

邁向未來：國軍綠色國防的實踐與挑戰

空軍上校 藍碧玲

提 要

當代氣候變遷與能源風險重塑全球國防戰略思維，綠色國防已成為國際軍事強權發展主軸。國軍面對地緣政治之風險與綠色能源依賴，綠色國防轉型有其急迫與必要性。

本文以政策、技術與組織制度三構面出發，探討國軍綠色國防現況與瓶頸，並綜合國際案例提出推動策略。

研究指出，綠色國防須兼顧作戰效能與永續治理，透過智慧管理、技術創新與文化轉型，才能建構具韌性之綠色軍力體系。

關鍵詞：綠色國防、軍事碳足跡、能源安全、環境保護、能源轉型

前 言

氣候變遷與能源轉型正重塑全球國防戰略圖譜，成為牽動作戰續航與地緣穩定的重大變數。多項國際研究與軍事文件指出，氣候衝擊將深刻影響能源供應、設施維持與區域安全，迫使各國重塑國防能量布局。¹美國國防部、北約及日本防衛省等已將氣候安全納入國防戰略，並推動「綠色國防(Green Defense)」作為新時代戰力支柱。²

臺灣位處災害頻繁地帶，戰時能源高度依賴進口，面對複合式氣候風險與敵

情威脅，國軍綠色轉型不僅回應SDGs(永續發展目標Sustainable Development Goals)，更肩負後勤補給韌性與戰備持續力建構之關鍵任務。國軍雖已展開如微電網、低碳裝備與碳排監管等行動，惟整體策略仍欠缺系統性整合與中長期推動計畫。

國軍近年來，於傳統戰備與非傳統軍事作戰之災防及基礎建設等多元場域導入永續概念，並從戰略政策、技術措施與國際合作等面向，探討我國綠色國防實踐與其挑戰，惟尚需強化整合架構與制度推進力。³本文擬針對國軍綠色國防現況、

1 〈能源主宰地緣格局 推升全球軍費支出〉，《青年日報》，2025年05月02日，來源：<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1762541&type=%E5%9C%8B%E9%9A%9B>，檢索日期114年05月15日。

2 〈建立可能的領域：後勤和軍事戰略〉，《軍事戰略雜誌》，第9卷第1期，2023年夏季，頁28-34。

3 張小玫，〈全球供應鏈重組對台灣科技產業發展之影響〉，《財團法人國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心》，2022年，來源：https://books.google.com.tw/books?hl=zh-TW&lr=lang_zh-TW&id=ItBuEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR2&dq=%E5%9C%8B%E8%BB%8D%E9%9B%96%E5%B7%B2%E5%B1%95%E9%96%8B%E5%A6%82%E5%BE%AE%E9%9B%BB%E7%B6%B2%E3%80%81%81

3 接續於下頁。



實踐瓶頸與國際參照經驗等，進行系統性評析，藉以提出具體建議方針與政策藍圖。

國軍綠色國防推動現況與產業協作體系

為因應氣候安全與能源戰備挑戰，國軍正積極建構具前瞻性的綠色國防架構，整合「政策指導目標」、「技術應用導入」與「基層實務推動」三大面向，逐步建立兼具政策性、系統性與戰術實用性的軍用行動方案。⁴歸納重點分述如後。

一、政策目標對應永續作戰需求

國軍綠色國防政策之核心，係在於因應國際永續安全標準與臺灣地緣政治風險，重點在如何強化氣候應變能力與戰場能源彈性。⁵現國軍已逐步將碳排管理、綠能採購與氣候風險評估等機制，納入國防策略中規劃，並延伸至營區設計、裝備採購與軍事演訓內，展現整合作戰續航力與環境責任的政策邏輯。根據國防部「四年期國防總檢討(QDR)」中的最新報告，

國軍已將綠色國防作為未來國防戰略的核心議題之一，並設定碳排放降低與能源自給自足的具體目標。透過國防政策的系統性整合，未來將進一步強化綠色技術的運用，確保國軍能夠在永續發展與作戰需求之間達到平衡。⁶

二、綠色智慧管理技術應用導入

國軍以「低碳能源」、「儲能模組」及「智慧系統」為綠色技術核心，技術應用上聚焦於測試驗證場域、標準制定與民間技術合作的轉化力道，藉以提升部隊能資源的自主與行動效能。⁷其包括：

(一)導入氫能、生質柴油等低碳燃料。

(二)建置微電網與儲能設施於偏遠與高風險場域。

(三)發展電動軍車與節能基地管理平台。

此外，隨著AI與物聯網(Internet of Things, IoT)技術日益成熟，國軍正積極導入智慧電網和能源管理系統，以提升營區的能源效能。⁸運用AI演算法預測

E4%BD%8E%E7%A2%B3%E8%A3%9D%E5%82%99%E8%88%87%E7%A2%B3%E6%8E%92%E7%9B%A3%E7%AE%A1%E7%AD%89%E8%A1%8C%E5%8B%95&ots=p9Eva3IqFR&sig=yyAvwHgmRurlxMsBmbprOjmwAQ8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false，檢索日期114年05月05日。

4 劉翎端，〈關鍵軍事科技與台灣國防產業之整合〉，《2022國防科技趨勢評估報告》，第8章軍用綠能，頁103-119。

5 〈能源供應鏈韌性對話，聚焦氣候變遷與地緣政治挑戰下的能源韌性〉，《科技、民主與社會中心(DSET)2025年度論壇》，2025年06月14日，來源：<https://dset.tw/event-news/000210/>，檢索日期114年06月20日。

