

영종북 갯벌의 퇴적 단면 구조

이 윤 화*

경북 영안중학교

Sedimentary profile of Youngjong-North tidal flat

Yun-Hwa Lee*

Youngan Middle School

요약: 인천 국제공항 고속국도 건설을 위하여 영종북 갯벌에서 많은 시추 조사가 이루어졌다. 이 시추 자료를 분석하여 이 갯벌 퇴적물의 수직 구조를 검토했다. 영종북 갯벌의 퇴적층 두께는 대략 30m이고, 하부로부터 기저 사력층, 하부 점토층, 중부 실트층, 중부 점토층, 상부 실트층이 차례로 퇴적되어 있었다. 황갈색의 반고화된 산화대는 -3 ~ -5m 고도에서 중부 점토층 윗면 혹은 중부 점토층 내에서 나타났다. 산화대 윗면을 선형세 갯벌층과 현세 갯벌층 간의 부정합면으로 인정하기에는 퇴적 단면 구조의 해석상 어려운 점이 많았다.

주요어: 영종북 갯벌, 산화대, 선형세 갯벌 퇴적층

Abstract: Many boring investigations were achieved in Youngjong-North tidal flat to construct the Incheon International Airport Expressway. Vertical sedimentary profile of this tidal flat has been studied by analyzing these boring data. The deposits of Youngjong-North tidal flat are about 30 meters thick, and the sedimentary layers consist of basal gravel, lower mud, middle silt, middle mud, and upper silt layers in ascending order. Semi-consolidated and oxidized belt with yellowish brown color, which appears above or within middle mud layer, exists in -3 ~ -5 meters altitude. There are some stratigraphical problems to admit the top surface of this oxidized belt as the unconformity surface between Holocene and Pre-Holocene tidal flat deposit.

Key Words: Youngjong-North tidal flat, oxidized belt, Pre-Holocene tidal flat deposit.

1. 서 론

경기만에는 갯벌이 넓게 형성되어 있는데, 이 가운데 영종도 북쪽에 형성된 갯벌을 「영종북 갯벌」이라 하고, 지금은 모두 간척되어 시가지

화되어 가고 있지만 과거 인천시 북부 해안을 연하여 넓은 갯벌이 형성되어 있었는데 이것을 「북인천 갯벌」이라 하였다. 이들 두 갯벌은 폭이 약 6km에 이를 정도로 규모가 큰 갯벌이다. 이 두 갯벌 사이에 깊고 폭이 넓은 중앙 물길

* Corresponding author: LEE, Yun-Hwa, Tel. 011-513-5298, E-mail. youna1121@hanmail.net

형성되어 있는데, 이 물길은 북쪽으로 김포 반도와 강화도 사이에 형성된 염하와 연결되고, 남쪽으로는 인천 항만 앞을 지난다. 따라서 빙기 해수준 때는 한강의 한 분류가 이 물길을 따라 흘렀을 것으로 예상된다.

최근 이 두 갯벌을 가로지르는 인천 국제공항 고속국도를 건설하면서 이 두 갯벌에 대한 정밀 측량 및 많은 시추 조사를 실시하였다. 이 보고서는 퇴적 단면 구조, 토색 등 퇴적상을 아주 자세히 기술하고 있다(신공항하이웨이(주), 2000a; 2000b). 본 연구는 이들 자료를 바탕으로 이 지역 갯벌의 퇴적 단면 구조를 살펴보고자 한다.

2. 영종북 갯벌 개관

가. 인천만의 조위

일년에 2~3회 나타나는 가장 높은 조위를 약 최고 고조위라 하는데, 인천 앞바다에서 약최고 고조위는 평균 해면보다 4.6m 높으며, 대조 평균 고조위는 약 4m, 평균 고조위는 약 2.9m, 소조 평균 고조위는 약 1.7m씩 각각 높게 나타난다. 평균 해면 아래에 나타나는 각종 저조위는 이 숫자의 역수로 각각 낮게 나타난다. 따라서 인천만의 대조차는 약 8m, 평균 조차는 약 5.7m로 대조차 환경에 해당한다.

나. 갯벌 표면 퇴적물의 입경

고속국도와 평행되게 약 300m 간격으로 채취한 6개의 갯벌면 퇴적물과 1개의 갯골 바닥 퇴적물을 입도 분석하였다. 갯벌면 퇴적물은 모두 90% 이상이 실트이고, 모래와 점토가 5% 미만으로 섞여있다. 히스토그램에서 최빈값을 보이는 입경은 4~6 ϕ 사이에 나타나고 있다. 그러나 갯골 퇴적물은 30% 정도가 모래가 섞여있는 사질 실트이다.

