

〈論文〉

東海岸 河口 形態의 特性과 그 要因 分析에 關한 研究

A Study on the Morphological Characteristics of the River Mouth in the East Coast and Analysis of It's Causes

李	元	煥*
Lee,	Won	Hwan
宋	在	偶**
Song,	Jai	Woo

ABSTRACT

The east coast seems to have remarkably different features from the west and south coast in the geographical, geomorphological, and oceanographical senses.

In this paper the author wishes to introduce some results of investigation morphological characteristics of the river mouth in the east coast and of analysis of it's causes.

There are various closing form in river mouth by many causes, but the east coast has the same closing form (the ratio of closing; roughly 0.18), as well known, by the sand spit, and has not hydrological but littoral drift background.

The river of the east coast is proved mature age from hypsometric analysis. The wave and longshore current must be principal factor to be considered, in the analysis of the closing phenomenon owing to littoral drift.

The research of the blown sand is considered valuable for the next study of this subject.

1. 序 論

上流에서 下流에 이르기까지 河川의 물은 人類에게 큰 貢獻을 하고 때로는 生命과 文明의 모든 것을 파괴해버리기도 함으로써 그 自然의 威力은 오랜 期間을 두고 우리 人間을 治水에 全力을 기울이도록 했다.

河川의 끝이며 內陸 水資源이 흘러들어가는 大洋에의 入口이기도한 河口에서도 多様な 原因에 의한 여러가지 河口形態로 人類에게 적지 않은 影響을 주고있다.

1974年 10月 東海岸에 位置한 江原道 溟州郡 郡仙江 河口流域의 「嶺東火力發電所 隣近 田畝 水沒 被害 原因調査」²⁶⁾에 參與한 적이 있던 바, 極甚한 河口 閉塞 現象이 水沒 被害의 主要因입이 밝혀진 바 있고, 東海岸 河口形態가 獨特한 樣狀을 띠고 있음을 알았다.

우리나라 東, 西, 南海岸中 形態學的으로 特히 類似

性을 지닌 東海岸 河口 形態의 特性을 究明하고, 그 要因을 分析함으로써, 河口 流域에 미치는 影響과 海岸 工學的인 要素인 波浪과 沿岸漂砂等を 分析檢討하여 아울러 海岸 保全 施設이나 港灣의 埋立現象을 究明하는데 도움이 되고, 나아가서 河口 改良에 關한 技術的 檢討에 微力하나마 밑바침이 되고져 本 研究를 착수하였다.

河川 形態學에 關한 研究는 1930年代에 美國에서 Geophysics의 一分野로 胎動된 以來 많은 研究 結果가 發表되고 있다. 그러나 우리나라에서는 河川의 形態學의 研究가 本格的으로 始作되지 못하고 있는 實情이지만, 最近 崔樂博²⁸⁾, 尹龍男氏²⁵⁾가 各各 河川 形態學에 關한 論文을 發表한 적이 있을 뿐, 河口 問題에 關한 形態學的인 研究는 全無한 實情이다. 一般의인 河口 問題에 關한 研究도 極히 드물며 大河川의 流域 調查團에서 一部 取扱한 적이 있고 河口 改良 工事 問題로 河口를 다루어 왔으나, 大部分 西南海岸의 河川에 偏重되어 있다.

東海岸의 경우 港灣 施設計劃에서 基礎 調查의 一環

* 本會理事·延世大學校 理工大學 教授. 工博
** 本會正會員·延世大學校 理工大學 土木工學科

으로 沿岸漂砂 問題와 隣近 河川의 流送土砂 問題를 調査한 報告書가 몇 卷있을 뿐이다.

그러나 外國에서는 이미 河口問題에 關한 相當數의 論文이 發表된 바 있고 日本에서는 오사카大學의 榎木 亨氏가 이 方面의 權威者로 많은 研究 結果를 發表하고 있다.

本 研究의 資料調査는 우선 圖上調査를 通하여 河口 形態를 考察, 共通點이나 類似點을 찾고 代表的인 河口는 現場踏査를 行하여 確認하였으며 圖上調査를 爲해서는 東海岸 全體의 1:50,000 地形圖 64枚와 1:250,000 地形圖 4枚가 必要했다.

河口 形態의 特性을 分析하기 爲해서 그 成因을 河川工學的인 面과 海岸工學的인 面으로 나누어 基礎調査를 行한 後 既調査된 各種 報告書와 實測資料를 分析하고 國內 西南海岸 및 可能한 限 外國의 研究例와 比較檢討하고자 努力하였으며, 東海岸 河川中 群仙江, 五十川(三陟), 寧海江을 主된 研究對象으로 하였다.

2. 東海岸의 海岸 特性 概要

2.1 地形 및 地質學的 概要

太白山脈을 分水嶺으로 하여 東海로 流入되는 河川은 西海로 流入되는 漢江, 錦江等에 比하여 流域面積 流路延長等이 매우 적으며, 急한 流路傾斜를 보여준다. 이는 太白山地에서 海岸까지의 距離가 짧고 標高差가 크기 때문이다.

東海岸의 海岸線은 全體적으로 보아 單調롭고 곳곳에 海岸段丘가 發達되어 있어 離水海岸으로 보고 있으나 地域에 따라서는 沈水海岸으로 보는 곳도 있다.

東海岸 河口의 地形의 特色은 河口部에 發達한 潟湖(lagoon)와 spit(모래톱, 砂嘴)에서 찾아 볼 수 있다.

東海岸의 地質은 東海南端과 北쪽으로는 후포까지 慶尙尙가 分布하며 三陟까지는 花崗片磨岩, 三陟에서 부터 江陵까지는 古生代의 朝鮮 및 平安系의 堆積岩이 分布한다. 여기서부터 北쪽으로는 佛國寺通에 속하는 花崗岩과 花崗片磨岩이 있다. 위에 말한 堆積岩들은 大體로 東쪽으로 傾斜하여 大陸棚으로 繼續된다고 한다. 東海岸은 每年 1.1~1.4mm의 높은 隆起率을 갖고 있고, 現在도 隆起를 繼續中인 것으로 알려져 있다. 이 隆起 現象은 單調로운 東海岸의 海岸線形成의 原因이기도 하다.

2.2 海象條件

海岸線이 單調롭고 海底傾斜가 우리나라 海岸中 가장 急한 同時에 對岸距離 또한 西海岸은 500km인데 比하여 日本의 北部地方까지 平均約 1,500km程度²³⁾가 된다. 이 對岸距離는 地中海의 Aligers港의 約 800km나

Mexico의 Houston港 約 800km를 上廻하는 것이다²⁾.

