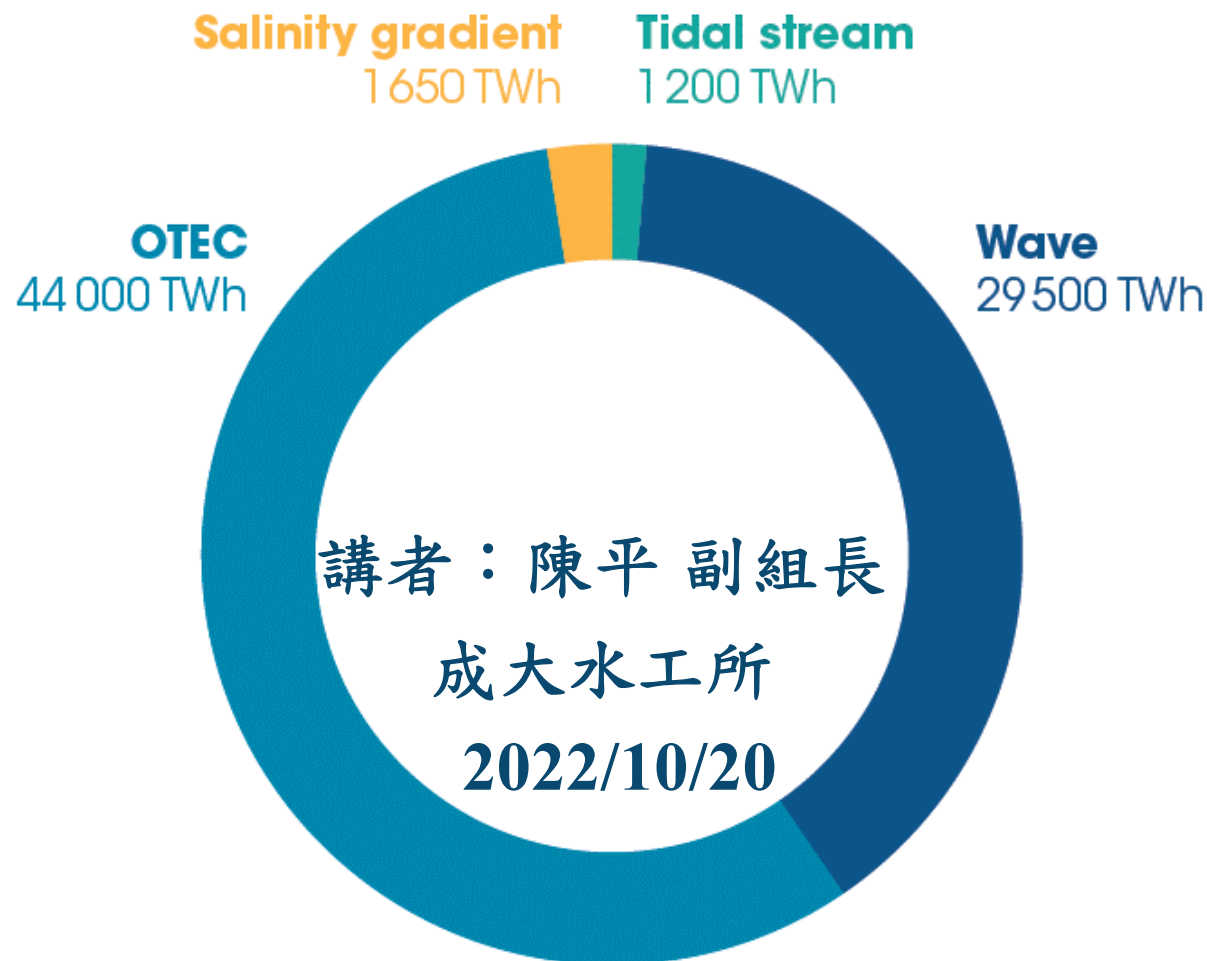


# OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion)

## 海洋深層海水溫差發電(OTEC)發展近況



Source: IRENA, 2020d Ocean energy resource potential

# 簡報內容

- 全球海洋能發展近況
  - 技術成熟度
  - 發展進度
- 海洋溫差發電概況
  - 深層海水特性
  - 發電原理
  - 發展歷程
  - 規劃建造設置
- 未來展望與期許



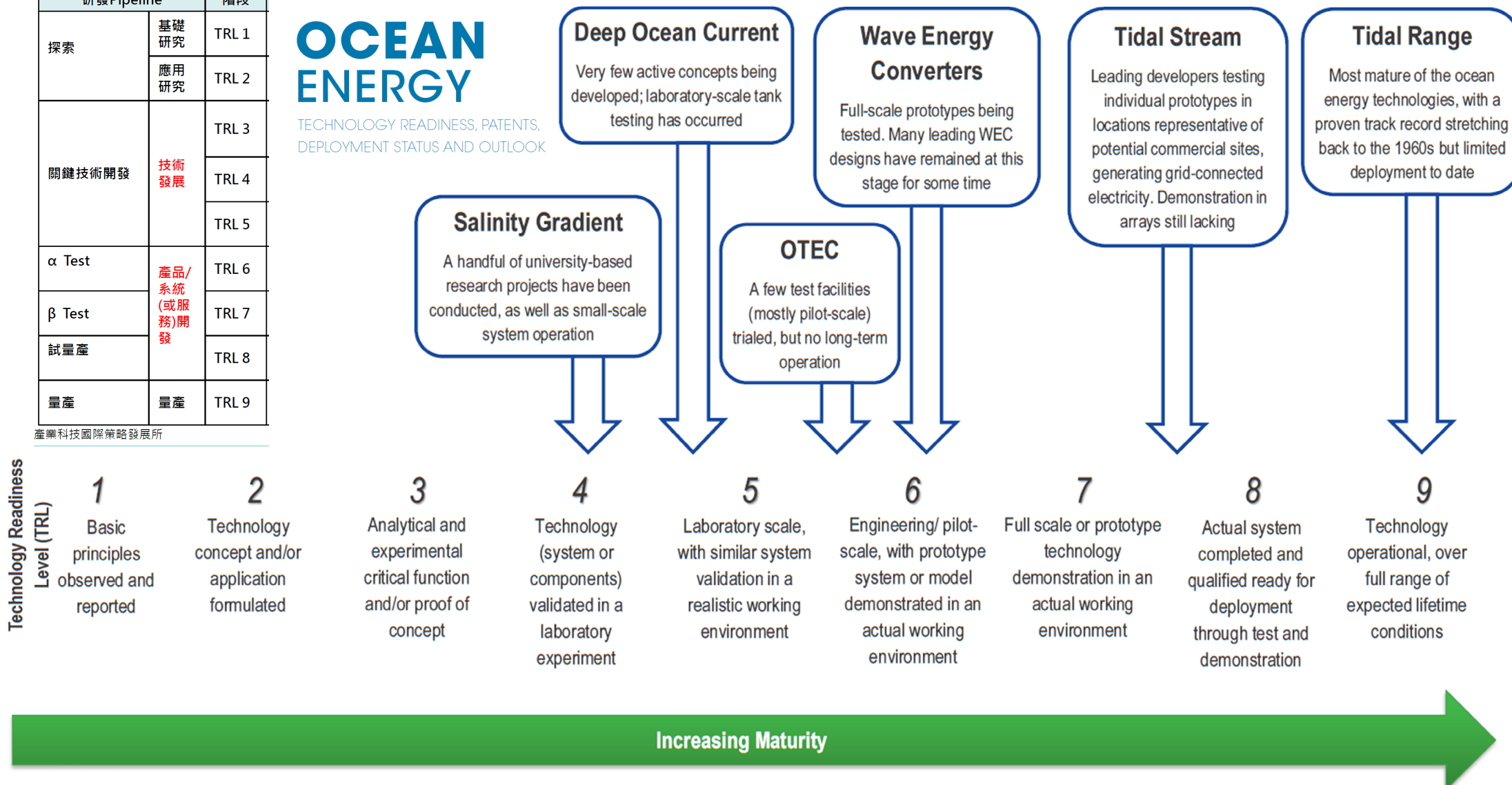
## IRENA 國際再生能源總署(IRENA) 2014報告

研發Pipeline		階段
探索	基礎研究	TRL 1
	應用研究	TRL 2
關鍵技術開發	技術發展	TRL 3
		TRL 4
		TRL 5
α Test	產品/系統(或服務)開發	TRL 6
β Test		TRL 7
試量產		TRL 8
量產	量產	TRL 9

