

低熱落差發電으로서의 海洋溫度差發電

金 錫 賢

(韓國科學技術院 機械工學部 先任研究員)

■ 차 례 ■

- 1. 背 景
- 2. 熱力學 사이클
- 3. OTEC 構造와 立地
- 4. 問題點 및 向後課題
參考文獻

1 背 景

地球表面의 70% 이상을 點하는 海洋은 天然의 太陽熱 集熱器 및 蓄熱器 그리고 再分配裝置로써 큰 역할을 하고 있으며, 反射라든지 蒸發에 依한 大氣로 의 에너지放出을 제외하고도 지구전체가 받는 平均 태양에너지(1.7×10^{11} MW)의 13% 程度를 흡수하고 있다. 特히 남/북회귀선사이 亞熱帶圈의 海洋表面은 비교적 큰 日射強度로 因해 그溫度가 매우 높아(25°C 전후) 500내지 1000m의 海底를 순환하는 低溫의 極海流(약 5°C)와의 사이에 平均 20°C 정도의 溫度差를 形成하기 때문에 發電을 하기 爲한 증기 Rankine 사이클을 構成하기에 매우 적합하다.¹⁻³⁾ 海洋熱에너지는 質的으로 비록 劣等하지만 그 量이 막대하고 에너지의 供給이 無償인데다가 또한 태양열에너지 利用上의 전형적인 문제점인 주·야간, 日氣변동 등에 구애를 받지 않으므로 經濟的 技術的으로 많은 觀心을 끌고있다. 이 概念은 19세기末 프랑스의 科學者 J. d'Arsonval 에 의해 제안되었으며(1881) 海洋溫度差發電(Ocean Thermal Energy Conversion; OTEC)으로 알려져 있다. OTEC 개념은 그후 프랑스인 G. Claude⁴⁾가 1930년 쿠바近海에 22kW 급의 소위 개방형 Rankine 사이클의 Prototype 플랜트를 建립, 試驗한 以後 1970年代의 에너지 파동기를 겪으면서 美, 佛, 日 등에서 이 分野 研究開發에 集中的인 投資가 이루어 졌다.

美國의 에너지省은 本格스케일의 OTEC 플랜트 설계를 위하여 매사추세츠大學(UM), Carnegie-Mellon 大學(CMU) 및 Applied Physics Laboratory(APL)에 400 MW 급의 概念設計를 委託하였으며, 동시에 火力발전소와 경쟁력을 가질 수 있는 정도의 OTEC에 對한 더 細部的인 기술문제와 經濟性分析을 위하여 Lockheed(LMSC), TRW 등의 産業體 研究팀에도 研究費를 投資하였다. 그 報告書들을 보면 20°C 전후의 溫度差에서 作動하는 100MW 이상급의 OTEC 발전시설을 原油바렐당 12달리선의 燃料로 加동되는 화력발전시설의 경우와 比較해서 充分히 경쟁이 될 수 있다는 결론을 내리고 있다.⁵⁾ 따라서 적절한 技術的改善이 이루어질 80年代 中盤까지는 經濟적으로 전망이 있는 OTEC 플랜트의 建設이 可能할 것으로 내다보고 있으며 2000년대에는 세계 전체 에너지 소비량의 일부분을 이것이 擔當해야 할 것으로 기대하고 있다. 한편, 개념의 可能性 立證과 一次의인 加동상태 판단을 위한 50 kW의 mini-OTEC 플랜트가 미국 하와이 근해에서 成功的으로 建造, 加동중 에 있다. 또한 發想지인 불란서에서도 100 MW 정도의 발전시설연구를 위한 技術용역이 進行中이어서 80年代 中반의 實用化를 豫定하고 있으며, 日本에서는 1974년 새로운 에너지源에 對한 연구계발계획인 sun-shine 프로젝트의 發足과 더불어 工業技術院산하의 연구기관 등에서 OTEC 개념에 對한 研究가 進지하게 進行되어 왔다. 特히 “低熱落差發電委員會”라는 새로운 發想방식의 조사 업무를 擔當하는 機構

가 設置되어 各種의 실험조사와 개념설계를 행하고 있으며 電子研究所에서는 1 kW 모델 OTEC플랜트 試作에 成功하였다. 뒤이어 東京電氣設計(株)에서도 그간의 研究경험을 바탕으로 10MW의 모델플랜트를 제작, 性能테스트와 實用化의 문제점을 검토하는 한편, OTEC - 淡水製造設備 - 水産養殖의 複合施設에 對한 연구도 進行하고 있는 것이 注目된다.

