

### 臺灣與各國新型冠狀病毒變異株監測系統之比較

趙珮娟<sup>1\*</sup>、蘇家彬<sup>2</sup>、陳婉青<sup>3</sup>

#### 摘要

新型冠狀病毒變異株的基因定序有助於了解病毒的特性及演變，世界衛生組織建議各國對新型冠狀病毒變異株進行常規監測，並根據流行的變異株採取相應的公共衛生防治作為。臺灣和世界多國在 COVID-19 大流行早期開始監測新型冠狀病毒變異株，本文回顧國際公共衛生組織對變異株監測的相關指引，彙整及比較臺灣和美國、英國、丹麥、日本、南韓的變異株監測系統。與我國不同的是，前述五國對於變異株監測採取產官學共同合作，因跨機構合作、數據龐大且存於不同資料庫，監測系統需整合相關的資源及資訊，病毒定序資料以圖表公布於網站，部分國家提供依時間或地區查詢。在 COVID-19 後疫情時代，建議將 SARS-CoV-2 變異株監測納入常規的呼吸道病毒監測，因應國際疫情狀況加強監測，並改善資料統整及公布方式，以達到病毒變異株監測的最大效能。

**關鍵字：**新型冠狀病毒、嚴重特殊傳染性肺炎、公共衛生監測、基因定序

#### 前言

新型冠狀病毒(SARS-CoV-2)為具有包膜的正鏈單股核糖核酸(RNA)病毒，基因組含有約 3 萬個鹼基。和雙股核糖核酸(DNA)病毒比較起來，RNA 病毒因為只有單股，複製速度較快，複製過程中容易產生突變[1]。SARS-CoV-2 的基因體突變後，可能會改變病毒的特性，包括改變病毒的傳播能力、影響感染者的疾病嚴重程度，也可能降低實驗室診斷方法的敏感性與特異性、疫苗的保護力、治療的有效性或公共衛生措施的效能[2-4]。

<sup>1</sup>衛生福利部疾病管制署預防醫學辦公室

<sup>2</sup>長庚醫療財團法人新北市立土城醫院內科部感染醫學科

<sup>3</sup>衛生福利部疾病管制署感染管制及生物安全組

DOI : 10.6524/EB.202408\_40(16).0001

通訊作者：趙珮娟<sup>1\*</sup>

E-mail : pjchao11@cdc.gov.tw

投稿日期：2023年04月18日

接受日期：2024年03月15日

世界衛生組織(World Health Organization, WHO)依據 SARS-CoV-2 變異株對於疾病表現及疫情防治措施的影響,將變異株分類如下:「監視中變異株(Variant Under Monitoring, VUM)」、「須留意變異株(Variants of Interest, VOI)」及「須高度關注變異株(Variant of Concern, VOC)」[5, 6]。WHO 建議各國對 SARS-CoV-2 變異株進行常規監測,期能偵測新的 VOI 及 VOC,了解變異株的演變及影響,進一步根據流行的變異株採取相應的公共衛生防治作為[3, 7]。

衛生福利部疾病管制署(下稱疾管署)在 COVID-19 大流行早期便建立 SARS-CoV-2 變異株的監測系統,對境外移入及本土個案進行病毒基因定序[8]。自 2020 年 1 月起,世界多國將 SARS-CoV-2 變異株的定序結果上傳至「全球共享流感數據倡議組織(GISAID)」,截至 2023 年 3 月共有 216 個國家及區域上傳了約 1,500 萬個病毒基因定序的結果,臺灣上傳約 2,700 筆資料[9]。本文回顧國際公共衛生組織對於 SARS-CoV-2 變異株監測的相關指引,彙整及比較多國之 SARS-CoV-2 變異株監測系統,期以各國經驗作為未來我國監測系統檢討及精進時之參考。

## 方法

本文訪談疾管署檢驗及疫苗研製中心(下稱研檢中心)、疫情中心及部立桃園醫院病毒室相關人員,描述臺灣 SARS-CoV-2 變異株監測系統,並分析研檢中心 SARS-CoV-2 變異株基因定序資料。在 WHO、歐洲疾病預防與管制中心(European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC)、GISAID、美國疾病控制與預防中心(U.S. Centers for Disease Control and Prevention, U.S. CDC)、英國 COVID-19 基因體(COVID-19 Genomics UK, COG-UK)聯盟、丹麥史坦頓血清研究所(Statens Serum Institut)、日本國立感染症研究所及地方衛生研究所、南韓疾病預防控制中心的網站,搜尋「SARS-CoV-2」、「COVID-19」、「genomic surveillance」、「genomic monitoring」等相關資料,回顧相關指引,彙整美國、英國、丹麥、日本及南韓 SARS-CoV-2 變異株監測系統的運作情形,並與我國的監測系統進行比較。

## 結果

### 國際公共衛生組織對於 SARS-CoV-2 變異株監測的相關建議

WHO 及 ECDC 對 SARS-CoV-2 變異株監測提供了相關指引,包括檢體的抽樣方式、檢體後設資料(metadata)的收集、定序結果的分享等[7, 10–13]。關於檢體的抽樣方式,依據不同的監測目的,可分為代表性抽樣(representative sampling)及針對性抽樣(targeted sampling)兩種方式(表一),資料分析所需要的 metadata 也隨之不同。WHO 及 ECDC 建議各國為了掌握變異株的流行狀況,對 SARS-CoV-2 變異株的常規監測使用每週代表性抽樣的方式,且檢體來源須分別為本土或境外移入個案。代表性抽樣可以用隨機抽樣或定點檢送固定數量之檢體的方式,兩者各有其優缺點:隨機抽樣的優點為敏感度較高,缺點為檢體數量較大;定點檢送固定數量之檢體的方式在實際操作面具有較高的可行性,缺點為敏感度較低。

