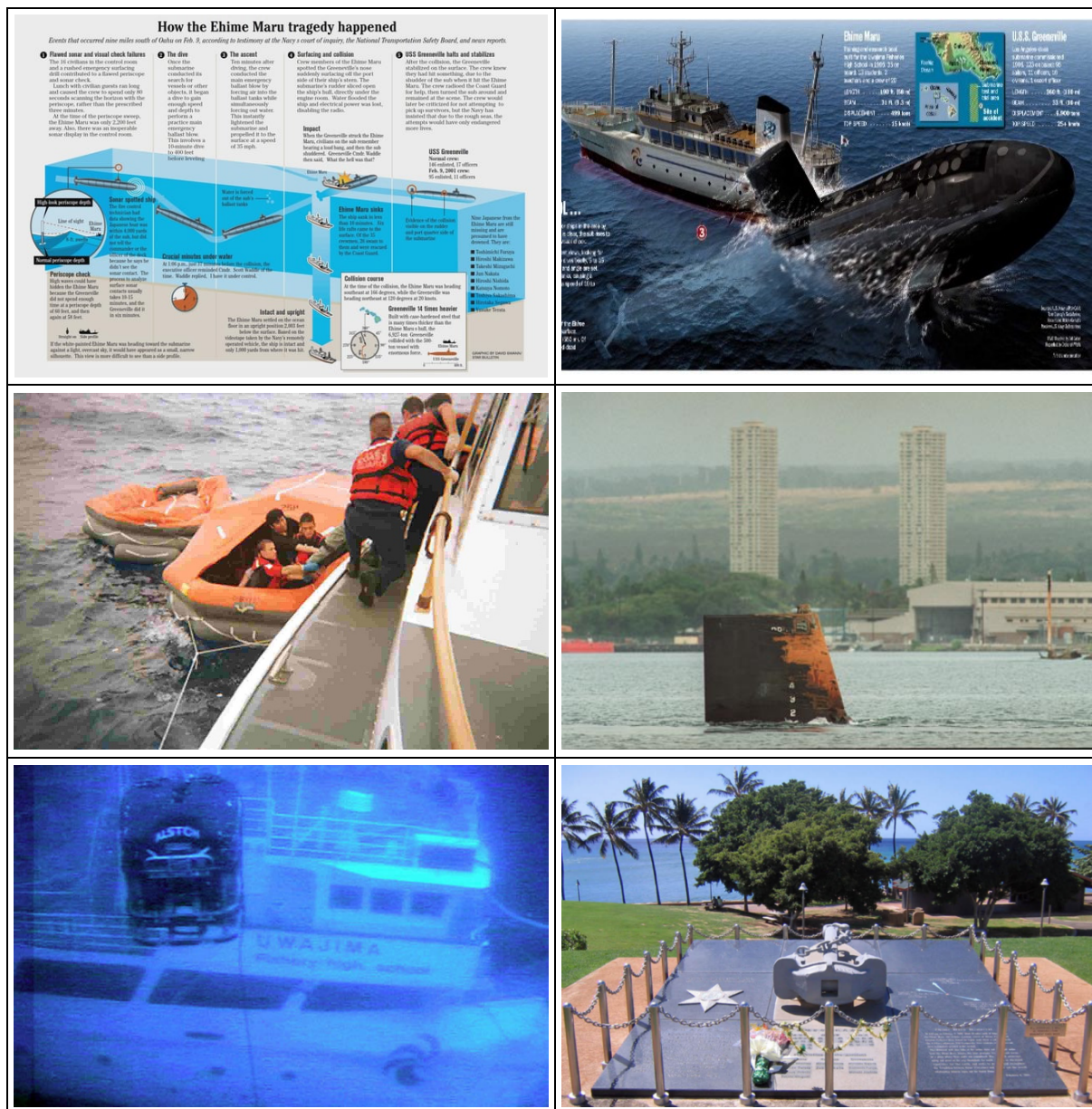


Marine Salvage 記事 22 : FV Ehime Maru vs USS Greenville (2001.02.09)

