

‘엘리뇨’와 異常氣候 海水의 소금기

崔 榮 博 (高麗大名譽教授·水原大教授, 工博)

‘엘·니뇨’와 이상기온

바다에는 「용승역(湧昇域)」이라고 부르는 해역이 있다. 여기서 심해(深海)에서 언제나 차가운 해수가 상승한다. 이 찬바다물의 흐름을 「용승류」라든가 「상승류」라고 부르는데 하루에 겨우 10cm 정도의 극

히 약한 흐름이다. 용승역은 연안(沿岸)이고 적도(赤道)에 집중하고 있으며(그림1) 세계 해면 면적의 1%도 채우지 못하는 것이다. 하지만 이 용승역에서의 어획량은 세계어획량의 거의 반정도를 차지하고 있다.

용승역이 좋은 어장이 되는 것은 심해에서 상시 영양염(營養鹽)이 보급되고 생물생산성이 늘어나는 까닭이다. 또한

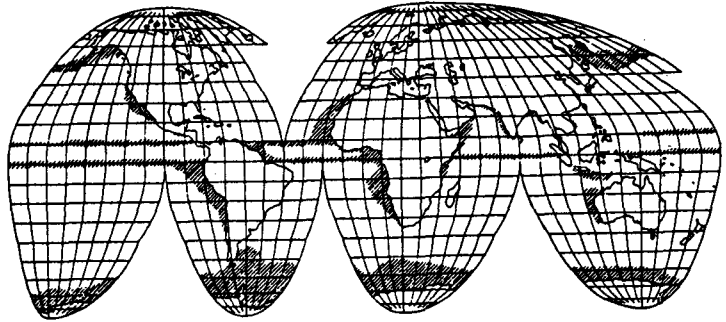


그림 1 世界の 湧昇海域(斜線部는 湧昇域)
(La Fond, 1966에 의함)

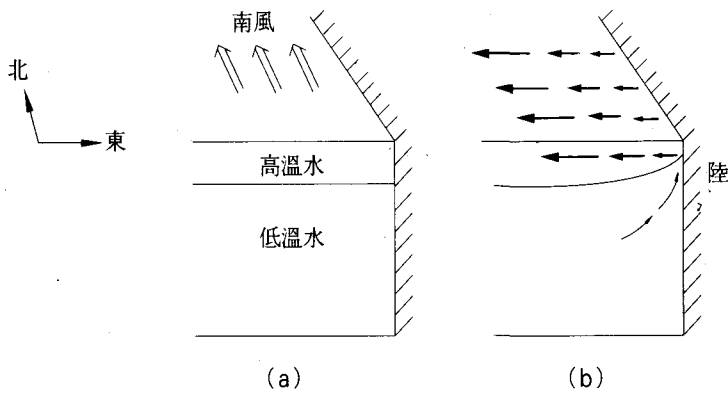


그림 2 沿岸湧昇의 模式圖

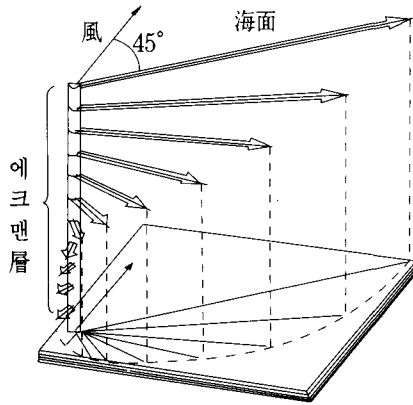
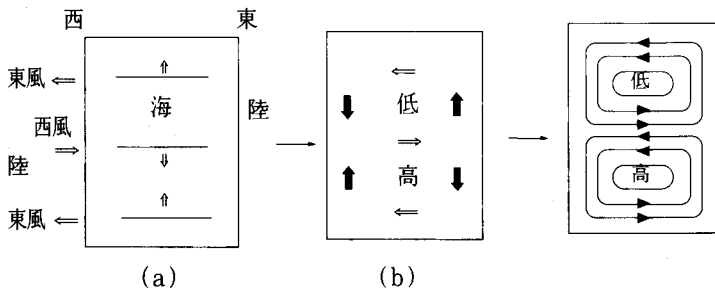


그림 3 北半球에 있어서 에크만 吹走流의 模式圖
[永田豊 : 海流의 物理에서]



- (a) 에크만 輸送이 생긴다. (b) 에크만層 아래의 地衡流(東西流)와 이것을 補完하는 南北流가 생긴다.
(c) 結局2개의 循環이 이루어진다.

