

관측사례로 검증한 영동강풍 발생조건 분석

박유정^{1)*} · 한윤덕²⁾

¹⁾강원지방기상청 관측과, ²⁾강원지방기상청 예보과

(접수일: 2021년 5월 7일, 수정일: 2021년 9월 7일, 게재확정일: 2021년 9월 8일)

Analysis on the Yeongdong Downslope Windstorms Generation Condition Verified by Observation Cases

Yu-Jung Park^{1)*} and Youn-Deok Han²⁾

¹⁾Observation Division, Gangwon Regional Office of Meteorology, Gangneung, Korea

²⁾Forecast Division, Gangwon Regional Office of Meteorology, Gangneung, Korea

(Manuscript received 7 May 2021; revised 7 September 2021; accepted 8 September 2021)

Abstract Forest fire happens every year at Yeongdong, Gangwon-do, due to the strong local wind during the spring time and it causes a huge damage. This wind is named “Yangganjipung” or “Yanggangjipung” that blows along Yeongdong. However, the occurrence conditions of the wind have been still unclear. To identify the occurrence mechanism of local strong wind through three-dimensional observation data, Gangwon Regional Meteorological Administration performed Joint Gangwon-Yeongdong 3D Observation Project in 2020. The special observation was carried out for 6 times from March to April. The observation data was analyzed by focusing on the structure of synoptic pressure distribution and inversion layer. The result showed that the strength of wind is different depending on the latitude of low pressure, intensity of inversion layer, and changes on height in the south-high and north-low pressure distribution. As the interval of the upper and lower parts of the inversion layer was narrow, the strength of the wind became stronger, which is one of the observational characteristics of the springtime wind pattern at Yeongdong, Gangwon-do. In future, the clear mechanism of the local wind in the Yeongdong during the spring time is expected to be verified based on the accumulative observation data and close analysis.

Key words: Gangwon-do, Yeongdong downslope windstorms, inversion layer, south-high and north-low pressure distribution

1. 서 론

대형 산불에 대한 경각심이 높아지고 있다. 매년 봄철이 되면 고온 건조한 바람이 우리나라 전역을 훑고 지나가며, 특히 강원 영동은 태백산맥을 지나면서 다른 지역보다 강한 바람이 분다. 이는 예로부터 봄철 강원 영동지방에 자주 나타나는 국지강풍으로 양양과

간성의 첫머리 글자를 인용하여 양간지풍으로 불리고 있으며, 최근에는 양양과 강릉에서도 강풍 현상이 나타나므로 인해 양강지풍으로 불리기도 한다. 풍속기록으로 볼 때 봄철 강원 영동중북부지방에 부는 강풍 현상이라고 할 수 있으며, 그 지방 특유의 국지 바람을 일컫는다. 산림청 산불통계연보에 따르면 최근 10년간(2010~2019년) 산불 피해 면적의 월별 평균은 4월이 386.24 ha로 연간 피해 면적 857.18 ha의 45%를 차지했다. 산불 발생 건수도 4월이 다른 달보다 평균 91건으로 3월(114건)에 이어 연중 두번째로 많았다. 특히 2019년 4월은 강원동해안에서 대형산불이 발생

*Corresponding Author: Yu-Jung Park, 130 Gwahakdanji-ro, Gangneung-si, Gangwon-do 25440, Korea.
Phone: +82-33-650-0457, Fax: +82-33-650-0439
E-mail: pyjhot@korea.kr

하였고 그 해 피해 면적은 2997.87 ha에 달하였다. 이렇듯 강원도는 지형적인 요인으로 인하여 다른 지역보다 강풍으로 인한 피해가 많다. 이에 강원지방기상청에서는 국민의 재산과 생명에 많은 영향을 미치는 산불에 대하여 체계적인 관측과 분석이 필요하다고 판단하였고, 강원 영동지방 봄철에 부는 강풍에 대한 연구를 시작하였다. Cho et al. (2015)은 영동지역의 지형성 강풍은 지상일기도에 나타난 기압 분포가 한반도를 중심으로 남고북저형이 나타나고, 동한만과 영동지역 쪽으로 기압골이 잘 발달된 형태를 보인다고 설명하였다. 그리고 850 hPa 등압면 일기도에서는 영동지역으로 온도능이 위치하며 풍하측인 속초의 고층 관측자료에서 역전층 혹은 안정층의 고도는 약 1~3 km (925~700 hPa) 사이에 위치하였다. 하층 강풍대 또한 태백산맥의 고도와 유사한 약 1~3 km에서 나타났다고 보고하였다. Kim and Chung (2006)은 풍하측 국지 하강풍의 강도를 결정짓는 중요한 인자는 풍상측에서 고도 약 2~4 km 상공 유입되는 기류의 풍속이라고 하였다. 그리고 Heo (2009)는 영동강풍이 발생하기 위한 조건을 다음과 같이 밝혔다. (1) 북위 35~40도 사이 8 hPa 이상의 기압 경도가 형성된다. (2) 태백산맥 풍상측 850 hPa 이하 층에서 Thermal ridge 접근·하지만 영동지방에 Thermal trough가 형성되면 해풍(동풍)으로 인해 풍속이 약해진다. (3) 풍상측 850 hPa 이하 층에서 남서류의 풍속과 난기 유입량 클수록 풍속이

강해진다. (4) 850 hPa 일기도에서 강원도와 동해중부 해상에 5~6도 이상의 온도 경도가 형성된다. (5) 700 hPa 이상 층에서 한기가 동해안으로 이류 하면 풍속이 더 강해진다. 이처럼 학·연·관에서 많은 연구가 있었지만 이번 연구에서는 2020 강원영동 공동 입체기상관측 자료를 바탕으로 영동강풍이 발생하기 전의 예보 관점에서 사전 예측이 가능한 기압 구조와 발생 시의 연직 구조를 파악하고자 단열선도를 이용한 역전층을 분석하여 그 매커니즘을 찾는데 목적이 있다.

2. 전형적인 영동강풍

먼저 전형적인 영동강풍으로 사례를 조사한 후 2020 강원영동 공동 입체기상관측 사례로 발생 조건을 비교해 보았다. 먼저 전형적이라고 말할 수 있는 사례는 선행 연구자료로 발생일을 찾았다. 기본적인 기압 배치는 만주지역으로 저기압과 우리나라 남해상으로 지나는 이동성 고기압이 위치하며, 풍상측으로 서풍이 유입되고, 태백산맥을 지나면서 강원도 영동지역인 풍하측으로 풍속이 강해지는 사례일은 2015년 4월 26일이다.

Figure 1은 3차원 기상 표출 프로그램인 Gloview를 이용하여 2015년 4월 26일 0000 UTC 연직흐름도를 나타낸 것이다. ECMWF 실시간 분석장을 이용하였으며, 이후 Gloview를 이용하여 연직흐름도를 나타낸

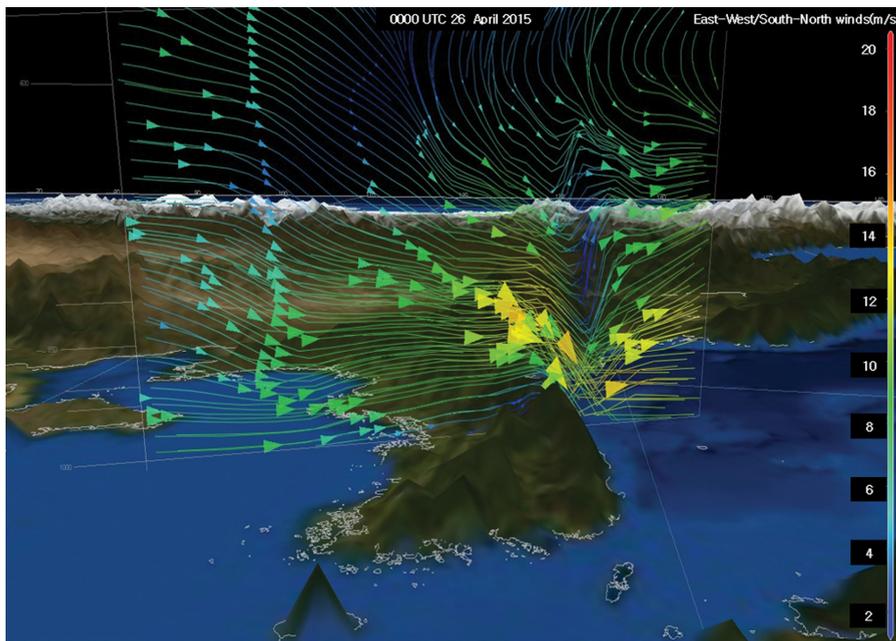


Fig. 1. Vertical profiles of streamline at 0000 UTC 26 April 2015. Each line represents a vertical wind, and the head size represents the strength of the wind.

