

# 엘니뇨와 우리나라 강수량의 시·공간적 상관관계 분석

신 현 석\*, ○안 재 현\*\*, 윤 용 남\*\*\*

## 1. 서 론

열대 태평양의 수온이 3~6년마다 주기적으로 상승하는 엘니뇨 현상이 1997년에 발생하여 세계 도처에서 기상 이변과 재난을 낳았다. 특히 1997년에 일어난 엘니뇨의 경우는 지난 1982~83년에 발생해서 세계적으로 막대한 피해를 일으킨 '세기의 엘니뇨'보다 영향력이 더 큰것으로 판단되어 전세계의 이목을 집중시켰다. 각종 위성자료의 분석결과에서 1997년의 엘니뇨는 지구의 1/3에 해당하는 지역에 이상기후를 야기하였음을 보여주고 있으며 전통적으로 엘니뇨에 크게 영향을 받지 않았다고 알려졌던 우리나라의 경우도 1997년에는 예외가 아니어서 그해 9~10월의 강우는 영호남 지역에서 평년에 비해 15% 정도에 불과했으며 저수율도 평년의 30~60% 정도였다. 특히 경상남도에서는 낙동강에서의 생활용수 공급에 차질이 발생되었고, 전주시의 수돗물을 쓰는 주민중에서 6만여 가구에 대한 격일제 급수에 들어갔었으며, 일부 도서지역에서는 장기간 제한급수에 들어간 곳도 있었다(신현석, 1997).

본 연구에서는 이러한 엘니뇨의 이해와 그 영향에 대한 분석이 미래에 닥쳐올 재해를 미리 예측하고 대비하게 함으로서 그 피해를 최소화 할수있게 하는 토대를 만들것이라는 판단에서 엘니뇨에 의한 우리나라의 기후 변동에 대해 살펴보았으며, 특히 엘니뇨의 정도를 나타내는 지수의 하나로 사용되는 엘니뇨-남방진동(ENSO)과 우리나라의 강수량과의 시·공간적인 상관관계 분석을 통해 엘니뇨 현상이 우리나라의 수자원 운용에 끼칠 수 있는 영향에 대해 알아보았다.

지금까지 국내에서 이루어진 연구성과를 종합해보면 엘니뇨와 우리나라 강수량과의 정확한 시·공간적인 상관패턴 및 과거에 비해 증가하는 엘니뇨의 영향에 대한 정량적인 평가는 이루어지지 못했었다. 또한 이러한 엘니뇨의 영향은 단지 기상학적인 분석의 관점만이 아닌 홍수·가뭄과 그에 따른 피해를 함께 연구하는 수문 및 수자원의 관점에서의 연구도 병행되어야 할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 ENSO 및 엘니뇨와 국내 강우량의 상관관계를 시·공간적으로 분석하였고 엘니뇨에 의한 홍수 및 가뭄의 발생 가능성에 대해 알아보았으며, 이를 통해 전지구적 기상이변인 엘니뇨가 발생했을 때의 적절한 수자원 운용을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 엘니뇨(El Nino)와 SOI(Southern Oscillation Index)

스페인어로 '남자아이'라는 뜻을 지닌 엘니뇨는 1726년부터 관찰되고 기록되어진 현상(Cane, 1983)으로 원래는 매년 크리스마스 시즌에 남미 페루연안의 해수면 온도가 올라가는 계절적인 특성으로서 바닷물의 온도가 올라가면 연안의 바다에서 물고기떼가 다른 지역으로 이동하고 비가 많이 내리는 현상을 말한다. 그러나 최근 들어서는 그 개념이 바뀌어서 언제라도 동태평양 적도지방의 해수면 온도가 평년보다 0.5℃ 이상 높아지는 현상을 엘니뇨라 부르며, 반대로 0.5℃ 이상 낮은 경우에는 '여자아이'란 뜻의 라니냐(La Nina)로 부른다. 또한 엘니뇨가 나타나는 지역의 범위도 달라져서 최근에는 페루 연안에 국한된 것이 아니라 페루 연안에서 날짜변경선까지 약 1만km에 달해서 발생하는 매우 큰 규모의 현상이다.

