

冷夏에 대한 氣候學的 研究

—嶺東·東海沿岸地方을 中心으로—

崔 珍 植*

《차 례》	
1. 序 論	(3) 氣壓配置의 出現特性
(1) 研究 目的	(4) 地上風
(2) 研究方法 및 資料	(5) 冷氣의 流出
2. 冷夏의 出現特性과 低溫域의 分布	4. 上層의 循環特性
3. 冷夏時의 地上의 綜觀的 特性	(1) 同時相關과 高度偏差
(1) 장마전선의 位置	(2) 冷夏時의 循環特性
(2) 地上의 氣壓場	5. 要約 및 結論

1. 序 論

(1) 研究目的

한반도 기후의 지역적 특성은 南北性和 더불어 東西性이 나타나는 점이다.¹⁾ 이 중 동서성의 하나로 여름철 동해연안지방의 低溫現象을 들 수 있다. 이는 우리나라 하계기온에 대한 要因分析에서 6~8월 모두 東冷西暑型이 추출되고 있는 데서도 알 수 있다.²⁾ 嶺東地方을 중심으로 하는 東海沿岸地方은 여름철에 종종 低溫少照의 날씨가 나타나 냉해를 입기도 하고 東海岸 일대에 散在하고 있는 피서지의 경기에도 타격을 입는다. 최근 1980년 冷夏 때에는 우리나라

는 물론 日本에서도 막심한 냉해를 입었다.³⁾ 당시 우리나라의 米穀生産量은 作況指數⁴⁾ 65의 대 흉작이었으며 특히 東海沿岸地方이나 太白·小白山地의 高冷地帶가 피해가 극심하였다.⁵⁾

日本의 북부지방(北海道나 東北地方)은 冷害가 빈번한 地域이어서 冷害와 관련하여 冷夏에 대한 연구가 많다.⁶⁾ 과거 冷夏의 出現상태나 出現특성, 冷夏의 類型과 冷夏時의 綜觀的 特性 등 기후학적인 연구⁷⁾는 물론 冷害의 類型이나 地域性 등에 대한 연구가 이루어지고 있다.⁸⁾ 특히 日本에서 강한 冷夏는 오호츠크해기단과 관련된 다. 오호츠크해고기압이 강화될 때 冷濕한 북동풍인 야마세(山背) 바람이 日本의 북동부 태평양연안 지방에 빈번히 내습하여 低溫·少照

* 서울大學校 大學院 博士課程

1) 金光植, 1973, 韓國의 氣候, 一志社, p. 31.
 2) 朴炳翊, 1982, “韓國의 夏季氣溫分布의 綜觀氣候學的 考察,” 地理學과 地理教育, 第十二輯, p. 21.
 3) 持田惠三, 1984, “異常氣象下の米需給,” 地理, 第29卷 11號, pp. 56~63.
 4) 최근 5년간의 평균수확량에 대한 비율.
 5) 坪井八十二, 李光熙譯, 1983, 韓國의 農業生産과 氣象技術, 技多移, pp. 13~23.
 6) 中村和郎外, 1986, 日本의 氣候, 岩波書店, pp. 93~100.
 7) Sakaida, K., 1982, “Secular changes in occurrence of two cool summer types over northern Japan,” *The Science Reports of Tohoku Univ. 7th Series (Geography)*, vol. 32, pp. 90~100.
 8) 坪井八十二 外, 1980, 異常氣象と農業, 朝倉書店, pp. 1~121.

의 날씨가 계속된다.⁹⁾ 최근에는 典型的인 야마세기간 동안에 나타나는 오호츠크해기단의 氣候學的인 特性^{10,11)}이나 야마세의 立體的 構造¹²⁾에 대한 연구를 통해 冷夏를 초래하는 매카니즘을 밝힐려는 연구가 활발히 시도되고 있다.

우리나라는 冷夏에 대한 본격적인 연구가 아직 시도된 바 없다. 다만 夏季氣候研究의 일환으로 冷夏現象을 일부 다룬 경우가 있을 뿐이다.^{13,14)} 그러나, 1980년 冷害의 극심함을 고려할 때 우리나라도 冷夏에 대한 구체적인 연구가 필요하리라 본다. 과거 冷夏의 出現特性은 어떠하였고, 발생된 冷夏의 類型이나 地域的 特性에 대한 연구, 冷夏時의 綜觀的 特性이나 冷夏를 초래한 매카니즘 규명에 노력하여야 한다.

본 연구에서는 우선 과거 冷夏의 出現特性은 어떠하였으며, 강한 冷夏時에 나타나는 低溫域의 분포양상과 綜觀 및 大氣循環上의 特性을 調査·分析하여 앞으로 冷夏에 대한 심층연구의 기초를 제공하고자 한다.

(2) 研究方法 및 資料

냉하를 규정하는 일정한 기준은 없다. 대체로 冷害의 發生 여하에 따라 冷夏를 결정하는 경우가 많으나¹⁵⁾ 여기서는 편의상 7·8월 평균 기온이 평년(1951~1980) 편차로 -1.0°C 미만인 때를 冷夏年으로 간주하기로 하였다(반면에 1.0°C 이상인 경우는 暑夏年으로 한다).

연구방법은 嶺東·東海沿岸地方의 7·8월 평균 기온의 年偏差에서 과거 冷夏年의 出現경향을 조사하고, 한반도 전체의 경우와도 비교하였다. 다음으로 강한 冷夏時에 나타나는 低溫域(陰偏

差域)의 분포가 동아시아의 어느 지역과 관련되는지를 7·8월 각 월별로 조사하고, 이런 분포 양상을 가져온 綜觀的 特性을 지상 및 상층 500 mb 고도자료의 분석을 통하여 밝혔다. 지상의 종관적 特性을 위해서는 장마전선의 위치, 지상 기압분포, 기압배치, 지상풍 및 강한 冷夏時의 지상 일기도 등을 조사·분석하였고, 상층에서는 江陵의 기온과 500mb 高度와의 同時相關分布, 高度偏差 및 강한 冷夏時의 500mb 合成高度와 合成高度偏差分布 등을 조사하였다.

분석에 이용된 자료로는 각 지점의 월평균기온, 北半球地上氣溫偏差圖,¹⁶⁾ 일본 기상청의 지상(1975~1981) 및 상층 500mb 高度資料(1946~1981)와 日日天氣圖 등이다.

2. 冷夏의 出現特性과 低溫域의 分布

(1) 冷夏의 出現特性

과거의 관측기록에서 냉하의 출현특성을 알기 위해 嶺東·東海沿岸地方 3개지점(江陵·鬱陵島·浦項)의 7·8월 평균기온의 年偏差를 圖示한 것이 <Fig. 1>의 (a)이다. 1952년 이래 평년 편차 -1.0°C 미만인 냉하년의 출현특성은 우선 특정기간에 밀집해 있는 점이다. 즉 1950년대에 빈번하였고 1960년대는 전혀 출현하지 않은 대신 평년편차 $+1.0^{\circ}\text{C}$ 이상의 暑夏가 많았다. 1970년대는 강한 冷夏와 暑夏가 교대로 출현하여 1970년대 이래 범세계적으로 나타나는 異常氣候時代를 반영한다.¹⁷⁾ 한편, 좀더 장기간의 출현 상태를 알기 위해 1912년 이래 관측자료가 있고 거의 韓半島 전역에 고루 분포하는 5개지점(서

9) 中村和郎外, 前掲書, pp. 94~96.

