

## 황해 남동해역 투명도의 계절 변화

최용규 · 권정노  
서해수산연구소 군산분소

### Seasonal Variation of Transparency in the Southeastern Yellow Sea

Yong-Kyu CHOI and Jung-No KWON

Kunsan Lab., West Sea Regional Fisheries Research Institute, Kunsan, Jeonbuk 573-030, Korea

The data of Secchi disc observation collected during 1966~1990 were analyzed to investigate the seasonal variation of transparency in the southeastern Yellow Sea.

The bimonthly distribution of mean transparency showed that the isolines of transparency were roughly parallel to the isobaths. The transparency was low (3 m in February and 8 m in August) in the shallow water less than 20 m depth in comparison to the higher values (10 m in February and 17 m in August) in the deeper water.

The lowest transparency was found in winter. The transparency increased in spring and the highest transparency occurred in summer. The water becomes turbid in autumn. Suspended solid concentrations in winter are ranged from 28 to 130 mg/l, and from 8 to 60 mg/l in summer. The seasonal variation of transparency seems to be mainly affected by resuspension of solid from the bottom. The amounts of suspended solid are large in winter due to the vertical convection by cooling effect and turbulence by the strong wind, and small in summer due to the strong stratification and weak wind.

**Key words:** transparency, suspended solid, resuspension

#### 서 론

황해는 북서태평양의 연해로, 북쪽은 중국의 요동 반도와 산둥 반도를 연결하는 선에 의해서 발해만 (Gulf of Po Hai)과 구분이 되고, 남쪽은 우리나라의 진도와 제주도 그리고 중국의 양자강 하구를 잇는 선에 의해서 동중국해 (East China Sea)와 구분된다. 또한 황해는 평균 깊이가 약 44 m로 반폐쇄적인 만의 특성을 지니고 있다. 이러한 특성으로 황해는 겨울에 대류 혼합에 의해서 연직적으로 수온이나 염분이 균일한 수괴의 특성을 나타내며 (Lie, 1985), 여름에는 태양 복사에 의한 표층수의 수온 상승으로 황해 저층 냉수와의 사이에 수온, 염분 및 밀도 약층을 이루고 있다 (Tawara and Yamagata, 1991; Chen et al., 1994).

투명도는 주로 해수 중에 있는 부유 현탁 물질의 양에 따라 달라진다. 부유 물질은 해저나 육지에서 생긴 것이기 때문에, 투명도의 변화는 해수의 연직 혼합 및 유동 상태 등 해황을 판단하는데 유용한 지표가 된다. 해양 상층수의 투명도는 투명도판 (Secchi disc)의 깊이에 의해 정량적으로 결정될 수 있으며, 일정 해역에서 투명도판의 깊이가 얇은 곳은 엽록소의 양이 많다 (Pickard and Emery, 1990).

한편, 황해는 중국의 양자 (Yangze)강과 황하 (Hwangho)와 같은 큰 강과 한반도의 압록강, 한강, 금강,

영산강과 같은 강들이, 반폐쇄만의 특성을 지닌 황해로 실트 (silt)나 점토 (clay)같은 미세 부유 입자를 흘러 보내고 있다. 이에 따른 부유 입자의 유동을 보면, 황해 남동 해역에서 여름의 한반도 연안역에서는 조석 혼합 (Lie, 1989; Seung, 1987; Seung et al., 1990)으로, 저층 입자의 재부유가 활발하다 (Choi, 1993; Choi and Park, 1996). 그리고 겨울의 황해 남동 해역에서는 대류 혼합에 의해서 부유 입자가 표면에서 저층까지 일정하게 분포하고 있다 (Wells and Huh, 1984; Choi and Park, 1996).

이와 같이 황해 남동 해역에서는 기상 및 해황의 계절 변화에 의해서 투명도도 또한 달라 지리라 생각된다. 투명도판을 이용한 투명도의 관측에는 개인적 오차가 많이 있지만, 25년 동안의 장기간의 자료를 이용하여 평균적인 계절 변화의 차이를 나타내는 것은 가능하리라 생각된다. 따라서 본 연구에서는 투명도판의 깊이를 투명도로 사용하여, 혼합도를 개략적으로 나타내는 투명도의 계절 변화를 보았으며, 투명도의 변화가 성층과 바닷과의 관련성이 있는가를 살펴 보았다.