다. 갯벌의 표면 지형

영종도에서 운림도까지 약 3.6km 폭에 걸쳐 갯벌의 원면은 표고 3~4m로 아주 평탄하다. 이 사이에 형성된 약 5개 정도의 갯골은 갯골 바닥과의 표고가 0~-1m 정도로 갯벌면과 갯골저의

비고는 4~5m 정도이다. 갯벌 원면 및 갯골을 종합한 지형 경관은 마치 개석 초기의 고원과 같은 지형이다.

중앙 물길 위에는 영종대교(永宗大橋)가 건설되어 있는데, 이 물길의 폭은 약 2.6km이며 서쪽에서부터 운림도, 정도, 호도, 장도 등의 섬들이 분포하고 있다. 이 물길의 수심은 정도와 호도 사이가 가장 깊고 표고로 환산된 수심이 이 부근에서 최대로 -28m에 달하여 갯벌면과 비교 약 30m에 이른다. 그러나 이와 같은 수심은 남북으로 계속되는 것이 아니고 이 두 섬 사이에 형성된 일종의 해부(海釜)인 것으로 보인다. 호도(虎島) 동쪽 수로는 최심부가 10m를 조금 넘는 깊이를 나타낸다.

3. 갯벌 퇴적물의 수직 구조

인천 국제공항 고속국도를 건설하기 위하여 교통부 발주로 '유신설계 공단' 이 1993년에 영종도에서 인천에 이르는 갯벌과 중앙 물길에서 시추 조사를 실시했다.

Fig. 1은 이 자료를 이용하여 영종도 운북동 논골 마을 앞에서부터 인천시 서구 경서동 '장도' 에 이르기까지 영종북 갯벌 3.6km 구간과 중앙 물길 약 2.6km 구간 및 인천 갯벌 약 500m 구간에 대한 갯벌 퇴적 단면을 나타낸 것이다. 이 그림은 77개의 시추 주상 단면도와 그 설명서를 참조하여 작성되었으며, 수직 거리가 수평 거리보다 약 6.5배 과장되게(수직 과장을 6.5배) 그려진 그림이다. 고도는 평균 해면(M.S.L.)을 기준으로 나타내었기 때문에 0m선이 평균 해면선이다. 평균 해면선(0m선) 위 아래로 각각 2개의 점선이 그려져 있는데 평균 고조위선(M.H.W.L.)과 약최고 고조위선(A.H.H.W.L.) 및 평균 저조위선(M.L.W.L.)과 약최저 저조위선(A.L.L.W.L.)을 나타낸 것이다.

가. 퇴적 단면 구조

갯벌 퇴적층 아래 기반암은 대부분 안산암질 응회암으로 균열이 심하고 경연의 호층이 반복되는 지질로 보고되어 있다(과학기술부, 1999).

풍화대가 형성되어 있고, 그 위에는 다시 이들 풍화암을 모재로 형성된 잔류토가 덮여 있다. 잔류토는 실트 섞인 모래로, 두꺼운 곳은 10m에 달하는 곳(B-24)도 있지만, 일반적으로 2~5m 두께이며, 기반암이 높게 돌출된 부분에는 아예 나타나지 않는 곳도 있다.

기반암 및 잔류토 위에 퇴적된 퇴적층은 최대 두께 30m(B-14)에 이르고, 가장 낮은 분포 위치를 보이는 곳은 -35m(A-31)까지 나타난다. 이러한 퇴적 단면은 장소에 따라 다양하게 나타나는데, 특히 영종북 갯벌과 중앙 물길에서의 퇴적층 분포는 상당히 다르다.

먼저 영종북 갯벌의 퇴적 단면을 크게 나누어 단순화시켜 보면, 최하부에 모래 및 자갈층이 퇴적되어 있고, 그 위에 점토층과 실트층이 각각 두 번 반복되어 있는 것을 알 수 있다. 그래서 이들 각각을 하부에서부터 기저 사력층(BG), 하부 점토층(LC), 중부 실트층(MS), 중부 점토층(MC), 상부 실트층(US)으로 부르기도 한다.

기저 사력층(BG)은 B-1에서 B-8 시추공까지는 모래층으로, B-8에서 B-21 시추공까지는 자갈층으로 구성되어 있다. 그러나 B-C 단면에서는 B-60에서 B-71 시추공까지 얇은 모래층이 형성되어 있을 뿐, 그 밖에는 이 층을 확인할 수 없다. 이 층에서 B-8에서 B-21 시추공까지의 나타나는 자갈층은 중앙이 두껍고(약 8m), 주변으로 갈수록 얇어지며 표면이 대략 -20m 높이로 일정하게 유지되고 있는 것이 특징인데, 이로 미루어 보아 어떤 저해수준 시기에 한강의 한 분류가 이 위치로 흐르며 퇴적한 하성 퇴적층으로 추정된다.

