

# 氣候

Climate Generation

第 49 期  
2025 年 7 月

# 少年



**哈說**

自然資源主權觀：  
決定國家存續的最後防線

**AI | 地球**

你聽得懂自然的聲音嗎？

**唐吉軻德**

巴黎走不到貝倫？

**探針**

核電廠也要適應氣候變遷

# 主編的話

美好的環境需要新的語言

## 以自然資源主權為念、接納新觀念

1970年代人類登陸月球，從月球看到「地出」的那一刻起，人類深刻意識到這個宇宙中幾乎是唯一的藍色星球，他的獨特與美麗。

冷戰結束，揮別了帶有濃厚軍事意涵的太空競賽，科學家們更多的研究精力，開始放在探索地球、深海內太空 ( inner space ) 的奧妙。

位於西太平洋，地球最深的馬里亞納海溝 ( Mariana Trench ) 深度接近1.1萬公尺，雖然成功的到達深淵，但對於深海生態，或是叢林深處的世界，瞭解可能不如大家想像的多。迄今，在印度海島、印尼雨林與南美，全世界仍有十多個幾乎未與現代文明接觸的原始聚落，他們周圍的生態環境，也罕為人知。

即便知道了自然界的資訊，我們可能也不知道他的內涵。例如海洋裡面的各種聲音，科學家正在利用AI解讀它，這是源於冷戰時期的另一項「遺產」，為了偵測敵對潛艇所開發的大範圍聲納觀測系統意外的發現。

帶點諷刺的是，象徵破壞的戰爭，竟然是加速認識環境的契機。而戰爭所爭奪的自然資源，是主權的象徵，也是國家存續的最後一道防線。先人們用生命、鮮血拚搏下來的自然環境，安逸的後代竟然任其毀壞，主權失守、私有利益化。國家與人民存在的意義又是為何？

或許，我們眼裡還無法容下環境。巴黎協定通過十年後，即將於年底召開的氣候大會COP30，會議的主旋律依然相同，全球沒有真正減量，自然資源與其親近的原住民仍然邊緣化，即使在巴西雨林城市貝倫舉辦，結果可能並無二致。

問題可能在於無法接受新觀念，就像核能，多數印象仍停留在四十年前，冷戰時期的車諾比、三哩島核災，但新的技術早已不同，我們是否有勇氣，丟下過去的堅持，試著理解新的觀念呢？或許，AI比我們更理性，可以不斷吸收、編輯彙整新的資訊，而不被舊有框架束縛。

# 自然資源主權觀：決定國家存續的最後防線

## 自然資源主權觀的源起、內涵與應用

「主權」一詞在現代國家中經常與憲政、疆界、軍事、外交並置討論，卻少有人追問：主權這個抽象蓋真正依附於何種物質基礎？

自然資源主權（sovereignty over natural resources）這一觀念的源起，可追溯至二戰後殖民地解放與新興國家重構主權的歷史過程。

聯合國大會的第523 (VI) 號決議於1952年1月12日通過，專注於綜合經濟發展和商業協議，承認發展中國家自由決定其自然資源用於經濟發展的權利。第626 (VII) 號決議於1952年12月21日通過，特別針對自由開發自然資源和財富的權利，強調這一權利是國家主權的固有權利，並有助於經濟發展和國際合作。

1952年聯合國通過《關於自然資源永久主權的決議》（Permanent Sovereignty over Natural Resources），之後於1962年通過第1803 (XVII) 決議修正，明文確認：每一國家與民族對其自然資源享有完整、無可剝奪的主權。

這些決議都專注於戰後的經濟發展，必須立基於自然資源的利用。

時至今日，這一原則表面是反殖民、反企業掠奪的法律工具，但其背後意涵更深——國家主權的正當性，不僅來自民主制度或外交承認，更奠基於其對自然資源的管理、保護與分配能力，甚至更重要的生態文明的建立基礎。

自然資源是主權的內涵之一，所以，「一國」之內的自然資源歸屬國家，國家得以享有開發、利用、處分的權力；這項權力雖然因為自然資源的跨國性、共通性而受到國際法的限制，所以，即使國家享有自然資源主權，也不得濫用，要受到節制；





