

# 완도 육상 해수 양식장과 조위관측소의 수질 환경 데이터 비교 분석

예성빈\* · 권인영\*\* · 김태호\*\*\* · 박정신\*\*\*\* · 한순희\*\*\*\* · 정희택\*\*\*\*†

## The Comparative Analysis of Water Quality Environment Data of Wando Onshore Seawater Farm and Tidal Observatory

Seoung-Bin Ye\* · In-Yeong Kwon\*\* · Tae-Ho Kim\*\*\* · Jeong-Seon Park\*\*\*\* · Soon-Hee Han\*\*\*\* ·  
Hee-Taek Ceong\*\*\*\*†

### 요 약

육상 양식장 수질 모니터링 시스템의 데이터 신뢰도 향상 및 효율적 시스템 운영을 위하여 현재 시험 운영 중인 육상 해수 양식장과 해양환경정보망(완도조위관측소)의 수질 데이터를 비교 분석한다. 또한 수질 모니터링 시스템의 데이터 오류를 제거하고, 측정 데이터의 신뢰도를 높이는 방법으로 데이터 유효성 검증, 데이터 범위 필터, 데이터 변위 검사를 적용하여 비교 분석한다.

### ABSTRACT

To improve the data on reliability of the onshore fish farm water quality monitoring system and operate the system efficiently, the water quality data of the onshore seawater fish farms which are progressing test operation, and the marine environmental information network(Wando tidal station) were compared and analyzed. Furthermore, data validation, data range filters, and data displacement checks were applied to analyze the data in a way that eliminates the data errors in water quality monitoring systems and increases the reliability of measurement data.

### 키워드

Automatic Control, Embedded System, Monitoring, Network, Water Quality Sensor  
자동 제어, 임베디드 시스템, 모니터링, 네트워크, 수질 센서

\* 전남대학교 디지털컨버전스협동과정 박사과정 수료(ysb1120@naver.com)

\*\* 전남대학교 스마트수산양식연구센터 학술 연구교수(mykid2000@naver.com)

\*\*\* 전남대학교 해양기술학부 교수(kimth@chonnam.ac.kr)

\*\*\*\* 전남대학교 문화콘텐츠학부 교수(jpark@chonnam.ac.kr, shhan@chonnam.ac.kr)

† 교신저자 : 전남대학교 문화콘텐츠학부 교수

• 접수 일 : 2021. 08. 26

• 수정완료일 : 2021. 09. 21

• 게재확정일 : 2021. 10. 17

• Received : Aug. 26, 2021, Revised : Sep. 21, 2021, Accepted : Oct. 17, 2021

• Corresponding Author : Hee-Taek Ceong

Dept. of Multimedia, Chonnam Nat. Univ.

Email : htceong@chonnam.ac.kr

## I. 서 론

통계청의 2020년 어류양식동향조사 결과에 따르면 해양환경 변화 및 경영 악화로 소규모 양식장 휴·폐업이 증가하였으며, 양식 방법별 측면에서는 축제식은 17.4% 증가하였고, 해상가두리는 3.4%, 육상수조식은 1.9% 감소하였다. 또한 어종별 현황에서는 조피볼락(-9.9%), 넙치류(-1.1%), 참돔(-3.2%) 등은 감소하였으나, 감성돔(11.6%), 숭어류(8.7%), 기타(2.0%) 등은 증가하였다. 생산량은 2019년(852백톤) 대비 882백톤으로 30백톤(3.5%) 증가하였다[1].

현재 우리나라의 수산업은 대내적으로 어업인구 감소와 고령화로 인한 노동력 부족, 기후 및 해양환경 변화에 따른 수산자원 감소에 따른 생산량 감소, 고비용·저효율 구조에 따른 경영 악화가 심화되고 있는 추세이다. 이러한 문제점을 해결하고, 수산물 생산 과정의 신뢰도를 높이는 방법으로 정보통신 기술을 활용한 수질 환경 모니터링[2-6] 및 스마트 양식산업 기술[7-13] 개발과 보급이 진행 중에 있으나, 양식 현장에서 필요로 하는 저비용 고효율의 지능형 수질 환경 모니터링 기술 및 다양한 수산물에 대하여 각각의 표준화된 성장, 생육 환경 정보 부재에 따른 능동형 시설 자동 제어 기술은 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구의 제2장에서는 현재 육상 해수 양식장에 설치되어 운영 중인 수질 환경 모니터링 시스템 구성에 대하여 기술하고, 제3장에서는 데이터 유효성 검증, 데이터 범위 필터, 데이터 변위 검사 등의 오류 추정 데이터를 검출 방법에 대하여 제안한다. 제4장에서는 육상 해수 양식장 수질 정보와 국가에서 운영 중인 해양환경 정보망의 바다누리 해양정보서비스(완도조위관측소<sup>1)</sup>)의 해양 수질 정보를 통계적 방법과 데이터 변위 결과를 이용하여 비교 분석한다. 또한 육상 해수 양식장 수질 환경 모니터링 시스템의 수질 데이터 신뢰도를 높이기 위하여 현재 운영 중인 수질 환경 모니터링 시스템의 데이터 처리 프로세스를 데이터 유효성 검증, 데이터 범위 필터, 데이터 변위 검사 등의 방법을 추가 적용하여 오류 추정 데이터를 검출하고, 적용 전, 후의 결과를 비교 분석한다. 제5장 결론에서는 분석 결과 및 제안된 오류 추정 데이터 검출 방법의 활용 분야에 대하여 기술한다.

## II. 실시간 수질 환경 모니터링 시스템

### 2.1 육상 해수 양식장 실시간 수질 환경 모니터링 운영 현황

전남대학교 스마트수산양식연구센터에서는 그림 1과 같이 실시간 수질 환경 모니터링 시스템을 완도 육상 해수 양식장 1개소, 제주 육상 해수 양식장 2개소에 테스트 베드를 구축하고 2019년부터 운영 중에 있다. 시스템의 설치 위치는 그림 2와 같다.