#### 자료 및 방법

황해 남동 해역의 투명도의 변화를 보기 위하여, 국립 수산진흥원의 해양조사연보에 보고되어 있는 우리나라

서해의 6개 정선의 총 52개 정점 (Fig. 1)에서, 1966년부터 1990년까지 25년간의 투명도와 바람의 격월별, 정점별 자료를 이용하였다. 투명도는 직경 30 cm의 흰색 원판 (Secchi disc)으로 관측된 자료이며, 바람은 보퍼트 풍력 계급 (Beaufort scale)으로 나타낸 자료를 사용하였다. 일반적으로 사용되고 있는 보퍼트 풍력 계급은 0 ( $0.0 \sim 0.2 \text{ ms}^{-1}$ ) ~ 12 ( $32.7 \text{ ms}^{-1}$  이상)까지 13계급으로 구분하여 사용하고 있다. 보퍼트 풍력 계급은 선박에서 바람의 육안 관측을 위하여 사용하는 것으로, 현재까지도 해양조사연보에서는 보퍼트 풍력 계급을 사용하고 있어, 그 값을 그대로 이용하였다.

계절별 부유 물질의 농도를 보기 위하여, 한국 연안 어장 환경 오염 조사 결과 보고서 (NFRDI, 1996)와 황해의 해양 오염 조사 및 대책 연구 (MOE and MOSAT, 1995)를 이용하여 한국 서해 연안의 6개 정점과 외양의 3개 정점에 대하여 계절별 부유 물질의 농도를 살펴 보았다.

연구 방법은 황해 남동 해역에서의 총 52개 정점에서의 연구 기간 (1966~1990) 동안의 격월별, 정점별 투명도와 풍력 계급의 평균치를 계산하여, 그 값을 정점의 대표값으로 하였다. 그리고 겨울과 여름의 성층을 보기

위하여, 정선 309에서의 밀도 ( $\sigma-t$ ) 단면도를 나타내었으며, 이것을 표면과 저층간의 수온차 및 풍력 계급과 함께 비교해 보았다.

## 결 과

황해 남동 해역에 있어서 투명도의 분포를 보기 위하여 25개년 (1966~1990)의 격월별 평균 투명도를 Fig. 2에 나타내었다. 투명도의 분포는 등수심선과 유사하게 동서 대비를 보이고 있다. 수심이 20 m 이천으로 얕은 연안역에서는 투명도가 2월부터 8월까지 약 3~8 m로 낮고, 수심이 60 m 이심으로 깊은 외양역에서는 투명도가 2월부터 8월까지 약 10~17 m로 높다. 12~2월은 투명도가 4~10 m의 범위로 6~8월의 6~17 m 보다 낮다. 6~10월에는 12~4월보다도 뚜렷한 투명도 전선 (transparency front)이 각 정선의 정점 3~4를 중심으로 나타나고 있다. 이 투명도 전선은 수심이 40 m인 등수심선 (Fig. 1)과 거의 유사한 분포를 보이며, 격월별로 투명도 전선의 평균적인 위치는 큰 변화가 없다.

Fig. 3은 한국 연안 어장 환경 오염 조사 결과 보고서 (NFRDI, 1996)를 이용하여, 서해 연안에서의 부유 물질의 계절에 따른 양을 나타낸 것이다. 2월의 부유 물질의 양은 약 28 (J13)~120 (K8)  $\text{mg}/\ell$  이고, 8월의 부유 물질의 양은 8 (M8)~20 (G3)  $\text{mg}/\ell$ 로써, 겨울철의 부유 물질의 양은 여름철보다도 약 3~6배 정도 높게 나타나고 있다. 정점 P20에서 전 계절을 통하여 4월에 약 90  $\text{mg}/\ell$ 로 높은 농도를 보이는 것은, 봄철의 대증식 (bloom)에 의한 일시적인 현상이라고 생각된다. 대체적으로 정점별로 4월과 11월의 부유물질의 양은 2월과 8월의 부유 물질의 양의 사이에 해당하는 농도를 나타내고 있다.

Fig. 4는 황해의 해양 오염 조사 및 대책 연구 (MOE and MOSAT, 1995)를 이용하여 외양의 3개 정점에 대하여 3~4월과 6~7월의 부유 물질의 총량과 수심별 양을 함께 나타낸 것이다. 3~4월의 부유 물질의 양은 약 62 (St.19/10)~130 (St.36/7)  $\text{mg}/\ell$ 이고 6~7월의 부유 물질의 양은 약 15 (St.19/10)~60 (St.32/4)  $\text{mg}/\ell$ 로써, 늦겨울에는 초여름보다 부유 물질의 양이 약 2~4배 정도 더 많다. 수심별 부유 물질의 양을 보면, 3~4월이 약 25~30  $\text{mg}/\ell$ 이고 6~7월이 3~28  $\text{mg}/\ell$ 이다. 수심별로 늦겨울의 부유 물질의 양은 거의 일정하며 초여름의 양보다도 많음을 나타내고 있다. 그러나 정점 19/10에서 3~4월에 수심별 농도가 일정하지 않고, 표층에서 부유 물질이 적은 양을 보이는 것은, 서해 남부 해역에서의 쓰시마 난류에 의한 영향으로 생각되지만, 이것에 대해서는 상세