陳彥宏*



* 陳彥宏 Solomon CHEN，英國威爾斯大學海洋事務與國際運輸學博士，台灣海事安全與保安研究會理事長，新台灣國策智庫諮詢委員，國家運輸安全調查委員會諮詢委員，海洋委員會海巡艦隊分署海損評議審查會委員，海事仲裁人。曾任教於臺灣海洋大學、澳大利亞海事學院國家港埠與航運中心、高雄海洋科技大學。曾客座於上海交通大學凱原法學院國際海事研究中心、廈門大學南海研究、澳大利亞海事學院。EMAIL: solomonyhchen@gmail.com。



一、事故背景與初期應變

愛媛丸(Ehime Maru)

- 愛媛丸(Ehime Maru)是一艘隸屬於日本愛媛縣政府的漁業實習船(fishery high school training ship)。它由愛媛縣立宇和島水產高等學校負責營運，主要目的是訓練有志於從事漁業工作的高中生。美國媒體在報導時常將其稱為「漁船(Fishing Boat)」，但日方認為「實習船(Training Ship)」更能準確反映其教育性質。
- 愛媛丸，1996 年，由日本東京的新來島造船株式會社(Shin Kurushima Dockyard Company, Ltd.)建造的漁業拖網船(fishing trawler) / 實習船。船長 190.9 英尺(約 58.18 公尺)、總噸位 741。
- 事故發生時，船上共有 35 人，包括 20 名船員、13 名學生及 2 名教師。
- 航程目的：此次航程是一趟為期 74 天的遠洋實習。學生們的課程內容包括延繩鮪釣、海上航行、海洋工程學及海洋學等。
- 事發前動態：愛媛丸於 2001 年 1 月 10 日從日本宇和島港出發。2 月 8 日，船隻停靠在檀香山港進行為期一天的空調系統維修。事故當天(2 月 9 日)中午 12 點，愛媛丸離開檀香山港，準備前往歐胡島以南約 300 海浬的漁場。事發時，船隻正以 11 節的速度向東南方航行。

USS Greeneville, SSN-772

- USS Greeneville, SSN-772 格林維爾號是美國海軍(USN)的洛杉磯級(Los Angeles-class)核動力快速攻擊潛艦(fast-attack nuclear submarine)。這艘潛艦具備「極地作戰能力(arctic-capable)」，意味著其帆罩和舵都經過強化，能夠突破海冰。此外，它還配備了先進的海豹部隊輸送系統(Advanced SEAL Delivery System)，使其能夠運載海軍海豹部隊及其裝備。

- USS Greeneville, SSN-772 格林維爾號，1996 年，由維吉尼亞州紐波特紐斯造船公司(Newport News Shipbuilding, Inc.)建造，船長 362 英尺、水面排水量 6,330 噸、水下排水量 7,177 噸。
- 事故發生時，船上除了 106 名船員(11 名軍官及 95 名士官兵)外，還有 16 名平民訪客以及太平洋艦隊潛艦部隊(COMSUBPAC)的參謀長。
- 任務目的：「貴賓登艦計畫(Distinguished Visitor Embarkation, DVE)」，這是一項公共關係任務。該計畫旨在邀請國會議員、記者、企業高層等「意見領袖(opinion makers)」登上核潛艦，向他們展示潛艦的能力，以證明維持核動力潛艦艦隊的必要性。格林維爾號先前曾多次執行此類任務，接待過的名人包括美國前副總統夫人蒂珀·戈爾(Tipper Gore)和知名導演詹姆斯·卡麥隆(James Cameron)。當天的 16 名訪客主要是德州來的企業執行長及其配偶，他們到夏威夷是為了協助退役戰艦密蘇里號(USS Missouri)的修復募款活動。
- 事發前動態：格林維爾號於 2 月 9 日上午 8 點準時離開珍珠港。當天的行程包括潛航、午餐，以及向訪客展示潛艦機動能力，其中包含一項名為「緊急主壓載水艙排氣(emergency main ballast blow)」的快速上浮演習，而這正是導致碰撞的直接原因。

