，建議調適課程主題能納入部份地震、火山災害等項。
<b>113 年 8 月 26 日工作坊回饋意見</b>
1. 童教授及其團隊真的棒，感恩你們。
<b>113 年 10 月 25 日課程回饋意見</b>
1. 或許可以邀請實際應用案例的相關承辦人一併來說明或詢問補充說明。
2. 希望之後課程能介紹更多能供實務面使用的資訊或網站讓大家除了理解理論外還能實際應用在工作上。
3. 可以在講師開講前有一個引言，讓各位大概瞭解講師的背景，以及 QA 會在最後，還是各小結後，避免中途一直打斷。
4. （想了解更多）風險評估。
5. （想了解更多）調適實務落地操作。
6. （想了解更多）實作課程。
7. 想瞭解後續政府對於「調適」強制力的要求程度，或僅屬於各自表述？
<b>113 年 11 月 12 日工作坊回饋意見</b>
1. 繼續辦理課程分享。

### 3.5 調適課程辦理及推廣應用成效分析

本計畫在第 1 年（112 年）辦理 4 門課程，合計 12 小時，本（113）年度辦理 8 門課程，合計 24 小時，另辦理 2 場次工作坊，以下分別說明課程辦理及推廣應用成效及後續課程精進建議。

#### 1. 調適課程辦理及推廣應用成效

##### (1) 調適專業能力提升



- ① 學員於課前、課後測驗的平均答對率由 75% 提升至 84%，顯示課程有助於提升其調適專業知識（表 3.4-2）。
- ② 經課程引導，學員釐清「調適」與「防災」之差異，理解調適工作須針對受氣候因子影響、未來將因極端天氣加劇的災害項目進行分析與應對。
- ③ 辦理 2 場次工作坊，透過情境圖資與模擬操作，採取參與式討論方式，強化學員在資料蒐集與氣候風險評估上的實務執行能力。
- ④ 課程對象擴增至工程顧問公司，提供第一線工作人員提升調適能力的機會。

## (2) 調適課程辦理成效

- ① 各場次教育訓練滿意度調查結果如表 3.4-3，各項目滿意度均達 90% 以上，顯示課程規劃與講師安排能切合學員需求。
- ② 願意持續參加未來調適課程的學員比例達 97%，顯示課程成效廣獲肯定。
- ③ 未來會推薦同仁參加提升調適專業能力系列課程高達 98%，反映學員對調適知識之重視與高度認同，願意協助推薦同仁參加。

## (3) 跨單位合作

- ① 共邀請國家災防科技中心主管或高階人員授課 3 門課程，另有 2 門課程由中央氣象署主管授課，協助運輸機關（構）掌握科研單位實務經驗與合作管道，有助於運用正確之氣候變遷情境與氣候服務資料，推動跨部會合作。
- ② 各運輸系統相關人員於同場課程參與學習，增進不同運輸系統間的經驗交流，奠定推動跨運輸系統調適計畫的合作基礎。
- ③ 課程中納入其他部會調適案例，促進學員對非運輸部門氣候風險與調適實務的理解，強化整合型調適規劃之推動潛力。

## (4) 運輸系統 e 化調適教材建置

- ① 積極徵求講師授權，將課程教材後製為 e 化教材，搭配文字轉錄及 AI 語音，提供未能參與實體課程人員、新進員工及異動

業務人員於閒暇時間進行自學訓練，讓更多運輸機關（構）人員有機會接受訓練。

- ② 因高階人員的支持與推動是調適工作關鍵，但通常高階人員無暇全程參與課程，經調整濃縮調適基礎課程為「調適綜合理念」，提供高階人員以精簡課程時間，吸收重要調適理念，並朝正確方向推動調適工作，避免不當調適決策。
- ③ 課程架構區分為三類：調適基礎課程、工具指引課程及運輸調適專業課程。112 年及 113 年已完整提供 7 門基礎課程，涵蓋法規、科學知識與理念引導，協助運輸人員建立調適基本認知，並有助於掌握後續工具指引類課程，亦提供先修課程及上課對象資訊，利於課程推廣與循序學習。

## 2. 後續課程精進建議

### (1) 依運輸系統特性規劃專業課程

- ① 雖然同屬運輸系統，公路、軌道、機場及港埠的所面臨的氣候壓力因子並不相同，建議需依各系統特性與需求分別設計專業課程。
- ② 對於具共同風險議題（如邊坡崩塌、橋梁安全等），可由公路與軌道系統之運輸管理機關（構）協同規劃課程，提升學習效益與整體風險應對能力。
- ③ 鼓勵各機關（構）培育內部種子師資，透過計畫性安排參與調適課程及研討會，持續累積調適知能，協助推動機關整體調適能力建構。

### (2) 課程執行方式建議

- ① 由學員意見調查結果顯示，建議課程增加實務應用資訊或網站介紹，並強化風險評估與調適措施落實操作的實作課程。
- ② 增加課前講師對運輸系統調適需求與學員背景之了解，強化課程設計與教學對接，確保課程內容貼近實務所需關鍵能力。
- ③ 鼓勵講師於課前說明學員應具備之基本能力條件（如軟體操作、圖資解讀、情境資料蒐集等），以提升學習成效。

④ 於計畫規劃階段即納入調適成果分享及經驗交流機制，促進跨機關學習與交流。

⑤ 課前提供教材電子檔案，並優先採取環保無紙化方式進行，提升教材取得便利性並符合環保原則。

(3) 強化 e 化教材推廣與應用

① 建置功能完善、便於查詢與使用之 e 化教材網頁，讓運輸機關人員可快速搜尋並取得所需課程資源。

② 加強宣導 e 化教材，提高教材使用率。

### 3.6 建立運輸調適課程師資參考名單資料庫

為因應各運輸管理機關（構）未來辦理專業調適課程之需求，本計畫在規劃整體運輸調適課程架構的同時，除已於第 1 年期（112 年）針對具共通性及優先性的課程進行規劃與辦理，並於本年度辦理 24 小時調適課程及 2 場次工作坊外，亦著手建立「運輸調適課程師資參考名單資料庫」，以利未來各單位辦理不同運輸系統調適課程時，得以參考合適師資，進而培育運輸調適專業人才。

師資資料庫來源涵蓋下列單位與管道：

1. 教育部氣候變遷教學資訊平台：該平台除推動中小學氣候變遷扎根教育，亦積極於大專校院培育調適專業人才，支援學術研究、政策分析、產業發展等需求。其中「維生基礎設施」（含交通與通訊系統）領域目前有 48 位具備相關專長之教師。
2. 各研究單位氣候變遷研究中心：如中央研究院氣候變遷研究中心、臺北大學全球變遷與永續科學研究中心、臺灣大學全球變遷研究中心、國家環境研究院氣候變遷研究中心等，皆為具專業研究背景之潛在師資來源。
3. 國內各大學交通運輸相關科系：具有運輸、氣候變遷調適相關專長教師。
4. 國內各大學環境工程相關科系：具有氣候變遷調適相關專長教師。
5. 曾發表運輸調適相關研究論文之專家學者。
6. 曾指導學生進行運輸氣候變遷調適論文之教師。

本計畫規劃之師資資料庫將包含以下幾個欄位資訊：

1. 姓名。
2. 服務單位。
3. 職稱。
4. 師資背景
5. 授課主題：課程規劃內容中，該講師可授課之課程或主題，如氣候變遷基礎科學、風險評估、法規政策、氣象資料解讀、氣候風險決策、自然解方 (NbS)、氣候財務風險揭露 (TCFD)、調適案例分析等。
6. 運輸領域：分為共同 (不分領域)、公路、軌道、港埠、機場等類別。
7. 聯絡方式 (email)：為保護資料庫內師資個資安全，在公開資料中不呈現，僅轉發提供各運輸管理機關 (構) 參考使用。
8. 推薦單位：包括計畫執行單位、各運輸管理機關 (構)。

經由上述各管道彙整後，運輸調適課程師資共計 60 位，依運輸領域進行分類統計如表 3.5-1 所示。其中以「不分領域」之師資人數最多，共 38 位；各類運輸系統專業領域之師資人數均未超過 10 位，顯示相關專業領域師資相對不足。建議應加速培育國內運輸調適課程之專業師資，以利後續課程推廣與專業知能深化。

表 3.6-1 依運輸領域分類調適課程師資統計

運輸領域	師資人數
不分領域	38
公路系統	6
軌道系統	7
港埠系統	4
機場設施	5
合計	60

### 3.7 小結

本計畫透過蒐集彙析文獻資料，發現原規劃課程可補充氣候環境正義



相關課程，並應留意我國氣候變遷風險評估準則公告動態，其次經訪談與課程意見回饋及委員意見確認課程應儘量以實務性操作方式、邀請交通部不同領域具有實務工作經驗的單位分享具代表性案例、高階主管培訓課程規劃應兼顧廣度和深度，在課程座談會確認氣候相關財務揭露課程具重要性及授課對象應涵蓋維運、工務人員而非偏重規劃與設計人員之辦理原則，綜整上述各項課程調整資訊後課程滾動檢討結果為將原「高階人員調適綜合課程」調整為「調適綜合理念」課程、新增「運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題」等 4 門課程、刪除「運輸法規與調適」課程。

經檢討，運輸調適課程分為「運輸基礎課程」及「工具及指引課程」、「各運輸系統專業課程」等三大類型：

1. 調適基礎課程（7 門課程）：包括調適綜合、氣候變遷及氣候災害、國家法規與政策、自然解方（NbS）概念、氣候變遷風險評估概論、氣候風險決策參考資訊、運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題。
2. 調適進階課程（17 門課程）：包括氣候變遷情境資訊介紹與應用、氣候服務內容與資料解讀、氣候服務在調適應案案例、氣候變遷風險評估準則及執行程序、融入調適措施時機與要點、面對高度不確定性之決策方法、調適指引範例-公路系統規劃階段範例、調適案例分享、調適執行演練、氣候財務風險揭露（TCFD）等。
3. 各運輸系統專業課程（12 門課程）：涵蓋公路、軌道、港埠及機場之氣候變遷衝擊特性、風險評估及調適案例分析。

本計畫本年度辦理 24 小時課程及 2 場次工作坊，課程目標對象除交通部暨部屬機關（構）外，也開放地方政府、交通運輸相關顧問公司人員報名參加，學員對課程滿意度均相當理想，課前、課後測驗成績比較也顯示學員對調適知能有明顯提升。

本計畫特別蒐集並整理各類合適之調適課程師資，共計 60 位師資名單，建立師資參考名單資料庫，提供各機關（構）規劃教育訓練時做為依據。



## 第四章 運輸系統因應氣候變遷調適知識本

隨著全球氣候變遷的持續發展，極端天氣事件的頻率和強度顯著增加，各國的基礎設施和社會經濟發展也帶來了嚴峻挑戰。運輸系統做為經濟發展的重要支撐，其運行的可靠性和安全性直接受到氣候變遷的影響。為了有效應對這一挑戰，各國紛紛制定和實施氣候變遷調適策略，以提高運輸系統的韌性和調適能力。

國際上，各國政府和國際組織都在積極推動氣候變遷調適工作。例如，聯合國氣候變遷框架公約下的「巴黎協定」呼籲各國採取行動，提升各行業的調適能力。歐洲聯盟也發布了「歐洲氣候變遷調適策略」，旨在增強歐盟成員國對氣候變遷的韌性。美國、日本、澳大利亞等國家也相繼推出國家級調適計畫，這些計畫不僅涵蓋政策制定和法規框架，還包括具體行動方案和實施路徑，為其他國家提供寶貴的經驗和參考。

在這樣國際趨勢下，我國也認識到提高運輸系統調適能力的重要性。隨著氣候變遷的影響日益顯著，制定一本系統且實用的調適知識本勢在必行。首先，調適知識本能夠為運輸單位提供一個系統化的知識框架，幫助相關人員理解和掌握氣候變遷對運輸系統的影響及應對措施。其次，這本知識本可以做為工作中的工具書，提供即時且實用的參考資料，幫助調適業務人員在面對突發事件或日常工作時快速查找解決方案。

因此，本計畫針對氣候變遷調適基礎知識及運輸調適應用，製作運輸系統因應氣候變遷調適知識本。首先，需先鎖定調適知識本的使用者，再針對使用者可能需求規劃內容架構，最後從各方的資料完成調適知識本。本計畫已蒐集國內外相關文獻，研析不同類型的手冊及說明的撰寫方式，並參考及引用部分相關內容，也設定調適知識本的定位。針對調適知識本的定位及章節規劃詳細說明如後。

### 4.1 研擬流程

在全球氣候變遷影響日益加劇的背景下，提升交通運輸系統的韌性和調適能力成為國際間的共同目標。各國政府和國際組織不斷推出各種

應對措施和政策，以應對氣候變遷帶來的挑戰。制定專門針對交通運輸系統的調適知識本，旨在為運輸單位提供一個實用且全面的工具書，以提高其應對氣候變遷的能力。

調適知識本的重要性在於能為使用者提供一份系統化工具書，以提供全面的知識框架和實際操作指南。不僅能夠提升運輸系統的韌性和調適能力，還能夠促進相關部門在氣候變遷應對中的協同合作，形成更為有效的應對機制。調適知識本也是為了響應國際上的氣候變遷調適趨勢，並結合我國實際情況，為交通運輸部門提供一個系統且實用的知識工具。透過這本知識本，希望能夠提升我國運輸系統的調適能力，確保其在面對未來的氣候變遷挑戰時，能夠維持交通運行順暢，為經濟社會的穩定提供堅實保障。

本計畫對於調適知識本的定位如下：

1. 使用者：交通運輸機關（構）及顧問公司的調適業務人員

交通運輸部門的調適業務人員負責確保運輸系統在面對氣候變遷影響時，可穩定運行和迅速恢復。他們需要在極端天氣事件發生時迅速反應，制定並實施有效的應對措施。隨著氣候變遷導致的極端天氣事件越來越頻繁，這些業務人員面臨的挑戰日益增大。因此，調適知識本成為他們工作中的重要工具。本調適知識本使用對象預期主要是各交通運輸機關（構）、顧問公司執行調適相關業務人員。本調適知識本包含部分氣候變遷調適的知識及資訊，除了氣候變遷調適相關的知識，也會提供資料來源，以免調適知識本更新速度跟不上外界資訊更新。調適知識本也提供各運輸系統相關的案例，使執行調適相關業務的人員可以參考調適方式應用到業務中，甚至可以舉一反三思考出更適合的調適方式。

調適知識本也為這些業務人員提供了系統化的氣候變遷調適知識和最新資訊，確保他們在面對突發情況時能夠迅速獲取所需信息。這些資訊來自國內外權威研究機構和政府部門，涵蓋了氣候變遷的最新研究成果、風險評估方法和調適策略等內容。這些知識和資訊的整合，有助於業務人員在制訂和執行調適計畫時具有科學依據，從而提高應對措施的有效性和可靠性。

## 2. 知識本的用途：查詢資料用的工具書

調適知識本的主要用途是做為一個查詢資料的工具書，方便業務人員在執行調適業務時能夠快速查找所需的信息。這本知識本並不會詳盡列出所有的操作步驟，而是以字典功能為主，提供重要的知識點和關鍵資訊，幫助使用者在臨時需要時能夠迅速找到答案。因此，知識本的設計重點在於提供快速查詢和參考的功能，而非全面的技術操作手冊。

調適知識本旨在彌補使用者在日常工作中可能遇到的知識空白或記憶缺失。例如，在遇到法律法規相關的問題時，知識本會詳列與交通運輸系統相關的條文和規定，幫助業務人員迅速理解和應用這些法規。而其他與運輸系統無直接關聯的條文則不會列出，以避免信息過載，並提升查詢效率。如果需要更詳細的信息，使用者可以根據知識本中提供的資料來源，進一步查找和研究。

這種設計理念使得調適知識本成為一個高效的工作輔助工具，適用於各種工作場景。無論是應對突發事件、制定長期策略，還是日常的業務操作，使用者都能夠通過這本知識本，迅速獲取所需的關鍵資訊。這不僅提升了工作效率，還能夠幫助業務人員在壓力情況下做出快速而準確的決策。調適知識本還包含了大量的參考資料，這些資料來源權威、更新及時，確保使用者能夠獲取最新的研究成果和政策動向。這種設計不僅滿足當前的需求，也為未來可能的變化提供了充分的準備，使得業務人員能夠在面對新挑戰時有充足的參考依據。幫助他們在工作中快速找到所需的信息，並且在需要時能夠依據提供的資料來源進行更深入的研究和分析。這種工具書的設計理念和內容安排，既符合業務人員的實際需求，又能夠有效提升工作效率和決策質量。

## 3. 使用時機：提醒調適工作執行時程與基本步驟參考及提供基本工具資料及來源

調適知識本在多個關鍵時刻都能發揮重要作用，提供業務人員所需的調適工作支持。在調適工作初期，業務人員需要制定詳細的工作計畫和時程安排。調適知識本整理氣候變遷因應法相關的調適法規，特別是與交通運輸部門直接相關的部分。這些法規條文詳細說明調適

工作的要求和時限，使用者可以通過查閱知識本，迅速掌握各項工作的時程，確保按時完成相關任務。知識本還提醒使用者在不同階段需要準備的文件和需要繳交的資料，避免因疏漏而影響工作進度。其次，在進行氣候變遷風險評估時，調適知識本提供風險評估步驟的整體架構。這些步驟包括界定範疇、檢視資源及現況氣候風險、評估未來氣候風險、綜整決策及推動執行等。系統化的引導，幫助業務人員有條不紊地進行風險評估，確保每個步驟都符合規範，並且能夠有效識別和應對氣候變遷帶來的風險。知識本還提供各種可使用的工具資料及其來源，這些工具包括風險評估所需的軟體、數據來源、高度不確定性決策方法、氣候服務資料應用等。業務人員可以根據這些工具和資料，選擇最適合自身需求的方案，提升調適工作的效率和準確性。

知識本中案例部分提供實際應用中的成功經驗，這些案例展示不同運輸系統在面對各種氣候衝擊時所採取的調適措施。雖然知識本不會提供詳細的操作步驟，但這些案例能夠啟發業務人員思考和借鑒，從而制定出更符合本地實際情況的調適策略。調適知識本在各個調適工作的重要時刻都能提供關鍵的引導和支持，幫助交通運輸單位的調適業務人員快速掌握工作時程，準備所需文件和資料，並進行系統化的風險評估。通過提供全面的工具資料和成功案例，知識本為業務人員提供了寶貴的參考，幫助他們在面對氣候變遷挑戰時能夠做出更加科學和有效的應對措施。

#### 4. 涵蓋內容：

考量使用者可能會需要的知識及資訊，調適知識本規劃納入了氣候變遷與運輸系統相關的法規、專有名詞、工具和案例等內容，旨在提供一個全面且實用的參考資源。這些內容的選取和編排是根據交通運輸機關（構）的實際需求設計，並考慮到與環境部業務的區別，在氣候變遷相關的名詞解釋、知識及資料上不占用過多篇幅，而是著重於運輸系統本身的調適需求。以下是調適知識本涵蓋的主要內容：

##### （1）國家氣候變遷科學報告之情境與衝擊資料

調適知識本收錄最新的國家氣候變遷科學報告的重點內容，我國最新版本的科學報告是於2024年5月8日由國科會及環境

部共同發布。這些資料特別強調氣候變遷對運輸基礎設施的衝擊，並提供詳細的資料來源，方便使用者查找最新的內容。資料來源不僅包括國內的研究成果，也涵蓋國際上最新動態，讓使用者能夠全面了解氣候變遷的全球趨勢及對本地運輸系統的具體影響。這部分內容幫助使用者理解氣候變遷的科學背景，並在制定調適措施時有科學依據。

## (2) 氣候變遷、調適專有名詞

調適知識本對氣候變遷調適基本定義，進行中英文名詞對照和解釋，並針對氣候變遷風險評估的因子，如暴露度、脆弱度等，進行詳細說明。這些專有名詞的解釋以運輸系統為例，幫助使用者快速釐清不同名詞的差異，避免在溝通和實施過程中產生誤解。名詞解釋部分還附有圖表和示意圖，幫助使用者更直觀地理解複雜的概念。例如，針對“脆弱度”這一概念，除文字解釋外，還提供具體的案例和數據分析，展示了不同脆弱度水平下運輸系統的表現。這部分內容是為了提高業務人員的專業素養，使他們能夠準確理解和應用相關概念。

## (3) 氣候變遷相關法規

調適知識本摘錄了氣候變遷因應法中與運輸單位相關的法條，提醒使用者法規所列之應執行事項及其時程。根據氣候變遷因應法的要求，各目的事業主管機關需進行風險評估，因此知識本中也納入氣候變遷風險評估作業準則。這些法規內容幫助使用者在符合規定操作的同時，有條不紊地推進調適工作。

## (4) 執行工具

調適知識本提供使用者在執行調適工作時可能需要的各類工具，例如風險評估所需的資料來源、風險辨識的軟體、高度不確定性決策方法以及氣候服務資料應用等。這些工具資料的提供旨在提升業務人員的工作效率，幫助他們在實施調適措施時能夠有充足的資源支持。

## (5) 各運輸系統調適案例

調適知識本涵蓋了鐵路、公路、港埠和機場四大運輸系統

的調適案例。這些案例展示氣候變遷對不同運輸系統從設計、施工到營運維護的整個過程中，可能遭遇的危害和衝擊，並提供相應的調適選項。儘管受限於篇幅，調適知識本僅能舉例說明，但這些案例仍能為使用者提供寶貴的參考，啟發他們在實際工作中靈活應用和創新。

#### (6) 參考資料來源

為了解決資訊更新速度可能不及國際上調適資訊的問題，調適知識本列出氣候變遷調適或運輸系統相關的資料來源。這些來源包括國內外權威機構的報告、研究文獻和政策文件，例如 TCCIP 網頁、Dr. A 網頁、歐盟 Climate-ADAPT 等，使用者可以根據這些資料來源進行深入研究。資料來源部分，還提供線上資源鏈接和查詢方法，方便使用者及時獲取最新信息。

#### 5. 格式：A5 的小冊子

此調適知識本會設計成建議以 A5 尺寸印刷，以利攜帶，也便於翻閱、閱讀。內容以文字為主，輔以少部分的插圖或示意圖。或者也可以採用電子書籍的方式，更方便查找與利用。

#### 6. 與其他教材的區別：

本計畫 113 年度除了製作此調適知識本，也開設了 24 小時的講授課程以及 2 場次的工作坊，教育訓練課程和教材旨在提供系統化的知識，內容涵蓋廣泛且詳盡，目的是為了全面提升參與者在氣候變遷調適方面的專業素養和實踐能力。相比之下，調適知識本則有著不同的定位和用途，主要著重於程序引導和字典功能資料查詢，這使其在實際應用中具有獨特的價值和功能。

首先，調適知識本的設計理念是為了提供一個方便快捷查詢的工具書，滿足使用者在執行調適業務時的即時需求。與傳統教材和培訓課程不同，知識本不會詳細列出所有的理論背景和完整的操作步驟，而是重點提供關鍵知識點和實用資訊，幫助使用者在臨時需要時能夠迅速找到答案。這種設計特別適合於那些已經具備一定專業知識，但在實際操作中需要臨時查詢和確認的場景。

其次，調適知識本與教育訓練課程的區別還在於其內容的呈現方

式和深度。教育訓練課程通常包括全面的理論講解、案例分析和實踐操作，旨在系統性地提升學員的知識水平和操作能力。而調適知識本則更側重於實用性和可操作性，內容編排緊湊，資訊精煉，注重提供具體的資料來源和操作指南，使用者可以根據具體需求快速查找相關資訊。例如，在面對突發氣候事件時，業務人員可以迅速查閱知識本中的應對措施和法規要求，並根據提供的資料來源進一步獲取詳細資訊。

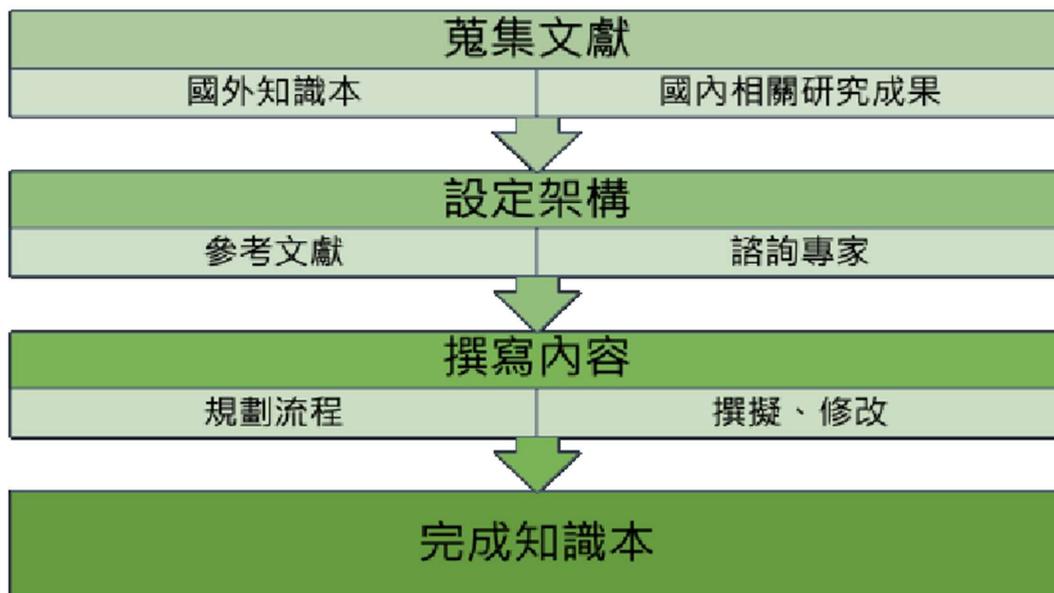
調適知識本還提供了大量的參考工具和資料來源，這些工具和資料在實際工作中具有很高的實用價值。相比之下，教育訓練課程更多的是提供知識和技能的傳授，而知識本則更像是一個隨時可用的工作助手，幫助使用者在實際工作中解決具體問題。這種設計理念體現了知識本的高度實用性和針對性，確保使用者能夠在最短的時間內獲得最需要的資訊。

便攜性和易查性也是其與其他教材的重要區別之一。教育訓練課程和教材通常需要一定的學習時間和環境，而知識本則可以隨身攜帶，隨時查閱，特別適合於現場操作和突發應急情況，提供即時的支持和指引。

#### 7. 更新頻率與機制：

本計畫研擬調適知識本之流程如圖 4.1.1 所示，蒐集及研析文獻資料相關內容請查閱本報告第二章。本計畫參考國內外文獻，設定調適知識本之架構，再依照架構撰寫內容，完成調適知識本（如附錄 3）。

因調適相關資訊更新速度快，所以知識本內各資訊內容皆有詳盡列出出處或參考文獻來源，使用者可依據所提供之資料來源，隨時了解最新的調適資訊。建議依照氣候法規定之國家調適行動計畫更新的頻率，未來適時滾動檢討，盤點國內外調適資訊、法規及調適重點。



資料來源：本計畫繪製

圖 4.1.1 「調適知識本」撰擬作業流程圖

## 4.2 架構及內容

本計畫依據 4.1 節對調適知識本的定位，研擬全面且詳盡的內容架構，旨在為使用者提供系統化的氣候變遷調適知識和實用工具。知識本第 1 章引言說明手冊的目的、適用範圍；第 2 章氣候變遷與對運輸系統的衝擊，說明全球及我國氣候變遷的概況，氣候變遷對我國的衝擊與對各運輸系統的衝擊；第 3 章氣候變遷調適工作要點，說明氣候因應法及其施行細則規定調適工作的內容與時程，並根據國家科學報告及我國目前的調適行動計畫內容，說明氣候變遷調適的方法，另外也說明本所研擬之運輸系統氣候變遷調適的四大策略 15 項措施內容，提供相關業務人員參考；第 4 章各運輸系統調適選項及案例，說明公路系統、軌道系統、機場系統及港埠系統可能面臨的氣候危害、對系統的影響、項目脆弱性與可行的調適選項，並說明評估調適選項的方法，最後提供 2 個案例驗證；第 5 章附錄提供專有名詞中英文對照、常用工具及參考文獻。詳細的章節架構及內容，說明如下：

## 1. 引言

### (1) 知識本目的

引言部分闡明知識本的製作目的，即為交通運輸機關（構）及顧問公司執行調適相關從業人員提供一個高效、實用的工具書，幫助其在面對氣候變遷挑戰時能夠迅速查找和應用相關知識。

### (2) 適用範圍與應用

該部分說明知識本的適用範圍，包括各個運輸機關（構）人員，在各運輸系統之設計、施工等各階段皆可以參考。

### (3) 重要概念釐清-調適與防災有何不同

因大部分的人對於調適及防災之定義尚不清楚，因此以簡短的文字與示意圖，釐清調適與防災的不同。

## 2. 氣候變遷與對運輸系統的衝擊

### (1) 氣候變遷概況

該部分介紹全球氣候變遷目前與未來的情形，也聚焦到臺灣氣候變遷的影響，並提供相關之研究數據。

### (2) 臺灣氣候變遷衝擊

該部分介紹氣候變遷對我國的衝擊，包括水議題、坡地議題和海岸議題，為業務人員提供背景知識。

### (3) 氣候變遷對運輸基礎設施的衝擊

此部分詳細描述氣候變遷對各類運輸基礎設施的具體影響，例如道路損壞、橋梁結構受損和港口運營中斷等。

## 3. 氣候變遷調適工作要點

### (1) 氣候變遷因應法調適相關法規

包含氣候變遷因應法，運輸主管機關應執行事項及時程。介紹法規和施行細則與運輸單位相關的部分，並強調各條法規要求的具體執行事項及其時程安排。

### (2) 氣候變遷調適方法

#### ① 界定範疇

說明如何界定調適工作的範疇，包括空間和時間範圍的確定。

- ② 檢視資源及現況氣候風險  
提供檢視現有資源和現況氣候風險的方法，幫助相關從業人員全面了解當前情況。
- ③ 評估未來氣候風險  
介紹評估未來氣候風險的步驟和方法，幫助制定長期調適計畫。
- ④ 綜整決策  
提供綜合分析和決策的方法，幫助在多種選項中選擇最優方案。
- ⑤ 推動執行  
闡述如何有效推動調適計畫的執行，包括資源分配、進度管理和溝通協調。
- ⑥ 檢討修正  
介紹檢討和修正調適計畫的方法，確保計畫在執行過程中能夠不斷完善和改進。

### (3) 運輸系統調適四大策略 15 項措施與重點

說明本所歷年滾動檢討修正之最新運輸系統調適策略措施及應用重點。

## 4. 各運輸系統調適選項及案例

- (1) 分別針對公路系統、軌道系統、港埠系統及機場系統以決策樹的方式展現各系統可能面臨的氣候危害、對系統的影響、系統可能的脆弱性及可行的調適選項。
- (2) 說明評估調適選項之方法，包含多準則分析、效益分析等，另外面對未來氣候變遷的高度不確定性，如何提高調適選項的穩健性。
- (3) 以孟加拉加強沿海地區農村道路的韌性及巴基斯坦強化快速巴士系統為例，說明實際上調適選項的選擇與運用。

## 5. 附錄

### (1) 專有名詞集

彙集氣候變遷和調適相關的專有名詞，提供詳細解釋和中英文對照。

(2) 常用工具

列出調適工作中常用的工具。

(3) 參考資料及來源

提供所有引用資料的來源，方便使用者進一步查閱和研究。



# 第五章 研議運輸管理機關(構)調適專業人才培育機制

## 5.1 公務人員人才培育機制

依目前公務人員人才培育相關法令，有訓練及終身學習兩種管道可推動氣候變遷調適人才培育機制。

從訓練進修法第 8 條內容來看，公務人員的進修分為入學進修、選修學分及專題研究。方法包含：

1. 國內外專科以上學校入學進修或選修學分
2. 國內外機關（構）學校專題研究
3. 國內外其他機關（構）進修

此外，依照訓練進修法施行細則第 24 條規定，我國終身學習制度之推動，各主管機關得主動或協調國內外學術或其他機構，提供以下終身學習措施：

1. 建立學習型組織
2. 塑造組織終身學習文化
3. 結合公私部門辦理有關終身學習活動
4. 建立與充實終身學習資源網路
5. 其他有關終身學習機會

終身學習相較於訓練、進修，所涵蓋的學習面向、時間範圍皆更為廣泛。總結來說，終身學習與訓練、進修的概念，有目的、時間範圍及學習範圍這 3 項相異之處，為研議調適專業人才培育機制需考慮。

在研議運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制時，除考慮公路、軌道、港埠及機場等運輸型態類別差異之外，還須考慮以下差異：

1. 組織型態：管理機關如鐵道局、民航局、航港局，公司型態如高鐵

公司、臺灣鐵路公司、桃園機場公司、臺灣港務公司，工程及管理機關如公路局、高速公路局。

2. 國際組織規範：如機場受國際民航組織、國際港埠則由國際港埠協會（International Association of Ports & Harbors, IAPH）及世界水上運輸基礎設施協會（World Association for Waterborne Transport Infrastructure, PIANC）提供針對極端天氣事件影響的全球港口進行氣候變遷調查後的措施資訊，公路及軌道運輸則以國內規範為主。
3. 組織編制與規模：如民航局編制除局本部外還包括各航空站、飛航服務总台及民航人員訓練所等，而臺鐵公司員額共計約 1 萬 7 千多人，員額及組織差異大。

## 5.2 運輸管理機關（構）調適專業人才培育現況

本計畫於第一年（112 年）深度訪談時各運輸管理機關（構）時，各單位執行氣候變遷調適業務，通常由環境（環保）部門或規劃部門人員負責，並無專責氣候變遷調適業務人員，更遑論有固定的調適專業人才培育措施，本年度為研議運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制，先以電話訪談方式，初步調查各機關（構）調適專業人才培育現況，結果如表 5.2-1 所示：

表 5.2-1 運輸管理機關（構）調適專業人才培育現況

序號	機關（構）	人才培育現況
1	公路局	高層主管重視，依調適工作及參加必要訓練，養路組邊坡及橋梁部分有將調適工作納入考慮。
2	高速公路局	以外訓模式派員參加由運研所等單位舉辦之教育訓練或相關課程，未來再視需求辦理相關之教育訓練。
3	鐵道局	不定期由負責環境業務單位視需求簽辦各項項目課程或訓練，調適為可能辦理主題之一。
4	臺灣鐵路公司	由人資處辦理一般性教育訓練（含環境教育），各單位自辦專業教育訓練，未來視需求辦理調適相關教育訓練課程。
5	台灣高鐵公司	每年固定辦理 6 場次（全天）環境教育訓練課程，調適為可能辦理主題之一，依調適工作需求辦理。

表 5.2-1 運輸管理機關（構）調適專業人才培育現況（續）

序號	機關（構）	人才培育現況
6	民航局	納入委辦計畫工作項目，由承辦廠商對各航站人員辦理調適教育訓練。
7	桃園機場公司	每年定期對公司內部人員及駐站工作廠商人員辦理環境教育相關訓練課程（1.5 天），調適為可能辦理主題之一。
8	航港局	1. 定期舉辦環境教育，議題包含節能減碳、資源循環再利用、減少廢棄物及氣候調適等內容。 2. 另配合國際海運相關趨勢，辦理相關教育訓練課程、講座及國外期刊導讀，內容涉替代燃料、國際減排制度、綠色燃料及氣候變遷等主題。
9	臺灣港務公司	納入委辦計畫工作項目，由承辦廠商辦理「國際關注議題」分享，主題包含調適議題。
10	觀光署	每年定期對署內及國家風景區管處管理處員工舉辦臺灣觀光永續論壇及工程講習訓練課程，強化永續知識及風險管理意識。

資料來源：本計畫繪製

彙整以上訪談結果，目前各運輸管理機關（構）調適人才培育現況主要屬於非定期訓練，包括以下的幾種方式：

1. 辦理特定調適工作時，在委辦計畫中將調適教育訓練納入工作項目，由承辦廠商對機關（構）人員辦理調適相關教育訓練。
2. 送外單位訓練，如國家文官學院、國家環境研究院環保訓練系統。
3. 非特定對氣候變遷調適辦理專門訓練，但在環境教育、國際關注議題分享等相關課程中納入調適主題。

### 5.3 運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制

為規劃運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制，本計畫除蒐集國內法規、各機關（構）人才培育現況，也參考國際調適人才培育作法後，提出我國運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制初步構想，辦理座談會，向專家學者請益，以廣徵調適人才培育的可行方向。

### 1. 辦理調適專業人才培育機制座談會

於 113 年 10 月 30 日舉辦之座談會，共邀請以下 3 位專家學者，(如圖 5.3.1)：

成功大學交通管理科學所鄭永祥教授

成功大學交通管理科學所陳文字教授

陽明交大運輸與物流管理學系林陳佑助理教授

The screenshot shows a video conference interface. On the left, a presentation slide titled '三.國際調適能力建構方法' (International Capacity Building Methods) is displayed. The slide includes a table with three levels of capacity assessment: Individual level (Human capacity), Institutional level (Ministries/agencies, Organizations, Research Centers), and System level (Regulatory, legislative, and policy frameworks, Public awareness, Accountability frameworks). The slide also contains descriptive text for each level and is attributed to LEG and UN CC: Learn. On the right, three video thumbnails show participants: a woman at the top, a man in the middle (labeled '鄭永祥'), and a man at the bottom. The video player controls at the bottom show a play button, volume, and a timestamp of 23:45 / 1:24:57.