2 열역학 사이클

OTEC 시스템은 태양에너지의 集熱 및 축열의 역할을 담당하는 海洋表面의 따뜻한 層(warm layer)와 深海의 차가운 極海流와의 사이의 溫度差를 利用한 熱力學사이클에 基반을 두고 있으며 定性的 觀點에서는 從來의 여러 다른 발전시스템들과 差異가 없으나, 定量的으로 그 차이는 두드러져서 通常의 발전사이클의 境遇 섭씨 수백도의 溫度差를 利用하는데 比하여 OTEC 시스템에서는 溫度差가 고작 20℃ 전후이기 때문에 그 效率은 매우 낮다. 주어진 溫度差에서 作動하는 사이클의 最大可能效率은 理想的인 Carnot 熱力學사이클의 效率式

$$\eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (1)$$

여기서 T_1 : 熱源의 溫度

T_2 : 冷熱源의 溫度

로 주어지는데, OTEC의 경우 20℃程度の 溫度差에 있어서는 6 - 7%의 可能效率이 예측된다. 實際로는 Rankine 사이클의 Carnot 사이클로 부터의 逸脫, 그리고 pumping 損失等을 고려한 熱力學 第2法則效率⁵⁾

$$\epsilon = \frac{\text{(실제 얻은 동력)}}{\text{(최대 획득가능 동력)}} \quad (2)$$

의 값은 1/3~1/2 정도로 알려지고 있어 η_{OTEC} 의 값은 2~3%가 된다. 그러나 이 낮은 效率은 경제성이 나쁘다는 直接指標가 아니라 단지 많은 量의 海水流動이 必要할 것이라는, 그래서 熱交換器의 制限이 커질 것이라는 暗示만을 준다. 海洋에너지源은 反面에 量的으로 매우 풍부하여 경제성문제는 거의 施設에 關한 것만이라고 볼 수 있다.

OTEC 시스템에 導入되는 열역학사이클은 크게 두 가지로 나누어 앞서 Claude 가 적용했듯이 作動流體로써 海水 그 자체를 直接接觸方式의 熱交換器(Direct Contact 또는 DC Exchanger)에서 相變化를 일으켜 구동하는 開放사이클(Open Cycle 또는 OC -

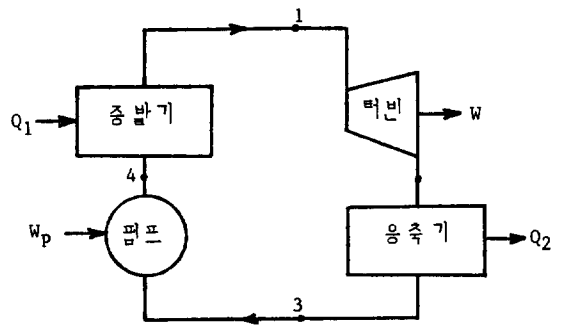
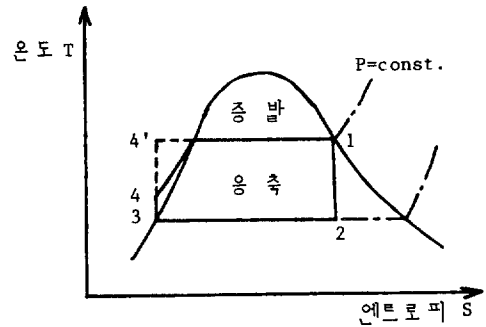


그림 1. OTEC Rankine 사이클

OTEC)과 그와는 다른 適合한 第2의 作動流體(working fluid)를 選定, 使用하는 閉鎖사이클(Closed Cycle 또는 CC-OTEC)으로 大別한다. 두 사이클 모두 液相과 氣相의 相變化(phase change)를 利用하여 증기의 엔탈피(enthalpy) 중에서 有効일(力學的 energy)를 抽出하는 過程으로써 溫度-엔트로피 線圖(T-S diagram)으로 表示한 理想的 狀態變化는 그림 1과 같다. 4→1로 等壓下에서 증발된 作動유체는 1→2의 等엔트로피 팽창과정에서 터빈일을 하게 되며 2→3에서 응축된 후 閉鎖사이클에서는 3→4의 순환펌프를 통해 순환된다. 이같은 증기 Rankine 사이클의 效率은

$$\eta_r = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_3} \quad (3)$$

와 같이 주어진다. 또한 점선으로 延長된 직사각형꼴은 熱機關의 理想형태인 Carnot 사이클을 표시하는데 이 경우의 效率은 식(1)로 주어진다. 여기서 可用溫度差 $\Delta T (= T_1 - T_2)$ 는 플랜트의 위치, 冷海水 取水의 깊이, 季節等에 따라서 차이가 있으나 아열대권의 경우 20℃의 溫度差를 얻는다고 가정할때 이러한 적은 ΔT 에서는 η_r 의 값은 η_c 의 값과 거의 같은 6 - 7%로 주어진다. 그러나 실제의

