

出國報告(出國類別:其他)

111 年度「臺灣港埠智慧環境監測技術現場監測儀器赴原廠進行實地教育訓練及作業技術操作」出國計畫

出國報告

服務機關:交通部運輸研究所

姓名職稱: 黃茂信研究員

派赴國家/地區: 加拿大及美國

出國期間: 111 年 12 月 2 日至 12 月 14 日

報告日期:111 年 3 月 2 日

## 摘要

全球暖化導致的氣候變遷加劇，因應氣候變遷日益嚴重，運輸系統受到天候環境影響之災害風險增加，需要充分掌握環境、氣象條件之資訊，並配合行政院 110 年度施政方針，為確保國際商港競爭地位，推動智慧海港發展、智慧物流發展；本所承辦相關計畫研究與技術發展，其中「港灣海氣象調查與航安科技發展計畫」工作項目，需透過現場架設海氣象觀測儀器，與數值模式及水工模型試驗之比較驗證，以分析港內波浪資訊，經多方詳細評估，目前國外研發之海氣象觀測設備具有相當專業技術及技巧，遂本所逐年採購國外現場觀測儀器，並派遣人員赴儀器原廠進行實地教育訓練及操作研習，提升我國海洋領域相關人才技術職能及研究能量，以執行臺灣港埠智慧環境監測技術精進等相關作業。

本次儀器原廠實地教育訓練及作業技術操作日期由 111 年 12 月 2 日~12 月 14 日共計 11 天，先後分別至加拿大 AXYS Technologies、ASL Environmental Sciences 公司及美國華盛頓大學 Applied Physics Laboratory，研習海氣象觀測儀器與數值模擬之相關技術操作使用，實地進行技術交流與問題探討，訓練課程及內容相當充實，有助於提高自身本職能力，與原廠工程師建立聯繫管道，幫助實際掌握所學知識和技能，提高實際操作能力。

本次原廠實地教育訓練及作業技術操作，對於本國人才培訓可藉此增加國外專業職能學習機會，推廣港灣海氣象調查與航安科技發展領域成就能見度，通過實際操作和經驗，可以幫助提高自信心，落實研究技術實質上交流，針對我國現場海氣象觀測技術發展方面，可以直接獲得原廠工程師指導說明，相互討論及意見交流，更快地掌握技能，提高效率，對於促進國際學術交流及國外經驗吸取有相當幫助。

111 年度「臺灣港埠智慧環境監測技術現場監測儀器  
赴原廠進行實地教育訓練及作業技術操作」出國計畫  
--出國報告

目次

|  |     |
|--|-----|
| 摘要 .....                                   | I   |
| 目次 .....                                   | II  |
| 一、 目的.....                                 | 1   |
| 二、 教育訓練及行程紀要.....                          | 2   |
| 三、 加拿大 AXYS Technologies 公司.....           | 4   |
| 四、 加拿大 ASL Environmental Sciences 公司.....  | 60  |
| 五、 美國華盛頓大學 Applied Physics Laboratory..... | 85  |
| 六、 心得與建議事項.....                            | 101 |

# 111 年度「臺灣港埠智慧環境監測技術現場監測儀器赴原廠進行實地教育訓練及作業技術操作」出國計畫 --出國報告

黃茂信\*

## 一、目的

全球暖化導致的氣候變遷加劇，因應氣候變遷日益嚴重，運輸系統受到天候環境影響之災害風險增加，需要充分掌握環境、氣象條件之資訊，並配合行政院 110 年度施政方針，為確保國際商港競爭地位，推動智慧海港發展、智慧物流發展；本所承辦相關計畫研究與技術發展，其中「臺灣海氣象調查與航安科技發展計畫」工作項目，需透過現場架設海氣象觀測儀器，與數值模式及水工模型試驗之比較驗證，以分析港內波浪資訊，經多方詳細評估，目前國外研發之海氣象觀測設備具有相當專業技術及技巧，遂本所逐年採購國外現場觀測儀器，並派遣人員赴儀器原廠進行實地教育訓練及操作研習，提升我國海洋領域相關人才技術職能及研究能量，以執行臺灣港埠智慧環境監測技術精進等相關作業。

本次原廠實地教育訓練及作業技術操作，主要以加拿大 AXYS Technologies 及 ASL Environmental Sciences 公司為主，研習海氣象觀測儀器與數值模擬之相關技術操作使用，實地進行交流與探討，汲取國際經驗做為日後研究之參考，並赴美國華盛頓大學 Applied Physics Laboratory，研習進行海象觀測儀器技術，並討論隨著船舶大型化及離岸風場建置，海洋內波對海上船舶航行及結構物的安全影響。

本次原廠實地教育訓練及作業技術操作，對於本國人才培訓可藉此增加國外專業職能學習機會，推廣臺灣港埠海氣象調查與航安科技發展領域成就能見度，落實國際間科技人員、研究技術實質上交流。針對我國現場海氣象觀測技術發展方面，可以直接獲得原廠工程師指導說明，相互討論及意見交流，更快地掌握技能，提高效率，對於促進國際學術交流及國外經驗吸取有相當幫助。

\* 交通部運輸研究所臺灣技術研究中心研究員



## 二、教育訓練及行程紀要

本次原廠實地教育訓練及作業技術操作日期為 111 年 12 月 2 日~12 月 14 日共計 11 天，出國至原廠實地，參與教育訓練課程，不僅可以接觸新的文化、習俗和生活方式，更可以拓寬視野，幫助培養更全球化的視野。置身於一個新的環境中，這可能是個人成長和自我發現的絕佳機會。為使本次發揮最大成效，行程安排採緊湊方式規劃，希望能爭取較多時間與儀器原廠工程師，直接溝通討論，提升對儀器操作熟稔度，厚植本所海氣象觀測、分析及研究能量，本次行程規劃如表 2.1 所示。

啟程，12 月 2 日一早便搭乘中華航空 CI32 航班下午 11 點 55 分由臺北桃園機場（TPE）至溫哥華-溫哥華國際機場航班（YVR），飛行時間約 11 個小時，抵達時間為當地 12 月 2 日 18:20，因溫哥華當地前幾日因暴風雪襲擊，故一出機場，便是滿地白雪，眼前景色與臺灣完全不同，溫哥華位於加拿大的西海岸，屬於溫帶海洋性氣候，12 月份氣溫通常在攝氏 5 度到 8 度之間，天氣多雲、陰雨綿綿，偶爾也會有雪。臺灣位於亞熱帶，12 月份屬於冬季，氣溫通常在攝氏 15 度到 24 度之間，天氣晴朗、溫暖，但偶爾也會受到北風影響，氣溫會下降，出現偏冷的天氣。於下榻旅舍休息一晚後，次日稍做休憩後，便從溫哥華港之港灣工程設施訪察開始，隨後前往察華森英屬哥倫比亞渡輪碼頭 Tsawwassen 搭乘卑詩渡輪前往維多利亞島（史華茨灣英屬哥倫比亞渡輪碼頭），即開始本次 AXYS Technologies 公司及 ASL Environmental Sciences 公司之訓練課程，遂於 12 月 9 日轉往美國西雅圖華盛頓大學，參訪 Applied Physics Laboratory，最後幾日訓練課程結束後，便於美國西雅圖返回加拿大溫哥華，再由溫哥華當地 12 月 13 日凌晨 12 點 35 分搭乘立搭乘中華航空 CI31 航班由溫哥華國際機場航班（YVR）飛回臺灣桃園機場航班，抵達臺北桃園機場（TPE）為 12 月 14 日凌晨 5 點 35 分，飛行時間約 12 小時。

本次 11 天實地出國，接受海洋儀器教育訓練課程雖然短暫但也非常充實，不僅可以助於增加個人的專業技能，還可以接觸到最新的技術和設備，這有助於了解最新的行業趨勢和技術發展方向，並擴大個人視野和知識面，對個人成長和發展有益。但也體會到自身仍須加強改善地方，瞭解唯有跳脫自身既有框架，才能發現不同思維脈絡及研究可能，本章謹針對此次出國行程規劃及課程安排等相關內容予以說明，有關儀器原廠實地教育訓練及作業技術操作課程有關內容，將於本報告第三章~第五章分別詳述。

**表2.1 原廠教育訓練及作業技術操作行程表**

| 日期/星期    | 工作內容  | 時間/地點            |
|----------|---|------------------|
| 12/2(五)  | 於臺灣搭乘中華航空CI32航班前往溫哥華機場                                    | 全天/臺灣-溫哥華        |
| 12/3 (六) | 港灣工程設施訪察  | 全天/加拿大溫哥華        |
| 12/4 (日) | 整備相關研習討論資料及前往溫哥華島   | 全天/加拿大溫哥華        |
| 12/5 (一) | AXYS Technologies公司研習：<br>現場儀器勘查                          | 全天/加拿大溫哥華        |
| 12/6 (二) | AXYS Technologies公司研習：<br>現場儀器勘查及整理研習資料                   | 全天/加拿大溫哥華        |
| 12/7 (三) | ASL Environmental Sciences研習：<br>海氣象數值模擬相關技術探討            | 全天/美國西雅圖         |
| 12/8 (四) | ASL Environmental Sciences研習：<br>海氣象數值模擬相關技術探討            | 全天/美國西雅圖         |
| 12/9 (五) | 美國華盛頓大學研習：<br>參訪Applied Physics Laboratory並探討海象觀測<br>儀器技術 | 全天 / 美國西雅圖       |
| 12/10(六) | 港灣工程設施訪察  | 全天/美國西雅圖         |
| 12/11(日) | 整理相關研習資料  | 全天/美國西雅圖         |
| 12/12(一) | 美國華盛頓大學研習：<br>探討海象觀測儀器技術                                  | 全天/美國西雅圖         |
| 12/13(二) | 於加拿大溫哥華搭乘中華航空CI31航班返回臺灣                                   | 全天/加拿大溫哥華<br>-臺灣 |
| 12/14(三) |   |                  |

## 三、加拿大溫哥華 AXYS Technologies 公司

### 3.1 訓練單位介紹

AXYS Technologies 公司是一家位於加拿大溫哥華的公司，成立於 1974 年，專注於海洋測量和監測領域。該公司設計、製造和安裝各種海洋測量儀器和系統，包括浮標、海洋資料採集系統、波浪監測系統、海洋風能量測量系統等。該公司的測量儀器和系統被廣泛應用於油氣勘探、海洋風電場測量、海洋科學研究、海洋工程、海洋災害預警等領域，也在全球範圍內被廣泛使用，包括北美、南美、歐洲、亞洲、非洲等地區。AXYS Technologies 主要是海洋測量和監測領域的公司，除了有高品質的測量儀器和系統，並且在產品設計、製造和安裝方面都有著豐富的經驗和技術優勢。

AXYS Technologies 公司是 Terry Tarle 創辦的。Terry Tarle 在 1974 年創辦了 AXYS Technologies 前身的公司，當時該公司的主要業務是為加拿大政府和私營部門提供專業的工程和科學研究服務。之後，Terry Tarle 逐漸將公司的業務轉向海洋測量和監測領域，開始研發和製造各種海洋測量儀器和系統。

Terry Tarle 是一位在海洋測量和監測領域擁有豐富經驗和技術的專家，他在該領域的研究和開發工作中做出了卓越的貢獻。AXYS Technologies 公司在 Terry Tarle 的領導下不斷發展壯大，成為了海洋測量和監測領域的領先企業之一。AXYS Technologies 公司的主要部門包括以下幾個方面：

- (一)浮標部門：該部門設計、製造和銷售各種型號的浮標，包括平台式浮標、流動式浮標、深水式浮標等，用於海洋測量、海洋科學研究、海洋工程等領域。

(二)資料採集系統部門：該部門設計、製造和銷售各種型號的海洋資料採集系統，包括表面漂流器、水下測量儀、海洋採樣器等，用於收集和傳輸海洋數據。

(三)波浪監測系統部門：該部門設計、製造和銷售各種型號的波浪監測系統，包括表面波浪監測系統、水下波浪監測系統等，用於測量和分析海洋波浪信息。

(四)海洋風能量測量系統部門：該部門設計、製造和銷售各種型號的海洋風能量測量系統，用於測量海洋風能量，支持海洋風電場的開發和運營。

此外，AXYS Technologies 公司已經取得了多項 ISO 認證，這些認證證明了該公司在產品品質、環境保護和健康管理等方面的優秀表現。具體來說，AXYS Technologies 公司擁有以下的 ISO 認證：

ISO 9001:2015 品質管理體系認證：這項認證證明了 AXYS Technologies 公司的品質管理體系符合國際標準要求，能夠提供優質的產品和服務。

ISO 14001:2015 環境管理體系認證：這項認證證明了 AXYS Technologies 公司在生產和運營過程中能夠有效地管理和減少對環境的影響，實現可持續發展。

ISO 45001:2018 職業健康安全管理體系認證：這項認證證明了 AXYS Technologies 公司能夠有效地管理和控制工作場所的風險，保護員工的健康和安全。

這些 ISO 認證是 AXYS Technologies 公司在國際市場上提高產品品質、維護環境和保障員工健康安全方面的有力保證，也體現了該公司一貫注重質量、環境和安全管理的企業文化。

AXYS Technologies 擁有廣泛的客戶，包括政府機構、學術機構、研究機構、離岸公司和可再生能源開發商。公司解決方案應用於海洋運輸、海上油氣、海洋環境監測、海洋可再生能源等多個行業。該公司的產品具有許多先進的功能和技術，使其在市場上脫穎而出。例如，該公司的浮標採用優質材料製成，可以承受惡劣的海洋環境，並提供長期的數據採集。數據採集系統設計用於從淺水到深海的各種條件下運行，並且可以定制以滿足特定客戶的需求。波浪監測系統使用先進的傳感器和軟件來準確測量和分析波浪特徵。

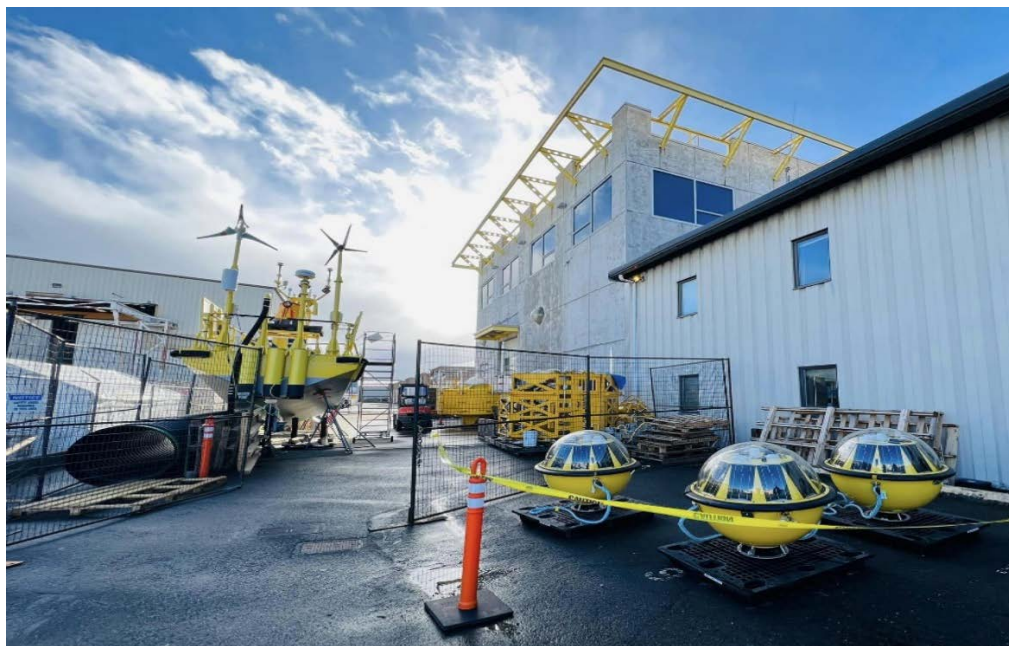


圖3.1 位於加拿大英屬哥倫比亞悉尼AXYS Technologies公司外觀照片

### 3.2 課程內容說明

本次教育訓練活動由 AXYS Technologies 公司的 George Puritch 先生 與銷售及執行總監 Alberto Callo 先生介紹海洋與環境監測儀器（如圖 3.2），除了有關本所既有 TRIAXYS BUOY 相關設備之操作說明及設定外，並介紹其他相關海洋儀器等設備，首先，Alberto Callo 先生先介紹，整個 AXYS Technologies

公司相關產品及目前本所既有 TRIAXYS Directional Wave with Currents Buoy 相關沿革，如圖 3.3~圖 3.5。

TRIAXYS Directional Wave with Currents Buoy 是一種海洋學儀器，旨在測量海洋中的方向波浪和洋流。該浮標配備了一系列傳感器，可以測量波高、波方向、波周期、水溫和海洋洋流等參數。

TRIAXYS 浮標使用三軸加速度計測量波浪的加速度，使用三軸磁力計測量浮標相對於地球磁場的方向。這些傳感器提供了計算波浪方向特性所需的數據，包括波高、周期和方向。除了波浪傳感器外，TRIAXYS 浮標還具有一系列測量洋流速度和方向的流速計。這些傳感器包括聲學多普勒流速計（ADCP），它可以測量浮標下方的垂直剖面中的洋流速度，以及單點流速計，它可以測量特定深度的洋流速度。TRIAXYS 浮標收集的數據可用於各種應用，包括海洋學研究、天氣預報、海洋工程和海岸管理。該浮標通常在幾個月的時間內部署，並且設計在各種海洋條件下運行，從平靜到嚴重的海況均可。



圖3.2 銷售及執行總監Alberto Callo 先生簡報產品沿革





圖3.3 AXYS Technologies公司 產品縮小模型



圖3.4 TRIAXYS Directional Wave with Currents Buoy 外觀

表 3.1 TRIAXYS Directional Wave with Currents Buoy 規格說明

| 項目         | 規格  |
|------------|---|
| 類型         | 繫泊浮標  |
| 引入年份       | 1999  |
| 長度 [公尺]    | 1   |
| 寬度 [公尺]    | 1.1   |
| 船體材質       | 船體：不銹鋼  |
| 結構材料       | 圓頂：抗衝擊聚碳酸酯  |
| 重量 [公斤]    | 230   |
| 電池類型       | 12VDC，116Ah，AGM規格，4顆並聯  |
| 太陽能板       | 10片，每片6W  |
| GPS傳感器     | Skywave IDP-690 Inmarsat<br>IsatData Pro 衛星收發器用於 GPS<br>數據、時間同步和備份遙測。 |
| 導航燈        | 有   |
| 航行燈說明      | 琥珀色 LED。具有三英里能見度的可<br>編程 IALA ODAS 閃光序列                               |
| 雷達反射器      | 有   |
| 數據記錄器      | WatchMan500™ 的設計兼容任何傳感<br>器，模塊化設計、低功耗要求和靈活的 I/O                       |
| 基於網絡的控制和跟踪 | 有   |
| 銜/衛星通信     | 有   |
| 蜂窩通信       | 有   |
| 超高頻/甚高頻通信  | 有   |



| 項目            | 規格   |
|---------------|------|
| 工作溫度：最低。[攝氏度] | -5   |
| 工作溫度：最高 [攝氏度] | 50   |
| 最小部署深度 [m]    | 10   |
| 最大部署深度 [m]    | 1000 |
| 最大波浪條件 [m]    | 27   |

本所係針對前述商港附近海域所設置之海象觀測站進行維運，並依據歷年所測得波浪及海流資料執行統計分析，冀求得到臺灣四周各劃分代表性區域的海象整體特性，並於各港海象觀測站，採太陽能供電，控制箱內置資料記錄器、無線傳輸設備及電源控制等模組，透過無線傳輸設備將各測站觀測資料即時回傳至本所港研中心海象資料庫儲存，其中於安平港海象觀測系統，於 2021 年 8 月新增加拿大 AXYS 公司所生產波浪海流浮球儀 TRIAXYS Directional Wave with Currents Buoy，水深約 11 公尺，觀測站位置如圖 3.5 所示及布袋港海象觀測系統，設置於布袋港區外海，離岸約 1,100 公尺，水深約 10 公尺，觀測站位置如圖 3.6 所示。



圖3.5 安平港海象觀測站安裝位置圖



圖3.6 布袋港海象觀測站安裝位置圖

AXYS Technologies Inc 的 TRIAXYS Directional Wave Buoy 波浪儀，加裝 Nortek Aquadopp (ADCP)量測海流數據。以錨碇方式佈放於目標水域，量測現場之波高、波向、週期、水溫、分層流速流向。現場資料以 4G 通訊即時傳輸方式回傳即時資料，並輔以 Inmarsat IDP 衛星通訊，在浮球發生斷纜飄移時通報即時位置。浮球配有 10 組 6W 的太陽能板提供電力，電力系統為 12V。電源儲存在 4 顆 100Ah 的 AGM 鉛蓄電池。如在日照充足的環境下，可提供浮球連續運作的電力。配有夜間導航警示燈與 GPS 定位裝置，其波流量測設備特性，如下表 3-2 所示。

表 3.2 TRIAXYS Buoy 波流量測設備特性規格說明

| 浮球-波浪-量測設備特性規格 |                        |
|----------------|------------------------|
| 項目             | 規格                     |
| 加速度計           | 三軸加速度計、三軸角加速度計，共 6 自由度 |
| 取樣頻率           | 4Hz                    |
| 上下起伏           | ±20m，解析度：0.01m         |
| 週期             | 1.5~33s，解析度：0.1s       |
| 波向             | 0~360°，解析度：1°          |
| 浮球-海流-量測設備特性規格 |                        |

| 項目         | 規格                 |
|------------|--------------------|
| 型號         | Nortek ADCP 600kHz |
| 最大分析水深     | 30~40m             |
| 分層之流速、流向資料 | 每層 1~4m            |
| 流速         | ±10m/s，解析度 1cm/s   |

TRIAXYS Directional Wave Buoy 波浪儀是一種採用先進技術的精密儀器，使其成為易於使用、可靠且堅固耐用的浮標，用於精確測量定向波。傳感器單元由三個加速度計、三個速率陀螺儀、一個磁通門羅盤和專有的 TRIAXYS™ 處理器組成，提供連續波採樣、支持任何遙測、高達 10 Hz 的運動採樣和高達 32GB (>5 年) 的數據記錄容量，其中，傳感器還使用 WatchMan500™ 控制器，這是 AXYS 監控系統中使用的核心技術，整體架構如圖 3.7 所示。

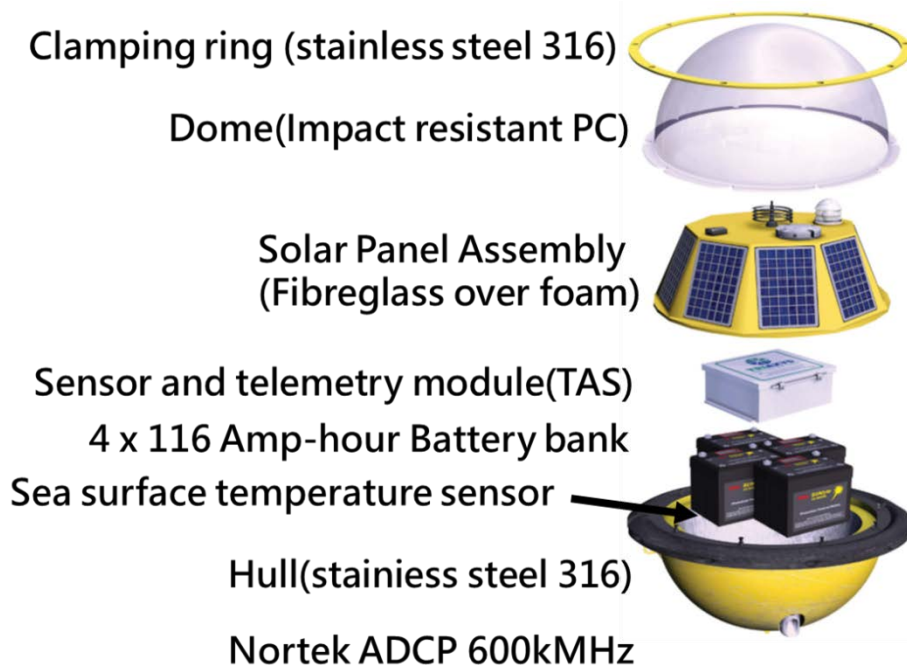


圖3.7 TRIAXYS Directional Wave Buoy 波浪儀整體架構

接續教育訓練活動再由 AXYS Technologies 公司的 George Puritch 先生帶領與該公司儀器專業負責人互相討論及實際操作，感測器及遙測控制箱(TAS BOX)介紹與操作，控制箱包含 WM500 工業電腦數據機、藍芽、波浪運動感測器、羅盤、配電盤及太陽能充電控制箱(MPPT，包含電流過載保護、電池分配)，如圖 3.8 所示。

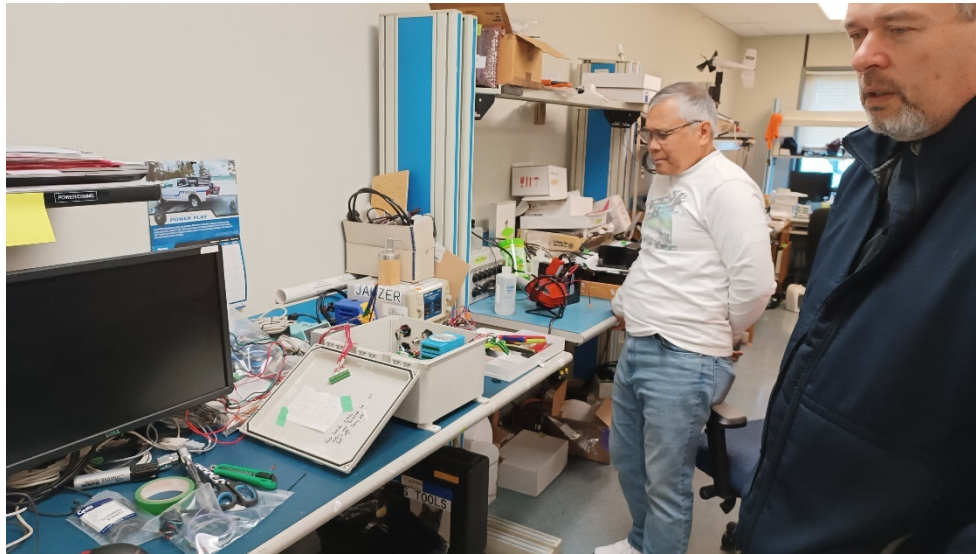


圖3.8 感測器及遙測控制箱之操作



由於浮球為加拿大原廠，出廠前已先組裝測試後寄運至臺灣，如圖 3.9，運送過程中溫度變化，會使內部電池設備產生有害氣體，因此打開浮球檢查內部設備狀況時，需先將浮球儀運至戶外，做球艙內的有害氣體氣體檢測(H<sub>2</sub>S、LEL、CO 及 O<sub>2</sub>)，如圖 3.10，確定內部有害氣體已在安全範圍內，才可打開浮球。



圖3.9 浮球組裝測試後



圖3.10 有害氣體氣體檢測儀

浮球太陽能充電系統由 10 片 6W 太陽能板並聯連接到電源控制器再輸出 2 組輸出電源，電池為 4 顆電池，2 個並聯為一組，共 2 組電池系統供電，量測太陽能板充電電壓與電池零負載狀態下電壓，如圖 3.11，量測完太陽能板及電池狀態後，針對內部儀器接頭、螺絲及固定架檢查是否有鎖固。

