

## 壹、前言

溫差發電的工作原理和目前常見的火力發電廠非常相似，採取有機朗肯循環（organic Rankine cycle, ORC）發電技術，如圖 1，係以熱源（heat source）將工作流體加熱加壓成高溫高壓的蒸汽，使其熱膨脹並推動在渦輪機（turbine）內的渦輪葉片，進而帶動發電機而產生電力；膨脹後的工作流體被引導至冷凝器中冷卻成液體，再經幫浦（pump）加壓打回熱源持續作熱交換，形成一個封閉式的循環（close cycle）。

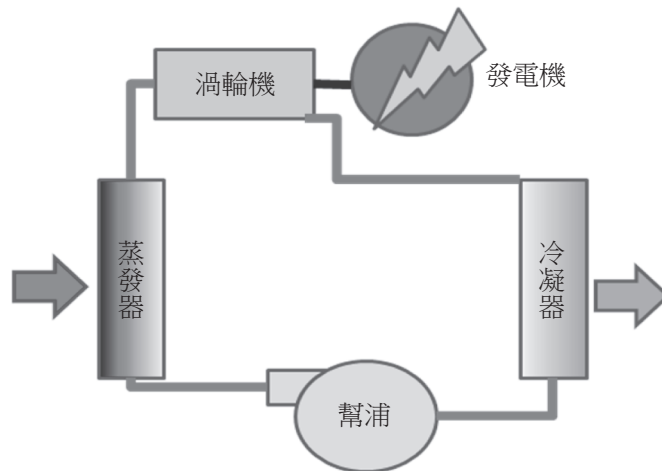


圖 1 有機朗肯循環驅動溫差發電原理

海洋溫差發電（Ocean Thermal Energy Conversion, OTEC）之研究，始於 1881 年法國 d'Arsonval 所構思，1930 年 Claude 承接其研究並於古巴海岸嘗試以開放式循環（open cycle）系統發電。近代的發展則有 1979 年美國在夏威夷（Hawaii）海域的 50KW 發電的海上實驗、1980 年 10 月東京電力及東芝電氣合作在諾魯（Nauru）共和國的 100KW 發電實質性實驗，以及 1982 年 8 月日本在德之島（DokunoShima）的 50KW 廢熱發電實驗。在這些實驗例證中，證明只要能夠穩定取得海洋溫度分層足夠 20°C 以上的溫差，便可有效地轉換為電能。

國內的 OTEC 研究也在 1970 年代石油危機的背景下起步發展。從 1980 年代起臺灣電力公司與經濟部能源局已陸續完成多項研究計畫，如臺灣電力公司的臺灣東部海域海洋溫差發電潛能研究計畫、和平海洋溫差發電預定廠址外海海床調查研究、樟原溫差發電廠址陸上及淺海區域地形測量、複合式溫差發電應用研究等，以及經濟部能源局的混合式溫差發電初步可行性研究、臺灣東部海洋溫差發

電多目標利用計畫、海洋溫差多目標利用初步可行性研究、中華民國海洋溫差發電全盤計畫、海洋溫差發電利用計畫。

屬再生能源發展之一的 OTEC，係利用表層海水與深層海水（deep sea water, DSW）間的溫差，將儲存於表層海水中的太陽熱能轉換為電能的一種技術。以臺灣東部海域為例，在北迴歸線附近之表層海水溫度約在  $23 \sim 28^{\circ}\text{C}$  之間，至 1,000 公尺深度水溫即降到  $4^{\circ}\text{C}$  左右，且表層海水與 DSW 之間的溫差愈大，則發電的效率將相對提高。因此，在赤道至南北緯  $30$  度之間的海洋，比較具有適合 OTEC 發展的條件，且可落實 OTEC 的冷、熱源來自 DSW 和表層海水本質，並展示 OTEC 全日全時的發電特性。

一般而言，推估熱源與冷源之溫差高達攝氏百度時，其熱力效率可到達  $30\% \sim 40\%$ ；而海洋溫差僅有  $20 \sim 25^{\circ}\text{C}$ ，因此其效率僅約  $3\%$ ，本研究則探討以高溫的溫泉水代替表層海水，藉以增加溫差熱力效率，提高發電商轉價值的可行性。高溫溫泉水與 DSW 兩異種資源整合之溫差約有  $80 \sim 120^{\circ}\text{C}$ ，如前述所言，溫差發電採取 ORC 的原理，其中的熱源是溫泉水，冷源則為深層的冷海水，而工作流體可以使用低沸點、高密度、高蒸汽壓力的媒介。

## 貳、異種資源整合和溫差發電可行性分析

### 一、ORC 技術之工作流體的選擇

由於有機工作流體的適用性較低，因此選擇工作流體之前需對各種工作流體的性質有深入的瞭解，進而選擇最適當之工作流體。工作流體的熱物理性質和化學性質，不僅會影響系統效率的變化，同時對系統運轉時的穩定性與安全性影響都相當大。因此，分析與選擇工作流體是非常重要的程序。

使用不同的工作流體，其適用範圍亦不相同，因此對不同的熱源系統應選擇其適宜的工作流體，以增加系統之經濟效益。以下為對適合中、低溫（ $80 \sim 250^{\circ}\text{C}$ ）有機工作流體之選擇所需的考量：環保性能、安全無毒性、化學穩定性、流動及熱交換性能、溫度沸點、燃點、比熱值、潛熱值、ORC 系統導熱材料與價格等。

因膨脹做功後的工作流體在渦輪機出口處可能仍處於濕蒸汽狀態，對膨脹機的渦輪葉片有沖蝕作用。故入口之前工作流體蒸氣必須處於過熱狀態，使得在工作流體熱交換的設備中需設置足夠的過熱面積，但如此不僅增加了熱交換器設備的成本，且過熱狀態下工作流體蒸氣的對流熱傳係數比液體狀態下時低許多，讓