

海洋溫度差를 利用하는 發電의 原理와 實態

紹介의 말

地球上의 에너지源이 現在는 石油에 配달리고 있다. 그러나 石油資源도 머지않은 장래에 竭어지리라는 不安한 예측이 감돌고 있다. 그렇지 않아도 石油生産國과 消費國간에는 73年 이래로 심각한 갈등과 不安이 지속되고 있는데 그 對策으로써 先進國 科學者들은 에너지 轉換開發을 위하여 心血을 기울여서 연구하고 있다. 原子力發電은 이러한 側面의 큰 役割을 담당하는 것이라 하겠으나 이에 따르는 公衆防止를 위한 再處理 問題가 국제적으로 심각하게 擡頭하고 있다.

여기 오래전부터 構想되어 오던 無限定한 에너지源이 될 수 있는 太陽熱의 에너지化 安定化 利用이 研究 檢討되어 왔던 것이나 요즘은 海洋溫度差를 利用하는 發電方法이 實用段階에 접어들고 있다는 實驗結果의 기본 소식이 전해져 오고 있다. 그 無窮無盡한 量과 安定 그리고 無公害는 정말로 人類福祉의 永遠한 恒存 이라는 놀라운 期待가 아닐 수 없다.

이 論文은 日本의 工業技術院「선샤인」(太陽熱) 計劃 推進本部 技術者 水谷八郎戈가 日本電氣協會 雜誌 77. 5月號에 發表한 것을 編譯轉載한 것이다.

1. 머리말

에너지는 모든 社會的, 經濟的 活動分野에 있어 가장 基礎的인 것으로 社會의 發展에 따라 그 消費가 增大해가는 것이다.

薪炭에서 石炭에, 石炭에서 石油으로 커다란 變化를 가져왔고 그래서 大量消費에 適合한 에너지源에도 變

화이 敢行되었다.

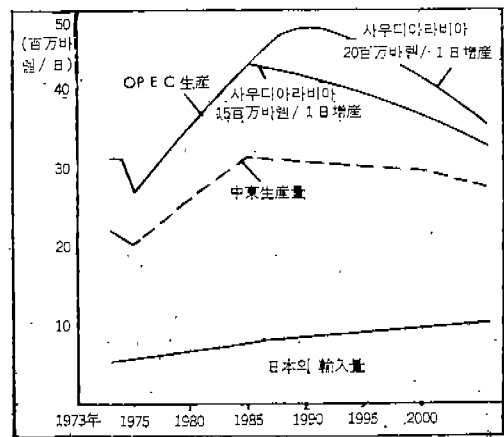
그 石油가 全世界 에너지 供給의 50%가량, 우리나라(日本)에서는 70% 以上을 차지하고 있었다.

그것이 1973年의 石油危機에 直面하게 되자 이 에너지 資源의 大量消費者인 先進工業國에 큰 衝擊을 안겨 주었다.

이것은 中東에 있어서의 產油國間의 事情을 背景으로 하여 突起한 것이기는 하나 이로 因하여 오늘날의 에너지 問題는 全世界로 하여금 더욱 複雜한 禍中에 몰아넣고 있다.

그러면 今後 世界의 石油의 供給狀況은 어떻게 될 것인가? 궁극적으로 石油의 可採埋藏量의 推定이나 新規發見템포의 展望과 產油國에 있어서도 必然적으로

圖 1. 石油의 生産과 輸入의 豫測例



堪考할 수 있는 政策的 처리 등을 생각하여 自由世界에 있어서의 生産「피이크」를 1980~1990年代로 보는 것이 有力한 見解라고 하고 있다.

石油生産과 輸入에 대한 豫測의 例로 <圖 1>에 표시해 본다.

이에서 보면 中東諸國을 비롯하여 石油의 海外依存度가 높을뿐만 아니라 장내의 에너지 需要增加의 豫見이 짚어지는 우리나라(日本)에서는 石油와 같은 化石燃料에 代替하는 새로운 에너지를 探求해 가는 것이 當面한 課題가 아닐 수 없다.

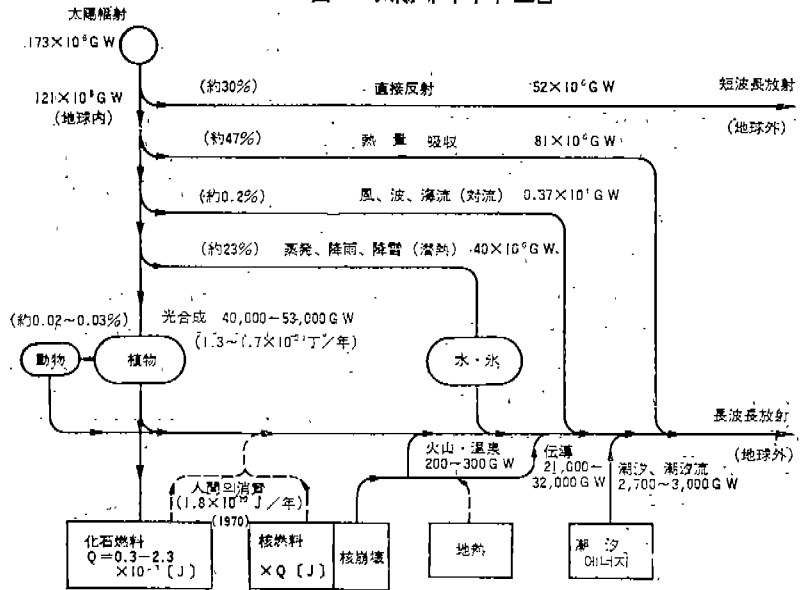
現在로서는 代替에너지로서 可能性있는 追求方向은 原子力의 開發, 石炭, 「산드오일」과 「세엘오일」의 에너지 利用「시스템」에의 適合化, 그리고 太陽에너지, 地熱에너지 등과 같이 大自然에 存在하고 無限히 循環

시켜 更新하고 또 更新시킬 수 있는 에너지를 利用할 수 있는 技術開發이 절실히 요망되는 것이다.

이런 에너지源들은 各各 開發의 歷史를 가지고 實用化에의 道標를 바라다보고 前進하고 있는데 특히 太陽에너지에서는 그 容量과 密度를 크게 하고 그 위에 安定된 에너지에로 變換시키기 위한 組織인 技術開發을 着手한지 日淺했다. 그러나 에너지 資源의 多洋化, 에너지의 效率의 使用 그리고 에너지의 取得과 使用에 臨하여서의 「크린」性的 維持 등을 背景으로 해서 이의 研究開發이 되어가는 方向은 注目할만한 것이다.

여기 論題가 된 海洋溫度差를 利用하는 發電은 곧 이 太陽에너지의 巨大한 海洋의 熱에너지를 利用하려고 하는 것이다.

