

조력에너지 개발을 위한 공간데이터 모델링 방안

오정희¹ · 최현우^{1*} · 박진순² · 이광수²

A Plan of Spatial Data Modeling for Tidal Power Energy Development

Jung-Hee OH¹ · Hyun-Woo CHOI^{1*}
Jin-Soon PARK² · Kwang-Soo LEE²

요 약

지형적인 영향으로 큰 조차가 발생하여 조력발전에 유리한 입지를 보유하고 있는 인천만을 대상으로 2006년부터 조력에너지 실용화 기술개발을 위한 연구가 지속적으로 추진되고 있다. 이러한 조력에너지 개발을 위해서는 조력발전 시설물의 최적입지를 결정하고 환경영향을 최소화하는 최적의 대안을 도출할 필요가 있다. 이를 효율적으로 수행하기 위해서는 개발과 보전에 관련된 다양한 공간요소를 체계적으로 관리하고 활용할 수 있는 공간정보체계가 필수적이다. 본 연구를 통해 조력에너지 개발을 위한 공간 데이터는 자료 특성에 따라 크게 세 가지 데이터 군으로 정의 가능하였다. 핵심 데이터 군으로는 조석, 조류 뿐 아니라 파랑, 침식, 퇴적 요소와 같은 공간데이터로 정의된다. 또한 지형도, 시설물도, 수심과 같은 기본 데이터 군과 해양생태와 해양환경 등 각종 주제도 성격의 참조 데이터 군으로 정의된다. 본 연구의 주요 목적은 이러한 공간 데이터 구성 요소의 정의를 통해 필수적 데이터모델과 선택적 데이터모델로 분류한 개념적 공간데이터 모델링 방법론을 정립하고자 함이다.

주요어 : 조력에너지, 공간 데이터모델, GIS, 인천만

ABSTRACT

Incheon Bay has a suitable condition for tidal power generation due to the high tidal range by topographical effect. Therefore a study on the technology development for tidal energy utilization has been promoted since 2006. It is needed to deduce optimal

2011년 5월 19일 접수 Received on May 19, 2011 / 2011년 6월 21일 수정 Revised on June 21, 2011 / 2011년 6월 30일 심사완료 Accepted on June 30, 2011

1 한국해양연구원 해양자료정보사업단 Ocean Data and Information Unit, Korea Ocean Research & Development Institute

2 한국해양연구원 연안개발·에너지연구부 Coastal Engineering & Ocean Energy Research Department, Korea Ocean Research & Development Institute

* 연락처자 E-mail : hwchoi@kordi.re.kr

alternatives to determine the suitable location of facilities for tidal power generation and to reduce the environmental damage from development. In order to carry out efficiently this mission, spatial information system is essential to manage and use various spacial elements related to the development and conservation. In this study, for the development of tidal energy, spatial data could be defined as three kinds of dataset. Fundamental dataset is defined as spatial data such as tide, tidal current, wave, erosion and sedimentation. Framework dataset is composed of topographical map, facility map and bathymetry. The reference dataset is composed of marine ecology and environment having the characteristics of thematic map. This study is mainly aimed at establishing methodology of conceptual spatial data modeling classifying as essential data model and optional data model through the definition of the components of spatial data.

KEYWORDS : *Tidal Power Energy, Spatial Data Model, GIS, Incheon Bay*

서론

우리나라 서해안은 강한 조석과 리아스식 해안을 지닌 지형적인 특성으로 세계적으로 조력발전의 적지로 알려져 있다. 이를 개발하기 위한 관심은 과거 일제 강점기부터 시작되었다. 그 후 1970년대 1, 2차 석유파동을 겪으면서 조력에너지를 포함한 신재생에너지 개발 필요성이 대두되었으나, 1980년대에는 원유의 안정적인 공급으로 인한 저유가로 경제성이 맞지 않아 조력발전 개발이 지연되었다. 그러나 최근 화석연료 자원의 고갈과 친환경 에너지의 필요성이 절실해지면서 각 국은 신재생에너지의 기술 개발에 전력을 다하고 있다. 한편, 우리나라는 2009년 기준 일차에너지 소비량이 237.5백만 TOE(ton of oil equivalent)로 세계 9위(석유소비 세계 9위)이며, 수요 에너지의 대부분을 수입(에너지 해외의존도 96.4%, 수입액 949.8억불)에 의존하고 있는 실정이다(지식경제부, 2010; BP, 2010). 따라서 이러한 국내·외적인 환경변화에 능동적으로 대처하고 무공해 에너지를 대규모로 확보하기 위한 조력발전 기술개발은 중요한 국가에너지 확보전략의 일부가 되고 있다.

조력발전이란, 해수면의 상승과 하강 현상

을 이용한 조석을 에너지원으로 하는 위치에 에너지를 이용해 전기를 생산하는 발전방식으로 부체식(floating type), 압축공기식(compressed air type), 조지식(lagoon type) 등으로 나눌 수 있다. 인천만에서 적용한 방식은 방조제를 축조하여 외해 측과 조지 측의 수위차로 발전하는 ‘조지식’이다. 조력발전은 발전량 측면에서는 조석 간만의 차가 크고 조지 면적이 넓을수록 유리하고, 건설비 측면에서는 설치되는 제방의 길이가 짧을수록 유리하다. 한국의 서해는 그러한 여건이 잘 발달되어 있어 세계적인 조력발전 적지로도 잘 알려져 있다(해양수산부, 2006).

인천만의 조력에너지 실용화 기술개발을 위하여 한국해양연구원을 중심으로 여러 기관 및 대학들이 참여하여 2006년부터 해양대기, 조류, 파랑, 해수특성, 지질, 생태계, 환경 등 다양한 분야의 조사와 연구를 추진하고 있다. 이러한 조사연구의 결과들을 바탕으로 국토해양부(2008)에서는 첫째, 경기만내 조력발전 대상해역에 대한 기술적 및 환경적 개발타당성을 검토하고 둘째, 각종 검토결과를 분석하여 최적의 개발계획을 제시하며 셋째, 비용과 편익 검토를 포함한 사업규모의 경제성 판단 등을 수행하고 있다.

이와 관련해 선진 외국들은 이미 전략적으로 GIS를 기반으로 하는 국가차원의 각종 공

간정보를 구축하여 왔으며, 이를 사회간접 자본으로 활용하여 새로운 가치창출 뿐만 아니라 국가경쟁력을 확보하는 중요한 정보기반으로도 삼고 있다(이기철 등, 2006). 우리나라의 경우 NGIS 사업을 통해 국가차원에서 이러한 기반사업을 추진해 왔으나 해양 분야의 공간정보 구축실적이 상대적으로 미비하며 기존의 각종 연구조사 및 연구결과들이 위치기반 정보임에도 불구하고 표준화된 공간자료의 제작이나 종합적인 관리 및 활용체계가 부재한 실정이다. 실 좌표계에 기반을 둔 표준화된 공간자료들은 조력에너지 개발에 필요한 각종 계획, 평가 및 환경변화 모니터링 등과 같은 일련의 정보 프로세스를 효과적으로 나타내 줄 수는 장점을 지닌다. 조력발전의 실시 설계를 위해서는 효과적인 의사결정 지원

을 위한 정보체계가 필요하며 공간정보는 이러한 문제들을 통합하고 가시화하는데 도움을 줄 수 있다.

