

# 한국 서해에서 기상인자와 수온, 염분과의 관계

이종희\* · 김동선\*\*

\*부경대학교 해양산업공학(협), \*\*부경대학교 해양산업개발연구소

## Relationship between Weather factors and Water Temperatures, Salinities in the West Sea of Korea

Jong Hee Lee\* · Dong-Sun Kim\*\*

\*, \*\* Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

Research Center for Qcean Industrial and Development(RCOID)

**요 약** : 한국 서해는 주변해역에 비해 얇은 수심과 낮은 저열량으로 다른 해역에 비해서 대기의 역할이 더 중요하다. 이들의 관계를 파악하기 위해 국립수산과학원의 정선관측 자료, 연안정지 자료와 기상청 자료를 사용하였다. 수온, 염분과 기상인자들은 8월에 최고치가 되고, 2월에 최저치가 되는 계절변동을 한다. 수온과 염분은 수심이 깊어질수록 최고·저 값에 이르는 시간지연이 나타난다. 수심 100m에 달하는 311-07점의 75m 수층의 수온의 시계열은 10월에 최고치, 4월에 최저치에 달한다. 기상인자와 수온, 염분과의 상관관계를 분석하였다. 기상인자는 기온, 풍속, 강수량을 사용하였다. 수온-기온, 수온-강수, 염분-풍속은 정관계를 보였다. 그리고 수온-풍속, 염분-기온, 염분-강수는 역관계를 나타내었다. 307-05의 염분을 제외한 모든 연구해역에서 수심 20m를 기준으로 표층보다 2개월에서 4개월 느리게 최대치가 되었다. 307-05의 염분은 기상인자와의 관계에서 50m 수층에서 시간지연을 보였다.

**핵심용어** : 대기-해양 상호작용, 시계열, 상호상관, 서해

**ABSTRACT** : *The effect of atmosphere is more important in the West sea of Korea than in other seas because of shallow water and heat storage of the water. The serial oceanographic observation data and coastal station data from NFRID, and the atmosphere data from KMA were used in order to find out the relationship between them. The highest water temperature, salinity and weather factor were recorded in Aug, and the lowest of them in Feb. As the water deepens, the maximum time leg in water temperature and the minimum time leg in salinity. Water temperature have the maximum in Oct, the minimum in Apr at 75m of the 311-07 station with 100m depth. Water temperature (WT)-air temperature, WT-precipitation (Preci.) and salinity (Sal)-wind speed (WS) were in direct proportion, but WT-WS, Sal-AT and Sal-Preci in inverse proportion. Water temperature and salinity have time leg at the same depth. The maximum had more the delay of 2~4 months at a depth of 20 meters than at the surface in all stations except for salinity at 307-05.*

**KEY WORDS** : Air-ocean interaction, time series, cross correlation, the west sea of Korea

### 1. 서 론

열용량은 해양이 대기보다 매우 크다. 해양-대기의 상호작용에서 이들의 역할은 매우 중요하다. 해양의 저열량의 크기는 해면을 통한 열교환의 연 변화에 지대한 영향을 미치게 된다.[1] 해양의 저열량은 표면수온과 기온의 연 변화에서 그 영향을 볼 수 있다. 일반적인 해양의 10% 미만의 계절별 저열량의 경우를 예로 들면, 표면수온-기온의 위상은 거의 대부분 대립된다. 유사한 이유로, 여름에 기온보다 더 높은 지표면 온도를 보이는 것에 반해서, 겨울에 표면수온이 기온보다 더 높은 이유를 설명 할 수 있다.[2] 한국 서해는 평균 수심이 44m

의 반폐쇄성 천해로 주변해역에 비해 상대적으로 낮은 열용량을 가지고 있다. 얇은 수심으로 인한 낮은 저열량으로 인해 기상 변화에 민감하고, 국지적인 영향과 외부로부터 유입되는 열과 담수 등에 크게 영향을 받는다.

