


## Underwater Archaeological Technology and Case Studies




# 水下考古技術與案例介紹

Underwater Archaeological Technology and Case Studies



指導：  行政院文化建設委員會  
Supervisor: Council for Cultural Affairs, Taiwan, R.O.C.

出版：  行政院文化建設委員會文化資產總管理處籌備處  
Publisher: Headquarters Administration of Cultural Heritage, Council for Cultural Affairs

ISBN 978-986-02-6363-3



GPN 1009904643

# 水下考古技術與案例介紹

Underwater Archaeological  
Technology and Case Studies

國家圖書館出版品預行編目（CIP）資料

水下考古技術與案例介紹 / Jon Carpenter等撰稿

-- 初版. -- 臺中市：文建會文化資產總管理處  
籌備處，2010. 12

面；21x29.7公分

ISBN：978-986-02-6363-3（精裝附光碟片）

1.海底古物志 2.考古學 3.個案研究

798.9

99025334

發行人 王壽來

出版機關 行政院文化建設委員會文化資產總管理處籌備處

編輯委員 施國隆、粘振裕、陳昭榮

主編 李麗芳

執行編輯 蔡美麗、陳惠怡

撰稿 Jon Carpenter、Matthew Gainsford、Jeremy Green、Emma Elizabeth Hocker、  
Sheila Matthews、Rey A. Santiago、Corioli Souter、Tufan Turanli  
今津節生、林田憲三（依姓氏英文字母順序及中文筆劃排序）

審稿 臧振華、廖志中、蔡育林、傅瓊慧

校對 傅瓊慧、陳惠怡、林純玉、溫千瑩、林雅娟

封面設計 陳怡瑄

地址 台中市復興路三段362號

電話 04-22295848

網址 <http://www.hach.gov.tw>

執行機關 中央研究院歷史語言研究所、國立雲林科技大學

美術編印 棠宣美術事業行

出版年月 2010年12月

版次 初版

GPN 1009904643

ISBN 978-986-02-6363-3

定價 320元整

劃撥戶名 文建會員工消費合作社

劃撥帳號 10094363

電話 02-23434168

# 水下考古技術與案例介紹

Underwater Archaeological Technology and Case Studies

## 第一章 水下考古概論與技術

### CHAPTER 1 Introduction and Techniques of Underwater Archaeology

Section 1	12
水下考古概論 Introduction to Maritime Archaeology	
Section 2	22
水下影像量測記錄 Technical Communications	
Section 3	38
水下量測技術之評估 Evaluation of Underwater Surveying Techniques	
Section 4	54
水下遺址的調查與定位 Area Search, Survey and Position Fixing	
Section 5	68
沉船出水文物緊急保存 Shipwreck Artefacts – Conservation Procedures in-situ to Display	

# 目次

## 第二章 水下考古科學維護

### CHAPTER 2 Scientific Conservation of Underwater Archaeology

Section 1	84
考古遺物的最新保存技術 考古遺物の最新保存技術	
Section 2	90
使用糖醇溶液進行保存處理的方法 糖アルコールを用いた保存処理の方法	
Section 3	96
泡水出土木材的保存歷史 水浸出土木材の保存の歴史	
Section 4	108
瑞典瓦薩號戰艦保存修復之挑戰 Conservation Challenges of the Swedish Warship Vasa	

## 第三章 水下考古案例

### CHAPTER 3 Case Studies of Underwater Archaeology

Section 1	132
水下考古案例一：Batavia Case Study of Batavia	
Section 2	152
水下考古案例二：鷹島海底遺跡 Kublai Khan's Lost Fleet: Takashima Underwater Site	
Section 3	170
水下考古案例三：San Diego Field Notes in Underwater Archaeology	

## 主任委員序

水下考古近年逐漸受到重視，水下文化資產已被視為全人類重要的共享性文化資產，而不再單屬於發現者、尋寶者、考古學家或是任一國家。

考古地點在發現後常不免遭到人為與自然環境的干擾。1943年水下呼吸器材的發明及廣泛運用後，對水下遺址更產生重大的衝擊，越來越多的海底文物遭到尋寶者的掠奪和破壞，使得重要遺址遺物無分水下或地表，都遭受到同樣的命運。

