



2021年4月21日，美加州陸軍國民兵第140化學連化生放核專家，穿戴第四級任務導向個人防護裝具(Mission-Oriented Protective Posture 4, MOPP 4)。

(Source: US Army Reserve/Darrianne Hudson)

● 作者/Gigi Kwik Gronvall and Aurelia Attal-Juncqua

● 譯者/徐祁立

● 審者/黃坤銘

評估俄羅斯生物研發進程

Assessing the Trajectory of Biological Research and Development in the Russian Federation

取材/2023年第一季聯合部隊季刊(*Joint Force Quarterly*, 1st Quarter/2023)

俄羅斯生物武器研究源於1928年，雖然1972年《禁止生物武器公約》問世後，生物武器就在國際上淪為非法武器，但迄今仍為俄羅斯軍事事務發展之一環。本研究邀集12位專家學者，運用德菲法凝聚共識，一窺俄羅斯目前生物武器研發現況。

—— 十世紀，生物戰研究與發展是克里姆林宮—— 軍事態勢的一環。俄羅斯攻勢生物武器研究可追溯到1928年，1972年制訂《禁止生物武器公約》(Biological Weapons Convention, BWC)後，生物武器變成非法武器，蘇聯及其解體後的俄羅斯仍持續擴大發展。蘇聯祕密「生物製劑專案」(Biopreparat Program)旨在將炭疽桿菌(*Bacillus Anthracis*)等危險病原體武器化，而除了實驗室內的炭疽病原體與天花病毒外，其餘病毒均已消失殆盡。「生物製劑專案」在巔峰時期擁有上百間實驗室，僱用數萬名科學家與工程師。¹ 1992年，俄羅斯時任總統葉爾欽(Boris Yeltsin)承認蘇聯時代非法生化武器依然存在，但在1999年，時任代理總統蒲亭否認前任總統說法，堅稱毫無相關計畫。自此至今，俄羅斯立場從未改變。² 生物安全專家擔憂這些非法活動根本從未停止。³

2020年8月，美國商務部將俄羅斯三所據稱與攻勢生物武器計畫相關的機構，列入「個人或組織從事『違反美國國家安全或外交政策利益』實體名單」。⁴ 同年稍晚，美國政府在歐盟防止擴散與裁減軍備聯盟(Non-Proliferation and Disarmament Consortium)年會公開指控，俄羅斯攻勢生物計畫確實存在。⁵ 大約同時，俄羅斯在聯合國大會第一委員會(裁軍暨國際安全)會議上提出爭議性提案，要求聯合國秘書長啟動疑似使用生化武器調查前，須經聯合國安理會表決通過。

美方表示，這項提議饒富政治動機與目的，企圖削弱聯合國秘書長機制(UN Secretary General Mechanism, UNSGM)，將相關調查「明目張膽與政治角力掛勾，使其陷入僵局」，⁶ 最後遭到成員

國壓倒性否決。後於2021年4月，美國國務院正式報告指出：「經美方評估，俄羅斯聯邦持續推動攻勢生物武器計畫，違反《禁止生物武器公約》第一條與第二條規範。」⁷ 2022年3月，俄羅斯入侵烏克蘭後，美國國務院與白宮更加直言不諱點名俄羅斯生化武器計畫。白宮公開表達，俄羅斯可能嘗試「在烏克蘭使用生化武器，或採取假旗行動(False Flag Operation)粉飾生化武器足跡」。⁸

這些事件並不是美俄雙方軍備控制關係惡化的唯一案例。2018至2020年，俄羅斯使用自製神經毒劑諾維喬克(Novichok)預謀殺害政治對手的案例也可說明上述情況。⁹ 2020年12月，一位新聞記者調查發現，俄羅斯聯邦安全局下轄的專業毒物與神經毒劑小組，涉嫌參與同年毒害政治對手納瓦尼(Alexey Navalny)事件。¹⁰ 這些活動表明，俄羅斯蔑視生化武器相關國際準則，並指出俄羅斯有意使用非傳統武器。2021年3月，美國與歐盟同聲譴責毒害與監禁納瓦尼等行為，對相關俄羅斯人實施針對性制裁，並點名疑似作為生化武器研究中心的科學機構。¹¹

在這種詭譎環境下，務必瞭解當前俄羅斯在生物研究與生物技術開發領域內進行哪些合法投資，方可精確評估俄羅斯生化武器計畫。為了使讀者瞭解全貌，我們進行兩輪德菲研究，邀集專家提供對於俄羅斯先進生物技術研究工作現狀的看法，其中包括合成生物學(Synthetic Biology)與高風險病原(High-Consequence Pathogen)研究，以及此類研究對生物安全之衝擊。德菲法可凝聚共識，透過蒐集、組合及分析全體專家意見，避免集體盲思或忽略專家意見。本案共邀集12



2017年3月26日，莫斯科當局在特維爾大街(Tverkaya Street)上拘提反對派領袖納瓦尼。(Source: Evgeny Feldman)

