

# LANDSAT衛星資料에 의한 洛東江 河川水의 流入擴散이 海洋環境에 미치는 影響

金文善·秋教昇  
交通部水路局

(1987년 2월 5일 받음; 1987년 2월 15일 수리)

## Investigation of Some Influence of the Nakdong River Water on Marine Environment in the Estuarine Area Using Landsat Imagery

Kim, Mun Son and Chu, Kyo Sung

Office of Hydrographic Affairs, Ministry of Transportation  
(Received February 5, 1987; Accepted February 15, 1987)

### Abstract

This study was concentrated on the diffusion of the Nakdong river water and its influence on the adjacent ocean environment by the interpretation of LANDSAT TM & MSS imagery which is capable of supplying repetitive, coincident and spatial information about distribution and boundary of river water as well as its changing properties.

### 要 約

本 研究는 LANDSAT MSS 및 TM 映像資料를 利用하여 洛東江 河川水가 流入, 擴散되는 過程을 時間的, 空間的으로 追跡調查하여, 이들이 海洋環境에 미치는 影響을 究明하는데 重點을 두었다.

本 研究로부터 懸濁物質量의 濃度는 鹽分度와 같이 季節, 大·小潮期, 漲·落潮流, 降雨量에 따라 큰 變動을 가져오며, 沿岸前線의 形成 및 分布에 대한 時間的, 空間的인 變動狀態를 廣域的으로 追跡할 수 있었고 海岸線, 堆積帶, 淺海域의 海底地形 變動調查는 既存의 海圖 및 陸圖를 最新化할 수 있는 情報으로써 衛星資料의 價値가 크다는 結論을 얻었다.

## I. 序 論

河川水의 流入·擴散에 대한 全般的인 經路와 範圍는 混合, 潮流, 沿岸流, 化學的 變化, 生物에 의한 移動, 擴散 및 堆積現象 등에 의하여 隨時로 變動함으로 從來의 調査船으로 觀測點을 設定하여 施行하는 調査方法으로는 廣海域을 同時에 觀測할 수 없으며 冬季에는 海上觀測의 어려움으로 既存 觀測資料가 季節의 偏在되어 있어서, 이 分野의 새로운 調査方法의 開發이 불가피하게 되었다.

그러나, 이 문제에 關하여는 MSS-4, 5 또는 TM-2, 3, 6 波長域의 映像이 河川水의 流入擴散의 全般的인 Pattern의 微細構造까지 探知할 수 있을 뿐만 아니라 定量解釋에도 必要한 資料임이 認定되어 河川水의 移動經路와 分布狀態의 추적이 比較的 용이하게 되었다.

또한, 本 調査區域에는 河口堰工事が 進行中이므로 現場觀測 資料를 바탕으로 한 映像分析 方法을 利用하여 河川水의 流入擴散의 經路와 範圍를 工事 前과 工事進行 中, 工事後의 變動關係를 比較的 短時間內에 推定할 수 있었으며, 河川水의 影響이 降雨 後에 大韓海峽 西水道 및 東海南部까지 미치는 現象을 明確히 포착할 수 있는 方法은 衛星映像의 分析方法에 의해서만 可能하기 때문에, 이를 究明함으로써 海況 및 海洋環境의 變動構造, 洛東江 河口堰의 環境影響評價, 海水 汚染防止 對策을 樹立하는 데 資料로 活用할 수 있다.<sup>1),2),3)</sup>

## II. 懸濁物質量(Suspended Matter)의 分布

水色과 透明度는 主로 懸濁物에 依해서 定해지므로 洛東浦에 流出하는 河川水에는 浮遊하는 鑛物質, 無機物, 有機物, plankton 등으로 構成된 懸濁物質이 많아 沿岸性的인 典型的인 水色을 나타내며 plankton이 많은 外洋性水色과는 현저한 差를 보여, 水色傾度에 依한 前線의 形成을 LANDSAT 映像上에서 뚜렷이 區分할 수 있다. 特히 이러한 前線의 形態는 降雨가 있는 後에 더욱 현저하게 나타난다.

### 1. LANDSAT '79. 8. 9 映像

이 映像은 最大 潮差가 나타나는 大潮期(Spring Tide)였으며 釜山港의 高潮(H.W. 149 cm)後 約 30分에 LANDSAT가 촬영한 것이다(Fig. 1).

