

실시간 해양예보체계 구축을 위한 예비 기획연구

2009.7

한국해양연구원

제 출 문

한국해양연구원장 귀하

본 보고서를 “한국해양연구원 창의과제 사업(08년도)”의 최종보고서로 제출합니다.

2009. 7.

연구기관명 : 한국해양연구원

연구책임자 : 김 영 호

연 구 원 : 김 원 모

목 차

제 1 장 서론

1.1 연구의 필요성

1.2 목적

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 3 장 관련 기술의 파급효과

제 4 장 연구개발수행 내용 및 범위

제 5장 연구개발 추진전략 및 체계

제 6 장 정책적 제언

1장. 서 론

1절 연구의 필요성

- 해양수치모델과 해양관측자료를 동화하여 해양의 미래 환경 및 기후를 예측하기 위한 해양예보체계 필요함.
- 과거의 수치모델을 이용한 연구는 해양의 물리적 역학 과정을 이해하는데 머물러 있었지만 수치모델의 고도화 및 전산 자원의 발전과 더불어 관측 기술의 발전으로 인하여 해양예보체계에 대한 가능성 및 기대가 높아지고 있음.
- 이미 미국, 유럽, 일본 및 호주를 중심으로 현업으로 해양예보체계의 운용을 시작하고 있으며 경제, 사회적 가치 창출을 시도하고 있음.
- 근래 국가 경제 발전의 성장에 따른 연안 활동의 증가로 인하여 해난 사고 및 2007년 허베이 스피릿 유류 유출 사고와 같은 재해의 발생 가능성이 높아지고 있으며 이를 대처하기 위해 해양예보체계를 국가적인 체계로 발전시킬 필요가 있음.
- 최근 지구온난화로 인한 자연 재해의 가능성이 커지고 있어 이를 예측하고 대처하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있음. 엘니노와 같은 수년 주기의 기후변동 뿐 아니라 십년 이상의 장주기적인 기후변화를 예측하기 위해서는 해양예보체계가 필수적임.
- 국내외 관측 자료의 활용과 국내 수치모델 활용 수준은 해양예보체계에 근접해 있으나 해양예보체계를 위한 관측 자료의 기관별 유기적인 협조가 부족하며 관측자료와 수치모델을 접목시키기 위한 자료동화체계에 대한 연구가 미흡하여 이에 대한 보완이 시급함.

2절 연구 목적

- 국내 기존 해양관측망의 활용과 국제적인 공동 실시간 해양관측 및 인공위성을 통한 원격 탐사 자료를 수치모델과 동화할 수 있는 해양예보체계를 구축함.
- 해양예보체계 구축 및 예보 성능 향상을 위한 관측 기술 개선 및 자료동화 고도화 방안 수립.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 기술개발 현황