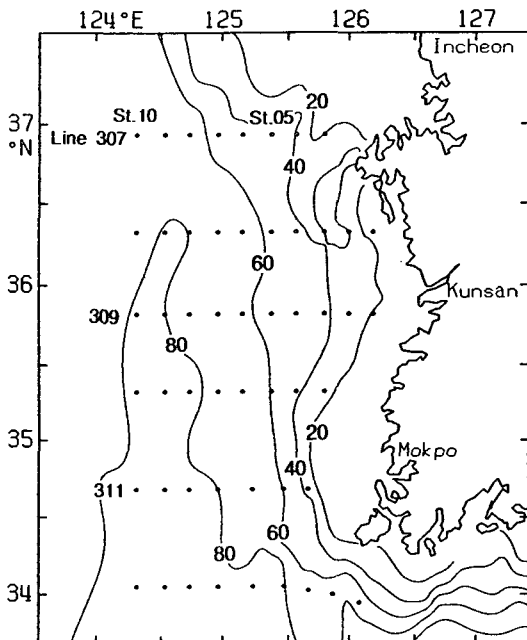


Fig. 1. Bathymetry (full line with the depth in meters) and the oceanographic stations (dot with the station and line number) of the National Fisheries Research and Development Agency in the southeastern Yellow Sea.

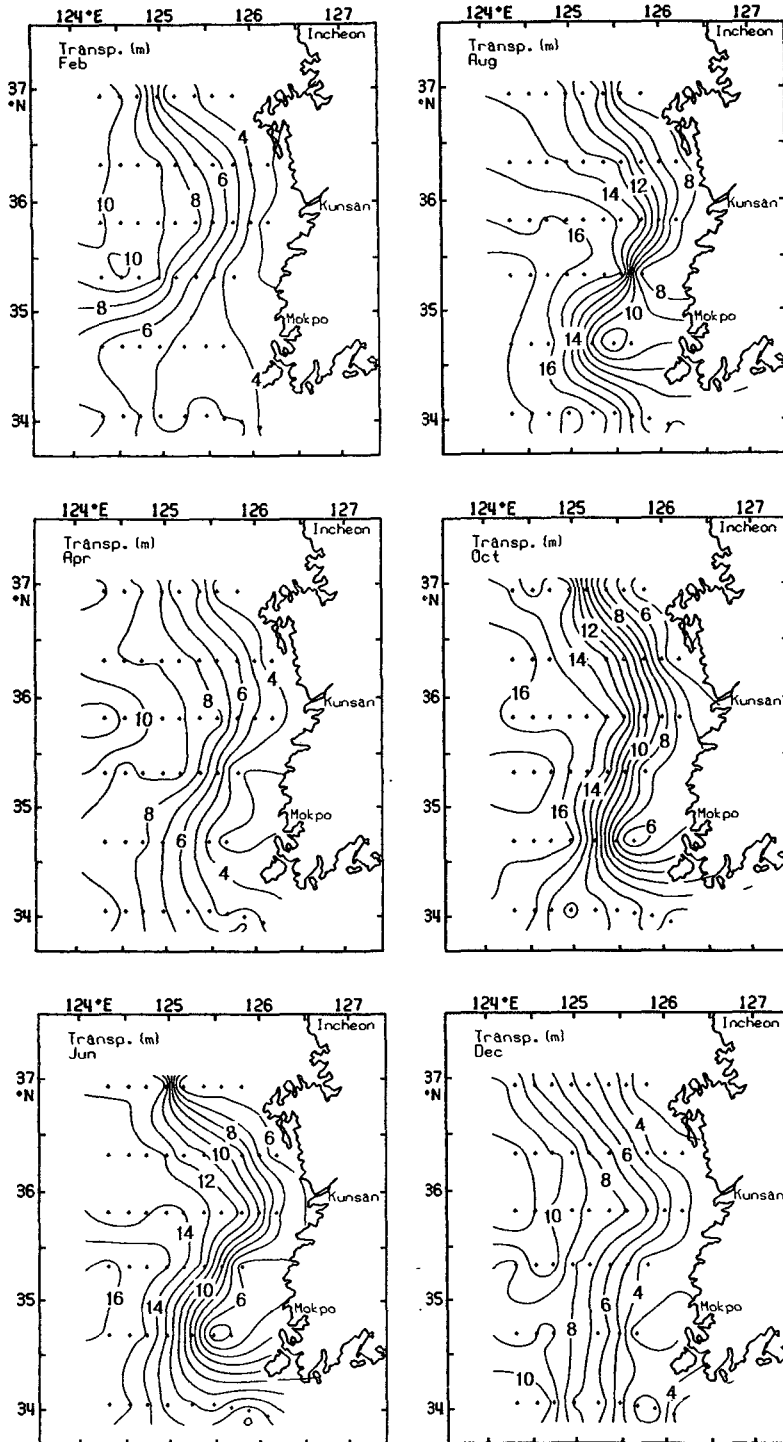


Fig. 2. Bimonthly variations of mean transparency during 1966~1990.