蔚山 北方의 東海岸은 特別 海底傾斜가 急하며²⁵⁾ 東海의 平均水深은 1,700m이고 沿岸의 平均水深은 150m³⁰⁾이다.

이와같은 모든 條件은 波高 減勢에 影響을 주는 要素가 別로 없으므로 東海岸 波高를 크게 하는 主要因이 된다.

東海岸의 最大 有義波는 蔚山을 除外하고는 大略5~6m이며 우리나라 沿岸中에서 가장 크다²³⁾. 그러나 過去 波浪 觀測值가 없어 從來에는 設計波高 $H_{1/3} = 6.5m$ 를 적용해 왔으나, 最近 東海岸의 波浪觀測을 實施한 結果 이 보다 훨씬 큰 波가 發生하고 있으므로 實際·設計時 設計波의 再檢討를 實施, 上向 推定值가 使用되고 있다. Goda Yoshimi²⁵⁾氏는 東海岸 深海 有義波高로 8.0m를 推定하고 있으며 最近 三陟港의 設計 波高로 $H_{1/3} = 8.4m$ 를 使用하기도 했다²⁾.

潮汐은 西海岸에 比하여 매우 적어 潮差는 0.3m內外에 불과하며 日潮不等이 매우 현저하고 墨湖港에서는 1日 1回潮가 되는 수가 있다. 平均 滿潮 間隔은 2.5hr이고 平均海面은 3月頃이 最低로되고 7月頃이 最高로되며 그 差는 約 0.3m가 된다²³⁾.

2.3 水文學的 概要

東海岸은 太白山脈의 影響으로 冬期의 많은 降雪量

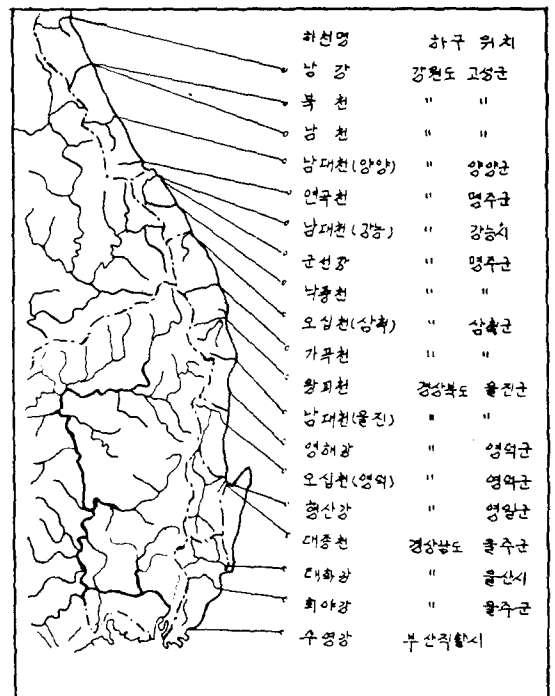


그림-1 東海岸河川 現況

으로 有名하고 울릉도 地方은 우리나라에서 가장 降雨量이 많은 것으로 알려져 있다.

大部分 中小河川으로 構成되어 있는 東海岸 各河川의 全流域面積의 和는 10,500km로 錦江의 9,886km보다 약간 크며 洛東江의 23,859km, 漢江의 26,219km에는 切半도 채 못됨을 알 수 있고, 各河川의 流域面積은 大部分 50~500km에 불과하다. 그림-1은 東海岸 河川의 現況이다.

3. 河口의 一般의 性質과 東海岸河口

3.1 河口의 一般의 性質

河口를 形態面에서 分類하면

1. 丹運에 支障을 주지 않은 完全 開放河口
2. 三角洲의 發達로 繼續 河口가 變化하는 河口
3. 河口 閉塞 現象이 支配的인 河口等으로 大別할 수 있으나, 實際는 上記 現象이 複合的으로 發生하기도 하고 그 程度面에서도 差가 크며, 河川의 規模에 따라 形成過程이 다르고 河口形狀의 變形이 停止된 河口가 있는가 하면 많은 河口는 發達이 進行中이기도 하다.

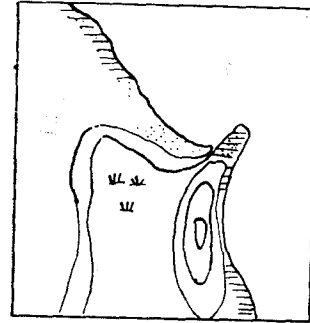
또 土砂 移動面에서 河口形態를 考察하면 (1) hydrological background를 가진 河口· (2) littoral drift background를 가진 河口로 나누어 생각 할 수 있는데 hydrological background를 가진 河口는 河川流와 潮流의 影響이 强하므로 그 流量에 對應한 形態를 가지며 上流로 갈수록 流水斷面積이 減少된 河川이다. littoral drift background를 가진 河口는 海岸 地帶로 몰아부치는 河口漂砂量이 卓越하여 河口砂洲를 形成하게 되어 河口閉塞作用이 일어나고 있는 河口이다.

이 두가지 形態는 平均年間 漂砂量 $Q_x(m^3/yr)$ 와 大潮時의 河口入退潮量 $Q_{max}(m^3/sec)$ 와의 비 $Q_x/Q_{max} = r$ 로써 判定되며 前者의 경우는 $r > 200 \sim 300$, 後者는 $r < 10 \sim 20$ 의 範圍에 있다고 알려져 있다^{3) 12)}. 洪水時 河川水位가 甚하게 上昇하여 氾濫의 危險이 크며 渴水時에는 舟航에 支障을 줄 뿐아니라 內排水 處理가 不良하게 될 河口閉塞作用이 일어나는 河口는 littoral drift background를 가진 河口이며 東海岸 河口는 이에 속한다. 三陟 五十川河口의 경우 $r \approx 16$ 으로 이를 뒷바침 해주고 있다.

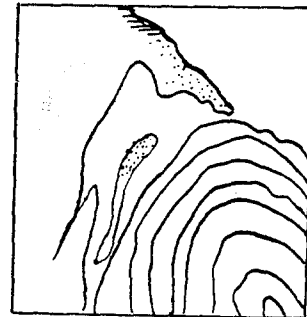
3.2 東海岸 河口 形態 考察

東海岸 河口는 그림 - 2에서 볼 수 있듯이 sandspit에 의한 河口砂洲의 發達로 閉塞 現象이 甚함을 알 수 있다.

