

인공지능 알고리즘 기반 국민건강보험공단 청구자료와 환경부 대기환경 자료 및 꽃가루 예보 자료를 이용한 호흡기 알레르기 질환의 영향 분석

장광천 · 전성연 · 김정욱

NHIS

2019 NHIS Ilsan Hospital
National Health Insurance Service Ilsan Hospital

국민건강보험

National Health
Insurance Service

일산병원

Ilsan Hospital

연구보고서

2019-20-029

인공지능 알고리즘 기반 국민건강보험공단 청구자료와 환경부 대기환경 자료 및 꽃가루 예보 자료를 이용한 호흡기 알레르기 질환의 영향 분석

장광천 · 전성연 · 김정욱



머리말

호흡기 및 알레르기 질환은 선천적인 소인과 환경적 소인에 의해 영향을 받는다. 호흡기 및 알레르기 질환은 전 세계적으로 증가하는 추세이고 이러한 증가는 유전적 인자와 함께 대기오염 등 환경적 요인에 의해 질병의 지속과 악화에 영향을 받으며 만성 경과를 보이는 경우가 많아 조기 발견과 치료, 예방이 중요한 역할을 한다. 특히 대기오염의 증가는 호흡기 및 알레르기 질환을 비롯한 다양한 질환의 발생, 지속, 또는 악화와 관련되어 유병률과 사망률에 영향을 준다.

본 연구에서는 국민건강보험공단 청구자료와 환경부 대기 환경 자료 및 꽃가루 자료를 이용하여 호흡기 및 알레르기 질환과의 영향을 분석하고, 인공지능 머신러닝 분석방법을 통해 해당 지역의 꽃가루 인자 및 미세먼지와 같은 환경부 대기환경 자료를 연결하여, 환자의 호흡기 알레르기 질환의 발병 가능성을 예측하려 하였다.

끝으로 본 보고서에 저술한 내용은 저자들의 의견이며, 국민건강보험 일산병원 연구소의 공식적인 견해가 아님을 밝혀 둔다.

2020년 7월

국민건강보험 일산병원장

일산병원 연구소장

김성우
오현철

목차

요약	1
제1장 서론	7
제1절 연구 배경	9
제2절 연구 목적	11
제2장 연구자료 및 분석방법	13
제1절 연구자료 및 자료정의	15
제2절 분석 내용	17
제3절 분석 방법	18
제3장 분석결과	23
제1절 꽃가루와 질환별 영향	25
제2절 대기환경과 질환별 영향	40
제3절 시간차 분석	63
제4절 인공지능 알고리즘 분석	73
제4장 고찰 및 연구의 제한점	81
제1절 고찰	83
제2절 연구의 제한점	85
제5장 결론 및 제언	87
제1절 결론	89
제2절 제언	90
제3절 감사의 글	90
참고문헌	91

표 목차

<표 1-1> 알레르기질환 진단유병률 변화 (한국ISAAC연구)	9
<표 1-2> 연도별 주요 알레르기 질환 진료비 증가 추이	10
<표 2-1> 호흡기 감염, 알레르기 질환 상병 코드	16
<표 2-2> 분석에 사용된 대기환경, 미세먼지, 꽃가루 지표	16
<표 2-3> 머신러닝에 사용된 변수명 및 매칭표	17
<표 3-1> 환자 대상 군의 성별, 연령별, 지역별 분포	25
<표 3-2> Cross-correlation graph legend (꽃가루)	63
<표 3-3> Cross-correlation graph legend (PM10)	68
<표 3-4> 아토피피부염 발병예측 성능 분석(꽃가루 인자)	73
<표 3-5> 아토피피부염 발병예측 성능 분석(대기환경 인자)>	74
<표 3-6> 아토피피부염 발병예측 성능 분석(대기환경 및 꽃가루 인자)	75
<표 3-7> 폐렴 발병 예측 성능 분석(꽃가루 인자)	76
<표 3-8> 폐렴 발병예측 성능 분석(대기환경 인자)	77
<표 3-9> 중증호흡기질환 발병예측 성능 분석(꽃가루 인자)	78
<표 3-10> 중증호흡기질환 발병예측 성능 분석(대기환경 인자)	79
<표 3-11> 천식 발병 예측 성능 분석(대기환경 인자)	80

그림 목차

[그림 2-1] 연구대상자 선정 과정	15
[그림 2-2]. 중증호흡기 질환 데이터 기준 예측 모델의 알고리즘 성능 비교	20
[그림 3-1] 꽃가루 수치에 따른 호흡기 감염 질환 (월별 입원, 100,000건당)	26
[그림 3-2] 꽃가루 수치에 따른 호흡기 감염 질환 (월별 외래, 100,000건당)	26
[그림 3-3] 꽃가루 수치에 따른 알레르기 질환 (월별 입원, 100,000건당)	27
[그림 3-4] 꽃가루 수치에 따른 알레르기 질환 (월별 외래, 100,000건당)	27
[그림 3-5] 꽃가루 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (월별 입원, 100,000건당) ·	28
[그림 3-6] 꽃가루 수치에 따른 폐렴 (월별 입원, 100,000건당)	28
[그림 3-7] 꽃가루 수치에 따른 중증 호흡기 감염 (월별 입원, 100,000건당)	29
[그림 3-8] 꽃가루 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (월별 외래, 100,000건당) ·	29
[그림 3-9] 꽃가루 수치에 따른 폐렴 (월별 외래, 100,000건당)	30
[그림 3-10] 꽃가루 수치에 따른 중증 호흡기 감염 (월별 외래, 100,000건당) ·	30
[그림 3-11] 꽃가루 수치에 따른 천식 (월별 입원, 100,000건당)	31
[그림 3-12] 꽃가루 수치에 따른 천식 (월별 외래, 100,000건당)	31
[그림 3-13] 꽃가루 수치에 따른 아토피 (월별 입원, 100,000건당)	32
[그림 3-14] 꽃가루 수치에 따른 아토피 (월별 외래, 100,000건당)	32
[그림 3-15] 꽃가루 수치에 따른 비염 (월별 입원, 100,000건당)	33
[그림 3-16] 꽃가루 수치에 따른 비염 (월별 외래, 100,000건당)	33
[그림 3-17] 꽃가루 수치에 따른 두드러기/혈관부종 (월별 입원, 100,000건당) ·	34
[그림 3-18] 꽃가루 수치에 따른 두드러기/혈관부종 (월별 외래, 100,000건당) ·	34
[그림 3-19] 꽃가루 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (월별 입원, 100,000건당) ·	35

[그림 3-20] 꽃가루 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (일별 외래, 100,000건당) ..	35
[그림 3-21] 꽃가루 수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)	36
[그림 3-22] 꽃가루 수치에 따른 폐렴 (일별 외래, 100,000건당)	36
[그림 3-23] 꽃가루 수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)	37
[그림 3-24] 꽃가루 수치에 따른 천식 (일별 외래, 100,000건당)	37
[그림 3-25] 꽃가루 수치에 따른 아토피 (일별 외래, 100,000건당)	38
[그림 3-26] 꽃가루 수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)	38
[그림 3-27] 꽃가루 수치에 따른 두드러기/혈관부종 (일별 외래, 100,000건당) ..	39
[그림 3-28] PM10 수치에 따른 호흡기 감염 질환 (월별 입원, 100,000건당)	40
[그림 3-29] PM10 수치에 따른 호흡기 감염 질환 (월별 외래, 100,000건당) ..	40
[그림 3-30] PM10 수치에 따른 호흡기 알레르기 질환 (월별 입원, 100,000건당) ..	41
[그림 3-31] PM10 수치에 따른 호흡기 알레르기 질환 (월별 외래, 100,000건당) ..	41
[그림 3-32] PM10 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (월별 입원, 100,000건당) ..	42
[그림 3-33] PM10 수치에 따른 폐렴 (월별 외래, 100,000건당)	42
[그림 3-34] PM10 수치에 따른 중증 호흡기 감염 (월별 입원, 100,000건당)	43
[그림 3-35] PM10 수치에 따른 중증 호흡기 감염 (월별 외래, 100,000건당)	43
[그림 3-36] PM10 수치에 따른 천식 (월별 입원, 100,000건당)	44
[그림 3-37] PM10 수치에 따른 천식 (월별 외래, 100,000건당)	44
[그림 3-38] PM10 수치에 따른 아토피 (월별 입원, 100,000건당)	45
[그림 3-39] PM10 수치에 따른 아토피 (월별 외래, 100,000건당)	45
[그림 3-40] PM10 수치에 따른 비염 (월별 입원, 100,000건당)	46
[그림 3-41] PM10 수치에 따른 비염 (월별 외래, 100,000건당)	46
[그림 3-42] PM10 수치에 따른 두드러기/혈관부종 (월별 입원, 100,000건당) ..	47
[그림 3-43] PM10 수치에 따른 두드러기/혈관부종 (월별 외래, 100,000건당)	47
[그림 3-44] PM10 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (일별 입원, 100,000건당) ..	48

[그림 3-45] PM10 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (일별 외래, 100,000건당) ...	48
[그림 3-46] PM10 수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)	49
[그림 3-47] PM10 수치에 따른 폐렴 (일별 외래, 100,000건당)	49
[그림 3-48] PM10 수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)	50
[그림 3-49] PM10 수치에 따른 천식 (일별 외래, 100,000건당)	50
[그림 3-50] PM10 수치에 따른 아토피피부염 (일별 외래, 100,000건당)	51
[그림 3-51] PM10 수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)	51
[그림 3-52] PM10 수치에 따른 두드러기/혈관부종 (일별 외래, 100,000건당)	52
[그림 3-53] PM2.5수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)	53
[그림 3-54] PM2.5수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)	53
[그림 3-55] PM2.5수치에 따른 아토피피부염 (일별 외래, 100,000건당)	54
[그림 3-56] PM2.5수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)	54
[그림 3-57] O3 수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)	55
[그림 3-58] O3 수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)	55
[그림 3-59] O3 수치에 따른 아토피피부염 (일별 외래, 100,000건당)	56
[그림 3-60] O3 수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)	56
[그림 3-61] SO2 수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)	57
[그림 3-62] SO2 수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)	57
[그림 3-63] SO2 수치에 따른 아토피피부염 (일별 외래, 100,000건당)	58
[그림 3-64] SO2 수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)	58
[그림 3-65] CO 수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)	59
[그림 3-66] CO 수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)	59
[그림 3-67] CO 수치에 따른 아토피피부염 (일별 외래, 100,000건당)	60
[그림 3-68] CO 수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)	60
[그림 3-69] NO2 수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)	61

[그림 3-70] NO ₂ 수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)	61
[그림 3-71] NO ₂ 수치에 따른 아토피피부염 (일별 외래, 100,000건당)	62
[그림 3-72] NO ₂ 수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)	62
[그림 3-73] 꽃가루 수치와 일반호흡기 감염 입원의 시간차 분석 (p<.0001)	63
[그림 3-74] 꽃가루 수치와 일반호흡기 감염 외래의 시간차 분석 (p<.0001)	64
[그림 3-75] 꽃가루 수치와 중증호흡기 감염 입원의 시간차 분석 (p=0.0003)	64
[그림 3-76] 꽃가루 수치와 폐렴 입원의 시간차 분석 (p<.0001)	65
[그림 3-77] 꽃가루 수치와 폐렴 외래의 시간차 분석 (p<.0001)	65
[그림 3-78] 꽃가루 수치와 천식 입원의 시간차 분석 (p<.0001)	66
[그림 3-79] 꽃가루 수치와 천식 외래의 시간차 분석 (p<.0001)	66
[그림 3-80] 꽃가루 수치와 아토피 외래의 시간차 분석 (p<.0001)	67
[그림 3-81] 꽃가루 수치와 두드러기/혈관부종 외래의 시간차 분석 (p=0.0005) ..	67
[그림 3-82] 꽃가루 수치와 비염 외래의 시간차 분석 (p<.0001)	68
[그림 3-83] PM ₁₀ 수치와 일반호흡기감염 입원의 시간차 분석 (p<.0001)	68
[그림 3-84] PM ₁₀ 수치와 일반호흡기감염 외래의 시간차 분석 (p<.0001)	69
[그림 3-85] PM ₁₀ 수치와 중증호흡기감염 입원의 시간차 분석 (p=0.0207)	69
[그림 3-86] PM ₁₀ 수치와 폐렴 입원의 시간차 분석 (p<.0001)	70
[그림 3-87] PM ₁₀ 수치와 폐렴 외래의 시간차 분석 (p<.0001)	70
[그림 3-88] PM ₁₀ 수치와 천식 입원의 시간차 분석 (p=0.0002)	71
[그림 3-89] PM ₁₀ 수치와 천식 외래의 시간차 분석 (p<.0001)	71
[그림 3-90] PM ₁₀ 수치와 아토피 외래의 시간차 분석 (p<.0001)	72
[그림 3-91] PM ₁₀ 수치와 비염 외래의 시간차 분석 (p<.0001)	72
[그림 3-92] 아토피피부염 발병예측에 미치는 꽃가루 인자의 중요도 비교	73
[그림 3-93] 아토피피부염 발병예측에 미치는 대기환경인자의 중요도 비교	74
[그림 3-94] 아토피피부염 발병에 미치는 대기환경과 꽃가루 인자의 중요도 비교 ..	75

[그림 3-95] 폐렴 입원환자 발병예측 성능에 미치는 꽃가루 인자의 중요도 비교	76
[그림 3-96] 폐렴 입원환자 기준 발병예측 성능에 미치는 대기환경 인자의 중요도 비교	77
[그림 3-97] 중증호흡기질환 발병예측에 미치는 꽃가루 인자의 중요도 비교	78
[그림 3-98] 중증호흡기질환 발병예측에 미치는 대기환경 인자의 중요도 비교	79
[그림 3-99] 천식 질환 발병예측에 미치는 대기환경 인자의 중요도 비교	80

요약

요약

1. 연구 배경 및 목적

호흡기 및 알레르기 질환은 선천적인 소인과 환경적 소인에 의해 영향을 받는다. 알레르기 질환은 전 세계적으로 증가하는 추세이고 이러한 증가는 유전적 인자와 함께 대기 오염 등 환경적 요인에 의해 질병의 지속과 악화에 영향을 받으며 만성 경과를 보이는 경우가 많아 조기 발견과 치료, 예방이 중요한 역할을 한다. 국내 건강보험 자료에서도 주요 알레르기 질환의 전체 진료비는 2010년 7,180억 원에 비해 2015년 7,530억 원으로 4.9% 증가하였고, 호흡기계 질환 역시 증가하는 양상을 보였다.

네덜란드의 출생코호트에서는 대기오염 노출이 8세 소아의 천명 및 천식의 위험도를 높이는 것으로 보고하였고, 국내에서는 부천 지역에서 미세먼지 농도가 가장 높은 4월에 천식으로 인한 외래와 응급실 진료가 증가한다고 보고하였고, 서울시의 미세먼지 농도와 알레르기 질환 유병률과의 상관성 분석결과에서도 아토피피부염 유병률과 서울 시내 25개 측정소를 통해 측정된 미세먼지 농도가 관련이 있다고 보고하였다. 한창훈 등은 서울시에 거주하는 사람의 호흡기 질환의 건강보험 청구자료와 서울시 대기오염 측정 자료 및 기상청 자료를 분석한 결과 천식 환자의 경우 PM10이 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 기준으로 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때마다 외래 방문이 0.23%, 입원이 0.53%, 응급실을 거친 입원은 0.77% 증가하였고, PM2.5 농도가 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 기준으로 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때마다 외래 방문이 0.20%, 입원이 0.83%, 응급실 경우 입원이 1.55% 증가하였다고 보고하였다. 김주화 등은 서울시 소아의 꽃가루 항원에 대한 감작률을 조사한 결과 감작률의 증가가 특히 잡초류 꽃가루의 증가와 연관이 있다고 하였고, 오재원의 보고에서는 CO₂와 오존 등 온실가스에 의한 기후변화가 꽃가루의 증가에도 영향을 미친다고 하였다. 호흡기 질환과 알레르기 질환은 대기오염물질, 미세먼지, 꽃가루 등에 의해 증상의 발현이나 악화를 보인다.

본 연구에서는 국민건강보험공단 청구자료와 환경부 대기 환경 자료 및 꽃가루 자료를

이용하여 호흡기 알레르기 질환과의 영향을 분석하고, 인공지능 머신러닝 및 딥러닝 분석방법을 통해 해당 지역의 꽃가루 인자 및 미세먼지와 같은 환경부 대기환경 자료를 연결하여, 환자의 호흡기 알레르기 질환의 발병 가능성을 예측하려 하였다.

2. 연구 결과

호흡기 알레르기 질환을 2011년에서 2015년까지 기간을 비교해 보았을 때 일반호흡기 감염으로 인한 입원 건 수는 증가하였으나, 폐렴으로 인한 입원이나 중증 호흡기 감염으로 인한 입원 건수와 감소하였고 외래 진료 건수는 모두 감소하였다. 알레르기 질환은 천식과 아토피피부염은 입원과 외래 진료 모두 감소하는 양상을 보였으나, 비염으로 인한 외래진료와 두드러기나 혈관부종으로 인한 외래진료는 증가하는 양상을 보였고, 두드러기나 혈관부종에 의한 입원 건수도 증가하는 양상이었다.

호흡기 질환과 알레르기 질환의 계절별 변화를 보면 대부분의 질환이 봄이나 가을, 겨울에 증가하는 양상을 보이나, 특이하게도 아토피피부염은 여름에 증가하는 양상을 보였다.

꽃가루 농도가 올라간 후 3일 뒤에 일반호흡기 감염으로 입원한 입원건수에 대해 영향이 가장 큰 것으로 나타났고, 일반호흡기질환으로 인한 외래진료 건수는 꽃가루 농도가 올라간 뒤 일자가 지날수록 영향이 점차 높아지는 것으로 나타났다. 비염으로 인한 외래 진료 건수도 꽃가루 농도가 올라간 뒤 점차 영향이 높아지는 양상을 보였다.

대기환경 자료 중 PM10은 2011년에서 2015년으로 갈수록 감소하는 양상을 보였고, 월별 변화는 겨울에 주로 높았다.

인공지능 알고리즘으로 분석해 보면 아토피피부염 외래 진료 건수에 미치는 꽃가루와 대기환경 인자를 순서별로 중요도를 보면 SO₂, O₃, NO₂, PM10, CO, 수목, 잡초, 잔디 꽃가루순으로 꽃가루 보다는 대기환경 인자가 더 중요하였고 AUC(accuracy score)는 0.736이었다.

폐렴 입원에 영향을 미치는 대기환경 요인의 중요도는 SO₂, PM10, NO₂, CO, O₃순으로 AUC는 0.701이었고, 꽃가루 인자는 수목, 잡초, 잔디 꽃가루 순으로 예측 성능은 AUC가 0.691이었다.

중증 호흡기 질환에 영향을 주는 꽃가루 인자는 수목, 잡초, 잔디 꽃가루 순으로 예측 성능은 AUC가 0.714이었고, 대기환경 요인은 PM10, SO₂, NO₂, CO, O₃순으로 AUC는

0.720이었다.

천식, 일반호흡기 감염이나, 두드러기/혈관부종에 대한 예측인자는 AUC가 모두 0.7 이하였다.

3. 결론 및 제언

호흡기 감염, 폐렴 등 호흡기 질환이나, 천식, 비염, 아토피 피부염, 등 알레르기 질환은 대기 환경 인자나, 꽃가루에 의해 증상의 발현이나 악화를 보이므로, 이를 예측하여 대국민 예방활동이나 예보 등에 활용하고 장기적으로는 이에 대한 영향을 줄이는 사업을 추진하는 데 기초자료로 사용할 수 있다.

또한, 증상의 악화가 예견되는 시기에 예방적 치료나 주의를 권고한다면 질병의 발현이나 악화로 인한 병·의원 방문이나, 응급실 이용, 나아가 입원으로 이어지는 경우를 줄임으로써 사회적 비용이나 의료비용의 절감을 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

제 1 장

서론

제 1 절 연구 배경	9
제 2 절 연구 목적	11

제1장 서론

제1절 연구 배경

호흡기 및 알레르기 질환은 선천적인 소인과 환경적 소인에 의해 영향을 받는다. 알레르기 질환은 전 세계적으로 증가하는 추세이고 이러한 증가는 유전적 인자와 함께 대기 오염 등 환경적 요인에 의해 질병의 지속과 악화에 의해 영향을 받으며 만성 경과를 보이는 경우가 많아 조기 발견과 치료, 예방이 중요한 역할을 한다(표 1-1).

<표 1-1>. 알레르기질환 진단유병률 변화 (한국ISAAC연구)

School (Age)	Elementary (6-12 yr)		Middle (12~15 yr)		Total (6~15 yr)	
	1995	2000	1995	2000	1995	2000
Asthma	7.7	9.1	2.7	5.3	5.7	7.6
Allergic rhinitis	15.5	20.4	7.7	13.6	12.3	17.7
Allergic conjunctivitis	10.3	13.1	5.5	8.3	7.4	11.2
Atopic dermatitis	16.6	24.9	7.3	12.8	12.9	20.2
Food allergy	4.2	4.7	3.8	5.1	4.0	4.8
Drug allergy	1.1	1.2	0.9	1.1	1.1	1.2

국내 건강보험 자료에서도 주요 알레르기 질환의 전체 진료비는 2010년 7,180억 원에 비해 2015년 7,530억 원으로 4.9% 증가하였다(표 1-2).

<표 1-2> 연도별 주요 알레르기 질환 진료비 증가 추이 (단위: 백만 원, %)

구분	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	증가율 (‘10년 대비’15년)
계	717,571	728,924	697,053	695,926	748,761	752,904	4.9
비염	321,259	338,244	346,703	364,777	410,768	419,221	30.5
아토피피부염	64,466	64,680	59,680	64,261	68,207	70,380	9.2
천식	331,846	326,000	290,670	266,888	269,786	263,303	-20.7

주) 수진기준(주상병 기준)

박재우 등은 국민건강보험공단의 ‘표본코호트 DB’를 2002년부터 2013년까지 호흡기계 질환(J00-99)의 코드를 월별로 집계하여 월별 유병건수 자료를 분석한 결과 계절에 따른 특성이 반복되며 매년 증가하는 양상을 보인다고 보고하였다.

대기오염의 증가는 산업화로 인해 세계적인 문제가 되고 있으며 건강에 나쁜 영향을 주는 요소이다. 공기 중의 총 부유먼지 중, 지름 10마이크론 이하의 먼지를 미세먼지(PM10), 지름 2.5 마이크론 이하의 먼지를 초미세먼지(PM2.5)라고 정의하며, 미세먼지 및 초미세먼지는 호흡기 질환과 알레르기 질환을 비롯한 다양한 질환의 발생, 지속 또는 악화와 관련되어 유병률과 사망률에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 대표적인 대기 오염물질로는 미세먼지, 이산화황, 이산화질소, 일산화탄소, 오존 등이 있으나 대부분 대기 중에 서로 섞여서 복합체 형태로 존재하기 때문에 개별 오염물질에 대한 영향을 따로 분리하여 평가하기는 쉽지 않다.

우리나라의 미세먼지 농도는 다른 나라에 비해 높은 상황이며, 세계보건기구(WHO)에서 제시하고 있는 권고기준에 비해서도 대단히 높지만 이에 관한 연구는 아직 부족한 실정이다. 장안수 등은 부천의 한 대학병원에 방문한 호흡기 질환 환자들과 대기오염의 연관성을 비교하여, 미세먼지 농도가 가장 높은 4월에 천식으로 인한 외래 진료와 응급실 진료가 증가함을 보고하였다. Gehring 등의 보고에 의하면 환자들의 임상 정보와 출생 주소를 기반으로 대기오염의 개인 노출 정도를 추정하여 분석한 결과 대기오염 노출은 8세 소아에서의 천명 및 천식의 발생률과 유병률을 높인다고 하였다. 서성철 등은 건강보험심사평가원 자료와 지리정보시스템(geographic information system, GIS) 이용하여 서울시 미세먼지와 알레르기 질환의 상관성을 분석하였고 아토피피부염 유병률과 서울에서 측정된 미세먼지 농도가 관련이 있다고 보고하였다. 이종태의 보고에 의하면 15세 미만 서울 거주 소아 천식 입원율이 대기오염도 증가에 따라 7%-16% 증가하는

양상을 보였다.

정경화 등은 미국 맨해튼과 브롱크스 지역 5세-7세의 소아 727명을 대상으로 분석한 결과 소아 천명과 대기오염(PM_{2.5})의 연관성이 있다고 보고하였다. 한창훈 등은 서울시에 거주하는 사람의 호흡기 질환(천식, 만성폐쇄성폐질환, 폐암)에 의한 입원과 외래 진료의 건강보험 청구자료와 서울시 대기오염 측정 자료 및 기상청 자료를 2006년부터 2016년까지 분석한 결과 천식 환자의 경우 PM₁₀이 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 기준으로 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때마다 외래 방문이 0.23%, 입원이 0.53%, 응급실을 거친 입원은 0.77% 증가하였고, PM_{2.5} 농도가 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 기준으로 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때마다 외래 방문이 0.20%, 입원이 0.83%, 응급실 경우 입원이 1.55% 증가하였다고 보고하였다.

김주화 등은 서울시 소아의 꽃가루 항원에 대한 감작률을 조사한 결과 감작률의 증가가 특히 잡초류 꽃가루의 증가와 연관이 있다고 하였고, 오재원의 보고에서는 CO₂와 오존 등 온실가스에 의한 기후변화가 꽃가루의 증가에도 영향을 미친다고 하였다.

이상의 연구들은 일부 지역의 연구 결과만으로 한계점이 있고 다른 환경요인인 꽃가루에 대한 자료를 함께 종합적으로 분석한 자료는 없었다.

제2절 연구 목적

호흡기 질환과 알레르기 질환은 미세먼지, 대기오염물질과 꽃가루 등에 의해 증상의 발현이나 악화를 보이며, 본 연구에서는 국민건강보험공단 청구자료와 환경부 대기 환경 자료 및 꽃가루 자료를 이용하여 호흡기 알레르기 질환과의 영향을 분석하고, 인공지능 머신러닝 및 딥러닝 분석방법을 통해 해당 지역의 꽃가루 인자 및 미세먼지와 같은 환경부 대기환경 자료를 연결하여, 환자의 호흡기 알레르기 질환의 발병 가능성을 예측하고자 하였다.

제2장

연구자료 및 분석방법

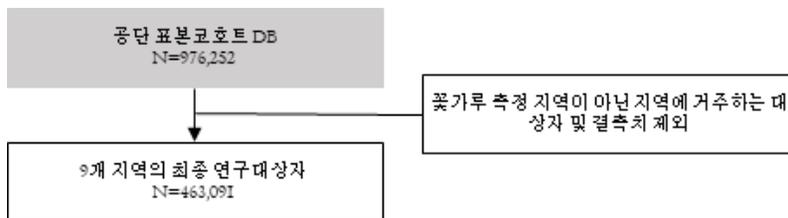
제 1 절 연구자료 및 정의	15
제 2 절 분석내용	17
제 3 절 분석방법	18

제2장 연구자료 및 분석방법

제1절 연구자료 및 자료정의

이 연구는 국민건강보험공단에서 제공하는 2011년부터 2015년까지의 건강보험공단 표본코호트 DB(database)와 통계청에서 제공하는 기상자료, 화분연구회의 꽃가루자료를 이용하였다. 건강보험공단에는 우리나라 건강보험 가입자 전 국민의 자격, 진료내역, 건강검진결과, 출생정보, 사망정보, 요양기관 정보 등이 있으며, 그중 전 국민의 대표성을 유지한 2%의 대상자를 표본 추출하여 만든 표본코호트 DB를 제공하고 있다. 화분연구회에서 서울, 구리, 강릉, 대전, 광주, 전주, 대구, 부산, 제주 9개 지역의 꽃가루 자료를 제공받았고 이와 연계하기 위해 건강보험공단 표본코호트 DB의 대상자를 9개 지역에 거주하는 대상으로 선정하였으며, 환경기상자료 역시 9개 지역의 대기환경자료를 이용하였다. 2011년 기준 건강보험공단 표본코호트 976,252명의 대상자 중 꽃가루 자료가 있는 9개 지역의 대상자를 선정, 결측치 제거 후 최종 연구대상자의 수는 463,091명이었다(그림 2-1).

2011년부터 2015년까지 전국에서 꽃가루 관측소가 있는 9개 지역에 거주하는 사람 전체를 대상으로 천식, 알레르기비염, 아토피피부염, 두드러기 혈관부종, 호흡기 감염(ICD-10 코드, 주진단명)으로 입원하거나 외래진료를 받은 의료이용을 분석하였다(표 2-1).