<b>Individual level</b>	• Human capacity
At the individual level, capacity development refers to the process of changing understanding and behaviours, most frequently by imparting knowledge and developing skills through education and training. It also involves learning by doing, participation and processes associated with increasing performance through improvements in management, motivation, and levels of accountability and responsibility.	
<b>Institutional level</b>	• Ministries/agencies • Organizations • Research Centers
Capacity development at the institutional level focuses on organizational performance and functioning capabilities, as well as the ability of an institution to adapt to change. <u>It aims at developing the institution as a whole, including its constituent individuals and groups, as well as its relationship with other sectors and institutions.</u>	
<b>System level</b>	• Regulatory, legislative, and policy frameworks • Public awareness • Accountability frameworks
At the system level, capacity development is concerned with the creation of " <u>enabling environments</u> ", i.e. the overall policy, economic, regulatory and accountability frameworks within which institutions and individuals operate.	
Adapted from LEG and UN CC: Learn	

圖 5.3.1 調適專業人才培育機制座談會

座談會意見彙整如下：

- (1) 提供參加調適訓練人員適當調薪、職位提升等誘因，提高學習意願。
- (2) 善用外部資源：如氣象單位、各種知識管理管道資源。
- (3) 建議善用教育部氣候變遷教學聯盟種子師資。
- (4) 操作建議：對各單位參加調適教育訓練課程時數，進行評比及追蹤管考。
- (5) 人員進用：與人事單位合作，進用新進人員時將氣候變遷調適背景或資歷納入考量。
- (6) 調適課程實施資源：可借重外部資源，包括大學學分課程、訓練課程、各組織辦理之訓練課程、研討會等。

- (7) 主管宣示：在交通部及相關部屬機關（構）重要會議，宣示調適業務之重要性及執行決心。
- (8) 與大學合作辦理運輸調適課程或訓練。
- (9) 建議公務人員考試，運輸人員類別將調適納入考題，以考題引導學生學習方向具有直接效果，如律師考試已出現調適相關題目。

## 2. 我國運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制建議

根據以上我國公務人員人才培育機制、運輸機關（構）人才培育、國際氣候變遷能力建構作法及座談會專家學者建議，提出以下建議：

- (1) 運輸機關（構）能力建構：應以組織獲得、提升或勝任調適工作所需的技能、知識、工具、設備或其他資源為最終目標，可列為長期目標。
- (2) 實施策略：短期可從提升個人能力、借重外部資源著手，長期則在機關（構）組織內部完成調適能力建構。
- (3) 機關（構）人才培育現有執行方法：目前各機關（構）在人才培育的執行方法，包括透過委辦計畫將調適教育訓練納入工作項目、派員參加外部單位訓練，以及在環境教育及國際關注議題相關課程中融入調適主題...等。然而，此類作法尚未在各機關（構）普遍推動，建議可做為優先推動的方向。
- (4) 提供進修和培訓獎勵/獎學金：鼓勵機關（構）人員在公務人員訓練進修、終身學習等管道，進修調適專長。
- (5) 已設有訓練機構單位：檢討現有訓練機構之組織章程及訓練，參考本計畫提供之運輸調適課程將調適相關課程納入訓練範疇，並培訓調適專業師資。
- (6) 其他可採取行動：由於各機關（構）組織員額規模差異大，建議參考能力建構可採取行動範例（表 2.3-1），從技術援助/基礎設施、個人訓練和教育、個人/特定工作的學習過程及小組/特定工作的學習過程，分別篩選機關（構）可採取之能力建構行動。

綜整以上，將運輸機關（構）分階段實施調適專業人才培育機制

的建議彙整於表 5.3-1。

表 5.3-1 運輸調適專業人才培育機制分階段實施建議

階段	策略	執行項目
短期、 中期	提升個人能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 指定並培訓種子師資（運研所 112、113 年辦理課程教材）</li> <li>• 參加各單位辦理之調適課程、研討會</li> <li>• 辦理在職訓練（納入教育訓練範疇、委辦計畫增列工作項目）</li> <li>• 提供進修和培訓獎勵/獎學金</li> <li>• 建立學習歷程紀錄</li> <li>• 招募人力</li> </ul>
	借重外部資源	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 主動蒐集、建置調適相關資源</li> <li>• 建置可傳遞調適知識與經驗交流管道（可供分享數據、知識的網頁、群組）</li> <li>• 觀摩國內其他部會執行經驗</li> <li>• 與大學合作辦理運輸調適課程或訓練</li> <li>• 出國參訪</li> </ul>
長期	建構組織能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 工作安排/工作輪換</li> <li>• 建置調適工作模板</li> <li>• 辦理內部知識與經驗交流會議</li> <li>• 結合高等教育體系培訓專業人才</li> <li>• 成果展示與宣導</li> </ul>

資料來源：本計畫繪製

## 第六章 結論與建議

運輸系統為重要的維生基礎設施，與民眾日常生活緊密相連。在氣候變遷影響下，運輸系統將面臨多重衝擊與風險，而國際趨勢亦已積極推動調適措施，以降低極端天氣可能帶來的損害。依據「氣候變遷因應法」，政府肩負推動調適能力建構之責任。本計畫透過滾動檢討與辦理運輸調適課程，編製「運輸系統因應氣候變遷調適知識本」，並研議運輸管理機關(構)調適專業人才培育機制，期能提供各運輸管理機關(構)做為推動氣候變遷調適人才培育之參考依據。

以下綜理本計畫之研究結論，並提出運輸系統氣候變遷調適工作推動及後續運輸系統調適課程精進方向供參考應用。

### 6.1 結論

#### 1. 國內外氣候變遷調適發展趨勢及課程相關資訊

因應國內外調適政策發展趨勢，調適課程內容持續更新國際最新進展，並納入施行細則、國家共同情境及規劃工具等基礎知識。此外，國外課程新案例如美國哥倫比亞大學設立之氣候變遷調適碩士學程，所涵蓋之核心與選修課程提供完整的氣候變遷知識架構，內容橫跨調適、量化分析、應用實作與減緩等領域，對於運輸調適課程之規劃具高度參考價值。

#### 2. 滾動檢討運輸調適課程規劃

本計畫第一年(112年)已完成運輸調適課程規劃，為更新及精進課程規劃架構及內容，本年度(113年)參考112年運輸調適課程之學員回饋意見、112年審查會議相關意見，並綜合國內外調適發展趨勢、國內外調適課程與訓練教材，經專家學者建議，完成滾動檢討整體運輸調適課程規劃，成果說明如下：

- (1) 運輸調適課程分為「調適基礎課程」及「工具及指引課程」、「各運輸系統專業課程」等三大類型。
- (2) 「調適基礎課程」涵蓋基礎科學、理念與法規類，採講授方式授課；「工具及指引課程」包含「變遷情境與氣候服務」、「執行風險評估

指引」、「融入調適時機」及「案例及其他工具」等課程，採講授或工作坊方式辦理；「各運輸系統專業課程」包含公路、軌道、機場、港埠等 4 類運輸系統之調適專業課程，建議採工作坊方式實施。各課程內容分述如下：

- ① 調適基礎課程（7 門課程）：包括調適綜合、氣候變遷及氣候災害、國家法規與政策、自然解方(NbS)概念、氣候變遷風險評估概論、氣候風險決策參考資訊、運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題。
- ② 調適進階課程（17 門課程）：包括氣候變遷情境資訊介紹與應用、氣候服務內容與資料解讀、氣候服務在調適應用案例、氣候變遷風險評估準則及執行程序、融入調適措施時機與要點、面對高度不確定性之決策方法、調適指引範例-公路系統規劃階段範例、調適案例分享、調適執行演練、氣候財務風險揭露（TCFD）等。
- ③ 各運輸系統專業課程（12 門課程）：涵蓋公路、軌道、港埠及機場之氣候變遷衝擊特性、風險評估及調適案例分析。

(3) 提出完整的氣候變遷調適整體課程規劃表，包括課綱、上課時數及師資安排。

### 3. 建立運輸調適課程師資參考名單資料庫

鑒於未來各運輸管理機關（構）需依自身需求辦理調適專業課程，以培育領域內之專業人才，本計畫特別蒐集並整理各類合適之調適課程師資，建立師資參考名單資料庫，提供各機關（構）規劃教育訓練時做為依據。

課程師資來源多元，涵蓋教育部氣候變遷教學資訊平台、各研究單位之氣候變遷研究中心、國內大學交通運輸及環境工程相關系所教師、曾發表運輸調適研究或指導相關論文之學者專家。本計畫共彙整 60 位師資名單。

### 4. 辦理運輸調適課程

本年度課程目標對象，除交通部暨部屬機關（構）外，也開放地方政府、交通運輸相關顧問公司人員報名參加，並依調適專業知識之需求性及優先性辦理本年度調適課程及工作坊，成果說明如下：

(1) 辦理 8 門課，24 小時氣候變遷專業課程，課程主題如下：

- ① 氣候變遷情境資訊介紹與應用。
- ② 氣候風險決策參考資訊與應用。
- ③ 氣候服務的內涵與資料解讀。
- ④ 氣候變遷調適指引範例。
- ⑤ 氣候變遷風險評估準則及執行程序。
- ⑥ 氣候變遷調適綜合理念。
- ⑦ 運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題。
- ⑧ 氣候服務在調適應用案例。

(2) 辦理兩場工作坊，主題如下：

- ① 調適執行實作—運輸系統調適指引實務推演工作坊。
- ② 運輸氣候變遷風險評估—範疇界定操作工作坊。

(3) 24 小時運輸調適課程共計 149 人次參加，2 場次工作坊共計 61 人次參加。在課程滿意度調查部分，4 場次課程滿意度調查結果達 95%~99%，2 場工作坊滿意度分別為 93%及 98%，顯示學員對課程各項安排均高度滿意。

(4) 學員對課程內容吸收程度，於課程前後進行測驗，測驗結果顯示學員課後對調適認知有明顯提升，平均課前測驗答對率由 75.3 %提升至課後 84.2%，平均提高 8.9%，對於其中較細節的問題如「社會共享路徑（SSP）與溫室氣體排放路徑（RCP）中，何者導致溫室氣體排放減量最為艱困？」，在課前僅有將近 60%的學員選出正確的答案，課後則將近 80%的學員選出正確的答案，對於推估世紀中升溫程度的了解，也從課前的 37 %提升到課後的 85%。

## 5. 製作運輸系統因應氣候變遷調適知識本

調適知識本的核心價值在於提供一份系統化的工具書，兼具知識框架與操作指南，協助運輸部門因應氣候變遷挑戰。此舉不僅呼應國際調適趨勢，更能結合我國實際情況，成為推動交通運輸調適工作的重要支援。

知識本的主要使用者為運輸機關（構）及委辦計畫之工程顧問人員。在調適推動初期，知識本可協助快速查找相關法規、應辦理事項與時程，並做為業務執行過程中的輔助工具。透過此知識本，調適人員能依循國家調適框架，依正確程序推動工作，提高效率與執行成效。

知識本的內容涵蓋廣泛，包括：國家氣候變遷科學報告的情境與衝擊資料、氣候變遷及調適專有名詞、相關法規、執行工具、各運輸系統調適案例，以及完整的參考資料來源。此一架構有助於使用者在不同階段，如規劃前、執行中或檢索資料時，均能獲得所需知識支援。

## 6. 研議運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制

目前運輸管理機關(構)的調適專業人才培育方式，主要包括三種途徑：一是於辦理特定調適工作時，將教育訓練納入委辦計畫，由承辦廠商提供相關訓練；二是透過外部單位訓練，如國家文官學院及國家環境研究院環保訓練系統；三是於環境教育或國際議題課程中融入調適主題，但多未針對氣候變遷調適進行專門訓練。

本計畫參考國際作法並檢視國內現況後，提出我國運輸管理機關(構)調適人才培育機制，短中期重點在於提升個人能力與善用外部資源。前者可透過指定並培訓種子師資、參與課程與研討會、辦理在職訓練、提供進修獎勵或獎學金，以及增補人力；後者則包括蒐集與建置調適資源、建立知識分享管道、觀摩其他部會經驗，以及安排國內外參訪。

在長期規劃上，應以機關(構)整體調適能力建構為目標。執行方式可包括：推動工作安排與職務輪換、建立調適工作模板、辦理內部經驗交流會議、結合高等教育體系培養專業人才，並透過成果展示與宣導，持續深化調適文化與專業能量。

## 6.2 建議

1. 綜理本計畫執行過程中之觀察及發現，我國各領域推動調適工作，雖運輸系統已屬於積極推動之部會，惟國內可參採的執行經驗與案例有限，且調適課程師資及教材仍相當有限，建議需要各單位累積調適工作經驗後推廣，以加速提升運輸系統氣候調適韌性。

2. 本計畫建立之調適課程師資庫名單計 60 名，其中而各類運輸系統專業領域師資人數均未超過 10 位，反映出相關專業師資相對不足。建議應加速培育國內運輸調適課程之專業師資，如培育種子師資，做為後續課程推廣與專業知能深化的重要基礎。
3. 建議未來可規劃製作「公版教材」，做為各機關(構)培訓與推廣的基礎。教材內容應具備彈性，保留講師可依地方特性與專業領域調整的空間。同時建立定期檢討與更新機制，將最新的國際經驗、國內案例與技術成果納入教材，使教材能隨氣候變遷挑戰與政策發展保持即時性與前瞻性。
4. 運輸調適 e 化教材完成建置後，建議可上架於官網，或將電子檔提供交通部內相關單位及部屬機關(構)，以便利未能參與實體課程之人員、新進員工及異動業務人員於閒暇時間自學，藉此擴大運輸機關(構)人員受訓的覆蓋範圍與成效。
5. 建議相關機關預留氣候調適人才培育經費，以支持員工進修與培訓。經費可用於提供獎勵或補助，鼓勵參與課程與活動；建置必要的基礎設施，如電腦資源、軟體、教材與網站平台；辦理座談會、研討會及教育訓練；並預留國內外參訪與交流經費，借鏡先進經驗，全面提升運輸系統調適能力與專業能量。
6. 建議運輸管理機關(構)以整體組織的調適能力建構為目標，能力建構涵蓋更廣泛的範疇，包括發展系統、機構和個人能力，以應對氣候變遷調適挑戰，能力建構創造促進人才培育計畫成功的環境(如政策支持、資源供應、網絡連結)，以有效的培訓計畫增強個人和組織的能力，促進整體能力建構的成效。
7. 氣候變遷是危機也是轉機，建議營造有利環境激勵創新，將各運輸系統調適軟硬體需求，提供科研單位開發創新產品與技術，如制定鼓勵智慧科技應用於氣候變遷調適的政策。並促進跨部門合作，鼓勵政府機構與私人部門共同開發，促進科技、氣候學、經濟學和社會學等領域專家協同合作，開發綜合解決方案。
8. 我國運輸系統災害防救體系完善，歷史災害資料已相當完備，建議啟動系統歷史災害可歸因於氣候因子資料分析與彙整，進一步篩選可歸因於氣候因子之災害，為未來執行氣候變遷風險評估預作準備。



## 參考文獻

1. United Nations. United Nations Framework Convention on Climate Change. FCCC/INFORMAL/84. GE.05-62220 (E) 200705, 1992.
2. 環境資源中心，聯合國氣候變化綱要公約：成立背景、目的、成員國責任及基本原則，<https://e-info.org.tw/node/55673>.
3. UNDP，‘Super year’ for climate action，<https://stories.undp.org/super-year-for-climate-action>.
4. 2023 年聯合國氣候變化大會(第 28 屆締約國會議，COP28)，<https://unfccc.int/cop28>.
5. 《聯合國氣候變化綱要公約》(UNFCCC)第 60 次附屬機構會議(SB60 會議)<https://unfccc.int/sb60>.
6. 英國環境、食品與農村事務部(Department for Environment, Food and Rural Affairs, Defra)，「The Third National Adaptation Programme (NAP3) and the Fourth Strategy for Climate Adaptation Reporting」, 2023.
7. Department for Transport (DfT), Fit for a changing climate? Adapting the UK’s transport system, 2024.  
<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/66152059c4c84de468346aea/dft-transport-adaptationstrategy-consultation.pdf>
8. Ministère de la Transition écologique. Plan National d'Adaptation au Changement Climatique 3 (PNACC-3). Paris: Ministère de la Transition écologique, 2025.  
<https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/adaptation-france-changement-climatique>
9. Climate action plan. (US Department of Transportation, 2021).
10. <https://tc.canada.ca/en/programs/rail-climate-change-adaptation-program>
11. 國家科學及技術委員會及環境部，國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適，2024。
12. 林至康等編著，陳文字審閱，氣候變遷調適專業融入補充教材 -維生基礎設施(交通系統)領域(2022 年版)，2022 年。
13. 交通部運輸研究所，公路系統規劃階段強化調適能力之探討(2/2)，2022 年。
14. Federal Highway Administration, Adaptation To Climate Change in Transportation Operations and Maintenance - Technical Staff Briefing,  
[https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop15025/cc\\_pres\\_techstaf/index.htm](https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop15025/cc_pres_techstaf/index.htm)
15. European Commission, Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient, 2011.

16. International Civil Aviation Organization, Climate risk assessment, adaptation and resilience: key climate change vulnerabilities for aviation organizations, 2022.
17. 紐澤西州公路局氣候韌性與調適課程。  
<https://www.njdottechtransfer.net/2023/07/03/nhi-courses/>
18. 美國紐約市哥倫比亞大學氣候變遷調適課程。  
<https://climatesociety.climate.columbia.edu/content/core-courses-beginning-fall-2023>
19. Airports council international, Airports' Resilience and Adaptation to a Changing Climate, 2018.
20. Union of Railways, RAIL ADAPT Adapting the railway for the future, 2017.
21. World Association for Waterborne Transport Infrastructure(PIANC), Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways, 2020.
22. 手冊 13 面對全球變遷的保護區-氣候變遷調適的規劃及管理 (Manual 13, Protected Areas in the Face of Global Change. Climate Change Adaptation in Planning and Management) , <https://www.europarc.org/news/2020/04/manual-climate-change-adaptation-in-protected-areas/>.
23. 氣候變遷調適手冊 (Climate Change Adaptation Manual) , <https://publication.s.naturalengland.org.uk/publication/5679197848862720>.
24. 運輸部門氣候變遷調適指引說明 (Transport Sector Climate Change Adaptation Guidance Note) , <https://www.isdb.org/sites/default/files/media/documents/2021-01/IsDB-Transport-Note.pdf>.
25. Paris Committee on Capacity Building (PCCB), PCCB toolkit to assess capacity building gaps and needs to implement the Paris Agreement.
26. 呂育誠，精進公務人員終身學習制度之研究，2019。
27. 金融監督管理委員會，綠色及轉型金融行動方案，2024。

# 附錄 1

## 計畫摘要



# 附錄 1 計畫摘要

## 一、計畫緣起與目的

近年來全球暖化與氣候變遷問題已經成為國際社會關注的核心議題，根據聯合國政府間氣候變遷委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 第六次評估報告，不論採取何種排放情境，地球平均氣溫在本世紀中葉之前仍將持續上升，並將導致極端高溫、強降雨、颱風及海平面上升等災害事件日益頻繁，使各國的基礎設施與社會系統面臨巨大挑戰，「運輸系統」為國家調適行動中的「維生基礎設施」關鍵項目，因此運輸系統必須正視氣候變遷調適議題。

「氣候變遷因應法」明定推動氣候變遷調適能力建構是各級政府應負的責任，為了確保運輸管理機關（構）各項調適準備工作能夠依照我國調適政策的推動方向順利執行，建構各運輸管理機關（構）的人員調適專業能力為推動調適工作的關鍵基石，而建構一套完善的教育訓練體系與運輸調適人才培育機制並辦理教育訓練課程是最有效率的方式。

本計畫自 112 年起開始推動為期兩年的研究計畫，經過系統性地盤點運輸管理機關之能力缺口，並依據需求設計並辦理課程，本年度則根據 112 年辦理意見回饋滾動檢討規劃之課程並持續辦理課程，目標是提升運輸管理機關（構）人員在面對氣候變遷時的調適專業能力，確保運輸系統能夠在未來的氣候挑戰中保持穩定運作並降低損害風險，確保運輸系統能在氣候環境劇烈變化下維持穩定運作，並降低運輸系統氣候損害風險。

## 二、重要工作成果

本計畫主要研究成果包含：(1) 滾動檢討運輸調適專業課程、(2) 建立運輸調適課程師資參考名單資料庫、(3) 辦理氣候變遷專業課程、(4) 製作運輸系統因應氣候變遷調適專業知識本、(5) 研議運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制，依序說明如下。

### 1. 滾動檢討運輸調適專業課程

本計畫分別蒐集國內外氣候變遷調適發展趨勢及課程相關更新資訊、辦理專家諮詢、112 年問卷及訪談結果分析，以確保規劃課程體系能兼顧國際趨勢與運輸系統人員需求，並滿足調適通識課程與專業課程的學習目標，成果說明如下：

- (1) 運輸調適課程分為「調適基礎課程」及「工具及指引課程」、「各運輸系統專業課程」等三大類型。
- (2) 「調適基礎課程」涵蓋基礎科學、理念與法規類，採講授方式授課；「工具及指引課程」包含「變遷情境與氣候服務」、「執行風險評估指引」、「融入調適時機」及「案例及其他工具」等課程，採講授或工作坊方式辦理；「各運輸系統專業課程」包含公路、軌道、機場、港埠等 4 類運輸系統之調適專業課程，建議採工作坊方式實施。各課程內容分述如下（詳如附表 1-1）：
  - ① 調適基礎課程（7 門課程）：包括調適綜合、氣候變遷及氣候災害、國家法規與政策、自然解方（NbS）概念、氣候變遷風險評估概論、氣候風險決策參考資訊、運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題。
  - ② 工具及指引課程（17 門課程）：包括氣候變遷情境資訊介紹與應用、氣候服務內容與資料解讀、氣候服務在調適應用案例、氣候變遷風險評估準則及執行程序、融入調適措施時機與要點、面對高度不確定性之決策方法、調適指引範例-公路系統規劃階段範例、調適案例分享、調適執行演練、氣候財務風險揭露（TCFD）等。
  - ③ 各運輸系統專業課程（12 門課程）：涵蓋公路、軌道、港埠及機場之氣候變遷衝擊特性、風險評估及調適案例分析。
- (3) 提出完整的氣候變遷調適整體課程規劃表，包括課綱、上課時數及師資安排。

附表 1-1 運輸系統氣候變遷調適四大策略及 15 項措施

分類	形式	時數	課程名稱
A. 調適基礎課程	講授	3	A1. 調適綜合理念
	講授	3	A2. 氣候變遷及氣候災害
	講授	3	A3. 國家法規與政策
	講授	3	A4. 自然解方 (NbS) 概念
	講授	3	A5. 氣候變遷風險評估概論
	講授	3	A6. 氣候風險決策參考資訊
	講授	3	A7. 運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題
B. 工具及指引課程	講授	3	B1. 氣候變遷情境資訊介紹與應用
	講授	3	B2. 氣候服務內容與資料解讀
	講授	3	B3. 氣候服務在調適應用案例
	講授	3	B4. 氣候變遷風險評估準則及執行程序
	講授或工作坊	3	B4-1. 風險評估作業前準備、範疇界定
	講授或工作坊	3	B4-2. 蒐集風險評估所需氣候數據資料
	講授或工作坊	3	B4-3. 初步評估影響調適能力之氣候風險因素
	工作坊	3	B4-4. 執行風險評估
	工作坊	3	B5. 融入調適措施時機與要點
	工作坊	3	B5-1. 規劃階段調適融入項目與時機
	工作坊	3	B5-2. 設計施工階段調適融入項目與時機
	工作坊	3	B5-3. 營運階段調適融入項目與時機
	講授	3	B6. 面對高度不確定性之決策方法
	講授	3	B7. 調適指引範例-公路系統規劃階段範例
	工作坊	3	B8. 調適案例分享
	工作坊	3	B9. 調適執行演練
講授	3	B10. 氣候財務風險揭露 (TCFD)	
C. 各運輸系統專業課程	工作坊	3	C1-1. 公路系統氣候危害特性
	工作坊	3	C1-2. 公路系統氣候風險評估
	工作坊	3	C1-3. 公路系統調適案例
	工作坊	3	C2-1. 軌道系統氣候危害特性
	工作坊	3	C2-2. 軌道系統氣候風險評估
	工作坊	3	C2-3. 軌道系統調適案例

附表 1-1 運輸系統氣候變遷調適四大策略及 15 項措施(續)

分類	形式	時數	課程名稱
C.各運輸系統專業課程	工作坊	3	C3-1.港埠氣候危害特性
	工作坊	3	C3-2.港埠氣候風險評估
	工作坊	3	C3-3.港埠調適案例
	工作坊	3	C4-1.機場設施氣候危害特性
	工作坊	3	C4-2.機場設施氣候風險評估
	工作坊	3	C4-3.機場設施調適案例

## 2. 建立運輸調適課程師資參考名單資料庫

鑒於未來各運輸管理機關（構）需依自身需求辦理調適專業課程，以培育領域內之專業人才，本計畫特別蒐集並整理各類合適之調適課程師資，建立師資參考名單資料庫，提供各機關（構）規劃教育訓練時做為依據。

課程師資來源多元，涵蓋教育部氣候變遷教學資訊平台、各研究單位之氣候變遷研究中心、國內大學交通運輸及環境工程相關系所教師、曾發表運輸調適研究或指導相關論文之學者專家。本計畫共彙整 60 位師資名單（統計如附表 1-2）。

附表 1-2 依運輸系統領域分類調適課程師資統計

運輸領域	師資人數
不分領域	38
公路系統	6
軌道系統	7
港埠系統	4
機場設施	5
合計	60

## 3. 辦理氣候變遷專業課程

本年度課程目標對象，除交通部暨部屬機關（構）外，也開放地方政府、交通運輸相關顧問公司人員報名參加，並依調適專業知識之需求性及優先性辦理本年度調適課程及工作坊，成果說明如下：

- (1) 辦理 8 門課，24 小時氣候變遷專業課程，課程主題如下：

- ① 氣候變遷情境資訊介紹與應用。
- ② 氣候風險決策參考資訊與應用。
- ③ 氣候服務的內涵與資料解讀。
- ④ 氣候變遷調適指引範例。
- ⑤ 氣候變遷風險評估準則及執行程序。
- ⑥ 氣候變遷調適綜合理念。
- ⑦ 運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題。
- ⑧ 氣候服務在調適應用案例。

(2) 辦理兩場工作坊，主題如下：

- ① 調適執行實作—運輸系統調適指引實務推演工作坊。
- ② 運輸氣候變遷風險評估—範疇界定操作工作坊。

(3) 24 小時運輸調適課程共計 149 人次參加，2 場次工作坊共計 61 人次參加。在課程滿意度調查部分，4 場次課程滿意度調查結果達 95%~99%，2 場工作坊滿意度分別為 93%及 98%，顯示學員對課程各項安排均高度滿意。

(4) 學員對課程內容吸收程度，於課程前後進行測驗，測驗結果顯示學員課後對調適認知有明顯提升，平均課前測驗答對率由 75.3 % 提升至課後 84.2%，平均提高 8.9%，對於其中較細節的問題如「社會共享路徑（SSP）與溫室氣體排放路徑（RCP）中，何者導致溫室氣體排放減量最為艱困？」，在課前僅有將近 60 %的學員選出正確的答案，課後則將近 80 %的學員選出正確的答案，對於推估世紀中升溫程度的了解，也從課前的 37 %提升到課後的 85%。

#### 4. 製作運輸系統因應氣候變遷調適知識本

調適知識本的核心價值在於提供一份系統化的工具書，兼具知識框架與操作指南，協助運輸部門因應氣候變遷挑戰。此舉不僅呼應國際調適趨勢，更能結合我國實際情況，成為推動交通運輸調適工作的重要支援。

知識本的主要使用者為運輸機關（構）及委辦計畫之工程顧問人員。在調適推動初期，知識本可協助快速查找相關法規、應辦理事項與時程，並做為業務執行過程中的輔助工具。透過此知識本，調適人員能依循國家調適框架，依正確程序推動工作，提高效率與執行成效。

知識本的內容涵蓋廣泛，包括：國家氣候變遷科學報告的情境與衝擊資料、氣候變遷及調適專有名詞、相關法規、執行工具、各運輸系統調適案例，以及完整的參考資料來源。此一架構有助於使用者在不同階段，如規劃前、執行中或檢索資料時，均能獲得所需知識支援。

## 5. 研議運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制

目前運輸管理機關(構)的調適專業人才培育方式，主要包括三種途徑：一是於辦理特定調適工作時，將教育訓練納入委辦計畫，由承辦廠商提供相關訓練；二是透過外部單位訓練，如國家文官學院及國家環境研究院環保訓練系統；三是於環境教育或國際議題課程中融入調適主題，但多未針對氣候變遷調適進行專門訓練。

本計畫參考國際作法並檢視國內現況後，提出我國運輸管理機關(構)調適人才培育機制（如附表 1-3）：

- (1) 短中期：重點在於提升個人能力與善用外部資源。前者可透過指定並培訓種子師資、參與課程與研討會、辦理在職訓練、提供進修獎勵或獎學金，以及增補人力；後者則包括蒐集與建置調適資源、建立知識分享管道、觀摩其他部會經驗，以及安排國內外參訪。
- (2) 長期：應以機關(構)整體調適能力建構為目標。執行方式可包括：推動工作安排與職務輪換、建立調適工作模板、辦理內部經驗交流會議、結合高等教育體系培養專業人才，並透過成果展示與宣導，持續深化調適文化與專業能量。

附表 1-3 運輸調適專業人才培育機制階段實施建議

階段	策略	執行項目
短期、中期	提升個人能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 指定並培訓種子師資（運研所 112、113 年辦理課程教材）</li> <li>• 參加各單位辦理之調適課程、研討會</li> <li>• 辦理在職訓練（納入教育訓練範疇、委辦計畫增列工作項目）</li> <li>• 提供進修和培訓獎勵/獎學金</li> <li>• 建立學習歷程紀錄</li> <li>• 招募人力</li> </ul>
	借重外部資源	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 主動蒐集、建置調適相關資源</li> <li>• 建置可傳遞調適知識與經驗交流管道（可供分享數據、知識的網頁、群組）</li> <li>• 觀摩國內其他部會執行經驗</li> <li>• 與大學合作辦理運輸調適課程或訓練</li> <li>• 出國參訪</li> </ul>
長期	建構組織能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 工作安排/工作輪換</li> <li>• 建置調適工作模板</li> <li>• 辦理內部知識與經驗交流會議</li> <li>• 結合高等教育體系培訓專業人才</li> <li>• 成果展示與宣導</li> </ul>

### 三、 總結與建議

綜理本計畫執行過程中之觀察及發現，包括滾動檢討課程及辦理今年課程經驗，提出後續推動與研究重點建議分項說明如下：

1. 我國各領域推動調適工作，雖運輸系統已屬於積極推動之部會，惟國內可參採的執行經驗與案例有限，且調適課程師資及教材仍相當有限，建議需要各單位累積調適工作經驗後推廣，以加速提升運輸系統氣候調適韌性。
2. 根據本計畫建立之調適課程師資庫名單及分類統計發現，各類運輸系統專業領域師資人數均未超過 10 位，反映出目前國內相關專業師資相對不足。建議應加速培育國內運輸調適課程之專業師資，如培育種子師資，做為後續課程推廣與專業知能深化的重要基礎。
3. 建議未來可規劃製作「公版教材」，做為各機關(構)培訓與推廣的基礎。

