

인도네시아 기후변화대응을 위한 해안보호 및 관리정책사업 소개



박 원 경
(주)대영엔지니어링
부설기술연구소 이사
ocean21c@hanmail.net



최 성 호
한국국제협력단
인도네시아사무소장
choi@koica.go.kr

1. 서론

2007년 12월 4일, “기후변화 못 막으면 인도네시아 수도 옮겨야” 라는 머리기사로 연합뉴스의 방콕 특파원은 지구촌의 기후변화를 막지 못할 경우 세계 최대의 군도(群島)로 이루어진 인도네시아 다수의 섬이 지도 상에서 사라질 뿐 아니라, 수도인 자카르타는 고지대로 옮겨야 할 상황이 발생할 것이라고 보도하였다. 이 기사에는 기후변화로 인하여 인도네시아에 다가올 자연재해 피해에 대한 암울한 미래를 적나라하게 보여주고 있다. 인도네시아 반둥공과대학의 기상학자인 아르미 수산디 교수는 인도네시아의 경우 2080년까지 매년 해수면이 0.5cm씩 상승하고 저지대에 위치한 수도 자카르타 전면 해상은 이보다 0.87cm씩 해수면이 높아질 것으로 예상했다. 수산디 교수는 “2050년에는 자카르타의 24%가 사라질 것”이라며 “수도를 자카르타로부터 동쪽으로 180km 떨어진 고지대 도시인 반둥으로 옮겨야 할지 모른다”고 말했다.

인도네시아의 해안선은 총 연장 95,181km로 세계에서 2번째로 길고 약 17,000여 개의 섬들로 이루어져 있다. 그러나 체계적이지 못한 해안관리로 해안 지역 인프라, 농업, 산림자원, 생태 및 도시기반 시설이 훼손되고 있으며, 기후변화로 그 영향은 더욱 악화될 것으로 예상된다. 이에 인도네시아 정부는 해안지역의 침수, 수위상승으로 인한 각종 재해의 심각성을 인식하고, 중앙정부 차원에서 기후변화대응을 위한 해안보호 및 관리정책을 수립하기 위하여 필요한 관련기술을 인도네시아 국가개발기획청(BAPPENAS)을 통해 우리 정부에 요청하였다. 이에 우리 정부는 한국국제협력단(Korea International Cooperation Agency, KOICA)이 주관이 되어 2009년 8월부터 사업요청 접수, 타당성 검토, 사전조사 실시, 실시협의 및 RD(Record of Discussions)체결, PMC(Project Management Company) 선정 과정을 거쳐 2010년 6월 ‘인도네시아 기후변화 대응을 위한 해안보호 및 관리정책사업’을 발주하였다.

본 사업은 최우선 보호지역에 대한 마스터플랜 수

립을 담당한 (주)대영엔지니어링을 주관사로 하여 데이터베이스 구축을 맡은 (주)지오투정보기술, 중장기 해안보호 및 관리정책 로드맵을 수행하는 한국 해양수산개발원이 컨소시엄 형태로 수행하고 있다. 2010년 6월 29일 본 사업을 착수하여 국내전문가 파견, 현지 전문가와의 협력체계 구축 및 현지사무소 개소 등을 위한 수원국과의 수 차례 협의를 거쳐 2010년 9월 말부터 자카르타 현지에 합동사무실을 열고 사업을 수행하고 있다. 본 사업의 특징 중 하나는 국내 전문가와 함께 현지 전문가들이 과업수행의 전 과정에 직접 참여하는 공동업무수행체계를 구축한 것으로 양국의 기술교류와 기술이전이 원활히 이

루어질 수 있도록 한 것이다. 인도네시아 현지여건에 적합한 해안보호 및 관리정책 수립과 향후 구축될 데이터베이스 시스템의 지속적인 유지관리, 운영을 위해서는 무엇보다도 현지 전문가들의 참여가 본 사업의 성공을 위해 필수적이기 때문이다. 본 사업의 주요내용은 <표 1>에 정리하였다.

본 고에서는 그 동안 조사된 인도네시아 주요 해안의 피해 현황과 원인을 고찰하고 향후 마스터플랜 수립을 위한 추진계획을 소개하고자 한다.

표 1) 사업의 개요

구분		내용		
사업명	인도네시아 기후변화대응을 위한 해안보호 및 관리정책 사업			
사업목적	인도네시아 해안보호 및 관리에 대한 정책수립역량을 강화함으로써, 지반침하, 침수 등 해안지역의 피해를 최소화함과 동시에 인도네시아의 기후변화적응에 기여			
사업내용	한국	전문가 파견	- 중장기 해안보호 및 관리정책 로드맵 수립 - 해안보호 및 관리를 위한 데이터베이스 구축 - 최우선 보호지역에 대한 마스터플랜 수립	
		국내초청연수	- 해안보호 관리 분야 정책결정자 및 실무자급 10명/10일	
		기자재 지원	- 현지조사용 차량 2대 및 Data Bank 구축용 서버시스템 등	
		기 타	- 실시협의, 중간 및 종료 평가 등	
	인도네시아	사업지원	- 사업 진행을 위한 법적, 제도적, 행정적 지원 - 카운터 파트 인력지원 - 현지조사 및 자료수집 지원 - 현지 파견 전문가 사무 공간 제공 및 행정적 지원 - 사업 관련 기자재 면세 통관 등	
		사업대상지역	인도네시아 전 해안역 및 주요 재해/환경 민감지역(Semarang, Jakarta, etc.)	
		사업규모/기간	300만불 / 2010-2011(2년)	
		수혜자	인도네시아 해안침수피해 지역 주민	
기대효과	한국	인니 전역의 재해/환경 민감 지역에 대한 관리 제어기술의 확산을 통한 국가위상 제고		
	인도네시아	해안관리기술 제고 및 데이터뱅크 구축으로 인한 선진 공간정보기법 습득		
시행기관	한국	한국국제협력단(KOICA)/(주)대영엔지니어링, (주)지오투정보기술, 한국해양수산개발원		
	인도네시아	인도네시아 국가개발기획청 (State Ministry of National Development Planning/BAPPENAS)		