漲潮流는 轉流後 서島와 木島 사이로 流入되어 加德島 東쪽에서 加德島 南쪽을 거쳐 西쪽으로 流動하고 있으며, 그 一部는 加德水道 쪽으로 流入하여 巨濟島 北東端 쪽으로 偏向해서 流動하는 것이 明確하게 映像上에서 判讀되었으며, 衛星 通過시각이 高潮 後 約 30分이 經過한 落潮時였으

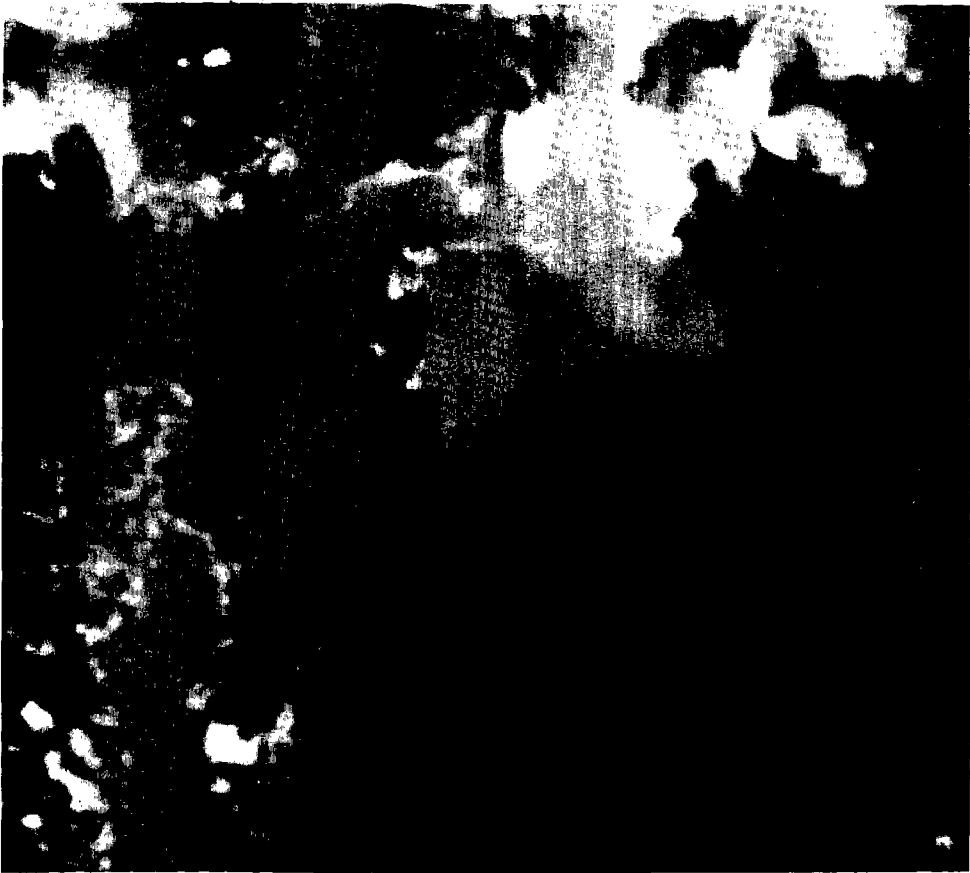


Fig. 1. LANDSAT MSS - 4, 1979. 8. 9.

므로 이런 현상은 加德水道内の 南東流가 水深이 깊은 加德島 南쪽으로 偏流하고 漲潮流 末期의 流動패턴이 壓流 當하는 現象으로 나타났다.

落潮流는 高潮 後 30 分이 經過한 後였으므로 映像上에서는 落潮流 말기의 擴散範圍까지는 해석할 수 없으나 洛東浦의 第 1, 2 水路를 通하여 洛東浦에 流入한 河川水가 서島 燈臺 西쪽으로 偏向해서 流入된 것이 木島 쪽으로 流動하는 낙조류 初期의 유동패턴을 잘 나타내고 있어, 이 부근의 船上觀測데이터를 參照하면, 落潮의 中期 이후에는 낙동강수가 沿岸流에 合勢한 後, 동쪽으로 유동하여 影島 南쪽으로 擴散되는 패턴을 推定할 수 있다.

## 2. LANDSAT '73. 1. 27 映像

이 映像은 釜山港의 潮汐資料에 依하면 低潮後 1 時間 30 分인 漲潮流 때 얻어진 것으로 이 때는 小潮期(Neap Tide)였으므로, 映像上에서 漲潮流의 영향은 그다지 크게 나타나지 않았다.