[그림 2-1] 연구대상자 선정 과정

<표 2-1> 호흡기 감염, 알레르기 질환 상병 코드

상병명	ICD-10
호흡기 질환	
일반호흡기감염	J00, J02, J03, J04, J05, J06 (J000 ~ J069)
폐렴	J12, J13, J14, J15, J16, J17, J18 (J120 ~ J189)
중증호흡기감염	J47, J80, J81, J82, J84, J85, J86, J90, J91, J93, J94, J96, J99 (J470 ~ J999)
알레르기 질환	
아토피피부염	L20 (L200 ~ L209)
두드러기/혈관부종	L50, L51, (L500 ~ L519), T78.3
알레르기 비염	J30, J31
알레르기 천식	J45, J46

미세먼지 자료는 환경청의 2011년부터 2015년까지 대기오염 측정 자료를 이용하였고, 자료의 형태는 매시간 미세먼지와 초미세먼지 농도를 측정하고 있으며, 시간별 자료를 일별 평균 농도 값과 월별 평균 농도 값으로 재가공하여 산출하였으며, 미세먼지 지표로는 PM10, PM2.5가 사용되었다. 대기환경자료는 기상청의 자료를 이용하였고, 기상관서에 운용하는 종관자동기상관측장비(Automated Synoptic Observing System, ASOS)에서 각 기상요소별 3시간 단위로 측정된 자료를 일별 평균과 월별 평균으로 재가공하여 2011년부터 2015년까지 기온, 상대습도 그리고 기압자료를 이용하였으며, 대기 지표로는 SO2, CO, O3, NO2가 사용되었다. 꽃가루 자료는 전국 9개 지역의 꽃가루 측정 자료를 받았고 매일 버카드 채집기의 채집시료를 이용하여 꽃가루의 종류를 분석한 자료를 이용하였다. 수목 꽃가루, 잔디류 꽃가루, 잡초 꽃가루 3가지 종류의 꽃가루 수치가 지표로 사용되었으며, 3개의 지표를 합친 총 꽃가루 수치가 사용되기도 하였다(표 2-2).

<표 2-2> 분석에 사용된 대기환경, 미세먼지, 꽃가루 지표

	코드
대기환경 지표	SO2, CO, O3, NO2
미세먼지 지표	PM 10, PM 2.5
꽃가루 지표	수목 꽃가루, 잔디 꽃가루, 잡초 꽃가루, 총 꽃가루 수치

제2절 분석 내용

이 연구에서는 환경적 요인과 호흡기 질환, 알레르기 질환과의 관계를 여러 측면에서 분석하였다.

1) 월별 추이 비교

2011년부터 2015년까지 5년간 꽃가루 지표, 미세먼지 지표, 대기지표의 월별 변화에 따라 호흡기 질환 알레르기 질환의 월별 입원 및 외래 진료 건수가 어떻게 변화하는지를 비교하였다.

2) 일별 추이 비교

변화 추이를 더 세부적으로 관찰하기 위하여, 2015년 1개년도 365일의 꽃가루 지표, 미세먼지 지표, 대기지표의 일별 변화에 따라 호흡기 질환, 알레르기 질환의 일별 입원 및 외래의 변화를 비교하였다.

3) Lag effect 분석

며칠 전의 꽃가루, 미세먼지, 대기지표가 호흡기 질환 알레르기 질환과 관계가 높은지를 보기 위하여 2011-2015년 5년간의 일별 꽃가루, 미세먼지, 대기의 수치의 자료들을 1일씩 뒤로 밀어가면서 호흡기 질환, 알레르기 질환과 비교하는 시간차 분석 (Cross-correlation analysis)을 시행하였다.

4) 머신러닝 예측모형

마지막으로 꽃가루, 미세먼지, 대기지표 및 자격정보 등을 이용하여 호흡기 질환, 알레르기 질환을 예측하기 위한 예측모형을 머신러닝 방법을 통해 구축하였다(표 2-3).

<표 2-3> 머신러닝에 사용된 변수명 및 매칭표

변수명	비고
YEAR	연도
SIDO/ SGG	지역 (시도/ 시군구)
DOY	연중일수 (Days of year)
MAIN_SICK	주상병
RECU_FR_DT	최초내원일자
RECN	요양일수
VSCN	입원일수
SEX	성별
AGE_GROUP	연령대
FORM_CD	서식코드(입원, 외래여부)
SEASON	계절
IPWOn	입원/외래
trees	수목 꽃가루

변수명	비고
grasses	잔디 꽃가루
weeds	잡초 꽃가루
trees-1	측정일 1일 전 값
trees-3	측정일 3일 전 값
trees-7	측정일 7일 전 값 (1주일 전)
trees-14	측정일 14일 전 값 (2주일 전)
trees-21	측정일 21일 전 값 (3주일 전)
SO2_M	아황산가스 일평균 값
CO_M	일산화탄소 일평균 값
O3_M	오존 일평균 값
NO2_M	이산화질소 일평균 값
PM10_M	미세먼지 일평균 값

제3절 분석 방법

1) 추이 분석 방법

꽃가루, 미세먼지, 대기환경자료와 호흡기 질환, 알레르기 질환의 관계를 보기 위해 월별 자료와 일별 자료를 구축하였다. 꽃가루, 미세먼지, 대기자료의 경우 시간별 자료의 일별 평균, 혹은 일별 자료의 월별 평균을 추출하여 사용하였으며, 호흡기 알레르기 질환의 입원 혹은 외래의 경우 월별 10만 건당의 비율(rate)로 환산하여 사용하였다.

꽃가루, 미세먼지, 대기환경자료와 질환과의 시간차를 보기 위하여 Cross-correlation analysis를 사용하였다. 이 연구방법은 X축(꽃가루 지표 등)을 1일씩 뒤로 밀면서 Y(질환)과의 correlation값을 측정하고, 해당 correlation값들로 인한 그래프를 그려 어느 정도 시간차에서 가장 correlation값이 높은지 보는 분석이다. 추가로 해당 correlation 값 중 가장 높은 correlation을 가진 시간차에 대한 p-value를 분석하였다.

2) 머신러닝 분석 방법

국민건강보험 자료는 해당 상병으로 진료를 받은 환자의 경우 해당 상병 코드가 주상병 필드에 저장되어 있는데 이 상병 코드를 바탕으로 두 가지 그룹으로 분류하여 학습 및 검증 데이터를 구성하였다. ‘Group’ 이라는 새로운 변수를 추가하여 호흡기 질환에 해당하는 상병자인 경우 1로 라벨링을 하고, 호흡기 질환에 해당하지 않는 비상병자에 대해서는 0으로 라벨링을 하였다.

분석 지역은 꽃가루 자료가 있는 9개 지역 (서울, 구리, 강릉, 대전, 광주, 전주, 대구,

부산, 제주)의 전체 대상자를 대상으로 하였고 일별, 환자별로 질병 발생 여부를 확인하여 라벨링을 진행하였다. 분석 대상 호흡기 질병에 대해서는 라벨링된 전체 샘플을 외래와 입원으로 추가 구분하여 외래가 중요한 질병과 입원이 중요한 질병 간 예측 성능을 비교해 볼 수 있도록 데이터를 구성하였다. 환경요인 중 꽃가루가 중요한 질병과 미세먼지가 중요한 질병 간 예측 성능을 비교해 볼 수 있도록 데이터를 구성하였다.

모델의 학습 및 검증에 사용되는 학습 데이터는 상병자와 비상병자의 샘플 총수를 1:1 비율로 동일하게 구성되도록 하였고, 아래에 나열한 다양한 인공지능 머신러닝 및 딥러닝 분석 알고리즘을 사용하여 예측 모델의 성능을 비교하여 다양한 호흡기 질환에 따른 알고리즘 간의 성능을 비교하였다.

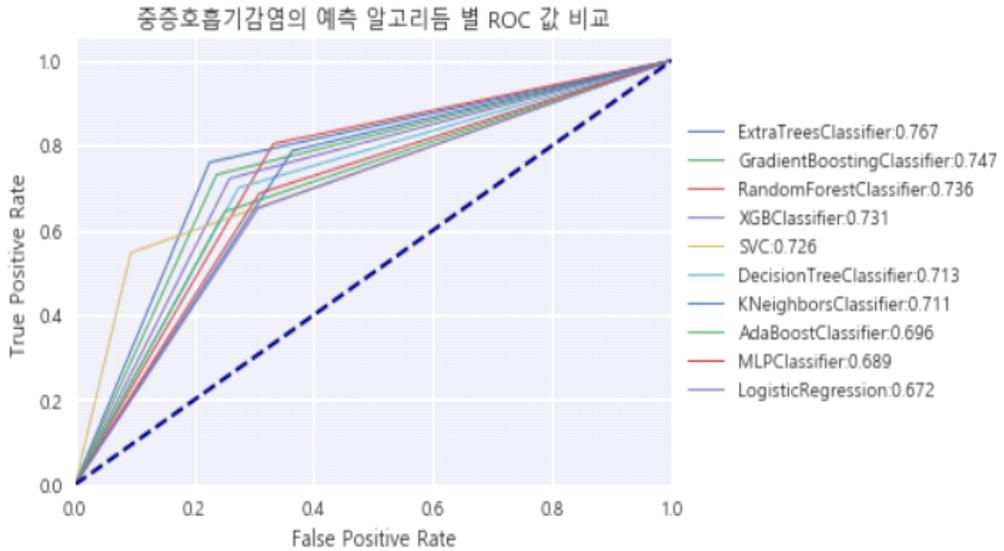
* 상병 예측에 사용된 인공지능 머신러닝 및 딥러닝 알고리즘

- Multi-Layer Perceptron (MLP) Neural Network Classifier
- Random Forest Classifier
- Adaptive Boost Classifier (AdaBoost)
- Support Vector Classifier (SVC)
- Logistic Regression
- eXtra-Gradient Boost Classifier (XGB)
- Gradient Boosting Classifier
- Decision Tree Classifier
- K-Near Neighborhood (KNN) Classifier
- ExtraTrees Classifier

국민건강보험공단 기록 데이터의 주상병에 기반하여 라벨링한 학습 및 검증 데이터는 학습용 세트와 검증용 세트로 나누었고 비율은 7:3이 되도록 적용했다. 아래[그림 2]와 같이 다양한 알고리즘을 적용할 때 교차 검증 (cross validation) 방법을 사용하였고 싸이킷런 (scikit learn) 의 그리드 서치 (grid search) 방법을 사용하여 최적의 파라미터를 찾아 적용하였다.

본 연구에서는 다양한 호흡기 질환들에 대해 인공지능 머신러닝 및 딥러닝 알고리즘이 각각 어떠한 성능을 나타내는지 살펴 보았다. 호흡기 질환의 종류에 따라 다소 차이가 있으나 부스팅 계열의 머신러닝 알고리즘이 다른 알고리즘보다 더 높은 값의 예측 성능

을 보이는 경우가 많았음을 알수 있었다. 2013년 전자 건강 기록을 바탕으로 중증호흡기 질환 예측 모델에 대해 다양한 알고리즘을 적용하여 예측 성능을 비교한 내용은 그림 2와 같다.



[그림 2-2]. 중증호흡기 질환 데이터 기준 예측 모델의 알고리즘 성능 비교

각각의 호흡기 질환 발병예측 모델에 인공지능 알고리즘을 적용하여 분석해 본 결과는 다음과 같다. 호흡기 질환 간의 예측 모델 비교를 위해 랜덤 포레스트 알고리즘을 사용하였다. 예측 모델의 분석에는 예측 성능 정확도에 영향을 미치는 인자들 간의 중요성을 비교하였고, 학습된 모델의 예측 성능 지표로는 AUC(accuracy score) 값을 살펴보았다.

예측 모델의 분석에는 성능 정확도에 영향을 미치는 인자들 간의 중요성을 살펴 보았고, 학습된 모델의 성능 지표로는 AUC 값을 살펴 보았다. 호흡기 질환 간의 예측 모델 비교를 위해 랜덤 포레스트 알고리즘을 사용하였고 다양한 인자들 간의 상호작용을 통해 모델의 예측 성능이 결정되도록 최대한 인자간의 다양한 조합에 대한 테스트를 통해 최적의 인자를 찾아보는 노력을 진행하였다. 임상증상 등 진료와 검사 데이터 없이 지역적, 사회인구학적, 환경 데이터를 바탕으로 호흡기 질병 발병 가능성을 예측해보려는 시도라는 것에 본 연구의 의미가 있어 예측 성능의 목표는 AUC 기준으로 0.7 이상으로 하였다.

Random Forest 방법으로 분석하였을 때, 환자군을 training set과 test set으로 나누었

고, training set 70%, test set 30%로 진행하였다. AUC(accuracy score)는 인자간의 관계를 보는 데 중점을 두었고 cross validation은 진행하지 않은 결과이다. 인공지능 분석 알고리즘은 Random forest classifier의 hyperparameter optimization : Scikit learn 패키지의 함수를 사용하였다 (criterion= 'gini', n_estimators= 90, n_jobs= -1, max_features= 'auto', max_depth= 10) . 분석의 유의성으로는 양측 검정을 시행하여 $p < 0.05$ 를 기준으로 사용하였다. 분석에는 SAS 9.4 version (SAS institute, Cary, NC, USA), RStudio 1.2.5042 version, Python 3.7 version을 사용하였다.

제3장

분석결과

제 1 절 꽃가루와 질환별 영향	25
제 2 절 대기환경과 질환별 영향	40
제 3 절 시간차 분석	63
제 4 절 인공지능 알고리즘 분석	73

제3장 분석결과

제1절 꽃가루와 질환별 영향

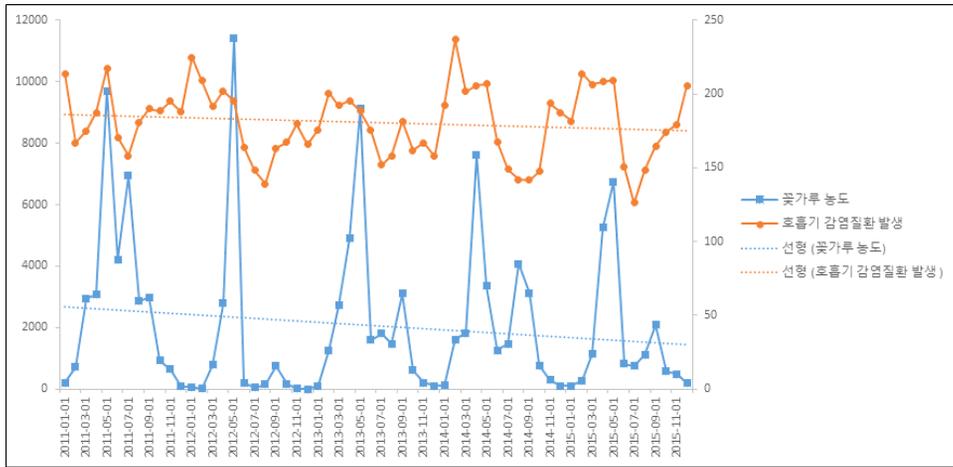
1. 꽃가루 월별농도와 호흡기 질환 및 알레르기 질환 입원/외래 건수

총 대상 환자 수는 463,091명 이었고 남자 232,016명(50.1%) 여자 231,075명(49.9%) 이었다. 연령별로는 9세 이하가 101,808명(22.0%), 10-19세가 58,306명(12.6%), 20-29세가 76,455명(16.5%), 30-39세가 76,391명(16.5%), 40-49세가 70,468명(15.2%), 50-59세가 42,433명(9.2%), 60-69세가 26,676명(5.7%), 70세 이상이 10,554명(2.3%)이었다. 지역별로는 서울이 226,303명(48.8%), 부산이 82,101명(17.7%), 대구 56,154명(12.1%), 대전 31,548명(6.8%), 광주 30,881명(6.7%), 전주 14,089명(3.0%), 제주 12,626명(2.7%), 강릉 5,035명(1.1%), 구리 4,354명(0.9%)순이었다.(표 3-1)

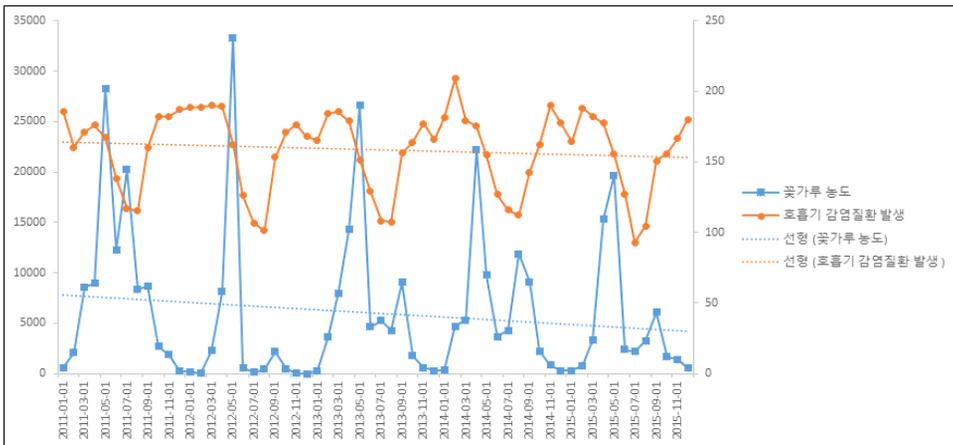
<표 3-1> 환자 대상 군의 성별, 연령별, 지역별 분포

분류	빈도	%	
성별	남성	232,016	50.1
	여성	231,075	49.9
연령	0-9	101,808	21.98
	10-19	58,306	12.59
	20-29	76,455	16.51
	30-39	76,391	16.5
	40-49	70,468	15.22
	50-59	42,433	9.16
	60-69	26,676	5.76
	70세 이상	10,554	2.28
지역	서울	226,303	48.87
	부산	82,101	17.73
	대구	56,154	12.13
	광주	30,881	6.67
	대전	31,548	6.81
	강릉	5,035	1.09
	구리	4,354	0.94
	전주	14,089	3.04
	제주	12,626	2.73
총합	463,091	100	

꽃가루의 월별 농도와 호흡기 감염질환으로 진료를 받은 건수를 2011년부터 2015년 까지 비교하였다. 꽃가루 농도는 매년 3월, 4월, 5월에 높았고 4월에 가장 높았으며, 호흡기 감염의 월별 입원 건수와 외래진료 건수는 11월, 12월, 1월, 2월에 높았다. 꽃가루 농도와 전체 호흡기 감염은 2011년에서 2015년으로 갈수록 모두 감소하는 추세를 보였으며, 월별 호흡기 감염으로 입원한 건수를 100,000건당으로 분석한 결과는 그림3-1과 같고, 월별 호흡기 감염으로 외래 진료를 받은 건수를 100,000건당으로 분석한 결과는 그림3-2와 같다.(그림 3-1, 3-2)

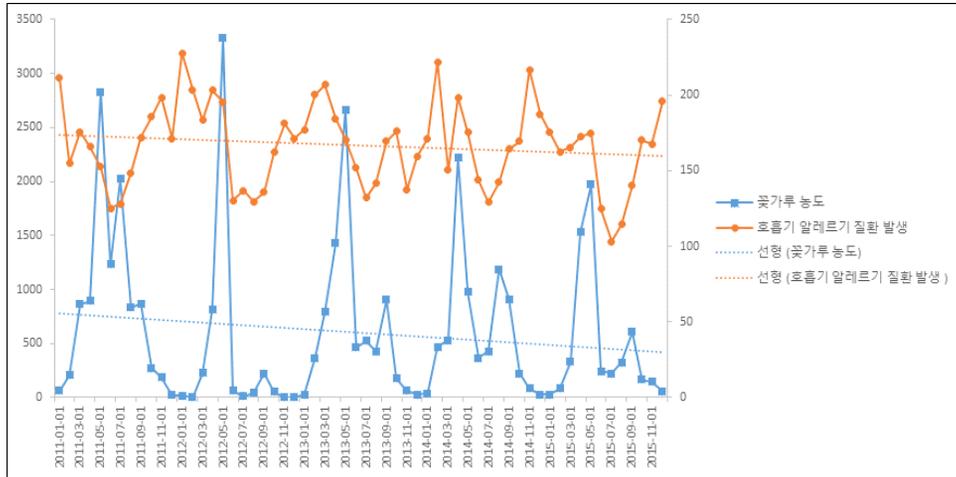


[그림 3-1] 꽃가루 수치에 따른 호흡기 감염 질환 (월별 입원, 100,000건당)

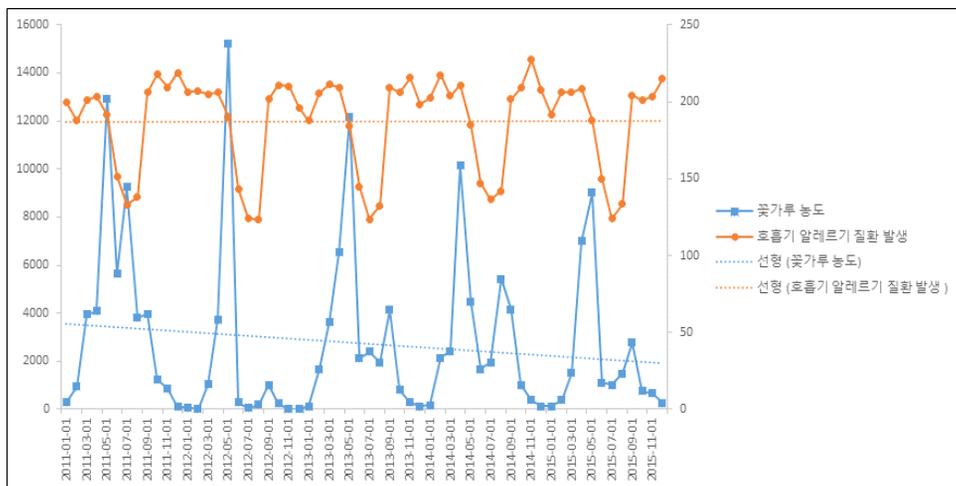


[그림 3-2] 꽃가루 수치에 따른 호흡기 감염 질환 (월별 외래, 100,000건당)

알레르기 질환으로 입원한 전체 월별 발생건수는 2011년에서 2015년으로 갈수록 감소하는 양상을 보였으나(그림 3-3), 외래 진료 건수는 증가하는 양상을 보였다.(그림 3-4)

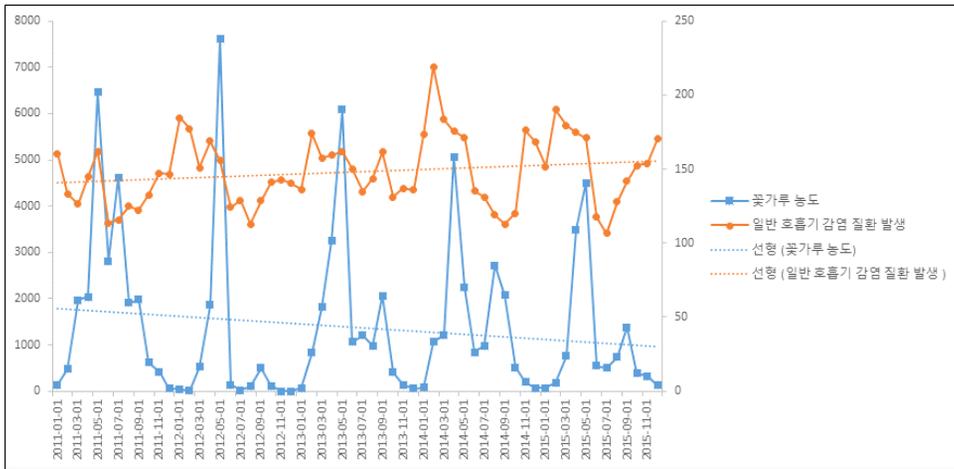


[그림 3-3] 꽃가루 수치에 따른 알레르기 질환 (월별 입원, 100,000건당)

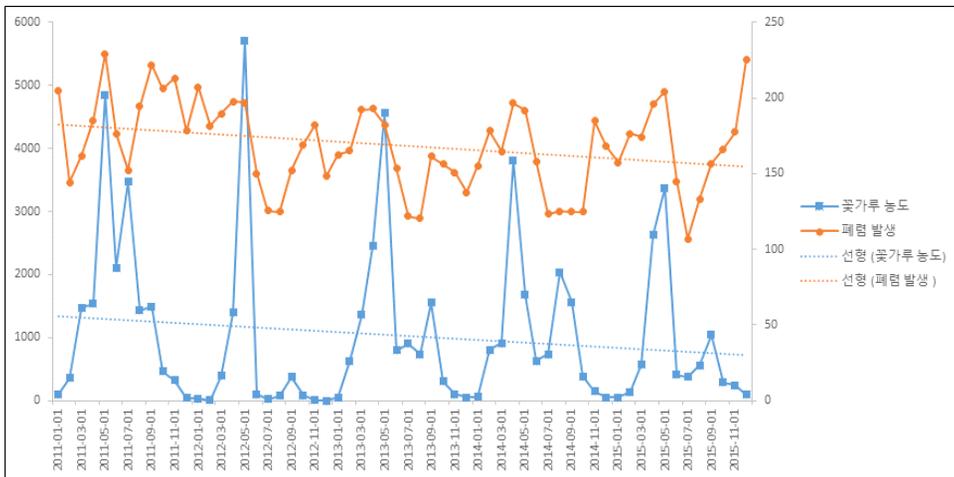


[그림 3-4] 꽃가루 수치에 따른 알레르기 질환 (월별 외래, 100,000건당)

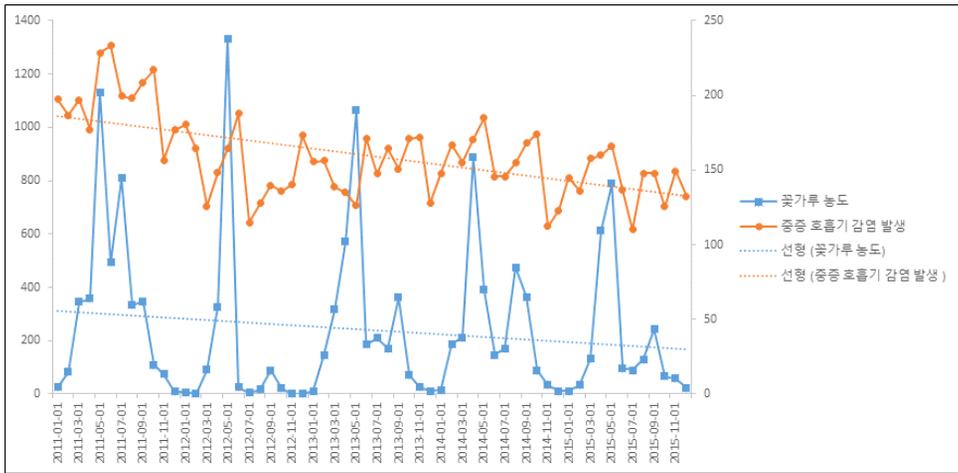
호흡기 감염을 다시 일반호흡기 감염, 폐렴과 중증 호흡기 감염으로 나누어 보았을 때 일반호흡기 감염으로 인한 월별 입원건수는 2011년에서 2015년으로 갈수록 증가하는 양상을 보였으나(그림 3-5), 폐렴이나 중증 호흡기 감염으로 인한 월별 입원건수는 감소하는 양상을 보였다.(그림 3-6, 3-7)



[그림 3-5] 꽃가루 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (월별 입원, 100,000건당)

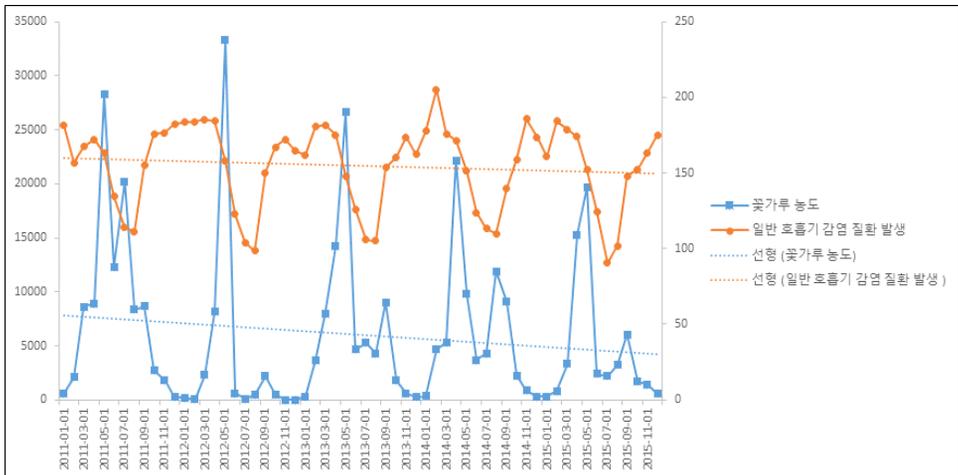


[그림 3-6] 꽃가루 수치에 따른 폐렴 (월별 입원, 100,000건당)

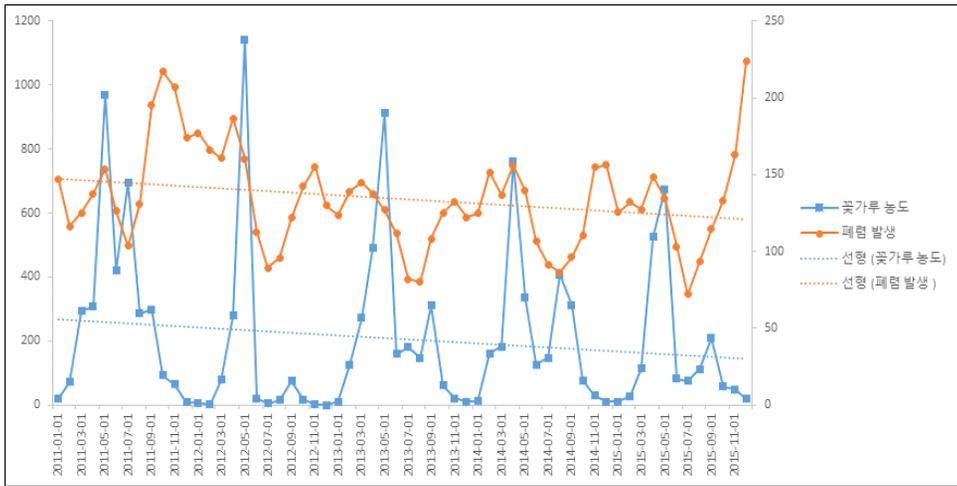


[그림 3-7] 꽃가루 수치에 따른 중증 호흡기 감염 (월별 입원, 100,000건당)