卓越 波向과 海岸流(Coastal current)의 흐름 方向으로 몇個의 河口(南川, 連谷川, 兪山江等)를 除外하고는 共通的으로 河口 南쪽에는 斷涯한 Rock가 屹立되어 있



KUNSEON RIVER



YONGHAI RIVER

그림 2 典型的인 東海岸 河口

고 北쪽에는 砂洲의 發達이 顯著하여 河口를 閉塞하고 있다. 그러나 北韓의 東海岸河口는 이와 反對로 河口 砂洲의 發達이 北쪽으로 偏重되고 있다. 이러한 現象은 卓越波向이 一般的인 砂洲發達方向의 支配要因이나 東海岸의 경우 沿岸海流의 흐름 方向이 河口砂洲의 發

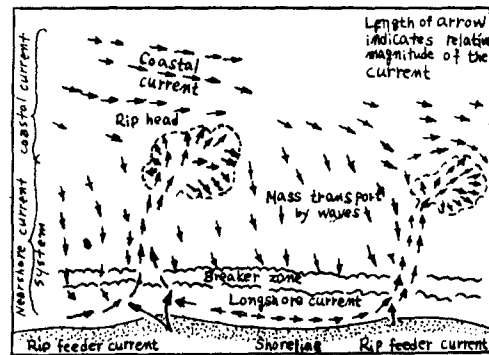


그림 3 Nearshore circulation pattern-three dimensional case

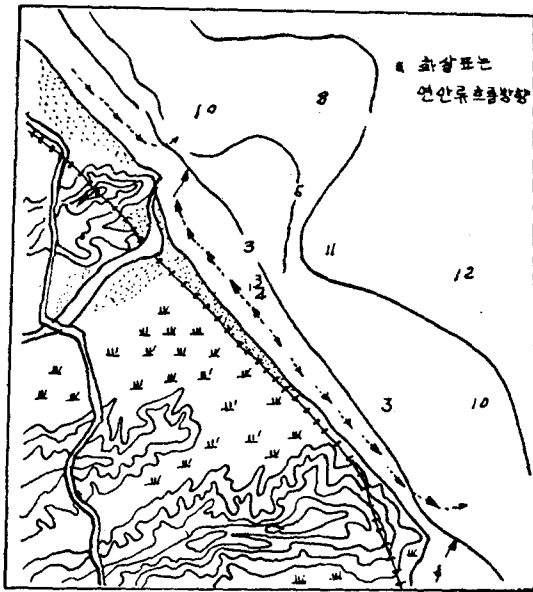


그림 4 連谷川 河口 地形圖

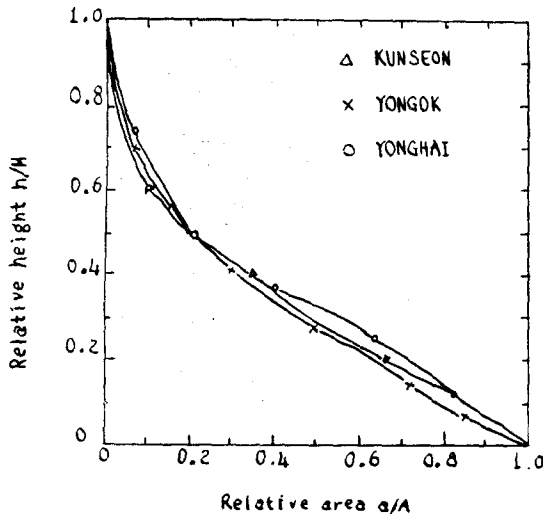


그림 5. Hypsometric curve of the river in the east coast

達方向을 支配하는 것으로도 생각되며 連谷川의 경우는 海岸流가 沿岸流(longshore current)로 바뀌는 과정에서 離岸流(rip current)의 方向 쪽으로 偏寄된 곳에 河口가 位置하고 있음을 그림-3¹⁾과 그림-4에서 알 수 있다.

東海岸 河川은 그림-5의 相對高度別 相對面積 關係 曲線으로부터 地質學的으로 盛熟期¹¹⁾(mature stage or equilibrium stage)에 있다고 判斷되며 이와같이 盛熟期 河川인 東海岸 河川의 河口는 大部分 卓越波向과 바로 이 沿岸流의 影響으로 더 以上 海岸汀線을 따

라 前進할 수 없는 突出된 岬에 停止되어 있는 것으로 생각된다.

東海岸 河口의 閉塞度 b/B (閉塞河幅對 平常河幅)는 平均 約 0.18에 達한다. 表-1은 東海岸 主要 河口의 閉塞度이다. 參考로 西·南海岸의 河口를 살펴보면 閉塞이 아니라 開放河口로 그 開放度는 表-2와 같다.

表-1 동해안 하구 폐색도 b/B

JEON	RIVER	
YONGGOK	//	0.08
NAMDAI	//	0.10
KUNSEON	//	0.13
GAGOK	//	0.04
WANGPIE	//	0.04
YONGHAI	//	0.25

表-2 서해안 하구 개방도 b/B

DAIDONG	RIVER	
HAN	//	3.00
ANSEONG	//	2.07
SABGYO	//	3.00
GEUM	//	2.80
MANGYONG	//	8.33
YONGSAN	//	6.40
TAMJIN	//	4.23
SEOMJIN	//	2.18
NAKDONG	//	1.33

渴水期에는 大部分의 小河川 河口들이 完全 閉塞 現象이 두드러지며 0.5~1m의 落差를 가지고 少量의 排水가 波浪의 影響으로 間歇的으로 이루어지고 있다.

그림 6은 英國의 Humber 江 河口¹⁰⁾로서 Yorkshire 地方의 계곡에서 浸蝕된 沿岸漂砂의 移動에 依하여 形成된 河口砂洲가 河口內로 偏寄되어 있어 注目을 끈다.

河口 閉塞의 直接的 要因이 되는 河口砂洲는 河川으로부터의 流出 土砂를 包含한 沿岸 漂砂에 依해서 形成되어지고 이 漂砂를 移動시킨 波의 強度와 河口砂洲를 밀고 흐르는 河川流의 強度와의 相對的인 關係에 依해서 河口地形이 크게 變動되는 것이 一般的인 現象이다. 이와같은 現象들은 同一한 波가 入射하여도 河口地形, 海底傾斜, 波의 入射角, 碎波波高의 變化, 河川 流量의 變化 등의 因子에 依해서도 多樣한 形態로 形成發達이 進行된다.

