

藍金的應用現況與發展

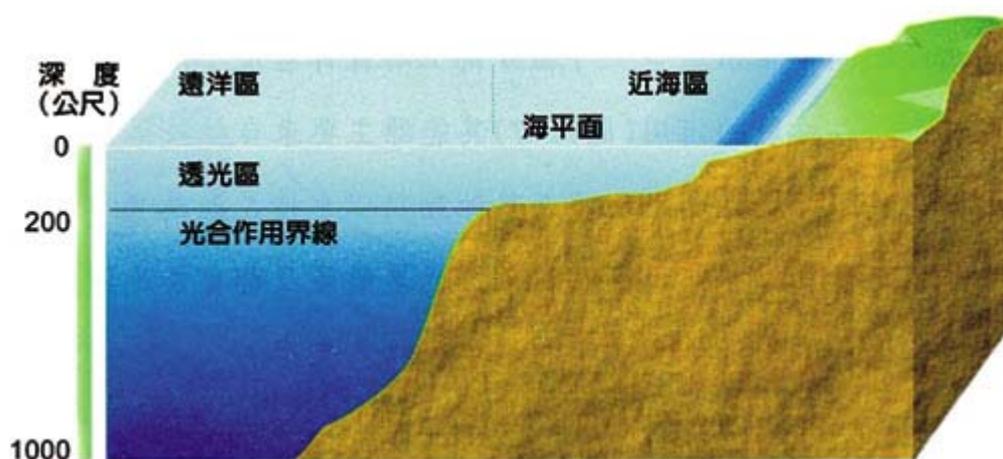
工研院節水團/陳仁仲、溫子文、徐仕昇

海洋深層水因具有低溫安定性、清淨性、熟成性、富營養性、礦物特性，可被多元化的應用於各種產業，產出數倍乃至數百倍的附加價值，故被喻為藍色的黃金，各種數據顯示，藍金或許就是 21 世紀為台灣創造另外一個奇蹟的新興產業。

一. 深層海水之定義

地球給人最直接的印象應該是充滿了大量的海水，但是其中陽光能直接照射到，而經常和我們生活發生密切關係的只佔了 5%，換言之，地球所存在的海水，幾乎都是屬於較深層的海水；多年來，美、日等國已針對海洋深層水所擁有的各種特性，進行各項基礎與應用研究；近年，更步向商業化與實用化，成為世界注目的焦點。

海洋的水溫垂直分佈可分為三層：上層為高溫暖水，深層為低溫冷水，中層為溫躍層，所謂的深層海水指的是溫躍層（受夏季太陽輻射增強的影響，表層水溫逐漸升高，均勻一致的狀態逐漸消失，開始出現微弱的溫度梯度，直至低溫穩定的深層水，這一段海水層謂之溫躍層）之下的海水；海洋深層水為太陽光無法照射到的洋層，即使在夏日的季節亦猶如冬天一般，在上下水層產生了明顯的水溫差（可達 15 ~20 之多），其深度常在 200m 以下，受地形影響，僅台灣東部沿岸及日本、美國等少數地區取水條件較佳。



二. 海洋深層水的特性

海水含有人體不可欠缺的微量元素及維持生理平衡所需的礦物質，這是表層水與深層水共通的，不過，深層水更具有許多表層水所沒有的特性；表層水因為太陽

光可充分照射，消耗無機營養鹽的植物性浮游生物藉由光合作用，所以生長的十分旺盛，有機物亦因此大量產生，當然藉由細菌等微生物的作用有機物亦可被分解成無機營養鹽，不過因為光合成的有機物產生量大出很多，所以表層的無機營養鹽就顯的很少，由於有機物的增加同時也使水質產生了惡化，此外表層水容易受到陸水（河川、陸地表面水、雨水等）大氣的影響，產生了生物性的、化學性的污染。

另一方面，深層海水因為太陽光照射不到，幾乎無法進行光合成作用，所以無機營養鹽不會有任何消耗而保留下來，更加上由表層水沉降下來的有機物亦可被分解成無機營養鹽，所以太陽光照射不到的深層海水水，因為有機物十分稀少，所以清淨度非常高，且無機營養鹽含量十分豐富，更由於深層海水未受陸水、大氣的影響，所以避免了擾人的生物性及化學性污染。



