

기후변화와 강원도 밭작물의 봄철가뭄과 정책시사점

Climate Change and Spring Drought of Policy
Implications in Gangwon-do
- A Study on the Field Corps -

2020. 11



강원도의회

제 출 문

강원도의회 사무처장 귀하

본 보고서를 『기후변화와 강원도 발작물의 봄철가뭄과 정책시사점 연구』
최종보고서로 제출합니다.

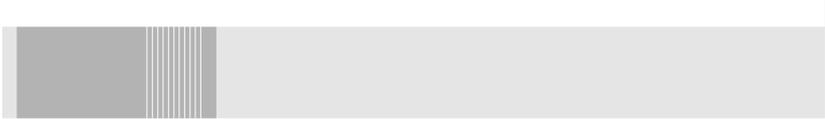
2020년 11월

(재)한국기후변화연구원

원장 김 상 현

■ 참여 연구진

| | | |
|-----------|---------------------|-------|
| 책 임 연 구 원 | 박 수 진 부 연 구 위 원 | 공학박사 |
| 참 여 연 구 원 | 엄 기 증 연 구 위 원 | 임학박사 |
| | 한 대 건 위 축 부 연 구 위 원 | 공학박사 |
| | 홍 수 진 주 임 연 구 원 | 공 학 사 |



목차

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| 연구요약 | vii |
| 제1장 서론 | 3 |
| 제1절 연구의 필요성 및 목적..... | 3 |
| 제2절 연구의 내용 및 범위..... | 6 |
| 제3절 강원도 지형 특성..... | 8 |
| 1. 입지 및 자연환경 | 8 |
| 2. 토지이용 현황..... | 9 |
| 제2장 가뭄의 기준 및 가뭄지수 | 13 |
| 제1절 가뭄의 기준 및 예·경보..... | 13 |
| 1. 가뭄의 정의 | 13 |
| 2. 가뭄의 사회적, 경제적, 환경적 영향평가 | 15 |
| 3. 가뭄단계별 조치사항 및 재난 특별 선포지역 절차 | 16 |
| 4. 정부의 가뭄 대응 대책..... | 22 |
| 제2절 가뭄지수 및 우심피해 현황..... | 27 |
| 1. 가뭄지수 | 27 |
| 2. 가뭄우심 피해 현황 | 29 |
| 제3장 농업경작지 현황 및 용수이용 전망 | 33 |
| 제1절 농업경작지 및 용수 현황 | 33 |
| 1. 농업경작지 | 33 |
| 2. 저수지 수해 현황..... | 37 |
| 3. 지하수 현황..... | 38 |
| 4. 하천 기준유량 빈도해석..... | 42 |
| 제2절 농업용수 수요현황 및 전망..... | 45 |
| 제4장 기상개황 및 잠재증발산량 | 49 |
| 제1절 기상개황 및 강수량 전망..... | 49 |
| 1. 강원도 기상개황 | 49 |
| 2. 강수량 전망(RCP 8.5) | 59 |
| 제2절 잠재증발산량 산정 | 69 |

| | |
|-----------------------------------|------------|
| 1. 시·군별 잠재증발산량 산정 | 70 |
| 2. 중권역 유역별 잠재증발산량 | 77 |
| 제5장 가뭄 우심지역 및 취약성 평가 | 83 |
| 제1절 잠재보유수량 및 토양 유효수분지수 산정 | 83 |
| 1. 토양 최대 잠재보유수량 | 83 |
| 2. 토양 유효수분지수 | 89 |
| 제2절 가뭄 우심지역 평가 | 100 |
| 제3절 취약성 평가 | 103 |
| 1. 취약성 정의 및 목적 | 103 |
| 2. 취약성 평가 방법 | 104 |
| 3. 취약성 평가 결과 | 107 |
| 제6장 한발피해 및 소비수량 산정 | 121 |
| 제1절 기상재해 한발피해 | 121 |
| 제2절 작물 생육단계별 기상 조건 | 125 |
| 제3절 필요 소비수량 산정 | 126 |
| 1. 밭작물 생육기간 및 소비수량 계수 | 126 |
| 2. 밭작물 소비수량 산정 | 127 |
| 제7장 농업용수 확보방안 및 제언 | 139 |
| 제1절 농업용수 확보방안 | 139 |
| 1. 보 계획을 통한 지표수 관리 | 139 |
| 2. 저류지 시설을 통한 지표수 관리 | 141 |
| 3. 지하댐 운영 | 143 |
| 4. 지하 차수시트를 이용한 빗물저장시설 | 145 |
| 5. 새로운 물자원 조기확보 | 147 |
| 6. 농업용수 확보 대응사례 | 148 |
| 제2절 물관리 조례제정 및 물순환 관리체계 개선 | 151 |
| 1. 통합물관리 운영방안 | 151 |
| 2. 물순환 관리체계 개선 | 154 |
| 3. 해외 물순환 관리정책 | 156 |
| 제3절 기후변화와 강원도 수계특성 | 158 |
| 제4절 결론 및 제언 | 160 |
| 참고문헌 | 163 |

표목차

| | |
|---|-----|
| <표 1.1> 강원도 토지 지목별 이용현황 | 10 |
| <표 2.1> 가뭄의 정의 | 14 |
| <표 2.2> 가뭄 예·경보 기준 (농업용수) | 16 |
| <표 2.3> 가뭄판단 기준(농업용수) | 17 |
| <표 2.4> 농업적 가뭄단계별 중앙부처 조치사항 | 19 |
| <표 2.5> 농업적 가뭄단계별 국민행동요령 | 20 |
| <표 2.6> 정부의 가뭄종합대책 분야별 세부과제 | 24 |
| <표 3.1> 수리시설별 농업경작지 현황 | 34 |
| <표 3.2> 강원도 농업용 저수지 현황 및 수혜면적 | 37 |
| <표 3.3> 강원도 지역의 용도별 지하수 이용현황 | 39 |
| <표 3.4> 강원도 시·군별 지하수 개발가능량 및 이용현황 | 40 |
| <표 3.5> RCP. 8.5 기준, 유역별 하천 기준유량 전망 | 42 |
| <표 5.6> 재현기간별 하천갈수량(여기) | 44 |
| <표 3.7> 강원도 시·군별 농업용수 수요량 전망 | 45 |
| <표 4.1> 강원도 평년기후(1981~2020) | 50 |
| <표 4.2> 강원도 시·군별 봄철(3월~5월) 강수량 전망(RCP 8.5 기준) | 60 |
| <표 4.3> 중권역 유역의 행정구역 현황 | 64 |
| <표 4.4> 중권역 유역별 강수량 전망(RCP 8.5) | 66 |
| <표 4.5> Thornthwaite 방법에 대한 보정계수 C | 70 |
| <표 4.6> 강원도 시군별 봄철기온 및 잠재증발산량 산정(RCP 8.5 기준) | 71 |
| <표 4.7> 중권역 유역별 잠재 전망(RCP 8.5) | 78 |
| <표 5.1> 선행토양함수 조건 | 84 |
| <표 5.2> AMC-II 조건의 농촌지역 유출곡선지수() | 85 |
| <표 5.3> 강원도 중권역 유역별 값 및 잠재보유수량() | 87 |
| <표 5.4> 가뭄 판단기준 | 89 |
| <표 5.5> 중권역 유역의 토양 유효수분 지수산정 계속 | 91 |
| <표 5.6> 중권역 유역별 가뭄 우심피해 유역 평가 | 101 |
| <표 5.7> 취약성 평가 기초자료 및 가중치(이수에 대한 취약성) | 107 |
| <표 5.8> 취약성 평가 기초자료 및 가중치(단기가뭄에 대한 농업용수 취약성) | 108 |
| <표 5.9> 취약성 평가 기초자료 및 가중치(장기가뭄에 대한 농업용수 취약성) | 108 |
| <표 5.10> 기후변화 취약성 평가 결과(이수에 대한 취약성) | 109 |
| <표 5.11> 기후변화 취약성 평가 결과(단기 가뭄에 대한 농업용수 취약성) | 110 |

| | |
|---|-----|
| <표 5.12> 기후변화 취약성 평가 결과(장기 가뭄에 대한 농업용수 취약성) | 111 |
| <표 6.1> 봄배추 밭작물의 적정기상 조건 | 125 |
| <표 6.2> 밭작물의 생육기간 및 성장기별 작물소비 계수 | 126 |
| <표 6.3> 행정구역별 밭작물 경작 면적 및 봄철기간의 작물별 소비수량 | 128 |
| <표 7.1> 저류지 방식별 장·단점 비교 | 141 |
| <표 7.2> 지하담의 장·단점 | 143 |
| <표 7.3> 지방정부의 물관리 및 통합물관리 기본조례 제정 및 세부내용 | 153 |
| <표 7.4> 지방정부 물순환 관련 조례제정 및 내용 | 155 |
| <표 7.5> 해외 물순환 관련 주요정책 | 156 |