R. Kay Gresswell¹⁰⁾은 砂洲 發達過程은 一般的으로 지난 數 1000年 동안 적어도 3番以上 形態를 完全히 바꾸며 海岸汀線中 모가난 部分에서 spit가 發生되기 始作하여, 마침내 가장 큰 規模로 發達하고 限界規模

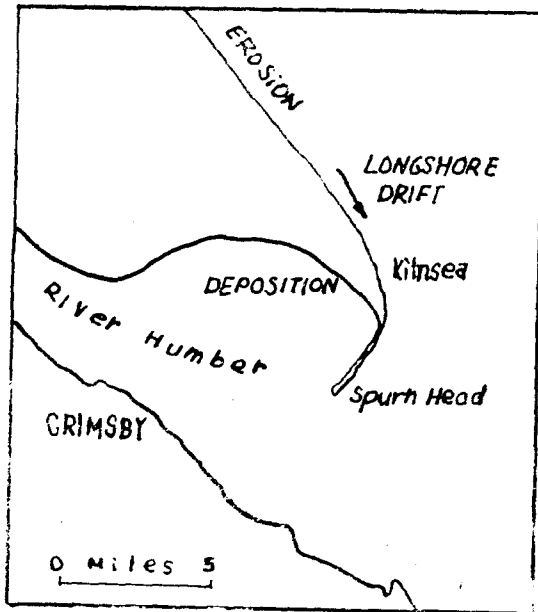


그림-6 Humber 江河口

에 이르게 되면 入射角의 變化로 海岸線部分의 繼續의 侵蝕이 일어나 spit 中間部分이 가늘어지고 波에 依하여 spit가 完全붕괴後, 다시 이 過程이 되풀이 되는 것으로 보고 있다.

그러나 東海岸江河口의 경우 그 規模가 작고 老年期 山地와 安定海岸으로 이루어져 있으며 河川 또한 盛熟期에 있으므로 위와 같은 變遷過程이 반드시 되풀이 된다고는 볼 수 없을 것 같다.

4. 河 口 閉 塞 要 因 分 析

一般的인 河 口 閉 塞의 要 因으로 元 泰 常 氏²¹⁾는 流 送 土 砂, 漂 砂, 移 動 砂 丘 等을 들고 있으며 樺 木 亨 氏¹²⁾는

- (1) 河川流에 依한 運搬土砂의 堆積
- (2) 波에 依한 土砂의 河道內로의 밀려들.
- (3) 河 口 前 面에 形 成 되 는 沿 岸 砂 洲

(4) 沿 岸 漂 砂에 依한 河 口 砂 洲의 形 成의 비 가 져로 大 別하고 있으며 河川流에 依한 流 出 土 砂는 (2)~(4)의 閉 塞 土 砂의 補 給 源이 되지만 直 接 河 口 砂 洲를 形 成하는 것은 아니며, 또한 (2)~(4)의 現 象도 假 別的으로 일어나는 것은 아니다 實 際로는 이것들이 重 複 되어 發 生되는 것이라고 結 論 짓고 있다. 그러나 河 口 閉 塞 因 子는 河 川의 流 送 土 砂나 海 岸 漂 砂의 水 理 量 뿐 만이 아니라 海 水와 淡 水가 混 合 되 어 密 度 流를 形 成, 海 鹽에 依한 이 온 化로 泥 土의 沈 澱을 促 進하는 등, 複 雜한 樣 相을 띠고 있어, 아직 이러한 現 象 들 은 正 確한 量 的인 關 係를 突 明하지 못하고 있는 단계에 있다. 水 理 量의 分 析에 있어서도 資 料의 貧 弱으로 本 論 文에서는 數 學

的인 表 現으로 完 全한 定 量 解 析은 不 可 能하나, 東 海 岸 河 口 閉 塞 要 因의 主 因 子를 各 其 그 現 象의 要 因 別로 分 析 檢 討하고자 한다.

4.1 流 量 및 水 深

西 南 海 岸에 比 하여 河 床 係 數가 매우 크며, 褐 淤時에 는 流 量이 河 口 閉 塞 現 象을 일으키는 河 口 砂 洲를 밀어 내기에는 너무 작고, 오히려 그 形 成이 促 進된다. 洪 水時에는 좁은 河 口를 빠른 流 速으로 通 過하다가 限 界 速 度에 이르게 되면 河 口 砂 洲를 밀어 내고 充 分한 河 幅을 維 持하여 Lane⁹⁾의 理 論에 基 礎를 둔 安 定 斷 面을 形 成하게 된다.

野 田와 樺 木¹²⁾는 Lane의 理 論에 依하여 河 口의 安 定 斷 面은 河 川 流 만 이 作 用 하 거나, 波와 흐름이 共 存 하 거나 間에 流 出 疏 通 斷 面 積과 河 口 幅 사이에 一 定 한 關 係가 있음을 證 明한 바 있다. (그림 7, 그림 8).

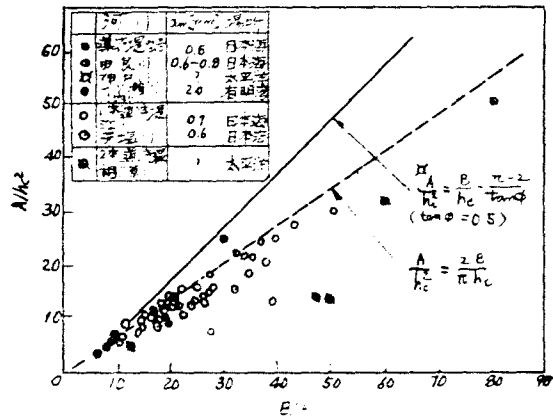


그림 7 無次元化한 河 口 斷 面 積과 河 口 幅 과의 關 係

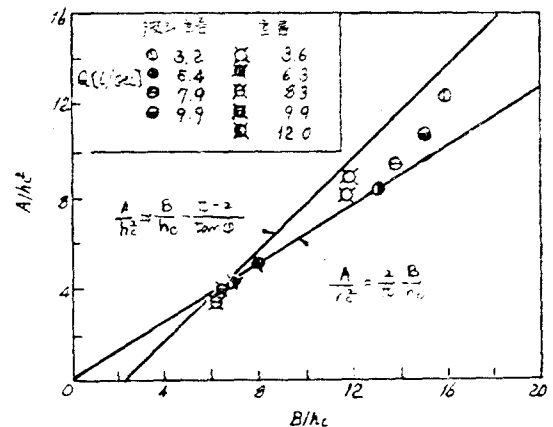


그림 8 波와 흐름이 共 存할 경 우의 A/h^2과 B/hc와의 關 係

閉塞과 開放 現象이 되풀이 되지만 高波와 沿岸漂砂 活動이 卓越한 東海岸河口은 이미 河口部가 蛇行川化 하여 實際 洪水時의 流出量으로 flush되어지는 量은 크 지 않으리라 생각된다.