事故背景：

- 事故背景：2001 年 2 月 9 日(夏威夷當地時間)，在距夏威夷歐胡島南方約九海浬(17 公里)的海域，日本愛媛縣立宇和島水產高等學校的實習船愛媛丸與美國海軍的洛杉磯級核動力攻擊潛艦格林維爾號(USS Greeneville, SSN-772)發生碰撞。愛媛丸是一艘用於訓練高中生的漁業實習船，當時船上共有 35 人，包括 20 名船員、13 名學生及 2 名教師。
- 事故發生當天，格林維爾號正在執行一項名為「貴賓登艦計畫(Distinguished Visitor Embarkation, DVE)」的公共關係任務，船上載有 16 名平民訪客。該計畫旨在向國會議員、記者及企業高層等「意見領袖」展示潛艦能力，以爭取對海軍的支持。
- 事故的發生是一連串人為疏失與違反程序的結果：
 - 時間壓力與分心：當天的行程因午餐時間延誤而變得緊湊。艦長史考特·瓦德(Scott Waddle)中校被多次提醒需加快演習進度，以免延誤返港時間，

這種「人為的急迫感」被認為是事故主因之一。控制室內擠滿了訪客，不僅阻礙了船員的行動，也分散了他們的注意力。

- 設備故障與資訊溝通失敗：出航前，艦長已知艦上用於顯示聲納資訊的類比影像訊號顯示器(AVSDU)故障，但他認為這並非關鍵設備而決定繼續任務。格林維爾號的聲納人員在碰撞前 71 分鐘就已偵測到愛媛丸(代號 S-13)，但此關鍵資訊未能有效傳達給艦長。防火控制技術員派崔克·西克雷斯特(Patrick Seacrest)因訪客擋住他的工作站與作圖板，停止了手動更新目標追蹤圖。
- 違反標準作業程序：在進行「緊急主壓載水艙排氣(Emergency Main Ballast Tank Blow)」的快速上浮演習前，標準程序要求潛艦必須在穩定航向和速度下航行至少 3 分鐘以重新獲取準確的聲納資訊。然而，瓦德艦長僅維持了約 90 秒就下令上浮至潛望鏡深度。接著，他也未按規定進行三分鐘、360 度的潛望鏡搜索，而是進行了一次草率、非標準的掃描，最終未能發現愛媛丸。
- 民間人士參與操縱：在演習的最後階段，瓦德艦長邀請了兩位平民訪客在船員的監督下，親手操作緊急上浮的控制桿。
- 下午 1 點 43 分，快速上浮的格林維爾號直接從愛媛丸下方浮出，其尾舵從右舷至左舷切開了愛媛丸的船體。愛媛丸在十分鐘內迅速沉沒，造成 9 人罹難，26 人獲救。

● 初期應變

- 碰撞發生後，格林維爾號立即發出求救信號。由於海象惡劣，浪高達 8 至 12 英尺，潛艦無法安全開啟甲板艙門直接救人，且其巨大體積產生的湧浪可能威脅救生筏，因此決定在旁守候。美國海岸防衛隊在接獲通報後迅速展開搜救，並在約 45 分鐘後抵達現場，救起 26 名倖存者。
- 美方高層迅速反應，美國總統布希、國務卿鮑爾及國防部長倫斯斐等人公開向日本道歉。太平洋艦隊司令法戈上將(Thomas B. Fargo)也親自向抵達夏威夷的罹難者家屬致歉。瓦德艦長在事發當天即被解除指揮權。美國海軍隨即宣布將召開海軍最高形式的行政調查聽證會——調查委員會(Court of Inquiry)，並邀請日本海上自衛隊派員以無投票權顧問的身分參加。