產業科技國際策略發展所

### OCEAN ENERGY

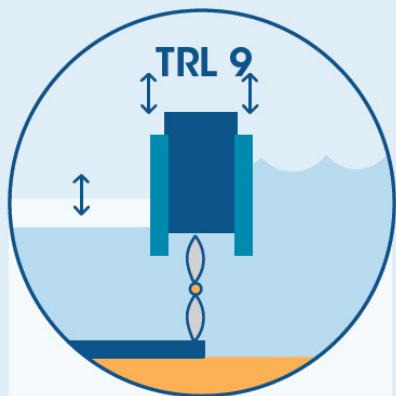
TECHNOLOGY READINESS, PATENTS, DEPLOYMENT STATUS AND OUTLOOK



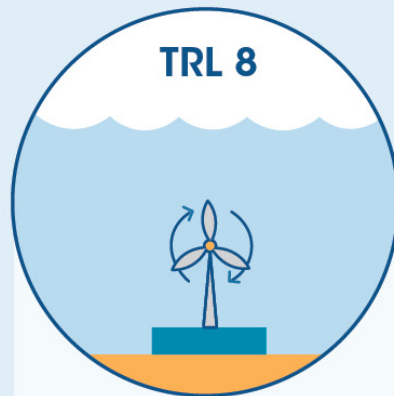
## IRENA 國際再生能源總署(IRENA) 2020報告



研發Pipeline		階段
探索	基礎研究	TRL 1
	應用研究	TRL 2
關鍵技術開發	技術發展	TRL 3
		TRL 4
		TRL 5
α Test	產品/系統(或服務)開發	TRL 6
β Test		TRL 7
試量產		TRL 8
量產	量產	TRL 9



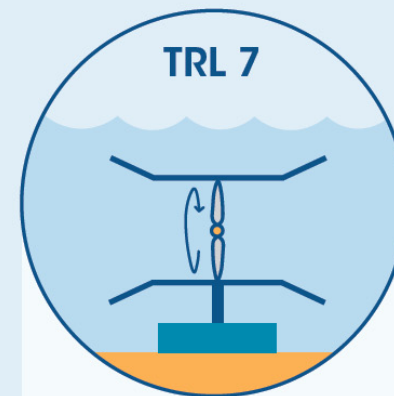
**Barrage**  
Water that entered an enclosed tidal basin with high tide is released in low tide and generates electricity by passing through turbines.



**Horizontal-axis turbine**  
The tidal currents flow past blades that are radially attached to a horizontal shaft and cause rotation, thus generating power, much like a wind turbine underwater. Either the hub or blades need to turn 180 degrees to accommodate a reverse flow direction.



**Vertical-axis turbine**  
The tidal currents flow through a set of blades parallel to a rotating shaft, generating power irrespective of the direction of the flow.



**Enclosed tips (venturi) / open-centre**  
The tidal stream's velocity is increased by concentrating it in a funnel or duct, in which a turbine is placed to generate energy.

產業科技國際策略發展所

## OCEAN ENERGY

TECHNOLOGY READINESS, PATENTS, DEPLOYMENT STATUS AND OUTLOOK

# 國際海洋能發展技術近況

## □ 國際能源總署-海洋能源系統 (IEA-OES)指出海洋能理論年發電量

- 海洋溫差 10,000 TWh
- 波浪 8,000 ~ 80,000 TWh
- 海流 (潮流與洋流) 800 TWh
- 潮汐 300 TWh
- 鹽差 2,000 TWh

- 波浪發電開發潛能為最大
- 現階段潮汐發電已成熟商業化，海洋能中之溫差、波浪、海流發電設備技術成熟水準TRL (Technology Readiness Level)均約在7~8左右，國際尚無成熟可商業化機組

發電種類	進度	說明
波浪發電	MW級示範電廠	瑞典 Seabased 建置全球最大之 MW 電廠。(2017停止測試)。 蘇格蘭歐洲海洋能中心 EMEC 百 kW 級機組進行 <u>測試</u> 中。
溫差發電	百KW級示範電廠	美國夏威夷、南韓、日本等國已建置示範機組並 <u>測試</u> 中。
海流發電	MW級示範電廠	加拿大 Cape Sharp Tidal、蘇格蘭 MeyGen、中國 LHD Tidal Current Energy 皆為 MW 級機組，進行 <u>測試</u> 中。
潮汐發電	百MW級商業電廠	南韓 Sihwa Lake 為最大潮汐發電廠，總容量 254MW。 法國 La Rance 為營運最久潮汐發電廠，自 1966 迄今，總容量 240MW。

- 目前國際上波浪發電測試機組已達百瓩級，潮流發電及溫差發電均達千瓩級，估計數年後可望有商轉電場開發。

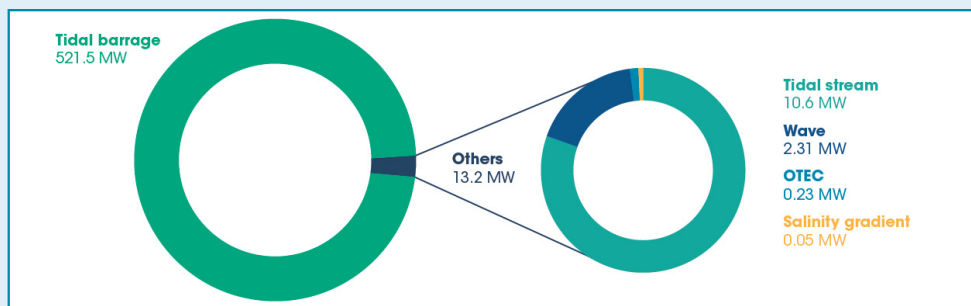
● 摘錄自 108 年度「底碇式波浪發電機組開發與測試計畫」(1/3) (第一年度)

