충/남/리/포/트
CHUNGNAM REPORT

충남리포트 제39호(2010-11: 2010.6.21)
이 내용은 충남발전연구원 홈페이지
(www.cdi.re.kr)에서도 볼 수 있습니다.

기후변화에 의한 해수면 상승이 충남 연안역에 미치는 영향

장 동 호
(공주대학교 지리학과 조교수, gisrs@kongju.ac.kr)
윤 정 미
(충남발전연구원 지역정책연구부 책임연구원, coco@cdi.re.kr)

목 차

충남발전연구원
Chungnam Development Institute

≪요 약≫

○ 최근 발표된 UN 기후변화에 관한 정부간 위원회(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) 4차 평가보고서는 21세기말까지 인간의 활동에 의한 지구온난화로 지구평균기온이 최대 6.4℃, 해수면은 최대 59cm까지 상승할 것으로 예측

○ 특히, 1961년~2003년의 전 지구 해수면 상승률은 1.8(1.3~2.3) mm/yr 보고되어 지역적인 대책이 시급함

○ 지구온난화로 인한 기후변화 중 해수면 상승은 인간사회에 가장 큰 악영향을 줄 수 있는 요소 중의 하나로 평가되고 있음

○ 한국은 해안지역을 중심으로 해일과 같은 기상재해에 의하여 이미 해수 범람 및 해안침식, 지하수로의 해수 유입 등의 문제로 주기적으로 상당한 피해를 경험하고 있으며, 지구온난화로 인한 해수면 상승 및 태풍, 강수 변동 등의 중첩으로 그 증가가 예상됨

○ 충남 해안지역은 독특하고 대체 불가능한 자연생태계(사빈, 간석지, 해양생물 등)를 보유하고 있을 뿐만 아니라 수송, 산업시설, 자원, 관광 등 사회경제적으로도 매우 중요한 지역으로 기후변화에 대한 취약성 및 영향평가와 적응방안이 필요한 지역임

○ 해수면의 상승은 해안저지대와 습지의 침수, 해안선의 침식의 발생과 침식 속도의 가속화, 해안역의 범람과 홍수의 심화, 염하구와 지하수의 염분도 증가 및 수질 악화, 하구와 만에서의 조차(tidal range)변화, 강에 운반되는 퇴적물의 집적지 변화, 파고의 증가, 해저면에 도달하는 일조량의 감소, 수온상승, 태풍의 세력증가 등의 기후변화 현상과 결합된 변화를 야기시킴

○ 이에 본 연구는 IPCC 4차 보고서 SRES 각 시나리오별 상승치를 감안해 최저 0.2m 0.4m, 0.5m 그리고 최고 0.6m의 해수면 상승치와 과거 충남지방에서 침수재해가 발생하였던 백중사리 때의 해수면 상승치인 1.0m, 2.0m 고려하여 충남지방에 적용 가능한 해수면 상승 시나리오를 작성하였음

○ 연구 결과 충남지역 해안선 길이 760.9㎞(1:25,000 수치지형도에서 추출)는 해수면이 0.2m 상승할 경우 해안선의 총연장은 7.5㎞ 줄어든 753.4㎞이며, 0.4m 상승할 경우 755.7㎞로 증가되고, 0.5m 상승 시 755.8㎞등으로 분석되었음

○ 각 해수면 상승 시나리오별 침수 면적은 0.2m 상승 시 29.0㎢, 0.4m 상승 시 37.5㎢, 0.5m 상승 시 41.6㎢, 0.6m 상승 시 45.5㎢, 1.0m 상승 시 60.5㎢, 2.0m 상승 시 106.1㎢ 인 것으로 나타남

○ 시나리오별 해수면 상승에 따른 토지피복별 침수예상지를 살펴보면, 0.2m와 0.4m 상승 시나리오에서는 침수면적이 호소, 습지, 시가화지역순으로 나타났으며, 2.0m 상승 시나리오에서는 호소, 논, 습지 순으로 침수피해를 받을 것으로 나타남

○ 이러한 결과는, 충남의 지형이 저구릉지이지만, 충남 전 연안지역에 걸쳐 행해진 간척사업으로 만들어진 인공호소 및 농경지의 재침수와 해안에 위치한 각종 위락시설의 침수에 의한 것으로 판단됨

○ 해수면 상승에 따른 충남 연안지역의 침수취약지를 각 시군별로 살펴보면
- 서천군의 경우 금강의 지류인 길산천에 연하는 서천군 화양면 고마리, 장상리, 망월리 일대와 서천군 마서면 도삼리, 신포리, 산내리 일대와 서천군 기산면 내동리, 두남리, 두북리 일대가 피해가 예상되는 지역으로 나타났음
- 보령시의 경우 남포방조제가 위치한 남포면의 양향리와 삼현리, 주교면 은포리 일대가 가장 큰 침수피해를 받을 것으로 예상
- 홍성군의 경우 서산 A지구 간척지가 있는 서부면 광리 지역이 가장 큰 피해가 예상됨
- 태안군의 경우 이원방조제가 있는 이원면 포지리, 내리 일대가 가장 큰 침수피해를 받을 것으로 판단되며, 특히 안면도는 전 연안에 걸쳐 침수취약지가 나타났음
- 서산시는 대산읍 독곶리, 대죽리 일대와 대호 방조제가 있는 화곡리, 운산리 일대가 가장 큰 침수피해가 발생할 것으로 나타났으며, 서산 A·B방조제 내부에 있는 농경지들 역시 큰 피해가 발생할 것으로 나타났음
- 당진군은 방조제가 건설된, 석문호, 대호, 삽교호 일대에서 가장 큰 침수피해가 발생할 것으로 보이며, 신평면 복운리, 전대리, 매산리 일대의 농경지도 침수 피해를 받을 것으로 나타났음
- 아산시의 경우 삽교호에 접한 일대와 선장면 신문리, 가산리, 둔포리, 선창리 일대, 인주공단지방산업단지가 있는 인주면 걸매리와 공세리, 문방리 일대가 해수면 상승에 따른 침수취약지로 나타났음

○ 기후변화에 의한 해수면 상승에 따라 조간대지역인 간석지의 영구적인 침수가 예상되고 있으나 간석지에 대한 정확한 이해나 자료의 구축이 이루어지고 있지 않음

○ 기후변화에 의한 해수면 상승시 천수만 갯벌과 장항갯벌 가로림만 갯벌, 보령갯벌이 가장 많은 침수피해를 받을 것으로 예상되며, 예측수위가 올라갈수록 그 피해 범위가 비인만갯벌, 남면 갯벌 등으로 확산되는 것을 알 수 있었음. 그러나 특이하게 원북갯벌과 근흥갯벌은 최고 상승치인 100cm에 와서야 침수피해가 발생하는 것으로 나타났음

○ 현재 헤드랜드 뿐만 아니라 만입지 내의 파랑에 의한 침식의 진행이 발견되고 있으며, 특히 서천 송림리, 서천 해창리, 태안 천리포, 대산 독곶리 등은 해수에 의한 침식이 아주 빠르게 진행되고 있는 지역임

○ 이러한 지역들은 파랑의 침식에 의한 방조제의 파괴, 모래의 유출을 막기 위해, 방조제를 건설 및 모래포집기를 설치하여 그 피해를 줄여보려 하고 있으나, 기후변화에 따른 해수면 상승이 동반된다면 현재 침식이 진행되고 있는 지역 외에도 해안 침수에 의해 형성된 헤드랜드에서도 해안 침식이 진행될 것으로 판단됨

○ 현재 충청남도와 같은 지자체 차원에서의 기후변화대응에 대한 pilot 연구가 거의 전무한 상태이므로 pilot 연구를 통한 연안역의 현황을 정밀하게 파악하는 것과 과거의 관련 자료를 구축하고 대책을 마련하는 것이 무엇보다 중요함

