

발 간 등 록 번 호

11-1360620-000132-01



책임운영기관



국립기상과학원

National Institute of
Meteorological Sciences

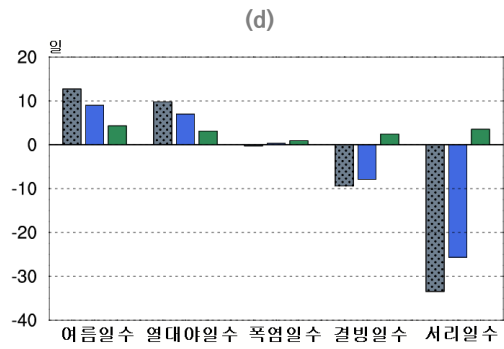
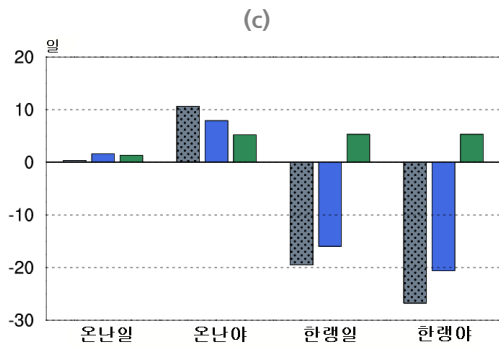
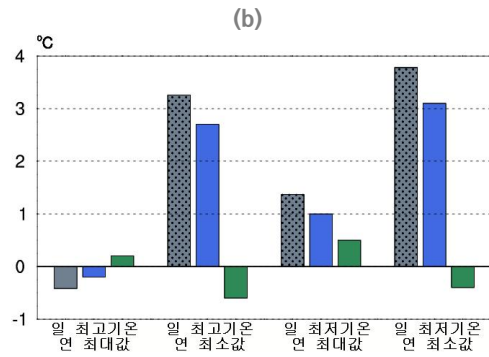
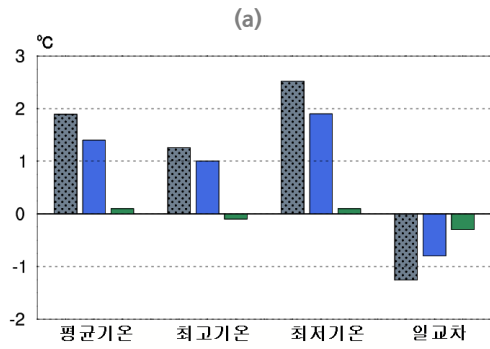
제1장 서론	1
제2장 사용 자료 및 분석 방법	2
1. 사용 자료	2
2. 분석 방법	3
제3장 우리나라의 기후변화 특성	6
1. 우리나라의 기온 변화	6
1) 연평균기온 변화	6
2) 계절별 기온 변화	8
3) 월별 기온 변화	10
4) 기온 극한현상일수 변화	12
5) 기온 극한기후지수 변화	15
2. 우리나라의 강수 변화	16
1) 연 강수 변화	16
2) 계절별 강수 변화	18
3) 강수의 연변화	20
4) 구간별 강수량 변화	22
5) 강수 극한기후지수 변화	24
3. 계절 변화	27
참고문헌	30

요 약

- 지난 106년(1912~2017)동안 우리나라의 연평균기온은 13.2℃ 이고 연 강수량은 1237.4mm임.
 - 연평균 최고기온은 17.5℃, 최저기온 8.9℃.
- 최근 30년 기온은 20 세기 초(1912~1941) 보다 1.4℃ 상승하였음.
 - 평균기온, 최고기온, 최저기온 중 최저기온 상승폭이 가장 컸음
 - 2010년대(2011~2017)는 연평균기온이 14.1℃로 기온이 가장 높았음.
 - 연평균기온은 1980년대(13.4℃)와 1990년대(14.0℃) 사이에 크게 상승함.
- 최근 30년 강수량은 20세기 초 보다 124mm 증가하였고, 변동성은 매우 큼.
 - 강한 강수는 증가하고 약한 강수는 감소하고 있음.
- 최근 10년 동안은 서리일수, 한랭일이 많아지며, 강한 강수가 감소하는 등 최근 30년 동안과 상반된 현상이 나타남.
- 여름은 19일 길어졌고 겨울은 18일 짧아졌음.

I. 기온

- 지난 106년간 우리나라의 연평균기온 변화량은 $+0.18^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 으로 상승.
 - 연평균 최고·최저기온 변화량은 각각 $+0.12^{\circ}\text{C}/10\text{년}$, $+0.24^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 으로 상승.
 - 계절적으로 겨울($+0.25^{\circ}\text{C}/10\text{년}$)과 봄($+0.24^{\circ}\text{C}/10\text{년}$)의 기온상승이 가장 뚜렷함.
 - 최근 10년 동안 기온상승은 봄, 여름, 가을이 주도함.
- 기온상승에 따라 고온과 관련된 극한기후지수는 증가하고 저온과 관련된 극한기후지수는 감소함
 - 여름일수는 $+1.2\text{일}/10\text{년}^*$, 열대야일수는 $+0.9\text{일}/10\text{년}^*$ 으로 증가 추세.
 - 서리일수는 $-3.2\text{일}/10\text{년}^*$, 결빙일수는 $-0.9\text{일}/10\text{년}^*$, 한랭일은 $-1.9\text{일}/10\text{년}^*$ 으로 감소 추세.
 - 여름의 평균 최고기온과 관련된 극한기후지수(폭염일, 온난일)는 변화 없음.
- 최근 10년 동안은 저온과 관련된 극한기후현상이 다소 증가하여, 최근 30년간의 추세와 다른 경향을 보임.

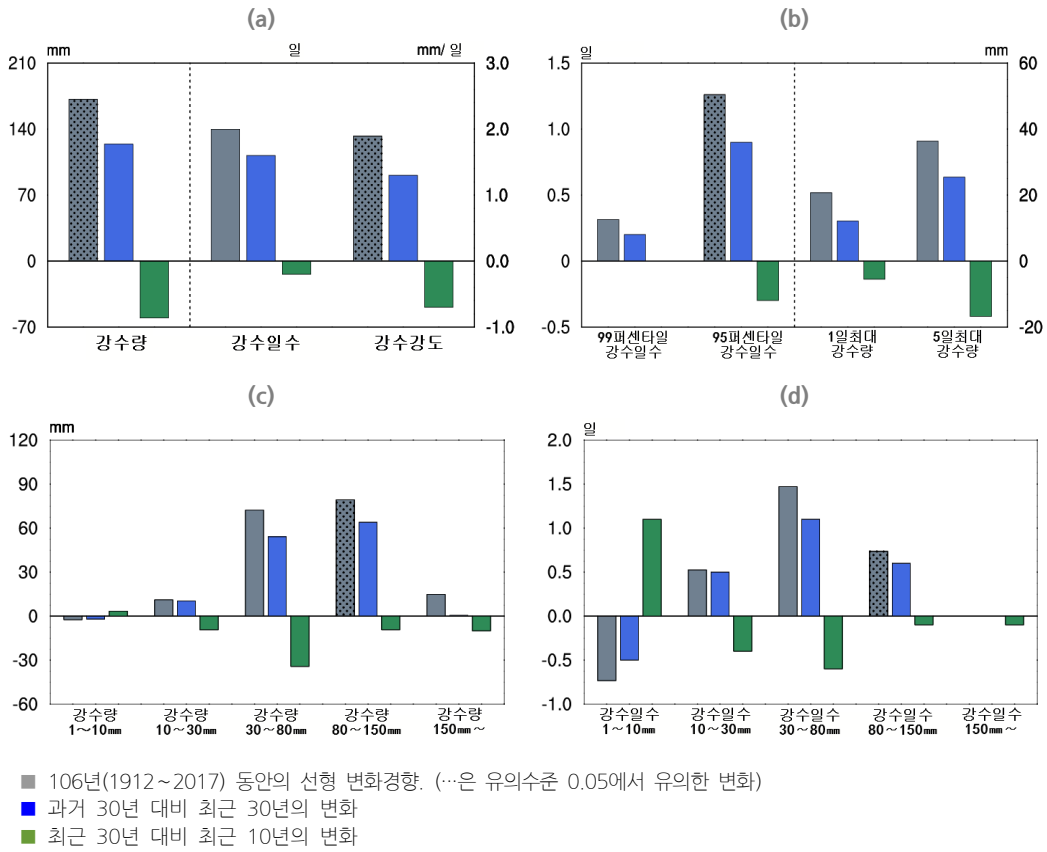


■ 106년(1912~2017) 동안의 선형 변화경향. (…은 유의수준 0.05에서 유의한 변화)
 ■ 과거 30년 대비 최근 30년의 변화
 ■ 최근 30년 대비 최근 10년의 변화

[우리나라의 106년(1912~2017) 동안 기온 및 기온관련 극한기후지수 변화]

II. 강수

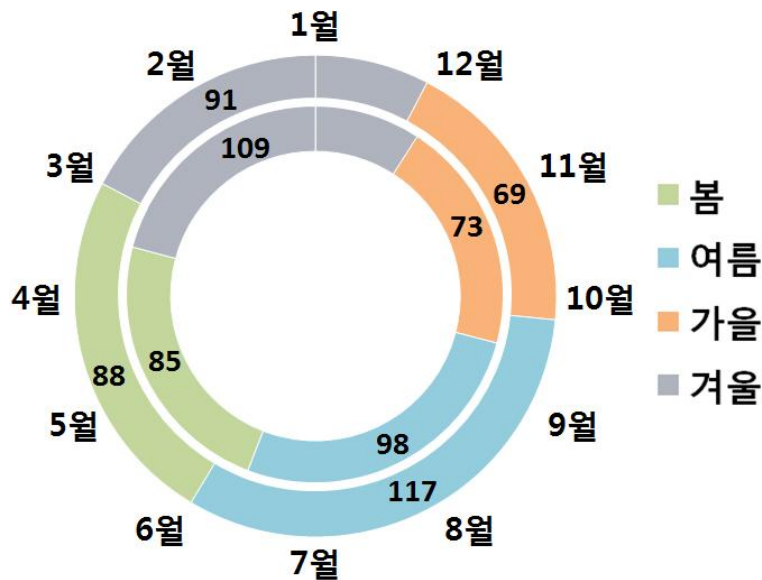
- 지난 106년 동안 우리나라의 연 강수량은 증가(+16.3mm/10년)하였으나, 강수일수는 변화 없음.
 - 여름 강수량의 증가가 가장 컸으며(+11.6mm/10년), 다른 계절은 큰 변화 없음.
 - 최근 10년 동안은 모든 계절에서 강수량이 다소 감소함.
- 강한 강수는 증가하고 약한 강수는 감소하여 강수의 양극화.
 - 일 강수량 10mm 이상의 강수빈도와 강수량 증가하고, 특히 80mm이상의 강한 강수의 증가가 뚜렷함.
 - 강수일수는 변화가 없으나, 강한 강수(80mm이상)의 강수일수가 증가함.
 - 최근 10년 동안은 약한 강수가 증가하고 강한 강수가 감소하여 과거 106년 동안의 경향과 다르게 나타남.
- 1일·5일 최대강수량과 95·99퍼센타일의 강수일수가 다소 증가.



