

엘니뇨와 한국의 겨울 기온 및 강수량과의 상관에 관한 연구

민우기* · 양진석**

엘니뇨 현상은 최근 세계 각지에서 발생하는 이상 기상 현상의 원인으로서 거론이 되고 있으며 우리 나라도 동계에는 연근해의 해수면 온도가 계속 상승하는 현상이 나타나고 있으며, 특히 3면이 바다와 접하고 있는 한반도는 엘니뇨의 발생과 기온 및 강수량의 변동이 상관을 가질 것으로 예측 할 수 있으며, 우리 나라의 기온 변동 메커니즘을 밝히는데 중요한 역할을 할 것으로 보인다. 이에 따라 본 연구에서는 엘니뇨의 감시해역의 해수면 온도와 우리 나라의 해수면 온도 및 기온 및 강수량을 편차를 중심으로 하여 그 상관을 분석하여 보았다. 이의 결과 엘니뇨의 발생을 엘니뇨의 감시해역으로 알려져 있는 NINO.3지점의 해수면 온도에서 추출해보면, 연구 기간(1969~1998) 1월의 기온의 편차가 1.0 이상으로 나타나는 1969, 1970, 1973, 1977, 1987, 1992, 1995, 1998의 총 9회이며, 그중 83년과 98년이 특히 극심한 엘니뇨해로 나타났으며 해수면 온도와 우리 나라의 해수면 온도의 변동 경향은 비슷하나, 편차에 있어서는 오히려 동해안의 장기보다 부산과 인천이 더욱 큰 것으로 나타났다.

기온과의 상관에 있어서는 NINO.3의 해수면 온도의 편차와 지상 기온 편차는 그 변동경향이 비슷하며, 기온과 해수면 온도와의 상관은 0.31로 나타나 우리 나라의 기온과 해수면 온도와의 그 관련이 깊으며 엘니뇨 발생시에도 우리나라의 기온은 높은 것으로 나타나 겨울의 이상난동과 엘니뇨와는 그 관련이 있음을 알 수 있으나 강수량은 기온에 비해서는 상관이 낮았으며 그 변동 경향도 73년, 83년, 87년의 엘니뇨해는 관련되어서 나타남을 보이나 90년 이후는 해수면 온도의 변동의 대체로 양의 상승 경향을 보이고 있는 반면 강수량은 오히려 음의 하강 경향이 나타나 해수면 온도와 강수량과는 상관이 적은 것으로 보인다.

주요어 : 엘니뇨, 해수면온도, 편차, 양의 상관, 음의 상관

1. 서론

1) 연구목적

70년대 이후는 전세계적으로 기후의 고온화 현상이 뚜렷이 나타나 최근 10년간의 지구의 평균 지상 기온이 과거 100년간의 기간에 비해서도 높은 것으로 나타나고 있다. 이러한 이상 고온화 현상의 원인에 대해서는 자연적 원인과 인위적 원인으로 나뉘어져 설명이 되고 있으며, 그 중 자연적

원인으로 인정되고 있는 요인으로서서는 화산 분화에 의한 성층권 에어로졸의 증가, 태양 활동의 변화, 편서풍 파동 블로킹 현상 등과 함께 해수 온도의 변동 등을 들 수 있다(일본기상청, 1995). 이중 해수 온도는 해에 따라 변동을 되풀이하고 있는데 가장 현저한 것이 페루 해안과 열대 동태평양 해수 온도의 이상상승인 엘리뇨이다. 이러한 엘리뇨 현상은 최근 세계 각처에서 발생하는 홍수, 가뭄, 폭서 등과 같은 이상 기상의 한 원인으로서 분류가 되고 있으며, 실제 엘니뇨 현상의 발생에

* 대구대학교 지리교육과 강사

** 경북대학교 지리교육과 교수

엘니뇨와 한국의 겨울 기온 및 강수량과의 상관에 관한 연구

반해 세계 각지의 특정 지역에 고온·저온·다우·소우 등의 이상 기상이 많이 나타나고 있다(김연옥, 1998). 우리 나라에 있어서도 동계에 연근해의 바닷물 온도가 최근 100년 사이에 꾸준히 상승하고 있어 온대에서 아열대 기후로 변화하지 않는다는 추측이 나오고 있으며, 특히 태평양에 연하여 있는 동쪽 지방에서의 기온은 엘니뇨 발생시의 해수면 온도와의 상관성이 있는 것으로 나타나 우리 나라의 기온 변동 경향의 메커니즘을 밝히는 데 중요한 역할을 할 것으로 보인다. 엘니뇨에 관한 연구는 1980년대 후반에 이르러 세계적인 관심사로 대두되면서 활발히 이루어지고 있다. 먼저 荒川正一(1989), 日本氣象廳海洋氣象部海洋課(1990), 日本氣象研究所(1989), 武藤清一郎·工藤英郎·荒井永平(1984) 등은 해수면 온도의 변화를 연구하여 그 원인이 엘니뇨현상과 관련이 있음을 밝히고 있고 和方吉信(1993)은 엘니뇨와 적도파(赤道波)의 관련성에 대해서 연구하는 등 해수면 온도와 엘니뇨와의 관계에 대해서 연구하고 있다. 이외에도 Angell(1988)이 화산폭발에 의해 차가워진 대류와 엘니뇨현상과의 관계를 보았으며, Tanaka and Nishizawa는 Brazil 북동부의 한발시 한발과 ENSO와의 관계를 규명하고, Chu(1989)는 하와이의 한발과 남방진동과의 관계를 연구하는 등 한발과 남방진동과의 관계를 분석하여 본 연구가 있으며, Lindeasy and Vogel(1990)가 아프리카의 강수량과 남방진동과의 관계를, Suppiah(1990)이 스리랑카의 강수량과 남방진동과의 관계를, Wang(1990)는 북부 중국 건조지대의 강수량 변동과 남방진동의 관계를, McBride and Nicholla(1983)가 오스트레일리아의 강수량과 남방진동과의 관계를 보는 등 각지에서 강수량과 남방진동과의 관련성을 밝히는 연구가 있다. 그리고 Frederich and Muller(1992)는 유럽에서의 이상기후현상과 ENSO와의 관계에 대해서 연구하였으며, Halpert and Ropelewski는 해수면의 온도 변화와 남방진동과의 관계를, Wang(1984)이 중국 북동부의 여름기온과 엘니뇨의 관계를 보는 등 기온과의 관계를 본 연구 등도 있으며, Gray(1984)은 엘니뇨가 북대서양 지역의 허리케인 발생에 미치는 영향을, Keen(1982)가