Ⅰ. 서 론

○ 최근 발표된 UN 기후변화에 관한 정부간 위원회(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) 4차 평가보고서는 21세기말까지 인간의 활동에 의한 지구온난화로 지구평균기온이 최대 6.4℃, 해수면은 최대 59cm까지 상승할 것으로 예측하고 있음. 특히, 1961~2003년의 전 지구 해수면 상승률은 1.8(1.3~2.3) mm/yr 보고되고 있어 지역적인 대책이 시급함

○ 예상되는 지구온난화는 기후시스템을 구성하는 대기, 해양, 생물, 빙하, 육지 시스템에 다양한 경로로 영향을 줄 것으로 예상되며 그 영향은 대부분 악영향인 것으로 평가되고 있음

○ 다수의 선진국들은 지구온난화로 인한 기후변화의 영향이 자국의 지속가능 발전과 밀접한 관계가 있음을 인식하고 예상되는 기후변화에 대한 영향을 사전에 평가하여 적절한 대응방안 수립에 많은 노력을 기울이고 있음

○ 지구온난화로 인한 기후변화 중 인간사회에 가장 큰 악영향을 줄 수 있는 요소 중의 하나가 해수면 상승인 것으로 평가되고 있음

○ 해수면 상승은 저지대 및 습지의 범람, 연안역의 부식, 강이나 지하수로의 해수 유입, 강 수위 증가, 조석과 파동의 변화, 퇴적물의 변화 등을 유발하며, 그 결과 인간거주지, 자연생태계, 수자원, 수송, 관광 및 각종 산업시설에 큰 영향을 미칠 것으로 예상됨

○ 한국은 해안지역을 중심으로 백중사리, 태풍이나 폭풍 등에 의한 해일과 같은 기상재해에 의하여 이미 해수 범람 및 해안침식, 지하수로의 해수 유입 등의 문제로 상당한 피해를 주기적으로 경험하고 있으며, 지구온난화로 인한 해수면 상승 및 태풍, 강수 변동 등의 중첩으로 그 증가가 예상됨

○ 충남 해안지역은 독특하고 대체 불가능한 자연생태계(사빈, 간석지, 해양생물 등)를 보유하고 있을 뿐만 아니라 수송, 산업시설, 자원, 관광 등 사회경제적으로도 매우 중요한 지역으로 기후변화에 대한 취약성 및 영향평가와 적응방안이 필요한 지역임

○ 따라서 황해와 접한 충남 해안지역에 대한 기후변화 영향평가는 과학적인 예측에 근거한 해수면 상승에 따른 피해예상지역 추출 및 그 피해에 대한 대응전략 수립이 필요함

Ⅱ. 지구온난화와 해수면 상승

1. 해수면 상승의 원인

○ Mercer(1968)가 해수면 상승이라는 문제를 제기한 이후 많은 연구들이 이 과제에 대하여 관심을 갖게 되었으며, 온난화로 인한 극지방과 고산지대의 빙하의 용융에 의한 상승과 온도 상승에 의한 해수자체의 열팽창에 의한 상승을 해수면 상승의 주된 요인으로 보았음

<표 1> 해수면 상승 비율과 그에 영향을 미친 요소들

(단위:mm/yr)

해수면 상승 요소(Source of sea level rise)	해수면 상승 비율 (Rate of sea level rise)	
	1961-2003	1993-2003
Thermal expansion	0.42 ± 0.12	1.60 ± 0.50
Glaciers and ice caps	0.50 ± 0.18	0.77 ± 0.22
Greenland Ice Sheet	0.05 ± 0.12	0.21 ± 0.07
Antarctic Ice Sheet	0.14 ± 0.41	0.27 ± 0.35
Sum of individual climate contributions to sea level rise	1.10 ± 0.50	2.80 ± 0.70
Observed total sea level rise	1.80 ± 0.5a	3.10 ± 0.7a
Difference (Observed minus sum of estimated climate contributions)	0.70 ± 0.70	0.30 ± 1.00

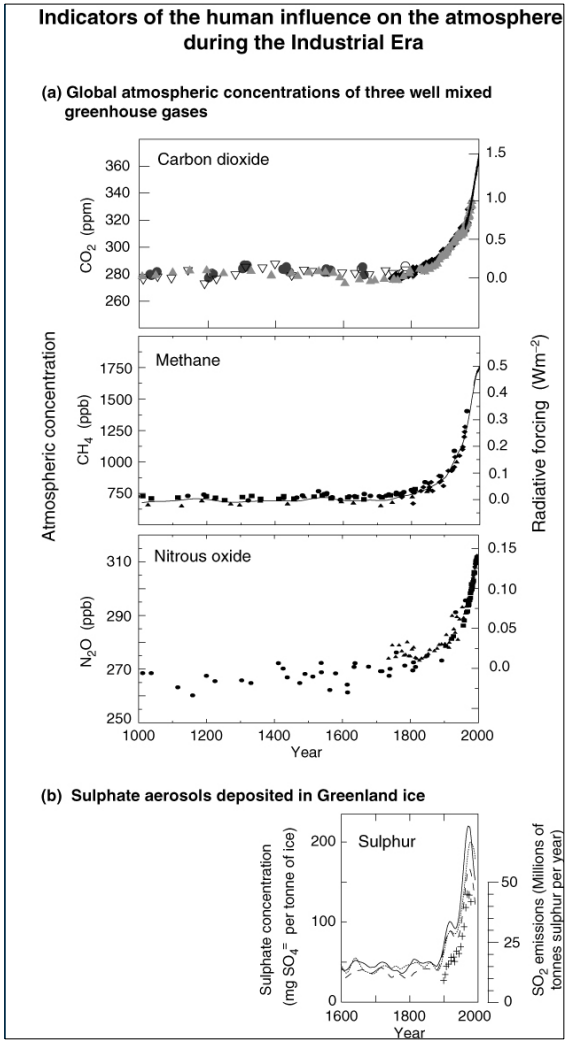
a Data prior to 1993 are from tide gauges and after 1993 are from satellite altimetry.
자료 : IPCC, 2007, 제4차 과학평가보고서, The Physical Science Basis.

○ 해양의 열팽창(thermal expansion, steric sea level rise)이란, 해양의 체적을 증가시킴으로써 해수면이 상승하는 현상을 말함

○ 해양의 체적 변화는 해양의 밀도 변화에 의하여 일어나며 해양의 밀도 변화는 수온과 염분의 변화에 의존함. 따라서 수온 및 염분 변화는 해양의 밀도 즉 체적을 변화시키게 되며 이에 따라 해수면이 변화하게 됨