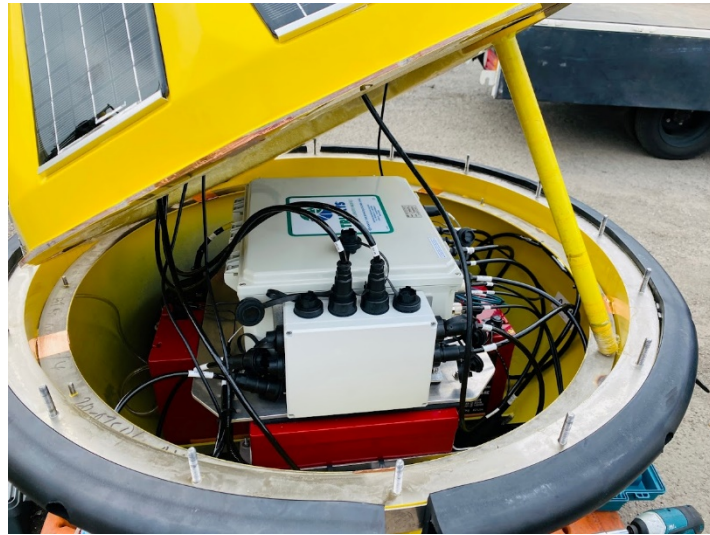


圖3.11 浮球太陽能充電系統

TRIAXYS Directional Wave Buoy 波浪儀底部，搭載都卜勒流剖儀 ( Acoustic Doppler Current Profiler，簡稱 ADCP )，其原理為應用都卜勒效應來測得流速，是一種用於測量水流速度和方向的儀器。它使用聲波原理來測量水流速度，可以在不同深度的水中測量流速和流向，進而繪製水流速度和方向的剖面圖和水文圖。

起初 ADCP 僅是 RD Instruments 公司於 19 世紀 80 年代推出的產品系列名稱，但如今已演變為同類聲學流速計的統稱，通常由以下組件構成：一個放大電路；送受器 ( Transceiver ) 用於發射和接收聲波的部件。透過發射聲波進入水中，接收回波以測量水流速度；一個時鐘用以測量聲波的往返時間；一個羅經用以測定方向；一個運動姿態傳感器，用於固定 ADCP 和保持其在水中的位置；一個模擬-數字轉換器和一個數位訊號處理器用以處理返還的聲學信號並分析其都

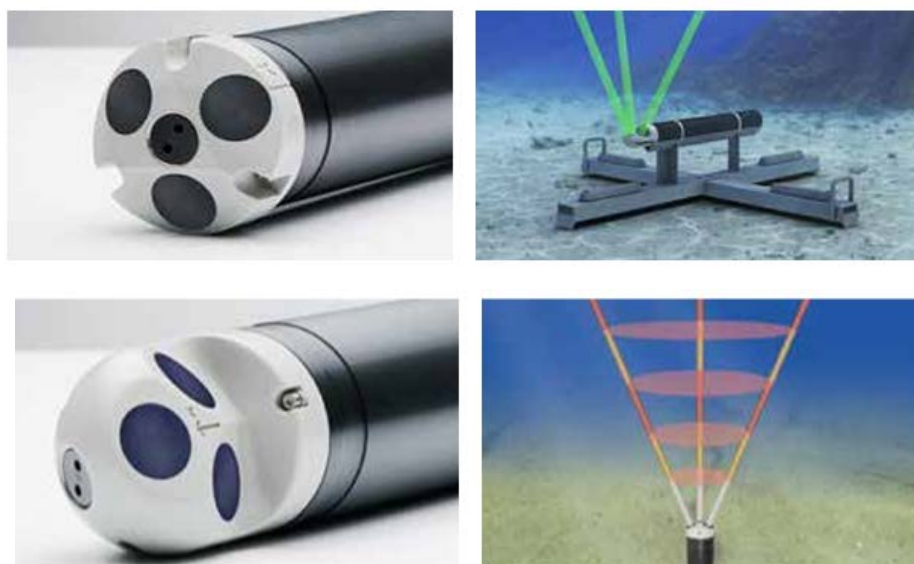
卜勒頻移，用於控制 ADCP 和處理數據的計算機。將 ADCP 所測量到的數據通過軟件進行處理和分析，以獲得水流速度、流向和其他相關的水文參數等數據。；一個溫度傳感器用以校正聲速在當前海水狀態方程下的偏差（此校正過程假定鹽度保持在一個預設的常值）。這些測量數據可以存儲在內置的存儲器中，也可實時輸出到用戶端的軟體上，分別稱為自容式和直讀式，如圖 3.12 所示。

ADCP 使用聲波脈衝，將聲波傳遞到水中，當聲波遇到水中的物體時，部分能量被反射回到聲源位置。根據多普勒效應，當反射聲波與傳播聲波頻率不同時，反射聲波的頻率會發生變化，這種頻率變化可以用來測量水流速度。ADCP 使用多個發射器和接收器來測量水中物體反射回來的聲波，並計算出水流速度和方向。其功能好處如下表 3.3 整理。

表 3.3 都卜勒流剖儀功能說明

| 功能   | 說明  |
|------|---|
| 流速測量 | 可以測量水流的速度。它發射聲波，當聲波遇到水中的物體時，部分能量被反射回到 ADCP 的接收器位置，測量這些聲波的頻率變化，就可以計算出水流速度。 |
| 流向測量 | 可以測量水流的方向。當聲波傳播到水中時，反射回來的聲波頻率變化可以用來測量水流的方向。                               |
| 深度測量 | 在不同深度的水中測量流速和方向。ADCP 可以在不同深度設置不同的探測器，測量水中不同深度的流速和流向                       |

|       |   |
|-------|---|
| 繪製水文圖 | 收集大量的水流速度和方向數據，進而繪製水文圖。水文圖可以幫助人們更好地了解水流的分佈和變化，從而進行更好的環境監測和管理。 |
| 遠距離測量 | 進行遠距離測量，不需要直接接觸水面或水底，這使得它可以在較大的水域進行測量，並減少了測量時的風險。             |
| 高精度測量 | 測量精度較高，可達到毫米級別，這對於水文學研究和環境監測非常重要。                             |
| 高效率測量 | ADCP 可以在較短的時間內收集大量的數據，提高測量效率。                                 |
| 多用途應用 | 不僅可以用於海洋、河流、湖泊等自然水體的測量，還可以應用於工業中的流體測量，例如流量測量、沉澱池測量等。          |



(圖片來源：nortek公司官方網站)

圖 3.12 各式都卜勒流剖儀 (ADCP )



Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) 根據應用和使用場景的不同，可以分為以下幾種類型：船載 ADCP 通常是固定在船舶的底部，用於測量船舶行進時水體的流速和方向，通常採用多波束技術，可以同時測量多個方向的流速和方向。懸掛式 ADCP：懸掛式 ADCP 通常是固定在一個水下平台或者吊桿上，懸掛在水中，用於測量水體的流速和方向，通常採用單波束技術，只能測量一個方向的流速和方向。固定式 ADCP：固定式 ADCP 通常是固定在一個固定的位置，例如河流底部或海底，用於長期測量水體的流速和方向，ADCP 通常採用多波束技術，可以同時測量多個方向的流速和方向。遙感式 ADCP：遙感式 ADCP 通常是安裝在遠程位置，例如高空或者岸邊，用於監測遠距離的水體流速和方向，通常採用多波束技術，可以同時測量多個方向的流速和方向。

ADCP 其基本原理，為當 ADCP 發射一束聲波，當聲波遇到水中的流體時，一部分能量會被反射回來，稱為回波。ADCP 接收回波，通過分析回波的頻率和強度來測量水流速度。ADCP 的發射器和接收器是由多個聲源和聲接收器組成的陣列。它們發射一個特定頻率的聲波，並接收反射回來的聲波。當水流速度與聲波相互作用時，聲波的頻率和強度會發生變化。透過分析聲波的頻率變化和回波的強度，可以計算出水流速度的大小和方向。ADCP 在水中可以定點安裝，也可以掛在船上進行運動測量。在運動測量時，ADCP 陣列的聲波會以特定的方向發射，測量該方向上的水流速度。然後，透過旋轉 ADCP 陣列或掛在不同方向的船上，可以測量出多個方向上的水流速度。這些數據可以通過 ADCP 內部的計算機進行處理和分析，以獲得水流速度的三維分布情況。

於 AXYS Technologies 公司與技師雙方討論時，是利用 2014 年卑爾根大學 Morven Muilwijk 於 Bjerknnes Centre for Climate Research 簡報「ADCP Acoustic Doppler Current Profiler」，其簡報與說明如下：

# ADCP

## Acoustic Doppler Current Profiler



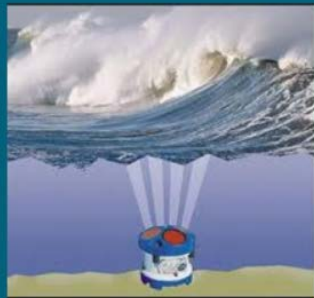
Morven Muilwijk  
2014

University of Bergen, Bjerknes Centre for Climate Research

Morven Muilwijk, 2014 卑爾根大學 簡報

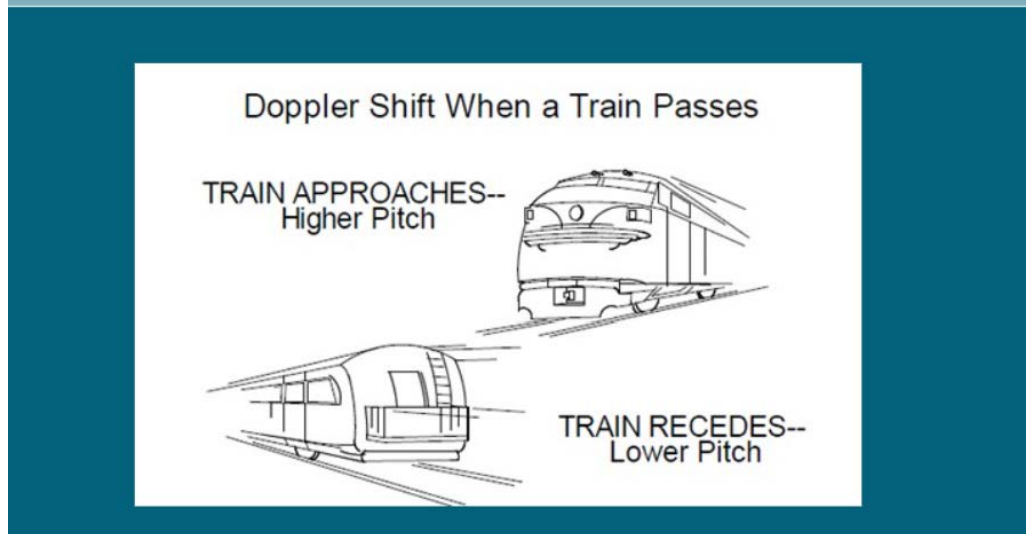
## What is an ADCP?

- Acoustic Doppler Current Profiler



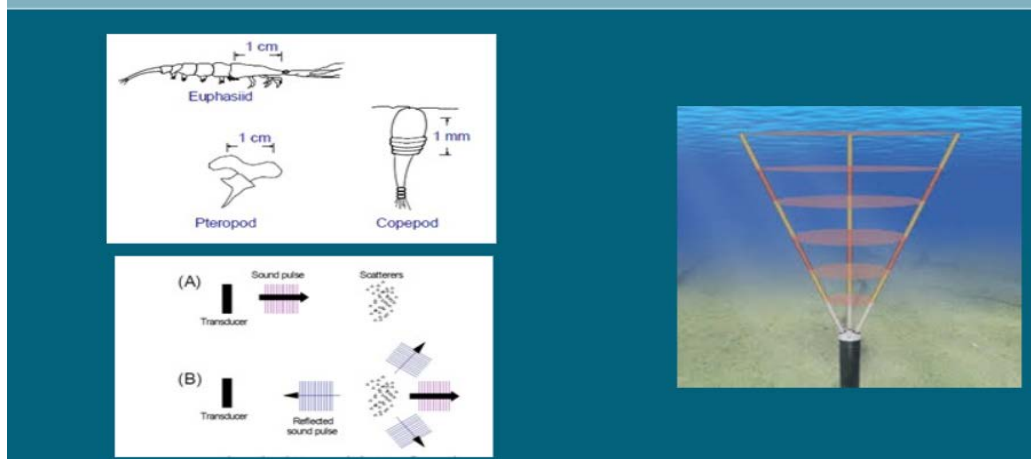
聲學多普勒水流剖面儀（ADCP 或 ADP）是一種類似於聲納的水聲水流計，試圖利用從水柱內的粒子散射回來的聲波的多普勒效應來測量一定深度範圍內的水流速度。ADCP 與所有其他當前儀表的不同之處在於，它給出了整個水柱的 3D 圖片，其中包含特定深度間隔（稱為箱）的速度和方向。ADCP 的前身是多普勒速度計程儀，一種測量船舶在水中或在海底的速度的儀器。

## The Doppler Shift



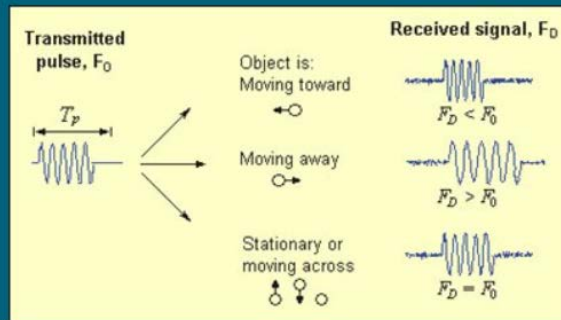
聲波向您移動時的頻率或音調比向您移動時的頻率高。當一輛汽車疾馳而過時，您會聽到多普勒效應的作用，這種聲音會在汽車經過時逐漸消失。

## The Doppler Shift



ADCP 的工作原理是將恆定頻率的聲音“脈衝”發射到水中。當聲波傳播時，它們會彈開懸浮在流動水中的粒子，並反射回儀器。從遠離剖面儀的粒子反彈回來的聲波在返回時頻率降低。向儀器移動的粒子發回更高頻率的波。聲音散射體是將聲音反射回 ADCP 的小顆粒或浮游生物。散射體是海洋中無處不在。它們漂浮在水中，平均而言，它們以與水相同的水平速度移動。

# The Doppler Shift

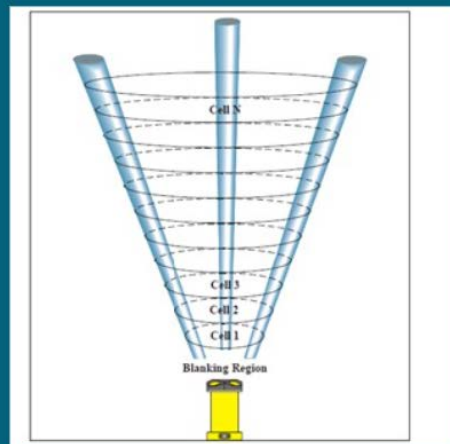


Speed of sound = frequency  $\times$  wavelength

剖面儀發出的波與接收到的波之間的頻率差異稱為多普勒頻移。該儀器使用這種偏移來計算粒子及其周圍水的移動速度。撞擊遠離剖面儀的粒子的聲波比撞擊近處的波需要更長的時間返回。通過測量波反彈所需的時間和多普勒頻移，剖面儀可以用每一系列的脈衝測量許多不同深度的當前速度。ADCP 根據假設的鹽度和換能器深度以及換能器測得的溫度計算聲速。ADCP 使用此聲速將速度數據轉換為工程單位併計算沿波束的距離。工作頻率範圍從 38 kHz 到幾兆赫茲。

聲速=頻率 $\times$ 波長

# The Doppler Shift



大多數 ADCP 有 3 或 4 個聲學換能器，它們從 4 個不同方向發射和接收聲學脈衝。當前方向是通過使用三角關係將來自 4 個換能器的返回信號轉換為“地球”坐標（南北、東西和上下）來計算的。當 ADCP 使用指向不同方向的多個波束時，它會感應到不同的速度成分。例如，如果 ADCP 將一個光束指向東方，另一個指向北方，它將測量東流和北流分量。如果 ADCP 光束指向其他方向，三角關係可以將當前速度轉換為北向和東向分量。一個關鍵點是，一根光束是每個電流元件都需要。

## Current profiling and 3D velocity measurements

### 4 Measurements at once:

1. Speed and direction
2. Bottom tracking
3. Height or range
4. Distribution of material (intensity)

一次進行 4 個測量：1. 速度和方向 2. 底部跟踪 3. 高度或範圍 4. 材料分佈（強度）因此，ADCP 一次進行四種不同的測量。

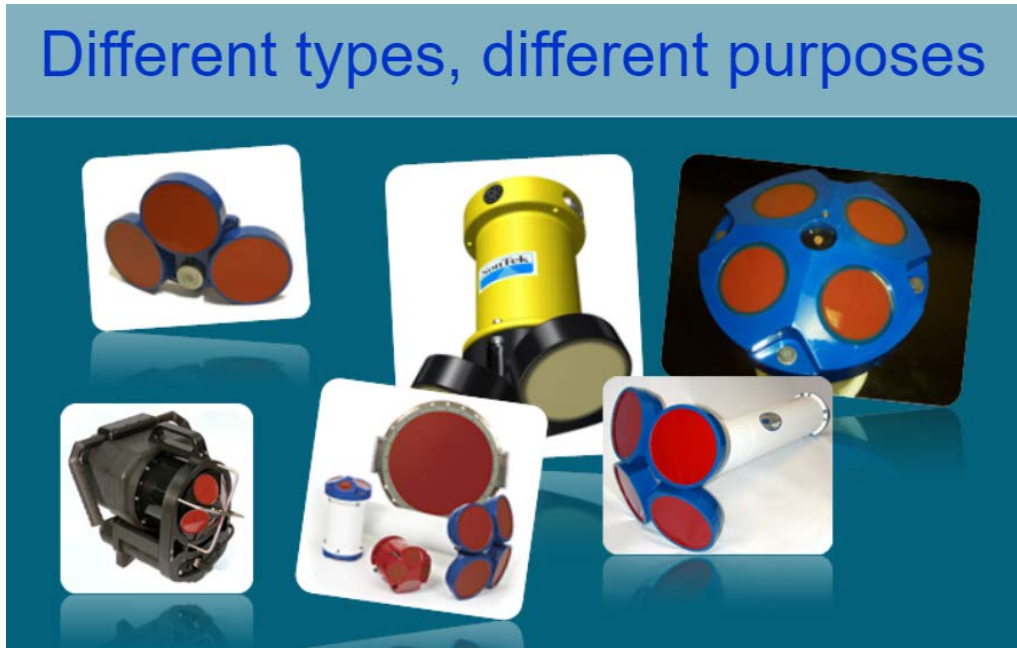
1. 水流的速度和方向由回波與傳輸信號相比的頻率變化（或多普勒頻移）確定。對於每個“ping”，這些速度數據是在測量範圍內的多個級別獲得的——“電流分佈”。

2. 同樣，海底散射的回波揭示了 ADCP 移動應用中的對地速度。該水底跟踪信息用於從測得的水流中去除船隻運動，並繪製船隻所遵循的路徑。



3. 與迴聲測深儀一樣，ADCP 從聽到迴聲之前經過的時間（傳輸後）測量到散射物體（在水柱或表面或海床中）的高度或範圍。

4. 懸浮物質在整個測量範圍內的分佈（例如，中水羽流）由回波的強度或強度描述。這些數據允許水柱內容的二維圖像。



ADCP 根據假設的鹽度和換能器深度以及換能器測得的溫度計算聲速。

ADCP 使用此聲速將速度數據轉換為工程單位併計算沿波束的距離。

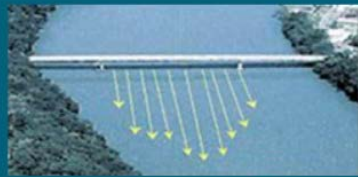


ADCP 根據假設的鹽度和換能器深度以及換能器測得的溫度計算聲速。

ADCP 使用此聲速將速度數據轉換為工程單位併計算沿波束的距離。

## Applications of the ADCP

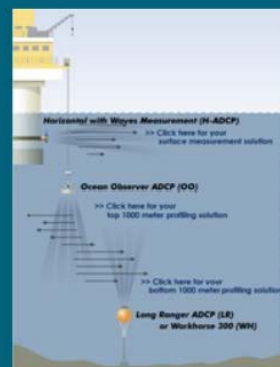
- Oceanography
- Vessel Traffic Safety in the Port & Harbor
- Tidal currents observations
- Efficient Seismic Survey Operations



海洋學、港口的船舶交通安全、潮汐流觀測、高效的地震勘測作業及測量洋流是物理海洋學家的基本工作。通過確定海水的流動方式，科學家可以確定生物體、營養物質和其他生物和化學成分是如何在整個海洋中運輸的。

## Applications of the ADCP

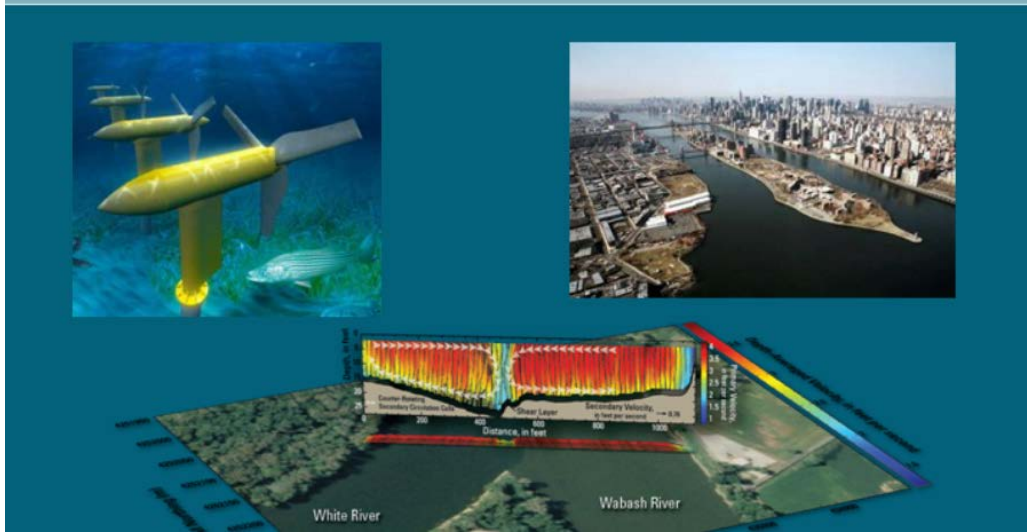
- Oil industry
- ADCPs for renewable energy projects



石油工業、可再生能源項目的 ADCP、海洋學、石油工業港口的船舶交通安

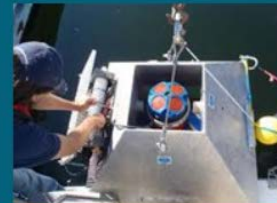
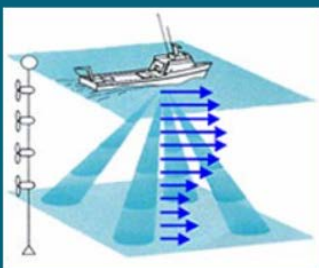
全

## New York power plant



在紐約市的東河，Verdant Power 正在安裝一個渦輪機場，以捕獲羅斯福島外達到 4 節的潮汐流的能量。除了揭示這些水流令人印象深刻的速度外，ADCP 船段還顯示了水流在整個河段的不對稱分佈，這將是部署渦輪機領域的關鍵信息。

## Different types of platforms

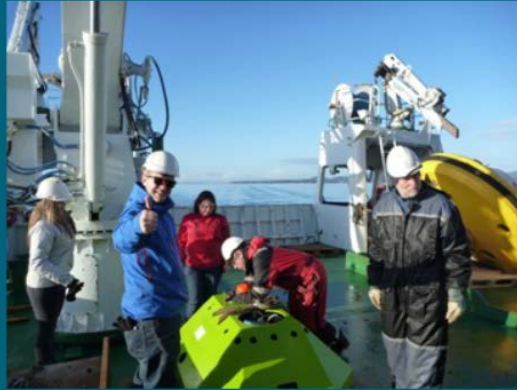


安裝於船舶進行測量作業



## Examples of studies

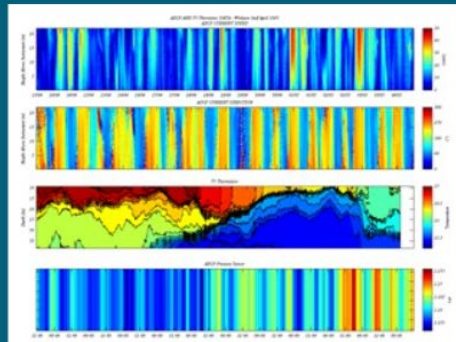
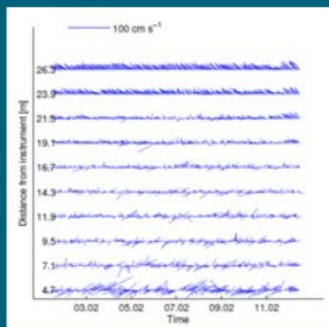
- Measuring tidal currents in a sound



量測潮流作業

## Examples of studies

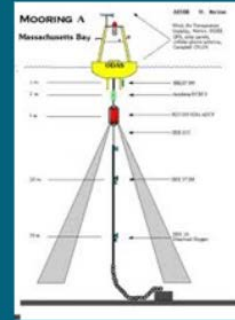
- Measuring tidal currents in a sound



量測潮流作業結果

## Advantages

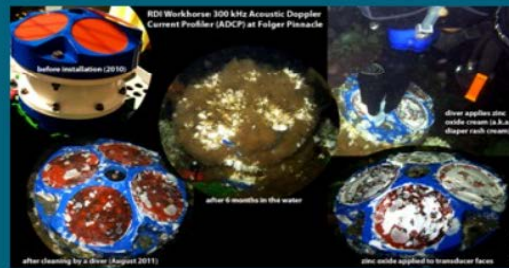
- Easy to use and to make profiles
- No moving parts
- Small scales
- Absolute speed of water
- Measures columns up to 1000m



好處：測量小規模電流，與以前的技術不同，ADCP 測量的是水的絕對速度，而不僅僅是一個水團相對於另一個水團的移動速度，測量長達 1000 米的水柱。

## Disadvantages

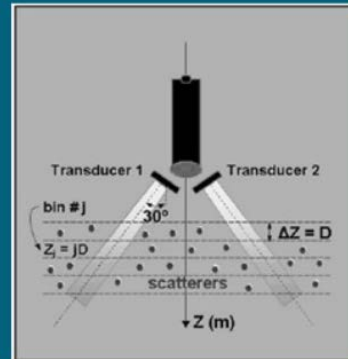
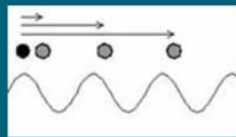
- Barnacles and algae
- Clear waters
- Compromise between distance or precision
- Bubbles in turbulent water
- Battery power with frequent pings