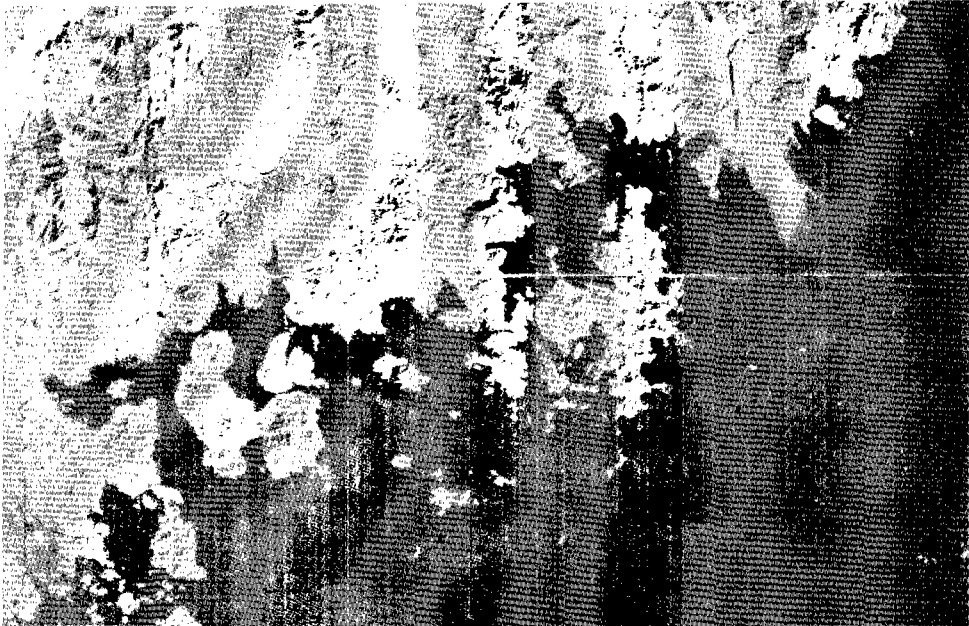


Fig. 2. LANDSAT MSS - 5, '73, 1. 27.

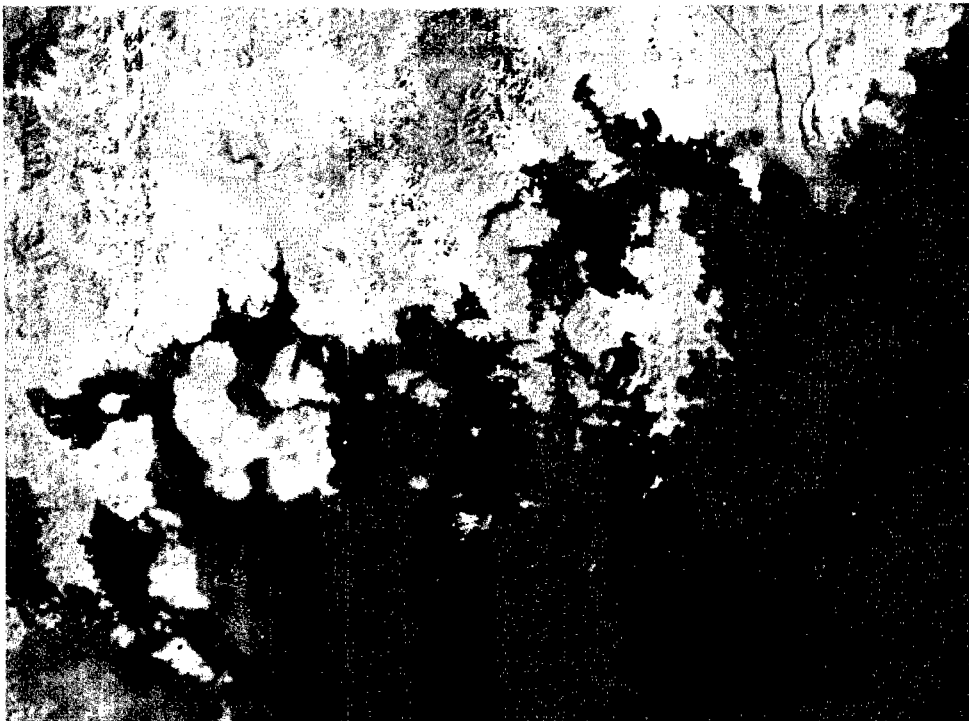


Fig. 3. LANDSAT MSS - 5, '75. 3. 21.

이 때의 氣象資料를 分析하면, 1973年 1月 25~26日 사이에 弱한 氣壓골의 影響으로 釜山 地方에는 52 mm의 降雨量이 있었으며, 이것은 月平均 降雨量의 約 2倍에 相當한다. 이러한 降雨 直後에 取得한 이 MSS-4 映像에서는 많은 懸濁物質을 含有하는 洛東江 河川水의 全般의 流入擴散 Pattern, MSS-5에서는 擴散濃度의 Pattern, MSS-6 映像에서는 河口附近의 砂洲形 態가 明確하게 나타나고 있다. 特히, 洛東江 河川水가 大韓海峽 西水道에 流入하는 水路는 第1, 2, 3水路로 되어 있으나 第1, 2水路를 通하여 多量의 懸濁物質을 含有하는 混濁水가 流入하고 있는 것이 明確하게 나타나고 있다(Fig. 2).

### 3. LANDSAT '75. 3. 21 映像

潮差가 最小로 나타나는 小潮期 때의 映像이며, 釜山港의 潮汐資料에 依하면 低潮 後 2時間 10分인 漲潮時였다.

'73年度 1月 27日의 映像에 比하면 轉流後 約 40分이 더 經過하였으므로 漲潮流의 流速이 더욱 強해져서 映像上에서도 流入擴散된 河川水가 漲潮流의 影響으로 因해 外海에서 洛東浦쪽으로 壓流되어 圓形의 現象이 映像에 明確히 나타나고 있다(Fig. 3).

