

한국 남해연안 전선에 관한 연구

공 영

국립수산진흥원 해양조사과

A STUDY ON THE SOUTH KOREAN COASTAL FRONT

Yeoung Gong

Fisheries Research and Development Agency, Pusan, Korea

ABSTRACT

The structure of the south Korean coastal front, their fluctuation, the properties and the probable effects of the front on the mackerel fishery are discussed based on the data of 26 cruises in 1967-1969 in the southern waters of Korea.

In the south Korean coastal water the annual variations of the properties shows the greatest magnitude among the other water masses in the north of East China Sea.

The salinity profile provides a fairly accurate description of the interface between the two kinds of water and agree with the temperature structure in winter.

The temperature front does not always coincide with the salinity front in summer, while the former corresponds to the later in winter.

The sharpest and most stable front between the Tsushima Warm Current and the south Korean coastal water was found in autumn and winter.

In autumn 1969, the most successful catches of mackerel was recorded in the south Korean front of great horizontal gradients of properties (temperature 5.0°C/10 miles, salinity 1.2‰/10 miles) in the east of Cheju Is. If future investigation finds the peculiar oceanographical conditions like that shown in summer 1969, the conditions of frontal layer in coming autumn will be estimated and finally the success of the mackerel fishery will be predictable from pre-season information on temperature and salinity structure in the southern waters of Korea.

머 리 말

대마난류 유역의 해양조사는 Wüst (1936), Tsujita (1957) 등이 보고한 바와 같이 1873 년경 Schrenck, L.가 대마난류의 정체를 밝힌데서 시작된다.

한국 남해의 수리적 해황에 대해서는 Makaroff (1915), Wada (1922), Nisida (1923, '24, '27, '28), Uda (1930, '31, '34 a, '34 b, '36, '50), Suda and Hidaka (1930 a, '30 b), Hidaka and

Suzaki (1950), Miyazaki and Abe (1960), Gong (1968), 그리고 Lee and Bong (1969) 등, 여러 사람에게 의한 조사 보고가 있다.

한국 국립수산진흥원과 그 전신인 중앙수산시험장은 제2차대전 후의 몇년간의 공백을 제외하고는 매년 정기적으로 해양관측을 실시하여 어장 환경요인을 해양조사년보와 해 어황속보를 통하여 어민에게 공표하여 왔다 (1935, '36 a, '36 b, '38, '42, '56, '64, '68, '70).

1965~1970년 겨울과 여름에는 CSK 사업의 일

환으로 한국 남해안의 제주도 서남방의 Socotra Rock에서 Kyusyu 서방의 Danjo-gunto를 잇는 광범위한 해역에서 해양관측을 실시 하였고, 1968년 8월부터 1970년 7월 현재까지는 한일 어업 해양관측 사업의 일환으로 매월 정기관측이 실시 되어왔다.

국립수산진흥원 해어황월간예보를 통해서도 쉽게 인정되는 바와 같이 한국 남해에서 가장 현저한 해양학적 특징의 하나는 제주도와 Tsushima를 잇는 해역에서 형성되는 전선이다.

이들 전선의 출현이 직접, 물리적으로 혹은 간접적으로 이 해역의 생물학적 기구에 미치는 영향을 통하여 선망어장의 형성에 관계될 것이라는 의문을 이르켜왔다.

이 문제를 해명 하기위한 첫 단계로서 이 전선의 구조, 그 내외의 특성치는 물론 전선의 변동에 관한 조사연구가 이루어져야 하겠다.

따라서 여기에서는 이와같은 문제를 제시하고 고등어 선망어장 형성과 한국 남해 전선대와의 관계를 규명 하기로 한다.

자 료

해양학적 특성치의 분포에 관한 자료는 국립

수산진흥원에서 1967년부터 1969년의 2, 8월에 실시된 CSK 해양관측치, 같은 해의 4, 6, 10, 12월에 실시된 정선 해양관측치, 그리고 1968년 8월부터 1969년 12월까지 매월에 실시된 한일 공동 해양관측치 등이며 해양관측점 위치도는 Fig. 1 과 같다.

한편 조사기간 동안의 고등어 월별, 해구별 어획량은 국립수산진흥원이 선망어업협동조합의 협조와 표본어선 통계조사를 통하여 수집된 자료이다.

주요 수괴와 그 연간 변동

동지나해 북부인 한국남해 및 남서해의 어장 환경을 이루는 주요 수괴를 대별하면,

(1) 대마난류, (2) 황해냉수, (3) 한국동해 고유냉수, (4) 중국대륙연안수 그리고 (5) 한국남해 및 서해의 연안수 등이다.

이 가운데 대마난류는 동지나해의 대륙붕 사면을 따라 북북동류하는 고온, 고염의 흑조(Kuroshio)로부터 Yakushima 서방에서 분지되어 대체로 Long. 128°~129°E 선 간을 북상하여 Goto-retto 서방을 지나 대마해협을 향하는 난류계수이다.

이 난류는 북상도중 구주 서안의 Amakusa-nata

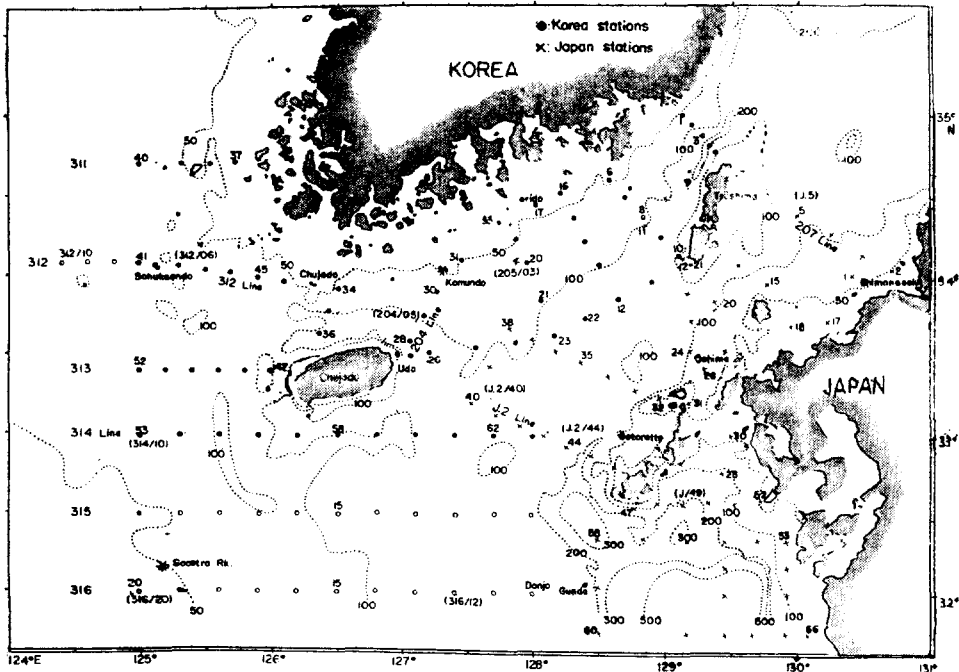


Fig. 1. Chart showing positions of oceanographic stations, including bathymetric isolines.

