

1986년 하계 제주도 동부 해역의 수온역전 현상*

조규대 · 박성우

부산수산대학교

(1990년 7월 31일 접수)

Inversion Phenonena of Temperature Off East Cheju Island in Summer, 1986*

Kyu-Dae CHO and Sung-Woo PARK

National Fisheries University of Pusan

(Received July 31, 1990)

The temperature inversions were studied on the basis of Digital Memory Bathythermography(DBT) data collected by training ship, Pusan 402, of the National Fisheries University of Pusan in August 23~25, 1986 and Fisheries Reserach and Development Agency of Korea in August, 1986, The results were as follows ;

Among the 67 stations of studied area, occurrence frequency of temperature inveraion was 58.20%, And the frequency of onefold occurrence of temperature inversion at its profile of each station was 13.42%, of twofold occurrence was 20.80%, and of threefold occurence was 23.88%.

In the studied area, the temperature inversion usually occurred below the 40m depth and its layers also located below the thermocline.

The temperature range of its inversion was from 14°C to 16°C. The temperature inversion in the study area was oaused by the interaction between Tsushima Warm Current and Korea Coastal Waters.

서 론

일반적으로 해양에서 수온은 수심이 깊어짐에 따라 점점 차가워 지는데 어떤 수심에서는 오히려 하층의 수온이 상층보다 상승하는 경우가 있다. 이를 수온역전 현상이라고 한다. 이러한 수온역전 현상의 원인으로서는 첫째, 해면으로부터의 열손실로 인한 표층 부근의 수온역전, 둘째, 냉수역에서 온수역으로 취송류가 이동함에 따른 수온역전(Kang, 1983)과 셋째, 전선역에서의 혼합 과정에서 생기는 수온역전을 들 수 있다. 또 Collinst *et al*(1968)과 Lee(1978)는 수온역전 현상이 연안 용승 해역에서 자주 발생한다고 하였

고, Nagata(1967, 1970)는 난류와 한류가 마주쳐 경계를 이루는 전선대 혹은 혼합 해역등에서 수온역전이 흔히 일어난다고 하였다.

우리나라의 동해 및 서해 그리고 남해에서는 종종 수온역전 현상이 일어난다고 보고 된 바 있는데 그 대부분은 겨울철에 해양의 표면 혼합층에서 빈번히 발생하는 수온역전 이다. 또한 동해의 경우, 겨울에 표층(0~20m)에서는 수온역전 현상이 많이 발생하고(Kim and Cho, 1982) 여름에는 대한해협 일부 해역 및 제주도 서방 해역과 그 주변 해역에서도 비교적 많이 발생한다(Kim, 1984)고 알려져 있다.

한편 남해 연안의 해황을 파악하기 위해서는,

* 부산수산대학교 해양과학연구소 연구업적 제255호(Contribution No. 255 of Institute of Marine Sciences, National Fisheries University of Pusan)

한국남안연안수와 대한해협을 거쳐 동해로 들어가는 쓰시마난류수의 사이에서 형성되는 전선의 구조를 파악하는 것도 아주 중요하다고 할 수 있다. 그런데 이 해역에서는 정기적인 해양 관측을 실시하고 있는 국립수산진흥원의 해양 관측 정선이 외해쪽에만 치중되어 있어 연안수와 외해수간의 상호 관계를 보다 상세히 규명하기 어렵고 또한 해역에 따라서는 정선간의 간격이 커 복잡한 해황을 정확하게 파악하지 못하는 경우도 있다.

따라서 본 연구에서는 1986년 8월 23~25일간 부산수산대학교 실습선 부산 402호를 이용하여 일차적으로 위와 같은 전선대 해역(제주도 동부해역 부근)에서 자주 발생한다고 알려져 있는 수온역전 현상에 대해 비교적 조밀한 관측 정선을 설정하여 DBT(Digital Memory Bathythermograph)로 현장 관측을 실시하여 보다 상세한 수온역전 구조와 그 발생 기구를 파악하고자 하였다. 그리고 부차적으로 여름철에 발생하는 이러한 수온역전 현상의 연직 구조와 그 출현기구를 파악함으로써 수온역전 현상이 이 해역에 존재하고 있는 각 수괴들과 어떠한 관계가 있는가를 밝히고자 하였다.

자료 및 방법

본 연구에서는 1986년 8월 23~25일 까지 부산수산대학교 실습선 부산 402호로 DBT를 사용하여 관측한 수심 1m 간격의 수온 연속 측정치와 국립수산진흥원의 1986년도 정선 해양 관측자료를 사용하였다. 연구 대상 해역과 관측 정점은 Fig. 1과 같다.

본 조사에서 수온역전이란 Fig. 2에 표시된 바와 같이 하층의 수온이 상층의 수온보다 높게 나타나는 부분이 발생하는 것을 말한다. 여기서는 역전층의 상부끝에서의 수온을 T_u 그리고 이 수심을 D_u 로 나타내었고, 역전층의 하부끝에서의 수온을 T_l 그리고 이 수심을 D_l 로 나타내었다. 그리고 DBT의 오차 정도는 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 인데, 역전 온도차 $\Delta T = T_l - T_u$ 라고 할 수 있다. 여기서 ΔT 가 0.5°C 이상을 본 연구에서는 수온역전 현상이라고 정의하였다.