圖 2. 太陽에너지의 흐름



4. 太陽에너지와 海洋에너지

太陽에너지는 人類의 에너지 消費와는 관계없이 地球上에 내려찍이는 巨大한 에너지로서 모든 生命活動의 근원이 되고 있다. 太陽에너지의 흐름을 圖 2에서 나타내고 있다.

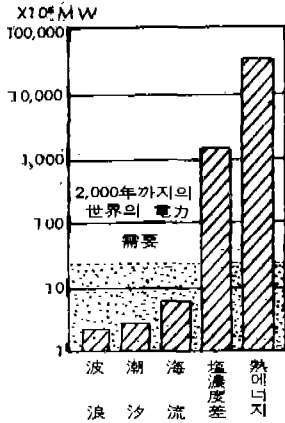
地球上에 도달하는 에너지의 약 47%는 熱로서 吸收되나 그의 70% 以上이 海洋을 건넌고 있다는 것이다. 全地球的 規模에서 볼 때 海洋에너지 全般的 潛在資源

量에 對하여 見積해본 例를 圖 3에서 보기로 한다.

이 보기에 따르면 海洋熱에너지는 $40 \times 10^6 \text{ MW}$ 가 存在하여 서기 2000년에 있어 全人類가 必要로 하는 電力 $33 \times 10^6 \text{ MW}$ 를 훨씬 超過하는 値가 되어 例를 들면 海洋熱에너지의 약 3%를 變換效率 3%로서 使用하면 되는 것으로 示現하고 있다. 이 見積은 다른 資料에 比較해 보면 여간 큰 것이 아니다 潛在量으로써는 可能性을 示唆한 하나의 尺度가 될 것이다.

다른 豫測으로써는 海洋溫度差發電可能量으로써 10^7 MW 또는 10^8 MW 라고 하고 있는데 이 値로서도 人類

圖 3. 海洋에너지의 潛在資源量



가 必要로 하는 電力을 充足할 수 있는 「오-드」가 될 수 있다는 것을 알 수 있는 것이다.

그러나 上記한 數値는 潛在「포텐셜」을 나타낸 것으로써 現實적으로 잡을 수 있는 에너지量으로서는 氣象 海象과 더불어 生態系 등의 環境에 주어진 「인팩트」를 評價해서 그 위에 決定되어야 할 것이다.

3. 海洋溫度差發電의 原理와 歷史

海洋溫度差를 利用한 發電은 太陽에너지에 의해서 供給된 그 에너지를 貯藏하고 있는 海洋의 表層海水를 溫熱源으로 하고 極地에서 還流하고 있는 深度 500~1,000m의 添層冷水를 冷熱源으로 해서 그 사이에 熱機關을 適用함으로써 에너지를 따내는 技術의 作動인 것이다.

이 原理는 1881년 物理學者 Jacques Arsène d'Arsonval(佛)에 의해서 提案됐다. 그는 <圖 4>에 나타난 바와 같이 熱帶地方에 있어서 海洋水溫의 垂直分布狀態에 着眼하여 그 溫度差를 發電에 利用할 것을 提案했다.

1926년 G. Claude와 P. Boucherot는 <圖 5>에서 나타난 바와 같이 實驗裝置를 使用해서 海洋溫度差의 原理를 公開實驗으로써 證明함과 同時에 熱帶地方에 있어서의 陸上設置에 의한 海洋溫度差發電體系를 提案했다. 그 위에 1930년에 G. Claude는 「큐-바」島에 22Kw의 發電에 成功했다. 그러나 40Kw用 取水配管이 暴風으로 인해 流失되는 바람에 이 모처럼의 開發推進의 挫折되고 말았다.

그後 1948년에는 「프랑스」의 海洋에너지開發公社가 7,000Kw의 「토오탈시스템 플랜트」의 建設을 「아프리카」의 象牙海岸에서 開始했으나 深海取水管의 事故로 因해서 中斷하고 말았다.

以上の 發電方式은 <圖 6>에 나타난 바와 같이 「오피스사이클」 또는 G. Claude에 보듯이 「클로오드사이클」이라고 불리고 있으나 溫海水自身을 蒸氣로 할 수 있는 壓力까지 減壓해서 「푸랏슈」蒸發하거나 凝縮시켜 「터어빈」을 돌린다. 따라서 動作壓力이 0.04kg/cm² 程度로 적고, 「터어빈」口徑과 低損失化 때문에 配管이 너무 크게 되는 缺點이 따르게 된다.

圖 4. 熱帶地方에 있어서의 水溫의 垂直分布

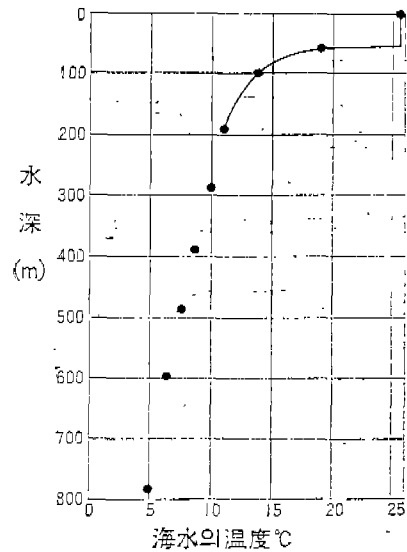


圖 5. G. Claude와 P. Boucherot의 實驗裝置

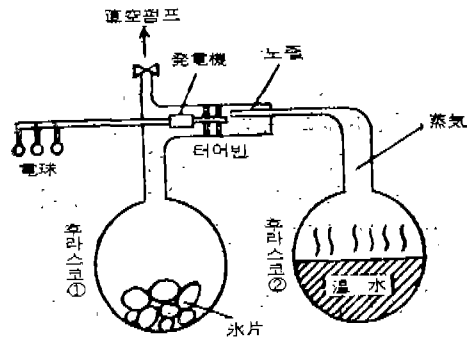
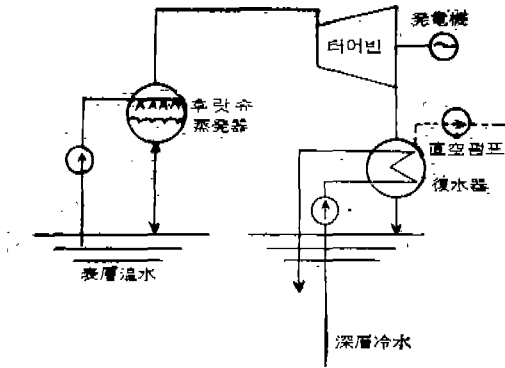
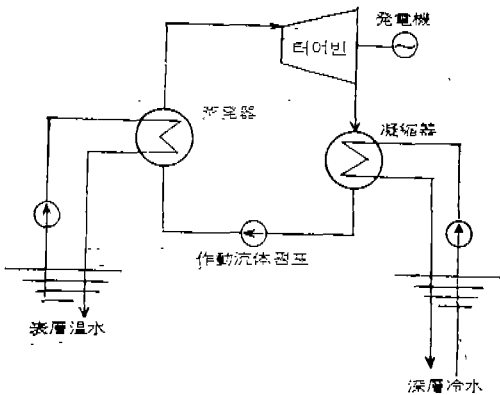


圖 6. 오픈사이클(클로오드사이클)



이에 반해서 N. Artsay는 亞硫酸가스를 作動流體에 사용하여 裝置의 少型化를 提案했고 1975年 J.H. Anderson 등은 「푸로판」을 作動流體로 하는 海上浮游型 發電方式을 考案했다.

