

곰소만 갯벌 지형 관측 자료

황득재^{1,2} · 김계림^{1,2} · 이윤경³ · 이준호⁴ · 우한준⁴ · 유주형^{1,2*}

¹한국해양과학기술원 해양위성센터, 부산 49111, 대한민국

²과학기술연합대학원대학교 해양학과, 대전 34113, 대한민국

³세종대학교 지구자원시스템공학과, 서울 05006, 대한민국

⁴한국해양과학기술원 관할해역지질연구단, 부산 49111, 대한민국

Topographic dataset of Gomso bay tidal flat

Deuk Jae Hwang^{1,2}, Kye Lim Kim^{1,2}, Yoon Kyung Lee³, Jun-Ho Lee⁴, Han Jun Woo⁴, Joo Hyung Ryu^{1,2*}

¹*Korea Ocean Satellite Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan 49111, Republic of Korea*

²*Oceanography, University of Science and Technology, Daejeon 34113, Republic of Korea*

³*Department of Environment, Energy & Geoinformatics, Sejong University, Seoul 05006, Republic of Korea*

⁴*Korean Seas Geosystem Research Unit, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan 49111, Republic of Korea*

Received: 02 October 2020, Revised: 16 October 2020, Accepted: 21 October 2020

요약문 새만금 방조제, 서남해 풍력단지 개발, 연안 간척 등의 인간활동이 지속되고 있는 곰소만의 지속적인 변화를 관측하기 위하여, 1991년 10월부터 2016년 10월까지 곰소만 갯벌을 대상으로 지형관측을 수행하였다. 곰소만은 북위 35.5~35.6도, 동경 124.4~126.7도 범위에 위치하며, 만 바깥쪽, 중앙, 만 안쪽에 위치한 3개의 측선을 대상으로 지형관측이 이루어졌다. 지형관측은 RTK-GPS(Real Time Kinetic Global Positioning System)을 이용한 정밀 지형 표고 측량과 퇴적률판을 활용한 변화를 감지 방법을 사용하였다. 측선 중 만 바깥에 위치한 KM 측선은 약 2 km의 길이를 가지며, RTK-GPS는 최대 22개, 퇴적률판은 최대 10개의 정점에서 지형을 관측하였다. KH 측선에서는 약 5 km에 걸쳐, RTK-GPS는 최대 50개, 퇴적률판은 최대 20개의 정점에서 지형관측을 수행하였다. KB 측선은 약 1 km의 길이로, RTK-GPS 최대 10 정점, 퇴적률판 9 정점에서 각각 지형을 관측하였다. 장기간 관측된 지형변화 자료는 곰소만 갯벌의 지형 변화를 예측하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

주요어: 곰소만, 표고측량, 갯벌, RTK-GPS, 퇴적률판

Abstract Gomso bay tidal flat is influenced by human activity, such as Saemangeum dyke construction, Southwest sea offshore wind power plant construction, and reclamation. To observe continuous change of tidal flat topography, topographic change observation was carried out from Oct. 1991 to Oct. 2016. Gomso bay is located between latitude 35.5°N to 35.6°N and longitude 124.4°E to 126.7°E and elevation is measured at three transect located at tidal flat of outer bay, middle bay, and inner bay, respectively. RTK-GPS (Real time kinetic global positioning system) and sedimentation plate are used to measure elevation change of each transect. Line KM, which is located at outer bay tidal flat nearby Mandol-ri, has approximately 2 km distance from shoreline to lower intertidal zone and elevation is measured at 22 stations with RTK-GPS and sedimentation rate is measured at 10 stations with sedimentation plate. Line KH, which is located at middle bay tidal flat nearby Hajeon-ri, has approximately 5 km distance, and 50 stations and 20 stations are measured by RTK-GPS and sedimentation plate. Line KB, which has 1 km distance, approximately, and 10 stations and 9 stations are measured by RTK-GPS and sedimentation plate. Long term elevation change data is expected to predict long term elevation measurement data.

keywords: Gomso bay, Elevation measurement, Tidal flat, RTK-GPS, Sedimentation plate

