

우리나라 潮力發電에 따른 技術的인 問題點

崔秉昊

(韓國科學技術研究所附設
海洋開發研究所 前任研究員)

〔緒論〕

世界的인 油類波動 및 油價의 暴騰은 天惠의 潮力에너지를 갖고 있는 英國, 캐나다, 蘇聯, 濠洲, 印度^{1) 2) 3) 4)} 等地에서 이를 利用하기 爲한 本格的인 調查들을 始作하게 되었다.

技術面에서 볼 때 1965년에 完工된 프랑스의 240MW Rance 潮力發電所가 成功的으로 지금까지 運用되고 있는 事實과 施工上 惡條件에서 建設된 蘇聯의 Kislaya Guba 試驗發電所의 前例가 캐나다 및 英國의 大規模 潮力發電計劃의 原動力이 되었음은 말할 나위 없다.

우리나라도 西海岸의 潮力에너지를 利用하기 위한 調查의 歷史는 1930年代^{5) 6)} 로 올라가며 近年에는 1974년의 豫備妥當性調查를 嚆矢로 建設을 念頭에 둔 事業計劃의 1段階調查事業⁷⁾을 海洋開發研究所에서 1978년에 遂行했다.

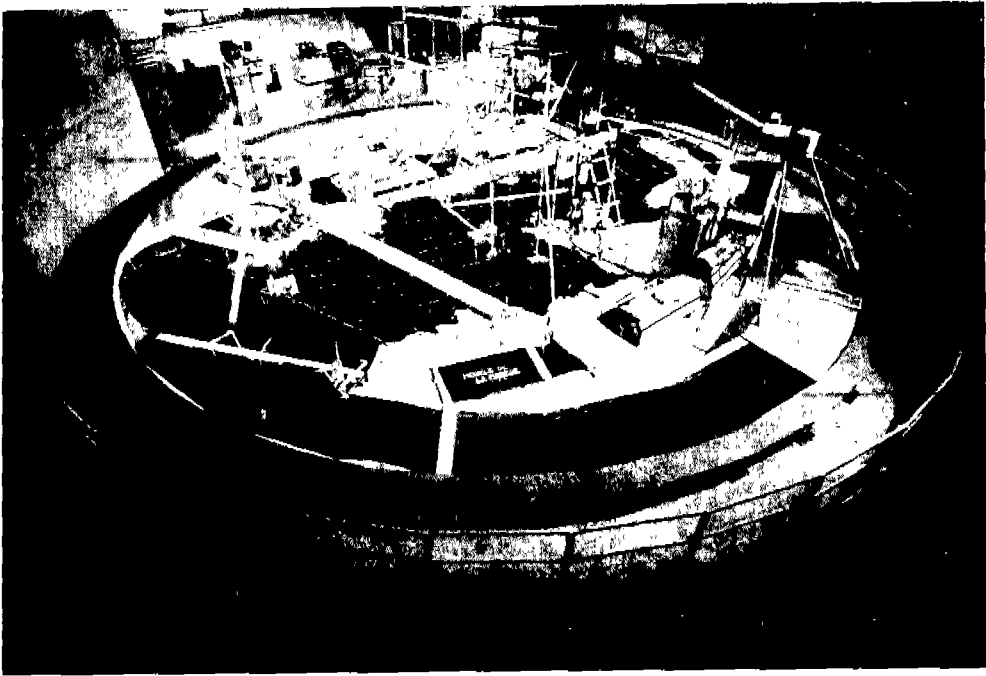
潮力發電所의 建設에 따른 問題點들은 發電

所가 陸上에 建設되는 것이 아니라 落差에너지를 利用하기 爲하여 潮차가 큰 沿岸地域의 灣曲部에 防潮堤를 築造하여 이 防潮堤 中間部の 海面以下에 發電所를 建設, 가장 效率的인 發電樣式에 依해 發電을 해야 하는 工學的인 問題點들과 防潮堤의 建設에 따른 自然條件의 變化樣相에 對해 미리 豫測을 해야하는 海洋科學的인 問題點들로 나눌 수 있다.

또한 核心이 되는 低落差用 터빈發電機들의 性能 및 信賴性에 對해 適確한 評價가 어렵다는데 가장 큰 問題點이 있다. 本稿는 이러한 問題點들을 簡略히 敘述하려 한다.