# 全球海洋能運轉總裝機容量

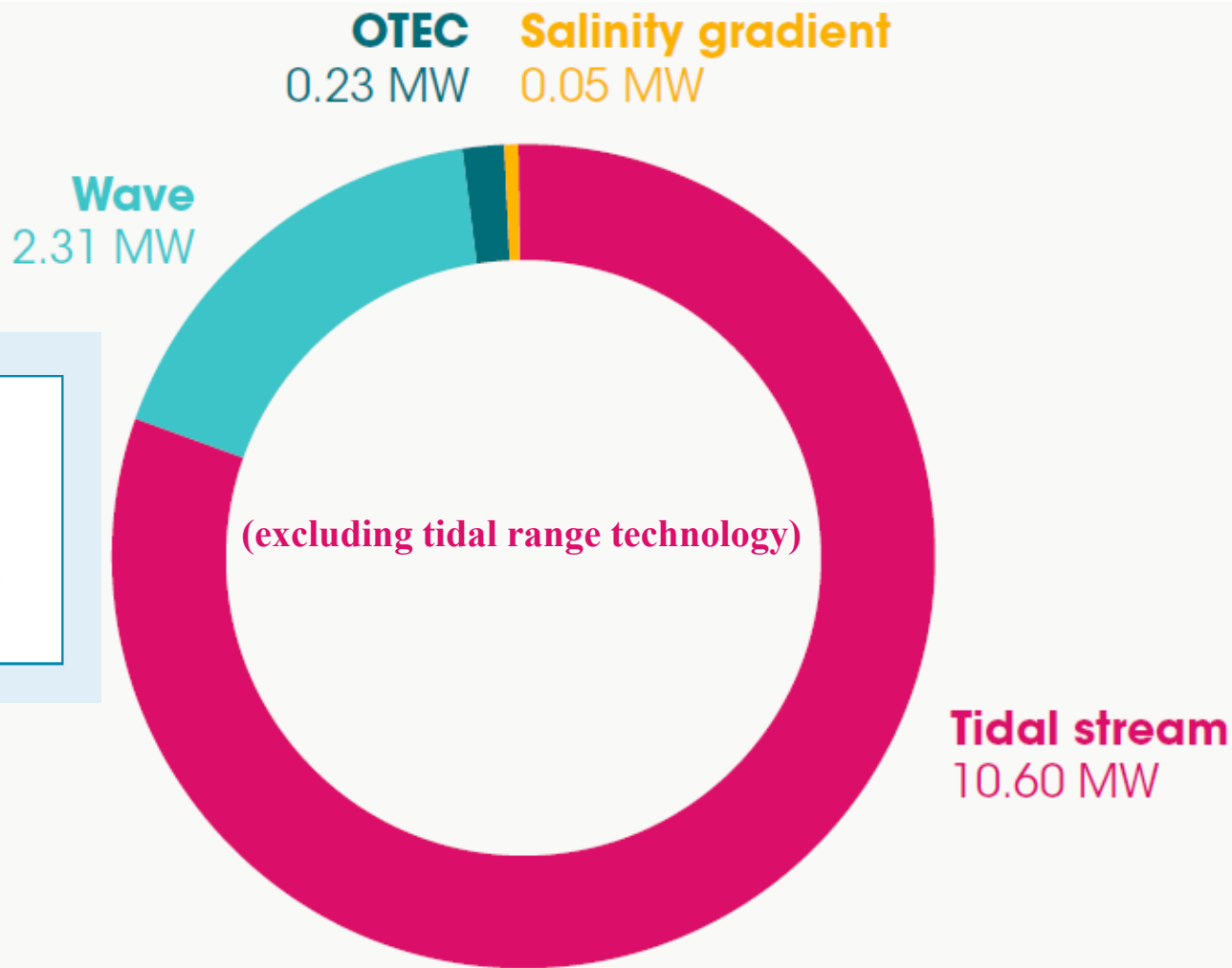
## 2020年海洋溫差發電量 0.23 MW

- Global active cumulative installed capacity by ocean energy technology in 2020 (MW)

Total ocean energy deployment



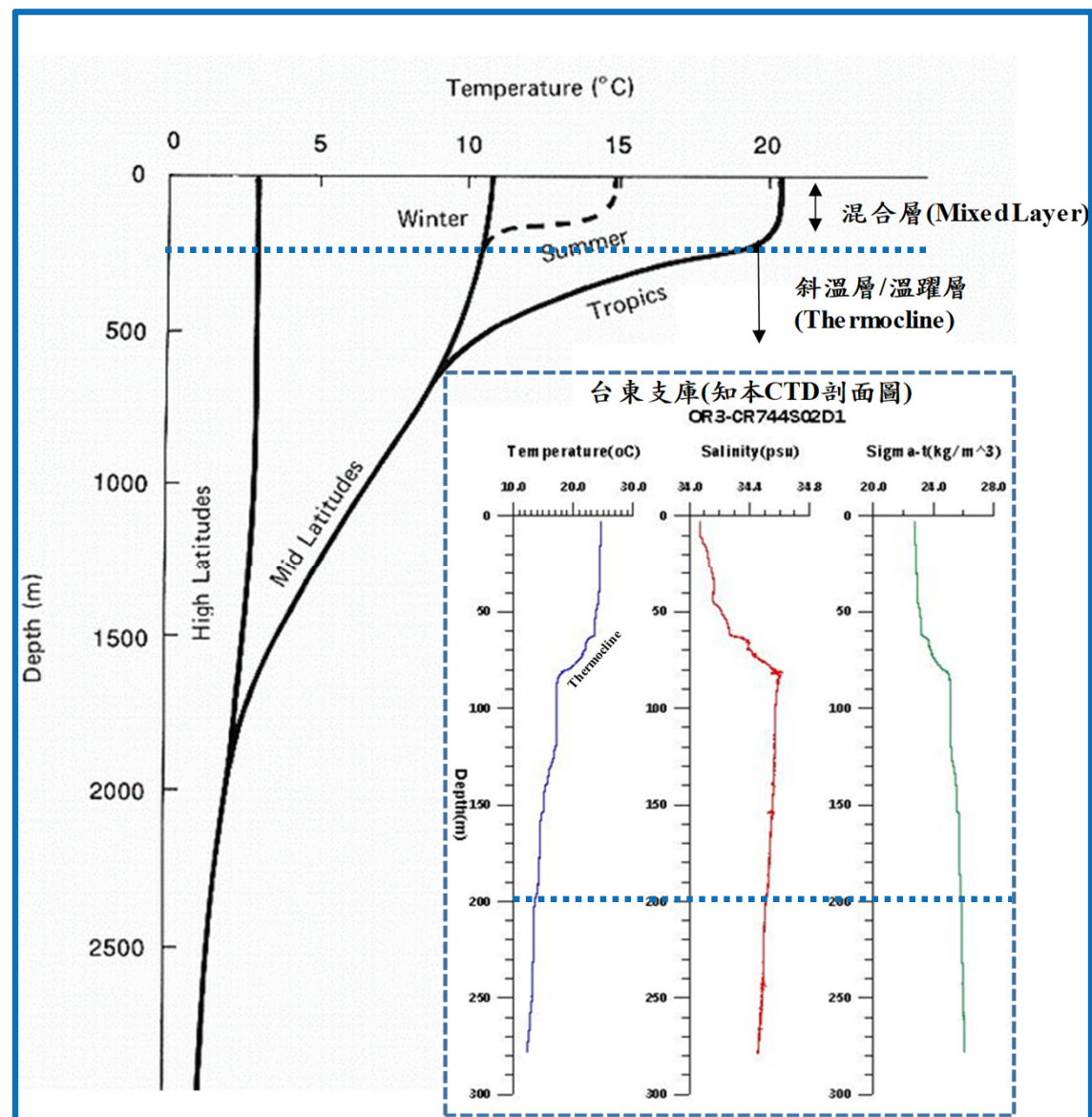
Source: IRENA, 2020d



Citation: IRENA (2020), Fostering a blue economy: Offshore renewable energy, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

## 水深200公尺以下

- 各國對於深層海洋水並無明確法律定義，大多數定義係以當地取水環境特性而定
- 日本對於海洋深層水的定義，主要係參考中島敏光以「水深200公尺以下」的海水為主
- 2005年出版的「日本深層海水產業統計」書中，將深層海水做廣義與狹義的定義
  - 廣義定義：「水深超過200公尺以下的海水，陽光射不到，無法行光合作用，無植物及浮游生物，水質不受大氣變動影響者」
  - 狹義定義：「有大洋性深層海流循環流經，有湧升現象將深層海水體推升至中表層海域，水齡須超過上千年」



