

육상 국지 예보 구역의 예보 정확도에 관한 연구

박창용* · 최영은** · 김승배***

A Study on Forecast Accuracies by the Localized Land Forecast Areas over South Korea

Changyong Park*, Youngeun Choi**, Seung-Bae Kim***

요약 : 본 연구에서는 우리나라 육상 국지 예보 구역을 대상으로 예보 정확도를 분석하였다. 연구 기간 동안 평가 요소별 정확도는 강수 유무가 가장 낮았고 하늘 상태가 가장 높았다. 지역적으로 예보 정확도는 강원도에서 가장 낮았으며 경상남도과 경상북도에서 높았다. 계절별 예보 정확도의 만점 빈도는 겨울에 가장 높았고 여름에 가장 낮았다. 예보 정확도가 낮은 날의 기압 배치형을 분석했을 때 여름철에는 정체전선형 기압 배치에서 강수 유무의 예보 정확도가 낮았다. 가을과 겨울에는 한대 고기압 확장형 기압 배치에서 기온 예보의 정확도가 크게 낮아지는 경우가 많았다. 봄과 가을의 이동성 고기압형 기압 배치에서는 날씨가 급격하게 변하여 예보 정확도가 낮았다. 예보 정확도가 가장 낮은 지역인 영동 지역의 상층 850hPa 고도의 풍향 자료와 예보 정확도를 비교하여 분석한 결과, 최저 및 최고 기온은 서풍일 때, 강수 유무의 경우 동풍일 때 예보 정확도가 낮았다.

주요어 : 예보 정확도, 국지 예보 구역, 남한, 기압 배치 분석, 예보 요소, 예보 평가

Abstract : This study aimed to evaluate weather forecast accuracies of minimum temperature, maximum temperature, precipitation and sky cover by the localized land forecast areas over South Korea. Average forecast accuracy score of precipitation was the lowest while that of sky cover was the highest during the study period. Overall forecast accuracy scores for Gangwon-do was the lowest while those for Gyeongsangnam-do and Gyeongsangbuk-do were higher than other areas. The frequencies of perfect forecast(eight points) by seasons, were the highest during winter and the lowest during summer. Pressure pattern analyses for days when forecast accuracy scores were poor, showed that precipitation forecast accuracy scores were lower due to the movement of the stationary fronts during summers. When continental polar air masses expanded, forecast accuracy of temperature became greatly lower during autumns and winters. As the migratory anticyclone pattern rapidly moved, forecast accuracy became lower during springs and autumns. Forecast accuracies were compared by wind directions at 850hPa for the Young-dong region where forecast accuracy was the lowest. Forecast accuracy scores of minimum and maximum temperatures were low when winds were westerlies and forecast accuracy scores of precipitation were low when winds were easterlies.

Key Words : forecast accuracy, localized land forecast areas, South Korea, pressure pattern analyses, forecast evaluation elements, forecast evaluation

* 건국대학교 지리학과 박사과정(Doctoral Student, Department of Geography, Konkuk University), kpotato@konkuk.ac.kr

** 건국대학교 지리학과 조교수(Assistant Professor, Department of Geography, Konkuk University), yechoi@konkuk.ac.kr

*** 기상청 정책홍보담당관실 사무관(Administrative Official, Information and Public Affairs Officer, Korea Meteorological Administration), sbkim@kma.go.kr

1. 서론

기상 예보는 행위의 가능 여부 및 시행 시기를 결정하는데 기준을 제시하며 악기상 발생 시에는 인명과 재산 피해에 대비할 수 있게 한다. 이러한 기상 예보는 과학과 기술의 발달, 사회적인 요구의 증가로 그 종류와 내용이 많아졌고 범위가 세분화 되었으며 사회의 여러 분야에 미치는 영향이 증가하고 있다. 이에 따라 다양한 기상 요소와 시·공간적으로 높은 해상도의 예보 자료 생산이 요구되고 있으며 예보 정확도에 대한 관심도 점차 높아져 가고 있다. 현재 기상청에서는 예보 정확도 향상을 위해 다양하고 정교한 수치 예보 모델의 생산이 이루어지고 있다.

예보 평가는 예보 정확도의 향상을 위하여 반드시 필요한 과정이며 현재 기상청은 일단위로 예보 평가를 실시하고 있다. 예보 종류에 따라서 3시간 예보, 일일 예보, 주간 예보, 기상 특보를 평가하고 있으며 이 중에서 일일 예보는 05시에 발표하는 오늘·내일·모레 예보와 17시에 발표하는 내일·모레 예보의 최저 기온, 최고 기온, 강수 유무, 하늘 상태에 대해 예보 관서별, 예보관별, 예보사별로 평가한다. 평가 요소의 경우 요소별로 각각 다른 통계적 방법에 의하여 예보를 평가한다. 예보 평가를 통해 나타난 예보 정확도의 시·공간적 분석은 지역적으로 나타나는 예보 정확도에 대한 원인 분석의 기본 자료로 활용이 되어 예보 정확도의 향상에 도움이 될 것이다. 하지만 국외에서는 예보 정확도를 시·공간적으로 분석한 연구들이 활발하게 이루어지고 있으나 국내에서는 이에 대한 연구나 자료가 매우 부족하다.

국내의 연구는 강수 예보에 대한 평가를 다룬 연구(권오웅과 이동규, 1988), 예보 모델을 검정하여 모델의 적합성을 밝힌 연구(최정희 외, 2001)와 기온 예보에 영향을 주는 원인을 분석하고 예보와 실황을 검증하여 오보 사례에 대하여 종관 분석을 실시한 연구(박종권 외, 2004; 이삼수 외, 2004)로 나누어 볼 수 있다. 하지만 우리나라 전체에 대한 예보 정확도와 예보를 구성하는 다양한 예보 요소들에 대한 정확도를 평가하고 또한 이를 시간적 단위에 따라서 분석한 연구는 거

의 이루어지지 않았다.

영국의 Thomes(1996)는 방송, 신문과 같은 대중 매체 및 영국 기상청등에서 발표하는 예보 정확도의 시계열적 변화를 분석하였고 Thomes와 Proctor(1999)는 영국 BBC(British Broadcasting Corporation) 라디오 방송에서 발표하는 예보 결과를 국민들이 이해하기 쉬운 TP99(Thomes and Proctor 1999) 방법을 이용하여 예보 정확도를 산출하였다. Anthony와 Patrick(2002)도 TP99를 이용하여 미국 미주리주 중부 지역의 예보 정확도를 평가하였는데 대류성 강수의 발생이 빈번한 봄과 여름보다는 가을과 겨울의 예보 정확도가 더 높게 나타나는 결과를 얻었다. Mark et al.(2001)은 미국 테네시 네쉬빌 지역의 일 강수 및 기온의 예보 평가를 실시한 결과 예보 정확도는 예보 기간이 길수록 낮아진다는 것을 확인했다. Charba et al.(2003)은 강수 정량 예보 모델(QPF: Quantitative Precipitation Forecasts)을 통해 강수 예보 정확도를 평가하여 미국 서부 지역의 QPF 값이 동부 지역보다 더 높음을 밝혔다.