이 때의 氣象概況은 前線을 同伴한 1,012mb의 低氣壓이 우리나라 南部地方을 通過하면서 19~20日에 38 mm의 降雨가 있었다.

### 4. 실측자료와의 비교

河口堰 工事前에 觀測한 資料에 依하면 大洪水 後(降雨量 300 mm 이상) 混濁한 河川水의 主流가 流入하는 海域의 懸濁物質量은 表層이 168.2~171.4 ml/l 底層이 34.3~52.6 ml/l 로서, 表層과 底層의 差가 크며, 같은 表層에서도 混濁水의 流入附近과 周邊海域과의 差가 大端히 크게 나타나고 있다. 그러나, 降雨量이 적을 때와 없을 때는 表層과 底層과의 差는 적고 底層보다 表層의 懸濁物質量이 若干 많으며 洪水 後 15日에 觀測한 資料에 依하면 表層보다 底層이 더 높게 나타나고 있다.

本 研究期間中 LANDSAT 衛星 通過日에 衛星映像 資料와 實測值를 比較하기 위하여 現場에서 降雨現象이 있을 때와 없을 때를 擇하여 試料를 採水하여 懸濁物質量을 分析하여 比較하였는 바 Fig. 4-1은 '85. 11. 4 大陸性 高氣壓이 擴張함에 따라 降雨現象이 없을 때의 洛東浦附近의 懸濁物質量의 分布圖이고, Fig. 4-2는 '85. 9. 21 南海海上의 降雨前線과 低氣壓의 影響으로, 15~20日까지 馬山地方-113.6 mm, 大邱地方-188.4 mm, 釜山地方-64.5 mm의 비가 온 후의 洛東浦附近의 懸濁物質量의 分布圖이다.

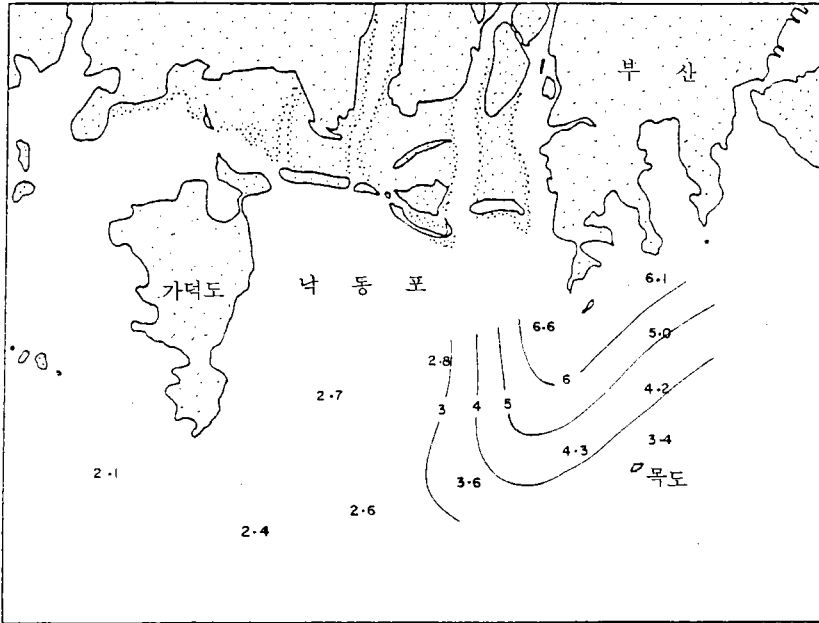


Fig. 4-1 懸濁物質量(Ebb.) '85. 11. 14 (단위 ml/l)

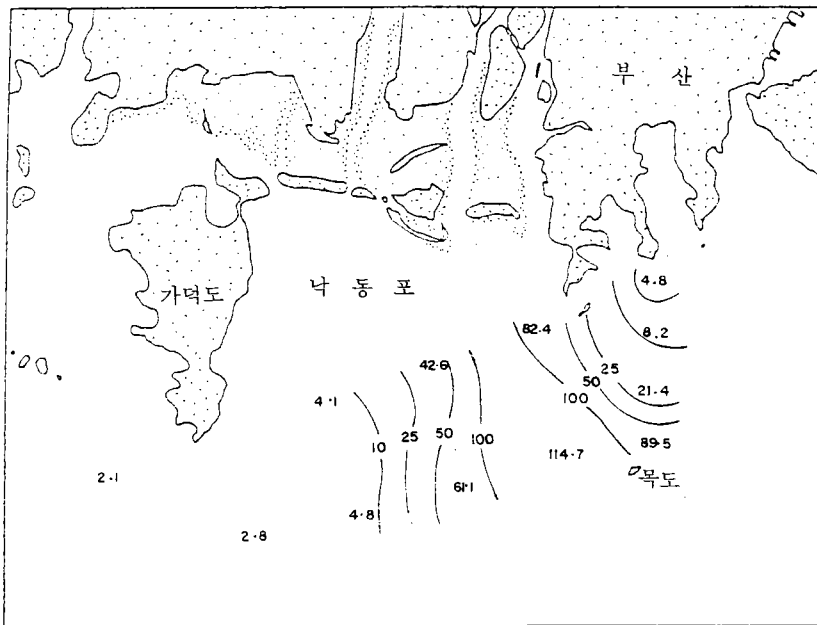


Fig. 4-2 懸濁物質量(Ebb.) '85. 9. 21 (단위 ml/l)

### Ⅲ. 沿岸流 (Coastal Current)

沿岸流 流動의 全般的 Pattern 探知에는 LANDSAT MSS-4, 5와 TM-2, 3 Band가 大端히 有效하다.