2. 인도네시아의 재해 현황

1) 자연재해 현황

인도네시아의 자연재해 현황(〈표 2〉)을 보면, 화산과 지진을 제외한 해양성 재해인 홍수, 범람, 파랑, 해일의 피해가 심각하다. 2004년 수마트라 지진 해일 피해 이후, 해안지역 염생식물(Sea grass, Mangrove 등)의 해안보호 기능이 부각되면서 무분별한 벌목을 정책적으로 금하고 있다. 그러나 기후 변화 및 해수면 상승 등에 노출된 해양에서 발생되는 파랑 및 조석운동에 대비할 수 있는 해안보호에는 한계를 갖고 있다. 최근에는 기후변화로 인한 해수면 상승과 과거보다 강력한 열대성 저기압으로 생성된 폭풍 및 파랑으로 인한 피해가 속출하고 있는 실정이다. 특히, 인도네시아 자바섬 북부 해안에 위치한 자카르타(Jakarta) 시, 스마랑(Semarang) 시의 경우 지진해일 피해는 거의 없으나 저지대가 많아 수 cm의 해수면 상승과 같은 작은 해양환경변화에도 대규모의 해수범람과 해안침식 피해가 발생하는 등 대표적인 환경민감지역(environmentally sensitive area)으로 꼽히고 있으며, 시급한 대책 마련이 필요한 상황이다.

이에 본 사업은 기후변화영향에 대응하기 위한 해안보호를 목적으로 하므로 지진, 화산, 지진해일 문

제는 다루지 않으며, 해수면 상승 등 기후변화영향에 취약한 자바섬 북부 해안을 중점 대상지역으로 하여 해안보호 및 관리정책의 로드맵을 수립하고, 이중 최우선 보호지역을 선정하여 마스터플랜을 수립할 계획이다.

2) 해안피해 유형과 대응 현황

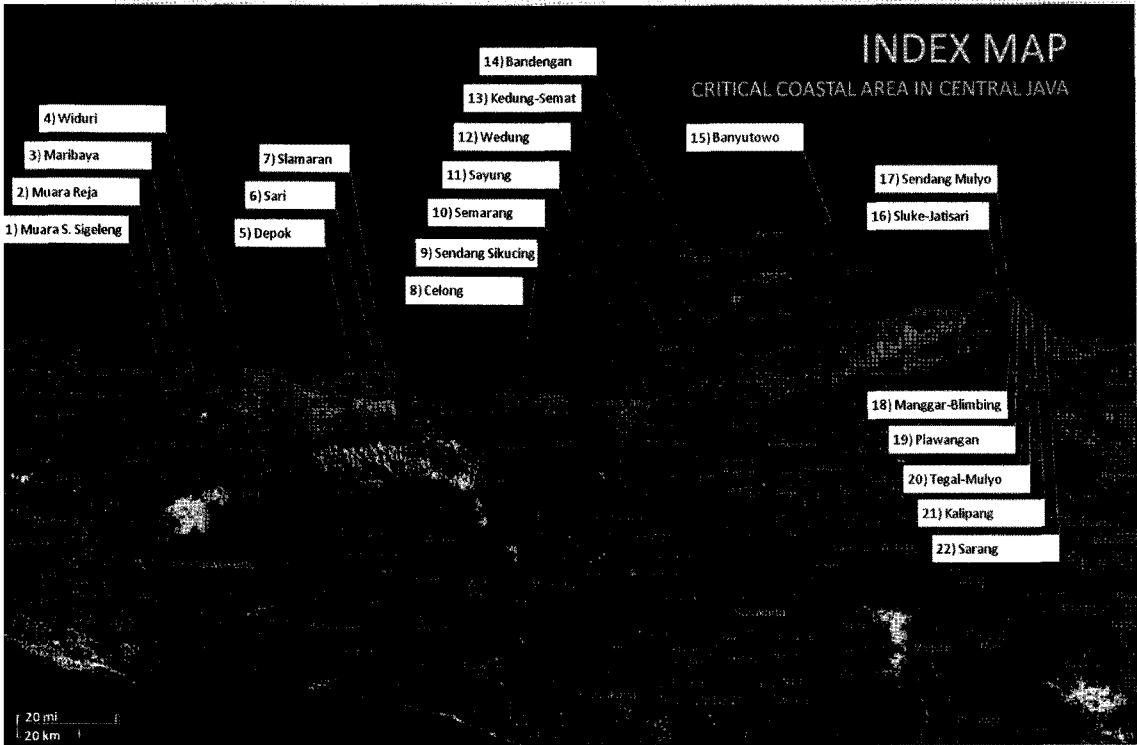
본 사업 착수 후 로드맵 수립 및 최우선보호지역 선정을 위하여 피해가 심한 해안지역에 대한 현장조사가 진행 중에 있다. 본 고에서는 기후변화영향에 취약한 자카르타 및 중부자바 북부해안의 해안피해와 대응 현황을 소개하고자 한다.

〈그림 1〉은 중부자바 북부해안의 피해우심지역의 위치도이며, 〈표 3〉은 각 피해우심지역에 대한 피해유형과 대응실태를 나타낸 것이다. 피해현황을 살펴보면 중부자바 북부해안의 13개 시·군의 총 해안선 길이 441.1km 중 약 19%에 해당하는 84km의 해안에서 피해가 발생하였으며, 대책마련 없이 방치되어 있는 해안이 71.5km(약 85%)에 달하는 것으로 조사되었다. 일부 지역에 돌제, 도류제, 호안, 방파제와 같은 구조물로 대책을 수립하고 있으나 이러한 시설은 주로 해안선 보호를 위한 시설로서 배후지역에서 광범위하게 발생하는 해수범람 피해를 저감하는 데에는 한계가 있어 보다 근본적인 대책 마련이

〈표 2〉 인도네시아의 자연재해 현황 (1907~2007)

구분	발생횟수(건수)	사망자(명)	총 인명피해(명)	피해액US\$ (million)
지진	85	28,661	5,032,718	3,972
홍수, 범람	109	5,576	7,401,098	2,008
화산	46	17,945	990,942	344
파랑 / 지진해일	8	167,852	570,561	4,507
폭풍	10	1,992	19,698	N/A
합계	258	222,026	14,015,016	10,831

(자료: The OFDA/CRED International Disaster Database, www.em-dat.net)



〈그림 1〉 중부자바 북부해안의 피해우심지역 위치도

필요한 실정이다.