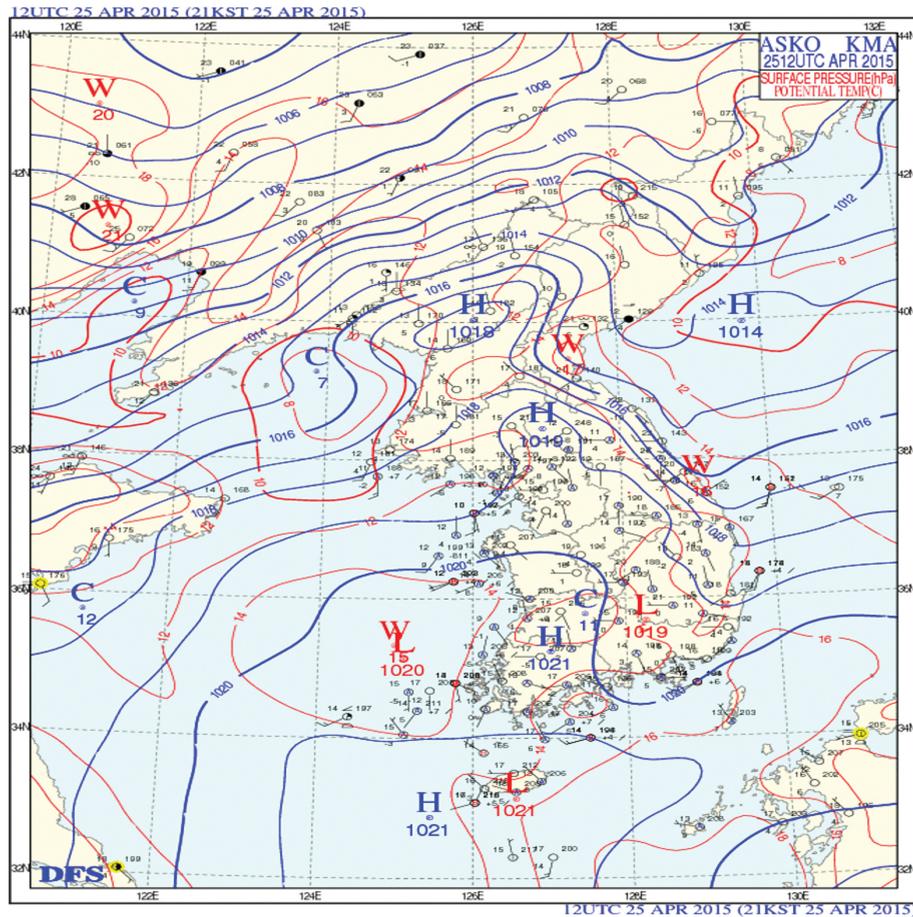


Fig. 2. Surface weather chart at 1200 UTC 25 April 2015. The blue line represents surface pressure and the red line represents potential temperature.

그림은 동일 자료를 이용하였다. 각 선은 유선의 흐름을 나타내며, 헤드의 크기와 색은 바람의 세기를 나타낸다. 한반도를 중심으로 유선의 연직 분포를 표현하여 바람의 방향과 세기를 보았다. 풍상측으로는 서풍이 유입되며, 태백산맥을 지나면서 풍하측인 강원 영동으로 대기가 침강하면서 바람이 강해지는 것을 확인할 수 있다. 일반적으로 말하는 풍상측인 강원 영서는 바람이 약하고 산을 지나 동해안으로 바람이 강해지는 영동강풍에 대한 모습을 확인할 수 있었다. 이 연직흐름도를 바탕으로 영동강풍에 대한 기압계 구조와 연직 구조를 분석하였다. 강원도 대진과 미시령 등 강원 영동으로 최대순간풍속이 20 m s^{-1} 내외의 강풍이 불었다. 반대로 강원영서는 이에 비하여 10 m s^{-1} 내외로 상대적으로 바람이 약하였다. 사례일 전날부터 지상 일기도를 보면 몽골 동부에서 만주 동부, 연해주로 저기압이 이동하고, 우리나라 남쪽으로

이동성 고기압이 남해 해상에서 일본남부해상으로 지났다. 풍상측으로는 기압능과 온도골이 위치하고 있었으며, 풍하측은 기압골과 온도능이 존재하였다(Fig. 2). 그리고 강풍 조건에 해당하는 북위 35~40도에서 9~10 hPa 정도 기압 경도 차이가 있었다(Fig. 3). 강풍 측도 기압 경도가 강하고 온도 경도가 조밀한 지역의 북동쪽으로 나타났다.

이때 풍하측인 속초 지점에서의 역전층을 파악해 보았다. Figure 4는 2015년 4월 25일 1200 UTC부터 4월 27일 1200 UTC까지 12시간 간격의 속초 단열선도이다. Fig. 4a를 보면 강풍이 시작하는 시각인 2015년 4월 25일 1200 UTC이며, 이때 지상의 역전층은 이후 소멸하는 모습을 보인다. 지상역전층은 단열선도에서 1000 hPa 부근으로 보이며 12시간 후인 강풍이 강해지는 26일 0000 UTC (Fig. 4b)에는 이 지상역전층은 소멸하였다. Figure 4b에서 역전층의 상단은 875

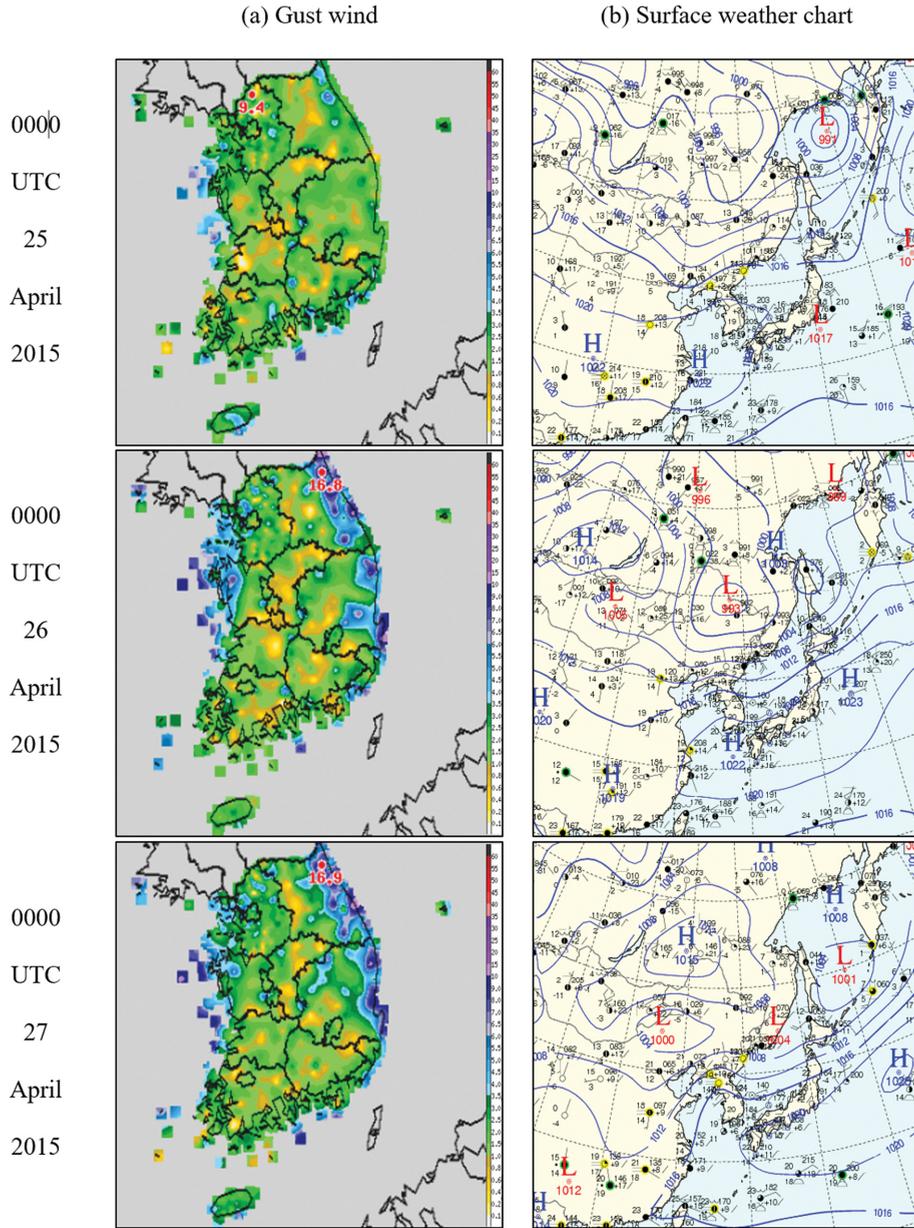


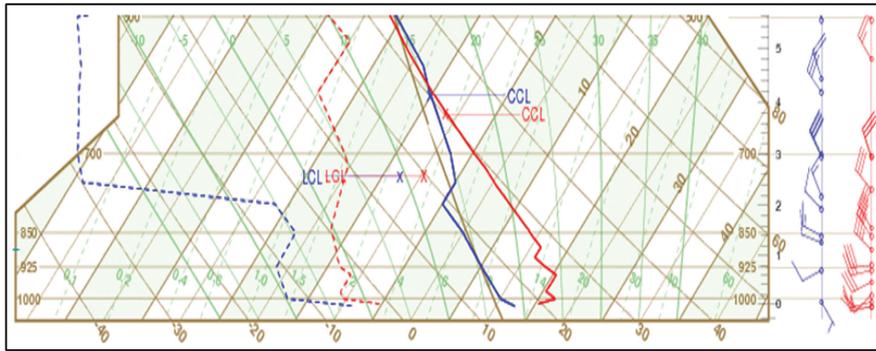
Fig. 3. (a) Spatial distribution of gust wind on the Korean peninsula and (b) surface weather chart.