10) 工藤泰子, 1984, “典型的なやませ時のオホーツク海氣團の特性,” 天氣, 第31卷 7號, pp. 411~417.

11) Kurihara, T., 1987, “A climatological study on the OKHOTSK air mass during the typical Yamase period,” *Climatological Notes*, 37, Institute of Geoscience University of Tsukuba, p. 98.

12) 工藤泰子, 1981, “セマモの立體構造とそれに及ぼす山地の影響,” 東北地理, 33-4, pp. 204~211.

13) 南基烈, 1984, “韓國의 夏季氣團의 出現特性,” 地理學과 地理教育, 14輯, pp. 17~25.

14) 宋鎬烈, 1985, “우리나라 盛夏季의 氣候學的 特性,” 地理學, 第31號, pp. 42~67.

15) 朝倉正外, 1983, 氣象調査法, 朝倉書店, p. 218(日本 東北地方에서 7·8월 평균기온 약 22°C 가 거의의 冷害限界라 한다. 1980년 7·8월 강릉의 평균기온은 21.2°C 였다).

16) 氣象研究所豫報研究室, 1986, 北半球地上月平均氣溫偏差圖, 日本氣象研究所, p. 563.

17) Mano, Y., 1986, “Introduction to the ‘Report of a study on unusual weather and climatic trend in the world and outlook for the future III,’” *Geophysical Magazine*, vol. 41, pp. 268~270.

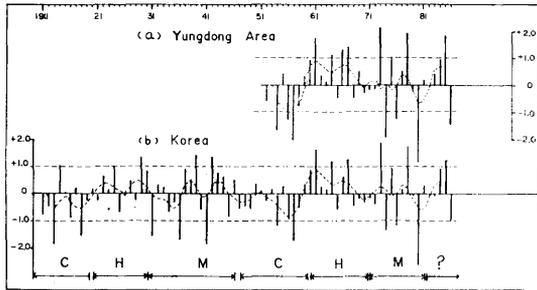


Fig. 1 Fluctuations of the anomalies of July-August average air temperature in Yungdong area and Korea.

Dashed line: 5-year weighted running mean.

C: cool summer period

H: hot summer period

M: mixed period(cool and hot summer)

울·江陵·大邱·釜山·木浦)¹⁸⁾의 7·8월 平年偏差를 圖示한 것이 (b)인데 1950년대 이래 冷夏出現의 경향은 (a)와 類似하며, 다만 그 強度는 (a) 즉 東海岸地方이 큰 것을 알 수 있다. 1910년대 이래 冷夏의 出現경향을 보면 1910년대는 冷夏가 많았고 1920년대는 暑夏가 많았으며 1930년대에서 1940년대 초까지 冷夏와 暑夏가 다같이 빈번하여 대체로 1950년대 이래의 出現경향과 같은 양상을 보인다. 따라서 과거 冷夏의 出現특성은 冷夏가 빈번한 冷夏期(cool summer period), 暑夏가 빈번한 暑夏期(hot summer period), 冷夏와 暑夏가 다같이 빈번한 混在期(mixed period)로 구분되는 점이다. 1980년대가 1970년대의 연장일 것인지 아니면 暑夏期일지는 아직 의문이다. 그림에서 점선은 5년 加重移動平均한 것인데 일정한 변화경향(trend)을 갖는 것이 아니라 일정한 기간을 두고 變動(fluctuation)하고 있어 기온의 변화와 冷夏의 出現경향과는 一致하고 있다. 이는 福井¹⁹⁾가 異常氣象의 出現이 일반 氣候變動과 밀접한 관계가 있어 異常低溫은 低溫期에 빈번하다고 한 사실을 立證하고 있다. 1912년 이래의 주요 冷夏년을 보면 1913·1918·1931·1941·1954·1956·1957·1974·1976·1980·1986년의 11개년이다.

18) 서울과 江陵에서 결측된 경우는 나머지 지점들의 평균으로 대체하였다.

19) 福井英一郎, 1975, "異常氣象と氣候變動," 天氣, 第22卷 8號, pp. 411~414.

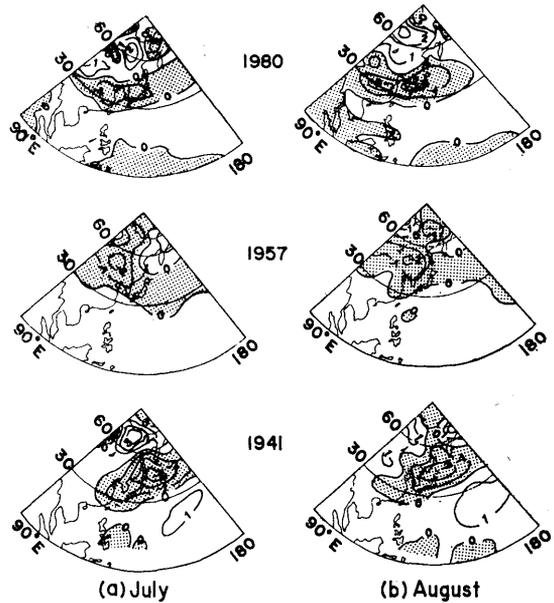


Fig. 2 The monthly average surface temperature anomalies over the East Asia at the time of cool summer in Yungdong and East Sea coastal area.

Dotted area: Negative anomalies.

(出處: 日本氣象研究所 발행 北半球地上 月平均氣溫偏差圖에서 極東域만 그린 것임)

(2) 低溫域의 分布

冷夏時에 氣溫偏差의 크기가 東海岸쪽이 큰 것은 월평균 기온의 分散에서도 잘 반영된다. 우리나라 월평균기온의 分散을 지역별로 조사해 보면 대체로 寒候季에 크고 暖候季에 작지만 江陵을 중심으로 하는 한반도의 북동부지방은 夏季에도 매우 커서(그림 생략), 冷하나 暑하의 差가 현저해지고 따라서 저온의 정도가 강화됨을 알 수 있다.