해양공간데이터 모델의 선행 연구사례는 다음과 같다. 해양수산부(2004)는 해양관련 기관에서 생산되는 해양자료와 정보를 공동 활용하기 위한 기획 사업을 통해 해양기준점, 해저지형, 해안선, 해양경계 등의 기본지리정보 요소와 관련 연구기관에서 공통적으로 생산해 내는 기온, 수온, 염분, pH, DO 등의 데이터를 공통지리정보요소로 정의하여 제시한 바 있다. 또한 독도 해양자료의 통합형 GIS 데이터 모델 수립 연구(김현욱 등, 2007)에서는 네덜란드 델프트 공대와 미국 ESRI사가 합동 연구하여 제시하였던 통합형 해양지리정보 데이터모델인 해양데이터모델(Dawn *et*

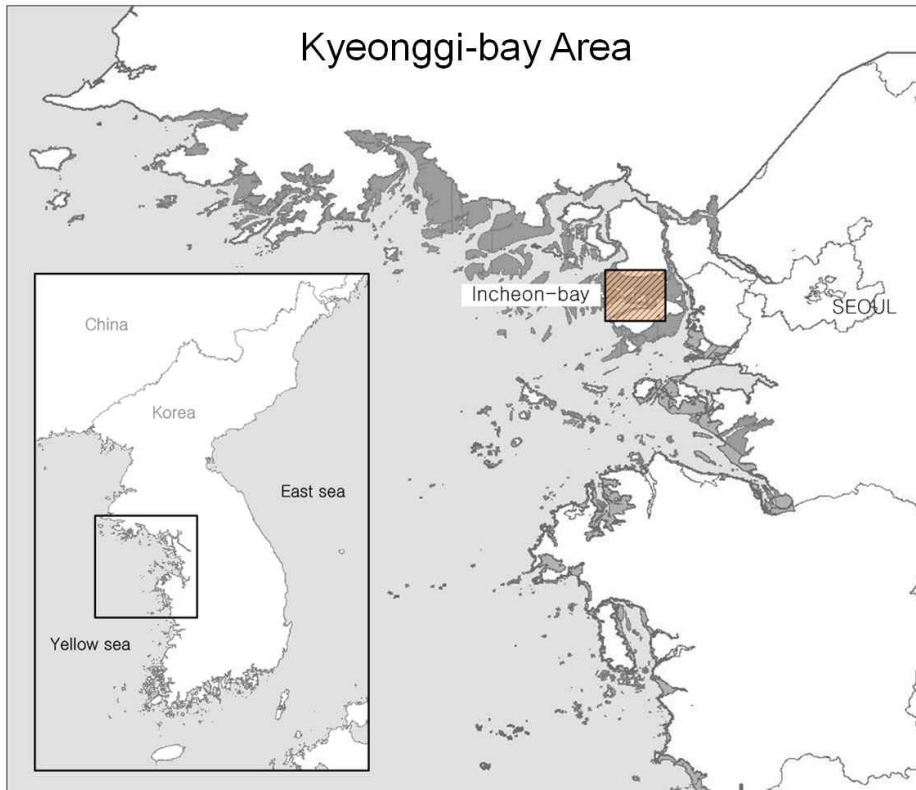


FIGURE 1. Study area, Incheon Bay

al., 2003)의 내용을 참고한 바 있다. 특히 독도 해양데이터모델에서는 기초자료 군 (framework dataset)과 주제자료 군 (thematic dataset), 연구조사자료 군 (research dataset)으로 데이터의 역할을 구분하여 정의하였다.

이와 같이 본 연구에서는 낙조식 단류발전 방식이 기술적, 경제적으로 유리한 것으로 검토되어 조력발전 설계가 이루어지고 있는 인천만을 대상으로 조력에너지 개발에 필요한 공간 데이터 모델링 방안을 제시하고자 한다. 즉, 공간자료 각 구성요소의 역할과 의미를 분석하고 자료특성에 따른 자료 구성 및 개념적 공간데이터 모델을 수립하고자 한다.

연구지역 및 연구자료

1. 연구 지역

한국의 동, 서, 남해안의 조차(tidal range)를 비교해 볼 때 동해는 약 0.2m, 남해는 1.2m, 서해는 8.1m 정도로서, 서해안은 대체로 굴곡이 심한 리아스식 해안으로 크고 작은 만들이 발달해 있어 세계적인 조력발전의 적지로 알려져 있다. 특히 서해안 중부의 경기만 해역은 큰 조차를 보이는 대표적인 해역이다.

본 연구 대상 지역은 그림 1과 같이 경기만 내에 있는 인천만 지역으로서 한강 하구와 접하고 있으며, 영종도 북부 해안과 강화도 남단 해안이 마주보고 있는 수심이 낮고 조차가 큰 지역이다.

2. 연구 자료

현장으로부터 수집된 각종 위치기반 조사 자료는 사용목적에 따라 가공하여 GIS 데이터로 생성하게 되는데 크게 프레임워크 레이어 (framework layer), 수치모델링 레이어 (numerical modeling layer), 주제 레이어 (thematic layer)로 구분할 수 있다. 모든 위치기반자료는 공통적으로 자료변환 과정과 투영 과정을 거쳐 GIS 자료화하게 된다.

프레임워크 레이어는 대상지역의 해안선 데이터, 수심도, 행정구역도 등 가장 기초적인 공간정보로 위치 및 각종 수치분석의 범위 등 경계조건을 설정하는데 활용된다. 수치모델링 레이어는 조력발전을 위해 가장 핵심이 되는 자료로 수치모델 결과를 통해 생성 되는 수심, 조류, 파향, 파고, 침식, 퇴적 등이 포함된 데이터 군이다. 이는 최종 실시설계를 위해 직접적으로 사용되는 정보로 조석현상 모의 및 발전시설 건설 후 조지의 내측, 외측 조위를 예측하고 조지의 면적을 산출하는 등의 핵심 정보를 지원하게 된다. 주제 레이어는 생태환경 조사자료, 해양보호 구역, 조류서식지 분포, 모니터링 정점 등 조력발전과 직간접적으로 관련이 있는 특정 목적의 레이어로 참조용 정보로서 제공되어 조석현상에 따른 주변 환경의 영향 등을 종합적으로 판단하는데 도움을 준다. 이러한 해수유동과 관련한 특성도들은 전자해도나 수치해도에서 추출한 공간정보에 해석용 격자망을 구성하여 초기 입력 자료를 생성하고, 분야별 수치모델을 통해 얻은 결과를 다시 공간자료를 생성하는 일련의 작업과정을 거쳐 제작된다(김종규와 김정연, 2002). 또한 제작된 자료는 필요에 따라 점형(point type), 선형(line type)으로 변환할 수 있으며 래스터 포맷 등으로 재생성하여 주변 값을 지정하는 근접분석 기법과 보삽 기법 등 목적에 따라 효과적으로 가공하여 다양하게 활용할 수 있다(이희연, 2004). 따라서 분야별 수치모델을 통해 산출된 결과를 다시 공간자료화 하여 보삽 하는 등의 재생성 과정을 거치게 되는 부분이 조력에너지 개발을 위한 공간데이터의 구성 특성이라 할 수 있다.