二、救撈決策與爭議

- 決策背景：事故發生後，罹難者家屬與日本政府強烈要求美方打撈沉船，以尋回失蹤的 9 名人員遺體。這項請求背後有深刻的文化因素。對許多日本人而言，將遺體留在海底是無法接受的，他們非常重視將死者遺骨帶回家鄉並舉行適當的佛教葬禮儀式。
- 美方的回應與爭議：美方最初對於是否打撈猶豫不決，主要考量到技術難度與巨額費用。愛媛丸沉沒於水深 610 公尺(約 2,000 英尺)處，從如此深度打撈重達 830 公噸的船體，是一項史無前例的挑戰。然而，為了修補因事故而緊張的美日關係，並回應日方的人道主義訴求，美國政府最終承諾展開打撈作業。
- 打撈決策在美國國內也引發了一些爭議。部分美國民眾與媒體質疑為此耗費高達 6000 萬美元的鉅額資金是否值得，特別是考慮到美國海軍歷史上也有如亞利桑那號戰艦(USS Arizona)般將陣亡將士遺體長眠於沉船中的先例。然而，美國官員最終將此視為展現對盟友誠意與尊重其文化傳統的必要外交手段。
- 打撈方案的確立：美國海軍救助暨潛水督導官(SUPSALV)召集了由海軍、日本技術人員及私人承包商組成的團隊進行可行性研究。他們排除了直接由潛水員或僅用遙控無人載具(ROV)進入船艙搜尋的方案，也否決了將船體直接吊出水面的選項，因為那樣可能導致結構崩潰及燃油外洩。
- 最終，團隊決定採用一個前所未有的方案：在水下將愛媛丸吊離海床，整體轉移至歐胡島機場附近水深僅 35 公尺(115 英尺)的淺水回收區(Shallow Water Recovery Site, SWRS)，再由潛水員進入搜尋遺體。此方案在技術上極具挑戰，但被認為是尋回遺體最安全、最徹底的方式。在打撈作業開始前，還必須進行為期 13 週的環境評估(Environmental Assessment)，以確保移動沉船不會對近岸的敏感水域造成重大影響。

三、救撈與清理作業

- 愛媛丸事件後，應罹難者家屬與日本政府的請求，美國政府承諾將盡力尋回失蹤的 9 名人員遺體。這項承諾啟動了一場史無前例、技術上極具挑戰性且耗資約 6000 萬美元的深海打撈與搜尋作業。這項任務是當時從如此深度(610 公尺)進行的最大規模打撈作業之一，需要集結全球的專業技術與設備。

- 階段零：搜尋、勘查與可行性研究

- 定位與初步勘查：事故發生後，美國海軍救助暨潛水督導官(SUPSALV)與潛艦發展第五中隊(SUBDEVRON 5)迅速動員。他們利用部署在 USS SALVOR(ARS 52)救難艦上的「淺水區中級搜索系統」(SWISS)側掃聲納進行搜索。2 月 16 日，他們成功偵測到目標，並隨即派遣遙控無人載具(ROV)「Scorpio II」下潛，透過攝影機拍攝到船尾的船名，確認沉船就是愛媛丸。
- 殘骸狀況評估：透過「Scorpio II」和另一台 ROV「Deep Drone」的詳細影像調查，打撈團隊確認愛媛丸正直立於水深 610 公尺(約 2,000 英尺)的海底。船體結構嚴重受損，船首有明顯屈曲變形，船尾則深埋於沙質海床中近 2 公尺。雖然無法直接看到船底，但根據其極快的沉沒速度，團隊推斷格林維爾號的舵在船底劃開了一個約 10 平方公尺的巨大破口。
- 打撈方案評估：
 - ◆ 由於水深遠超飽和潛水員的作業極限(約 300 公尺)，直接由潛水員進入船艙搜尋的方案被排除。
 - ◆ 將重達 830 公噸的船體直接吊出水面同樣不可行，因為船艙內的水無法瞬間排出，通過水氣交界面時的巨大應力變化，以及殘存燃油外洩的環境風險，都可能導致已受損的船體結構徹底崩潰。
 - ◆ 最終，團隊決定採用一個前所未有的方案：在水下將愛媛丸吊離海床，整體轉移至歐胡島機場附近水深僅 35 公尺(115 英尺)的淺水回收區(SWRS)，再由潛水員進入搜尋。這個方案在技術上極具挑戰性，但能最大限度確保搜尋工作的安全與徹底性。