OTEC 시설에서는 증발기와 응축기에서 要求되는 最小限의 溫度差가 各各 5℃ 정도이므로 터빈에 걸리는 溫度差는 10℃ 정도로 줄어들며 펌프일등을 고려한 순수效率는 식(2)에서 본 바와 같이 더욱 낮아진다. 열교환기의 所要溫度差를 줄일 수록 全體效率는 向上될 것이지만 初基投資비용이나 技術적問題가 뒤따르므로 이에 是 적정한 限界가 存在한다.

폐쇄사이클과 작동유체

그림 2에는 作動流體로써 암모니아를 사용한 閉鎖 사이클의 한 例를 圖示하고 있다. 매우 큰 規模의 증발열교환기에서 작동액체는 溫海水로부터 熱을 吸收하여 증기로 變하며 生成된 증기는 포화액적이 제거된 乾蒸氣 상태에서 터빈을 通過한다. 여기서 배출된 低壓의 증기는 응축기를 통과하면서 冷海水에 열을 뱃기고 最初의 液體상태로 환원된다. 여기에 사용되는 작동유체는 該當된 작은 溫度 및 압력 변화에서 비등/응축의 상변화가 쉽사리 일어나고 熱傳導性能이 좋아야 하며 또한 터빈회전에 충분한 모멘텀을 줄 수 있어야 한다. 작동유체의 적절한 선정은 Rosend⁷⁾가 例示하듯이 閉鎖사이클의 전체성능이나 터빈의 특성設計에 매우 重要한 影響을 미칠뿐 아니라 毒性, 安定性 따위의 관점에서도 신중을 要하는 문제이다. 現在로써는 암모니아, 프로판, 부탄 또

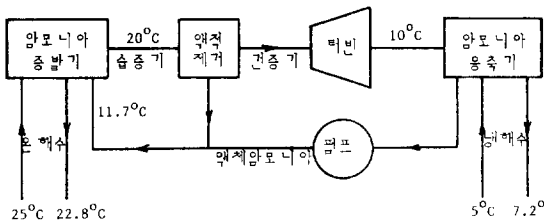


그림 2. 암모니아를 作動流體로 한 CC-OTEC의 一例

는 프레온 (Freon) 등이 작동유체로써 제안되고 있으며 그 特性들이 表 1에 주어져 있다.

美에너지省的 OTEC 개념설계 과제에 參與한 기관들 중에서 UM의 보고⁸⁾로부터 암모니아와 프로판을 작동유체로한 두 경우를 經濟性관점에서 比較할 수 있으며 프로판을 사용한 경우 암모니아보다 독성이나 부식성面에서 良好하나 열교환기 및 터빈에 投入되는 비용이 매우 커져서 送전설비를 除外한 전체경비가 約 40%나 증가된 것을 볼 수 있다. (3장의 表 3 參照). 한편 Lawson⁹⁾ 등은 순수 프로판보다는 프로판-부탄의 混合物를 사용하는 것이 有利하다고 권하고 있으며, 日本東電設計의 Seya¹⁰⁾는 프로판의 검출이 곤란하고 폭발성이 있는點을 지적하여 프레온-22를 使用할 것을 제안하고 있다.

개발사이클과 직접접촉식 열교환기

개발사이클은 海水自體를 작동유체로 使用함으로써 2次的 작동유체의 부식성에의해 야기되는 重要要素들의 材質문제점을 輕減시키고 열역학 제 2법칙에 의거한 시스템效率이 向上되는등 상당한 利點을 가지고 있으나 사용되는 열교환장치나 터빈이 閉鎖사이클의 경우와는 달리 既存技術에의 의존도가 크지않아서 그 발전이 늦추어져 왔다. 최근 數年間 OTEC 문제와는 直接 또는 間接적으로 연결된 DC 열교환장치에 대한 연구가 활발해짐에 따라 OC-OTEC의 관심이 매우 높아졌다. 그림 3에 OC-OTEC 사이클의 一例를 보이고 있다. 이 경우 전체 시스템이 구동溫도의 포화압력에 해당하는 低壓에서 作動하기 때문에 상당한 真空狀態가 되며 海水 증발기에서 발생된 低密度의 수증기가 터빈을 구동하게 되며 이어서 冷海水에 의해 作動되는 直接接觸식 응축기에서 응축되어 排出된다. 表 2는 이미 제