*Corresponding author: jhryu@kiost.ac.kr

1. 서론

퇴적물의 급격한 유동은 항만건설과 같은 인간활동이나 해양생태계 구조의 변화, 지구온난화로 인한 해수면 상승 등의 영향을 받아 일어나며, 갯벌 등의 연안 지형에 영향을 미친다. (Mouritsen et al., 1998). 이러한 지형의 변화를 파악하기 위해서, 다양한 방법이 사용되고 있다. Ryu (2003)와 Woo et al. (2016), Woo et al. (2018) 등의 연구에서는 갯벌과 사주의 퇴적물을 관측하기 위하여 퇴적률관을 연구지역에 묻어 퇴적물의 유동에 의한 침퇴적률을 계산하였다. 퇴적률관을 활용한 침퇴적률의 관측은 특정한 정점 혹은 비교적 좁은 연구지역을 대상으로 주로 수행되었다. 이후, 기술의 발달로 연구지역의 표고를 측정하기 위해 GPS(Global Positioning System)가 사용되었으며, 특히 위치 값을 후보정하여 제공하는 RTK-GPS(Real Time Kinetic - GPS)는 수 cm 이내의 오차 내에서 지형표고를 관측할 수 있어 다양한 지역에서 표고측정에 사용되었다. Lee et al. (2013)에서는 이러한 RTK-GPS의 특성을 이용하여, RTK-GPS를 차량에 고정하여 해빈을 이동하며 측량하고, 지형도를 제작하였다. 원격탐사 기법의 발달로 인하여 RTK-GPS의 사용은 확대되어, 연안 지역에서 원격탐사 기반 지형도를 제작하고 검증하는데 주로 사용되었다. Montane and Torres (2006)은 항공 LIDAR 장비를 이용해 제작한 연안 지역의 지형도를 RTK-GPS 측량 결과와 비교하여 검증하였다. Lee and Ryu (2017)에서는 SAR 위성의 일종인 TanDEM-X 위성영상을 활용하여 곰소만과 황도 갯벌의 수치표고모델(Digital elevation model, DEM)을 제작하고, RTK-GPS 측량 결과를 이용하여 검증을 수행하였다. 최근에는 무인항공기를 활용한 연구가 증가하여, 국내외에서 해빈, 갯벌 등의 연안 지역을 대상으로 DEM을 제작하고, 지형 변화를 분석하는 연구가 지속되고 있다. Kim et al. (2015)에서는 갯벌을 대상으로 무인항공기 영상을 촬영하고 RTK-GPS 측량 결과를 반영하여 높은 정확도의 갯벌 DEM을 제작, 검증하였다. 또한 Jeong et al. (2018)에서는 해빈을 대상으로 무인항공기 영상을 활용한 DEM을 제작하였다. Jaud et al. (2016)에서는 프랑스 세느강 하구의 갯벌을 대상으로 무인항공기를 활용한 DEM을 제작하여 수개월간의 지형변화를 연구하였다. 이처럼 지형변화를 연구하는 방법은 다양화, 고도화되었지만, 현장관측을 통한 정확한 표고 값은 필수적이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 전라북도 고창군에 위치한 곰소만 갯벌을 대상으로 다년간 수행된 퇴적률관을 활용한 퇴적률 관측과 RTK-GPS를 활용한 표고 측량 결과를 제시하여, 곰소만 갯벌의 지형변화 연구에 대한 자료를 정리하였다.

2. 연구지역

전라북도 고창군에 위치한 곰소만 갯벌은 반폐쇄형 만 지형을 가지고 있으며, 그로 인해 외해역의 영향이 지배적이다. 만 남쪽에는 소하천인 주진천이 위치하여 담수가 소량 유입된다(Lee, 2010). 만의 남북 길이는 7~9 km 이며, 동서 길이는 20 km에 달한다(NGI, 1981). 갯벌은 남쪽 방향에 집중되어 분포하며 최고 폭이 6 km에 이르며, 갯벌 북쪽 부분에 폭이 최대 900 m, 깊이가 최대 15 m인 주조류로가 분포한다(Lee, 2010). 평균 조차는 4.33 m 이며, 창조 때에는 1.15 m/s, 낙조 때에는 1.50 m/s 의 유속을 보인다(NGI, 1981). 새만금 간척사업 이후, 곰소만 인근 해역의 유속과 유향의 변화로 인하여, 만 내부 갯벌의 퇴적속도가 가속되었고, 만 외부 갯벌의 퇴적량은 감소하는 경향을 보인다(Lee et al., 2015). 최근에는 서남해 풍력단지 개발로 인하여 인간활동의 영향이 지속되고 있다.