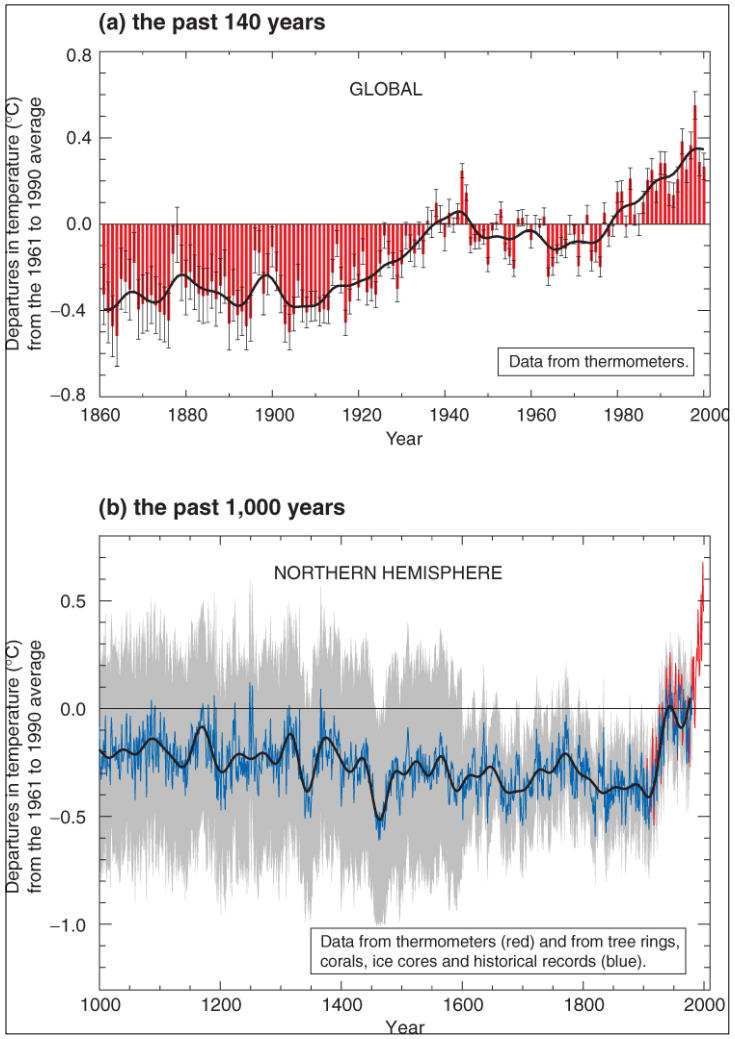
○ 즉 지구온난화에 따른 기온 상승은 해수의 수온 상승을 유발하여 해양의 밀도를 감소시킴으로써 해수면의 상승을 유발하는 것임

○ 지구온난화는 19세기 후반에 시작된 산업혁명 이후 화석연료 사용의 증가로 대기 중에 포함된 온실가스가 급속히 증가하게 되었으며, 이에 따른 온실효과의 증대(Enhanced Greenhouse Effect)로 지구의 온도 상승, 즉 지구온난화(Global Warming)를 유발한 것으로 규명됨



<그림 1> 대기 구성물질의 농도 변화(IPCC, 2007)

(a: 온실가스 변화, b: Greenland에어로졸 변화)



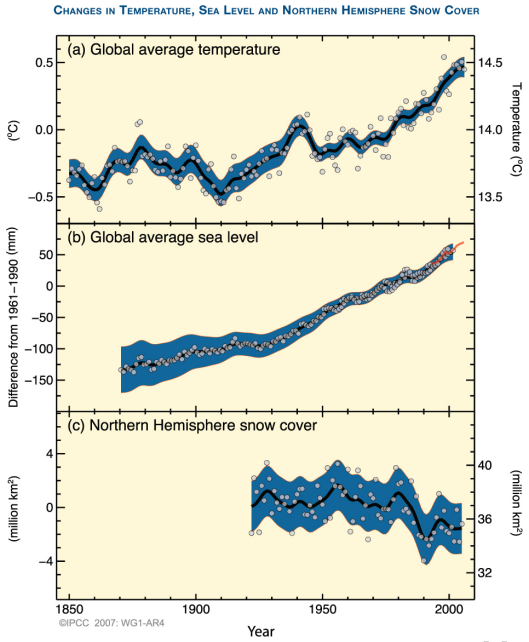
<그림 2> 지구평균 표면온도의 변화(IPCC, 2007)

(a: 과거 140년간 지구평균 표면온도 변화 b: 과거 1,000년간 북반부 지구평균 표면온도 변화)

2. 온난화로 인한 해수면 상승 예측

○ IPCC의 제4차 과학 평가 보고서(2007)에 의하면 지난 100년 동안의 해수면 상승은 약 1.17m로 밝히고 있으며, 지난 100년간 해수위의 상승률은 연간 12~22mm 상승하고 있음을 알 수 있으나, 1961년 이후 관찰된 바에 의하면 해수면 상승 평균 비율은 1961년부터 2003년까지 연평균1.8(1.3~2.4)mm 상승했음

○ 특히 지난 1993년부터 2003년간 그 상승률이 가속화되어 연평균 3.1(2.4~3.8)mm에 이르렀으며, 1993년부터 2003년의 급속한 상승률은 10년간의 변이성과 해수면 상승률이 장기적으로 명확치 않음을 나타내고 있음



<그림 3> 기온, 해수위, 북반구 빙설량의 변화(IPCC, 2007)

a: 지구 평균 표면온도, b: 조수와 풍력에 의한 지구 평균 해수면 높이상승(파란부분), 위성데이터(빨간선), c: 3-4월 북반구 빙설량의 변화

○ IPCC(2007) 보고서에 의하면 지난 100년간 열팽창에 의해 연간 해수면이 평균 0.4mm정도 상승하였으며 빙하나 Ice Cap의 후퇴에 의하여 현재의 해수면이 연간 0.2~0.5mm 상승하고 있다는 것을 산술적으로 계산해 낼 수 있으나, 그린란드나 남극 및 지표수의 영향은 미약한 것으로 밝히고 있음

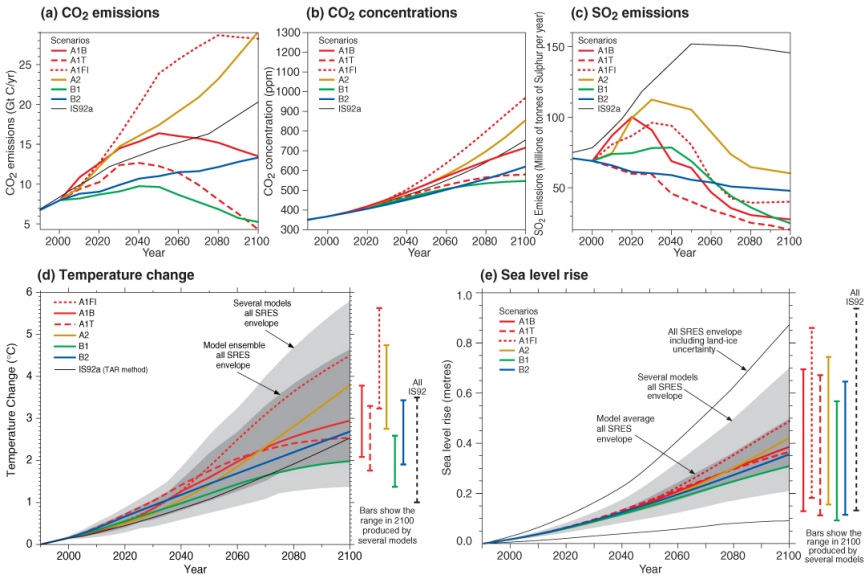
○ IPCC 4차 보고서에서 각 시나리오별 기온 상승을 2100년까지 최저 1.1℃~6.4℃ 상승할 것을 예측하고 있으며, 이에 따른 해수면의 상승을 최저 18cm, 최고 59cm로 보고 있음

○ 각 시나리오 사이의 해수면 상승에 대한 예측은 온실가스 배출에 대한 가정과 그밖에 시뮬레이션 모델이 다르기 때문에 다소의 차이가 있기는 하지만 대체로 온난화로 인한 해수면의 상승은 필히 동반될 것이며 그 정도는 2100년까지 최저 수cm에서 최고 1m 내외라는데 인식을 같이하고 있음

<표 2> IPCC SRES 시나리오별 기온 변화 및 해수면 상승 예측

SRES 시나리오	온도변화(Temperature Change, ℃)	해수면 상승(Sea Level Rise, m)
B1	1.1 - 2.9	0.18 - 0.38
A1T	1.4 - 3.8	0.20 - 0.45
B2	1.4 - 3.8	0.20 - 0.43
A1B	1.7 - 4.4	0.21 - 0.48
A2	2.0 - 5.4	0.23 - 0.51
A1F I	2.4 - 6.4	0.26 - 0.59