自然主權不能  
被商業把持

而法律的共性如果不分國際國內，那麼，這樣的自然資源主權限制，也應該適用於內國；

積極方面，國家應該善用自然資源，根據一定的法律原則，管理自然資源；消極方面，國家的自然資源主權要有一定的限制，這又涉及到國家治理的公益性與正當性，自然資源沒有處理好，國家就應該擔負一定的責任；反應國家治理的方式之一，就是制訂法律或者施行政策，而「環境法」或者「調整人與環境的所有法律」就是反應上述國家治理公益性與正當性的載體，各該法律的原則，應該要能體現這樣的公益性與正當性，才具有合法性。

台灣卻在這些關鍵層面顯得極為薄弱，自然資源主權觀在台灣의 公共語言中幾乎是失語的。

### 自然資源與人的關係，決定一切社會與政治的位置

人類社會並非從「意識形態」或「政體設計」開始，而是從大氣、水源、地形、氣候、森林與動植物開始。也就是說，自然資源與人的關係，決定了人類群居的地緣結構與權力形態。

1. 地緣政治的形成，不是因為國界，而是因為山系與河流的切割與連結；
2. 國家的誕生，往往基於對某片肥沃土地、水道、礦區、森林的有效控制；
3. 社會階層與分工，多數起源於資源佔有的差異，如貴族控制水權、地主劃定森林；
4. 家庭與村落的維繫，長久以來也依賴於對土地、耕作與自然節氣的順應。

如果我們忽視自然資源這個社會的「物質母體」，那麼所謂的「國家治理」與「社會契約」將成為空中樓閣。

當代地緣政治不再僅靠國防或貿易優勢主導，而是回到誰能自持資源、分配韌性、控制災變風險。能源自足、糧食主權、碳中和能力、水系治理力，正構成新的國家分級與存續條件。

換言之，失去對自然資源的治理與再生能力，即是國家失去存在位置的開始。

## 自然資源主權觀：重塑治理邏輯、斷絕政商結構的關鍵

現代資本主義主導的國家治理架構，政策往往是為了促進「經濟發展」與「產業投資」。資源，被視為「可開發的要素」，而不是「需守護的國體基礎」。

這種邏輯，導致以下惡果：

- 土地制度商品化，破壞原生聚落與生態韌性；
- 水權與砂石利益被地方派系壟斷；
- 林地與海域成為利益輸送工具；
- 地熱、風能、太陽能開發被財團壟斷，未形成全民能源權。

這些現象不僅是環保問題，更是主權失守的表徵。一個真正的主權國家，不能讓自己的山河田海落入政商集團的財務報表中。否則國號再莊嚴，憲法再完備，主權都只是標誌而非現實。

自然資源主權觀的引入，有助於徹底改變這種治理邏輯：

- 將資源治理提升為主權維護機制，由國會監督、社會共治；

- 建構去商業化的公共資源體系，如社區林業、水文合作社、糧食主權網絡；

- 與原住民族共建治理架構，重構「地景憲政」而非只是區域自治；

- 建立全國性資源帳冊與透明平台，遏止暗盤操作與資源掠奪。

這樣的治理不是仰賴「善意領導人」，而是建立在制度化、權力分離與代際責任基礎上的主權實踐。

## 結語：國家的根，長在水脈與山脊之間

台灣長期將主權等同於外交與武裝對抗，卻未曾認真問過自己：我們能否在沒有他人支援下，維持三個月的基本存活？

我們是否能確保：能源自主？糧食不絕？水資源公平分配？山林不再崩解？原鄉與沿海在同一國體下獲得平等治理？

沒有這些物質支撐，所謂的主權，終將如沙上築屋。失去自然資源主權，不只是主權的消解，更是國家靈魂的散逸。

在極端氣候、資源搶奪與全球斷鏈成為常態時代，台灣不能再以軟實力自詡，卻任由硬資源腐朽。主權，不在話語之上，而在土地中、山林間、河流下。

如果國家不能善守這樣的自然資源主權觀，就是失職，就是對不起後代子孫。現在做還來得及，現在覺醒也不遲。

## 你聽得懂自然的聲音嗎？

### 言語再也無法相通

猶太教《舊約聖書》提到，大洪水之後，一群人決心建造一座城，以及一座能「通天的塔」。上帝看到後說：「讓我們打亂他們的語言，讓他們分散到各地」。巴別塔倒下了，語言再也不能相通。

