발간등록번호
11-1360620-000213-01

OPEN 출처표시 상업용금지 변경금지
공공누리 공공저작물 자유이용허락

전지구 해양자료동화시스템(GODAPS) 운영 매뉴얼

2021. 5.

국립기상과학원 현업운영개발부
장필훈 안병웅 이상민 현유경 이조한 부경온

국립기상과학원

제목 차례

제 1장 전지구 해양자료동화시스템 개요 ····· 1

제 2장 관측자료 전처리 시스템 ····· 5

2.1 개요 ····· 5

2.2 관측자료 ····· 7

2.3 관측자료 전처리 과정 ····· 12

2.4 입출력 파일 및 주요변수 ····· 17

2.5 소스코드 및 설치 ····· 19

2.6 유틸리티 ····· 20

제 3장 경계자료 전처리 시스템 ····· 22

3.1. 개요 ····· 22

3.2 경계자료 생성 과정 ····· 24

3.3. 소스코드 및 설치 ····· 29

제 4장 해양-해빙 초기장 생산: 품질관리, 해수면온도 보정, 자료동화 ····· 31

4.1. 개요 ····· 31

4.2 품질관리 ····· 35

4.3 위성관측 해수면 온도자료 바이어스 보정 ····· 41

4.4. 해양-해빙모델링 및 자료동화 ····· 45

4.5 품질관리, 모델, 자료동화 과정에 대한 입출력 결과 ····· 51

4.6 해양해빙 모델 및 자료동화 설치 ····· 53

4.7 유틸리티: 개요 및 설치 ····· 56

제 5장 유지관리 ····· 58

5.1 계산기 변경 ····· 58

5.2 신규 위성관측 해수면 온도자료의 추가 적용 ····· 58

5.3 위성관측 자료의 프레임 변경 ····· 59

5.4 Argo greylist 업데이트 ····· 59

5.5 관측자료의 감소 ····· 60

5.6 경계자료 생성 장애 ····· 60

5.7 모델링 과정에서 blow-up 이 발생한 경우 대처 방법 ····· 61

부록 A. Quick Start ····· 63

부록 B. 세계기상기구(WMO) 자료의 파일 명명 규칙 ····· 68

부록 C 관측자료 디코딩 ····· 71

참고문헌 ····· 87

표 차례

표 1.1 전지구 해양자료동화시스템 디렉토리 구성 ····· 3
표 1.2 전지구 해양자료동화시스템의 크론탭(crontab) 설정 ····· 4
표 2.1 전지구 해양자료동화시스템에서 활용하는 관측자료(`18.6) ····· 6
표 2.2 관측자료 전처리 시스템 디렉토리 구조 ($HOME = ~/godaps) ····· 7
표 2.3 전처리 과정 수행 전의 Profile 타입 수온 염분 관측자료(파일명에 대한 정의 및 자료 구성은 부록 B, C를 참조) ····· 8
표 2.4 자료동화에 적용되는 Surface 타입의 현장관측 해수면 온도 자료(파일명에 대한 정의 및 자료 구성은 부록 B, C를 참조) ····· 8
표 2.5 위성관측 전지구 해수면 고도 변이자료의 자료제공 위치(파일명) 및 통합스토리지(COMIS) 저장위치 (표 내의 <mission> j3, c2, al, j2n, s3a는 각각 Jason-3, CryoSat2, Altika, Jason-2n, Sentinel-3A 위성센서를 대표) ····· 10
표 2.6 위성관측 해빙농도 자료제공 위치(파일명) 및 통합스토리지(COMIS) 저장위치(표 내의 <hemisphere> nh와 sh는 각각 북극과 남극의 자료를 나타냄) ····· 10
표 2.7 위성관측 해수면 온도자료 센서별 해상도, 일자료 개수, 일평균 파일사이즈(각각의 값들은 대략적인 수치를 나타냄) ····· 11
표 2.8 위성관측 해수면 온도의 센서별 자료제공 기관 및 자료위치(파일명)(기상청 스토리지 내의 저장위치도 함께 표시) ····· 12
표 2.9 전처리 과정에 사용되는 쉘 스크립트 목록 및 개요 ····· 13
표 2.10 위성관측 해수면 온도자료 센서 별 namelist 설정 (2018.10 현재) ····· 17
표 2.11 관측타입별 입출력 자료(← 입력자료, → 출력자료)($OBSTIME은 분석일을 의미) ····· 18
표 2.12 관측타입별 전처리 소스코드 ····· 19
표 3.1 해양자료동화시스템 구동에 필요한 해수면 경계 입력자료 ····· 23
표 3.2 경계자료 생성 디렉토리 구조 및 내용 ····· 23
표 3.3 해양자료동화시스템의 경계조건을 위한 기상청 수치예보시스템의 결과 파일과 해당 파일에서 추출되는 변수명 ····· 25
표 3.4 경계자료 생성에 필요한 쉘 스크립트 목록 및 내용 ····· 27
표 3.5 메인 스크립트의 주요 환경변수 및 내용 ····· 27
표 3.6 메인 스크립트(flux_main.sh)의 구조 ····· 27
표 3.7 경계자료 처리 과정의 작업별 주요 쉘 스크립트 및 로그파일 ····· 28
표 3.8 계산된 경계자료 처리과정의 최종결과 예 (2018.10.16. 분석일 결과) ····· 28
표 4.1 해양 초기장 생성(품질관리, 모델, 자료동화 과정) 디렉토리 구조 ····· 33
표 4.2 해양초기장 생성에 필요한 쉘 스크립트 목록 및 내용 ····· 34
표 4.3 해양자료동화시스템의 Foam_Main.oper.neo.sh 스크립트 주요 환경변수 설정 예 ····· 34

표 4.4 모델 및 자료동화 주요 과정에 대한 입출력 파일 요약(←: 입력자료, →: 출력자료) ····· 52
표 4.5 모델 자료동화과정의 주요 출력파일 및 저장위치(NEMO/DAOU 이하) ····· 52
표 4.6 주요 과정에 대한 로그파일 ····· 53
표 4.7 필요한 module files 목록 ····· 54
표 4.8 설치에 사용되는 configure 파일 ····· 54
표 4.9 extract 과정에 사용되는 fcm-make.cfg ····· 54
표 4.10 extract 과정에 사용되는 rose-app.cfg ····· 55
표 4.11 유틸리티 항목과 위치 ····· 57
표 A.1. 프로그램 설치 및 디렉토리 구성을 위한 All_Build.sh의 기본 환경 설정 ····· 63
표 A.2 메인 쉘 스크립트(Foam_Main.oper.neo.sh) 환경 설정 ····· 64
표 B.1 Configuration of data type A1 ····· 68
표 B.2 Data type designator T1 Matrix Table. ····· 69
표 B.3 Data type designator T2 (when T1 = S) ····· 70
표 C.1 Information of sections for BUFR 포맷 자료 ····· 71
표 C.2 Section "0" of BUFR table ····· 71
표 C.3 Section "1" of BUFR table ····· 72
표 C.4 Section "2" of BUFR table ····· 72
표 C.5 Section "3" of BUFR table ····· 73
표 C.6 Section "4" of BUFR table ····· 73
표 C.7 Section "5" of BUFR table ····· 73
표 C.8 Example of BURF format with Argo Float data(first Subset) ····· 74
표 C.9 The example of matching table to Argo file format for NEMOQC ····· 75
표 C.10 Code form for the FM-64 TESAC message ····· 76
표 C.11 Code form for the FM-63 BATHY message ····· 78
표 C.12 Code form for the FM-18 BUOY message ····· 79
표 C.13 Example of BURF(T1T2A1 = "IOB", first Subset) ····· 81
표 C.14 Same as Table 3.24 but for T1T2A1 = "IOS" ····· 82
표 C.15 Matching approach BURF of Bouys to Surface file format for NEMOQC ····· 83
표 C.16 Code form for the FM-13 SHIP message ····· 83
표 C.17 Code form for the FM-18 TESAC message ····· 85
표 C.18 Quality control indicator (Qd) of Code table 3334 in FM-18 TESAC message ····· 86

그림 차례

그림 1.1 기상청 기후예측시스템(GloSea5) 대기 및 해양모델 초기화 과정 ····· 2
그림 1.2 전지구 해양자료동화시스템(GODAPS) 운영 개요 ····· 3
그림 2.1 전지구 해양자료동화시스템 해양 관측자료 수집 개요 ····· 6
그림 2.2 위성 센서별 해수면 고도 변이 자료 (24시간 Assimilation window) ····· 9
그림 2.3 GODAPS에 자료동화되는 해수면 고도 변이 자료 수집 이력 (2016년 이후) ····· 9
그림 2.4 입, 출력 자료의 matching table (해수면 고도변이 자료 예시) ····· 19
그림 3.1 기상청 수치예보시스템으로부터 분석(analysis)과 예측(forecast) 수행을 위한 경계자료 추출 개요 24
그림 4.1 기상청 위성관측 해수면 온도 바이어스 보정(SST bias correction) 알고리즘 개요 ····· 42
그림 C.1 Code form for the FM-64 TESAC message ····· 76
그림 C.2 Quadrant of the globe in code table 3333 ····· 75
그림 C.3 Code form for the FM-63 BATHY message ····· 78
그림 C.4 Code form for the FM-18 BUOY message ····· 80
그림 C.5 Code form for the FM-13 SHIP message ····· 84
그림 C.6 Code form for the FM-18 BUOY message ····· 85

제 1장 전지구 해양자료동화시스템 개요

국립기상과학원은 기상청 1, 3개월 예측을 위해 영국기상청 기후예측시스템(Global Seasonal Forecast System version 5; GloSea5)을 도입하여 현업 운영 중에 있다. GloSea5는 대기-지면-해양-해빙 모델로 구성되어 있으며, 대기 및 해양 자료동화는 non-coupled 방식을 채택하고 있다(그림 1.1). 즉, 예측을 수행하기 위해서는 대기와 해양-해빙의 초기 입력자료가 각각 필요하다. 현재 GloSea5 대기 초기장은 기상청 전지구 수치예보시스템으로부터 얻은 결과를 적용하고 있고, 해양 초기장은 영국기상청에서 매일 자료를 입수하여 적용하고 있다. 국립기상과학원은 기상청 GloSea5의 운영에 필요한 해양-해빙 초기 입력자료의 생산과 더불어 전지구 해양-해빙 모니터링 및 단기예측 등을 목적으로 전지구 해양자료동화시스템(Global Ocean Data Assimilation and Prediction System; GODAPS)을 개발하였다. 본 매뉴얼에서는 전지구 해양자료동화시스템의 개요와 운영에 관해서 서술하고자 한다.

전지구 해양자료동화시스템은 관측자료 전처리, 경계자료 전처리, 품질관리, 해양순환-해빙모델 및 자료동화 과정, 그리고 유지관리 과정으로 구성되어 있다. 전지구 해양자료동화시스템의 엔진이 되는 해양-해빙모델과 자료동화는 일관성을 유지하기 위해, GloSea5와 동일한 해양-해빙 모델 구성을 가지는 영국기상청의 현업 전지구 해양예측시스템인 the Forecast Ocean Assimilation Model version 13 (FOAM v.13)을 기반으로 구축되었다. 전지구 해양자료동화시스템의 해양순환 모델은 NEMO(Nucleus for European Modelling of the Ocean; Madec, 2008)를, 해빙모델은 CICE(Los Alamos sea ice model; Hunke and Lipscomb, 2010)를 채택하고 있으며, 해양자료동화는 3차원 변분법 기반의 NEMOVAR(Mogensen et al., 2012)를 사용한다. 모델의 해상도는 수평 약 1/4˚인 ORCA025 격자체계를 따르고, 연직으로는 75개의 z-level로 구성된다. 해양-해빙모델 및 자료동화에 대해서는 4장에서 구체적으로 다루고자 한다.

그림 1.2는 전지구 해양자료동화시스템의 전체적인 운영 흐름을 나타내는데, 작업 시간 순으로 간략히 설명하면 다음과 같다. 먼저, 1) 기상청 전지구 수치예보시스템의 결과로 부터 해양-해빙 모델의 구동에 필요한 플럭스를 추출하여 모델 격자로 내삽하는 경계자료 처리과정을 수행한다. 2) 기상청 통합스토리지(COMIS)에 수집되어 있는 관측자료를 복사하여 품질관리 프로그램(NEMOQC)에서 이용 가능한 형태로 자료포맷을 변환하는 등 전처리를 수행한다. 경계자료와 관측자료가 준비가 되면, 3) 관측자료의 품질관리를 수행하고, 4) 추가로 위성관측 해수면 온도자료는 바이어스를 보정한다. 이러한 관측자료를 이용하여 증분(increment)을 계산하고, 모델 배경장에 반영하게 되는데, 본 시스템에서는 5) 분석일에 대해서 해양-해빙 모델을 구동하면서, 관측자료의 위치와 시간에 해당하는 모델 배경값을 계산한다(Observation operator). 관측과 배경값의 차이(innovation)를 바탕으로, 6) 변분법 기반의 자료동화를 수행하고 모델 격자별 증분(increment)을 계산한다. 이후, 7) 분석일에 대해 해양-해빙 모델을 다시 구동하면서 Incremental Analysis Update (IAU) 방법을 이용하여 계산된 증분을 배경장에 반영하고 분석장을 계산한다. 아울러, 8) 분석장이 생산되면 1일 예측장을 추가로 생산한다. 9) 마지막으로, 결

과를 모니터링하기 위해, python 프로그램을 이용하여 그림 파일을 생성하고 이를 웹 기반 모니터링 시스템에서 확인하게 된다.

위의 1) ~ 9)의 모든 과정은, 관측자료 전처리(1), 경계자료 전처리(2), 품질관리를 포함한 모델링 및 자료동화(3~8), 그리고 모니터링(9)으로 크게 네 과정으로 나누어 운영, 관리한다. 각각은 표 1.1에서 나타낸 OOBS, FLUX, NEMO, 그리고 POST 라고 명명한 디렉토리에서 수행이 된다. 전지구 해양-해빙 분석장을 생산하기 위한 언급한 네 과정은 매일 1회 수행이 되며, 매일 일평균 분석장, 3시간 간격 표층 결과(수온, 염분, 해수면 고도 등), GloSea5의 초기 입력 자료로도 활용이 되는 restart file (i.e. startdumps files) 등을 생산한다. 전지구 해양자료동화시스템의 운영 스케쥴은 표 1.2에 나타낸 크론탭(crontab)을 참고하기 바란다. 해양-해빙 모델링 및 자료동화는 기상청 슈퍼컴퓨터 4호기(CRAY4)의 192개 프로세스(8개 노드)를 이용하여 수행된다.

본 매뉴얼에서는 기상청 전지구 해양자료동화시스템을 구성하는 각 과정에 대해서 설치와 운영 전반에 관해 다루고자 한다. 언급한 과정 중 관측자료 전처리, 경계자료 전처리, 품질관리부터 자료동화까지의 세 단계를 각각 2장, 3장, 그리고 4장으로 나누어 다루고자 한다. 각 장에서는 시스템의 개요를 비롯하여, 운영, 설치, 장애 대응 등의 운영 전반을 다루고, 마지막 5장에서는 유지관리에 관한 내용을 정리하였다. 아울러, 부록에서는 Quick start 매뉴얼과 관측자료의 명명규칙 등에 관해서 다루어 사용자의 편의를 돕고자 하였다.

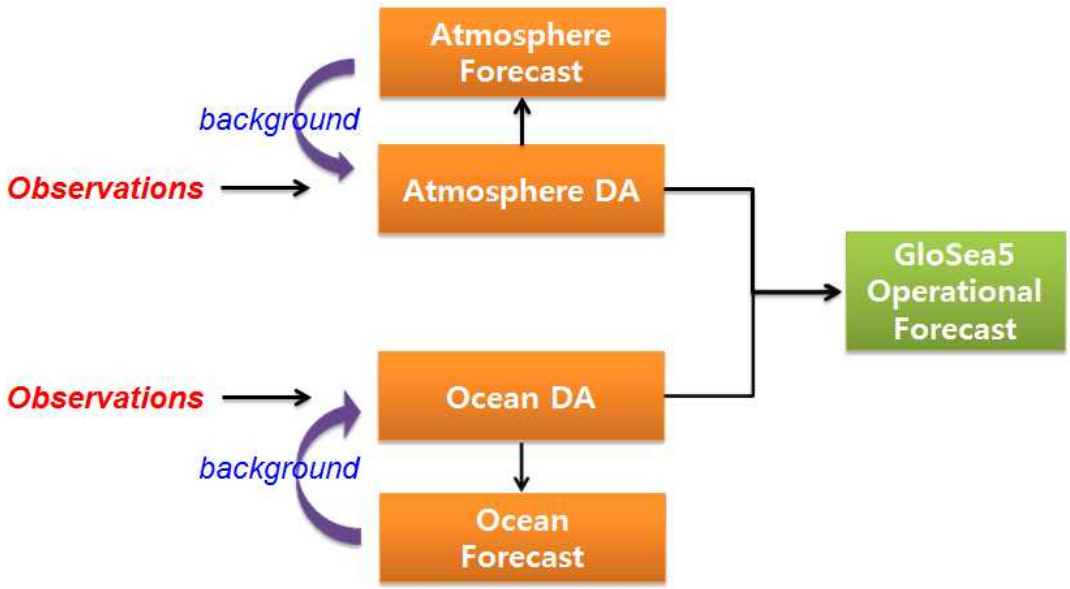


그림 1.1 기상청 기후예측시스템(GloSea5) 대기 및 해양모델 초기화 과정

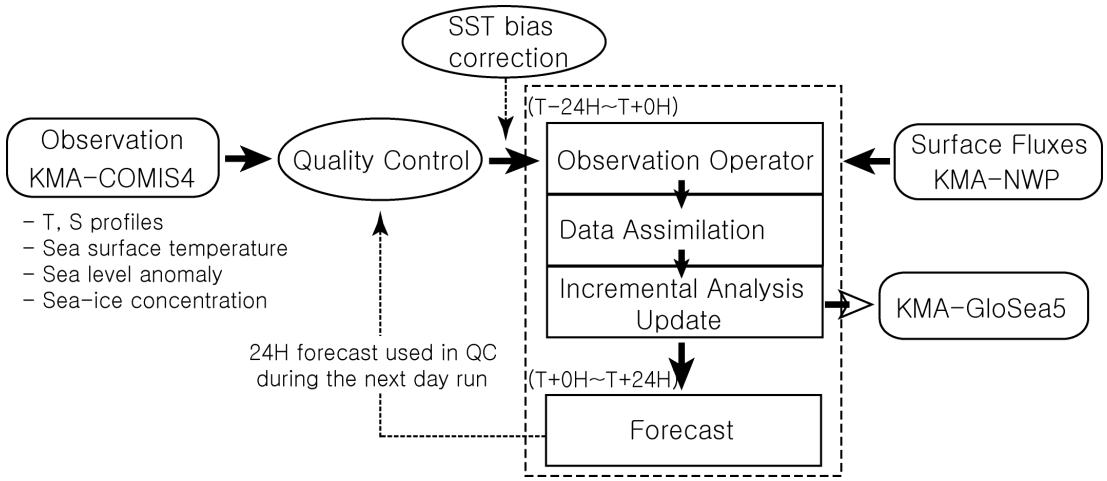


그림 1.2 전지구 해양자료동화시스템(GODAPS) 운영 개요

표 1.1 전지구 해양자료동화시스템 디렉토리 구성

	Directory	Sub-directory	Description
~/godaps			
	OOBS	DAIN	- 관측자료 전처리(※ 제2장) · 수온, 염분 프로파일, 현장관측 해수면 온도, 위성관측 해수면 온도, 해수면 고도, 해빙농도 자료의 포맷 변환 등
		DAOU	
		EXET	
		LOGO	
		SHEL	
		SRC	
		UTIL	
		WORK	
	FLUX	DAIN	- 해수면 경계자료 전처리(※ 제3장) · 기상청 수치예보시스템의 예측결과를 이용한, 해양-해빙 모델 구동을 위한 경계장 생성
		DAOU	
		EXET	
		LOGO	
		SHEL	
		SRC	
		UTIL	
		WORK	
	NEMO	DABA	- 품질관리, 해양해빙 모델링, 자료동화(※ 제4장) · 품질관리(배경장 체크 등) · 위성관측 해수면 온도 바이어스 보정 · 관측연산자 과정(Observation Operator) · 자료동화(Data Assimilation) · 분석증분갱신(Incremental Analysis Update)
		DAIN	
		DAOU	
		EXET	
		INIT	
		LOGO	
		SHEL	
		SRC	
		TEMP	
		UTIL	
		WORK	
	POST	DAIN	- 모델결과/ 관측자료 등 후처리 · python을 이용한 (슈퍼컴퓨터 환경에서 표출)
		DAOU	
		EXET	
		LOGO	
		SHEL	
		WORK	

표 1.2 전지구 해양자료동화시스템의 크론탭(crontab) 설정

```
# 경계자료 전처리(FLUX)
 00 5 * * * /s2/home/lrf/godaps/FLUX/SHEL/flux_job_submit.sh

# L3 GHRSST  위성관측 해수면 온도자료 전처리 (pre-OOBS for VIIRS)
 10 6 * * * /s2/home/lrf/godaps/OOBS/SHEL/ext_l3ghrsst_job_submit.sh

# 관측자료 전처리(OOBS)
 30 6 * * * /s2/home/lrf/godaps/OOBS/SHEL/ObsGet_Main.sh

# 영국기상청 관측자료 수신
 40 6 * * * /s4/home/nimr/ocean2/GODAPS/OOBS/SHEL/Get_UKMO.sh

# 품질관리, 위성SST 보정, 모델링, 자료동화(NEMO)
 00 7 * * * /s2/home/lrf/godaps/NEMO/SHEL/Foam_Main.oper.neo.sh

# 그래픽, 검증(POST)
 10 8 * * * /s2/home/lrf/godaps/POST/SHEL/post_job_submit.ksh
```

제 2장 관측자료 전처리 시스템

2.1 개요

전지구 해양자료동화시스템(GODAPS)은 분석일에 해당하는 해수면 온도, 해수면 고도, 해빙농도, 수온 및 염분 프로파일 관측자료를 매일 1회 처리하여 자료동화 한다. 현재, 전지구 해양자료동화시스템에서 이용하는 모든 해양-해빙 관측자료는 기상청 통합 스토리지(COMIS)를 통해 수집, 처리되고 있다(그림 2.1). 즉, 통합스토리지에 저장된 관측자료를 수치모델 중계서버를 통해 슈퍼컴퓨터로 복사하여 전처리를 수행하게 된다. 다만, 위성관측 해수면 온도자료는 수치모델 중계서버 내의 스토리지(/DATAS)에 별도 저장되고 있는데 저장공간을 고려하여 30일간 보관하고 있다.

관측자료를 설명하기에 앞서서, 본 장에서는 편의 상 관측자료를 profile, surface, altimetry, seaice의 네 가지 관측타입(observation type)으로 분류하여 설명하고자 한다. 표 2.1은 전지구 해양자료동화시스템에서 사용 중인 관측자료를 관측타입 별로 분류하여 나타낸 것으로, Argo 플로트 자료와 계류부이 자료 등이 포함되는, 수온과 염분 프로파일 자료는 GTS (Global Telecommunications System)를 통해 수집되는 자료를 이용한다. 해수면 온도(Sea Surface Temperature; SST) 자료는 표류부이, 계류부이 등을 포함하는 현장관측 자료와, 위성 관측 자료로 나눌 수 있다. 현장관측 자료는 프로파일 자료와 동일하게 GTS로 수집되는 자료를 이용하며, 위성관측 자료로는 FTP로 수집하는 GHRSST (Global High Resolution SST) 자료를 이용한다. 해수면 고도 변이(sea level anomaly) 자료를 제공하는 고도계 자료 (altimetry data)는 FTP로 수집되는 4개의 위성자료를 이용하고 있으며, 해빙농도는 OSI-SAF (The Ocean & Sea Ice Satellite Application Facility)에서 제공하는 추정값을 사용한다. 참고로, 위성관측 자료를 추가 및 변경하고자 할 때는 기상청 관련부서(정보통신기술과)에 요청하여야 한다. 각각의 관측자료에 대한 보다 상세한 내용은 2.2장에서 다루도록 하겠다.

각각의 관측자료는 자료동화에 적용되기 전에 품질관리를 거쳐야 하는데(4.2장), 이를 위해 품질관리 프로그램(NEMOQC)에서 관측자료를 읽을 수 있도록 사전에 수집된 관측자료의 포맷을 변환하는 과정이 필요하다. 또한 고해상도 위성관측 해수면 온도자료(GHRSST)의 경우 모델의 해상도를 고려한 솎아내기(thinning) 과정 등이 추가로 요구된다. 이러한 과정들이 2장에서 설명할 관측자료 전처리 과정의 핵심이라 하겠다. 표 2.2는 관측자료 전처리 시스템의 디렉토리 구조를 나타낸다. 관측자료 전처리 과정은 매일 1회 수행되며 $HOME/OOBS 이하에서 관리된다. 우선, 분석일에 해당하는 관측자료를 기상청 통합스토리지(COMIS)로부터 복사하여 DAIN 디렉토리에 저장하고, 전처리가 끝난 관측자료는 DAOU에 저장한다. 전처리를 위한 쉘 스크립트는 OOBS/SHEL에서 관리되고, 전처리 프로그램의 소스파일과 실행파일은 각각 OOBS/SRC와 OOBS/EXET에 보관된다. OOBS/UTIL에서는 bufr 포맷 자료의 디코딩에 필요한 EMOS 라이브러리와, 디렉토리와 계산기 설정 파일(oobs.def) 등을 보관한다.

2.2장에서는 자료동화에 적용하는 해양과 해빙 관측자료에 대해 설명하고자 한다. 2.3장에서는 관측자료의 전처리 과정을 본 시스템에서 정의하는 관측타입별(i.e. profile, surface, altimetry,

seaice)로 소개하고, 소스코드의 설치방법과 유틸리티 정보는 2.4장과 2.5장에서 다루고자 한다.

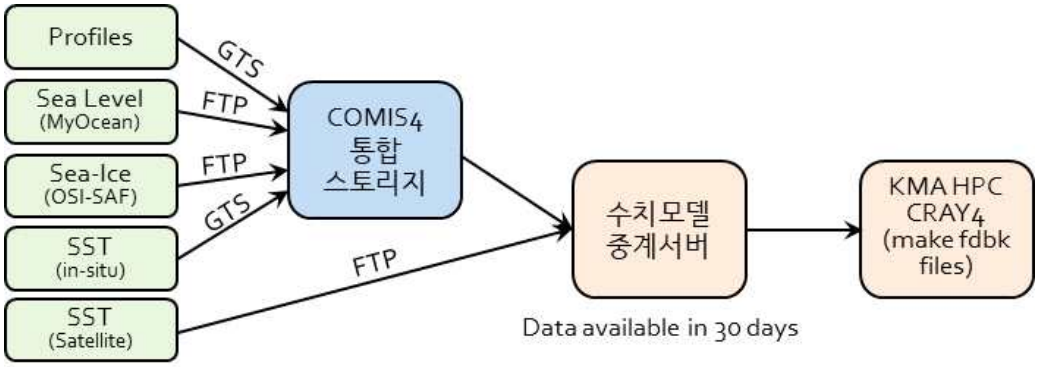


그림 2.1 전지구 해양자료동화시스템 해양 관측자료 수집 개요

표 2.1 전지구 해양자료동화시스템에서 활용하는 관측자료(`18.6)

Type	Variable	platform	Data provider
Profile	Temperature, Salinity (in-situ)	Argo	GTS
		Moored buoy (TAO etc)	
		Ships (XBT, CTD etc)	
Surface	SST (in-situ)	Surface drifters	GTS
		Moored buoys (TAO etc)	
	SST (satellite)	AVHRR/METOP	IFREMER
		AVHRR/NOAA19G	
		AMSR-2/GCOM-W1	JPL PODDAC
		VIIRS/Suomi Npp	
Altimeter	SLA (satellite)	Poseidon-3/Jason-3	COPERNICUS
		CryoSat2/	
		Altika/	
		SARL/Sentinel-3A	
SeaIce	Concentration (satellite)	SSMIS	OSI-SAF

표 2.2 관측자료 전처리 시스템 디렉토리 구조 ($HOME = ~/godaps)

$HOME/OOBS	/DAIN	/YYYY	해양 관측자료(입력자료)
		/GHRSST/YYYY	위성관측 SST 자료
	/DAOU	/YYYY	전처리 결과파일
		/Obs_ukmo/YYYY	영국기상청 관측자료
	/EXET	-	실행파일
	/LOGO	/YYYY	로그파일
		/Obs_ukmo/YYYY	영국기상청 관측자료 수집 로그
	/SHEL	-	전처리 스크립트
	/SRC	/PreSatSST	위성 SST 자료 전처리 소스코드
		/Sources	전처리 소스코드
		/Util	날짜 조정 스크립트 등
	/UTIL	/EMOS	Bufr 자료 변환을 위한 EMOS
		/ENVI	계산기 및 디렉토리 설정
		/preproc_sat_l3	L3 type GHRSST 전처리 코드
	/WORK	-	작업 디렉토리

2.2 관측자료

2.2장에서는 관측자료에 대해서 2.1에서 정의한 관측타입별로 설명하고자 한다. 단, 위성관측 해수면 온도 자료는 현장관측 자료와 분리하여 마지막 부분에서 별도 설명하고자 한다.

2.2.1 수온 및 염분 프로파일: Profile

수온과 염분 프로파일은 크게 바이너리 포맷인 BUFR (The Binary Universal Form for the Representation of meteorological data) 자료와 아스키(ASCII) 포맷의 TAC (Traditional Alphanumeric Code) 자료로 나뉜다. 전처리 과정에서는 두 형식의 자료를 모두 처리를 해서 하나의 프로파일 관측자료를 생성한다. 이 경우, 일부 관측자료가 중복될 수 있기 때문에 품질관리 과정에서는 중복자료 처리 과정을 통해서 해당자료를 제거한다(4.2장 참조).

해양자료동화시스템에서는 *IOP*.bfr와 *IOS*.bfr의 파일명을 가지는 BURF 형식 자료를 프로파일 자료로 사용한다(표 2.3). 참고로, WMO 명명규칙에 따르면, 파일명의 대문자 I가 BUFR 포맷 자료를 의미하고, 세 번째 문자열인 P와 S가 각각 sub-surface profiling floats와 sea surface below soundings를 나타낸다. 참고로, 부록 B에는 BURF 파일의 명명규칙과 함께 디코딩을 위한 BURF 자료 포맷에 대한 정보를 수록하였다. BURF 자료 이외에, 전문형태의 TESAC (FM 64-XI Ext. TESAC), BATHY (FM 63-XI Ext. BATHY), BUOY (FM 18-XII BUOY) 자료를 처리한다. 여기에서 'FM 64-XI Ext. TESAC'자료는 GTS#SO..... 참고로, 프로파일 관측자료의 큰 비중을 차지하는 Argo 자료는 대부분이 BUFR 포맷의 *IOP*.bfr 로 제공되고 있으며, 열대해역의 계류부이(TAO 등)은 TAC 자료 형태인 GTS#SO* 파일에 포함되어 제공된다.