그림 4 바람에 의한 海流의 生成

아래층의 차가운 물이 수표면 층으로 올라오는 까닭으로 용승역은 주변에 비한다면 저온의 해수로 차지된다.

‘캘리포니아’ 연안의 여름기온이 비교적 낮은 것은 용승의 영향이라고 한다. 그림2에 연안에 있어서 용승이 생기는 기구를 모식적으로 표시하였다. 그림2(a)와 같이 지금 남미(南美)서해안을 따라서 남풍이 불고 있다고 하자. 간편하게 하기 위해 바다위에는 고온수, 아래에는 저온수의 2개 층으로 되어 있다고 가정한다. 바람이 몇주일간 계속 불면 소위 ‘에크만’(Ekman, 1905년, 스웨덴의 해양학자) 수송에 의해 해수는 전체로서 풍향의 직각 좌향으로 운반된다(북반구이면 풍향의 직각 우향). 따라서 이 해수를 보충하기 위해 아래층에서 물이 상승하는 것이 되며(그림2(b)) 이것이 용승으로 된다. 만약 남미서해안이 아니고 북미서해안이면 북풍이, 일본의 동해안이면 남풍이 호주의 동해안이면 북풍이 각각 불어가는 것이 연안용승을 발달시키기 위해서는 필요하다.

남미의 ‘페루’에서 ‘에쿠아도르’에 걸친 연안도 통상 용승역으로 되어 있어서 세계 최대의 어장이다. 하지만 1월에서 3월에 걸쳐서는 표층에 남향의 난류가 생기고 어장은 소실되고 만다. 이 따뜻한 해류를 ‘엘·니뇨’(El Niño)라 한다.

“엘·니뇨”란 ‘스페인’ 말로서 아이(영어의 The Child)를

뜻하는 말이다.

이 해류는 크리스마스 즉 성탄일 직후에 나타나는 일이 많으므로 「하느님의 아들」이라고 말하게 되었다고 생각된다. 그런데 몇해에 한번 이 해류의 온도가 이상고온이 될 때가 있으며 거기에서 이 높은 수온이 1년중 지속될 때가 있다. 이렇게 되면 연안어업 뿐만 아니라 기후에도 큰 영향을 주기도 한다.

현재 '엘·니뇨'라고 말하면 그 해를 통해 지속되는 「이상고온수현상」을 의미하는 것으로 되어 근자에 와서 1951, 53, 57, 63, 65, 69, 72, 82, ……의 각년에 발생하였다.

'엘·니뇨'가 '페루', '에쿠아도르' 외해에 발생할 때는 이 해면표층의 이상고온이 열대태평양 전역에 미치는 것으로 알려져 있다. 요컨대 '엘·니뇨'는 남미 외해의 국부적 현상만이 아니고 저위도 태평양지역 전체에 영향을 미치게 하는 점이 큰 특징이다. 옛부터 저위도의 대기 중에는 「남쪽진동」(Southern oscillation)이라고 부르는 변동이 주목되어 왔다. 그것은 「태평양에서 기압이 낮은(높은)시기에는 '아프리카'나 '오스트레일리아'에 걸쳐 있는 인도양에서는 기압이 높게(낮게)되기 쉽다」고 한다. 이는 지금으로부터 50년전에 H.G.Walker(기상학자)가 지적하여 기술한 현상이다. 바꾸어 말하면 저위도의 대기는 거대한 '시이소오'(Seesaw)운동을 하고 있다는 것이다. 단,

이 '시이소오' 즉, 오르락 내리락하는 놀이가 매우 천천히 진행되고 거기에다 불규칙하게 오르락내리락하며 원위치로 되돌아가는 데는 2년 걸리거나 10년이 걸린다 한다. 또한 남쪽진동은 기압만이 아니고 강수량, 해수온도, 무역풍의 강도, 인도의 한발등 이상기후와 연관되고 있다는 것이 알려져 있다.