名專家學者，參與者對特定領域具備專業知識與尖端思維，包括生物科學、國家安全、政治學、外交政策、國際事務、經濟、歷史，以及具備俄羅斯生物武器計畫的科學知識與相關經驗。參與者回答一系列問題後，就能夠看到同儕的匿名回答。然後，必須再次回答同樣問題，且可修正初次回復內容。這項

研究的參與者必須重複兩次問答流程。由於部分人員不希望公開身分，因此最終決議，研究結束不公開參與者個人資料。

該研究也將美國、中共及印度納入分析，以廣泛瞭解全球先進生物學研究概況。前述國家挹注資金，協助開發國內生物技術基礎設施。將各國發展狀況交叉比對後，可以更加瞭

解美俄在該領域的領先情況與未來前景，並確定全球科學家未來關注面向，藉此提高互信、減少猜忌。¹²

重要發現與研討要點

憂心俄羅斯生物安全與雙重用途生物安全研究管理。俄羅斯生物學與生物技術研發必須從更大面向來進行分析，其涉

及過往數十年攻勢生化武器計畫，可向前追溯到1928年。祕密生物製劑專案在1970年代蓬勃發展，善於在生物戰中運用病原體。¹³ 例如，《蘇聯生物武器專案》(*The Soviet Biological Weapons Program*，暫譯)一書作者估計，國家病毒學與生物技術研究中心(亦稱VECTOR研究所)在蘇聯解體前，可能擁有大量生產天花病毒與炭疽桿菌的能力。¹⁴

儘管俄羅斯總統蒲亭矢口否認，辯稱國內並無任何當代攻勢生物武器專案，但參與本研究之專家強調，俄羅斯軍事實驗室至今仍未開放國際檢查。此外，最近俄羅斯各項所作所為，顯示其欲削弱國際生化武器管控規範，實在令人憂心。2019年，美國表示俄羅斯支持敘利亞阿塞德政權，同意其以化學武器攻擊平民，並且俄羅斯刻意破壞了由禁用化學武器組織(Organization for the Prohibition of Chemical Weapons)主導的歸因調查。¹⁵ 據稱，俄羅斯政府分別於2018年及2020年，使用化學神經毒劑諾維喬克暗殺叛逃者斯克里帕爾

(Sergei Skripal)與政治對手納瓦尼。

多年來，俄羅斯政府散布假訊息，試圖削弱國際生化武器擴散與使用規範公信力。雖然，這種宣傳手法是冷戰時期產物，但俄羅斯假訊息生態系統在1990年代死灰復燃，並在過去幾年蓬勃發展。¹⁶ 2010年，俄羅斯不分青紅皂白，指控五角大廈在其與喬治亞共和國邊界建設多座生物武器研究實驗室。2020年，俄羅斯、伊朗及中共沆瀣一氣，共同散布新型冠狀病毒(SARS-CoV-2)起源的陰謀論，暗示該病毒為美國蓄意施放之生物武器。¹⁷ 2022年3月，俄羅斯入侵烏克蘭後，著手散布假消息，宣稱美國在烏克蘭境內設置生物武器實驗室。¹⁸ 這些不實指控不僅導致各國互相猜忌，還間接煽動其他國家違反現行生物武器裁軍規範，削弱國際制度約束力。¹⁹

參與此研究的專家一致認為，近年俄羅斯各項舉措，顯示其愈來愈傾向使用非傳統武器。此外，研究參與者指出，持續關注生物安全各項實務，提升生物安全意識，就是為了防止

俄羅斯意外流出或故意濫用病原體。參與者也對俄羅斯關切的雙重用途研究(Dual-Use Research of Concern, DURC)專案之管理與監督表示高度關切。

雙重用途研究被定義為生命科學研究，可以合理預期產出的知識、資訊、產品或技術可能被直接誤用，對公共健康與安全、農作物與其他植物、動物、環境、物質或國家安全造成重大威脅。²⁰

專家指出，俄羅斯現行生物科技發展相關法律與監管框架、條約履行或其他機制，不足以確保雙重用途研究不會遭到濫用。一位參與者表示：

「顯然，我對俄羅斯國防部與蒲亭政府是否會遵守相關國際條約(如《禁止生物武器公約》)存疑。俄羅斯內部監管機制，就它們當前現況，我不認為能夠有效制約俄羅斯政府。如果俄羅斯政府再次違反《禁止生物武器公約》，前述監管機制就會像當年的《禁止生物武器公約》一樣，在1972



2022年11月30日，北大西洋公約組織成員國外長在羅馬尼亞布加勒斯特(Bucharest)集會，共同擬定針對俄羅斯散布假訊息的因應之道。(Source: 達志/Reuters)

至1992年間，對蘇聯攻勢生物武器計畫束手無策」。

此外，蘇聯過往行徑、現有生物武器發展基礎設施及研究不夠公開透明最令人擔憂。一位專家指出：「俄羅斯科學家教育程度高，因此發展任何惡意專案純屬政治與資金問題。」

德菲研究還詢問參與者，對於過去蒲亭生化武器相關言論之看法。2012年，蒲亭列舉任內施政要點時提到「基於新物理原理發展武器：輻射、地球物理(Geophysical)、波動、遺傳、心理物理等」。²¹ 這種遺傳武器發展顯然違反《禁止生物武器公約》，而蒲亭再次重申此論點更是表明其蔑視國際規範。五年後，蒲亭談到產製基因改造