除此之外，海洋深層水更具有表層水所沒有的特性，如水溫整年保持低溫安定的狀態，水質終年維持穩定，與同樣是海水的表層水相較，深層海水具有不可思議的魅力與開發潛力。構成人體的元素約有 29 種類，主要元素為碳素(C)、氫素(H)、氧素(O)、氮素(N)等 4 種元素合計佔了 96.6%左右，其次佔的比較多的主要元素則為鈣(Ca)、鎂(Mg)、鉀(K)等 7 元素約佔 3.4%；再來就是微量礦物質，包括鐵(Fe)、亞鉛(Zn)、銅(Cu)、錳(Mn)、鉬(Mo)、硒(Se)、矽素(Si)、硼素(B)等，約佔全體的 0.02%是維持人體機能不可或缺的要素。這些微量元素為什麼這麼稀少又重要呢？他們在人體運轉機能中扮演了什麼角色？

鐵 (Fe)

體重 60 公斤的人 1 日的需求量約為 10mg - 15mg，體內蓄存量 4.2g 中約 3g 是包含在血紅素中，鐵是人體中運輸氧氣至各器官及造血最重要的元素；依據統計現代女性 90%患有潛在性鐵質缺乏症，血液中的蓄存量若欠缺 1g 以上就可稱之為潛在性鐵質缺乏症，主要症狀為蹲下站立常易昏眩，若欠缺 1.5g 以上則臉色青白，甚至導致無法站立；如今含有鐵分的飲料即稱為健康飲料，但若要產生造血機能則必須有銅元素，鐵與銅之比例為 10:1，深層海水即同時含有鐵、銅兩樣元素。

鋅 (Zn)

體重 60 公斤的人 1 天的鋅需求量为 8mg - 10mg，體內蓄存量 2.3g 中約 90%包含在肌肉、骨頭裡面，濃度最高的為內分泌線，尤其是生殖腺，鋅是情報傳達的因子，擁有 DNA 或 RNA 合成時之重要之重要功能，於細胞之分裂亦扮演重要角色；鋅素有「性的礦物質」之稱，與精液的合成關係密切，最近更證實人體所含鋅的量不足時，男

性的精液會減少，精力亦會因此而減退。

錳 (Mn)

人體一天對錳的需求量約 0.01mg，因為是維繫生殖機能重要元素有「愛情的鹽」之稱，錳亦關係著骨的形成與為維持，也是氧的活性基，亦影響新陳代謝與人體的成長。

硼素 (B)

硼素 1 天的補給量以 1mg 為佳，依據 1987 年及 1989 年國際微量元素醫學會的報告，硼素的攝取不足時，亦導致骨關節炎及骨質粗鬆症，更建議一天攝取 5mg 到 6mg 以達到預防的效果；最近更發現缺乏硼素時、鈣、鎂易從排尿中流失。

碘素 (I)

碘素在人體 1 天的需求量約 0.014~0.033mg，碘素在海水中含量極為豐富，人體中一半的碘素集中在甲狀腺，構成甲狀腺荷爾蒙，碘素欠缺時易影響甲狀腺的機能、導致發育障害、知能血管、侏儒病、脈搏微弱、身體水腫等現象。

硒 (Se)

為半導體業常時用之元素，雖然含有毒性，卻是男性的精子合成時之重要元素；硒同時也具有減輕有機水銀毒性及抑制癌症的效果，並具有維他命 E 類似的功能，合併使用更可提升效益。

換言之，深層海水中除了氯化鈉之外，尚含有 80 餘種微量的礦物質，而這些礦物質亦存在於人體內，若能適量攝取含這些礦物質，必然對人體健康有所助益。深層海水的特性與水質如表 1 與表 2：

▶表 1 深層海水水質特性分析表

低溫安定性	因太陽光照射不到，故能整年保持恆溫低溫常。
清淨性	因屬 200m 以下之深層，故不受陸水、大氣之污染（可避免環境污染影響）、細菌數極少。
富營養性	生物生長不可欠缺的氮、磷、矽酸等之無機營養鹽含量豐富。
礦物特性	重要微量元素及各種礦物質含量豐富。（與維持人體生理平衡所需極為近似。）
安定性	因為在高壓下經年累月所形成，所以性質（特性）安定。