하부 점토층(LC)은 기저 사력층을 부정합으로 덮고 있고, 그 분포 고도가 A-B 단면에서는 -20m에서 -12m 부근까지 분포하지만, B-C 단면에서는 -25m에서 -15m 부근까지 나타난다. 점토층이 역층을 바로 덮은 것은 퇴적 환경이 크게 바뀌었다는 것을 말하며, 하성 퇴적 환경에서 해성 퇴적 환경으로 변화된 것으로 볼 수 있다. 이 층은 연속적이지 못하고 B-14, B-22, B-52 시추공 부근에서 끊어지고 있다. 이 층이 이와 같이 끊어지는 것은 연속적으로 퇴적되었던 것이

침식을 받아 끊어졌다고 해석하기 보다는, 퇴적 과정에서 B-14, B-22, B-52 시추공 부근에 중심을 둔 갯골이 형성되어, 같은 시기에 퇴적되었지만 갯골 중심에는 보다 조립질 퇴적물이 퇴적되었기 때문에 나타난 결과로 해석할 수도 있다.

중부 실트층(MS)은 A-B 단면에서는 -10m 선을 중심으로 형성되어 있으나, B-C 단면에서는 그 중심이 -10m에서 -20m까지 분포 고도가 변한다. 대개 5m 전후의 두께를 보이거나 하부 점토층이 결여된 B-13, 14 시추공에서는 13m의 두께를 보이고, B-22 시추공 부근에서는 기저 잔류토에서부터 표면까지 계속되어, 중부 실트층과 상부 실트층이 연결되어 있고, 총 층후는 23m에 달한다. 중부 실트층에 실트 섞인 모래층의 렌즈가 B-9, B-10, B-27~B-48, B-71~B-77 시추공 부근에 나타나는데, 이것은 장소적 환경 변화(갯골 위치 등)의 결과로 나타난 것으로 해석하고 중부 실트층에 포함시키는 것이 타당할 것 같다.

중부 점토층(MC)의 분포 고도는 A-B 단면에서는 0~-10m 사이에 나타나고, B-C 단면에서는 -2~-18m 사이에 분포하며, 얇은 곳은 3m 두께이고 두꺼운 곳은 15m에 이른다. 중부 점토층은 B-20, B-22 시추공 부근에만 끊어지고 그 밖의 곳에서는 연속적으로 나타난다. 이것의 상한 고도는 해안 쪽(B-1~B-6 시추공까지)에는 평균 해면과 거의 일치하고 그 보다 바깥 쪽에서는 대부분이 저조위 평균 해면과 거의 일치하는 고도를 보인다.

상부 실트층(US)은 중부 점토층을 덮고 있으며 대략 -3m 부근에서부터 +3m 부근까지 퇴적되어 평균 두께 6m 층후를 이룬다. 다만 B-20~B-22 시추공에서는 중부 실트층과 연속되어 있다. 하부 점토층에서 상부 실트층까지의 층준 변화는 실트와 점토 사이의 변화로 작은 환경 변화이며 모두가 해성 퇴적물로 판단된다.

중앙 물길 바닥의 퇴적층은 위와 같은 구분이 어려우며 모래층이 두드러지는 것이 특색이다. 다만 A-16 및 A-19 시추공에서는 위에서부터 역, 모래, 점토, 모래층이 차례로 침식된 모습을 보이고 있다.