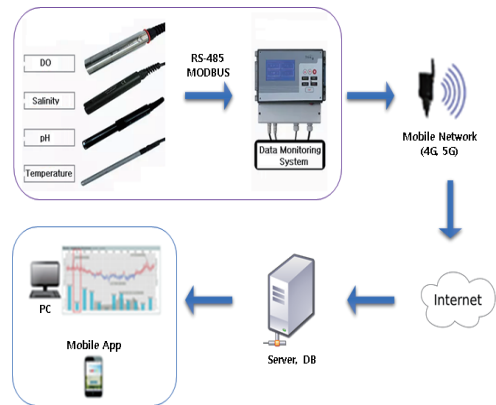


그림 1. 실시간 수질 환경 모니터링 시스템  
Fig. 1 Real-time water quality environment monitoring system

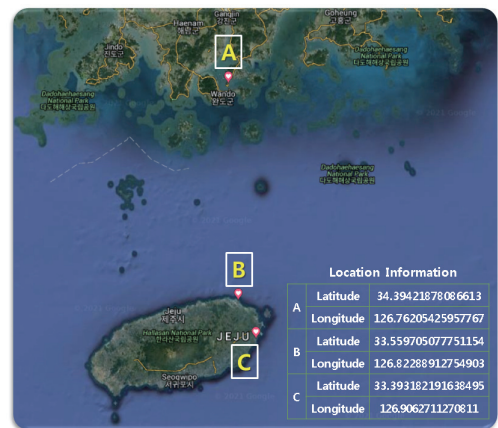


그림 2. 수질 환경 모니터링 시스템의 설치 위치  
Fig. 2 Installation locations of the water quality environment monitoring system

1) Wando Tidal Station, Retrieved from Web. <https://www.khoa.go.kr/oceangrid/khoa/koofs.do>

표 1. 실시간 수질 환경 모니터링 항목  
Table 1. Real-time water quality environment monitoring items

Items	Measurement	Range	Interface
pH	Glass electrode	0~14unit	RS-485 (MODBUS)
Temperature	PT 100	0~50℃	RS-485 (MODBUS)
DO	Optical	0~20ppm	RS-485 (MODBUS)
Salinity	Ion electrode method	0~70ppt	RS-485 (MODBUS)

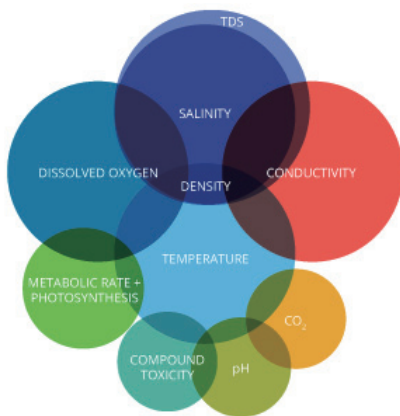


그림 3. 여러 가지 다른 측정 항목들의 매개 변수 관계로 작용하는 수온

Fig. 3 Water temperature acts as a parameter relationship for several different measurements

육상 해수 양식장에 설치되어 있는 수질 환경 모니터링 시스템의 구성은 표 1과 같이 수온, 용존산소, 염분(전기전도도), pH 항목으로 구성되어 있다. 기본 항목으로 설치되는 수온 센서는 수질을 평가할 때 고려해야 할 중요한 요소이다. 수온 변화에 따른 환경 영향 효과 외에도 수온은 그림 3)과 같이 여러 가지

다른 측정 항목들의 매개 변수로 작용하여 영향을 주며 물의 물리적 및 화학적 특성을 변경할 수 있다.

수온이 증가함에 따라 산소 및 기타 가스의 용해도는 감소한다[14]. 낮은 수온은 따뜻한 수온보다 더 용해된 산소를 보유할 수 있다. 또한 수온은 두 가지 방법으로 전도도에 영향을 줄 수 있다. 전도도가 용액 이온의 전기적 전위력에 의해 측정되기 때문에 그 이온의 농도, 전하 및 이동성에 의해 영향을 받는다. 전도도는 온도가 1℃ 상승하는 1℃당 약 2~3% 증가하지만, 순수한 물에서는 1℃당 약 5% 증가한다. pH는 용액의 수소 이온 수에 의해 계산한다. 7pH에서 수소 및 하이드록실 이온은 동일한 농도를 가지며 용액을 중성 상태로 유지한다. 그러나 이러한 농도는 25℃에서만 유효하며, 온도가 상승하거나 감소함에 따라 이온 농도도 이동하여 pH 값이 변화한다[15-16].

## 2.2 실시간 수질 환경 모니터링 기기 설치

육상 해수 양식장의 수조 형태는 둥근 모서리를 가지는 사각수조이며, 수조 재질은 15~16cm 두께의 콘크리트이다. 수조의 평균 수위는 40cm이며 수질측정 센서 설치 위치는 수조 바닥에서 약 1cm, 벽면에서 약 20cm, 낙차 주수구에서 약 1.7m 떨어진 지점에 그림 4와 같이 설치되어 있다.



그림 4. 수질 측정 센서 및 데이터로거 설치

Fig. 4 Installation of the water quality measuring sensor and data-logger

데이터 로거에서는 60초 주기로 센서들의 데이터를 수집하여 관제센터로 실시간 전송하며, 관제센터에서는 수신된 데이터를 데이터베이스에 저장하고, 각 양식장 센서들의 측정값이 시스템의 알람 설정 상·하한 임계값과 비교하여 범위를 벗어나면, 양식장 관리자에게 해당 항목의 알람 기능을 제공하고 알람 로그를 데이터베이스에 기록한다.

2) Fondriest Environmental, Inc. "Water Temperature," Retrieved from Web. <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/water-temperature>

### III. 수질 환경 데이터 처리

#### 3.1 분석 대상 데이터

양식장 수질 분석 대상 데이터는 2020.1.1. ~ 2020.12.31까지이며, 2020.6.22. ~ 2020.7.29 기간 동안에는 시설 유지보수로 인하여 데이터가 누락되어 있다. 또한 제주지역의 양식장 B(그래프의 상단), C(그래프의 하단)의 경우 지하 해수를 사용하기 때문에 그림 5와 같이 수온(그래프의 적색) 및 염분(그래프의 청색) 변화량이 일반 해수를 사용하는 양식장 A와 특성이 다르게 나타나므로 분석 대상을 완도지역의 A 양식장의 수온 및 염분으로 한정하였으며, A 양식장의 수질 환경과 비교 데이터로 완도조위관측소(위도 34.315556, 경도 126.759722)의 데이터를 사용하였다.

