

북반구가 올해 라니냐에 대한 메모를 받았나? (이번에 라니냐가 있기는 했나?)

2021.02.25.자 NOAA ENSO blog 게재글
APCC 전문위원 김세원 번역

다음은 Nat Johnson이라는 NOAA 직원이 2월25일 ENSO blog에 올린 글을 번역자가 약간 일반화시켜서 재작성한 것이니 이를 감안하여 읽어주시기 바랍니다. 원본은 climate.gov/news-features/blogs/enso/did-northern-hemisphere-get-memo-years-la-nina에서 확인하시기 바랍니다.

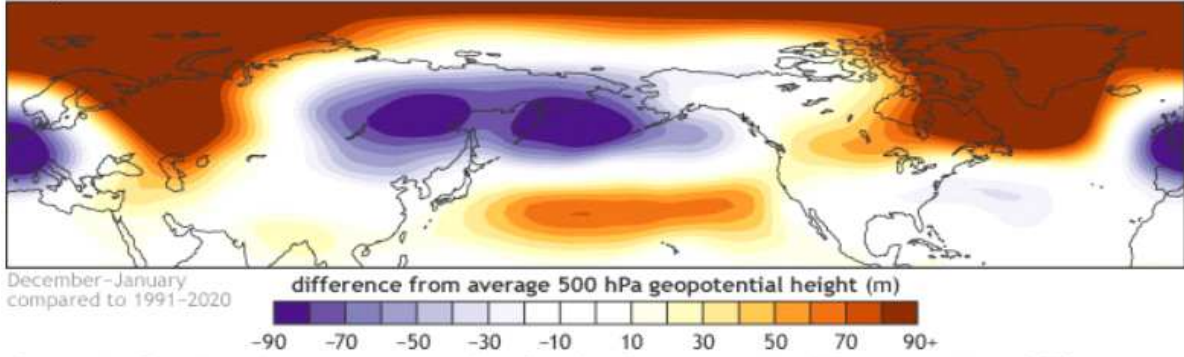
이번 겨울도 끝을 향해 빠르게 가고 있지만, 미국 대부분의 지역은 겨울 막바지 극한의 한파로 인해 재앙적 피해를 입고 말았다. 우리는 예년과 다를 바 없는 건강한 라니냐의 손아귀에 잡혀 있었지만 열대 지방 이외의 날씨는 우리가 보통 기대하는 라니냐 때답지 않았다. 그나마 이 겨울 막바지의 극심한 추위와 겨울 폭풍이 체면치레해 주고 있다. 이 게시물에서는 이번 겨울 중후반까지의 기간에 대해 무슨 일이 있었는지 조사해보기로 한다.

기압 패턴이 다름을 느끼다

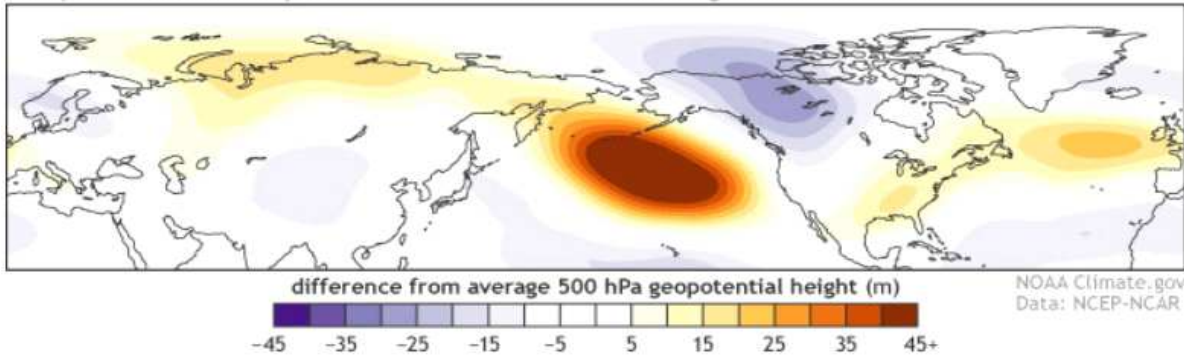
북미지역의 초겨울 온도 패턴은 전형적인 엘니뇨 때의 그것처럼 보였다. 이번 '중-강' 정도의 라니냐에서 보이는 통상적인 온도 패턴이 아니었던 것이다. 이 예상치 못한 온도 패턴의 원인은 라니냐 동안에는 좀처럼 볼 수 없는 제트기류의 위치변화 때문이었다. 예보관들과 기상전문가들이 대규모의 대기순환 상황을 점검할 때 보통 지구 표면으로부터 약 5km 상공 즉 500 hPa 고도의 기압장을 참고하는데, 2020년 12월부터 2021년 1월까지의 북반구 500 hPa 일기도의 평균 패턴을 살펴보면 상대적으로 기압이 낮은 영역(푸른색)이 동북아시아에서 알래스카 남서부로 확장되어 있고, 그 반면 상대적으로 기압이 높은 영역(붉은색)이 캐나다 북동부와 그린란드를 크게 뒤덮고 있는 것을 볼 수 있다. (다음 쪽 그림 상단 패널 참조).