WHO 建議檢驗量能有限且原本已有類流感與急性呼吸道感染定點監測的國家，由原有的定點每週收集至少 15 個檢體進行基因定序[7, 10]；若國家原本沒有進行類流感與急性呼吸道感染定點監測，WHO 建議依據病毒變異株監測之目的來決定抽樣方式[10–11]。WHO 美洲區辦公室及泛美衛生組織 (WHO Regional Office for the Americas/Pan American Health Organization)建議各國每個月至少對 50 個 SARS-CoV-2 陽性檢體進行基因定序，這樣大致上至少有一個檢體可以檢測出在檢體收集的時間區段內盛行率為 5%的變異株[7, 12]。ECDC 則建議依據 SARS-CoV-2 陽性病例數及監測目的，決定每個時間單位病毒基因定序的檢體量，例如監測目的若為發現盛行率為 5%的變異株，則依每個時間單位 SARS-CoV-2 陽性病例數多寡，建議進行 185–292 個檢體之基因定序；若監測目的為可以偵測出單一變異株盛行率從 1%至 10%的變化、而每個時間單位 SARS-CoV-2 陽性病例數不超過 5,000 人，則需要進行 68 個檢體的基因定序，若病例數超過 5,000 人，則至少需要進行 78 個檢體之基因定序[13]。

表一、SARS-CoV-2 變異株監測的檢體抽樣方法之比較

抽樣方法	監測目的	檢體來源	資料分析需要的數據
代表性抽樣 (representative sampling)	1. 發現稀少或新的變異株 2. 監測變異株流行狀況的變化	給定的族群，例如境外移入個案或本土個案	檢體收集日、是否為境外移入個案、境外移入個案的來源國家
針對性抽樣 (targeted sampling)	特定變異株、特定感染個案或特定環境的調查	1. 具有特定突變點的檢體 2. 特定的感染個案（例如重複感染、疫苗接種後的突破性感染、群聚事件） 3. 特定的環境檢體（例如廢水）	特定感染個案的年齡、性別、過去病史、疫苗施打情形、臨床狀況等流行病學資料

在以下三種情形下會進行針對性抽樣：(1)具有特定突變點的檢體：對 SARS-CoV-2 陽性檢體進行篩選試驗，以聚合酶連鎖反應檢測出具有特定單點核酸變異 (single nucleotide polymorphism) 的檢體，再進行全基因定序 (whole genome sequencing)；(2)特定的感染個案，例如重複感染、疫苗接種後的突破性感染，或特定群聚事件的感染者；(3)特定的環境檢體，例如飛機或社區的廢水。對特定感染者進行有針對性的抽樣時，要收集較多的流病資訊，特別是個案的流行病學特徵，以分析變異株可能造成的公共衛生風險，包括變異株的傳播力或疾病嚴重度是否增加、診斷方法是否仍然準確、疫苗保護力及藥物治療效果是否下降等。實驗室亦可培養特定的變異株以進行相關的體外或動物實驗，例如抗體中和試驗[7]。

分享 SARS-CoV-2 變異株基因定序的結果有助於了解及控制 COVID-19 流行，WHO 建議各國報告 VOC 及 VOI，並將基因定序資料及檢體後設資料上傳至公開可供取用的資料庫如 GISAID[7]。

## 臺灣與各國 SARS-CoV-2 變異株監測系統的運作情形

### 一、臺灣的 SARS-CoV-2 變異株監測系統

臺灣自 2020 年年底開始 SARS-CoV-2 變異株監測，醫療院所和衛生局所等篩檢單位將接受病毒聚合酶連鎖反應(polymerase chain reaction, PCR)檢驗的民眾之檢體送至疾管署研檢中心或 SARS-CoV-2 指定檢驗機構進行檢驗，PCR 陽性者若為嚴重特殊傳染性肺炎中央流行疫情指揮中心要求進行基因定序的對象（境外移入、群聚、確診前曾接種疫苗、再感染及經疫調後無法釐清感染源等個案），其陽性檢餘檢體送至研檢中心進行病毒基因定序，研檢中心人員整理病毒基因定序結果後，以電子郵件寄送疾管署本部及相關單位包括疫情中心、急性傳染病組、檢疫組等。疫情中心人員對定序資料結果進行描述性分析，分析結果於疾管署內部進行會議討論及政策修訂（如抗病毒劑藥劑及單株抗體治療建議、疫苗接種政策）。2021 年 6 月起因臺灣 COVID-19 病例數增加，疾管署開始每週以新聞稿方式於疾管署網站及記者會發布病毒基因定序結果，包括境外移入病例及本土病例的病毒株型別分布。

臺灣 SARS-CoV-2 變異株監測的經費來源為「中央政府嚴重特殊傳染性肺炎防治及紓困振興特別預算」，2022 年 7 月以後的經費則來自疾管署的年度預算。新聞稿發布的病毒基因定序資料皆來自於研檢中心，未納入醫院或學術機構的病毒基因定序資料。截至 2022 年 12 月 29 日，研檢中心基因定序 8,775 株病毒株，其中境外移入病毒株為 3,612 株（佔境外移入病例的 9.03%），本土病例的病毒株為 5,163 株（佔本土病例的 0.06%），本土病例的病毒株每週定序數量的中位數 48 株（四分位距：17-99）。研檢中心會將部分的病毒定序結果上傳至 GIASID。

### 二、美國的 SARS-CoV-2 變異株監測系統

美國 CDC 使用多個系統收集 SARS-CoV-2 變異株的資料，敘述如下[14]：

- (1) 全國性 SARS-CoV-2 基因體監測系統：透過美國 CDC 的 SARS-CoV-2 變異株監測計畫(National SARS-CoV-2 Strain Surveillance, NS3)、商業實驗室、州或地方公共衛生實驗室及學術實驗室收集呼吸道 SARS-CoV-2 陽性檢體進行基因定序。其中 NS3 計畫是由美國 CDC 主導，自 2021 年 4 月開始進行迄今，各州參與計畫的實驗室於每週一檢送固定數量、隨機選取的 SARS-CoV-2 陽性檢體至美國 CDC，檢體數量依各州人口數訂定，總計每週約為 770 件的檢體。美國 CDC 於每週二收到檢體後進行基因定序，每週五於美國 CDC 網站公布定序結果。網站上的資料彙整了 NS3 計畫和前述多種實驗室的 SARS-CoV-2 基因定序結果，資料依檢體收集日呈現主要流行變異株的占比，使用者可依據地區及時間查詢資料，便可查看 SARS-CoV-2 變異株在特定時間、特定區域的流行狀況及變化趨勢。