에서 우회하여 anticyclonic circulation 을 보이는 난류와 Kyusyu 서방을 지나 제주도과 Socotra Rock 부근에서 황해를 향하는 소위 황해난류를 분지한다.

이 고온, 고염의 난류계수는 봄, 여름에 확장하는 저염한 중국대륙연안수의 영향을 받아 Kuroshio 의 본래의 성질을 많이 잃고 제주도 남서방의 Socotra Rock 부근에서는 황해냉수와 접하여 전선을 형성한다.

한편 이 난류가 더 복잡하면서 한국 남해안에서 발달되는 연안수와 접하여 연안전선을 형성한다.

이처럼 복잡도중 저염한 연안수와 접하여 변질된 대마난류계수는 대마해협 동, 서, 양수도를 통하여 한국동해에 유입하여 동해고유냉수의 상층을 덮게된다.

일찍이 Uda (1938)는 동지나해 북부에 boundary zone 을 인정했고, Uda and Otsubo(1958)는 제주도 동방의 와동역이 어장으로서 중요함을 지적했다. 그러나 아직 한국 연안수의 특성과 그 변동, 그리고 대마난류의 연안측 연변에서 형성되는 전선에 대한 상세한 검토는 이루어지지 않았다.

Fig. 2-a 의 Kondo (1967)에 의한 T-Cl(S) diagram 에 소리도 남방의 St. K20 (Lat. 34°05.5'N, Long. 127°56.9'E)의 curve 를 넣어 비교하면 여름에 상중층에서는 고온, 저염(T, 25°C 이상, S, 32.5‰ 내외)이고, 저층에서는 다소 고온, 고염

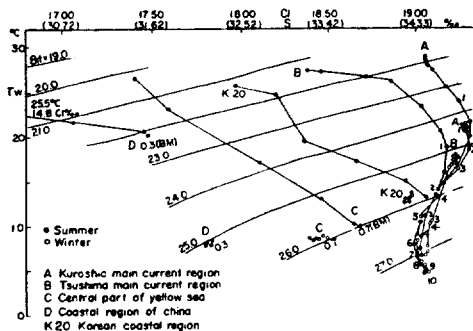


Fig. 2-a. Temperature-chlorinity relations for the representative stations in the East China Sea (mean values for the years 1962-1965). After Kondo (1967) superimposed the curve of St. K20 (34°05.5'N, 127°56.9'E)

(15°C, 34.4‰)을 보이므로서 특히 중, 저층에서 대마난류계수와 혼합된 특성을 인정 할 수 있다.

겨울에는 이 연안수역은 다소 고염화(S, 34.3‰ 내외)되어 비중($\sigma_t=25.85$)은 대마난류 본류보다 다소 낮고, 상, 하층이 균질한 수괴를 이룬다.

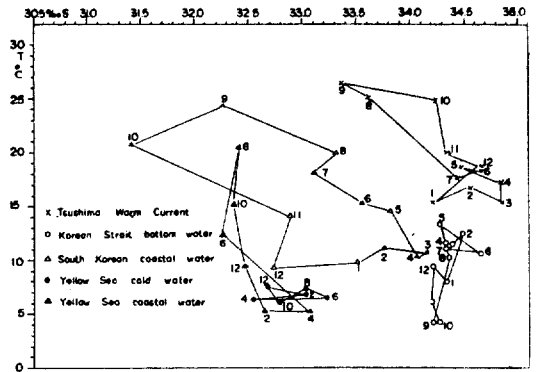


Fig. 2-b. Temperature and salinity relations of the important water masses in the waters off the southern and south-western coast of Korea. Numbers against curves indicate months.

이들 수괴의 연간을 통한 T-S 관계를 보면 대마난류계수는 주년 15°C 이상이고 염분은 하계를 제외하고는 고염(34.5‰)을 보인다(Fig. 2-b).

한국해협 저층에서는 여름에서 초가을에 걸쳐 저온(5°C 내외, 34.1~34.2‰)의 동해 고유냉수의 advection 을 인정 할 수 있으며, 늦겨울과 초여름에는 동계빙각기에 있었던 convection 과정의 time lag 의 영향으로 여름보다 오히려 고온을 보인다.

황해 냉수괴의 T-S 특성치는 주년 T:6~8°C, S:32.5~33.2‰로서 연간변화 범위가 극히 협소하다.

한국 서해남부연안수는 겨울에는 5°C 내외의 저온, 32.5~33.1‰의 저염을 보이고, 여름에는 20°C 내외의 고온, 32.5‰의 저염을 보인다.

한편 한국 남해연안수의 연간변동은 다른 어떤 것 보다 크다. 이것은 동계의 계절풍에 동반된 냉각의 영향으로 현저히 저온화 되고 여름에는 표면수의 저염화, 태양 복사열의 증가로 표면이 현저히 고온화 되고, 동시 대마난류계수의 advection 이 현저해지기 때문이라 해석 된다.

전선대 내외의 특성치 및 전선과 고동어 어장과의 관계

해양학에서 전선(front)은 일반적으로 성질이 다른 해수간의 경계로서 특성치의 분포경도가 최대가 되는 해역으로 해석되어 왔다(Uda, 1938, 1959; Fukuoka, 1955; Knauss, 1957; Griffiths, 1965).

전선의 수치적 정의는 내리기 힘들지만, 여기서는 수온이나 염분등의 특성치의 경도가 인접해역 보다 상대적으로 큰 경계역을 전선 혹은 전선대라 하고, 수평적으로나 연직적으로 경도가 큰 부분 전체를 전선층(frontal layer)이라 부르기로 한다.