그림목차

| | |
|--|-----|
| <그림 1.1> 가뭄으로 인한 농작물 피해 및 농업용수 공급 | 4 |
| <그림 1.2> 가뭄영향의 순서도 | 5 |
| <그림 1.3> 우리나라 수자원 현황 | 5 |
| <그림 1.4> 강원도 행정구역 현황 | 9 |
| <그림 2.1> 정부의 가뭄대응 종합대책 기본방향 | 18 |
| <그림 2.2> 특별재난지역 선포절차 | 21 |
| <그림 2.3> 정부의 2019년 가뭄종합대책 내용 | 22 |
| <그림 2.4> 정부의 가뭄대응 종합대책 기본방향 | 27 |
| <그림 2.5> 강원도 가뭄피해 현황 | 29 |
| <그림 3.1> 지목별 농업 경작지 현황 | 35 |
| <그림 3.2> 농업수리시설별 경작지 현황 | 36 |
| <그림 3.3> 강원도 지하수 개발가능량 및 이용량 | 41 |
| <그림 3.4> 지하수개발가능량 대비 이용율(%) | 41 |
| <그림 3.5> 강원도 시군별 농업용수 수요 전망 | 46 |
| <그림 3.6> 강원도 농업용수 수요 전망 | 46 |
| <그림 4.1> 최근 10년간 지역별 평균기온 분포 | 50 |
| <그림 4.2> 최근 10년간 지역별 평균강수량 분포 | 51 |
| <그림 4.3> 강원도 ASOS 지점의 봄철 강수량 개황(최근 30년간) | 57 |
| <그림 4.4> 영서지역과 영동지역의 계절별 평균기온 비교 | 58 |
| <그림 4.5> 강원도 시·군별 봄철 강수량 전망(RCP 8.5) | 61 |
| <그림 4.6> 중권역 유역도 | 65 |
| <그림 5.1> 강원도 중권역 유역별 가뭄 우심 지역 평가 | 102 |
| <그림 5.2> 기후변화 취약성의 개념적 틀(IPCC, 2011) | 103 |
| <그림 5.3> 취약성/적응평가 모식도 | 104 |
| <그림 5.4> 적응분야별 영향 및 취약성 평가 절차 | 106 |
| <그림 5.5> 시군별 가뭄에 대한 취약성 평가 결과(취약성지수) | 112 |
| <그림 5.6> 시군별 가뭄에 대한 취약성 평가 결과(기후노출) | 113 |
| <그림 5.7> 시군별 가뭄에 대한 취약성 평가 결과(민감도) | 114 |
| <그림 5.8> 시군별 가뭄에 대한 취약성 평가 결과(적응능력) | 115 |
| <그림 5.9> 강원도 및 전국평균 취약성 지수 비교(이수에 대한 취약성) | 116 |
| <그림 5.10> 강원도 및 전국평균 취약성 지수 비교(단기 가뭄에 대한 농업용수 취약성) | 116 |
| <그림 5.11> 강원도 및 전국평균 취약성 지수 비교(장기 가뭄에 대한 농업용수 취약성) | 117 |

| | |
|---|-----|
| <그림 6.1> 기상재해별 밭농작물 한발 피해(태풍, 이상저온, 호우) | 121 |
| <그림 6.2> 기상재해별 밭 농작물 한발피해(우박, 가뭄, 대설) | 122 |
| <그림 6.3> 밭 농작물의 시기별 기상재해(맥류, 콩, 옥수수) | 123 |
| <그림 6.4> 밭 농작물의 시기별 기상재해(감자, 고구마) | 124 |
| <그림 6.5> 강원도 시·군별 밭작물 소비수량(현재와 2020년대) | 132 |
| <그림 6.6> 밭작물별 재배면적 | 135 |
| <그림 6.7> 밭작물별 필요소비수량 및 증가소비수량 | 135 |
| <그림 7.1> 가동보의 종류 및 운영형식 | 140 |
| <그림 7.2> 제내지를 활용한 저류지 운영 | 142 |
| <그림 7.3 > 지하댐의 단면 및 지하 저류수 이용방법 | 144 |
| <그림 7.4 > 지하 차수시트를 이용한 빗물저장시설 | 146 |
| <그림 7.5> 미래의 통합물관리 운영방안 | 152 |
| <그림 7.6> 강원도 물관리 조직 운영(안) | 152 |
| <그림 7.7> 기존 물관리 방식 및 저영향 유역개발의 물관리 | 154 |
| <그림 7.8> 우리나라 수자원 부존량 및 이용현황 | 159 |



기후변화와 강원도 밭작물의 봄철가뭄과 정책시사점

최근 기후변화로 인한 강수의 패턴변화로 갈수기 기간의 하천유량은 감소하고 있으며, 특히 봄철 기간의 강수량 감소로 하천유량은 감소하며, 토양수분의 부족 등으로 가뭄 피해는 심화되고 있는 실정이다. 강원도는 지형학적 특성으로 인한 높은 하상계수 물 관리에 매우 취약한 지역이다. 거기에 도시의 산업화로 인한 유출계수 증가는 기저유출량의 감소로 이어져 하천의 건천화의 원인이 되기도 한다. 이외 토양수분 보유력을 낮게 하여 농작물의 생육 불량으로 이어지며, 이는 농작물 생산량 감소에 영향을 주어 농가 소득 피해로 이어지게 된다.

강원도의 농·경작지 면적을 보면, 밭의 경우 약 65%를 보여 넓은 면적을 보이고 있으나 이 중 약 80%가 관개시설을 갖추고 있지 않아 안정적 용수공급에 차질을 빚게 된다. 따라서 본 연구는 기후변화 시나리오에 따른 잠재증발산량 산정 및 토양의 최대 잠재 보유수량을 이용, 토양수분유력을 진단하여 가뭄우심지역 및 기후변화에 대한 취약성을 평가하였다. 끝으로 주산지별 밭작물에 대한 Blaney - Criddle 방법에 의해 필요소비수량을 산정하였으며, 그 결과 “배추”와 “옥수수”, “콩” 작물에서 필요 소비수량이 높은 작물로 분석되었다. 소비수량 증가율은 현재대비 2020년대에 “봄배추”와 “옥수수”, “콩” 에서 각각 3.5%의 소비수량 증가율을 보였으며, 가장 높은 증가율을 보인 지역은 평창지역으로 “봄배추”와 “옥수수”, “콩” 에서 각각 4.2%와 4.6%, 4.1%를 보여 높은 증가율을 보였다.

토양유효수분지수 산정하여 가뭄우심지역을 평가한 결과에서는 현재의 경우 강원도 북부지역에서 가뭄 “매우심함”지역으로 평가되었으며, 2020년대는 강원 북부와 영동지역이 가뭄 “매우심함”지역으로 평가되었다. 이수와 단·장기 가뭄의 취약성을 평가한 결과에서는 ‘이수’에서 취약성이 높게 나타났으며, 이는 기출노출과 민감도의 지수에 비해 적용능력 지수가 낮은 것에 기인한 것으로 판단된다. 단·장기 가뭄의 취약성에서는 기후

노출과 민감도에서 지수는 높게 나타났으나 적응능력 부분에서 높은 지수를 보여 취약성 지수는 낮은 것으로 분석되었다. 따라서 기후변화에 따른 봄철기간 강수량 감소 및 생육 환경 변화에 따른 작물의 소비수량은 증가하고 있는 것으로 나타나 가뭄에 대한 적극적 대응과 안정적 용수공급을 위한 수원확보가 시급한 것을 알 수 있다.

▮ 키워드 : 잠재증발산량, 토양 유효수분지수, 작물 소비수량, 취약성 평가

제 1 절 연구의 필요성 및 목적

제 2 절 연구의 내용 및 범위

제 3 절 연구수행 방법

제 1 장

서론



제1절 연구의 필요성 및 목적

- 최근 기후변화에 의한 강수의 패턴변화로 강수량이 6월과 8월 사이에 편중되어 있으며, 특히 2010년대 들어 7월의 집중호우는 증가하고 나머지 기간에는 강수량이 감소하는 경향을 보여 봄철과 가을철 기간의 농업용수 공급에 어려움을 겪고 있음
- 강원도는 지형학적 특성으로 인하여 하상계수는 매우 높은 실정이며, 이로 인하여 수자원관리는 매우 어려운 실정. 특히, 도시의 산업화로 인한 유출계수 증가로 기저유량은 감소하여 하천의 건천화와 지하수면의 변동으로 지하수량의 감소원인이 되고 있음
- 또한, 지형 및 토양학적 특성으로 낮은 침투율을 보여 토양의 수분 보유력은 매우 낮은 실정으로 하천의 건천화와 더불어 봄철기간의 가뭄현상은 더욱 두드러지게 나타남
- 하천의 건천화와 가뭄은 용수공급 외에 강원도의 주력생산인 농작물의 생육불량으로 이어져 수량감소에 영향을 미치게 되며, 이는 시장가격 불안정으로 농가소득의 피해로 이어짐
- 강원도는 밭 경작지의 대부분이 수리시설이 불안정한 비관개전(田)으로 안정적 용수공급에는 한계가 있으며, 밭작물 대부분 천수에 의존하고 있어 최근 기후변화에 의한 물부족 피해가 심화되고 있음

4 | 기후변화와 강원도 밭작물의 봄철가뭃과 정책시사점

- 5-6월 강수량 변화 : 232mm (평년: 81-10) → 180mm (최근 10년)