- (2) 旅客 SARS-CoV-2 基因體監測計畫：監測對象為境外移入個案，目的為追蹤旅客是否將其他地區出現的新變異株帶入美國，也可彌補各國之間變異株監測的差距。此計畫在美國主要機場徵求國際航空旅客自願參加，因此數據不具代表性。基因定序的結果也是每週五公布於美國 CDC 網站，依檢體收集時間圖示 SARS-CoV-2 變異株的占比變化。
- (3) 全國性廢水監測計畫：不論 SARS-CoV-2 的感染者有無症狀，病毒皆可經由感染者的糞便進入廢水。故監測社區廢水中的 SARS-CoV-2 變異株，可以早期預警 COVID-19 的社區傳播。美國 CDC 與衛生部門、實驗室和汙水處理設施合作，收集自願參與的單位所報告的資料，每週五公布於美國 CDC 網站，使用者可依地區及時間查詢廢水中檢測出何種 SARS-CoV-2 變異株。

### 三、英國的 SARS-CoV-2 變異株監測系統

英國在 2020 年上半年發生了第一波 COVID-19 疫情，國民保健署(National Health Service, NHS) 和公共衛生機構常規基因定序的能力雖然有限，但在大學、研究機構等有領先世界的相關專業知識及能力。2020 年 3 月在劍橋大學 Sharon Peacock 教授的領導下，由 NHS 於 4 個地區（英格蘭、蘇格蘭、威爾斯和北愛爾蘭地區）的公共衛生機構、國立的維康桑格研究所(Wellcome Sanger Institute)及 16 個學術機構合作成立了 COG-UK 聯盟。COG-UK 聯盟獲得來自英國財政部、英國研究與創新(UK Research and Innovation)、維康桑格研究所及衛生和社會關懷測試創新基金(Department for Health and Social Care Testing Innovation Fund)共 3,220 萬英鎊（約臺幣 12 億元）的資助。COG-UK 聯盟為英國緊急情況科學諮詢小組的附屬機構，除了進行 SARS-CoV-2 基因定序和分析，提供訊息作為公共衛生政策、疫苗及療法設計的參考外，也經由數據鏈接(data lineage)建立資料庫及網站來分享資料，辦理「COG-Train」國際教育訓練計畫，提供全球 100 多個國家、數千名學習者免費的線上培訓課程。COG-UK 聯盟有超過 600 人加入，參加者來自學術界、公共衛生、臨床醫師和工業界，於 2023 年 3 月 31 日結束[15]。

COG-UK 聯盟每週的 SARS-CoV-2 基因定序數量大約為 8,000–10,000 件，依檢驗量及疫情狀況調整定序數量。檢體有兩大來源，其一是因身體不適至醫院就診的 COVID-19 病患，由醫院的診斷實驗室將 SARS-CoV-2 陽性檢體送至 COG-UK 聯盟中的區域實驗室進行基因定序；其二是英國燈塔實驗室(Lighthouse Lab)將來自非住院及長期護理機構中的病患之 SARS-CoV-2 陽性檢體送至維康桑格研究所進行基因定序。2021 年底常規基因定序的工作移交到各地區的公共衛生機構，COG-UK 聯盟重新關注及致力於研究、數據鏈接及培訓。因為大流行期間的病毒基因定序數量龐大，於是於 2014 年設立的微生物生物信息學雲基礎設施(Cloud Infrastructure for Microbial Bioinformatics, CLIMB)建立雲端資料庫 CLIMB-COVID-19，COG-UK 聯盟將基因定序結果、

去連結的電子病歷和疫苗接種紀錄等資料，經由數據鏈接儲存於 CLIMB-COVID-19，並開發許多分析工具以進行資料分析。成果分享在多個網站及資料庫包括 Lineages in Space and Time website、COG-UK Mutation Explorer (COG-UK-ME)、CoVal、Microreact、GISAID、ENA、Nextstrain 等，數據通常每天更新[15]。

#### 四、丹麥的 SARS-CoV-2 變異株監測系統

丹麥和英國的作法類似，在 2020 年 3 月成立了丹麥 COVID-19 基因體聯盟(Danish COVID-19 Genome Consortium, DCGC)，初始的成員包括國立的史坦頓血清研究所、Hvidovre 醫院、奧爾堡(Aalborg)大學及大學附設醫院，初始的資金來自 Poul Due Jensen 基金會的 400 萬丹麥克朗及政府部門的 500 萬丹麥克朗(合計約臺幣 4,000 萬元)。2020 年的夏季之後則用國家計畫、由史坦頓血清研究所直接資助。DCGC 的使命為協助公共衛生當局監測 SARS-CoV-2 的傳播[16-17]。

DCGC 成立後逐步擴大 SARS-CoV-2 基因定序的量能，在 2021 年的上半年 DCGC 的 SARS-CoV-2 基因定序數量大約為每週 5,000 件，2021 年 6 月之後由史坦頓血清研究所接手基因定序的工作。定序結果除了每週二、五公布於網頁，提供使用者依地區或變異株型別查詢資料外，也會上傳至 DCGC 建立的專門資料庫 Nextstrain[16]。丹麥還建立了 COVID-19 的專門網站[18] 公布 COVID-19 相關訊息及監測資料，包括 (1)每週二更新廢水的監測結果；(2)每週四更新本土病例的監測結果於「每週趨勢：COVID-19 和其他呼吸道感染」的文件中；(3)每月以會議記錄的形式公布風險評估小組針對 SARS-CoV-2 變異株的評估及建議。

#### 五、日本的 SARS-CoV-2 變異株監測系統

日本對本土病例、境外移入病例及廢水進行 SARS-CoV-2 變異株監測，參與單位包括國立感染症研究所、各地方衛生研究所、大學實驗室及兩家民間檢驗機構。SARS-CoV-2 基因定序數量大約為每週 2,700 件，其中 800 件由兩家民間檢驗機構負責（每家 400 件）。日本的 SARS-CoV-2 陽性檢體一般會先進行核酸單點變異點檢測，再決定是否進行全基因定序。各地方政府會用網頁圖表公布其轄區的變異株定序結果，國立感染症研究所則以文件方式在網站公布全國性的定序結果，境外移入病例的定序資料則以新聞稿發布，國立感染症研究所也會每月公布對 SARS-CoV-2 變異株的風險評估報告[19]。