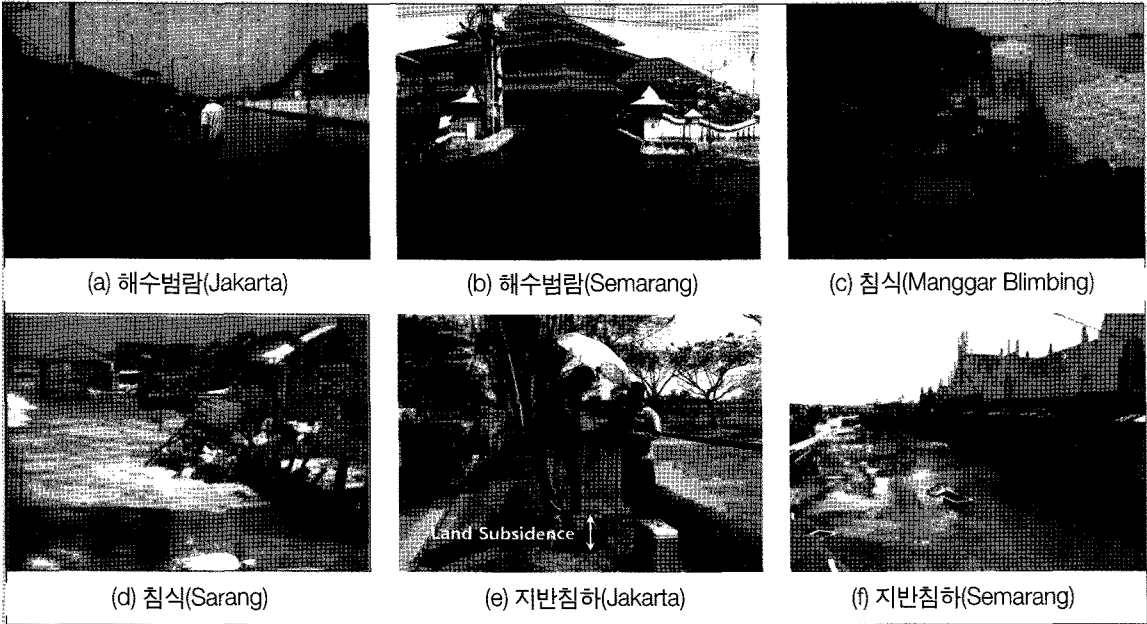
해안피해지역들의 유형을 살펴보면 해수범람과 해안침식이 주를 이루고 있다. 스마랑시의 경우에는 해수범람, 해안침식 및 퇴적뿐만 아니라 지반침하와 하천범람에 의한 홍수 등이 더해져 복합적으로 피해가 발생하고 있다. 〈그림 2〉는 해수범람, 해안침식, 지반침하로 인한 주요 피해지역의 현황을 보여준다. 피해발생유형 중에서 특이할 만한 점은 해수범람과 지반침하이다. 우리나라의 경우 해수범람은 주로 태풍 통과 시 저기압에 의한 해면상승과 바람, 파랑에 의한 해면상승이 만조 시와 겹쳤을 때 주로 발생한다. 그러나 자카르타, 스마랑 등 자바섬 북부해안에 위치한 지역에서 나타나는 해수범람은

대부분 조석운동으로 상승된 해수가 내륙으로 밀려 들어와 저지대를 주기적으로 범람시킨다는 것이며, 이러한 현상을 이곳 사람들은 “Rob”이라 부르고 있다. 〈그림 2〉의 (a), (b)는 각각 자카르타와 스마랑 지역에서 발생한 해수범람 피해전경으로 맑은 날임에도 불구하고 고조시 상승한 해수에 침수된 거리를 보여준다. 자카르타의 경우, 2007년 11월 26일 천문학적 조석 변동 주기(18.6년)에 따른 최대 고조조에 달하면서 가옥침수 70,000채, 이주민 42만명, 사망 69명, 피해액 \$4.5억 달러에 달하는 대규모 침수피해를 입었다. 스마랑 지역도 오래 전부터 조위로 인한 해수범람이 주기적으로 발생하고 있다. 이러한 현상은 지속적인 해수면 상승과 지반침하로

현장소식

〈표 3〉 중부자바 해안의 주요 피해내용 및 대응 현황 (2011년 기준)

No.	피해 지구명	시·군명 / 해안선길이(km)	총 피해 구간(km)	대책 구간(km)	미 대책 구간(km)	피해유형	대응 내용
1	Muara S, Sigeleng	Brebes Regency (53km)	2	2	0	해수범람, 해안침식, 하천범람	- '08: 도류제2기 340m - '09: 돌제2기 310m
2	Muarareja	Tegal City(8.5km)	5	-	5	해수범람, 맹그로브 침식	-설계('08)
3	Maribaya	Tegal Regency (19.5km)	7	-	7	해안침식	
4	Widuri	Pemalang Regency(28.5km)	2	2	0	해안침식	- '09: 돌제2기 310m - '10: 돌제6기 600m
5	Depok	Pekalongan Regency(7km)	4	1	3	해수범람, 해안침식	- '09: 돌제5기, 호안500m
6	Sari	Pekalongan City (6km)	1	-	1	해수범람, 해안침식	-설계('08)
7	Slamaran		3	3	0	해안침식/퇴적, 염수침투	- '02~ '04: 방파제336m - '06~ '07: 호안1,113m
8	Celong	Batang Regency (38.5km)	4	-	4	해안침식	
9	Sendang Sikucing	Kendal Regency (41km)	3	-	3	해수범람, 해안침식/퇴적	
10	Semarang	Semarang City (13km)	4	-	4	해수범람, 해안침식/퇴적, 지반침하, 하천범람	
11	Sayung	Demak Regency (34.1km)	7	0.45	6.55	해수범람, 해안침식	-설계('05)
12	Wedung		3	-	3	해수범람	
13	Kedung Semat	Jepara Regency (72km)	7	0.2	6.8	해안침식	-설계('10)
14	Bandengan		2	-	2	해수범람, 해안침식	
15	Banyutowo	Pati Regency (60km)	2	-	2	해안침식	
16	Sluke-Jatisari	Rembang Regency (60 km)	4	-	4	해안침식	-설계('06)
17	Sendang Mulyo		3	-	3	해안침식, 하천범람	-설계('06)
18	Manggar Blimbing		2	-	2	해안침식, 하천범람	-설계('06)
19	Plawangan		3	-	3	해안침식	-설계('06)
20	Tegal Mulyo		4	-	4	해안침식	-설계('06)
21	Kalipang		2	1.3	0.7	해안침식	- '08~ '10: 호안1,300m, 방파제8기1,300m
22	Sarang		3	2.6	0.4	해안침식	- '07~ '10: 호안1,200m, 방파제20기2,500m
계	22개 지구	13개 시·군 441.1km	84km	12.5km	71.5km		