▶表 2 深層海水與表層海水水質比較分析表

分析項目			表層海水			深層海水		
			最高	最低	平均	最高	最低	平均
一般項目	水溫	°C	29.0	16.5	21.0	15.2	10.8	13.1
	pH		8.28	8.11	8.19	7.94	7.7959	7.87
	DO	mg/l	11.71	6.74	8.33	9.72	0	7.28
	TOC	mg/l	4.44	0.99	1.60	1.26	0.68	0.93
	生菌數	CFU/ml	*	103-104	103-104	*	102	
主要元素	Na	%	1.06	0.88	0.97	1.12	0.87	1.00
	Mg	%	0.142	0.124	0.130	0.142	0.126	0.133
	Ca	mg/l	459	398	421	447	402	426
	K	mg/l	421	386	406	448	407	419
	Br	mg/l	95.6	66.6	79.1	100.5	66.8	80.8
	Sr	mg/l	9.50	6.83	7.91	9.71	7.03	8.03
	B	mg/l	5.44	2.28	4.75	5.38	2.28	4.69
	Ba	mg/l	0.079	0.004	0.025	0.170	0.004	0.045
	F	mg/l	0.59	0.37	0.53	0.61	0.34	0.50
	SO	mg/l	3200	2210	2680	3030	2420	2770
鹽類營養	NO ₃ -N	μ g-at/l	4.68	0.32	1.49	35.8	19.4	25.9
	PO ₄ -P	μ g-at/l	1.25	0.11	0.34	2.21	0.66	1.65
	SiO ₂ -Si	μ g-at/l	26.4	N.D	13.6	142.8	0.07	64.2
微量元素	Pb	μ g-l	0.196	0.039	0.099	0.221	0.068	0.111
	Cd	μ g-l	0.031	0.002	0.009	0.036	0.015	0.029
	Cu	μ g-l	0.967	0.176	0.32	0.438	0.081	0.173
	Fe	μ g-l	1.639	0.064	0.371	0.545	0.099	0.281
	Mn	μ g-l	5.34	0.215	1.214	0.26	0.096	0.153
	Ni	μ g-l	0.536	0.133	0.33	0.592	0.198	0.376
	Zn	μ g-l	1.13	0.35	0.66	1.82	0.40	0.71
	As	μ g-l	0.55	0.058	0.33	0.68	0.072	0.41
	Mo	μ g-l	9.77	4.54	7.81	11.35	4.26	7.73

三. 海洋深層水的發展現況

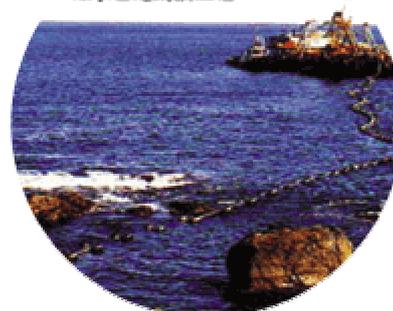
1. 發展條件與發展中國家

發展條件：

(1) 足夠的海水深度

深層海水之取水深度一般都在溫躍層之下，即水下

取水管之鋪設工程



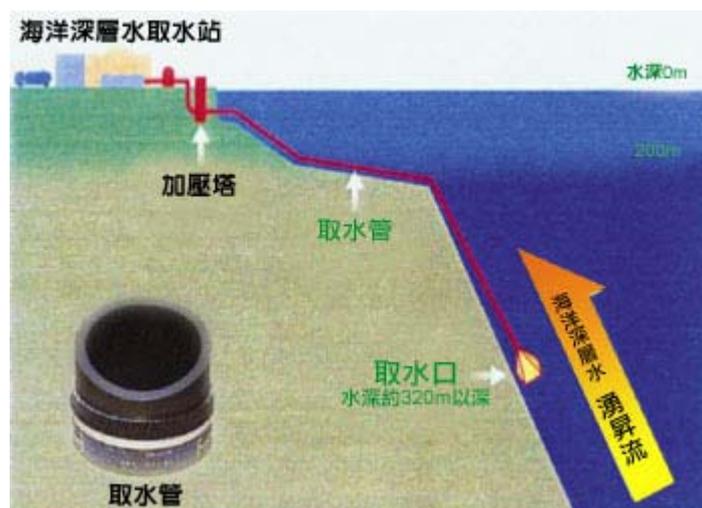
兩、三百公尺深的深度(作為海洋溫差發電用途時，深度更需達 1,000 公尺附近)，水深不夠並不適合發展深層海水事業。