或許，上帝打亂的不只是人與人間的語言，還有人與自然間的語言。我們能夠感知與我們親近動物的意思，但再也不能清楚的與他們對談、交流。

這是生態學家、生物學家、科學家以及許多人畢生所追求的事情，現在，AI的運用讓跨物種溝通，不再顯得遙不可及。

### 聽到鯨魚的聲音

鯨魚可能是最早被人們聆聽的「說話者」。北太平洋一隻鯨魚發聲頻率為52赫茲（Hz），遠高於一般鯨魚10至20赫茲，難以被其他鯨魚所聽到的「孤獨者」，更是引起心靈共鳴、動物研究與大眾傳媒的廣泛興趣。

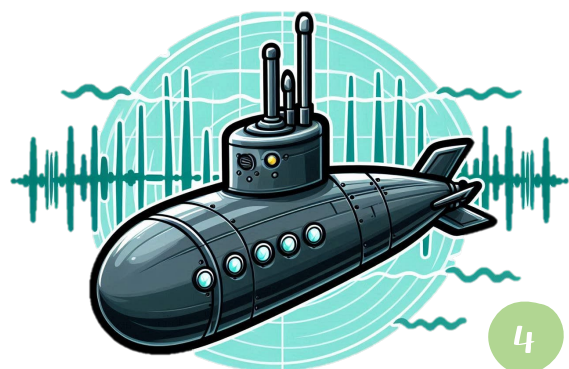
為什麼是鯨魚？為什麼在水中？

這與聲音在水中的傳播速度是空氣中的4至5倍，傳播距離是數十到數百倍有關。對於鯨魚這樣超長距離移動的物種而言，可以傳遞上千公里的低頻聲音，是他們最重要的溝通行為。

相對於陸地上可能被周圍環境，被樹木、草叢影響，難以聽到動物聲音的情況，水中聲音研究，可說是「聽懂自然聲音」的入門款。

這樣的研究，純屬無心插柳。源於1950年代冷戰時期美軍所建立，用來偵測蘇聯潛艇行蹤的水下被動聲納監測系統（Sound Surveillance System, SOSUS）。

當這些遍布太平洋與大西洋深海的水下麥克風（hydrophones）所紀錄的大量海洋聲音公諸於世，不再被視為水底雜音的時候，我們才開始認識自然萬物那豐富又迷人的對話。



### 501(c)3助力，聽懂鯨魚的聲音

1960年代末，科學家發現鯨魚會互相唱歌。羅傑佩恩（Roger Payne）博士的錄音《座頭鯨之歌》引發了「拯救鯨魚」運動，最終促成了1972年美國《海洋哺乳動物保護法》通過，結束大規模捕鯨活動。

隨著AI發展，「鯨語翻譯倡議」（Cetacean Translation Initiative, Project CETI），於2020年接受Ted Audacious Prize贊助，轉型成立為501(c)3的非營利組織，在多明尼加島部署大量水下錄音裝置，長期記錄抹香鯨社群的聲紋資料，並導入自然語言處理與深度學習模型，試圖建立跨物種的語言對應架構。

2024年美國麻省理工學院（MIT）據此分析了來自東加勒比海超過9,000段抹香鯨點擊聲（coda）。研究團隊發現，這些聲音組合並非隨機，而是具有可預測的節奏與語音變化，類似人類語言系統。透過AI分析，研究發現了一種類似「抹香鯨語音字母表」的機制，有助於聽懂一部分的鯨語。

同時，其他研究團隊也針對藍鯨與虎鯨等物種建立聲紋圖譜（acoustic fingerprint），用來分析個體行為、族群結構與社會互動頻率。這些資料不僅有助於語言研究，也被應用於鯨豚保育與監測噪音污染對牠們交流的干擾程度。

