

## 〈 論 文 〉

## 우리 나라 西海岸의 潮汐砂州

## Tidal Sand Banks in the West Coast of Korea

崔 秉 吳\*

Byung Ho Choi

## Abstract

The predictions of the local and regional sand transport directions of the offshore tidal sand banks in the west coast of Korea, east of the Yellow Sea have been performed on the basis of diagrammatical method suggested by Kenyon et al(1981). There is general agreements between these predictions and the earlier predictions(Choi, 1983) of net regional sand transport paths from the numerical simulation of maximum bottom stress vector during the semidiurnal period due to  $M_2$  and  $M_4$  tides. Further detailed investigations are proposed for the study of Choongang Chontoe where the predicted net sand transport direction is to the dredged navigation channel.

## 要 旨

韓國西海岸 潮汐砂州들의 土砂移動方向을 Kenyon 等(1981)이 提示한 方法에 의해 推定하였다. 이 推定結果와 東支那海 潮汐數值모델에 의한  $M_2$  와  $M_4$  分潮의 最大海底摩擦應力벡터가 提示한 前回の 推定(崔, 1983)과 比較한 結果는 좋은 一致를 보였다. 地域的 土砂移動이 近來 浚渫된 水路方向으로 推定되는 中央淺堆의 徹底한 調査가 追後の 研究로서 提示되었는 바 本 研究는 黃海의 堆積動力學을 糾明하려는 一連의 研究의 初期作業으로 遂行되었다.

## 1. 序 言

京畿灣의 東水道와 牙山灣接近水路에 各己 潮流의 流動方向과 거의 平行하게 位置한 長安堆와 中央淺堆(砂州)는 地質海洋學上 tidal current ridge, linear sand bank 또는 tidal sand bodies 등으로 불리우는데 大陸棚上에 土砂의 供給이 持續的인 強潮流가 있는 水路에 長期間에 걸쳐 形成되는 海底形狀이다. 潮汐砂州는 世界到處의 陸棚海域에 散在되어 있는데 길이가 最大 80 km 에 達하기도 하며 幅은 1~3km, 높이는 水深과 같은 程度로서 數 10m 가 되기도 한다. 이러한 潮汐砂州들은 位置에 따라 潮流의 流動方向과 거의 平行하게 線型으로 配列되며 그 間隔과 크기가 다르며, 점점 增大되는 傾向이 있는데 風波의 影響을 받는 淺海에서 海

流가 強한 惡條件下에 이러한 砂州가 形成되며 그 形態가 持續된다는 것은 놀랄만한 現象이라 科學的인 疑問을 갖는 것이 當然하다.

19 世紀初 Playfair<sup>(1)</sup>는 이미 北海의 獨逸沿岸의 砂州形成이 潮流와 密接한 關係가 있음을 指摘하였으며 그 以後 世界到處에 散在한 潮汐砂州에 관한 論文들이 계속 發表되었다. Off<sup>(2)</sup>는 韓國動亂 參戰中 우리나라 西韓灣의 2,400mi<sup>2</sup>에 달하는 海域에 잘 形成된 潮汐砂州(그림 5)에 觀心を 갖고 世界的인 潮汐砂州의 分布를 調査하여 潮汐砂州의 形成이 높은 潮流에너지와 밀접한 關係를 갖고있음을 提示하였다. 1980 年 以前의 潮汐砂州研究에 功獻한 論文들은 Klein 이 Holocene Tidal Sedimentation 이라는 題下로 蒐集하여 發刊<sup>(3)</sup> 하였으며 80 年代에 들어와 北海의 潮汐砂州에 관한 組織的인 研究가 다시 活潑한 바 Nio<sup>(4)</sup> 및 Stride<sup>(5)</sup>는 이

\* 成均館大學 工科大學 土木科

海域의 研究結果를 編輯하여 出刊하였다. 우리나라의 境遇 近年에 비로소 體系의인 研究가 시작되고 있는데 朴龍安<sup>(9)</sup> 등이 비금도 北西向 6 km 에 位置한 오도南砂堆의 狀況을 1964年 交通部 水路局의 觀測資料와 1980年 再測量結果를 比較分析한 研究인바 이 期間에 砂州의 範圍가 擴張되었으며 또한 西側移動이 있었음을 指摘하였다.

