

Note

## 후처리과정을 통한 CTD 관측 자료 품질 개선에 대하여

최아라<sup>1</sup> · 박영규<sup>1\*</sup> · 민홍식<sup>1</sup> · 김경홍<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국해양연구원 기후·연안재해연구부

<sup>2</sup>한국해양연구원 심해·해저자원연구부

(425-600) 경기도 안산시 안산우체국 사서함 29

## The Improvement of CTD Data through Post Processing

A-Ra Choi<sup>1</sup>, Young-Gyu Park<sup>1\*</sup>, Hong Sik Min<sup>1</sup> and Kyeong-Hong Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Climate Change & Coastal Disaster Research Department, KORDI

<sup>2</sup>Deep-sea & Marine Georesources Research Department, KORDI

Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

**Abstract** : It is possible to obtain accurate temperature and salinity profiles of the oceans using a SBE 911plus CTD and accompanying data conversion packages. To obtain highly accurate results, CTD data needs to be carefully processed in addition to proper and regular maintenance of the CTD itself. Since the manufacturer of the CTD provides tools that are necessary for post processing, it is possible to conduct proper processing without too much effort. Some users, however, are not familiar with all of the processes and inadvertently ignore some of these processes at the expense of data quality. To draw attention to these and other similar issues, we show how it is possible to improve data quality by utilizing a few extra processes to the standard or default data process procedures with CTD data obtained from the equatorial Eastern Pacific between 2001 and 2005, and 2007. One easy step that is often ignored in the standard data process procedure is “wild edit”, which removes abnormal values from the raw data. If those abnormal values are not removed, the abnormality could spread vertically during subsequent processes and produce abnormal salinity in a range much wider than that of the raw data. To remove spikes in salinity profiles the “align CTD” procedure must be carried out not with the default values included in the data processing software but with a proper time constant. Only when “cell thermal mass” correction is conducted with optimal parameters, we can reduce the difference between upcast and downcast, and obtain results that can satisfy the nominal accuracy of the CTD.

**Key words** : CTD data post processing, data quality control

### 1. 서 론

기후변화로 인한 물성의 변화나 자연적인 변동성에 의한 해양환경의 변화를 파악하기 위해서는 정확한 관측 자료가 필요하다. 현재 해양 관측에 널리 사용되는 SBE 911plus CTD는 수온과 전도도, 압력을 측정하는 매우 정

밀한 장비로, 수온센서와 전도도센서의 정확도는 각각 0.001°C와 0.0003 S/m이다(SBE 2008a, 전도도센서의 정확도를 염분으로 환산하면 수온과 압력에 따라 차이는 있지만 약 0.003 psu 정도이다). 이처럼 정밀한 자료 획득이 가능한 CTD의 장점을 활용하기 위해서는 장비의 체계적인 유지 보수와 올바른 측정, 그리고 정확한 후처리과정이 필요하다. 비록 모든 연구자가 매우 정확도가 높은 수온 염분 자료를 요구하는 것은 아니지만, 얻은 자료를 타 연

\*Corresponding author. E-mail : ypark@kordi.re.kr

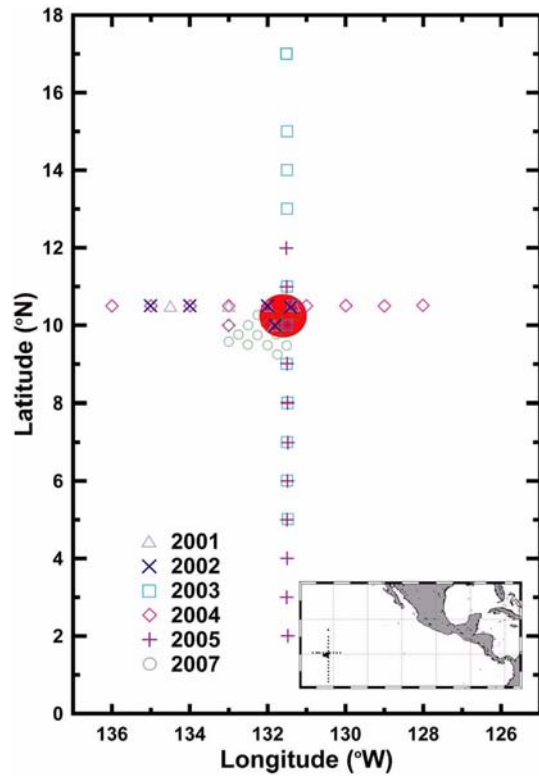
**Table 1. Procedure and constants of standard post data processing for SBE 911Plus (SBE Data Processing User's manual)**

|   |
|---|
| 1. Data Conversion                              |
| 2. Filter : 0.15 s low pass filter for pressure |
| 3. Cell Thermal Mass: $\alpha=0.03$ $1/\beta=7$ |
| 4. Loop Edit : 0.25 m/s                         |
| 5. Derive                                       |
| 6. Bin Average                                  |

구나 데이터베이스 등에 활용하여 효율성을 높이기 위해서는 자료의 품질 관리가 꼭 필요하다. 최근 CTD의 사용이 보편화되면서 장비와 함께 제공되는 프로그램을 이용하여 자료의 질을 신경 쓰지 않고 단순하게 처리하는 경향이 있다. 여기에서는 이미 알려져 있으나 주의 깊게 적용을 하지 않는 경우가 적지 않은 후처리과정을 거침에 따라 자료의 품질이 향상되는 것을 보여 후처리과정의 필요와 중요성에 대한 주의를 환기시키고자 한다.