6 國防部編撰委員會著，《四年期國防總檢討(QDR)》(台北：國防部編印，2025年)，頁55。

7 呂宗翰、馮俊仁，〈陸軍新建營區電力運用智慧電網管理之可行性研究〉，《陸軍學術工兵半年刊》，第158期，頁103-120。

耗能模式調整用電策略，並有效進行儲能調度、維修預警與節能成效評估。⁹雖然目前尚未全面實施成熟的SEMS(智慧能源管理系統Smart Energy Management System)，但國軍已在馬祖東引地區進行微電網試點，並將SEMS整合至新建營區中。¹⁰利用AI技術分析營區的用電模式，結合物聯網設備進行即時監控與調整，顯著提升能源管理效率並降低營運成本。此外，國軍正在積極探索在其他軍事戰略要地推行相似技術應用，逐步構建具能源韌性的綠色軍事基礎設施。未來，國軍可進一步發展結合GIS(地理資訊系統Geographic Information System)與行動任務模組的智慧能源調度系統，提升後勤補給與能源調度的即時彈性，並實現具有戰術價值的綠能作戰構想。

三、綠能產業鏈與軍民合作機制

隨著綠色國防政策推動日益深化，國軍綠能建設逐步涉及再生能源、儲能設備、電動載具與智慧控制系統等多項技術模組，已不再為單一機關內部作業所能獨立承擔，需依賴與國內綠能產業形成策略

性協同體系。且透過「軍民產業合作平台」建構國防綠能產業鏈結構，包括上游材料(如鋰電池模組、太陽能板原料)、中游技術(如微電網系統整合商、儲能設備商)與下游應用(如軍用車電動化、模組建築)等三大環節，並設立「綠能專案合約研發制度(Green DARPA)」以促進技術有效接軌，再配合軍種需求導入試驗場域機制，可確保技術成果能即時驗證與轉化，避免成為空洞的計畫藍圖。

目前，國防部與經濟部在馬祖與金門地區的能源綠色合作計畫已開始試點，計劃於未來擴展至其他軍事作戰區域。¹¹此一計劃將微電網、儲能設備與低碳技術進行整合，目標是打造具有能源自主性、快速恢復戰備能力的綠色軍事設施，並適應不同氣候與戰時條件；儘管這些制度尚處於試點階段，國防部已計劃將此方案擴展至更多軍事區域，進一步推動綠能設施在各軍種間的普及應用。¹²

同時，國軍綠色建軍需突破既有封閉架構，形成跨界鏈結建立「綠色國防產業三環鏈」：

8 鐘明宏，〈再生能源與儲能系統整合於微電網之個案研究：策略與經濟可行性〉，(國立臺灣大學工學院土木工程學系，碩士論文，2024)，頁4-11。

9 顏與凌，〈AI時代電源與電網邁向淨零〉，《台電月刊》，745期，2025年01月號，來源：<https://service.taipower.com.tw/tpcjournal/article/7506>，檢索日期114年05月02日。

10 〈打開電力場域 再現軍魂電廠昔日風華〉，《中央社》，2024年06月27日，來源：<https://service.taipower.com.tw/greennet/about/theme/443>，檢索日期114年05月25日。

11 〈微電網示範社區東坑中選〉，《金門日報》，2013年05月19日，來源：<https://www.kmdn.gov.tw/1117/1271/1272/224117>，檢索日期114年05月23日。

12 〈大種電時代 國防部：配合政策提供營區讓廠商設置太陽光電〉，《自由電子報》，2022年06月，來源：<https://today.line.me/tw/v3/article/Nv9ogBZ>，檢索日期114年07月25日。



(一)上游：如鋰電池、太陽能晶片、儲氫材料等原料製造商。

(二)中游：綠電微電網整合商、戰術儲能模組設計業者。

(三)下游：國軍後勤單位與軍用裝備商，導入綠能應用端如軍用電動車、微電網基地。

對應此結構，可採循序導入與滾動評估方式進行技術驗證，推動民間綠能技術戰術化轉型，建立「綠能標案專責招標與驗測流程」機制，這將有助於確保綠能項目符合軍規標準，提升民間綠能廠商的參與國防動機。¹³此舉，除可加快綠色國防資源的引入與技術成果的轉化外，另可持續驗證與改進循環機制，實現綠色國防與環境保護雙贏局面。

四、推動國防綠能化解整合困境

儘管國軍已完成若干綠能政策規劃與試行，但在制度整合、基層參與與預算彈性方面，仍面臨諸多執行瓶頸。根據2022年國軍內部調查，約30%的基層單位反映在資源與支持方面存在不足，例如專業人力、訓練或設備等缺乏，這直接影響綠色國防政策在單位層面的全面實施。¹⁴各單位的推動進程不一，缺乏統一指導架構與明確的關鍵績效指標(Key

Performance Indicator, KPI)，導致執行力不足。未來若可透過完整持續設置統籌單位、培養專業人才，並建立績效評鑑與示範場域、強化推動動能，有效推動綠色國防向下扎根與全面擴散。

(一)設置「綠色國防專責推動單位」負責整合跨軍種機制、協調資源與監控進度，並制定統一工作指導與KPI考核，確保綠色國防政策有效推進。

(二)建立綠能示範據點與評比制度，並選擇具代表性的軍事基地作為試點，逐步推動成功經驗，提升各級部隊的參與動機與政策認同；示範據點將成為全軍範圍內綠色國防推動標的。

(三)強化教育訓練體系，建立綠色軍事專長職系與在職培育機制。

五、兼顧軍事運用導入替代能源

國軍已開始導入便攜式太陽能設備與低碳燃料技術，並已在金門外島進行替代能源車輛的實地測試。2023年國軍成功測試電動補給車輛，並於戰術演習中測評其在高強度環境下的表現，顯示其在運補支援和能源調度方面具有極高可行性。¹⁵此外，國軍也在測試使用氫能作為軍用裝備的替代燃料，並計劃在馬祖地區建立氫能加氫站以進行長期測試。國軍在面對戰

13 施岑佩 黃俊傑，〈近年政府推動重要產業轉型升級方案規劃及執行等問題之探討〉，《立法院專題研究》，2022年08月，來源：<https://www.ly.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=45641&pid=220718>，檢索日期114年05月22日。

14 丁華、張光瀚，〈國軍基層單位主官(管)對心理衛生工作滿意度研究〉，《國防雜誌》30卷2期，2015年03月，頁85-100。

15 〈能用電動車廢電池儲電 中科院展示機動發電儲能系統〉，《聯合新聞網》，2023年04月18日，來源：<https://www.re.org.tw/news/more.aspx?cid=198&id=5873>，檢索日期114年05月28日。

