



◎ 唐川禾

小白鯨的 抽血健檢

展示的生物在新居地是否適應，
隨時對牠做客觀準確又全面性的健康檢測是不可或缺的。



18 世紀之後約 200 年的大規模捕鯨活動，以及北極自然環境的惡化，導致小白鯨族群數量急遽下滑達到瀕臨滅絕的程度。

北冰洋使者訴說家鄉愁

博物學的展示手法隨著科技發展而逐漸多元，從手繪特徵、生物標本到照片影像與活體，近年更運用了資訊科技的虛擬實境。同樣地，展示意涵也隨觀念思辨演進而具有不同的社會價值與功能，從最早的滿足好奇心與靈感發想，催化了生物學、仿生學等科技的發展，乃至近代對全球環境變遷問題的呼應，使得具有區域性特色的生物成為其原生環境的代言生物，作為與人類社會對話的環境大使，也觸發了人類日常行為對環境危害的反思。北極熊與小白鯨生存問題之於暖化對北極環境的影響就是一例。

小白鯨 (*Delphinapterus leucas*) 英文俗名「Beluga」，源自俄文白色的意思。對於這模樣可愛的環境大使，其實多數人對其仍帶著淡淡的陌生。小白鯨生長於環境惡劣的北極海域，主要分布於加拿大、挪威、俄羅斯、格陵蘭等臨近北極圈的海域。在北極原民文化中，小白鯨是相當重要的食物來源，也是製作雪地皮靴的主要材料。

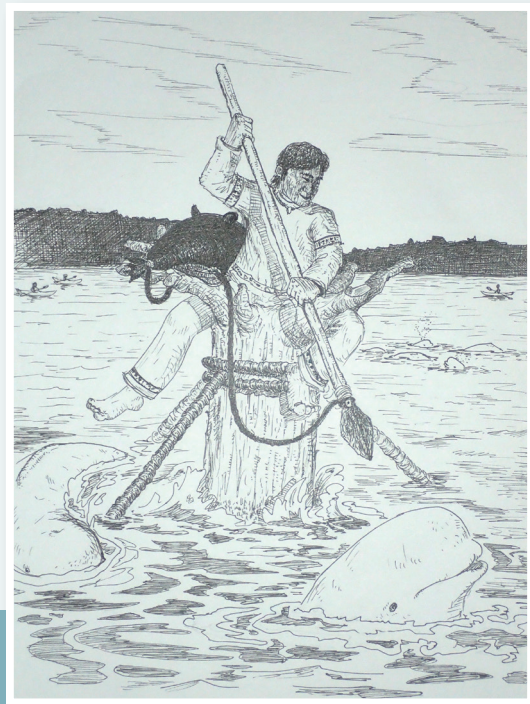
18 世紀之後約 200 年的大規模捕鯨活動，以及北極自然環境的惡化，例如海洋汙染、海上活動干擾等，導致小白鯨族群數量急遽下滑達到瀕臨滅絕的程度。國際自然保育聯盟 (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN) 已把小白鯨列入易危級動物保護名單，其貿易行為受到華盛頓公約的規範，人類社會對小白鯨保護意識的覺醒也因此而起。

小白鯨的照護

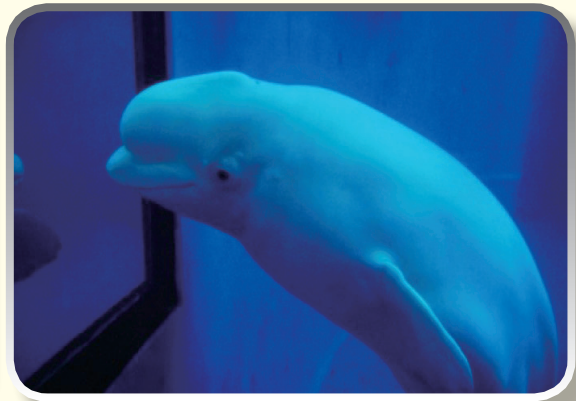
如何照護離鄉背井的小白鯨，確實是個很大的挑戰！這是一個必須整合多種專門知識與技術的動態工作，動物園與水族館



小白鯨是北極海域特色生物，使人聯想全球氣候變遷所牽動的極地環境問題。(照片來源：美國華盛頓大學 Kristin Laidre 博士)