또 大部分의 小河川들은 洪水期를 除外하고는 河口 河川에 가까워 그 閉塞現象은 한층 助長되기도 한다. 이러한 點을 미루어 볼때 東海岸 河口 閉塞의 要因으로서 流量은 그 自體의 量이 크지 않기 때문에 河口閉塞現象을 左右하는 因子로써 큰 役割을 할 수는 없음을 알 수 있다.

河口 砂洲의 發達이 旺盛하고 流量이 減少될 때, 어떤 限界流量에서 河口 閉塞現象이 停止될 것인가 하는 點에 關하여서는 日本의 神戸川 河口에서의 觀測結果인 그림-9에서 볼 수 있듯이 河口流量이 10m³/sec 以上인 경우에는 完全閉塞現象이 생기지 않으며 그 流量에 對應할 만한 河口을 維持하는 것으로 알려져 있다¹³⁾.

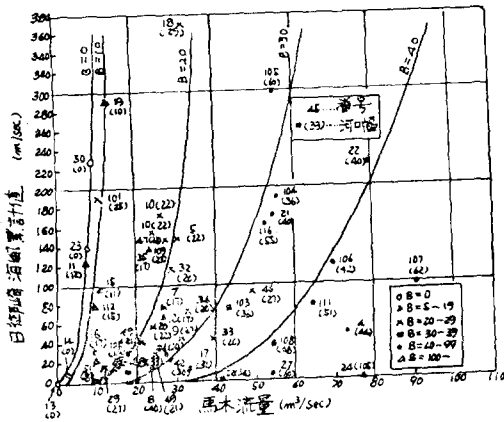


그림 9 神戸川에서의 河口幅과 流量海風累計值와의 關係

1975年 10月 18日 東海岸 溟州郡 連谷川 河口를 觀察한 結果, 完全 閉塞 現象이 일어나고 있었으며, 當時 流量은 4m³/sec 程度였다. 그러나 完全 閉塞 現象을 일으키지 않는 限界流量은 그에 對應하는 砂洲發達의 活發도와 河口의 地形特性에 左右될 것임으로 東海岸 各河口의 경우를 繼續的인 測定없이 速斷할 수는 없는 것이다.

河口 砂洲에 依한 河口閉塞現象에서 水深과 河口幅의 變化에 關하여 日本의 江川에서 1965年 5月29日부터 1966年 6月 27日까지 河口의 地形 變化를 測定한 結果는 다음 그림 10과 같다¹³⁾. 그림에서 알 수 있듯이 河口幅은 流水斷面積의 增大과 더불어 擴幅되나 最大 水深은 流水斷面積에 關係없이 大略 一定하다.

이와 같은 事實은 河口에서는 水深의 變化없이 河口幅을 擴大시키므로써 流水斷面積을 增大하여 流量의

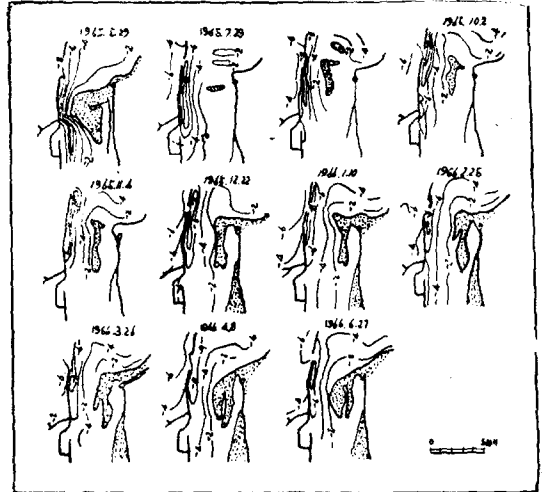


그림 10 江川 河口의 地形變化圖

增加에 對應하고 있음을 알려주는 것이다.

東海岸의 群仙江河口部에서도 河床이 岩盤으로 形成되어 있어 水深變化 및 擴幅過程은 거의 위의 例와 類 似한 것으로 判斷된다.

4.2 流送土砂

流砂量에 對해서는 河道內堆積과 貯水池의 埋沒로 인한 貯水容量의 減少를 防止코져 많은 研究가 되어 왔으며, 河口 砂洲의 形成에도 過去에는 絶對的인 要因으로 看做되어 왔다. 그러나 最近에는 前述한 바와 같이 直接的인 要因이 아니라는 說과 함께, hydrological background를 가진 河口와 Littoral drift background를 가진 河口로 나누어 생각하고 流砂量外에도 河口 閉塞의 要因으로 沿岸漂砂가 더 量的으로 큰 後者의 경우를 提示하고 있는 것이다.

東海岸의 경우 流送土砂量에 關한 實測資料는 別로 없으나 三陟 五十川의 경우 流砂量이 100,000m³/year로 推定²⁰⁾되고 比流砂量은 270m³/year/km²로 外國⁴⁾이나 表-3¹⁷⁾¹⁸⁾에서 알 수 있는 바와 같이 國內 他 河川에 比하여 결코 큰 값이 아님에도 불구하고 河口 閉

表 3. 年間 비유사량 비교

강	별	年間 비유사량 (m ³ /year/km ²)
☆ 한	강	
	화천	1,417.5
	춘천	309.9
	청평	281.2
	충주	800
☆ 금	강	200
☆ 낙	동강	222.3
☆ 오	십천	270

現象이甚한 것은 後述하겠지만 流砂量 보다는 高波와 沿岸流에 依한 漂砂의 堆積에 基因하기 때문이다.

이것은 東海岸 河口가 hydrological background를 가진 河口라기보다는 littoral drift background를 가진 河口임을 뒷바침해 주는 것이기도 하다. 流砂量이 漂砂源으로 河口閉塞을 일으키는 河口砂洲를 形成하므로 後者の 경우도 間接 要因은 될 수 있으나 반드시 直接 流送土砂가 sand spit를 形成 河口 砂洲를 發達시키는 原因이 되는 것은 아니다¹²⁾²¹⁾.