1. 해양예보체계 분야

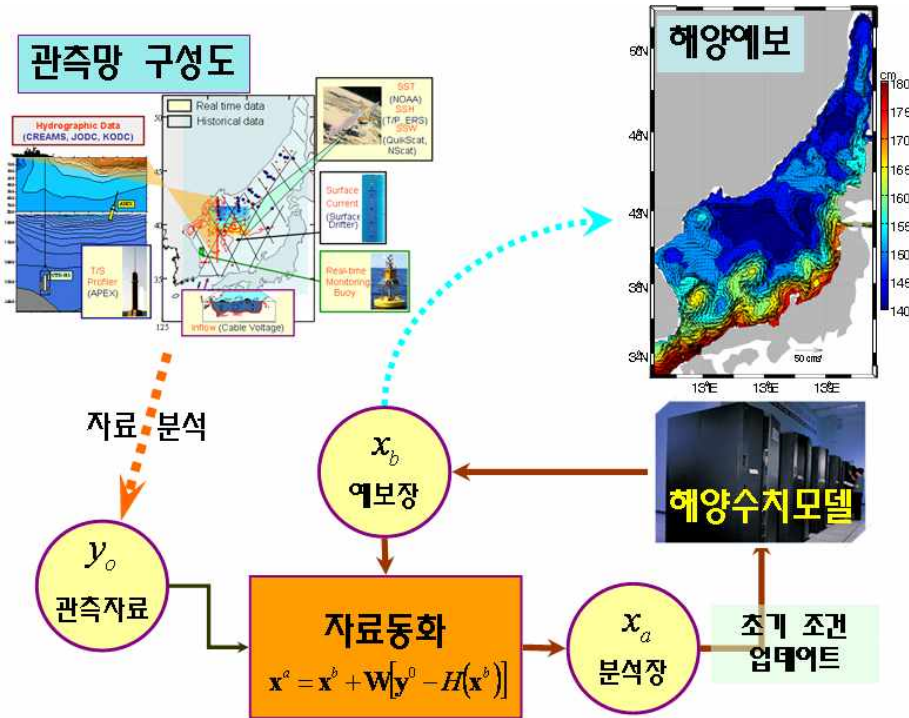


그림 1. 해양예보체계 개념도

그림 1은 동해의 경우를 예로 들어 해양예보체계의 개념도를 나타낸 것이지만, 해역에 상관없이 해양예보체계는 크게 해양수치모델과 해양관측·자료분석 그리고 자료동화분야로 이루어진다. 해양수치모델에서 생산된 모델결과에 해양관측자료가 동화되어 분석장이 생산되고 이를 초기조건으로 해양수치모델에 입력하여 예보장을 생산하는 순환구조를 갖게 된다. 이렇게 생산된 예보장이 해양예보에 응용될 것이다. 따라서 해양예보체계는 관측자료의 생산 및 품질 관리, 수치모델 그리고 이 둘을 융합하는 자료동화체계의 유기적인 관계 속에서 구동된다. 우리나라에서는 동중국해 및 동해를 중심으로 해양예보체계에 대한 기술개발이 이루어져왔으며 동중국해에서 너징 기법을 이용하여 초기단계의 예보체계가 구축되어 구동된 바 있다(석등, 1998-1999). 그러나 국외의 현업 해양예보체계에서는 OI(Optimal Interpolation)이나 3차원 변분동화기법 또는 앙상블 칼만필터 등의 선진 자료동화기법이 도입되어 구동되고 있으며 선박에 의한 현장 관측 자료 뿐만 아니라 위성 관측 자료 등을 동화하여 예보의 정확도를 향상시키는 연구를 수행하고 있다. 다만 우리나라에서는 아직 현업 해양예보체계는 아니지만 최근에 서울대학교에서 3차원 변분동화기법을

이용한 해양예보체계 구축 연구를 수행한 바 있으며 이를 이용해 동해에서 3차원 재분석자료를 생산한 바 있다(Kim et al., 2009).

2. 해양관측 및 품질관리 분야

국내의 해양관측은 국립수산과학원, 국립해양조사원, 한국해양연구원 그리고 대학교의 해양관련 학과에서 담당하고 있다. 각 기관별 고유 업무에 따라 관측 자료의 차이가 있다. 국립수산과학원에서는 수온과 염분을 비롯하여 생화학 자료를 관측하고 있으며 특히 한반도를 중심으로 동해 8개 정선 69개 정점, 서해 6개 정선 52개 정점, 남해 8개 정선 54개 정점, 그리고 동중국해 3개 정선 32개 정점에서 정선해양관측을 실시하고 수온과 염분 등을 관측하고 있다. 특히 정선해양관측은 1961년부터 실시되어 장기간 자료가 축적되어 있다. 연안정지관측은 1910년부터 한국 연안역의 약 40개 정점에서 관측된 수온, 기온 및 기상자료를 제공한다. 정선해양관측 그리고 연안정지관측자료는 관측에서부터 배포까지 약 1년 이상의 시간이 소요되고 있다. 위성관측자료로는 해면수온(SST)와 해색(Ocean Color) 그리고 엽록소-a (Chlorophyll-a) 영상을 수신하고 있으며 그 중에서 해면수온 자료를 제공하고 있다. 해면수온 자료는 매일 4-6개의 영상을 수신하여 웹을 기반으로 영상을 제공하고 있으며 디지털 자료 서비스를 계획하고 있다.