潮汐砂州에 관한 一連의 研究는 地質海洋學의 基礎研究로서 현재조석퇴적학(Holocene Tidal Sedimentation) 이라는 題下에서 近年에 活潑하게 進展을 보이고 있는데 沿岸工學의인 側面에서는 潮汐砂州의 形成 및 變化過程이 淺海에서의 大型船舶의 安全航海 및 土砂移動에 따른 埋設된 送油管, 通信케이블 露出에 따른 被害等의 觀點에서 극도로 重要하다. 이러한 陸棚海의 堆積學研究는 過去의 物理海洋學이 深海의 研究에 集中하였으나 水理工學은 실험수조, 河川, 河口 및 沿岸의 土砂移動에만 局限되어 왔으므로 그 研究의 進展이 더디었으나 近年에 陸棚의 採油活動이 活潑함에 따라 陸棚海의 土砂移動研究가 廣範圍하게 展開될 展望인 바 本 研究는 黃海·東支那海의 動的堆積體系를 理解하기 위한 初期作業으로 遂行되었다.

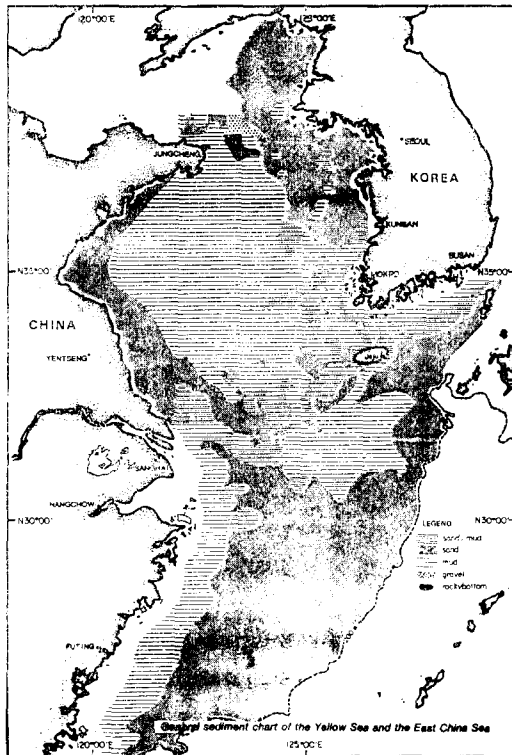


그림 1. 黃海·東支那海陸棚의 底質分布

## 2. 西海岸의 潮汐砂州

### 2.1 堆積環境

그림 1은 黃海 및 東支那海陸棚의 底質分布(朴龍安 教授提供)를 提示하는데 最近까지의 資料를 編輯한 것이다. 黃海中部全域과 沿岸(우리나라 西海岸의 沿岸에 隣接한 海域과 中國南部沿岸)의 泥土分布와 黃海東部 海域과 東那海支의 粗粒質堆積物의 分布가 뚜렷하게 提示되고 있다. 그림 2는 潮汐모델<sup>(7)</sup>에 의한 平均潮汐 狀況下에서의 潮流橢圓圖를 提示하고 있는 바 長軸의 配列이 最強潮流의 方向을 나타내는데 圓形에 가까운

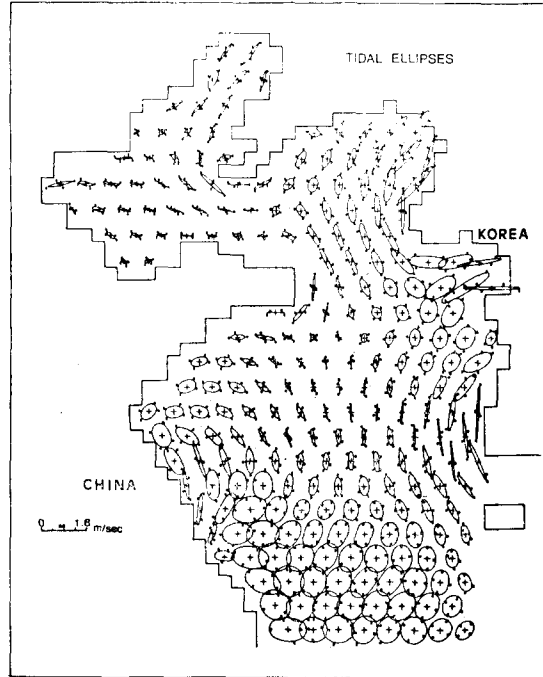


그림 2. 黃海潮汐모델에 의한 主太陰半日週潮의 潮流 橢圓圖

것은 回轉性 潮流, 긴 長軸을 갖는 形態는 往復性潮流를 意味한다. 이 潮流橢圓의 分布圖와 더불어 그림 3의 最強流速分布<sup>(7)</sup>를 살펴보면 우리나라 西海岸, 특히 西韓灣京畿灣 및 南西端에서의 往復性 潮流가 強한 것을 알수 있는데 이流域이 潮汐砂州가 잘 發達되어 있는 海域이다. 全世界의으로 淺海에서 消散되는 潮汐에너지의 總消散量의 約 7%가 黃海·東支那海陸棚體系에서 消散되는 데<sup>(8)</sup> 이 中 상당량의 潮汐消散은 上記海域에서 일어나는 것이 그림 4에 提示된다. 이 海底摩擦에 의한 潮汐에너지 消散이 掃流砂의 移動에 密接한 關係를 가지며 따라서 砂質土의 分布가 潮流體系에서의 重要한 指標가 된다. 反面에 泥土의 分布는 潮流 또는

