

산업화에 따른 울산지역의 기온변동효과에 관한 연구

조익현 · 안중배 · 손건태*

부산대학교 대기과학과, *부산대학교 통계학과

1. 서론

대규모 공단의 조성과 이로 인한 도시의 발달은 공단 자체 뿐만 아니라 그 지역의 인구, 교통량의 증가를 유발시켜 기후에 적지 않게 영향을 미치게 된다. 이러한 인위적인 기후변화중 가장 뚜렷한 것은 기온의 상승인데 최근 들어 우리나라를 비롯하여 전지구적으로 기온상승이 나타나고 있으며, 이것은 기후의 다른 요소인 바람, 습도, 강수, 오염물 등의 변동에 영향을 줌으로써 기온상승 문제는 중요성이 증대되어 왔다. 그러나 산업화, 도시화에 따른 기온변동은 지역적인 환경변화에 기인한 인위적인 변동과 더불어 전구적인인 기후변동이 복합적으로 일어남으로써 이에 대한 해석을 어렵게 한다.

본 연구에서는 1971년을 기점으로 정유공장을 비롯한 대규모 공장들이 조성되면서 도시화, 산업화가 급속히 진행된 곳인 울산 지역을 연구 대상으로 선정하여 시계열에 나타난 기온의 변화를 통계적으로 추정하고자 한다. 연구는 울산의 산업화 이전과 이후의 두 부분으로 분리하여 살펴보았으며, 이를 통해 시계열에 가장 적합한 모형식을 구축하였다.

2. 자료 및 분석방법

일반적으로 열적 관성에 대한 반응이 월평균 기온이나 최고기온 보다 월평균 최저기온에서 잘 나타남이 여러 연구에서 알려져 왔다. 따라서 본 연구에 사용된 기본 자료는 울산 측후소에서 측정한 1956년부터 1994년까지의 월평균 최저기온 자료이다. 그러나 월평균 최저기온 자료는 강한 진폭과 일년 주기의 계절성을 많이 띠고 있으므로 본 연구의 기온상승을 다루는 데는 적합하지 않다. 따라서 월평균 값에서 계절성을 제거하기 위해 분석기간의 해당월에 대한 평균값을 구하여 실제 월값을 뺀 평균편차인 월평균 최저기온 아노말리 자료를 분석에 사용하였다.

3. 모형 및 분석방법

본 연구에서 기온상승 효과를 검출하기 위해 사용한 분석방법은 시계열 분석에서 자주 사용되는 자기회귀-이동평균(ARMA) 모형과 Box and Tiao(1975)가 제안한 개입(intervention) 모형이다. 그러나 개입 모형은 개입 시기(intervention timing)를 알아야 적용이 가능하나, 울산지역의 최저기온 아노말리 자료에 대한 시계열을 살펴보면 공단조성 시점인 1971년도 부근 보다는 1986년 후에 변화가 상대적으로 큰 것을 볼 수 있다. 그러므로 자료의 변화에 영향을 주는 개입 시기를 정확하게 인지할 수 없으므로 1969년부터 1990년까지 각 해의 1월을 개입 시기로 각각 가정하였다.

우선 각각의 개입 이전의 noise series를 결정해야 하는데, 이것은 ARMA 모형을 이용해서 통계적으로 가장 적합한 p, q차 모형을 찾고, 이들의 결과를 이용해 개입 모형에 적용하였다. 여기서 적합한 모형 차수의 선정기준은 AIC(Akaike's information criterion)와 SBC(Schwarz's bayesian information criterion)를 최소로 하는 값이다.

4. 결 과

울산의 최저기온의 변동성을 조사하기 위해 개입 모형을 1969년부터 1990년까지 각 해의 1월에 적용한 결과를 보면, noise 모델에서 계산된 유의한 차수는 대부분 p가 1, q가 1 이거나 p가 (2), q가 2인 경우이며, 이를 바탕으로 계산한 개입 모형은 AIC와 SBC의 관점에서 1988년에 각각 1512.696과 1529.281로서 가장 좋은 결과를 나타낸다. 하지만 공단이 조성되어 본격적으로 울산지역에 영향을 준 1971년의 경우도 AIC와 SBC가 1515.397과 1536.075로서 유의한 결과를 보여주는데 이는 공단의 효과로 인한 개입 효과가 있었음을 암시하며, 1988년의 개입 효과는 공단효과와 더불어 전구적인인 기온상승과 관련이 있지 않나 사료되지만, 1988년 시점을 기준으로 어떠한 사건(새로운 공단의 추가 조성 등)이 있었는지를 밝혀보는 것도 바람직할 것이다. 통계적으로 가장 유의한 1988년의 개입 효과에 대한 모형 추정식은 다음과 같이 구해졌다.

$$Z_t = (5.598 - 4.8724B) S_t + \frac{1 - 0.2981 B}{1 - 0.58969 B} a_t$$

여기서 $S_t^{(T)} = \begin{cases} 0 & , t < 385 \\ 1 & , t \geq 385 \end{cases}$, B는 후향연산자, a_t 는 백색잡음이

다.

5. 결론 및 토론

본 연구에서 1970년대 들어 산업화가 진행된 울산 지역의 기온변동을 조사하기 위하여 자기회귀-이동평균(ARMA) 모형과 개입(intervention) 모형을 이용하여 통계적 분석을 실시하였다. 울산 최저기온 자료를 사용하여 분석한 결과에 의하면 1988년에 AIC와 SBC의 판정에서 가장 적은 값을 보여 통계적으로 가장 유의한 결과보였고, 또한 산업화가 시작된 1971년에도 통계적으로 유의한 값을 보였다. 이에 따라 1988년과 1971년에 외적인 기온의 상승이 있었음을 생각할 수 있다. 1971년은 공단 조성에 따른 인위적인 효과가 최저기온에 영향을 주고 있음을 잘 보여주지만 1988년은 공단의 효과인지 혹은 진구적인 효과인지는 현재로서는 구분하기 어려운 다른 효과에 의해 최저기온이 상승되었다고 보여지며, 앞으로 이에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.