한국해양연구원은 각 연구 프로그램 기반으로 관측 자료가 생산되고 있고 배포 또한 각 연구 프로그램 단위로 이루어지고 있다. 실시간 해양·기상관측을 위하여 해양과학기지 등을 설치하여 시험 운영을 하고 있으며 최근에 이어도 과학기지를 국립해양조사원에 이관한 바 있다. 외해역 관측으로 동해, 동중국해, 적도태평양 그리고 남극 주변에서 수온과 염분 해류를 관측하고 있으나 인터넷을 통한 자료배포 체계는 갖춰지지 않았다. 한국 Argo 프로그램의 일환으로 동해 및 남극해에서 Argo 뜰개를 투하하여 수심별로 수온, 염분을 그리고 최근에는 용존산소를 추가하여 관측하고 있으며 자료는 웹(<http://argo.kordi.re.kr>)을 통하여 제공된다. 한국해양연구원은 웹을 기반으로 1996년부터 최근까지 일별 해면수온 위성영상을 제공하고 있으나 아직 디지털 자료 서비스는 시행하고 있지 않다.

국립해양조사원은 해조류관측과 물성관측, 이어도 과학기지를 통한 관측 및 조위 관측 자료를 제공하고 있다. 2000년부터 한국 동해안과 남해안 연안역에서 선박장착용 ADCP를 이용하여 연안해류를 관측하고 있으며 자체적으로 선속을 보정한 후 이미지를 제공하고 있다. 관측으로부터 제공하기까지 약 8개월이 소요되고 있으며 관측자료를 웹을 통해 구간별로 디지털 자료를 제공하고 있으나 지점별 상세 디지털 자료는 제공하지 않는다. 연안해류 관측과 함께 CTD를 이용하여 수온과 염분, 용존산소와 수소이온농도를 매 격월별로 관측하고 있으나 비정기적으로 웹을 통하여 수온과 염분의 이미지를 제공하고 있을 뿐 디지털 자

료를 제공하지는 않는다. 한국 동해와 남해 그리고 남동중국해에서 ARGOS 뜰개를 띄워 해류를 관측하고 있으며 2002년부터 궤적의 이미지를 제공하고 있다. 이어도 과학기지를 통해 파랑, 조위, 표층유속, 표층수온, 표층염분, 해양기상 그리고 해양환경을 관측하고 있으며 웹을 통하여 실시간 제공하고 있다 (<http://ieodo.nori.go.kr/index.asp>). 국립해양조사원은 27개의 조위관측소에서 조위를 관측하고 있으며 이를 토대로 실시간 조위 예보 서비스를 실시하고 있다.

서울대학교는 동해에 대한 관측 프로그램을 다수 진행하고 있다 (<http://eastsea.snu.ac.kr>). CREAMS (Circulation Research of the East Asian Marginal Seas) 등 국제 프로그램과 한·러 공동 관측을 통해 동해 전역에 걸쳐 1993년부터 주로 여름과 겨울 수온과 염분 그리고 용존산소를 관측해 오고 있으나 자료를 일반에 공개하지는 않는다. 동해 연구의 중요한 요소로 잘 알려진 대한해협을 통한 수송량을 대한해협 해저케이블의 전압차를 이용하여 1998년부터 모니터링하고 있으며 이를 웹을 기반으로 일주일 간의 이미지를 제공하고 있으나 디지털 자료를 제공하지는 않는다. 한국동해안 동해시 연안역에 해상관측부이를 2003년부터 운용해오고 있으며 해상기상뿐만 아니라 표층에서 수심 약 100미터까지 수온과 염분 해류에 대한 실시간 모니터링 체계와 실시간 웹서비스 기능을 갖추고 있다. 최근에는 HF Radar 를 이용하여 동해시 연안역에서 약 20km 외해역까지 표층해류 모니터링 체계를 구축하였으며 시험적으로 웹서비스를 시행하고 있다.

군산대학교의 새만금 환경연구센터에서는 새만금연안에 설치된 2곳의 HF-Radar 관측소를 통해 현재 매 1시간 간격으로 표층해류 이미지를 웹 (<http://serc.kunsan.ac.kr/~hfr/>)을 통해 서비스하고 있다.