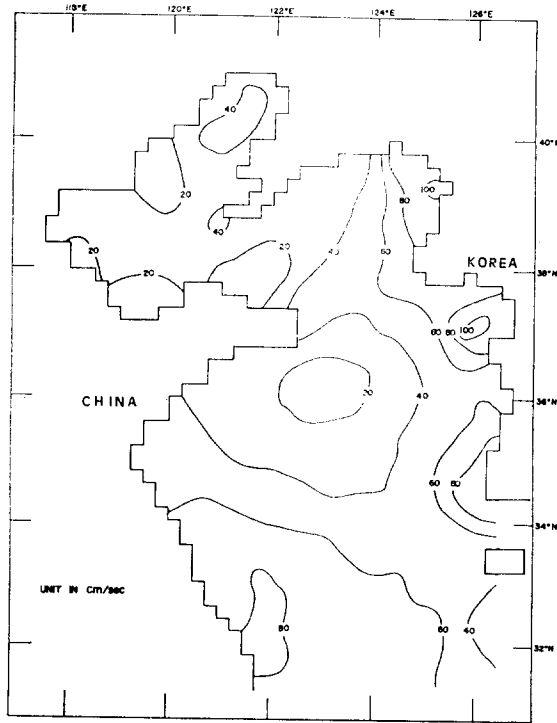


그림 3. 主半陰半日週潮의 最強流速分布  
118°E 124°E

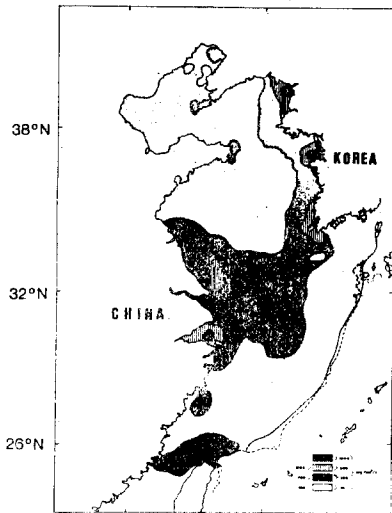


그림 5. 西韓灣의 潮汐砂州<sup>(2)(3)</sup>

非潮汐成分의 海流에 의해 여러 潮汐週期동안 浮遊되어 移動되는 바 恒流의 經路를 提示하는 指標가 된다.