연구지역인 KM, KH, KB 축선은 각각 고창군 만들리, 하전리, 상암리 해안의 갯벌 지역에 위치한다 (Fig. 1). KM 지역은 외해의 영향을 많이 받는 지역으로 조석사주의 일종인 세니어가 분포하는 지역이다. KH 지역은 담수유입원인 주진천의 서쪽에 위치하며, 바지락 양식장으로 들어가는 갯벌 차량의 통행로가 위치한 지역이다. KB 지역은 주변에 새우양식장이 고밀도로 분포하며, 퇴적물의 입도가 KM과 KH 지역에 비해 세립하게 나타난다(Kang et al., 2014).

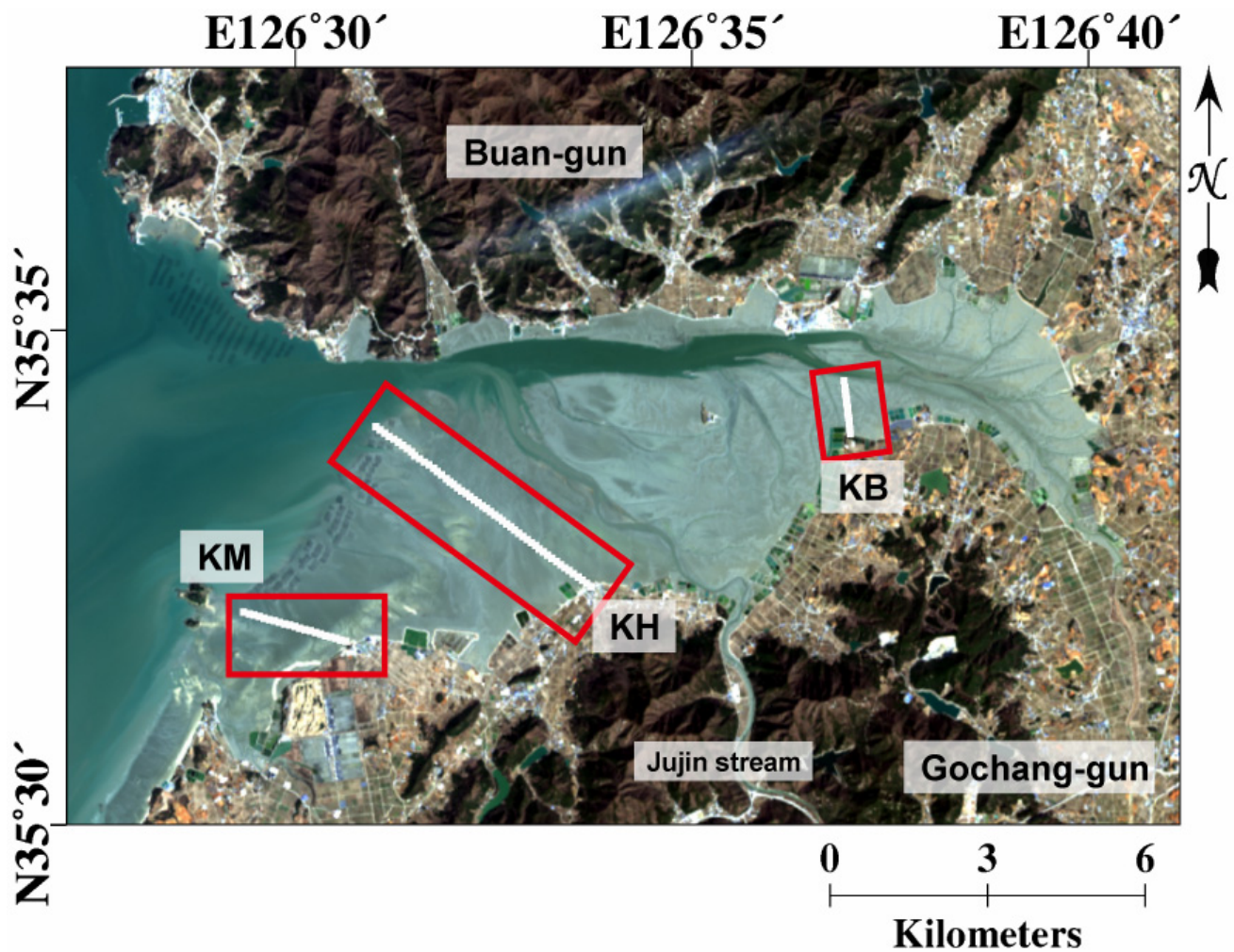


Fig. 1. Study area and data location

3. 연구방법

표고의 관측은 퇴적물관과 RTK-GPS를 활용하여 수행하였다. 퇴적물관은 일정한 깊이에 높이를 알 수 있는 기둥이나 철허 판을 묻어 시간의 흐름에 따라 퇴적물이 얼마나 퇴적되었는지, 혹은 침식되었는지를 측정할 수 있는 방법으로 표고를 획득할 수는 없지만 시간의 흐름에 따른 지형의 변화를 알 수 있다. 퇴적물관을 활용한 표고의 변화 관측은 2011년 2월부터 2012년 2월 사이에 이루어졌으며, 2011년 2월, 5월, 8월, 11월과 2012년 2월, 5월에 퇴적물 깊이의 변화를 관측하였다. RTK-GPS를 활용한 표고의 측량은 Leica사에서 제작된 GS 15 Viva 시스템을 활용하여 측정하였다. RTK-GPS 기준국은 국토지리정보원에서 제공하는 수준점을 직접 이용하거나, 해당 지점에서 연구지역이 멀리 떨어져 있는 경우에는 이동국으로 임의의 정점을 측정 후 기준국을 옮겨 새로운 기준국을 설정하는 방식으로 설치하였다. 측정 시 오차를 최소화 하기 위하여, 이동국의 평형을 최대한 유지하였으며, 약 10초 이상의 측정시간을 두어, 3차원 오차를 나타내는 3DCQ가 0.02 m 미만이 되도록 하였다. 