## 低溫

### □ 我國深層海水定義

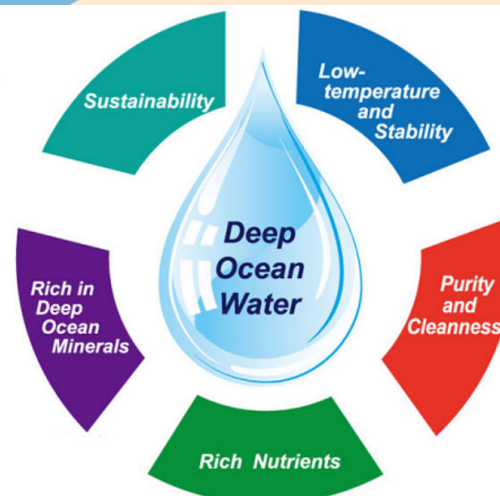
- 深層海水可應用在淡化造水、生產飲用水、水產養殖、食品加工、製鹽等多種目標產業上，以深層海水資源為原料，應用新科技方法強化傳統技術，創造高附加價值。

(行政院94年4月12日院臺經字第0940011375號函核定「深層海水資源利用及產業發展政策綱領(核定本)」)

	Deep Ocean Water	Surface Ocean Water
Source	> 200 m below the sea level	0~200 m below sea level
Characteristic	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clean and pure</li> <li>• Bacteria/organism are hard to be alive</li> <li>• Minerals level are stable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Influenced by anthropogenic activities</li> <li>• High risk of pollution</li> </ul>

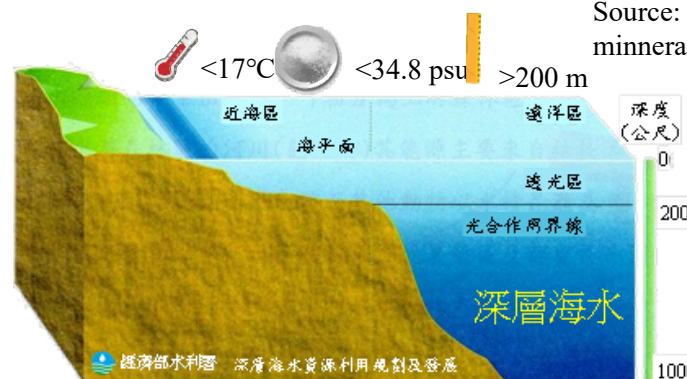
- 經濟部標準檢驗局深層海水操作定義為必要條件：

1. 水深大於200 m
2. 溫度小於17°C
3. 參考條件：鹽度小於34.8 psu。



- Low-temperature and stability
- Unaffected by climate change,
- Remaining stable temperature ranging from 6 to 9 degree Celsius

Source: <https://www.d-minneralz.com/Deep-Ocean-Water>





## OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion)

☐ 可再生能源，主要是利用表層海水與深層海水的溫度不同來進行發電。

### ● 原理

- 利用熱交換原理發電
- ✓ 抽取溫度較高的海洋表層水，將熱交換器中沸點很低的工作流體 (working fluid, 如氨、氟利昂等) 蒸發氣化
- ✓ 推動渦輪發電機而發電；再導入另一個熱交換器
- ✓ 利用深層海水的冷度，冷凝而迴歸液態，完成周而復始的循環工作

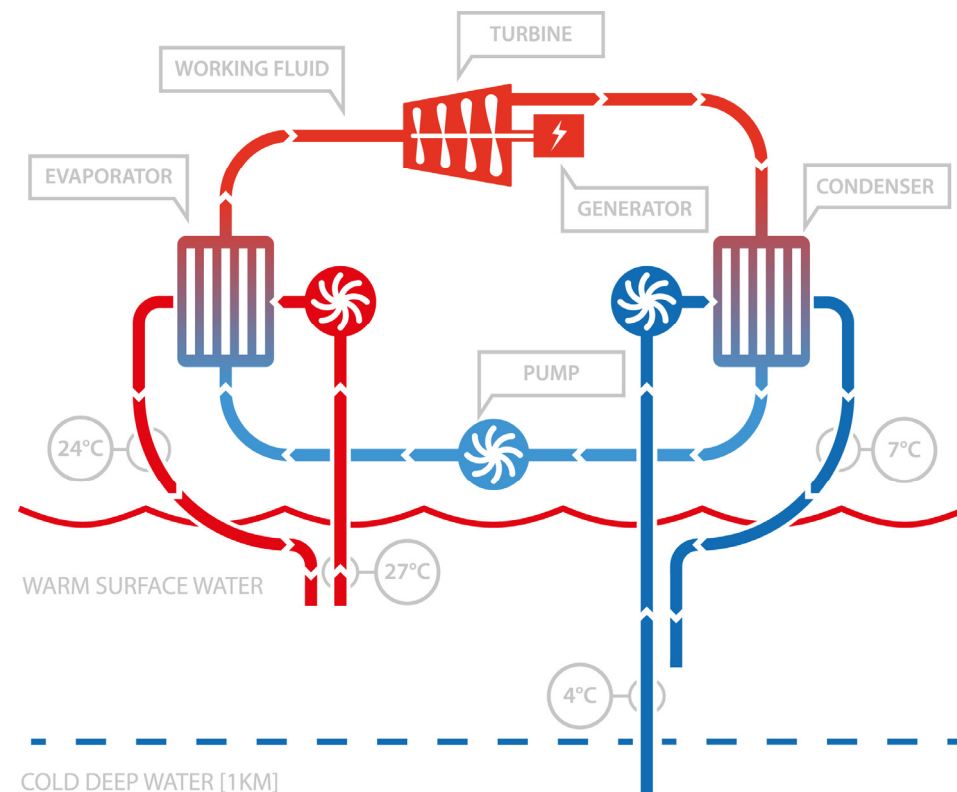


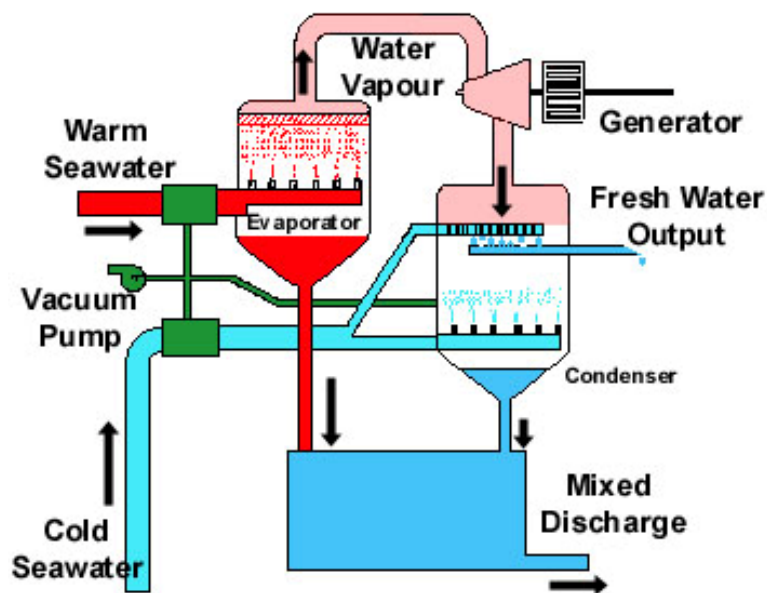
Figure: Working principle of OTEC (© Bluerise BV)