從來의 調査船에 依한 觀測에서는 沿岸流의 流幅, 全般的인 流動의 Pattern 等の 實態를 把握하는 것이 거의 不可能하였다.

沿岸流는 流幅이나 流況이 地形的인 影響을 많이 받아서 岬, 突角의 前面에서는 좁고 後面에서는 넓어지는 傾向이 있으며, 또 季節別 大·小潮期, 漲·落潮流에 따라서도 그 流動은 달라진다.<sup>4),5)</sup>

특히 洛東浦에 流入한 河川水가 東海 南部까지 미치는 影響을 調査하기 爲하여 그간 鹽分分布圖 또는 T-S Diagram 上에서 水塊를 分析하여 推定하는 程度였으나, 本研究에 活用된 LANDSAT 映像上에는 洛東江 河川水가 降雨現象이 있는 後에 沿岸流를 따라 東海 南部까지 北上하는 全般的 流動의 Pattern이 뚜렷이 나타나 있다.

특히 東海 南部 沿岸에는 浦項(製鐵工業), 蔚山(石油化學, 造船, 自動車工業), 溫山(精油, 非鐵金屬工業) 等の 臨海工業團地와 古里 및 月城의 原子力發電所가 位置하고 있어서 海洋環境에 미치는 影響 및 海洋汚染防止對策과 放射能누출 問題와 聯關한 沿岸流의 流動에 對한 研究는 상당한 意味를 갖는다.

#### 1. 東海 南部의 沿岸流

沿岸流의 主方向은 等深線에 平行하여 漲潮流와 落潮流가 各各 南西, 北東流를 나타내지만 恒流인 大韓暖流로 因해 漲潮流 때는 弱하고 落潮流 때는 强하다.

#### 2. LANDSAT MSS-4, '79. 5. 28

洛東江 河川水가 東海 南部의 海洋環境에 미치는 影響을 究明하기 爲해서는 調査船에 依한 觀測值의 分析方法으로는 蔚山灣 南쪽까지는 어느 程度의 解釋이 可能하겠으나, 蔚山灣 外側과 灣 北쪽 海域에서는 太和江, 兄山江 等の 河川水의 流入으로 이의 究明이 어려웠다.<sup>5)</sup>

이 영상취득시의 氣象概況은 996mb의 低氣壓이 南西쪽으로 寒冷前線을 同伴하고 南部地方을 通過하면서 大邱地方에 78.1 mm, 釜山地方 60.0 mm의 降雨量이 있는 後였기 때문에 洛東江 河川水에는 많은 懸濁物質을 含有하게 되어 混濁水가 沿岸流에 流入하였으나, 蔚山 및 浦項地方은 降雨量이 적어서 LANDSAT 映像에서 太和江, 兄山江의 混濁水의 流入現象이 발견되지 않아 洛東江 河川水의 東海 南部에 미치는 影響域의 範圍와 沿岸流의 全般的 流動 Pattern을 探知할 수 있었다.

특히, 洛東浦에서 迎日灣에 이르는 海域은 開放型 沿岸域으로 蔚山灣 南쪽 간절岬 燈臺 앞 海域에서는 流幅 約 2.2Mile 되는 洛東江 河川水가 海岸 가까이 接近하여 장기岬 北쪽까지 北上 流動하는 現象(沿岸 Jet 流)은 衛星映像이 아니면 究明하기 어려웠다.

沿岸 Jet 流의 形成은 一般的으로 沿岸 가까이에 부는 바람에 依하여 密度躍層이 變動되거나, 地衡流 平衡에 의한 흐름이 일어날 때 發生한다고 하지만 本 研究의 結果, 東海南部는 大韓海峽 西水道에 流入하는 大韓暖流의 主流가 沿岸에 近接할 때와 멀어질 때에 沿岸 Jet 流의 形成에도 크게 영향을 미친다는 結論을 얻었다.

### 3. LANDSAT-5號, TM-2 Band, '85. 10. 7

이 映像은 우리 나라 東海와 南海에 큰 被害(被害額 280億 3千萬원)을 가져온 第20號 태풍 Brenda가 10月 5~6日에 濟州島 東쪽 海上과 釜山, 浦項의 앞 海上을 거쳐 울릉島 東쪽 海上으로 通過하면서 釜山-126.9 mm, 巨濟-278.2 mm, 蔚山-131.3 mm, 浦項-87.3 mm의 降雨現象이 있는 다음 날의 映像이다.