4.3 波浪

東海岸의 高波는 河口 閉塞의 要因이되는 漂砂 移動 現象을 더욱 活發하게 하며 河口水位를 上昇시켜 河口 流域의 水沒被害를 加重시키기도 한다. 海岸의 浸蝕이나 堆積은 沿岸流의 흐름 方向에 依하여 左右될 뿐 아니라 波向에 依하여도 크게 影響을 받으며 東海岸의 卓越波向은 곳에 따라 약간의 差異는 있으나 NE方向으로 알려져 있고²⁰⁾ 결국 그 方向으로 漂砂의 移動을 일으켜 河口에서는 河道內로 土砂를 밀어 넣는 役割을 하며, 河川流의 流量과 流速이 적을 때는 河口部에 多量의 土砂를 堆積시킨다. 後述할 沿岸流 역시 波浪에 依해서 큰 影響을 받는 것이고 보면 河口閉塞의 가장 큰 要素는 波浪임을 알 수 있다.

그림-11¹⁴⁾은 波에 依한 海岸의 變形過程을 나타내고 있다. 東海岸 海岸 汀線을 觀察해 보면 그림-12와 같이 이미 海岸線이 卓越波에 依하여 北쪽이 浸蝕되고 南쪽에는 堆積되어 安定海岸을 이루고 있음을 알 수 있다.

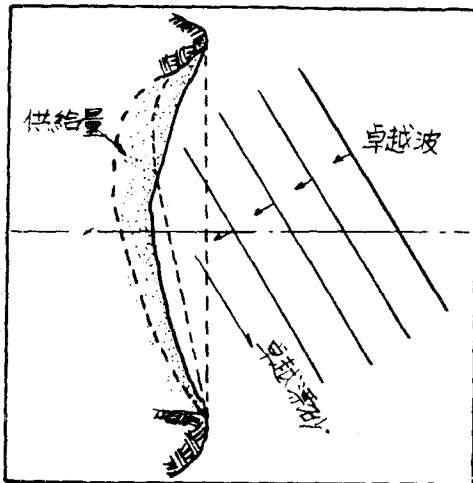


그림 11 波에 依한 海岸變形

그림-13은 英國의 Wales地方의 波에 依한 海岸 變形을 잘 나타내 주고 있다¹⁰⁾. 그러나 前述한 바와같이 北쪽에 位置한 連谷川等이 河口 砂洲의 發達로 河口閉塞現象이 일어나고 있는 것은 波에 依한 安定海岸을

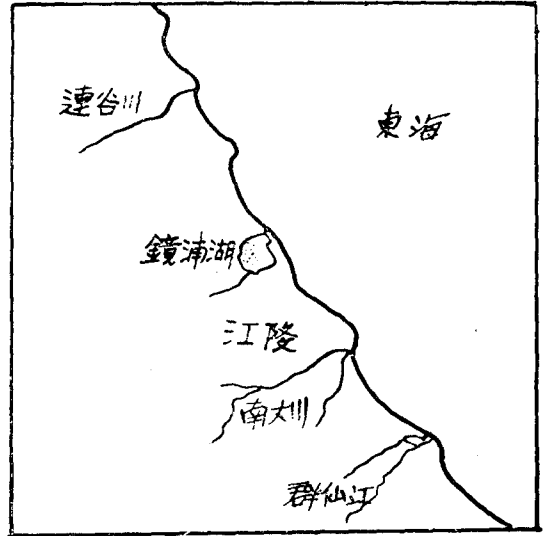


그림 12 東海岸의 海岸汀線

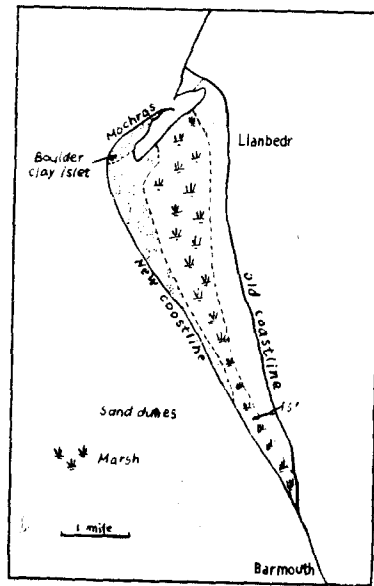


그림 13 Re-orientation of the coastline at Morfa Dyffryn, Wales

이룬뒤 沿岸流에 依한 浮遊漂砂 移動이 活發함에 基因하는 것으로 생각된다.

4.4 潮位 및 潮流

西海岸의 경우 潮差 및 潮流의 影響이 매우 큰데 比하여 東海岸의 潮差는 30cm以下로 매우 적게 나타나고 있으며 底層의 潮流는 漂砂移動에 影響을 줄 수 없을 정도로 매우 작게 나타나고 있다. 一般의으로 潮差가

3m以上이며 河川 流量이 海水 流量의 1/10以下일때 潮差에 의한 flush 效果로 河口港의 開發 및 維持에 利用될 수 있으나¹⁹⁾ 東海岸의 경우 潮差에 의한 flush 效果를 期待하기에는 너무 적은 것이며 閉塞現象에 影響을 주는 因子도 될 수 없는 것이다.

4.5 漂 砂

海岸의 底質을 構成하고 있는 모래나 자갈 등의 海底物質은 波浪이나 흐름의 作用에 依해서 移動한다. 이와같은 海岸 底質의 移動 現象이나 그 動移하고 있는 物質 自體를 漂砂(littoral drift)라 한다^{19) 20) 21)}. 그러나 A.M. Muirwood¹⁹⁾는 漂砂를 波浪이나 潮流에 依한 物質의 沿岸 移動이라 定義하고 海底 沈澱物의 移動과는 別個로 생각하고 있으나 그 自身, 이들을 正確히 區別하기란 힘들다고 지적하고 있다.

漂砂의 原因은 河口로부터 河川流에 依하여 運搬된 土砂가 가장 많고 海埠의 土砂가 浸蝕된 것이 그 다음이며 波浪에 밀린 土砂 등이 있다²²⁾

東海岸의 경우 河川流에 依한 運搬土砂가 主要原因으로 지적되고 있다.

國立 建設 研究所가 1972年, 73年 에 行한 海岸 漂砂 實驗 研究 報告書²³⁾에 依하면 三陟港 埋沒原因인 海岸 漂砂의 漂砂源으로 隣近 河川인, 港 南쪽에 位置한 五十川, 北西方 4km 地點의 갈川, 8km地點의 箭川 및 南方 8km 地點의 洞濱 등을 들고 있다.