주요 冷하시에 저온의 중심이 한반도의 북동쪽에 있다는 것은 그 방향에 어떤 作用中心이 있음을 상정할 수 있을 것이다. 한반도상의 冷하시에 나타나는 이런 기온편차분포가 동아시아의 다른 지역과는 어떤 관계가 있는지를 조사하여 봄으로써 冷하를 가져온 綜觀의 特性을 알게 도움이 될 것이다. 이를 위해 과거 7·8월 모두 저온의 정도가 강하였던 3개년(1941, 1957,

1980)에 있어서 동아시아의 월평균지상기온 평년편차도를 조사하였다. <Fig. 2>에서 보는 바와 같이 7월과 8월의 지상기온의 편차분포에는 다음과 같은 특성이 관찰된다. 첫째로, 우리나라 주변의 강한 음편차역(-1.0°C 以下域)은 대체로 30°N 이북의 중위도역에 帶狀으로 연장되어 있다. 둘째로, 동아시아의 고위도역에 강한 양편차역이 나타나며 이 양편차역은 고위도 전역에 광범위한 분포를 하거나 시베리아 북부와 오호츠크해~베링해 주변지역으로 나누어져 있다. 셋째, 30°N 이남의 저위도는 양편차역이 帶狀으로 광범위하게 나타난다. 이상에서 볼 때 우리나라의 여름철 저온 현상은 국지적인 현상이 아니라 적어도 동아시아 정도의 광범위한 지역에 나타나는 大氣循環上의 어떤 패턴에 연유한다고 할 수 있다. 어떤 綜觀的인 특성이 이와같은 低溫域의 분포를 가져온 것인지 밝히는 것이 冷夏의 原因을 이해하는데 필요할 것이다.

3. 冷夏時의 地上의 綜觀的 特性

냉하시의 종관적 특성을 이해하기 위하여 여기에서는 장마전선의 위치, 지상기압의 분포, 氣壓配置의 출현특성, 지상풍향 및 전형적인 냉하시의 地上日氣圖를 조사·분석하였다. 특히 1970년대는 냉하(1974, 1976, 1980)와 서하(1973, 1975, 1978)가 다같이 빈번하여 상호비교하기가 용이하다.

(1) 장마전선의 位置

장마전선은 고위도 起源의 寒帶氣團과 北太平洋 起源의 熱帶海洋性氣團의 境界로서 氣候學的인 개념을 갖는다.²¹⁾ 따라서 年候로 볼 때 장마전선은 6월 24일경 한반도에 영향을 미치기 시작하여 7월 23일경 韓·滿國境 이북으로 북상하며,²²⁾ 8월 중·하순이 되면 다시 남하한다. 대체로, 9월 10일경이 되면 한반도는 장마전선의 영향에서 완전히 벗어나게 된다.²³⁾ 냉하년에 있

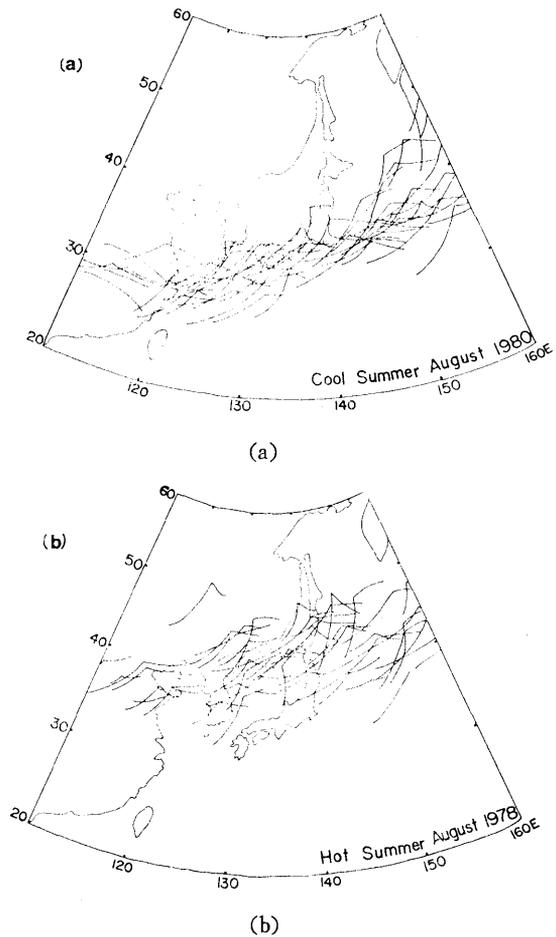


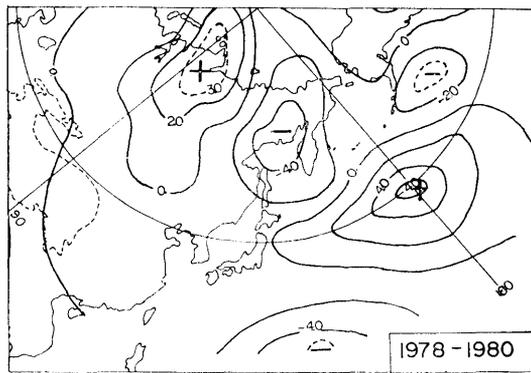
Fig. 3 Daily locations of Changma fronts.
(a) Cool Summer (1980. 8)
(b) Hot Summer (1978. 8)

어서 장마전선의 위치는 이런 평균치적인 年候의 추세와는 현저히 다를 것이며 暑夏時와 비교하면 더욱 분명하게 나타날 것이다. <Fig. 3>의 (a)는 강한 냉하였던 1980년 8월의 매일 日氣圖(09時)에서 나타나는 前線의 위치를 누적시킨 것이고 (b)는 강한 暑夏였던 1978년 8월의 것이다. (a)인 경우 대부분의 전선들이 중국의 華中地方에서 대략 30°N에 연하여 분포하는데 반하여 (b)는 한반도 북부 40°N 부근에 밀집하여 있다. 즉 냉하시에는 북쪽 기단의 영향을 많이 받

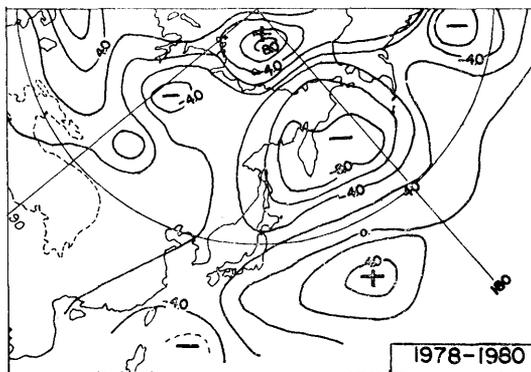
21) 中村和郎 外, 前掲書, p. 29.

22) 李炳高 外, 1983, “장마季的 綜觀的 特性,” 韓國氣象學會誌, vol. 19, no. 1, p. 10.

23) Lee, Byong-Sul, 1974, “A synoptic study of the early summer and autumn rainy season in Korea and in East Asia,” *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan Univ.* no. 9, p. 94.



(a) July



(b) August

Fig. 4 The differences of monthly mean sea level pressure (mb) between hot summer(1978) and cool summer(1980).

는 대신 북태평양기단의 영향을 적게 받으며 반대로 서하 때에는 북태평양고기압이 강화되어 한반도는 그 영향을 많이 받는 것을 알 수 있다.

