

충무항의 수온변동

염 말 구* · 김 삼 곤**

Variations of Water Temperature in Chungmu Port

Mal-Gu YOUM* and Sam-Kon KIM**

Seasonal and secular variations of water temperature in Chungmu port were investigated with the data obtained from the Technical Reports(1976~1983) of Hydrographic Office.

Monthly and annual range of water temperature were 2 to 8°C and 18 to 21°C, respectively.

The coefficients of variance of monthly mean water temperature were 0.015(February, 1976) to 0.208(December, 1980) and their values were smaller in the summer season than in the winter season.

The result of harmonic analysis for investigating the seasonal variation of water temperature was

$$T(t) = 15.66 + 8.06 \cos(10^\circ t - 233.5) + 0.92 \cos(20^\circ t - 216).$$

The periods of secular variation were about 2 years and 3 years.

서 론

내만수는 연안수의 영향을 많이 받고, 기상조건, 하천수의 유입 및 지형적 특성으로 연안수와는 다른 성질을 보인다. 또한 내만수역의 환경변화는 직접 혹은 간접으로 연안수에 영향을 주게 되므로, 내만수의 수온변화의 파악은 내만수 뿐만 아니라 그에 인접한 연안수의 수온변화의 연구에도 기여할 것이다.

충무항 부근의 연안수역은 각종 양식장 및 연안어장으로서 중요한 위치를 차지하고 있으며(염, 1975; 이, 1979; 한, 1979), 또 충무항 내에는 도시개발계획의 일환으로 여러 곳에 항만 매립이 추진되고 있어 해수 유통을 간접적으로 추정할 수 있는 수온변동의 해석이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

이 연구는 충무항 내만수와 인접한 연안수의 해황변동 및 어업생산량의 변동의 해석과 예측에 필요한 기초 연구로서 우선 충무항 내만수의 8년간에 걸친

수온자료의 계절 및 누년변동을 조사하였다.

수온계 절변동에 관해서는 강(1984), 김(1982, 1983), 이(1967), 한(1970) 등의 보고가 있었으나, 누년변동에 관한 연구보고는 거의 없었다. 다만 Miita 등(1984) 및 日高 등(1950)이 對馬島 수역의 수온의 누년변동에 관한 연구를 한바 있다.

자료 및 방법

충무항의 수온변동경향을 조사하기 위하여 수로국 발행의 수로기술연보에 수록되어 있는 충무항의 수온자료를 이용하였다.

이 자료는 북위 34°49'28.5", 동경 128°25'13"의 위치에 설치되어 있는 검조소에서 1976년 2월 중순부터 매일 1회씩 수면하 30~40cm의 수온을 관측한 것으로 자료는 8개년 중 3개월이 누락된 93개월이었다.

자료의 분석은 먼저 93개월의 매달의 변동계수를

* 동영수산전문대학: Tongyoung National Fisheries Junior College

** 부산수산대학: National Fisheries University of Pusan

Table 1. Coefficients of variance of monthly mean water temperature

Mouth	Year	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	Mean
Jan.	—	0.132	—	0.087	0.119	0.113	0.098	0.132	0.132	0.114
Feb.	0.015	0.139	—	0.088	0.126	0.091	0.166	0.123	0.123	0.107
Mar.	0.068	0.165	0.142	0.109	0.071	0.178	0.084	0.127	0.127	0.118
Apr.	0.093	0.088	0.086	0.089	0.061	0.097	0.065	0.093	0.093	0.084
May.	0.087	0.074	0.071	0.065	0.061	0.062	0.081	0.064	0.064	0.071
Jun.	0.063	0.047	0.033	0.028	0.040	0.031	0.046	0.036	0.036	0.041
Jul.	0.076	0.038	0.048	0.052	0.055	0.083	0.033	0.031	0.031	0.052
Aug.	0.043	0.041	0.033	0.031	0.041	0.034	0.044	0.069	0.069	0.042
Sep.	0.029	0.038	0.046	0.039	0.044	0.045	0.050	0.064	0.064	0.044
Oct.	0.077	0.049	0.076	0.034	0.086	0.083	0.070	0.077	0.077	0.069
Nov.	0.154	0.125	0.088	0.176	0.048	0.109	0.110	0.140	0.140	0.119
Dec.	0.168	0.058	0.110	0.091	0.208	0.056	0.127	0.143	0.143	0.120
Mean.		0.079	0.083	0.073	0.074	0.080	0.082	0.081	0.092	0.082

구하여 변동상태를 파악하고, 조화분석으로 계절변동경향을 조사하였다. 조화분석시 시간의 원점은 1월 1일로 하였고, 년주기 성분과 반년주기 성분만을 고려하였다. 또 누년변동의 경향을 파악하기 위하여 월평균 편차값의 11개월 이동평균 및 자기상관계수를 구하여 그 주기를 조사하였다.