이 때 潮汐은 潮差가 적게 나타나는 小潮期(Neap Tide)였으며, 釜山, 蔚山, 浦項港의 潮流는 모두 弱한 漲潮流를 나타낼 때였다.

洛東浦에서 浦項에 이르는 沿岸에는 태풍通過時에 豪雨로 因하여 많은 懸濁物質을 含有하는 河川水와 陸水가 南海 東部에서 東海 南部에 이르는 沿岸域으로 流出하여, 蔚山灣入口 北쪽 沿岸域에서는 크고 작은 左旋渦流가 形成하는 模樣과 그 規模 및 그 微細構造가 잘 나타나고 있다. 大韓海峽 西水道를 通過한 大韓暖流主流의 左側에 左旋流가 發生하는 海域은 冷水域을 形成하며, 東海 底層冷水塊의 發達 또는 南下沿岸流(寒流)가 우세할 때는 東海 沿岸域에서 左旋渦流가 形成되는 것으로 보인다.

混濁한 河川水와 陸水가 沿岸域에 流入하여 擴散하는 範圍와 外海水와의 境界는, 洛東浦 附近에서는 17 mile, 水營灣 8.5 mile, 良絶岬 9.2 mile, 蔚崎燈臺 8.6 mile, 甘浦 17 mile, 장기岬 13.5 mile에 潮目(沿岸水와 河川水 사이에 形成된 前線)을 이루고 있으며, 蔚山港內에 流入하는 太和江과 溫山港內 流入하는 河川水(外隴江)가 蔚崎燈臺 東쪽 海上에서 沿岸에 近接해서 작은 左旋渦流를 이루고 있으며, 甘浦 南쪽에 位置하는 大鍾川, 羅兒川, 下西川에서 流入한 多量의 混濁한 河川水가 沿岸에서부터 17 mile 까지 擴散되어 第一 큰 左旋渦流(1回轉半)를 形成하고 있는 것으로 보아 北上暖流의 主流가 沿岸流를 壓流치 않고 沿岸에서 멀리 떨어져서 北東쪽으로 流動하는 것으로 보인다(Fig. 5).

迎日灣 內에는 兎山江, 冷川江 등이 灣內로 流入한 河川水와 陸水가 장기岬 쪽으로 偏向해서 外海로 流出한 것이 장기岬 東쪽 13.5 mile 附近에서 左旋流하고 있으며, 迎日灣 內 浦項 新港 防波堤 內에는 混濁한 河川水가 流入하지 않은 흔적이 映像上에 明確하게 나타나고 있다.

특히 鎮海灣과 加德水道 및 洛東浦 附近은 沿岸流의 流動에 따라 태풍 通過時에 내린 豪雨로 因한 混濁한 河川水 및 陸水의 擴散狀態가 對照的으로 映像上에 나타나고 있다.





Fig. 5. LANDSAT - 5, TM - 2, 1985. 10. 7.

洛東浦 附近은 第1, 2水路를 通하여 流入한 洛東江 河川水가 서島 西쪽으로 偏向해서 流入한 것이 漲, 落潮流에 따라 大韓海峽 西水道 南東쪽 17mile 까지 擴散되는 全般的인 Pattern과 그 範圍 및 微細構造를 映像上에서 判讀할 수 있으며, 加德水道는 洛東浦와 鎭海灣 사이에 位置하는 水道이며 沿岸流의 流動에 따라 混濁한 河川水와 陸水の 擴散狀態가 水道 入口와 北部쪽이 서로 다르다.

또한, 加德島 쪽은 洛東江 河川水, 巨濟島 쪽은 陸水の 擴散으로 加德水道의 全般的인 沿岸流의 流動狀態를 把握할 수 있으며, 鎭海灣 內에는 混濁한 河川水 및 陸水가 灣內로 流入된 흔적을 찾을 수 없고, 태풍 通過時에 내린 豪雨가 있기 前의 海水가 灣內에 閉塞되어 있는 狀態를 映像上에서 判讀할 수 있었다.