각 자료의 측정 시기 및 정점 수는 Table 1에 정리하였다. RTK-GPS를 활용한 관측 정점의 수가 시간에 따라 감소하여 2016년에는 2000년대 관측에 비해 반 정도까지 감소하였다. 이는 한정된 시간 내에 여러 연구를 동시에 진행하기 위하여, 곰소만 갯벌의 완만한 지형특성을 고려, 관측 정점을 조정하였기 때문이다.

Table 1. Information of elevation observation at KM, KH, and KB lines

KM line			KH line			KB line		
Date	The number of Station		Date	The number of Station		Date	The number of Station	
	RTK-GPS	Sedimentation plate		RTK-GPS	Sedimentation plate		RTK-GPS	Sedimentation plate
			1991.10	50				
			1999.02	49				
			1999.06	50				
			1999.09	50				
2000.03	22		2000.03	50				
2000.07	22		2000.07	50				
			2000.09	50				
2011.02	21	10	2011.02	44	20	2011.02	10	9
2011.05		10	2011.05		20	2011.05		9
2011.08		8	2011.08		18	2011.08		9
2011.11		9	2011.11		19	2011.11		8
2012.02	21	10	2012.02	43	12	2012.02	18	9
2012.05		10	2012.05		12	2012.05		9
2016.10	12		2016.10	16		2016.10	6	