한 연구가 필요하다고 생각된다.

투명도가 동서 대비를 보이고, 겨울에 투명도가 낮고

여름에 투명도가 높은 계절 변화가 어떻게 해서 나타나 는 가을 보기 위해서, 또한 겨울철에 부유 물질의 양이

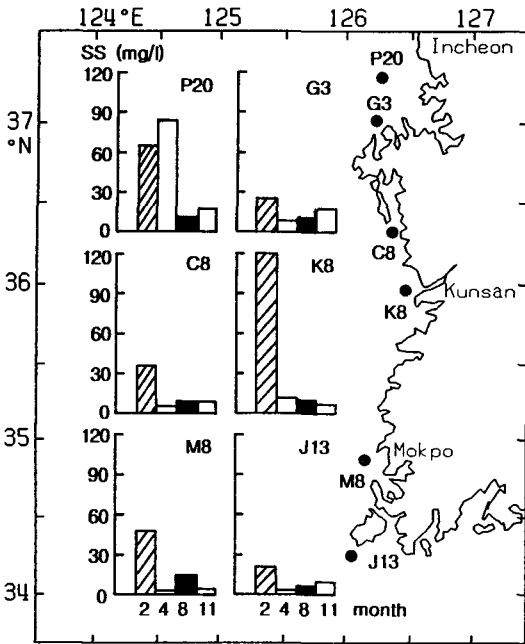


Fig. 3. Seasonal amount of suspended solid in the west coast of Korea in 1994.

여름철보다 왜 많은 가을 살피보기 위해서, 황해 남동해역의 중간에 위치한 정선 309의 각 정점에 있어서 2월과 8월의, 표면과 저층의 수온차와 보퍼트 풍력 계급, 그리고 밀도의 연직 단면도를 Fig. 5에 나타내었다. 2월의 표면과 저층간의 수온차는 거의 0°C로 표면에서 저층까지 수온차가 없으며, 보퍼트 풍력 계급은 약 3.5 내외이다. 이에 따른 밀도는 25.6~25.7로 표면과 저층간의 밀도차는 거의 없다. 그러나 8월은 정점 10에서 약 18°C에

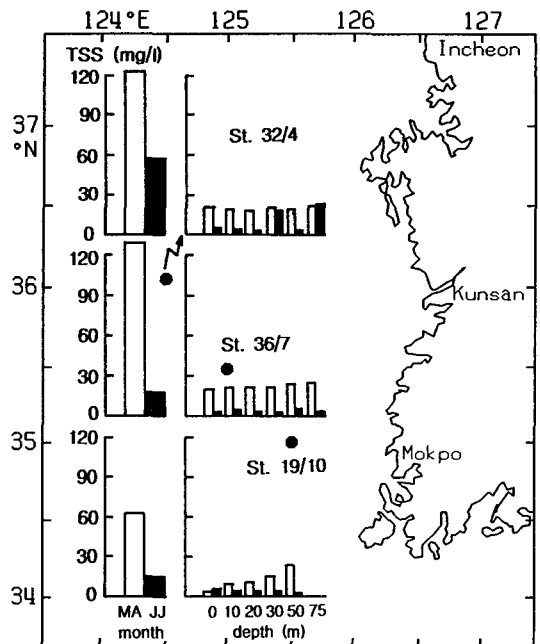


Fig. 4. Amount of suspended solid in late winter (March~April; open stick) and early summer (June~July; filled stick) in 1995.

서부터 정점 1에서 약 4°C까지 표면과 저층간의 수온차가 크게 나타나며, 보퍼트 풍력 계급은 약 2.5 내외이다. 이에 따른 8월의 표면 밀도 (21.0 kgm<sup>-3</sup>)와 저층 밀도 (25.0 kgm<sup>-3</sup>)의 차는 약 4.0 kgm<sup>-3</sup>으로 2월에 비해서 큰 밀도 차이를 보이고 있다.

