



해수면 상승에 따른 순천만 습지 변화 예측

문보라 · 김동명 · 이석모[†]
(부경대학교)

A Prediction on the Wetlands Change of Suncheon Bay by the Sea Level Rise

Bora MOON · Dong-Myung KIM · Suk-Mo LEE[†]
(Pukyong National University)

Abstract

Sea level rise caused by climate change has become a global issue. Sea level rise seems to be an important factor of the research for coastal areas as it affects topography and vegetation of coasts and especially for the plan of coastal wetlands restoration which needs to be carried out for a long term, it has to be considered sufficiently. The coastal wetlands in Korea was damaged by the land reclamation project but recent concerns on the restoration have increased as its value is evaluated highly. Suncheon Bay had also reclaimed from wetlands to rice field once however this site is very active for restoration nowadays. This study estimated an effect according to sea level rise by 2100, reappearing the none dike condition of Suncheon Bay so that it can be taken account of a future plan of wetland restoration. The Sea Level Affecting Marshes Model(SLAMM) was selected as predicting model. The input data such as DEM(Digital Elevation Model), slope, wetlands category, sea level rise senario, tidal range and accretion rate was applied for the simulation. The results showed a decrease in tidal flat, an increase in sea area and a change of the rice field to transitional salt marsh consistently by 2100. These results of this study could be used as baseline data in the future plan of ecological restoration in Suncheon Bay.

Key words : Climate change, Sea level rise, SLAMM, Wetlands

I. 서론

기후변화에 따른 해수면 상승이 전 세계적인 문제로 관심을 받고 있다. 해수면이 상승하게 되면 연안지역의 지형과 생태 환경 등이 영향을 받게 되기에 특히 연안지역의 장기복원계획에 있어서 그 영향이 충분히 고려되어야 한다(Kim & Lee, 2010).

연안습지는 내륙과 해양 생태계 사이에서 수질 정화와 생물 다양성 유지 등의 기능을 하는 중요한 전이지대이다. 국내의 연안습지는 과거 간척

사업으로 인해 많은 면적이 훼손되었지만, 최근 그 가치가 높게 평가됨에 따라 복원에 대한 시도가 나타나고 있으며, 그 중 순천만 역시 과거 농경지로의 간척이 있었으나, 현재는 복원을 위한 움직임이 시작되는 지역이다(Suncheon City Hall, 2016). 하지만 순천만에 대한 기존의 연구에서는 지형적 특성(Park, 2000)이나, 관리방안 연구(Kim et al., 2011) 또는 생태복원에 따른 경제적 가치 평가(Hwang et al., 2011)와 같은 연구들에 국한되어 있어, 복원사업을 말하기 위해 향후의 해수면 상승과 그 영향을 고려한 연구는 미미하였다. 그

[†] Corresponding author : 051-629-6541, leesm@pknu.ac.kr

중 해수면 상승을 고려한 사례가 있었으나 순천만과 함평만 그리고 한강과 낙동강 하구에 침식 퇴적 변화율을 동일하게 적용함으로써 반폐쇄적 내만 형태인 순천만의 퇴적 특성이 잘 반영되지 못하였으며, 단순히 현재 상태를 재현한 예측을 함으로써 복원가능성을 말하기에는 부족함이 있었다.