*A1B: 빠른 경제적 성장 및 새로운 기술 발달과 함께 화석·비화석 에너지가 균등하게 이용되는 사회
A1T: 빠른 경제적 성장 및 새로운 기술 발달과 함께 비화석 에너지가 주로 이용되는 사회
A1F I : 빠른 경제적 성장 및 새로운 기술 발달과 함께 화석 에너지가 주로 이용되는 사회
A2: 경제성장률과 기술적인 변화가 느리게 일어나는 사회
B1: 효과적인 기술을 가진 청정 자원이 소개되며, 지속가능한 환경적 문제들이 세계적인 해결에 중점이 되는 사회
B2: 경제적, 사회적 그리고 환경적인 지속성의 지역적 해결에 중점을 둔 사회



<그림 4> SRES 시나리오별 21세기 전 지구적 기후변화 예측

Ⅲ. 해수면 상승의 영향

○ 해수면의 상승은 해안저지대와 습지의 침수, 해안선의 침식의 발생과 침식 속도의 가속화, 해안역의 범람과 홍수의 심화, 염하구와 지하수의 염분도 증가 및 수질 악화, 하구와 만에서의 조차(tidal range)변화, 강에 운반되는 퇴적물의 집적지 변화, 파고의 증가, 해저면에 도달하는 일조량의 감소, 수온상승, 태풍의 세력증가 등의 기후변화 현상과 결합된 변화를 야기시킴

○ 이러한 물리 현상의 변화는 인간의 사회·경제 활동과 문화 혹은 자연현상과 관련된 부분에 광범위한 영향을 미침

○ 사회·경제적인 영향중에서 침수에 의한 국토의 손실과 이와 연결된 홍수와 범람 증가의 가능성이 가장 심각한 문제임

1. 침수(Inundation)

○ 해수면 상승의 영향 중 침수는 연안환경에 미치는 가장 현저한 영향으로서 Dryland가 Wetland로 변하고, 습지가 바다로 변하는 현상을 말함

○ 만일 해수면의 변동이 과거와 같이 수 천 년, 수 만년의 긴 시간을 가지고 변화하는 것이라면 이 환경의 변화에 보조를 맞추어 연안역의 모든 요소들은 적응을 할 수 있음

○ 그러나 지구의 온난화 현상에 의한 해수면의 상승의 경우 그 속도에 있어서 자연현상이 적응할 수 있는 범위를 넘어서기 때문에 이런 여러 가지의 현상들이 손실을 입게 됨

2. 침식(Erosion)

○ Bruun에 의하면 해수면이 상승할 경우, 단순히 해수면의 상승 분 만큼 해안역이 침수하는 것이 아니라 실제 지역은 침식이 함께 유발 되므로 그 범위가 매우 넓게 나타난다고 밝히고 있음

○ 즉 해수면이 상승 할 경우 해빈(beach)이 침식되어 침식된 토사가 해저에 퇴적됨으로써 해빈단면의 형태는 변하지 않고 그 형태를 유지해 나간다는 것임

○ 아산만의 한진리, 안면도, 보령의 신흑리, 웅천의 관당리 등 해안을 따라서 파랑의 침식을 직접 받는 지역의 곶(Headland) 전면의 중심에는 해식애와 파식대(Shore Platform)가 나타남

○ 이러한 지역들은 해수면 상승으로 인해 파랑의 영향을 받는 범위가 더 상승하게 되며, 이러한 현상은 결국 해안침식의 강화를 가져오게 할 것임

3. 범람과 홍수(inundation and flooding)

<표 3> 충청남도 최근 10년간(1997년~2006년) 자연재해 피해규모

구분	인명피해(인)	침수면적(㎡)	피해액(억원)
충청남도	52	71,835.09	10,138.1
천안시	2	2,579.56	637.1
공주시	6	2,803.99	1,154.6
보령시	1	4,373.26	296.6
아산시	2	4,496.41	624.0
서산시	2	5,547.5	300.0
논산시	2	4,691.56	1,429.3
계룡시	-	-	48.8
금산군	8	1,081.9	518.5
연기군	1	721.7	548.6
부여군	1	9,107.56	1,429.8
서천군	1	5,123.6	277.8
청양군	0	1,085.47	475.3
홍성군	1	2,572.6	497.1
예산군	0	5,707.1	498.4
태안군	8	10,540.1	322.9
당진군	17	11,401.7	1,076.0

○ 해수면의 상승은 해수의 하천 만입을 증가시켜 배수를 감소시키는데, 이는 태풍과 홍수, 집중호우가 함께 발생할 경우 범람의 위험이 가중됨

○ 특히 우리나라 서해안은 조석간만의 차이가 심하므로 이와 만조가 겹치게 되면 그 피해가 상당히 크리라 예상됨

4. 해수 유입에 따른 수질 변화

○ 염하구의 염분도는 해수와 담수의 유입으로 그 염도가 유지되며 해양의 염도보다 낮으나 해수면이 상승 할 경우 하구의 단면적을 증가시키고, 하천의 상류까지 진출하기 때문에 하구의 염도는 증가할 것임

○ 이는 염해를 동반하여 주변의 농경지에 영향을 주게 되어 경지의 면적을 감소시킬 뿐만 아니라 지하수로의 침투로 수질 오염을 초래할 수 있고, 방조제나 하구언의 갑문을 닫는 횟수가 증가함에 따른 배수량의 감소와 조석간만의 차가 큰 지역에서의 만조시의 수위를 감안 할 때 해수위는 한층 더 높아질 것을 감안해야 함

○ 그밖에 해수면의 상승은 해저면에 도달하는 빛의 양 감소를 초래하여 수중식물의 생산성을 감소시킬 것이며, 수심이 깊으면 커지는 해파의 증가, 해수면 상승지역에서 더 빈번히 발생하는 태풍과 홍수의 범람, 갑작스러운 연안 환경의 변화에 대한 부적응에서 오는 생태계의 파괴 등을 겪게 될 것으로 여겨짐