所幸，水下考古學家仍不斷透過水下影像量測法、聲探計測系統等科學方式進行調查發掘，再利用材質分析、保存環境檢測等源源出現的最新科學技術，對出水遺物進行保存研究，以「證據會說話」的科學精神，讓時光倒流、凝結，重建沉船時或是淹沒時的瞬間，並以最小干擾的方式，試著從紡織品、金屬器、木質遺物、陶器等沉睡水下的遺物中，喚醒時光流中的曾經、重現歷史上的今日。

對於水下遺物的保存有許多不同的觀點，有人認為水下遺物一旦散佈將永遠消失，因此所

有的發掘工作都應該以保存遺物為主要目標；亦有人認為遺址本來就會被發掘或掠奪，因此做好水下遺物紀錄才是要務。無論持何種觀點，對水下考古工作才是起步階段的台灣都有啟發意義，也昭示我們於水下調查發掘、遺物出水、保存、運送、檢測分析、修護、記錄等各個環節中，除了妥善運用科學技術與儀器設備，更應懷抱尊重遺物的態度來進行各項保存作業。

本會所屬之文化資產總管理處籌備處近來透過各項水下文化資產保存之研討會、教育推廣及國際交流活動，提供我國專業人員成長再進修之管道，使我國水下文化保存工作得以與國際接軌、融入世界的文化潮流；並藉由編纂出版之水下文化資產叢書，提供更多相關人員參考及利用，為我國保存水下文化資產工作寫下萌芽茁壯的日誌，記錄下亙古恆新的歷史脈絡。這些努力深值肯定，特為之序。

行政院文化建設委員會主任委員

主任委員



謹識

## Foreword by the Minister

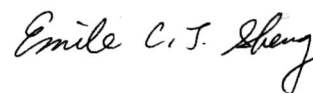
The field of Underwater Archaeology is receiving more and more attention in recent years. Underwater cultural heritage has been considered the cultural heritage for all mankind. It no longer belongs exclusively to finders, treasure hunters, archaeologists, nor does it belong to any particular country.

Archaeological sites are often interfering by both the manmade and natural environments after their discovery. The invention of aqualung in 1943 and its wide applications since has brought greater impacts on underwater artefacts. More and more underwater historic relics are under the threat of vandalism brought by treasure hunters, making underwater sites and artefacts suffer no less than those on the ground.

Fortunately, underwater archaeologists could keep conducting survey and excavation with underwater photogrammetry and acoustic surveying system. With new technologies of material analysis, conservation environment detection, etc., excavated remains can be well preserved. With the scientific spirit of evidence talks, archaeologists can freeze time to rebuild the moment when a ship sinks. With minimum interference, they intend to awake the past from the sleeping old time objects like textiles, metal devices, wooden relics or ceramics and reproduce the face of history.

There are different views on how to preserve underwater remains. Some think that once underwater remains are revealed, they will disappear forever; therefore, the purpose of all excavation shall be to conserve historic remains. Some think that remains are meant to be discovered or collected, and what matters most is to document these relics. Both views are inspirational to Taiwan, which is still in the initial stage of conserving underwater heritage. In underwater surveying, we use scientific technology and devices to excavate, preserve, transport, inspect, analysis, document and conserve; but respect for all relics is the key in all the procedures.

Headquarters Administration of Cultural Heritage under Council for Cultural Affairs has been holding symposiums, educational promotions and international activities for professional trainings, so that we can stay connected with the world in conserving underwater cultural and those related publications can be used by more professionals. I am convinced that these are worthwhile efforts and shall build a concrete base for our future conservation work.



