

# 東海와 그 沿岸 大雪의 氣候學的 研究

崔 珍 植\*

## 目 次

1. 序 論	(2) 高·低氣壓 및 寒冷前線의 位置
(1) 研究目的	(3) 大雪時의 氣壓配置
(2) 研究方法 및 資料	4. 大雪時의 綜觀의 特性
2. 降·積雪量의 經年變動	(1) 500mb 高度偏差
(1) 降雪量의 經年變動과 寡雪年	(2) 降雪量과 帶狀指數
(2) 最深積雪의 經年變動과 降雪의 週期	(3) 上層의 溫度條件
3. 大雪時의 氣壓配置	(4) 大雪時의 循環特性
(1) 大雪時의 降雪雲의 分布	5. 要約 및 結論

## 1. 序 論

### (1) 研究目的

降雪은 低氣壓系(Cyclone system)나 氣壓谷이 통과할 때 발생되는 외에 寒冷乾燥한 季節風이 상대적으로 溫暖濕潤한 水面上을 吹走한 후 地形을 따라 강제상승할 때도 발생된다.<sup>1)</sup> 東 Asia는 특히 冬季 季節風이 강하고 東海라는 좋은 水分 供給源이 있어서 그 주변에는 세계적인 多雪地域이 形成된다.<sup>2)</sup> 즉 韓國의 嶺東地方과 鬱陵島 및 西日本의 北陸地方은 東海를 중심으로 分布하는 多雪地域이다.<sup>3)</sup>

대체로 降·積雪은 分布의 局地性이나 年變化가 커서 때로는 異常의인 大雪이 發生하며 이

때는 심한 雪害를 받게 된다. 특히 現代社會는 눈(雪)에 취약한 方向으로 變모하고 있기 때문에 이에 대한 綜合的이고도 體系的인 研究<sup>4)</sup>가 必要하다.<sup>5)</sup>

降·積雪에 대한 종래의 研究는 降·積雪量의 分布와 長期變動에 관한 研究, 大雪時의 綜觀의 인 特性에 대한 研究 및 大雪의 機構를 糾明하는 問題로 大別된다. 먼저 分布에 관한 研究로는 野呂(1666, 1967, 1968, 1969)<sup>6)</sup>나 Cowndes<sup>7)</sup>의 것이 있고 長期變動의 立場에서 G. Manley (1978)<sup>8)</sup>는 스코틀랜드의 降雪日數變化를 研究하였다. 한편 綜觀氣候學的인 研究로는 福田(1965), 藤田(1966), 黑坂(1978) 등이 있는데 福田(1965)<sup>9)</sup>는 大雪時 日本의 地上氣壓配置를 分類하여 低氣壓 및 前線에 의한 大雪과 季節風에

\* 서울대학교 大學院

\*\* 本 論文은 本人의 碩士學位論文을 加筆修正한 것임. 內容은 地理學會에 發表되었음. 指導教授이신 本炳高 教授님께 감사드립니다.

1) 李炳高, 1979, "南韓의 降雪分布에 관한 研究," 地理學과 地理教育, 第九輯, pp. 224~235.

2) 北美五大湖 남동부의 소위 lake snow도 같은 類型에 속한다.

3) 倉嶋厚, 1972, 몬스ून, 河出書房新社, pp. 204~205.

4) 日本에서는 1963年의 소위 三八豪雪(昭和 三八年)을 겪고 난후 降雪에 대한 綜合的·體系的인 研究(이를테면 北陸豪雪特別調査)가 시작되었고 1981年의 소위 五六豪雪을 겪으면서 지금까지의 研究를 綜合·評價하기에 이르렀다.

5) 富山地學會編, 1982, 豪雪-五六豪雪と 三八豪雪-, 古今書院, pp. 257.

6) 野呂恒夫, 1966~1966, "新潟縣における 雪의 氣候學的인 研究(第一報~第七報)," 研究時報, 18卷~21卷.

7) Cowndes, C., A., S., 1971, "Substantial snowfall over the United Kingdom, 1954~1969," *Meteo. Magaz.*, Vol. 100, No. 1188, pp. 193~207.

8) Manley, G., 1978, "Variation in the frequency of snowfall in East Central Scotland, 1708~1975," *Meteo. Magaz.*, Vol. 107, pp. 1~16.

9) 福田喜代志, 1962, "豪雪," 氣象研究 노트, 第16卷, 2號, pp. 200~224.

의한 大雪의 分布가 각각 다르며 특히 季節風型인 경우 上層의 寒氣南下가 必要條件임을 提示하였고 藤田(1966)<sup>10)</sup>는 西日本の 北陸地方에서 里雪과 山雪時의 綜觀場의 差異를 糾明하였다. 黑坂(1978)<sup>11)</sup>는 日本 東北地方의 降雪分布에 관한 綜觀氣候學의 研究에서 東海(日本海)側과 太平洋側의 降雪機構가 각각 季節風과 低氣壓임을 밝혔다. 또 Matsumoto et al. (1967)<sup>12)</sup>은 日本 北陸地方 大雪의 機構로 上層 寒冷渦(Cold vortex 혹은 Cold dome)와 이와 관련된 中規模擾亂(Mesoscale disturbances)을 들고 그 特性을 研究하였고 松本(1982)<sup>13)</sup>은 北陸地方 豪雪의 機構에 대한 지금까지의 研究를 綜合하여 大雪의 條件으로 季節風, 寒冷渦, 中規模擾亂 및 地形을 들고 多雪域 決定에는 東海上의 吹送距離(Fetch)와 日本列島의 地形이 重要한 要因으로 作用한다고 하였다. 이 외에도 衛星畫像에 의한 東海(日本海)上의 降雪雲에 관한 研究<sup>14)</sup> 및 주로 豫報業務와 관련된 研究<sup>15)</sup> 등이 있다.

우리나라에 있어서 降雪에 관한 研究는 金聖三(1979)<sup>16)</sup>, 李炳高(1979)<sup>17)</sup> 외에 몇몇<sup>18), 19), 20)</sup> 있을 뿐이다. 金聖三(1979)은 우리나라의 降雪을 內陸型, 嶺東型, 鬱陵島型으로 分類하고 그 氣象條件을 研究하였고 李炳高(1979)은 新積雪의 季節分布 特性을 밝히고 南韓의 降雪地域을 鬱陵島 最多雪地域, 嶺東의 多雪地域, 湖南의 降雪地域, 嶺南의 寡雪地域으로 區分하였으며 氣壓配置에 따른 降雪의 綜觀的 特性을 報告하였다.

本 研究에서는 前述한 바의 降·積雪에 대한 體系的인 研究의 일환으로 먼저 東海를 중심으로 하는 多雪地域에서 과거의 降·積雪量變化의

實相을 파악하고 특히 季節風과 東海와의 關聯下에 大雪時의 綜觀氣候學의 特性을 考察하고자 한다.

## (2) 研究方法 및 資料

東海를 중심으로 分布하는 多雪地域에서 먼저 과거 降·積雪量變化의 實相을 파악하기 위하여 Fig. 1.에서 보는 바와 같이 각각 韓國과 日本의 多雪地域에 속하여 있고 대략 同緯度圈에 線上으로 位置하는 江陵(128°54'E, 37°45'N), 鬱陵島(130°54'E, 37°29'N) 및 高田(TAKADA :

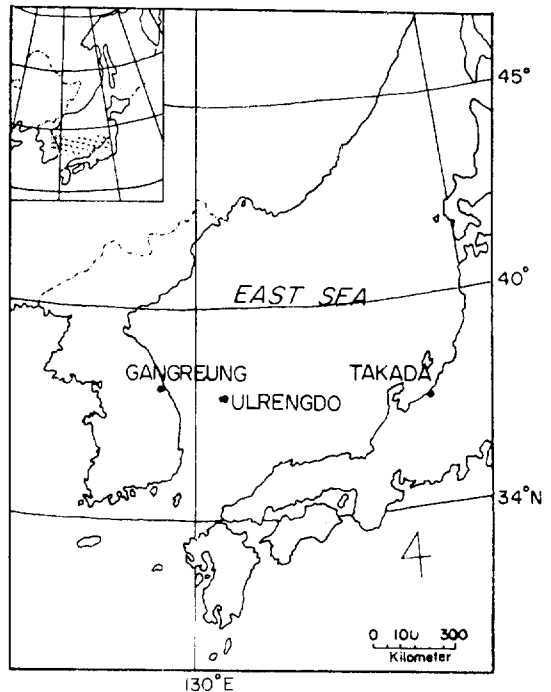


Fig. 1. Study area

- 10) 藤田敏夫, 1966, “北陸地方의 里雪と 山雪時における 綜觀場의 特徵,” 天氣, 13-10, pp.17~24.
- 11) 黑坂裕文, 1978, “東北地方의 降雪分布에關する 綜觀氣候學的 研究,” 地理學評論, 51-12, pp.841~851.
- 12) Matsumoto, S., et al., 1967, “Asynoptic and dynamic study on the three dimensional structure of meso-scale disturbances observed in the vicinity of a cold vortex center,” *J. Meteor. Soc. Japan*, 45, pp.64~82.
- 13) 松本誠一, 1982, “豪雪의 機構について,” 昭和 56年度 秋季大會 シンポジウム 「北陸豪雪」의 報告, 天氣, 29-10, pp.51~69.
- 14) 氣象衛星センター, 1983, 雲畫像의 解析と その 利用, 氣象衛星センター, pp.151~162.
- 15) 氣象廳, 1971, “大雪と、その 長期豫報,” 季節豫報指針(上), pp.213~234.
- 16) 金聖三, 1979, “南韓의 10cm 이상의 降雪의 氣象條件,” 韓國氣象學會誌, 第15卷, 1號, pp.1~10.
- 17) 李炳高, 1979, 前揭論文.
- 18) 中央觀象臺研究所, 1981, “嶺東地方의 氣象特性,” MR18-1, pp.93~133.
- 19) 陳炳火, 1982, “鬱陵島 大雪의 特性에 關하여,” 釜山大學校 教育大學院 碩士學位論文, pp.41.
- 20) 문길태, 김홍진, 1982, “저기압에 동반된 대설의 特性연구,” 韓國氣象學會誌, 18卷, 1號, pp.22~32.