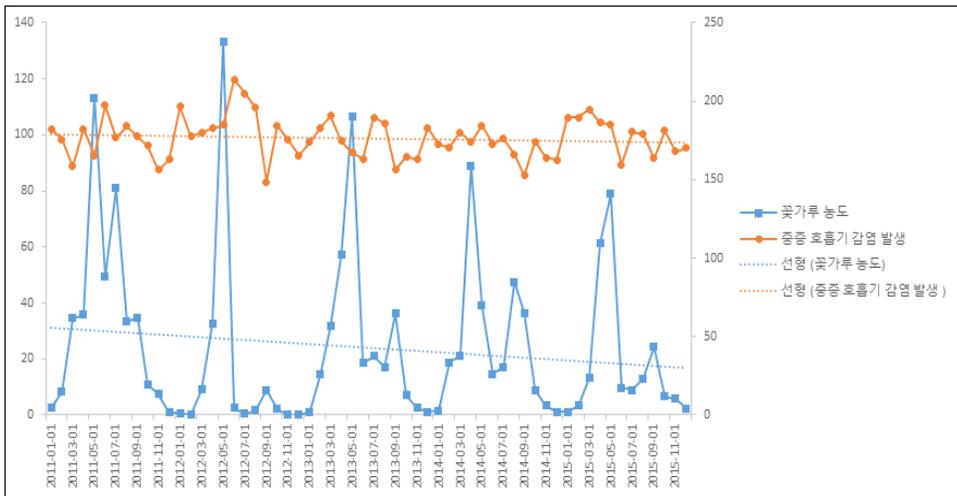
그러나 월별 외래 진료건수는 일반호흡기 감염, 폐렴과 중증호흡기감염으로 인한 월별 건수는 모두 2011년에서 2015년으로 갈수록 감소하는 양상을 보였다. (그림 3-8, 3-9, 3-10)



[그림 3-8] 꽃가루 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (월별 외래, 100,000건당)

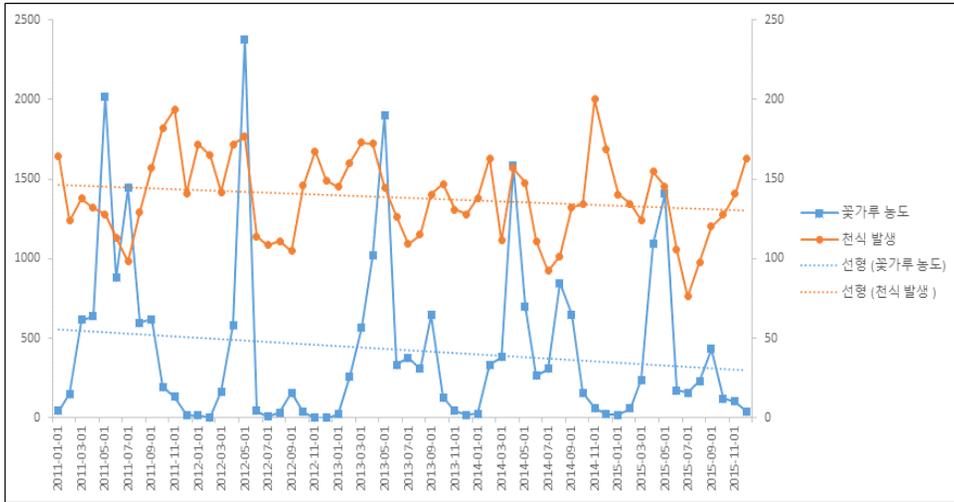


[그림 3-9] 꽃가루 수치에 따른 폐렴 (월별 외래, 100,000건당)

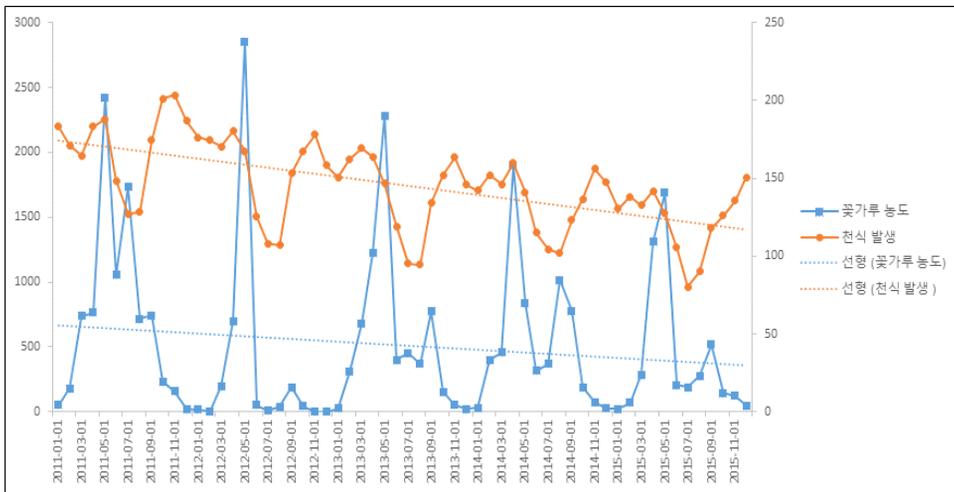


[그림 3-10] 꽃가루 수치에 따른 중증 호흡기 감염 (월별 외래, 100,000건당)

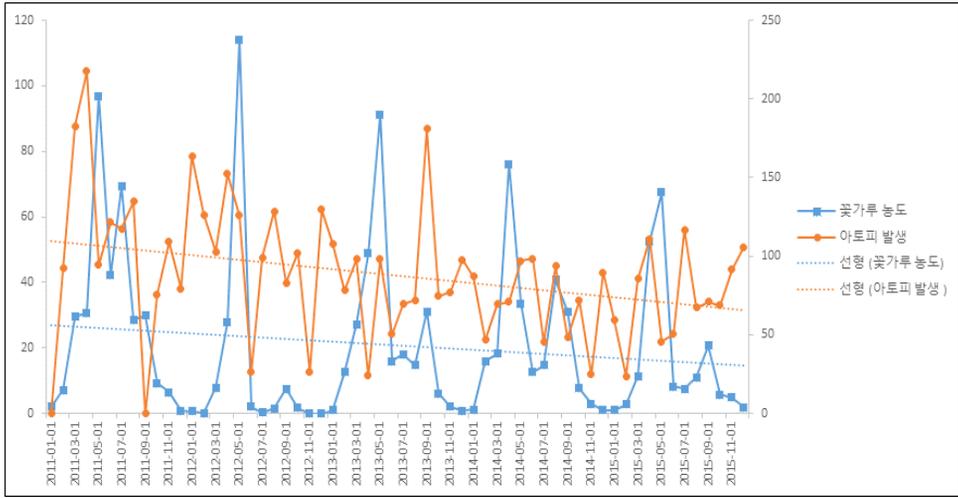
알레르기 질환은 천식, 아토피피부염, 비염, 두드러기와 혈관부종으로 나누어 비교해 보았을 때, 천식과 아토피 피부염은 2011년에서 2015년으로 갈수록 월별 입원건수와 외래진료건수 모두 감소하는 양상을 보였다. (그림 3-11, 3-12, 3-13, 3-14)



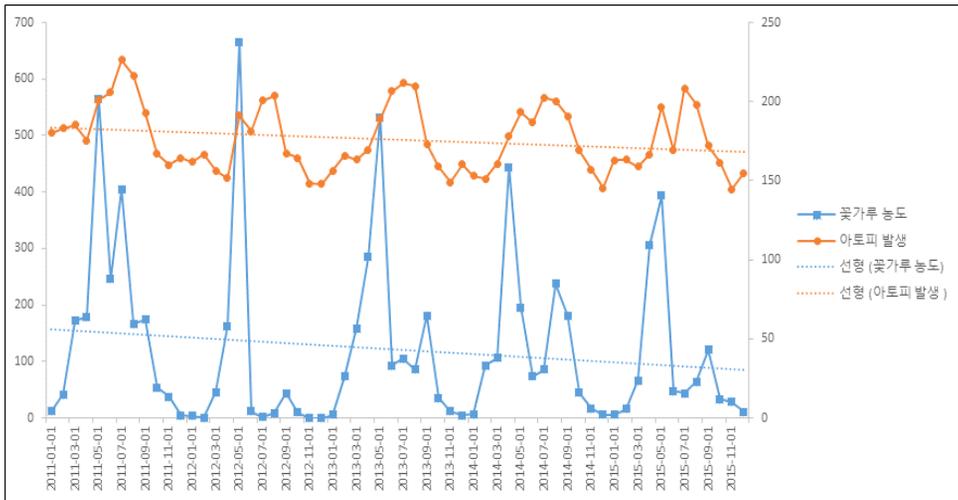
[그림 3-11] 꽃가루 수치에 따른 천식 (월별 입원, 100,000건당)



[그림 3-12] 꽃가루 수치에 따른 천식 (월별 외래, 100,000건당)

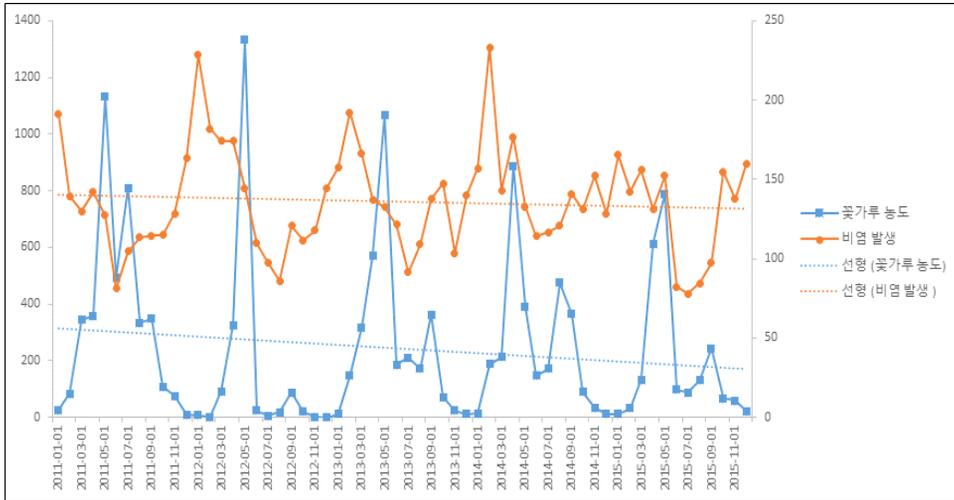


[그림 3-13] 꽃가루 수치에 따른 아토피 (월별 입원, 100,000건당)

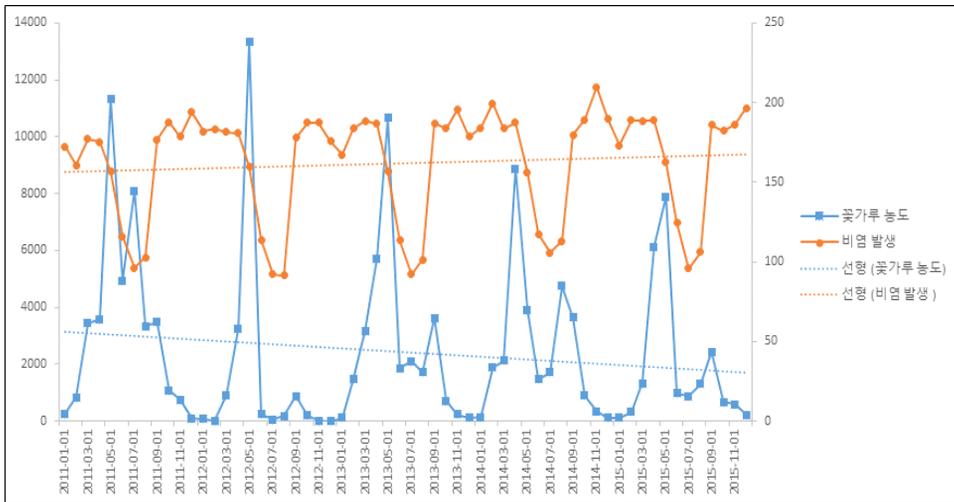


[그림 3-14] 꽃가루 수치에 따른 아토피 (월별 외래, 100,000건당)

비염은 월별 입원 건수는 감소하는 양상을 보였고, (그림 3-15), 외래 진료 건수는 증가하는 양상이었다.(그림 3-16)

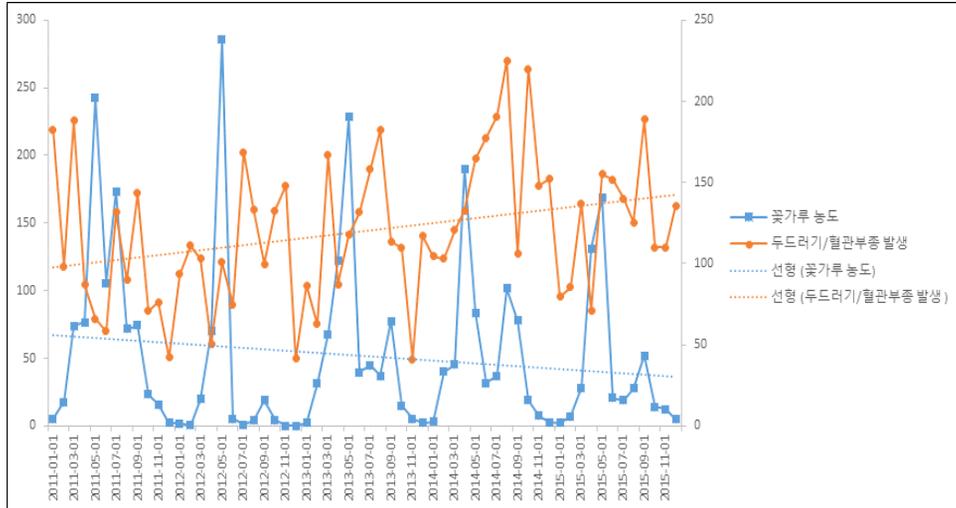


[그림 3-15] 꽃가루 수치에 따른 비염 (월별 입원, 100,000건당)

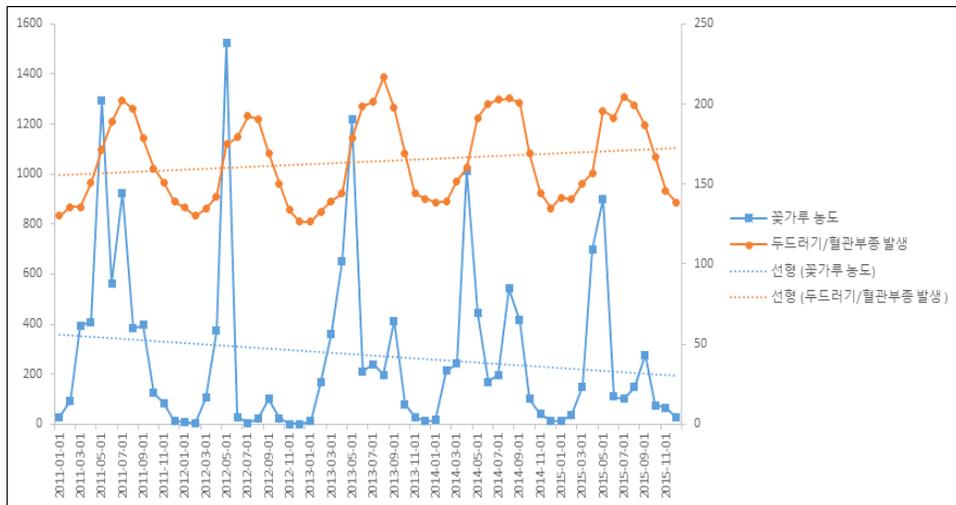


[그림 3-16] 꽃가루 수치에 따른 비염 (월별 외래, 100,000건당)

두드러기와 혈관부종은 월별입원건수와 외래 진료 건수 모두 증가하는 양상을 보였다.(그림 3-17, 3-18)



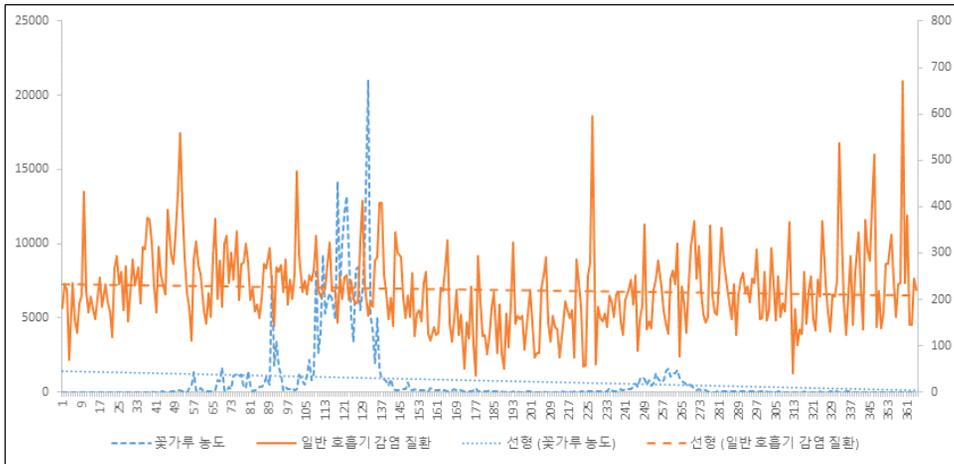
[그림 3-17] 꽃가루 수치에 따른 두드러기/혈관부종 (월별 입원, 100,000건당)



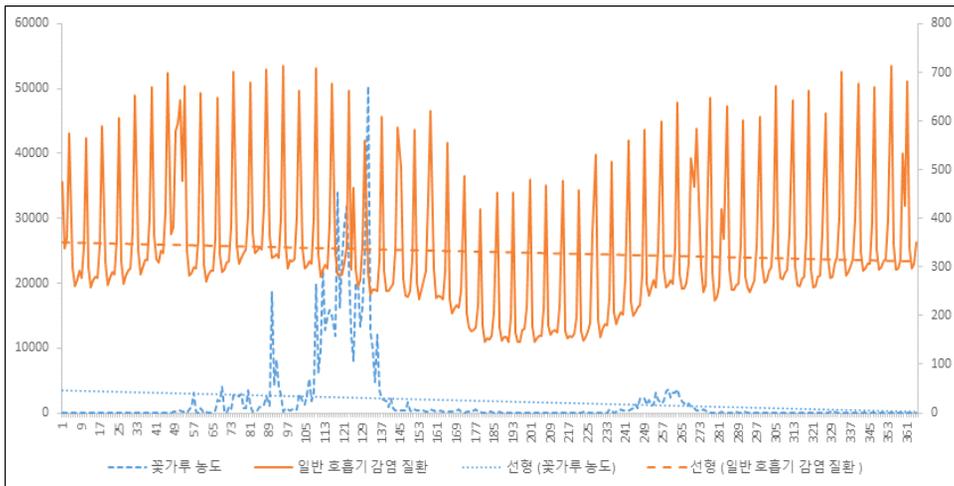
[그림 3-18] 꽃가루 수치에 따른 두드러기/혈관부종 (월별 외래, 100,000건당)

2. 꽃가루 일별농도와 호흡기 질환 및 알레르기 질환 입원/외래 건수

꽃가루의 일별 농도와 호흡기 감염질환으로 진료를 받은 건수를 2015년 자료를 이용하여 비교하였다. 꽃가루 농도는 129일째(4월 둘째 주)에 가장 높았으며, 호흡기 감염의 일별 입원 건수는 49일째(2월 셋째 주), 225일째(8월 둘째 주), 355일째((12월 둘째 주)에 높았고, 호흡기 감염으로 인한 외래진료 건수는 89일째(3월 넷째 주), 353일째(12월 둘째 주)에 높았다.(그림 3-19, 3-20)

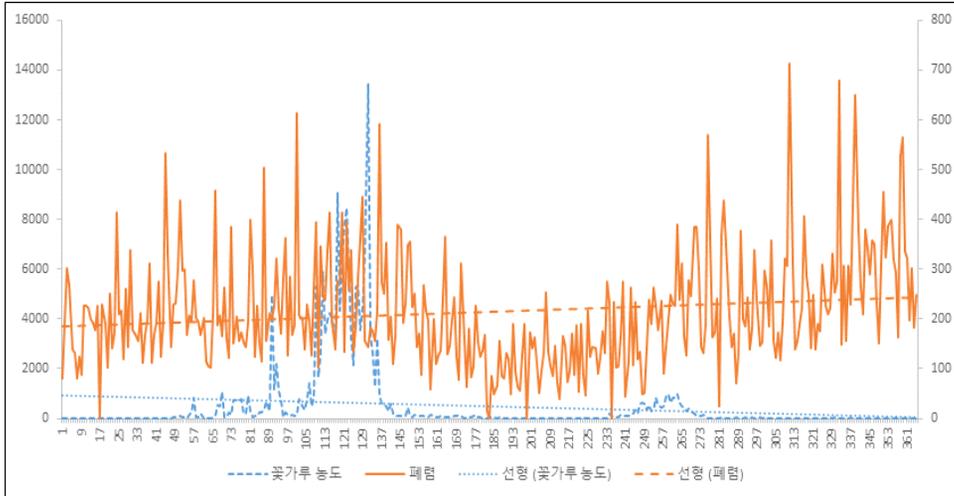


[그림 3-19] 꽃가루 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (일별 입원, 100,000건당)

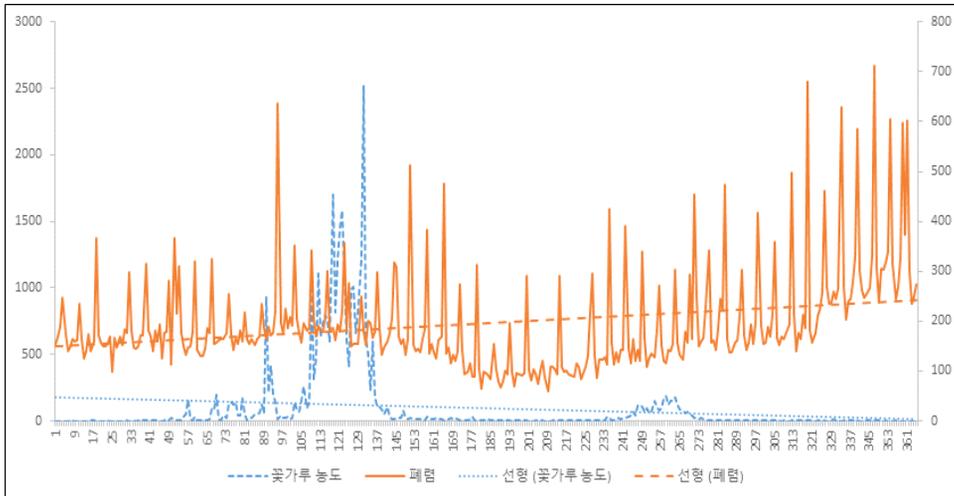


[그림 3-20] 꽃가루 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (일별 외래, 100,000건당)

폐렴으로 인한 입원 건수는 97일째(4월 첫째 주), 313일째(11월 둘째 주)에 높았고, 외래 진료 건수는 89일째(3월 넷째 주), 313일째(11월 둘째 주)와 345일째(12월 둘째 주)에 높았다.(그림 3-21, 3-22)

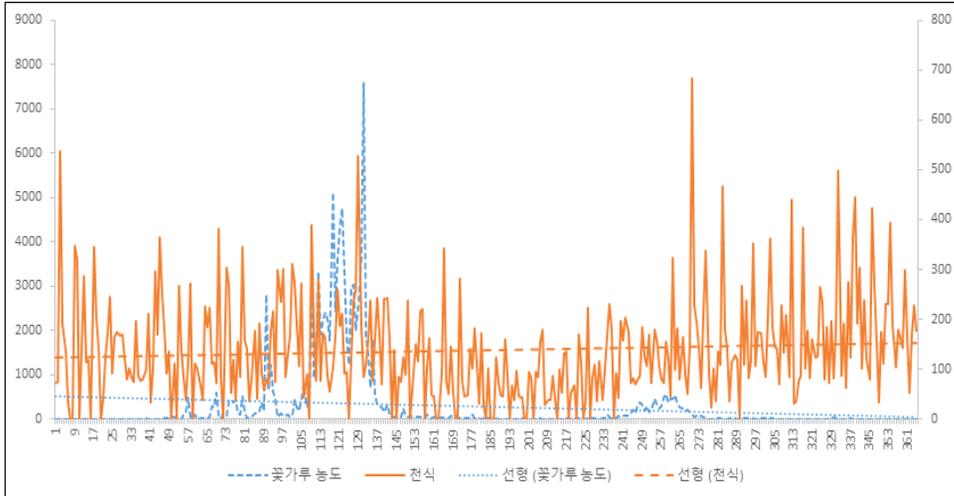


[그림 3-21] 꽃가루 수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)

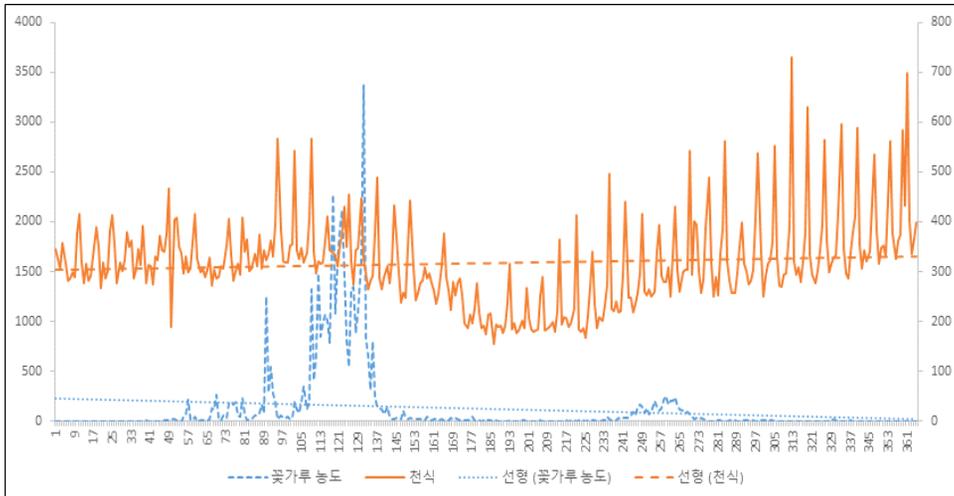


[그림 3-22] 꽃가루 수치에 따른 폐렴 (일별 외래, 100,000건당)

천식으로 인한 입원 건수는 124일째(5월 첫째 주), 265일째(9월 넷째 주)에 높았고, 외래 진료 건수는 97일째(4월 첫째 주), 313일째(11월 둘째 주)와 361일째(12월 넷째 주)에 높았다.(그림 3-23, 3-24)

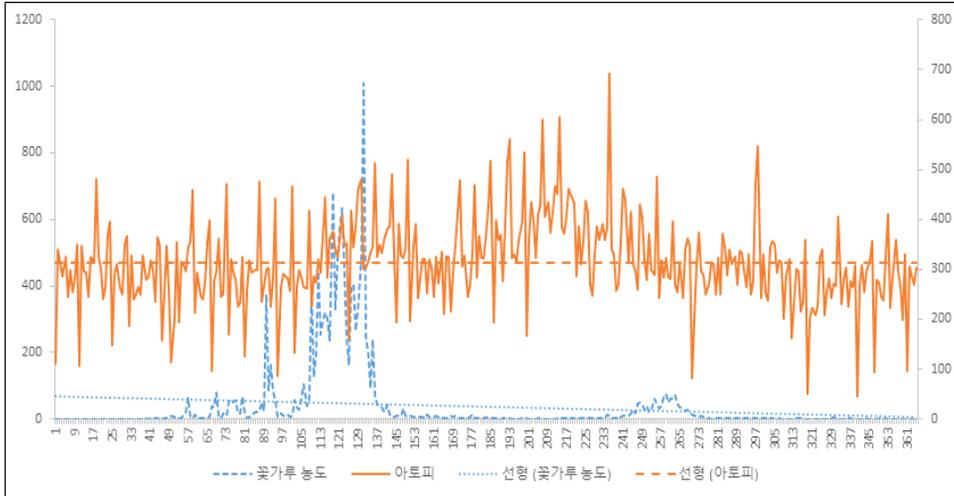


[그림 3-23] 꽃가루 수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)

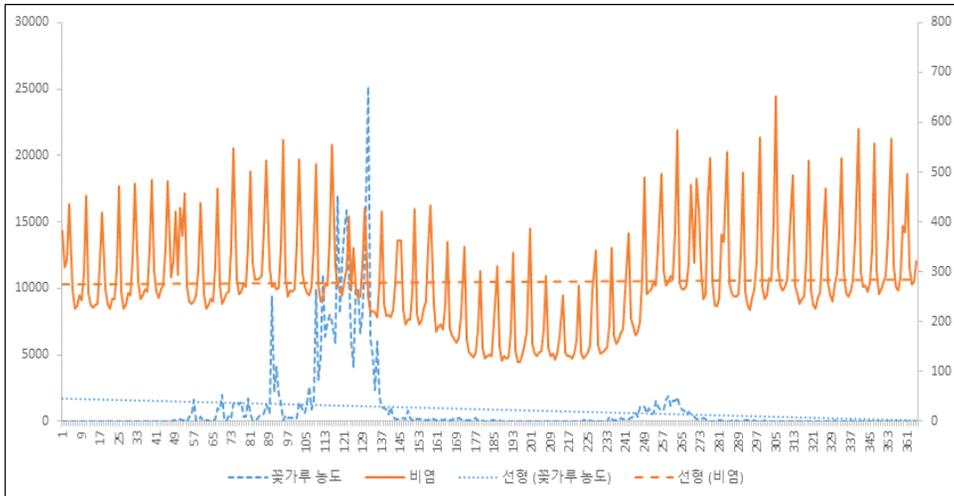


[그림 3-24] 꽃가루 수치에 따른 천식 (일별 외래, 100,000건당)

