

深層海水冷能應用及設備之介紹

文/黃耐仁、劉志恆、張于仁、林智城

一、前言

所謂深層海水 (deep ocean water or deep sea water)，採一般學者的看法，定義深層海水為水深 200 公尺以下，陽光照射不到，不受大氣與環境變動影響的海水。

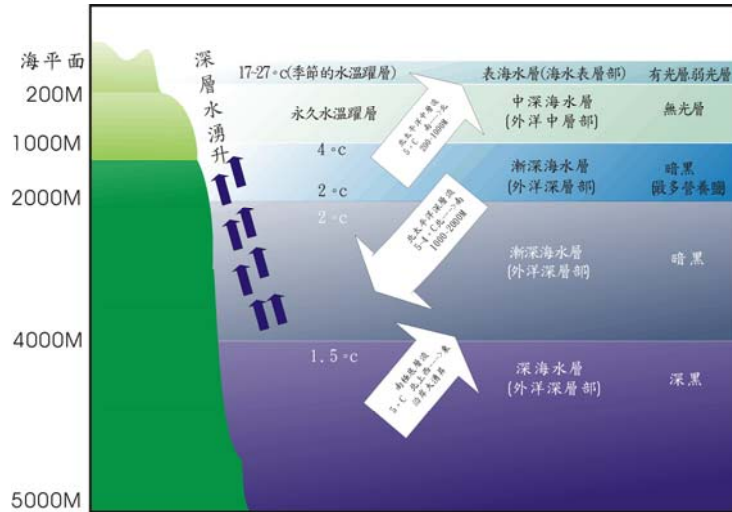


圖 1 海水溫度與光線變化情形

(資料來源：台東縣設置深層海水生物技術園區可行性及 BOT 前置作業規劃報告)

深層海水與一般表層海水最大不同處在於，深層海水具有礦物質豐富、細菌少、恆低溫及水質穩定的特性 (圖 2)。且海洋約佔地球表面面積 71%，且海洋平均水深約有 3,795 公尺，因而整個地球海域有 95% 屬於深層海水 (1301.5×10¹⁵m³)。深層海水區域廣闊，蘊藏資源極為豐富，若能善加利用，可以解決相當多人類資源短缺的問題，且因深層海水資源有不因利用而產生有害事業廢棄物之高度環保與節能之功能，兼具再生與永續發展的特性，有助於 21 世紀資源缺乏的開發。

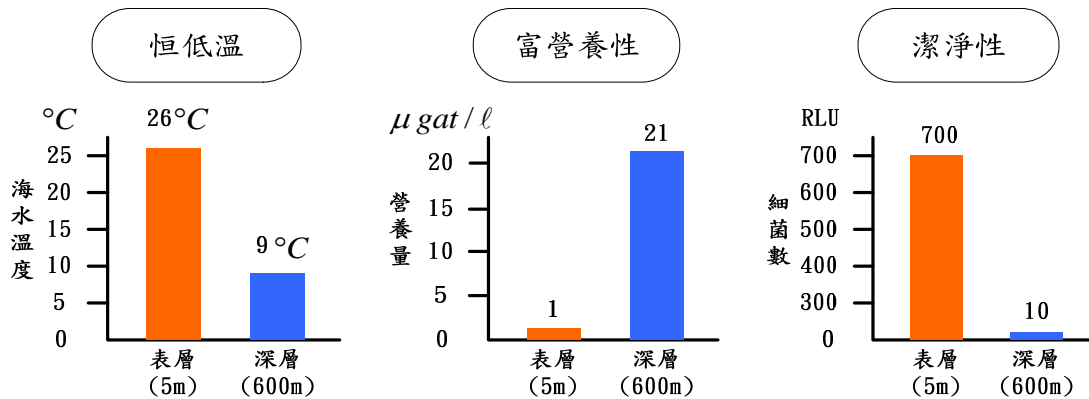


圖 2 深層海水特性 (資料來源：日本沖繩久米島海洋深層水資料)

二、深層海水冷能利用之發展歷程

深層海水早在美、日已發展 10~20 年之久，其中深層海水冷能應用起於 1986 年的夏威夷 NELHA (Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority) 園區，主要是供給實驗室建築物冷房應用，目前深層海水冷能利用已拓展至城市辦公大樓之以及觀光飯店冷卻空調系統使用，其發展歷程如圖 3 所示：