138°15'E, 37°6'N)를 선정하여 이 세 地點 間의 年降雪量의 經年變動 樣相을 비교하고 多·寡雪年을 調査하였으며 年最深積雪極值의 經年變動을 비교하고 再現期間值(Return period value) 및 週期分析에 의한 降雪의 週期를 調査하였다. 다음으로 季節風에 대해 각각 風上側과 風下側에 位置하는 鬱陵島와 嶺東地方에 大雪時<sup>21)</sup>의 綜觀氣候學의 特性을 파악하기 위하여 두 地域 大雪時의 구름사진 및 日氣圖 分析을 하고 이를 바탕으로 地上氣壓配置를 分類하였으며 아울러 500mb等壓面의 合成高度偏差特性, 帶狀指數와 的關係, 上層 溫度條件 및 上層의 循環特性을 비교·분석하였다. 이용된 자료는 江陵과 鬱陵島의 日日新積雪量(1941~1983年), 高田 50年報(1973)<sup>22)</sup>, 江陵과 鬱陵島의 年最深積雪極值(~1983年值까지), 日本氣象廳의 半旬別 500mb 高度資料(1946~1975年), 日本氣象廳刊縮刷日日天氣圖(1956~1980年), 日本氣象廳刊 天氣圖(1975~1980年) 등이다.

## 2. 降·積雪量의 經年變動

### (1) 降雪量의 經年變動과 多·寡雪年

Fig. 2. 는 年降雪量<sup>23)</sup>의 經年變動이다. 자료는 1941년부터 1983년까지(단 高田는 1972년까지)이다. 여기서 우선 주목되는 것은 세 지점의 年平均降雪量의 差異가 매우 큰 점이다. 江陵의 年平均降雪量은 96.6cm, 鬱陵島는 江陵의 3배인 285.9cm, 高田는 江陵의 약 8배인 739.1cm 나 된다. 특히 西日本의 海岸平野上에 위치하고 해발고도 13m 밖에 안 되는 高田의 降雪量이 해발고도 221m에 位置하는 鬱陵島의 약 2.7배나 된다는 것은 季節風과 東海上의 吹送距離(Fetch)의 差(약 5배)가 중요한 역할을 한다고 보겠다. 다음 經年變動推移를 比較해 보면 江陵은 鬱陵島나 高田와는 位相이 현저히 다른 推移를 나타내고 있다. 季節風에 대해 風下側에 位置하는 江陵이 風上側에 位置하는 鬱陵島나 高

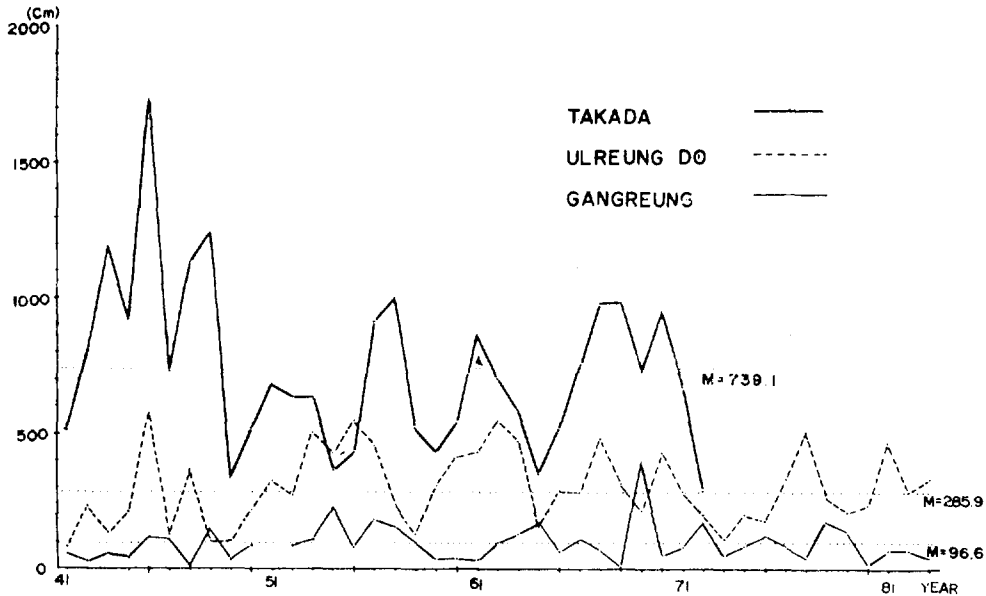


Fig. 2. Secular variations of the yearly snowfall amount; 1941~1983.  
(TAKADA : 1941~1972)

21) 大雪의 基準은 나라나 地域 혹은 狀況에 따라 다르나 대체로 日降雪量 10.0cm 이상이다. 그러나 여기서는 편의상 5.0cm 이상으로 하고 필요할 때는 10.0cm 이상의 大雪을 區分하기도 하였다.

22) 高田測候所, 1973, 高田測候所 50年報, pp. 69.

23) 매일의 新積雪量을 積算한 값이다. 우리나라는 1937년부터 新積雪量을 觀測했다.

田와 다른 推移를 나타낸다는 것은 降雪의 매카니즘이 다를 수 있다. 즉 季節風의 風向과 東海와 西日本의 位置로 볼 때 혹은 각종 文獻을 통한 研究結果<sup>24)</sup>로 볼 때 西日本의 降雪이 季節風型임은 밝혀진 사실이다. 따라서 季節風에 대해 類似한 條件에 있는 鬱陵島의 降雪 역시 季節風型이고 江陵을 포함한 嶺東地方은 이와는 다른 機構에 의해 이루어 진다고 할 수 있다. 한편 鬱陵島와 高田를 비교해 보면 年變動推移는 대체로 類似하지만 해에 따라서는 반대적인 推移도 나타난다. (이를테면 1943, 1948, 1954, 1955년 등). 이는 두 地域間에 條件의 差異에서 기인한다고 생각된다. 즉 西日本의 北陸地方에는 海岸平野上의 降雪條件과 背後山地의 條件이 달라서 해에 따라 平野型, 山地型<sup>25)</sup>, 混合型이 나타나며 각각 그 分布中心이 다르고 또 그에 따른 綜觀上의 差異도 研究된 바 있다.<sup>26)</sup> 따라서 全島가 山地인 鬱陵島의 降雪型이 平野上에 位置하는 高田와는 다른 즉 山地型이라고

볼 수 있다. 이와같이 降雪量의 變動推移가 다르고 條件의 差異도 있기 때문에 多·寡雪年의 分布도 相異하다. 대체로  $\pm 1$ 배의 標準偏差 이상인 해를 多·寡雪年으로 定義하고 그 중 상위 5개년 짝을 들어 降雪量과 5cm 이상의 大雪日數 및 標準偏差값을 조사한 것이 Table 1이다. 여기서 보면 江陵의 最多雪年인 1969년은 年降雪量이 395.6cm, 大雪日數 20일인데 반해 最寡雪年인 1968년은 8.6cm에 大雪日數는 없는 등 年變化가 매우 크다. 또 鬱陵島의 最多雪年인 1945년은 572.7cm의 年降雪量에 大雪日數 39일인데 반해 最寡雪年인 1941년은 79.3cm에 大雪日數 5일이었다. 한편 통계년수는 짧지만(1972년까지) 高田인 경우 最多雪年인 1945년은 1,729cm나 되었는데 반해 最寡雪年인 1972년에는 291cm 밖에 記錄하지 못하였다. 이렇게 볼 때 多·寡雪年間에 降雪量의 差가 매우 크며 年變動率로 볼 때 江陵이 74.0%, 鬱陵島가 50.2%, 高田는 41.6%로 江陵이 특히 變化가 큰 것을 알 수 있다.

Table 1. Snowfall amounts of heavy and light snowfall years.

Station	Division	Heavy Snowfall Years					Light Snowfall Years					MEAN	CV* (%)
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
GANG-REUUNG	YEAR	69	54	56	78	64	68	47	44	80	42	96.6 (5.0)	74.0
	Snowfall Amount (cm)**	395.6 (20)	225.0 (12)	180.6 (9)	174.3 (7)	167.7 (12)	8.6 (0)	11.8 (1)	18.3 (3)	22.6 (2)	26.8 (2)		
	S.D.	+4.2	+1.8	+1.2	+1.1	+1.0	-1.2	-1.2	-1.1	-1.0	-1.0		
ULRENG DO	YEAR	45	55	62	63	77	41	48	49	73	46	285.9 (17.1)	50.2
	Snowfall Amount (cm)	572.7 (39)	548.4 (23)	545.5 (26)	508.0 (27)	507.9 (28)	79.3 (5)	98.9 (8)	100.3 (5)	109.5 (7)	129.0 (11)		
	S.D.	+2.0	+1.8	+1.8	+1.5	+1.5	-1.4	-1.4	-1.4	-1.2	-1.1		
TAKADA	YEAR	45	48	43	47	57	72	49	64	54	55	739.1	41.6
	Snowfall Amount (cm)	1729	1237	1186	1135	1000	291	336	351	362	430		
	S.D.	+3.2	+1.6	+1.5	+1.3	+0.8	-1.5	-1.3	-1.3	-1.2	-1.0		

\* CV=coefficient of variation

\*\* ( ): frequency of heavy snowfall day over 5.0cm

24) 松本誠一, 1982, 前掲論文.

25) 日本 北陸地方에서는 전자를 satoyuki(里雪), 후자를 yamayuki(山雪)라 부르며 대체로 季節風이 매우 강할 때는 후자, 반대로 季節風보다는 특히 東海(日本海) 上空에 강한 寒冷渦가 형성될 때는 전자의 型이 나타난다고 한다. (朝倉正, 外, 1983, 氣象調査法, 朝倉書店, pp. 37)

26) 藤田敏夫. 1966, 前掲論文.