(2) 地上의 氣壓場

이와같이 장마전선의 위치가 냉하와 서하시에 서로 다른 것은 前線 양측 기단에 있어서 세력의 강·약이 다르기 때문일 것이다. Moon²⁴⁾은 여름의 異常低溫現象인 冷夏는 온난한 북태평양고기압의 약화때문이며 이 때는 북쪽기단이 빈번히 출현하게 된다고 하였다. 실제로 어느 지역의 地上氣壓이 강화되고 또 약화되는지를 알기 위하여 서하년인 1978년과 냉하년인 1980년의 地

上氣壓分布를 월별로 비교해 보았다. <Fig. 4>은 7월(a)과 8월(b)의 氣壓差의 分布를 나타낸 것이다. 여기서 양편차역은 서하시에 상대적으로 地上氣壓이 높았던 부분이고 음편차역은 냉하시에 기압이 높았던 지역이다. 7월 편차역을 보면 +4.0mb 이상의 양편차역이 북태평양 중앙부의 40°N, 180°E 부근에 나타나고 90°E의 시베리아 북부에도 +3.0mb 이상의 양편차역이 분포한다. 한편, 음편차역은 오호츠크해 주변과 필리핀 동부의 서태평양지역에 -4.0mb의 중심이 있고 알래스카의 南岸地域에도 약한 중심이 형성되어 있다. 8월(b)은 7월에 비해 태평양의 양편차역이 남서진하여 있고, 특히 북극해 주변에 +8.0mb의 강한 양편차역이 분포하며 그 밖에도 카스피해 북부 중앙아시아 지역에 +4.0mb의 양편차역이 형성되어 동쪽으로 확장되어 있다. 반면에 오호츠크해 주변에는 북극해 주변의 강한 양편차역과 대비되는 -8.0mb의 강한 음편차역이 있고 이에서 연장된 양편차역이 남서쪽으로 뻗어 東海에 이르고 있다. 또 필리핀 북동부와 알래스카 남부에도 역시 음편차역의 중심이 있다. 이상에서 볼 때 7월과 8월의 분포양상은 차이가 있지만 대체로 냉하시 북태평양고기압이 약화되는 반면 오호츠크해고기압이 강화되고 필리핀 북동부의 서태평양상의 기압도 높아진다. 또 한반도 주변은 오호츠크해상의 강화된 高氣壓의 영향을 받아 기압이 상대적으로 높으며 필리핀 북동부의 서태평양상의 地上氣壓이 높아지는 것은 열대성저기압의 발생빈도와 관련 있는 것으로 보인다.

(3) 氣壓配置

여름의 異常低溫現象인 冷夏의 출현은 그런 天候를 초래하는 비정상적인 氣壓配置의 출현 때문이다. 냉하년의 기압배치 출현특성을 알아보기 위하여 매일 매일의 日氣圖에서 기압배치 유형을 분류하여 그 빈도를 조사하였다. 기압배치의 분류는 李炳高²⁵⁾의 방법을 택하였다. 즉 먼저 장마전선이 한반도 중부(특히 영동지방을

24) Moon, S.E., 1978, "Climatic change in historical times in Korea," *Climatic Change and Food Production*, Univ. of TOKYO Press pp. 41~46.

25) 李炳高, 前揭論文, p. 11.

Table 1 The Occurrence frequencies of the pressure patterns of cool summers and hot summers.

patterns		I	II				III	U
types	year		c	o	i	sum		
cool summer	1974	12	20	18	8	46	2	2
	1976	15	22	16	4	42	3	2
	1980	5	20	24	10	54	—	3
	sum	32	62	58	22	142	5	5
	mean (%)	11 (17.7)	21 (33.9)	19 (31.0)	7 (11.3)	47 (75.8)	2 (3.2)	2 (3.2)
hot summer	1973	38	9	5	5	19	5	—
	1975	33	11	6	6	23	6	—
	1978	43	9	2	1	12	6	1
	sum	114	29	13	12	54	17	1
	mean (%)	38 (61.2)	10 (16.1)	4 (6.5)	4 (6.5)	18 (29.0)	6 (9.7)	0.3 (0.5)

I : Summer type c : Continental airmass
 II : Changma type o : Okhotsk Sea airmass
 III : Typhoon type i : Intermediate type
 U : Others

중심으로) 이북으로 북상하였을 때를 여름형 (I), 이남에 있을 때를 장마형(II)으로 하였다. 장마형은 다시 전선 북측의 기단이 대륙성인가 해양성(오호츠크해기단)인가에 따라 대륙성기단 내지 그 변질인 경우(c), 오호츠크해고기압의 진출이 현저한 경우(o), 전선북측에 저기압이 위치하는 등 판정이 곤란한 경우(i)로 세분하였다. 이 밖에도 태풍의 영향권에 들어갈 때인 태풍형(III)과 전선이 불명확하거나 분류가 곤란

한 경우(U)를 첨가하였다. 분류는 매일의 地上 및 850mb 天氣圖를 이용하였고 1970년대 발생한 冷夏年과 暑夏年에 대해 분류한 것이 <Table 1> 이다. 표에서 보면 냉하년인 경우 서하년들에 비해 장마형(II)이 3배 이상 높은 반면 여름형 (I)은 1/3 정도이다. 즉 냉하년인 경우 한여름 (盛夏) 기간이 짧은 대신 장마기간이 매우 길다. 다음으로 장마전선 북측에 출현하는 寒帶氣團의 출현을 보면 냉하년에는 오호츠크해기단의 출현

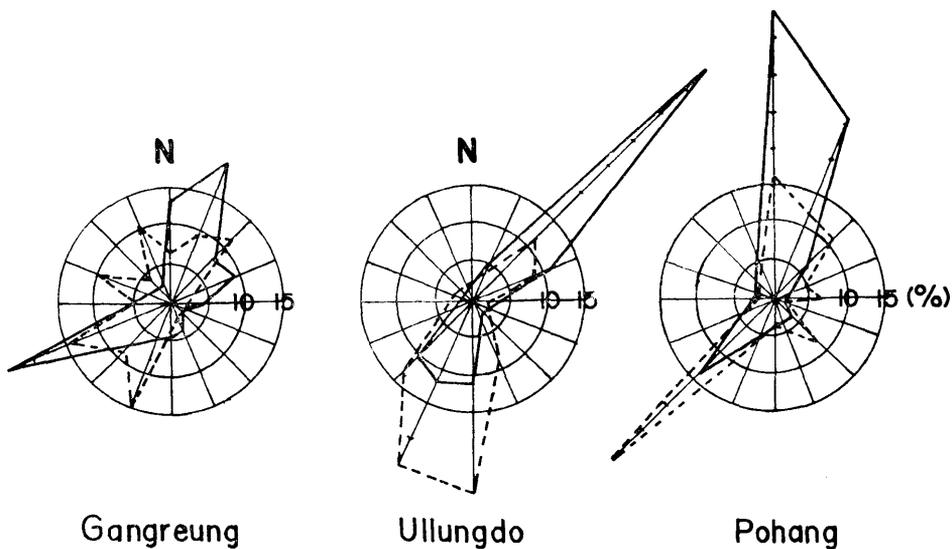


Fig. 5 Wind roses in cool summer(1980) and hot summer(1978), : 1978 --- 1980 —

울(31.0%)이 대륙성기단의 출현율(33.9%)과 거의 비슷한데 반하여 서하시에는 大陸性氣團은 냉하 때보다 약 1/2배이나 오호츠크해기단은 1/5로 감소되어 있다. 이것으로 볼 때 냉하년에 특히 오호츠크해기단의 영향이 강화됨을 알 수 있다. 태풍형(Ⅲ)은 냉하시에 평균 2회인데 반해 서하시에는 그 3배가 되는 6회로 앞에서 필리핀 북동부의 地上氣壓이 냉하시에 높아지는 것이 태풍의 발생빈도와 有關하다고 한 사실을 뒷받침해 주고 있다.