- 教材內容應具備彈性，保留講師可依地方特性與專業領域調整的空間。同時建立定期檢討與更新機制，將最新的國際經驗、國內案例與技術成果納入教材，使教材能隨氣候變遷挑戰與政策發展保持即時性與前瞻性。
4. 運輸調適 e 化教材完成建置後，建議可上架於官網，或將電子檔提供交通部內相關單位及部屬機關（構），以便利未能參與實體課程之人員、新進員工及異動業務人員於閒暇時間自學，藉此擴大運輸機關（構）人員受訓的覆蓋範圍與成效。
  5. 建議相關機關預留氣候調適人才培育經費，以支持員工進修與培訓。經費可用於提供獎勵或補助，鼓勵參與課程與活動；建置必要的基礎設施，如電腦資源、軟體、教材與網站平台；辦理座談會、研討會及教育訓練；並預留國內外參訪與交流經費，借鏡先進經驗，全面提升運輸系統調適能力與專業能量。
  6. 運輸管理機關（構）應以整體組織的調適能力建構為目標：能力建構涵蓋更廣泛的範疇，包括發展系統、機構和個人能力，以應對氣候變遷調適挑戰，能力建構創造促進人才培育計畫成功的環境（如政策支持、資源供應、網絡連結），以有效的培訓計畫增強個人和組織的能力，促進整體能力建構的成效。
  7. 氣候變遷是危機也是轉機，營造有利環境激勵創新：建議將各運輸系統調適軟硬體需求，提供科研單位開發創新產品與技術，如制定鼓勵智慧科技應用於氣候變遷調適的政策。並促進跨部門合作，鼓勵政府機構與私人部門共同開發，促進科技、氣候學、經濟學和社會學等領域專家協同合作，開發綜合解決方案。
  8. 啟動系統歷史災害可歸因於氣候因子資料分析與彙整：我國運輸系統災害防救體系完善，歷史災害資料已相當完備，建議可進一步篩選可歸因於氣候因子之災害，為未來執行氣候變遷風險評估預作準備。

# 附錄 2

## 名詞解釋



## 附錄 2 名詞解釋

1. IPCC 第 6 次氣候變遷評估報告 (IPCC Sixth Assessment Report, AR6)：政府間氣候變遷委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 分別在 1990、1995、2001、2007、2013 年及 2021 年發表 6 次正式的「氣候變遷評估報告」。2021 年開始發布的第六次評估報告 (The 6th Assessment Report, 簡稱 AR6) 共四冊，由三個工作小組分工與合作完成。第一工作小組 (Working Group I, 簡稱 WGI) 主責氣候變遷的物理科學基礎；第二工作小組 (Working Group II, 簡稱 WGII) 負責氣候變遷的衝擊、風險與調適；第三工作小組 (Working Group III, 簡稱 WGIII)，負責減緩相關的技術可行性、決策工具、各項減緩措施的治理選擇與社會接受度。三個工作組除了有各自的評估報告，並協力共同完成一本綜整報告 (Synthesis Report, 簡稱 SYR)。(資料來源：「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台」，[https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ipcc\\_ar6.aspx](https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ipcc_ar6.aspx))
2. 公正轉型(Just Transition)：在尊重人權及尊嚴勞動之原則下，向所有因應淨零排放轉型受影響之社群進行諮詢，並協助產業、地區、勞工、消費者及原住民族穩定轉型。(資料來源：氣候變遷因應法)
3. 代表濃度情境 (Representative Concentration Pathway, RCP)：為 IPCC 於 AR5 中使用的溫室氣體濃度的推估路徑，應用於氣候模式中，以利我們瞭解不同推估路徑下的地球氣候狀態。(資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024)
4. 以自然為本的解決方案 (Nature-based Solutions, NbS)：利用自然及健康生態系統的力量來保護人類、改善基礎設施，並確保一個穩定且生物多樣性豐富的未來。(資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024)
5. 永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs)：聯合國於 2015 年通過「2030 年永續發展議程」，為人類和地球現在和未來

的和平與繁榮提供共同藍圖。SDGs 有 17 項目標，其中第 13 個目標為「採取緊急行動應對氣候變遷及其影響」。(資料來源：<https://sdgs.un.org/goals>)

6. 全球暖化程度 (Global Warming Level, GWL)：全球平均溫度上升的程度。科學家藉由此評估方法，了解並提醒全球溫度上升至不同程度，導致氣候環境改變所造成的影響，當作警鐘或提醒。(資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024)
7. 共享社會經濟路徑 (Shared Socioeconomic Pathways, SSPs)：新一代社會經濟情境與氣候情境共同交織成的新情境框架。以全球或區域性的社會與經濟發展程度作為區分，不同 SSPs 主要差異來自對全球人口增長、受教育機會、城市化、經濟增長、資源可用性、技術發展和需求驅動因素的不同假設，區分為 SSP1 至 SSP5 五種不同社經發展情境。(資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024)
8. 危害度 (Hazard)：一個自然或人為引發的事件，此事件將可能導致人員傷亡、財物損失、基礎設施損失、生計損失、環境資源損失等影響。(資料來源：<https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/Disaster/RiskDetail/BAL0000012>)
9. 社區為本調適 (Community-based adaptation, CBA)：在地或社區驅動的調適。社區為本調適強調社區調適能力的提升，包含善用當地的知識、文化以及在地優勢。(資料來源：環境部氣候變遷專有名詞手冊，112 年 3 月)
10. 政府間氣候變遷委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)：為聯合國的政府間組織，由世界氣象組織 (WMO)、聯合國環境規劃署 (United Nations Environment Programme, UNEP) 於 1988 年合作成，旨在為政策制定者提供有關氣候變遷的科學基礎、其影響和未來風險以及適應和緩解方案的定期評估。(資料來源：<https://www.ipcc.ch/>)
11. 氣候相關財務揭露 (Task Force on Climate-related Financial Disclosures, TCFD)：由負責對全球金融體系進行監管並提出建議的金融穩定委員會 (Financial Stability Board, FSB) 所創建，旨在

就公司應披露的資訊類型提出建議，以支持投資者、貸方和保險承銷商對一組特定風險（與氣候變遷相關的風險）進行適當評估和定價，揭露建議圍繞四個主題領域構建，這些主題領域代表公司營運的核心要素：治理、策略、風險管理以及指標和目標。（資料來源：<https://www.fsb-tcfd.org/about/>）

12. 氣候推估(Climate projection)：利用氣候模式依據未來溫室氣體排放、氣溶膠與土地利用變化之假設情境，進行之氣候系統模擬。氣候推估和氣候預測不同，其主要是依據排放及未來社會經濟發展的假設情境。（資料來源：環境部氣候變遷專有名詞手冊，112年3月）
13. 氣候變遷風險(Climate change risk)：指氣候變遷衝擊對自然生態及人類社會系統造成的可能損害程度。氣候變遷風險的組成因子為氣候變遷危害、暴露度及脆弱度。（資料來源：氣候變遷因應法）
14. 氣候變遷風險評估(Climate change risk assessment)：對氣候變遷風險進行定量或定性的科學估計。（資料來源：氣候變遷風險評估作業準則草案）
15. 氣候變遷調適(Climate change risk adaptation)：指人類與自然系統為回應實際、預期氣候變遷風險或其影響之調整適應過程，透過建構氣候變遷調適能力並提升韌性，緩和因氣候變遷所造成之衝擊或損害，或利用其可能有利之情勢。（資料來源：氣候變遷因應法）
16. 能力建構(Capacity Building)：氣候變遷因應法第 17 條規範為因應氣候變遷，政府應推動調適能力建構之事項包括風險治理及氣候變遷調適能力、回應國家永續發展目標、建構綠色金融機制及推動措施等 10 項。（資料來源：氣候變遷因應法）
17. 脆弱度/調適能力(Vulnerability/ Adaptability)：一系統或地區易受到不利影響的傾向與素質(物理與社會經濟)，以及因應不利影響的能力。（資料來源：<https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/Disaster/RiskDetail/BAL0000012>）

18. 脆弱群體(Vulnerable groups)：由於收入、教育、醫療保健和住房等社會和經濟等因素，某些群體比其他群體更容易受到氣候變遷的影響。對交通運輸系統的脆弱群體可用「交通貧窮指標」以交通負擔能力、服務或基礎設施缺乏造成的流動性貧困、無障礙貧困、交通外部性暴露等項目去衡量。(資料來源：Alonso-Epelde et al, Transport poverty indicators: A new framework based on the household budget survey, 2023)
19. 高風險地區(High-risk area)：具高暴露度、高脆弱度及易受氣候危害影響的地理空間範圍。(資料來源：氣候變遷風險評估作業準則草案)
20. 基於生態系統的調適(Ecosystem-based Adaptation, EbA)：是一種利用自然解方及生態系服務來調適氣候變遷的策略。例如：以紅樹林作為天然的防洪措施，保護沿海棲地。(資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024)
21. 第五期耦合模式比對計畫(Coupled Model Intercomparison Project Phase 5, CMIP5)：耦合模式比對計畫的目標為，在多模式的基礎上更好的瞭解過去、現在及未來的氣候變化，包括自然的氣候演變以及反應輻射強迫力變化的影響。第五期於 2008 年開始準備，由 20 個氣候模擬團隊，主要以四種溫室氣體濃度路徑 (RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0 與 RCP8.5) 進行實驗模擬。(資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024)
22. 第六期耦合模式比對計畫(Coupled Model Intercomparison Project Phase 6, CMIP6)：於 2014 年開始的第六期計畫除了第五期計畫中考慮的溫室氣體濃度路徑外，加入了社會經濟發展情境，稱為共享社會經濟路徑 (SSP)。SSP 設定均隱含著減緩氣候變遷衝擊，與調適行動的社會經濟挑戰。(資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024)
23. 減緩(Mitigation)：減少排放或提升匯之人為干涉行為，如「減緩措施」指氣候政策中，促進減量的技術、過程或做法，如再生能源技術、廢棄物最小化過程與實施公共運輸通勤；「減緩項目」指減少

溫室氣體排放量或增加匯的技術或做法。(資料來源：環境部氣候變遷專有名詞手冊，112年3月)

24. 韌性(Resilience)：相互連動的社會、經濟與自然系統在面對外界危害、趨勢或擾動時，透過回應或重組的方式維持系統基本運作的因應能力。在系統持續保有調適、學習或轉型能力前提下，才可創造出韌性的正面效益。(資料來源：環境部氣候變遷專有名詞手冊，112年3月)
25. 「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫」(Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform, TCCIP)：配合國科會「建構面對氣候緊急狀態下之韌性臺灣」中程綱要計畫之分項計畫所建立的關鍵整合服務平台。提供學研單位科學研究、政府調適施政、一般民眾科普知識以及產業應用所需。(資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024)
26. 暴露度(Exposure)：人類生命及其生計、環境服務及資源、基礎建設、或經濟、社會、及文化資產處於有可能受到不利影響的地方。  
(資料來源：<https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/Disaster/RiskDetail/BAL0000012>)
27. (模式)系集((Model) Ensemble)：使用氣候模式模擬時，常在初始條件中加入微小的差異，期望在經過長時間的模擬後，得到不同的結果。此類結果稱為系集，可用來分析模擬結果的不確定性。(資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024)
28. 調適缺口(Adaptation gap)：依風險評估結果所呈現之調適現狀與預設調適目標的落差。調適缺口與風險容受能力、資源限制與調適選項之競合有關，故可透過定量或定性方式呈現。(資料來源：氣候變遷風險評估作業準則草案)
29. 調適選項(Alternative Adaptations)：可應用且具調適效力之策略、措施與行動，包含結構性、制度性、生態性或行為性等類型。(資料來源：氣候變遷風險評估作業準則草案)
30. 調適應用情境(Adaptation scenario)：為有助各級政府執行氣候變遷

風險評估，設定一致的氣候情境，以供各易受衝擊領域應用於衝擊模擬、風險評估與調適規劃。(資料來源：氣候變遷風險評估作業準則草案)

## 附錄 3

# 運輸系統因應氣候變遷調適

## 知識本



附錄 3

# 運輸系統因應氣候變遷

## 調適知識本



交通部運輸研究所

中華民國 114 年 12 月

# 目錄

<b>第 1 章 引言</b> .....	附 3-3
1.1 知識本目的.....	附 3-3
1.2 適用範圍與應用.....	附 3-3
1.3 重要概念釐清-調適與防災有何不同.....	附 3-3
<b>第 2 章 氣候變遷與對運輸系統的衝擊</b> .....	附 3-4
2.1 氣候變遷概況.....	附 3-4
2.2 臺灣氣候變遷衝擊.....	附 3-9
2.3 氣候變遷對運輸基礎設施的衝擊.....	附 3-12
<b>第 3 章 氣候變遷調適工作要點</b> .....	附 3-16
3.1 氣候變遷調適相關法規.....	附 3-16
3.2 氣候變遷調適方法.....	附 3-21
3.3 運輸系統調適四大策略 15 項措施與重點.....	附 3-25
<b>第 4 章 各運輸系統調適選項及案例</b> .....	附 3-29
<b>附錄</b>	
附錄 1 專有名詞集.....	附 3-43
附錄 2 常用工具.....	附 3-46
附錄 3 參考資料及來源.....	附 3-46

# 第 1 章 引言

## 1.1 知識本目的

本知識本係提供交通運輸管理機關（構）及顧問公司一套實用、易讀且便於查找的工具書，以支援其在辦理運輸系統因應氣候變遷調適相關作業時之參考應用。

## 1.2 適用範圍與應用

知識本適用對象為運輸管理機關（構）及其委託之專業團隊等運輸從業人員。各運輸系統在規劃、設計、施工、維運等全生命週期階段皆可以參考應用。知識本提供氣候變遷基本概念、風險認知、調適作法及實務案例，可協助相關人員在面對氣候衝擊或進行業務規劃時，迅速取得並運用所需之調適知識。

## 1.3 重要概念釐清-調適與防災有何不同

- ◇ 防災：根據過去致災原因（歷史經驗），進行災害應變作為。
- ◇ 調適：考量未來氣候變遷情境，探討未來調適缺口及調適因應方法。

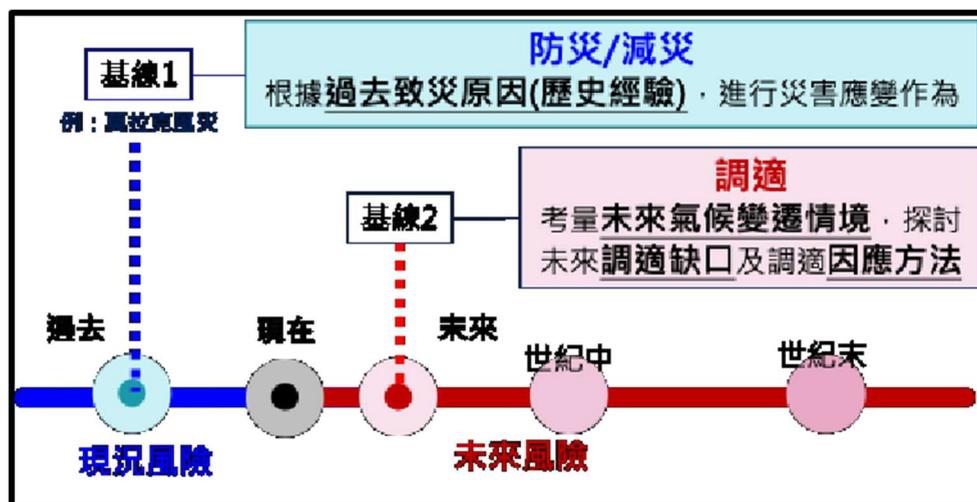


圖 1 調適與防災之差異

## 第 2 章 氣候變遷與對運輸系統的衝擊

### 2.1 氣候變遷概況 (資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024)

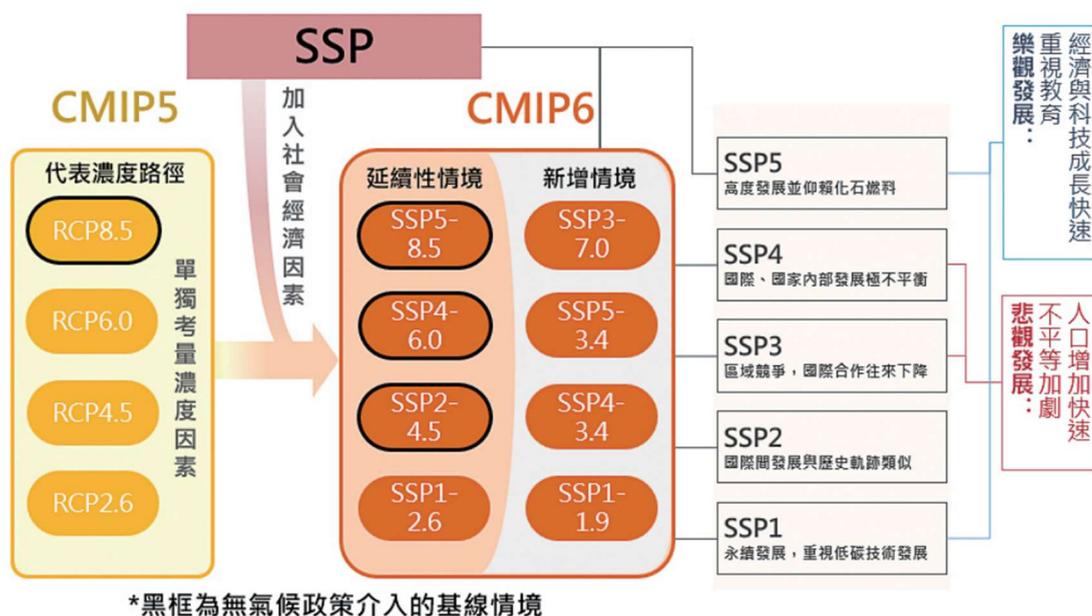
#### ◇ IPCC 氣候情境推估

- ◆ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 為負責集結全球氣候變遷相關科學成果之國際組織，每 5 至 7 年發布一次評估報告，提供國際氣候變遷相關科學成果與進展，做為各國決策與學術研究之參考。
- ◆ IPCC 已分別於 1990 年、1995 年、2001 年、2007 年、2013 年發布第一次至第五次評估報告，並於 2021 至 2023 年間發布第六次評估報告 (The 6th Assessment Report, AR6)。
- ◆ 其中，從 AR4、AR5 到 AR6 所考量的氣候模式與氣候情境越來越多。2013 年發布之 AR5 報告以代表濃度路徑 (Representative Concentration Pathways, RCPs) 來推估未來氣候變遷情境，例如 RCP2.6 (暖化趨緩)、RCP4.5 (低度暖化)、RCP6.0 (中度暖化) 與 RCP8.5 (高度暖化) 等假設情境。
- ◆ 2021 年發布之 AR6 報告採用的氣候情境則是結合「共享社會經濟路徑 (Shared Socioeconomic Pathways, SSPs) 與代表濃度路徑」，簡稱為 SSP 排放情境 (SSP-RCPs)，其中 SSPs 代表社會經濟發展、RCPs 代表溫室氣體排放或濃度變化所造成的輻射強迫力結果，兩者交織下的多元情境提供不同暖化路徑選項，例如 SSP1-2.6 (低排放量/巴黎協議)、SSP2-4.5 (中排放量/最有可能情況)、SSP3-7.0 (高排放量/延續目前狀況)、SSP5-8.5 (極高排放量/減碳失敗) 等。
- ◆ 由於 AR6 採用之 SSP 排放情境的設定複雜，且不同氣候模式對於同一個排放情境所反應的溫度變化差異也很大，為提高氣候情境應用性與理解性，IPCC 將上述情境簡化成不同程度的未來增溫幅度，稱為「全球暖化程度 (Global Warming Level)」或「固定增溫情境」來呈現全球暖化推估結果。依據 IPCC 推估，全球增溫 1.5°C 約在 2030 年左右，增溫 2°C 約在 2045 年左右，而增溫 4°C 約在 2070 年左右。因此，至少到本 (21) 世紀中葉前，全球地表溫度將會持續升高。除非在未來幾十年內大幅減少二氧化碳及其他溫室氣體排放量，否則全球升溫將在 21 世紀超過 1.5°C 和 2°C。

表 1 IPCC AR4 至 AR6 之氣候情境比較表

世代	AR4	AR5	AR6
氣候資料組	CMIP3	CMIP5	CMIP6
推估起始年	2001	2006	2015
常用情境	B1, A1B, A2	RCP1.9 RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 RCP8.5 (RCP：代表濃度路徑)	SSP1-1.9 SSP1-2.6 SSP2-4.5 SSP3-7.0 SSP5-8.5 (SSP：共享社會經濟路徑)

資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024 表 BOX 1.2.1



資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024 圖 BOX 1.2.1

圖 2 IPCC AR6 之氣候情境框架

◇ 全球氣候變遷

- ◆ 全球氣候現況及未來推估：大氣、海洋與冰雪圈以及生物圈的觀測提供了暖化明確的證據。自 1850 年以來全球地表溫度持續增暖，且在近年暖化程度急遽增強加速，除非在未來幾十年內大幅減少溫室氣體排放，否則本世紀的暖化必然超過 1.5°C 與 2°C。自 1950 年以來，全球大多數區域顯示，極端高溫事件（包括熱浪）的頻率和強度已增加，而極端寒冷事件則減少。人為活動造

成的溫室氣體增加是這些極端溫度事件變化的主要驅動因素。極端高溫事件的頻率，很可能隨著全球暖化程度呈現非線性增加，罕見極端高溫事件的相對增加率將更大。

- ◆ **暖化的主要原因**：探討近百年來全球暖化的原因，發現 20 世紀後期的暖化主要導因於人為排放過多溫室氣體，自然驅動因素的影響相對不顯著。
- ◆ **全球表面溫度現況**：全球各地增溫幅度不一，**陸地高於海洋，極區增溫比中低緯度顯著**，尤其是北半球高緯度地區特別明顯。
- ◆ **全球表面溫度未來推估**：不同溫室氣體排放情境（共享社會經濟路徑，SSP）下，推估未來全球表面溫度結果皆顯示至少持續增溫到本世紀中葉。
- ◆ **全球降水量現況**：1950 年以來的觀測紀錄顯示，整體而言，陸地降水量有些微增加的趨勢，但不同地區呈現不同降水趨勢。熱帶地區、非洲北部、部分歐洲與中亞，以及海洋大陸在 1980 年至 2019 年間降水增加；南美洲中部、北美西部、北非，以及中東則呈現減少的趨勢。
- ◆ **全球降水量未來推估**：模式推估全球平均降水量將隨溫室氣體排放程度增強而增加，陸地降水增加比全球或海洋區域更為明顯。**全球每增溫 1°C，全球平均降雨量可能增加 2% 至 3%。**
- ◆ **全球強降雨現況及未來推估**：自 1950 年代以來，較完整的陸地觀測資料顯示，已經可以偵測到強降雨事件的頻率、強度與降雨量增加的訊號，並且大部分觀測到的增加訊號可以歸因為人為因素導致。暖化情境下，**每增溫 1°C，極端降雨事件頻率與強度增加 7%。**未來推估顯示，隨著全球暖化程度升高，幾乎所有陸地地區的極端降水都可能增加，較罕見的極端事件具有更高的增加比例。
- ◆ **熱帶氣旋的現況及未來推估**：過去觀測紀錄顯示，全球 3 級至 5 級熱帶氣旋所占比例與快速增強事件的頻率普遍呈現增加趨勢，西北太平洋熱帶氣旋活動有往高緯度遷移的跡象。未來推估顯示熱帶氣旋的降雨量與強度、強熱帶氣旋比例都會隨著暖化程度增強而增加。21 世紀末，西北太平洋颱風生成數量減少且生命期縮短，並呈現向極區遷移的趨勢，颱風的**最大風速與降雨都將增強。**
- ◆ **海水溫度的現況及未來推估**：歷史資料顯示全球大多數海域的海表面溫度呈現上升趨勢，以北半球高緯度地區最為明顯。氣候模式推估世紀末全球海溫上升趨勢有極高的可信度，在 SSP1-2.6 平均增加 0.86°C，SSP5-8.5 則增加 2.89°C。海溫持續暖化也將促使海洋極端事件，例如海洋熱浪與海洋層化效

應，更容易發生。

- ◆ **海平面高度的現況及未來推估：**自 19 世紀中葉以來，全球平均海平面上升速率明顯加快，高於過去兩千年的平均速率。過去 100 年間的海平面上升速度，高於過去三千年中的任何一個世紀，且在最近 20 多年速率更是明顯加快。人類活動造成的暖化，導致**海水熱膨脹**，是海平面上升的主因。在暖化情境推估，**海平面高度上升將隨著暖化情境加強而加劇**。至 21 世紀末，海平面高度將上升 0.38 公尺 (SSP1-1.9) 到 0.77 公尺 (SSP5-8.5)。在 2100 年之後，深海持續吸收熱量，以及格陵蘭和南極冰原持續融化，全球平均海平面將持續上升。

#### ◇ 臺灣氣候變遷分析

- ◆ **溫度：**臺灣各測站溫度顯示冬半年增溫趨勢較夏半年明顯，日最低溫的增溫趨勢亦較日最高溫增溫明顯，是日夜溫差縮小的主要原因。測站資料顯示極端溫度的變化趨勢為**高溫天數增加**，**低溫天數減少**。冬季寒潮發生的頻率和低溫持續日數皆顯著的下降。
- ◆ **季節：**根據百年測站資料分析，**夏季提早開始、延後結束**，**最高溫日期提早**，最高氣溫升高。**冬季延後開始、提早結束**。**最低溫日期延後**，最低氣溫升高。整體來說，近 50 年來每 10 年夏季延長約 6.31 天至 12.88 天；冬季縮短約 6.19 天至 12.20 天。
- ◆ **風速：**年平均風速、最大風速及季節平均最大風速皆呈現**減弱**的趨勢。
- ◆ **海溫及海平面高度：**根據潮位站及衛星資料，臺灣海峽海域的海溫增加（1957 年至 2016 年間，年平均海溫增溫趨勢為每 10 年  $0.23^{\circ}\text{C}$ ）。海平面上升趨勢（1993 年至 2015 年平均值約為每年增加  $2.2\pm 0.3$  毫米）略低於全球平均（每年增加  $3.2\pm 0.1$  毫米）。
- ◆ **降雨：**北部地區夏季（6 月至 8 月）午後對流發生頻率及降雨強度有**增加的趨勢**，山區則減少，中南部平地為發生頻率降低但降雨強度增加。梅雨季的雨量長期趨勢、雨日降雨強度及極端降雨強度（PR90）在 5 月份皆有增加的趨勢，在 6 月份則沒有明顯變化趨勢。梅雨季午後對流發生頻率及降雨強度皆有增加的趨勢。

#### ◇ 臺灣未來氣候變遷推估

- ◆ **溫度：**在 4 種 SSP 情境下平均溫度的變化，臺灣在**短期**（2021 年至 2040 年）平均增溫  $0.6^{\circ}\text{C}$  至  $0.8^{\circ}\text{C}$ 。在世紀末，不同情境出現明顯差別，從 SSP1-2.6 增溫  $1^{\circ}\text{C}$ ，至 SSP5-8.5 增溫  $3.4^{\circ}\text{C}$ ，且升溫較顯著的區域皆為**臺灣西北部**。以全

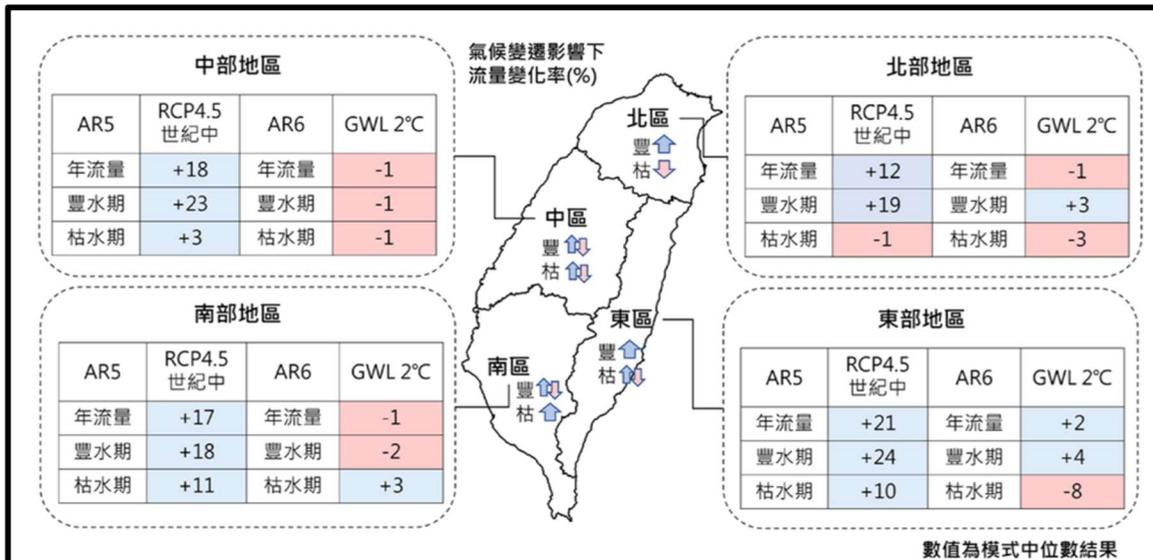
球暖化程度 (Global Warming Level, GWL) 評估臺灣增溫幅度，GWL 1.5°C 至 GWL 4°C 增溫的中位數介於 0.6°C 至 2.7°C。

- ◆ **季節長度變化**：在 SSP5-8.5 情境下，本世紀末夏季持續變長，超過 210 天，冬季持續變短，少於 30 天；惟有在 SSP1-2.6 情境下，夏季與冬季的長度能維持在世紀中的情況，分別為 150 天及 45 天左右。
- ◆ **降雨量**：年平均降雨在短期與中期的增加幅度較小，於世紀末增加較多。在 SSP5-8.5 情境下的世紀末，西南部降雨有較大增加率 (+10%) 且具一致性。高暖化情境 (RCP8.5) 下的 21 世紀末梅雨季，臺灣西半部迎風面的極端降雨事件天數及強度皆為增加，在東部地區則皆是減少。在 SSP3-7.0 情境的 21 世紀中後期 (2060 年之後)，梅雨季降雨量從 6 月中旬延遲至 6 月下旬發生，降雨強度增強。未來推估年最大一日降雨量 (R<sub>x1day</sub>) 降雨強度將增加，特別是在 SSP5-8.5 情境下，中部地區的增加幅度可能達 40%。降雨量隨著暖化嚴重程度增加，目前每 50 年才發生一次的降雨強度，於暖化程度達 4°C 時就會變成 10 年發生一次。
- ◆ **降雨季節分布**：臺灣未來的乾季 (11 月至 4 月) 將越來越乾，濕季 (5 月至 10 月) 將越來越濕，乾濕對比將隨全球暖化程度增加而更加嚴重。
- ◆ **海平面高度**：在 SSP1-2.6、SSP2-4.5 及 SSP5-8.5 情境下，基隆及高雄兩個位置的模式推估範圍中位數分別介於 0.48 米至 0.82 米與 0.41 米至 0.78 米。
- ◆ **颱風**：相對於基期，21 世紀中、末期，影響臺灣颱風個數將分別減少約 10% 與 50%；周遭強颱出現的頻率則是增加約 105% 與 60%；影響期間颱風最強時的近颱風中心最大風速增加約 5% 與 9%；臺灣陸地上颱風降雨強度普遍增加 20% 與 40%。受降雨強度增加但是颱風頻率減少的因素下，臺灣陸地上颱風降雨累積在世紀中稍有增加、世紀末則是減少約 10% 至 50%。
- ◆ **乾旱**：年最大連續不降雨日數呈現增加趨勢，在世紀末隨著暖化情境加劇，增加趨勢更為明顯，且南部的增加情況比北部更嚴重。
- ◆ **極端高溫 (日高溫超過 36°C 天數)**：在 4 種全球暖化程度 (GWL 1.5°C、GWL 2°C、GWL 3°C、GWL 4°C)，分別增加 5.4 天、10.6 天、28 天與 54.5 天。若以最劣 SSP5-8.5 情境的推估，本世紀末平均增加 74.6 天。增加天數較多的區域包括臺北盆地、中部近山區與高屏近山區。
- ◆ **極端低溫 (以 1995 年至 2014 年內所有天數的日低溫第 5 百分位數做為溫度門檻值)**：在所有暖化情境皆呈現天數減少。在 4 種 GWL 下，平均每年分別減少 4.1 天、6.6 天、8.8 天與 10 天。

## 2.2 臺灣氣候變遷衝擊 (資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024)

### ◇ 水議題

- ◆ **現況及變化趨勢**：全臺年總降雨量變化不顯著；少雨年發生次數自 1961 年有開始增加趨勢。
- ◆ **淹水**：未來颱風造成短延時強降雨的情形更趨頻繁，淹水發生機率到世紀中增加 1.2 倍；世紀末增加 2.3 倍。(依據 AR5 RCP8.5 情境)
- ◆ **乾旱**：未來全臺枯水期之連續不降雨日數，增幅從 8.5% 至 16.9%。(依據 AR6 SSP2-4.5、SSP5-8.5 及 GWL 2°C 情境)
- ◆ **水資源**：全臺流量變化率 (中位數) 之年流量 -1% 至 +27%，豐水期 -2% 至 +31%，枯水期流量 -13% 至 +3%。(依據 AR6 GWL 2°C 及 GWL 4°C 情境)