Ⅳ. 해안선의 변화와 연안역에 미치는 영향

1. 해수면 상승시나리오별 해안선 후퇴양상 및 침수면적

○ 충남 연안의 최대 조차는 평균 8.5m정도로 나타나고 있으며, 최대 조위 또한 대부분의 검조소에서 7m이상 나타나는 것으로 알려져 있음

○ 특히, 최대조차가 발생하는 시기에는 해안 저지대에서 해수 역류에 의한 침수피해가 빈번히 발생하고 있음

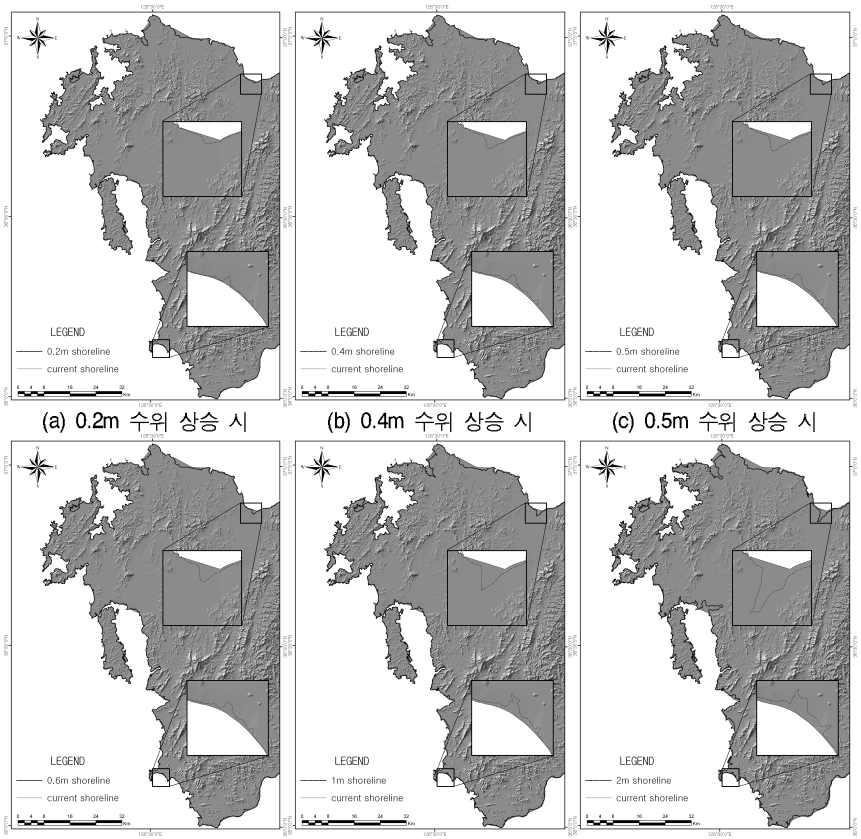
○ IPCC 4차 보고서 SRES 각 시나리오별 상승치를 감안해 최저 0.2m, 0.4m, 0.5m, 그리고 최고 0.6m의 해수면 상승치와 과거 충남지방에서 침수재해가 발생하였던 백중사리 때의 해수면 상승치인 1.0m, 2.0m 고려하여 충남지방에 적용 가능한 해수면 상승 시나리오를 작성하였음

○ 국립지리정보원에서 발행된 1:25,000 수치지도에서 추출한 본 연구지역 해안선의 길이는 760.9㎞이며, 해수면이 0.2m 상승할 경우 해안선의 총연장은 7.5㎞ 줄어든 753.4㎞이며, 0.4m 상승할 경우 해안선의 총연장은 755.7㎞, 0.5m 상승시 755.8㎞, 0.6m 상승시 758.9㎞, 1.0m 상승시 772.6㎞, 2.0m 상승시 현 해안선에서 88.9㎞가 증가된 849.7㎞로 나타남

○ 해수면이 0.6m까지 상승할 때 까지는 현 해안선보다 그 길이가 감소하였으나, 1.0m 이상 상승 시 해안선의 길이는 급속히 증가하는 것으로 나타났음

○ 특히 태안군 안면도의 해안선 변화가 가장 심하게 나타났는데, 이는 해안사구 및 구릉지 등의 지형적인 요인과 과도한 간척에 의한 육지부의 저평한 고도에 의한 것으로 사료됨

○ 각 해수면 상승 시나리오별 해안선 변화 및 침수지역은 다음 그림과 같음



(a) 0.2m 수위 상승 시 (b) 0.4m 수위 상승 시 (c) 0.5m 수위 상승 시

(d) 0.6m 수위 상승 시 (e) 1m 수위 상승 시 (f) 2m 수위 상승 시

<그림 5> 각 시나리오별 해안선 변화

○ 각 해수면 상승 시나리오별 침수 면적은 0.2m 상승시 29.0㎢, 0.4m 상승시 37.5㎢, 0.5m 상승시 41.6㎢, 0.6m 상승시 45.5㎢, 1.0m 상승시 60.5㎢, 2.0m 상승시 106.1㎢ 인 것으로 나타났음

<표 4> 해수면 상승에 따른 해안선 변화

구분	현재	0.2m	0.4m	0.5m	0.6m	1.0m	2.0m
해안선 변화(shoreline variation)	760.9㎞ (-)	753.4㎞ (▽ 7.5)	755.7㎞ (△2.3)	755.8㎞ (△ 0.1)	758.9㎞ (△ 3.1)	772.6㎞ (△ 13.7)	849.7㎞ (△ 77.1)
침수면적(Inundation area)	0	29.0㎢	37.5㎢	41.6㎢	45.5㎢	60.5㎢	106.1㎢

2. 토지피복 상태별 연안역 침수취약지

○ 2004년 6월 30일에 주사된 Landsat TM-5 위성영상을 사용하여, 호소(water), 삼림지(forest), 논(paddy), 시가화지역(urban), 습지(marsh), 밭(dryfield), 나대지(bareland) 등 총 7개의 Class로 분류한 토지피복도를 작성하였음

<표 5> 감독분류에 의한 2004년 6월 영상의 토지피복분류 결과

분류(Class)	셀수※(Pixels)	Area(㎢)
호소(water)	151,121	136.0
삼림지(forest)	2,260,958	2,034.9
논(paddy)	869,616	782.7
시가화지역(urban)	574,388	516.9
습지(marsh)	145,246	130.7
밭(dryland)	1,457,266	1,311.5
나대지(bareland)	84,568	76.1
합계(Total)	5,543,163	4,988.8

※. 셀수는 해상도 30m×30m임

○ 시나리오별 해수면 상승에 따른 토지피복별 침수예상지를 살펴보면, 0.2m 상승 시나리오에서는 호소의 침수면적이 8.88㎢로 가장 크게 나타났으며, 다음으로 습지(8.31㎢), 시가화지역(5.47㎢) 순으로 나타났음

○ 0.4m 상승 시나리오 역시 호소(11.95㎢)가 가장 큰 침수피해를 받을 것으로 나타났으며, 다음으로 습지(9.74㎢), 시가화지역(7.12㎢) 순으로 나타났음

○ 0.5m 상승 시나리오와 0.6m 상승시나리오, 1.0m 상승시나리오 또한 면적의 변화는 있으나 호소, 습지, 시가화지역 순으로 침수피해가 발생하는 것으로 나타났음

○ 그러나 2.0m 상승 시나리오에서는 호소(34.68㎢), 논(20.89㎢), 습지(18.40㎢) 순으로 침수피해를 받을 것으로 나타남. 이는 충남의 지형이 저구릉지이면서, 충남 전 연안지역에 걸쳐 행해진 간척사업으로 만들어진 인공호소, 농경지의 재침수, 해안에 위치한 위락시설 등의 침수에 의한 것으로 판단됨

○ 담수 호소에 해수의 침입이 발생하면 담수 호소의 물을 농업용수로 사용하는 인근 경작지에 큰 타격을 입을 것이며, 이는 충남 연안의 농촌가계에 경제적인 타격을 줄 것으로 예상됨

○ 연안지역에 인접한 시가화지역은 해수면 상승 시나리오의 첫 번째 단계부터 반응을 보이는데, 연안지역에 밀집한 항구와 방파제, 해수욕장에 인접하여 들어선 많은 인공시설물들은 그 피해를 상당히 받을 것으로 예상됨

○ 특히 본 연구지역의 해빈 및 해안사구는 해안지역의 경사가 완만하고 표고가 높지 않아 해수면 상승 시 그 피해 역시 매우 클 것으로 판단됨

<표 6> 해수면 상승 시나리오별 토지피복별 침수예상면적

(단위 : ㎢)