圖 7. 클로오드사이클(란킨사이클)



이 방식은 (圖 7)에 나타난 바와 같이 「클로오드 (란킨) 사이클」이라고 불리며 海水의 熱을, 蒸氣壓이 높고 比容積이 적은 푸로판, 암모니아, 푸른 등의 作動流體에 옮겨 蒸發시켜 深海의 冷水를 作用시켜 凝縮시켜 그의 사이에 「터빈」을 裝置해서 發電하는 방식이다.

實驗例은 아직 적으나 海洋溫度差發電의 主要한 方式으로 考案되어 研究開發의 主對象이 되고 있다.

研究開發의 主力은 프랑스에서 아메리카로 넘어갔다. 日本에서도 1971년부터 調査를 始作해서, (財)餘

暇開發센터에서는 南太平洋에 適用한 1,500Kw級 發電 플랜트의 設計를 檢討하고 있다.

그 위에 1974年에서부터는 「선사인」計劃(新에너지技術開發計劃)에 있어 그의 實現可能性 與否가 檢討되고 있다.

4. 海洋溫度差 發電「시스템」

開發의 特徵

海洋溫度差發電「시스템」은 太陽을 에너지源으로 해서 海洋에서 생기는 極히 작은 溫度差를 利用하기 위하여 몇가지 特徵을 지니고 있다.

첫째로 低溫度差發電사이클에 있어서는 低溫으로 氣化해서 斷熱膨脹 作業이 効率 좋게 이루어지도록 하는 作動流體를 必要로 하는 것이다. 그로 因하여, 가스比容積이 적어져서, 주어진 溫度範圍에 있어 單位體積當 熱落差를 크게 取得할 수 있는 것과 同時에 安定하고도 安全한 低沸點 媒介體를 作動流體로 해서 活用하여야 하는 것이다.

둘째로 「란킨사이클」로 되어 있기 때문에 蒸發點, 凝縮器, 「터빈」과 「펌프」가 「사이클」을 構成하는 主要한 「컴퍼넌트」가 될뿐만 아니라 특히 低溫度發電사이클에 있어서는 熱交換器에서 採낼 수 있는 溫度差가 極히 小量으로 制限되어 있는 까닭에 出力當의 處理水量, 따라서 裝置容積을 不可避하게 大型化하지 아니할 수 없는 弱點이 있다.

그러므로 蒸發器와 凝縮器로서 이루어진 熱交換器가 負擔하는 總建設費 및 裝置全體의 容積에 對한 影響이 過大하여 從來의 것에 比하여 越等하게 큰 熱通過係數를 가지게 되는 熱交換器의 開發이 要求되고 있다.

熱通過係數의 增大는 傳熱面의 減少를 招來하여 「플랜트」의 小型化가 可能하게 되므로 經濟性이란 點에서도 有利한 뿐 아니라 壓損에 있어서는 低下시킬 수 있어 所內의 動力을 減少시켜 다시 말하자면 送電端 出力의 增加가 達成된다.

따라서 海洋溫度差 發電의 實用化가 成功하는 與否의 兪쇠는 먼저 熱傳達係數가 飛躍的으로 커지는 熱交換器의 製作이 可能한가의 與否에 매달려 있는 것이라고 말할 수 있을 것이다.

또 하나의 重要한 「컴퍼넌트」는 深海冷水의 取水管인데 大口徑으로써 길이가 數百m에 達하는 配管을 海洋中에 敷設하려면 材料, 構造, 設置等에 關해서 許多한 技術的 困難을 克服하지 않으면 안될 것이다.

表 1. 海洋溫度差發電시스템의 構成

構 成 要 素	必 要 性 能	開 發 上 의 問 題 點
作動流體	常溫附近에서 「엔탈피」落차를 크게 잡는다. 壓小, 熱傳達大, 化學的으로 安定	熱사이클의 選定. 現想的 流體는 없음. 重點을 定해서 選拔할 必要가 있다.
熱交換器 { 蒸發器 콘덴서	熱通過率이 큼. 溫度落차가 적음($\leq 2^{\circ}\text{C}$). 海水耐蝕性大, 生物付着少, 保守容易, 長壽命, 低價格, 壓力損失少	相變化에 따르는 熱交는 理論的으로는 1桁以上 熱傳達改善可能. 이것으로 工業生産도 可能하고 低價格化를 도모함.
터빈發電機	高터빈效率(7.80%) 리크없는 軸封.	非水蒸氣터빈은 經驗이 적음으로 實驗機가 必要. 터빈效率向上.
取水管 { 溫水側 冷水側	長尺(>500m), 大口徑(<3m) 管壁熱傳達少(冷水溫度上昇 0.5°C 以下). 現地設置費를 包含해서 劃期的인 低價格. -50m 以淺은 耐蝕.	左의 性能을 滿足할 파이프 及 現地工事技術을 開發하여 現有技術의 數分之 1의 低價格化가 必要.
補機, 플란트配管	펌프類(冷水, 溫水作動流體用其他). 스크린, 軸冷系 其他	熱로스, 機械로스를 節減하는 方法
運轉保守用 電氣設備	起動用 發展設備, 制御시스템, 送變電設備 其他	制御에 關한 諸問題의 明確化
建築, 土木(陸上型)	-50m의 水深까지는 耐波工法(陸上型)	候補사이트의 長期氣象, 海象의 觀測現地工法(陸上型)
船 體(海洋型)	耐波性, 經濟性, 其他 에너지變換設備(海洋型)	定置方法(海洋型)

〈表 1〉은 海洋溫度差發電시스템의 構成으로써 構成要素의 必要性能和 開發上의 問題點을 간추려서 表示한 것이다.