일반적으로 후처리과정은 CTD 제조회사인 Seabird사에서 제공하는 프로그램(SBE 2008c)을 이용한다. Seabird사는 CTD 종류에 따른 표준 후처리과정을 권고하는데 널리 사용되는 SBE 911plus CTD로 측정된 자료를 처리하는 표준 후처리과정은 Table 1과 같다. 표준 후처리과정은 먼저 관측한 항목을 모두 포함한 원시 자료에서 사용자가 필요한 자료를 선택하고 자료 처리 프로그램에 사용되는 cnv 파일로 변화시키는 자료전환, 저주파통과여과기(Low-pass filter)를 적용하여 입력을 평탄하게 만드는 여과(filter), 수온이 급격하게 변하는 구간에서 특히 심하게 나타나는, 전도도센서의 온도가 이전 수심의 수온의 영향을 받아 주변 해수의 수온과 일치하지 않는 열관성(thermal inertia) 현상에 의해 염분이 실제와 다르게 계산되는 것을 보정하는 Cell Thermal mass(이후 celltm), CTD의 이동속도를 고려하여 기준이 되는 적정 최소 CTD 이동속도 이하에서 관측된 좋지 않은 자료를 제거하는 loop edit, 보정된 자료를 이용하여 염분이나 밀도 등을 계산하는 추출(derive), 일정한 간격으로 자료의 평균을 구하는 구간평균(bin average)으로 이루어져 있다. 그러나 표준 후처리과정은 일반적인 경우에 해당하는 자료 처리과정으로 관측 당시의 해양환경을 반영하고 있지 않아 실제 자료 처리를 수행한 결과를 보면 표준 후처리과정만으로는 정확한 자료를 획득하기에 부족하다. 특히 열관성 현상을 보정하기 위해서는 표준 후처리과정에서 Seabird사가 제시하는 계수를 이용하기보다 관측 해역과 관측 시기의 특성을 고려한 계수를 사용하는 것이 필요하다(Morison et al. 1994). Kim et al.(2000)도 동해에서 얻은 CTD 자료의 후처리과정을 설명하고, 이 과정을 거치면 자료의 질이 향상됨을 보여주었다.

여기에서는 2001~2005년, 2007년에 열대 동태평양에서



**Fig. 1. Locations of CTD stations.**

여름에 관측한 자료(Fig. 1)를 사용하여, 표준 후처리과정에 관측이 수행된 시기와 열대 동태평양의 특성을 고려한 부가적인 자료 처리과정을 추가하여 보다 정확한 자료를 얻는 방법과 과정을 설명한다. 이 자료를 이용하여 관측된 해수의 특성에 대해서는 Chang et al.(2004)와 신 등(2004)에 의해 소개된 바 있다. 신 등(2004)에서 보여준 것처럼 심층에서는 매우 미세한 염분 차이로 수괴가 구별되기 때문에, 심해환경과 그 변화를 파악하기 위해서는 자료의 품질 관리가 반드시 필요하다.

여기에서 사용되는 후처리과정은 Kim et al.(2000)이 제시한 방법을 따른 것으로 보정 시 필요한 적절한 계수를 계산하는 과정과 Seabird사에서 제공하는 프로그램에는 포

**Table 2. Procedure of post data processing adopted based on Kim et al. (2000). Compared to the ones listed in Table 1, items 2, 4, and 8 are added**

|   |
|---|
| 1. Data Conversion                              |
| 2. Wild Edit                                    |
| 3. Filter : 0.15 s low pass filter for pressure |
| 4. Align CTD                                    |
| 5. Cell Thermal Mass                            |
| 6. Loop Edit : 0.25 m/s                         |
| 7. Derive                                       |
| 8. Window Filter                                |
| 9. Bin Average                                  |

함되어 있지만 SBE 911plus CTD의 표준 후처리과정에는 제외되어 있는 과정이 포함되어 있다. 표준 후처리과정에는 없는 처리단계는 Table 2에 나타난 것과 같이 비정상적인 값을 제거하는 빗나간 값 편집(wild edit), 수온센서와 전도도센서의 반응시간을 고려하여 전도도를 수온에 대해 정렬시키는 재정렬(align), 평균에서 벗어난 값을 제거하기

위한 구간여과(window filter)이다. 표준 후처리과정에 포함된 celltm 과정에는 일률적인 값이 사용되나 여기에서는 관측 해역의 환경을 고려한 값을 사용하였다. Kim et al.(2000)은 동해에서 1994~1995년에 관측한 CTD 자료를 이용하여 동해에 맞는 적절한 celltm 계수를 제시한 바 있다. 각각의 과정은 다음 장에서 자세히 설명한다.