[우리나라의 106년(1912~2017) 동안 강수 및 강수관련 극한기후지수 변화]

Ⅲ. 계절

- 지난 106년 동안 우리나라의 계절 시작일은 봄은 13일, 여름은 10일 빨라지고, 가을과 겨울에는 각각 9일, 5일이 늦어짐.
- 계절 지속일은 여름은 98일에서 117일로 19일 길어졌으나, 겨울은 109일에서 91일로 18일 짧아짐. 봄과 가을은 큰 변화 없음.



[우리나라의 계절길이 변화. 과거 30년(1912~1941: 안쪽) 대비 최근 30년(1988~2017: 바깥쪽).]

제1장 서론

- 산업화 이후로 온난화는 전 지구적으로 명백하게 진행되고 있으며, 20세기 후반에 관측된 많은 기후변화들은 지난 수십·수백 년간에 전례가 없는 현상임(IPCC, 2013).
 - 지난 138년(1880~2017) 동안 전 지구 평균기온이 가장 높았던 10년 중 9년이 2000년 이후에 발생하였음(NOAA, 2018).
- 우리나라에서는 1973년 이후, 2016년이 가장 기온이 높은 년도였으며, 2015년이 세 번째로 높은 년도, 2017년은 일곱 번째로 높은 연도로(45개 관측소 평균), 최근의 온난화가 뚜렷함¹⁾.
- 인간 활동에 의해 온실가스 농도가 증가하여 발생하는 기후변화에 따라 폭염, 호우, 폭설 등의 발생빈도가 증가하고 있으며(IPCC, 2007), 이는 자연재해 발생 증가로 직결됨.
 - 우리나라는 자연재해로 인하여 최근 10년(2007~2016)동안 162명의 인명피해와 더불어 약 6조 3천억 원의 재산피해를 입었음(행정안전부, 2017).
- 국제적으로 IPCC 6차 평가보고서 발간을 위한 기후변화예측 모델, 기후변화 영향 평가와 관련된 연구가 진행되고 있으며, 지역적으로 과거부터 현재까지의 기후변화 및 극한기후변화에 대한 과학적 이해가 요구되고 있음.
- 이 보고서에서는 2017년까지 최신의 기상관측 자료를 사용하여 우리나라의 100년 이상 장기간 기후변화 추세를 분석하였음. 극한기후 분석은 세계기상기구(WMO)의 표준에 의거하였음.

¹⁾ 기상청 보도자료, 2018.01.02., 2017년 우리나라 기온·강수량 현황 및 분석.

제2장 사용 자료 및 분석 방법

1. 사용 자료

- 100년 이상 기상관측자료를 보유하고 있는 6개 기상관측소(표 1, 그림 1)의 일 평균기온, 일 최고기온, 일 최저기온과 일 강수량 자료 사용.
 - 이 보고서는 장기간 관측이 있는 기온과 강수에 대하여 분석
- 일 평균기온은 일 최고기온과 일 최저기온 사이의 평균을 이용(WMO, 1983).
 - 장기적인 기후변화 경향을 분석하기 위해서 균질한 기후자료를 사용하는 것이 바람직하나, 일 평균기온의 산출 방법이 여러 차례 변경됨(류상범과 김연희, 2007)에 따라 관측된 일 평균기온을 사용하면 추세분석에 왜곡이 있을 수 있음.
- 6개 기상관측소의 관측 시작 시기는 표 1에 제시된 것과 같이 일치하지 않으므로, 자료의 일관성을 위하여 1912년을 분석기간의 첫 해로 설정.
 - 1912년부터 2017년까지 총 106년간 일 시간간격의 기상관측자료를 사용.
 - 한국전쟁이 일어난 1950년부터 1953년까지의 자료는 분석에서 제외.

표 1. 6개 관측지점 정보

지점 번호	관측 지점	북위 (°N)	동경 (°E)	해발고도 (m)	관측개시 (연도)
105	강릉	37.75	128.89	26.0	1911
108	서울	37.57	126.97	85.8	1907
112	인천	37.48	126.62	68.2	1904
143	대구	35.89	128.62	64.1	1907
159	부산	35.10	129.03	69.6	1904
165	목포	34.82	126.38	38.0	1904

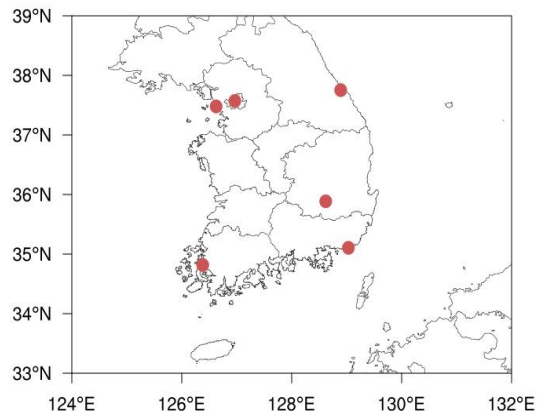


그림 1. 6개 관측지점 위치

2. 분석 방법

- 평균적인 기후의 변화를 나타내는 기후요소는 표 2와 같이 정의하였음. 극한기후 지수는 세계기상기구의 ETCCDI²⁾ 기후변화 지수의 산출방법을 따랐으며, 총 27개 지수 중 21개의 지수를 사용하였음(표 3). 극한기후지수 중 일부 지수(열대야일수, 폭염일수)는 기상청의 기준을 사용하였음.
- 월 평균, 계절 평균, 연 평균, 우리나라 평균 등 기후통계분석을 위한 계산 방법은 기상청 기후통계지침(기상청, 2017)에 기초하였음.
 - 년 통계: 해당 년의 1월부터 12월까지의 1년간에 대하여 월 통계자료로 통계처리.
 - 계절 통계: 봄(3~5월), 여름(6~8월), 가을(9~11월), 겨울(12~익년 2월)로 구분
- 우리나라의 기후변화 경향을 분석하기 위하여 다음과 같이 세 가지 방법을 사용하였음.
 - 1) 각 분석요소들에 대하여 106년 동안 각 해의 연 평균값과 피어슨(Pearson) 회귀계수를 사용하여 나타낸 추세선으로 기후변화의 경향을 분석하였으며, 그 유의성³⁾을 검증하였음.
 - 2) 분석기간의 첫 30년(1912~1941)과 마지막 30년(1988~2017)의 차이를 비교. 이 보고서에서는 두 기간을 각각 **과거 30년**과 **최근 30년**으로 명명.
 - 3) 최근 30년과 최근 10년(2008~2017)의 차이를 비교하여 최근의 기후 특성을 분석.

※ 추세선과 최근 30년-과거 30년 비교를 통해 장기 기후변화를 분석하였고, 최근 10년-최근 30년 비교를 통해 최근 기후특성을 분석하였음.
- 우리나라 평균은 6개 지점별로 각 기후요소 및 극한기후지수에 대하여 통계처리를 한 후, 6개 지점의 값을 평균하여 사용하였음.

²⁾ ETCCDI: CCI/CLIVAR/JCOMM Expert Team (ET) on Climate Change Detection and Indices.

³⁾ 추세선에서 유의수준이 0.05에서 유의하면 통계적으로 유의하다고 보며, 본문 및 그림과 표에서 *로 표시.

- 계절 시작일은 기상청 방법(2012)을 기준으로 하였으며, 과거 30년과 최근 30년의 일 평균기온을 평균하여 산출하였음.

봄	일 평균기온이 5℃ 이상 올라간 후 다시 떨어지지 않는 첫날
여름	일 평균기온이 20℃ 이상 올라간 후 다시 떨어지지 않는 첫날
가을	일 평균기온이 20℃ 미만으로 내려간 후 다시 올라가지 않는 첫날
겨울	일 평균기온이 5℃ 미만으로 내려간 후 다시 올라가지 않는 첫날

표 2. 기후요소의 정의

분 석 요 소	설 명	단 위
일 평균기온	일 최고기온과 일 최저기온을 평균 한 값	℃
일 최고기온	연속된 24시간(0~24시) 중 가장 높은 기온	℃
일 최저기온	연속된 24시간(0~24시) 중 가장 낮은 기온	℃
강수량	연속된 24시간(0~24시) 동안 누적된 총 강수량	mm
강수일수	일 강수량이 1mm 이상인 날의 일수	일
강수강도	강수일수로 나눈 누적강수량(일 강수량 1mm 이상)	mm/일

표 3. 극한기후지수의 정의 (WMO ETCCDI 기후변화지수 기반)

분 석 요 소	설 명	단 위
열대야일수	일 최저기온이 25℃ 이상인 날의 일수 ※ 기상청 기준: 밤(18:01~익일 09:00) 최저기온이 25℃ 이상인 날.	일
여름일수	일 최고기온이 25℃ 이상인 날의 일수	일
폭염일수	일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 일수 ※ 기상청 기준폭염주의보: 일 최고기온이 33℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속.	일
서리일수	일 최저기온이 0℃ 이하인 날의 일수	일
결빙일수	일 최고기온이 0℃ 이하인 날의 일수	일
온난일	일 최고기온이 기준기간의 90퍼센타일을 초과한 날의 일수	일
온난야	일 최저기온이 기준기간의 90퍼센타일을 초과한 날의 일수	일
한랭일	일 최고기온이 기준기간의 10퍼센타일 미만인 일수	일
한랭야	일 최저기온이 기준기간의 10퍼센타일 미만인 일수	일
일 최고기온 연 최대값	일 최고기온의 연중(1월1일 ~ 12월31일) 최대값	℃
일 최고기온 연 최소값	일 최고기온의 연중(1월1일 ~ 12월31일) 최소값	℃
일 최저기온 연 최소값	일 최저기온의 연중(1월1일 ~ 12월31일) 최소값	℃
일 최저기온 연 최대값	일 최저기온의 연중(1월1일 ~ 12월31일) 최대값	℃
구간별 강수량	일 강수량이 1~10mm, 10~30mm, 30~80mm, 80~150mm, 150mm이상의 5개 구간으로 구분되어진 강수량	mm
구간별 강수일수	일 강수량이 1~10mm, 10~30mm, 30~80mm, 80~150mm, 150mm이상의 5개 구간으로 구분되어진 강수일수	일
최장 무 강수 지속기간	일 강수량이 1mm 미만인 날의 최장 지속일수	일
최장 강수 지속기간	일 강수량이 1mm 이상인 날의 최장 지속일수	일
1일 최대 강수량	연속된 24시간(0~24시) 동안 기록된 최대 강수량	mm
5일 최대 강수량	연속된 5일 동안 기록된 최대 강수량	mm
99퍼센타일 강수일수	일 강수량이 기준기간의 상위 99퍼센트 보다 많은 날의 연중 일수	일
95퍼센타일 강수일수	일 강수량이 기준기간의 상위 95퍼센트 보다 많은 날의 연중 일수	일