4. 결과

각 시기별 측선에서의 표고의 변화는 Fig. 2와 같다. 먼저 만 바깥쪽의 KM 측선에서는 2000년 3월에 비해 2000년 7월과 9월에 표고가 높게 나타나며, 이는 겨울에서 여름으로 계절이 변화함에 따라 퇴적물이 조간대에 퇴적되었기 때문인 것으로 판단된다. 곰소만 갯벌의 경우 여름철에는 퇴적물이 퇴적되고 겨울철에는 침식된다는 연구가 수행된 바 있다(Lee et al., 2014). 2012년 2월과 2000년 3월의 표고는 큰 차이가 없고 조간대 하부에서 수 cm의 표고가 감소한 것으로 나타난다. 여름철 표고 증가는 주로 조간대 하부에 집중되며, 증가 폭은 약 0.7 m까지 나타난다. 2012년 2월에는 조간대 상~하부 전체에서 표고가 감소하였다. KH 측선에서는 조간대 하부에서 세니어의 변화가 관측된다. 1991년 10월 세니어는 직전의 지점보다 약 1 m 이상 높은 표고를 보이며, 2000년 3월에는 1.5 m 이상 높은 표고를 보인다. 그 이후 세니어의 표고가 점차 감소하여 2011년 2월부터는 관측되지 않았다. 한편 2016년 10월 자료의 경우 다른 시기에 비해 비정상적으로 표고가 높게 나타났다. 이는 관측 당시 RTK-GPS의 기준점을 통합기준점이 아니라 표고가 비교적 부정확한 삼각점을 기준으로 사용하였기 때문인 것으로 추정되며, 자료의 정확도에 대한 추가적인 검증이 필요할 것으로 판단된다. 2016년 10월 자료의 경우 다른 연도의 자료에 비해 KH에서는 약 0.8 m, KB에서는 약 0.5 m의 표고가 높게 나타났다. 국토지리정보원에서 제공하는 국가 기준점 중의 하나인 삼각점은 위도, 경도, 타원체고 정보를 모두 제공하지만, 타원체고의 정확도가 낮아 정확한 표고 비교에는 적합하지 않다고 안내된다. KB 측선 역시 2016년 10월에 유사한 오차가 나타났다. KB 측선은 다른 두 측선에 비해 거리가 짧고, 정점의 수가 적어 2016년 10월 외에는 표고 변화가 크게 나타나지는 않았다.