場能源多樣性與永續化壓力下，加速採用多項替代能源方案。¹⁶

(一)建構低能耗軍事基地與高效能照明、空調、回收系統。

(二)發展便攜式太陽能設備與電動補給車輛，強化野戰能源調度。

(三)探索航空與艦艇專用的低碳燃料(如SAF永續航空燃料Sustainable Aviation Fuel、氫能)與高效率推進系統。

上述應用有助於平衡戰力與環境負荷，兼顧作戰效能與碳足跡控管，國軍以「任務型試驗」方式，針對不同軍種與場域建置示範單位，進行低碳燃料與儲能系統的聯合測試與戰術評估，逐步推動可行方案納入整體建軍規劃。

國軍綠色國防推動面臨挑戰與關鍵矛盾

儘管國軍已建構初步綠能政策體系，但推動綠色轉型仍面臨資源與觀念的雙重阻力，尤其在戰備優先、預算排擠和風俗文化接受度方面，造成綠能裝備軍規化進度遲緩、能源基礎設施更新受限於預算編列，復以現行推動機制尚未具備有效的整合與監督功能下，使得整體策略推動難以全面執行、進展緩慢。基此，應釐清

挑戰及矛盾的根源，作為後續強化的重點。

一、戰場環境與戰備任務韌性衝擊

極端氣候如高溫、洪水、颶風與乾旱，正對軍事作戰行動構成實質衝擊，不僅可能摧毀軍事基地與設施，更將延誤戰略部署、削弱兵力適應性與裝備穩定性。2018年颶風-邁克爾對美國佛州空軍基地造成超過50億美元損失，即為一例。¹⁷氣候衝擊擴大軍方在人道救援任務與非傳統作戰超量負荷，未來國軍必須從部隊作戰任務執行模式與戰備資源配置等多面向調整，以建構具不受氣候變遷影響之軍事作戰體系。

二、偏遠外島後勤能源之自足策略

臺海作戰縱深短淺，外島與高山偏遠駐地為防衛體系之重要支撐節點，常處於交通不便、能源仰賴空運或海運輸入之困境，特別於戰時階段極易成為後勤補給斷鏈高風險區域。若可發展「外島微型綠能營區」構想，結合太陽能板、高效率儲能系統與生質備援動力模組，採模組化、可擴充方式配置，建構具自主性與戰損回復力之能源架構；¹⁸另配合智慧能源管理系統(EMS)進行負載調節、充放電控制與需求預測，並整合緊急柴油發電機等備援

16 〈能源策略即國防戰略！《世界能源未來戰略地圖》從3觀點找端倪〉，《自由時報》，2024年05月11日，來源：<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4669493>，檢索日期114年05月11日。

17 “Addressing Climate Change in US Defense Strategy and Budget,” Brookings Institution, May 22, 2022，來源：<https://www.youtube.com/watch?v=sf76fcBFRss>。

18 黃朝君，〈建築節能技術運用於國軍偏遠營區可行性之研究-以偏遠離島營區為例〉，(國防大學理工學院，碩士論文，2010)，頁2-8。



系統，應可強化極端天候與持久作戰條件下之能源韌性。

目前，國軍在馬祖南竿、東引或金門烈嶼等設置試點初步運行結果顯示，該系統大幅提升能源自給率，並有效減少對傳統能源的依賴。未來，國軍應進一步增強儲能設施，納入多氣候條件與戰時演訓模擬，提升系統適應性與戰備應急能力，並將這一自足典範模式，作為未來擴展至其他外島地區及各作戰區內分布各軍種營區駐地之目標。

三、技術創新推試與財政調配共進

儘管再生能源、儲能系統與電動化裝備可提升國軍能源自主性與作戰靈活性，然技術的發展面臨高昂成本、技術整合門檻及設備相容性問題。特別是儲能系統與現有基礎設施的整合挑戰，加上國防預算有限，常導致綠能設備的推進受到排擠。¹⁹例如，儲能系統與現有能源網絡的整合性問題仍需克服，並且高成本使得部分技術在預算有限的情況下難以全面實施。國軍宜採取「階段導入、示範試點、軍民研發」三軌共進之階段策略，俾確保技術成熟度與作戰可行性同步推進。

四、國際競爭壓力與戰略自主課題

北約於2014年就推出「綠色防禦框架」(Green Defence Framework)，強調能源轉型目標與綠色軍規制度，為盟軍提升整體效能並增強國際形象。²⁰國軍可借鑒並調整自身綠色國防策略，積極參與國際標準的制定，並主動加入區域安全合作平台(如APCSS、NSPA等)，且善用綠色國防作為外交籌碼，提升國際話語權；同時借鑒北約與歐盟等國際組織的交流經驗，進一步透過與國際組織的合作，調整並強化綠色國防策略，有效面對兩岸軍事壓力與氣候變遷風險的雙重夾擊，增強戰略自主性。

五、軍事觀念文化與執行制度落差

軍中文化傳統強調快速部署與穩定效能，對綠能政策的接受度仍有限，不少官兵質疑再生能源穩定性與裝備性能，甚至部分基層官兵亦將碳排管理視為行政性「額外負擔」，對綠能技術的應用仍持觀望態度；故於缺乏明確的綠能教育訓練與領導支持下，導致政策停留在形式主義與個別示範。²¹國軍宜設置「綠色戰備導師制度」將永續作戰思維納入軍校教育，方能逐步內化綠色文化於軍事作戰行動之中。

- 19 劉宗翰，〈維持關聯性—戰略後勤創新再定位〉，《陸軍後勤季刊》111年第2期，2022年05月，頁39-57。
- 20 劉翎端，〈論北約「氣候變遷與安全行動計畫」之舉措與窒礙〉，《國防戰略與資源研究所國防安全即時評析》，2021年，來源：<https://indsr.org.tw/focus?typeid=25&uid=11&pid=499>，檢索日期114年05月31日。
- 21 〈響應綠能綠電 國軍勇往直前〉，《青年日報》，2021年02月28日，來源：<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1337889>，檢索日期114年06月01日。