본 연구에서는 우리나라 기상 예보의 정확도를 정량적으로 평가하기 위해 기상청에서 제공하는 한반도의 육상 국지 예보 구역별 최저 기온, 최고 기온, 강수 유무, 하늘 상태의 예보 평가 요소에 대한 예보 정확도를 시·공간적으로 분석하였다. 그리고 계절별로 예보 정확도가 낮은 날의 기압 배치형과 사례 지역을 추출하여 상층의 풍향이 예보 정확도에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 연구 자료 및 방법

본 연구의 분석 기간은 예보 자료가 데이터베이스에 존재하는 2001년 6월부터 2005년 5월까지 4년간이며, 분석 지역은 41개 육상 국지 예보 구역을 대상으로 하였다. 본 연구에서 이용한 주요 자료는 단기 예보 자료와 관측 자료이다. 예보 자료는 내일의 최저 기온, 최고 기온, 강수 확률, 하늘 상태이며, 평가를 위한 관측 자료는 일 최저 기온, 일 최고 기온, 강수, 하늘 상태

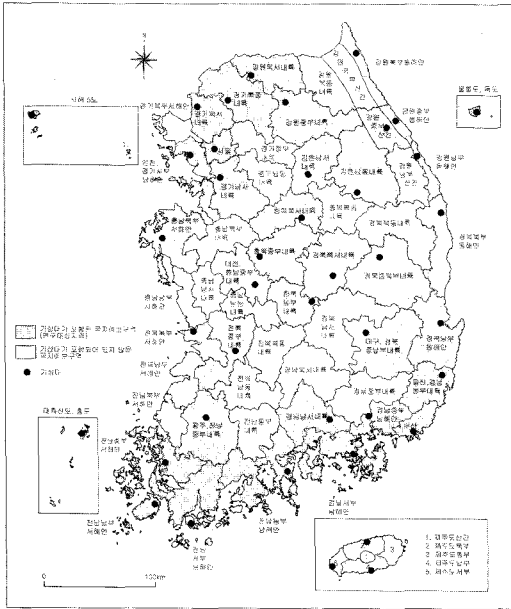


그림 1. 한반도 육상 국지 예보 구역

자료이다. 05시 단기 예보는 내일 최저 기온을 발표하지 않으므로 금일 17시에 발표된 예보를 이용하였다. 현재 기상청에서 실시하는 최저·최고 기온의 예보 평가는 예보가 관측값에서 얼마나 벗어났는지에 대하여 설명해주는 편이(Bias), 오차의 평균적인 크기를 산출하는 방법인 평방근오차(RMSE: Root Mean Square Error), 그리고 예보의 평균제곱오차를 기후값의 평균제곱오차와 비교하는 숙련도(BSS: Brier Skill Score)를 이용하여 평가한다. 강수 유무는 정확히 맞힌 예보수를 실제 발생하였던 사건의 수로 나누어서 발생한다고 예보한 사건에 대해 실제로 발생했는가를 나타내는 탐지확률(POD: Probability Of Detection), 오보수를 사건 발생 예보 총수로 나누어 발생하지 않은 사건에 대하여 발생한다고 예보한 것의 비율로 표현하는 오보율(FAR: False Alarm Ratio), 편이(Bias), 정확히 맞힌 예보수를 예보 관측에 상관없이 사건 발생과 관련된 총수로 나눈 값인 임계성공지수(CSI: Critical Success Index), 그리고 우연히 맞힐 수 있는 예보의 수를 제거한 후의 예보 적중률을 나타내는 숙련도(HSS: Heidke Skill Score)를 이용하여 평가한다. 하늘 상태는 해당 예보 관서(기상대)의 운량으로 평가한다(기상청, 2004).

우리나라의 육상 국지 예보 구역은 행정구역과 지리 및 기후학적 특성을 고려하여 63개로 구분되어 있다(그림 1). 이중 하늘 상태의 예보는 예보 관서가 존재하는 41개 육상 국지 예보 구역에서만 생산된다. 그러므로 본 연구에서는 41개 육상 국지 예보 구역 내의 기상대 관측 자료 및 예보 자료를 이용하여 예보 정확도를 산출하였다. 41개 육상 국지 예보 구역 중 경기 북서내륙과 전남 남부 서해안, 경북 북서내륙은 기상대의 신설(2002년)로, 전북 북부 서해안과 전남 중부 서해안은 예보 구역 개편(2002년)으로 인하여 2002년 6월부터 2005년 5월까지 3년간의 자료를 이용하였다. 기압 배치형과 상층의 풍향 분석을 위하여 00Z, 12Z 아시아 지상일기도와 속초의 고층 자료 중 표준 등압면 850hPa 00Z 풍향 자료를 이용하였다.

예보 구역별 정확도를 산출하기 위하여 각각의 평가요소를 분석한 후 산출된 값을 합산하여야 하는데 현재 기상청에서 이용하고 있는 예보 평가 방법으로는 평가 요소에 따라 산출된 값이 통계적으로 각각 다른 의미를 가지므로 합산할 수 없다. 그리하여 TP99(Thones and Proctor 1999) 평가 방법을 기초로 하여 예보 정확도를 산출하였다. 1999년에 University of Birmingham의 J. E. Thones와 E. A. J. Proctor가 개발한 TP99는 예보 평가 요소를 기준에 따라 점수를 부여하고 이를 합산하여 총점을 산출하는 방법이며 총 10점으로 구성된다(표 1). TP99 평가 방법은 예보를 구성하는 모든 요소들을 포함하여 예보 정확도를 산출할 수 있는 장점이 있다(Anthony and Patrick, 2002). TP99 방법에서는 풍향과 풍속을 고려하지만 현재 기상청에서는 바람에 대한 예보 평가를 수행하고 있지 않기 때문에 본 연구에서는 이를 제외하였다. 최저 기온, 최고 기온, 강수 유무, 하늘 상태 각 요소 당 만점은 2점이며 총 8점으로 구성하였다. 최저 기온·최고 기온의 경우에는 41개 국지 예보 구역 내의 기상대에서 발표한 17시의 내일 예보와 관측값의 차이가 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 이하면 2점을, $\pm 2.1\sim 4^{\circ}\text{C}$ 이면 1점, 4°C 를 초과하면 0점으로 처리하였다.

일기 예보의 내용 중 가장 많은 관심을 끄는 것은 강수 유무이다(오주덕, 2001). TP99에서는 강수 확률 0~20%는 무강수, 80~100%는 강수 현상 발생 예보로

정의하므로 이를 기초로 하여 강수 확률 예보를 범주화 하였다. 현재 강수 예보는 매일 오전과 오후, 두 번에 걸쳐 발표된다. 그리하여, 각 지점의 강수량을 오전(00h~11h)과 오후(12h~23h)의 시간당 강수량을 합하여 0.1mm 이상 강수가 기록되었을 때 강수가 있는 것으로 간주하였다. 관측값과 일치하면 오전과 오후 각각 1점을, 강수 확률이 30~70%이면 관측값과 상관없이 0.5점, 관측값과 불일치하면 0점으로 처리하여 오전과 오후의 점수를 합산하였다.

기상청에서는 하늘 상태를 10단계로 구분하고 예보와 실황을 비교하여 평가하고자 0점에서 30점까지 점수를 부여한다. 이를 다시 단순화하여 0~5점은 예보와 관측이 일치하지 않은 것으로 보고 'x' 로, 10~20점은 어느 정도 일치한 것으로 보아 '△' 로, 25~30점은 일치한 것으로 보아 'o' 의 3단계로 분류하였다. TP99 방식에서는 0, 1, 2점의 3단계로 하늘 상태를 평가하므로 본 연구에서는 'x' 에 해당하는 0~5점은 0점, '△' 에 해당하는 10~20점은 1점, 'o' 에 해당하는 25~30점은 2점을 부여하였다(표 2).

위의 방법을 적용하여 평가 요소별로 예보 정확도를 산출한 후 41개 육상 국지 예보 구역에 대한 공간적 분포 및 시계열 분석을 수행하였으며 계절별로 예보 정

확도가 낮은 날의 기압 배치형을 분석하였다. 또한 지역적으로 예보 정확도에 영향을 주는 원인을 알아보고자 사례 지역인 영동 지역에 해당하는 예보 구역을 대상으로 상층의 풍향이 예보 정확도에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다.