<https://www.tudelft.nl/oceanenergy/research/thermal-gradient-otec>

# 開放式與密閉式循環

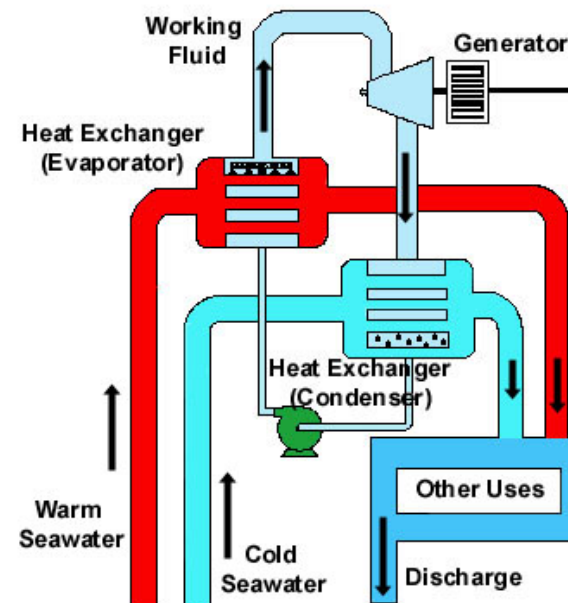
## 開放式循環除發電外可同時產出淡水但發電容量低於密閉式

- 以海水為工作流體，表層海水抽取後於真空腔內蒸發，蒸發後的水蒸汽進入渦輪機組做功產生電力，做功後的水蒸汽，以深層海水冷凝。
- 冷凝時，水蒸汽可透過冷凝器冷凝產生淡水或直接與深層海水混合後排放。



Open Cycle  
開放式OTEC

- 以低沸點物質(如氨、R134a等)為工作流體，液態工作流體於蒸發器吸收表層海水熱能後汽化，汽化後的工作流體進入渦輪機組做功產生電力。
- 做功後的汽態工作流體，透過冷凝器釋放熱能給深層海水後冷凝為液態，再以昇壓泵浦傳送至蒸發器入口，完成循環。

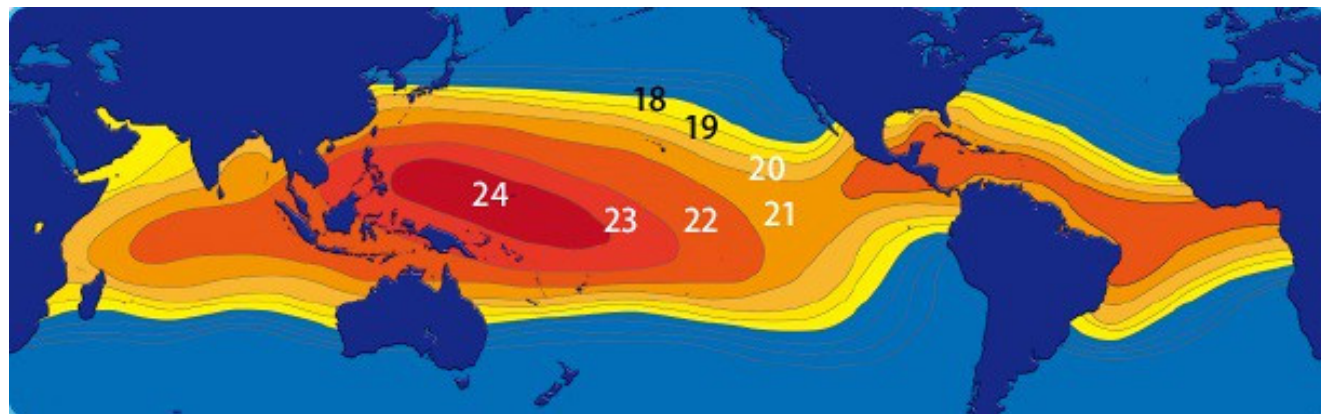


Closed Cycle  
密閉式OTEC

(Image adapted from National Energy Laboratory of Hawaii Authority (NEHLA))

3 to 5 terawatts (1 terawatt is  $10^{12}$  watts) **1 TW = 1000 GW**

- 北回歸線附近，表層水溫約在 $23^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$ 之間
- 至1,000公尺深度水溫即降到 $4^{\circ}\text{C}$ 左右，溫差越大發電效率越高

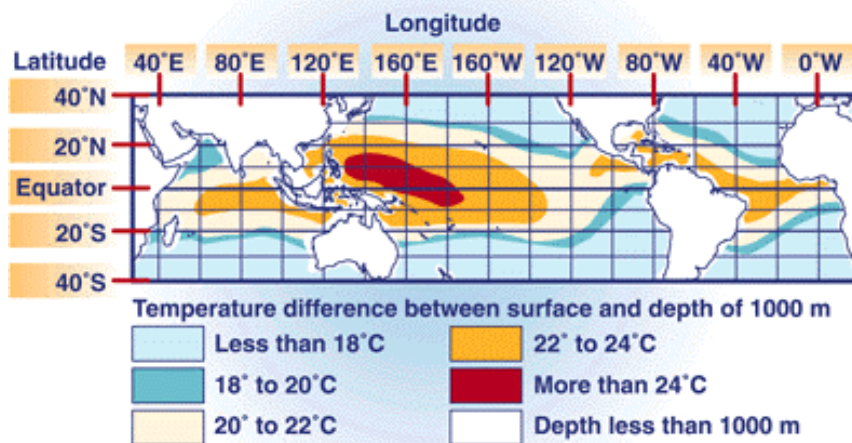


全球平均海水溫差(圖片來源：[Asia Biomass Office](http://AsiaBiomassOffice.com))



Various renowned parties estimate the amount of energy that can be practically harvested to be **in the order of 3 to 5 terawatts** (1 terawatt is  $10^{12}$  watts) of baseload power generation, without affecting the temperature of the ocean or the world's environment.

- 台灣東海岸有黑潮、加上1,000公尺等深線離岸近，發展OTEC條件佳(2006年工研院OTEC評估調查報告)



全球適合溫差發電的海域

[https://en.wikipedia.org/wiki/Ocean\\_thermal\\_energy\\_conversion](https://en.wikipedia.org/wiki/Ocean_thermal_energy_conversion)

(Worldmap highlighting oceanic regions with high temperature gradients: between surface and 1000m depth)

## OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion)

「2016年海洋熱能開發論壇」

<https://e-info.org.tw/node/201963>

1881

- 法國物理學家達森瓦 (J. D'Arsonval)
- 最早提出 OTEC 構想

1926

- 法國科學家克勞德 (G. Claude)
- 小型實驗裝置公開證實可行性

1954

- 克勞德
- 非洲象牙海岸建立一座陸上型封閉式發電廠

1962

- 美國安得森 (J.H. Anderson) 改良克勞德設計，取得「動力方法及其裝置」專利

1973

- 第一次能源危機
- OTEC 開始蓬勃發展

1979

- 美國於夏威夷外海
- 首次從海水溫差獲得淨電力

1981

- 日本在南太平洋諾魯島
- 建立世界第一座陸上型封閉式實驗電廠
- 容量100KW

1993

- 美國於夏威夷
- 建立一座陸上型開放式海水溫差實驗發電廠
- 容量210KW

2013

- 中國與洛克希德·馬丁公司合作
- 計畫在海南島外海建造全球最大浮動式溫差發電廠

## 臺灣海洋溫差發電相關研發計畫(1981~2008)

□ 主辦機構包含台電公司、經濟部能源委員會與國營事業委員會及能源局與技術處、行政院農業委員會、行政院國家科學委員會等。

- 以台電公司主辦8項計畫為最多，執行期間介於1980年至1992年
- 其次為經濟部能源局的7項，再次為經濟部技術處的4項。

➤ 台電扮演主辦機關與執行機構雙重角色

■ 早期研發集中於少數產學研機構，而未能善用各界豐富研發資源，或藉此建立及提升民間研發機構研發能力。

● 摘錄自「我國海洋溫差發電研發計畫投入分析(2008)」(科技發展政策報導 2008年5月第3期 賴正義/國研院科技政策中心研究員)