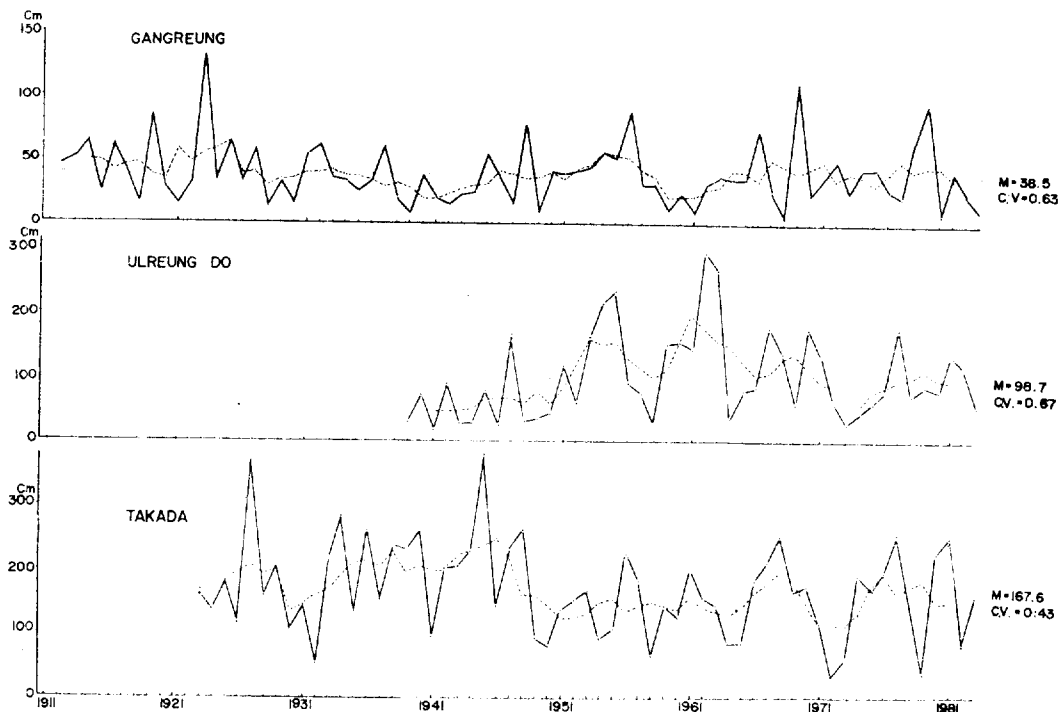


Fig. 3. Secular variations of the annual maximum depth of snow cover.  
 (GANGREUNG : 1912~1983, ULREUNGDO : 1939~1983, TAKADA : 1923~1983)  
 Solid line : raw data.  
 Dashed line : 5 year running mean.  
 Dotted line : mean of data.  
 CV : coefficient of variation.

## (2) 最深積雪의 經年變動과 降雪의 週期

Fig. 3. 은 세 지점의 年最深積雪極值의 經年變動이다. 자료는 각 관측소 관측개시 이래 1983년 까지인데 江陵이 72년간(1912~1983), 鬱陵島가 45년간(1939~1983), 高田가 61년간(1923~1983)이다. 江陵은 全期間 平均 38.5cm이고 最深은 1923년 1월 23일에 130.2cm였고 다음은 1969년 2월 21일에 109.7cm였으나 1968년은 4.5cm, 1980년은 7.2cm 밖에 記錄하지 못했다. 鬱陵島는 平均 98.7cm이고 1962년 1월 31일에 最深인 293.6cm, 다음은 1963년 2월 4일에 242.6cm를 記錄한 반면 1941년에는 14.5cm, 1946년에는 23.0cm였으며 高田는 年平均 167.6cm이고 最深은 1945년 2월 26일에 377cm, 1927년 2월 9일에 375cm를 記錄한 반면 1972년은 34cm, 1979년은 37cm 밖에 記錄하지 못하였다. 이렇게

볼 때 年平均 最深積雪值도 江陵—鬱陵島—高田 順으로 급격히 증가하고 해에 따른 變動도 매우 심하며 變動率로 볼 때 江陵 63%, 鬱陵島 67%에 비해 高田는 43%로 비교적 작다. 원자료를 5年 移動平均한 값(점선)의 經年變動을 보면 江陵인 경우 1920년대, 1950년대 중반, 1960년대末~70年代初에 각각 多雪傾向을 보이는 반면 1930~40年代에는 寡雪의 傾向이 뚜렷하다. 鬱陵島는 1950년대~60년대 初半에 현저한 多雪傾向이 나타나는 반면 1940年代에 현저한 寡雪의 傾向이 나타나는 점은 江陵과 類似하고 高田는 1930~40年代가 반대로 多雪의 傾向이 뚜렷한 대신 40年代末에서 60年代 中半까지 현저한 寡雪期가 나타나고 있어 韓國과 日本의 多·寡雪時期가 상치되고 있다. 다음은 어느 정도의 積雪量이 어떠한 頻度로 나타날 것인가를 豫想하기 위하여 積雪量의 再現期間值(Return period

value)를 구하여 보기로 한다. 이에는 Gumbel의 極値分布理論<sup>27)</sup>에 따랐고 年最深積雪值를 이용하였다. Table 2.는 각 지점별 再現期間의 값이다. 江陵은 50년에 108.0cm, 100년에 122.5cm 이상이 각각 1회 꼴로 발생되며 鬱陵島는 50년에 293.9cm, 100년에 334.5cm 이상이고 高田는 50년에 374.5cm, 100년에 417.6cm 이상의 積雪이 1회 꼴로 발생된다. 즉 江陵은 50년에 1m 이상, 鬱陵島는 100년에 3m 이상, 高田는 100년에 4m 이상이 1회 꼴로 발생된다고 예상할 수 있다. Table 2.에서 ( )속의 숫자는 실제 관측기간 중 再現期間值 이상이 나타난 회수인데 이를 보면 이 分布理論이 실제 出現值와 비교적 잘 一致되고 있음을 알 수 있다.

다음 降雪에는 어떤 週期的인 變化가 탁월한가를 알아보기 위하여 Power Spectrum Analysis<sup>28)</sup>를 이용한 週期分析을 하였다. 資料는 통계기간을 一致시키기 위해 1940년에서 1983년까지 44년간으로 하였다. Fig. 4.에서 X軸은 Harmonic Wave의 Frequency(Cycle/Length)로 Cycle의 頻度이고 Y軸은 Power Spectrum density인데 여

기서 알 수 있듯이 降雪週期로 가장 탁월한 것은 江陵이 11.0년, 鬱陵島가 7.3년 高田도 7.3년이다. 대체로 日本에서 研究<sup>29,30)</sup>된 바에 의하면 降雪의 週期는 季節風의 강약에 따른 6~7년 週期和 그외에 9년, 18년 週期가 인정된다고 한다. 따라서 앞의 分析結果와 비교해 볼 때 鬱陵島나 高田는 季節風의 강약에 따른 7년 週期和 一致하고 江陵은 이와는 다른 週期를 갖는다.

이상으로 季節風의 風向과 東海上의 吹送距離와의 關係, 年降雪量의 變動推移 및 降雪의 週期 등을 綜合해 볼 때 鬱陵島나 西日本의 高田는 季節風型 降雪인데 반하여 江陵을 포함한 嶺東地方은 이와는 다른 條件에 의해 이루어진다고 하겠다.

### 3. 大雪時의 氣壓配置

겨울철 降雪의 地域的 分布는 우리나라 주변의 氣壓配置 즉 高·低氣壓의 相對的 位置關係와 地形的 條件에 따라 決定된다.<sup>31)</sup> 鬱陵島와 嶺東地方은 다같이 東海에 面한 多雪地域이다.

Table 2. Return period values of the annual maximum depth of snow cover.

GANGREUNG : 1912~1983 (72 Years)  
 ULREUNGDO : 1939~1983 (45 Years)  
 DAKADA : 1923~193 (61 Years)

STATION	PERIOD	MEAN	S.D.	RETURN PERIOD (YEAR)					
				2	5	10	25	50	100
GANGREUNG (cm)	60	38.5	24.38	34.6 (36)	58.2 (12)	73.7 (6)	93.4 (3)	108.0 (2)	122.5 (1)
ULREUNGDO (cm)	40	98.7	66.36	38.4 (19)	154.3 (10)	197.9 (4)	253.0 (1)	293.9 (1)	334.5 (0)
TAKADA (cm)	60	167.6	72.54	154.2 (30)	226.2 (13)	272.5 (4)	331.1 (2)	374.5 (1)	417.6 (0)

( ) : Occurrence frequency in raw data.

27) 分布型은 일명 Fisher-Tippett type I distribution이라고도 한다. 極値分布理論은 Gumbel 외에도 Hazen, 小河原 등의 것이 있으나 여기서는 Gumbel의 方法을 이용했다. 계산법은 다음 論文에 說明되어 있다.

Weiss, L., L., 1955, "A Nomogram based on theory of extreme values for determining values for various return periods," *Monthly weather Review*, 83, pp. 69~71.

28) Davis, J., C., 1973, *Statistics and Data Analysis in Geology*, Wiley, New York, pp. 256~271.

29) 富山地學會編, 1982, 前掲書, pp. 87~90.

30) 朝倉正外, 1983, 氣象調査法, 朝倉書店, pp. 114~115.

31) 李炳高, 1979, 前掲論文.

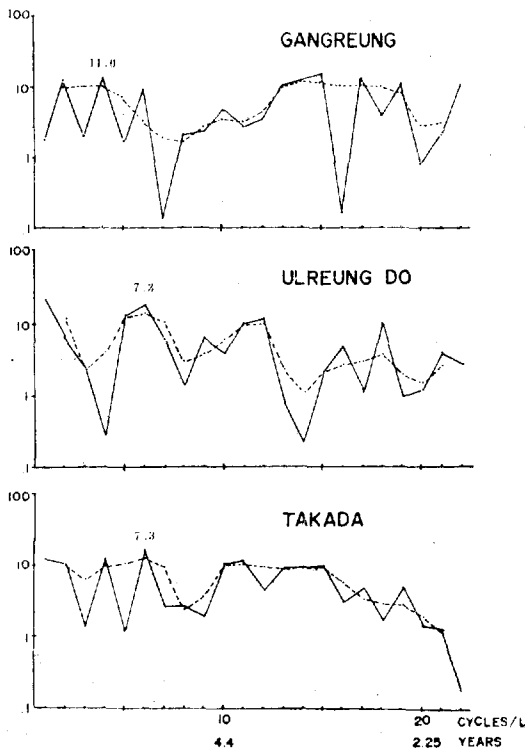


Fig. 4. Power spectra of the annual maximum depth of snow cover.

Solid line : power spectrum.

Dashed line : smoothed power spectrum.

Y axis : logarithmic power spectrum.

전자는 季節風에 대해 風上에 位置하고 후자는 風下에 位置한다. 이와같이 서로 條件이 相異한 두 地域에 대해 大雪時의 氣壓配置를 調査하여 그 綜觀의 特性을 考察하기로 한다. 이에는 먼저 전형적인 大雪時의 降雪雲의 分布와 地上日氣圖上에서의 高·低氣壓 및 寒冷前線의 位置關係를 調査·比較하고 이를 바탕으로 大雪時의 氣壓配置分類를 하였다.

