

BSPE97001-1924-1

국제공동해양조사연구 (ARGO)

**International Cooperation in Observing the Ocean in
Real Time (ARGO)**

한국해양연구원

제 출 문

한국해양연구원장 귀하

본 보고서를 “국제공동해양조사연구 (ARGO)” 과제의 제2단계 단계보고서로 제출합니다.

2006년 12월 29일

연구책임자: 석문식(해양기후환경연구사업단)

참여연구원

한국해양연구원: 박영규 이재학 전동철 안유환

유신재 홍기훈 장경일 허형택

이동영 오경희 장성태 신은주

황상철 이하웅 장영석 안윤하

최상화 윤 석 P. Shree Ram

D. Bala Subrahmanyam

국립수산과학원: 정희동 양준용 서영상 허 승

정규귀 황재동 고우진 성기탁

최용규 한인성 김상우

국립해양조사원: 유수열 심문보 정우진 유정운

박종연 유학열 김호균

요 약 문

I. 제목 :

국제공동해양조사연구 (ARGO)

II. 연구개발의 필요성 및 목적

1. 필요성

- 기후관련 국제공동연구프로그램에 국가적 기여
- 해양에서 기인한 해양-대기의 기후변화를 파악하고 예측력 향상
- 국가적 경제 활동에 과학적인 자료의 적극적 활용을 위한 「국제 ARGO 프로그램」 자료의 활용
- 국력신장을 위한 대양연구 참여

2. 목적

「국제 ARGO 프로그램」에 기여하는 국가적 분담 이행 연구

III. 연구개발의 내용

- 참여국가들의 추진 동향 조사
- ARGO 뜰개의 기술적 특성조사
- 「국제 ARGO 프로그램」에서 생산되는 자료의 획득 및 활용
- 국가연구계획 및 한국 분담해역
- 대상해역 해당연차분 뜰개 투하
- 자료활용 기초 연구
- ARGO 자료처리의 자동화

IV. 연구개발 결과

1. 당해연도 뜰개 투하 (국가적 분담 이행)

2004년도 (Argo 뜰개 22대)

- 가. 수산과학원 동해연구소의 협조를 통하여 동해에 8대의 뜰개 투하
- 나. 우리 연구원 온누리호 동해항차에 3대 투하
- 다. 호주 CSIRO의 협조로 호주남방에 5대의 뜰개 투하
- 라. 제18차 남극하계연구 과정에 6대의 뜰개 투하 (2005년 1월초 투하)

2005년도 (Argo 뜰개 18대)

- 가. 우리 연구원의 연구선 이어도호를 이용하여 동해에 10대의 뜰개 투하
- 나. 호주 CSIRO의 협조로 호주남방에 5대의 뜰개 투하
- 다. 제19차 남극하계연구 과정에 3대의 뜰개 투하

2006년도 (Argo 뜰개 18대)

- 가. 우리 연구원의 연구선 이어도호를 이용하여 동해에 13대의 뜰개 투하
- 나. 호주 CSIRO의 협조로 호주남방에 5대의 뜰개 투하

2. 뜰개자료처리의 자동화

- 가. 뜰개가 수집한 자료를 Email을 통하여 전달받음
- 나. 수온, 염분, 수압자료와 위치자료를 추출하고 변환
- 다. 변환된 자료를 meta file로 변환하여 KAS 회원에게 배포함
- 라. 자료제공 홈페이지 개설 <http://argo.kordi.re.kr>

3. 뜰개자료 활용을 위한 예비연구

- 가. 전구해양순환모형에서 얻은 수온과 염분을 뜰개에서 얻은 결과와 비교하여 해양순환모델링의 결과 검증에 활용한다.
- 나. 뜰개 투하시 정선관측에서 얻은 수온, 염분 수직분포와 정선관측에서 획득한 수평수온분포도와 뜰개에서 얻은 자료를 비교하여 뜰개에 부착된 CTD의 정확도를 검증하였다.
- 다. 뜰개 자료의 통계분석을 통하여 동해남서부해역 700m 층의 흐름을 최초로

밝히고 이를 GRL에 다음의 제목으로 "Intermediate level circulation of the southwestern part of the East/Japan Sea estimated from autonomous isobaric profiling floats" 논문을 발표하였다.

라. 뜰개가 관측한 염분시계열자료를 분석하여, 뜰개에 부착된 CTD의 안정도를 검증하고 이를 한국해양학회지 <바다>에 다음의 제목으로 "자동 수직물성관측 뜰개(ARGO floats)로 얻은 수온과 염분의 정확도와 안정도" 논문을 발표하였다.

마. KORDI와 국제Argo프로그램에서 남빙양에 투하한 뜰개가 관측한 자료를 수집하여 남극해의 순환과 수온염분구조 파악하여 OPR(Ocean and Polar Research)에 다음의 제목으로 "Water Masses and Flow of the Southern Ocean Measured by Autonomous Profiling Floats (Argo floats)" 논문을 발표하였다.

4. 국제Argo프로그램의 자료 수집

가. ARGO 뜰개가 관측한 자료는 internet을 이용하여 ARGO data center인 CORIOLIS (Data Centres Gateway, <http://www.coriolis.eu.org>)에서도 확보할 수 있다. 현재 기상연구소 등에서 동해에 투하한 뜰개가 관측한 자료를 CORIOLIS의 홈페이지에서 NetCDF file 형태로 수집하고 있다.

5. KOC(한국해양과학위원회) 산하에 한국Argo정보센터를 설립하고 국제센터와의 연계 구축

가. 국내외 ARGO 자료를 수집하고 이의 효율적 활용을 위한 Data Base 설계
나. 국제 ARGO 자료관리 체계 및 동향 파악

6. 국제공동연구 추진

가. 호주 CSIRO를 통한 뜰개의 투하
나. 한국해양연구원 극지연구본부의 한-칠레사업과 연계 추진

SUMMARY

I. Title

International Cooperation in Observing the Ocean in Real Time (ARGO)

II. Necessities and Objective of the Study

1. Necessity

- Contribution to the international cooperative research program in relation to climate
- Improvement of the prediction of oceanic climate change
- The use of data from the international ARGO program for national economic benefit
- Performance of open ocean research to extend national power

2. Objectives

Cooperative research program for national contribution to 「International ARGO Program」

III. Scopes of the Study

- Survey for national plans for ARGO of participating countries
- Survey for technical characteristics of ARGO float
- Archive and Use Argo data from International ARGO program
- National plan and role of Korean community
- ARGO floats deployment of national contribution
- Preliminary studies for the application of ARGO data
- Automation of ARGO raw data conversion and processing

IV. Results of the Study

1. ARGO floats deployment: national contributing to 「International ARGO Program」

Year of 2004 (22 Argo floats)

- a. Deployment of 8 floats to the East Sea with NFRDI.
- b. Deployment of 3 floats to the East Sea by R/V Onnuri of KORDI.
- c. Deployment of 5 floats to the Southern Ocean in October with CSIRO, Austria.
- d. Deployment of 6 floats at the Drake passage with the 18th campaign of Korean Antarctic Research Program by Polar Research Center, KORDI (Deployed on January 2005)

Year of 2005 (18 Argo floats)

- a. Deployment of 10 floats to the East Sea by R/V Eardo of KORDI.
- b. Deployment of 5 floats to the Southern Ocean in October with CSIRO, Austria.
- c. Deployment of 3 floats at the Drake passage with the 19th campaign of Korean Antarctic Research Program by Polar Research Center, KORDI.

Year of 2006 (18 Argo floats)

- a. Deployment of 13 floats to the East Sea by R/V Eardo of KORDI.
- b. Deployment of 5 floats to the Southern Ocean in October with CSIRO, Austria.

2. Automation of ARGO data processing

- a. Data deliverly system from Email that is delivered every two days.
- b. Extract location data from email and decode data to get temperature and salinity profiles.
- c. Generate meta files from the converted data and distribute to the KAS

members.

- d. To open KORDI's argo data service homepage <http://argo.kordi.re.kr>

3. Preliminary studies for application of ARGO data

- a. Validation and verification of ocean circulation modelling results by comparison between ARGO data and temperature and salinity profiles obtained from OGCM(Ocean Global Circulation Model).
- b. Verification of CTD sensors equipped on floats by comparison between ARGO data and vertical and horizontal distribution of temperature and salinity obtained by CTD casting during deployment.
- c. Paper titled "Intermediate level circulation of the southwestern part of the East/Japan Sea estimated from autonomous isobaric profiling floats" in GRL (Geophysical Research Letters) working on the flow in the 700m layer in the southwest of the East Sea through statistical analysis of ARGO data.
- d. Paper titled "Accuracy and Stability of Temperature and Salinity from Autonomous Profiling CTD Floats (ARGO Float) *-in Korean*" in 「the Sea」 (Journal of the Korean Society of Oceanography) working on the observed time-series of temperature and salinity and testifying accuracy and stability of temperature and salinity.
- e. Paper titled "Water Masses and Flow of the Southern Ocean Measured by Autonomous Profiling Floats (Argo floats)" in OPR(Ocean and Polar Research) working on the understanding Southern Ocean circulation and temperature-salinity structure using Argo floats data deployed in the Southern Ocean by the KORDI and International Argo Program.

4. Data collection from the international ARGO Program

- a. All float data are available through internet from international ARGO data center (Data Centres Gateway, <http://www.coriolis.eu.org>) in netCDF format. We are collecting data from floats deployed in the East Sea by

research institutions such as KMA.

5. Establish the Korea ARGO Information Center under KOC and prepare collaboration with international ARGO Information Center.

- a. Collected ARGO data from various sources and designed a database to manage the data set
- b. Studied ARGO data management

6. International collaboration

- a. Deployment of ARGO floats with CSIRO, Austria
- b. Extend existing Bi-lateral cooperation between Korea and Chile initiated by Polar Research Center, KORDI

목 차

| | |
|--|----|
| 요약문 | 3 |
| 목 차 | 11 |
| 그림목차 | 15 |
| 표목차 | 19 |
| | |
| 제 1 장 서 론 | 21 |
| 제 1 절 연구 목적 | 21 |
| 제 2 절 연구의 필요성 | 23 |
| 제 3 절 연구 개요 | 23 |
| 1. 연구 목표 및 내용 | 23 |
| 2. 추진전략 및 방법 | 25 |
| | |
| 제 2 장 국내외 기술개발 현황 | 27 |
| 제 1 절 ARGO 뜰개 기술 분석 | 27 |
| 1. 개요 | 27 |
| 2. PROVOR의 개선점 | 27 |
| 3. Ninja | 28 |
| 제 2 절 국내 ARGO 사업 | 30 |
| 1. 국내 ARGO 사업 동향 | 30 |
| 2. 한국 ARGO 소위원회 활동 | 31 |
| 제 3 절 국제 동향 | 31 |
| | |
| 제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과 | 33 |
| 제 1 절 ARGO 뜰개 투하 현황 | 33 |
| 제 2 절 ARGO 뜰개가 관측한 염분 자료의 보정 | 34 |
| 제 3 절 ARGO 뜰개에 부탁된 용존산소 Sensor 자료 | 36 |
| 제 4 절 ARGO 뜰개의 궤적 자료를 이용한 동해 중층 순환 | 41 |
| 1. 자료 | 41 |
| 2. 객관 분석을 통한 동해 중층 순환 | 43 |
| 3. 중층 순환의 계절변화 | 45 |
| 4. 동해 중층 순환의 특성 파악 | 47 |
| 5. 결론 | 49 |
| 제 5 절 남극해 주변 해역 ARGO 관측 | 49 |
| 제 6 절 한국 ARGO 정보 센터의 기반 구축 | 51 |
| 1. ARGO 정보 수집 및 제공 체계 구축 | 51 |

| | |
|--|-----------|
| 2. 적용 | 61 |
| 3. 결론 | 69 |
| 제 7 절 ARGO 뜰개 자료를 이용한 국지적 자료동화 | 70 |
| 제 8 절 국제 ARGO 그룹과의 협력 | 74 |
| 1. 제 7차 국제 ARGO 자료 관리팀 회의 의제 | 74 |
| 2. 제 7차 국제 ARGO 자료 관리팀 회의 내용 | 77 |
| | |
| 제 4 장 연구개발 목표 달성도 및 대외 기여도 | 83 |
| 제 1 절 연구 개발의 최종 목표 및 범위 | 83 |
| 제 2 절 연차별 연구 개발 달성도 | 84 |
| | |
| 제 5 장 연구개발 결과의 활용 계획 | 85 |
| 제 1 절 활용 방안 | 85 |
| 제 2 절 기대성과 및 예상 파급 효과 | 85 |
| | |
| 제 6 장 참고 문헌 | 87 |
| | |
| 부 록 I | |
| <논문> 자동 수직 물성 관측(ARGO Float)로 얻은 수온과 염분의 정확도와 안정도 | |
| <논문> Intermediate level circulation of the southwestern part of the East/Japan Sea estimated from autonomous isobaric profiling floats | |
| <논문> Water Masses and Flow Fields of the Southern Ocean Measured by Autonomous Profiling Floats (Argo floats) | |
| | |
| 부 록 II | |
| Argo 뜰개의 수온/염분 시계열 | |
| Argo 뜰개의 용존산소량 시계열 | |

CONTENTS

| | |
|---|-----------|
| Summary | 7 |
| Contents | 13 |
| List of Figures | 17 |
| List of Tables | 20 |
| Chapter I. Introduction | 21 |
| Section 1. Objectives of study | 21 |
| Section 2. Necessities of study | 23 |
| Section 3. Overview of study | 23 |
| 1. Objectives and outline of study | 23 |
| 2. Method | 25 |
| Chapter II. Status of domestic and oversea technological developments ... | 27 |
| Section 1. Technical analysis of ARGO float | 27 |
| 1. Introduction | 27 |
| 2. Improvement of PROVOR | 27 |
| 3. Ninja | 28 |
| Section 2. Argo program in Korea | 30 |
| 1. Status of Argo program in Korea | 30 |
| 2. Korean Argo Committee Activities | 31 |
| Section 3. Activities of overseas countries | 31 |
| Chapter III. Contents and Results of the Study | 33 |
| Section 1. Status of Argo float deployment | 33 |
| Section 2. Calibration of salinity observed from Argo float | 34 |
| Section 3. DO sensor data equipped at Argo float | 36 |
| Section 4. Intermediate circulation in the East Sea using Argo float trajectory data | 41 |
| 1. Data | 41 |
| 2. Intermediate circulation in the East Sea by an objective analysis | 43 |
| 3. Seasonal variation of the intermediate circulation | 45 |
| 4. Conclusion | 49 |
| Section 5. Argo float observation in the Southern Ocean | 49 |
| Section 6. Construction of a base of Korea ARGO Information Center (NFRDI) | 51 |

| | |
|---|-----------|
| 1. Construction of a base of application and data collection of Argo | 51 |
| 2. Application | 61 |
| 3. Conclusion | 69 |
| Section 7. Regional data assimilation using Argo float data R | 70 |
| Section 8. Cooperation with the International ARGO Program | 74 |
| 1. The agenda of the 7th International ARGO Data Management Team Meeting | 74 |
| 2. Results of the 7th International ARGO Data Management Team Meeting | 77 |
| Chapter IV. Achievement and external contribution of the study | 83 |
| Section 1. Final goal and extend of research & development | 83 |
| Section 2. Year-to-year achievement | 84 |
| Chapter V. Application plan of the results | 85 |
| Section 1. Application plan | 85 |
| Section 2. Expectation results and spreading effects | 85 |
| Chapter VI. References | 87 |
| Appendix I | |
| <paper> Accuracy and Stability of Temperature and Salinity from Autonomous Profiling CTD Floats (ARGO Float) <i>-in Korean</i> | |
| <paper> Intermediate level circulation of the southwestern part of the East/Japan Sea estimated from autonomous isobaric profiling floats | |
| <paper> Water Masses and Flow Fields of the Southern Ocean Measured by Autonomous Profiling Floats (Argo floats) | |
| Appendix II | |
| Time series of temperature and salinity of float profiles | |
| Time series of resolved oxygen contents of float profiles | |

그림 목 차

| | |
|---|----|
| 그림 2-1. 활동중인 Argo 뜰개 (2006년 11월 10일) | 32 |
| 그림 3-1. 뜰개 채류수심에서의 염분 시계열 (뜰개 WMO ID 2900201) | 35 |
| 그림 3-2. θ -S diagrams (뜰개 WMO ID 2900201) | 36 |
| 그림 3-3. ONR 관측점 (Talley <i>et al</i> 2004) | 38 |
| 그림 3-4. ONR 누년자료로부터 DO의 수직 프로파일 | 39 |
| 그림 3-5. DO의 수직 프로파일 (뜰개 WMO ID 2900606 과 2900678) | 40 |
| 그림 3-6. DO의 수직 프로파일 (뜰개 WMO ID 2900609) | 40 |
| 그림 3-7. DO의 수직 프로파일 (뜰개 WMO ID 2900447 과 2900449) | 41 |
| 그림 3-8. CTD 관측이 이루어진 ARGO 뜰개의 위치 | 42 |
| 그림 3-9. 0.5도 격자에서 속도자료의 수 | 43 |
| 그림 3-10. 700m 층의 평균속도 (0.5도 격자내에 3개이상의 자료가 있는 경우) .. | 44 |
| 그림 3-11. 객관 맵핑을 거친 후 700m 층의 해류장 | 45 |
| 그림 3-12. 객관 맵핑을 거친 후 700m 층의 해류장 (하계: 6월부터 11월까지) .. | 46 |
| 그림 3-13. 객관 맵핑을 거친 후 700m 층의 해류장 (동계: 12월부터 2월까지) .. | 46 |
| 그림 3-14. 뜰개의 궤적자료를 이용하여 얻은 700m 층의 순환모식도와 CTD 정선관측선 | 47 |
| 그림 3-15. 700m층의 순환을 reference level로 사용하여 CTD자료에서 얻은 수직해류분포도 | 48 |
| 그림 3-16. 정선관측자료를 이용하여 계산한 동해의 자오면순환 | 48 |
| 그림 3-17. 뜰개자료에서 얻은 호주 남방 해역과 Drake Passage의 해수특성과 수괴 | 50 |
| 그림 3-18. 호주남방 수심 2000m의 뜰개 궤적 | 50 |
| 그림 3-19. Drake Passage에 투하한 뜰개궤적 (2000m) | 51 |
| 그림 3-20. Argo 뜰개 자료를 이용하여 얻은 남빙양 1000m층과 2000m층의 순환 | 51 |
| 그림 3-21. 전지구 Argo 자료획득 시스템과 원양어업 실시간정보 개념도 | 52 |
| 그림 3-22. 한국 원양어업 어장도 | 53 |
| 그림 3-23. GDAC으로부터 획득한 프로파일의 수 | 53 |

| | |
|---|----|
| 그림 3-24. (a) 빨간 선으로 표시한 사각형 지역은 참치 선망어업의 주요어장인 서적도태평양을 표시하고, (b) 2000년 이후 이 지역에서 Argo 뜰개에 의한 프로파일 수 | 54 |
| 그림 3-25. 원양어업을 위한 실시간 해양정보시스템의 웹사이트와 한 예로 제공하는 수온의 수평분포도 | 54 |
| 그림 3-26. (a) KORDI Argo 웹사이트와 (b) KMA Argo 웹사이트 | 55 |
| 그림 3-27. 미국 ONR이 보유한 동해의 참조DB의 정점도 | 56 |
| 그림 3-28. WJO 프로그램의 5가지 과정 | 60 |
| 그림 3-29. ONR의 누년자료를 참고DB로 하여 WJO 프로그램을 동해의 Argo 뜰개 프로파일에 적용한 결과 | 62 |
| 그림 3-30. SeHyD를 참고DB로 하여 WJO 프로그램을 서태평양의 Argo 뜰개 프로파일에 적용한 결과 | 65 |
| 그림 3-31. 2000년에 2대의 뜰개 위치도 (WMO ID : 10029, 08173). | 71 |
| 그림 3-32. 2000년 2월 19일, 2월 24과 3월 1일에 2대의 뜰개 위치도 | 72 |
| 그림 3-33. 뜰개자료를 자료동화하여 계산한 2000년 2월 24일의 표층수온, 자료동화과정이 없는 경우, 두 경우의 차이를 나타냄. 아랫줄 그림은 150m 층을 나타냄 | 73 |
| 그림 3-34. 그림 3-33에 표시된 위치에서의 수온의 수직 프로파일 비교. 윗줄과 아랫줄 그림은 각각 뜰개 ID 10029 와 08173을 나타냄 | 74 |
| 그림 3-35. 뜰개 성능을 개선시킬 Argos-3 사양 | 79 |
| 그림 3-36. 참조DB를 작성하기 위한 자료흐름의 개념도 | 81 |

LIST OF FIGURES

| | |
|--|----|
| Fig. 2-1. Active Argo floats as of 10 November 2006 | 32 |
| Fig. 3-1. The time series of salinity at the parking depths from WMO ID 2900201 | 35 |
| Fig. 3-2. θ -S diagrams from WMO ID 2900201 | 36 |
| Fig. 3-3. ONR hydrographic site (from Talley et al 2004) | 38 |
| Fig. 3-4. Vertical profiles of DO from ONR hydrographic data | 39 |
| Fig. 3-5. DO profiles from float IDs 2900606 and 2900678 | 40 |
| Fig. 3-6. DO profiles from float ID 2900609 | 40 |
| Fig. 3-7. DO profiles from float IDs 2900447 and 2900449 | 41 |
| Fig. 3-8. Locations at which the ARGO floats made CTD cast. | 42 |
| Fig. 3-9. Number of velocity data in each 0.5 degree by 0.5 degree bin | 43 |
| Fig. 3-10. Mean velocity at 700 m level with bin three or more data | 44 |
| Fig. 3-11. Flow field at 700 m after the objective mapping | 45 |
| Fig. 3-12. Flow field at 700 m after the objective mapping in summer (from June to November) | 46 |
| Fig. 3-13. Flow field at 700 m after the objective mapping in winter (from December to February) | 46 |
| Fig. 3-14. CTD casting line and flow diagram at 700 m obtained from floats trajectories | 47 |
| Fig. 3-15. Circulation obtained from CTD data with a reference level at 700 m | 48 |
| Fig. 3-16. Geostrophic transport obtained from historical CTD data | 48 |
| Fig. 3-17. Water mass and characteristics using Argo float data in the South of Australia and Drake Passage | 50 |
| Fig. 3-18. Argo float trajectories at 2000m in the South of Australia | 50 |
| Fig. 3-19. Argo float trajectories at 2000m in the Drake Passage | 51 |
| Fig. 3-20. Circulation at 1000m and 2000m using Argo float data in the Southern Ocean | 51 |

| | |
|---|----|
| Fig. 3-21. Conceptual diagram for global Argo data collection system and Real-time information for pelagic fishery | 52 |
| Fig. 3-22. Fishing grounds of Korean pelagic fishery. | 53 |
| Fig. 3-23. Number of profiles obtained from GDACs. | 53 |
| Fig. 3-24. Red rectangle contains the fishing grounds of tuna purse seine fisheries(a) and number of profiles by Argo floats in the red rectangle since 2000(b) | 54 |
| Fig. 3-25. Website of Real-time oceanographic information system for pelagic fishery and its example of horizontal distribution of temperature | 54 |
| Fig. 3-26. Website of KORDI Argo (a) and KMA Argo (b) | 55 |
| Fig. 3-27. Station map of reference database for the East Sea provided by Office of Naval Research of USA | 56 |
| Fig. 3-28. The five processes of WJO program | 60 |
| Fig. 3-29. Results of WJO program applied to profiles of Argo float in the East Sea with ONR CTD as reference database. | 62 |
| Fig. 3-30. Results of WJO program applied to profiles of Argo float in the west Pacific with SeHyD as reference database. | 65 |
| Fig. 3-31. The locations of two floats during 2000 (WMO ID : 10029, 08173). · | 71 |
| Fig. 3-32. The locations of two floats in Feb. 19, Feb. 24, and Mar. 1, 2000. ... | 72 |
| Fig. 3-33. Surface temperature with float data assimilation, temperature without assimilation and difference of two distributions in Feb. 24, 2000. Bottom figures are same as top ones except 150m depth | 73 |
| Fig. 3-34. Vertical temperature profiles in the locations of Fig. 3-33. Top and bottom figures are from floats 10029 and 08173, respectively | 74 |
| Fig. 3-35. Enhancing float performance with Argos-3 feature | 79 |
| Fig. 3-36. Conceptual diagram of data flow to make reference database | 81 |

표 목 차

| | |
|--|----|
| 표 2-1. ARGO 뜰개의 비교 | 29 |
| 표 3-1. 2004~2006 APEX 뜰개 투하의 요약 | 33 |
| 표 3-2. 용존산소 센서가 장착된 Argo 뜰개 요약 | 37 |
| 표 3-3. 미국 ONR로부터 확보한 자료의 관측기간 및 해양관측선 | 56 |
| 표 3-4. 동해 및 북태평양에 적용한 WJO 프로그램에 사용된 요소 | 61 |

LIST OF TABLES

| | |
|---|----|
| Table 2-1. Argo float comparison | 29 |
| Table 3-1. Summary of APEX float deployments in 2004~2006 | 33 |
| Table 3-2. Summary of ARGO floats with DO a sensor | 37 |
| Table 3-3. Research vessels and survey period of data from Office of Naval Research of USA. | 56 |
| Table 3-4. Parameters used in WJO program applied to the East/Northwest Pacific | 61 |

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 목적

해양은 다양한 사회 경제 활동과 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에 해양을 관측하고 예측하는 것은 매우 중요한 일이다. 해황을 예보하기 위해서는 해양에 대한 실시간 관측이 필요하나 이는 경제적 기술적으로 어려운 문제이다. 이를 해결하기 위한 방법이 하나로 인공위성으로 위치를 추적할 수 있는 뜰개가 개발되었고, 위치추적 기능에 수온과 염분 수직 관측 기능을 추가한 것이 자동수직물성관측 뜰개 (ARGO 뜰개, 이하 뜰개)이다(ARGO brochure, 1999).