제3장 우리나라의 기후변화 특성

1. 우리나라의 기온 변화

1) 연평균기온 변화

- 지난 106년간 연평균기온은 $+0.18^{\circ}\text{C}/10\text{년}^*$ 으로 상승함⁴⁾(그림 2).
 - 연평균 일 최고·최저기온은 각각 $+0.12^{\circ}\text{C}/10\text{년}^*$, $+0.24^{\circ}\text{C}/10\text{년}^*$ 으로 상승.
- 106년의 분석기간 중 과거 30년의 연평균기온은 12.6°C 이고, 최근 30년의 연평균기온은 14.0°C 으로 두 기간 동안에 $+1.4^{\circ}\text{C}$ 상승(표 4).
 - 6개 관측지점 모두 연평균기온이 상승하는 추세이며, 상승폭은 서울과 대구에서 $+0.24^{\circ}\text{C}/10\text{년}^*$ 으로 가장 크고 목포는 $+0.07^{\circ}\text{C}/10\text{년}^*$ 으로 가장 작음.

⁴⁾ 기온변화 연구 사례

- 약 100년(1912~2008)에 걸쳐 기온이 $+0.17^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 으로 상승 (국립기상연구소, 2009).
- 지난 44년(1954~1999)동안 $+0.23^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 으로 상승 (Jung et al., 2002).
- 최근 38년(1973~2010)간은 $+0.27^{\circ}\text{C}/10\text{년}$ 으로 상승 (기상청, 2011).
- 우리나라의 기온상승 중 **도시화 효과**가 차지하는 비중은 지난 103년(1912~2014)동안은 약 3~11%, 최근 42년 (1973~2014) 동안은 약30~45%임 (Park et al., 2017).

표 4. 연평균 최고, 평균, 최저기온의 평균과 변화(1912~2017년)

구 분	평 균	변화경향 (/10년)	최근 30년 - 과거 30년	최근 10년 - 최근 30년
평균기온 (°C)	13.2	+0.18*	+1.4 (12.6 → 14.0)	+0.1 (14.0 → 14.1)
최고기온 (°C)	17.5	+0.12*	+1.1 (17.1 → 18.2)	-0.1 (18.2 → 18.1)
최저기온 (°C)	8.9	+0.24*	+1.9 (8.0 → 9.9)	+0.1 (9.9 → 10.0)

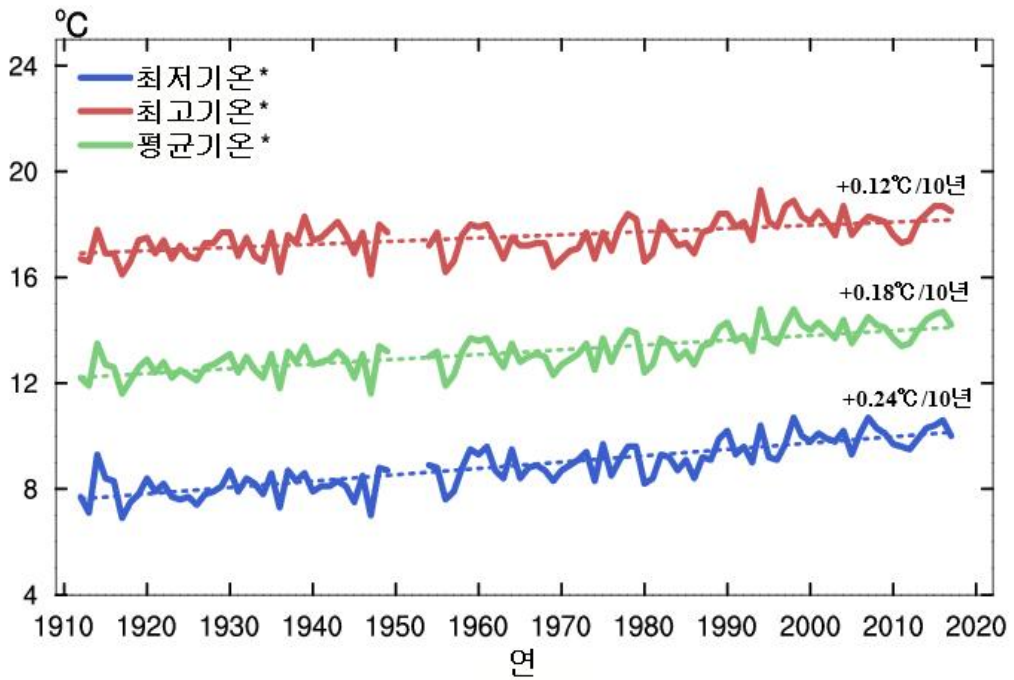


그림 2. 연평균 최고, 평균, 최저기온의 변화(1912~2017년).

2) 계절별 기온 변화

- 장기적인 기온상승 경향은 겨울과 봄이 가장 뚜렷함.
 - 최근 10년 동안의 우리나라 기온상승은 겨울 이외의 계절이 주도함.
- 지난 106년 동안 계절별 기온 상승폭은 겨울, 봄, 가을, 여름 순으로 높음(표 5).
 - 봄 : $+0.24^{\circ}\text{C}/10\text{년}^*$, 여름 : $+0.08^{\circ}\text{C}/10\text{년}^*$, 가을 : $+0.16^{\circ}\text{C}/10\text{년}^*$,
겨울: $+0.25^{\circ}\text{C}/10\text{년}^*$
 - 겨울 최저기온의 상승폭이 가장 높았으며, 여름 최고기온은 뚜렷한 변화가 없음.
- 최근 10년 동안 겨울철 기온상승이 둔화되어 최근 30년 보다 0.6°C 낮아짐.
 - 최근 30년 동안 계절별 일 평균기온의 변화경향은 봄 $+0.23^{\circ}\text{C}/10\text{년}$, 여름 $+0.35^{\circ}\text{C}/10\text{년}^*$, 가을 $+0.16^{\circ}\text{C}/10\text{년}$, 겨울 $-0.45^{\circ}\text{C}/10\text{년}^*$ 임(그림 3).

표 5. 계절별 최고, 평균, 최저기온의 평균과 변화(1912~2017년)

계절	구 분	평 균	변화경향 (/10년)	최근 30년 - 과거 30년	최근 10년 - 최근 30년
봄	평균기온 (°C)	12.0	+0.24 *	+1.9 (11.1 → 13.0)	+0.1 (13.0 → 13.1)
	최고기온 (°C)	16.8	+0.20 *	+1.6 (16.1 → 17.7)	- (17.7 → 17.7)
	최저기온 (°C)	7.2	+0.28 *	+2.1 (6.2 → 8.3)	+0.3 (8.3 → 8.6)
여름	평균기온 (°C)	24.2	+0.08 *	+0.6 (24.0 → 24.6)	+0.3 (24.6 → 24.9)
	최고기온 (°C)	27.9	+0.01	+0.1 (28.0 → 28.1)	+0.3 (28.1 → 28.4)
	최저기온 (°C)	20.4	+0.15 *	+1.1 (19.9 → 21.0)	+0.5 (21.0 → 21.5)
가을	평균기온 (°C)	15.4	+0.16 *	+1.3 (14.8 → 16.1)	+0.2 (16.1 → 16.3)
	최고기온 (°C)	20.0	+0.08 *	+0.7 (19.7 → 20.4)	- (20.4 → 20.4)
	최저기온 (°C)	10.9	+0.24 *	+1.8 (10.0 → 11.8)	+0.4 (11.8 → 12.2)
겨울	평균기온 (°C)	1.2	+0.25 *	+2.1 (0.3 → 2.4)	-0.6 (2.4 → 1.8)
	최고기온 (°C)	5.4	+0.21 *	+1.8 (4.6 → 6.4)	-0.6 (6.4 → 5.8)
	최저기온 (°C)	-3.0	+0.29 *	+2.3 (-4.0 → -1.7)	-0.5 (-1.7 → -2.2)

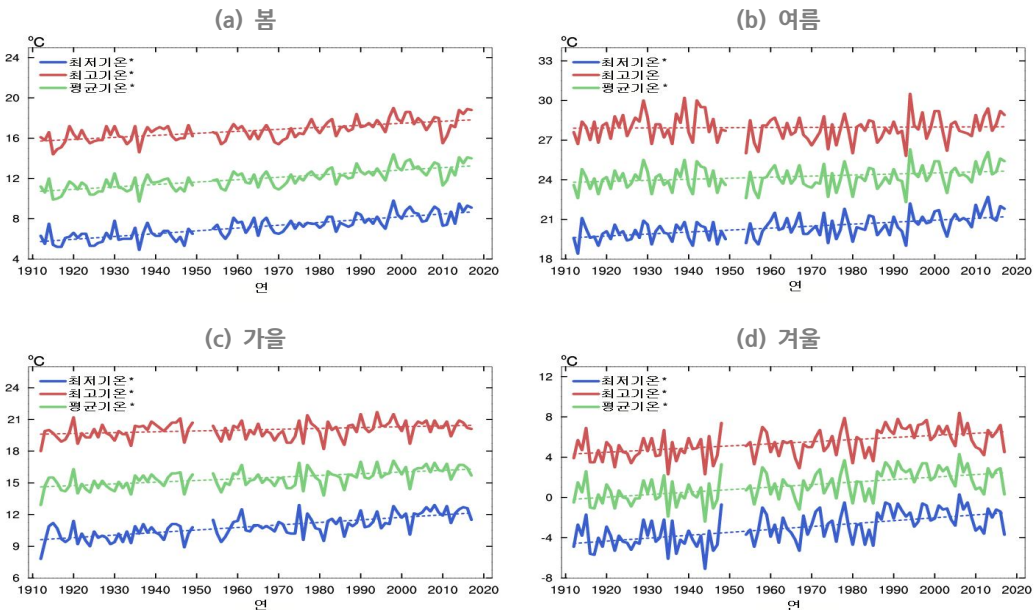


그림 3. 계절별 최고, 평균, 최저기온의 연변화(1912~2017년).