일찌기 별도로 연구되어 온 '엘·니뇨'와 남쪽진동은 최근에 와서 실제로 밀접하게 연결되어 있는 것이 아닌가라고 생각하게 되었다.

과거의 '엘·니뇨'를 조사해보면 대기 중에서 공통적인 전조(前兆)현상을 볼 수 있다. 그 하나는 '엘·니뇨'해의 전년에 '인도네시아', '오스트레일리아' 지역의 해면기압이 상승하고 서태평양에서 무역풍이 약해진다.

또한 '인도네시아' 부근의 다우역(多雨域)이 동쪽으로 이동하고 일부변경선(日附變更線) 부근의 강수량이 증대한다. 나아가서는 동태평양에서는 남동무역풍이 약해지고 적도해역의 표층수온이 높아지게 된다.

이와 같이 대기중의 변동이 남쪽진동의 특정시기에 일어난다고 하면 '엘·니뇨'라 하는 것은 남쪽진동의 어느 위상(位相)에 있어서의 진폭이 현저하게 증대하는 것이라고 말할 수 있다. 최근의 연구에 의하면 '엘·니뇨'와 남쪽진동이 일체(一體)의 현상이라는 것을 알게 되었다. 그래서 전문가 사

아에서는 양자를 합쳐 '엔소'(ENSO)현상이라고 부르는 것이 많다. 사실 '엘·니뇨'해에는 '페루' 연안의 수산업이 큰 타격을 받는다. 이것은 '엘·니뇨'난수(暖水)가 통상의 냉수 대신에 들어오게 되므로 영양염의 보급이 중단되는 것이 주된 원인으로 생각되고 있다.

특히 1972년의 '엘·니뇨'해를 경계로 해서 어획고가 격감하였다. 이 원인은 반드시 '엘·니뇨'가 아니고 전년까지의 난획에 의한 것이라고 말하는 인사도 있으나 다소간에 '엘·니뇨'가 영향하고 있는 것은 틀림이 없다고 생각된다.

이 해역에 있어서 양륙된 멸치는 주로 가축사료로 사용되는데 1972년에는 그 절대량이 부족하여 이것 대신에 콩 등의 농작물이 가축사료로 사용되었다. 하지만 이때는 '엘·니뇨'해에서 잘 볼 수 있는 기후불순으로 농작물도 흉작이었으므로 콩류의 가격이 앙등하였다 한다. 그래서 콩수입에 의존한 우리나라나 일본에서는 두부값의 오름까지 초래하는 세계경제에 대한 영향이 대단하였다 한다.

'엘·니뇨'와 기후와의 연관성에 대해 왕성하게 문제시 된 것은 1982~83년에 있어서 '엘·니뇨'때이다. 이때는 한발이 '인도네시아'나 '호주'만이 아니고 '아프리카'나 '브라질' 북미까지 내습하였다. 이와 반대로 '페루' 남쪽에서는 호우가 내리고 사막지대에도 초목이

내리고 사막지대에도 초목이 무성하였다. '인도'나 '에스파니아'에서는 홍수가 있었고 여름에는 '유럽'에 맹서(猛暑)가 발생하였다 한다. 미국 '폴로리다'에서는 보기 드문 눈이 왔으며 태평양에서는 1983년 태풍 제1호의 발생이 매우 지체되었다. 이들의 세계적인 이상기후를 모두 '엘·니뇨'와 연관시키는 학자가 있다. 하지만 실제로 '엘·니뇨'와 이상기후의 연관은 전혀 해명되지 못하고 있다.

전술한 바와같이 '엘·니뇨'와 남쪽진동은 일체적인 것이므로 확실히 저위도지방의 기후와 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다. 그러나 '엘·니뇨'가 유럽이나 동북태평양지대와 같은 중위도나 고위도의 지방의 기후를 어느정도 바꾸게 하는가는 아직 해명된 것은 아니다.