영종북 갯벌의 퇴적 단면 구조

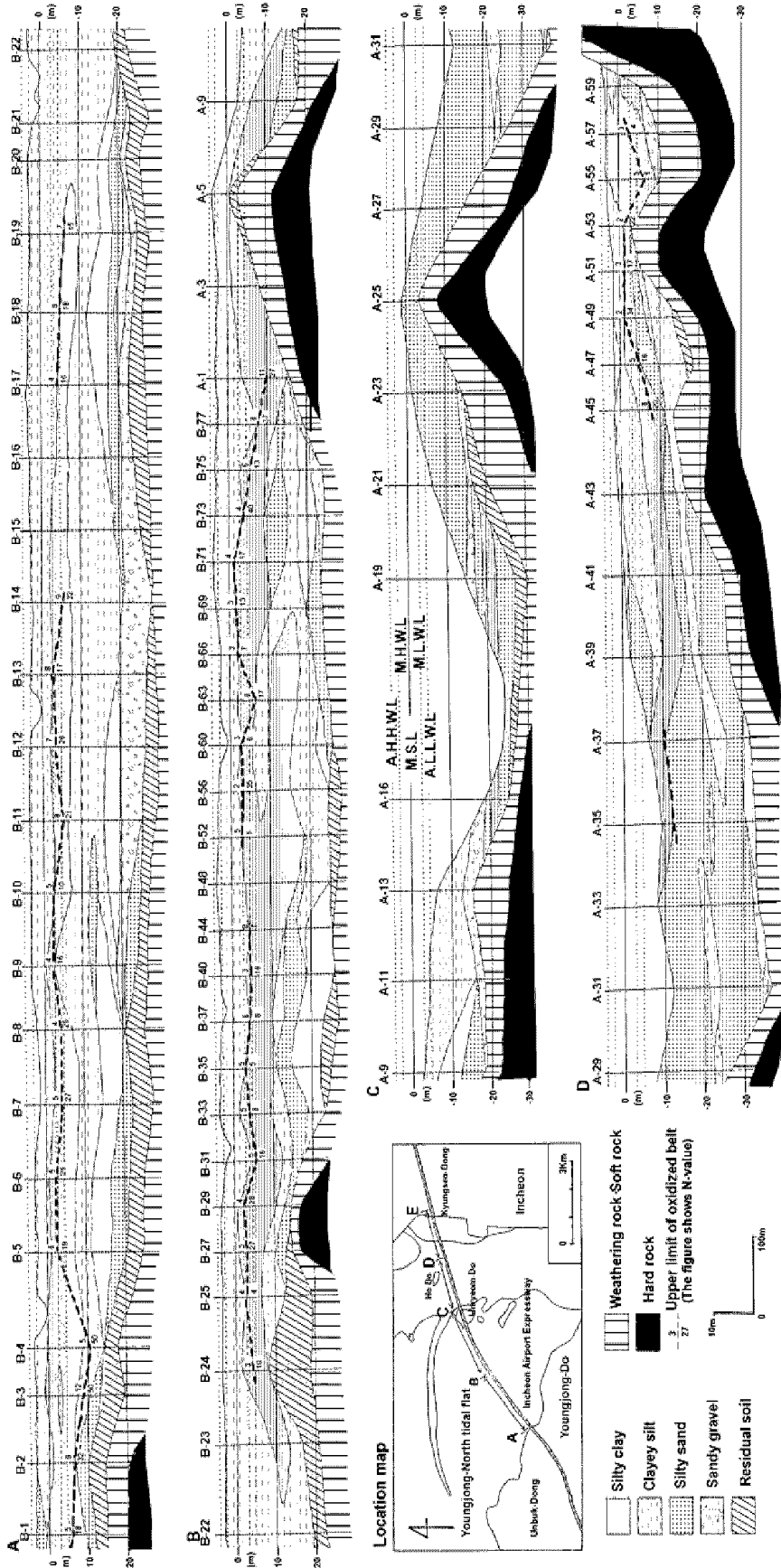


Fig. 1. The sedimentary profile of the Youngjong-North tidal flat.

앞에서 언급한 것과 같이 이 부분이 운림도와 호도 사이의 가마 지형이 나타나는 곳이기 때문에 아마 조류에 의해 침식된 것으로 해석된다. 다만 이 부분에 역층이 A-11~A-23 시추공까지 나타나고, 그 분포 고도가 A-B 단면에 B-8~B-21 시추공 사이에 나타나는 기저역층과 비슷한 것으로 보아 같은 환경에서 형성된 것으로 볼 수도 있다. A-43 시추공에서부터 갯벌이 평균 해면위로 나타나지만 퇴적층의 심도가 알아서 영종북 갯벌에서 설정한 것과 같은 층상 변화는 설정하기 어려우며, 분명하지는 않지만 중부 실트층, 중부 점토층, 상부 실트층을 확인할 수 있다. 또 중앙 물길에서 노출된 갯벌 쪽으로 가면서 세립질 퇴적이 두드러지는 경향이 나타났다.

나. 산화대

Fig. 1에서 굵은 파선으로 나타낸 것이 산화대 상한을 나타낸 것이다. 이 선을 경계로 위쪽 퇴적물은 색깔이 흑회색(Dark Gray)의 치환 구조를 보이는 반면, 이 선의 아래쪽부터는 갈색(Brown) 혹은 황갈색(Yellowish Brown)으로 산화 구조를 보이며, 대부분의 경우 이 선을 경계로 표준관입 N치가 크게 바뀐다. 그림에서 이 선 위아래에 기록되어 있는 숫자는 N치를 나타낸 것이다.