- 특히 봄철기간의 강수량 감소는 농작물의 생육불량으로 이어져 수확량에 크게 영향을 미치며, 이러한 기후변화에 대해 선제적으로 대응하기 위해서는 지역적 여건과 작물의 재배환경 특성 등을 고려한 과학적 기반의 가뭃진단과 공간적 평가를 통한 가뭃정책이 마련되어야 함
- 따라서 본 연구는 강원도의 기후특성 및 기후변화시나리오에 따른 작물의 수문학적 특성을 분석하여, 가뭃에 대한 우심지역을 진단하고 농업용수 개발에 따른 타당성을 평가하여 안정적 용수공급을 위한 정책을 마련하고자 하는데 있음



(a) 극심한 가뭃으로 타들어 가는 논바닥
자료 : 노컷뉴스



(b) 강원소방안전본부 농업용수 지원
자료 : 포토뉴스

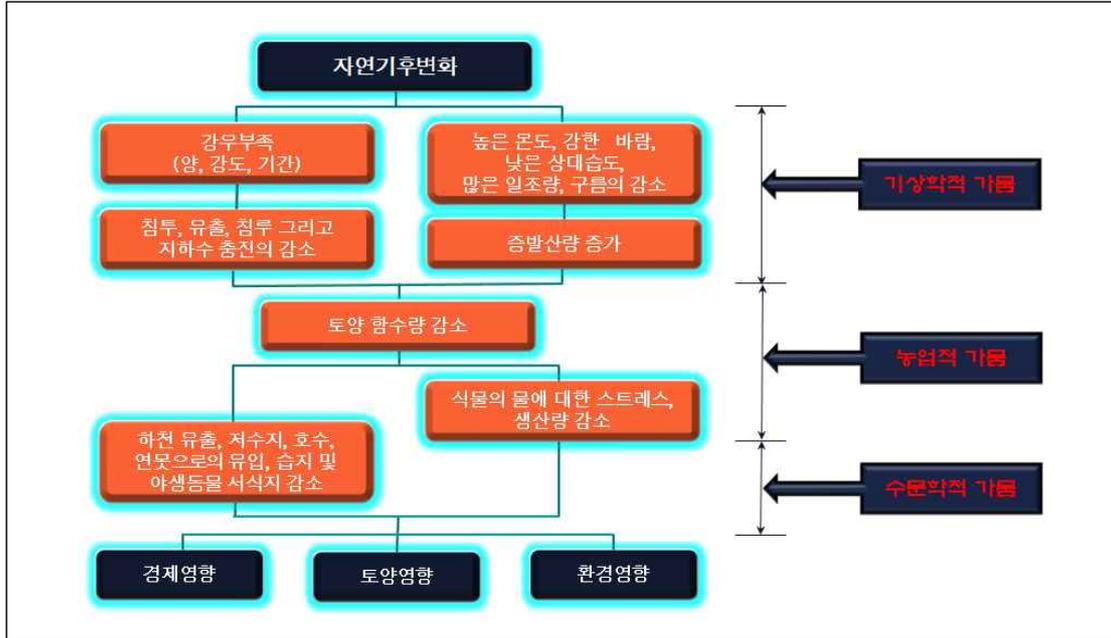


(a) 밭작물의 가뭃대응을 위한 용수공급
자료 : G1 뉴스

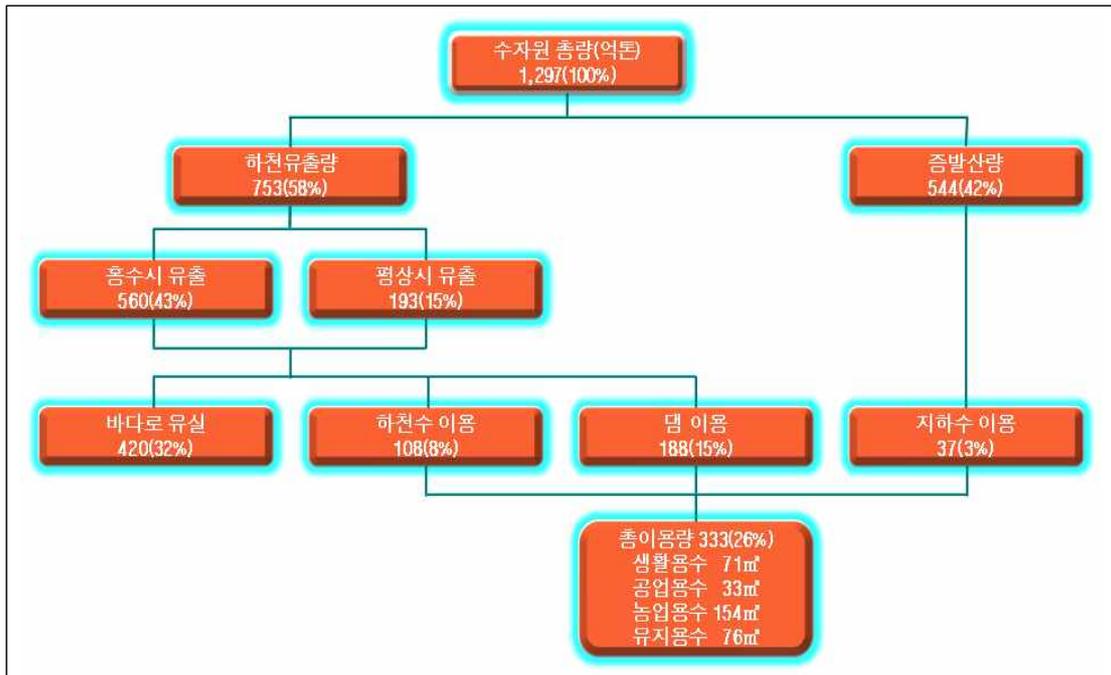


(b) 불볕더위와 밭작물의 가뭃피해
자료 : 포토뉴스

<그림 1.1> 가뭃으로 인한 농작물 피해 및 농업용수 공급



<그림 1.2> 가뭄영향의 순서도



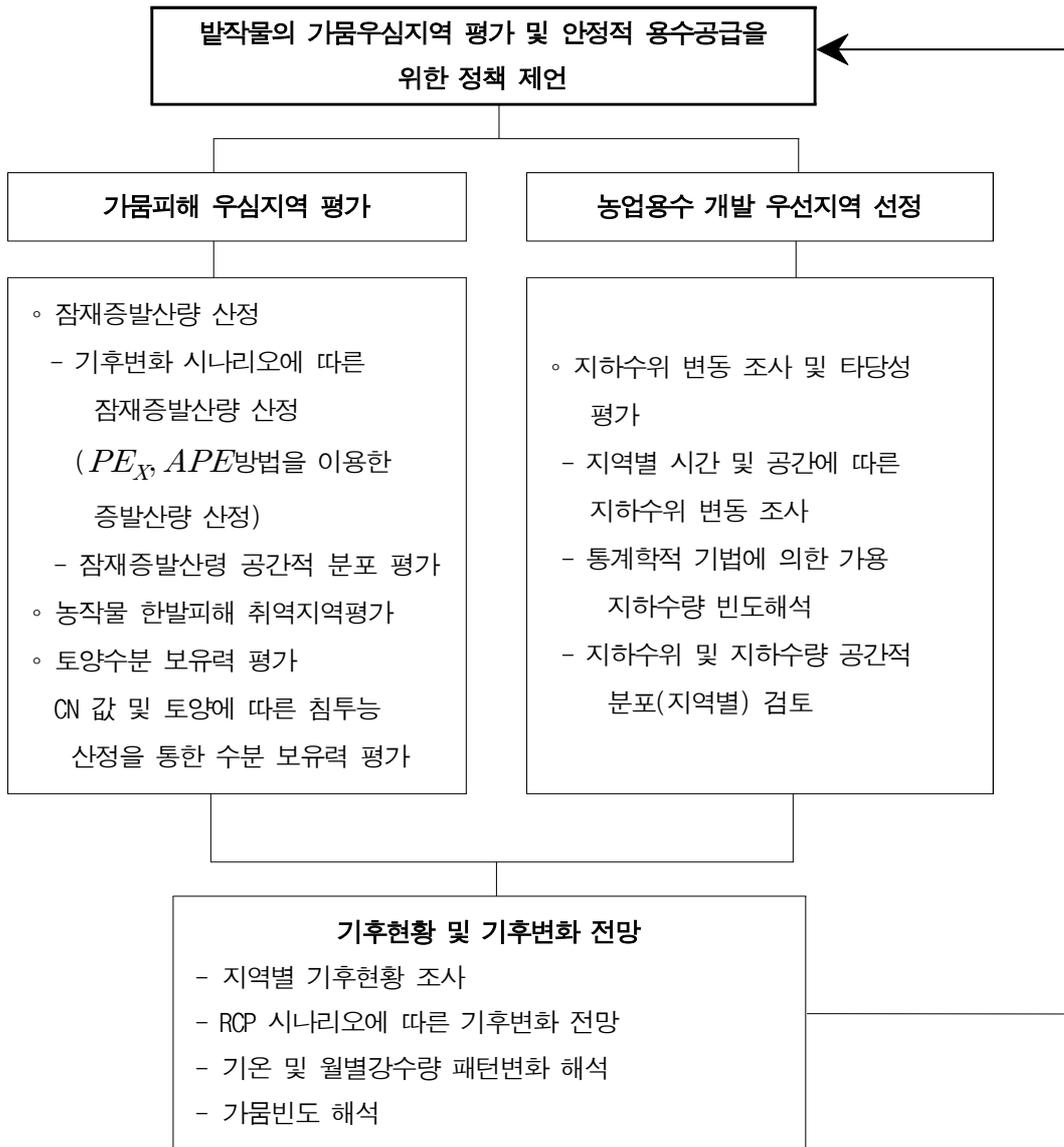
<그림 1.3> 우리나라 수자원 현황



제2절 연구의 내용 및 범위

본 과제는 강원도 내 18개 시·군 및 수자원 중권역을 대상으로 하였으며, 연구내용은 다음과 같음.