3) 월별 기온 변화

- 일 최저기온은 모든 월에서 상승하였으며, 일 최고기온도 7월과 8월을 제외하면 상승함.
- 일 최고기온의 월별 변화
 - 최근 30년은 과거 30년에 비해 7월과 8월 기온은 변화가 없으나, 그 외의 월은 기온이 상승하는 추세이며, 특히 1~3월의 일 최고기온은 2.1℃ 상승(그림 4a).
 - 최근 10년은 최근 30년에 비해 5~8월에 일 최고기온이 상승함. 반면 11~2월에 일 최고기온이 하강하며, 특히 12월 기온 하강이 -1.0℃로 두드러짐(그림 4b).
- 일 최저기온의 월별 변화
 - 최근 30년은 과거 30년에 비해 모든 월에 일 최저기온이 상승함. 1~3월에는 일 최저기온이 +2.6℃로 가장 큰 폭으로 상승하며, 7월과 8월에 일 최저기온 변화가 각각 +0.9℃, +0.8℃로 상승폭이 가장 작음(그림 4c).
 - 최근 10년은 최근 30년에 비해 5~11월에 월평균 일 최저기온이 상승. 반면에 12월과 1월에 일 최저기온 변화는 각각 -0.7℃, -0.5℃로 하강하며, 2월부터 4월까지의 큰 차이가 없음(그림 4d).

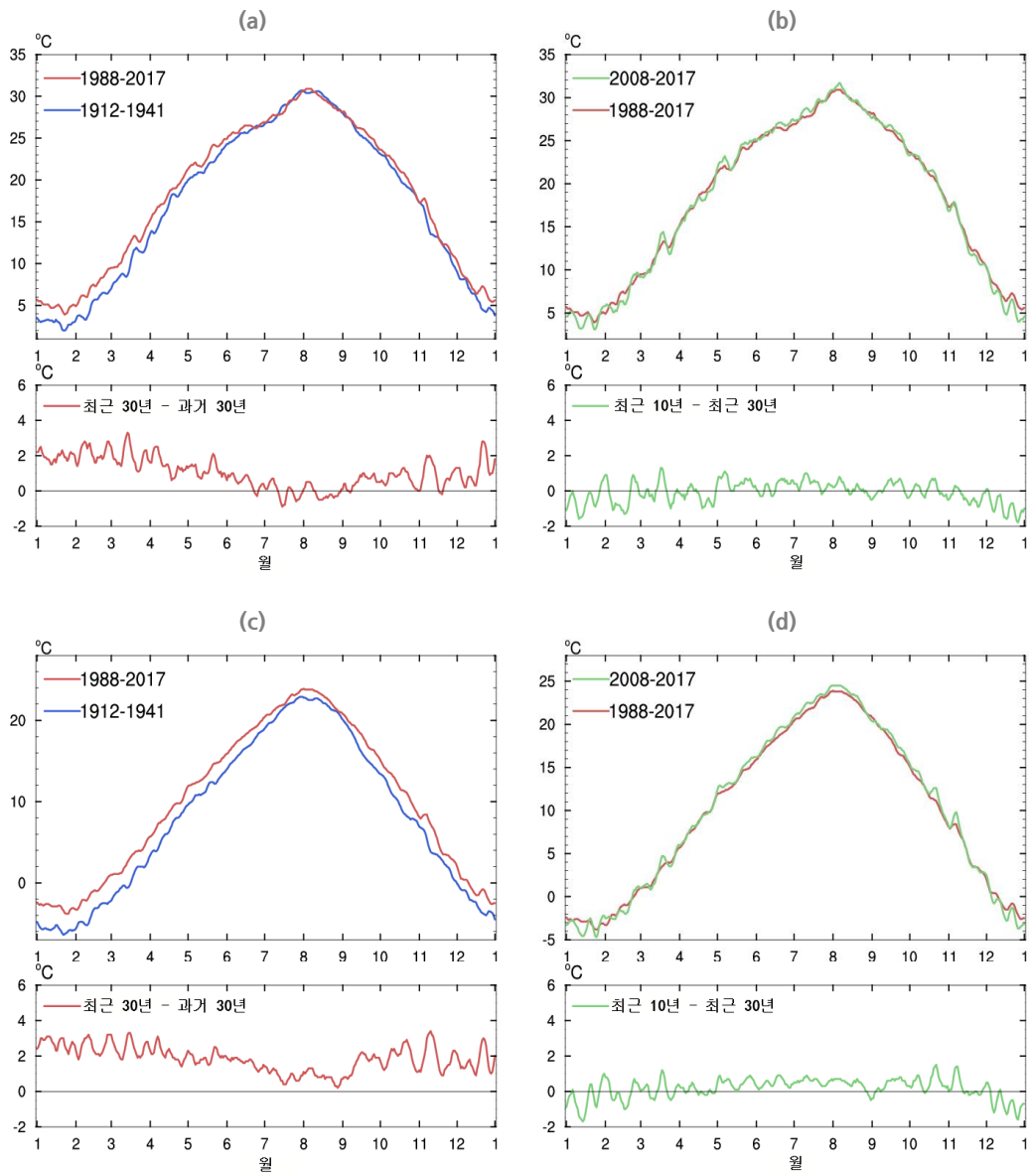


그림 4. 일 최고기온(상)과 일 최저기온(하)의 연변화(5일 이동 평균).
 왼쪽은 최근 30년과 과거 30년 비교, 오른쪽은 최근 10년과 최근 30년 비교.

4) 기온 극한현상일수 변화

- 지난 106년 동안 **고온 극한현상일수는 증가하고 저온 극한현상일수는 감소함, 최근 10년 동안은 저온 극한현상일수가 다소 증가함(표 6).**
 - 여름철 최고기온은 평균 분 아니라 극한현상일수에서도 뚜렷한 변화가 없음.
- 서리일수는 **-3.2일/10년***으로 감소 추세.
 - 최근 30년의 서리일수는 69.4일로, 과거 30년에 비해 25.7일 감소(그림 5a).
 - 서리일은 2월과 3월에 크게 감소 → 겨울이 짧아짐.
- 결빙일수는 **-0.9일/10년***으로 감소 추세.
 - 최근 30년의 결빙일수는 7.9일로, 과거 30년에 비해 7.9일(-50%) 감소(그림 5b).
 - 결빙일은 1월에 크게 감소 → 겨울이 따뜻해짐.
 - 최근 10년간 평균 결빙일수는 10.3일로, 최근 30년에 비해 2.4일 증가.
- 여름일수는 **+1.2일/10년***로 증가 추세.
 - 여름일수는 한여름보다 5월과 9월에 크게 증가(그림 5c) → 여름이 길어짐.
- 열대야일수는 **+0.9일/10년***로 증가 추세.
 - 열대야일수는 과거 30년보다 최근 30년에 약 196% 증가하며, 특히 8월 열대야 발생빈도는 1.8일에서 6.2일로 가장 큰 폭으로 증가(그림 5d).
 - 여름철 일 최저기온 25℃ 이상의 발생이 증가함에 따라 열대야일수 증가(그림 6b).
- 폭염일수는 106년 동안 **뚜렷한 변화 없음.**
 - 과거 30년과 최근 30년간에 여름철 일 최고기온 25~30℃의 발생 빈도는 증가하나, 30℃ 이상 고온의 발생 빈도는 변화 없음(그림 6a) → 폭염일수 변화 없음(그림 5e).
 - 최근 10년은 최근 30년에 비해 +0.9일 증가.

표 6. 연간 기온 극한현상일수의 평균과 변화(1912~2017년)

구 분	평균	변화경향 (/10년)	최근 30년 - 과거 30년	최근 10년 - 최근 30년
서리일수 (일)	83.3	-3.19 *	-25.7 (95.1 → 69.4)	+3.5 (69.4 → 72.9)
결빙일수 (일)	13.0	-0.90 *	-7.9 (15.8 → 7.9)	+2.4 (7.9 → 10.3)
여름일수 (일)	101.9	+1.21 *	+9.0 (99.2 → 108.2)	+4.3 (108.2 → 112.5)
열대야일수 (일)	6.7	+0.93 *	+7.0 (3.6 → 10.6)	+3.1 (10.6 → 13.7)
폭염일수 (일)	9.3	-0.03	+0.4 (9.3 → 9.7)	+0.9 (9.7 → 10.6)

