

## 〈技術報文〉

## 海洋潮汐의 우리나라西海 物理海洋에의 影響

—Tidal Influence on the Physical Oceanography of the Western Sea of Korea—

崔秉昊\*

## 1. 序 言

우리나라 西海는 海水의 流動現象을 支配하는 物理的 變數의 空間的, 時間的 變化度가 甚한 黃海體系의 東部海域에 該當한다. 河川으로부터의 淡水의 引込, 바람, 太陽熱 放射, 外海의 水塊등이 黃海의 水塊特性 및 海流를 결정짓는 重要한 要素이나 黃海全域에 걸친 複雜한 潮汐體系 및 우리나라 西海岸에서 일어나는 世界的으로도 큰 潮汐現象이 가장 뚜렷한 要素가 된다.

西海岸 中部의 큰 潮汐現象에 대한 說明으로는 共振에 가까운 反應을 나타내는 體系(near-resonant response of a system)인 京畿灣에 대한 1/4 波長共振體系 모델 및 潮汐모델(崔, 1980)에 의한 自由振動實驗에 의해 說明되었다. 또한 東支那海 陸棚外側의 2,000~3,000 m 의 깊은 水深이 1/30 程度로 급격히 變化되는 海洋體系와 分離된 淺海陸棚地形에도 비롯하는 바 東支那海의 潮汐波가 우리나라 西海岸을 따라 北上하는 過程에서 黃海道가 位置한 응진半島에 의해 潮汐傳播의 主方向이 차단되어 一部가 北東向으로 轉向되면서 京畿灣體系에서의 擴幅現象이 發生된다.

西海岸의 潮力發電計劃을 包含하는 廣範圍한 開發計劃을 適切히 評價하기 위해서는 黃海全域에서의 海洋現象의 糾明을 위한 努力이 기울어 져야 한다는 概念이 注入되기 시작한 것은 오래되지 않은 일인 데 캐나다의 메인灣, 펀더灣 및 英國브리스틀灣의 體系의 陸棚力學研究들이 契機가 되었다. 潮汐모델을 利用한 前回の 研究(崔, 1980; 1981)에서 西海岸에 大規模 防潮堤들을 建設할 境遇 潮汐의 振幅(半潮差)은 十餘 cm 까지 變化되고 潮流 亦是 큰 變化가 있을 것으로 推定하였는 바 前述된 대로 黃海의 物理海洋學의 現象이 潮汐에 의해 크게 支配되므로 이 變化樣相은 아마도 潮汐外의 여러 海洋現象에도 影響을 끼칠 것이다. 本

稿에서는 概略的인 推論을 통한 影響範圍를 敘述하는데 追後의 仔細한 現場觀測이 隨伴된 徹底한 研究를 提高시키기 위한 目的으로 쓰여졌다.

## 2. 潮汐體系의 變化

地球와 太陰, 太陽과의 引力에 의해 發生하는 潮汐現象에 대해 뉴톤이 科學的인 研究를 시작한 以來 300 餘年이 經過하였으며 많은 學術的인 進展이 있었으나 비로소 近年에 이르러서야 大洋에서의 潮汐(位)을 10 cm 以內로 正確히 豫報하는 일이 可能하게 되었다. 또한 海底油田 및 沿岸開發이 活潑한 大陸棚域에서의 空間的인 潮汐推定도 大容量컴퓨터의 開發에 힘입어 相當한 精密度로 遂行할 수 있게 되었다. 우리나라 西海의 現潮汐狀況을 再現시킬 수 있는 컴퓨터모델에 의한 潮流의 分布를 潮流橢圓의 長短軸으로 提示한 것이 그림 1에 나타나 있다. 여기서 長軸은 最強漲潮와 落潮의 方向과 크기를 提示하며 또한 全般的인 潮汐의 波及方向을 나타내는 바 黃海에서는 西韓灣, 京畿灣, 長江(揚子江) 및 杭州灣河口, 中國江西沿岸의 大沙堆海域에서 강한 潮流가 發生하는 것이 잘 提示되어 있다. 이 潮汐컴퓨터모델을 利用하여 우리나라 京畿灣一帶에 防潮堤建設이 이루어져 沿岸地形의 큰 變換이 惹起되었을 境遇에 이러한 建設影響에 의한 潮汐波의 攪亂程度를 評價한 것이 그림 2에 提示된다. 評價에 의하면 牙山灣入口에 防潮堤가 建設되면 平均潮差가 20cm 以上 減少되며 淺水灣上部의 防潮堤建設은 潮差를 50cm 以上 擴幅시킨다. 牙山灣의 境遇는 防潮堤建設에 의해 共振體系의 特性길이가 줄어들어 潮差가 減少하는 反面에 後者の 淺水灣의 境遇는 潮汐波의 上部內灣으로 의 波及에 의한 에너지消散이 차단되며 反射效果가 增大的 것으로 解析된다. 近年에 完工된 榮山江河口의 防潮堤는 삼학도의 平均潮差를 28cm, 大潮差를 42cm,

