

Wind Anomaly Index를 이용한 적도태평양 해양변동과 연관된 중위도 태평양의 장주기 대기변동성에 관한 연구

이경민, 오재호

부경대학교 환경대기과학과 기후모델링연구실

1. 서론

1972년 알래스카 동안의 연어 어획고가 줄어들었고, 북태평양 지역에서 1923, 1947, 그리고 1977년에 연어 자원의 극적인 변동(Climatic Shift)이 있었다(Mantua et al., 1997). 이런 변동들이 적도 태평양에서는 경년 변동성이 우세하게 나타나지만 북태평양은 수십 년 주기의 변동성이 우세하게 나타난다(Benjamin et al., 1999; Zhang et al., 1999). 그리고 Pacific Decadal Oscillation(PDO)와 같은 저주파 변동성(Low Frequency Variability)과 주요 상업 종들의 어획량에 관한 연구들이 이루어지고 있으며(FAO, 1997a; Klyashtorin and Sidorenkov, 1996), 최근 한 연구에서 유라시아지역 대기 순환의 변동성이 열대 외 북태평양에서의 십 년 주기인 PDO-like 변동의 원인이 되고, 열대 외 지역 태평양에서의 변동을 이해하기 위해서는 북반구 전체의 대기 순환을 고려하는 것이 필요하다고 제안하였다(Frauenfeld and David, 2002). 이러한 제안에 의해 대기-해양 상호작용이 대기 변동성에 미치는 영향을 설명하기 위한 “The Atmospheric Bridge”이론이 Lau(1997)에 의해 제기 되었고, Alexander(1997, 2002)등에 의해 대기 순환의 움직임이 열대 태평양 지역과 중위도 태평양지역을 이어주는 역할을 한다는 것이 밝혀졌다.

본 연구에서는 대기 순환과 해수면 온도 사이의 상호작용을 연구하기 위해 Wind Anomaly Index(WAI)라는 간단한 지수를 만들어, 중위도 태평양지역에서의 대기-해양 간 상호작용 및 변동성을 분석하였다.

2. 자료 및 방법

2.1 연구자료(1953~1999)

- (1) NCEP/NCAR reanalysis monthly data
 - Zonal wind at 200, 500, 850 and 1000hPa
 - Sea Surface Temperature
- (2) North Pacific Index: NCAR
- (3) Southern Oscillation Index: CPC
- (4) Artic Oscillation Index: CPC
- (5) Pacific Decadal Oscillation Index: JISAO
- (6) Pacific North American Index: JISAO
- (7) Wind Anomaly Index
 - 200, 500, 850 and 100hPa

2.2 Wind Anomaly Index와 대기-해양 상호작용에 대한 가설

WAI(Wind Anomaly Index)는 풍속변동에 대한 면적의 비로 변동을 나타내는 지수로, 대기의 순환을 나타낼 수 있으면서 해양과 상호작용 하는 바람장을 이용하여 계산하였다. WAI가 양(음)의 값을 가지는 것은 평년에 비해 동서류가 강(약)해져 해당 실험지역의 해수면 온도가 하강하게 되는 것을 의미 한다.

$$WA_{ij} = \frac{\text{Area of positive monthly wind anomaly}}{\text{Area of total experimental region}} \quad \text{-----}(1)$$

$$\overline{WA} = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M WA_{ij}}{T} \quad \text{-----}(2)$$

i : months
j : years (N= 1, 2, 3, ... , number of experimental year)

$$WAI = WA_{ij} - \overline{WA} \quad \text{-----}(3)$$

3. 결과

북태평양(20~60N, 120E~120W) 상의 대기 중에서 각 고도별(200, 500, 850 Pa와 1000hPa) 간의 자료의 시간적 해상도에 의한 한 달 이내인 것으로 나타났다. SOInex는 12개월 이동평균 된 200hPa WAI와 음의 상관관계(-0.613)를 가졌고, 1000hPa WAI 음의 상관관계(-0.304)를 보였다(P-value < 0.005). 그리고 PDOIndex와 WAI(200, 1000hPa)의 경우 양의 상관관계(0.518, 0.399)를 나타내었다. WAI가 200hPa zonal wind의 EOF 분석 결과(1st PC with SOI:-0.418)보다 높은 상관관계를 보이고 있다. 그러나 WAI(200; 1000hPa)는 AOI, NPI, 그리고 PNAI와는 상대적으로 낮은 상관관계(-0.147; -0.159, 0.214; -0.196, -0.181; 0.274)를 보인다.