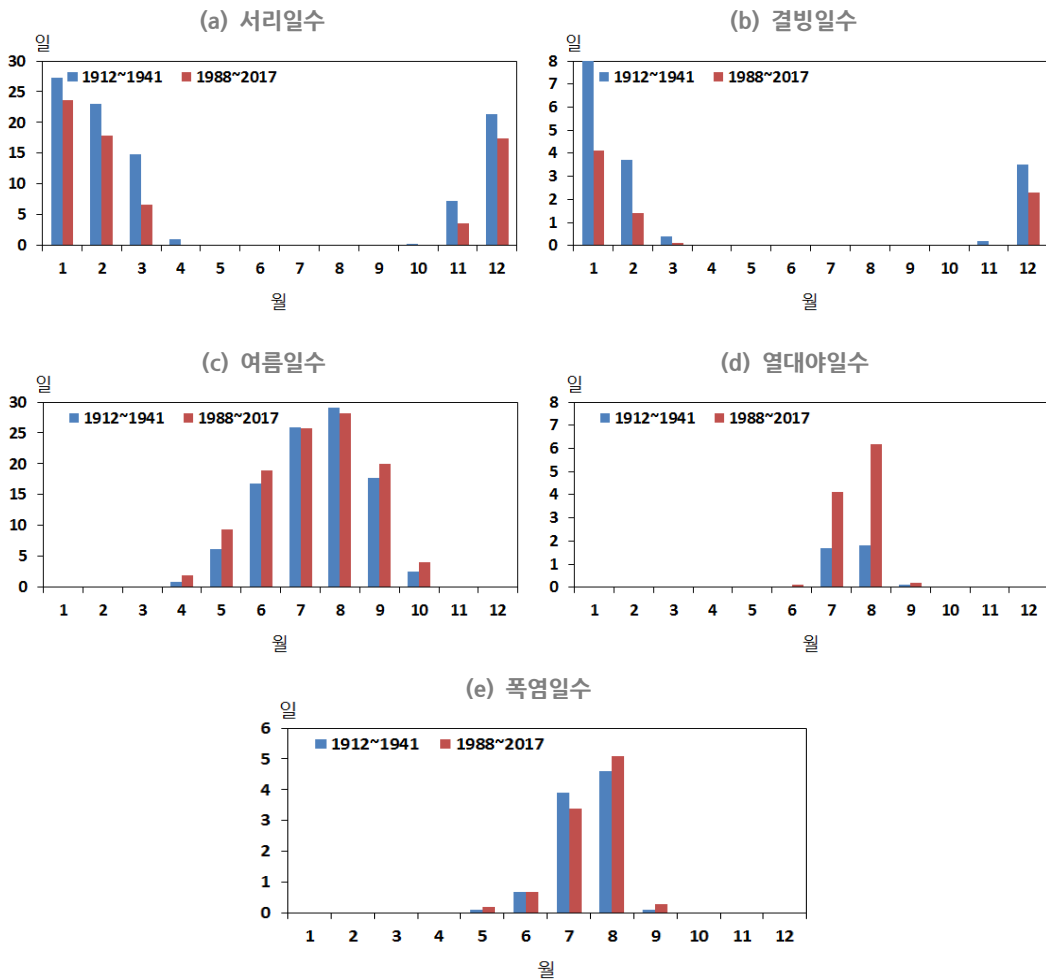


그림 5. 과거 30년(1912~1941)과 최근 30년(1988~2017)의 우리나라 월별 기온 극한현상일수.

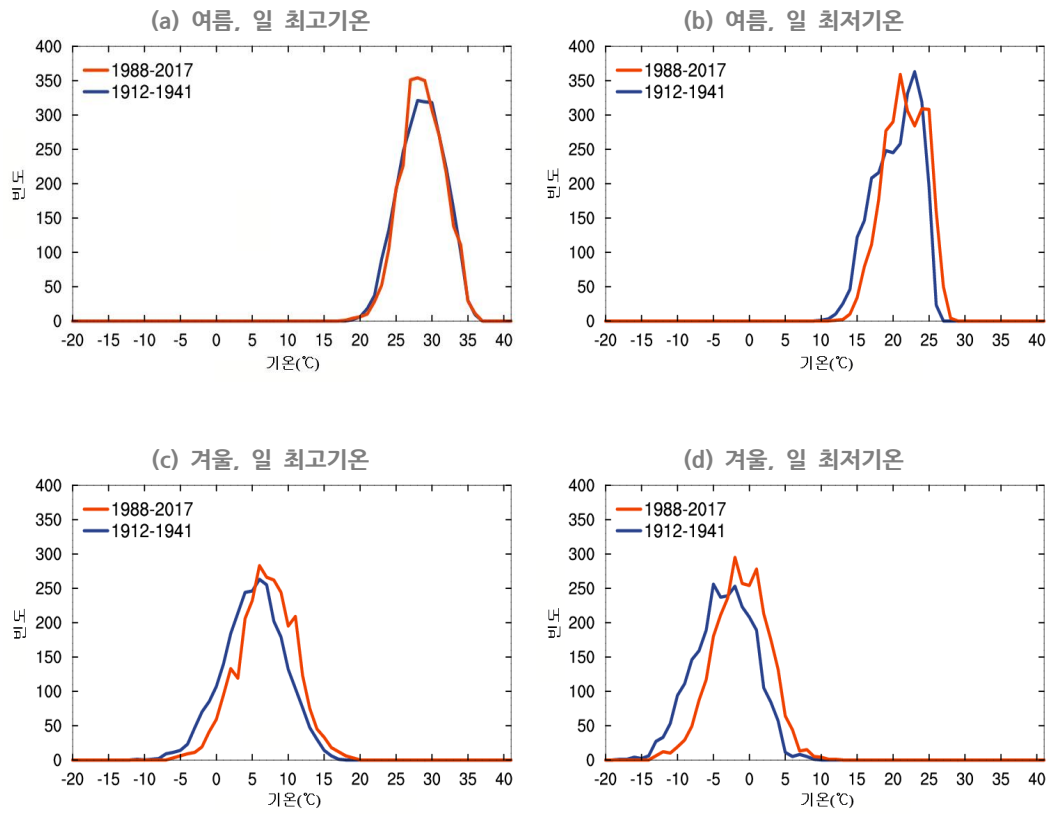


그림 6. 처음 30년(1912~1941)과 최근 30년(1988~2017)의 여름철(위)과 겨울철(아래)에 대한 일 최고기온(좌)과 일 최저기온(우)의 구간별(1°C 단위) 발생 빈도.

5) 기온 극한기후지수의 변화

● 여름철 최고기온·최저기온 관련 극한기후지수 변화(표 7)

- 일 최고기온 연 최대값과 온난일은 뚜렷한 변화 없음.
- 온난야는 +1.0일/10년*, 일 최저기온 연 최대값은 +0.13℃/10년*으로 증가 추세.

● 겨울철 최고기온 관련 극한기후지수 변화(표 7)

- 일 최고기온 연 최소값이 +0.31℃/10년*으로 상승함에 따라 한랭일은 -1.9일/10년*으로 감소 추세.
- 최근 10년은 최근 30년에 비해 일 최고기온 연 최소값이 -0.6℃로 감소함에 따라 한랭일은 +5.3일 증가함.

● 겨울철 최저기온 관련 극한기후지수 변화(표 7)

- 일 최저기온 연 최소값이 +0.36℃/10년*으로 상승함에 따라 한랭일은 -2.6일/10년*으로 감소 추세.
- 최근 10년은 최근 30년에 비해 일 최저기온 연 최소값이 -0.4℃로 감소함에 따라 한랭야는 +3.7일 증가함.

표 7. 연간 기온 극한기후지수의 평균과 변화(1912~2017년)

구 분	평 균	변화경향 (/10년)	최근 30년 - 과거 30년	최근 10년 - 최근 30년
온난일 (일)	35.8	+0.03	+1.6 (35.8 → 37.4)	+0.7 (37.4 → 38.7)
온난야 (일)	35.9	+1.01 *	+17.9 (32.4 → 40.3)	+5.2 (40.3 → 45.5)
한랭일 (일)	35.9	-1.86 *	-16.0 (41.9 → 25.9)	+5.3 (25.9 → 31.2)
한랭야 (일)	36.0	-2.55 *	-20.6 (44.3 → 23.7)	+3.7 (23.7 → 27.4)
일 최고기온 연 최대값 (℃)	34.8	-0.04	-0.2 (35.0 → 34.8)	+0.2 (34.8 → 35.0)
일 최저기온 연 최대값 (℃)	26.0	+0.13 *	+1.0 (25.6 → 26.6)	+0.5 (26.6 → 27.1)
일 최고기온 연 최소값 (℃)	-4.8	+0.31 *	+2.7 (-5.9 → -3.2)	-0.6 (-3.2 → -3.8)
일 최저기온 연 최소값 (℃)	-12.4	+0.36 *	+3.1 (-13.8 → -10.7)	-0.4 (-10.7 → -11.1)

2. 우리나라의 강수 변화

1) 연 강수 변화

- 지난 106년간 연 강수량은 증가하나, 강수일수는 뚜렷한 변화 없음.
- 우리나라의 연 강수량은 **+16.3mm/10년***으로 증가하였음⁵⁾(표 8, 그림 7).
 - 과거 30년 평균은 1181.4mm, 최근 30년 평균은 1305.5mm으로 +124.1mm 증가.
 - 최근 10년 평균은 1245.1mm로 최근 30년보다 -60.4mm 감소.
 - ※ 연 강수량은 지난 106년간 변동 폭이 매우 크지만, 대체적으로 증가하는 추세임.
- 연 강수일수(일 강수량 1mm이상)는 106년 동안 뚜렷한 변화 없음.
- 강수강도는 **+0.18mm/일/10년***으로 증가 추세.

⁵⁾ 강수변화 연구 사례

- 1901년 이후 북반구 중위도 육지 강수량이 증가하는 추세임. 강수 변화의 신뢰도는 1900년도 초반에 낮았으며, 최근에는 다소 높아짐 (IPCC, 2013).
- 연 강수량이 1910년대에 1155.6mm, 2000년대에 1375.4mm(19% 증가) (국립기상연구소, 2009).
- 35년(1973~2007)간 총 강수량은 증가하며, 건기에는 감소하지만 우기에는 증가 (김연희 등, 2010).

표 8. 연 강수량, 강수일수, 강수강도의 평균과 변화(1912~2017년)

구 분	평 균	변화경향 (/10년)	최근 30년 - 과거 30년	최근 10년 - 최근 30년
강수량 (mm)	1237.4	+16.32*	+124.1 (1181.4 → 1305.5)	-60.4 (1305.5 → 1245.1)
강수일수 (일)	77.6	+0.19	+1.6 (76.5 → 78.1)	-0.2 (78.1 → 77.9)
강수강도 (mm/일)	15.7	+0.18*	+1.3 (15.2 → 16.5)	-0.7 (16.5 → 15.8)

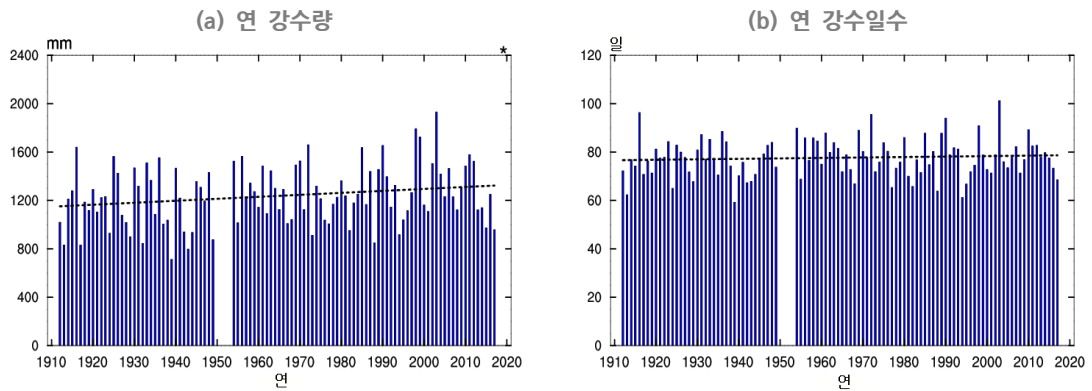


그림 7. 연 강수량(일 강수량 0mm이상)과 연 강수일수(일 강수량 1mm이상)의 변화(1912~2017년).