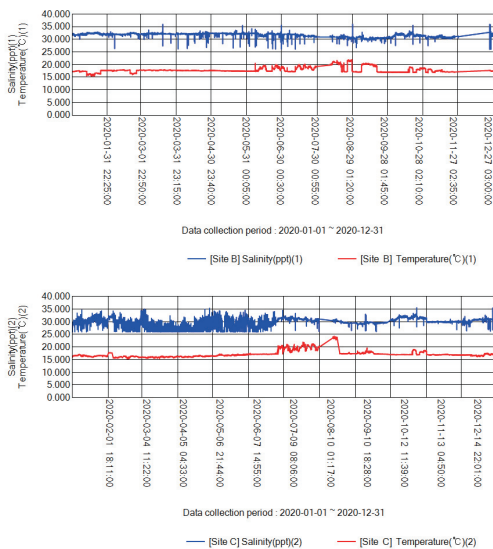


그림 5. 지하 해수를 사용하는 B, C 양식장의 수온, 염분 데이터 변화(데이터 범위 지정)

Fig. 5 A variation of the water temperature and salinity data of the site B(top), site C(bottom) using underground seawater(the designation of data range)

#### 3.2 수질 환경 모니터링 시스템 프로세스

현재 육상 해수 양식장에 설치되어 운영 중인 수질 환경 모니터링 시스템은 일반적으로 설치, 운영되는 시스템으로 그림 6과 같은 데이터 처리 절차를 가지고 있다. 수질 환경 모니터링 시스템에서는 실시간 수

질 환경 감시 목적 및 데이터의 활용에 있어서 시스템이 설치된 현장 환경의 이해, 오류 데이터 판독 능력, 데이터 활용 능력 등의 여러 요소를 복합적으로 필요로 한다. 또한 양식장 운영 및 수질 환경 데이터 기반 시설 자동 제어 시스템 운영에 있어서 수질 환경 데이터의 신뢰성 확보가 중요하다.

일반적으로 그림 6과 같은 프로세스를 가지는 수질 환경 모니터링 시스템은 측정 센서의 정확도 확보 및 유지 보수 측면에서 신뢰도가 검증된 수질 센서를 사용하고 있으며, 이와 같은 센서들은 측정 센서에 최적화 되어 있는 전용장치 또는 데이터 로거(Data-logger)를 가지고 있으며, 전용 운영 프로그램을 내장하고 있는 임베디드 시스템(Embedded system)으로 구성되어 있다.

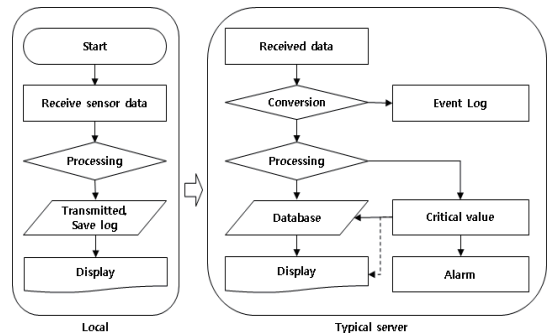


그림 6. 일반적인 실시간 수질 환경 모니터링 시스템 데이터 처리 절차

Fig. 6 Data processing procedure of the general real-time water quality environmental monitoring system

수질 환경 모니터링 시스템에서 일반적으로 사용되는 임베디드 시스템은 센서로부터 수집된 데이터를 화면 표시, 저장, 출력, 알람 등의 제한된 기능만 수행하며, 모니터링 시스템으로부터 송신된 데이터를 수신하는 관제시스템에서는 데이터베이스에 정상 데이터, null 데이터 및 센서 측정 범위를 초과하는 오류 데이터 등을 포함하여 수신된 모든 데이터를 저장함으로 데이터 활용 및 통계 분석 결과에 오류 요소로 작용한다. 또한 임베디드 시스템으로 구성된 수질 환경 모니터링 시스템은 하드웨어 및 소프트웨어 기능 추가 또는 수정 등의 기능 확장적 측면에서 제한적이다. 그

리고 사용자의 필요에 따라 별도의 하드웨어와 소프트웨어가 필요하며, 수질 환경 모니터링 시스템의 센서 데이터 취득 및 처리, 송신 등에서 발생 가능한 오류 데이터를 처리하기 위하여 제한적인 프로세스를 구성함으로 수질 환경 모니터링 시스템의 데이터 신뢰도를 저하 시키는 문제점이 발생할 수 있다.

따라서 그림 6과 같은 수질 환경 모니터링 시스템의 오류 데이터 처리의 한계점을 극복하고, 데이터의 신뢰도를 높이기 위하여 그림 7과 같은 프로세스를 가지는 수질 환경 모니터링 시스템을 구성하였다. 구성된 시스템은 서버에서는 수신된 데이터의 처리 단계에서 데이터 유효성 검증(Data validation), 데이터 범위 필터(Data range filter), 데이터 변위 확인(Check the data displacement) 절차를 수행하고, 정상 데이터와 오류 또는 이벤트 데이터를 구분하여 데이터베이스에서 처리한다.