적도해역의 태풍의 발생과 남방진동과의 관계를, Nicholls(1984)은 오스트레일리아부근 해역의 태풍발생과 남방진동과의 관계를 보는 등 태풍과의 관련성에 대한 연구 등이 있다.

최근 우리 나라에서도 기온과 강수량의 특성에 대하여 엘니뇨와 라니냐와의 관계에서 고찰하는 연구가 있는데 허창희(1988)는 여름철 강수량과 엘니뇨의 관계가 (+)상관을 가지고 있다고 밝혔고, 김상호(1991)는 지역별 강수량에 미치는 엘니뇨의 현상을 분석하였으며, 이승호(1993)는 우리나라의 장마의 시기가 엘니뇨 때에는 시기가 늦어지고 라니냐 때에는 빨라지는 경향이 있다고 밝히는 등 엘니뇨 현상과 강수량의 관계에 대하여 설명하였고, 강인식·정영근(1996)이 서울의 기온과 강수량이 태평양 해수면 온도와 3~4년의 시간규모에서 연관되어 변동하고 있다 하였으며, 안중배 등(1996)은 겨울철에 있어 한반도의 기온과 강수량은 해면온도와 상관을 가지는 것으로 밝혔다. 한편 기온과의 관련성을 밝히는 연구로서 한상국·박상규(1990)가 엘니뇨 해에는 연평균 기온이 다소 낮고 연평균 강수량은 약간 많아지고, 장마는 늦게 시작해 늦게 끝나고 태풍발생수는 예년에 비해 적다고 하였으며, 하경자(1995)는 동태평양와 서태평양의 anomaly의 진동이 겨울철의 서울의 경년 변화와 일치한다고 밝혀 엘니뇨와 서울지방의 기온이 상관성이 있음을 밝혔으며, 강인식·이양미·안순일(1995)은 서태평양 지역에서 엘니뇨 현상은 여름철의 태풍활동에 큰 영향을 미친다 하였으며 해면 온도가 한반도 기온 등 기후에 미치는 영향에 관한 연구(한영호외 1991)등이 있다. 이러한 연구들은 관측 자료의 부족 등으로 인하여 해양-대기 상호 작용의 종합적인 분석이 부족하였으며, 우리 나라 주변의 해양과 지상기온 및 강수량의 관련성에 대한 연구가 부족하였다.

본 논문에서는 엘니뇨 현상의 발생 원인을 문헌을 통하여 정리해보고 그 영향을 분석하며, 특히 우리 나라에의 영향을 알기 위해 엘니뇨의 발생해역의 수온과 우리 나라의 해역의 수온과의 관련 및 기온과 강수량과의 관련 등을 알아보았다.

2) 자료 및 연구방법

Table 1. Surface synoptic stations and statistics periods

Station	Duration(year)	Station	Duration(year)
Sokch'ŏ	69~98	Kunsan	69~98
Ch'unch'on	69~98	Taegu	69~98
Kangnung	69~98	Chonju	69~98
Seoul	69~98	Ulsan	69~98
Inch'on	69~98	Kwangju	69~98
Suwon	69~98	Pusan	69~98
Sosan	69~98	Tongyoung	69~98
Ch'ongju	69~98	Mokp'ŏ	69~98
Taejon	69~98	Yosu	69~98
Ch'up'ungrŏng	69~98	Chinju	70 ~98
P'ohang	69~98		

연구대상 기간은 1969~98년의 30년간의 1월을 대상으로 하였으며 관측 지점은 전국의 측후소를 대상으로 하고 그 중 30년의 data를 얻을 수 있는 지점으로 하였으며, 제주도와 서귀포, 울릉도는 그 지역적인 특색으로 제외시키고 내륙의 속초·춘천·강릉·서울·인천·수원·서산·청주·대전·추풍령·포항·군산·대구·전주·울산·광주·부산·통영·목포·여수·진주 등의 21개 지점을 대상으로 하였다(Table 1).

온도는 국립 수산연구소의 우리나라 연안 지역의 해수면 온도 관측치(<http://nfrda.re.kr/kodc/data/cddata>)를 이용하였다.