### (1) 大雪時의 降雪雲의 分布

Photo. 1. 은 嶺東地方에 大雪이 있기 전날인 1984년 11월 18일 03Z(12:00)의 GMS(靜止氣

象衛星)의 可視畫像(Visible photo.)<sup>32)</sup>이다. 여기서 보면 대체로 東海의 中央部와 黃海의 中南部에서 東支那 海上까지 晴天域이 分布하고 韓半島 東海岸 쪽에는 北東 쪽에서 下層雲이 접근하고 있고 타이완 北東部에서 日本 南岸을 沿하여 寒帶前線(Polar front)에 해당되는 巨大한 구름대(Cloud band)가 形成되어 있다. 따라서 韓半島 上에는 北東氣流의 流入이 있음을 알 수 있다.<sup>33)</sup> 이 때의 地上 日氣狀況을 보면 11월 18일에 江陵 37.5mm, 束草 22.8mm, 大關嶺 19.3mm, 蔚珍 12.0mm, 鬱陵島 8.3mm의 降雨가 있었고 19일에 江陵 32.7mm, 束草 27.8mm, 蔚珍 20.5mm의 降雨와 大關嶺에 42.2cm의 降雪이 있었으며 20일에는 降水系가 끝났다. 다음 Photo. 2는 鬱陵島에 大雪이 있었던 때인 1985년 1월 28일 06Z(15:00)의 GMS 可視畫像이다. 앞의 嶺東 大雪時와는 달리 北西 季節風의 走向을 따라 海上에 Cloud streak가 나타나고 陸地 주변에는 地形效果에 의한 晴天域이 分布하고 있다. 특히 東海上에는 咸鏡山脈의 南緣部에서 日本의 北陸地方까지 대략 南東方向으로 이어지는 積雲 내지, 雄大積雲(Cumulus congestus)의 구름대<sup>34)</sup>가 形成되어 있고 鬱陵島는 이 帶內에 位置하고 있다. 이 구름대는 韓半島의 地形과 下層大氣의 收斂現象으로 形成되며 北西 季節風이 강하게 吹走할 때 주로 나타난다. 특히 이 구름대의 南緣部가 上陸하는 곳에는 大雪이 發生한다고 하나 아직 精確한 成因은 밝혀지지 않은 상태이다.<sup>35)</sup> 이 때의 地上 日氣狀況은 28일에 鬱陵島에 7.3cm, 29일에 역시 鬱陵島에 13.1cm, 木浦에 13.7cm, 光州에 3.2cm, 30일에 鬱陵島에 18.2cm의 降雪이 있는 등 鬱陵島에는 連三日 동안 大雪이 있었다. 이상에서 볼 때 두 地域 大雪時에 구름의 패턴이 다르며 각각 北高南低의 氣壓配置에 의한 北東氣流의 流入과 西高東低의 氣壓配置에 의한 北西氣流의 流入이 있었음을

32) 可視畫像은 雲이나 地球表面에서 反射되는 太陽光 中 대략 波長이 0.5~0.75 $\mu$ m의 에너지를 測定한 것이다.

33) 金光植外, 1976, 韓國의 氣候, 一志社, pp. 74-80.

34) 이 구름대 내의 구름을 岡林은 東海(日本海) 收斂帶狀雲 혹은 줄여서 “收斂雲” 또는 “帶狀雲”이라 하였고 이 구름이 존재하는 領域을 “東海(日本海)收斂帶”라 하였으며, 또 內田은 “V字形雲 pattern”이라고도 하였다.

35) 遠藤辰雄, 1982, “衛星畫像による 日本海의 降雪雲에 關する 最近의 研究,” 昭和 56年度 秋季大會 シンポジウム「北陸豪雪」의 報告, 天氣, 29-10, pp. 60-62.

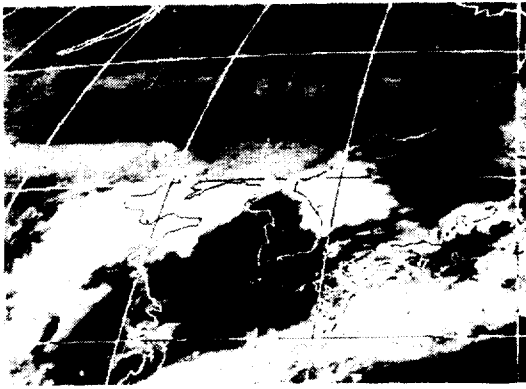


Photo. 1. GMS visible photo.(03Z, Nov. 18, 1984)

반영하고 있다.

### (2) 高·低氣壓 및 寒冷前線의 位置

이와같이 大雪時의 구름의 패턴이나 氣流의 方向 및 降水(雪)量 分布에 있어서 差異는 결국 地上氣壓配置上의 高·低氣壓 및 前線의 位置關係에서 생기는 것이므로 다음은 두 地域 大雪時의 高·低氣壓 및 寒冷前線의 位置上에서 일반적인 特性을 알아 보기로 한다. 이에 1975년에서 1980년까지 사이에 있었던 大雪日(5.0cm 이상)을 모두 대상으로 하였다. 또 嶺東地方은 江陵, 束草, 大關嶺 중 어느 곳이든 大雪이 있었을 때는 대상으로 하였다. 그리고 高氣壓은 그 中心示度의 程度에 따라 A(1,050mb 이상), B(1,030mb 이상), C(1,030mb 미만)급으로 區分하여 調査하였다. Fig. 5.의 (a)는 嶺東地方 大雪時의 高·低氣壓 및 前線의 位置를 나타낸 것이다. 대체로 바이칼호 주변에 高氣壓中心이 分散的으로 分布하고 대륙주변에는 1,030mb 미만의 C급 中心이 주로 나타나지만 北滿洲에서 沿海州를 거쳐 北日本 쪽으로 세력이 확장되어 있다. 이에 반해 低氣壓中心의 分布를 보면 대체로 감차카반도 南東部에 대략 50°N 북쪽으로 密集하여 있다. 또 寒冷前線은 大陸에 近接하여 있고 특히 타이완 北東部 東支那海上에서 대략 30°N에 의하여 前線이 密集해 있고 韓半島 南部나 日本의 中南部에 低氣壓中心이 集中分布하고 있다. 다음 (b)는 鬱陵島 大雪時의 것인데

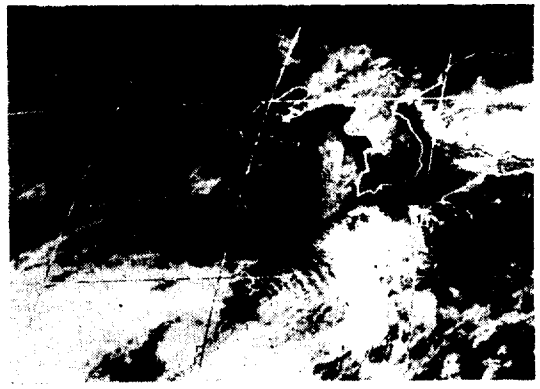


Photo. 2. GMS visible photo.(06Z, Jan. 28, 1985)

시베리아 高氣壓의 중심이 바이칼로 南西部에 있고 여기에서 北東쪽과 南東쪽으로 中心이 확장분포하여 있다. 특히 앞의 嶺東大雪時와는 달리 大陸 주변에도 B급 정도의 中心示度가 分布하여 있고 韓半島 北部의 滿洲나 沿海州 쪽은 전혀 나타나지 않는다. 한편 알류산 低氣壓의 中心은 嶺東大雪時보다 훨씬 남하하여 50°N 이남에 주로 分布하며 寒冷前線은 大陸에서 멀리 떨어진 北太平洋上에 密集해 있고 그 南端部는 대략 20°N까지 연장해 있다. 이에 따라 韓半島 南部나 東支那海上에는 前線이나 低氣壓의 分布가 거의 없어 前者의 嶺東大雪時와는 相異한 패턴을 보이고 있다. 즉 嶺東大雪時는 大陸高氣壓 勢力이 주변에 약하게 作用하기 때문에 低氣壓이나 前線이 전반적으로 北上하여 있고 高氣壓 勢力의 확장 중심은 北滿洲에서 沿海州를 거쳐 北日本 쪽으로 대략 東西方向으로 向하고 있는데 반해 鬱陵島大雪時는 大陸의 高氣壓 勢力이 주변에 강하게 미치고 있어서 前線帶나 低氣壓이 大陸에서 멀리 떨어진 北太平洋上에 形成되고 이에 따라 韓半島는 강한 季節風의 영향권에 들게 된다.

### (3) 大雪時의 氣壓配置

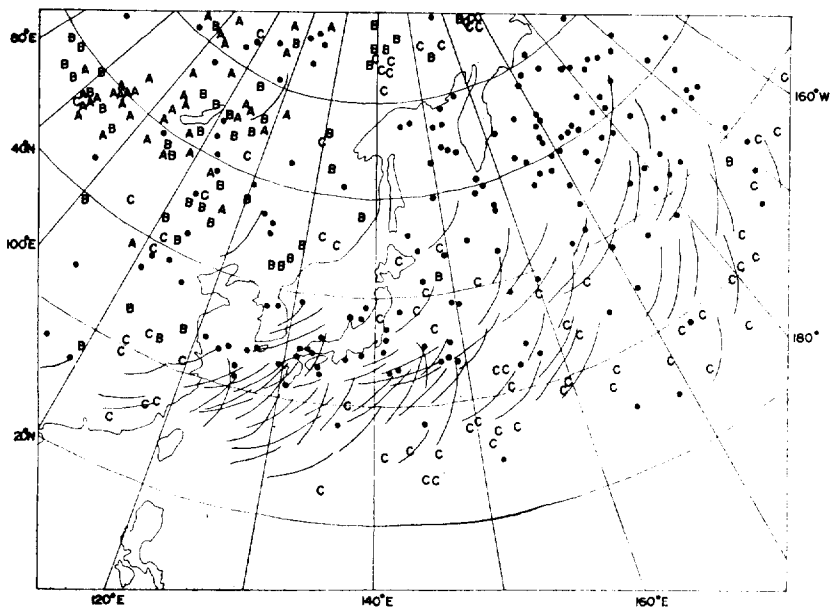
다음은 大雪時의 氣壓配置를 類型化하여 두 地域間의 差異를 비교해 보기로 한다.