다만, 저위도지방의 해수온이 상승하면 대기중의 자오선(子午線)의 순환에도 영향을 미치는 것이라고 생각되는 것에서 어떤 의미에서 세계의 기후에 '엘·니뇨'가 관계되고 있는 것을 부정할 수 없는 것은 사실이다.

해수는 왜 짠가?

해수욕을 한 사람은 누구나 바닷물에 소금기가 있어서 짠 것을 잘 알고 있다. 해수에는

표1 해수중의 주요성분의 농도(염분 35%의 해수)

이온(ion)	(g/Kg)
염소이온 (Cl ⁻)	19.353
나트륨이온 (Na ⁺)	10.766
황산이온 (SO ₄ ²⁻)	2.708
마그네슘이온 (Mg ²⁺)	1.293
칼슘이온 (Ca ²⁺)	0.413
칼륨이온 (K ⁺)	0.403
탄산이온 (CO ₃ ²⁻)	0.142
취소이온 (Br ⁻)	0.0674

표 2 바다수면의 염분평균치(%)

緯度 / 구분	대서양	태평양	인도양	세계중의 바다
0°~70°N	35.45	34.17	35.38	34.71
0°~60°S	35.31	35.03	34.84	35.03
90°N~80°S	34.87	34.58	34.87	34.73

나트륨이온(Na⁺), 염소이온(Cl⁻)를 비롯해서 천연에 있는 92개 원소의 모든 것이 녹아있으며 이것이 짠맛의 원인이 되고 있다.

19세기 후반, 영국군함 '차렌자' 호에 의해 세계도처의 해수가 모여져서 '데이트마' 교수에게 보내졌다. '데이트마' 교수는 당시로서 최고의 화학실험으로 해수중의 주요 8개 성분을 분석하였다. 그 결과 농도는 해수의 시료마다 변하나 농도비 즉, 조성(組成)이 매우 일정한 것을 발견하였다. 즉, 해수중의 물질의 농도는 바다수면에서의 물의 증발이나 강우, 하천수의 유입, 북극해나 남극해에서의 얼음의 생성이나 용해 등에 따라 변화만 한다는 것 뿐이라는 것이다.

소금기의 짠 정도를 염분이라고 부르며 염분은 해수 1Kg당에 녹아있는 물질의 그램(g)수

로서 표시된다. 외양의 해수 1Kg에는 약 35g의 물질이 용해되고 있으며 염분 35%이라고 부른다.

표1에 나타나는 바와 같이 이중의 염소이온은 약 19g이고 여기서 올린 8성분 만으로서 염분의 99% 이상을 차지한다.

염분의 조성이 일정한데서 간단하게 측정가능한 해수중의 염소이온의 농도(염소량)를 은정정(銀滴定)에 의해 측정하면 염분이 측정된다.

염소량의 약 1.8배가 염분이 된다. 단, 현재로는 염소량의 측정대신에 해수의 전기전도도(電氣傳道度)를 측정하여 신속하고 간단하게 염분의 추정을 한다.

지금 대서양, 태평양, 인도양 등 세계중의 바다를 0°~70°N, 0°~60°S, 90°N~80°S로 나누어서 바다수면의 평균염분을 나타내면 표2와 같다.

표2에서 보는 바와 같이 북

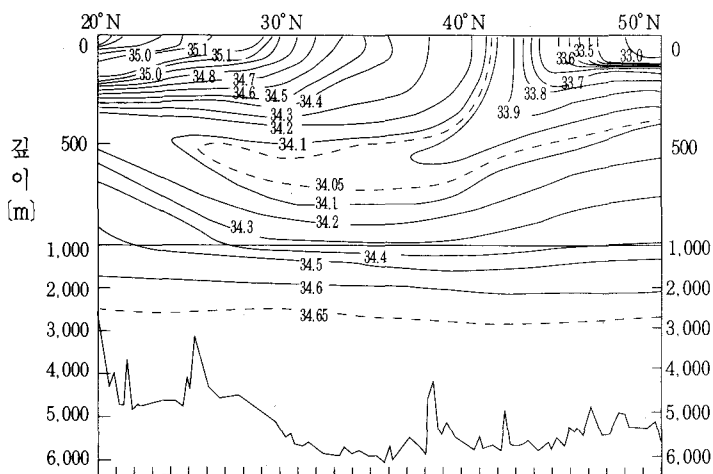


그림 5 北太平洋의 西經170°에 따르는 鹽分の 鉛直分布 (單位는 %)

태평양 특히 염분이 낮고 북대서양에서는 특히 염분이 높은 특징이 있다.