유네스코 산하의 정부간해양학위원회(IOC)와 세계기상기구(WMO)에서는 국제 ARGO 프로그램(Array for Real-time Geostrophic Oceanography)을 통하여 2001-2006년에 걸쳐 약 3000 대의 뜰개를 이용하여 전 세계 대양을 실시간으로 관측하고자 한다(ARGO Science Team, 2000) 현재 국제 ARGO 프로그램에는 대한민국을 포함하여 18개 국가가 참여하고 있다. 우리나라에서는 한국해양연구원과 기상연구소가 참여하고 있는데, 주요 뜰개 투하 해역은 동해와 북서태평양, 남극해이다. 여타 해양관측 장비와 달리 간단한 조작으로 뜰개의 투하가 가능하기 때문에 연구선 뿐만 아니라 대상 해역을 지나는 선박이나 항공기를 이용하여 누구나 쉽게 뜰개를 투하할 수 있으며, 현장에 투하한 이후에는 관측과 자료수집이 자동으로 이루어지기 때문에 초기에 자료 처리 및 획득 시스템만 구성하면 최소한의 인력으로 관측된 자료를 처리할 수 있어 경제적으로도 가치가 높다.

「국제 ARGO (Array for Real-time Geostrophic Oceanography) 프로그램」의 핵심 장비인 ARGO 뜰개는 일정한 수심에 잠수하도록 설계되어 그 수심의 해류를 따라 일정한 기간동안 움직이다가 뜰개 내부의 모터에 의해 표층으로 부상하면서 전 수층에 걸친 수온과 염분을 측정기록하고 기록된 모든 정보를 인공위성에 송신하는 장비이다. 이처럼 ARGO 뜰개에 의한 정보가 적절한 공간적 간격으로 가용하다면 역학적 계산(dynamic method)에 의해 해류를 간접적으로 파악할 수 있게 된다. 이러한 전 수층에 걸친 수온과 염분의 측정기록이, 해양역학적인 관점에서 볼

때, 공간적으로 최소한 300 km의 격자간격으로 필요하고, 이를 전 대양에 걸쳐 분산시켜 본다면 약 3,000대의 ARGO 뜰개가 필요하게 되는데, 이러한 노력은 소수의 국가만으로 불가능하며 명실상부하게 국제협력 프로그램으로 진행되어야 하는 당위성이 여기에 있다. 「국제 ARGO 프로그램」은 IOC(국가간해양학위원회)와 WMO(세계기상기구)에서 강력하게 추진하고 있는 사업으로 전 세계적으로 많은 호응을 받으며 진행되고 있다. 미국, 일본을 비롯한 태평양 주변국은 이 사업을 통해 해양예보를 구현하고자 구체적 계획을 수립하고 있는데, 계절예보인 중기기상예보(medium-range weather forecast), 그리고 정확도 높은 해양-대기 기후변화(climate change) 예측이 가능할 것으로 전망하고 있다.

「국제 ARGO 프로그램」을 착수하여 2단계인 2004-2006년에는 참여 국가의 저변 확대와 기존 참여 연구팀의 역할이 성숙되는 시기로 특히 우리나라 Argo사업이 체계적으로 자리잡은 기간이었다. 중국과 러시아도 뒤질세라 이 사업에 참여할 것임을 분명히 밝히고 있다. 우리나라는 IOC 집행이사국으로의 지위에서 뿐 아니라 APEC 국가로서의 역할 분담과 우리나라 주변 해양변동과 대양을 포함하는 기후변화 예측력을 확보하기 위해 「국제 ARGO 프로그램」에 적극적으로 참여할 필요성이 해양수산부와 기상청, 그리고 여러 연구기관으로부터 제기되어, 2000년에 국가 차원에서 「국제 ARGO 프로그램」에 기여하는 국가추진전략을 수립한 바 있다. 국제적으로 추진주체인 WMO 및 IOC와의 긴밀한 협조가 요구되는 바, 해양수산부와 기상청이 병행하여 사업을 추진하도록 전문가들의 의견이 수렴되었고, IOC의 한국내 대응조직인 한국해양학위원회(KOC)에 한국 ARGO 소위원회(KAS)를 한시적으로 구성하여 이를 구심점으로 해서 「국제 ARGO 프로그램」에 참여하고 있다.

대기 및 해양과 같은 지구유체의 예측가능성은 비선형적인 지구유체역학의 특성으로 인하여 매우 제한적일 수밖에 없다. 특히 해양예측 모델의 정확도는 초기자료 및 예측모델의 입력자료를 얼마나 정확하게 자주 갱신되느냐에 따라 예측력이 달라지며 정량적인 3차원 해양에 대한 정확한 정보가 주기적으로 확보될 필요가 있다. 또한, 현재의 해양예보에서는 인공위성으로부터 획득한 표층 정보를 모델에 표층 강제력으로 작용시킬 뿐이며, 보다 정확한 해양예보를 위해서는 모델로부터 계산된 3차원 물덩어리인 해양내부의 제반 변수를 모델에 동화하고 해양내부 반응을 검증할 수 있는 해양내부에 관한 정보가 필수적이나 매우 미흡하다. 이런 관점에서, 「국제 ARGO 프로그램」에서 얻어지는 ‘실시간 정보’는 해양예보 현업에서 중요한 역할을 차지하게 될 것이고, 이를 최대한 활용하여야 할 것인데, 그 활용의 핵심은

자료동화 과정이며 이 분야의 연구는 전세계적으로도 시작단계이다.

제 2 절 연구의 필요성

해양을 모니터링하고 예측하는 것은 21세기 초기의 주요한 도전으로 손꼽히고 있다. 해양을 3차원 덩어리로 이해하고 접근하는 해양관측이 해양예보를 구현하기 위해 필수적이다. 이는 해양을 모니터링하고 예측하는 것이 대양과 연안지역에서의 경제 활동의 확장과 더불어 계절변동 예측 및 기상예보 시스템을 위하여 필요하기 때문이다.

이러한 배경 하에 유네스코 산하의 유일한 해양관련기구인 정부간해양학위원회(IOC)와 세계기상기구(WMO)가 협력하여 국제적인 Argo(Array for Real-time Geostrophic Oceanography)프로그램이 수행되고 있으며 2006년까지 전 세계 대양에 약 3000대의 Argo뜰개를 투하할 계획이다.

우리나라의 기상 변화는 아시아몬순과 함께 북서태평양 해황의 변화에 매우 민감하기 때문에 우리나라 기상 변화와 직결된 해양에 대한 Argo 프로그램 참여가 필요하다. 기후의 연구는 몇몇 국가에서만 진행할 성격이 아니며 여러 나라가 참여하여 수행하여야 한다. 국제적 연구에 대한 국가적 기여 없이 연구 결과의 수혜자가 될 수 없다. 특히, 우리나라는 IOC 집행이사국으로서 해양 부분에 있어 선도적인 역할을 하여야 할 위치에 있기 때문에 전 인류에게 혜택을 주는 기후관련 해양연구에 적극 참여해야 할 필요가 있다.

한편, 동해는 최근의 해양조사 결과 기후 변동에 대한 해양의 역할과 반응을 연구할 수 있는 소규모 대양으로서의 특성이 있음이 밝혀지고 있는 등 기후연구에 매우 적절한 위치에 있고 우리의 바다라는 측면에서도 우리나라 Argo 프로그램 이름으로 연구 참여가 필요하고 북한 수역을 포함한 동해 타국 관할해역의 자료를 확보할 수 있는 좋은 계기가 될 것이다.

제 3 절 연구 개요

1. 연구 목표 및 내용

가. 연구의 목표

- 유네스코 산하의 유일한 해양관련기구인 정부간해양학위원회(IOC)에서 2001~2006년에 걸쳐서 전세계 대양에 약 3000대의 해양관측기구를 투하하여 3차원 해양내부 구조를 정기적으로 감시하고자 하는 국제 ARGO 프로그램에 참여하여 한반도 주변을 포함한 전세계 해양에 대한 자료를 조사하고 체계적으로 관리
- 국제기구인 IOC에서 적극적으로 우리나라의 위상을 제고하고 지속적인 첨단 해양조사자료 확보를 통해 해양에서 기인한 해양-대기의 기후변화를 파악하여 해양 및 기상 현상의 예측력을 개선하고 대기-해양모델 개발뿐만 아니라 전지구적 기후변화 예측을 위한 자료를 제공

나. 연구의 내용

- 「국제 ARGO 프로그램」의 진행 현황 조사
- 참여국가들의 추진 동향 조사
- ARGO 뜰개의 기술적 특성조사
- 「국제 ARGO 프로그램」에서 생산되는 자료의 국내 활용 체계 구상
- 국가연구계획 및 한국 분담해역
- ARGO 관련 국제회의 참가
- 대상해역 해당연차분 뜰개 투하 (우리나라 30대/년, 기상 해양 분야 각각 15대/년)
- ARGO 국제학술팀(IAST) 활동
- Argo 뜰개 자료와 CTD관측 자료의 비교분석을 통해 관심해역인 동해의 해양 현황 파악
- 수집된 자료와 함께 다년간 누적된 Argo 뜰개 자료를 동해 해수 순환 모델에 자료동화 실험
- 한국 Argo 자료센터 운영 (국립수산과학원)
- Argo 뜰개 자료를 이용한 남극해 해양 현황 파악

- Argo 염분자료 보정
- 용존산소자료의 신뢰성 검증
- 동해 중층순환의 변동성 파악

2. 추진전략 및 방법

- IOC의 한국내 대응조직인 한국해양학위원회(KOC)에 한시적으로 구성되어 있는 한국ARGO소위원회(KAS)를 중심으로 국제 ARGO 프로그램에 참여함
- 2단계 뜰개 투하 (국가적 분담 이행) - 본 과제를 통하여 2004년 22대, 2005년 18대, 2006년 18대의 뜰개를 대상 해역인 동해, 남극해에 투하
- 국제 ARGO 프로그램 관련 국제회의 참가 - IOC, JCOMM 등 국제공동해양조사 관련 회의에 참석, 동향 파악
- Argo 자료를 분석하여 동해의 해황과 해수순환에 대한 연구를 수행하고, 국제 Argo 프로그램에서 제공하는 전지구 Argo 자료를 수집하여, 남극해의 순환연구
- 해양모델의 향상을 위한 실시간 자료제공을 위해 Argo 자료를 자료동화하는 실험
- Argo 뜰개가 동해에서 관측한 염분자료의 보정을 수행하기 위하여 염분자료의 장기변화특성을 파악하고, 염분자료와 CTD 자료를 비교 검증하며, 염분자료의 정확도 및 안정도를 파악
- KORDI와 국제Argoprogram에서 남빙양에 투하한 뜰개가 관측한 자료를 수집하여 남극해의 순환과 수온염분구조 파악. 이를 위해 GDAC을 통한 Argo 자료를 수집하여 ACC 순환특성을 파악하고, 호주남방과 Drake Passgae 부근 수온염분 구조 파악
- 동해중층순환의 특성 분석을 위하여 정선관측 자료와 뜰개자료를 활용하여 동해 열염분순환의 특성 이해

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 ARGO 뜰개 기술 분석

1. 개요

ARGO 뜰개의 기본적인 원리와 구조에 대한 검토는 전년도 보고서에서 구체적으로 서술하고 있으므로, 당해연도에는 제조사별로 제작된 뜰개의 비교분석과 기술적 문제점에 대해서 검토한다.

Table 2-1에서와 같이 Argo 뜰개 중에서 상업적으로 사용되고있는 것과 상업화를 위해 개발 실험 중에 있는 것을 간단하게 기술적으로 비교, 분석하였다. Apex와 Provor는 이미 상용화 되어있으나 나름대로의 조금씩 문제를 갖고 있음이 밝혀지고 있고 사용자들에게 좀더 좋은 품질과 과학적인 요구를 충족시켜 주기 위하여 각 회사가 지속적으로 수정 보완하고 있다.

2. Provor의 개선점

가) CT sensor의 불안정: Apex와 Provor는 동일한 제품인 Seabird 41 CT sensor를 사용하고 있다. 이 sensor가 장기간 작동 중에 간혹 Unstable 하여 자료가 부정확한 점을 발견하여 문제가 되었지만, 2002년 7월경에 당초 Float를 설계하고 제작을 하였던 Scripps 연구소에서 그 문제점을 완전히 해결하여 현재 이 문제에서는 두 회사 모두 이상이 없다고 보인다.

나) 부력이 크다: Provor는 Apex의 총 부력보다 1000 CC 만큼 더 큰 부력을 갖고 있다. 이는 2000m 정도 수심내에서 저염분이 많은 해역에서의 작동이 용이하며 효율적인 것이다.

다) **안정성의 강점:** Provor는 Apex가 갖고 있는 안정성의 특징과 같지 않다. 즉 부이의 Parking depth를 일정한 수심에만 고정하도록 된 Apex보다 설정 깊이를 해역에 따라 변경할 수 있다는 것이다.

라) **내부 기능 변경이 쉽다:** Provor는 Apex의 기본적 기능인 Argo ID, 시간 외에도 사용자가 쉽게 어떠한 장소에서도 그 투하 기간이나 위치 등을 변경할 수 있도록 하였다.

마) **인증서 획득:** Provor는 국제 정밀급 인증제도인 ISO 9001 및 사용자 규격에 대한 Quality 인증서 2000을 받은 바 있다.

3. Ninja

JAMSTEC과 Tsurumi Seiki Co. Ltd 가 공동으로 1999년부터 본격적으로 개발에 착수한 Ninja < New profilin(IN)g float of JAPAN >는 2000년부터 실험실에서 각종 실험을 실시하여 본격적으로 상업화에 주력하기 시작했다. 2001년 계속 반복 실험을 거쳐 2002년 초에는 실 해역에 투하하여 실험을 실시하였으나 표류를 하면서 일본열도에 접근하여 충분한 실험을 하지 못하였다고 했다.

Ninja는 부력변환장치가 기존에 타 제품과는 다르게 유압으로 압력 케이스 내에서 일정한 부피의 원통 프렌지를 돌출 시켜 체적을 크게 하여 부력을 증가시켰다가 반대로 프렌지를 케이스내부에 흡수시켜 체적을 감소시키는 작용을 하였다. 그러나 이러한 피스톤 작용을 하는 프렌지 표면이 장시간 해수에 노출됨으로 케이스와 마찰되는 표면에 박테리아등 미세한 부착생물의 부착현상으로 점점 왕복작용이 어렵게 되어질 가능성을 배제 할 수 없을 것이다. 물론 당초에 이에 대한 대책을 계산하였겠지만 화학작용이 활발한 해수에서의 변화는 미지수라 하겠다. 반면에 Ninja는 Sensor에 부착하는 부착생물에 대비하여 수심에 의하여 자동적으로 열리고 닫히는 sensor cap 장치를 하였다.

Table 2-1. Argo float comparison.

| Buoy 종류 | Apex | Provor | Ninja | 비고 |
|---------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|----|
| 제조회사 | Webb's (USA) | Metocean (Canada) | TSK (Japan) | |
| 부력변환 범위 | 260 cc | 300 cc | 350 cc | |
| 무 게 | 26 Kg | 35 Kg | 약 32 Kg | |
| 부착센서 | FSI Excell CTD Seabird 41 | FSI Excell CTD Seabird 41CP-Low power Profiling sensor | TSK CTD Seabird 41 | |
| 엔진형식 | Hydraulic and Pneumatic system | Hydraulic-single system | Hydraulic Plunger type | |
| Battery | Alkaline | Lithium | Lithium | |
| 전체 길이 | 200 cm | 240 cm | 215 cm | |
| 직 경 | 16.5 cm | 17 cm | 16.5 cm | |
| 최대 Parking Depth | 2000 m | 2000 m | 2000m | |
| 전원 연결방식 | Magnet swipe방식 | Magnet removal-Positive indication turned on | Magnet swipe방식 | |
| 내부기능 변경 | pc | pc | pc | |
| 압력케이스 재질 | 티탄늄 | 티탄늄 | 티탄늄 | |
| 안정성의 설정 | Only in pre-ballasted location | Worldwide-deployment location can be changed anytime prior to the actual launch. | | |
| 시 험 | 20ma current loop | RS232-direct connection to a pc | 20ma current loop | |
| 인증획득여부 | 없음 | ISO9001 :2000 등록 | 없음 | |
| 승 강 능력 | 있음 | 있음 | 있음 | |
| 자체표류기능 설정 | 없 음 | 있음- User programmable rate, hourly | | |

제 2 절 국내 ARGO 사업

1. 국내 ARGO 사업 현황

우리나라는 IOC 집행이사국으로서의 지위에서 뿐 아니라 APEC 국가로서의 역할 분담과 우리나라 주변 해양변동과 대양을 포함하는 기후변화 예측력을 확보하기 위해 「국제 Argo 프로그램」에 적극적으로 참여할 필요성이 해양수산부와 기상청, 그리고 여러 연구기관으로부터 제기되었다. 이에 따라 2000년에 국가 차원에서 「국제 Argo 프로그램」에 기여하는 국가추진전략을 수립한 바 있다 (한국해양연구원, 2001). 국제적으로 추진주체인 WMO 및 IOC와의 긴밀한 협조가 요구되는 바, 해양수산부와 기상청이 병행하여 사업을 추진하도록 전문가들의 의견이 수렴되었고, IOC의 한국내 대응조직인 한국해양학위원회(KOC)에 한국 ARGO 소위원회(KAS)를 한시적으로 구성하여 이를 중심으로 해서 「국제 ARGO 프로그램」에 참여하고 있다.

우리나라는 2000년 8월부터 한국해양과학위원회(KOC) 산하의 해양수산부, 국립수산과학원, 한국해양연구원, 국립해양조사원, 기상청 등 관련 국내 기관들이 공동으로 국내 Argo 사업을 수행하고 있다. Argo 자료는 크게 대기 분야의 실시간 모드(Real-time mode)와 해양 분야의 지연모드(Delayed mode)로 나누어 활용하고 있으며, 다른 국가들도 실시간과 지연모드로 나누어 Argo 자료를 관리하고 있다.

국내에서 Argo 뜰개를 직접 투하하는 기관은 한국해양연구원과 기상청이며, 2001년~2006년의 지난 6년간에 우리나라는 총 180대의 뜰개를 국가 기여분으로 투하하였다. 한국해양연구원은 95개를 동해와 남극해에 투하하였고, 기상청은 85개를 동해와 북서태평양에 투하하였다. 이로써 연간 30대의 우리나라의 국가 기여분의 목표를 달성하게 되었다. 그리고 자료관리에 관해서는 국립수산과학원 한국해양자료센터가 지연모드의, 기상청 기상연구소가 실시간모드의 자료 처리를 담당하고 있다. 지연모드 자료품질관리는 상대적으로 자료의 신뢰도가 낮은 염분에 대하여 주로 이루어지며, 자료품질관리 소프트웨어 적용, 연구책임자(PI)의 판단 등 여러 단계를 거쳐 결정된 자료품질관리 결과를 GDAC(Global Data Archiving Center)에 보고하게 된다.

전 지구적인 해양관측자료를 사용하고자 하는 국내 이용자에게 Argo 자료를 제공하기 위하여 실시간 자료는 기상청 기상연구소에서 책임을 맡아 관련 시스

템을 개발·운영 중이며, 국립수산과학원 한국해양자료센터가 한국 Argo 정보센터로서 한국 Argo 국가자료센터의 역할을 수행하면서 지연모드의 Argo 자료관리 및 활용체제의 기반을 마련 중이다.

2. 한국Argo소위원회 활동

우리나라는 IOC 집행이사국으로의 지위에서 뿐 아니라 APEC 국가로서의 역할 분담과 우리나라 주변 해양변동과 대양을 포함하는 기후변화 예측력을 확보하기 위해 「국제 Argo 프로그램」에 적극적으로 참여할 필요성이 해양수산부와 기상청, 그리고 여러 연구기관으로부터 제기되었다. 이에 따라 2000년에 국가 차원에서 「국제 Argo 프로그램」에 기여하는 국가추진전략을 수립한 바 있다 (한국해양연구원, 2001). 국제적으로 추진주체인 WMO 및 IOC와의 긴밀한 협조가 요구되는 바, 해양수산부와 기상청이 병행하여 사업을 추진하도록 전문가들의 의견이 수렴되었고, IOC의 한국내 대응조직인 한국해양학위원회(KOC)에 한국ARGO소위원회(KAS)를 한시적으로 구성하여 이를 구심점으로 해서 「국제 ARGO 프로그램」에 참여하고 있다.

해양수산부가 지원한 Argo 사업은 2004년부터 부처이관 사업으로 지정되어 한국해양연구원 기본사업으로 수행하게 되었다. 기상연구소와 한국해양연구원이 각각 기관 자체사업으로 수행함에 따라 그동안의 한국Argo소위원회(KAS)의 역할은 다소간 축소되었지만, 국가 연구계획 제출 및 한국 분담해역 논의 등에 대해 관련 기관의 협조를 통하여 사업을 원활하게 수행한다.

제 3 절 국제 동향

해양·기후 감시를 위해 전지구 대양관측의 필요성이 1998년에 제시되었고, GODAE(the Global Ocean Data Assimilation Experiment)를 중심으로 국제 ARGO 프로그램이 구체화되었다. 20여 국가가 참여하여 전세계 해양에 Argo 뜰개를 투하하고 있으며, 이를 이용한 전지구 대양 database를 구축되고 있다. GODAE사업에서 Argo 뜰개자료를 적극적으로 활용한 연구결과가 나오기 시작하였으며, 자료품질 검

증이 진행되고 있다.

2006년까지 약 3000대의 Argo 뜰개를 전세계 해양에 투하하여 전지구적 실시간 해양관측시스템을 갖추는 것을 목표로 국제ARGO사업이 추진되고 있으나, 2006년 11월 현재 2638대에 불과하여 목표달성이 지연될 수밖에 없는 실정이다.

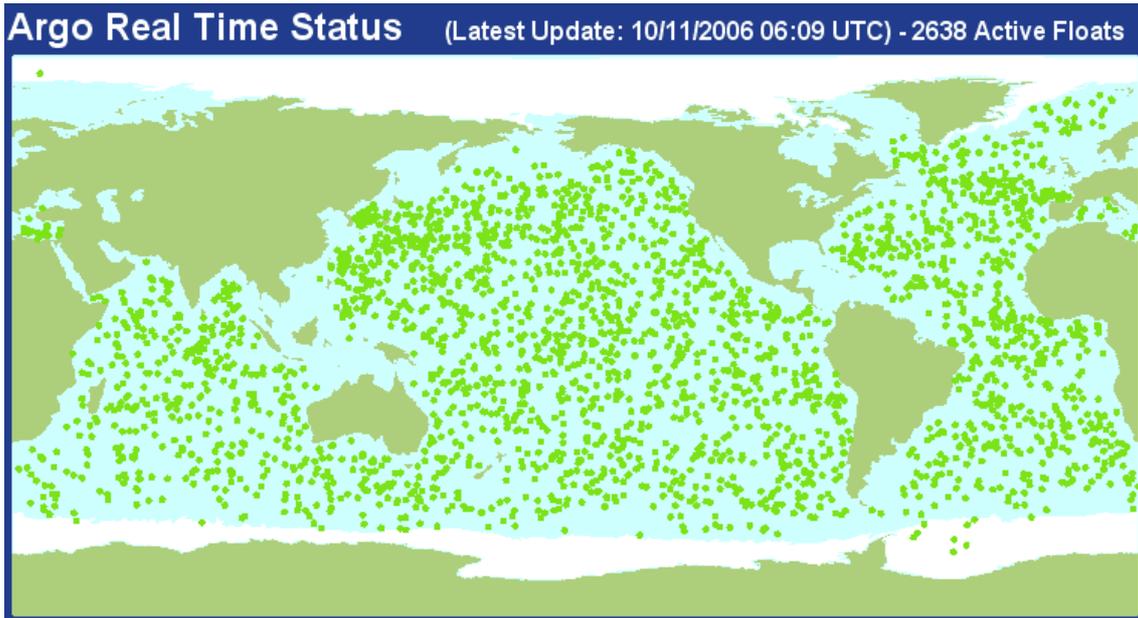


Fig. 2-1. Active Argo floats as of 10 November 2006.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 ARGO 뜰개 투하 현황

한국해양연구원에서는 ARGO 사업 2단계에서 총 54대의 APEX 뜰개를 투하하였다 (Table 3-1). 이 중 28대는 동해에, 26대는 남빙양에 호주에서 남극대륙사이에 투하하였다.