- 강원도 농업환경 조사 및 분석
- 강원도 기후특성 및 미래기후변화 전망
- 강원도 시·군별 가뭄취약성 평가
- 수문학적 특성에 의한 행정구역별 가뭄 우심지역 진단·평가
- 수원확보 및 수자원 관리를 위한 안정적 용수공급을 위한 정책 제언

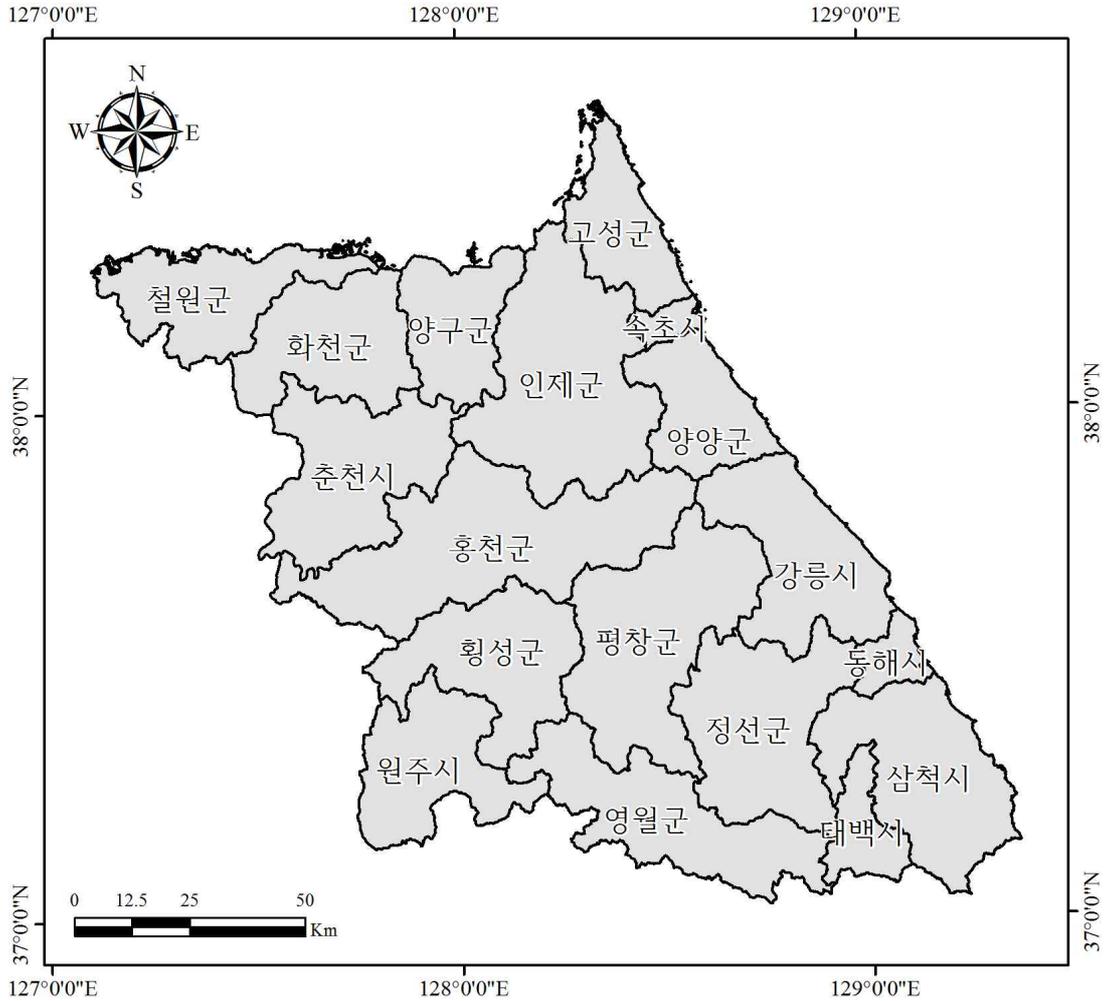




제3절 강원도 지형특성

1. 입지 및 자연환경

- 강원도는 한반도 중앙부 동측의 태백산맥을 중심으로 동쪽은 영동, 서쪽은 영서지역으로 구분하며, 위도 상으로는 북위 37도 02분에서 38도 37분에 걸쳐고 경도 상으로는 동경 127도 05분에서 129도 22분에 걸쳐 있음
- 북위 38도선은 강원도의 중앙부를 통과하고 휴전선은 고성군 현내면 북위 38도 45분 근처에서 서남하하여 향로봉, 문등리 및 김화읍의 북방을 연결하는 북위 38도 20분선 부근에서 145km에 걸쳐 있음
- 강원도의 지형분포는 면적의 대부분이 산지로 형성된 산악지형이며, 한반도의 척추인 태백산맥을 분수령으로 동쪽은 영동, 서쪽은 영서지방으로 나뉨. 표고 분포는 100m 이하의 저지대가 강원도 총 면적의 5.6%로 매우 적으며, 대부분 500m 이상의 고지대임
- 강원도의 하천은 태백산맥을 분수령으로 하여 동·서로 나뉘어 발달. 서사 면에는 한탄강이 남대천과 분수령을 이루고 남류하여 임진강으로 유하함
- 남부에는 남한강이 황병산에서 발원하여 오대천·주천강·평창강 등과 합류하여 영월 남부에서 충북으로 흘러들어 유역에는 대관령·진부 부근의 평탄면과 정선·평창·영월 등의 분지를 형성
- 태백산맥의 동쪽 사면은 산맥이 해안까지 임박하여 있기 때문에 하천의 유로 연장은 짧고 유역에 넓은 평야는 별로 없으며, 고성에 남강, 속초에 소야천, 양양에 남대천, 연곡에 연곡천, 강릉에 남대천, 북평에 전천, 교가에 마읍천 등이 하구 부근에 해안평야를 이룸. 하천 우수 흐름에 의해 운반·퇴적된 화강암질 백사가 사주·사취 등을 이루는 지형적 특성을 보임



<그림 1.4> 강원도 행정구역 현황

2. 토지이용 현황

- 강원도는 총 18개의 시·군과 187개의 읍·면·동으로 이루어져 있으며, 총 면적은 16,873.50km² 임
- 행정구역별 면적은 홍천군이 약 1,820km²로 강원도 전체의 약 10.8%로 면적이 가장 넓으며, 인제군(약 9.7%), 평창군(약 8.7%)순으로 분포. 토지 지목별 현황으로는 임야 면적이 13,796km²로 전체 면적의 82%를 차지함
- 지목별로는 2014년 기준 임야 13,796km², 전 1,036km², 답 567km²의 면적 분포를 보임

<표 1.1> 강원도 토지 지목별 이용현황

| 구분 | 지목별 면적(km ²) | | | | |
|-------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 2010년 | 2011년 | 2012년 | 2013년 | 2014년 |
| 전 | 1,037 | 1,042 | 1,044 | 1,042 | 1,036 |
| 답 | 590 | 583 | 578 | 573 | 567 |
| 과수원 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 목장용지 | 69 | 68 | 68 | 67 | 67 |
| 임야 | 13,721 | 13,784 | 13,771 | 13,804 | 13,796 |
| 광천지 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 대지 | 157 | 160 | 163 | 166 | 170 |
| 공장용지 | 21 | 22 | 23 | 23 | 24 |
| 학교용지 | 19 | 19 | 19 | 19 | 20 |
| 주차장 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 주유소용지 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 창고용지 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 도로 | 240 | 246 | 251 | 254 | 256 |
| 철도용지 | 15 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 하천 | 376 | 378 | 379 | 380 | 380 |
| 제방 | 16 | 17 | 17 | 18 | 18 |
| 구거 | 140 | 140 | 140 | 141 | 140 |
| 유지 | 131 | 133 | 133 | 133 | 133 |
| 양어장 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 수도용지 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 공원 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 체육용지 | 26 | 30 | 31 | 31 | 34 |
| 유원지 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 종교용지 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 사적지 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 묘지 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 잡종지 | 99 | 113 | 119 | 124 | 129 |
| 미복구 | 181 | 79 | 83 | 44 | 48 |
| 합계 | 16,874 | 16,866 | 16,874 | 16,874 | 16,874 |

자료 : 강원통계정보(2017년 강원통계연보)

제 2 장

가뭄의 기준 및 가뭄지수

제 1 절 가뭄의 기준 및 예·경보

제 2 절 가뭄지수(SMI)