Dr. Emile Chihjen Sheng  
The Minister,  
Council for Cultural Affairs  
Taiwan, R.O.C. 2010

## 主任序

海洋以其寬廣無垠的豪邁姿容，兼容並蓄的包容了生物的多樣性、同時也蘊含了人類文化的多樣性。探索，是人類與海洋唯一的溝通方式。

人云「工欲善其事，必先利其器」，在發現、記錄及保存人類埋沒在水下的文化資產工作上尤能得到驗證。爲了妥適保存維護水下文化資產，在水下調查發掘作業階段，研究人員須嚴謹的記錄所有調查發掘過程的進度、風向、風力、天象、海象、潛水日誌等，並透過聲探計測系統、水下影像量測法、立體攝影造像等各種定位與量測記錄技術，以最低干擾程度進行水下考古；在出水遺物保存處理作業階段，保存修護人員必須針對不同材質、不同出水環境之遺物，採取不同科學技術的緊急處理步驟與保存修護作業，方能讓長期沉睡於水下的遺物，在出水後的劇變環境，仍能獲得相對比較穩定的保存狀態。

本處繼97年出版水下文化資產叢書《台法合作水下文化資產調查及人才培訓成果專輯》及《澎湖馬公商港疑似沉船遺址調查評估報告》，賡續於99年出版《水下文化資產保護國際圓桌會議論文集》及本書《水下考古技術與案例介紹》。本書係節錄「水下考古種子人才培訓課

程」及「出水文物之科學維護及人才培訓」課程之國外講師講義，由專人譯成中文，以利國人閱讀及更廣泛之利用。書中除介紹水下考古量測技術、最新考古遺物保存技術外，更以澳洲Batavia號、日本鷹島海底遺跡、菲律賓San Diego遺跡，介紹水下考古的過程、採用之儀器、技術方法及研究結果；並詳細介紹瑞典Vasa號，其因位處寒帶而得以被保存良好的船體，內部各式各樣之遺物也依其材質而採取不同的保存技術，瑞典政府更爲Vasa號設立了專屬博物館，希望藉此達到保存及教育之目的。

水下文化資產保存維護與推廣爲世界各國日益重視的課題，除了水下文化資產的直接探索，另方面期望從法令的制定來保護使其不受破壞及偷盜，從相關歷史文獻的蒐集來輔助研究，並設置專業的實驗室及修護室來保存修護出水遺物，培育專業的水下調查、攝影、發掘及修護人才，加強宣導「就地保護」與「防止偷盜」等國際觀念，來與世界接軌。未來最終的目標則在建立出我國水下考古的特色，形塑海洋興國的文化內涵。

行政院文化建設委員會  
文化資產總管理處籌備處

主任 王壽來 謹識

## Preface by the Director

The vast ocean is home to a diversified biology and human culture. Exploration is the only way for mankind to communicate with the ocean.

There's an old saying that "good tools are essential to a successful execution of one's work." This is evidenced in the discovery, documentation and preservation of underwater cultural heritage. To properly preserve underwater cultural heritage, on the stage of underwater survey and excavation, researchers should carefully document all process, including wind directions, wind force, meteorology and marine weather and diving journals, using acoustic surveying, underwater photogrammetric system and underwater stereo photography with the lowest interference. When handling revealed submerging relics, conservators should employ different scientific technologies and preservation skills on different materials of relics from different environment, so that these relics will be in a relatively stable status under the drastic change of surroundings.

HACH published several underwater cultural heritage works, (I) A Record of the Achievements of the Taiwan - France Cooperation on Survey of Underwater Cultural Heritage and Professional Training and (II) Investigation Report on the Potential Historic Shipwreck in Makung Harbour, Penghu in 2008. This year, we will also publish (III) Proceedings of International Roundtable Meeting Papers on the Protection of Underwater Cultural Heritage and (IV) Underwater Archaeological Technology and Case Studies, excerpting from foreign speakers in Professional Training on Underwater Archaeology and Scientific Preservation and Professional Training Program for Excavated

Relics. These works will be translated into Chinese for more readerships. In addition to introducing underwater surveying skills, the latest archaeological preservation, the publication further introduces underwater archaeology process, devices, technologies and achievements with the case studies of Batavia from Australia, Takashima underwater sites in Japan and Field Notes in Underwater Archaeology in Philippines. A detailed introduction is also made on the "VASA" from Sweden, a shipwreck well preserved due to the environment. All artifacts inside the ship have been preserved with different preservation technologies. The Swedish government even built a special "VASA museum" for preserving and educational purposes.