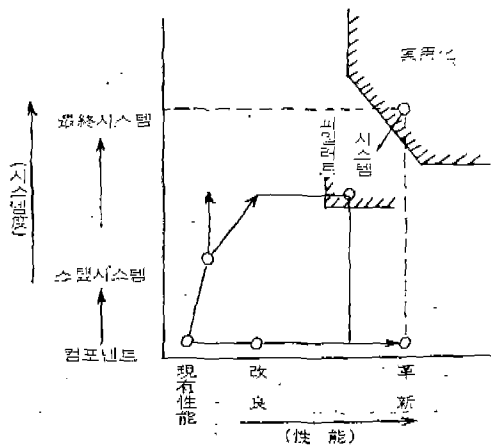
海洋溫度差發電은 이와같이 많은 技術의 總合化에 依하여 達成할 수 있는 것인 同時에 個個의 技術에 있어 革新을 必要로 하는 시스템이다.

따라서 이 研究開發에 있어서는 이른바 시스템開發과 「컴포넌트」開發의 有機的인 連係下에서 施行하는 것이 有效할 것이라고 보아야 할 것이다.

이것은 2軸開發接近法이라고 불리는 開發方法으로써 〈圖 8〉에 開發시스템을 表示하였다.

이 方法은 長期大規模總合性과 現實的 實用性을 重視하는 開發에 가끔 使用되고 있어, 基礎研究, 材料開發等의 「사이언스」中心의 研究開發과 現場에서의 大規模實用實驗, 實地調査等 「엔지니어링」重點의 技術과의 2개의 軸을 同時並行해서 進行시킴으로써 實用化시스템의 完成을 企圖하는 것이다.

圖 8. 二軸開發接近法에 의한 開發시스템



5. 研究開發의 現狀

日本 通商産業省 工業技術院 「선샤인」計劃(新에너지 技術開發計劃)中の 總合研究 「新에너지 技術시리즈研

究」의 하나로서 1974년부터 海洋溫度差發電의 實現可能性에 關해서 檢討해왔다. 檢討의 對象으로써 實用可能性이 높은 「클로오즈드사이클」을 採擇해서

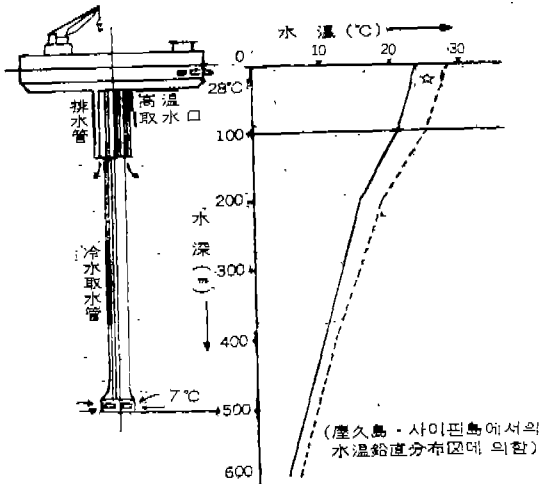
(1) 陸上 또는 洋上設置形 1.5MW級 海洋溫度差發電의 시스템構成과 主要한 內譯의 調查, 各機關의 問題點의 指摘, 그리고 複合시스템의 調査

(2) 理想的인 海水溫度 分布를 지닌 海域에 洋上設置할 것을 目的으로 한 100MW 電氣플랜트의, 現狀技術을 「베이스」로한 性能, 諸內譯의 檢討와 「코스트」試算[A]

(3) 立地條件을 日本의 經濟水域에서 想定되는 技術(先行해야 할 技術)을 前提로 한 100MW級 發電플랜트의 概念設計와 經濟設計[B] 등을 施行하고 있다.

플랜트의 外形과 海水溫度의 垂直分布의 1例를 [A]의 경우에 對해서 <圖 9>에 表示하면 다음과 같다.

圖 9. 海洋의 水温垂直分布와 海洋溫度差發電플랜트外形의 1例



100MW 海洋溫度差發電플랜트의 設計條件은 高溫度源으로써 使用하는 表層水温은 28°C로 하고 또 冷却水는 深海 500m에서 取水하는 것으로 하며 그 水温을 7°C로 한다.

蒸發器와 凝縮器로서 構成된 熱交換器에 投與되는 總建設費와 裝置全體의 容積에 對한 影響이 특히 크기 때문에 100MW 플랜트의 設計指針은 送電端(嚴密하게

表 2. 商用 100MW 海洋溫度差發電플랜트의 主要內譯

項 目	A	B
發電端出力(Kw)	100,000	100,000
送電端出力(Kw)	73,940	77,210
作動流體	암모니아	암모니아
高水温溫度(°C)	28	28
低水温溫度(°C)	7	7
터어빈發電機出力(Kw) 台數	25,000.4	25,000.4
構造, 形式	浮遊箱形	潛水圓筒形

表 3. 商用 100MW 海洋溫度差發電플랜트코스트 比較

項 目	A	B
建 設 費	百分率또는 金額	
터어빈·發電機·펌프類一式	22.9%	29.1%
熱交換器	45.7	40.1
深海水取水配管	6.1	7.1
作動流體	1.5	1.8
플랜트 構造體	16.7	16.7
配管 辨과 補機	7.1	5.2
合 計	100 (576.75 億円)	100 (497.68 億円)
資本費(億円/年)	67.05%	54.59%
運轉費(億円/年)	0.08	0.87
直接費(億円/年)	1.38	2.79
合 計(億円/年)	68.51	58.25
送電端1Kw當建設코스트(萬圓/Kw)	78.00%	64.46%
送電端1Kwh當發電單價(圓/Kwh)	11.75	9.56

따져서) 出力當의 熱交換器等 主要「컴퍼넌트」를 包含한 建設費單價가 最小限으로 줄이도록 시스템構成을 追求하도록 重點을 두고 있다.

作動流體의 選定에 있어서는 必要流量을 적게 하기 위해서 斷熱의 큰 低沸點媒介體가 되어야 하고 1臺의 터어빈의 容量과 回轉數 및 蒸發, 凝縮熱通過係數가 커야 하는 등의 條件이 따라야 하는데서 評價하고 암모니아를 採用한다.

[A]에 있어서는 現在 製造, 保守의 技術이 確立되어 있는 多管圓筒式을 擇하고 있다.

한편 [B]에 있어서는 「플레이트」形을, 또 材質에는 「치탄」을 採用하고 있다. 이것은 汚染係數를 包含한 熱通過係數가, 多管式에 比해서 約 1.5배나 더 큰것과 全體의 容積이 적은 것, 保守에 必要한 作業面積이 작

고 그 위에 比較的 便宜하게 作業할 수 있고 製作코스트가 적게 드는 등의 理由로서 좋다는 것이다.

深度 500m에서의 深層冷水를 取水하는데는 커다란 技術的 課題를 안고 있으나 本플랜트에 있어서는 管徑 約 11m의 鋼製取水管을 使用하고, 또 深度 100m의 排水는 管徑 4m의 8本으로된 排水管에 의하여 作動이 舉行된다.