제2장

가뭄의 기준 및 가뭄지수



제1절 가뭄의 기준 및 예·경보

1. 가뭄의 정의

- 가뭄은 어느 지역에서 일정 기간 이상 평균 이하의 강수로 인해 강수량 부족이 장기화되는 현상으로 기상학적 가뭄과, 농업적·수문학적·사회경제학적 가뭄으로 분류
- 가뭄은 자연적 요인과 인위적 요인을 들 수 있으며, 이는 물부족 현상을 야기하고 하천수 또는 저수지의 유입량, 토양수분의 감소 등으로 사회·경제학적 가뭄으로 이어지게 됨
 - 자연적 요인은 강우의 부족과 무강우일수 증가, 강수량의 변화, 증발산량 증가 등으로 하천이나 저수지 유입량 감소에 따른 물부족 현상, 토양 수분량 감소를 들 수 있음
 - 인위적 가뭄은 도시의 개발에 따른 불투수층 증가로 직접유출은 증가하며, 기저 유출량은 감소하여 지하수의 변동과 하천이나 저수지 유입량 감소에 따른 물부족 현상과 용수공급시 발생하는 관망손실(유입·출구·마찰손실)과 시설의 노후화에 따른 누수율 등을 들 수 있음

<표 2.1> 가뭄의 정의

| 구분 | 설 명 | 요인 및 주요현상 |
|-------------------------------------|---|--------------------------------|
| 기상학적 가뭄 (Meteorological Drought) | <ul style="list-style-type: none"> - 일정기간 평균 강수량보다 적은 강수로 건조한 날이 지속되는 현상 - 정상상태와 비교하여 건조정도 및 건조상태의 지속기간을 기초로 정의 - 기상학적 가뭄은 강수부족을 초래하는 대기상태가 지역에 따라 상이 | 강수량 부족, 고온, 풍속 강화, 일조시간·증발량 증가 |
| 농업적 가뭄 (Agricultural Drought) | <ul style="list-style-type: none"> - 토양수분 감소에 따른 작물 생육에 필요한 수분 부족 - 실제 증발산량과 잠재증발산량의 차, 토양수분 부족, 지하수 및 저수지량 부족 - 농업적 가뭄은 기상학적 가뭄에 따르며, 농업적 가뭄 이후에 수문학적 가뭄 발생 | 토양수분 부족, 식물 수분량 부족, 작물 수확 감소 |
| 수문학적 가뭄 (Hydrological Drought) | <ul style="list-style-type: none"> - 수자원 공급의 부족을 수문학적 가뭄으로 정의하며, 댐이나 저수지, 하천 등의 수량부족 등을 의미 - 하천수, 저수지 및 지하수 공급원에 해당되는 강수량 부족과 그 기간에 의해 가뭄의 빈도와 심도 결정 - 인간의 물수요에 따른 공급부족이 수문학적 가뭄을 야기 - 일반적으로 수문학적 가뭄은 기상학적 가뭄이나 농업적 가뭄의 발생 시기보다 시간적으로 지체되는 특성을 갖음 | 하천·저수지 유입량 감소, 댐 저수율 감소 |
| 사회경제적 가뭄 (Socioeconomic Drought) | <ul style="list-style-type: none"> - 사회적으로 물의 수요가 증가하여 공급량을 초하여 발생하는 물부족 현상 - 농업·공업·생활용수의 부족은 사회경제적 가뭄으로 이어지며, 이는 물 수요 공급과 연관되어 있음 | 농업·공업·생활 용수 부족 |

자료 : White and Glantz(1995)

2. 가뭄의 사회적, 경제적, 환경적 영향평가

- 자연재해, 즉 태풍이나 홍수 및 지진 등은 시각적으로 볼 수 있으며 즉각적인 피해를 몸으로 느낄 수 있으나, 가뭄은 시작과 끝이 부정확하며 장시간에 걸쳐 피해 발생. 심한 가뭄이 발생되면 인간이 극복하기 가장 힘들며 사회적, 경제적, 환경적 및 심리적인 피해까지 발생시켜 직·간접적으로 막대한 피해를 발생
- 가뭄의 영향은 보통 직접적인 영향과 간접적인 영향으로 분류되어지고 있으며 직접적인 영향의 예로는 농·수·축산물의 피해와 생산량 감소, 산불위험의 증가, 수위의 하강, 고사작물의 증가, 야생동물이나 어종의 감소 등을 들 수 있음
- 직접적인 영향의 결과로 간접적인 영향이 발생하게 되며, 그 예로는 작물 등의 생산감소로 인한 농업 및 산림업 종사자의 소득감소, 농산물 및 목재의 가격상승, 실업률증가, 지출감소로 인한 세수감소, 범죄 및 경제사범의 증가 등이 간접적인 영향
- 이와 같이 가뭄으로 인한 그 후유증은 광범위하며, 경제적인 가치를 정확히 추정하기는 매우 어렵고, 가뭄의 영향은 공간적 및 시간적으로 그 특성이 다르고 사회·경제·환경적 등 여러 면에서 발생
- 가뭄에 의한 사회적, 경제적, 환경적 영향은 다음과 같음
 - 사회적 영향 : 사회적 영향으로는 주로 공공안전, 건강, 물 사용자와 지체간의 수리권 분쟁, 삶의 질 저하, 구호 물품의 부적절한 분배 등을 들 수 있으며, 가뭄의 경제적, 환경적 악영향은 사회적 피해 영향에 해당되는 부분이 많음.
 - 경제적 영향 : 경제적인 피해는 주로 지표나 지하의 물 공급에 의존하는 농업과 이에 관계있는 산림업과 어업에 주로 영향을 미치며, 식량생산의 감소와 목축과 관련된 수확의 감소 외에 가뭄은 전염병, 식물의 고사, 바람에 의한 풍화작용 등 부수적인 악영향이 있음. 이외 곤충창궐, 산림 병충해, 성장저하 등의 문제를 야기 시키며, 극심한 가뭄 중에는 인간과 자연생태계를 파괴하는 산불을 야기하기도 함.
 - 환경적 영향 : 환경적 측면에서의 손실을 보면, 식물과 야생동물에 대한 피해와, 공기과 수질 악화, 산불, 생태계 파괴. 자연 상태의 질의 저하, 침식작용으로 인한 피해 등을 들 수 있으며, 보통 가뭄의 피해는 한시적으로 발생했다가 원상태로 복귀하지만, 가뭄으로 인한 산불피해는 반 영구적으로 생태계에 악영향으로 남게 됨.

3. 가뭄단계별 조치사항 및 재난 특별 선포지역 절차

1) 가뭄 예·경보 기준 및 단계별 조치사항

- 가뭄의 판단기준은 하천유량, 저수지, 지하수 등 가용수자원의 양으로 정의하며, 농업적 기준은 영농기철 평균 저수율과 토양유효수분 기준으로 판단, 예·경보 발효는 4단계에 의해 발효

<표 2.2> 가뭄 예·경보 기준 (농업용수)

| 구 분 | 가뭄 예·경보 기준 |
|------|---|
| 관심 | [논] : 영농기 평년저수율의 70% 이하인 경우 [밭] : 영농기 토양 유효수분율이 60% 이하 |
| 주의 | [논] : 영농기 평년 저수율의 60% 이하, 비영농기 저수율이 다가오는 영농기 모내기 용수공급에 물 부족이 예상되는 경우 [밭] 영농기 토양 유효수분을 45%이하 |
| 심함 | [논] : 영농기 평년 저수율의 50%이하 [밭] : 영농기 토양 유효수분을 30%이하 ※ 위와 같은 상황에서 가뭄피해가 발생하였거나 예상되는 경우 |
| 매우심함 | [논] : 영농기 평년 저수율의 40%이하 [밭] : 영농기 토양 유효수분을 15%이하 ※ 위와 같은 상황에서 대규모 가뭄피해가 발생하였거나 예상되는 경우 관계부처 협의를 통해 결정 |

자료 : 행정안전부

<표 2.3> 가뭄판단 기준(농업용수)

| 구 분 | 가뭄 예·경보 기준 |
|----------------|--|
| 관심 (약한가뭄) | - 최근 2개월 해당지역 누적강수량이 평년대비 80% 미만이고 - 해당지역 저수지 저수율이 평년의 80~71% 또는 밭 토양 유효수분을 80~61% |
| 주의 (보통가뭄) | - 최근 2개월 해당지역 누적강수량이 평년대비 70% 미만이고, - 해당지역 저수지 저수율이 평년의 70~61% 또는 밭 토양 유효수분을 60~41% |
| 경계 (심한가뭄) | - 최근 2개월 해당지역 누적강수량이 평년대비 60% 미만이고 - 해당지역 저수지 저수율이 평년의 60% 이하 또는 밭 토양 유효수분을 40% 이하인 상황에서 가뭄피해가 발생하였을 경우 |
| 심각 (극심한 가뭄) | - 전국적인 대규모 가뭄피해가 발생하였거나, 발생 우려가 있는 경우 |

자료 : 행정안전부

- 관련부처에서는 가뭄단계별 가뭄재해의 항구적인 복구, 예방과 대응을 위해 “가뭄 종합대책” 및 이에 따른 조치사항을 마련하였음. 각 부처별 가뭄단계별 조치사항을 다음 표와 같음
- 또한, 자연재해 위험 개선지구에 “상습가뭄재해지구”를 추가하여 항구적인 가뭄대책이 마련될 수 있도록 「자연재배 대책법」 8조를 개정하여 본격적으로 국비를 지원하고 있음