上述한 漂砂源 外에도 人工的인 土砂 補充을 들 수 있다²⁴⁾. 詳仙江 河口 流域의 水沒 被害 原因 調査²⁵⁾에서 여러가지 原因中 河口 北方 1km地點의 嶺東火力 發電所 灰處理場工事와 버린 灰의 增加로 그 一帶의 모래가 밀려나와 河口로 移動, sand spit 形成을 促進, 洪水 被害를 增加시킨 한 要因이 되었을 것으로 思料되었다.

또 最近 紙上²⁶⁾에 釜山 地方의 海水浴場의 白沙場幅이 줄어들었다는 報道와 함께 釜山大學校 海洋 科學 研究所는 그 原因을 隣近河川의 河口에서 數年間에 걸친 모래 採取로 인한 漂砂의 移動現象임을 지적한 바 있다. 이러한 人工的인 土砂의 採取나 海岸地帶의 埋立은 뜻하지 않은 結果를 招來하기 때문에 1974年 國立 建設 研究所는 北平 港北쪽 埋立 豫定 地帶의 埋立土에 對한 海岸 漂砂 實驗을 實施한 적도 있다.

이와같은 漂砂의 移動 現象은 海流에 依한 沿岸流와 波浪이 主要 外力이며 水深과 底質의 平均 粒徑에도 左右된다.

그림 14와 같이 沿岸流와 波浪에 依한 漂砂 移動이 東海岸 河口에서 sand spit를 發達, 河口閉塞을 일으키는 것이 共通現象이다.

sand spit는 河口에서 海埠에 平行方向의 漂砂, 即 沿

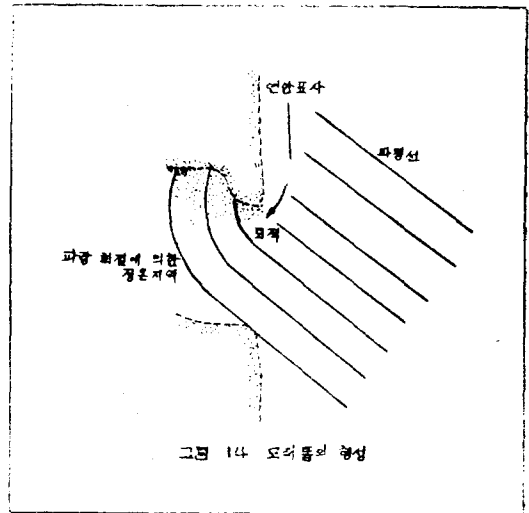


그림 14 모래톱의 형성

그림 14 모래톱의 형성

岸漂砂(longshore drift)를 밀어 치울 만큼의 흐름이 없는 곳에 생긴다. 일단 砂洲가 形成되기 始作하면 물결의 回折에 依해서 그 裏面에는 靜穩한 場所가 생기고 거기 에 모래가 堆積 sand spit 形成이 한층 더 助長된다.

이와같은 漂砂 現象은 灣의 干拓事業 등에 逆利用되기도 하며²⁷⁾ 離岸堤 등으로 Tombolo 現象을 利用, 浸蝕과 堆積을 調節하기도 한다.

沿岸 漂砂量은 底質 粒徑, 濱傾斜, 波浪에너지, 波形傾斜, 波浪의 入射角 등에 依해서 變化하며, 그 量을 推定한다는 것은 그렇게 容易한 일은 아니다.

一定 期間內의 沿岸 漂砂量 Q_i 와 同期間內에 碎波線 부근에 있어서 海岸線單位 幅當 輸送된 波浪에너지의 海岸線方向 性分 E_i 의 關係를 利用, 다음 式에 依하여 計算해 왔다.

$$Q_i = \alpha n E_i^n \quad (4-1)$$

여기서 α 와 n 은 係數로서 Savage, 井島, 佐藤, Manohar 등이 各各 다른 算出條件에 依해서 서로 다른 값을 提案하고 있다¹⁹⁾.

沿岸漂砂의 方向은 그 外力의 影響, 即 波浪이나 흐름의 變化에 依해 時間的으로 變化하나, 季節이나 年單位의 期間을 두드 생각하면 그 海岸 特有的인 沿岸漂砂 卓越 方向이 河口 砂洲의 發達方向을 支配하는 것으로 볼 때, 因으로 河口砂洲의 發達方向을 가져고 漂砂 卓越 方向을 推定할 수도 있는 것이다.

實際 三陟 五十川 河口 附近에서 波浪에너지에 依한 方向別 沿岸 漂砂量의 推算値는 다음과 같다²⁸⁾.

- NE方向의 波浪에 依한 沿岸 漂砂量 1,800m³·m·year
- SE方向의 波浪에 依한 沿岸 漂砂量 600m³·m·year

따라서 1년에 海岸線에 平行으로 北에서 南으로 移動함을 알 수 있고 沿岸 漂砂 卓越方向은 NE方向으로 推定되는 것이다.

4.6 海底 地質

金翔圭氏¹⁹⁾에 依하면 東海岸 東草堂 바다의 海底地質은 表層에서 20m 以內에 海成粘土가, 그 다음에 모래, 岩盤의 順으로 되어있고, 蔚山 앞바다는 모래 層이 없다고 한다.

이와같이 海成粘土가 깔려있는 點으로 보아 河川의 流送土砂와 海岸 浸蝕 以外에 海底 物質이 浮遊 漂砂 化하여 河口를 閉塞한다고 볼 수는 없을 것으로 생각되나, 全般的인 地質調査와 海岸線에 直角方向으로 水深에 따른 粒徑分布等이 調査되고, 物理, 化學의 性質이 究明되어야 正確한 근거를 提示할 수 있을 것이지만, 海底의 急傾斜로 外海의 水深이 깊어, 移動限界水深을 超過하여 底質이 不動이고 보던 沿岸의 流送土砂가 漂砂源임을 豫測할 수 있다.

一般的으로 底質의 粒徑은 河口 部分이 크고 外海로 나갈수록 작아짐을 그림 15²⁰⁾를 통해서도 알 수 있다.