Fig. 6은 투명도와 표면과 저층간의 수온차 및 투명도와 보퍼트 풍력 계급과의 관계를 나타낸 것이다. 투명도

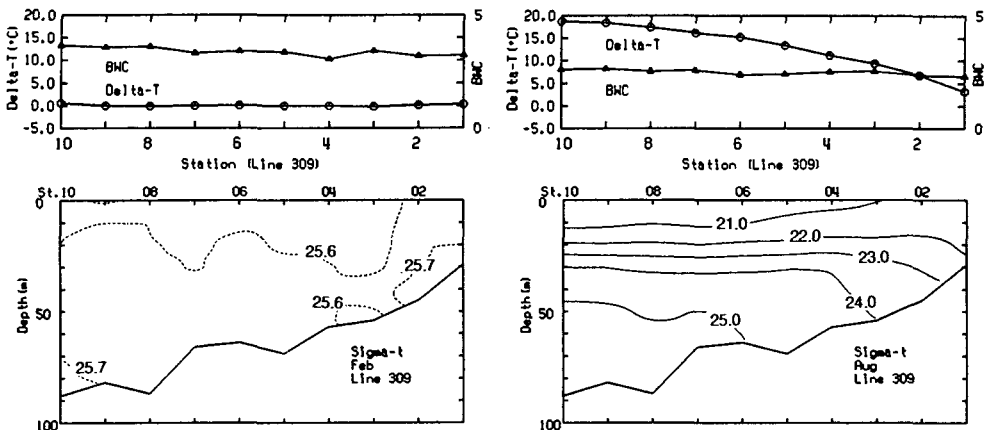


Fig. 5. Mean temperature differences (open circles) between the sea surface and near bottom and mean Beaufort scale (triangles) in each stations (upper panel), and vertical distributions of mean density (lower panel) in line 309 on February (left panel) and August (right panel).

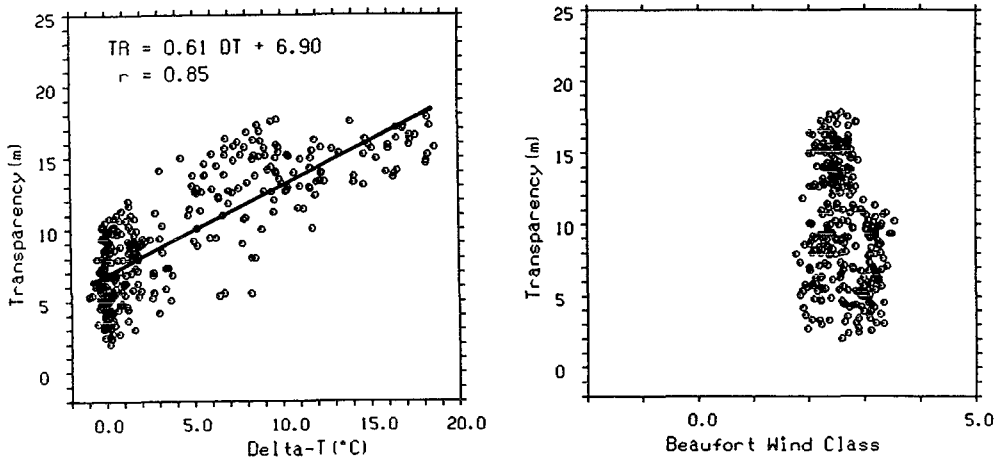


Fig. 6. Scatter diagrams showing the relations between transparency and temperature difference (left), and between transparency and Beaufort scale (right).

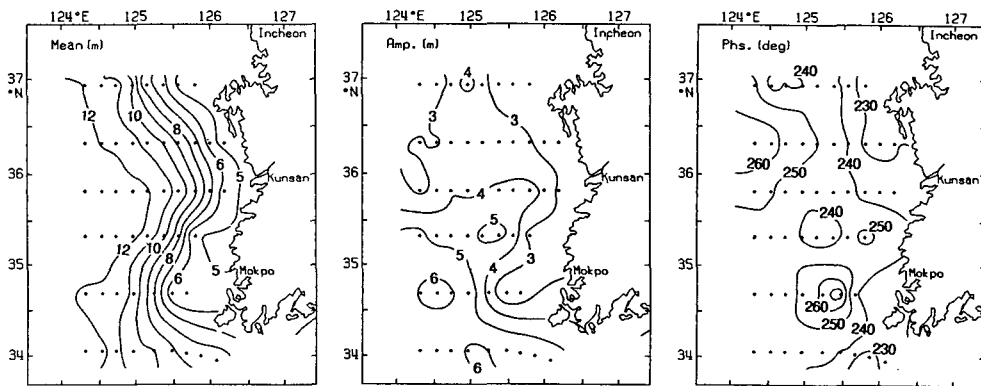


Fig. 7. Distributions of annual mean (left), amplitude (middle) and phase (right) of transparency by harmonic analysis.

와 표면과 저층간의 수온차와는 비교적 높은 양의 상관 ( $r=0.85$ )을 보이는 반면에, 보퍼트 풍력 계급과는 상관성이 없는 것으로 나타났다.

