The Korean Journal of Quaternary Research
Vol. 1, No. 1, 21~34 (1987)

韓國 西海岸 서산만에 發達한 一部 潮間帶 堆積層에 대한 堆積學的 研究와 第四紀 海洋地質學的 考察

金黎相*· 朴龍安**·李一祥

*

**

Sedimentology of the intertidal flat sediments in the Seosan Bay, west coast of Korea and its implication on the Holocene sea level changes

Yeo Sang Kim, Yong Ahn Park, Il Sang Lee

要 約

干潮線 부근에 發達한 堆積層과 砂質堆積相은 특징적 퇴적입자 조직특성을 나타내며 堆積메카니즘에 따른 干潮堆積環境의 지시적 퇴적구조를 포함하고 있다. 또한 滿潮堆積層과 堆積相이 干潮堆積環境의 특징과는 다르며 滿潮堆積層特有의 퇴적구조가 발달함을 규명하였다. 混合潮間帶 堆積相이 干潮線과 滿潮線사이의 部分에 해당하는 潮水環境에 발달하며 이에따른 특유의 퇴적구조가 발달한다는 사실이 규명되었다.

現世 海水面上昇의 過程中 約 9000~8500 y B.P.의 시기는 西海岸의 다른 여러 潮間帶環境 發達 初期에 해당하는 것과 마찬가지이며 本 研究地域의 潮間帶堆積層의 主된 堆積時間은 約 8000年 동안으로 해석된다.

ABSTRACT

In the present study area, a part of intertidal flat in the Seosan Bay, west coast of Korea, characteristic three dominant tidal sedimentary facies and their related several

epartment of Oceanography, College of Natural Sciences, Seoul National University, Seoul 151, Korea
ㅓ울大學校 自然科學大學 海洋學科)

typical sedimentary structures are described. Furthermore, a possible interpretation about the time stratigraphic developments of these intertidal deposits is suggested by introducing very late Quaternary (Holocene) sea-level rise in Korean Seas.

序 論

海岸線을 경계로한 여러형태의 沿岸堆積環境, 예를들면 三角洲(delta), 에스튜아리(estuary), 海濱(beach) 및 潮水·潮間帶(tidal and intertidal zone)등의 퇴적환경들은 海水面의 變化와 밀접히 관련되어 발달하거나 쇄퇴하는 것으로 설명되고 있다. 이러한 현상이 오랜 地質時代의 地質學的 過程에서 인식되고 硏究되어 왔으나, 1960年代부터 陸上 地質學界와 海洋地質學界에서는 第四紀(Quaternary Period)的 時間 범위로 해석하고 연구하는 추세를 나타내고 있다. 特히 現世(Holocene)의 海水面 變動過程과 관련되어 硏究되는 海岸堆積過程과 大陸棚의 堆積作用은 過去 地質時代의 古環境과 堆積作用을 해석하는 열쇠라고 인식되고 있고 "The present is the key to the past"의 原理를 重要하게 풀어나가는 것이다.

韓半島의 西海(황해), 南海 및 東海는 共히 現世 海水面 上昇過程에 의한 特有의 海岸堆積環境을 나타내고 있다. 特히 西海岸의 광대한 潮間帶를 이루는 堆積層의 層序的 上下 單位要素와 관계, 層序的 單位의 層厚와 퇴직작용의 관계 및 퇴적시간(퇴적속도)의 범위등에 대한 연구는 第四紀 海洋地質學的으로 큰 의미를 갖는다고 해석된다. 이와같은 연구가 화란, 서독, 영국 및 미국등의 여러나라에서 이미 20年 이상 실시되고 있다.

本 硏究는 韓國의 西海岸中에서 서산만의 일부 潮間帶를 선택하여 表層堆積相, 堆積構造, 堆積相分布와 퇴적구조와의 관계 및 現世 海水面 上昇에 따른 퇴적시간의 범위를 밝히고 토의하는데 그 目的이 있다. 본 연구의 수행이 한국과학재단의 한·미 공동연구계획('85~'87년)의 일환으로 가능하였음을 明示하는바이며 그 지원에 감사하는바이다.

硏究地域의 槪觀

硏究地域은 우리나라 西海岸의 瑞山灣 일대 潮間帶(intertidal zone) 지역으로서, 硏究地域의 北部 海岸에서는 幅 4.5km의 넓은 潮間帶가 발달되어 있으며, 南쪽으로는 Y字 형태의 主潮流路(main tidal channel) 좌우로 幅 0.5~2km의 좁고 긴 潮間帶가 형성되어 있다.(그림-1) 潮流細谷(tidal gully)은 內灣의 潮間帶내에 잘 발달되어 있다. 潮間帶의 滿潮線 부근에는 半淡水性植物인 七面草(*Sweda* sp.)와 퉁퉁마디(*Salicornia* sp.)가 무리를 지어 自生한다. 일반적으로 潮上帶(supratidal zone)에 잘 발달되는 塩水濕地(salt marsh)가 本 硏究地域에서 전형적으로 분포한다.

本 硏究地域의 潮汐은 半日周潮型으로 거의 日潮不等이고, 平均潮差 5.38m, 大潮差는 7.34m에 달한다.(國立地理院, 1976) 瑞山灣 初入에 위치한 大蘭芝島 부근에서 潮流는 대체로 東-西의 方向이 우세하고 大潮期 때의 最强流速은 1.5m/sec에 달한다.(水路局, 1982) 牙山 外灣 海域인 菊花島에서 1980년 6월부터 1981년 5월까지 관측된 氣象 資料(建設部, 1981)에 따르면 月平均最低氣溫 -4.9℃(1월), 最高氣溫 21.4℃(8월)이며, 바람은 겨울에 강하게 불고(12월 평균 6.7m/sec) 暴風의 발생 빈도가 높다.

本 硏究地域의 彈性波 探査資料에 의하면 潮間帶 堆積層은 하부의 基盤岩과 不定合을 이루며 발달하고 있다.(國立地理院, 1976) 瑞山灣 입구의 主潮流路에서 不定合面을 이루는 基盤岩은 -27m깊이이며 不定合面 위