「플랜트」의 構造體 形式에는 浮遊式, 半潛水式, 潛水式 등 여러가지가 있어 各其의 特徵을 지니고 있다.

浮遊式 構造體는 水載斷面積이 커지기 때문에 水面

의 上下運動에 따르는 浮力의 變化에 對해서 動搖하기 쉬우므로 波浪에 對해 不安定을 否認할 수 없다.

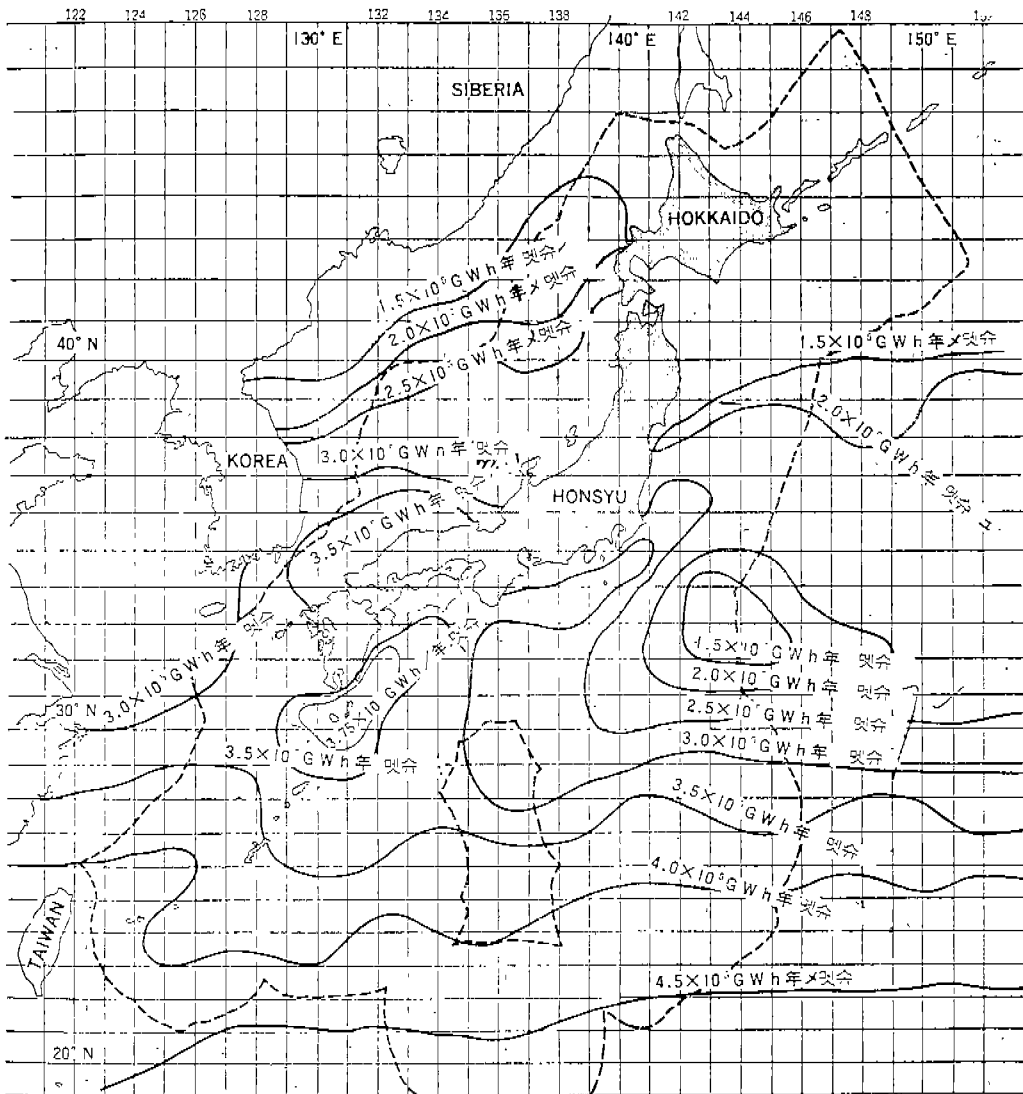
이에 比較해서 半潛水式은 風力의 影響은 不可避하면 서도 「레이아웃」이 어렵다.

潛水式은 沈沒의 危險이 없지 않다.

다음으로 經濟評價에서 볼 때 建設費의 코스트 配分으로 考察할 때 熱交換器가 40% 이상이나 큰 比率을 차지한다.

技術革新을 想定한 [B]方式의 경우에는 熱交換器의 性能向上으로 建設費, 發電原價 할 것 없이 모두 減싸

圖 10. 海洋溫度差發電 資源圖(緯度 1°×經度 1°當 取得되는 年間發電可能量)



게 든다. 송전端發電原價 10圓/Kwh 弱이라는 値는 開發目標로서 充分히 可能한 範圍안에 있다고 考察되는 同時에 在來의 火力原子力發電에 對擇할 수 있는 充分한 與件에 符合된다고 볼 수 있는 것이다.

海洋溫度差發電의 資源圖를 <圖 10>으로 表示하면 다음과 같은 것이다.

이것은 冷水取水深度를 600m, 發電效率은 溫度差에 比例하는 것으로 하고 또 資源量으로써의 價値가 있는 最小溫度差를 11°로 하여 年間을 通하여 總發電量 (Kwh)을 緯度 1°×經度 1°×「값수」當으로써 算出한 것이다.