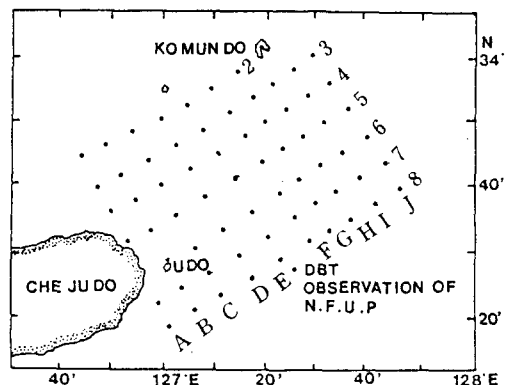


Fig. 1. Study area and oceanographic observations. DBT represents the stations of Digital Memory Bathythermograph obtained by Pusan 402 in August, 1986.

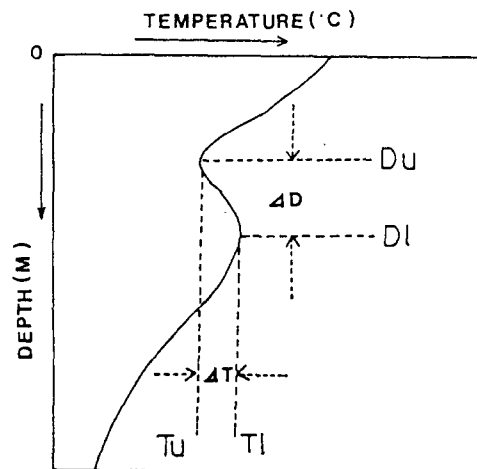


Fig. 2. Schematic view of a temperature inversion layer.

연구 방법으로는 먼저 조사 해역의 관측된 각 정점에서의 수온 연직 profile을 작성하고 이중 대표적인 3개의 수온 연직 profile을 대별하여 그 특성을 조사하였다. 그리고 각 정점에서의 수온역전 빈도를 나타내는 평면도를 작성하여 한 정점에서의 수온역전 출현 빈도를 조사하였고 수온역전층이 출현하는 수심의 평면도를 작성하여 이 해역에서의 수온역전층의 수심 분포를 평면적으로 알아 보았다.

한편, 수온역전이 발생한 조사 해역의 수온의

연직 구조를 상세히 파악하기 위하여 가로(동서) 방향 및 세로(남북)방향의 정선별 수온 연직 단면도를 작성하였고, 또 각 수심별 수온 평면도를 작성하여 조사 해역에서 발생한 수온역전 현상의 원인을 이 해역의 각종 수괴와 관련시켜 연구하였다. 그리고 국립수산진흥원의 1986년 8월의 정선 관측 자료중 이 조사 해역이 포함되는 204 정선의 자료를 이용하여 수온역전 현상의 원인을 보다 구체적으로 파악하였다.

결 과

수온역전의 연직 구조와 발생 빈도

조사 해역 전체 관측점의 수온 연직 profile중 3개의 대표적인 수온 연직 profile을 Fig. 3에 나타내었다. 즉, 한 정점에서 수온역전이 한번 일어난 type을 Fig. 3.1에, 두번 일어난 type을 Fig. 3.2에 세번 일어난 type을 Fig. 3.3에 각각 나타내었다.

Fig. 3.1의 경우에는 수온약층의 하단에 해당하는 수심 30m 이하에서 수온역전이 한번만 나타나고, 역전층 하단 깊이인 50m에서 저층까지의 거의 같은 온도인 15°C를 나타내고 있다.

Fig. 3.2에서는 먼저 수심 40m와 50m 사이에서 1차 수온역전층이 나타나고 2차 수온역전은 수심 70m와 90m 사이에서 나타났다. 역전층 하단 깊이 90m에서 저층까지의 수온은 Fig. 3.1과

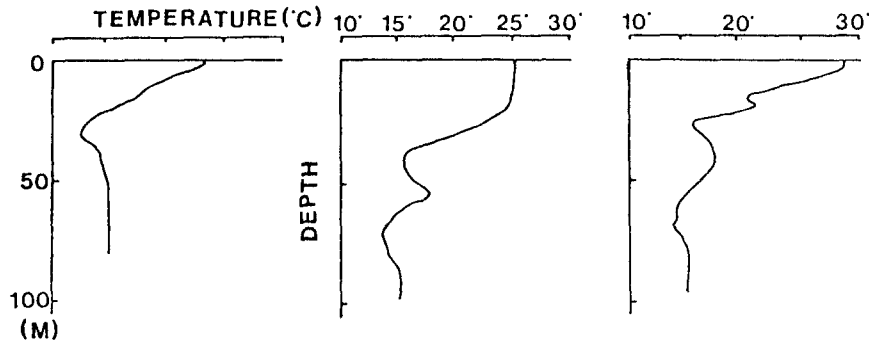
비슷하게 약 15°C를 나타내고 있다.

Fig. 3.3에서는 앞의 두 경우와는 달리 표면에서 불과 수심 15m와 20m 사이에서 1차 수온역전이 나타나 마치 Fig. 3.1의 수온약층 상부가 일시적인 수온역전을 형성할때에 생기는 수온역전과 비슷하며, 2차 수온역전은 수심 25m와 45m 사이에서, 3차 수온역전은 수심 70m 이하에서 나타나는 복잡한 구조를 보이고 있다.

일반적으로 세 type 모두 수온약층 아래에서 수온역전이 일어나고 있으며 역전층 하단에서 저층까지의 수온이 모두 15°C 정도로 나타나고, 최하부 수온역전층의 길이는 한 정점에서의 수온역전 출현빈도가 2개층 이상인 경우 수심 70m 이심에서 나타나고 있음을 알 수 있다.