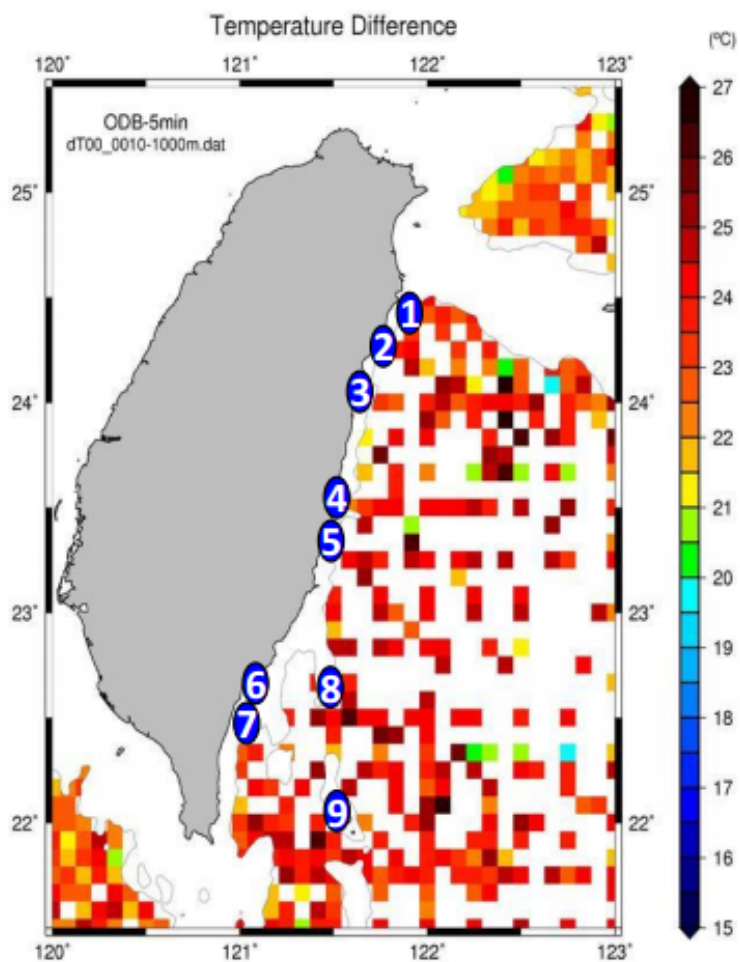
計畫名稱	主辦機關	經費(仟元)	執行期程	執行機構
1. 東部海域大範圍水深調查	台電公司	800	1981.7~1981.9	台灣大學海洋研究所
2. 候選廠址環境資料調查--候選廠址海底地形測量	台電公司	3,400	1982.10~1983.7	海軍測量局
3. 候選廠址環境資料調查--候選廠址海洋物理及海床取樣調查	台電公司	11,050	1983.5~1985.12	文化大學海洋研究所
4. 候選廠址環境資料調查--候選廠址地球物理探測	台電公司	1,600	1983.7~1984.1	新中光地球物理探測公司
5. 東部海域海洋溫差發電可行性評估及電廠概念設計	台電公司	8,700	1984.8~1985.10	美國Giannotti & Associates International Inc.
6. 混合式溫差發電初步可行性研究	經濟部能源委員會	2,000	1987.1~1988.1	台電公司
7. 台灣東部海洋溫差發電多目標利用計畫(MPOP)	經濟部能源委員會	N/A	1988~	美國太平洋國際高科技研究中心(PICHTER)
8. 海洋溫差多目標利用初步可行性研究	經濟部能源委員會	6,390	1988.4~1989.9	台電公司 交通大學土木系 台灣大學海洋研究所
9. 和平溫差發電廠址環境資料補充調查(和平廠址外海海床調查研究)	台電公司	6,500	1990.3~1991.11	台灣大學海洋研究所
10. 樟原溫差發電廠址陸上及淺海區域地形測量	台電公司	2,000	1991.12~1992.6	台電公司
11. 中華民國海洋溫差發電全盤計畫(MOPR)	經濟部能源委員會	N/A	1992	工研院能源與資源研究所、國際林同儀公司
12. 樟原溫差電廠海水管路技術研究	台電公司	3,740	1992.3~1993.8	海洋大學理工學院
13. 海洋溫差多目標利用計畫--利用深層冷海水培育水產生物資源研究	行政院農業委員會	950	1992.7~1993.6	台灣大學海洋研究所
14. 海洋溫差發電廠址環境調查研究計畫	經濟部技術處	5,000	1992.7~1993.12	台灣大學海洋研究所
15. 海洋溫差國際合作專案	經濟部技術處	10,850	1992	工研院能源與資源研究所
16. 海洋溫差多目標利用計畫--利用深層冷海水培育水產生物資源研究(III)	行政院農業委員會	540	1993.7~1994.6	台灣大學海洋研究所
17. 海洋溫差國際合作專案	經濟部技術處	8,800	1994.7~1995.6	工研院能源與資源研究所
18. 海洋能技術	經濟部技術處	10,000	1995.7~1996.6	工研院能源與資源研究所
19. 海洋能技術	N/A	8,000	1996.7~1997.6	工研院能源與資源研究所
20. 溫差發電之研究	行政院國家科學委員會	224	1997.8~1998.7	崑山技術學院電機工程科
21. 海洋溫差發電利用計畫	經濟部能源委員會	9,900	2001.5~2002.4	中興工程顧問公司
22. 我國海域能源蘊藏量分析技術之建立及開發方向評估	經濟部能源局	4,400	2005.9~2005.12	工研院能源與環境研究所
23. 我國海域能源高潛能區之評估及利用研究計畫	經濟部能源局	9,000	2006.3~2006.12	工研院能源與環境研究所
24. 複合式溫差發電示範電廠可行性研究及初步設計	經濟部國營事業委員會	1,981	2007.11~2007.12	台灣海洋大學輪機工程系
25. 多目標海洋溫差發電廠最佳參數設計之研究	行政院國家科學委員會	451	2008.1~2008.12	清雲科技大學電機工程系所

# 臺灣東部開發潛力

## OTEC潛能盤點－臺灣東部海域九大場址

東部九大潛力場址，初估可開發量達2.8GW(工研院)

東部九大OTEC潛力場址  
場址溫度差(°C) (水深10m and 1000m)與離岸距離



Season \ Site	All	Spr.	Sum.	Aut.	Win.	離岸距離 (km)
(1) 南澳	22.5	23.1	22.5	21.3	19.6	7.7
(2) 和平	20.9	21.3	20.9	23.2	19.6	3.3
(3) 七星潭	22.4	21.0	22.4	23.7	19.9	12
(4) 石梯	21.5	22.0	21.5	21.2	22.0	6.0
(5) 樟原	21.5	22.0	21.5	21.2	21.1	5.1
(6) 知本	25.0	21.9	25.0	25.3	20.3	19.2
(7) 金崙	22.5	21.9	22.5	24.3	20.3	9.3
(8) 綠島	24.4	23.8	24.4	24.3	21.5	2.8
(9) 蘭嶼	21.9	22.2	21.9	24.1	20.2	2.5

Data sources : Taiwan NSC ODB (1985-2005)&工研院

圖片來源：工研院綠能與環境研究所簡報

# 深層海水與溫泉水整合發電探討

2009年工研院執行能源局「海洋能源發電系統評估與測試計畫」成功開發5 kW

## OTEC 實驗機組

- 隔年2010年於花蓮的台肥園區內，利用園區汲取之深層海水開發建造岸基式氈級OTEC現場機組
- 依據工研院綠能所資料顯示，儘管冷、熱源溫差不 $20^{\circ}\text{C}$ ，但依據系統實際測試結果，只要溫差超過 $8\sim 9^{\circ}\text{C}$ ，機組即可提供發電使用
- 溫差達 $14\sim 15^{\circ}\text{C}$ 時，發電量可達 $1.2\text{ kW}\sim 1.5\text{ kW}$ 。