(2) 具有高溫、高鹽的特徵

海水的性質包括海水的各項物理性質及化學性質，內容繁多，牽涉面廣，但最基本的要素是海水溫度及鹽度，具有高溫、高鹽的海域才易顯現溫差效益及深層海水之礦物特性。

(3) 海底坡度需夠陡

海底坡度不大，則鋪設之取水管路必長，不但會增加深層海水之投資成本，且鋪設時之施工難度與營運風險均會相對提高，深層海水取水管的長度愈短愈好。



具潛力國家：

世界上符合以上這些條件的地區並不多，僅日本、美國及台灣的部分地區適合，其中台灣尤其得天獨厚，我們的東海岸不但兼具備這些條件，而且十分優良，曾被美國譽為世界上發展海洋溫差發電的最佳場所之一。

2. 技術發展現況

深層海水的技術主要區分為取水技術與分水技術

(1) 取水與配管

▶表 3 世界上現有深層海水取水管一覽表

設置國家	日本			美國		
設置地點	高知縣 室戶市	富山縣 滑川市	沖繩縣 久米島	夏威夷(大島) Keahole Point		
設置時間	2000	1995	2000	1987	1987	2001
取水深度(m)	374	321	613	619	675	915
取水管內徑(cm)	27	25	28	45	102	140
取水管長度(m)	3,125	2,630	2,500	1,884	1,916	3,124
取水量(m ³ /day)	4,000	3,000	6,500×2	13,800	72,500	155,500
施設費用(US\$)	10M	5M	38M	-	-	12M(含隧道2.8M)

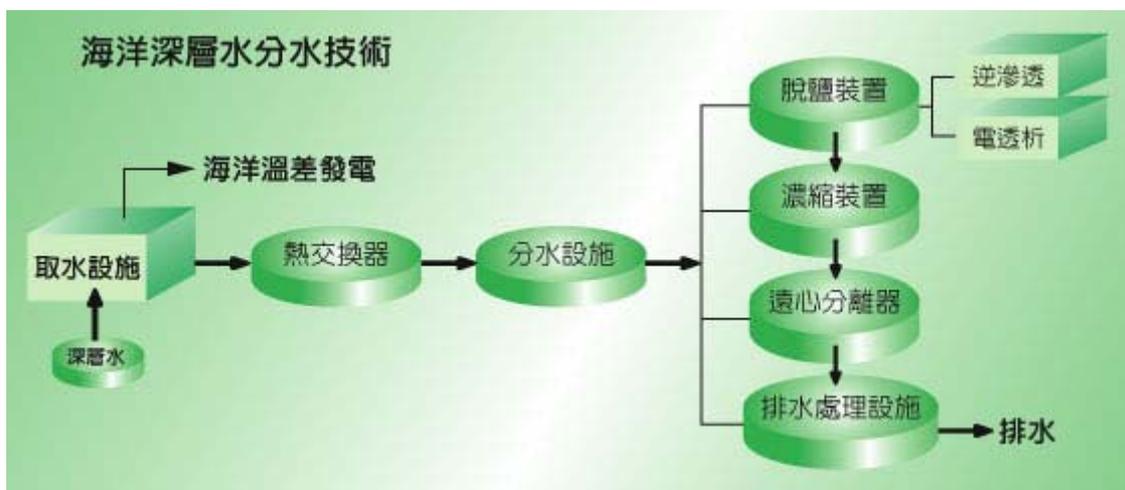
取水與配管是深層海水的重要工程之一，美國與日本是世界上唯一擁有深層海水取水設施製作及鋪放經驗的兩個國家；美國的取水管口徑較大，甚至達 55 英寸以上，而日本則較小，約為 12 英寸左右，美國由於採用支取水管口徑較大所以單位取水成本低，而日本則因管徑較小，故相對取水成本偏高，如表 3 所示，主要是因為日本的水管係以鋼線纏繞強化並加重，所以造價奇高。

(2) 分水技術

依據深層海水使用端之需求，利用水處理技術將深層海水分成三類：即 A 海洋深層水原水(未經任何處理的海洋深層水)、B 脫鹽海洋深層水、C 濃縮海洋深層水(為濃縮約 1.5 倍的海洋深層水)等 3 種類。