인천만의 조력에너지 개발에 필요한 공간자료 목록은 표 1과 같다. 표 1의 목록 중 14번의 INBUS(Intelligent Buoy System) 관측 지점도는 발전시설 건설 전·후 조지 내·외해측의 해양환경을 모니터링하기 위해 설치된 실시간 자동계측장비로서 유향, 유속, 파고주기, 수온, 염분, 탁도, 클로로필, 용존산소 등의 정보들을 지속적으로 모니터링하기 위해

TABLE 1. Inventory of spatial data for the development of tidal energy in Incheon Bay

구분	공간자료 레이어	순번
프레임워크 레이어	해안선도	1
	고해상도 위성영상	2
	격자수심도	3
	항적도	4
	제방도	5
	GCP 측량도	6
	대상해역 관리구획도	7
	행정구역도	8
주제 레이어	생태환경 조사정보	9
	저서생물 조사정보	10
	조류서식지 정보	11
	해양보호구역도	12
	지장물도(전신주, 도로망, 건 등)	13
	INBUS 관측지점도(INBUS Sites map)	14
수치모델링 레이어	조류백터 수치모델링도(현 상태/창조 시/낙조 시)	15
	조류백터 수치모델링도(중규모-창조 시/낙조 시)	16
	조류백터 수치모델링도(대규모-창조 시/낙조 시)	17
	파랑백터도, 파고분포 모델링도(풍향: WSW 100년빈도)	18
	파랑백터도, 파고분포 모델링도(풍향: WSW 50년빈도)	19
	파랑백터도, 파고분포 모델링도(풍향: WSW 10년빈도)	20
	침식퇴적고 분포도(풍수기/평수기)	21
	현재 조간대 수위선(최고수위, 최저수위)	22
중규모개발 시 수위선(최고수위, 최저수위)	23	
대규모개발 시 수위선(최고수위, 최저수위)	24	

사용된다.

그림 2는 ArcGIS(ESRITM)를 사용하여 본 연구에서 구축한 공간데이터의 작업용 S/W 화면이다. GIS 전문 툴은 원시자료의 속성, 도형정보를 일련의 가공작업을 거쳐 공간자료화 하고 좌표투영정의 등을 통해 최종 레이어를 생성하게 된다. 또한 각종 고급 공간분석 기법 뿐 아니라, 공간자료의 점형 자료는 필요에 따라 선형화 할 수 있고 선형자료는 다시 도형자료화 할 수도 있는 등 공간자료의 유형을 손쉽게 수정하고 생성할 수 있는 중요하고 유용한 도구들을 제공한다.

공간정보체계 수립

1. 조력발전을 위한 공간정보 핵심요소

조력에너지 개발을 위한 가장 핵심적인 공

간정보 요소로는 지형(해안선), 수심, 수치모델결과 자료로 집약될 수 있다. 이러한 핵심 요소들은 공통적으로 조위를 예측하기 위한 조석현상의 정보들과 가장 밀접한 관련이 있다. 따라서 이러한 부분이 본 연구에서 주목하고자 하는 공간정보요소이며, 이외의 주변생태, 환경적 요소나 인문 사회적인 특정 목적의 참조요소들은 배제하였다.

1) 지형 및 수심

해안선을 포함한 지형정보는 공간정보를 구성하는 가장 기초적인 자료로서 대상 공간에 대한 범위를 정의하고, 각종 분석 자료들의 공간자료 생성 시 공간 경계조건 정보를 제공한다. 또한 지형정보는 공간상에서 상대적인 위치정보를 제공하는 기본도의 역할을 한다.

수심정보는 향후 발전시설 건설에 따른 조

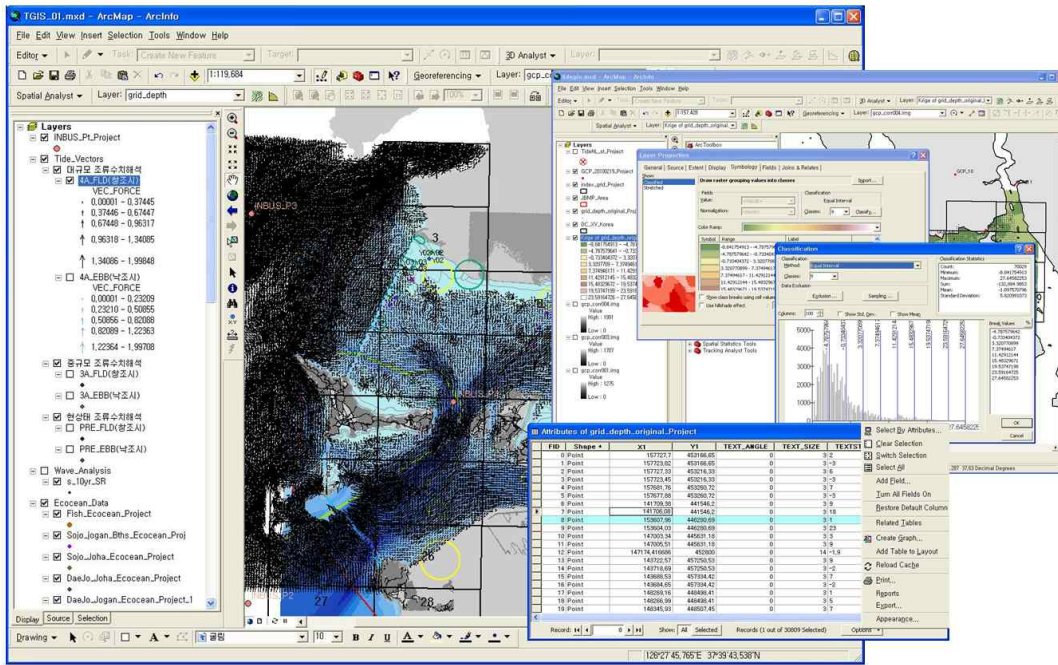


FIGURE 2. GIS manipulating screen using ArcMap Desktop 9.2 (ESRI™)

지의 예측 수위선을 산출하여 생성할 수 있으며, 외해측과 조지간의 수위 차의 예측도 가능하다. 따라서 지형정보와 수심정보는 발전 시설 규모의 결정이나 주변 생태환경 변화에 측을 위한 중요한 필수정보라 할 수 있다. 수심 정보로는 대상 해역의 수심을 직접 관측한 항측 수심(cruise depth)과 공간 보삽 처리를 통한 격자망 수심(grid depth)이 있으며, 이러한 정보들은 필요에 따라 등수심(수위)선과 같은 정보로도 제작 가능하다.