Preservation and promotion on underwater cultural heritage is getting grounds around the world. Besides exploring more underwater cultural heritage, HACH hopes to protect the heritage on site and prevent treasure hunters' intrusion with the power of legislation. In depth research and laboratory work also help preserve excavated relics. HACH will continue the professional trainings in underwater survey, photography, excavation and conservation technique to promote protection on site in situ preservation? and prevention from theft to stay connected to the world. Our ultimate goal is to form unique characteristics of underwater archaeology in Taiwan and to build an oceanic culture of our own.



Wang, Show-Lai,  
Director,  
Headquarters Administration of Cultural Affairs  
Council for Cultural Affairs  
Taiwan, R.O.C. 2010

## 計畫主持人序

水下考古學是一門浪漫有趣，卻又相當嚴肅和艱難的學問，要以考古學的概念和方法，結合海洋科技和保存科學等自然科學，藉由沒入水下的船隻、文物和遺跡的調查與發掘，研究人類的物質遺留，以及他們的文化和活動。所以，水下考古要比陸上考古更為困難，科技性的要求也更高，其作業過程包括歷史檔案蒐集和研究，水域地形和水文資料的蒐集，水下文物之探測、發現、定位、發掘、測量、攝影和記錄，以及出水文物之實驗室處理、分析研究和保存維護等步驟，都需要富有經驗和良好訓練之考古、海洋科技、歷史和文物研究，以及科學維護等方面之專家密切配合，才能完成任務。

爲了培訓國內首批水下考古人才，中央研究院歷史語言研究所文建會委託執行的「澎湖馬公港疑似古沉船調查、發掘及水下文化資產研究、保存科學人才培育計畫」項下，於民國96年1月開始辦理水下考古人才培訓，課程分爲潛水培訓及專業課程兩部分。在專業課程方面，邀集了考古學及水下考古學理論、方法，水下文化資產管理和法規，海洋船舶史、貿易史、陶瓷史，水下調查、發掘技術、水下科學探測技術，出水文物維護，海洋地形、地質和水文，以及水

下考古案例等方面的專家授課。除了台灣本地的學者，他們還分別來自澳洲、英國、日本和菲律賓，陣容可謂相當堅強。而所講授的內容，自然也是非常豐富而精彩。

爲了讓這次的專業課程可以留下紀錄，同時也讓沒有參與上課的人士，可以有機會讀到這些教材，我們特別在徵得各位老師的同意下，編輯了一本水下考古講義。現在行政院文化建設委員會文化資產總管理處籌備處更將其中若干外文的教材翻譯成中文，加以編輯印刷出版。我希望這套水下文化資產叢書能夠進一步發揮培育水下考古人才的初衷，並讓更多的國人瞭解什麼是水下考古。

最後，身爲計畫主持人，我要對提供講義的各位老師表達感謝之意。

水下文化資產保存再利用研習及  
國際研討會計畫主持人  
中央研究院歷史語言研究所研究員兼副所長  
臧振華 教授  
2010

## Preface by the Project Leader

Underwater archaeology is a romantic, interesting but also serious and difficult discipline. It involves concepts and methods of archeology in combination with oceanic technology and conservation science to study the material remains of human culture and activities in terms of investigating and excavating the ships, historical relics and artifacts sunk in the river, lake or the sea. Therefore, underwater archaeology is much more difficult than land archaeology and more technically demanding. The whole process of research includes historic archive collection and study, water terrain features and data collection, underwater historic relic exploration, discovery, positioning, excavation, measurement, photogrammetry and recording as well as conservation of the off-water remains at laboratories. All these require the collaboration of experienced and well trained specialists of archaeology, oceanic technology, history and cultural relics study, and scientific conservation.