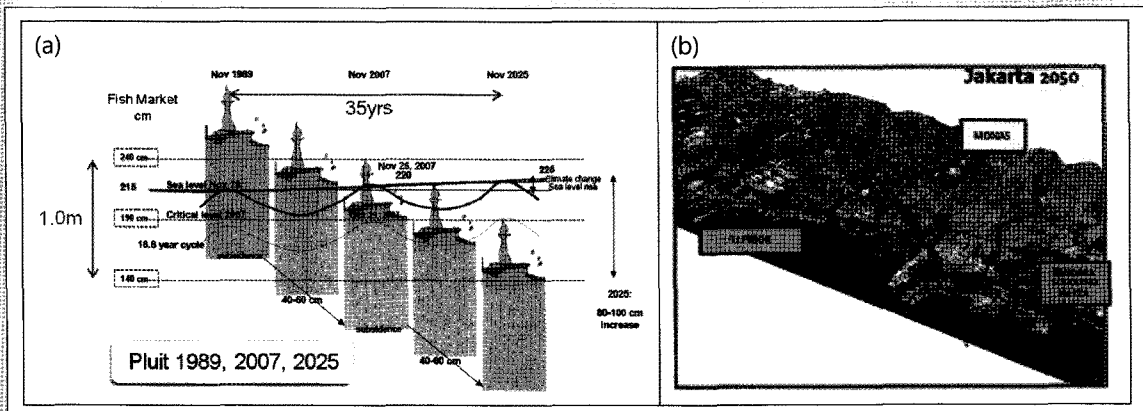


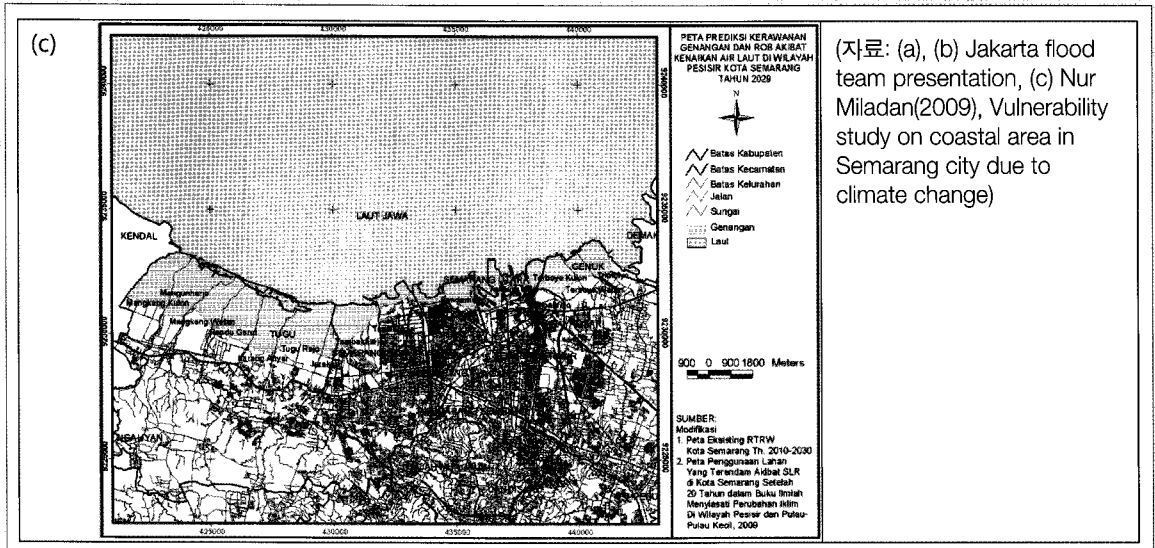
〈그림 2〉 주요 피해유형별 전경

가속화 될 것이며 피해규모도 급속히 커질 것으로 예측된다.

과거에 연구된 침수예측결과들을 살펴보면 〈그림 3〉의 (a)는 자카르타 플루이트(Pluit) 지역의 해수범람 예측개념도로서 해수면상승, 천문조, 지반침하 등

의 복합적인 원인을 고려하고 있으며, (b)는 해수면 상승률 0.57cm/yr, 지반침하율 0.8cm/yr를 가정한 2050년의 자카르타 침수예상도이다. (c)는 스마랑 지역의 해수면상승률을 고려한 2029년의 침수예상도로 해수범람 피해의 심각성과 시급한 대책의 필요





(자료: (a), (b) Jakarta flood team presentation, (c) Nur Miladan(2009), Vulnerability study on coastal area in Semarang city due to climate change)

〈그림 3〉 (a)자카르타 플루잇(Pluit) 지역의 해수범람 개념도; (b)자카르타의 침수예상도(2050년); (c)스마랑 지역의 침수예상도(2029년)

성을 잘 보여주고 있다.

3. 피해원인 고찰

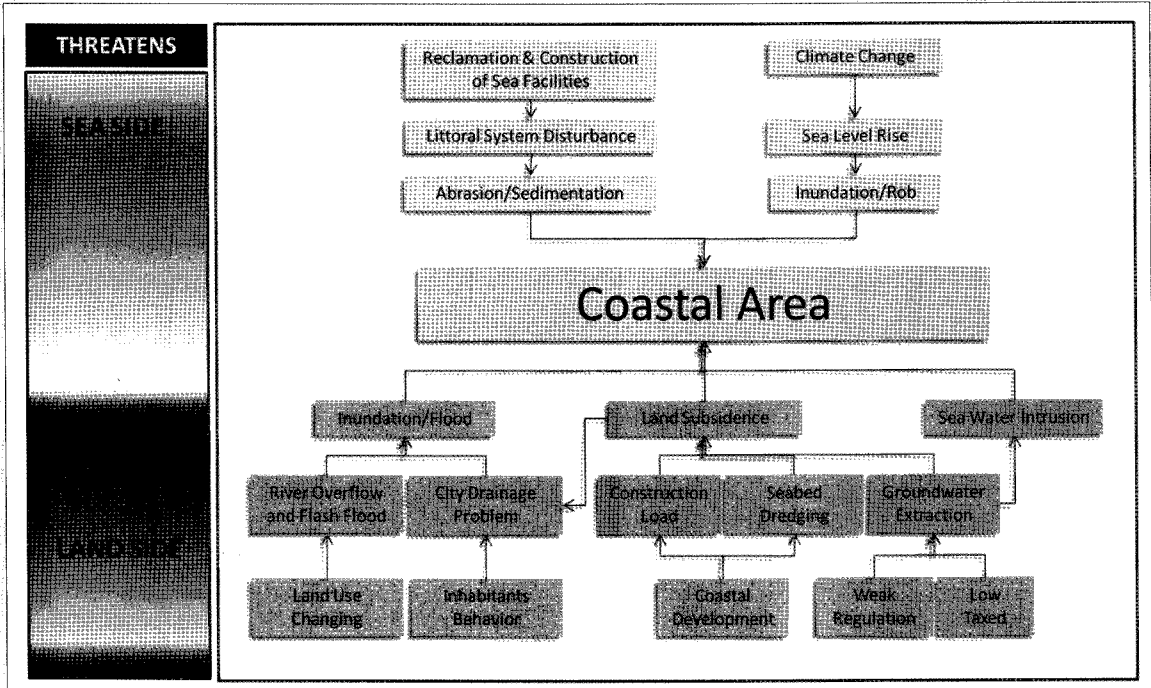
전술한 바와 같이 기후변화영향에 취약한 자카르타 및 중부자바 북부해안은 조석, 파랑, 해수면상승, 강우, 배수체계 등이 복잡하게 연계된 수리현상과 더불어 지반침하, 해안개발 및 토지이용의 변화 등으로 해수범람, 해안침식, 홍수 피해가 심각하게 발생하고 있다. 〈그림 4〉는 이러한 해안피해 현상과 발생원인을 구조적으로 나타낸 것이다. 이 절에서는 이들 지역에 나타나는 해수면상승과 지반침하의 현황과 원인을 좀더 자세히 살펴보기로 한다.