그림에 나타나지는 않았지만 이 황갈색의 반고화된 퇴적물은 대개 4m정도 계속되다가 토색이 점차로 회색으로 바뀌고, N치도 부분적으로 줄어드는 경우가 있다. 그러나 이 하한선은 상한선만큼 뚜렷하지는 않다. 이 산화대는 모든 시추공에서 나타나는 것은 아니며, 특히 중앙 물길 바닥의 퇴적물에서는 거의 찾아 볼 수 없었다.

본 지역에서 산화대의 상한면이 나타나는 위치는 중부 점토층과 상부 실트층의 경계면과 중부 점토층의 위쪽면에서 약 2m 정도 하부로 내려온 중부 점토층 내에 나타나는 경우가 대부분이며, 분포 고도도 -3m~-5m가 대부분을 차지한다.

4. 갯벌 층서 고찰

갯벌 퇴적층에서 산화대가 발견되어 처음으로 주목을 받기 시작한 것은 김여상(1988)의 천수만 조간대 연구에서부터이며 이 층을 「간월도층」이라 했다. 그 후 많은 해양학자들(김여상 외, 1992; 최경식, 1994; 장진호, 1995; 이영길 외, 1997; 박용안 외, 1997; 신동혁, 1998; 김여상 외, 1998; 박용안 외 1999; 박용안 외, 2000)에 의해 서해안 조간대 각처에서 이 층의 존재가 보고되었고, 임동일(2001)의 박사 학위논문에서 층서가 종합되었다.

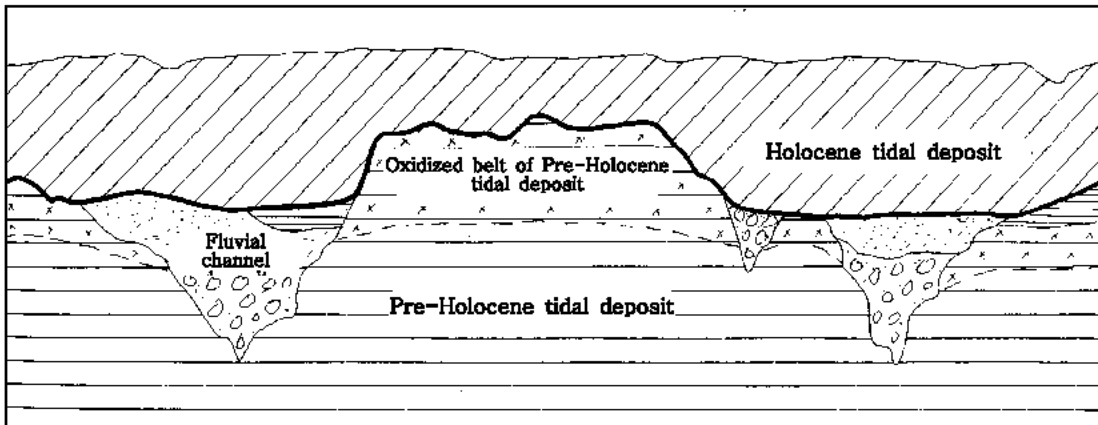


Fig. 2. Expected typical profile of the unconformity surface between Holocene and Pre-Holocene tidal flat deposit.

즉 하부로부터 선현세 하성 육성층(T2), 선현세 갯벌 퇴적층(M2), 습지성 육성층(T1), 그리고 현세 갯벌 층(M1)의 4개의 층을 설정하고 이들 각각을 산소동위원소 스테이지 6(13만년 이전), 5e(13~12만년 전), 4~2(10만년~8,500년 전), 1(8,500년 이후)로 편년했다.

문제의 M2층이 산화대에서부터 그 아래쪽에 나타나는 갯벌 퇴적층으로 기존의 연구 결과들을 종합해 보면, 이 층은 최고 15m의 두께이고, 가장 높게는 평균 해면 위 1m 부근까지 나타나며, 평균 입경이 6~9phi이고, 분급이 나쁜 퇴적물이며, 생물 교란구조를 보인다고 했다. 이 층은 다시 산화된 상부층(M2a)과 하부층(M2b)층으로 세분되는데, 산화된 상부층은 3~4m 두께이고, 높은 전단응력을 갖는 반고결층이며, 명황갈색(10YR 6/6) 등 황갈색의 산화 퇴적물이고, 낮은 함수량, 결빙구조 등을 보이고 있어 최종 간빙기에 퇴적된 갯벌층이 최종 빙기 저해수준 시 대기 중에 노출산화된 결과로 해석했다(임동일, 2001).