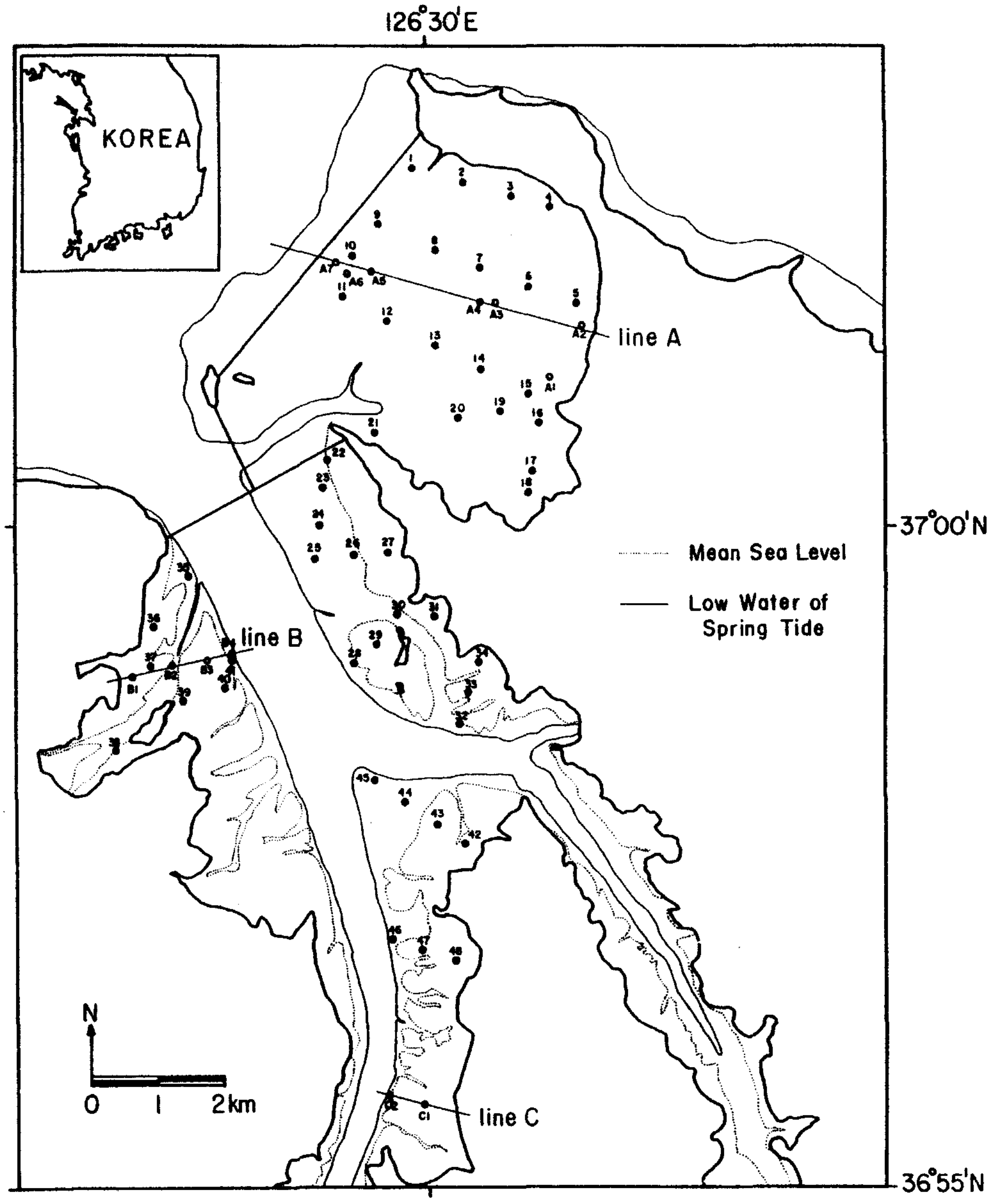

Fig. 1. Map showing the location of sampling stations.

의 堆積層은 7m의 두께를 가진다. 內灣으로 가면서 基盤岩의 위치는 얕아지고 不定合面 상위의 潮水環境的 堆積層은 두꺼워진다. 그림 1에 표시된 主潮流路가 갈라지는 지점에서는 基盤岩은 −20m의 위치이고 堆積層의 두께는 10m에 이른다. (國立地理院, 1976) 農業振興公社에서 실시한 試錐資料에 의하면 主潮流路에 인접한 內灣의 潮間帶 堆積層은 최대 20m 두께이다. (崔 剛源, 1987)

研究方法

研究를 위하여 1984년 11월에 48개 지점의 表層堆積物(5~10㎜ 두께) 試料를 채취하였으며, 1985년 7월에 13개 지점에서 堆積構造研究를 위하여 標品을 채취하였다. (그림 1) 堆積構造研究用 標品은 1m 깊이까지 판 다음 고안된 투명 아크릴 상자로 채취하였다.

粒度는 마른 체질과 피펫 方法으로 分析하였으며 砂質 粒子는 0.5ϕ 간격으로 분리하였다. 투명 아크릴 상자로 채취된 標品은 X－線 撮影機(Model IS V-100A)로 4 KVp/3㎃의 조건하에서 撮影하였다. 미세한 構造와 粒子의 排列 및 成分 등을 관찰하기 위하여, 堆積構造硏究用 標品의 일부를 떼어 薄片을 제작한 후 偏光顯微鏡으로 分析하였다.

硏究結果

表層堆積物의 粒度分析結果를 근거로 하여 硏究地域의 潮間帶를 細分하였는데 砂質粒子가 우세한 지역을 sand flat(모래 함량 80% 이상), 泥土가 우세한 지역을 mud flat(泥土 함량 70%이상), 그 중간의 경우를 mixed flat으로 구분하였다.

硏究地域의 堆積層에 우세하게 발달한 一次的 物理堆積構造는 平行葉理(parallel lamination), 連痕斜葉理(ripple cross lamination), 連痕덩굴層理(climbing ripple bedding), 砂質－泥質 互層(sand-mud alternated bedding), 漸移層(graded bedding), 薄層理(thin lamination) 등이다. 또한 堆積層에 따라 生物活動의 영향으로 一次的 物理堆積構造가 많이 파괴되기도 하였으며, 底棲性 또는 穴居性 生物에 의한 生物攪亂構造가 잘 보존된 곳도 있다.

堆積構造

平行葉理(parallel lamination) : 平行葉理는 細粒砂와 微細砂의 葉理로 구성되어 있으며, 각 葉理의 두께는 1㎜내외이나, 수 ㎜의 두께인 것도 있다. 이 構造를 이루는 堆積粒子의 平均粒度는 3－4ϕ이다. 葉理들은 粒度의 차이뿐만 아니라 成分의 차이에 의해서도 구분이 되는데, feacal pellet들로 이루어진 葉理도 있다.

이 構造는 주로 sand flat에 발달되어 있으며(그림－2), 부분적으로 潮流細谷의 경사면(그림－3)에도 분포한다.

連痕斜葉理(ripple cross lamination) : 이 構造는 連痕(ripple)이 이동함에 따라 형성된 foreset lamina들이 斜葉理를 이루는 형태로서, 각 葉理의 두께는 1㎜내외이며 set의 두께는 3㎝ 이하(0.5－2.5㎝)이다. Foreset lamina들은 tangential 또는 concave한 형태이고, 양쪽 방향성이 탁월하여 herring bone 斜層理를 이루기도 한다. 각 set의 상하는 浸蝕的인 境界를 이루고 있다. 小形貝殼層 또는 小形貝殼들이 포함되기도 하는데, 일반적으로 위로 볼록한 貝殼의 堆積形態로 보아서, 潮流에 의해 운반되어져 온 것으로 解釋된다.