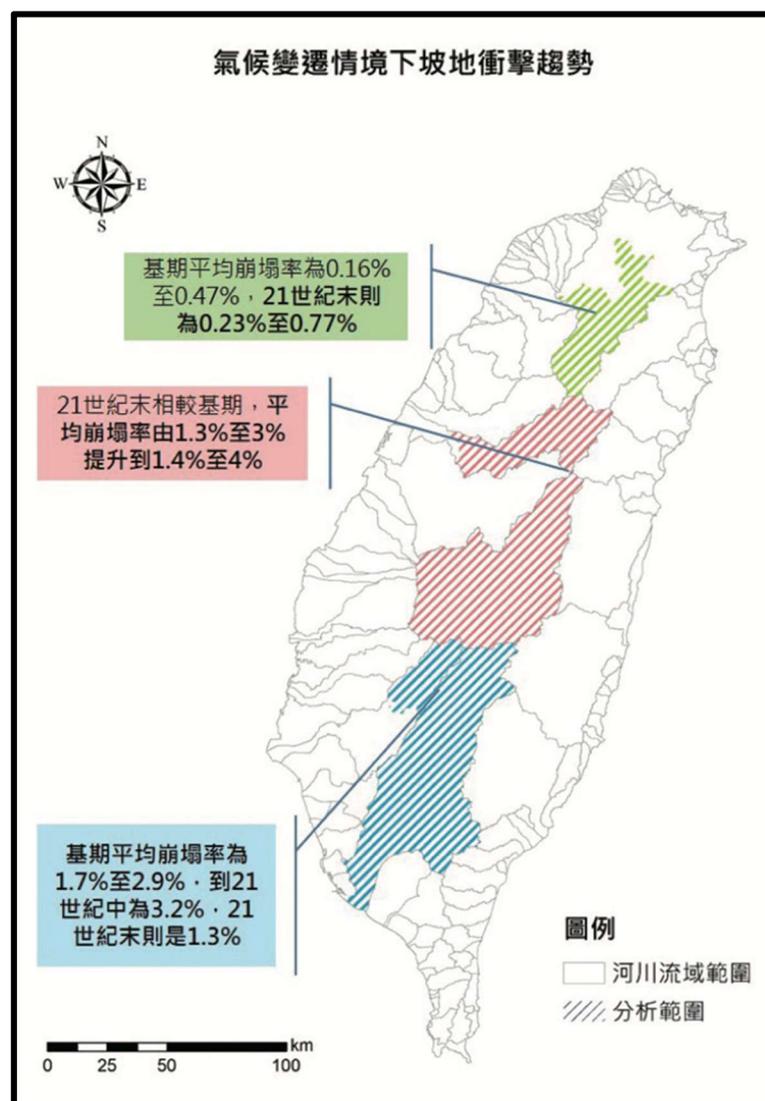


圖片來源：國家氣候變遷科學報告 2024 圖 4.1.3.3

圖 3 氣候變遷影響下流量變化率

#### ◇ 坡地

- ◆ 崩塌衝擊變化趨勢：北部地區最高平均崩塌率在基期為 **0.47%**，到世紀末提升到 **0.77%**；中部地區則最高由 **3%**增加至 **4%**；南部地區最高由基期 **2.9%**，在世紀中增加至 **3.2%**，世紀末則下降至 **1.3%**。（依據 AR5 RCP8.5 情境）
- ◆ 坡地災害風險變化趨勢：中南部山區維持高風險的坡地災害等級，北部與東部山區災害風險等級呈提高趨勢。（依據 AR6 GWL 2°C 情境）



圖片來源：國家氣候變遷科學報告 2024 圖 4.2.2.1

圖 4 氣候變遷情境下的坡地衝擊趨勢

## ◇ 海岸

- ◆ **海平面上升溢淹衝擊**：臺灣於 1.5°C 與 2°C 全球暖化程度下，未來海平面上升量值分別為 **20 公分**和 **34.5 公分**。2°C 情境下沿海縣市因海平面上升所造成的溢淹範圍與深度普遍增加，其中，又以**雲林縣、臺南市，以及基隆市**溢淹範圍的增加幅度最為明顯。
- ◆ **颱風暴潮衝擊**：未來臺灣沿海地區面臨大於 1.2 公尺颱風暴潮衝擊之海岸線長度將**增加 12.5%**。(依據 AR5 RCP8.5 情境)
- ◆ **颱風風浪衝擊**：未來臺灣沿海地區面臨大於 12.0 公尺颱風風浪衝擊之海岸線長度將**增加 3.6%**。(依據 AR5 RCP8.5 情境)

表 2 全球暖化程度 1.5°C 及 2°C 海平面上升情境下，各縣市受影響推估情形

縣市 (總面積, km <sup>2</sup> ) <sup>1</sup>	1.5°C 情境		2.0°C 情境	
	淹沒面積百分比	最大深度等級	淹沒面積百分比	最大深度等級
新北市 (2053)	0.79%	1.5m至2.0m	1.50%	1.5m至2.0m
基隆市 (133)	1.51%	0.5m至1.0m	2.26%	0.5m至1.0m
桃園市 (1221)	0.78%	1.0m至1.5m	1.00%	>2.0m
新竹縣市 (1532)	0.83%	0.5m至1.0m	1.09%	>2.0m
苗栗縣 (1820)	1.33%	1.0m至1.5m	1.61%	1.0m至1.5m
臺中市 (2215)	0.84%	0.5m至1.0m	0.91%	0.5m至1.0m
彰化縣 (1074)	2.40%	1.5m至2.0m	2.89%	1.5m至2.0m
雲林縣 (1291)	2.71%	>2.0m	4.30%	>2.0m
嘉義縣市 (1964)	0.85 %	>2.0m	1.40%	>2.0m
臺南市 (2192)	2.52 %	0.5m至1.0m	3.29%	1.5m至2.0m
高雄市 (2952)	0.08%	0.5m至1.0m	0.48%	1.5m至2.0m
屏東縣 (2776)	0.45%	0.5m至1.0m	1.04%	1.0m至1.5m
宜蘭縣 (2144)	0.43%	0.5m至1.0m	0.56%	0.5m至1.0m
花蓮縣 (4629)	0.11%	1.0m至1.5m	0.30%	1.5m至2.0m
臺東縣 (3515)	0.82%	1.5m至2.0m	1.24%	>2.0m

(資料來源：TCCIP計畫產製)

資料來源：國家氣候變遷科學報告 2024 表 4.3.2.1

## 2.3 氣候變遷對運輸基礎設施的衝擊

極端天氣事件往往伴隨維生基礎設施之系統服務功能失靈的風險，近年來的科學研究證明，全球暖化的全面衝擊正在持續發生，在氣候變遷的環境下，極端天氣事件發生的頻率更頻繁，事件的時間可能拉長、縮短與驟變，強度也可能增加或加速，如強降雨、強風與高溫的強度增加，以及海平面上升的速度加快。氣候條件的變化導致基礎設施及系統面臨更複雜且嚴峻的氣候風險，如何掌握氣候變遷風險，進一步妥適調適因應氣候衝擊，已成為當前及未來基礎設施規劃、設計、營運、維護，以及管理的重要議題。

運輸基礎設施易受高溫、極端降雨及海平面上升之氣候衝擊因子（同氣候壓力因素）影響，如強降雨可能造成公路系統因邊坡含水量過高而影響結構強度、高溫造成軌道系統的軌道彎曲變形、海平面上升造成港埠系統的船舶無法靠泊等。針對國內運輸系統（分為港埠、公路、軌道和機場 4 個子系統）的氣候變遷衝擊，列舉說明如下表。

表 3 港埠系統面臨的潛在氣候衝擊

港埠系統組成	氣候壓力因素	對於港埠系統的直接衝擊
港口	強降雨	聯外道路淹水中斷營運
	強風	影響設備操作、航班停駛
	暴潮/風浪	碼頭與設備損壞
	海平面上升	船舶無法靠泊

資料來源：本所 2022 年「公路系統規劃階段強化調適能力之探討（1/2）」

表 4 公路系統面臨的潛在氣候衝擊

公路系統尺度	公路系統組成	氣候壓力因素	對於公路系統的直接衝擊
路段	結構（包含橋梁及隧道）	強降雨	土壤含水量過高影響道路邊坡、隧道口的結構強度
			強降雨沖刷橋梁基礎
		強風	強風影響橋梁結構
		暴潮/風浪	暴潮/風浪加劇橋墩的沖刷
	基礎/地表下	強降雨	路基受沖蝕掏空
		海平面上升	加劇路基的沖刷
	排水	強降雨	排水不良造成淹水
	橫斷面	強降雨	道路的橫斷面面臨強風暴雨沖刷等影響
材料	高溫	鋪面材料軟化與標線變形	
路廊	周邊環境	強降雨	路廊因地表逕流溢淹，影響周邊排水系統與生態環境
		強風	路樹傾倒造成道路中斷
		高溫	引發邊坡野火
路網	替代道路	強降雨	替代道路數量低，強降雨時可能面臨運輸中斷
		暴潮/風浪	海浪越堤溢淹災害，海岸線退縮，淘刷公路底部基座
		海平面上升	替代道路被淹沒
	交通場站	強降雨	交通場站聯外道路淹水，造成運輸中斷
		暴潮/風浪	

資料來源：本所 2022 年及 2024 年「公路系統規劃階段強化調適能力之探討」

表 5 軌道系統面臨的潛在氣候衝擊

軌道系統組成	氣候壓力因素	對於軌道系統的直接衝擊
軌道構造 (包含橋梁、軌道、 隧道)	強降雨	橋梁鋼鐵結構腐蝕
		橋梁及基樁沖刷
		橋面版變位或傾斜
		橋墩及橋面版結構破壞
		隧道排水系統設施阻塞沖蝕
		隧道路基流失
		鐵軌腐蝕
		軌道破壞或淤積
	高溫	軌道路基破壞及流失
車站或聯外道路	強降雨	軌道彎曲變形
調車場、維修設施、 支援設備和其他	強降雨	車站淹水，乘客無法進出車站
	強風	列車無法正常行駛
		架空電車線受損
	高溫	列車無法正常行駛
	暴潮/風浪	架空電車線受損
海平面上升	臨海設施淹水或淹沒	

資料來源：本所 2015 年「重大鐵公路建設氣候變遷調適策略與脆弱度評估指標之研究」及 2022 年「公路系統規劃階段強化調適能力之探討 (1/2)」

表 6 機場系統面臨的潛在氣候衝擊

機場系統組成	氣候壓力因素	對於機場系統的直接衝擊
空側設施	強降雨	鋪面結構的損壞和惡化
		鋪面表面毀損
		排水能力負荷
	高溫	電力照明系統負荷
	強風	電力照明系統負荷
航站和陸側設施	強降雨	阻礙聯外運輸、流通、裝載和停車
		地面基礎破壞
		建築物和結構受損
	高溫	建築物和結構受損
支援設備和其他	強降雨	機場聯外道路因淹水或落實、坍方阻斷
		航機因強降雨、跑道積淹水而無法正常起降
	高溫	電氣系統故障或短缺
		火災風險增加
		導航和衛星信號失真
	強風	通信系統故障提高
	暴潮/風浪	臨海設施因暴潮/風浪沖刷及沖擊而受損

備註：「空側」泛指機場內供航空器起飛、降落及地面活動區域，相較於供旅客使用區域「陸側」而言。

資料來源：本所 2022 年「公路系統規劃階段強化調適能力之探討（1/2）」

## 第 3 章 氣候變遷調適工作要點

### 3.1 氣候變遷調適相關法規

#### ◇ 氣候變遷因應法 (2023 年 2 月 15 日)：

為因應全球氣候調適策略的改變，2023 年通過「溫室氣體減量及管理法」修正草案，將法案更名為「氣候變遷因應法」，全部條文由 34 條增加為 62 條，強調溫室氣體減量與氣候變遷調適並重，以達成「加速減碳減緩氣候變遷」及「適應全球氣候變遷衝擊並建構韌性體系」的目的。此次修法重點：

- ◆ 國家長期減碳目標修改為 2050 年淨零排放。
- ◆ 增訂氣候變遷調適專章。
- ◆ 氣候治理的基本方針及重大政策，規定由行政院永續發展委員會協調、分工、整合。
- ◆ 地方政府須設置「氣候變遷因應推動會」。
- ◆ 因應國際經貿情勢發展，納入實施碳定價。
- ◆ 加強氣候變遷人才培育與技術發展。

#### ◇ 氣候變遷因應法、氣候變遷因應法施行細則 (2023 年 12 月 29 日) 運輸主管機關應執行事項及時程：

##### ◆ 氣候變遷因應法§17：

為因應氣候變遷，政府應推動調適能力建構之事項如下：

- 一、以科學為基礎，檢視現有資料、推估未來可能之氣候變遷，並評估氣候變遷風險，藉以強化風險治理及氣候變遷調適能力。
- 二、強化因應氣候變遷相關環境、災害、設施、能資源調適能力，提升氣候韌性。
- 三、確保氣候變遷調適之推動得以回應國家永續發展目標。
- 四、建立各級政府間氣候變遷調適治理及協商機制，提升區域調適量能，整合跨領域及跨層級工作。
- 五、因應氣候變遷調適需求，建構綠色金融機制及推動措施。
- 六、推動氣候變遷新興產業，輔導、鼓勵氣候變遷調適技術開發，研發、推動氣候變遷調適衍生產品及商機。
- 七、強化氣候變遷調適之教育、人才培育及公民意識提升，並推展相關活動。
- 八、強化脆弱群體因應氣候變遷衝擊之能力。

九、融入綜合性與以社區及原住民族為本之氣候變遷調適政策及措施。

十、其他氣候變遷調適能力建構事項。

◆ **氣候變遷因應法§18：**

中央主管機關與中央科技主管機關應進行氣候變遷科學及衝擊調適研究發展，並與氣象主管機關共同研析及掌握氣候變遷趨勢，綜整氣候情境設定、氣候變遷科學及衝擊資訊，定期公開氣候變遷科學報告。

中央主管機關與中央科技主管機關應輔導各級政府使用前項**氣候變遷科學報告**，進行**氣候變遷風險評估**，作為研擬、推動調適方案及策略之依據。各級政府於必要時得依據前項氣候變遷科學報告，**規劃早期預警機制及系統監測**。前項氣候變遷風險評估之作業準則，由中央主管機關會商有關機關定之。

◆ **氣候變遷因應法§19：**

中央目的事業主管機關應就易受氣候變遷衝擊之權責領域（交通部主責維生基礎設施領域），訂定**四年為一期之該領域調適行動方案**（以下簡稱調適行動方案），並依第五條第三項、第六條及第十七條訂定調適目標。

中央目的事業主管機關擬訂前項調適行動方案及調適目標，應**邀集中央及地方有關機關、學者、專家、民間團體經召開公聽會程序後訂修該領域調適行動方案**，送中央主管機關。

中央主管機關應依行動綱領，整合第一項調適行動方案，擬訂**國家氣候變遷調適行動計畫**（以下簡稱國家調適計畫），報請行政院核定後實施，並對外公開。

第一項中央目的事業主管機關應**每年編寫調適行動方案成果報告**，送中央主管機關報請行政院核定後對外公開。

◆ **氣候變遷因應法§20：**

直轄市、縣（市）主管機關應依行動綱領、國家調適計畫及調適行動方案，**邀集有關機關、學者、專家、民間團體舉辦座談會**或以其他適當方法廣詢意見，訂修**氣候變遷調適執行方案**（以下簡稱調適執行方案）送直轄市、縣（市）**氣候變遷因應推動會**，報請中央主管機關會商中央目的事業主管機關核定後實施，並對外公開。

直轄市、縣（市）主管機關應**每年編寫調適執行方案成果報告**，經送直轄市、縣（市）**氣候變遷因應推動會**後對外公開。

◆ **氣候變遷因應法施行細則§15：**

為因應氣候變遷風險，各級政府應推動調適方案及作為，促進我國自然環境、

經濟、社會、國民、事業及脆弱群體等建構氣候變遷調適能力並提升韌性，緩和因氣候變遷所造成之損害，相關方案及作為應依循以下基本原則：

- 一、以科學為基礎，檢視現有及最新國內外資料、推估未來可能之氣候變遷，並評估氣候變遷風險，藉以強化風險治理及建構氣候變遷調適能力。
- 二、發展因地制宜、由下而上或社區、原住民族為本之氣候變遷調適。
- 三、強化脆弱群體因應氣候變遷衝擊之能力，並充分考量人權潛在影響。



資料來源：本計畫繪製

圖 5 看見每種差異，共築韌性交通

◆ 氣候變遷因應法施行細則§16：

中央目的事業主管機關依氣候變遷因應法第十九條第一項規定訂修易受氣候變遷衝擊權責領域調適行動方案（以下簡稱調適行動方案）及調適目標，應於易受氣候變遷衝擊之權責領域確定後一年內送中央主管機關。

前項調適行動方案之內容，包括下列項目：

- 一、領域範疇及執行現況，包括主、協辦機關。
- 二、氣候變遷衝擊情形。
- 三、未來氣候變遷情境設定及風險評估。
- 四、調適目標。
- 五、推動策略、措施及檢討。
- 六、我國國家永續發展目標關聯性。
- 七、推動期程及經費編列。
- 八、預期效益及管考機制。

◆ **氣候變遷因應法施行細則§18：**

中央目的事業主管機關依氣候變遷因應法第十九條第四項規定編寫**調適行動方案成果報告**，應於**每年八月三十一日前**，送中央主管機關報請行政院核定後公開之。

前項調適行動方案成果報告之內容，包括下列項目：

- 一、摘要。
- 二、該領域推動進度及調適目標執行狀況。
- 三、分析及檢討。
- 四、經費執行情形。
- 五、未來規劃及需求。

◆ **氣候變遷因應法施行細則§19：**

直轄市、縣（市）主管機關依氣候變遷因應法第二十條第一項規定訂修**氣候變遷調適執行方案**（以下簡稱調適執行方案），應於**調適行動方案及國家調適計畫核定後一年內**，送直轄市、縣（市）氣候變遷因應推動會，報請中央主管機關會商中央目的事業主管機關核定後實施並公開之，且**每四年至少檢討一次**。

前項調適執行方案之內容，包括下列項目：

- 一、推動組織與調適架構。
- 二、地方自然與社會經濟環境特性。
- 三、氣候變遷衝擊與影響。
- 四、氣候變遷風險評估。
- 五、氣候變遷調適策略及檢討
- 六、推動期程及經費編列。
- 七、預期效益及管考機制

◆ **氣候變遷因應法施行細則§20：**

直轄市、縣（市）主管機關依氣候變遷因應法第二十條第二項規定編寫**調適執行方案成果報告**，應於**完整執行年度後每年八月三十一日前**，送直轄市、縣（市）氣候變遷因應推動會後公開之。

前項調適執行方案成果報告之內容，包括下列項目：

- 一、摘要。
- 二、整體進度及執行情形。
- 三、分析及檢討。

四、未來推動規劃。

◆ 氣候變遷因應法施行細則§21：

中央目的事業主管機關依氣候變遷因應法第十一條或第十九條規定，召開公聽會程序時，應將部門行動方案或調適行動方案初稿內容、開會資訊、會議紀錄公開之。

前項行動方案初稿內容及開會資訊，應於會議舉行十日前公開周知。

◆ 氣候變遷因應法施行細則§22：

直轄市、縣（市）主管機關依氣候變遷因應法第十五條或第二十條規定，舉辦座談會或以其他適當方法廣詢意見時，應將減量執行方案或調適執行方案之初稿內容、開會資訊或其他適當廣詢方法、紀錄公開之。

前項初稿內容、開會資訊或其他適當廣詢方法，應於舉辦七日前公開周知。

◆ 氣候變遷因應法施行細則§24：

本細則所定應公開之事項，除另有規定外，應於辦理完成或核定後三十日內，公開於中央主管機關指定網站。

◇ 氣候變遷風險評估作業準則（2025年7月16日）：

氣候變遷風險評估是「辨識氣候風險與調適缺口」的關鍵工作，依據我國「氣候變遷因應法」第18條第3項氣候變遷風險評估之作業準則，由中央主管機關會商有關機關定之，目的為使各級政府因應氣候變遷影響，有效整合各領域調適策略與行動計畫，促進跨領域與跨層級溝通交流，提供各級政府進行氣候變遷風險評估時應有的原則性架構，因此建構氣候變遷風險評估關鍵步驟，以做為後續調適政策、措施及計畫規劃之參考依據。要點如下：

- ◆ 法源依據。(第一條)
- ◆ 用詞定義。(第二條)
- ◆ 適用範圍。(第三條)
- ◆ 氣候變遷風險評估之基本原則，包括界定範疇、現況檢視及評估未來氣候變遷風險之應考量事項。(第四條至第七條)
- ◆ 研擬、推動氣候變遷調適方案及策略之應辦理事項及原則。(第八條至第十一條)
- ◆ 施行日。(第十二條)

## 3.2 氣候變遷調適方法

◇ **氣候變遷風險的定義**：風險為對人類社會系統或自然生態系統所造成的可能損害程度，而組成因子包含**危害度**、**暴露度**及**脆弱度**（IPCC, 2022）。**危害度**指可能發生的氣候相關物理事件、趨勢或物理影響，可造成生命損失、傷害或其他健康影響，及財產、基礎設施、生計、服務、生態系統及環境資源的損害和損失；**暴露度**指存在於可能受不利影響的地方和環境中的人群、生計、物種或生態系統、環境功能、服務和資源、基礎設施，或經濟、社會或文化資產等其受不利影響之程度；**脆弱度**則是敏感度及調適能力的集合，包括對危害的敏感性或易感性，以及缺乏應對的調適能力（IPCC, 2022）。氣候變遷（包括自然環境的氣候變異機制與人為造成的氣候變化），以及社會經濟結構的變動，皆會影響系統的脆弱度、暴露度與危害度，進而導致整體風險的變化。此外，調適與減緩行動的成效，以及社會經濟發展趨勢（如人口變化與產業結構轉型等）亦為影響風險程度的重要因素。



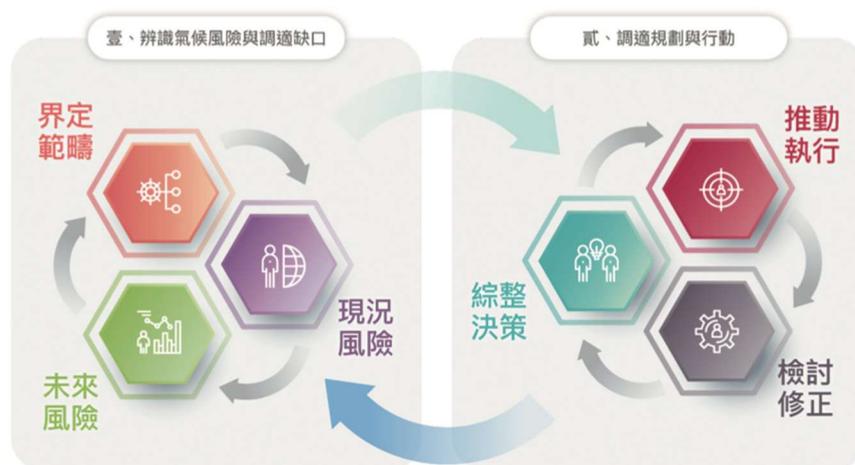
圖片來源：國家氣候變遷科學報告 2024 圖 5.1.1

圖 6 風險組成示意圖

◇ **氣候變遷調適定義**：IPCC（2007）定義調適為因應實際或預期的氣候及其改變造成的影響與過程；對人類系統而言，調適目的為尋求減少負面衝擊或發掘有利的機會；但對部分自然系統來說，人類的介入可促使生態系統針對預期的氣候及其影響進行調整。「氣候變遷因應法」第3條第2項，明文律定氣候變遷調適指「人類與自然系統為回應實際、預期氣候變遷風險或其影響之調整適應過程，透過建構氣候變遷調適能力並提升韌性，緩和因氣候變遷所造成之衝擊或損害，或利用其可能有利之情勢」。

☆ **國家氣候變遷調適架構**：(資料來源:國家氣候變遷科學報告 2024)

「國家氣候變遷調適架構」是一個**系統化操作過程**，可用於協助研擬跨領域及跨部門氣候變遷調適策略。氣候變遷調適架構並非逐步性或線性的進行操作，調適過程的各個階段可以同時進行或採以不同的順序，雖然特定情況下部分構面或細部操作步驟甚至可以省略，但調適架構操作仍可視為一循環性之風險評估及調適規劃的機制。臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫 (TCCIP) 2022 年將先前所提出的 6 構面架構，調整區分為「**辨識氣候風險及調適缺口**」及「**調適規劃與行動**」兩大階段。其中第 1 階段「**辨識氣候風險及調適缺口**」三個構面，分別為**界定範疇**、**檢視資源及現況氣候風險**、**評估未來氣候風險**；第 2 階段「**調適規劃與行動**」，則包括**綜整決策**、**推動或執行調適選項**、**檢討或修正調適選項**。行政院核定之「**國家氣候變遷調適行動計畫 (112-115 年)**」，各部會已參考此架構作為研擬基礎。「**國家氣候變遷調適架構**」之研擬目的，除了供私部門及小尺度空間(如地方社區)進行風險評估及調適措施規劃參考外，同樣考量中央部會易受衝擊領域氣候變遷調適行動方案及地方調適執行方案研擬應用需求。以下整合各文獻所提及之操作重點，進行「**國家氣候變遷調適架構**」各構面要項內容之說明：(資料來源：TCCIP, 2022)



圖片來源：國家氣候變遷科學報告 2024 圖 5.1.2

**圖 7 國家氣候變遷調適架構**

### 一、 界定範疇

1. 確定主、協辦機關之權責業務及目標 (保全對象)。
2. 分析權責業務目標之氣候危害類型：分析目標範圍內潛在的危害因子，辨識氣候危害類型。
3. 確認暴露時間及其空間範圍：確認該保全對象暴露於各種危害下的熱點時間

尺度及空間範圍。

4. 邀集有關機關、學者及民間團體界定評估範疇。

## 二、檢視資源及現況氣候風險

1. 盤點及辨識可掌握資源：應盤點領域主辦機關之知識、技術、科學研究團隊或人力、財務能力、相關氣候變遷風險評估及調適計畫投入與管理機制情形等資源。
2. 評估現況氣候風險：應運用歷史氣候觀測相關資訊進行現況衝擊與脆弱度之量化或質化評估，包含經濟、社會、健康、環境、生態、文化、脆弱族群及部門等之衝擊程度與風險空間分佈情形。

## 三、評估未來氣候風險

執行未來氣候變遷情境設定及風險評估時，可參採定期公開之最新氣候變遷科學報告內容或氣候科學資訊之建議，予以設定之調適應用情境，評估未來氣候變遷危害度與脆弱度對權責業務（保全對象）之衝擊或風險。

## 四、綜整決策（詳細執行方法請參閱本知識本第四章）

1. 利害關係人參與界定風險評估及調適選項之合理性。
2. 進行調適選項之設定及優先排序評估。

## 五、推動執行

1. 掌握調適執行進度。
2. 建立指標或檢視成效機制。

## 六、檢討修正

1. 評估調適執行成效。
2. 檢視潛在跨領域及跨區域之影響。
3. 彙整規劃及行動過程障礙，提出解決方案。

### ◇ 資料來源

- ◆ **觀測、預報資料**>中央氣象署（氣象產品目錄總集）：包含氣象署各種開放管道之已公開資料或產品的總集介紹，提供九大類的總覽目錄及各項產品的詳細說明。

[https://www.cwa.gov.tw/V8/C/D/Data\\_catalog.html](https://www.cwa.gov.tw/V8/C/D/Data_catalog.html)

- ◆ **最新氣候變遷科學報告**>國家科學及技術委員會與環境部聯合出版（國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適）：內容架構以氣候變遷科學、衝擊與調適為主，共分五章。

<https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ScientificReport2024/>

- ◆ **觀測、未來情境指標、歷史氣候模擬、降尺度資料**>國家科學及技術委員會「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫」(簡稱 TCCIP)(氣候變遷資料商店):提供科學資料,與一般紀錄型資料不同,因應資料特性採不同開放方式。  
[https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ds\\_03.aspx](https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ds_03.aspx)
- ◆ **互動圖表**>TCCIP (互動圖表未來推估):以互動式圖表的方式呈現模式推估資料在時間上、空間上的分布狀況,並進行不同模式間、不同情境間,以及不同時期間的比較,讓使用者更容易理解模式的特色和推估結果。  
[https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ds\\_02.aspx](https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ds_02.aspx)
- ◆ **資料整合工具**>TCCIP (資料應用工具):提供資料空間合併工具、網格內差工具等。  
<https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/tool.aspx>
- ◆ **風險圖**>「氣候變遷災害風險調適平台」(簡稱 Dr.A)(風險圖展示系統):根據 TCCIP 提供之 AR6 情境不同全球暖化程度情境下之降雨資料,評估淹水災害風險,提供不同空間尺度下,受影響人口之淹水災害風險圖。建議可應用網格資料與危害-脆弱圖套疊應用。  
<https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/Tools/ShowMapBoxWMS#>
- ◆ **防救災資料**>國家災害防救科技中心(簡稱 NCDR)「災害防救資料服務平台」:以系統自動化介接方式提供防救災資料供應服務。  
<https://datahub.ncdr.nat.gov.tw/>

### 3.3 運輸系統調適四大策略 15 項措施與重點

#### ◇ 運輸系統氣候變遷調適策略：

- ◆ **定位：**性質上屬大方向的指導原則而非具體的行動指南。
- ◆ **內涵：**與災防救災策略區隔，為因應氣候變遷增加的風險所採取的因應作為。
- ◆ **範疇：**設施範疇涵蓋鐵路、公路、機場、港埠，時空範疇除現況的氣候衝擊外，亦考量未來氣候變遷風險，氣候狀態範疇聚焦於過往事件的強降雨、強風、暴潮、高溫與海平面上升等五大氣候壓力。
- ◆ **目標：**建構具氣候變遷韌性的運輸系統。

#### ◇ 運輸系統氣候變遷調適四大策略及 15 項措施架構：



資料來源：本所 2025 年「建構運輸管理機關（構）之調適專業能力（1/2）-課題研析及課程規劃」

圖 8 運輸系統氣候變遷調適策略及措施架構

#### ◆ 措施 1-1：建立設施安全性與風險評估方法

1. 建立設施安全性標準與評估方法並持續精進。

2. 建立氣候變遷風險評估方法，訂定可承受之風險基準並持續精進。
  3. 定期或於重大天氣事件衝擊後評估設施安全性與風險等級。
- ◆ **措施 1-2：迴避高風險潛勢地區，持續受損點位改線或廢線**
    1. 新建設施選址應考量氣候變遷情境並迴避高風險地區。
    2. 考量周邊環境關係，視情況運用以自然為本解決方案。
    3. 針對不適合回復原有功能的路段進行修養、改道、廢線等方案評估。
  - ◆ **措施 1-3：檢討並將氣候調適概念納入規範或作業程序**
    1. 了解自然為本理念，包括自然為本解決方案之準則、應用及限制。
    2. 檢討並提高設施抗氣候變遷環境標準。
    3. 將風險分析及氣候變遷模擬結果納入規劃、設計、施工及養護相關規範、作業流程或手冊中考量。
  - ◆ **措施 1-4：運用或研發新科技、材料、工程工法與設備**
    1. 依氣候變遷情境所致風險之分析與模擬結果，並視資源與需要運用科技、材料、工程工法與設備提升設施耐受力。
    2. 推動示範或先導計畫運用科技、材料、工程工法與設備並監測其於提升衝擊耐受力的成效。
  - ◆ **措施 1-5：強化跨運輸系統的運輸連結性**
    1. 國道及快速公路交流道及其聯絡道路。
    2. 鐵路車站聯外道路。
    3. 機場及港口聯外道路。
    4. 重大儲油、儲氣、儲水、儲電設施聯外道路。
  - ◆ **措施 2-1：建構跨運輸系統預警應變網絡**
    1. 彙整國內外各研發單位技術。
    2. 共享資訊，以加強應變與橫向聯防。
    3. 利用免費社群網路做為資訊傳遞工具。
    4. 進行天氣事件衝擊機率研究。
  - ◆ **措施 2-2：檢討並調整氣候變遷環境下之風險監測機制**
    1. 檢討及調整監測設施的設置點位與密度。
    2. 加強即時監測的涵蓋面。
    3. 思考應用微型氣象站蒐集之小尺度資訊結合氣候局大尺度資料做數據之微調，以利更完善掌握設施周邊之氣候狀態。
    4. 氣象署可加強相關氣象資訊之提供。

◆ **措施 3-1：建立分階段復建原則**

1. 依運輸系統設施地區回復程度建立分階段復建原則。
2. 掌握受損範圍回復狀態，透過資料之蒐集，決定復建期程與工法。

◆ **措施 3-2：建立運輸系統設施的內部與外部備援方案**

1. 研議運輸系統內部備援體系與運作機制與外部跨運輸備援體系與運作機制。
2. 與運輸業者規劃系統內部及外部跨系統的備援設施、替代路線、替代運具，以及接駁運具等。
3. 強化道路阻斷資訊與替代路線的資訊傳遞。

◆ **措施 4-1：建立調適計畫投資決策評估方法**

1. 將氣候風險與機會納入營運策略。
2. 強化資金調度及取得，善用公共與公私合作夥伴關係，利用內部預算分配及私人部門資金，如贈款、擔保、股權、優惠性債務、市場債務與及保險等財務工具。

◆ **措施 4-2：建立調適計畫監控與滾動檢討機制**

建立調適計畫管理、監測與學習機制。

◆ **措施 4-3：建置或應用風險管理與調適所需資料庫及工具**

1. 建置風險管理所需資料庫。
2. 建置有助提升風險管理效率支援系統工具。
3. 開發有助研擬調適計畫的資料庫。

◆ **措施 4-4：強化氣候調適跨域整合推動與機制**

1. 盤點極端天氣國家推估情境下，各種可能影響系統氣象因子之影響情境。
2. 盤點維持系統正常營運所需其他非運輸單位（如能源機關、數位機關）資源。

◆ **措施 4-5：培育氣候變遷風險管理與調適專業人才**

1. 辦理運輸系統氣候變遷調適議題國內與國際研討。
2. 建立氣候變遷調適人才培訓制度（可分階段培訓）。
3. 視需要成立氣候變遷調適專責單位。
4. 規劃機關（構）內調適相關專業課程，辦理教育訓練。