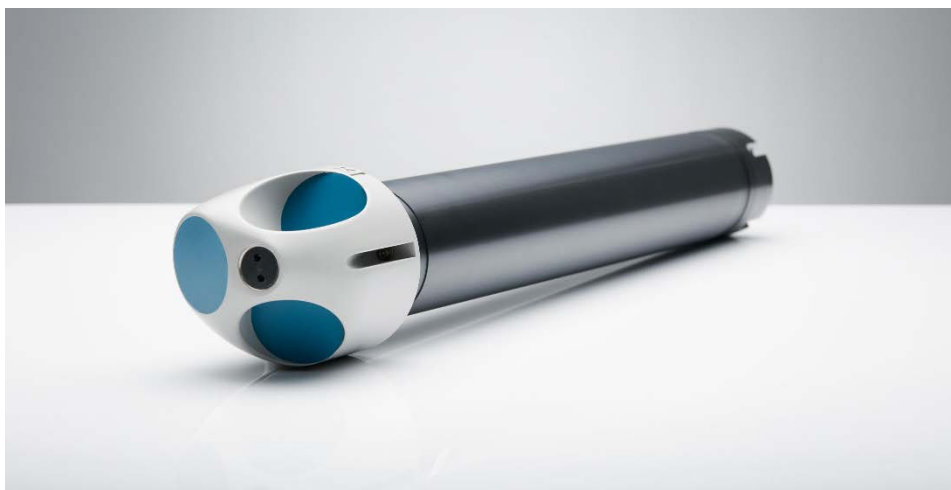
壞處：距離或精度之間的折衷、湍流水中的氣泡、電池電量及高頻脈衝產生更精確的數據，但低頻脈沖在水中傳播得更遠。因此，必須在剖面儀可以測量的距離和測量精度之間做出折衷。設置為快速“ping”的 ADCP 也會迅速耗盡電池，如果水非常清澈，如在熱帶地區，ping 可能無法擊中足夠多的粒子以產生可靠的數據，湍流水中的氣泡或游泳海洋生物群會導致儀器錯誤計算電流，用戶必須採取預防措施防止藤壺和藻類在換能器上生長。

## Good to know when working with ADCP's

- Backscatter
- Ping
- Main Lobe
- Blank zone
- Ambiguity



使用時注意事項：反向散射，聲波中被散射體直接反射迴聲源的部分。Ping：ADCP 換能器在單個測量週期內產生的全部聲音。寬帶 ping 包含一系列編碼的脈沖和滯後，而窄帶 ping 包含單個脈衝。主瓣：換能器發出的能量的主要焦點。如果換能器是手電筒，主瓣就是可見光束。空白區：ADCP 頭部附近未進行測量的區域。歧義：ADCP 通過測量反射信號的相位變化來確定源和散射體之間的徑向運動。因為相位是周期性的，所以這個解是多值的。例如，下面顯示的所有三個位移都將返回相同的相位測量值，這會導致歧義。



(圖片來源：nortek公司官方網站)

圖 3.13 Aquadopp Profiler 600 kHz

互相討論完 ADCP 原理後，進而針對 TRIAXYS Directional Wave Buoy 波浪儀底部配置 Aquadopp Profiler 600 kHz，進行介紹，如圖 3.13 所示，Aquadopp 剖面儀 600 kHz 是一款高度通用的聲學多普勒電流剖面儀（ADCP），在四個剖面範圍選項中，從大於 1 m 到小於 85 m。600 kHz 版本具有電流剖析範圍可達 40 m。該電流分析儀專為簡單而強大的操作而設計，以實現準確有效的在各種環境條件下收集水動力數據。主要好處為平均流量測量高、專注於易用性和簡單性、流態測量、流速的強烈變化、潮流研究、組合的測量、波浪和水流及適用於波浪浮標。相關設備規格說明，如下圖 3.14~3.16 所示。

## Technical specifications

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| → Water velocity measurements          |                                 |
| Maximum profiling range                | 30-40 m                         |
| Cell size                              | 1-4 m                           |
| Minimum blanking                       | 0.50 m                          |
| Maximum number of cells                | 96                              |
| Measurement cell position              | N/A                             |
| Default position (along beam)          | N/A                             |
| Velocity range                         | ±10 m/s                         |
| Accuracy                               | ±1% of measured value ±0.5 cm/s |
| Velocity precision                     | Consult instrument software     |
| Maximum sampling rate (output)         | 1 Hz                            |
| Internal sampling rate                 | 4 Hz                            |
| → Echo intensity (along slanted beams) |                                 |
| Sampling                               | Same as velocity                |
| Resolution                             | 0.45 dB                         |
| Dynamic range                          | 90 dB                           |
| Transducer acoustic frequency          | 600 kHz                         |
| Number of beams                        | 3                               |
| Beam width                             | 3.0°                            |
| → HR option                            |                                 |
| Maximum profiling range                | N/A                             |
| Cell size                              | N/A                             |
| Minimum blanking                       | N/A                             |
| Maximum number of cells                | N/A                             |
| Range/Velocity limitations             | N/A                             |
| Accuracy                               | N/A                             |
| Max. sampling rate                     | N/A                             |
| → Z-Cell option                        |                                 |

（圖片來源：nortek公司官方網站）

圖 3.14 Aquadopp Profiler 600 kHz設備規格說明

|   |   |
|---|---|
| Cell zero acoustic frequency            | N/A   |
| Maximum profiling range                 | N/A   |
| Number of beams                         | N/A   |
| <b>→ Sensors</b>                        |   |
| Temperature:                            | Thermistor embedded in head   |
| Temp. range                             | -4 to +40 °C  |
| Temp. accuracy/resolution               | 0.1 °C/0.01 °C  |
| Temp. time response                     | 10 min  |
| Compass:                                | Magnetometer  |
| Accuracy/resolution                     | 2°/0.1° for tilt < 20°  |
| Tilt:                                   | Liquid level  |
| Accuracy/resolution                     | 0.2°/0.1°   |
| Maximum tilt                            | 30°   |
| Up or Down                              | Automatic detect  |
| Pressure:                               | Piezoresistive  |
| Range                                   | 0-100 m (inquire for options)   |
| Accuracy/precision                      | 0.5% FS / 0.005% of full scale  |
| <b>→ Analog inputs</b>                  |   |
| No. of channels                         | 2   |
| Supply voltage to analog output devices | Three options selectable through firmware commands:1) Battery voltage/500 mA, 2) +5 V/250 mA, 3) +12 V/100 mA |
| Voltage input                           | 0-5 V   |
| Resolution                              | 16-bit A/D  |
| <b>→ Data recording</b>                 |   |
| Capacity                                | 9 MB, can add 4/16 GB   |
| Data record                             | 9*Ncells + 32 bytes   |
| Diagnostics record                      | N/A   |
| Wave record                             | Nsamples * 24 + 60 bytes  |
| Mode                                    | Stop when full (default) or wrap mode   |
| <b>→ Real-time clock</b>                |   |
| Accuracy                                | ±1 min/year   |

(圖片來源：nortek公司官方網站)

圖 3.15 Aquadopp Profiler 600 kHz設備規格說明

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| → Real-time clock           |  |
| Backup in absence of power  | 4 weeks  |
| → Data communications       |  |
| I/O                         | RS-232 or RS-422   |
| Communication baud rate     | 300-115200 Bd  |
| Recorder download baud rate | 600/1200 kBd for both RS-232 and RS-422  |
| User control                | Handled via "Aquadopp" software, ActiveX®function calls, or direct commands with binary or ASCII data output |
| → Connectors                |  |
| Bulkhead                    | MCBH-8-FS  |
| Cable                       | PMCIL-8-MP on 10m polyurethane cable   |
| → Software                  |  |
| Functions                   | Deployment planning, instrument configuration, data retrieval and conversion (for Windows®)                  |
| → Power                     |  |
| DC input                    | 9-15 V DC  |
| Maximum peak current        | 3 A  |
| Avg. power consumption      | 0.06 W   |
| Sleep current               | < 100 µA   |
| Transmit power              | 0.3-20 W, 4 adjustable levels  |
| → Batteries                 |  |
| Battery capacity            | 1) 50 Wh (alkaline or Li-ion), 2) 165 Wh (lithium), 3) Single or dual  |
| New battery voltage         | 13.5 V DC (alkaline)   |
| → Environmental             |  |
| Operating temperature       | -5 to +40 °C   |
| Storage temperature         | -20 to +60 °C  |
| Shock and vibration         | IEC 721-3-6  |
| EMC approval                | IEC 61000  |
| Depth rating                | 300 m  |
| → Materials                 |  |
| Standard model              | POM and polyurethane plastics with titanium fasteners  |
| → Dimensions                |  |
| Maximum diameter            | 100 mm   |
| Maximum length              | ~550 mm (single battery), +110 mm (double battery) depending on head configuration                           |
| → Weight                    |  |
| Weight in air               | 2.9 kg   |
| Weight in water             | 0.4 kg   |
| → Options                   |  |

1) Alkaline, lithium or Li-ion external batteries, 2) Inquire for different head configurations

(圖片來源：nortek公司官方網站)

圖 3.16 Aquadopp Profiler 600 kHz設備規格說明



ATLAS 錨碇系統是一種用於固定海上結構物的系統，例如海上風力發電機、石油平台、浮標等。該系統由振動能減緩器（Vibration Energy Absorber, VEA）、定位器、鋼纜和錨碇組成，可減少風浪和潮汐等自然力對結構物的影響，使其更穩定地固定在海床上。

ATLAS 錨碇系統的主要優點是減少了海上結構物的搖晃和震動，使其更加穩定和安全，它是指一放置於固定位置之長期觀測系統，根據不同的量測需求掛載不同的儀器，如風向風速計、溼度計、壓力計、溫度計、鹽度、流速計等，錨碇系統能連續記錄選定區域之所需資料，甚至可透過衛星傳輸達到即時蒐集資料的能力，在資料收集過程中不受限於船期雨天氣之影響，能更有效的了解海域之大氣、水文場與流場之變化。

ATLAS 錨碇系統由三個主要部分組成：VEA、定位器和錨碇。VEA 位於結構物和錨碇之間，用於減緩海浪和潮汐等自然力的作用。定位器用於控制結構物的方向和位置，以確保其固定在合適的位置。錨碇則用於將結構物固定在海床上，如圖 3.17 所示。

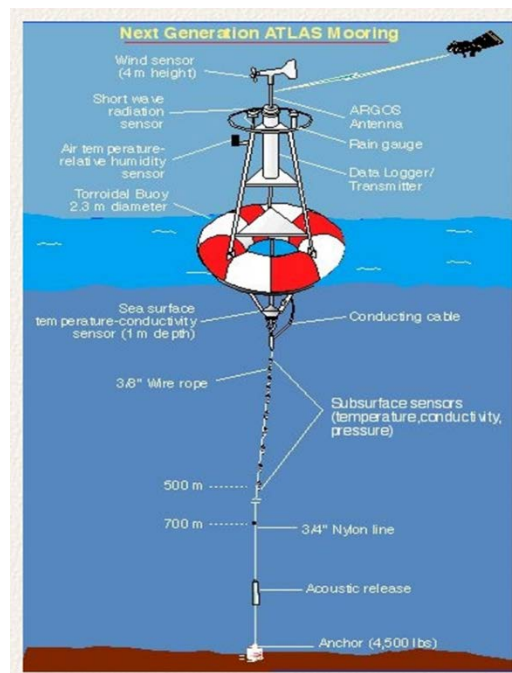


圖 3.17 ATLAS錨碇系統

此外，該系統的成本相對較低，且易於安裝和維護，因此得到了廣泛的應用。該系統的主要缺點是，在安裝過程中需要考慮到海底的地質和水文條件，並進行相應的調整和改進，以確保其效果和安全性。此外，ATLAS 錨碇系統還需要定期進行維護和檢修，以確保其長期穩定性和可靠性。

本所於安平港及布袋港波浪架設海流浮球儀 TRIAXYS Directional Wave with Currents Buoy，其錨繫設計為浮球下方與錨繫以 SS316 不鏽鋼材質旋轉環相接，而錨繫上半部為橡膠索材質，主要是提供浮球移動自由度，為安全考量，橡膠索外側加掛 dyneema 材質安全繩，並於橡膠索下端為 dyneema 材質繩索，以利水深調節長度。再將錨繫中央為中繼浮球，提供浮力抬升下端錨繫，錨繫下端為金屬錨鍊，提供配重與防磨，另錨繫設計需考慮電位差腐蝕問題。不同電位金屬材質需進行隔離處理，整體架構如圖 3.18 所示。

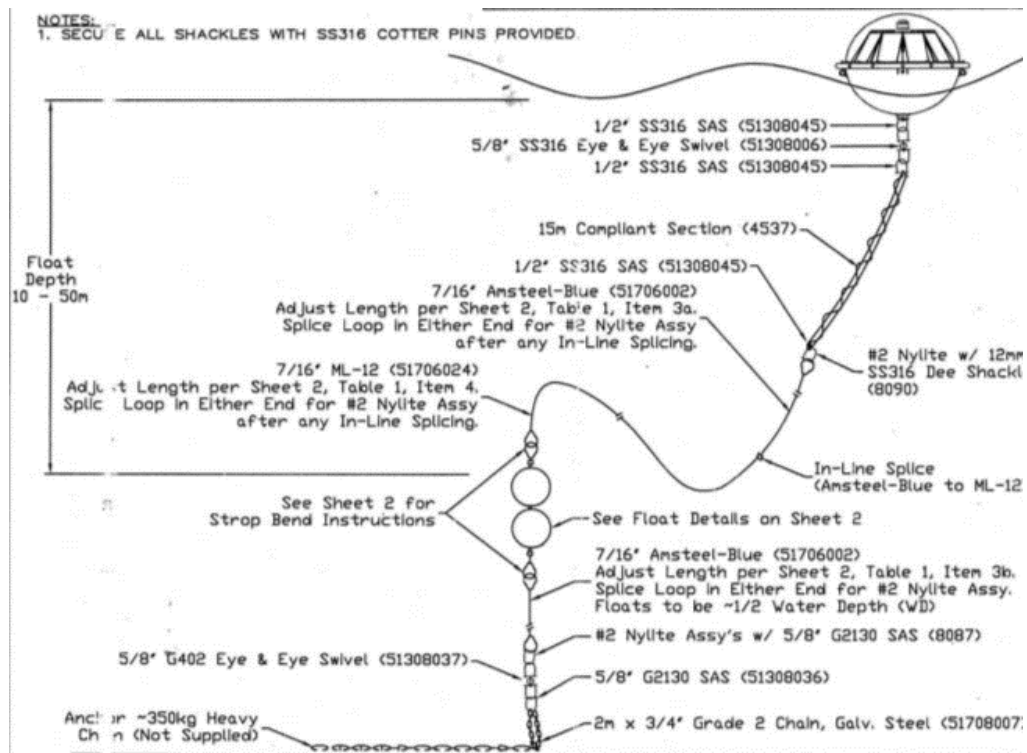


圖 3.18 本所於安平港及布袋港錨碇系統



浮球錨繫重塊，浮球之重量為 250 公斤，原廠建議錨繫重量須超過 350kg，考量佈放環境的海流流速與潮差，建議使用 700 公斤的錨鍊重塊，或是 1 噸之水泥重塊，在海中約 600kg 重，如圖 3.19 所示。



圖 3.19 本所於安平港及布袋港-浮球錨繫重塊

加掛浮體時錨繫設計，主要是以浮球下方與錨繫以 SS316 不鏽鋼材質旋轉環相接，其中錨繫上半部為 SS316 不鏽鋼無檔錨鍊(3/4" )，而錨繫下端為 G80 無檔錨鍊(1/2" )，提供配重與防磨，另錨繫設計需考慮電位差腐蝕問題，不同電位金屬材質需進行隔離處理，如圖 3.20 及圖 3.21。



圖 3.20 本所於安平港及布袋港-錨繫設計

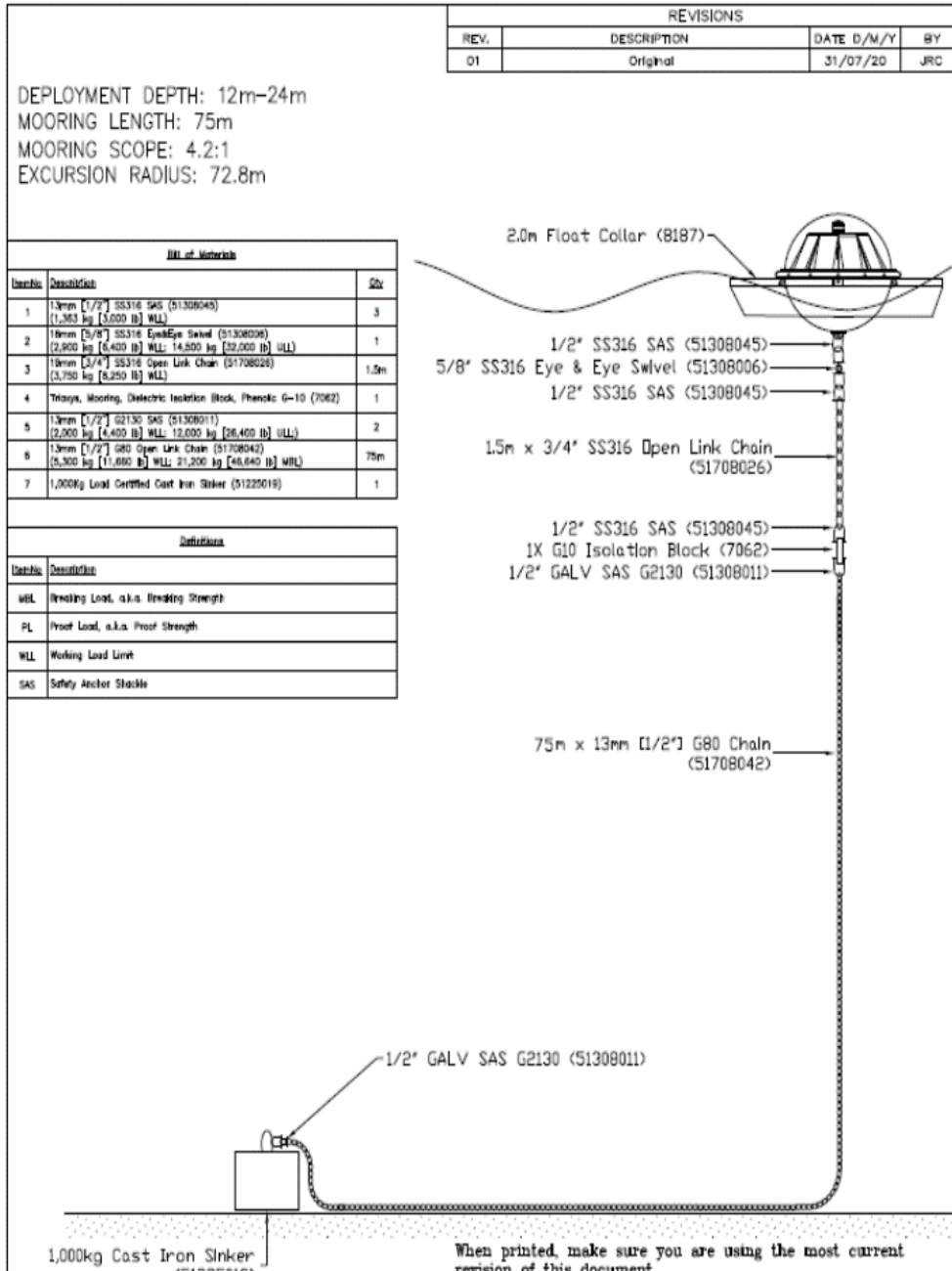


圖 3.21 本所於安平港及布袋港-錨繫設計規範

資料傳輸與展示方面，AXYS SmartWeb 是一種用於監測和管理海洋能源設施的在線平台，該平台由加拿大的 AXYS Technologies 公司開發，主要用於收集和分析海上風力和海洋潮汐等能源設施的數據，以提高其效率和可靠性。AXYS SmartWeb 平台的主要特點包括：

1. 在線監測：該平台可實時收集和監測海上能源設施的數據，包括風速、風向、波浪高度、潮汐高度、溫度等，以及各種設備的運行狀態和性能數據。
2. 數據分析：該平台可對收集到的數據進行分析和處理，以提供詳細的報告和分析結果，幫助用戶更好地理解海洋能源設施的運行狀態和性能。
3. 系統管理：該平台還可用於管理海洋能源設施的運行和維護，包括安排保養和維修、管理能源生產、控制安全風險等。
4. 多平台支持：該平台支持多種設備和平台，包括 AXYS TRIAXYS 波浪和海洋環境監測系統、FLiDAR 風速測量系統、Nortek 潮汐測量系統等。

AXYS SmartWeb 平台的主要優點是，它可以提供實時、全面和準確的海上風力和潮汐等能源設施的數據，幫助用戶更好地了解其性能和運行狀態。此外，該平台還可以幫助用戶有效地管理和維護設備，提高能源設施的效率和可靠性。

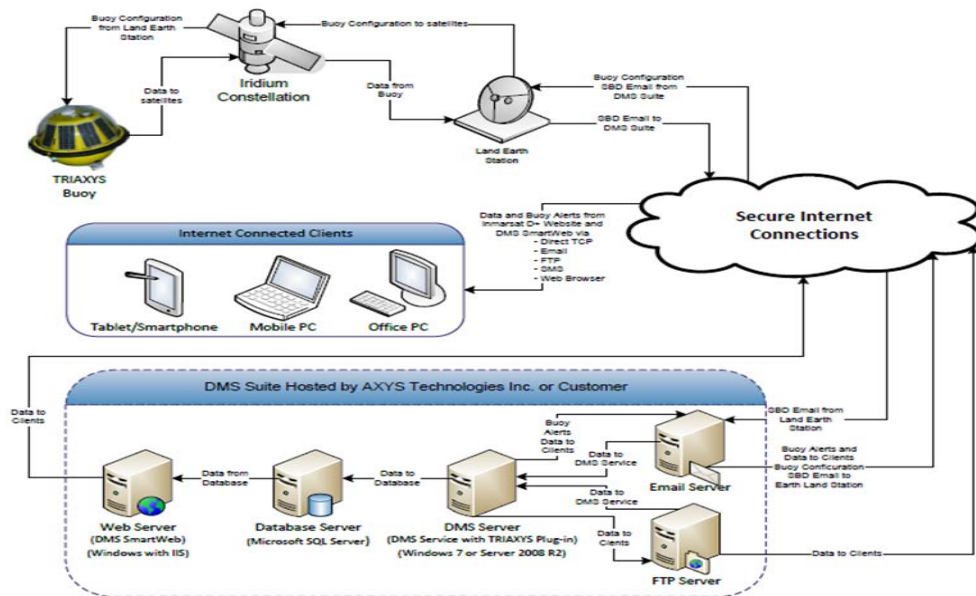


圖 3.18 資料傳輸系統架構

本所安平港及布袋港之測量資料傳輸與展示架構，如圖 3.18 所示，透過原廠技師於 SmartWeb 「<http://smartweb.axys-aps.com/dataview.aspx>」及 AXYS-APS 「<https://portal.axys-aps.com/default.aspx>」兩組線上系統，討論相關操作方式。

AXYS 數據管理系統 (Data Management System, DMS) 軟體，主要是在促進 WatchMan500 站配置以及 WatchMan500 網絡解決方案的數據收集和處理控制。DMS 足夠簡單，可以與單個 WatchMan500 站一起使用，但足夠強大和可擴展，可以同時與多個 WatchMan500 站連接。部署系統網絡管理的垂直集成使配置管理遠程診斷和故障排除更加高效、有效和經濟。

DMS 數據收集和處理功能通過 DMS 服務應用程序進行管理。DMS 服務是一種 Windows 服務，它控制：通信（遙測）、數據收集、數據處理到數據庫管理系統 (Microsoft SQL Server) 或 ASCII 文本文件以及到其他系統的數據傳播。DMS 是一個全面的數據管理軟件包，允許操作員有效地管理 AXYS 產品的所有關鍵方面，包括所有使用實時雙向通信的氣象海洋和定向波系統。此外，DMS 支持對站點的各種形式的遙測以及關於如何啟動通信的不同模式。從您將第一個站點添加並配置到 DMS 的那一刻起，消息就可以在 DMS 和站點之間來回發送。

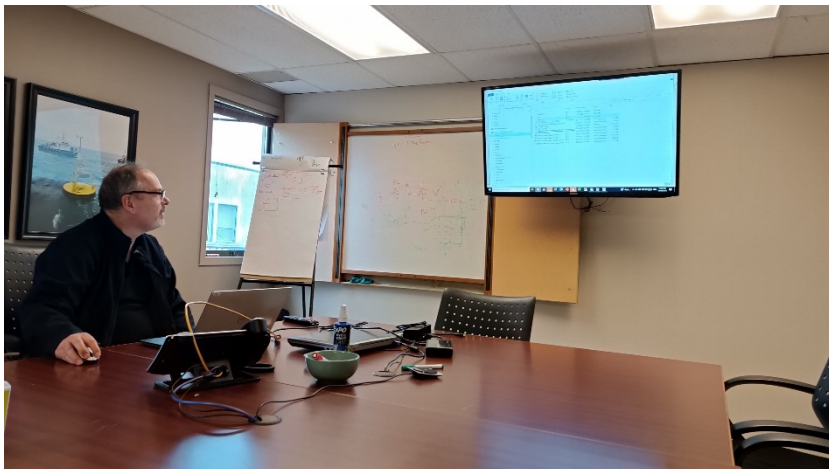


圖 3.19 資料傳輸系統操作教學

SmartWeb 及 AXYS-APS 傳輸系統操作教學，如圖 3.19 所示，教材資料如圖

3.20~3.24。

## Comprehensive Software Solution for the Management of Complex Oceanographic and Meta Data

Tony Ethier<sup>1)</sup> and Craig Person<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> AXYS Technologies Inc, Sidney, British Columbia, Canada

\*Corresponding author: tethier@axys.com

### 1. Abstract

The AXYS Data Management System (DMS) [1] software is designed to facilitate WatchMan500™ station configuration and the control of data collection and processing for a WatchMan500™ Network Solution. The DMS is simple enough to be used with a single WatchMan500 station yet robust and scalable enough to interface with many WatchMan500 stations simultaneously. The vertical integration of deployed system network management makes configuration management remote diagnostics and troubleshooting more efficient, effective, and economical.

The DMS data collection and processing features are managed via the DMS Service application. The DMS Service is a Windows service that controls: communications (telemetry), data collection, data processing into a Database Management System (Microsoft SQL Server) and/or ASCII text files and data dissemination to other systems. The DMS is a comprehensive data management software package that allows operators to effectively manage all critical aspects of AXYS products including all Met-Ocean and Directional Wave systems utilizing real-time two-way communications.

### 2. Introduction

The operation of a remote data acquisition system (e.g. Wave Buoy) with real time telemetry, be it one station or an entire network, will rely on the dependable operation of a supervisory data management system. Key features of such a system require self-healing capabilities and the ability to avoid being accidentally terminated, along with a host of operational features for data IO, data management and data display.

The DMS is software used to communicate with one or more WatchMan500 modules. The DMS enables clients to manage:

- **What** their station network configuration looks like;
- **How** “Station-to-DMS” or “DMS-to-DMS” communication occurs;
- **What** data is being communicated;
- **How** the data being communicated gets stored; and
- **Facilitate** uploading of new Firmware to remote WatchMan 500 systems (advanced feature) via high bandwidth two-way telemetry.

Furthermore, the DMS supports various forms of telemetry to the stations and different modes on how communication is initiated. From the instant you add and configure the first station to the DMS, messages can be sent back and forth from the DMS to the station.

Once the DMS has been configured, it requires minimal user interaction and monitoring as it is designed to recover from any unexpected system/software errors. The DMS Service was designed to run unattended as a self-healing Windows Service which allows users to log on and log off a computer without interrupting its operation or to be installed on a server in a data center. The DMS User Interface can be run on a separate computer allowing interaction with the DMS Service over a LAN or VPN by multiple users. The DMS data collection and processing features are managed via the DMS Service application.