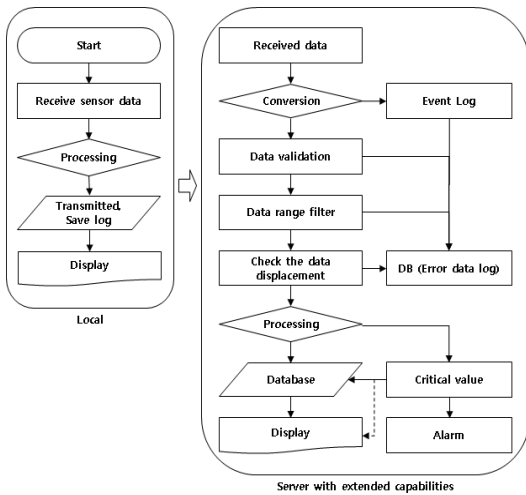


그림 7. 지능형 실시간 수질 환경 모니터링 시스템 데이터 처리 절차

Fig. 7 Data processing procedure of the intelligent real-time water quality environment monitoring system

그림 7의 데이터 유효성 검증 방법은 필수 데이터 값의 유무 및 센서의 물리적 측정 범위 여부로 판단한다. 그리고 데이터 범위 필터는 지리적 환경과 양식장 시설 환경을 고려하여 센서의 물리적 유효 측정 가능 범위에서 최저치와 최고치를 결정한다. 이때 수

질 이상 알람의 경우 임계값은 별개의 항목을 가지며, 임계값은 최저치와 최고치 범위 내에 있다.

데이터 변위 확인 방법은 일정 시간의 주기를 가지는 실시간 데이터 또는 평균, 최댓값, 최솟값, 표준편차 등을 이용하여 식(1)과 같이 연산한 변위 결과에 대하여 각 항목의 변위 허용 범위를 설정하고, 설정값을 초과하는 경우 이벤트 또는 오류 처리한다. 이때 변위 설정 값은 수질 센서의 물리적 오차 범위를 초과하는 값으로 설정한다. 식(1)에서  $x$ 는 데이터를 의미하며,  $t$ 는 시간을 의미한다.  $n$ 은 데이터의 측정 시간 차를 의미한다.

$$Y = \frac{x_n - x_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} \quad (1)$$

### 3.3 분석 대상 데이터의 범위 설정

분석 대상 데이터에서 시스템 장치 오류에 의하여 발생하는 null 데이터 및 센서 오류로 발생하는 물리적 측정 범위 초과 데이터를 걸러내기 위하여 표 2와 같이 수온 및 염분 센서의 유효값을 기준으로 데이터 범위를 지정하였다. 표 2의 'Before'는 표 1과 같이 측정 센서의 물리적 측정 범위를 의미하며, 'After'는 완도지역 A 양식장과 완도조위관측소의 측정 데이터 중 순간적 오류로 추정되는 데이터를 제외하고, 연중 최소값과 최대값을 기준으로 설정하였다.

표 2. 데이터의 범위 설정  
Table 2. Setting the range of the data

Item	Temperature(°C)		Salinity(ppt)	
	Before	After	Before	After
Range	0~50	4~30	0~70	26~36

## IV. 수질 환경 데이터 비교 분석

### 4.1 일별 데이터 통계적 비교 분석

표 3은 A 양식장 및 완도조위관측소 데이터를 표



2의 데이터 범위를 적용한 결과이다.

‘Source’의 의미는 분석 대상 기간 동안 데이터베이스에 누적된 전체 데이터 수를 의미하며, ‘Before’는 ‘Source’ 데이터에서 수온 및 염분 센서가 측정할 수 있는 표 1의 범위를 적용한 데이터 수를 의미한다. ‘After’는 ‘Source’의 데이터에 표 2의 범위 설정을 적용한 데이터 수이다.

이하 그래프에서 A 양식장의 염분은 청색으로, 수온은 적색으로 구분하였으며, 완도조위관측소의 염분은 녹색으로, 수온은 흑색으로 구분하여 표시하였다.

표 3. 범위 지정 데이터 수, 전(상단)·후(하단)  
Table 3. Number of the ranged data,  
before(top) and after(bottom)

Site \ Count	Source	Before	After
A	422,346 (100%)	417,937 (98.96%)	395,743 (93.70%)
Wando tidal station	527,040 (100%)	526,581 (99.91%)	526,551 (99.90%)

그림 8은 완도지역 A 양식장 및 완도조위관측소의 데이터 범위 지정 전(상단)·후(하단)의 결과를 보여 주고 있다. 완도조위관측소 데이터의 경우 범위 지정 후에 데이터가 2020.05.19 11:00~11:30 구간에서 비정상 데이터가 관찰되었다. 이 구간의 데이터가 대기 온도에 근접하는 수온 변화 및 염분 저하의 특성을 보였으며, 이러한 특징은 유지보수 및 기타 사유로 인하여 수온 및 염분 센서가 대기 중에 동시에 노출되었을 때 나타나는 특징이다.

그림 8의 데이터 범위 지정 후(하단) 그래프와 같이 60초 주기로 측정되는 완도지역 A 양식장의 일별 염분 데이터는 연중 최소 26.01ppt에서 최대 35.43ppt로 측정되었으며, 수온은 연중 최소 6.14℃에서 최대 26.12℃로 측정되었다. 완도조위관측소의 염분은 연중 최소 26.10ppt에서 최대 33.80ppt로 측정되었다. 수온은 연중 최소 8.30℃에서 최대 25.70℃로 측정되었다.

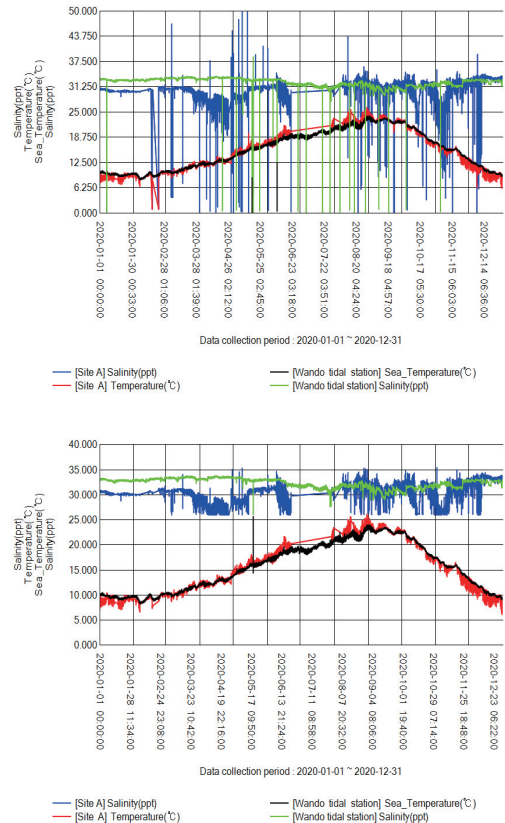


그림 8. 데이터의 범위 설정 전(상)·후(하)  
Fig. 8 Setting the range of data  
before(top) and after(bottom)

그림 9와 같이 두 지역 데이터의 수온 일평균은 비교적 유사한 결과를 보이고 있으나, 염분 일평균에서는 완도조위관측소를 기준으로 A 양식장의 경우 저염분 상태가 지속되는 결과를 나타내고 있다.