국립기상연구소는 3시간 간격으로 현재부터 48시간 이내 해상풍 예측 정보를 이미지를 통해 제공하고 있으나 디지털 자료는 제공하지 않는다. 또한 한국 Argo 프로그램의 일환으로 전세계 해양에 투하된 Argo 로부터 얻어진 수온과 염분 및 해류를 준실시간 서비스하고 있다.

국내 여러 기관에서 해양관측 업무를 담당하고 있으나 자료에 대한 품질 관리 및 통합 관리가 이루어지고 있지 않다. 이러한 자료들이 원활히 해양예보체계에 이용되기 위해서는 몇가지 개선점이 필요할 것이다. 첫째, 통합 관리 및 실시간 해양자료 서비스 체계를 갖추어야 한다. 둘째, 최적의 관측망 구성을 위한 사전 및 사후 연구가 요구된다. 기존의 관측망은 대부분 해양예보체계에 대한 구상이 이루어지지 못했던 50 여년 전에 수립되었기 때문에 현재 대두되고 있는 해양예보체계에 부합하는지에 대한 평가 또한 필요한 시점이라 할 수 있다. 더불어 현재 수행되고 있는 각 기관들의 해양관측망 중에서 중복 투자된 부분들은 협의를 통해 조정할 필요가 있다. 셋째, 관측 자료의 검정 체계 및 오차 정보의 공유가 필요하다.

3. 해양모델링 연구 분야

기존의 해양모델 연구 분야에서는 파랑과 조석 등의 여러 성분 모델들은 비교적 잘 수립되어 해양순환모델과의 연동 체계가 수립되었지만 기상 입력자료와 해양순환모델과의 연동 체계는 아직 미흡한 실정이다. 그러나 기상자료가 실시간으로 해양순환모델에 입력되지 못하는 상황에서 해양예보체계를 수립하는 것은 불가능하다. 따라서 해양예보체계에 대한 기대가 높아지고 있는 상황을 고려할 때 국내 기상 예보 자료의 해양모델 입력 체계 구축이 시급하다고 할 수 있다.

한국형 지역모델 수립을 위한 모델간 비교 분석 연구가 미흡하다. 동해 및 황해 그리고 동중국해 등 한국 연안해역에서는 중규모 해양현상이 주요하며 해양의 중단기 변동성이 크다고 할 수 있다. 그리고 이러한 한국 연안역에 적합한 해양모델을 수립하는 것이 향후 해양예보체계를 수립하는데 중요한 기반 연구가 될 것이다. 그러나 한국 연안역에서의 지역모델 간의 상호 비교 연구는 Lee 등 (2003) 의 “Comparison of RIAMOM and MOM in Modeling the East Sea/Japan Sea Circulation” 에 의해 수행된 동해에서 RIAMOM(RIAM Ocean Model) 과 MOM 의 상호 비교 연구가 유일하다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 해양모델의 경우 물리과정 모수화가 수치해의 결과를 좌우하는 중요한 요소이지만 이에 대한 연구가 미흡하다. 따라서 향후 한국 연안해역에 대한 한국형 지역모델을 개발하기 위해서 지역모델 간의 비교 연구와 물리과정 모수화 방안 연구 등의 기초 연구가 수행되어야 할 것이다.

마지막으로 해양모델 분야를 위한 전산자원 인프라의 확충이 요구된다. 최근 전 세계적으로 기후변화에 대한 관심이 증대됨에 따라 기후변화를 조절하는 주요 요소로서 해양의 역할이 지적되면서 해양모델에 대한 관심 또한 증대되고 있다. 일본과 미국 그리고 유럽 등 선진국에서는 대단위의 슈퍼컴퓨터를 지구과학분야에 투입하고 있으며 이러한 지원은 고해상도의 해양모델 수립과 기후변화 시뮬레이션 등의 연구 성과를 도출함으로써 제 4차 IPCC 보고서에 주요한 결과로 실리는 등 미치는 파급 효과가 크다고 할 수 있다. 한국 또한 해양예보체계를 갖추고 이를 통해 한국 근해에 미치는 기후변화 효과를 모니터링할 필요성이 대두되고 있으며 이러한 연구를 수행하기 위한 전산자원 인프라가 요구된다.