The DMS supports the development of custom plugins to receive and decode data directly from sensors or to provide advanced functionality. As an example, AIS, SMS, Vindicator, and TRIAXYS™ plugins have already been developed to further advance the capabilities of the DMS.

### 3. DMS System Requirements and Components

The DMS software will operate on any PC or Server operating Windows OS ≥ XP or Windows Server ≥2003, with a 2GHz dual core CPU, >2GB RAM and hard drive capacity >100GB; this by today's standards is an entry level machine. Other required elements of the hardware will be an Ethernet port and serial IO if the system deployed requires this for interfacing.

The DMS components include: DMS Service, DMS User Interface, Microsoft SQL Server Relational Database Management System (RDBMS), SmartView desktop viewing software, and the SmartWeb web-based viewing software. SmartWeb can be installed on a laptop or installed and distributed on a corporate network across different servers and user computers allowing for a flexible and scalable solution.

The **DMS Service** is a Windows service that controls: communications (telemetry), data collection, data processing into a Database Management System (Microsoft SQL Server) and/or ASCII text files and data dissemination to other systems. The benefit of running as Windows service is the freedom for the user not to be logged in to the computer which is running the DMS.

On installation of the DMS application, a public domain **Microsoft SQL Server Relational Database Management System (RDBMS)** is installed on the host PC or Server. This is fully functional, but has a limitation in the number of stations/data that can be accepted.

The **DMS User Interface** presents information and

圖3.20 教材資料



collects user inputs via a series of dialog boxes. Most of these dialog boxes contain common components to provide you with consistent and logical navigation throughout the entire user interface. Most dialog boxes displayed in the DMS user interface perform validation on the data you enter into the input controls. The validation is completed before the data is saved to the database to prevent errors from entering the system. Once the basic system information has been input, the client will be viewing the DMS Main Window as shown in Fig. 1.

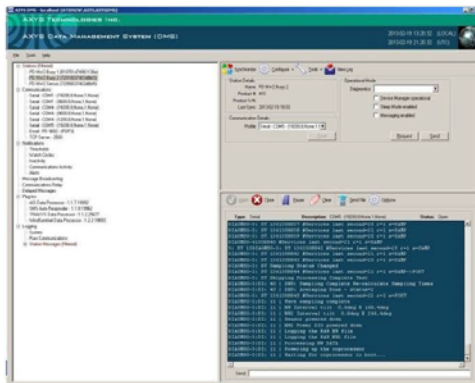


Figure 1. DMS Main Window.

The DMS main window consists of three panels. The panel to the left will be referred to as the *Tree View*. It is used to navigate the major entities in of the DMS. The contents of the *Stations* and *Communications* nodes of the tree view can be filtered by right-clicking on the desired node and entering a filter string in the pop-up box. The filtered node will be displayed in red and suffixed with the text (Filtered). The top right panel will be referred to as the *Data Panel*. It displays details of the item selected in the tree view. The bottom right panel will be referred to as the *Terminal Panel*. It displays a terminal window used to view and send data from the various communications profiles. At the top right of the main window you will also find the current date and time in both local and Coordinated Universal Time (UTC) base on your computers regional settings.

The DMS user interface can be connected to a DMS Service running on any computer within the same Local Area Network (LAN) or connect to a DMS Service running on a different computer than the user interface, *Select File Connect to Service* from the menus in the DMS main window. You will be prompted to enter the host name or IP address for the computer the DMS Service is running on. The DMS Service can handle multiple connections from different DMS user interfaces.

Before any data can be sent or received one or more communications profiles must be set up in the SQL database. Communications profiles define how the

DMS will interface with the telemetry installed on your stations.

The *Communications Profiles* panel contains the following items:

- *Communications Profiles* – a list of available communications profiles including type, description and current status;
- *Add* – displays a menu of items to initiate the creation of a new profile in the database:
  - *Add Serial – Add Dialup – Add Email – Add TCP Client – Add TCP Server – Edit* (modify an existing profile) – *Delete – Clone* (duplication of an existing profile);

Each of these options will have a pop-up window with configuration items specific for the telemetry connection. Each communications profile has an associated *Terminal Panel*. A *Terminal Panel* displays all data received from the underlying connection and allows data to be sent out via the underlying connection as shown in Fig. 2.

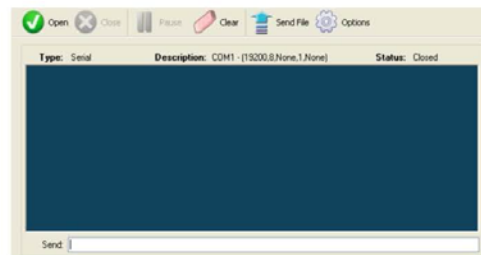


Figure 2. DMS User Interface-Terminal Panel.

The DMS supports standard communications: TCP Server; TCP Client; Email (POP3,SMTP,IMAP); Serial; Modem Dialup;FTP; as well as custom interfaces direct to InmarsatM2M, Inmarsat IsatDataPro, and GOES. These communications make it possible to support telemetry options like: VHF/UHF Radios, CDMA Modems, GPRS Modems, Inmarsat C, Iridium, Inmarsat M2M, Inmarsat IsatDataPro, Wi-Fi, Bluetooth, GOES, and GlobalStar.

The DMS is capable of ASCII text logging, database logging, raw communications data relaying, message broadcasting.

The station(s) must be uniquely identified in the database before the DMS can be used to manage a station(s). The popup dialogue box in Fig. 3 shows the required elements to be entered for each system; many of these are automatically populated when synchronizing with a new WatchMan500 station.

With all AXYS products, the *License Serial Number* is the silicon serial number of the primary WatchMan500 node of any station. The registered *License Key* signals the DMS that the end user is authorized to manage the

### 圖3.21 教材資料



station. Each station in your network will have a unique license key.

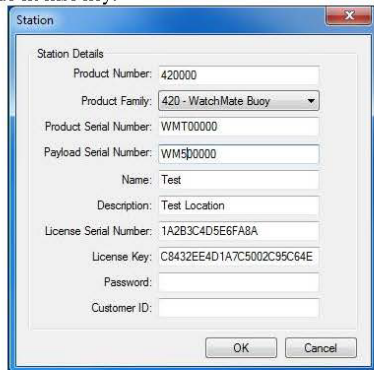


Figure 3. WatchMan500 Station Identification.

Each station must be synchronized with the DMS before any station data messages can be decoded by the DMS. The synchronization process requires a relatively large amount of data to be exchanged and stored in the database. This can be done in a number of ways; direct connect to the station, via two way telemetry to the station, on a secondary service PC which then imports the synchronization file.

### 3.1 DMS Station Configuration and Action Scripts

The WatchMan500 **Station Configuration** features are managed via the DMS User Interface. This application gives users complete control over the operation of a WatchMan500 station including: device handler (sensor) configuration, system sampling regime, data message formats and contents, onboard data logging and system diagnostics.

Before a station can collect data from its various sensors, it has to be configured to accept the specific inputs for each individual sensor. This is accomplished by installing device handlers included in the stations firmware and assigning (mapping) specific hardware, such as an A/D Channel Input or a Serial RS232 IO, to the installed device handlers. A device handler is a specific piece of the station's firmware that handles interfacing with a particular sensor. Each device handler requires a unique set of hardware that defines how and where the sensor is connected to the station.

The DMS interface has advanced capabilities to configure the remote WatchMan500 stations down to primary node port level defining the various sensor inputs and signal characteristics using what is called a "Device Handler". There are a host of predefined Device Handlers for commonly used sensors, devices and math operands available as part of the DMS/WatchMan500 device library. Options are available to interface to sensors of which defined Device Handler's are not available using either the Generic Serial or Analog

Device Handler depending on the type of sensor or device to be interfaced. Custom Device Handlers are routinely developed for new sensors.

A supplementary configuration tool is the use of **Action Scripts** which are commands that cause the WatchMan500 to perform one or more tasks. Action Scripts to respond to certain conditional events with a configured set of instructions. For example, The GPS device handler can trigger an Action Script if the station moves out of a specified watch circle radius by transmitting position more frequently. Others might deal with system power and go into a power conservation mode if certain threshold voltages are exceeded.

### 3.2 DMS Station Message Builder

The DMS allows you to configure message definitions for the data messages being transmitted or logged by your station(s) using **Message Builder** dialogue panels. A message definition includes the content, formatting, frequency and internal data logging options of a specific data message. Typical message formats follow National Marine Electronics Association (NMEA) format or custom Binary messaging.

Data messages encoded in the NMEA format are comprised of a header, body and a checksum. Users have the ability to edit default message content or create custom message content through the NMEA Message Configuration dialogue of the DMS User Interface as shown in Fig. 4.

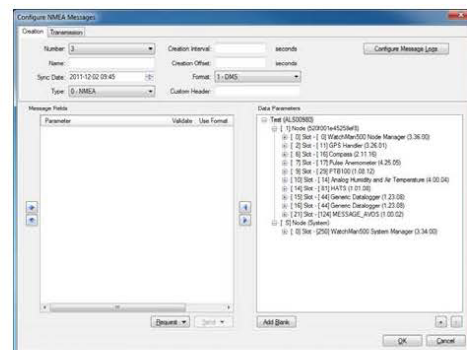


Figure 4. NMEA Message Configurator.

Binary messages can be created to minimize the amount of data sent via the selected communication profile for cost saving/bandwidth reasons. Binary messaging requires the station's firmware to contain the Binary Message Builder device handler.

### 3.3 DMS Host/Server Notifications

To aid the monitoring of the health of your station(s), the DMS provides the ability to define notification profiles.

A notification profile specifies a set of conditions used to determine if an alert should be raised warning a DMS user(s) of a station's status. The conditions are based upon the data parameters contained in the data message defined on each station. Therefore, if there is a specific parameter that needs to be monitored on a given station, then that parameter must be mapped to a data message before it can be used in a notification profile. A threshold notification allows the DMS to check a single received data parameter against one or more reference (threshold) values. The checks that can be performed are any combination of: "less than", "less than or equal to", "equal to", "greater than or equal to", "greater than", "not equal to" and "blank". The Notifications are set up using a series of pop-up dialogue panels in which the various threshold values are set for parameters such as system voltage, water intrusion or system inactivity, along with a definition of the output data message to be broadcast via the available telemetry devices (email, SMS) or initiating audible/visual local alarms.

One of the key Notifications for managing moored station(s) is to monitor the position by establishment of a geofence called a "Watch Circle". A watch circle notification allows the DMS to ensure a station does not wander off position by checking a received GPS longitude and latitude against a reference longitude, latitude and radius. The Watch Circle parameters are setup through a separate dialogue panel with similar message notification parameters to be set.

#### 4. DMS Data Dissemination

The DMS provides two methods to distribute received data to other systems. The first method is *Message Broadcasting*. Message Broadcasting will only disseminate valid data messages. The second method is *Communications Relay*. Communications Relay will disseminate, in real time, all data, regardless of content.

#### 5. DMS Data Display, Export and Graphing

The DMS data can be viewed using a desktop based system called SmartView[2] or a web based application called SmartWeb[3]. Examples of the SmartView home screen and graphed data are provided in Fig. 5 and 6, respectively.

The AXYS SmartView™ software designed to: display data, station configuration information and to export data from the system in common formats such as CSV, XML, or Excel. SmartView must be linked to supported AXYS DMS product databases.

The home screen of the SmartView application has a number of panels showing a tree view for station ID's and map panel showing the station locations. On selection of a station, an operator can drill down to the individual parameters of interest (data or configuration details). Once data is selected, a default range

(selectable by # of samples or date range) of data will be displayed in tabular format.



Figure 5. Screen. SmartView Home

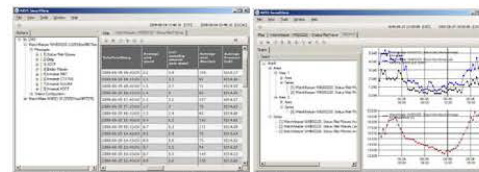


Figure 6. SmartView Tabular or Graphed Data.

The AXYS SmartWeb™ software is a web based application to: display data, station configuration information and to export data from the system in common formats such as CSV, XML, or Excel. The end user can access the data with appropriate security log-in and DMS database URL parameters.

Additional data viewing is available with the DMS plug-in framework which allows the functionality of the DMS to be enhanced and extended to support more complex data flows, message parsing and other various tasks. DMS plug-ins are components that are installed separately from the DMS.

For example, the TRIAXYS Data Processor Plug-in (TDP) allows the DMS to receive, decode, parse, store, and disseminate data from a TRIAXYS Wave Sensor with full functionality of the older non-supported WaveView™ Software. The TDP allows for a range of graphical outputs not normally supported by DMS such as Fig. 7 showing a Directional Wave Spectral.

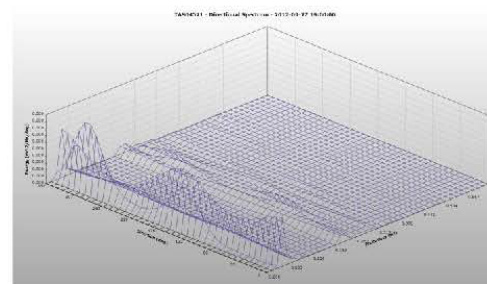


Figure 7. TDP Directional Wave Spectral Plot.

### 圖3.23 教材資料



## 6. DMS System Flexibility

An integral facet of the DMS software is the ability to be configured to control a single station to an entire network with multiple routings for the ingestion of data, as well as the dissemination of tertiary data products.

In Fig. 8, a simple example of a single wave buoy is transmitting low bandwidth data via an Iridium and INMARSAT D+ satellite links. The data is received at the Land Earth Station and forwarded by email to the DMS Server. With this configuration, the DMS also has the ability to have two way communications via the Iridium and INMARSAT D+ satellite link back to the buoy to change operational parameters or query different messages.

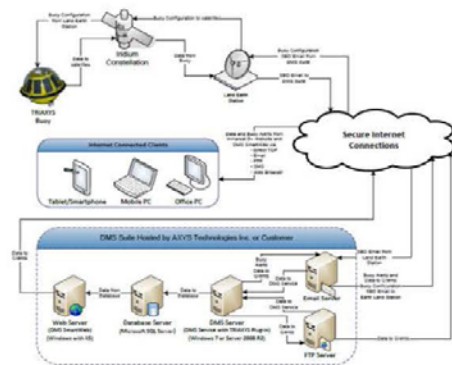


Figure 8. Example of a Typical Data Schematic for a Single Station with Single Telemetry Option.

In Fig. 9, a more complex example of multiple wave buoys transmitting low bandwidth data via an Iridium and INMARSAT D+ satellite links along with a secondary UHF data link transmitting high bandwidth data such as full directional spectral wave data. As before, the data is received at the Land Earth Station and forwarded email to the DMS Server. With this configuration, the DMS also has the ability to have two way communications via the Iridium and INMARSAT D+ satellite link back to the buoy to change operational parameters or query different messages as well as the UHF data link. In this example, there are two DMS servers receiving the data which can also be synchronized.

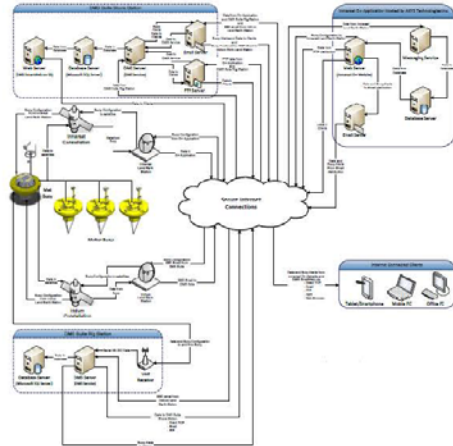


Fig. 9. Example of a Typical Data Schematic for Multiple Stations with Multiple Telemetry Options.

## 7. Conclusion

What sets the DMS apart is the integration with the WatchMan500 and the ability to automatically request data from the datalogger, schedule and send configuration changes, update firmware, and pipeline directly to individual sensors.

The desktop viewing software, SmartView, allows users to query data, produce graphs, and check configuration. The web based software, SmartWeb, does the same and was developed supporting Javascript REST operations, allowing for further customization.

Current and future development involves enhancing the mobile and web interaction with the systems through the DMS Service.

Operational systems such as SmartBay are applying these technologies[4]. Users of complex Met-Ocean systems need software applications to operate their remotely deployed systems, and manage large databases from collected transmitted information - DMS is one such tool.

## References

- [1] AXYS Data Management System™ User Manual ver 0325326Z: December 2012.
- [2] AXYS SmartView™ User Manual ver 5100900100Z: August 2009.
- [3] AXYS WebView™ User Manual ver 0375801Z: August 2007.
- [4] SmartBay. Available online. URL: <http://www.smartbay.ca/>. Accessed on January 24, 2013.

除了前述浮球之介紹外，另也 AXYS 公司也針對浮動式光達(Floating LiDAR)系統，提供非常多資訊，目前成功大學能源科技與政策研究中心則採購加拿大 AXYS 公司所生產的 WindSentinel 系統浮動式光達(Floating LiDAR)以及 windcube v2 來進行臺灣海峽離岸風場量測。

浮動式光達是利用光達量測技術搭配海上載具，用來測量離岸風場在不同高度下的風況，該系統已於 2012 年在 Muskegon Lake，距湖岸 36 英里處，已進行長期的離岸風能調查專案研究計畫。第二台 WindSentinel 系統 Fishermen' s Energy2013 五月首次佈放距離 Ocean City 東方 11 英哩的大西洋離岸風場，WindSentinel 為 AXYS 公司所生產的第三台，也是美國以外的第一台。其採用 ODAS 所生產的 LiDAR 技術可量測 50~250 公尺六個高層的的風速風向及紊流強度等風況資料。

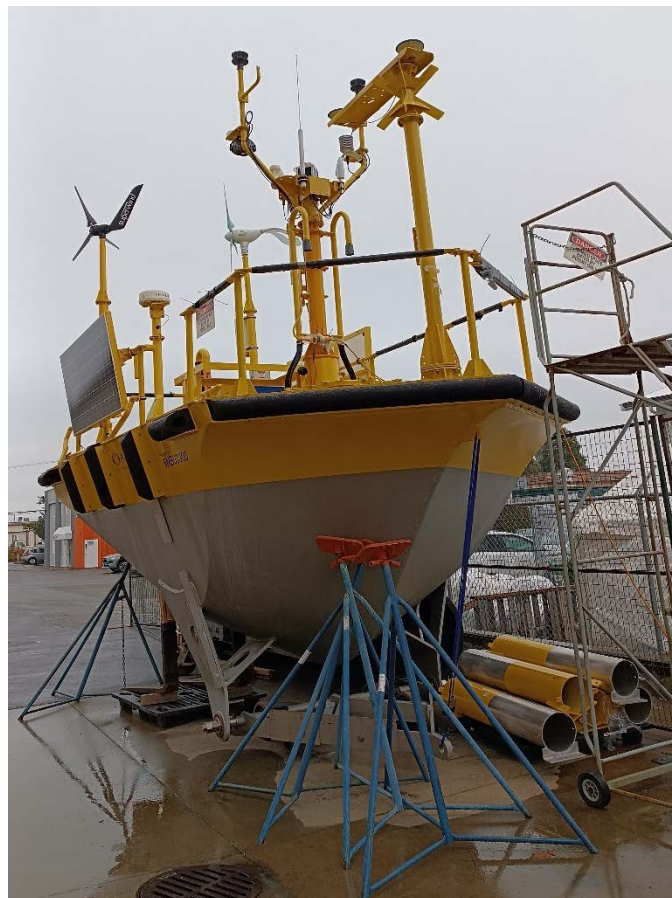


圖 3.25 WindSentinel 系統

WINDCUBE®v2 激光雷達遙感器，是一種用於測量風速和風向的激光雷達系統。LiDAR（光探測和測距）是一種遙感技術，它使用激光來測量距離並創建物體和環境的 3D 表示。就 Windcube V2 而言，LiDAR 技術用於測量大氣中風的速度和方向。Windcube V2 專為風能行業而設計，用於優化風力渦輪機的性能。通過測量地面以上不同高度的風速和風向，Windcube V2 可以提供有關風力狀況的準確數據，使風電場運營商能夠調整渦輪機的位置和設置以實現最大效率。

WindcubeV2 是由法國 LEOSPHERE 公司研發推出的一款風能行業專業激光測風雷達。採用全球工業界的專家認為最精確的測量原理-激光脈衝多普勒頻移原理，Leosphere 是一家專門從事用於大氣測量的 LiDAR 系統的公司。它是一個緊湊輕便的系統，可以輕鬆運輸和安裝在各種位置，Windcube 是世界上最輕的風能測量激光雷達，只有 45Kg，便於攜帶，而且即插即用測量精確度高。

Windcube 具有工業級風杯式風速計同樣的測量精度，已得到全球眾多知名認證機構的認證測量範圍廣泛（高達 300 公尺）可自定義 12 個測量高度，不同高度同一秒內實現同步測量靜音設計，無人值守功率消耗低（45W）IP67 防護等級，防水防震通過 IEC 60068-2-52 認證(適應海上氣候) 採用特氟綸材質，耐腐蝕性強系統內部無任何機械旋轉部件（獨家專利）測量精度不受雲雪雨霧天氣影響，無需借助雲霧處理工具即可精確測量，它採用脈衝多普勒激光雷達技術，可在距地面 200 公尺的高度測量風速和風向，測量範圍可達 10 公里。該系統還能夠測量其他大氣參數，例如湍流和風切變，獨特的設計理念整機無旋轉部件，外觀如圖 3.25 所示。



圖 3.25 Windcube 外觀

為避免機械轉動部分容易出故障的現象提高 IP 防護等級，機身和光學頭防護等級為 IP 67，設備適應於各種氣象條件下，無需特殊天氣校正軟件修正數據所有數據直接採集記錄，數據格式簡單清晰，便於分析系統記錄 1s 的實時測量值，發送 10 分鐘資料統計值。

Windcube V2 LiDAR 系統由多個組件組成，這些組件共同工作以測量大氣中的風速和風向。這些組件包括：LiDAR 傳感器、控制單元、電源供應、通訊系統和安裝結構，如圖 3.26。

1. LiDAR 傳感器：Windcube V2 使用脈衝多普勒 LiDAR 傳感器來測量風速和風向。傳感器發射激光脈衝，這些激光脈衝會從大氣中的顆粒（例如灰塵或濕氣）反彈並返回到傳感器。通過分析返回激光脈衝的時間延遲和頻移，系統可以確定風的速度和方向。



2. 控制單元：控制單元是 Windcube V2 的中央處理單元。它從 LiDAR 傳感器接收數據並對其進行處理以計算風速和風向。控制單元還包括用於配置和控制系統的顯示屏和用戶界面。
3. 電源：Windcube V2 需要電源才能運行。這可以通過發電機或與電網的連接來提供。
4. 通信系統：Windcube V2 包括一個通信系統，用於將數據傳輸到遠程計算機或數據存儲設備。這使風電場運營商能夠實時監控風況和渦輪機性能。
5. 安裝結構：Windcube V2 必須安裝在合適的位置才能準確測量風速和風向。它可以安裝在三腳架、桅杆或其他結構上，具體取決於應用。



圖 3.25 Windcube 內部架構

整體而言，AXYS WindSentinel 是一種風能測量系統，這個系統是用來測量風能來源的方向、風速和風向，它是為風電場測量和風能資源評估而設計的。

WindSentinel 系統包含一個運輸容器，其中包括測量儀器、數據記錄器、通信設備和發電機，可以放置在沿海或深海水域中的固定或浮動平台上，使用其專有的設計，可以在高風速和大浪高的情況下提供穩定的測量。

WindSentinel 系統採用激光多普勒測速儀（LDV）技術進行風速和風向的測量。LDV 發射激光束並通過觀察激光束反射的懸浮顆粒的時間差，計算風速和風向。測量的高度可達到 120 公尺，可以進行長時間的風能測量，以評估風能資源的穩定性和潛力。

WindSentinel 系統還具有許多先進功能，包括內置的 GPS、惡劣天氣條件下的自動定位、遠程數據訪問和數據即時傳輸等。此外，WindSentinel 系統還可以安裝附加設備，例如太陽能電池板和防風罩，以增強系統的性能和可靠性，整體架構如圖 3.26 及 3.27 所示。

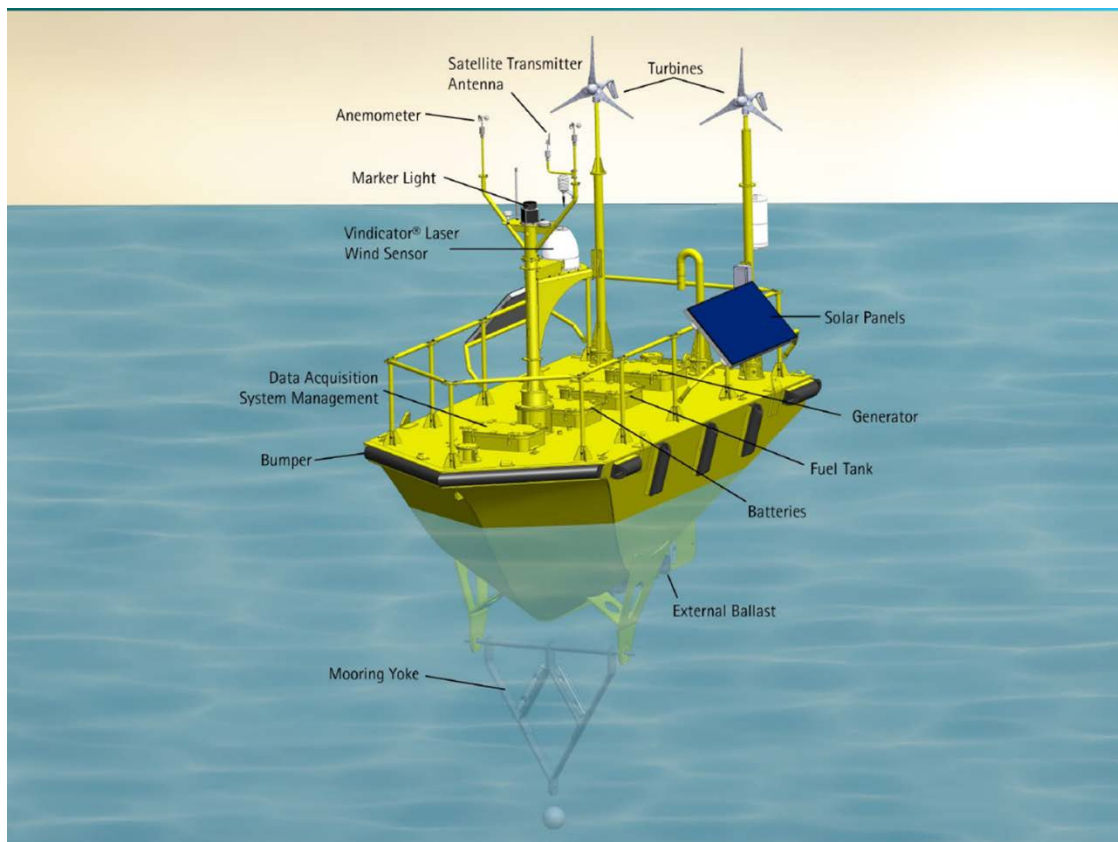


圖 3.26 WindSentinel 系統架構



- Catch the Wind, Vindicator® III LiDAR manufactured by Optical Air Data Systems (OADS)
- Simultaneous pulsing **10,000 times** averaged to one second data
- Built-in **motion compensation**
- Measurement extent: **50~200m** in height.
- Adopting well-proven **NOMAD** (Navy Ocean Meteorological Automatic Device) 6m hull.