hPa, 하단은 950 hPa이다. Figure 4c의 역전층의 상단은 925 hPa, 하단은 950 hPa로 Figs. 4b와 c에서 보듯 역전층의 상단과 하단의 고도 차가 작아지면서 풍속은 강하게 나타났다. 속초 최대순간풍속은 오후 12시 44분에 18.9 m s^{-1} 로 나타났다. 이 때 역전층의 상부로 건조층이 하강하고 있었고, 포차비가 1보다 큰 값을 나타냈다. 여기서 포차비란 역전층의 상단과 하단의 포차를 나눈 값이며, 이 때 포차는 상단과 하단의

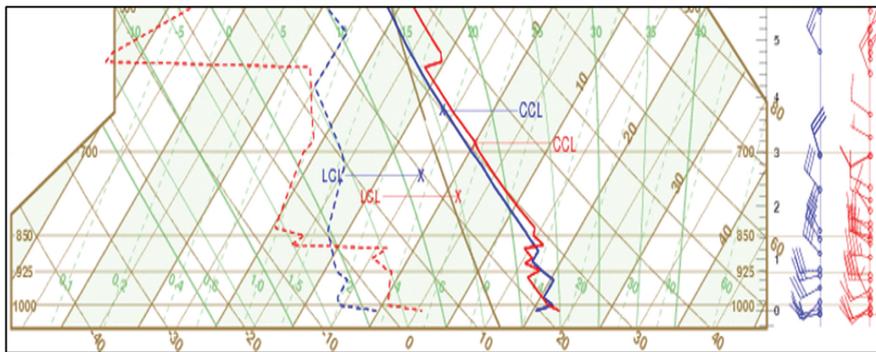
기온과 이슬점온도의 차이이다.

전형적인 영동강풍의 선제적인 판단은 기압계의 위치이다. 2015년 4월 26일 사례에서는 북쪽의 저기압 중심이 위도 50도 부근에 있었고, 만주 부근에서 느리게 이동하였다. 사전 예측을 하기 위해서는 기압계 발달과 이동경로가 중요한데 먼저 바이칼호 상층 한기를 동반한 500 hPa의 기압골의 위치이다. 이는 발달한 지상고기압을 절리 시키며, 몽골과 만주 부근 지

(a) 1200 UTC 25 April 2015



(b) 0000 UTC 26 April 2015



(c) 1200 UTC 26 April 2015

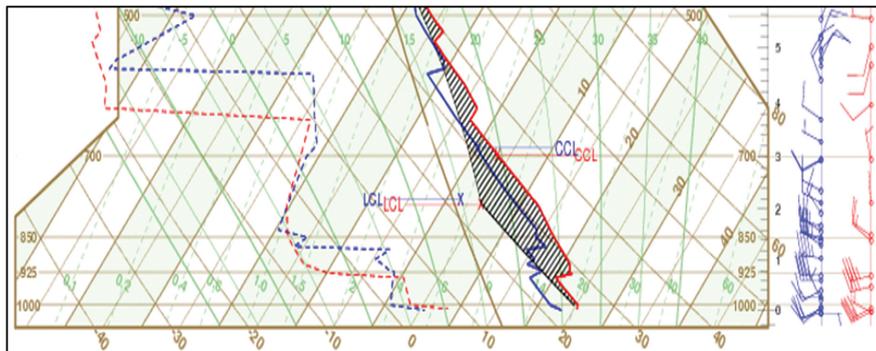


Fig. 4. Skew T-log P chart from Sokcho radiosonde.

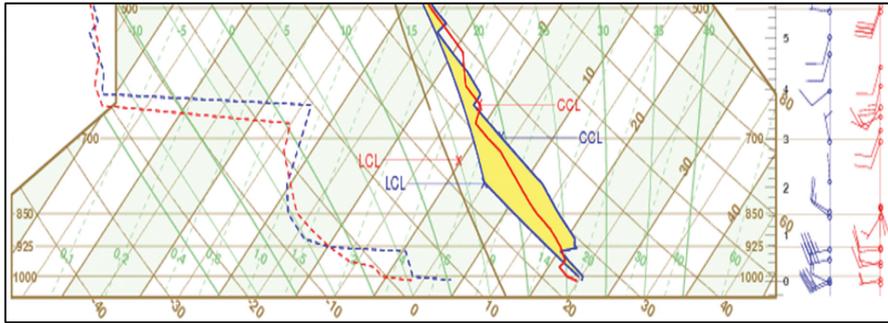
상저기압의 발달을 지원한다. 그리고 우리나라 중북부 상공으로 건조 공기를 유입시키는 역할을 한다. 다음으로 몽골과 만주 부근 지상저기압이 발달하면서 느리게 이동하는 것이다. 남동진 또는 동진하면서 연해주와 오희츠크해로 이동한다. 마지막으로 절리된 지상의 이동성고기압의 이동경로이다. 중국 중서부와 중부지방에서 중국남부, 우리나라 남해상으로 이동하면서 온난 건조한 성질을 띄며 중부지방 하층으로 남서류를 유입시킨다. 다음으로는 역전층의 고도 차이

이다. 강풍 시에 역전층이 존재하였으며, 특히 이 역전층의 상단과 하단의 고도 차이가 작을 때, 즉 강도가 강할 때 바람이 강하였다.

3. 2020 강원영동 공동 입체기상관측 프로젝트

다음은 2020년 3월부터 4월까지 실시한 강원영동 공동 입체기상관측 자료를 토대로 영동강풍의 연직

(d) 0000 UTC 27 April 2015



(e) 1200 UTC 27 April 2015

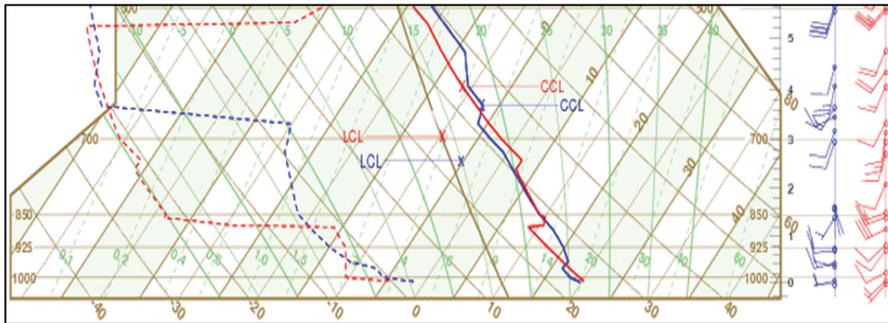


Fig. 4. Continued.

Table 1. 3-Dimensional Meteorological Observation Project in the Yeongdong Region of Gangwon Province, South Korea in 2020.

Date/time (KST)	Notes
Case 1 3.12.09:00~3.13.09:00	
Case 2 3.18.21:00~3.19.15:00	
Case 3 3.20.15:00~3.21.09:00	Intensive observations
Case 4 4.24.15:00~4.25.09:00	
Case 5 4.28.15:00~4.29.09:00	
Case 6 5.01.15:00~5.02.09:00	Additional observations

구조를 분석하였다. 관측 기간 내 총 5회의 강원영동 강풍 관측이 있었으며, 관측 종료 후 영동강풍이 예상되어 추가로 강원지방기상청에서만 강풍 관측을 1회 수행하였다(Table 1). 관측은 매 6시간 간격으로 실시하였다.

3.1 최대 풍속과 지상 일기도

특별공동관측은 기본적으로 영동강풍이 예상되기 2~3일 전 지상일기도를 먼저 확인하였으며, 기압계 구조가 남고북저의 패턴이 나타나고 동해상으로 한기가 이류 되는 모습이 나타나면 실시하였다.

Figure 5는 특별공동관측 시 최대순간풍속과 일기도를 나타낸다. 그리고 Table 2는 매 관측 기간 풍상, 정상, 풍하측으로 강풍이 나타났던 시간과 최대순간 풍속이다.

1차 강원영동 강풍 관측인 3월 12일에서 13일까지, 풍속을 시간대별로 보면 12일 1200 UTC에 강원영동 북부로 강한 바람이 나타났다. 그리고 다음 날 1200 UTC가 지나가면서 바람이 약해졌다. 기압 경도는 남고북저의 기압 배치에 영서지방으로는 상대적으로 기압이 약하고 영동지방으로는 강하였다. 기온은 영서지방으로는 한기가 강하였고 영동지방으로는 난기가 강하였다.