超人類戰士，「這將比核彈還要可怕」。²² 這些言論與辯解可能繼續削弱國際上禁止生物武器開發的三令五申。儘管許多專家認為蒲亭言論僅具宣傳效果，並非如實反應當前研究進展，但仍憂心其言論恐左右俄羅斯生物科學未來研究方向。專家一致認為，政府可能挹注資金與研究能量在前述領域，包裝成一場如假包換的混合戰：「很難區分俄羅斯宣傳內容與真正目標。蒲亭的言論必定會鼓動少數軍事科學家。此外，蒲亭經常誇大其辭，卻不瞭解創造『超級戰士』所面臨的重重阻礙。」

沒有任何參與者瞭解俄羅斯各項研究的實際情況，但大多數人指出，即便有這種研究，也會在軍事機構祕密進行且列為國家機密。由於上述

研究極其複雜且具高度不確定性，專家對於是否持續關注前述研究意見不一。一位專家表示：「投入資金與人力後，未必能成功開發所望武器。」

專家也擔憂俄羅斯人類生殖細胞編輯(Human Germline Editing)方面研究進展，這是全球科學界建議禁止研發領域。²³ 2019年，俄羅斯國立醫科大學(Pirogov Russian National Research Medical University)遺傳學家雷布利科夫(Denis Rebrikov)宣布，試圖使用「規律間隔重複短回文序列簇」(Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats, CRISPR)對人類胚胎進行基因編輯，最終目標是透過基因編輯，讓聾嬰恢復聽覺。²⁴ 這是繼2018年中國大陸科學家賀建奎宣布首例編輯基因嬰兒爭議後的另一項爭議性聲明。²⁵ 目前，多數情況下，俄羅斯法律禁止使用基因工程技術；多數專家認為，這項研究可能會祕密進行，並且「只有在事成之後才會公開宣傳，以避免中國大陸基因編輯嬰兒事件重演，遭受國際抨擊」。值得注意的是，科學界的共識是，在全球訂定國際

倫理與安全框架(包含研究執行條件)前，應禁止此類實驗。

目前俄羅斯生物技術與生物研發進展。大多數參與研究的專家認為，俄羅斯目前生物技術與生物研究水準「先進」、「較具創新」及「在某種程度上資金充足」(中國大陸與美國同一領域研究水準，則「非常先進」與「資金充足」)，並且可能在未來五年內保持當前發展速度與投注相當資金。重要的是，一些專家指出，雖然與中國大陸及美國相比，俄羅斯可能整體上較為落後，但在健康安全等特定領域(如生物藥品、疫苗研發及基因編輯方面)可能名列前茅。大多數參與者一致認為，相較於美國與中國大陸，雖然俄羅斯目前生命科學研究尚未達頂尖水準，在生物技術能力與相關投資方面也有所差距，但俄羅斯未來發展在很大程度上，與蒲亭在生命科學上投注的資金，以及其施政優先息息相關。這些專家意見也與過往評估俄羅斯聯邦生命科學現況的研究結果不謀而合。²⁶

近年來，蒲亭持續表態，強化國內生物科技，提高相關預算。

2012年，俄羅斯政府推出「BIO-2020戰略」，斥資1,800萬美元，聚焦發展生物製藥、生物醫學及生物科技等八個主要領域。雖然金額不多，但作為後蘇聯時代的首次相關領域投資，別具代表意義。²⁷ 此外，2018年，俄羅斯基因科技發展聯邦研究專案(Russia's Federal Research Programme for Genetic Technologies Development)公布2019至2027年戰略，支持制定全面計畫，加速發展基因科技。²⁸ 2020年3月，俄羅斯總理米舒斯京(Mikhail Mishustin)簽署一項協議，成立政府研究中心，旨在成為基因科技與基因編輯領域的研發基地。²⁹ 目前尚不清楚俄羅斯政府是否支持這些戰略，以及是否會祕密進行其他機密工作與相關研究。

儘管俄羅斯近期大動作進軍相關領域研究，但研究參與者認為，新冠疫情引發的經濟危機(本研究是在2022年2月俄羅斯入侵烏克蘭前開始執行，也就是各國對俄經濟制裁生效前)可能會限縮俄羅斯未來生物技術研發預算。實際上，專家表示，即便俄羅斯會繼續投資



2020年12月24日，俄羅斯首批衛星五號疫苗運抵阿根廷。(Source: Esteban Collazo)

生命科學，但政府是否會「優先加速投資生物科技，而罔顧經濟下滑引發的其他迫切社會需求」，迄今尚不確定。新冠疫情籠罩兩年多，俄羅斯生物研發進展仍有待確定；然而，俄羅斯政府選擇將投資重點轉向快速開發新冠疫苗。