- 階段一至三：環境評估、動員與深水區的索具作業

- 環境評估：由於作業計畫涉及將沉船移至近岸敏感水域，必須進行詳細的環境評估(Environmental Assessment)。這項工作耗時近 13 週，花費近 200 萬美元，最終獲得「無重大影響發現(FONSI)」的結論，為作業掃清了法律障礙。
- 全球動員：打撈所需的專業設備從世界各地調集而來，包括從菲律賓調度的主要起重作業平台 DSSV ROCKWATER 2，以及從歐洲和美國墨西哥灣

運來的 ROV 和盤管鑽掘(Coiled-Tube Drilling)系統。美國海軍也與荷蘭的 Smit International 及美國的 Crowley Maritime Corp.等專業海洋工程公司簽訂合約。

- 現場準備：在 ROCKWATER 2 抵達前，電纜鋪設船 OCEAN HERCULES 先利用 ROV「Phoenix III」，以水下炸藥切除愛媛丸上阻礙作業的中央桅杆。
- 索具作業的挑戰與應變：
 - ◆ 方案 A - 盤管鑽掘技術(Coiled-Tube Drilling)失敗：團隊最初嘗試使用一種源自石油探勘的技術，希望用高壓水刀在船底下的海床鑽出通道以便穿引鋼索。然而，由於海底沉積物過於鬆軟，鑽頭無法順利鑽出預定路徑，這項技術首次應用於深海打撈宣告失敗
 - ◆ 方案 B - 船尾抬升遭遇困難：備用計畫是直接抬升船尾，在空隙中穿過鋼索。ROV 成功將吊索穿過螺旋槳與舵之間的開口，但在第一次抬升時，用於引導的信使索(messenger wire)被船底的破損結構卡住。第二次嘗試時，吊索因金屬疲勞而斷裂。
 - ◆ 方案 C - 創新的船首抬升與橫向移動成功：鑑於船首因先前的船尾抬升而深陷泥沙中，團隊制定了極富創意的第三方案。他們先用 ROV 在船首錨鏈孔周圍進行水下挖泥作業，清出空間後切斷錨鏈，將臨時的吊索穿過錨鏈孔(hawse pipes)。接著，同時利用這條臨時吊索和已安裝好的船尾吊索，將整艘船垂直吊起，橫向移動了約 33 公尺，精準地放置在預先鋪設於海床上的前部抬升鋼板上。至此，最關鍵的索具作業宣告完成。

● 階段四至六：深水抬升、轉移與潛水員搜救

- 深水抬升與轉移：2001 年 10 月 12 日，在海象條件允許下，ROCKWATER 2 正式開始抬升作業。團隊利用電腦模型持續計算「動態放大係數(DAF)」以監控海浪對結構的衝擊。愛媛丸被吊離海床約 25 至 30 公尺，以每小時 0.2 至 0.7 節的極慢速度，由包括 USNS SUMNER 號在內的船隊護航，沿著預先測繪好的海底地形路線向淺水區移動。為將水流阻力與搖晃降至最低，ROCKWATER 2 甚至以橫向航行的方式前進。經過兩天多的航行，愛媛丸於 10 月 14 日被成功安放在水深 35 公尺的淺水回收區。

➤ 潛水員搜尋作業：

- ◆ 平台與團隊：潛水作業平台由 Crowley 450-10 住宿工作駁船擔任。一支由美國海軍機動潛水暨救難第一單元(MDSU-1)及日本海上自衛隊(JMSDF，由潛艦救難艦 JDS Chihaya 支援)組成的聯合潛水隊負責搜尋。
- ◆ 作業挑戰：潛水員面臨著低能見度、船體內部結構損毀、尖銳金屬碎片、燃油污染以及處理遺體的心理壓力等多重挑戰。他們穿著乾式潛水衣，並在每次上浮後於駁船上設立的除污站進行清理。
- ◆ 成果：在為期 29 天、總計進行了 526 次潛水的艱苦作業後，團隊成功尋獲了 9 名失蹤者中的 8 位遺體，以及超過 2500 件個人物品和船鐘、船舵等紀念性物件。