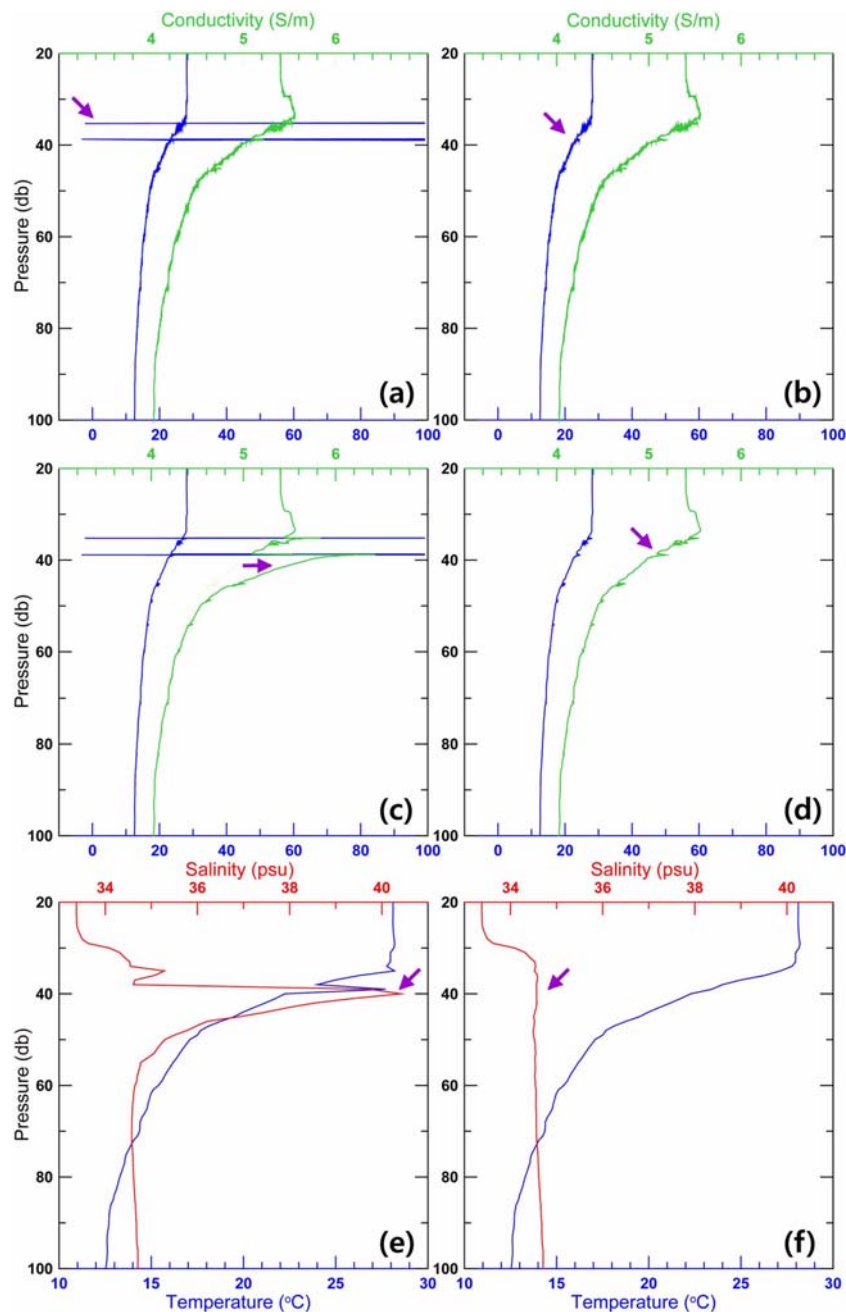


Fig. 2. Profiles of temperature (blue) and conductivity (green) (a) before and (b) after “wild edit” procedure. Those after celltm procedure (c) without and (d) with “wild edit”. Profiles of temperature (blue) and salinity (red) calculated from the conductivity (e) without “wild edit” but with celltm, and (f) with both wild edit and celltm.

## 2. 부가처리과정

### 빗나간 값 편집(Wild Edit)

CTD 관측 자료에는 비정상적인 값(예, Fig. 2a의 화살표)이 나타나는 경우가 있다. 이러한 비정상적인 값을 제거하지 않고 표준 후처리과정을 수행하면 재정렬, celltm, 구간평균 등의 과정에서 비정상적인 값이 영향을 미쳐 적절한 처리에 방해가 된다. Fig. 2는 비정상적인 값을 제거한 경우와 제거하지 않은 경우를 비교한 그림으로 빗나간 값 편집의 수행 여부가 celltm에 영향을 미치는 현상을 잘 나타낸다. 즉 빗나간 값 편집을 하지 않고 celltm을 수행하면 그렇지 않은 경우보다 좋지 않은 품질의 자료를 얻을 수도 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서 정상 범위를 벗어나는 자료를 제거해주는 빗나간 값 편집 과정을 표준 후처리과정에 추가하였다. 이

과정에서는 프로파일에서 100개의 연속된 자료를 한 구간으로 지정하여 평균과 표준편차를 구한다. 이 구간에 포함된 자료 중 평균에서 표준편차의 2배 이상 벗어나는 값을 제외한 후 다시 평균과 표준편차를 계산한다. 이 구간에 있는 자료 중 새로 구한 평균과의 차이가 새로 구한 표준편차의 20배보다 큰 자료는 제거한다. 대부분의 경우 위의 설정(2, 20, 100)을 적용하면 비정상적인 값이 제거되나 프로파일에 따라서는 자료에 맞게 설정을 변경하거나, 빗나간 값 편집 과정을 여러 번 수행해야 하는 경우도 있다.

Fig. 2b에 나타난 것과 같이 빗나간 값 편집 과정을 추가하여 비정상적인 온도를 제거한 후, 표준 후처리과정을 수행하면 Fig. 2d와 같이 celltm 과정에서 전도도가 정상적으로 처리되어, Fig. 2와 같이 올바른 수온과 염분을 얻을 수 있다.