서해의 수온은 년 평균 13~16℃, 남해 16~19℃, 그리고 동해 15~18℃ 이다. 서해의 평균 수온은 동해에서 보다 낮으나, 서해의 연 교차는 동해에서보다 훨씬 크다.[3] 염분의 경우 역시 한국 서해 표면은 평균 31.5~32.7psu 이다. 이것은 남해의 평균표면 염분 값이 32.7~33.6psu, 동해가 33.7~33.9psu의 값을 보이는 것에 비해 낮고, 그 변동 범위도 큰 것을 알 수 있다. 서해는 동해보다 염분이 약1~2psu 낮고, 공간적인 변동성이 강한 것을 나타낸다.[4]

표면수온은 태양복사뿐만 아니라 바람과 해류에 의한 열 이류에 의해서도 영향을 받는다. 아시아 몬순에 의한 열 이류는 평균 표면 수온을 감소시키고, 년 변동 범위를 증가시킨다.[3]

\*이종희, --jonghee@hanmail.net, 051)620-6875

\*\*김동선, kimds0909@mail1.pknu.ac.kr, 051)620-6875

염분의 년 변동을 발생시키는 일차적인 이유는 외양에서는 증발과 강우, 그리고 고위도 지역의 얼음의 형성과 녹는 것이다. 한국 주변 해에서 염분의 변동은 강수와 하천 유출수의 계절적 변동이 주된 원인이다.[4]

이들을 바탕으로 하여 해양에 영향을 주는 기상인자를 선정하였다. 기온, 풍속, 강수량이다. 한국 서해에서는 주변의 다른 해역들과는 다른 지역적인 특성으로 기상의 영향을 더욱 강하게 받을 것이라 예상하고, 기상인자들의 영향이 연속적으로 얼마나 영향을 미치는 지 조사했다.

## 2. 자료 및 방법

### 2.1 자료

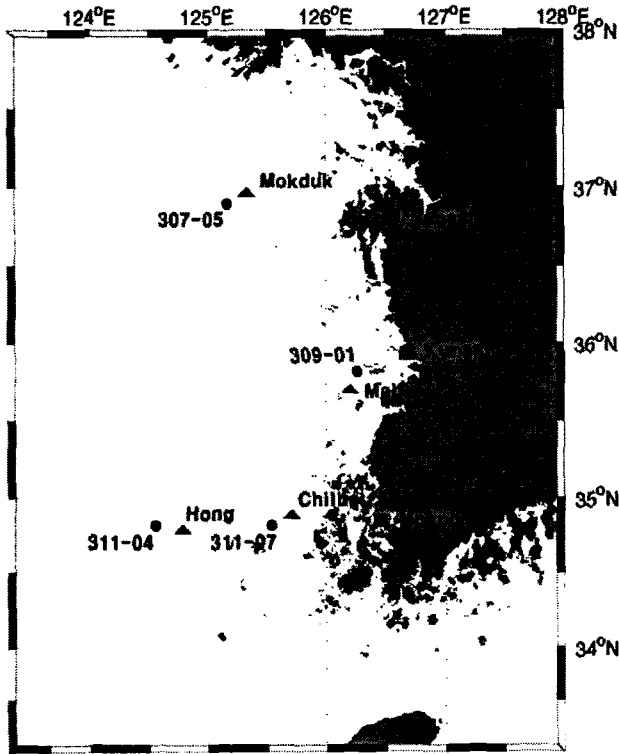


Fig. 1 Locations of oceanographic stations(circles), coastal stations(triangles) and meteorological stations(squares)

국립수산과학원의 서해 정선관측자료 중 수온, 염분 이용하였다. 자료의 기간은 1972년부터 2001년까지 격월 간격으로 관측된 자료이다. 기준 수심을 기준으로 관측된 전 층을 사용하였고, 기준 수심에 벗어난 값들은 보간 하였다. 그러나 보간은 표준 수심을 기준으로 하여 상하로 관측 값이 있는 경우만 사용하였다. 그리고 연구기간 중 연구정점이 모두 결측된 기간인 72, 75, 89~92년 12월의 수온, 염분과 97년 12월의 염분은 보간 하지 않았다. 이 기간은 앞, 뒤의 선형 보간이 가능한 기간들이 존재하긴 하지만, 표층뿐만 아니라 전 표준 수심을 기준으로 하여 전 수층에 적용하므로 12월이 최고점이 되는 시기를 고려하여 보간하지 않았다.

기상자료는 연안정지관측점의 기온 자료와 기상청의 기온, 풍속, 강수량의 월 자료이다. 연안정지관측점은 일 자료이므로 평균하여 월 자료로 바꾸어 사용하였다. 자료의 기간은 1972년부터 2001년까지이다. 자료 중 일부는 1995년(말도), 1997년(칠발도) 이후 자료가 존재하지 않는다. 기상청의 기온, 풍속, 강수량의 3가지 인자는 기온, 풍속의 경우는 월 평균을 사용하였고, 강수량의 경우는 일합계값을 사용하였다. 기상청 자료는 연구 기간 내에 결측이 없다.