**<상습가뭄재해지역 유형별
분류 기준>**

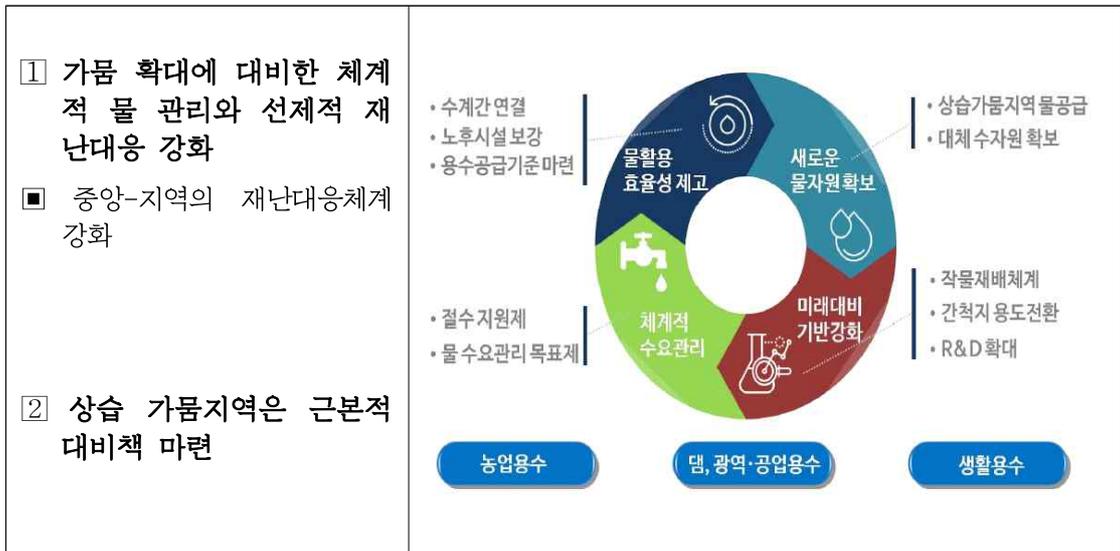
■ (법적근거) 자연재해대책법 시행령 제23조 4항

※ 상습가뭄재해지역의 지정해제 및 관리지침(행정안전부고시 제2017-1호) 제5조

■ (분류기준)

- 생활용수지역 : 식수·음용수의 용수원이 감소되어 공급량이 수요량의 50% 미만인 경우가 매년 반복적으로 발생하는 지역
- 농업용수지역 : 수리시설이 미비된 천수답 등 상습적인 용수부족지역, 농작물, 산림, 초지 등에 필요한 토양수분량이 부족하여 토양 유효수분 비율이 40%이하의 경우 또는 농업용수 공급량이 수요량의 50% 미만인 경우가 매년 반복적으로 발생하는 지역
- 공업용수지역 : 산업단지의 용수공급원인 광역상수원 및 전용공업용수원의 부족으로 행정안전부장관이 급수대책이 필요하다고 인정하여 고시하는 지역

자료 : 행정안전부



<그림 2.1> 정부의 가뭄대응 종합대책 기본방향

자료 : 행정안전부(가뭄대응 종합대책, 2017)

<표 2.4> 농업적 가뭄단계별 중앙부처 조치사항

| 구 분 | 가뭄 예·경보 기준 |
|----------------|---|
| 관심 (약한가뭄) | <ul style="list-style-type: none"> - 관계부처 합동 TF 운영(행안부) - 강수량 및 저수율 모니터링 등 가뭄상황 관리(농식품부) - 물 부족 예상지역 용수확보대책 수립(농식품부) - 물 절약 교육 및 홍보(농식품부) |
| 주의 (보통가뭄) | <ul style="list-style-type: none"> - 관계부처 합동 TF 운영(행안부) - 가뭄 피해 예상지역 관리(농식품부) - 유관기관별 장비 점검·정비, 가동준비(농식품부) - 가뭄 피해 및 우려지역 가뭄대책비 지원계획 수립(농식품부) - 물 절약 교육 및 홍보(농식품부) |
| 경계 (심한가뭄) | <ul style="list-style-type: none"> - 관계부처 합동 TF 운영(행안부) - 가뭄대책을 위한 특별교부세 지원·검토(행안부) - 가뭄 피해 및 우려지역 가뭄대책비 지원(농식품부) - 저수지 물 채우기, 용수로 직접 급수(농식품부) - 관정개발·간이양수장 등 용수원 개발(농식품부) |
| 심각 (극심한 가뭄) | <ul style="list-style-type: none"> - 필요 시 중앙안전재난대책본부 운영(행안부) - 가뭄대책을 위한 특별교부세 확대 지원·검토(행안부) - 가뭄 피해 및 우려지역 가뭄대책비 지원(농식품부) - 저수지 물 채우기, 용수로 직접 급수(농식품부) - 관정개발·간이양수장 등 용수원 개발(농식품부) |

자료 : 행정안전부

<표 2.5> 농업적 가뭄단계별 국민 행동요령

| 구 분 | 가뭄 예·경보 기준 |
|----------------|---|
| 관심 (약한가뭄) | <ul style="list-style-type: none"> - 논 물걸러대기, 비닐피복 등의 절수재배 - 용배수로 청소나 수초제거 등 수로관리 - 절수영농계획 수립 |
| 주의 (보통가뭄) | <ul style="list-style-type: none"> - 물을 끌어올 수 있는 시설(수로)이나 물을 퍼 올릴 수 있는 장비(양수기), 호스 등 점검·정비 - 배수로·하천의 퇴수 양수 - 용수 절약 - 절수 영농계획 실천 |
| 경계 (심한가뭄) | <ul style="list-style-type: none"> - 주의단계의 국민 행동요령 준수 - 농업용수 확보가 원활하지 않아 가뭄이 우려되는 지역에서는 관정·우물 등 용수원 개발 - 배수로에 흘러나가는 물이 없도록 물꼬 관리 |
| 심각 (극심한 가뭄) | <ul style="list-style-type: none"> - 경계단계의 국민 행동요령 준수 - 지하수, 주변 하천수 등 이용 가능한 물을 끌어와 급수하기 - 모내기 불가 및 파종지연 지역 타작물 재배 |