엘니뇨가 발생하게 되는 가장 큰 원인은 바람인 것으로 알려져있다. 평년에는 열대 태평양에서 바람(무역풍)이 동쪽에서 서쪽으로 불게되며 그 결과로 서태평양에서는 따뜻한 바닷물이 쌓여서 서태평양의 인도네시아 연안은 동태평양의 남미 지역보다 바닷물의 높이 및 온도가 상승하게 된다. 따라서 서태평양은 전세계적으로 바닷물의 온도가 가장 높은 지역이 되며, 반대로 남미 연안에서는

\* 부산대학교 토목공학과 조교수

\*\* 고려대학교 대학원 토목환경공학과 박사과정

\*\*\* 고려대학교 토목환경공학과 교수

서쪽으로 쓸려간 바닷물을 보충하기 위해서 바다밑의 차가운 해수가 솟아오르는 용승(Upwelling) 현상이 일어나면서 해수의 온도가 낮아지게 되는 라니냐 현상이 발생하게 된다. 그러나 엘니뇨 해에는 바람의 강도가 약해지면 반대의 현상이 발생한다. 즉, 서태평양으로 이동하는 따뜻한 바닷물의 움직임은 약해지고 이에따라 동태평양의 바닷물 용승이 약해지며 적도 부근에서 가열된 따뜻한 바닷물이 정체되어 물의 온도가 올라가는 엘니뇨 현상이 일어나게 되는 것이다. 이러한 해수 온도의 변화는 평년에 서태평양 지역에 형성되는 강우지역을 동쪽으로 이동시켜서 동태평양 부근의 기압을 떨어뜨리고 반면에 서태평양 부근의 기압을 상승시키게 되어 여러 가지 이상기후가 발생하는 원인이 되는 것이다. 하지만 최근들어 엘니뇨가 좀더 복잡하게 지구의 기상 및 수문현상과 연관되어 있다고 알려지고 있으며(원격관계, teleconnection) 그에 대한 연구가 계속적으로 진행되고 있다.

영국의 기상학자인 Walker(1923)는 인도에서 아시아 몬순에 관한 연구를 위하여 기상 및 해양 자료들을 수집하여 분석하던 중에 남방진동(Southern Oscillation) 현상을 발견하였다. 남방진동이란 적도부근 남태평양 타히티(Tahiti)섬과 오스트레일리아 북부 다아윈(Darwin) 지역에서 발생하는 기압의 시소(seesaw)현상으로 타히티의 기압이 올라가면 다아윈의 기압이 낮아지고, 반대로 타히티의 기압이 낮아지면 다아윈의 기압이 올라가는 현상을 말한다. Walker의 발견이후 수십년이 지나서 Bjerknes(1966)에 의해 남방진동이 엘니뇨 현상과 밀접한 관계가 있음이 처음으로 알려졌다.

일반적으로 엘니뇨와 그때의 남방진동 현상을 ENSO(El Nino Southern Oscillation)라고 하며 이것을 정량적으로 지수화한 것이 SOI(Southern Oscillation Index)로서 이는 타히티의 기압에서 다아윈의 기압을 빼줌으로서 구할 수 있게된다. 대부분이 2년에서 7-8년 사이인 것으로 알려져있는 엘니뇨의 발생주기를 SOI를 이용하여 1900년 이후부터 1991년까지 분석하여 보면 지금까지 총 21회의 엘니뇨가 발생한 것으로 조사되었다(Ropelewski와 Halpert, 1987; Chu, 1995). 또한 1991년 이후에도 1994년과 1997년에 엘니뇨가 발생하였음을 알 수 있었다.

## 2.2 강수량 자료

### 2.2.1 강수량 자료의 선정

SOI와 강수량의 상관관계를 분석하기 위해서 사용한 월강수량 자료는 신뢰성 있는 총 22개 기상관측소의 1972년부터 1996년까지 25년간의 자료이며, 대상 관측소는 자료의 보유기간이 비교적 장기간이며 전국적으로 고른 분포를 가지고 있는 지점들을 선택하였다. 표 1은 선정된 각 기상관측소의 지점번호, 지점명, 그리고 위치를 보여주며, 그림 1에는 기상관측소들을 도시하였다.