#### 六、南韓的 SARS-CoV-2 變異株監測系統

南韓也是對本土病例、境外移入病例及廢水都有進行 SARS-CoV-2 變異株監測，參與的單位包括韓國疾病預防控制中心、18 個地方政府的衛生與環境研究所、4 家民間專門分析機構及國防部。SARS-CoV-2 基因定序數量大約為每週 1,500 件，檢測方法和日本相同，包括核酸單點變異點檢測及全基因定序。變異株定序結果每週更新於韓國疾病預防控制中心的網站。

特別的是疾病預防控制中心會培養及保存特定的 SARS-CoV-2 變異株，並在網站公開銷售，銷售所得用以疫苗和治療的研究[20]。

### 臺灣與各國 SARS-CoV-2 變異株監測系統的比較

臺灣和上述五國的比較列於表二，定序比率的計算為 SARS-CoV-2 變異株基因定序數除以 COVID-19 病例數，各國的定序比率介於 0.10%至 18.58%，其中英國和丹麥因有來自基金會及學術研究單位的大筆資金，國家實驗室和學術單位合作，所以定序比率超過 10%。各國執行的定序數量因實驗室量能及疫情狀況調整，實際執行的每週最大定序數量以仍英國及丹麥為多。相較於臺灣，其他國家政府公布的病毒基因定序資料來源除了國家實驗室外，還納入了來自非官方單位，如學術實驗室或商業實驗室的資料。資料更新頻率除了英國為每天外，臺灣及其他國家皆是每週更新。資料公布的方式在臺灣是每週以新聞稿公布於官方網站，未以網頁圖表公布，無法提供使用者查詢特定區域在特定時間的變異株流行狀況。其他國家則是在網站以圖表和文件呈現資料，部分國家可以依時間或區域查詢病毒基因定序資料。

表二、臺灣與各國 SARS-CoV-2 變異株監測系統比較

國家	開始監測時間	定序比率*	每週最大定序數量	執行基因定序的單位	資料更新頻率	資料公布方式
臺灣	2020/10	0.10% <sup>†</sup>	320	疾管署	每週	新聞稿 記者會
美國	2021/4 <sup>‡</sup>	4.56%	770 <sup>§</sup>	美國 CDC 地方公共衛生實驗室 學術實驗室 商業實驗室	每週	網頁圖表
英國	2020/3	12.01%	10,000	維康桑格研究所（國立） 地方公共衛生實驗室 學術實驗室 大學附設醫院	每天	專門網站 資料庫
丹麥	2020/3	18.58%	5,000	史坦頓血清研究所 （國立） 學術實驗室 大學附設醫院	每週	專門網站 資料庫 網頁圖表 文件
日本	2020/1	1.73%	2,700	國立感染症研究所 地方衛生研究所 學術實驗室 民間檢查機構	每週	網頁圖表 文件
韓國	2020/1	0.43%	1,500	疾病預防控制中心 地方衛生與環境研究所 國防部 民間專門分析機構	每週	網頁圖表

\*截至 2023 年 3 月 GISAID 的資料[9]

<sup>†</sup>截至 2022 年 12 月，臺灣疾管署資料

<sup>‡</sup>全國性監測計畫開始時間

<sup>§</sup>全國性監測計畫的定序量（由美國 CDC 執行基因定序）

## 討論

各國因為社經情況、公共衛生建設、醫療服務及實驗室能力的不同，對於 SARS-CoV-2 變異株監測存在相當的差異。分析從 2020 年 3 月至 2022 年 2 月，在 GISAID 分享 SARS-CoV-2 變異株定序結果的 189 個國家，關於基因定序的數量，有 78% 的高收入國家對 COVID-19 確診者進行病毒基因定序的比率超過 0.5%，但中低收入國家則只有 42% 可以達到上述水準。在基因定序的時效上，有 25% 的高收入國家在檢體收集後的 21 天內上傳定序結果至 GISAID，但只有 5% 的中低收入國家可以在 21 天內上傳結果[21]。COVID-19 大流行影響全球，變異株在某一地區出現後，可經由旅行者傳播至其他地區，對於中低收入的國家除了支持改善其基因定序的能力外，高收入國家對境外移入個案進行 SARS-CoV-2 變異株監測也有助於發現及了解在中低收入國家出現的新變異株。

基因定序除了需要設備及具有相關操作能力的實驗室人員，也必須有基礎設施如資訊系統、檢體的運輸系統等，先進國家原本已有完備的公共衛生建設及具有基因定序能力的實驗室，但 COVID-19 大流行期間，感染者於短時間內大量增加，超過政府機構能負擔的檢驗量能，可以發現多個國家是經由政府、商業和學術的實驗室共同合作來進行 SARS-CoV-2 變異株的監測。因為基因定序於多個實驗室進行，資料龐大且分析所需要的數據存在於不同資料庫，包括醫院病歷、疫苗接種紀錄、出入境紀錄等，資料必須進行交換整合，其中英國利用原本已發展的微生物生物信息學雲基礎設施，經由數據鏈接，建立了 COVID-19 的雲端資料庫，解決了資訊整合的問題，所以不同於大多數國家的資料是每週更新，英國的基因定序資料是每天更新，大大改善了監測系統的時效性。

在臺灣的 SARS-CoV-2 變異株監測系統，臺灣疾管署公布的病毒基因定序資料皆來自疾管署研檢中心，其他國家除了國家實驗室進行病毒基因定序外，或委託商業實驗室，或統合來自醫院、學術機構等實驗室資料，所以國家公布的定序資料數量超過國家實驗室進行的病毒基因定序數量。臺灣本土病例的病毒株每週定序數量的中位數為 48 株，參照 ECDC 的指引[13]，在臺灣需要 2 週的時間偵測出單一變異株在本土病例盛行率佔比從 1% 至 10% 的變化；而偵測盛行率 5% 的新變異株，依每個時間單位 SARS-CoV-2 陽性病例數多寡，需進行 185–292 個檢體之基因定序，所以在臺灣需要 4 週以上的時間偵測出盛行率 5% 的新變異株。考量 COVID-19 疫情中，臺灣的 SARS-CoV-2 主流病毒株流行趨勢晚於歐美等國，若國際出現新興且高傳染性、高致病力的變異株時，臺灣可提高病毒基因定序數量以縮短發現該變異株的時間及偵測盛行率佔比的變化。