此機組乃國內自行開發建造於2010年打開我國深層海水溫差發電之海洋能源開發與利用之極重要里程碑



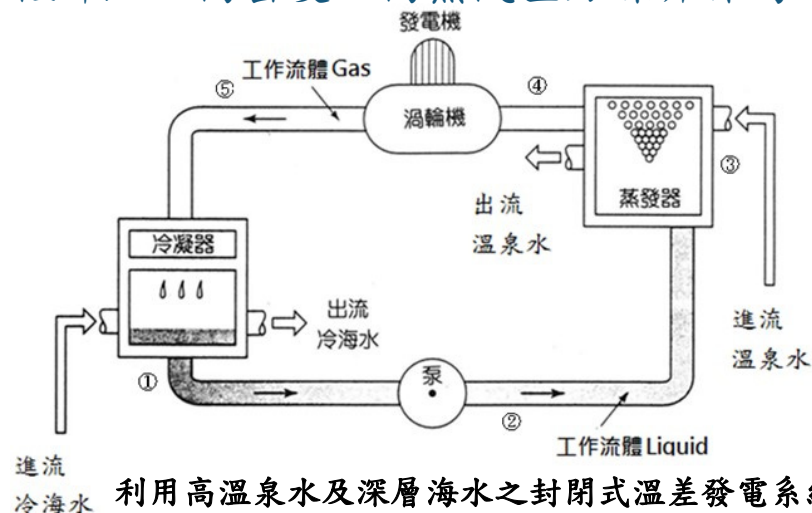
5氈OTEC 實驗機組系統  
(資料來源：工研院綠能所)

(陳孟炬，2019-東台灣地域深層海水與溫泉水整合溫差發電可行性探討)

台東大學與國內外學研單位實驗研究，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 $15^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，其效率僅約 $1\sim 3\%$

若將熱源溫度提高，以高溫的溫泉水代替表層海水，藉以增加溫差熱力效率，既可提高發電商轉價值可行性。

- 高溫泉水與低溫深層海水之異質資源整合溫差可達 $80^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$
- 溫差發電採取有機朗肯循環的原理，其熱源是溫泉水，冷源則為深層冷海水，工作流體使用低沸點、高密度、高蒸汽壓力媒介作為動力。



## 臺灣OTEC優先開發場址為綠島與金崙

### 工研院與洛克希德公司合作推動評估商業型OTEC

- 美國洛克希德公司(Lockheed Martin, LM)積極推動商業型OTEC電廠開發與利用
- 工研院於2009~2010年間與LM合作，展開MW級OTEC電廠的技術與經濟分析評估
- 根據東部9處海洋溫差潛力場址資料(溫度、海流、波浪、風場、地形、地震頻率、颱風頻率等)以及電力傳輸配送資料(電力變電設施場址、電力輸送規格、輸電距離、台電發電成本等)，LM執行概念設計並分析建廠技術與經濟可行性，研究結果指出優先開發場址為
  - ① 綠島：10MW岸基式(onshore)OTEC電廠
  - ② 金崙外海：100MW浮式離岸(offshore)OTEC電廠

- 建造與均化發電成本，其中岸基式10MW電廠均化發電成本折合台幣約19.5元/kWh、浮式100MW電廠約7.0元/kWh。
- 均化發電成本乃依據首次開發、建造估算，其風險成本佔建造成本的20%(模具、技術研發等成本高)。
- 若商業型OTEC電廠開始擴展建造，技術成本、製造成本及開發風險皆可大幅調降。

MW級OTEC電廠成本分析

淨發電量(MW)	10	100
電廠型態	岸基式	離岸浮式
建造成本*, US\$M	278	1442
均化發電成本(levelized cost of electricity, LCOE) US\$/kWh	0.61	0.22

\*以20年期的貸款利率5.25%為計算基準

摘錄自「海洋溫差發電技術現況與分析(2019)」(張文綺/工研院綠能所)

1 USD = 32.0 TWD/20221020



## 2019年溫差發電處於百kW級示範廠

- 溫差發電可全日24小時穩定發電，適合作為基載電力
- 臺灣東部具備多處優良廠址，乃適合發展海洋溫差發電(OTEC)國家之一
- 韓國、日本與美國夏威夷已建置20~100kW(「瓦」)級岸基式溫差發電示範廠，目前仍持續運轉測試中，但規模小成本仍高

發電種類	2019進度	說明
波浪發電	百kW級示範電廠	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 波浪發電樣式繁多，多數在海上測試破壞失敗，少數達示範運轉電廠。</li> <li>■ 西班牙 Mutriku 電廠(296kW)、韓國 PEWEC 機組(300 kW)、嵎山島複合發電示範廠(525kW)等併網運轉中。</li> <li>■ 瑞典首座MW級陣列式示範電廠已於2018年暫停，待解決極端天候問題。</li> </ul>
溫差發電	百KW級示範電廠	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 溫差發電因地域特性研發案例少，小規模示範電廠發電成本高未具經濟性，大型化規模開發有待突破。</li> <li>■ 美國夏威夷 Makai OTEC(100kW)、南韓 OTEC pilot plant(100kW)、日本沖繩 OTEC(100kW) 示範機組運轉中。</li> </ul>
海流發電	MW級示範電廠建置	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 海流發電以水平軸為主流設計流速3~5m/s，單機容量可逾MW，並進展至陣列示範電廠。</li> <li>■ 蘇格蘭 MeyGen array(4*1.5MW)、中國 LHD 電廠(1.7MW)、法國 Sabella D-10 機組(1MW)、荷蘭 Tocado (1.25MW)、英國 Shetland Tidal Array(3*100kW) 等併網運轉中。</li> </ul>
潮汐發電	百MW級商業電廠	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 潮差夠大才具商業化運轉價值。國際商業運轉潮汐發電廠，平均潮差皆&gt;5米</li> <li>■ 南韓 Sihwa Lake (平均潮差5.6米，集水面積43.8平方公里)為最大潮汐發電廠，總容量254MW。</li> <li>■ 法國 La Rance (平均潮差8米，集水面積22平方公里)為營運最久潮汐發電廠，自1966年迄今，總容量240MW。</li> </ul>

摘錄自「海洋溫差發電技術現況與分析(2019)」(張文綺 / 工研院綠能所)