2) 계절별 강수 변화

- 지난 106년간 여름철 강수량이 크게 증가함.
 - 최근 10년 동안은 모든 계절에서 강수량 다소 감소.
 - 강수일수는 모든 계절에서 큰 변화 없음.
- 지난 106년 동안 계절별 강수량 변화는 여름에 뚜렷하고, 가을과 봄에 다소 증가, 겨울에는 큰 변화 없음. 여름에만 유의한 증가를 보임(표 9, 그림 8).
 - 여름(+11.6mm/10년*) > 가을(+3.9mm/10년) > 봄(+1.9mm/10년) > 겨울(-0.9mm/10년)
 - 과거 30년에 비해 최근 30년의 강수량 변화는 추세선 분석과 마찬가지로 여름 강수량의 증가 폭이 가장 크고, 겨울에는 변화가 없음.
 - 최근 10년의 강수량은 최근 30년에 비해 모든 계절에서 감소하며, 특히 여름에 감소폭이 47.3mm로 가장 큼.
- 강수일수는 계절별로 다른 변화경향을 보이며, 모든 계절에서 뚜렷한 변화 없음.
 - 여름(+0.2일/10년) > 봄(+0.03/10년) > 가을(-0.03일/10년) > 겨울(-0.05일/10년)
 - 과거 30년, 최근 30년, 최근 10년 사이에 강수일수는 모든 계절에서 뚜렷한 변화 없음.

표 9. 계절별 강수량, 강수일수, 강수강도의 평균과 변화(1912~2017년)

계절	구 분	평 균	변화경향 (/10년)	최근 30년 - 과거 30년	최근 10년 - 최근 30년
봄	강수량 (mm)	237.3	+1.88	+11.2 (227.7 → 238.9)	-3.6 (238.9 → 235.3)
	강수일수 (일)	18.7	+0.03	+0.5 (18.4 → 18.9)	-0.1 (18.9 → 18.8)
	강수강도 (mm/일)	12.4	+0.08	+0.3 (12.1 → 12.4)	-0.1 (12.4 → 12.3)
여름	강수량 (mm)	638.7	+11.57 *	+89.4 (610.9 → 700.3)	-47.3 (700.3 → 653.0)
	강수일수 (일)	29.1	+0.23	+1.7 (28.2 → 29.9)	-0.5 (29.9 → 29.4)
	강수강도 (mm/일)	21.6	+0.23	+1.8 (21.3 → 23.1)	-1.2 (23.1 → 21.9)
가을	강수량 (mm)	265.4	+3.85	+28.4 (241.7 → 270.1)	-7.9 (270.1 → 262.2)
	강수일수 (일)	17.3	-0.03	-0.4 (17.2 → 16.8)	+0.5 (16.8 → 17.3)
	강수강도 (mm/일)	15.0	+0.24	+1.8 (13.8 → 15.6)	-0.7 (15.6 → 14.9)
겨울	강수량 (mm)	94.1	-0.89	-3.6 (99.6 → 96.0)	-4.3 (96.0 → 91.7)
	강수일수 (일)	12.4	-0.05	-0.3 (12.7 → 12.4)	-0.3 (12.4 → 12.1)
	강수강도 (mm/일)	7.1	-0.03	-0.2 (7.4 → 7.2)	+0.1 (7.2 → 7.3)

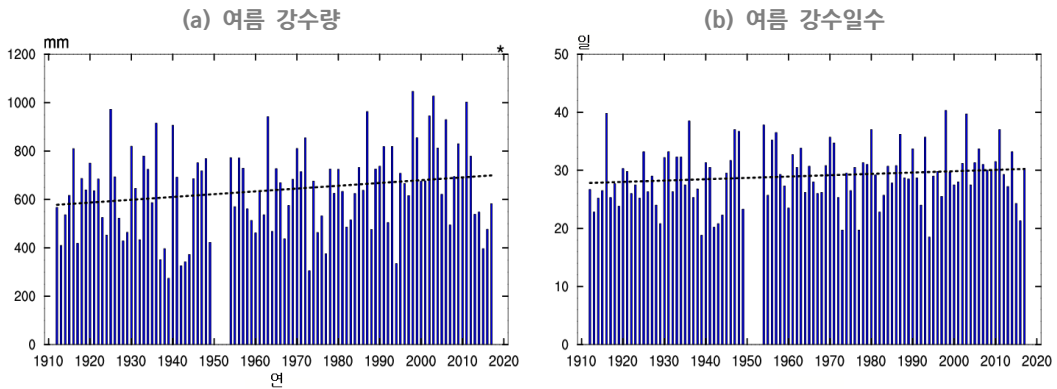


그림 8. 여름철 강수량(일 강수량 0mm이상)과 강수일수(일 강수량 1mm이상) 변화(1912~2017년).

3) 강수의 연변화

- 두 번의 강수 피크 중 첫 번째는 강수량이 증가하며, 두 번째는 강수량이 증가하고 기간이 길어지며, 8월 초 휴지기가 뚜렷하지 않음⁶⁾.
 - 최근 30년은 과거 30년보다 첫 번째 강수 피크의 시기가 7월 8일(11.8mm)에서 7월 14일(13.0mm)로 약 일주일 늦어지며, 강수량이 증가함(그림 9).
 - 두 번째 강수 피크는 9월 4일(7.5mm)에서 8월 25일(9.3mm)로 약 10일 앞당겨지고 강수량은 증가하며, 5mm이상의 강수가 지속되는 기간이 길어짐.
- 최근 10년은 최근 30년과 두 번의 강수 피크 발현 시기가 비슷하며, 첫 번째 피크가 최근 30년보다 강하고, 8월 휴지기가 비교적 뚜렷함(그림 10).

⁶⁾ 여름철 두 번의 강수 피크 중 첫 번째는 강화, 두 번째는 기간이 길어지며, 휴지기는 감소 (Roh et al., 2012).

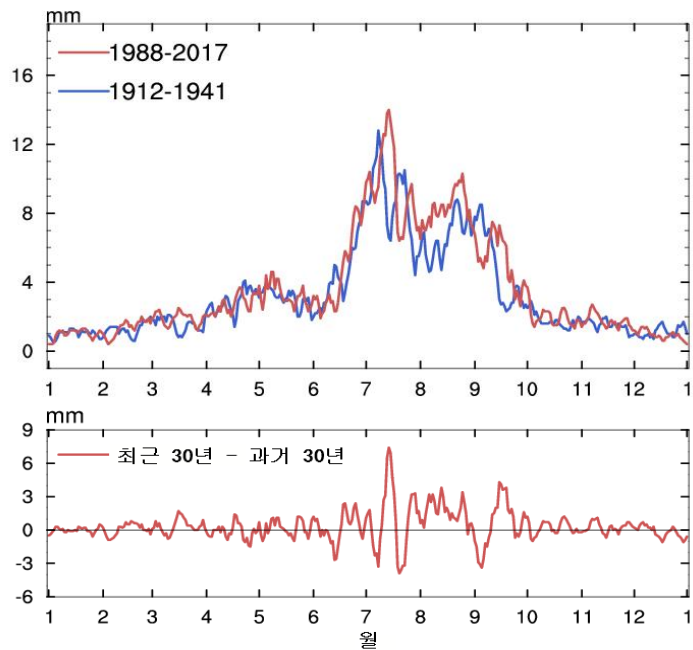


그림 9. 일 강수량의 연변화(5일 이동 평균).
일강수량(상단), 일강수량 변화량(하단, 최근 30년 - 과거 30년).

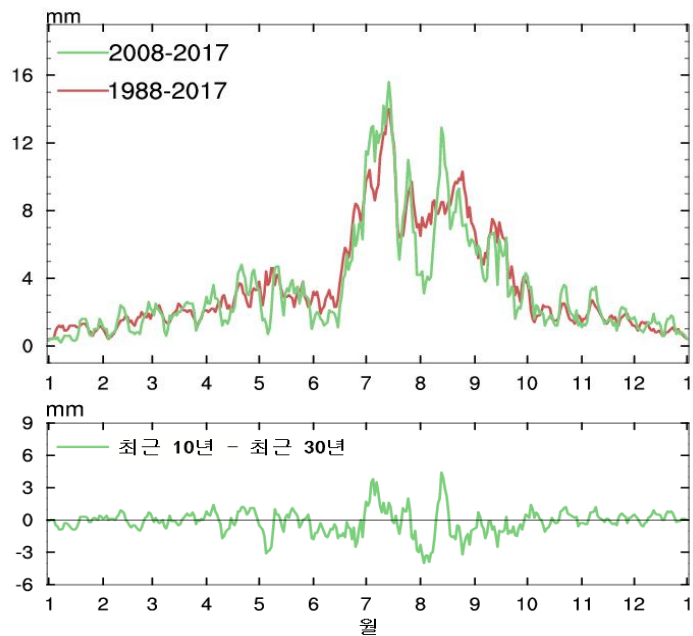


그림 10. 일 강수량의 연변화(5일 이동 평균).
일강수량(상단), 일강수량 변화량(하단, 최근 10년 - 최근 30년).

4) 구간별 강수량 변화

- 지난 106년 동안 강한 강수는 증가하고 약한 강수는 감소.
 - 전체 강수일수는 뚜렷한 변화가 없으나, 강한 강수의 강수일수는 증가.
 - 최근 10년은 약한 강수가 증가하고 강한 강수가 감소.
- 약한 강수와 강한 강수를 분석하기 위하여, 일 강수량을 5개 구간으로 구분.

구간	I	II	III	IV	V
강수량 (mm)	1.0~9.9	10.0~29.9	30.0~79.9	80.0~149.9	150~

- 구간 I, II의 강수는 전체 강수량의 44%, 구간 III, IV, V는 56% 차지(표 10).
 - 모든 지점에서 구간 III, IV, V의 강수량이 많을수록 연 강수량이 많음.
 - ※ 강수량이 가장 많은 부산과 적은 대구의 구간 I, II의 강수는 각각 550.2 mm과 520.0 mm로 큰 차이가 없으나, 구간 III, IV, V은 898.6 mm과 483.4mm로 약 1.9배의 차이를 보임.
- 구간 III, IV, V의 강수량은 연 강수량의 변화에 큰 영향을 미침.
 - 구간 III, IV은 큰 변동성을 보이며 증가하나, 구간 I, II, V은 큰 변화 없음(그림 11a).
 - ※ 구간 IV의 강수량은 +7.5mm/10년*으로 유의한 증가 경향을 보임.
- 최근 30년의 강수량은 과거 30년에 비해 구간 II, III, IV에서 모두 증가(표 10).
 - 최근 10년의 강수량은 최근 30년보다 구간 I에서는 다소 증가하지만, 그 외 구간에서 감소.
- 구간 I의 강수일수는 전체의 60%, 그 외 구간은 40%를 차지(표 11).
- 연 강수일수는 유의한 변화를 보이지 않으나, 구간 IV은 +0.07일/10년*으로 유의한 증가 경향을 보임. 이는 강수량이 유의하게 증가하는 구간과 일치함.
 - 서울과 인천은 구간 IV에서, 대구는 구간 V에서 뚜렷한 증가경향이 나타났고 각각 +0.10일/10년*, +0.13일/10년*, +0.02일/10년*으로 증가.