수온, 염분과의 관련성을 보기 위해서 월 자료는 정선관측자료와 동일한 짝수 월을 기준으로 격월간격으로 자료를 추출하였다. 그리고 상관계수를 계산할 때, 수온, 염분 자료가 존재하지 않는 구간은 동시에 제거하였다. 그러나 년 평균 기온, 풍속, 강수량은 전월을 다 사용하여 계산하였다. 그리고 강수량의 경우 월별 일합계값을 더한 후 평균한 값을 사용하였다.

### 2.2 방법

월 자료를 이용하여 수온, 염분과 각 기상인자들의 시계열 사이의 관련성을 파악하고, 양 인자들 사이의 시간 정보(time lead, lag)를 알아보기 위해서 상호상관함수(cross correlation function,  $R_{xy}(k)$ )를 사용하였다.

$$R_{xy}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(y_{t+k} - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2 \sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y})^2}}$$

$x_t$ 와  $y_t$ 는 각각 동일한 시점의 수온, 염분과 기상인자들의 시계열이다.  $y_{t+k}$ 는 k시차 일 때의 기상인자들,  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$ 는 각각의 평균값이며, N은 시계열내의 수이다.

## 3. 결 과

### 3.1 연구해역의 시계열 변동

연구해역에서의 수온의 시계열은 강한 계절적 변동을 보인다. 표층은 8월에 최고온도를, 2월에 최저온도를 나타낸다. 정점별 차이는 있으나 수온은 4~27°C 범위에서 변동한다. 수심이 깊은 지역은 연속적으로 상·하층의 수온, 염분의 최고점이 나타나는 시간을 구분하는 20m 전이 층이 나타난다. 20m 전이 층은 얇은 연안지역에서도 동일하게 적용된다. 수심이 30m 이상이 되는 307-05, 311-04, 311-07정점(Fig. 2)에서는 표층 아래의 수온은 최대치가 표층보다 2개월에서 4개월 늦게 나타난다. 즉 표층에 8월에 최고 수온에 도달한다면, 수심이 깊어질수록 수온이 최고점에 달하는 달이 10월이나 12월이 된다는 것을 의미한다.

염분은 연구해역 내에서 수온처럼 뚜렷한 계절변동을 보이지 않는다. 그리고 4개 정점의 염분패턴은 수온의 4개 지점처럼 유사하게 나타나지 않는다. 염분이 상승하거나 하강하는 범위는 정점마다 다르지만, 동일하게 나타나는 것은 년 중 8

월에 급격하게 염분이 떨어지는 것이다. 그리고 8월에 급격히 떨어진 염분은 10월까지 이어진다. 이전 10월부터 6월까지의 염분은 변동이 있으나 변동 폭이 작다. 염분의 변동 범위는 31~34psu이다. 연구해역 내 선정된 정점 중 311-07점이 가장 뚜렷한 계절변동에 따른 최고치를 보인다(Fig. 2(bottom)). 307-05의 경우는 6월과 10월의 염분 농도 상승 후 하강하는 패턴보다 해마다 변동의 강도의 차이가 크게 나타난다. 그러나 년 시계열 내에서 급격히 떨어지는 달을 포함하고 있다.

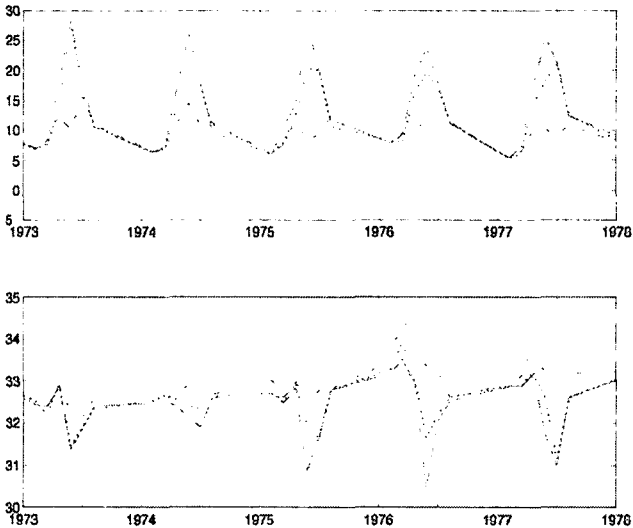


Fig. 2 Time series of Water Temperatures(top) and Salinities(bottom) from 1973 to 1978 at 311-07(0m(Solid line), 20m(dotted line), 75m(dashed line))