2020年8月，俄羅斯是世界上第一個批准新冠疫苗的國家，衛星五號(Sputnik V)疫苗很顯然是致敬冷戰時期美蘇間太空競賽。俄羅斯監管機構在臨床試驗尚未完成前批准疫苗，無視國際規範，引發全球關切。2020年9月，全球科學家簽署一封公開信，概述衛星五號初步試驗資料中的疑點，以及試驗過程與公開資料相左之處。³⁰ 雖然最初資訊不透明衍生爭議，但2021年2月，第三期

臨床資料在《刺絡針》(*The Lancet*)發表，證明該疫苗安全有效。這些結果後來遭到一組國際統計學家質疑，點出「資料差異」、「報告標準低」、「明顯錯誤」與「數值前後不一」等紕漏。³¹

儘管各國對此有所顧慮，但截至2021年3月，俄羅斯已批准三款新冠疫苗。³² 印度、墨西哥及沙烏地阿拉伯等國家簽約購買衛星五號，另外57個國家也批准接種。2021年1月，俄羅斯向歐盟申請疫苗批准，而一些歐盟國家(如匈牙利與斯洛伐克)已經逕行批准使用。³³ 然而2021年4月，巴西衛生機構憂慮病毒載體可能具有複製能力，因而拒絕批准衛星五號進口。與此同時，斯洛伐克藥品監管機構宣布，其所接收的俄羅斯疫苗批次與

《刺絡針》研究中使用的批次「特性不符」。³⁴

在西方高唱疫苗民族主義之時，俄羅斯最初承諾增產疫苗，外銷全球各地，試圖透過疫苗外交積累地緣政治優勢，同時強化科學大國形象。截至2022年1月，俄羅斯未能兌現先前承諾，如期供應全球疫苗，國內疫苗接種率也大幅落後多數歐洲國家與美國。³⁵

觀察與建議

在現代歷史上，國家安全問題經常促成雙邊互動，包括科學與科技領域。蘇聯解體後，科學外交大多聚焦蘇聯科學基礎設施去軍事化，並以建設性的和平互動方式與蘇聯科學家交流。³⁶ 然而，美俄科學外交可追溯到冷戰早期緊張歲月，當時美蘇簽署有關「文化、技術及教育領域交流」的《萊西·扎魯賓協議》(Lacy-Zarubin Agreement)。³⁷

多年來，俄美科學合作往往能超越政治緊張藩籬，顯著推進全球生物醫學研究與公共衛生。³⁸ 1956年，美國國務院與蘇聯外交部促進美國病毒學家沙賓(Albert Sabin)及兩位蘇聯病毒學家丘馬科夫(Mikhail Chumakov)、斯莫羅丁采夫(Anatoli Smorodintsey)合作。沙賓首先開發小兒麻痺口服疫苗(Oral Polio Vaccine)，但丘馬科夫擴大生產規模，實現疫苗大規模生產與大規模臨床試驗。沙賓開發的口服疫苗隨後普及全球，大幅抑制小兒麻痺病毒傳播。³⁹ 1958年，另一位蘇聯病毒學家日丹諾夫(Viktor Zhdanov)首次向世界衛生組織提出根除天花的想法。同樣也是蘇聯科學家，首先開發冷凍乾燥天花疫苗技術，使疫苗不需冷鏈(Cold-Chain)

技術亦可運輸，進而推波助瀾，使得美國公共衛生專家韓德森(Donald A. Henderson)接續在世界衛生組織一呼百應，在全球推動根除天花運動。⁴⁰

雖然過去曾獲致成功，但美俄兩國科學外交總是充滿挑戰。1980年代中期，蘇聯展開一場宣傳戰，聲稱「人類免疫缺乏病毒」(Human Immunodeficiency Virus, HIV，俗稱愛滋病毒)是美軍製造的生物武器。1986年，兩組美國衛生官員高級代表團前往蘇聯，討論恢復官方聯合委員會會議，擴大跨政府衛生交流。1987年第一次會議上，美國提出警告，除非蘇聯停止散布假訊息，否則將終止美蘇「後天免疫缺乏症候群」(Acquired Immunodeficiency Syndrome, AIDS，俗稱愛滋病)相關研究合作。⁴¹ 如今，俄羅斯持續散布生物武器發展之不實指控，以渲染不信任感並削弱生物裁軍規範之公信力，相關舉措在俄羅斯指控烏克蘭境內有生物實驗室時更是明顯。⁴² 當前歐洲安全局勢不穩，白宮與美國國務院全球參與中心(Global Engagement Center)必須繼續密切與國際盟友合作，積極揭露與公開抨擊俄羅斯假資訊散布工具與技術。

俄羅斯無端入侵烏克蘭，後續國際廣泛制裁生效，西方國家迅速中斷與俄羅斯的許多聯繫(包括廣泛科學合作與全球倡議)。近八千名俄羅斯科學家與學者冒著罰款甚至監禁的風險，簽署公開信，堅決譴責政府對烏克蘭發起無效戰爭，並分享內心憂慮，擔心戰爭會衝擊俄羅斯未來科學研究：「俄羅斯與世界隔離，導致國家前景黯淡，造成文化與技術退化。政府與烏克蘭大動干戈只會走向死胡同。」⁴³