아토피피부염으로 인한 외래 진료 건수는 233일째(8월 넷째 주)에 높았고, 비염으로 인한 외래 진료 건수는 89일째(3월 넷째 주)와 297일째(10월 넷째 주)에 높았다. (그림 3-25, 3-26)

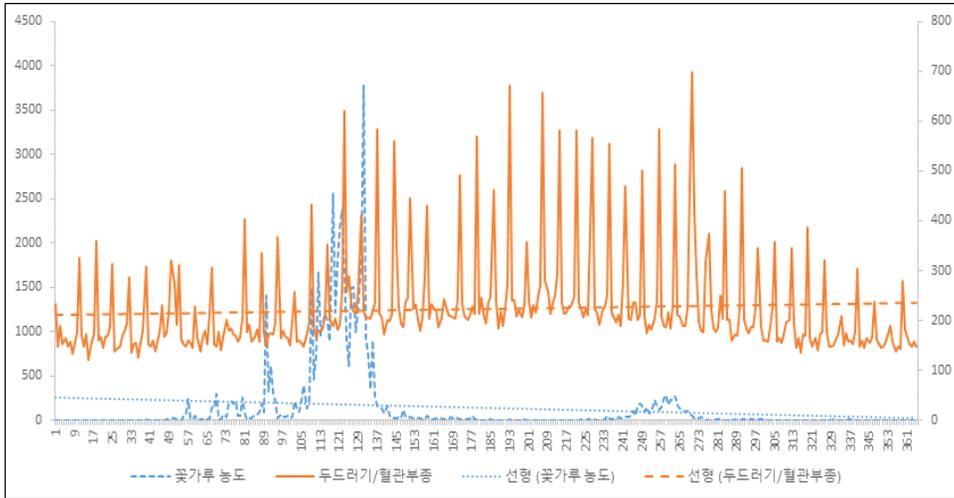


[그림 3-25] 꽃가루 수치에 따른 아토피 (일별 외래, 100,000건당)



[그림 3-26] 꽃가루 수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)

두드러기나 혈관부종으로 인한 외래 진료 건수는 121일째(5월 첫째 주), 193일째(7월 둘째 주)와 265일째(9월 넷째 주)에 높았다.(그림 3-27)

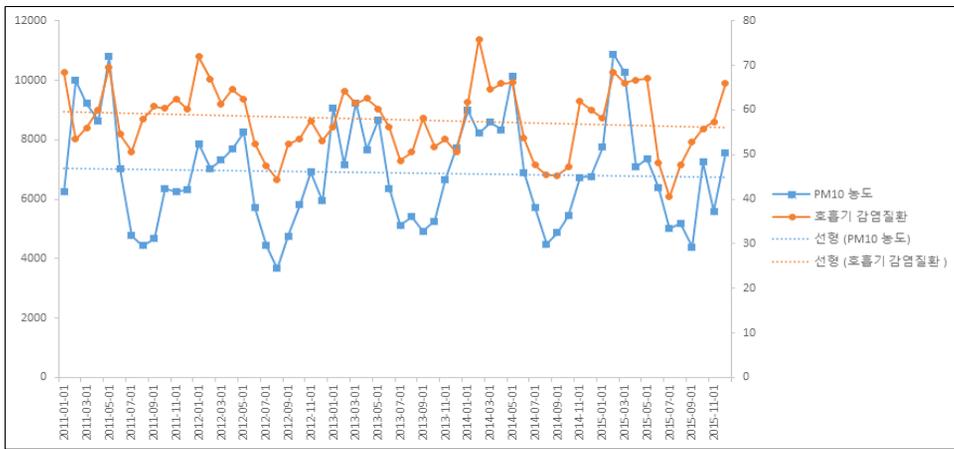


[그림 3-27] 꽃가루 수치에 따른 두드러기/혈관부종 (일별 외래, 100,000건당)

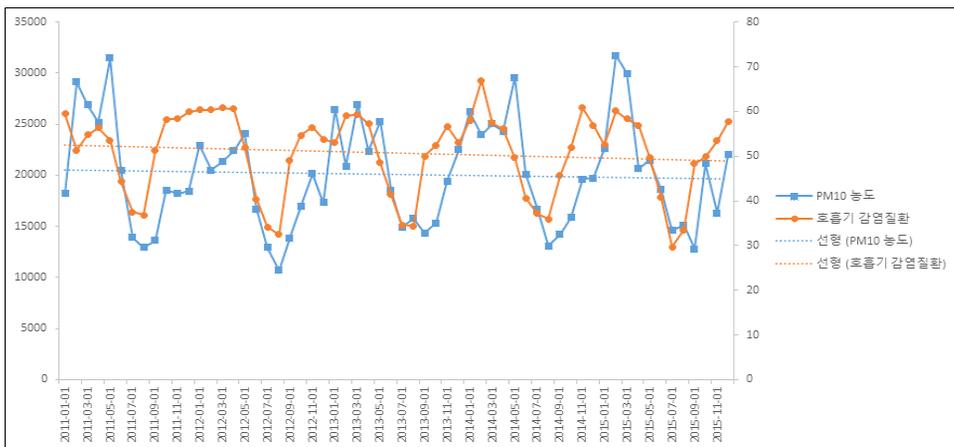
제2절 대기환경과 질환별 영향

1. PM10 월별 농도와 호흡기 질환 및 알레르기 질환 입원/외래 건수

PM10의 월별 농도와 호흡기 감염질환으로 진료를 받은 건수를 2011년부터 2015년까지 비교하였다. PM10의 농도는 매년 1월, 2월, 3월에 높았고, 호흡기 감염의 월별 입원 건수와 외래진료 건수는 11월, 12월, 1월, 2월에 높았다. (그림 3-28, 3-29)

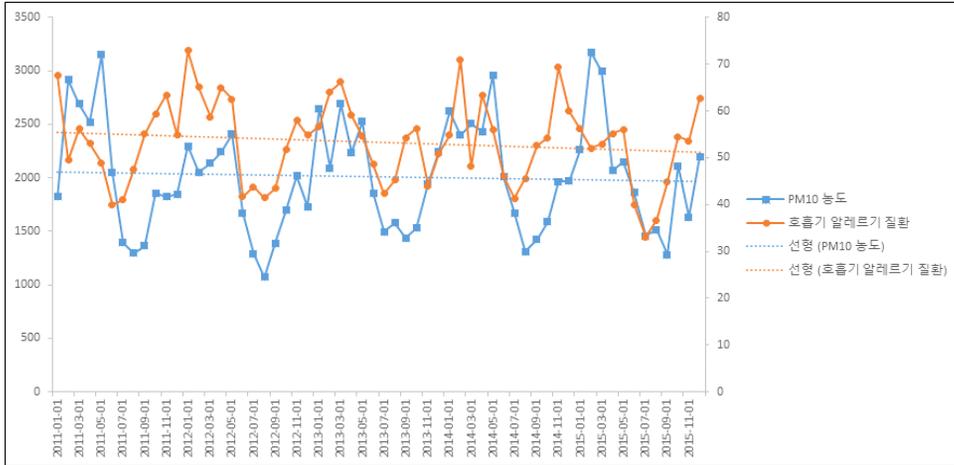


[그림 3-28] PM10 수치에 따른 호흡기 감염 질환 (월별 입원, 100,000건당)

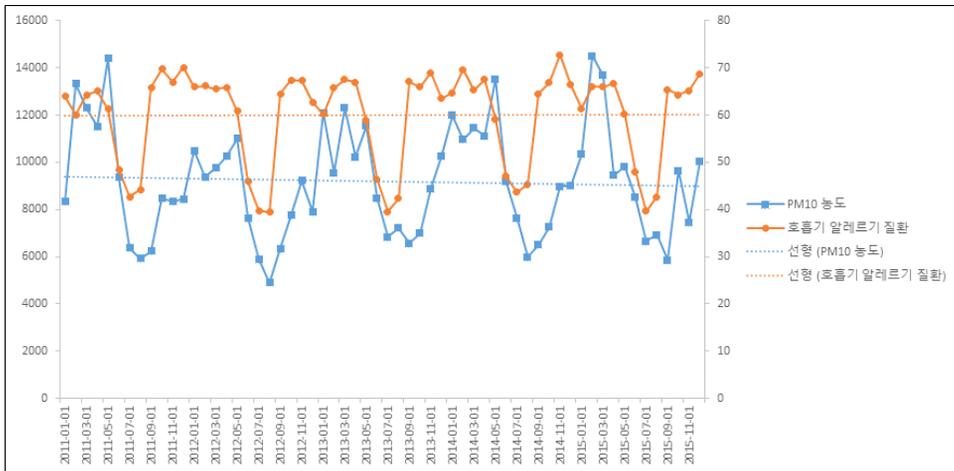


[그림 3-29] PM10 수치에 따른 호흡기 감염 질환 (월별 외래, 100,000건당)

PM10의 농도는 2011년에서 2015년으로 갈수록 감소하는 양상을 보였으나, 호흡기 질환이나 알레르기 질환으로 인한 외래 진료 건수는 증가하는 양상을 보였다.(그림 3-30, 3-31)

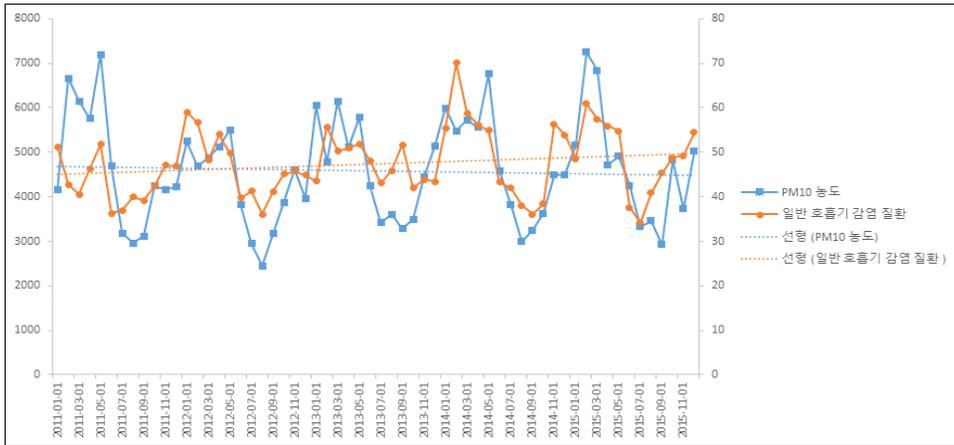


[그림 3-30] PM10 수치에 따른 호흡기 알레르기 질환 (월별 입원, 100,000건당)

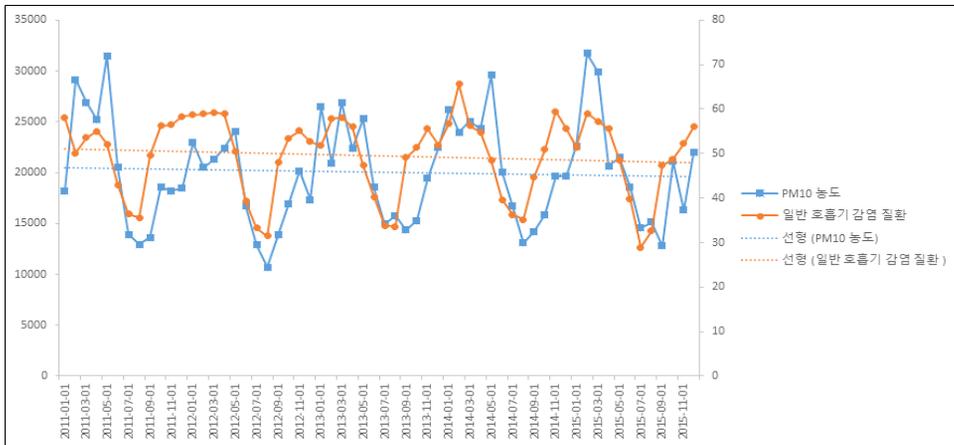


[그림 3-31] PM10 수치에 따른 호흡기 알레르기 질환 (월별 외래, 100,000건당)

호흡기 감염을 다시 일반호흡기 감염, 폐렴과 중증 호흡기 감염으로 나누어 보았을 때 일반호흡기 감염으로 인한 월별 입원건수는 2011년에서 2015년으로 갈수록 PM10의 감소추세와 다르게 증가하는 양상을 보였으나, 폐렴으로 인한 외래 진료건수는 PM10의 감소추세와 비슷한 양상을 보였다.(그림 3-32, 3-33)

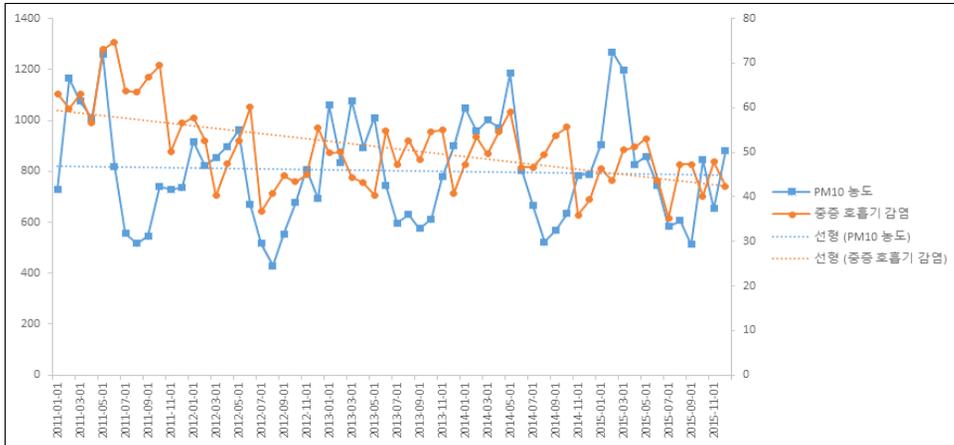


[그림 3-32] PM10 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (월별 입원, 100,000건당)

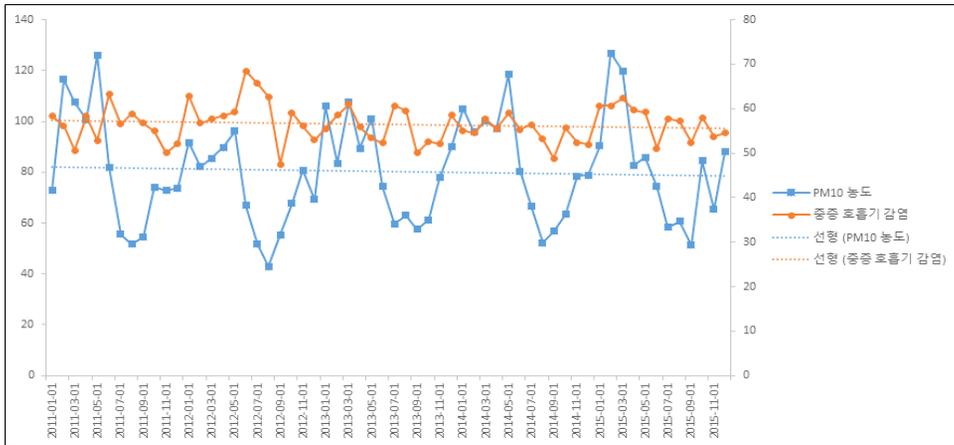


[그림 3-33] PM10 수치에 따른 폐렴 (월별 외래, 100,000건당)

중증 호흡기 감염으로 인한 월별 입원건수는 PM10의 감소 추세보다 가파르게 감소하는 양상을 보였으나, 월별 외래 진료건수는 비슷한 감소추세를 보였다.(그림 3-34, 3-35)

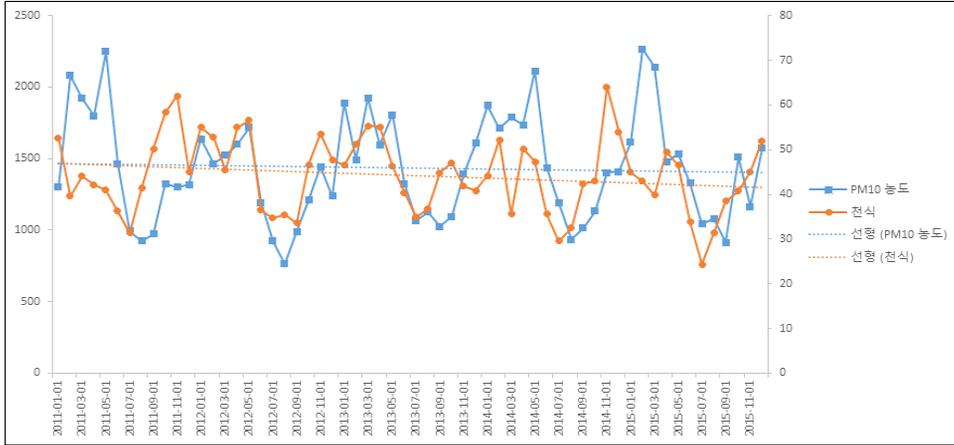


[그림 3-34] PM10 수치에 따른 중증 호흡기 감염 (월별 입원, 100,000건당)

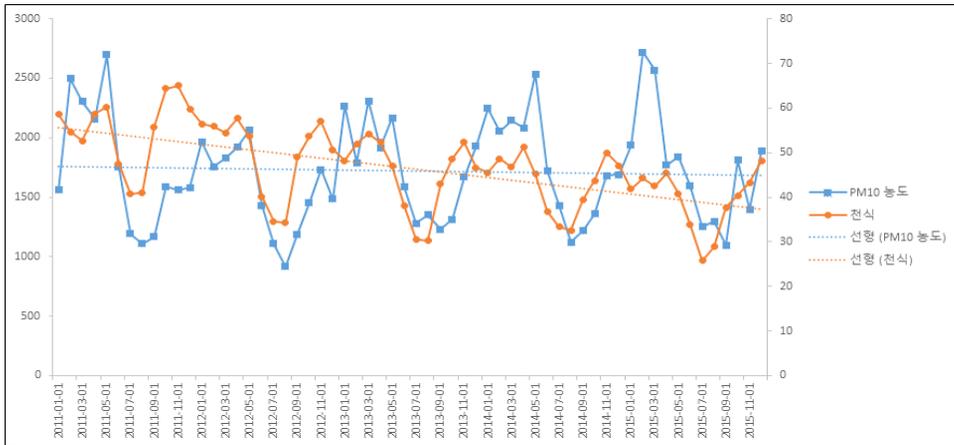


[그림 3-35] PM10 수치에 따른 중증 호흡기 감염 (월별 외래, 100,000건당)

천식으로 인한 월별입원 건수는 PM10의 감소추세와 비슷한 양상을 보였고, 월별 외래 진료 건수는 PM10의 감소 추세보다 가파르게 감소하는 양상을 보였다. (그림 3-36, 3-37)

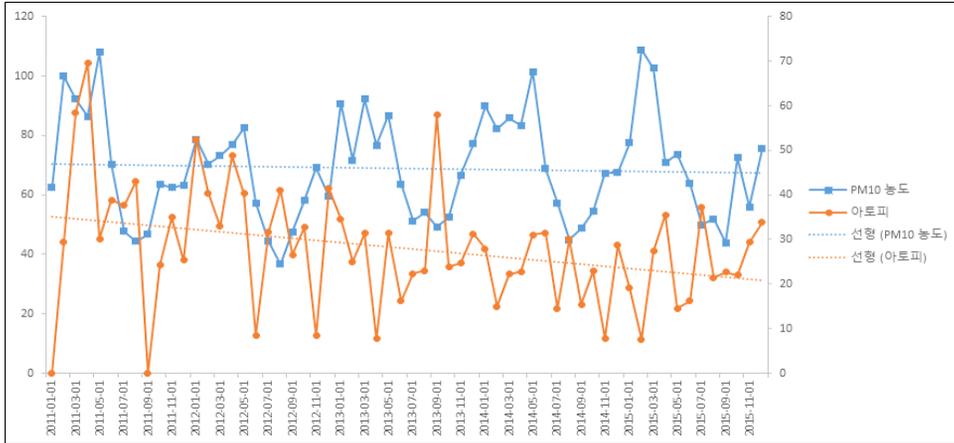


[그림 3-36] PM10 수치에 따른 천식 (월별 입원, 100,000건당)

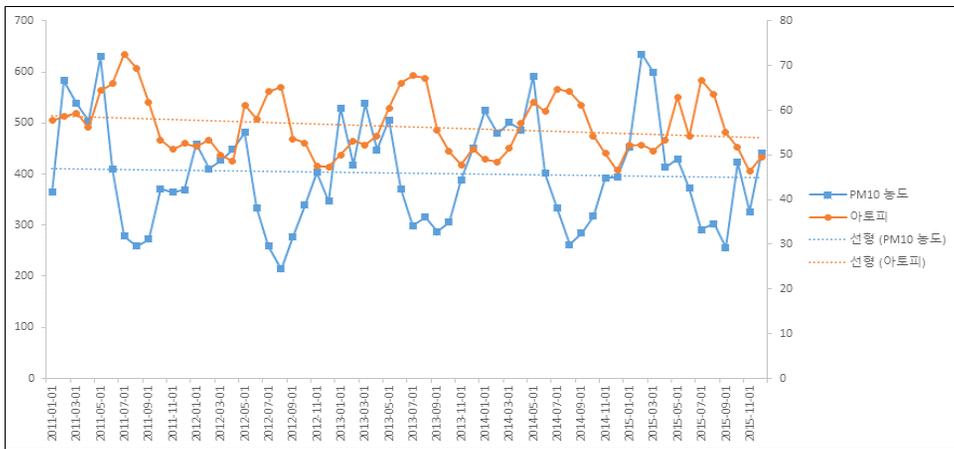


[그림 3-37] PM10 수치에 따른 천식 (월별 외래, 100,000건당)

아토피피부염으로 인한 월별입원 건수는 PM10의 감소 추세보다 가파르게 감소하는 양상을 보였고, 월별 외래 진료 건수는 PM10의 감소추세와 비슷한 양상을 보였다.(그림 3-38, 3-39)

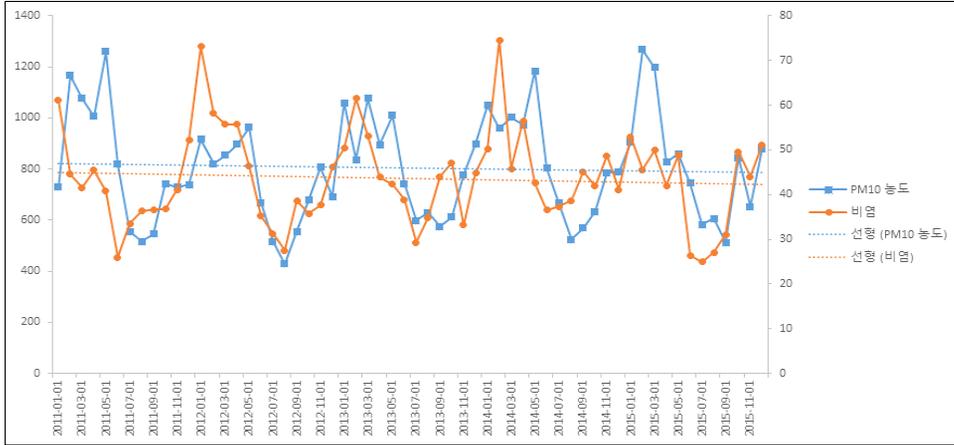


[그림 3-38] PM10 수치에 따른 아토피 (월별 입원, 100,000건당)

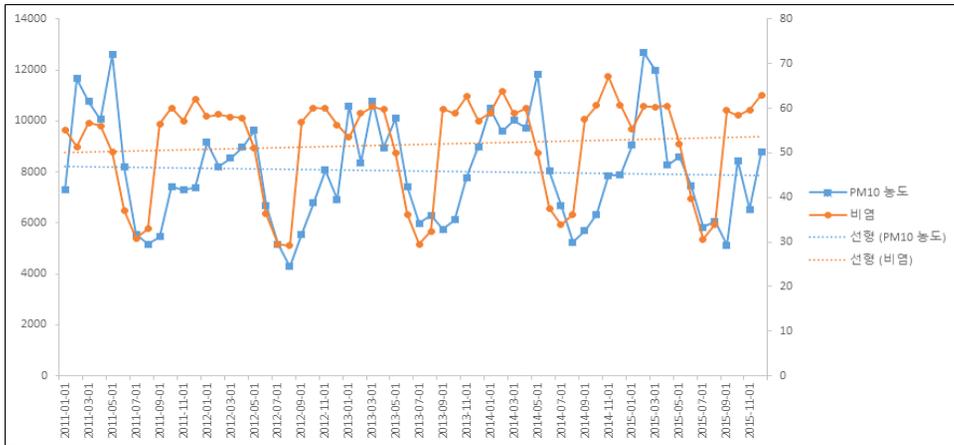


[그림 3-39] PM10 수치에 따른 아토피 (월별 외래, 100,000건당)

비염으로 인한 월별입원 건수는 PM10의 감소추세와 비슷한 양상을 보였고, 월별 외래 진료 건수는 PM10의 감소추세와 다르게 증가하는 양상을 보였다. (그림 3-40, 3-41)

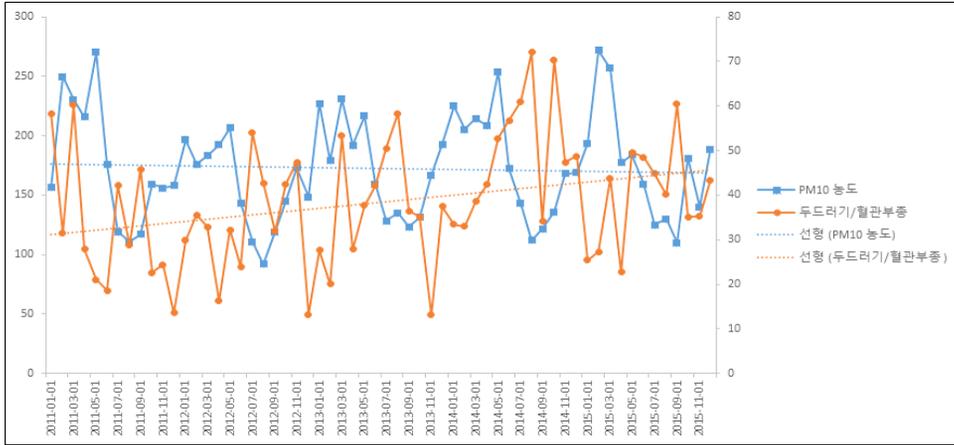


[그림 3-40] PM10 수치에 따른 비염 (월별 입원, 100,000건당)

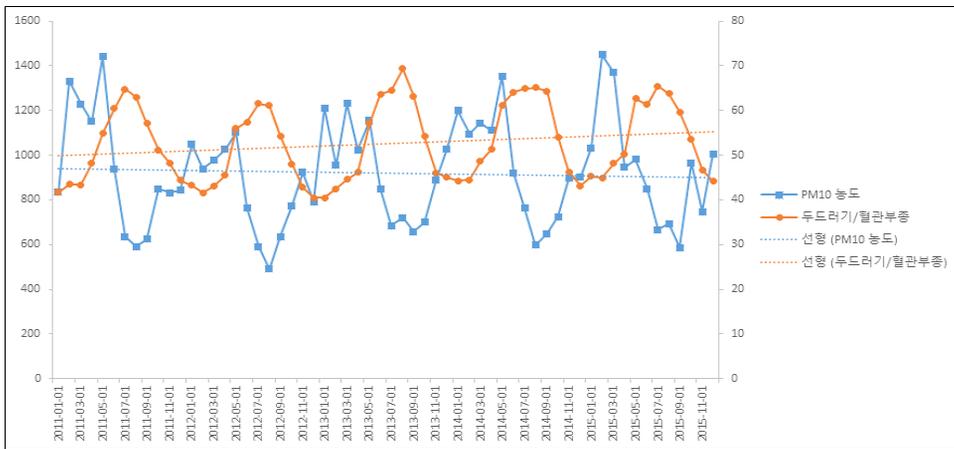


[그림 3-41] PM10 수치에 따른 비염 (월별 외래, 100,000건당)

두드러기나 혈관부종으로 인한 월별입원 건수는 PM10의 감소추세와 다르게 가파르게 증가하는 양상을 보였고, 월별 외래 진료 건수 역시 증가하는 양상을 보였다.(그림 3-42, 3-43)



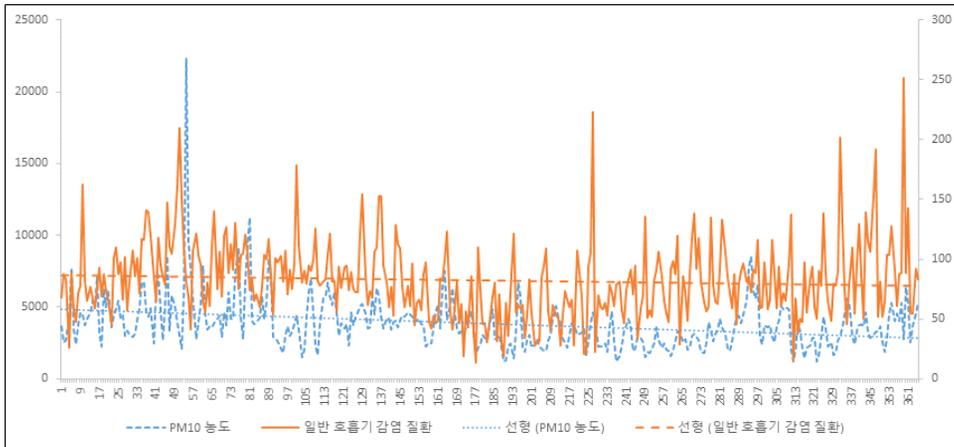
[그림 3-42] PM10 수치에 따른 두드러기/혈관부종 (월별 입원, 100,000건당)