阿拉斯加的阿撒巴斯卡人 (Athabascan) 早期傳統捕鯨方式。退潮時先在河口把樹幹倒立固定於泥砂中，建立稱為「yuyqul」的狩獵平台。待漲潮時，則有人坐在平台上以鏢槍刺向游經的小白鯨，接著以人力小船追隨串接於鏢上的海豹皮浮標，等小白鯨體力耗盡後再以長矛捕殺。



小白鯨溫和討喜的模樣博得許多民眾的青睞，與《白鯨記（*The Whale*）》中描述的白化抹香鯨完全不同，雖然牠們可能都是 5,000 萬年前一種小型哺乳類演化而來，分類上都同屬哺乳類中的鯨目齒鯨亞目，但分別屬於一角鯨科與抹香鯨科。

協會建議透過召集各相關領域專家，包括生物學家、獸醫、營養學家、生殖生理學家、動物行為學家、研究人員等，就欲圈養動物的照護與管理提供最新的科學、技術與經驗，擬訂動物照護手冊提供該圈養動物的完整背景、圈養照護建議，以及最佳執行方式，以確保動物照護與福利是最高等級。

當中與展示生物照護直接相關的部分有飼育環境條件與安全性，說明適合於展示生物的環境物化參數，以及該避免的潛在危害因子。對於社交環境營造，也須考慮展示生物群的數量與結構，注意同種個體間，乃至於新個體的引進與他種展示生物的影響。

進一步更須在動物行為管理上提供適當的訓練，為後續健檢與醫療措施預作準備，對於具有高度心智的生物則需另外考量環境豐富化的需求。

上述規畫大部分是照護品質控制措施，然而如何評估照護措施執行的成效與缺陷補救則是另一個重點，醫療健檢就屬於這部分，從基本的生物捕捉、保定與搬動方式，醫療診察項目，檢疫隔離與疾病治療管理，乃至於疾病預防措施都須清楚載明。另外，動物園與水族館協會特別強調須透過研究來釐清、開發與更新生物照護上不確定因素或執行方法，以充實飼育生物相關知識並且提升照護效能。