(4) 地上風

앞에서 냉하시에 오호츠크해고기압이 강화되고 오호츠크해기단의 출현빈도가 높아짐을 알았다. 오호츠크해고기압이 남서쪽으로 확장될 때는 우리나라는 北高南低의 氣壓配置가 되어 北東氣流가 발생된다. <Fig. 5>은 강릉·울릉도·포항에 대해 냉하년인 1980년(실선)과 서하년인 1978년(점선)의 7·8월 日最大風速風의 풍향별 빈도를 바람장미(wind rose)로 나타낸 것이다. 강릉은 냉하인 1980년인 경우 最多風이 WSW風이나 NNE, N, NE風을 합하면 北東系列이 탁월풍이 되며 서하년인 경우 SW 계열이 탁월하나 風向은 다양하게 나타나 탁월풍이 뚜렷하지 않

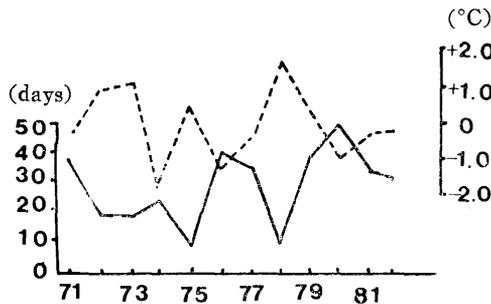


Fig. 6 Annual occurrence frequencies of Yamase Day in Dohuku provinces of Japan and the secular variation of summer temperature anomalies in Gangreung of Korea. (--- Temperature anomaly; — Number of Yamase day)

(出處: 觀測部産業氣象課, 1984, 測候時報 第51卷 3號, p. 166)

26) 觀測部産業氣象課, 1984, “東北地方における山背風に關する研究プロジェクトについて,” 測候時報, 第51卷 3號, p. 166.

27) 야마세(山背; やませ) 바람을 그 지방에서는 일명 飢饉風이라고도 한다.

28) 中村和郎外, 前掲書, p. 96.

다. 그러나, 울릉도나 포항인 경우 냉하와 서하간에 탁월풍향이 매우 상이하여 냉하 때는 北東系列이 탁월한데 반하여 서하 때는 南西系列의 빈도가 높다. 냉하시 東海岸地方에 탁월한 北東風은 북부일본의 태평양 연안지방에서 강한 冷夏일 때 빈번한 야마세바람과 비교해 볼 수 있다. <Fig. 6>은 1974년에서 1982년까지 12년간에 매년 출현한 야마세 출현일수(실선)²⁶⁾와 강릉의 여름(7, 8월) 기온편차(여름)의 관계를 나타낸 것이다. 두 그래프는 상당히 상반된 위상을 나타내는데 대체로 영동지방이 暑夏였던 1973, 1975, 1978년은 야마세일수 10일 내외인데 반해 冷夏였던 1974, 1976, 1980년은 20~50일이나 된다. 이것으로 볼 때 일본의 야마세 관련 냉하는 우리나라의 냉하와 잘 一致하며, 냉하시 동해안 일대에 탁월한 북동계열의 바람과 북일본의 태평양 연안에 빈번한 야마세바람²⁷⁾은 同一起源이라고 할 수 있다. 한편, 강한 야마세바람이 볼 때 북일본의 東海(East Sea) 연안에는 Föhn 현상²⁸⁾이 나타나는 것으로 보아 우리나라 太白山地 西側에 나타나는 높새바람도 같은 맥락에서 이해될 수 있을 것이다.

(5) 冷氣의 流出

冷夏時 오호츠크해고기압의 강화로 인하여 한반도의 동해안 일대는 北東風이 탁월하고 저온 현상이 나타나는 경우를 실제 일기도에서 관찰하기로 한다. <Fig. 7>은 강한 냉하였던 1980년 7월 30일 12GMT의 지상일기도이다. 오호츠크해상에 1,016mb의 고기압이 위치하고 이에서 연장된 氣壓陵(ridge)이 沿海洲와 한반도의 東岸을 따라 뻗어 있으며, 북일본의 태평양연안에도 또 하나의 氣壓陵이 있다. 현대전선은 일본 남안에 위치하고 있으며 氣壓配置로 볼 때 한반도의 東岸地域이나 북일본의 태평양 연안은 北高南低가 되어 北東氣流가 탁월함을 알 수 있다. 등온선의 분포로 볼 때 오호츠크해를 중심으로 지상기온 9°C 내외의 저온역이 있고 이에서 연

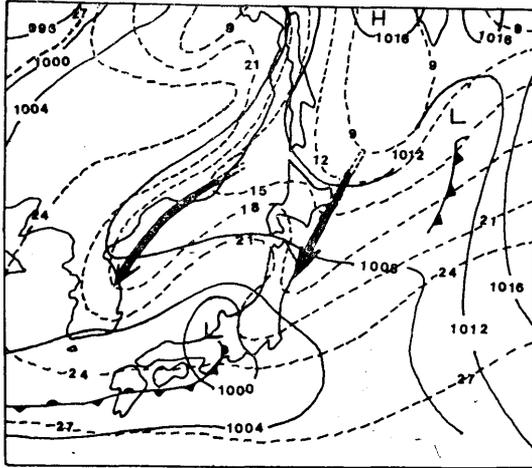


Fig. 7 Surface weather chart at the time of cool summer (12GMT, 30 July, 1980) Black arrow: the direction of cool air outflow.

장된 저온역이 혀(舌)의 모양으로 한반도의 嶺東地方까지 강하게 미치고 있으며 북일본의 태평양 연안에도 같은 현상이 나타나고 있다. 결국 한반도 東海沿岸에는 오호츠크해로부터冷氣가 流出(Out flow)되어 저온현상이 초래되었다. 冷氣의 流出方向(화살표)을 고려해 볼 때 한반도 동해안 연안의 강한 냉하는 바로 오호츠크해 고기압의 강화, 연해주와 한반도의 지형적 배열 및 東海上의 寒流와 복합적 관계로 야기된다고 할 수 있다. 아직 한반도에 영향을 미치는 오호츠크해고기압의 발생빈도나 발생시기별 통계 및 그 때의 대기의 立體的 構造나 變質 process에 대한 研究가 없으나, 앞으로 이런 구체적 연구가 수행될 때 冷夏의 process나 매카니즘이 밝혀질 것이다.