2.2 西海岸 潮汐砂州의 配列

우리나라 西海岸에는 많은 潮汐砂州가 形成되어 있다. 特히 西韓灣의 潮汐砂州(그림 5)와 京畿灣外側의

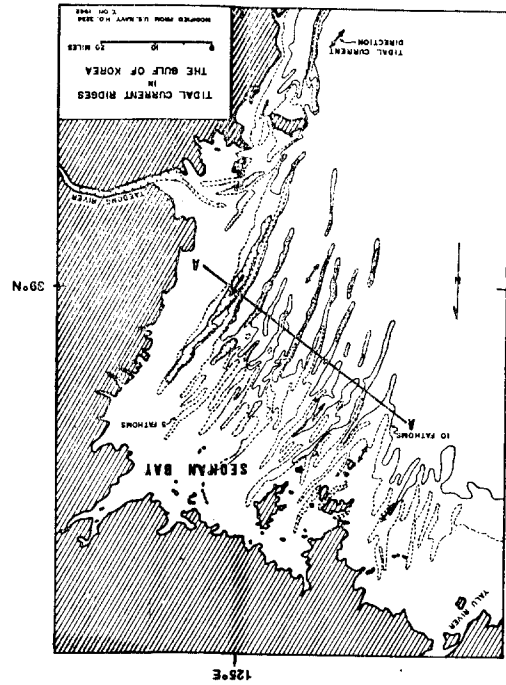


그림 4. 東支那海의 潮汐에너지의 平均消散率

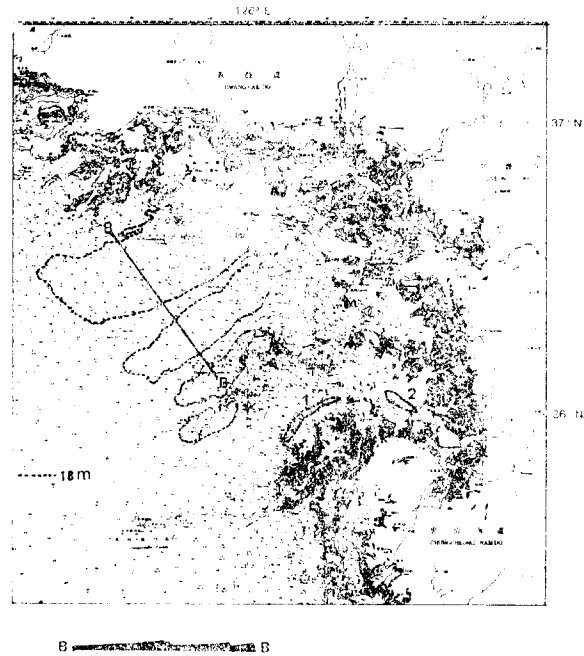


그림 6. 京畿灣의 潮汐砂州(1은 長安堆, 2는 中央淺堆)

潮汐砂州(그림 6)는 北海의 研究者들<sup>(9)</sup>이 觀心을 갖고 研究를 始作하고 있는 데 幅이 對照인 두 砂州에 대한 砂質土移動의 方向을 前者는 外海側, 後者는 沿岸側

인 것으로 後述될 定性的인 모델을 根據로 推定하였다. 우리의 境遇 規模가 작으며 沿岸에 더 가까운 長安堆, 노리천퇴, 中央淺堆(그림 8 및 그림 9) 및 오도南砂堆(그림 10) 등이 沿岸工學的인 側面에서 더 觀心있는 對象인 바 特別히 中央淺堆의 末端部는 平澤 LNG 受入基地

港灣에의 接近水路로서 水深確保를 위해 浚渫되어 있으므로 이 淺堆의 動水力學的인 理解가 重要하게 되었다.