4. 자료동화 연구 분야

국내 해양자료동화기법 연구는 해양예보체계의 다른 두 요소인 해양관측과 해양모델 연구분야에 비해 국내 인력 인프라가 절대적으로 부족한 실정이다. 국내 해양자료동화기법 연구 인력은 10명 이내이며 향후 발전 가능성을 생각할 때 선진 기법에 대한 연구 인력은 5명 내외라는데 문제가 더욱 심각한 상황이다. 향후 해양자료동화기법 연구에 대한 교육 체계 마련 및 지원이 절실하다고 할 수 있다.

해양자료동화기법의 경우 이를 적용하고자 할 때 일반적인 해양모델보다 최소 2

배에서 최대 100배 이상의 전산 자원을 요구하지만 앞서 해양모델 연구분야에서 기술한 바와 같이 전산 자원 인프라 또한 미흡한 실정이다. 또한 현재 해양자료동화기법 연구는 과거 자료를 입력하여 과거를 예보하는 재분석 연구에 머물러 있다. 이는 관측 자료를 동화체계에 실시간으로 입력하는 체계가 마련되지 않았기 때문이며 향후 해양예보체계를 갖추하고자 할 때 갖추어야 할 것이다.

국제적으로 해양예보체계에 현업으로 적용되고 있는 해양자료동화기법은 OI나 3차원변분동화기법이며 최근 Ensemble Kalman Filter 가 일부 현업 적용을 위해 개발되고 있는 상황이다. 현재 국내에서는 3차원변분동화기법의 경우 단기기후예보를 위한 초기장 수립에 활용된 바 있으며 동해 재분석 자료 생산에 적용된 바 있다. 향후 이를 발전시켜 해양예보체계 수립에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 선진 기술로 인정되는 4차원변분동화기법이나 Kalman Filter 등에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 4차원변분동화기법의 경우 기상분야에서 성공적으로 현업에 적용되어 정확도 높은 예보장을 생산하는 것으로 잘 알려진 기법이다. 또한 Kalman Filter 는 새롭게 시도되고 있는 선진 기술로서 적용이 용이할 뿐만 아니라 4차원변분동화기법과 더불어 정확도 높은 예보장을 생산할 것으로 기대되는 기법이다. 아직까지는 4차원변분동화기법이나 Kalman Filter를 적용한 해양예보체계가 많지 않으며 따라서 선진 해양자료동화기법을 도입하고 적용하는 연구를 수행함으로써 향후 정확도 높은 해양예보체계를 수립하고 이 분야에서 국제적으로 선도적인 역할을 담당할 수 있을 것이다.

자료동화기법 연구는 해양예보체계뿐만 아니라 다양한 분야에서 응용될 수 있다. 일례로, 자료동화기법은 최적의 관측망을 구성하는 연구에 활용되고 있다. Berliner 등(1999, JAS)는 가장 최적의 관측점은 변동이 큰 지역일 뿐만 아니라 관측점이 존재하지 않는 지점과의 상관도가 높아야 한다고 지적한 바 있다. 4차원변분동화기법이나 Kalman Filter 기법의 경우 배경오차공분산을 물리적인 역학 방정식으로부터 계산한다는 장점을 활용하여 다른 점들과 상관도가 높은 최적의 관측망을 구성하는 연구에 활용될 수 있다. 또한 4차원변분동화기법과 Kalman Filter 기법은 모수화 매개변수의 추정에 활용되고 있다. 특히 경험식이 주를 이루는 해양생태모델 연구의 경우 매개변수의 추정이 모델의 성능을 좌우한다고 할 수 있다. 따라서 이미 개발되어 타 해역에 적용된 해양생태모델이라 할지라도 지역해에 맞는 매개변수를 추정해야 하는 연구가 필수적이라 할 수 있다. 이를 위하여 경험적인 방법을 적용할 수 있으나 이는 시간과 비용이 많이 소요하고도 그 성능을 향상시키는데 일정한 한계가 있다. 이에 자료동화기법을 적용하여 매개변수를 추정하고자 하는 연구가 활발히 진행 중이며 한국 주변해역에 대한 매개변수 추정 연구 또한 수행되어야 할 것이다.