표 1. TP99 예보 평가 방법

요소	예보와 관측 값의 차이	점수
최저 기온, 최고 기온	±2℃	2
	±4℃	1
	>±4℃	0
풍 속 (보퍼트 풍력 계급)	±1 계급	1
	>±1 계급	0
풍 향	±45°	1
	>±45°	0
하늘 상태	서로 일치	2
	±1 계급	1
	>±1 계급	0
강수 유무	일치	2
	확률 30~70%	1
	불일치	0

(Anthony and Patrick, 2002)

표 2. 기상청의 하늘 상태 평가 점수표

()는 본 연구에서 부여한 점수

예보 \ 실황	실황									
	○	⊕	⊕	⊙	○→	○→⊙	→⊙	⊙→	⊙→○	→○
○ (맑음)	30(2)	25(2)	10(1)	0(0)	25(2)	15(1)	5(0)	5(0)	15(1)	25(2)
⊕ (구름 조금)	25(2)	30(2)	25(2)	10(1)	25(2)	25(2)	15(1)	15(1)	25(2)	25(2)
⊕ (구름 많음)	10(1)	25(2)	30(2)	25(2)	15(1)	25(2)	25(2)	25(2)	25(2)	15(1)
⊙ (흐림)	0(0)	10(1)	25(2)	30(2)	5(0)	15(1)	25(2)	25(2)	15(1)	5(0)
○→⊕ (맑은 후 구름 많음)	25(2)	25(2)	15(1)	5(0)	30(2)	25(2)	20(1)	10(1)	10(1)	10(1)
○→⊙ (맑은 후 흐림)	15(1)	25(2)	25(2)	15(1)	25(2)	30(2)	25(2)	5(0)	0(0)	5(0)
→⊙ (차차 흐림)	5(0)	15(1)	25(2)	25(2)	20(1)	25(2)	30(2)	5(0)	5(0)	5(0)
⊙→ (흐린 후 갠)	5(0)	15(1)	25(2)	25(2)	10(1)	5(0)	5(0)	30(2)	25(2)	20(1)
⊙→○ (흐린 후 맑음)	15(1)	25(2)	25(2)	15(1)	10(1)	0(0)	5(0)	25(2)	30(2)	25(2)
→○ (차차 맑음)	25(2)	25(2)	15(1)	5(0)	10(1)	5(0)	5(0)	20(1)	25(2)	30(2)

(기상청, 2004)

3. 예보 정확도 분석

우리나라 41개 국지 예보 구역의 평균 예보 정확도는 86.3%이다(표 3). 평가 요소 중 강수 유무의 정확도(80.0%)가 가장 낮았고 최저 기온과 하늘 상태(90.0%)가 가장 높았다.

1) 국지 예보 구역별 분석

국지 예보 구역별 예보 평가 요소의 정확도와 총점을 표 4와 그림 2로 제시하였다. 그림 2(a)는 예보 구역별 예보 정확도를 나타낸 것으로서 평균은 6.9점(86.3%)이며 표준편차는 0.17점이다. 41개 예보 구역 중 가장 낮은 정확도는 전남 남부 서해안(6.3점, 78.8%)에서, 가장 높은 정확도는 대구·경북 중남부

내륙(7.2점, 90.0%)에서 나타났다. 지역에 따라 최대 0.9점(11.2%)의 차이가 발생하여 지형적인 영향을 포함한 다양한 요소가 예보 정확도에 영향을 준 것으로 판단된다. 예보 정확도 총점이 일 표준편차(7.07점, 88.4%)보다 높은 예보 구역은 대구·경북 중남부 내륙(7.2점, 90.0%), 전북 북부 서해안(7.1점, 88.8%), 부산(7.1점, 88.8%), 경남 중부 남해안(7.1점, 88.8%), 경남 서부 남해안(7.1점, 88.8%)이었으며 예보 정확도 총점이 일 표준편차(6.73점, 84.1%)보다 낮은 예보 구역은 전남 남부 서해안(6.3점, 78.8%), 강원 중부 산간(6.5점, 81.3%), 강원 북부 동해안(6.7점, 83.8%), 충북 남부 내륙(6.7점, 83.8%), 강원 남동 내륙(6.7점, 83.8%)으로 나타났다. 이와 같이, 지역적으로 살펴보면 경상도 지역이 7점(87.5%) 이상으로 예보 정확도가 강원도 지역(6.7점, 83.8%)보다 비교적 높게 나타났다.

모든 예보 평가 요소를 완벽하게 예보했을 때 예보

표 3. 평가 요소별 평균값 및 예보 정확도 총점 (점수/%)

요소	최저 기온	최고 기온	강수 유무			하늘 상태	총점
			오전 강수	오후 강수	강수 점수합		
평균	1.8/90.0%	1.7/85.0%	0.8/80.0%	0.8/80.0%	1.6/80.0%	1.8/90.0%	6.9/86.3%

표 4. 국지 예보 구역별 예보 평가 요소의 정확도와 총점 (점수/%)

국지 예보 구역	최저기온	최고기온	강수유무	하늘상태	총점
서울	1.8/90.0%	1.8/90.0%	1.7/85.0%	1.8/90.0%	7.0/87.5%
경기북서내륙	1.7/85.0%	1.7/85.0%	1.7/85.0%	1.8/90.0%	6.8/85.0%
경기북동내륙	1.8/90.0%	1.7/85.0%	1.7/85.0%	1.8/90.0%	6.9/86.3%
인천, 경기남부서해안	1.8/90.0%	1.7/85.0%	1.7/85.0%	1.8/90.0%	7.0/87.5%
경기남서내륙	1.8/90.0%	1.7/85.0%	1.7/85.0%	1.8/90.0%	7.0/87.5%
서해5도	1.8/90.0%	1.7/85.0%	1.6/80.0%	1.8/90.0%	6.9/86.3%
충북북서내륙	1.7/85.0%	1.7/85.0%	1.7/85.0%	1.8/90.0%	6.9/86.3%
충북중부내륙	1.8/90.0%	1.7/85.0%	1.7/85.0%	1.8/90.0%	6.9/86.3%
충북남부내륙	1.7/85.0%	1.6/80.0%	1.7/85.0%	1.8/90.0%	6.7/83.8%
충남북부서해안	1.7/85.0%	1.7/85.0%	1.6/80.0%	1.8/90.0%	6.8/85.0%
대전, 충남중부내륙	1.8/90.0%	1.7/85.0%	1.7/85.0%	1.8/90.0%	6.9/86.3%
강원북서내륙	1.7/85.0%	1.7/85.0%	1.7/85.0%	1.8/90.0%	6.9/86.3%
강원중부내륙	1.7/85.0%	1.6/80.0%	1.7/85.0%	1.8/90.0%	6.8/85.0%
강원남서내륙	1.8/90.0%	1.7/85.0%	1.7/85.0%	1.8/90.0%	6.9/86.3%
강원남동내륙	1.6/80.0%	1.6/80.0%	1.7/85.0%	1.8/90.0%	6.7/83.8%

(표 4 계속)

국지 예보 구역	최저기온	최고기온	강수유무	하늘상태	총점
강원중부산간	1,6/80,0%	1,6/80,0%	1,6/80,0%	1,8/90,0%	6,5/81,3%
강원북부동해안	1,7/85,0%	1,6/80,0%	1,6/80,0%	1,8/90,0%	6,7/83,8%
강원중부동해안	1,7/85,0%	1,6/80,0%	1,7/85,0%	1,8/90,0%	6,7/83,8%
강원남부동해안	1,7/85,0%	1,6/80,0%	1,7/85,0%	1,8/90,0%	6,8/85,0%
울릉, 독도	1,8/90,0%	1,7/85,0%	1,5/75,0%	1,8/90,0%	6,8/85,0%
전북북부서해안	1,8/90,0%	1,8/90,0%	1,7/85,0%	1,9/95,0%	7,1/88,8%
전북중부내륙	1,8/90,0%	1,7/85,0%	1,6/80,0%	1,8/90,0%	6,9/86,3%
전남중부서해안	1,8/90,0%	1,8/90,0%	1,6/80,0%	1,8/90,0%	7,0/87,5%
광주, 전남중부내륙	1,8/90,0%	1,7/85,0%	1,6/80,0%	1,8/90,0%	6,9/86,3%
전남서부남해안	1,8/90,0%	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,8/90,0%	6,9/86,3%
전남남부서해안	1,5/75,0%	1,4/70,0%	1,6/80,0%	1,8/90,0%	6,3/78,8%
전남동부남해안	1,8/90,0%	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,8/90,0%	7,0/87,5%
대흑산도, 홍도	1,9/90,0%	1,7/85,0%	1,6/80,0%	1,8/90,0%	7,0/87,5%
경북북서내륙	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,9/90,0%	6,9/86,3%
경북중북부내륙	1,8/90,0%	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,8/90,0%	7,0/87,5%
대구, 경북중남부내륙	1,8/90,0%	1,8/90,0%	1,7/85,0%	1,9/90,0%	7,2/90,0%
경북북부동해안	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,8/90,0%	6,9/86,3%
경북남부동해안	1,8/90,0%	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,8/90,0%	6,9/86,3%
울산, 경남동부내륙	1,8/90,0%	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,8/90,0%	7,0/87,5%
부산	1,9/90,0%	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,8/90,0%	7,1/88,8%
경남중부남해안	1,8/90,0%	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,8/90,0%	7,1/88,8%
경남서부남해안	1,9/90,0%	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,8/90,0%	7,1/88,8%
경남남서내륙	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,7/85,0%	1,8/90,0%	6,9/86,3%
제주북부	1,8/90,0%	1,7/85,0%	1,6/80,0%	1,8/90,0%	6,9/86,3%
제주서부	1,8/90,0%	1,7/85,0%	1,6/80,0%	1,8/90,0%	6,9/86,3%
제주남부	1,8/90,0%	1,8/90,0%	1,6/80,0%	1,8/90,0%	7,0/87,5%