### 《美國國稅法》第 501 條第 (c)(3) 款

規定免稅非營利組織類別，適用於從事慈善、教育、宗教、科學、文學等公益目的的機構。此類組織可免繳聯邦所得稅，且捐款人可依法申報稅賦抵扣。

此類組織不得從事政治運動，遊說活動也受到嚴格限制，且盈餘不得分配給董事或私人。常見類型包含大學、博物館、科學及醫療研究機構與國際人道援助組織。



## 翻譯「鯨語」新技術

多年來，鯨魚的聲音一直被人類視為神祕的呼喚。座頭鯨唱出長達十分鐘的旋律段落；虎鯨與抹香鯨則透過短促的點擊聲、節拍、沉默間距進行即時溝通。這些聲音呈現出地域性的差異、代際的遞變，甚至族群間的「方言」。

過去科學界傾向將這些訊號視為求偶或導航工具，但當語音出現可辨識的結構、反覆的變奏與社群學習模式，這些假說就不再足夠。他們的聲音裡，可能藏著語法、情緒，甚至文化。

AI 在這場語言解碼行動中扮演的角色，不只是翻譯器，更是資料的組織者。面對成千上萬段音訊片段，人類聽力與記憶有限，但AI不會疲憊。它能從聲音中辨認出模式、預測變化，逐步拼湊出聲音背後的結構與邏輯，也開啟「聽懂自然」、更深度理解其他生命的可能性。

如果他們有意識，又是怎樣感受環境變化？明顯可見的海水增溫、颱風颶風頻率增加，海洋生物族群改變，他們是否也會討論，甚至開始「氣候調適」？

如果AI真的完成鯨語系統建構，是否應該與他們對話？讓人類可以跟這些海洋生物交流？

如果聽得懂自然的聲音，只是為了更好的開發利用（以科學研究知名），那麼，上帝毫無疑問會再次摧毀「AI巴別塔」，讓人類再也聽不到自然的聲音。

備註：Project CETI取名，是對1970年代「搜尋外星智慧文明研究所」（Search for Extraterrestrial Intelligence, SETI Institute）致敬，而尋找地球上另一種智慧生命的語言也同樣重要。



## 巴黎走不到貝倫？

### 氣候公約十周年

今年11月，聯合國氣候變化綱要公約第30次締約方大會（COP30）將在巴西亞馬遜地區的貝倫舉行，正好是《巴黎協定》（COP21）通過10周年，被各界寄予厚望。

2015年簽訂的《巴黎協定》，被視為接續1997年《京都議定書》強制減碳義務的有力工具，透過國家自訂貢獻（Nationally Determined Contributions, NDCs）機制，激勵各國在氣候公約「共同但有差別責任與各自能力」基礎上，盡可能提出具野心的自願性減量措施與目標。

根據《巴黎協定》第4條，締約方應每五年提交或更新一次NDC，且不得低於先前的目標（不倒退原則）。

2022年於埃及舉辦之氣候大會通過《沙姆沙伊赫實施計畫》（COP27），進一步強調應在2025年前提交，涵蓋2035年的第三版NDC。

在《巴黎協定》之後，包含台灣，許多國家相繼提出2050淨零目標，甚至有芬蘭2035、冰島2040與德國2045淨零等更積極措施。然而，從宣示到目標達成前，中間的差距到底有多遠？

### 失敗的NDC與虛弱的承諾

2024年10月聯合國綱要公約秘書處發布最新「NDC綜合報告」，評估全球195個氣候公約締約方所提出的153份NDC，涵蓋全球95%溫室氣體排放量。

結果顯示，即使各國NDC能充分實施，2030年全球碳排放量仍比1990年高49.8%，比2010年高8.3%，僅比2019年《巴黎協定》通過前低2.6%。



在全球政治歡欣鼓舞的通過《巴黎協定》之後，即便是NDC，這不一定會實現的「口頭承諾」，到2030年也僅較基準年減少2.6%，全球留存在大氣中的碳排放量仍有515億噸，堪稱天文數字。