그림 5의 西韓灣 潮○砂州는 長이가 90 km 에 이르며 幅은 0.5~3 km 이고 外海側砂州의 橫斷面은 北西

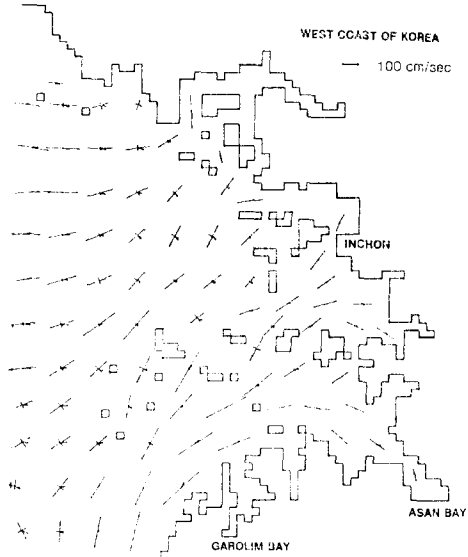


그림 7. 京畿灣의 潮流橢圓分布

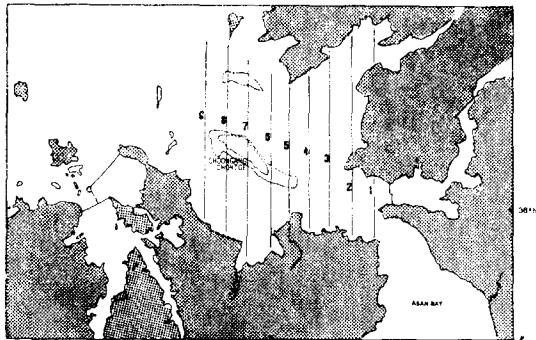


그림 8. 牙山灣一帶의 地層斷面이 提示되는 橫斷基線

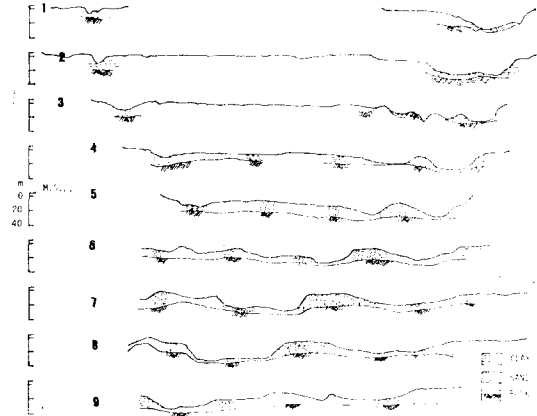
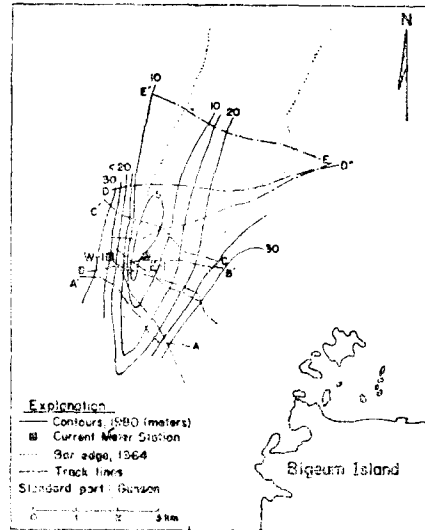
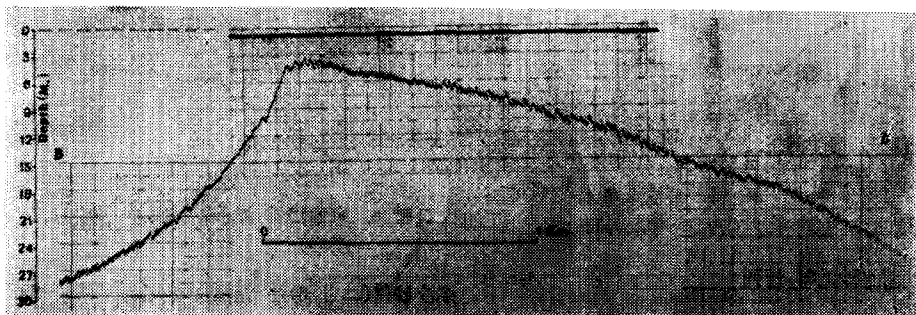


그림 9. 그림 8의 橫斷線을 따른 海底地層斷面



10(a)



10(b)

그림 10. 오도南砂堆 (a) 砂堆의 等深線 (b) 砂堆의 B-B 斷面

向이 가파른 非對稱形이며 線型砂州사이의 間隔은 水深이 깊어질수록 더 벌어지는 傾向을 띄우고 있다. 이 砂州의 配列은 化살표로 提示된 最強落潮의 方向에 대해 反時計方向的인 縱軸의 配列을 하고 있다.

그림 6의 京畿灣外海側의 廣闊한 海域에 位置한 潮汐砂州中 북쪽砂州의 幅은 30 km 에 이르고 있어 西韓灣의 潮汐砂州와는 對照的인 形態인 바 砂州의 橫斷面은 東南向이 가파른 非對稱形이며 그림 7에 提示된 最強汐潮의 方向<sup>(10)</sup>에 대해 亦是 反時計方向的인 縱軸의 配列이다.

그림 6의 牙山灣接近水路와 平行하여 位置한 中央淺堆는 길이 가 約 5.5 km, 幅이 1.5 km 인데 最強漲潮의 方向에 대해 時計方向的인 縱軸의 配列을 하고 있으며 長安堆(그림 6)의 配列은 그림 7의 最強落潮의 方向에 대해 反時計方向的인 配列이다. 中央淺堆의 橫斷面은 그림 9<sup>(11)</sup>에 提示된대로 北東向이 가파른 非對稱斷面이며 長安堆의 境遇는 北西向이 가파른 斷面이다.

그림 10에 提示된 오도南砂堆는 Klein 및 朴龍安等<sup>(6)</sup>에 의해 調査되었는데 西側斷面이 가파르며 北向의 最強漲潮에 대해 砂州는 時計方向的인 配列을 하고 있다. 以外에도 西海岸에는 많은 砂州들이 散在하고 있는데 特別히 錦江河口의 入口에 位置한 砂州는 潮汐과 더불어 錦江水系의 水文學的 影響이 클 것인바 別途의 仔細한 研究가 必要하다.

2.3 沙質土移動方向의 推定

前節에 叙述된대로 우리나라 西海岸 潮汐砂州의 配列은 地域的인 最強潮流의 方向과 完全히 一致하는 것이 아니며 橫斷面도 어느 한 쪽이 가파른 非對稱形狀인 바 世界的으로 대부분의 潮汐砂州가 이러한 形態인