冬季의 氣壓配置에 대한 일반적인 分類에는 吉野(1978)<sup>36)</sup>, 朴炳翊(1982)<sup>37)</sup>의 것이 있고 大雪

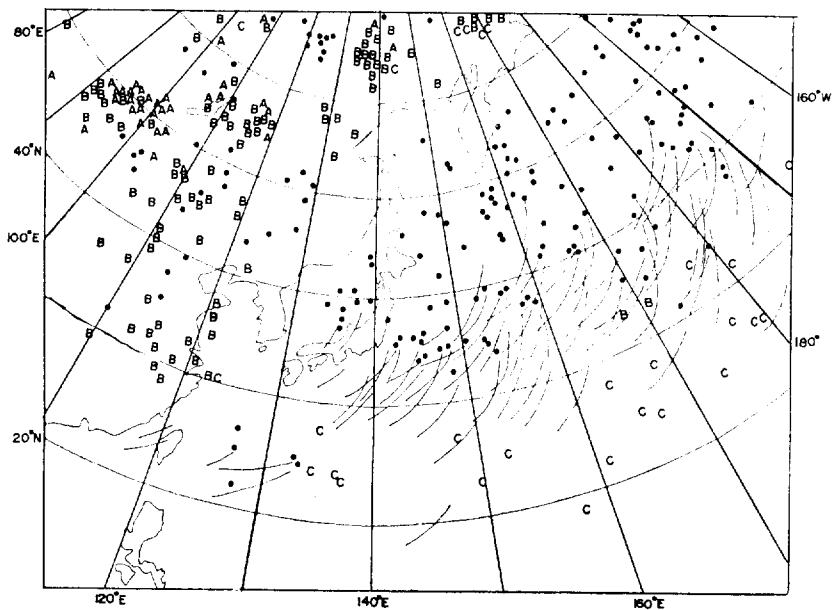
36) 吉野正敏, 1978, 氣候學, 大明堂, pp. 50-62.

37) 朴炳翊, 1982, "南韓의 冬·夏季 氣流型의 綜觀의 特性," 地理學, 第26號, pp. 71-89.





(a)



(b)

**Fig. 5. Daily locations of the high and low pressure centers and cold fronts in the heavy snowfall days.**

(a) YUNGDONG

(b) ULREUNGDO

High pressure centers : A (over 1,050mb)

B (1,050~1,030mb)

C (below 1,030mb)

Low pressure centers : ●

Traces of cold fronts : /

時的 氣壓配置 分類에는 福田(1962)<sup>38)</sup>, 李炳高(1979)<sup>39)</sup>, 中央氣象臺(1983)<sup>40)</sup> 등의 것이 있으나 여기서는 이들의 分類를 참조하고 특히 韓半島 上에 等壓線의 方向과 高·低氣壓 및 前線의 位置 등을 고려하여 다음과 같이 細分하였다. 각 型의 代表性인 경우를 예로 들은 것이 Fig. 6 이다.

1) 季節風型(Monsoon Type): I 型

前線이나 低氣壓의 影響이 없이 大陸高氣壓勢力이 韓半島를 덮고 있을 때로 高氣壓 勢力의 확장 方向에 따라 다음과 같이 細分하였다.

Ia型: 대략 南北方向의 等壓線이 韓半島上에 分布. 北西風型임.

Ib型: 高氣壓 勢力이 韓半島 南西쪽으로 확장 南東 方向의 等壓線, 西風型임.

Ic型: 高氣壓 勢力이 北滿洲~沿海州쪽으로 확장. 東西方向 내지 Z字型的 等壓線, 北東風型임.

2) 氣壓谷型(Trough Type): II 型

低氣壓이나 前線이 韓半島에 影響을 미칠 때

로 이 때는 低氣壓이나 前線의 前面에 降水現象이 있으며 雨雪의 限界氣溫(地上에서는 2°C<sup>41)</sup>, 850mb 高度에서는 -5°C<sup>42)</sup> 이하일 때 降雪이 된다. 이에 前線이나 低氣壓의 통과 위치에 따라 다음과 같이 細分하였다.

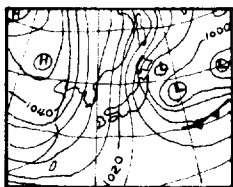
IIa型: 北滿洲쪽에 前線을 동반한 低氣壓이 통과, 前線型임.

IIb型: 低氣壓이 발해만이나 華中地方에서 韓半島 中部를 지날 때, 低氣壓通過型임.

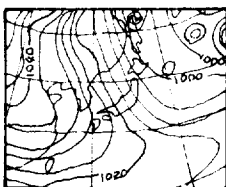
IIc型: 타이완 北東部에서 形成된 前線을 동반한 低氣壓이 韓半島 南部나 日本 쪽으로 移動하면서 低氣壓 勢力이 韓半島 中南部에 影響을 미칠 때, 이 때 沿海州나 北日本 地域에 시베리아 高氣壓 勢力에서 떨어져 나온 移動性 高氣壓이 위치. Ic型과 같이 北東氣流가 야기됨. 南海低氣壓型임.

IId型: 東海上에 移動한 低氣壓이 강화되면서 강한 低氣壓性 曲率在 韓半島까지 影響을 미칠 때. 뒤이어 강한 시베리아 高氣壓이 移流함. 東海低氣壓型임.

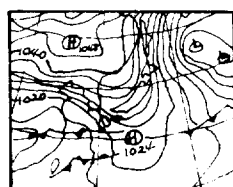
MONSOON TYPE (I)



( I-a )

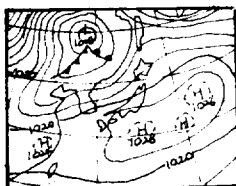


( I-b )

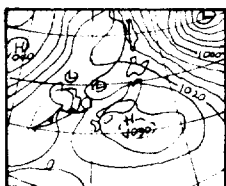


( I-c )

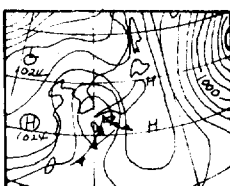
TROUGH TYPE (II)



( II-a )



( II-b )



( II-c )



( II-d )

Fig. 6. Surface pressure patterns of heavy snowfall days.

38) 福田喜代志, 1962, 前掲論文.

39) 李炳高, 1979, 前掲論文.

40) 中央氣象臺, 1983, 異常氣象의 年度別 發生時期의 統計的 調査(第二編), pp.89-116.

41) 朝倉正外, 1983, 氣象調査法, 朝倉書店, p.192. 그러나 地域이나 당시 大氣狀態에 따라 多樣함.

42) Eagleman, Joe, R., 1980, Meteorology, D. Van. Nostrand, p.144.

이상의 分類를 바탕으로 嶺東地方과 鬱陵島에 5.0cm 이상 및 10.0cm 이상의 大雪이 있었을 때의 氣壓配置를 分類한 것이 Table 3이다. 조사기간은 1956년에서 1980년까지이다. 이에 의하면 鬱陵島 大雪時는 5.0cm 이상의 大雪日數 총 428회 중 Ia型이 191회(44.6%), Ib型 82회(19.2%), IId型 75회(17.5%)로 이 세 型을 합하면 전체의 82.3%가 되는 반면 Ic型(5.8%), IIa型(5.4%), IIb型(5.8%), IIc型(1.6%) 들은 그 비중이 극히 미미하다. 즉 鬱陵島의 大雪은 季節風과 관련이 깊은 季節風型임을 알 수 있다. 한편 10.0cm 이상의 大雪의 경우를 보면 Ia型이나 IId型은 비율이 증가하였는데 반해 Ib型(西風型)은 19.2%에서 9.3%로 비중이 절반 이상 떨어 졌다. 이것은 西風型일 때는 降雪의 強度가 낮음을 말해준다 하겠다. 즉 西風型인 경우 시베리아 高氣壓 勢力이 주변으로 확장한 후 점차 약화되는 단계에 있기 때문에 상대적으로 季節風이 약한 때이고 따라서 이것으로 보아서도 季節風이 강할수록 鬱陵島에 눈이 많이 온다는 것을 알 수 있다. 다음 嶺東地方大雪時에는 5.0cm 이상으로 볼 때 총일수 225일 중 Ic型이 85회(37.3%), IIc型이 53회(23.6%)로 이 두 型이 전체의 60.9%를 차지하고 다음 IIb型(15.6%)이 비교적 높은 반면 Ia型(7.1%), Ib型(4.0%), IIa型(7.1%), IId型(4.9%)들은 비중이 미미하다. 이렇게 볼 때 시베리아 高氣壓

勢力이 北滿洲나 沿海州 쪽으로 확장하거나 移動하고 東支那海上에서 發生한 低氣壓이 北東進하거나 氣壓谷이 移動함에 따라 北高南低의 氣壓配置가 되는 Ic型과 IIc型 및 IIb型 일 때 嶺東地方은 大雪이 일어나기 쉽다.

다음은 多雪年의 氣壓配置 類型別 出現率에는 두 地域間에 어떠한 差異가 있는지 비교해 보기로 한다. Table 4는 鬱陵島 多雪年인 1962년과 嶺東 多雪年인 1969년의 각 型의 出現率을 비교한 것이다. 이에 의하면 1962년은 Ia型이 28.9%, Ib型이 27.3%, IId型이 12.4%로 높은 반면 Ic型(9.1%), IIc型(1.7%)은 비중이 낮다. 한편 嶺東地方 多雪年인 1969년은 Ic型이 34.7%나 되어 전자의 9.1%에 비하면 약 4배나 증가되었는데 반해 Ia型은 9.1%밖에 안 되어 약 3배나 감소되었다. 이것은 두 地域에 多雪年의 分布가 地上氣壓配置의 出現率에 따라 決定됨을 의미한다.

#### 4. 大雪時의 綜觀의 特性

##### (1) 500mb 高度偏差

嶺東地方과 鬱陵島에 多雪年의 分布는 地上氣壓配置 出現率에 따라 決定된다고 前述하였는데 이런 地上氣壓配置 패턴의 年變化를 가져오는 原因으로 上層 大氣循環과의 關聯을 고려할 수 있다. 여기에서는 大氣層 上層의 패턴을 대표하

Table 3. Cumulative frequency of surface pressure patterns of heavy snowfall (over 5.0cm/days).

Region		Ia	Ib	Ic	IIa	IIb	IIc	IId	Total
ULREUNG DO	>5.0cm	191	82	25	23	25	7	75	428
	%	44.6	19.2	5.8	5.4	5.8	1.6	17.5	100
	>10.0cm	102	20	14	17	11	5	47	216
	%	47.2	9.3	6.5	7.9	5.1	2.3	21.8	100
YUNG DONG	>5.0cm	16	9	85	16	35	53	11	225
	%	7.1	4.1	37.8	7.1	15.6	23.6	4.9	100
	>10.0cm	10	4	53	7	23	38	7	142
	%	7.0	2.8	37.3	4.9	16.2	26.8	4.9	100
Total	>5.0cm	207	91	110	39	60	60	86	653
	%	31.7	13.9	16.8	6.0	9.2	9.2	13.2	100
	>10.0cm	112	24	67	24	34	43	54	358
	%	31.3	6.7	18.7	6.7	9.5	12.0	15.1	100

Table 4. Occurrence frequency of surface pressure patterns in heavy snowfall year.