정확도 만점은 8점이고 그림 2(b)는 만점 빈도수를 나타낸 것이다(연구 기간이 짧은 경기 북서 내륙, 전남 남부 서해안, 경북 북서 내륙, 전북 북부 서해안, 전남 중부 서해안은 제외). 전체 예보 구역에 대한 만점일의 평균은 462일(31.6%), 표준편차는 76일이다. 만점일은 대구·경북 중남부 내륙(623일, 42.6%)에서 가장 많았고, 강원 중부 산간(287일, 19.6%)에서 가장 적게 분포하여 지역적 차이가 매우 컸다. 남해안 지역과 대구·경북 중남부 내륙, 서울의 빈도수가 많았고 강원 중부 산간, 울릉도·독도, 강원 북부 동해안, 제주 서부, 충

남 북부 서해안은 적었다.

각 예보 구역의 평가 요소별 예보 정확도는 그림 3에 제시하였다. 예보 구역별 최저 기온의 예보 정확도 점수의 평균은 1.76점(88.0%)이며 표준편차는 0.08점이다. 최저 기온 점수가 높은 예보 구역은 경남 서부 남해안, 경남 중부 남해안, 전북 북부 서해안이며 낮은 예보 구역에는 강원 중부 산간, 강원 남동 내륙, 충북 남부 내륙, 전남 남부 서해안에서 나타났다. 최고 기온의 경우에 정확도가 높은 지역은 최저 기온과 유사한 분포를 보였고 점수가 낮은 예보 구역은 강원 북부 동

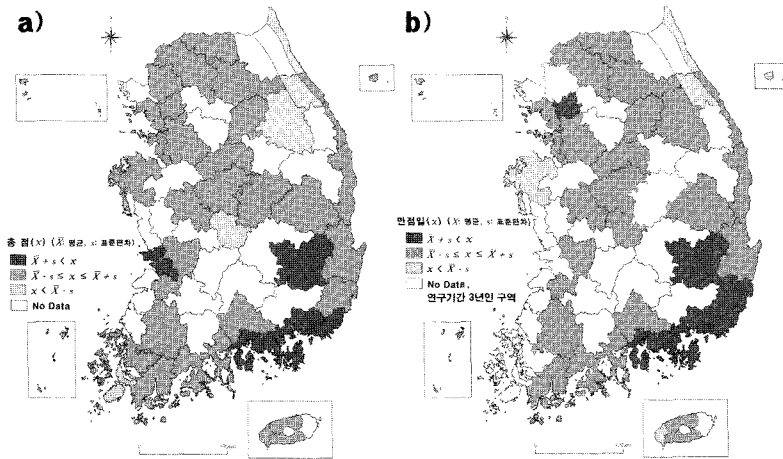


그림 2. 국지 예보 구역의 예보 정확도 총점(a)과 만점 빈도(b)

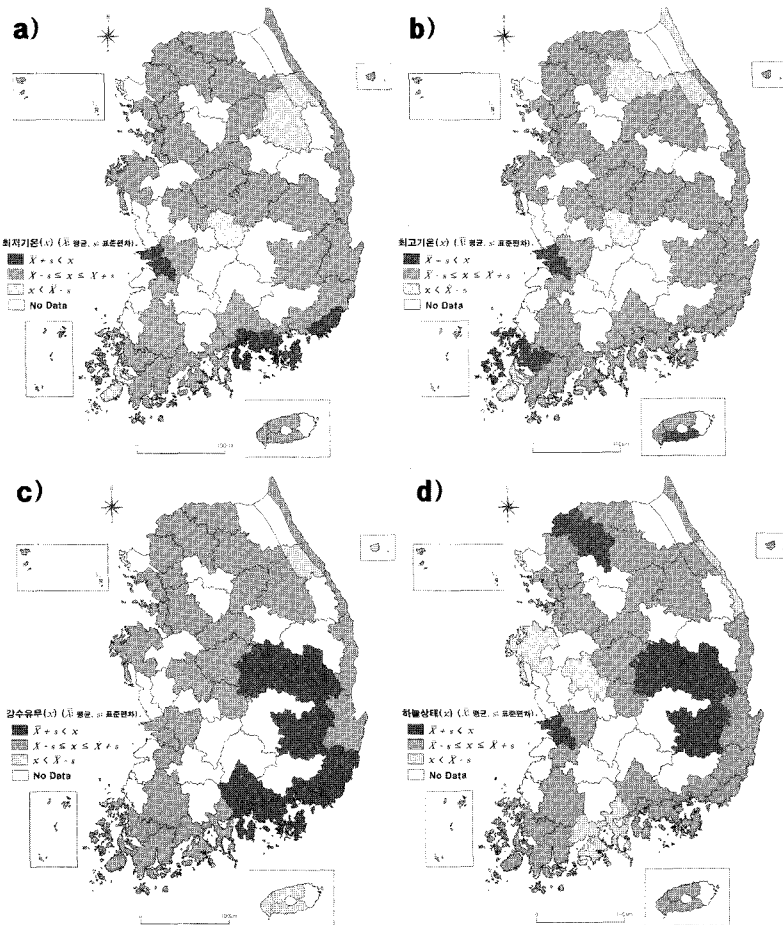


그림 3. 국지 예보 구역의 평가 요소별 평균 점수
a) 최저 기온, b) 최고 기온, c) 강수 유무, d) 하늘 상태

표 5. 계절별 예보 평가 요소들의 평균 점수와 총점 (점수/%)

	최저 기온	최고 기온	강수 유무	하늘 상태	총 점
봄	1.71/85.5%	1.64/82.0%	1.74/82.0%	1.83/91.5%	6.91/86.4%
여름	1.85/92.5%	1.65/82.5%	1.51/75.5%	1.78/89.0%	6.79/84.9%
가을	1.75/87.5%	1.72/86.0%	1.68/84.0%	1.73/86.5%	6.88/86.0%
겨울	1.72/86.0%	1.73/86.5%	1.71/85.5%	1.81/90.5%	6.97/87.1%

해안, 강원 중부 산간, 강원 중부 내륙, 충북 남부 내륙, 전남 남부 서해안에서 나타났다. 강원도 지역에 기온 예보 정확도가 낮은 구역이 많았는데 이는 지형의 기복이 크고 기류의 이동 방향에 따라 동서의 지형적 차이가 뚜렷하게 나타나기 때문이다. 이러한 원인으로 인하여 다른 지역보다 정확한 예보가 어려워 기온 예보 정확도가 낮은 것으로 판단된다. 강수 유무의 정확도가 높은 예보 구역은 경상남도 남해안 지역과 경남 남서 내륙, 경북 내륙 지역이며 점수가 낮은 예보 구역은 울릉도, 제주도, 강원 중부 산간이다. 중부 이남 지역에서 강수 유무 예보 정확도는 동서의 지역적 차이가 크게 나타났다. 하늘 상태의 예보 정확도가 높은 구역은 경북 내륙 지역, 전북 북부 서해안, 경기 북동 내륙이며 점수가 낮은 예보 구역은 강원 중부 동해안, 강원 남부 동해안, 전남 동부 남해안, 충남 북부 서해안, 대전·충남 중부 내륙으로 나타났다.