◆ **措施 4-6：調適計畫與利害關係人溝通或合作**

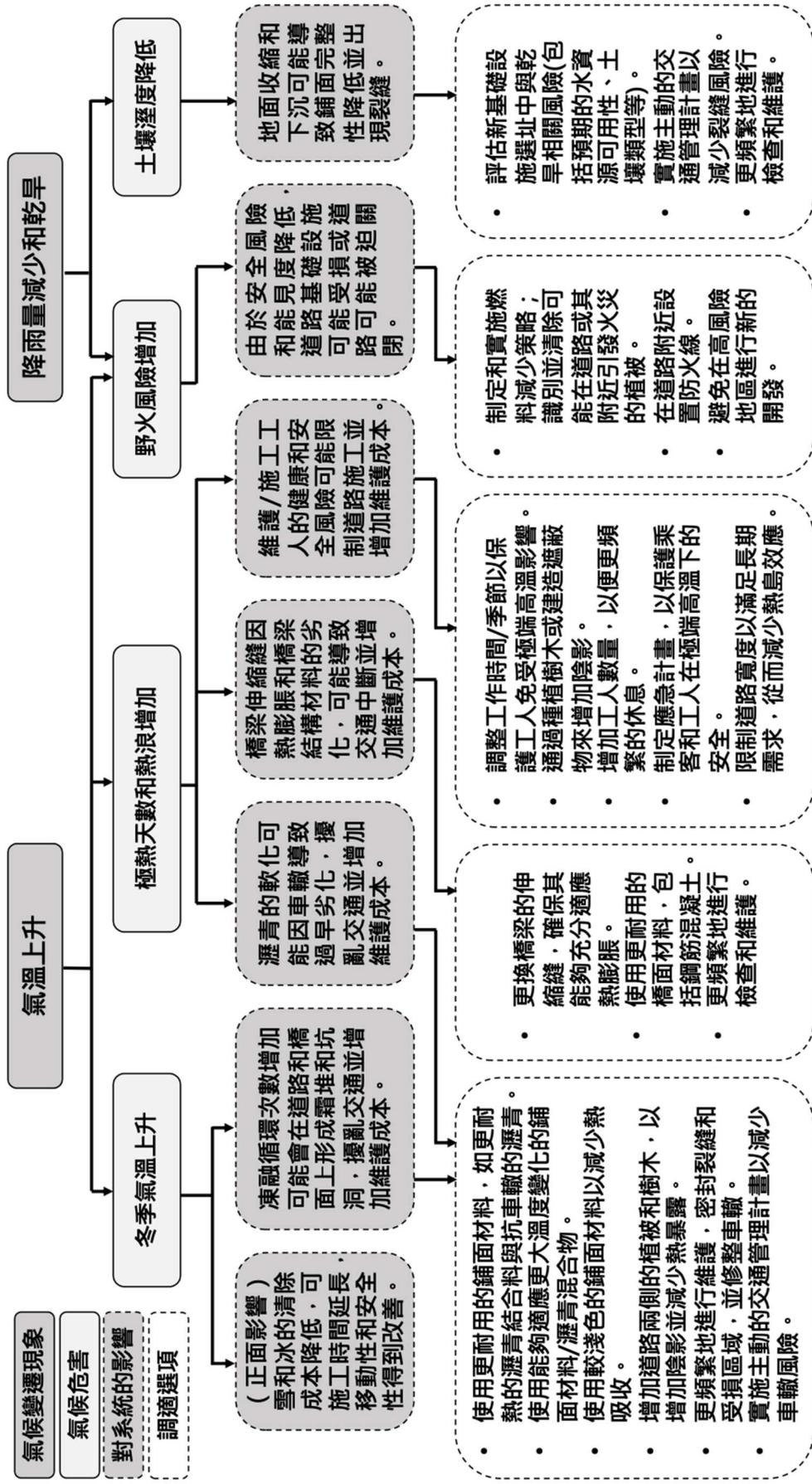
1. 辨識利害關係人，且應確認納入脆弱群體。
2. 政策及措施應融入綜合性與以社區為本，在原住民保留地需以原住民族為本。

3. 建立雙向風險溝通與資訊教育之機制。
4. 建立利害關係人可合作調適計畫的不同機制。

## 第 4 章 各運輸系統調適選項及案例

本章以決策樹的方式呈現各運輸系統可能遭遇的氣候危害、對系統的影響及調適選項，主要參考伊斯蘭開發銀行的「運輸部門氣候變遷調適指引說明」及本所成果報告編撰。使用者在使用決策樹時必須注意，首先，決策樹僅提供潛在影響的概括，但氣候變遷可能會以不同方式影響不同地區的各運輸系統，潛在影響具有高度的背景差異；其次，不同的氣候因素不能只單獨考量，使用者必須考慮這些氣候如何相互影響，有些可能會相互增強，而其他則可能相互抵消。另外，包括人口增長、土地使用變化、經濟發展和城市化等多種非氣候因素，也可能以複雜的方式對運輸系統構成重大影響。此外決策樹主要側重於氣候變遷的潛在物理影響，但氣候變遷可能以多種方式影響交通運輸系統，包括直接和間接的物理影響，以及各種非物理影響。潛在的非物理影響包括社會和公平相關的影響，以及市場、法律和聲譽影響。例如，氣候變遷可能會導致貿易模式的變化，通過引起農業生產的地理轉移，可能影響港口和貨運鐵路交通。氣候變遷可能會導致需求變化或法規要求的變動，但由於這些非物理影響通常與國情背景相關，並非此處的重點。本章從公路、軌道、機場和港埠 4 個子系統說明如下。

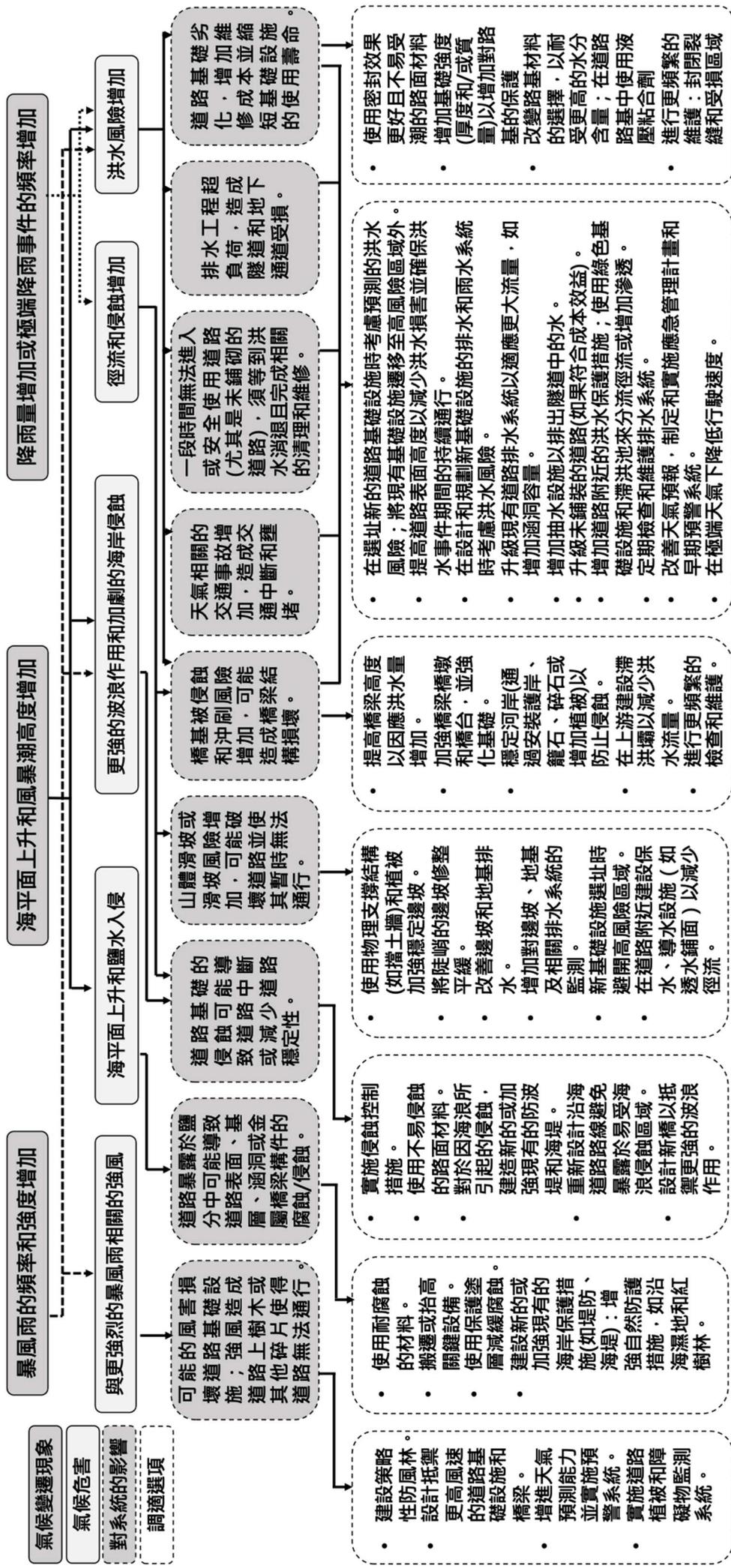
☆ 公路系統(1/2)



資料來源：翻譯修改自伊克蘭開發銀行（2021年）「運輸部門氣候變遷調適指引說明」

圖 8 運輸部門氣候變遷調適指引說明-公路系統(1/2)

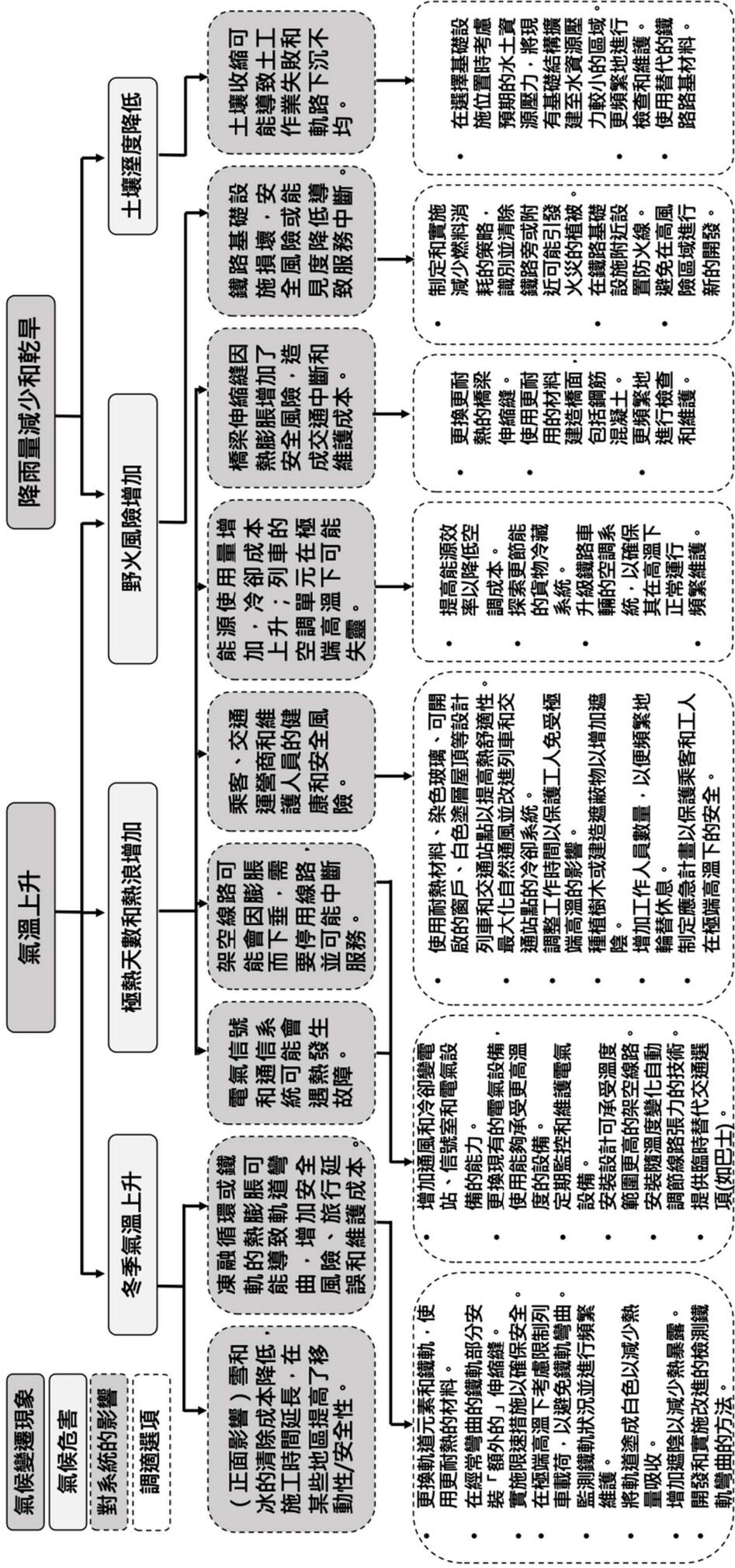
☆ 公路系統(2/2)



資料來源：翻譯修改自伊克蘭開發銀行(2021年)「運輸部門氣候變遷調適指引說明」

圖 9 運輸部門氣候變遷調適指引說明-公路系統(2/2)

◇ 軌道系統(1/2)

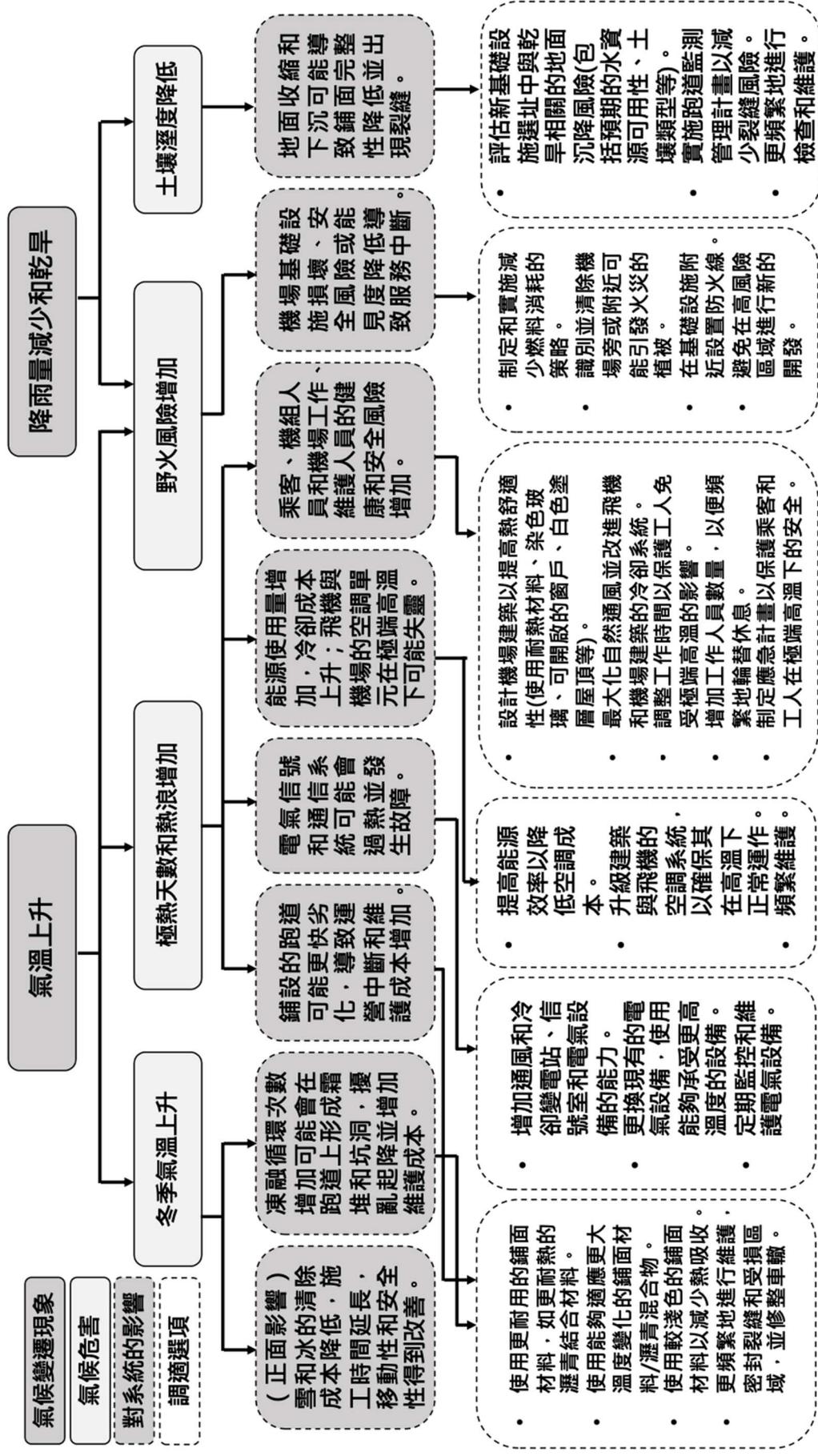


資料來源：翻譯修改自伊克蘭開發銀行(2021年)「運輸部門氣候變遷調適指引說明」

圖 10 運輸部門氣候變遷調適指引說明-軌道系統(1/2)



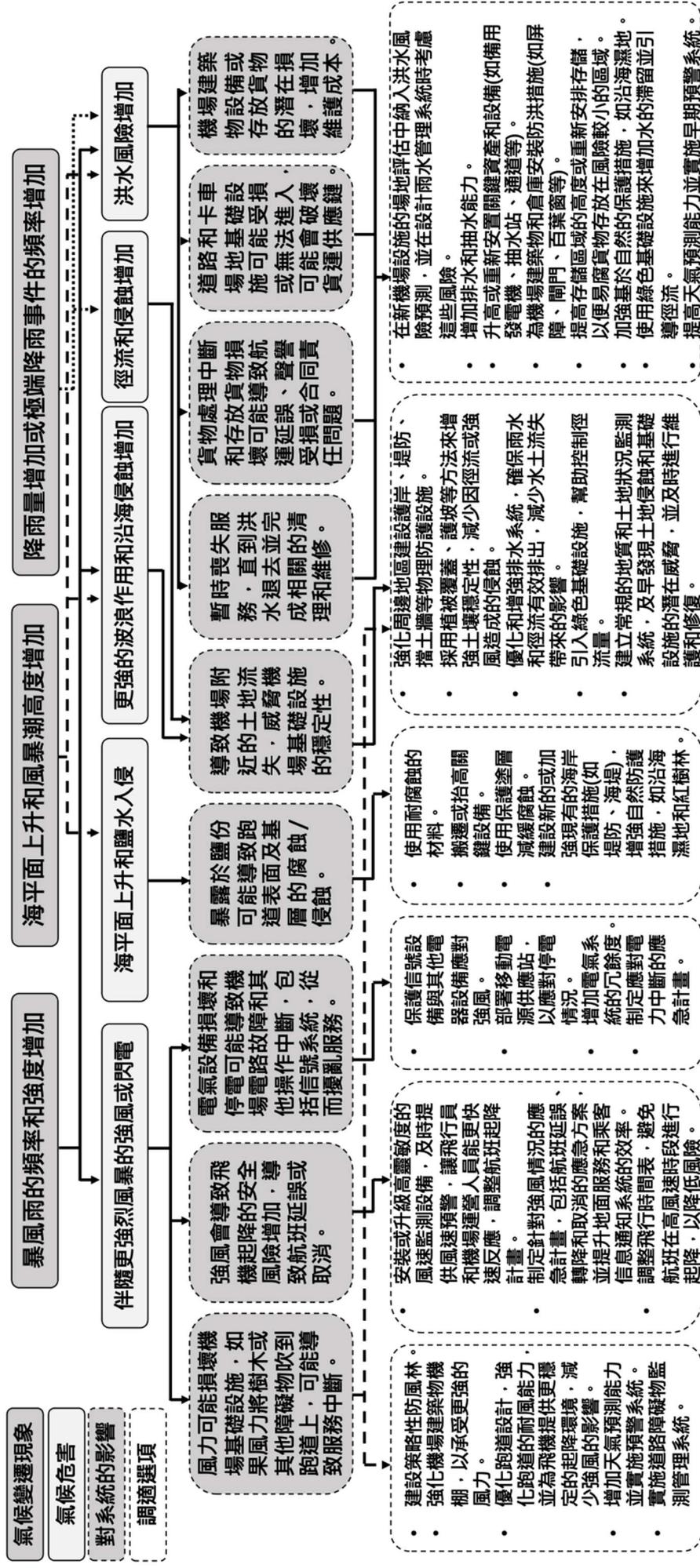
◇ 機場系統(1/2)



資料來源：翻譯修改自伊克蘭開發銀行(2021年)「運輸部門氣候變遷調適指引說明」

圖 12 運輸部門氣候變遷調適指引說明-機場系統(1/2)

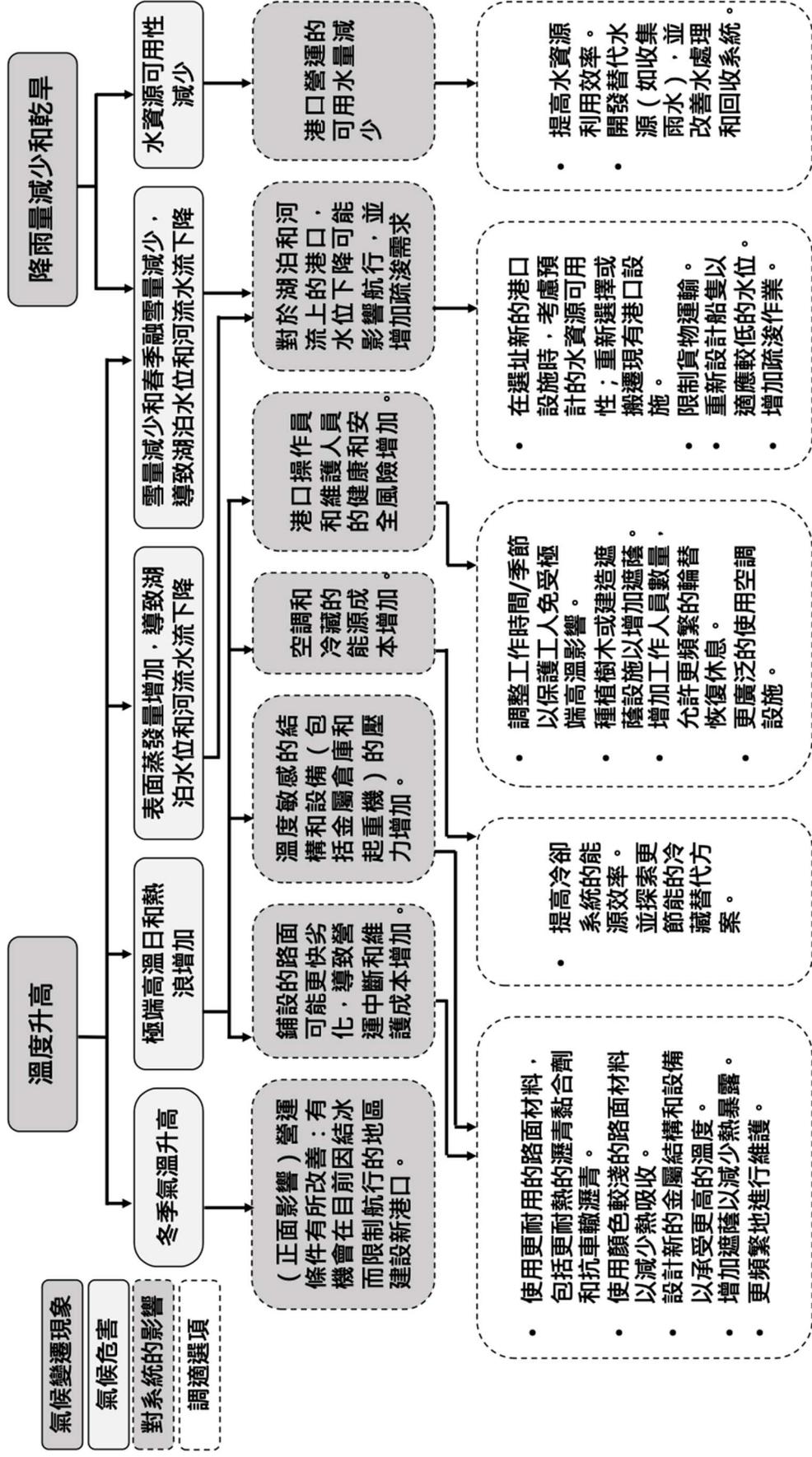
☆ 機場系統(2/2)



資料來源：翻譯修改自伊克蘭開發銀行(2021年)「運輸部門氣候變遷調適指引說明」

圖 13 運輸部門氣候變遷調適指引說明-機場系統(2/2)

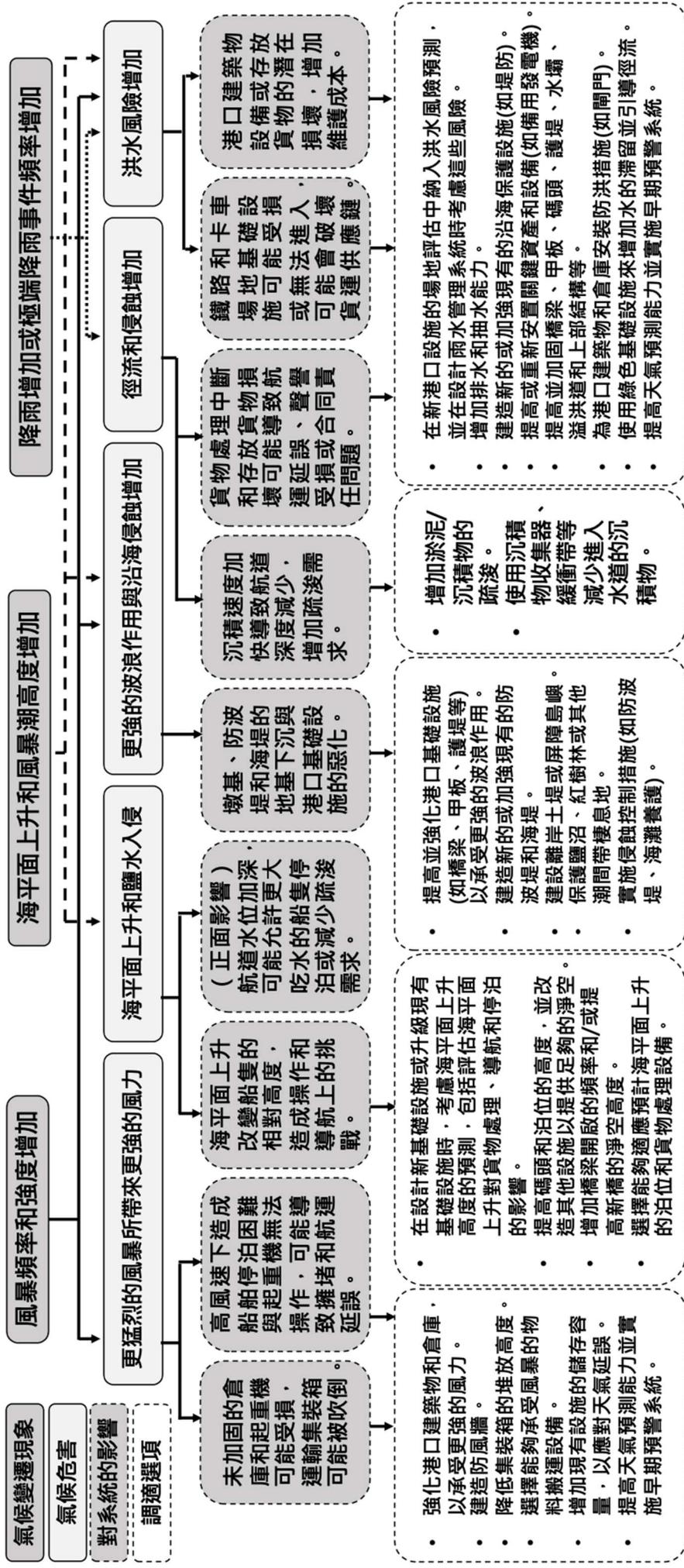
◇ 港埠系統(1/2)



資料來源：翻譯修改自伊克蘭開發銀行(2021年)「運輸部門氣候變遷調適指引說明」

圖 14 運輸部門氣候變遷調適指引說明-港埠系統(1/2)

◇ 港埠系統(2/2)



資料來源：翻譯修改自伊斯蘭開發銀行（2021年）「運輸部門氣候變遷調適指引說明」

圖 15 運輸部門氣候變遷調適指引說明-港埠系統(2/2)

當使用者依照「國家氣候變遷調適架構」2階段6構面，完成第1階段「辨識氣候風險及調適缺口」之3構面（即界定範疇、檢視資源及現況氣候風險、評估未來氣候風險）等步驟後，可辨識保全對象的氣候變遷風險，接著要著手識別可能的調適解決方案，也就是第2階段「調適規劃與行動」之第1構面「綜整決策」。

首先，要先**定義調適目標**，使用者應考慮所希望解決的脆弱性及期望結果。在此階段可尋求相關利害關係人的意見，有助於提高最終調適決策成功的可能性。理想情況下，目標應包含**具體的時間表及可測量的標準**，以確定調適是否成功。目標可以是實現一定程度的防洪保護（例如，保護設施免於100年一遇的洪水物理損害，或確保設施在50年一遇的洪水期間保持完全運作），或在特定日期前達到某種韌性（例如，確保設施在100年一遇洪水事件後五天內恢復運作）。完成定義調適目標後，應**廣泛蒐集可能的措施**以實現目標，而上方的決策樹提供了初步且不完整的潛在調適選項清單，針對特定氣候影響提出了建議，供使用者參考、引伸。

決策樹中所列之調適選項並非在所有情況下都適用或適當，例如某些選項可能過於昂貴、技術上不可行等，因此使用者面對系統受氣候衝擊時要先評估調適選項，除了決策樹中列出與結構性或實體相關的「硬調適選項」，還需考慮「軟調適選項」，如改進數據收集和預測能力、氣候信息服務與早期預警系統等非結構性的調適方式。

完成定義調適目標和蒐集各種調適措施之後，接著，使用者就需要**評估調適選項**。調適選項可藉由多準則分析（由外部利益相關者討論評分）、成本效益/效果分析等方式評估和排序。無論是以定性還是定量方式評估不同調適措施的績效，都需要對未來氣候條件有一定的了解。

**多準則分析**可對不同的調適選項進行定性和比較評估，通常用於評估**難以用金錢衡量的**因素。多準則分析應以參與式方式進行，並徵求外部利益關係人的意見，而這些利益關係人可能會受到任何潛在調適措施的影響，所以使用者應先識別適當的評估準則評估調適選項。可能的評估準則包括：

- ◆ **功能效能**：調適措施是否達成預期目標？它是否在可接受的時間內完成？
- ◆ **技術可行性**：該措施在技術上是否可行？
- ◆ **負擔能力**：該措施的前期成本是否負擔得起？操作和維護成本是否可負擔？
- ◆ **利益關係人的接受度**：該措施是否具有可能影響利益關係人或社區接受度的文化、經濟或環境影響？
- ◆ **實施難易度**：是否有阻礙實施的因素（例如與人力資本、材料可用性或現有技術技能相關的因素）？

- ◆ **彈性/穩健性**：該措施在面對不確定的未來條件時成效多大？
- ◆ **可持續性**：該措施是否具有持久的影響？該措施的營運和維護成本是否可持續？
- ◆ **共同效益**：該措施是否支持其他與氣候相關的目標（如碳封存）或發展目標（如經濟安全、私營部門發展、制度強化）？

上述評估準則僅為列舉，使用者可以依照需求訂定不同的評估準則。**決定評估準則**後，針對每個準則訂**評分或是度量的標準**（例如 1 到 5 的評分標準），還可以依據每個準則的重要性**分配不同的權重**，接著就可以針對每個準則對不同的調適選項進行**評分**，最後將不同調適選項各準則的得分依照權重調整加總即可得到每個調適選項的**總分**，最高分者，即為在所選準則中表現最佳的，也就是未來可能可以優先選擇的調適選項。

其餘選項可以通過**量化經濟評估**進行更詳細的分析，常見的 2 種評估技術是**成本效益分析**和**成本效果分析**。**成本效益分析（CBA）**涉及以**現值形式量化**並比較調適投資的**成本和收益**，以確定其可能的效率。只要所有調適成本和收益都能以貨幣形式表示，成本效益分析通常是首選技術。**調適成本**包括直接成本，如初始投資和營運成本，以及任何間接成本，如過渡成本或社會福利損失。**調適收益**包括調適措施帶來的收益和避免的損失。因此，調適收益是相對於基線（即沒有調適作為）來評估的。適當的基線和相對於該基線的不同調適選項的淨收益最終取決於**未來的氣候條件**。因為使用者首先要評估基線在預測的氣候條件下之**成本和收益**，在多種未來情境可能存在的情況下，會有多個基線，再根據基線評估各種調適選項的淨收益。另外，調適選項通常會對公共健康、環境質量或文化遺產等領域產生影響。這些非市場成本和收益很難量化，但不應排除在進行的經濟分析之外。相反，在可能的情況下應該使用像**條件評估**這樣的技術來估算非市場成本和收益。條件評估利用受影響個體的偏好來估算非市場商品的經濟價值，如生態系統服務，可以使用條件評估通過詢問受影響個體願意支付多少金額來改善相應的水質，從而估算人工濕地對水質的貨幣價值。在量化了所有的成本和收益後，使用者可將其折現到現值並將其累積，以計算每個調適選項的淨現值（NPV）。藉由比較不同調適選項的淨現值，以確定最合適的選項或選項組合。

**成本效果分析**用於確定達到調適目標的最低成本選項或選項組合。當調適收益難以量化並以貨幣形式表達時，可以應用成本效果分析。成本效果分析也可能適用於以下情況：如果問題不是「是否採取調適措施」，而是「如何達到一定程度的調適最具**成本效果**」的方式。與成本效益分析類似，這個技術要求使用者以貨幣形式量化各種

調適選項的成本，將其折現到現值並累積它們。使用者並不以貨幣形式量化項目收益，而是以**實務形式**（physical terms）量化它們，度量單位取決於調適目標，執行團隊可以根據成本效果來比較不同的選項，成本效果的度量方式為**每單位收益交付的成本**。

上述 2 種傳統的經濟評估技術皆需要較明確的未來氣候條件才能評估，但實際上未來氣候變化的速度、方向和幅度存在相當大的**不確定性**。不確定性的存在並不會使成本效益分析或成本效果分析等技術無效，只是使用者必須考慮這些不確定性，並且需要調整決策方法。傳統的決策過程是基於預測未來氣候條件並評估在這些條件下表現最佳的調適選項。如果未來氣候狀態有多種可能，可以為不同的未來狀態附加發生機率，然後設計調適選項以最大化預期淨現值。不過隨著不確定性的增加，這種「預測後行動」的方法變得不太適用。與其使用經濟評估來針對單一最佳預測的最佳解，應對不確定性的決策側重於**提高調適選項的穩健性**，即調適選項在各種可行的未來氣候條件中實現其預期目標的能力。以下有 3 個策略可以用來增強傳統決策過程穩健性：

- ◆ **將安全裕度（safety margins）納入調適規劃**：在邊際成本較低的情況下，將安全裕度納入調適規劃是一種應對未來條件不確定性的實用方法。如增加計畫中海堤高度以應對最壞情況。
- ◆ **通過敏感性分析對經濟評估結果進行壓力測試**：敏感性分析測試關鍵參數與調適選項性能的相關影響性，如測試調適選項的淨現值對不確定變量（如降雨預測）的敏感性。不過當存在大量不確定性時，此法效用有限。
- ◆ **識別可以在短期內實施的無悔和低悔措施**：即使最終氣候預測不正無悔和低悔選項也能產生效益。識別無悔或低悔策略的方法是辨識當前問題可否通過調適選項解決，這些措施通常也能減少長期氣候脆弱性；實際上，解決當前調適性不足問題往往是一種短期內有效的無悔策略。