健檢抽血



口腔檢視

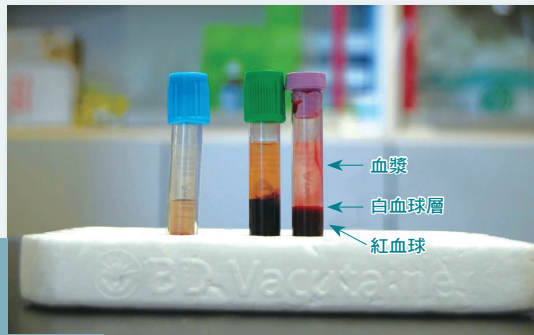


餵食



心靈互動

水族館內小白鯨需由專屬的飼育員與獸醫師細心照料，如同父母照顧小孩一般，須每天仔細觀察小白鯨身體狀態與行為。

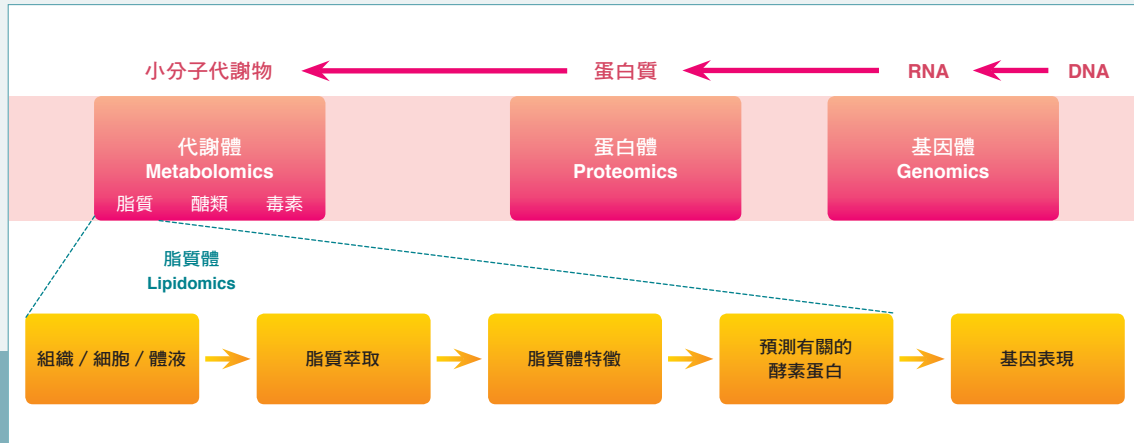


離心後的小白鯨血液樣本提供不同血液參數，淡褐色透明血漿內的組成檢測分析結果透露許多身體健康條件的訊息。

小白鯨身心靈的健康診察

當我們認為小白鯨在飼育環境與生活照護上已做好充分規畫並確實執行後，就沒問題了嗎？不，不可以滿足現狀，仍須進一步改善與精進，因此深入觀察並發現潛在問題與不足是絕對必要的。如同父母照顧小孩般，觀察小白鯨行為上的舉動，配合生理參數檢測結果進行分析，讓我們可以判斷其行為變化的可能原因，並提早發現照護上不周全之處，以提供飼育照護工作的反思，這也成了小白鯨照護的核心工作。

小白鯨的健檢每月都會進行，除了對身體表徵做視診外，
抽血檢驗是診斷小白鯨生理代謝狀態的主要依據。



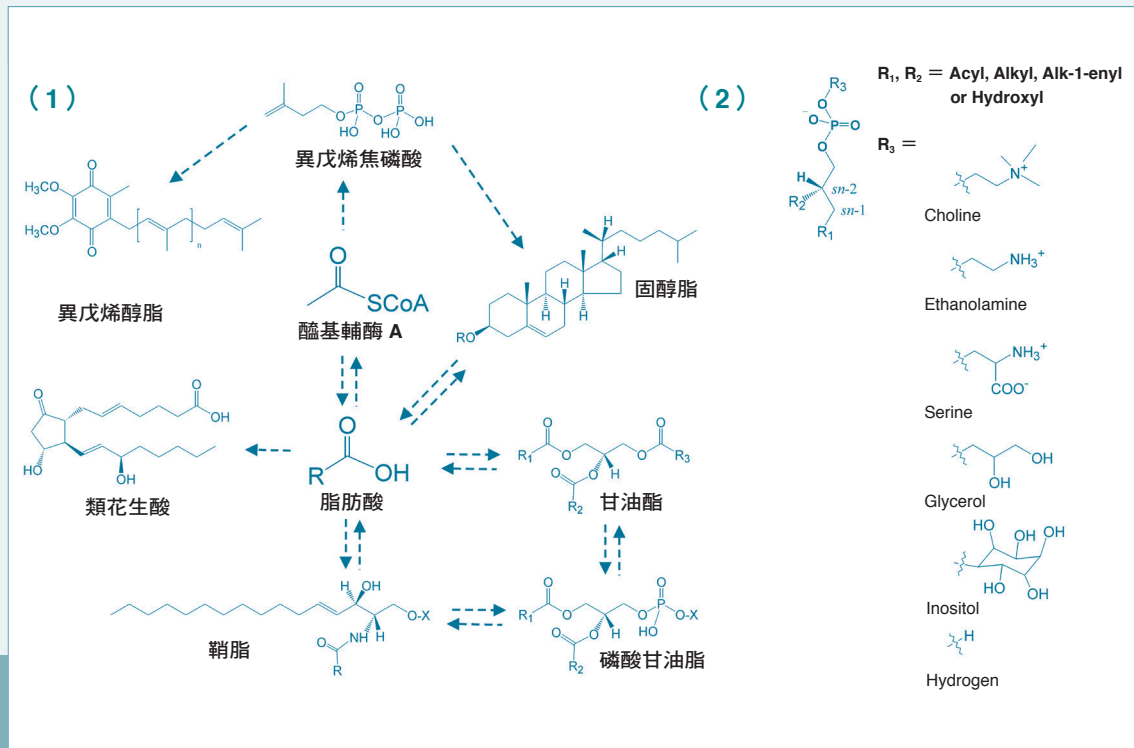
現代生物學研究採取的系統性策略，用以探勘發生在生物體內的分子互動行為及其在生命表現上的關聯。全面性地分析各生命表現層次並加以整合，可呈現生物系統整體運作情形。