영종북 갯벌의 퇴적층 층서에서도 앞에서 언급한 연구 결과대로 산화대면을 부정합면으로 인정하고 그 아래쪽 퇴적물을 선현세 갯벌층으로 분류하면, 기저 사력층(BG)는 임동일(2001)의 T2층에 해당되며, 하부 점토층(LC), 중부 실트층(MS), 그리고 중부 점토층(MC)의 아래쪽 부분이 선현세 갯벌층(M2)층으로 분류되며, 이 층의 평균 두께는 15m 전후이다.

산화대 위쪽의 상부 실트층과 중부 점토층의 위쪽 일부분을 포함하는 약 6~7m 두께의 표면 퇴적물이 임동일(2001)의 M1층으로 분류되는 현세 갯벌퇴적층으로 분류된다. M2층과 M1층 사이에 설정되어 있는 T1층은 본 지역에서는 이에 해당하는 퇴적층이 발견되지 않았다.

그러나 이와 같은 분류에는 몇 가지 의문점이 존재한다.

첫째로 현세 갯벌층과 선현세 갯벌층간의 부정합면이 시간적으로 10만 여년이나 되고 침식 기준면 변화가 100여 미터나 뒀에도 불구하고,

이 부정합면 위아래의 퇴적물의 입도 조성이 거의 변화가 없다는 것이다. 쉽게 생각하면, 10만 여년 전에도 해저에서 조류에 의해 퇴적되었고, 현세에도 같은 영역에 의해서 퇴적되었기 때문에 퇴적물 입자 조성에 있어 변화가 없을 수도 있다고 할 수 있다. 그러나 Fig. 1에서 보여주는 것과 같이 대하천의 한 분류곡을 가로질러 퇴적된 넓은 범위에 걸쳐서 한결같이 입경의 변화가 없는 것은 예상하기 어렵다. 대기 중에 노출된 10만년, 혹은 수 만년¹⁾의 시간 동안에는 선현세 갯벌면이 부분적으로 침식되고 부분적으로는 재퇴적되는 등의 변화가 생겨서 부정합면 아래쪽의 퇴적상이 공간적으로 매우 복잡한 양상을 보일 것으로 예상된다.

부정합면 윗면의 퇴적상은 동시에 해면 하에 들어 해성층이 퇴적되기 때문에 전 지역이 유사할 수도 있다. 다시 말해서 선현세 갯벌층이 10만여년 혹은 수 만년 대기 중에 노출된 후에 다시 현세에 해면 하에 들게 되어 현세 갯벌층이 퇴적되었을 경우, Fig. 2에서 볼 수 있는 것과 같이, 이 부정합면 위아래 퇴적상의 변화는 부정합면 아래쪽에 퇴적상은 매우 복잡하고 다양할 것이지만, 부정합면 위쪽의 퇴적상은 전 지역이 일정하게 나타날 것이 예상된다. 그러나 Fig. 1에서는 부정합면 아래쪽 퇴적상이 거의 변화없이 일정하고 육성층의 협재도 나타나지 않는다.

둘째로, 부정합면의 기복이 너무 적다. A-B 단면의 B-5~B-19 시추공까지와 B-C 단면의 B-24~B-73 시추공까지 각각 1km에 가까운 거리에 기복량의 변화가 1~2m이고, 심한 곳이 3m 정도 나타나고 있다. 침식 기준면이 100m 전후로 낮아진 빙기 동안에 융기대지 모양의 선현세 갯벌층의 지형이 수 만년 동안 지표 유출에 의한 침식을 받으면서 이와 같이 평탄함을 유지하였다는 것은 상상하기 어렵다.

셋째로, 최종 빙기 저해수준에 대응해서 이곳으로 흘렀을 것으로 예상되는 한강의 한 분류가 퇴적한 하성역층이 산화대 위쪽 어디에도 찾을 수 없다는 것이다.

1) 최경식(1994)은 선현세 갯벌층 M2층이 약 3만년 전후의 최종빙기 아간빙기에 대응한 고해수준에 의해 형성될 수도 있다고 하고 있다. 이렇게 보면 부정합 시기가 수 만년으로 짧아질 수도 있다.