자료 분석에서는 월평균 Anomaly값을 사용하였는데 NOAA 위성이 제공하는 해수면 온도의 data에서는 월평균 값에서 자료 추출 기간의 평균된 월평균값을 뺀 것을 제공하고 있으며, 본 논문에서도 해수면 온도 및 우리나라의 기온 및 강수량의 data는 30년간의 연구 기간중 1월의 평균에

Table 2. Observation boundary of ENSO monitoring indices

	NINO.WEST	NINO.4	NINO.3	NINO.1+2
Longitude	130E-150E	160E-150W	150W-90W	90W-80W
Latitude	14N-EQ	4N-4S	4N-4S	EQ-10S

사용된 자료는 대상기간동안의 기상월보, 일본 기상청발행의 기후계 감시보고, 일본기상청예보부발행의 계절예보자료, 이상천후감시보고와 Daily Weather Map, Aerological Data, 500hPa고도표 등이다. 특히 인터넷에서 NOAA위성이 제공하는 해수면 온도 data(<http://nic.fb4.noaa.gov/data/cddb/cddb/sstoi.indices>)는 1950년 이후부터 서비스한 태평양의 해수면 온도측정치(<http://nic.fb4.noaa.gov/data>)를 이용하였는데 그 중 NINO.3이 엘니뇨의 감시해역으로 이용되고 있다(일본기상청, 1996). 우리나라의 해수면

서 30년간의 평균된 월평균값을 뺀 것을 이용하였다. 특히 해면 온도는 편차 상태는 큰 열용량으로서 대기의 편차보다 오래 지속되며 대기/해양의 상호 작용은 대기의 편차를 결정하는 주요인자로 쓰여진다.

2. 엘니뇨의 정의와 특성

해양은 지구 표면의 약 70%를 점하고, 또한 전체 열용량이 대기의 1,000배로써 매우 크며, 대기의 열원으로서도 중요한 역할을 수행하여 이로 인

엘니뇨와 한국의 겨울 기온 및 강수량과의 상관에 관한 연구

해 해양은 저기압이나, 태풍 등 짧은 스케일의 변화에서 기후 변동 등 매우 긴 시간의 스케일의 현상에 이르기까지 대기의 각종 현상과 밀접한 관계를 가지고 있다. 해양은 대기에 큰 영향을 주고 있지만 대기도 해양에 영향을 주고 있다. 대기의 순환이 변한다 해도 해양의 상태가 변함으로서 대기의 변화에 영향을 주는 경우도 있다. 엘니뇨현상은 전형적인 예이다. 그리고 이상기상의 원인의 하나로서 주목이 되고 있다.

엘니뇨 현상은 남미 페루 해역에서 태평양 중부 적도역에 걸쳐서 해면수온이 평년에 비하여 1~2℃, 때에 따라서는 2~5℃높게 나타나 1년~1년 반 정도 계속해서 나타나는 현상인데 엘니뇨 현상이 나타나는 원인으로서는 적도 부근의 태평양에서는 동쪽에서 서쪽으로 부는 무역풍이 있어 해면하 100m 정도까지 온난한 해수를 서쪽에 모으고 그에 반해 남미의 바다에서는 하층에서 차가운 해수가 용출하여 적도 부근의 태평양 해수면의 수온 분포는 서쪽이 높고 동쪽이 낮게 나타나고 있으며, 그 서쪽의 난수의 상층 대기에 활발한 대류 활동이 발생되는 것이 일반적이지만, 어떠한 이유로 약할 때는 난수가 동쪽으로 이동하여 태평양 적도역의 중부에서 동부에 걸쳐서 해면수온이 평년보다 높게 나타나 엘니뇨현상이 발생 한다. 여기에 반해

대류활동이 활발한 해역도 동쪽으로 이동한다. 한편 태평양열 대역의 지상기압은 엘니뇨현상의 발생·소멸과 거의 동시에 남방진동(Southern Oscillation)이라 불리는 현저한 변화가 나타난다. 이것은 인도네시아 부근과 남태평양 동부와의 사이 어느쪽에서 지상기압이 평년보다 높거나 낮을 때 다른 쪽에서 낮거나 높게 나타나는 시소현상으로 현재에는 대기와 해양이 밀접하게 연결되어 동일한 현상의 대기층의 측면에 있다는 인식으로 엘니뇨와 남방진동을 합하여 엘니뇨·남방진동(ENSO)이라고 부른다. 이러한 ENSO현상은 태평양 적도 이외에 태평양 중·동부 열대역, 남태평양, 북태평양 중·동부 및 인도양, 북대서양 남부에까지 ENSO현상이 나타나는데 수년 정도의 시간 scale로서 변동이 보여지고 있다. 적도 부근의 대류활동은 열대역에 한한 지구의 대기에 큰 영향을 주고 있다. 한편 엘니뇨 현상과는 역으로 무역풍이 강하고, 해면 수온이나 난수층의 동서차가 큰 상태가 되고 대기와 해양이 호환되는 이런 상태를 유지하기 위한 상태가 지속된다. 이 상태에서 태평양 중·동부 적도역의 해면 수온은 평년에 비하여서 낮게 된다. 이런 현상에 대하여서는 라니냐(La-Nina)로 불리어 지고 있다. 특히 엘니뇨는 세계 각지의 특정 지역에 고온, 저온, 다우, 소우 등의

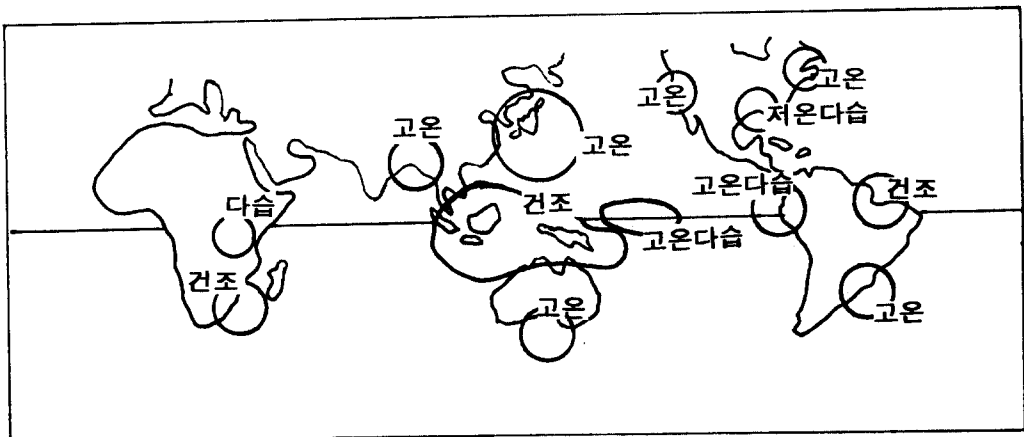


Fig.1 Weather condition in El-Niño season(winter)