표 1. 강수량 자료를 위해 선정된 기상관측소

| 지점번호 | 관측소명 | 경도    | 위도   | 지점번호 | 관측소명 | 경도    | 위도   |
|------|------|-------|------|------|------|-------|------|
| 090  | 속초   | 128.6 | 38.3 | 138  | 포항   | 129.4 | 36.0 |
| 100  | 대관령  | 128.8 | 37.7 | 140  | 군산   | 126.7 | 36.0 |
| 101  | 춘천   | 127.7 | 37.9 | 143  | 대구   | 128.6 | 35.9 |
| 105  | 강릉   | 128.9 | 37.8 | 146  | 전주   | 127.2 | 35.8 |
| 108  | 서울   | 127.0 | 37.6 | 152  | 울산   | 129.3 | 35.6 |
| 112  | 인천   | 126.6 | 37.5 | 156  | 광주   | 126.9 | 35.2 |
| 119  | 수원   | 127.0 | 37.3 | 159  | 부산   | 129.0 | 35.1 |
| 129  | 서산   | 126.5 | 36.7 | 162  | 통영   | 128.4 | 34.9 |
| 131  | 청주   | 127.4 | 36.6 | 165  | 목포   | 126.4 | 34.8 |
| 133  | 대전   | 127.4 | 36.3 | 168  | 여수   | 127.7 | 34.7 |
| 135  | 추풍령  | 128.0 | 36.2 | 192  | 진주   | 128.1 | 35.2 |



그림 1. 선정된 기상관측소의 위치도

### 2.2.2 강수량의 표준화(Standardization)

강수량 자료의 구성은 자료기간인 25년 대해 월강수량의 자료세트를 만들었고, 자료는 각 관측 지점별로 월별 평균이 0, 분산이 1이 되게 표준화시켰다. 이것은 주기를 갖는 월강수량 자료의 특성을 제거하는 동시에 월별 강수량의 정도를 정량화하여 상대 비교가 가능하도록 하기 위해서이다.

## 2.3 SOI와 강수량의 상관관계 분석

### 2.3.1 교차상관분석

표준화된 강수량인  $Z'_{y,t}$ 와 마찬가지로 원래부터 표준화된 값인  $SOI_{y,t}$ 를 이용하여 상관관계를 분석하기 위해 우선 두 자료의 지속기간을 구분하였다. 즉, 지속기간을 1개월, 3개월, 6개월(달력년, 물년)의 4가지로 구분하여 각각을 합산한 평균값을 정규화시킨후 이를 이용하여 분석을 실시하였다. 이것은 보통 몇 개월씩 지속되는 엘니뇨의 특성을 고려할 때 1개월 단위의 짧은 기간외에도 어느 정도의 지속기간을 가지는 자료를 이용하여 분석을 할 경우에 더욱 좋은 결과를 얻을 수도 있을 것으로 판단했기 때문이다. 1개월의 경우는 월별 자료를 그대로 사용하였고, 3개월의 경우는 1~3월, 4~6월, 7~9월, 10~12월로 지속기간을 구분하였으며, 6개월은 달력년(Calendar year)을 기준으로 1~6월, 7~12월로 구분하는 경우와 물년(Water year)을 기준으로 4~9월, 10~3월로 구분하는 두 경우로 나누었는데 이는 단순한 1년의 분할보다는 가을에 발생해서 봄에 소멸하는 경향을 보이는 엘니뇨의 특성을 좀더 반영하기 위해서였다.

위와같이 지속기간별로 준비된 SOI와 강수량 자료의 상관관계 분석을 위해 교차상관분석(Cross-correlation analysis)을 실시하였다. 교차상관분석은 먼저 두 자료사이의 교차공분산함수(Cross-covariance function)를 구한 후 교차상관계수를 계산하는 것이다. 교차공분산함수는 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$C_{SOI,Z}(k) = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{n-k} (SOI_t - \overline{SOI})(Z_{t+k} - \overline{Z}), \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

여기서,

$$\begin{aligned} SOI_t &= 1, 3, \text{ 또는 } 6\text{개월의 SOI 값}, & \overline{SOI} &= 1, 3, \text{ 또는 } 6\text{개월의 } SOI_t \text{의 평균} \\ Z_t &= 1, 3, \text{ 또는 } 6\text{개월의 표준화된 강수량}, & \overline{Z} &= 1, 3, \text{ 또는 } 6\text{개월의 표준화된 강수량의 평균} \\ t &= \text{지속기간}(1, 3, \text{ 또는 } 6\text{개월}), & k &= \text{지체시간(time lags)} \end{aligned}$$

따라서, 지체시간이  $k$ 인 교차상관계수  $\gamma_{SOI,Z}(k)$ 는 식 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$\gamma_{SOI,Z}(k) = \frac{C_{SOI,Z}(k)}{S_{SOI}S_Z} = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (SOI_t - \overline{SOI})(Z_{t+k} - \overline{Z})}{\sqrt{\sum_{t=1}^n (SOI_t - \overline{SOI})^2 \sum_{t=1}^n (Z_t - \overline{Z})^2}}, \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2)$$