小白鯨健檢是每月都進行的。別懷疑！這比人類的規格高多了！當中除了身體表徵視診外，抽血檢驗是診斷小白鯨生理代謝狀態的主要依據，透過各項血液學與血漿生化學參數可以提供獸醫團隊了解小白鯨造血功能，心、肝、腎等重要臟器功能運作情形，免疫功能活化程度，以及能量代謝狀態等，包含數十個常態檢測項目，與人類血液健檢項目差不多。

小白鯨血液離心後會呈現明顯的分層，底層是比重高的紅血球，上層是血漿，之間有一薄層的白血球沉澱，傳統血液檢驗可透過血球形態、數量、成分（如血紅素）等分析了解小白鯨造血或血細胞的功能。而透過測定血漿內特定蛋白酵素及代謝物，整合性地分析相關項目變化，則可作為判斷特定器官或系統運作是否異常的依據。例如天門冬胺酸轉胺酶與丙胺酸轉胺酶是經常使用的肝功能指數、肌酸激酶可作為心臟及肌肉細胞生理條件的指標、血液中的尿素氮及肌酸酐則用來診斷腎功能。

礙於當前醫學的限制，人類醫療在臨床診斷上仍有一定程度的不確定性，以致經常造成糾紛。當然這也是小白鯨健康照護上的盲點，不過卻也成為促進醫學進展的動機，特別是近年來諸多檢測分析技術（例如：基因晶片、質譜儀、核磁共振儀等）突破帶動的現代生物學發展，例如體學與系統生物學的興起。透過轉錄體分析全面地呈現基因表現情形，能獲知血液中白血球分化、發育等造血功能，以及白血球生理表現情形也都能完整呈現。

目前已知的血漿代謝體成分包含了超過 10,000 種的小分子代謝物，血漿代謝體組成可視為生物體內的生理氛圍，提供生物系統性的代謝資訊，能夠反映生物體內不同器官組織細胞的生理與代謝情形，包括生理節律、環境變化或疾病等所引起的改變，就如同利用指紋辨識一般。血漿代謝體組成特徵則可用來判斷特定的生理、代謝或疾病狀態，並顯現健康異常於臨床前期的代謝調變，有助於健康異常的早期發現與預防。



(1) 透過簡單的化學分子單元，生物可合成各大類別的脂質。(2) 以磷脂質為例，各大類脂質又可透過化學結構鍵結的排列組合，產生具多種微觀化學結構的分子物種。

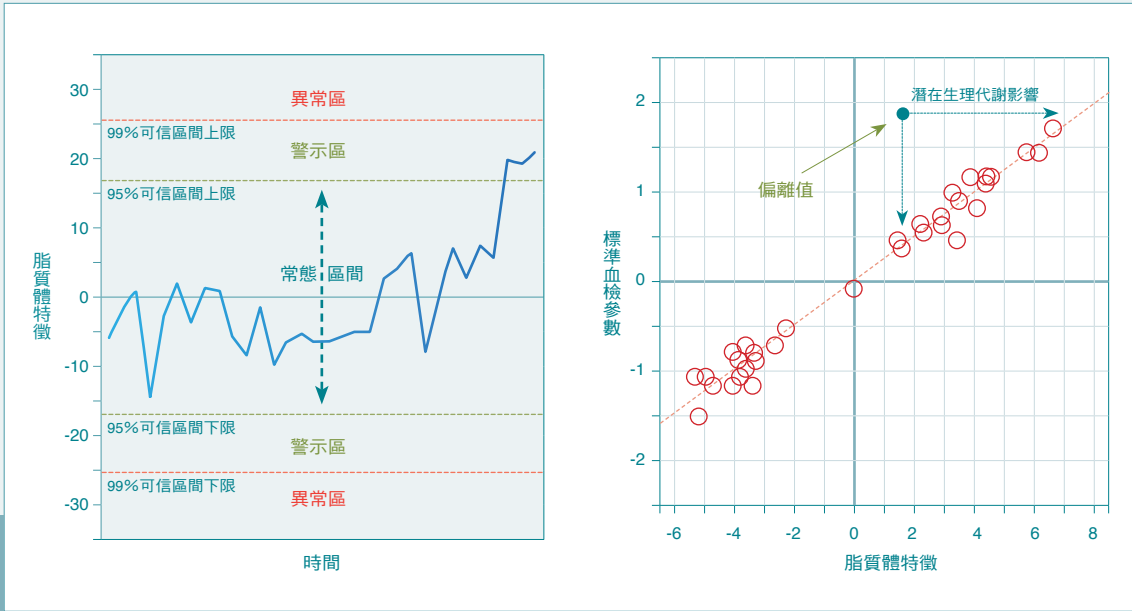
整合各種體學的分析結果就可對生物系統的變化有個全面性的了解，使得諸如預防醫學或客製化醫療得以實現。甚而未來可結合資訊科學，透過生物資料庫與生物模型達成自動化健康診斷與健康風險分析。