1) 해수면 상승률

유엔 기후변화보고서(IPCC, 2007)에 따르면 지구

온난화로 지구온도가 1.1~6.4℃ 상승할 경우, 해수면은 16~59cm 상승할 것이라고 전망하였다. 미해양 대기청(NOAA)은 1993~2010년간의 위성자료를 분석하여 전 세계의 해수상승 추이 지도를 작성하였으며, 그 결과에 따르면 인도네시아와 필리핀 인근 해역에서 해수면 상승이 비교적 높게 나타난다.

본 사업에서는 인도네시아 해안지역을 대상으로 해수면 상승률을 분석하고 해안지역의 해수면상승 취약성에 대한 평가지표 개발 및 로드맵 수립에 활용하기 위한 작업을 수행 중에 있다. 해수면 상승률을 추정하기 위해 ①조위자료 활용과 ②위성고도계 자료를 활용하는 방법을 인용하였다. 전술한 방법 중, ①조위자료 활용방법은 관측조위자료를 이용하여 해수면 상승 신호를 추출하는 것으로, 육지의 수직운동에 대한 정보 외에도 장기간의 조위자료를 육지의 수직운동에 대하여 보정 후 관측기간별 해수면



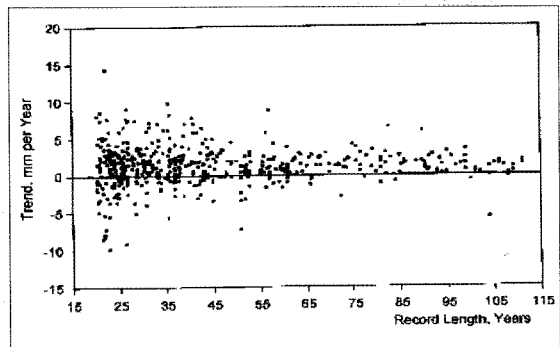
〈그림 4〉 해안지역에 영향을 미치는 제 현상과 원인 구조

변화율을 나타낸 것으로 관측자료가 50년 이하에서는 해수면 변화 경향의 변동치가 매우 크나 관측기간이 그 이상으로 늘어날수록 일정한 값으로 수렴하고 있는 것을 알 수 있다(Douglas, 2001). 이는 단기간의 조위자료는 해양의 연간 변동이나 수십 년 변동 등에 영향을 받기 때문에 지구온난화와 관련된 장기변동의 경향을 추출하는 데 상당한 오차를 포함할 소지가 있음을 암시한다.

인도네시아 주요 해안의 조위자료로부터 기 산출한 해수면 상승률을 살펴보면 〈표 4〉와 같이 1.00~9.37mm/yr로 Leuliette 등(2004)이 1993~2003년의 위성자료를 활용하여 추산한 전 지구 평균치인 3.1mm/yr 보다 상당히 높게 나타난다.

한편, ②위성고도계 자료를 활용하여 분석하는 방

법으로 프랑스와 미국이 해양물리 조사를 위하여 합작으로 제작하여 발사한 Topex/Poseidon 및 Jason-1의 위성고도 자료를 제공하는 프랑스의 AVISO



〈그림 5〉 조석관측기간에 따른 PSMSL 해수면 변화율 (Douglas, 2001)

〈표 4〉 조위 관측자료에 의한 해수면 상승률 연구 결과

위치	해수면상승률 (mm/year)	출처	위치	해수면상승률 (mm/year)	출처
Jakarta	4.38	ITB, 1990	Surabaya	1.00	Based on data from 1984-2006
	7.00	Based on data from 1984-2006	Sumatra	5.47	ITB, 1990
Semarang	9.37	ITB, 1990	Cilacap	1.30	Hadikusuma, 1993
	5.00	Based on data from 1984-2006	Belawan	7.83	ITB, 1990
Panjang, Lampung	4.15	P3O-LIPI, 1991			

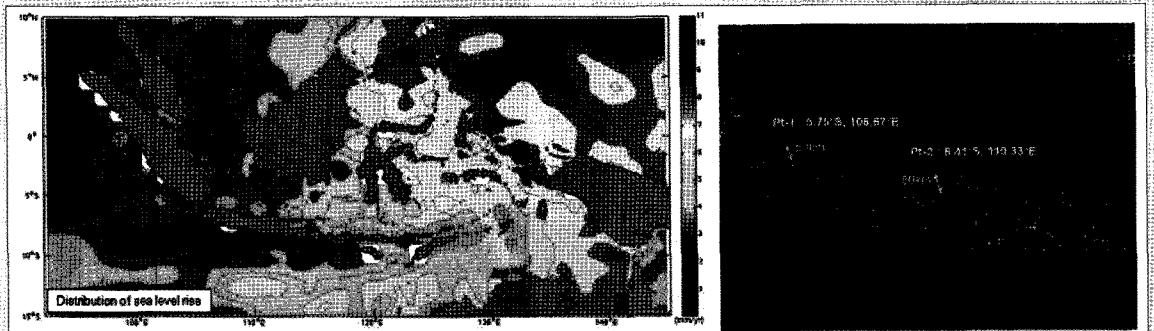
자료: Government of Republic of Indonesia, 2007