여기서,

$$S_{SOI} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (SOI_t - \overline{SOI})^2}, \quad S_Z = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z_t - \overline{Z})^2}$$

### 2.3.2 SOI와 강우의 상관관계 분석결과

1개월, 3개월, 6개월(달력년, 물년)의 4가지 지속기간별로 구분되어 각각 표준화(Standardization)된 강수량을 지체시키면서 같은 지속기간을 갖는 SOI와의 교차상관계수를 산정하였다. 표 2는 1개월, 표 3은 3개월, 표 4는 6개월의 지속기간에 대해 22개 기상관측소별로 산정된 SOI와의 교차상관계수를 나타내었으며, 음영으로 표시된 부분은 각각의 경우에 있어서 95%의 유의수준을 넘는 값들이다.

표 2의 1개월 자료로 산정한 교차상관계수에서 유의수준을 넘는 값을 나타내는 상황을 살펴보면 지체가 9~10 및 13~14이면서 추풍령 이남지역에 집중되는 경향을 보임을 알 수 있다. 표 3의 3개월 자료를 이용한 경우는 지체 3~5 사이의 포항 이남지역에 집중되고 있으나 그 정도는 약하며, 표 4의 6개월 자료를 사용한 달력년 및 물년의 두 가지 경우에서 달력년의 경우는 거의 유의할 만한 값을 가지지 못하고, 물년의 경우에는 지체 2의 포항 이남지역에서 높은 상관관계를 나타낼 수 있다. 1개월의 경우 지체가 9~14인 사이에 유의한 값을 가진다면 이는 SOI에 비해서 약 1년 정도 후행하는 우리나라의 강수량이 서로 상관관계를 가진다는 것이며, 따라서 3개월의 경우인 3~5의 지체도 약 1년이며, 6개월의 지체 2도 약 1년 정도 후행하는 강수량이 SOI와 상관관계를 가진다는 것이다. 이를 통해 ENSO와 우리나라 강수량은 유의할만한 상관관계를 가지고 있으며 특히, SOI에 약 1년정도 지체되는 강수량과 유의할만한 상관을 보임을 알 수 있다.

표 2. 교체상관계수 (지속기간 1개월)