4. 上層의 循環特性

지금까지 冷夏時에 지상의 低溫域과 綜觀場을 조사하였다. 중위도 지역에 帶狀으로 나타나는 低溫域, 긴 장마기간과 오호츠크해고기압의 강화, 이에 따른 冷氣의 流出 등을 가져온 상층의 순환특성을 조사하기 위하여 500mb 고도에 대한 분석을 하였다. 이에 는 강릉의 月平均氣溫과 북반구 500mb 고도와 同時相關, 강릉의 月平均氣溫偏差에 따른 500mb 高度偏差, 냉하시의 500

mb 合成高度 및 合成高度偏差 등을 분석하였다.

(1) 同時相關과 高度偏差

동해연안지방에 냉하를 초래한 상층의 순환특성을 이해하기 위하여 강릉의 월평균 기온과 북반구 500mb 高度(10°×10° Grid Point)와의 相關度를 조사하였다. <Fig. 8>은 1952~1981년의 30년간에 대한 7월(a)과 8월(b)의 相關係數의 분포도이다. 7월은 동해와 북일본지방을 중심으로 0.6 이상의 높은 陽相關域이 분포하고 이에서 동서로 뻗은 帶狀의 陽相關역이 대략 30~50°N에 연하여 태평양의 중앙부까지 뻗어 있다. 반면 陰相關域은 오호츠크해를 중심으로 -0.5의 높은 상관계수가 있고 이에 연결된 음상관계역이 서쪽으로 연장되어 90°E의 시베리아 중앙부까지 미치고 있다. 또 필리핀 북동부의 서태평양 상공에도 -0.4의 음상관계역이 분포한다. (b)는 8월의 동시상관도인데 역시 동해~북일본 지역을 중심으로 0.7 이상의 높은 상관계수가 있고 이에

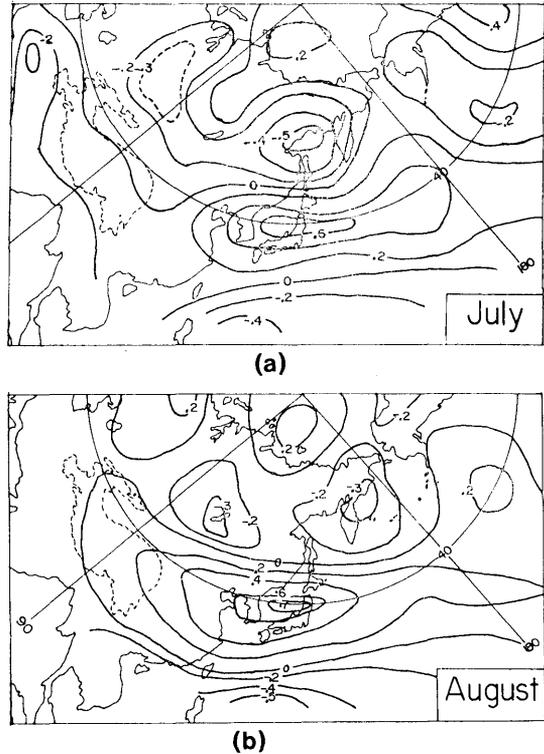


Fig. 8 Simultaneous correlation field between the monthly mean temperature of Gangneung and the 500mb heights over the northern hemisphere for July and August.

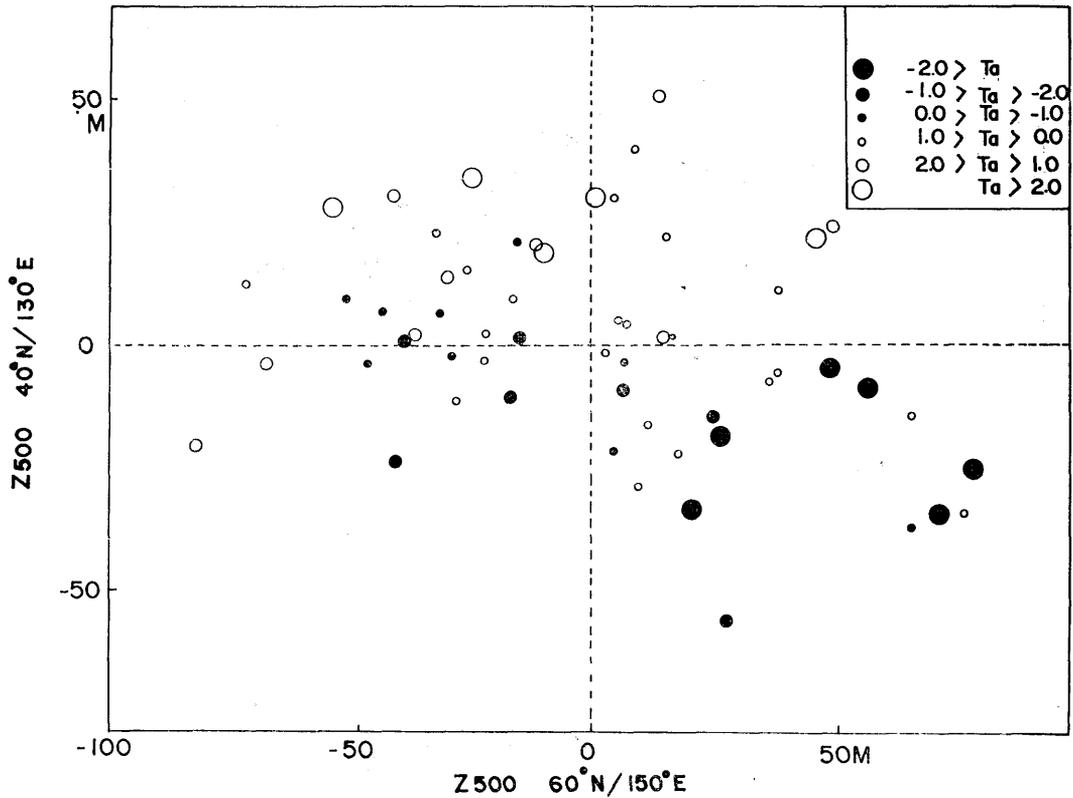


Fig. 9 The Relation between monthly average temperature anomalies ($^{\circ}\text{C}$) of Gangreung and monthly 500mb height anomalies in $40^{\circ}\text{N}/130^{\circ}\text{E}$ and $60^{\circ}\text{N}/150^{\circ}\text{E}$.