본 조사 해역에서 총 67개 정점에서의 수온역전의 형태별 출현빈도는 다음과 같다. 전 관측 정점에서 수온역전이 한번이라도 발생한 것은 39개로서 그 출현빈도는 58.20%이며, 한개층에 발생한 것은 9개로 13.42%, 두개층에 발생한 것은 14개로서 20.80%, 세개층에 발생한 것은 16개로 23.88%로 나타났다.

Fig. 4는 조사 해역의 형태별 수온역전층의 횡수를 나타낸 수평 분포도이다. 일반적으로 정선 E-line을 중심으로 제주도 동방 20 mile 이내의 주변 해역과 정선 8-line에서 주로 세번 이상의 수온역전층이 나타나며, 기타 해역은 1~2개의 역전층이 나타난다.



(Fig. 3.1)

(Fig. 3.2)

(Fig. 3.3)

Fig. 3. Three typical temperature profiles at each station in August, 1986.

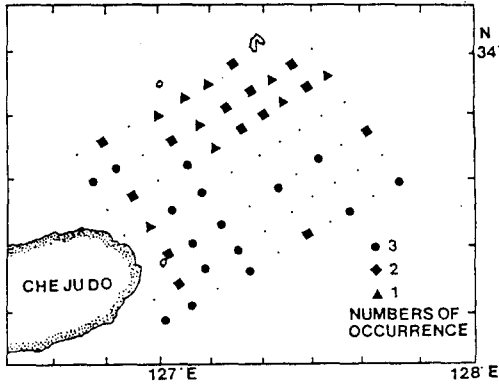


Fig. 4. Horizontal distributions of frequency of temperature inversion at each station in August, 1985.

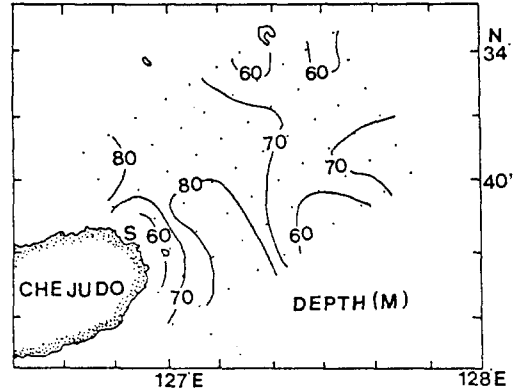


Fig. 6. Depth of the deepest temperature inversion layer in August, 1986.

수온역전층 수심의 수평 분포도

Fig. 5는 한 정점에서 수온역전층이 1~2회 나타난 층에서는 상층의 수온역전층을, 3회 나타난 경우에는 제2층의 수온역전층으로서 수온역전층의 출현 깊이를 나타낸 수평 분포도이다. 대체적으로 수온역전층의 깊이는 40~60m 수심층 사이로 나타났다. 거문도 남방의 일정 해역에서는 수온역전층이 깊이 30~40m로 비교적 낮은 수심에서 나타나고, 그외 해역에서는 역전층이 거의 50~60m의 수심에 분포하고 있다.

Fig. 6은 한 정점에서 역전층이 1~3회 나타난 경우 모두 최하단의 역전층의 깊이로서 나타낸 역전층 수평 분포도 이다. 역전층의 수심은

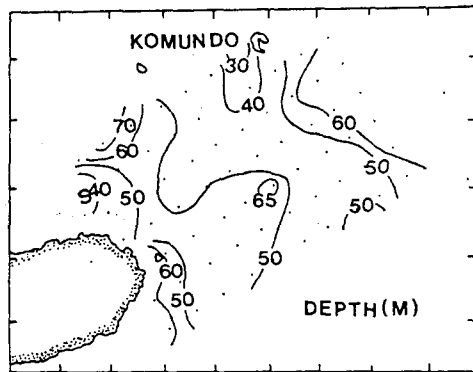


Fig. 5. Depth of the first and second temperature inversion layer in August, 1986.

60~80m 사이이며, 조사 해역을 정점 A1과 정점 J8을 연결한 수심이 60~80m이며 한국 남안 연안쪽인 북쪽 해역이 수심 60~70m로 비교적 낮게 나타나고 제주도 우도 동쪽 10mile에서 20 mile 사이의 일정 해역에서는 수심 80m로 깊게 나타난다.