| 지점  | Lag | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 비고              |       |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-------|
|     | 속초  | 090    | .0743  | .0270  | -.0055 | .0003  | .0534  | .0621  | .1088  | .1009  | .0713  | .1055  |                 | .0444 |
| 대관령 | 100 | .0544  | .0624  | .0028  | -.0195 | .0370  | .0268  | .0391  | .0058  | .0140  | .0305  | -.0342 |                 |       |
| 춘천  | 101 | .0411  | .0140  | -.0074 | -.0042 | .0544  | .0960  | .0409  | .0544  | .0378  | .0470  | .0094  |                 |       |
| 강릉  | 105 | .1126  | .0808  | .0321  | .0221  | .0867  | .0600  | .1034  | .0686  | .0572  | .0819  | .0127  |                 |       |
| 서울  | 108 | .0166  | .0169  | -.0124 | -.0100 | .0813  | .1077  | .0707  | .0871  | .0882  | .1036  | .0573  |                 |       |
| 인천  | 112 | .0376  | .0358  | .0135  | .0406  | .0849  | .1161  | .0672  | .0832  | .0923  | .1173  | .0453  |                 |       |
| 수원  | 119 | .0588  | .0434  | .0296  | .0338  | .0961  | .1242  | .1008  | .0875  | .0948  | .1043  | .0555  |                 |       |
| 서산  | 129 | .0498  | .0464  | .0637  | .0104  | .0601  | .1084  | .0551  | .0453  | .0678  | .0828  | .0209  |                 |       |
| 청주  | 131 | .0110  | -.0035 | .0134  | .0021  | .1012  | .1291  | .0754  | .0792  | .0899  | .0963  | .0703  |                 |       |
| 대전  | 133 | .0326  | .0071  | .0269  | .0167  | .1389  | .1607  | .0753  | .0908  | .1076  | .0951  | .0753  |                 |       |
| 추풍령 | 135 | .0237  | -.0271 | .0023  | .0058  | .1209  | .1361  | .0697  | .0955  | .1137  | .1160  | .0738  |                 |       |
| 포항  | 138 | .1198  | .1064  | .0825  | .0645  | .0930  | .1394  | .0886  | .0842  | .1212  | .1333  | .0923  | 북위<br>36도<br>이남 |       |
| 군산  | 140 | .0787  | .0601  | .0488  | .0311  | .1672  | .1551  | .0971  | .0837  | .1295  | .1102  | .1068  |                 |       |
| 대구  | 143 | .1203  | .0760  | .0659  | .0489  | .1465  | .1490  | .1049  | .1060  | .1490  | .1514  | .0797  |                 |       |
| 전주  | 146 | .0638  | .0514  | .0609  | .0309  | .1477  | .1514  | .1081  | .0794  | .1085  | .0830  | .0369  |                 |       |
| 울산  | 152 | .1079  | .0921  | .0571  | .0443  | .0923  | .1185  | .0710  | .0804  | .1382  | .1387  | .0897  |                 |       |
| 광주  | 156 | .1180  | .1053  | .0986  | .0743  | .1688  | .1700  | .1463  | .1047  | .1682  | .1205  | .0998  |                 |       |
| 부산  | 159 | .1174  | .0813  | .0235  | .0323  | .0727  | .1016  | .0313  | .0914  | .1539  | .1495  | .1110  |                 |       |
| 충무  | 162 | .0976  | .0730  | .0172  | .0249  | .0771  | .1062  | .0567  | .1129  | .1694  | .1667  | .1441  |                 |       |
| 목포  | 165 | .1051  | .1079  | .0847  | .0750  | .1512  | .1437  | .0980  | .0779  | .1510  | .1155  | .0826  |                 |       |
| 여수  | 168 | .0956  | .0577  | .0299  | .0375  | .1042  | .1118  | .0595  | .0737  | .1612  | .1524  | .1537  |                 |       |
| 진주  | 192 | .1192  | .0700  | .0463  | .0435  | .1254  | .1356  | .0932  | .0862  | .1695  | .1596  | .1374  |                 |       |
| 평균  |     | 0.0752 | 0.0538 | 0.0351 | 0.0275 | 0.1027 | 0.1186 | 0.0800 | 0.0808 | 0.1115 | 0.1118 | 0.0711 | 0.0789          |       |

\* 95% 유의수준 = 0.1132

표 3. 교체상관계수 (지속기간 3개월)

| 지점  | Lag | 3      | 4      | 5      | 비고              |       |
|-----|-----|--------|--------|--------|-----------------|-------|
|     | 속초  | 090    | .0529  | .1493  |                 | .1123 |
| 대관령 | 100 | -.0005 | .0072  | .0006  |                 |       |
| 춘천  | 101 | .0761  | .0860  | .0734  |                 |       |
| 강릉  | 105 | .0668  | .1447  | .0859  |                 |       |
| 서울  | 108 | .1102  | .1413  | .1676  |                 |       |
| 인천  | 112 | .1244  | .1304  | .1595  |                 |       |
| 수원  | 119 | .1497  | .1353  | .1502  |                 |       |
| 서산  | 129 | .1083  | .0763  | .1041  |                 |       |
| 청주  | 131 | .1114  | .0893  | .1242  |                 |       |
| 대전  | 133 | .1591  | .1154  | .1213  |                 |       |
| 추풍령 | 135 | .1638  | .1538  | .1622  |                 |       |
| 포항  | 138 | .1986  | .1888  | .2010  | 북위<br>36도<br>이남 |       |
| 군산  | 140 | .2271  | .1799  | .1785  |                 |       |
| 대구  | 143 | .1982  | .1923  | .1901  |                 |       |
| 전주  | 146 | .2167  | .1696  | .1215  |                 |       |
| 울산  | 152 | .1579  | .1862  | .1805  |                 |       |
| 광주  | 156 | .2787  | .2577  | .2411  |                 |       |
| 부산  | 159 | .1178  | .1596  | .1918  |                 |       |
| 충무  | 162 | .1220  | .2010  | .2535  |                 |       |
| 목포  | 165 | .2089  | .1809  | .1900  |                 |       |
| 여수  | 168 | .1593  | .1711  | .2628  |                 |       |
| 진주  | 192 | .2124  | .2135  | .2636  |                 |       |
| 평균  |     | 0.1463 | 0.1513 | 0.1607 | 0.0660          |       |