Table 3-1. Summary of APEX float deployments in 2004~2006

| 투하일시 | 투하위치 | | 뜰개종류 | 뜰개 ID |
|------------|------------|--------------|-----------------|------------|
| | 위도 | 경도 | | |
| 2006.10.07 | 46°59.04'S | 141°50.64' E | PROVOR | 06MT-S3-01 |
| 2006.10.03 | 49°59.09'S | 142°02.86' E | PROVOR | 06MT-S3-02 |
| 2006.10.04 | 52°59.66'S | 142°02.11' E | PROVOR | 06MT-S3-03 |
| 2006.11.11 | 55°58.06'S | 144°04.19' E | PROVOR | 06MT-S3-04 |
| 2006.10.25 | 58°59.32'S | 141°58.19' E | PROVOR | 06MT-S3-05 |
| 2006.09.09 | 37°N | 130.25°E | PROVOR | MT153 |
| 2006.06.16 | 37.253°N | 131.581°E | APEX-DO(SBE43F) | 2487 |
| 2006.06.16 | 37.271°N | 131.414°E | APEX-DO(SBE43F) | 2488 |
| 2006.06.16 | 37.303°N | 131.248°E | APEX-DO(SBE43F) | 2489 |
| 2006.09.08 | 36.25°N | 130.29°E | APEX-DO(SBE43F) | 2862 |
| 2006.09.08 | 36.5°N | 130.48°E | APEX-DO(SBE43F) | 2863 |
| 2006.09.08 | 36.75°N | 130.49°E | APEX-DO(SBE43F) | 2864 |
| 2006.09.08 | 37°N | 130.49°E | APEX-DO(SBE43F) | 2865 |
| 2006.09.11 | 37.18°N | 130.5°E | APEX-DO(SBE43F) | 2866 |
| 2006.09.11 | 37.5°N | 130.52°E | APEX-DO(SBE44F) | 2867 |
| 2006.09.11 | 37.75°N | 130.5°E | APEX-DO(SBE45F) | 2868 |
| 2006.09.13 | 38°N | 130.5°E | APEX-DO(SBE46F) | 2869 |
| 2006.09.09 | 37°N | 130°E | APEX-DO(SBE47F) | 2870 |
| 2005.11. | 58°S | 60.5°W | APEX(SBE41) | 2311 |
| 2005.11. | 59°S | -9.5°W | APEX(SBE41) | 2312 |
| 2005.11. | 60°S | 58°W | APEX(SBE41) | 2313 |
| 2005.11.19 | 37.323°N | 131.087°E | APEX-DO(SBE43F) | 2432 |
| 2005.11.19 | 37.251°N | 130.501°E | APEX-DO(SBE43F) | 2433 |

| | | | | |
|------------|-------------|---------------|-----------------|------------|
| 2005.11.19 | 37.004°N | 130.248°E | APEX-DO(SBE43F) | 2434 |
| 2005.11.19 | 36.823°N | 131.416°E | APEX-DO(SBE43F) | 2435 |
| 2005.11.19 | 36.991°N | 131.736°E | APEX-DO(SBE43F) | 2436 |
| 2005.11.19 | 37.245°N | 131.58°E | APEX-DO(SBE43F) | 2437 |
| 2005.11.18 | 36.314°N | 130.826°E | APEX-DO(SBE43F) | 2018 |
| 2005.11.18 | 36.579°N | 131.077°E | APEX-DO(SBE43F) | 1914 |
| 2005.11.19 | 36.756°N | 130.159°E | APEX(SBE41) | 2309 |
| 2005.11.20 | 36.586°N | 130.413°E | APEX(SBE41) | 2310 |
| 2005.11. | 47°S | 142°E | PROVOR | MT001 |
| 2005.11. | 48.75°S | 142°E | PROVOR | MT002 |
| 2005.11. | 50.5°S | 142°E | PROVOR | MT003 |
| 2005.11. | 52.25°S | 142°E | PROVOR | MT004 |
| 2005.11. | 54°S | 142°E | PROVOR | MT005 |
| 2004.10.12 | 56°00.06'S | 142°00.19' E | PROVOR | MT169 |
| 2004.10.13 | 58°59.32'S | 141°58.19' E | PROVOR | MT170 |
| 2004.10.09 | 46°59.04'S | 141°50.64' E | PROVOR | MT006 |
| 2004.10.10 | 49°59.09'S | 142°02.86' E | PROVOR | MT007 |
| 2004.10.10 | 52°59.66'S | 142°02.11' E | PROVOR | MT008 |
| 2005.01.02 | 59.382'S | 300.878'E | APEX(sbe41) | 1534(1621) |
| 2005.01.02 | 59.758'S | 301.186'E | APEX | 1535(1622) |
| 2005.01.02 | 58.251'S | 299.789'E | APEX | 1536(1508) |
| 2005.01.02 | 58.673'S | 300.053'E | APEX | 1537(1509) |
| 2005.01.01 | 60.039'S | 301.487'E | APEX | 1538(1513) |
| 2004.10.08 | 36°40.409'N | 130°59.601' E | APEX(sbe41) | 1539(1515) |
| 2004.10.08 | 36°28.580'N | 130°42.355' E | APEX | 1540(1518) |
| 2004.10.08 | 36°28.212'N | 130°27.575' E | APEX | 1541(1630) |
| 2004.08.13 | 37°03.469'N | 130°18.972' E | APEX(sbe43) | 1545(1626) |
| 2004.08.13 | 37°03.449'N | 130°37.748' E | APEX(sbe43) | 1544(1625) |

제 2 절 ARGO 뜰개가 관측한 염분 자료의 보정

Argo 뜰개에 부착된 CTD 센서는 정확한 보정과정을 거친 후에 부착되지만 장기간 해양에서 활동하는 동안 주변 환경과 센서의 결함으로 인해 CTD 센서가

변질 될 가능성이 있다. 지금까지의 연구결과에 의하면 수온 센서는 비교적 안정한 데 반해 전기전도도 센서는 표류가 일어 날 수 있다. 한국해양연구원에서는 동해에 투하한 뜰개를 대상으로 염분자료를 검증하였다. 그 결과 일부 뜰개는 보정이 필요 없는 비교적 정확한 염분값을 생산해내는데 반해 생물체 오염방지 물질에 의해 초기 염분값이 저하되거나(Fig. 3-1), 일정하던 염분값이 갑자기 시간이 지남에 따라 증·감하는 경향을 보인다.

이 경우 일정하게 유지되는 염분값을 기준으로 평균을 정한 후 평균값에서 각 프로파일의 염분값을 뺀 차만큼 보정을 해줌으로써 평균값에 근접한 염분값을 얻을 수 있다(Fig.3-2). 이와 같이 뜰개가 활동하는 동안 전기전도도 센서의 성능저하로 인한 염분의 변화가 없는 경우는 뜰개에 부착된 CTD가 초기에 정확히 보정만 되어 있다면 뜰개가 관측한 자료는 특별한 보정없이 사용할 수 있다. 보정이 필요하다고 판단되어 보정과정을 거친 뜰개도 기계적인 오류나 생물체 오염방지 물질로 인해 전기전도도 센서에 문제가 없는 한 Argo 프로그램에서 요구하는 정확도에 크게 벗어나지 않는다.

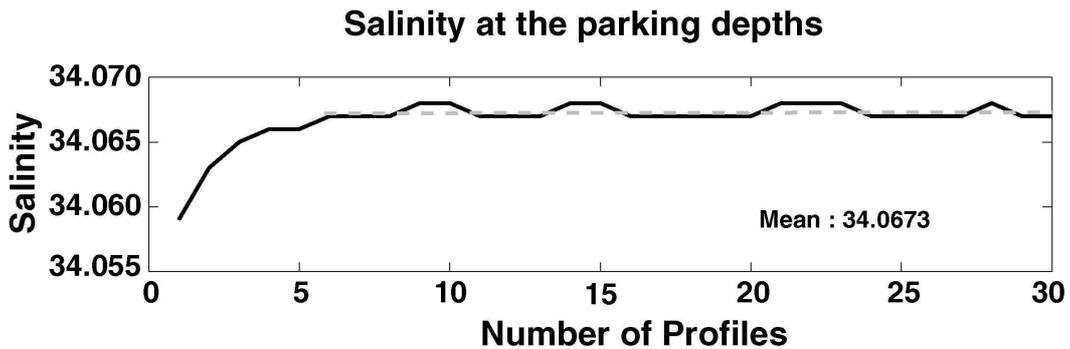


Fig. 3-1. The time series of salinity at the parking depths from WMO ID 2900201. Here the horizontal axis is the number of profiles made. The profiles were made at every 10 days, approximately. The dashed line represents average value at the parking depth excluding the data from the first five profiles.

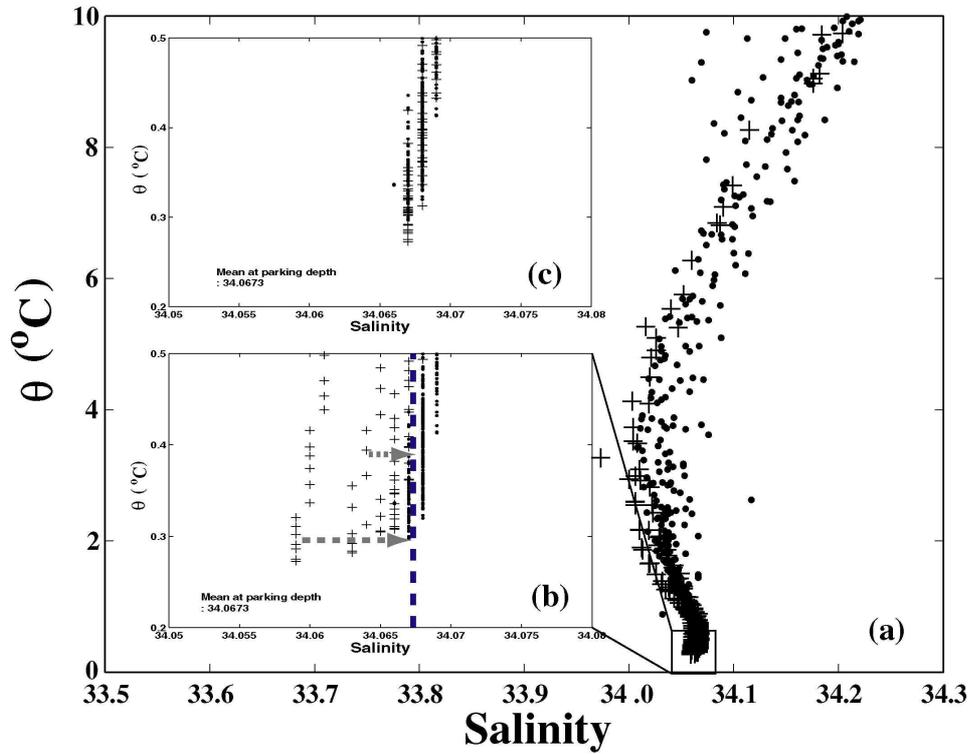


Fig. 3-2. Θ -S diagrams from WMO ID 2900201. Asterisks denote data from the first five profiles and dots from the remaining profiles. Θ -S diagrams before and the calibration of salinity are shown in (a) and (b), and that after the calibration in (c). In (b) and (c), data from levels deeper than 500 m are used.

제 3 절 ARGO 뜰개에 부착된 용존산소 Sensor 자료

동해에 투하된 APEX float에 부착된 용존산소자료의 특성을 ONR에서 얻은 정선관측자료와 비교하여 평가하였다. DO sensor가 부착된 float은 Table 3-2에 정리되어 있다.

Table 3-2 Summary of ARGO floats with DO a sensor. (In model type1 means APEX-DO with SBE43F sensor, and type2 APEX-DO with SBE43)

| WMO | Deployment Date | Latitude (°N) | Longitude (°E) | Model | Depth (db) |
|---------|-----------------|---------------|----------------|-------|------------|
| 2900784 | 2006.06.16 | 37.253 | 131.581 | type1 | 700 |
| 2900785 | 2006.06.16 | 37.271 | 131.414 | type1 | 700 |
| 2900786 | 2006.06.16 | 37.303 | 131.248 | type1 | 700 |
| 2900603 | 2005.11.19 | 37.323 | 131.087 | type1 | 700 |
| 2900604 | 2005.11.19 | 37.251 | 130.501 | type1 | 700 |
| 2900605 | 2005.11.19 | 37.004 | 130.248 | type1 | 700 |
| 2900606 | 2005.11.19 | 36.823 | 131.416 | type1 | 700 |
| 2900607 | 2005.11.19 | 36.991 | 131.736 | type1 | 700 |
| 2900608 | 2005.11.19 | 37.245 | 131.58 | type1 | 700 |
| 2900609 | 2005.11.18 | 36.314 | 130.826 | type1 | 700 |
| 2900610 | 2005.11.18 | 36.579 | 131.077 | type1 | 700 |
| 2900449 | 2004.08.13 | 37.058 | 130.316E | type2 | 700 |
| 2900448 | 2004.08.13 | 37.057 | 130.629 | type2 | 700 |
| 2900447 | 2004.08.12 | 37.559 | 130.622 | type2 | 700 |
| 2900446 | 2004.08.12 | 37.555 | 130.316 | type2 | 700 |

ONR의 정선 관측정점은 Fig.3-3 에 표시하였는데 그림에서 보는 바와 같이 동해 전체를 관측하였다. 이 관측에서 얻은 자료를 인터넷을 통하여 확보하였다.

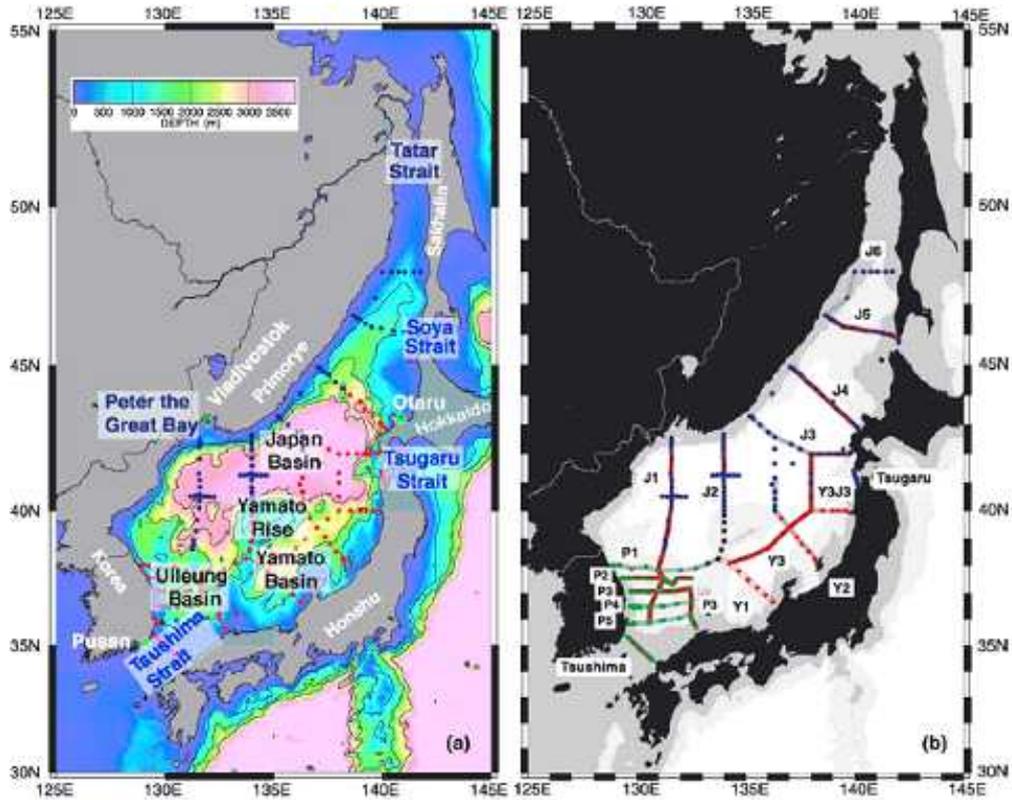


Fig. 1. (a) Stations from the *R/V Revelle* (24 June–17 July, 1999; red) and *Professor Khromov* (22 July–11 August, 1999; blue), superimposed on etopo5 bathymetry. (b) Sections in this publication (brown) and sections in the online atlas (gray and brown). Station color indicates use in property-property distributions: Ulleung Basin (green), Yamato Basin (red), Japan Basin (blue), Yamato Rise (black). (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Fig.3-3. ONR hydrographic site (from Talley et al 2004)

관측된 용존산소자료의 수직분포는 Fig. 3-4에 표시하였다. 정선관측된 DO 값은 약 200 m 층에 위치한 용존산소 최대층을 잘 나타내고 있다.

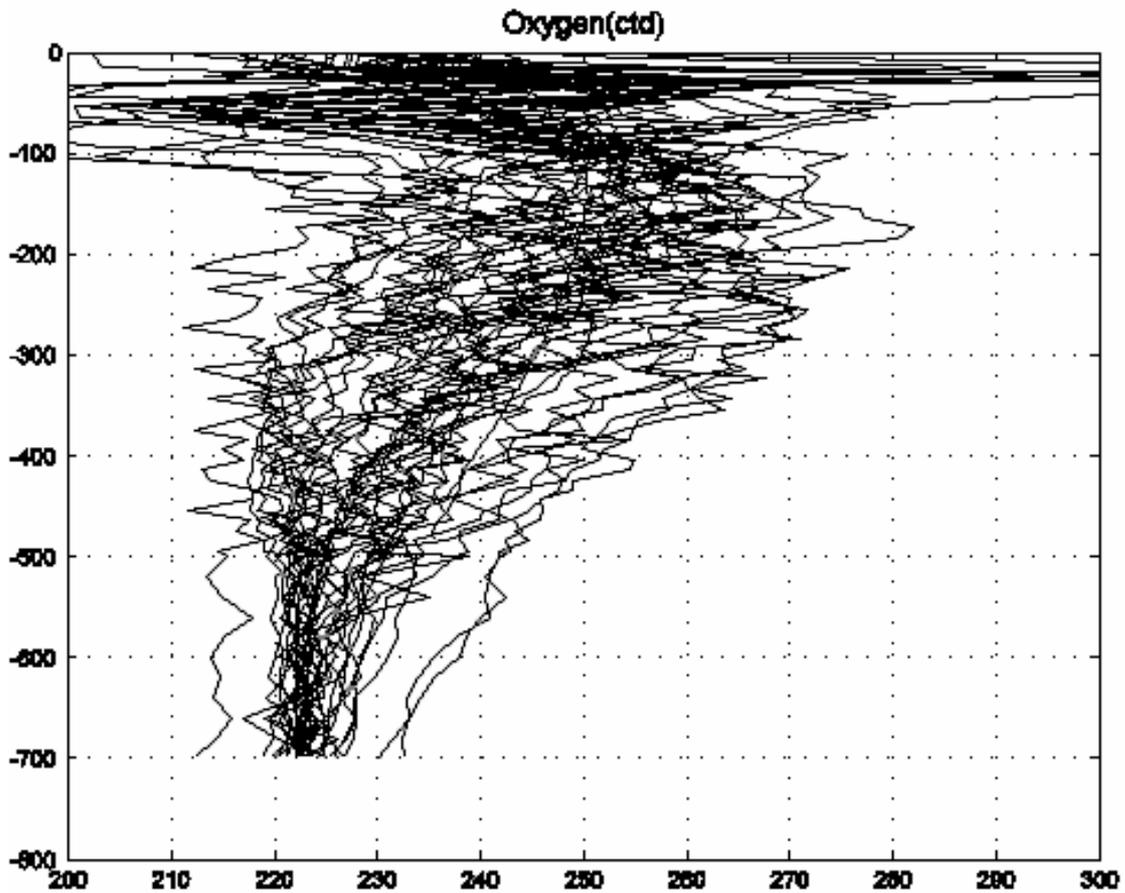


Fig.3-4 Vertical profiles of DO from ONR hydrographic data

APEX DO sensor에 의해 얻은 용존산소자료는 다음 네 범주로 나눌 수 있다.

1. 정선관측자료와 유사한 범위내에서 양질의 자료를 생산하는 경우 (2900606, 2900678)

Fig 3-5에 표시한 것과 같이, 이 경우 관측자료와 유사한 안정적이고 정확한 양질의 자료가 생산되었다. 따라서 생산된 자료를 기본적인 data qc를 통하여 spike 등만 제거하면 직접 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

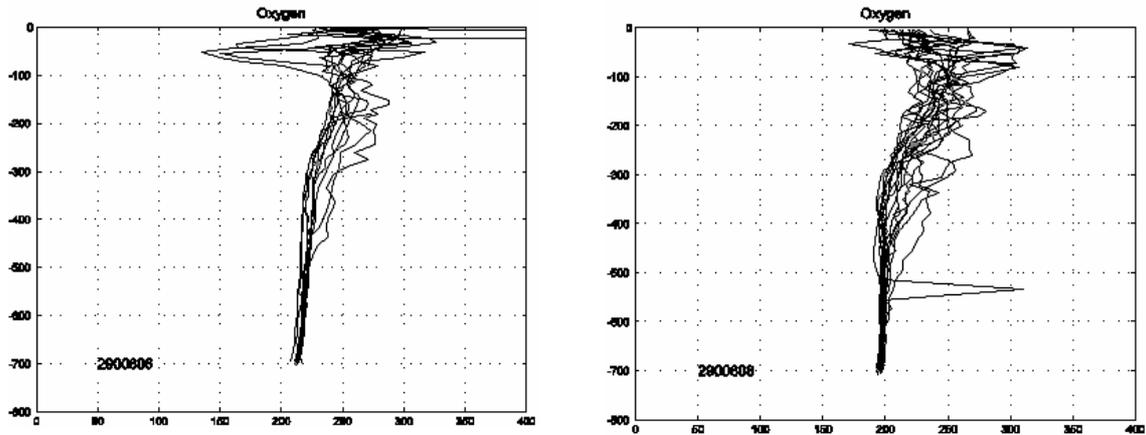


Fig.3-5 DO profiles from float IDs 2900606 and 2900678. These floats provided good DO data.

2. 계통오차를 보이는 경우 (2900609)

Fig.3-6에 표시한 것과 같이 자료는 안정적이거나 정선관측 값보다 낮게 나타나는 계통오차를 보이는 경우도 관측되었다. 이 경우 자료가 안정적이기 때문에 보정을 하면 자료를 사용할 수 있으리라 생각된다.

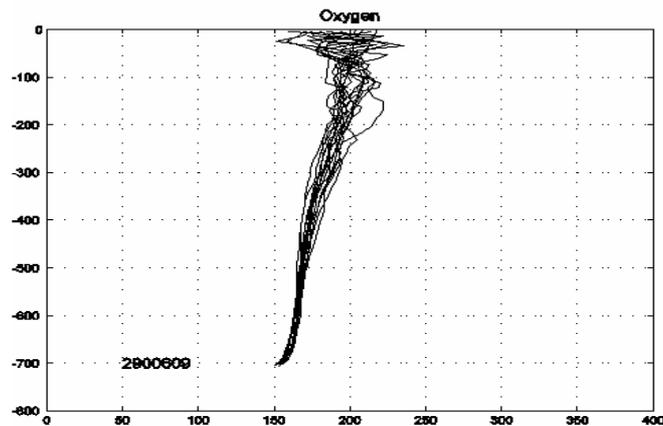


Fig. 3-6 DO profiles from float ID 2900609. They show systematic error that may be corrected.

3. 시간에 따라 관측값이 나빠지는 경우 (2900449, 2900448, 2900447, 2900446)

Fig.3-7은 초기 몇 개의 profile은 안정적이고 정확하나 시간이 지남에 따라 DO 값이 낮아지며 자료의 질이 나빠지는 경우이다. 값이 감소하는 정도가 일정하지 않아 단순한 방법으로는 보정이 쉽지 않을 것으로 생각된다. 그러나 값이 낮게

나왔더라도 수직 구조를 이용할 수 있는 경우가 있으리라 생각된다. sensor가 오염되어 생기는 현상으로 추정된다.