표 2.3 전처리 과정 수행 전의 Profile 타입 수온 염분 관측자료(파일명에 대한 정의 및 자료 구성은 부록 B, C를 참조)

변수명	자료 포맷	파일명	저장위치(COMIS)
Temperature, Salinity	Bufr	????_IOP?_YYYYMMDDHH.bfr	/DATA/GTS/BUFR/YYYYMM/DD
	Bufr	????_IOS?_YYYYMMDDHH.bfr	
	TAC (FM 18-XII BUOY)	GTS#SS_YYYYMMDDHH	/DATA/GTS/JUN/YYYYMM/DD
	TAC (FM 63-XI Ext. BATHY)	GTS#SO_YYYYMMDDHH	
	TAC (FM 64-XI Ext. TESAC)	GTS#SO_YYYYMMDDHH	

2.2.2 현장관측 해수면 온도: Surface

해수면 온도자료는 크게 현장관측 자료와 위성 관측자료로 나눌 수 있는데, 현장관측 자료는 프로파일 자료와 동일하게 통합스토리지에 저장된 BUFR과 TAC 포맷의 GTS 자료를 디코딩하여 전처리를 수행하게 된다. 표. 2.4에 자료동화 과정에 활용 중인 현장관측 해수면 온도자료를 나타내었다.

프로파일 자료와 동일하게, 전처리 과정에서는 표 2.4의 두 형식의 자료(i.e. BUFR, TAC)를 디코딩하여 하나의 파일로 출력한다. 품질관리 과정에서는 솎아내기(thinning)을 통해 중복된 자료를 제거한다. 참고로, 현장관측 자료와 위성관측 해수면 온도자료는 전처리 후에 출력파일이 별도로 생성이 된다(표 2.6 참조). 현장관측 해수면 온도자료의 대부분을 차지하는 표류부이(surface drifter) 관측자료는 BUFR(*IOB*.bfr) 자료에 포함되어 있다.

표 2.4 자료동화에 적용되는 Surface 타입의 현장관측 해수면 온도 자료(파일명에 대한 정의 및 자료 구성은 부록 B, C를 참조)

변수명	자료 포멧	파일명	저장위치(COMIS)
in-situ Sea Surface Temperature	Bufr	????_IOT?_YYYYMMDDHH.bfr	/DATA/GTS/BUFR/YYYYMM/DD
	Bufr	????_IOB?_YYYYMMDDHH.bfr	
	Bufr	????_IOS?_YYYYMMDDHH.bfr	
	TAC (FM 13-XIV Ext. SHIP)	GTS#SS_YYYYMMDDHH	/DATA/GTS/JUN/YYYYMM/DD
	TAC (FM 18-XII BUOY)	GTS#SN_YYYYMMDDHH	

2.2.3 해수면 고도 변이: Altimeter

2018년 10월 현재, 해양자료동화시스템에서는 4개의 위성, Jason-3, CryoSat-2, Altika, Sentinel-3A 로부터 관측된 해수면 고도 변이 자료를 수집하여 자료동화하고 있다. 그림 2.2는

1일 분석일 동안 수집된 위성관측 자료를 나타내는데, 매일 약 80,000개의 자료가 수집되고 있다. 그림 2.3는 수집 중인 관측자료의 이력을 나타내는데, Altika 자료는 2014년 3월부터, CryoSat-2 자료는 2014년 1월부터, Jason-2는 2011년 11월부터 2016년 9월까지, Jason-2n은 2016년 11월부터 2017년 5월까지, Jason-3는 2016년 8월부터의 자료가 통합스토리지에 실시간 저장되고 있다.

위성관측 해수면 고도 변이자료는 모두 COPERNICUS CMEMES (ftp://ftp.sltac.cls.fr)에서 수집하고 있다. 기상청에서 매일 CMEMES를 통해 언급한 센서들의 자료를 수집하여 통합스토리지(COMIS)로 저장을 하고 있다(※계정은 국립기상과학원에서 관리). 표 2.3에 COPERNICUS 자료제공 사이트내의 관측자료의 위치와 COMIS 저장위치를 나타내었다. 특히 고도변이 자료 수집의 경우 지속적인 관리가 필요한데, 예를 들어, 2017년 6월에는 자료제공 서비스 기관 및 방법이 변경됨에 따라, 파일명 및 통합스토리지에 저장하는 위치가 /DATA/SAT/OCN/SLA에서 /DATA/SAT/OCN/PHY로 변경되었으며, 2018년 5월에도 자료 제공서버와 파일명에 변경이 있었다.

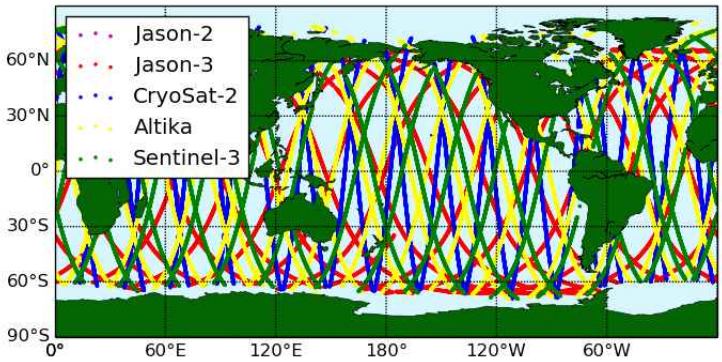


그림 2.2 위성 센서별 해수면 고도 변이 자료
(24시간 Assimilation window)

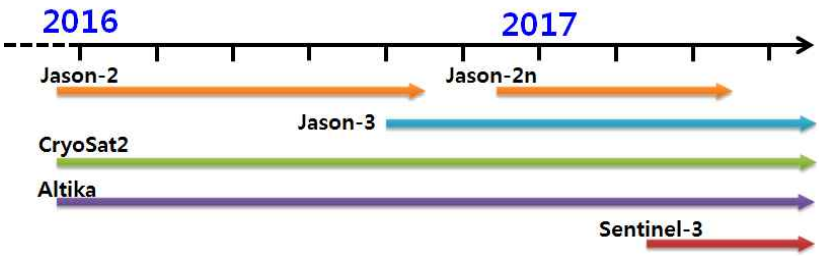


그림 2.3 GODAPS에 자료동화되는 해수면 고도 변이 자료 수집 이력 (2016년 이후)

표 2.5 위성관측 전지구 해수면 고도 변이자료의 자료제공 위치(파일명) 및 통합스토리지(COMIS) 저장위치(표 내의 <mission> j3, c2, al, j2n, s3a는 각각 Jason-3, CryoSat2, Altika, Jason-2n, Sentinel-3A 위성센서를 대표)

자료위치(파일명): ftp://nrt.cmems-du.eu	Core/SEALEVEL_GLO_PHY_L3_NRT_OBSERVATIONS_008_044/dataset-duacs-nrt-global-<mission>-phy-l3/YYYY/MM/**nrt_global_<mission>_phy_vfec_l3_yyyymmdd_yyyymmdd.nc** ※ <mission> : j3, c2, al, j2n, s3a
저장위치(COMIS)	/DATA/SAT/OCN/PHY/<MISSION>/yyyymm ※ <MISSION> : J3, C2, AL, J2N, S3A

2.2.4 해빙농도 자료: SeaIce

전지구 해양자료동화시스템에는 언급한 해빙농도 자료를 자료동화에 활용하고 있다. 해빙농도 자료는 Meteo-France에서 주관하는 OSI-SAF(http://osi-saf.org)에서 매일 1회 제공(대략 익일 05UTC)하는 NetCDF 형식의 북극과 남극의 해빙농도 파일 2개를 수신하여 적용하고 있다. 수집은 기상청에서 OSI-SAF의 ftp 서버(ftp://osisaf.met.no)로 직접 접속하여 자료를 다운로드하고 있으며(anonymous로 접근 가능), 표 2.8에 수집 및 저장정보를 나타내었다. 기상청 통합스토리지에는 2013년 11월부터 자료가 보관되어 있다.

수집 중인 해빙농도 자료는 SSMI/S (Special Sensor Microwave Imager/Sounder)의 Micro-wave 자료를 기반으로 생성된다. 해빙 자료를 생성할 때 대기 중의 수증기량 혹은 해상의 바람 균열로부터 야기되는 오염된 자료의 문제들이 존재하므로, 유럽 중기예보센터(ECMWF)의 입력장과 복사 및 전달 모델을 통해 자료의 보정 값을 계산하고, 이를 SSMI/S 밝기 온도에 적용한 뒤 얼음 농도를 계산하게 된다. 또한 이 밝기 온도는 다중 센서를 이용한 얼음 분석에도 사용된다. 해빙농도 계산은 베이지안 접근 방법을 통해 관측된 여러 매개변수들은 다양한 자료들과 관련된 불확실성을 고려하는 최적의 추정치를 얻기 위해 결합되며 최종적으로 고품질의 얼음 추정치를 얻을 수 있으며, 이와 같이 해양의 얼음 농도를 분석하기 위해 다양한 센서를 이용한 다중 센서 분석 시스템이 구축되어 있다. 이 시스템들은 SSM/I에서 개발되어 왔으며 현재 SSMI/S와 ASCAT 데이터에 사용되고 있다.

표 2.6 위성관측 해빙농도 자료제공 위치(파일명) 및 통합스토리지(COMIS) 저장위치(표 내의 <hemisphere> nh와 sh는 각각 북극과 남극의 자료를 나타냄)

자료위치(파일명): ftp://osisaf.met.no	archive/ice/conc/yyyy/mm/ice_conc_<hemisphere>_polstere-100_multi_yyyymmddhh.nc ※ <hemisphere> : nh, sh
저장위치(COMIS)	/DATA/SAT/OCN/ICE/yyyymm

2.2.5 위성관측 해수면 온도: Surface

전지구 해양순환예측시스템에 자료동화되는 위성관측 해수면 온도자료는 Global Data Archiving Cener (GDAC)의 Group for high resolution SST Pilot Project (GHRSST-PP)를 통해 생산되는 GHRSST 자료로, Level 2 Preprocesses (L2P)형식의 AVHRR NOAA18-GAC, AVHRR METOP-B, AMSR-2 GCOM-W1 위성자료와 L3 형식의 VIIRS Suomi NPP 자료를 사용하고 있다. 표 2.7에 각각의 자료에 대한 해상도, 파일 사이즈 등을 나타내었다.

참고로, AVHRR METOP-B 자료는 AVHRR METOP-A가 2016년 2월 기준으로 중단되면서 대체하여 수집 중에 있으며, AVHRR NOAA19-G 자료는 2018년 5월 NOAA18-G 서비스가 중단되면서 수집을 시작하였다. 아울러, AMSR-2와 VIIRS 자료는 2018년 4월부터 자료를 수집하고 있다.

앞선 관측자료들에 비해, 위성관측 해수면 온도는 높은 해상도와 다양한 정보를 포함하고 있기 때문에 파일 사이즈가 상대적으로 크다. 때문에 현재 위성관측 해수면 온도자료는 통합스토리지(COMIS)가 아니라, 수치모델 중계서버의 스토리지에 보관 중이며, 디스크 용량을 고려하여 30일 정도의 자료만 보관하고 있다. 다만, 전처리 후의 관측자료는 기상청 슈퍼컴퓨터에 별도 보관한다(2.3장 참조).

위성관측 해수면 온도자료는 기상청 정보통신기술과에서 IFREMER의 FTP 서버(ftp://eftp.ifremer.fr)와 JPL PODAAC 서버(ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov)로부터 실시간으로 자료를 수집하고 있다(표 2.6). AVHRR NOAA18-GAC와 AVHRR METOP-B 자료는 IFREMER 서버로 부터, 그리고 AMSR-2 GCOM-W1 과 VIIRS Suomi NPP 자료는 미국 JPL로부터 각각 수집하고 있다.

표 2.7 위성관측 해수면 온도자료 센서별 해상도, 일자료 개수, 일평균 파일사이즈(각각의 값들은 대략적인 수치를 나타냄)

Sensor (Platform)	수평 해상도	파일개수/일	File Size (Mb)
AVHRR (NOAA19-GAC)	8.8 km	15	20
AVHRR (METOP-A/B)	1 km	450	5
AMSR-2 (GCOM-W1)	25 km	15	75
VIIRS (Suomi NPP)		145	2.5

표 2.8 위성관측 해수면 온도의 센서별 자료제공 기관 및 자료위치(파일명)(기상청 스토리지 내의 저장위치도 함께 표시)

Sensor platform	provider	자료 위치 및 파일 명	저장위치
AVHRR NOAA18-G	IFREMER: ftp://eftp.ifremer.fr	cersat-rt/project/myocean/sst-tac/l2p/avhrr18_g/navo/yyyy/days/**yyyymmdd??????-NAVO-L2P_GHRSST-SST1m-AVHRR18_G-v02.0-fv01.0.nc**	/DATAS/GHRSST/NOAA18
AVHRR METOP-B		/cersat-rt/project/osi-saf/sst/l2p/avhrr_metop_b/yyyy/days/**??????????????-OSISAF-L2P_GHRSST-SSTsubskin-AVHRR_SST_METOP_B-sstmgr_metop01_$date_000103-v02.0-fv01.0.nc**	/DATAS/GHRSST/METOP
AMSR-2 GCOM-W1	PODAAC JPL: ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov	allData/ghrsst/data/GDS2/L2P/AMSR2/REMSS/v7.2/yyyy/days/**yyyymmdd??????-OSPO-L3U_GHRSST-SSTskin-VIIRS_NPP-ACSPO_v2.40_0.02-v02.0-fv01.0.nc**	/DATAS/GHRSST/AMSR2
VIIRS Suomi NPP		allData/ghrsst/data/GDS2/L3U/VIIRS_NPP/OSPO/v2.4/yyyy/days/**yyyymmdd?????-OSPO-L3U_GHRSST-SSTskin-VIIRS_NPP-ACSPO_v2.40_0.02-v02.0-fv01.0.nc**	/DATAS/GHRSST/VIIRS

2.3 관측자료 전처리 과정

통합스토리지(COMIS)에 보관된 관측자료는 OOBS 디렉토리에서 전처리 과정을 거치게 된다. 전처리 과정과 관련하여 표 2.9에 주요 쉘 스크립트와 수행 내용을 정리하였다. 전처리는 매일 06 UTC에 크론탭을 통해 ObsGet_Main.sh이 실행되면서 시작되는데, 1) ObsGet_Main.sh에서는 기본적인 환경변수를 지정하고, 하위 쉘을 순차적으로 실행한다. 2) 첫 번째 하위 쉘인 NemoScr_ReadWrite_Main_phy5sat.sh 에서는 위성관측 해수면 온도를 제외하고, 관측 타입별로(i.e. Profile, Surface, Alitimeter, SeaIce) 순차적으로 전처리를 수행한다. 이때, Profile과 Surface 전처리 과정에서는 각각 run_profile.sh과 run_surface.sh의 별도 하위 쉘을 수행한다. 관측 타입별 전처리가 종료하면, 계속해서, 3) NemoScr_ReadWrite_SatSST.sh 하위 쉘에서 run_ghrsst.sh 쉘을 수행하여 위성관측 해수면 온도 자료의 전처리를 수행한다.

여기서, 전처리(②, ③과정) 에는 기상청 통합스토리지에 저장된 관측자료를 FTP를 통해 슈퍼컴퓨터($HOME/OOBS/DAIN)로 전송받고, 이를 표 2.9에서 정리한 실행파일을 통해, 품질관리 프로그램(NEMOQC)에서 읽을 수 있도록 포맷변환을 수행하는 내용이 포함된다.

표 2.9에는 ext_l3ghrsst.sh이 포함되어 있는데, 이는 VIIRS 자료의 처리에 관계한다. 위성관측 해수면 온도 자료 중에서 VIIRS 자료는 L3 타입의 자료로, 격자화된 관측자료를 제공한다. VIIRS 자료는 매일 약 140여개의 파일에 고해상도 정보를 제공하는데, 각 파일에는 일부 해역의 자료가 포함됨에도 불구하고 전지구 격자점으로 자료를 제공하여 자료의 사이즈가 크고, 전처리

시간이 많이 소요된다. 때문에, 각각의 파일에서 관측자료를 포함하지 않는 격자를 제거하는 전처리 과정을 별도로 거치며, 해당 작업을 ext_l3ghrsst.sh이 수행한다. ext_l3ghrsst.sh은 관측자료 전처리 과정이 시작되기 전에, VIIRS 자료를 수집(슈퍼컴퓨터로 복사)하면서 시작된다.

표 2.9 전처리 과정에 사용되는 쉘 스크립트 목록 및 개요

쉘 스크립트	주요 내용
ObsGet_Main.sh	· 메인 쉘로서 주요 환경변수 지정 및 아래의 하위 쉘 수행 1) NemoScr_ReadWrite_Main_phy5sat.sh 2) NemoScr_ReadWrite_SatSST.sh
NemoScr_ReadWrite_Main_phy5sat.sh	· 프로파일, 현장관측 해수면 온도, 해수면 고도 변이, 해빙농도 자료의 전처리(자료 다운로드, 포맷변환 등) 수행. · NetCDF 포맷인 해수면고도 변이와 해빙농도는 본 쉘에서 EXET 내의 NemoQc_ReadWrite_Altimeter_phy5sat.exe와 NemoQc_ReadWrite_SeaIce.exe을 이용해서 전처리 수행 · 프로파일과 현장관측 해수면 온도의 경우, 자료 수집 후, 아래 하위 쉘을 별도 수행 1) run_profile.sh 2) run_surface.sh
NemoScr_ReadWrite_SatSST.sh	· 위성관측 해수면 온도 자료의 전처리 수행: 자료 다운로드, 포맷변환, **subsampling** 등. 아래 하위 쉘 수행 1) run_ghrsst.sh를 실행
run_profile.sh	· EXET/NemoQc_ReadWrite_Argo_Profile.exe를 실행, bufr와 전문형식의 수온, 염분 프로파일 파일을 NetCDF 파일로 변환
run_surface.sh	· $EXET/NemoQc_ReadWrite_Surface.exe를 실행, bufr와 전문형식의 현장관측 해수면 온도 파일을 NetCDF 파일로 변환
run_ghrsst.sh	· $EXET/ThinnGHRSST.exe를 실행하여, 위성관측 해수면온도 자료를 전처리 함. Subsampling 등 수행
ext_l3ghrsst.sh	· UTIL/preproc_sat_l3/multi_extract_sat_l3.py 을 실행하여, VIIRS 자료의 수집과 전처리를 수행

2.3.1 관측자료 전처리 과정: 프로파일, 현장관측 해수면 온도, 해수면 고도계, 해빙농도

ObsGet_Main.sh 에서는 분석날짜($YYYYMMDD)를 지정하고, 로그파일을 저장하기 위한 디렉토리(OOBS/LOGO 이하)를 생성한다. 이후에, 현장관측 해수면 온도와 수온, 염분 프로파일, 그리고 위성관측 해수면 고도 변이, 해빙농도 자료의 처리를 위한 NemoScr_ReadWrite_Main_phy5sat.sh와 위성관측 해수면 온도자료를 처리하는 NemoScr_ReadWrite_SatSST.sh를 동시에 실행한다. NemoScr_ReadWrite_Main_phy5sat.sh 에서는 아래에서처럼 몇 가지 전역 변수를 통해 실행 모드를 선택할 수 있다.

```
RUN_MODE="day00"  # day00: 'day minus one'  or  daym1: 'day minus two'
ModeFlag=2        #  1 : '1 days ago (automatic)' or  2 : 'user input' or  3 : 'Loop'
SUBMIT=-9         #  1 : 'submit to queue'  or  -9 : 'run the script without submit'
Variables='SeaIce Altimeter Surface Profile' # Variable names for each observiations.
YYYYMMDD=${Date} #  DTF_FULL
```

위에서 $RUN_MODE에는 day00 또는 daym1를 선택하여야 한다. 현 시스템에서는 day00으로 고정되어 있는데, ‘day00’로 설정이 되면 ObsGet_Main.sh에서 주어지는 ${Date}를

받아 정해지는 ${YYYYMMDD} 기간의 관측자료를 처리하게 한다. 만약, $RUN_MODE가 'daym1'으로 주어지면 ${YYYYMMDD}의 전일 자료부터 24시간 간격으로 2일간의 자료를 처리한다. 이는 향후 개발예정인 2-day hindcast run 시스템을 위한 설정으로 현 버전에서는 day00으로 고정하여 사용한다. 또한, $Variables은 전술한 관측 타입과 동일한데, NemoScr_ReadWrite_Main_phy5sat.sh 스크립트 내에서 선언된 for-loop를 통해, 관측 타입별($Variables='SeaIce Altimeter Surface Profile')로 차례대로 전 처리(FTP를 통한 자료수신, 포맷변환 등)를 수행한다. 따라서, 해당 변수를 통해 처리할 관측타입을 지정할 수 있다. 아래에서는 관측 타입별($Variables)로 Namelist 작성하는 방법과 실행 방법을 각각 정리하였다.

현장관측 해수면 온도자료와 함께, 수온, 염분 프로파일은 GTS망을 통해 수집한 Bufr와 아스키 형식의 전문 자료를 디코딩하게 된다(2.2절). Bufr 파일은 자료분배 기관과 관측해역 등으로 파일명이 결정되는데, NemoScr_ReadWrite_Main_phy5sat.sh에서는 *IOP*와 *IOS*를 포함하는 모든 파일을 COMIS에서 슈퍼컴퓨터로 복사하고, 이를 cat 명령을 이용하여 Argo.Bufr (i.e., Argo_${YYYYMMDD})라는 하나의 파일로 합쳐서 처리한다. 계속해서, 전문형식의 GTS#SO*과 GTS#SS 파일과 함께 NemoQc_ReadWrite_Argo_Profile.exe 실행파일을 이용하여 디코딩을 수행한다.

위의 수온 및 염분 프로파일 자료의 전 처리를 수행하기 위해서는 아래와 같은 형식으로 namelist를 작성해야 한다. GTS Table을 기준으로, 디코딩 수행여부를 결정할 논리변수인 BUFR, BATHY, TESAC, BUOY의 참, 거짓 유무를 선택한 뒤, 실행파일을 아래와 같은 옵션을 사용하여 실행한다. 옵션은 -time은 $YYYYMMDD 형식의 날짜, --day00 또는 -daym1로 주어지는 $RUN_MODE, -i 입력 자료의 경로, -o 결과 값의 경로로 구성된다. 현재의 전지구 해양자료동화시스템은 1일 자료동화 체계(24시간 assimilation window)를 채택하고 있기 때문에, 분석일($YYYYMMDD)에 해당하는 관측자료만을 처리한다. 따라서, $RUN_MODE는 'day00'으로 지정되어 있다.

```
cat > ${NameList} <<EOF
&prm
  BUFR=T, BATHY=T, TESAC=T, BUOY=T /
EOF
${EXET_DIR}/NemoQc_ReadWrite_Argo_Profile.exe \
    --time ${YYYYMMDD} --${RUN_MODE}  -i ${DAIN_DIR}/ -o ${DAOU_DIR}/  < ${NameList}
```

현장관측 해수면온도 자료의 전 처리 과정도 프로파일 자료와 유사하게, 먼저 FTP를 이용하여 Bufr 포맷의 *IOB*, *IOR* 파일과 전문형태의 GTS#SV*, GTS#SN*, GTS#SS* 자료를 슈퍼컴퓨터로 전송한 하고, 계속해서 Bufr 자료는 cat 명령을 사용하여 Surface.Bufr (i.e., Surface_${YYYYMMDD}.Bufr)라는 하나의 파일로 합한다. 이 후, 아래와 같은 namelist를 작성하여 전처리를 수행한다. namelist에서는 자료 포맷별로 디코딩 여부를 결정하는 논리변수인 BUFR, SHIP, BUOY의 참, 거짓 유무를 선택하게 된다. 실행파일의 옵션은 프로파일 타입과 동일하다.

```
cat > ${NameList} <<EOF
&prm
  BUFR=T, SHIP=T, BUOY=T /
EOF
${EXET_DIR}/NemoQc_ReadWrite_Surface.exe \
       --time ${YYYYMMDD} --${RUN_MODE} -i ${DAIN_DIR}/ -o ${DAOU_DIR}/  < ${NameList}
```

위성관측 해수면 고도 변이 자료의 경우는 다음과 같이 namelist를 작성한다. $MissionNums에는 입력할 위성관측 자료의 개수를 선언하고(수집된 파일명으로부터 자동으로 정해짐), Year와 Month, Day 변수에 연, 월, 일 정보를 지정한다. CreatedTime 변수는 생성될 결과 파일에 make log를 기록하기 위한 것으로 생성하는 날짜 정보를 입력한다. 계속해서 절대경로를 포함하는 처리할 관측자료(입력자료)의 파일명을 $Files 변수에 지정하여 아래와 같이 전처리 과정을 진행한다.

```
cat > ${NameList} <<EOF
&prm
      MissionNums=${imission}    # MissionNums=3
      Year=${YYYY}               # Year=2016
      Month=${MM}                # Month=01
      Day=${DD}                  # Day=01
      CreatedTime="`date "+%d-%b-%Y %H:%M:%S UTC " -u` : File created by a fortran code (v1.0) of KMA "
EOF
${EXET_DIR}/NemoQc_ReadWrite_Altimeter.exe        \
              -i ${Files}  \    # Files="./envisat.nc ./jason2.nc ./jason1.nc"
              -o ${DAOU_DIR}/sla.${TIME}.nc     < ${NameList}
```

위성관측 해빙농도 자료의 전 처리 과정 또한 프로파일 자료는 아래의 Namelist 중에 북극인지 남극인지에 대한 참/거짓 유무를 나타내는 논리 변수인 NH_hemi의 선언을 유의하여 북극과 남극의 해빙농도를 구분하여 생산한다. kdaym은 $RUN_MODE가 ‘day00’로 지정된 경우 ‘0’으로 주어지며 분석일의 자료를 처리하게 된다.

```
cat > ${NameList} <<EOF
&prm
         OutputFileDir="${DAOU_DIR}"
         CreatedTime="`date "+%d-%b-%Y" -u`"
         InputFile="${File}"
         DTime="${OBSTIME}"
         NH_hemi=.TRUE.
         kdaym=${kdaym}
&end
EOF
${EXET_DIR}/NemoQc_ReadWrite_SeaIce.exe < ${NameList}
```

2.3.2 관측자료 전처리 과정: 위성관측 해수면 온도자료 전처리

언급한 자료들과 비교하여, 위성관측 해수면 온도 자료는 전지구 영역에 고루 분포하고 높은 해상도를 가지는 장점이 있다. 하지만, 모델 격자와 비교하여 지나치게 고해상도일 경우, 자료 동화 적용 시에 연산시간 증가로 인한 전산자원의 낭비 등을 야기하고, 오히려 모델의 정확성을 떨어뜨릴 수 있기 때문에 적절한 해상도로 조정하는 것이 필요하다. 본 절에서는 솎아내기(Thinning)를 통한 위성관측 해수면 온도자료의 해상도 조절, 수집되는 자료(GHRSST 형식 자료)에서 포함하는 Quality flag를 이용한 자료의 전처리 등에 대해서 소개하고자 한다.

표 2.9에서 설명한 바와 같이, 위성관측 해수면 온도자료의 처리는 ObsGet_Main.sh 내에서 Obs_getNemoScr_ReadWrite_SatSST.sh이 호출되면서 수행된다. 해당 스크립트에서는 기상청 자료관리 스토리지(/DATAS/GHRSST)에 저장된 위성관측 해수면 온도자료를 FTP를 통해 OOBS/DAIN/GHRSST 디렉토리로 전송하고, run_ghrsst.sh를 호출한다. 계속해서 run_ghrsst.sh에서는 ThinnGHRSST.exe 실행파일을 이용하여 솎아내기 등 위성 관측 해수면 온도자료의 전처리 과정을 수행한다.

ThinnGHRSST.exe를 실행하기 위해서는 namelist ($nam_ghrsst)설정과 입력파일 ($nam_input_list)를 지정해 주어야 한다. namelist에서 지정하는 관측 자료별 $bias_types과 bias_num, 그리고 i_sub_grid를 표. 2.10에 나타내었다. $bias_num은 해당 자료에 대해서 본 시스템에서 임의로 지정한 고유번호이며, 4.3절에서 설명할 위성관측 해수면 온도자료의 보정과 품질관리 과정에서 사용된다. $i_sub_grid는 솎아내기(thinning)를 수행할 때의 자료간격을 지정하는 것으로, 표 2.10을 보면, 해상도가 상대적으로 낮은 NOAA-18G 자료는 솎아내기를 수행하지 않고, 약 1 km 해상도의 METOP 자료는 6개 간격으로 자료를 추출한다. 참고로, 솎아내기를 거친 자료는 바로 자료동화되지 않고, 품질관리(NEMOQC) 과정에서 super-obbing 과정을 거쳐 모델 격자 해상도로 자료 수를 줄이게 된다.

```
    cat > ${nam_ghrsst} << MEOF
!! NAMELIST for ThinnGHRSST
&nam_ghrsst
    output_file="${OUT_FILE}"
    bias_types="${BIAS_SATTYPES}"
    bias_num=${BIAS_NUM}
    i_sub_grid=${i_sub}
    start_time=${DTF_FULL}00
    end_time=${DTF_END}00
MEOF
```

표 2.10 위성관측 해수면 온도자료 센서 별 namelist 설정 (2018.10 현재)

Sensor (Platform)	$bias_type	$bias_num	$i_sub_grid
AVHRR (NOAA18-GAC)	AVHRR19_G	21	1
AVHRR (METOP-A/B)	AVHRR_METOP_B	28	6
AMSR-2 (GCOM-W1)	REMSS_AMSR	38	2
VIIRS (Suomi NPP)	VIIRS	39	6

ThinnGHRSST.exe 실행파일을 이용하여 관측 자료가 처리되는 전반적인 흐름은 다음과 같다. 먼저 관측일별로 분석일에 해당하는 00~24UTC 자료에 대해서, 자료를 줄이고자 하는 간격에 맞추어서 필요한 자료를 읽어 들인다. 앞서 언급한데로 현재 시스템에서는 AVHRR METOP-B에 대해서는 6 × 6 간격으로 솎아내기를 수행한다. 이 후에, 해수면 온도 자료는 GHRSST 자료에서 제공하는 위성센서 별 관측 자료와 현장 관측 자료와의 편차 정보인 SSES (Single Sensor Estimate Statistics) 값을 이용하여 아래 식과 같이 보정을 한다.

$$SST(K) = sst(℃) \times scale_factor + add_offset - SSES$$

아울러, 관측자료에 포함되어있는 flag 정보 (e.g., l2p_flag, quality level, sea ice fraction)를 참고하여 오염된 자료로 의심되는 관측점을 모두 제거한다. l2p flag는 0~15까지의 값을 가지는데, 전처리 과정에서는 1(microwave), 2(land), 4(ice), 8(lake)에 해당하는 자료를 모두 제외한다. quality level은 0(no_data), 1(bad_data), 2(worst_quality), 3(low_quality), 4(acceptable_quality), 5(best_quality)의 flag 값을 가지는데, 본 시스템에서는 4 이상의 관측점만을 사용한다. 이외에 ice_fraction 정보를 포함하는 관측점의 경우, ice_fraction이 0% 이상인 해빙의 온도 값도 제외하였다. 솎아내기를 거지고, 오염된 자료를 제거한 뒤, 품질관리 프로그램(NEMOQC)에서 읽을 수 있는 포맷으로 전환하여 OOBS/DAOU 디렉토리에 저장한다.

2.4 입출력 파일 및 주요변수

표. 2.11에 관측 타입별로 전처리 과정의 입출력 파일을 나타내었다. 전처리가 끝난 관측자료는 $OOBS/DAOU 아래에 저장되는데, 4.1절에서 설명할 품질관리 과정(NEMOQC)에서 본 최종 결과물을 읽어서 품질관리를 수행하게 된다.