2) 조류벡터 수치분석도

조류는 조석현상에 의해 하루에 두 번 창조(flood tide)와 낙조(ebb tide) 현상을 반복적으로 나타내는 해류의 흐름으로써, 공간정보로 표현하면 두 가지(u, v)의 방향과 크기 벡터로 조류의 흐름 특성을 나타내게 되며 벡터의 크기를 범위로 구분하여 화살표 형식으로 표현하게 된다(김종규와 김정현, 2002). 이러한 조류벡터 데이터는 제방(embankment), 수차

(hydraulic turbine)등 발전설비의 최적 입지(위치)를 결정하기 위한 중요한 정보로 사용된다.

3) 파랑벡터도, 파고분포도

파랑은 조력의 주 에너지원인 수위변화를 분석하기 위한 요소로는 관련성이 적으나 제방시설 건설 시 필요한 설계파고인 유의파고의 산출정보로 사용된다. 파랑은 바람의 영향을 고려한 16개 방향에 대한 수치모델링을 실시하여 산출되며, 그 중 가장 큰 값을 나타내는 방향을 선정하여 설계파고로 해석하게 된다. 또한 수치모델링을 통해 10년, 50년, 100년 등 각각의 빈도에 대한 파고를 모의한 정보가 산출된다. 이러한 수치모델 과정을 거친 정보를 공간자료화한 정보가 파고분포도이다. 파랑분석은 방대한 양의 모의작업을 수행해야 하는데 모든 경우를 사용하지 않고 빈도조건과 주요방향 영향에 대한 대표치를 선정하여 공간자료를 제작하게 된다.

4) 침식, 퇴적고 분포도

조력부지 대상지의 침식과 퇴적고는 평수기, 풍수기에 따라 수치모델로 모의하여 산출되는 정보로 환경변화 예측과 조지내의 수위변화 예측에 활용되는 정보이다. 조력발전시설 건설에는 이러한 침식, 퇴적고 수치를 직접적으로 사용하지는 않지만 조석현상과 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에 핵심자료 구성에 포함하였다. 수치해석에 사용되는 공간자료의 형태는 벡터 타입과 래스터 타입이 있는데 수치모델링 결과를 가시화하는 기술로는 래스터 방식으로 표현하는 것이 효과적이다. 또한 대상지를 세분화된 공간격자로 만들어 침식, 퇴적고의 수치를 격자내의 속성으로 입력함으로써 침식, 퇴적고의 분포를 직관적이고 효과적으로 파악할 수 있도록 해준다.

2. 공간데이터 모델링 절차

공간데이터(베이스) 모델링은 일반적인 데이터모델링의 개념에서 확장된 것으로서 데이터객체가 공간데이터인 레이어의 개념이 추가되어진다. 또한 공간데이터 객체에는 크게 벡터와 래스터타입으로 구분할 수 있으며 벡터 타입 객체에는 다시 점, 선, 면 등(멀티피처포함)의 객체가 기존의 데이터모델링 객체와 구별되는 점이라 할 수 있다. 그 외의 데이터 타입이나 크기, 데이터 규약 등을 정의하는 스키마 설계, 객체 간 관계정의, 객체 간 동작정의 등은 기존의 전통적인 논리적, 물리적 데이터모델링 개념과 동일하게 다루어진다.

데이터모델링은 현실 세계를 추상화하여 개념적이거나 논리적인 모델로 정의하고 다시 구체적인 사항들을 추가로 정의해 나감으로써 물리적이고 실제적인 데이터로 만들어 가는 일련의 과정이라 할 수 있다. 이를 위한 절차와 방법은 공간현상 속에 숨겨진 공간패턴 및 공간관계를 찾거나 공간의사결정에 필요한 해법을 도출하기 위해 GIS의 각종 분석기법을 적용해 가는 GIS모델링 방법론으로 정립된 바 있다(김영표와 임은선, 2003). 본 연구에

서는 이러한 선행 연구된 GIS모델링 방법론을 참고하여 조력에너지 개발에 필요한 GIS 모델링 절차와 방법을 그림 3과 같이 도식화하였다.

본 연구에서는 조력에너지 개발을 위한 기초적이고 핵심적인 공간데이터 모델링 안을 주로 개념적인 측면에서 제시하고자 하였으며, 실제 데이터 구축 단계인 물리적 데이터모델링 내용은 생략하기로 한다. 또한 대개의 경우 파일기반의 데이터모델인지 RDBMS 기반의 모델인지에 따라 모델링 내용과 방법이 다소 차이가 있으나 파일기반의 데이터모델을 관계형, 객체화 데이터모델로 쉽게 수정하여 적용할 수 있는 점을 감안하면 이 부분은 그다지 큰 문제가 되지 않는 것으로 판단하여 역시 제외하고자 하였다. 이는 조력에너지와 관련한 데이터모델링의 기존사례가 거의 전무한 상태이고 각각의 경우에 따라 물리적 데이터모델링의 세부내용은 얼마든지 수정될 수 있기 때문이며 선행 연구사례가 없는 실정을 감안한다면 무엇보다 개념적인 정립이 선행되어야 할 필요가 있다. 따라서 조력에너지의 개발을 위해 필요한 핵심적인 데이터구성을 중심으로 한 접근을 통해 공간데이터 모델링 방안을 제시함으로써 개념정립 및 이해를 돕고자 하였다.

모델링 방법론의 채택 및 적용 시 가장 먼저 대상에 대한 특성 파악과 목표 설정이다. 조력에너지 개발을 위한 목표 설정의 핵심 내용으로서는 조위, 조류, 파력, 침식, 퇴적작용 등의 현상을 분석하여 조력발전시설 건설 시 필요한 설계조위, 유의파고, 침식, 퇴적고 분포 등을 산출하는 일이다. 설계조위란 조력발전을 위해 건설되는 제방의 축조 시 조지내·외측의 수위변화를 모의, 예측하는 정보로서 조력에너지 개발효율 및 규모를 사전에 예측, 파악하기 위한 가장 핵심적이고 필수적인 요소이다.