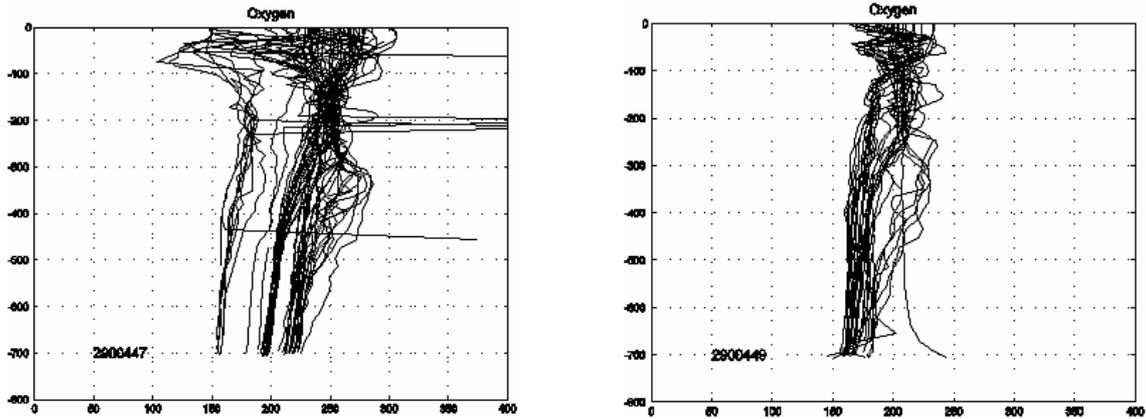


Fig.3-7 DO profiles from float IDs 2900447 and 2900449. They show gradual degradation of the data.

4. 음의 값이나 기준을 크게 벗어나는 값이 생산되는 경우 (2900603, 2900604, 2900605, 2900784, 2900785, 2900786)

제 4 절 ARGO뜰개의 궤적 자료를 이용한 동해 중층 순환

동해 중심층은 수직성층이 매우 약하고, 심층수괴가 거의 동일한 물성특징을 가지고 있기때문에 많은 연구에도 불구하고 아직 동해 중심층의 전체적인 순환구조는 명확하게 파악되지 않았다. 여기에서는 한국해양연구원과 기상연구소에서 동해에 투하한 ARGO 뜰개의 궤적자료를 이용하여 동해 남부해역 중층수의 순환과 계절변화에 대해서 살펴보았다. 이는 Park et al. (2004)의 결과를 논문 발표 이후에 추가된 자료를 이용하여 확장한 것으로 객관분석법을 이용하여 보다 자료의 연속성을 높였다.

1. 자료

한국해양연구원과 기상연구소에서 1998년부터 동해에 투하한 ARGO 뜰개 자료로부터

례적 자료를 얻었다 (Fig.3-8). 뜰개의 침강직전의 위치와 표층으로 상승한 직후에 발견된 위치를 심층에서 움직이기 시작한 시작점과 끝점이라고 가정하고 체류수심에서 유속을 구하였다. 이 방법은 약 30% 가량의 오차를 포함할 수 있다. 각 점에서 얻은 결과는 매우 복잡하여 순환구조를 파악할 수 없기 때문에 동해를 0.5도 X 0.5도 크기의 상자로 나누고, 각 격자 점에서 평균속도를 구하였다. 뜰개의 체류수심은 500 m, 700 m, 800 m로 세 종류이나, 500 m 층부터 700 m 층 사이의 속도변화가 매우 작기 때문에, 700 m 체류하도록 구성된 뜰개가 가장 많다는 사실을 고려하여 모든 자료가 700 m 층에서 얻어졌다고 가정하고 평균을 구하였다.

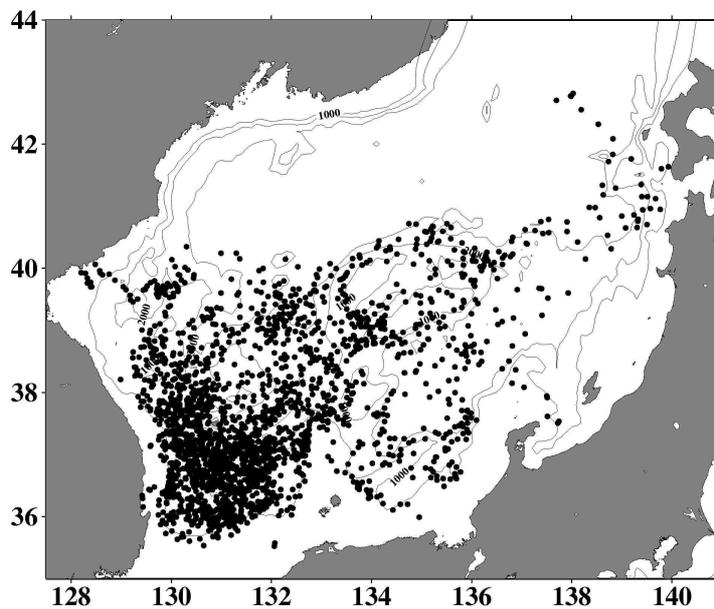


Fig.3-8 Locations at which the ARGO floats made CTD cast.

Fig.3-9에 상자별 자료의 수를 표시하였다. 그림에서 막대기로 표시된 해역에서는 3개 이상의 속도 자료가 있고, 삼각형으로 표시된 지역에는 1개 혹은 2개의 자료가 있다. 그림에서 동해 남서부 해역에 자료가 치중되어 있음을 알 수 있다.

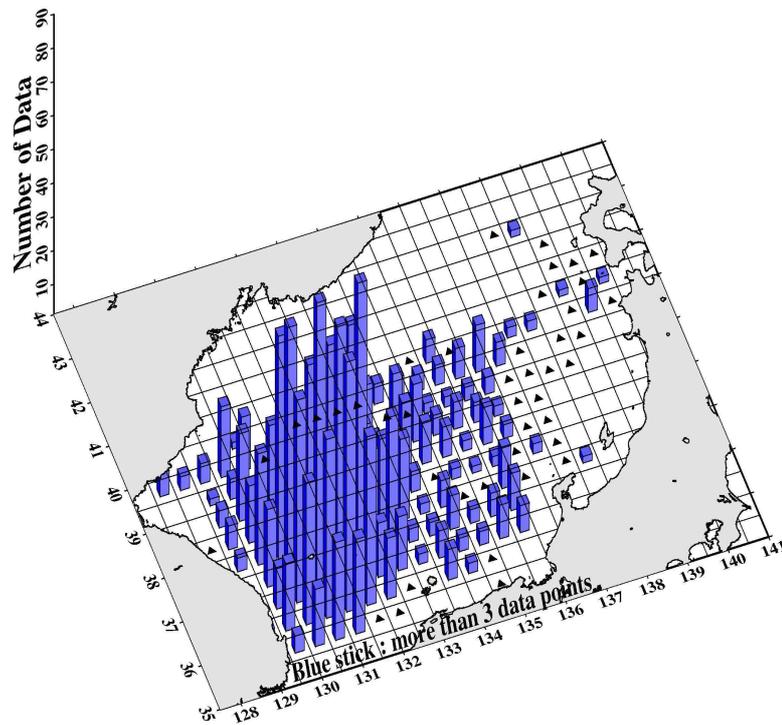


Fig.3-9 Number of velocity data in each 0.5 degree by 0.5 degree bin

2. 객관분석을 통한 동해 중층 순환

Fig.3-10에 각 상자별로 평균을 구한 후, 3개 이상의 자료가 있는 상자에만 결과를 표시하였다. 대륙사면을 따라 동해남부해역을 반시계 방향을 회전하는 흐름이 발견된다. 한국 퇴와 대화퇴 위에서는 지형의 영향에 의한 시계방향의 Taylor column이 발견된다. 이와 같은 그림에서도 동해 남부해역의 전반적인 순환구조는 파악할 수 있으나, 연속적인 자료를 생산하기 위해서는 내삽이나 외삽을 수행하여야 한다. 이 때 사용하기 좋은 방법이 객관분석(objective analysis)인데, 이는 시공간적으로 불규칙하게 분포된 자료를 분석하는데 이용되는 가장 일반적인 분석방법으로, 불규칙한 자료를 일정한 격자 간격으로 배열해준다 (Bretherton et al., 1976).

해양학에서는 Gauss-Markov smoothing이라 일컫는 least squares optimal interpolation이 광범위하게 이용되고 있으며, 유속, 수온, 밀도 등 물리적변수를 적용할 수 있다. 여기서는 Bretherton et al. (1976)에 기초하여 Gaussian correlation fun

ction을 이용한 scalar objective analysis를 적용하였다.

동해에서 발견되는 와류의 크기가 약 50km 정도이고 유속계산에 포함된 오차가 약 30%인 점을 감안하여 객관분석시 correlation length scale은 50km 이고 error는 전 자료에 동일하게 30%라고 가정하였다. u와 v 성분별로 객관분석을 수행하고, 이의 vector 합이 유속이다.

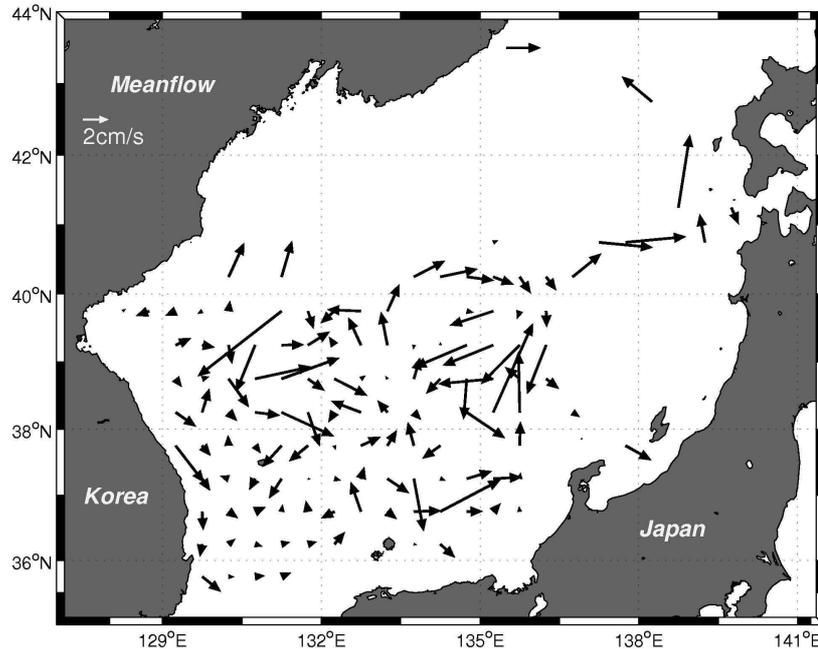


Fig.3-10 Mean velocity at 700 m level with bin three or more data.

Fig.3-11에 객관분석을 통하여 작성한 동해 중층의 순환도를 표시하였다. 이 계산에는 1개 이상의 자료가 있는 모든 격자가 사용되었다. 그림에서 회색으로 표시된 격자에서는 오차가 50% 이상이다

동해남서부의 순환은 Park et al. (2004)에서 보고된 것과 큰 차이가 없다. 하지만 일본 서쪽의 해류장은 ARGO 자료를 이용해서는 아직 보고된 적이 없다. 대화퇴를 지나온 해류와 일본 서해안을 따라온 해류가 북위 40도, 동경 138도 부근에서 합쳐져 북향하다가 북위 42도 부근에서 등심선을 벗어나 북동쪽으로 움직인다. 대화퇴에서는 시계방향의 순환이, 야마토분지에서는 반시계방향의 순환이 나타난다.

일본분지에서 한국퇴 방향으로 남하하는 흐름이 뚜렷하게 나타나는데, 이 해역은 울릉분지내로 저층냉수를 공급하는 통로중 하나로 알려져 있다 (Yun et al.,

2004)

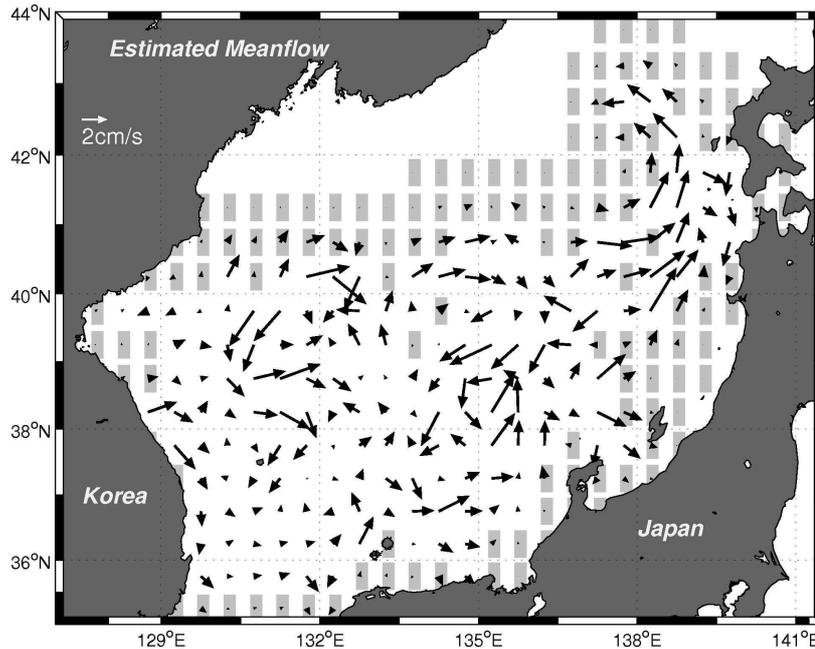


Fig.3-11 Flow field at 700 m after the objective mapping. Bins with any data are used. In the shaded area, error is larger than 50%.

3. 중층 순환의 계절변화

중층수의 계절변화는 크게 여름철(6월~11월)과 겨울철(12월~2월)로 구분하여 살펴보았으며 Fig.3-12과 Fig.3-13에 나타내었다. 울릉분지 중층수의 계절변화는 아주 약하거나 거의 없는 것으로 알려져 있는데 (Takematus et al., 1999; Teague et al., 2004), 여기서는 전반적인 흐름은 유사한 구조를 보이지만 해역에 따라 조금 다른 계절적 변화를 보인다.

울릉분지에서 나타나는 반시계방향의 순환은 여름철보다 겨울철에 더 뚜렷하게 나타난다. 이 순환과 더불어 울릉분지 해수순환에 큰 영향을 미치는 한국퇴를 선회하는 시계방향의 흐름과 일본분지에서 한국퇴 방향으로 남하하는 남서류는 여름철이 더 강하게 나타난다.

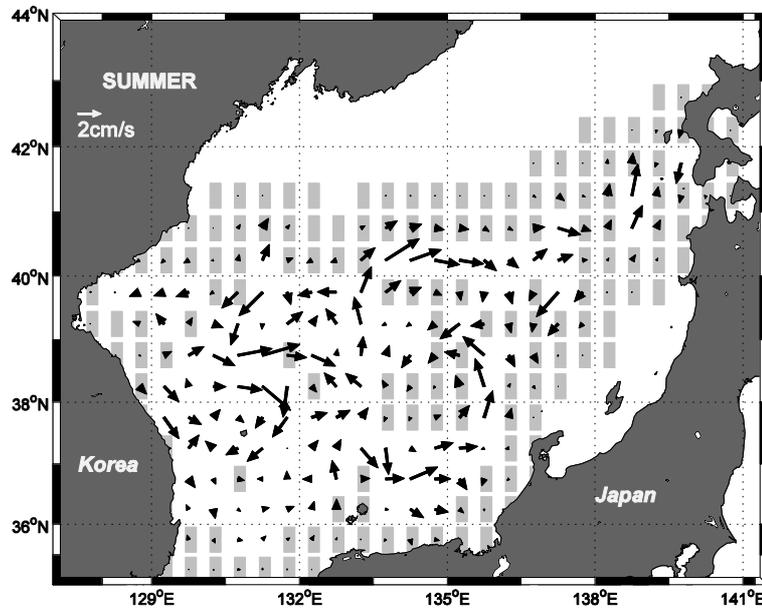


Fig.3-12 Flow field at 700 m after the objective mapping in summer (from June to November). Bins with any data are used. In the shaded area, error is larger than 50%.

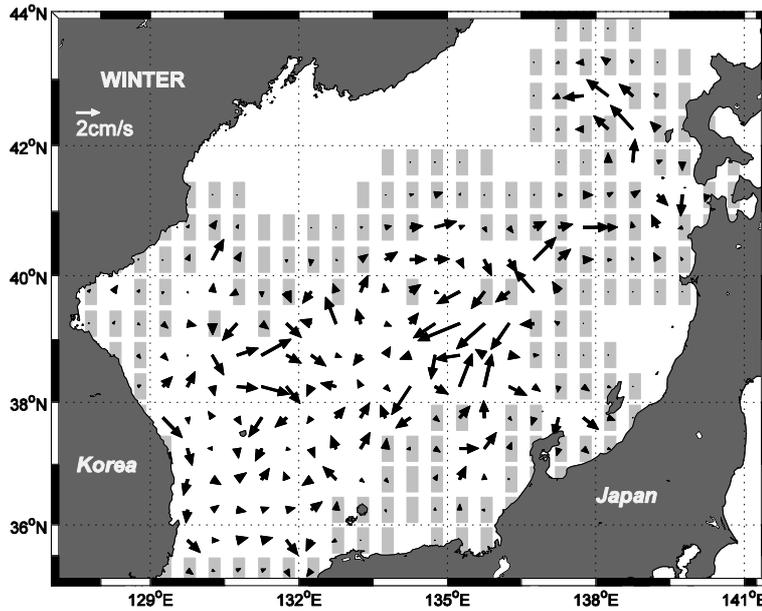


Fig.3-13 Flow field at 700 m after the objective mapping in winter (from December to February). Bins with any data are used. In the shaded area, error is larger than 50%.

야마토 해령으로 유입되는 시계방향의 흐름 역시 겨울철보다는 여름철에 강하게 나타난다. 이에 반해 야마토 해령에서 야마토분지로 유입되는 남서류 겨울철

에 더 뚜렷하게 나타난다.

4. 동해 중층 순환의 특성 파악

Argo 뜰개를 이용하여 얻은 자료와 internet에서 획득한 동해 정선관측자료 (Fig. 3-14)를 활용하여 38-40N 선을 가로지르는 해류구조를 파악하였다. 약 100km 정도의 규모로 해류의 방향이 바뀌고 있으면 표층부터 심층까지 해류의 방향이 같게 나타났다 (Fig. 3-15). 이 해류를 동서방향으로 적분하여 자오면순환을 파악하였다 (Fig. 3-16). 단면을 가로지르는 전체 수송량은 1.6 Sv.으로 대한해협을 통과하는 물질수송량보다 작게 나타났다. 이는 CTD단면이 일본연안을 따르는 Near Shore branch를 포함하지 못하였기 때문인 것으로 추정된다. 10C이하 물의 순환은 동해 자체 열염분순환에 의한 것으로 추정되는데 그 강도는 약 0.9 Sv 이다. 자오면순환 유선함수는 동해 열염분순환이 3층구조임을 보여주는데 이는 동해의 심층이 변하고 있기 때문에 나타나는 결과이다.

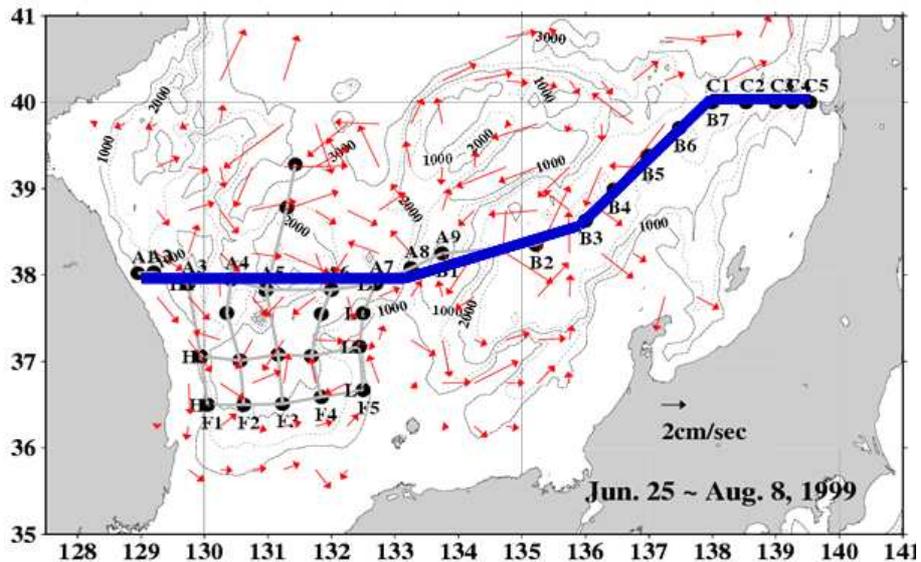


Fig. 3-14. CTD casting line and flow diagram at 700 m obtained from floats trajectories

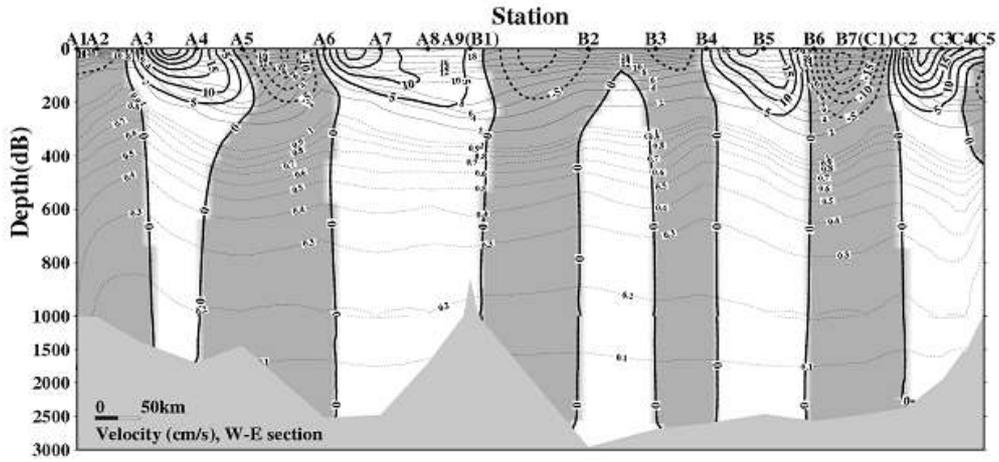


Fig. 3-15. Circulation obtained from CTD data with a reference level at 700 m

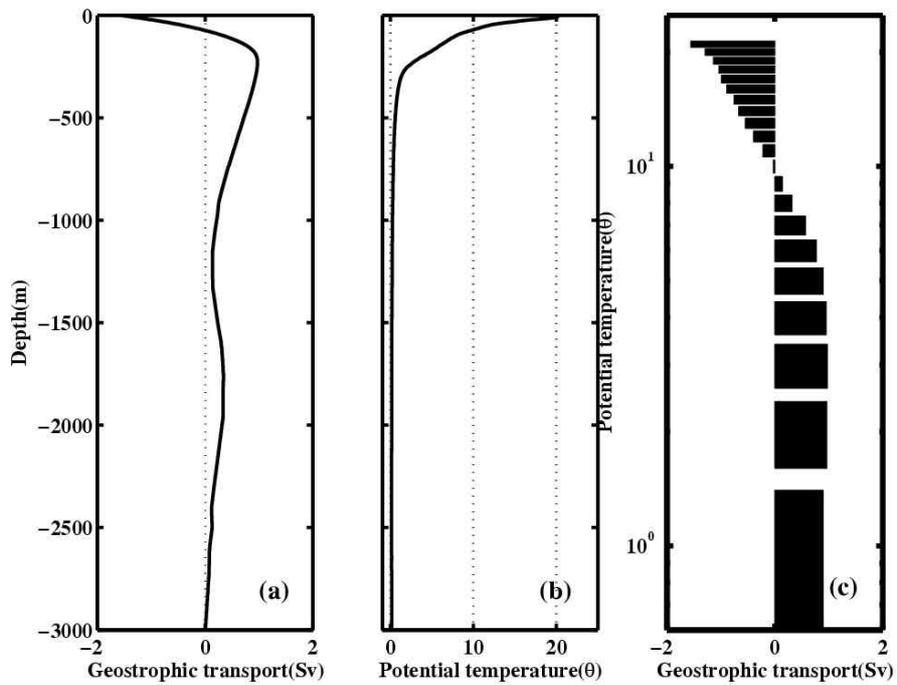


Fig. 3-16. Geostrophic transport obtained from historical CTD data

5. 결론

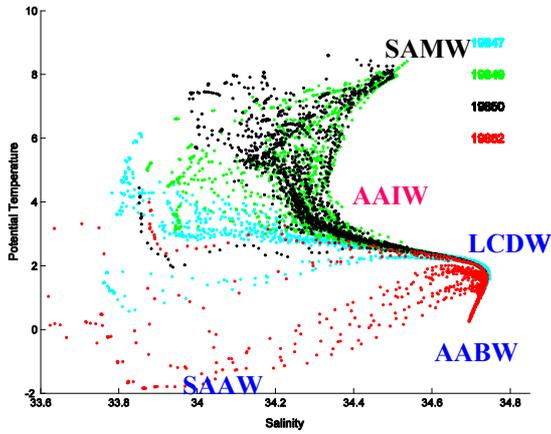
ARGO 뜰개 자료를 이용하여 동해 남부해역의 평균 해류구조를 최초로 파악하였다. 계절별 순환구조는 자료의 분포가 고르지 않아 분석이 어려워 크게 여름철과 겨울철로만 구분하여 살펴보았다. 지속적인 자료수집이 이루어진다면 더 구체적인 계절변화 특성을 파악할 수 있으리라 추정된다.