〔防潮堤의 建設에 따른 影響〕

防潮堤의 建設은 既存潮汐體系 및 沿岸堆積環境에 影響을 줄 것이며 그 程度를 推定하기 爲해서는 仔細한 海洋學의 研究가 必要하다.



[그림 1] 回轉式水理模型實驗全景
(그레노블대학 Chabert·d'Hieres 교수제공)

먼저 不過 1m도 안되는 海洋潮汐이 沿岸으로 波汲되어 오면서 커다란 潮差* (캐나다의 Fundy灣-10.8m, 프랑스의 Rance 河口-8.45m, 美國의 Passamaquoddy 灣-5.5m, 英國의 Severn 河口-8.8m, 仁川-5.8m)를 惹起하는 것에 對한 部分的인 說明으로 共振現象과 複雜한 沿岸地形에 依한 影響을 들 수 있다.

이러한 큰 潮差가 防潮堤의 建設에 依해 河口가 締切될 때 어느 程度 變化할 것인가를 推定하는 일은 潮力에너지가 潮差의 子乘의 函數이며, 潮差의 變化가 相對적으로 작더라도 에너지價格은 상당히 變化시킬 것이라는 點에서 볼 때 重要한 일이다.

河口의 潮汐形態는 潮流와 海低面間의 摩擦에 依해 流失되는 에너지에 크게 左右되는데 流入되는 潮力에너지와 다시 外海로 反射되는 에너지의 比率을 調査하면 大潮時의 摩擦에너

지가 小潮時보다 수배가 크다.

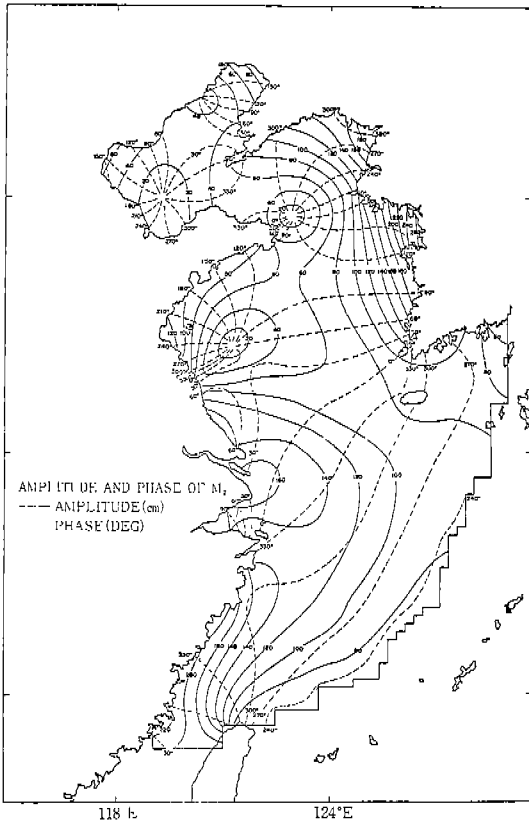
이러한 影響때문에 建設된 防潮堤가 大潮時에는 그 反對現象을 일으킬 수 있다. 이러한 影響을 調査하기 爲해서는 水理模型實驗 및 潮汐數直모델이 利用되는데 모델의 外海境界面은 防潮堤의 建設에 따른 潮汐變化를 갖지 않도록 充分히 外海쪽으로 選定되어야 한다.

[그림 1]은 프랑스의 Grenoble 大學의 地球의 自轉現象을 考慮할 수 있도록 設計된 回轉式 水理模型裝置이며 Rance 發電所建設을 위한 調査에 利用되었었다. 大型컴퓨터의 利用에 따라 이러한 研究는 潮汐現象을 再現시킬 수 있는 數值解析모델⁸⁾⁹⁾들에 依해 Fundy灣 및 Severn 河口의 潮力發電調査에 利用되고 있다.