수집된 자료는 전처리를 통해 시간, 위치, 관측값 등을 최종 결과파일에 저장하게 되는데, 대체 대체로 많은 자료가 출력자료 최종적으로 포맷이 변경된 COMIS-4을 통해 수집된 자료는 Jason-2와 Cryosat의 해수면 고도 아노말리 자료이다. 자료 변환과정에서는 수집한 NetCDF 파일들을 Fortran 언어로 구성된 코드를 통해 NEMOQC의 입력포맷을 기준으로 하나의 NetCDF 파일로 통합한다. **그림. 2.4**는 수집한 고도 자료와 NEMOQC의 입력포맷인 NetCDF

자료에 대한 변수들의 Matching table을 나타내고 있다. NetCDF 파일의 time 변수들을 통해 전체 dimension에서 D-1(전일)인 날짜의 자료를 구분하여 선택한다. 그리고 입력된 자료의 track 변수를 바탕으로 중복되는 track의 종류를 오름차순으로 Tracks 변수에 정렬한 뒤 각각의 시작일을 함께 나열하였다. cycle의 값은 자료 변환 과정에서 정수값 1로 고정하였다. 각 track 마다 중복되는 time의 개수만큼을 NbPoints 변수에 Tracks의 종류별로 계산하여 입력한다. Data 변수는 Jason-2와 Cryosat 고도 자료의 time 값 간의 합과 같다.

표 2.11 관측타입별 입출력 자료(← 입력자료, → 출력자료)($OBSTIME은 분석일을 의미)

관측자료	입출력
profiles (수온, 염분)	← ????_IOP?_YYYYMMDDHH.bfr ← ????_IOS?_YYYYMMDDHH.bfr ← GTS#SO_YYYYMMDDHH ← GTS#SS_YYYYMMDDHH → **argo.obs.${OBSTIME}.nc**
in-situ SST	← ????_IOB?_YYYYMMDDHH.bfr ← ????_IOR?_YYYYMMDDHH.bfr ← GTS#SV_YYYYMMDDHH ← GTS#SN_YYYYMMDDHH ← GTS#SS_YYYYMMDDHH → **surface.obs.${OBSTIME}.nc**
해수면 고도 변이	← nrt_global_al_phy_vfec_l3_${OBSTIME}_YYYYMMDD.nc ← nrt_global_j3_phy_vfec_l3_${OBSTIME}_YYYYMMDD.nc ← nrt_global_c2_phy_vfec_l3_${OBSTIME}_YYYYMMDD.nc ← nrt_global_s3a_phy_vfec_l3_${OBSTIME}_YYYYMMDD.nc → **sla.obs.${OBSTIME}.nc**
해빙농도	← ice_conc_nh_polstere-100_multi_${OBSTIME}1200.nc → **seaicen.obs.${OBSTIME}.nc** ← ice_conc_sh_polstere-100_multi_${OBSTIME}1200.nc → **seaices.obs.${OBSTIME}.nc**
위성관측 SST	← ${OBSTIME}*-OSISAF-L2P_GHRSST-SSTsubskin-AVHRR_SST_METOP_B-sstmgr_metop01_${OBSTIME}_??????-v02.0-fv01.0.nc → **GHRSST_AVHRR_METOP_B.obs.YYYYMMDD.nc** ← ${OBSTIME}*-NAVO-L2P_GHRSST-SST1m-AVHRR19_G-v02.0-fv01.0.nc → **GHRSST_AVHRR19_G.obs.YYYYMMDD_hlatremov.nc** ← ${OBSTIME}*-OSPO-L3U_GHRSST-SSTsubskin-VIIRS_NPP-ACSPO_V2.41-v02.0-fv01.0.nc → **GHRSST_VIIRS.obs.YYYYMMDD.nc** ← ${OBSTIME}*-REMSS-L2P_GHRSST-SSTsubskin-AMSR2-L2B_rt_r32168-v02.0-fv01.0.nc → **GHRSST_REMSS_AMSR.obs.20180604.nc**

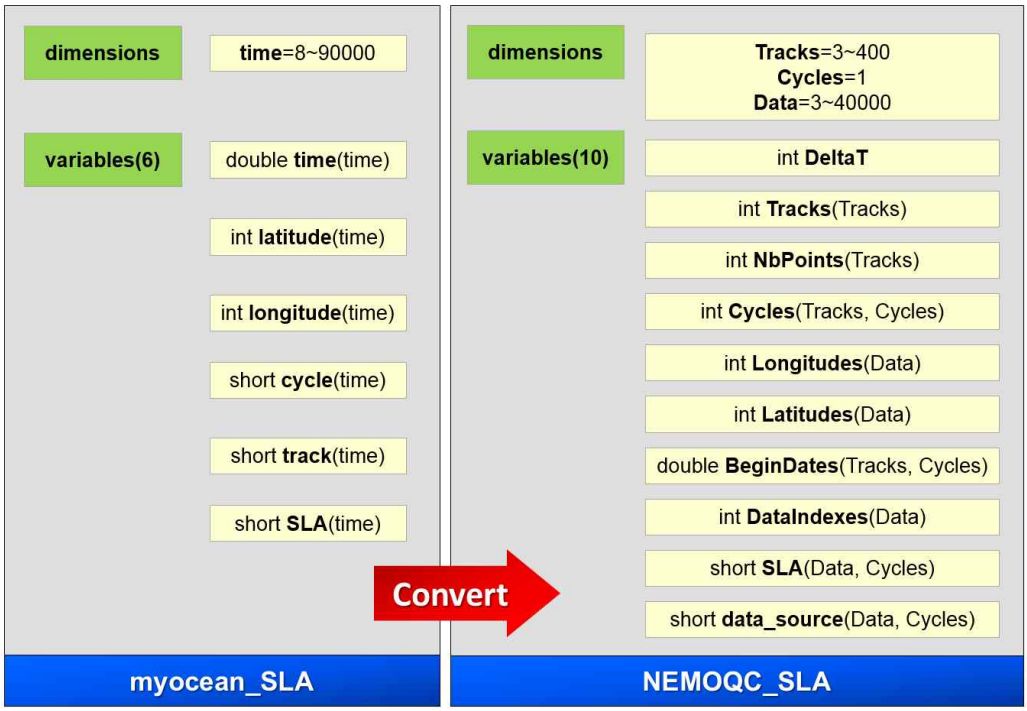


그림 2.4 입, 출력 자료의 matching table (해수면 고도변이 자료 예시)

2.5 소스코드 및 설치

전 처리 과정을 수행하기 위해 필요한 관측타입별 포트란 프로그램은 표2.12과 같고, 모두 OOBS/SRC 디렉토리 내에 보관되어 있다.

표 2.12 관측타입별 전처리 소스코드

Type	Source	비고
Profile	NemoQc_ReadWrite_Argo_Profile.f90	profile 처리(bfr, TAC)
	NemoQc_ReadWrite_IOS_Profile.f90	*IOS*.bfr 디코딩
	NemoQc_ReadWrite_IOB_Profile.f90	*IOB*.bfr 디코딩
Surface (in-situ)	NemoQc_ReadWrite_Surface.f90	현장관측 해수면 온도 처리
	NemoQc_ReadWrite_IOR_Surface.f90	*IOR*.bfr 디코딩
Altimeter	NemoQc_ReadWrite_Altimeter.f90	고도계 자료 처리
SeaIce	NemoQc_ReadWrite_SeaIce.f90	해빙농도 자료 처리
Surface (satellite)	ThinnGHRSST.F90	전처리 과정 전체 호출
	thinn_ionew.F90	input, output 호출
	thinn_globvar.F90	global variable 지정
	thinn_functions.F90	전처리에 필요한 함수
	thinn_allocate_arrays.F90	배열 할당
	obs_sst_io.F90	오염된 자료 제거
	obs_fbm.F90	NetCDF 형식 저장

Profile, Surface, Altimeter, SeaIce 타입의 전처리 프로그램들의 컴파일 방법은 OOBS/SRC 폴더에 있는 makefile을 이용하여 make를 하면 실행파일이 생성된다. 다만, make 하기 이전에 포트란 컴파일러와 Flags FC, FCFLAGS, NetCDF 설치 경로(NETCDF_DIR), EMOS 설치 경로(EMOS_DIR)와 라이브러리 경로(EMOS_LIB) 등의 정보를 확인해야 한다. 아래의 예제는 기상청 슈퍼컴퓨터 4호기에서 gfortran을 이용하여 makefile 작성한 경우이다.

```
export FC = gfortran
export NETCDF_DIR = /opt/kma/netcdf/3.6.3/gnu/49/
export EMOS_DIR = /home/nimr/ocean2/GODAPS/OOBS/UTIL/EMOS/4.0.7/GNU
export FCFLAGS = -O2 -g -mcmodel=medium -I. -I$(NETCDF_DIR)/include
export LDFLAGS = -L$(NETCDF_DIR)/lib -lnetcdf
export EMOS_LIB = -L${EMOS_DIR}/lib -lemosR64
```

make가 정상적으로 이뤄졌을 경우, OOBS/SRC에는 소스파일과 동일한 파일명에 exe 확장자가 붙은 실행파일이 생성된다. 만약 컴파일이 정상적으로 끝나지 않았을 경우에는 make clean 또는 make new를 이용하여 재 컴파일을 수행한다. 참고로, 이들 실행파일은 OOBS/EXET 디렉토리로 링크되어 관련 스크립트에서 런을 수행하게 된다.

```
module swap PrgEnv-cray PrgEnv-gnu
```

위성관측 해수면 온도자료 전처리 실행파일 관련 소스코드는 OOBS/SRC/PreSatSST에 위치한다. 소스코드는 표 2.8에 나타내었다. 실행파일의 설치는 Makefile을 통해 이루어지며, 아래와 같이 관련 모듈을 로드한 후에 make 명령어를 수행하면 실행파일(ThinnGHRSST.exe)이 해당 디렉토리에 생성된다.

```
> module load cray-netcdf-hdf5parallel
> make
```

2.6 유틸리티

EMOS 라이브러리

2.5절에서 설명한 바와 같이, Bufr 포맷의 프로파일과 현장관측 해수면 온도자료를 디코딩하기 위해서는 EMOS 라이브러리가 필요하다. 설치된 EMOS 라이브러리의 경로는 전처리 프로그램이 설치될 때 반드시 지정되어야 한다. 여기에서는 EMOS 의 설치 방법에 관해서 정리하고자 한다.

“EMOSlib는 4.4.5 version부터 ecCodes를 이용하여 building함. ” May 2017

```
#!/bin/ksh

. /opt/modules/default/init/ksh

module load cmake
module swap PrgEnv-cray PrgEnv-gnu

cmake .. -DCMAKE_INSTALL_PREFIX=/s4/home/nimr/ocean2/GODAPS/OOBS/UTIL/EMOS/4.0.7/GNU \
          -DCMAKE_CXX_COMPILER=g++ \
          -DCMAKE_C_COMPILER=gcc \
          -DCMAKE_Fortran_COMPILER=gfortran \
          -DFFTW_PATH=/opt/cray/fftw/3.3.4.1/haswell \
          -DECCODES_PATH=/opt/kma/eccodes/2.2.0/GNU/49

make
#make test
make install
```

제 3장 경계자료 전처리 시스템

3.1. 개요

전지구 해양자료동화시스템의 해양순환과 해빙모델이 구동되기 위해서는 해수면 경계자료가 필요하다. NEMO 모형에서는 해수면 경계 적용방법으로 analytical formulation, flux formulation, bulk formulation, coupled formulation 등을 제공하고, 이중 bulk formulation으로는 CORE, CLIO, MFS bulk formulea 방법을 제시하고 있다. 현 시스템에서는 이중에서 CORE bulk formulation을 채택한다. CORE bulk formulation 방법을 이용하여 경계장을 생산하기 위해 필요한 8개의 입력자료를 표 3.1에 나타내었다. 참고로, 표 3.1의 바람(풍속)은 유속 격자점(u-, v-grid)이 아니라, tracer 격자점(T-grid)의 자료를 나타낸다. 입력자료는 기상청 전지구 수치예보시스템(GDAPS)의 예측자료에서 추출되는데, 현 시스템이 매일 1일 분석장과 1일 예측장을 생산하도록 구성되어 있어서, 1회 런에 총 4일의 경계자료가 필요하다. 또한, 표 3.1에서는 각 자료의 시간 해상도를 나타내는데, 바람장의 경우 1시간 간격자료가 입력되고, 기타 열·염 플럭스 자료 등은 3시간 간격의 자료가 입력된다.

모델의 구동에 필요한 경계자료(표 3.1)를 생성하는 과정은 $HOME/FLUX 디렉토리에서 수행된다($HOME=~godaps/). 표 3.2은 경계자료 처리 시스템의 디렉토리 구조를 나타내는데, 관측자료 전처리 시스템($HOME/OOBS 이하)과 동일하게 현업 운영체계에 기반하여 구성되어 있다. 해양모델의 격자(orca025)를 가지는 경계자료(표 3.1의 파일들), 즉 관측자료 전처리 시스템의 최종결과물은 DAOU 디렉토리에 저장되고, 결과물을 생산하기 위한 쉘 스크립트는 SHEL에서 관리된다. 그리고, 소스파일과 실행파일은 각각 SRC와 EXET에 저장되어 있다.

경계자료 전처리 시스템에서는 주로 다음과 같은 과정을 다룬다. 먼저, 전지구 수치예보시스템(GDAPS)의 결과(glm_foamout_bulk, glm_marine*)에서 필요한 변수들을 추출한다(표. 3.3 참조). 추출한 모든 자료는 NetCDF 포맷으로 변환하여 저장한다. 이후, 바람자료의 격자점을 내삽과정을 통해 tracer 격자점으로 전환하고, 동일 격자점의 자료(바람, 해수면 온도, 기온, 비습)를 이용하여 기온과 비습의 고도변환을 수행한다. 참고로, GDAPS의 결과는 20 m 고도의 기온과 비습 값을 제공하기 때문에 추출된 자료를 10 m 고도로 변환하는 과정을 거쳐야 한다. 마지막으로 대기모델(GDAPS)의 T-격자점에서의 자료들을 해양모델의 격자(ORCA025)로 내삽한다.

언급한데로, 경계자료 전처리 시스템의 핵심은 대기모델의 플럭스 자료를 추출하여, 해양모델 격자로 내삽하는데 있다. 본 시스템에서는 내삽방법으로 bi-linear interpolation을 채택하였다. 또한, 내삽시간을 줄이기 위해서 SCRIP (Spherical Coordinate Remapping and Interpolation Package) 소프트웨어를 통해 사전에 계산된 보조파일(remapping weight)을 이용한다. 3.2 절에서는 경계 입력장을 생산하기 위한 과정을 비교적 상세히 다루고자 한다.

표 3.1 해양자료동화시스템 구동에 필요한 해수면 경계 입력자료

경계 입력장	모델 변수명	시간간격	파일명
10m wind speed(u)	10mwind_u	1	windspd_T_1h_orca025.nc
10m wind speed(v)	10mwind_v	1	windspd_T_1h_orca025.nc
Total downward surface short wave solar flux	soshfldo	3	flx_3h_orca025.nc
Total long wave radiation flux	sonsfldo	3	flx_3h_orca025.nc
10m air temperature	tair10m	3	flx_bulk10m_3h_orca025.nc
10m specific humidity	qair10m	3	flx_bulk10m_3h_orca025.nc
Total precipitation rate	precip	3	flx_3h_orca025.nc
Snowfall rate	sosnow	3	flx_3h_orca025.nc

표 3.2 경계자료 생성 디렉토리 구조 및 내용

$HOME/FLUX	/DAIN	/YYYY	KMA-NWP 격자 플럭스 자료 (nwp pp file 에서 추출한 결과)
	/DAOU	/YYYY/MMDD/daily_sbc.nwp.grid	nwp 격자점의 플럭스
		/YYYY/MMDD/daily_sbc.nwp.grid	모델격자점의 플럭스(최종 output)
	/EXET	-	실행파일
	/LOGO	/YYYY	로그파일
	/SHEL	-	전처리 스크립트
	/SRC	/sbc_proc	플럭스 고도조정 소스코드
		/interp	플럭스 내삽 소스코드
	/UTIL	/ENVI	날짜 관련 유틸리티 계산기 종류, 디렉토리 지정
	/WORK	-	작업 디렉토리

3.2 경계자료 생성 과정

3.2.1 추출 자료 및 방법

기상청 수치예보시스템(GDAPS)은 매일 4회(00, 06, 12, 18UTC) 예측을 수행한다. 매 계산마다 전지구 해양자료동화시스템의 경계자료로 적용되는 PP 포맷의 파일을 생성한다. 표. 3.3에 파일과 추출 변수를 나타내었다.

현재, 해양자료동화시스템은 자료동화를 위한 1-day hindcast run과, 예측을 위한 1-day forecast run을 수행하도록 구성 되어있다. 따라서, 총 2일의 run을 하게 되고, 이를 위해서는 총 4일간의 경계자료가 필요하다(T-48H ~ T+48H). 여기에서, T-48H ~ T-24H의 경계장은 전날 경계자료 전처리 시스템에서 생산한 자료와 일치하기 때문에, 전날 계산한 경계장을 링크하여 사용한다. 이외에, T-24H ~ T0 시간의 경계자료는 기상청 수치예보시스템에서 예측 시작시간(00, 06, 12, 18UTC) 별로 생성하는 foamout_bulk와 marine_[0|1]_10m 파일로 부터 초기 6시간 예측자료를 예측시간별로 각각 추출하고 이를 병합하여 1일 경계 자료를 생성한다. 즉, 고품질의 예측결과를 적용하기 위해서 관측자료를 많이 적용한 초기의 6시간 예측자료를 이용한다. T0 ~ T+48H의 경계자료의 경우, 수치예보시스템의 00UTC 예측결과로 부터 48시간 예측 값을 추출하여 생성한다.

예를 들어, 해양자료동화시스템은 3월 5일에, 3월 4일에 해당하는 분석장과 3월 5일의 예측장을 생산하는데, 이를 위해서 3월 3일부터 3월 6일까지의 총 4일의 경계장이 필요하다. 여기에서 3월 3일의 경계장은 전일(3월 4일) 처리한 경계자료를 링크하여 사용하고, 3월 4일의 경계장은 수치예보시스템의 00, 06, 12, 18UTC에 시작한 계산 결과의 초기 6시간 값만을 추출하여 생성한다. 3월 5일과 6일의 경계자료는, 수치예보시스템이 3월 5일 00UTC에 수행한 예측결과로부터 추출한다(그림 3.1 참조).

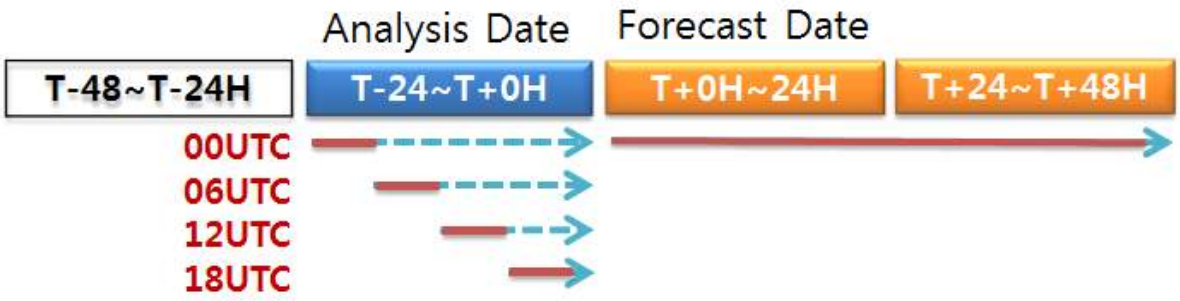


그림 3.1 기상청 수치예보시스템으로부터 분석(analysis)과 예측(forecast) 수행을 위한 경계자료 추출 개요. 분석일(T-24H ~ T+0H)의 경계장은 수치예보시스템의 00, 06, 12, 18UTC의 6시간 예측결과를 병합하여 생성하고, 예측일(T+0H ~ T+48H)의 경계장은 수치예보시스템의 예측일 00UTC에 수행된 48시간 예측 값을 이용함.

표 3.3 해양자료동화시스템의 경계조건을 위한 기상청 수치예보시스템의 결과 파일과 해당 파일에서 추출되는 변수명

위치	파일명 (um pp files)	추출 변수명 (Field title)	Field List
/op/nwp/fcst/MODL/GDPS/N128/DAOU/${DATE}${ANAL_TIME}/ERLY	glm_foamout_bulk (nt = 97)	TOTAL SNOWFALL RATE: LS+CONV	0
		TOTAL PRECIPITATION RATE	1
		TEMPERATURE ON THETA LEVELS	3
		SPECIFIC HUMIDITY AFTER TIMESTEP	5
		TOTAL DOWNWARD SURFACE SW FLUX	7
		DOWNWARD LW RAD FLUX: SURFACE	8
		SURFACE TEMPERATURE AFTER TIMESTEP	6
	glm_marine0_10m (nt = 7)	10 METER WIND U-COMP(B GRID)	0
		10 METER WIND V-COMP(B GRID)	1
	glm_marine1_10m (nt = 139)	10 METER WIND U-COMP(B GRID)	0
		10 METER WIND V-COMP(B GRID)	1

3.2.2 전처리 과정: 쉘 스크립트

경계자료 생성은 FLUX/SHEL 디렉토리에 위치한 스크립트를 이용한다. 표 3.4에 경계자료 처리를 위한 스크립트와 개요을 나타내었다. 경계자료 생성을 위해서는 flux_job_submit.sh 쉘을 실행하면 되는데, 해당 스크립트는 분석일($DTF_FULL)을 지정하고 메인 스크립트인 flux_main.sh을 작업 제출(job submit)하고 종료하게 된다. 메인 스크립트(flux_main.sh)에서는 생성할 플럭스 타입($FLUXVAR_ALL)과 경계자료 기간($NEMO_RUN_LENGTH; 현재는 3일 자료 생산) 등을 지정한 이후에(표. 3.5 참조), 전지구 수치예보모델 결과로부터 필요한 변수를 추출하는 “NemoScr_SBCExt_kma” 스크립트와, 수치예보모델에서 추출한 u, v 격자점(F-point)의 바람자료를 동일한 대기모델 격자(nwpgrid)의 T-point로 내삽하고 대기모델 격자점의 모든 변수를 해양모델 격자(ORCA025)로 내삽하는 “NemoScr_SBCInt_kma” 스크립트를 순차적으로 실행한다(표 3.6 참조). NemoScr_SBCInt_kma에서 $NEMO_CFG 환경변수가 “nwpgrid”로 지정되면 바람장의 격자를 T 격자점으로 내삽하는 과정을 수행하고, “orca025”로 지정되면 해양모델 격자로의 내삽을 수행한다. 아래에 해당 과정을 좀 더 상세히 서술하였다.

메인 쉘인 flux_main.sh는 크게 두 개의 하위 쉘, NemoScr_SBCExt_kma와 NemoScr_SBCInt_kma를 순차적으로 수행하는데, 여기에서 NemoScr_SBCInt_kma는 대기모델 격자로의 내삽과, 해양모델 격자로의 내삽을 수행하기 위해 두 번 수행된다. 먼저, NemoScr_SBCExt_kma 스크립트에서는 Convsh 스크립트인 conv2nc.tcl을 이용하여, 수치예보시스템 결과(glm_foamout_bulk, glm_marine*_10m)에서 플럭스 타입 별(marine, reference, foamout_bulk)로 필요 플럭스를 추출하여 NetCDF 포맷으로 변환한다. 본 스크립트에서 추출된 결과는 FLUX/DAIN에 플럭스 타입별로 아래와 같이 저장된다.

work_sbcext_**foamout_bulk**/fluxes.nwpgrid.bulk.3h.${YYYYMMDD}.nc
work_sbcext_**marine**/fluxes.nwpgrid.wind.1h.${YYYYMMDD}.nc
work_sbcext_**reference**/fluxes.nwpgrid.ssr.3h.${YYYYMMDD}.nc

필요 변수를 추출한 이후에, flux_main.sh내의 $SBCInt_nwpgrid 환경변수가 참으로 주어진 경우, NemoScr_SBCInt_kma 스크립트는 수치예보모델(대기모델)의 u, v 격자점의 바람을 T 격자점의 바람으로 내삽한다. 내삽과정에는 SCRIP 통해 사전에 만들어진 보조파일을 사용한다. 참고로 내삽은 interp.exe 실행파일을 사용하고 내삽에 필요한 보조파일 들은 ~/godaps/NEMO/DABA/interpolation_weights/vn3.0.0에 위치하는데, 내삽과정에서는 FLUX/WORK 디렉토리로 링크하여 사용한다. 바람을 T 격자로 변환한 이후에는, 동일한 격자점의 플럭스 값들을 이용하여, 20 m 고도의 기온과 비습자료를 10m 고도로 변환한다. 변환에는 bulk_adjust.exe 실행파일을 사용하며, bulkadjust_step01.out 이라는 로그파일을 생성한다. 이렇게 생성된 수치예보모델(대기모델)의 T격자점의 모든 자료는 FLUX/DAOU에 아래와 같이 저장된다.

daily_sbc.nwpgrid/foam_sbc_inputs_1h.nwpN1280.${YYYYMMDD}.nc
daily_sbc.nwpgrid/foam_sbc_inputs_3h.nwpN1280.${YYYYMMDD}.nc

마지막으로, 위의 두 과정이 수행된 이후에, flux_main.sh 내의 $SBCInt_orca가 참으로 설정이 된 경우, 동일한 스크립트(NemoScr_SBCInt_kma)를 이용하여, 수치예보모델 격자점의 모든 플럭스를 해양모델 격자(ORCA025)로 내삽한다. 내삽은 NemoScr_SBCInt_kma와 동일하게 interp.exe 실행파일과 보조파일 들을 사용해서 수행된다. 단, KMA-NWP의 해수면온도인 reference 자료는 해양모델 구동 시에 사용되지 않기 때문에 고도변환 과정에서만 사용하고, 해양모델 격자로의 내삽은 수행하지 않는다. 최종 결과는 FLUX/DAOU에 아래와 같이 저장된다. 앞서 언급하였듯이, T-48H ~ T-24H에 해당하는 경계 파일은 전일 처리한 결과를 링크하여 사용한다.

daily_sbc.orca025/flx_3h_orca025_y${YYYY}m${MM}d${DD}.nc
daily_sbc.orca025/flx_bulk10m_3h_orca025_y${YYYY}m${MM}d${DD}.nc
daily_sbc.orca025/windspd_T_1h_orca025_y${YYYY}m${MM}d${DD}.nc

표 3.4 경계자료 생성에 필요한 쉘 스크립트 목록 및 내용

파일명	내용
flux_job_submit.sh	flux_main.sh 작업 제출
flux_main.sh	메인 쉘로서 주요환경변수 지정 및 하위 쉘 수행(하위 쉘: NemoScr_SBCExt_kma, NemoScr_SBCExt_kma)
NemoScr_SBCExt_kma	KMA-NWP 결과로부터 모델 구동에 필요한 플럭스를 추출하고 NetCDF 포맷으로 변환. 추출 과정에는 Convsh 쉘인 하위 스크립트들이 (NemoScr_SBCExt_conv2nc_${type}.tcl) 수행
NemoScr_SBCInt_kma (if $SBCInt_nwpgrid == true)	u, v 풍속의 격자를 대기모델(KMA-NWP)의 T 격자로 내삽하고(interp.exe), 기온과 비습자료는 10m 고도로 변환(bulk_adjust.exe).
NemoScr_SBCInt_kma (if $SBCInt_orca == true)	플럭스 자료를 해양모델 격자(ORCA025)로 내삽(interp.exe)
NemoScr_SBCExt_conv2nc_${type}.tcl	KMA-NWP의 output으로부터 모델 구동에 필요한 플럭스를 추출.