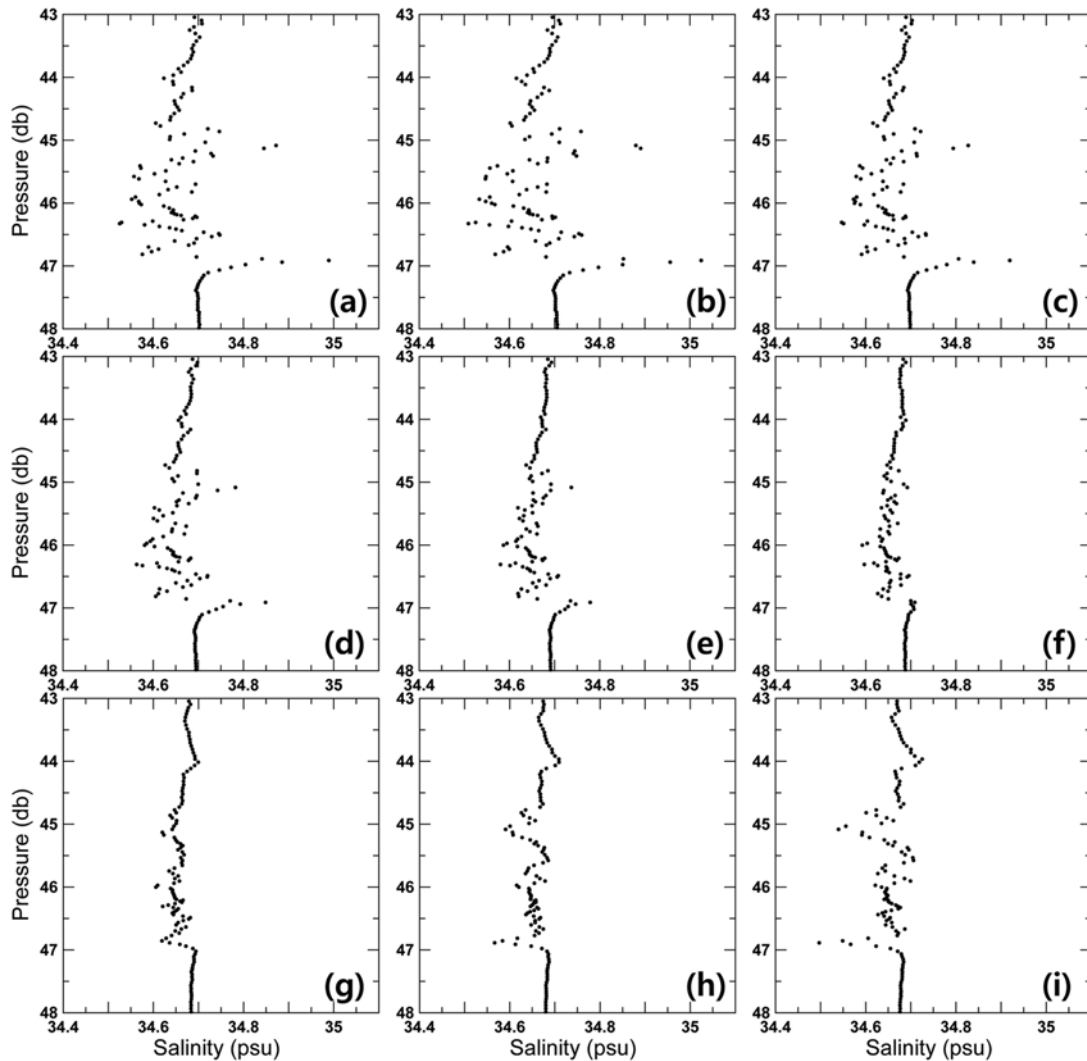


Fig. 3. Salinity profiles (a) before and after “align CTD” with different values of adjustment constant (b) -0.01 sec, (c) 0.01 sec, (d) 0.02 sec, (e) 0.03 sec, (f) 0.04 sec, (g) 0.05 sec, (h) 0.06 sec and (i) 0.07 sec.

**수온 전도도 재정렬(Align CTD)**

CTD에 부착된 수온센서는 주변 변화에 빨리 반응하나 전도도센서는 그렇지 못하기 때문에 이 차이를 보정하지 않으면 염분의 수직구조에 “튀는 값(spike)”이 나타나는 경우가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 SBE 911plus CTD의 선상구성체(deck unit)에는 수온보다 0.073초 후의 전도도를 수온과 같은 시간에 얻은 값으로 처리하여 보정하는 기능이 있어(SBE 2008b), 표준 후처리과정에는 수온과 전도도 간 반응시간차를 조절하는 과정 즉, 전도도를 수온에 대해 정렬시키는 재정렬 과정이 포함되지 않는다. 하지만 반응시간 차이가 상황에 따라 조금씩 달라질 수 있기 때문에 선상구성체에 포함된 과정만으로 완벽히 보정되지 못하여, Fig. 3a에 보이는 것처럼 염분의 수직구조에 튀는 값이 나타나는 경우가 있다. 이런 경우 보정시간을 바꾸어 가며 전도도를 수온에 대해 재정렬시킨 후 염분을 구하면, 보정시간에 따라 Fig. 3b~3i와 같이 튀는 값이 변하는 것을 확인할 수 있다. 이 프로파일의 경우 보정시간이 증가함에 따라 튀는 값이 감소하다가 0.05초에서 최소가 되며 0.06초부터는 다시 증가하기 때문에 0.05초가 적합한 보정시간이다. 즉 보정시간이 0.05초 일 경우 (Fig. 3g) 동일한 시간에 관측된 수온과 전도도를 이용하여 염분을 계산하게 되어 튀는 값이 최소가 된다. 선상구성체에서 행한 보정까지 고려한다면 전체 보정시간은

0.123초가 된다. 모든 프로파일마다 다른 보정시간을 사용하여 재정렬 과정을 수행하기보다는 동일한 시기에 관측한 자료 중 몇 개를 선택하고 비교하여 프로파일에 공통적으로 적용 가능한 보정시간을 결정 후 전체의 프로파일에 그 값을 적용한다.