투명도의 계절 변화를 보기 위해서, 황해 남동해역에서 수온에 대해서 조화 분석을 행한 Kang and Jin (1984)의 방법을 이용하여, 투명도에 대해서 조화 분석을 한 결과를 연평균과 진폭, 그리고 그 위상에 대해서 Fig. 7에 나타내어 보았다. 연평균은 연안역 (5 m)에서 외양역 (12 m)으로 갈수록 증가하며, 동서 대비를 보이고 있다. 연진폭은 연안역에서 3~4 m이지만, 쓰시마 난류의 영향을 받는 남서 해역은 진폭이 5~6 m로 연안역보다 크다. 투명도가 가장 높게 나타나는 계절은 8월 중순 (230°)에서 9월 중순 (260°)으로 연안역이 외양역보다 최대값이 1개월 정도 빨리 나타난다.

계절 변화에 따른 혼합 및 성층과 부유 물질의 농도

(투명도의 분포)와의 관련성을 찾기 위해서 Takeoka et al. (1993)과 같은 방법으로 Fig. 8에 태양 에너지와 바람 에너지의 연직 혼합 효과의 계절 변화를 1994년과 1995년에 대해서 각각 나타내어 보았다. Fig. 8은 1994년 (Fig. 3)과 1995년 (Fig. 4)의 부유 물질 분포와의 관련성을 보기 위해서 군산 지역의 순별 기상 자료를 이용하여, 해면을 통한 순열수지로서 태양 및 바람에 대한 연직 혼합 에너지를 나타낸 것이다. 태양 에너지에 의한 연직 혼합 효과는 가을 (9~10월)부터 겨울 (2~3월)에 크며, 수온 상승기인 봄 (4월)부터 여름에는 태양 에너지가 연직 혼합 효과를 방해한다. 그리고 1994년의 경우 태양 에너지에 의한 연직 혼합 효과의 크기는 조석 혼합 효과의 크기 (유속을  $0.5 \text{ ms}^{-1}$ 로 했을 때 약  $2.0 \times 10^{-3} \text{ kgs}^{-3}$ )와 거의 같다.

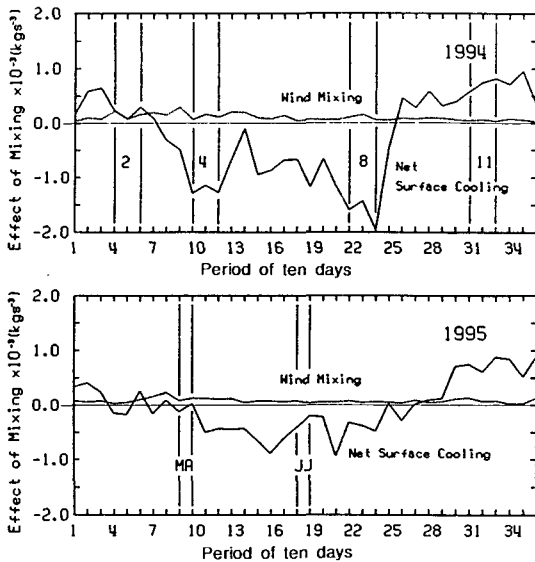


Fig. 8. Seasonal variations of the effect of wind mixing (dot line) and the effect of net surface cooling (full line) in 1994 and 1995. The meteorological data in ten-day period at Kunsan was used.

## 고 찰

황해 남동 해역은 연안역에서 투명도가 낮고 외양역에서 투명도가 높은 동서대비를 보이고 있고, 그리고 투명도가 겨울에는 낮고 여름에는 높은 계절 변화를 보이고 있다 (Fig. 2). 이것은 서해 연안의 조석 혼합에 의한 것과 이것에 부가하여 겨울에는 해면 냉각 및 바람에 의한 상하층간의 대류 혼합에 의해서, 겨울의 부유 물질의 양이 여름의 것보다도 더 많음을 나타내고 있다 (Fig. 3~5). 투명도와 성층의 계절 변화는 양의 상관 관계를 보이고 있으며 (Fig. 6), 또한 겨울의 보퍼트 풍력 계급은 여름의 보퍼트 풍력 계급보다 약 1이상 더 크다 (Fig. 5). 이것은 성층이 투명도의 분포에 영향을 미치고 있음을 시사하고 있다.