표 3.5 메인 스크립트의 주요 환경변수 및 내용

파일명	변수명	내용
flux_job_submit.sh	$DTF_FULL	분석장 기준 일자
flux_main.sh	$FLXVAR_ALL	생성할 플럭스 타입 *marine: 해상풍 *reference: 해수면 온도 *foamout_bulk: 기온, 비습, 강수 등
	$DATAWGL	수치예보모델 결과(경계자료 과정의 입력자료)
	$NEMO_GRIDS	내삽 보조파일 위치(weight file 등)
	$NEMO_INPUTS	모델 보조파일 위치(coordinate, mask 등)

표 3.6 메인 스크립트(flux_main.sh)의 구조

#.1 플럭스 변수별 필요변수 추출
for *marine, reference, foam_bulkout ...*
NemoScr_SBCExt_kma_n1280
#.2 해상풍을 대기모델 격자(nwpgrid)의 F-에서 T-point로 내삽 & 기온과 비습 고도 조정
export NEMO_CFG="nwpgrid"
NemoScr_SBCInt_kma
#.3 대기모델 T-point의 모든 플럭스를 해양모델 격자(orca025)로 내삽
export NEMO_CFG="orca025"
NemoScr_SBCInt_kma

표 3.7 경계자료 처리 과정의 작업별 주요 쉘 스크립트 및 로그파일

주요 과정	쉘 스크립트	로그 파일
변수 추출	NemoScr_SBCExt_kma	flux_sbcext_foamout_bulk.err flux_sbcext_marine.err flux_sbcext_reference.err
해상풍 내삽(대기모델 T-point) 및 기온과 비습 고도조정	NemoScr_SBCInt_kma (if $NEMO_CFG = nwpgrid)	flux_interp1.err - interp_step01.out - bulkadjust_step01.out
해양모델 격자로 내삽	NemoScr_SBCInt_kma (if $NEMO_CFG = orca025)	flux_interp2.err - interp_step01.out

표 3.8 계산된 경계자료 처리과정의 최종결과 예 (2018.10.16. 분석일 결과)

```
/s2/home/lrf/godaps/FLUX/DAOU/2018/1016/daily_sbc.orca025>

flx_3h_orca025_y2018m10d15.nc ->
/s2/home/lrf/godaps/FLUX/DAOU/2018/1015/daily_sbc.orca025/flx_3h_orca025_y2018m10d15.nc
flx_3h_orca025_y2018m10d16.nc
flx_3h_orca025_y2018m10d17.nc
flx_3h_orca025_y2018m10d18.nc
flx_3h_orca025_y2018m10d19.nc -> flx_3h_orca025_y2018m10d18.nc

flx_bulk10m_3h_orca025_y2018m10d15.nc ->
/s2/home/lrf/godaps/FLUX/DAOU/2018/1015/daily_sbc.orca025/flx_bulk10m_3h_orca025_y2018m10d15.nc
flx_bulk10m_3h_orca025_y2018m10d16.nc
flx_bulk10m_3h_orca025_y2018m10d17.nc
flx_bulk10m_3h_orca025_y2018m10d18.nc
flx_bulk10m_3h_orca025_y2018m10d19.nc -> flx_bulk10m_3h_orca025_y2018m10d18.nc

windspd_T_1h_orca025_y2018m10d15.nc ->
/s2/home/lrf/godaps/FLUX/DAOU/2018/1015/daily_sbc.orca025/windspd_T_1h_orca025_y2018m10d15.nc
windspd_T_1h_orca025_y2018m10d16.nc
windspd_T_1h_orca025_y2018m10d17.nc
windspd_T_1h_orca025_y2018m10d18.nc
windspd_T_1h_orca025_y2018m10d19.nc -> windspd_T_1h_orca025_y2018m10d18.nc
```

3.2.3 내삽 개요

전술한 데로, 경계자료 처리과정은 크게 두 번의 내삽을 수행하는데, 먼저 대기모델에서 추출한 바람을 u, v 격자점에서 T 격자점으로 내삽하는 과정이 있고, 계속해서 대기모델 격자지점의 변수 값들을 해양모델 격자로 내삽한다. 이를 위해서 EXET/interp.exe 실행파일을 이용하는데,

interp.exe를 수행하기 위해서는 namelist 파일(namrmp)과 SCRIP 소프트웨어를 이용하여 사전에 계산된 remappling weight 파일이 필요하다. namelist 파일은 NemoScr_SBCInt_kma 스크립트 내에서 생성되는데, 아래에 대기모델에서 해양모델 격자로 내삽 시, 입력되는 namelist 파일을 예로 나타내었다. 여기에서 src와 dst는 각각 입력파일과 출력파일 정보를 나타내는데, 즉 파일에서 file_src는 입력 파일을, file_dst는 출력파일을 나타낸다. 내삽은 bi-linear 방법을 사용하는데, 몇 가지 옵션을 지정할 수 있다. 그 중에 lfill 옵션은 내삽 전에 육지점 부근의 자료를 바탕으로 하여 육지 점을 반복적으로(iteratively) 채우게 한다. 현재, 반복 회수는 6회로 정해져 있다. 만약, 입력 자료가 이미 missing data로 masking이 되어 있는 상태라면, 외부 입력 mask 파일은 필요가 없고, 이 경우 lfillmdi 옵션을 참으로 설정하면 된다. 계속해서, $varnames는 내삽할 변수를 말하고, varfiles_src와 varfiles_dst는 해당변수($varnames)가 file_dst와 dst_파일 중에 몇 번째 파일에 위치하는지 혹은 저장될지를 지정한다. 또한, 벡터의 내삽을 위해서 $varnames의 변수 중, 바람의 순번을 ivlist에 지정한다.

```
file_src = 'foam_sbc_inputs_3h.nwp.nc','foam_sbc_inputs_1h.nwp.nc'
srcgrids = 'nwpN1280T','nwpN1280T'
file_dst = 'flx_3h_orca025.nc','windspd_T_1h_orca025.nc','flx_bulk_3h_orca025.nc'
dstgrids = 'orca025T','orca025T','orca025T'

method    = "bilinea"
lfill     = .TRUE.
lfillmdi  = .TRUE.
lmask     = .FALSE.

varnames = 'soshfldo','sonsfldo','precip','sosnow','tair10m','qair10m','10mwind_u',
           '10mwind_v'
varfiles_src =  1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2
varfiles_dst =  1, 1, 1, 1, 3, 3, 2, 2

ivlist = 7,8
ivwind = 7,8
niter_fill = 22
nprt = 2
grid_dir = "."
nchunksize_time = 0
```

3.3. 소스코드 및 설치

경계자료 전치리 과정을 수행하기 위한 소스코드는 모두 FLUX/SRC 디렉토리 내에 보관되어 있다. 전처리 과정에는 두 개의 실행파일을 이용하는데, 하나는 대기모델과 해양모델 격자점으로의 경계자료를 내삽하는데 필요한 interp.exe 이며, 또 하나는 20 m 고도의 기온과 비습을 10m 값으로 변환하는 bulk_adjust.exe 이다. 각각의 소스코드는 FLUX/SRC/interp_2015와 FLUX/SRC/interp_proc_2015에 위치하며, 컴파일을 위해서는 각각의 디렉토리에 포함되어 있

는 compile_interp.sh(아래)을 실행하면 된다.

```
filelist="kinds.f90 nf90util.f90 inttyp.f90 intinit.f90 vecrot.f90 vertdef.f90 verttest.f90 wrapper.f90 intrmp.f90 vecrmp.f90 interp.f90“

module load cray-netcdf

ftn -O0 -g $filelist -o interp.exe
ftn -O0 -g $filelist -o bulk_adjust.exe
```

참고로, 설치 시의 module list는 다음과 같다.

```
Currently Loaded Modulefiles:
  1) modules/3.2.10.3                     18) atp/1.7.5
  2) switch/1.0-1.0502.60522.1.61.ari     19) cray-mpich/7.1.1
  3) craype-network-aries                 20) cray-snplauncher/7.1.1
  4) cce/8.3.7                            21) PrgEnv-cray/5.2.82
  5) craype/2.2.1                         22) pbs/12.2.403.150821
  6) totalview-support/1.2.0.7            23) craype-haswell
  7) totalview/8.15.10                    24) cray-netcdf/4.3.2
  8) cray-libsci/13.0.1                   25) gcc/4.9.2
  9) udreg/2.3.2-1.0502.10518.2.17.ari    26) nco/4.4.7
 10) ugni/6.0-1.0502.10863.8.29.ari       27) fcm/2015.03
 11) pmi/5.0.6-1.0000.10439.140.2.ari     28) xxdiff/4.0
 12) dmapp/7.0.1-1.0502.11080.8.76.ari    29) ncview/2.1.3
 13) gni-headers/4.0-1.0502.10859.7.8.ari 30) bison/2.4.2.0
 14) xpmem/0.1-2.0502.64982.5.3.ari       31) gd/2.0.35.0
 15) dvs/2.5_0.9.0-1.0502.2188.1.116.ari  32) graphviz/2.28.0
 16) alps/5.2.4-2.0502.9774.31.11.ari     33) python/2.7.3
 17) rca/1.0.0-2.0502.60530.1.62.ari      34) subversion/1.8.11
```

제 4장 해양-해빙 초기장 생산: 품질관리, 해수면온도 보정, 자료동화

이번 장에서는 전처리 과정을 통해 준비된 관측자료와 경계자료를 이용하여, 해양초기장(분석장)을 생산하는 운영체계 전반을 소개하고자 한다. 해양초기장을 생산하기 위해서는, 관측자료의 품질관리, 해수면 온도 보정, 모델링-자료동화 과정이 필요하고, 전지구 해양자료동화시스템에서 이러한 과정 들은 하나의 쉘 스크립트에서 순차적으로 실행되기 때문에 본 장에서 해당 과정들을 함께 다루고자 한다. 4.1절에서는 해양초기장을 생산하는 디렉토리 구조, 쉘 스크립트 등 운영체계 전반에 관해서 서술하고, 4.2절에서는 품질관리, 4.3절에서는 위성관측 해수면 온도 보정, 4.4절에서는 해양모델링-자료동화, 4.5절와 4.6절에서는 각각 전체 과정에 대한 입출력 파일과 과정을 수행하는데 있어 필요한 유틸리티를 설명하는 순서로 진행하고자 한다.

4.1. 개요

관측자료와 경계자료가 준비되면(2, 3장), 관측자료를 품질관리하고, 위성관측 해수면 온도자료의 보정을 거쳐서 해양-해빙 모델링과 자료동화를 수행한다. 현 시스템에서는 위의 과정들이 동일한 스크립트 하에서 순차적으로 진행되기 때문에 이번 장에서 언급한 과정들을 함께 다루고자 한다.

관측자료와 경계자료가 준비된 이후에, 분석장을 생산하기 위해서는 다음과 같은 과정을 거친다. 1) 먼저, 전처리된 관측자료의 품질관리 과정을 수행하고, 2) 현장관측 해수면 온도자료를 이용하여 위성관측 해수면 온도자료의 보정을 수행한다. 3) 이후, 해양-해빙 모델이 24시간 구동되는데 여기에서는 관측자료의 시간과 공간 위치에서의 모델 배경장을 계산하게 된다. 이 과정을 observation operator (관측 연산자) 라고 부른다. 4) 이 후, 3차원 변분동화 기반의 NEMOVAR 자료동화를 이용하여 격자별 증분값을 계산하는 NEMOVAR (자료동화) 과정을 수행하고, 5) 해양-해빙 모델을 24시간 재 구동하면서, 각 격자의 증분값을 Incremental Analysis Update (IAU) 과정을 통해 배경장에 반영하게 된다. 이 과정을 IAU 과정이라 부르고, 여기에서 분석장을 계산하고, 이후 1일 예측을 추가로 수행한다. 참고로, IAU 과정 후에는 rebuilding 과정을 통해, 병렬 계산된 각 도메인(현재 192개)을 병합한다.

위에서 언급한 각각의 과정은 모두 $HOME/NEMO 디렉토리에서 수행된다. NEMO 디렉토리의 구조 및 내용은 표 4.1과 같다. 모델/ 자료동화 등을 수행하는 스크립트 은 SHEL 디렉토리 내에서 관리가 되며, 런 스크립트, 네임리스트, 실행파일은 EXET 디렉토리 아래에 둔다. 시스템

구동에 필요한 보조파일(ancillary)은 DABA 아래에 위치하고, $HOME/FLUX와 $HOME/OOBS에서 준비된 관측 및 해수면 경계자료는 DAIN에서 링크하여 사용한다. LOGO 디렉토리에서는 시스템 수행에 따른 로그파일이 저장되고, DAOU에서는 최종 결과물인 해양-해빙 초기장(분석장)과 모델링과 자료동화 과정에서 생성되는 다양한 결과들이 저장된다. 참고로, GloSea5에 입력하기 위한 프로그램 소스파일은 SRC에서 관리가 되고, 실행파일도 SRC 디렉토리에서 생성된다. UTIL에는 유틸리티의 소스코드와 실행파일을 보관한다. 여기에는, 품질관리(NEMOQC)와 위성관측 해수면 온도의 bias 보정이 포함된다. 아울러, 병렬과정으로 계산된 각각의 결과를 합치는 rebuilding과 관측자료를 병합(combine)하는 fbcomb.exe, 그리고 날짜지정 관련 유틸리티 들이 여기에서 관리된다.

먼저, SHEL 디렉토리는 표 4.2와 같은 쉘 스크립트를 포함하고 있으며, 여기에서는 각각의 스크립트에 대한 설명을 하고자 한다. 위에서 언급한 일련의 과정을 수행하는 메인 쉘은 Foam_Main.oper.neo.sh 으로, 여기에서는 기본적으로 분석 날짜($DTF_FULL) 및 예측 일($NEMO_FORECAST_LENGTH_DAYS) 등 지정, 관측, 경계, 보조파일, 실행파일, 런 스립트 등의 경로설정, 경계 플럭스 리스트, 결과 형식(시간간격 등) 등을 설정한다. 이러한 기본 환경이 설정이 완료되면, 마지막으로 Foam_LoopSubmit.sh을 실행시키고 종료된다. 아래에 Foam_Main.oper.neo.sh에서 지정되는 주요 변수를 설명하였다.

계속해서, Foam_LoopSubmit.sh은 환경설정 파일(*.env)을 생성하고, Foam_Loop.sh쉘을 $LOCAL machine에 제출(submit) 한다. Foam_Loop.sh은 위에서 언급한 1) 품질관리, 2) 위성관측 해수면 온도 바이어스 보정, 3) 관측연산자(observation operator), 4) 자동화(Nemovar), 5) 분석증분과정(IAU)의 각 과정을 수행하기 위해 $EXET에서 관리되는 런 스크립트를 불러 실행한다(표 4.2 참조). Foam_Loop.sh에서 순차적으로 작업을 수행하고 모든 작업이 완료되면, FOAM_LOOP_COUNT 값을 1 증가시키며, 이 값이 FOAM_LOOP_COUNT_MAX 보다 작으면, 계속해서 Foam_LoopSubmit.sh을 실행시킨다. 즉, FOAM_LOOP_COUNT_MAX 변수는 몇 일간의 분석장(초기장)을 생산할 것인가를 결정하는 변수이고, FOAM_LOOP_COUNT는 분석장을 1회 생산하면 1씩 증가하게 된다. FOAM_LOOP_COUNT 디폴트 값은 ‘0’이다. FOAM_LOOP_COUNT 값이 FOAM_LOOP_COUNT_MAX 보다 같거나 크면, 모든 계산이 종료된다.

표 4.1 해양 초기장 생성(품질관리, 모델, 자료동화 과정) 디렉토리 구조

$HOME/NEMO	/DABA	/ancil/GO5	ancillary (for GO5 version)
		/ancil/OP_KMA	observation dummy 등
		/interpolation_weight	내삽을 위한 remapping file 등
	/DAIN	/Fluxes_3h	플럭스 입력자료 ${HOME}/FLUX/DAOU link
		/Observations	관측자료 ${HOME}/OOBS/DAOU link
	/DAOU	/YYYY/YYMMDD/anal_YYMMDD	분석장에 대한 관측 피드백 파일
		/YYYY/YYMMDD/asml_YYMMDD	관측 피드백 파일, 배경장, 증분파일 등
		/YYYY/YYMMDD/ff_YYMMDD	분석 및 예측결과
		/YYYY/YYMMDD/obs_YYMMDD	품질관리 결과
	/EXET	-	실행파일 및 구동 스크립트 (SRC 디렉토리에서 링크)
	/INIT	/YYYY/startdumps_YYYYDDMM	초기입력 자료(restart file)
	/LOGO	/suite_run/YYYY	
	/SHEL	-	쉘 스크립트
	/TEMP	/YYYY	rebuild 수행 디렉토리
	/SRC	/cfg	컴파일용 configuration file
		/build-ocean	실행파일(해양-해빙모델, 자료동화)
		/extract	nemo-cice, nemovar 소스코드
		/kma-run	구동 스크립트
	/UTIL	/NEMOQC_kma_V6.4.1	NEMOQC 소스코드 및 실행파일
		/NEMO_rebuild	rebuild 소스코드 및 실행파일
		/fcm_make_obstools	관측자료 rebuild 소스 및 실행파일
		/modify_CICE	해빙모델 restart file 헤더변환 소스코드 및 실행파일
		/ENVI	계산기 지정
	/WORK	-	작업 디렉토리

표 4.2 해양초기장 생성에 필요한 쉘 스크립트 목록 및 내용

파일명	내용
Foam_Main.oper.neo.sh	메인 쉘로서 주요환경변수 지정. 하위 쉘(Foam_LoopSubmit.sh) 수행 후에 완료
Foam_LoopSubmit.sh	Foam_Loop.sh을 작업 제출함.
Foam_Loop.sh	아래 작업을 수행하기 위해 EXET 디렉토리 내의 런 스크립트를 순차적으로 수행. (작업/ 런 스크립트) 1) NEMOQC/ OpfcScr_NEMOQC_* 2) SatBias/ OpfcScr_SATBIAS 3) observation operator/ OpfcScr_NEMO 4) Assimilation/ OpfcScr_NEMOVAR 5) IAU/ OpfcScr_NEMO
job_submit	Foam_Loop.sh에서 각각의 Job을 제출할 때 사용. 작업을 제출하고, 완료될 때까지 기다림.
save_env	Foam_Loop.sh에서 작업을 제출하기 전 환경변수 설정함.

표 4.3 해양자료동화시스템의 Foam_Main.oper.neo.sh 스크립트 주요 환경변수 설정 예

$DTF_FULL	YYMMDD #분석일
$FOAM_LOOP_COUNT_MAX	1 #분석장 생산일수(Foam_Loop.sh 반복횟수)
$user	lrf #사용자, scratch 이하 저장장소와 연계됨
$NEMO_FORECAST_LENGTH_DAYS	1 #예측기간 지정
$NEMO_DIAG_LIST	mersea, foamlite #output type지정 * mersea → 일평균, foamlite → snapshot
$NEMO_DIAG_FREQ	24, 3 #output 시간 간격(NEMO_DIAG_LIST와 연계)
$DIR_MODEL	~/godaps/NEMO #설치 디렉토리
$DIR_FLX	${DIR_DAIN}/Fluxes_3h #경계자료 위치 지정
$DIR_OBS	${DIR_DAIN}/Observations #관측자료 위치 지정
$NEMO_DATA	${DIR_DABA}/ancil/GO5 #ancillary 위치 지정
$NEMO_GRIDS	${DIR_DABA}/interpolation_weights #내삽 보조파일
$BIAS_SATTYPES	"21 28 38 39" #위성관측 SST자료 타입지정
$restart_dain	${DIR_DAIN}/startdumps_${DTF_FULL} #startdumps 위치

4.2 품질관리

4.2.1 개요

해양모델링-자료동화에 앞서서 관측자료의 품질관리를 수행하고 출력 데이터의 포맷을 해양모델링, 자료동화 과정에서 읽어 들일 수 있는 형태로 전환하는 역할을 한다. NEMOQC는 관측 종별로 차례대로 품질관리를 수행한다. 전지구 해양자료동화시스템에서는 관측자료의 품질관리를 위해서 'NEMOQC'라는 프로그램을 사용하고 있다. NEMOQC는 해양 관측자료의 품질관리 시스템으로 유럽연합의 ENACT와 ENSEMBLES 프로젝트를 통해 개발되었다. NEMOQC에 관한 보다 상세한 내용은 Ingleby and Huddleston (2007)을 참조하기 바라며, 여기에서는 핵심적인 부분에 관해서 서술하고자 한다.

NEMOQC에서 수행하는 핵심과정은 배경장(background) 체크이다. 배경장 체크를 위해서, 전지구 해양자료동화시스템은 초기장을 생성하는 것 이외에 1일 예측을 수행한다. 예측결과는 다음날, 초기장을 생산하기 위한 품질관리 과정의 배경장으로 활용되게 된다. 배경장 체크 이외의 대표적인 품질관리 방법에 관해서 아래에 정리하였다.

관측자료 전처리 과정(2장)에서 포맷 변환된 해양 관측자료는 품질관리시스템인 NEMOQC에 입력되어 프로파일과 해수면 고도, 해수면온도, 위성 SST, 그리고 해빙 농도와 같은 5가지의 타입 별로 구분되어 품질 관리를 거치게 된다. 아래에서 관측 타입별로 수행하는 품질관리 과정에 관해 간략히 서술하였다.

4.2.1.1 수온 및 염분 프로파일(Temperature and Salinity profile)

아래는 프로파일 현장관측 자료의 품질관리 과정을 나타낸다. 본 시스템에서는 4호기에 이식한 NEMOQC에서는 전 처리 시스템을 통해 수집된 1시간 간격의 계류부이 자료들을 NEMOVAR에 적용하기 위해 품질관리 과정 중 프로파일 현장 관측 자료들에 대한 superobbing을 제외한 품질 관리를 수행한다. 또한, 위도、경도、연직、시간 차원들을 포함하는 4차원 thinning 과정 중 기준이 되는 위、경도와 시간 간격인 dlon과 dlat, dtime 변수를 각각 NEMOQC의 namelist에 0.01°(약 10 km)와 1시간으로 입력한 뒤 탐색된 Surplus들을 제외하는 방식으로 설계하였다. 왜냐하면, 염분 및 온도 프로파일 자료는 GTS Bufr와 GTS Message를 바탕으로 수집되어 변환된 자료이기 때문에 동일한 날짜의 파일에 중복된 지점의 자료들이 존재할 수 있다. 중복된 자료들을 거르기 위해 기존의 0.25° 위、경도 간격과 24시간의 시간 기준을 적용했을 경우 유사한 지점의 자료들이 중복된 자료로써 탐색되어 제거될 수 있으므로, thinning 검사 수행 시 중복된 자료들을 거르는 기준을 엄격하게 적용하여 위와 같은 문제를 해결하였다.

① 위치와 시간에 대한 중복성 체크
② 관측데이터의 입력, 경우에 따라 연직 thinning (150개 레벨 제한)
③ XBT의 낙하 속도 교정
④ 트랙 체크
⑤ 상수값, 스파이크와 스탭 체크
⑥ 계류 부이의 superobbing (면적 대푯값 혹은 면적 평균)
⑦ 온도를 온위로 변환
⑧ 염분을 포함한 프로파일의 안정성 체크
⑨ 배경장 체크(베이지안 체크)
⑩ buddy 체크
⑪ 마지막으로 muti-level 체크
⑫ Listing 및 통계처리
⑬ 결과파일 기록

프로파일 관측자료에서 사용되는 대표적인 품질관리 방법에 관해서 아래에서 간단히 정리하였다.

가. Constant value, spike and step checks
- 수온의 90% 이상이 같은 값을 갖는다면 불량 값이 된다.
- 염분은 적어도 50m마다 연직으로 70%의 값이 동일한지를 확인한다.

나. Track checks
- 각각의 선박/부이 식별자에 대해 기록들을 시간에 따라 분류한 후 두 기록을 비교한다.

다. Superobbing
- 매일 각 레벨에 대해 간단한 평균값을 계산한다.
- 각 레벨 값들의 표준 편차가 과도하다면 그 평균값은 제외된다.
- 염분의 경우 0.5의 한계 값이 사용되고, 온도의 경우 0-40/41-200/201-250/251- 500/501~ m의 레벨별로 0.7/2.5/2.0/0.8/0.4 ℃ 가 각각 한계 값으로 사용된다.

라. Stability check
- 온도와 염분을 가진 기록들은 밀도 역전에 대해 체크된다.
- McDougall 상태 방정식은 온위와 염분 그리고 압력의 식으로써 밀도를 계산하는데 사용된다.
- 레벨 k-1과 k를 비교할 때 k레벨에서 밀도를 비교한다.

마. Duplicate check / thinning
- 사본(Duplicate) 체크는 가장 높은 선호도 인자를 보유하고 있는(만약 같은 선호도 인자를 가진다면 무작위로 선택됨.) 기록인 0.01˚ 위도/경도와 1 시간 안의 기록들의 한 쌍들을 찾는 것이다.

바. Prior rejects
- 검증된 XBT 프로파일의 약 절반이 1000m 아래에서 품질에 문제가 있기 때문에, 1000m 아래의 XBT 온도는 무시된다.
- 1000m 레벨 위에서는 XBT와 CTD의 온도가 상당히 유사하다.

사. Background and buddy check
- 전 오차(Gross Error)는 몇 몇의 관측들은 기기결함과 같은 원인으로 인해 발생하는 전달 오차들로부터 밀도 κ와 함께 낮은 확률 분포를 가질 것으로 추정되는 오차다.

- 전 오차가 없는 관측들도 오차를 가지는데 그 오차는 일반적으로 표준편차 σ_o와 평균 0로 분산된 것으로 추정된다.
- PGE(a priori Probability of Gross Error)는 각각의 관측 값이 가지는 기후학적이거나 전 오차의 연역적인 확률이다.
- 배경과 버디 체크는 각각의 값들에 대한 PGE를 갱신하고, 최종적으로 PGE가 0.5보다 크거나 같으면 그 값들은 무시된다. κ는 온도에 대해 0.1, 염분에 대해서는 0.25로 정한다. 초기의 PGE는 심해 자기온도계의 온도에 대해서 0.05로 정하는 것을 제외하곤 0.01(1%)로 정한다.
- spike/step 체크 혹은 안정성 체크에 의해 의심이 가는 값들은 PGE=0.5+0.5*PGEclim만큼 증가된 초기의 PGEs를 가진다.
- 배경값들은 각 관측의 위도/경도에 수평적으로 내삽 되며, 그렇지 않으면 유효 격자 지점에 값들이 사용된다.
- 만약 주위의 격자 지점들이 누락되어 있다면, 그 배경값은 결측으로 정해지고 관측된 값은 배경 체크에 실패할 것이다.

4.2.1.2 해수면 고도 아노말리(Sea Level Anomaly; SLA)

아래는 해수면 고도 아노말리 자료의 품질관리 과정이다.

① mean field 더하기
② 배경장 검사(Background check)
③ Listing 및 통계처리
④ 결과파일 기록

해수면 고도 아노말리 자료의 품질 관리는 앞서 소개한 10개 이상의 과정을 가지는 프로파일 자료에 대한 품질관리의 과정과 달리 4가지의 순서로 진행된다. 자료의 good or bad를 결정하는 품질 검사는 유일하게 존재하는 배경장 검사를 통해 결정된다. 본 시스템에서는 수집된 해수면 고도 아노말리에 더하는 mean field을 읽고 값에 적용하는 부분을 개선하였으며, 사용된 mean field는 영국기상청에서 제공받은 mean dynamic topography(MDT) 값이다.

4.2.1.3 현장관측 해수면온도(In-situ Sea Surface Temperature; In-situ SST)

아래는 해수면 온도 자료의 품질관리 과정이다.

① 관측데이터의 입력 후 thinning (*기상과학원에서 추가)
② 배경장 검사(Background check)
③ Listing 및 통계처리
④ 결과파일 기록

영국기상청의 NEMOQC source code의 Surface SST 자료에 대한 품질관리는 배경장 검사가 유일하다. 본 과업에서는 Surface SST 자료의 추가 확충을 위해 GTS Bufr외에 선박과 계류부이와 같은 자료들을 포함하는 GTS 전문들을 추가로 수집하였다. 이로 인해 동일한 날짜와

동일한 지점에 중복된 자료들이 존재하게 되므로, Surface SST의 배경장 검사를 수행하기 이전에 위도、경도、연직、시간 차원들을 포함하는 4차원 thinning 과정을 추가하였다. 기준이 되는 위、경도와 시간 간격인 dlon과 dlat, dtime 변수는 각각 프로파일에 대한 품질관리와 마찬가지로 NEMOQC의 namelist에 0.01°(약 10 km)와 1시간으로 입력한 뒤 탐색된 Surplus들을 제외하는 방식으로 설계하였다.

4.2.1.4 위성관측 해수면온도(Satellite Sea Surface Temperature; Satellite SST)

아래는 위성관측 해수면 온도 자료의 품질관리 과정이다. 위성관측 SST 자료도 마찬가지로 앞선 관측종의 품질관리와 마찬가지로 우선 배경장 검사를 수행하고, 낮 시간 중 약한 바람 위치의 수온값 제거(low-wind removing process), 그리고 superobbing 과정을 수행하게 된다.

① 배경장 검사(Background check)
② Solar Zenith
③ low-wind removing for day-time data
④ Superobbing
⑤ Listing 및 통계처리
⑥ 결과파일 기록

해수면 온도는 태양 복사가 존재하는 시간과 표층 바람의 세기에 따라 해수면 온도의 연직 프로파일이 변화하게 된다. 통상적으로 일변화 및 표층 대기상태를 배제하기 위해 Foundation Sea Surface Temperature 개념을 사용하게 되는데, 이는 현장 관측 장비로만 측정이 가능하다. 따라서 품질관리과정에서 이러한 문제를 해결하기 위해 낮 시간에 관측된 자료 중에서 풍속이 약한 관측점을 제거하도록 한다. 먼저, 각 관측점의 위, 경도와 관측된 시간 정보를 바탕으로 태양 천정각(solar zenith angle)을 계산한다. 태양 천정각이 90도 이하에 해당하는 낮 시간에 대해서 풍속이 6 m/sec 이하의 관측점은 제거한다. 풍속자료를 포함하고 있는 AVHRR METOP-B 자료는 위성 관측 값을 사용하도록 설정하였다. AVHRR NOAA18-GAC 자료는 풍속 자료를 제공하지 않기 때문에 기상청 전지구 예보모델의 3시간 예측자료를 일 평균하여 관측지점에 해당하는 모델값을 계산하여 사용하도록 설정하였다.

Superobbing 기법은 중복 관측 자료뿐만 아니라 자료의 밀도를 감소시키기 위해 Purser et al.(2000)에 의해 개발되었다. 특정한 영역이나 일정한 간격의 관측 자료만을 추출해서 사용하는 thinning 기법과는 다르게 superobbing 기법에서는 일정 반경 안의 영역을 통합하고 그 영역 내의 관측점들을 정렬하여 특정 값을 사용하거나 평균을 계산하여 해상도를 조정한다. NEMOQC에는 세 가지 superobbing 방법을 내장하고 있는데, 기본 값으로 설정되어 있는 방법은 영역 내의 관측점들을 값의 크기대로 정렬하여 중앙값(median value)을 사용하고 그 외의 관측점들은 제거하는 방법으로 현재 본 시스템에서도 이를 적용하고 있다. 두 번째는 첫 번째 값을 사용하는

방법, 마지막 방법은 영역 내의 관측점들의 평균값을 이용하는 방법이다. 현재 시스템에서는 관측 시간 24시간, 반경은 13 km(근거자료-논문 등-제시)로 설정되어 있다.

4.2.1.5 해빙 농도(Sea-Ice concentration)

아래는 해빙 농도 자료의 품질관리 과정이다. 해빙 농도 자료의 품질관리는 베이지안 이론 기반의 배경장 검사에 의해 자료들의 good or bad를 결정하게 된다.

① 배경장 검사(Background check)
② Listing 및 통계처리
③ 결과파일 기록

4.2.2 품질관리 과정: 쉘 스크립트

표 4.2에서 언급하였듯이, 품질관리 과정은 Foam_Loop.neo.sh 스크립트에서 EXET/OpfcScr_NEMOQC 스크립트를 수행하면서 시작된다. OpfcScr_NEMOQC에서는 전처리된 관측자료를 NEMO/WORK/obs 디렉토리에 복사하고, 위에서 생성된 실행파일 NemoQcProg_ExtractAndProcess.exe을 이용하여 관측타입별로 품질관리를 수행한다.

NEMOQC를 실행하기 위해 필요한 namelist는 2가지로, 품질관리 기능들에 대한 스위치를 포함하고 있는 general_control.nl과, 입력 경로와 관측종의 종류 등 Meta 정보들을 입력하는 Input.nl이다. namelist 파일은 OpfcScr_NEMOQC에서 생성된다.

먼저, general_control.nl에서는 디폴트로 아래와 같은 논리변수 및 값을 지정하고 있다. 다만, 관측타입에 따라서 논리 값의 변화가 있는데, 예를 들어 현재 시스템에서는 위성관측 해수면 온도에 대해서만 superobbing을 수행하고 있기 때문에, 해당 자료에 대해서만, $SO_Check 값을 TRUE로 지정한다. 아울러, 해빙농도 자료의 경우, 배경장 체크 과정을 생략하기 때문에 해당 자료에서는 $BG_Check 변수를 FALSE로 둔다.

```
cat > ${DIR_WORK}/general_control.nl << EOC
# General control namelist.
# As defined for EN3 runs.
&GeneralControlNL
PerformDuplicateCheck=.TRUE.
PerformTrackCheck=.TRUE.
PerformSuperobbing=${SO_Check}
PerformBackgroundCheck=${BG_Check}
PerformBuddyCheck=.TRUE.
PerformCrossCheck=.TRUE.
PerformEN3Check=.FALSE.
PerformMinLevelsCheck=.TRUE.
ENACT=${ENACT}
```

```
PerformStabilityCheck=.TRUE.
TimeInterpToHouseKeeping=.TRUE.
PerformSondeConsist=.TRUE.
PerformMultiLevelCheck=.TRUE.
CheckBackgroundTimes=.TRUE.
/
EOC
```

Input.nl에서는 관측타입에 따른 입력파일(ObsFiles_*.txt 내에 기록)과 출력파일($OutputFile) 명을 지정한다. 또한, 배경장 체크를 위한 배경장 파일(i.e., 전날 계산한 예측결과)과 Argo greylist 파일의 위치를 지정한다. 아울러, 위성관측 해수면 온도자료는 낮 시간 동안 해상풍이 약한 경우 제거하는 과정이 포함되어 있기 때문에 해상풍 자료도 함께 지정한다. 아울러, MDT (mean dynamic topography) 자료는

```
cat > ${DIR_WORK}/NemoQcInput.nl << EOC
# Defines the inputs to NemoQc.
&InputNL
Obs${OBSTYPE}=.TRUE.
NFiles=1
ObsListFile="ObsFiles_${i}.txt"
StrDateMin="${StrDateMin}"
StrDateMax="${StrDateMax}"
BackgroundFile="${BGFile}"
BGFromFeedbackFile=${BGFromFeedbackFile}
BackgroundErrorFile="${BGErrFile}"
StationListDir="${StationListDir}"
ArgoGreyListFile="${ArgoGreyListFile}"
GeneralControlNLFile="general_control.nl"
OutputFile="${OBSFILEOUT}"
WriteSurplus=${WriteSurplus}
OutputInFeedbackFileFormat=.TRUE.
OutputInOldFeedbackFileFormat=.FALSE.
WriteInSituTempToFeedbackFile=.FALSE.
OutputObsPruningFlag=${OutputObsPruningFlag}
ThinningDTime=0.001
ThinningDLon=0.001
ThinningDLat=0.001
WindspeedFile ="${WindspeedFile}"
CoordinateFile="${CoordinateFile}"
BathymetryFile="${BathymetryFile}"
```

```
xyposFile="${xyposFile}"
MDTFile="${MDTFile}"
Verbose=.FALSE.
/
EOC
```

4.2.3 품질관리 프로그램 설치

NEMOQC 관련 소스코드는 $HOME/NEMO/UTIL/NEMOQC_kma_V6.4.1 아래의 extract 디렉토리에 위치하고 있으며, 설치를 위한 컴파일 파일은 cfg 디렉토리 아래에 있다. 설치를 위해서는, 아래와 같이 fcm/2015.03 모듈을 로드한 후, cfg 디렉토리에 있는 fcm-make.cfg파일을 fcm 명령어를 이용하여 컴파일하면 되고, 정상적으로 컴파일이 수행되면 build-nemoqc/bin 디렉토리에 실행파일인 NemoQcProg_ExtractAndProcess.exe가 생성된다.

```
> module load fcm/2015.03
> fcm make —jobs=4 -f fcm-make.cfg
```

4.3 위성관측 해수면 온도자료 바이어스 보정

4.3.1 개요

위성 관측 해수면 온도 자료는 현장관측 자료와 비교하여 에어로졸이나 수증기와 같은 불균질한 대기 상태로 인한 편차가 존재한다. 따라서 위성관측 해수면 온도 자료를 동화하기 위해서는 동화 이전에 바이어스를 제거하는 과정이 필요하다.