**Celltm 보정계수 산출**

염분을 계산하기 위해 사용되는 전도도는 수온의 영향을 크게 받는다. 따라서 CTD가 수온이 급격하게 변하는 곳을 통과할 때, 전도도센서가 주변 해수에 바로 적응하지 못하여 CTD가 지나온 이전 수심의 수온에 해당하는 열을 갖게 되는데, 이를 열관성에 의한 열지연(thermal lag) 효과라 한다. 따라서 CTD가 수온이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동할 때, 실제 주변 수온보다 전도도센서의 온도가 높아 실제 해수의 전도도보다 높은 값을 기록하게 된다. 높은 전도도와 수온이 염분 계산에 사용되면, 실제보다 염분이 높아진다. 수온이 낮은 곳에서 높은 곳으로 CTD가 이동할 때는 반대의 현상이 나타나기 때문에, 수온이 높은 상층에서 수온이 낮은 하층으로 이동하는 하강관측의 경우는 염분이 높게 산출되며 하층에서 상층으로 이동하는 상승관측의 경우에는 염분이 낮게 산출된다(Fig. 4a). 이러한 현상은 CTD가 수온약층과 같이 수온이 급격히 변하는 수심을 이동할 때 크게 나타난다.

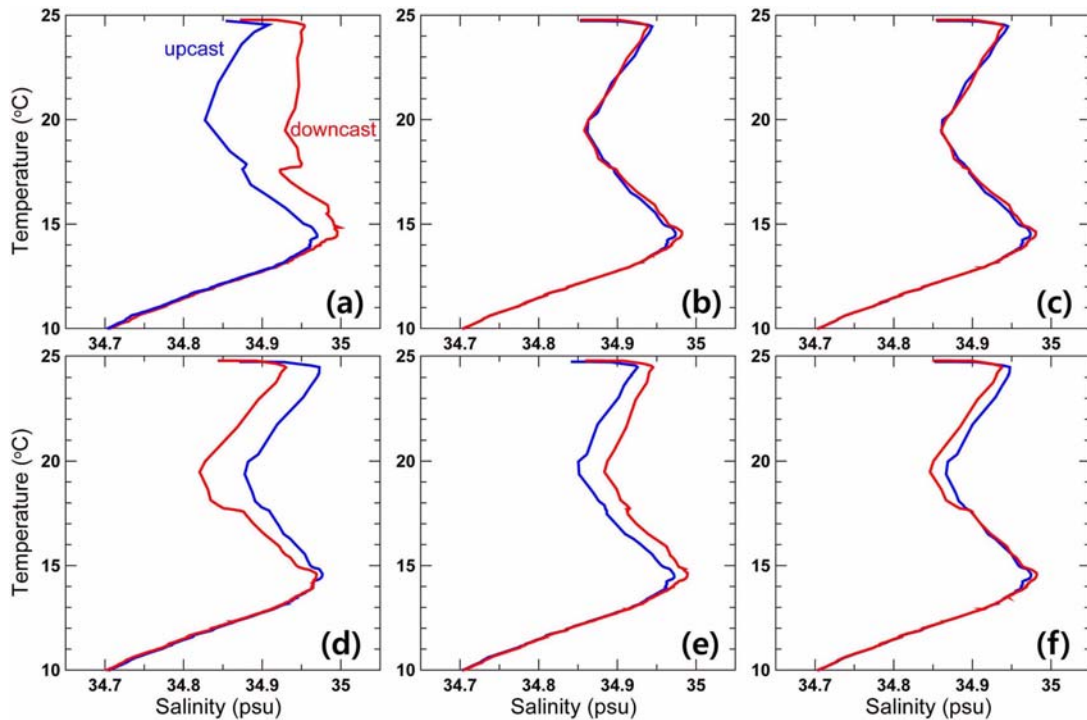


Fig. 4. T-S diagram using the upcast (blue) and the downcast (red) from a hydrographic station (a) before thermal lag correction using celltm, and (b) through (f) after celltm with the combinations of  $\langle \alpha, 1/\beta \rangle$  b through f shown in Fig. 5a. Note that (f) is result using the combination for the standard procedure.

이러한 열지연 현상을 보정하기 위해서 celltm을 수행할 때, 표준 후처리과정에서는 열관성을 보정하는 변수인 열편차 진폭(thermal anomaly amplitude,  $\alpha$ )과 열편차 시간상수(thermal anomaly time constant,  $1/\beta$ )를 각각 0.03과 7로 고정하여 관측 해역의 특성을 고려하지 않고 사용한다. 해역의 특성이 고려되지 않은 고정된 계수를 적용하더라도 Fig. 4f의 상승관측과 하강관측 간 염분 차이가 Fig. 4a에 나타난 차이보다 줄어들어 어느 정도 자료의 질이 향상되는 것을 알 수 있다. 하지만 여전히 하강관측과 상승관측의 염분 차이를 무시하기는 어렵기 때문에 해역의 특성과 관측 시기가 고려된 적절한  $\alpha$ 와  $1/\beta$ 를 찾는 과정이 후처리과정에 필요하다.

이 연구에서는 Morison et al.(1994)에 제시된 방법을 사용하였다. 즉, 적절한  $\langle \alpha, 1/\beta \rangle$  조합을 구하기 위해 Fig. 5에 표시한 것처럼 0.015부터 0.035까지 0.001 간격으로 나누어진 21개의  $\alpha$  값과 5부터 11까지 1 간격으로 나누어진 7개의  $1/\beta$  값으로 구성된 147개의  $\langle \alpha, 1/\beta \rangle$  조합을 적용하여 celltm 과정을 수행한 뒤 염분을 산출하였다.