\* 成均館大學校 工科大學 教授



그림 1. 黃海의 潮流分布을 나타내는 潮流橢圓圖

小潮差를 14cm 程度 擴幅시키는 潮汐變換을 惹起시켰으며 이러한 現象은 沿岸帶水層의 水位變化에 直接反應되어 實生活에도 큰 影響을 주었다(崔, 1984). 또한 이 防潮堤는 전보라도 에너지消散能力을 減少시켜 外海에서 波及되어오는 海溢에 대해서도 더 敏感하게 反應하는 沿岸環境이 造成되어 沿岸浸水の 程度를 증대시킬 수 있는 징후가 觀측되고 있다.

防潮堤建設에 의한 潮汐體系의 變換은 潮汐波의 攪亂範圍에서 一차적으로 判別되는 데 京畿灣一帶에서의 攪亂域은 그림 2에 提示된 바와 같이 比較的 灣內에 局限되며 榮山江河口도 外海側島嶼에 의해 防護되어, 問題가 되는 캐나다의 윈디灣과 英國의 브리스틀水路의 防潮堤計劃의 境遇와 같이 攪亂波의 波及效果가 外海, 大洋쪽으로 擴散되어 나가지는 않을 것으로 思料된다. 그러나 國土擴張을 위한 努力이 우리나라 西海岸全域에 걸쳐 이루어질 때 潮汐體系의 變換은 반드시 局地的인 形態만은 아닐 것이며 西海中部沿岸에 防護되지 않은 地形에서 大要模 防潮堤가 建設되면 그 波及效果는 黃海全域에 걸쳐 일어날 可能性도 있다. 수 cm에서 수십 cm에 달하는 潮汐波의 振幅變化는 潮流體系의 상당한 變化를 意味하며 이 變化는 一차적으로 動的堆積環境에 큰 影響을 미친다.

### 3. 動的 堆積體系

黃海는 中國大陸의 黃河로부터 每年 10億 8千萬噸의 土砂를, 長江으로부터는 每年 4 億7,800萬噸의 土砂를 供給받으며 우리나라 西海岸의 河川들은 上記 두 河川의 1/700程度의 土砂를 每年 供給한다. 이 莫大한 土砂의 移動, 堆積過程이 어떠한 가를 糾明하는 現世堆積學 및 動的堆積體系에 관한 研究가 큰 觀心事이다. 우리나라 西海의 강한 潮流가 發生하는 海域에서는 높은 潮汐에너지消散이 일어나며 이 에너지消散은 海底에서 큰 應力으로 作用하여 海底의 掃流砂를 移動시키게 된다. 砂質土의 分布는 潮流環境에서 生成되는 가장 뚜렷한 現象으로서 潮汐週期를 통해 平均된 流速보다는 尖頭流速에 의한 應力에 의해 移動된다는 理論이 近年에 認定되기 시작하였다. 反面에 泥土는 여러 潮汐週期를 통해 移動되는 바 泥土의 分布는 恒流의 循環形態를 提示하는 指標가 되기도 한다. 그림 3은 컴퓨터모델로 算定된 尖頭應力分布를 根據로 하여 推定한 黃海에서의 海底砂質土의 移動經路이며 潮汐砂州의 移動을 推定하는 概念的인 모델과 相互比較한 結果 좋은 一致를 보였다(崔, 1986). 이러한 强潮流에 의해 洗掘되고 또한 堆積되는 海底土砂의 移動에 관한 適確한