그림 10의 일별 수온 및 염분 표준편차 결과와 같이 완도조위관측소의 염분 표준편차의 평균은 0.121ppt, 최댓값은 0.834ppt, 최솟값은 0.006ppt이며, 수온 표준편차의 평균은 0.159℃, 최댓값은 0.465℃, 최솟값은 0.036℃으로 비교적 낮은 편차를 보이고 있으나, 완도지역 A 양식장의 염분 표준편차의 평균은 0.475ppt, 최댓값은 2.759ppt, 최솟값은 0.013ppt이며, 수온 표준편차의 평균은 0.380℃, 최댓값은 1.027℃, 최솟값은 0.011℃으로 염분 데이터의 편차가 비교적 높은 결과를 나타내고 있다.

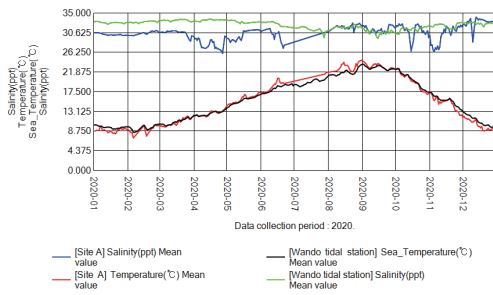


그림 9. A 양식장 및 완도조위관측소의 수온 및 염분의 일평균

Fig. 9 Daily mean of water temperature and salinity of the site A and Wando tidal station

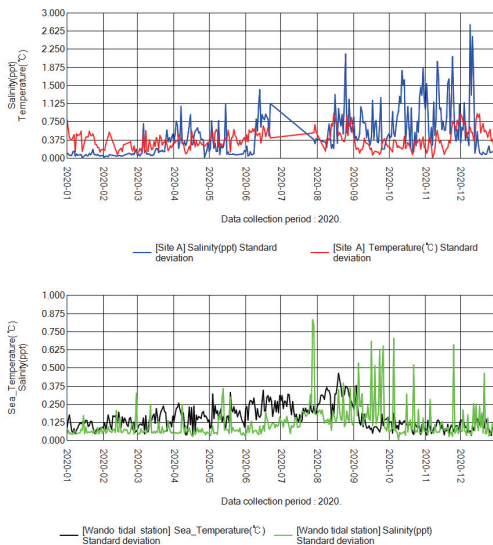


그림 10. A 양식장(상) 및 완도조위관측소(하)의 수온과 염분의 표준편차

Fig. 10 Standard deviation of water temperature and salinity of the site A(top) and Wando tidal station(bottom)

표 4의 일별 수온 표준편차 데이터 분포 결과에서 A 양식장은 완도조위관측소 대비 연중 일별 수온의 표준편차가 0.4°C 이상 나타나는 일수가 많은 특징을 나타내며, 표 5의 일별 염분 표준편차 데이터 분포 결과에서 A 양식장은 완도조위관측소 대비 연중 일별 염분의 표준편차가 0.4ppt 이상 나타나는 일수가 많이 나타나는 특징을 보인다. 이러한 원인은 A 양식장에

공급되는 유입수가 공급되는 지점의 수심, 양식장에서 운영 중인 유입수 저장 시설, 액체산소 공급 시설 등에 따른 영향으로 추정된다.

표 4. A 양식장 및 완도조위관측소의 수온 표준편차 데이터 분포

Table 4. Data distribution of the standard deviation of water temperature of the site A and Wando tidal station

days Site	water temperature standard deviation ( $X_1 \leq \text{Value} < X_2$ )					Total
	0 ~ 0.1	0.1 ~ 0.2	0.2 ~ 0.3	0.3 ~ 0.4	0.4 ~ Max	
A	8 (2.61 %)	54 (17.6 5%)	55 (17.9 7%)	62 (20.2 6%)	127 (41.5 0%)	306 (100 %)
Wando tidal station	99 (27.0 5%)	173 (47.2 7%)	63 (17.2 1%)	29 (7.92 %)	2 (0.55 %)	366 (100 %)

표 5. A 양식장 및 완도조위관측소의 염분 표준편차 데이터 분포

Table 5. Data distribution of the standard deviation of salinity of the site A and Wando tidal station

days Site	salinity standard deviation ( $X_1 \leq \text{Value} < X_2$ )					Total
	0 ~ 0.1	0.1 ~ 0.2	0.2 ~ 0.3	0.3 ~ 0.4	0.4 ~ Max	
A	74 (24.1 8%)	45 (14.7 1%)	22 (7.19 %)	33 (10.7 8%)	132 (43.1 4%)	306 (100 %)
Wando tidal station	230 (62.8 4%)	91 (24.8 6%)	20 (5.46 %)	12 (3.28 %)	13 (3.55 %)	366 (100 %)

#### 4.2 일별 데이터 범위 비교 분석

60초 주기의 데이터를 식(1)과 같이 연산한 결과, 그림 11의 수온의 일일 범위에서와 같이 완도지역 A 양식장의 일일 수온 변화량이 완도조위관측소 보다 비교적 크게 나타나고 있으며, 이러한 원인은 A 양식장에 공급되는 유입수가 공급되는 지점의 수심, 양식장에서 운영 중인 유입수 저장 시설, 액체산소 공급 시설 등에 따른 영향으로 추정된다.