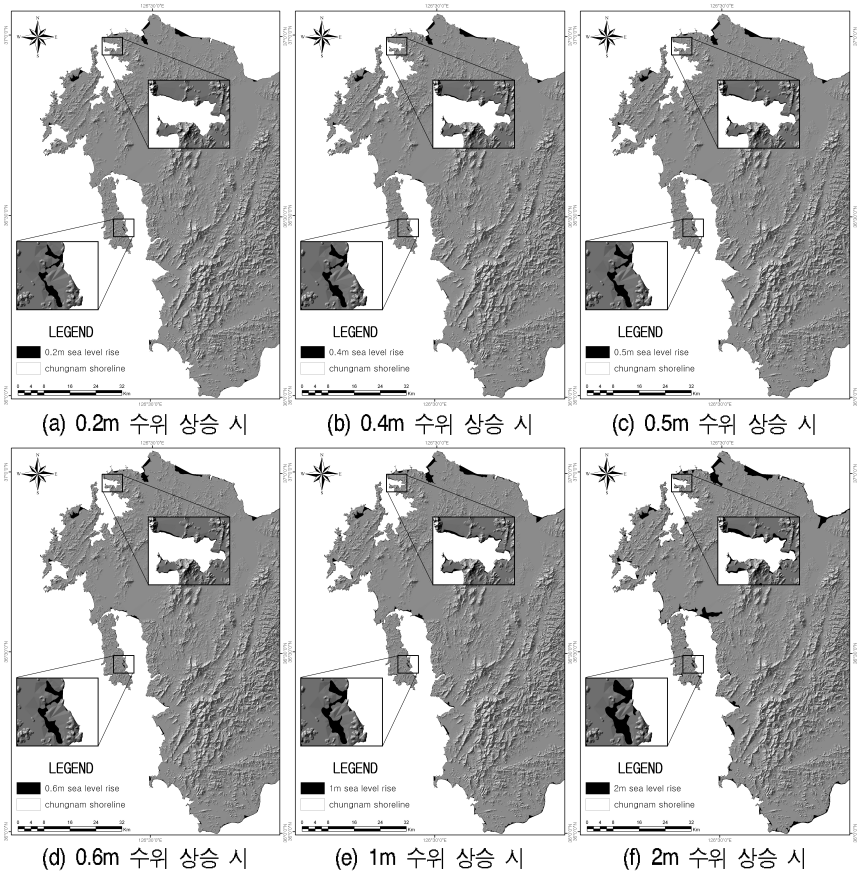
분류(class)	현재 토지피복면적	0.2m 상승	0.4m 상승	0.5m 상승	0.6m 상승	1m 상승	2m 상승
호소(water)	136.0	8.88	11.95	13.35	14.64	19.67	34.68
삼림지(forest)	2,034.9	1.90	2.41	2.66	2.88	3.73	5.90
논(paddy)	782.7	2.42	3.44	4.15	4.86	7.92	20.89
시가화지역(urban)	516.9	5.47	7.12	7.82	8.51	11.07	17.31
습지(marsh)	130.7	8.31	9.74	10.39	10.92	13.10	18.40
밭(dryland)	1,311.5	1.41	1.96	2.22	2.45	3.38	6.10
나대지(bareland)	76.1	0.55	0.81	0.93	1.06	1.50	2.61
Total	9,963.0	28.94	37.43	41.52	45.31	60.38	105.88

○ <그림 6>을 보면 0.2m상승 시나리오만으로도 충남지역에 위치한 대부분의 해수욕장들이 피해권에 들어옴을 알 수 있음

○ 그 중 몽산포, 연포, 대천, 춘장대 해수욕장 등의 휴양지와 태안군 해빈해안 일대는 해수면 상승 시 대부분 침수될 것으로 예상됨

○ 해빈이 침수된 주변 지역의 경제는 휴양지 기능의 상실로 인하여 많은 영향을 받을 것이며, 또한 1차적 침수로 인하여 2차적인 침식이 발생할 경우 해빈에 인접해 위치한 건물은 침수와 침식의 위험에서 방심할 수 없는 범위에 놓이게 될 것임

○ 특히 대천해안 일대나 서산해안 주변이 침식에 의한 피해가 클 것으로 생각되며 이에 대한 적절한 조치가 필요할 것으로 판단됨



(a) 0.2m 수위 상승 시 (b) 0.4m 수위 상승 시 (c) 0.5m 수위 상승 시

(d) 0.6m 수위 상승 시 (e) 1m 수위 상승 시 (f) 2m 수위 상승 시

<그림 6> 각 시나리오별 침수예상지

○ 해수면 상승에 따른 충남 연안지역의 침수취약지를 각 시군별로 살펴보면, 서천군에서 가장 큰 피해가 예상되는 지역은 금강의 지류인 길산천에 연하는 서천군 화양면 고마리, 장상리, 망월리 일대와 서천군 마서면 도삼리, 신포리, 산내리 일대와 서천군 기산면 내동리, 두남리, 두북리 일대로 나타남

○ 보령시의 경우 남포방조제가 위치한 남포면의 양항리와 삼현리, 주교면 은포리 일대가 가장 큰 침수피해를 받을 것으로 예상됨

○ 홍성군의 경우 서산 A지구 간척지가 있는 서부면 광리 지역이 가장 큰 피해가 예상됨

○ 태안군의 경우 이원방조제가 있는 이원면 포지리, 내리 일대가 가장 큰 침수피해를 받을 것으로 판단되며, 특히 태안군에 속한 안면도는 전 연안에 걸쳐 침수취약지가 나타났음

○ 서산시의 침수취약지는 대산읍 독곶리, 대죽리 일대와 대호 방조제가 있는 화곡리, 운산리 일대가 가장 큰 침수피해가 발생할 것으로 나타났으며, 서산 A·B방조제 내부에 있는 농경지들 역시 큰 피해가 발생할 것으로 나타났음

○ 방조제 건설 등으로 자연해안이 거의 없는 당진군은 방조제가 건설된 석문호, 대호, 삽교호 일대에서 가장 큰 침수피해가 발생할 것으로 보이며, 신평면 복운리, 전대리, 매산리 일대의 농경지도 침수 피해를 받을 것으로 나타났음

○ 아산시의 경우 삽교호에 접한 일대와 선장면 신문리, 가산리, 둔포리, 선창리 일대, 인주공단지방산업단지가 있는 인주면 걸매리와 공세리, 문방리 일대가 해수면 상승에 따른 침수취약지로 나타났음

3. 시나리오별 간석지의 영구적인 침수면적 예상

○ 조차가 큰 해안에 널리 나타나는 간석지는 조류의 운반물질이 쌓여 이루어지는 해안퇴적지형의 하나임

○ 충청남도의 주요갯벌은 아산만갯벌, 당진갯벌, 서산갯벌, 가로림만갯벌, 이원갯벌, 원북갯벌, 근흥갯벌, 남면갯벌, 천수만갯벌, 보령갯벌, 비인만갯벌, 장항갯벌 등임

○ 충청남도의 갯벌은 1970년대 이후부터 지속적으로 개발되었고, 지난 십년 동안에만 충청남도 내의 갯벌 중에 약 40%가 사라져 현재는 가로림만 갯벌이 거의 유일하게 남아 있는 대형 내만 갯벌이라고 할 수 있음

○ 간석지의 매립은 생태계 전반에 걸쳐 영향을 미치고 있어 갯벌보호 대책이 시급한 실정임

○ 기후변화에 의한 해수면 상승에 따라 조간대지역인 간석지의 영구적인 침수가 예상되고 있으나 간석지에 대한 정확한 이해나 자료의 구축이 이루어지고 있지 않음

○ 따라서 본 연구자는 해도의 수심도와 수치지형도의 고도를 이용하여, 육지와 바다의 중간지역인 간석지의 개략적인 고도 값을 구한 후, 기후변화에 의한 해수면 상승에 따른 영구적인 침수가 예상되는 간석지의 면적을 산출하였음

○ 기후변화에 의한 해수면 상승시 천수만 갯벌과 장항갯벌 가로림만 갯벌, 보령갯벌이 가장 많은 침수피해를 받을 것으로 예상되며, 예측수위가 올라갈수록 그 피해 범위가 비인만갯벌, 남면 갯벌 등으로 확산되는 것을 알 수 있었음. 그러나 특이하게 원북갯벌과 근흥갯벌은 100cm 이상 상승해야 영구적인 침수피해가 발생하는 것으로 나타났음