이상 기상이 많이 나타나고 있으나, 엘니뇨는 발생 주기에서 뿐만 아니라 성장과정도 제각기 다르기 때문에 피해가 발생하는 지역과 피해 내용과 피해 규모도 매년 다르다. 또한 엘니뇨 현상은 정적인 현상이 아니고 대단히 역동적인 현상이어서 일단 발생하면 1년 정도를 두고 계속 진행해 나가면서 대기와 해양의 순환을 교란시킴으로써 각가지 형태로 지구의 구석구석에 기상 이변을 일으킨다(안중배, 1998). 엘니뇨에 의한 피해는 세계 각지에서 실로 광범위하게 나타나고 있으며 특히 1990년 이래 계속적인 발생은 세기말 가장 큰 자연적인 재앙으로 기록되고 있다. 세계 각지에서 보고된 피해를 분류해보면 캘리포니아주에서 홍수와 이로 인한 산사태, 칠레의 대폭우, 인도네시아지역 및 오스트레일리아의 가뭄, 파키스탄과 인도내륙지방의 주요 곡창지대인 북서인도의 약한 몬순과 건조 등을 들 수 있으며, 엘니뇨 발생시는 농작물의 작황이 나빠져 농산물 가격이 오르기도 한다. 특히 1998년에 발생한 세계 최대의 밀립 지역인 브라질 아마존강 유역과 인도네시아 지역의 열대 우림의 화재는 엘니뇨 현상에 따른 가뭄까지 겹쳐 그 피해가 더욱 커 향후 100년간 원상회복이 어려운 환경재앙이 우려된다.

3. 엘니뇨의 발생시기 및 주기

엘니뇨는 대기와 해양의 상호 작용에 의해서 발

생하기 때문에 대기 모형만을 이용한 예측에는 한계가 있으며, 고성능 슈퍼컴퓨터를 이용한 전 지구의 대기권과 수권, 빙권, 생물권, 암권 등을 총체적으로 다룰 수 있는 결합 대순환 모형(Coupled General Circulation Model)을 개발하여 엘니뇨 등과 관련한 대기와 해양 이변 현상에 대한 발생 예측과 발생시 미치는 영향에 대한 평가 작업을 시도하고 있으나(안중배, 1998) 아직 엘니뇨 현상에 대한 예보의 단계에는 도달하지 않고 발생 후의 주기 및 발생연도를 구분하는 수준이다. 발생 시기 및 주기에 관한 연구를 살펴보면 강인식 등(1995)이 1950~1988년의 연구기간 중 엘니뇨의 발생주기를 3~7년으로 밝히고 엘니뇨 해가 1957, 1965, 1972, 1976, 1982, 1986, 1987임을 밝히고 안중배(1998)는 최근의 지난 50년 동안에 13회 발생하였으며, 특히 80년 이후 많이 발생하여(82~83, 86~87, 91~91, 92~93, 94~95, 97~98) 최근의 지구온난화와 관련을 가지고 있는 것으로 가정하고 있으나, 박병관(1997)은 지난 30년 동안에 3~6년을 주기로 총 7회 발생(1969, 1972, 1976, 1982, 1991, 1994)으로 밝히고 있다. 일본 기상청(1995)에서는 1950~1994년간의 기간 중 NINO3로 표시되는 태평양 동부 적도역(북위4° ~ 남위4° , 서경150° ~ 90°)의 월평균 해면 수온 편차의 5개월 이동평균치가 6개월 정도 이상 연속하여 나타나면서 +0.5℃ 이상 나타난 경우를 엘니뇨로 규정하여 그 주

Table 3. Period of El-Nino in 1951~1992(Japan Meterological Agency)

Period of El-Nino	number of seson	greatest S.D(℃)
1951(spring) - 1951/52(winter)	4	+1.2
1953(spring) -1954(summer)	2	+0.7
1957(spring)-1958(spring)	5	+1.2
1963(summer)-1963/64(winter)	3	+0.8
1965(spring) -1965/66(winter)	4	+1.3
1968 (autumn) -1969/70(winter)	6	+0.9
1972(spring) - 1973 (spring)	5	+2.0
1976 (summer) -1976/77(winter)	3	+1.0
1982(spring)-1983(summer)	6	+2.8
1986 (autumn) -1987/88(winter)	6	+1.4
1991 (spring) - 1992(summer)	6	+1.4

Table 4. Period of El -Nino
(Korea Meteorological Agency)

1951(spring) - 1951/52(winter)
1953(spring) -1954(summer)
1957(spring)-1958(spring)
1963(summer) - 1963/64(winter)
1965(spring) - 1965/66(winter)
1968(autumn) - 1969/70(winter)
1972(spring) - 1973년 (spring)
1976(summer) -1976/77(winter)
1982(spring) - 1983(summer)
1986(autumn) - 1987/88(winter)
1991(spring) - 1992(summer)
1994(autumn) - 1994(winter)
1997 (spring) - 1998 (spring)

주기를 2~7년, 발생연도를 <Table 3>에서와 같이 나타내고 있으며, 기상청에서는 1950년대 이후의 크고 작은 엘니뇨의 발생을 12회 정도로 주기는 2~5년으로 나타내고 있다.