산출된 염분의 보정 효과를 보기 위해, 열지연 현상이 뚜렷하게 나타나는 수온이 급격히 변하는 10~25°C 사이

를 0.05°C 간격으로 나누어, 301개의 수온 구간에서 상승관측과 하강관측 간 염분의 차이를 계산하였다. Fig. 5는 2004년과 2005년에 관측한 자료 중 각각 2개의 프로파일을 위의 방법으로 계산하여 염분차의 절대값의 평균을 나타낸 그림이다. 그림에서 볼 수 있듯이 염분차의 절대값의 평균이 최소가 되는  $\langle \alpha, 1/\beta \rangle$  조합은 하나가 아니라, 점선으로 표시된 축을 따라 여러 개로 나타나며 축의 위치도 관측 시기와 정점에 따라 조금씩 다르다. Fig. 5a는 Fig. 4의 프로파일을 이용하여 계산한 것으로 Fig. 5a에서 선택한  $\langle \alpha, 1/\beta \rangle$  조합을 적용하여 celltm 과정을 수행하면 Fig. 4b, 4c와 같이 상승관측과 하강관측 간 염분의 차이가 크게 줄어든다. Fig. 4에 나타난 프로파일의 경우에는 Fig. 5a의 b와 c 조합 중 어느 값을 사용하여도 무방하지만, 프로파일마다 염분차의 절대값의 평균이 최소가 되는  $\langle \alpha, 1/\beta \rangle$  조합이 조금씩 다르다. 따라서 위와 같은 과정을 관측 시기가 같은 여러 정점에서 실시하여 정점마다 적합한  $\langle \alpha, 1/\beta \rangle$  조합을 구한 뒤, 여러 정점에 공통적으로 적용할 수 있는 가장 적절한  $\langle \alpha, 1/\beta \rangle$  조합을 선택한다. 매 관측마다 환경이 조금씩 바뀌기 때문에, Table 3에 나타난 것과 같이 관측별로 공통으로 적용 가능한 적절한  $\langle \alpha,$

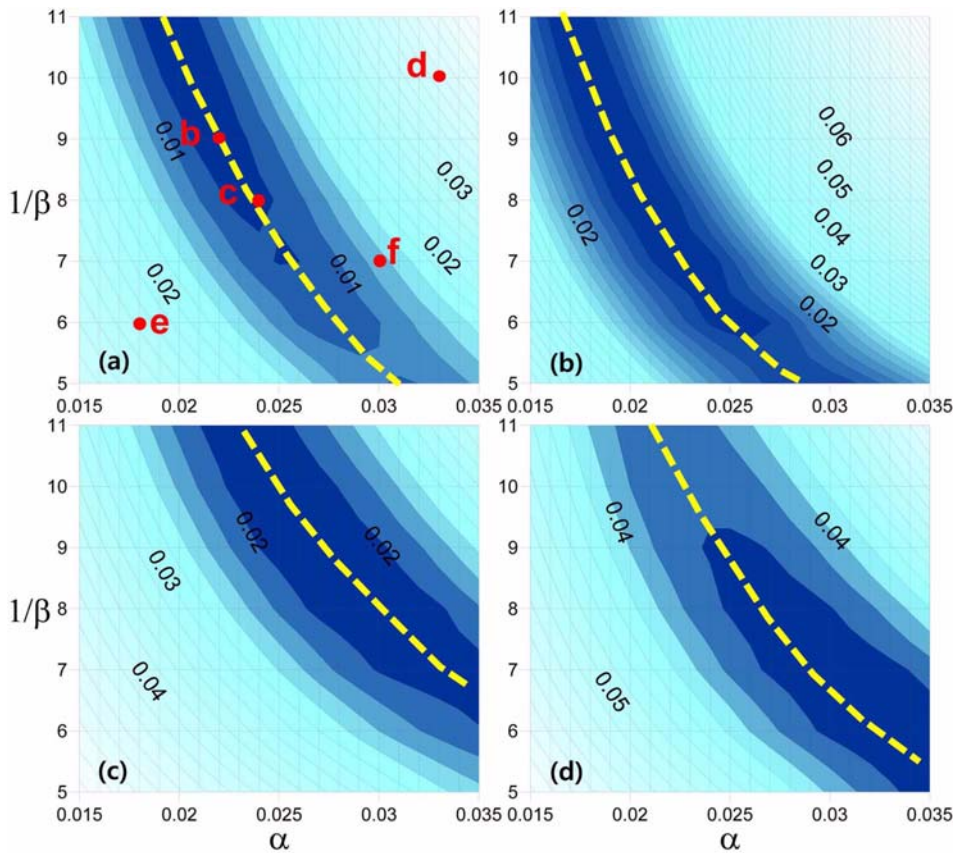


Fig. 5. Absolute differences of salinity between upcast and downcast in  $\langle \alpha, 1/\beta \rangle$  space for profiles in (a, b) 2005 and (c, d) 2004. Combinations b through f of (a) are values used for Fig. 4b through 4f, respectively.

**Table 3. Optimal combination of  $\langle\alpha, 1/\beta\rangle$  in each year**

| Year | $\langle\alpha, 1/\beta\rangle$ |
|------|---------------------------------|
| 2001 | $\langle 0.021, 9 \rangle$      |
| 2002 | $\langle 0.027, 7 \rangle$      |
| 2003 | $\langle 0.03, 8 \rangle$       |
| 2004 | $\langle 0.028, 8 \rangle$      |
| 2005 | $\langle 0.022, 9 \rangle$      |
| 2007 | $\langle 0.021, 8 \rangle$      |

$1/\beta$  조합은 다르다.

**구간여과(Window Filter)**

위에서 기술한 모든 후처리과정을 거친 후에도 여전히 평균에서 벗어난 값이 나타나는 경우가 있다. 이런 경우 구간평균 과정을 수행하기 전에 자료를 매끄럽게 만드는 구간여과 과정을 수행한다. SBE 911plus CTD의 자료 획득 주파수(scan rate)는 24 Hz이기 때문에 CTD의 이동속도가 1 m/s가 되도록 하면, 1 m 간격의 자료는 약 24개 자료의 평균이 된다. 따라서 구간여과 시 구간의 크기(window size)를 25로 지정하고 이 구간 내에서 자료를 정렬시킨 후 중간값을 선택하는 중간값 여과기(median filter)를 사용하면 평균에서 벗어난 값만 적절히 제거할 수 있다.