2014年1月15日，英國皇家海軍巡防艦蒙特洛斯號(HMS Montrose)的「山貓」直升機在「Recsry行動」期間，向艦艇方向壓低機頭陡然下降。該行動旨在迅速摧毀敘利亞化學武器。(Source: Royal Navy/Alex Knott)

歷史上，科學外交是雙邊關係緊張時，維持兩國溝通管道的有效工具，同時也會對彼此科學與國家安全產生正面影響。然而，俄羅斯入侵烏克蘭，使得美俄雙邊交往難以為繼。侵略行動不太可能很快就被拋諸腦後或全然釋懷，國際制裁可能也會持續一段時間。最終，在未來某一個時間點，科學交流肯定會再次扮演提升國家安全、增進科學發展的關鍵角色。2022年3月，美國國家學院(National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine)院長發表一封聯合信函，團結一致聲援烏克蘭與該國科學家，並指出美國國家

學院「長期以來一直與國際社會保持開放溝通管道，即使在嚴峻地緣政治形勢也是如此」，並表示該院將「致力保持溝通管道暢通，甚至與俄羅斯科學家保持聯繫，而許多科學家已經表示反對入侵」。⁴⁴ 在這種艱難時刻，第二軌對話(包括當前美國國家學院與俄羅斯科學家間的現有合作)最終可能成為重要關鍵領域交流的可行途徑，例如持續關注生物安全、生物安全、基因科技與基因編輯研究發展，以及《美國國家學院與俄羅斯學院新冠疫情研究合作聯合協定》(*Joint Protocol of the U.S. National Academies and the Russian*

Academy of Sciences on Cooperation in Various Fields of Studies Concerning COVID-19)。⁴⁵

正如2013年美國國家學院報告〈美俄生物科學與生物技術領域獨特雙邊關係〉中所述，聯合生物交流專案使科學家能夠建立長期專業與個人關係，以支持科學創新，讓雙方更能坦承以對、開放交流及建立互信。⁴⁶ 此外，俄羅斯科學家鮮少與西方出版商洽談業務。根據現有紀錄，美俄科學家過往合作，常會增加俄羅斯相關研究在英語期刊的曝光率，同樣的，美國也能藉此一窺俄羅斯研究成果。⁴⁷ 儘管從科學角度來看這一點相當重要，但《蒲亭主政下俄羅斯的生物安全》(*Biosecurity in Putin's Russia*，暫譯)一書作者認為，多加引用俄羅斯合法公開出版品與相關研究報告，可能會間接使美國政府在處理蒲亭涉及違反《禁止生物武器公約》相關議題時，不會曝露情報來源。⁴⁸

一段時間以後，上述學術交流可能會間接舒緩專家對於生物安全的擔憂，但若孤立俄羅斯，恐會導致其在生物相關領域的發展更加難以預測。最



2022年1月31日，第56化學偵察分遣隊官兵在猶他州演訓期間，清理疑似存放化學武器之實驗室。(Source: US Army/Brandon White)

終，美俄生物領域交流，可能再次聚焦投入新興生物科技領域應有的負責態度，更加重視生物倫理學，並透過建立正當實驗室文化來加強生物安全，促進雙方專家互助合作，分享彼此最佳實踐。⁴⁹ 正如參與此研究的專家指出，儘管最近俄羅

斯強化生物科技研發，但在這方面仍不敵美「中」。最近，俄羅斯無端入侵烏克蘭與國際隨之而來的制裁，可能會阻礙其發展生物科技。長遠來看，俄羅斯在基因編輯與其他高性能基因組技術等方面較為落後，最終可能提供美俄科學家開啟對



即便研究過程面臨諸多局限，但本研究仍竭力蒐整俄羅斯生物武器專家意見，應能在某種程度上揭露俄羅斯相關武器發展近況。(Source: Shutterstock)

話的契機，當然也就能適時重啟第二軌對話。⁵⁰

研究限制

本研究限制包括德菲法本身所存在的侷限性。透過匿名反覆蒐整參與者意見之目的，旨在減少群體思維，但得出的結論仍帶有參與者個人偏見。事實上，參與此研究的專家各有不同專業，包括生物科學、國家安全、政治學、外交政策、國際事務、經濟學及歷史學，以及對俄羅斯生物科學發展歷程與過往武器專案都有一定程度的瞭解，但無論參與者專業領域為何，都必須回答相同問題。

此研究其他潛在限制還包括僅邀集12位專家參與研究，且無法對所有參與者進行個別訪談，以澄清某些陳述或答復。這限制是因為德菲法多次迭代模式與研究主題較專業所導致。

此研究的關鍵限制，涉及俄羅斯科學研究發展本身就屬機密性質。參與專家大多被要求運用個人專業執行合理研究，評估資金流向，以預判俄羅斯是否祕密進行關切的雙重用途研究與攻擊性研究。雖然不清楚前述預測的可靠性。但許多專家承認，多數俄羅斯研究並未揭露實況，昔日蘇聯攻勢基礎設施仍未拆除，並不排除輕易祕密重啟相關設施。俄羅斯境內任何攻勢研究可能會接受祕密資助，或透過多筆公共研發經費