이때 변동계수(C. V.)는 93개월의 매달의 평균값 \bar{x} 와 표준편차 σ_n 을 구하여

$$C. V. = \sigma_n / \bar{x}$$

으로 계산하였다.

계절변동은 8개년간의 월평균값으로 년주기성분과 반년주기 성분만을 고려하여 조화분석(김, 1983; 강, 1984)을 행하여 조화상수를 구하여 조사하였다.

누년변동은 월평균값에 대한 93개월의 평균 편차를 구하고 이들의 11개월 이동 평균값을 구하여 경향을 조사하였으며, 지각(time lag)을 1개월씩 늦추면서 자기상관계수로써 자기상관도를 그린후 주기를 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 변동계수

조사기간중(1976~1983) 수온의 월교차는 1977년 및 1979년 11월이 8°C로 가장 컸고, 1981년 2월이 2°C로 가장 작았으며, 연교차는 18~21°C이었다.

자료의 변동상태를 조사하기 위하여 Table 1에 변동계수를 구한 결과와, Fig. 1에 변동계수의 계절변동을 나타내었다. 연간 평균변동계수는 0.073~0.092로 큰 차이가 없었으나(Table 1), 변동계수의 계절변동은 아주 뚜렷하게 차이가 나타남을 알 수

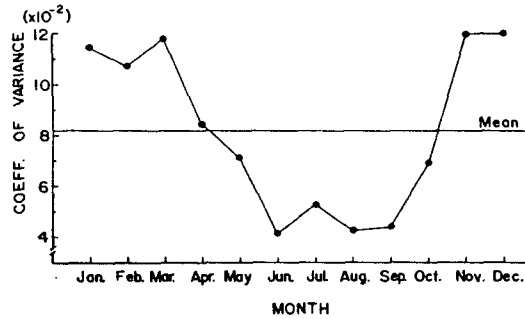


Fig. 1. Annual variation of coefficient of variance.

있었다(Fig. 1). 즉 늦가을부터 겨울(11월~익년 3월) 동안은 변동계수가 0.107~0.12로 가장 컸고, 여름철에는(6월~9월) 그 값이 0.041~0.052로 가장 작았으며, 봄·가을은 그 중간이었다.

변동계수는 1976년 2월에 0.015로 최소값을, 1980년 12월에 0.208로 최대값을 나타내었는데, 1976년 2월의 경우는 변동이 비교적 심한 10여일간의 자료가 누락되었기 때문인 것으로 생각된다.

여름철에 변동계수가 적은 것은 수층이 안정되어 있고, 수면으로 부터 수열량이 적었기 때문인 것으로 생각되며, 늦가을부터 겨울철동안 그 변동이 큰 것은 계절풍 등으로 인해 기온의 변화가 컸기 때문인 것으로 보인다. 수온의 변동계수를 조사한 김(1982)에 의하면 대마난류 및 황해난류역에서는 12월부터 익년 4월 사이에 그 값이 작고, 6월부터 10월 사이에는 그 값이 크지만, 남해연안수 및 서해남부 해역에서는 여름철에 그 값이 0.04~0.073으로 작고, 겨울철에는 0.108~0.241로 크다고 한 것은 이를 뒷받침 한다고 생각된다.

일반적으로 내만수는 연안수 보다 변동계수의 값

이 될 것으로 생각되나, 충무항의 경우는 그 변동폭이 남해연안수와 큰 차이가 없었다. 이러한 현상은 충무항 내만수가 연안수와 원활한 유통을 하기 때문이라고 생각된다.

2. 연변동

수온의 장기변동과 연변동을 조사하기 위하여, 8년간의 월평균값으로 조화분석을 행한 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Harmonic constants of monthly mean water temperature

Year	Mean	Annual		Semi-annual	
		Amplitude(°C)	Phase(°)	Amplitude(°C)	Phase(°)
1976	16.05	7.36	221.0	1.18	191.3
1977	15.44	8.62	239.0	1.50	259.1
1978	16.25	8.57	234.3	0.68	227.0
1979	16.16	7.37	235.3	0.58	209.6
1980	15.49	7.20	232.3	0.99	217.5
1981	14.91	8.26	230.4	0.89	190.9
1982	15.92	7.81	231.3	0.98	203.5
1983	15.78	8.75	234.1	1.22	208.9
Mean	15.75	7.99	233.2	1.00	213.5
STD	0.45	0.63	5.26	0.29	22.1
C. V.	0.028	0.079	0.023	0.29	0.10

또한 1월부터 12월까지의 월평균값으로 조화분석을 행하여 얻은 곡선을 Fig. 2에 도시하였다. Table 2에서 각 조화상수의 평균값과 Fig. 2에 표시한 상수들 사이의 미소한 차이는 조화분석에 사용된 평균값의 차이 때문이다.