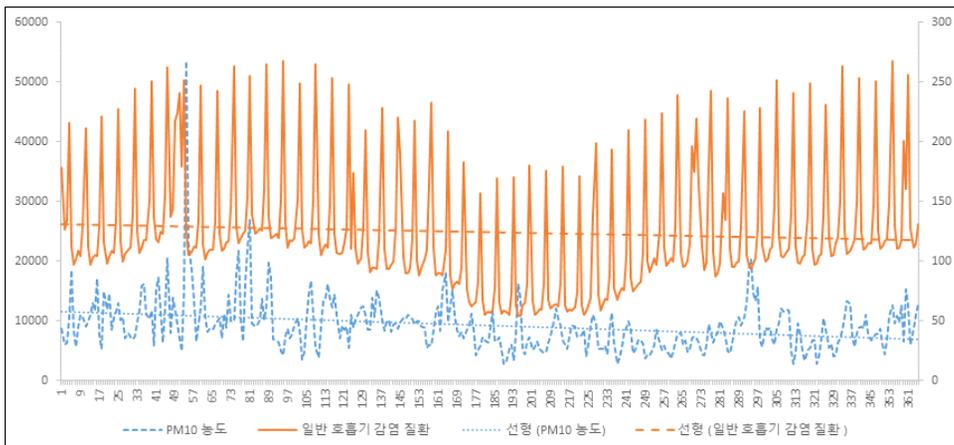
[그림 3-43] PM10 수치에 따른 두드러기/혈관부종 (월별 외래, 100,000건당)

2. PM10 일별농도와 호흡기 질환 및 알레르기 질환 입원/외래 건수

PM10의 일별 농도와 호흡기 감염질환으로 진료를 받은 건수를 2015년 자료를 이용하여 비교하였다. PM10의 일별농도는 49일째(2월 셋째 주)에 가장 높았으며, 호흡기 감염의 일별 입원 건수는 49일째(2월 셋째 주), 225일째(8월 둘째 주), 355일째((12월 둘째 주)에 높았고, 호흡기 감염으로 인한 외래진료 건수는 89일째(3월 넷째 주), 353일째(12월 둘째 주)에 높았다.(그림 3-44, 3-45)

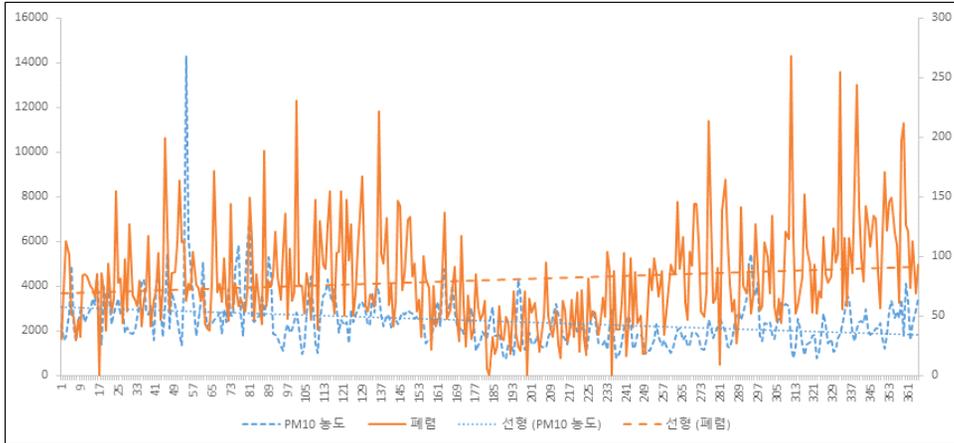


[그림 3-44] PM10 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (일별 입원, 100,000건당)

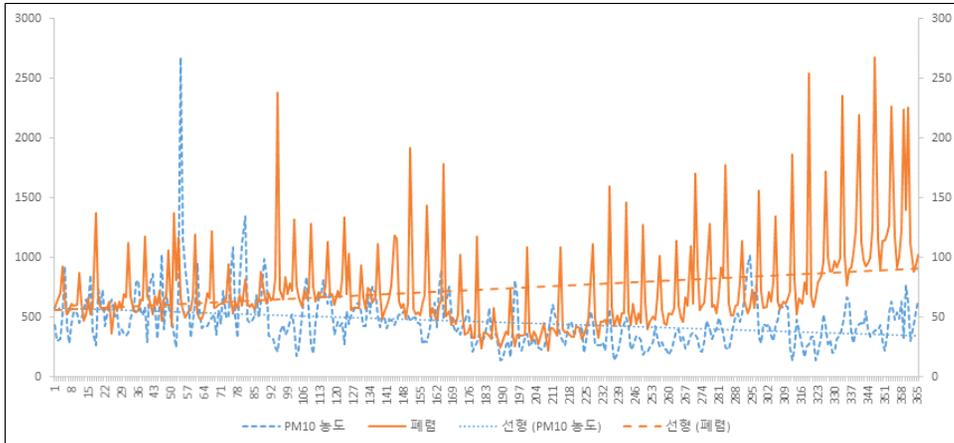


[그림 3-45] PM10 수치에 따른 일반 호흡기 감염 질환 (일별 외래, 100,000건당)

폐렴으로 인한 입원 건수는 313일째(11월 둘째 주)에 높았고, 외래 진료 건수는 345일째(12월 둘째 주)에 높은 양상을 보여 PM10이 높은 시기와는 다른 양상을 보였다.(그림 3-46, 3-47)

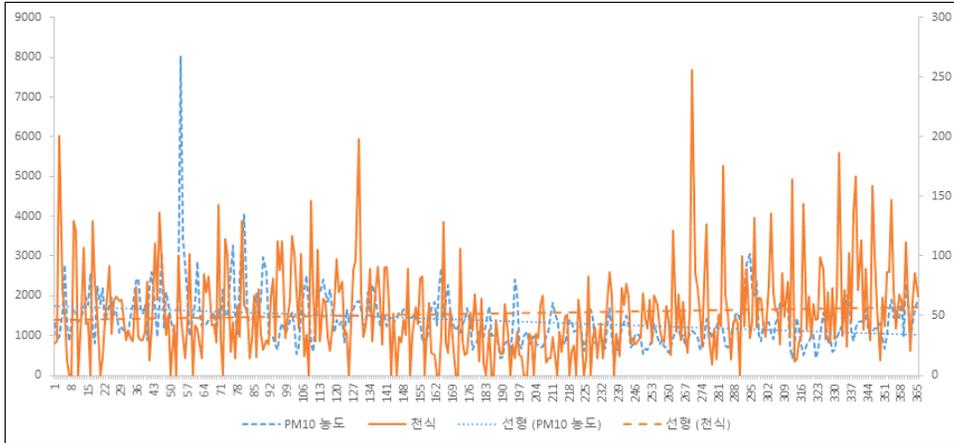


[그림 3-46] PM10 수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)

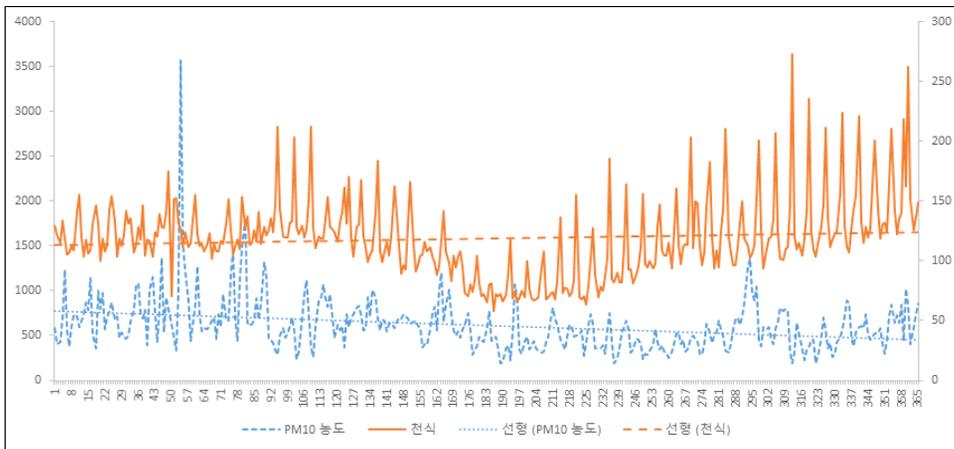


[그림 3-47] PM10 수치에 따른 폐렴 (일별 외래, 100,000건당)

천식으로 인한 입원 건수는 265일째(9월 넷째 주)에 높았고, 외래 진료 건수는 313일째(11월 둘째 주)에 높은 양상을 보여 PM10이 높은 시기와는 다른 양상을 보였다.(그림 3-48, 3-49)

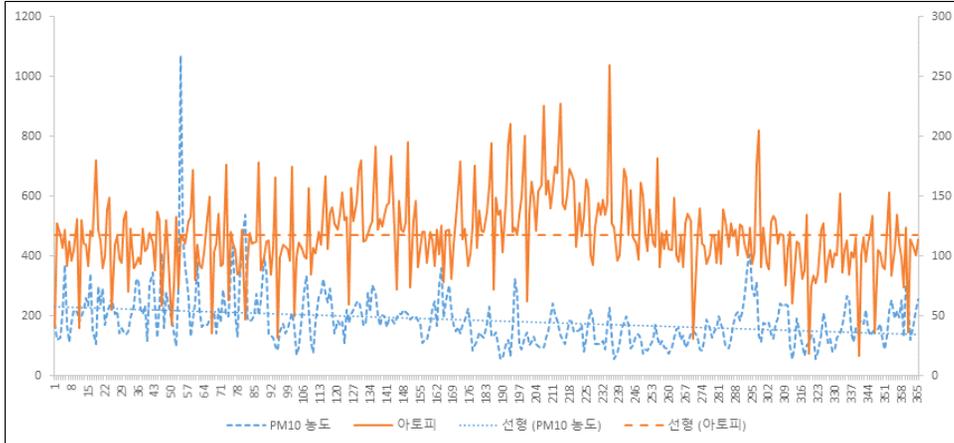


[그림 3-48] PM10 수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)



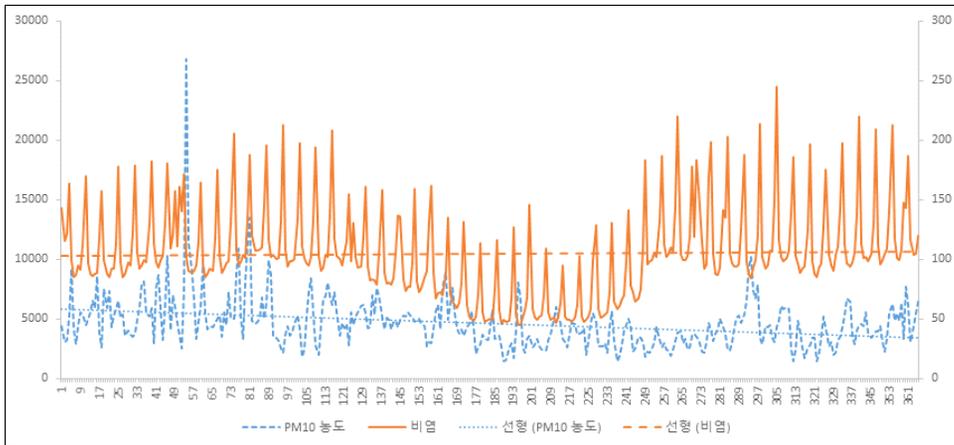
[그림 3-49] PM10 수치에 따른 천식 (일별 외래, 100,000건당)

아토피피부염으로 인한 외래 진료 건수는 233일째(8월 넷째 주)에 높아 PM10이 높은 시기와는 다른 양상을 보였다.(그림 3-50)



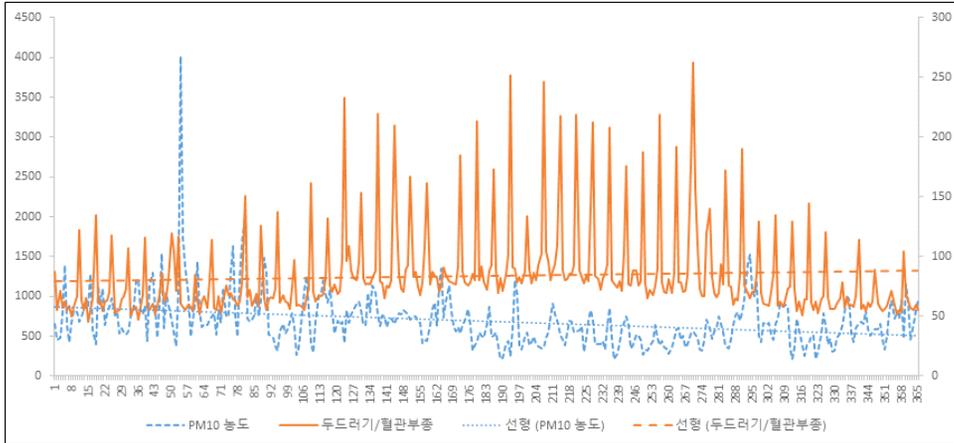
[그림 3-50] PM10 수치에 따른 아토피피부염 (일별 외래, 100,000건당)

비염으로 인한 외래 진료 건수는 89일째(3월 넷째 주)와 297일째(10월 넷째 주)에 높았으며, PM10의 증감 패턴과 비슷한 양상을 보였다.(그림 3-51)



[그림 3-51] PM10 수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)

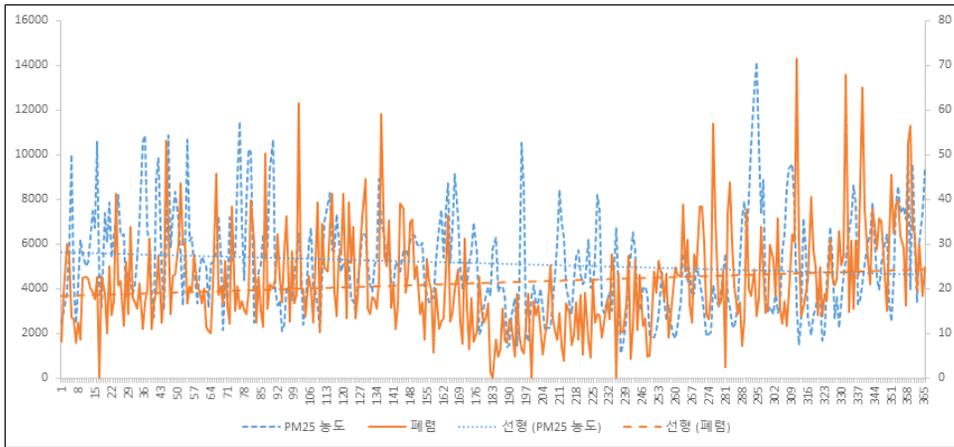
두드러기나 혈관부종으로 인한 외래 진료 건수는 121일째(5월 첫째 주), 193일째(7월 둘째 주)와 265일째(9월 넷째 주)에 높은 양상을 보여 PM10이 높은 시기와는 다른 양상을 보였다.(그림 3-52)



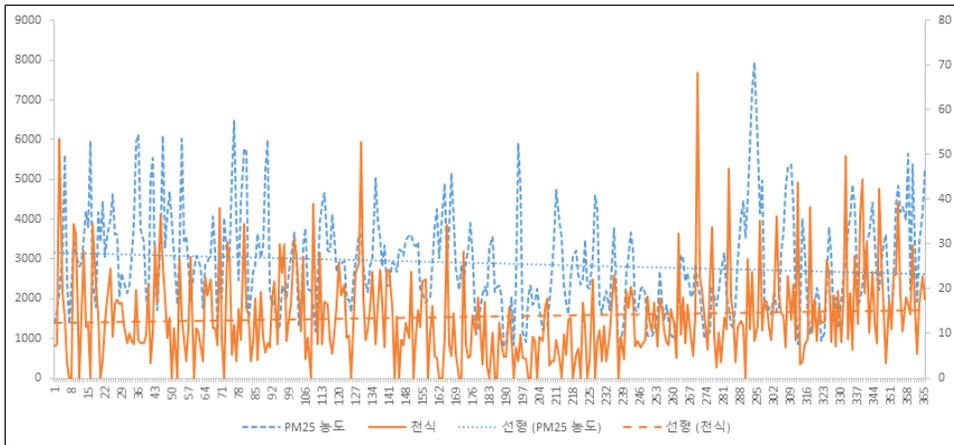
[그림 3-52] PM10 수치에 따른 두드러기/혈관부종 (일별 외래, 100,000건당)

3. PM2.5 수치와 호흡기 질환 및 알레르기 질환의 일별 변화

PM2.5의 일별 수치와 호흡기 감염질환으로 진료를 받은 건수를 2015년 자료를 이용하여 비교하였다. PM2.5의 일별 농도는 71일째(3월 둘째 주)와 288일째(10월 셋째 주)에 봄과 가을에 증가하는 양상을 보였고 폐렴 입원 건수와 천식 입원 건수도 이 시기에 증가하는 양상을 보였다(그림 3-53, 3-54).



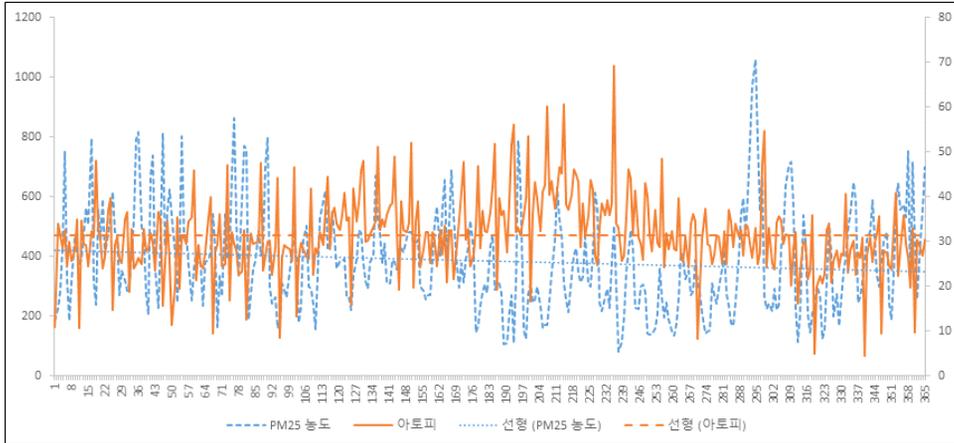
[그림 3-53] PM2.5수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)



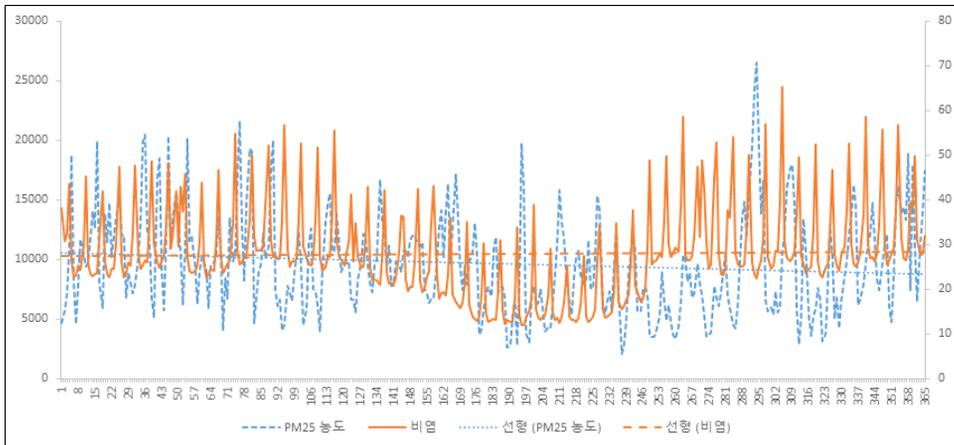
[그림 3-54] PM2.5수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)

아토피피부염으로 인한 외래 진료 건수는 232일째(7월 넷째 주)에 가장 높고 여름에

증가하는 다른 양상을 보였고, 비염 외래 진료 건수는 71일째(3월 둘째 주)와 288일째(10월 셋째 주)에 PM2.5의 증감 양상과 비슷한 양상을 보였다(그림 3-55, 3-56).



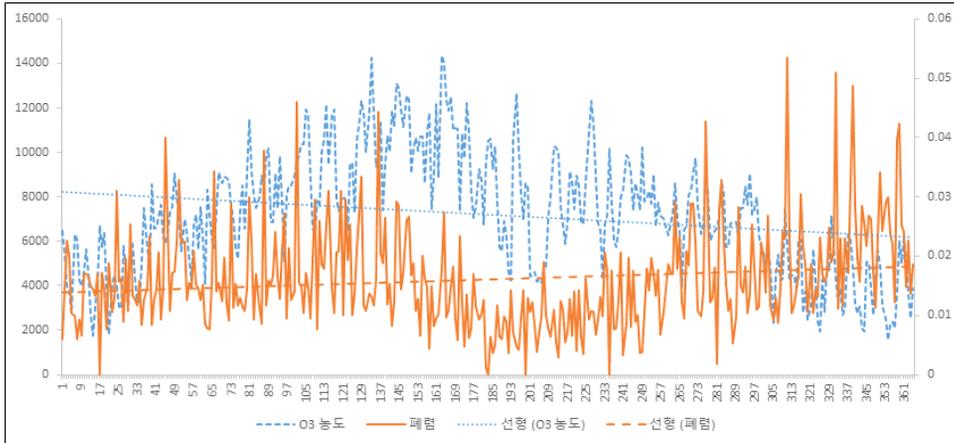
[그림 3-55] PM2.5수치에 따른 아토피피부염 (일별 외래, 100,000건당)



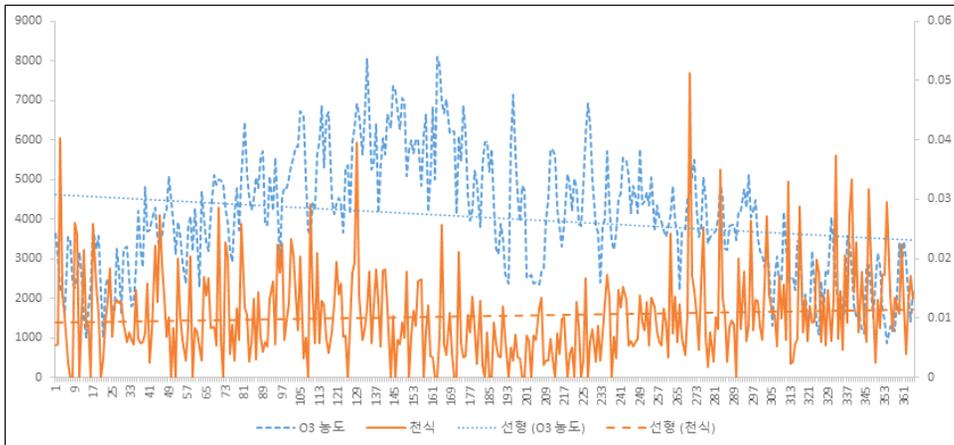
[그림 3-56] PM2.5수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)

4. O3 수치와 호흡기 질환 및 알레르기 질환의 일별 변화

O3의 일별 수치와 호흡기 감염질환으로 진료를 받은 건수를 2015년 자료를 이용하여 비교하였다. O3의 일별 농도는 129일째(5월 둘째 주)와 161일째(6월 둘째 주)에 주로 초여름에 증가하는 양상을 보였고 폐렴 입원 건수와 천식 입원 건수와는 다른 양상을 보였다(그림 3-57, 3-58).

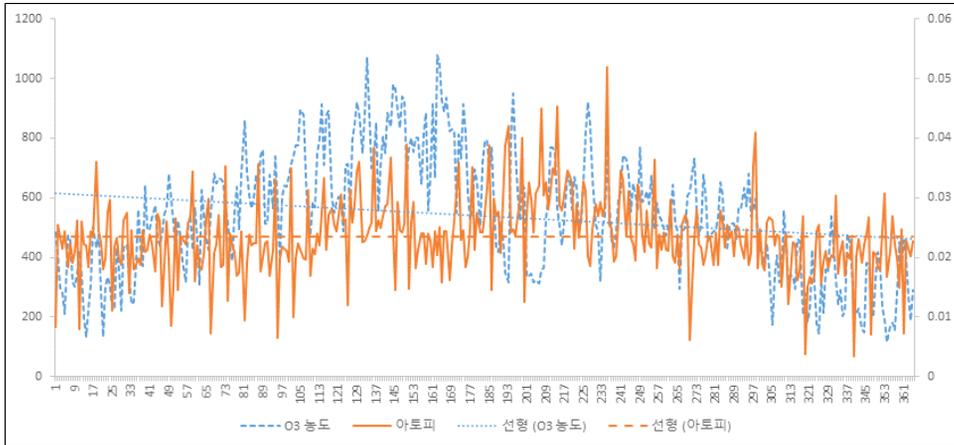


[그림 3-57] O3 수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)



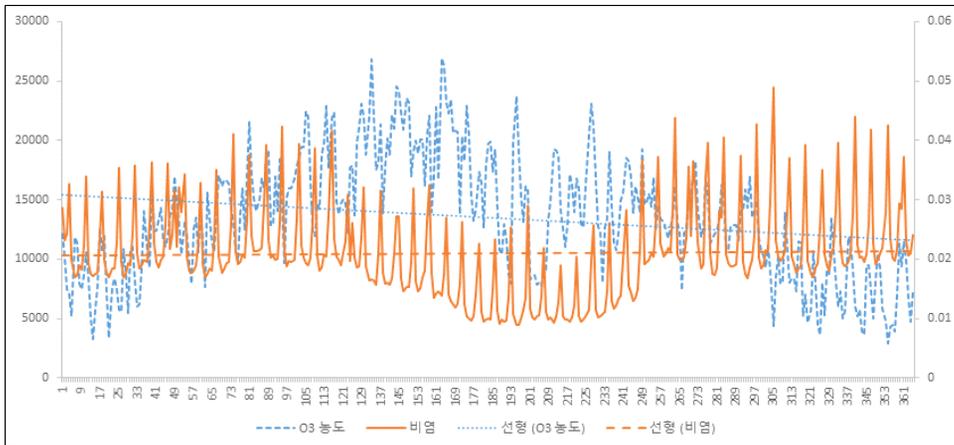
[그림 3-58] O3 수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)

아토피피부염으로 인한 외래 진료 건수는 232일째(7월 넷째 주)에 가장 높고 늦여름에 증가하는 다른 양상을 보였다(그림 3-59).



[그림 3-59] O3 수치에 따른 아토피피부염 (일별 외래, 100,000건당)

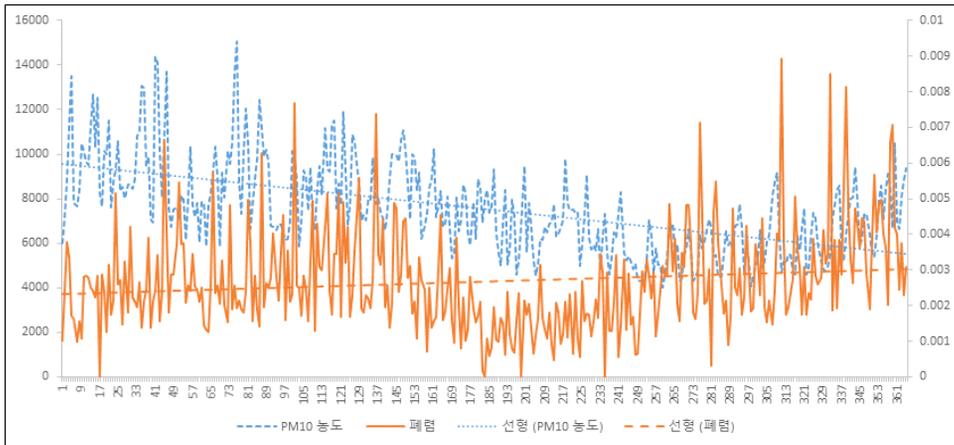
비염 외래 진료 건수는 O3 증감 양상과 엇갈리는 양상을 보였다(그림 3-60).



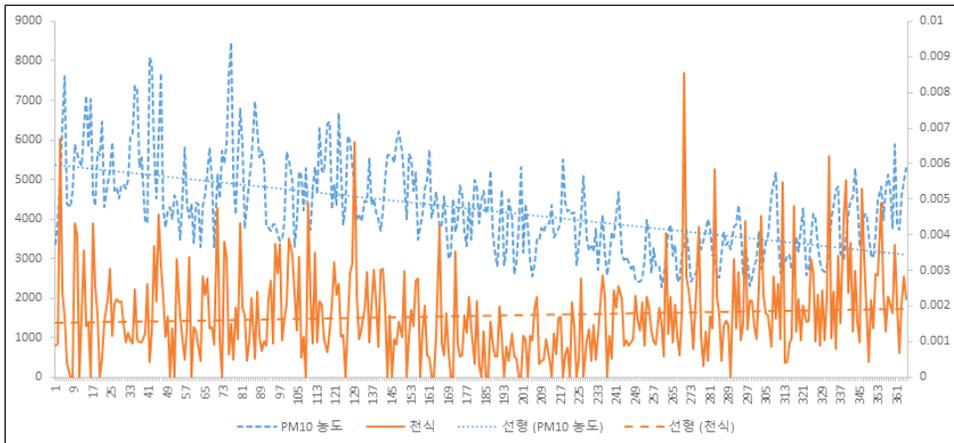
[그림 3-60] O3 수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)

5. SO2 수치와 호흡기 질환 및 알레르기 질환의 일별 변화

SO2의 일별 수치와 호흡기 감염질환으로 진료를 받은 건수를 2015년 자료를 이용하여 비교하였다. SO2의 일별 농도는 73일째(3월 둘째 주)와 33일째(2월 첫째 주)에 주로 겨울에 증가하는 양상을 보였고 폐렴 입원 건수와 천식 입원 건수와는 다른 양상을 보였다(그림 3-61, 3-62).