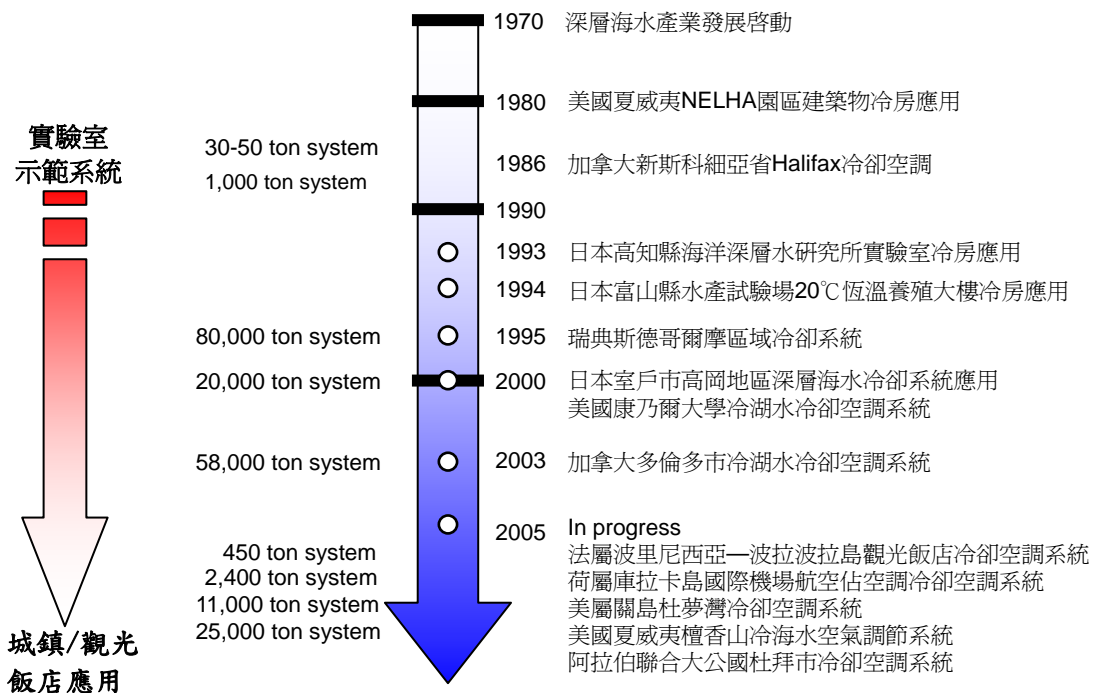


圖 3 深層海水冷能發展歷程

三、深層海水冷能多目標利用介紹

深層海水的低溫特性，最初在夏威夷 NELHA 進行試驗，以 80 餘種的溫帶野菜進行根系的冷卻，讓土壤維持低溫狀態，以促進生育、促進開花，與提升品質效果為最大優勢。在農業領域，除了可平地栽種高山蔬菜、菇類、水果也可發展調節開花之技術；在水產領域，促進藻類繁殖，供給魚苗發育之所需，另外，又可發展冷氣、空調系統，既節能又能減少二氧化碳排放，其應用架構如下圖 4 及表 1 所示：