현 결과의 가장 큰 단점은 동해 북부에 대한 결과가 전무하다는 것이다. 극전선 이남에 투하한 뜰개는 동해 순환의 특성상 극 전선을 가로질러 북쪽으로 이동할 수 없기 때문에 동해 북부에 대한 자료를 얻기 위해서는 동해 북부에 직접 뜰개를 투하하거나, 외국에서 얻은 결과를 이용하여야 한다.

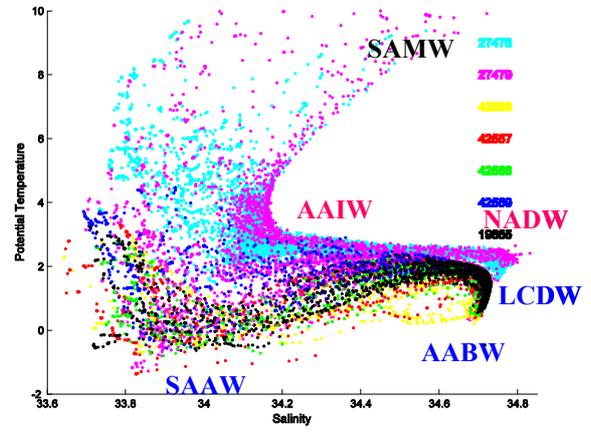
제 5 절 남극해 주변 해역 ARGO 관측

한국해양연구원은 2001년부터 Drake Passage와 호주 남방 해역에 Argo 뜰개를 투하하고 있다. 남극해에 뜰개를 투하하는 국가는 우리나라를 포함해 5개국 정도에 불과해 관심도에 비해 투하실적은 낮은 편이다. Argo 뜰개는 현장에 투하된 이후 3~4년동안 활동하면서 자동으로 수온, 염분 등을 관측하기 때문에 남극해와 같이 관측자료가 부족하거나, 관측이 어려운 해역에서 매우 효과적으로 사용될 수 있다. Argo 데이터 센터에서 얻은 자료와 한국해양연구원에서 투하한 뜰개로부터 얻은 자료를 이용하여 남극해 중저층 순환과 해수특성분포에 대해 연구 중이다 (Fig.3-17, Fig.3-18, Fig.3-19).

Argo Data Center와 연구원에서 직접 획득한 Argo자료를 이용하여 남극해 1000m층과 2000m층의 순환과 무성을 파악하였다. 뜰개를 이용하여 얻은 물성자료는 이전 연구에서 얻은 것과 일치하며, 뜰개의 이동에 따른 물성변화를 잘 나타내고 있다. 그 양이 아직 많지 않아 자세한 결과를 얻기는 어렵지만, 뜰개의 궤적자료를 이용하여 얻은 해류자료도 해저지형을 따라 움직이는 남극순환환류의 구조를 잘 나타내고 있다 (Fig. 3-20)



South of Australia



The Drake Passage

Fig.3-17. Water mass and characteristics using Argo float data in the South of Australia and Drake Passage

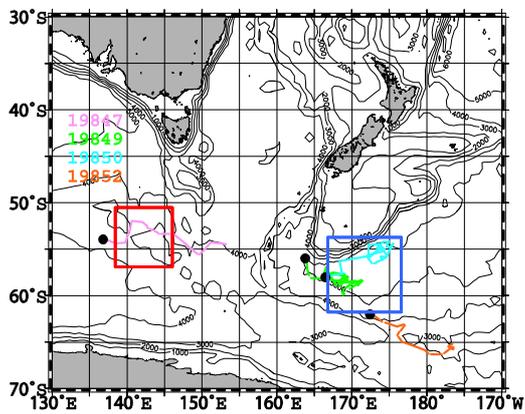


Fig.3-18. Argo float trajectories at 2000m in the South of Australia

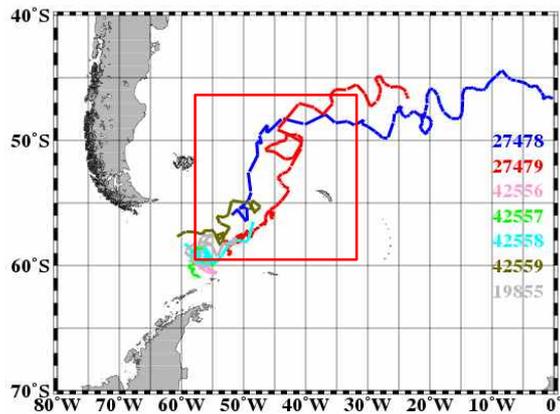


Fig.3-19. Argo float trajectories at 2000m in the Drake Passage

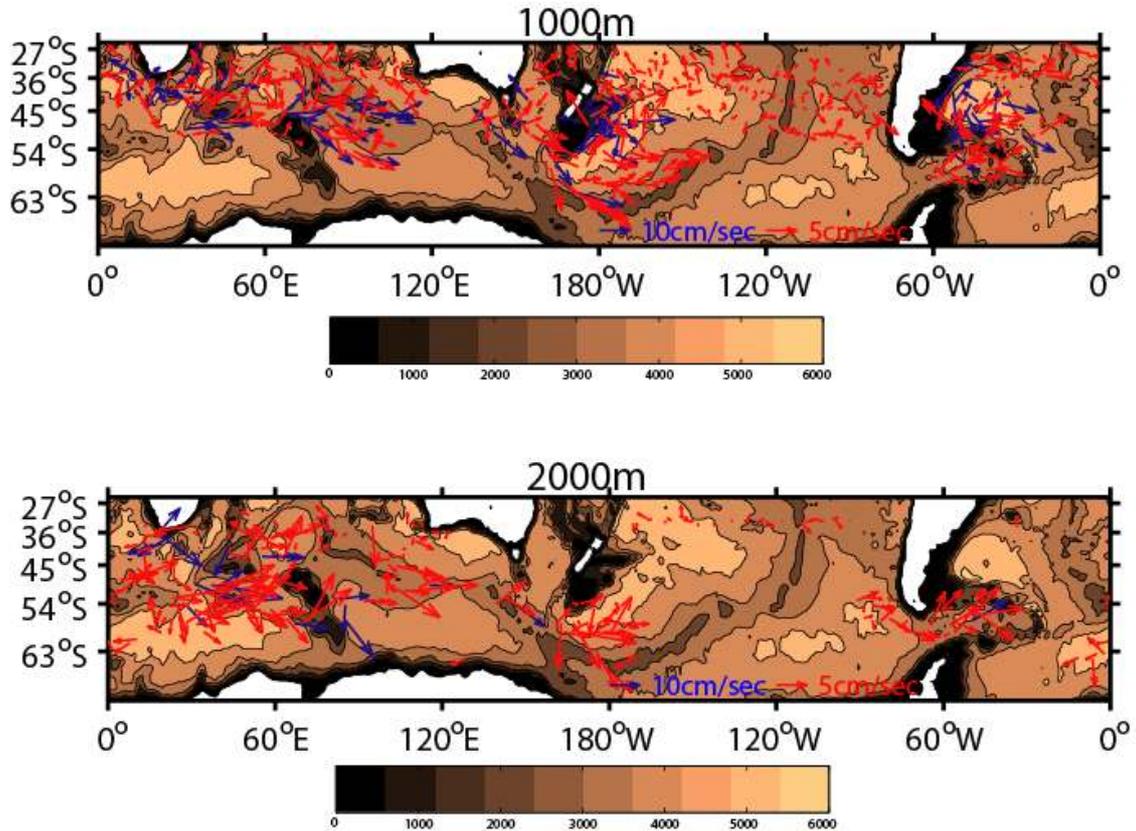


Fig. 3-20 Circulation at 1000m and 2000m using Argo float data in the Southern Ocean

제 6 절 한국 ARGO 정보센터의 기반 구축

1. Argo 정보 수집 및 제공 체계 구축

1) 세계 Argo 자료센터와의 연계 시스템을 통한 최신 Argo 자료 확보

전 세계 대양의 Argo 자료를 안정적으로 국내 이용자에게 제공하기 위하여 세계 Argo 자료센터(GDAC)인 프랑스 서버와 미국 서버에서 FTP 방식으로 하루에 한 번 자료를 자동으로 입수하여 준 실시간으로 제공하는 Argo 자료의 연계시스템을 운영하고 있다(Fig. 3-21). 전 세계 대양의 어장환경자료를 필요로 하는 원양어업선사(Fig. 3-22) 및 전 지구적 규모의 해양연구 관련 국내 이용자가 국외가 아닌 국내 서버로부터 쉽고 안정적으로 Argo 자료에 접근할 수 있을 것으로 기대된다 (URL: <http://kodc.nfrdi.re.kr>).

현재까지 세계 Argo 자료센터로부터 입수하여 DB에 저장한 Argo 프로파일은 430,000개이며, 금년 사업에서 현재까지 50,000개의 프로파일을 입수하여 DB에 저

장하였다(Fig. 3-23). 전 세계 해양에 투하된 Argo 플로트가 획득한 실시간 수온 자료를 주요 해외어장 부근 해역의 수온정보를 실시간으로 제공하기 위한 해외어장해황정보 제공 시스템을 운영하고 있으며, 참치 선망어업의 주요어장인 서적도태평양의 경우(Fig. 3-24a), 2005년 중반부터 월평균 400여개의 프로파일이 안정적으로 제공되고 있다(Fig. 3-24b). 또한 시스템 내의 그래픽 기능을 이용하여 수온의 수평분포도, 연직단면도, 수직구조도를 볼 수 있을 뿐만 아니라 자료를 다운로드할 수 있으므로 원양어업선사들이 실시간으로 최적의 어장과 어획수심을 선택하는데 도움이 되고 있는 것으로 생각된다(Fig. 3-25).

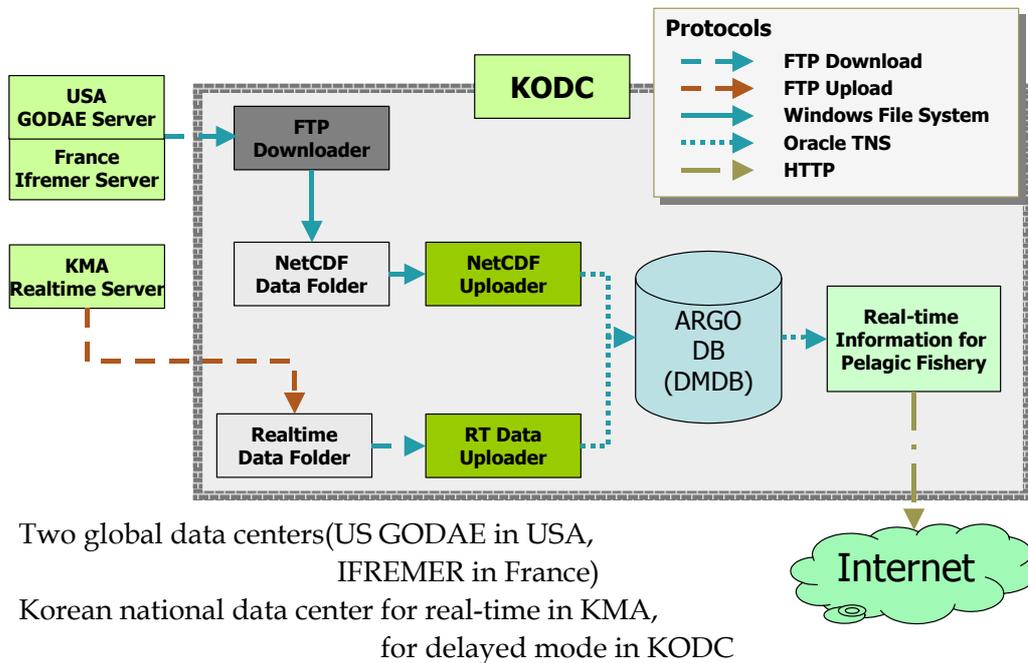


Fig.3-21. Conceptual diagram for global Argo data collection system and Real-time information for pelagic fishery.

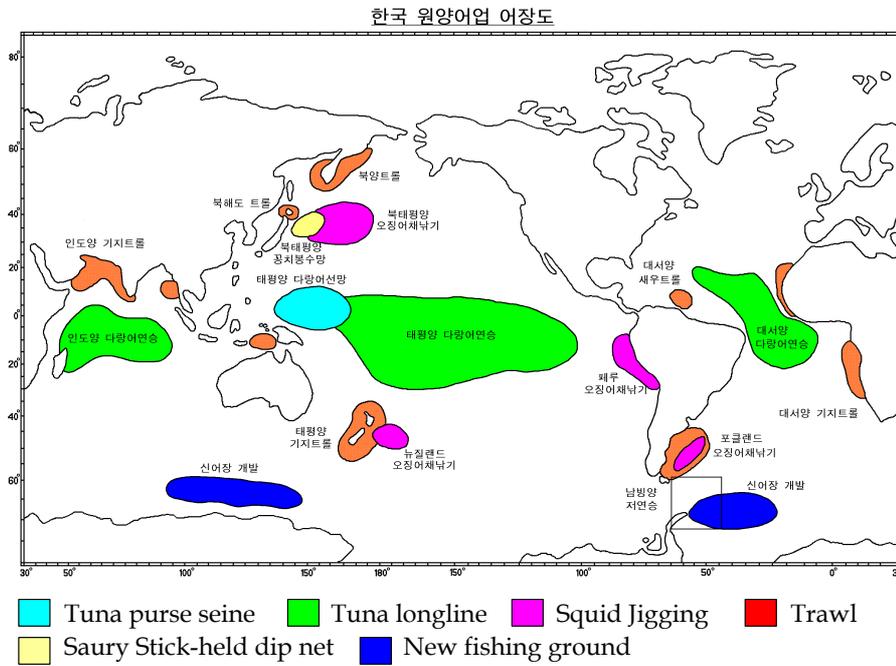


Fig. 3-22. Fishing grounds of Korean pelagic fishery.

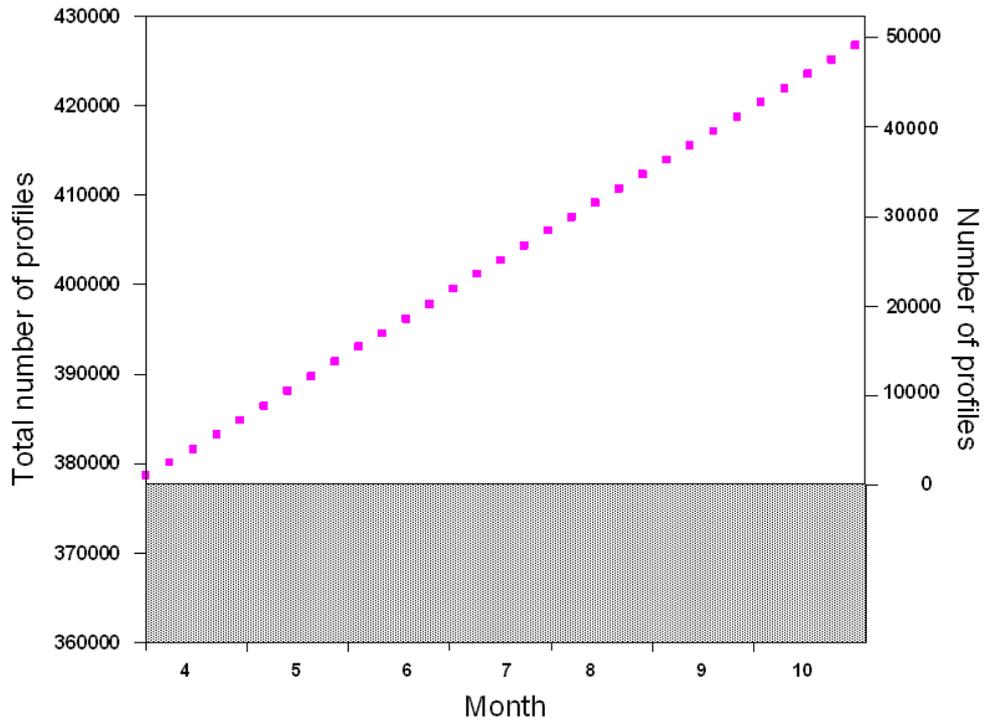


Fig. 3-23. Number of profiles obtained from GDACs.

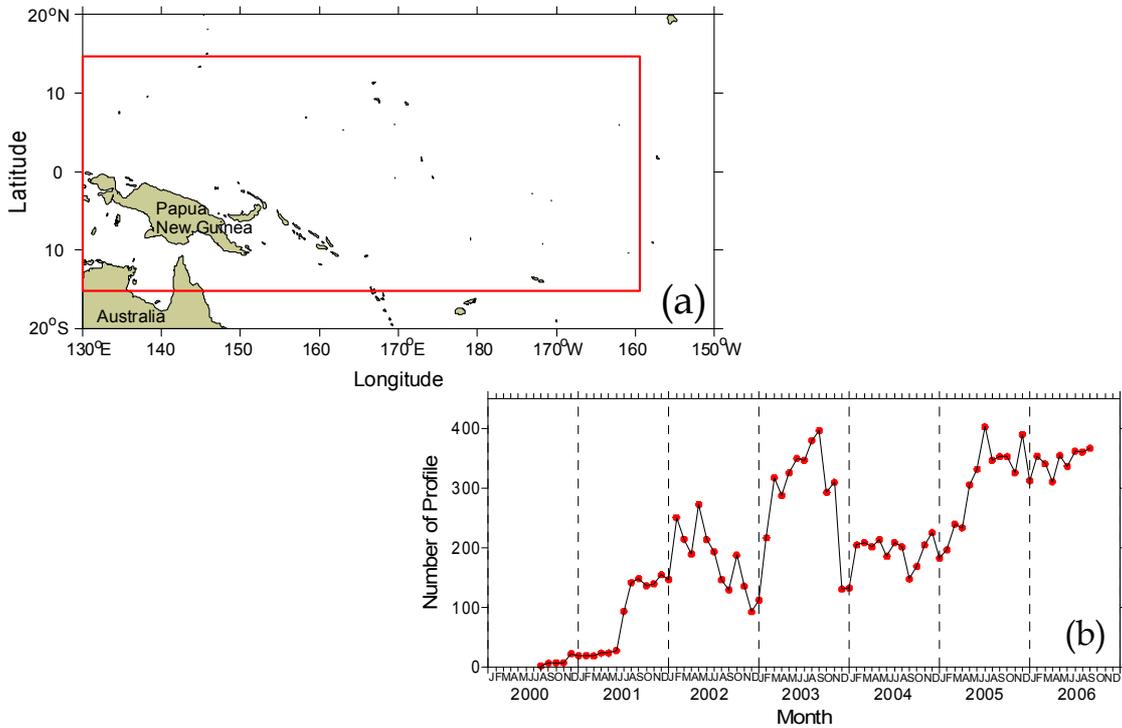


Fig. 3-24. Red rectangle contains the fishing grounds of tuna purse seine fisheries(a) and number of profiles by Argo floats in the red rectangle since 2000(b).

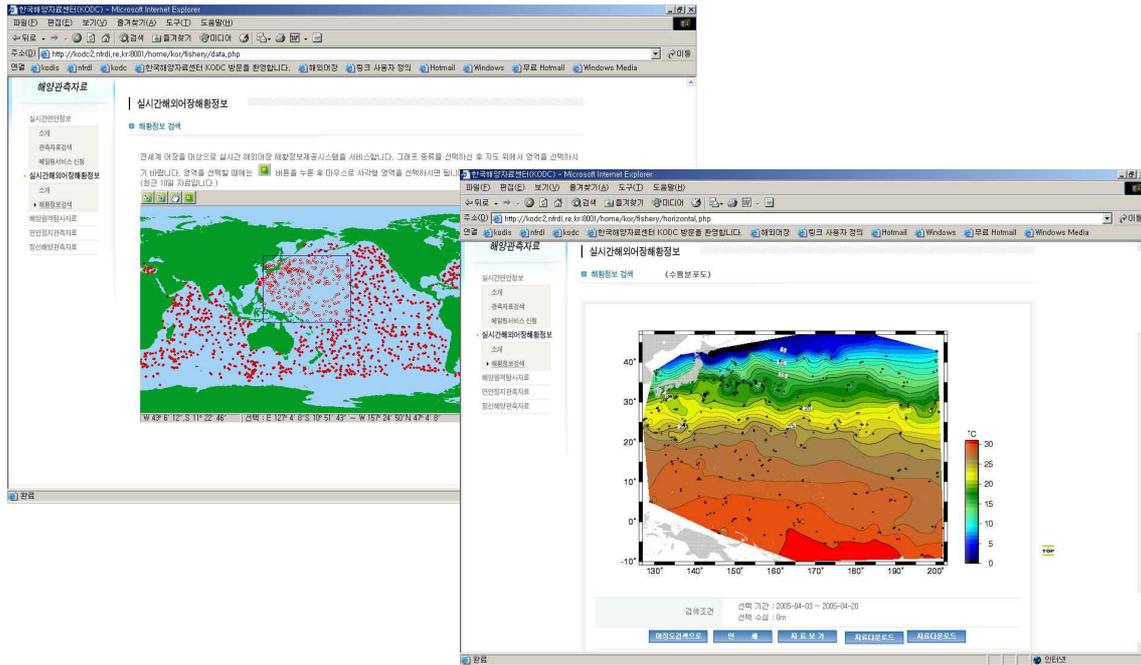


Fig. 3-25. Website of Real-time oceanographic information system for pelagic fishery and its example of horizontal distribution of temperature.

가. 국내 Argo 자료 수집 체계화

Argo 플로트를 직접 투하하고 있는 한국해양연구원과 기상청 기상연구소는 각각 Argo 자료제공 홈페이지를 운영하고 있다(Fig. 3-26). 한국해양연구원은 2001년 이후 연평균 16개의 Argo 플로트를 동해와 남극해에 투하하였으며, 기상연구소는 연평균 14개의 플로트를 동해와 북서태평양에 투하하였다. 앞서 언급한 홈페이지를 통하여 각 기관이 투하한 자료를 제공하고 있으며, 한국해양자료센터는 이들 홈페이지를 통해 동해와 북서태평양의 한국 Argo 프로파일을 주기적으로 확보하여 지연모드 자료품질관리를 하고자 한다.

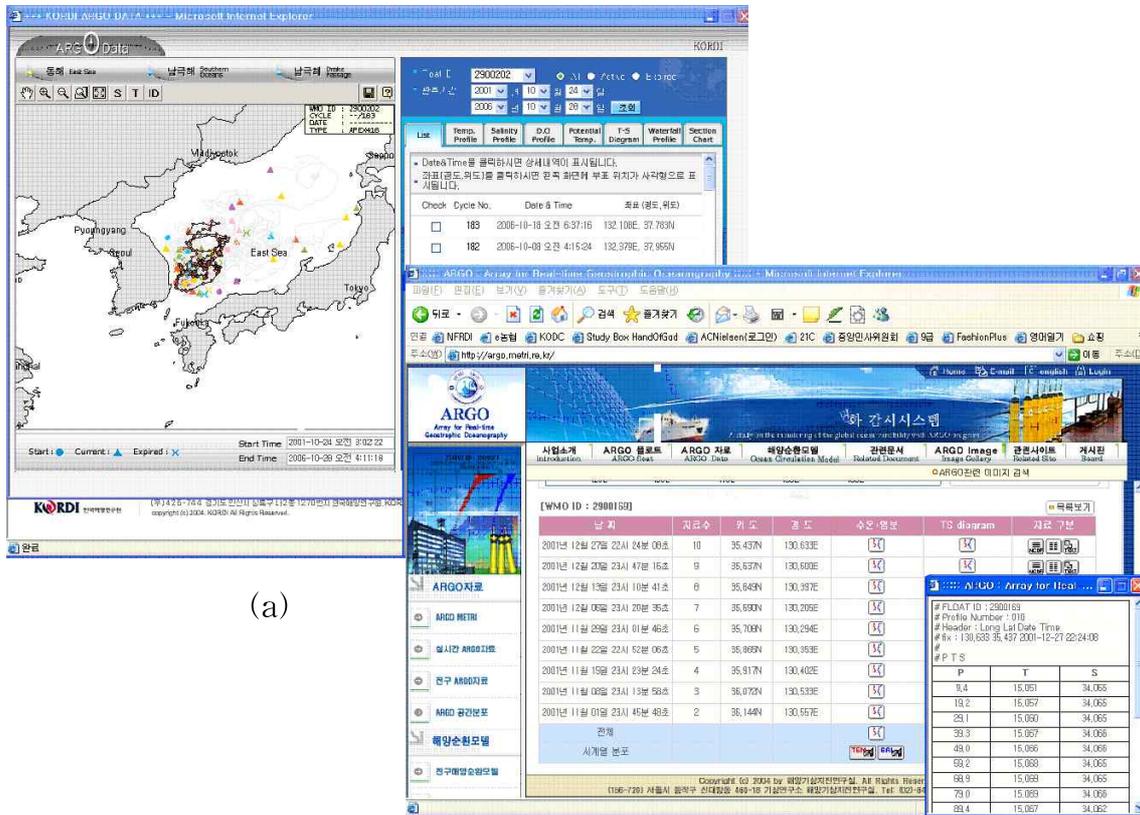


Fig. 3-26. Website of KORDI Argo (a) and KMA Argo (b).