제 2 절 국외 기술개발 현황

1. 미국

미국은 해양예보가 가장 조직적으로 수행되고 있는 국가이다. 다양한 해양예보 모델을 이용한 정보서비스가 NRL과 NOAA를 중심으로 진행되고 있다. NRL은 미 해군의 관심해역을 중심으로 해상상태(수온 및 해면고도)의 예측모델 결과를 상시 제공하고 있다. NOAA는 해양자료 분석의 목적(기상, 기후, 환경 등)에 따라 여러 경로의 예보모델 서비스를 수행중이다. 본 기획과제에서 제시하고자하는 예보모델시스템에 근접한 경우는 National Weather Service의 NCEP 산하인 환경모델센터(Environmental Modeling Center) Marine Modeling and Analysis Branch (MMAB)의 실시간해양예보시스템(Real-Time Ocean Forecast System; <http://polar.ncep.noaa.gov/ofs>)이다. 현재 예보 영역은 대서양, 대서양 서부, 멕시코만과 허리케인 통과역 등으로 구분되어 서비스를 실시중이다. 이 정보시스템에서는 위성관측자료와 모델자료의 비교, 자료동화후 분석, 모델링 결과 자료와 WOCE 자료의 비교, 가시화(수온, 염분, 해면고도, 혼합층 깊이, 유속), 모델링 자료와 모델의 설명 등을 각각 제공하고 있다. 이 센터는 전지구 해양 및 미국 연안역에 대하여 해양기상, 해양물리적 요소를 1 - 16일 예보하여 제공하는 것을 목적으로 운영중이다. 이밖에 NOAA MMAB에서는 파랑, 해빙, 해상풍, 연안예보시스템(ROFS Nowcast/Data Assimilation, COFS, 48시간 예보 시스템) 등 다양한 해양정보 서비스 시스템을 구축하여 운영중이다.

최근 미국에서 실시되는 바와 같이 소형 기상부이를 태풍 진로상에 투하하여 자료를 실시간으로 수신하여 해일모델, 태풍모델 개선에 활용하여야 할 것으로 예상된다. 미국(NOAA)에서 태풍내습 18시간전 진로에 기상-해양 뜰개 투하하여 부이를 이용하여 투하 후 수시간 후부터 해양-기상 정보를 수신하는 시스템을 운용하고 있다. 아울러 내습 수일전 해양구조 자료확보를 위해 항공기를 이용하여 투하하는 AXBT를 활용하고 있다.

미국은 국가 허리케인 센터(National Hurricane Center)에서 허리케인 진로 및 강도 예측을 하고 있으며, 진로 예측에 9 종류, 강도 예측에 4 종류의 수치 모형을 이용하고 있다. 가장 발달된 형태의 GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Lab., Princeton Univ.) 모델도 2001년에서야 해양 모델 결합을 성공하여 예측에 활용하고 있다. 해양-태풍 결합 연구에서 해수면 온도가 태풍 강도 강화에 매우 큰 영향을 준다는 연구결과로부터 2005년 카트리나, 리타 태풍 모두 따뜻한 해양의 온도로 인해 강도강화가 나타나는 것으로 평가하고 있으며, 향후 모델, 관측자료 분석 등의 연구가 필요할 것으로 전망된다.

2. 프랑스

프랑스의 예보시스템 프로그램은 본 기획과제에서 제시하는 예보모델 부분의 프로그램과 가장 유사하다. PREVIMER (<http://www.previmer.org>)는 프랑

스 연안 환경의 단기 예보 해양자료를 제공하는 운용 시스템이다. 이 프로젝트에서는 해상상태, 해류, 해면고도 및 수온 분포의 48시간 예보를 목적으로 하고 있다. 2006년부터 시작한 이 프로젝트에는 프랑스 해군 수문해양정보국 (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, SHOM), 기상국 (Météo France)과 IFREMER, IUEM 및 IRD 등 연구소가 참여하고 있다. 특이한 점은 해양정보의 종류에 있어 해양물리적 요소뿐만 아니라 해양의 생지화학적 상태 및 일차생산력까지 포함하고 있다는 점이다. 이 사업의 목적은 해양과학적 연구를 포함하고 해양레저에 정보제공, 수질, 환경문제와 해상교통/군사 보안 강화 등 까지 폭이 넓다.