본 논문에서는 1월에 있어 엘니뇨 감시 해역으로 알려진 NINO.3의 해수면온도와 편차를 <Table 5>에 나타내었다(Anomaly는 월평균 값에서 지난 1950년부터 1998년까지의 49년간의 평균된 월평균값). 이에서 보듯이 83년과 98년은 매우 높게 나타나고 있는데 이 기간중에도 1월에 있어서는 편차가 2.0이상을 나타낸 해가 특히 83년과 98년에서 나타난 3.6의 2회 뿐이다. 따라서 83년과 98년의 1월을 지난 40년 동안에 있어 가장 강했던 엘니뇨라 할 수 있다.

이외에 1.0~2.0이 1969, 1970, 1973, 1977, 1987, 1992, 1995년으로 총 7회이며, 0.5~0.99가 1978, 1980, 1982, 1988년으로 4회였다. 그 중 엘니뇨가 해수면 온도가 평년에 비하여 1.0℃ 이상인 해로 보면 엘니뇨의 발생해는 총 9회로 나타나고 있다. 그리고 엘니뇨의 주기는 발생 자체가 예측을 알 수 없이 발생하므로 그 주기도 검증하기가 어려우며, 지금까지의 발생으로 판명된 주기도 2~5년, 2~7년, 3~4년, 3~6년, 3~7년 등으로 보는 관점에 따라서 다양하게 나타나며 편차 역시 크다. 이러한 주기의 분석은 Power spectrum분석법에 의하여 주로 분석하는데 연구 기

간 중의 주기는 3~7년이 강하게 나타났다.

4. 해수면 온도의 변화

해수면은 대기의 바닥 경계로서 대기의 바람 응력의 영향을 받고 해수의 온도와 관련된 대기로의 열적 수송의 집합체로서 알려져 있다(Shukla, 1981). 우리 나라에 있어서도 지구온난화에 의해 연근해의 바닷물 온도가 최근 100년 사이에 꾸준히 상승하여 온대에서 아열대 기후로 변화하는 초기 징후를 나타내고 있으며, 특히 1916년 이후의 우리 나라 해역의 수온 변화 추이를 분석한 결과 겨울철 수온이 특히 따뜻해지는 경향을 보이고 있는데, 그 예로 장기곶 등대 지점의 수온이 1917년(평균 5.8℃) 이후 계속 상승하여 97년에는 10.3℃로 4.5℃가 상승한 것으로 나타났다. 반면 여름철 수온은 100년 동안 연평균으로는 1.9℃상승한 것으로 나타났다. 이외에도 겨울철 수온이 올진은 1.8℃, 서해의 소청도, 격렬비도, 어청도, 맹골도 등은 1.0~1.5℃, 남해의 거문도, 소리도 등은 0.7~2.5℃ 상승한 것으로 나타났다(한상복, 1998). 이외에도 엘니뇨현상은 대기의 순환이 변하지 않는다고 하더라도 해양의 상태가 변함으로서 대기의 변화에 영향을 주는 대표적인 경우로 알려져 있다. 특히 태평양에 연하여 있는 동쪽 지방에서의 해수면온도는 엘니뇨 발생시의 해수면 온도와 상관성이 있는 것으로 보이고 특히 동해의 수온 상승은 지구온난화 현상과 맞물려 작용을 할 경우 한반도 주변에는 큰 변화를 가져온다. 특히 수온이 상승할 경우 바다의 열이 대기중으로 옮겨지면서 강수량을 늘리는 효과를 가져오고, 태풍의 경우도 일반적으로 남부 지역을 지나고 동해 쪽으로 진입하면서 그 세력이 약해지지만 동해의 해수면의 온도가 상승할 경우 태풍의 세력을 줄이는 힘이 줄어들어 태풍의 피해가 더욱 늘어날 수 있다. 또한 겨울에는 북동풍의 영향으로 영동 지방의 폭설가능성이 더욱 커진다. 본 연구에서는 우리 나라의 해수면 온도가 관측되는 지점 중 해역별로 장기, 부산, 인천의 3개 지점을 택하여 연안 정지 관측 지점의 1969~1995년의 27년간의 해수면 온도를 나타내어 NINO.3의 해수면 온도와 상관성을 보

El-Nino year

Table 5. Sea surface temperature and anomaly of NINO3 in Jaualy.

Year	Anomary	Sea surface temperature
1969	1.0	26.4
1970	1.1	26.5
1971	-1	24.4
1972	-0.3	25.1
1973	2.0	27.4
1974	-1.4	24.0
1975	-0.2	25.2
1976	-1.6	23.8
1977	1.1	26.5
1978	0.6	26.0
1979	0	25.4
1980	0.7	26.1
1981	-0.3	25.1
1982	0.5	25.9
1983	3.5	28.9
1984	-0.6	24.8
1985	-0.9	24.5
1986	-0.7	24.7
1987	1.2	26.6
1988	0.7	26.1
1989	-1.3	24.1
1990	-0.1	25.3
1991	0.2	25.6
1992	1.6	27.0
1993	0.1	25.5
1994	0.3	25.7
1995	1.0	26.4
1996	-0.4	25.0
1997	-0.7	24.7
1998	3.5	28.9
Mean	0.32	25.72