이 構造는 sand flat에 잘 발달되어 있으며(그림 4), mixed flat의 干潮線 주변과 潮流細谷의 경사면에도 분포한다. 이 構造를 함유하는 堆積層의 平均粒度는 sand flat에서 2ϕ 내외, 그 외 지역에서는 4－5ϕ로서 sand flat에서 構成粒子가 상대적으로 粗粒하고, set의 두께도 일반적으로 두껍다.

連痕덩굴層理(ripple climbing bedding) : 連痕덩굴層理는 상대적으로 많은 양의 堆積物流入이 있는 곳에서 주로 작은 current ripple이 이동하면서 덮힌 결과로서 형성된다. (Ashley 21, 1982) 潮間帶地域의 堆積環境에서 이러한 堆積構造는 지역적으로 堆積率이 높은 潮間帶에 한정되어 나타나는 것으로 알려지고 있다.

硏究地域의 경우 이 構造는 sand flat과 主潮流路에 인접한 mixed flat 및 潮流細谷의 경사면에 분포한다. sand flat에서 連痕덩굴層理는 平行層理와 반복되는 경향이 있다. (그림－2)

砂質－泥質層의 互層(sand-mud alternated bedding) : 砂質－泥質層의 互層은 細粒砂 또는 粗粒실트로 구성된 粗粒質 層과 실트 또는 粘土로 구성된 細粒質 層이 반복되는 構造를 일컫는 것으로서, flaser bedding, wavy bedding, lenticular bedding 등의 互層을 포괄한다.

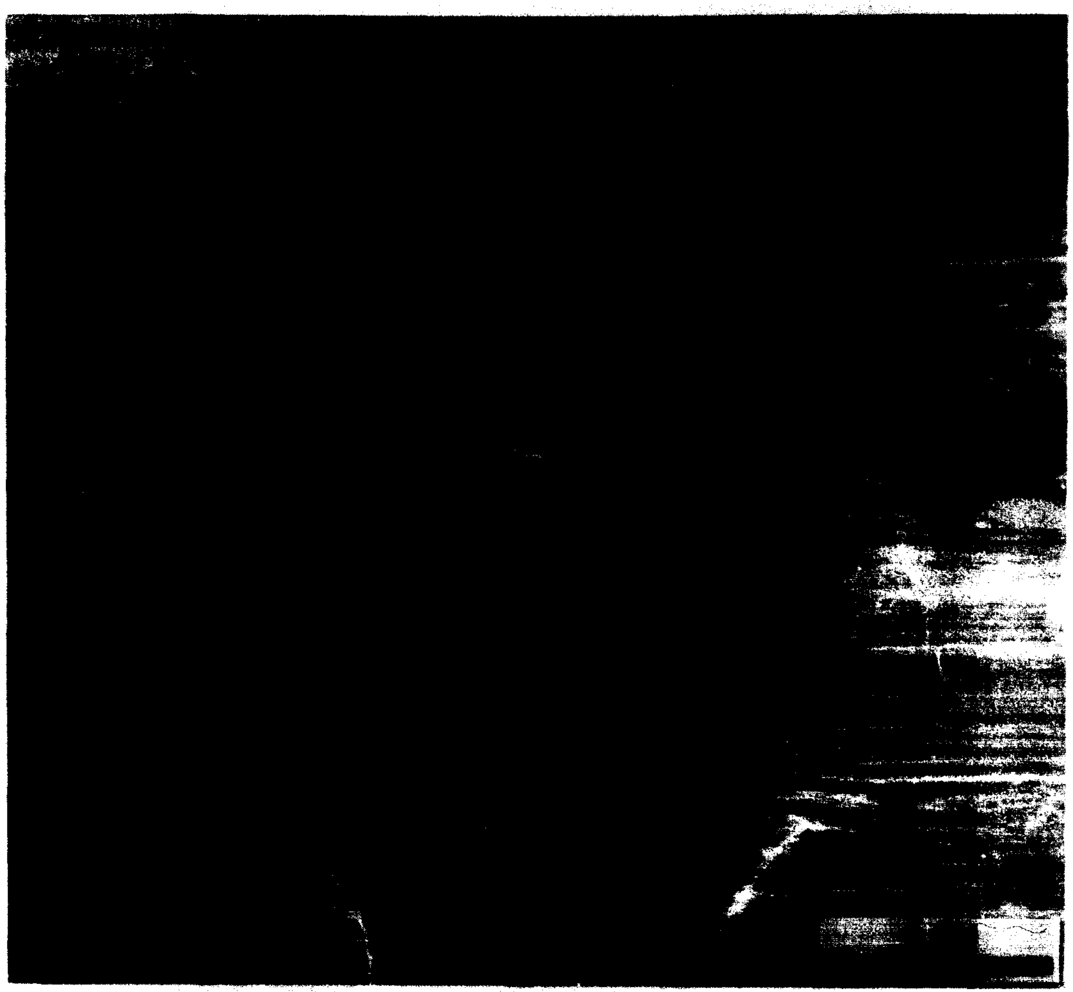

Fig. 2. Cosets of parallel laminae and climbing ripple laminae (mainly Type A). Site A7, sand flat (X-ray radiography).

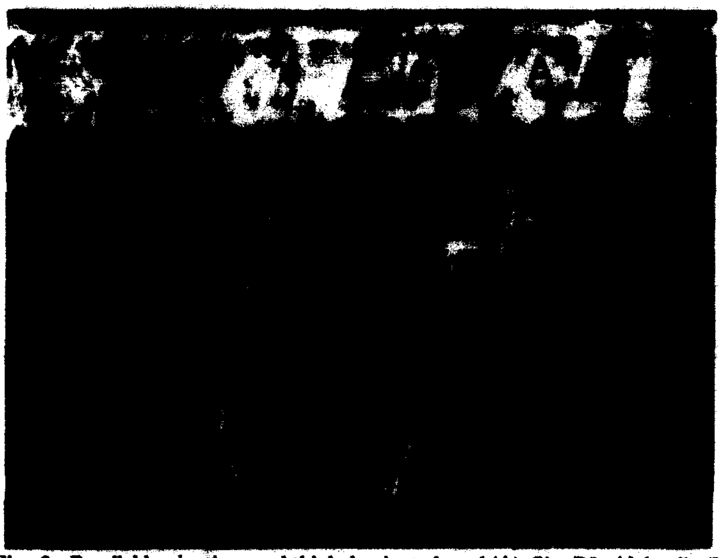

Fig. 3. Parallel laminations and thinly laminated mud (A). Site B2, tidal gully (X-ray radiography).