통상적으로 라니냐는 북태평양에 이상 고기압, 북미 북서부에는 저기압, 미국 남동부에 고기압을 가져오는데, 이러한 패턴을 태평양-북미(PNA) 패턴의 'negative phase'라 일컫는다. 이 패턴의 경우 일반적으로 캐나다와 미국 북부의 많은 지역은 평상시보다 기온이 낮고 미국 남부의 많은 지역은 평상시보다 기온이 높는데, 지난 12월과 1월은 라니냐가 최성기였음에도 전형적 패턴과 분명히 다른 모습을 보였다.

Air pressure anomalies for Dec 2020-Jan 2021



Composite Dec-Jan air pressure anomalies for the 13 strongest La Niña events since 1950

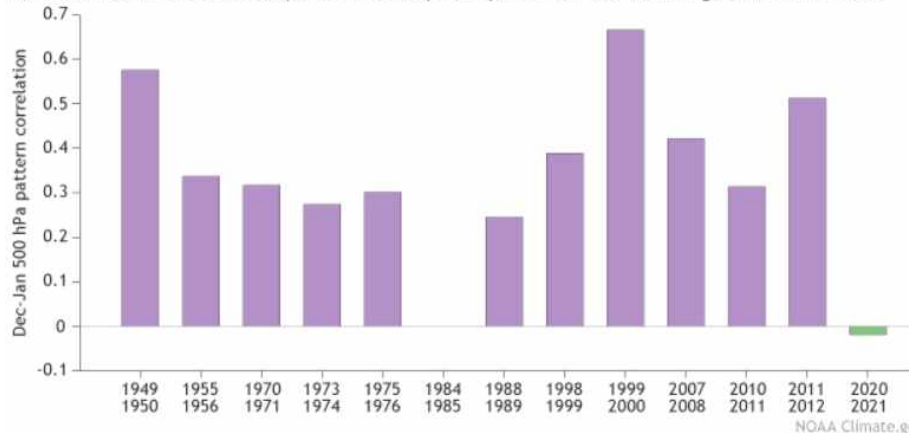


(상단 패널 그림) 2020.12월 ~ 2021. 1월 간의 500 hPa 기압고도의 평균 지위고도 아노말리(m). 푸른색 부분은 기압이 평균보다 낮은 영역이고, 붉은색 부분은 평균보다 높은 영역을 나타낸다. (하단 패널 그림) 이번 것을 포함해서 1950년 이후 나타난 강한 순으로 13위까지의 라니냐 때 보인 12월~1월간의 500 hPa 기압고도의 평균 지위고도 아노말리. (상·하의 그림에서 척도가 다르게 유의할 것). 상단 패널의 아노말리는 1991~2020년 기간을 기준으로 하여 계산한 것이다.

예사로 일어나는 일인가?

우리가 지난 12~1월에 본 라니냐 때답지 않은 현상이 정말 그렇게 특이한 건가? 사실 라니냐라고 해서 늘 같은 모습을 보이지 않는다는 것은 과거 경험을 통해 잘 알 수 있다. 이 질문에 대한 답을 얻기 위해 1950년 이후 나타난 13번의 중-강 정도 라니냐 때 각각의 12월~1월 간의 평균 500 hPa 일기도와 13개의 중-강 라니냐의 평균 패턴 간의 유사성을 평가해보았다. 그림의 세로축의 숫자에서 1은 완전

Individual La Niña events compared to a composite pattern of the 13 strongest La Niña events



일치를 의미하며, 0은 완전불일치, -1은 거울에 비친 것 같은 반대를 의미한다.