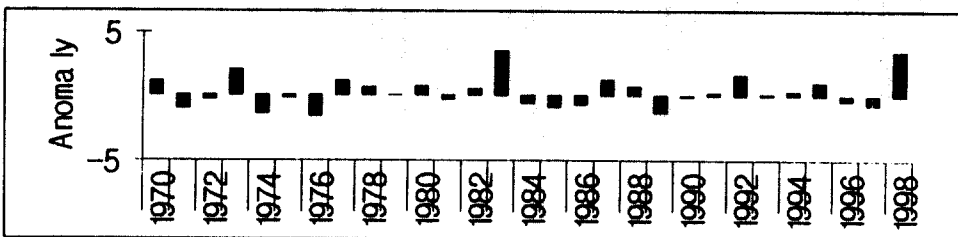


Fig. 2 Interannual distribution of sea surface temperature's anomaly of NINO.3 in January

Fig. 3 Interannual distribution of sea surface temperature in NINO.3 and Janggi, Pusan, Incheon (Vertical line : Year of El-Nino)

왔다(Fig. 3). <Fig. 3>에서 보듯이 NINO.3의 해수면온도와 우리 나라의 해수면 온도의 변동 경향이 비슷하며 상관 계수에 있어서도 NINO.3과 장기가 0.11, NINO.3과 부산이 0.25, NINO.3과 인천이 0.24로 나타나 장기에 비해서 부산과 인천이 크게 나타나며, 상관도는 크지 않으나 관련이 있는 것으로 볼 수 있다.

5. 지상기온 및 강수량과의 상관

1) 기온과의 상관관계

한반도 주변의 해역은 북미의 멕시코 만과 더불어 해수면을 통한 열교환이 활발하며 특히 겨울철 시베리아 고기압과 쿠로시오 난류의 상호작용으로 인해 발생하는 기단 변질 및 장·단기적인 한반도

Fig. 4 Interannual variation of temperature in January(1969~1998)
(— : running mean of 5years)

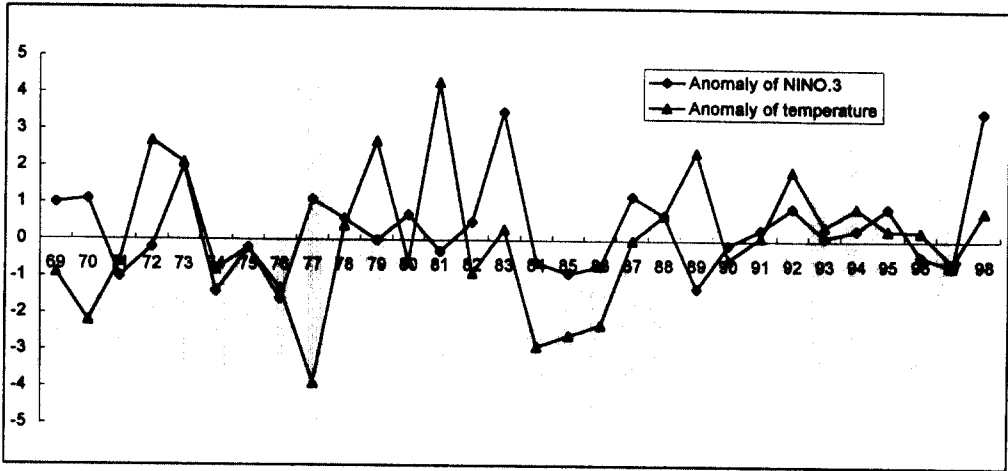


Fig. 5 Variation of temperature's anomaly and sea surface temperature's anomaly (Vertical line : Year of El-Nino)

기후 변화에 중요한 역할을 하며, 한반도 주변의 해역온도 변동은 한반도 기후 변동과 큰 연관이 있다(안중배 외, 1997). 따라서 기온 및 강수량과 같은 기상요소와 해면온도와는 상호 연관성이 클 것으로 예측할 수 있다. 특히 기온에 있어서는 최근 대도시를 중심으로 상승 경향이 있음을 보였고 최근 25년 사이에 우리나라의 주요 지점의 온도가 0.96℃ 상승했으며, 강수량도 꾸준히 증가하여 온난화를 반영하고 있다 하였으며, 그 원인으로는 산업화와 현대화에 따른 인공열의 발생을 주장(김성삼, 1976)하는 등 산업화에 따른 인문 환경적인 요인에 의한 상승외에 해수면 온도(적도 동태평양과 서태평양)와 서울의 겨울철 기온의 경년 변동과도 상관이 있는 것으로도 밝히고 있으며 해면온도(sea surface temperature)는 대기의 바다 경계로서 대기의 바람의 영향을 받고 해수의 온도와 관련된 대기로의 열적 수송의 결합체로서 그의 편차 상태는 큰 열용량으로 대기의 편차보다 오래 지속되며, 대기/해양의 상호 작용은 대기의 편차를 결정하는 주요인자로 쓰여지고 있다(하경자, 1995).

〈Fig. 4〉는 우리 나라에 있어서 연구기간 중 기온의 경년 변화를 나타낸 표이다. 〈Fig. 4〉에서 보듯이 1980년대 중반기의 저온화 경향이 1980년대 후반에 이르러서는 지속적인 온난화 경향으

로 바뀌어 최근에 이르기까지 지속적인 온난화 현상을 나타냄을 알 수 있다. NINO. 3의 해수면 온도의 Anomaly와 지상 기온 Anomaly의 변동 (Fig. 5)에서도 엘니뇨가 나타난 해는 같이 (+)를 나타내며, 연구기간 중 겨울철 기온 및 해면온도는 후반기로 갈수록 더욱 따뜻해지고 기온과 해수면 온도와의 상관은 0.31로 나타나 우리 나라의 기온과 해수면 온도와는 그 관련이 있으며 엘니뇨 발생시에도 우리나라의 기온은 높은 것으로 나타나 겨울의 이상난동과 엘니뇨와는 그 관련이 있음을 알 수 있다.