病毒基因定序需要相當的技術、經費及時間進行，為提高 SARS-CoV-2 變異株基因定序資料的可近性和用途，定序資料若能公布於以圖表的呈現可以讓人容易了解病毒變異株的流行趨勢，例如臺灣呼吸道病毒監測資料便是以圖表公布於官方網站。考量進入 COVID-19 後疫情時代，應考慮將 SARS-CoV-2 變異株監測納入原有的呼吸道病毒監測系統，以定點模式進行，監測結果以圖表公布於網站，並增加查詢功能提供使用者依自身需求搜尋特定時段或地區的資料。



## 結論與建議

SARS-CoV-2 變異株監測系統提供政府單位變異株資料進行風險評估，進而採取相應的公共衛生政策。在後疫情時代，建議將 SARS-CoV-2 變異株監測納入常規的呼吸道病毒監測，因應國際 COVID-19 疫情狀況，在他國出現高傳染性、高致病力的變異株時提高病毒基因定序數量加強監測，並改善資料統整及公布方式，以達到病毒變異株監測的最大效能。

## 誌謝

衛生福利部疾病管制署檢驗及疫苗研製中心劉銘燦博士、慕蓉蓉博士、楊季融科長，疫情中心關于能技正，衛生福利部立桃園醫院病毒室林佳怡醫檢師。

## 參考文獻

1. Ravi V, Saxena S, Panda PS. Basic virology of SARS-CoV-2. *Indian J Med Microbiol* 2022; 40(2): 182–6.
2. Fernandes Q, Inchakalody VP, Merhi M, et al. Emerging COVID-19 variants and their impact on SARS-CoV-2 diagnosis, therapeutics and vaccines. *Ann Med* 2022; 54(1): 524–40.
3. WHO. Guidance for surveillance of SARS-CoV-2 variants: Interim guidance, 9 August 2021. Available at: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1361901/retrieve>.
4. Telenti A, Hodcroft EB, Robertson DL. The evolution and biology of SARS-CoV-2 Variants. *Cold Spring Harb Perspect Med* 2022; 12(5): a041390.
5. WHO. Tracking SARS-CoV-2 variants. Accessed March 18, 2023. Available at: <https://www.who.int/activities/tracking-SARS-CoV-2-variants>.
6. WHO. Updated working definitions and primary actions for SARSCoV2 variants. Accessed March 18, 2023. Available at: <https://www.who.int/publications/m/item/updated-working-definitions-and-primary-actions-for--sars-cov-2-variants>.
7. WHO. Guidance for surveillance of SARS-CoV-2 variants: Interim guidance, 9 August 2021. Accessed March 18, 2023. Available at: [https://www.who.int/publications/i/item/WHO\\_2019-nCoV\\_surveillance\\_variants](https://www.who.int/publications/i/item/WHO_2019-nCoV_surveillance_variants).
8. 楊季融，郭權益，林筠彤等：COVID-19 變異株之實驗室監測。《疫情報導》2022；38(15)：174–84。
9. GISAID. Submission tracker. Accessed March 18, 2023. Available at: <https://www.epicov.org/epi3/frontend#419bdd>.
10. WHO. Operational considerations to expedite genomic sequencing component of GISRS surveillance of SARS-CoV-2. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-genomic-sequencing-GISRS-2021.1>.

11. WHO. Genomic sequencing of SARS-CoV-2: a guide to implementation for maximum impact on public health, 8 January 2021. Geneva: World Health Organization; 2021. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/338480>.
12. WHO Regional Office for the Americas/Pan American Health Organization. Guidance for SARS-CoV-2 samples selection for genomic characterization and surveillance - PAHO/WHO | Pan American Health Organization. Available at: <https://www.paho.org/en/documents/guidance-sars-cov-2-samples-selection-genomic-characterization-and-surveillance>.
13. ECDC. Guidance for representative and targeted genomic SARS-CoV-2 monitoring. Eur Cent Dis Prev Control. Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/guidance-representative-and-targeted-genomic-sars-cov-2-monitoring>.
14. U.S. CDC. COVID data tracker. Accessed March 22, 2023. Available at: <https://covid.cdc.gov/covid-data-tracker>.
15. COVID-19 Genomics UK Consortium. COVID-19 Genomics UK Consortium | UK-Wide genomic sequencing. Accessed March 22, 2023. Available at: <https://www.cogconsortium.uk/>.
16. Danish Covid-19 Genome Consortium. Accessed March 23, 2023. Available at: <https://www.covid19genomics.dk/home>.
17. Albersten Lab. Projects – Albertsen Lab. Accessed March 23, 2023. Available at: <https://albertsenlab.org/projects/>.
18. Statens Serum Institut. Danish COVID-19 website. Accessed March 23, 2023. Available at: <https://covid19.ssi.dk/>.
19. 国立感染症研究所：新型コロナウイルス（COVID-19）関連情報ページ。取自：<https://www.niid.go.jp/niid/ja/diseases/ka/corona-virus/covid-19.html>。
20. 韓國疾病預防控制中心：COVID-19。取自：<http://www.kdca.go.kr>。
21. Brito AF, Semenova E, Dudas G, et al. Global disparities in SARS-CoV-2 genomic surveillance. *Nat Commun* 2022; 13(1): 7003.

## Comparison of Genomic Surveillance for SARS-CoV-2 Variants in Taiwan and Other Countries

Pei-Jiuan Chao<sup>1\*</sup>, Chia-ping Su<sup>2</sup>, Wan-Chin Chen<sup>3</sup>

### Abstract

Sequence analysis of SARS-CoV-2 variants is helpful to understand the characteristics and evolution of the virus. World Health Organization recommended that countries regularly monitor SARS-CoV-2 variants and take corresponding public health actions based on the prevailing variants. Taiwan and many countries began genomic surveillance for SARS-CoV-2 variants during the early COVID-19 pandemic. In this article, we reviewed the relevant guidelines from international public health organizations on variant monitoring, and compared the genomic surveillance systems of Taiwan with those of the United States, the United Kingdom, Denmark, Japan, and South Korea. Unlike Taiwan, the aforementioned countries adopted a collaborative approach involving government, academia, and industry for variant monitoring. Due to cross-agency collaboration, large amounts of data were stored in different databases, and surveillance systems were needed to integrate relevant resources and information. Genomic sequencing data was published in graphical form on websites, and some countries provided options to query by time or region. In the post-COVID-19 pandemic era, we recommend incorporating SARS-CoV-2 variant monitoring into routine respiratory virus surveillance, strengthening monitoring in response to international epidemic situations, and improving data assessment to achieve maximum efficiency in variant monitoring.