나. 지연모드 자료관리 기반 조성

1) Argo 지연모드 자료관리를 위한 동해의 Reference Data Set 구성

WJO 프로그램은 과거의 검증된 자료를 이용하여 구성된 reference database를 이용하여 Argo 프로파일을 보정한다. 먼저 reference database에서 보정하고자하는 Argo 플로트의 위치와 가까운 자료를 선택하여 그 해역의 수온과 염분의 관계

(climatology)를 추산한다. 가중최소제곱방법(Weighted least squares method)을 이용하여 Argo 플로트가 관측한 염분 자료를 앞서 언급한 수온과 염분의 관계로부터 염분 자료를 보정한다. 염분 보정 오차는 ± 0.01 로 작은 값이어야 하므로 보정의 정확성을 높이기 위해서 한 플로트의 프로파일을 연속적으로 이용한다.

북서태평양의 지역해인 동해의 경우 WJO 프로그램에서 제공하는 reference database에는 자료가 없다. 즉 동해의 플로트를 지연모드 자료품질관리를 하기위해서는 태평양의 reference data를 활용해야한다는 것으로 그 결과를 믿을 수 없다. 따라서 미국 Office of Naval Research가 제공하고 있는 동해 전역의 1999년부터 2000년의 정밀 CTD 320개의 프로파일을 입수하여 reference database를 구성하였다(Table 3-3, Fig. 3-27). 북서태평양에 투하한 플로트는 일본 JAMSTEC에서 구성한 북서태평양의 reference database인 SeHyD를 활용하기로 한다.

Table 3-3. Research vessels and survey period of data from Office of Naval Research of USA.

| R/V | Roger Revelle | Professor Khromov | Professor Khromov |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Period | 1999. 6.24 - 7.17 | 1999. 7.16 - 8.13 | 2000. 2.28 - 3.15 |

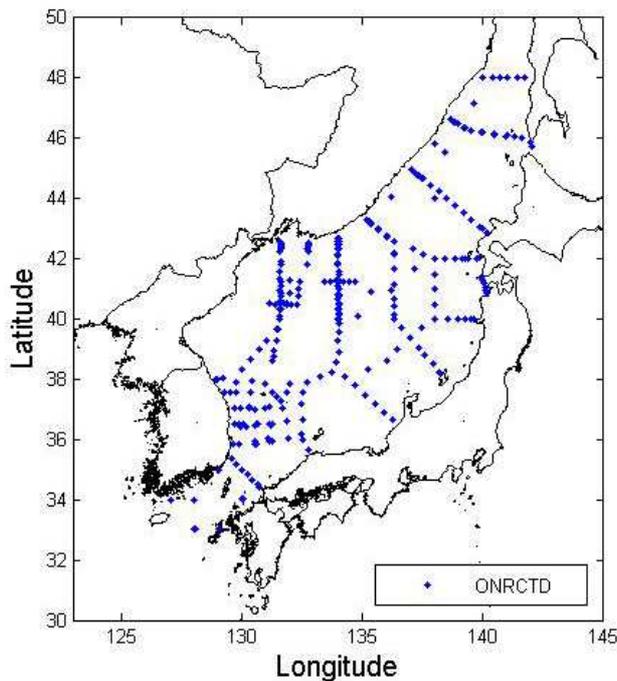


Fig. 3-27. Station map of reference database for the East Sea provided by Office of Naval Research of USA.

2) 지연모드 자료품질관리 프로그램의 동해 및 북서태평양 플롯에 적용

가) 지연모드 자료품질관리 개요

지연모드 자료관리는 전 세계의 이용자 그룹에게 객관적이고 전 세계적으로 통일된 절차를 채택하여, 전 세계적으로 일관되고 고품질의 자료를 제공하기 위함이다. 이런 자료품질관리 과정에 해당 해역에 대하여 잘 파악하고 있는 PI의 검증이 포함된다.

- PRES에 대한 지연모드 자료관리 절차

PRES의 지연모드 자료관리는 TEMP vs. PRES 그리고 PSAL vs. PRES의 수직 프로파일 플롯에 대하여 주관적으로 평가에 의해 수행된다. 주관적인 평가는 입력 플롯과 시공간적으로 가까운 플롯과 reference database를 이용하여 수행되며, 다음을 확인하는 것을 목표로 한다.

- 실시간 자료관리 테스트로 발견할 수 없는 오류를 가지는 자료
- 부적당한 구조를 가지는 수직 프로파일

주관적인 평가에 의해서 확인되는 부적절한 자료는 PRES_ADJUSTED_QC을 '4'로 한다. 이 자료에 대한 TEMP_ADJUSTED_QC와 PSAL_ADJUSTED_QC도 '4'로 주어야 한다. <PARAM>_ADJUSTED_QC='4' 인 값에 대하여 다음과 같이 나타낸다.

- PARAM_ADJUSTED = FillValue;
- PARAM_ADJUSTED_ERROR = FillValue.

PRES_ADJUSTED, PRES_ADJUSTED_ERROR, 그리고 PRES_ADJUSTED_QC는 자료가 좋거나 혹은 자료의 조정이 필요하지 않은 경우 모두 기록되어야 한다. 이 경우 PRES_ADJUSTED_ERROR는 사용자의 계산이나 혹은 PI에 의해 제공된 불확실한 정도이다. 지연모드 조정(Delayed mode adjustment)의 자세한 내용을 기록하기 위해서 netCDF files의 SCIENTIFIC CALIBRATION section을 사용한다.

- TEMP에 대한 지연모드 자료관리 절차는 PRES와 같음

- PSAL에 대한 지연모드 자료관리 절차

PSAL에 대한 지연모드 자료품질관리는 센서의 drift와 offset을 정확하게 계산하기 위함이다. 플로트 염분의 센서 drift를 정확하게 계산하기 위해서 pressure offset과 cell thermal mass error에 대한 조정이 선행되어야 한다. Argo 플로트의 자유롭게 흘러 다니는 특성상 대부분의 염분 검보정에 대한 절대적인 "ground truth"가 없다. 그러므로 염분의 센서 drift와 offset을 계산하기 위하여 reference database와 통계적인 방법(statistical methods)에 의존할 수밖에 없다. 그러나 해양은 고유의 시간과 공간적인 변동성을 가지기 때문에 drift와 offset 조정은 통계적 불확실성을 조건으로 한다. 플로트 염분의 센서 drift와 offset을 계산하기 위해서 세계 표준 지연모드 자료관리 프로그램(WJO)를 사용하였다.

WJO 프로그램을 수행한 후 Argo netCDF 파일의 PSAL_ADJUSTED, PSAL_ADJUSTED_ERROR, 그리고 PSAL_ADJUSTED_QC에 값을 기록해야 하는데, 적절한 값을 할당하기 위해서 아래의 사항들을 참고한다.

- 지연모드의 값이 적절한 정보의 부족으로 생성될 수 없는 경우

위도, 경도, 날짜 정보가 존재하지 않거나 T-S 모양을 판단하기 위한 수직 프로파일에 많은 잘림이 있는 경우이다.

PSAL_ADJUSTED = FillValue;

PSAL_ADJUSTED_ERROR = FillValue;

PSAL_ADJUSTED_QC = FillValue.

- 플로트 염분이 지연모드에서 조정될 필요가 없는 경우

큰 spike 또는 수직 T-S 모양이 적절한 자료와 일치하지 않는 경우이다.

PSAL_ADJUSTED = FillValue;

PSAL_ADJUSTED_ERROR = FillValue;

PSAL_ADJUSTED_QC = '4'.

- 플로트 염분이 지연모드에서 조정될 필요가 있는 경우

플로트 측정값의 수직 T-S 모양이 적절한 자료와 가까운 경우로, 센서 drift, offset, 그리고 다른 기계적인 오류인지를 평가하고 조정한다.

① 어떠한 조정도 수행되지 않을 때

PSAL_ADJUSTED = PSAL (original value);

PSAL_ADJUSTED_ERROR = max [statistical uncertainty, instrument accuracy],
or uncertainty provided by PI;

PSAL_ADJUSTED_QC = '1', '2', or '3'.

② 조정이 적용되었을 때

PSAL_ADJUSTED = value recommended by statistical analyses, or adjustment
provided by PI;

PSAL_ADJUSTED_ERROR = max [statistical uncertainty, instrument accuracy],
or uncertainty provided by PI;

PSAL_ADJUSTED_QC = '1', '2', or '3'.

· PSAL_ADJUSTED_QC = '2'가 기록해야 할 경우

① 조정이 불충분한 reference database로 수행된 경우

② 조정이 sensor behaviour transition 또는 end of sensor lift에 의한 짧은
calibration window에 기초하여 수행된 경우

③ 평가가 불충분한 정보에 기초한 경우

④ 조정의 크기가 너무 크거나 센서가 많은 behaviour changes를 겪은 경우 센서는
불안정하므로 자료의 질이 좋지도 나쁘지도 않은 모호한 경우

⑤ 플롯의 압력 관측에 문제가 있는 경우

나) WJO 프로그램 소개

WJO 프로그램은 과거의 검증된 자료를 이용하여 구성된 reference database를
이용하여 Argo 프로파일의 염분 자료를 보정한다. 첫째로 평균자료세트에서 보정하
고자하는 Argo 플롯의 위치와 가까운 자료를 선택하여 객관적인 방법으로 그 해
역의 수온과 염분의 관계(climatology)를 추산한다. 가중최소제곱방법(Weighted
least squares method)을 이용하여 Argo 플롯이 관측한 염분 자료를 앞서 언급한
수온과 염분의 관계로부터 염분 자료를 보정한다. 염분 보정 오차는 ± 0.01 로 가능한
적은 값이어야 하므로 보정의 정확성을 높이기 위해서 프로파일을 연속적으로 이용
한다. WJO 프로그램은 전체 5단계로 수행된다. WJO 프로그램 실행 과정을 Fig.
3-28에 도시하였다.

uncalibrated s



Fig. 3-28. The five processes of WJO program.

플로트 염분의 지연모드 자료품질관리를 위해 WJO 방법을 적용함에 충분한 reference database와 자료선택을 위한 시간과 공간 규모의 적절한 선택이 중요하다. 그러므로 WJO 방법을 적용하기 전에 reference database가 충분하고 적절한지를 검토하고 적절한 시간과 공간 규모를 결정하는 것이 중요하다. WJO 프로그램을 수행할 때 고려해야 할 parameter와 할당 값을 Table 3-4 에 나타내었다. 그리고 기상청 기상연구소가 동해와 북서태평양에 투하한 Argo 플로트에 대하여 두 가지 평균자료세트를 각각 적용하였다.

Table 3-4. Parameters used in WJO program applied to the East/Northwest Pacific

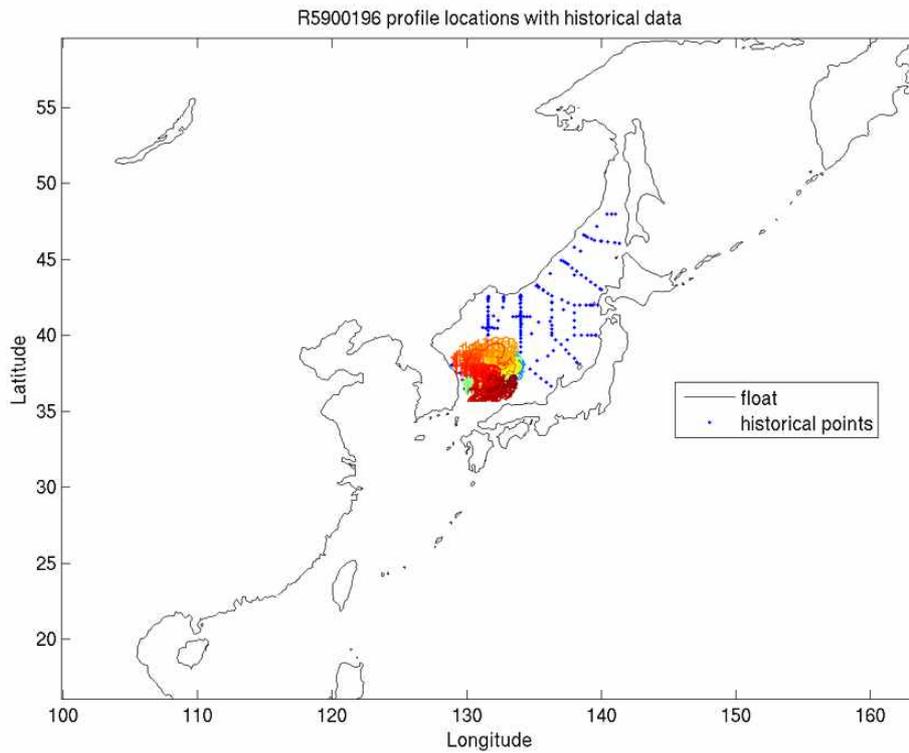
| Parameter | | Values |
|---|--------------------------|--------|
| Large spatial scale | mapscale_longitude_large | 8° |
| | mapscale_latitude_large | 4° |
| Small spatial scale | mapscale_longitude_small | 4° |
| | mapscale_latitude_small | 2° |
| Maximum of data selected | | 300 |
| Number of profiles for the least square fit | | 20 |

2. 적용

- 동해 플롯 적용

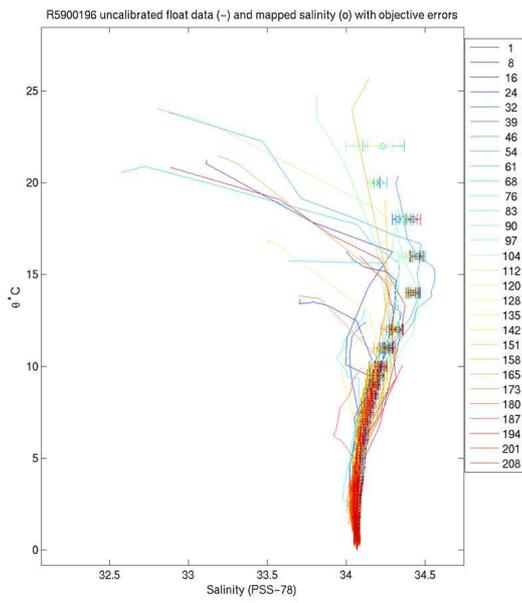
기상청 기상연구소가 동해에 투하한 플롯의 지연모드 자료품질관리(Fig.3-29)를 위하여 reference database는 ONR(The office of Naval Research)의 CTD 자료로 구성된 것을 이용하였다. 1999년, 2000년 동해의 조사 자료이며, ONR 자료를 reference database로 구성하기 위해서 다음 4가지 기준을 사용하였다.

- ① 500 dbar 이상 샘플링 된 프로파일만을 사용한다.
- ② 경도 > 60. N and 경도 < 50. S 인 WMO boxes를 제외하고, $24 < S < 41$, $0.01 < P < 9999$, $0 < C < T < 40$. C 인 데이터만을 사용한다.
- ③ 10,000개 이상의 프로파일을 가지는 WMO boxes의 경우, 1995년 이후 자료만을 사용한다.
- ④ 공간적으로 가까운 데이터는 중복으로 간주하여 제거한다.

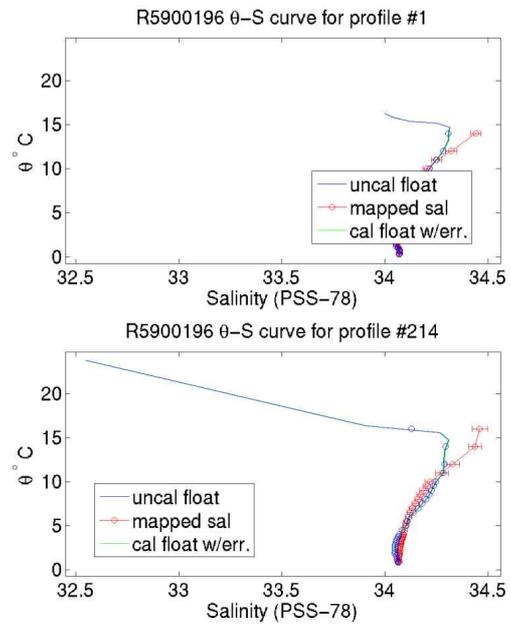


(a)

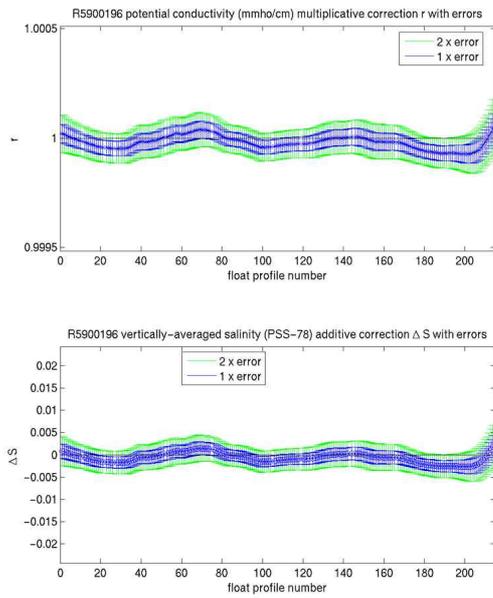
Fig. 3-29. Results of WJO program applied to profiles of Argo float in the East Sea with ONR CTD as reference database. (a): positions of Argo float and used reference data, (b): Θ -S diagram of all profiles with suggested adjustment, (c): Θ -S diagram of the first and the last profiles, (d): one standard(blue) and two standard deviation of offset, (e): adjusted Θ -S diagram of all profiles, (f): salinity anomaly in Θ and time plane, (g): salinity with error on Θ 's of smallest S variance and mapping error.



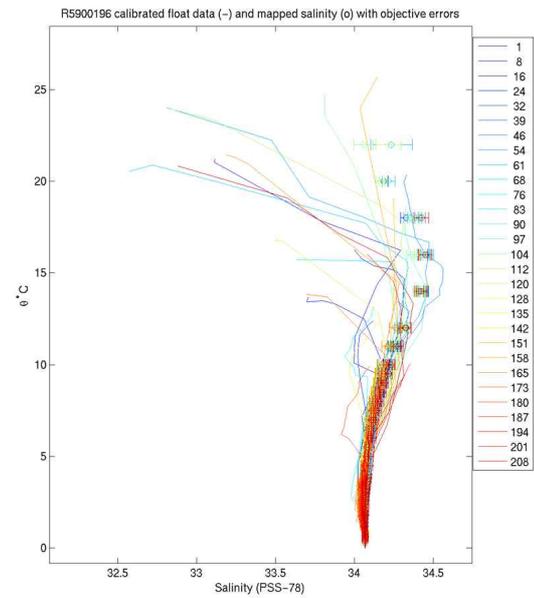
(b)



(c)

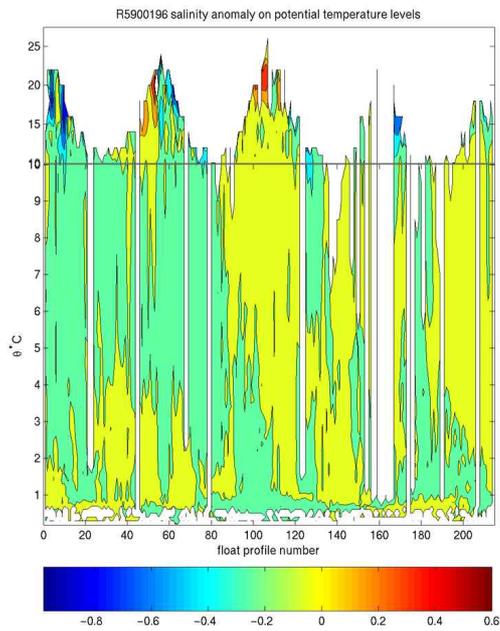


(d)

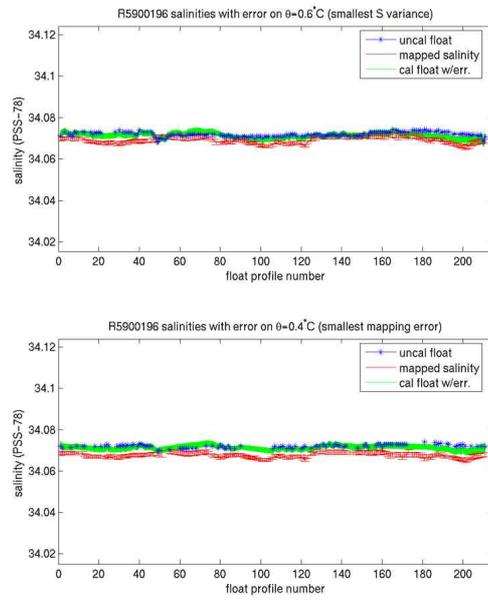


(e)

Fig. 3-29. Continued



(f)

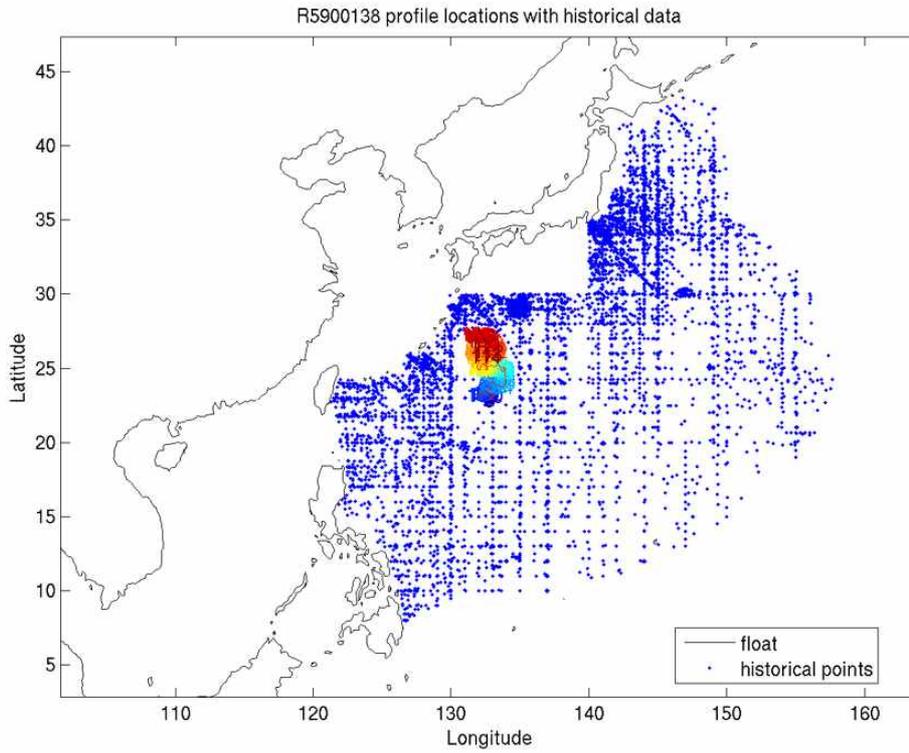


(g)

Fig. 3-29. continued.

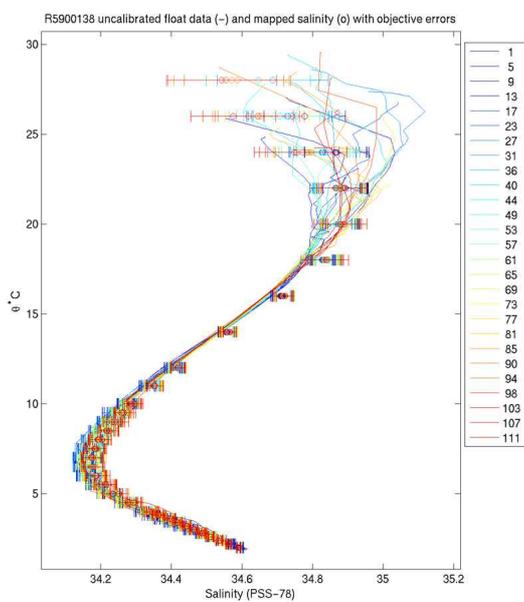
- 북서태평양 플로트 적용

기상청 기상연구소가 북서태평양에 투하한 플로트의 지연모드 자료품질관리를 위하여 일본 JAMSTEC의 SeHyD_1의 reference database를 이용하였다(Fig.3-30).