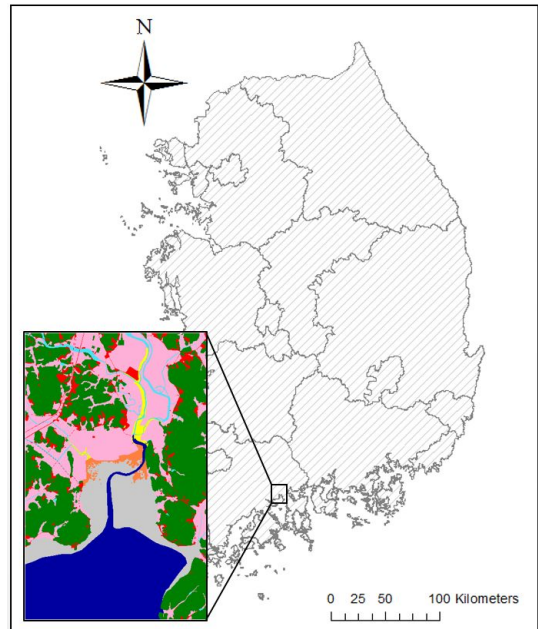
Sea Level Affecting Marshes Model (SLAMM)은 해수면 상승에 따른 연안 지역의 생태환경 변화를 예측해주는 모델로 적용에 관한 국외사례로는 Craft et al. (2008)의 미국 조지아 해안 습지 연구, Glick et al. (2007)의 워싱턴 주 북서쪽 퓨젯만의 습지 연구, Heng et al. (2014)의 중국 양쯔강 하구 연안습지의 변화 연구 등이 있다. Craft et al. (2008)의 연구에서는 SLAMM 모델을 적용하여 2100년 조지아 해안의 염생습지 면적의 감소를 예측하였으며, Glick et al. (2007)의 연구에서는 SLAMM 모델을 적용하여 2100년 퓨젯만에 발달한 염생습지와 갯벌의 감소로 야생동물 서식지의 생태적 교란을 예측하였다. Heng et al. (2014)은 퇴적률의 감소와 해수면 상승의 영향을 함께 고려하여 중국 양쯔강 하구 연안습지의 면적변화를 보기 위해 SLAMM 모델을 적용하였으며, 그 결과 2100년 조하대의 습지뿐만 아니라 조간대 상부 지역까지 폭넓게 영향을 받으며 연안 습지의 감소가 예측되었다. 국내 연구사례로는 한강과 낙동강 하구, 함평만 그리고 순천만 네 곳을 대상으로 SLAMM 모델을 적용하였으며, 그 결과 전 지역에서 갯벌의 감소와 염생습지의 증가가 예측된 바 있다(Kim & Lee, 2010).

본 연구는 향후 순천만 복원 계획에 있어 해수면 상승의 영향을 반영하고자 진행되었으며, 순천만의 특성을 반영할 수 있는 퇴적률의 적용과 함께 연안지역의 지형과 식생변화의 예측이 가능하게 개발된 SLAMM 모델을 사용하여, 제방을 철거하였을 경우를 가정한 순천만의 해수면 상승에 대한 영향을 예측하였다.

II. 조사방법 및 내용

1. 연구 대상지역

본 연구는 육지와 해양이 만나는 염하구 해안 습지인 순천만과 그 일대 유역을 대상으로 선정하였다. 순천만은 고흥반도와 여수반도 사이에 있는 여자만의 최북단에 위치한 작은 만을 가리킨다. 순천만을 기준으로 북쪽으로는 간척하여 일군 경작지가 제방으로 경계 지어져 있고 동과 서는 가파른 산지 지형으로 삼면이 막힌 반폐쇄적인 만입형태이다([Fig. 1]).



[Fig. 1] A map of study area. The coastal wetlands of Suncheon Bay

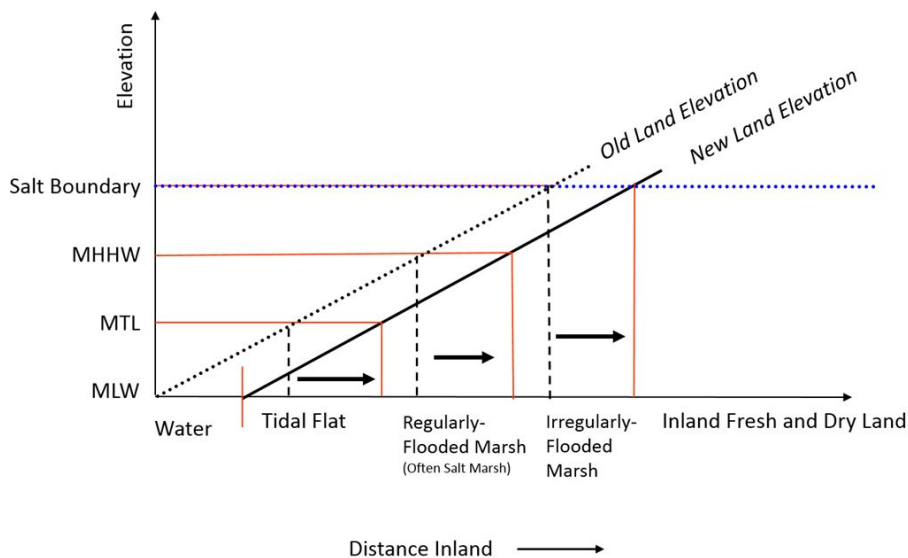
순천만 염하구 지역은 동천과, 이사천이 교량 동에서 합류하여 하구로 유입되며 1991년 축조된 주암조절지댐에 의한 유량 조절을 받는다. 대상지의 식생은 대부분 갈대(Phragmites australis) 순군락이며 모새달, 칠면초, 천일사초등이 서식한다(Lee et al., 2008). 순천만은 수려한 갈대경관과