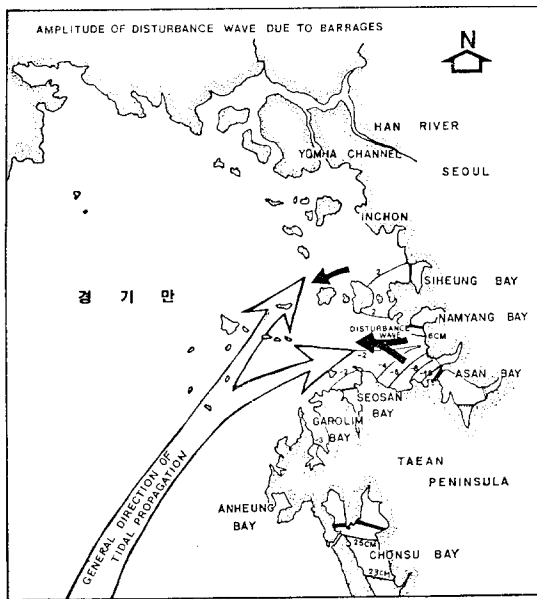


그림 2. 京畿灣海域의 防潮堤建設에 따른 半潮差의 變化度

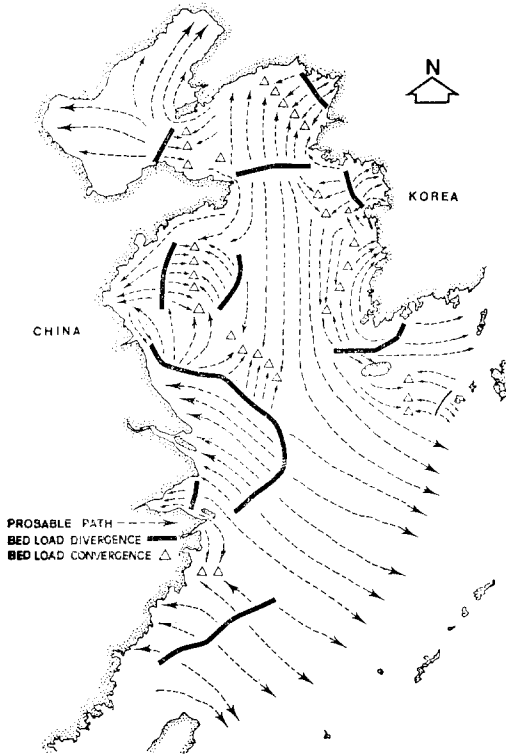


그림 3. 黃海의 海底土砂의 移動方向推定(崔, 1986).

知識은 大型船舶의 定全한 沿岸航海, 海底電線, 送油管和 같은 線型構造物의 安全한 維持, 海底浚渫土의 移動, 沈澱되어 掃流砂와 같이 移動하는 重金屬, 放射能 廢棄物의 分布의 觀點에서도 重要하다. 이미 비금도 北西側에 위치한 오도남사퇴는 60年기간에 약 1km의 西側移動이 관측되고 있으며 錦江河口의 대형 대죽도사주와 여러 潮間帶水路의 砂州는 半世紀에 걸쳐 그 變遷過程이 뚜렷하게 觀察되었다. 近年 大型 LNG運搬船의 運用을 위해 莫大한 豫算을 投入하여 浚渫平澤港 接近水路에 바로 隣接한 中央淺堆의 移動方向은 地域的, 局地的으로 水路方向으로 推定되는 바 크게 念慮가 되는 事項이다.