- #1: Data logger system / #2: Battery Bank and Power system / #3: Diesel tank (900 L) / #4: Diesel engine
- Independent Power supply: solar panel (420W), wind Turbine (1000W) and diesel engine (3200W)

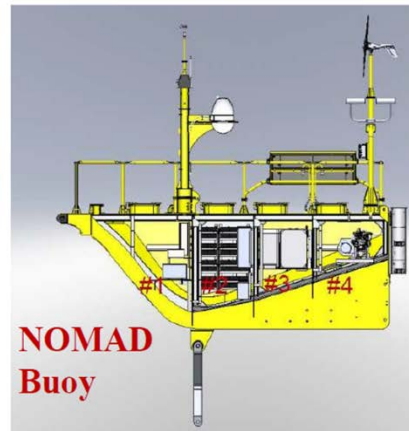


圖 3.27 WindSentinel 內部系統架構

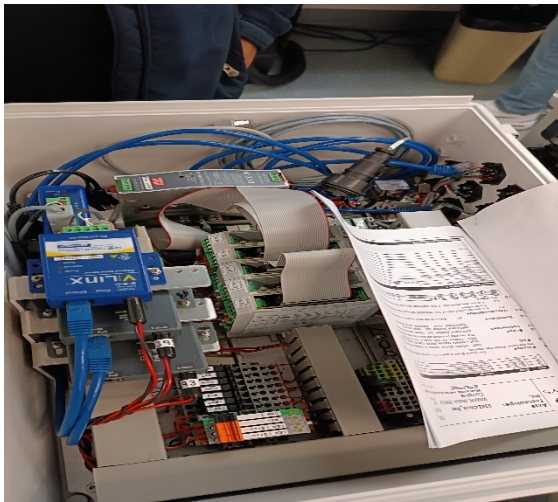
AXYS WindSentinel 系統還具有以下功能和優勢：

1. 多種安裝選項：WindSentinel 系統可安裝在固定平台、浮動平台、輸送艇和船舶上，以適應不同的應用場景和環境要求。
2. 模組化設計：WindSentinel 系統具有模組化設計，可以根據客戶需求進行定制和配置。客戶可以選擇不同的測量儀器、通信設備和數據記錄器等組件，以滿足其特定的測量需求。
3. 遠程監控和控制：WindSentinel 系統可通過遠程控制設備，例如電腦、平板電腦或智能手機，實時監控和控制系統的運作。客戶可以遠程訪問系統，獲取即時數據和報告，以便更好地了解風能來源和風能資源。
4. 高度穩定性：WindSentinel 系統具有高度穩定性和可靠性，能夠在惡劣天氣條件下穩定運作。該系統具有防風罩和自動調整設備，可以有效地避免風速和風向測量的干擾和變化。



5. 高精度測量：WindSentinel 系統採用激光多普勒測速儀技術，可提供高精度的風速和風向測量。測量精度高達 0.1 米/秒，可以在多種環境和應用場景中使用。

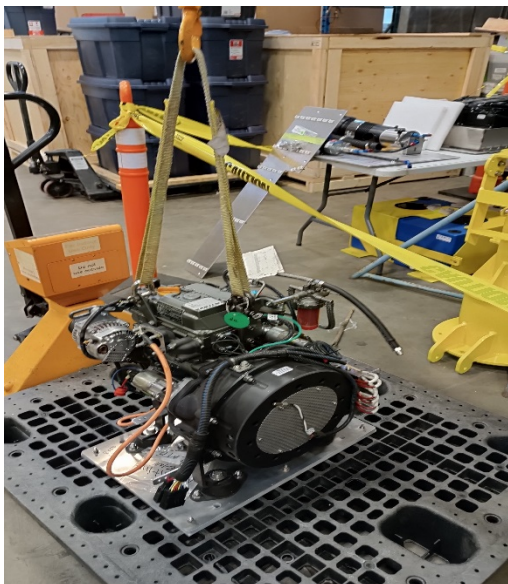
有關本次加拿大 AXYS Technologies 公司教育訓練期間相關照片如圖 3.27 所示。



(a)



(b)



(c)



(d)

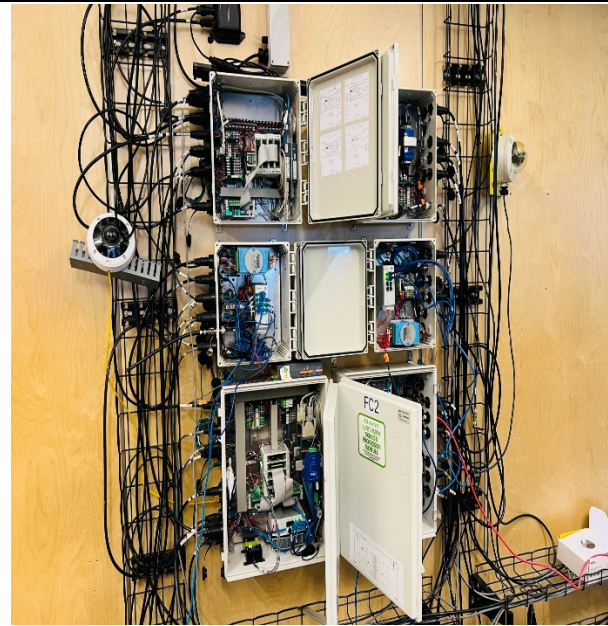




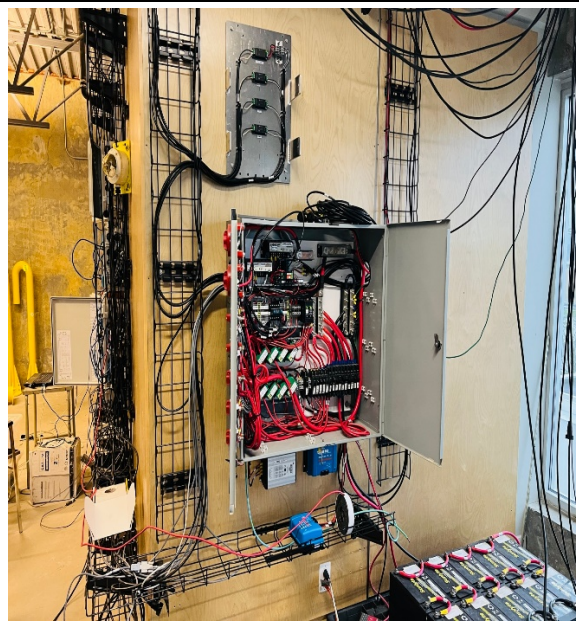
(e)



(f)



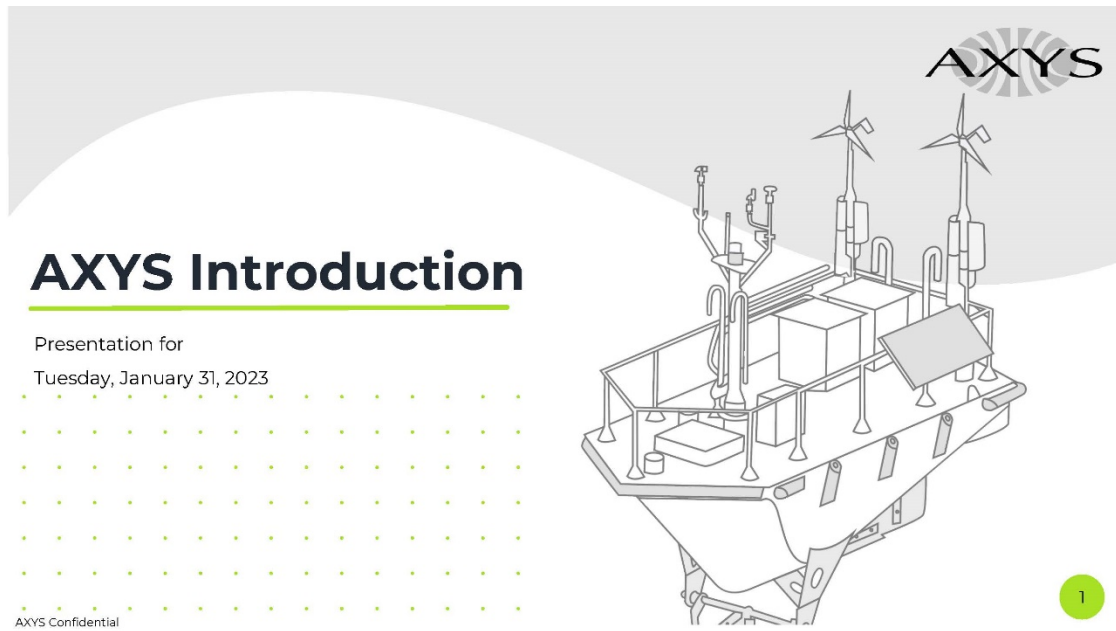
(g)



(h)

圖3.27 教育訓練期間相關照片

### 3.3 課程相關資料

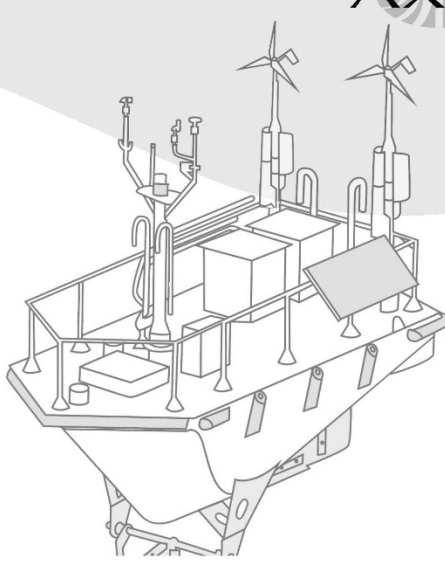


AXYS

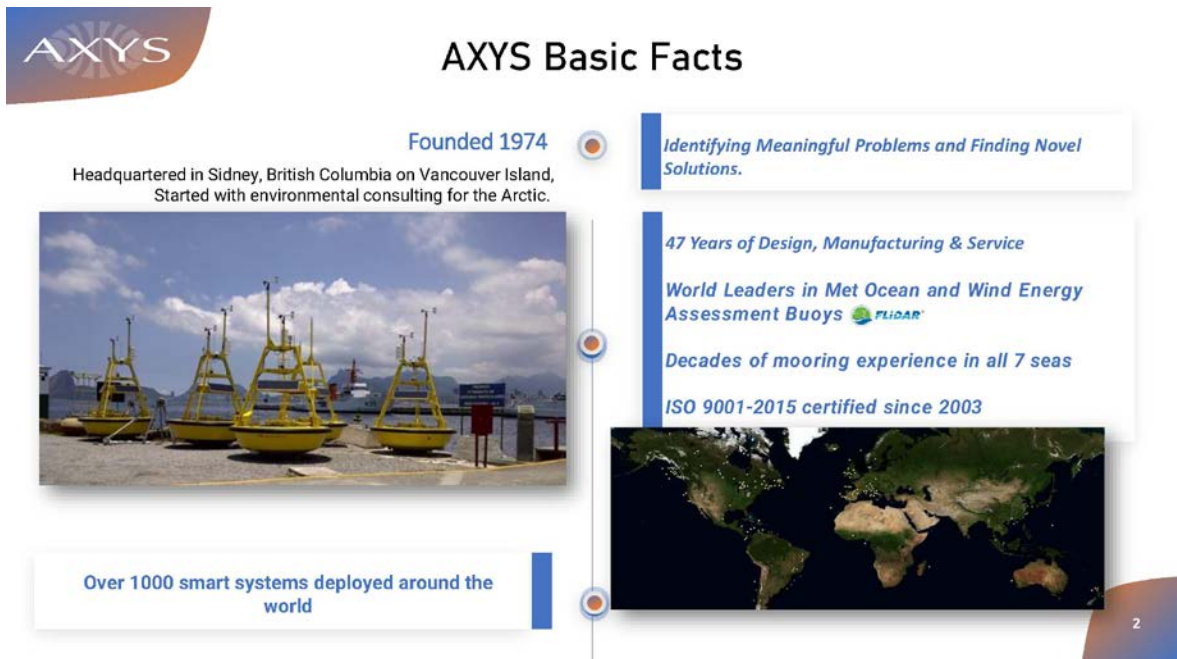
# AXYS Introduction

Presentation for  
Tuesday, January 31, 2023

AXYS Confidential




1





## AXYS Basic Facts

**Founded 1974**  
Headquartered in Sidney, British Columbia on Vancouver Island,  
Started with environmental consulting for the Arctic.



Over 1000 smart systems deployed around the world

- Identifying Meaningful Problems and Finding Novel Solutions.
- 47 Years of Design, Manufacturing & Service
- World Leaders in Met Ocean and Wind Energy Assessment Buoys 
- Decades of mooring experience in all 7 seas
- ISO 9001-2015 certified since 2003



2





# 47 Years of Leadership in Metocean Solutions



## AXYS – 13 Years of FLiDAR Success

2009 first floating LiDAR deployment AXYS WindSentinel and FLiDAR NV

AXYS integrates LiDAR into its Nomad floating hull



Over 1000 smart systems deployed around the world

AXYS sells systems to over 80 countries around the world, including North America, Europe, UK, Asia, Central and Southern America, and Middle east



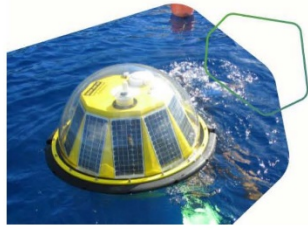
2015 AXYS Acquires FLiDAR NV



2022 AXYS WindSentinel Targeted to reach Stage 3

AXYS embarks on project to be the first floating LiDAR device to reach Carbon Roadmap Stage 3 classification





2011 AXYS Builds 200<sup>th</sup> TRIAXYS

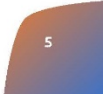
**2015 AXYS Acquires FLiDAR NV**

AXYS acquires lead competitor FLiDAR NV and their floating LIDAR device with a four-meter hull



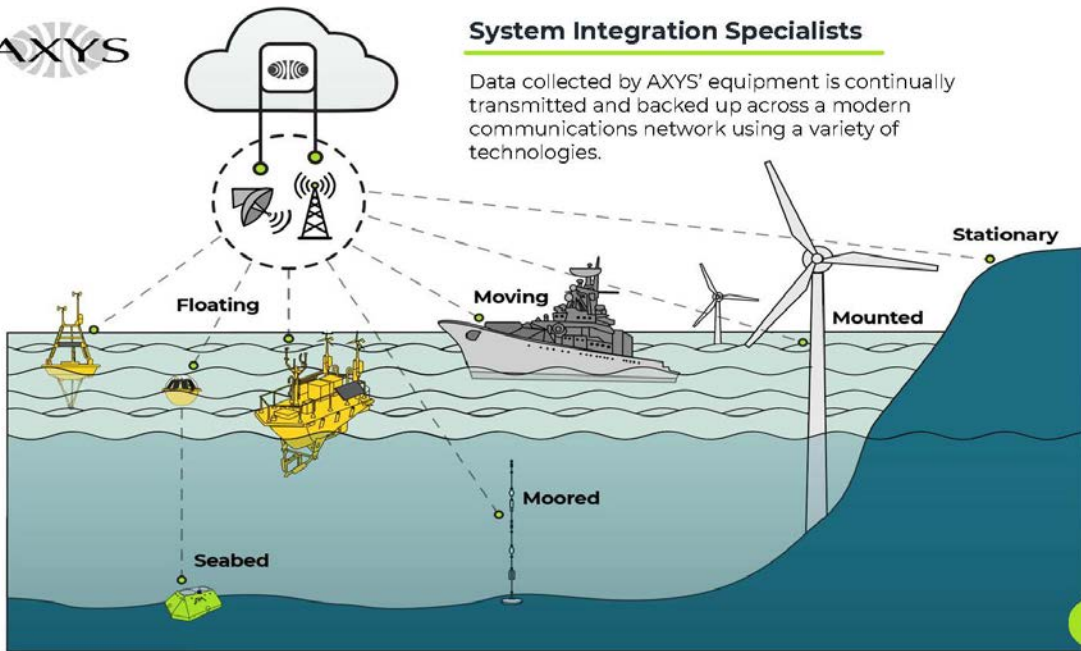
**2021 AXYS WindSentinel to Reach Stage 3**

AXYS embarks on project to be the first floating LIDAR device to reach Carbon Trust Roadmap Stage 3 classification



**System Integration Specialists**

Data collected by AXYS' equipment is continually transmitted and backed up across a modern communications network using a variety of technologies.



AXYS Confidential





# Core Technologies

|                     |  |                |                             |               |        |
|---------------------|--|----------------|-----------------------------|---------------|--------|
| CLIENT NEEDS        | Infrastructure Design • Site Yield Assessment • Sea-state/Seabed Monitoring • Climate/Ecology Research • Public Safety/Security • Asset Mgt • Insurance Verification • Product Testing |                |                             |               |        |
| APPLICATIONS        | Data Validation  | GIS            | Weather                     | Analytics     | O&M&AM |
| DATA INFRASTRUCTURE | AXYS Cloud Solution  |                | Client On-Presence Networks |               |        |
| TELEMETRY           | Satellite  | Cellular       | Radio                       | Wi-Fi         | Others |
| SENSORS & ACTUATORS | LiDAR  | Meteorological | Oceanographic               | Environmental |        |
| PLATFORMS           |  |                |                             |               |        |

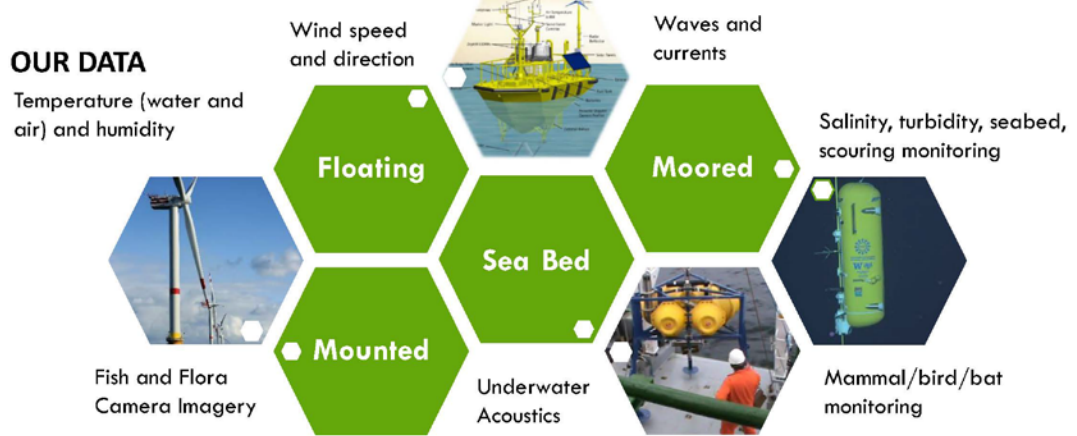


## Continue to Expand Sensor Integration



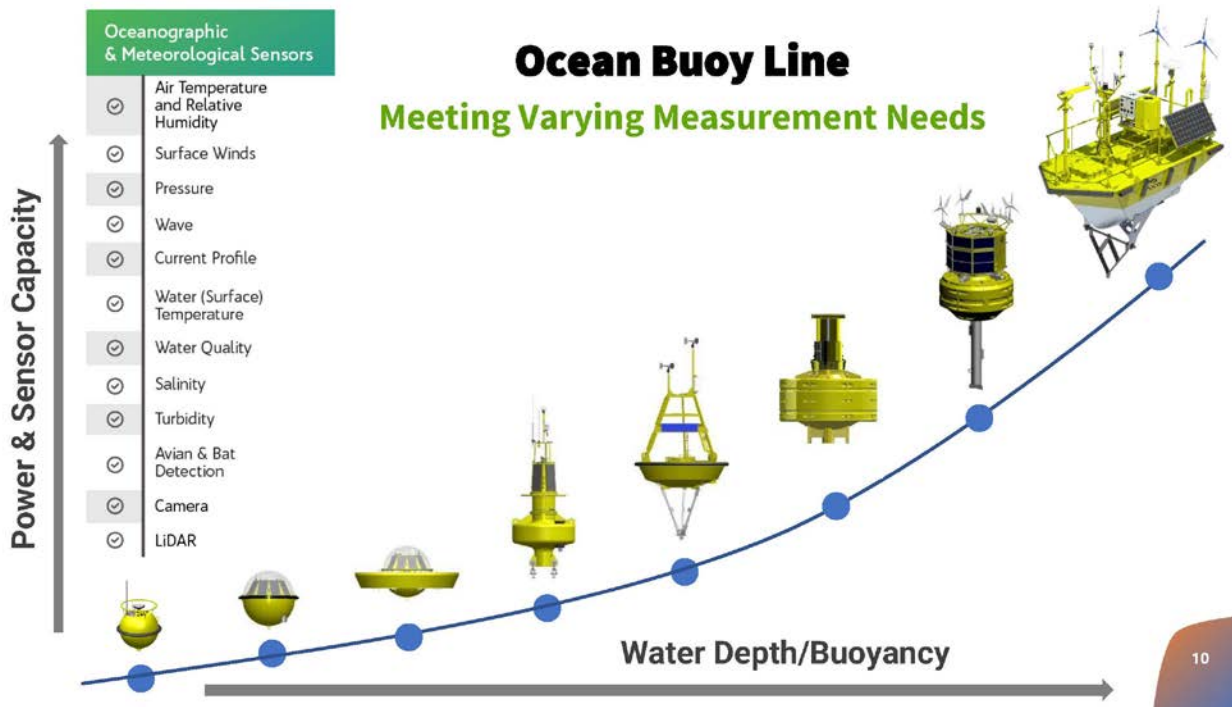


## Providing Valuable In-Situ Data Sets Over the Entire Wind Farm Lifecycle



### YOUR MODELING

Environmental Impact Analysis / Energy Yield Studies / Shear Studies / Turbulence Intensity Calculations / Weather Hindcasting / Sea-State Monitoring / Pre-Construction Baseline / Weather Forecasting / Physical Asset Design / Power Curve Analysis / Asset Condition Monitoring / Bird/Bat Monitoring / Scour Monitoring / Fish and Flore Identification Studies / End of Life Assessment







INVESTMENT  
GRADE WIND  
AND METOCEAN  
CAMPAIGNS

**Accurate, Reliable, Complete**  
Wind & MetOcean Datasets

**AXYS**

**95%**  
or more annual  
data availability

**Zero**  
LTIFR & TRIR

**Below 4%**  
Verified uncertainty rates

**Certified to Carbon**  
Trust Standards  
against multiple Met Masts

**Proven rugged buoy design**  
performs even in the harshest  
marine environments

**Robust**  
Redundant  
Systems

**850+**  
Commercial campaign months  
\*As of August 2021

## BENEFITS OF AXYS METOCEAN CAMPAIGNS



## FLIDAR Specifications

### SPECIFICATIONS

#### LIDAR OPTIONS

ZX LIDAR or WINDCUBE

#### STANDARD SENSORS

Anemometer, atmospheric pressure, air temperature, relative humidity, solar radiation, directional wave measurements, current profiler, water temperature, conductivity, salinity

#### OPTIONAL SENSORS

Bird and bat sensors, water quality, solar radiation, other custom sensors

#### 2-WAY TELEMETRY OPTIONS

Inmarsat IsatData Pro, Cellular, Iridium, Radio VHF/UHF

#### PROVEN AXYS-DESIGNED

##### MOORING OPTIONS

Inverse catenary, chain, semi-taut, or false bottom

#### DATA ACQUISITION AND MANAGEMENT

Controller: Watchman500  
Operating Software: Data Management System (DMS) and AXYS-APS Software

#### POWER SYSTEMS

Wind turbines and solar, with back-up diesel generator. Fuel cell capable

#### SAFETY & NAVIGATION

IALA standard lamp, Radar reflector, AIS transponder, GPS Watchcircle, St. Andrews Cross

#### TELEMETRY

Low and high bandwidth satellite, cellular, wi-fi

#### CLIMATE

LIDAR sensors rated from -40C to +50C, and other sensors rated for extreme marine environments

#### MOORING

Capable of mooring in 10m to >4000m

#### HULL OVERVIEW

Welded aluminum hull with steel components and a mooring yoke. Four water tight compartments for electronics





## 四、加拿大 ASL Environmental Sciences 公司

### 4.1 訓練單位介紹

ASL Environmental Sciences 是一家加拿大公司，專門從事海洋學、聲學和冰雪研究和開發。該公司成立於 1971 年，總部位於加拿大不列顛哥倫比亞省的維多利亞市。

ASL Environmental Sciences 提供一系列產品，包括海洋學儀器、環境監測設備和數值模擬軟件。該公司的產品和服務應用於各種領域，包括油氣勘探、海洋可再生能源、氣候研究和環境監測。該公司的一些著名產品包括冰層剖面聲納（IPS），用於測量極地地區的冰層厚度，以及聲學浮游動物和魚類探測儀（AZFP），用於研究海洋生物和生態系統。



(圖片來源：google map)

圖 4.1 ASL Environmental Sciences 公司地理位置



圖 4.2 ASL Environmental Sciences 公司照片

ASL Environmental Sciences 公司的創辦人是 Dr. John R. Fyfe。他在 1969 年創立了 ASL Environmental Sciences 公司，Dr. Fyfe 的背景是物理學家和海洋學家，他對海洋環境和海洋科學的研究和探索引領了 ASL Environmental Sciences 公司成為海洋科學和環境科學領域的領先企業。在他的領導下，公司開發了一系列先進的技術和工具，包括海洋監測系統、環境監測儀器和資料處理軟件，這些工具和技術在海洋科學和環境科學研究領域發揮了重要作用。Dr. Fyfe 在科學和環境領域做出的貢獻得到了廣泛的認可和讚譽。他曾經榮獲加拿大勳章和皇家學會院士等榮譽，並且是加拿大海洋學會和美國地球物理聯合會的成員。

ASL Environmental Sciences 公司是一家擁有豐富科學專業背景的科技公司，其組織架構涵蓋了不同的部門和職能，以實現公司的使命和目標。以下是 ASL Environmental Sciences 公司的主要組織架構：

**高層管理團隊：**公司的高層管理團隊負責制定公司的經營戰略和政策，並指導公司的各個部門和職能，以實現公司的目標。高層管理團隊包括總裁、首席技術官、首席財務官等職位。

**業務部門：**業務部門負責公司的市場開發、客戶關係維護和業務拓展等工作。業務部門的職能包括銷售、市場營銷、客戶服務等。

**科學部門：**科學部門是公司的核心部門，負責研發和創新，開發新產品和技術。科學部門的成員包括科學家、工程師、技術專家等。

技術支持部門：技術支持部門負責為客戶提供技術支持和售後服務。技術支持部門的職能包括技術支持、培訓、維修等。

行政和財務部門：行政和財務部門負責公司的日常管理和財務管理。行政和財務部門的職能包括人力資源管理、財務管理、法律事務等。

ASL Environmental Sciences 公司擁有多項專利，這些專利涵蓋了公司的產品和技術，並且在海洋科學和環境科學領域有重要的應用。以下是 ASL Environmental Sciences 公司的一些專利：

US 7,155,984 B2 - "Oceanographic data collection system and method": 這項專利描述了一種用於收集海洋數據的系統和方法，包括一個可以自動進行數據收集和傳輸的海洋儀器系統。

US 6,469,799 B1 - "Method and apparatus for measuring suspended sediment concentration": 這項專利描述了一種測量懸浮泥沙濃度的方法和裝置，可以在不同深度和流速下進行準確的測量。