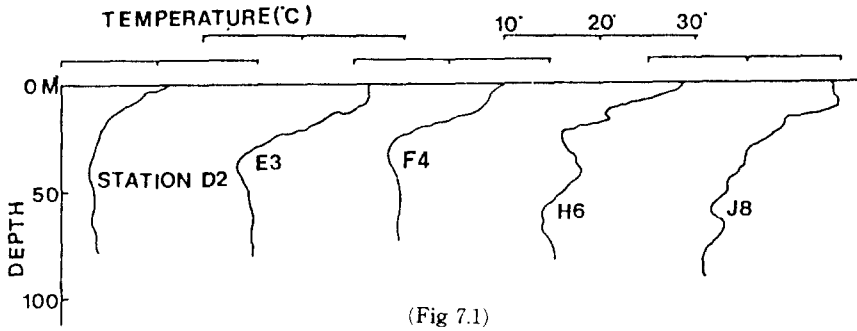
Fig. 7.1과 7.2는 이 조사 해역에서 일어난 역전현상의 특징을 더욱 구체적으로 파악하기 위해서 2개의 관측선을 선정하여 각 관측 정점마다의 수온 연직 구조를 동시에 나타낸 그림이다. 먼저 정점 D2, E3, F4, H6와 J8의 수온 연직 구조를 동시에 나타낸 Fig. 7.1을 보면 정점 J8에서 정점 D2로 갈수록 즉, 제주 외해역에서 제주해협 입구쪽으로 갈수록 수온 연직 구조가 단순해지고 또 수온역전을 일으키는 수층이 정점 D2로 진행함에 따라 점차 얕아짐을 알 수 있다. Fig. 7.2는 정점 D2에서 정점 D8까지 세로로 연결한 각 정점별 수온연직 구조를 함께 나타낸 그림이다. 정점 D8에서 정점 D2로 갈수록 즉, 제주 동남쪽에서 제주해협 입구쪽으로 갈수록 수온 연직 구조가 단순해지고 수온역전을 일으키는 수층이 얕게 됨을 알 수 있다.

수온 연직 분포 및 수온 수평 분포

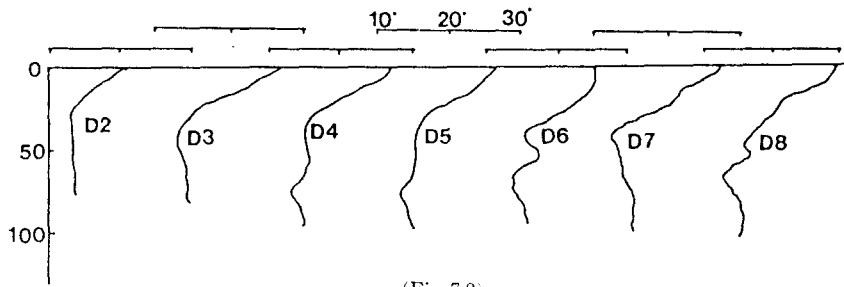
조사 해역의 수온의 연직 구조를 파악하기 위하여 각 정점들을 가로인 동서 방향으로 연결하여 만든 수온 연직 단면도가 Fig. 8이다.

Fig. 8.1은 조사 해역 중 가장 북쪽 해역인 한국남안에 가까운 쪽에 위치하는 3-line의 연직

1986년 하계 제주도 동부 해역의 수온역전 현상



(Fig 7.1)



(Fig 7.2)

Fig. 7. Vertical temperature profiles at station D2, E3, F4, H6, J8 and line D in August, 1986.

단면도이다. 수심 10m부터 30m 사이에는 강한 수온약층이 형성되어 있음을 알 수 있다. 거문도 남서 20mile 이내의 해역인 정점 E3와 정점 G3 사이의 수심 40m에서 저층까지는 주위가 14°C의 냉수인 정상 수온 연직 구조 상태에 수온역전을 일으키는 14°C이상의 난수가 있다.

Fig. 8.2에서는 전 관측점에 걸쳐 수온약층이 수심 10m 부터 30m부근에서 형성되고 있다. 그리고 15°C 등온선은 제주도 연안쪽인 정점 B4의 수심 70m에서 나타나다가 조사 해역의 중앙부에 해당하는 정점 D4에서 정점 G4사이에서는 수심 30m까지 급격히 얕아지고 다시 외해역인 정점 J4로 갈수록 50m로 깊어짐을 알 수 있다. 그리고 Fig. 8.1의 경우와는 달리 정점 D4와 정점 F4 사이에서는, 정점 D4의 수심 60m부터 정점 F4의 수심 30m까지 비스듬하게 약 10m정도의 두께를 가지는 냉수가 침투하여 그 이심에서 수온역전을 일으키고 있음을 알 수 있다.

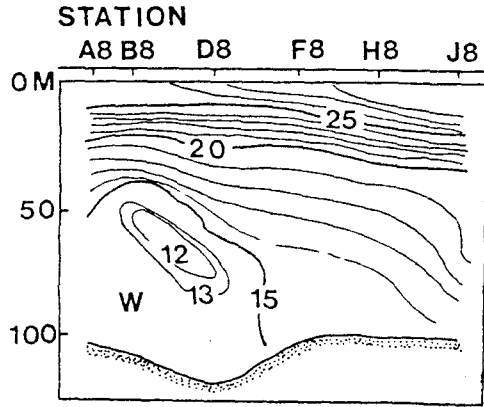
Fig. 8.3은 조사 해역중 가장 남쪽에 위치하는 관측선인 8-line의 연직 단면도이다. 역시 수심 10m로 부터 30m사이에서 강한 수온약층이 전 관측점에 걸쳐 형성되고 있다. 그리고 15°C 등온

선이 제주 연안역인 정점 A8에서는 수심 50m에서 나타나다가 정점 F8로 갈수록 갑자기 깊어져서 저층에까지 이르며, 제주 연안역에서 갈수록 같은 수심에서의 온도가 높게 나타나는 경향을 보이고 있다. 또한 정점 A8과 정점 D8사이에서는, 정점 A8의 수심 50m부터 정점 D8의 수심 80m까지 비스듬하게 10~15m정도의 두께를 가지는 냉수가 존재하여 그 이심에서 수온역전이 일어나고 있음을 알 수 있다.