2) 계절별 분석

계절별로 평가 요소들의 예보 정확도를 산출하면 표 5와 같이 나타났다. 봄의 경우, 평가 요소별 예보 정확도는 하늘 상태가 가장 높았으며 강수 유무, 최저 기온, 최고 기온의 순서로 나타나서 기온의 예보 정확도가 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 봄에는 찬 대륙 고기압이 변질된 이동성 고기압이 탁월하게 영향을 미치는데 이동성 고기압은 이동 속도가 빠르므로 기압계의 이동에 따라 기온의 변화가 크게 나타난다. 이 때문에 기온 예보의 정확도가 낮아진 것으로 판단된다. 여름은 최저 기온, 하늘 상태, 최고 기온, 강수 현상의 순서로 나타났으며 다른 계절에 비하여 예보 정확도가 낮았다 특히, 강수 유무의 정확도가 현저히 낮았는데 이는 대기 불안정으로 인한 국지적 강수의 빈번한 발

생으로 강수 예보가 어렵기 때문으로 판단된다.

가을은 여름 보다는 예보 정확도가 개선되었지만 겨울에 비해서는 낮았다. 각 평가 요소의 점수 차이가 그리 크지 않고 여름의 정확도 순서와 동일하였다. 겨울의 경우 하늘 상태의 예보 정확도가 가장 높게 나타났으며 나머지 3개 요소는 차이가 거의 없었다. 겨울은 계절 중 예보 정확도가 가장 높았다. 이는 겨울이 다른 계절보다 기압계의 변동이 크지 않아 기상의 변화도 상대적으로 크게 발생하지 않기 때문으로 생각된다.

3) 강수 유무 예보 정확도 및 강수가 다른 예보 평가 요소에 미치는 영향 분석

예보 평가 요소 중 강수는 사람들이 가장 관심을 가지며 민감하게 체감하는 요소이다. 또한 강수는 운량의 변화와 관련성이 커서 하늘 상태 예보 정확도에 영향을 주며, 하늘 상태의 변화는 일사량을 변화시켜 지상의 기온에 영향을 주게 된다. 결국, 강수는 모든 예보 평가 요소에 영향을 미치는 요소이다. 본 연구에서는 강수 확률 예보에 따른 강수 유무의 예보 정확도와 관측된 강수의 유무가 예보 평가 요소들의 예보 정확도에 얼마나 영향을 미치는지를 분석하였다.

현재 강수 예보는 단순히 강수의 유무를 예보하는 범주 예보가 아니라 해당 예보 구역에서 강수의 발생 확률을 나타내는 확률 예보이다. 강수 확률에 따라 육상 국지 예보 구역의 오전, 오후의 강수 유무의 예보 정확도를 비교해 보았다(표 6). 강수 확률 예보가 30% 미만일 경우와 70%를 초과할 경우 실황은 강수 현상이 발생하지 않거나 강수 현상이 계속 이어질 것으로 정의했고 강수 확률의 기준에 따라 나누어서 강수 유무의 정확도를 분석하였다. 강수 확률이 30% 미만일 때 오전, 오후의 강수 유무는 1점 만점에 모두 0.96점

표 6. 강수 확률에 따른 강수 유무 예보 정확도 (점수/%)

강수 확률 예보	오전	오후
	강수 유무	강수 유무
30% 미만	0.96/96.0%	0.96/96.0%
30~70%	0.50/50.0%	0.50/50.0%
70% 초과	0.91/91.0%	0.85/85.0%

(96.0%)으로 동일하였으며 강수 확률이 70% 초과일 때 오전에는 0.91점(91.0%), 오후에는 0.85점(85.0%)으로 나타나 강수 현상이 발생하겠다고 예보했을 때 강수 현상이 발생하지 않겠다고 예보했을 때보다 예보 정확도가 낮았다. 이는 강수 현상을 발생시키는 시스템이 한반도에 영향을 미치는 시기와 빠져나가는 시기의 예측이 강수 현상이 발생하지 않겠다고 예보 하는 경우보다 더 어렵다는 것을 의미한다. 강수 확률이 70%보다 높을 때 오전보다 오후의 정확도가 낮은 원인은 상승 기류를 강화시켜 강수 현상을 촉진하는 역할을 하는 일사가 오전보다 오후에 더 강하게 작용하는데 강수 예보시 이를 오후에 부가적으로 고려해야 하므로 오전보다 오후의 정확도가 낮은 것으로 판단된다. 강수 확률이 30~70%일 때는 무조건 1점을 부여하므로 오전, 오후의 점수가 0.5점으로 불변하다. 이와 같이 강수 유무는 강수 확률이 30% 미만이거나 70% 초과일 경우 정확도가 매우 높지만 많은 날들이 30~70%의 강수 확률을 나타내기 때문에 이로 인하여 강수 유무 예보 정확도가 하락하였으며 결국, 예보 평가 요소 중 정확도가 가장 낮은 요소가 되었다.

강수가 각 예보 평가 요소에 대한 예보 정확도에 얼마나 영향을 미치는지 파악하기 위하여 전 육상 국지 예보 구역에 대하여 실황이 강수가 있던 날과 강수가 없던 날을 나누어서 분석해보았다(표 7). 최저 기온, 최고 기온, 강수 유무의 요소에서 강수일 때가 무강수일 보다 예보 정확도가 낮았다. 최저 기온의 경우 강수일

과 무강수일의 예보 정확도의 차이(0.06점, 3%)가 크게 나지 않았다. 최고 기온의 경우에는 강수일의 예보 정확도가 최저 기온의 경우보다 더 크게 하락하여 무강수일의 예보 정확도와와의 차이(0.17점, 8.5%)가 더 컸다. 강수 유무의 경우는 기온의 경우보다 차이가 크게 나타났다. 강수일의 강수 유무는 1.26점(63.0%), 무강수일의 강수 유무는 1.84점(92.0%)으로 강수일보다 무강수일 때의 강수 유무의 예보 정확도가 더 높았다. 하늘 상태에서는 강수일인 경우 1.83점(91.5%), 무강수일인 경우 1.76점(88.0%)이었다. 강수일인 경우 하늘 상태의 정확도가 더 높았다.

4. 사례 및 원인 분석

1) 예보 정확도가 낮은 날의 기압 배치형 분석

분석 기간 동안 우리나라 전체 육상 국지 예보 구역에 대한 예보 정확도의 일평균 점수는 최저 3.89점(48.6%)에서 최고 7.95점(99.4%)의 분포를 나타내 그 차이가 매우 컸다. 분석 기간 중 예보 정확도 점수 하위 5%(3.89점~5.66점)인 73일을 선택하고 이를 계절 별로 나누어 지상 일기도를 사용하여 예보 정확도가 낮은 날의 한반도 주변 기압 배치형을 분석하였다. 이승호(1995)가 정의한 한반도 주변 기압 배치의 기본 7개 유형을 분석(표 8)에 사용했고 예보 정확도 하위 5%인 날의 기압 배치형의 계절별 분포는 표 9로 나타내었다.

앞에서 기술한 바와 같이 예보 정확도의 총점은 겨울에 가장 높았으며 봄과 가을, 그리고 여름의 순이었다. 하지만 예보 정확도가 낮은 한반도 육상 국지 예보 구역의 하위 5% 일평균 자료의 빈도는 여름에 11회, 봄 20회, 가을과 겨울 21회로 나타났다. 봄, 가을, 겨울

표 7. 강수일과 무강수일의 각 예보 평가 요소들의 예보 정확도 (점수/%)

평가 요소	최저 기온		최고 기온		강수 유무		하늘 상태	
	강수	무강수	강수	무강수	강수	무강수	강수	무강수
평균	1.72/86.0%	1.78/89.0%	1.57/78.5%	1.74/87.0%	1.26/63.0%	1.84/92.0%	1.83/91.5%	1.76/88.0%

표 8. 한반도 주변 기압 배치의 기본 7개 유형

유형	특성
한대 고기압 확장형	대륙성 또는 해양성 한대 고기압이 한반도로 확장
저기압형	한반도 주변에 저기압이 위치하는 경우
이동성 고기압형	한반도 주변에 이동성 고기압이 위치하는 경우
전선형	한반도 주변에 한랭, 온난전선이 위치하는 경우
정체전선형	한반도 주변에 정체전선이 위치하는 경우
북태평양 고기압형	북태평양 고기압이 한반도로 확장하는 경우
태풍형	한반도 주변에 태풍이 위치하는 경우

(이승호, 1995)

은 유사한 빈도수를 보였지만 예보 정확도가 가장 낮은 계절인 여름은 예보 정확도가 극한적으로 낮은 날이 다른 계절보다 출현 빈도가 낮음을 알 수 있다. 예보 정확도가 낮은 날의 기압 배치형은 이동성 고기압형에서 가장 많았으며 한대 고기압형이 그 뒤를 이었다. 월별로는 11월의 빈도가 가장 높았고 6월과 9월의 빈도가 가장 낮았다.