目前，國軍各軍事院校已經開始設立綠色國防專業課程，並參考美軍推動設施低碳化等成功案例，進行激勵與表彰作法，以鼓勵基層官兵積極參與綠色國防的推動，逐步建立「環境即戰力」之共識文化。²²

六、永續戰略與軍事任務本質衝突

永續戰略與高強度軍事任務的本質衝突，主要體現在低碳裝備的應用上。為解決此問題，國軍已在某些基地進行混合動力軍車與模組化儲能系統的測試，並在模擬戰場中顯示其可行性與戰術適配性。²³這些技術有助於在不妥協戰備效能的情況下，減少對傳統燃料的依賴，另可導入可變能量模式(Variable Energy Mode)，²⁴根據不同作戰需求靈活調整能源配置，確保戰場運行的持續性與環保目標的平衡。

國軍為兼顧作戰效能與永續目標，宜採「混合能源模式」(Hybrid Energy

Strategy)²⁵區分戰場與後方用途，於作戰區強化能源安全性，後方則優先導入綠能配置；此外，亦可逐步建置「模組化能源供應系統」，提高戰地部署與回復彈性，達成綠色轉型與戰備保障的雙軌並進。

綜觀國軍綠色國防推動歷程，儘管已展現初步進展與政策架構，仍面臨多面向挑戰與結構性瓶頸，根據2022年內部調查，約30%的基層單位表示缺乏足夠的資源與支持來執行綠色國防任務，影響政策的全面落實。²⁶尤其在訓練、裝備配置與基層支援方面，仍存在顯著差距，其涵蓋戰場氣候衝擊、技術導入資源限制、國際標準接軌、文化制度斷層與任務屬性矛盾等五大面向。為整合國軍綠色國防推動歷程中所遭遇之關鍵挑戰，並據以研提可行策略解方，歸納重點如表1。

綜合上述，未來國軍在推動綠色國防的過程中，將面臨來自環境、資源、技

22 厲復霖，〈澎高屏區域推動中心「國防綠能實踐基地」於推動國軍能源教育的成效〉，《陸軍軍官學校通識教育中心》，來源：<https://learnenergy.tw/index.php?inter=knowledge&caid=1&id=654>，檢索日期114年07月26日。

23 高峻榮，〈淺談戰車引擎動力的未來-電力或替代燃料驅動取代可行性介紹〉，《裝甲兵季刊》第269期，2023年09月，頁1-35。

24 可變能量模式(Variable Energy Mode)是一個描述能量可以以不同形式存在，並且可以在不同形式之間轉換的概念。這些能量形式包括動能、熱能、光能、電能、化學能等，而且它們可以相互轉換。

25 混合能源模式，或稱油電混合模式，是指車輛同時使用內燃機(引擎)和電動馬達兩種動力來源，以達到更佳的燃油效率和性能表現。根據不同的設計，混合動力系統可以分為幾種不同的模式，例如純電動模式(EV模式)、混合模式(引擎和馬達共同驅動)和充電模式(引擎驅動發電機為電池充電)等。

26 張台衛、李虹欣、劉姿伶，〈國軍永續發展目標：探討軍隊文化對軍官士兵的綠色組織公民行為與綠色購買行為的跨層次研究〉，《國立金門大學學報》13卷1期，2024年05月，頁35-57。



表1 國軍綠色國防推動歷程遭遇之關鍵挑戰

挑戰面向	核心問題	對應建議
戰場環境衝擊與任務韌性挑戰	氣候災害影響基地安全、作戰部署與後勤支援	■ 建構氣候韌性軍事設施(如高架設施、防災設計)。 ■ 強化極端天候演訓與災後快速回復能力，並於2025年前完成10個基地的氣候韌性加固。
技術創新推動與財政調配困境	綠能設備成本高、相容性與財務負荷重	■ 推動軍民協同開發與試驗場域。 ■ 導入分階段與模組化部署模式。
國際競爭壓力與戰略自主課題	面臨北約、美日標準壓力，需兼顧自主與對接疑慮	■ 成立「國軍綠色戰備推動中心」 ■ 建立多邊合作管道(APCSS、NSPA等)。
軍事文化觀念與執行制度落差	軍中對綠能接受度低、專責教育訓練不足	■ 納入軍校培訓與晉升課程。 ■ 設立綠色軍事專長職系。 ■ 推動組織領導文化轉型。
永續戰略與軍事任務本質衝突	綠色裝備難符合高強度作戰需求	■ 發展「任務導向」低碳配置策略。 ■ 依任務性質導入模組式綠能系統。

資料來源：作者整理

術與文化等方面多重挑戰。如何在不影響作戰效能的情況下，平衡綠色環境保護與國防能源效率雙贏，是一大重大課題。國軍必須通過跨部門整合與全面推進，始可確保綠色國防的長期發展，並為全球氣候變遷應對作出積極貢獻。

國際綠色國防軍事實踐比較與我聯動性

一、各國綠色國防政策實施及現況

當前主要軍事強權如美國、日本、英國與北約等，皆已將綠色國防納入國家安全與軍事現代化的重要戰略軸線。其推動重點涵蓋碳排放管制、能源多元化、戰場能源韌性與軍民技術整合等層面。²⁷美國國防部於2021年發布國防部氣候調適計

畫(DoD Climate Adaptation Plan, 2021)：²⁸

強調在軍事設施中推行微電網與可再生能源技術的目標；北約於2014年通過綠色防禦框架(Green Defence Framework, 2014)：要求成員國推動軍事基礎設施的節能與低碳化。這些政策為國軍綠色國防的推動提供寶貴的經驗與技術依據，本文整理臚陳各國綠色國防政策推動架構與代表性作為如表2。

二、各國家軍隊綠色國防實踐案例

鑑於氣候安全已納入全球主要軍事強國之國防架構，綠色國防轉型已成共識。本文選擇美國、北約與歐盟(代表全球推動最早)、亞洲典型國家(日本、韓國、中國大陸)以及具戰備自主特色的以色列為研究對象，進行政策路徑與技術實