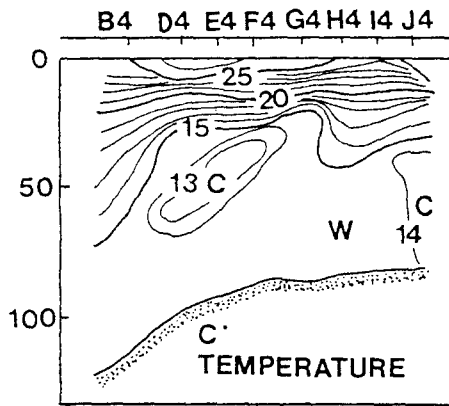
Fig. 9는 역시 조사 해역의 수온의 연직 구조를 파악하기 위하여 각 정점들을 세로인 남북 방향으로 연결하여 작성한 수온 연직 단면도이다.

Fig. 9.1은 제주 연안역인 D-line의 연직 단면도이다. 전 관측점에 걸쳐 수심 5m부터 30m사이에는 수온약층이 형성되어 있음을 알 수 있다. 또한 수온약층하의 수심에서 14°C이하의 냉수가 존재하여 그 이심에서는 수온역전을 일으키고 있다.

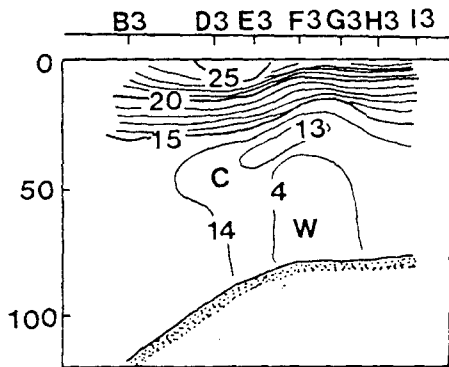
Fig. 9.2에서도 수온약층이 수심 10m부터 30m사이에서 형성되고 있다. 그리고 15°C 등온선이 거문도 남서 20mile이내의 해역인 정점 F2의 수심 25m에서 나타나다가 제주 동남 해역인 정점



(Fig 8.1)

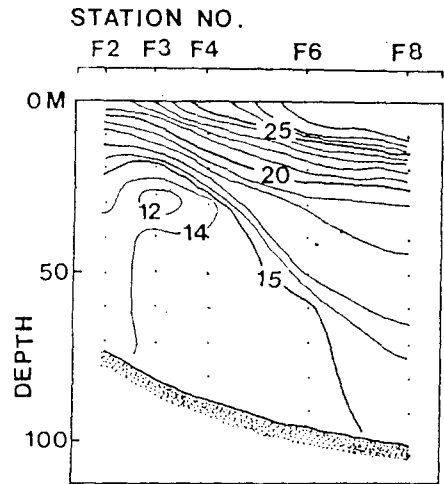


(Fig. 8.2)

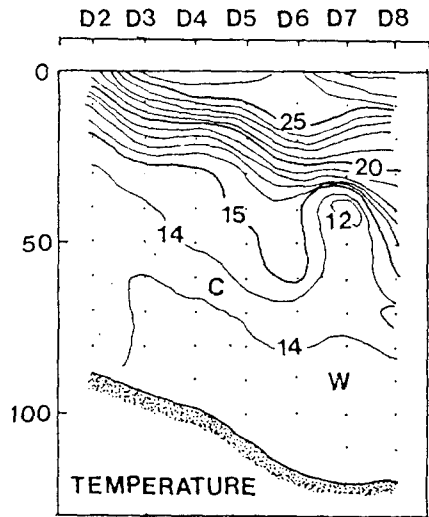


(Fig. 8.3)

Fig. 8. Vertical sections of water temperature (°C) at line 3, 4 and 8 in August, 1986.



(Fig 9.1)



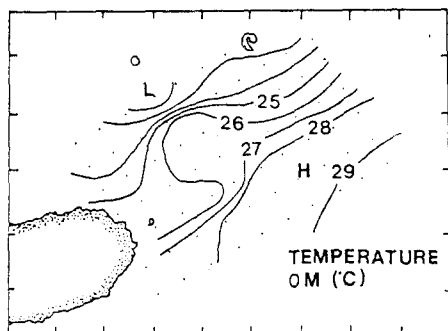
(Fig 9.2)

Fig. 9. Vertical sections of water temperature (°C) at line D and F in August, 1986.

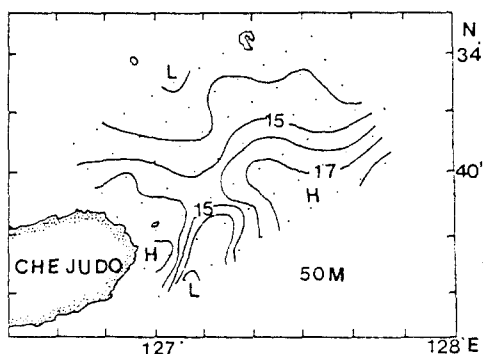
F4사이에서는 14°C이하의 냉수가 나타나 그 이심에서는 수온역전이 형성되고 있다.

Fig. 10은 본 조사 해역에서 발생하는 수온역전 현상의 원인을 파악하기 위한 표면과 수심 50m의 수온 수평 분포도이다. 먼저 Fig. 10.1에서,

고찰



(Fig 10.1)



(Fig 10.2)

Fig. 10. Horizontal distributions of temperature (°C) at the depth of surface and 50m in August, 1986.