\* 95% 유의수준 = 0.1960

표 4. 교체상관계수(지속기간 6개월)

| 지점  | Lag | 달력년    |        | 물년     |        | 비고              |       |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|-----------------|-------|
|     |     | 1      | 2      | 1      | 2      |                 |       |
|     |     | 속초     | 090    | .0611  | .2043  |                 | .0336 |
| 대관령 | 100 | .0028  | .0272  | .0211  | -.0047 |                 |       |
| 춘천  | 101 | -.0158 | .0199  | -.1079 | .1131  |                 |       |
| 강릉  | 105 | .1354  | .2331  | .1563  | .1685  |                 |       |
| 서울  | 108 | -.0483 | .1196  | -.1303 | .1818  |                 |       |
| 인천  | 112 | -.0308 | .1351  | -.1013 | .1843  |                 |       |
| 수원  | 119 | .0547  | .1080  | -.0526 | .2071  |                 |       |
| 서산  | 129 | .0117  | .0483  | -.0971 | .0984  |                 |       |
| 청주  | 131 | -.0778 | .0617  | -.1383 | .1911  |                 |       |
| 대전  | 133 | .0262  | .0982  | -.0421 | .2435  |                 |       |
| 추풍령 | 135 | -.0002 | .1538  | -.0806 | .2709  |                 |       |
| 포항  | 138 | .1480  | .2160  | .1682  | .2855  | 북위<br>36도<br>이남 |       |
| 군산  | 140 | .1539  | .2063  | .0594  | .2773  |                 |       |
| 대구  | 143 | .1313  | .2169  | .1673  | .3388  |                 |       |
| 전주  | 146 | .1599  | .2177  | .0607  | .2601  |                 |       |
| 울산  | 152 | .0847  | .1839  | .0754  | .2766  |                 |       |
| 광주  | 156 | .3048  | .3885  | .2132  | .3680  |                 |       |
| 부산  | 159 | .0605  | .1743  | .0993  | .2846  |                 |       |
| 충무  | 162 | .0852  | .2369  | .1342  | .3562  |                 |       |
| 목포  | 165 | .2139  | .2898  | .1708  | .2811  |                 |       |
| 여수  | 168 | .0908  | .2399  | .1451  | .3542  |                 |       |
| 진주  | 192 | .2156  | .3209  | .1892  | .3757  |                 |       |
| 평균  |     | 0.0803 | 0.1772 | 0.0428 | 0.2398 | 0.0845          |       |

\* 95% 유의수준 = 0.2772

또한 공간적인 분석에서도 포항 이남지역에서 아주 높은 상관관계를 보이고 있음을 알 수 있는데, 따라서 북위 36도에 위치하는 포항지역을 중심으로 그 이북지역의 강수량은 ENSO와 유의

할만한 관계를 보이지 않으나 그 이남지역은 의미있는 상관관계를 나타낼 수 있어, 엘니뇨의 강수에의 영향은 중부지방 보다는 영·호남의 남부지방이 더 크게 받을 수 있다는 것을 말해준다.

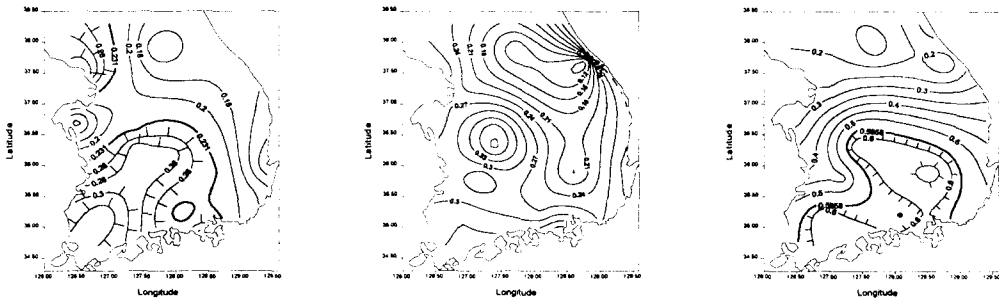
이와같은 SOI와 우리나라의 강수량과의 교체상관계수의 산정을 통해 상관관계를 시·공간적으로 분석하였으며 결과적으로 다음과 같은 사실을 알 수 있었다. 즉, 시간적으로는 SOI에 비해서 약 1년정도 후행하는 우리나라의 강수량이 SOI와 유의할만한 상관관계를 가지고 있으며, 공간적으로는 북위 36도 이남지역의 강수량과의 분석에서 유의수준을 넘는 값을 산정하였고, 지속기간별로는 1개월이나 6개월(물년)의 경우가 높은 상관관계를 보여주었다.