2차 강원영동 강풍 관측은 3월 18일에서 19일의 사례이다. 앞서 1차의 사례와는 다른 양상을 보였다. 북쪽 만주지방에 강한 저기압이 위치하고, 남해상으로 이동성 고기압이 있었다. 강원영동 강풍 관측 전 영동강풍을 판단할 때에는 남고북저의 패턴이 보여 관측 실시를 결정하였다. 하지만 북쪽의 저기압이 아주 급격히 발달한 저기압의 형태로 우리나라를 훑고 지나갔고, 예상하였던 남고북저의 기압 배치는 아주 짧은 시간 동안 나타났다. 이 때 기압계의 배치로 봄철 영동강풍의 판단 여부를 착안하였다. 영동지방으로 강한 바람이 나타나는 봄철 영동강풍의 특징과 달리 2

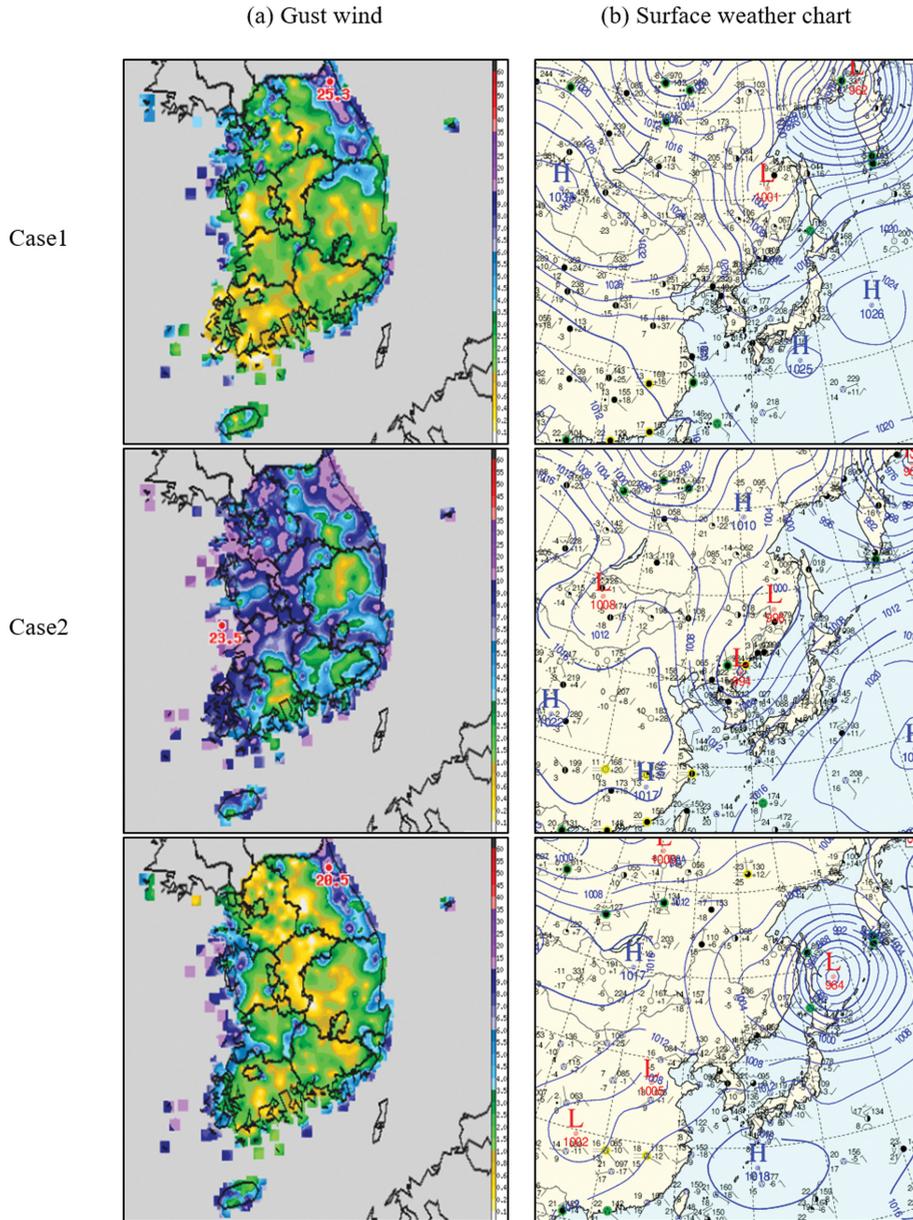


Fig. 5. (a) Spatial distribution of gust wind on the Korean peninsula and (b) surface weather chart.

차 특별공동관측은 전국에서 강한 기압 경도를 나타냈고, 강풍 역시 일부 지점을 제외하고 전국에서 강하게 불었다. 강한 저기압이 우리나라를 훑고 지나 간 뒤, 한반도는 서해상에 있던 고기압이 이동하며 남해상으로 지나갔고, 북쪽으로는 2차 특별공동관측 때보다 약한 저기압이 북쪽으로 지나가며 남고북저의 패턴을 보이기 시작하였다. 이로 인하여 다음 3차 강원 영동 강풍 관측을 실시하였다.

결과적으로는 3차는 1차와 비슷한 양상을 보였다. 영서지방으로 약한 기압 경도, 영동지방으로 강한 기압 경도를 나타내며 강원영동북부로 강풍이 나타난 사례였다.

4차 강원영동 강풍 관측 시기에는 서해안과 강원산간으로 강풍이 나타났다. 이때 기압 배치는 북쪽 저기압이 40도 부근에 위치하고 있으며, 2장 전형적인 영동강풍의 사례 때보다 저기압 위치가 50도 아래에

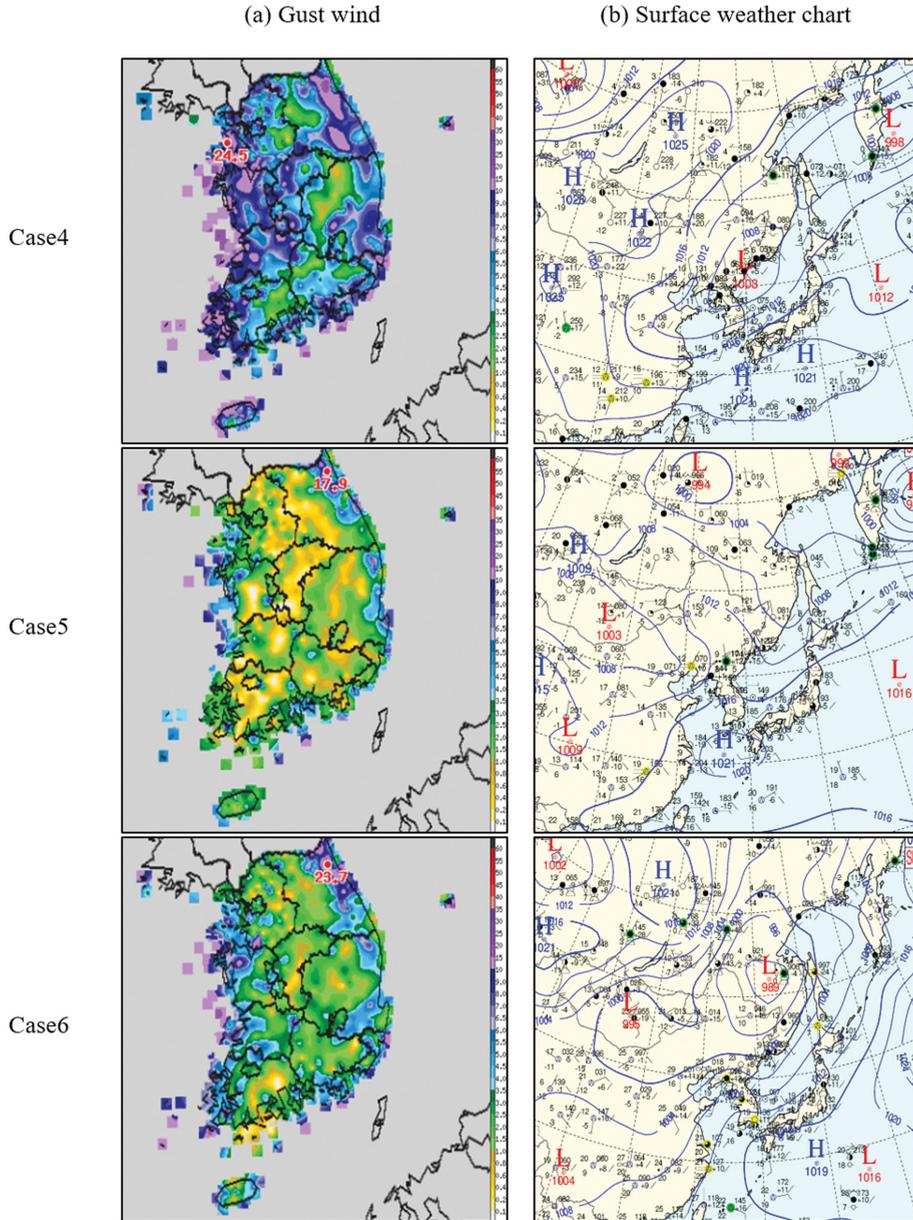


Fig. 5. Continued.