小白鯨血漿脂質體的研究與應用

脂質是生物利用酮醯基或異戊二烯合成的疏水性或具界面性質的小分子代謝物，透過化學結構單元的排列組合，可能存在的脂質分子超過 180,000 種，例如磷脂質化學結構以甘油分子骨架為基礎，分別在 1 及 2 號碳上可接上脂肪酸鏈，3 號碳則接有親水性頭基。

根據頭基的不同，磷脂質可分成幾個大類。各大類又可就脂質分子具有的脂肪酸鏈數目與鍵結方式區分成幾個亞類，各類脂質具有的脂肪酸（碳數與不飽和度，以及不飽和雙鍵位置，例如：**Omega-3** 或 **6** 脂肪酸）及其鍵結位置（甘油分子骨架的 1 或 2 號碳）不同，可組合出高度多樣的微觀分子結構。

如何全面地分析生物體內如此龐雜的脂質分子組成一度形成科學研究上的瓶頸，但近年來由於化學分析與資訊技術的突破，使得脂質研究得以透過代謝體學的研究方法來進行，稱為脂質體學，有系統地分析脂質分子物種組成，讓脂質微觀分子結構特性與生命現象得以連結。脂質體學研究多以質譜為基礎的技術來進行，能夠獲得

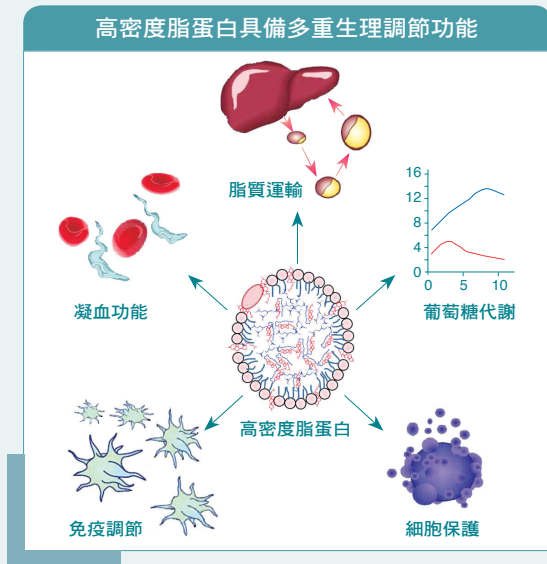


(左) 小白鯨長期血漿脂質體背景可用於提早察覺生理代謝異常狀態。(右) 血漿脂質體與特定標準生理指標參數的關聯模式，可用於獲知潛在生理代謝影響因素的存在。

的數據量相當龐大，需要結合生物資訊學工具進行數據處理，接續就研究問題或應用採用合適的多變異數學模式或化學模型進行數據歸納分析與脂質分子間互動模擬的圖像呈現，最後根據分析結果進行生物意義的詮釋。