2019年全球海洋能技術發展狀況



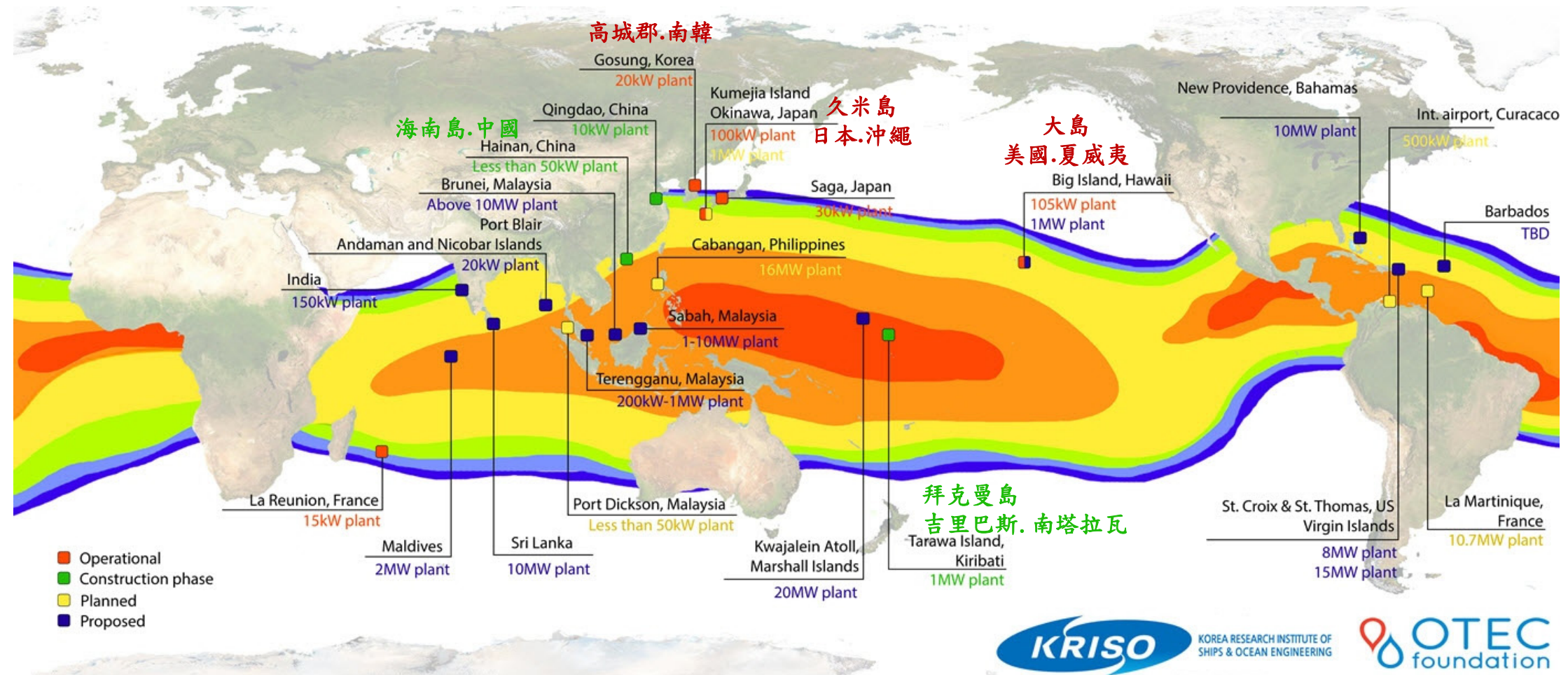
## Active OTEC projects 百瓩級

INNOVATION  
OUTLOOK  
OCEAN  
ENERGY  
TECHNOLOGIES

### 國際再生能源總署(IRENA) 2020報告

Type	Power plant	Subsidiary name	Region	Country	Total capacity (MW)	Active capacity (MW)	Pipeline capacity (MW)	Owner/Developer	Status	Year online
OTEC	Imari OTEC Plant	Imari OTEC Plant	Asia-Pacific	Japan	0.03	0.03			Active	2003
OTEC	NELHA Ocean Thermal Power Plant	NELHA Ocean Thermal Power Plant	North America	United States	0.10	0.10		Makai Ocean Engineering Inc	Active	2015
OTEC	Okinawa Prefecture Ocean Thermal Energy Conversion Power Demonstration Project	Okinawa Prefecture Ocean Thermal Energy Conversion Power Demonstration Project	Asia-Pacific	Japan	0.10	0.10		GOSEA (Global Ocean reSource and Energy Association Institute)	Active	2013

## Present status and plans of OTEC projects



## OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) 百瓩級

國家	計畫	地點	裝置量	狀態
美國	Makai OTEC	夏威夷	100 kW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2015年完成建置</li> <li>• 以40英寸(1m)取620m之深層海水</li> <li>• 以55英寸(1.4m)取914m之深層海水。</li> </ul>

美國



摘錄自「海洋溫差發電技術現況與分析(2019)」(張文綺 / 工研院綠能所)

## OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) 百瓩級

國家	計畫	地點	裝置量	狀態
日本	沖繩OTEC	沖繩	100 kW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100kW示範場(2013)</li> <li>• 612m深；13,000噸/天。</li> </ul>

日本



摘錄自「海洋溫差發電技術現況與分析(2019)」(張文綺 / 工研院綠能所)

## OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) 百瓩級

國家	計畫	地點	裝置量	狀態
韓國	OTEC pilot plant	韓國	20~338 kW	<ul style="list-style-type: none"> <li>1MW 浮動式機組預計 2019年建置。</li> </ul>
	   			 
	 2021 WHITE PAPER OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION OTEC			

摘錄自「海洋溫差發電技術現況與分析 (2019)」(張文綺 / 工研院綠能所)

## OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) 百萬瓦級

### Details

- Scale: 1MW Gross
- Major Components: 1MW Scale Onshore OTEC, Other Combined Uses
- Location: South Tarawa, Kiribati
- Expected Completion: 2022
- Status: Studied | Partially Procured
- Developers: [KRISO](#)



MW-Scale OTEC for Kiribati  
(April 23, 2020)

MW-Scale At Sea Test in Korean Waters, Courtesy KRISO



SOURCE: OCEAN THERMAL ENERGY ASSOCIATION

## Illustration of OTEC's long development and testing history

1881

- 法國物理學家達森瓦 (J. D'Arsonval)
- 最早提出 OTEC 構想



1881 : d'Arsonval



1930 : Georges Claude



1974: Hawaii established Natural Energy Laboratory (NELHA)



1975: NSF OTEC Studies (Lockheed, TRW)



1979: 50 kW Mini-OTEC (Lockheed & Makai)



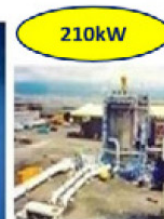
1981: OTEC-1 Test (DOE)



1981: 100kW OTEC Nauru Plant (Toshiba)



1983: CWP At Sea Test (TRW for DOE)



1993: 250kW Open Cycle (PICTHR)

140年



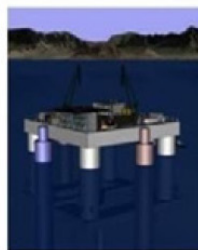
1996-2000: 50KW Hx testing (NELHA)



2000: India 1MW OTEC Plant (NIOT)



2005: Diego Garcia Feasibility (OCEES SBIR)



2007-present: Pilot Plant Design (Lockheed Martin Team)



2011 : 15kW OTEC (DCNS)



2013 : 50kW OTEC Test (Saga Univ')  
100kW In 2016



2013 : 20kW OTEC Pilot Plant (KRISO-OTEC, Korea)

2022 ?



2019 : 338kW Floating OTEC plant (K-OTEC 1000, KRISO, Korea)



2015 : 100kW OTEC plant Grid-connected (NELHA/MOE)

2021 WHITE PAPER OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION OTEC



(Courtesy: KRISO)



# 未來展望與期許

## □ 劣勢

- 由我國海洋溫差發電研發計畫投入分析可知，臺灣海洋溫差發電研發計畫屬短期型與經費規模不高之研究，很難規劃擴展出長期整合型研究

## □ 機會

- 全球溫差發電機組規模百kW~MW級，屬岸基式電廠示範測試階段。小規模示範電廠發電成本高未具經濟性，大型化規模開發有待突破



- 全球尚無商業化運轉之溫差發電廠，OTEC市場尚未被先進國家壟斷，若能加速投入布局，掌握關鍵技術。結合臺灣東部水資源冷熱能源創新整合，將有助於建立深層海水於能源產業之利基，能在未來全球海洋溫差相關產業中取得重要地位
- 臺灣獨特良好自然條件與對自產能源之高度需求仰賴，除離岸風能外，應積極推動已停滯的海洋溫差發電研發
- 訂定OTEC發展目標，投入研發資源，籌建研究團隊，進行整合型計畫。並透過國際合作方式彌補我國技術不足之處
- 待技術成熟並具經濟效益與競爭力時，即可建立商業化之整合型多利用目標之海洋溫差發電產業。



# 感謝聆聽 敬請指教