27 姜宇辰，〈整合碳足跡概念的國防武器專案管理系統規劃〉，(國立成功大學工業與資訊管理學系，碩士論文，2024)，頁8。

28 國防部氣候調適計畫(DoD Climate Adaptation Plan, 2021)，2021年09月，來源：<https://www.sustainability.gov/pdfs/dod-2021-cap.pdf>〉，檢索日期114年06月05日。

表2 各國綠色國防政策比較

國家／組織	政策名稱	核心目標	主要實施項目	參考要點
美國	Department of Defense Climate Adaptation Plan (2021)	減碳與戰場能源韌性雙強化	微電網建設、軍用電動車導入、碳排評估標準制定	推動碳管理制度與能源彈性配置
日本	自衛隊綠色營區政策	軍事設施節能與防災整合	節能營區建設、混合動力車輛導入、基地儲能強化	建立軍民共用能源模組與防災聯動
北約	Green Defence Framework	提升盟軍能源效率與部署能力	聯合採購綠能設備、模組化測試、能源合作平台	建構跨軍種綠色作戰與補給標準
南韓 ²⁹	國防改革 2.0、國防綠色能源推動藍圖	降低依賴與強化供能韌性	前線儲能系統、外島再生能源設施建置、綠能補給系統	建立偏遠駐地能源自主與儲備模組
歐盟 ³⁰	各國綠色軍事行動計畫	系統化納入環保政策與碳排管理	基地再生能源系統、低碳裝備採購、歐盟軍事技術合作機制	將環境納入國防戰略、促進國際協作標準化

此表彙整代表性國家之政策架構與重點作法，供國軍作為推動參考依據

資料來源：作者整理，依據美國《DoD Climate Adaptation Plan (2021)》、北約《Green Defence Framework (2014)》、日本自衛隊政策、南韓國防改革計畫及歐盟綠色外交政策等公開政策資料彙整，不代表各國政府最新數據，僅供策略參考。

踐之跨國比較，期協助國軍未來明確導入轉型方向與優先綠色策略。

(一)美國

美國國防部自2000年代即推動綠色國防架構，以「氣候適應計畫」(2021)為綱領，強調戰場能源韌性與環保減碳責任雙軌並進，透過微電網、電動化載具與替代燃料建構完整的能源戰備模組，全面推

動能源轉型。³¹其重點包含：

- 1.微電網與可再生能源基地建設，強化基地能源自主。
- 2.戰場節能科技應用，如便攜式太陽能模組與高效能電池。
- 3.研發低碳軍備與替代燃料技術，降低前線補給壓力與碳排足跡。³²

(二)歐洲聯盟與北約³³

29 〈南韓實現自主國防 科技建軍〉，《青年日報》，2020年03月28日，來源：<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1218915>，檢索日期114年07月25日。

30 陳麗娟，〈歐盟綠色外交政策新趨勢〉，《國會季刊》51卷第1期，2023年03月，頁9-28。

31 “The Army’s First Solar Farm Will be the Size of 6 Football Pitches,” The British Army, April 7, 2021，來源：<https://www.army.mod.uk/news-and-events/news/2021/05/prometheus-work-begins/>

32 Andrew Eversden, “Army Electric Vehicle Goals ‘Pretty Darn Achievable,’ but Challenges Remain,” Breaking Defense, March 2, 2022，來源：<https://breakingdefense.com/2022/03/army-electric-vehicle-goals-pretty-darn-achievable-but-challenges-remain/>.

33 UK Ministry of Defence (MOD), “British Army Approach to Battlefield Electrification,” May 2022, p. 13，來源：<https://www.army.mod.uk/media/17010/british-army-approach-to-battlefield-electrification.pdf>.



歐盟各國普遍重視環境政策，強調綠色軍事行動的制度化與技術創新。

1.法國推動「綠色國防」計畫，強化軍營再生能源系統與電動軍車應用。

2.德國著重軍事設施節能改造與軍工減碳措施。

3.英國目標至2050年實現軍事零碳排放，並強化環保裝備建設。³⁴

4.北約則透過「綠色軍隊」機制，建構多邊技術合作平台、制定環保採購標準與強化能源韌性，為全球唯一具有軍事綠色制度架構之聯盟。

(三)亞洲國家

亞洲各國綠色國防發展不一，但日本、南韓、中國大陸已有初步制度化發展：

1.日本重視基地節能降耗與混合動力車輛研發，結合非傳統軍事災防應用。³⁵

2.南韓推進外島再生能源建設與電動補給車輛。³⁶

3.中國大陸透過軍事現代化工程，擴大電動車、儲能與環保材料應用，發展低碳後勤體系。³⁷

4.新加坡與印度等國雖尚屬起步，亦已將環保納入軍事設施設計與後勤系統改善。

5.其他亞洲國家

雖然許多亞洲國家尚未大規模推動綠色國防，但新加坡和印度等國家也開始在國防設施中列入考慮軍事現代化與綠色環保因素。如新加坡重視軍事設施的能源效率，並推動智能技術應用於軍事後勤中；³⁸印度也在其軍事工業中逐步採用環保材料與技術，以減少軍事生產中的環境影響。³⁹

(四)以色列

34 Ministry of Defence and Jeremy Quin MP, "Army's Solar Farms Support Commitment to Sustainability," GOV.UK, April 7, 2021, 來源：<https://www.gov.uk/government/news/armys-solar-farms-support-commitment-to-sustainability>.