YEAR	MONTH	Ia	Ib	Ic	IIa	IIb	IIc	IIId	MOVING HIGH	Total	TYPE
1962	12	12	6	3	4	1	—	2	3	31	ULREUNGDO
	1	13	6	2	1	—	1	6	2	31	
	2	6	10	3	3	1	—	5	—	28	
	3	4	11	3	3	3	1	3	4	31	
	TOTAL	35	33	11	11	5	2	15	9	121	
	%	28.9	27.3	9.1	9.1	4.1	1.7	12.4	7.4	100	
1969	12	1	6	10	6	2	—	4	2	31	YUNGDONG
	1	1	11	12	2	1	1	1	2	31	
	2	8	6	9	2	—	2	1	—	28	
	3	1	5	11	4	2	—	—	8	31	
	TOTAL	11	28	42	14	5	3	6	12	121	
	%	9.1	23.1	34.7	11.6	4.1	2.5	5.0	9.99	100	

고 대체로 對流圈 中間部<sup>43)</sup>에 해당되는 500mb 等壓面 高度偏差를 地域別 및 1月 多·寡雪年 別로 각각 求하여 合成高度偏差圖(Composite height anomaly chart)를 作成하였다. 500mb 等壓面 高度는 北半球 經緯度 10° 格子點 197地點의 1946~1975년 半旬別 資料를 이용하였다. 여기서 1月 多·寡雪年은 1월 降雪量이 ±1배의 標準偏差 이상인 해이다.

1) 多雪時의 合成高度偏差

Fig. 7의 (a)는 鬱陵島의 1월 多雪年(1953, 1955, 1959, 1962, 1963년)의 合成高度偏差圖이다. 韓半島 上空에서 北太平洋上에 이르는 帶狀 陰偏差域이 分布하고 티베트지방에서 시베리아와 베링해를 거쳐 北美西岸部에 이르는 광범위한 地域에 陽偏差域이 分布하고 있으며 특히 東海上에 -50m의 陰偏差域이 位置하는데 반해 베링해 부근과 티베트 북부 시베리아 地域에 +50m 내외의 陽偏差域이 分布하고 있다. 다음 Fig. 7의 (b)는 嶺東地方의 1월 多雪年(1948, 1953, 1957, 1969년)의 合成高度偏差圖이다. 대체로 韓半島 중심의 中緯度 上空이 +20m 내외의 陽偏差, 高緯度 上空에 陰偏差域이 分布하고 있다.

2) 寡雪時의 合成高度偏差

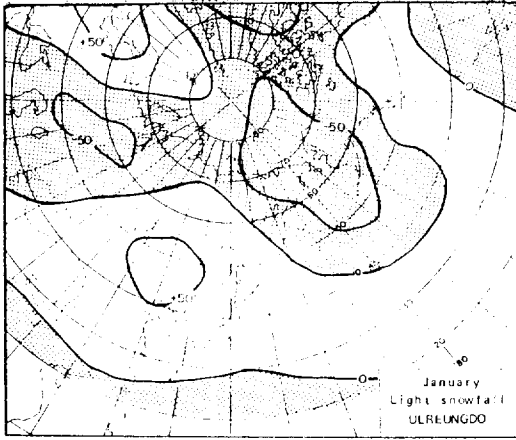
Fig. 8의 (a)는 鬱陵島 1월 寡雪年(1946, 1948,

1964, 1973, 1974년)의 合成高度偏差圖이다. 티베트 주변에서 韓半島를 거쳐 대략 40°N을 따르는 中緯度 地域은 陽偏差域이 分布하고 北極 주변 高緯度域은 陰偏差域이 나타나며 특히 베링해 주변과 티베트 북부 시베리아 地域에 陰偏差가 큰 반면 韓半島 주변 上空에 陽偏差가 크게 나타나고 있다. 이러한 高度分布 패턴은 鬱陵島의 多雪年 패턴과 正반대의 分布를 이루고 있어서 鬱陵島에 多·寡雪年은 500mb 高度分布와 밀접한 관련이 있음을 말해 주고 있다. 다음 Fig. 8의 (b)는 嶺東地方의 1월 寡雪年(1947, 1955, 1959, 1961, 1966, 1968년)의 合成高度偏差圖이다. 韓半島~北太平洋 上空에 -20mm 내외의 帶狀陰偏差, 시베리아 북부와 캐나다 북부에서 베링해 주변까지 陽偏差가 높게 나타나고 있다.

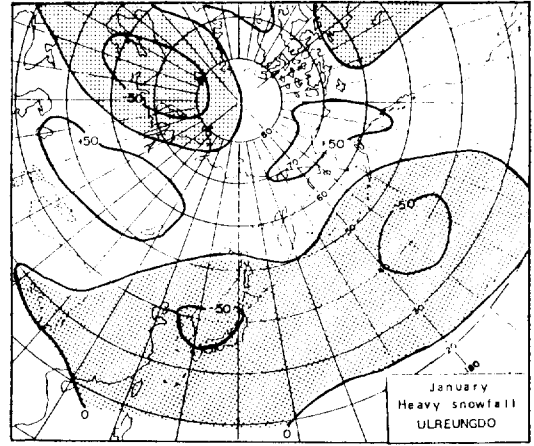
이상을 종합해 보면 鬱陵島 多雪時는 韓半島를 포함한 中緯度 極東域에 500mb 高度가 낮아지고 티베트 북부 시베리아 지방과 베링해 주변에 500mb 高度가 특히 높아지며 반대로 寡雪時는 韓半島를 포함한 中緯度 地域의 高度가 높아지는 반면 高緯度地域의 高度가 낮아져서 多·寡雪時의 500mb 高度分布가 正반대로 나타나고 있다. 이와 같은 鬱陵島 多·寡雪年 高度 패턴은 李炳高(1977)<sup>43)</sup>이 寒冬인 1963년과 暖冬인

43) 洪性吉, 1983, 氣象分析和 日氣豫報, 敎學研究社, pp.122~125.

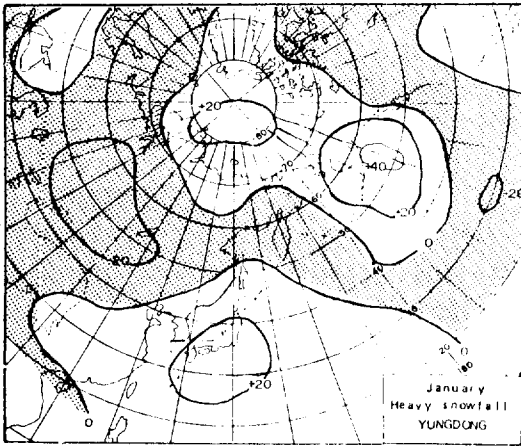
43) 李炳高, 1977, "寒·暖冬時의 500mb 等壓面 循環特性에 關하여" 地理學 第16號, 大韓地理學會, pp.1-10.



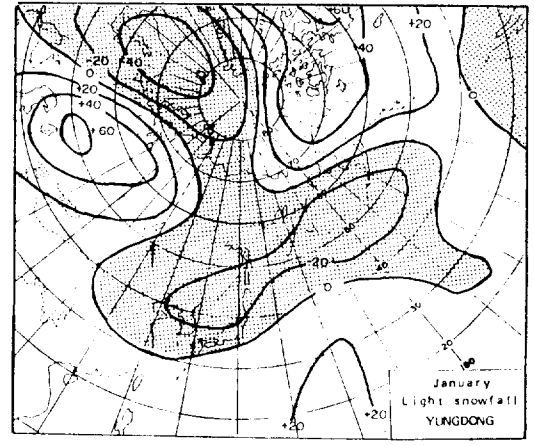
(a)



(a)



(b)



(b)

**Fig. 7. Composite height anomalies of January heavy snowfall year in ULREUNGDO (a) and YUNGDONG area (b).**

Shaded portion : negative anomaly.

**Fig. 8. Composite height anomalies of January light snowfall year in ULREUNGDO (a) and YUNGDONG area (b).**

Shaded portion : negative anomaly.

1964년의 高度 패턴을 비교한 결과와도 一致한다. 따라서 鬱陵島는 寒冬多雪·暖冬寡雪이라고 할 수 있으며 결국 이는 鬱陵島 降雪을 좌우하는 메카니즘이 季節風입을 말해 준다 하겠다. 다음 嶺東多雪時는 韓半島 주변의 中緯度 地域에 高度가 높아지고 高緯度 地域의 高度가 낮아지며 寡雪時는 반대로 中緯度 地域에 高度가 낮아지고 高緯度 地域의 高度가 높아져서 多·寡雪時의 高度 패턴이 역시 相反되고 있다.

## (2) 降雪量과 帶狀指數

앞에서 鬱陵島와 嶺東地方의 多·寡雪時에 500mb 等壓面 高度偏差의 分布를 살펴 본 결과 두 地域 모두 500mb 高度패턴이 相反되고 또 두 地域間에도 相反된 패턴이 나타남을 알았다. 다음은 두 地域의 降雪量과 上층 氣流特性(Air flow pattern)을 반영하는 東西流와는 어떤 關係가 있는지 調査해 보기로 한다. 이에는 500mb 等壓面の 帶狀指數를 求하여 그 日變化와 大雪과의 關係를 調査하였다. 日本에서의 研究에 의

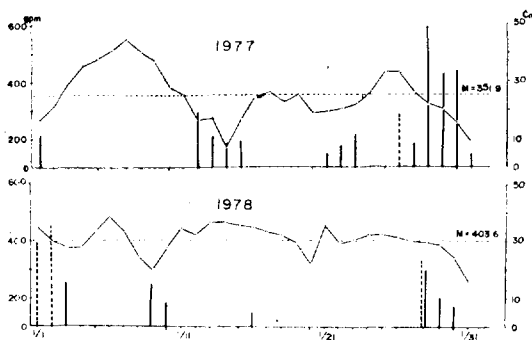


Fig. 9. Daily variation of local zonal index and snowfall amount for January.

Dashed line : monthly mean zonal index.

Solid bar : daily heavy snowfall amount(cm) in ULREUNGDO.