**Key words:** SARS-CoV-2, COVID-19, Public Health Surveillance, Sequence Analysis

## 2020–2022 年臺北國際商港處理搭載 COVID-19 確診船員之船舶檢疫紀實

楊振煌\*、徐麗淑、莊珮君、董曉萍、劉士豪

### 摘要

面對 COVID-19 疫情，我國啟動邊境管制措施如禁止郵輪靠泊、暫停小三通客運等，全力降低疫情威脅。考量經濟需求，商船仍穿梭各國港口進行貨物載運，致國際間發生多起商船船員感染 COVID-19 事件。臺北港為我國北臺灣重要貨運港口，2020 年底至 2022 年初發生 3 起商船搭載 COVID-19 確診船員事件，有賴航商配合我國檢疫規定確實通報權責單位，臺北港工作人員亦依照相關防疫政策及原則，佩戴防護裝備及落實穿脫程序，有效阻斷傳播保全防疫成果。

2022 年 3 月嚴重特殊傳染性肺炎中央流行疫情指揮中心，因應疫情變化訂定「船舶搭載 COVID-19 陽性個案應處原則」，提供明確指引提升整體檢疫效能。未來仍可能出現新興傳染病疫情，建議各相關主管機關參照 COVID-19 疫情經驗，先行擬定適切應處指引，得使港口兼顧防疫與產業運作。

**關鍵字：**臺北港、商船、COVID-19

### 事件緣起

面對 COVID-19 疫情，我國於 2020 年 1 月 20 日成立嚴重特殊傳染性肺炎中央流行疫情指揮中心（下稱指揮中心）並即時啟動邊境檢疫管制措施，全力降低疫情威脅[1]。惟考量經濟需求，疫情期間商船仍穿梭各國港口進行貨運裝卸作業，致國際間曾發生商船船員感染 COVID-19 事件。

為利靠泊我國之船舶落實防疫措施，2020 年 5 月 4 日指揮中心制定「因應 COVID-19 疫情之船舶靠泊防疫措施與船員健康監測指引」（下稱監測指引）[2]，提供船舶業者執行各項防、檢疫措施。另，交通部航港局（下稱航港局）2020 年 8 月 19 日訂定「本國籍船舶檢疫措施計畫書」（2021 年 11 月 2 日修正為「航港局船舶檢疫措施計畫書」），針對本國籍商船、本國籍船舶運送業所屬外國籍船舶等，制訂風險分類、轉換檢疫機制等管理方式。

臺北港為我國北臺灣重要貨運港口[3]，本文整理衛生福利部疾病管制署（下稱疾管署）臺北區管制中心於 2020 年 12 月至 2022 年 1 月間執行 3 起商船搭載 COVID-19 確診船員事件之檢疫作為及建議，供其他港埠參考。

衛生福利部疾病管制署臺北區管制中心

通訊作者：楊振煌\*

E-mail : ychenh@cdc.gov.tw

投稿日期：2023 年 06 月 12 日

接受日期：2024 年 01 月 09 日

DOI : 10.6524/EB.202408\_40(16).0002

## 疫情描述

### 一、CS 輪

- (一) 船種、船籍：全貨櫃、英國。
- (二) 上一港：日本博多。
- (三) 船員數：19。
- (四) 通報日：2020 年 12 月 15 日。
- (五) 事件類別：進港前 30 日內，曾搭載 COVID-19 確診個案。
- (六) 事件摘述：
  1. 2020 年 12 月 6 日靠泊中國南沙港(21 名船員)，依規定登船未滿 14 天之 7 名船員，進港時接受 COVID-19 病毒核酸(下稱 PCR) 檢測，其中 2 名船員確診。南沙港請確診船員離船就醫及執行船艙第 1 次清消。
  2. 12 月 7 日南沙港針對餘 19 名船員進行 PCR 檢測，結果均陰性，船艙第 2 次清消後，允許駛往下一港(蛇口港)。
  3. 12 月 10 日靠泊蛇口港並進行船員 PCR 檢測且結果均陰性，完成船艙第 3 次清消後，駛往日本靠泊大阪、神戶、門司等港。
  4. 12 月 15 日該船通報航港局並申請於 12 月 19 日靠泊臺北港。
- (七) 接觸者檢查結果：

該船 12 月 28 日進港，船上 19 名船員當日進行 PCR 檢測，隔日檢測結果全員陰性，該船解除管制可進行裝卸貨作業。

### 二、TL 輪

- (一) 船種、船籍：散雜貨、巴拿馬。
- (二) 上一港：菲律賓蘇比克。
- (三) 船員數：19。
- (四) 通報日：2021 年 4 月 23 日。
- (五) 事件類別：船員有 COVID-19 症狀，進港後送就醫採檢確診。
- (六) 事件摘述：
  1. 2021 年 4 月 23 日該船通報 2 名船員，自前一日起陸續出現發燒、肌肉痛、疲勞等症狀並隔離於艙房內，4 月 24 日將靠泊臺北港。疾管署依港埠檢疫規則於船舶進港後執行登船檢疫[4]，經評估將該等船員後送就醫。
  2. 4 月 25 日另有 2 名船員通報身體不適，疾管署評估將 1 名具發燒症狀船員後送就醫，無症狀船員隔離於艙房觀察。
  3. 4 月 25、26 日疾管署接獲醫院通知，上述 3 名船員 PCR 結果均陽性。
- (七) 接觸者檢查結果：