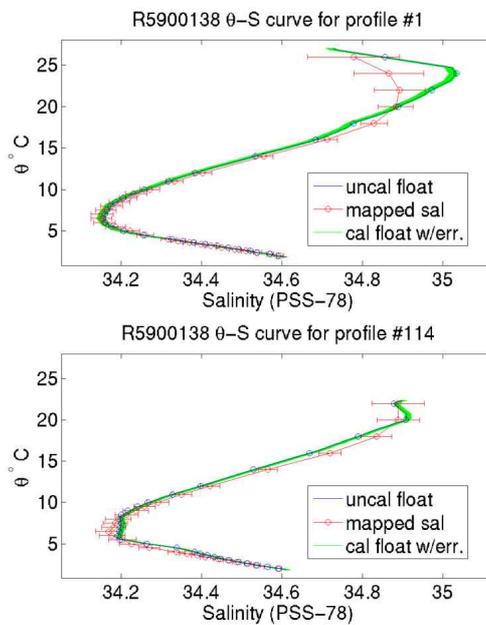


(a)

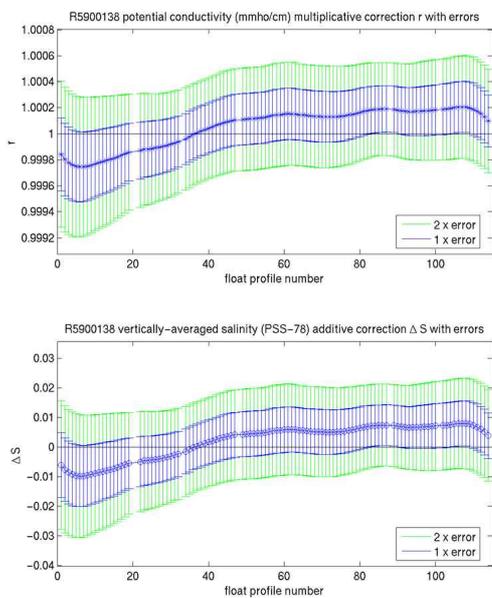
Fig. 3-30. Results of WJO program applied to profiles of Argo float in the west Pacific with SeHyD as reference database. (a): positions of Argo float and used reference data, (b): Θ -S diagram of all profiles with suggested adjustment, (c): Θ -S diagram of the first and the last profiles, (d): one standard(blue) and two standard deviation of offset, (e): adjusted Θ -S diagram of all profiles, (f): salinity anomaly in Θ and time plane, (g): salinity with error on Θ 's of smallest S variance and mapping error.



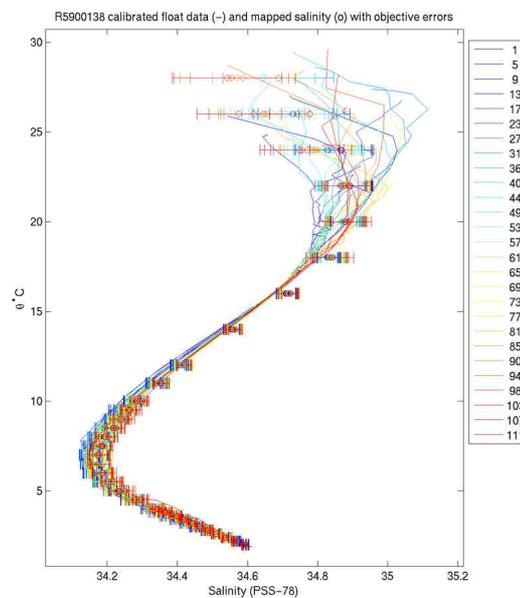
(b)



(c)

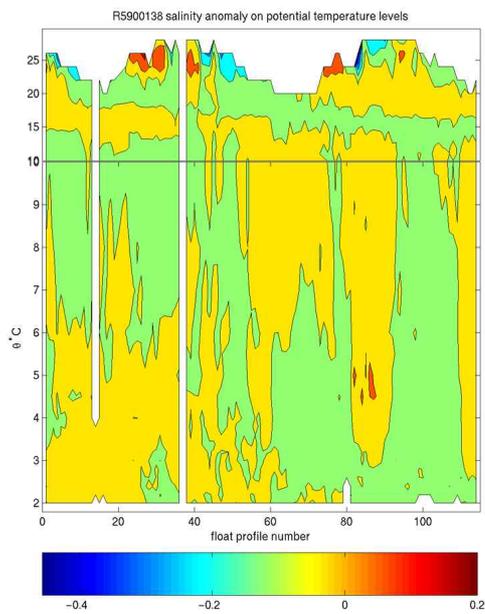


(d)

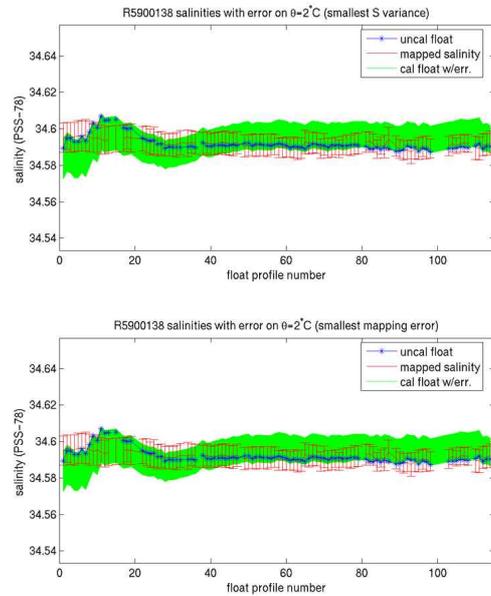


(e)

Fig. 3-30. Continued.



(f)



(g)

Fig. 3-30. Continued.

상기 7개의 결과 그래프는 reference database로부터 플로트 부근의 자료를 추출하여 potential temperature와 염분과의 관계를 이용하여 통계적으로 offset과 조정값을 나타낸 것이다. 이런 종합 결과를 바탕으로 PI와 논의를 거친 뒤 D file을 작성하여 GDAC으로 보고해야하며, 현재 한국해양자료센터는 한국 Argo 플로트에 대한 D file 작성을 하기 시작한 상태이다.

라) D file(부록 참조)

실시간 파일인 R file에 지연모드 자료품질관리를 수행한 결과를 기록한 파일을 D file 이라고 한다. D file을 만들 때 기록해야 하는 필수 변수들은 다음과 같다.

- measurements

D file에 기록 되어야 할 필수 측정 변수들이다.

- <PARAM>_ADJUSTED;
- <PARAM>_ADJUSTED_QC;
- <PARAM>_ADJUSTED_ERROR.

변수 PROFILE_<PARAM>_QC는 <PARAM>_ADJUSTED_QC가 이용되었을 때 재계산되어야 한다. 여기서, <PARAM>은 netCDF 파일에 기록되어 있는 모든 측정 parameter를 말한다. 모든 Argo netCDF에 파일에 기본적으로 기록되어 있는 측정 parameter로는 <PARAM> = PRES, TEMP, PSAL이 있다. <PARAM> = CNDC, CNDC_ADJUSTED, CNDC_ADJUSTED_QC, 그리고 CNDC_ADJUSTED_ERROR는 변수 각각의 'FillValue'로 채운다. 만일 'FillValue'를 가지지 않는다면, CNDC_ADJUSTED는 PSAL_ADJUSTED, TEMP_ADJUSTED, 그리고 PRES_ADJUSTED와 일치하도록 계산되어야 한다. CNDC_ADJUSTED_QC는 PSAL_ADJUSTED_QC와 같아야 하고, CNDC_ADJUSTED_ERROR는 PSAL_ADJUSTED_ERROR와 일치해야 한다.

몇몇 Argo netCDF 파일은 DOXY를 기록한다. 현재 DOXY에 대한 입증된 delayed mode qc 방법이 없으므로 DOXY_ADJUSTD 는 실제 DOXY 값을 기록하고 DOXY_ADJUSTED_QC는 '0', DOXY_ADJUSTED_ERROR는 'FillValue'로 채운다. 그리고 PROFILE_DOXY_QC는 공백으로 둔다.

- scientific calibration information

각 프로파일의 Argo netCDF 파일에는 지연모드의 조정의 자세한 내용을 기록한 scientific calibration section이 있다. 지연모드 자료품질관리가 수행된 후 scientific calibration section의 변수 값을 기록하여야 한다.

netCDF 파일에 기록된 모든 측정 parameter는 변수 PARAMETER에 기록되어야 한다. PARAMETER(PRES, TEMP, PSAL, CNDC, DOXY)에 기록된 모든 측정 parameter에 대하여 기록해야할 scientific calibration 변수는 다음과 같다.

- SCIENTIFIC_CALIB_EQUATION;
- SCIENTIFIC_CALIB_COEFFICIENT;
- SCIENTIFIC_CALIB_COMMENT;
- CALIBRATION_DATE.

어떠한 조정도 수행되지 않은 경우 SCIENTIFIC_CALIB_EQUATION과 SCIENTIFIC_CALIB_COEFFICIENT는 각각의 'FillValue'로 채우고, SCIENTIFIC_CALIB_COMMENT는 평가를 소개하는 문장을 기록한다.

예 1: "No adjustment is needed because no significant sensor drift has been detected."

예 2: "No approved method for delayed-mode qc on DOXY is available."

조정이 수행되었을 경우 PSAL에 대한 문장의 예는 다음과 같다.

- SCIENTIFIC_CALIB_EQUATION: "PSAL_ADJUSTED = PSAL + ΔS , where ΔS is calculated from a potential conductivity (ref to 0 dbar) multiplicative adjustment term r."

- SCIENTIFIC_CALIB_COMMENT: "Sensor drift detected. Adjusted float salinity to statistical recommendation as in WJO (2003), with WOD2001 as the reference database. Mapping scales used are 8/4,4/2. Length of sliding calibration window is +/-20 profiles."

그리고 조정이 수행되었을 경우 각 측정 parameter에 대한 지연모드 자료품질관리가 된 날짜가 변수 CALIBRATION_DATE에 기록되어야 한다.

- other variables

지연모드 자료품질관리를 수행한 과거 기록을 netCDF 파일의 HISTORY section에 추가한다.

- DATA_MODE;
- DATA_STATE_INDICATOR;
- DATE_UPDATE.

DATA_MODE를 'R'에서 'D'로 바꾸고, DATA_STATE_INDICATOR는 '2C'로 기록한다. DATE_UPDATE는 netCDF file을 마지막으로 업데이트한 날짜를 기록하고, 마지막으로 프로파일 Argo netCDF 파일의 이름을 'R*.nc'에서 'D*.nc'로 바꾼다.

3. 결언

가. 요약 및 토의

- Argo 정보 수집 및 제공체계 구축
 - 미국과 프랑스의 세계 Argo 자료센터와 FTP 방식으로 1일 1회 Argo 자료를 자동으로 다운로드받아 현재까지 약 430,000개(금년도 사업분은 약 50,000개)의 프로파일을 축적하여 국내 이용자에게 쉽고 안정적으로 Argo 자료를 제공
 - 한국해양연구원과 기상청 기상연구소의 Argo 자료제공 홈페이지를 통하여 한국해양자료센터는 지연모드 자료품질관리를 위하여 동해와 북서태평양의 한국 Argo 프로파일을 주기적으로 확보
- 지연 모드 자료관리 기반 조성
 - 미국 ONR의 CTD 자료를 이용하여 동해의 reference database 구성
 - 북서태평양의 플로트는 일본 JAMSTEC의 SeHyD를 활용
 - 동해 및 북서태평양의 플로트에 대한 지연모드 자료품질관리 프로그램(WJO 방법)을 적용 및 D file 작성 완료
- 국제 Argo 그룹과의 협력
 - 중국 텐진에서 개최된 제7차 국제 Argo 자료관리그룹 회의에 참여하였으며, 지연모드 자료품질관리에 관한 논의에 참여

나. 향후 계획

미국과 프랑스의 GDAC을 포함하여 다양한 경로를 통해 Argo 자료를 확보하여 한국 Argo 정보센터의 자료를 지속적으로 경신하여 다양한 국내 이용자들에게 한반도 주변 해역은 물론 전 대양의 Argo 자료를 쉽고 신속하고 안정적으로 제공하고자 한다. 동해와 북서태평양의 한국 Argo 플로트에 대한 지연모드 자료품질관리를 실시하여 GDAC으로 보고하고 지속적으로 동해 reference database를 개선한다.

제 7 절 ARGO 뜰개 자료를 이용한 국지적 자료동화

해양수산연구개발과제의 일환으로 개발된 KEY모델을 이용하여 1/6. 격자에 2000년 동해에서 작동중인 뜰개의 수온 프로파일의 자료동화 실험을 실시하였다(Suk et al, 2002). 자료동화에 사용된 뜰개는 2대로 1998년에 투하된 염분센서가 없는 PALACE기종(뜰개 ID : 10029/08173)으로 5일 간격으로 자료를 송신하였다.

2000년 뜰개 10029는 우리나라 근방 130~113. E에서 움직였고, 뜰개 08173은 일본 부근에서 움직이다가 쓰가루해협으로 빠져나갔다 (Fig. 3-31). 자료동화 실험에는 2000년 MCSST도 함께 적용하였다. 모델 영역밖에 있는 프로파일과 직관적으로 판단하더라도 비정상적인 수온구조를 보이는 프로파일을 제거한 후 2000년 자료동화 실험의 입력자료로 구성한 총 프로파일의 갯수는 102개로 시공간적으로 매우 듬성 듬성하게 분포하고 있다.

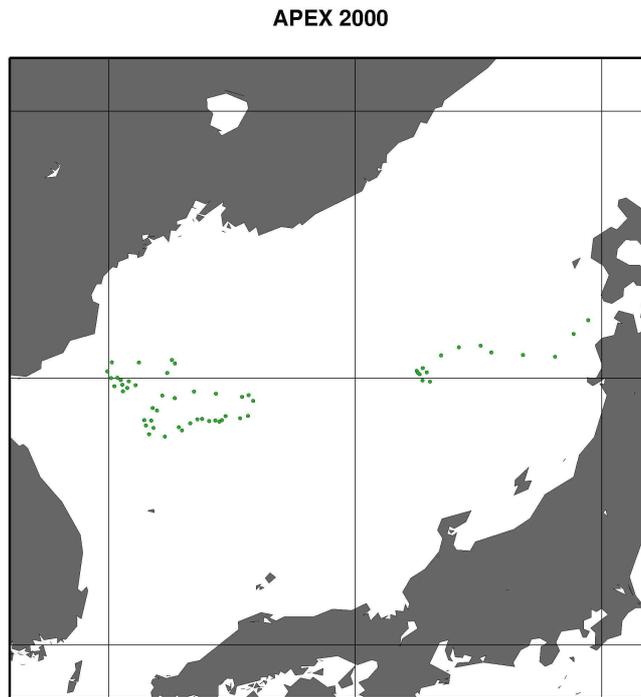


Fig. 3-31. The locations of two floats during 2000 (WMO ID : 10029, 08173).

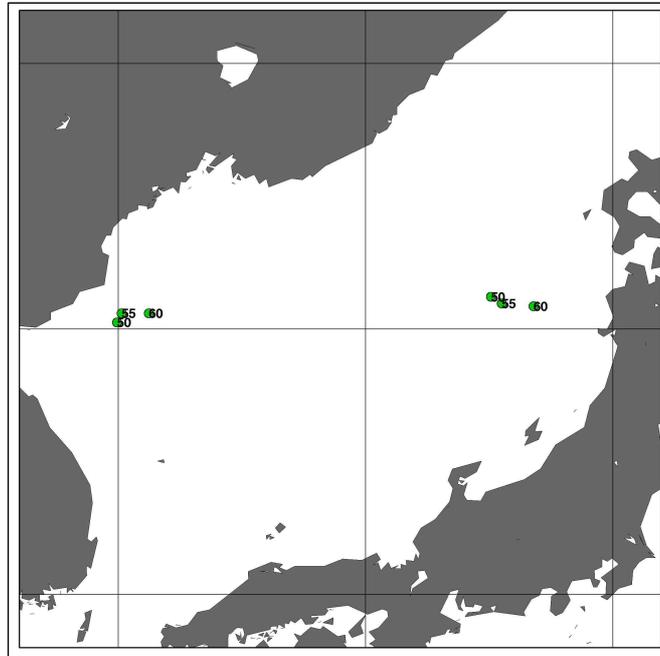


Fig. 3-32. The locations of two floats in Feb.19, Feb. 24, and Mar. 1, 2000.

비교를 위한 자료로서 2000년 2월 19일, 24일, 3월 1일에 해당하는 모델 결과를 추출하여 사용하였다. 위의 날짜에 대한 뜰개의 위치는 Fig. 3-32와 같다. 뜰개 10029는 우리나라 근방 130. E에 위치하면서 동진하고 있다 (위치옆의 숫자는 Julian day를 의미한다.). 뜰개 08173 역시 쓰가루해협 앞에서 동진하고 있다. 이 자료가 자료동화된 시기의 2000년 2월 24일 수온의 분포를 보면 (Fig. 3-33), 표층에서 뜰개의 수온에 의한 영향에 의해서 131. E, 40. N부근과 쓰가루 해협 앞에서 등온선이 변화된 것을 볼 수 있다. 이러한 영향은 150m수온의 분포에서 다소 강하게 나타나 쓰가루 해협 앞에서는 등온선이 남쪽 방향으로 혀모양으로 뺨쳐 있고 수온차가 -4°C 에 달한다. 그리고 자료동화에 의한 영향도 주위로 확장된 경향을 보이고 있다. Fig. 3-33의 뜰개의 위치에서 뜰개로 실제 관측한 것, 자료동화 실시한 결과, 자료동화를 실시하지 않은 것의 3가지 경우에 대한 수온의 수직 프로파일을 그림에 표시하였다 (Fig. 3-34). 여전히 관측과 모델의 차는 존재한다. 그러나 자료동화를 실시한 경우에 모델의 수온은 자료동화를 실시하지 않은 경우보다 관측수온에 더욱 근접하고 있음을 알 수 있다. 특히 100m이상의 수심에서는 모델의 수온이 항상 관측 수온보다 높게 나타나는데, 이는 자료동화에 의해서 1°C 이상 모델 수온이 낮아졌기 때문이다. 그리고 표층의 경우에 외력으로 사용한 MCSST의 수온과 뜰개

의 표층 수온에 대한 상호간의 보정이 이루어지지 않았으므로 표층 수온의 차가 크게 나타난 것으로 생각된다.

이상의 자료동화 실험으로 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 첫째, 시공간적으로 성긴 자료를 자료동화할 때에 주변의 장에 매끄럽게 섞일 수 있도록 많은 주의를 요한다. 둘째, 프로파일 형태의 자료동화를 통하여 모델의 중층 수온구조가 관측된 수온구조에 의해서 교정될 수 있는 가능성을 보인다. 셋째, 모델의 저층 수온이 높게 계산되는 경향을 억제하는 방법의 도입이 필요하다. 넷째, 모델이 수온약층을 잘 재현하지 못하므로 모델의 수직적 해상도 증가, 새로운 수직격자체계 등을 적용할 필요가 있다.

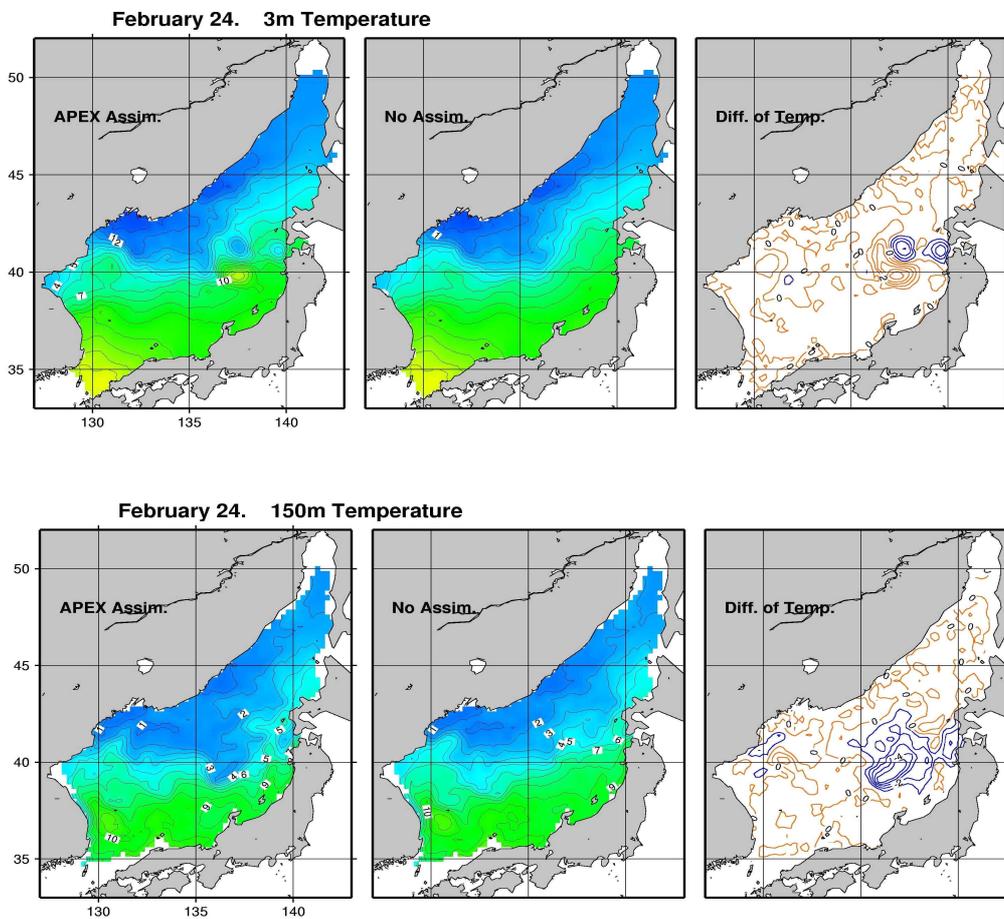


Fig. 3-33. Surface temperature with float data assimilation, temperature without assimilation and difference of two distributions in Feb. 24, 2000. Bottom figures are same as top ones except 150m depth

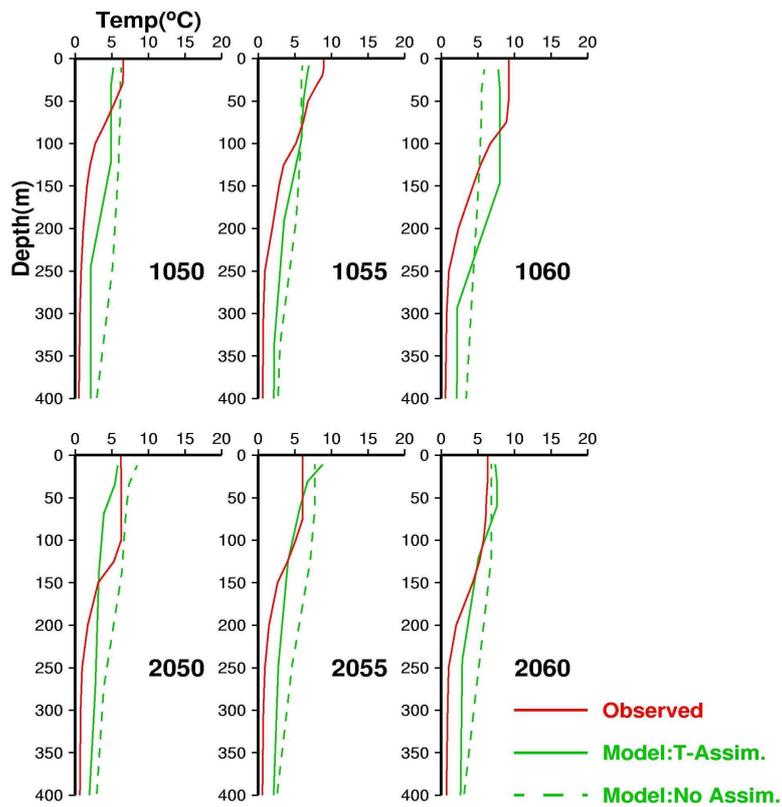


Fig. 3-34. Vertical temperature profiles in the locations of Fig. 3-33. Top and bottom figures are from floats 10029 and 08173, respectively

제 8 절 국제 ARGO 그룹과의 협력

1. 제7차 국제 Argo 자료관리팀 회의 의제

1) Status of Argo Program

The Argo Technical Coordinator will report on the status of the Argo program and on the development of the Argo Information Centre. The implementation of metrics defined by the ADMT to monitor the performance of the data system will be discussed. The results of the Argo users survey and the proposal for a problem reporting mechanism will be presented. The ADMT will discuss on how to improve the communication on Argo and facilitate the

access to scientific products.