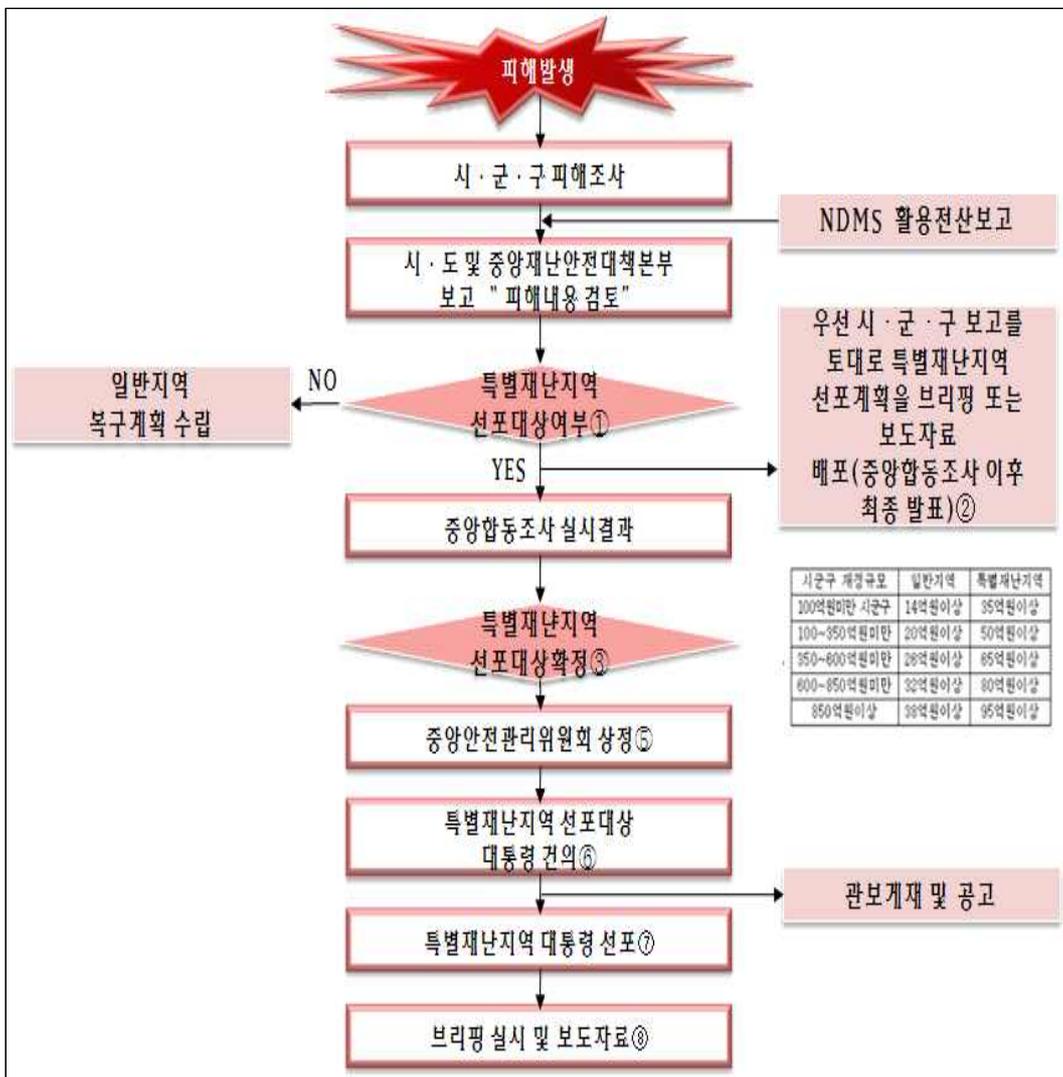
자료 : 행정안전부

2) 재난 특별지역 선포 절차

- 관련부처에서는 가뭄단계별 가뭄재해의 항구적인 복구, 예방과 대응을 위해 “가뭄 종합대책” 및 이에 따른 조치사항을 마련하고 있으며,
- 이에 대한 가뭄재해의 정도가 심각할 경우 재난으로 간주하여 「재난 및 안전관리 기본법 시행령」 및 「재난 및 안전관리 기본법에 의해 재난특별지역으로 선포할 수 있음
 - 자연재난으로서 일정 기준 이상의 재산 피해가 발생한 경우
 - 인적재난, 사회적 재난 중 당해 시·도의 행정·재정능력으로 수습이 곤란하여 국가적 차원의 지원이 필요한 경우
 - 그 밖에 재난 발생으로 인한 생활기반 상실 등 극심한 피해의 효과적인 수습 및

복구를 위하여 국가적 차원의 특별한 조치가 필요하다고 인정되는 경우에 특별재난지역을 선포할 수 있음

- 이때는 일정규모이상 자연재해발생 시·군·구 지방비 부담분의 국고 전환이 가능하고, 가뭄 지역의 걱정 용수공급 등 가뭄대책 비용 국고지원이 이뤄짐
- 가뭄의 선포절차는 「재난 및 안전관리기본법」에 의해 중앙안전관리위원회(위원장: 국무총리) 심의를 거쳐 대통령에게 건의 후 선포 및 공고(대통령공고)함



<그림 2.2> 특별재난지역 선포절차

자료 : 가뭄·황사·한파·폭염·산불재난 피해액 산정기준 등 제도화 방안 연구(소방방재청,2009)

4. 정부의 가뭄 대응 대책¹⁾

- 정부는 가뭄의 예방과 대처를 위해 매년 「가뭄종합대책」을 수립하여 추진하고 있으며, 주요 내용은 다음과 같음



<그림 2.3> 정부의 2019년 가뭄종합대책 내용

자료 : 정부, 체계적 가뭄 관리체계 가동(행정안전부,2019)

- 기후변화로 인해 최근 가뭄이 빈번하게 발생함에 따라, 가뭄에 대한 정보제공과 관련 기관의 대응 역량 강화
 - 현재 시행 중인 가뭄 예·경보를 법제화하고 정확도 향상을 위해 가뭄 경보단계의 세분화와 중기가뭄 예보 확대
 - 가뭄정보를 통합한 가뭄 통계집을 정기적으로 발간하고 시스템을 통해 국민에게 가뭄지수 등 정보제공 확대
 - 통합적 가뭄 위기 대응체계를 마련해 단계별로 가뭄에 체계적으로 대응*하고, 극한가뭄에 대비해 선제적 용수 확보와 가뭄 전문가 지역 협의체, 가뭄 체험장 운영 등을 통해 대응 역량 강화
- 연간 강수량의 변동 폭이 커지고 여름철에는 단기간에 강수가 집중*되는 등 이용에 어려움이 있어, 물 자원의 효율적 관리와 미래대비 새로운 자원 확보에 중점추진

1) 2019년 가뭄종합대책(행정안전부,2019)

■ 가뭄 정보제공 강화(7개 과제)

- 통합 가뭄 예·경보 제도개선 및 정확도 향상 추진
 - 예·경보제도 법제화, 경보단계 3→4단계 세분화, 중기가뭄(2개월) 예보 확대
- 통계집 발간 및 시스템 정보제공 확대 등 가뭄 정보제공 확대
 - 누적증발량·가뭄지수 등 정보제공 확대, 중장기 가뭄확산 예측시스템 개발 등

■ 가뭄 대응역량 강화(12개 과제)

- 통합적 가뭄 위기 대응체계 수립 및 단계별 대응 추진
 - 모니터링(관심) → 지자체·유관기관(주의) → 중수본(경계) → 중대본(심각)
 - 단계별 재난관리기금, 한발대비용수개발비, 특별교부세 등 가용자원 지원
- 극한 가뭄 대비 선제적 용수확보 추진
 - (농업) 평년대비 50~70% 강수 가정, (생·공) 200년 빈도 가뭄 고려 물채우기 등
- 지역 전문가 협의체 운영, 체험장 구축, 국제포럼 등 역량강화 추진

■ 물 자원 효율성 제고(21개 과제)

- 수원(水原)간 연계체계 강화 및 비상 시 급수조정 체계 마련
 - 지자체 수원이용현황 조사, 수계 및 댐-하천간 연계, 급수구역간 관로 연계
- 노후 시설 보수, 상수도 현대화 사업 등 시설관리 강화
 - 재해위험저수지('19년~, 1,569억), 농업시설('19년 3,900억), 상수도('17~'28년 30,962억)
- 대체작물 도입, 물 수요관리 절감 목표제* 등 체계적 수요관리 추진
 - 지자체 수도정비기본계획에 지자체 여건에 맞는 물 절감 목표 설정('19년~)

▣ 미래대비 기반 강화(25개 과제)

- 도서·산간 지방 상수도 확충, 보조 수원 개발 등 시설 확대
- 빗물 이용시설 의무화 확대, 강변여과 친환경 취수원 개발 추진
- 상습 가뭄지역의 관리강화와 중앙지원 확대
 - 상습가뭄재해지구(5개, 666억, '19~'22년), 농촌용수개발사업(10개, '19년, 2,361억)
- 가뭄 확산 예측 모델, 피해액 산정기준 등 R&D 투자

<표 2.6> 정부의 가뭄종합대책 분야별 세부과제

| 연번 | 과제명 | 소관부처 | 협조부처 | 완료 시기 |
|----|--------------------------|------|-----------|-------|
| | 가뭄정보제공 강화(7) | | | |
| 1 | 통합 가뭄 예·경보 법적근거 마련 | 행안부 | 농식품·환경·기상 | '19년~ |
| 2 | 국민 체감형 예·경보 체계마련 및 정보제공 | 행안부 | 농식품·환경·기상 | '19년~ |
| 3 | 가뭄정보 신뢰도 강화 | 기상청 | 환경부 | ~'22년 |
| 4 | 생·공용수 가뭄분석 기술 고도화 | 환경부 | 기상청 | '19년~ |
| 5 | 가뭄 예·경보 자치단체 의견수렴 시스템 마련 | 행안부 | 자치단체 | '19년~ |
| 6 | 통합 가뭄정보 통계집 마련 | 행안부 | 농식품·환경·기상 | '19년~ |
| 7 | 국민 체감형 가뭄정보 생산·서비스 | 환경부 | | '19년~ |
| | 가뭄대응역량 강화(12) | | | |
| 8 | 정례적 가뭄 종합대책 수립 | 행안부 | 농식품·환경·기상 | '17년~ |
| 9 | 가뭄 관리체계(TF) | 행안부 | 농식품·환경·기상 | '17년~ |
| 10 | 지자체 가뭄대책 지원 | 환경부 | | '19년~ |
| 11 | 가뭄대응 중대본 운영규정 개선 | 행안부 | 농식품·환경·기상 | '19년 |
| 12 | 지자체 정례협의 채널 구축 | 행안부 | 농식품·환경·기상 | '17년~ |
| 13 | 농업분야 가뭄지도 작성 | 농식품부 | 환경부 | ~'20년 |
| 14 | 생·공분야 가뭄 취약지도 작성 | 환경부 | 농식품부 | '18년~ |
| 15 | 통합가뭄정보시스템 구축 | 환경부 | 농식품·기상 | '19년~ |
| 16 | 가뭄 담당자 교육 및 전문가 협의체 운영 | 행안부 | 자치단체 | '19년~ |
| 17 | 가뭄 국비지원 사업 현장점검 등 사후관리 | 행안부 | 자치단체 | '19년~ |
| 18 | 국민 가뭄 체험(교육) 서비스 시행 | 환경부 | | '19년~ |
| 19 | 가뭄관리 국제협력 활성화 | 환경부 | | '19년~ |