4. 해수면 상승에 따른 침식취약지

○ 충청남도의 전 해안을 따라서 파랑의 침식을 직접 받는 지역의 헤드랜드 전면의 중심에는 해식애와 파식대가 나타남

○ 아산만의 한진리, 태안군의 안면도 둔두리, 보령의 신흑동, 웅천의 관당리 등지에서 행해진 연구에 따르면, 충남의 파식대 생성·발달과정에 있어서의 주된 해성침식작용은 파랑에 의한 취거작용 및 마식작용에 의해 수행되는 것으로 보임

○ 그러나 충남해안 지역에 있어서 절애의 후퇴와 파식대의 확장은 주로 태풍 등의 기상이변 시에 출현하는 거파의 취거작용과 마식작용에 의하여 행해지는 것으로, 일단 확대된 파식대의 이차적·수직적인 침식·저하과정에 있어서도 파랑의 취거작용과 마식작용이 가장 큰 역할을 하는 것으로 보임

○ 현재 헤드랜드 뿐만 아니라 만입지 내의 파랑에 의한 침식의 진행이 발견되고 있으며, 특히 서천 송림리, 서천 해창리, 태안 천리포, 대산 독곶리 등은 해수에 의한 침식이 아주 빠르게 진행되고 있는 지역임

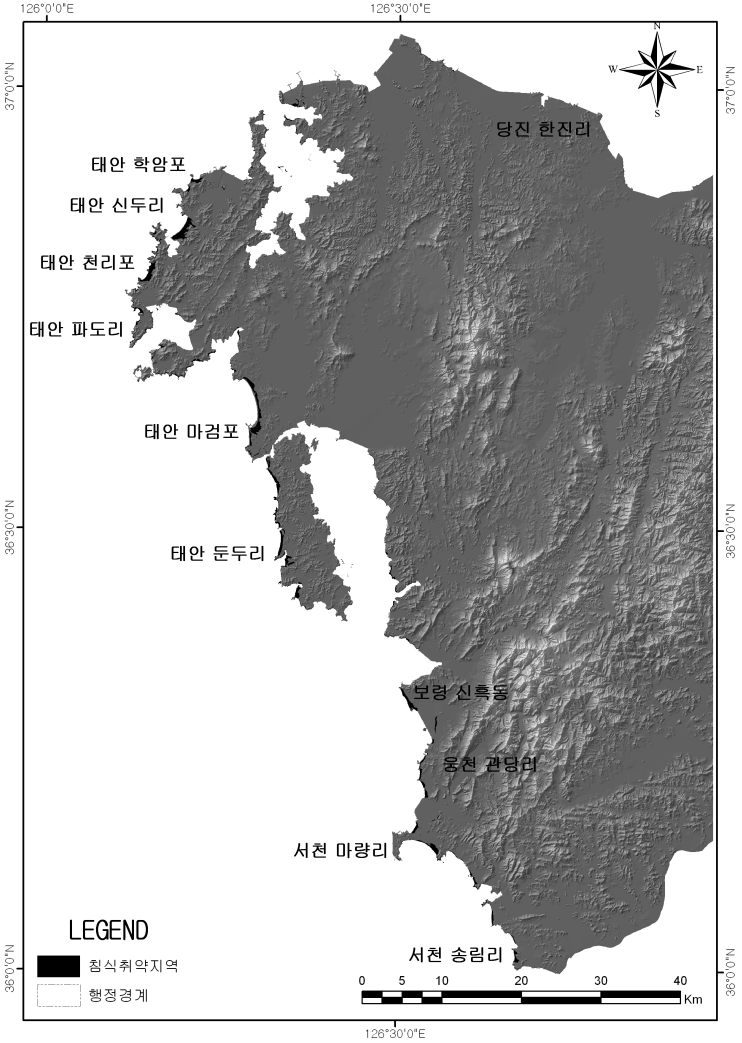
○ 이러한 지역들은 파랑의 침식에 의한 방조제의 파괴, 모래의 유출을 막기 위해, 방조제 건설 및 모래포집기를 설치하여 그 피해를 줄여보려 하고 있으나, 기후변화에 따른 해수면 상승이 동반된다면 현재 침식이 진행되고 있는 지역 외에 해안 침수에 의해 형성된 헤드랜드에서도 해안 침식이 진행될 것으로 판단됨

<그림 7> 백중사리때 파랑에 의해 파괴된 방조제

<그림 8> 해안침식에 따른 방호벽공사

<그림 9> 삼봉해수욕장의 모래포집기

<그림 10> 장구만내의 해창 부근 해안침식



<그림 11> 해수면 상승시 침식취약지

V. 결 론

○ 본 연구를 통해 기후변화에 의한 해수면 상승이 충남 연안역에 미치는 영향을 분석할 수 있었음

○ 충남지역 해안선의 길이는 760.9㎞이며, 해수면이 0.2m 상승할 경우 해안선의 총연장은 7.5㎞ 줄어든 753.4㎞이며, 0.4m 상승할 경우 해안선의 총연장은 755.7㎞로 증가되고, 0.5m 상승시 755.8㎞, 0.6m 상승시 758.9㎞, 1.0m 상승시 772.6㎞, 2.0m 상승시 현해안선에서 88.9㎞가 증가된 849.7㎞로 나타났으며, 각 해수면 상승 시나리오별 침수 면적은 0.2m 상승시 29.0㎢, 0.4m 상승시 37.5㎢, 0.5m 상승시 41.6㎢, 0.6m 상승시 45.5㎢, 1.0m 상승시 60.5㎢, 2.0m 상승시 106.1㎢인 것으로 나타났음

○ 해수면 상승에 따른 충남 연안지역의 침수취약지를 각 시·군별로 살펴보면, 서천군의 경우 금강의 지류인 길산천에 연하는 서천군 화양면 고마리, 장상리, 망월리 일대와 서천군 마서면 도삼리, 신포리, 산내리 일대와 서천군 기산면 내동리, 두남리, 두북리 일대로 나타났음

○ 보령시의 경우 남포방조제가 위치한 남포면의 양향리와 삼현리, 주교면 은포리 일대가 가장 큰 침수피해를 받을 것으로 예상되며, 홍성군의 경우 서산 A지구 간척지가 있는 서부면 광리 지역이 가장 큰 피해가 예상됨

○ 태안군의 경우 이원방조제가 있는 이원면 포지리, 내리 일대가 가장 큰 침수피해를 받을 것으로 판단되며, 특히 태안군에 속한 안면도는 전 연안에 걸쳐 침수취약지가 도출되었음

○ 서산시의 침수취약지는 대산읍 독곶리, 대죽리 일대와 대호 방조제가 있는 화곡리, 운산리 일대가 가장 큰 침수피해가 발생할 것으로 나타났으며, 서산 A·B방조제 내부에 있는 농경지들 역시 큰 피해가 발생할 것으로 도출

○ 방조제 건설 등으로 자연해안이 거의 없는 당진군은 석문호, 대호, 삽교호 일대에서 가장 큰 침수피해가 발생할 것으로 보이며, 신평면 복운리, 전대리, 매산리 일대의 농경지 역시 침수 피해지역으로 나타남

○ 아산시의 경우 삽교호에 접한 일대와 선장면 신문리, 가산리, 둔포리, 선창리 일대, 인주공단 지방산업단지가 있는 인주면 걸매리와 공세리, 문방리 일대가 해수면 상승에 따른 침수취약지로 나타났음

○ 현재 충청남도와 같은 지자체 차원에서의 기후변화대응에 대한 pilot 연구가 거의 전무한 상태이므로 pilot 연구를 통한 연안역의 현황을 정밀하게 파악하는 것과 과거의 관련 자료를 구축하고 대책을 마련하는 것이 무엇보다 중요함