서 우리나라에 영향을 주고 있었다.

5차 강원영동 강풍 관측은 1차, 3차 사례와 비슷한 모습을 보였다.

2020년 강원영동 강풍 관측에서 가장 전형적인 봄철 영동강풍 사례로 보여지는 것은 6차 사례이다. 2015년 전형적인 사례와 비슷하게 풍상측으로 온도골과 기압능이 위치하고 있으며, 풍하측으로는 온도능과 기압골이 위치하면서 북쪽의 저기압은 위도 50도 부근,

남해상으로 이동성고기압이 위치하였다.

3.2 연직흐름도

봄철 영동강풍의 연직구조를 알고자 1차에서 6차까지 Gloview를 이용하여 연직흐름도를 나타내 보았다 (Fig. 6). 모든 관측 차수 별 강풍이 나타났던 시간대의 연직구조이다. 1차와 3차시에는 서쪽에서 들어오는 바람이 태백산맥을 지나서도 풍하측인 영동지방으

Table 2. Maximum instantaneous wind speed in each station in case of strong winds.

	Up stream			Top			Down stream		
	Station	Wind speed (m s ⁻¹)	Date & time	Station	Wind speed (m s ⁻¹)	Date & time	Station	Wind speed (m s ⁻¹)	Date & time
Case 1	Wonju	6.6	3.12.19:01	Misiryong	30.3	3.12.19:56	Sokcho	13.7	3.12.16:49
	Hoengseong	7.9	3.12.16:08	Seoraksan	29.4	3.13.00:33	Yangyang	11.1	3.13.00:21
	Inje	9.1	3.12.13:38	Daegwallyeong	21.2	3.12.20:21	Bukgangneung	14.7	3.13.00:50
Case 2	Wonju	16.7	3.19.13:46	Misiryong	20.5	3.18.23:23	Sokcho	19.8	3.19.14:14
	Hoengseong	16.7	3.19.12:42	Daegwallyeong	27.7	3.19.12:41	Yangyang	8.9	3.18.11:41
	Inje	15.3	3.19.11:56	Seoraksan	32.5	3.19.11:45	Bukgangneung	21.8	3.19.12:42
Case 3	Wonju	9.1	3.20.16:12	Misiryong	26.8	3.20.20:07	Sokcho	12.9	3.21.06:36
	Hoengseong	9.8	3.20.14:07	Daegwallyeong	18.6	3.20.16:42	Yangyang	11.2	3.21.08:21
	Inje	11.1	3.20.15:30	Seoraksan	30.5	3.20.22:41	Bukgangneung	11.6	3.21.00:42
Case 4	Wonju	13.0	4.24.12:15	Misiryong	30.9	3.25.05:53	Sokcho	15.8	4.25.06:27
	Hoengseong	12.1	4.24.15:30	Daegwallyeong	20.3	3.25.07:02	Yangyang	12.6	4.24.12:04
	Inje	18.7	4.24.16:26	Seoraksan	32.4	3.25.05:20	Bukgangneung	17.2	4.24.11:51
Case 5	Wonju	8.9	4.28.16:42	Misiryong	26.7	4.28.16:01	Sokcho	13.0	4.28.21:24
	Hoengseong	9.4	4.28.15:53	Daegwallyeong	17.3	4.28.17:14	Yangyang	11.5	4.29.00:38
	Inje	15.1	4.28.14:46	Seoraksan	21.1	4.29.00:32	Bukgangneung	9.5	4.28.15:25
Case 6	Wonju	6.4	5.1.14:42	Misiryong	26.0	5.1.16:07	Sokcho	19.1	5.1.20:00
	Hoengseong	8.0	5.1.16:26	Daegwallyeong	18.8	5.1.14:46	Yangyang	12.7	5.1.22:40
	Inje	11.9	5.1.16:13	Seoraksan	24.3	5.1.20:56	Bukgangneung	14.3	5.1.18:00

로 크게 강화되는 양상은 보이지 않았다. 2차 관측은 풍상측인 서쪽으로도 강한 바람이 불어오고 있으며 이 바람이 태백산맥을 넘으면서 강풍으로 인하여 산맥 위로 바람의 강풍 고도가 높아지기도 하였으며, 풍하측인 강원영동만 강한 강풍이 나타나지 않고 모든 지역에서 바람이 강하게 나타나는 것을 볼 수 있다.

강원산간으로 바람이 강하였던 4차 사례는 풍상측에서 불어오는 바람이 산맥을 지나며 강해지는 것을 확인 할 수 있지만 그 아래 강원영동으로는 바람이 강해지지 못하였다. 이런 이유로 4차 관측 사례는 영동강풍이라고 판단하지 않았다. 5차는 동서의 바람 강도 차이가 뚜렷이 나타나지 않았다.

하지만 6차 사례에서의 연직흐름은 영동강풍의 모습을 보이고 있었다. 태백산맥을 지나며 바람은 강해지고 풍하측인 동해안으로 바람이 내려오는 것을 볼 수 있었다.

3.3 역전층 분석

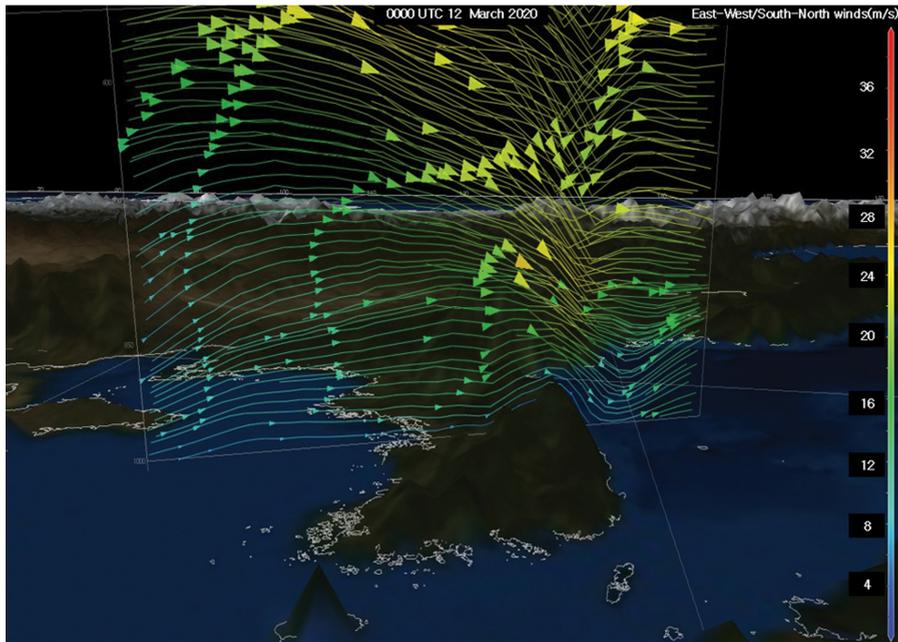
대기 연직구조를 자세히 파악하고자 단열선도를 이용하여 역전층을 분석하여 보았다(Fig. 7). 3.2절에서 Gloview로 확인 후 6차 사례를 중심으로 역전층의 구조를 분석하고자 한다. 6차는 강원영동 강풍 관측 중

료 후 관측이므로 북강릉 레윈존데만을 이용하였으며, 이를 활용하여 풍하측 역전층 구조만 분석하였다. Figures 7a와 7b는 6차 관측 기간 내 단열선도를 이용한 연직분포이다. Figure 7a에서 6차 관측 기간 강풍 Peak Time이 있었다. (a)의 파란 실선으로 표현한 시간대인 1일 0600 UTC이다. 관측 기간의 다른 실선과 비교하여 보면 각 역전층의 상단과 하단의 고도를 비교하여 볼 수 있다. Table 2에서 6차에서 강풍이 나타났던 시기는 0900 UTC 부근이었다. 0900 UTC는 강원영동 강풍 관측 시간대가 아니므로 0600 UTC 단열선도와 비교하였는데 다른 구간에서 보다 역전층의 강도가 강해지는 것을 확인 할 수 있었다. 파란실선의 역전층 상단은 730 hPa, 하단은 740 hPa이다. 이는 다른 구간에서 보다 역전층의 고도 차이가 작았고, 앞서 2장에서 말한 2015년 영동강풍 사례와 비슷한 양상을 나타냈다. 향후 강원영동 강풍 관측이 실시되어 축적이 된다면 이런 점에 초점을 두어야 할 것으로 보인다.