4 月 26 日船上 16 名船員 PCR 檢測結果有 2 名陽性，立即安排後送就醫。本事件共 5 名船員陽性，侵襲率 26.3% (5/19)。

### 三、CH 輪

- (一) 船種、船籍：全貨櫃、新加坡。
- (二) 上一港：日本大阪。
- (三) 船員數：22。
- (四) 通報日：2022 年 1 月 27 日。
- (五) 事件類別：船員配合入境檢疫措施，入境 PCR 檢驗確診。
- (六) 事件摘述：
  1. 2022 年 1 月 27 日靠泊臺北港，且有 2 名本國籍無症狀船員入境，配合當時檢疫政策[5]，入境日由疾管署檢疫人員後送至醫院執行 PCR 採檢，檢驗結果其中 1 人陽性。
  2. 疾管署依規定執行登船檢疫，經查確診船員之室友曾有咳嗽、喉嚨癢症狀，即啟動後送採檢，檢測結果為陰性。
- (七) 接觸者檢驗結果：
 

除 1 月 27 日 2 名入境船員檢測出 1 名陽性外，20 名船員 1 月 30 日 (D0)PCR 檢測結果有 1 名陽性（前述後送採檢陰性船員陽轉），立即後送就醫；餘 19 名船員全船隔離期間之 PCR 及家用快篩結果皆陰性。2 月 13 日船舶清消後解除管制作業。本事件共 2 名船員陽性，侵襲率 9.1% (2/22)。

表一、臺北港 2020 至 2022 年 3 艘搭載 COVID-19 確診船員之商船檢疫結果

	CS 輪	TL 輪	CH 輪
通報日	2020/12/15	2021/4/23	2022/1/27
提報防疫計畫書	是	無	是
防疫計畫書核定日	2020/12/24	無	2022/1/29
靠泊臺北港日（檢疫日）	2020/12/28	2021/4/24	2022/1/27
檢疫作為	登船檢疫 登船採檢	登船檢疫 碼頭採檢	登船檢疫 全船隔離 14 天 碼頭採檢
檢驗模式	PCR	PCR	PCR 快篩
船員數	19	19	22
有症狀人數	0	3	1
陽性人數	0	5	2
後送就醫人數	0	5	1
侵襲率(%)	0	26.3	9.1
離港日	2020/12/29	2021/4/29	2022/2/13

### 相關單位之防治作為

#### 一、CS 輪

- (一) 當時我國尚無商船船員確診通案應處原則，故建議航港局參照該局南部航務中心 2020 年 7 月高雄港類似案件，建立「凡曾搭載過確診 COVID-19 船員之船舶，申請進港須檢附 14 天全船檢疫後二次 PCR 檢測陰性報告及全船清消證明；如無法出具，航商須提出進港計畫書陳報指揮中心」之審核機制。

- (二) 航港局及臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司（下稱港務公司）12 月 16 日邀集 CIQS 等相關單位，召開應處會議，航商表示無法出具上開兩項文件，爰決議請其提報進港計畫書，以陳報指揮中心核定據以辦理。
- (三) 指揮中心 12 月 24 日核定計畫書，12 月 28 日船方安排醫護人員於甲板進行 PCR 採檢及船舶清消，疾管署於清消後執行登船檢疫，審閱船舶醫療日誌、船員健康狀況聲明表等文件及船員訪談，均無發現異常現象。

## 二、TL 輪

- (一) 疾管署 2021 年 4 月 25 日傍晚立即通報航港局、港務公司啟動應處會議，經請示指揮官：「船上 16 名船員安排 PCR 檢測。陽性者送醫治療，陰性者待船舶消毒後返回船上，並可駛下一港」。
- (二) 4 月 26 日規劃採檢動線，船員下船至臺北港新旅客中心 1 樓進行 PCR 採檢及等待檢驗結果。另由航商安排環境衛生防治業者執行船舶清消。
- (三) 4 月 29 日該輪取得船旗國豁免並經航港局同意解除管制後離港。疾管署依世界衛生組織(World Health Organization, WHO)規範透過國際衛生條例(International Health Regulations, IHR)之 National Focal Point 通報下一港日本神戶港[6]。

## 三、CH 輪

- (一) 2022 年 1 月 27 日疾管署通報航港局，要求該船停止裝卸貨、管制離港，並由該局邀集各單位進行討論後，決議參照 CS 輪請航商提報防疫計畫書並陳報指揮中心核定後辦理。
- (二) 1 月 28 日逢指揮中心召開會議討論「有疑似確診個案之船舶，其確診個案以及接觸者之處置原則」，故本案依決議由航港局審核防疫計畫書並於 1 月 29 日核定，船舶執行全船隔離，船員於 D0（1 月 30 日）、D4 進行 PCR 檢測，於 D3、D7、D10 執行家用快篩。

## 建議與討論

自 COVID-19 疫情發生我國啟動邊境管制，包含 2020 年 2 月 6 日禁止郵輪靠泊、2 月 10 日暫停小三通客運等。針對商船則執行船舶審查檢疫，船舶進港提交「防範嚴重特殊傳染性肺炎船員健康狀況聲明書」，如抵港前 30 天內船上有傳染病病人或 14 天內船員有疑似 COVID-19 症狀，船方應通報港埠相關單位以評估風險及後續處置作為。本篇事件之船舶業者、港埠工作人員皆配合「國際及小三通港埠各駐站單位防疫建議原則」及「國際及小三通港埠第一線檢疫人員防護裝備暨執勤健康管理原則」[7, 8]等措施，且依循 IHR 精神完成通報聯繫，得以確保港埠及人員安全。

疫情初期，國際有採全船 1 人 1 室隔離由船方管理及由各機關組成團隊進行訪談、採檢等商船處置案例[9, 10]。本篇事件發生時，我國尚無通案處理原則，故採專案辦理：CS 輪於進港前先行召開會議研商，採提報防疫計畫書陳報指揮中心

核定等流程較為耗時；TL 輪係考量其船員染疫風險，故立即陳報指揮官並依指示執行檢疫作為；至 CH 輪則依指揮中心專案會議討論決議，由船舶主管機關審核防疫計畫書，得縮短行政作業時間。

2022 年 3 月 15 日指揮中心因應疫情及產業需求提出監測指引修正版[2]，新增「船舶搭載 COVID-19 陽性個案應處原則」，訂定單位權責（含費用歸屬）、全船檢疫、採檢、確診者／接觸者隔離、無接觸貨物裝卸等應處程序；檢疫人員及航商爰有依據，大幅提升船舶檢疫處置效能，尤其明定採檢程序可顯著提升疫情釐清與溝通效率。