전지구 해양자료동화시스템에서는 현장관측 자료를 unbiased 자료로 보고, 위성 관측 자료를 적절하게 보정하는 SatSST bias correction 과정이 포함되어 있다.

SatSST bias correction 과정은 크게 네 단계로 진행된다(그림 4.1). 첫 번째 과정은 표본이 되는 현장관측 자료(unbiased)와 편향된(biased) 자료인 위성 관측 자료를 특정한 시간과 공간 기준을 가지고 짝을 맞추는(matchup) 과정이다. 현재 시스템에서는 24시간 이내의 두 관측 자료의 거리가 25 km이하라면 같은 장소에 있는(co-located) 데이터로 간주한다. 하나 이상의 현장 관측 자료가 위성 관측 자료와 시공간적으로 일치하면(match) 자료들을 평균하여 사용한다.

두 번째로 위성 관측 자료와 현장 관측 자료와의 짝이 맞춰졌다면 두 자료 값의 차이(matchup difference)를 구한다. 이 차이를 기존의 바이어스 필드 배경장(background field of bias)에 동화하는데, 바이어스 필드는 해수면에 국한된 변수이기 때문에 2-D NEMOVAR를 이용한다(4.2.1 설치 부분 참조).

세 번째 과정에서는 동화한 결과를 바탕으로 기존 바이어스 필드와 비교하여 증분값(increments)과 기후 값(climatology)을 이용하여 새로운 바이어스 필드를 구한다.

마지막으로 아래 식과 같이 위성 관측 해수면 온도 자료에서 새로운 바이어스 값을 빼고 편차를 조정한다. 여기서 y_n은 편차를 제거한 최종 위성 관측 해수면 온도자료, $\overline{y_n}$은 치우친 위성 관측 해수면 온도 자료, b는 위성 관측 해수면 온도 자료 위치에서의 바이어스 필드 값이다.

$$y_n = \overline{y_n} - b$$

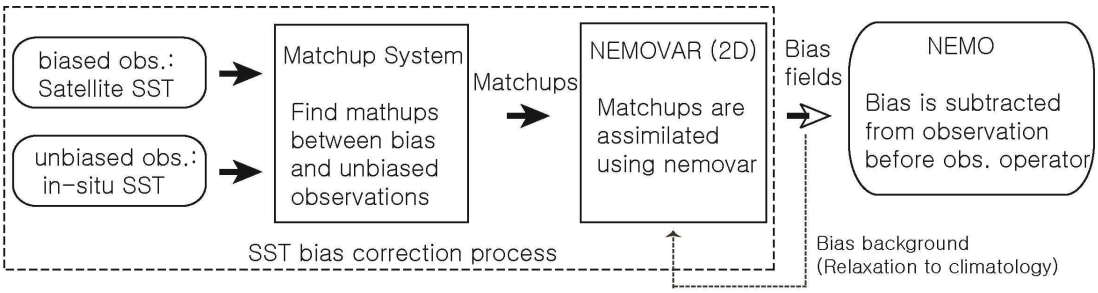


그림 4.1 기상청 위성관측 해수면 온도 바이어스 보정(SST bias correction) 알고리즘 개요

4.3.2 설치

4.3.1절의 개요에서 언급하였듯이, 위성관측 해수면 온도 자료의 바이어스 보정을 위해서는 matchups(현장관측과 위성관측 값의 차이)를 찾고, matchups를 바이어스 필드(전일 계산된 값)에 자료동화하기 위한 두개의 실행파일이 필요하다. 우선, matchups 실행파일를 생성하기 위한 소스코드는 NEMO/UTIL/fcm_make_obstools/extract/obstools/NEMO_MATCHUP에서 관리되고 있다. 설치는 fcm_make_obstools/cfg 내에서 fcm 명령을 사용하여 컴파일을 수행하면 되고, 정상적으로 수행이 완료되면 NEMO/UTIL/fcm_make_obstools/build-obstools/bin 내에 matchup.exe 실행파일을 생성한다. 참고로, 본 실행파일은 NEMO/UTIL 아래에서 링크되어 사용된다. 참고로, 아래 fcm-make.cfg의 컴파일을 통해 4.2.2절에서 설명한 fbcomb.exe 실행파일도 함께 생성하게 된다.

```
> module load fcm/2014.09
> fcm make —jobs=4 -f fcm-make.cfg
```

matchups의 자료동화를 위한 실행파일은 nemovar(자료동화) 실행파일(nemovar_inner.exe)을 사용한다. 실행파일의 설치에 대한 설명은 4.4절을 참조하기 바란다.

4.3.3 실행

해수면 온도 바이어스 보정 과정은 표 4.2에서 설명한데로 EXET/OpfcScr_SATBIAS 스크립트를 실행하면서 진행된다. 해당 스크립트에서는 4.3.1 개요에서 설명한 과정을 수행한다. 현 시스템에서는 3가지 위성관측 자료를 자료동화 하고 있는데, 바이어스 보정은 개별 위성자료에 대

해서 별도로 수행된다. 즉, Foam_Loop.sh (표 4.2)에서 각각의 위성관측 자료에 대해서 OpfcScr_SATBIAS를 수행한다.

먼저, matchup 과정을 수행하기 위해서는 아래와 같은 namelist (nam_matchup)가 필요하다. 여기에서, reference_file*은 위성관측자료를 보정하기 위한 reference 자료를 의미한다. 현 시스템에서는 reference 자료로 fdbk 포맷의 현장관측 해수면 온도 자료(i.e., sst_01.nc)를 이용한다. uncalibrated_file은 fdbk 포맷의 위성관측 해수면 온도자료로 보정할 대상을 나타낸다.

```
cat >> nam_matchup << EOC
&nam_matchup
  reference_file_list=${ref_files}
  reference_types=${ref_types}
  uncalibrated_file_list="${ucal_file}"
  uncalibrated_types=${BIAS_TYPE}
  input_type=${fdbk_type}
  grid_res=${grid_res}
  match_radius=${match_radius}
  match_time=${match_time}
  bias_file=""
  bias_field=""
  output_file="${match_file}"
  ln_bias=.FALSE.
  start_time=${start_time}
  end_time=${end_time}
/
EOC
```

위의 namelist 파일을 생성하고, matchup.exe 파일을 실행하고 정상적으로 완료가 되면, matchups.nc 파일이 생성된다. 계속해서 matchups.nc 내의 matchups를 바이어스 필드에 자료동화하게 되는데, 먼저, 자료동화 과정에 필요한 입력자료를 NEMO/DABA/ancil에서 NEMO/WORK 디렉토리로 복사하고, NEMO/INIT 디렉토리에 저장되어 있는 bias field (sstbias_${BIAS_TYPE}.nc)를 WORK로 복사한다. 만약, bias field 파일이 존재하지 않는다면, NEMO/DABA/ancil내에 있는 climatology 파일을 대신 복사하여 사용 한다 (bias_clim_sst_orca025l75_${BIAS_TYPE}.nc).

참고로, 위성 관측자료를 추가할 때, climatology bias field 파일도 입력자료(ancillary)로 추가되어야 한다. 기존의 climatology 파일과 동일한 변수이고, 모든 값이 '0'이기 때문에 단순하게 ${BIAS_TYPE}만 변경하여 복사 사용이 가능하다. 단, 파일 내 global attribute의 'SST_source' 값에 추가할 ${BIAS_TYPE}을 지정하여야 한다.

```
ln -sf ${BIAS_DATA}/background_normalization_surft_${bias_lscale}deg_${BIAS_CFG}.nc
background.normalization.nc
ln -sf ${BIAS_DATA}/dist_coast_uvtf.nc dist_coast_uvtf.nc
ln -sf ${BIAS_DATA}/xypos_global/xypos*.nc .
ln -sf ${BIAS_DATA}/sstbias_bgerr.nc surf_terr_bkg.nc
cp ${BIAS_DATA}/sstbias_bgerr.nc surft_err_obs_sd.nc
```

4.4. 해양-해빙모델링 및 자료동화

4.4.1 개요

전지구 해양자료동화시스템에서는 NEMO 해양순환모델, CICE 해빙모델, NEMOVAR 해양자료동화를 채택하고 있으며, 영국기상청의 현업 시스템인 FOAM ver.13과 동일한 버전으로 구성되어 있다. 예를 들어, 2017년 2월 현재 기상청 국립기상과학원에서 실시간 운영 중인 전지구 해양자료동화시스템은 해양모델과 해빙모델로 각각 GO5(NEMO vn3.4)와 GSI6(CICE vn4.1)를 사용 중에 있다.

4.4.1.1 해양-해빙 모델(NEMO-CICE)

해양순환모델로는 Nucleus for European Modelling of the Ocean (NEMO, Madec G. and the NEMO team, 2015)을 사용한다. NEMO는 영국기상청을 포함한 유럽 각 연구 기관의 컨소시엄에 의해 소유 및 유지되는 범 유럽 해양모델이다. 현재 기상청에서는 NERC-영국기상청 공동 해양 모델링 프로그램 (Joint Ocean Modelling Programme, JOMP)에서 개발된 GO5 configuration 버전을 사용하고 있다(Megann et al., 2014). 모델 격자는 Mercator Océan (Drévillon et al., 2008)에서 개발된 ORCA025 시스템을 사용하며, 이것은 북극 (North Pole)에서 격자 선들의 집중과 관련된 특이성을 방지하기 위해 tri-polar grid를 사용한다(세 개의 극점은 카나다, 시베리아, 남극에 위치). 수직 좌표 시스템 (vertical coordinate system)은 고정된 geopotential levels (z-levels)과 해저면에서의 수심 두께를 고려한 partial cell을 기반으로 한다. 수직 혼합은 Gaspar et al. (1990)의 TKE 방식을 사용하는데, 이것은 Blanke and Delecluse (1993)에 의해 NEMO에 포함되었다. 이것은 지역 밀도 프로파일 (local density profile)에 기초한 혼합 길이 (mixing length)를 대수식 (algebraic expression)으로 표현한 단일 방정식 (single equation) 방식이다. 2차 (quadratic) 바닥 마찰 경계 조건은 수온과 염분 추적자의 이류 및 확산 바닥 경계층과 함께 적용된다 (Beckmann and Döscher, 1997). 이 모델은 선형 자유 표면 (linear free surface)을 사용하고, 운동량 이류 (momentum advection)의 에너지 및 enstrophy 보전 (energy-enstrophy conserving)형태를 사용한다. 추적자 방정식 (tracer equations)은 TVD 이류 방식 (Zalesak 1979)을 사용하고 확산 연산자 (diffusion operator)는 laplacian과 along-isopycnal이다. 운동량 방정식 (momentum equation)의 측면 경계 조건 (lateral boundary condition)은 free slip condition을 사용한다 (참고로 regional configuration은 partial slip을 사용). 수평 운동량 확산 (horizontal momentum diffusion)은 bilaplacian (지역은 laplacian 과 bilaplacian의 조합) 연산자를 사용한다. 모델은 기상청 통합모델 (UM) Numerical Weather Prediction (NWP) 시스템에 의해 제공되는 대기장을 사용하며 Large and Yeager (2004)의 CORE bulk formulae scheme을 사용하여 해수 표면에 강제한다. 아울러, ORCA025에 사용되는 기후학적 강수유출 (climatological river run-off)는 Dai and Trenberth (2002)의 추정에 기초한 Bourdalle-Badie and Treguier (2006)에 의해 도출된 자료를 사용한다.

해빙모델은 Los Alamos CICE model (Hunke and Lipscomb, 2010)을 기반으로 Hewitt et al. (2011)에 의해 HadGEM3에 구현된 것을 사용하고 있다. CICE 모델은 이류 (advection), 열역학적 성장과 용융 (growth and melt), 동역학적 재분산/ ridging에 의한 얼음두께분포 (ice thickness distribution, ITD)의 공간과 시간적 변화를 결정한다 (Thorndike et al., 1975). 각 모델 격자에서 ice pack은 5개의 얼음 두께 범주 (0, 0.6, 1.4, 2.4, 3.6 m)로 분할되어 subgridscale의 얼음두께분포(ITD)를 모델링 하고, open water 지역을 위한 추가적인 ice-free 범주를 가지고 있다. 현재 해빙의 열역학적 성장과 용융은 Semtner (1976)의 zero-layer thermodynamics model (단일 해빙층과 단일 snow 층을 가진)을 사용하여 계산한다. 계산된 성장과 용융 속도는 Lipscomb (2001)의 linear remaping scheme을 사용하여 두께 범주들 사이의 얼음을 이송하는데 사용된다. 얼음의 동역학은 Rothrock (1975)의 공식을 사용하여 얼음의 강도를 결정하는 것을 가진 Hunke and Dukowicz (2002)의 elastic-viscous-plastic (EVP) scheme을 사용하여 계산한다. 해빙의 ridging은 Thorndike et al. (1975), Hibler (1980), Flato and Hibler (1995) and Rothrock (1975) 에 기반한 기법을 사용하여 모델링 된다. ridging participation function은 Lipscomb et al. (2011)에 의해 제안된, exponential ITD를 가정한 두께범주 사이에 분산되는 ridged ice를 가진, 것이 사용된다. 전지구 해양자료동화시스템의 CICE 모델은 HadGEM3 문서 (Hewitt et al., 2011) 에 설명된 대로 NEMO-CICE coupling 형태로, NEMO 해양 모델과 동일한 격자에서 실행된다. 하지만 현재 CICE와 NEMO는 격자수에서 1 ~ 2개 차이가 있다.

4.4.1.2 해양자료동화(NEMOVAR)

해양자료동화는 NEMOVAR를 이용하여 수행된다. NEMOVAR는 UK Met Office, CERFACS, ECMWF, INRIA-LJK 가 공동으로 개발한 자료동화 기법으로, NEMO 모형에 최적화되어 있으며, 주요 특징은 multivariate, incremental 3D-Var, FGAT (first guess at appropriate time) 기법을 들 수 있다(Weaver et al., 2005). 또한, implicit diffusion operator를 적용한 배경오차 상관 모델을 이용한다(Mirouze and Weaver, 2010).

NEMOVAR의 핵심적인 과정은 아래의 증분 비용함수(incremental coast function)를 최소화하는 것으로, 현재 전지구 해양자료동화시스템에서는 B-preconditioned conjugate gradient (BCG) 알고리즘을 이용하여 반복적인 계산을 통해 비용함수를 최소화한다. 비용함수를 최소화하는 이 반복적인 과정을 inner loop라고 부른다(GODAPS에서는 40회로 설정되어져 있음).

$$J(\delta x) = \frac{1}{2}(\delta x)^T B^{-1}(\delta x) + \frac{1}{2}(d - H\delta x)^T R^{-1}(d - H\delta x)$$

여기에서, B는 배경오차 공분산(background error covariance)을, R은 관측오차 공분산(observation error covariance)를 의미한다. x는 state vector, $\delta x = x - x_b$ 는 증분

(increment), $d = y - H(x_b)$로 innovation을 나타내는데, 여기에서 x_b는 배경장(background)을, y는 관측을, 그리고 H는 선형연산자를 각각 의미한다.

NEMOVAR의 상태변수(state variable)는 수온(T), 염분(S), 해수면고도(η), 수평 유속(U, V), 해빙농도(C) 이다. 해빙농도를 제외하고, NEMOVAR는 변수들 사이의 상관성을 balance operator (K) 를 통해 고려할 수 있는데, 즉 각각의 해양 변수(혹은, 증분)들은 balanced component와 unbalanced component의 합으로 표현하고, 여기에서 balanced component는 balance operator를 통해 계산하게 된다. 아래 식에서 각 변수의 증분값에 대한 선형화된 balance relationship을 나타내었다. 이처럼, balance operator는 변수들간의 선형화된 관계식을 통해 정의되는데, 여기서 수온은 leading variable로 balanced 와 unbalanced component의 합 자체로 취급된다. 이 수온을 기준으로, 염분에 대한 balance operator는 Troccoli and Haines (1999)가 제안한 수온-염분 보존 관계로 정의한다($K_{ST} = dS/dT$). 아울러, 해수면 고도 balance operator ($K_{\eta\rho}$)는 Cooper and Haines (1996)이 제시한 것과 유사하게 hydrostatic relationship을, 그리고 수평유속($K_{u\rho}$, $K_{v\rho}$)은 geostropic relationship으로 표현한다.

$$\delta T = \delta T$$
$$\delta S = K_{ST}\delta T + \delta S_U = \delta S_B + \delta S_U$$
$$\delta \eta = K_{\eta\rho}\delta\rho + \delta\eta_U = \delta\eta_B + \delta\eta_U$$
$$\delta u = K_{up}\delta p + \delta u_U = \delta u_B + \delta u_U$$
$$\delta v = K_{vp}\delta p + \delta v_U = \delta v_B + \delta v_U$$
$$\delta C = \delta C_U$$

여기에서, K_{ij} 는 변수 j에서 i로 변환하는 balance operator를 의미하고, 각 변수의 아래첨자 B와 U는 각각 balance 와 unbalance component를 의미한다. 아울러, 밀도와 압력 증분은 각각 $\delta\rho = K_{\rho T}\delta T + K_{\rho S}\delta S$와 $\delta p = K_{p\rho}\delta\rho + K_{p\eta}\delta\eta$로 나타낸다. 현재 NEMOVAR에서는 해빙농도는 unbalance component만을 고려하고, 반면에 수평유속은 balance component만을 증분 값에 반영한다.

자료동화 과정에서 배경오차 공분산을 정의하는 것은 매우 중요하고도 복잡한 문제이다. NEMOVAR에서는 multivariate 배경오차 공분산(background error covariance)을 univariate 배경오차 공분산(또는 unbalanced background covariance)과 balance operator의 조합으로 표현할 수 있는데, 따라서 unbalanced 변수의 증분을 계산하기 위한 univariate 배경오차공분산을 정의할 필요가 있다. 배경오차 공분산은 다시 배경오차 표준편차와 배경오차 상관의 합으로 나타낸다. NEMOVAR에서는 계절별 통계적인 배경오차(background error standard deviation)를 기준으로 하며, 수온과 염분의 경우 시공간적으로 변화를 반영하기 위해 수온 배경

장의 연직구배(혹은 혼합층 깊이)를 기준으로 한 모수화(parameterization) 과정을 수행한다. 참고로, 통계적인 배경오차는 NMC 방법으로 계산된 오차를, Hollingsworth and Lonnberg (1986) 방법으로 계산된 오차를 이용하여 re-scaling한 결과를 사용한다. 통계적 배경오차에 관한 자세한 내용은 Martin et al. (2007)을 참고하기 바란다.

배경오차 상관(background error correlation)은 Miouze and Weaver (2010)가 제안한 diffusion operator를 이용하여 모델링한다. 이를 통해 해양의 복잡한 경계 등의 지형을 반영할 수 있다. 확산모형(diffusion model)의 해를 구하기 위해, NEMOVAR에서는 implicit 와 explict 방법을 제공하는데, 현 시스템에서는 계산 비용을 고려하여 implicit diffusion model을 사용한다. 그리고, 수온, 염분, 해빙농도의 수평 상관규모(horizontal length scale)는 해양의 meso scale 과정의 규모를 나타내는 Rossby radius 분포를 채택한다. Rossby radius는 시간변화가 적다는 가정아래 모델 분석으로부터 계산된 연평균 값을 이용한다. 단, 최소값은 위경도 방향으로 25 km, 최대값은 경도방향으로는 300 km, 위도방향으로는 150 km로 제한된다. 해수면 고도(unbalanced SSH)의 경우, barotropic error를 표현하는 큰 length scale을 필요로 하며, 본 시스템에서는 위, 경도 4°를 length scale로 정한다. 아울러, 상관규모는 연안으로 갈수록 감소한다.

연직방향 상관규모(vertical correlation length scale)도 배경오차와 유사하게 배경장의 혼합층 깊이에 의존하며 시공간적으로 변하게 모수화 되는데, 즉 해수면부터 혼합층 깊이까지 length scale은 선형적으로 감소하여 혼합층 아래에서 수심이 깊어질수록 다시 증가하는 구조를 가진다. 이처럼 vertical length scale이 시간에 따라 변화하는 이점이 있지만, diffusion operator 과정의 normalization factor를 계산하는 데 비용 면에서 어려움이 따른다. 비용 절약을 위해, 본 시스템에서는 혼합층 깊이를 41개 층(모델의 연직층과 대응)으로 제한하여, 각 혼합층 깊이에서 randomization method(3000개 앙상블 멤버 이용)를 통한 41개(파일)의 normalization factor look-up table을 사전에 준비해 둔다. 실제 자료동화 과정에서 각각의 모델격자에서 혼합층 깊이가 계산되면, 혼합층 깊이에 해당하는 look-up table로 부터 normalization factor를 추출하여 결과적으로 diffusion operator 과정에서 소요되는 비용을 절약하게 된다.

Observation error covariance

전지구 해양자료동화시스템에서는 NEMOVAR를 이용하여 위성관측 해수면 온도(SST)와 고도계(altimeter) 자료의 바이어스를 보정한다. 위성관측 SST의 바이어스 보정에 관한 상세한 내용은 4.2절을 참고하기 바란다. 고도계는 sea level anomaly (SLA) 만을 관측하기 때문에 해양모델에 고도계 자료(SLA)를 자료동화 할 때는 Mean Dynamic Topography (MDT)를 더해야 한다. 전지구 해양자료동화시스템에서는 MDT 자료로 CNES-CLS09 MDT (Rio et al., 2011) 자료를 이용한다. 하지만, MDT 자료는 고도계 자료보다 큰 오차를 가지고 있는데 이 오차를 바이어스로 간주하여 보정을 수행한다. 바이어스는 자료동화 과정에서 계산이 되는데, 이를 위해 bias field를 자료동화 control vector와 비용 함수에 추가하였다(Lea et al., 2008). 아울러, 해수면 경계로 사용된 바람응력과 자료동화되는 해양관측 값의 불연속으로 인해서 적도해역에서 수평과

연직방향으로 이상 순환이 야기될 수 있다. 전지구 해양자료동화시스템에서는 이러한 이상 현상을 줄이기 위해서 해상풍을 보정하는 대신, Bell et al. (2004)에서 제시한 압력 보정(pressure correction) 방법을 이용한다. 압력 보정 방법은 장기간의 자료동화를 통해 수온과 염분 증분값을 점차 축적하여 압력 보정 값을 계산하고, 이 압력 보정값을 해양모델(i.e. NEMO)의 운동방정식에 추가하는 형태로 적용된다.

해양자료동화와 관련해서는 Waters et al.(2014)를 참조하기 바란다. 모델 및 자료동화에 관한 내용은 언급한 논문을 참고바라며, 여기에서는 시스템의 운영개요를 중심으로 소개하고자 한다.

전지구 해양자료동화시스템에서는 dual length scale formulation을 채택하고 있는데, 기본적으로 Martin et al. (2007)에 의해 기술된 방법 (두 독립된 상관함수의 선형적 조합에 의해 구성되는 상관함수라는)을 따른다.

4.4.2 구동 개요

4.1 개요와 표 4.2에서 설명한데로, 품질관리와 위성 해수면 온도의 바이어스 보정 과정이 끝나면, 해양자료동화 과정을 수행하게 된다. 해양자료동화 과정은 크게 observation operator, 자료동화, IAU (분석증분갱신)의 3단계로 나눌 수 있다. 각각의 과정은 Foam_Loop.sh 내에서 관련 스크립트를 순차적으로 실행하면서 수행되게 된다(Table 4.2 참조).

4.4.2.1 Observation operator와 IAU(분석증분 갱신) 과정

먼저, obervation operator는 OpfcScr_NEMO 스크립트를 통해서 실행이 된다, 참고로 OpfcScr_NEMO 스크립트는 Foam_Loop.sh 내의 $NEMO_ASM_MODE 변수를 통해 IAU 및 예측과정에서도 이용된다. $NEMO_ASM_MODE의 값은 observation operator에서는 'oper'로, IAU 과정에서는 'IAU'로 각각 지정되는데, 이를 통해 observation operator와 IAU 과정에 적합한 입력파일 선정 및 namelist 편집을 수행하게 된다.

OpfcScr_NEMO 에서는 NEMO 모델을 구동하는데 필요한 해양-해빙관련 ancillary 파일, 경계자료, 품질관리된 관측자료, 그리고 bias 파일과 restart 등의 입력자료, 해양-해빙모델의 실행파일(nemo-cice.exe)과 namelist (nemo.namelist.orca025l75.foamv13, cice4.namelist.orca025l75.foamv13), 그리고 모델 변수를 정의하는 nemo.iodef.xml 등을 WORK 디렉토리로 복사한다. 이후, namelist에서 해양모델의 적분 시간간격(rn_rdt) 등의 정보를 읽어서 output 시간간격에 대한 환경변수를 지정하고 iodef.xml 파일의 출력주기(output frequency)를 업데이트하게 된다. 이러한 정보 등을 바탕으로 NemoScr_GenNamelist를 이용하여 namelist를 observation operator와 IAU 과정에 적합하게 편집한다. 그리고, CICE 모델의 바이너리 포맷의 restart 파일의 시간관련 헤더를 변경하기 위해서 modify_CICE_header.exe를 수행한다(4.6장 유틸리티 참조). 이러한 과정이 모두 끝나면, aprun 명령을 이용하여 nemo-cice.exe을 실행하게 된다. 계산이 완료되면 WORK 디렉토리에 succeed.flag를 생성하고, 장애가 발생하였을 경우는 fail.flag를 생성한다.

4.4.2.2 Rebuilding

각 과정의 계산이 성공적으로 완료되면 병렬 계산된 192개의 결과파일을 하나로 병합하는 rebuilding 과정을 수행하는데, 여기에서 관측 피드백 파일의 rebuilding은 fbcomb.exe 을 이용한다(4.6절 유틸리티 참조). 이때, observation operator 과정에서 rebulding한 피드백 파일은 DAOU 아래의 asm_YYMMDD 디렉토리로, IAU 과정에서는 anal_YYMMDD로 복사된다. 이와는 별도로 IAU 과정이 끝나면, NemoScr_PP 스크립트를 이용하여 다양한 결과(배경장, 분석장, 분석증분, 모델 바이어스)를 rebuilding 하게 되는데(4.5절 참조), 이를 위해서 OpfcScr_NEMO에서는 먼저 프로세스별 결과파일을 TEMP 디렉토리 아래로 이동시키고 $DIAG_STREAM에서 정의하는 3가지 파일 타입별로(i.e. mersea, foamlite, nemovar) NemoScr_PP 스크립트를 편집하여 job 제출한다. 참고로, rebuilding에 성공하면 결과파일은 DAOU 아래의 asm_YYMMDD 과 ff_YYMMDD 디렉토리로 이동되고, 실패한 경우 프로세스별 결과는 TEMP 디렉토리 아래에 보관된다. 이때, rebuilding 작업을 다시 수행하고자 하는 경우는, TEMP 디렉토리 아래의 스크립트를 작업 제출하면 된다(qsub). rebuilding 과정의 로그파일은 TEMP 디렉토리 아래에 별도로 보관된다. 참고로, restart file의 경우, rebuilding 하지 않고 프로세스별 결과를 디렉토리 단위로 저장하며, 또한 cice 모델의 output은 하나의 파일로 저장된다.

4.4.2.3 자료동화(NEMOVAR)

자료동화 과정은 observation operator 과정이 끝나고, OpfcScr_NEMOVAR를 통해서 수행되는데, 현 시스템에서는 OpfcScr_NEMOVAR 스크립트를 5개의 스크립트로 분리하여 자료동화를 하고 있다. 자료동화 계산을 위해서는 관측오차와 배경장 오차 등의 입력자료가 필요하고, 이는 ancillary에서 복사하여 사용하게 된다. 다만, 계절별로 입력자료가 생성되어져 있기 때문에, 모델시간(분석시간)에 맞게 nco 명령을 사용하여 시간내삽을 수행하게 된다. 하지만, 현재 기상청 슈퍼컴퓨터에서는 해당 작업을 계산노드에서 수행할 수 없기 때문에, 시간내삽 수행과정을 자료동화와 별도로 분리하여 전후처리 노드에서 수행하고, 아울러 계산시간 단축을 위해, 관측오차, 배경오차, ratio의 시간내삽을, 각각 OpfcScr_NEMOVAR.interp.obserr, OpfcScr_NEMOVAR.interp.bkgerr, OpfcScr_NEMOVAR.interp.bkgratio 스크립트로 나누어 수행한다. 그리고 이 스크립트들은 OpfcScr_NEMOVAR.interp에서 통해 동시에 작업이 제출되고 관리된다. 자료동화는 언급한 시간내삽과정이 종료된 이후에 OpfcScr_NEMOVAR.nemovar를 통해 수행된다.

자료동화(NEMOVAR)를 위한 namelist 해양모델 구동에 사용되는 namelist를 gen_namelist_inner_mo.ksh 스크립트를 이용하여 편집한 결과를 이용한다. 모델링(e.g. observation operator)과 동일하게 적분시간, 바이어스 관련 파라미터 등의 편집 을 한 이후에, 자료동화 관련 항목을 추가한다. 여기에는 자료동화기법(현재 3D-VAR), 비용함수를 최소화하기 위한 inner-loop 반복 횟수(현재 40회 설정), 관측오차 및 배경오차 관련 파라미터(격자화된 파

일 이용여부 등), multivariate balance operator (현재, 유속을 제외하고 unbalanced 항목을 계산) 관련 항목, 그리고 CG 알고리즘 등이 설정된다.