표 1. 몇가지 作動流體의 比較

	암모니아	프로판	R-12/31
비열 [J / kg K]	4.735	2.598	1.006
(괄호안은 증기상태)	(796)	(1.006)	(419)
증발잠열 [J / kg]	1.16 × 10 ⁶	0.33 × 10 ⁶	0.16 × 10 ⁶
재질의 문제	구리 사용불가	대체로 양호	매우 양호
독성 (검출)	심함 (용이)	약함 (곤란)	약함 (곤란)
폭발성	있음	위험	안정
수용성	높음	낮음	매우 낮음

안된 많은 OC-OTEC 개념중 몇가지를 비교한 것이다. 여기 보인 바와 같이 OC-OTEC에서는 터빈의 체원이 상당히 크게되며 DC 열교환기의 기술개발과 함께 터빈의 크기, 재질, 속도등을最適化하는 연구가 중요한 因子가 된다. 그러나 最近의 연구보고들에 따르면 이분야의 기술적문제는 展望이 매우 밝으며, 경제성과 환경문제에서도 CC-OTEC 보다 向上된 시스템이 될 수 있는 可能性을 제시하고있다¹¹⁾. 그림 4에는 DC 열교환기의 형태를 보이는데 噴霧 (spray), 自由落下膜 (falling film), 噴流 (jet), 氣泡 (bubble cap) 등이 가능한 형태이며 증발기의 경우 단순플래싱 (flashing)의 개념을 도입하기도 한다. 이런형태의 交換裝置는 共히 作動液體와 그 증기가 二相의 自由表面에서 直接接觸하면서 熱 및 物質交換을 行한다.

OC-OTEC에서는 한편 高價의 海水淡水化 (desalination) 設備를 兼한 複合시스템을 구성할 수도 있어서¹²⁾ 그 原理가 그림 5에 表示되어 있다. 이경우 응축기는 淡水의 集水장치로써 冷海水가 通過하는 傳熱管上에 터빈을 거쳐온 담수증기를 응축시킨다.

③ OTEC構造와 立地

OTEC 플랜트의 형태는 停止型 (stationary type)

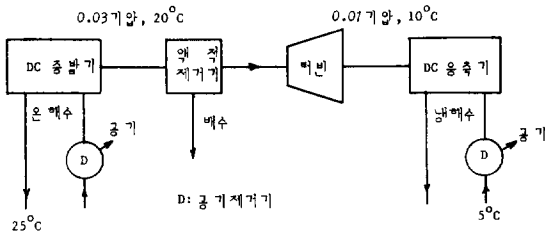


그림 3. OC-OTEC 構成의 一例

海上구조물과 移動形 (movable type) 플랜트船의 두가지 可能한 方法이 있다. 정지형의 경우 구조물의 外觀은 圓材型 (spar type), 球形, 圓柱型등이 있으나 LMSC는 그들의 연구結果 的을 바탕으로 向後 이

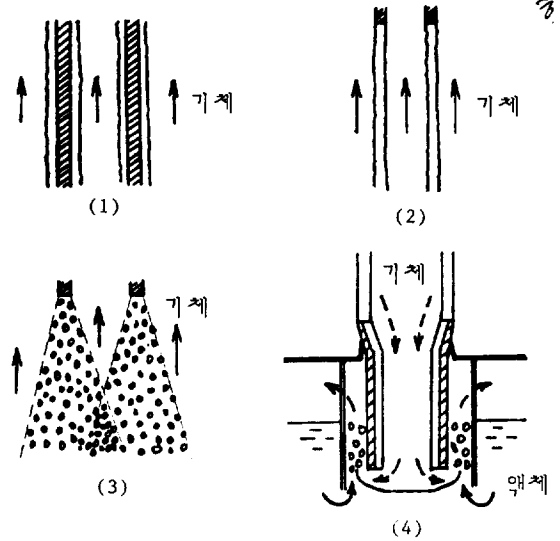


그림 4. 直接接觸式 熱交換器의 流動狀態 (1)液體膜 (2)液體噴流 (3)噴霧 (4)氣泡

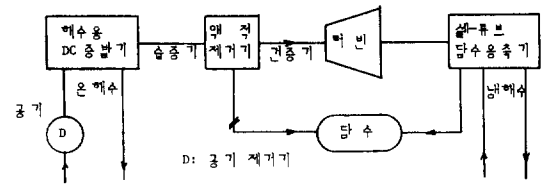


그림 5. OC-OTEC 과 海水淡水化 設備의 複合 시스템

표 2. OC-OTEC의 概念設計例 比較

		Westinghouse	C S M	U M	Hydronautics
시스템 성능	gross [MW]	148	100	100	130
	net [MW]	100	55	59	100
터빈 성능	수	1	8	1	6
	직경 [m]	46	20	72	24
	효율	0.82	0.85	0.93	0.84
	증발기	개수로	기포	액막	액막
응축기	유량 [kg/s]	· 10 ⁵	2.5 × 10 ⁵	1.2 × 10 ⁵	3.9 × 10 ⁵
	형태	셸-튜브	직접 접촉	셸-튜브	직접 접촉
유량 [kg/s]	4.2 × 10 ⁵	1.9 × 10 ⁵	2.4 × 10 ⁵	3.9 × 10 ⁵	