※ Data Source: NCEP / NCAR 재분석 데이터

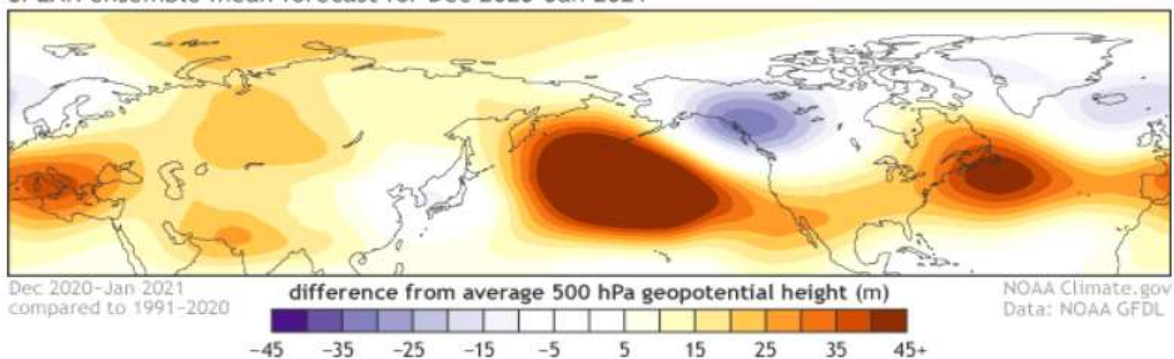
패턴 상관관계는 중-강 라니냐의 경우 보통은 대체로 양이며, 이는 대부분의 이벤트가 평균적 라니냐 패턴과 어느 정도 기본적인 유사성을 공유한다는 의미이다. 이것은 라니냐 이벤트가 있다고 했을 때 열대 지방 이외의 지역이 앞으로 어떠한 것이라고 미리 예상해 볼 수 있다는 의미도 된다. 그런데 2020년 12월부터 2021년 1월까지의 패턴 상관관계는 13개 이벤트 중 가장 낮으며 실제로 약간 음의 값을 보인다. 즉, 북반구 대기가 라니냐 때보다 오히려 엘니뇨 때와 좀 더 비슷해 보였다고 주장할 수 있을 정도다.

초기 단서 때문인가 혹은 종잡을 수 없는 나비 날갯짓 때문인가?

지금까지의 계산에 따르면 실제와 전형적인 라니냐 대기순환 패턴 사이에 이례적인 불일치가 있다는 게 확인된다. 이 불일치는 어디서 생긴 것일까? 기후시스템 내에서 우리가 예상할 수 있었던 어떤 상호 힘겨루기의 영향은 아닐까? 예보관들이 뭔가를 놓친 건가? 아니면 그 불일치가 우리가 예측할 수 없는 혼돈스러운 기상 변동 때문인가? 이것은 예보관들과 기상학자들이 늘 번민하게 하고 반복해서 괴롭히는 질문이다.

NOAA가 사용하는 역학 모델들은 기후시스템 내 상호 힘겨루기 현상의 영향이 있었는지 여부를 확인할 수 있는 몇 가지 단서를 제공한다고 여겨진다. 이 모델들은 원칙적으로 ENSO를 비롯한 예측의 실마리가 되는 모든 소스를 통합해서 계절 예측 정보를 생산 제공한다. (다만 모든 모델에는 오류가 있다!). 이 분석을 위해 NOAA 산하 지구물리유체역학연구소(GFDL)가 새로 내놓은 예측 모델인 SPEAR¹⁾가 사용되었다. SPEAR는 북미 다중모델앙상블(NMME)의 최신 멤버로 2월 초 데뷔했다. 다음은 2020년 11월 초부터 진행한 SPEAR의 시험 예측 중 하나를 분석한 결과이다.