(Archiving Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data) 자료를 분석하여 인도네시아 인근 해역의 해수면 상승률을 산출 중에 있다. 전송된 두 위성의 주기는 약 10일이며 1초에 약 7km를 이동하며 관측하고, 이동궤적을 따라 해수면 편차를 제공하는데 두 위성을 통해서 제공되는 데이터의 기간은 1992년 10월부터 2010년 8월까지이다. 이 자료를 기초로 하여 공간으로는 위경도 1/3°, 시간으로는 한달 간격으로 보간된 자료도 제공하고 있다. 보간된 자료의 데이터기간은 1992년 12월부터 2009년 5월까지이다. 본 사업에서는 보간된 자료를 이용하여 인도네시아의 해수면 상승률을 산출하였다. 〈그림 6〉의 (a)는 인도네시아 인근에서

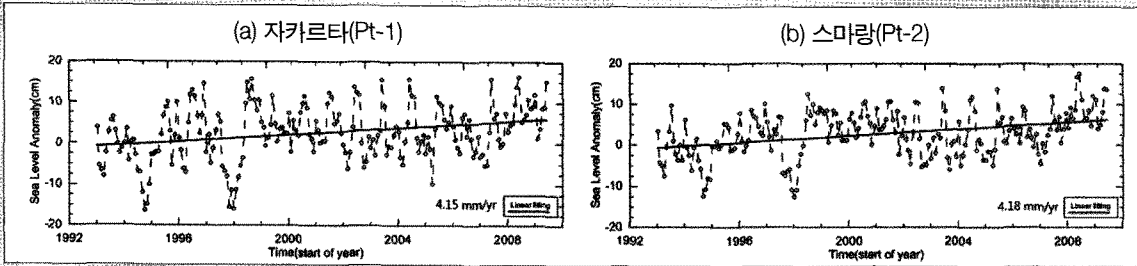
산출된 해수면 상승률 분포도로서 인도네시아 해안을 따라 동쪽으로 갈수록 높아지는 경향을 보인다. 〈그림 6〉의 (b)와 같이 자카르타에서 50km, 스마랑에서 60km 떨어진 두 지점을 선택하여 각 지점에서의 해수면 편차 자료를 시계열로 그린 후 선형보간하여 기울기인 해수면 상승률을 구하였다(〈그림 7〉 참조). 분석결과 자카르타와 스마랑 전면 해역의 해수면 상승률은 각각 4.15mm/yr, 4.18mm/yr로 〈표 4〉에 제시된 조위자료에 의한 분석결과보다 다소 작은 값을 나타내나, 전 지구 평균치보다 높게 나타난다.

2) 지반침하

인도네시아 자카르타와 스마랑 지역의 지반침하



〈그림 6〉 (a)인도네시아 주변 해역의 해수면 상승률 분포도; (b)자카르타와 스마랑 인근 산출지점



〈그림 7〉 해수면 상승률 분석결과

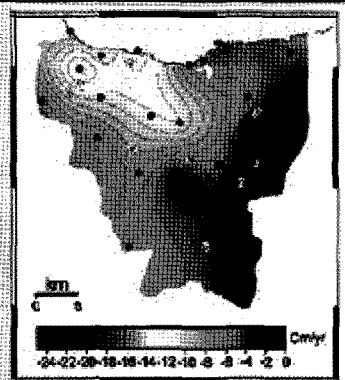
현상은 1990년대 이후 매우 심각한 문제로 대두되기 시작하였다. 해안지역의 지반침하하는 상대적으로 해수면이 상승하는 것과 같은 효과로 나타나며, 하천 및 배수시스템의 능력을 감소시켜 해수범람 피해를 가중시키게 된다.

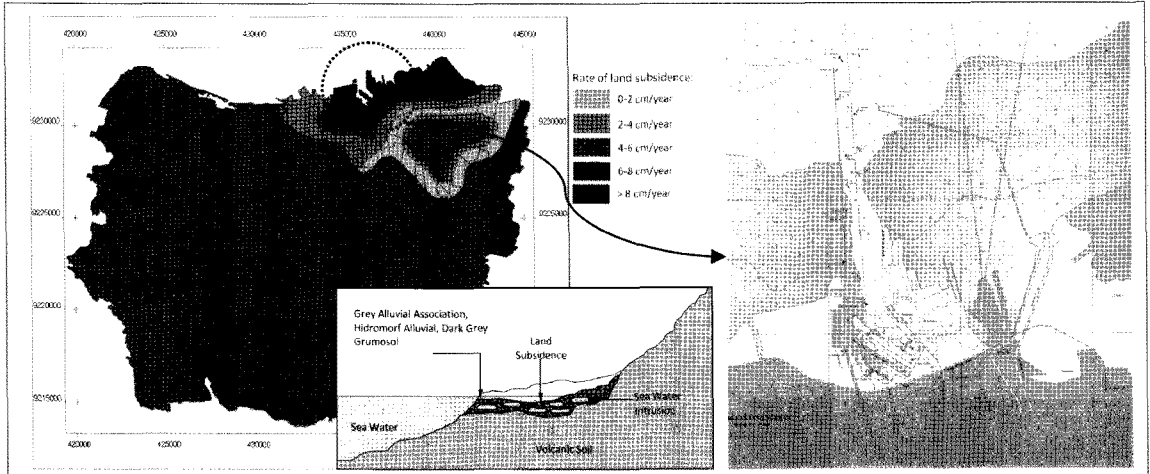
반등공과대학의 Abidin 등(2009)은 자카르타 지역의 지반침하율을 GPS측량 등을 통해 산정하여 〈표 5〉와 같이 제시하고 있으며, 최대 지반침하율은 자카르타 북부해안에서 25cm/yr에 달한다. 스마랑 지역의 최대 지반침하율은 〈그림 8〉과 같이 스마랑항(Tanjung Mas) 인근에서 가장 크게 나타나며 침하속도는 2~25cm/yr에 이르고, 현재의 침하속도가 지속된다면 2019년에는 스마랑 대부분이 바닷물에