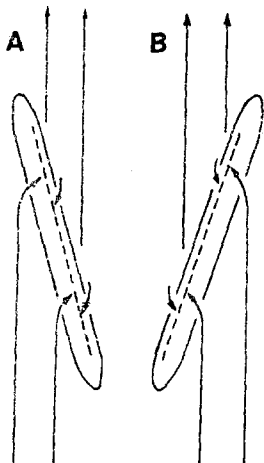


그림 11. 開放된 陸棚上의 非對稱的인 潮汐砂州의 二 形態. (A) 反時計方向的인 配列 (B) 時計方向的인 配列

다. 英國海洋研究所의 Kenyon 等<sup>(9)</sup>은 陸棚上의 非對稱形인 潮汐砂州의 二 形態를 提示함으로써 砂質土 移動方向을 推定하였다. 그림 11은 潮汐砂州의 縱軸이 最強潮流의 方向에 대해 反時計方向 및 時計方向配列을 하고 있는 二 形態를 提示하는 데 點線은 砂州의 峰(crest)을 나타낸다. 化살표의 實線은 砂質土의 移動方向(direction of net sand transport)을 나타내는 데 全體的으로 最強潮流(peak tidal flow)의 方向으로 地域的인 土砂移動(regional net sand transport)이 일어나며 砂州上의 時計方向(A) 및 反時計方向的(B) 벡터는 砂州上의 局地的인 土砂移動方向(local sand transport directions on banks)을 나타낸다. 潮汐砂州의 點線에 該當하는 峰에 대해 가파른 쪽은 強한 上向流(最強漲潮 또는 最強落潮)에 대해 防護되나 相對的으로 弱한 下向流에 대해서는 露出되어 局地的인 時間平均된 흐름形態(time-mean current pattern)가 形成된다. 따라서 이 定性的인 모델에 의하면 地域的인 尖頭流速을 갖는 最強潮流의 方向과 砂州配列을 알면 砂州上의 局地的인 土砂移動方向을 推定할 수 있으며 類似하게 砂州의 非對稱性을 살펴봄으로써 最強潮流 即 地域的인 土砂移動方向을 推定할 수 있다. 表-1은 이 모델에 根據하여 既推定<sup>(9)</sup>된 西韓灣 및 京畿灣의 境遇에 附加하여 오도南砂堆, 長安堆 및 中央淺堆의 地域的(局地的)인 土砂移動方向을 推定한 것이다.

表-1 西海岸 潮汐砂州의 土砂移動方向의 推定

潮汐砂州名	橫斷面의 가파른 方向	土砂移動 方向	
		地域的	砂州上 局地的
西韓灣	北 西	南南西	北 西
京畿灣	南 東	北 東	南 東
오도南砂堆	西	北	西
長安堆	北 西	南 西	北 西
中央淺堆	北北東	東南東	北北東

前回の 研究에서 崔<sup>(12)</sup>는 動水力學의 原理에 立脚한 東支那海의 潮汐數值모델<sup>(13)</sup>을 利用하여 그림 12의 最大海底摩擦應力벡터의 分布를 算定한 바 높은 應力分布가 우리나라 西海岸 特別히 西韓灣, 京畿灣에서 提示되었으며 이 尖頭應力벡터의 方向이 掃流砂의 移動方向을 나타내는 것으로 推定하였는데 表-1의 結果와 比較할 때 地域的인 土砂移動의 推定方向이 좋은 一致를 보이고 있다. 西韓灣에서는 北西/南東向의 分岐線으로 內灣 및 外海側土砂移動의 發散이 일어나는 것으로 그림 12에서는 推定되었는데 아마도 이 뚜렷한 發散影響에 의해 그림 5에 提示된 바와 같이 內灣側은

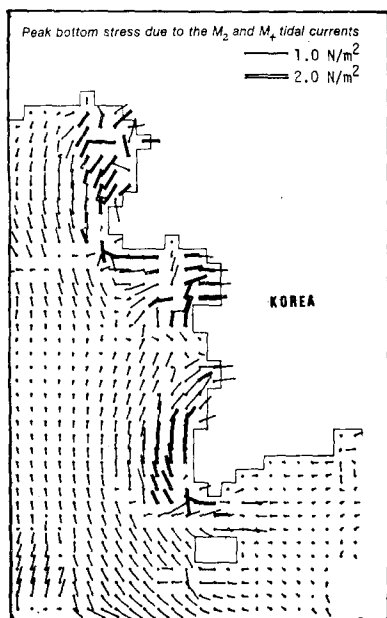


그림 12. 最大海底汐斷應力벡터의 分布圖

沿岸쪽으로의 土砂移動에 따른 長期 堆積에 의해 砂州의 幅은 擴大되어 線型形態를 찾을 수 없으며 外海側은 깊은 水深方向으로 계속 活潑한 進展이 이루어져 線型砂州가 잘 發達된 것으로 思料된다. 京畿灣 亦是 北西/南東向의 土砂移動의 分岐가 일어나나 그림 6에 提示된대로 砂州는 內灣側에 位置하여 沿岸쪽으로의 土砂移動에 따른 長期堆積에 의해 넓은 幅의 砂州가 形成되었으며 長安堆의 境遇는 分岐線의 外側에 位置하여 그림 12에 提示된대로 南西向의 地域的인 土砂移動이 일어난다. 中央淺堆의 境遇 모델의 解像度가 充分히 精密하지 않아 實際的인 東南向의 벡터代身 東向의 벡터가 提示되고 있으나 內灣쪽으로의 土砂移動傾向은 잘 提示하고 있다. 오도南砂堆가 位置한 韓半島의 南西海岸의 境遇 尖頭應力벡터는 北向을 나타내고 있어 表-1의 定性모델에 의한 推定과 亦是 좋은 一致를 보이고 있다.