SPEAR ensemble mean forecast for Dec 2020-Jan 2021



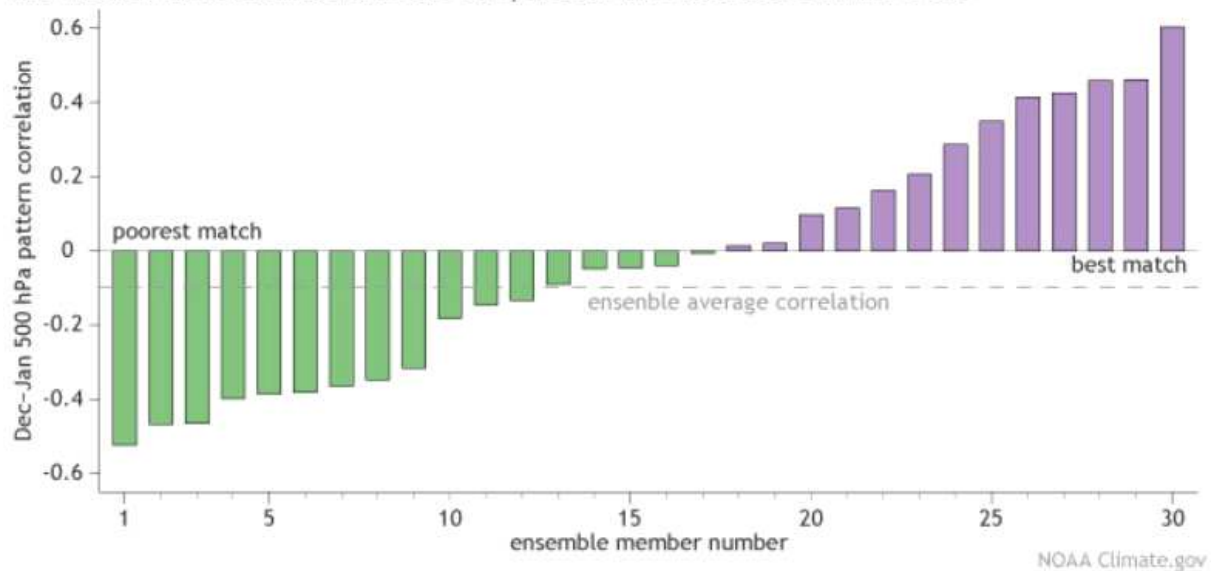
2020년 11월 초에 발표된 30개의 SPEAR 역학 모델 예측의 앙상블 평균 대 2020년 12월부터 2021년 1월까지 예측된 500 hPa 지위고도(m) 간 편차.

1) “SPEAR”는 Seamless system for Prediction and EArth System Research의 약자. 2021년 2월에 SPEAR는 북미 다중모델앙상블에서 이전의 두 가지의 GFDL계절예측모델인 FLOR와 CM2.1을 대체. 실시간 계절예측 외에도 SPEAR는 계절~수십년 기후예측 및 예측 연구용으로 설계됨.

계절 예측의 경우 항상 그렇듯이, SPEAR는 초기 조건을 조금씩 달리 주면서(나비의 날갯짓이 초기조건이라 한다면 날개를 펼칠 때마다 조금씩 다르게 한다고 생각해 보라)으로 여러 번 실행된다(정확히는 30번). 초기조건을 달린 각각의 예측(앙상블 멤버)은 기후시스템이 본질적으로 갖고있는 혼돈한 특성으로 인해 시간이 진행되면서 빠르게 분산되지만, 30개의 앙상블 멤버를 평균하게 되면 이 중 혼돈스러운 변동성을 걸러 내고 예측 가능 신호를 추정해낸다. 12월~1월 동안에 대해 SPEAR가 11월 초에 예측한 앙상블 평균 기압 패턴은 평균적인 라니냐 패턴과 매우 유사했다. 이것은 SPEAR가 이번 라니냐에 대한 북반구의 반응은 여느 때와 같을 것이라고 예측한 것인데, 예보관들은 이를 참고하여 아직 발생하지 않은 조건에 대해 적어도 한 달 전에 예측을 내면서 이것이 최선이라고 본 것이다.