언급한 namelist 설정이 완료되면, nemovar_inner.exe을 실행한다. 계산이 성공적으로 완료가 되면, 앞서 observation operator 과정과 동일하게 관측 피드백 파일을 fbcomb.exe를 이용하여 병합한다. 결과파일은 inner_$obs_type_fdbk.nc로 저장된다.

4.5 품질관리, 모델, 자료동화 과정에 대한 입출력 결과

4.5.1 입출력 결과 파일

전지구 해양자료동화시스템의 해양-해빙 초기장, 관측 피드백(feedback) 파일 등의 결과는 ${HOME}/NEMO/DAOU/YYYY/YYMMDD 아래에 저장되며, 다음날 계산수행을 위한 재시작 파일(restart file)은 ${HOME}/NEMO/INIT/YYYY 아래에 startdumps_YYYYMMDD 디렉토리에서 관리된다. 품질관리부터 분석증분(IAU) 과정까지의 각각의 주요과정에 대한 입출력 파일을 표 4.4 에 정리하였다.

먼저 품질관리 과정(NEMOQC)에 입력되는 관측파일은 관측자료 전처리 과정의 결과로, 품질관리 과정을 거친 자료는 observation operator 과정에서 읽혀질 수 있는 feedback 파일 포맷을 가지게 된다. 다음으로, SST 바이어스 보정(bias correction)에서는 전일 계산된 bias correction field와 바이어스 보정 대상인 품질관리 처리된 위성관측 해수면 온도 자료와 레프런스 자료인 현장관측 자료가 입력파일로 들어가서 결과적으로 모델 격자점에 대한 SST bias field를 생산한다. observation operator과정에서는 전일 계산된 restart file, 해수면 경계(fluxes) 파일, 그리고 피드백 형태의 관측자료 등이 입력되고, 관측자료의 위치와 시각에 대응하는 모델 배경장 값이 저장된 피드백 파일과 배경장을 출력한다. 자료동화 과정에서는 언급한 피드백 파일과 배경장 파일을 이용하여 모델 격자점에서의 분석증분(increment) 파일을 생산한다. 마지막으로, IAU 과정에서는 observation operator 과정과 동일하게 관측 피드백 파일, 해수면 경계, restart file이 입력되고, 앞서 자료동화 과정에서 산출한 분석증분 파일을 입력하게 된다. 결과물은 restart file, 일평균 분석장과 1일 예측장, 그리고 해수면의 일부 변수(수온, 염분, 해수면 고도, 혼합층 깊이)는 3시간 간격으로 산출된다.

표 4.5 에 디렉토리 별로 결과 파일을 정리 하였다. obs_YYMMDD 디렉토리에는 품질관리(NEMOQC) 과정에 입력되는 관측파일과 품질관리 후의 결과파일이 저장된다. 참고로, 여기에서 저장되는 입력 관측자료는 관측자료 전처리 과정의 결과물과 동일하다. asm_YYMMDD에는 observation operator(outer loop)와 자료동화 과정 (inner loop)에서 나오는 결과 파일들이 저장되는데, 관측자료 feedback 파일, 모델 격자점에서의 배경장 파일이 저장되고, 자료동화 과정에서 산출되는 관측자료의 feedback 파일인 inner_${obs_type}_fdbk.nc 가 함께 저장된다. 아울러, 해수면 온도, 고도계 자료 바이어스, pc bias 등의 bias field도 asm_YYMMDD 디렉토리에 저장된다. IAU 과정에서 산출되는 관측대비 분석장 값을 저장하는 피드백 파일은 anal_YYMMDD에 저장된다.

표 4.4 모델 및 자료동화 주요 과정에 대한 입출력 파일 요약(←: 입력자료, →: 출력자료)

주요 과정	입출력
품질관리	← 관측파일 → feedback 파일 형태의 관측파일
SST bias correction	← 전일 계산된 모델격자상의 bias correction field ← SST 관측파일(unbiased 현장관측, biased 위성관측) → 모델격자점에서의 SST bias fields
observation operator	← restart file (i.e. startdumps) ← 해수면 경계 파일(fluxes) ← 품질관리된 관측파일 ← ancillary 파일 → 관측에 대응하는 모델 배경값을 포함하는 feedback 파일 → 모델격자점에서의 배경장
assimilation (inner loop)	← feedbak 파일 ← 모델 배경장 ← ancillary 파일 → 분석증분(analysis increment)
IAU	← restart file (i.e. startdumps) ← 해수면 경계 파일(fluxes) ← ancillary 파일 ← 분석증분(analysis increment) → 모델 격자점에서의 분석장 및 1일 예측장 → 다음날 계산을 위한 새로운 restart file (i.e. startdumps)

표 4.5 모델 자료동화과정의 주요 출력파일 및 저장위치(NEMO/DAOU 이하)

저장 위치	파일명	내용
anal_YYMMDD	${obs_type}_fdbk.nc	IAU 과정의 feedback files.
asm_YYMMDD	${obs_type}_fdbk.nc inner_${obs_type}_fdbk.nc sstbias_${bias_type}.nc orca025l75.pcbias.nc orca025l75.altbias.nc orca025l75.increments_o01.nc orca025l75.assim_background_state_Jb.nc orca025l75.background.anavar.stddev.nc	Observation operator와 inner loop (assimilation) 과정의 feedback file, background state, analysis increment, bias files, 비용함수 최소화관련 정보.
ff_YYMMDD	orca025l75.cice_history_file.YYYY-MM-DD.nc orca025l75.foamlite.grid_T(U,V).nc orca025l75.mersea.grid_T(U,V,W).nc	모델 격자지점에 해당하는 해양-해빙 초기장 및 1일 예측장(일평균). *foamlite*는 3시간 간격 surface 결과(sst, sss, sla, u, v)
obs_YYMMDD	(argo, Surface, GHRSST, seaice).?.nc ${obs_type}_0?.nc	NEMOQC의 입력값 및 결과물 (${obs_type}_0?.nc)

4.5.2 로그파일

시스템 수행 과정에서 생성되는 로그파일은 ${HOME}/NEMO/LOGO/suite_run 아래에 계산 일별(분석일별)로 저장이 된다. 아래 표에 각 과정별 주요 로그파일을 정리하였다. 우선, 품질관리 과정에서는 관측변수별로 작업이 제출되기 때문에, 작업변수별로 로그파일이 생성된다. 2018년 6월 현재는 4개의 위성관측 sst 자료가 자료동화되고 있기 때문에, 품질관리 및 SST 바이어스 보정 관련 로그는 각각 4개씩 생성된다. 또한, 해빙농도 자료의 경우, 남극과 북극 2개의 로그가 생성된다. nemovar 과정은 앞선 4.3.2 구동개요에서 언급하였듯이, 자료동화 입력파일(배경오차 파일) 등을 시간 내삽하는 부분과 자료동화 과정이 분리되어 있기 때문에, 로그파일은 YYMMDD_nemovar_intp.err와 YYMMDD_nemovar.err 로그파일이 별도 생성된다.

표 4.6 주요 과정에 대한 로그파일

주요 과정(작업 순서)	입출력
품질관리(nemoqc)	YYMMDD_nemoqc_${obs_type}_0?.out *${obs_type}= profiles, seaice, sla, sst
SST bias correction	YYMMDD_satbias.${num}.err *${num}= 1, 2, 3, 4
observation operator	YYMMDD_nemo_oper.err
assimilation (inner loop)	YYMMDD_nemovar_intp.err YYMMDD_nemovar.err
IAU	YYMMDD_nemo_iau.err

4.6 해양해빙 모델 및 자료동화 설치

전지구 해양자료동화시스템의 해양-해빙 모델과 자료동화 설치(실행파일 생성)는 슈퍼컴퓨터 4호기에서 수행하였으며, fcm make와 Rose/Cylc를 이용한 설치가 가능하다. 먼저, fcm make를 이용한 설치에 대해 정리하고자 한다. 여기에서는 크게 extract와 building 과정으로 나누어 설명하고자 한다. 이해를 돕고자 여기에서는 $HOME/NEMO/SRC 디렉토리에서 설치를 진행한 예를 제시하고자 한다(표 4.8 참조). 참고로, 개인 사용자가 개별 계정에 설치할 경우에는 fcm-make.cfg(표 4.8)와 소스코드($HOME/SRC/extract)를 복사하여 building 과정만 수행하면 된다.

먼저, extract 과정에 대해 설명한다. 설치에 필요한 fcm-make.cfg와 rose-app.cfg, 그리고 설정파일 및 소스코드가 포함한 code 디렉토리를 $HOME/NEMO/SRC 아래에 복사한다. 설치에 이용되는 configure 파일들은 표 4.3과 같고, 설치(i.e., extract)를 위해서는 fcm-make.cfg와 rose-app.cfg 내의 경로를 설치 디렉토리에 맞게 조정하면 된다(표 4.8, 4.9 참조). 이후, $HOME/NEMO/SRC에서 fcm make –jobs=4 fcm-make.cfg를 수행하면

$HOME/NEMO/SRC/extract와 $HOME/NEMO/SRC/mirror 디렉토리가 생성된다 (fcm/2014.09 모듈 사용)/ (fcm/2015.03 버전 사용). Building 작업을 위한 fcm-make.cfg 파일은 mirror 디렉토리 내에 생성된다.

전술한 바와 같이, 개인 사용자는 위의 과정에서 생산된 extract 디렉토리와 fcm-make.cfg를 복사하여 building 작업을 진행하면 된다(표 4.7 참조). fcm make를 이용하여 building을 수행하면, build-ocean 디렉토리가 생성이 되고, 그 아래의 bin 디렉토리에 nemo-cice.exe와 nemovar_inner.exe 실행파일이 생성된다. 이 파일들은 $HOME/NEMO/EXET에 링크되어 모델링을 수행하기 위한 준비를 하게 된다.

표 4.7 필요한 module files 목록

설치변경사항(2018.05)

```
Currently Loaded Modulefiles:
  1) modules/3.2.10.4                    13) xpmem/0.1-2.0502.64982.5.3.ari       25) ncview/2.1.3
  2) switch/1.0-1.0502.60522.1.61.ari    14) dvs/2.5_0.9.0-1.0502.2188.1.116.ari  26) bison/2.4.2.0
  3) craype-network-aries                15) alps/5.2.4-2.0502.9774.31.11.ari     27) gd/2.0.35.0
  4) craype/2.2.1                        16) rca/1.0.0-2.0502.60530.1.62.ari      28) graphviz/2.28.0
  5) totalview-support/1.2.0.7           17) atp/1.7.5                            29) python/2.7.3
  6) totalview/8.15.10                   18) cray-snplauncher/7.1.1               30) subversion/1.8.11
  7) cray-libsci/13.0.1                  19) PrgEnv-cray/5.2.82                   31) cce/8.5.8
  8) udreg/2.3.2-1.0502.10518.2.17.ari   20) pbs/12.2.403.150821                   32) cray-mpich/7.5.5
  9) ugni/6.0-1.0502.10863.8.29.ari      21) craype-haswell                       33) cray-netcdf-hdf5parallel/4.4.1.1
 10) pmi/5.0.6-1.0000.10439.140.2.ari    22) gcc/4.9.2                            34) cray-hdf5-parallel/1.10.0.1
 11) dmapp/7.0.1-1.0502.11080.8.76.ari   23) nco/4.4.7                            35) fcm/2015.03
 12) gni-headers/4.0-1.0502.10859.7.8.ari 24) xxdiff/4.0
```

<== netcdf 등 변경, fcm/2015.03 사용

```
#module unload cray-netcdf/4.3.2
#for xios and ntsm compile------
module unload cce/8.3.7
module load cce/8.5.8
module unload cray-mpich/7.1.1
module load cray-mpich/7.5.5
module load cray-netcdf-hdf5parallel/4.4.1.1
module load cray-hdf5-parallel/1.10.0.1
```

표 4.8 설치에 사용되는 configure 파일

```
$HOME/NEMO/SRC/fcm-make.cfg
 - $HOME/NEMO/SRC/rose-app.cfg
 - $HOME/NEMO/SRC/code/xc40-nemo-cice-configs/trunk/fcm-make/meto-xc40-cce/nemo-cice-high.cfg
 -  - $HOME/NEMO/SRC/code/xc40-nemo-cice-configs/trunk/fcm-make/meto-xc40-cce/inc/nemo-cice.cfg
 -  -  - $HOME/NEMO/SRC/code/xc40-nemo-cice-configs/trunk/fcm-make/meto-xc40-cce/inc/xc40-cce.cfg
 -  -  -  - $HOME/NEMO/SRC/code/xc40-nemo-cice-configs/trunk/fcm-make/meto-xc40-cce/inc/options/openmp_on.cfg
 -  - $HOME/NEMO/SRC/code/xc40-nemo-cice-configs/trunk/fcm-make/inc/nemo-cice-common.cfg
 -  -  - $HOME/NEMO/SRC/code/xc40-nemo-cice-configs/trunk/fcm-make/inc/nemo3.4-cice4.1m1-version.cfg
```

표 4.9 extract 과정에 사용되는 fcm-make.cfg

```
include = $HOME/NEMO/SRC/rose-app.cfg
use = $prebuild
$flags_coupling = -I$prism_path/build/lib/mpp_io -I$prism_path/build/lib/psmile.MPI1
```

```
-I$prism_path/build/mod/oasis3.MPI1
$ldflags_coupling = -L$prism_path/lib -lanaisg -lanaism -lpsmile.MPI1 -lfscint -lmpp_io -lscrip

include = $config_root_path/fcm-make/$platform_config_dir/nemo-cice-$optimisation_level.cfg
$config_revision

extract.location{diff}[nemo] = $nemo_sources
extract.location{diff}[ioipsl] = $ioipsl_sources
extract.location{diff}[cice] = $cice_sources
extract.location{diff}[nemovar] = $nemovar_sources

extract.ns = nemo ioipsl cice nemovar
extract.location[nemovar] = $HOME/NEMO/SRC/code/fcm_make_ocean/extract
extract.path-root[nemovar] = nemovar
extract.path-excl[nemovar] = /
extract.path-incl[nemovar] = NEMOASSIM NEMOTAM NEMO_MATCHUP OBSTOOLS UTILS

preprocess-ocean.prop{fpp.defs}[nemovar] = $keys_nemo key_karaml

build-ocean.target{ns} = nemo ioipsl cice nemovar
build-ocean.target = $ocean_exec nemovar_inner.exe
build-ocean.prop{dep.o}[nemovar] = wheneq packf_r
```

표 4.10 extract 과정에 사용되는 rose-app.cfg

```
$meta=nemo-cice-fcm-make/vn9.1

$build_ocean=build-ocean
$cice_rev=vn4.1m1
$cice_sources=$HOME/NEMO/SRC/code/fcm_make_ocean/extract/cice

$config_revision=
$config_root_path=$HOME/NEMO/SRC/code/xc40-nemo-cice-configs/trunk
$extract=extract
$ioipsl_rev=vn3.4
$ioipsl_sources=$HOME/NEMO/SRC/code/fcm_make_ocean/extract/ioipsl

$keys_cice_app=LINUX PAROPT _MPI coupled ncdf CICE_IN_NEMO REPRODUCIBLE ICE_DA TRAGE=0
TRLVL=0 TRPND=0 NTRAERO=0 ORCA_GRID NXGLOB=1440 NYGLOB=1020 BLCKX=120 BLCKY=64
MXBLCKS=1 NICECAT=5 NICELYR=1 NSNWLYR=1
$keys_nemo_app=key_dynspg_flt key_ldfslp key_dtatem key_dtasal key_tradmp key_trabbl key_zdfddm
key_karaml key_iomput key_orca_r025=75 key_zdftke key_zdftmx key_dynldf_c2d key_traldf_c2d
key_asminc key_diaobs key_bias key_mpp_rep key_cice key_nemocice_decomp key_diacfl key_diamke

$mirror=mirror
$nemo_path_incl=NEMOGCM/NEMO/OPA_SRC
$nemo_rev=vn3.4
$nemo_sources=$HOME/NEMO/SRC/code/fcm_make_ocean/extract/nemo
$nemovar_sources=
$netcdf_inc_path=.
$netcdf_lib_path=.
$ocean_version_file=nemo3.4-cice4.1m1-version.cfg
$openmp=openmp_on
$optimisation_level=high
$platform_config_dir=meto-xc40-cce
$prebuild=
$preprocess_ocean=preprocess-ocean
```

4.7 유틸리티: 개요 및 설치

모델링 및 자료동화를 수행하기 위해서는 몇 가지 중요한 유틸리티가 필요하다. 표 4.11에 필수 유틸리티와 각각의 기능에 관해서 정리하였다. 유틸리티는, fbcomb.exe, matchup.exe, rebuild.exe, 그리고 modify_CICE_header가 있으며 이들 소스코드 및 실행파일은 ${HOME}/NEMO/UTIL에서 관리된다.

각 유틸리티가 수행하는 내용은 다음과 같다. 모델영역은 프로세스별로 나뉘어 수행되기 때문에, observation operator/ nemovar 계산 과정에서는 해당영역 수(i.e. 192개) 만큼, 관측시간에 대한 배경/분석장 값을 저장하는 피드백 파일(${obstype}*_fdbk*.nc)을 생성하게 된다. 각 과정에서 관측시각에 대한 배경/분석장 값을 각각의 피트백 파일에 저장한 이후에, 이를 하나의 파일로 병합하는데 이 과정을 fbcom가 수행한다.

비슷하게 자료동화 과정을 수행한 이후에 병렬로 계산된 다양한 결과물을 합치는 과정은 rebuild 유틸리티를 이용하여 수행된다. 4.2절에서 언급하였듯이 IAU 과정 이후에, 몇몇 결과물(참조)을 NemoScr_PP에서 수행하는데 여기서 UTIL 디렉토리 내의 rebiuild와 rebuild.exe를 이용한다.

위성관측 해수면 온도 자료의 바이어스 보정을 위해서, 25 km와 1일 기준으로 현장관측 자료와 위성관측 자료의 짝을 맞추는 matchups를 찾게 되는데 이를 matchup.exe 실행파일로 수행한다.

또한, calc_date는 주어진 날짜에 시간간격을 더하거나 빼서 새로운 날짜를 생성하는 스크립트로 calc_date plus (or minus) -h(D) $hour(day) $DATE와 같이 사용한다. calc_date는 모델링뿐만 아니라 전처리 과정 등 날짜를 지정하는 여러 스크립트에서 사용된다. 관련하여, inc_dtf_date는 calc_date를 이용하여 분석 날짜를 하루 증가시키는 스크립트로, 분석장을 하루 이상 생성하고자 할 때(i.e. ${FOAM_LOOP_COUNT_MAX} > 1), Foam_Loop.sh의 마지막 부분에서 날짜를 다음날로 재 지정하고 환경변수를 저장하는 역할을 한다.

modify_CICE_header.exe 파일은 CICE 모형의 바이너리 포맷의 restart file을 읽어서 file 내의 time header를 수정한 이후 재 저장하는데, OpfcScr_NEMO에서 sea-ice 모델링을 수행하기 전에 수행되며, nam_cice_mod_hdr의 namelist를 필요로 한다.

days_in_year와 days_in_month는 적분되는 년, 월에 대한 일(1~365)을 계산하는 스크립트로 OpfcScr_NEMOVAR (or OpfcScr_NEMOVAR.interp.*) 스크립트 내에서 nco 명령을 이용한 오차파일 등의 시간 내삽을 할 때 이용된다.

실행파일의 설치방법은 다음과 같다. 먼저, fbcomb.exe와 matchup.exe 파일은 소스코드가 있는 ${HOME}/NEMO/UTIL/fcm_make_obstools 아래의 cfg 디렉토리에서 fcm 명령(fcm make —jobs=4 -f fcm-make.cfg)을 이용하여 설치한다. 실행파일은 build-obstools/bin 아래에 저장된다. 참고로, fcm은 fcm/2014.09 버전을 사용한다. rebuild.exe의 설치도 유사한데, ${HOME}/NEMO/UTIL/rebuild 디렉토리 아래의 cfg에 있는 fcm-make.cfg 파일을 동일한 명령으로 실행하면, bin 디렉토리에 rebuild.exe 파일이 생성된다. modify_CICE_header.exe 실

행파일을 생성하기 위해 ${HOME}/NEMOUTIL/modify_CICE 아래의 .f90 파일을 컴파일하면 된다.

표 4.11 유틸리티 항목과 위치

유틸리티	위치
fbcomb.exe	UTIL/fcm_make_obstools
matchup.exe	UTIL/fcm_make_obstools
rebuild_nemo.exe	UTIL/rebuild
modify_CICE_header.exe	UTIL/modify_CICE
function_read_date	${HOME}/NEMO/UTIL
inc_dtf_date	
calc_date	
days_in_month	
days_in_year	

제 5장 유지관리

이번 장에서는 시스템을 운영하면서 필수적으로 관리해야할 항목과 함께, 예상되는 장애요소에 대한 대응에 관해서 간략히 정리하고자 한다.

5.1 계산기 변경

사용하는 슈퍼컴퓨터의 계산기의 정기점검이 예정되어 있을 경우 계산기 설정을 바꾸어 주어야 한다. 현재 장기현업 계정(lrf)에서는 miri 시스템을 사용하는 것을 디폴트로 하고 있으며, 이를 수정할 때에는 각 과정(i.e., OOBS, FLUX, NEMO, POST)의 하부 디렉토리(UTIL/ENVI)에 들어가서 계산기를 변경하면 된다. 아래는 NEMO/UTIL/ENVI/nemo_oper.def의 예를 나타낸다. 참고로 여기에서는 큐(que)를 설정하는 것도 가능하다. 개인계정에서 작업할 시에는 $QNANE을 normal_m과 normal로 설정한다.

```
###define machine
   export QNAME=climate_m
   export QNAME_super=climate
   export PREPO_HOST=miri #(or nuri)
   export SUPER_HOST=miri #(or nuri)
```

5.2 신규 위성관측 해수면 온도자료의 추가 적용

현재(2018.10) 전지구 해양자료동화시스템은 4개의 위성의 해수면 온도자료를 사용하고 있다. 위성 자료의 경우, 상시 모니터링이 필요한데, 여기에서는 신규 위성관측 해수면 온도 자료를 추가할 경우에 관해 설명하고자 한다. 원하는 자료는 COMIS에 저장될 수 있도록 관련부서(정보통신기술과)에 수집 요청하면 된다. 신규자료를 추가하기 위해서는 관측자료 처리(OOBS), 품질관리, 해수면 온도 보정(sst bias correction) 과정의 수정이 필요하다. 먼저, 관측자료 전처리 과정(OOBS)에서는 SHEL 디렉토리의 run_ghrsst.sh 에서 추가할 자료에 대한 ${BIAS_SATTYPES}, ${BIAS_NUM}, ${i_sub}의 변수와 함께, 파일명을 추가하여 전 처리할 수 있도록 한다. ${i_sub}는 솎아내기 (thinning) 간격을 의미하는데, 솎아내기 후의 자료 해상도가 대략 6 km 해상도가 될 수 있도록 설정하는 것이 바람직하다. 다만, 전 처리 코드는 GHRSST (Global High Resolution SST) 타입(포맷)의 위성자료를 처리하게끔 작성되어져 있어, 다른 형식의 자료를 처리하고자 할 때는 코드의 수정이 필요하다.

계속해서, 품질관리 과정의 메인 스크립트인 OpfcScr_NEMOQC_f.V6.4* 에 신규로 전처리된 자료를 복사하는 라인을 추가하고, 입출력 자료를 지정하는 $OBSFILESIN, $OBSTYPES, $OBSFILESOUT에 변수 값을 추가한다. 또한, 위선관측 해수면 온도는 바이어스 보정을 수행하기 때문에, OpfcScr_SATBIAS에 해당 BIAS_TYPE을 추가해야 한다 (ucal_file 변수 참조). 해당 내용을 추가함으로써, bias 보정 시에 품질관리된 신규 SST 자료(예: sst_05.nc)를

WORK/SATBIAS_*/ 아래로 링크하여 matchups를 생성하게 된다. 그리고, 메인 쉘 스크립트인 SHEL/Foam_Main.oper.neo.sh 내의 BIAS_SATTYPE 변수에 관측자료 전처리 과정에서 추가한 $BIAS_NUM 값을 추가하고, SHEL/Foam_Loop.neo.sh에서 추가한 자료에 대한 바이어스 보정을 수행하도록, "export BIAS_TYPE=${BIAS_SATTYPE}" 라인을 추가한다. 아울러, 추가된 자료의 bias에 대한 climatology 파일 (bias_clim_sst_orca025l75_${BIAS_SATTYPE}.nc)을 DABA/ancil 디렉토리에 생성해야 한다. bias climatology 값은 전구 영역에서 '0' 이기 때문에, 기존의 bias climatology 파일을 단순히 복사하여 사용하면 된다. 한 가지 주의할 점은 파일 내의 global attribute의 SST_source 에 반드시 $BIAS_SATTYPE 값을 지정해야 하는데, 이는 nco 명령을 사용하여 간단하게 수정하면 된다(ncatted -O -a SST_source,global,m,l,${BIAS_SATTYPE} bias_clim_sst_orca025l75_${BIAS_SATTYPE}.nc).

5.3 위성관측 자료의 프레임 변경

자료 분배기관에서 메일을 통해, 자료 프레임의 변경을 고지할 경우가 있음. 이 경우, 전처리 과정에서 변경된 사항을 사전에 적용시켜야 하며, 제공 서버나 파일명 등이 변경될 경우는 이를 정보통신기술과에 알려서 수집변경을 하여야 한다.

5.4 Argo greylist 업데이트

수온, 염분 프로파일 자료 중에 Argo 자료를 품질관리 할 때, 첫 번째 단계에서 수행하는 것이 greylist를 제거하는 작업이다. 이는 자료 제공기관에서 품질관리를 수행하면서 이상이 있는 자료에 대해서 사용자에게 미리 정보를 제공하는 자료로, 지정하는 자료 기간에 대해 특정 자료를 사용하지 말 것을 권고하는 리스트를 의미한다. 전지구 Argo 자료 센터(GDAC: Global Data Assembly Center; ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/argo)에서는 greylist (ar_greylist.txt)를 지속적으로 업데이트 하고 있다. 따라서, 전지구 해양자료동화시스템에서도 주기적으로 업데이트할 필요가 있다. 단, GDAC에서 제공하는 grey list에는 품질관리 프로그램(NEMOQC)의 포맷을 위반하는 라인 들이 섞여있을 가능성이 크기 때문에, 시험 적용을 통해 사전에 확인을 할 필요가 있다. 또한, 수온(POTM), 염분(PSAL), 압력(PRES)외의 생지화학 변수들이 최근 포함되어 있는데, 현재의 품질관리 프로그램에는 반영되어 있지 않아 오류를 일으키므로 해당 변수 이외의 라인은 사전에 삭제하는 것이 바람직하다.

테스트를 위해서는, 프로파일 자료만 단독으로 처리할 수 있는 NEMOQC의 stand alone 버전(~/godaps/utils/nemoqc)을 이용하면 된다. 테스트할 greylist 파일을 DAIN 디렉토리에 복사하고, SHEL/run_qc_profile.sh 스크립트를 작업 제출하여 사용하면 된다 (qsub run_qc_profile.sh). 이 때, 아래 박스와 같이 스크립트내의 환경변수 설정을 변경하면 된다. 로그파일은 SHEL 디렉토리에 생성되고, 결과는 WORK 디렉토리에 생성된다. 로그파일에는 포맷에 맞지 않는 greylist의 라인을 표시하기 때문에, 해당라인을 greylist에서 삭제하여, 최종적으로 오

류가 발생하지 않을 경우, 품질관리 스크립트(OpfcScr_NEMOQC*)에 신규 greylist를 DABA/ancil 디렉토리 아래에 복사하여 사용한다. 참고로, 정상적으로 수행이 완료되었을 경우, 로그파일에서 “ApplyArgoGreyList ends normally” 메시지를 확인할 수 있다.

(Argo greylist 테스트를 위한 run_qc_profile.sh 설정)	
$here= ~/godaps/utils/nemoqc/SHEL	#SHEL 디렉토리 위치
$ArgoGreyListFile=“ ”	#테스트 할 greylist file 명

5.5 관측자료의 감소

수온, 염분 프로파일이나 현장관측 해수면 온도 자료의 경우, 전처리 과정에서 정상적으로 작업이 완료되었다고는 하지만 처리된 자료량이 전일 대비 급격히 줄 때가 있다. 이 경우, 대부분이 버퍼자료의 처리와 관련이 있는데, 해당 로그파일에서 버퍼 테이블을 다. 전술한 바와 같이, 버퍼자료를 디코딩할 경우 EMOS library에 포함된 버퍼 테이블(bufr table)을 읽어들이게 되는데, 때때로 자료를 제공하는 기관에서 자료를 생산할 때 새로운 버퍼 테이블을 사용하고, 해당 테이블이 전지구 해양자료동화시스템의 전처리 시스템에 없을 경우 이러한 문제가 발생한다.

이런 경우, EMOS library를 업데이트 할 필요가 있다. 현업 시스템에서 빠른 문제해결을 위해서 사용할 수 있는 또 다른 방법으로는, 최신 EMOS 라이브러리를 제공기관으로부터 다운로드 해서, 원하는 버퍼 테이블만을 복사해서 사용하는 방법이 있다.

5.6 경계자료 생성 장애

전지구 해양자료동화시스템에서 경계자료의 생성시간에는 많은 시간이 소요되므로, 특히 자료생성 시간(0500UTC~0600UTC)에는 병행운영체계 모니터링 시스템을 이용한 모니터링이 필요하다. 모니터링 중 이상이 발견되었을 때는, 먼저 전지구 수치예보모델에서 생산하는 경계자료 처리 과정의 입력자료(glm_foamout_bulk, glm_marine[0-1]_10m)가 작업 시작시간(05UTC) 이전에 /op/nwp/fcst/MODL/GDPS/N128/DAOU/YYMMDDHH/ERLY 디렉토리에 생성되어 있는지 확인 할 필요가 있다. 만약, 작업수행 시작 시간(05UTC) 보다 늦게 생성이 되었을 경우, 전체 작업시간(약 45분)을 고려하여 SHEL/flux_job_submit.sh을 재 수행한다. 만약, 수치예보모델의 입력자료 생성시간이 계속 지연될 경우, 경계자료 생성은 불가하고, 이러한 문제를 해결하기 위해 SHEL/flux_main.sh 스크립트의 마지막 부분에는 최종결과(경계자료 파일)가 생성되지 않았을 경우, 전일 생성한 결과파일을 링크하게 설정되어져 있다.

만약, 전지구 수치예보모델에서 생산하는 입력자료 생성에, 하루 이상 문제가 지속될 경우, 수치예보모델의 다른 결과물(grib 포맷)을 이용하여 경계장을 생성하여야 한다. 해당 과정은, godaps/utils/fluxes에 관련 스크립트와 실행파일을 이용하면 된다. 이 자료를 이용할때는,

namelist 설정을 변경하여야 한다.

아울러, 플럭스가 제대로 생성되었는지의 여부를 확인하기 위해서, 일부 변수에 대해서 모니터링 페이지(2018.10 현재, 슈퍼컴퓨터 4호기 ~phchang/godaps)를 통해 결과를 표출 중에 있다. 대략 경계자료가 생성된 이후인 0600UTC (1500KST) 경에 Flux 탭에서 확인이 가능하다. 관련 스크립트는 POST/SHEL 디렉토리의 post_fluxes.sh 로, 해당 스크립트가 수행되면서 그림파일을 생성하게 되고, 약 5분의 시간간격을 두고, /s4/home/nimr/phchang/GODAPS/post_lrf_flx.sh 스크립트가 수행되면서 그림파일을 복사하고 모니터링 페이지에 표출하게 된다. 전일과 비교하여 정상적으로 경계자료가 생성되었는지 확인한다.