더불어 흑두루미 월동지역으로 많은 주목을 받았으며, 2006년 한국 연안습지 최초로 람사르에 등록된 습지이다. 이러한 순천만 역시 과거 갯벌의 가치가 낮게 평가되던 시절 4단계에 걸쳐 농경지로 점진적인 간척사업이 진행되었으나 현재 장산과 해룡 노월 일대 지역(약 78a)의 부지에 역간척 및 복원사업을 계획하고 있으며 앞으로도 습지복원과 보전에 대한 사업이 활발할 것으로 예상되는 지역이다 (Suncheon City Hall, 2016).

2. SLAMM 모델

본 연구에서는 해수면 상승에 따른 순천만의 습지 변화를 파악하기 위하여 Park et al. (1986)에 의해 개발된 SLAMM 모델을 사용하였다. SLAMM은 해수면 상승에 따라 발생하는 연안지역 습지의 변화를 예측하는 모델로 대상지를 일정한 간격의 셀로 구분하며 각각의 셀에는 고도, 경사도, 습지피복분류 등의 정보가 들어가게 된다. SLAMM은 이를 바탕으로 대상지의 조차와 침식·퇴적의 변화율 등을 고려해 해수면 상승 시

연안지역 습지의 변화를 예측한다. 이 때, SLAMM은 단순히 침수되는 면적만으로 계산되는 것이 아니라, 해수면 상승의 과정에서 발생하는 범람(Inundation), 침식(Erosion), 침수(Overwash), 포화(Saturation), 퇴적(Accretion), 그리고 염분(Salinity)의 6가지 작용을 모델에 적용하며, 해수면 상승 시 발생하는 침수와 범람에 의해 저지대가 받는 영향, 조류와 파랑에 의해 발생하는 침식율과 유·무기물에 의한 퇴적물의 영향, 지하수압의 증가로 인한 토양 포화도 증가로 습지 면적에 발생하는 영향 그리고 염분의 영향 등을 고려하여 습지 변화를 예측할 수 있다 (Clough et al., 2012). 또한 SLAMM 모델에는 기본적으로 IPCC 4차 보고서의 해수면 상승 시나리오가 내장되어 있으며 필요에 따라 Custom을 설정하여 원하는 대로 해수면 상승 시나리오를 조정할 수 있다(Clough, 2012). SLAMM은 Federal Geographic Data Committee(2013)의 분류체계에 따라 System과 Subsystem 그리고 기질과 식생 등으로 습지의 피복분류를 나누며 그 분류 코드는 총 23가지로 나뉜다.



[Fig. 2] Change of wetlands category according to sea level rise
 (<http://warrenpinnacle.com/prof/SLAMM/index.html>)

이렇게 분류된 습지는 [Fig. 2]에서 볼 수 있듯이 해수면이 상승함에 따라 침수에 의해 그 분포가 해역에서 갯벌, 규칙적 침수습지 그리고 불규칙적 침수습지 순으로 점차 내륙으로 이동하는 것을 가정하여 예측된다(Kim & Lee, 2010).