따라서 소위 약층(spring layer)의 연장이 표면을 intersect 하여 표면전선(surface front)을 이루고, 이들을 같이 묶어 전선층(frontal layer)이라 해석 할 수 있다.

한국 남해안에서는 봄부터 일사의 증가와 육수의 유입으로 저염, 고온의 표층수가 발달하여 upper stream 을 형성하여 중층수와 사이에 수온, 염분등의 특성치의 경도가 큰 thermocline 과 halocline 등을 형성 한다.

여름에 현저한 대마난류계수의 advection 과 황해냉수와 동해 고유냉수 및 겨울에 생성되어 봄을 지나 초여름 까지 중, 저층에 잔유하던 연안수등의 세력에 따라 약층의 연직이동 속도는 해역에 따라 다소 다르나 봄 부터 가을 사이에는 달의 진행에 따라 심층으로 이동하고 여름과 초가을 사이에 가장 큰 경도를 보여준다.

이 약층은 204 선의 St. 3 과 St. 6 사이에서 표면을 intersect 한다(Fig. 3).

수온의 평면분포도에서는 thermal front가 이 해역을 통과 하게 된다(Fig. 15 참조).

염분은 하계에는 더 복잡한 분포를 보이고 있

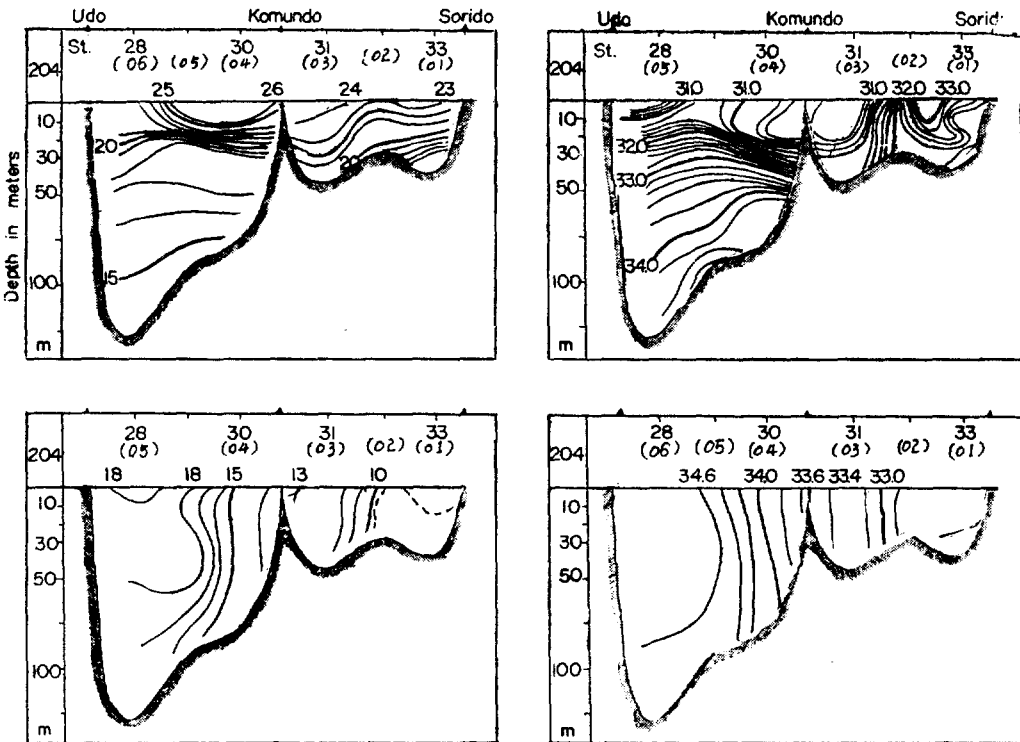


Fig. 3. Vertical sections of temperature (°C) and salinity (‰) along section 204. September (upper), December (lower) 1969.

다. Fig. 3의 아래단면은 늦가을의 수온, 염분 분포도인데 표층에서 수온역전층을 이루고 있어 convection이 계속되고 있음을 보여주고 있다.

따라서 수온, 염분의 연직변화가 거의 없으며 거문도(St. 03~04 간)를 사이에 두고 저온, 저염(<10°, <33.0%)의 한국연안수와 고온, 고염(>15°C, >34.0%)의 대마난류계수가 접촉하고 있음을 알 수 있다.

그리고 13~18°C 등온선 안에서 15°C를 중심으로 하는 수온전선과 33.4~34.6% 등염선간에서 34.0% 등염선을 중심으로 하는 염분전선이 서로 일치하여 소위 경도가 큰 전선을 이루고 있다.

비중도 이 전선층에서 급변하여 고온역은 $\sigma_t = 25.0$, 연안측의 저온역은 $\sigma_t = 25.2 \sim 25.3$ 이다.

이상과 같이 한국 남해의 전선은 계절에 따라 그 연직구조가 다르다.

이 전선의 수평 및 연직구조를 1967, '68, 및

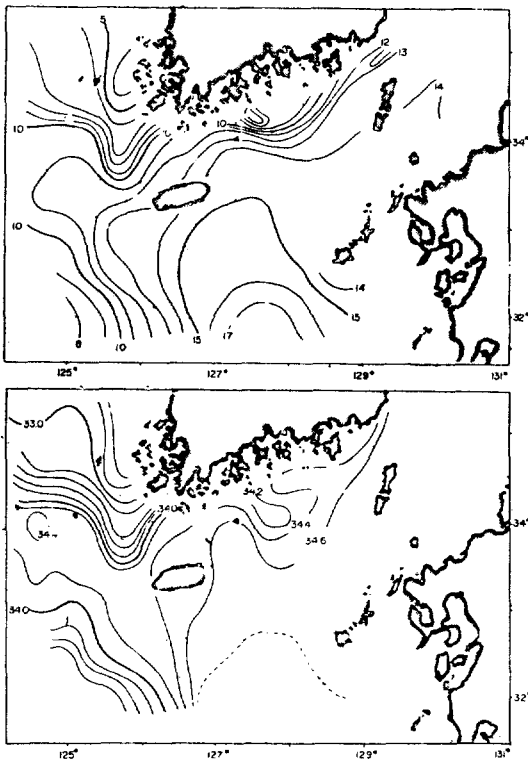


Fig. 4. Horizontal distribution of temperature(upper) and salinity (lower) at 10m layer, winter 1967.