봄의 예보 정확도가 낮게 나타났을 때의 기압 배치형은 이동성 고기압형이 16회, 한대 고기압 확장형이 3회, 전선형이 1회로 나타났다. 봄에는 이동성 고기압형이 한반도에 주로 영향을 미치므로 예보 정확도가 낮은 날의 빈도가 많았다. 이동성 고기압이 영향을 미쳤던 날 중 예보 정확도 점수가 가장 낮게 나타난 2004년 5월 15일(5.15점, 64.4%)을 살펴보면, 14일 17시 기상청의 전국 예보는 “남해상으로 다가오는 저기압의 영향을 점차 받아 전국이 차차 흐려져 제주도와 남부 지

방은 낮에 남서쪽부터 비(강수확률 40~90%)가 오겠고, 중부 지방은 밤이나 밤늦게 비(강수확률 40~60%)가 조금 오겠음”으로 발표하였다. 하지만 이동성 고기압이 동쪽으로 예상보다 빠르게 이동한 후 다가오는 저기압이 한반도에 영향을 주어 영동 지역을 제외한 전국 대부분에서 오전부터 강수 현상이 있었고 중부 이북 지역의 많은 곳에서 오후에 강수 현상이 그친 곳도 있었다. 그리하여 이 날에 중부 이북 지역의 강수 유무 정확도와 최고 기온의 정확도가 매우 낮은 날로 기록되었다. 이처럼 봄에는 가을의 경우와 유사하게 대륙에서 발달한 차가운 고기압이 변질되어 생성된 이동성 고기압이 예보 정확도 하락에 영향을 준다. 그리고 3월에 나타나는 한대 고기압 확장형의 기압 배치형은 한반도에 꽃샘추위를 가져다주어 최저 기온 예보 정확도 하락에 영향을 주기도 한다.

여름에 예보 정확도가 낮게 나타났을 때의 기압 배치형은 정체전선형이 6회, 태풍형 2회, 북태평양 고기압형 2회, 이동성 고기압형 1회로 나타났다. 정체전선형에서는 한반도 주변의 정체전선이 남북으로 이동함에 따라 한반도의 강수 구역도 급격하게 변하여 예보에 어려움이 있다. 이러한 정체전선형은 6월 중순이후부터 7월 하순까지 집중되어 나타난다(이승호, 1995). 여름의 예보 정확도 점수가 가장 낮게 나타난 2002년 6월 23일(4.61점, 57.6%)을 살펴보면, 22일 17시 기상청의 전국 예보는 “서쪽에서 접근하는 기압골의 영향을 점차 받아 전국이 차차 흐려져 밤늦게 서쪽 지방으로부터 비(강수 확률 30%)가 시작되었고 강원도 영동 및 경북 동해안 지방은 지형적인 영향으로 흐리고 비(강수 확률 40%)가 조금 온 후 밤에 개졌음”으로 발표하고 이를 제외한 나머지 구역은 오전 20%, 오후 20%

표 9. 예보 정확도 하위 5%인 날의 기압 배치형의 계절별 빈도 분포

	한대 고기압 확장형	저기압형	이동성 고기압형	전선형	정체전선형	북태평양 고기압형	태풍형 고기압형	계
봄	3		16	1				20
여름			1		6	2	2	11
가을	10		10				1	21
겨울	15		6					21
계	28		33	1	6	2	3	73

로 예보하여 강수의 발생 가능성을 낮게 예보하였다. 하지만 실황은 서쪽에서 접근하는 기압골이 아닌 남쪽에 위치한 장마 전선이 북상하여 대부분 지역에서 이미 오전부터 강수 현상이 있었고 24일 오후까지 전국적으로 강수가 지속되었다. 여름에는 북태평양 고기압형의 영향이 지배적이기 전에 이러한 정체전선형의 기압 배치형이 우리나라에 주로 영향을 미친다. 이러한 정체전선이 남북으로 이동함에 따라서 강수 구역이 변화하게 되므로 정체전선의 이동을 잘못 예보하면 강수 유무의 정확도가 낮아질 수 있다.

가을에 예보 정확도가 낮게 나타났을 때의 기압 배치형은 한대 고기압 확장형 10회, 이동성 고기압형 10회, 태풍형 1회로 나타났다. 늦가을에는 한대 고기압 확장형의 기압 배치형이 한반도에 본격적으로 영향을 미치기 시작하는데, 예보 정확도 점수가 가장 낮게 나타난 2003년 11월 21일(4.23점, 52.9%)을 살펴보면, 20일 17시 기상청의 전국 예보는 “기압골의 영향에서 벗어나 점차 찬 대륙고기압의 영향을 점차 받겠으며 아침 최저 기온은 2℃에서 11℃로 오늘과 비슷하거나 조금 낮겠고, 내일 낮부터 기온이 큰 폭으로 떨어져 낮 최고기온은 4℃에서 14℃로 오늘보다 낮아 추워지겠음”으로 발표하였다. 하지만 실황은 대부분의 중부 이북과 내륙에 위치한 구역에서 최저 기온이 영하를 밑돌았으며 대부분 구역에서 최저 기온에 대한 예보와 실황의 차이가 4℃ 이상 발생하였다. 이렇게 늦가을에 영향을 미치는 한대 고기압 확장형의 기압 배치에서는 전날에 저기압 또는 기압골의 영향이 있을 후 차가운 대륙성 고기압이 확장할 때 기온 예보의 정확도가 크게 낮아지는 경우가 많았다. 이동성 고기압이 영향을 미쳤던 날 중 예보 정확도 점수가 가장 낮게 나타난 2002년 11월 7일(4.78점, 59.8%)을 살펴보면, 6일 17시 기상청의 전국 예보는 “기압골의 영향을 받아 전국이 흐리고 한 두 차례 비(30~60%)가 온 후 밤에 북서쪽 지방부터 차차 개고 아침에 짙은 안개가 끼는 곳이 있겠으며 최저 기온은 2℃에서 10℃로 오늘보다 높겠으나, 최고 기온은 10℃에서 16℃로 오늘보다 낮겠음”으로 발표하였다. 하지만 실황은 최고 기온이 12℃에서 22℃의 분포를 나타내었고 중부 이북에 위치한 대부분의 구역에서 최고 기온에 대한 예보와 실황이 4℃

이상 차이가 발생하였다. 이처럼 가을에는 대륙에서 발달한 차가운 고기압이 남하하면서 따뜻하게 변질되어 발생하는 이동성 고기압이 한반도에 자주 영향을 미치며 이 때에는 날씨가 좋지만 한반도 동쪽으로 이동하면서 저기압 및 기압골이 다가오므로 날씨를 급격하게 나빠져 예보 정확도가 낮아질 수 있었다.