不確定性下的決策必須強調靈活性，包含結構與規劃靈活性。結構靈活性涉及設計工程特徵，方便未來氣候影響較大時增強基礎設施；規劃靈活性的設計目的在於可隨著時間及調適成果調整為下階段決策的能力。

在不確定性更大的情況下，使用者需要採用更新更複雜的專屬方式來支援不確定性背景下的決策。這些方法包括穩健決策、實際選擇分析和組合分析等。這些方法細節本知識本無法詳盡說明，簡要來說，**穩健決策**使用複雜的分析工具來辨識在多種未來氣候下表現良好的調適策略；**實際選擇分析**擴展傳統的成本效益分析，明確包含設計選項靈活性或調適性的價值，在決定是否立即投資調適或延遲投資時特別有用；**組**

合分析則指導選擇一組調適選項（而非單一選項），這些選項可以在多種可能的未來氣候中表現良好。

以下提供 2 個調適案例，皆說明他們的保全對象、氣候現況、未來可能的氣候條件、脆弱度評估及選擇的調適選項：

#### ◇ 調適案例一：孟加拉加強沿海地區農村道路的韌性

- ◆ 保全對象：沿海地區的道路基礎設施項目
- ◆ 氣候現況、未來可能的氣候條件：自 1960 年代以來，平均最低與最高氣溫已顯著上升，氣候模型也預測會有更高的平均與極端氣溫；至 2050 年，氣溫預計將上升 1.9°C 至 2.4°C。自 1960 年代以來，年均降雨量也有所增加，未來雨季將變得更加潮濕，乾旱季節變得更加乾燥；到 2050 年季風降雨量預計將增加 10%，而冬季降雨量則減少約 5%。1977 年至 1998 年期間，孟加拉沿海地區相對海平面上升了 4.0 至 7.8 毫米，目前孟加拉已經頻繁遭受熱帶氣旋的侵襲，證據顯示孟加拉灣未來的熱帶氣旋數量和強度將增加，海平面上升與更強的風暴將帶來更高的風暴潮、更強的波浪作用與更大的風速。
- ◆ 風險評估：高溫會導致道路基礎設施過早劣化，特別是極端高溫會導致鋪裝路面熱膨脹，瀝青面層更易軟化。這些影響將增加維護需求且縮短道路基礎設施的總體使用壽命。季風降雨量增加、海平面上升和更強的風暴將加劇沿海洪水風險，洪水可能使道路於洪水退去且相關修復和清理活動完成之前無法通行，並損壞道路堤壩、降低道路基礎的結構完整性；日益嚴重的風暴所造成的強降雨、洪水和波浪作用會對暴露其中的基礎設施（包括道路堤壩和橋梁支墩）產生顯著的侵蝕效應。
- ◆ 調適措施：為了應對氣溫上升的風險，路面鋪設使用更高軟化點的瀝青。為了應對洪水風險，孟加拉根據預測的季風洪水水位與未來 20 年內海平面上升的預測高度，設定了道路表面目標高度為至少高於正常年度洪水水位 600 毫米，但分析顯示，未來 20 年內將有 140 毫米的海平面上升及 60 毫米的地層下沉，因此在標準 600 毫米的基礎上增加 200 毫米的緩衝區，設定為 800 毫米。另外為確保道路土方工程能夠抵禦洪水和波浪侵蝕，加入額外的堤防保護和涵洞設施，並將每公里道路的橫向排水結構數量增加至兩個以上。預估升級後的基礎設施淹沒率將比 2012 年的基線減少 75%。

#### ◇ 調適案例二：巴基斯坦強化快速巴士系統（BRT）

- ◆ 保全對象：快速巴士（BRT）系統，包含 26 公里的快速巴士專用廊道、31 個

站點、2 個巴士停車場及多個停車換乘設施。

- ◆ 氣候現況、未來可能的氣候條件：自 1950 年以來，巴基斯坦白沙瓦市的平均最低和最高氣溫有所上升，氣候模型表明這一趨勢將持續；預計到 2070 年，年均氣溫將上升 1.9°C 至 2.5°C。此外，到 2100 年，極端高溫天數將增加，熱浪也將變得更加頻繁。自 1950 年以來，白沙瓦年均降水量也有所增加，最顯著的增幅發生在季風季節，極端降水事件在同時期也變得更加頻繁。預測未來降水模式則顯示不同年度間的變化較大，很難確立當地未來降水模式的趨勢。未來風力模式的預測充滿挑戰，氣候模型在這方面未能確立明確趨勢。
- ◆ 風險評估：BRT 的道路表面主要是用瀝青鋪設，氣溫上升會增加交通路面變形與瀝青表面軟化風險等相關問題，也會加速瀝青面層劣化，使路面更脆弱並容易出現裂縫，導致水滲入道路。這些影響會增加維修成本，可能導致 BRT 廊道道路過早劣化。更高的氣溫可能會增加車輛（包括發動機和輪胎）的熱應力，增加 BRT 設施的能源使用和成本。極端降水事件可能會使城市排水系統不堪負荷，導致淹水中斷 BRT 服務，並增加土壤濕度、侵蝕和沖刷，損壞道路和地下隧道，甚至加劇路基、裸露堤坡和橋梁支撐結構的侵蝕。強風暴事件可能會威脅到 BRT 路線沿線的標誌、照明和信號設備的穩定性，而這些設備對於 BRT 系統的安全和運行至關重要。
- ◆ 調適措施：為了降低高溫和熱浪加速鋪面劣化的風險，氣候風險和脆弱性評估（CRVA）建議使用具有更高耐熱性的材料，包括硬瀝青；使用溫度鋼筋來減少熱膨脹和裂縫的風險。CRVA 建議使用低氣壓或無內胎輪胎減少車輛的熱應力；使用節能燈泡來提高 BRT 建築和街道照明的能源效率，達到節能的效果。應對強降雨和洪水相關風險，提高堤防高度和增加排水能力是關鍵，另外，設計中可納入綠色基礎設施，如多功能綠地和生物滯留單元，以增加水的滯留和滲透能力，人行道和自行車道的透水鋪面也可以幫助減少徑流。道路鋪面設計方面，應密封路基層，以防止水滲入路基，對於洪水風險較高的地區，連續鋼筋混凝土鋪面更能抵禦頻繁的道路積水。所有隧道入口和通風口應抬高，車站設計應確保雨水能夠迅速有效地排出，包含利用被動排水與主動抽水設施。為了提高邊坡穩定性並減少侵蝕，可減緩路邊坡度，建造石砌擋土牆，並在道路沿線種植樹木和植被。針對強風暴事件，CRVA 建議設計標誌、照明、信號設備和其他高架結構時，應能夠承受至少 110 公里/小時的風暴，可加強這些結構的支撐和錨固，並建造系統性的防風設施。

# 附錄

## 附錄 1 專有名詞集

◇ 依中文書寫筆畫排列（資料來源）

### 1. 不確定性（Uncertainty）（環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊）

因資訊缺乏可能導致的不完整知識，缺乏資訊可能來自於數據、名詞定義的不精確與模糊，或是對關鍵過程的不理解或人類行為的不可預測性；不確定性可以透過定量測量或定性描述。

### 2. 以自然為本的解決方案（Nature-based Solution）（環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊）

指保護、永續管理和恢復自然或改良生態系統的行動，期有效與妥適的因應社會挑戰，並兼顧促進人類福祉和生物多樣性之效益。該方案以解決重大社會挑戰為目標，包含糧食安全、氣候變遷、水資源安全、人類健康、災害風險、社會和經濟發展、環境惡化與生物多樣性流失等。

### 3. 生態系統為本調適（Ecosystem-based adaptation）（環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊）

利用生態系統管理減少人類和生態系統因氣候變遷所導致之脆弱度並增加其韌性。

### 4. 危害度（Hazard）（IPCC AR6 Synthesis Report Climate Change 2023）

係指可能發生的自然或人為物理事件、趨勢或物理影響，並可造成生命損失、傷害或其它健康影響以及可能造成財產、基礎設施、生計、服務提供、生態系統以及環境資源的損害和損失。

### 5. 社區為本調適（Community-based adaptation）（環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊）

在地或社區驅動的調適。社區為本調適強調社區調適能力的提升，包含善用當地的知識、文化以及在地優勢。

### 6. 降尺度（Downscaling）（環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊）

將全球或大尺度的資訊導出為區域或局部資訊的方法，一般分為動力降尺度與統計降尺度兩種方法。

### 7. 風險（Risk）（環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊）

指氣候變遷衝擊對自然生態及人類社會系統造成的可能損害程度。氣候變遷風險

的組成因子為氣候變遷危害度、暴露及脆弱度。

**8. 風險管理 (Risk management)** (IPCC AR6 Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability)

透過計畫、行動與政策降低風險的可能性與不確定性或回應後果。

**9. 氣候 (Climate)** (IPCC AR6 Synthesis Report Climate Change 2023)

平均天氣狀態，或在更嚴格意義上，則被定義為對某個時期（從幾個月到幾千年乃至幾百萬年不等）相關變數的均值和變率進行統計描述。根據世界氣象組織（WMO）的定義，平均這些變數的常用週期為 30 年。相關變數通常是表面變數，如溫度、降水和風。廣義上的氣候是指氣候系統的狀態，包括其統計學意義上的描述。

**10. 脆弱度 (Vulnerability)** (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)

指受到不利影響的傾向或導向。脆弱度包括各類概念和要素，包括對傷害的敏感性或易感性以及缺乏應對和應對的能力調適。

**11. 氣候變遷 (Climate Change)** (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)

指氣候狀態的變化，透過平均變化或其屬性變異度來辨別，此變化會持續很長一段時期（通常是指幾十年或更長時間）。氣候變遷來自於自然內部過程或外部迫害（例如太陽週期變化、火山噴發等）或由人為持續干預大氣成分或土地利用所導致的變化。

**12. 氣候變遷調適 (Climate change adaptation)** (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)

指人類與自然系統為回應實際、預期氣候變遷風險或其影響之調整適應過程，透過建構氣候變遷調適能力並提升韌性，緩和因氣候變遷所造成之衝擊或損害，或利用其可能有利之情勢。

**13. 調適能力 (Adaptive capacity)** (IPCC AR5 Synthesis Report Climate Change 2014)

指某個系統、組織、人類及其他生物針對潛在的損害、機會或後果進行調整、利用和應對的能力。

**14. 調適缺口 (Adaptation gap)** (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)

實際調適狀況與預設調適目標的差距。其差距的決定與對氣候容受能力、資源限制與調適選項之競爭性有關。

**15. 韌性 (Resilience)** (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)

相互連動的社會、經濟與自然系統在面對外界危害、趨勢或擾動時，透過回應或

重組的方式維持系統基本運作的因應能力。在系統持續保有調適、學習或轉型能力前提下，才可創造出韌性的正面效益。

**16. 極端氣候 (Climate extreme)** (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)

天氣或氣候變化量超過一段時期的觀測門檻值。根據定義，當極端天氣持續存在一段時間，它可能被歸類為極端氣候事件。為求簡化，極端天氣事件和極端氣候事件統稱為「極端氣候」。

**17. 調適路徑 (Adaptation pathways)** (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)

在短期和長期調適目標下，一系列的調適選項之權衡。這過程需確認是否有意義的解決人們的問題或是避免不當調適。

**18. 衝擊 (Impacts)** (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)

與氣候相關的風險對自然與人為系統產生的影響或後果，其衝擊可能是不利或有利的。

**19. 暴露度 (Exposure)** (IPCC AR6 Synthesis Report Climate Change 2023)

人員、生計、物種或生態系統、環境功能、服務，資源、基礎設施或經濟、社會或文化資產處在有可能受到不利影響的區域之程度。

◇ 依英文字母順序排列

表 7 中英文對照表

英文	中文	參照
Adaptation	氣候變遷調適 ( <b>Climate change adaptation</b> ) (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	12
Adaptive Capacity	調適能力 (IPCC AR5 Synthesis Report Climate Change 2014)	13
Adaptation Gap	調適缺口 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	14
Adaptation Pathways	調適路徑 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	17
Climate	氣候 (IPCC AR6 Synthesis Report Climate Change 2023)	9
Climate Change	氣候變遷 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	11
Climate Extreme	極端氣候 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	16
Climate Change Adaptation	氣候變遷調適 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	12
Community-based Adaptation (CbA)	社區為本調適 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	5
Downscaling	降尺度 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	6
Ecosystem-based Adaptation (EbA)	生態系統為本調適 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	3
Exposure	暴露度 (IPCC AR6 Synthesis Report Climate Change 2023)	19

英文	中文	參照
Hazard	危害度 (IPCC AR6 Synthesis Report Climate Change 2023)	4
Impacts	衝擊 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	18
Nature-based Solution (NbS)	以自然為本的解決方案 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	2
Resilience	韌性 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	15
Risk	風險 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	7
Risk Management	風險管理 (IPCC AR6 Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability)	8
Uncertainty	不確定性 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	1
Vulnerability	脆弱度 (環境部 2023 年 3 月氣候變遷專有名詞手冊)	10

## 附錄 2 常用工具

1. 互動圖表 [https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ds\\_02.aspx](https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ds_02.aspx)
2. 資料整合工具 <https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/tool.aspx>
3. 風險圖 <https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/Tools/ShowMapBoxWMS#>
4. 中央氣象署 (氣象產品目錄總集) [https://www.cwa.gov.tw/V8/C/D/Data\\_catalog.html](https://www.cwa.gov.tw/V8/C/D/Data_catalog.html)
5. 國家氣候變遷科學報告 2024：現象、衝擊與調適 <https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ScientificReport2024/>
6. 臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫 (簡稱 TCCIP) <https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/>

## 附錄 3 參考資料及來源

1. IPCC, AR6 Synthesis Report Climate Change 2023, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
2. 全國法規資料庫，氣候變遷因應法，<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=O0020098>
3. 全國法規資料庫，氣候變遷因應法施行細則，<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=O0020103>
4. 本所，「公路系統規劃階段強化調適能力之探討 (1/2)」成果報告，2022 年。
5. 本所，「公路系統規劃階段強化調適能力之探討 (2/2)」成果報告，2024 年。
6. 本所，「建構運輸管理機關 (構) 之調適專業能力 (1/2) - 課題研析及課程規劃」成果報告，2025 年。
7. 伊斯蘭開發銀行，「運輸部門氣候變遷調適指引說明」，2021 年 (Transport Sector Climate Change Adaptation Guidance Note)，<https://www.isdb.org/sites/default/files/media/documents/2021-01/IsDB-Transport-Note.pdf>
8. 環境部氣候變遷署，氣候變遷專有名詞，2023 年 3 月，<https://www.cca.gov.tw/information-service/publications/glossary/1614.html>
9. 環境部氣候變遷署，國家氣候變遷調適行動計畫 (112-115 年)，2023，<https://www.cca.gov.tw/affairs/adaptation-and-resilience/1995.html>
10. 臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫，國家氣候變遷科學報告 2024，<https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ScientificReport2024/>

## 附錄 4

### 審查意見辦理情形



## 附錄 4 審查意見辦理情形

交通部運輸研究所  合作研究計畫  委託研究計畫

期中  期末報告  會議  書面  複審

### 審查意見處理情形表

計畫名稱：建構運輸管理機關（構）之調適專業能力（2/2）－人才培育及機制建議

執行廠商：景丰科技股份有限公司

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
魏委員健宏		
1. 報告書第3-21頁表3.2-2運輸調適課程規劃座談會邀請出席之專家學者，只有一個運輸單位（中華航空股份有限公司），缺少陸運、水運類的單位，後續論述需補強相關客觀意見及需求。座談會委員大部分的意見目前都已有包含，有達到座談會預期的效果。	感謝委員建議，本計畫在規劃課程前、各項會議及辦理課程時，均已蒐集運輸機關(構)意見回饋納入課程檢討，座談會也邀請運輸機關(構)列席，有高公局、民航局等單位出席會議。	同意。
2. 報告書第3-31頁運輸調適課程地圖中，「調適指引範例」、「調適案例分享(1)」及「調適案例分享(2)」名稱不易理解其中的差異與內容，有再檢討調整的必要性。	感謝委員建議，課程名稱調整如下： 1.調適指引範例以公路系統規劃階段調適指引為範例，提供各運輸系統及設計、施工及維護等各階段執行調適工作參考，已加註副標題為「調適指引範例-公路系統規劃階段範例」。 2.「調適案例分享(1)」及「調適案例分享(2)」 B8. 調適案例分享及	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
	B9.調適執行演練。 詳參報告 3.3.3 節表 3.3-2、表 3.3-3 及表 3.3-4。	
3. 知識本內資訊是否有規劃更新機制？	感謝委員意見，調適知識本規劃時已有考量調適相關資訊更新速度，故在附錄將提供參考資料來源。後續知識本的更新機制相關說明已納入報告書。詳參報告 P.4-7。	同意。
4. 歐盟相當重視氣候變遷的問題，報告書第2-16頁僅有2011年的資訊，後續是否更新？有無其他資訊？再請補充。	感謝委員意見，經查詢歐盟 Guidelines for Project Managers 於2011年發布後並未有更新版。(資料來源： <a href="https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/guidances/non-paper-guidelines-for-project-managers-making-vulnerable-investments-climate-resilient/guidelines-for-project-managers.pdf">https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/guidances/non-paper-guidelines-for-project-managers-making-vulnerable-investments-climate-resilient/guidelines-for-project-managers.pdf</a> )	同意。
5. 報告書第5-2頁表5.2-1調適專業人才培育現況，是否應將觀光署列入了解？再請主辦機關研判。	感謝委員建議，已補充完成觀光署人才培育現況調查。詳參報告 P.2 表 5.2-1。	同意。
6. 運輸調適課程師資參考名單資料庫需再斟酌補強，除了教授之外，建議各機關至少有1位種子教師，可由各機關自行培訓，以及增加運輸機構有實務經驗的專家，例如華航。	感謝委員建議，參考名單從教育部氣候變遷教學資訊平台、各研究單位氣候變遷研究中心、國內各大學交通運輸科系、國內各大學環	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
	境工程科系、曾發表運輸調適相關研究論文者、曾指導學生進行運輸氣候變遷調適論文之教師及各運輸管理機關(構)預定培訓種子師資等管道蒐集師資名單。詳參報告 3.6 節。	
7. 建議將參加教育訓練課程人員的測驗結果(級距)通知服務機關(構)。	感謝委員建議，因上課學員基礎不同，課程測驗目的為調適素養提升，現階段目的是鼓勵各機關踴躍參與，若改用通知原單位可能會降低參加意願，初期階段課程暫不通知送訓機關	同意。
馮委員正民(書面意見)		
1. 課程內容方面，可考慮將脆弱度、恢復力等調適專用名詞介紹，列為課程內容。	感謝委員建議，已將調適專用名詞介紹納入調適綜合理念課程大綱(詳參報告 P.36)並收錄於專業知識本附錄 1 專有名詞集及本報告附錄 1 名詞解釋。	同意。
2. 運輸調適資料系統建構(要先具備哪些資料、如何展示等)，亦可考慮列入課程內容。	感謝委員建議，112 年已彙整運輸調適資料提送運研所，建議可與本計畫所建立之教材資料，存放網頁，並通知運輸機關(構)使用。	同意。
3. 交通建設環境影響評估時，對環境減輕對策之調適作法亦有需求，可予以考慮列入課程內容，加速環評之通過。	感謝委員建議，環境影響評估及環境減輕對策非本階段課程優先提供之主題，建議可在下階段課程納入此主	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
	題。	
葉委員佳宗（書面意見）		
1. 報告書第二章文獻回顧內容豐富、整理有條理，具有參考價值，值得肯定。	感謝委員肯定。	同意。
2. 報告書第三章，對於審查委員的意見與建議有完整的整理與詳細回應，對座談專家意見也有詳盡記錄，值得肯定。但是對學員回饋較少處理。	感謝委員意見，已於期末報告加強說明學員回饋。詳參報告 3.4 節。	同意。
3. 報告書第4-12頁對於知識本的製作、編排應強調易於閱讀學習，並介紹參考閱讀資料來源	感謝委員建議，調適知識本規劃時已有考量調適相關資訊更新速度，在附錄將提供參考資料來源供使用者查詢，詳參報告 P.4-6。	同意。
4. 有關調適專業人才培育機制方面，考量學員的變動與時間限制，以及師資安排不易，可考慮建立e化教材，以微影片協助運輸管理機構同仁更有效率學習。	感謝委員建議，對於取得講師同意部分之教材，已將講師於課堂上之講解說明，配合課程進度將轉檔後之語音及文字整合至檔案，完成e化教材製作。	同意。
5. 報告書第6-1頁人才培育機制可考慮建立學習歷程紀錄，避免人事變動而中斷或者重複上課。	感謝委員建議，已納入人才培育機制規劃，詳參報告 P.5-6。	同意。
韓委員振華（書面意見）		
1. 報告書第3-6頁3.1.1節第3點氣候變遷調適教材中，蒐集公路及航空內容，建議考量適當增加港埠與軌道內容。	感謝委員建議，軌道部分已補充國際鐵路聯盟（UIC）制定的框架性文件，詳參報告 P.2-34。港埠課程資訊則已補充世界水運基礎設施協會(PIANC)資料，詳參報告 P.2-37。	同意。
2. 報告書第3-40頁表3.3-4運輸調	感謝委員建議：	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
適課程先修課程及建議上課對象，規劃各類人員需修習不同課程之理由，建議補充說明；另主管人員僅規劃修習調適綜合理念課程，其課綱涵蓋內容是否足夠，建議適當說明。	1.已於期末報告補充，詳參報告 P.3-40。 2.主管人員調適課程大綱已涵蓋主要需求，並邀請具綜合經驗之講師授課。	
3. 報告書第4-8頁4.2節調適專業知識本章節規劃中，因不同運輸系統所需使用之內容不同，有無可能將公路、軌道、港埠與機場等不同運輸系統，分別編列不同之專業知識本，建請衡酌。	感謝委員建議，基於知識本定位並非詳細之指引性質，以共通性為原則。	同意。
4. 報告書第5-2頁表 5.2-1 運輸管理機關(構)調適專業人才培育現況，係透過電話訪談方式初步調查之結果，惟考量各單位可能因接受訪談之人員不同，致各單位現況呈現方式有所不同，建議再與各單位確認，以求周延。	感謝委員建議，調查結果已與各單位再次聯繫確認。	同意。
5. 報告書第5-5頁表 5.3.2 調適師資資料庫中，機場系統之師資相對較少，建議再予蒐集擴增。	感謝委員建議，經調查國內具機場系統調適專長的師資有限，建議運用計畫或專案培養單位內部及外部專業師資。	同意。
6. 報告書第3-43頁「課成大綱」文字誤繕，建議修正為「課程大綱」。	感謝委員意見，報告已修正。	同意。
7. 報告書第4-8頁(2)適用範圍與應用、(3)適用範圍與應用之標題相同，建議釐清後修正。	感謝委員意見，報告已修正。	同意。
交通部航政司(含書面意見)		
1. 考量113年7月凱米颱風對宜蘭與花蓮間鐵、公路交通設施所造成中斷之衝擊，需同時協調提升陸(南迴)、海、空運運能供給，以	感謝建議，但依知識本定位及用途，不適於納入個案案例。	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
<p>因應維繫花蓮地區之聯外運輸服務，針對本報告4.2節「調適專業知識本」章節規劃（第4-8頁至4-12頁），除分別單就公路、軌道、港埠、機場系統之影響及調適說明外，建議後續亦可研議納入對數個運輸系統造成衝擊及其調適之案例。</p>		
<p>2. 報告書 1.2 節計畫內容與工作項目包含蒐集國內外氣候變遷調適趨勢、課程/教材，以及彙析前述資料，滾動檢討運輸調適課程規劃（第 1-2 頁至 1-3 頁），惟檢視本報告 2.1.1 國內外氣候變遷調適趨勢（第 2-1 頁至第 2-24 頁）有關海、空運部分，僅含括國際民航組織（International Civil Aviation Organization, ICAO）發布的氣候變遷風險評估及調適計畫指南，爰建請加強補充所蒐集國際上有關港埠、海運之氣候變遷調適之相關資料。</p>	<p>感謝建議，港埠課程資訊則已補充世界水運基礎設施協會 (PIANC) 資料，詳參報告 P.2-37。</p>	<p>同意。</p>
<p>3. 報告書5.1節公務人員人才培育機制（第5-1頁至5-2頁）指出，運輸管理機關（構）組織有機關、公司不同型態，部分編制有訓練機關（如：民航局、公路人員訓練所等）、部分無此編制；另臺鐵公司員額高達1萬7千多人，彼此員額及組織差異甚大。惟查本報告未提出適用該等機關（構）之通用訓練機制，考量線上學習已為員工訓練趨勢，建議可充分利用以提高學習效率；另所述與機場有關之國際組織除國際民航組織外，尚包括國際機場協會</p>	<p>1. 感謝建議，人才培訓機制請詳參報告 5.3 節。 2. 已蒐集 ACI 資料 Airports' Resilience and Adaptation to a Changing Climate(2018) 及 Climate Change Resilience and Adaptation Survey Report(2021) 兩份資料，但第二份資</p>	<p>同意。</p>

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
<p>( Airports Council International, ACI) ，建議予以補充。</p>	<p>料 (Climate Change Resilience and Adaptation Survey Report) 未經 ACI 事先書面許可，不得透過任何電子或機械手段 (包括影印、記錄或使用任何資訊儲存和檢索系統) 以任何形式複製、重鑄、翻譯、重新格式化或傳播本出版物的任何部分，本報告中於文獻回顧僅對第一份資料說明，詳參報告 P.2-32。</p>	
<p>4. 鑑於113年6月19日「國家氣候變遷對策委員會」成立，將從國家視角進行氣候治理與國際合作，建議蒐集相關資料納入報告書 2.1節國內外與運輸調適課程相關資訊中補充。</p>	<p>感謝建議，已蒐集對策委員會會議資料於期末報告補充，詳參報告 P.2-11。</p>	<p>同意。</p>
<p>交通部航港局 (含書面意見)</p>		

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
<p>1. 表 5.2-1 航港局人才培育現況，請協助修正為：</p> <p>(1)定期舉辦環境教育，議題包含節能減碳、資源循環再利用、減少廢棄物及氣候調適等內容。(今年在宜蘭綠色博覽會舉辦，該活動有包含氣候調適的議題。)</p> <p>(2)另配合國際海運相關趨勢，辦理相關教育訓練課程、講座及國外期刊導讀，內容涉氣候變遷主題包含替代燃料、國際減排制度、綠色燃料等。</p>	<p>感謝提供資料，期末報告已修正。</p>	<p>同意。</p>
交通部鐵道局（書面意見）		
<p>1. 相關課程邀請顧問工程公司專業人員參加，立意良好，請持續辦理。</p>	<p>感謝建議，本年度各項課程均有發文邀顧問工程公司參與。</p>	<p>同意。</p>
<p>2. 後續調適課程及工作坊是否考量有部分增加個案現勘方式辦理。</p>	<p>感謝建議，工作坊受限於課程時間無法辦理現勘。</p>	<p>同意。</p>
運研所運輸能源及環境組（書面意見）		
<p>1. 報告書第一章1.6節名詞解釋第1-11頁，請補充資料來源；另相關名詞解釋請依國內外發展趨勢更新。</p>	<p>感謝建議，已補充資料來源，名詞解釋也已依國內外發展趨勢更新。</p>	<p>同意。</p>
<p>2. 報告書第二章2.1.1節國內外氣候變遷調適趨勢，後續可再持續更新蒐集國內外相關文獻資料，並請註明資料年份。</p>	<p>感謝建議，已持續更新蒐集國內外相關文獻資料，並註明資料年份。</p>	<p>同意。</p>
<p>3. 報告書第二章第2-8頁「我國氣候變遷調適推動情形」，蒐集國家氣候變遷科學報告文獻資料，說明該報告之章節內容，惟該報告也產出國家氣候變遷統一情境，亦請納入報告說明。</p>	<p>感謝建議，已補充國家氣候變遷統一情境，詳參報告 P.2-10。</p>	<p>同意。</p>

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
4. 報告書第二章 2.1.2 節國內氣候變遷調適法令，請再強化相關法令、規範蒐集，如氣候變遷因應法施行細則、國家因應氣候變遷行動綱領等亦可納入。第 2-12 頁氣候變遷風險評估準則目前尚未核定，請加註草案，並持續追蹤。	感謝建議，已補充氣候變遷因應法施行細則(詳參報告 P.2-16)，國家因應氣候變遷行動綱領(詳參報告 P.2-15)，尚未核定之風險評估準則法規已加註草案。	同意。
5. 報告書第二章 2.1.3 節氣候變遷調適教材，可再持續蒐集國內外文獻，另文獻回顧內容除呈現調適課程名稱外，在資料可取得下，亦請補充說明課程內容，俾利做為課程規劃參考。	感謝建議，已補充國內外文獻及可取得之課程內容，詳參報告 2.1.3 節。	同意。
6. 報告書第二章 2.3 節氣候變遷調適人才培育機制除蒐集公務人員之培育機制外，亦可評估蒐集私部門之人才培育機制，如高鐵公司、港務公司或民間企業。	感謝建議，人才培育機制已涵蓋高鐵公司、港務公司。	同意。
7. 報告書第四章，在運輸系統因應氣候變遷調適專業知識本之章節規劃及相關內容撰擬過程中，可洽交通部部屬機關(構)協助表示意見。	感謝建議，已依審查意見及運研所意見調整。	同意。
8. 建議可蒐集國內有無產製氣候變遷調適專業知識本之相關案例，俾做為調適專業知識本編撰之參考。	感謝建議，已蒐集並參考國家災害防救科技中心「氣候變遷災害風險調適平台」之出版品與懶人包等相關資源，參考其內容及呈現方式。	同意。
9. 報告書第五章 5.3 節建立運輸調適課程師資參考名單資料庫，相關師資名單請再持續蒐集擴充；在國內辦理之調適課程、教育訓練、研討會及相關講座中，若有	感謝建議，師資參考名單從教育部氣候變遷教學資訊平台、各研究單位氣候變遷研究中心、國內各大學交通運	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
合適講者亦可評估納入。	輸科系、國內各大學環境工程科系、曾發表運輸調適相關研究論文者、曾指導學生進行運輸氣候變遷調適論文之教師及各運輸管理機關(構)預定培訓種子師資等管道蒐集師資名單。詳參期末報告3.6節。	
<p>10. 報告書內錯別字請全面檢視勘正：</p> <p>(1)第 2-6 頁、第 2-15 頁、第 3-3 頁「美國交通部」請統一調整為「美國運輸部」，第 2-7 頁、第 3-3 頁「韌性」一詞應為「韌性」，請再檢視修正。</p> <p>(2)第 3-43 頁，第一場次教育訓練訓練課程，應為第一場次教育訓練課程；課成大綱，應為課程大綱。</p> <p>(3)部分組改單位名稱請修訂，如第 2-9 頁圖 2.1.1，環保署應為環境部，中央氣象局應為中央氣象署。</p> <p>(4)第 4-8 頁，「適用範圍與應用」重複出現 2 次，請修訂。</p>	感謝提供修正意見，報告已修正。	同意。
<b>主席結論</b>		
1. 運輸調適課程文獻回顧部分，請以課程規劃為主，補充歐盟及軌道、港埠等相關文獻。第二章建議增加小結，整理相關資料蒐集的發現及可應用之運輸調適相關資訊，可納入課程規劃及調適知識本參考。	遵照辦理。	同意。
2. 後續請就課程及工作坊辦理經	遵照辦理。	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
驗，整理一套辦理工項及程序之作業流程，可做為後續各單位辦理之參考。		
3. 請依委員意見補強知識本之定位說明，知識本電子化請納入後續規劃評估，並提出知識本更新機制。	遵照辦理。知識本的定位說明已納入報告書 4.1 節，詳參報告 P.4-2。本計畫已與所內討論，規劃將知識本以電子化之方式提供給相關人員參考。知識本內的資訊皆有標明出處及來源，原則上使用者可直接找到最新的資訊，後續也會與所內討論相關的更新機制。	同意。
4. 師資資料庫應做深入的檢討，可納入教育部種子師資、業界人員及政府部門人員。	遵照辦理，已納入師資搜尋範圍。詳參報告 3.6 節。	同意。
5. 課程規劃應著重整體課程完整性，不應侷限於現有的教材。	遵照辦理，課程規劃已提出完整調適課程，詳參報告 3.3 節。	同意。
6. 人才培育機制請參酌委員意見，後續提出具體建議。	遵照辦理，已提出具體人才培育機制建議，詳參報告 5.3 節。	同意。
7. 本計畫經徵詢審查委員意見，期中報告審查通過，請研究團隊依與會委員與單位代表意見列表回應，並納入報告之修正，後續請研究團隊依本所出版品印製相關規定撰寫報告，於期中報告後納入每月工作會議查核事項。	遵照辦理。	同意。