Dashed bar : daily heavy snowfall amount(cm) in YUNGDONG

하면 北陸地方의 大雪의 要因의 하나는 極東·太平洋域에 現저한 低指數循環이라고 한다.<sup>44)</sup> Fig. 11은 1977년과 1978년의 1월 極東域(110°~160°E)의 帶狀指數<sup>45)</sup>의 日變化和 鬱陵島(실선) 및 嶺東(점선)의 大雪日의 降雪量과의 關係이다 (단 嶺東은 大關嶺·束草·江陵의 平均值임). 寒冬인 1977년<sup>46)</sup>은 平均帶狀指數가 351.9m인데 반해 1978년은 403.6m로 상대적인 高指數年이다. 여기서 보면 鬱陵島의 大雪은 상대적으로 低指數時에 出現하고 嶺東地方의 大雪은 비교적 高指數時에 發生하며 또 月平均指數가 高指數인 1978年은 嶺東地方에 降雪量이 많은 반면 低指數인 1977년에는 鬱陵島에 훨씬 많았다. 즉 上層氣流 패턴이 南北流(低指數)가 강한 Meridional type일 때 鬱陵島에 降雪이 많은 반면 東西流가 강한 Zonal type일 때 嶺東地方이 오히려 多雪인 것이다. 따라서 鬱陵島의 降雪의 原因은 西日本 地方과 같으나 江陵을 포함한 嶺東地方은 그 條件이 다르다.

44) 石瀨宗弘, 1982, “實況의 對應から見た56豪雪と38豪雪の 特徴,” 昭和 56年度秋季大會 シンポジウム 「北陸豪雪」의 報告, 天氣 29-10, pp. 51-69.

45) 35°N과 55°N 사이의 高度差임.

46) Oliver, J., E., 1981, *Climatology: Selected Applications*, U.H. Winston & Sons, pp.117~135.

47) Matsumoto, S., et al., 1982, “The structure and the role of a subsynoptic-scale cold vortex on the heavy precipitation,” *J. of the Meteo. Soc. Japan*, Vol., 60, No. 1, pp. 339-354.

48) 秋山孝子, 1982, “豪雪의 메카니즘について,” 昭和56年度 秋季大會シンポジウム 「北陸豪雪」의 報告, 天氣, 29-10, pp. 51-69.

### (3) 上層의 溫度條件

西日本에 大雪의 必要條件으로 寒冷渦(Cold vortex 혹은 Cold dome)가 經驗的으로 提示되었고 그에 대한 究研도 多數 이루어졌다. 또 최근에는 集中豪雨時에도 이 寒冷渦가 중요한 역할을 하고 있음이 밝혀졌다.<sup>47)</sup> 일반적으로 寒冷渦는 하층의 成層構造를 不安定하게 하고 蒸發과 對流活動을 促進시키기 때문에 小型의 寒冷渦라도 大量的 降水를 유발하게 된다. 특히 大規模 寒冷渦 內에서 寒氣核(Cold core)의 前面에는 平野型 大雪이 잘 發生하고 大規模 寒冷渦의 南緣部 특히 寒氣核의 後面에서는 山地型의 大雪이 發生한다.<sup>48)</sup> 이와같이 大雪이나 集中豪雨의 發生에 上層의 寒氣狀況이 중요한 만큼 우리나라의 嶺東地方과 鬱陵島의 大雪時 上層 寒氣狀況

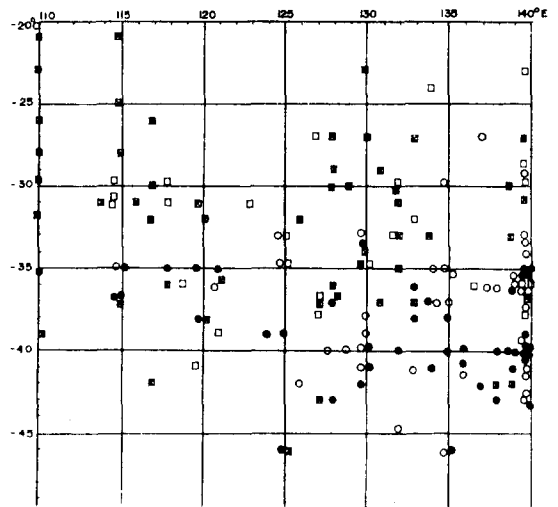


Fig. 10. The lowest temperatures on the 500 mb surface chart.

□ : 5.0cm~10.0cm

▣ : 10.0cm over

○ : 5.0cm~10.0cm

● : 10.0cm over

YUNGDONG

ULREUNGDO

즉 低溫의 程度 및 移流方向은 어떠한가를 調査하여 보았다. 여기에서는 大雪時 500mb 日氣圖에서 40°N, 110°~140°E 영역상에 나타나는 最低溫度와 그 出現 위치를 調査하였으며 이를 表現화한 것이 Fig. 12이다. 단 大雪은 10.0cm 이상과 미만으로 나누었으며 調査期間은 1975년에서 1980년까지이다. 여기서 보면 상층 500mb의 溫度는 鬱陵島 大雪時가 嶺東大雪時보다 훨씬 低溫이며 특히 鬱陵島에 10.0cm 이상의 大雪이 내릴 경우는 적어도 -35°C 이하의 低溫이어야 하고 -40°C 전후의 경우가 가장 많다. 이는 日本에서 -35°C 이하의 寒氣가 40°N에 남하할 때는 西日本의 어느 곳엔가는 大雪이 일어난다고 하는 結果와도 一致한다.<sup>49)</sup> 따라서 鬱陵島의 大雪은 西日本의 大雪條件과 같다고 할 수 있다. 반면 嶺東大雪은 대체로 -35°C 전후에서 그 이상의 溫度일 때 發生하며 주로 -30°~-35°C 사이에서 發生한다. 그러나 높은 경우는 -21°C에서도 大雪이 發生되고 있다. 다음 寒氣의 移流는 鬱陵島인 경우 130°E 以東에 주로 分布하고 있어 寒氣南下의 軸이 주로 鬱陵島 東海上에 있는데 반해 嶺東大雪時는 뚜렷한 移流方向이 나타나지 않고 있다. 따라서 鬱陵島는 西日本의 大雪時와 마찬가지로 上層 寒氣條件이 중요하며 특히 寒氣核의 後面에서 주로 發生한다고 볼 때 日本의 山地型 大雪과 類似的한 條件을 갖는다 하겠다. 그러나 嶺東地方의 大雪은 上層狀況보다 下層의 條件이 더 중요한 것으로 추측된다.

#### (4) 大雪時의 循環特性

이상에서 鬱陵島나 嶺東地方의 大雪이나 多雪의 條件이 相異함을 알았는데 이를 가져온 上層 大氣大循環의 特性은 어떠한 것인가를 考察하기로 한다. 이에는 과거 두 地域에서 半旬 동안 거의 지속적으로 大雪이 있었던 때를 1월과 2월에서 각 2半旬씩 4半旬을 선정하여 500mb 合成 高度 및 合成高度偏差圖를 그려 그 特性을 비교하였다. 선정된 半旬을 보면 鬱陵島는 1959년 제 2반순, 1962년 제 5반순, 1963년 제 7반순,

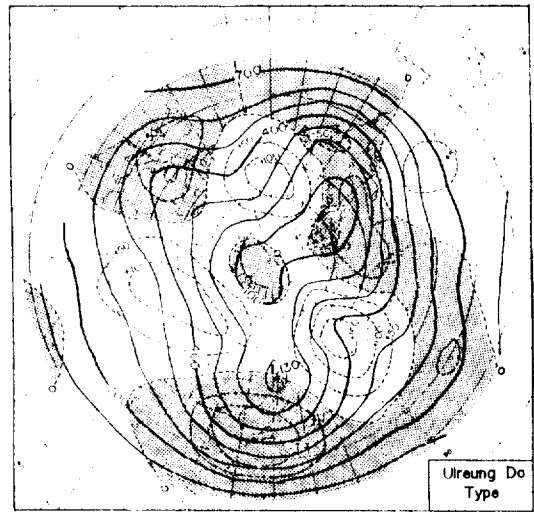


Fig. 11. Composite height anomaly of heavy snowfall pentads in ULREUNGDO.

Shaded portion : negative anomaly.

Solid line : height contour(over 5000 gpm).

Dashed line : anomaly contour(gpm).

1967년 제 9반순이고 嶺東地方은 1966년 제 11반순, 1969년 제 6반순, 1972년 제 8반순, 1973년 제 5반순이다. Fig. 11은 鬱陵島 大雪時의 500mb 等壓面의 合成高度 및 高度偏差圖이다. 먼저 合成高度分布를 보면 베링해와 캄차카반도 주변에 강한 Blocking high(Ridge)가 形成되어 極地方까지 뻗어 있고 티베트 북부 시베리아 地方에도 역시 약하지만 Ridge가 北東方向으로 形成되어 있다. 그리고 이들 두 Blocking ridge들 사이에 대략 135°~140°E를 따라 깊은 谷(Trough)이 中緯度까지 뻗어 있으며 5400gpm線이 韓半島 南部를 지나고 沿海州와 사할린섬 사이에 5,130gpm 미만의 切離低氣壓(Cut-off low)이 자리잡고 있어 전형적인 Blocking pattern을 이루고 있다. 이와같은 Blocking pattern이 강하게 될 때는 帶狀指數가 低指數로 되어 南北流(Meridional type)의 循環이 강해지며 따라서 高緯度와 低緯度 間에 에너지 交換이 왕성해진다.<sup>50)</sup> 또 中緯度까지 깊게 뻗어 있는 氣壓谷

49) 福田喜代志, 1962, 前掲論文.

50) Chang, J., H., 1972, *Atmospheric circulation systems and climates*, The Oriental Publishing Company, pp. 157~160.