표면의 수온 분포를 보면 수온 범위는 22~29°C로 나타난다. 그리고 제주도 동남방에서 북방인 한국 남안쪽으로 갈수록 수온이 낮아지고 26°C 등온선이 북서쪽인 제주해협 입구쪽을 향하여 혀 모양으로 뺨어 들어가고, 제주도 연안쪽은 오히려 외해쪽으로 뺨어 나오고 있음을 알 수 있다. 그리고 23~28°C의 수온 범위가 나타나는 해역이 바로 전선역임을 알 수 있다. Fig. 10.2에서 50m의 수온 수평 분포에서는 그 수온 범위가 13~18°C였다. 일반적으로 15°C 이상의 고온역은 제주도 동북단과 거문도를 이은선의 약 25mile 남쪽 해역이었다. 저온역은 이 선에서 연안쪽으로 최저 13°C까지 나타났으나 제주도 동방 약 10 mile의 정점 D6에서 연안쪽의 16°C 이상 난수가 외해쪽으로 뺨어 있는 것을 15°C이하의 냉수가 차단하여 이 난수를 분리하고 있음을 알 수 있다.

한국 남해는 쓰시마난류, 황해난류, 황해냉수 및 남안연안수등에 의해 해황이 좌우된다. 특히 제주도 동부 해역에서는 고온 고염의 쓰시마 난류수와 저온 저염의 한국남안연안수가 서로 혼합되거나 전선을 형성한다(강, 1974; Lim, 1976; 김과 육, 1983)고 알려져 있다. 그러므로 한국 남해에서 가장 현저한 해양적 특성의 하나는 제주도과 대마도를 잇는 해역에서 형성되는 전선이라고 할 수 있다.

Fig. 10. 1에서 보면, 제주도 동북방에서 23~28°C 수온 범위를 가지는 전선대가 나타남을 알 수 있다. 또한 이 전선역의 26°C 등온선이 제주도 동북방에서 북서쪽인 제주해협 입구쪽을 향하여 혀 모양으로 뺨어 들어가고 제주도 연안쪽에는 오히려 외해쪽으로 뺨어 나오고 있음을 알 수 있다. 盧와 平野(1983)도 제주해협쪽을 향하는 혀 모양의 쓰시마난류수가 이 해역에 존재한다고 한 바 있다.

수온역전이 주로 일어나는 깊이인 수심 50m의 수온 수평 분포도 (Fig. 9. 2)에서는, 한국남안연안수라 생각되는 25°C이하의 냉수가 제주도 동방 약 10mile의 정점 D6(Fig. 10. 1) 이남에 까지 진출하여 쓰시마난류수라 생각되는 양측의 16°C이상의 난수를 분리하고 있다. 그리고 제주도 동방 약 20mile 외해역에서는 역시 15~17°C의 수온 범위를 가지는 전선대가 나타남을 알 수 있다. 조와 양(1985)도 수심 50m의 수온, 염분, sigma-t의 수평 분포로부터, 제주도 동방 20 mile 해역과 그보다 20mile더 떨어진 외해역에서 한국남안연안수와 쓰시마난류계수와와의 사이에서 전선이 형성되고 있음을 밝혔다. 그런데 이 수온 수평 분포도(Fig. 10. 2)와 형태별 수온 역전층의 횡수를 나타낸 수평 분포도인 Fig. 4를 비교하여 보면, 비교적 전선의 기울기가 큰 해역의 정점들 즉, 정점 B6, C5~C7, D4~D8, F6, H6등에서는 한 정점에서 3회 이상의 수온역전층이 형성되는 복잡한 수온 연직 구조를 가지고 있음을 알 수 있다. Nagata (1967, 1968)는 Kuroshio와 Oyashio의 혼합해역 즉, 전선대에서 수온역전이 빈번히 발생하며 특히, 전선대가 강한 곳에서는 수온역전층이 여러 개 동시에 나타나는 복잡한 수온 연직 구조가 많

이 나타난다고 한 바 있어 전선대에서 수온역전이 자주 발생함을 확인할 수 있다.

한편, 제1차 수온역전층의 하단 깊이는 대략 수심 50m에서 나타나며 (Fig. 4), 최 하단의 역전층 수심 분포는 대체로 깊이 60~80m 정도에 (Fig. 5) 해당되는데 김과 육(1983)도 한국 남해의 수온역전 현상에서 여름철 남해에서 발생하는 수온역전층 깊이가 50~100m에서 그 빈도가 비교적 높은 값을 보인다고 밝힌 것은 이 연구의 결과와 잘 일치하고 있다고 하겠다.