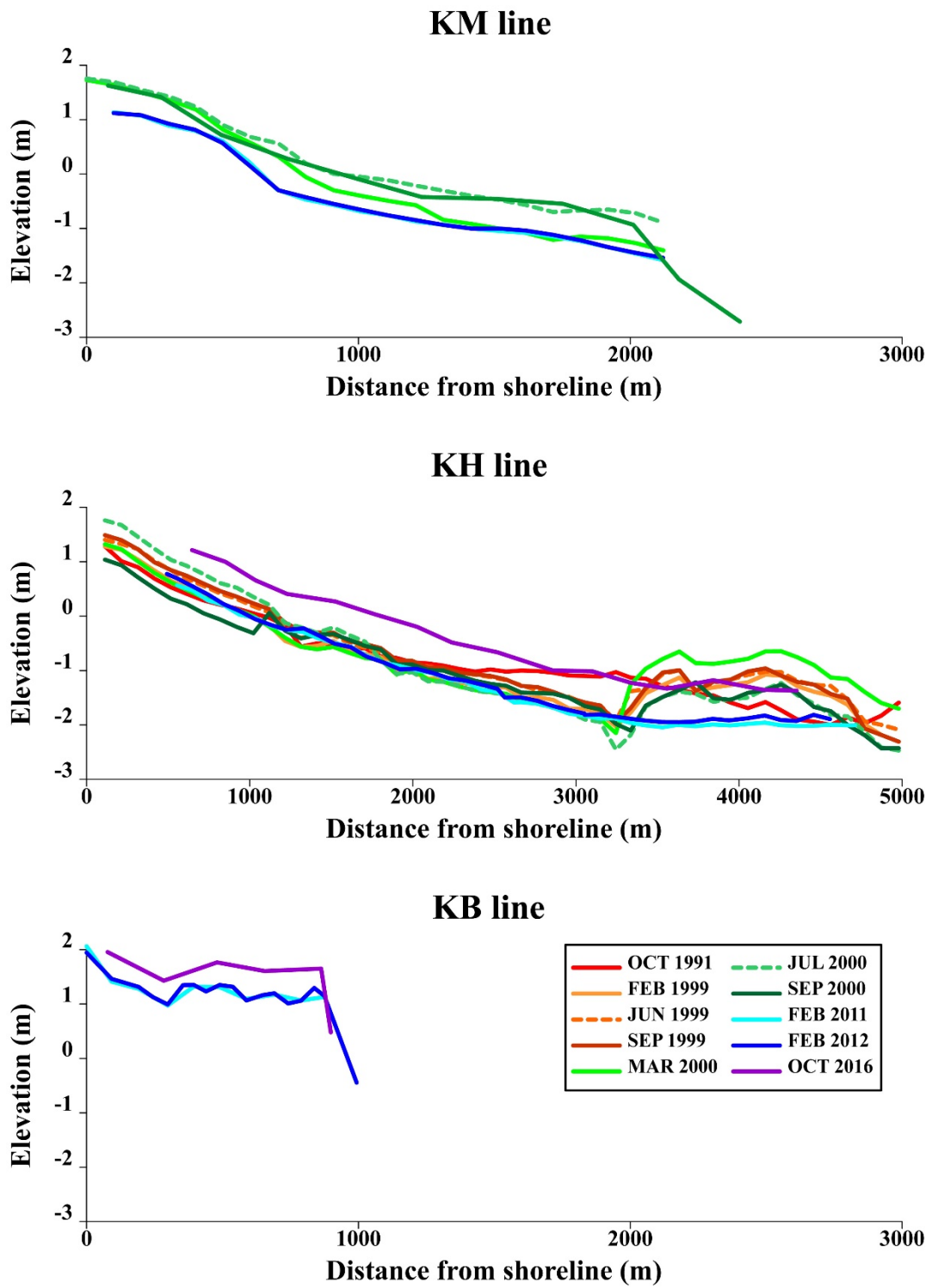


Fig. 2. Elevation from RTK-GPS measurement from Oct, 1991 to Oct, 2016

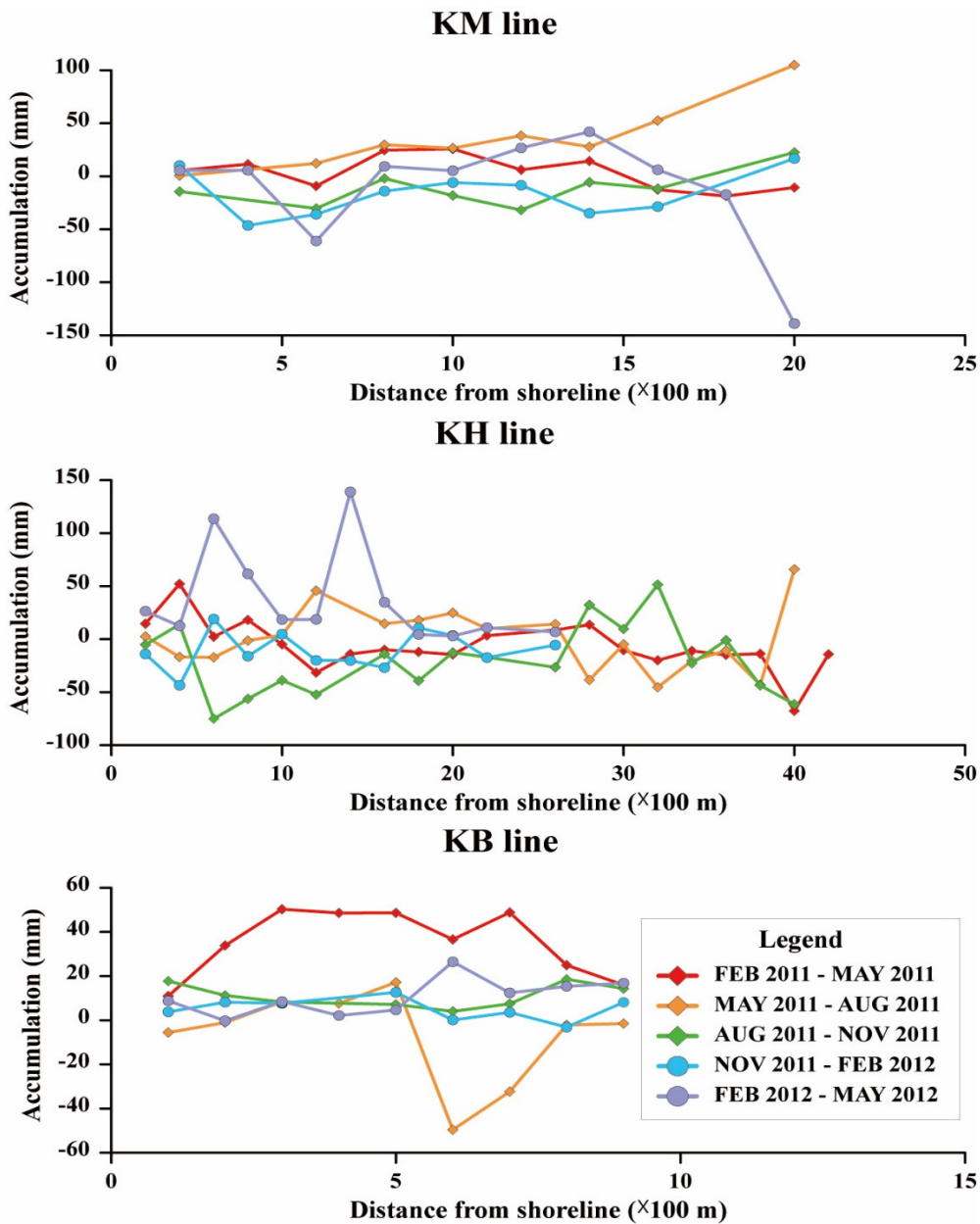


Fig. 3. Accumulation measurement from sedimentation plate from Feb. 2011 to May. 2012

퇴적률관 관측 결과는 Fig. 3에 표현하였다. KM 측선에서는 2011년 3월에서 8월이 되며 가장 큰 퇴적률을 보였고, 2011년 11월에서 2012년 2월 사이에는 가장 높은 침식률을 보였다. 또한 해안선에서 바다 쪽으로 나아갈수록 변화폭이 커져 2012년 2월과 5월 사이에는 약 150 mm가 침식되기도 하고, 2011년 5월과 8월 사이에는 약 100 mm가 퇴적되었다. KB 측선에서는 KM과는 다르게 2011년 2월과 5월 사이에 가장 높은 퇴적률을 보였으며, 2011년 3월과 8월 사이에는 침식되는 경향을 보였다. 퇴적률과 침식률은 각각 약 50 mm 미만으로 다른 측선에 비해 적은 폭의 변화를 보였다. KH 측선은 2012년 2월과 5월 사이의 변화가 가장 크게 나타났으며 최대 140 cm의 퇴적률을 보였다. 2011년 8월과 11월 사이에는 해안선으로부터 2000 m 거리까지는 침식되는 경향을, 2000 m 이후에는 퇴적되는 경향을 보이며, 다시 3200 m 이후에는 침식되는 경향을 보였다. KM과 KH 측선에서는 해안선에 가까운 지역일수록, 봄에서 여름철로 시간이 흐를수록 퇴적되는 경향을 보였고, 겨울철에는 침식되는 경향을 보였다. KB 측선에서는 전체적으로 침식보다는 퇴적되는 경향이 나타났지만, 2011년 5월과 8월 사이에는