5.7 모델링 과정에서 blow-up 이 발생한 경우 대처 방법

입력자료(경계장, 관측자료)에 이상이 없는지 확인한 후, 이상이 없을 경우 NEMO/EXET/nemo.namelist.orca025l75.foamv13 네임리스트의 적분 시간간격(rn_rdt)을 1200 sec에서 900 sec 로 변경하여 재 적분을 수행한다. 현재, EXET 디렉토리에는 적분간격을 900 sec로 한 네임리스트(nemo.namelist.orca025l75.foamv13.shortstep)가 별도로 보관되어 있는데, 아래와 같이 OpfcScr_NEMO 스크립트에서 해당 네임리스트를 적용시키고 재 시작한다.

```
if [[ ${FOAM_VERSION} -ge 13 ]] ; then
 if [[ ${NEMO_FLUXES_ERAI} == "TRUE" ]] ; then
    cp ${NEMO_ETC}/nemo.namelist.${NEMO_CFG}.foamv13.era_interim    ./namelist
 else
    cp ${NEMO_ETC}/nemo.namelist.${NEMO_CFG}.foamv13.shortstep      ./namelist
 fi
```

5.8 자료동화 과정이 완전하게 종료되지 않는 경우

자료동화 중 비용함수를 최소화하는 반복계산(inner iteration)에서 특정 단계에서 계산이 멈추어 wall-time 종료와 함께 작업이 종료가 된다면, 먼저 관측자료 중 하나를 dummy file로 대체하여 계산한다. 간단하게 적용할 수 있는 방법은 SHEL/Foam_Loop.neo.sh 에서 품질관리(NEMOQC) 작업 이후에, 특정 관측자료를 지우고, dummy 파일을 쓰는 방법이 있다. 품질관리 처리된 관측자료는 WORK/obs/ 이하에 임시로 보관되기 때문에, 해당 디렉토리의 관측자료를 변경하면 된다. 참고로 품질관리된 자료는 ${obs_type}_01.nc 와 같은 파일명을 가지며, dummy 파일은 NEMO/DABA/ancil/OP_KMA/obs_dummy 이하에 보관하고 있다.

또한, 아래박스와 같이 mpp summation 방법을 변경해도 된다.

simvar_diag에서 global_sum(vn_tl)을 처리하지 못하는 현상입니다. 현재 mpp_sum 계산 방법은 order-independent summation(Ogita et al. 2005) 방식을 사용하고 있습니다. summation의 error bound가 정해진 값(4eps) 이내에 들때까지 LOOP를 반복하는데, 문제가 되는 입력값을 사용할 경우 계산이 되지않는 조건이 발생하는 것으로 보입니다. summation 방법을 order-independent 대신 일반 방식(simple summation)으로 계산하면 정상적으로 동작합니다.

설정변경: EXET/gen_namelist_inner_mo.ksh의 "nmppsum=2"를 "nmppsum=1"로 변경

⇒ 관련내용은 슈퍼컴퓨터 사용자 지원 페이지(ngate.kma.go.kr)의 '사용자 요청관리/ 단순기술지원'에서 'AP_180912_W_067'에서 확인.

부록 A. Quick Start

여기에서는 사용자들이 전지구 해양자료동화시스템을 최단 시간에 설치하고 테스트하는 것을 목적으로 기본적인 설치 및 환경설정에 관해 설명하고자 한다. 현재(2018.10), 현업 전지구 해양자료동화시스템과 동일한 버전의 소스코드, 운영 스크립트, 관련 유틸리티 등은 /dss2/data/ocean2/godaps_src 아래에 있는 NEMO 디렉토리에 보관되고 있다.

설치를 위해서, 먼저 NEMO 디렉토리를 설치하고자 하는 개인계정의 디렉토리 아래로 복사한다(예: ~/GODAPS/NEMO). NEMO 디렉토리는 SRC와 UTIL 디렉토리, 그리고 All_Build.sh 스크립트 파일을 포함하고 있다. SRC 디렉토리에는 extract, cfg, kma-run의 하위 디렉토리가 존재하는데, extract와 cfg 디렉토리는 해양-해빙 모델과 자료동화 프로그램의 소스코드와 설치 파일을 각각 포함하고 있으며, kma-run 디렉토리는 운영 스크립트, 네임리스트, 그리고 날짜설정을 위한 유틸리티 파일 등을 포함한다. 그리고, UTIL 디렉토리에는 관측자료 품질관리, 병렬로 계산된 모델과 관측 결과의 rebuilding, 위성관측 해수면 온도자료를 보정하기 위한 mathups 생성, 해빙모델 재시작 자료의 헤더 조정을 위한 소스코드들을 포함하는 NEMOQC_kma_V6.4.1, NEMO_rebuild, fcm_make_obstools, modify_CICE의 하위 디렉토리가 포함되어져 있다. 보다 상세한 내용은 4.1장과 4.5장을 참조하기 바란다.

NEMO 디렉토리를 복사한 후에 All_Build.sh을 실행하면 되는데, 사전에 몇 가지 설정이 아래와 같이 주어져야 한다. 우선, 관측자료(OOBS_DIR)와 경계자료(FLUX_DIR) 위치를 지정하여야 하는데, 현재 스크립트에서는 디폴트 값으로 슈퍼컴퓨터 ocean2 계정에서 실시간 생성 중인 결과를 링크하게끔 설정되어져 있다. 또한, 결과 파일을 저장하는 기반(base) 디렉토리를 지정하여야 하는데, 현 설정에서는 슈퍼컴퓨터의 scratch의 사용자 계정 아래를 지정하고 있다. 몇 가지 설정을 완료하고, All_Build.sh을 실행하면 시스템을 구동하기 위한 기본적인 디렉토리와 실행파일 들이 생성되고, 각각의 실행파일, 스크립트, 그리고 유틸리티 등이 관련 디렉토리로 복사되거나 링크가 되면서 기본적인 환경 설정이 완료된다.

표 A.1. 프로그램 설치 및 디렉토리 구성을 위한 All_Build.sh의 기본 환경 설정

환경변수	내용
user="phchang"	사용자 계정
ancil=/s4/home/nimr/ocean2/GODAPS/NEMO/DABA	ancillary 위치
OOBS_DIR=/s4/home/nimr/ocean2/GODAPS/OOBS/DAOU	전처리된 관측자료 위치
FLUX_DIR=/s4/home/nimr/ocean2/GODAPS/FLUX/DAOU	전처리된 경계자료 위치
SCRATCH_BASE=/s3/scratch/nimr/${user}/~~godaps~~GODAPS	결과를 저장할 scratch 경로

이후에, 시스템을 구동하기 위해, 메인 쉘인 SHEL/Foam_Main.oper.neo.sh의 설정을 변경하여야 한다. Foam_Main.oper.neo.sh에서도 입력자료와 보조자료의 위치 등을 지정할 수 있는데

(4장 참조), 해당 위치는 All_Build.sh를 통해 자동으로 생성한 디렉토리와 연계되므로, All_Build.sh을 수정하지 않은 경우 별도의 변경 없이 그대로 사용할 수 있다. 여기에서 몇 가지 기본 항목에 대해서 언급하고자 한다(표 A.2). 우선 분석일($DTF_FULL)을 지정해야하는데, 분석일은 ModeFlag 값을 통해 현재 날짜, 사용자 지정, 또는 외부 스크립트로부터 제공받아서 지정하게 된다. 계산기 설정은 UTIL/ENVI 디렉토리의 nemo_oper.def 파일에서 조정하면 된다. 결과물은 24시간 평균(mersea), 3시간 간격(foamlite)으로 산출할 수 있는데, foamlite는 해수면 온도, 해수면 고도, 혼합층 깊이, 표층해류 등의 2차원 표층 값을 산출하도록 지정되어져 있다(EXET/nemo.iodef.xml 참조). 그리고, 모델이 설치된 위치($DIR_MODEL)을 지정하면, 해당 디렉토리의 아래에 결과저장(DAOU, LOGO, INIT), 입력자료(DAIN), 보조자료(DABA) 등의 하위 디렉토리를 위치시킨다. 계속해서, 경계와 관측자료, 그리고 보조자료의 위치를 지정해야하는데, 두 자료는 NEMO/DAIN 디렉토리 아래에서 관리하는데, 통상 전 처리된 각각의 결과 디렉토리를 링크하여 사용한다.

표 A.2 메인 쉘 스크립트(Foam_Main.oper.neo.sh) 환경 설정

```
# 분석일 지정: operational version에서는 현재일 기준으로 하루 전으로 지정됨.
TAR_DATE=`date "-d -1days" +%Y%m%d -u`

# 유저 지정
export user="phchang"

# 계산기 지정
. ${DIR_UTIL}/ENVI/nemo_oper.def

# forecast length 지정 (현업버전에서는 품질관리를 위한 1일 예측 수행)
export NEMO_FORECAST_LENGTH_DAYS=1

# output frequency: mersea → 24시간 평균, foamlite → 3시간 간격 표층
export NEMO_DIAG_LIST="mersea foamlite"
export NEMO_DIAG_FREQ="24h 3h"

# 모델이 설치된 위치
export DIR_MODEL=~/GODAPS/NEMO

# 입력자료 (경계장, 관측장, ancillary, interpolation weight file의 위치 지정)
export DIR_FLX=${DIR_DAIN}/Fluxes_3h
export DIR_OBS=${DIR_DAIN}/Observations
export NEMO_DATA=${DIR_DABA}/ancil/GO5/
export NEMO_GRIDS=${DIR_DABA}/interpolation_weights

# 출력 결과 저장 디렉토리 (base directory)
export DIR_BASE=/s3/scratch/nimr/${user}/GODAPS
```

위의 설정을 통해 기본적인 구동을 수행할 수 있는데, 이를 위해서는 전일의 해양 예측결과와 재시작 파일(startdumps)이 필요하다. 간단한 테스트를 위해서, godaps_src의 하위 디렉토리인 sample_output에 2018년 10월 21일 실험을 위한 입력파일을 저장하고 있다. startdumps_20181021 디렉토리는 해양-해빙 모델의 재시작 파일을 포함하고 있으며, 이외에 수온과 염분, 그리고 해수면 온도 바이어스 파일을 포함하고 있다. 단, 바이어스 파일이 없는 경우도 모델의 구동은 가능하다. 그리고, ff_181020 디렉토리에는 2018년 10월 20일의 해양 분석장과 21일 예측장을 포함하는 orca025l75.mersea.grid_T.nc.gz 파일이 저장되어 있는데, 여기에서 21일 예측장이 NEMOQC 품질관리 과정에서 배경장 체크를 위한 입력자료로 필요하다(4.1장 참조).

테스트를 위해 해당 디렉토리를 모델 output 경로에 넣어 줄 필요가 있다. 표 A.2의 저장 디렉토리($DIR_BASE)를 예로 들면, 모델의 output은 $DIR_BASE/NEMO/DAOU 아래의 YYYY/YYMMDD에 저장된다. 따라서, 테스트에 필요한 ff_181020 디렉토리는 $DIR_BASE/NEMO/DAOU 디렉토리 아래에 2018/181020 디렉토리를 생성하여 복사하고, 유사하게 startdumps_20181021는 $DIR_BASE/NEMO/INIT 아래에 2018 디렉토리를 생성하여 복사하면 된다. 참고로, 입력자료 들은 압축을 풀어서 적용하여야 한다.

위의 모든 준비가 완료가 되면, Foam_Main.oper.neo.sh 내의 TAR_DATE를 20181021로 두고 실행하면 된다. 참고로, 과거 수행한 모델의 결과와 관측과 경계 등의 입력자료 들은 /bkdata/nimr/ocean2/GODAPS에 보관하고 있으므로, 실험 수행 시 해당날짜의 결과를 복사 또는 링크해서 사용하면 된다.

All_Build.sh에서 이미 정의 되어 있는 정보를 변경없이 사용해도 된다.

```
ancil=/s4/home/nimr/ocean2/GODAPS/NEMO/DABA
OOBS_DIR=/s4/home/nimr/ocean2/GODAPS/OOBS/DAOU
FLUX_DIR=/s4/home/nimr/ocean2/GODAPS/FLUX/DAOU
#link DABA and DAIN
ln -sf ${ancil}                 .
ln -sf ${OOBS_DIR}              ${NEMO_DAIN}/Observations
ln -sf ${FLUX_DIR}              ${NEMO_DAIN}/Fluxes_3h
```

All_builld.sh의 실행을 통해 기본 적인 환경을 구축했다면, 다음으로는 시스템 구동을 위한 ancillary, 관측자료와 경계자료, 그리고 restart 파일의 위치 등을 설정해야 한다. 여기에서는 관측자료와 경계자료가 준비되었다는 가정 하에 구동을 위한 기초적인 환경설정만을 설명하고자 한다. 상세한 내용은 4.3절을 참조하기 바란다. 4.3절에서 언급한 바와 같이 품질관리, 해수면 온도 보정, 해양-해빙 모델, 자료동화의 과정은 NEMO 디렉토리 아래의 SHEL 디렉토리 내의 Foam_Main.oper.neo.sh 스크립트를 실행하면서 시작되게 된다(표 4.3 참조). 이 스크립트는 Foam_LoopSubmit.sh를 통해, EXET 디렉토리 내의 품질관리, 해수면 온도 보정, 해양-해빙모델, 자료동화 구동스크립트를 순차적으로 실행하는 Foam_Loop.neo.sh를 슈퍼컴퓨터의 전처리

노드에 submit한다. 아래에서는 Foam_Main.oper.neo.sh 내에서 구동 전에 반드시 설정하여야 하는 환경변수를 다루고자 한다.

언급한 부분이 시스템 구동을 위한 가장 기초적인 환경설정으로, 위의 내용만 설정하면 1일 분석장과 1일 예측장을 생산할 수 있다. 다만, /s4/home 계정아래에 용량이 큰 파일을 저장할 수 없기 때문에 현재는 출력결과는 scratch 아래에 저장한다(i.e. $DIR_BASE). 따라서, 필요에 따라서는 $HOME/GODAPS/NEMO 아래의 $DAOU, $LOGO, $INIT, $WORK 디렉토리를 각각 Foam_Main.oper.neo.sh에서 설정한 $DIR_RES_BASE, $DIR_LOGO, $DIR_RST_SAVE, $DIR_WORK 디렉토리와 링크하여 사용하면 된다.

덧붙여, 본 스크립트에서는 바이어스 보정에 관한 환경변수도 설정하게 되어 있는데, 4.3에서 설명한 바와 같이 압력보정, 해수면 고도 변이 보정, 위성관측 해수면 온도 보정을 수행하고, 각각은 LLO_TSPC_BIAS, LLO_ALT_BIAS, LLO_SAT_BIAS에서 관리된다. 여기에서 위성관측 해수면 온도자료의 보정은 위성자료 별로 수행이 되기 때문에, 위성자료가 추가되는 등 변동사항이 있을 때 추가설정이 필요하다. 아래는 위성관측 해수면 온도 바이어스 보정과 관련된 환경변수이다.

```
# 위성자료
# 21: AVHRR NOAA-19G
# 28: AVHRR MetOP
# 38: AMSR-2 GCOM-W1
# 39: VIIRS Suomi NPP
BIAS_SATTYPES="21 28 38 39"
# SST bias의 relaxation 관련 default option
LLO_BIAS_RELAX=TRUE
BIAS_CLIM_WEIGHT=0.1
```

현재는 4개의 위성관측 해수면 온도자료를 사용하고 있고, 각각의 위성자료에 대한 바이어스 보정을 수행한다. 만약, 위성자료의 바이어스 보정 정보의 변경이 있을 경우, 아래의 Foam_Loop.neo.sh에도 수정이 필요하다. 위성관측 해수면 온도자료의 추가에 따른 바이어스 과정의 자세한 사항은 .. 절을 참고하기 바란다.

```
for bloop in {1..4}; do

    case $bloop in
      1) export BIAS_TYPE=21 ;;
      2) export BIAS_TYPE=28 ;;
      3) export BIAS_TYPE=38 ;;
      4) export BIAS_TYPE=39 ;;
      *) print "Wrong BIAS_TYPE" ;;
    esac
...
```

아울러, 일정기간동안 연속적으로 모델 수행을 위해서는 all_loop.sh 스크립트를 이용하면 된다. all_loop.sh은 지정된 기간 동안 Foam_Main.oper.neo.sh를 반복하는 간단한 형태로 구성되어 있으며, 여기에서는 로그 파일이 저장될 위치와 계산 시작 및 마지막 날짜를 지정하면 된다.

환경변수	내용
ModeFlag=3	계산수행 날짜 지정
user="phchang"	사용자 계정
DIR_MODEL=~/GODAPS/NEMO	NEMO 디렉토리가 설치된 위치
. ${DIR_UTIL}/ENVI/nemo_oper.def	nemo_oper.def 내에서 계산기 지정
DIR_BASE=/s3/scratch/nimr/${user}/GODAPS	결과저장 디렉토리 지정

부록 B. 세계기상기구(WMO) 자료의 파일 명명 규칙

WMO에서는 자료의 형태를 나타내는 구분자를 표 B.1과 같이 T1과 T2를 통해 나타낸다. 표 B.2에 따르면 T1은 22가지의 종류가 존재한다.

T1 T2 A1 A2 ii CCCC YYGGgg (BBB)

표 B.1 Configuration of data type A1

T1	T2	A1	Data type	TAC correspondence
I	**O**	**B**	**Buoy observations**	**BUOY**
I	O	I	Sea ice	
I	**O**	**P**	**Sub-surface profiling floats**	**TESAC**
I	**O**	**R**	**Sea surface observations**	**TRACKOB**
I	**O**	**S**	**Sea surface and below soundings**	**BATHY, TESAC**
I	**O**	**T**	**Sea surface temperature**	
I	O	W	Sea surface waves	WAVEOB
I	O	X	Other sea environmetal	
I	O	Z	Deep ocean tsunameter	

이 중 BUFR 프로파일 자료는 T1이 I인 경우로 'IOP'와 'IOB', 'IOS'가 속한다. 그리고 전문 자료(message)의 경우에는 T1이 S인 'Surafce data'에 속하며 T1이 S인 경우에 T2는 표 B.2와 같이 21가지가 존재하며 이 중 T2가 O인 해양 자료와 T2가 S인 계류부이 자료를 수집하였다. 코드 형태는 각각 FM-63(BATHY), FM-64(TESAC)과 FM-18(DRIFTER)의 구조를 분석하여 프로그램에 적용하였다.

표 B.2 Data type designator T1 Matrix Table.

T1	Data type
A	Analyses
B	Addressed messages
C	Climatic data
D	Grid point information (GRID)
E	Satellite imagery
F	Forecasts
G	Grid point information (GRID)
H	Grid point information (GRIB)
I	**Observational data (binary coded) - BUFR**
J	Forecast information (binary coded) - BUFR
K	CREX
N	Notices
O	Oceanographic information (GRIB)
P	Pictorial information (Binary coded)
Q	Pictorial information regional (Binary coded)
S	**Surface data**
T	Satellite data
U	Upper-air data
V	National data
W	Warnings
X	GRID regional use
U	GRIB regional use

따라서 수집한 자료는 3가지의 BUFR 자료와 3가지의 전문 자료로써 1시간 간격의 ARGO 플로트와 TESAC, 그리고 BATHY 자료가 포함된 GTS SO 자료와 1시간 간격의 계류 부이 자료가 포함된 GTS SS 자료이다. GTS SO는 S(Surface data) O(Oceanographic data)의 약자로, BATHY, TESAC, TRACKOB 자료가 포함된다. 그리고 S(Surface data) S(Drifting buoy reports)의 약자로, Drifter 자료가 포함된다. 이 전문 자료들은 기존의 BUFR나 NetCDF와는 다른 ascii 형식이며, 전문 자료에 대한 프로그램을 위해 각각의 자료에 대한 구조 분석을 수행하였다. GTS SS는 ‘FM 18-XII BUOY’의 구조를 따르고, GTS SO는 'FM 63-XI Ext. BATHY', 'FM 64-XI Ext. TESAC'의 구조를 따른다.

표 B.3 Data type designator T2 (when T1 = S)

T2	Data type	Code form (name)
A	Aviation routine reports	FM 15 (METAR)
B	Radar reports (Part A)	FM 20 (RADOB)
C	Radar reports (Part B)	FM 20 (RADOB)
D	Radar reports (Part A&B)	FM 20 (RADOB)
E	Seismic data	* (SEISMIC)
F	Atmospheric reports	FM 81 (SFAZI), FM 82 (SFLOC), FM 83 (SFAZU)
G	Radiological data report	FM 22 (RADREP)
I	Intermediate synoptic hour	FM 12 (SYNOP), FM 13 (SHIP)
M	Main synoptic hour	FM 12 (SYNOP), FM 13 (SHIP)
N	**Non-standard synoptic hour**	FM 12 (SYNOP), **FM 13 (SHIP)**
O	**Oceanographic data**	**FM 63 (BATHY), FM 64 (TESAC),** FM 62 (TRACKOB)
P	Special aviation weather reports	FM 16 (SPECI)
R	Hydrological (river) reports	FM 67 (HYDRA)
S	**Drifting buoy reports**	**FM 18 (DRIFTER)**
T	Sea ice	TEXT
U	Snow depth	TEXT
V	Lake ice	TEXT
W	Wave information	FM 65 (WAVEOB)
X	Miscellaneous	TEXT
Y	Seismic waveform data	
Z	Sea-level data and deep-ocean tsunami data	

부록 C 관측자료 디코딩

Profile

Bufr 자료

BUFR는 세계기상기구에서 관리하는 이진데이터 형식의 자료로 문자열 기반으로 위치를 유도하는 기상 코드를 대체하기 위해 제작되었으며, 다양한 종류의 지구 관측자료를 함축적으로 표현하기 위해 테이블을 참조하도록 설계되었다. BUFR Message는 Octet(=8 bits)[1] 단위로 이뤄지며, 내용에 따라 섹션 [0-5]인 6개로 구성된다. 각 섹션 정보는 다음과 같다(표 C.1).

표 C.1 Information of sections for BUFR 포맷 자료

Section number	Name	Contents
0	indicator section	“BUFR" (아스키 문자와 동일한 CCITT International Alphabet No.5 로 코딩) 및 BUFR 버전, 메시지의 길이 포함
1	identification	섹션 길이와 세션 메시지 확인
2	optional section	섹션의 길이 및 데이터 처리 센터에 의해 로컬 사용을 위한 추가 항목에 대한 정의
3	data description	섹션의 길이 및 데이터 섹션의 하위 집합, 데이터 카테고리의 표시, 데이터 압축 표시, 개별 데이터 요소의 형식과 내용을 정의하는 메타 데이터의 설명, 데이터 컬렉션의 수를 정의
4	data section	섹션의 길이 및 실제 관측 데이터 (Binary Format)
5	end section	"7777" (CCITT International Alphabet No. 5으로 코딩)

표 각 섹션별 데이터의 정의는 다음(표 C.2~7)과 같다.

① Section 0 - Indicator Section

표 C.2 Section "0" of BUFR table

Octet No.	Contents
1-4	BUFR four letters in CCITT International Alphabet No.5
5-7	Total length of Bufr message in bytes
8	Bufr Edition number (currently 4)

1) Byte는 CPU에 따라 8bits 이상일 수 있으므로 Octet으로 구분

② Section 1 - Identification Section

표 C.3 Section "1" of BUFR table

Octet No.	Contents
1-3	Length of section 1
4	Bufr master table (zero if standard WMO FM 94-IX BUFR tables are used)
5-6	Identification of originating/generating centre
7-8	Identification of originating/generating sub-centre
9	Update sequence number (zero for original BUFR messages; incremented by one for updates)
10	Bit 1 = 0 No optional section Bit 1 = 1 Optional section follows Bit 2-8 Set to zero (reserved)
11	Data Category (Table A)
12	International data sub-category
13	Local sub-category
14	Version number of master table used (currently 12 for WMO FM 94-IX Ext. BUFR tables)
15	Version number of local tables used to augment the master table in use
16-17	Year(4 digits)
18	Month
19	Day
20	Hour
21	Minute
22	Second
23-	Reserved for local use by ADP centres

③ Section 2 - Optional Section

표 C.4 Section "2" of BUFR table

Octet No.	Contents
1-3	Length of section in bytes
4	Set to zero (reserved)
5-	reserved for local use by ADP centres

④ Section 3 - Data Description Section

표 C.5 Section "3" of BUFR table

Octet No.	Contents
1-3	Length of section
4	set to zero (reserved)
5-6	Number of data subsets
7	Bit 1 = 1 Observed data Bit 1 = 0 Other data Bit 2 = 1 Compressed data Bit 2 = 0 Non compressed data Bits 3-8 set to zero (reserved)
8-	A collection of element descriptors, replication descriptors, operator descriptors and sequence descriptors, which define the form and contents of individual data elements comprising one data subset in the data section.

⑤ Section 4 - Data Section

표 C.6 Section "4" of BUFR table

Octet No.	Contents
1-3	Length of section in bytes
4	set to zero (reserved)
5-	Binary data as defined by sequence descriptors

⑥ Section 5 - End Section

표 C.7 Section "5" of BUFR table

Octet No.	Contents
1-4	"7777" (coded according to the CCITTIA No 5)

BUFR 데이터의 구조와 각 테이블에 따라 NEMOQC의 입력 자료 형식인 NetCDF 포맷으로 변경하였다. 수집된 일별 관측자료는 하나의 관측 파일로 모두 취합하여 생성하도록 제작하였다. 아래의 표 C.8은 Argo Float 관측자료의 샘플 자료를 분석한 테이블로써 하나의 BUFR는 하나 이상의 하위 데이터(Subset)을 갖는다.

표 C.8 Example of BURF format with Argo Float data(first Subset)

No.	MSG	VALUE	DESCRIPTION
1	1087	6901949.00000	WMO MARINE OBSERVING PLATFORM EXTENDED IDENTIFIER
2	1085	APEX-SBE 3548	OBSERVING PLATFORM MANUFACTURER'S MODEL
3	1086	APEX-SBE 3548	OBSERVING PLATFORM MANUFACTURER'S SERIAL NUMBER
4	2036	2.00000	BUOY TYPE
5	2148	1.00000	DATA COLLECTION AND/OR LOCATION SYSTEM
6	2149	26.00000	TYPE OF DATA BUOY
7	22055	114.00000	FLOAT CYCLE NUMBER
8	22056	0.00000	DIRECTION OF PROFILE
9	22067	846.00000	INSTRUMENT TYPE FOR WATER TEMPERATURE PROFILE MEASUREMENT
10	4001	2014.00000	YEAR
11	4002	2.00000	MONTH
12	4003	24.00000	DAY
13	4004	1.00000	HOUR
14	4005	15.00000	MINUTE
15	5001	34.71900	LATITUDE (HIGH ACCURACY)
16	6001	155.32900	LONGITUDE (HIGH ACCURACY)
17	8080	20.00000	QUALIFIER FOR GTSPP QUALITY FLAG
18	33050	1.00000	GLOBAL GTSPP QUALITY FLAG
19	31002	115.00000	EXTENDED DELAYED DESCRIPTOR REPLICATION FACTOR
20	7065	42000.00000	WATER PRESSURE
21	8080	10.00000	QUALIFIER FOR GTSPP QUALITY FLAG
22	33050	1.00000	GLOBAL GTSPP QUALITY FLAG
23	22045	285.54900	SEA/WATER TEMPERATURE
24	8080	11.00000	QUALIFIER FOR GTSPP QUALITY FLAG
25	33050	1.00000	GLOBAL GTSPP QUALITY FLAG
26	22064	34.47700	SALINITY
27	8080	12.00000	QUALIFIER FOR GTSPP QUALITY FLAG
28	33050	1.00000	GLOBAL GTSPP QUALITY FLAG
			No.20~28의 115번 반복

데이터 형식 변경을 위해 관측자료와 NetCDF 포맷의 각 변수들을 비교하였다. NEMOQC의 프로파일 관측자료의 입력 형태와 BUFR 자료의 Matching table은 표 C.9에 보여주는 바와 같다.

표 C.9 The example of matching table to Argo file format for NEMOQC

BUFR			Argo file for NEMOQC (NetCDF)		
MSG	Description	Type	Name	Description	Dimension
2036	부이 종류	character	DATA_TYPE	ARGO 또는 ENACT 파일의 저장 데이터 유형	[STRING16]
-	-	character	REFERENCE_DATE_TIME	율리우스 일자로 변환하기 위한 기준 일자	[DATE_TIME]
-	-	character	PROJECT_NAME	프로젝트명	[N_PROF,STRING64]
-	-	character	STATION_PARAMETERS	사용가능한 입력인자 목록	[N_PROF,N_PARAM,STRING4]
1087	플랫폼 식별자	character	PLATFORM_NUMBER	float 판별을 위한 식별자	[N_PROF,STRING8]
22055	CYCLE NUMBER	integer	CYCLE_NUMBER	float cycle number	[N_PROF]
-	-	character	DATA_MODE	실시간 관측처리 데이터 또는 지연 처리 데이터 식별자	[N_PROF]
22067	기기 종류	character	WMO_INST_TYPE	기기 종류 식별자	[N_PROF,STRING4]
4001	년	double	JULD	율리우스 시간(UTC) (1950년 1월 1일 세계 협정시 00시 00분 0초 일 이후)	[N_PROF]
4002	월				
4003	일				
4004	시				
4005	분				
5001	위도 (고정밀)	double	LATITUDE	관측 위치의 위도	[N_PROF]
6001	경도 (고정밀)	double	LONGITUDE	관측 위치의 경도	[N_PROF]
7065	수압	double	DEPH	압력	[N_PROF,N_LEVELS]
-	-	double	DEPH_ADJUSTED	교정압력	[N_PROF,N_LEVELS]
-	-	double	DEPH_ADJUSTED_ERROR	교정압력 오차	[N_PROF,N_LEVELS]
8080	염분	double	PSAL	염분 (psu)	[N_PROF,N_LEVELS]
-	-	double	PSAL_ADJUSTED	교정 염분	[N_PROF,N_LEVELS]
33050	수온	double	TEMP	온도 (degree_celsius)	[N_PROF,N_LEVELS]
-	-	double	TEMP_ADJUSTED	교정 온도	[N_PROF,N_LEVELS]
-	-	character	PRES_ADJUSTED_QC	압력의 QC flag	[N_PROF,N_LEVELS]
-	-	character	PSAL_ADJUSTED_QC	염분의 QC flag	[N_PROF,N_LEVELS]
-	-	character	TEMP_ADJUSTED_QC	온도의 QC flag	[N_PROF,N_LEVELS]

TESAC (FM 64-XI Ext. TESAC from GTS#SO)

FM 64-XI Ext. TESAC 형태의 GTS SO 자료는 5개의 Section으로 구성되어 있다. 표 C.10은 각 Section 별로 기록된 자료들의 설명을 나타낸다.

표 C.10 Code form for the FM-64 TESAC message

Section	Contents
1	Identification, time and position data for each platform
2	Temperatures, salinities at selected depth
3	Current at selected depth (optional)
4	Total water depth (optional)
5	Ship's call sign or station identification group

Section 1에는 프로파일의 위도와 경도, 관측된 시간 정보와 그룹명과 같은 일반 정보가 기록된다. 그리고 Section 2에는 관측된 수심의 온도와 염분 값이 기록된다. Section 3에는 관측된 수심 별로 해류 값이 기록되며, Section 4에는 총 Total water depth 값이 기록된다. 마지막 Section 5에는 선박의 호출 사인이나 관측 지점을 구분할 수 있는 그룹명이 기록되고, 경우에 따라 Section 3과 Section 4는 생략될 수 있다. 국립기상과학원에서는 온도와 염분 프로파일 관측자료들을 확충하기 위해 Section 1과 Section 2, Section 5의 정보를 읽고 변환하는 프로그램을 설계하였다.