#### IV. 海岸線의 變動

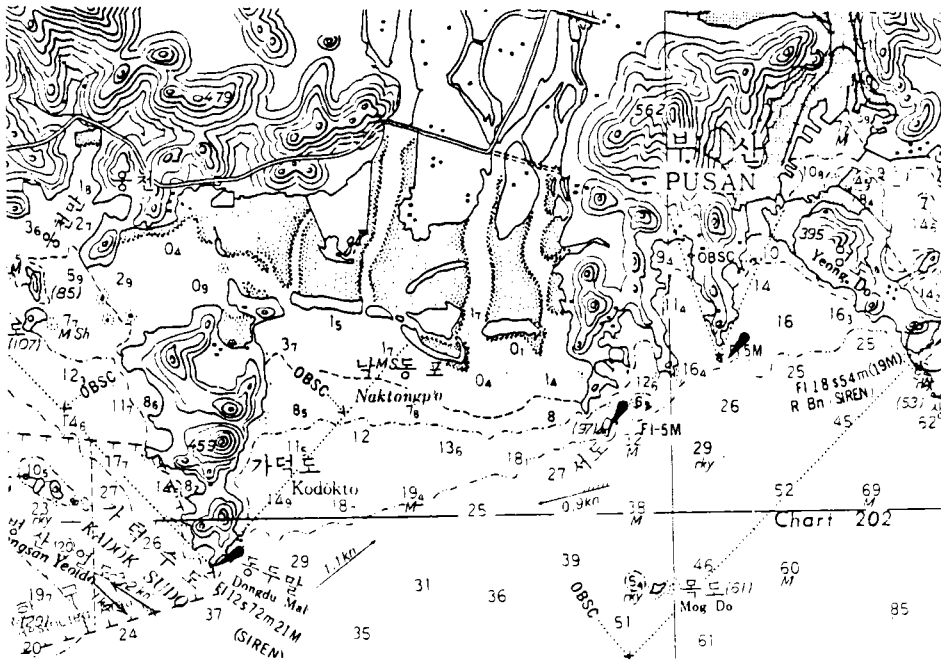
洛東江 河口附近的 海岸線 變動狀態를 調查研究하기 爲하여 LANDSAT-5 號 TM映像資料와 LANDSAT-1, 4 號의 MSS映像과, 交通部水路局이 刊行<sup>4)</sup>한 既存海圖(1/25 만) 및 國立地理院이 刊行한 陸圖(1/5 만)를 利用하였으며, 潮時가 다른 映像資料 相互間의 潮差에 依한 水陸境界面의 差異를 除去하기 爲하여 釜山港과 加德島 潮位를 推算하여 比較分析하였다.

映像上에는 河川水가 流入하는 河口水路, 海岸線, 砂洲, 海底地形 및 水深 등이 1955年度 刊行 海圖와 1972年度 LANDSAT-1 號映像과 比較하였을 때 현저한 變動이 있었음을 判讀할 수 있었다.

이와 같은 現象은 河口 3個 水路 中에 第3水路에 大東水門과 綠山水門이 세워짐에 따라 東西로 나누어 흐르던 河川水가 第1, 2水路(東쪽 水路)로 集中되면서 流量과 流速의 變動으로 因한 浸蝕과 堆積現象이라 하겠으며, 洛東江은 年間 7~9月까지 3個月間에 年平均降雨量(1,160 mm)의  $\frac{2}{3}$ 가 내리며 流域圈 一帶의 山岳地帶에는 砂防工事와 堤防工事가 제대로 되어 있지 않아 비가 오면 土砂가 河床과 河口地帶에 堆積되어 海岸線과 海底地形의 變動을 가져오는 것으로 思料된다.

특히 洛東江河口 綜合開發工事が 着工되면서 水路變更, 護岸工事, 低地帶埋立, 河口堰工事 등으로 多大洞附近的 岸線과 乙淑島 東側의 地形은 많은 變動이 있었다.

岸線의 變動과 埋立, 河口堰工事의 進捗狀況은 '84年 11月의 映像과 '85年 10月의 TM映像을 相互 比較함으로써 明確하게 區分되는데, 그 中日雄島北側의 新호정 砂洲와 水路 건너편의 汚物處理場이 있는 低地帶은 '84年 11月 LANDSAT映像에는 岸線의 變動이 없었으나 '85年 10月 映像上에는 新호정 砂洲의 除去와 低地帶의 埋立工事が 이미 完了되어 있었으며, 河口堰工事現場은 洛東江 第1水路에 幅 約 200 m, 길이 約 600 m의 河口堰基礎工事が '85年 11月 以前에 着工되어 釜山市 沙下區 下端洞과 乙淑島가 連結되었으며, 乙淑島 쪽에 南北으로 幅 約 100 m의 人工水路가 設置된 것이 映像上에서 判讀되었다(Fig. 6).



海圖(1984年 9月 第6版)