- 清理作業：在搜尋遺體的同時，潛水員也進行了環境清理作業，將船上殘存的柴油、潤滑油等有害物質「在最大可行範圍內」移除。他們使用手持吸管清除艙內頂部的殘油，並利用「熱穿孔(Hot Tap)」技術進入未破損的油箱抽取燃油。此外，潛水員還清理並移除了超過 12 萬公尺的漁業長線及約兩噸的雜物，以確保船體在最終處置時不會對海洋生物構成威脅。

四、殘骸最終處置

- 在淺水區完成所有遺體搜尋、個人物品回收及環境清理作業後，愛媛丸的船體需要進行最終處置。考量到成本效益，團隊並未再次動用昂貴的 ROCKWATER 2，而是採用了一種創新的「壓載抬升(ballast lift)」技術。
- 作業平台 Crowley 450-10 駁船先將其自身的壓載水艙注滿水，使其下沉靠近已連接好吊索的愛媛丸。接著，將水艙中的水排出，利用駁船自身浮力增加而上浮的力量，將重達 830 噸的愛媛丸從海床上吊起。
- 2001 年 11 月 25 日，Crowley 450-10 駁船將懸吊在其下方的愛媛丸拖至 Barbers Point 以南約 12 海哩處的海域。在三位罹難者家屬的見證下，作業人員使用熱焰切割器(thermal cutters)切斷了吊索。最終，愛媛丸在水深約 1,800 公尺(6,000 英尺)的海域安息，完成了它的海葬儀式。

五、關鍵技術與挑戰

- 愛媛丸的救撈作業是一項在深度、重量和複雜性上都極具開創性的任務，面臨諸多技術挑戰，也催生了多項關鍵技術的應用。
- 關鍵技術
 - 遙控無人載具(ROV)：ROV 是整個深水作業的核心。從最初的沉船定位與勘查(Scorpio II、Deep Drone)，到後續的桅杆切除、挖泥、傳遞吊索及連接重型索具，所有在 610 公尺水深下的人力無法完成的工作，均由 ROV 完成。
 - 重型深海起重與動態定位系統：作業平台 ROCKWATER 2 配備了先進的動態定位系統與大型線性絞車，使其能在惡劣海象下精準地維持位置，並穩定地吊起和運輸懸吊在下方的愛媛丸。
 - 即時 3D 水下視覺化與水文監測：在轉移過程中，團隊利用 USNS SUMNER 號提供的即時水下地形測繪數據，建立了一個 3D 虛擬模型。這讓作業人員能在 ROCKWATER 2 的控制室中「看見」水下懸吊的愛媛丸與海底地形的相對位置，從而即時調整高度，避免碰撞。
 - 壓載抬升(Ballast Lift)：在最終處置階段，使用 Crowley 450-10 駁船的壓載水艙系統來吊起沉船，是一項兼具成本效益與創新性的技術應用。
 - 主要挑戰
 - 前所未有的作業深度與重量：在 610 公尺的深度吊起並移動一艘近千噸的沉船，是當時世界上最大規模的深海打撈之一，缺乏可參考的先例。
 - 索具安裝的困難：如何將吊索穿過深埋於海床下的船底是最大的技術瓶頸。團隊最初寄予厚望的「盤管鑽掘(Coiled-Tube Drilling)」技術因海底土質不符預期而失敗，迫使團隊必須在現場臨時制定並執行極為複雜的備用方案。
 - 受損船體的結構完整性：愛媛丸的船體已在碰撞與沉沒過程中嚴重受損，在抬升與運輸過程中，任何過大的動態應力(如海浪造成的衝擊)都可能導致船體二次解體。團隊為此進行了精密的電腦模型分析，以計算「動態放大係數(DAF)」，並將運輸速度嚴格控制在一節以下。