4. 강풍 사례 분석

다른 강풍 사례로 강원동해안의 대형산불이 나타났

(a) Case 1



(b) Case 2

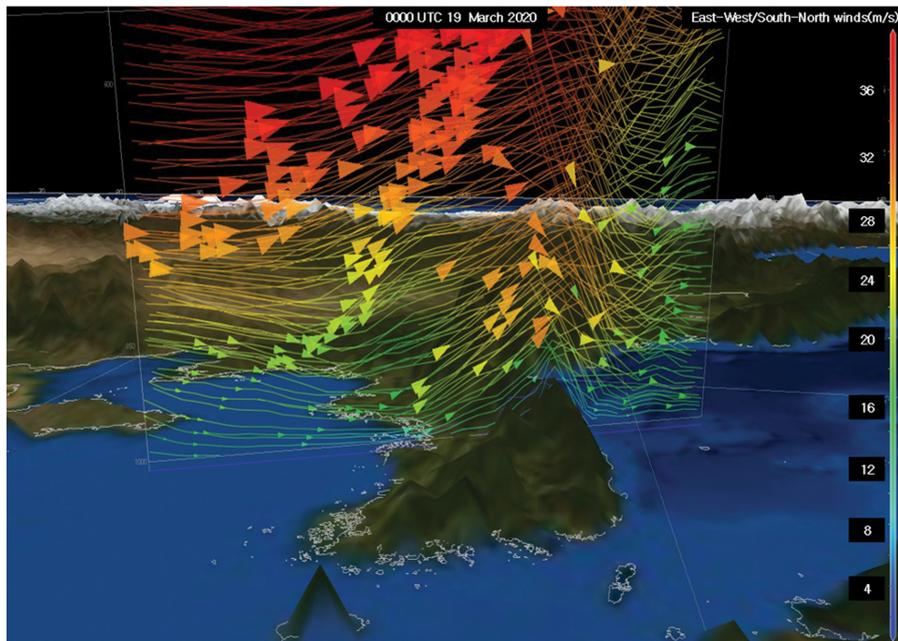
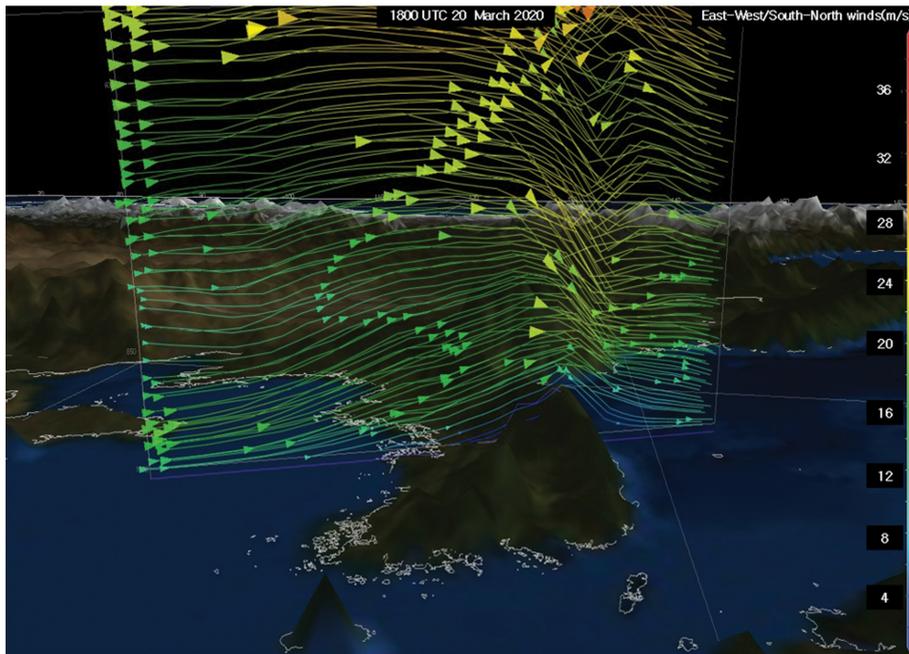


Fig. 6. Vertical profiles of streamline at 0000 UTC 12 March (a), 0000 UTC 19 March (b), 1800 UTC 20 March (c), 0000 UTC 25 April (d), 1800 UTC 28 April (e), and 1200 UTC 1 May (f). Each line represents a vertical wind, and the head size represents the strength of the wind.

던 2019년 4월 4~5일을 분석하고자 한다. 4일 최대순간풍속은 미시령 35.6 m s⁻¹, 고성군 현내는 26.1 m s⁻¹,

5일 미시령은 30 m s⁻¹로 양일에 걸쳐 동해안으로 매우 강한 바람이 불었다. Figure 8은 4월 4일에서 5일

(c) Case 3



(d) Case 4

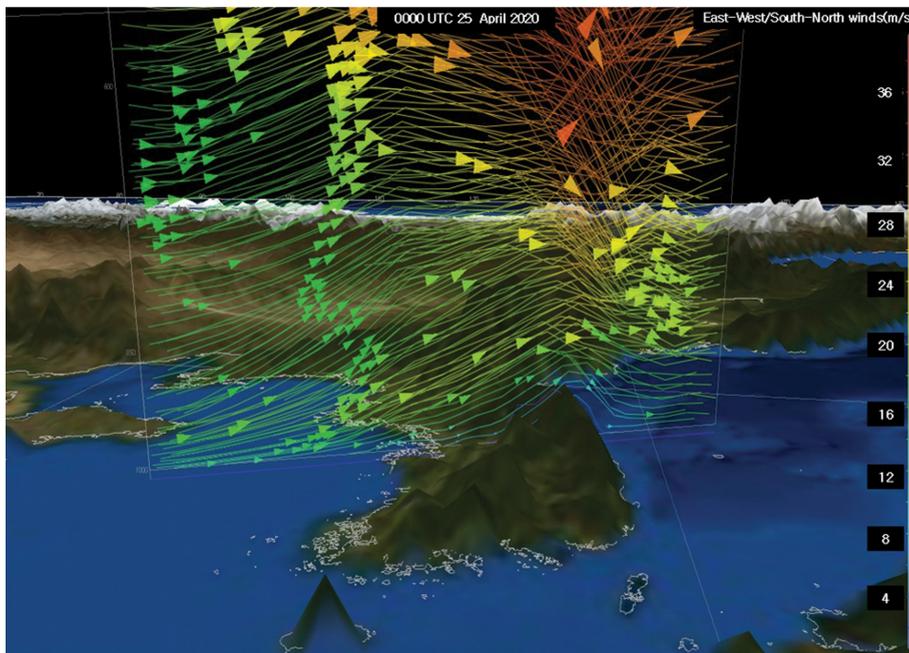
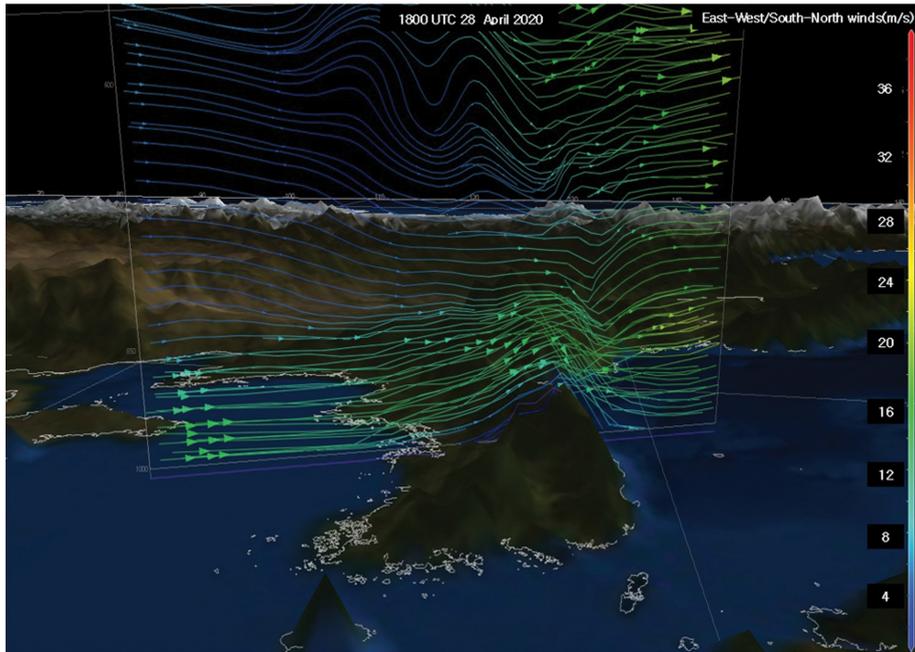


Fig. 6. Continued.

의 일기도이다. 지상저기압은 북위 45도 부근에서 느리게 동진하고 있으며, 남해상으로 고기압이 위치하고 있다. 4일 12000 UTC를 지나면서 남고북저형의 기

압 패턴은 우리나라를 중심으로 조밀해지고 있으며, 다음 날 0000 UTC 이후 북쪽의 저기압이 연해주로 빠져나가면서 바람이 약해졌다.