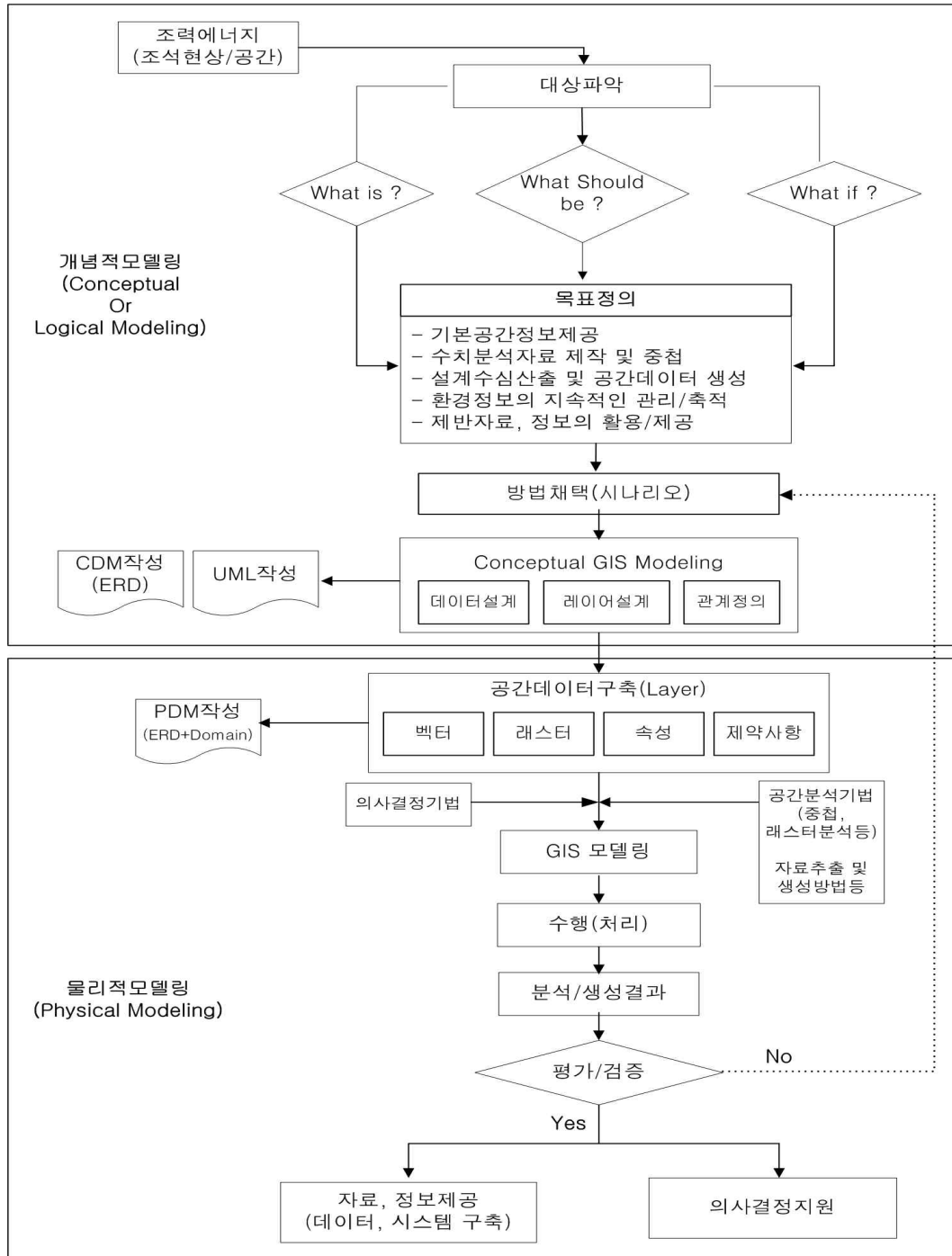


FIGURE 3. Procedure and method for spatial data modeling

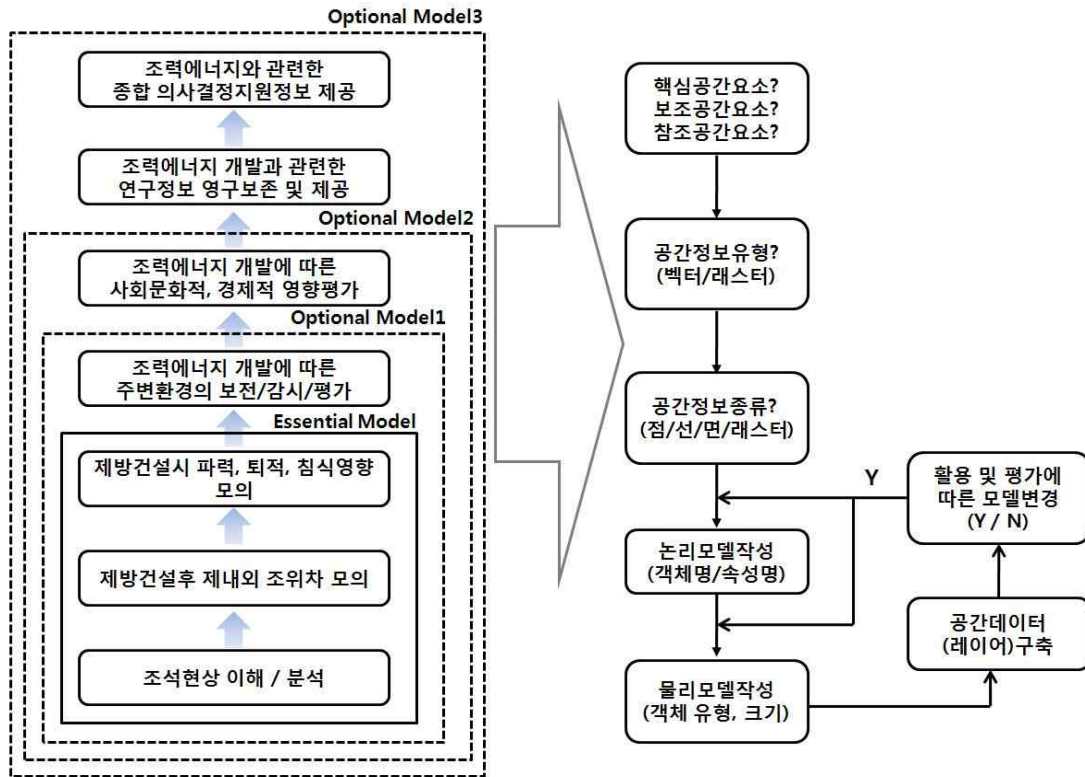


FIGURE 4. Concept of spatial data modeling for the development of tidal energy

그림 4는 필요정보의 규모나 목적에 따라 정의한 공간데이터 모델링 안으로써 필수모델 (essential model)과 선택적모델(optional model)의 유형으로 나누어 볼 수 있다. 데이터모델링 시 향후 관리, 활용시스템에 대한 계획이 없다 하더라도 이에 대한 고려는 병행되는 것이 바람직하며 목적과 용도에 따라 모델링 범위를 적절히 결정하여야 한다. 또한 최종 구축된 데이터모델에 대하여 변경요인이 발생할 경우에는 다시 모델링 내용을 수정할 수 있도록 유연성과 확장성을 고려하여야 한다.

3. 공간데이터 모델링 방법

조력에너지 개발을 위한 공간데이터의 역할은 크게 핵심요소(fundamental elements), 보조요소(sub elements), 모니터링요소

(monitoring elements), 참조요소(reference elements)의 4 가지로 구분되어진다.