分別支應，因此僅基於合理研究現狀，來預判俄羅斯未來研究發展前景，實屬未臻完備。從理論上來說，專家對蘇聯生化武器專案發展歷程與俄羅斯現狀都有較深入瞭解，因此前述限制應該會在某種程度上有所改善。

最後，這項研究是在俄羅斯入侵烏克蘭前即著手進行，因此，文中所提論述，並無法反映專家對當前情勢的看法。

作者簡介

Gigi Kwik Gronvall是約翰霍普金斯大學彭博公共衛生學院環境健康與工程系副教授，也是約翰霍普金斯大學健康安全中心資深學者。

Aurelia Attal-Juncqua是約翰霍普金斯大學彭博公共衛生學院研究員。

Reprint from *Joint Force Quarterly* with permission.

註釋

1. Michael Moodie, “The Soviet Union, Russia, and the Biological and Toxin Weapons Convention,” *The Nonproliferation Review* 8, no. 1 (Spring 2001), available at <<https://www.nonproliferation.org/wp-content/uploads/npr/81moodie.pdf>>.
2. Lukas Trakimavičius, “Is Russia Violating the Biological Weapons Convention?” *New Atlanticist*, May 23, 2018, available at <<https://www.atlanticcouncil.org/blogs/new-atlanticist/is-russia-violating-the-biological-weapons-convention/>>; Raymond A. Zilinskas, “Take Russia to ‘Task’ on Bioweapons Transparency,” *Nature Medicine* 18, no. 6 (June 6, 2012), available at <<https://www.nature.com/articles/nm0612-850>>.
3. Milton Leitenberg and Raymond A. Zilinskas, *The Soviet Biological Weapons Program: A History*, with Jens H. Kuhn (Cambridge, MA: Harvard University Press, 2012).
4. “Addition of Entities to the Entity List, Revision of Entry on the Entity List, and Removal of Entities From the Entity List,” *Federal Register* 85, no. 246 (December 22, 2020), available at <<https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2020-12-22/pdf/2020-28031.pdf>>.
5. “Ninth EU Non-Proliferation and Disarmament Conference,” EU Non- Proliferation and Disarmament Consortium, November 12–13, 2020, available at <<https://www.nonproliferation.eu/evenement/ninth-eu-non-proliferation-and-disarmament-conference/>>.
6. Filippa Lentzos, “Biological Weapons,” *First Committee Monitor* 18, no. 4 (November 8, 2020), 15–16, available at <<https://reachingcriticalwill.org/images/documents/Disarmament-fora/lcom/FCM20/FCM-2020-No4.pdf>>.
7. *Adherence to and Compliance with Arms Control, Nonproliferation, and Disarmament Agreements and Commitments* (Washington, DC: Department of State, April 2022), available at <<https://www.state.gov/wp-content/uploads/2022/04/2022-Adherence-to-and-Compliance-with-Arms-Control-Nonproliferation-and-Disarmament-Agreements-and-Commitments-1.pdf>>.
8. Zeke Miller, “White House Warns Russia May Use Chemical Weapons in Ukraine,” Associated Press, March 9, 2022, available at <<https://apnews.com/article/russia-ukraine-europe-jen-psaki-chemical-weapons-weapons-of-mass-destruction-f01cedf434ec697034b2912696a3448b>>. 請參見“The Kremlin’s Allegations of Chemical and Biological Weapons Laboratories in Ukraine,” Department of State, press release, March 9, 2022, available at <<https://www.state.gov/the-kremlins-allegations-of-chemical-and-biological-weapons-laboratories-in-ukraine/>>.
9. “OPCW Issues Report on Technical Assistance Requested by Germany,” Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, October 6, 2020, available at <<https://www.opcw.org/media-centre/news/2020/10/opcw-issues-report-technical-assistance-requested-germany>>.
10. “FSB Team of Chemical Weapon Experts Implicated in Alexey Navalny Novichok Poisoning,” *Bellingcat*, December 14, 2020, available at <<https://www.bellingcat.com/news/uk-and-europe/2020/12/14/fsb-team-of-chemical-weapon-experts-implicated-in-alexey-navalny-novichok-poisoning/>>.
11. “U.S. Sanctions and Other Measures Imposed on Russia in Response to Russia’s Use of Chemical Weapons,” Department of State, fact sheet, March 2, 2021, available at <<https://www.state.gov/u-s-sanctions-and-other-measures-imposed-on-russia-in-response-to-russias-use-of-chemical-weapons/>>.
12. Mark Kazmierczak et al., *China’s Biotechnology Development: The Role of U.S. and Other Foreign Engagement* (Takoma Park, MD, and New York: Gryphon Scientific and the Rhodium Group, 2019), available at <<https://www.uscc.gov/sites/default/files/Research/US-China%20Biotech%20Report.pdf>>; Bianca Nogrady, “How Indian Biotech Is Driving Innovation,” *Nature*, December 12, 2018, available at <<https://doi.org/10.1038/d41586-018-07671-9>>.
13. Gary Ackerman, “Ominous Biosecurity Trends Under Putin,” *Nature*, March 2, 2018, available at <<https://doi.org/10.1038/d41586-018-02693-9>>; Ken Alibek, *Biohazard: The Chilling True Story of the Largest Covert Biological Weapons Program in the World—Told From the Inside By the Man Who Ran It* (New York: Random House, 1999).
14. Leitenberg, Zilinskas, and Kuhn, *The Soviet Biological Weapons Program*.
15. Gregory D. Koblenz, “Chemical-Weapon Use in Syria: Atrocities, Attribution, and Accountability,” *The Nonproliferation Review* 26, no. 5–6 (2019), available at <<https://doi.org/10.1080/10736700.2019.1718336>>.
16. Zilinskas, “Take Russia to ‘Task’ on Bioweapons Transparency.”