(e) Case 5



(f) Case 6

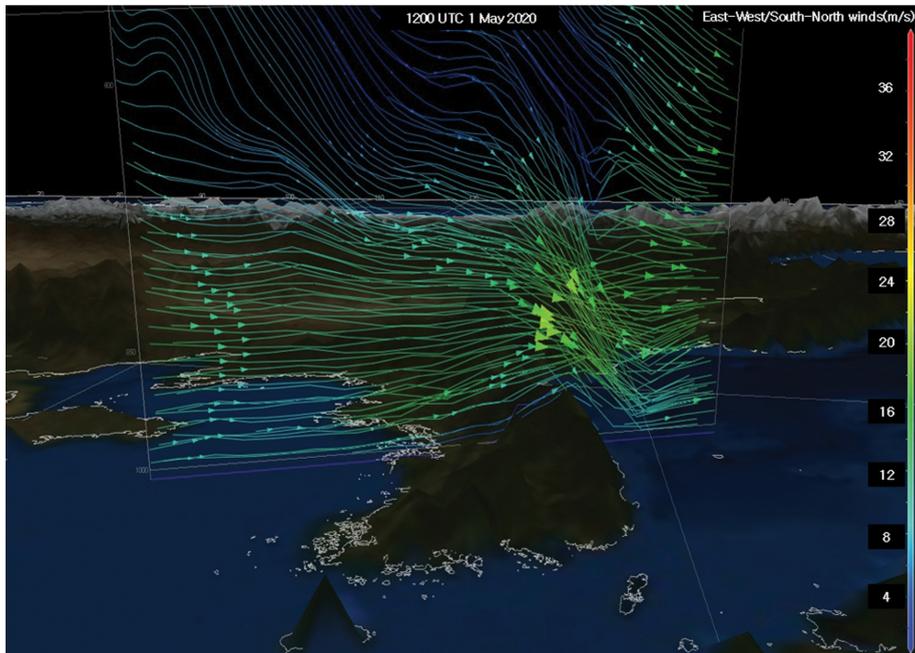


Fig. 6. Continued.

다음은 단열선도를 통하여 북강릉 연직구조를 보았다. Figure 9a는 강풍 시작 전 단열선도이다. 1000 hPa 부근으로 지상 역전층이 관측된다. 이는 앞서 사례들

에서 보았던 영동강풍의 특징과도 일치한다. Figure 9b는 강풍이 나타났던 시간대의 단열선도이다. 파란 실선은 4일 0600 UTC이며, 빨간실선은 1200 UTC를

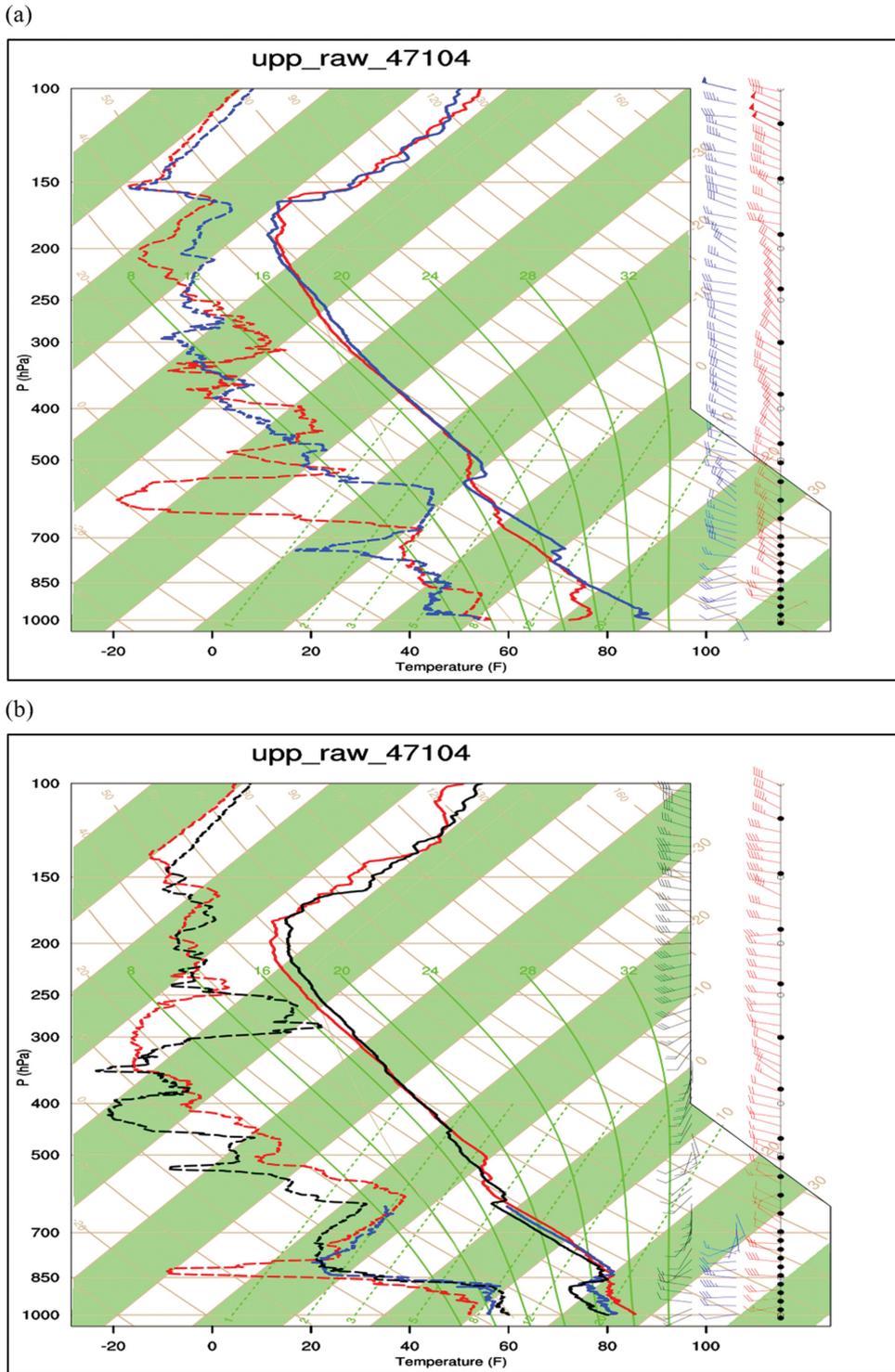


Fig. 7. Skew T-log P chart from Bukgangneung radiosonde. In (a) the red line is 0000 UTC on May 1, 2020, and the blue line is 0600 UTC on May 1, 2020. In (b), the red line is 1200 UTC on May 1, 2020, the blue line is 1800 UTC on May 1, 2020, and black line is 0000 UTC on May 2, 2020.

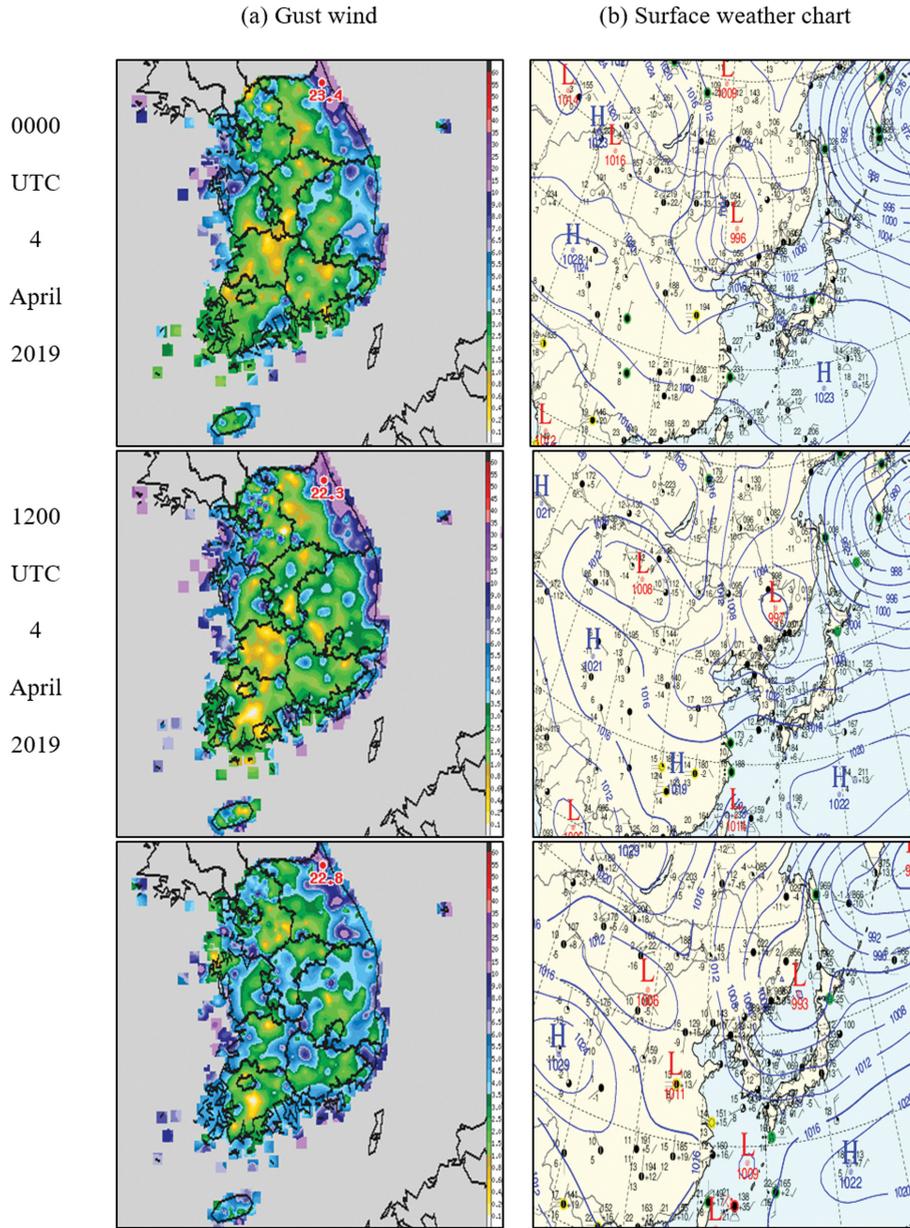


Fig. 8. (a) Spatial distribution of gust wind on the Korean peninsula and (b) surface weather chart.