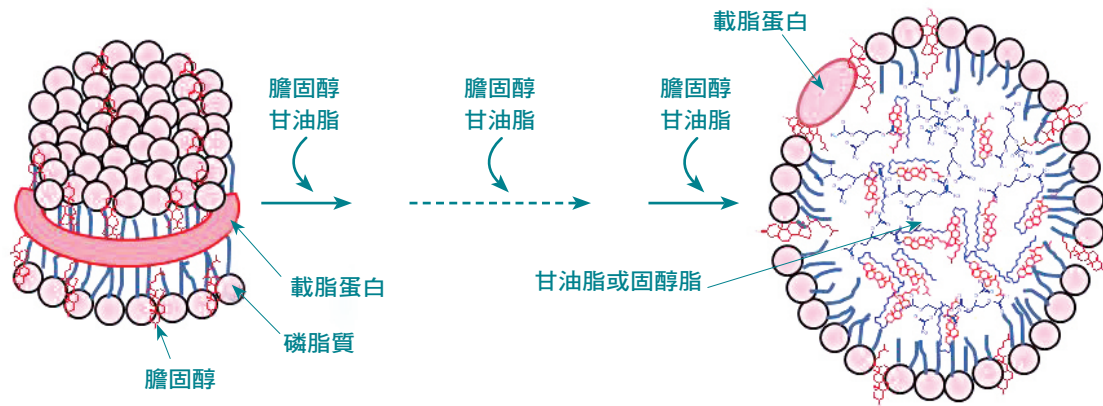
以小白鯨血漿脂質體的變化分析為例，長期觀測其正常血漿脂質體組成波動，提供一個代謝生理異常預警的基準，早期反映小白鯨健康條件異常，讓獸醫師得以提早採取妥善的醫療措施，避免演變成嚴重臨床症狀。透過多變異回歸分析則可呈現傳統血液參數與脂質體變化的關聯，有助於了解小白鯨生理改變背後的代謝調節及其原因，此生理狀態量化評估模式並可作為評估其他有關或潛在因子影響生理貢獻的工具。

另外，配合獸醫師於健康異常狀況的診斷，當時小白鯨血漿脂質體組成特徵即可作為未來類似健康異常狀況判斷的模型，提供更完整資訊作為後續醫療或預防措施採取的根據。



近來研究發現高密度脂蛋白的生理功能不僅僅是調節膽固醇代謝，透過與身體內細胞的分子互動，可影響包括細胞代謝與維持、免疫細胞活化等在內的生理功能。

高密度脂蛋白顆粒隨生理功能表現而產生的結構組裝改變



載脂蛋白圍繞著磷脂質的扁盤狀顆粒結構，逐漸自其他脂蛋白或周圍體細胞吸收三酸甘油脂及膽固醇，三酸甘油脂與後續由膽固醇生成的膽固醇酯累積於顆粒內部，構成高度疏水性的核心。顆粒表面有系統地包覆著具界面性質的磷脂質與膽固醇分子，構成直徑 7 ~ 20 奈米的顆粒。

小白鯨的常態血漿外觀是淡褐色透明液體，讓人納悶不溶於水的脂質如何能穩定均勻地分散在血漿中？其實就奈米微觀尺度而言，血漿中的脂質是有系統地與特定蛋白組成多種非勻相的奈米尺度顆粒，稱為脂蛋白。

近年來研究顯示高密度脂蛋白剛分泌至血液中時，是一種載脂蛋白圍繞著磷脂質的扁盤狀顆粒結構，不過在體循環過程中會自其他脂蛋白或周圍體細胞逐漸吸收三酸甘油脂與膽固醇（多數會進一步轉換成膽固醇酯），逐漸堆積這類高度疏水性脂質構成脂蛋白顆粒核心，顆粒表面則有系統地排列著具界面性質的磷脂質與膽固醇分子，與顆粒生理功能有關的蛋白及酵素則鑲嵌於其間，構成直徑 7 ~ 20 奈米而比重 1.063 ~ 1.210 的顆粒。

除了一般熟知的反向膽固醇運輸功能之外（調節體細胞膽固醇代謝），近年來研究發現高密度脂蛋白也在免疫調節、凝血以及細胞保護等個體生理功能中占有重要的角色。高密度脂蛋白的生理功能主要受到攜帶的酵素蛋白種類所決定，但是其生理表現則受到脂質體組成所調控。脂質體具有多樣的

微觀脂質分子結構，如何透過分子間作用力影響高密度脂蛋白顆粒的裝配，進而決定顆粒的物化特性，以及其與體細胞表面的分子互動如何引起生理效果，是目前生物醫學領域相當關注的研究題目。

隨著人類倫理觀念的演進，展示生物所引起的正反社會效果持續互相衝擊，我們必須苦思的並不止於保留並持續增進其正面效益，如何消除過程中衍生的矛盾也一直是博物館研究人員的挑戰。身為人類社會與自然環境對話的介面，主要任務是傳達自然規律以及因人類活動引起的環境變化，確保環境訊息真實傳達並能符合社會價值要求，展示上的科研精進與執行方式提升，乃至於哲學觀念的思辯，自是一個持續的過程！

唐川禾

國立海洋生物博物館生物馴養組