金承友 等<sup>(14)</sup>은 牙山灣一帶 堆積物調査에서 堆積構造에 依據하여 砂州上의 局地的인 土砂移動이 296°~63° 範圍에서 일어날 것으로 推論하였는데 表-1의 推定은 北北東向으로 類似한 推定으로 볼 수 있다. 上記推定에서 우리의 工學的 觀心을 끄는 結果는 中央淺堆의 境遇 砂州上 局地的인 土砂移動이 北北東向으로 일어나고 있어 潮汐砂州의 長期的인 移動이 이 砂州와 平行하게 位置한 大型船舶 接近 水路側으로 일어나고 있는 點과 地域的인 土砂移動이 東南東向으로 일어나 中

央淺堆 末端部의 淺濶된 水路에 掃流砂의 移動에 의한 持續的인 土砂引込이 豫想되는 點이다.

### 3. 討 議

前述된대로 Kenyon 等<sup>(9)</sup>이 提示한 모델에서는 砂州上에 回轉性 海流가 發生하는 것을 定性的으로 推定하였는데 Huthnance(1983)<sup>(15)</sup>는 解析的 모델에 의해 이 砂州上의 時間平均된 海流 및  $\frac{1}{4}$ 日 遇潮의 海流가 코리올리 힘(偏向力)과 海底摩擦力에 의해 發生되는 것을 數學的으로 誘導하였다. 또한 Huthnance는 英國 Norfolk 砂州를 橫斷하는 數個地點에서 表層, 中層, 底層에서의 25時間 海流觀測資料로서 모델을 檢證하였다. 西海岸의 境遇 中央淺堆에서는 깊은 水深의 水路部分에서의 觀測記錄이 있으나 潮汐砂州上에서는 觀測된 記錄이 없어 Huthnance의 解析的 모델을 適用하여 時間平均된 砂州上의 循環形態를 檢證할 수 없었다. 단지 오도南砂堆에서의 그림 10에 提示된 地點에서의 短期觀測으로부터 緩慢한 傾斜側(E-1)의 優勢한 北向漲潮流와 가파른 傾斜側(W-1)의 優勢한 南向 落潮流가 觀測되므로서 時間平均된 流況은 Kenyon 等<sup>(9)</sup>이 提示한 바 (그림 11의(B))와 一致한다. 그러나 이 砂州를 觀測했던 Klein 等<sup>(6)</sup>은 觀測流況이 Kenyon 等이 提示하는 砂州形成 過程, Huthnance의 時間平均된 流況을 支持않는다는 相異한 解析을 하였다. 아마도 中央淺堆의 縱軸을 따라 3~4個의 橫斷面을 따라 砂州上과 側面에서 13時間 또는 25時間 表層, 中層, 底層流速 觀測이 이루어져 時間平均된 流速에 의한 砂州上의 循環形態를 檢證할 必要가 있다.

Huthnance(1982)<sup>(16)</sup>는 初期모델의 概念을 擴張시켜 線型砂州의 形成過程을 說明하는 解析的 모델을 提示하였는데 砂州形成의 時間規模는 概略的으로 100餘年인 것으로 推論하였으며 砂州의 初期形成은 波長橫斷面水深에 따른 波形에서의 波長이 水深의 250倍에 該當될 때 가장 빨리 일어난다고 하였는데 尖頭流速의 方向과 砂州의 縱軸이 이루는 角度, 隣近에 位置한 沿岸地形의 如否가 중요한 變數가 된다고 하였다. 또한 中央淺堆와 같이 砂州橫斷面의 上部가 편평한 形態로서 의 平衡斷面을 이루는 要素로서는 淺海風波에 의한 上部洗掘現象과 潮流方向에 대한 砂州의 傾斜配列程度를 들었는데 風波의 影響이 클수록 편평도는 커지는바 그림 9의 中央淺堆의 斷面을 보면 이 海域의 強한 北西季節風에 의한 風波影響이 큰 것을 알 수 있다. 土砂供給이 地域的으로 制限될 때 線型砂州가 發達되는 바 京畿灣의 長安堆, 中央淺堆의 境遇는 隣接한 沿岸의 影響으로 獨立線型砂州가 形成된 것으로 推定된다. 前述

된데로 Huthnance의 모델에 의하면 砂州形成의 時間規模는 世紀에 걸쳐 일어나므로 中央淺堆의 局部的인 土砂移動에 의한 北北東向의 砂州移動은 그리 우려하지 않아도 될 것으로 一次의으로 推定되나(그러나 오도南砂堆의 경우 16年期間에 1km의 西側移動이 있었음) 地域的인 土砂移動에 의한 淺堆末端部の 浚渫水路에의 土砂引込현상은 急速히 일어나므로 時間에 따른 引込率에 대한 定量的인 評價를 包含한 仔細한 研究가 必要하다.