Choi and Park (1996)은 여름의 황해 남동 해역의 한반도 연안에서는 강한 조류에 의해서 해저 퇴적물의 재부유 작용이 우세하여 저층 혼탁수가 형성되며, Wells and Huh (1984)는 황해에서 겨울 북서 계절풍에 의해 연직 혼합된 상태에서 연중 강한 조류와 함께, 부유 입자의 농도는 상하층 수주에서 일정하다고 하였다. Choi (1993)는 한반도 서해 중부 해역에서의 부유물 함량은 동계에 높고 하계에 낮게 나타나며, 동계에는 재부유되는 주기적 작용을 한다고 하였다. 또한 Takahashi and Yanagi (1995)는 여름에 깊이에 따른 연직적인 조석 혼

합의 차이는 황해 중앙부의 성층을 연안역의 성층 보다 더 강하게 한다고 하였으며, Seung (1987)도 황해에서 조석 혼합의 강도의 차이는 있다고 하였다. 또한 Kim (1996)은 황해의 열속 계산에서 황해의 평균적인 순열속이 1월에 약  $-200 \text{ Wm}^{-2}$ 이고, 7월에 약  $+150 \text{ Wm}^{-2}$ 이라고 산정하였으며, 겨울에는 해양에서 대기로의 열의 손실이, 여름에는 대기에서 해양으로의 열의 흡수가 있다고 하였다. 이에 따라 겨울에는 냉각으로 인해 상하층이 혼합되어 일정한 특성을 보이는 균일한 수괴를 이루고 있다 (Lic, 1985; Tawara and Yamagata, 1991; Chen et al., 1994).

이와 같은 사실들은 황해 남동 해역에서의 투명도가, 겨울에 해수면 냉각과 바람에 의한 상하층 연직 혼합 및 조류에 의한 조석 혼합으로 저층 퇴적물의 재부유가 활발하여, 투명도가 낮게 나타난다. 그리고 여름에는 해수면 가열에 의해서 상하층 사이에 형성되는 수온 혹은 밀도 약층과 조석 혼합을 방해하는 태양 복사열의 증가로 인하여 저층 퇴적물의 재부유가 방해되어, 투명도가 높게 된다는 사실을 뒷받침한다 (Fig. 3~5). 일반적으로 대륙붕에서는 수심 20~80 m 사이에서 부유물의 농도가 약 15~250 mg/l로써, 표층의 부유물의 농도 5~100 mg/l보다도 약 1~3배 정도 더 많다. 이러한 중, 저층의 부유물은 여름에서 겨울로의 계절 천이기에 동안에 중, 저층의 약한 흐름에도 퇴적물의 수송을 일으키며, 겨울 북서 계절풍으로 성층이 파괴 (destratification)되면 연직적으로 부유물의 농도가 일정하게 된다 (Wells and Huh, 1984). 따라서 황해 남동 해역에서의 투명도는 연직적인 성층의 계절 변화에 의해서, 저층 퇴적물의 재부유에 의한 연직적인 분포의 계절 변화가 투명도의 분포에 영향을 미치고 있다 (Fig. 5).

Wells and Huh (1984)는 황해 남동 해역에서 turbidity front는 수심 약 40 m의 등수심선을 따라서 나타난다고 하였다. 그리고 Seung et al. (1990)은 한반도의 황해 중부에서 조석 혼합역은 연안으로부터 약 50 km 외양까지 분포한다고 하였다. 황해 남동 해역에서 투명도 전선 (transparency front)은 수심 약 40 m인 등수심선과 거의 유사한 분포를 보이고 있으며, 각 정선의 연안에서 3~4 번째 정점은 연안으로부터 약 44~62 km 떨어진 거리로, 여름 (6~10월)에 뚜렷하게 연안으로부터 3~4번째 정점을 중심으로 투명도 전선이 나타난다 (Fig. 2). 이것은 여름에 투명도 전선이 나타나는 연안으로부터 3~4번째 정점을 중심으로 연안의 조석 혼합역과 외양역의 성층역이 구분될 수 있음을 시사하고 있다. 그리고 여름과 겨울의 저층 퇴적물의 재부유 및 부유 농도, 그리고 부유 물질의 계절별 연직적인 분포에 관해서 보다 상세한 연구가 필요하다.

## 요 약

황해 남동해역 투명도의 계절변화를 보기위하여, 25개년 (1966~1990)간의 해양조사 연보를 이용하여 우리나라 서해의 격월별, 정점별 자료를 정리하였다. 투명도의 분포는 계절에 관계없이 등수심선과 유사하게 뚜렷한 동서 대비를 보이고 있었다. 수심이 얇은 연안역에서는 3 m (2월)~8 m (8월)로 낮고, 수심이 깊은 외양역에서는 10 m (2월)~17 m (8월)로 높다. 겨울철 (12~2월)은 투명도가 4 m~10 m의 범위로, 여름철 (6~8월)의 6 m~17 m 보다 낮다. 또한 부유 물질의 농도를 보면, 2월에는 20~120 mg/ℓ이고 8월에는 8~20 mg/ℓ의 범위였다. 성층과 투명도와와의 관련성을 보면, TR (투명도)=0.61 DT (성층)+6.90,  $r=0.85$ 로 양의 상관을 보이고, 정선 309에서 겨울의 보퍼트 풍력 계급은 약 3.5 내외로 여름보다도 약 1계급 이상 높은 값을 보였다.