交通部運輸研究所  合作研究計畫  委託研究計畫

期中  期末報告  會議  書面  複審

審查意見處理情形表

計畫名稱：建構運輸管理機關（構）之調適專業能力（2/2）－人才培育及機制建議

執行廠商：景丰科技股份有限公司

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
魏委員健宏（含書面意見）		
1. 工作坊完成之後，如何評量其成效？有無獲得相當價值之回饋給予本計畫？	感謝委員意見，本次工作坊雖未進行課前課後測驗，但透過多元互動辦理形式，如分組討論、實作演練與講師講評，讓學員在實作過程中提升對調適策略的理解與應用能力；課後辦理滿意度調查，多數學員認為工作坊形式創新且內容具啟發性，能幫助其更有效應用於實際工作場域。此外，本計畫亦蒐集學員回饋意見，以做為後續計畫精進辦理之參考。	同意。
2. 上課前後之測驗成績，有些日期之成績（包含課後測驗之成績）仍明顯較低，請說明原因。	感謝委員意見，部分課程課後測驗答對率較低原因，主要因 113 年 9 月 30 日下午課程講師長期投入調適工作，對於調適各層面工作有深入了解，課程涵蓋範圍較廣且測驗題目較為困難；113 年 10 月 25 日上午課程講師講	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
	授脆弱群體指認、環境正義與交通決策等內容，此項新議題學員以往較少接觸，導致課後的測驗分數相對較低。	
3. 培育機制架構中，對於參加培訓者之測驗成績、知能提升之量測尚無具體之論述。	感謝委員意見，已依委員意見在第五章人才培育機制建議部分，新增課後評量測驗，以掌握學員參加課程後知能提升成效。	同意。
4. 「建議」項目宜區分為本研究 成果之必要事項 Recommendations，本主題（氣候變遷調適培育機制）之後續 努力事項 Suggestions。	感謝委員意見，第六章已調整格式，分別列出必要事項及後續努力事項。	同意。
5. 附錄一專有名詞之排列順序依據為何？附錄二知識本第五章亦有專有名詞，內容與附錄一不同，是否有選擇上的考量？	感謝委員意見，專有名詞之順序已重新調整以筆劃順序排列；附錄二知識本以精簡提供必要工作資訊為考量，因此其專有名詞數量略為精簡。	同意。
6. 附錄二知識本專有名詞集的部分，中文依照注音順序排列，建議可採慣用排序方式。	感謝委員建議，專有名詞已重新調整以筆劃順序排列。	同意。
7. 附錄二知識本 3.3 節的敘述格式請一致(用條列或是段落敘述)。	感謝委員建議，報告修訂本已遵照辦理，統一採用條列式敘述，詳參附錄知識本 3.3 節。	同意。
8. 附錄二知識本第四章列出的兩個案例皆為公路系統，建議運輸四大系統各列一個案例。	感謝委員意見，已增補公路以外其他三種運輸系統案例，詳參附錄知識本第四章。	同意。
9. 附錄七師資參考名單資料庫中，建議依照專業類別或慣用規則	感謝委員建議，師資參考名單順序已重新調	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
編排，以利搜尋。	整以筆劃順序排列。	
葉委員佳宗（書面意見）		
1. 第二章文獻回顧，請團隊依照文獻的年期以及方法、概念發展的時程做安排，可以有助於理解調適概念的進化過程與差異。	感謝委員建議，報告第二章已調整以文獻年期、概念發展的時程依序說明，詳參報告第二章。	同意。
2. 課程內容豐富完整，講師名單也是國內的一時之選，教材電子化推動良好。	感謝委員肯定。	同意。
3. 本年度 2 場工作坊內容分別強調氣候調適程序及風險評估範疇界定，未來應更強化運輸調適作為提出方法，以及主流化的作法。	感謝委員建議，本年度 2 場工作坊著重於調適程序與風險評估範疇界定，旨在建立學員對基礎概念的理解。未來將進一步強化運輸調適作為的具體方法，如融入政策規劃及跨部門協作案例，提升工作坊的實用性與效益。	同意。
4. 第四章製作調適知識本，知識本內容需因應國際氣候變遷研究成果不斷更新，委託單位可以思考擴充方式。例如將近期重要的調適趨勢內容製作成重點，讓已經了解基礎知識的使用者補充新知即可。	感謝委員建議，未來知識本將進行滾動修正，惟更新頻率仍無法達到即時，因此在知識本提供資料來源及相關說明方式，讓使用者在必要時可快速查詢最新資訊，也會再思考合適的擴充方式。	同意。
5. 我國氣候變遷調適工作強調領域分工，各部門機關就業務管轄做努力，但是對於合作關係努力比較少，建議未來可以持續對这部分加強。	感謝委員建議。本計畫今年已邀請氣象署專家參與授課，建立運輸管理機關(構)與氣象署未來交流合作之橋梁。未來將擴大邀請水利等跨運輸領域的專家	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
	學者或單位代表參與課程，藉此深化跨部門間的協作機制，促進運輸系統與其他相關部會建立緊密的跨領域合作關係，共同推動氣候變遷調適工作。	
蔡委員書彬（含書面意見）		
1. 報告書第 3-44 頁及第 3-45 頁（簡報第 32 頁）教育練課程中，9 月 30 日下午場次及 10 月 25 日上午場次課程，課後測驗答對率相對其他場次低，原因為何？是否對課綱研擬有影響並未交代。	感謝委員意見，部分課程課後測驗答對率較低原因，主要因 113 年 9 月 30 日下午課程講師長期投入調適工作，對於調適各層面工作有深入了解，課程涵蓋範圍較廣且測驗題目較為困難；113 年 10 月 25 日上午課程講師講授脆弱群體指認、環境正義與交通決策等內容，此項新議題學員以往較少接觸，導致課後的測驗分數相較較低。	同意。
2. 調適知識本第二章介紹了全球氣候變遷概況，分析了臺灣氣候變遷及對未來的推估與衝擊，也說明各運輸系統面臨的潛在氣候衝擊；第三章介紹氣候變遷調適方法，包括四大策略 15 項措施；第四章介紹各運輸系統的調適選項及案例，內容相當充實完整，雖定位是查詢資料的工具書，但也提供了全面的基礎知識框架。惟第 31 頁-第 38 頁 4 個運輸系統的決策樹印刷過於模糊，未來印刷應清楚一些；另在	感謝委員肯定，修訂報告中，4 個運輸系統的決策樹已重新繪製，提高解析度，再請委員參閱。「改線」應為最後手段，已參考委員建議納入決策樹中。目前國內交通相關案例之調適措施完整度不足，規劃暫不納入知識本以避免造成誤導，後續滾動更新知識本如有適當案例再檢討納入。本	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
<p>公路系統和軌道系統之決策樹部分，調適選項建議應該增加「改線」。另調適案例建議可新增國內案例。未來此知識本如紙本印刷建議採 A4 尺寸，並提供電子書版本。</p>	<p>計畫所提供知識本的電子檔案給運研所，可依使用者的習慣印製為 A5 或 A4 尺寸。</p>	
<p>3. 對於現職人員，公務員終身學習課程目前已有氣候變遷調適的課程，但實際上學習效果有限（因未必會選，選了未必真的會讀）；實體課程及知識本的效果會相對較好。簡報第 46 頁調適專業人才培育機制座談會建議（8）列入學校課程及（9）納入公務人員考試考題範圍內，是很有效的作法。</p>	<p>感謝委員意見，建議持續辦理實體課程，並定期更新知識本，並將調適納入學校課程、公務人員考試考題範圍意見送請教育、考試機關參考研議。</p>	<p>同意。</p>
馮委員正民（書面意見）		
<p>1. 報告書第六章，本研究在 6.1 及 6.2 節中已有多項結論及建議，為了進一步落實，建議可以更具體的綜整建議後續推動的「主協辦單位」、「推動的工作項目」及「何時推動（短期、中長期）」，即「who do what by when」，俾使本計畫可以落實推動。如：有些屬共同性的課程，由「何單位」負責；有些屬「各運輸管理單位」的，則可由專業的機關（構）負責。</p>	<p>感謝委員建議，第六章已調整納入主協辦單位、推動的工作項目及推動時程（短期、中長期）。</p>	<p>同意。</p>
葉委員欣誠（書面意見）		
<p>1. 整體計畫達成目標，建議可將需建構的能力更加明確化，以利各種角度的檢視與討論。</p>	<p>感謝委員建議，計畫目標為確保運輸系統人員能正確且適時執行各項調適工作，因此需建構的調適能力包括</p>	

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
	掌握調適融入工作時程時機、了解所需工具及掌握可用資源。	
2. 本計畫已經辦理課程、專家訪談與意見蒐集，建議能說明需要建構「哪些能力」？若有一個分層級的表列出，會更明確。	感謝委員建議，鑒於目前各機關辦理調適工作人員有限，在課程規劃已提供各項課程適用單位人員，如高階主管建議上「調適綜合理念」以協助推動調適重要決策，其餘依部門分別建議應參加課程，建議待調適主流化權責區分更清楚，再行區分各層級需建構能力。	同意。
韓委員振華（書面意見）		
1. 報告書 3.3.3 節中，表 3.3-4 運輸調適課程先修課程及建議上課對象中，B5「融入調適措施時機與要點」之先修課程為 A3「國家法規與政策」，C1-3、C2-3、C3-3、C4-3「公路、軌道、港埠及機場系統調適案例」之先修課程為 B6「面對高度不確定性之決策方法」，似看不出相關課程與先修課程之關聯性，建議再予檢視或適當說明列為先修課程之原因。	感謝委員意見，已在報告補充說明納入先修課程原因，如將 A3「國家法規與政策」列為 B5「融入調適措施時機與要點」之先修課程，係因國家法規明列各項調適工作時程規定，課程也提供我國調適兩階段執行框架，提供各部會辦理調適須共同遵行的程序，以相同程序方法推動各領域調適工作。	同意。
2. 報告書 3.4 節中，表 3.4-2 各場次教育訓練課程課前、課後測驗答對率中，9 月 30 日下午場次及 10 月 25 日上午場次課前、課後測驗答對率均較其他場次為低，建議可瞭解原因，並適當說明。	感謝委員意見，部分課程課後測驗答對率較低原因，主要因 113 年 9 月 30 日下午課程講師長期投入調適工作，對於調適各層面工作	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
	<p>有深入了解，課程涵蓋範圍較廣且測驗題目較為困難；113年10月25日上午課程講師講授脆弱群體指認、環境正義與交通決策等內容，此項新議題學員以往較少接觸，導致課後的測驗分數相較較低。已補充說明於報告書3.4節。</p>	
<p>3. 附錄二調適知識本第二章 2.3 節中，港埠系統面臨的潛在氣候衝擊中，港埠系統組成僅列出港口，與公路、軌道及機場系統列出多種不同組成之呈現方式不同，建議再予補充調整。</p>	<p>感謝委員建議，目前所列的潛在氣候衝擊是參考環境部提交至行政院核定之國家氣候變遷調適行動計畫(112-115年)中維生基礎設施領域調適行動方案(交通部為主辦機關)的內容。</p>	<p>同意。</p>
<p>4. 附錄二調適知識本第四章中，港埠系統調適選項中所列示之系統影響，與公路、軌道及機場系統不同，建議再予檢視修正。</p>	<p>感謝委員建議，目前所列的潛在氣候衝擊是參考環境部提交至行政院核定之國家氣候變遷調適行動計畫(112-115年)中維生基礎設施領域調適行動方案(交通部為主辦機關)的內容。</p>	<p>同意。</p>
<p>5. 附錄二調適知識本第四章中，調適案例中，建議可再考量補充不同系統(如軌道、機場與港埠)之國內外調適案例。</p>	<p>感謝委員建議，已增列公路以外其他三種運輸系統案例，詳參附錄二知識本第四章。</p>	<p>同意。</p>
交通部航政司(含書面意見)		
<p>1. 經檢視本計畫辦理二場工作坊課程，均能引導學員利用技術工具</p>	<p>感謝肯定。</p>	<p>同意。</p>

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
<p>辨視出氣候風險，並提出相應之調適措施，將理論落實應用於實務，其研究成果對於未來相關人員調適專業知能提升，確實有所助益。</p>		
<p>2. 報告書第三章已藉由蒐集最新國內外氣候變遷調適資料、彙整112年調適課程學員之意見回饋、召開專家學者座談會等方式，進行調適專業課程之滾動檢討。考量氣候變遷因應法第9條及第19條分別針對環境部擬訂之「國家因應氣候變遷行動綱領」及本部擬訂之「領域調適行動方案」訂有4年一期之檢討與重新訂定機制，建議運研所可依循前開規定，定期進行調適專業課程及人才培育機制之滾動檢討，以利調適專業課程與知能，均能符合需求，並與時俱進。</p>	<p>感謝肯定，後續將由計畫主辦單位適時啟動滾動檢討作業。</p>	<p>同意。</p>
<p>3. 查本部第1904次部務會報就「氣象資訊於交通領域的有感服務」結論略以，全球暖化導致極端天氣發生的頻率及強度增加，本部各機關（構）依過去經驗形成的管理與運作模式，必須因應新的衝擊適切調整，因此可強化與氣象署的互動，以運用科學數據及緊密的氣象服務，加強防災、減災措施，並積極提出創新作為。考量氣象署對氣候變遷趨勢、衝擊資訊有最為前瞻之掌握，並為本計畫氣候服務相關課程之建議授課師資，爰建議本計畫成果之相關審查，亦可洽其參與提供寶貴意見。</p>	<p>感謝建議，後續計畫主辦單位將評估納入。</p>	<p>同意。</p>

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
交通部鐵道局		
1. 相關課程邀請顧問工程公司專業人員參加，立意良好。	感謝肯定。	同意。
2. 課程延續性佳且完整，且業務相當需要，相關電子化教材是否有開放平台可下載。	感謝肯定，電子化教材將在取得完整授權後，開放平台下載。	同意。
3. 公務人員業務繁忙，不容易參加全部課程，建議考量其他提升知能方式（如線上學習），以及於假日辦理。	感謝建議，電子化教材將在取得完整授權後，提供線上學習；課程是否適於安排假日辦理將納入未來課程辦理評估。	同意。
臺灣港務股份有限公司		
1. 本計畫相關課程之授課資料內容完善，建議未來可建立一平台供各部屬機關（構）承辦人員進行線上學習。	感謝建議，電子化教材將在取得完整授權後，提供線上學習；本年度教材將與講師溝通擴大授權範圍。	同意。
運研所運輸經營及管理組		
1. 已完成講授之課程，如已取得授權，建議將教材內容彙整列為本計畫報告附錄或附冊。	感謝建議，本年度教材刻與講師溝通擴大授權範圍，因本報告將公開，目前如納入附錄或附冊將超出既有授權範圍，爰暫不宜納入報告附錄或附冊。	同意。
運研所運輸能源及環境組（書面意見）		
1. 第二章蒐集國內外文獻豐富，請再增加小結，歸納整理文獻回顧的發現及可應用之運輸調適相關資訊，提出可供本研究參採的內容，包括評估納入課程之規劃、調適專業知識本參考等。	遵照辦理，已補充文獻小結，詳參報告第二章。	同意。
2. 報告書第 5-5 頁，說明我國運輸管理機關（構）調適專業人才培育機制建議，係根據我國公務人	遵照辦理，已補充參考國際氣候變遷能力建構作法，詳參報告第五	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
<p>員人才培育機制、電話訪談了解目前各運輸管理機關(構)之人才培育情形、國際氣候變遷能力建構作法及專家學者座談會之建議進行規劃,惟在參考國際氣候變遷能力建構作法部分,在報告內容中無相關說明,再請補充。</p>	<p>章。</p>	
<p>3. 在 6.1 節結論部分,除描述各工項辦理情形外,請再補充論述說明;例如辦理課程及工作坊,可再說明邀請之單位、參與人數,滿意度調查結果,以及課後平均認知提升之情形等。</p>	<p>遵照辦理,已補充各工項辦理論述說明,詳參報告第六章。</p>	<p>同意。</p>
<p>4. 報告書第 3-49 頁已針對後續課程規劃提出建議方向,請在第六章 6.2 節建議部分補充之。</p>	<p>遵照辦理,已在第六章 6.2 節建議部分補充課程規劃建議方向。</p>	<p>同意。</p>
<p>5. 附錄一中,研究團隊整理氣候變遷調適相關名詞解釋請包含英文全名及縮寫。</p>	<p>遵照辦理,已補充變遷調適相關名詞之英文全名及縮寫,詳參報告附錄一。</p>	<p>同意。</p>
<p>6. 報告第 4-6 頁,研究團隊盤點調適知識本涵蓋鐵路、公路、港埠及機場等四大運輸系統的調適案例,惟於附錄二調適知識本中調適案例僅列舉 2 項公路相關案例,請增列鐵路、港埠及機場領域相關案例,以利後續各機關(構)參考。</p>	<p>遵照辦理,知識本已增補公路以外其他三種運輸系統案例,詳參附錄知識本第四章。</p>	<p>同意。</p>
<p>7. 附錄二調適知識本 5.3 節參考資料及來源部分,參考文獻請再歸納調整,俾利使用者方便查找相關文獻資訊。</p>	<p>遵照辦理,修訂本中已將參考文獻重新檢視整理,詳參附錄二。</p>	<p>同意。</p>
<p>8. 附錄六本年度課程及工作坊辦理情形,請補充說明各場次課程之課前、課後測驗試題,以及課</p>	<p>遵照辦理,已補充各場次課程之課前、課後測驗試題,以及課前、課</p>	<p>同意。</p>

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
前、課後各試題測驗差異結果。	後各試題測驗差異結果，詳參報告附錄六。	
9. 附錄七師資參考名單資料庫，各港務分公司提報之培訓種子師資及培訓人員名單相當踴躍，惟在授課主題部分偏向港口環境品質管理，因授課主題仍需與調適主題有關，請再洽港務公司相關名單人員確認。另請團隊再洽詢名單內之專家學者，是否同意列入本計畫之師資名單資料庫中。	遵照辦理，已洽港務公司調整確認後參考師資名單，並已徵詢名單內之專家學者。	同意。
10. 報告書第 3-3 頁，衝擊的能力之目標文字印刷重疊；另第 2-6 頁、第 2-7 頁錯別字「韌性」，請再檢視修正。	遵照辦理，報告已修正。	同意。
<b>主席結論</b>		
1. 報告書內容請依委員意見修正。包括結論與建議部分請參照委員提出的具體撰寫建議，以利落實推動；並請將工作坊互動過程、成果及回饋意見，於修訂報告中彙整補充，以分享本計畫執行經驗與成果。	遵照辦理。	同意。
2. 請團隊再盡力與講師溝通擴充授權範圍，使教材可開放給運輸相關管理機關（構）及相關顧問公司人員使用。	遵照辦理。電子化教材將在取得進一步授權後，提供線上學習。	同意。
3. 審查會議各委員及與會單位代表研提之口頭及書面意見，請景丰科技股份有限公司整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並納入報告之修正。	遵照辦理。	同意。
4. 本計畫經徵詢審查委員意見，期末審查通過，請景丰科技股份有	遵照辦理。	同意。

參與委員/單位之意見	執行廠商處理情形	本所各組及中心 審查意見
<p>限公司依本所出版品印製相關 規範修訂報告，於 113 年 12 月 16 日(星期一)以前提送期末報 告修正定稿。</p>		



# 附錄 5

## 計畫簡報



## 附錄 5 計畫簡報



# 01

THE FIRST

## 計畫背景

- 1.1 計畫背景
- 1.2 本計畫六何分析
- 1.3 全程計畫概要
- 1.4 本年研究流程

## 1.1 計畫背景與目的

### 背景

#### 1. 氣候變遷因應法 新增 調適專章 (第17~20條)

第17條第7項：強化氣候變遷調適之教育、人才培育及公民意識提升，並推展相關活動

#### 2. 第三期調適行動計畫 (112~115年)：教育向下扎根推動

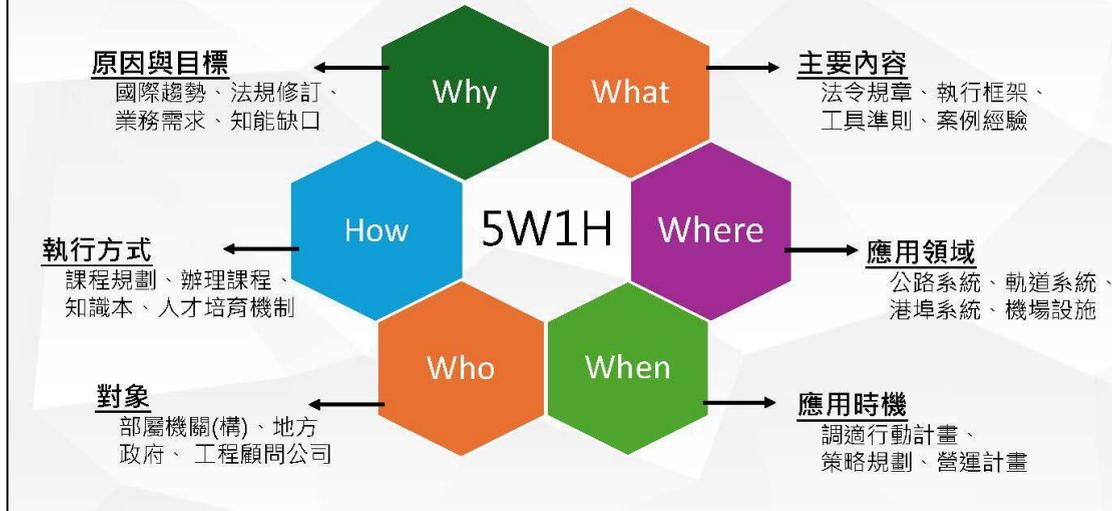
易受氣候變遷衝擊領域各自辦理專業人才訓練培育



### 目的

1. 強化運輸設施管理機關(構)權責管理人員調適專業知識，提升調適能力
2. 引導運輸設施管理機關(構)厚植人員氣候變遷調適能力，自主培訓機關(構)內專業人員

## 1.2 本計畫六何分析



## 1.3 全程計畫概要

兩年期計畫第二年，兩年主要工作項目：

### 112年

建構運輸管理機關(構)之調適專業能力(1/2)-課題研析及課程規劃

- 蒐集文獻資料
- 應具備調適專業能力
- 調適知能缺口(問卷調查、訪談)
- 規劃整體課程
- 辦理12小時課程

### 113年

建構運輸管理機關(構)之調適專業能力(2/2)-人才培育及機制建議

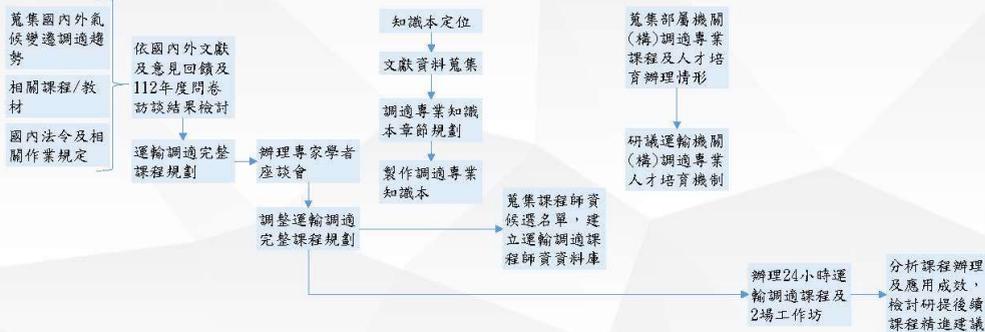
- 蒐集國際調適趨勢、法令更新資訊
- 滾動檢討課程
- 辦理課程座談
- 辦理24小時課程、工作坊2場次
- 人才培育機制

## 1.4 本年研究項目與流程

### 工作項目

- 研析運輸調適資訊，評估納入調適課程
- 滾動檢討運輸調適專業課程之規劃
- 辦理運輸調適課程規劃專家學者座談會
- 製作運輸系統氣候變遷調適專業知識本
- 建立運輸調適課程師資參考名單資料庫
- 研議運輸機關(構)調適專業人才培育機制
- 辦理運輸調適課程及工作坊
- 分析調適課程辦理及推廣應用成效

### 工作內容與流程



7

# 02

THE SECOND

## 滾動檢討運輸調適專業課程

- 2.1 課程相關文獻回顧
- 2.2 彙析文獻資料及意見回饋與課程規劃關聯性
- 2.3 辦理運輸調適課程規劃專家學者座談會
- 2.4 運輸調適完整課程之規劃
- 2.5 辦理運輸調適課程及工作坊
- 2.6 後續課程精進建議
- 2.7 建立運輸調適師資參考名單資料庫

8

## 2.1 課程相關文獻回顧

### 1. 國內外氣候變遷調適趨勢

(1) 2023年聯合國氣候變化大會(第28屆締約國會議，COP28)

2023年11月30日至12月12日在阿拉伯聯合大公國(簡稱阿聯)杜拜舉辦的COP28，根據「阿聯共識」決議通過「阿聯全球氣候韌性綱要」(the United Arab Emirates Framework for Global Climate Resilience)，敦促加強在《巴黎協定》第二條規定，應具包容性考慮到現有最佳科學及原住民價值觀，降低脆弱性，提高調適能力及韌性，增進福祉及恢復自然。

「調適週期」(指導性的全球框架)有時限的目標：

**影響、脆弱及風險評估**：到**2030年**，所有締約方都進行了最新的氣候災害、氣候變化影響及風險暴露的評估，並據此制定國家調適計劃、政策工具、規劃過程或策略。到**2027年**，所有締約方都已建立早期多重災害警報系統、可降低風險的氣候資訊服務，以及強化氣候相關數據、資訊及服務的系統化觀測站。

(2) 《聯合國氣候變化綱要公約》(UNFCCC)第60次附屬機構會議(SB60會議)

2024年6月在德國波昂舉行的SB60會議，針對全球調適目標(GGA)的協商聚焦於「**調適指標開發**」，並提出五個不同選項，討論如何準備現有指標的反應和對應。同時，藉由設立多個專家工作組，確保**地區平衡參與**，並舉行定期會議和工作坊。也將**辦理多場次工作坊，以反饋和審查調適指標的開發和應用**。而在調適指標的標準建立上，則指出指標選擇應具備調適性，能夠反映國家情況和不同背景，並能解析不同的社會群體(如性別、年齡、原住民身份等)的數據。



交通部運輸研究所  
Institute of Transportation, MOTC

參採重點  
掌握國際趨勢  
與執行方法

## 2.1 課程相關文獻回顧

### 1. 國內外氣候變遷調適趨勢

(3) 國家氣候變遷科學報告2024



(4) 我國氣候變遷風險評估準則研訂

環境部於113年7月17日邀請國科會、國家災害防救科技中心及各部會辦理研商會

#### 風險評估作業準則的法制作業

啟動	研商	修正	研析	實作
5月	6月	7月	8月	9月
<ul style="list-style-type: none"> <li>• NCDR發布台灣氣候變遷科學報告2024(5/8)</li> <li>• 依據科學報告檢討風險評估作業準則內容</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 辦理法規研商會：邀請各部會及地方政府，進行修正草案內閣之研議討論(月底前)</li> <li>• 比照「氣候變遷國家法」施行規則，公聽研商會辦理方式：逐條宣讀討論</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 依切實與意見作為修正依據，提出修正條文建議</li> <li>• 請各領域依風險評估作業準則及2024科學報告觀點後續應執行之風險評估，納入下期調適行動方案</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 與NCDR共同討論國內外氣候風險評估案例</li> <li>• 討論研商會內容，設計工作案例流程</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 辦理風險評估作業座談會：提供合理論基礎的運作案例，依據條文指示及說明(中旬)</li> <li>• 以工作模式實際演練。</li> </ul>

協助蒐集風險評估議題提供各領域參考(6月底前)

將風險評估議題送至國發會跨領域整合平台討論協商(7-8月)



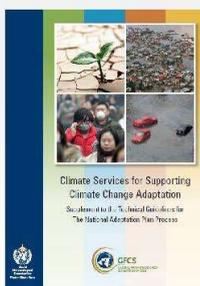
交通部運輸研究所  
Institute of Transportation, MOTC

參採重點  
配合規劃課程

## 2.1 課程相關文獻回顧

### 1. 國內外氣候變遷調適趨勢

#### (5) 全球氣候服務框架 (GFCS)



Global Framework for Climate Services (GFCS), a UN-led initiative spearheaded by WMO.

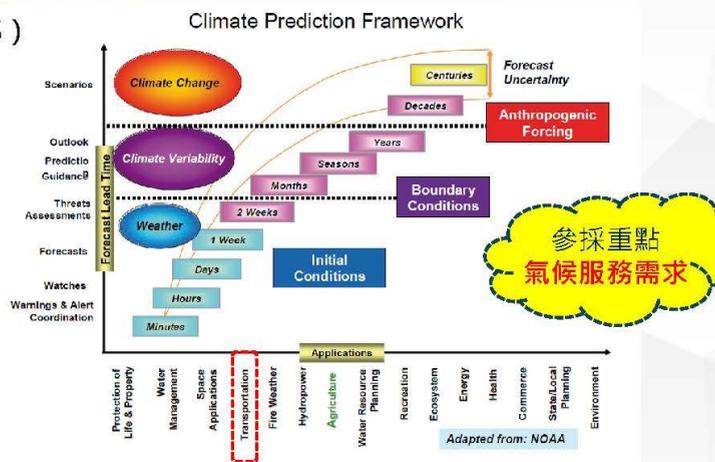


Figure 2. Seamless hydrometeorological and climate services

11

## 2.1 課程相關文獻回顧

### 1. 國內外氣候變遷調適趨勢

#### (5) 全球氣候服務框架 (GFCS)

參採重點  
配合新增課程

#### 氣候服務課程諮詢



氣象署洪景山組長  
(5月10日視訊會議)

課程	大綱
B2. 氣候服務的 內容與資料解 讀	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 氣候危機背景說明，從極端天氣極端氣候到氣候變遷的資訊。</li> <li>2. 氣候服務案例。</li> <li>3. 國際氣候服務應用現況。</li> </ol>
B3. 氣候服務在 調適應用案例	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 氣象服務在水資源、能源、農業領域調適應用案例。</li> <li>2. 氣象資料統計方法、氣候數據分析與應用。</li> <li>3. 與運輸單位建立氣候服務合作模式探討。</li> </ol>

12

## 2.1 課程相關文獻回顧

### 2.參考之國內外相關調適課程資料

#### (1)美國紐澤西州根據聯邦公路研究所課程列舉為該州之氣候變遷調適能力課程



1. 了解過去、現在和未來的氣候變遷 ( 2 小時 )
2. 溫度和降水預測簡介 ( 1 小時 )
3. 系統脆弱度評估 ( 2 小時 )
4. 專案決策的調適分析 ( 2 小時 )
5. 解決公路計畫開發和初步設計中的**氣候復原力 ( 2.5 天 )**
6. 將**永續性**融入基礎設施設計和決策： ( 1 小時 )
  - 1) 確定永續發展的三大支柱 ( 經濟、環境和社會 ) 及其在基礎設施決策中的重要性
  - 2) 透過交通領域的具體例子描述權衡和上下文敏感性
  - 3) 對交通決策的各個階段，舉例說明如何將**永續性**指標納入交通決策的每個階段
7. NEPA 和**交通決策**簡介 ( 8 小時 )
8. **環境正義**基礎 ( 5 小時 )
9. 自行車設施設計 ( 8 小時 )
10. 空氣品質規劃：清淨空氣法概述 ( 1.5 小時 )

參採重點  
課程完整性

## 2.1 課程相關文獻回顧

### 2.參考之國內外相關調適課程資料

#### (2)新增美國紐約州哥倫比亞大學氣候變遷調適課程

參採重點  
課程完整性



#### 核心課程

包括六個核心課程和研討會或實習選修課。核心課程旨在提供通用技能和共享的區域和全球氣候動態、統計評估、風險管理、溝通、司法和應用研究方面的專業工作知識。

- 氣候變異和氣候變遷的動態 ( 3 學分 )
- 減緩氣候變遷 ( 3 學分 )
- 氣候變遷調適 ( 3 學分 )
- 氣候資料應用的定量方法 ( 4 學分 )
- 氣候和社會的應用 ( 3 學分 )
- 暑期實習：氣候與社會 ( 6 學分 )
- 研討會：氣候與社會 ( 6 學分 )

#### 選修課程(未列出學分數)

- 空氣污染與環境正義
- 複雜氣候風險簡介
- 黑色生態
- 在災害管理中建立公平的社區夥伴關係
- 氣候變遷決策
- 氣候變遷法律與政策
- 氣候變遷與災害管理
- 氣候正義：理論、實踐與政策
- 氣候正義與公平的氣候行動
- 氣候流動性
- 糧食系統與氣候相互作用
- 亞洲氣候政治：分析發展與環境的困境
- 災後復原：關注住房和經濟部門
- 區域氣候科學與氣候服務預報
- 溫室氣體減量的社會、公平與治理考量
- 社會影響：商業、社會與環境
- 氣候變遷策略溝通
- 邁向氣候調適力與正義

## 2.2 彙析文獻資料及意見回饋與課程規劃關聯性

### 1. 問卷調查

### 課程規劃關聯性

問卷調查結果	課程規劃關聯性
<p>(1) 運輸機關(構)人員對於「氣候變遷」已有基本認知，但對於氣候變遷調適素養不足，有賴教育訓練提升。</p> <p>(2) 運輸機關(構)人員不瞭解在運輸方面的應用內涵及作法，但具備學習氣候變遷調適的潛在需求(動機與意願)。</p> <p>(3) 對氣候變遷課程之需求性及優先性，以「調適新知與案例」、「氣候變遷衝擊與情境資訊」、「氣候變遷風險評估方法」二類優先。</p> <p>(4) 優先授課對象之職務與業務屬性，則認為應以「運輸規劃/設計」、「工程/施工」、「設施營運」、「工務養護」、「環境安全衛生」業務人員優先。</p>	<p>(1) 運輸機關(構)人員氣候變遷調適素養不足，<b>基礎素養課程具普遍需要性</b>。</p> <p>(2) 對課程需求之屬性以<b>實務工作應用類</b>為主，如協助機關(構)執行風險評估及所需情境資訊、執行調適規劃參考資訊等課程。</p> <p>(3) 優先授課對象之業務屬性包括<b>規劃/設計、工程/施工、設施營運、工務養護、環境安全衛生業務人員</b>。</p>

15

## 2.2 彙析文獻資料及意見回饋與課程規劃關聯性

### 2. 深度訪談

### 課程規劃關聯性

訪談結果	課程規劃關聯性
<p>(1) 調適專業知能缺口部分，整體而言運輸機關(構)調適業務人員對氣候變遷調適知能仍處於初期階段。</p> <p>(2) 因公路、軌道、港埠及空運系統所受<b>國際規範</b>不同，受國際規範影響的機關(構)已開始推動<b>ISO14090</b>認證或<b>TCFD</b>專案。</p> <p>(3) 課程執行方式建議引導學員了解該課程與其業務間的關聯，並指引其尋找相對應的解決策略；課程結束後應有相對應的實作機會，例如<b>議題主導的專題工作坊</b>以及融入工程設計規範示範，以利於學員學以致用。</p> <p>(4) 建議運用制度面強化「學習動機」，如設計氣候變遷調適行動的「學習誘因」，如<b>公務員學習時數、證照</b>。</p> <p>(5) 基礎課程主題應協助授課對象掌握該知識與其業務關聯性，使其理解為什麼做，以及要做什麼、怎麼做。專業課程應提供具體的操作技術，進行國際案例解析探討在臺灣如何在地化執行，以引導、協助業務執行</p>	<p>(1) 根據對氣候變遷調適人員對調適基礎素養課程、操作引導課程之知能訪談結果，運輸機關(構)均有課程之需求。</p> <p>(2) 因公路、軌道、港埠及空運系統調適業務推動進度不一，除各運輸專業調適課程應依需求分別授課外，也能安排已執行單位<b>分享執行經驗</b>。</p> <p>(3) 提供上課學員參與課程誘因，除<b>公務員學習時數</b>外，評估再納入<b>技師訓練積分</b>，其他亦可建請環境部將環境保護專責及技術人員訓練管理辦法中現有專責人員、專業技術人員新增調適專責人員，以加速培養調適人力。</p> <p>(4) <b>議題主導的專題工作坊</b>，以及融入工程設計規範示範，能引導、協助業務執行，為機關(構)最有需求的課程方式。</p>