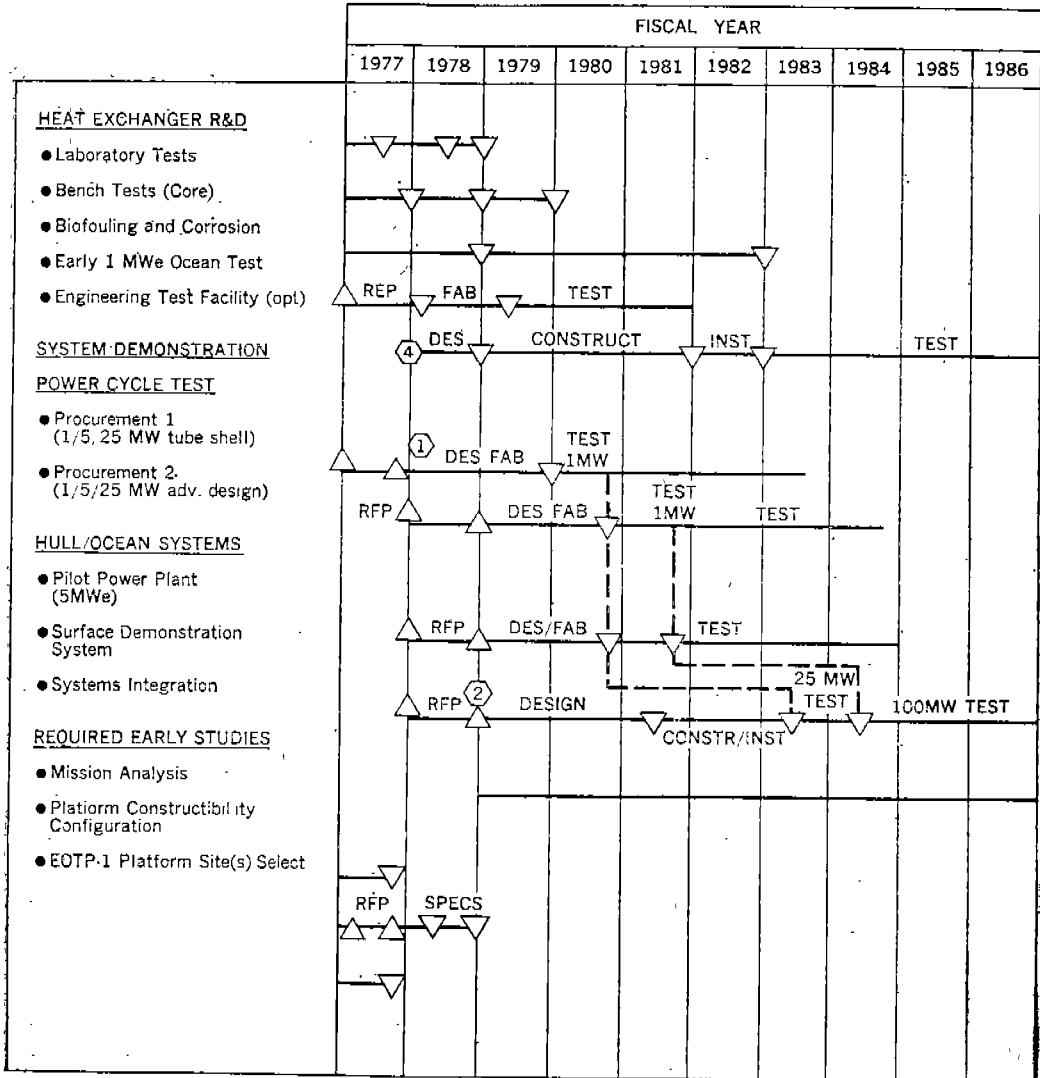
日本의 經濟水域內의 全域에 對한 總發電量은 約 10⁶ Gwh가 되어 現在의 總發電量에 比하면 엄청나게 큰 數值가 나오도록 되어 있다.

地域으로써 볼 때 日本의 南方洋上이 더욱 有利하여 赤道海域을 1.0으로 할 때 約 0.8의 發電量을 얻게 된다. 그 위에 8月の 總發電能力은 約 120億Kw, 2月은 約 25億Kw로 試算되고 있다.

6. 美國의 研究開發動向

1976年 10月 美國의 에너지開發廳(Energe Research

圖 11. 美國의 ERDA 海洋溫度差發電 開發計劃



and Development Administration : ERDA)의 太陽에너지部에 依해서 美國에 있어서의 海洋溫度差發電의 開發計劃이 發表되었다. 그래서 그 以前 즉 1972年 以來의 NSF(National Science Foundation)에 依해 技術開發이 進行되었으나 1975年 1月 ERDA의 設立과 同時에 NSF의 業務는 ERDA에 移管되었다. 따라서 國家의 事業으로써 強力히 推進하기로 되었다.

美國의 海洋溫度差發電 開發計劃을 圖 11에서 보면 다음과 같다.

開發目標은 西紀 2000年 時點에서 合計 2,000萬Kw의 「베이스로오드」用 電力을 10萬~100萬Kw級の 海洋溫度差 發電「플랜트」에 依해서 供給된다.

이러한 發電「시스템」이 實現되면 深海取水를 利用하는 養殖計劃과 海水를 淡水化하는데까지 波及하는 効果도 아울러 包含한 綜合「시스템」이 檢討課題로서 採擇될 것이다.

以上の 目標에 達成하기 위해서는 熱交換器의 高性能

能化 등 많은 技術的인 課題가 解決되어야 할 것인데 이 技術開發의 目標은 1984年을 豫定하는 100Mw級 海洋溫度差發電「플랜트」의 設計效果에 期待하고 있는 것이다.

現在 開發의 對象으로써 考慮되고 있는 發電사이클은 「암모니아」를 作動流體로해서 使用하고 있는 「크로오즈사이클」인 것이나 將來는 「오오피사이클」의 檢討도 添加할 豫定으로 되어 있다.

重要한 「컴퍼넌트」로 되어있는 熱交換器의 高性能化와 海水, 특히 海洋生物에 의한 熱交換面의 障得되는 影響을 調査하기 위해서 1MWe, 5MWe 및 25MWe의 「사이클」實驗과 平行해서 1MWe級 多管圓筒形式 熱交換器에 依하여 海洋에서 長時間 運轉實驗이 豫定되고 있다.

表 4는 美國에서의 海洋溫度差發電의 實用化「스탠」과 그때의 經濟性에 對해서 豫見되는 것을 表示한 것이다.

表 4. 美國에서의 海洋溫度差發電의 開發「스탠」과 經濟性(政府가 推進策을 採擇했을 경우)

項 目	年 次	1985	1990	1995	2000
總出力規模(MW)		1×10 ⁸	6.3×10 ⁸	40×10 ⁸	260×10 ⁸
年間最大發電電力(Kwh/y)		7.9×10 ⁹	50×10 ⁹	320×10 ⁹	2.05×10 ¹²
發電建設單價(\$/Kw)		400	350	300	200
送電建設單價(\$/Kw)		250	250	300	400
總建設單價(\$/Kw)		650	600	600	600
運轉費(mills/Kwh)		1.5	1.0	1.0	1.0
發電原價(mills/Kwh)		13.9	12.4	12.4	12.4
見積資本費(\$)		6.5×10 ⁸	3.8×10 ⁸	24×10 ⁸	16.4×10 ⁸
要員數(人)		3,600	22,700	144,000	935,000

資料出處: Project Independence(NSF; Nov. 1974).

現在까지 投入된 開發豫算은 1974년까지 約 3.2億圓, 1975年 8.9億圓이 된다. 또 1976년에는 約 26億圓에 達하고 있다.

美國의 「소프트」(勿段階) 研究는 1976年 8월에 1段落을 짓고 同年 9월부터 始作된 「하이드」研究(本格的인 研究)에 들어가서는 研究의 進展에 따라 畵目할만한 것이 보였다. 따라서 美國政府로서는 海洋溫度差發電을 實現시킬 수 있는 可能性이 보이는 모든 것은 各方面에 委託해서 研究를 시키고 있다.