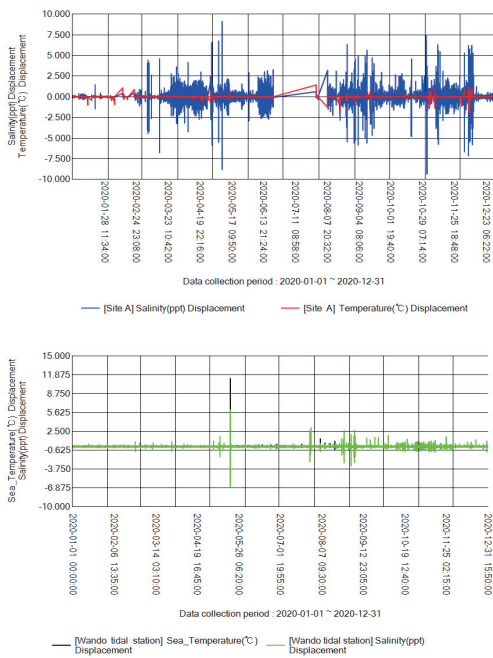


그림 11. A 양식장(상) 및 완도조위관측소(하)의 수온과 염분의 변위

Fig. 11 Displacements of water temperature and salinity of the site A(top) and Wando tidal station(bottom)

그림 11의 염분 일일 변위에서 완도조위관측소의 경우 변위 값이 작으나, 완도지역 A 양식장의 일일 염분 변위는 상대적으로 큰 변위 값을 나타내고 있다. 이러한 원인에는 인근 지역에서 유입되는 담수, 해수 필터 시설 등의 환경적 원인 및 센서 데이터 오류에 따른 영향으로 추정된다.

실시간 수질 환경 모니터링 데이터를 표 2와 같이 데이터 범위를 적용하고, 실시간 수질 변화를 판단하기 위하여 60초 주기의 데이터를 식(1)과 같이 변위를 연산한 결과의 데이터 분포는 표 6, 표 7과 같다.

표 6의 A 양식장 수온 변위에서는 약 99.99% 데이터가  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  범위에 분포하며, 약 99.97% 데이터는  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  범위에 분포한다. 이와 같은 결과는 수질 환경 모니터링 시스템의 안정적 동작을 의미한다.  $\pm 0.5^{\circ}\text{C} \sim \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 의 범위의 0.01% 수온 데이터는 취수구 위치, 유입수 저장 시설, 양식장 운영 환경에 따른 일시적인 영향으로 추정되며,  $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$  이상 범위의 수온 데이터

는 수온 센서의 대기 중 노출 또는 센서 오류, 시스템 오류 등의 결과로 추정된다.

염분 변위에서는 약 97.99%의 데이터가  $\pm 0.5\text{ppt}$  범위에 분포하며, 약 84.71%의 데이터가  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  범위에 분포한다. 이와 같은 결과는 수질 환경 모니터링 시스템이 정상 계측을 유지하고 있음을 의미한다.  $\pm 0.5\text{ppt} \sim \pm 2.0\text{ppt}$ 의 범위의 약 1.9% 데이터는 취수구 위치, 유입수 저장 시설, 양식장 운영 환경에 따른 일시적인 영향으로 추정된다.  $\pm 2.5\text{ppt}$  이상 범위의 결과는 염분 센서의 대기 중 노출 또는 센서 오류, 시스템 오류 등의 결과로 추정된다.

표 6. A 양식장의 수온 및 염분 변위의 데이터 분포  
Table 6. Data distribution of displacements of water temperature and salinity of the site A

Count Range	Temperature	Salinity
-0.1 ≤ Value < 0.1	395,623 (99.97%)	335,249 (84.71%)
-0.2 ≤ Value < 0.2	50 (0.01%)	31,046 (7.84%)
-0.3 ≤ Value < 0.3	15 (0.00%)	11,969 (3.02%)
-0.4 ≤ Value < 0.4	9 (0.00%)	6,050 (1.53%)
-0.5 ≤ Value < 0.5	7 (0.00%)	34,76 (0.88%)
-0.6 ≤ Value < 0.6	6 (0.00%)	2,184 (0.55%)
-0.7 ≤ Value < 0.7	8 (0.00%)	14,13 (0.36%)
-0.8 ≤ Value < 0.8	3 (0.00%)	1,014 (0.26%)
-0.9 ≤ Value < 0.9	5 (0.00%)	702 (0.18%)
-1.0 ≤ Value < 1.0	5 (0.00%)	505 (0.13%)
-1.5 ≤ Value < 1.5	9 (0.00%)	1300 (0.33%)
-2.0 ≤ Value < 2.0	3 (0.00%)	381 (0.10%)
-2.5 ≤ Value < 2.5	0 (0.00%)	145 (0.04%)



$-3.0 \leq \text{Value} < 3.0$	0 (0.00%)	114 (0.03%)
$-3.5 \leq \text{Value} < 3.5$	0 (0.00%)	53 (0.01%)
$-4.0 \leq \text{Value} < 4.0$	0 (0.00%)	37 (0.01%)
$-4.5 \leq \text{Value} < 4.5$	0 (0.00%)	40 (0.01%)
etc	0 (0.00%)	65 (0.02%)
<b>Total</b>	395,743 (100%)	395,743 (100%)

표 7의 완도조위관측소 수온 및 염분 변위는 두 항목 모두 약 100%의 데이터가 각각  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,  $\pm 0.5\text{ppt}$  범위에 분포하고 있음을 나타내고 있으며, 수온 변위는 약 99.30%의 데이터가  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  범위에 분포하며, 염분 변위는 97.97%의 데이터가  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  범위에 분포한다. 이와 같은 결과는 A 양식장의 수질 환경과 비교하여 수질 상태가 매우 안정된 상태를 나타내고 있다.  $\pm 0.5\text{ppt} \sim \pm 2.0\text{ppt}$ 의 염분 범위에서는 약 0.03%의 데이터가 주변 해역 환경에 따른 일시적인 영향으로 나타나는 결과로 추정되며,  $\pm 2.5\text{ppt}$  이상 범위의 염분 범위 결과는 일시적 센서 오류 또는 유지보수에 따른 센서의 대기 노출에 따른 결과로 추정된다.