8년간의 조화상수들의 평균은 연주기 성분의 진폭이 7.99°C 이었고, 위상이 233.2° 이었으며, 반년주기 성분들은 각각 1.0°C와 213.5°C 이었다. 그런데 반년주기 성분의 상수들이 연주기 성분들보다

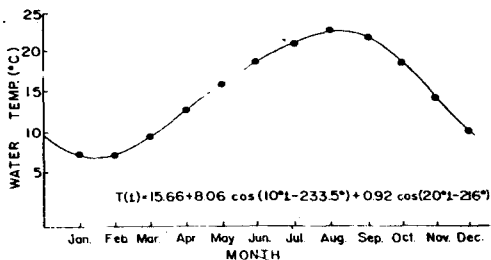


Fig. 2. Harmonic analysis of monthly mean water temperature.

편차가 심하였다. 이것은 변동의 기본 형태를 나타내는 연주기 성분의 상수는 비교적 안정되어 있으나, 계절의 변동에 따라 기본 형태를 조금씩 바꾸는 반년주기 성분의 상수들은 해에 따라 변동이 심한 것을 의미한다.

한국 연·근해의 표면수온의 계절변동을 조화분석으로 해석한 강(1984), 김(1983) 및 한(1970) 등의 결과에서 고려해 볼 때, 연주기 성분의 위상은 외해측은 230° 이상을 나타내고 내만수는 230° 미만을 나타냈고, 진폭은 서해측이 10.5~7.5°C, 남해안에선 6.5~7.0°C로 나타남을 알 수 있었다. 또한 내만의 진폭은 연안보다는 큰 값을 나타내었다. 그러나 반년주기 성분은 뚜렷한 기준을 설정하기 어려웠으며, 연안이나 내만 모두 진폭이 1°C 정도이고 위상은 지역에 따라 큰 차이를 나타내었다.

충무항의 경우는 연주기 성분의 진폭이 8°C, 위상이 233°로 여수(진폭 9.7°C, 위상 225°)나 군산(진폭 12.5°C, 위상 215°)의 결과와는 상당한 차이를 보인다. 이 결과로 미루어 보아 충무항 내만수는 연안수의 변동과 같은 것을 알 수 있고, 위에서 언급한 바와 같이 해수의 유통이 원활하기 때문에 연안수와 큰 차이가 없었던 것으로 생각된다.

3. 누년변동

Fig. 3은 93개월 간의 매달의 평균편차와 11개월의 이동평균을 구하여 곡선으로 표시하였다. 그림에서 평균편차가 0인 횡선은 자료 전체의 월평균을 의미하고, 아랫쪽의 빗금친 부분은 평년보다 수온이 낮은 것을 의미하며, 아랫쪽 부분은 수온이 높은 것을 의미한다. 이 그림에 의하면 약 2년의 한랭기와 약 3년의 온난기가 반복됨을 알 수 있다.

주기를 확인하기 위하여 시간의 지각에 따른 자기

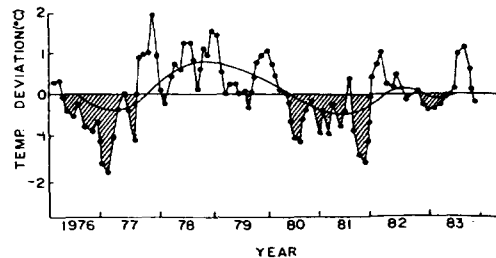


Fig. 3. Deviations of surface monthly mean temperature and its 11 months running in Chungmu port from 1976 to 1983.

상관 계수를 구하여 자기상관도를 Fig. 4에 도시하였다. 상관계수에 의한 유의성을 검토하기 위하여 95% 신뢰구간을 횡선으로 표시하였다. 이 횡선의 밖에 있는 것은 위험을 5%로 그 유의를 인정할 수 있다는 것을 의미한다.

Fig. 4에 의하면 2~3개월의 주기와 2년 및 3년의 주기가 현저함을 인정할 수가 있다.