35 防衛省・自衛隊，〈政府全体の電力量のうち防衛省の割合について〉，《環境対策に関する取組》，2022年，來源：https://www.mod.go.jp/j/approach/chouwa/kankyo_taisaku/pdf/r04_chotatsuwariai.pdf。

36 〈濟州島於2023年公布能源轉型路線圖，以實現2050碳中和目標〉，《經濟部能源署》，2023年12月，來源：<https://km.twenergy.org.tw/localEnergy/?path=cases%2Fdetail%2F229>，檢索日期114年07月25日。

37 戴志言，〈中國大陸電動車產業發展現況與全球影響力研析〉，《展望與探索論壇》第22卷第4期，2024年04月，頁89-100。

38 劉翎端，〈新加坡國防部推行環境永續策略之啟示〉，《國防安全雙週報》，2023年03月，來源：<https://indsr.org.tw/respublicationcon?uid=12&resid=1943&pid=3823>，檢索日期114年07月25日。

39 賴達文，〈第12章印度國防軍備發展〉，《2024國防科技趨勢評估報告》，2025年01月，來源：<https://indsr.org.tw/uploads/indsr/files/202501/594f6ad9-3fec-4c83-8142-6e069035ff38.pdf>，檢索日期114年07月25日。

以色列國防軍因地緣政治挑戰，特別重視能源自主與高效率供應。現已全面導入太陽能與儲能系統於軍事基地運營，並進行高效能源技術測試，以強化戰備持續力與碳排削減。⁴⁰

(五)他國經驗對國軍之啟示

綜上所述，全球各國軍事體系已將綠色國防納入整體戰略布局，主要軍事體系多已採行三大方向策略：⁴¹

1.能源自主策略：如美國、以色列強化微電網與再生能源基地。

2.低碳裝備研發：如北約、美英日推動電動軍車與綠能低碳燃料武器裝備，兼顧環境與戰力。⁴²

3.綠色後勤與基地轉型：如南韓、日本在偏遠與外島推行儲能設施與環境模組，強化制度落實力。⁴³

對我國而言，應重視以下三項啟發：

1.建構制度化之綠色推動專責單位，整合技術、標準與執行任務。

2.將綠色裝備納入戰備規劃與軍購流

程，形成產官學技術循環。

3.借鏡設置「綠能模擬場域」之作法，導入演訓聯測平臺以強化綠能驗證效能。

三、綠色國防與能源戰略之聯動性

臺灣能源轉型以「2050淨零排放」為終極目標，國軍若欲推進綠色防禦思維，須同步與國家能源戰略對接，以發揮整體政策協同效益。國防部應明確定位於能源轉型中的角色，並以2050淨零路徑作為綠色建軍的長期戰略依據。具體而言，國軍應於能源轉型後續行動方案推動中，區分短中長期納入綠能基地、微電網與電動補給系統等關鍵項目，指派權管單位具備災防功能與戰備支援能力之設施整合規劃，並與國家能源機構或災防策略進行配套設計，達成戰備支援與民生備援雙重效益。國防推動項目與評估指標建議表內容如表3。

國軍綠色國防發展策略架構

綠色國防不僅是技術革新，更挑戰

40 〈探討以色列能源發展情勢〉，《財團法人臺灣經濟研究院》，來源：<https://km.twenergy.org.tw/ReadFile/?p=KLBase&n=20220908162535.pdf>，檢索日期114年07月25日。

41 Corrie Poland, "The Air Force Partners with Twelve, Proves It's Possible to Make Jet Fuel out of Thin Air," Air Force Operational Energy, October 21, 2021, 來源：<https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/2819999/the-air-force-partners-with-twelve-proves-its-possible-to-make-jet-fuel-out-of/>.

42 "Army Sparks up 'Electrifying' Plan for Future Battlefields," The British Army, May 3, 2022, 來源：<https://www.army.mod.uk/news-and-events/news/2022/05/army-sparks-up-electrifying-plan-for-future-battlefields/>.

43 Jerome Aliotta, "Anti-idle Technology Reduces Fuel, Extends Silent Watch," U.S. Army, March 29, 2022, 來源：https://www.army.mil/article/255156/anti_idle_technology_reduces_fuel_extends_silent_watch.

表3 國軍綠色國防推動項目與評估指標建議表

推動階段	任務項目	權管單位	預期成效	評估指標建議
短期	建置試點微電網、推動綠能營區示範、導入電動補給車	營建署 陸勤部、空軍保修指揮部	強化能源韌性、減少柴油依賴、驗證再生能源作戰應用	基地電能自主率提升至40%；柴油使用量年減10%
中期	全軍能源平台整合、成立國防能源策略辦公室、推動碳盤查與建立軍用能源效能KPI制度與年度滾動審核機制、整合軍民綠能技術平台	科技部軍民合作司 國防部後次室、國防大學	制度化綠色建軍、建構跨域治理平台	完成能源治理白皮書；建軍用碳管理系統
長期	全軍綠能納規劃法制化、導入AI能源決策模擬、建立能源預算專案軌道	國防部戰規司、主計局	建構具戰略調度彈性與社會協同效益之國軍能源系統	編列國防綠色專項預算；全軍節能率達25%以上
備註： ■表列數值為推估值，係依據公開政策資料與預設情境推演，不代表實際成效，建議滾動式檢核修訂。 ■表格數據中的數字（如「基地電能自主率提升至40%」）是基於國防部初步計劃與資源分配結果得出的預估數值，未來可依實際情況進行調整。				

資料來源：作者參考網路公開資料彙整。

傳統戰爭觀，勢將深刻重塑未來戰場樣貌。綠色國防與後勤軍工產業的結合是邁向永續國防的新篇章，軍隊必須適應這一趨勢，將綠色國防融入到軍事後勤戰略規劃、部隊訓練和裝備發展中。惟有這樣，才能在未來複雜多變的戰場上取得勝利。故，在未來整體防衛作戰發展中，國軍可以從各國的經驗中學習，並結合自身的條件，推動綠色國防與後勤產業的發展，具體策略如下。

一、強化綠色國防(AI)應用與創新

隨著全球對環境保護的重視日益升高，傳統的軍事行動也面臨著轉型，尋求更具永續性的發展模式。各國軍隊已陸續將綠色環保技術納入軍事現代化的戰略規劃，未來，隨著全球軍事科技的發展，國

軍若要實現綠色國防目標，必須積極發展並參考應用他國新興綠色技術，將綠色國防與後勤產業結合的重要經驗作為優先考量的方向。

美國空軍在2021年進行AI驅動的能源預測試驗，成功預測基地能耗的變化，將能源使用率降低了12%，這些成果展示AI在軍事能源管理中的潛力，國軍可藉此技術優化營區能源配置，其應用場景可聚焦於下列三類關鍵領域。⁴⁴