而根據聯合國綱要公約NDC平台統計，截至2025年6月底，只有25個國家提交第三版NDC（全球198國），更具野心的全球減量承諾，遙遙無期。

### 貝倫不是巴黎

在2015年巴黎會議之前，氣候大會的主席多半由主辦國環境部長擔任，反映會議屬性偏向專業氣候治理，而非高層外交談判。而在接續1997年《京都議定書》之全球氣候協定「持續」難產後，氣候國際政治干擾情況越顯劇烈。

為此，2015年有歐洲花都美稱，重視傳統「多邊主義」與「文化外交」手段的法國，特以外交部長為氣候大會主席，試圖讓法國首都巴黎，成為另一個重大國際條約的締結地。而具有聯合國安理會五大常任理事國地位的法國，其對歐陸乃至全球深厚的政治影響力，也是促成通過《巴黎協定》的重要助力。

相比之下，貝倫非但不是巴西首都，其城市能見度、基礎建設，以及過去國際外交、重大會議經驗都無法與巴黎比擬。而其位於亞馬遜區域重要門戶，象徵原住民、氣候與森林保育前線，回應「氣候正義」呼聲、氣候脆弱區域應有更高發言權等美意，是否能為談判帶來實益，恐怕未必。

### 氣候政治下的貝倫之路

事實上，原住民議題在國際政治氛圍上，經常是口惠而實不至。迄今，國際間也僅有艱難的於2007年通過「聯合國原住民族權利宣言」，連具有拘束力的公約都不是。國際氣候政治發展也崎嶇顛簸，無法提供此議題蓬勃發展之土壤。

過去十年，全球氣候政治脈絡從歐洲主導走向多極化格局。歐盟雖持續透過《碳邊境調整機制》（CBAM）主導規範制定，但其內部轉型壓力與外部反彈限制影響力擴張。

專注氣候商業，遺忘  
自然治理與原住民



美國則在氣候領域從川普的第一次退出巴黎協定，到拜登政府的「綠色保護主義」，例如《降低通膨法案》（IRA）透過補貼與關稅激勵再工業化，同時對中國與開發中國家技術形成壁壘，外交上也缺乏穩定承諾。川普上任後，是二度退出《巴黎協定》，通過《大而美》法案（OBBBA），調整上述降低通膨法的預算運用，取消電動車補貼，大力投資化石燃料，許多政策更民粹化為不問環境之「美國優先」。

中國則在金磚國家的里約高峰會上，強化其「南南合作」角色，提出綠色絲路與氣候資金援助，但在自主貢獻（NDC）上進展有限、總碳排放量持續增長，且缺乏透明性，削弱了其極為亮眼再生能源投資與發電成長。

在國際氣候政治受到美國川普再次干擾、中國崛起，歐盟力有未逮情況下，與中國友好的COP30主辦國巴西，得否發揮影響力、取得具體進展？

為熱帶雨林之保護以及原住民的生存發展取得足夠財務支持，形成決議是本屆關注重點。

巴西總統魯拉重返國際舞台後積極推動「全球南方版」氣候治理論述，主張森林主權、原住民族參與與生態系服務（經濟）重要性。選擇亞馬遜雨林城市貝倫主辦COP30是主張氣候治理不應再由北半球主導，而須納入森林國、氣候受害國與資源國的多邊共治結構，北方國家是否買單？是貝倫之路能否順暢通行的主要關鍵。

年底也是各國須提出第三版NDC的期限。今年初總統府國家氣候變遷對策委員會雖決議國發會更新NDC目標為「2030年國家溫室氣體淨排放量較2005年減少28±2%」。然而，面對近期高雄大樹光電毀山頭、颱風後水面光電板毀壞、屏東佳冬受損離岸太陽能浮台飄到澎湖，全面廢核等嚴峻挑戰，台灣NDC還能端出什麼亮眼又有實踐可能性的方案，恐怕無法樂觀。