分野의 研究가 圓材型위주로 행해져야 할 것이라고 권하고 있다. 그림 6 은 이형태의 정지형 OTEC 플랜트 설치개념도이다. 이 構造物은 다시 네개 主된 部分으로 나뉘어지는데, 그 첫째는 플랫폼(platform)으로써 全體시스템에 安定된 浮力을 주는 역할을 하며, 또한 運轉要員의 근무공간이 여기에 包含된다. 實際운전시에 海面은 플랫폼上부의 20-30m에 있게되며 所要溫海水는 플랫폼천정의 採水網을 通過하여 吸入된다. 둘째부분은 熱力學的 主要素인 증발기, 터빈, 응축기 그리고 순환펌프를 포함하는 모듈(module)들으로써 각모듈은 地上의 造船所에서 제작조립되어 現場의 플랫폼주변에 設置된다. 셋째로 冷海水採取管은 지름이 수십 m 길이 1000m가 넘는 큰 구조물이되어 높은 구조강도를 가질 것은 물론 그 材質은 海水에 의한 化學³, 電氣的 부식이나 침식작용에 對해 저항성이 좋을 것이 要求된다. 플랫폼과 더불어 이 冷水취수관은 近海海上에서 건조되어 現場으로 예인, 설치된다. 碇泊을 위한 파이프체인과 닻이 마지막 네번째 要素인데 100 MW급의 OTEC 플랜트는 그 重量이 20萬톤이나되며 더구나 1~2천m나 되는 深海에 각종 조류, 파도및 氣流등을 견디도록

碇泊시키는데는 기술적으로 장애요소가 많은 것으로 알려져 있다. 첫째 가능성인 강철와이어와 체인을 이용한 고정碇泊장치는 2천m에 달하는 와이어의 무게가 엄청날 뿐아니라 이런 상황의 技術的 經驗부족으로 문제가 있다. 또한 動的碇泊(dynamic mooring)의 可能性이 있는데 이것은 시스템의 排水를 이용하여 구조물에 作動하는 外力에 대한 相對力을 작용시켜 전체적인 均衡을 유지시킨다는 理論이며 역시 집중적인 研究가 必要한 狀態이다.