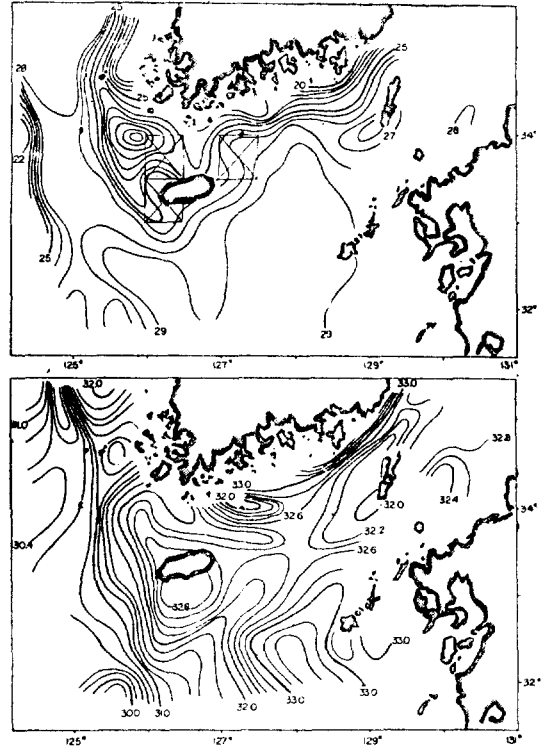


Fig. 5. Horizontal distribution of temperature superimposed mackerel fishing ground, temperature (upper) and salinity (lower) at 10m layer, Aug. 1967.

1969년의 동계, 하계 및 추계의 특성치를 기초로 검토하고 고등어선망어장과의 관계를 보기로 한다.

1967년 겨울에는 황해난류가 Ilhyang-Cho를 향하여 확장 하면서 황해냉수와 한국 남서해의 연안수간에서 10°C 등온선과 34.0% 등염선을 중심으로하는 뚜렷한 전선을 이룬다.

거문도 주변에는 10°C 이하의 연안수가 설실으로 난류계수를 압박 하면서 이뤄지는 연안전선을 보이고 있다(Fig. 4).

1967년 여름에는 제주도과 그 북서방에서 주위보다 저온(19°C 내외)인 중층수가 상층까지 나타나서 10m 층에서는 주위보다 저온, 고염역으로 나타나고 있다.

고온, 저염수가 제주 북서방으로 확장하면서 서해연안 고온수와 더불어 앞서 말한 제주도 및

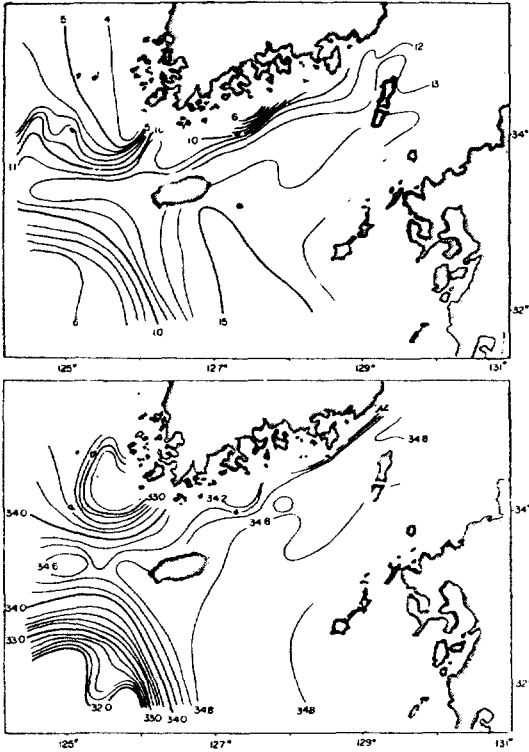


Fig. 6. Horizontal distribution of temperature(upper) and salinity (lower) at 10m layer, winter 1968.

그 북방의 저온, 고염수와 접하면서 남북으로 연장된 전선을 이루고 있고, 거문도와 대한해협을 잇는 해역에서 연안전선이 동서로 연장 되어 있다.

한편 제주 남동방에서는 확장되는 현저한 저염수가 동측의 고염수와 접하여 염분전선이 나타나지만 수온전선은 여기서는 형성되지 않았다.

이상의 제주도 서방 및 북서방의 전선과 거문도와 제주도간의 전선에서 선망어장을 이루었다 (Fig. 5).

년변동이 심한 연안의 각 수층에서는 가열과정 보다 냉각과정이 더욱 급속히 진행되며, 늦가을에 표면수온은 현저히 낮아진다(Gong, 1968).

이렇게 하여 2월과 3월 사이에 한국남해 연안측은 각 층 다같이 현저한 저온을 보이게 된다. 1968년 겨울에는 이 한냉한 연안수(6°C 내외)

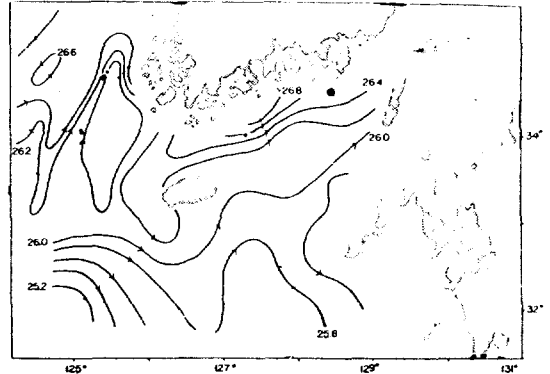


Fig. 7-a. Distribution of conventional density at 10m layer, Feb. 1968.

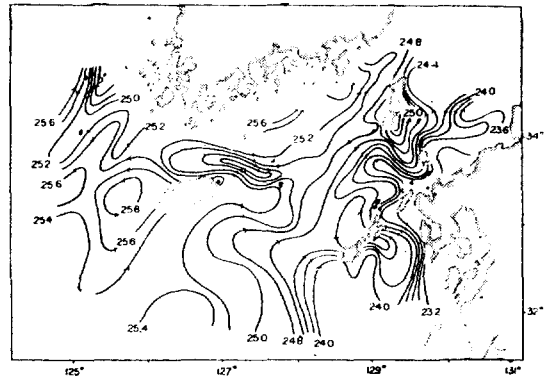


Fig. 7-b. Distribution of conventional density at 50m layer, Aug. 1968.