研究內容에 關해서는 表 5에 發電「플랜트」의 比較로서 表示해 있다.

이 表에 依하면 「시스템」의 前提가 되는 海洋條件과 發電能力의 用途가 研究者에 따라 相異하다. 또 「플랜

트」構造物은 熱帶地方에서는 TRW社에서 實施하고 있는 海上浮上型으로써도 可能하나 氣象關係가 煩雜치 못한 경우를 考慮해서 一般으로는 潛水型이나 半潛水型이 좋은 것으로 하고 있다.

美國의 發電「코스트」는 1\$=(日貨)300圓으로 豫算해서 表示해 있다.

이러한 見積에서 技術開發에 依한 海洋溫度差發電은 安價하게 든다는 것을 나타내고 있다.

技術開發에 依한 建設「코스트」의 低下한 1例를 圖 12에서 보기로 한다.

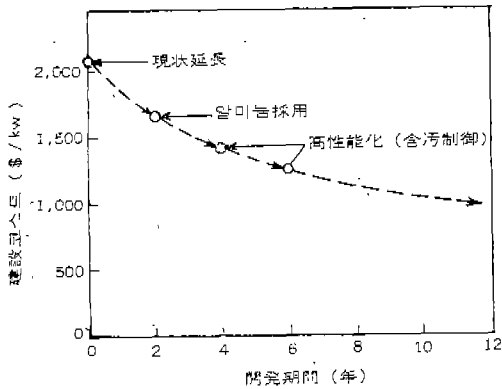
商用 海洋溫度差發電「플랜트」의 1例로서 Lockheed社가 設計한 發電「플랜트」를 圖 13으로 表示한다.

굵은 圓筒의 本體部分은 鐵筋콘크리트構造이고, 그

表 5. 美國에서 開發된 海洋溫度差發電「플랜트」의 比較表

項 目	TRW社	록히드社	조지타운大學	패사듀세大學	카아메기메론大學	S.S.P社	(日 本)	(口 本)
1. 發表年	1975	1975	1975	1975	1975	1975	[A]	[B]
2. 技術基準	現狀技術	現狀技術	現狀技術	未來技術	未來技術	未來技術	現狀技術	未來技術
3. 重點研究項目	發電시스템과 構造物	發電시스템과 構造物	發電시스템과 암모니아製造	發電시스템	發電시스템	發電시스템	發電시스템과 關連事項全般	發電시스템과 關連事項全般
4. 對象設置海域	熱帶地方	全地域	熱帶地方	걸프灣	걸프灣	熱帶地方	熱帶地方	全地域
5. 發生電力利用	明示하지 않음	明示하지 않음 (送電指向)	암모니아製造	明示없음	明示없음	알루미늄製造	水素製造指向	送電指向
6. 作動流體	암모니아	암모니아	암모니아	프로판	암모니아	R-12/31	암모니아	암모니아
7. 構造體의 形式	海上浮遊式	半潛水型	半潛水型	潛水型	—	半潛水型	海上浮遊型	半潛水型
8. 位置保持의 形式	排水젯트使用	一點카이펄形式	—	—	—	—	控達機	—
9. 熱交換器의 形式	蒸發器 水平管外	傾斜管外	垂直管內	푸레이드핀	후루우텃트	푸레이드핀	水平管外	푸레이트셀
	凝縮器 水平管外	水平管外	垂直管外	푸레이드핀	후루우텃트	푸레이드핀	水平管外	푸레이트셀
		트	트		流下膜			
10. 熱交換器材質	치탄	치탄	알루미늄	90-10Cu-Ni		90-10Cu-Ni	치탄	치탄
11. 總코스트 萬円/Kw	54.18	79.8	10.71	18.89	13.06~35.92	7.58	57.66	49.77

圖 12. 建設「코스트」低減에의 研究開發의 效果豫測



周圍에 網構造로된 4基의 「파워모듈」이 着脫 가능한 形態로 行着해 있다.

冷水取水管의 特徵은 5段으로 伸縮할 수 있는 望遠鏡과 同一한 形式으로 되어 있어 「플랜트」의 設置, 輸送等에 對한 考慮를 하고 있다. 또 이 「플랜트」의 構造體는 6,000m程度의 深海라 한지라도 海底에 가라앉혀서 錨(錨)을 中心으로 자유롭게 回轉하는 1點係留가 可能하도록 되어 있는 것이다.

또 환경 構造本體의 壽命은 100年, 「파워모듈」의 壽命은 35年으로써 各 2年마다 고집어내어서 基地로

回航하여 修理, 保守를 施行하기로 되어 있다.