표 7. 완도조위관측소의 수온과 염분 변위의 데이터 분포

Table 7. Data distribution of displacements of water temperature and salinity of the Wando tidal station

Count Range	Temperature	Salinity
$-0.1 \leq \text{Value} < 0.1$	522,842 (99.30%)	515,865 (97.97%)
$-0.2 \leq \text{Value} < 0.2$	3,666 (0.70%)	9,986 (1.90%)
$-0.3 \leq \text{Value} < 0.3$	16 (0.00%)	314 (0.06%)
$-0.4 \leq \text{Value} < 0.4$	7 (0.00%)	138 (0.03%)
$-0.5 \leq \text{Value} < 0.5$	5 (0.00%)	87 (0.02%)

$-0.6 \leq \text{Value} < 0.6$	1 (0.00%)	49 (0.01%)
$-0.7 \leq \text{Value} < 0.7$	2 (0.00%)	27 (0.01%)
$-0.8 \leq \text{Value} < 0.8$	1 (0.00%)	19 (0.00%)
$-0.9 \leq \text{Value} < 0.9$	1 (0.00%)	12 (0.00%)
$-1.0 \leq \text{Value} < 1.0$	2 (0.00%)	4 (0.00%)
$-1.5 \leq \text{Value} < 1.5$	4 (0.00%)	19 (0.00%)
$-2.0 \leq \text{Value} < 2.0$	1 (0.00%)	13 (0.00%)
$-2.5 \leq \text{Value} < 2.5$	1 (0.00%)	5 (0.00%)
$-3.0 \leq \text{Value} < 3.0$	0 (0.00%)	6 (0.00%)
$-3.5 \leq \text{Value} < 3.5$	0 (0.00%)	3 (0.00%)
$-4.0 \leq \text{Value} < 4.0$	0 (0.00%)	1 (0.00%)
$-4.5 \leq \text{Value} < 4.5$	0 (0.00%)	1 (0.00%)
etc	2 (0.00%)	2 (0.00%)
<b>Total</b>	526,551 (100%)	526,551 (100%)

#### 4.3 데이터 처리 프로세스에 따른 결과 비교

운영 중인 수질 환경 모니터링 시스템의 누적 데이터, 물리적 측정 범위를 적용한 데이터, 데이터 유효성 검증, 데이터 범위 필터, 데이터 범위 검사 등의 방법을 적용한 데이터의 비교 결과는 표 8과 같다.

표 8의 'Source'는 분석 대상 기간 동안 데이터베이스에 누적된 전체 데이터 수를 의미하며, 'Before with  $< \pm 0.5$ '는 표 1의 수질 센서의 물리적 측정 범위를 적용한 데이터 중 변위가  $\pm 0.5$  범위 내에 있는 데이터 수를 의미한다. 'After with  $< \pm 0.5$ '는 표 1 및 표 2의 지리적 환경 특성에 따른 데이터 범위를 적용한 데이터 중 변위가  $\pm 0.5$  범위 내에 있는 데이터 수를 의미한다.

A 양식장의 'After with  $< \pm 0.5$ '는 'Source' 데이터 대비 수온의 경우 26,642개(약 6.31%), 염분의 경우

34,556개(약 8.18%)의 데이터를 오류 데이터로 판별하였으며, 'Before with  $\leq \pm 0.5$ '는 'Source' 데이터 대비 수온의 경우 4,450개(약 1.05%), 염분의 경우 15,724개(약 3.72%)의 데이터를 오류 데이터로 판별하였다.

완도조위관측소의 'After with  $\leq \pm 0.5$ '는 'Source' 데이터 대비 수온의 경우 504개(약 0.10%), 염분의 경우 650개(약 0.12%)의 데이터를 오류 데이터로 판별하였으며, 'Before with  $\leq \pm 0.5$ '는 'Source' 데이터 대비 수온의 경우 484개(약 0.09%), 염분의 경우 664개(약 0.13%)의 데이터를 오류 데이터로 판별하였다.

표 8. 데이터 처리 프로세스에 따른 결과 비교  
Table 8. Results Comparison of the data treatment process

Count		Temperature	Salinity
Range			
A	Source	422,346 (0)	422,346 (0)
	Before with $\leq \pm 0.5$	417,896 (-4,450)	406,622 (-15,724)
	After with $\leq \pm 0.5$	395,704 (-26,642)	387,790 (-34,556)
Wando tidal station	Source	527,040 (0)	527,040 (0)
	Before with $\leq \pm 0.5$	526,556 (-484)	526,376 (-664)
	After with $\leq \pm 0.5$	526,536 (-504)	526,390 (-650)

## V. 결 론

본 연구에서 현재 육상 양식장에 설치되어 있는 수질 환경 모니터링 시스템과 해양 환경 정보망의 수질 환경 정보 데이터를 비교 분석한 결과 그림 8과 같이 A 양식장 및 완도조위관측소의 일별 수온 변화는 계절적 특성 및 지리적 환경에 따라 두 지점이 유사한 결과를 나타내고 있으나, 염분 데이터의 변화에서는 완도조위관측소 데이터와 비교에서 A 양식장에서는 저염분 상태를 나타내는 측정일이 많으며, 60초 주기로 측정되는 일별 측정값에 많은 변화가 나타나고 있다. 이러한 결과는 육상 양식장의 해수를 공급하는 유입수 공급 지점의 지리적 위치 및 수심과 인근 지역

에서 유입되는 담수, 양식장의 해수 필터 시설, 센서 데이터의 오류 등이 원인으로 추정된다.

육상 양식장 수질 환경 모니터링 시스템의 데이터 신뢰도를 향상 할 수 있는 방법으로 그림 7과 같이 데이터 유효성 검증, 데이터 범위 필터, 데이터 변위 검사 등의 방법을 적용하여 분석한 결과, 적용 전 원본 데이터 대비 수온의 경우 약 6.31%, 염분의 경우 약 8.18%의 데이터가 오류 데이터로 추정, 판별되었다. 수질 환경 모니터링 시스템의 누적 데이터 중 오류 데이터 수 감소는 수질 환경 모니터링 시스템의 데이터 신뢰도를 높일 수 있으며, 수질 정보를 기반으로 동작하는 양식장 운영관리 시스템 또는 시설 자동화기기의 운영 안정성과 효율을 높일 수 있으며, 지능형 수질 환경 모니터링 시스템 구성의 요소 기술 중 에서 데이터 처리 기술 분야에서 적용할 수 있다.