而所謂分水就是將由深層海底抽取上來的深層海水，經過逆滲透、電透析、離子交換樹脂及蒸餾法等除鹽技術，再配合貯槽貯存、及馬達加壓等方式配送至深層海水使用點；應注意的是輸送、貯存過程中產生的再污染，或本身因滲漏所產生的環境污染，關鍵的技術為水質、水量與環境監測技術；分水技術與淨水技術最大的區隔在於前者以目標水質做為掌控重點，而後者則以去除率為操作指標。

深層海水之分水售價依分水之種類、水量及是否為深層海水設置城鎮之市民而異，以富山縣為例其分水售價如表 4。



3. 深層海水的產業發展與應用

(1) 深層海水產業發展

美國早於 1984 年就將深層海水的利用產業化，而日本則於 1995 年才開始。兩者先後相差 11 年。由於國情各異，所以發展的重點也不盡相同，美國先朝養殖、生物科技及健康食品方面發展；日本的發展則較多元化，於商品的開發與應用方面更是青出於藍，整體而言，日本在生活化產品之投入較美國為精

▶ 深層海水之食品應用種類繁多



品的開發與應用方面更是青出於藍，整體而言，日本在生活化產品之投入較美國為積極，而美國則在深層海水能源（如海洋溫差發電）研究方面取得領先。

▶表 4 富山縣入善町深層海水分水價目

小使用量者						
區分	海洋深層水(1次)				脫鹽海洋深層水或濃縮海洋深層水(1次)	
	基本使用費用				基本使用費用	
	10公升以下	20公升以下	100公升以下	超過費用 超過100公升	不足100公升 超過10公升	超過費用 超過100公升
町內利用者	100丹	200丹		40丹	100丹	400丹
町外利用者	120丹	240丹	300丹	50丹	120丹	500丹
大使用量者						
區分	海洋深層水(1次)					
	基本使用費用					
町內利用者	1m ³ 以下		超過費用	500丹	400丹	
町外利用者	1m ³ 以下		超過1m ³	600丹	500丹	

台灣在第二次能源危機後，於 1980 年由工研院能源及礦業研究所與台灣電力公司著手蒐集有關海洋溫差發電之技術資料及相關計畫之研訂，但僅止於資料的調查、收集、分析，相較於美日所投入的基礎研究我國顯然嚴重落後。

▶海洋深層水露天溫泉



▶海洋深層水藥浴溫泉



▶美容保養品



▶休閒理療中心



(2) 深層海水之應用

深層海水的多目標利用可歸納為如表 5 之六大類型的用途，茲分述如下：

a. 食品的應用

由於深層海水具有成熟性、富於礦物質的特性及清淨性，故適用於各種飲料水的生產及各種食品的製造等，具有特殊的味道、或可促進發酵，甚至有益於健康。

b. 健康、美容、醫療的應用

因為深層海水具有成熟性、富於礦物質及清淨等特性，故可應用於皮膚炎治療、海洋理療、自然健康食品的製造及化妝品的生產等；它具有滲透性良好及保溼的優點，最近據說在抗老化及抗癌方面亦有突破性發展。

c. 水產的應用

因為深層海水的低溫性、富於營養鹽及清淨性，故可應用於魚、貝、蝦類的養殖、種苗的生產及海藻的繁殖等。舉例來說水槽只要加少量植物性浮游生物，在同樣條件下與表層水相較，約可獲得27倍的生產量；以深層海水繁殖浮游生物的海水，添加入育有各類貝種的水槽後，與表層水相較，幼苗成長速率約快2~4倍。