## 2.4 엘니뇨(El Nino)와 강수량의 상관관계 분석

실제로, 2.3절에서의 분석은 SOI와 강수량의 전기간을 통한 상관관계 분석이었다. 반면에, 본절에서는 엘니뇨 해의 SOI와 강수량과의 상관관계 분석을 통하여 순수하게 엘니뇨가 시·공간적으로 얼마나 강수량에 영향을 끼치는지의 분석을 시도하였다.

그 결과를 정리하여 보면 전기간 SOI와의 관계에서와 마찬가지로 엘니뇨와 우리나라 강수량은 약 1년정도 지체되어 높은 상관관계를 가지며, 공간적으로도 남부지방의 강수량이 상대적으로 더 엘니뇨의 영향을 받는다는 것을 알 수 있었고, 지속기간별로는 1개월 및 6개월(물년)의 경우가 남부지역에서 의미있는 값을 산정하나 3개월의 경우는 그렇지 못하였다.

다음의 그림 2를 통하여 위의 사실을 확인할 수 있다. 그림 2(a)의 1개월-지체 13인 경우에는 전라도와 경남일부 및 경기일부 지역이 유의수준을 넘는 상관관계를 보였고, 그림 2(b)의 3개월-지체 5의 경우는 유의할만한 관계를 보이는 지역이 없으며, 그림 2(c)의 6개월(물년)-지체 2의 경우는 전남, 경남지역과 전북, 경남 일부지역에서 유의한 상관을 나타낸다.



(a) 1개월-지체 13

(b) 3개월-지체 5

(c) 6개월:물년-지체 2

그림 2. 교체상관계수의 공간적 분포

이와같은 분석을 통해 엘니뇨의 경우도 ENSO의 경우와 마찬가지로 우리나라의 남부지방의 강수량과 1년정도 지체를 가지고 상관관계를 가지고 있으며, 이는 엘니뇨에 비해 약 1년후에 우리나라 남부지방에 강수량이 평년보다 적어지므로서 가뭄이 발생할 확률이 높아진다는 것을 의미한다. 따라서 엘니뇨가 발생하였을 경우에는 그때의 SOI를 이용하여 약 1년정도 후의 우리나라 남부지방의 강수량을 예상할 수 있을 것이며, 이때 분석을 위한 지속기간을 1개월과 6개월(물년)로 나누어서 산정해야 비교적 합리적인 예측을 할 수 있을 것이다.

## 2.5 장기간의 자료를 이용한 엘니뇨와 우리나라 강수량의 기간별 상관관계 분석

본절에서는 과거에 비해 엘니뇨가 우리나라의 기후에 미치는 영향력이 최근들어 얼마나 증가 혹은 감소하였는지를 정량적으로 파악하기 위하여, 장기간의 자료를 보유한 지점들을 선정하여 기간별로 상관관계를 다음과 같이 분석하였다.

먼저, 표 5와 같이 1900년 이후의 엘니뇨 발생해를 44년씩 세 개의 기간으로 분류하였는데 전반은 1909~1952년, 중반은 1930~1973년, 후반은 1953~1996년이며 각각의 기간에 해당되는 엘니뇨 발생해는 각 10개년씩이다. 또한 강수량의 지점으로는 1909년부터 지금까지 월강수량 자료를 보유한 지점들 중에서 북위 36도 이남에 위치한 대구, 부산, 목포의 세 지점을 선정하였으며 이 중에서 해당되는 엘니뇨 발생해의 자료들을 이용하여 각각의 기간에서 교체상관계수를 산정하였고 그

림 3과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

표 5. 기간별 엘니뇨 발생해의 구분

| 구분 | 기간    | 엘니뇨 발생해                              |
|----|-------|--------------------------------------|
| 전반 | 1909~ | 1911, 1914, 1918, 1923               |
|    | 1952년 | 1925, 1930, 1932, 1939<br>1941, 1951 |
| 중반 | 1930~ | 1930, 1932, 1939, 1941               |
|    | 1973년 | 1951, 1953, 1957, 1965<br>1969, 1972 |
| 후반 | 1953~ | 1953, 1957, 1965, 1969               |
|    | 1996년 | 1972, 1976, 1982, 1986<br>1991, 1994 |