해안선으로부터 500 m 이상 떨어진 측선부터는 침식되는 현상을 보였다.

종합적으로 곰소만 갯벌의 지형은 KM, KH, KB 측선에 한하여, 1991년부터 2012년까지의 기간 동안 장기적으로는 침식되는 경향을 나타내었고, 2011년 3월부터 2012년 2월에 이르는 단기간에는 여름철에는 퇴적되는 경향을, 겨울철에는 침식되는 경향을 보이지만 이는 조간대 상/중/하부에 따라 다르게 나타난다.

4. 결론 및 토의

곰소만 갯벌의 지형의 변화를 분석하기 위하여, 다년간에 걸쳐 퇴적률관과 RTK-GPS 측량을 수행하였다. 수행기간은 1991년 10월부터 2016년 10월까지이며, 걸쳐 RTK-GPS 장비를 활용하여 측량을 수행하였다. 2016년 10월 관측 자료의 경우 수준 점이나 통합기준점이 아닌 삼각점을 사용한 결과이며, 이로 인하여 정확도에 대한 신뢰도가 떨어진다. 따라서 이 부분에 대해선 다른 지형자료와의 비교가 필요할 것으로 보여진다. RTK-GPS를 활용한 측량은 KM, KH, KB 측선에서 각각 2.5, 5.0, 1.0 여 km의 거리에 걸쳐 최대 50개의 정점에 대해 수행하였다. 퇴적률관은 KM, KH 측선에서는 200 m 간격으로, KB 측선에서는 100 m 간격으로 퇴적률을 관측하였다. RTK-GPS 관측 결과는 KM, KH 측선에서는 시간의 흐름에 따라 곰소만 갯벌의 지형표고가 감소하였음을 나타내었다.