表 3은 몇가지 개념설계의 內容들을 比較한 것이

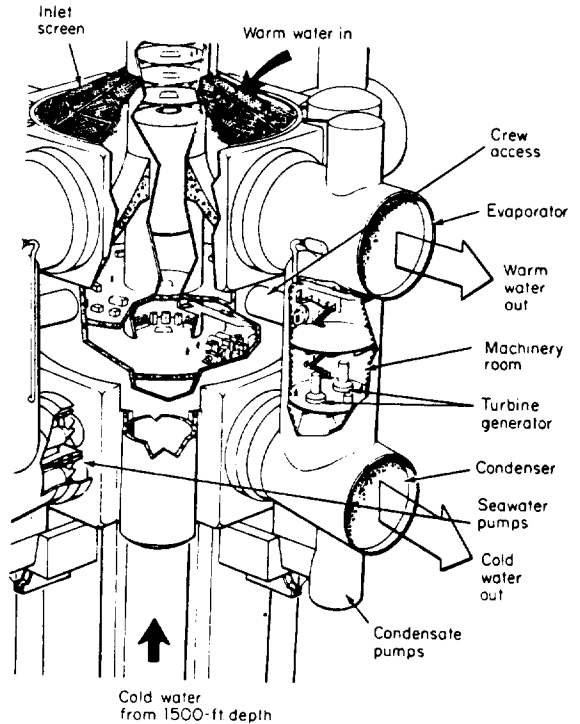


그림 7. OTEC심장부의 詳細圖

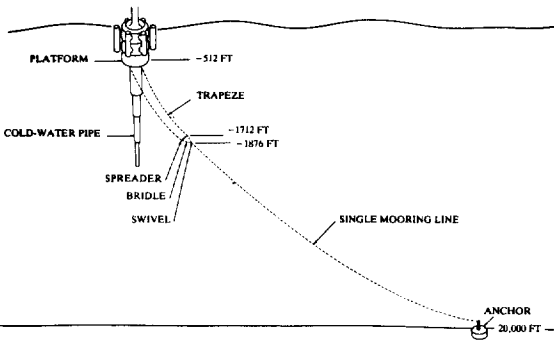


그림 6. 停止型 OTEC 플랜트의 外視

표 3. OTEC 플랜트의 初期投資費 內容

	UM	CMU	TRW	LMSC
가용온도차 $\Delta T [^{\circ}C]$	18	20	20	19
작동유체	프로판 (암모니아)	암모니아	암모니아	암모니아
초기투자비 [$'74\$ / KW$]				
열교환기	340 (254)	280	798	1,479
터빈, 발전기등	179 (100)	282	103	241
냉수취수관	63 (63)	58	198	150
플랫폼	48 (48)	36	490	468
전체경비	630 (465)	656	1,589	2,338

* 암모니아 사이클 환산액임

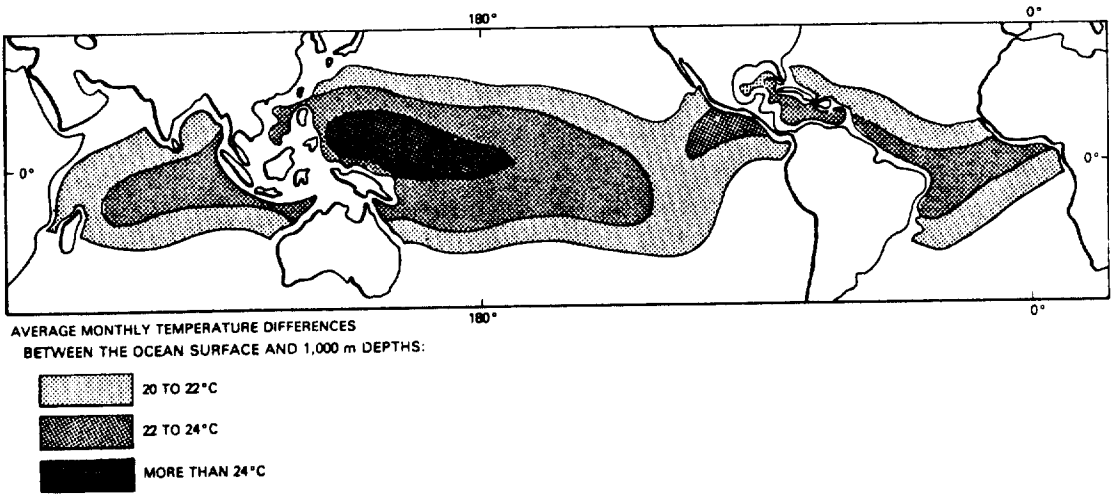


그림 8. 海洋의 平均溫度分布圖

다. 보는 바와 같이 熱交換器의 初期投資費用이 全體시스템의 경제성을 左右하는 중요한 因子이며 이 分野 技術向上이 OTEC의 展望을 決定한다고 보아도 과언이 아니다. Zener는 그의 CMU 연구팀이 개발한 열교환기로서 초기投資費를 大幅줄이고 (1/2 이상 OTEC의 競爭力을 더 높이고 있다고 보고하였다.¹⁴⁾

그림 8에는 대략적인 海水溫度 分布圖를 보인다. OTEC 사이클의 적정한 작동을 위한 最小限의 溫度差를 얻으려면 위도상 설치位置의 制限이 따르고 더구나 電力輸送費의 절감을 위해서는 海岸線에 인접한 (500 Km 전 후) 位置이어야 하므로 OTEC 플랜트 설치가 가능한 위치는 그다지 넓지 않다. 한편 赤道를 包含한 10°緯度帶 (10°N과 10°S사이의 구역)은 그 넓이가 $8 \times 10^8 \text{ Km}^2$ 으로써 平均日射強度가 높고 풍속은 시속 25노트를 넘는 일이 드물며 조류나 태풍에 의한 海上구조물 의 危險性도 적어서 온도차발전에 아주 적합한 條件을 갖추고 있다. APL연구팀에 의해 제안된 移動形 OTEC플랜트船은 最大의 可能한 溫度差를 利用하기 위해서 적도근해등의 좋은 立地조건을 갖춘 곳을 운항하면서 가동시키는 海上構造物이다. 플랜트船 發電의 열역학적 구조는 정지식의 그것과 同一하며 當初 APL의 제안내용은 암모니아를 作動유체로하는 CC-OTEC이었다. 이 동형플랜트의 개념은 큰 온도차의 에너지 채취와 機動性의 長點에도 불구하고 國際法上 그리고 환경보전의 観点에서 先決되어야 할 問題가 있다.