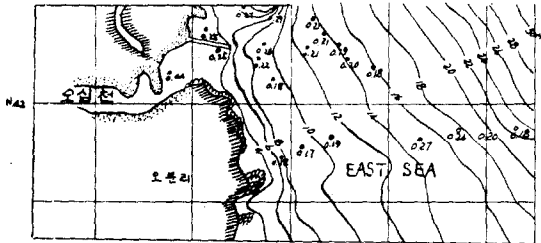


그림 15 오십천 河口 海底地質平均粒徑度

4.7 飛 砂

모래砂場 海岸에서 飛砂는 海岸 變形에 重要な 役割을 한다. 모래 砂場에 沿한 河口에서 飛砂는 sand spit 形成을 促進시켜 河口 閉塞 現象을 助長하기도 한다.

日本の 菊川 河口의 閉塞이 飛砂 現象에 基因함이 1940년부터 1950년까지의 觀察結果 밝혀진 바 있다¹³⁾.

sand spit의 發達方向과 一致하는 風向의 바람에 依하여 sand spit를 提高, 擴張시켜, 砂洲 發達을 促進시킬 것으로 생각되나, 飛砂量과 그 量的인 面에서의 沿岸漂砂와의 比率等을 測定한 結果가 없어 斷定할 수는 없지만, 東海岸 地方의 많은 飛砂 現象을 直接 목격할 수 있는 點으로 보아 飛砂의 影響이 적지 않을 것으로 생각되며, 앞으로 究明하여야 할 研究 調査 對象으로 思料된다.

5. 結 論

本 論文의 結論을 要約하면 다음과 같다.

1. 東海岸 河川은 hypsometric-curve의 解析 結果, 地質學的으로 盛熟期에 到達한 것으로 判斷되며 따라서 平衡 狀態에 가깝다고 생각된다.
2. 東海岸 河口는 西·南海岸과 달리 形態學的으로 類似性을 지니고 있으며 그 特性은 河口砂洲의 發達로 因한 河口閉塞現象이 두드러진다는 點이다.
3. 東海岸 河口의 閉塞度 b/B (閉塞河幅對 平常河幅)는 0.18로 閉塞 現象이 極甚하여 河口 流域의 洪水 被害原因이 되고 있다.
4. 河口 砂洲 發達 方向은 海岸流와 波浪에 依한 沿岸流의 흐름 方向이 支配하여 北韓의 東海岸 河口는 北向, 南韓의 東海岸 河口는 南向이 優勢하다.
5. 東海岸 河口는 littoral drift background를 가지고 있고 河口, 砂洲 發生의 直接的인 主要因은 높은 波浪에 依한 漂砂移動의 影響으로 大別할 수 있고, 漂砂源은 河川의 流送土砂와 隣近砂濱이다.
6. 飛砂 問題는 定量的으로 測定 分析하여 飛砂現象의 影響을 究明할 價値가 있는 것으로 보며 次期 研究 課題로 들린다.

1. A.M. Muir Wood, "Coastal Hydraulics", Macmillan, London, 1969, pp. 94-110.
2. A.T. Ippen, "Estuary and Coastal Hydrodynamics," McGraw-Hill, U.S.A, 1966, pp. 404-462.
3. Brun, P. and Gerritsen, F., "Stability of Coastal Inlets," Proc. ASCE, 84, WW3, 1958, pp. 1644-1-49.
4. Chow, V.T., "Handbook of Applied Hydrology," McGraw-Hill, U.S.A, 1964, pp. 4-39-4-7 6.
5. Goda Yoshimi, "On Wave Characteristics Along the East Coast of Korea and Some Remarks on Break Water Design," KSCE, Vol. 21, No.1 1973, pp.78-89.
6. J.F. Agema, "Final Closing the gap of Estuary," ISEPCCIS, 1974, pp. 3-3-1-29.
7. Kim, Sangkyu, "Engineering Characteristics of Marine Clays in Korea," ISEPCCIS, 1974, pp. 2-2-1-31.
8. KiyoshiHorikawa, "Coastal Engineering Problems in Construction of Harbour," ISEPCCIS, 1974, pp. 3-1-1-29.
9. Lane, E.W., "Design of Stable Channels," Trans.

- ASCE, 120, 1955, pp. 1234-1279.
10. R. Kay Gresswell, "Physical Geography," Fred-eric A. Praeger, Publishers, New York, N.Y., U.S. A, 1967, pp. 340-375.
 11. Strahler, A.N., "Hypsometric Analysis of Erosional Topography," Bulletin Geol. Soc. Amer., Vol. 63, 1952, pp. 1117-1142.
 12. 石原藤次郎編, "水工水理學", (第14章, 榎木亨集筆) 丸善(株), 日本, 1972, pp. 687~700.
 13. 矢野勝正, "水災害の科學", 技報堂, 日本 pp. 676~722.
 14. 日本土木學會, "海岸 保全 施設 設計 便覽", 日本土木學會, 1969, pp. 91~118.
 15. 建設部, "北坪港 建設 基本 計劃書", 1974.
 16. 建設部, "三陟港 整備 計劃 調查報告書", 1974, pp.14~15.
 17. 建設部, "水資源 開發 調查 年報", 第4卷, 1972, pp. 31~350.
 18. 建設部, "河川 調查書", 1974, pp. 439~444.
 19. 建設部, "港灣 設計 基準", 1971, pp. 164~214.
 20. 國立建設研究所, 海岸漂砂 實驗 研究 報告書", 1970, pp. 1~29.
 21. 金熙鍾, "河川工學", 東明社, 1974, pp. 176~177.
 22. 邊普燁, 崔榮博, "港灣工學", 文運堂, 1963 pp. 40~45, pp. 108~109.
 23. 安守漢, "우리나라 海岸의 波浪 特性과 防波堤 現況", ISEPCCIS, 1974, pp. 3-5-1~29.
 24. 元泰常, "河川工學", 文運堂, 1964, pp. 218-221
 25. 尹龍男, "漢江水系의 河川 形態學的 特性과 頻度 流量과의 相關性," 大韓土木學會誌, 第21卷, 1號1973, 3. pp. 46~59.
 26. 李元煥, "嶺東火力發電所隣 近田峯 水沒被害 原因 調查 研究 報告書", 韓國電力株式會社 1974.
 27. 朝鮮日報, 1974年 6月 14日字 第6面.
 28. 崔榮博, "洛東江水系의 地形因子와 比流量에 關한 研究", 大韓土木學會創立 20週年, 論文集, 1972.
 29. 崔榮博, "海岸 및 港灣工學", 文運堂, 1973, pp. 53~171, pp. 255~263.
 30. 韓國綜合技術公社, "韓國 東海岸 設計波에 關한 研究", 1970, p.6.
 31. 韓國綜合技術公社, "港灣 및 海岸水理構造物(上)" 1967, p.161.