기상인자들 역시 계절변동을 하고 있으며, 가장 뚜렷한 변동을 보이는 것은 기온이다. 기온은 월 평균치를 이용하였으며, 수온, 염분자료와 동일한 달을 기준으로 격월간격으로 추출한 것이다. 이들은 8월에 표면수온과 동시에 최고치에 달하며, 정점별 차이는 거의 없다. 그러나 수온의 월 평균 최저기온은 보통 2월에 나타나며, 고위도로 갈수록 낮아지고, 저위도로 갈수록 높아진다. 연안정지점의 기온의 비교해보면 월 평균 최고 기온을 정점이나 위도에 따른 차이가 거의 없다. 그리고 월 평균 최저기온의 경우는 기상청의 월평균 최저 기온보다 높긴 하지만, 위도에 따른 변동은 동일하게 나타난다(Fig. 3).

나머지 2개의 기상인자들은 풍속과 강수량이다. 이들은 뚜렷한 계절 변동이나 위도에 따른 차이점이 분명하게 나타나지는 않는다. 하지만 풍속은 겨울이 강하고 여름이 약한, 계절적인 변동을 주로 나타낸다. 그러나 연구해역 내의 정점이 동일한 시기에 강한 풍속이나 약한 풍속을 보이는 것은 아니다. 목포는 2월이 풍속이 가장 강하고, 6월이 낮다. 군산은 3월이 강하고, 7월에 가장 낮다. 서산은 4월이 높고, 10월이 낮다. 그리고 강수량의 경우는 우리나라 강수의 특성인 대부분의 지역에서 연총강수량의 반 이상이 여름철의 집중 강우이다. 이러한 여름의 강우의 분포는 크게 2개의 우기로 나눌 수 있다. 2개의 우기는 6월말에서 7월말과 8월 중순에서 9월초로, 서해안 연구지역의 강수량역시 7월, 8월에 집중되는 것을 볼 수

있다.

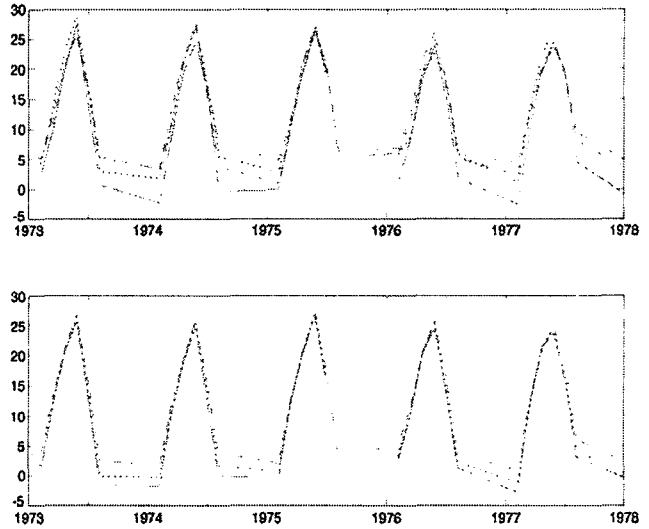


Fig. 3 Time series of Air Temperatures at coastal stations(top) and at Meteorological stations(bottom) from 1973 to 1978 (top-Mokduk(Solid), Mal(dotted), Chilbal(dashed), Hong(dash-dotted) / bottom-Seosan(Solid line), Kunsan(dotted line), Mokpo(dashed line))