가 거문도 부근에서 난류를 동남방으로 압박 하면서 50m 등심선과 거의 평행하게 달리는 전선을 형성하고, Socotra Rock 부근에서 동남으로 확장하는 황해냉수(6°C, 32.0‰ 내외)는 대마난류(>15°C, 34.8‰)와 접하여 뚜렷한 전선대를 이루고 있다(Fig. 6).

Fig. 7-a와 Fig. 7-b를 비교하면 여름의 유동 상태는 겨울보다 훨씬 복잡함을 알 수 있다.

제주도와 거문도간의 연안전선대의 해수는 겨울이나 여름에 다같이 동류를 보인다. 여름에는 Torishima 서방에서 강한 북류를 보이고 Goto-retto 서방에서 제주도에 이르는 사이에서는 서방으로 향하는 황해난류의 흐름을 보인다.

제주도에서 거문도간에서는 난류의 침강과 더불어 anticyclonic circulation을 보인다.

1968년 11~12월에는 제주 해협에서 Tsushima

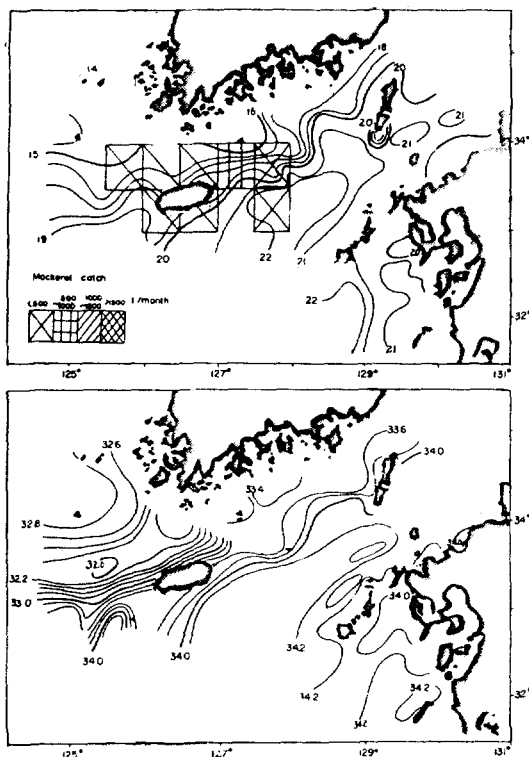


Fig. 8. Horizontal distribution of temperature superimposed mackerel fishing ground (upper), and salinity (lower) at 10m layer, Nov. 1968.

서방 사이에 형성된 전선에서 고등어 어장이 형성되었다.

특히 제주도과 거문도간의 15~20°C 등온선과

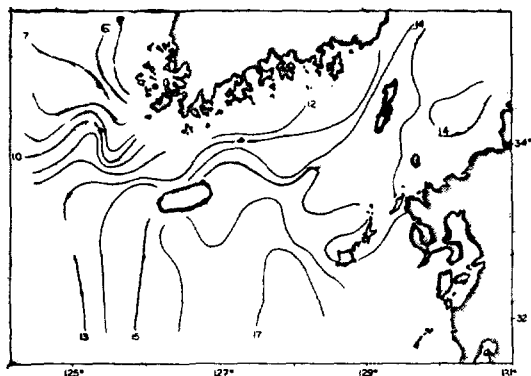


Fig. 10. Distribution of integrated mean temperature of 0-50m layer, Feb. 1969.

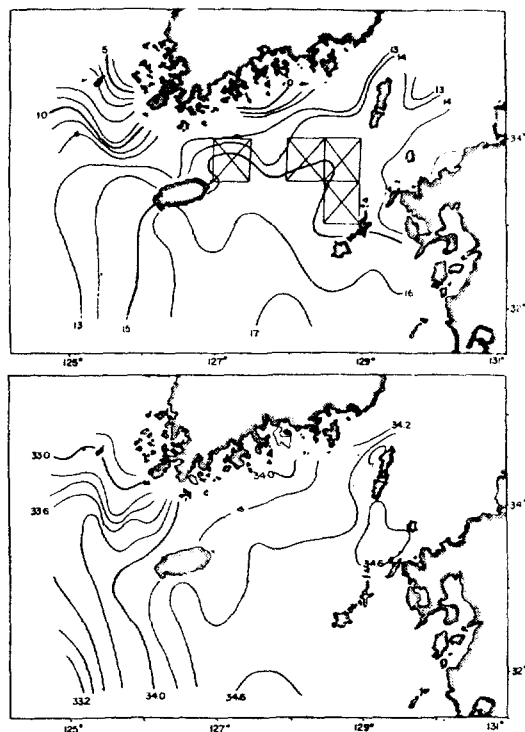


Fig. 9. Horizontal distribution of temperature (upper), and salinity (lower) at 10m layer, winter 1969.

33.0~34.0‰ 등염선간에서 수온경도 5°C/30 miles 을 보인 전선층에서 해구별 월간어획량 700%의 순조로운 어황을 보였다(Fig. 8).

이와같이 좋은 어장을 형성했던 해역은 하계에 심한 와동을 보였던 해역 부근이다.

1969년 겨울에는 한국 남해안에 접근하는 대마난류계수는 지난 두 해의 겨울보다 수온이 더 높고 염분은 더 낮으며 제주도 서방에서도 염분이 더 낮았다. Socotra Rock 부근의 황해냉수는 그 세력이 더욱 약하여 황해로 향하는 난류유속이 제주도와 Socotra Rock 부근에서 서쪽으로 치우치는 경향이다. 따라서 수온과 염분의 분포는 지난 두 해의 겨울과는 상당히 다른 양상을 보였다.

수심 50m 이하의 연안층을 제외하고는 표면에서 50m 층까지의 수온적산평균치의 분포에서

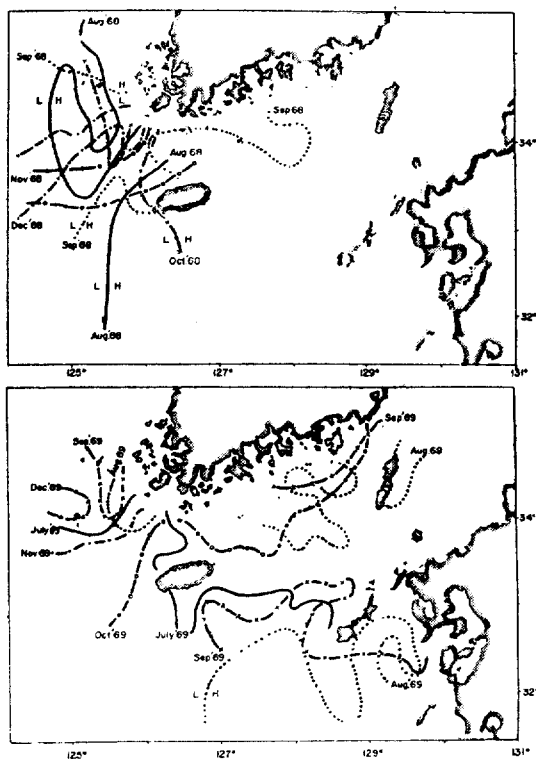


Fig. 11. Locations of 32.4‰ isohaline at 10m layer in summer-autumn 1968 (upper), and 1969 (lower).