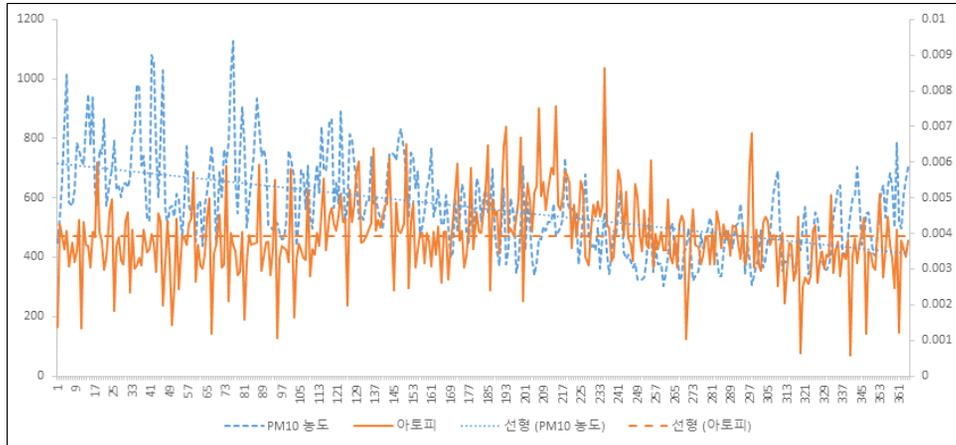


[그림 3-61] SO2 수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)

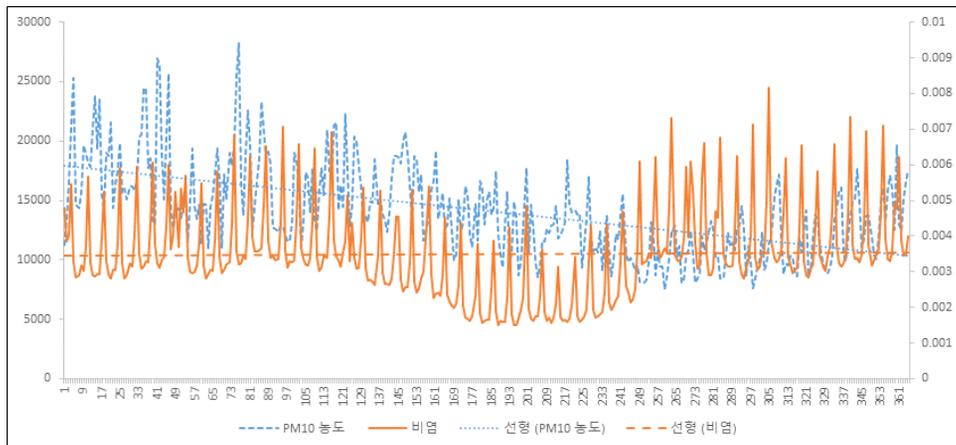


[그림 3-62] SO2 수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)

아토피피부염으로 인한 외래 진료 건수는 SO₂의 증감과 다른 양상을 보였고, 비염 외래 진료 건수도 SO₂ 증감 양상은 겨울에 비슷한 양상을 보였다(그림 3-63, 3-64).



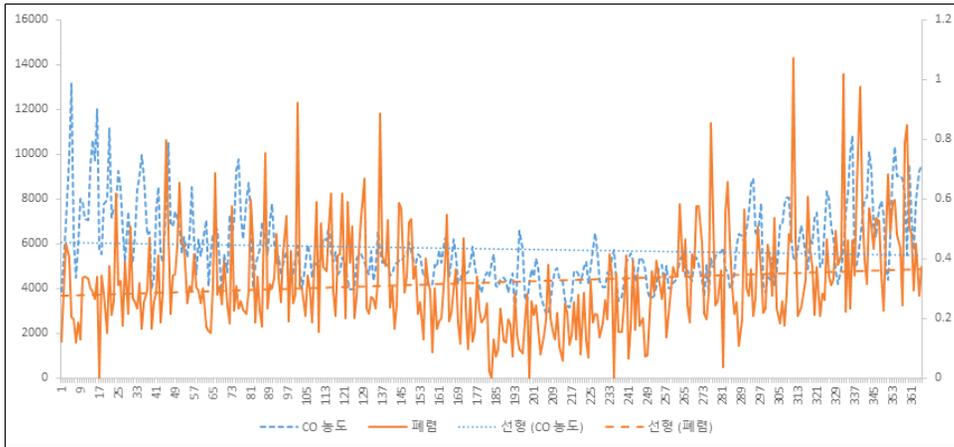
[그림 3-63] SO₂ 수치에 따른 아토피피부염 (일별 외래, 100,000건당)



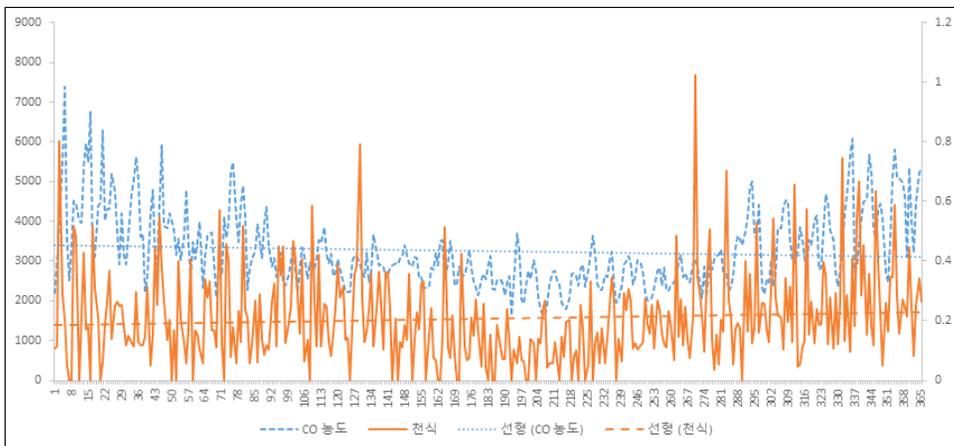
[그림 3-64] SO₂ 수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)

6. CO 수치와 호흡기 질환 및 알레르기 질환의 일별 변화

CO의 일별 수치와 호흡기 감염질환으로 진료를 받은 건수를 2015년 자료를 이용하여 비교하였다. CO의 일별 농도는 3일째(1월 첫째 주)에 주로 겨울에 증가하는 양상을 보였고 폐렴 입원 건수와 천식 입원 건수와는 다른 양상을 보였다(그림 3-65, 3-66).

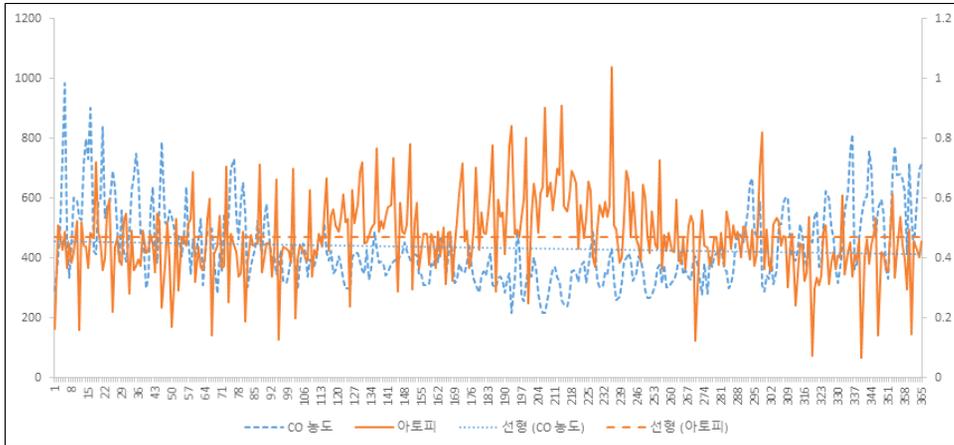


[그림 3-65] CO 수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)

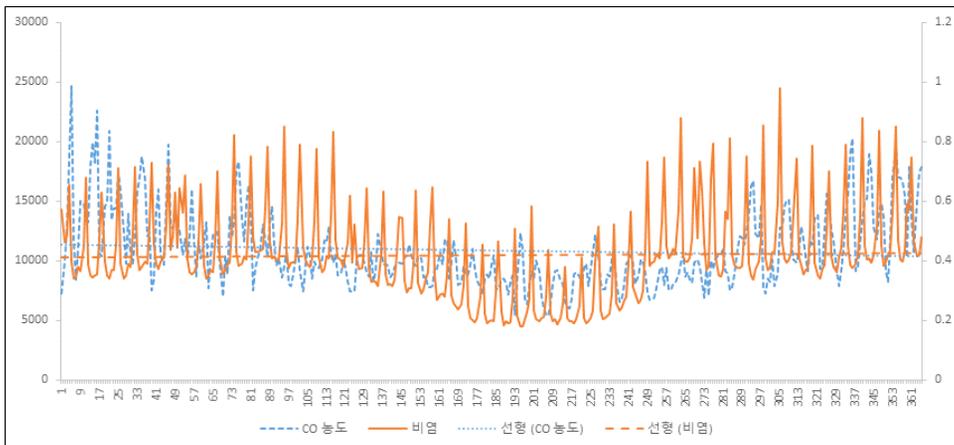


[그림 3-66] CO 수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)

아토피피부염으로 인한 외래 진료 건수는 SO₂의 증감과 역의 관계를 보였고, 비염 외래 진료 건수는 CO의 증감 양상과 비슷한 양상을 보였다(그림 69, 70).



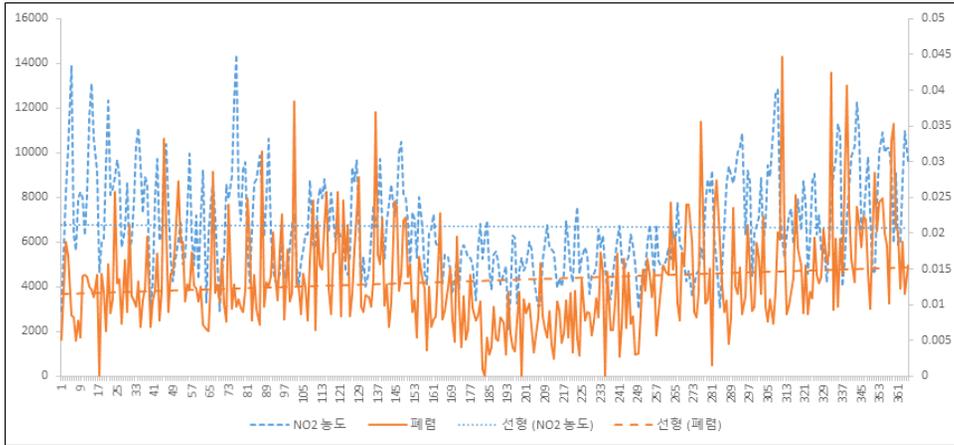
[그림 3-67] CO 수치에 따른 아토피피부염 (일별 외래, 100,000건당)



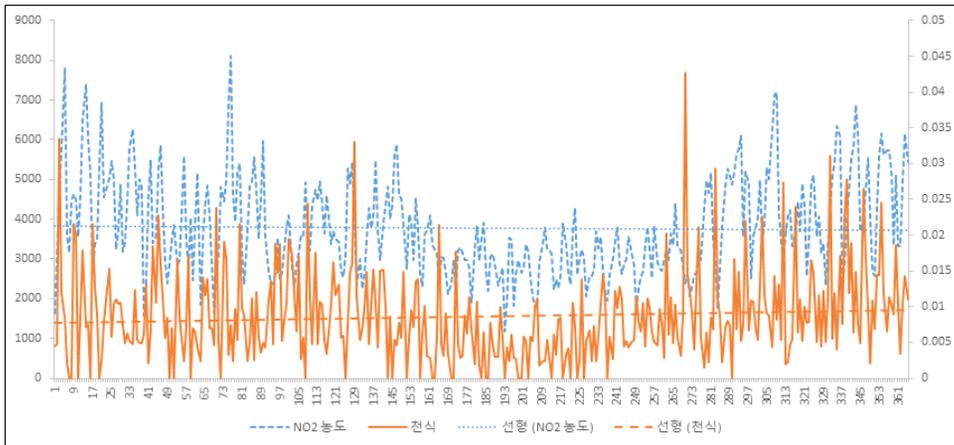
[그림 3-68] CO 수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)

7. NO2 수치와 호흡기 질환 및 알레르기 질환의 일별 변화

NO2의 일별 수치와 호흡기 감염질환으로 진료를 받은 건수를 2015년 자료를 이용하여 비교하였다. NO2의 일별 농도는 73일째(3월 둘째 주)와 305일째(11월 첫째 주)에 봄과 가을에 증가하는 양상을 보였고 폐렴 입원 건수와 천식 입원 건수와 비슷한 양상을 보였다(그림 3-69, 3-70).

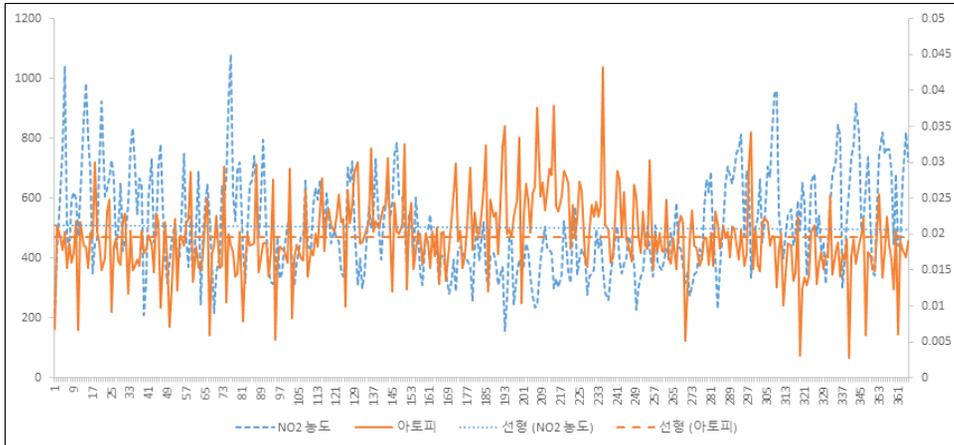


[그림 3-69] NO2 수치에 따른 폐렴 (일별 입원, 100,000건당)

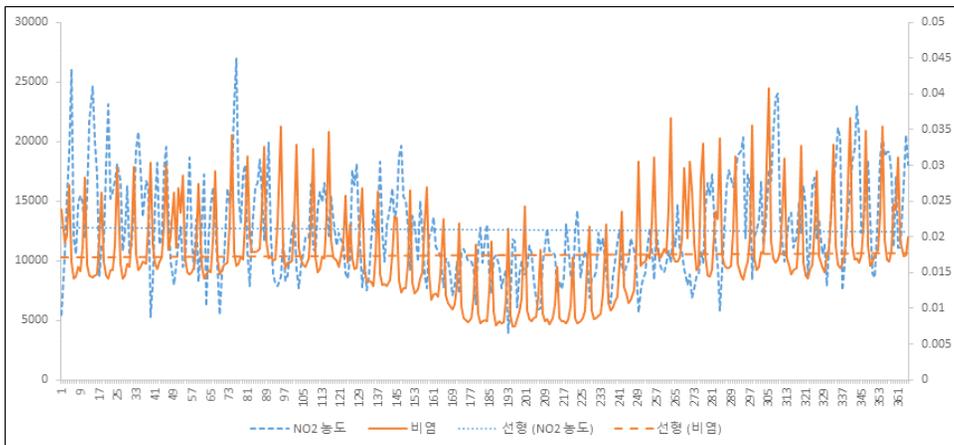


[그림 3-70] NO2 수치에 따른 천식 (일별 입원, 100,000건당)

아토피피부염으로 인한 외래 진료 건수는 NO2의 증감과 역의 관계를 보였고, 비염 외래 진료 건수는 CO의 증감 양상과 비슷한 양상을 보였다(그림 3-71, 3-72).



[그림 3-71] NO2 수치에 따른 아토피피부염 (일별 외래, 100,000건당)



[그림 3-72] NO2 수치에 따른 비염 (일별 외래, 100,000건당)

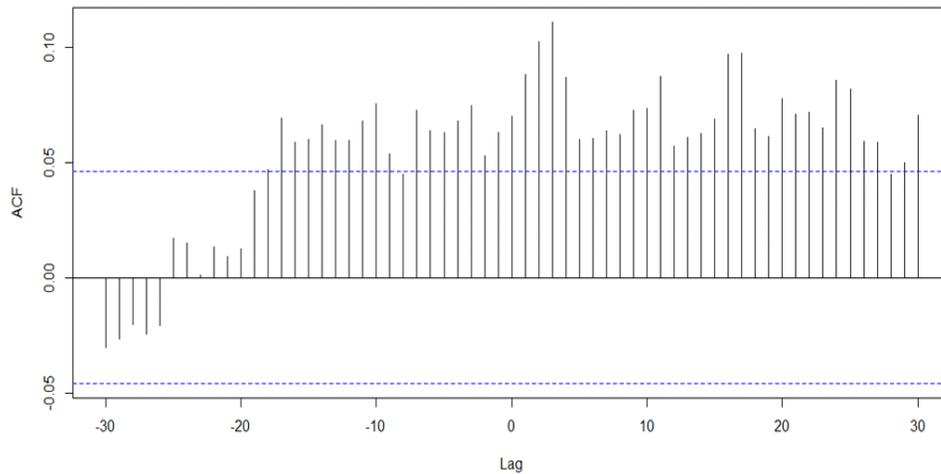
제3절 시간차 분석

1. 꽃가루 수치와 호흡기 질환 및 알레르기 질환 입원/외래 시간차 분석

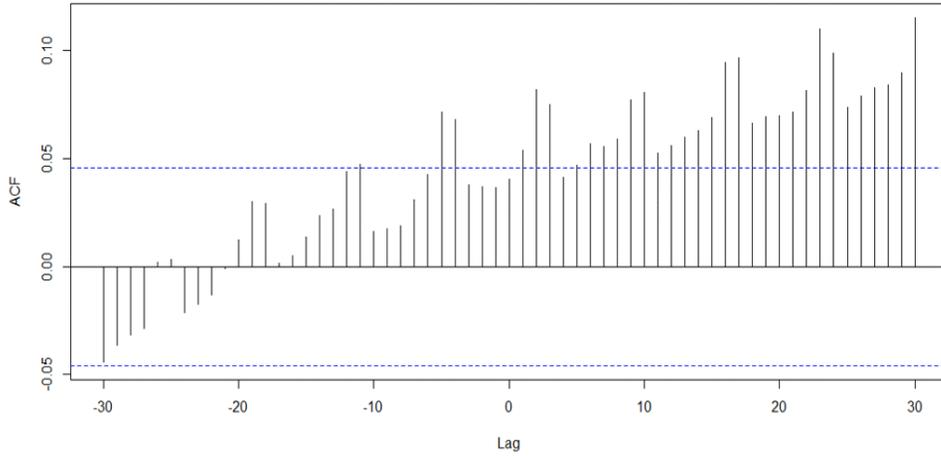
꽃가루 농도와 일반 호흡기 감염질환으로 입원한 건수에 영향을 주는 시간을 일차별로 시간차 분석을 하였고 3일후 꽃가루 수치가 일반호흡기 감염으로 입원한 건수와 높은 상관관계를 보였으며, 외래 진료한 건수도 진료 후의 꽃가루 수치와 상관관계가 높은 것으로 나타났다.(그림 3-53, 3-74)

<표 3-2> Cross-correlation graph legend (꽃가루)

Lag	꽃가루 수치의 시간차
ACF	상관관계
p-value	상관관계가 가장 높은 시간차의 p값

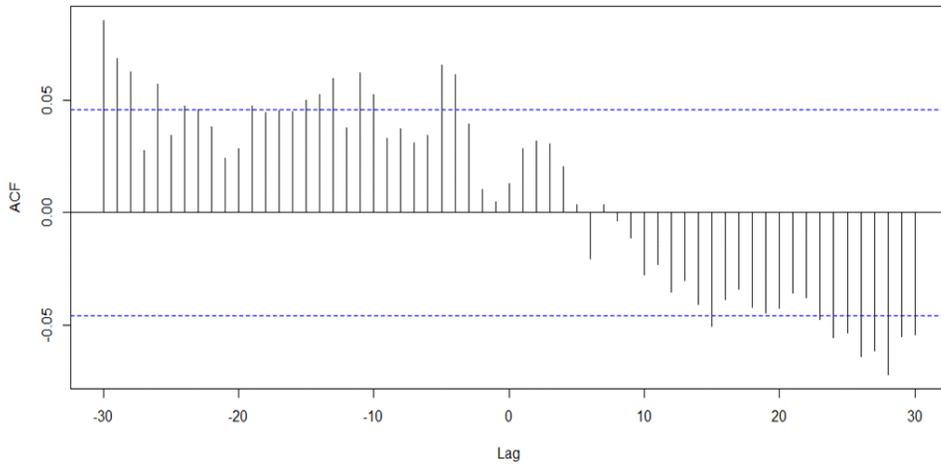


[그림 3-73] 꽃가루 수치와 일반호흡기 감염 입원의 시간차 분석 ($p < .0001$)



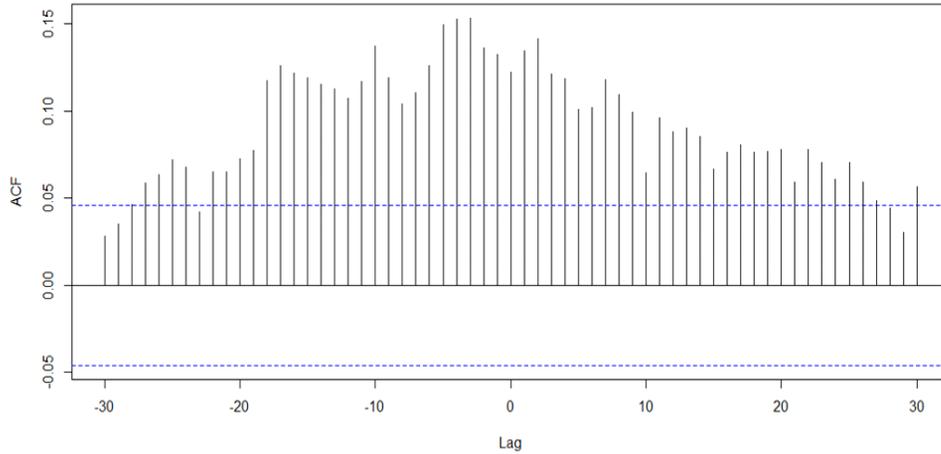
[그림 3-74] 꽃가루 수치와 일반호흡기 감염 외래의 시간차 분석 ($p < 0.0001$)

중증 호흡기 감염으로 입원한 건수는 30일 전의 꽃가루 수치와 높은 상관관계를 보였다.(그림 3-75)

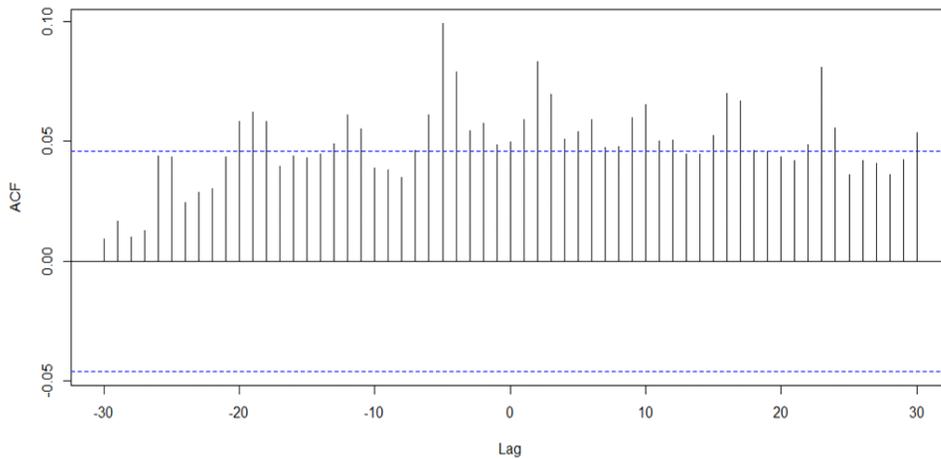


[그림 3-75] 꽃가루 수치와 중증호흡기 감염 입원의 시간차 분석 ($p = 0.0003$)

폐렴으로 입원한 건수의 경우 3일 전의 꽃가루 수치와 상관관계가 높았으며, 외래 진료 건수는 7일 전이 높은 것으로 나타났다.(그림 3-76, 3-77)

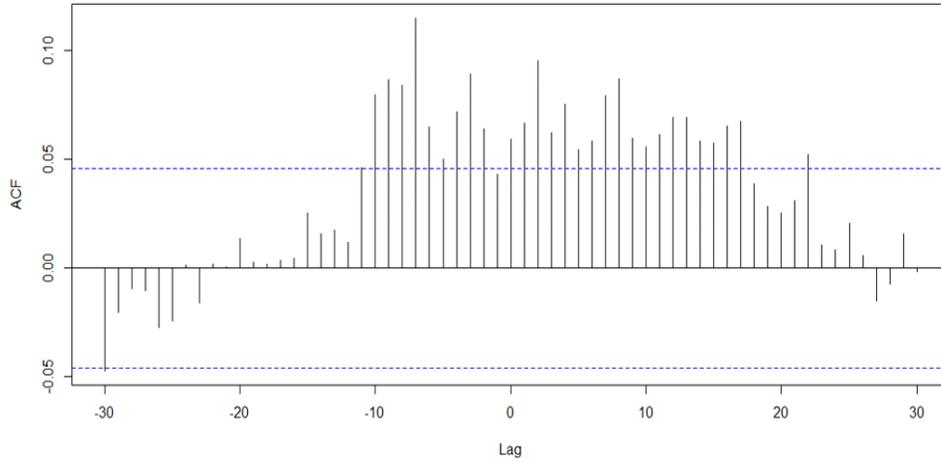


[그림 3-76] 꽃가루 수치와 폐렴 입원의 시간차 분석 ($p < .0001$)

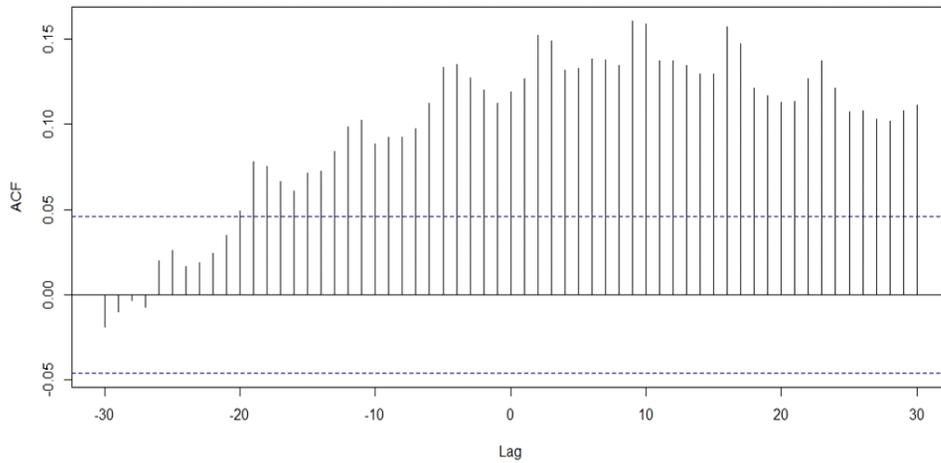


[그림 3-77] 꽃가루 수치와 폐렴 외래의 시간차 분석 ($p < .0001$)

천식으로 입원한 건수도 7일전 꽃가루 수치와 높은 상관관계를 보였고, 외래 진료 건수는 9일 후에 높다가 이후 감소하는 양상을 보였다.(그림 3-78, 3-79)

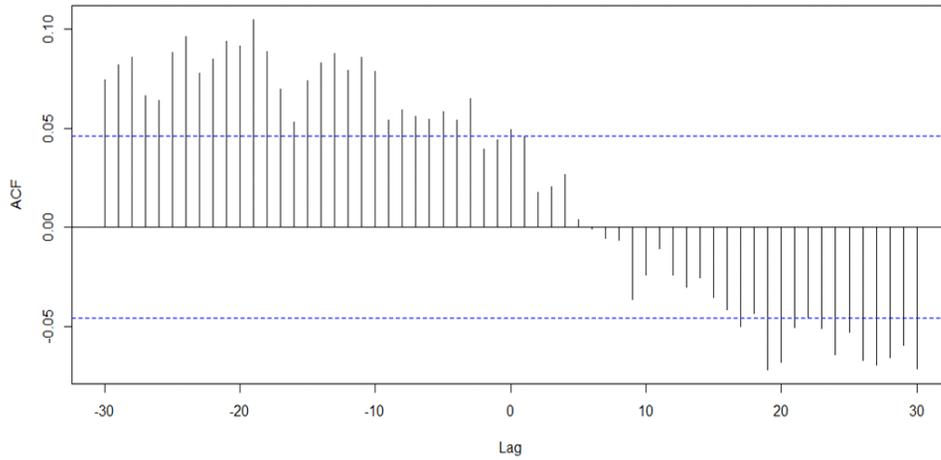


[그림 3-78] 꽃가루 수치와 천식 입원의 시간차 분석 ($p < .0001$)