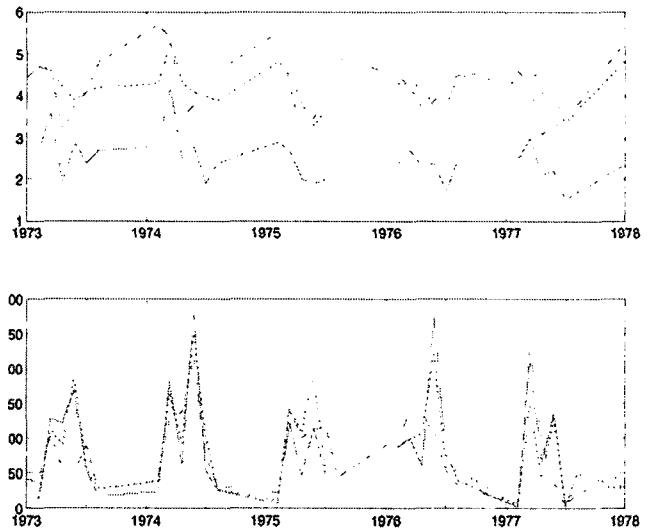


Fig. 4 Time series of Wind Speed(top) and Precipitation(bottom)from 1973 to 1978 (Seosan(Solid line), Kunsan(dotted line), Mokpo(dashed line))

### 3.2 기상인자와 수온, 염분과의 관계

월 자료를 이용하여 수온(Water Temperature, WT), 염분(Salinity, Sal)과 각 기상인자들의 시계열 사이의 관련성을 파악하고, 양 인자들 사이의 시간 정보(time lead, lag)를 알아보기 위해서 각 정점의 수온, 염분과 기상인자들 사이의 상호상관함수를 이용해 상관계수를 구하였다. 각 정선 자료의 수온, 염분 별로 대응되는 기상인자들은 연안정지점의 기온과 기상청의 기온(Air Temperature, AT), 풍속(Wind Speed, WS),

강수량(Precipitation, preci.)이다. 307-05점은 연안정지점점의 목덕도와 동위도대의 연안에 위치한 서산의 기상청 자료이다. 309-01점은 말도와 군산, 311-04점은 칠발도와 목포, 311-07점은 흥도와 목포이다. 이들 인자로 구한 상관계수 값은 정점별 차이가 있지만, 기상인자들과 수온, 염분과의 관계는 Table 1와 같다.

Table 1 Relationship between Water Temperatures, Salinities and Weather Factors

		coastal stations		meteorological station	
		AT	AT	WS	Preci.
Oceanographic station	W	Positive	Positive	Negative	Positive
	T	Negative	Negative	Positive	Negative

상호상관함수를 통한 상관계수 값은 시간에 따라 값의 차이가 있다. 수온, 염분과 각 기상인자들은 계절 변동을 하므로 값이 6개월을 주기로 위상이 변한다. 여기서 사용한 값을 모두 최대치일 때의 절대값이다. 수온, 염분에 대한 기상인자의 상관관계 특성을 가장 잘 나타내는 311-07의 상관관계 그림만을 실었다.

수온에 대한 연안정지점점의 기온과 기상청의 기온은 약간의 온도의 차이와 상관계수 값의 차이가 있으나, 둘 다 0.9이상의 정 관계를 보인다. 염분에 대한 기온의 경우는 역 관계는 동일하게 나타나지만, 상관계수값은 유의한 정도를 나타내는 정점은 307-05정점을 제외한 나머지 정점들의 표층정도이다. 307-05정점과 그 외의 수심은 시간에 따른 상관계수 변동 패턴은 읽을 수 있으나, 0.3이하의 낮은 상관도를 보였다.

수온과 풍속의 상관관계 값은 정점에 따른 값의 차이는 있지만 약 0.5 정도이다. 그리고 2개월의 수온이 풍속에 대해서 2개월의 lead를 보이는 역관계이다. 염분과 풍속의 관계는 정관계로, 낮은 상관계수 값을 보이지만 년 변동의 패턴을 한눈에 알아 볼 수 있다. 그러나 표층을 제외한 그 이심은 지역에 따라 변동 패턴의 차이가 있다. 309-01과 307-05는 변동 패턴이 불확실한 반면, 311-04와 311-07은 시간의 차이는 있지만 표층과 거의 동일하게 움직인다.

수온과 강수량은 정관계 이다. 상관계수 값은 0.5이상의 높은 상관도를 보이며, 저위도일수록 상관계수 값이 크다. 일반적으로 위도가 낮을수록 기온이 높은 것과 수온-강수가 정관계라는 것을 고려 해 볼 때 예상되는 결과와 동일하다. 염분과 강수의 경우는 염분과 풍속의 상관관계와 유사한 결과를 보인다. 표층의 년 변동 패턴이 분명하게 구분이 되며, 지역에 따른 차이가 있다. 309-01과 307-05는 변동 패턴이 불확실하고, 311-04와 311-07은 시간의 차이는 있지만 표층과 거의 동일하게 움직이는 것을 볼 수 있다.