이동식인 境遇는 물론 정지식 OTEC 플랜트의 경우에도 生産된 전력의 송전에 所要되는 비용이 엄청

나고 위험성이 따를 뿐아니라 많은 電力損失이 예상되기 때문에 生産된 電력을 利用한 제품生産을 効果적으로 連結시키는 方案으로 제시된 것이 "In-situ" 生産라인의 개념이다. 이것은 OTEC 플랜트의 구조물상에 에너지집약형 生産설비를 同時에 갖추어서 生産된 電력을 現場에서 능률적으로 利用하자는 것인데 여기에는 세가지 범주의 형태가 있다. 첫째는 生産된 電력과 전력생산의 副産物의 결합, 이를테면 海洋魚類의 營養분이 많이 농축되어있는 冷海流의 排水를 利用하여 수산양식이나 바이오매스 (bio-mass)의 배양을 하는등의 일이고, 둘째는 現場에서 쉽고 값싸게 求할 수 있는 原料(예를들면 공기, 마닷물,

표 4. In-situ 生産可能設備

범주	내용	비고
I	淡水 생산	OC-OTEC
	水産養殖	어류, 패류, 해양단백질
	bio-mass 생산	메탄, 비료, 탄산가스
	H ₂ 생산	담수의 전기분해
II	N ₂ 생산	공기의 액화
	암모니아 생산	수소 + 질소
	메타놀 생산	수소 + 탄산가스
	Mg 생산	MgCl ₂ + CaCO ₃
III	Al 생산	
	重水 생산	
	우라늄 농축	
	실리콘 정제	
	석탄 액화	
	기타	

海床의 Limestone 등)를 전력으로 加工하여 부가가치가 높고 운반이 便利한 製품을 만드는 일이며, 製程上에서 운반된 原資材의 전기가 많이 소모되는 加工工程(例를들면 알루미늄생산)을 현장에서 행하는 일등이다. 表 4에 이러한 범주內에 實用化 可能性이 있는 案들이 정리되어있다.

4 問題點 및 向後課題

OTEC 시스템을 이용한 전력생산의 經濟性은 立地條件에 따라 변동이 크다. 지역에 따라 化石燃料의 가격이 다르고 또 海洋에서 얻을수 있는 溫度差도 달라지며 近海의 海床구조에 따라 플랜트 설치위치 및 송전선길이가 차이가 생기므로 初期投資액이 경우별로 달라진다. OTEC 시스템의 成功을 위해서는 앞으로도 相關技術분야의 연구개발을 통한 끊임없는 改善이 요망된다. 여기에는 政策的문제의 연구(법적문제, 妥當性문제등), 시스템에 關한 연구 그리고 구성요소별연구등이 포함되겠는데 表 5는 그중에서 OTEC 要素에 關連되는 必修研究分野를 나열한 것이다.

한편 OTEC 이 自然환경에 미칠 잠재적인 影響力에 關해 점차 논의가 많아지고 있으며 安全策의 조사연구가 進行되고 있다. OTEC 플랜트가 發生시킬 가능성이 있는 문제點들을 列挙하면 다음과 같다.

가) 海水混合: 不適切한 排水로 因하여 海洋의 溫度分布와 鹽度分布를 파괴시킬 可能性

나) CC-OTEC의 열교환기의 부식으로 인한 구리, 니켈, 티타늄등의 중금속방출

다) 열교환기 면의 오염방지를 위한 藥品사용으로

인한 生態界과괴 가능성

라) 作動流體의 누설로 인해 有毒物質生成

마) 海面의 熱을 흡수함으로써 氣象變異를 招來할 可能性

公海上의 海水를 利用할 權利와 제한조건에 關한 논의가 1977년의 海洋 Conference 를 通하여 公式的으로 제기되었으나 아직 分명한 答을 주지 못하고 있다.

OTEC의 本格的 實容化는 上記 技術的, 法的 문제가 先決과제로 남아있기는 하지만 지역에 따라서 領海內의 實용化는 앞당겨질 전망이 크다. 一部 선진국에서는 OTEC 기술의 첫번째 市場으로써 自國이 아닌 열대/아열대권의 국가를 노리고 있는 點¹⁰⁾도 주목할 만하며 우리나라도 기술水準의 先進化와 함께 이러한 分野의 국제적 '기술책임'을 느낄 단계가 되었다.