- 潛水作業的危險性：在淺水區的搜尋作業同樣充滿挑戰。潛水員必須在低能見度、充滿尖銳金屬碎片、燃油污染的環境中工作，並承受處理罹難者遺體的巨大心理壓力。

六、成果與影響

● 打撈成果

- 打撈作業：這項耗資約 6000 萬美元的行動是當時從如此深度(610 公尺)進行的最大規模打撈作業之一。海軍承包商先將愛媛丸從 2000 英尺深的海底吊起，並在水下將其移動至歐胡島附近水深約 115 英尺(35 公尺)的淺水區。
- 尋獲遺體與遺物：打撈行動成功尋獲了 9 名罹難者中 8 位的遺體，以及超過 2,500 件個人物品與船鐘等紀念物，為家屬提供了慰藉與「告慰 (closure)」。
- 技術突破：此案推動了深海打撈技術的發展，成為該領域一個重要的里程碑。

● 司法與行政處分

- 調查結論：
 - ◆ 除了美國國家運輸安全委員會(NTSB)的調查外，美國海軍也成立了最高級別的行政調查聽證會 - 調查委員會(Court of Inquiry)。委員會由三名海軍將領組成，並邀請了一名日本海上自衛隊將領作為無投票權的顧問。
 - ◆ 海軍調查委員會的最終報告指出，事故是「格林維爾號上一系列個人的疏忽」共同造成的，主要原因包括：瓦德艦長為趕時間而產生的「人為急迫感」、未遵守標準程序、平民訪客造成的干擾與分心、船員訓練不足以及過度自信等。報告認定，身為艦長，瓦德對潛艦的安全航行負有唯一責任。
- 處分：委員會認為涉案軍官並無犯罪意圖，建議不送交軍事法庭。最終，瓦德艦長受到海軍將級非司法懲處(Admiral's Mast)，被判定瀆職和不當

危害船艦，處以罰薪、書面申誠，並被「明確表示期望其辭職」。他於 2001 年 10 月 1 日以榮譽退伍的方式退役。其他數名相關船員也受到了行政處分。

- 賠償與道歉

- 官方道歉與反應：事故發生後，美國總統布希、國務卿鮑爾、國防部長倫斯斐等高層官員迅速向日本公開道歉。太平洋艦隊司令法戈上將 (Thomas B. Fargo) 也親自向抵達夏威夷的罹難者家屬致歉。然而，瓦德艦長本人因軍方禁止，未能在第一時間親自道歉，這引起了日本民眾，特別是家屬的強烈不滿。
- 經濟賠償：美國海軍向愛媛縣政府支付了約 1147 萬美元，用於重建新船及為倖存者提供諮商等；並向 35 個受害家庭支付了總計約 1650 萬美元的賠償金。
- 個人道歉：退役後，史考特·瓦德於 2002 年 12 月自費前往日本宇和島市，親自向罹難者家屬及倖存者道歉，此舉在一定程度上獲得了部分家屬的諒解。

- 後續影響

- 美日關係：此事件一度使美日關係陷入緊張，但美方後續一系列積極的應對措施，包括高層官員的迅速道歉、耗資巨大的打撈行動及賠償，在很大程度上緩和了日本方面的憤怒情緒，避免了對兩國同盟關係的長期損害。
- 美國海軍政策改革：
 - ◆ 海軍全面修改了關於平民訪客登艦的政策與指導方針，增加了更多限制以確保安全，例如禁止訪客操作任何設備，並限制其在特定演習期間進入控制室。
 - ◆ 此事故成為海軍潛艦軍官訓練中一個典型的「不該做什麼」的案例教材，用以教導學員應避免的錯誤。

- ◆ 海軍也改進了艦隊指揮官監督其下屬潛艦的方式，希望能藉由更嚴密的監督防止未來發生類似碰撞。
- 紀念：為了紀念罹難者，夏威夷州在檀香山設立了愛媛丸紀念碑，而宇和島水產高校也為罹難師生建立了紀念碑。每年2月9日，兩地都會舉行追悼儀式。此外，一艘新的愛媛丸也於2002年建成，繼續其教育使命。