

기후지수들의 최근변동상태와 호상련관성

리은하, 정상일

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리 나라의 기후는 매해 4월부터 6월까지 가물고 7~8월에 장마가 지는것이 특징입니다.》(《김일성전집》 제55권 474페이지)

봄철가물현상은 우리 나라 기후의 중요한 특징의 하나이다. 가물현상은 서서히 진행되는 자연재해현상이지만 막대한 사회경제적손실을 가져온다. 그러므로 가물현상을 사전에 잘 예보한다면 그 손실을 줄일수 있다.

가물예보방법에는 여러가지가 있지만 대체로 기후지수를 많이 리용한다.

가물예보인자로는 원격상관지수들을 리용할수 있는데 흔히 대규모대양대기원격상관류형 혹은 진동지수들을 원격상관지수 혹은 기후지수라고 부른다.[3, 4]

본문에서는 우리 나라에서 나타나는 봄철 및 여름철가물을 예측하기 위하여 가물예보에 리용할수 있는 기후지수들과 그 계산방법, 최근년간 일부 기후지수들의 변동특성과 기후지수들사이의 호상련관에 대하여 서술하였다.

1. 기후지수들과 계산방법

① 씨비리고기압지수(SH)

SH는 지면일기도에서 N 40~60°, E 70~120°구역안에 있는 마디점들의 기압편차값들의 합으로 계산한다.

② 서태평양아열대고기압지수(WPH)

WPH는 절대기압형태도 850hPa의 중력포텐셜높이자료를 리용하여 N 15~25°, E 115~150°구역안에 있는 마디점들의 높이편차값들의 합으로 계산한다.

③ 동아시아여름철계절풍지수-1(SM1)

SM1은 절대기압형태도 850hPa의 바람자료를 리용하여 다음과 같이 계산한다.

$$SM1 = UV(a) - UV(b) + UV(c) - UV(d)$$

$$UV(a) = \frac{\sum_{i,j} UV_{ij}}{MN}$$

$$UV_{ij} = (V_{i+1} - V_{i-1} + U_{i+1} - U_{i-1}) \times 10^5 / 2\phi$$

여기서 UV는 상대회리값, U와 V는 바람속도벡터의 x 축과 y축성분들이고 ϕ 는 마디점간격(°), N은 위도마디점수, M은 경도마디점수이며 a, b, c, d는 구역을 표시하는 문자들이다.(표 1)

표 1. SM1을 계산하는데 리용하는 구역들의 위치

구역	위도	경도
a	N 20~30°	E 110~130°
b	N 35~45°	E 110~130°
c	N 30~50°	E 110~130°
d	N 20~40°	E 140~170°

④ 동아시아여름철계절풍지수-2(SM2)

SM2는 절대기압형태도 850hPa의 바람자료를 리용하여 다음과 같이 계산한다.

$$SM2 = \bar{U}_{850}(N\ 5\sim 15^\circ, E\ 90\sim 130^\circ) - \bar{U}_{850}(N\ 20\sim 30^\circ, E\ 110\sim 140^\circ)$$

여기서 \bar{U}_{850} 은 절대기압형태도 850hPa에서 해당한 구역에 대하여 평균한 x 축바람속도성분이다.

⑤ 동아시아겨울철계절풍지수(WM)

WM은 N 25~35°, E 80~120°의 구역과 N 50~60°, E 80~120°의 구역에서 절대기압형태도 500hPa에서 해당한 구역에 대하여 평균한 x 축바람속도성분들의 차이이다.

$$WM = U_{500}(N\ 25\sim 35^\circ, E\ 80\sim 120^\circ) - U_{500}(N\ 50\sim 60^\circ, E\ 80\sim 120^\circ)$$

⑥ 북대서양진동지수(NAO)

NAO는 이슬란드저기압중심과 아조르고기압중심근방에 놓인 2개의 관측소들사이의 월평균바다면기압(P_0)차이다.