科學的인 側面에서도 陸棚海底境界層에서의 流速의 垂直分布 및 陸棚에서의 바람에 의한 循環現象을 支配하는 力學에 있어 海底 剪斷應力의 重要性은 잘 認識되어 왔다. 그러나 潮汐 및 바람에 의한 循環形態를 提示하는 支配方程式에 있어서 海底摩擦項의 다른 項에 대한 相對的 重要性에 대해서는 아직까지 잘 알려지지 않았다. 따라서 近年에야 美國도 CODE(Coastal Ocean Dynamics Experiment)計劃 등에 의한 精密한

現場觀測을 利用한 海底摩擦力의 評價에 대한 研究가 活潑하며 우리나라 西海에서도 暴風海溢期間의 波浪과 強한 潮流와의 相互作用을 考慮한 海底境界層모델의 開發이 韓美共同海洋觀測과 더불어 始作되고 있다. 이러한 接近은 基本的인 物理現象이 正確하게 把握되어 야만 定量的인 動的堆積體系를 信賴性있게 評價할 수 있는 모델의 運用이 可能하다고 생각하는 데서 비롯하여 따라서 徹底한 現場觀測이 先行作業으로 遂行되고 있다. 이러한 陸棚全域에 걸친 巨視的인 接近과 더불어 防潮堤가 建設되는 河口沿岸域에서도 相應하는 現場觀測과 調査가 이루어져야 할 것이 必須的인 事項인데 海流觀測, 底層土砂 및 浮遊砂分布, 地層探查, 主要地點의 海底形狀觀測이 現代的인 機器를 利用하여 整然하게 遂行되어야 한다.

#### 4. 潮汐混合

太陽熱放射 및 陸地로부터의 淡水引込은 包含한 많은 要素들이 海水溫度와 鹽度の 垂直變化를 惹起시켜 成層을 이룬다. 이 成層된 海水를 混合시키는 데 가장 큰 役割을 하는 것이 海底를 흐르는 潮流에 의한 亂流現象이다. 그림 4와 5는 8月中 우리나라 南海의 海

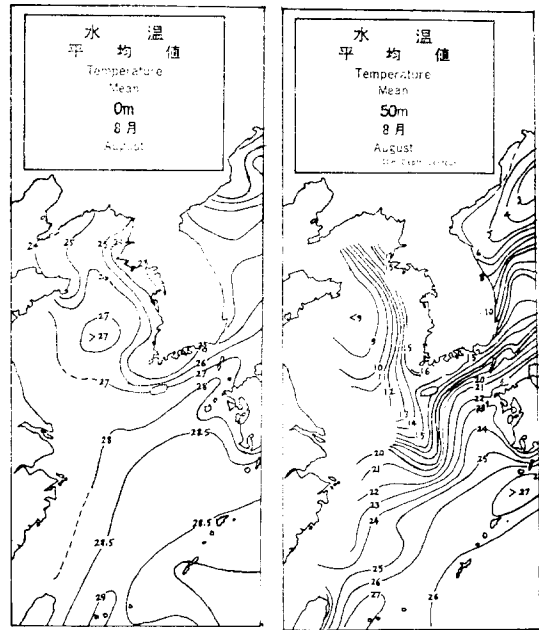


그림 4. 8月中 황해의 해면 및 50m 수심의 水溫 平均値(日本 JODC).

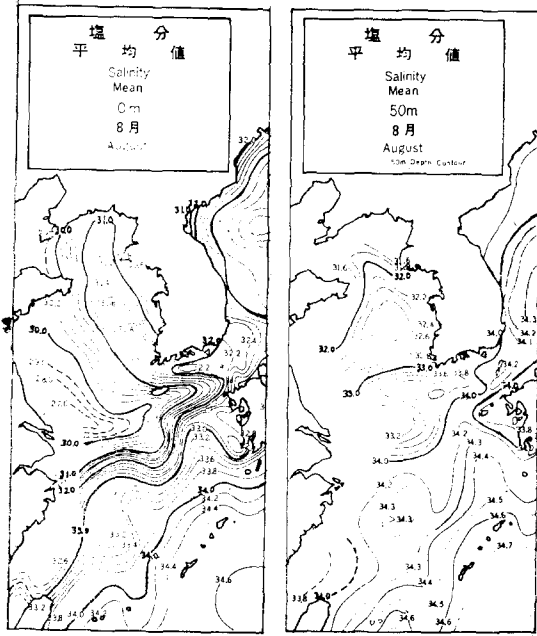


그림 5. 8月中 황해의 해면 및 50m 수심의 鹽分 平均值(日本 JODC)