이와 같은 사실들은 황해 남동해역에서의 투명도의 계절 변화는 겨울의 경우, 해수면 냉각과 바람에 의한 상하층 연직 혼합으로 저층 퇴적물의 재부유가 활발하여 투명도가 낮게 나타난다. 그리고 여름에는 해수면 가열에 의해서, 상하층 사이에 형성되는 수온 혹은 밀도 약층과 조석 혼합을 방해하는 태양 복사열의 증가로 인하여 저층 퇴적물의 재부유가 방해되어, 투명도가 높게 됨을 나타내고 있다.

## 감사의 글

본 연구를 심사하면서 많은 조언을 해주신 심사자들에게 감사드립니다. 그리고 국립수산진흥원의 해양 관측의 자료 수집을 위하여 일선에서 관여하고 계시는 모든 분들께 고마움을 전합니다.

## 참 고 문 헌

- Chen, C., R. C. Beardsley, R. Limeburner and K. Kim. 1994. Comparison of winter and summer hydrographic observations in the Yellow and East China Seas and adjacent Kuroshio during 1986. *Cont. Shelf Res.*, 14 (7/8), 909~929.
- Choi, J. Y. 1993. Seasonal Variations of Suspended Matters in the Keum Estuary and its Adjacent Coastal Area. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 28 (4), 272~280 (in Korean).
- Choi, J. Y. and Y. A. Park. 1996. Basic Marine Environmental Characteristic of Suspended Sediments in the Inner Shelf Zone off Tae-An Peninsula, West Coast of Korea. *the Sea, J. Korean Soc. Oceanogr.*, 1 (1), 46~54 (in Korean).
- Kang Y. Q. and M. S. Jin. 1984. Seasonal Variation of Surface Temperatures in the Neighbouring Seas of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 19 (1), 31~35.
- Kim, Y. S. 1996. Estimate of Heat Flux in the East China Sea. *J. Korean Fish. Soc.*, 29 (1), 84~91 (in Korean).
- Lic, H. J. 1985. Wintertime temperature-salinity characteristics in the southeastern Hwanghae (Yellow Sea). *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 41, 291~298.
- Lic, H. J. 1989. Tidal fronts in the southeastern Hwanghae (Yellow Sea). *Cont. Shelf Res.*, 9 (6), 527~546.
- Ministry of Environment and Ministry of Science and Technology. 1995. A study of the investigation and countermeasure of marine pollution in the Yellow Sea. *Management Technique for Marine Environmental Protection*. KORDI, 299pp.
- National Fisheries Research and Development Agency. 1979. *Oceanographic Handbook of the Neighbouring Seas of Korea*, 3rd Ed., Fish. Res. Dev. Agency, Busan, Korea, 650pp (in Korean).
- National Fisheries Research and Development Agency. 1966~1990. *Annual Report of Oceanographic Observations*. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst., Pusan, Republic of Korea, Vol. 15~39.
- National Fisheries Research and Development Institute. 1996. *Environmental Survey to Access the Water Quality of the Korean Coastal Areas (1989~1994)*. Nat'l Fish. Res. Dev. Inst., Pusan, Republic of Korea, 255pp.
- Pickard, G. L. and W. J. Emery. 1990. *Descriptive Physical Oceanography, An Introduction*. 5th Ed., Pergamon Press, 320pp.
- Seung, Y. H. 1987. A summer circulation inferred from the density (temperature) distribution in the eastern Yellow Sea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 22 (2), 63~70.
- Seung, Y. H., J. H. Chung and Y. C. Park. 1990. Oceanographic Studies Related to the Tidal Front in the Mid-Yellow Sea off Korea: Physical Aspects. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 25 (2), 84~95.
- Takahashi, S. and T. Yanagi. 1995. A numerical study on the formation of circulations in the Yellow Sea during summer. *La mer*, 33, 135~147.
- Takeoka, H., H. Akiyama and T. Kikuchi. 1993. The Kyucho in the Bungo Channel, Japan-Periodic Intrusion of Oceanic Warm Water. *J. of Oceanogr.*, 49, 369~382.
- Tawara, S. and T. Yamagata. 1991. Seasonal Formation of Bottom Water in the Yellow Sea and its Interannual Variability. *Umi to Sora*, 66, Spec. Vol., 1~10 (in Japanese).
- Wells, J. T. and O. K. Huh. 1984. Fall-season patterns of turbidity and sediment transport in the Korea Strait and southeastern Yellow Sea. Ed., T. Ichiye, Elsevier Oceanography Series 39, Elsevier, Netherlands, 387~397.