16

## 2.2 彙析文獻資料及意見回饋與課程規劃關聯性

### 3. 課程回饋

#### 課程規劃關聯性

課程學員回饋	課程規劃關聯性
<p>(1)課程辦理成效：在氣候變遷基礎科學部分，大部分課前<b>已有基礎概念</b>，但較深入的問題如「假如人類立刻停止溫室氣體排放，全球平均溫度會...」，選出正確答案的比例即大幅提高40%以上，在氣候變遷風險評估課後，認為「防減災工作」和「氣候變遷調適」具有不同本質者也由64%提高至80%，顯示<b>參加課程的學員對調適認知有明顯提升</b>。</p> <p>(2)學員回饋：學員回饋課程滿意度，超過90%的參與者對講授的<b>課程內容感到滿意</b>，認為這些內容提升了他們的氣候變遷調適知識和技能，對他們的業務極有助益，並表示將<b>推薦同事參與未來的系列課程</b>。</p>	<p>(1)從課程辦理成效及學員回饋顯示，對於提高機關(構)人員調適素養可發揮明顯成效，且此類調適基礎概念性課程對提升運輸機關(構)人員基礎素養極有助益。</p> <p>(2)規劃在本年度課程安排「<b>調適綜合理念</b>」課程，將調適基礎概念納入課程大綱，以利安排<b>製作影片教材</b>供全體運輸機關(構)人員上網參考與學習。</p>

17

## 2.2 彙析文獻資料及意見回饋與課程規劃關聯性

### 4. 審查意見

#### 課程規劃關聯性

委員意見	課程規劃關聯性
<p>根據蒐集分析之國內外相關<b>文獻、問卷調查及訪談結果(學員需求)</b>進行規劃設計，應說明課程安排與前述文獻、調查結果之<b>關聯性及邏輯性</b></p>	<p>已新增<b>課程關聯性</b>說明。</p>
<p>應強化<b>課程重點</b>，例如講授氣候變遷因應法，課程應著重在該法第三章調適專章；講授IPCC 氣候變遷第6次評估報告，重點應在其<b>調適專章</b></p>	<p>課程規劃核心內容以<b>氣候變遷調適為主軸</b>，在氣候變遷因應法部分，除簡介法規整體架構外，即以氣候變遷調適專章相關法規與執行要點為主，IPCC 氣候變遷第6次AR6評估報告也將聚焦於WG II所提出的「<b>衝擊、調適與脆弱度</b>」已列入課綱</p>
<p>課程授課方式策略與規劃層級除了必要的授課外，儘量使用互動式之<b>工作坊</b>。作業層級儘量以實務性操作方式，邀請交通部不同領域具有實務工作的單位分享具代表性案例，並進行分組實務演練，以提高後續各單位實作能力</p>	<p>課程已規劃<b>執行方法與指引</b>課程以<b>工作坊、實務性操作方式</b>為原則</p>

18

## 2.3 辦理運輸調適課程規劃專家學者座談會

### 1. 座談會辦理

#### 出席委員

##### 1) 調適學者專家：

童慶彬 台大生物環境系統工程學系教授  
林俊全 臺灣大學地理環境資源學系教授

##### 2) 運輸學者專家：

劉霽 逢甲大學運輸與物流學系教授  
蘇育民 國立高雄科技大學土木工程學系  
林陳佑 國立陽明交通大學運輸與物流管理學系  
熊正一 臺南應用科技大學國際企業經營系教授  
孫國勳 開南大學空運管理學系

##### 3) 運輸工程顧問單位：

吳清如 鼎漢國際工程顧問股份有限公司副總經理  
鄭智仁 中華航空股份有限公司仁經理  
湯允中 台灣世曦工程顧問股份有限公司第二結構部副理  
陳信諺 中興工程顧問股份有限公司

辦理時間：6/20(四) 10:00 ~ 12:00

會議地點：運輸研究大樓觀光署旅遊  
服務中心2樓會議室



19

## 2.3 辦理運輸調適課程規劃專家學者座談會

### 2. 座談會重要建議事項

- 1) 本課程任務應為培力、**提升素養的課程對象可普遍化，技術性的課程則分眾授課。**
- 2) **TCFD課程**是重要課程，因財務人員是公務單位各計畫關鍵，且不僅企業在氣候風險揭露法令下須執行TCFD，政府單位也需應用此概念調整組織、制度、執行風險管理流程及決策。
- 3) 氣候變遷下也可能有新商機，建議評估納入**氣候變遷機會、轉型**相關課程。
- 4) 課程規劃應列出每一堂課**具體學習標的。**
- 5) 維運、工務(包括新工、養務、電力、機務、養護)相關人員也都有氣候變遷調適需求，**課程仍應涵蓋維運、工務人員**，而非偏重規劃與設計人員。
- 6) 運輸系統目前對調適素養不足，需要運輸機關內資深人員經驗以本土的專業知識參與把他們的知識**就調適議題與各領域專家，以跨系統、跨機關共學方式，讓機關交流面對氣候變遷衝擊及調適的經驗知識。**

20

## 2.4 運輸調適完整課程之規劃

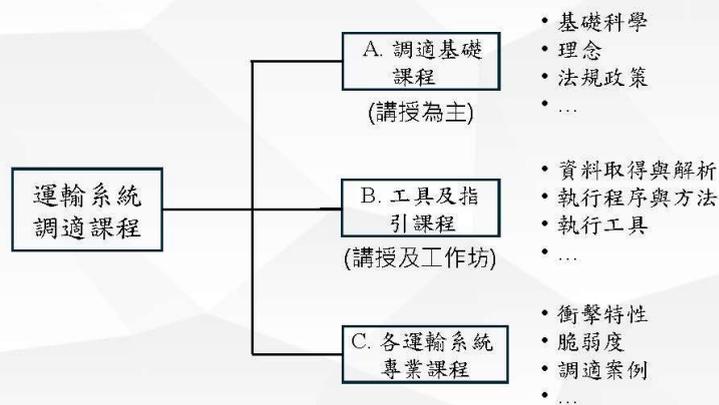
### 1. 滾動檢討調整之課程

	課程名稱	課綱	形式	時數	授課設計緣由
調整	A1. 調適綜合理念 (原「高階人員調適綜合課程」)	1.氣候變遷基礎科學 2.氣候變遷因應法 3.永續指標與決策 4.氣候變遷調適專有名詞 5.調適策略之產生及運用 6.跨領域整合概念	講授	3	座談會建議基本培力課程、應具備之調適專業能力、紐澤西州公路局韌性與調適課程、歐盟專案經理指南、美國運輸部優先行動
刪除	A7. 運輸法規與調適	1.因應調適之法令與規範調整及國外範例	講授	2	因氣候法剛通過，各單位刻依法定事項辦理，且目前缺乏熟悉各運具調適法規之師資，規劃刪除
新增	A7. 運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題	脆弱群體的指認、環境正義與交通及決策相關的背景公眾參與交通決策過程的重要性	講授	3	1.氣候變遷因應法規範事項 2.參考國外課程(美國紐澤西州公路局氣候韌性與調適課程)
新增	B1. 氣候變遷情境資訊介紹與應用	TCCIP資料服務、調適百寶箱、Dr.A網站風險圖臺之風險圖、危害度、脆弱度及暴露度之圖資查詢與應用	講授	3	1.調適基礎能力 2.問卷與訪談之機關需求
新增	B2. 氣候服務的內涵與資料解讀	1.氣候危機背景說明，從極端天氣、極端氣候到氣候變遷的資訊。 2.氣候服務案例。 3.國際氣候服務應用現況。	講授	3	1.參考國外課程(美國哥倫比亞大學調適課程) 2.機關意見(高公局)
新增	B3. 氣候服務在調適應用案例	1.氣象服務在水資源、能源、農業領域調適應用案例 2.氣象資料統計方法、氣候數據分析與應用。 3.與運輸單位建立氣候服務合作模式探討。	講授	3	1.參考國外課程(美國哥倫比亞大學調適課程) 2.機關意見(高公局)

21

## 2.4 運輸調適完整課程之規劃

### 2. 課程結構與分類



22

## 2.4 運輸調適完整課程之規劃

### 3. 課程地圖



## 2.4 運輸調適完整課程之規劃

### 4. 課程目標及課程關聯性-1

課程名稱	課程目標	課程關聯性
<b>A. 調適基礎課程</b>		
A1. 調適綜合理念	1. 基礎課程提升運輸機關(構)人員素養 2. 完整了解基礎調適基礎理念及調適重要性	1. 座談會建議基本培力課程 2. 112年報告應具備之調適專業能力 3. 紐澤西州公路局韌性與調適課程 4. 歐盟專案經理指南 5. 美國交通部優先行動
A2. 氣候變遷及氣候災害(112課程)	1. 認識氣候變遷基礎科學 2. 認識氣候災害及其運輸系統影響	112年報告所列應具備之調適能力
A3. 國家法規與政策(112課程)	1. 了解氣候變遷因應法及相關法規事項及國家調適行動推動架構 2. 了解目的事業主管機關權責及辦理時程	1. 112年報告所列應具備之調適能力 2. 機關意見：課程主題需涵蓋相關法規 3. 法規與政策為問卷調查結果高度需求課程
A4. 自然解方 (NbS) 概念(112課程)	1. 了解NbS定義與基本理念 2. 了解NbS推動策略與效益 3. 了解NbS評估指標	1. 112年報告所列應具備之調適能力 2. 自然解方為問卷調查結果高度需求課程
A5. 氣候變遷風險評估概論(112課程)	1. 認識調適與防災差異 2. 認識氣候變遷風險評估基本概念	1. 112年報告所列應具備之調適能力 2. 風險評估為問卷調查結果高度需求課程
A6. 氣候風險決策參考資訊	1. 了解國家科學報告內容及用途 2. 具備查詢及正確選用氣候變遷情境資訊能力	1. 112年報告所列應具備之調適能力 2. 氣候變遷衝擊與情境資訊為問卷調查結果高度需求課程
A7. 運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題	1. 了解強化脆弱群體調適能力、脆弱群體指認 2. 了解交通決策方法如何納入環境正義	1. 國際調適趨勢 2. 我國法令規範條文 3. 美國紐澤西州根據聯邦公路研究所課程列舉為該州之氣候變遷調適能力課程

## 2.4 運輸調適完整課程之規劃

### 5. 運輸管理機關調適課程內容資訊-1

課程名稱	課綱	形式	時數	師資
<b>A. 調適基礎課程</b>				
A1. 調適綜合理念	氣候變遷基礎科學、氣候變遷因應法、永續指標與決策、調適策略之產生及運用、跨領域整合概念	講授	3	許冕雄(中研院環境變遷研究中心特聘研究員兼專題中心執行長)、徐旭誠(環境部氣候署副署長)、童慶斌(臺灣大學生物環境系統工程學系教授)
A2. 氣候變遷及氣候災害(112課程)	1.氣候變遷基礎科學 2.氣候災害及其運輸系統影響	講授	3	許冕雄(中研院環境變遷研究中心特聘研究員兼專題中心執行長)、徐佩君(中興大學生物與永續科技學位學程助理教授)、曾琬鈴(台大氣候永續學程專案助理教授)、周仲島(台大氣科學系名譽教授)
A3. 國家法規與政策(112課程)	1.氣候變遷因應法及相關法規 2.國家調適行動推動架構 3.目的事業主管機關權責	講授	3	徐旭誠(環境部技監)、葉信君(環境部氣候變遷署副署長)、何文淵(環境部氣候變遷署科長)
A4. 自然解方(NbS)概念(112課程)	1. NbS的定義與基本理念 2. NbS推動策略與效益評估 3. NbS評估指標	講授	3	李玲玲(國立臺灣大學生態學與演化生物學所教授)、廖桂賢(國立臺北大學都市計劃所教授)、黃于瑛(社團法人中華民國自然生態保育協會理事長)
A5. 氣候變遷風險評估概論(112課程)	1.調適與防災差異 2.氣候變遷風險評估概論 3.風險評估準則	講授	3	陳永明(國家災害防救科技中心氣候變遷組組長)、李欣輯(國家災害防救科技中心氣候變遷組副組長)
A6. 氣候風險決策參考資訊	國家科學報告、AR6報告解讀與應用	講授	3	趙家維(臺灣環境規劃協會理事長)、李欣輯(國家災害防救科技中心氣候變遷組副組長)、洪國慶(市立台北大學城市發展學系暨研究所助理教授)
A7. 運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題	脆弱群體指認、環境正義與交通決策、公眾參與交通決策過程	講授	3	林宏宗(中央研究院社會學研究所研究員)、林春元(臺灣大學法律學院副教授)

25

## 2.4 運輸調適完整課程之規劃

### 6. 運輸調適課程先修課程及建議上課對象-1

課程名稱	時數	先修課程	高階主管	規劃設計施工人員	維運人員	財務人員
A1. 調適綜合理念	3		✓			✓
A2. 氣候變遷及氣候災害	3			✓	✓	
A3. 國家法規與政策	3			✓	✓	✓
A4. 自然解方概念	3			✓	✓	
A5. 氣候變遷風險評估概論	3			✓	✓	
A6. 氣候風險決策參考資訊	3			✓		
A7. 運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題	3			✓	✓	
B1. 氣候變遷情境資訊介紹與應用	3			✓	✓	
B2. 氣候服務的內涵與資料解讀	3	A2、A3、A5		✓	✓	
B3. 氣候服務在調適應用案例	3	B2		✓	✓	
B4. 氣候變遷風險評估準則及執行程序	3	A2、A3、A5、B2		✓	✓	
B4-1. 風險評估作業前準備、範疇界定	3	B4		✓		
B4-2. 蒐集風險評估所需氣候數據資料	3	B4-1		✓	✓	
B4-3. 初步評估影響調適能力之氣候風險因素	3	B4-2		✓	✓	
B4-4. 執行風險評估	3	B4-3		✓	✓	
B5. 融入調適措施時機與要點	3	A3		✓	✓	
B5-1. 規劃階段調適融入項目與時機	3	B5		✓		

26

## 2.4 運輸調適完整課程之規劃

### 7. 計畫成果投稿

投稿「中華民國運輸學會2024年年會暨學術論文國際研討會(113年12月5~6日)」  
投稿題目：「運輸系統氣候變遷調適專業課程規劃」

2024/11/8 下午5:35 運輸學會論文投稿系統(投稿者)

中華民國運輸學會投稿系統

論文投稿 主題:運輸系統氣候變遷調適專業課程規劃

一、投稿人或通訊作者基本資料

1- 投稿年度  
2024

2- 投稿人或通訊作者姓名 \*  
李耀全

3- 服務單位 \*  
聯丰科技股份有限公司

4- 職稱 \*  
技術經理

5- 聯絡電話 \*  
02-23778011#280

2024/11/8 下午5:35 運輸學會論文投稿系統(投稿者)

目前檔案(點擊檔名可下載檔案):運輸系統氣候變遷調適專業課程規劃.doc

11- 無作者訊息附件(pdf格式30M以內) \*  
目前檔案(點擊檔名可下載檔案):運輸系統氣候變遷調適專業課程規劃\_no.pdf

參加論文獎、刊登期刊與簡報意願調查表

1- 是否願意參加研討會論文獎之評選 \*  
是 否

2- 是否願意參加民前學術論文獎之評選(僅限投稿航空領域稿件)  
是 否

3- 是否願意接受推薦本論文於「運輸學刊」或「運輸計劃季刊」 \*  
是 否

4- 研討會當天是否願意以「口頭發表」或「海報發表」方式報告論文 : \*  
是 否

27

## 2.5 辦理運輸調適課程及工作坊

### 辦理24小時運輸調適課程

場次	課程名稱	講師	日期	時數
1	氣候變遷情境資訊介紹與應用	劉子明、陳韻如	6/21	3
2	氣候風險決策參考資訊與應用	黃國慶		3
3	氣候服務的內涵與資料解讀	洪景山	8/1	3
4	氣候變遷調適指引範例	吳清如		3
5	氣候變遷風險評估準則及執行程序	紀佳法	9/30	3
6	氣候變遷調適綜合理念	童慶斌		3
7	運輸系統在氣候變遷調適的環境正義議題	林宗弘	10/25	3
8	氣候服務在調適應用案例	陳孟詩		3



28

## 2.5 辦理運輸調適課程及工作坊

### 辦理2場運輸調適工作坊

調適執行實作—運輸系統調適指引實務推演工作坊  
主持人：董慶斌教授

(8月26日)



運輸氣候變遷風險評估—範疇界定操作工作坊  
主持人：陳永明組長

(11月12日)



29

## 2.5 辦理運輸調適課程及工作坊

### 滿意度調查

上課日期	本日課程安排的滿意度	本日課程的內容對您的業務有幫助	您滿意本日課程辦理的方式	未來願意繼續參加提升調適專業能力系列課程	未來會推薦同仁參加提升調適專業能力系列課程	平均
6月21日	100%	86%	100%	96%	96%	96%
8月1日	100%	96%	100%	100%	100%	99%
8月26日	100%	79%	-註	100%	100%	95%
9月30日	100%	100%	100%	94%	94%	98%
10月25日	94%	81%	94%	94%	100%	93%
11月12日	91%	100%	-註	100%	100%	98%
平均	97%	90%	98%	97%	98%	

### 上課成效

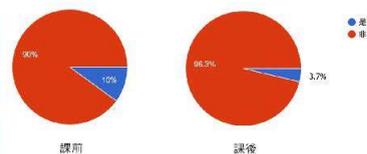
上課日期	課前測驗答對率	課後測驗答對率
6月21日上午	89.1%	91.1%
6月21日下午	75.2%	84.7%
8月1日上午	91.5%	96.0%
8月1日下午	80.8%	93.3%
9月30日上午	76.4%	92.2%
9月30日下午	63.6%	68.5%
10月25日上午	40.0%	61.5%
10月25日下午	86.0%	86.3%
平均	75.3%	84.2%

30

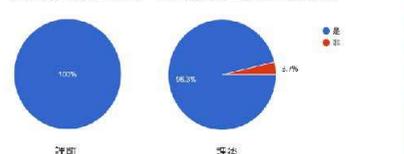
## 2.5 辦理運輸調適課程及工作坊

### 課前、課後測驗

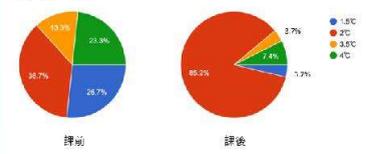
1. 氣候變遷因應法中沒有強制要求部會與地方需評估氣候變遷衝擊與風險，所以公路的可行性評估暫不用考量世紀中氣候變遷的衝擊。



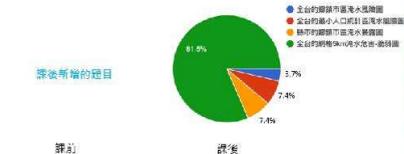
2. 氣候變遷災害風險圖可以顯示特定地區的災害風險等級和可能發生的災害類型。在運輸系統的可行性規劃中可以參考氣候變遷災害危害-脆弱圖，針對高風險區位，提早規劃調適措施，降低公路遭受災害的風險。



6. 根據氣候變遷情境推估，世紀中(2040~2060年)全球暖化程度(Global Warming Level, GWL)升溫到多少°C?



氣候變遷災害風險調適平台(Dr. A)提供的氣候變遷下淹水風險圖各項指標，那一張較適合應用於上位國家評估公路的風險辨識?



31

## 2.6 後續課程精進建議

### 各運輸系統分別安排專業課程

公路、軌道、機場及港埠的氣候壓力因子並不相同，需各自依需求安排課程、部分具相同風險項目，如邊坡崩塌、橋梁安全等項目，可協同安排課程、計劃性培養種子師資

### 課程執行方式

課程內容以風險評估、調適實務落地操作的實作課程為最有需求的課程；課前加強與講師溝通，以規劃適切課程內容；課程實施前提供學員應具備基本能力，以提高學習效果

### 善加利用e化教材

設置便於查詢、使用之e化教材網頁，供運輸系統人員快速找到所需課程，營造課程需求並加強宣導e化教材

32

## 2.7 建立運輸調適師資參考名單資料庫

### 師資參考名單來源：

1. 教育部氣候變遷教學資訊平台
2. 各研究單位氣候變遷研究中心
3. 國內各大學交通運輸科系
4. 國內各大學環境工程科系
5. 曾發表運輸調適相關研究論文者
6. 曾指導學生撰寫運輸氣候變遷調適論文

運輸領域	師資人數
不分領域	38
公路系統	6
軌道系統	7
港埠系統	4
機場設施	5
合計	60

33

# 03

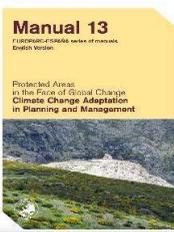
THE THIRD

## 製作「運輸系統因應氣候變遷調適知識本」

- 3.1 知識本文獻回顧
- 3.2 調適知識本定位
- 3.3 調適知識本章節及內容

34

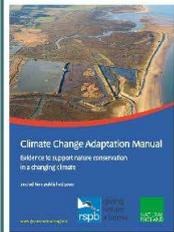
### 3.1 知識本文獻回顧



#### 西班牙

- 氣候變遷調適策略及政策、生態保護區調適的重要性及作為
- 生態保護區的氣候變遷調適規劃、調適措施、最終考慮因素和未來展望

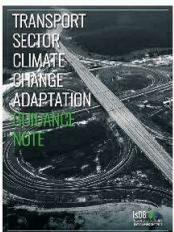
參採手冊內容先描述氣候變遷再講調適措施的概念



#### 英國

- 英國自然環境及氣候變遷影響
- 氣候變遷調適原則、評估脆弱性、規劃調適行動
- 棲息地氣候變遷影響及調適措施
- 各物種氣候變遷敏感度、脆弱度及可行調適措施
- 綠色基礎建設、地質地形、交通和娛樂系統的影響及調適作為

參採影響交通氣候因子及調適作為



#### 伊斯蘭開發銀行

- 介紹 IsDB 營運地區預期氣候變遷背景及交通運輸部門影響
- 管理氣候變遷風險的步驟：氣候風險篩檢、影響和調適評估、調適計畫實施
- 各交通運輸系統的潛在氣候影響及調適計畫過程

參採不同運輸系統氣候危害、影響、脆弱度及調適作為選項



#### 交通部簡報

- 氣候變遷趨勢、全球暖化的因應及國際調適趨勢
- 我國調適推動工作、運輸系統因應氣候變遷調適策略規劃
- 後續推動建議

參採我國的現況及規劃

### 3.2 調適知識本定位

一 定位與使用者

- 定位  
基於對**交通運輸部門**實際需求的深入分析，提供快速、準確的參考資料。
- 使用者  
**交通運輸部門**的調適業務人員。  
  - 確保運輸系統在極端天氣事件發生時的**穩定運行**和**迅速恢復**。
  - 知識本設計重點在於提供**快速查詢**和**參考功能**，非**全面技術操作手冊**。

二 主要用途

- 調適知識本作為**資料查詢**，方便業務人員快速查找所需信息。
- 知識本設計理念  
彌補日常工作中可能遇到的**知識空白**或**記憶缺失**，提升工作效率和決策質量

三 使用時機

- 提供調適工作**執行時程**與**基本步驟**參考。
- 提供**基本工具**資料及來源。
- 各階段提醒和支持，從工作計劃制定到**風險評估**和**實施措施**。

## 3.2 調適知識本定位

四

與其他教材區別

- 調適專業知識本著重於**程序引導**和**字典功能資料查詢**，滿足使用者即時需求。
- 與24小時講授課程和工作坊等教育訓練教材不同，知識本設計緊湊，資訊精煉，適合隨時查閱。
- 知識本**便攜性**和**易查性**，使其成為現場操作和**突發應急**情況中的得力助手。

五

格式

- 提供**電子檔**，紙本以**A5尺寸**印刷，**總頁數約50頁**，以**文字為主**，輔以少量插圖或示意圖。

六

涵蓋內容

- 國家氣候變遷科學報告之情境與衝擊資料
- 氣候變遷、調適專有名詞
- 氣候變遷相關法規：摘錄與交通運輸部門相關的法條，提供**風險評估作業準則**。
- 執行工具  
提供**風險評估**資料來源、軟體、**高度不確定性決策方法**及**氣候服務資料**應用等。
- 各運輸系統調適案例：涵蓋**鐵路、公路、港埠和機場**的調適案例
- 參考資料來源  
列出權威機構報告、研究文獻和政策文件的**線上資源鏈接**及查詢方法。

37

## 3.3 調適知識本章節內容

01

引言

- 手冊目的
- 適用範圍與應用
- 如何使用本手冊

04

各運輸系統調適案例

- 公路系統
- 軌道系統
- 港埠系統
- 機場系統

02

氣候變遷與對運輸系統的衝擊

- 氣候變遷概況
- 臺灣氣候變遷衝擊
- 氣候變遷對運輸基礎設施的衝擊

05

附錄

- 專有名詞集
- 常用工具
- 參考資料及來源

03

氣候變遷調適工作要點

- 氣候變遷因應法
- 調適相關法規
- 氣候變遷調適方法
- 運輸系統調適四大策略15項措施與重點



38

# 04

THE FOURTH

## 研議運輸管理機關 (構)調適專業人才 培育機制

- 4.1 公務人員人才培育機制
- 4.2 運輸管理機關(構)調適專業人才培育現況
- 4.3 運輸調適專業人才培育機制

39

### 4.1 公務人員人才培育機制

#### 常用人才培育機制

##### 設班訓練

演講

課程

##### 派遣學習

專長業  
務性質  
相近機  
關

##### 指派訓練

訓練班

研討會

##### 數位學習

自行開辦

委託開辦

40

## 4.1 公務人員人才培育機制

### 指派訓練-訓練班

國家環境研究院  
環保訓練管理系統

National Environmental Research Academy

配合環保部訂於113年8月10日(週六)及8月25日(週日)9時至21時進行硬體升級作業，「環保訓練管理系統」暫停使用(含線上報名及報到等)，不便之處，為落實節能減紙，自112年起線上申請環保證照，改以電子化收據e-mail寄送繳款人，不再另印製紙本收據。

首頁 > 專業訓練 > 開班資訊

#### 開班資訊

班別名稱

選項  可報名  全

查詢

班別名稱	期別	起訖日期	上課地點	狀態	受訓對象
氣候變遷調適加能訓練班	11302	113.08.13 ~ 113.08.13	逢中大學中興校區科研大樓 A202教室(台中市西中區東大路一段951號)	截止報名	地方政府機關涉加理氣候變遷調適政策及折衝制訂與旅行相關之人員
		09:40-12:00	氣候變遷科學資料與圖資應用		
		13:10-14:00	氣候變遷因應法調適專章規定及地方調適執行方案撰擬說明		
		14:10-16:20	地方調適案例及社區調適作法		

41

## 4.2 運輸管理機關(構)調適專業人才培育現況(1)

序號	機關(構)	調適人才培育現況
1	公路局	高層主管重視，依調適工作及參加必要訓練， <b>養路組邊坡及橋梁</b> 部分有將調適工作納入考慮。
2	高速公路局	<b>以外訓模式</b> 派員參加由運研所等單位舉辦之教育訓練或相關課程，未來再視需求辦理相關之教育訓練。
3	鐵道局	<b>不定期</b> 由負責環境業務單位視需求簽辦各項項目課程或訓練，未來視需求辦理調適相關教育訓練課程。
4	臺灣鐵路公司	由 <b>人資處</b> 辦理 <b>一般性教育訓練(含環境教育)</b> ，各 <b>單位自辦專業教育訓練</b> ，目前未辦理調適相關教育訓練課程。
5	台灣高鐵公司	每年固定辦理6場次(全天) <b>環境教育訓練課程</b> ，調適為可能辦理主題之一，依調適工作需求辦理。

42

## 4.2 運輸管理機關(構)調適專業 人才培育現況(2)

序號	機關(構)	調適人才培育現況
6	民航局	納入 <b>委辦計畫</b> 工作項目，由承辦廠商對各航站人員辦理調適教育訓練。
7	桃園機場公司	每年定期對公司內部人員及駐站工作廠商人員辦理 <b>環境教育相關訓練課程</b> (1.5天)，調適為可能辦理主題之一。
8	航港局	1.定期舉辦 <b>環境教育</b> ，議題包含節能減碳、資源循環再利用、減少廢棄物及氣候調適等內容。 2.另配合 <b>國際海運相關趨勢</b> ，辦理相關教育訓練課程、講座及國外期刊導讀內容涉替代燃料、國際減排制度、綠色燃料及氣候變遷等主題。
9	臺灣港務公司	納入 <b>委辦計畫</b> 工作項目，由承辦廠商辦理「國際關注議題」分享，主題包含調適議題。
10	觀光署	每年定期對署內及國家風景區管處管理處員工舉辦臺灣 <b>觀光永續論壇及工程講習訓練課程</b> ，強化永續知識及風險管理意識。

43

## 4.3 運輸調適專業人才培育機制

### 辦理調適專業人才培育機制座談會

時間：113年10月30日

辦理方式：線上會議

出席專家學者：

成功大學交通管理科學所 鄭永祥教授

成功大學交通管理科學所 陳文字教授

陽明交大運輸與物流管理學系 林陳佑助理教授

#### 座談會意見

- (1) 提供參加調適訓練人員適當調薪、職位提升等誘因，提高學習意願。
- (2) 善用外部資源：如氣象單位、各種知識管理管道資源。
- (3) 建議善用教育部氣候變遷教學聯盟種子師資。
- (4) 操作建議：對各單位參加調適教育訓練課程時數，進行評比及追蹤管考。
- (5) 人員進用：與人事單位合作，進用新進人員(尤其是環安衛人員)時將氣候變遷調適背景或資歷納入考量。
- (6) 調適課程實施資源：可借重外部資源，包括大學學分課程、訓練課程、各組織辦理之訓練課程、研討會等。
- (7) 主管宣示：在交通部、各機關(構)重要會議宣示調適業務之重要性及執行決心。
- (8) 與大學合作辦理運輸調適課程或訓練。
- (9) 建議公務人員考試，運輸人員類別將調適納入考題，以考題引導學生學習方向具有直接效果，如律師考試已出現調適相關題目。



44

### 4.3 運輸調適專業人才培育機制

階段	目標	執行項目
短期、中期	提升個人能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>指定並培訓種子師資 ( 運研所112、113年辦理課程教材 )</li> <li>參加各單位辦理之調適課程、研討會</li> <li>辦理在職訓練 ( 納入教育訓練範疇、委辦計畫增列工作項目 )</li> <li>提供進修和培訓獎勵/獎學金</li> <li>建立學習歷程紀錄</li> <li>招募人力</li> </ul>
	借重外部資源	<ul style="list-style-type: none"> <li>主動蒐集、建置調適相關資源</li> <li>建置可傳遞調適知識與經驗管道 ( 網頁、群組 )</li> <li>觀摩國內其他部會執行經驗</li> <li>與大學合作辦理運輸調適課程或訓練</li> <li>出國參訪</li> </ul>
長期	建構組織能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>工作安排/工作輪換</li> <li>建置調適工作模板</li> <li>辦理內部知識與經驗交流會議</li> <li>結合高等教育體系培訓專業人才</li> <li>成果展示與宣導</li> </ul>

# 05

THE FIFTH

## 結論與建議

5.1 結論

5.2 建議

## 5.1 結論(1)

### 1 滾動檢討運輸調適專業課程

根據法規、國內外趨勢、意見回饋及座談會意見，滾動檢討運輸調適課程，包括調整調適綜合理念、新增氣候變遷情境資訊介紹、環境正義及氣候服務等課程

### 2 辦理運輸調適課程及工作坊

辦理24小時運輸調適課程及2場次工作坊，課後測驗答對率都較課前測驗高，提升調適專業能力外，90%以上參與者對講授課程內容感到滿意

### 3 建立運輸調適課程師資參考名單資料庫

師資來源包括教育部氣候變遷教學資訊平台、研究單位氣候變遷研究中心、大學交通運輸、環境工程科系、發表運輸調適論文、指導學生、審查委員、演講及培訓師資，師資參考名單共108位

47

## 5.1 結論(2)

### 4 製作運輸系統因應氣候變遷調適知識本

經規劃調適知識本的定位及用途，知識本涵蓋國家氣候變遷科學報告之情境與衝擊資料、氣候變遷、調適專有名詞、氣候變遷相關法規及重要時程、應辦理事項，提供調適工作執行時程與基本步驟參考、基本工具資料及其來源，從工作計劃制定到風險評估和實施措施各階段提醒

### 5 研議運輸管理機關(構)調適專業人才培育機制

依公務人員人才培育相關法令，可循訓練及終身學習兩種管道，短期、中期策略為提升個人能力及借重外部資源，執行項目包括培訓種子師資、參加調適課程、研討會、在職訓練、提供進修和培訓獎勵、建立學習歷程紀錄、招募人力等，並以機關(構)組織內之調適能力建構為長程目標

48

## 5.2 建議(1)

### 1 運輸權管機關(構)應以整體組織的調適能力建構為目標

能力建構涵蓋更廣泛的範疇，包括發展系統、機構和個人能力，以應對氣候變遷調適挑戰，能力建構創造**促進人才培育計畫成功的環境**（如政策支持、資源供應、網絡連結），以有效的培訓計畫增強個人和組織的能力，促進整體能力建構的成效

### 2 氣候變遷是危機也是轉機，營造有利環境激勵創新

- (1)將各運輸系統**調適軟硬體需求**，提供科研單位開發創新產品與技術，如制定鼓勵智慧科技應用於氣候變遷調適的政策
- (2)促進跨部門合作，鼓勵政府機構與私人部門共同開發，促進科技、氣候學、經濟學和社會學等領域專家協同合作，開發綜合解決方案

49

## 5.2 建議(2)

### 3 e化調適教材上架官網或提供電子檔

E化教材上架官網或提供電子檔予交通部內相關單位及部屬機關（構）以便利未能參與實體課程之人員、新進員工及異動業務人員於閒暇時間自學，藉此擴大運輸機關（構）人員受訓的覆蓋範圍與成效。

### 4 啟動系統歷史災害可歸因於氣候因子資料分析與彙整

我國運輸系統災害防救體系完善，歷史災害資料已相當完備，可進一步篩選**可歸因於氣候因子之災害**，為未來執行氣候變遷風險評估預作準備

50