**3. 결론 및 제언**

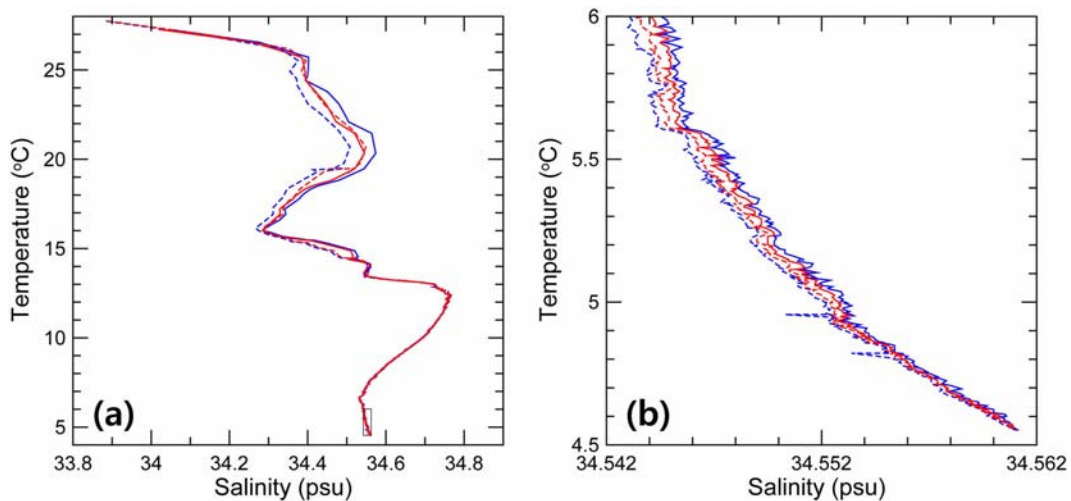
앞에서 설명한 것과 같이 CTD의 특성이나 해역의 특성이 고려된 계수를 사용하고 부가적인 후처리과정을 통해 개선되는 결과를 보여주기 위해서, Fig. 6에서 Table 1에 나타난 표준 후처리과정을 거친 자료의 수온-염분도와

Table 2에 나타난 부가적인 후처리과정까지 거친 자료를 이용한 수온-염분도를 비교하였다. 표준 후처리과정만 수행한 경우에는 상승관측과 하강관측 간 염분 차이가 표층에서는 0.078 psu이고, 저층에서는 0.0014 psu로 큼에 비해, 부가적인 후처리과정을 모두 수행한 경우에는 염분의 차이가 표층에서는 0.023 psu로, 저층에서는 0.0004 psu로 줄어든다.

CTD를 이용하여 정확한 자료를 얻기 위해서는 위에서 기술한 후처리과정 이외에도 장비의 체계적인 유지 보수와 절대값 비교를 위한 채수가 필요하다. CTD의 관측 정확도를 향상시키기 위해 수온센서와 전도도센서 두 쌍을 장착하는 경우가 있다. Fig. 7은 수온센서와 전도도센서 두 쌍(센서1, 센서2)에 대해 후처리과정을 거친 수온-염분도이다. Fig. 7a의 경우는 센서1과 센서2의 염분 차이가 작아 센서1이나 센서2 자료 중 어느 것을 사용하여도 무방하다. 그렇지만 Fig. 7b에 나타난 것처럼 센서1과 센서2의 염분 차이가 큰 경우에는 어떤 것이 참인지 판단하기 어렵다. 이런 경우 관측 시 센서에 문제가 없는지 확인하는 과정이 필요하다. 만약 센서에 문제가 없다면 CTD 관측과 함께 채수한 해수를 분석하여 어떤 값이 참값인지 확인해야 한다.

Fig. 8은 관측 자료 중 인접한 정점(Fig. 1의 적색 원)에서 얻은 자료를 이용하여 작성한 수온-염분도로 Fig. 8a는 표준 후처리과정만 이용한 것이고 Fig. 8b는 부가적인 후처리과정을 모두 포함한 것이다. 이 모든 경우 채수한 자료와의 비교 검증은 이루어지지 않았지만 부가적인 후처리과정을 포함한 경우, 튀는 값이 없어져 자료의 질이 좋아 지는 것을 확인할 수 있다.

2004년, 2005년 2007년에 얻어진 자료는 가장 깊은 곳



**Fig. 6. T-S diagrams of the upcast (solid line) and the downcast (dashed line) from a hydrographic station after the standard post processing procedure shown in Table 1 (blue), and after the additional post processing procedure shown in Table 2 (red). (a) is for the whole range and (b) blown up of the rectangular box in (a).**