- ency.”
17. Patrick Tucker, “Iranian, Russian, Chinese Media Push COVID-19 ‘Bioweapon’ Conspiracies,” *Defense One*, March 10, 2020, available at <<https://www.defenseone.com/technology/2020/03/iran-and-russian-media-push-bioweapon-conspiracies-amid-covid19-outbreak/163669/>>.
18. “The Kremlin’s Allegations of Chemical and Biological Weapons Laboratories in Ukraine.”
19. Filippa Lentzos, “The Russian Disinformation Attack That Poses a Biological Danger,” *Bulletin of the Atomic Scientists*, November 19, 2018, available at <<https://thebulletin.org/2018/11/the-russian-disinformation-attack-that-poses-a-biological-danger/>>.
20. “Dual Use Research of Concern,” National Institutes of Health, Office of Science Policy, available at <<https://osp.od.nih.gov/biotechnology/dual-use-research-of-concern/>>.
21. Zilinskas, “Take Russia to ‘Task’ on Bioweapons Transparency.”
22. Thom Poole, “The Myth and Reality of the Super Soldier,” BBC News, February 8, 2021, available at <<https://www.bbc.com/news/world-55905354>>.
23. Eric Lander et al., “Adopt a Moratorium on Heritable Genome Editing,” *Nature*, March 13, 2019, available at <<https://doi.org/10.1038/d41586-019-00726-5>>.
24. David Cyranoski, “Russian ‘CRISPR-Baby’ Scientist Has Started Editing Genes in Human Eggs with Goal of Altering Deaf Gene,” *Nature*, October 18, 2019, available at <<https://www.nature.com/articles/d41586-019-03018-0>>.
25. David Cyranoski and Heidi Ledford, “Genome-Edited Baby Claim Provokes International Outcry,” *Nature*, November 26, 2018, available at <<https://www.nature.com/articles/d41586-018-07545-0#author-1>>.
26. Gigi Kwik Gronvall and Brittany Bland, “Life-Science Research and Biosecurity Concerns in the Russian Federation,” *The Nonproliferation Review* 27, no. 4–6 (2020), available at <<https://doi.org/10.1080/10736700.2020.1866323>>.
27. Ibid.
28. Benjamin D. Trump et al., “Building Biosecurity for Synthetic Biology,” *Molecular Systems Biology* 16, no. 7 (July 2020), available at <<https://www.embopress.org/doi/abs/10.15252/msb.20209723>>.
29. “Russian Genetic Technologies Accelerate,” Foreign Agricultural Service, Office of Agricultural Affairs, Moscow, March 20, 2020, available at <<https://www.fas.usda.gov/data/russia-russian-genetic-technologies-accelerate>>.
30. Enrico M. Bucci et al., “Safety and Efficacy of the Russian COVID-19 Vaccine: More Information Needed,” *The Lancet* 396, no. 10256 (October 3, 2020), available at <[https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)31960-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)31960-7)>.
31. Enrico M. Bucci et al., “Data Discrepancies and Substandard Reporting of Interim Data of Sputnik V Phase 3 Trial,” *The Lancet* 397, no. 10288 (May 22, 2021), available at <[https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(21\)00899-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)00899-0/fulltext)>.
32. Polina Ivanova, “Russia Approves Its Third COVID-19 Vaccine, CoviVac,” Reuters, February 20, 2021, available at <<https://www.reuters.com/article/us-health-coronavirus-russia-vaccine/russia-approves-its-third-covid-19-vaccine-covivac-idUSKBN2AK07H>>.
33. “Number of Doses of the COVID-19 Vaccine Sputnik V Ordered from Russia or Agreed to Be Produced Abroad as of January 2022, by Country,” *Statista*, available at <<https://www.statista.com/statistics/1123927/sputnik-v-exports-from-russia-by-country/>>.
34. Andrew Higgins, “Slovakia Claims a Bait-and-Switch with the Russian Vaccines It Ordered,” *New York Times*, April 8, 2021.
35. Daria Litvinova, “Russia Scores Points with Vaccine Diplomacy, but Snags Arise,” Associated Press, March 7, 2021, available at <<https://apnews.com/article/europe-global-trade-middle-east-diplomacy-moscow-e61ebd3c8fe746c60f5ecc1ec323c99a>>; Ian Hill, “Russia and China’s Vaccine Diplomacy: Not Quite the Geopolitical Slam Dunk,” Australian Institute of International Affairs, September 14, 2021, available at <<https://www.internationalaffairs.org.au/australianoutlook/russia-and-chinas-vaccine-diplomacy-not-quite-the-geopolitical-slam-dunk/>>; Adam Taylor, “Beijing and Moscow Are Losing the Vaccine Diplomacy Battle,” *Washington Post*, January 11, 2022, available at <<https://www.washingtonpost.com/world/2022/01/11/china-russia-omicron-vaccine/>>.
36. Bridget M. Dolan, “Science and Technology Agreements as