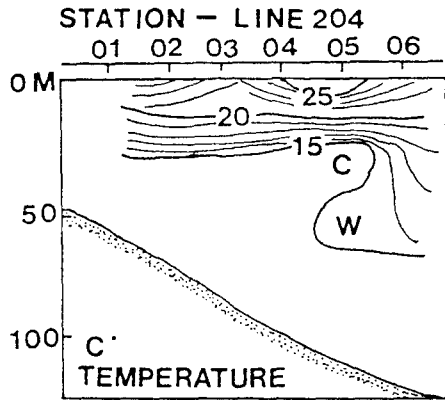
수온역전층 수심의 수평적인 분포를 Fig. 5에서 보면, 조사해역을 정점 A1과 정점 J8을 연결한 선으로 남북으로 양분할때, 대체로 남쪽 해역은 역전층의 수심이 60~80m이며, 북쪽 해역은 수심 60~70m로 나타난다. 이는 비교적 따뜻한 쓰시마난류수가 한국남해안쪽으로 진행함에 따라 찬 연안수 위에 올라가서 수온역전층의 깊이가 얕아지면서 확장되는 반면에, 차가운 한국남안연안수는 남쪽으로 진출하면서 침강하기 (Fig. 5) 때문이라 생각된다. 또한 쓰시마난류가 제주도 남동 외해역에서 한국남해안쪽으로 접근함에 따라 그 영향이 다소 약해지는 결과라고도 생각할 수 있다. 그리고 제주도 동방 20mile 이내의 해역에서는 수심이 60~70m로 비교적 얇게 나타나고 우도 동방 10mile에서 20mile 사이의 일정 해역에서는 80m로 깊게 나타나는 것 (Fig. 5)은 Fig. 9, 2에서 알 수 있듯이 한국남안연안수가 양측의 쓰시마난류수를 차단시켜 분리할 정도로 강하게 진출하면서 침강하기 때문이다. 따라서 우도 동방 10mile에서 20mile 사이의 일정 해역에서는 3개 이상의 수온역전층이 형성되며 (Fig. 3) 또한 수온역전층의 수심도 비교적 깊게 나타난 (Fig. 5)다고 생각할 수 있다.

한편, 전선대인 제주도 동부 해역에서 출현한 수온역전 현상의 특징을 보다 구체적으로 파악하기 위하여 수온 연직 단면도 (Fig. 7, Fig. 8)를 보면, 표면하 수심 30~40m까지는 대체로 수온이 수평적으로 비슷하며 이 사이에서 강한 수온약층이 형성되고 수온역전은 대부분이 수온약층 하에서 일어났던 것을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 성질이 서로 다른 두 수괴 즉, 저온 저염인 수괴와 고온 고염의 수괴가 서로 혼합되는 과정에서 발생하는 것으로 설명할 수 있다. 즉 여름철 표

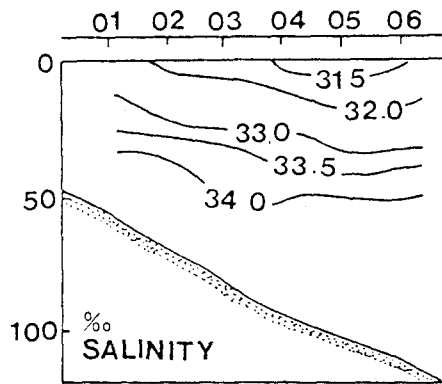
층에서는 강한 성층 현상을 이루고 있기 때문에, 표층에서 수온역전이 일어날 수 있는 mechanism은 바람에 의한 용승때문에 생기는 표층의 냉수 이류 (advection)라고 생각할 수 있다. 그리고 여름철 수온약층하에서 일어나는 수온역전은 성질이 서로 다른 두 수괴의 이류에 의한 수평 혼합 현상으로서 설명할 수 있다.

본 연구에서는, 약층 하부가 14°C 이하의 냉수인데 그 중간층에 14°C 이상의 난수가 침투함에 따른 수온역전 (Fig. 7. 1)과 약층 하부가 14°C 이상의 난수인데 그 중간층에 14~13°C 이하의 냉수가 침투함에 따른 수온역전 (Fig. 7. 2, 7. 3, Fig. 8. 1, 8. 2)의 두 가지 유형으로 나타난다. 즉, 고온 고염의 쓰시마난류수와 저온 저염의 한국남안연안수의 경계역에서 동밀도면을 따라 침투 (intrusion) 현상이 일어난다면, 두 수괴의 염분값에 차이가 있어 이에 따른 수온차에 대한 밀도 증감분에 대한 것 만큼을 염분이 보상하여 준다면 밀도 역전이 수반되지 않은 수온역전 현상이 일어난다고 생각할 수 있다. 김등(1982)도 고온 고염의 황해난류와 저온 저염의 황해냉수가 만나는 경계역에서 동밀도면을 따라 침투 현상이 일어난다면 두 수괴의 염분값에 차이가 있어 같은 밀도의 물이라도 온도차가 생겨, 기본적으로 밀도역전을 수반하지 않은 수온역전이 일어난다고 하였다. 또한 김과 육(1983)이 남해 중앙부를 경계로 본 조사 해역을 포함하는 남해 서부 해역에서는 주로 약층 하에서 수온역전만이 일어난다고 밝힌 것은, 이 연구의 결과와 잘 일치 한다고 하겠다.

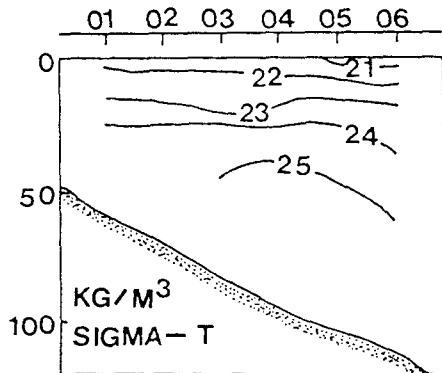
이와같이 현상을 구체적으로 파악하기 위해서 Fig. 11에 국립수산진흥원 해양 관측 정선 중 제주도 근접한 204선의 1986년 8월의 수온, 염분, sigma-t의 연직단면도를 나타내었다. 수온 연직 단면도 (Fig. 11. 1)에서는 30m 이심에서 수온역전이 나타나고 있음을 알 수 있으나, 염분 연직 단면도 (Fig. 11. 2)에서는 수심이 깊어짐에 따라 염분을 전 수심에서 일정하게 높아짐을 알 수 있다. 또한 sigma-t의 연직 단면도 (Fig. 11. 3)에서도 밀도역전은 일어나지 않고 있음을 알 수 있다. 따라서 제주도 동부 해역에서 출현하는 수온역전은 수온차에 대한 밀도 증감분에 대한 것 만큼을 염분이 보상하여 밀도역전이 수반되지



(Fig 11.1)



(Fig 11.2)



(Fig 11.3)

Fig. 11. Vertical sections of water temperature(°C), salinity(‰) and sigma-t(kg/m³) at line 204 in August, 1986.