겨울에 예보 정확도가 낮게 나타났을 때의 기압 배치형은 한대 고기압 확장형 15회, 이동성 고기압형 6회로 나타났다. 겨울에는 주로 한대 고기압 확장형이 한반도에 영향을 미치므로 한대 고기압 확장형의 기압 배치형에서 예보 정확도가 낮은 날의 빈도가 많았다. 한대 고기압 확장형이 영향을 미쳤던 날 중 예보 정확도 점수가 가장 낮게 나타난 2001년 12월 13일(4.49점, 56.1%)을 살펴보면, 12일 17시 기상청의 전국 예보는 “북서쪽에서 다가오는 찬 대륙성 고기압의 영향을 점차 받겠고 전국이 흐리고 중부 지방은 아침 한때, 남부지방은 오전 한때 눈 또는 비(강수 확률 30~70%)가 온 후 점차 맑아지겠으며 충청남도 및 전라남북도 지방은 계속 흐리고 한 두 차례 눈 또는 비(강수 확률 40~70%)가 오겠고 최저 기온은 -5℃에서 7℃, 최고 기온은 0℃에서 8℃로 오늘보다 낮겠음”으로 발표하였다. 하지만 최저 기온은 전국적으로 -12℃에서 5℃의 분포를 보였으며 특히, 영동 지방과 중부 이남에 위치한 대부분의 구역에서 예보와 실황의 차가 4℃ 이상 차이가 발생하였다. 이처럼 겨울의 경우 전날에 한반도에 영향을 미친 저기압이 동쪽으로 빠져 나간 후 차가운 대륙성 고기압이 영향을 주는 한대 고기압 확장형의 기압 배치 상에서 기온에 대한 예보 정확도가 현저하게 낮은 경우가 많았다.

2) 영동 지역 예보 정확도에 대한 사례 분석

강원도는 남북으로 길게 뻗은 산맥이 내륙 지방과 해안 지방을 나누는 분수령을 이루고 있으며 동해가 인접하여 있는 복잡한 지형을 갖추고 있다. 이러한 지형적인 특성으로 인하여 강원도는 다른 지역에 비하여 매우 다양한 기상 현상이 나타나기 때문에 일기 예보에 어려움이 많다(이광주, 2005). 특히, 산맥의 영향으로 인하여 풍상 측과 풍하 측의 기상이 크게 다른 경우

가 빈번하게 나타난다.

모든 예보 요소들의 정확도가 영동 지역에서 전국 평균 이하로 나타났다. 그 원인을 살펴보고자 속초의 고층 자료 중 표준 등압면 850hPa 00Z 풍향 자료를 사용하여 영동 지역 국지 예보 구역(강원 북부 동해안, 강원 중부 동해안, 강원 남부 동해안)의 예보 정확도 점수를 850hPa 풍향 자료와 비교하여 상층의 풍향이 예보 정확도에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다(표 10, 표 11). 풍향별 최저 기온의 점수를 살펴보면 전체적으로 서풍과 남서풍일 때 정확도가 낮았으며 북동풍이나 남동풍일 때 정확도가 높게 나타났다. 이는 서풍이 불 때 산맥의 영향으로 인하여 풍하측인 영동 지역에 건조 단열로 인해 발생하는 기온 상승(김용상과 홍성길,

1996)이 기온 예보 정확도에 영향을 미치기 때문이다.

풍향별 최고 기온의 점수를 살펴보면 최저 기온과 마찬가지로 풍향이 서풍과 남서풍일 때 정확도가 낮았으며 동풍 및 북풍이 불 때 정확도가 높았다. 서풍과 남서풍일 때 하락 폭이 크기 때문에 최저 기온의 경우보다 풍향에 대한 점수의 편차가 컸다. 그리하여 산맥을 넘어와 기온 상승을 발생시키는 서풍은 최저 기온보다 최고 기온 예보에 더 큰 영향을 주었다.

풍향별 강수 유무의 점수를 살펴보면 북서풍과 북풍, 서풍일 때 정확도가 높았고 나머지 풍향에서는 점수의 큰 차이점은 없었다. 남서풍일 때 점수가 가장 낮았지만 동풍 계열보다 서풍 계열일 때 점수가 높아서 전체적으로 보면 산맥의 영향이 기온의 경우보다는 작지

표 10. 풍향별 최저 기온, 최고 기온의 점수 분포 (점수/%)

요소 구역 풍향	최저 기온				최고 기온			
	강원북부동해안	강원중부동해안	강원남부동해안	영동 평균	강원북부동해안	강원중부동해안	강원남부동해안	영동 평균
N	1.77/88.5%	1.66/83.0%	1.70/85.0%	1.71/85.5%	1.71/85.5%	1.70/85.0%	1.75/87.5%	1.72/86.0%
NE	1.76/88.0%	1.80/90.0%	1.80/90.0%	1.78/89.0%	1.71/85.5%	1.70/85.0%	1.69/84.5%	1.70/85.0%
E	1.74/87.0%	1.76/88.0%	1.80/90.0%	1.77/88.5%	1.74/87.0%	1.69/84.5%	1.82/91.0%	1.75/87.5%
SE	1.77/88.5%	1.79/89.5%	1.86/93.0%	1.81/90.5%	1.60/80.0%	1.66/83.0%	1.71/85.5%	1.65/82.5%
S	1.76/88.0%	1.66/83.0%	1.63/81.5%	1.68/84.0%	1.54/77.0%	1.50/75.0%	1.63/81.5%	1.55/77.5%
SW	1.62/81.0%	1.63/81.5%	1.69/84.5%	1.65/82.5%	1.50/75.0%	1.59/79.5%	1.50/75.0%	1.53/76.5%
W	1.62/81.0%	1.62/81.0%	1.65/82.5%	1.63/81.5%	1.43/71.5%	1.55/77.5%	1.50/75.0%	1.49/74.5%
NW	1.71/85.5%	1.72/86.0%	1.74/87.0%	1.72/86.0%	1.70/85.0%	1.71/85.5%	1.64/82.0%	1.68/84.0%

표 11. 풍향별 강수 유무, 하늘 상태의 점수 분포 (점수/%)

요소 구역 풍향	강수 유무				하늘 상태			
	강원북부동해안	강원중부동해안	강원남부동해안	영동 평균	강원북부동해안	강원중부동해안	강원남부동해안	영동 평균
N	1.66/83.0%	1.65/82.5%	1.66/83.0%	1.66/83.0%	1.78/89.0%	1.79/89.5%	1.79/89.5%	1.78/89.0%
NE	1.55/77.5%	1.54/77.0%	1.57/78.5%	1.56/78.0%	1.66/83.0%	1.68/84.0%	1.79/89.5%	1.71/85.5%
E	1.51/75.5%	1.52/76.0%	1.56/78.0%	1.53/76.5%	1.79/89.5%	1.80/90.0%	1.76/88.0%	1.78/89.0%
SE	1.49/74.5%	1.53/76.5%	1.52/76.0%	1.52/76.0%	1.78/89.0%	1.85/92.5%	1.82/91.0%	1.82/91.0%
S	1.50/75.0%	1.51/75.5%	1.50/75.0%	1.50/75.0%	1.75/87.5%	1.57/78.5%	1.74/87.0%	1.69/84.5%
SW	1.48/74.0%	1.48/74.0%	1.49/74.5%	1.48/74.0%	1.72/86.0%	1.76/88.0%	1.72/86.0%	1.73/86.5%
W	1.58/79.0%	1.60/80.0%	1.63/81.5%	1.61/80.5%	1.73/86.5%	1.72/86.0%	1.70/85.0%	1.72/86.0%
NW	1.84/92.0%	1.84/92.0%	1.84/92.0%	1.84/92.0%	1.84/92.0%	1.79/89.5%	1.80/90.0%	1.81/90.5%

만 강수 유무 정확도에 어느 정도 작용한 것으로 생각된다. 그리고 북서풍과 북풍, 서풍일 때 강수일이 적어 강수 유무의 평균 점수가 높게 나타난 것으로 판단된다.

풍향별 하늘 상태의 점수를 살펴보면 전체적으로 서풍 계열의 바람과 동풍 계열의 바람일 때 점수 차이가 크게 나타나지 않았다. 그리하여 지형의 영향을 고려한 풍향이 하늘 상태 예보 정확도에 미치는 영향은 두드러지게 나타나지 않은 것으로 생각된다.

이와 같이 영동 지역에서는 지형을 고려한 풍향이 기온과 강수 유무에 대한 예보 정확도에 영향을 주었다. 기온 예보의 경우 건조 단열로 인해 발생하는 기온 상승이 기온 예보 정확도에 영향을 미치며 기온의 경우보다는 작지만 강수 유무의 경우 산맥 효과로 인한 강수 현상이 강수 예보 정확도에 영향을 미친다. 그 결과로 최저 및 최고기온 모두 서풍 및 남서풍일 때 정확도가 낮았으며 강수 현상은 서풍 계열일 때 보다 동풍 계열일 때 낮았다.