을 따라 極地 주변의 寒氣가 南下하여 寒冷渦 (Cold vortex)의 形態로 오래 지속되는데 이 때 地上은 시베리아 高氣壓 勢力이 주변으로 張出 (Outbreak)하여 極東域에 강한 寒波 (Cold wave)가 來襲하게 된다.<sup>51)</sup> 대체로 極東域에 있어서 寒波는 北太平洋의 Blocking ridge가 베링해를 거쳐 北極海까지 張出하거나 이보다 남쪽인 캄차카반도 쪽으로 張出하여 極地方이나 高緯도에 Warm blocking high가 形成되고 그 남쪽에 極渦 (Polar vortex)에서 切離된 寒冷低氣壓 (Cold low)이 形成될 때 發生된다.<sup>52)</sup> 이와같이 寒波를 몰고오는 Blocking pattern은 일단 形成되면 지속성이 강하여서 2週 내지 4週동안 계속되며 이런 패턴이 강하거나 頻發하게 되면 그 해는 寒冬이 되는 것이다.<sup>53)</sup> 이렇게 볼 때 鬱陵島 大雪은 寒波來襲時와 또 多雪年은 寒冬과 一致한다고 할 수 있다. 한편 合成高度偏差分布를 보면 베링해와 시베리아 북부 지역에 높은 陽偏差域이 나타나고 韓半島 주변 中緯度 上空에 陰偏差域이 높게 나타나서 前述한 바의 Blocking pattern을 반영하고 있고 또 多雪月의 偏差特性과도 一致하고 있다. 다음 Fig. 12는 嶺東大雪時의 合成高度 및 高度偏差圖이다. 먼저 合成高度分布를 보면 鬱陵島 大雪時와는 달리 시베리아 북부 極地 주변에 周極渦 (Circumpolar vortex)의 中心이 있고 中緯度 上空에는 대략 緯度圈에 平行하게 等高度線이 分布하며 5400gpm 線은 대략 韓半島 北部에 位置하고 있어 앞의 鬱陵島 大雪時보다 大氣大循環系가 전반적으로 北上하여 있다. 이에 따라 帶狀指數는 高指數로 되어 東西流가 강한 Zonal type의 循環 Pattern이 될 수 있다. 이것은 앞에서 帶狀指數가 高指數일 때 嶺東地方에 降雪量이 많다는 사실을 입증하고 있다. 한편 高度偏差分布를 보면 시베리아 북부와 베링해 지역에 강한 陰偏差域이 形成되어 있고 韓半島 上空에서 日本을 거쳐 北太平洋에 이르는 帶狀의 陽偏差域이 形成되어 있다. 즉 高緯도는 陰偏差, 中緯도는 陽偏差가 되어

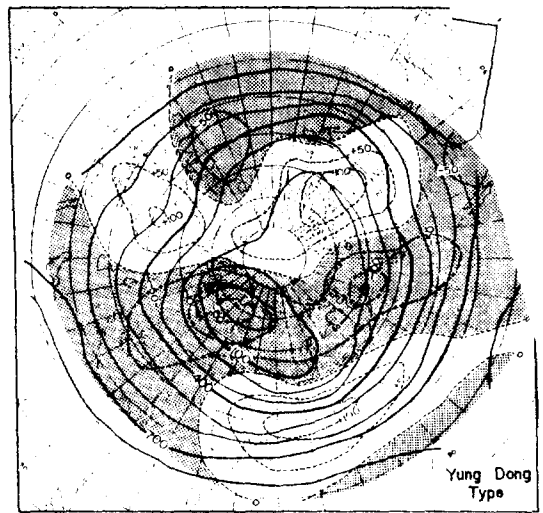


Fig. 12. Composite height and height anomaly of heavy snowfall pentads in YUNG-DONG area.  
 Shaded portion : negative anomaly  
 Solid line : height contour (over 5000 gpm)  
 Dashed line : anomaly contour (gpm)

前述한 바의 1月偏差 特性과 一致하며 따라서 鬱陵島의 偏差特性과는 반대가 된다.

이상에서 鬱陵島와 嶺東地方의 大雪時의 500 mb 循環特性이 相異하다는 것을 알게 되었다. 그러면 이런 상층의 循環特性과 앞에서 調査한 地上의 綜觀特性과의 關聯을 생각해 보자. 먼저 嶺東地方에 大雪時는 상층 循環系가 전반적으로 北上하여 있어서 強風軸인 寒帶前線 Jet氣流가 韓半島 北部에 位置하게 되고 이와 관련된 地上의 寒帶前線도 평상시 위치인 20°N 부근에서 30°N까지 北上함에 따라 이 寒帶前線上에 低氣壓이나 前線을 同伴한 低氣壓이 頻發하며 北東方向으로 移動한다. 이 때 시베리아 高氣壓勢力은 약화되어 韓半島 北部나 沿海州 쪽으로 확장하거나 移動하게 되며 따라서 北高南低의 氣壓配置가 된다. 이에 따라 北東氣流가 東海上을 吹走하여 太白山脈을 따라 강제상승하게 되면서 降雪을 가져오는 것이다. 한편 鬱陵島 大雪時

51) 倉嶋厚, 1972, 前掲書, pp. 59~76.

52) 梅本亨, 1985, "東アジアにおける 大規模寒波に 關する 總觀的 研究", 東京都立大學 博士學位請求論文抄録, pp. 13.

53) Chang, J., H., 1972, 前掲書, pp. 157~160.



는 상층의 Blocking 現象으로 인하여 寒帶前線 Jet氣流가 南下함에 따라 이와 관련된 地上의 寒帶前線은 20°N 이남으로 南下하고 따라서 韓半島를 포함한 極東域은 강한 시베리아 高氣壓의 勢力圈에 들게 된다. 이에 따라 강한 北西季節風이 東海上을 吹走하여 鬱陵島나 西日本 地方에 大雪을 가져오게 된다. 결국 하나의 寒候季를 중심으로 볼 때 시베리아 高氣壓 勢力의 強弱에 따라 季節風이 강할 때는 鬱陵島에, 季節風이 弱화될 때는 嶺東地方 및 太白山地에 大雪이 發生되며 또 季節風이 강한 12月·1월에 鬱陵島에, 季節風이 약화되는 2月·3월에 嶺東地方에 大雪이 많이 된다.

## 5. 要約 및 結論

東海上에 線上으로 位置하고 있는 江陵, 鬱陵島, 高田의 降·積雪量은 江陵—鬱陵島—高田 順으로 급격히 증가하는데 이는 季節風과 東海上의 吹送距離의 影響이 크다는 것을 말해 주며 또 江陵이 鬱陵島나 高田에 비해 年變動率이 크고 位相이 현저히 다른 變動推移를 보이는 것으로 보아 降雪의 機構가 다를 것으로 예상된다.

極值分布理論에 따른 再現期間値는 江陵이 50년에 1m 이상, 鬱陵島는 100년에 3m 이상, 高田는 100년에 4m 이상이고, Power spectrum analysis에 의한 降雪의 週期는 鬱陵島나 高田가 季節風의 強약에 따른 7년 週期, 江陵은 이와는 다른 11년 週期가 각각 탁월하다.

嶺東地方과 鬱陵島에 있어서 大雪時의 地上氣壓配置 類型은 전자가 주로 北高南低가 되는 北東氣流型(Ic), 南海低氣壓型(Iic) 및 低氣壓通過型(Iib)이며 후자는 西高東低의 氣壓配置와 관련된 北西風型(Ia), 西風型(Ib) 및 東海低氣壓型(IId)이다.

大雪時에 上層 500mb 等壓面の 綜觀特性을 보면 嶺東地方인 경우 周極渦의 중심이 極地 주변에 있고 等高度線은 緯度圈에 平行하여 東西流가 강한 高指數의 循環 패턴을 이루며 韓半島 중심의 中緯度 上空에 陽偏差域, 高緯度 上空에 陰偏差域이 分布하게 된다. 이에 반해 鬱陵島의 경우에는 베링해 주변 상공과 티베트고원 북부 시베리아 지역상공에 Warm blocking high가 형성될 때 발생하는 강한 Blocking 現象에 의해 寒冷低氣壓이 韓半島 北部 中緯度 地域에 形成되어 -35°C 미만의 寒氣가 40°N 上에 南下하며 南北流가 강한 低指數의 循環 패턴이 된다. 이 때 韓半島 주변 中緯度 上空에는 陰偏差域, 高緯度 上空에는 陽偏差域이 分布하게 된다.

이상으로 볼 때 嶺東地方과 鬱陵島에 있어서 大雪時의 綜觀氣候學的 特性은 相異하다. 즉 전자인 경우는 季節風이 약화되면서 氣壓谷이나 低氣壓이 移動할 때 그 前面에 發生되는 非季節風型 降雪이고 후자인 경우는 季節風이 강할 때 發生되는 季節風型 降雪이다.

앞으로 이러한 降雪型에 따른 韓半島 全體에 대한 降雪의 研究가 必要할 것으로 본다.

# A Climatological study of heavy snowfall in East Sea and its surrounding coastal area

Jin Sik Choi\*

## Summary

In order to clarify the climatological characteristics of heavy snowfall in East Sea (the eastern sea of Korean peninsula) and its surrounding coastal area, the secular variations of yearly snowfall amount and yearly maximum depth of snow cover among GANGREUNG, ULREUNGDO and TAKADA were compared one another and the surface pressure patterns, the 500 mb height anomaly, the zonal index, the temperature conditions and the atmospheric circulation patterns of 500mb surface were also analyzed.

Snowfall and snow cover amount were increased sharply from GANGREUNG through ULREUNGDO to TAKADA and the aspect of secular variation of GANGREUNG was different from the others, ULREUNGDO and TAKADA.

These tell us that the effect of winter monsoon and the fetch on East Sea are very important and the mechanism of heavy snowfall in GANGREUNG is different from the others.

The return period values of the annual maximum depth of snow cover are over 1m in GANGREUNG for 50 years, over 3m on ULREUNGDO and over 4m in TAKADA for 100 years.

The snowfall periods obtained through the power spectrum analysis are about 7 year in ULREUNGDO and TAKADA but GANGREUNG's is about 11 year.

The main types of surface pressure patterns

of heavy snowfall days are northeasterly type (Ic), South Sea low type (IIc) and passing low type (IIb) in YUNGDONG area but northwesterly type (Ia), westerly type (Ib), East Sea low type (IID) in ULREUNGDO.

The synoptic characteristics of 500mb surface at the time of heavy snowfall in YUNGDONG area and ULREUNGDO were as follows:

〈YUNGDONG type〉

The center of circumpolar vortex was located in the vicinity of northpole, the air flow pattern of high index (zonal type) was dominant and the negative anomaly was distributed in high latitude but the positive anomaly in middle latitude.

〈ULREUNGDO type〉

Cold low was located in middle latitude because of strong blocking phenomenon which occurred when warm blocking high was existed over the Bering Sea and over the Siberian area of the northern part of Tibetan plateau, cold air below  $-35^{\circ}\text{C}$  was advected on the  $40^{\circ}\text{N}$  of the northern part of the Korean peninsula, the air flow pattern of low index (meridional type) was dominant and the negative anomaly was distributed in middle latitude but the positive anomaly in high latitude.

As a result, the synoptic climatological characteristics of heavy snowfall in YUNGDONG area and ULREUNGDO are completely different each other, namely, the heavy snowfall of YUNGDONG area is non-monsoon type but ULREUNGDO's is monsoon type.

*Geography*, Korean Geographical Society, No. 31, pp.68-85, 1985.

\* Graduate School, Seoul National University.