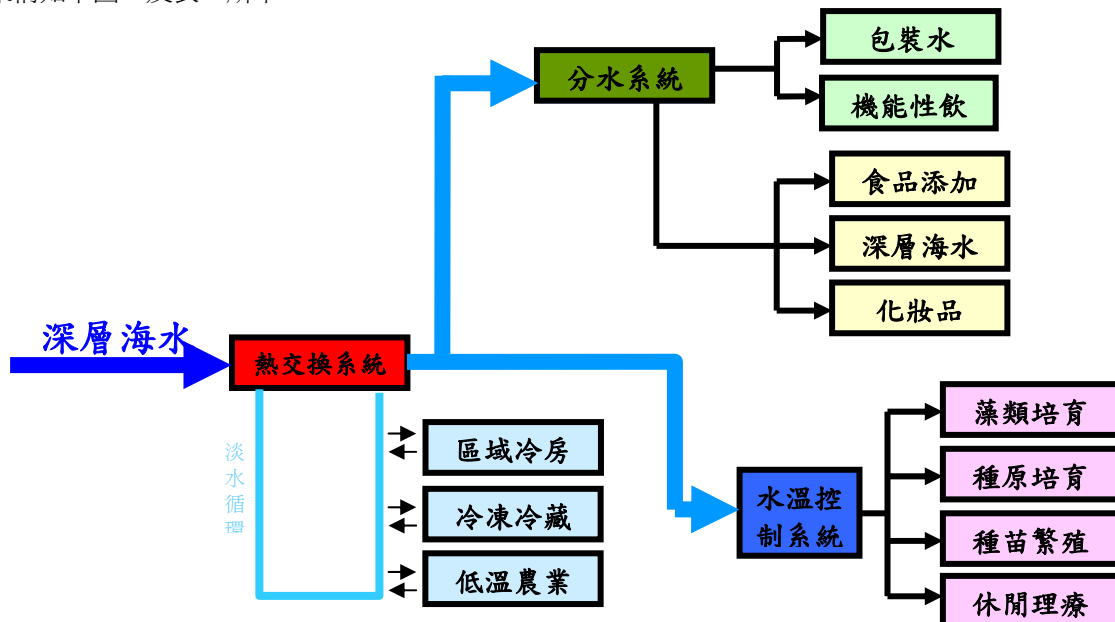


圖 4 深層海水冷能多目標應用示意圖

表 1 深層海水發展可應用之產業

| 產業類 | 分區 | 產業內容 |
|------|------|------------------|
| 水產養殖 | 種苗繁殖 | 培育健康貝類、魚類、蝦類等種苗。 |

| | | |
|------|--------------|------------------------------------|
| | 種原培育 | 重要養殖水產生物優質種原培育及生產技術研發等推廣應用。 |
| | 藻類培育 | 專供食品及膠原蛋白化妝品製品、生質能源、生物醫學及製藥業等用途培植。 |
| 農業栽培 | 中草藥栽培 | 高經濟價值中草藥如真菌(冬蟲、夏草、樟芝)等。 |
| | 溫室花園 | 高經濟觀賞花卉。 |
| | 高冷蔬果 | 高冷蔬果或水耕栽培肥料的生產。 |
| 產業製造 | 水資源 | 包裝飲用水及飲料業 |
| | 飲料 生物科技業 | 食品、生機食品、保健食品、飲料、礦物質水和鹽水等。 |
| | 食品加工及製 酒業 | 醱製與發酵食品、啤酒及葡萄酒。 |
| | 藥物與 化妝品 | 醫療、美容、調理、機能保養、化妝品及相關生化產品。 |
| 水溫控制 | 熱交換系統 | 區域冷房、電廠及冷凍冷藏。 |
| | 水溫控制 系統 | 調節水溫及水質提供水產養殖與農業栽培。 |
| 觀光養生 | 觀光理療 服務 | 渡假休閒、海水-溫泉理療。 |
| 能源 | 海洋溫差發電 | 溫差發電(可結合溫泉提高溫差發電效能)。 |

四、深層海水冷能應用所需設備介紹

(一) 熱交換器

深層海水冷能利用主要係將位於 200 公尺以下的深層海水，水溫約為攝氏 6~ 9 度，如圖 5 將抽取深層海水經過熱交換器後，能將封閉的冷凝水降溫，進而輸送至休閒場所、住宅大樓、商業大樓之冷卻系統進行冷凝之功能，將有效達到節能之目標。

