



# 항공기상청

(20180417 게재 요청)

배포일시	2018. 4. 17.(화)	
작성자	항공기상청 최창호 주무관	
전화번호	032-740-2800	

## 혼돈 속에서 질서를 찾다. 날씨를 예보하다!!

매섭게 추웠던 겨울이 지나고 따스한 햇볕이 몸과 마음을 설레게 하는 봄이 오면, 여행과 각종 행사로 인해 분주해지기 시작한다. 이러한 것을 계획대로 진행하기 위한 필수요건은 아마 날씨일 것이다.

‘과연 내가 계획했던 그 날에 날씨가 좋을까’ 라는 의문과 걱정 속에 날씨 관련 사이트에 접속하여 일기예보를 확인할 것이다.

앞으로 3일 내의 단기적인 일기예보는 비교적 정확한 수준에 이르렀지만, 일주일 이후의 일기예보는 그에 비해 정확도가 떨어진다.

왜냐하면 기상 현상은 상상할 수 없을 정도로 수많은 요소가 복잡한 상관관계 속에서 유기적으로 얽혀 있고, 극도로 역동적이기 때문이다. 기상의 관측과 예측 과정에서 발생한 오류가 아주 미세한 것이라 할지라도 시간이 경과하면 할수록 예측과는 전혀 다르게 전개되기 때문이다.

이것이 카오스 이론(Chaos theory)의 토대가 된 일명 나비 효과(Butterfly effect)라고 할 수 있다.

1961년 기상학자 에드워드 로렌츠(Edward Norton Lorenz)가 컴퓨터로 기상 예측 시뮬레이션을 하다 똑같은 실험에서 아주 다른 결과가 나온 이유를 아주 꼼꼼히 조사하면서 우연히 발견되었다. 그는 컴퓨터에 입력한 0.0001보다 작은 아주 미미한 소수점 차이의 조건변수에서 엄청나게 다른 결과를 발견했고, 1972년 나비효과 논문을 발표했다.

보이지 않는 아주 미세한 영향으로도 예측과는 전혀 다른 결과가 만들어질 수 있으며 그 불확실성은 시간이 흐름에 따라 더욱 커진다. 한 시간 뒤에 2배가 되었던 불확실성은 두 시간 뒤에는 4배가 되고, 세 시간 뒤에는 8배가 된다. 나비 효과는 브라질 아마존 정글에 있는 나비의 날갯짓이 몇 달 후, 미국 텍사스 주에 폭풍우를 일으킬 수 있다는 이론이다.

사실 카오스 이론도 하나의 이론일 뿐이다. 실제로 몇 달 후, 어떤 곳에서 폭풍우가 발생할 것인지 아닌지가 한 마리 나비의 날갯짓으로 결정되는 경우는 결코 없다. 다시 말해, 적어도 일주일 이후의 날씨를 정확하게 예보하지 못하게 방해하는 요인이 한 마리 나비의 날갯짓이 될 수 없다는 것은 명확하다.

기상 현상이 보여주는 혼돈 상태가 절대적인 것도 아니며, 날씨예보가 완전히 불가능한 것도 아니다. 기상 현상은 이러한 불확실성과 함께 역설적으로, 반복성이라고 할 수 있는 어떤 일정한 패턴 또한 지니고 있다.

예를 들어, 완전히 밀폐된 진공 상태의 병 속에서 다섯 개의 기체 분자를 집어 넣는다고 가정하자. 이 분자들은 벽면에 부딪히기도 하고 서로 충돌하기 하면서 상호작용을 일으킨다. 이 상호작용을 통해 하나의 역학적 시스템이 형성된다. 이 자그마한 역학적 시스템 속에서 앞으로 어떤 일이 일어날 것인지에 대한 예측은 로렌츠가 이야기한 대로 거의 불가능하다. 각각의 분자가 어떤 경로로 움직일지 또 언제 무엇과 충돌할지 등에 관한 그 어느 것 하나도 확정할 수 없기 때문이다.

하지만, 병 속의 기체 분자가 모여 만든 기체 덩어리 하나를 대상으로 하면, 기체 덩어리의 밀도나 기압과 온도는 통계적 평균치를 계산할 수 있다. 카오스 상태의 기체 분자들로 이루어진 전체로서의 역학적 시스템은 카오스 상태에서 벗어나 통계적 평균치에 해당하는 일정한 밀도와 기압과 온도를 지닌 정돈된 상태를 보여주기 때문이다.

날씨 역시 마찬가지이다. 기상 현상을 구성하는 수많은 각각의 요소는 예측 불가능한 카오스 상태에 놓여있지만, 기상 변화에 대한 통계적 예측은 가능하다.

미래를 예측한다는 것은 인간으로서 분명 한계가 있고, 감히 다가가기 어려운 일이다. 그렇지만 관측기구의 향상과 슈퍼컴퓨터의 발달, 그리고 기상위성이 증가함에 따라 통계적 예측의 정확도가 향상되고, 기상예보관의 경험과 노하우가 집약되어서 불가능할 것 같았던 일기예보가 일정 수준에 올라와 있다는 것은 고무적인 일이라고 할 수 있다.