3. 모델 적용

SLAMM 모델의 시뮬레이션을 위해서는 대상지의 DEM(Digital Elevation Model), 경사도, 습지 피복분류도 및 해수면 상승 예측 값, 조석 간만의 차, 침식·퇴적 변화율 등의 자료가 필요하다. 순천만 지역의 DEM과 경사도 파일은 국토지리정보원의 1:5000 수치지형도의 등고선과 해안선 자료를 활용하였으며, ArcGIS 프로그램을 이용하여 구축하였다. 습지피복분류도는 국토지리정보원의 토지이용현황도와 환경부의 증분류 토지피복지도 그리고 항공사진을 참고하였으며, 마찬가지로 ArcGIS 프로그램을 이용하여 구축 후, 기존 SLAMM의 분류체계와 비교하여 순천만에 적합한 코드를 선정하였다. SLAMM의 습지피복분류체계는 연안지역의 식생과 기질 그리고 투수율 등에 의해 다양하게 분류되었으며 본 연구에서는 대상지의 특성에 맞는 습지의 코드를 선정하여 습지피복분류 카테고리리를 다음과 같이 작성하였

다(<Table 1> 참조). 습지분류 카테고리는 크게 육상지역(Dry land), 농경지(Rice-Field), 식생습지(Vegetation Wetlands), 갯벌(Tidal Flat), 하천 및 호소(River or Lake) 그리고 해역(Sea Area)으로 나뉜다. 육상지역은 투수율에 따라 개발지(Developed Dry Land)와 미개발지(Undeveloped Dry)로 나뉘며 순천만 인근의 주택 및 상업지구는 개발지, 산지와 나지 등의 지대는 미개발지로 분류하였다. SLAMM의 카테고리 분류체계에 따라 농경지(Rice Field)는 Inland Fresh Marsh로 분류하였으며 식생습지는 갈대 군락지를 포함하는 불규칙적 침수습지와 하천을 따라 있는 조수 담수습지로 분류하였다(Clough et al., 2012 ; Federal Geographic Data Committee, 2013).

순천만의 퇴적률은 기존 문헌들을 참고하여 선정하였다. 갈대가 서식하는 불규칙적 침수습지: 14.58mm/yr (Kim, 2009), 농경지: 1mm/yr Clough et al. (2015), 갯벌: 4.7mm/yr Koh et al. (2016)의 값을 적용시켰으며, 해수면 상승률은 IPCC 보고서의 내용에 따라 평균값인 3.2mm/yr, 순천만의 조석 간만의 차는 국립해양조사원(2013)의 조석 관측 자료에 따라 2.1m의 값을 적용시켰으며, 염분의 영향이 미치는 범위는 약최고고조면부터 평균해면까지의 높이 차인 1.8m를 적용하였다.

<Table 1> Wetlands Category in Suncheon Bay

Suncheon Bay Wetlands Category		SLAMM Code	SLAMM Category
Dry land	Developed Dry Land	1	Developed Dry Land
	Undeveloped Dry Land	2	Undeveloped Dry Land
	Rice-Field	5	Inland Fresh Marsh
Vegetation Wetlands	Tidal Fresh Marsh	6	Tidal Fresh Marsh
	Irregularly Flooded Marsh	20	Irregularly Flooded Marsh
	Tidal Flat	11	Tidal Flat
	River or Lake	15	Inland Open Water
	Sea Area	17	Estuarine Open Water

Lee et al. (2014)의 연구에서는 속초, 보령, 부산, 여수 및 제주 5곳을 대상으로 조위관측소의 장기 조위자료를 이용해 미래 해수면 상승의 정도를 통계적으로 추정하였다. 그 결과 여수 조위관측소의 해수면이 2100년까지 1.0m 상승하는 시나리오와 가장 유사한 값을 나타내었으며, 이는 IPCC 5차보고서의 RCP 시나리오에 의한 전지구적 해수면 상승 평균값인 0.63m보다 대상지역의 해수면 상승 영향이 크게 나타날 것임을 말해주고 있다. 따라서 본 연구에서는 대상지의 이러한 특성을 반영하고자 현재 2015년을 기준으로 2100년 해수면 1.0m 상승 시나리오를 적용하였다.