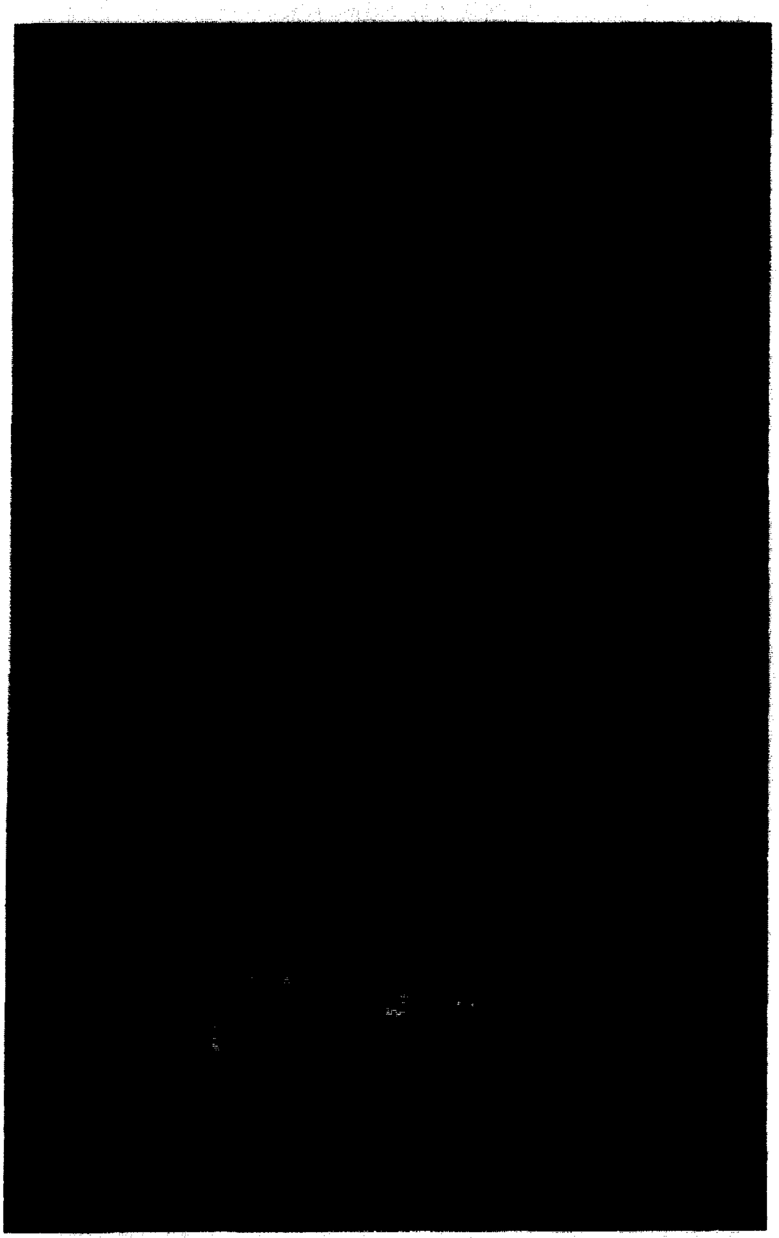

Fig. 4. Trough shaped small ripple cross laminae. Site A5, sand flat (X-ray radiography).

Flaser bedding(그림 5)은 外灣의 sand flat과 mixed flat에 분포하며, 構成堆積物의 平均粒度는 3−4ϕ로서 細粒砂가 우세하다. 이 構造는 X−線 寫眞에서 谷狀 또는 板狀 斜層理로 나타나며, foreset lamina는 양쪽 방향성을 보인다. 각 flaser의 두께는 1㎜ 내외이며, 약하게 固化된 泥土와 黑雲母片 및 feacal pellet들로 구성되어 있다.

Wavy bedding은 주로 1㎜~수 ㎜ 두께의 微細砂 層理와 실트 層理가 交互된 형태이며, flaser bedding이나 小連痕斜層理, 連痕덩굴層理 및 얇은 交層과 연계되어 분포한다. mixed flat과 潮流細谷의 경사면에 분포한다.

두꺼운 交層은 sand flat와 mixed flat 및 潮流細谷의 경사면에 분포하는데, 각 層의 두께는 1~5㎜이고, 層에 따라 層理가 변형되거나 定常的 漸移(normal grading)

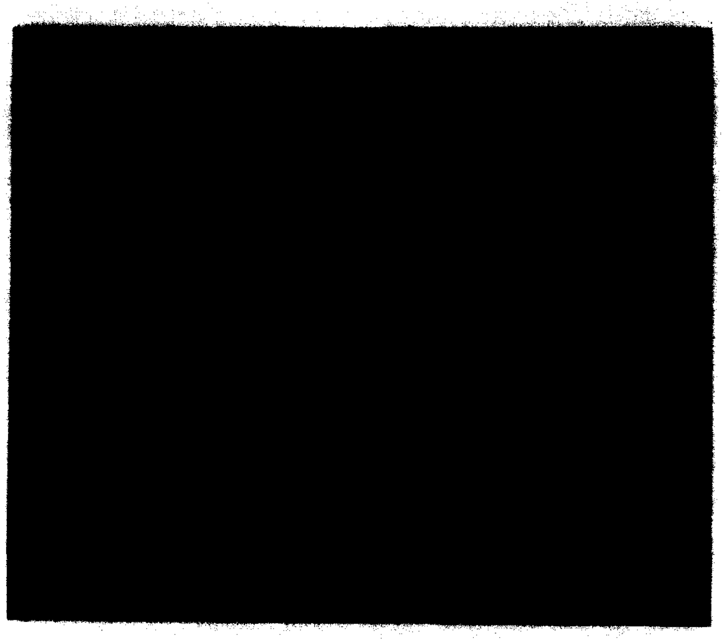

Fig. 5. Field photograph of all variants of flaser bedding (i.e., simple flaser bedding, bifurcated flaser bedding, wavy flaser bedding, and bifurcated wavy flaser bedding) and small ripple cross laminae complex. Site A6, sand flat.

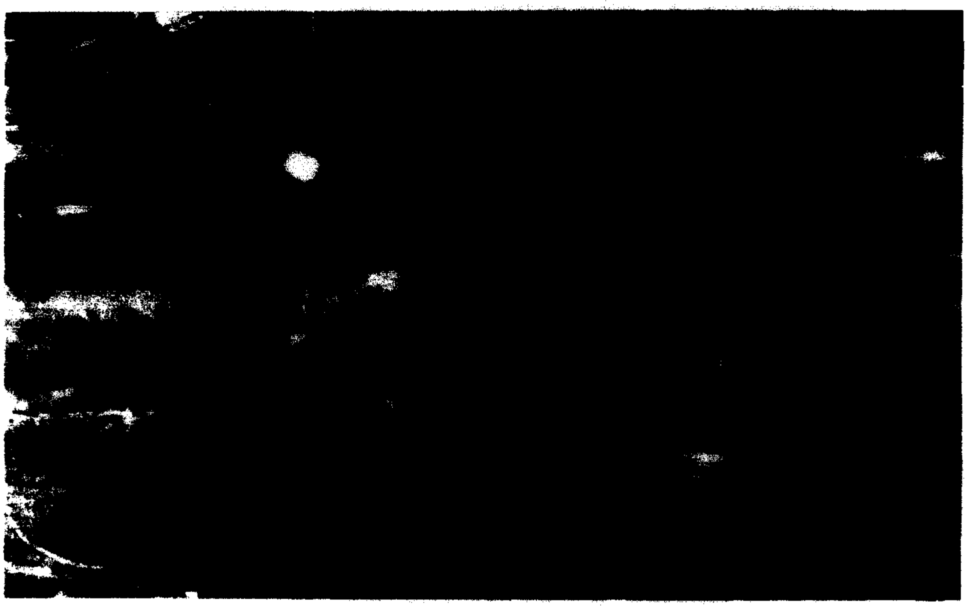

Fig. 6. Thinly interlayered bed with bioturbation structures: mainly dwelling and escape structures by bivalve. Small shell patch in lower part of photo. Site B4, mixed flat (X-ray radiography).