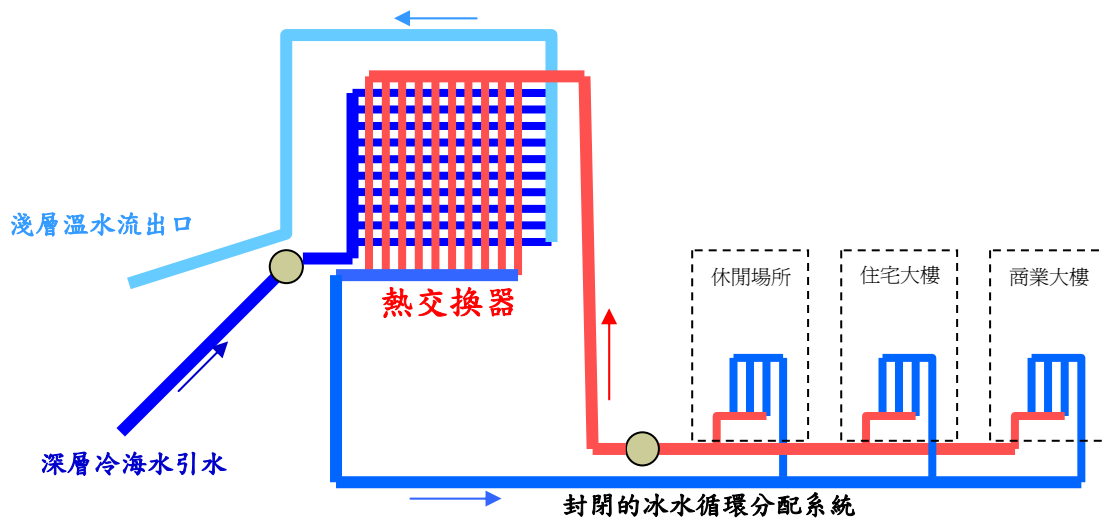


圖 5 熱交換器冷能利用示意圖

而熱交換器廣泛的被使用於煉油工業、石油化學工業以及其他一般化學工業的裝置。用途之廣，包括了冷卻、冷凝、加熱、蒸發以及廢熱回收等。其使用條件因相當廣範圍而涉及其容量、壓力、溫度等，為了配合各條件之要求，而發展出了各種形式、構造、種類。其種類有管殼熱交換器、板式熱交換器、管板熱交換器、蝸旋熱交換器、套管熱交換器、套層及盤管熱交換器、翅管熱交換器，其中以板式熱交換器的總熱傳送係數較大，約 $U=2.3\sim 6.2\text{KW}/\text{m}^2\text{K}$ ，耐熱達 423K，耐壓可達 $930\text{N}/\text{m}^2$ 。

板式熱交換器的流動方式可以是單迴路或者是複迴路。單迴路表示每個流體以相同的方向流經機組內所有的板片。而複迴路是可以改變方向的。單迴路適用於各種的

熱傳應用，但是在非常低流率或低溫差的情況下則是需要複迴路配置。其優點有能經由設計後能使熱傳更具高效率、容易清洗維修、拆裝方便、保有再擴充之能力及空間、比螺旋式或殼管式熱交換器體積小，且具有更佳的熱傳導能力且未來具有相當的發展潛力。按其型式可分為螺旋式、板架式、硬焊板簷式及板簷管式等類。

板式熱交換器商業化生產早自西元 1923 年，其使用雖有限制但在工業及空調界使用卻日益普遍。主要有下列優點：

- 1、**高熱傳效能**：特殊的紋路設計即使在低流速時也能造成高紊流，這樣的紊流可以產生高於1500的U值效能。
- 2、**低阻塞率**：板式熱交換器具有平滑的板面及通暢的流道，可降低阻塞狀況且更易於清洗。
- 3、**體積小**：板式熱交換器具有平滑的板面及通暢的流道，可降低阻塞狀況且更易於清洗。
- 4、**易於維修檢驗**：在關機將機組內的流體排出後，只要將螺栓鬆開，移開板面，就可以檢查並清潔每一板面。這樣對現場檢修來說是既經濟又簡便的方法。
- 5、**完全逆流**：在板式熱交換器中，冷熱流體是依循一種完全逆向的流道來作熱交換，因此可以獲得更有效的熱傳效果並減少應用的熱傳面積。
- 6、**低溫差的熱傳效能**：在熱再生與熱回收的應用上，熱進冷出的溫差是一個非常重要的設計要求，板式熱交換器因為有高熱傳效能的板片與完全對流的設計，可以做到熱進冷出 0.5 ~ 1.0 °C 的最小溫差。
- 7、**單機多迴路的設計**：只要熱交換器中間置入一個"中隔板"，就可以形成多迴路的設計，而利用於同時加熱或冷卻兩種以上的流體運用。
- 8、**經濟**：在相同的需求條件下，高效能板式熱交換器比其他熱交換器經濟，因為它的製造成本較低。
- 9、**質量輕**：在相同的需求條件下，高效能的板式熱交換器因為使用的原料少，在機組內的流體也較少，所以比其他的熱交換器的重量輕。
- 10、**可擴充**：板式熱交換器的另一個好處是能夠適應熱傳需求的變化，只要鬆開螺栓，增加或減少板片，就可以改變其熱傳的需求，以節省多餘的開銷，而不致使原來的設計使用變成廢物。
- 11、**適用高黏稠度的液體**：由於板式熱交換器的性能可以在低流速時製造紊流，所以有利於高黏稠度的流體運用。
- 12、**排除混淆互通**：板式熱交換器的板片間的襯墊在組裝時必須保持在一大氣壓，可使冷、熱側的流體在壓力失衡時，可藉由"導氣孔"排出而避免側漏互通的狀況。