d. 農業的應用

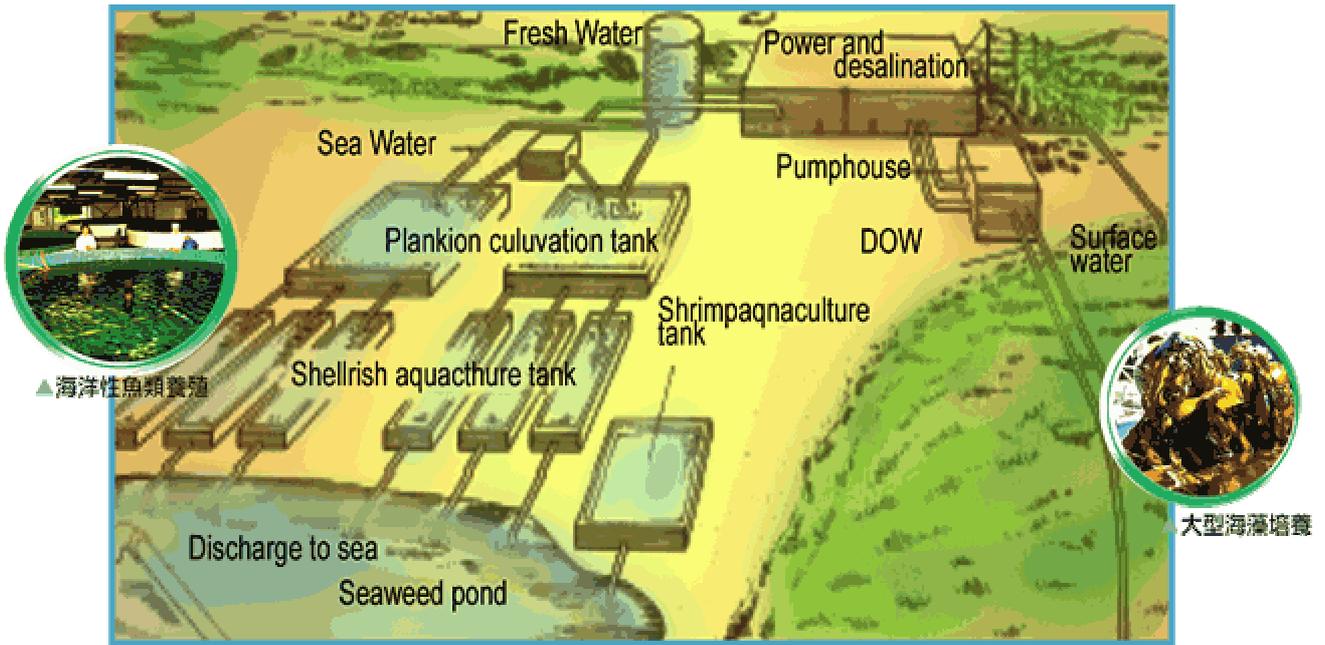
因為深層海水的富於營養鹽及低溫的特性，故適用於低溫植物的栽培、花卉開花時間的調整或水耕栽培肥料的生產等。

e. 資源能源利用

深層海水具有清淨性，故可省去海水淡化過程中之前處理，而達到節省能源及降低操作與建設費用之功效。深層海水由於具有低溫的特性，故利用熱交換原理可應用於房間的空調，作為工業的冷卻水等。利用表層海水及更深層的海水之溫度差(一般大20)則可發電。