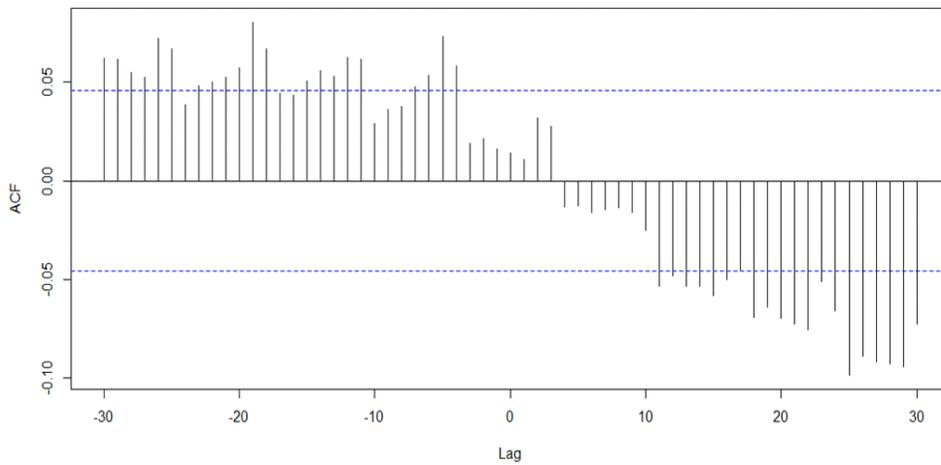


[그림 3-79] 꽃가루 수치와 천식 외래의 시간차 분석 ($p < .0001$)

아토피 피부염으로 외래 진료한 건수와 두드러기나 혈관부종으로 외래 진료를 받은 건수는 19일 전의 꽃가루 수치와 높은 상관관계를 보였다.(그림 3-80, 3-81)

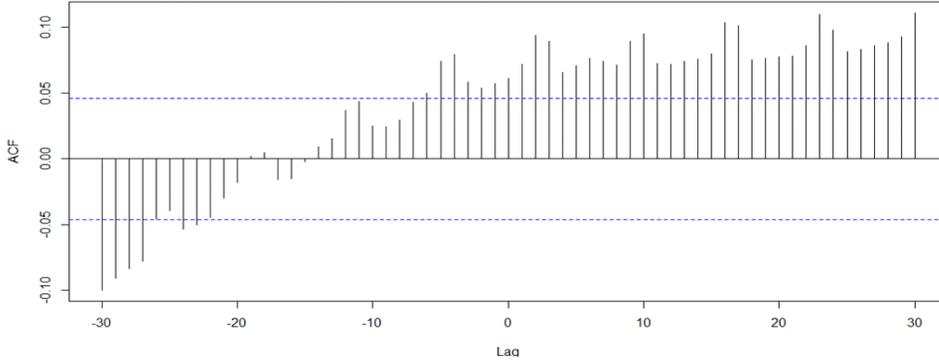


[그림 3-80] 꽃가루 수치와 아토피 외래의 시간차 분석 ($p < .0001$)



[그림 3-81] 꽃가루 수치와 두드러기/혈관부종 외래의 시간차 분석 ($p = 0.0005$)

비염으로 외래 진료를 받은 건수는 진료 후의 꽃가루 수치와 높은 상관관계를 보였다.
(그림 3-82)



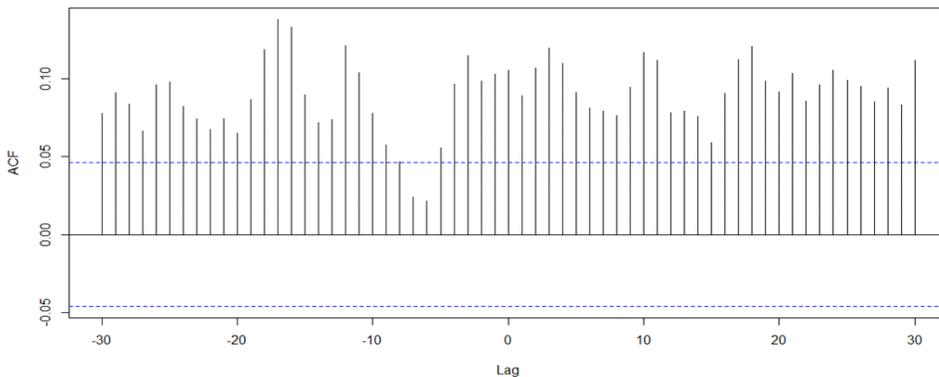
[그림 3-82] 꽃가루 수치와 비염 외래의 시간차 분석 ($p < .0001$)

2. PM10 수치와 호흡기 질환 및 알레르기 질환 입원/외래 시간차 분석

PM10 농도와 일반 호흡기 감염질환으로 입원한 건수에 영향을 주는 시간을 일자별로 시간차 분석을 하였고 17일 전의 PM10 농도와 높은 상관관계를 보였다.(그림 3-83)

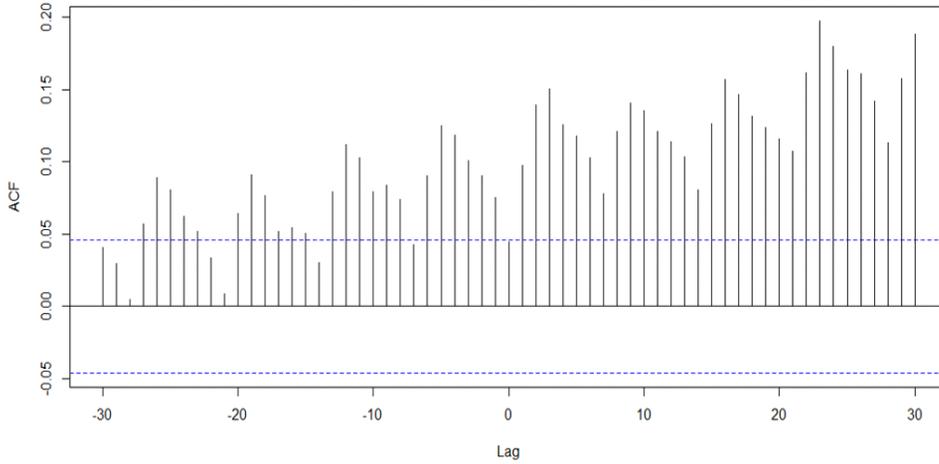
<표 3-3> Cross-correlation graph legend (PM10)

Lag	PM10 수치의 시간차
ACF	상관관계
p-value	상관관계가 가장 높은 시간차의 p값



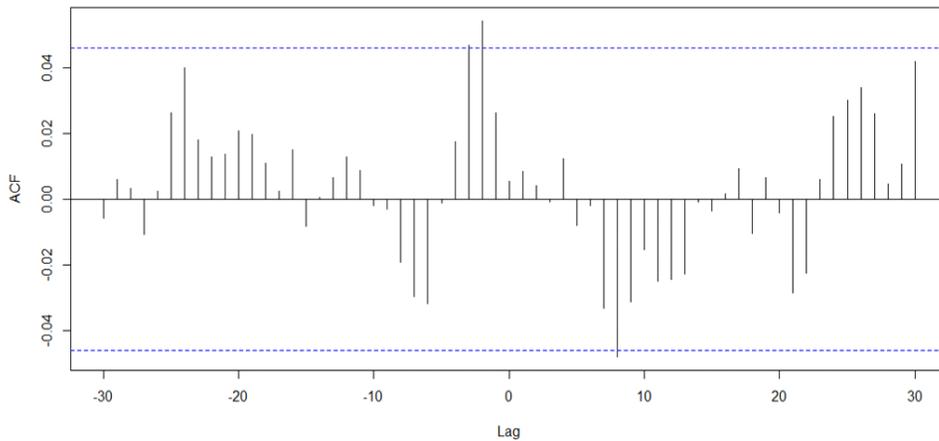
[그림 3-83] PM10 수치와 일반호흡기감염 입원의 시간차 분석 ($p < .0001$)

일반 호흡기 감염으로 외래 진료를 받은 건수는 진료 후의 PM10 수치와 높은 상관관계를 보였다.(그림 3-84)



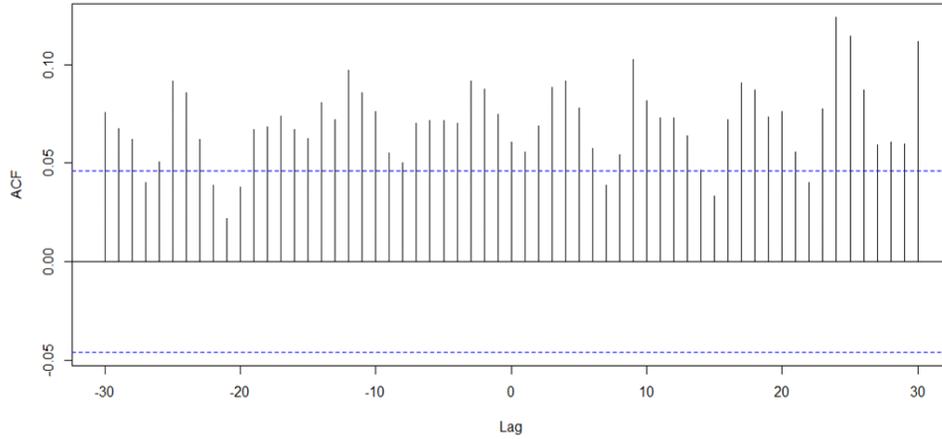
[그림 3-84] PM10 수치와 일반호흡기감염 외래의 시간차 분석 ($p<.0001$)

중증 호흡기 감염으로 입원한 건수는 2일 전의 PM10 수치와 높은 상관관계를 보였다.(그림 3-85)



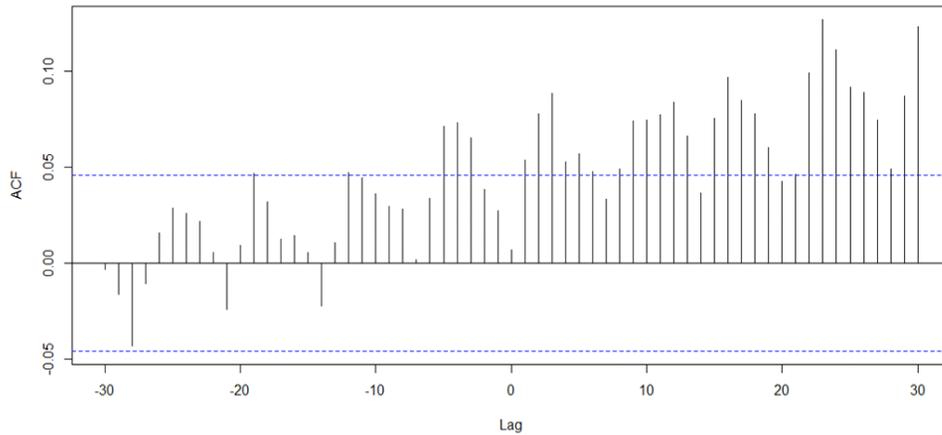
[그림 3-85] PM10 수치와 중증호흡기감염 입원의 시간차 분석 ($p=0.0207$)

폐렴으로 입원한 건수는 진료 후의 PM10 수치와 더 높은 상관관계를 보였다. (그림 3-86)



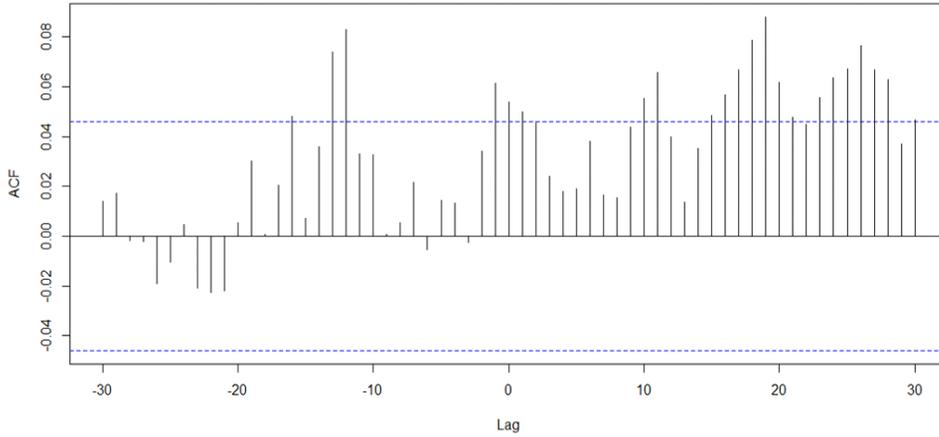
[그림 3-86] PM10수치와 폐렴 입원의 시간차 분석 ($p < .0001$)

폐렴으로 외래 진료를 받은 건수도 진료 후의 PM10 수치와 높은 상관관계를 보였다. (그림 3-87)

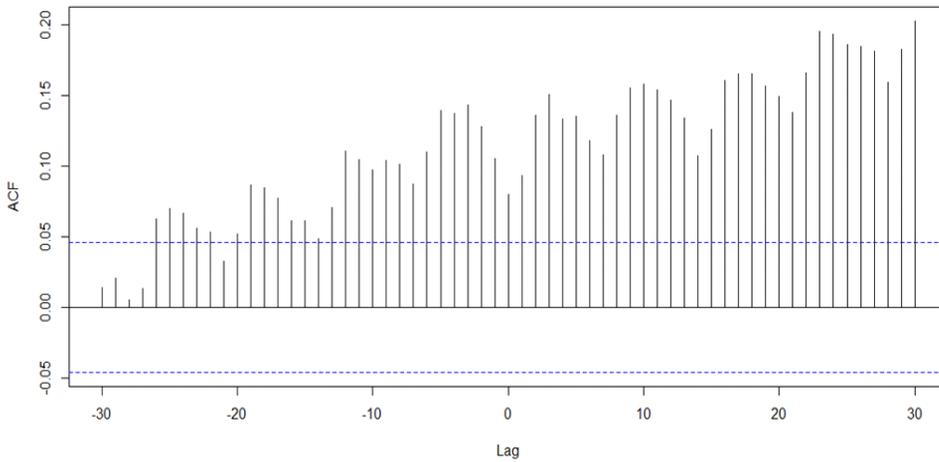


[그림 3-87] PM10수치와 폐렴 외래의 시간차 분석 ($p < .0001$)

천식으로 입원한 건수의 경우에는 12일 전의 PM10 수치와 높은 상관관계를 보였고, 외래 진료를 받은 건수는 진료 후의 꽃가루 수치와 높은 상관관계를 보였다. (그림 3-88, 3-89)

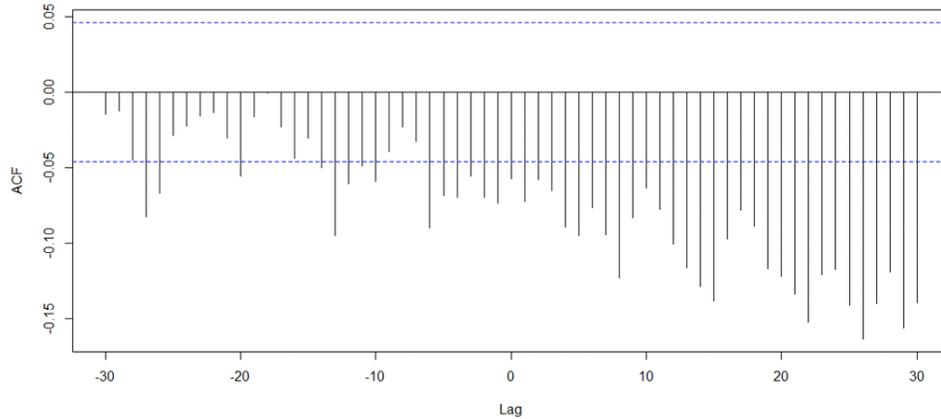


[그림 3-88] PM10수치와 천식 입원의 시간차 분석 ($p=0.0002$)



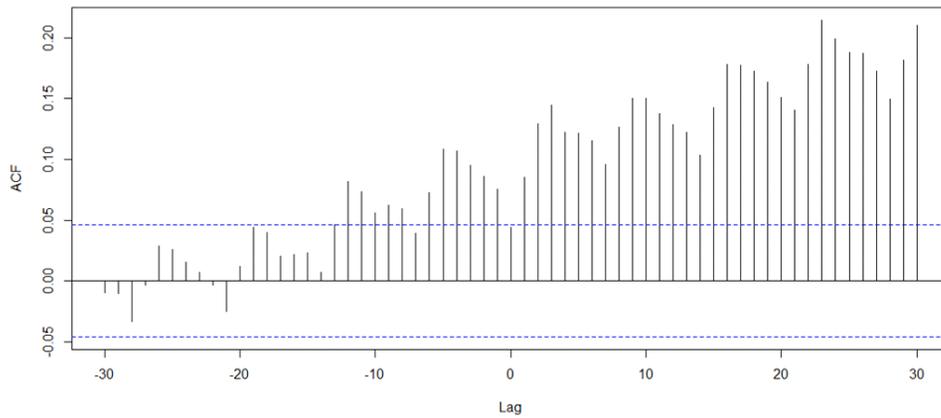
[그림 3-89] PM10수치와 천식 외래의 시간차 분석 ($p<.0001$)

아토피 피부염으로 외래 진료한 건수는 오히려 시간이 지날수록 역의 관계를 보였다.
(그림 3-90)



[그림 3-90] PM10수치와 아토피 외래의 시간차 분석 ($p < .0001$)

비염으로 외래 진료를 받은 건수는 진료 후의 PM10 수치와 높은 상관관계를 보였다.
(그림 3-91)

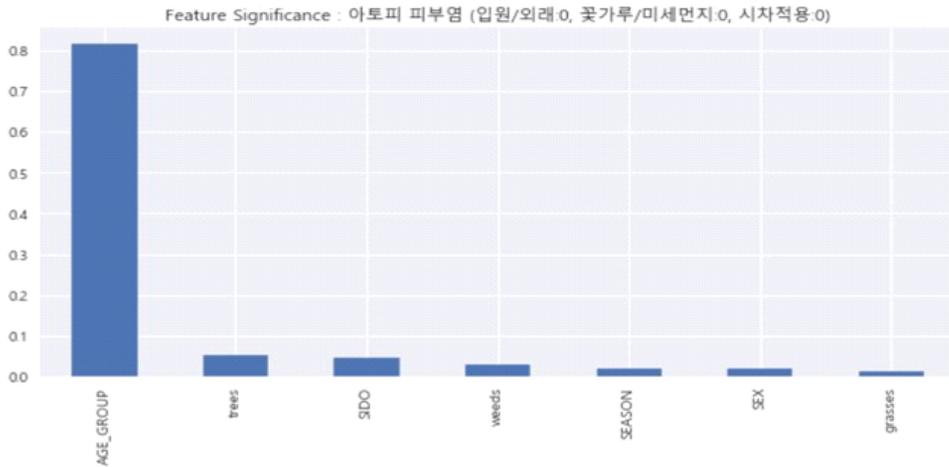


[그림 3-91] PM10수치와 비염 외래의 시간차 분석 ($p < .0001$)

제4절 인공지능 알고리즘 분석

1. 꽃가루와 아토피 피부염 발병예측

아토피 피부염 발병예측에 미치는 인자의 중요도는 연령이 가장 높았고 수목 꽃가루(tree pollen), 잡초 꽃가루(weed pollen), 잔디 꽃가루(grass pollen)순이었다.(그림 3-92), 아토피 피부염 발병예측 성능은 AUC가 0.734이었다.(표 3-4)



[그림 3-92] 아토피피부염 발병예측에 미치는 꽃가루 인자의 중요도 비교

<표 3-4> 아토피피부염 발병예측 성능 분석(꽃가루 인자)

```

=== 아토피 피부염 (입원/외래:0, 꽃가루/미세먼지:0, 시차적용:0) =====
=== Modeling : RandomForestClassifier ===
Accuracy Score : 0.7342920567512788
AUC Score : 0.73436711096001
<Confusion Matrix>
[[3877 1281]
 [1472 3731]]
<Classification Report>
      precision    recall  f1-score   support

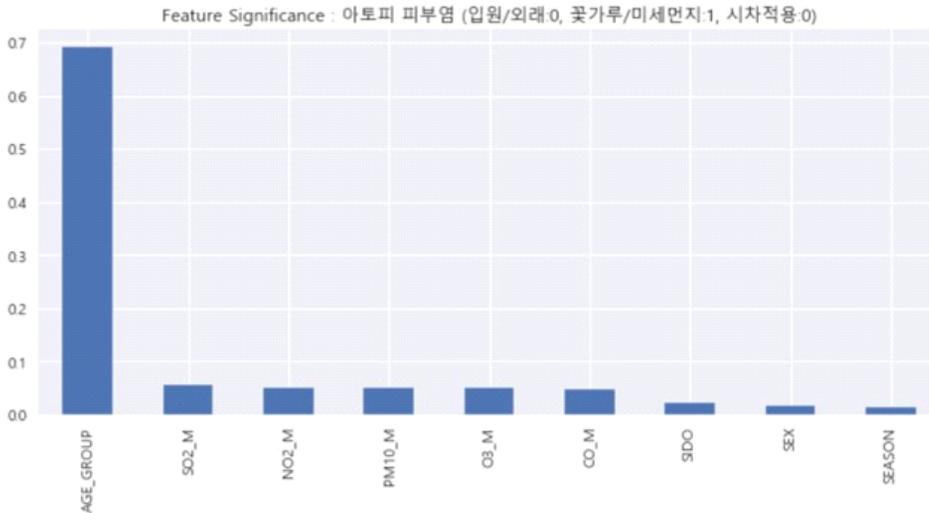
     0       0.74      0.72      0.73       5203
     1       0.72      0.75      0.74       5158

   micro avg       0.73      0.73      0.73      10361
   macro avg       0.73      0.73      0.73      10361
  weighted avg       0.73      0.73      0.73      10361

<f1 score>
0.7379842010088513
    
```

2. 대기환경과 아토피 피부염 발병예측

아토피 피부염 외래 진료 데이터를 기준으로 발병예측에 미치는 대기환경인자의 중요도는 SO₂, NO₂, PM₁₀ 순이었다.(그림 3-93), 아토피 피부염 발병예측 성능은 AUC가 0.738이었다.(표 3-5)



[그림 3-93] 아토피피부염 발병예측에 미치는 대기환경인자의 중요도 비교

<표 3-5> 아토피피부염 발병예측 성능 분석(대기환경 인자)

```

=== 아토피 피부염 (입원/외래:0, 꽃가루/미세먼지:1, 시차적용:0) =====
=== Modeling : RandomForestClassifier ===
Accuracy Score : 0.7376701090628318
AUC Score : 0.7377255247721864
<Confusion Matrix>
[[3871 1287]
 [1431 3772]]
<Classification Report>
              precision    recall  f1-score   support

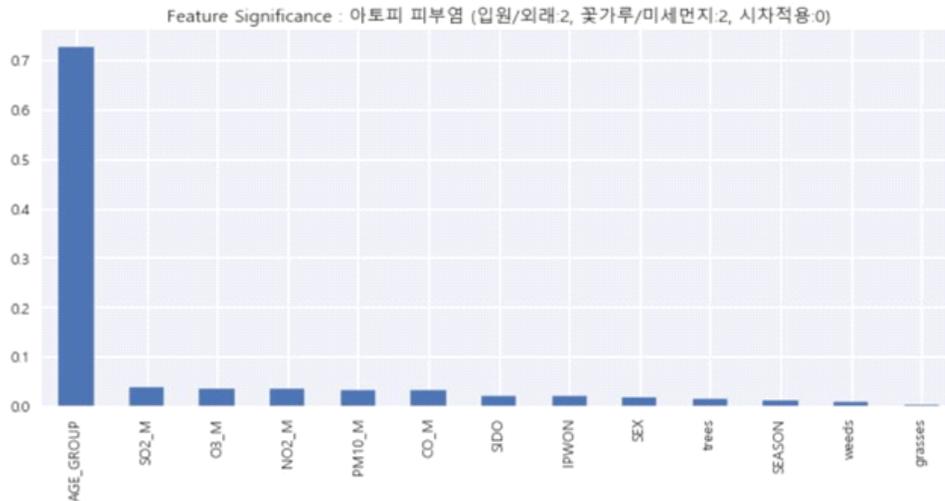
     0       0.75         0.72         0.74         5203
     1       0.73         0.75         0.74         5158

   micro avg       0.74         0.74         0.74        10361
   macro avg       0.74         0.74         0.74        10361
  weighted avg       0.74         0.74         0.74        10361

<f1 score>
0.7401529636711282
    
```

3. 대기환경과 꽃가루의 아토피 피부염 발병예측

아토피 피부염 외래 진료 데이터를 기준으로 해당 질환 발병에 미치는 인자를 대기환경과 꽃가루를 모두 포함하여 비교해 보았을 때 대기환경은 SO₂, O₃, NO₂, PM₁₀ 순이었고 꽃가루(tree, weed, grass pollen)는 상대적으로 중요도가 낮았다.(그림 3-94), 아토피 외래 진료에 대한 예측 성능은 AUC가 0.736이었다.(표 3-6)



[그림 3-94] 아토피피부염 발병에 미치는 대기환경과 꽃가루 인자의 중요도 비교

<표 3-6> 아토피피부염 발병예측 성능 분석(대기환경 및 꽃가루 인자)

```

=== 아토피 피부염 (입원/외래:2, 꽃가루/미세먼지:2, 시차적용:0) =====
=== Modeling : RandomForestClassifier ===
Accuracy Score : 0.7358363092365602
AUC Score : 0.7358904327647642
<Confusion Matrix>
[[3860 1298]
 [1439 3764]]
<Classification Report>
              precision    recall  f1-score   support

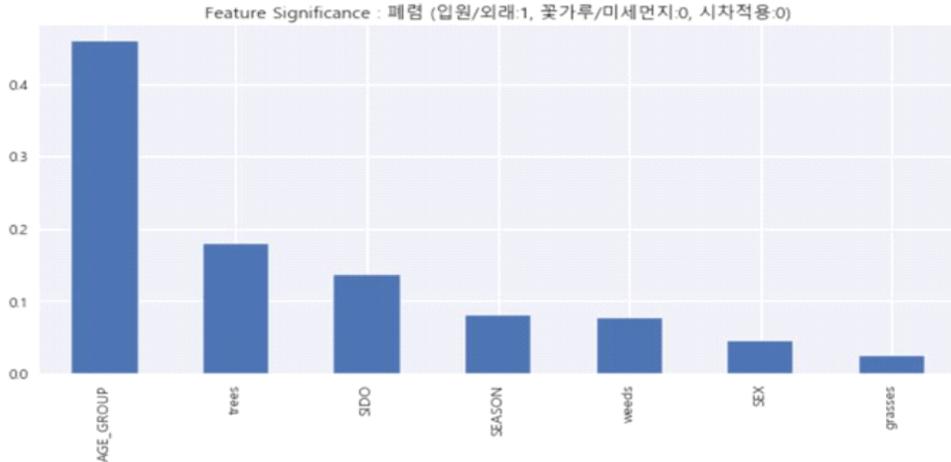
     0       0.74         0.72         0.73         5203
     1       0.73         0.75         0.74         5158

   micro avg       0.74         0.74         0.74        10361
   macro avg       0.74         0.74         0.74        10361
  weighted avg       0.74         0.74         0.74        10361

<f1 score>
0.7382614516591757
    
```

4. 꽃가루와 폐렴 발병예측

폐렴 입원 데이터를 바탕으로 발병예측 성능에 미치는 인자는 연령과 수목, 잡초, 잔디 꽃가루 순이었다(그림 3-95). 폐렴 발병예측 성능은 AUC가 0.691이었다.(표 3-7)



[그림 3-95] 폐렴 입원환자 발병예측 성능에 미치는 꽃가루 인자의 중요도 비교

<표 3-7> 폐렴 발병 예측 성능 분석(꽃가루 인자)

```

=== 폐렴 (입원/외래:1, 꽃가루/미세먼지:0, 시차적용:0) =====

=== Modeling : RandomForestClassifier ===
Accuracy Score : 0.6915584415584416
AUC Score : 0.6910425101214576
<Confusion Matrix>
[[114 42]
 [ 53 99]]
<Classification Report>
              precision    recall  f1-score   support

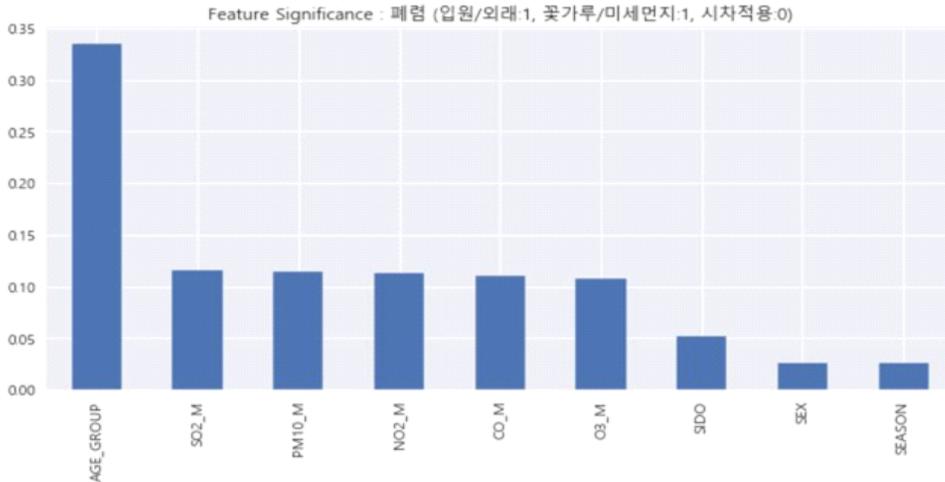
     0       0.70      0.65      0.68       152
     1       0.68      0.73      0.71       156

   micro avg       0.69      0.69      0.69       308
   macro avg       0.69      0.69      0.69       308
  weighted avg       0.69      0.69      0.69       308

<f1 score>
0.7058823529411765
    
```