서 연장된 양상관역이 7월보다는 서쪽으로 더 확장하여 티베트까지 이르고 있다. 음상관역은 동아시아의 高緯度域과 필리핀 북동부의 서태평양 지역에 분포한다. 고위도역의 음상관은 7월과 달리 그 중심이 캄차카반도 주변과 바이칼호 주변으로 양분되어 있으며 그 相關의 정도는 많이 약화되어 -0.3 정도이다. 그러나 필리핀 북동부의 음상관역은 7월보다 강화되어 있다. 이렇게 볼 때 동해 주변 지방의 냉하와 관련깊은 500mb 高度分布의 양상은 우선 동해~북일본에 이르는 지역의 500mb 高度가 낮아지고 오호츠크해를 중심으로 동아시아의 高緯度域의 고도가 높아지며 필리핀 북동부의 서태평양상의 고도도 높아진다. 이러한 500mb 高度分布 관계는 동해 연안 지방이 저온일 때 韓半島~北日本을 중심으로 하는 중위도대에 trough가 집중하고 오호

츠크해를 중심으로 상층의 고기압이 매우 강화되거나 혹은 캄차카반도와 바이칼호 북부의 시베리아 지역의 高度가 높아지며 필리핀 북동부의 서태평양상의 500mb 高度도 역시 높아진다. 결국 이런 분포는 앞에서 제시한 냉하시의 저온역의 분포패턴을 잘 반영하고 있다. 한편 장마기에 있어서 面積降水量과 500mb 高度와의 관계에서 李炳萬²⁹⁾은 上記의 同時相關圖와 유사한 패턴을 제시한 바 있다. 즉 남한의 장마季的 강수는 북서태평양과 오호츠크해의 고도가 높을 때 多雨, 낮을 때 寡雨가 된다 하였다. 따라서 冷夏의 原因은 東海를 중심으로 상층에 trough가 빈번히 발달하고 이에 연결된 지상의 장마전선이 장기간 한반도 남부역에 정체하여 雨期가 길었기 때문이다.

한편, 강릉의 월평균기온편차의 정도와 관련

29) 李炳萬, 1983, 前揭論文, p.9.

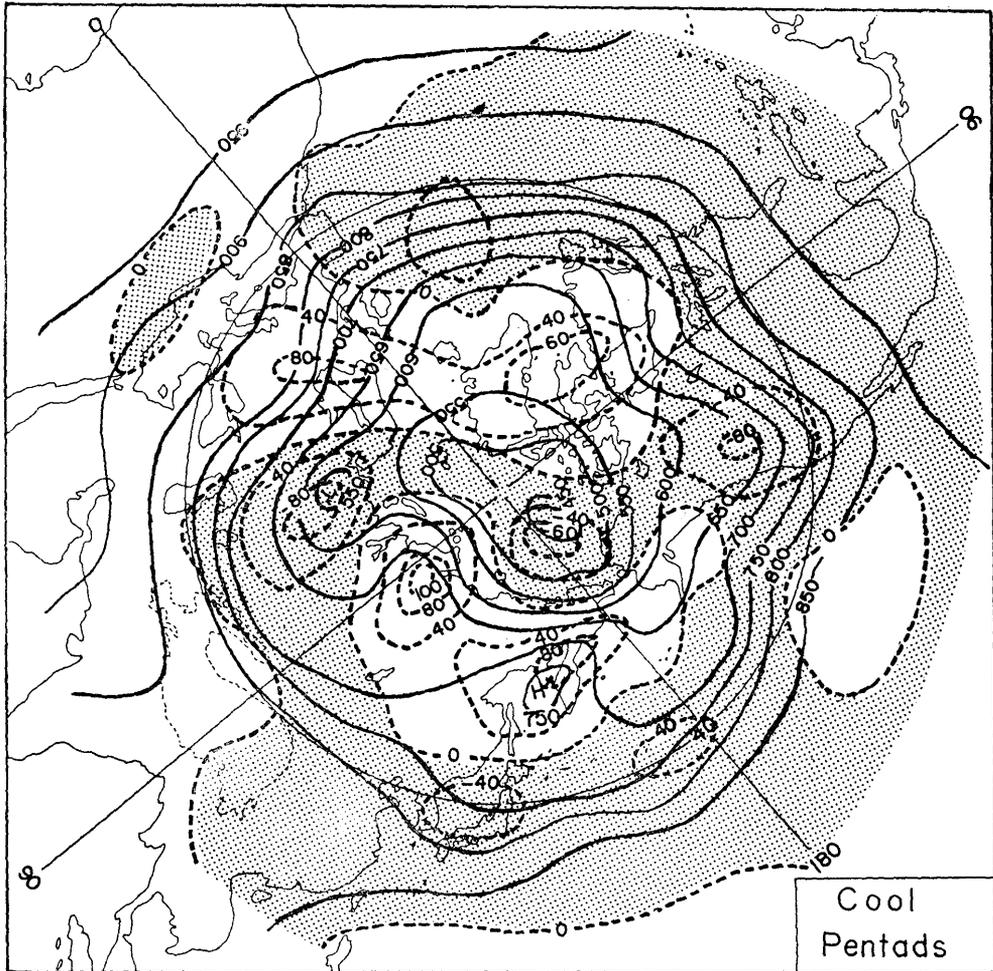


Fig. 10 Composite height and height anomalies of cool summer pentads in the eastern coastal area of Korean peninsula. Shaded portion: negative anomalies. Solid line: height contour (over 5,000 g.p.m.), Dashed line: anomaly contour (g.p.m.).

하여 오토츠크해역에 해당되는 $60^{\circ}\text{N}/150^{\circ}\text{E}$ 지점과 동해상에 해당되는 $40^{\circ}\text{N}/130^{\circ}\text{E}$ 지점 상공 500mb 高度의 平年偏差의 정도를 나타낸 것이 <Fig. 9>이다. 이에서 보면 대체로 강릉의 월평균기온(7·8월)이 양편차일 때 $40^{\circ}\text{N}/130^{\circ}\text{E}$ 의 고도는 높아지고 음편차일 때 낮아진다. $60^{\circ}\text{N}/150^{\circ}\text{E}$ 는 대체로 강릉의 기온이 양편차일 때 음편차이고 음편차일 때 양편차를 나타내나 예외도 많이 있다. 그러나 강릉의 월평균기온이 -2.0°C 미만의 강한 냉하일 때는 예외없이 $40^{\circ}\text{N}/130^{\circ}\text{E}$ 가 음편차, $60^{\circ}\text{N}/150^{\circ}\text{E}$ 가 양편차인 제 4상환에 있다.

(2) 冷夏時의 循環特性

이상에서 동해연안지방이 냉하일 때 오토츠크해 상공의 500mb 高度가 높아지고 중위도의 帶狀域은 고도가 낮아짐을 알았다. 다음은 오토츠크해고기압을 강화시키는 상층의 循環特性을 고찰해 보기로 한다. 이에는 과거 冷夏年 中에서 지속적으로 오토츠크해고기압이 동해연안지방까지 영향을 미쳤던 半旬을 7월과 8월에서 각 2半旬씩 선정하여 500mb 合成高度 및 合成高度偏差分布를 조사하였다. 선정된 반순은 1957년 38·44半旬, 1976년 37半旬, 1980년 44半旬이다. <Fig. 10>에서 보듯이 오토츠크해상에는 阻止高