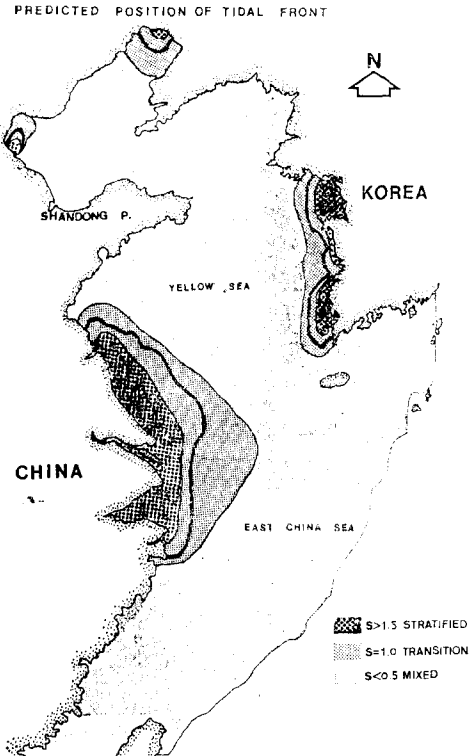


그림 7. 推定된 黃海의 潮境位置(崔, 1984).

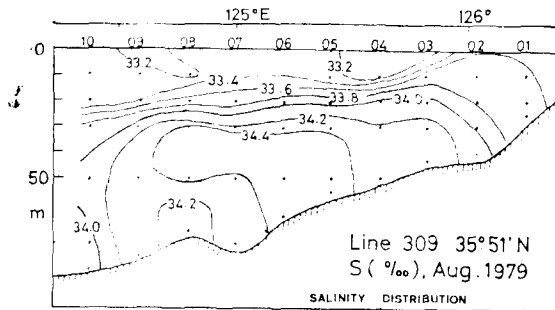


그림 6. 1979년 8월의 정선 309의 염분분포도(수산진흥청자료, 釜山水産大 姜容均 교수 제공)

면과 水深 50m에서의 水溫 및 鹽度 平均值를 提示하고 있으며 그림 6은 北緯 36度附近的 水産振興院의 定期 海洋觀測線인 309線에서의 1979年 8月의 鹽度觀測結果인 바 夏節의 우리나라沿岸의 成層된 海水分布가 잘 提示해주고 있다. 이러한 成層을 이르는 水塊와 垂直 混合을 이르는 水塊의 境界, 即 潮汐前線(潮境)을 따라서 生物學的 活動이 活潑하여 植物性플랑크톤이 群集해서 漁場形成과 密接한 關係에 있다. 理由로서는 前線域에서 垂直인 海水運動, 鹽分, 溫度等의 交換이 強하게 일어나기 때문이다. 潮境의 位置를 推定하기

위해 에너지概念을 導入된 方法들이 近年에 提示되었으며 北海 및 靑디灣에 成功的으로 適用되었다. 이 推定은 表面熱量流入率과 水深을 곱한 값을 流速의 三乘으로 나눈 特定值가 潮境의 位置를 決定한다는 것에 根據한 바 이 方法을 黃海에 適用하여 이 海域의 潮境의 位置를 推定한 結果가 그림 7에 提示되어 있다. 그림에서 굵은 實線이 推定된 潮境의 位置인바 防潮堤의 建設 및 沿岸地形의 變化는 潮汐體系 即 潮汐混合의 狀況을 變換시키고 이는 海水溫度의 分布에 變化를 招來해서 潮境의 位置가 바뀔 可能性이 있다. 이러한 潮汐의 垂直混合에 附加하여 沿岸地形의 開發에 따른 潮流의 變化는 水平混合에도 影響을 주는 바 擴散狀況의 評價를 適切히 遂行하는 일이 역시 重要한 事項이다. 特히 既存의 沿岸域의 渦流體系의 變化樣相이 주의깊게 調査되어야 할 事項이다.