5. 대기환경과 폐렴 발병예측 성능

폐렴 입원 데이터를 바탕으로 발병예측 성능에 미치는 인자는 연령과 SO₂, PM₁₀, NO₂, CO, O₃ 순이었다(그림 3-96), 폐렴에 대한 발병예측 성능은 AUC가 0.702이었다. (표 3-8)



[그림 3-96] 폐렴 입원환자 기준 발병예측 성능에 미치는 대기환경 인자의 중요도 비교

<표 3-8> 폐렴 발병예측 성능 분석(대기환경 인자)

```

=== 폐렴 (입원/외래:1, 꽃가루/미세먼지:1, 시차적용:0) =====
=== Modeling : RandomForestClassifier ===
Accuracy Score : 0.7012987012987013
AUC Score : 0.7018387314439946
<Confusion Matrix>
[[103  53]
 [ 39 113]]
<Classification Report>
              precision    recall  f1-score   support

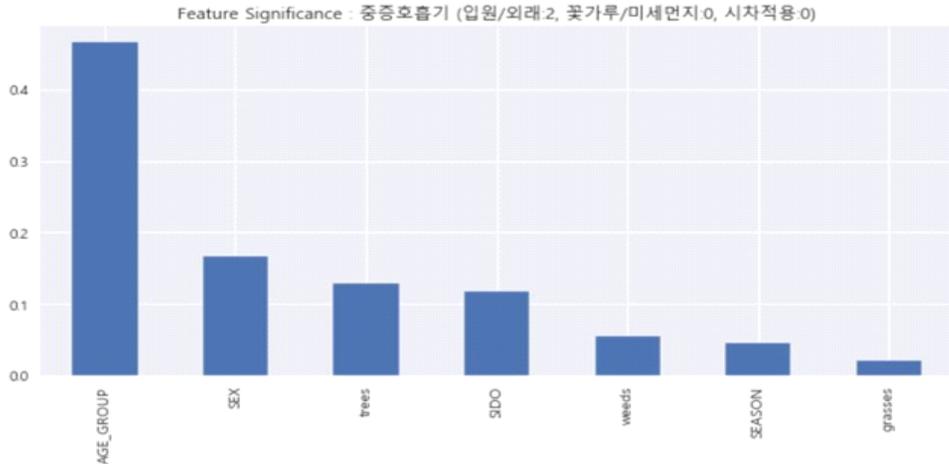
     0           0.68       0.74       0.71         152
     1           0.73       0.66       0.69         156

   micro avg       0.70       0.70       0.70         308
   macro avg       0.70       0.70       0.70         308
  weighted avg       0.70       0.70       0.70         308

<f1 score>
0.6912751677852349
    
```

6. 꽃가루와 중증 호흡기 질환 발병예측

중증 호흡기 질환 발병예측에 미치는 인자 중요도는 성별과 tree pollen, weed pollen, grass pollen 순이었다(그림 3-97), 중증 호흡기 질환에 대한 발병예측 성능은 AUC가 0.714이었다.(표 3-9)



[그림 3-97] 중증호흡기질환 발병예측에 미치는 꽃가루 인자의 중요도 비교

<표 3-9> 중증호흡기질환 발병예측 성능 분석(꽃가루 인자)

```

=== 중증호흡기 (입원/외래:2, 꽃가루/미세먼지:0, 시차적용:0) =====

=== Modeling : RandomForestClassifier ===
Accuracy Score : 0.7099303135888502
AUC Score : 0.7135222334735184
<Confusion Matrix>
[[437 112]
 [221 378]]
<Classification Report>
              precision    recall  f1-score   support

     0           0.77       0.63       0.69         599
     1           0.66       0.80       0.72         549

   micro avg       0.71       0.71       0.71        1148
   macro avg       0.72       0.71       0.71        1148
  weighted avg       0.72       0.71       0.71        1148

<f1 score>
0.724109362054681
    
```

7. 대기환경과 중증 호흡기 질환 발병예측

중증 호흡기 질환 발병예측에 미치는 대기환경 인자의 중요도는 PM10, SO₂, NO₂, CO, O₃ 순이었다(그림 3-98), 중증 호흡기 질환에 대한 발병예측 성능은 AUC가 0.72이었다.(표 3-10)



[그림 3-98] 중증호흡기질환 발병예측에 미치는 대기환경 인자의 중요도 비교

<표 3-10> 중증호흡기질환 발병예측 성능 분석(대기환경 인자)

```

=== 중증호흡기 (입원/외래:2, 꽃가루/미세먼지:1, 시차적용:0) =====
=== Modeling : RandomForestClassifier ===
Accuracy Score : 0.7160278745644599
AUC Score : 0.7198974611602215
<Confusion Matrix>
[[444 105]
 [221 378]]
<Classification Report>
              precision    recall  f1-score   support

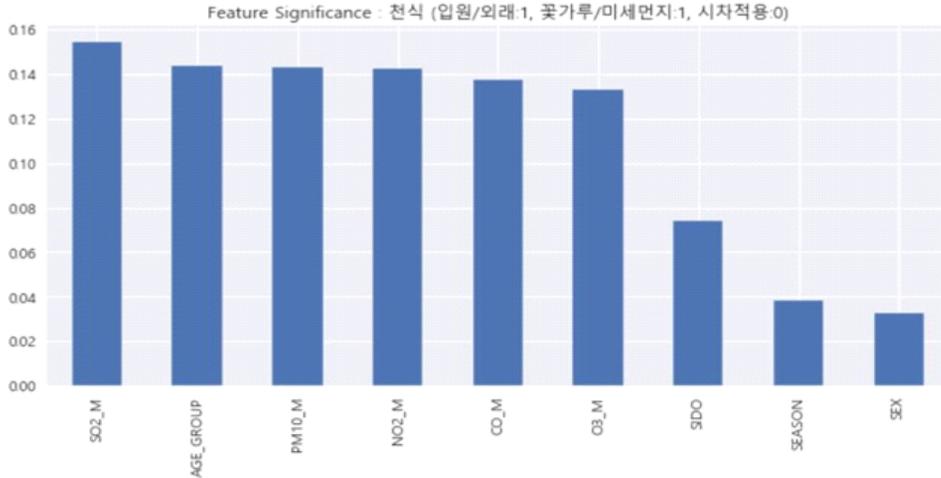
     0         0.78        0.63        0.70         599
     1         0.67        0.81        0.73         549

   micro avg         0.72        0.72        0.72        1148
   macro avg         0.73        0.72        0.72        1148
  weighted avg         0.73        0.72        0.71        1148

<f1 score>
0.7314662273476112
    
```

8. 대기환경과 천식 질환 발병예측

천식 입원 환자 데이터를 기반으로 한 발병예측에 미치는 인자의 중요도는 SO₂, 연령, PM₁₀, NO₂, CO, O₃ 순이었다(그림 3-99), 천식에 대한 발병예측 성능은 AUC가 0.686이었다.(표 3-11)



[그림 3-99] 천식 질환 발병예측에 미치는 대기환경 인자의 중요도 비교

<표 3-11> 천식 발병 예측 성능 분석(대기환경 인자)

```

=== 천식 (입원/외래:1, 꽃가루/미세먼지:1, 시차적용:0) =====
=== Modeling : RandomForestClassifier ===
Accuracy Score : 0.68561872909699
AUC Score : 0.6857494407158836
<Confusion Matrix>
[[ 97  53]
 [ 41 108]]
<Classification Report>
              precision    recall  f1-score   support

     0           0.67       0.72       0.70         149
     1           0.70       0.65       0.67         150

   micro avg       0.69       0.69       0.69         299
   macro avg       0.69       0.69       0.69         299
  weighted avg       0.69       0.69       0.69         299

<f1 score>
0.6736111111111112
    
```

제4장

고찰 및 연구의 제한점

제 1 절 고찰	83
제 2 절 연구의 제한점	85

제4장

고찰 및 연구의 제한점

제1절 고찰

호흡기 질환과 알레르기 질환의 총 진료 건수는 2011년에서 2015년 까지 감소하는 양상을 보였고 입원 건 수는 감소하였으나, 외래진료는 증가하였다.

질환별로 나누어 보면 호흡기 감염은 외래 진료는 감소하는 추세이나 입원 건수는 증가하였다. 폐렴으로 인한 입원이나 중증 호흡기 감염으로 인한 입원은 감소하고 일반 호흡기 감염으로 인한 입원 건 수만 증가하였다. 외래 진료는 일반호흡기 감염, 폐렴, 중증 호흡기 감염 모두 감소하였다.

알레르기 질환은 2011년에서 2015년까지 기간을 비교해 보았을 때 천식과 아토피피부염은 입원과 외래 진료 모두 감소하는 양상을 보였으나, 비염으로 인한 외래진료와 두드러기나 혈관부종으로 인한 외래진료는 증가하는 양상을 보였고, 두드러기나 혈관부종에 의한 입원 건수도 증가하는 양상이었다. 이는 전국적인 천식 아토피 교육정보센터 설립과 프로그램을 통해 환자와 보호자에 대한 교육과 예방활동, 새로운 약제의 도입 등으로 인한 영향으로 생각되며, 앞으로 비염과 두드러기 및 혈관부종에 대해서도 적극적인 교육과 예방 활동이 필요할 것으로 생각된다.

호흡기 질환과 알레르기 질환의 계절별 변화를 보면 대부분의 질환이 봄이나 가을, 겨울에 증가하는 양상을 보이나, 특이하게도 아토피피부염은 여름에 증가하는 양상을 보였다. 김민지 등의 연구에서는 여름에 악화되는 경우 땀을 많이 흘리거나 비만도가 높은 소아의 경우였다고 하였고, 김용민 등은 서울지역 5세 이하 아토피피부염 환자를 추적관찰한 결과 NO₂는 전 범위에서 아토피비부염 증상의 악화와 양의 상관 관계를 보였으며 PM₁₀은 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상일 때 아토피피부염의 증상과 양의 상관 관계를 보였고, O₃는 농도가 30±70 ppb 범위 내에서 상관관계를 보였다고 하였다.

총 꽃가루 수는 예상과 다르게 2011년에서 2015년 까지 점차 감소하는 양상을 보였다. 김주화 등의 연구에서는 서울에서의 잡초류 꽃가루 수가 1997년 174 grains/ m^3 에서 2002년 218 grains/ m^3 , 2004년 277 grains/ m^3 , 2006년 286 grains/ m^3 , 그리고 2008년에

는 576 grains/m³ 으로 증가하는 양상이었고 특히 ragweed의 증가가 두드러진 양상이라고 하였으나, 지역적 변화인지 꽃가루 종류에 따른 차이점 인지 추후 꽃가루별 지역별 세부 분석이 필요하다.

꽃가루는 알레르기 감작을 촉진시키는 영향 외에도, 기도나 코 점막의 장벽기능과 상피세포에 대한 직접반응과 이후 이차 염증반응을 유도하여 비염이나 호흡기 감염의 급성악화를 일으키는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 꽃가루의 일별 변화가 4월 둘째 주에 최고치를 보이고 주로 봄에 높으며 일부 가을에도 증가양상을 보였다. 일반 호흡기감염으로 인한 입원과 외래 진료는 겨울에 가장 많고 증가하는 양상을 보였고, 비염으로 인한 외래 진료는 봄과 가을에 증가하는 양상을 보였다. 시간차 분석에서는 진료 후의 꽃가루 수치가 일반호흡기 감염과 높은 상관관계를 보였고, 비염에서도 비슷한 양상을 보였다. 이는 호흡기 바이러스 감염이 영향을 주었을 것으로 생각되며, 추가 연구가 필요하다.

대기환경 자료 중 PM10은 2011년에서 2015년으로 갈수록 감소하는 양상을 보였고, 월별 변화는 겨울에 주로 높았다. 일반호흡기감염에 의한 입원, 폐렴 입원, 천식 입원의 경우 월별 변화는 비슷한 증/감 양상을 보였으나 일별 변화에서 최고치를 보이는 일자에 차이가 있었고, 시간차 분석에서는 일반호흡기 감염에 의한 입원은 17일전의 PM10의 농도와 높은 상관관계를 보였다. 폐렴으로 입원한 경우에는 진료 후의 PM10 수치와 더 높은 상관관계를 보였고, 폐렴으로 외래 진료를 받은 건수도 진료 후의 PM10 수치와 높은 상관관계를 보였다. 천식으로 입원한 건수는 12일 전의 PM10 수치와 높은 상관관계를 보였고, 외래 진료를 받은 건수는 진료 후의 꽃가루 수치와 높은 상관관계를 보였다. Tian 등의 중국에서의 연구를 보면 PM2.5와 PM10이 3일 동안 평균 10 μ g/m³이상 증가할 때 폐렴입원이 각각 0.31% (95% confidence interval [CI] 0.15%-0.46%, P < 0.001)와 0.19% (0.11%-0.30%, P < 0.001) 증가한다고 보고하였고, 이번 연구에서는 일반호흡기 감염에 의한 입원, 폐렴 입원, 천식 입원의 경우 비슷한 계절 별 변화가 보이지만 영향을 주는 간격이 멀어서 PM10의 영향보다는 다른 영향에 의한 것으로 생각된다.

PM2.5, CO 및 NO₂의 일별변화는 폐렴 입원, 천식 입원, 비염외래 건수와 비슷한 변화 양상을 보였고, O₃의 일별변화는 아토피피부염의 외래 진료와 비슷한 변화 양상이었으며, SO₂의 일별변화는 비염 외래 진료와 비슷한 변화 양상을 보였으나 시간차 분석을 시행하지 않아 추가 분석이 필요하다.

대기 오염 물질은 코와 기관지 점막이나 피부의 장벽기능과 상피세포에 대한 산화손상

과 염증매개 물질을 증가시키고, 호흡기 감염이나 알레르기 질환의 급성악화와 감작을 촉진하는 것으로 설명되고 있다.

인공지능 알고리즘으로 분석해 보면 아토피피부염 외래 진료 건수에 미치는 꽃가루 인자는 수목, 잡초, 잔디 꽃가루 순으로 예측 성능은 AUC가 0.73이었고, 대기환경 요인은 SO₂, NO₂, PM₁₀, O₃, CO 순으로 AUC는 0.74이었다. 꽃가루와 대기환경 인자를 순서별로 중요도를 보면 SO₂, O₃, NO₂, PM₁₀, CO, 수목, 잡초, 잔디 꽃가루순으로 꽃가루 보다는 대기환경 인자가 더 중요하였고 AUC는 0.74이었다.

폐렴 입원에 영향을 미치는 대기환경 요인의 중요도는 SO₂, PM₁₀, NO₂, CO, O₃순으로 AUC는 0.70이었고, 꽃가루 인자는 수목, 잡초, 잔디 꽃가루 순으로 예측 성능은 AUC가 0.69이었다.

중증 호흡기 질환에 영향을 주는 꽃가루 인자는 수목, 잡초, 잔디 꽃가루 순으로 예측 성능은 AUC가 0.71이었고, 대기환경 요인은 PM₁₀, SO₂, NO₂, CO, O₃순으로 AUC는 0.72이었다.

천식 입원에 영향을 미치는 대기환경 요인의 중요도는 SO₂, PM₁₀, NO₂, CO, O₃순으로 AUC는 0.69이었고, 일반호흡기 감염이나, 두드러기/혈관부종도 예측인자를 분석하였으나 AUC가 모두 0.7 이하였다.

예측 모델의 인자 중요도 중에 흥미로운 점은 연령(age group)의 인자 중요도가 공통적으로 높았고, 대기환경 인자 중요도가 꽃가루 인자보다 높았다. 임상적인 증상자료나 검사 데이터 없이 질병을 예측한다는 것은 매우 어려운 일이다. 지역적, 사회인구학적, 환경 데이터를 바탕으로 호흡기 질병 발병 가능성을 인공지능 방법으로 예측하는 모델을 제시하여, 호흡기 질환 발병 전에 예방하거나 발병 초기 진단에 도움을 줄 수 있는 새로운 방법을 제시해보려는 시도라는 것에 본 연구의 의미가 있다고 할 수 있다.

제2절 연구의 제한점

본 연구는 많은 항목의 데이터를 분석하고자 하였으나 아래와 같이 몇 가지 제한점이 있었다.

- 1) 전체 환자의 데이터를 분석하기에는 관찰하고자 하는 질환 군의 절대 수가 많아서 부득이하게 표본코호트 DB를 이용하여 전체 환자를 대상으로 하지 못하였다.
- 2) 최근 5년간의 자료를 이용하고자 하였으나 표본코호트 DB가 2016년 이후의 자료는

구축되지 않아 분석하지 못하였고, PM2.5는 2015년 이후에 기록되기 시작하여 추가자료를 분석하지 못하였다.

- 3) 호흡기 질환에 대한 호흡기 바이러스 감염에 대한 영향을 데이터의 특성상 보정하지 못하였다.
- 4) 꽃가루의 종류별 분석을 하지 못하였다.
- 5) 꽃가루 관측 자료가 있는 지역만을 대상으로 하여 전국의 지역별 특성을 분석하지 못하였다.
- 6) 실내 환경에 대한 인자를 분석하지 못하였다.
- 7) 유전적 요인에 대한 인자를 부모의 질병력이나 가족의 질병력과 연계하여 보정하지 못하였다.
- 8) 데이터 처리에 있어서 인공지능 알고리즘을 분석하기에는 데이터 센터의 환경과 절차의 어려움으로 인해 원활히 수행하지 못하였다.

이상의 제한점에도 불구하고 의미있는 결과를 관찰할 수 있었고 추후 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다. 앞으로 해당 질환의 상병자에 대한 임상적인 의료 진료 검사 데이터가 모델의 변수로 추가된다면 해당 질병 발생 예측력은 더욱 향상될 것으로 보여 이 부분에 대한 추가 연구가 진행된다면 의미가 있을 것이다. 또한 환경 자료 데이터의 시계열 패턴에 따라 통계적인 유의미성을 보이고 있어 시계열 데이터 분석에 많이 사용되는 RNN 계열의 알고리즘 및 기타 최신의 방법들을 활용하여 추가적인 분석 및 예측 모델에 대한 연구를 통해 보다 향상된 성능을 보여주는 예측 모델을 찾아보려는 노력도 의미가 있을 것으로 보인다.

제5장

결론 및 제언

제 1 절 결론	89
제 2 절 제언	90
제 3 절 감사의 글	90

제5장 결론 및 제언

제1절 결론

호흡기 알레르기 질환을 2011년에서 2015년까지 기간을 비교해 보았을 때 일반호흡기 감염으로 인한 입원 건 수는 증가하였으나, 폐렴으로 인한 입원이나 중증 호흡기 감염으로 인한 입원 건수와 감소하였고 외래 진료 건수는 모두 감소하였다. 알레르기 질환은 천식과 아토피피부염은 입원과 외래 진료 모두 감소하는 양상을 보였으나, 비염으로 인한 외래진료와 두드러기나 혈관부종으로 인한 외래진료는 증가하는 양상을 보였고, 두드러기나 혈관부종에 의한 입원 건수도 증가하는 양상이었다.

호흡기 질환과 알레르기 질환의 계절별 변화를 보면 대부분의 질환이 봄이나 가을, 겨울에 증가하는 양상을 보이나, 특이하게도 아토피피부염은 여름에 증가하는 양상을 보였다.

꽃가루 농도가 올라간 후 3일 뒤에 일반호흡기 감염으로 입원한 입원건수에 대해 영향이 가장 큰 것으로 나타났고, 일반호흡기질환으로 인한 외래진료 건수는 꽃가루 농도가 올라간 뒤 일자가 지날수록 영향이 점차 높아지는 것으로 나타났다. 비염으로 인한 외래 진료 건수도 꽃가루 농도가 올라간 뒤 점차 영향이 높아지는 양상을 보였다.

대기환경 자료 중 PM10은 2011년에서 2015년으로 갈수록 감소하는 양상을 보였고, 월별 변화는 겨울에 주로 높았다.

인공지능 알고리즘을 이용한 호흡기 질환 발병예측 모델의 성능에 미치는 인자 중요도를 분석한 결과, 흥미로운 점은 연령(age group)의 중요도가 공통적으로 높았고, 대기환경 인자 중요도가 꽃가루 인자보다 높게 나왔다.

아토피피부염 발병예측 성능에 미치는 꽃가루 인자의 중요도는 수목, 잡초, 잔디, 꽃가루 순으로 발병예측 성능은 AUC가 0.734이었고, 대기환경 요인의 중요도는 SO₂, NO₂, PM10, O₃, CO 순으로 AUC는 0.738이었다. 꽃가루와 대기환경 인자를 모두 포함하여 중요도를 보면 SO₂, O₃, NO₂, PM10, CO, 수목, 잡초, 잔디 꽃가루순으로, 꽃가루보다는

대기환경 인자가 발병예측에 더 중요한 것으로 나타났고, 예측 성능은 AUC 0.736이었다.

폐렴 질환 발병예측 성능에 영향을 미치는 대기환경 요인 인자의 중요도는 SO₂, PM₁₀, NO₂, CO, O₃순으로, 발병예측 성능은 AUC 0.701이었다. 꽃가루 인자의 중요도는 수목, 잡초, 잔디 꽃가루 순으로 발병예측 성능은 AUC 0.691이었다.

중증 호흡기 질환 발병예측 성능에 영향을 주는 꽃가루 인자의 중요도는 수목, 잡초, 잔디, 꽃가루 순으로, 발병예측 성능은 AUC 0.714이었다. 대기환경 요인 인자 중요도는 PM₁₀, SO₂, NO₂, CO, O₃순으로, 발병예측 성능은 AUC 0.720이었다.

천식 질환 발병예측에 미치는 대기환경 요인의 인자 중요도는 SO₂, PM₁₀, NO₂, CO, O₃순으로 발병예측 성능은 AUC 0.686이었다. 일반호흡기 감염이나, 두드러기/혈관부종도 환경적 요인에 따른 발병예측 성능에 미치는 인자의 중요도를 분석하였고 발병예측 성능이 랜덤 포레스트 분석 기준으로 AUC 0.7 이하로 나왔으나 다른 분석 알고리즘을 이용한 추가 분석이 필요하다.

추후 질환 별 지역 별 전체 데이터를 이용한 추가 연구와 다양한 분석알고리즘을 이용한 추가 분석이 필요할 것으로 생각된다.

제2절 제언

호흡기 감염, 폐렴 등 호흡기 질환이나, 천식, 비염, 아토피 피부염, 등 알레르기 질환은 대기 환경 인자나, 꽃가루에 의해 증상의 발현이나 악화를 보이므로, 이를 예측하여 대국민 예방활동이나 예보 등에 활용하고 장기적으로는 이에 대한 영향을 줄이는 사업을 추진하는 데 기초자료로 사용할 수 있다.

또한, 증상의 악화가 예견되는 시기에 예방적 치료나 주의를 권고한다면 질병의 발현이나 악화로 인한 병·의원 방문이나, 응급실 이용, 나아가 입원으로 이어지는 경우를 줄임으로써 사회적 비용이나 의료비용의 절감을 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

제3절 감사의 글

저자는 꽃가루 자료를 제공해 주신 화분연구회, 한양대학교 오재원 선생님과 최영진 선생님께 감사를 표합니다.

참고문헌

참고문헌

1. 대한 소아알레르기 및 호흡기학회 편. 소아 알레르기 호흡기학 3판. 서울:여문각 2018.
2. Leung DY, Szeffler SJ, Bonilla FA, Akdis CA, Sampson HA. *Pediatric Allergy* 3rd ed. St.Louis:Elsevier 2016.
3. Adkinson JR, Bochner GS, Burks AW, et al. *Middleton's Allergy: Principles & Practice* 8thed. Philadelphia: Elsevier Saunders 2014.
4. The International Study of Asthma and Allergy in Childhood (ISAAC) Steering Committee. Worldwide variation in prevalence of symptoms of asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and atopic eczema: ISAAC. *Lancet* 1998;351:1225-32.
5. Yoo Y. Air pollution and childhood allergic disease. *Allergy Asthma Respir Dis* 2016;4:248-56.
6. Lee JT. Associations between air pollution and asthma-related hospital admissions in children in Seoul, Korea: a case-crossover study. *Korean J Prev Med* 2003;36:47-53.
7. Jenerowicz D, Silny W, Danczak-Pazdrowska A, Polanska A, Osmola-Mankowska A, Olek-Hrab K. Environmental factors and allergic diseases. *Ann Agric Environ Med* 2012;19:475-81.
8. Brandt EB, Myers JM, Ryan PH, Hershey GK. Air pollution and allergic diseases. *Curr Opin Pediatr* 2015;27:724-35.
9. Bowatte G, Lodge C, Lowe AJ, Erbas B, Perret J, Abramson MJ, et al. The influence of childhood traffic-related air pollution exposure on asthma, allergy and sensitization: a systematic review and a meta-analysis of birth cohort studies. *Allergy* 2015;70:245-56.
10. Jang AS, Kim BY, Lee CH, Park JS, Lee JH, Park SW, et al. Hospital visits and admissions in patients with asthma, COPD, and cardiovascular diseases according to air pollutants. *Korean J Asthma Allergy Clin Immunol* 2006;26:233-8.
11. Lee JT. Associations between air pollution and asthma-related hospital admissions in children in seoul, Korea: A case-crossover study. *Korean J Prev Med* 2003;36:47-53.
12. Kyung Hwa Jung, Shao-I Hsu, Beizhan Yan, Kathleen Moors, Steven N. Chillrud, James Ross, et al. Childhood Exposure to Fine Particulate Matter and Black Carbon

and the Development of New Wheeze Between Ages 5 and 7 In an Urban Prospective Cohort. *Environ Int.* 2012;45:44-50.

13. Oh JW. The impact of climate change on pollen allergy in Korea. *Allergy Asthma Respir Dis.* 2018;6:S31-9.
14. Kim JH, Oh JW, Lee HB, Kim SW, Kang IJ, Kook MH, et al. Changes in sensitization rate to weed allergens in children with increased weeds pollen counts in Seoul metropolitan area. *J Korean Med Sci* 2012;27:350-5.
15. Gehring U, Wijga AH, Brauer M, Fischer P, de Jongste JC, Kerkhof M, et al. Traffic-related air pollution and the development of asthma and allergies during the first 8 years of life. *Am J Respir Crit Care Med* 2010;181:596-603.
16. Seo S, Kim D, Min S, Paul C, Yoo Y, Choung JT. GIS-based association between PM10 and allergic diseases in Seoul: Implications for Health and Environmental Policy. *Allergy Asthma Immunol Res* 2016;8:32-40.
17. Jung KH, Hsu SI, Yan B, Moors K, Chillrud SN, Ross J, et al. Childhood exposure to fine particulate matter and black carbon and the development of new wheeze between ages 5 and 7 in an urban prospective cohort. *Environ Int* 2012;45:44-50.
18. Park JW, Hwang BD. Analysis of Effects of Regional Air Pollutants(PM10, O₃, CO) on Respiratory Disease. *Korean Public Health Research.* 2017;43:53~66
19. Kim M, Kim YM, Lee JY, Yang HK, Kim H, Cho J, et al. Seasonal variation and monthly patterns of skin symptoms in Korean children with atopic eczema/dermatitis syndrome. *Allergy Asthma Proc* 2017;38:294-9.
20. Kim YM, Kim J, Han Y, Jeon BH, Cheong HK, Ahn K. Short-term effects of weather and air pollution on atopic dermatitis symptoms in children: A panel study in Korea. *PLoS One.* 2017;12(4):e0175229.
21. Tian Y, Liu H, Wu Y, Si Y, Li M, Wu Y, Wang X, Wang M, Chen L, Wei C, Wu T, Gao P, Hu Y. Ambient particulate matter pollution and adult hospital admissions for pneumonia in urban China: A national time series analysis for 2014 through 2017. *PLoS Med.* 2019;16(12):e1003010.

연구보고서 2019-20-029

**인공지능 알고리즘 기반 국민건강보험공단 청구자료와 환경부
대기환경 자료 및 꽃가루 예보 자료를 이용한 호흡기 알레르기
질환의 영향 분석**

발행일	2020년 7월 31일
발행인	김성우
편집인	오현철
발행처	국민건강보험 일산병원 연구소
주소	경기도 고양시 일산동구 일산로 100(국민건강보험 일산병원)
전화	031) 900-6977, 6985
팩스	0303-3448-7105~7
인쇄처	백석기획(031-903-9979)



(우)10444 경기도 고양시 일산동구 일산로 100(백석1동 1232번지)
대표전화 1577-0013 / 팩스 031-900-0049
www.nhimc.or.kr

2019 NHIS Ilsan Hospital Institute of Health Insurance & Clinical Research

N a t i o n a l H e a l t h I n s u r a n c e S e r v i c e I l s a n H o s p i t a l