#### 4. 結 言

本稿에서는 우리나라 西海岸의 潮汐砂州와 관련된 堆積動力學研究의 初期結果를 敘述하였다. 西韓灣, 京畿灣의 潮汐砂州와 오도南砂堆, 長安堆, 中央淺堆의 土砂移動方向을 Kenyon 등이 提示한 定性的인 모델에 의해 推定하였으며 이 推定은 東支那海의 潮汐數值모델에 의한 尖頭應力벡터分布와 比較할 때 좋은 一致를 보았는 바 砂質土의 移動方向은 泥土質과 달리 恒流의 方向이 아닌 尖頭潮流의 方向에 의해 決定된다는 現象을 再確認하였다.

京畿灣一帶에 걸쳐 綜合的인 潮汐堆積研究가 바람직한 데 특히 中央淺堆의 境遇 砂州附近에 仔細한 現場觀測을 遂行하여 砂州上의 時間平均된 流況, 地域的인 土砂移動方向 및 土砂輸送率에 대한 評價가 必要한바 이는 浚渫水路의 維持, 大型船舶을 위한 水深確保라는 觀點에서 극히 重要하다.

#### 謝 辭

東支那海陸棚의 底質分布圖(그림 1)는 서울大 朴龍安教授로부터 提供받은 바 이에 謝意를 表한다. 本研究는 우리나라 西海岸의 長期海流觀測프로그램에 關聯한 堆積動力學研究의 初期作業으로 遂行된 바 海流觀測을 財政的으로 支援하는 韓國科學財團(85/86年度)에도 謝意를 表한다.

#### 參 考 文 獻

1. Playfair, J., 1802. Illustrations of the Huttonian theory of the earth. London, reprinted, 1956, Univ. Ill. Press, Urbana.
2. Off, T., 1963. Rhythmic linear sand bodies caused by tidal currents. Bull. Assoc. Petroleum Geologist, 47(2), pp. 324—337, pp. 339—341.

3. Klein, G. dev.(ed.), 1976. Holocene Tidal Sedimentation. Benchmark Papers in Geology/30, Halsted Press.
4. Nio, S.D., Schuttenhelm, R.T. and Tj. C.E. van Weering,(ed.), 1981. Holocene Marine Sedimentation in the North Sea Basin. Special Pub. No.5 of the Int. Assoc. Sedimentologists, Blackwell.
5. Stride, A.H.(ed.), 1982. Offshore Tidal Sands: process and deposit. Chapman and Hall.
6. Klein, G. dev., Park, Y.A., Chang, J.H. and Kim, C.S., 1982. Sedimentology of a subtidal, tide-dominated sand body in the Yellow Sea, southwest Korea. Marine Geology, 50, pp. 221—240.
7. Choi, B.H., 1981. Effect on the M<sub>2</sub> tide of tidal barriers in the west coast of Korea. Korea Ocean Research and Development Institute report 81-02, pp. 37.
8. Larsen, L.H., Cannon, G.A. and Choi, B.H., 1985. East China Sea tide currents. Continental Shelf Research, 4, 1/2, pp. 77—103.
9. Kenyon, N.H., Belderson, R.H., Stride, A.H. and Johnson, M.A., 1981. Offshore tidal sand banks as indicators of net sand transport and as potential deposits. In; S.D. Nio, R.T.E. Schuttenhelm, Tj. C.E. van Weering(ed.), Holocene Marine Sedimentation in the North Sea Basin. Int. Assoc. Sedimentol., Spec. Publ., 5, pp. 257—268.
10. Choi, B.H., 1980. Tidal computation for Incheon Bay. J. Oceanol. Soc. Korea, 15, 2, 112—122.
11. 國立地理院, 1978. 沿岸海域地形測量報告書(牙山灣海域).
12. 崔秉昊, 1983. 東支那海의 土砂移動經路. 大韓土木學會論文集 第3卷 第4號, pp. 83—93.
13. Choi, B.H., 1980. A tidal model of the Yellow Sea and the Eastern China Sea. Korea Ocean Research and Development Institute report 80-82, pp. 72.
14. 金承友, 張正海, 朴龍安, 1978. 牙山灣一帶 海底堆積物에 對하여. 鑛山地質, 11, 2, pp. 81—88.
15. Huthnance, J.M., 1973. Tidal current asymmetries over the Norfolk Sandbanks. Estuarine and Coastal Marine Science, 1, pp. 89—99.
16. Huthnance, J.M., 1982. On one mechanism forming linear sand banks. Estuarine, Coastal and Shelf Science, pp. 79—99.