板式熱交換器的種類：

- 1、**墊片式 (PHE)** - PHE運用橡膠墊片為密封材質，配合各種材質之金屬板片，組合而成。可隨時視需求增減板片，及清洗維修。
- 2、**全燒焊式 (CBE)** - CBE利用銅箔或鎳箔為焊料與不鏽鋼316SS板片運用真空原理，焊接而成。
- 3、**半焊式熱交換器 (Semi-Welding)** - SPHE結合墊片式及全燒焊式熱交換器組合而成。主要使用於氬製程行業,或不適合墊片或全燒焊式的製程上。
- 4、**Plate Coil - Plate coil Plate Coil** -是一種將板式熱交換器的板片依客戶要求的形狀，焊接一起。採浸泡或接觸的方式，達到熱交換的目的。
- 5、**螺旋板式熱交換器**-由兩塊金屬薄片圍繞一個中心，形成螺旋交錯的二個流體通道。
- 6、**全焊式熱交換器-All welding PHE**是將板片一片片直接焊接而成.類似全燒焊式CBE。但因非採用真空焊接方式，故可提供更大尺寸的規格。但無法如CBE大量生產。其好處是可使用於幾乎各種金屬及化學腐蝕性及高溫高壓的使用條件下。

板式熱交換器的比較：

| 熱交換器種類 | 基本使用溫度 | 基本使用壓力 | 優點 | 缺點 |
|--------------|-----------------|--------------|---|---|
| 墊片式 | -20 ~ 160°C | 正壓到 16Bar | <ol style="list-style-type: none"> 1. 熱傳效率高 2. 使用體積小 3. 使用範圍大，幾乎適合各種行業 4. 使用能量大 5. 能量可隨需求任意增減 6. 維修清洗簡單 7. 規格化促使經濟化 8. 不易結垢 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 壓降較大 2. 使用溫度及壓力因墊片被限制 |
| 全燒焊式 | -190 ~ 185°C | 負壓到 40Bar | <ol style="list-style-type: none"> 1. 熱傳效率高 2. 使用體積小 3. 使用溫度壓力高 4. 規格化促使經濟化 5. 不易結垢 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 能量固定，無法增減容量及維修 2. 壓降較大 3. 規格無法突破 |
| 半焊式 熱交換器 | - | - | 價格比全焊便宜 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 不適合使用於小能量系統 2. 會漏氣 |
| Plate Coil | - | - | <ol style="list-style-type: none"> 1. 因採用浸泡接觸的方式，故清洗較容易 2. 可使用於非常高溫及高壓的行業 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 因數量身訂做，故增減能量不易 2. 採用浸泡接觸的方式熱傳效果沒有板式熱交換器好 |
| 螺旋板式 熱交換器 | <450°C | 正壓到 45Bar | <ol style="list-style-type: none"> 1. 適用於高溫，高壓之操作條件 2. 合適於高黏度，含顆粒懸浮狀之流體使用 | - |
| 全焊式 熱交換器 | -200 至 350°C | 70 bar | 可使用於幾乎各種金屬及化學腐蝕性及高溫高壓的使用條件下 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 價格貴 2. 必須使用化學清洗 |

(二)熱交換監控系統

空調系統在現代社會中之使用量及重要性日漸增加，但能源浪費的情形亦日益嚴重，因此，若能在不影響空調品質的情況下，減少空調耗電量，即可達到空調節能的目標。

構成空調系統的元件不外乎熱交換器與流體機械二種，熱交換器是作為高低溫二種工作流體能量交換的設備，諸如冰水盤管、蒸發器、冷凝器與冷卻水塔散熱材等；流體機械則是推動工作流體循環的動力源，諸如風車、泵與冷媒壓縮機等。

空調系統為達熱交換目的，均需使用低溫水來冷卻工作流體，深層海水於此系統中係當以冷凍機或是熱幫浦之冷卻水使用。但因為海水高鹽分及高礦物質的特性，容易產生腐蝕、結垢等的問題，結垢時會使熱傳效果變差，而腐蝕損害會減少熱交換器壽命。其他如海水中各種生物，尤其是貝類或藻類附著於傳熱面上，也會降低傳熱效果。