잠길 것이라는 예측도 있다. 이러한 지반침하의 원인으로서는 ①과도한 지하수 채취, ②건물하중에 의한 침하와 같이 급격한 도시개발로 인한 인위적 요인을 들 수 있으며, 자연적 요인으로는 ③충적토의 자연 압밀, ④지형구조적 침하(Tectonic subsidence)로 보고되고 있다. 지반침하의 원인들 중 가장 큰 문제로 언급되고 있는 것은 지반을 떠받치고 있는 대수층에서 지하수를 과도하게 채취하기 때문이다. 통합 도시 인프라 개발프로그램(IUIDP)의 일환으로 자보타벡(Jabotabek; Jakarta, Bogor, Tangerang, Bekasi 지역을 일컫음) 수자원관리연구(1993~1995)를 지원한 세계은행에 따르면 지방자치당국의 수자원 공급시스템이 제공되지 않는 지역에서 지하수의

〈표 5〉 자카르타에서 관측된 지반침하율 (Abidin 등, 2009)

산정방법	기간 (년)	지반침하율(cm/yr)
Leveling surveys	1982~1991	0~9
	1991~1997	0~25
GPS surveys	1997~2008	0~25
InSAR	2006~2007	0~12





〈그림 8〉 스마랑의 지반침하율과 스마랑 항 주변 해저지형도

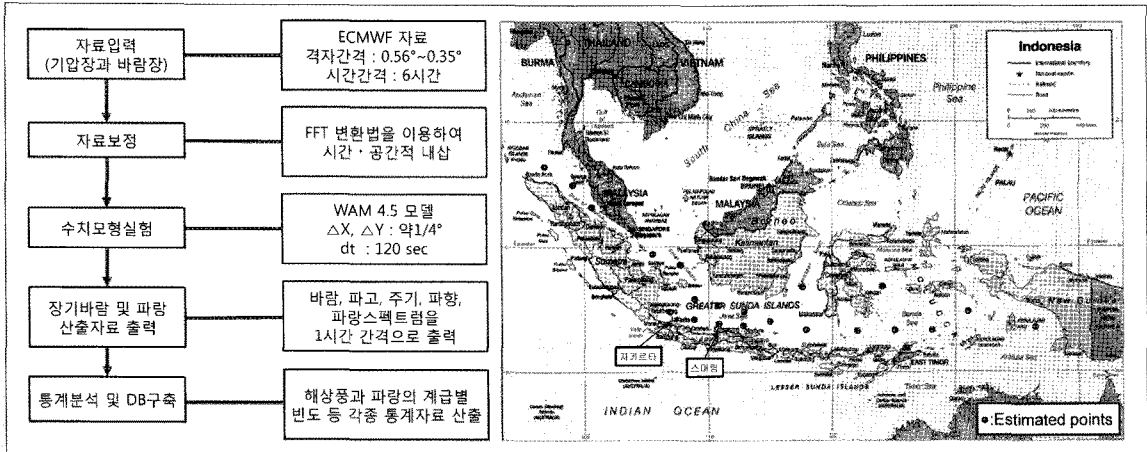
과다 추출, 급속한 도시화 등으로 지반이 지속적으로 침하하고 있다고 분석한 바 있다. 최근 인도네시아 정부는 지반침하의 원인을 최소화하기 위하여 지하수 채취에 대한 규정을 마련하고, 관개용수 개선을 위한 댐 건설을 추진하는 등의 노력을 하고 있으나 그 효과를 기대하기까지는 많은 시일이 걸릴 것으로 보인다.

한편, 현장답사 과정에서 위에서 언급된 원인 외에도 스마랑 지역의 경우에는 스마랑 항(Tanjung Mas) 내측의 항로 소요수심을 확보하기 위해 지속적인 유지준설을 하면서 주변 지역의 지반 침하속도가 더욱 빨라지고 있다고 한다(〈그림 8〉 참조). 준설과 같은 인위적 요인은 향후 항만의 재배치 등을 통해 최소화되어야 할 것으로 사료된다.

3) 장기파랑추정에 의한 파랑 특성 분석

인도네시아의 효율적 연안관리 및 보호대책 수립을 위해서는 바람 및 파랑자료와 같은 해양 기초자료의 구축이 필수적이나 현지 여건상 기존자료에 한

계가 있어 많은 어려움이 예상된다. 이에 본 사업단은 장기파랑추정 기술력을 보유하고 있는 한국해양연구원과 협력하여 유럽중규모예보센터(ECMWF, The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)의 15년간(1994년~2008년) 해면 기압장 및 바람장을 이용하여 인도네시아 주요 지점에 대한 장기 해상풍 및 파랑추정 시뮬레이션을 진행하고 있다. 〈그림 9〉는 장기파랑추정의 흐름도와 파랑추산 위치점이다. 수마트라와 자바섬을 기준으로 북측의 태평양 및 자바해와 남측의 인도양의 파랑발생 특성은 서로 다르므로 이번 파랑추산 해역은 자바해쪽으로 한정하였다. 향후 각 지점에 추산된 15년간 파랑 자료를 이용하여 인도네시아 주변해역의 바람 및 파랑특성을 파악하고, 설계의 기초자료로 활용할 계획이다. 또한 산출자료는 향후 구축될 데이터뱅크 시스템에 데이터베이스화하여 제공할 계획이다.



〈그림 9〉 파랑 및 바람 추산 흐름도와 추산 위치도

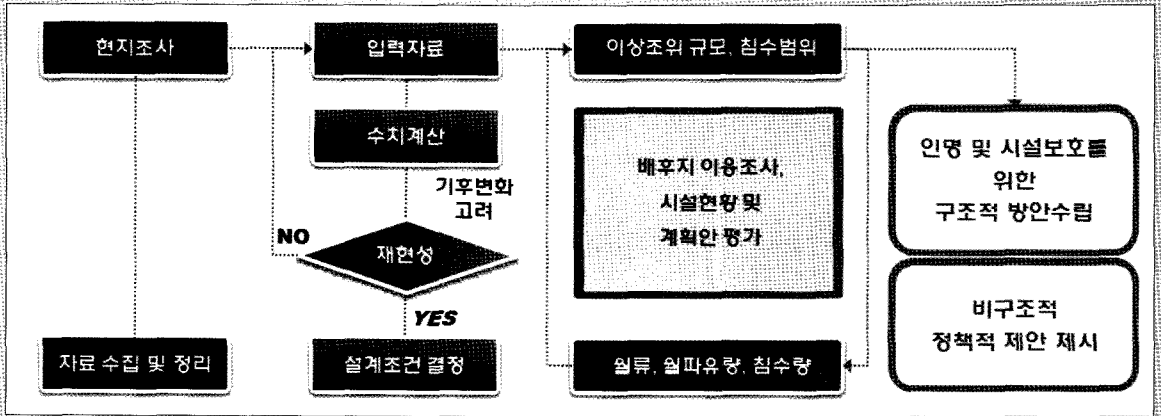
4. 마스터플랜 수립 계획

마스터플랜 수립은 최우선 보호지구를 대상으로 기후변화에 대응할 수 있는 해안보호 대책을 수립하는 것으로 사업단은 이를 통해 인도네시아의 해안보호 및 관리를 위한 모형(pilot system)을 제시하고자 한다.