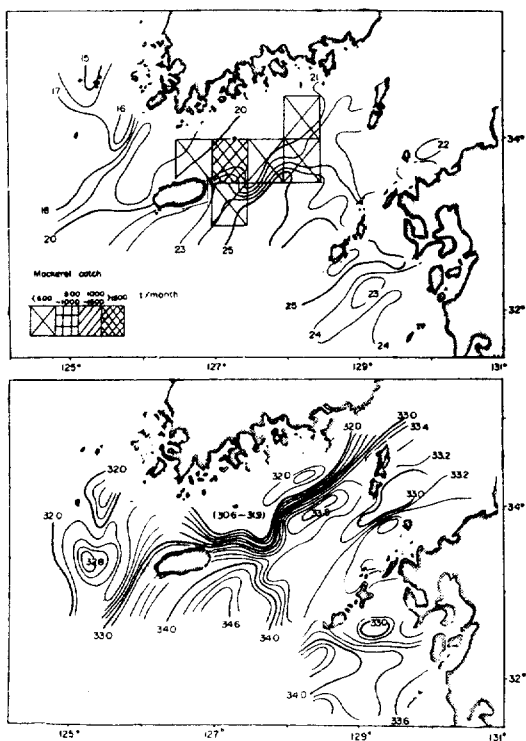


Fig. 12. Horizontal distribution of temperature superimposed mackerel ground (upper), and salinity (lower) at 10m layer, Oct. 1969.

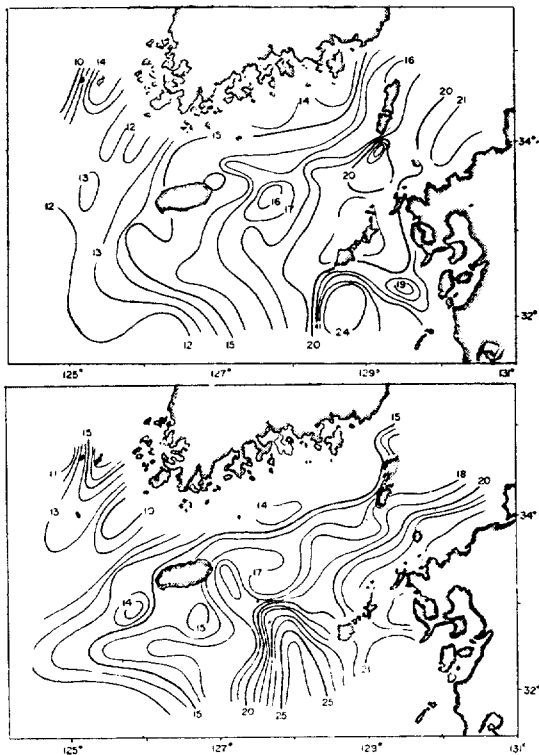


Fig. 13. Distribution of water temperature at 50m layer, Aug. 1968 (upper), and 1969 (lower).

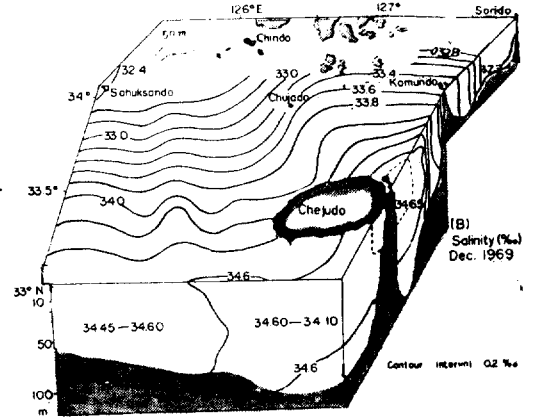
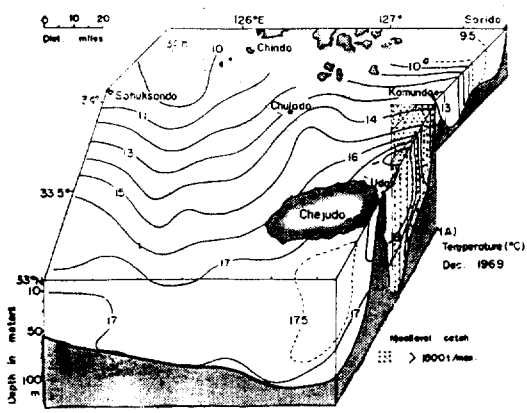


Fig. 14-a. Vertical profile of temperature ($^{\circ}\text{C}$) along lat. 33°N , December 1969. Dotted portion is purse-seine fishing ground.

Fig. 14-b. Vertical profile of salinity (‰) along lat. 33°N , December 1969.

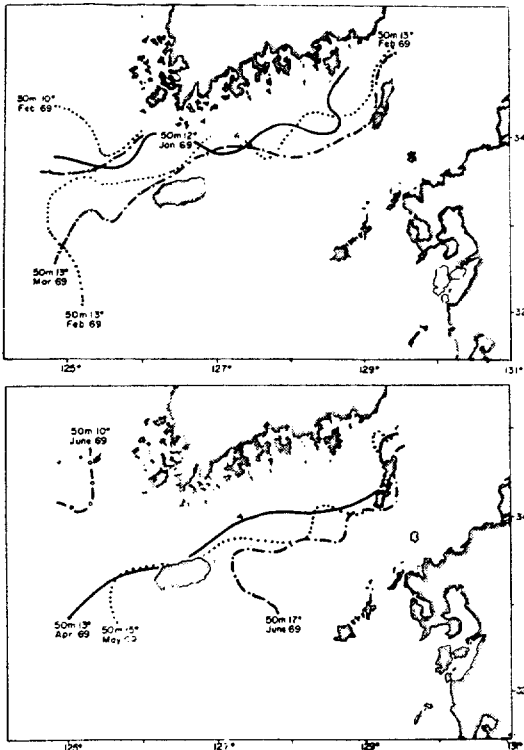


Fig. 15. Seasonal movement of thermal fronts in the waters off southern coast of Korea. Winter (upper), and spring (lower), 1969.