f. 環境保護的應用

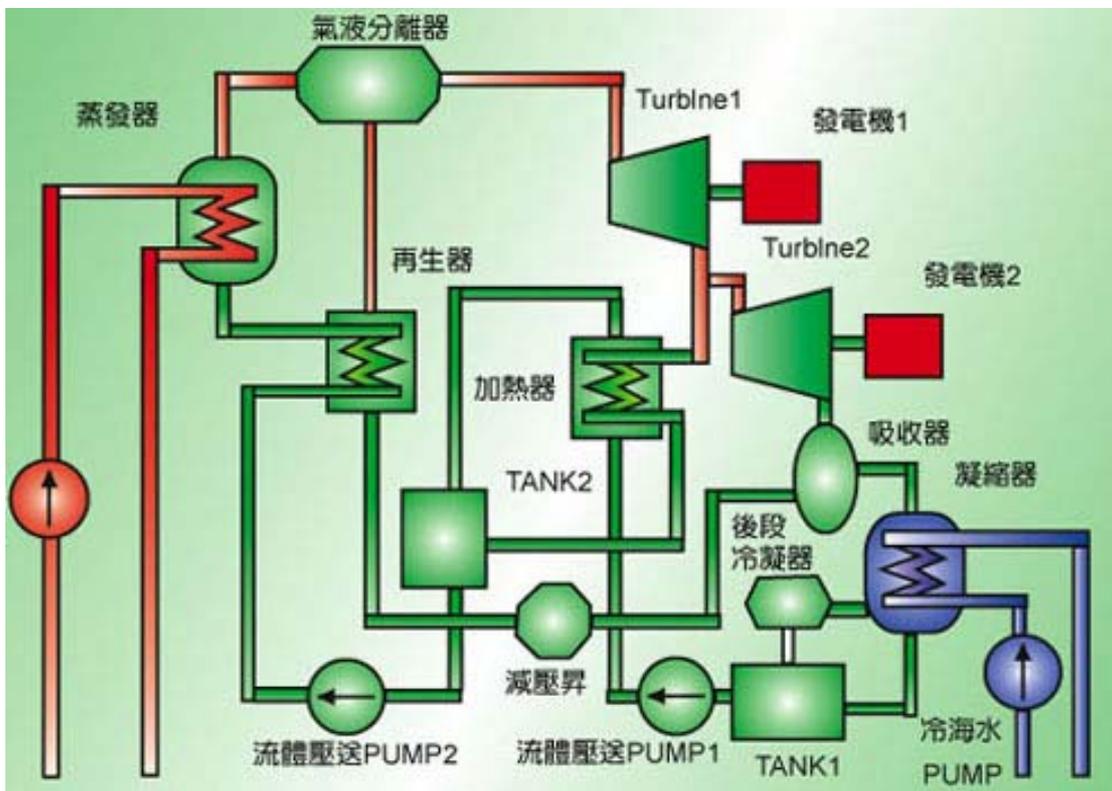
因為深層海水特別富於營養鹽，故利用湧昇流的方法，可使海域肥沃化，有利於海藻類的增殖，不但可以使溫室效應的主要氣體二氧化碳固定化，而且還可達到海水淨化的效果。



資料來源 Deep Ocean Water as Our Next Natural Resource Masayuki Mac TAKAHASHI

四、結語

1. 台灣由於地理環境及海域環境的優越性相當適宜發展海洋深層水產業。



2. 深層海水的基礎研究與應用技術在美、日已經發展成熟，且步入商業化階

段，所以技術的可行性相當高；我國若欲開發深層海水產業，除自行研發或採取技術引進外，應注重基礎研究及技術本土化。

3. 深層海水在發展初期政府部門扮演較為重要的角色，包括先期行性評估研究、規劃設計、土地取得、相關基礎研究、研究設施及取水設施的興建等，幾乎都由政府出資，再透過產、官、學與國外技術引進或合作的方式進行研究、推廣或商品化應用。
4. 產品研究應注重海洋深層水的特性應用，依據日本經驗，以低溫安定性、清淨性及礦物性最具開發研究價值。
5. 由於深層海水多目標利用的產品越來越多，廠商難免會有不實或言過其實的廣告及商品出現，故政府再發展海洋深層水產業時，亦應同時成立產品功能研究單位，使海洋深層水產業能永續經營。
6. 由於深層海水的應用傾向於民生化與多元化的應用，加入生產的廠商既多，難免會有假深層海水之名的偽品出現，所以為了取信於消費者，政府有必要進行商品驗證工作，合格者則貼上品質認證標誌，以利消費者辨識。
7. 由於深層海水是一種新水源，深層海水所衍生出來的則是一種新興產業，現有之法令規定很可能不足、不適、或欠缺，所以必需修訂或制定相關法令，將之納入管理；且由於涉及行業及層面甚廣，參予研訂法令的單位必多，故過程必然繁複耗時，所以發展深層海水產業的同時相關法令的研訂必須更為積極且刻不容緩。

歡迎投稿

「節水季刊」旨在提升國人愛水、惜水與省水的觀念，
在此誠摯邀請您的參與及分享。

- 不論以文字、詩詞、照片、圖畫...以您關懷水資源的情感來表達，因為有您的加入，讓我們台灣的水資源命脈注入一股活泉。
- 文章字數3,000至5,000字（電腦總打請附磁片），圖片或資料請以原稿（註明相關圖說）。
- 請附上真實姓名、身分證字號、戶籍地址（含區、鄉、里）、連絡地址與通訊電話，並寄至：新竹

新竹東路310中興路4段195-6號64館H000節水季刊 編輯部 收收 E-mail 至 slcc@itri.org.tw 即可。

本刊保有刪改權，來稿凡經採用即敬致稿酬。節水季刊 編輯部 敬邀