### 5. 結 言

우리나라 西海인 黃海는 海洋學的으로 매우 複雜하며 研究對象으로도 興味있는 海域이다. 이 體系의 海洋水理의 構造와 循環形態는 潮汐에 의해 크게 影響을

받는 바 潮汐의 變化樣相에 의해 全體系의 海洋物理樣相이 달라질 수도 있다. 本稿에서는 일차적으로 成層現象과 動的推積現象을 重要한 問題로서 提起하였다. 近年에 長江河口에 大規模댐이 建設되며 우리나라 西海岸에도 干拓, 淡水湖造成을 위한 沿岸地形의 變換이 이룩어지고 있는 바 이러한 人爲의 行爲의 複合的인 影響이 어떻게 될 것인가에 대한 物理海洋現象을 徹底히 糾明하는 巨視的 眼目的 研究가 局地的인 正確한 現場觀測과 더불어 重要한 事項이다.

參 考 文 獻

Choi, B.H. 1980. A tidal model of the Yellow Sea

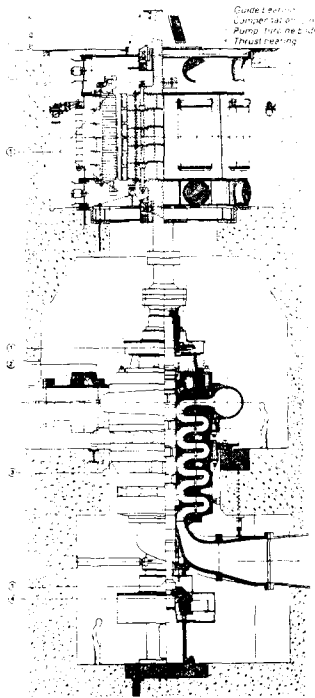
and the Eastern China Sea. Korea Ocean Reearch and Development Institute (KORDI) Report 80-02.  
Choi, B.H. 1981 Effect on the  $M_2$  tide of tidal barriers in the west coast of Korea. Korea Ocean Research and Development Institute (KORDI) Report 81-01.

崔秉昊. 1984. 榮山江河口的 防潮堤建設에 따른 潮位 變化. 大韓土木學會論文集 제 4 권 제 2 호.

崔秉昊. 1984. 黃海 및 東支那海의 成層·混台모델. 大韓土木學會論文集 제 4 권 제 2 호.

Choi, B.H. 1986. Predictions of sand transport directions of the offshore tidal sand banks in the Yellow Sea. A paper submitted to IAHR/APD.

109페이지에서 계속



Characteristics of the Edolo machines.  
Cross section of the five-stage reversible machine.

시 회전축을 안전하게 유지시켜 준다. 주 service 받드는 油壓으로 작동되며, 發電개시 시 정교한 調整기능을 수행할 側管에 설치되어 있다. 側管과 구형발브를 동시에 조절하는 조절기는 터어빈을 적정단 회전속도로 유지시키고 또 격자와 연결시켜 준다.

Hydroat社は 작년에 Edolo 펌프/터빈의 효율시험이 성공적으로 통과했으며 발전설비는 정상으로 또 지속적으로 수천시간 동안 작동했다고 말했다. 9월까지 제 1段發電設備은 1,000 시간 이상의 작동을 수행했다. 揚水發電所 諸元은 다음과 같다.

發 電

落 差 (m)	1,225.88	1,224.12	1,169.18
使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	11.93	11.77	11.41
出力(터빈) (kw)	127,578	122,194	112,416
回轉速度 (rev/min)		600	

揚 水

揚 程 高 (m)	1,289.62	1,231.16	1,211.16
揚 水 量 (m <sup>3</sup> /s)	9.16	10.06	10.35
動 力 (kw)	133,816	139,337	141,176
回轉速度 (rev/min)		600	

(World Water: March 1986. 에서)