⑦ 동대서양형(EA)

EA는 3개의 지점 즉 아일랜드의 서쪽 대서양수역(N 55°, W 20°), 사하라의 서쪽 대서양수역(N 25°, W 25°) 및 돈강류역(N 50°, W 40°)에서 500hPa등압면의 표준화된 중력포텐셜높이편차들의 결합이다.

$$EA = H_{500}^*(N\ 55^\circ, W\ 20^\circ)/2 - H_{500}^*(N\ 25^\circ, W\ 25^\circ)/4 - H_{500}^*(N\ 50^\circ, E\ 40^\circ)/4$$

⑧ 서대서양형(WA)

WA는 2개의 지점 즉 캐나다의 동쪽 대서양수역(N 55°, W 55°)과 버뮤더고기압의 중심부근(N 30°, W 55°)에서 500hPa등압면의 표준화된 중력포텐셜높이편차들의 결합이다.

$$WA = H_{500}^*(N\ 55^\circ, W\ 55^\circ)/2 - H_{500}^*(N\ 30^\circ, W\ 55^\circ)$$

⑨ 서태평양형(WP)

WP는 2개의 지점 즉 엘레쓰커의 남단(N 60°, W 155°)과 일본남동쪽 오가사와라제도근방(N 30°, W 55°)에서 500hPa등압면의 표준화된 중력포텐셜높이편차들의 선형결합이다.

$$WP = H_{500}^*(N\ 60^\circ, W\ 155^\circ)/2 - H_{500}^*(N\ 30^\circ, E\ 155^\circ)$$

⑩ 유라시아형

유라시아형은 깔리닌그라드(N 55°, E 20°), 바라빈스크부근(N 55°, E 75°) 및 일본 후다이의 동쪽 태평양수역(N 40°, E 145°)에서 500hPa등압면의 표준화된 중력포텐셜높이편차들의 선형결합이다.

$$EU = H_{500}^*(N\ 55^\circ, E\ 20^\circ)/4 + H_{500}^*(N\ 55^\circ, E\ 75^\circ)/2 - H_{500}^*(N\ 40^\circ, E\ 145^\circ)/4$$

⑪ 태평양-북아메리카형(PNA)

PNA는 4개의 관측소 즉 하와이관측소(N 20°, W 160°), 북태평양(N 45°, W 165°), 캐나다의 앨버터(N 55°, W 115°) 및 메히꼬만연안(N 30°, W 85°)에서 700hPa등압면의 표준화된 중력포텐셜높이편차들의 선형결합이다.

$$PNA = H_{500}^*(N\ 20^\circ, W\ 160^\circ)/4 - H_{500}^*(N\ 45^\circ, W\ 165^\circ) + H_{500}^*(N\ 55^\circ, W\ 115^\circ) - H_{500}^*(N\ 30^\circ, W\ 85^\circ)$$

⑫ 북극진동지수(NO)

NO는 북반구에서 월평균바다면기압편차마당의 N 20°이북 주성분분석의 첫번째 성분 전개결수이다.

2. 기후지수들의 최근변동특성과 호상련관성

1) 기후지수들의 변동특성

우리는 1971년 1월부터 2014년 12월까지의 재분석자료를 리용하였다.

기후지수들의 변동주기를 알아내기 위하여 푸리에변환에 기초한 조화분석을 진행하고 매개 기후지수들의 시계열 제1유의변동주기를 얻었다.(표 2)

표 2. 기후 지수들의 시계열 제1유의변동주기

지수	SH	WPH	SM2	WM	NAO	EA	EU	PNA	WA	WP	SM1	AO
주기/y	0.19	3.67	0.21	0.51	2.44	1.19	0.77	1.69	1.19	0.45	3.67	2.75

표 2에서 보는바와 같이 제시된 12개 기후지수들의 제1유의변동주기중에서 제일 작은 주기는 SH 인 경우에 0.19년(약 2.3개월)이며 제일 큰 주기는 WPH 와 SM1 인 경우에 3.67년(약 44개월)이다.

우리 나라에서 가물현상의 역사적변동에 대한 연구자료[1, 2]를 분석한 결과 봄철가물은 2년에 한번정도, 여름철가물은 3~4년에 한번정도 나타났다는것을 고려해볼 때 표 2에서 제1유의변동주기가 2년이상인 WPH, SM1, AO, NAO를 기후지수로 택할수 있다. 이때 우리 나라 기후에 영향을 주는 다른 조건들에 대한 분석도 필요하다.

두 기간(1971~2000년, 1981~2010년)에 기후지수시계열들의 제1유의변동주기의 변화는 표 3과 같다.

표 3. 두 기간(1971~2000년, 1981~2010년)에 기후지수시계열들의 제1유의변동주기의 변화

지수	SH	WPH	SM2	WM	NAO	EA	EU	PNA	WA	WP	SM1	AO
1971~2000년	0.79	5.00	1.30	1.50	2.71	1.20	0.77	1.67	1.07	0.94	3.75	2.73
1981~2010년	0.51	3.75	2.50	0.50	2.50	0.36	0.29	1.50	1.20	0.45	1.20	0.83

표 3에서 보는바와 같이 제1유의변동주기가 1년이상 달라진 기후지수들은 WPH, SM1, SM2, AO이다. 실례로 WPH의 제1유의변동주기는 1971~2000년의 5년으로부터 1981~2010년의 3.75년으로, AO의 제1유의변동주기는 2.73년으로부터 0.83년으로 줄어들었다.