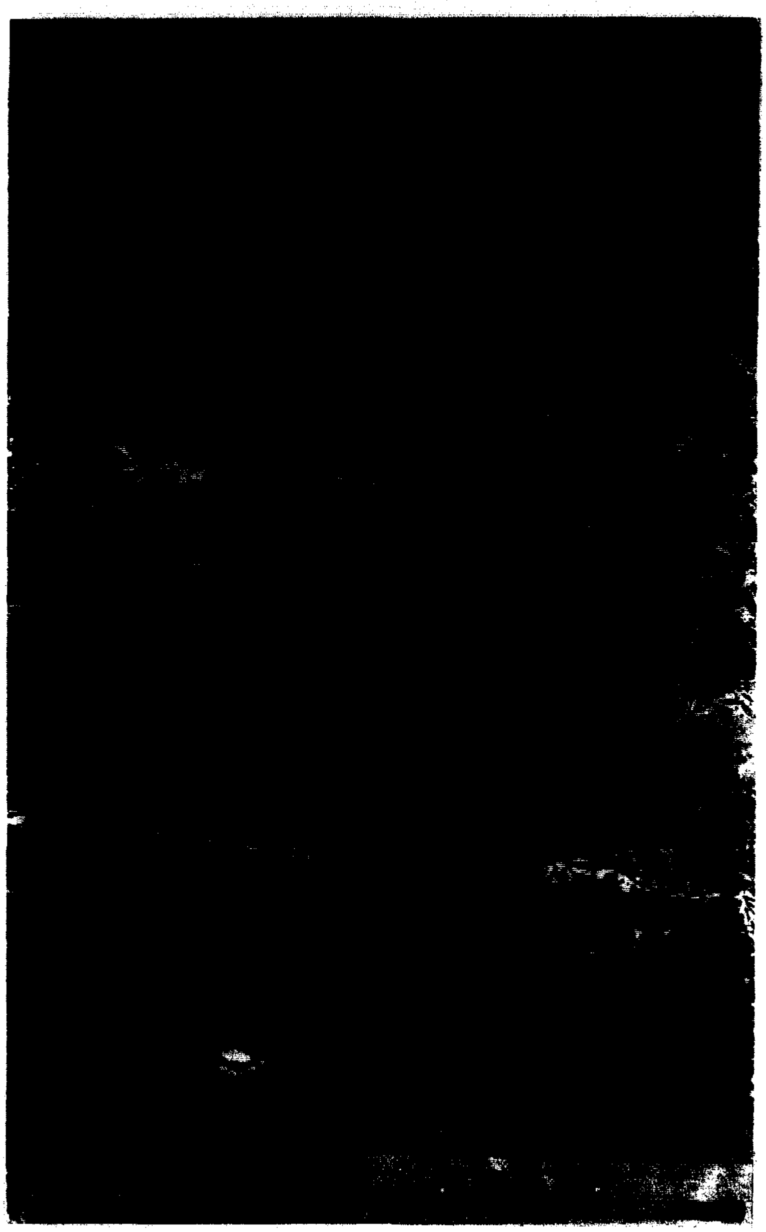

Fig. 7. Small shell layer and shell sand layer show grading. Site A5′, sand flat (X-ray radiography).

의 형태도 있다.

얇은 交層(그림 6)은 mixed flat에 우세하며, 滿潮線쪽으로 갈수록 발달 정도가 미약하다. 각 層理는 1㎜~수 ㎜의 두께로서 微細砂 또는 粗粒실트로 이루어진 粗粒質 層理와 泥質粒度의 細粒質 層理로 구성되어 있는데, 粗粒質 層理가 상대적으로 두꺼운 경향이 있다.

漸移層(graded bedding) : 硏究地域에 분포하는 漸移層은 두께 수 ㎝ 내외로서 定常的 漸移의 특성이 있다. 대체로 漸移의 정도가 좋은 편이나(그림 7), 泥質 礫片(mud pebble)과 각이 진 자갈 및 貝殼 등으로 구성된 漸移의 정도가 낮은 堆積層도 있다.

薄葉理(thin lamination): 일반적으로 滿潮線 가까이에 있는 泥質 堆積層에서는 生物

Fig. 8. Strongly bioturbated homogeneous bed with faint lamination in upper part of photo. Various burrow holes and feacal pellets. Site B1, mud flat (X-ray radiography).

攪亂으로 인하여 一次的 物理堆積構造의 보존 정도가 미약하다. 그러나 부분적으로 균질하게 보이는 泥質 堆積層에 대한 X－線寫眞이나 顯微鏡 관찰에서 두께 1㎜ 이하의 얇은 葉理가 보이기도 한다. 이러한 薄葉理는 泥質 堆積層이 우세한 潮間帶와 潮流細谷의 경사면 層(그림 3)에서 관찰된다.

生物攪亂構造(biotarbation structure) : 潮間帶내에 棲息하는 底棲動物과 半淡水性 植物은 細粒物質의 堆積機作에 많은 영향을 미치며, 이들의 生態에 따라 堆積物이 攪亂된다. 특히 堆積物을 섭취하는 底棲動物은 生物攪亂의 주요 行爲者이며, 生態特性上 泥質 底層을 선호하게 되는데, 이는 泥質粒子의 함량이 높은 堆積層에서 生物攪亂의 정도가 심하다는 사실에 부합된다.

Frey(1978)에 따르면 生物攪亂構造는 특정한 형태를 이루는 것과 그렇지 않은 것으로 구분된다. 특정한 형태를 나타내지 못하는 生物攪亂構造는 불규칙한 堆積構造 破壞狀 또는 mottled mud와 sand nest 등을 포함한다. 研究地域의 motted mud와 sand nest들은 直徑 수 ㎜에서 수 ㎝의 크기에 달하며, 楕圓形 또는 불규칙한 形態로 나타난다.

특정한 形態를 이루는 生物攪亂構造는 주로 底棲動物에 의한 것으로서 특히 細粒物質이 우세한 堆積層에 잘 보존되어 있다.