위의 관측 자료들은 다양한 곰소만 갯벌에 관한 연구에서 사용되었다 (Kang et al., 2014; Lee et al., 2015; Ryu et al., 2002; Ryu et al., 2008). 추후 서남해 풍력단지 건설이 지속적으로 수행될 경우, 이와 같은 지형변화가 장기화될 가능성이 있으며, 곰소만 갯벌의 지형이 미래에 어떻게 변화할 것인지를 예측하는데 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

5. 사사

이 논문은 해양수산부 연구개발사업인 “소규모 갯벌 수로를 이용한 패류 치패자원 확보기술 연구” 와 “국가해양영토 광역 감시망 구축 기반연구” 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

6. 참고문헌

- Boumans RMJ, Day JW (1993) High precision measurements of sediment elevation in shallow coastal areas using a sedimentation-erosion table, *Estuaries* 16(2):375-380.
- Jeong EY, Park JY, Hwang CS (2018) Assessment of UAV photogrammetric mapping accuracy in the beach environment, *Journal of Coastal Research* 85(10085):176-180.
- Kang JW, Woo HJ, Lee YK, Son YB (2014) Seasonal sedimentary processes of the macrotidal flat in Gomso Bay, Korea, *Journal of Coastal Research* 70(70):157-162.
- Kim BJ, Lee YK, Choi JK (2015) Investigating applicability of unmanned aerial vehicle to the tidal flat zone, *Korean Journal of Remote Sensing* 31(5):461-471.
- Lee HJ (2010) Preliminary results on suspended sediment transport by tidal currents in Gomso Bay, Korea, *Ocean Science Journal* 45(3):187-195.
- Lee HJ (2014) A review of sediment dynamical processes in the west coast of Korea, eastern yellow sea, *Ocean Science Journal* 49(2):85-95.
- Lee JM, Park JY, Choi JY (2013) Evaluation of sub-aerial topographic surveying techniques using total station and

RTK-GPS for applications in macrotidal sand beach environment, Journal of Coastal Research 65(10065):535-540.

Lee SK, Ryu JH (2017). High-accuracy tidal flat digital elevation model construction using TanDEM-X science phase data. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing 10(6):2713-2724.

Lee YK, Ryu JH, Choi JK, Lee S, Woo HJ (2015). Satellite-based observations of unexpected coastal changes due to the Saemangeum dyke construction, Korea. Marine Pollution Bulletin 97(1-2):150-159.

Montané JM, Torres R (2006) Accuracy assessment of lidar saltmarsh topographic data using RTK GPS. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 72(8):961-967.

Mouritsen KN, Mouritsen LT, Jensen KT (1998) Change of topography and sediment characteristics on an intertidal mud-flat following mass-mortality of the amphipod corophium volutator. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 78(4):1167-1180.

Ryu SO (2003) Seasonal variation of sedimentary processes in a semi-enclosed bay: Hampyong Bay, Korea. Estuarine, Coastal and Shelf Science 56(3-4):481-492.

7. 데이터셋에 대한 메타데이터

Sort	Field	Subcategory#1	Subcategory#2			
Essential	Title	Gomso tidal flat elevation data				
	*DOI name	10.22761/DATA2020.2.2.028				
	*Category	Elevation	006(Domain code)			
	Abstract	In situ measurement elevation using RTK-GPS, sedimentation plate, and pole				
	*Temporal Coverage	1991		OCT		
		1999		FEB, JUN, SEP		
		2000		MAR, JUL, SEP		
		2011		FEB, MAY, AUG, NOV		
		2012		FEB, MAY		
		2016		OCT		
	*Spatial Coverage	KM line		Upper left	E126.48°	N35.55°
				Lower right	E126.52°	N35.54°
		KH line		Upper left	E126.51°	N35.57°
				Lower right	E126.56°	N35.54°
		KB line		Upper left	E126.61°	N35.58°
			Lower right	E126.62	N35.56°	
*Personnel	Name	Deuk Jae Hwang				
	Affiliation	KIOST (Korea Institute of Ocean Science and Technology)				
	E-mail	ghkdemrwo@kiost.ac.kr				
*License	CC BY-NC-SA					
*Project						
Optional	*Instrument	RTK-GPS (Real time kinetic - global positioning system)	Manufacturer: Leica Model name: GS 15/16 Instrument error: under 0,2 cm at Z scale			