○ 이를 위하여 다음과 같은 연구가 진행되어야 할 것으로 사료됨

첫째, 충남해안지역에서의 기후변화영향평가를 시행하기에 적합한 가설과 연구 방법 수립

둘째, 충남 시군별 기후변화에 따른 농수산업·생태계·자연재해·사회경제 분야 취약성 평가

셋째, GIS 기반 통합 충남 연안관리 시스템 구축

넷째, 충남 해안지역의 기후변화 적응 및 완화 기법을 통한 대응 체제 구축

◆ 참 고 문 헌 ◆

강대균, 2003, 해안사구의 물질 구성과 플라이스토세층 -충청남도의 해안을 중심으로-, 대한지리학회지, 38(4), 505-517

강주환, 박선중, 박민원, 2008, 서남해안의 해수면 상승과 해일고 증가 경향, 한국해안·해양공학회논문집, 제20권 제1호

문승록, 강태순, 남수용, 황준, 2007, 폭풍해일에 의한 해안침수예상도 작성 시나리오 연구, 한국해안·해양공학회지, 19(5), 492-501

손창배, 1999, 해수면 상승에 의한 해안선의 잠재적 후퇴거리 산정, 한국해안·해양공학회지, 11, 34-40

원대희, 김계현, 박태옥, 최현우, 곽태식, 2004, GIS를 활용한 연안침수지도 제작에 관한 연구, 한국지형공간정보학회지, 12(1), 69-77

장동호, 김장수, 2009, 충남 연안 지역에서 기후변화에 의한 해수면 상승에 따른 취약성 평가, 한국지형학회지, 16(2). 1-13

전미숙, 1997, 지구온난화로 인한 해수면 상승에 따른 충남 서해안의 해안선과 연안역 변화에 관한 연구, 공주대학교 교육대학원 석사학위논문

조하만, 1993, "지구온난화와 한반도 부근의 기온변화" 생태계 위기와 한국의 환경문제, 도서출판 따님

최성길, 1982, 우리나라 서해안의 Shore Platform 연구, 서울대학교 석사학위논문

최진영, 김계월, 정일웅, 2006, 지구 온난화로 인한 해수면 상승과 한반도 침수가능 면적의 전망, 한국기상학회 가을 학술대회 논문집

충청남도, 2007, 충청남도 통계연보

한국해양연구원, 1992, 지구환경변화에 대한 해양학적 조사연구

한국환경정책·평가연구원, 2002, 지구온난화에 따른 한반도 주변의 해수면 변화와 그 영향에 관한 연구Ⅱ

해양수산부, 2001, 전국연안 침식방지 종합대책

해양수산부, 2002, 국제해도(W302, W323)

Bruun, C. R., 1983, Sea level rise as a cause of shore erosion, Journal of Waterways and Harbors Division(ASCE)1

IPCC, 2001, Climate Change 2001: The Scientific Basis

IPCC, 2007, Climate Change 2007: The Physical Science Basis

Mercer, J. H., 1968, Antarctic ice and Sangamon sea level, Geological Society of America Bulletin 79

http://www.wwf.org

장 동 호, gisrs@kongju.ac.kr
공주대학교 지리학과 조교수
Tel. 041-850-8421

윤 정 미, coco@cdi.re.kr
충남발전연구원 지역정책연구부 책임연구원
Tel. 041-840-1137

충남리포트 리스트

구분	보고서 제목	집필자	발행일
2008-01	허베이 스피리트(Hebei Spirit)호 기름유출 사고와 지역발전 전략	송두범	2008. 1.21
2008-02	황해경제자유구역 지정과 향후 발전 과제	강영주	2008. 2.22
2008-03	충청남도 공공디자인 추진전략	이충훈·권영현	2008. 3.19
2008-04	국가적 도시재생연구 추진에 따른 충청남도의 대응과제	조봉운·송두범	2008. 5. 2
2008-05	「국제과학비즈니스벨트」의 핵심내용 및 성공적 구축과제	송두범·강영주	2008. 5.27
2008-06	방위산업의 현황과 국방과학클러스터 구축방안	이관률	2008. 6.19
2008-07	외국인 직접투자의 지역경제 파급효과	신동호·강영주	2008. 7.30
2008-08	충남 중소제조업의 성장과 변화 분석	백운성	2008. 8.29
2008-09	충남 균형발전지표 개발 및 시·군별 균형발전 평가	원종문·강영주	2008. 9.30
2008-10	「신성장동력 비전 및 발전전략」 발표에 따른 충남의 대응방안	백운성	2008.10.30
2008-11	국가경쟁력 강화를 위한 국토이용 효율화 방안 분석	오용준	2008.11.28
2008-12	생물다양성 국내외 현황 및 확보 방안	정옥식	2008.12.30
2009-01	충남 지역경제살리기를 위한 부품소재 전문 농공단지 활성화 전략	강영주	2009. 1.30
2009-02	충청남도의 금강 살리기 연계 발전전략	한상욱	2009. 2.24
2009-03	충남의 온실가스 배출특성 분석	정종관	2009. 3.11
2009-04	바람직한 금강 하구역 개선을 위한 부분 해수유통 방안	전승수·한상욱	2009. 3.18
2009-05	굴포운하의 역사적 의의와 현대적 활용방안	오석민·한상욱	2009. 4.24
2009-06	안면도국제꽃박람회의 지역파급효과와 발전전략	이인배	2009. 5. 8
2009-07	충청남도의 사회적기업 육성전략	임준홍	2009. 6.29
2009-08	태안군 녹색성장메카 육성을 위한 환경생태관광의 여건과 발전전략	이인배	2009. 7.23
2009-09	이야기길 관광자원화 사례로 본 충청남도의 대응과제와 발전전략	최인호	2009. 8. 6
2009-10	로컬푸드의 실태 및 충남의 실천과제	윤병선·유학열	2009. 9. 7
2009-11	충남 전통시장의 특성과 활성화 전략	임준홍·이상준외	2009. 9.30
2009-12	지역 통계발전을 위한 실천 방안	조한석·백운성	2009.10.30
2009-13	충남 농수산품 수출실태와 활성화 전략	임형빈·유학열	2009.11. 9
2009-14	행정중심복합도시 건설은 반드시 지속 추진되어야 한다!	김용웅	2009.11.18
2009-15	충남지역 자원봉사활동의 실태와 활성화 방안	이재완·이관률	2009.12.11
2009-16	대전·충남의 금융산업과 지역발전	류덕위·김양중	2009.12.31
2010-01	국가 도시재생 정책에 대응한 충남의 도시재생 전략	임준홍·조수희외	2010. 1.29
2010-02	대전충남지역 4년제 대학졸업생의 노동시장분석	김동준·김양중	2010. 2.24
2010-03	충남의 지역경제 개관 -사회계정행렬(SAM)을 통한 분석	임재영	2010. 3.10
2010-04	충청남도 사회적 기업 육성전략 II	이용재·임준홍	2010. 3.18
2010-05	충청남도 공공디자인 추진전략 II	이충훈·권영현	2010. 4. 5
2010-06	아·태지역 인적자원개발과 충남의 정책적 시사점	최병학	2010. 4.30
2010-07	중국 시장에 대한 충남의 수출경쟁력 분석	김양중	2010. 5.10
2010-08	충남 도시농촌 교류정책의 현황 및 과제	송두범	2010. 5.27
2010-09	대전·충남지역 전문대 졸업생의 노동시장분석	김동준·김양중	2010. 6. 3

▣ 충남발전연구원 홈페이지(www.cdi.re.kr)에서 쉽게 볼 수 있으며, 인용시 출처를 정확히 밝혀주세요!