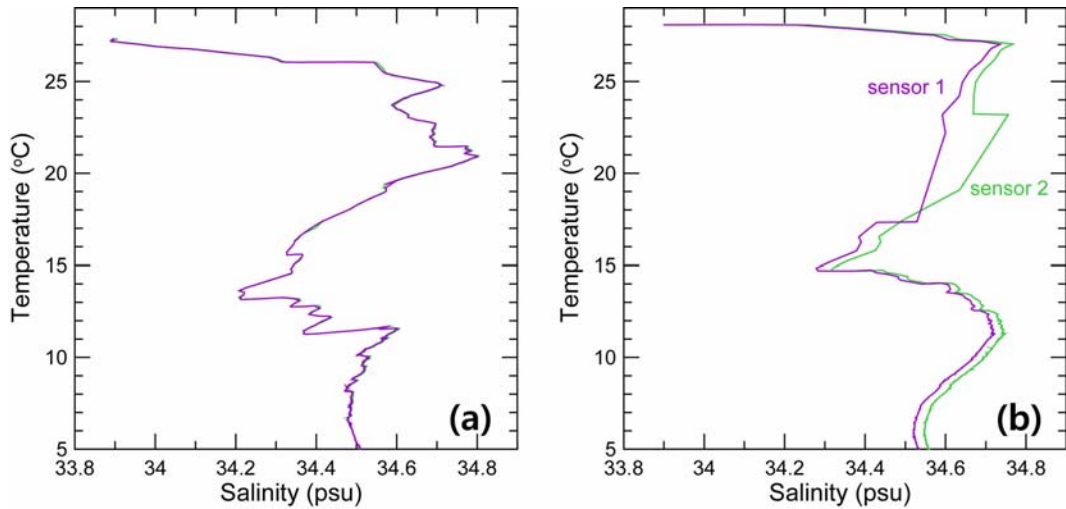


Fig. 7. T-S diagrams using data from two pairs of temperature and conductivity sensor attached to the same CTD (a) in 2003 and (b) in 2001.

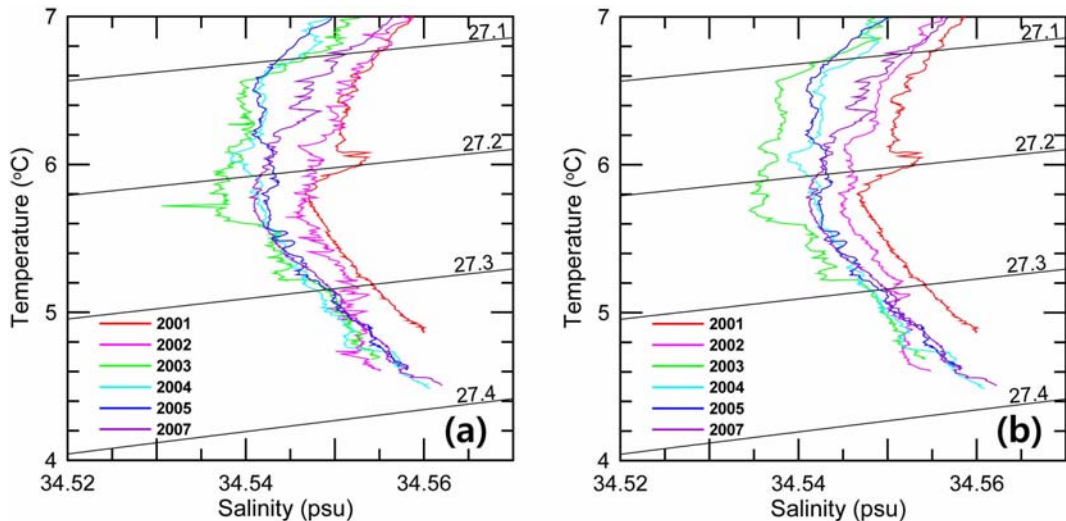


Fig. 8. T-S diagrams using data from neighboring stations shown in the red circle in Fig. 1 (a) after the standard post processing procedure shown in Table 1 and (b) after the additional post processing procedure shown in Table 2.

에서 비슷한 값을 나타내나, 2001년에 얻은 자료는 다른 자료에 비해 최저층에서 같은 온도대에서 0.007 psu 정도 높게 나타난다. 2002년에는 최저층에서 0.005 psu 정도 염분이 낮게 나타난다. 채수한 자료와 비교 검증을 수행하지 않았기 때문에, 이러한 현상이 관측 자료의 문제에 기인하는지 실제 현상인지 확인하기 어렵다. 이처럼 변화가 작은 심해의 환경변화를 파악하기 위해서는 주의 깊은 후처리 과정 이외에도 채수를 통해 자료 검증이 동반되어야 한다. 만약 관측 시 센서에 문제가 있거나 다른 원인에 의해 측정이 제대로 이루어지지 않았다면 획득한 자료를 보정하는 후처리과정을 거쳐도 그 자료의 품질을 높이는 것은 매우 어렵다. 그러므로 올바른 측정과 적절한 후처리과정이 모두 이루어져야 신뢰도 높은 자료를 생산할 수 있다.

사 사

본 논문을 심사하여 주신 편집위원과 심사위원들께 감사드립니다. 본 연구는 “북서태평양이 한반도 주변해(대한해협)에 미치는 영향 연구(PP00720)”, “북동태평양 심해수층환경연구(PM54903)”와 “운용해양(해양예보) 시스템 연구(PM55210)”의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

신홍렬, 황상철, 전동철, 김기현, 곽종흠, 소선섭 (2004) 동태평양 KODOS 탐사해역에서의 물리해양환경 및 저층해류 특성. Ocean and Polar Res 26(2):341-349



- 
- Chang K-I, Hwang S-C, Hong C-S (2004) Hydrographic structure along 131.5°W in the Eastern Tropical Pacific in July 2003. *Ocean and Polar Res* **26**(2):299-309
- Kim Y-G, Kim K, Cho Y-K, Ossi H (2000) CTD data processing for CREAMS expeditions: Thermal-lag correction of sea-bird CTD. *J Korean Soc Oceanogr* **35**(4):192-199
- Morison J, Anderson R, Larson N, D'Asaro E, Boyd T (1994) The correction for thermal-lag effect in sea-bird CTD data. *J Atmos Ocean Technol* **11**:1151-1164
- Sea-Bird Electronic (2008a) SBE 9plus CTD User's manual. 66 p
- Sea-Bird Electronic (2008b) SBE 11plus V2 Deck Unit User's Manual. 79 p
- Sea-Bird Electronic (2008c) SEASOFT-Win32: SBE Data Processing User's manual. 141 p
- 
- Received Oct. 28, 2009*  
*Revised Nov. 24, 2009*  
*Accepted Dec. 2, 2009*