當任何一組熱交換器之效果不好時，會增加系統耗電率（kW/RT），不是系統耗電量增加，就是冷凍能力下降。例如冰水主機之蒸發器或冷凝器內管排表面上結垢時會使熱傳效果變差，而使其接近溫度變大，冰水機高低壓差也跟著變大，耗電率也就變大。

此監控系統主要目的為：提供警示，及時施行必要的維修，以防止或延緩進一步的損壞；或計劃將來的維修、更換時程；同時確保操作的連續性，以達到安全、連續及有效率的操作。而發展深層海水熱交換監控系統應包括如線上即時監控、效益即時分析以及其他相關管理層次之管理工具。

深層海水熱交換監控系統至少須具備下列功能功能：

- 1、提供電流/溫度/流量/阻抗/壓力值...等,即時顯示管路量測值。
- 2、定時定量資料儲存,提供即時趨勢與歷史趨勢資料庫,可達一年以上或更久的資料量。
- 3、提供異常警報資訊與歷史警報紀錄,可以用Date/Time來filter快速搜尋警報內容。
- 4、設備異常出現時,監控畫面以顏色燈號和Message box文字同時警示。
- 5、Administer以密碼進入設定機台名稱,S/N,機台位置,HiHi,Hi, Lo,LoLo值等。
- 6、On screen edit security group,可設定使用者權限(Administer/Engineer/Operator)。
- 7、監控模組通信異常即時警報通知。
- 8、多種配方設定,提供監控畫面與監控參數彈性化設計。
- 9、GSM手機簡訊,E-mail即時警報通知,達到Any where/Any time。
- 10、Internet remote Web view功能達到e-Diagnostic目的。
- 11、提供SQL數據資料庫,產生歷史趨勢圖重現警報異常狀態。
- 12、開機後自動啟動進入監控模式。
- 13、提供Trend data資料庫,可供EDA資料分析或Data mining之用。

成本效益估算面向:

- 1、節省電能,熱能等面向
- 2、減少設備保養與人工費用面向
- 3、非預期停機造成損失面向
- 4、熱交換主機運轉效能,產能面向
- 5、深層水質生產品質面向

預期效益:

- 1、防止機械故障，事先安排工作時間表，避免突然當機，生產工時損失。
- 2、連結所有廠務現場設施及生產設備建立監控、監視中心統一管制。
- 3、可使設備資訊透明（可設權限），支援決策管理。
- 4、可使用個人電腦、Web Client隨時監控系統狀況。
- 5、可使部份系統由CLOSE作業環境變化成OPEN作業環境，方便廠務系統整合，免除受制國外。
- 6、方便日後Intranet(公司內部網路)及Internet(網際網路)整合管理容易，達到無人化自動廠務監控系統之境界。
- 7、可強化本廠設備監控及報表管理能力。
- 8、預防無預警之公安事件，保障廠房、設備之安全。
- 9、即時預知、減低機台受損率，降低維修成本。
- 10、系統即時、歷史趨勢圖形，提供製程最佳標準值。
- 11、自動化監控，人力成本大幅降低。
- 12、細微監控有標準數據，提高生產良率。

深層海水取自海中，環境監測系統完善的程度，是強調綠色產業的最基本要求，也是最有效的形象塑造方法。由於深層海水係以海水為原料，與水質相關的各項監測系統應力求完善，鹽度、溫度、鹼度、PH 值、溶氧度、溶氮度、磷、碳及各種懸浮固體等項目，均應包含在內。另外，依照各種物種所需之水溫，可藉由水溫控制系統進行表層海水與深層海水之調節，以達到多目標利用之效果。運用監控系統來嚴密控制水溫、水質、以及空調系統，進而達到節能需求，已是應用趨勢，且各項監控技術也日趨成熟。在未來節約能源的規劃上，發揮一定的角色與功能。

四、結語

深層海水的低溫特性，可取代使用傳統能源的冷卻系統，且經空調系統利用過的深層海水，水質未受影響，還是可以作為其他用途使用，完全符合環保、節能的國際準則。如能搭配東部特有的天然資源，並結合地方特色發展，如觀光、休閒養身 SPA 等，將可為深層海水產業與東部地方發展創造商機，且符合環保節能以及永續經營之方向前進。

參考文獻

台東縣設置深層海水生物技術園區可行性及 BOT 前置作業規劃報告之「第二章深層海水的定義與特性分析」