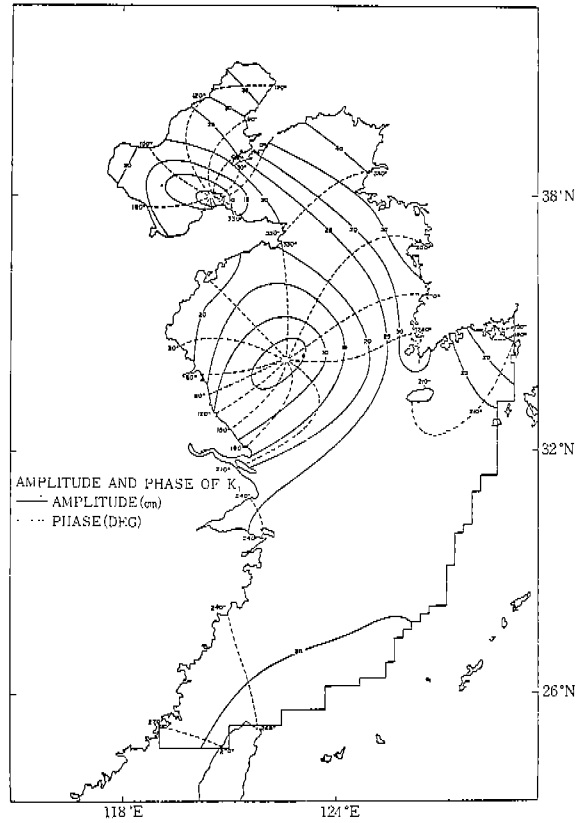
[그림 2]는 海洋開發研究所에서 開發한 潮汐 모델¹⁰⁾에 依한 黃海및 東支那海의 半日週潮(M₂)와 日週潮(K₁)의 等潮位圖 및 等潮時圖를 提示

註* 提示된 潮差는 平均潮差로 半日週潮인 M₂ 分潮의 振幅의 2倍로 通常 表示됨

(7)



(4)



[그림 2] 潮汐모델에 의해作成된 黃海와 東支那海의 等潮位圖(—) 및 等潮時圖(---)

하는데 이 모델은 潮力發電에 對한 研究뿐만 아니라 앞으로 西海岸 各種開發計劃의 檢討에 利用될 수 있다. 모델의 外海境界面이 不適合하게 選定될 때 그릇된 結果가 推定되기도 하는 것은 英國의 Severn 河口의 潮力發電調査時 Hydraulic Research Station과 NEDECO의 計算 結果가 서로 相異했던 것으로 알 수 있다. KORDI의 모델은 이런 點을 勘案하여 外海境界面을 釜山—沖繩列島, 臺灣을 잇는 大陸朋境界面으로서 設定하였다.

우리나라 西海岸의 堆積體系는 주로 강한 潮流에 의해 매우 動的인 環境에 있다. 潮汐河流의 埋沒現象은 凝結現象(Flocculation)에 의한 浮遊土의 物理的變化에 의해 特性지워지는데 그 變化過程은 아직도 學術的으로 완전히 糾明되지 않고 있다. 또한 堆積體系에 對한 影響을 定

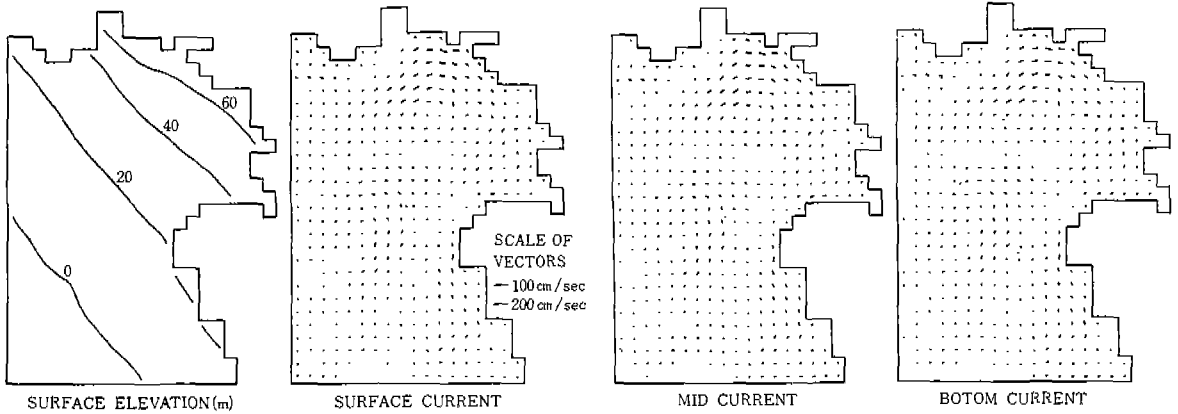
量的으로 評價하는데 어려운 點은 研究自体가 三次元的이라는데도 起因된다.