주요한 生物攪亂構造는 底棲動物의 攝食 및 居住관련 構造로서 특히 多毛類와 게類 및 二枚貝類 등에 의해 생긴 構造가 탁월하다. 多毛類 구멍은 대부분 直徑 1㎜ 내외에서 1 ㎝의 크기이며, 게 구멍은 直徑 0.5~3㎝ 범위이다. 곳에 따라서 feacal pellet들이 散在하기도 한다(그림 8). 또한 攝食構造로서 부분적인 condrite 형태도 있다. 二枚貝類에 의한 攝食 및 居住관련 構造는 mixed flat에서 특징적이다(그림 9, 6).

Fig. 9. Slab samples. Upper layer, thinly interlayered bedding with moderately bioturbated; middle layer, flaser bedding with weakly bioturbated; lower layer, strongly bioturbated.

堆積相의 地域的 分布特性

泥土質 潮間帶 堆積相(Mud flat facies) : Mud flat은 滿潮線에 가까운 上部潮間帶에 발달하며, 海岸에 따라 帶狀으로 분포한다(그림 10). 堆積物은 Folk(1954)에 의한 분류에 따르면 주로 실트와 砂質실트로 구성되어 있고, 波蝕崖로부터 유래된 角이 진 자갈이 포함되기도 한다(그림 11). 分級度는 매우 不良하고, 歪度는 strongly fine skewed하며 尖度는 leptokurtic하다. 堆積層 내의 物理的 一次堆積構造로는 얇은 交層과 薄層理 및 sand lense 등이 있으나 대체로 발달이 미약하다. 生物攪亂의 程度는 매우 심하며 feacal peclet들과 植物의 뿌리가 산재한다.

이와 같이 上部潮間帶에서 堆積物이 細粒하고 物理的 一次堆積構造의 발달이 미약한 것은, 뜬짐(suspended load)으로 운반된 泥質堆積物이 우세하게 分布하기 때문이다.

混合質 潮間帶 堆積相(Mixed flat facies) : Mixed flat은 外灣에서는 中部潮間帶, 內灣에서는 下部潮間帶에 분포한다. 堆積物은 주로 모래질 실트와 실트질 모래로 구성되어 있다. 分級度는 不良하고, 歪度는 strongly fine skewed하며 尖度는 very leptokurtic하다. 外灣의 堆積層에서는 砂質-泥質 互層이 잘 발달되어 있으며, 內灣의 堆積層에서는 砂質-泥質 互層외에도 小漣痕斜葉理, 漣痕덩굴層理, 薄葉理 등의 物理的 一次堆積構造가 보존되어 있다.

Mixed flat은 水力學的 에너지水準과 堆積物 運搬 및 堆積機作에 있어서 mud flat과 sand flat의 漸移地域으로서의 특성을 지닌다. 그 결과, 밑짐(bed load) 및 뜬짐의 堆積物이 반복적으로 퇴적되어 潮間帶의 특징적인 堆積構造인 砂質-泥質 互層을 형성한다.

砂質 潮間帶 堆積相(Sand flat facies) : Sand flat은 넓은 定規潮間帶가 발달되어 있고 牙山灣 주변 潮流의 영향을 직접 받는 外灣의 下部潮間帶에 분포되어 있다. 堆積物은 細粒砂와 微細砂로 구성되어 있다. 分級度는 良好 또는 보통이고 歪度는 fine skewed, 尖度는 leptokurtic하다. 堆積構造는 平行葉理, 小漣痕斜葉理, flaser bedding, 貝殼과 모래로 구성된 漸移層, 두꺼운 交層 등이 우세하며, 生物攪亂의 정도는 미약하다.

Sand flat에서 細粒砂質 堆積物이 우세한 것은, 적정한 水力學的 에너지水準 하에서 效果的인 밑짐 移動의 결과이며, 약간의 陽數 歪度값을 갖는 것은 여기에 간헐성 뜬짐(intermittient suspension load)이 다소 혼

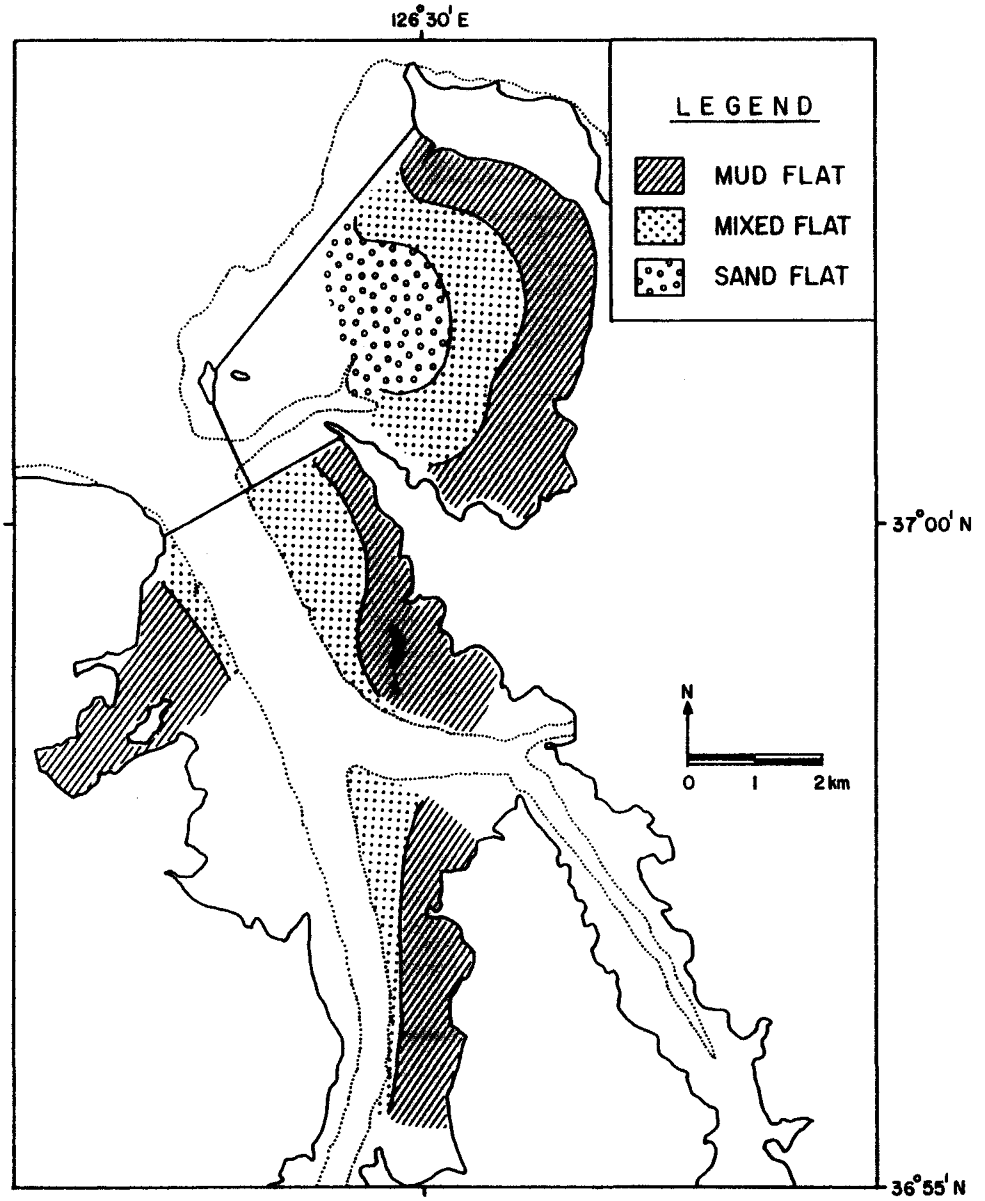

Fig. 10 Surface sediment distribution on the tidal flats.