두 기간(1971~2000년, 1981~2010년)에 WPH와 AO의 유의변동주기를 분석한 결과 스펙트르곡선의 제일 높은 봉우리들의 주기가 명백히 이동하였다. 이것을 통하여 가물예보에 기후지수들을 리용할 때 그 변동특성을 고려하는것이 필요하다는 결론을 얻을수 있다.

2) 기후지수들의 호상련관성

12개의 기후지수들사이의 상관결수를 계산하였다.(표 4)

표 4에서 보는바와 같이 밀줄을 그은것은 상관결수의 절대값이 0.4보다 큰값들인데 기후지수들사이 상관정도를 고려하여 상관성이 좋은 지수들가운데서 가장 적당한 지수를 예

표 4. 기후지수들사이의 상관결수

기후 지수	SH	WPH	SM2	WM	NAO	EA	EU	PNA	WA	WP	SM1	AO
SH	1	0.07	-0.01	<u>0.59</u>	-0.01	0.03	<u>0.49</u>	0.16	0.09	0.02	0.26	0.14
WPH		1	<u>-0.60</u>	-0.00	0.05	0.06	0.08	0.12	0.02	-0.32	-0.32	-0.08
SM2			1	-0.14	0.01	0.04	-0.11	-0.06	-0.04	-0.09	<u>0.57</u>	0.01
WM				1	0.07	0.03	<u>0.48</u>	0.10	0.14	0.17	-0.14	0.14
NAO					1	-0.23	0.08	-0.12	<u>-0.45</u>	-0.03	0.22	<u>-0.46</u>
EA						1	0.03	0.06	0.27	-0.06	0.02	-0.08
EU							1	0.16	0.03	0.20	-0.04	-0.11
PNA								1	0.19	-0.02	-0.17	-0.01
WA									1	-0.03	-0.20	0.34
WP										1	-0.11	0.04
SM1											1	-0.30
AO												1

보모형에 리용하여야 한다. 실례로 SH와 WM사이의 상관결수는 0.59로서 두지수사이의 상관성이 크며 기후지수들을 가지고 회귀예측모형을 작성할 때 이 둘중의 어느 하나의 지수를 선택하여 리용하여야 한다. 그런데 WM과 EU, SH와 EU사이의 상관결수도 0.48, 0.49로서 작지 않기때문에 3개의 지수들 즉 SH, WM, EU의 호상관계를 잘 따져보고 제일 합리적인 지수를 선택하여야 한다. 한편 WPH, SM1, SM2사이의 호상관계를 살펴보면 WPH와 SM2사이의 상관결수는 -0.60 으로서 부의 상관성이 크며 SM1과 SM2사이의 상관결수는 0.57로서 정의 상관성이 크다. 그리고 WPH와 SM1사이의 상관결수는 -0.32로서 일정한 부의 상관성은 가지지만 절대값이 0.4를 넘지 않으므로 상관성이 크지 않다. 그러므로 가물예보회귀식에 기후지수들을 인자로 리용할 때 WPH, SM1, SM2가운데서 WPH, SM1만을 예보회귀식의 지수로 리용할수 있다. 이처럼 가물예보에 예보모형들을 리용할 때 기후지수들사이의 상관관계를 고려하여 필요한 개수의 기후지수들을 인자로 리용할수 있다.

맺 는 말

우리 나라 령역에 대한 가물예보에 예보모형들을 리용할 때에는 서태평양아열대고기압지수, 동아시아여름철제철풍지수-1, 북극진동지수를 리용하는것이 합리적이다.

참 고 문 헌

- [1] 정상일; 기상학, 김일성종합대학출판사, 56~89, 주체100(2011).
- [2] 김금숙; 기상과 수문, 1, 20, 1982.
- [3] P. Woli et al.; Weather and Forecasting, 28, 4, 427, 2013.
- [4] I. Cordery et al.; Water Resour. Res., 36, 763, 2000.

Recent Variation Aspect and Interrelation of Climatic Indices

Ri Un Ha, Jong Sang Il

We clarified the climatic indices and their methods of calculation, the recent variation features of some climatic indices and the interrelation between climatic indices on the basis of re-analysed data.

Key words: climatic index, teleconnection, drought