흔히 利用되는 水理模型實驗으로는 이러한 問題點들을 克服할 수 없으며 可能한 解決方法은 3次元流水現象 및 堆積環境을 再現시킬 수 있는 信賴性있는 數值解析모델^{11) 12)}들을 利用하는 方法이라 하겠다.

[그림 3]은 이러한 3次元流水모델에 대한 初歩段階의 研究의 一部를 提示하고 있는데 앞으로 많은 연구가 必要한 分野이다.

[發電形式]

防潮堤에 의해 灣内部에 捕獲되는 潮力에너지를 利用하기 爲해서 所謂 單潮池, 複潮池, 單流式, 複流式 및 複潮池 連續發電方式들을 採



[그림 3] 東南風에 의해 西海岸에 發生하는 海流의 垂直分佈

擇하며 發電機器로는 垂直軸 Kaplan型, 水平軸 bulb型, 水平軸 straight flow型, 水平軸 propeller型, 傾斜軸터빈發電機들을 利用하는 數多한 方法들이 提示되어 왔다.

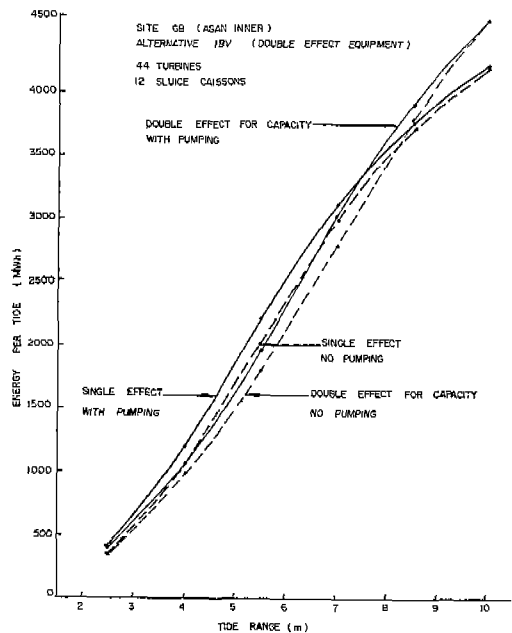
發電方式의 選擇 및 터빈發電機의 選定은 어떻게 하면 가장 經濟的으로 에너지를 確保할 수 있는가의 最適化(Optimization) 問題로 주로 歸結되며, 選擇되는 發電形式이 既存의 電力系統 또는 計劃되는 系統에 附合되도록 하는것 亦是 重要한 問題이다. 때문에 潮力發電을 火力, 水力 및 其他發電所와 混成運用하는 方案도 綿密히 檢討되어야 한다.

發電形式의 最適化를 爲해서는 數 많은 組合의 發電形式을 再現시킬 수 있는 컴퓨터모델 (Plant simulation model)이 利用되는데 알려진 信賴性 있는 모델로는 Fundy灣의 調査에 利用된 STOM (Single Tide Optimization Model) OCDPM (One Cycle, Dynamic Programming Model)과 Rance發電所의 實際 運用을 爲해 作成된 亦是 dynamic modelling技法을 利用한 모델이 있다.

前者가 妥當性調査를 爲해 컴퓨터利用時間을 念頭에 두고 作成된 反面, 後者は 實際 發電所의 運用을 爲한 프로그램이라 龍大한 컴퓨터時間이 必要하다. 따라서 前者를 修正없이 實際 發電所運用에 利用하기 困難하며 後者は 妥當

性評價段階에서 經濟性으로 볼 때 適合치 않다.

모델 運用上 問題가 되는 것은 數學的으로 거의 完璧한 algorithm이 아니라 프로그램入力으로 利用되는 水門(sludge) 및 터빈發電機의 效率 및 水理特性에 對한 正確한 資料가 缺乏된 데서 起因한다.