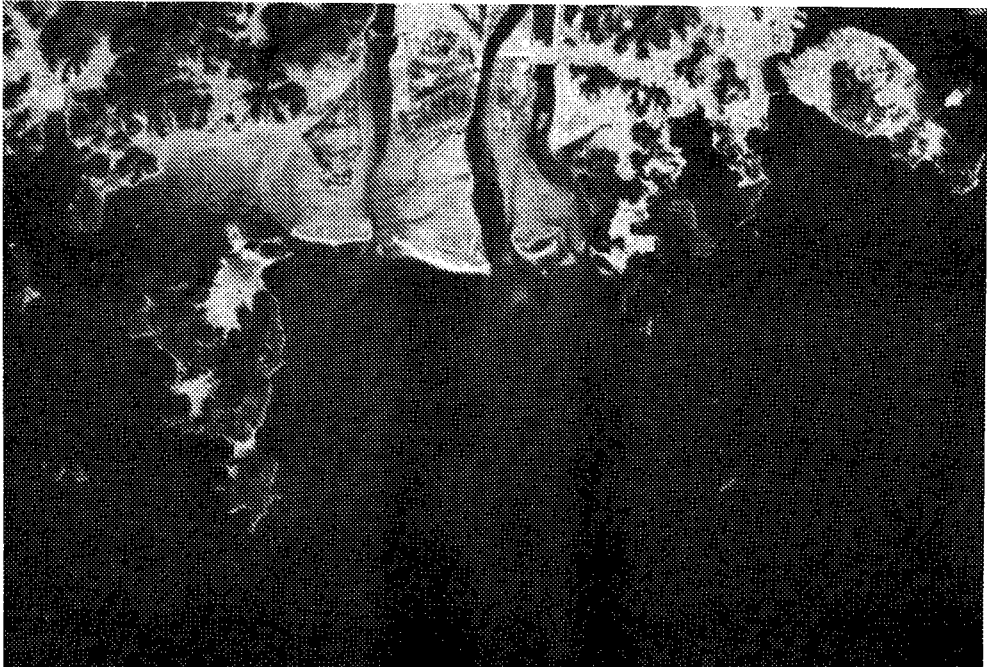


Fig. 6. LANDSAT - 5, TM - 4, 1985. 10. 7.

## V. 結 論

從來的 調查船에 依한 海洋環境의 觀測方法은 廣域性이나 同時性이 不足하고 冬季의 海上觀測의 어려움으로 資料가 季節的으로 偏在되어 있어서 이 分野의 새로운 調查方法의 開發을 不可避하게 하였으나, 地球資源探查衛星인 LANDSAT가 發射되면서 이 問題解決에 相當한 發展을 보게 되었다.<sup>6),7)</sup>

1. LANDSAT MSS-4, 5 및 TM-2, 3, 6Band 映像으로 河川水 流入擴散의 全般的인 Pattern과 流動의 微細構造는 勿論 河川水의 移動經路와 分布狀態를 追跡할 수 있었다.
2. LANDSAT 映像上的 懸濁物質量的 濃度는 鹽分度와 같이 季節大·小潮期, 漲·落潮流, 降雨量에 따라 큰 變動을 가져오고 있으며, 特히 表層은 같은 降雨量이라도 降雨地域, 降雨가 持續되는 時間, 觀測時期, 衛星 通過時間 等에 따라서 큰 變動을 가져오고 있다.
3. MSS-7, TM-4Band 映像을 利用한 河口口 附近 岸線의 變動狀態와 堆積帶의 分布, 淺海域의 海底地形 變動調査는 既存 海圖 및 陸圖의 變動狀態를 最新資料로 修正補完할 수 있는 情報로서 價値가 크다.
4. LANDSAT TM과 NOAA AVHRR 衛星映像을 利用하여 實測值에서 把握하기 어려운 沿岸前線 및 沿岸水와 河川水와의 사이에 形成되는 潮目의 分布構造와 時間的空間的인 變動狀態를 廣域的으로 追跡할 수 있었다.
5. 豪雨 後에 洛東江 河川水가 沿岸流를 따라 東海 南部까지 미치는 影響을 LANDSAT 映像上에서 究明할 수 있었다.
6. 洛東江 河口堰 工事 前과 後 및 河川水 流入擴散의 變動 構造를 LANDSAT 映像을 分析 比較함으로써 短時間內에 把握이 可能하다.
7. 洪水期와 渴水期의 河川水 流入擴散과의 比較研究로서 時間的, 空間的으로 海水의 流動狀態가 變하고 있음을 確認할 수 있었다.

以上과 같이 LANDSAT 映像資料는 海況, 漁況과 海洋環境 保存管理 및 對策을 爲한 資料로서 期待 以上으로 效用度가 크다는 것을 다시 한 번 立證하고 있다.

## 參考文獻

- 1) 秋教昇, 1978, 洛東江 河川水의 流入 擴散에 따른 海況變動, 水路局 水路技術年報, p.9.
- 2) \_\_\_\_\_, 1975, 洪水時 洛東江 河川水가 大韓海峽에 미치는 影響, 水路局 水路技術年報, p.75.
- 3) 環境廳, 1985, 洛東江流域 環境保存 綜合計劃, p.238.

- 4) 水路局, 1984, 潮流圖(釜山~麗水).
- 5) 孔泳, 1971, 韓國南海沿岸前線에 관한 研究, 韓國海洋學會誌, 第6卷 1號, p.25.
- 6) Hiroaki Ochiai, 1977, Marine Observation by Remote Sensing, *UMI TO SORA*, Vol. 52, pp.25 ~ 69.
- 7) Haruhisa Shimoda, 1976, Image Analysis in Remote Sensing, *Marine Sciences*, pp.23 ~ 29.