표 10. 구간별 강수량의 평균과 변화(1912~2017년)

구 분	평 균	변화경향 (/10년)	최근 30년 - 과거 30년	최근 10년 - 최근 30년
구간 I (1.0~9.9mm)	178.4	-0.24	-2.1 (178.1 → 176.0)	+3.3 (176.0 → 179.3)
구간 II (10.0~29.9mm)	360.3	+1.05	+10.2 (353.0 → 363.1)	-9.6 (363.1 → 353.6)
구간 III (30.0~79.9mm)	440.7	+6.87	+54.1 (408.9 → 463.0)	-34.4 (463.0 → 428.6)
구간 IV (80.0~149.9mm)	172.6	+7.54*	+63.9 (146.2 → 210.1)	-9.4 (210.1 → 200.7)
구간 V (150mm~)	73.9	+1.4	+0.4 (82.3 → 82.7)	-10.1 (82.7 → 72.6)

표 11. 구간별 강수일수의 평균과 변화(1912~2017년)

구 분	평 균	변화경향 (/10년)	최근 30년 - 과거 30년	최근 10년 - 최근 30년
구간 I (일)	45.4	-0.07	-0.5 (45.6 → 45.1)	+1.1 (45.1 → 46.2)
구간 II (일)	20.6	+0.05	+0.5 (20.2 → 20.7)	-0.4 (20.7 → 20.3)
구간 III (일)	9.5	+0.14	+1.1 (8.8 → 9.9)	-0.6 (9.9 → 9.3)
구간 IV (일)	1.7	+0.07*	+0.6 (1.4 → 2.0)	-0.1 (2.0 → 1.9)
구간 V (일)	0.4	-	- (0.4 → 0.4)	-0.1 (0.4 → 0.3)

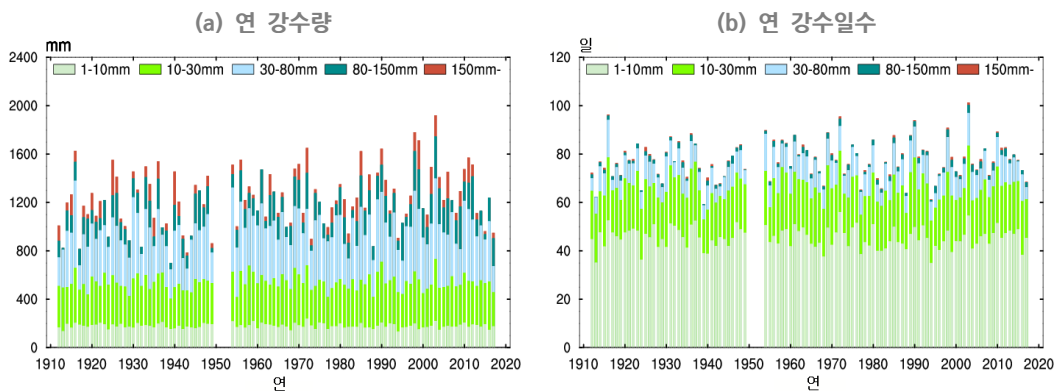


그림 11. 구간별 연 강수량(일 강수량 1mm이상)과 구간별 연 강수일수(일 강수량 1mm이상) 변화(1912~2017년). 막대그래프의 아래에서부터 순서대로 구간 I, II, III, IV, V.

5) 강수 극한기후지수 변화

- 최근 30년은 과거 30년보다 1일 및 5일 최대강수량, 95 및 99퍼센타일 강수 일수가 다소 증가하므로, 최근 강한 강수가 증가했다고 볼 수 있음.
 - 최근 10년은 최근 30년에 비해 총 강수량과 강한 강수가 감소하는 추세임.
- 1일·5일 최대강수량
 - 지난 106년 동안 우리나라의 1일 및 5일 최대강수량은 각각 +2.0 mm/10년, +3.5 mm/10년으로 증가 추세이나, 유의하지 않음(표 12, 그림 12).
 - 과거 30년보다 최근 30년에 최대강수량이 증가하였고, 최근 10년에 다시 감소.
- 99퍼센타일 강수일수
 - 106년 평균은 0.8일이고, +0.03일/10년으로 증가 추세이나, 유의하지 않음.
 - 최근 30년은 과거 30년보다 +0.2일 증가.
- 95퍼센타일 강수일수
 - 106년 평균은 39일이고, **+0.12일/10년***으로 증가 추세.
 - 과거 30년에 3.6일에서 최근 30년에 4.5일로 +0.9일 증가.
 - 최근 10년 평균은 4.2일로, 최근 30년에 비해 0.3일 감소.

표 12. 강수 극한기후지수 평균과 변화(1912~2017년)

구 분	평 균	변화경향 (/10년)	최근 30년 - 과거 30년	최근 10년 - 최근 30년
1일 최대강수량 (mm)	130.3	+1.97	+12.1 (126.5 → 138.6)	-5.5 (138.6 → 133.1)
5일 최대강수량 (mm)	216.9	+3.46	+25.4 (211.1 → 236.5)	-16.8 (236.5 → 219.7)
99퍼센타일 강수일수 (일)	0.8	+0.03	+0.2 (0.7 → 0.9)	- (0.9 → 0.9)
95퍼센타일 강수일수 (일)	3.9	+0.12 *	+0.9 (3.6 → 4.5)	-0.3 (4.5 → 4.2)

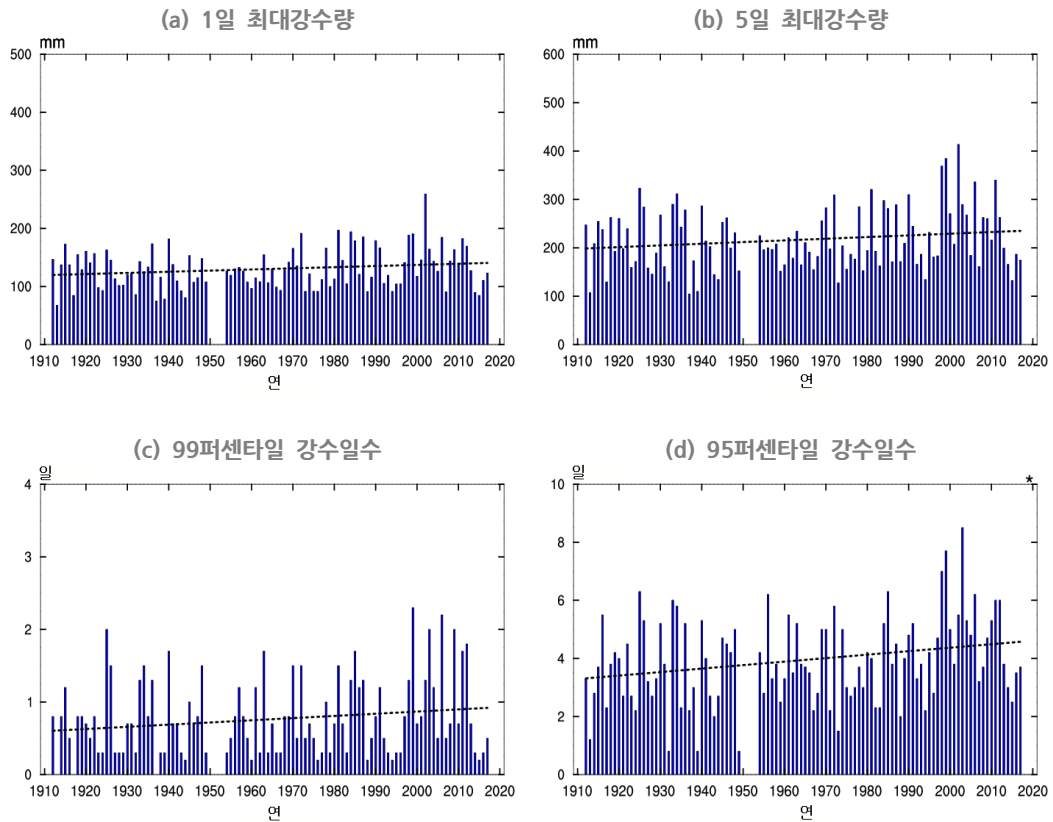


그림 12. 강수 극한지수 변화(1912~2017년).

- 최장 무강수 및 강수 지속기간은 뚜렷한 변화 없음(표 13, 그림 13).
- 최장 무강수 지속기간
 - 지난 106년 평균은 30.0일이고, 변화경향은 -0.04일/10년으로 뚜렷한 변화 없음.
 - 과거 30년 대비 최근 30년 변화도 +0.1일로 무강수 지속기간은 큰 변화 없음.
- 최장 강수 지속기간
 - 지난 106년 평균은 5.8일이고, 변화경향은 -0.01일/10년으로 뚜렷한 변화 없음.
 - 과거 30년 대비 최근 30년 변화는 -0.1일로 큰 변화 없음.