未來全球仍可能因新病毒侵襲發生新的公共衛生緊急事件(Public Health Emergency of International Concern, PHEIC)[11]，而商船仍可能無法像郵輪、客機可立即停航阻斷感染風險。面對未來挑戰，參考 COVID-19 經驗，建議港埠工作人員務必遵守相關政策及防護原則，避免感染風險；主管機關可儘快擬定包含陽性個案應處之指引，俾利航商及港埠單位得以依循，讓我國港口在確保國內防疫安全前提下，得以兼顧提供產業的運作與服務。

## 誌謝

感謝交通部航港局、臺灣港務股份有限公司基隆港務分公司與臺北港相關第一線工作人員，包含：內政部消防署基隆港務消防隊臺北港分隊、內政部移民署國境事務大隊基隆港國境事務隊臺北港分隊、內政部警政署基隆港務警察總隊臺北中隊等 CIQS 同仁的合作聯防及採檢醫護、後送合約醫院、衛生局等協助，共同守護邊境安全。感謝嚴重特殊傳染性肺炎中央流行疫情指揮中心指揮官與衛生福利部疾病管制署長官的指揮與指導。

## 參考文獻

1. 林侑璇、黃若筠、游凱迪等：臺灣 COVID-19 邊境檢疫措施與成果。疫情報導 2020；36(15)：225–33。
2. 衛生福利部疾病管制署：「因應嚴重特殊傳染性肺炎(COVID-19)疫情之船舶靠泊防疫措施與船員健康監測指引」。取自：<https://www.cdc.gov.tw/Uploads/7a47c036-6c29-474d-a9d3-a19bd1ceef5d.pdf>。
3. 天下雜誌：智慧轉型、客貨雙軸，未來基隆港的新風貌。取自：<https://reurl.cc/eXGkxK>。
4. 全國法規資料庫：港埠檢疫規則第 13 條。取自：<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawSingle.aspx?pcode=L0050002&flno=13>。
5. 衛生福利部疾病管制署：入境及居家檢疫。取自：[https://www.cdc.gov.tw/Category/MPage/n1zhXm4d4jIx2Y\\_k4ImsbA](https://www.cdc.gov.tw/Category/MPage/n1zhXm4d4jIx2Y_k4ImsbA)。
6. WHO. International Health Regulations (2005) Third Edition. Available at：<https://reurl.cc/V80W3R>.



7. 衛生福利部疾病管制署：「國際及小三通港埠各駐站單位防疫建議原則」。取自：<https://www.cdc.gov.tw/Uploads/b6091d2c-2c7b-48fc-bd4d-c3cd93bb4a8e.pdf>。
8. 衛生福利部疾病管制署：「疾病管制署國際及小三通港埠第一線檢疫人員防護裝備暨執勤健康管理原則」。取自：<https://www.cdc.gov.tw/File/Get/fIQ5o1KVh4hl0KQ7RZetGg>。
9. Fanoy E, Ummels AE, Schokkenbroek V, et al. Outbreak of COVID-19 on an industrial ship. *Int Marit Health* 2021; 72(2): 87–92.
10. Fernandes EG, Santos JDS, Sato HK. Outbreak investigation in cargo ship in times of COVID-19 crisis, Port of Santos, Brazil. *Rev Saude Publica* 2020; 54: 34.
11. WHO：What is a public health emergency of international concern? Available at：<https://reurl.cc/o0Vz05>。

# Quarantine Measures on Merchant Ships with Confirmed COVID-19 Crew Members at Taipei International Port, 2020 to 2022

Chen-Huang Yang\*, Li-Shu Hsu, Pei-Chun Chuang,  
Hsiao-Ping Tung, Shih-hao Liu

## Abstract

In response to the COVID-19 pandemic, Taiwan implemented border control measures, including a ban on cruise ships and suspension of cross-strait ferry services, to reduce the threat of the virus. However, merchant ships continued to operate to meet economic demands, resulting in several COVID-19 outbreaks on ships internationally. Taipei Port is an important cargo port in northern Taiwan and experienced three incidents of merchant ships carrying COVID-19 positive crew members from late 2020 to early 2022. The cooperation of ship operators in adhering to Taiwan's quarantine regulations to report incidents promptly was critical to ensuring the safety of port workers. Additionally, using personal protective equipment and applying correct donning and doffing procedures according to relevant guidelines effectively prevented the spread of the virus. In March 2022, the Central Epidemic Command Center formulated the "Principles for Dealing with COVID-19 Positive Cases on Board Ships" to provide clear disposal guidelines and enhance overall quarantine efficiency. In light of future epidemics, it is recommended that competent authorities should learn from the COVID-19 pandemic experience and promptly formulate appropriate responses to ensure that ports can balance epidemic prevention and efficient industry operation.

**Keywords:** Taipei Port, merchant ship, COVID-19

國內外重點傳染病疫情資訊，請參考下方連結：

1. [疫情監測速訊](#)
2. [傳染病統計資料查詢系統](#)
3. [流感速訊](#)
4. [腸病毒疫情週報](#)
5. 國際疫情：[國際重要疫情](#)、[國際旅遊疫情建議等級表](#)

創刊日期：1984 年 12 月 15 日

出版機關：衛生福利部疾病管制署

地 址：臺北市中正區林森南路 6 號

電 話：(02) 2395-9825

文獻引用：[Author].[Article title].Taiwan Epidemiol Bull 2024;40:[inclusive page numbers].[DOI]

發行人：莊人祥

總編輯：林詠青

執行編輯：陳學儒、李欣倫

網 址：<https://www.cdc.gov.tw>

The Taiwan Epidemiology Bulletin series of publications is published by Centers for Disease Control, Ministry of Health and Welfare, Taiwan (R.O.C.) since Dec. 15, 1984.

**Publisher:** Jen-Hsiang Chuang

**Editor-in-Chief:** Yung-Ching Lin

**Executive Editor:** Hsueh-Ju Chen, Hsin-Lun Lee

**Address:** No.6, Linsen S. Rd, Jhongjheng District, Taipei City 10050, Taiwan (R.O.C.)

**Telephone No:** +886-2-2395-9825

**Website:** <https://www.cdc.gov.tw/En>

**Suggested Citation:**

[Author].[Article title].Taiwan Epidemiol Bull 2024;40:[inclusive page numbers]. [DOI]