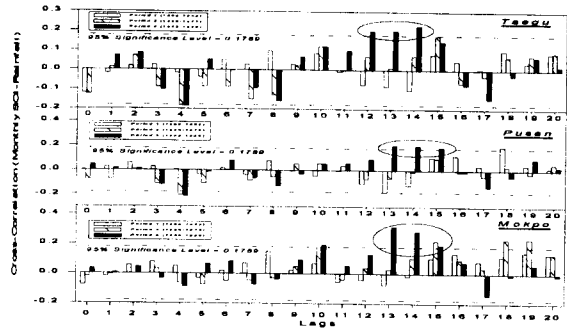


그림 3. 산정기간에 따른 지점별 교차상관계수

그림 3과 같이 대구지점은 기간이 후반이고 지체는 12~14에서 유의한 값을 산정하였으며, 부산은 후반과 지체 13~15에서, 목포는 중반의 지체 15와 후반의 지체 13~15에서 유의수준이 넘는 값을 가짐을 알 수 있다. 이를 통해 1900년 이후에 발생한 엘니뇨중 전반과 중반에 발생한 엘니뇨와 우리나라 강수량과는 큰 상관이 없었지만, 1950년 이후부터 지금까지 발생한 엘니뇨는 지체 12~15 정도에서 유의한 상관관계를 보였음을 알 수 있었다. 이는 결과적으로 최근들어 우리나라의 기상과 수문현상들이 점점 엘니뇨의 영향권안으로 들어가고 있음을 정량적으로 말하고 있다.

### 3. 결론

본 연구에서는 엘니뇨와 우리나라 강수량과의 시·공간적 상관관계를 분석하였다. 이를 위해 엘니뇨의 지수로서 사용되는 남방진동지수(SOI)와 우리나라 22개 기상관측소 월강수량과의 교차상관계수를 각각 1개월, 3개월 및 6개월의 지속기간별로 산정하였으며 이를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 시간적으로 우리나라의 강수량은 약 1년 지체되어 SOI와 높은 상관관계를 갖았다. 이를 통해 태평양에서 발원된 남방진동의 영향이 전지구적인 원격관계(teleconnection)의 영향으로 우리나라의 강우 및 그로 인한 여러 수문·기상 현상에 1년 지체되어 나타남을 말할 수 있을 것이다.
- 2) 공간적으로 중부지방 보다는 남부지방에서 SOI와 강수량의 상관관계가 높았다. 이는 해안의 기상변화에 더욱 민감하며 적도에 가까운 남부지방에 그 영향이 크다고 말할 수 있을 것이다.
- 3) 엘니뇨 해만을 고려하면, 엘니뇨는 1년 지체되어 우리나라의 강수량 감소에 유의수준을 넘는 영향을 끼쳤고 공간적으로 남부지방의 강수량 감소로 인한 가뭄에 영향이 컸음을 알 수 있었다.
- 4) 지속기간을 1개월, 3개월, 6개월(달력년), 6개월(물년)으로 변화하여 엘니뇨의 영향을 검토하여 본 결과, 상대적으로 1개월과 6개월(물년)의 경우 더욱 높은 상관관계를 보였다. 이는 추후 SOI를 이용한 장기 강수 및 가뭄을 예측하기 위한 모형 개발시 고려될 수 있는 사항이라 할 수 있다.
- 5) 1900년부터 1996년까지의 SOI 및 대구, 부산, 목포의 강수량 자료를 사용하여 전·중·후반 기로 나눈 엘니뇨와 강수와의 상관관계 분석을 통하여 최근에 들어 엘니뇨의 우리나라 남부지방 저장우, 즉 가뭄에의 영향이 과거보다 더욱 증가하는 추세에 있음을 알 수 있었다. 이는 이소 및 지수 계획에 있어서의 엘니뇨의 예측과 그 영향에 대한 분석의 중요성을 말하고 있다.

### 참고문헌

- 신현석(1997). "엘니뇨의 이해와 한국의 자연재해." 한국수자원학회지, 제30권, 제6호, pp. 75~82.
- Bjerknes, J.(1966). "Survey of El Nino, 1957-58 in its relation to Tropical Pacific Meteorology." Bull. Int. American Tropical Tuna Commission, Vol. 12, pp. 3~62.
- Cane, M.A.(1983). "Oceanographic events during El Nino." Science, 222, pp. 1189~1195.
- Walker, G.T.(1923). "Correlation in seasonal variations of weather(VIII) : A preliminary study of world weather." Mem. Indian Meteorol. Dep., 24, pp. 75~131.