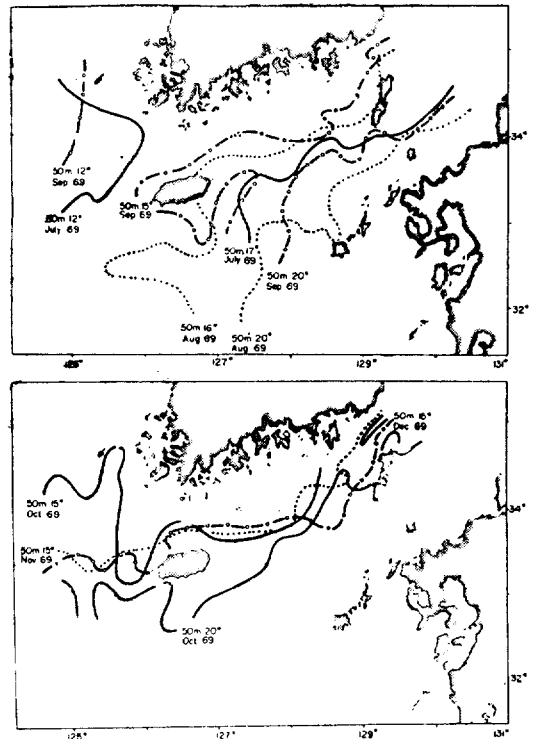


Fig. 16. Seasonal movement of thermal fronts in the waters off southern coast of Korea. Summer (upper), and autumn (lower), 1969.

나타난 수온전선은 10m 층 수온분포도와 거의 같은 양상을 보인다(Figs. 9, 10).

겨울에는 염분분포 양상이 수온의 그것과 같으며, 극히 표면을 제외하고는 비중(σ_t)의 분포 양상과도 일치하므로 주요수괴의 분포 및 유동을 수온적산평균치 만으로 추정 할 수 있다.

1969년 여름에는 제주도와 Goto-retto 간의 대마난류 중층수는 1968년에 비해서 더 수온이 높으며 대륙 저염수에 기원을 둔 연안수의 확장에 따라 염분은 더욱 낮았다(Fig. 11).

그리고 전선층에 있어서 50m 층의 15°C와 20°C 등온선간에 포위된 면적은 협소했다. 이와 같은 특이한 현상이 가을까지 지속 되었으며 가을에 제주도와 대한해협 간에서 뚜렷하고 안정된 한국 남해연안전선이 제주도동방에서 사행성(蛇行性)을 보이면서 동서로 연장 형성되었다(Figs. 12, 13).

이때 제주도동방의 수온 및 염분의 경도가 가장 큰(T, 5°C/10 miles S, 1.2‰/10 miles) 전선층에서 고등어 선망어장이 형성되어 한해구에서 월간어획량이 5,000%에 달하는 호황을 보였다(Figs. 13, 14-a, b).

금후에도 여름에 이와 같은 특이한 해양구조가 나타난다면 그해 가을철의 전선계의 상태를 예측 할 수 있으며, 한국 남해일대에서 어기이전에 관측된 수온, 염분에 관한 정보로서 고등어 선망어업의 어장 및 어황을 예측 할 수 있을 것이다.

앞서 말한 바와 같이 전선층은 수괴간의 수직적 및 수평적 불연속층의 한 연장부분이다.

이 연안해역에서는 여름철에는 연직적 경도가 크고, 가을에서 겨울에는 수평적 경도가 큰 전선층을 인정 할 수 있다.

고등어, 전갱이의 생활영역의 한계를 계절적으로 추적하기 위해서는 물리, 화학적 특성치의 경도극대를 보이는 이 전선층의 움직임을 추적 할 필요가 있다.

Fig. 15와 Fig. 16은 50m 층에서 등온선의 최대경도를 보이는 전선층의 계절변동을 보인 것이다.

전선층의 구조가 계절에 따라 다소 다르므로

여름에는 이 수층(50m)이 완전히 전선층을 대표 할 수 없으나 늦가을에서 이른 여름까지는 근사하게 대표 될 수 있다.

겨울에 거문도를 지나던 연안층의 전선이 봄에는 조금 남으로 이동해서 제주도과 대마도 남단을 잇는 선상에서 형성되고 있다.

하계에는 더 외해측으로 이동되거나 혹은 연안 전선은 소멸되고 Kyusyu 서방이나 제주도 주변에서 다른 전선층이 인정된다.

가을에는 봄과 같은 위치에서 형성되며 늦가을에는 연안측으로 이동 형성된다. 그래서 늦가을과 늦겨울 사이에는 현저하고 안정된 전선이 형성된다.

한국 남해안에서 특히 가을에 농밀한 고등어, 전갱이의 집군을 많이 볼 수 있는 것은 이 안정된 전선과 깊은 관계가 있음을 시사하는 것이다.

결 론

1967~1969년에 한국 남해안에서 관측된 26회의 해양관측 자료와 동기간의 선망어획통계 자료를 기초로하여 한국 남해연안전선의 구조, 변동, 특성치 및 그 전선대가 선망어업에 미치는 영향을 검토 하였다.

1. 한국 남해연안수의 특성치의 연간변화범위는 동지나해 북부의 여러 수괴 가운데서 가장 크다.

2. 겨울에는 염분분포가 두 수괴간의 접촉을 명확히 나타내고 수온의 구조와 거의 일치한다.

3. 하계에는 수온전선이 염분전선과 일치 하지 않으나 늦겨울에는 서로 일치 한다. 대마난류계수와 한국 남해연안수간에는 가을과 겨울에 가장 현저하고 안정된 표면 전선이 형성된다.

1969년 가을에 한국 연안수 및 대마난류계수가 다 같이 우세하여 혼합수역의 범위가 협소했으며 동시에 제주 동방의 수온 및 염분의 경도가 가장 큰(수온 5.0°C/10 miles, 염분 1.2‰/10 miles) 전선이 형성 되었으며 이 전선층에서 고등어의 호어를 보였다.