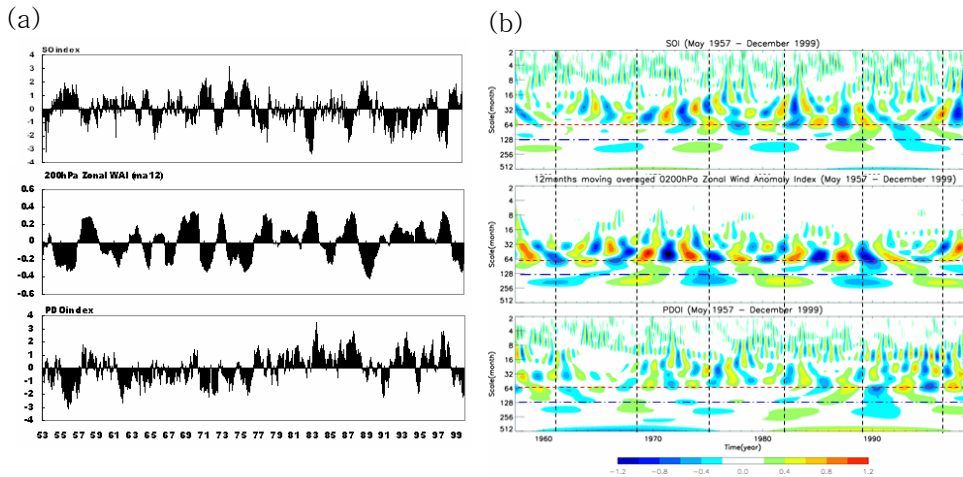


Fig. 1. Time series(a) of SOindex, 12months moving averaged WAI(200hPa) and PDOindex. Real parts of Wavelet transform(b) of SOindex, 12months moving averaged WAI(200hPa) and PDOindex.

북태평양의 해양과 대기의 주기성분을 분석하기 위한 파엽분석 결과 SOI와 WAI의 경우 경년 변동성이 가장 강하게 나타나고 10년 이상의 수십 년 주기성분도 나타난다. PDOI의 경우 경년주기성분에 비해 수십 년 장주기변동성이 상대적으로 강하게 나타나고 있다(Fig. 1). 이 결과는 앞선 선행 연구 결과들을 뒷받침 해주고 있다. 1000hPa WAI의 파엽분석 결과에서 경년주기성분이 1977년 이전(64개월)보다 77년 이후에 주기성분이

짧아진(32개월) 것이 나타난다. 그리고 1980년대 후반에 다시 주기성이 이전으로 돌아가는 것을 알 수 있다. 이 결과 또한 선행연구의 결과를 뒷받침하고 있다(Zhang et al. 2000).

시계열을 이용한 지연 상관분석 결과 200hPa WAI와 SOI의 경우 2개월의 시간 지연(-0.65)이 나타나고 있으며, 1000hPa의 경우 3개월의 시간 지연(-0.41)이 나타나고 있다. 이러한 시간 지연 결과는 파엽분석의 장주기성분에서도 잘 나타나고 있다. 장주기 적 측면에서 SOI의 변동성분이 가장 먼저 나타나고 WAI(200, 1000hPa) 그리고 PDOI 순서로 나타난다.

4. 결론 및 토의

WAI는 북태평양의 대기의 장주기 적 변동 특성을 잘 나타내는 간단한 지수이다. WAI의 파엽분석 결과는 적도와 북태평양 사이의 원격 상관을 나타내는 "The Atmospheric Bridge" 이론을 뒷받침 해주고 있다. 또한 상하층간의 시간 지연이 나타나지 않고 있으며(1개월 이내) SST 변동성과는 약한 음의 상관관계를 가진다. 하지만 이런 음의 상관관계가 항상 나타나는 것은 아니다. 본 연구의 결과에서 바람이 불면 해수면 온도가 하강한다는 가설을 만족하고 있으며 풍속만이 아닌 풍향을 고려한 연구가 필요한 것으로 사료된다. 그리고 WAI를 이용하여 중위도태평양 연안지역의 해양-대기의 상관관계와 매커니즘을 좀 더 명확히 규명하는 데 유용한 도구로 사용될 수 있을 것으로 사료되며, 계절특성을 고려한 분석이 필요하다. 향후 한반도 주변 및 태평양 각 연안지역에서 나타나는 signal 검출을 위해서 다양한 filtering 기법을 이용하여 분석을 시도해야 할 필요성이 있는 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 해양수산부에서 시행하는 "중장기 기후변화에 따른 동중국해 해양생태계 변동예측연구"과제의 지원으로 수행되었다.

참고문헌

Alexander, M. A., et al., 2002: The Atmospheric Bridge: The Influence of ENSO Teleconnections on Air-Sea Interaction over the Global Oceans. *J. climate*, 15, 2005-2231.

Francis, R. C. and Hare, S. R. 1994: Decadal scale regime shifts in the large marine ecosystems of the North-east pacific: a case for historical science. *Fish. Oceanogr.* 3, 279–291.

Hare, S. R. and Mantua, N. J 2000: Empirical evidenced for 1977 and 1989. *Prog. Oceanogr.* 47, 103–145.

Mantua, N. J., Hare, S. R., Zhang, Y. Wallace, J. M. and Francis, R.. C. 1997: A pacific interdecadal climate oscilation with impacts on salmon production, *Bulletin of American Meteorological Society*, 78, 1069–1079.