US 8,474,479 B2 - "System and method for measuring ocean currents using autonomous underwater vehicles": 這項專利描述了一種利用自主水下載具測量海洋流速的系統和方法，可以實現高精度的流速測量。

US 9,907,787 B2 - "Wave measurement method and apparatus": 這項專利描述了一種測量海浪參數的方法和裝置，可以實現對波高、波長、波速等參數的測量和分析。

US 10,437,389 B2 - "System and method for measuring turbidity": 這項專利描述了一種測量濁度的系統和方法，可以實現對水體濁度的快速測量和分析。

這些專利的應用，有助於提高海洋科學和環境科學的測量和監測能力。

## 4.2 課程內容說明

本次訓練課程分別由 ASL Environmental Sciences 的 Jan Buermans 先生, P.Eng. | President & CEO 負責講解與討論, 主要針對公司所進行計畫與生產儀器、儀器量測原理、軟體設定及儀器校正等進行解說, 如圖 4.3 所示。



圖 4.3 ASL Environmental Sciences 的 Jan Buermans, P.Eng. | President & CEO

該公司開發了一系列的海洋環境監測系統, 包括水下聲學監測系統、海洋環境資料收集系統、海洋污染監測系統等。這些系統可用於研究和監測海洋生態系統、氣候變化、海洋污染等問題。另亦生產和銷售各種海洋科學儀器, 包括水下聲學儀器、海底探測儀器、浮標、測流儀器、氣象儀器等。這些儀器可用於研究和監測海洋物理、生物、化學等方面的問題。另利用環境模型和軟體輔助, 用於預測和模擬海洋和淡水環境中的各種物理、生物、化學過程, 以及污染傳輸和影響, 這些模型和軟體可用於環境風險評估、資源管理、決策支持等。該公司提供各種環境監測服務, 包括海洋和淡水監測、氣象監測、環境風險評估等, 提供定制化的監測和分析方案, 並提供報告和建議。



ASL Environmental Sciences 公司為各國環保機構和政府部門提供環境監測和環境風險評估服務及能源和石油行業提供環境監測和風險評估服務。公司的服務可用於監測和評估油氣勘探和開發對環境的影響，以及制定減少環境風險的措施，並為各國水利和水資源管理機構提供環境監測和模擬服務。公司的服務可用於監測水資源的變化、預測水文過程、評估水資源的可持續性等。也為各國科學研究機構和大學提供海洋和淡水環境監測、資料收集和分析、模型開發和應用等，相關領域如圖 4.4 所示。

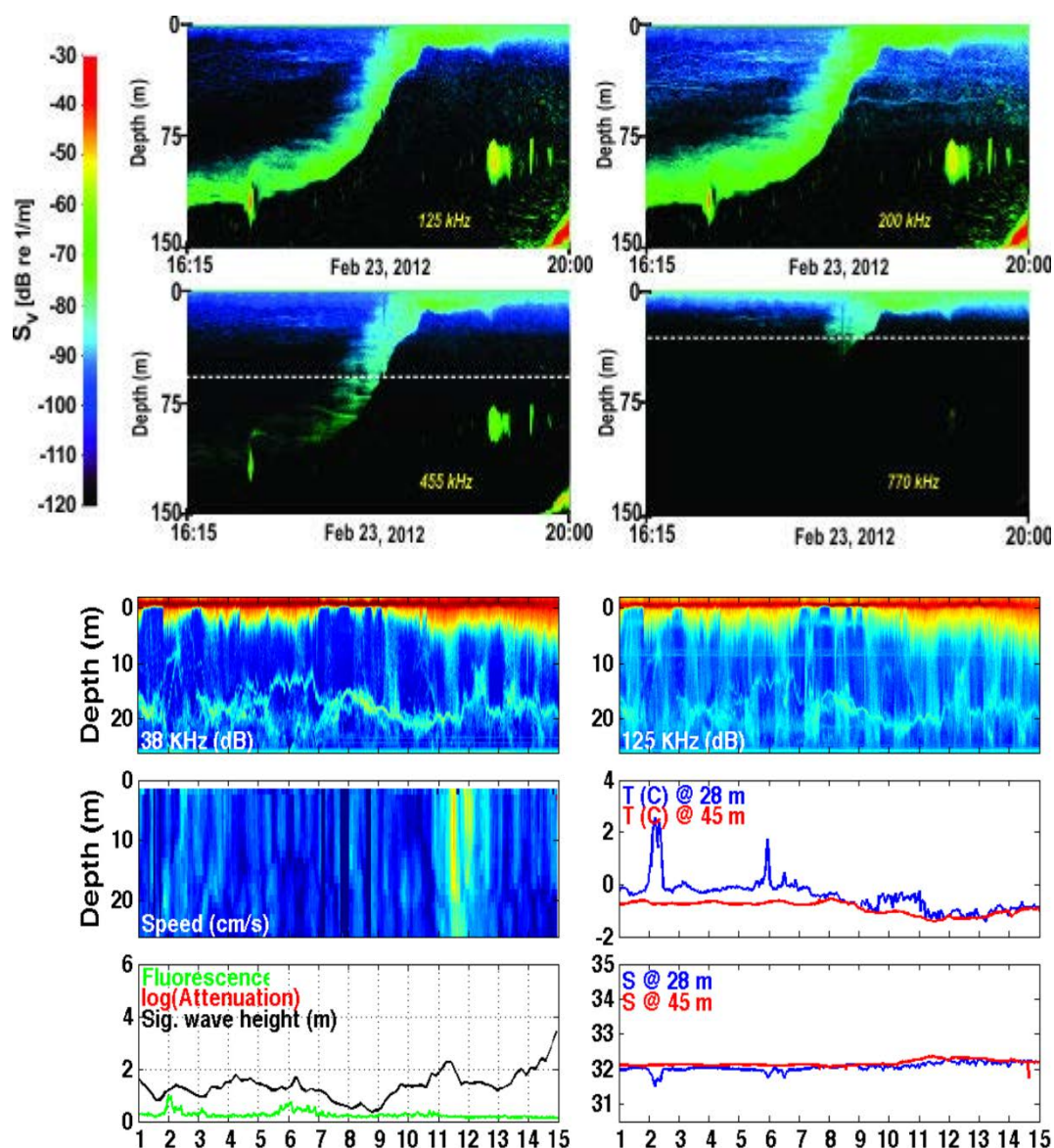


圖 4.4 ASL Environmental Sciences 的服務相關領域

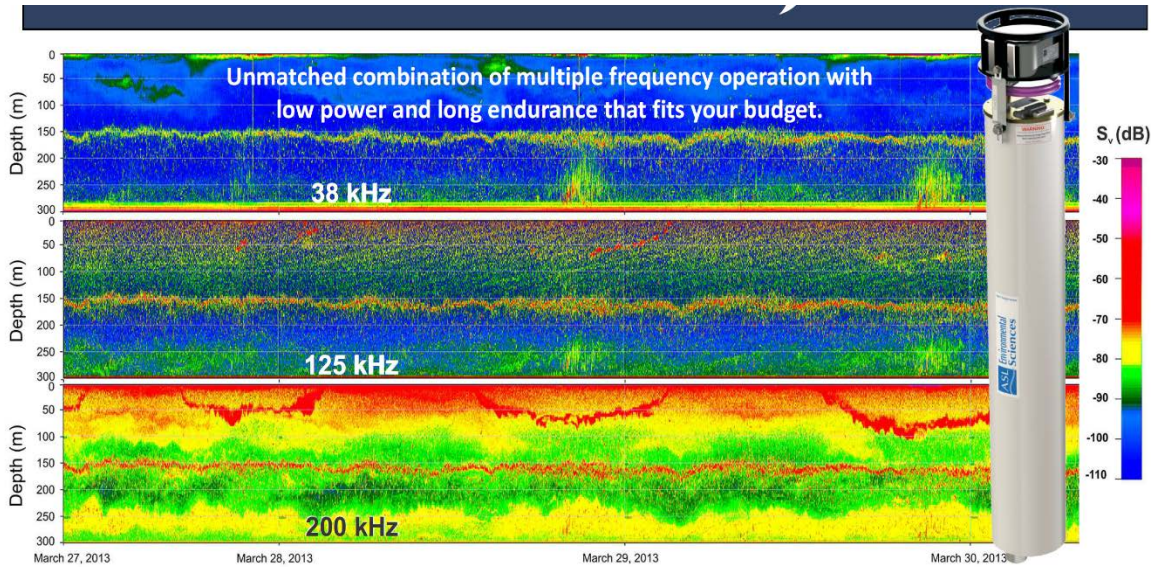
Acoustic Zooplankton Fish Profiler (AZFP) 是 ASL Environmental Sciences 公司研發的一種水下聲學儀器，主要用於測量和監測水下生物的分布和密度。AZFP 儀器通過發射聲波信號，測量水中數量不同的生物體（包括浮游動物、魚類和環境中其他生物體）的數量和位置，從而獲得關於水下生物群落的詳細信息，AZFP 儀器可以在多個頻率範圍內進行測量，從而實現對不同大小和類型的生物體的監測和測量，可以實現高精度的測量，測量精度可達到 0.5 dB，及進行水深為 5 米到 1000 米之間的測量，滿足不同深度的監測需求，也可以在 50



米到 200 米的範圍內探測生物體，可以實現對大面積水域的監測。AZFP 儀器可以廣泛應用於海洋和淡水環境中的生物監測和研究。例如，可以用於漁業調查、海洋生態系統監測、環境變化研究等方面。AZFP 儀器可以幫助研究人員更好地理解水下生物群落的結構和變化，從而為環境保護和生物資源管理提供有價值的資訊。

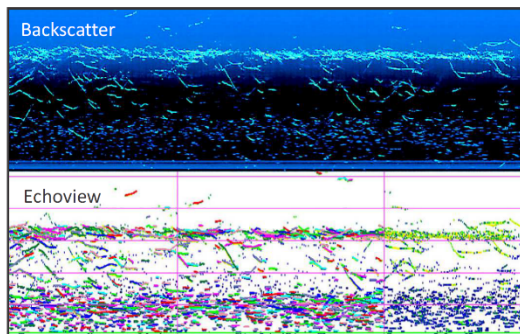


Acoustic Zooplankton Fish Profiler 提供了一種新的、經濟的方法來獲取水柱中海洋環境條件的可靠測量值，可以通過測量多個超聲波頻率下的聲學，反向散射返回來監測水體中浮游動物和魚類的存在和豐度，從聲納反向散射數據中實現的其他聲納目標包括氣泡和懸浮沉積物。

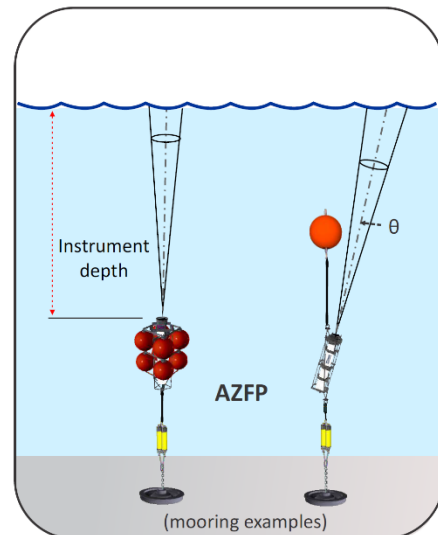


## Features

- Can collect data continuously for periods of up to one year at high temporal and spatial resolution.
- Available with up to four frequencies in a single transducer housing.
- Can be operated in bottom-mounted, upward looking mode or in downward looking mode from a buoy.



Backscatter data showing fish arches (Echoview software)



- Deployment phases (12 max) by date or duration (with repeat & sleep)
- Configurable ping rate up to 1 Hz (depends on frequencies and range)
- A/D Digitization rate: 64,000, 40,000 or 20,000 Hz
- User selectable pulse length: 0 to 1000 microseconds
- Range lockout to ignore near targets
- Range averaging into bins (minimum bin size is 0.011m) and ping averaging over time
- Anodized aluminum underwater pressure housing rated to 600 m

### TILT SENSOR

Range  $\pm 45^\circ$  with an accuracy of  $\pm 3^\circ$

### DATA STORAGE

16 GB CompactFlash

### SIZE

Pressure case: 170mm diameter x 1000mm long

### POWER

Example with standard battery pack: ping for 150 days with 4 frequencies every 2 seconds over a 100 m range)

| ACOUSTIC PERFORMANCE of the AZFP |                          |                         | Estimated Minimum Detectable Volume Backscatter Strength (dB) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|--------------------------|-------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Frequency (kHz)                  | Nominal Source Level(dB) | Nominal -3dB Beam Angle | 1m  | 2m   | 5m   | 10m  | 20m  | 50m  | 100m | 200m | 300m | 500m |
| 38                               | 208                      | 12                      | -136  | -130 | -122 | -116 | -110 | -101 | -94  | -87  | -82  | -74  |
| 67.5                             | 205                      | 10                      | -131  | -125 | -117 | -110 | -104 | -95  | -87  | -77  | -70  | -58  |
| 125                              | 210                      | 8                       | -136  | -129 | -121 | -115 | -108 | -98  | -88  | -75  | -64  | -    |
| 200                              | 210                      | 8                       | -130  | -124 | -115 | -109 | -102 | -91  | -79  | -63  | -48  | -    |
| 333                              | 211                      | 8                       | -121  | -115 | -106 | -100 | -92  | -79  | -65  | -43  | -    | -    |
| 455                              | 210                      | 7                       | -116  | -110 | -101 | -94  | -86  | -71  | -54  | -    | -    | -    |
| 769                              | 210                      | 7                       | -106  | -99  | -90  | -81  | -71  | -48  | -    | -    | -    | -    |
| 1250                             | 211                      | 7                       | -91   | -83  | -72  | -61  | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 2000*                            | 212                      | 7                       | -80   | -71  | -55  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |

**NOTES**

- Sidelobes are -15 dB or better
- Limits of detectable volume backscatter strength are estimates; individual units may vary by +/- 3 to 4 dB
- Receiver dynamic range is >85 dB each channel (\* receiver dynamic range is 75 dB for 2000 kHz)

**SOFTWARE**

- Includes AZFPLink to configure the instrument and plot hourly single frequency echograms
- AZFP's raw data format is compatible with Echoview and Sonar5
- AZFP's comma delimited ASCII format (CSV) is compatible with Matlab and other software.

**OPTIONAL FEATURES**

- 32 GB Compact Flash
- 1000 m rated versions
- RS422 serial communication with optical isolation for real-time applications
- Bottom frames
- Compact AZFP packages for Mid-ocean floats, gliders and AUVs and towed bodies
- Short pressure case without batteries
- Taut-line mooring frame
- Pressure Sensor
- Tilt pinger for use with bottom frame
- Deployment and recovery services
- Deepwater versions available up to 6000 m

本次與 Jan Buermans 先生講解與討論資料，主要是以該公司於網路上的影片為主要內容，藉由 Jan Buermans 先生講解，再加以討論臺灣海洋地理環境特性，周圍的海域面積約為 36 萬平方公里，是一個相對寬廣的海洋環境，沿岸地形複雜多變，包括海蝕平台、岬角、海灣等，台灣屬於熱帶季風氣候，夏季潮濕炎熱，冬季相對乾燥涼爽。颱風也是台灣海洋氣候的一個重要特徵，每年夏秋季節時會有多次颱風襲擊台灣。台灣的海洋生物種類豐富，包括鯨豚、鯊魚、海龜、珊瑚、海藻等多種海洋生物，另外海洋資源豐富，包括魚類、貝類、海藻、珊瑚等。以下為 AZFP 討論教材：



# Bioacoustic monitoring of Arctic Cod and Zooplankton in the Canadian Beaufort Sea

Steve Pearce<sup>1</sup>, Andrea Niemi<sup>2</sup>, Jan Buermans<sup>1</sup>, Andrew Majewski<sup>2</sup>, David Capelle<sup>2</sup>, Alex Slonimer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ASL Environmental Sciences Inc., Victoria, BC

<sup>2</sup>Fisheries and Oceans Canada, Freshwater Institute, Winnipeg, MB



Fisheries and Oceans  
Canada  
Pêches et Océans  
Canada



1

## Presentation Outline

- Introduce ASL Environmental Sciences
- Introduce Acoustic Zooplankton Fish Profiler (AZFP)
- AZFP Case Study: Bioacoustic monitoring of Arctic Cod and Zooplankton in the Canadian Beaufort Sea
  - Introduce Study
  - Methods
  - Results
- Acknowledgements

2



# ASL: What do we do?

- Small, employee-owned company in Victoria, BC
- Over 1200 Projects completed since 1977
- Staff of about 40:  
6 Ph.D.s, 13 M.Sc., 2 P.Eng.

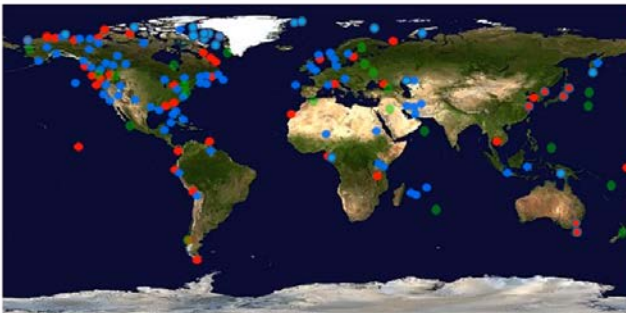


David Holland of NYU Disko Bay (W. Greenland)

3

# ASL: What do we do?

- Products
  - e.g. AZFP (Mooring, Glider, Pole-mount)
- Field Services
  - Deployment, Recovery
- Consulting Services
  - Data Processing, Remote Sensing, Modeling



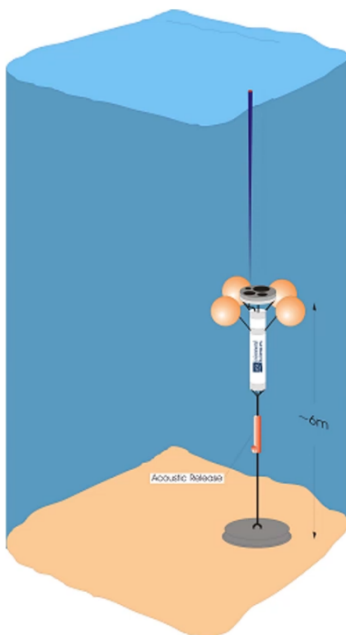
4

# Presentation Outline

- Introduce ASL Environmental Sciences
- **Introduce Acoustic Zooplankton Fish Profiler (AZFP)**
- AZFP Case Study: Bioacoustic monitoring of Arctic Cod and Zooplankton in the Canadian Beaufort Sea
  - Introduce Study
  - Methods
  - Results
- Acknowledgements

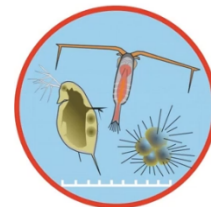
5

## Acoustic Zooplankton Fish Profiler



- An inexpensive way of obtaining reliable, high resolution, **calibrated** acoustic backscatter measurements at several frequencies

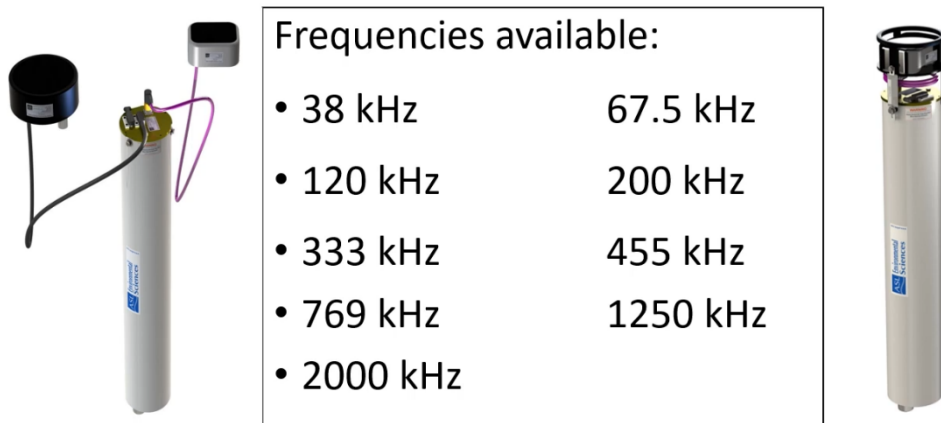
- Upward looking or buoy-mounted
- Glider mounted
- CTD cage



6

# Acoustic Zooplankton Fish Profiler

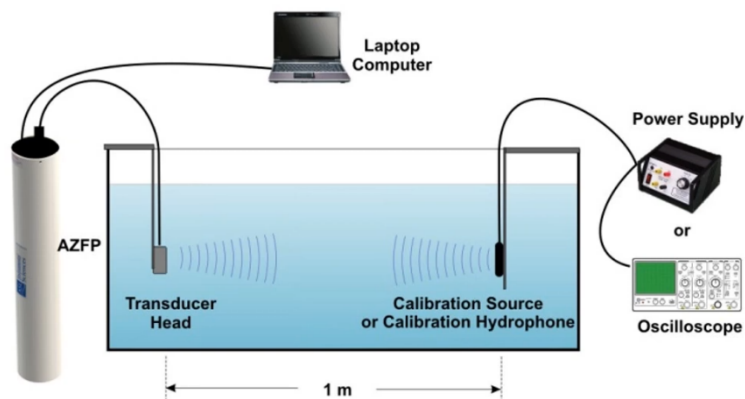
- Up to 4 channels in one instrument



7

## Calibration Procedure (Pt. 1)

- Calibration
  - Calibrated hydrophones (Reson TC4035, Reson 4038, or Onda HCN-1500;  $\pm 1$  dB stated accuracy)
  - Secondary source, calibrated with our Reson 4035 and HCN-1500
  - Measurements of the on-axis values of the transmitted signal strength and the receiver response as a function of signal strength



8

## Calibration Procedure (Pt. 2)

- Verification
  - Tungsten-carbide (WC) sphere suspended via monofilament line
    - Large freshwater tank (~6 m length, ~2.5 m diameter)
    - Measured target strength vs. theoretical target strength
    - Pass/Fail criterion:  $\pm 1$  dB from theoretical target strength



9

## Acoustic Zooplankton Fish Profiler

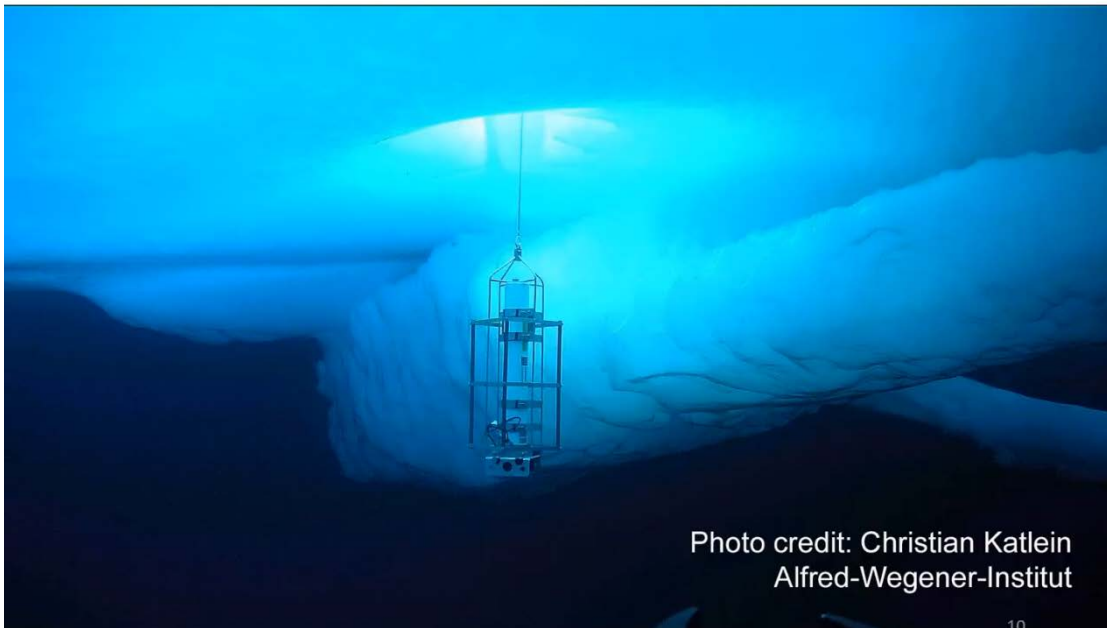


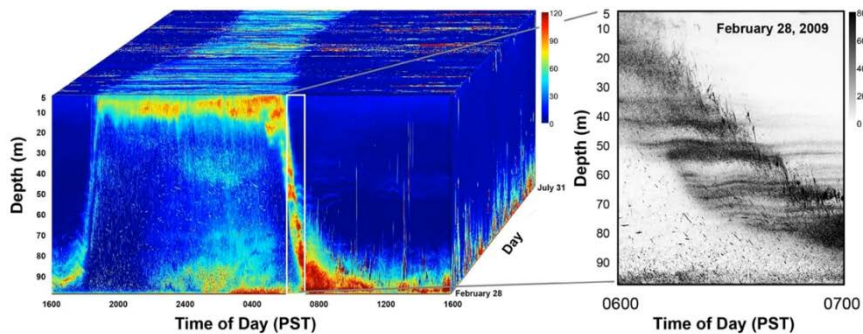
Photo credit: Christian Katlein  
Alfred-Wegener-Institut

10



# Long Time Series Analysis

- 6 Months of data shown as a ‘cube’
- Days are represented by Z-Dimension



Gray Scale image shows high temporal resolution view of zooplankton descent between 0600 and 0700 PST

- internal waves affect zooplankton distribution
- Some fish follow zooplankton migration
- other fish remain near bottom



## Presentation Outline

- Introduce ASL Environmental Sciences
- Introduce Acoustic Zooplankton Fish Profiler (AZFP)
- **AZFP Case Study: Bioacoustic monitoring of Arctic Cod and Zooplankton in the Canadian Beaufort Sea**
  - Introduce Study
  - Methods
  - Results
- Acknowledgements

# Canadian Beaufort Sea Marine Ecosystem Assessment (CBS-MEA)

- **Program Goal:** Generate science advice for co-management of the Beaufort Sea to conserve and protect its aquatic ecosystems and species from human impacts and to inform adaptation strategies for a shifting subsistence food base.
- Arctic cod and copepod zooplankton are key forage species in the Canadian Beaufort Sea (Mackenzie Shelf/Amundsen Gulf).
- **Question:** What drives forage species variability (distribution/biomass), especially at locations known to be key feeding habitats for Bowhead and Beluga (e.g., Cape Bathurst)
  - Need annual observations to see how forage species vary seasonally and in response to environmental events (e.g. ocean mixing, heat waves). Therefore, an autonomous long-duration instrument such as the AZFP is helpful.
- On the Mackenzie Shelf the predominance of Easterly winds has increased the tendency for down-welling since 2016 (fresher/warmer surface waters mixed downwards)
- AZFP deployment at 50 m depth, Cape Bathurst identified response to mixing events.