(一)能源預測與負載平衡

透過AI演算法分析歷史用能資料、季節變化與作戰節點，預測基地與戰備設施之能源峰值需求，並即時調控分配，減少過度備載與資源浪費。

(二)補給路線調度最適化

44 海爾格·諾沃特尼 (Helga Nowotny)，〈未來的錯覺：人類如何與AI共處〉，《香港中文大學出版社》，第146-150頁。

結合綠能補給任務、實時天候、交通狀況與能耗模型，優化運補路線與時程規劃，提升燃料使用效率與後勤補保應變速度，支援機動作戰任務。

(三)預警維保與異常監控

建置AI健康管理系統(PHM)⁴⁵，持續監控儲能設施與發電裝置之運行狀態，進行設備壽期評估與故障預測，提升綠能系統之穩定性與可用率。

展望未來發展趨勢，國軍依不同階段規劃AI在綠色國防推動中的發展策略，針對可行性與實施階段，區分為短期(1-3年)、中期(3-5年)、長期(5年以上)等三類綠色國防推動策略建議。

- 1.短期(1-3年)：推動再生能源場域布建與智慧能源平台導入。
- 2.中期(3-5年)：建立全軍能源監控、軍校教育改革與AI調度系統，整合電網、運補與儲能管理。
- 3.長期(5年以上)：導入聯合軍種智慧能源戰場模擬系統，並參與國際綠能軍事技術合作，提升整體綠色戰力自主性與數據韌性。

另為提升政策可行性與監督強度，依推動階段明列任務、單位與預期效益(詳表4)。

上述分析，亦將作為下節『結論與建議』之重要依據與政策規劃參考。

表4 綠色國防推動任務預期目標表

推動階段	關鍵任務	預期目標
短期 (1-3 年)	微電網示範場域、綠能車採購	基地碳排減 5%、電能自主率提升至 40%
中期 (3-5 年)	全軍能源平台整合、軍校教育改革	節能效率提升 15%、新兵綠能課程普及率 90%
長期 (5 年以上)	AI 能源戰場模擬系統	建立國產化低碳裝備鏈、參與國際演訓合作

資料來源：作者依文中策略規劃與國際案例推估彙整，供戰略規劃參考，實際推動成效須經各單位評估與修正。

二、與國際合作夥伴建立聯防新機制

綠色國防已逐步成為先進國家軍隊的發展重心。北約於2014年正式啟動「綠色防禦框架」(Green Defence Framework)、歐盟提出「氣候與國防路線圖」，而美英條約則設定了微電網與碳中和目標。這些措施均顯示能源自主與低碳轉型在軍事系統中的高度重視，強調不僅是「減少碳排放」還包括「提升戰備能力」、「強化任務能量」及「減少後勤風險」。國軍亦可考慮參與多項亞太地區的安全合作演習與技術交流機制，如APCSS(亞太安全合作中心)、印太氣候安全聯盟等國際平台建立對話及合作，借助區域軍事經驗和技術協同，持續並利用該平台推動綠色國防技術的應用與發展。⁴⁶

綠色國防推動需軍方內部推動與產學界、國際夥伴緊密協作，方能落實多元

45 健康管理系統，或稱PHM (Prognostics and Health Management)，是一種透過數據分析和預測技術，來監控、診斷和預測設備或系統健康狀況的系統。它的目標是優化維護策略，在故障發生前預測並解決潛在問題，從而提高可靠性、延長設備壽命，並降低維護成本。

46 金士懿，〈氣候變遷與軍工產業之關聯〉，《當代法律》32期，2024年08月，頁79-87。



策略。國軍應與國內能源研究機構、軍工產業和科技企業攜手，研發適用於軍事環境的高效能能源技術。例如，參與國際軍事能源合作計畫，透過軍民合作(Military-Civil Fusion)，可將民間先進的綠能技術導入國軍裝備，提升整體作戰效能與環保標準。另一方面，也可參考例如北約「先進能源技術聯盟」(Advanced Energy Technology Alliance)與歐盟(EU)在綠色國防領域的合作模式，引進最新的綠能軍事技術，並學習可再生能源技術與軍事環保政策，若國軍能與友盟國家展開技術交流，將有助於加速綠色國防自主的推進。

綜觀國際近期軍事綠能應用發展趨勢，除可發現一方面回應減碳潮流，更重要的乃是維繫部隊於戰爭衝突或是極端氣候下的戰備量能，藉由環保綠能裝置低噪音和低廢氣排放的特點，減少戰術工具的燃料需求、掩蔽軍事行動行蹤、提升偵察能力及降低兵力傷亡損耗，以達到有效戰鬥資源配置效果。

結論與建議

面對全球氣候變遷加劇與能源戰略重構的雙重新挑戰，綠色國防已成為先進國家軍事現代化的發展趨勢之一。國軍積極推動綠色轉型，已在政策宣示、能源應用、制度建構及教育推廣等方面取得初步成果。然而，綠色國防的實踐仍面臨資源不足、文化阻力與執行落差等困難，未來仍須透過技術創新、國際合作及政策支持等多面向推進，建構具戰略韌性的永續軍

事體系。茲就本研究分析與實務觀察，提出以下結論與具體建議：

一、結論

(一)綠色國防是國軍建軍備戰關鍵項目之一

面對氣候變遷與能源風險，綠色國防政策已成為軍事現代化不可忽視的發展方向，不僅有助於強化能源自主、提升作戰續航力，亦符合國際永續安全價值。

(二)能源自主為強化戰力持續性的核心要素

推動可再生能源、微電網與儲能系統等綠能技術，有助於基地能源獨立、前線行動穩定，是確保作戰不中斷的重要關鍵。

(三)制度文化雙軌轉型為落實綠色國防主因

雖已有政策推動與局部執行成果，但仍須強化高層決策主導力與基層官兵認知，共同打造軍中綠色意識與實務能力。

(四)技術合作研習與國際接軌加速轉型效益

鑑於北約、美軍、日本與歐盟等國及組織已有成熟綠色國防架構，國軍應主動參與跨區域技術交流、綠色制度研習與非傳統軍事模擬演訓合作，加速建立具備在地化實施力與國際標準接軌的綠色國防軍事體系。