2) 강수량과의 상관관계

엘리뇨에 의한 해수온도의 이상상승은 세계 각처에서 발생하는 홍수와 가뭄 등의 원인으로서는 연구가 이루어지고 있다(김연옥, 1998). 특히 동해의 수온 상승은 지구의 온난화 현상과 맞물려 작용을 할 경우 한반도 주변에는 큰 변화를 몰고 올 것으로 보인다. 우선 예상되는 것이 기상이변인데, 수온이 상승하면 바다의 열이 대기중으로 옮겨지면서 강수량을 늘리는 효과를 가져오는데, 예를 들어 태풍의 경우는 남부 지역을 지나고 동해 쪽으로 진입하면서 그 세력이 점차 약해지는 것이

Fig. 6 Interannual variation of precipitation in January(1969~1998)
(— : running mean of 5years)

일반적이지만 동해가 점점 더워질수록 태풍의 세력을 줄이는 힘이 줄어들어 태풍의 피해가 더욱 늘어날 수 있다. 또 겨울이면 북동풍의 영향으로 눈이 많이 내리는 영동 지방은 폭설 가능성이 훨씬 커진다.

지금까지 우리 나라에서의 강수량의 변동과 한반도 근해의 해면 온도와 기온과의 직접적인 연관은 찾기는 힘들었으나 여름보다는 겨울이 관련이

있을 것으로 추측된다(안중배 외, 1997). <Fig. 6>은 연구기간 중 강수량의 경년 변화를 나타낸 그림이다. 이에서 보듯이 강수량은 온난화가 심한 1989년 이후가 이전에 비해 강수량이 전반적으로 증대한 것은 알 수 있다. 그러나 편차의 변동(Fig. 7)에서 보듯이 강수량은 기온에 비해서는 상관이 낮았으며(0.16) 그 변동 경향도 73년, 83년, 87년의 엘니노해는 관련되어서 나타남을 보이거나 90

Fig. 7 Interannual variation of precipitation's anomaly and sea surface temperature's anomaly (Vertical line : Year of El-Nino)

년 이후는 해수면 온도의 변동의 대체로 양의 상승 경향을 보이고 있는 반면 강수량은 오히려 음의 하강 경향이 나타난다.

6. 결론

엘니뇨 현상과 우리 나라의 겨울 기온 및 강수량의 관계를 편차를 중심으로 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

① 엘니뇨의 발생을 엘니뇨의 감시해역으로 알려져 있는 NINO.3지점의 해수면 온도에서 추출해보면, 연구 기간(1969~1998)중 1월의 기온의 편차가 1.0 이상으로 나타나는 1969, 1970, 1973, 1977, 1987, 1992, 1995, 1998의 총 9 회이며, 그 중 83년과 98년이 특히 극심한 엘니뇨 해로 나타났다.

② NINO.3의 해수면 온도와 우리 나라의 해수면 온도의 변동 경향은 비슷하나, 편차에 있어서는 오히려 동해안의 장기보다 부산과 인천이 더욱 큰 것으로 나타났다.

③ NINO. 3의 해수면 온도의 편차와 지상 기온 편차는 그 변동경향이 비슷하며, 기온과 해수면 온도와의 상관은 0.31로 나타나 우리 나라의 기온과 해수면 온도와는 그 관련이 깊으며 엘니뇨 발생시에도 우리나라의 기온은 높은 것으로 나타나 겨울의 이상난동과 엘니뇨와는 그 관련이 있음을 알 수 있다

④ 강수량에 있어서는 온난화가 심한 1989년 이후가 이전에 비해 강수량이 전반적으로 증대한 것을 알 수 있다. 그러나 편차의 변동(Fig.7)에서 보듯이 강수량은 기온에 비해서는 상관이 낮았으며(0.16) 그 변동 경향도 73년, 83년, 87년의 엘니뇨해는 관련되어서 나타남을 보이나 90년 이후는 해수면 온도의 변동이 대체로 +의 상승 경향을 보이고 있는 반면 강수량은 오히려 (-)의 하강 경향이 나타나 해면 온도와 강수량과는 상관이 적은 것으로 보인다.

文 獻

- 강인식·이양미·안순일, 1995, 서태평양 지역에서 태풍활동의 경년변화와 엘니뇨, **한국기상학회지**, 31(1), 16~26.
- 강인식·정영근, 1996, 서울 기온과 강수량의 경년변동과 태평양 해수면온도의 주 변동모드와의 관련성, **한국기상학회지**, 32(3), 339~345.
- 김상호, 1988, **한국의 강수 변동성**, 건국대학교 석사학위논문.
- 김연옥, 1998, **기후변화-한국을 중심으로**, 대우 학술총서, 민음사.
- 안중배·류정희·조익형·박주영·류상범, 1997, 한반도 기온 및 강수량과 주변 해역 온도와의 상관관계에 관한 연구, **한국기상학회지**, 33(2), 327~336.
- 이승호, 1993, **한국의 장마 예측 모형의 구축과 장마 지역의 구분**, 건국대학교 박사학위논문.
- 하경자, 1995, 겨울철 서울 기온의 경년 변동과 태평양 해면 온도와 상관성 연구, **한국기상학회지**, 31(4), 313~323.
- 한상국·박상규, 1990, **엘니뇨 현상과 한국의 강수량**, 예보기술, 1(1), 17~24.
- 한영호·정정실, 1991, 해수 온도가 서해안 지방 및 습도에 미치는 영향, **한국기상학회지**, 25(1).
- 허창희, 1988, **한국의 강수 변동성**, 서울대학교 석사학위논문.
- 氣象研究所, 1989, 太平洋における海洋諸要素の季節平均分布, **氣象研究所技術報告**, 25(4).
- 氣象廳, 1995, **異常氣象レポート'94**.
- 氣象廳海洋氣象部海洋課, 1990, 旬平均海面水温解析, **測候時報**, 57, 283~291.
- 吉岡典哉, 1992, 北太平洋亞熱帶循環系の季節・經年變動に關する數値實驗, **平成4年度研究發表會誌**, 氣象研究所, 87~97.
- 武藤清一郎·工藤英郎·荒井永平, 1984, 東北近海の異常冷水現象, **海洋科學**, 16(12), 719~726.
- 安成哲三, 1991, 地球氣候システムにおけるモンスンの役割, **科學**, 61, 697~704.
- 赤川正臣, 1980, オホーツク海の流氷と北海道・東北地方沖合海況との關聯, **海と空**, 55(4), 169~181.