4. 모델 검증

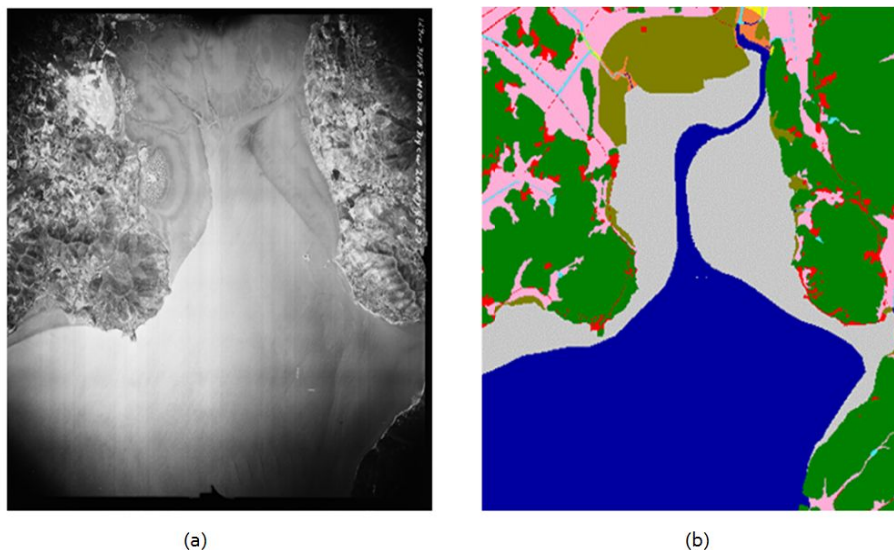
모델의 검증을 위해 과거 순천만의 항공사진과 현재 상태를 과거로 재현한 습지피복분류도의 비교를 실시하였다. 이를 위해 국토지리정보원의 해방이후 항공사진을 사용하였으며, 비교를 위해 현재 상태를 과거로 재현한 습지피복분류도는 과거 순천만 농경지의 고도가 간척으로 인해 갯벌

보다 30cm 가량 높아졌다는 결과(Park, 2000)를 바탕으로 현재의 순천만에서 고도를 조정하고 제방을 없앤 상태를 재현하여 작성하였다. 1948년의 항공사진에서는 당시의 간조, 만조 상황을 확인할 수 없어 정확한 갯벌 면적 산정이 힘들다고 판단하였기에 두 습지피복분류도에서 육안으로 확인 가능한 전체 면적에 대한 육상지역의 비율을 서로 비교해 보았다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 모델 검증

과거 순천만의 습지피복도와 현재 상태를 과거로 재현한 습지피복도의 비교에서 습지와 해역을 제외한 육상지역의 면적 비율이 각각 39.59%, 42.11%를 나타내었다. 이 두 면적 비율의 비교를 통해 과거 순천만의 습지피복도와 SLAMM으로 재현한 습지피복도의 육상지역 면적 비율이 약 94.01% 유사한 것을 알 수 있다(Fig. 3).

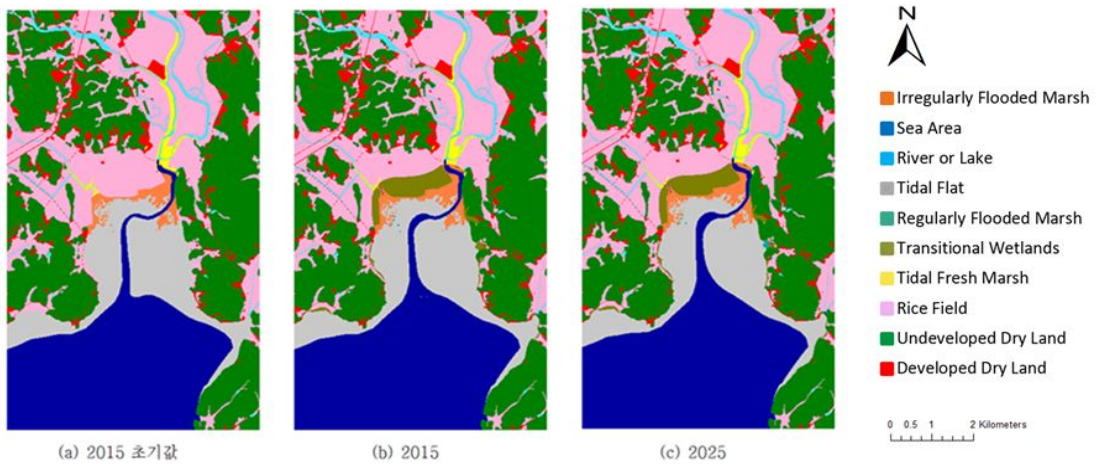


[Fig. 3] (a) Aerial photograph of Suncheon Bay in 1948 (www.ngii.go.kr),
(b) Wetlands category map of reproduced Suncheon Bay by SLAMM in 1948