그림 5의 A와 B가 조력에너지를 위한 핵심적인 구성 요소들이며, 기본지형도, 해안선, 수심도, 분석수심도, 설계수위선도, 파고도, 파향도, 침식, 퇴적고 정보 등이 이에 속한다. 특히 조력에너지 개발을 위해 직접적으로 필요한 조위·조류분석도, 파고도, 파향도 등과 설계수위선도는 조력발전부지 최적 위치결정과 관련설비의 설계에 매우 중요한 기초자료로 사용된다. 그림 5의 C는 조력에너지 개발로 인한 주변 환경 변화의 감시 및 개선을 목적으로 한 모니터링 요소로서 각종 생태, 환경 정보들로 구성되며 해양환경변화 감시를 위한 자동계측장치(INBUS) 등의 데이터도 포함한다. 데이터의 요구정도에 따라 정보체계는 A, B, C, D 순으로 확장이 가능하기 때문에 시스

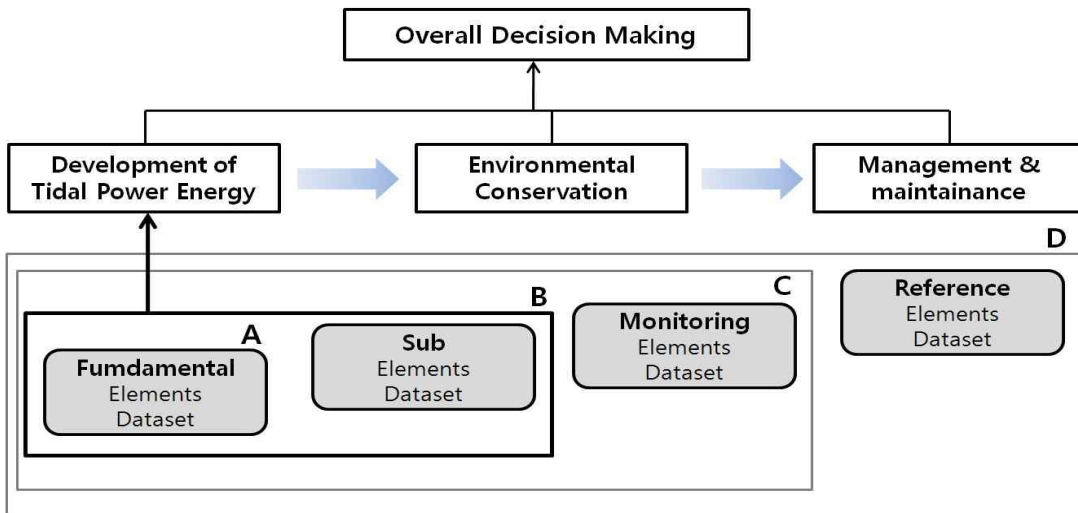


FIGURE 5. Categorization of spatial dataset according to scale of information needs

템 구축 계획 시 적절한 단계를 고려하여 추진하는 것이 바람직하다.

이와 같이 데이터모델링을 위해서는 정보요구의 범위에 따라 조력에너지 발전을 위한 정보요구 단계 환경보전 문제까지 요구되는 단

계, 마지막으로 운영하고 유지하는 종합적인 정보요구 단계까지로 나누어 볼 수 있다, 이러한 개념은 향후 시스템구축 계획 시 합리적인 기준이 될 수 있을 것이다.

그림 6은 인천만 조력에너지 개발에 필요한

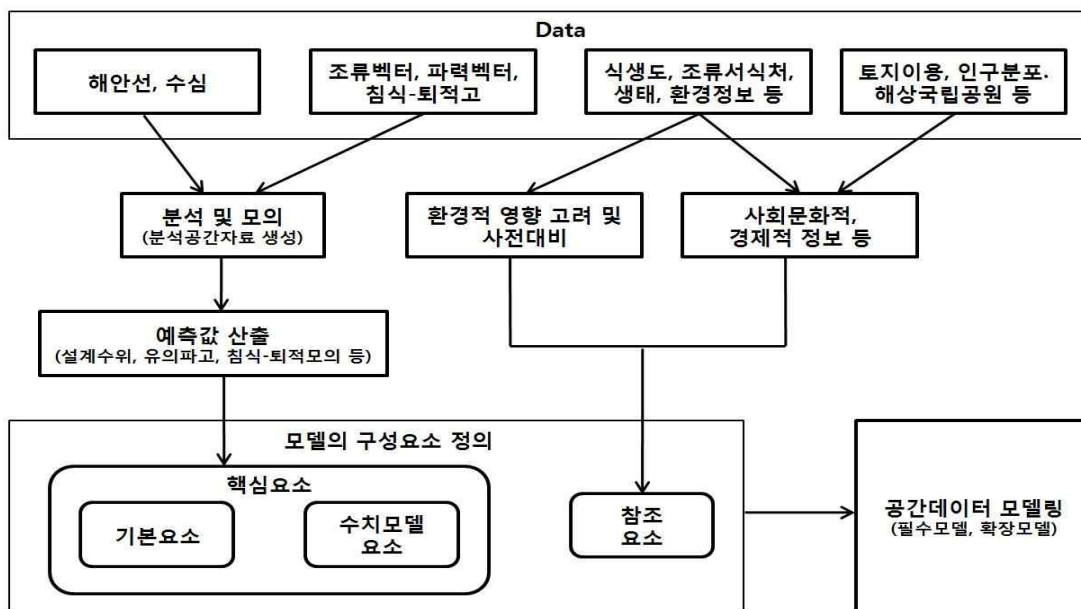


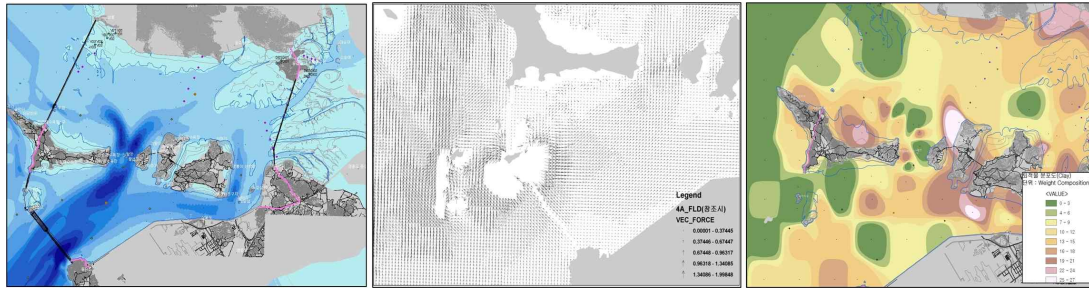
FIGURE 6. Spatial data flow for the development of tidal energy

공간데이터모델링에 있어 주요 데이터의 흐름을 도식화한 것으로 데이터모델 구성요소의 설명을 위해 다시 정의하였다. 모델링의 핵심 대상 요소로는 기본요소와 수치모델요소들로 구성되며 이외의 조력에너지와 직접적으로 관련이 없는 데이터들은 참조요소에 해당된다.