마스터플랜의 대상지역은 대책의 시급성, 경제적 효과뿐만 아니라 자료확보의 용이성, 계획의 실현 가능성이 보장될 수 있어야 하므로 현지의 정책, 계획 추진의 용이성, 해당 지자체의 적극성 등이 함께 고려되어야 한다. 당초 대상지 선정은 로드맵 수립의 우선순위 검토 결과에 따라 선정될 예정이었으나, 마스터플랜 수립 및 상세 데이터뱅크 구축과 같은 후속공정의 원활한 진행을 위하여 사업 초기부터 수원국 담당기관인 BAPPENAS와 협의하여 자카르타, 스마랑과 같은 최우선 보호 예상지구들을 미리 선별하여 현장답사 및 검토를 수행하였다. 자카르타와 스마랑의 경우 피해형태 및 규모, 시급성 측면에서 유사하며 경제적 파급효과 측면에서는 인도네시

아의 수도인 자카르타가 유리한 것으로 검토되었다. 그러나 자카르타의 경우 여러 원조국에서 본 사업과 유사한 사업을 통해 수 많은 계획들이 이미 수립되어 있고 현재도 유사사업이 추진 중에 있다. 계획의 실현 가능성, 업무의 중복성에서 대상지역으로 선정하기에 부적절한 측면이 있다. 반면, 스마랑 지역은 중부자바의 주도(州都)이고 자카르타, 수라바야(Surabaya)와 함께 중요 항만도시로서 개발 수요는 많으나 상대적으로 지원을 받지 못한 도시이다. 이에 스마랑 시와 관계기관이 적극적으로 선정을 요청하였고, 수원국 담당기관인 BAPPENAS와 본 사업단이 이를 수용하여 최근 스마랑 지역을 대상지역으로 결정하였다. 추후 원활한 사업 추진을 위해 스마랑 관계기관과 MOU체결을 추진하고 있다.

현재 사업단은 스마랑 지역에 대한 자료들을 수집하고 이를 분석하고 있다. 기후변화에 따른 해수면 상승, 파랑 강화 가능성 및 지반침하 영향 등을 고려하고, 상세실험 결과를 검토하여 최적의 해안보호대책을 수립할 계획이다. 〈그림 10〉은 해안보호를 위한 마스터플랜 수립의 흐름도이다.



(그림 10) 해안보호를 위한 마스터플랜 수립의 흐름도

5. 맺음말

“자카르타는 빌린 시간을 먹고 살아간다.”는 말이 인도네시아 현지에서 회자될 정도로 자카르타 및 해안에 위치한 도시들은 심각한 곤경에 처해있다. 타국의 난관이지만 이를 해결할 수 있는 최적의 대안을 찾기 위해 국내 전문가들이 현지로 파견되었다. 대상국이 몸살을 앓고 있는 해수범람, 홍수, 내수배제시스템, 지반침하, 해수면 상승, 폭풍해일 등에 관한 심도 있는 조사 및 분석을 수행하여 인도네시아 국가정책에 초석이 될 수 있는 최적대안을 제시할 사명감을 지니고 업무를 충실히 수행하고 있다.

우리나라는 비록 길지 않은 기간에 해안에 대한 개발 및 관리를 안정적으로 수행할 수 있는 국가로 성장하였다. 이는 해안 및 항만공학 분야의 발전을 위하여 학문 및 현업에 전념해주신 학·연·산 각계의 선구자들의 파나는 노력의 산물이라 표현하여도 과언이 아닐 것이다. 그 동안 선구자들이 축적한 기술과 노하우를 활용하여 인도네시아와 같은 개발도상국을 지원할 수 있는 기회를 얻게 된 현실이 무척이나 가슴 뿌듯하다. 하지만 본 사업은 인도네시아 정

부의 국가정책을 수립하는데 초석이 되는 중요한 사업이므로 죄어오는 부담감이 없지 않으나, 최대한의 성과를 제시하기 위하여 최선을 다해 수행할 것이다. 그리하여 대한민국에 대한 수원국의 신뢰를 두텁게 함으로써, 향후 본 사업과 관련된 우리나라 기업들이 인도네시아에 진출할 수 있는 계기가 조성될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

연합뉴스 기사(2007), “기후변화 못 막으면 인니(印尼) 수도 옮겨야”
<http://www.yonhapnews.co.kr/international/2007/12/04/0601070100AKR20071204111500076.HTML>
 연합뉴스 기사(2010), “KOICA, 인니(印尼) 해안지역 관리시스템 지원”
<http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=104&oid=001&aid=0003188086>
 AVISO. AVISO홈페이지, <http://www.aviso.oceanobs.com>
 Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Gamal, M., Fukuda, Y., and Deguchi, T. (2009). Land Subsidence

and Urban Development in Jakarta(Indonesia), 7th FIG Regional Conference, Hanoi, 19-22 October, Government of Republic of Indonesia(2007). Climate Variability and Climate Changes and Their Implication, Indonesia Country Report, Leuliette, E. W., Nerem, R. S. and Mitchum, G.

T.(2004). Calibration of TOPEX/Poseidon and Jason altimeter data to construct a continuous record of mean sea level change, Marine Geodesy, Vol.27, Issue 1 & 2., pp.79-94.

Nur Miladan(2009). Kajian Kerentanan Wilayah Pesisir Kota Semarang terhadap Perubahan Iklim.

저자 약력

박원경

- 1990-1993, 군산대학교 해양공학과(학사)
- 1994-1996, 군산대학교 토목환경공학과(석사)
- 1996-현재, (주)대영엔지니어링 부설기술연구소 이사
- 2004-2006, 한양대학교 토목환경공학과(박사 수료)

저자 약력

최성호

- 1978-1982 한국외국어대학교 노어과(학사)
- 1986-1988 미국 아메리칸대학교 행정대학원 (경제학 석사)
- 1991-현재 한국국제협력단(KOICA) 기획경영 부장, 경제개발부장, 정책연구실장, 홍보실장, 필리핀사무소장, 인도네시아사무소장(현)