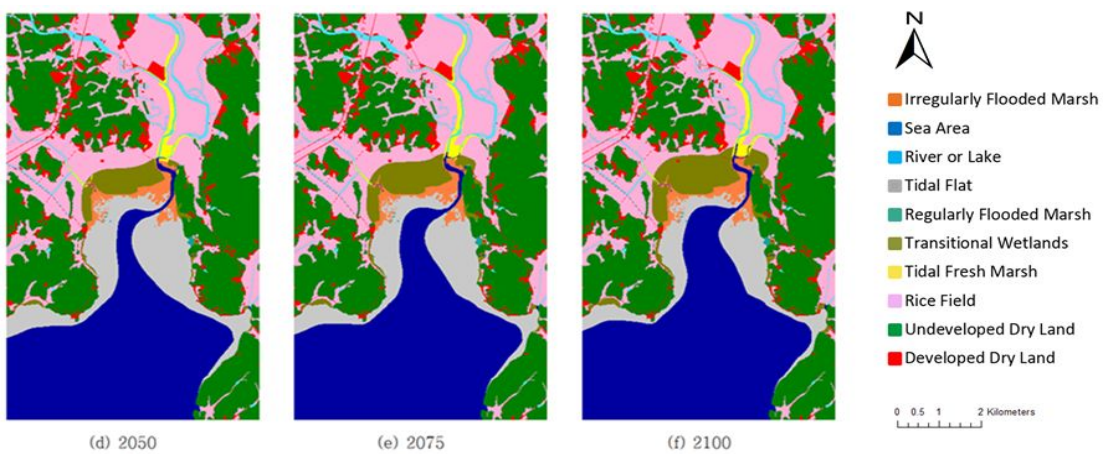
2. 습지 변화 예측

제방이 없는 순천만의 모습을 재현하여 25년 단위로 모델의 시물레이션을 한 결과 [Fig. 4]와 같이 나타났다. 제방을 허문 직후 염분의 침투로 농경지 면적의 약 6.7%가 염분의 영향을 받아 전이습지로 변화하였으며, 전이습지의 면적은 해수면 상승에 따라 2025년, 2050년, 2075년, 2100년 전체 면적 대비 1.86%, 2.41%, 3.27%, 4.36%를 차지하며 점점 증가하는 모습을 나타내었다. 또한

조수 담수습지의 면적이 조금씩 감소되었고 기존에는 없던 전이습지와 규칙적 침수습지 지역의 출현과 지속적인 증가로 습지 지역의 총 면적이 전체 지역의 2.12%에서 2100년에는 6.53%로 약 3배 정도 증가될 것으로 예측되었다. 해수면이 상승함에 따라 전체 갯벌 면적은 27% 정도 감소하였으며 2100년 해역은 전체지역에서의 비율이 3% 증가, 갯벌의 면적은 전체지역에서 3% 가량 감소하였다(<Table 2> 참조).



[Fig. 4.1] Change of wetlands category in Suncheon Bay by SLAMM without Levee



[Fig. 4.2] Change of wetlands category in Suncheon Bay by SLAMM without Levee

<Table 2> Change of wetlands category in Suncheon Bay by SLAMM without Levee (%)
(Total Area: 9328.53ha)

SLAMM Category	Initial Condition	None Dike	2025	2050	2075	2100
Dry Land	38.96	38.73	38.52	38.51	38.50	38.49
Developed Dry Land	4.52	4.51	4.51	4.51	4.51	4.51
Undeveloped Dry Land	34.44	34.22	34.01	34.00	33.99	33.98
Rice Field	23.94	22.30	22.38	21.84	20.99	19.91
Vegetation Wetlands	2.02	3.90	4.02	4.58	5.44	6.53
Tidal Fresh Marsh	0.92	0.82	0.82	0.78	0.74	0.71
Transitional Wetlands	0.00	1.78	1.86	2.41	3.27	4.36
Regularly Flooded Marsh	0.00	0.02	0.06	0.06	0.06	0.06
Irregularly Flooded Marsh	1.10	1.28	1.28	1.32	1.36	1.40
Tidal Flat	10.99	10.64	10.51	9.83	8.91	7.96
River or Lake	1.92	1.91	1.90	1.88	1.86	1.85
Sea Area	22.16	22.52	22.66	22.36	24.30	25.26