합되어 있음을 지시한다. 이와 같은 효과적인 밀짐 **移動**의 증거로서 **堆積層** 내에 잘 발달되어 있는 平行葉理, **連痕斜葉理**, **連痕**덩굴層理 및 flaser bedding 등의 **物理的** **一次堆積構造**를 들 수 있다.

潮流路(tidal channel) 및 **潮流細谷**(tidal gully) : 潮流路는 泥行을 하면서 주로 **側面** **堆積**(lateral sedimentation)을 이루는 상대적으로 **堆積率**이 높은 **地域**이다. **側面堆積**이 일어나는 경사면에서는 **潮流**의 작용에 의하여 **平行層理**, **小連痕斜層理**, **砂質-泥質 互層**, **薄層理** 등의 **堆積構造**가 발달되어 있으며, **堆積層**내에 잘 보존된 **連痕**덩굴**層**理는 이 **地域**의 **堆積率**이 높다는 사실에 부합되는 증거이다.

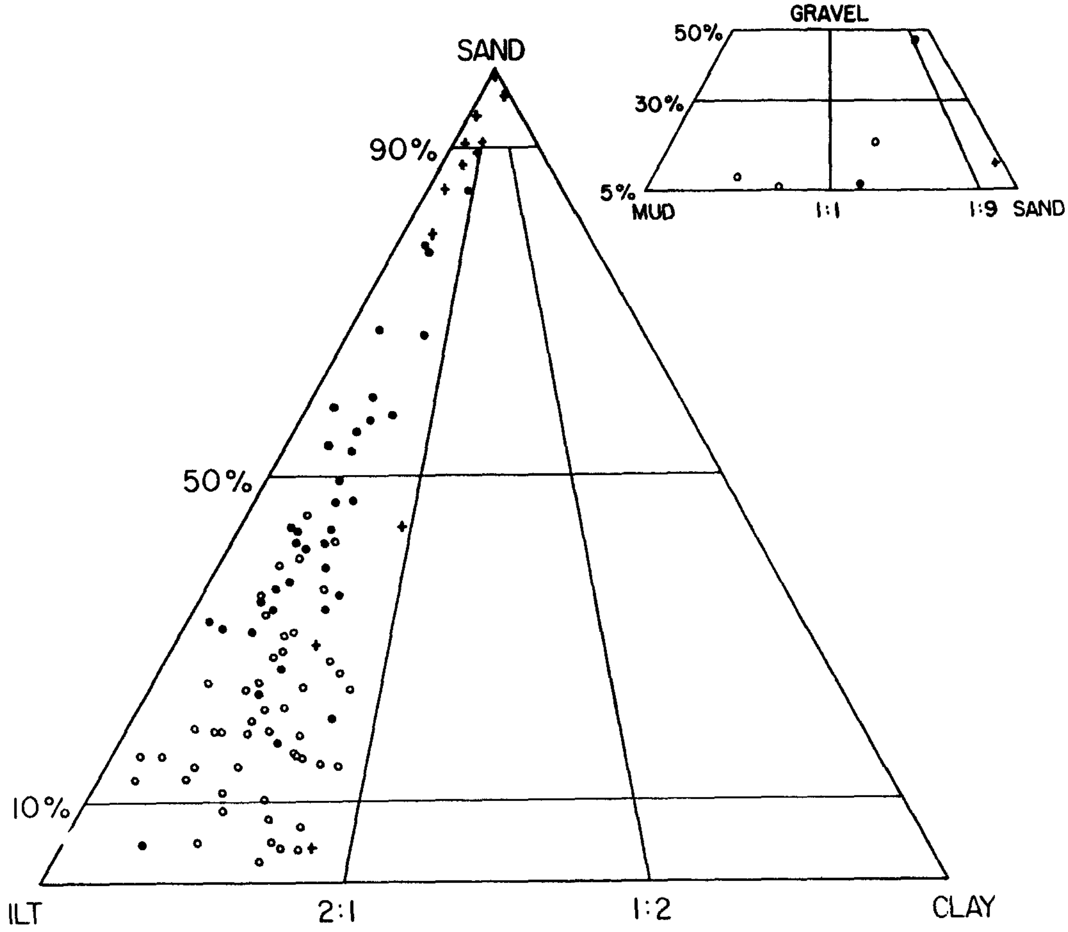

Fig. 11. Ternary diagram of the intertidal flat sediments. Mud flat samples showen by open circles, mixed flat samples by filled circles,. and sand flat samples by cross marks.

討　論

相對的 海水面(relative sea level)은 항상 變化하고 있다. 이와같은 상대적 해수면의 변화는 地表面(level of the land)과 海水面의 상대적변화를 의미하며, 여러 要因에 의하여 발생한다. 海水面의 변화 또는 변동은 海岸의 여러 堆積盆地와 堆積作用에 크게 영향을 미친다. Mörner(1987)에 의하면 全世界的인 海水面의 變動이 tectono-eustasy, glacial eustasy, geoidal eustasy 및 dynamic surface change에 의하여 일어난다고 하였고 이와같은 要因이 全世界的인 것이면서 事實은 地域마다의 특징적 海水面 변동의 변화폭 또는 범위가 설정되어야 한다고 하였다. 그림-12와 같이 海水面의 변화개념과 설명에 있어서 이미 낡은 개념(old concept)이 있는가하면 위에 이미 Mörner의 해수면 변동요소를 설명한 바와 같은 새로운 개념(new concept)에 의한 해수면 변동 개념이 있다. 따라서 全世界的인 海水面 上昇의 현상이 있다고 할때 전세계 海岸 어느곳에서도 똑같은 범위의 해수면

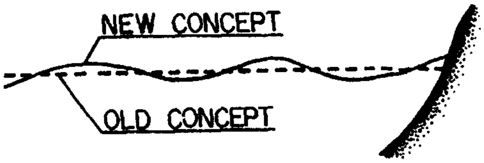

Fig. 12. Old and new concepts of world-wide sea-level references.