[그림 4] 潮差에 따른 單流式과 複流式發電의 比較

[그림4]는 STOM에 의한 分析結果를 提示하는데, 우리나라 西海岸의 境遇, 單流式發電이 複流式發電보다 有利한 것을 보여주고 있다.

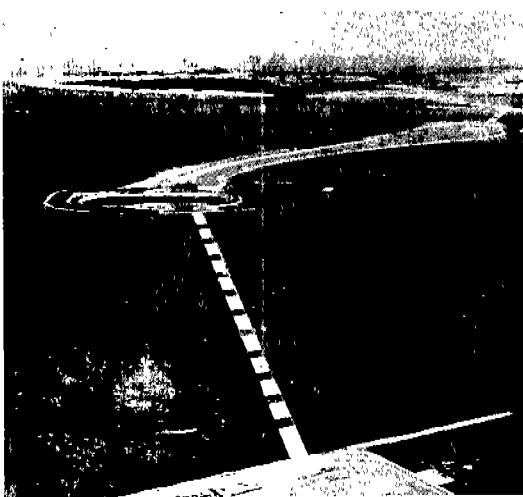
潮力發電의 既存電力系統에의 引込問題 등을 包含하는 系統分析은 Fundy灣調査에 利用된 複雜한 컴퓨터모델¹⁶⁾을 利用하는 方法이 있으나 이 亦是 모델의 信賴性 以前에 우리나라 既存電力系統 및 將來需給計劃에 對한 詳細한 資料가 先決條件이다.

[防潮堤의 設計 및 施工]

近來에 牙山灣附近의 淡水湖를 爲한 南陽灣, 牙山灣 및 插橋川防潮堤의 成功的인 建設에 依해 우리나라 西海岸 같은 軟弱地盤上 防潮堤의 經濟的 施工方法 및 締切方法이 提示되었다.

그러나 大部分의 潮力發電을 爲한 防潮堤位置들은 淡水湖 및 干拓事業을 爲한 防潮堤들보다 不利한 環境條件에 있으며, 世界的으로 堤防建設技術이 뛰어난 和蘭人들이 그동안 蓄積된 技術로서 着手하려는 Oosterschelde 堤防事業보다 결코 容易하지 않은 設計 및 施工條件에 있는 것은 勘案해야 할 것이다.

和蘭은 [그림5]에 提示된 이 事業을 爲해 數年間 大規模의 水理模型實驗을 包含한 各種研究를 해 오고 있으며 建設段階가 곧 始作될 것이다.



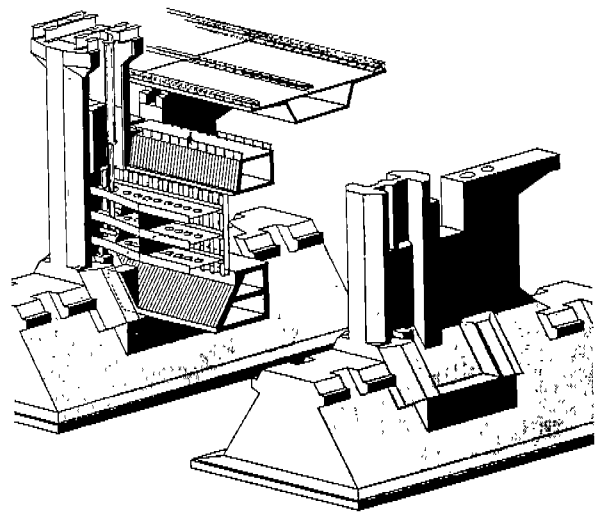
[그림 5] 가) Oosterschelde 堤防事業 全景

發電所構造物을 防潮堤 中間部에 設置하기 爲해서 Rance發電所 建設에 利用된 鋼矢板 Cofferdam에 依한 方法보다는 터빈發電機個個를 收容할 수 있는 콘크리트 caisson을 陸上 또는 船舶建設에 利用하는 乾船渠에서 製作하여 이를 水上에 浮遊, 運搬하여 現場据置시키는 浮遊(float-in) 工法이 더 經濟的인 方法으로 評價되고 있다.