공간데이터 모델링 방안 수립

1. 공간데이터의 구성

조력에너지 개발을 위한 공간데이터 군을 종합적으로 재 구성하여 정의하면 그림 7과



(a) Framework Layer (b) Numerical Modeling Layer (c) Thematic Layer

FIGURE 7. Three types of spatial dataset for the development of tidal energy

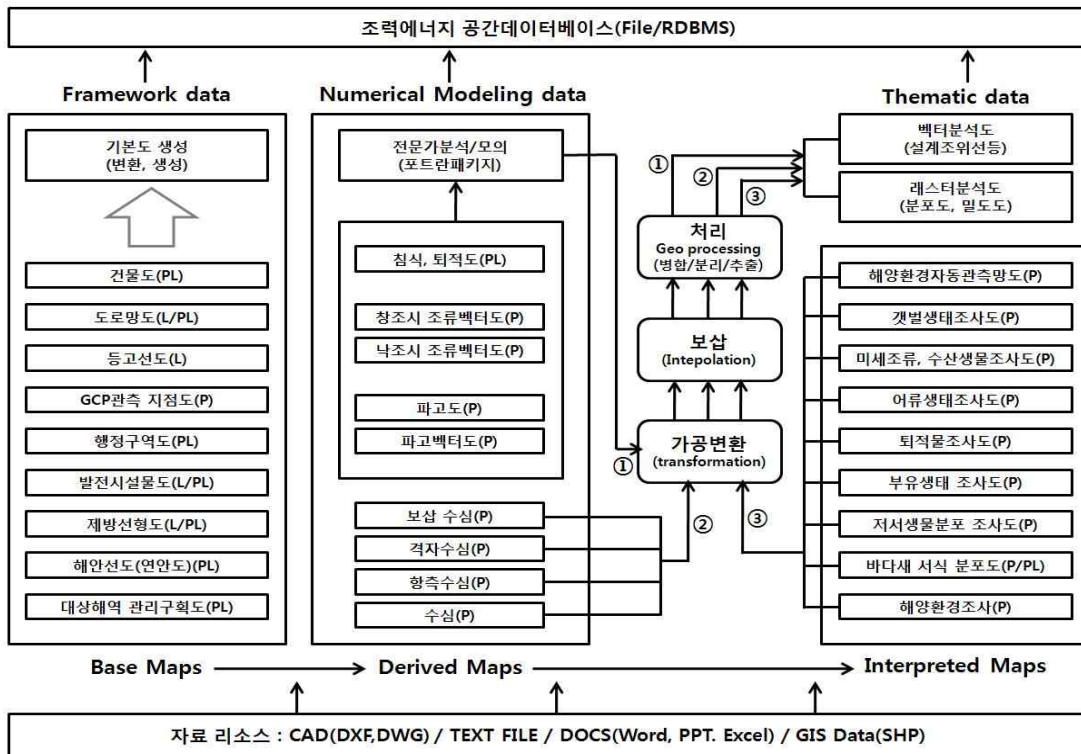


FIGURE 8. A plan of spatial data modeling for tidal energy

같이 프레임워크 레이어, 수치모델링 레이어, 주제 레이어 등 3가지로 구분할 수 있다.

이는 대표적인 공간데이터모델의 기능적 분류 기준으로서 기본도와 주제도 이외에 특별히 수치모델데이터가 포함된다. 수치모델데이터는 별도의 전문적인 수치모델링 과정을 거쳐 산출된 정보를 다시 공간자료화한 것으로서 조력에너지 분야에서는 조류벡터도, 파랑 분석도, 퇴적물 이동예측 분포도, 설계 수심도 등이 이에 속한다.

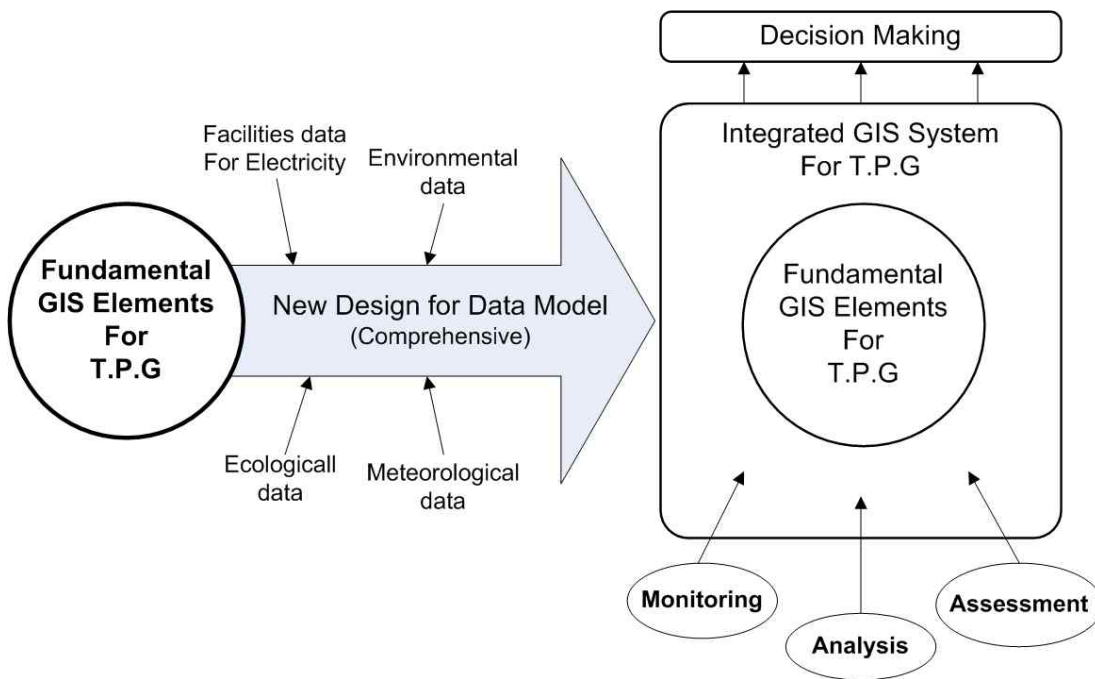
프레임워크 레이어는 가장 기초적인 기본 맵에 해당하는 데이터 군이며 수치모델링 레이어는 수치모델 결과로부터 생성한 가공 맵에 해당된다. 그 이외에 환경보전 및 지속적인 모니터링 등을 하거나 기타 종합적인 의사 결정을 위해 참조되는 레이어들은 각각의 고유한 목적이나 결과를 나타내는 해석적인 맵

(interpreted maps)이라 할 수 있다(Joseph and Shitij, 2009). 단위 객체별 공간데이터 세부종류는 P(점형), L(선형), PL(도형형)으로 구분하여 정의하였다.

그림 8은 자료의 생성프로세스와 그에 따른 모델링 대상 및 공간자료의 유형을 함께 설명한 것으로 조력에너지 공간데이터 모델링을 위한 종합 전개도이다.