Fig. 5 Cross correlation coefficient between water temperature and weather factors at 311-07

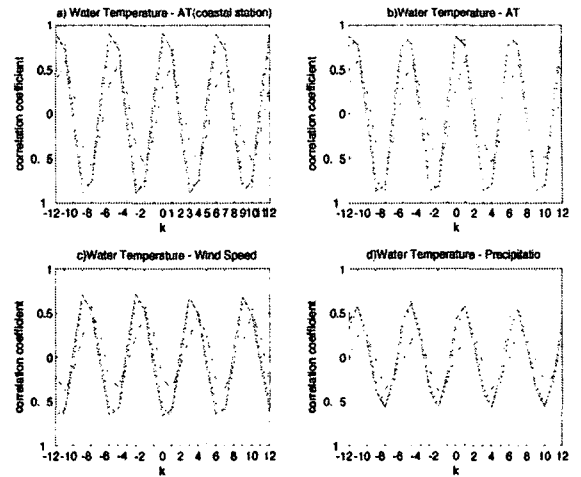
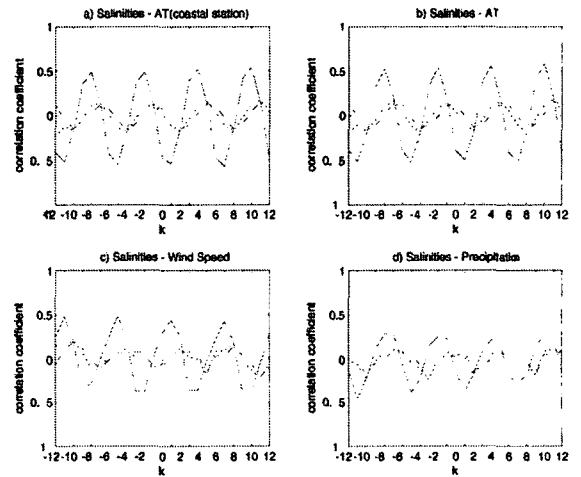


Fig. 6 Cross correlation coefficient between salinity and weather factors at 311-07



307-05의 염분과 기상관계를 제외한 4개의 연구정점에서의 수온, 염분에 대한 기상인자의 상관계수가 공통적으로 20m를 기준으로 상·하층의 시간지연 강도의 차이가 난다. 그리고 수심이 깊어질수록 상관계수 값이 작아진다. 그러나 307-05점은 염분과 수온의 기상인자에 대한 시간지연 정도에 따른 상·하층의 구분에서 수온과 염분이 20m와 50m로 각각 다르고, 연안정지점점의 기온에 대해서는 20m수심 이상에서 더 높은 상관계수 값을 보인다.

정점별 상호상관계수의 시간지연 k는 해역별, 기상인자별 값의 차이가 있다. 기상인자별 수온과 염분의 상관성은 단순히 역, 정관계로 볼 수 있지만, 시간에 따른 상관함수를 이용하여, 시간에 따른 상관계수 값의 변동을 알 수 있다. 계절변동이 강하게 나타나는 지역이기 때문에 상관계수 값도 1년을 주기로 정, 역관계로 변한다. 그리고 몇 달의 시간지연이 나타나는 경우도, 지연을 기준으로 그 이후 1년을 주기로 일정하게 변동한다. 표층과 저층 사이의 시간지연은 2~4개월 사이

이다. 기상인자와의 관계에서의 시간지연에서도 2~6개월로 나타낼 수 있다.

## 5. 결 론

한국 서해는 주변해역에 비해 수심과 저열량으로 다른 해역에 비해서 대기의 역할이 더 중요하다. 이들의 관계를 파악하기 위해 국립수산과학원의 정선관측 자료, 연안정지 자료와 기상청 자료를 사용하였다. 1972년부터 2001년까지 관측된 수온, 염분 자료를 기준으로 기상청 자료와 연안정지점의 자료를 동일한 시기를 선택하여 시계열 및 상호상관함수를 구하였다.