- Tools for Science Diplomacy: A U.S. Case Study,” *Science & Diplomacy*, December 10, 2012, available at <<https://www.sciencediplomacy.org/article/2012/science-and-technology-agreements-tools-for-science-diplomacy>>.
37. “123. Memorandum of Conference with President Eisenhower, Washington, September 22, 1959,” *Foreign Relations of the United States, 1958–1960*, vol. 10, pt. 1, *Eastern European Region; Soviet Union; Cyprus* (Washington, DC: Department of State Office of the Historian, 1959), available at <<https://history.state.gov/historicaldocuments/frus1958-60v10pl/d123>>.
38. Matthew Rojansky and Izabella Tabarovsky, “The Latent Power of Health Cooperation in U.S.-Russian Relations,” *Science & Diplomacy*, May 8, 2013, available at <<http://www.sciencediplomacy.org/article/2013/latent-power>>.
39. Peter J. Hotez, “Russian-United States Vaccine Science Diplomacy: Preserving the Legacy,” *PLOS Neglected Tropical Diseases* 11, no. 5 (May 25, 2017), available at <<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005320>>.
40. Rojansky and Tabarovsky, “The Latent Power of Health Cooperation in U.S.-Russian Relations”; Hotez, “Russian-United States Vaccine Science Diplomacy.”
41. Cristine Russell, “From Détente to Glasnost,” *Washington Post*, May 29, 1990, available at <<https://www.washingtonpost.com/archive/lifestyle/wellness/1990/05/29/from-detente-to-glasnost/245650c5-8a7c-4da2-a918-49f30734fc38/>>; Fletcher Schoen and Christopher J. Lamb, *Deception, Disinformation, and Strategic Communications: How One Interagency Group Made a Major Difference*, INSS Strategic Perspectives 11 (Washington, DC: NDU Press, 2012), available at <<https://inss.ndu.edu/Portals/68/Documents/stratperspective/inss/Strategic-Perspectives-11.pdf>>.
42. “The Kremlin’s Allegations of Chemical and Biological Weapons Laboratories in Ukraine.”
43. “An Open Letter from Russian Scientists and Science Journalists Against the War with Ukraine,” Association of Accredited Public Policy Advocates to the European Union, February 24, 2022, available at <<http://www.aalep.eu/open-letter-russian-scientists-and-science-journalists-against-war-ukraine>>. 亦請參見 Benjamin Plackett, “The Future of Research Collaborations Involving Russia,” *Nature*, March 18 2022, available at <<https://doi.org/10.1038/d41586-022-00761-9>>; Nisha Gaiind and Holly Else, “Global Research Community Condemns Russian Invasion of Ukraine,” *Nature*, March 1, 2022, available at <<https://doi.org/10.1038/d41586-022-00601-w>>.
44. “‘We Stand With Our Colleagues in Ukraine,’ Say U.S. National Academies Presidents,” National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, March 3, 2022, available at <<https://www.nationalacademies.org/news/2022/03/we-stand-with-our-colleagues-in-ukraine-say-u-s-national-academies-presidents>>.
45. “CISAC Security Dialogues, Russian Dialogue: Joint Protocol of the U.S. National Academies and the Russian Academy of Sciences on Cooperation in Various Fields of Studies Concerning COVID-19,” National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, July 30, 2020, available at <<https://www.nationalacademies.org/event/07-30-2020/cisac-security-dialogues-russian-dialogue-joint-protocol-of-the-us-national-academies-and-the-russian-academy-of-sciences-on-cooperation-in-various-fields-of-studies-concerning-covid-19>>.
46. *The Unique U.S.-Russian Relationship in Biological Science and Biotechnology: Recent Experience and Future Directions* (Washington, DC: The National Academies Press, 2012), available at <<https://nap.nationalacademies.org/read/18277/chapter/1>>.
47. *Cooperative Threat Reduction Programs for the Next Ten Years and Beyond: Proceedings of a Symposium—in Brief* (Washington, DC: The National Academies Press, 2018), available at <<https://nap.nationalacademies.org/catalog/25209/cooperative-threat-reduction-programs-for-the-next-ten-years-and-beyond>>.
48. Raymond A. Zilinskas and Philippe Mauger, *Biosecurity in Putin’s Russia* (Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers, 2018).
49. *The Unique U.S.-Russian Relationship in Biological Science and Biotechnology*.
50. Gronvall and Bland, “Life-Science Research and Biosecurity