Aiming to train the first group of seeds for future underwater archaeological conduct in Taiwan, a training program was sponsored by the Council for Cultural Affairs and carried out by the Institute of History and Philology of Academia Sinica during the period from late January to late March, 2007. The Courses offered by the program were divided into diving training and professional courses. The latter are composed of five major parts, which are: 1) basic theories of underwater archaeology, 2) field techniques of underwater archaeology, 3) marine environment, 4) application of scientific technology in underwater archaeology,

and 5) some regional case studies. The topics are varied including the maritime history and trade, underwater cultural heritage policy and management, Chinese tradeware, history and structure of the ship, underwater site survey, positioning and excavation, photogrammetry, first aid and conservation, application of remote sensing tools, and the integration of field data using GIS, and so forth.

In addition to domestic scholars in Taiwan, it is our great honor to have had course lecturers from Australia, U.K., Japan and the Philippines. They are all outstanding and their courses given, as expected, were rich and attractive.

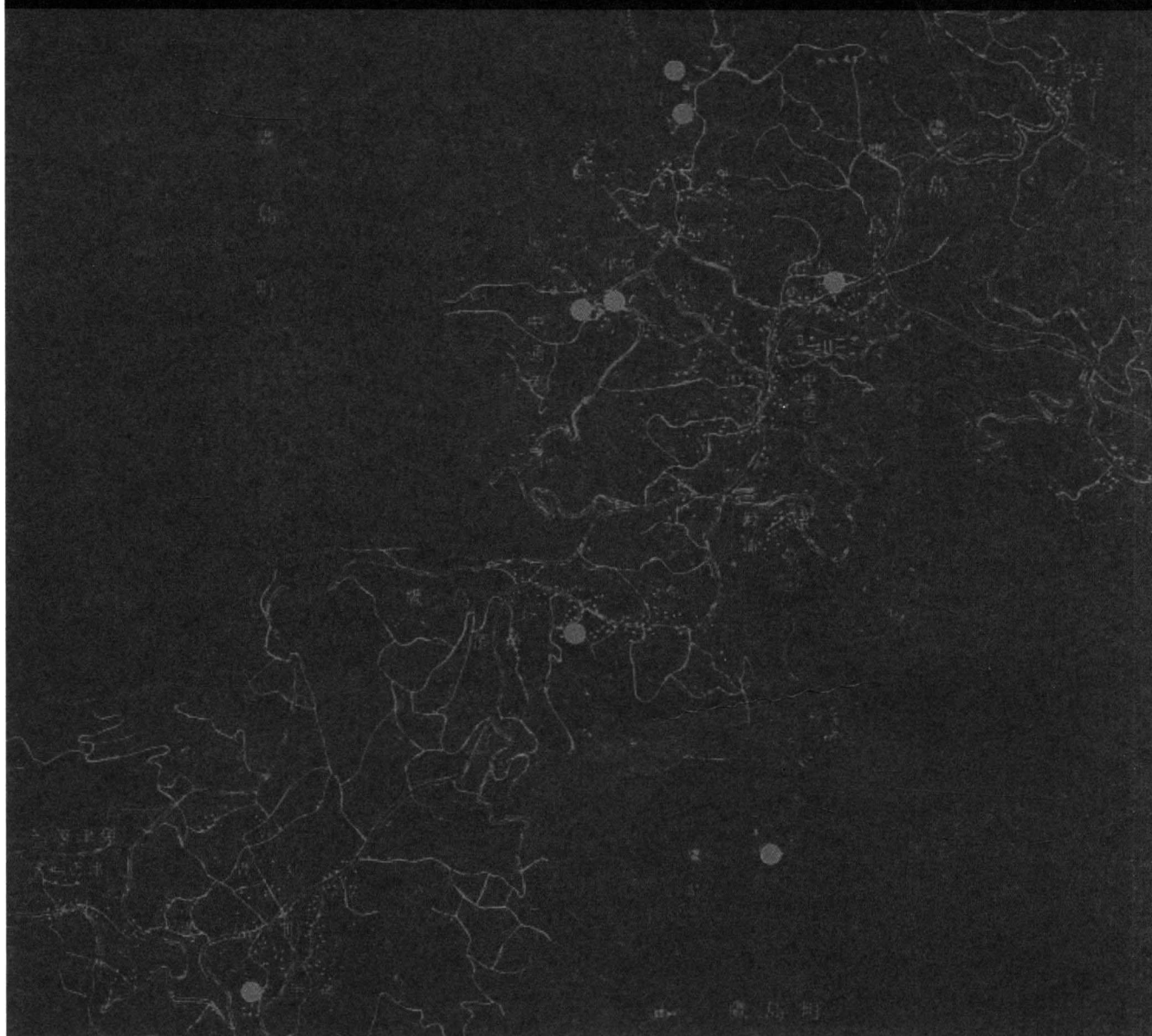
To keep record of these professional courses and enable those who are unable to attend classes reach these materials, under permissions of the lecturers, we compiled some of the course materials into a monograph for using as a text book of underwater archaeology. Currently, Headquarters Administration of Cultural Heritage is now translating some English materials into Chinese to be published. It is my hope that this text book will further be great help of developing underwater archaeology in Taiwan and enable the general public to understand what underwater archaeology is.