7. 今後的 研究開發

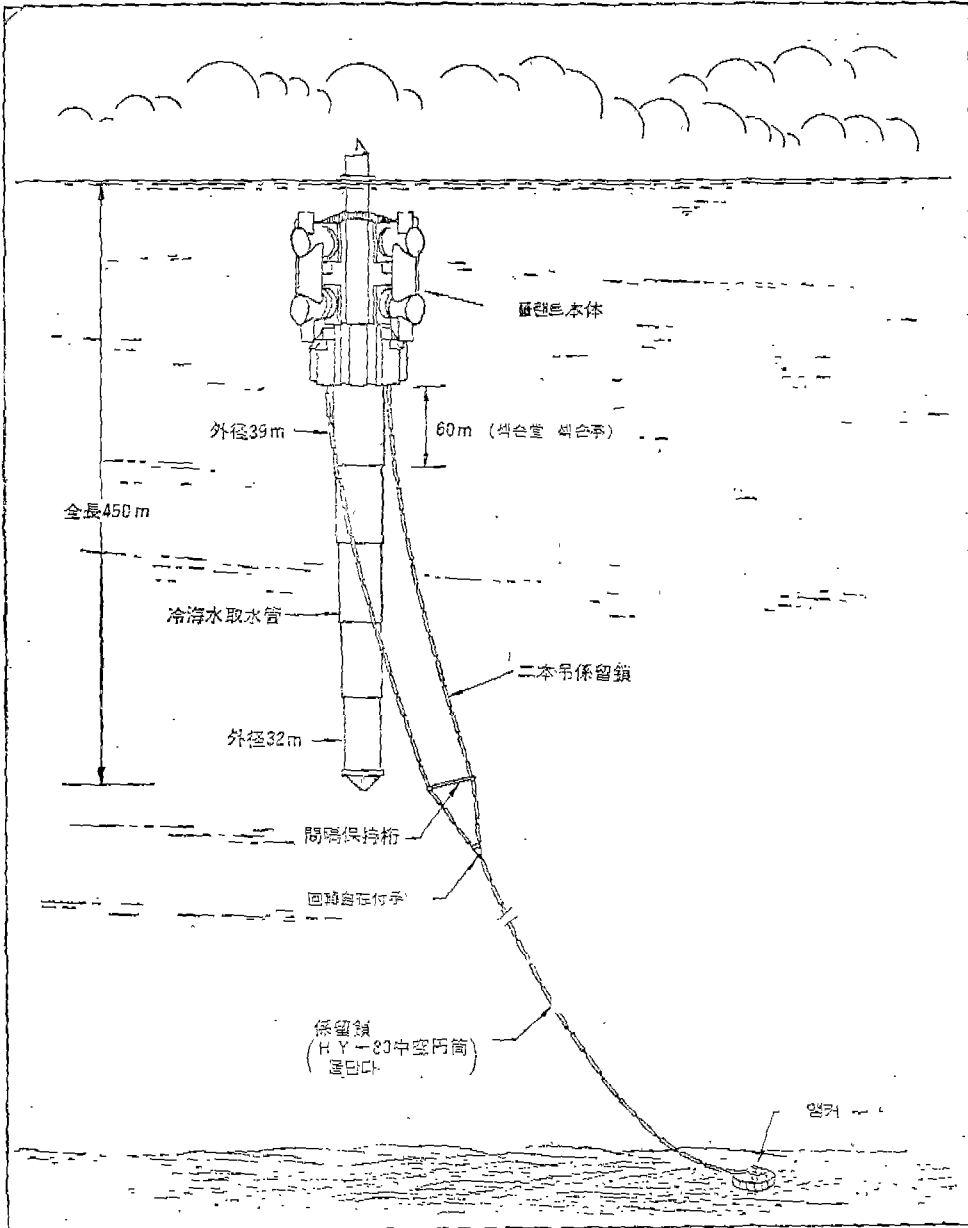
지금까지 内外各國에 있어서 實施해은 海洋溫度差發電에 關한 研究開發의 結果에 依하면 實用化하기 위한 技術의 可能性이 相當이 長으며 確實施되어 日本의 經濟水域에 있어서의 資源量이 豊富하다는 評價를 듣고 있어 海洋溫度差發電의 實用化에 對한 展望이 밝아져 있다.

現在 實施되고 있는 「하아드」(本格的인)의 研究過程에서는 國內에서의 出力 100W~2Kw程度의 小規模 實驗裝置에 依한 「시스템」實驗과 基礎的 熱交換器의 高性能化研究, 冷水取水管設置의 모델 實驗, 그리고 第Ⅲ期(메모 플랜트) 등으로 區分하고 있다.

이 開發이 順調로이 進行되면 1990年代에는 10萬Kw의 洋上 商用「플랜트」가 稼動하도록 되어 있다.

準備期間은 開發研究에 들어가기 前의 豫備的 調査段階로서 더욱 詳細한 「시스템」解析에 基礎를 둔 開發課題의 檢討, 設置場所에 따른 電力利用方法의 選擇, 그리고 市場과 社會的 條件의 調査, 나아가서는 環境에 주어지는 影響에서 본 「플랜트」의 設置臺數와 容量條件에 關連된 調査는 아직까지 남겨진 커다란 課題로 되고 있어 第1期에 引繼되는 것이다.

圖 13. Lockheed社 設計의 海洋溫度差發電「플랜트」(送電端出力 160MW)



第Ⅰ期の 5개年은 熱交換器, 深海取水技術構造 및 「파이아웃트」 그리고 「플랜트」의 設置方法 등 重要한 中樞技術과 並行해서 發電「시스템」의 特性을 把握하기 위한 發電實驗이 豫定되고 있다.

第Ⅱ期는 出力 5MW級의 洋上設置「파이아웃트플랜트」의 建設과 運轉實驗에 依한 性能과 壽命에 關한 實驗과 評價가 中心課題로 되어 있다. 특히 規模의 擴大에

따르는 「시스템」構造上的 問題, 海水의 性質이 「시스템」에 미치는 影響과 環境과의 相互作用에 關한 觀測, 그리고 洋上에 있는 「플랜트」의 設置, 運轉, 保守에 對한 經驗의 取得은 이 實驗을 통해서 비로소 可能하게 될 것이다.

위에 敘述한 開發順序를 거친뒤에 實用性에 對한 最後의 評價가 내려지고 第Ⅲ期の 商用「플랜트」의 建

圖 14. 海洋溫度差發電의 開發基本計劃의 概要

項 目	年 度			
	準備期	第 I 期	第 II 期	第 III 期
	4 9-----5 1	5 2-----5 6	5 7-----6 3	6 4-----
트모달시스템의 檢討와 環境 아세시먼트				
要素技術과 사보시스템				
熱交換器等				
深海水取				
構造와 레이아웃				
設置와 位置保持				
國 驗 證 體 系				
陸上設置出力 100kw 級				
設計 建設 運轉				
파이롯트플랜트				
洋上設置 5M W 級				
設計 建設 運轉				
데몬스트레이션 플랜트 (商用 플랜트)				
洋上 100M W 級				
設計 建設 運轉				

設에 들어가게 된다. 그러나 만약에 重要한 技術的 課題의 解決이 그 時點까지 이루어지지 아니하였을 경우에는 또 한차례의 必要한 開發「스텔」까지 「파이드백

크」시켜 그 課題의 克服을 圖謀하게 될 것이다.

한편 表 6에서 보는 바와 같이 海洋溫度差發電의 發展段階와 利用「시스템」을 表示한 것이다.

表 6. 海洋溫度差發電의 發電段階의 利用「시스템」

發電段階	發電出力(사이드·目的)	에너지 運搬手段	利 用 시 스템	
			에너지	排 水
1	1~10MW(陸上·實證用)	送 電	民生·小規模産業	養殖送水·冷房
2	數10~100MW(海洋·實證用) (陸上·實用)	鹼素·水素 送 電	鹼素·水素電解 産業 電氣冶金等	미니漁場 養殖·미니漁場·造水·冷房
3	數100~1,000MW(海洋·實用)	鹼素·水素	水素에너지 基地	新 漁 場

海洋溫度差發電은 廣範한 技術分野에 關한 知識과 經驗의 結果를 所要하는 大規模「시스템」工學의 課題인 것이다. 따라서 많은 分野의 專門家들의 協力과 더욱 開發을 위한 多額의 資金이 必要하다. 그러므로 한개의 研究機關의 힘만으로써 開發成果를 기대하기는 거의

不可能한 것이라고 생각된다.

以上の 諸事實에서 開發體制는 相當히 巨大한 事業으로 豫想해야 할 것이다. 따라서 이 課業을 推進하기 위해서는 官·學·民의 協力에 依한 強力한 開發母體가 創設될 必要가 있음을 밝혀둔다.