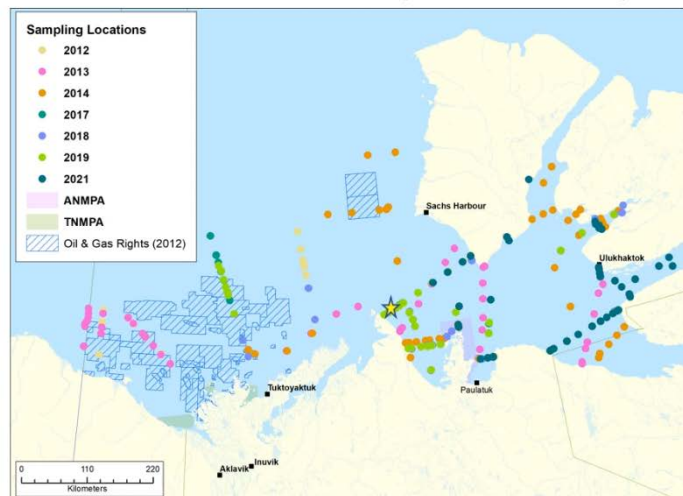
13



Mooring diagram. From top to bottom, mooring includes a float, AZFP instrument, tandem releases, and anchor.

## CBS-MEA

### Canadian Beaufort Sea Marine Ecosystem Assessment (CBS-MEA)

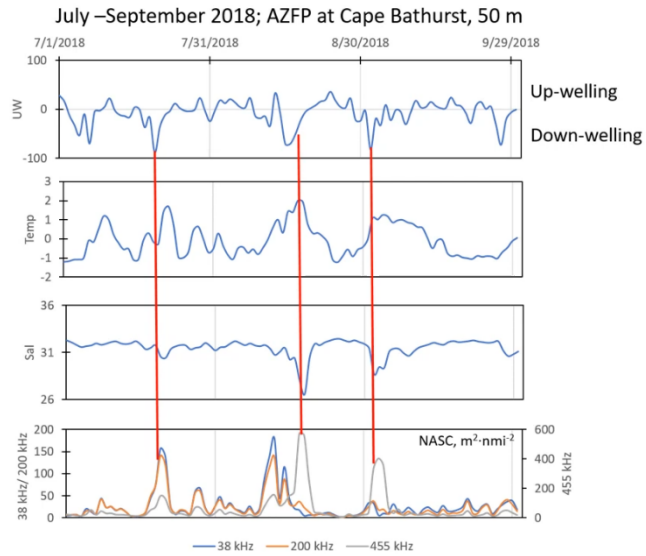


Mooring (star) off Cape Bathurst, part of off-shore ship-based program led by Fisheries and Ocean Canada. AZFP data collected at 38 kHz, 200 kHz, and 455 kHz.

14

# CBS-MEA: NASC vs Upwelling Index<sup>1</sup>

- What causes variability in the NASC response?
  - Duration/strength of wind event
  - Seasonal changes in communities
- What is the fate of the concentrated forage species?
  - Temporal hot spots for marine mammal feeding (i.e. Cape Bathurst)
  - Hypothesis: concentrated zooplankton, larval cod transported from Cape Bathurst into Franklin Bay. "Stocking" the bay with forage species, making it important habitat supporting Arctic cod recruitments
    - E.g., Franklin Bay zooplankton abundance 3.5X higher than at Cape Bathurst in summer 2018
- These data draw attention to the importance of down-welling events at Cape Bathurst, not just up-welling events as previously understood.

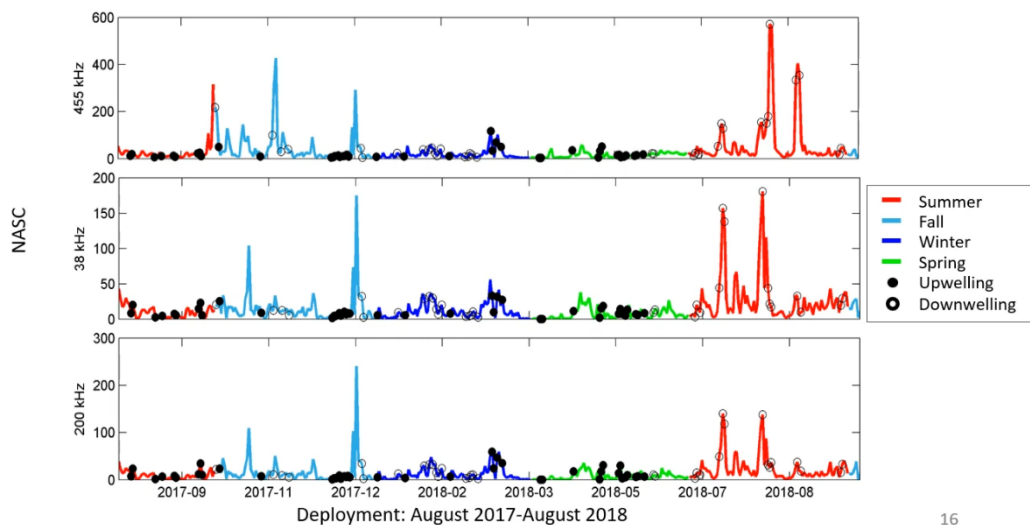


<sup>1</sup>: Bakun, A., 1973: Coastal Upwelling Indices, West Coast of North America, 1946-71. NOAA Technical Report Rep. NMFS SSRF-693, U.S. Department of Commerce, Seattle, Washington (1973).

15

## CBS-MEA: NASC Timeseries

- For all 3 frequencies, NASC was significantly higher during down-welling (n = 34) than upwelling (n=41) events.
- Despite ice persistence in 2018, NASC (all frequencies) was higher in 2018 than in 2017. This underscores the importance of persistent monitoring to understand how the ecosystem responds with extensive ice cover.



16

# Results

- NASC was significantly higher in Summer 2018 than Summer 2017, despite 2018 ice persistence.
- NASC was significantly higher during down-welling than up-welling events.
  - This contrasts with the traditional understanding of the area (i.e. that up-welling events drive apparent ecosystem productivity).
- Stocking the bays (e.g. Franklin Bay): hypothesis is that after concentrated at Cape Bathurst, coastal currents would transport cod larvae/juveniles and/or their prey into Franklin Bay. Therefore the bay is a good habitat for spawning
  - Underscores the importance of persistent monitoring around Arctic cod habitat to understand the mechanisms that support productive habitats.
    - Research group has expanded network of AZFPs for this purpose.



17

# Presentation Outline

- Introduce ASL Environmental Sciences
- Introduce Acoustic Zooplankton Fish Profiler (AZFP)
- AZFP Case Study: Bioacoustic monitoring of Arctic Cod and Zooplankton in the Canadian Beaufort Sea
  - Introduce Study
  - Methods
  - Results
- **Acknowledgements**

18





Fisheries and Oceans  
Canada  
Pêches et Océans  
Canada

## Acknowledgements



- CBS-MEA mooring deployed within the marine waters of the Inuvialuit Settlement Region. Work was supported by the Inuvialuit Game Council
- Co-authors with DFO: Andrea Niemi, Andrew Majewski, and David Capelle
- Co-authors with ASL: Jan Buermans, Alex Slonimer
- Thank you for your attention!



19

ASL Environmental Sciences 公司另一產品 Wave Profiler，它是一種被廣泛應用於海洋環境監測和海洋科學研究的儀器，它能夠測量海洋表面的波浪特性，例如波高、波速、波長和波向等。ASL Wave Profiler 通過發射一個高頻聲波束，從水面到海底的多個深度層次，連續地測量海水中的聲速。通過分析這些聲速資料，可以推斷出海洋表面的波浪特性。與傳統的波浪測量儀器相比，它可以實時地連續測量海洋表面的波浪特性，能夠提供更精確和詳細的波浪資訊。由於它是無人值守的自動儀器，因此可以長時間地進行監測，從而提供更長期、更全面的波浪資訊。Wave Profiler 具有較高的精度和靈敏度，能夠測量比傳統波浪測量儀器更小的波浪。

Wave Profiler 的一些主要產品規格：

1. 測量範圍：可以測量從海面到海底的多個深度層次。
2. 測量精度：能夠測量高精度的波浪參數，包括波高、波速、波長和波向等。

3. 產品尺寸：通常情況下，ASL Wave Profiler 的尺寸大約是 1 米寬，2 米高，0.6 米深。
4. 工作頻率：一般 ASL Wave Profiler 的工作頻率為 100kHz。
5. 通訊方式：ASL Wave Profiler 一般會使用數據傳輸協議來與外部計算機或其他設備進行通訊，以便進行資料的處理和存儲。
6. 環境要求：ASL Wave Profiler 通常需要在海洋環境中運行，因此需要具備防水、防腐蝕、耐風浪等特性。
7. 其他功能：一些 ASL Wave Profiler 還具有其他功能，如經過特殊設計的探頭，可以檢測水下物體的位置和運動狀態，從而提供更多的海洋資訊。



圖 4.4 ASL Environmental Sciences 測量儀器

在 ASL 海洋觀測設備裡，Mini Logger 是主要關鍵，它是一種小型的數據記錄儀器，被廣泛應用於海洋環境監測和海洋科學研究，可以測量和記錄多種海洋參數，如水溫、鹽度、壓力、流速和浪高等。

ASL Mini Logger 通常只有幾厘米大小，非常輕便，可以方便地安裝在各種海洋設備和儀器上進行數據記錄，可以測量多種海洋參數，包括水溫、鹽度、壓力、流速和浪高等，可以為海洋環境監測和科學研究提供全面的資訊，同時具有高精度的測量能力，可以提供精確的海洋資訊，並可以長期穩定地記錄數據，通常可以連續記錄數月或數年的數據，從而提供更全面、更長期的海洋資訊。ASL Mini Logger 通常可以通過多種方式與計算機或其他設備進行數據傳輸和控制，如無線通訊、USB 接口和 SD 卡等。總之，ASL Mini Logger 是一種功能強大、小巧輕便、高精度、長期穩定的數據記錄儀器，可以提供全面的海洋資訊，是海洋環境監測和科學研究中不可或缺的重要工具，如圖 4.5 所示。



圖 4.5 ASL Mini Logger

數據可以通過水下電纜、無線電調製解調器、衛星和手機調製解調器傳輸，在岸電中斷的情況下具有備用電池的低功耗電子設備，支持多達 4 個 RS232 傳感器，標準 RS232、PakBus、Modbus、SDI-12、和 DNP3 協議，也支持脈衝計數和模擬輸入，提供用於浮標和筏的鋁製壓力外殼或 IP67 機櫃，潛水模型的額定深度為 600 米，支持多種供電選項內部鹼性電池或岸電。

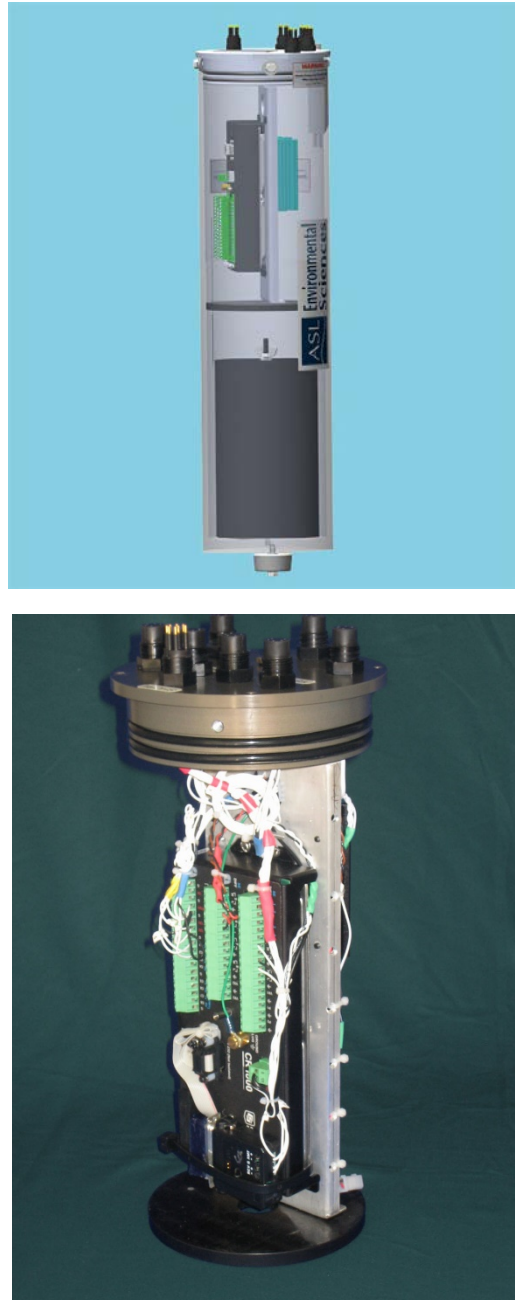


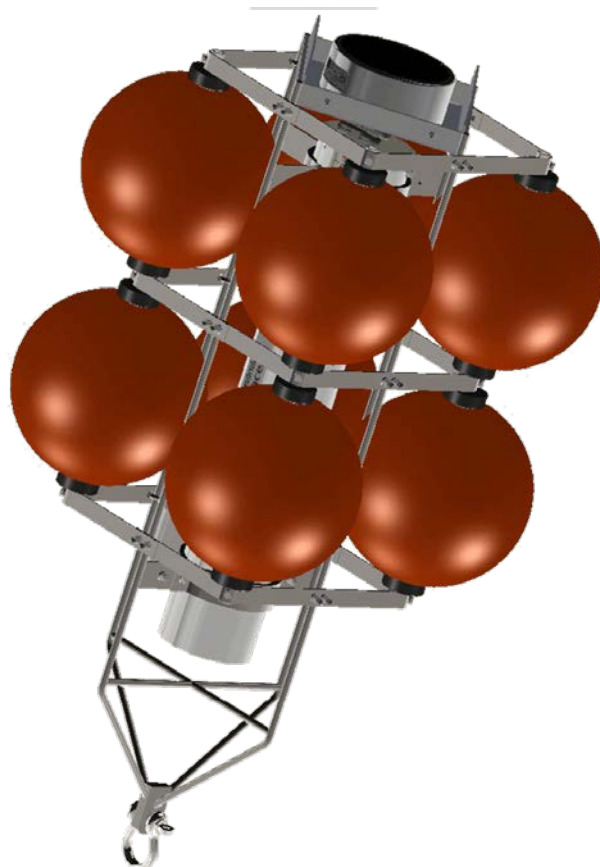
圖 4.6 ASL Mini Logger 內部組件



ASL 也針對繫泊需求提供多種方案，無論單個儀器或整個套件，ASL 的 Mooring Frames and Cages 是一種用於固定和安裝海洋觀測儀器的架構和設備。這些產品由 ASL Ocean Sciences 公司設計和製造，通常用於長期海洋監測和科學研究項目中。

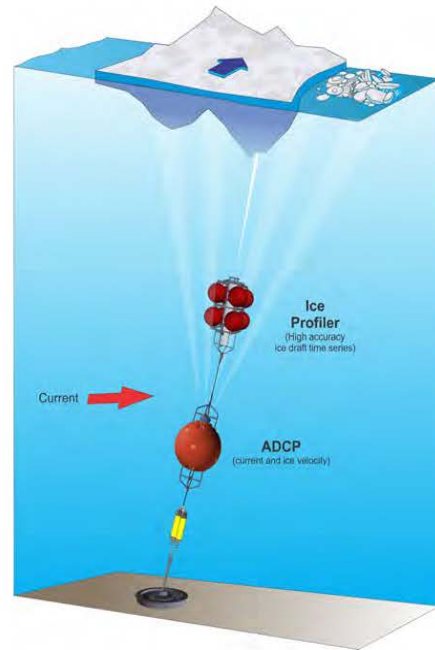
Mooring Frames 通常由金屬或塑料材料製成，具有堅固和耐用的特點，可以承載多種海洋觀測儀器，如聲納、波浪測量儀、水文儀器等。Mooring Cages 則通常由網狀材料製成，可以用於固定和保護水文儀器和其他脆弱的海洋儀器。

這些設備通常需要與定位系統和錨鏈等配套設備一起使用，以確保它們可以牢固地固定在海洋中。Mooring Frames and Cages 還需要定期進行維護和檢修，以確保它們的長期穩定性和可靠性。



ASL provides many solutions for your mooring needs. Whether you're deploying a single instrument or a whole suite, we have a host of designs to suit your requirements. We also create custom designs. Our various configurations are:

- Reasonably priced
- Field-proven
- Corrosion resistant construction
- For large or small boat deployments
- Well suited to oceanographic instrumentation
- Options available include pop-up buoys, ground lines, tilt-pingers



## Standard and Custom Bottom Frames

### Gimballed Bottom Frame

Light-weight, collapsible, optional leg extensions for stability.

### Mini Bottom Frame

Simple and deployable from small boat.

### Diver Serviceable Bottom Frame

Instrument pod attaches to permanent base.

### Trawl Resistant Bottom Frame

Low profile, ice impact and trawl resistant.

### LowPro5

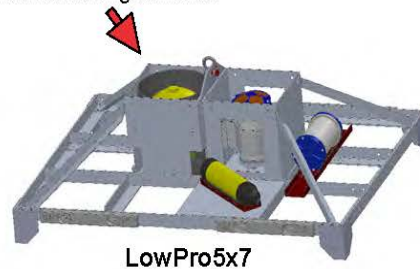
For use with RDI Sentinel ADCPs; can be taken apart for shipping & is very stable and easy to deploy.

### Tripod Bottom Frame

Easily configured; multi sensor.

### Multi-Instrument Bottom Frame

Designed for strong currents.



## Taut-Line Moorings

### ■ Standard Dual Purpose Cage Design

Specifically designed for the ASL Ice Profiler or Acoustic Zooplankton Fish Profiler (AZFP) in a full pressure case or any combination of the TRDI Workhorse ADCP and external battery pack.

#### Features:

- Specifically designed for the ASL Ice Profiler or Acoustic Zooplankton Fish Profiler in a full pressure case, or the RDI Workhorse ADCP with external battery pack, or two ADCPs.
- Shown with the HD modification with max working load of 2,000 lbs (higher loads on request).
- An optional top crown is available for use as an inline cage.
- 316 stainless steel construction.
- Includes sacrificial anodes for corrosion protection of the cage.
- Cage is electrically isolated from the instrument(s).
- Uses up to 8 Viny floats Model 12B3 (200m working depth). Deep-rated floats also available.
- Overall length is 56" inches (1 420 mm).
- Weight in air with anodes but without Viny floats and instrument(s) is approx. 65 lbs (or 30 kg).
- Est. weight in water with anodes but without Viny floats and instrument(s) is 56 lbs (or 26 kg).



### ■ Mooring Design/Custom Cage Design

ASL has designed and built a number of custom in-line cages for various oceanographic instruments (Passive Acoustic Recorders, Acoustic Doppler Current Meters, CTDs). As an example, one cage was specifically designed for the Model AEM-USB logger-type current meter manufactured by Alec Electronics co. Ltd.

#### Features:

- Specifically designed for the Model AEM-USB logger-type current meter manufactured by Alec Electronics co. Ltd.
- The three vertical rods are positioned 6.5" (165 mm) away from the EM transducer.
- Maximum working load is 2,000 lbs (higher loads available upon request).
- Overall length is 41" inches (1040mm).
- Weight in air with instrument and anodes is 15.5 lbs (7.0 kg).
- 316 stainless steel construction.
- Includes sacrificial anodes for corrosion protection of the cage.
- Cage is electrically isolated from the instrument.



#1-6703 Rajpur Place  
Victoria, BC V8M 1Z5  
Canada

tel: 1-250-656-0177  
email: [asl@aslenv.com](mailto:asl@aslenv.com)  
web: [www.aslenv.com](http://www.aslenv.com)



# Oceanographic Mooring Cages

---

## Specialty Taut-line Mooring Cage For the AEM-USB current meter *Alec Electronics co. Ltd.*



*The Taut-line cage*



*AEM-USB current meter*

### Features:

- Specifically designed for the Model AEM-USB logger-type current meter manufactured by *Alec Electronics co. Ltd.*
- The three vertical rods are positioned 6.5" (165 mm) away from the EM transducer.
- Maximum working load is 2,000 lbs (higher loads available upon request).
- Overall length is 41" inches (1040mm).
- Weight in air with instrument and anodes is 15.5 lbs (7.0.kg).
- 316 stainless steel construction.
- Includes sacrificial anodes for corrosion protection of the cage.
- Cage is electrically isolated from the instrument.

---

### ASL Environmental Sciences

#1-6703 Rajpur Place, Victoria, BC, Canada V8M 1Z5

Phone: 1-250-656-0177 Fax: 1-250-656-2162 Email: [asl@aslenv.com](mailto:asl@aslenv.com)  
[www.aslenv.com](http://www.aslenv.com)

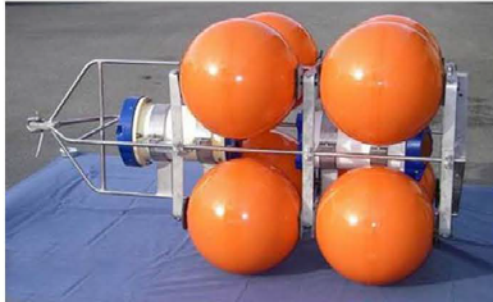




# Oceanographic Mooring - Dual Purpose Cage

## ASL Dual Mooring Cage for Taut Line Moorings

Including the ASL Ice Profiler or Acoustic Zooplankton Fish Profiler in full battery pack, or any combination of the TRDI Workhorse ADCP and external battery pack



*Upward and downward looking ADCPs*



*Cage with the HD modification*



*Optional top crown*



*One of two 3 lbs anodes*



*The dual cage with the ASL Ice Profiler or Acoustic Zooplankton Fish Profiler*

### Features:

- Specifically designed for the ASL Ice Profiler or Acoustic Zooplankton Fish Profiler in a full pressure case, or the RDI Workhorse ADCP with external battery pack, or two ADCPs.
- Shown with the HD modification with max working load of 2,000 lbs (higher loads on request).
- An optional top crown is available for use as an inline cage.
- 316 stainless steel construction.
- Includes sacrificial anodes for corrosion protection of the cage.
- Cage is electrically isolated from the instrument(s).
- Uses up to 8 Viny floats Model 12B3 (200m working depth). Deep-rated floats also available.
- Overall length is 56" inches (1 420 mm).
- Weight in air with anodes but without Viny floats and instrument(s) iapprox. 65 lbs (or 30 kg).
- Est. weight in water with anodes but without Viny floats and instrument(s) is 56 lbs (or 26 kg).

ASL Environmental Sciences  
#1-6703 Rajpur Place, Victoria, BC, Canada V8M 1Z5  
Phone: 1-250-656-0177 Fax: 1-250-656-2162 Email: asl@aslenv.com  
www.aslenv.com

## 五、西雅圖華盛頓大學應用物理實驗室 (Applied Physics Laboratory)

### 5.1 訓練單位介紹

本次參訪之訓練單位係為西雅圖華盛頓大學 (University of Washington, UW)，西雅圖華盛頓大學是一所位於美國華盛頓州西雅圖的公立研究型大學。其創建於 1861 年，是美國西岸設立最早的大學之一，也是美國西北部最大的大學，被譽為公立常春藤。西雅圖設市十年後建立的華盛頓大學，其初始目標是為了輔助西雅圖的經濟建設與發展。華盛頓大學占地 2.84 平方公里的主校區位於普吉特海灣北方的大學區，其亦於西雅圖周邊的巴薩爾和塔科馬設有校區，如圖 5.1 所示。



圖 5.1 西雅圖華盛頓大學位置

華盛頓大學由三個校區組成。主校區在西雅圖市中心。西雅圖校區提供學士、碩士和博士學位課程，華盛頓大學還有 Bothell 與 Tacoma (華盛頓州 Tacoma) 兩個校區提供學士到碩士學位課程。華盛頓大學是一所全方位發展的大型研究型高等學府，西雅圖主校區包括 16 個學院，為本科一年級新生到博士在讀生提供課程和專業研究機會。



華盛頓大學幾乎所有主校園的建築物都以哥德式建築、哥德式風格為主題，中央廣場 Red square 鋪滿紅磚。正對廣場的蘇薩羅圖書館是典型的哥德式建築：眾多拱門鑲嵌人物雕塑，門柱與窗框上都雕有複雜的花紋。二樓閱覽室的彩繪玻璃窗，在夕陽餘輝的映照下會發出淡藍色的光芒，更為這棟莊嚴而肅穆的建築增添不少璀璨的色彩。沿著廣場左邊的台階走下去，就會看到一座圓形的噴泉 Drumheller Fountain，路的兩邊種滿了櫻花樹。晴朗時可看到遠處的瑞尼爾山。



西雅圖華盛頓大學在各個學術領域都有出色的表現，特別是在以下幾個領域：

1. 醫學和生命科學：西雅圖華盛頓大學的醫學院是該校最著名的學院之一，同時也是全美排名前列的醫學院之一。該校在生命科學方面的研究也非常強大，特別是在癌症、神經科學和基因組學等領域。
2. 工程學：西雅圖華盛頓大學在工程學方面也有著卓越的表現，特別是在航空航天工程、電機工程、材料科學和生物醫學工程等領域。
3. 商學：西雅圖華盛頓大學的商學院也是該校的強項之一，被公認為全美排名前列的商學院之一。該學院在企業管理、金融、市場營銷和創業等方面的教學和研究都非常出色。

華盛頓大學在海洋觀測方面取得了許多傑出的成果，以下列舉其中一些：開發了全球最先進的海洋觀測系統，稱為 Argo 計劃，該系統由自動潛水器組成，能夠測量全球海洋的溫度、鹽度和水位等重要參數。華盛頓大學的研究人員使用衛星和地面觀測技術，發現北極海冰減少的原因是海洋溫度升高。這些研究成果對全球氣候變化的研究具有重要意義，亦針對太平洋海洋暖化現象，發現這種現象對於全球氣候的變化有著重要的影響。他們的研究成果被廣泛應用於全球氣候模型的開發和改進。並與國際組織合作，建立了全球海洋生態系統監測系統。這個系統能夠監測全球海洋生態系統的狀態，為海洋保護和管理提供重要的科學依據。

海洋工程是一個跨學科的領域，涉及海洋科學、工程學和資訊技術等多個領域。以下是海洋工程的特色內容：

1. 海洋結構物設計：海洋結構物設計是海洋工程的核心內容之一，包括海上風電機組、海上油氣平台、海上橋梁等結構物的設計、建造和維護。



2. 海洋能源開發：海洋能源開發是一個快速發展的領域，包括潮汐能、波浪能、海流能、海洋溫差能等多種形式的能源開發和利用。
3. 海洋環境監測：海洋環境監測是保護海洋環境和生態系統的重要手段，包括海洋水質監測、海洋生物監測、海洋氣象監測等。
4. 水下機器人技術：水下機器人技術在海洋工程中得到廣泛應用，包括水下探測、水下結構物維修、海洋生物調查等。
5. 海洋資源開發：海洋資源開發包括海洋礦產、海洋漁業、海洋生物技術等多個方面，是海洋工程的重要應用領域之一。
6. 海洋大氣交互作用：海洋大氣交互作用是海洋工程研究的重要方向之一，包括海洋風、波、潮汐和氣候等與大氣交互作用的研究。

華盛頓大學的海洋工程領域有許多著名的研究人員，如以下列表：

| 著名研究人員                                 | 功績   |
|--|--|
| 邁克爾·馬西<br>(Michael M. Massey)          | 馬西教授是華盛頓大學海洋工程系的創始人之一，他在海洋工程領域有著 50 多年的研究經驗。他的研究領域包括海洋構造、海洋能源和海底地形等方面。 |
| 克里斯托弗·瓦德<br>(Christopher N. K. Mooers) | 瓦德教授是華盛頓大學海洋工程系的教授，他的研究領域包括海洋遙感、海洋氣象和海洋系統動力學等方面。他曾經領導過多個國際性的海洋觀測計劃。    |