수온, 염분과 기상인자들은 8월에 최고치가 되고, 2월에 최소치가 되는 계절변동을 한다. 수온과 염분은 수심이 깊어질수록 최고·저 값에 이르는 시간지연이 나타난다. 예를 들면 수심 100m에 달하는 311-07점의 75m 수층의 수온의 시계열은 10월에 최고치, 4월에 최저치에 달한다. 이러한 시간지연은 20m 수층부터 나타난다. 20m 수층은 수온이 최대치가 되는 시간이 표층과 동시에 8월에 일어나거나, 2달 늦은 10월, 그리고 8월과 10월 두 달 모두 온도가 높아 최고값을 가릴 수 없는 경우가 있다. 20m 수층을 전이층으로 보는 것은 연구해역 내에서 공통된 특징이다.

기상인자와 수온, 염분과의 상관관계를 분석하였다. 기상인자는 기온, 풍속, 강수량을 사용하였다. 수온-기온, 수온-강수, 염분-풍속은 정관계를 보였다. 그리고 수온-풍속, 염분-기온, 염분-강수는 역관계를 나타내었다. 수온, 염분과 기상인자들 사이의 관계에서 수온과 염분은 반대로 나타났다. 이는 수온이 높은 시기에 염분이 낮은 여름과 수온이 낮은 시기에 염분이 높은 겨울을 형성하는 장마와 계절풍에 영향으로 보여진다.

이들 사이의 상호상관함수를 이용하여 수심에 따라 상관계수가 최대가 되는 시간을 알아보았다. 수온과 염분은 동일한 수심에서 시간지연이 나타난다. 307-05의 염분을 제외한 모든 연구해역에서 수심 20m를 기준으로 표층보다 2개월에서 4개월 느리게 최대치가 되었다. 307-05의 염분은 기상인자와의 관계에서 50m 수층에서 시간지연을 보였다. 이러한 2층 구조는 서해의 여름철 강한 성층과 관련이 있으며, 여름철 표면 혼합층의 일반적인 두께가 20m임을 감안 할 때 20m를 전이

층으로 해서 상·하층의 시간지연이 나타나는 것이다.[5]

수온과 기온의 상관계수 값은 장(1996)이 보고한 표면수온과 기온의 상관관계에서 상관계수 결과 값을 큰 차이가 없다. 그러나 장이 사용한 자료는 일자료로 기온이 수온에 영향을 미치는 시간에 대한 정보를 더욱 자세하게 알 수 있다. 장은 비록 표면 수온에 국한 된 것이지만, 표면수온과 기온의 시간지연이 2~3주 차이가 남을 보였다. 이 논문의 자료는 간격이 2개월이므로 2개월 이하의 시간지연에 대한 정보는 알 수 없다. 표면수온과 기온의 시간지연은 없는 것으로 나타났다.[6]

한국 서해에서 수온, 염분에 영향을 미치는 기상인자들에 대해 알아보았다. 해양과 대기의 상호작용이 활발하여, 해양은 연구하는데 대기의 역할을 뺄 수 없다. 그러나 대기와 해양과의 상관관계뿐만 아니라 해양내의 해류의 역할과 다양인자들에 대해 동시에 충분히 고려되어야 할 것이다. 그리고 가능하다면 자료의 간격이 조밀한 것을 사용하여 연구하는 것이 세부적인 해양과 대기의 작용을 연구하는데 요구된다.

## 참 고 문 헌

- [1] Kang, Yong Q., 1984. Atmospheric and Oceanic Factors Affecting the Air-Sea Thermal Interactions in the East Sea(Japan Sea). J. Oceanol. Soc. Korea, 19(2):163-171
- [2] Kang, Yong Q., 1983. On the temperature differences across ground and sea surfaces in Korea. J. of Korean Met. Society. 19:88-95
- [3] Kang, Yong Q., Myoung-Shin Jin, 1984a. Seasonal Variation of Surface Temperatures in the Neighbouring Seas of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 19(1):31-35.
- [4] Kang, Yong Q., Myoung-Shin Jin, 1984b. Annual Variation of Salinity in the Neighbouring Seas of Korea. J. Oceanol. Soc. Korea, 19(2):105-110.
- [5] Lie, Heung-Jae, 1984. A Note on Water Masses and General Circulation in the Yellow Sea(Hwanghae). J. Oceanol. Soc. Korea, 19(2):187-194
- [6] 장이현, 1996. 한국 연안표면수온과 기온의 상관성에 관한 연구. 부경대학교 석사학위 논문. 63pp.