금후에도 여름에 이와같은 특이한 해양구조가 나타나면, 그해 가을에 있을 전선층의 구조를 예측 할 수 있으며 어기전의 수온, 염분에 관한 정

보도서 고등어 선망어업의 어황을 예측할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- Cromwell, T. and J. L. Reid, Jr. 1956. A study of oceanic fronts. *Tellus*, 8, 94-101.
- Fukuoka, J. 1955. The variation of the polar front in the sea adjacent to Japan. *Oceanogr. Mag.*, 6, 182-195.
- Gong, Y. 1968. On the seasonal variation of coastal surface water temperature. *Bull. Fish. Res. & Dev. Agency, Korea*, 3, 58-79.
- Griffiths, R. C. 1965. A study of ocean fronts off Cape San Lucas, Lower California. *U. S. Fish and Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish. No. 499*, 1-54.
- Hidaka, K. and T. Suzuki. 1950. Secular variation of the Tsushima Current. *Jour. oceanogr. Soc. Japan*, 6, 28-31.
- Knauss, J. A. 1957. An observations of an oceanic front. *Tellus*, 9, 234-237.
- Kondo, M. 1967. On the fluctuation of water masses and the fishing grounds in the East China Sea. Report on the effects of the cold water masses on the distribution and fluctuation of marine resources. *Seikai Reg. Fish. Res. Lab.* (in Japanese), 1-38.
- Korea Fisheries Experiment Station. 1935. Oceanographical charts of the adjacent seas of Tyosen for the year 1934.
- . 1936 a. Report on the drift bottle experiments carried out in the neighbouring sea of Tyosen in 1932. *Ann. Rep. hydrogr. Obser.*, No.7, 160-166.
- . 1936 b. The hydrographic data of the neighbouring seas of Tyosen. 1-59.
- . 1938. Report on drift bottle experiments carried out in the neighbouring seas of Tyosen during the year 1933. *Ann. Rep. hydrogr. Obser.* No.8, 155-173.
- . 1942. Annual report of hydrographic observations. No.9.
- Korea Central Fisheries Experiment Station. 1956. The oceanographic handbook of the neighbouring seas of Korea. 1-122.
- Korea Fisheries Research and Development Agency, 1964. Oceanographic handbook of the neighbouring seas of Korea. 1-214.
- . 1968. Annual report of oceanographic observations for the year 1967. 17.
- . 1970. Annual report of oceanographic observations for the year 1969. 18.
- Makaroff, S. 1915. Report of oceanographic observations in the neighbouring seas of Japan (Translated by Japan Fisheries Association from the *Le "Vitiaz" et l'Océan Pacifique*, 1894).
- Miyazaki, M. and S. Abe. 1960. On the water masses in the Tsushima Current area. *Jour. oceanogr. Soc. Japan*, 16, 19-28.
- Lee, C. K. and J. H. Bong. 1969. A study on the surface current of the Korea southern sea by drift bottle experiments. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 4, 45-58.
- Nisida, K. 1923. On the ocean current in the waters off Pusan. *Suisan Gakkwai Ho*, 4, 74-79.
- . 1924. On the oceanographic conditions in the adjacent seas of Korea. (in Japanese). *Fisheries in Korea*, 1, 8-12.
- . 1927. On the currents, water temperature and salinity of the adjacent seas of Korea. *Rept. oceanogr. Invest. Fish. Expt. St.*, 1-32.
- . 1928. On the hydrographical conditions of the neighbouring seas of Tyosen during the year 1926. (in Japanese). *Ann. Rept. hydrogr. Obs. Fish. Expt. St.*, 1, 13-16.
- Suda, K. and K. Hidaka. 1930a. The result of the oceanographical observation on board M. S. "Syumpu Maru" in the southern part of the Japan Sea in the summer of 1928. (Part 1). *Jour. oceanogr. Kobe Marine Met., Obs.*, 2, 1-73.
- . 1930b. The results of the oceanographical observations on board M. S. "Syumpu Maru" in the southern part of the Japan Sea in the summer of 1928. (Part 2). *Jour. oceanogr. Kobe Marine Met. Obs.*, 2, 155-264.
- Tsujita, T. 1957. The fisheries oceanography of the East China Sea and the Tsushima Strait. 1. The ecological character of the fishing grounds. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*, 13, 1-47.
- Uda, M. and G. Okamoto. 1930. Of the monthly

- oceanographical charts of the adjacent seas of Japan based on the average for the eleven years from 1918 to 1929, with a discussion of the current-system inferred from these charts (part 1: from July to December). *Jour. Imp. Fish. Exp. Station*, **1**, 39-55.
- Uda, M. 1931. Of the monthly oceanographic charts of the adjacent seas of Japan based on the averages for the thirteen years from 1918 to 1930, with a discussion of the current system inferred from these charts (part 2: from January to June). *Jour. Imp. Fish. Exp. St.*, **2**, 59-81.
- . 1934a. Hydrographical studies based on simultaneous oceanographical survey made in the Japan Sea and its adjacent waters during May and June, 1932. *Rec. oceanogr. Works in Japan*, **6**, 19-107.
- . 1934b. Normal monthly sea conditions in the Japan Sea, Yellow Sea, and Okhotsk Sea. *Jour. Imp. Fish, Expt. St.*, **5**, 191-236.
- . 1936. Hydrographical studies based on simultaneous oceanographical survey made in the Japan Sea and its adjacent waters during Oct. and Nov., 1933. *Jour. Imp. Fish. Expt. St.*, **7**, 91-151.
- . 1938. Research on "Siome" or current-rip in the seas and oceans. *Geophys. Mag.*, **11**, 307-372.
- . 1950. On the fluctuation of oceanic drift current in the Japan Sea, Yellow Sea and East China Sea (Second Rept). *Jour. oceanogr. Soc. Japan*, **5**, 55-69.
- . and K. Otsubo. 1958. Oceanographic structure of current-rip fishing ground in the East China Sea. Report of Tsushima Warm Current Areas. Fisheries Investigation, **1**, 535-539.
- Uda, M. 1959. Oceanographic seminars. Fisheries Research Board of Canada, Manuscript Report Series (Oceanographic and Limnological), **51**, 1-110.
- Wada, Y. 1922. Results of current observation in the seas adjacent to Japan (1913-1917). Osaka Mainiti Sinbunsha (in Japanese). Edited by Kumada.
- Wüst, G. 1936. Kuroshio und Golfstrom. *Veröff. Inst. Meereskunde Berlin. N. F.*, Ser. Heft **29**, 1-69.