표 13. 우리나라의 최장 무강수 지속기간과 최장 강수 지속기간 변화

구 분	평 균	변화경향 (/10년)	최근 30년 - 과거 30년	최근 10년 - 최근 30년
최장 무강수 지속기간 (일)	30.0	-0.04	+0.1 (30.0 → 30.1)	-1.0 (30.1 → 29.1)
최장 강수 지속기간 (일)	5.8	-0.01	-0.1 (5.9 → 5.8)	-0.2 (5.8 → 5.6)

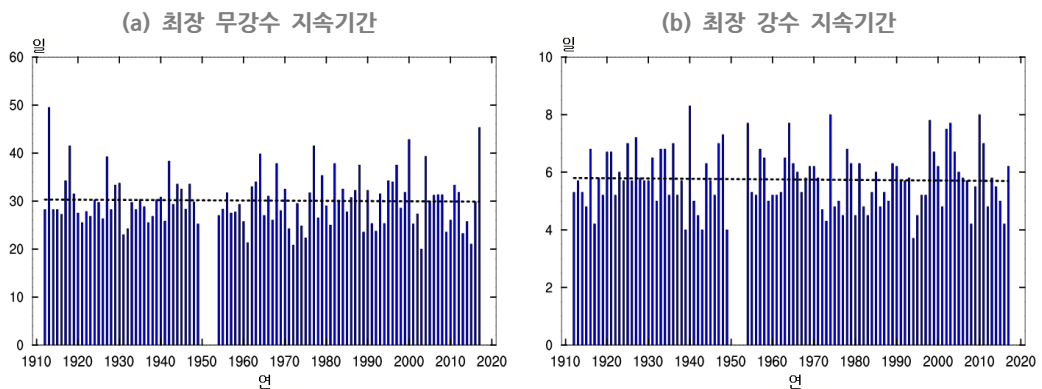


그림 13. 최장 무강수 지속기간과 최장 강수 지속기간 변화(1912~2017년).

3. 계절 변화

- 계절 시작일은 봄과 여름에는 빨라지고, 가을과 겨울에는 늦어짐.
 - 여름은 길어지고, 겨울은 짧아졌으며, 봄과 가을은 큰 변화를 보이지 않음.
- 계절 시작일 변화 (과거 30년과 최근 30년) (표 14)
 - 봄과 여름의 시작일은 각각 13일, 10일 빨라짐.
 - 가을과 겨울의 시작일은 각각 9일, 5일 늦어짐.

표 14. 과거 30년, 최근 30년, 최근 10년의 계절 시작일

기간	봄	여름	가을	겨울
(A) 1912~1941년	3.18	6.11	9.17	11.29
(B) 1998~2017년	3.05	6.01	9.26	12.04
(C) 2008~2017년	3.01	5.28	9.28	12.03
(D) 차이1 (B-A)	-13	-10	+9	+5
(E) 차이2 (C-B)	-4	-4	+2	-1

표 15. 과거 30년, 최근 30년, 최근 10년의 계절 지속기간

기간	봄	여름	가을	겨울
(A) 1912~1941년	85	98	73	109
(B) 1998~2017년	88	117	69	91
(C) 2008~2017년	88	123	66	88
(D) 차이1 (B-A)	+3	+19	-4	-18
(E) 차이2 (C-B)	0	+6	-3	-3

● 계절 지속기간 변화(그림 14, 표 15)

- 최근 30년은 과거 30년 보다 여름은 19일 길어지고, 겨울은 18일 짧아짐.
 - 겨울은 시작이 5일 늦어지고 종료가 13일 빨라져서 지속기간이 18일 감소.
 - 여름은 시작이 10일 빨라지고 종료가 9일 늦어져서 지속기간이 19일 증가하여 총 117일 동안 지속 됨(약 4개월).
 - 과거 30년 동안 겨울은 가장 긴 계절이었으나, 최근 30년에는 지속기간이 감소하여 봄과 비슷해 짐.
- 최근 10년은 최근 30년에 비해 겨울 평균기온이 하강했지만, 지속기간은 짧아짐.
 - 최근 10년의 기온이 12월과 1월에만 -0.8°C , -0.6°C 로 뚜렷하게 감소.

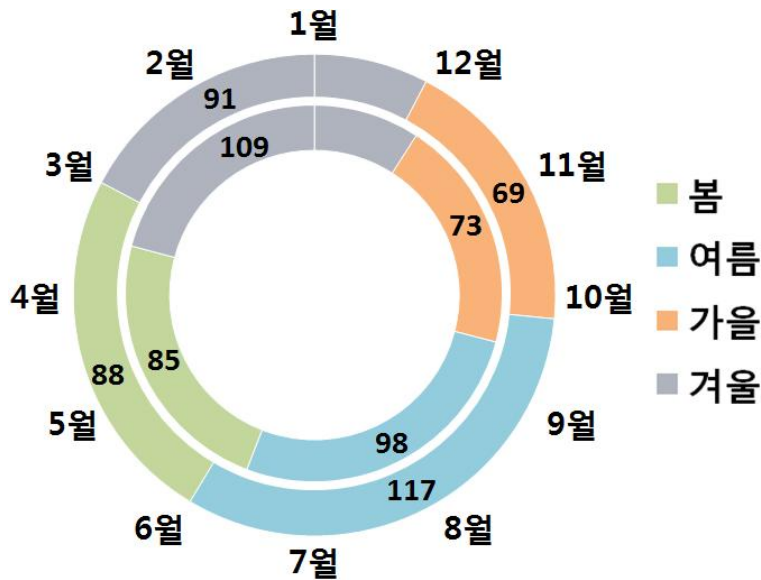


그림 14. 우리나라의 계절길이 변화.
과거 30년(1912~1941: 안쪽) 대비 최근 30년(1988~2017: 바깥쪽).

[참고] 우리나라의 기후

- 지난 106년간 우리나라의 연평균기온은 13.2℃, 연 강수량은 1237.4mm임 (그림 15).
 - 연평균 최고기온은 17.5℃, 최저기온 8.9℃.

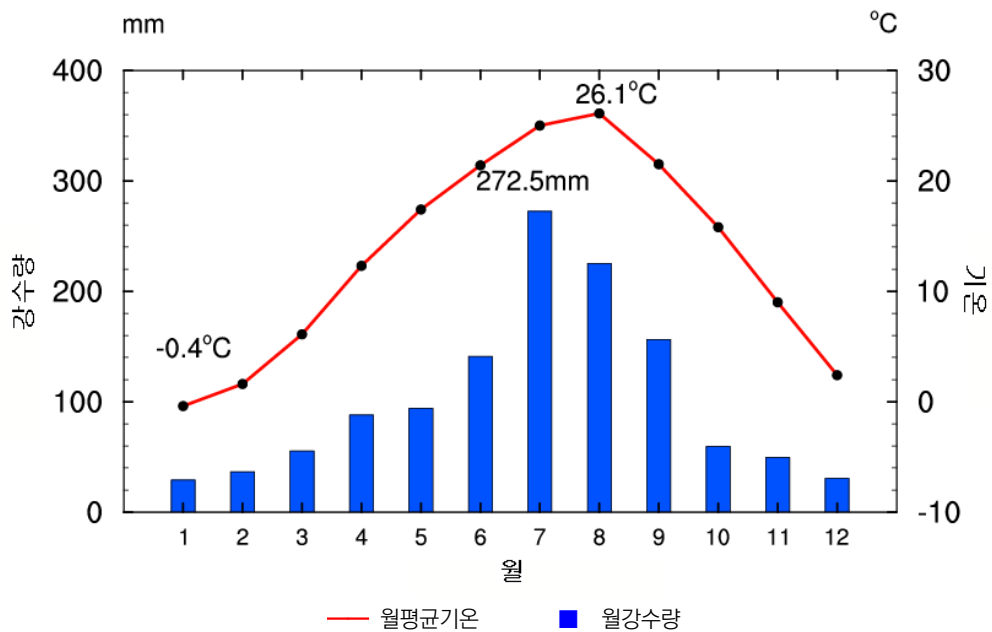


그림 15. 월평균기온과 월강수량의 106년(1912~2017) 평균.

표 16. 계절별 평균, 최고, 최저기온 및 강수량의 106년(1912~2017년) 평균.

	봄	여름	가을	겨울
평균기온 (°C)	12.0	24.2	15.4	1.2
최고기온 (°C)	16.8	27.9	20.0	5.4
최저기온 (°C)	7.2	20.4	10.9	-3.0
강수량 (mm)	237.3	638.7	265.4	94.1

참 고 문 헌

- 국립기상연구소, 2009: 기후변화 이해하기III -한반도 기후변화: 현재와 미래, 발간번호 11-1360395-000160-01, 86 pp.
- 기상청, 2011: 지역기후변화보고서-서울, 발간번호 11-1360000-000787-12, 121pp.
- 기상청, 2012: 서울-인천-경기도 기후변화 전망보고서, 발간번호 11-1360000-000862-01, 94pp.
- 기상청, 2017: 기후통계지침 2017, 발간번호 11-1360000-000791-14, 84pp.
- 김연희, 김맹기, 전은지, 이종대, 민경우, 장용석, 2010: 한반도 강수의 양극화 현상, *기후연구*, **5(1)**, 1-15.
- 류상범, 김연희, 2007: 기상청 기후자료의 균질성 문제(II): 통계지침의 변경, *대기*, **17(1)**, 17-26.
- 정일웅, 김유준, 신상희, 이상현, 2012: 남한 지역에서의 7월 온난화 경향의 약화와 그 요인에 관한 연구, *기후연구*, **7(1)**, 1-16.
- 행정안전부, 2017: 2016 재해연보, 927pp.
- Huber M. and Knutti R., 2014: Natural variability, radiative forcing and climate response in the recent hiatus reconciled, *Nature Geoscience*, **7(9)**, 651-656.
- IPCC, 2007: Climate change, 2007: The Physical Science Basis. Contributions of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jung, H.S., Y. Choi, J.-H. Oh and G.H Lim, 2002; Recent trends in temperature and precipitation over south Korea. *Int. J. Climatol.*, **22**, 1327-1337.

- Lo and Hsu, 2010: Change in the dominant decadal patterns and the late 1980s abrupt warming in the extratropical Northern Hemisphere, *Atmos. Sci. Lett.*, **11**, 210-215.
- Lovejoy S., 2014: Return periods of global climate fluctuations and the pause, *Geophys. Res. Lett.*, **41**, 4704-4710.
- NOAA 2018, NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual 2017, published online January 2018, retrieved on July 4, 2018 from <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201713>.
- Park et al., 2017: Long-Term Warming Trends in Korea and Contribution of Urbanization: An Updated Assessment. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **122**, 10637-10654.
<https://doi.org/10.1002/2017JD027167>.
- Roh, J.-W., K.-Y. Kim, and J.G. Jhun, 2012: Decadal changes in the physical mechanisms of the seasonal cycle of summertime precipitation variability in Korea, *J. Geophys. Res.*, **117**, D07115, doi:10.1029/2011JD01768.
- WMO, 1983: Guide to climatological practice. World Meteorological Organization. WMO-No 100.

발행처: 국립기상과학원 기후연구과

작 성: 김진욱, 부경은, 최준태, 변영화

국립기상과학원

63568 제주특별자치도 서귀포시 서호북로 33

<http://www.nims.go.kr>