PREVIMER은 실시간 자료 관측 부분과 모델링 부분으로 구성되어 있으며 2006-2007년에 Biscay 만과 English 해협을 시험해역으로 설정하여 1.5km 해상도의 MARRS3D 모델을 이용한 예보모델링을 하고 있다. 각 해양정보 제공의 목적에 따라 ROMS(순환모델)와 ELISE(생태계모델)을 이용하여 예보 실험을 하여 정보를 제공하고 있다.

3. 호주

호주는 해양예보를 위하여 기상청, 해군 및 CSIRO가 참여하여 기상예보와 유사한 해양예보 시스템을 개발하기 위하여 2003년부터 기획되어 2005년부터 약 126억원 규모의 BLUElink 프로그램 (<http://www.cmar.csiro.au/bluelink>, <http://www.bom.gov.au/bluelink>)을 수행중이다. 이 예산은 해양예보 모델을 개발하는데 투입된다. 이 시스템의 목적은 해상교통과 산업 운용, 해양방위, 해양안전, 생태계 유지, 기후문제 등과 관련지어져 있다. 해양자료 분석 시스템과 해양모델링 시스템으로 구성되어 현재 Bluelink 재분석 (BRAN) 자료를 생산하는 단계에 있으며, 2007년 8월부터 일반에게 해양정보가 공개되기 시작하였다. 해양예보모델은 MOM4를 기반으로 한 것으로 OFAM(Ocean Forecasting Australia Model)로 명명되었다. 컴퓨터는 HPCCC(High-Performance Computing and Communications Center)에서 제공하고 있다. 현재 해양 예보 목표는 4-6일이며 고해상의 예보를 위하여 3일 예보를 목적으로 하는 해양-대기 접합모델을 개발할 준비를 하고 있다. 그림 9는 BLUElink에서 제공하는 대상해역과 해류 및 수온 정보 제공의 예이다. 현재 수온, 해류, 해면고도, 염분 분포의 예보 자료가 제공되고 있다.

제 3 장 관련 기술의 파급 효과

제 1 절 타 기술에의 파급효과

- 자료동화 : 해양예보 모델링을 위한 기초 연구 분야이며 기후예측과 해양예보, 태풍강도예측 기술을 실현하기 위해 기반이 되는 기술. 해양 최적 관측망 구성 및 해양생태 모델링 구축에 응용될 수 있음.
- 기후예측 : 기후변동 및 기후변화에 따른 지구 생태계 및 사회적 변화를 예측에 필수적인 기반 기술.
- 해양예보 : 해양생태 모델링 및 해난 방재 체계를 구축하기 위한 기반 기술.
- 태풍강도예측 : 해양·대기 접합 기술에 기초하고 있으며 태풍의 강도를 예측함으로써 태풍 발생시 파랑 예측에 응용될 수 있음.

제 2 절 사회적 파급효과

- 기후예측 : 지구온난화에 따른 기후변화를 예측함으로써 기후변화에 따른 자연재해 저감 방안 도출에 기초 자료 제공. 기후 변동·변화에 따른 사회적 영향을 예측함으로써 기후 적응 방안 도출에 활용.
- 해양예보 : 해양의 효율적이고 안정적인 활용 방안 마련. 해양에 대한 정보를 정확하고 안정적으로 확보함으로써 국제적 및 지역적으로 사회·군사적 우위 확보.
- 태풍강도예측 : 기후변화에 따른 태풍강도 변화를 예측함으로써 사회적 적응 방안 도출. 태풍 발생시 예측 확률을 높임으로 자연재해 저감 효과.