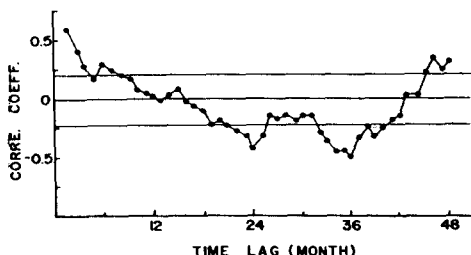


Fig. 4. Correlogram of deviation of monthly mean water temperature.

그런데 Miita 등(1984)과 日高 등(1950)은 대마도 수역의 수온의 누년변동 주기가 6~8년의 주기가 있음을 보고 한 바 있으며, 특히 Miita 등(1984)의 power spector 분석표에 의하면 4월, 6개월, 1년 및 2년의 주기가 현저함을 알 수 있었다.

총무항의 경우 장기 변동주기를 조사하기에는 자료가 부족한 편이지만, 수온과 기온의 상관관계를 조사한 한(1970)의 보고에 의하면 수온 y 와 기온 x 의 상관식을

$$y = 9.67 \times 1.038^x$$

로 나타낼 수 있다고 하였고, 총무항에서도 본 연구에 사용한 자료와 측후소의 기온자료의 상관관계를 조사하여 본 결과, 상관계수가 높은 직선상관관계 (Fig. 5)를 인정할 수 있었으므로 기온의 장기 분석으로 수온의 장기 변동의 주기도 예측이 가능할 것으로 생각된다.

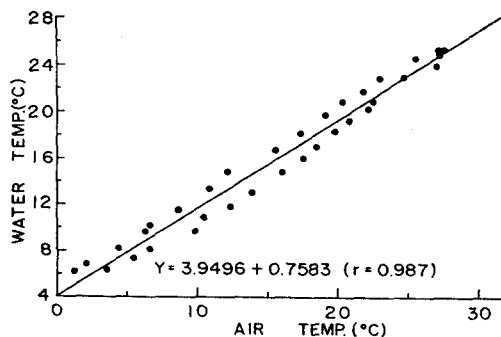


Fig. 5. Correlation between water and air temperature.

요 약

8년간의 수로극 자료를 이용하여 총무항의 수온의 변동을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 연교차는 18~21°C 이었고, 월교차는 2~8°C 이었다.

2. 자료의 변동계수는 0.015~0.208의 범위에 있었고, 여름철에는 그 값이 작고, 늦가을부터 겨울철에는 컸다.

3. 연변동을 조사하기 위한 조화분석의 결과는

$$T(t) = 15.66 + 8.06 \cos(10^\circ t - 233.5) + 0.92 \cos(20^\circ t - 216)$$

이었다.

4. 평균편차의 누년변동은 약 2년의 한랭기가 반복되었으며, 약 3년의 온난기가 나타났다.

5. 수온 y 와 기온 x 의 상관식은

$$Y = 3.9496 + 0.7583 \quad (r = 0.987)$$

로 나타낼 수 있었다.

참 고 문 헌

- KANG, Y. Q. and M. S. JIN (1984): Seasonal Variation of Surface Temperature in the Neighbouring Seas of Korea. 한국해양학회지 19(1), 31-35.
- 김 복기 (1982): 한국 남해의 수온과 염분의 변동계수. 한국해양학회지 17(2), 59-68.
- 김 복기 (1983): 한국 연안 수온 및 기온의 주기분석과 상관분석. 한국해양학회지 18(1), 10-20.
- T. MIITA and S. TAWARA (1984): Seasonal and Secular Variations of Water Temperature in the East Tsushima Strait. J. Oceanogr. Soc. Jap., 40, 9-97.
- 이 석우 (1967): 한국 연안의 수온과 기온의 계절적 변화. 수로연보 1966, 141-149.
- 이 병기 · 김 광홍 (1979): 활렬치의 집약적 생산수단에 관한 연구Ⅳ. 어업기술 15(2), 77-82.
- 임 두병 · 조 창환 · 권 우섭 (1975): 총무 부근의 굴 양식어장의 환경에 관하여. 한국수산학회지 8(2), 61-67.
- 한 상복 (1970): 한국 근해 수온의 주기적 변화(1). 한국해양학회지 5(1), 6-13.
- 한 상복 (1970): 한국 근해 수온의 주기적 변화(2). 한국해양학회지 5(2), 41-51.
- 한 영호 (1979): 활렬치의 집약적 생산 수단에 관한 연구Ⅳ. 어업기술 15(2), 77-82.
- 日高孝次 · 鈴木皇 (1950): 對馬海流の永年變化について. 日本海洋學會誌 6(1), 28-31.