- o Review of the Action from last ADMT (S Pouliquen)
- o Argo Status (M Belbch)
- o Development of the AIC (M Belbch)
- o Communication with users (M Belbch)

2) Real Time Data Management

Review the Argo real time data stream, the status of actions from ADMT-5 and identify new actions needed to improve the volume, timeliness of delivery and quality and ease of Argo RT data.

- o Real-time availability: (M Belbeoch)
- o Argo floats only available on GTS and not at GDAC
- o Historical Dataset
- o GTS status
- o Timeliness of data delivery: Review evidence provided by the MEDS statistics on the timeliness of data delivery via GTS. (A Tran)
- o Real Time processing correction at CLS (P Gros)
- o Status GTS problems (M Ignaszewski)
- o Distribution to GDAC (C Coatanoan)
- o Consistency of RT QC checks between DACs (C Coatanoan)
- o Correction in RT of pressure for APEX floats using the SURFACE-PRESSURE technical parameter (A Tresher)
- o GODAE -QC pilot project (M Ignaszewski on behalf of J Cumming)

3) Trajectory from Argo data

- o Feedback from Trajectory Workshop in Korea (B King)

4) GDAC Services

What's new at GDACs and Improve services for users.

- o What's new at Coriolis and US Gdacs (T Carval, M Ignaszewski)
- o Dfile version tracking (S Pouliquen)

- o Status of GDAC synchronization improvements (Mark Ignaszewski)
- o New needs?

5) Format issues

While format is pretty well standardized for measurements and qc flags, experience at GDACS shows that there are discrepancies both at metadata and technical and history levels that ought to be resolved to the benefit of the community. A lot of discussions occurred by email during the year but decisions need to be taken.

- o BUFR Format (T Yoshida)
- o "Highly" desirable metadata fields/ extension to other file types.
- o Technical Files (A Tresher)

6) Delayed mode data management

Action items: 22 23 24 25 Agenda to be proposed by Brian and Annie. The goal is to provide a feedback for the DMQC-2 meeting and to take decision on action plans at ADMT level.

a. Review status of D files at GDAC (B King)

Summary of DMQC-2 (ADMT-6 action item #25)

Peer review of D files (ADMT-6 action item #23) & progress from intercomparison exercise (AST-7 action item #7, repeated in #51)

b. Testing the new WHOI salinity calibration tool (ADMT-6 action item #22) (A Wong)

c. Delayed-mode qc for dissolved oxygen (Taiyo Kobayashi)

d. Other recommendations from DMQC-2 (B King)

- Real-time salinity drift & offset adjustment (ADMT6- action 18)
- Real-time thermal mass adjustment (AST-7 action items #4 & #5, repeated in #31 & #32)
- Real-time pressure adjustment for Apex floats
- Inclusion of "good" Argo profiles in reference database

e. Other issues (A Wong)

- Compulsory fields to be filled in "D" files (ADMT-6 action items 11 & 12)
- Other recommendations to GDAC file checker for "D" files
- Some glitches from the May 06 format change
- Argo QC Manual, extra statement to be inserted in GDACs & QC Manual

7) Progress on Argo Reference data base

- o Summary of the actions since ADMT-6 (S Pouliquen)
- o Recommendation from DMQC-2 for a central reference database: baseline, future update, naming convention, etc (A Wong)
- o discussion

8. RDACs: provide an information on what done and what is planned

Each RDAC is invited to provide information on the progress made during the past year especially to start implementing the mandatory activities RDACS status and plan (30mn per RDAC)

- o Atlantic (S Pouliquen & C Schmid)
- o Indian (M Ravichandran)
- o Pacific (J Potemra)
- o Southern Ocean (L Rickards)

9) GADR

Status on Argo DVD, plans for regional versions. GADR progress to comply with Argo requirements.

- o The Argo DVD, issue of regional versions (C Sun)
- o Status of the Archiving centre (C Sun)

10) Other topics

2 제7차 국제 Argo 자료관리팀 회의 내용

1) Status of Argo program

2006년 10월 현재 전 세계 해양에서 작동중인 Argo 플로트는 약 2600여개이며, 연간 약 800개를 투하하는 것으로 목표로 하고 있다. 23개국이 Argo 플로트를 투하하고 있어 진정한 국제 프로그램이다. 2005년에 칠레, 멕시코, 브라질, 2006년에 아르헨티나가 참여하였다. Argo 플로트는 APEX가 높은 비율을 차지하고 있으며, 새로운 센서와 기술들이 적용되고 있다.

현재 해결해야할 내용은 지속적인 예산지원과 플로트의 수명연장, 전 지구적 규모의 관측이 지속되도록 유지하는 것이다. 따라서 시범적 프로젝트에서 지속적 해양관측체계로 전환해야하며, 연구 및 운용해양학 그룹과 협력을 지속해야한다. 새로운 AIC 홈페이지를 소개하였다.

2) Real Time Data Management

실시간 Argo 자료 흐름과 자료 분배 및 QC를 위한 활동에 대하여 논의하였다. 가용한 실시간 Argo 자료, GDAC에는 없지만 CTS 상에 있는 자료에 대한 토의를 하였으며, GTS를 통한 실시간 Argo 자료 배포의 timeline과 GTS상에서 자료 중복, 비현실적인 압력, TESAC의 잘못된 기계 및 기록코드, 수심대신 압력을 보고하는 DAC에 대한 발표가 있었다. 금년부터 Argos 3기가 시작되었으며 빠른 자료 전송율과 양방향 송신 등 플로트의 기능 향상을 위해 개선된 사항에 대한 발표하였다 (Fig. 3-35).

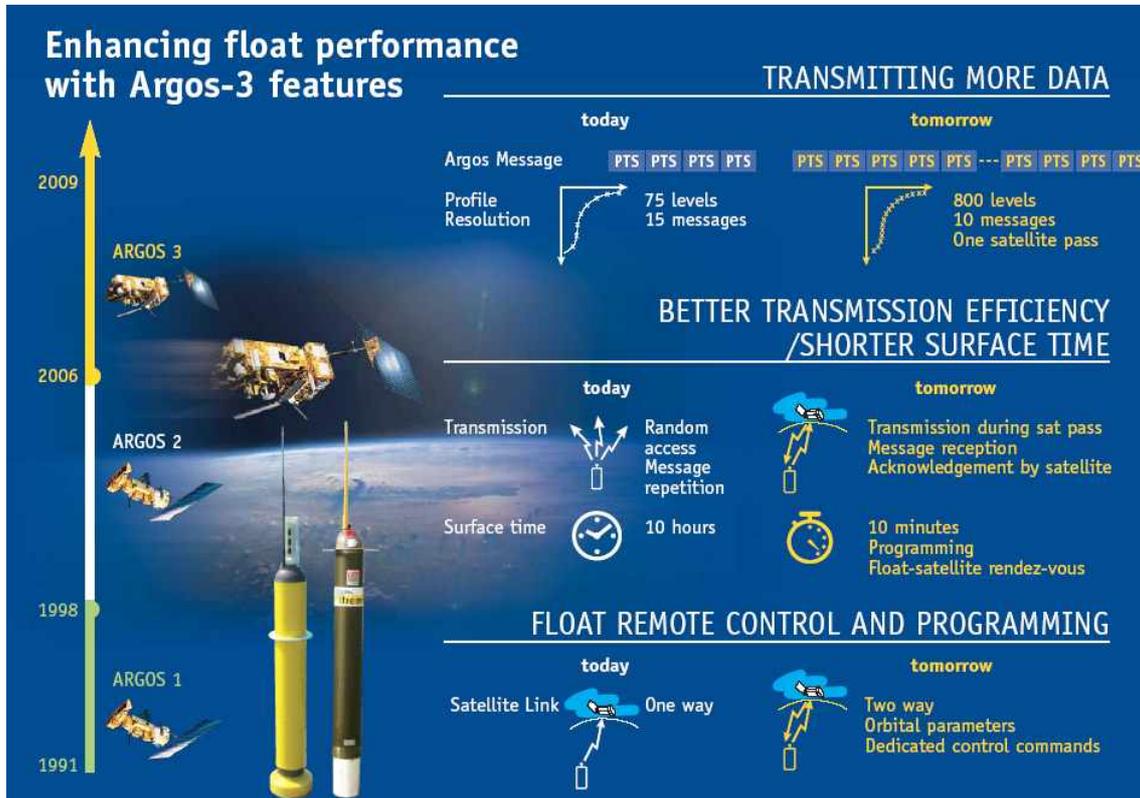


Fig. 3-35. Enhancing float performance with Argos-3 feature.

3) Trajectory from Argo data

Argo 플로트의 궤적자료를 이용하기 위하여 각 DAC에서 수정해야할 부분에 대한 발표가 있었는데, 새롭게 추가하고 수정해야할 항목을 제안하였다.

4)GDAC Services

자료배포에 관하여 프랑스 GDAC과 미국 GDAC이 자료 형식 개선에 대한 공동 노력과 두 시스템 간의 동기화, GTS directory내의 파일 삭제 등의 내용과 향후 계획으로 미국 GDAC과의 상승효과와 GDAC과 같은 시스템을 갖추고자하는 이용자를 돕는 것에 대한 발표를 하였다.

5) Format issues

현재 관측치와 자료품질에 대한 표준화는 잘 되어있는 반면에 GDAC에 의하면 메타데이터와 기술 및 과거기록에 일치하지 않는 부분이 있음을 보고하였다. BUFR 형식은 이미 완성되었으며, WMO에 제출되었다. JMA, MEDS, US Navoceanoi

교차 검증하였으며, 2006년 11월에 검증 및 보완이 완료되어 실제 운용에 들어간다. Perl과 Java로 만들어진 변환 프로그램이 개발되었다.

6) Delayed mode data management

지난 10월에 개최된 DMQC-2 워크샵에 대한 보고가 있었다. RT adjustment of PSAL, Cell thermal mass, RT adjustment of Pressure in APEX 등의 내용의 발표가 있었으며, GTS 상에만 있는 플롯에 대한 우려를 표시하였다. 대양의 플롯의 염분자료에 대한 지연모드 자료품질관리를 위한 Reference Database 구성에 대한 발표가 있었으며, 다음은 현재까지 구성되어 있는 Database이다.

- Pacific - SeHyd, prepared by JAMSTEC
- Indian - Indian Ocean Hydrobase, prepared by JAMSTEC
- Atlantic - Hydrobase, prepared by WHOI
- Southern Ocean - ORSI

그 외에도 Reference database 구성과 형식, 이름 등에 대한 내용이 있었으며, $24 < S < 42$, $0.01 < P < 9999$, $0 < T < 40$ 과 같은 조건을 제시하였다.

7) Progress on Argo Reference data base

Argo 자료관리팀과 CCHDO간에 자료 유통에 대한 논의를 하였다(Fig. 3-36). CCHDO로부터 주기적으로 검증된 새로운 CTD 자료를 입수하며, 기본 자료는 WOD2001를 이용한다. 그러나 약점은 해양자료센터로부터 수집한 자료가 Argo 자료와 비교하면 충분하지 않다는 것이며, 일부 해역은 그 해역에 맞는 reference database를 이미 가지고 있다. 또한 WOD2005가 곧 배포될 예정이다.

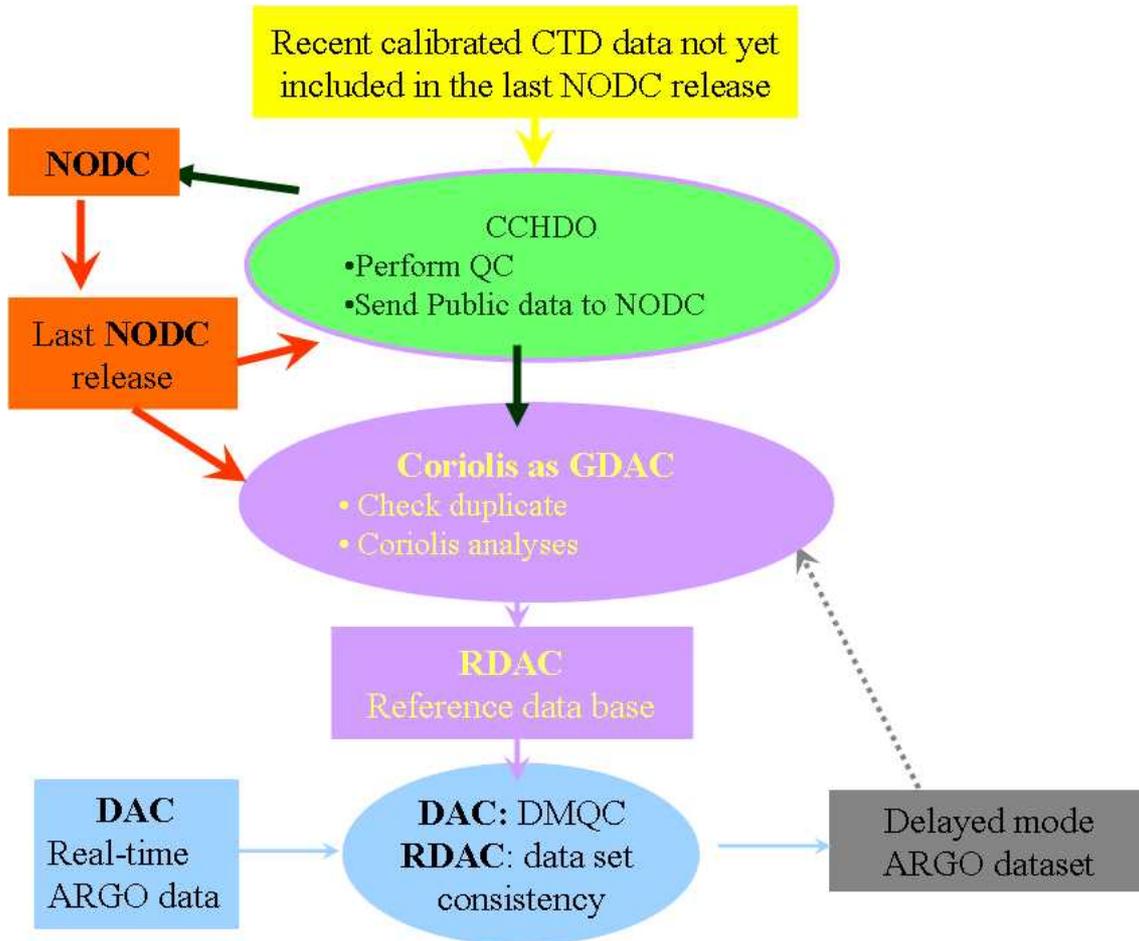


Fig. 3-36. Conceptual diagram of data flow to make reference database.

8) RDACs: provide an information on what done and what is planned

대서양, 인도양, 태평양과 southern ocean에 대한 해역별 RDAC이 지난 1년간의 수행내용을 발표하였다.

9) GADR (Global Argo Data Repository)

GADR 기능은 다음과 같다.

- US GADR로부터 월별로 받은 자료, 궤적, 기술적 정보 등을 저장
- 부이 자료 통계 처리, 자료 모니터링 및 문제점 파악 등
- Argo NetCDF 자료를 다른 형태로 변환 제공

GADR은 한달 약 2000여회의 접속과 한달 평균 12.5 GB 분량의 자료가 축적된다. 이러한 자료들은 사용자들에게 제공하고, 다른 장치들과 함께 모여진 자료를 결

합하여 사용자들이 Argo자료를 얻을 수 있는 총체적인 시스템을 제공한다.

제 4 장 연구개발 목표 달성도 및 대외 기여도

제 1 절 연구 개발의 최종 목표 및 범위

국제 Argo 프로그램에 참여하여 국가적 위상을 높이고, 동해를 포함한 전세계 해양에 대한 Argo자료를 체계적으로 관리함으로써 다방면에 걸친 연구를 수행하기 위한 기반을 마련하는 것이 연구의 목표이다. 또한 대기-해양모델 개발과 전지구적 기후변화 예측을 위한 자료를 제공한다. 이를 위해 Argo 및 관련 IOC프로그램에 참여하여 자료공유 및 국제협력 프로그램 수행을 하고 있으며 Argo뜰개 투하 및 뜰개 자료처리 자동화와 자료 품질 관리를 한다.

연구개발의 범위는 다음과 같다.

- 국제 ARGO 프로그램 참여
- 대상해역 뜰개 투하
- 뜰개자료처리의 자동화
- 동해 중층순환도 작성
- Argo 자료 이용 예비 연구
- KOC 산하에 한국Argo정보센터를 설립

제 2 절 연차별 연구 개발 달성도

| 총연구기간내 연차별 연구내용 대비 달성율(%) | | | |
|---------------------------|---|-------------------|---------------------|
| 연차 | 연차별 달성내용 | 연차별 계획대비 연구실적 달성율 | 총연구기간 대비 연구진척율 (*) |
| 1년차 (2004) | <input type="checkbox"/> 당해연도분 뜰개 투하 ○ 수산과학원 동해연구소의 협조를 통하여 동해에 8대의 뜰개 투하 ○ 우리 연구원 온누리호 동해항차에 3대 투하 ○ 호주 CSIRO의 협조로 호주남방에 5대의 뜰개 투하 ○ 제18차 남극하계연구시 5대의 뜰개 투하예정 <input type="checkbox"/> 동해 중층순환 구조 파악 ○ 뜰개 자료의 통계분석을 통하여 동해남서부해역 700m 층의 흐름을 최초로 밝히고 이를 GRL에 발표함. <input type="checkbox"/> 뜰개자료의 특성파악 ○ 뜰개가 관측한 염분시계열자료를 분석하여, 뜰개에 부착된 CTD의 안정도를 검증하고 이를 한국해양학회지 (바다)에 발표함. <input type="checkbox"/> 국제 Argo 프로그램에서 제공하는 전지구 Argo 자료를 수집하여, 남극해의 순환연구 <input type="checkbox"/> 자료동화 실험 <input type="checkbox"/> 자료처리 자동화 및 홈페이지 구축 | 100% | 40% |
| 2년차 (2005) | <input type="checkbox"/> 당해연도분 뜰개 투하 ○ 우리 연구원의 연구선 이어도호를 이용하여 10대 투하 ○ 호주 CSIRO의 협조로 호주남방에 5대의 뜰개 투하 ○ 제19차 남극하계연구시 3대의 뜰개 투하예정 <input type="checkbox"/> 동해 중층순환의 구조 파악 ○ 정선관측 자료와 뜰개자료를 활용하여 동해 열염분순환의 특성파악 ○ 동해 중층순환에서 중요한 인자인 DO센서 뜰개를 사용 <input type="checkbox"/> 염분자료의 보정 ○ ARGO 뜰개가 동해에서 관측한 염분자료의 보정 <input type="checkbox"/> Argo 뜰개 자료를 이용한 남극해 해황 파악 ○ KORDI와 국제Argo프로그램에서 남빙양에 투하한 뜰개가 관측한 자료를 수집하여 남극해의 순환과 수온염분구조 파악 | 100% | 70% |
| 3년차 (2006) | <input type="checkbox"/> 당해연차분 뜰개 투하 ○ 우리 연구원의 연구선 이어도호를 이용하여 13대 투하 ○ 호주 CSIRO의 협조로 호주남방에 5대의 뜰개 투하 <input type="checkbox"/> ARGO 뜰개 자료를 이용한 관심 해역 해황 파악 ○ 뜰개자료를 활용하여 실시간 해황 분석 ○ 동해 순환연구에 중요한 인자인 DO센서 뜰개를 사용 (자료축적) <input type="checkbox"/> Argo 자료의 검증과 보정 ○ ARGO 뜰개가 동해에서 관측한 염분자료의 보정 <input type="checkbox"/> 동해 중층순환도의 개선 ○ 기존에 작성한 중층순환도의 범위를 확장하고 object mapping을 이용하여 격자화함 | 100% | 95% |

제 5 장 연구개발 결과의 활용 계획

제 1 절 활용방안

- 전 지구적으로 해양의 수온 변동 상태를 실시간으로 파악함으로써 수산자원의 효율적 관리 및 원양어업의 국제 경쟁력 제고
- 장기 기후변화 예측으로 국가 기후 정책 입안의 기초 자료 제공
- 기상예보기술의 산업화와 같은 해양예보기술을 산업화한다면 새로운 고용창출 기대
- 해양예보의 기초자료로 활용. 해양정책 결정시 요구되는 해양예보자료를 실시간으로 제공받음으로써 업무 효율의 극대화를 꾀할 수 있음
- 해난구조, 적조, 유출유 사고 등 긴급을 요하는 해양사고 현장에서 요구되는 해양예보자료의 실시간 제공으로 업무 효율의 극대화 가능
- 해양환경 모니터링을 요구하는 해양투기장, 해양목장 주변해역에 대한 해양예보자료 제공
- 해류의 장기변동을 이해함으로써 연안역의 통합적인 효과적 관리 가능

제 2 절 기대성과 및 예상 파급 효과

<기술적 측면>

- 상대적으로 관심이 부족했던 해양과학분야의 국제기구 참여를 활성화할 수 있는 계기로 삼을 수 있으며, 유네스코 산하 정부간 해양과학위원회(IOC)에서 아국 위상을 제고함
- El Nino를 비롯한 태평양 해역 3차원 해양구조 정기 감시체제를 구축함
- 지구규모 및 열대태평양 기원 기후변동이 한반도의 해양과 기상에 미치는 영향의 정량적 평가를 시도할 수 있음
- 지구온난화에 따른 한반도 해양환경 변화와 이상기상 예측에 활용가능
- 인공위성을 이용한 해표면 자료와 함께 뜰개에 의하여 관측된 자료를 해양예보모델에 실시간 동화시킴으로서 해양예보 정확도를 개선함
- 해양순환 및 변동성의 역학적 이해를 통해 선진국형 기후변화 예측력 확보와 한국형 기후변화 예측기술 정립이 가능함

<경제·산업적 측면>

- 국제협력을 통해 적은 투자(50억)로 전세계적으로 3,000여대의 뜰개에 의한 측정자료(1,500억 상당)를 확보할 수 있음
- 선박이 경제적 항로 결정에 요구되는 해양예보자료 제공
- 항만, 연안역 개발 공사 등에서 해양예보자료를 이용한 환경평가작업이 보다 경제적이고 용이해짐

제 6 장 참고 문헌

- Argo delayed-mode management team, 2006. Argo quality control manual Version 2.1.
- Bohme, L. and U. Send, 2005. Objective analyses of hydrographic data for referencing profiling float salinities in highly variable environments. *Deep-Sea Research II*, 52/3-4, 651-664.
- Bretherton, F. P., R. E. Davis, and C. B. Fandry (1976), A technique for objective analysis and design of oceanographic experiments applied to MODE-73, *Deep-Sea Res.*, 23, 559-582.
- Kobayashi, T. and S. Minato, 2005. Importance of reference dataset improvements for Argo delayed-mode quality control. *Journal of Oceanography*, Vol. 61, No. 6, 995-1009.
- Oh, K.-H, Y.-G, Park, and M.-S. Suk, 2004. Accuracy and stability of temperature and salinity obtained from Argo floats, [*the Sea*] *J. of Korean Society of Oceanography* (in Korean).
- Park, Y.-G, K.-H. Oh, K.-I. Chang, and M.-S. Suk, 2004. Intermediate level circulation of the southwestern part of the East/Japan Sea estimated from autonomous isobaric profiling floats, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L13213, doi:1029/2004GL020424.
- Takematsu, M., Z. Nagano, A.G. Ostrovskii, K. Kim and U. Volkov (1999). Direct measurement of Deep Currents in the Northern Japan Sea. *J. Oceanogr.*, 55, 207-216.
- Teague, W.J., K.L. Tracey, D.R. Watts, J.W. Book, K.-I. Chang, P.J. Hogan, D.A. Mitchell, M.-S. Suk, M. Wimbush and J.-H. Yoon (2005). Observed deep circulation in the Ulleung basin. *Deep Sea Res.II*, 52, 1802-1826.
- Yun, J.-Y., L. Magaard, K. Kim, C.-W. Shin, C. Kim and S.-K. Byun (2004). Spatial and temporal variability of the North Korean Cold Water leading to the near-bottom cold water intrusion in Korea Strait. *Prog. in Oceanography*, 60, 99-131.

Wong, A.P.S., G.C. Johnson, and W.B. Owens, 2003. Delayed-mode calibration of autonomous CTD profiling float salinity data by θ -S climatology. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 20, 308-318.