3. 고찰

SLAMM 모델을 사용하여 해수면 상승에 따른 순천만 습지의 변화를 예측해보았으며, 향후 순천만 제방 안쪽 지역의 복원 가능성을 염두에 두어 제방을 철거하였을 경우를 가정하여 시뮬레이션 하였다. 그 결과 농경지 면적의 6.7%가 전이습지로 변화하고, 전이습지의 면적이 증가함에 따라 식생습지의 면적이 전체지역에 대하여 2.12%에서 6.53%로 증가될 것으로 예측되었다. 또한 전체지역에서 갯벌의 비율은 약 3%감소, 해역의 비율은 3%증가하는 것으로 나타났으며, 해수면이 상승하여 생기는 침수의 영향에 의해 전체 갯벌면적의 약 27%의 손실이 일어날 것임을 알 수 있다.

본 연구에서 나타난 결과를 기존 순천만을 대상으로 같은 SLAMM 모델을 적용시켰던 Kim & Lee (2010)의 연구결과와 비교 고찰해 보았다. 기존연구에서는 총 식생습지의 면적이 전체면적의 1.22%에서 2100년 3.72%로 증가한 것으로 나타

났다. 본 연구에서 초기 식생습지 면적은 2.02%이며 2100년의 면적 비율 값은 5.65~7.09%로 나타났다. 이런 차이의 이유는 이전 연구에서 순천만의 갈대밭을 식생습지 지역으로 따로 분류해 주지 않았기 때문에 모델에서 인식하는 식생습지의 범위가 달랐기 때문인 것으로 보여진다. 또한 기존 연구에서는 2100년에 갯벌면적이 약 67% 감소하는 것으로 나타났으며, 본 연구의 갯벌면적 감소 비율 예측보다 큰 수치였다. 이러한 결과는 대상지에 대한 기존연구의 해수면 상승 시나리오도 달랐을 뿐 아니라 갯벌 퇴적률 0.5mm/yr과 본 연구의 갯벌 퇴적률 4.7mm/yr이 다르게 적용되기 때문으로 보여진다. 기존연구에서는 순천만, 함평만, 낙동강 그리고 한강 하구 네 곳의 대상지에 동일한 퇴적률을 적용하여, 순천만을 대상으로 퇴적률을 선정한 본 연구의 결과와 차이를 보여주는 것으로 볼 수 있다.

본 연구의 결과에서 전체 식생습지면적은 조수담수습지, 전이습지, 규칙적·불규칙적 침수습지

네 종류를 모두 합한 값으로 전체면적에 대한 그 비율이 2100년, 약 3배 정도 증가하였으나, 각각의 습지피복종류 별로는 서로 다른 변화량을 가진다. SLAMM은 습지피복분류의 종류에 따라 서식가능한 식생의 종류를 알려주지만 이는 미국의 기준이며 우리나라의 기후환경과는 맞지 않는 분류이다. 따라서 우리나라의 기후환경 아래에서 각각의 습지피복종류별로 서식 가능한 식생에 대한 연구가 필요하며, 특히 기존에는 없었으나 농경지의 염습지화로 생겨난 전이습지 지역에 적용 가능한 식생에 대한 연구가 더 진행된다면, 본 연구의 적용 가능성을 높일 수 있을 것이라 보여진다.

IV. 결론

본 연구는 향후 순천만 복원 계획에 해수면 상승과 그 영향이 고려되게 하고자 진행되었다. 이를 위해 제방이 없는 상태를 가정한 순천만을 SLAMM 모델을 사용하여 25년 단위로 시뮬레이션을 하였다. 그 결과 해수면 상승으로 인한 갯벌의 감소와 해역의 면적 증가가 나타났으며, 농경지 일부지역이 전이습지지역으로 바뀌에 따라 농경지의 면적은 줄어들고 식생습지의 면적이 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 순천만의 제방 안쪽 지역 복원 계획에 해수면 상승의 영향을 고려할 수 있는 자료로 사용 될 수 있을 것이라 생각된다.