As the project leader, I would like to convey my sincere gratitude to all the lecturers.

Tsang Cheng-hwa  
July, 2010

# 水下考古概論與技術

Introduction and Techniques of Underwater Archaeology



# CHAPTER

# 1

12

水下考古概論  
Introduction to Maritime Archaeology

22

水下影像量測記錄  
Technical Communications

38

水下量測技術之評估  
Evaluation of Underwater Surveying Techniques

54

水下遺址的調查與定位  
Area Search, Survey and Position Fixing

68

沉船出水文物緊急保存  
Shipwreck Artefacts –  
Conservation Procedures in-situ to Display

# 水下考古概論

Introduction to Maritime Archaeology

**Jeremy Green**

## 學歷

1963年 英國赫爾大學物理學榮譽學士

1966年 英國牛津大學生理學榮譽學士

英國牛津大學碩士

## 經歷

1967年 四年牛津大學考古學實驗室研究，主題為水下金屬探測器、質子磁力儀、四種水下攝影測量系統之發展。這些都是英格蘭和地中海進行調查時使用之技術和工具。

1971年 澳洲Fremantle市西澳海事博物館海洋考古學部主任和研究員

1987年 資深研究員

首先，什麼是海洋考古學？曾經有一些人企圖去定義這個用詞以描述這本手冊想要涵蓋的這個領域所有觀點。海洋的（marine）、航海的（nautical）以及水下的（underwater）這些用詞的意義都有些許不同，而其中沒有一個用語是真正適當的。Muckelroy（1978）定義這些不同用詞的意義，但通常最爲人所接受的是比較適合的形容詞「海事的」（maritime）（McGrail, 1984&1987），而這可能是嘗試去確認比較不直接相關的，例如，在海埔新生地上發現沉船是航海、海事或海洋考古，但很顯然不是水下考古！這個話題討論關於海洋環境的考古觀點。雖然這裡特別指的是沉船，但所敘述的科技也可以迅速地應用在沉沒的陸地結構和結合海平面變化的研究（見Blackman [1982] and Flemming [1971& 1978] 中的例子）。水下考古所有的過程事實上和陸上考古的過程並無不同，因此，必須要了解水下考古和任何其他考古形式的要素和過程是相同的。

由於海洋考古學是一個比較新的學科，因此在過去經常面臨缺乏適當方法的窘境。當然這也是因爲以前大家不太了解研究的步驟，現在這種情況已不復存在。在多次重要且具有開創性的發掘（excavation）之中，考古人員證明了即使是在最困難的工作