그 원인은 대서양의 무역풍은 따뜻하고 습한 공기를 '파나마' 지협(地峽)을 넘어 태평양으로 운반하며, 북태평양에는 비로 되어 내리기 때문에 염분을 강하시킨다. 수증기의 원(源)은 대서양이므로 대서양의 염분은 높게 된다. 북태평양의 편서풍도 물론 수증기를 포함하고 있는데 북미대륙의 서쪽의 '코르지 애라' 산지(山地)에서 비가 되어 다시 태평양으로 되돌아간다. 대서양 동쪽의 유럽대륙이나 아프리카 대륙은 '코르지 애라' 산지에 상당하는 큰 산맥이 해안 가깝게 남북으로 중행하고 있지 않은 까닭으로 대서양에서의 수증기는 분산되어 다시 되돌아 오지 않는다.

그림5에 북태평양에 있어서 서경 170°선에 따르는 염분의

연직분포를 나타낸다. 20~40°N의 중위도지방에서는 500~600m의 깊이에서 극소로 되고 나아가서는 깊이 정도가 크게 되면 염분도 크게 되고 3,000~4,000m보다 깊은 곳에서는 34.7%로 된다.

40° 이북의 높은 위도지방에서는 수면의 염분이 작은 까닭에 극소치는 볼 수 없고 깊이 정도에 따라 염분은 증가한다. 해수에 용해되고 있는 성분 조성의 일정성은 미량성분의 모든 것까지 미치고 있는 것은 아니다. 해수의 미량성분의 조성의 변화는 바다에서 일어나고 있는 생물작용이나 해수의 혼합에 대한 중요한 실마리(단서)를 준다. 미량성분의 분포와 이것이 의미하는 것에 대한 탐구는 해양오염연구에 있어서 오늘날 큰 과제로 되어있다. 이와같이 말하지만 해수에는 천연에 존재하는 92개 원소가 모두 포함

되고 있으나 정확한 분포를 알 수 없는 원소가 아직도 많다.

돌이켜 보건데 45억년전 지구역사의 초기에는 지구는 고온이라고 추정한다. 고온원시지구의 대기는 수증기, 탄산가스, 염화수소, 아황산가스 및 질소로 되어 있다고 추정된다.

지표의 온도가 내려가고, 액체로서의 물이 생겨, 이 물에 탄화수소가 용해되고 최종적으로는 0.3 규정의 염산으로 된다.

탄산가스는 산성의 물에 용해되기 어렵고 따라서 대기중의 탄산가스의 농도는 매우 높았을 것이다. 또한 원시해수도 매우 고열이라고 생각되므로 증발, 농축이 활발하게 반복되어 뜨겁게된 산성비가 내리는 것으로 생각된다.

산성비와 해수는 지구표면의 현무암과 반응해서 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 등을 용해하여 중화(中和)되었다고 본다. 물이 중화되면 대기중의 탄산가스는 물에 용해되며, 이미 물에 용해되어 있는 칼슘이온과 반응해서 탄산칼슘을 침전시킨다. 중화된 해수중에는 현무암이 풍화되어 만들어진 점토광물과 수증의 양이온이 이온교환반응을 일으켜 점토광물을 합성하였다고 생각된다. 이와같이 오늘날의 해수의 화학조성이 가까운 곳으로 낙착되었다고 볼 수 있지 않은가.

이와 같은 현상은 길게봐서 최초의 10억년 이내에 일어났다고 생각되며 그후 35억년간 해수의 조성은 변화가 없었다고 볼 수 있다. ㉔