또한 향후 모델결과의 정확도 향상을 위해서는 대상지역 특성을 반영한 퇴적률 적용과 농경지의 염습지화로 생겨난 전이습지 지역에 적용 가능한 식생탐색에 대한 연구도 진행되어야 할 것으로 생각된다.

References

- Clough, J. · Park, R. A. · Propato, M. and Polaczyk, Fuller R.(2012). SLAMM 6.2 Technical Documentation, 1~54.
- Clough, J. · Polaczyk, A. and Propato, M.(2015) Application of SLAMM to coastal Connecticut Final Report, 15~23.
- Craft, C. · Clough, J. · Ehman, J. · Joye, S. · Park, R. · Pennings, S. · Guo, H. and Machmuller M.(2008). Forecasting the effects of accelerated sea-level rise on tidal marsh ecosystem services, *Front Ecol Environ* 7(2), 73~78.
- Federal Geographic Data Committee(2013). Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. FGDC-STD-004-2013. Second Edition. Wetlands Subcommittee, Federal Geographic Data Committee and U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, DC, 1~46.
- Glick, P. · Clough, J. and Nunley, B.(2007). “Sea-level Rise and Coastal Habitats in the Pacific Northwest An Analysis for Puget Sound, Southwestern Washington, and Northwestern Oregon”, *National Wildlife Federation National Wildlife*, 1~89.
- Hwang, Minsup · Lee, Myung Kyoon & Jung, Tae Yong (2014). The Economic Valuation of Ecosystem Restoration in Suncheon Bay, *J. Korean Env. Res. Tech.* 17(4) : 69~79.
- Heng, W. · Zhenming, G. · Lin, Y. and Liquan, Z.(2014). “Evaluation of the combined threat from sea-level rise and sedimentation reduction to the coastal wetlands in the Yangtze Estuary, China”, *Ecol. Eng.* Vol. 71, 346~354.
- <http://warrenpinnacle.com/prof/SLAMM/index.html>.
- Kim, Shin(2009). Spatial and Temporal variation of Sediment in the Salt marsh, Sacheon Bay, South Korea. 51.
- KIM, Nam-Shin & LEE, Chang-Seok(2010). A Study on the Eco-Environmental Change of Coastal Area by the Sea Level Rise, *The Korean Association of Geographic Information Studies* , 13(3), 53~63.
- Kim, Kyung-Won · Lee, kyung-Jea & Han, Bong-Ho (2011). A Study on the Management Plan of Suncheon Bay Area for Designation of World

- Natural Heritage, Pro. Kor. Soc. Env. Eco. Con 21(1), 124~127.
- Koh, Yeong-Koo · Oh, Kang-Ho · Youn, Seok-Tai · Park, Seong-Nam & Cha, Seong-Sig(2016). Sedimentary Environments and Accumulation Rates in Suncheon Bay and Boseong-Beolgyo Coastal wetland, 28(1), 189~202.
- Lee, Yeun-Gyu · Kim, Shin · Lee, Hye-Won & Min, Byeng-Mi(2008). Chemical properties of sediment and increase of reed (*Phragmites australis*) stands at Suncheon bay, Korean Wetlands Society, 10(3), 9~26
- Lee, Cheol-Eung · Kim, Sang Ug & Lee, Yeong Seob(2014). Estimation of the Regional Future Sea Level Rise Using Long-term Tidal Data in the Korean Peninsula, J. KOREA WATER RESOURCES ASSOCIATION, 47(9), 753~766.
- Park, R. A. · Armentano, T. V. and Cloonan, C. L.(1986). “Predicting the Effects of Sea Level Rise on Coastal Wetlands”, In supplementary proceedings for the 1986 Estern Simulation Conference, 149~153.
- Park, Eui Joon(2000). Spatial and temporal variation of sedimentation processes in a estuary, Sunchon bay, 1~8.
- Suncheon City hall(2016). Major operational plan in 2016 (<http://www.suncheon.go.kr>), 947~949.
-
- Received : 05 December, 2016
 - Revised : 17 January 2017
 - Accepted : 11 April, 2017