제 3 절 경제적 파급효과

- 기후예측 : 기후 변동·변화에 따른 사회·경제적 영향을 예측함으로써 자원의 효율적인 배분 및 활용 방안 도출. 기후 변화에 따른 산업 구조 변화 방향을 도출하여 경제적 충격 완화.
- 해양예보 : 해양 자원의 효율적인 개발. 해양 생태계의 효율적인 보호 방안을 도출함으로써 지속 가능한 해양의 활용 방안 도출.
- 태풍강도예측모델링 : 태풍 발생시 예측 확률을 높임으로 사회적 비용 저감 효과.

제 4 장 연구 내용 및 범위

| 과제명 | 연구내용 |
|------------------------|--|
| 해양예보모델을 위한 자료동화기법연구 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 한국연안역 지역해양모델에 적합한 해양자료동화기법 수립 (4차원변분동화기법, Ensemble Kalman Filter 등) ○ 한국연안역 해양관측자료의 동화 방안 마련 ○ 3차원 재분석 자료 생산 |
| 최적 관측망 구성 연구 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 관측망 평가 체계(OSE) 및 시뮬레이션 평가 체계(OSSE) 마련 ○ 현재의 관측망 최적성 평가 ○ 최적의 관측망 및 적응성 관측망(Adaptive Observation Network) 제안 |
| 실시간 해양예보체계 수립 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 해면경계조건 입력 방안 마련 ○ 실시간 개방경계조건 입력 방안 마련 ○ 실시간 해양관측자료 입력 방안 마련 ○ 실시간 해양 예보장 분석 체계 마련 |

제 5 장 연구개발 추진전략 및 체계

- 국내 모든 순환모델을 검토하여 적절한 모델을 선정하기 위한 선행 분석
- 국내 기존 해양예보모델의 활용 가능성을 검토 분석
- 학연 자료동화 인프라의 공동 연구로 추진
- 국내 슈퍼컴퓨터 활용
- 연구사업을 통한 해양예보모델 전담 인력 양성
- 모델링 전담 인프라를 향후 국가 해양예보센터에 흡수

제 6 장 정책적 제언

제 1절 해당 기술 향상·확보·추격을 위한 정부 또는 민간의 역할 및 전략

- 자료동화 : 국내 해양자료동화 연구인력은 선진국의 1/10 수준이며 체계적이고 선진적인 연구를 위해서는 전문 연구 인력의 확보가 필수적임.

- 기후예측 : 기후예측 연구는 지구시스템 모델 개발이 선결적으로 수행되어야 하며 이를 위해서 학제간 공동 연구 및 정부지원의 확대될 필요가 있음.

- 해양예보 : 해양예보 기술은 수치모델링과 자료동화 기술 그리고 관측자료 분석 기술이 접목된 첨단 기술로 각 기관간 협력 체계 구축이 필수적이며 예보 체계 운용을 위한 관련 제도 정비가 필수적임.

- 태풍강도예측모델링 : 국제공동연구를 통해 선진 기술의 습득이 요구되며 개발된 기술을 적용하기 위해서 관련 제도 정비가 요구됨.

제 2 절 정부의 정책적 지원 사항

- 차세대 수치예보 모델링 분야는 향후 국가 경쟁력 및 사회·경제적 파급효과가 크므로 장기적인 정부의 지원이 절실히 요망됨.

- 전문연구인력이 절대적으로 부족하여 연구인력의 원활한 수급을 위한 제도적인 지원이 필요함.

- 차세대 수치예보 모델링을 위해서는 전산 정비 등의 기반 시설 및 장비가 필수적이나 현재 이를 위한 전용 장비가 미비한 실태이며 이에 대한 지원이 요망됨.

- 차세대 수치예보 모델링 기술의 산업적인 파급효과를 극대화하기 위하여 제도적 장치의 마련이 필요함.

제 7 장 연구 결과물

Kim, Y.H., K.-I. Chang, J.J. Park, S.K. Park, S.-H. Lee, Y.-G. Kim, K.T. Jung, and K. Kim. 2009. Comparison between a reanalyzed product by 3-dimensional variational assimilation technique and observations in the Ulleung Basin of the East/Japan Sea, J. Mar. Syst., doi:10.1016/j.jmarsys.2009.02.017

주 의

1. 이 보고서는 한국해양연구원에서 수행한 기본연구사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국해양연구원에서 수행한 기본연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.