## 감사의 글

본 논문은 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (스마트 수산양식 연구센터)

## References

- [1] Statistics Korea, "Results of the 2020 Fish Culture Trend Survey," *News Release*, Mar. 2021.
- [2] H. Cho, "Normality Test of the Water Quality Monitoring Data in Harbour," *J. of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers*, vol. 33, no. 2, Apr. 2021, pp. 53-64.
- [3] I. Lee, M. Choi, and J. Oh, "Monitoring of PCBs in Marine Environment Using Passive Water Sampling Device," *J. of Environmental Analysis, Health and Toxicology*, vol. 23, no. 4, 2020, pp. 194-203.
- [4] D. -H. Ryu, and T. -W. Choi, "Development of the Smart Device for Real Time Water Quality Monitoring," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 4, 2019, pp. 723-728.
- [5] S. Fang, L. D. Xu, Y. Zhu, J. Ahati, H. Pei, J. Yan, and Z. Liu, "An integrated system for regional environmental monitoring and management based on internet of things," *IEEE*

- Trans. on Industrial Informatics, vol. 10, no. 2, 2014, pp. 1596-1605.
- [6] M. Kim, S. Chung, and C. Song, "Effect of Salinity on Growth and Survival of Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*," J. of Ichthyology Society of Korea, vol. 16, no. 1, 2004, pp. 100-106.
- [7] H. Sim, "Artificial Intelligence-Based Harmful Birds Detection Control System," J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 16, no. 1, 2021, pp. 175-182.
- [8] H. -C. Kim, "A Study on The Real-Time Data Collection/Analysis/Processing Intelligent IoT," J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 14, no. 2, 2019, pp. 317-322.
- [9] S. Ye, S. Yang, and H. Ceong, "The Development on Component-based Environment Information Monitoring System," J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 7, no. 1, 2012, pp. 195-201.
- [10] H. Kim and H. Ceong, "Statistical Analysis of Water Quality in a Land-based Fish Farm," J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 5, no. 6, 2010, pp. 637-644.
- [11] S. Ye, H. Ceong, and S. Han, "Design and Implementation of Data Protocol for Environmental Information Monitoring in Wired and Wireless Networks," J. of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, vol. 14, no. 2, 2010, pp. 312-320.
- [12] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The internet of things: A survey," Computer Networks, vol. 54, no. 15, 2010, pp. 2787-2805.
- [13] S. Shrestha and F. Kazama, "Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan," J. of Environmental Modelling & Software, vol. 22, no. 4, 2007, pp. 464-475.
- [14] Q. Gao, Correlation of Total Suspended Solids (TSS) and Suspended Sediment Concentration (SSC) Test Methods: Final Report. New Jersey: Department of Environmental Protection Division of Science, Research, and Technology, 2006.
- [15] J. A. Czuba, C. S. Magirl, C. R. Czuba, E. E. Grossman, C. A. Curran, A. S. Gendaszek, and R. S. Dinicola, Sediment load from major rivers into Puget Sound and its adjacent waters. Washington: Washington Water Science Center U.S. Geological Survey, 2011.
- [16] J. Southard, Introduction to Fluid Motions, Sediment Transport, and Current-Generated Sedimentary Structures. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2006.

## 저자 소개



### 예성빈(Seoung-Bin Ye)

1995년 순천대학교 물리학과 졸업 (이학사)  
1999년 순천대학교 정보통신공학과 졸업(공학석사)

2010년 전남대학교 디지털컨버전스협동과정 박사과정 수료

※ 관심분야 : 인공지능, 자동제어, 임베디드시스템



### 권인영(In-Yeong Kwon)

2012년 전남대학교 해양기술학부 졸업(이학사)  
2014년 전남대학교 대학원 수산과학과 졸업(이학석사)

2018년 전남대학교 대학원 수산과학과 졸업(이학박사)

2019년~현재 전남대학교 스마트수산양식연구센터 학술연구교수

※ 관심분야 : 스마트양식



### 김태호(Tae-Ho Kim)

1991년 전남대학교 어업학과 졸업(수산학사)  
1993년 부경대학교 대학원 수산물리학과 졸업(수산학석사)

2000년 부경대학교 대학원 해양공학과 졸업(공학박사)

1993년~2004년 국립수산물과학원 수산연구사, 수산연구관

2004년~현재 전남대학교 해양기술학부 교수

2020년~현재 전남대학교 수산해양대학장 (스마트수산양식연구센터장)

※ 관심분야 : 어구공학, 스마트양식



**박정선(Jeong-Seon Park)**

1992년 충북대학교 컴퓨터과학과  
졸업(이학사)

1994년 충북대학교 전산학과 졸  
업(이학석사)

2005년 고려대학교 컴퓨터학과 졸업(이학박사)

1994년~1999년 현대정보기술 선임연구원

2005년~현재 전남대학교 문화콘텐츠학부 교수

※ 관심분야 : 컴퓨터비전, 영상처리, ICT융합



**한순희(SoonHe Han)**

1983년 경북대학교 전자공학과  
졸업(공학사)

1985년 광운대학교 전자계산학과  
졸업(이학석사)

1993년 광운대학교 전자계산학과 졸업(이학박사)

1998년~현재 전남대학교 문화콘텐츠학부 교수

※ 관심분야 : 이동통신, 임베디드시스템, ICT융합



**정희택(Hee-Taek Ceong)**

1992년 2월 전남대학교 전산통계  
학과 학사

1995년 2월 전남대학교 전산통계  
학과 석사

1999년 8월 전남대학교 전산통계학과 박사

1999년~현재 전남대학교 문화콘텐츠학부 교수

※ 관심분야 : 데이터마이닝, 기계학습, 분산처리시  
스템, 빅데이터 분석