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 克里斯托弗·阿拉伯 ( Christopher J. Arp ) | 阿拉伯教授是華盛頓大學海洋工程系的教授，他的研究領域包括海洋觀測、海洋模型和海洋生態學等方面。他曾經領導過多個重要的海洋觀測計劃。                 |
| 卡爾·亞歷山大 ( Carl T. Friedrichs )   | 亞歷山大教授是華盛頓大學海洋工程系的教授，他的研究領域包括河口和海岸地形、海洋沉積物和水文動力學等方面。他曾經領導過多個國際性的研究計劃，並且獲得過多個研究獎項。 |

本次參訪之訓練單位主要是華盛頓大學的應用物理實驗室 ( Applied Physics Laboratory )，該實驗室成立於 1943 年，是一個以應用科學技術為核心的研究機構，致力於研究和開發創新的科技解決方案，並應用於國防、海洋、能源、環境和醫療等領域。



圖 5.2 應用物理實驗室入口

APL 的研究人員包括科學家、工程師和技術專家，他們來自不同的領域，擁有豐富的經驗和專業知識。APL 的研究範圍包括：國防技術：研究和開發先進的戰爭技術，包括新型武器、無人系統和情報技術等。海洋科學：研究和開發新技術以改善海洋探測和監測，包括海洋生態學、海洋物理學和海洋工程等。能源技術：研究和開發新能源技術，包括太陽能、風能、水能和地熱能等。環境技術：研究和開發新技術以改善環境污染和氣候變化等問題，包括氣候建模、海洋污染監測和環境監測等。醫療技術：研究和開發新技術以改善醫療診斷和治療，包括影像學、光學和神經科學等。



圖 5.3 應用物理實驗室外觀

應用物理實驗室（APL）在海洋科學領域開展了多項研究，海洋技術研究方向包括海洋探測、遙感技術和海洋自主系統等。研究人員設計和開發了一系列先進的工具和設備，用於收集海洋數據、進行海洋測量和探測、分析海洋資源、應對海洋災害等。於海洋生態學，APL 的海洋生態學研究方向涉及海洋生物多樣性、海洋生態系統的結構和功能，以及海洋生物與環境之間的相互作用等。研究人員運用先進的技術和方法，如遙感技術、基因組學和氣候模型等，來研究和預測海洋生態系統的變化和演化。APL 的海洋地質學研究方向包括海底地形和地貌、海



底沉積物、海洋地震和火山活動等。研究人員使用先進的海洋技術和設備，如遠程控制的無人潛水器和採樣器，來研究和收集海底數據和樣本，從而了解海洋地質過程和演化。至於海洋氣象學上，APL 的海洋氣象學研究方向涉及海洋和大氣之間的相互作用，以及其對氣候變化和天氣系統的影響。研究人員運用氣象衛星和海洋觀測系統等先進技術，進行海洋氣象監測和預測，為海洋和天氣相關決策提供科學支撐。

主要負責本次教育訓練課程的教授為連仁傑教授，連教授研究領域包括海洋流體力學、海洋波浪和海洋氣象學等，尤其關注海洋與氣候之間的交互作用。連教授獲得了許多國際性的獎項和榮譽，包括 2012 年美國地球物理聯盟（AGU）的“Fellow”榮譽、2013 年國際海洋科學技術協會（IEEE）的“Outstanding Professional”獎、2014 年 AGU 的“Ocean Sciences Early Career Award”等，也是許多國際性科學期刊的編輯委員會成員。



圖 5.4 連仁傑教授



連教授目前任職為美國華盛頓大學應用物理研究室資深首席海洋學家，並擔任海洋系的兼任教授，他每年主導多項研究計劃，多次帶領團隊在太平洋，印度洋，南海，和東海作觀測研究，其主要研究領域包括海洋內波，亂流，渦流，其它小尺度的海洋現象，和海氣交換機制，曾與台灣的多個研究單位和大學合作，例如中央研究院地球科學研究所、成功大學海洋環境資訊系統研究中心和台灣大學大氣科學系等。



他的研究成果涵蓋了許多台灣海域的觀測和數值模擬，對於了解台灣周邊海域的物理過程和氣候變化等有重要貢獻，教授曾參與多項海洋科學計畫如下表整理，本次教育訓練課程，主要也以下表相關議題，為主要討論交流方向。

|                     |  |
|---------------------|--|
| <p>海洋表層大氣交互作用研究</p> | <p>研究海洋表層和大氣之間的物理、化學和生物交互作用，旨在了解這些交互作用如何影響全球氣候變化和海洋生態系統。該研究利用了多種數值模擬和現場觀測方法，包括使用先進的遙感技術來測量海洋表層和大氣的物理和化學特性。</p> |
|---------------------|--|

|          |  |
|----------|--|
| 海洋觀測技術研究 | 開發和應用新的海洋觀測技術，包括遙感技術、機器學習和人工智能等。研究人員利用這些技術來測量和監測海洋生態系統、海洋氣候變化和海洋資源，並且開發出一些新的數據分析和模擬方法。 |
|----------|--|

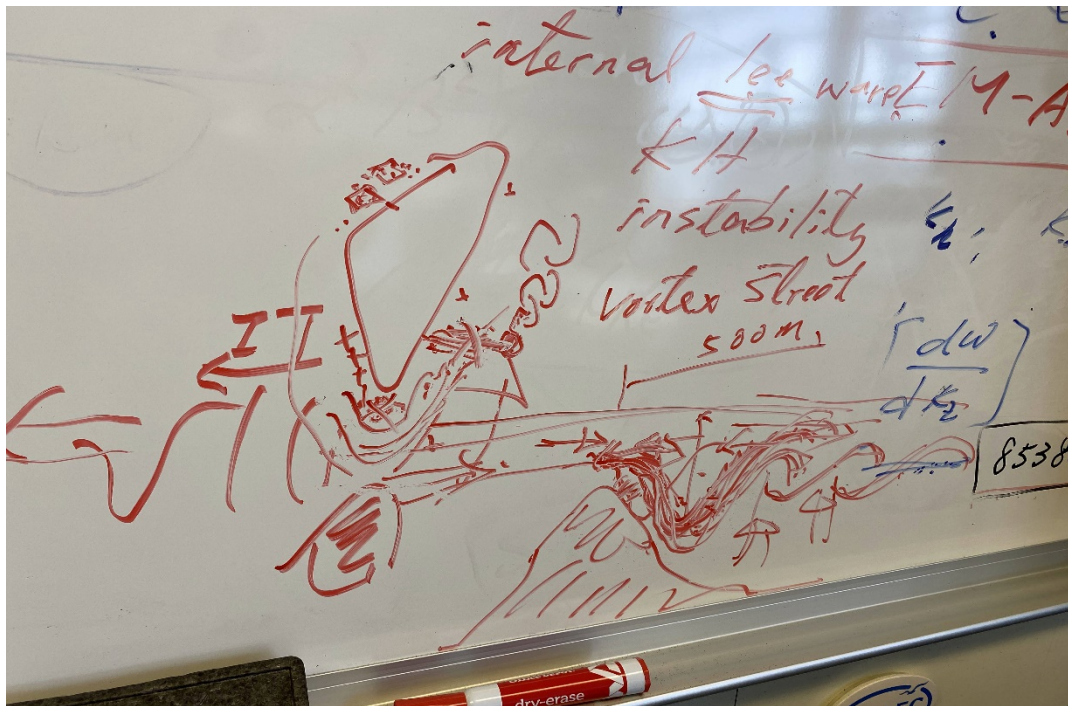


圖 5.4 與連教授討論之相關內容

在探討表面重力波對於海洋上層湍流的影響上，連教授使用了研究船 R/V Thomas G. Thompson，在北太平洋進行了一系列的實驗，使用了多種儀器來觀察和測量海洋的物理性質，包括測量海水速度的 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)、測量浪波的激光測距儀和水位計、測量湍流強度和結構的微小探針等等。研究結果顯示，表面重力波會引起海洋上層的湍流強度增加，這是因為波浪引起了流場的不穩定性，使得能量轉移到小尺度湍流。此外，研究還發現，表面重力波的波長和振幅對湍流產生的影響也不同。波長越長的波浪會產生更強的湍流，而振幅越大的波浪則會使湍流產生在更深的水層。這些結果有助於更深入

地了解海洋湍流和表面波浪之間的相互作用，並且有助於改進海洋模型以更準確地預測海洋的物理過程。

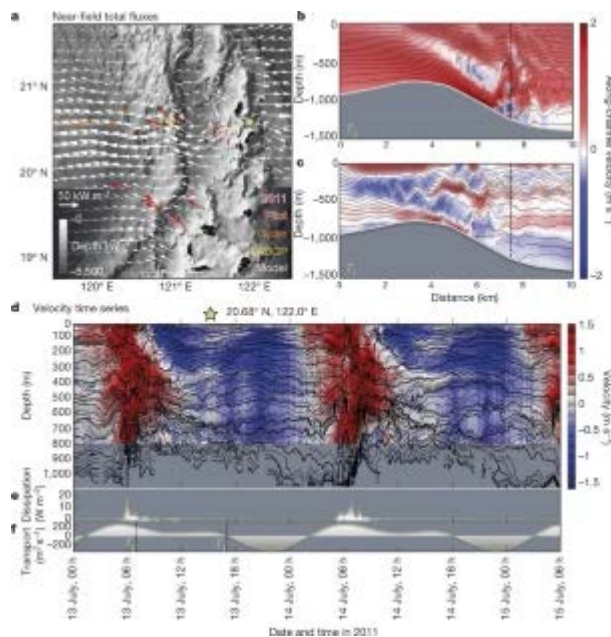
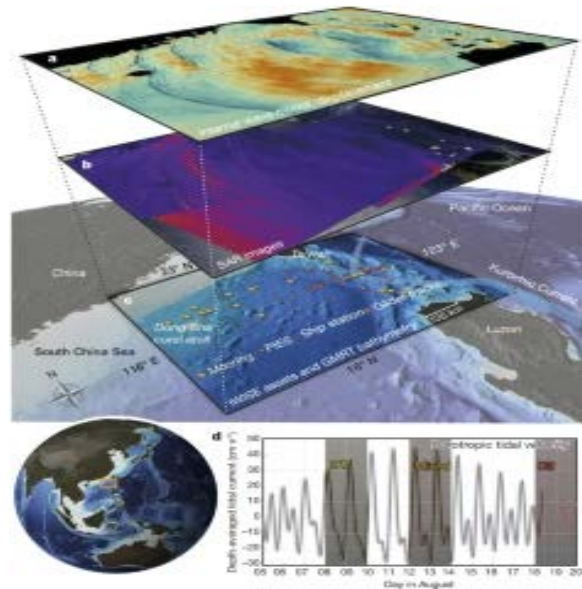
探討臺灣海峽流的季節性到年際變異性，研究中使用了數據同化方法，將衛星資料和實驗資料進行整合，並應用數學模型來分析流場的變化，為了收集數據，研究人員使用了 ADCP 儀器，這種儀器可以測量海水的流速。在臺灣海峽兩側安裝了 ADCP 儀器，觀測流場的變化。同時，研究人員還使用衛星資料，如高解析度海表溫度資料和衛星高度計資料，進一步研究海洋流的變化。研究結果顯示，臺灣海峽流在季節和年際尺度上都有很大的變化，其中大氣和海洋的相互作用是影響流場變化的主要因素。此外，研究還發現，南海暖流和東海流對臺灣海峽流的影響也很大。可以了解台灣海峽流的變化及其對周邊地區氣候和生態系統的影響具有重要意義，同時對建立更準確的海洋預報模型也具有重要意義。

內部重力波是我們熟悉的在海灘上破裂的表面重力波的地下類似物，在海洋中無處不在。由於它們強大的垂直和水平水流，以及它們破裂引起的湍流混合，它們影響了整個海洋過程，例如光合作用的養分供應、沉積物和污染物運輸以及聲學傳輸；它們還對海洋中的人造結構造成危害。

內波主要由風和潮汐產生，在打破之前可以從源頭傳播數千公里，使得觀察它們並將它們包含在對其影響敏感的數值氣候模型中具有挑戰性。十多年來，研究一直以南中國海為目標，那裡的海洋已知最強大的內波產生於呂宋海峽，並在向西傳播時急劇變陡，由於缺乏原位研究，關於它們的產生機制、可變性和能量預算的困惑一直存在來自呂宋海峽的數據，極端的流動條件使測量變得困難。

探討南中國海內部波的形成，內波是在密度不連續層中傳播的波動，通常在水體深處產生，因為水體密度的變化會在這些區域形成密度不連續層。南中國海是一個典型的內波形成區域，因為該地區具有大量的潮汐和深層海流，這些因素

都有助於內波的形成。包括由深層水流通過淺海區域時引起的剪切擾動、潮汐激勵和地形效應，透過數值模擬和觀測數據分析，發現內部波在南中國海中的分佈和強度與地形、海水密度分布和海洋流場等因素有關。內波的特點，包括它們的頻率、振幅和能量分佈等，內波可以影響水下聲納和海洋結構的垂直分布，並且可能對水下機器人和水下工程設施的運行造成影響。另外，內波對生態系統和漁業資源的影響，內波可能對海底沉積物的運移和分布造成影響，進而影響底棲生物的生長和分布。此外，內波還可以影響海洋中的營養鏈，進而對漁業資源產生影響。





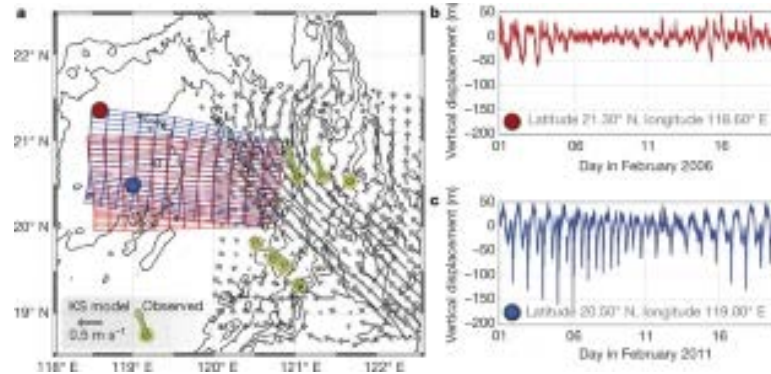


圖 5.5 與連教授討論「內波」之相關內容

在實驗室展示儀器介紹，早期使用之多尺度剖面儀（MSP），是一種自由下落式探空儀，在過去用於測量海洋切變方差。通過結合 MSP 的聲流計（ACM）、電磁流計（ECM）和翼型探頭的測量，可以實現海洋剪切譜的完整分辨率。ACM 檢測相對於 MSP 的流量，因此必須知道平台運動才能確定水流速度。平台的傾斜振盪是從加速度計數據推斷出來的，其總（點質量）水平運動是通過建模 MSP 對相對流量的響應來模擬的，迫使其尾部陣列導致 MSP 作為點質量對尺度小至 2-3 m 的波動作出反應，圖片如圖 5.6 所示。



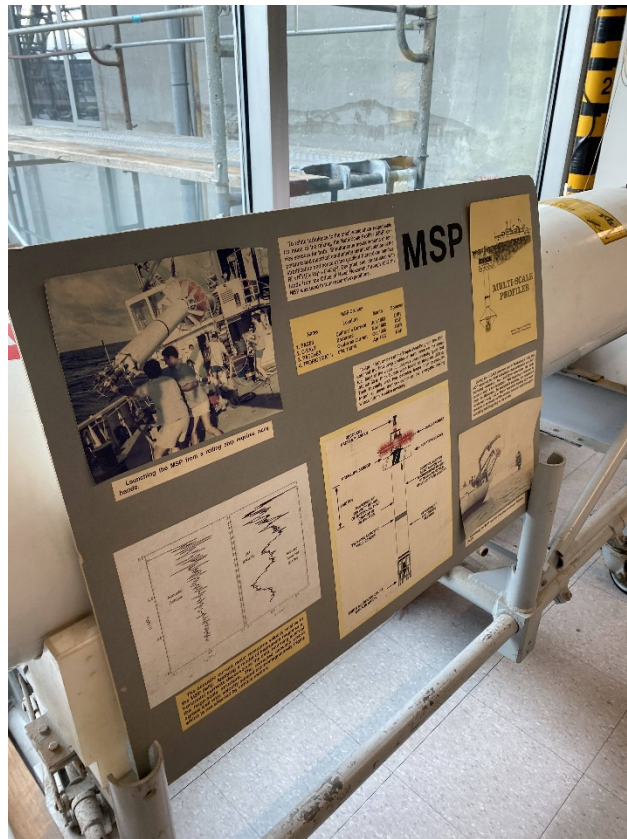
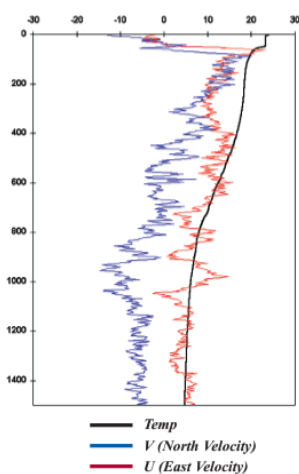


圖 5.6 多尺度剖面儀 (MSP)之相關內容

eXpendable Current Profiler (XCP) 是一種從船上或飛機上掉落的探測器，用於測量落入水中時的溫度和速度。一根非常細的電線將測量結果傳輸到船上，在那裡記錄下來供以後分析。探測器設計為以已知速率下落，因此可以從發射後的時間推斷出探測器的深度。XCP 允許從航行中的飛機或輪船進行快速測量，獲取 10 公里水平尺度上的海洋垂直和水平結構的快照。該儀器允許對內部重力波（包括近慣性波和內部潮汐）、鋒面和渦流（包括環和渦流）進行動力學研究，圖片如圖 5.7 所示。



| Specifications         |  |
|------------------------|--|
| Horizontal Shear       | -3% RMS  |
| Current Accuracy       | -3% RMS  |
| Velocity Resolution    | -1.0 cm/sec RMS  |
| Vertical Resolution    | 0.3 meters   |
| Temperature Range      | 0°C to +30°C   |
| Temperature Resolution | 0.2°C  |
| Sampling Rate          | 16 Hz  |
| Depth                  | 1500 meters  |
| Sampling Rate          | 3, Identical to U.S. Navy Sonobuoy Channels 12, 14, 16 |

**XCP Trace**  
 The color plot on the left displays three of the eight parameters provided by the XCP data acquisition and processing system; north velocity component (V); and temperature (Temp). The five other parameters include rotational frequency, electric-field baseline, magnetic compass baseline; area ("tilt" correction); and velocity error. For versatility in analyzing XCP data, plot scales may be expanded or contracted.

圖 5.7 eXpendable Current Profiler (XCP)之相關內容



EM-APEX 浮標是一種科學研究用的海洋浮標，它可以用於收集海洋環境的數據，例如水溫、鹽度、水壓、流速、光照強度等等。這些數據可以用於研究海洋物理、化學和生物學等方面的問題。

EM-APEX 浮標的全名是 "Electro-Magnetic Autonomous Profiling Explorer"，中文為"電磁自主探測器"。它由加拿大的 Bedford Institute of Oceanography 開發，是一種能夠自主控制上下移動的浮標。它能夠在水深 1000 米以下的海洋環境中工作，並能夠定期返回水面，傳遞數據。它的尺寸較小，重量較輕，且能夠長時間運作，因此非常適合在海洋中進行長期觀測，如圖 5.8 所示。



圖 5.8 EM-APEX 浮標



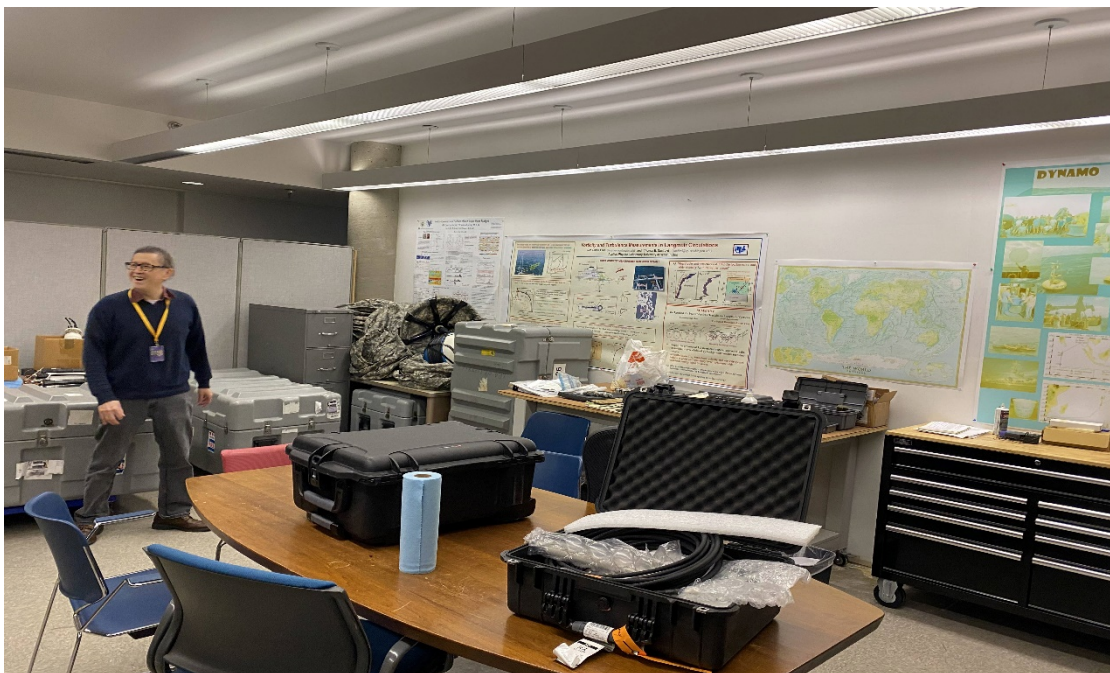
EM-APEX 浮標是目前海洋研究中使用最廣泛的浮標之一，它可以用於觀測海洋物理學、海洋化學、海洋生物學等方面的問題，對於瞭解海洋的變化和影響因素非常有價值。利用遠程控制技術進行海洋科學研究，其中包括使用 EM-APEX 浮標進行海洋數據收集和研究。使用 EM-APEX 浮標進行長期的海洋觀測，以瞭解海洋物理、化學和生物學等方面的變化和影響因素。他們還開發了一些新的技術，例如無線通信、自主導航等，以提高浮標的性能和效率。

目前，臺大海研所的許哲源教授也使用電磁自主剖面探測器（EM-APEX）來測量表面波方向的新方法。此儀器即便在劇烈天氣系統下依然可維持穩定運作，量測海洋的溫度、鹽度和流速的垂直構造。此儀器將可以有效的幫助研究及探索劇烈天氣系統下，表面波在大氣和海洋邊界層中的作用，進一步改善極端天氣型態的預測模式，如圖 5.9 所示。



圖 5.9 EM-APEX 浮標

EM-APEX 浮標的最初設計是藉由地球磁場中洋流感應的電流測量海流的流速。雖然浮標也可以捕捉到由表面波運動引起的訊號，但在數據處理過程中，這些信號往往被視為雜訊。目前許哲源教授也提出一種新的數據處理方法從浮標的量測結果，推導出表面波的水平速度，進一步利用在浮標上，安裝的加速度計測量表面波的垂直加速度，便可以從所知的表面波水平速度和垂直加速度，推導出表面波的傳播方向和頻率性質。



## 六、心得與建議事項

本次儀器原廠實地教育訓練及作業技術操作日期由 111 年 12 月 2 日~12 月 14 日共計 11 天，訓練課程相當扎實豐富，訓練課程及內容相當充實，有助於提高自身本職能力，與原廠工程師建立聯繫管道，幫助實際掌握所學知識和技能，提高實際操作能力，以下茲將本次儀器原廠實地教育訓練及作業技術操作心得與相關建議說明如後：

### 6.1 心得

本次在加拿大 AXYS Technologies、ASL Environmental Sciences 公司及美國華盛頓大學 Applied Physics Laboratory 儀器原廠實地教育訓練及作業技術操作，本次前往國外海洋觀測儀器原廠進行實地教育訓練及操作技術，讓我深刻體會到學習理論知識與實際操作的差距，也讓我更加熟悉相關儀器的原理與操作技巧。

本次前往國外海氣象觀測儀器原廠進行實地教育訓練及操作技術，讓我深刻體會到學習理論知識與實際操作的差距，也讓我更加熟悉相關儀器的原理與操作技巧，在學習海氣象觀測儀器的原理時，我們所學的理论知識只是抽象的文字概念。透過這次實地訓練，我們可以更加深入地了解這些理論知識的實際應用。例如，我們學習到氣象儀器可以測量波浪、風速、溫度、濕度等參數，但如果只停留在理論層面，我們可能難以真正了解這些參數對於氣象預報和氣候研究的重要性。透過這次實地訓練，我們可以親身操作儀器進行測量，並從中瞭解這些參數的變化對於氣象相關研究的影響，讓我們更能夠將理論知識轉化為實際應用。

實地訓練也讓我們更加熟悉相關儀器的操作技巧。在實地操作中，我們可以學習到一些實用的技巧，例如如何調整儀器參數以獲得更準確的測量結果、如何維護儀器以保持其正常運作等等。這些技巧在實際應用中非常重要，可以幫助我

們提高測量準確度，減少測量誤差，提高工作效率。另外，在訓練中我們也學習到了儀器的校正和驗證方法。儀器的準確度是很關鍵的，而校正和驗證是確保儀器準確度的重要步驟。我們了解了不同儀器的校正方法，以及在實際操作中如何進行校正和驗證。這些知識和技巧對於我們的工作非常重要，

實地訓練也讓我們更加熟悉相關儀器的操作技巧。在實地操作中，我們可以學習到一些實用的技巧，例如如何調整儀器參數以獲得更準確的測量結果、如何維護儀器以保持其正常運作等等。這些技巧在實際應用中非常重要，可以幫助我們提高測量準確度，減少測量誤差，提高工作效率。這次實地訓練也讓我們更加了解海洋觀測儀器的技術發展狀況。隨著科技的不斷進步，海洋觀測儀器的技術也在不斷更新。在實地參觀儀器原廠時，我們可以了解到最新的儀器技術、新產品的研發情況，這對於我們的工作和未來的學習都非常有幫助。因此，我們應該時刻關注技術發展狀況，及時學習新的技術和知識。

本次教育訓練相關課程及授課內容，受益頗豐，對於本國人才培訓可藉此增加國外專業職能學習機會，推廣臺灣海洋港灣領域成就見度，落實國際間科技人員、研究技術實質上交流，對於促進國際學術交流及國外經驗吸取有相當大助益。

## 6.2 建議

1. 參加教育訓練前，建議先了解相關的理論知識和操作技巧，以便更好地理解原廠訓練中的內容，並能夠更快地掌握相關儀器的操作技巧，同時也可以請求原廠提供相關的教材和資源，以便在實地訓練時更好地學習。
2. 本次儀器原廠教育訓練皆採英文授課，建議應充實自身外語能力，避免因語言上之隔閡，影響訓練成效。



3. 在完成實地訓練後，建議將學習到的知識和技能應用到實際工作中，以便更好地提高工作效率和準確度，利用邊做邊中學方式授課，使學員對授課內容之吸收，達到最佳成效。
4. 在參加海氣象觀測儀器原廠進行實地教育訓練後，針對臺灣港口環境，應加強颱風監測，海洋污染監測，及加強防風防浪設施的建設和升級，可以提高港口的防風防浪能力，保護港口設施和船舶安全。