5. 결론

본 연구에서는 우리나라 국지 예보 구역을 대상으로 최저 기온, 최고 기온, 강수 유무, 하늘 상태에 관한 예보 정확도를 시·공간적으로 분석하였다. 기상청의 예보 자료와 관측 자료를 이용하여 서로 다른 평가 기준을 가진 예보 평가 요소들을 분석한 후 이를 통합하는데 적절한 점수 부여 방법인 TP99에 기초한 방법을 사용하였다. 이러한 방법으로 국지 예보 구역별, 계절별로 예보 정확도를 산출하였고 강수 유무의 예보 정확도를 각각의 강수 확률 예보에 따라 분석하였으며 관측된 강수의 유무가 예보 평가 요소들의 예보 정확도에 얼마나 영향을 미치는지를 분석하였다. 이후에 계절별로 예보 정확도가 낮은 날을 사례로 하여 기압 배치형을 분석하고 사례 지역인 영동 지역을 대상으로 하여 상층의 풍향 자료와 예보 정확도를 비교·분석하여 다음과 같은 결과들을 얻었다.

분석 기간 동안 평가 요소들의 평균값은 강수 유무가 가장 낮고 하늘 상태와 최저 기온이 높게 나타났으

며 예보 정확도는 전체적으로 경상도가 높았고 강원도가 낮았다. 예보 구역과 각각의 평가 요소를 동시에 고려했을 경우, 최저 기온 및 최고 기온 예보 정확도는 강원도 지역이 낮았으며 강수 유무 예보 정확도는 중부 이남에서 동서의 지역적 차이가 잘 나타났다. 하늘 상태 예보 정확도는 다른 요소들에 비하여 지역적인 차이가 크지 않았다.

계절별 예보 정확도의 경우, 예보 정확도는 겨울이 가장 높았고 여름이 가장 낮았다. 여름에는 대기 불안정으로 인한 강수 유무 점수의 하락폭이 뚜렷하여 예보 정확도 하락의 주된 원인으로 생각된다. 가을은 여름보다는 예보 정확도가 개선되었지만 겨울보다는 낮았고 각 평가 요소별 점수 차이가 그리 크지 않았지만 결과는 여름의 순서와 동일하였다. 겨울은 하늘 상태가 가장 높았고 나머지 3개 요소는 서로간의 차이가 거의 없었다.

강수 예보에 따른 강수 유무의 예보 정확도는 강수 확률이 30% 미만일 때보다 70% 초과일 경우가 더 낮아 강수 현상이 발생하겠다고 예보했을 때 강수 현상이 발생하지 않겠다고 예보했을 경우보다 예보 오류 경향이 컸다. 강수가 각 예보 평가 요소에 대한 예보 정확도에 얼마나 영향을 미치는지 알아보기 위하여 전 육상 국지 예보 구역에 대하여 실황이 강수가 있던 날과 강수가 없던 날을 나누어서 분석해본 결과, 강수일에는 최저 기온, 최고 기온, 강수 유무의 예보 정확도가 무강수일 경우보다 낮았으며 하늘 상태는 무강수일에서 예보 정확도가 낮았다.

계절별 예보 정확도가 낮은 날의 기압 배치형을 분석해 보면 여름에 정체전선형의 기압 배치에서는 전선의 이동에 따라서 강수 유무의 정확도가 낮아질 가능성이 있었다. 가을과 겨울에 한대 고기압 확장형의 기압 배치에서는 기온 예보의 정확도가 크게 낮아지는 경우가 많았으며 봄과 가을의 이동성 고기압형의 기압 배치에서는 날씨가 급격하게 변하여 예보 정확도가 낮아질 수 있었다.

사례 지역인 영동 지역에 대하여 상층 850hPa 고도의 풍향 자료와 영동 지역의 국지 예보 구역(강원 남부 동해안, 강원 중부 동해안, 강원 남부 동해안)의 예보 정확도를 비교하여 풍향별로 각 평가 요소의 예보 정

확도를 분석하였다. 그 결과, 기온 예보의 경우 건조 단열로 인해 발생하는 기온 상승이 기온 예보 정확도에 영향을 미치며 기온의 경우보다는 작지만 강수 유무의 경우 동풍 계열의 바람이 불 때 산맥 효과로 인한 강수 현상이 강수 예보 정확도에 영향을 미쳤다.

본 연구에서는 한반도 국지 예보 구역의 예보 정확도를 시·공간적으로 평가하고 계절별 예보 정확도가 낮은 날의 기압 배치형과 사례 지역인 영동 지역을 대상으로 하여 풍향별 예보 정확도를 분석하였다. 앞으로, 지역적으로 예보 정확도에 영향을 미치는 요인에 대한 연구가 더욱 필요하며 호우나 황사 예보와 같이 자연 재해와 밀접한 관련이 있는 극한 기상 사례를 분리하여 분석하는 연구도 이루어져야 할 것이다.

文獻

권오용 · 이동규, 1988, “한국의 강수확률 예보에 관한 연구,” 한국기상학회지, 24(3), 44-56.

기상청, 2004, 예보업무규정, 기상청, 463-494.

기상청, 2004, 예보업무지침서, 기상청.

김용상 · 홍성길, 1996, “늦봄 또는 초여름에 영동지방에서 나타나는 “유사 편” 현상에 관한 연구,” 한국기상학회지, 32(4), 593-600.

박종권 · 최승태 · 전광용, 2004, 속초지방의 기온예보 가이드스, 국지 기온예보 가이드스(I), 강원지방기상청, 53-64.

오주덕, 2001, “강수(미소량) 유·무 판단을 위한 기압계경계 특성조사: 경상남북도 지방을 중심으로,” 대기(한국기상학회보), 11(1), 239-241.

이광주, 2005, “영동지방의 四季節 예보,” 기상소식, 292, 13-14.

이삼수 · 박세택 · 김지연 · 조화형, 2004, 철원지방의 기온예보 가이드스, 국지기온예보 가이드스(I), 강원지방기상청, 3-15.

이승호, 1995, “한반도 주변의 기압배치형에 의한 한국의

자연계절 구분,” 지리학연구, 26, 65-78.

최정희 · 이용희 · 최준태, 2001, “3시간 예보제 지원을 위한 한라 단시간 예측 시스템의 기온 예측 검증,” 대기(한국기상학회보), 11(1), 62-65.

Anthony, R. L. and Patrick, S. M., 2002, The application of a simple method for the verification of weather forecasts and seasonal variations in forecast accuracy, *Weather and Forecasting*, 17(4), 891-897.

Charba, J. P., Reynolds, D. W., McDonald, B. E., and Carter, G. M., 2003, Comparative verification of recent quantitative precipitation forecasts in the National Weather Service: A simple approach for scoring forecast accuracy, *Weather and Forecasting*, 18(2), 161-183.

Mark, A. R., Scott, D., and Darrell, M., 2001, Extended Forecast Verification at the Weather Forecast Office at Nashville, Tennessee, *NWA Electronic Journal of Operational Meteorology*, EJ-1.

Thones, J. E., 1996, The quality and accuracy of a sample of public and commercial weather forecasts in the UK, *Meteorological Applications*, 3(1), 63-74.

Thones, J. E. and Proctor, E. A. J., 1999, Persisting with persistence: The verification of Radio 4 weather forecasts, *Weather*, 54(12), 311-320.

교신 : 최영은, 143-701, 서울시 광진구 화양동 1, 건국대학교 지리학과(이메일: yechoi@konkuk.ac.kr, 전화: 02-450-3447, 팩스: 02-3436-5433)

Correspondence: Youngeun Choi, Department of Geography, Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Gwangjin-Gu, Seoul, 143-701, Korea(e-mail: yechoi@konkuk.ac.kr, phone: +82-2-450-3447, fax: +82-2-3436-5433)

최초투고일 06. 8. 28.
최종접수일 07. 3. 14.