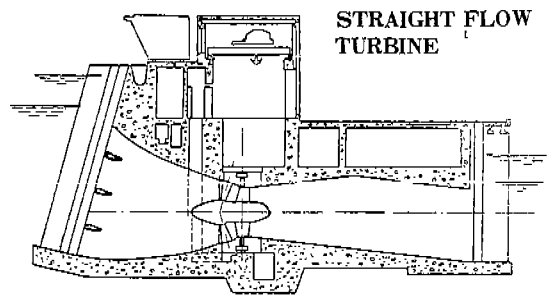
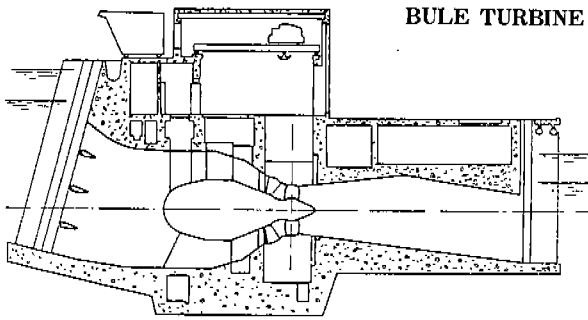
따라서 이러한 核心이 되는 發電設備가 水中 構造物이므로 海底地盤의 安定性이 西海岸 大部分의 潮力地點과 같이 두꺼운 粘土堆積層이 있는 곳에서는 큰 問題가 되며 土質學的인 面에서 仔細한 檢討를 거쳐 最大의 安定性을 保障하는 工法이 選擇되어야 하겠다.

caisson의 設置를 爲한 曳引 및 据置方法 및 caisson에 作用하는 外力條件, 防潮堤의 締切 工法들도 必히 水理模型實驗을 통해 調査되어야 할 것이며 이러한 實驗施設은 工事完工時까지 保存하도록 하여 設計를 爲한 資料의 提供뿐 아니라 實際 施工上에 發生할지 모를 여러 問題點들도 解決해 줄 수 있도록 해야 할 것이다.

海洋開發研究所는 이러한 實驗을 遂行할 수 있도록 컴퓨터에 依해 操作되는 現代의인 潮汐



나) 堤防에 利用될 Concrete caisson



[그림 6] 同一出力 및 落差에 對한 bulb 型터빈과 Straight flow 터빈의 비교

및 波浪發生裝置를 計劃하고 있으며 必要한 技術訓練을 이미 始作하였다.

[發電機器]

現在 潮力發電에 利用할 수 있는 低落差用 터빈發電機는 [그림6]에 提示된 발브型터빈과 Straight flow(商標, STRAFLO)터빈이 있다.

Straight flow터빈은 同一出力과 落差에 발브型터빈에 비해 훨씬 經濟的으로 製作할 수 있으며 構造物의 規模를 相對的으로 작게 할 수 있어 土木工事費를 約10% 程度 節減시킬 수 있다 하나 潮力發電에 利用할 수 있는 크기의 터빈을 製作한 經驗이 없어 그 信賴性を 評價하기 어려울 것이다. 反面 발브型터빈에 對해서는 Rance發電所의 運轉實績으로 成能의 評價가 可能하다.

Canada의 Nova Scotia潮力發電委員會는 大規模 Fundy灣計劃에 앞서 Straflo터빈의 成能을 bulb터빈과 比較檢討키 爲해 Annapolis 江河口에 2臺의 Straflo터빈을 設置하는 計劃을 세워 設計를 마쳤으나 이 試驗發電所 自体가 巨大한 發電所計劃과 다름없어 그 建設이 保留되고 있다. 이런 理由로 두 型式의 터빈發電

機를 技術的, 經濟的인 面에서 比較評價하기 어려운데 製作會社가 仔細한 價格 및 性能에 對한 資料를 提供않는데도 또한 起因한다.

潮力發電을 爲한 調査期間이 充分하고 또한 國際的 協力이 可能하다면 大規模 潮力計劃을 樹立하고 있는 英國, 캐나다 그리고 우리나라가 共同으로 터빈發電機의 成能들을 調査하는 것도 한 方案이 될 것이다.

[結論]

技術的인 面에서 볼 때 潮力發電은 叙述된 대로 여러 가지 問題點이 있으며 더 仔細히 檢討할 때 더 많은 枝葉的인 問題點들이 있을 것이나 大部分의 問題點들이 科學的으로 糾明이 可能하고 工學的 問題들도 克服할 수 있다고 思料된다.