상승이 있는 것은 아니며 地域마다의 차이를 예상하여야 한다.

韓半島를 둘러싼 東海, 南海 및 西海의 海水面 變化 특히 現世의 海水面 上昇에 큰 차이없이 거의같다는 結論을 朴(1983)은 이미 밝힌바 있고 曺(1986)의 發表內容에서도 西海岸의 해수면 상승곡선이 東海岸의 그것과 유사한 것으로 판단하였다.

西海潮間帶地層의 層序的 硏究(崔, 1987)에 의하면 現在의 西海岸의 潮間帶 表層堆積相이 層序的 單位層의 堆積相과 對比되므로서 時間的으로 現世 海水面 上昇 過程과 연관될 수 있다고 보며, 本 硏究地域의 表層堆積相과 堆積構造와의 관계가 규명되었고 또 이 硏究內容이 現在의 時間線에 해당되는 것이라면 이 事實은 海水面 上昇의 時間線(time line)에 적용될 수 있다는 데 本 討論의 의미가 있다.

위에 설명된 Mörner의 새로운 개념이 筆者의 견해와 일치하는 것인데 이에 따른 韓國의 現世 海水面上昇曲線(朴, 1983)이 西海岸의 潮間帶 發達過程에 적용될 경우 本 硏究에서 규명된 堆積相과 堆積構造의 일치가 現潮間帶의 上位的 時間線에 적용되고 潮間帶地層의 下限位的 時間線을 先現世(pre−Holocene)的 경계에 적용한다면 本 硏究地의 潮間帶地層(堆積層)의 층서적 진화와 과정을 이해할 수 있다. 따라서 그림−13의 海水面上昇曲線에 기초한 本 硏究地의 潮間帶 發達 初期는 약 9000 y B.P. ~8500 y B.P. 時間線을 갖는다고 해석된다.

結　論

1. 干潮線 砂質堆積相은 뚜렷하게 발달하고 있으며 이 부분은 파랑에 의한 海波流와 干潮流의 流速變化에 따른 여러 堆積構造를 나타낸다.
2. 滿潮帶와 間潮帶의 특징적 堆積相은

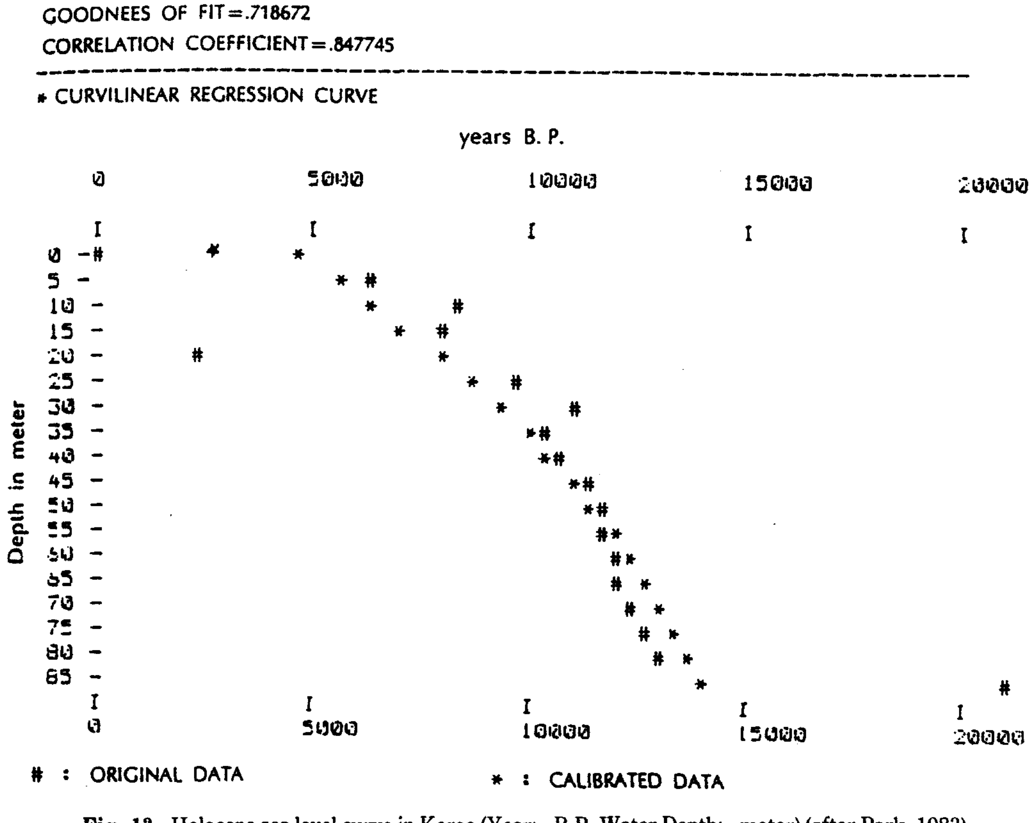

Fig. 13. Holocene sea level curve in Korea (Year: - B.P. Water Depth: - meter) (after Park, 1983).

干潮帶의 그것과는 큰 차이를 나타내며 特有의 堆積構造를 나타낸다.

3. 現在의 干·滿潮線에 발달한 潮水堆積相의 單位를 時間層序的 單位로 대하고 우리나라의 現世 海水面上昇曲線에 연관진다면 先 現世와 現世의 경계면이 설정되며, 퇴적기간은 약8500~9000年인 것으로 해석된다.

參考文獻

建設部, 1981. 牙山灣 產業基地 開發 基本計劃. 港灣調查報告書.

國立地理院, 1967. 沿岸地域 測量報告書(가로림만, 덕암포 地區)

朴 龍安, 1983. The nature of Holocene sedimentation and sedimentary facies on the continental shelves of korea. ' 83國內外 韓國 科學技術者 學術會議論文集 夏季심포지움篇.

水路局, 1982, 水路記述年報.

崔 剛源, 1987. 韓國 西海岸(京畿灣, 牙山灣) 潮間帶 堆積層의 層序·堆積學的 硏究, 서울大學校 碩士學位論文, 7799.

曺 華龍, 1986. 韓半島における沖積平野の地形發達. 日本東北大學 博士學位論文.

Ashley, G.M., Sonthard, J.B. and Boothroyd, J.C., 1982. Deposition of ceimbing-ripple beds: a flume simulation. Sedimentology, 29:67-79.

Fork, R.L., 1954. The distribution between grain size and mineral composition in sedimentary rocks. J.Geol., 62: 344-359.

Frey, R. W., 1978. Behavioral and ecological implications of trace fossils. In: P.O. Basan(Ed.), Trace Fossil Concepts. S. E.P.M. Short course No. 5, Oklahoma city, pp.43-66.

Mörner, N.-A.1983. Sea levels. Mega-Geomorphology, Oxford University Press. pp. 73-91.

(Received: November 11, 1987)