다음으로 이 단면의 갯벌 퇴적층 모두를 현세층으로 간주하고 퇴적 단면 구조를 다음과 같이 고찰해 볼 수 있다. 기저역층은 해면이 이 부근에 도달할 때까지 형성되었던 하상 퇴적물로 볼 수 있다. 이 기저역층을 바로 덮고있는 하부 점토층은 기저역층과의 퇴적물 입도 조성이 크게 변하여 환경이 크게 바뀌어졌음을 암시한다. 이 퇴적층이 나타나기 시작하는 -20m 부근에 해면이 도달한 것은 많은 해면 변동 곡선을 종합해 보았을 때, 9,000년 B.P. 전후였음을 알 수 있다. 따라서 9,000년 B.P.경에 -20m 부근에 도달한 해면이 그 후 fluctuation을 반복하면서 6,000년 B.P.경까지 현재 높이에 도달하였고, 그 후 작은 fluctuation을 반복하면서 현재에 이르는 동안 갯벌 퇴적물이 계속 퇴적하여 약 20~30m 두께의 갯벌 퇴적층을 형성하였으며, 갯벌층의 층서 변화는 해면의 fluctuation을 반영하는 것으로 해석할 수 있다. 우리나라 서해안의 갯벌 퇴적 속도를 평균하여 연간 3~5mm로 보고하고 있는데(고철환, 2002), 이 정도의 퇴적 속도이면 이 기간(약 10,000년)동안 이 두께(약30m)의 갯벌 퇴적이 이루어질 수 있기에 알맞다. 다만 산화대 형성 환경을 설정하는 것이 문제이다. 후빙기 해면 상승이 fluctuation을 하면서 상승하였다고 주장하는 해면 변동 곡선을 보면, 약 4,000~4,500년 B.P. 경에 해면이 그전보다 4~5m 하강한 것으로 많이 보고되고 있다(Tooley, 1978). 이 저해수준과 산화대를 관련지워 설명해 볼 수도 있다. 그러나 산화대의 이와 같은 가정은 기존의 연구에서 보고되고 있는 ^{14}C 연대 자료*와 결빙 구조 보고 등과 는 조화를 이루지 못한다.

본 연구는 시추 주상 단면도와 그 설명서에 기초해서 이루어졌으며, 산화대 위아래 퇴적물에 대한 실험실 분석을 하지 못했기 때문에 그 어느 것도 강력히 주장할 근거가 없다. 다만 넓은 범위의 퇴적 단면 구조를 면밀히 검토해 볼 때, 기존의 산화대 해석에 많은 문제가 있다는 「문제 제기」에 본 연구의 의의를 찾고자 한다.

5. 결 론

- 1) 영종북 갯벌의 수직 구조는 기반암과 잔류토 위에 최대 30m 두께의 퇴적층이 형성되어 있는데 이는 기저 사력층(BG), 하부 점토층(LC), 중부 실트층(MS), 중부 점토층(MC), 상부 실트층(US)의 5층준으로 세분할 수 있다.
- 2) 황갈색의 반고화된 산화대는 -3 ~ -5m 깊이에서 주로 나타나는데, 상부 실트층과 중부 점토층의 경계 및 중부 점토층 내에 나타나며, 넓은 범위에 걸쳐 기복이 수m에 불과할 정도의 평단면을 보인다.
- 3) 영종북 갯벌 수직 퇴적 구조에서 산화대 아래쪽 갯벌층은 기존 연구의 결과에 따르면 최종빙기에 형성된 선현세 갯벌층으로 분류해야 한다. 그러나 이 부정합면 위아래의 퇴적물의 입도 조성이 너무 협화적으로 퇴적되어 있고 부정합면의 기복도 너무 단순하며, 최종빙기 하성역층도 발견할 수 없어 이와 같은 해석에 어려움이 많았다.

참 고 문 헌

- 고철환, 2002, 우리나라 갯벌의 규모와 간척, 한국의 갯벌-환경, 생물 그리고 인간, 서울대학교 출판부, 317-186.
- 교통부, 1993, 수도권 신공항 고속도로 연육교 건설공사 토질조사 보고서.
- 과학기술부, 1999, 1/250,000 서울-남천점 지질도폭 설명서, 48-49.
- 신공항하이웨이(주), 2000a, 인천국제공항고속도로 민자유치시설사업 토질 및 지질조사 보고서 연육교 제3공구(준공).
- 신공항하이웨이(주), 2000b, 인천국제공항고속도로 민자유치시설사업 토질 및 지질조사 보고서 제 11차 변경(연육교 제2공구).
- 한국해양연구소, 1989, 한국 서해안 조간대의 종합 조사연구(I). 97-148.

2) 이 층의 ^{14}C 연대 측정 결과가 새만금 지구에서는 37,030년 B.P., 23,790년 B.P.(최경식, 1994), 곰소만에서 13,840년 B.P., 12,520년 B.P.(장진호, 1995), 함평만에서 25,000년 B.P.(이영길 외, 1997), 함평만에서 47,000년 B.P.(김여상 외, 1998)등으로 나왔다.