우리가 겪고 있는 에너지難은 大替에너지開發의 時急性을 示唆해 주고 있는데, 우리나라 西海岸에 潮力發電所를 最適地에 建設하려면, 文字 그대로 最適地란 1~2 個所에 不過하므로 他開發事業에 이 適地가 專用開發되어 우리나라 潮力開發의 展望을 흐리는 일이 없어야 할 것이다.

[參 考 文 獻]

1. Severn Barrage Seminar, report of Proceedings, Energy Paper Number 27, Department of Energy, Her Majesty's stationery office, September 7, 1977
2. Reassessment of Fundy Tidal Power, reports of the Bay of Fundy Tidal Power Review Board and Management Committee, November 1977
3. Final Report on Tidal Power Study for the United States Energy. Research and Development Administration, Stone & Webster Engineering Corporation, March 1977
4. Wilson E. M. Tidal Power in India, Report to UN Office of Technical cooperation, December 1975
5. 吉原 重成 電力政策基本計劃調查, 昭和五年, 朝鮮總督府, 1930
6. 朝鮮總督府遞信局, 潮力發電, 昭和五年, 1930
7. Korea Electric Company, Korea Tidal Power Study-1978, 1978
8. Greenberg, D. A. Mathematical studies of tidal behaviour in the Bay of Fundy, MS report, Dept. of Environment, Ottawa, 1977
9. Heaps, N. A. and Owen A. Paper presented at Symposium on tidal Power, University of Bristol, 1978
10. Choi, B. Computation of barrier effects on tides in Inchon Bay. Int. Symp. on Korea Tidal Power, KORDI, KIST, Nov 14-15, 1978
11. Ariathurai, R. and Krone R. B. Finite element model for cohesive sediment transport, J. Hyd. Div ASCE, March 1976
12. Thorn M. F. C. and Bust T. N. The silt regime of the Thames estuary report No. IT 175, January 1978
13. Choi, B. Note on a three dimensional structure of surge generated currents(in preparation)
14. Bay of Fundy Tidal Power Study Task Area 2 report, Tidal Power Consultants Ltd, . August 1977
15. Gandon, M., et al Exploitation de l'usine de la Rance, La Houille Blanche No. 2/3-1973
16. Lee, S. T. Y and Dechamps, C. Mathematical model for economic evaluation of tidal power in the Bay of Fundy. IEEE Summer Power meeting, Mexico City, 1977
17. The Oosterschelde models, Hydro deft No 32, Delft Hydraulic Laboratory September 1973
18. Proc. Int. Symposium on Korea Tidal Power, Part C Machineries for tidal power plant. KORDI, KIST 1978



人氣끄는 몰드變壓器

= 優秀한 防災性能으로 屋內變壓器에 最適 =

몰드變壓器란 變壓器의 코일부를 에폭시樹脂로 被覆, 絶緣시킨 것이다. 日本에서 이 變壓器가 만들어지기 始作한지 不過 5年 程度이지만 그 普及은 놀람게도 乾式變壓器의 主役으로 地位를 차지하게 됐다.

이 몰드變壓器의 급속한 伸張은 그 優秀한 防災性能이 最大의 長點으로 돼있으나 아울러 에너지節約, 코스트의 低減 등 여러

가지 長點을 갖고 있기 때문이다.

◆ 乾式의 弱點을 解決

現在 變壓器의 中心은 冷却과 絶緣을 必要로 하기 때문에 코일을 絶緣油탱크 속에 집어넣은 油入變壓器이다. 그러나 이 油入變壓器는 기름을 使用하고 있으므로 火災의 危險이 항상 따르고있다. 기름 대신에 不燃性油를 使用하는 것도 考案되어 PCB가 利用되기도 했으나 毒性 때문에 지

금은 자취를 감추고 있다.

火災의 危險이 있다고 하는 것은 地下街, 빌딩, 鐵道施設 등 모든 屋內設置型 變壓器로서는 致命的 欠陥이 되고 있다. 여기서 코일을 使用치 않고 코일을 유리纖維와 실리콘系樹脂 등으로 絶緣處理한 變壓器가 開發되어 지금까지 乾式變壓器로 使用되고있다.

그런데 乾式變壓器에도 몇가지