- 和方吉信, 1993, 엘니뇨-니뇨와赤道波, *グロスベツター*, 31(2), 23~45.
- 荒川正一, 1989, 海面水溫とメソ氣象, *天氣*, 36, 353~360.
- Bingham, F.M., 1992, Formation and spreading of subtropical mode water in the North Pacific, *J. Geophys. Res.*, 97, 11177~11189.
- Carissimo, B.C., Oortand, A.H. and VonderHaar, T.H., 1985, Estimating the meridional energy transports in the atmosphere and ocean, *J. Phys. Ocean.*, 15, 82~91.
- Chu, P.S., 1989, Hawaiian drought and Southern Oscillation, *Int. J. Climatol.*, 9, 619~631.
- Frederich, K., and K. Muller, 1992, Climate anomalies in Europe associated with ENSO extremes, *Int. J. Climatol.*, 12, 25~31.
- Gray, W.M., 1984, Atlantic seasonal hurricane frequency. Part 1: El Nino and 30mb quasi-biennial oscillation influences, *Mon. Wea. Rev.*, 112, 1694~1668.
- Halpert, M.S. and Ropelewski, C.F., 1992, Surface temperature patterns associated with the Southern Oscillation, *J. Climate*, 5, 577~593.
- Hastings, P.A., 1990, Southern oscillation influences on tropical cyclone activity in the Australian/south-west Pacific region, *Int. J. Climatol.*, 10, 291~298.
- Keen, R.A., 1982, The roll of cross-equatorial tropical cyclone pairs in the southern oscillation, *Mon. Wea. Rev.*, 110, 1405~1416.
- Kondo, J., 1988, Volcanic eruptions, cool summers, and famines in the northeastern part of Japan, *J. Climate*, 1, 775~788.
- Lie, H.J. and Endoh, M., 1991, *Seasonal and interannual variability in temperature*.
- Lindesay, J.A and Vogel, C.H., 1990, Historical evidence for southern oscillation-Southern Africa rainfall relationship, *Int. J. Climatol.*, 10, 679~689.
- McBride, J.L. and Nicholla, N., 1983, Seasonal relationships between Australian rainfall and southern oscillation, *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1998~2004.
- Philander, S.G.H., 1985, El Nino and La Nina, *J. Climatol.* 4, 661~670.
- Shukla, J., 1981, Dynamical predictability of monthly means, *J. Atmos. Sci.*, 38, 3547~2572.
- Suppiah, R., 1989, Relationships between southern oscillation and rainfall of Sri Lanka, *Int. J. Climatol.*, 9, 601~618.
- Tanaka and Nishizawa, T., 1985, The atmospheric circulation and major drought and flood of 1983 in Brazil, *Geographic Review of Japan*, 58(2), 165~171.
- Wang, S.W., 1984, El Nino and summer temperature in northeast China, 1860~1980, *Tropical-Atmosphere Newsletter*, 25(4).
- Wang, S.W., 1990, Precipitation fluctuation over semiarid region in northern China and the relationship with El Nino / southern oscillation, *J. Climate*, 3, 769~783.

A Study on Correlation between El-Nino and Winter Temperature and Precipitation in Korea

Jin Suk Yang* · Min, Woo-Ki**

Summary

I analyzed the correlation between El-Nino phenomenon and our country's temperature and precipitation laying the stress on the anomaly, and the result of this analysis is as follows:

① The extraction of the occurrences of El-Nino at the place of sea surface around Nino.3 which was known as the sea area under observation for El-Nino reveals that there are 9 years(1969, 1970, 1973, 1977, 1987, 1992, 1995, 1998) when the temperature anomaly in January is more than 1.0 during the period of research years (1969~1998).

② The tendency of change of sea surface temperature around Nino.3 and that of our country are about the same, but the anomaly of Pusan and Incheon was much greater than that of Jangki in the East Coast.

③ The anomaly of sea surface temperature around Nino.3 and that of the ground temperature showed the similar changing tendency, the temperature of our country has something to do with that of sea

surface as the correlation of ground temperature with the temperature of sea surface showed 0.31. Anomaly warm winter has something to do with El-Nino because the temperature of our country was high when El-Nino phenomenon appeared.

④ As for the precipitation, we can see that it has generally increased after 1989 when the phenomenon of warm climate was intense than before that year. But as we study the change of anomaly, the precipitation has less correlation in comparison with the ground temperature. The precipitation in 1973, 1983 and 1987 which were El-Nino years was correlated with El-Nino. While the change of sea surface temperature has showed a tendency of plus(+)increase since 1990, the precipitation has showed a tendency of minus(-)decrease. Therefore it seems that the temperature of sea surface has little correlation with the amount of rainfall.

Key words : El Nino, sea surface temperature, deviation, plus tendency, minus tendency

* Professor, Department of geography Education, Kyungpook National University

** Lecturer, Department of Geography Education, Taegu University