條件下，他們依然能堅持最高的考古標準。以前最大的困難之一，是決定什麼樣的發掘稱得上是適當的考古工作。過去有很多發掘（現在依然有）打著海洋考古學的旗幟，但實際上卻是自稱爲海洋考古學家的人，以賺錢爲目的所進行的尋寶活動，或只是想從海裡挖出一些紀念品。這些因素都對早期海洋考古學的發展帶來負面影響，有人（包括專業的考古學家）因此質疑海洋考古學是否有資格成爲正式學科，甚至認爲海洋考古只是尋寶活動的衍生物。雖然兩者已不再相關，許多質疑的聲音也已經消失，卻有一個新的問題開始浮現。在1970與1980年代，海洋考古活動相當活躍，但是現在已經衰退。現在的文獻中很少看到發掘的論文，原因是缺乏經費，而整個發掘議題的文獻研究也傾向避開這個程序。因此，擁有實地發掘經驗的海洋考古學家也越來越少了。

早期對海洋考古學的批評之一，是發掘地點不夠古老，例如中世紀後（post-medieval）或更晚期的沉船。因此有專業考古學家和歷史學家說，這種研究只是「砸大錢告訴大家已經眾所皆知的事情。」（Sawyer's remark quoted by McGrail (1984)）但也有人說海洋考古學的確是考古學之下的名門正派，對歷史、藝術、考古、技術史及其他傳統研究領域有重大的貢

獻。現在來說，早期的這些批評是很不恰當的。過去十年來，中世紀後與近代海洋考古有長足的進步。哥倫布發現新大陸的百年慶，以及Willem Vos在荷蘭Lelystad完成以Batavia為起點的歷史重建計畫，引領其他歷史重建計畫的跟進。這些重建計畫都大大地影響我們對那個年代船隻結構與航行方式的了解，也刺激了考古、歷史與文獻研究（archival research）。隨著鐵與蒸氣船海洋考古學（iron and steam maritime archaeology）的發展，也開創了新的研究領域，尤其是腐蝕科學（corrosion science）與鐵船沉沒後的分解過程。

此外，海洋考古學顯然不再只是一門考古學，不能只考慮考古學上的發掘與研究。越來越多人意識到，海洋考古學和遺址的管理相關聯，這些遺址不「屬於」海洋考古學家，而是屬於全人類的文化資源。這並不表示遺址一定要被列為古代紀念物（ancient monument）才能讓海洋考古學家去研究，也不表示被列為古代紀念物的遺址，就不能進行發掘工作。舉例來說，這樣的遺址有可能是位在國家公園內的休閒設施，或是一個用來訓練考古學家的遺址。這些遺址的管理也和立法、程序和決策有關係，且需要依據經過考古評估的法定程序來定義遺址。

Steffy（1994）出版了一部非常有創見的作品：《木船的建造與沉船的詮釋》，他在書中討論如何在沉船遺址進行調查，「每艘沉船都應該以正統學科的方式（controlled discipline），儘可能進行正確而大規模的分析；我們已經看到船隻重建（ship reconstruction）變成一門正式的學科。」Steffy的方法是從沉船的考古地點取得與船隻有關的基本資訊，然後用證據為基礎，嘗試去推斷如何重建沉船。這是特別重要且具有學術意義的工作，也可以說是過去十年來，對這個領域最具理論貢獻的工作。

從考古學的觀點來看，海洋遺址與古物的研究，已經開啓了新的研究領域。某種程度上而言，這些研究不但能補既存研究之不足，其中有許多研究更是前所未見的。古代船隻的船體與內含物，除了少數一兩個例子之外，過去都因為取得不易而未曾被研究過。這些物件之所以會取得不易，並非沒有原因。船隻沉沒的瞬間，其實通常會留下大量的材料，可供打撈或重建。這與今日博物館或收藏家保存的物件不同，這些物件因為非常稀有或珍貴，所以才被保存在博物館裡或是被人收藏。因此，如果一個人對於過去歷史的觀點只以博物館的收藏品為依歸，就很可能偏重了歷史的奢華面，而偏廢一般大