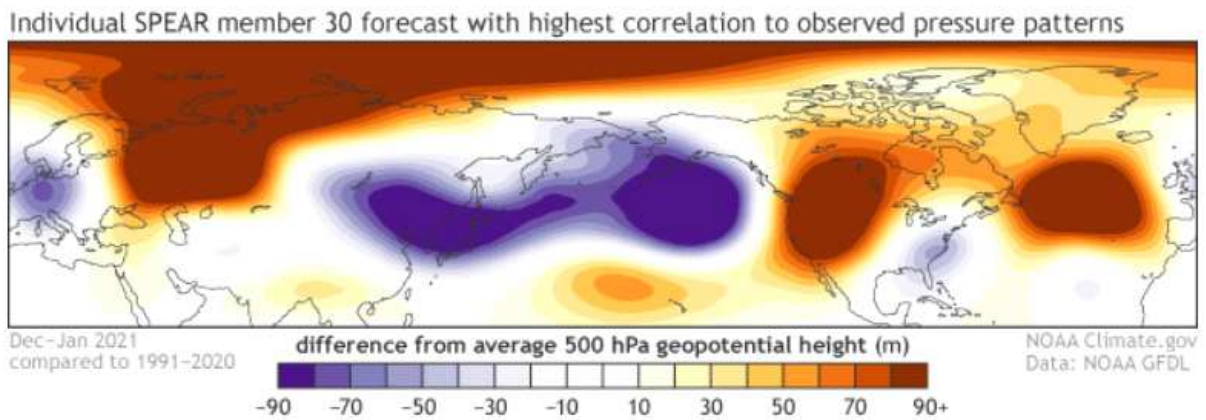
그렇다면 날씨의 카오스적 변동성은 실제-예측간 불일치를 일으키는 데 어떤 역할을 했나? 여기에는 Madden-Julian Oscillation과 같은 현상의 영향과 우리 날씨에 명확한 영향을 미치는 성층권의 갑작스러운 온난화가 포함되지만, 이들을 몇 주 전에 미리 예측하기는 어렵거나 불가능하다. 왜 그런지에 대한 확실한 답을 내는 것은 매우 어렵지만, 30개의 SPEAR 앙상블 멤버들끼리 갖는 각자의 다양성에서 더 많은 단서를 얻을 수 있다. 30개 앙상블 멤버 모두 거의 확일적 조건 하에 실행된다. 각 초기조건 간 차이는 아주 작은 섭동에 불과한 수준인데, 이는 기후 상태에 대한 우리의 불완전한 지식을 반영하고 있다. 12월에서 1월까지의 500 hPa 평균일기도의 실제와 앙상블 멤버가 각자 내놓은 예상도 간의 패턴 상관관계의 분포를 조사해보면 다음과 같다.

Individual SPEAR ensemble members compared to the 2020-2021 La Niña event



2020년 11월 초 발표된 2020년12월~2021년1월 사이의 200 hPa 지위고도에 대한 개별 SPEAR 앙상블 멤버의 예측과 관측 간의 패턴 상관관계. 패턴 상관관계가 높을수록 예측 성능이 더 우수하다는 것을 나타냄.

우리는 음과 양 모두의 방향으로 매우 광범위한 패턴 상관관계를 볼 수 있는데, 이는 일부 앙상블 멤버는 매우 형편없는 작업을 수행하고 다른 일부는 합리적으로 잘 수행하는 것을 나타낸다. 패턴 상관관계가 가장 높은 앙상블 멤버를 살펴보면 실제 나타난 것과 매우 비슷하다는 것을 알 수 있다. 여기에는 북태평양에 광범위한 영역을 차지하고 있는 저기압부가 포함되는데 이는 라니냐에서 기대하는 것과는 반대되는 현상이다. 그런데 우리가 알아야 할 것은, 이 같은 꽤나 정확한 앙상블 멤버의 예측이 전형적인 라니냐 패턴을 가장 잘 예측한다고 하는 바로 그 모델에서 나온 것이라는 것이다. 다시 말하면 이 고성능 앙상블 멤버와 저성능 앙상블 멤버를 구별하는 유일한 것은 초기조건에서 거의 나비 날개의 펄럭임 정도에 해당하는 작은 섭동이다. 이러니 계절예측이란 게 얼마나 어려운 것인가?



2020년 12월부터 2021년 1월까지의 기간에 대해 관측된 패턴과 가장 높은 패턴상관을 갖는 SPEAR 앙상블 멤버의 500hPa 지위고도 편차(m). Data Source: NOAA 지구물리유체역학연구소

예측-관측 간 불일치의 주요 원인이 혼돈스러운 특성을 가진 날씨 변동성 때문은 아니다. 다른 요인이 작용했을 가능성이 있으며, 우리의 예측모델이 성층권-대류권 상호 작용과 같은 계절 예측을 가능케 하는 모든 중요 소스를 포착하지 못할 수도 있는 것이다. 이 분석의 요점은 혼돈스러운 날씨 변동의 영향을 배제하는 것이 매우 어렵고, 왜 계절 예측은 항상 확률로 발표되는지 그 이유를 강조하고자 하는 것이다.