않은 수온역전임을 알 수 있다. 또한 이와같은 수온역전 현상은 근본적으로 한국남안연안수와 쓰시마난류수 수괴간의 상호 침투(intrusion)현상에 의한 것이라고 할 수 있고 또 수온역전이 전선대에서 수괴를 기술하는 중요한 지표로 사용될 수 있음을 알 수 있었다. 차후 수온역전의 기구(mechanism)를 명확히 파악하여 전선대 및 혼합 수역을 조사하는 방향은 계속해서 연구해야 할 과제라고 생각한다.

요 약

한국 남해역에서 정기적인 해양 관측을 실시하고 있는 국립수산진흥원의 해양 관측 정선이 외해쪽에만 치중되어 있어 연안수와 외해수간의 상호관계를 상세히 규명하기 어렵고 또한 해역에 따라서는 정선간의 간격이 커 복잡한 해황을 정확하게 파악하지 못하는 경우도 있다. 따라서 본 연구에서는 1986년 5월 23~25일간 부산수산대학교 실습선 402호를 이용하여 위와같은 전선대 해역(제주도 동부 해역 부근)에서 자주 발생한다고 알려져 있는 수온역전 현상에 대해 DBT(Digital Memory Bathythermograph)를 사용하여 현장관측을 실시하여 보다 상세한 수온역전 구조와 그 발생 기구를 파악하고 부차적으로 이러한 수온역전 현상이 이 해역에 존재하고 있는 각 수괴들과 어떠한 관계가 있는가를 밝히고자 하였다.

그결과, 총 67개 정점에서 수온역전이 출현한 정점은 39개이며, 그 출현빈도는 58.20%였다. 한정점에서 수온역전 출현빈도는 한개 층이 9개로서 13.42%, 두개 층은 14개로서 20.80%, 세개 층은 16개로서 23.88%로 나타났다. 수온역전은 대체로 수온약층 하의 수심인 40m 이심에서 일어났고 역전 수온 범위는 14~16°C였다.

제주도 동부 해역에서 출현한 수온역전은 고온 고염의 쓰시마난류수가 저온 저염의 한국남안연안수 사이를 침투(intrusion)하여 생기는 수온역전과 저온 저염의 한국남안연안수가 고온 고염의 쓰시마난류수 사이를 침투하여 생기는 수온역전의 두가지가 있다. 그리고 이러한 수온역전이 전선대에서 빈번히 발생함을 해양 관측을 통하여 구체적으로 밝혔다. 그리고 앞으로도 전선대에서

수온역전의 기구를 규명하여 각 수괴의 존재를 규명하는 문제는 계속적으로 연구해야 될 과제라고 생각한다.

謝 辭

본 연구를 위해 어려움 속에서도 관측에 힘써 주신 부산 402호의 선장님이하 선원여러분께 감사의 마음을 전합니다.

參考文獻

- Collinst, C.A., C.N.K. Moocrs, M.R. Stevenson, R L. Smith and J.G. Pattullo(1968): Direct current measurements in the frontal zone of a coastal upwelling region. J.Oceanogr. Soc Japan 24(6), 295~306.
- Kang, Y.Q.(1983): On the generation of temperature inversions in the upper layer of the ocean. J.Oceanol. Soc. Korea., 18(1), 43~49.
- Kim, H.J. and K.D. Cho(1982): Inversion phenomena of density in the Japan Sea. J. Oceanol. Soc. Korea 17(2), 51~58.
- Kim, H.J.(1984): Oceanic Temperature Inversions in the Neighbouring Seas of Korea. Bull. Nat. Fish. Univ. Pusan 24(1), 87~94.
- Lee, K.B.(1978): Study on the coastal cold water near Ulsan. J.Oceanol. Soc. Korea 13, 5~10.
- Lim, D.B.(1976): The movements of the waterws off the south coast of Korea. J.Oceanol. Soc. Korea 11(2), 77~88.
- Nagata, Y.(1967): On the structure of shallow temperature inversions. J.Oceanogr. Soc. Japan 23, 221~230.
- Nagata, Y.(1970): Detailed temperature cross section of the cold water belt along the northern edge of the Kuroshio. J.Marine Res. 28, 1~44.
- 강철중(1974): 한국 남해안 연안수의 계절변동에 관한 연구, 국립수산진흥원 연구보고 12, 107~121.
- 김희준, 육상섭(1983): 한국 남해의 수온역전현상. 한국수산학회지 16(2), 111~116.
- 김희준·윤홍주·양성기(1982): 한국 서해의 수온역전현상. 어업기술 18(2), 91~96.
- 盧洪吉, 平野敏行(1983): 제주해협 동쪽 입구에 출현하는 설상의 난수. 한국수산학회지 16(4), 299-304.
- 조규대, 양용림(1985): 쓰시마 난류역에서의 선망 어장 환경. 어업기술 21(1), 41~61.