或許台灣參與國際氣候大會的盛況依舊踴躍，但這條巴黎到貝倫的氣候之路，對台灣而言，恐怕也是崎嶇難行吧！

# 核電廠也要適應氣候變遷

## 當環境優先於經濟

2022 年夏季，法國多座核電廠因河水過熱而「選擇」降載或停機。這並非偶發事故，而是一系列氣候變遷所帶來的改變。

核電廠需依賴冷卻水讓反應爐安全運作，當熱浪讓河水溫度增加，為了避免核電廠用於冷卻後，更熱的河水流入河域影響水域生態，法國做出了選擇。

雖然，法國核電廠降載或提停機不完全是生態考量，也包含熱浪極端高溫，不利於系統管理，增加風險等面向，但隨著氣候議題發燒，核能與乾淨能源越受到認可，這樣的綠色轉變也開始影響過去只關注於工程、經濟面向的理工男們，生態與環境意識已經在他們心中萌芽。

## 尋求更穩定的能源系統

傳統核反應爐在運轉時會產生大量熱能，須藉助冷卻水將熱排出系統。這些水來自河流、湖泊或海域，冷卻後再排放回環境中。瑞士、比利時、西班牙等國都曾在酷暑時面臨冷卻水短缺困境。

此外，極端氣候也挑戰再生能源。連日高溫削弱太陽能板效率，無風日使風機空轉。颱風來襲甚至能摧毀整片設施。像是今年7月，丹娜絲颱風將南部大片光電板、離岸光電浮台捲走，因此，能源轉型不只要乾淨，更要耐壓。

而為了強化核能系統的能源韌性，新一代核能技術，正嘗試從冷卻水技術邏輯中解放。

## 小型模組化與熔鹽設計

全球正在加速開發的第四代核反應爐，以小型模組化反應爐（SMR）與熔鹽反應爐（MSR）技術突破較快，兩者設計皆脫離對傳統水源的依賴。

SMR 多採用氣冷或液態金屬冷卻（如液態鈉）。氣體（例如氫）在高溫下穩定流動，可自然帶走熱能；液態鈉導熱性能極佳，即使在冷卻設備停擺時，系統仍具備「被動安全性」，即熱能會自然擴散，而非集中導致災難。



MSR 更徹底地打破過往架構。它不只不用水當冷卻劑，連燃料本身都不再是固態棒狀，而是溶解在液態熔鹽中的混合物。熔鹽既是燃料承載體，也是熱能傳導者。整個反應堆不需高壓壓力容器，不需水冷塔，只靠熱對流與熔鹽本身的穩定性就能運作。

面對極端高溫、水資源限縮，新的核能技術可能對環境、水資源索需更少，卻仍可滿足能源供應。

### 中國熔鹽爐實作

最早提出熔鹽設計的是 1960 年代的美國，但現在中國最接近成功。

2011 年起中國科學院啟動「熔鹽反應堆與先進核能系統重點」(TMSR) 專案，並於 2021 年在甘肅武威建成全球首座液態燃料型熔鹽反應爐。這座實驗堆僅 2 MW 熱功率（實驗用不發電），卻已在 2023 年達成臨界，並於 2024 年完成長時間滿功率穩定運轉。

更重要的是，它已經成功實現「邊運轉邊補燃料」的技術突破，意味著無須停機即可維持燃料濃度，是熔鹽系統獨有的特徵。

中國不僅止步於實驗型反應爐，還計畫於 2025 年動工 10 MWe（百萬瓦電功率）級反應爐，2030 年起正式發電。未來更規劃 100 MWe 商業爐，部署於中西部與「一帶一路」合作國家，可見中國的企圖心。

### 新技術與新觀念

韌性必須成為能源設計的起點。在高溫、水資源越趨珍貴的氣候條件下，第四代核能反應爐正朝向，高溫、高壓下仍能自穩的系統設計。

例如鈾基熔鹽反應爐，與過去美國三哩島、烏克蘭車諾比爾核電廠設計已截然不同，採用被動安全機制，當運轉溫度僅攝氏600–700度，遠低於熔鹽沸點高1400度，因此即使冷卻失效，也不易沸騰或產生過高壓力。反應爐也在接近常壓下運作，不會產生高壓、加速管道老化會毀損等問題。與半世紀前，因人為操作失誤而爆發之核災，在技術上已有很大的不同。

新技術日新月異，今日的科學，可能是昨日的魔法。但技術進步了，人的觀念如果不願意跟上，恐怕也會製造更大的問題。