나타낸다. 이때 1200 UTC 역전층은 900~800 hPa 사이에 위치하고 있다. 전 시간대에 비하여 역전층의 강도가 강해지는 것도 확인할 수 있다.

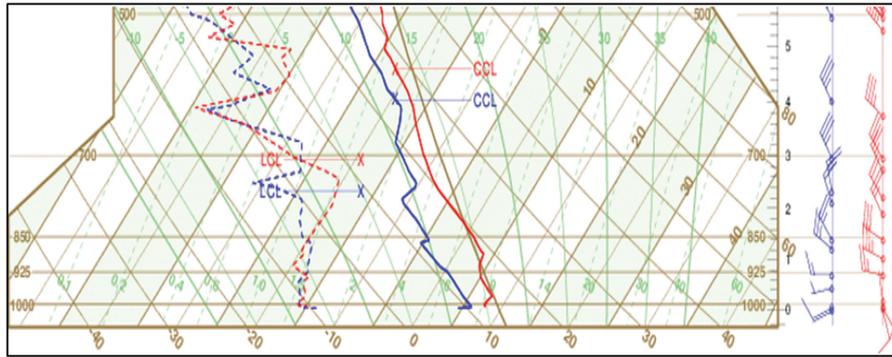
마지막으로 Fig. 10에 제시된 연직흐름도로 영동강풍을 확인하여 보면, 태백산맥을 사이에 두고 영서와 영동지방의 바람 차이가 확연히 보인다. 바람이 가장 강했던 4일 1200 UTC 자료이며 산맥의 서쪽은 서풍이 약하지만 산맥을 넘으면서 풍하측인 동해안으로

바람이 강해지는 모습이 나타난다.

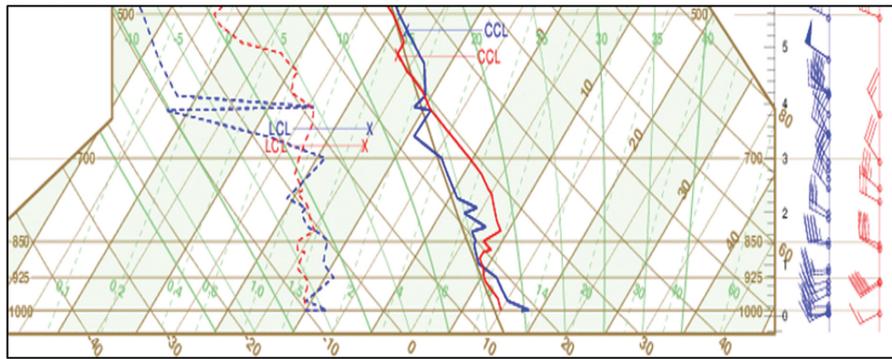
5. 요약 및 결론

봄철 영동강풍을 선제적으로 판단하기 위해서 관측 사례를 중심으로 연직흐름도를 살펴 본 뒤 영동강풍 사례에 대해서 연직 구조나 기압계 구조를 파악하여 공통된 발생 조건을 분석하였다. 결론적으로 기압계

(a) 0000 UTC 4 April 2019



(b) 1200 UTC 4 April 2019



(c) 0000 UTC 5 April 2019

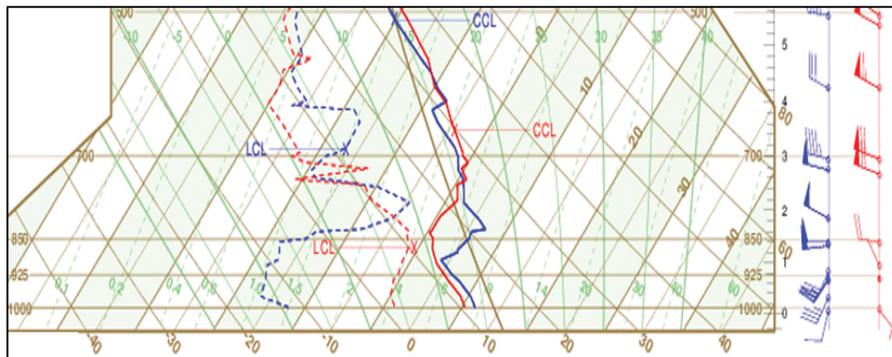


Fig. 9. Skew T-log P chart from Sokcho radiosonde.

의 구조는 상층 기압골과 지상 저기압, 고기압의 이동경로를 주의 깊게 살펴보아야 한다. 특히 지상 저기압의 위치가 위도에 따라 우리나라에 영향을 미치는 강도가 달랐다. 강한 지상 저기압이 북쪽에 위치하고 남쪽에 이동성고기압이 있다고 하더라도 전부 영동강풍이라고 볼 수 없었다. 위도 50도 부근에 지상저기압이 위치하고 있어야 하며, 남쪽으로 이동성고기압이 위치하면서 남고북저의 패턴을 이룰 때 기본 기압 패턴이 된다.

이어 이번 연구에서 중점적으로 보았던 것은 강풍이 발생하였을 때의 역전층의 존재 여부와 그에 따른 특징을 분석하였다. 결론적으로 영동강풍이 나타났을 때 역전층은 존재하였다. 그리고 이 역전층이 다른 시간대보다 강풍이 나타났을 때 상단과 하단의 폭이 작아지는, 즉 강도가 강해지는 특징을 보였다.

하지만 2개월 동안의 관측을 중심으로 영동강풍의 발생 조건을 분석하기에는 관측 사례가 다소 부족하였다. 향후 양질의 관측 사례가 추가된다면 강원 영

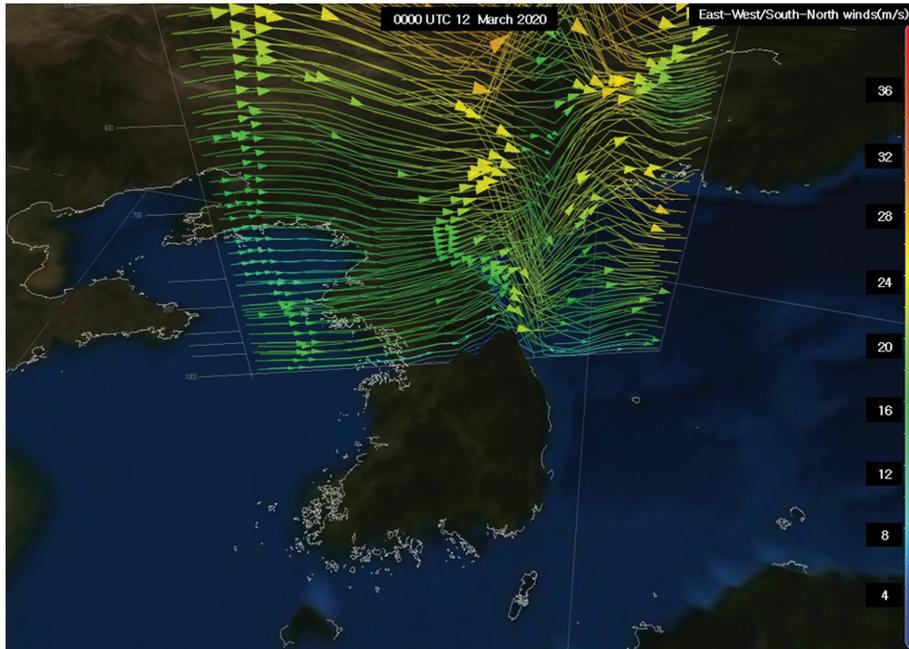


Fig. 10. Vertical profiles of streamline at 1200 UTC 4 April 2019. Each line represents a vertical wind, and the head size represents the strength of the wind.

동 양강지풍이라는 봄철 영동강풍에 대하여 면밀한 분석이 이루어질 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Cho, Y.-J., T.-Y. Kwon, and B.-C. Choi, 2015: Characteristics of meteorological variables in the leeward side associated with the downslope windstorm over the Yeongdong region. *J. Korean Earth Sci. Soc.*, **36**, 315-329, doi:10.5467/JKESS.2015.36.4.315 (in Korean with English abstract).
- Heo, 2009: The downslope windstorm over the Yeongdong region. Gangwon forecasting technology paper, Gangwon Regional Office of Meteorology, 137-148 (in Korean).
- Kim, J.-H., and I.-U. Chung, 2006: Study on mechanisms and orographic effect for the springtime downslope windstorm over the Yeongdong region. *Atmosphere*, **16**, 67-83 (in Korean with English abstract).