FM 64-XI Ext. TESAC **Temperature, salinity and current report from a sea station**

CODE FORM:

SECTION 1	$M_iM_iM_jM_j$	YYMMJ	GGgg/	$Q_cL_aL_aL_aL_a$	$L_oL_oL_oL_oL_o$	($i_u$ddff) ($4s_nTTT$)
SECTION 2	$888k_1k_2$	$I_XI_XI_XX_RX_R$	$2z_0z_0z_0z_0$ $2z_1z_1z_1z_1$ ..... $2z_nz_nz_nz_n$	$3T_0T_0T_0T_0$ $3T_1T_1T_1T_1$ ..... $3T_nT_nT_nT_n$	$4S_0S_0S_0S_0$ $4S_1S_1S_1S_1$ ..... $4S_nS_nS_nS_n$	(00000)
SECTION 3	$(66k_6k_4k_3$	$2z_0z_0z_0z_0$ $2z_1z_1z_1z_1$ ..... $2z_nz_nz_nz_n$	$d_0d_0c_0c_0c_0$ $d_1d_1c_1c_1c_1$ ..... $d_nd_nc_nc_nc_n)$			
SECTION 4	(55555	$1Z_dZ_dZ_dZ_d)$				
SECTION 5	D....D or 99999	$A_1b_wn_bn_bn_b$				

그림 C.1 Code form for the FM-64 TESAC message

그림 C.1은 구체적인 전문 코드의 형태를 각 Section 별로 나타낸다. 앞에서 언급했듯이 5개의 Section 중 본 과정에서는 Section 1과 Section 2, Section 5를 읽고 변환한다. Section 1의 "YYMMJ GGgg/"에서 YY는 일, MM은 월, J는 연도의 마지막 한 자리를 나타내고, GG는 시간, gg는 분을 나타낸다. 예를 들어, 2015년 10월 21일 15시 22분에 관측된 자료의 경우 "21105 1522/"로 나타낼 수 있다. 단, 모든 시간은 UTC로 계산된다.

Q_c *Quadrant of the globe*

Code figure	Latitude	Longitude
1	North	East
3	South	East
5	South	West
7	North	West

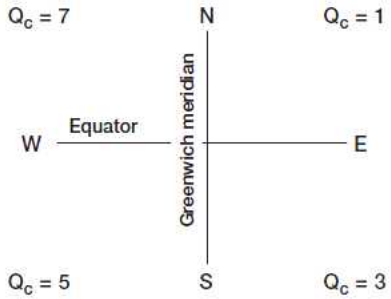


그림 C.2 Quadrant of the globe in code table 3333

그리고 Qc는 위치구분자로써 그림 C.2와 같이 구분되어 사용된다. 이 구분자는 영국 그리니치 천문대를 기준으로 경도 0°와 적도를 기준으로 동쪽과 서쪽 그리고 북쪽과 남쪽으로 선을 그어 4구역을 구분해 위도(LaLaLaLaLa)와 경도(LoLoLoLoLoLo)를 변환한다. 위、경도는 동일하게 1/1000 단위를 사용한다. 만약 구분자가 3이나 5인 경우 위도에 부호를 '-'로 변환한다. 또한, 경도의 경우도 마찬가지로 구분자가 5나 7인 경우에 부호를 '-'로 변환한다. 예를 들어, "124100 084400"의 경우는 Qc가 1이기 때문에 북동 구역에 해당된다. 따라서 위도는 24100에 0.0001을 곱해 24.1°N이 되고, 경도는 084400에 0.0001을 곱해 84.4°E가 된다.

Section 2에서는 관측을 위해 사용된 기기 형태(Instrument type, IXIXIX)와 수심(in meter, z0z0z0z0)과 온도(in degC, T0T0T0T0), 염분(in PSU, S0S0S0S0) 값들이 기록된다. 각 변수에는 변수의 종류를 구분할 수 있는 index가 위치하며 수심의 경우 2, 온도는 3, 그리고 염분은 4의 index를 가진다. 그리고 기록된 수심과 온도, 염분 값은 정수 값으로 기록되어 있기 때문에, 각각의 scale factor를 동일하게 0.01로 적용한다. 예를 들어, "20002 32441 43501"은 2 m의 수심에서 관측된 24.41 °C와 35.01 PSU의 온도와 염분 값을 의미한다. 만약 결측 값인 경우 문자 형태의 "/" 또는 "////"로 기록된다.

BATHY (FM 63-XI Ext. BATHY from GTS#SO)

FM 63-XI Ext. BATHY 형태의 GTS#SO 자료는 4개의 Section으로 구성되어 있다. 표 C.11은 Section 별로 기록된 자료들의 설명을 나타낸다.

표 C.11 Code form for the FM-63 BATHY message

Section	Symbolic figure group	Contents
1	-	Identification and position data. Wind and air temperature (optional).
2	8888	Type of instrumentation and temperatures at either significant or selected depths.
3	66666	Total water depth and surface current (optional).
4	- or 99999	Ship's call sign or station identification group A1bwnbnbnb

Section 1에는 자료의 위도와 경도, 관측된 시간 정보와 경우에 따라 바람과 기온 정보가 기록된다. 그리고 Section 2에는 관측된 수심의 온도 값들이 기록되고, Section 3에는 경우에 따라 Total water depth와 surface current 값이 기록된다. 마지막으로 Section 4에는 선박의 호출 사인(CallSign)이나 관측 지점을 구분할 수 있는 그룹명이 기록되며, Section 1의 바람과 기온 정보와 Section 3은 경우에 따라 생략될 수 있다. 본 프로그램에서는 BATHY의 온도 프로파일 관측 자료들을 확충할 계획으로 접근하였기 때문에 Section1과 Section2, Section 4의 정보를 중심으로 변환하도록 설계하였다.

FM 63–XI Ext. BATHY **Report of bathythermal observation**

CODE FORM:

SECTION 1	$M_iM_iM_jM_j$	YYMMJ	GGgg/	$Q_cL_aL_aL_aL_a$	$L_oL_oL_oL_oL_o$	($i_u$ddff)	($4s_n$TTT)
SECTION 2	8888k_1	$I_XI_XI_XX_RX_R$	$z_0z_0T_0T_0T_0$ 999zz (00000)	$z_1z_1T_1T_1T_1$ $z_1z_1T_1T_1T_1$	....	$z_nz_nT_nT_nT_n$ $z_nz_nT_nT_nT_n$	
SECTION 3	(66666	(1$Z_dZ_dZ_dZ_d$)	($k_5D_cD_cV_cV_c$))				
SECTION 4	D....D or 99999	$A_1b_wn_bn_bn_b$					

그림 C.3 Code form for the FM-63 BATHY message

그림 C.3은 Section 별로 구체적인 전문 형태를 나타낸다. 앞에서 언급 했듯이 Fig. 3.11의 섹션 중 섹션 1과 2, 4를 중심으로 변환한다. Section 1의 "YYMMJ GGgg/"에서 YY는 일, MM은 월, J는 연도의 마지막 한 자리를 나타내고, GG는 시간, gg는 분을 나타낸다. 예를 들어, 2015년 10월 21일 15시 22분에 관측된 자료의 경우 “21105 1522/"로 나타낼 수 있다. 단, 모든 시간은 UTC로 계산된다. 그리고 Qc는 위치구분자로써 Fig. 1.2와 마찬가지로 FM-64의 전문과 동일한 규칙을 따른다.

다음으로 섹션 2에서는 관측을 위해 사용된 기기 형태(Instrument type, IXIXIX)와 수심(in meter, z0z0)과 온도(in degC, T0T0T0) 값들이 기록된다. FM-63의 경우 수심과 온도의 값들이 어떤 변수의 값인지에 대한 구분할 수 있는 인디케이터가 존재하지 않으며 값의 위치에 따라 수심과 온도를 구분해서 읽어야 한다. 그리고 기록된 수심과 온도 값들은 모두 정수(integer)로 기록되어 있기 때문에 각각의 scale factor를 각각 1.0과 0.1로 적용한다. 또한, 수심을 나타내는 자리수가 2자리이기 때문에 수심이 100 m 단위로 깊어질수록 “999zz”이 존재하게 된다. 예를 들어, “89231 99901 03201”은 89 m의 수심에서 관측된 23.1 ˚C와 103 m의 수심에서 관측된 20.1 ˚C 값을 의미한다. 만약 결측 값인 경우 문자 형태의 “/” 또는 “////”로 기록된다.

BUOY (FM 18-XII BUOY from GTS#SS)

"FM 18-XII BUOY" 형태의 GTS SS 자료는 6개의 Section으로 구성되어 있다. 표 C.12는 Section 별로 기록된 자료들의 설명을 나타낸다.

표 C.12 Code form for the FM-18 BUOY message

Section	Contents
Section 0	Identification, time and position data
Section 1	Meteorological and other non-marine data
Section 2	Surface marine data
Section 3	Temperatures, salinities and current at selected depths
Section 4	Information on engineering …
Section 5	Data for national use

Section 0에는 프로파일의 위도와 경도, 관측된 시간 정보와 그룹명과 같은 메타 정보가 기록되고, Section 1에는 해양 자료가 아닌 기상 관측 자료가 포함된다. 그리고 Section 2에는 해양 표층의 자료들이 기록되고 Section 3에 관측된 수심의 온도와 염분 값들이 기록된다. Section 4와 5의 내용은 생략하였다. 본 프로그램에서는 Section 0의 날짜와 위치정보와 Section 3의 수심과 염분, 온도 값들을 읽고 변환하는 프로그램을 설계하였다.

FM 18–XII BUOY Report of a buoy observation

CODE FORM:

SECTION 0 $M_iM_iM_jM_j$ $A_1b_wn_bn_bn_b$ YYMMJ GGggi$_w$ $Q_cL_aL_aL_aL_a$
$L_oL_oL_oL_oL_o$ $(6Q_lQ_tQ_A/)$

SECTION 1 $(111Q_dQ_x$ 0ddff 1s$_n$TTT $\left\{\begin{array}{l}2s_nT_dT_dT_d\\ \text{or}\\ 29UUU\end{array}\right\}$ $3P_0P_0P_0P_0$
4PPPP 5appp)

SECTION 2 $(222Q_dQ_x$ $0s_nT_wT_wT_w$ $1P_{wa}P_{wa}H_{wa}H_{wa}$ $20P_{wa}P_{wa}P_{wa}$ $21H_{wa}H_{wa}H_{wa})$

SECTION 3 $(333Q_{d1}Q_{d2}$ $(8887k_2$ $2z_0z_0z_0z_0$ $3T_0T_0T_0T_0$ $4S_0S_0S_0S_0$
. . . .
$2z_nz_nz_nz_n$ $3T_nT_nT_nT_n$ $4S_nS_nS_nS_n)$
$(66k_69k_3$ $2z_0z_0z_0z_0$ $d_0d_0c_0c_0c_0$
. . . .
$2z_nz_nz_nz_n$ $d_nd_nc_nc_nc_n))$

SECTION 4 $(444$ $(1Q_PQ_2Q_{TW}Q_4)$ $(2Q_NQ_LQ_AQ_Z)\left\{\begin{array}{ll}(Q_cL_aL_aL_aL_a & L_oL_oL_oL_oL_o)\\ \text{or}\\ (\text{YYMMJ GGgg/}) & \end{array}\right\}$
$(3Z_hZ_hZ_hZ_h$ $4Z_cZ_cZ_cZ_c)$ $(5B_tB_tX_tX_t)$
$(6A_hA_hA_hA_N)$ $(7V_BV_Bd_Bd_B)$ $(8V_iV_iV_iV_i)$ $(9/Z_dZ_dZ_d))$

SECTION 5 (555 Groups to be developed nationally)

그림 C.4 Code form for the FM-18 BUOY message

그림 C.4는 구체적인 전문 코드의 형태를 Section 별로 나타낸다. 각 변수에 대한 규칙은 FM-64의 전문에서 사용된 규칙과 동일하기 때문에 생략한다. 코드 내에서 소괄호 표시로 묶여 있는 부분은 optional 파트로써 경우에 따라 생략될 수 있음을 의미한다. 그리고 이전 전문과는 달리 FM-18의 섹션 3은 2개의 파트가 존재한다. '8887k2'는 온도와 염분 프로파일에 관한 관측이고, '666k69k3'는 해류에 관한 관측 기록들이다. 따라서 본 프로그램에서는 온도와 염분 프로파일에 대한 관측자료를 고려하였다.

in-situ SST

BURF Format

해수면 온도 관측 자료를 추출하기 위해 “IOB(부이 관측 자료)”, “IOR(해수면 관측 자료)”, “IOS(해수면 및 수심측정자료)”, “IOT(해수면 온도 자료)”를 분석하였다. 예를 들어, 부이 관측자료(IOB)와 해수면 관측 자료(IOS)의 경우 표 C.13 ~ 14와 같은 규칙으로 구성된다.

표 C.13 Example of BURF(T1T2A1 = "IOB", first Subset)

No.	MSG	VALUE	DESCRIPTION
1	1011	JDSS	SHIP OR MOBILE LAND STATION IDENTIFIER
2	31001	5	DELAYED DESCRIPTOR REPLICATION FACTOR
3	4001	2014	YEAR
4	4002	12	MONTH
5	4003	4	DAY
6	4004	4	HOUR
7	4005	1	MINUTE
8	5001	13.9	LATITUDE (HIGH ACCURACY)
9	6001	135.07	LONGITUDE (HIGH ACCURACY)
10	4080	0	AVERAGING PERIOD FOR FOLLOWING VALUE
11	22049	302.35	SEA SURFACE TEMPERATURE
12	4080	9	AVERAGING PERIOD FOR FOLLOWING VALUE
13	22059	**********	SEA SURFACE SALINITY
14	4080	1	AVERAGING PERIOD FOR FOLLOWING VALUE
15	22005	60	DIRECTION OF SEA SURFACE CURRENT
16	2042	1	INDICATOR FOR SEA SURFACE CURRENT SPEED
17	22032	0.21	SPEED OF SEA SURFACE CURRENT
18	2042	**********	INDICATOR FOR SEA SURFACE CURRENT SPEED
19	4080	**********	AVERAGING PERIOD FOR FOLLOWING VALUE
			관측 횟수에 따라 No. 3-19 구간 반복

표 C.14 Same as Table 3.24 but for T1T2A1 = "IOS"

No.	MSG	VALUE	DESCRIPTION
1	1087	**********	WMO MARINE OBSERVING PLATFORM EXTENDED IDENTIFIER
2	1085	//////////////	OBSERVING PLATFORM MANUFACTURER'S MODEL
3	1086	//////////////	OBSERVING PLATFORM MANUFACTURER'S SERIAL NUMBER
4	2036	**********	BUOY TYPE
5	2148	**********	DATA COLLECTION AND/OR LOCATION SYSTEM
6	2149	**********	TYPE OF DATA BUOY
7	22055	**********	FLOAT CYCLE NUMBER
8	22056	**********	DIRECTION OF PROFILE
9	22067	830	INSTRUMENT TYPE FOR WATER TEMPERATURE PROFILE MEASUREMENT
10	4001	2014	YEAR
11	4002	12	MONTH
12	4003	4	DAY
13	4004	23	HOUR
14	4005	24	MINUTE
15	5001	38.68	LATITUDE (HIGH ACCURACY)
16	6001	135.5	LONGITUDE (HIGH ACCURACY)
17	8080	**********	QUALIFIER FOR GTSPP QUALITY FLAG
18	33050	**********	GLOBAL GTSPP QUALITY FLAG
19	31002	14	EXTENDED DELAYED DESCRIPTOR REPLICATION FACTOR
20	7065	**********	WATER PRESSURE
21	8080	**********	QUALIFIER FOR GTSPP QUALITY FLAG
22	33050	**********	GLOBAL GTSPP QUALITY FLAG
23	22045	291.23	SEA/WATER TEMPERATURE
24	8080	**********	QUALIFIER FOR GTSPP QUALITY FLAG
25	33050	**********	GLOBAL GTSPP QUALITY FLAG
26	22064	34.14	SALINITY
27	8080	**********	QUALIFIER FOR GTSPP QUALITY FLAG
28	33050	**********	GLOBAL GTSPP QUALITY FLAG
29	7065	**********	WATER PRESSURE
30	8080	**********	QUALIFIER FOR GTSPP QUALITY FLAG
31	33050	**********	GLOBAL GTSPP QUALITY FLAG
			관측 횟수에 따라 No. 23~31 반복

프로파일 관측자료와 마찬가지로 Matching table에 따라 데이터를 구성하며 현장관측 해수면온도(SST) 자료는 Surface 파일로 분류하여 표 C.15와 같이 변환된다.

표 C.15 Matching approach BURF of Bouys to Surface file format for NEMOQC

BUFR			Surface file for NEMOQC		
MSG	Description	Type	Name	Description	Dimension
		integer	time	SST 파일의 기준 시각	[time]
5001	위도 (고정밀)	float	lat	위도	[ni]
6001	경도 (고정밀)	float	lon	경도	[ni]
4001	년	short	sst_dtime	기준 시각과의 차이 시간(s)	[time,ni]
4002	월				
4003	일				
4004	시				
4005	분				
	해수면 온도	short	sea_surface_temperature	해수면 온도(K)	[time,ni]
		byte	confidence_flag	confidence flag	[time,ni]
		integer	data_source	source of SST data	[time,ni]
1005	플랫폼 식별자	character	callsign	기기 식별자	[time,ni,string8]

SHIP (FM 13-XIV SHIP from GTS#SN)

FM 13-XIV Ext. SHIP 형태의 GTS#SN 자료는 5개의 Section으로 구성되어 있다. 표 C.16은 Section 별로 기록된 자료들의 설명을 나타낸다.

표 C.16 Code form for the FM-13 SHIP message

Section	Symbolic figure group	Contents
Section0	-	Data for reporting identification (type, ship''s call sign/buoy identifier, date, time, location)
Section1	-	Data for global exchange which are common to the SHIP
Section2	222	Maritime data for global exchange pertaining to a sea, or to a coastal station
Section3	333	Data for regional exchange
Section4	444	Data for national use for clouds with base below station level, included by national decision
Section5	555	Data for national use

Section 0에는 선박의 호출 사인(CallSign)이나 관측 지점을 구분할 수 있는 그룹명과 자료의 위·경도, 관측된 시간 정보가 기록된다. 그리고 Section 1에는 관측된 SST 값이 기록되며, 그밖에 Section 1부터 Section 5까지 각 변수들을 읽고 저장하는 프로그램을 작성하였다.

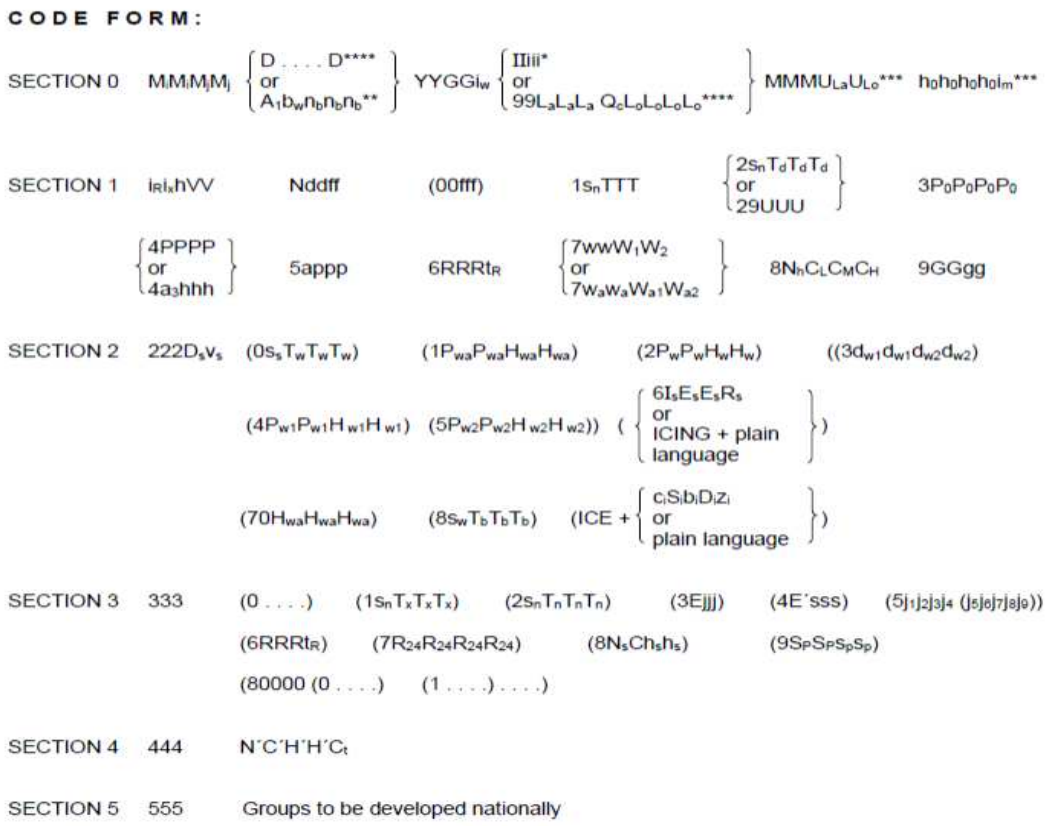


그림 C.5 Code form for the FM-13 SHIP message

그림 C.5는 구체적인 전문 코드의 형태를 Section 별로 나타낸다. CODE FORM 에서 '*'과 '***'으로 표시된 Code 들은 FM-12 또는 FM-14의 전문에서만 사용되는 것들이므로 생략된다. Section 0의 "YYMMJ GGgg/"에서 YY 는 일, MM 은 월, J 는 연도의 마지막 한 자리를 나타내고, GG 는 시간, gg 는 분을 나타낸다. 예를 들어, 2015년 10월 21일 15시 22분에 관측된 자료의 경우 "21105 1522/"로 나타낼 수 있다. 단, 모든 시간은 UTC 로 계산된다. 그리고 "A1BwNbNbNb or D....D"는 선박 또는 부이의 호출사인(CallSign)을 의미한다. 그리고 Qc 는 위치구분자로써 프로파일 자료에서 사용된 전문과 동일한 규칙으로 사용된다. 관측을 위해 사용된 기기 형태(Instrument type)은 A1BwNbNbNb 과 WMO ID 규칙을 참고하여 SHIP type 인 50번과 GLIDER 와 DRIFTER type 인 53번, 그리고 Moored Buoy 또는 Ocean Site type 인 55번으로 구분된다. Section 2는 "222"의 구분자로 시작하며 해수면온도(SST in degC, TTT) 값들이 기록되어 있으나 경우에 따라 SST 값은 생략될 수 있다. 그리고 기록된 온도 값들은 모두 정수(integer)로 기록되어 있기 때문에 각각의 scale factor 를 0.1로 적용한다.

BUOY (FM 18-XII BUOY from GTS#SS)

FM 18-XII BUOY from GTS#SS (report of buoy operation)

"FM 18-XII BUOY" 형태의 GTS#SS 자료는 6개의 Section으로 구성되어 있다. 표 C.17은 Section 별로 기록된 자료들의 설명을 나타낸다.

표 C.17 Code form for the FM-18 TESAC message

Section	Contents
Section 0	Identification, time and position data
Section 1	Meteorological and other non-marine data
Section 2	Surface marine data
Section 3	Temperatures, salinities and current at selected depths
Section 4	Information on engineering …
Section 5	Data for national use

Section 0에는 프로파일의 위도와 경도, 관측된 시간 정보와 그룹명과 같은 메타 정보가 기록된다. 그리고 기상 관측 자료와 해양 표층의 자료들이 기록되고, 온도 및 염분 프로파일 자료로 수집하는 관측된 수심의 온도와 염분 값들이 기록된다.

FM 18–XII BUOY Report of a buoy observation

CODE FORM:

SECTION 0 $M_iM_iM_jM_j$ $A_1b_wn_bn_bn_b$ YYMMJ GGgg_iw_w $Q_cL_aL_aL_aL_a$
$L_oL_oL_oL_oL_o$ $(6Q_lQ_tQ_A/)$

SECTION 1 $(111Q_dQ_x$ 0ddff $1s_nTTT$ $\left\{\begin{matrix}2s_nT_dT_dT_d \\ \text{or} \\ 29UUU\end{matrix}\right\}$ $3P_0P_0P_0P_0$
4PPPP 5appp)

SECTION 2 $(222Q_dQ_x$ $0s_nT_wT_wT_w$ $1P_{wa}P_{wa}H_{wa}H_{wa}$ $20P_{wa}P_{wa}P_{wa}$ $21H_{wa}H_{wa}H_{wa})$

SECTION 3 $(333Q_{d1}Q_{d2}$ $(8887k_2$ $2z_0z_0z_0z_0$ $3T_0T_0T_0T_0$ $4S_0S_0S_0S_0$
. . . .

그림 C.6은 구체적인 전문 코드의 형태를 Section 별로 나타낸다. 이전 FM-13 전문과 유사하게 FM 18의 Section 2 또한 “222”라는 구분자로 시작하며 “0”으로 시작하는 Sector의 "TTT"값이 SST 값이다. Section2에는 기록된 SST 관측값에 대한 품질을 나타내는 “Qd”가 존재하며, 변환 프로그램에서는 Qd값이 3보다 작은 경우에만 값을 기록하도록 코딩하였다(표 C.18).

표 C.18 Quality control indicator (Qd) of Code table 3334 in FM-18 TESAC message

Code Figure	Descriptions
0	Data not checked
1	Data good
2	Data inconsistent
3	Data doubtful
4	Data wrong
5	Data value hs been changed

참고문헌

Beckmann, A., and R. Döscher, 1997: A method for improved representation of dense water spreading over topography in geopotential-coordinate models. *J. Phys. Oceanogr.*, **27**, 581-591.

Bell, M. J., M. J. Martin, and N. K. Nichols, 2004: Assimilation of data into an ocean model with systematic errors near the Equator. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, **130**, 873-893.

Blanke B, and P. Delecluse, 1993: Variability of the tropical Atlantic Ocean simulated by a general circulation model with two different mixed-layer physics. *J. Phys. Oceanogr.*, **23**, 1363-1388.

Bourdalle-Badie, R., and A. M. Treguier, 2006.: A climatology of runoff for the global ocean-ice model ORCA025, Tech. Rep. MOO-RP-425-365-MER, Mercator-Ocean.

Cooper, M, and K. Haines, 1996: Altimetric assimilation with water property conservation. *J. Geophys. Res.*, **101**, 1059-1077.

Dai, A., and K. E. Trenberth, 2002: Estimates of Freshwater Discharge from Continents: Latitudinal and Seasonal Variations. *J. Hydromete.*, **3**, 660-687.

Drevillon, M., R. Bourdalle-Badie, C. Derval, Y. Drillet, J. M. Lellouche, E. Remy, B. Tranchant, M. Benkiran, E. Greiner, S. Guinehut, N. Verbrugge, G. Garric, C. E. Testut, M. Laborie, L. Nouel, P. Bahurel, C. Bricaud, L. Crosnier, E. Dombrosky, E. Durand, N. Ferry, F. Hernandez, O. Le Galloudec, F. Messal, and L. Parent, 2008: The GODAE/MercatorOcean global ocean forecasting system: results, applications and prospects. *J. Operational Oceanogr.*, **1**, 51-57.

Flato, G. M., and W. D. Hibler III, 1995: Ridging and strength in modeling the thickness distribution of Arctic sea ice. *J. Geophys. Res.*, **100**, 611-18626.

Gaspar, P., Y. Grégoris, and J. M. Lefevre, 1990: A simple eddy kinetic energy model for simulations of the oceanic vertical mixing: Tests at station Papa and longterm upper ocean study site. *J. Geophys. Res.*, **95**, 16179-16193.

Hewitt, H. T., D. Copsey, I. D. Culverwell, C. M. Harris, R. S. R. Hill, A. B. Keen, A. J. McLaren, and E. C. Hunke, 2011: Design and implementation of the infrastructure of HadGEM3: the next-generation Met Office climate modelling system. *Geosci. Model. Dev.*, **4**, 223-253, DOI:10.5194/gmd-4-223-2011.

Hibler, W. D., III, 1974: Differential sea ice drift II: Comparison of mesoscale strain measurements to linear drift theory predictions. *J. Glaciol.*, **13**, 457-471.

Hollingsworth, A., and P. Lönnberg, 1986: The statistical structure of short-range forecast errors as determined from radiosonde data. Part I: The wind field. *Tellus*, **38A**, 111-136.

Hunke, E. C., and J. K. Dukowicz, 2002: The Elastic-Viscous-Plastic sea ice dynamics model in general orthogonal curvilinear coordinates on a sphere-Effect of metric terms. *Mon. Wea. Rev.*, **130**, 1848-1865.

Large, W., and S. Yeager, 2004: Diurnal to decadal global forcing for ocean and seaice models: the data sets and climatologies. Technical Report TN-460+STR, NCAR, 105 pp

Lea, D., J. P. Drecourt, K. Haines, and M. J. Martin, 2008: Ocean altimeter assimilation with observational and model bias correction. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, **134**, 1761-1774.

Lipscomb, W. H., 2001: Remapping the thickness distribution in sea ice models. *J. Geophys. Res.*, 106, 13989-14000.

Martin, M. J., A. Hines, and M. J. Bell, 2007: Data assimilation in the FOAM operational short-range ocean forecasting system: a description of the scheme and its impact. *Q. J. R. Meterol. Soc.*, **133**, 981-995.

Megann, A., D. Storkey, Y. Aksenov, S. Alderson, D. Calvert, T. Graham, P. Hyder, J. Siddorn, and B. Sinha, 2014: GO5.0: the joint NERC-Met Office NEMO global ocean model for use in coupled and forced applications. *Geosci. Model Dev.*, **7**, 1069-1092.

Rothrock, D. A., 1975: The steady drift of an incompressible Arcticice cover. *J. Geophys. Res.*, **80**, 387-397.

Semtner, A. J., 1976: A model for the thermodynamic growth of sea ice in numerical investigations of climate, *J. Phys. Oceanogr.*, **6**, 379-389. https://doi.org/10.1175/1520- 0485(1976)006<0379:AMFTTG>2.0.CO;2, 1976.

Thorndike, A. S., D. A. Rothrock, G. A. Maykut, and R. Colony, 1975: The thickness distribution of sea ice. *J. Geophys. Res.*, **80**, 4501-4513.

Weaver, A. T., C. Deltel, É. Machu, S. Ricci, and N. Daget, 2005: A multivariate balance operator for variational ocean data assimilation. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **131**, 3605-3625.

Waters, J., M. J. Martin, D. J. Lea, I. Mirouze, A. T. Weaver, and co-authors. 2015: Implementing a variational data assimilation system in an operational 1/4 degree global ocean model. *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.*, **141**, 333349.

Zalesak, T. T, 1979: Fully multidimensional flux-corrected transport algorithms for fluids, *J. Compu. Phy.*, **31**, 335-362.

전지구 해양순환예측시스템 검증 및 자료동화 기술 개발(II) 최종보고서, 2016

비매품/무료
93450
9 791191 358216
ISBN 979-11-91358-21-6