氣壓(blocking high)이 형성되어 있고, 이에 연결되는 陵(ridge)이 베링해쪽으로 뻗어 있다. 또 시베리아 중북부에도 ridge가 위치한다. 반면, 동해~북일본지역을 중심으로 하는 중위도역에는 trough가 형성되어 있다. 合成高度偏差의 分布를 보면 동해를 중심으로 -40 g.p.m의 음편차역이 있어 trough와 一致하고 오호츠크해 주변과 시베리아 중북부에 강한 양편차역이 있어 ridge나 blocking high와 一致하고 있다. 이 밖에도 강한 음편차역은 서시베리아, 북극해 주변, 캐나다서안, 북태평양 등지에 분포하고 강한 양편차역은 북부유럽과 그린란드 남서부 일대에 위치하고 있다. 이상의 조사결과를 종합해 볼 때 오호츠크해 상공에 기압의 陵(ridge)이나 저지고기압이 形成되는 등 상층의 기류패턴이 南北流型(meridional type)이 될 때³⁰⁾ 지상의 오호츠크해 고기압이 강화됨을 알 수 있다. 즉 본래 오호츠크해 고기압은 오호츠크해를 거의 1일 정도에 통과하는 移動性高氣壓인데 상층의 ridge나 blocking high에 의해 阻止(blocking)되어 수 일 내지 1주일 동안 지속하게 된다. 이 고기압이 오래 지속할수록 그 하층부는 오호츠크해상의 融氷水上에서 변질되어 冷濕・高密度의 대기가 되면서 지상의 氣壓이 강화되는 것이다.³¹⁾ 이 냉습한 오호츠크기단의 高度는 대체로 900mb(약 1,000m) 정도까지여서 地形에 의한 阻止를 받는다.³²⁾

5. 要約 및 結論

嶺東地方을 중심으로 하는 東海沿岸地方에 종종 발생하는 冷夏의 出現특성과 冷夏時의 綜觀 및 大氣循環上的 特性을 밝히기 위하여 7·8월 평균기온의 平年偏差를 조사하였고 지상 및 상층 500mb 高度의 綜觀場을 分析하였다.

과거 冷夏의 出現특성을 보면 1910·1950년대는 冷夏가 빈번하였던 冷夏期(cool summer period), 1920·1960년대는 冷夏가 거의 없었고 반면 暑夏(hot summer)가 많았던 暑夏期(hot

summer period), 1930년대에서 1940년대 초와 1970년대는 冷夏와 暑夏가 다같이 빈번하였던 混在期(mixed period)로 구분된다. 이러한 出現특성은 氣溫의 經年變化와 밀접한 관계가 있어서 低溫期에 冷夏가 집중된다. 특히 1970년대는 冷夏와 暑夏가 교대로 빈번히 出現하여 전세계적으로 나타나는 異常氣候時代와 一致하고 있다.

冷夏時에 형성되는 低溫域은 동아시아의 중위도역에 나타나는 帶狀의 低溫域의 일부이다.

冷夏年에는 장마의 기간이 길고 北太平洋高氣壓이 약화되는 대신 오호츠크해 주변과 필리핀 북동부의 西太平洋上的 氣壓이 강화된다.

오호츠크해고기압이 강화될 때는 冷氣가 동해상으로 流出하며 이 때 북일본의 태평양연안에 빈번한 야마세바람과 같은 북동계열의 바람이 탁월하다.

냉하시 500mb 高度分布를 보면 오호츠크해 상공의 고도가 높아지던가 아니면 오호츠크해 주변과 시베리아 중·북부 상공의 고도가 동시에 높아진다. 반면 동해를 중심으로 하는 중위도의 帶狀域은 고도가 낮아지고 필리핀 북동부의 서태평양 상공의 고도는 높아진다. 강한 냉하일 때 상층의 總觀적 特性을 보면, 오호츠크해 상공에 ridge나 blocking high가 형성되고 東海를 중심으로 하는 중위도역에는 trough가 발달하여 남북류형(meridional type)의 기류패턴이 된다.

지상과 상층의 總觀적 特性을 종합해 볼 때 오호츠크해상공에 blocking high나 ridge가 형성되면 지상의 이동성고기압이 오호츠크해의 融氷水上에서 저지되어 장기간 정체된다. 이에 따라 하층부의 변질로 고기압이 강화되면서 주변으로 팽창하게 된다. 따라서 장마전선의 북상이 억제되고 장마기간이 길어져 低溫少照의 날씨가 오래 지속될 것이며 冷氣가 동해상으로 流出되어 동해안 일대의 저온현상이 강화된다.

冷氣의 流出方向을 고려할 때 沿海洲나 韓半島의 地形과 寒流의 영향이 복합적으로 작용할 것이나 이에 대한 상세한 研究는 앞으로의 課題이다.

30) 金蓮玉, 1987, 氣候學概論, 正益社, p. 455.

31) 中村和郎外, 前掲書, p. 38.

32) 工藤泰子, 前掲論文, pp. 416-418.

A Climatological Study on Cool Summer in Yungdong and East Sea Coastal Area—

Jin-Sik Choi*

Summary;

The Anomalies of July-August average temperature and the surface and upper layer data were analyzed to clarify the occurrence, synoptic and circulatory characteristics on cool summer occurred in Yungdong and East Sea coastal area.

The summer period since 1910s was roughly divided into three types; namely cool summer period for 1910s and 1950s, hot summer period for 1920s and 1960s, mixed period for 1930s-early 1940s and 1970s. It seems that this occurrence characteristic reflects the trend of secular variations of temperature.

The 1970's was particularly the period of unusual climate which cool and hot summer were frequently alternated.

The low temperature areas at the time of cool summer were a part of zonal low temperature area in the midlatitude of East Asia.

During the cool summer, the Okhotsk High and the surface pressure of western Pacific were intensified, while the North Pacific High was weakened. Under these situations, the Changma front was suppressed to the south and stagnated over the far south area, consequently Changma period was extended.

As the Okhotsk High has been intensified, the cool air was outflowed in the tongue-like forms from the high pressure area over East Sea to Yungdong coastal area, and the surface wind, mainly northeaster, seemed to be the

same properties as Yamase in northern Japan prevailed in the East Sea coastal area.

Judging from the correlation field between the monthly mean air temperature of Gangreung and the 500mb heights of northern hemisphere, the 500mb heights over the Okhotsk Sea or both over the Okhotsk Sea and the northern Siberia are heightened and also raised over the western Pacific but lowered over the midlatitude centered the East Sea at the time of cool summer in East Sea coastal area. The upper airflow pattern was meridional type which the ridge or the blocking high was located over the Okhotsk Sea and the trough over the East Sea and its surrounding midlatitude area.

As a result, the cool summer situations on the East Sea coastal area of Korean Peninsular are substantiated along the following procedures;

The ridge or the blocking high being formed over the Okhotsk Sea, the traveling surface high is blocked and stagnated on the cold sea water surface and then, the surface high is intensified and extended around as to the modification of the lower layer.

Considering the direction and form of cold air outflow, the morphology of Yunhaeju and Korean peninsular and also the cold currents on the East Sea seem to strongly influence the occurrence of cool summer, but these be more studied in detail.

Journal of Geography, Vol. 14, 1987.12, pp. 439~450.

* Doctoral student, Seoul National University