二、建議

(一)強化綠能科技創新研發能量

1. 整合行政院國家科學及技術委員會、國防部與軍備局資源設置「國軍綠能

科技中心」，專責開發太陽能、氢能、電動戰術載具與儲能技術。

2.於國軍演訓基地設置「能源模組測試區」，驗證綠能系統之軍事應用可行性。

3.應用AI分析強化能源調度、維修預測與耗能監控，提升系統效率。

(二)建立綠色國防永續預算機制

綠色國防政策屬中長期投資型建設，初期常受限於年度預算邊際效益評估，導致計畫推動遭遇排擠困境。

1.成立綠色國防推動小組，落實跨部門政策協調與資源整合。

2.各軍種將節能績效納入單位年度戰備評鑑指標作為督導必要依據。

3.國軍後勤補給與工程作業流程，導入綠色材料與設備採購標準。

4.年度專案預算將綠能設施、儲能模組與低碳裝備等列入分類，採取中程滾動檢討預算方式，並建構專責「綠色國防預算專案帳戶」，避免綠能投資受限於單一年度之財政配置限制，並確保政策連貫性與預算彈性。

5.積極爭取行政院能源轉型基金、淨零碳排路徑預算及災防計畫補助資源，透過跨部會預算協同，增進國防政策整合力與綠色永續推動能力。

(三)深化國際合作對接聯防標準

1.探討成立「亞太綠色國防合作平台」整合區域傳統軍事行動與非傳統軍事行動災防能量之可行性。

2.與美國印太司令部、日本自衛隊建

立定期技術合作機制。

3.主動參與加入北約綠能行動聯盟(如SMA、NSPA)，觀摩其能源轉型作法。

4.藉「臺灣2050淨零排放路徑」之政策走向，順應扶助綠能國內產業之時機，加速綠色國防轉型，積極尋求綠能合作夥伴，建立聯防機制提升整體偵察能力及作戰兵力的防衛韌性，為未來聯防挑戰做好準備。

(四)優先前線推動綠能智慧管理

1.外島與偏遠地區優先設置相關太陽能板、微型綠能站與儲能系統等。

2.啟動「非戰術載具電動化汰換計畫」，逐年轉換勤裝綠能車輛。

3.製作模組化綠能帳棚與行動能源套組等裝備，用於非傳統軍事行動緊急救災與前線部署需求。

4.建構國軍「能源大數據平台」，導入GIS+物聯網(Internet of Things，簡稱IoT)製作「作戰能源地圖」，即時有效整合後勤、補給與營建能耗補充資訊，支援戰時能源部署規劃。

5.探索軍品碳足跡標示制度，結合區塊鏈提升採購透明度。

(五)增設專責機構落實教育變革

1.將綠色國防納入軍官與士官晉升必要訓練課程內容，並舉辦「綠能部隊」相關競賽，以績效導向引導行為轉變。

2.於軍事院校與在職訓練課程中，增設綠能軍事專長課程與「綠能軍事專長職系模組」，強化組織文化轉型與知識深化機制。



3.建構橫向協同與縱向整合體系，強化三軍推動效能並落實長期治理制度。

4.設立「綠色戰備推動中心」統籌國軍綠能標準、技術驗證與資源分配，並作為推動KPI監督與滾動修正機制核心單位。

5.善用政戰輔導系統，加強官兵對綠色國防戰略價值之認同。

(六)同步模擬驗證回饋演練實效

綠色國防政策若欲有效落實，需同步建立驗證模擬與實兵演練體系，強化技術應用之戰術實用性與部署彈性。建議國軍於既有演訓基地規劃設置「綠色國防作戰模擬場域」，作為政策試驗與跨軍種整合的實作平臺。具體構想：

1.場域選址與功能規劃

可選定如佳山基地、仁壽營區或成功嶺等，已具備基本後勤設施之場域，設置可部署式微電網、儲能模組、電動載具補給區與能資AI監控系統，模擬於極端氣候、前線斷補與高耗能環境下之仿真條件。

2.模組化測試與評估驗證重點

包括戰場能源(綠能/柴油)切換系統、裝備充電效率、戰術部署補給彈性與低碳營建設施抗災強度等，進行模組測試與評估報告，提供未來裝備採購及能源規劃之依據。

3.跨軍種協同測試與作戰演練導入

導入三軍聯合演訓架構，並結合「災防整備模擬」、「海外維和任務」進行綠能後勤支援流程推演、模擬與回饋，

整合推動戰備系統與綠色環境因應機制。

(七)發展AI整合式綠能調度平台

隨著AI技術與大數據分析在國防應用中的成熟，國軍可發展類似以AI為核心的「軍事綠能調度系統」，串聯國軍基地用能情資、氣候資料、存儲概情與裝備狀況，進行能源使用預測、調度建議與維保時機推估等。甚至，未來可導入機器學習演算法，以AI動態調整儲能啟閉、車輛補給排程與用電避峰策略，形成具彈性調控力的軍事能源中樞平台。此外，亦可結合GIS地理資訊系統與行動應變系統，建立「能源作戰態勢圖」，作為災防與戰備聯合部署之參考依據。該系統應與國軍既有的後勤支援系統進行整合，逐步形成低耗能、高效能、智慧化的「數位綠色國防雲」。

綠色國防不僅是作戰續航與後勤效能的再構，更是臺灣面對極端氣候與地緣安全挑戰下之新國防思維體現。唯有以整體戰略視角統整推動，並以制度與文化雙軌導入，國軍方能於綠色安全競逐中占有一席之地。

作者簡介

藍碧玲上校，國防大學管理學院女官班85年班、國防大學管理學院補給正規班88年班、國防大學空軍參謀學院99年班、國防大學戰爭學院戰略與國際事務研究所104年班碩士、國防大學管理學院戰略班108年班。曾任補給官、化兵官、科長、中隊長、副指揮官。現任職國防大學管理學院戰略主任教官。