한편 OTEC 技術의 波給效果도 크게 기대되는데 OTEC 과 비슷한 형태의 熱源으로써 火力 또는 원자력발전소로부터의 溫排水를 利用하는 것이 그중 하나이다. 이 경우의 배수는 通常 海面보다 5℃이상 높은 溫度로 放出되고 있어서 深海의 冷熱源채취가 가능한 경우 적합한 二重사이클(binary cycle)구성이 가능하다. 이것을 "電力排熱利用 溫度差發電"이라고 하는데 OTEC에서 확립된 各種技術을 그대로 導入利用할 수가 있다. 이로써 主발전시설에 5%前後의 出力증가를 기대할 수 있는데 이것을 通해 溫排水로 인한 生態界과괴등 公害문제까지 해결할 수 있어 일거양득이라 할 수 있겠다. 또한 前述한 바와 같이 海水淡水化의 設備라든지 水産養殖의 문제, 그리고 海洋구조물과 고성능 열교환기등에 대한 技術畜積效果도 매우 크다 하겠다.

표 5. OTEC要素에 對한 技術적 要로

범	주	요	소	영
혁신적 기술을 위한 연구개발이 필요한 분야		증	발	기
		응	축	기
집중적인 연구가 요청되는 분야		부	식	문
		터	빈	
		냉	수	채
		수	관	
연구노력이 요하는 분야		정	박	기
		술		
		송	전	기
		작	동	유
		발	전	기
		순	환	펌
오	물	제		
축	정	및		
제	어			

參考文獻

- 1) US Dept. of Navy, *Energy Fact Book*, Tetra Tech Inc., Virginia, 1979
- 2) Harding, S., "The Offshore Thermal Energy Conversion Program", *California Engineer*, pp. 7-10, Oct., 1980
- 3) Constans, J., *Marine Sources of Energy*, Pergamon Press, NY, 1979
- 4) Claude, G., "Power from Tropical Sea", *Mech. Engr.*, Vol.52, pp. 1039-1044, 1930
- 5) Whitmore, W. F., "OTEC: Electricity from the Ocean", *Technology Review*, pp. 58-63,

Oct., 1978

6) Carlson, T. C. G. and W. P. Goss, "OTEC - a Comprehensive Energy Analysis", *Mech. Engr.*, Vol. 102, pp. 32 - 39, 1980

7) Rosand, D. D., "Working Fluids and Turbines for OTEC Power Systems", Winter Ann. Meeting of ASME, San Fransisco CA, Dec. 1978

8) McGowan, J. E. and W. E. Heronemus, "Gulf Stream Based Ocean Thermal Power Plants", *AIChE* paper 75 - 643, 1975

9) Lawson, C. A., et. al., "Sensitivity Analysis for OTEC Propane and Mixture Cycles", Joint Conference of Int'l. Solar Energy Society, Winnipeg, Aug, 1976

10) 瀬谷 胖, "海洋温度差発電", 火力原子力発電 (日本), Vol. 29, No. 10, pp. 40 - 49, 1978

11) SAI, A Proposal to Provide OTEC-OC Concept Demonstration, Scientific Appl. Inc.,

1979

12) Othmer, D. F. and O. A. Roels, "Power, Fresh Water and Food from Cold Deep Sea Water", *Science*, Vol. 182, No. 4108, pp. 121 - 125, 1973

13) Scott, R. J., et. al., "Concept Developments for OTEC Platforms", *Marine Technology*, Vol. 17, No. 1, p. 56, 1980

14) Zener, C., "A Comparison of the Economics of Nuclear and Solar Power" Winnipeg, Aug. 1976

15) Richards, D. and L. L. Perini, "OTEC Pilot Plant Heat Engine", Proc. 11th Ann. Offshore Technology Conf., Houston, Texas, Apr. 1979

16) Lavi, A. and C. Zener, "Plumbing the Ocean Depth: a New Source of Power", *IEEE Spectrum*, pp. 22 - 27, Oct. 1973



< p.46 에서 계속 >

emy of Sciences, Washington D.C.(1979)

3) Zinder, S. H. American Society for Microbiology News 50 : 294 (1984)

4) Samways, M. World Crops, 9 : 181 (1979)

5) Pimieniel, Z. Biotech. Bioeng. 22 : 1989(1980)

6) Maiorella, B., C, R, Wilke and H. W. Blanch "Advances in Biochemical Engineering" 20:43

(1981)

7) Emert, G. H. and R. Katzen, "Biomass as a Nonfossil Fuel Sources", ACS, Washington D.C. (1981)

8) 한문희, 科學과 技術 9 : 35 (1979)

9) 이용현, 遺傳工學 8 : 12 (1984)

10) 이영일, 科學과 技術 17 : 26 (1984)