2. 공간데이터 모델링 방안

조력에너지 개발을 위해 수행되는 사전 타당성조사, 연구 및 실시설계, 평가 및 사후관리 등 일련의 단계에서 정보를 효과적으로 관리하고 활용하기 위한 통합형 정보체계의 수립 필요성에 대하여는 재론의 여지가 없을 것이다. 본 연구는 대규모 조력발전을 위해 실시한 타당성 조사 및 연구결과를 바탕으로 하



(T.P.G : Tidal Power Generation)

FIGURE 9. Conceptual composition diagram of integrated information system for tidal energy

여 조력에너지 개발을 위한 실제적인 자료들을 다루었으며, 조력에너지와 밀접한 관련이 있는 핵심공간정보 요소들을 중심으로 공간데이터 군을 정의하였다. 공간데이터 모델링 시 일반적인 경우 자료의 특성과 역할에 따라 핵심자료 군과 보조자료 군, 참조자료 군(해양수산부, 2004) 등으로 나눌 수 있는데, 본 연구에서의 핵심자료군은 기초자료 군과 수치해석 자료군은 핵심자료 군으로, 주제도 자료는 참조자료 군으로 각각 구분하였다. 특히 정보체계 구축 개념 정립은 조력에너지 개발의 핵심 요소인 조석현상을 가장 중요시 한 핵심형 모델과 환경보전 문제까지 포함하는 확장형 모델, 나아가 종합적인 의사결정지원을 위한 통합형 모델을 고려하여 수립하였다(그림 9).

따라서 이러한 개념 수립을 통해 향후 국가적 차원에서의 조력에너지 개발을 위한 통합형 정보체계를 마련하는 것이 바람직하며, 일련의 잘 정의된 공간데이터 모델링 절차(Michael, 1999)를 지속적으로 정립해 나아가야 한다. 아울러 이를 위해 특화된 정보화계획의 수립과 관련 사업의 추진도 필요할 것이다.

결론

일반적으로 조력발전 계획 시 개발을 위한 최적 입지선정이 무엇보다 중요하다. 최고의 에너지 효율성을 확보할 수 있어야 하고 환경피해를 최소화할 수 있어야 하기 때문이다. 공간정보는 조력발전 후보지를 선정하기 위한 가장 기초적이면서도 중요한 정보를 제공할 뿐 아니라 수치모델링을 이용한 공간정보의 재생성을 통해 좀 더 합리적인 예측 및 의사결정지원 역할을 수행할 수 있다. 각종 공간자료들은 속성정보의 특성에 따라 카테고리, 순위, 집계와 합계, 비율, 연속 또는 불연속 값 등의 주제도 매핑기법을 적절히 적용함으로써 좀 더 직관적이고 효과적인 정보를 지원할 수 있게 해 준다(Mitchell, 1999).

본 연구는 조력에너지 개발을 위한 공간자

료 군 구성에 대해 조석현상과 직접적인 관련이 있는 핵심적인 요소와, 개발로 인한 주변환경의 변화, 영향 등 보조적인 요소, 그 외에 특정 목적에 따라 사용되는 참조적인 요소로 분류하여 정의하였다. 지형도, 수심도, 조류벡터도, 파랑벡터도, 파고분포도, 침식퇴적도 등의 핵심적인 자료들은 조력발전 개발 시 조지 내외부의 수위변화 및 면적 등을 사전에 모의, 예측하는데 활용된다.

이러한 핵심요소는 일부 수치모델링 과정을 통해 산출된 정보를 다시 공간자료로 재생성하여 구성해야하는 특성이 있으므로 조력에너지 관련 공간데이터 특성의 이해도를 높이기 위한 중요한 사항이다. 공간데이터 모델링은 전통적인 모델링 방법론에 따른 논리적 모델링과 물리적 모델링으로 크게 나눌 수 있는데, 본 연구에서는 논리적이고 개념적인 모델링방안에 대한 개념정립을 목적으로 하였기에 공간객체 속성자료의 세부명이나 자료유형, 크기 등의 도메인 정의단계에 해당하는 스키마설계는 생략하였다. 따라서 공간데이터모델링의 개념과 절차를 논리적 측면에서 규정하였으며, 모델링의 규모를 필수적인 모델(essential model)과 확장개념의 선택적 모델링(optional model)의 범주로 구분하여 접근함으로써 정보요구의 정도에 따라 유연하게 수정, 변형이 가능하도록 하였다. 이러한 모델링 방안은 공간정보기반의 통합정보체계의 구성과도 밀접한 관련이 있는 것으로 향후 시스템의 기획 규모에 따라 확장될 수도 있다.

조력에너지 개발을 위한 공간데이터 모델링의 개념 정립 뿐 아니라, 공간정보의 활용체계 구축 사례가 또한 전무한 상황이다. 따라서 본 연구결과는 해양에서 조력에너지 개발을 비롯한 해양공간 이용에 관련한 공간데이터나 시스템 구축 시 유용한 지침으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부의 "조력에너지 실용

화기술 개발(PM55700)" 사업의 지원으로 수행되었으며, 논문의 완성을 위해 세심한 검토를 해 주신 심사위원님들께 감사드립니다.

KAGIS

참고 문헌

- 국토해양부. 2008. 조력에너지 실용화기술 개발(인천만 조력발전 타당성조사 및 기본계획 : 중간보고서). 743쪽.
- 김영표, 임은선. 2003. GIS기반 공간분석방법론 개발 연구. 국토연구원. 183쪽.
- 김종규, 김정현. 2002. GIS와 해수유동모델의 연계방안 연구. 한국해양공학회지 16(6):1-6.
- 김현욱, 최현우, 오정희, 박찬홍. 2007. 독도 해양자료의 통합적인 관리를 위한 GIS 데이터 모델 수립. 한국지리정보학회지 10(4):153-167.
- 이기철, 서상현, 조승래, 한창식, 박창호, 노홍승, 김은형, 김진후, 박중화, 서영상. 2006. 해양GIS구축 및 활용방안연구. 한국지리정보학회지 9(2):126-143.
- 이희연. 2004. GIS 지리정보학. 688쪽.
- 지식경제부. 2010. 에너지통계연보. 343쪽.
- 해양수산부. 2004. 해양지리정보 공동활용을 위한 방안수립(최종보고서). 529쪽.
- 해양수산부. 2006. 조력, 조류에너지 실용화기술개발(1단계). 895쪽.
- BP Amoco. 2010. Statistical review of world energy. 45pp.
- Dawn, J.W., N.H. Patrick, B. Michael, G. Steve and B. Joe. 2003. ArcGIS Marine Data Model. ESRI.
- Joseph, K.B and M. Shitij. 2009. An analytical framework for GIS modeling. <http://www.innovativegis.com/basis>.
- Mitchell, A. 1999. The ESRI Guide to GIS Analysis Volume 1: Geographic Patterns & Relationships. ESRI Press. 186pp.
- Mitchell, A. 2005. The ESRI Guide to GIS Analysis Volume 2: Spatial Measurements and Statistics. ESRI Press. 238pp.
- Shashi, S. and C.L. Sanjay. 2006. Spatial Databases: A Tour. Pearson Education Inc. 262pp.
- Zeiler, M. 1999. Modeling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design. pp.71-73. **KAGIS**