- 한국해양연구소, 1990, 한국 서해안 조간대의 종합 조사연구(Ⅱ). 96-126.
- 한국해양연구소, 1991, 한국 서해안 조간대의 종합 조사연구(Ⅲ). 98-153.
- 한국해양연구소, 1993, 제4기 해수면 변화의 모델 개발 및 퇴적 환경 변화에 대한 종합 연구(Ⅱ). 54-87.
- 김여상, 1988, "한국 서해 천수만 사장포 해안의 조간대층의 퇴적 환경과 진화", 서울대학교 박사학위논문. 125-147.
- 박용안, 임동일, 최진용, 이영길, 1997, "한국 서남해 함평만 조간대 퇴적층의 제4기 층서 연구", 한국해양학회지, 바다, 2(2), 138-150.
- 박용안, 최경식, 도성재, 오재호, 1999, "경기만 김포 조간대 지층의 제4기 후기 층서", 한국제4기학회지, 13(1), 79-89.
- 박용안, 임동일, 김수정, 2000, "한국 서해 경기만 반월조간대(상부조간대) 퇴적층의 제4기 후기 층서와 부정합", 한국제4기학회지, 14(2), 125-135.
- 반용부, 1975, "경기만의 간척지 발달과 그 개발-인천 및 영종도 해안을 중심으로-", 고려대학교 석사학위논문. 27-46.
- 신동혁, 1998, "한국 서해안 가로림만 조간대 퇴적 환경과 홀로세 해수면 변동", 인하대학교 박사학위논문. 126-136.
- 신동혁 · 윤호일 · 한상준 · 오재경, 1993, "서해안 조간대 퇴적물의 점토광물 분포와 기원", 해양연구, 15(2), 123-136.
- 이영길 · 박용안 · 최진용, 1994, "한국 서해 남양만 북서부 조간대 퇴적층의 퇴적상과 미고생물학적 연구", 고생물학회지, 10(1), 26-41.
- 이영길 · 박용안 · 최진용, 1997, "한국 서해 함평만 조간대 퇴적체의 층서, 퇴적상 및 구조에 관한 연구", 한국지구과학회지, 18(2). 90-98.
- 임동일, 2001, "한국 서해안 조간대 퇴적층의 퇴적학적 특성과 제4기 후기 층서 - 경기만, 남양해 남만-", 서울대학교 박사학위논문. 76-118.
- 장진호, 1995, "한국 서해안 곶소만 조간대의 퇴적 작용", 서울대학교 박사학위논문.
- 장진호 · 박용안 · 한상준, 1996, "한국 서해안 곶소만 조간대의 제4기 층서와 해수면 변화", 한국해양학회, 바다, 1(2), 59-72.
- 조주환 · 김영성 · 임동일, 2001, "한국 서해 경기만 조간대 퇴적층의 퇴적물 특성과 층서". 조선대학교 교과교육연구, 4(1), 345-359.
- 최강원, 1987, "한국서해안(경기만, 아산만)조간대 퇴적층의 층서, 퇴적학적 연구". 서울대학교 석사학위논문. 37-61.
- 최경식, 1994, "한국 서해 만경강 동진강 연근해역 해저 퇴적층의 퇴적학적 연구", 서울대학교 석사학위논문. 110-147.
- Frey R.W., J. D. Howard, Han, S.J., and Park, B.K., 1987, "Sediments and sedimentary sequences on a modern macrotidal flat, Inchon, Korea", Journal of Sedimentary Petrology, 59, 28-44.
- Park, Y.A., Lim, D.I., Kim, B.K., Choi, J.Y., and Doh, S. J., 1998, "Stratigraphy and subaerial exposure of late Quaternary tidal deposits in Haenam Bay, Korea (south-eastern Yellow sea)", Estuarine Coastal Shelf Science 47, 523-533.
- Park, Y.A., Lim, D.I., Choi, J.Y., and Lee, Y.G., 1997, "Late Quaternary stratigraphy of the tidal deposits in Hampyung Bay, southwest coast of Korea", Journal of Korean Society of Oceanography (The Sea) 2, 138-150.
- Tooley, N.J., 1978, Sea-level changes-In North-West England during the Flandrian Stage-, Oxford Research Studies in Geography. 78.

투 고 일: 2006. 4. 4.

심 사 일: 2006. 4. 8.

심사완료일: 2006. 5. 18.

이윤화

770-882, 경북 영천시 북안면 임포리 311 영안중학교 (Youngan Middle School, 331 Impo-ri, Bukak, Yeongcheon, Gyeongbuk, 770-882, Korea)