| 연번 | 과제명 | 소관부처 | 협조부처 | 완료 시기 |
|----|------------------------|------|------|-------|
| | 물 자원 효율성 제고(21) | | | |
| 20 | 수원 이용현황 조사 | 행안부 | 자치단체 | |
| 21 | 아산호-안성시 금광, 마둔지 수계연결 | 농식품부 | | ~'20년 |
| 22 | 아산호-삽교호-대호호 수계연결 | 농식품부 | | ~'21년 |
| 23 | 영산강IV지구 대단위 종합개발 | 농식품부 | | ~'27년 |
| 24 | 노후 시설 보수·보강 | 농식품부 | | '17년~ |
| 25 | 저수지 준설 | 농식품부 | | '17년~ |
| 26 | 용수이용 체계재편 | 농식품부 | | ~'21년 |
| 27 | 제주 농업용수 통합 광역화 | 농식품부 | | ~'25년 |
| 28 | 광역상수도 급수체계 조정 | 환경부 | | ~'25년 |
| 29 | 댐 운영방식 변경 | 환경부 | | '17년~ |
| 30 | 지방상수도 현대화 사업 | 환경부 | | ~'28년 |
| 31 | 급수구역간 비상연계체계 구축 | 환경부 | | '18년~ |
| 32 | 물순환체계 구축 | 환경부 | | ~'21년 |
| 33 | 논 타작물 재배 | 농식품부 | | ~'19년 |
| 34 | 간척지 재배방식 다각화 | 농식품부 | | ~'26년 |
| 35 | 농지 타용도 활용 | 농식품부 | | '18년~ |
| 36 | 스마트 물관리 시스템 | 농식품부 | | '18년~ |
| 37 | 중장기 용수수요 산정 | 농식품부 | | ~'19년 |
| 38 | 하천수 사용허가제도 개선 | 환경부 | | '17년~ |
| 39 | 물 절약 유도 | 환경부 | | '17년~ |
| 40 | 하수처리수 재이용 확대 | 환경부 | | ~'20년 |
| | 미래대비 기반강화(25) | | | |
| 41 | 농촌용수개발 | 농식품부 | | ~'25년 |
| 42 | 임진강수계 용수대책 | 농식품부 | | ~'21년 |
| 43 | 용수원 다각화 | 농식품부 | | '18년~ |
| 44 | 밭 기반정비 | 농식품부 | | '17년~ |
| 45 | 충남서부권 광역상수도 사업 | 환경부 | | ~'22년 |
| 46 | 대산임해 해수담수화 | 환경부 | | ~'20년 |
| 47 | 대청댐(Ⅲ) 광역상수도 사업 | 환경부 | | ~'20년 |
| 48 | 광역 및 공업용수도 사업 | 환경부 | | ~'25년 |
| 49 | 농어촌 광역상수도 보급 | 환경부 | | ~'19년 |
| 50 | 나눔 지하수사업 | 환경부 | | ~'26년 |

| 연번 | 과제명 | 소관부처 | 협조부처 | 완료 시기 |
|----|-------------------------|------|-----------|-------|
| 51 | 지하수 관측망 활용 | 환경부 | | ~'21년 |
| 52 | 지하수댐 설치 | 환경부 | | '19년 |
| 53 | 급수취약지역 지방 상수도 확충 | 환경부 | | '17년~ |
| 54 | 도서·산간지역 맞춤형 용수공급 | 환경부 | | '18년~ |
| 55 | 지방상수도 비상급수 우려지역 가뭄대책 추진 | 환경부 | | '18년~ |
| 56 | 대체 수자원 확보 | 환경부 | | '18년~ |
| 57 | 작물재배체계 등 기술개발 촉진 | 농식품부 | | ~'21년 |
| 58 | 선제적 재해대응 체계 구축 | 농식품부 | | ~'21년 |
| 59 | 유역단위 수자원 관리체계 구축 | 환경부 | | ~'20년 |
| 60 | 누수방지 기술개발(R&D) 추진 | 환경부 | | ~'20년 |
| 61 | 메가가뭄 대응방안 마련 | 행안부 | 농식품·환경·기상 | ~'23년 |
| 62 | 가뭄 피해 산정 및 피해액 산정기준 마련 | 행안부 | 농식품·환경 | ~'22년 |
| 63 | 상습가뭄재해지역 선제적 지원 확대 | 행안부 | 농식품·환경 | '19년~ |
| 64 | 농작물 재해보험 제도개선 | 농식품부 | | '17년~ |
| 65 | 분쟁조정 제도 구축 | 농식품부 | 환경부 | '18년~ |
| | 완료과제(13) | | | |
| 완료 | 저수지 물 그릇 키우기 | 농식품부 | | ~'18년 |
| 완료 | 용수댐 용수공급 조정 기준 마련 | 환경부 | | '18년 |
| 완료 | 보령댐 '도수로 운영기준' 개정안 마련 | 환경부 | | ~'18년 |
| 완료 | 용수공급능력 재평가 | 환경부 | | ~'18년 |
| 완료 | 뚝방 조성 | 농식품부 | | '18년 |
| 완료 | 충남지역 가뭄조사 및 대책 마련 | 환경부 | | ~'18년 |
| 완료 | 수자원 이용 우선순위 정립 | 환경부 | | '18년 |
| 완료 | 물 수요관리 절감목표제 | 환경부 | | '18년 |
| 완료 | 이수안전도 설계기준 제고 | 환경부 | | ~'18년 |
| 완료 | SWG 기술 고도화 | 환경부 | | ~'19년 |
| 완료 | 취수안전도 분석 | 환경부 | | '18년 |
| 완료 | 가뭄취약지역 제도 | 행안부 | | '18년 |
| 완료 | 가뭄피해 지역 주민지원 | 농식품부 | | ~'18년 |
| | 조정과제(1) | | | |
| 병합 | 해수담수화 확대(→53번 과제와 병합) | 환경부 | | ~'20년 |

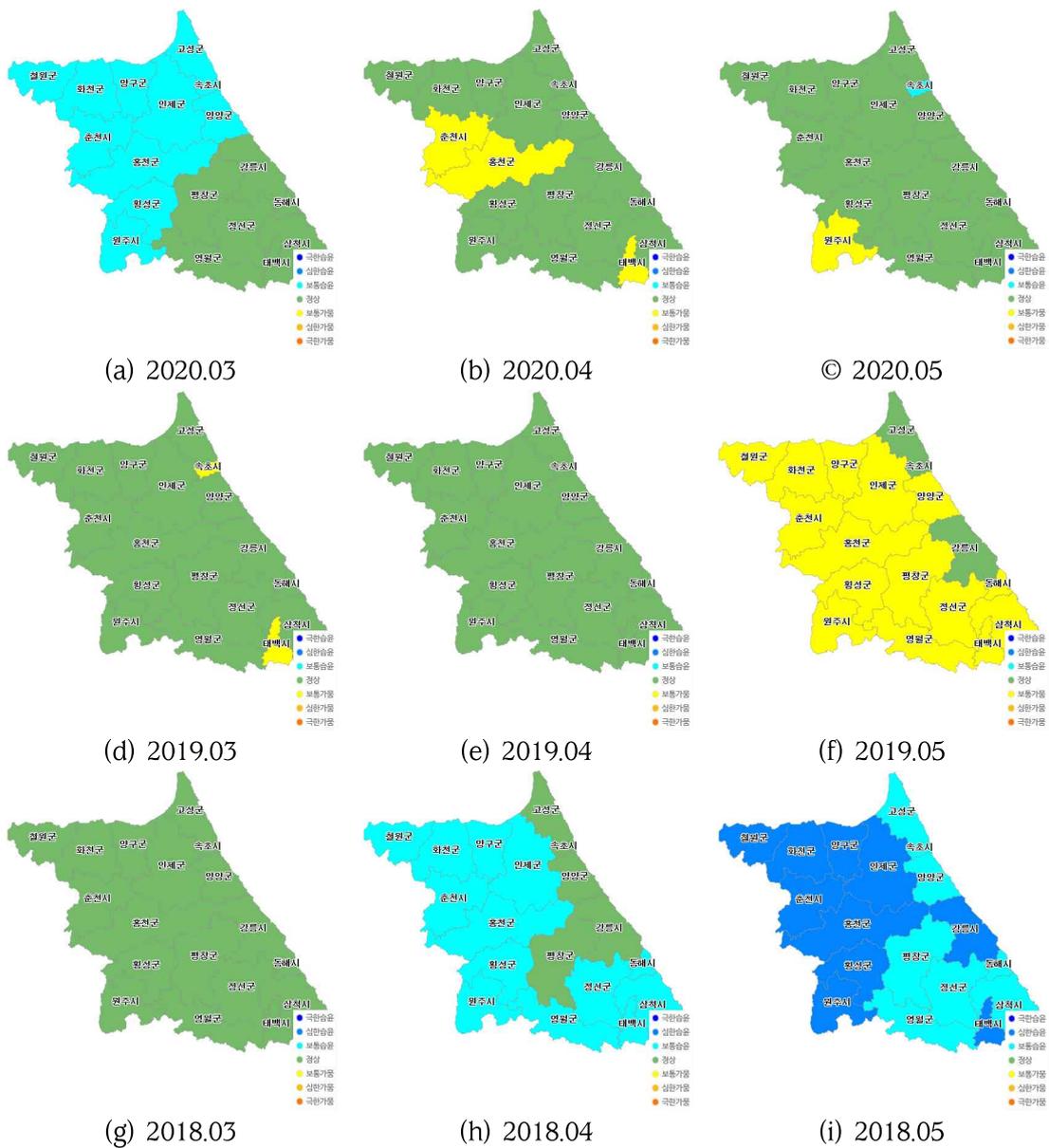
자료 : 가뭄종합대책(행정안전부, 2019)



제2절 가뭄지수(SMI) 및 우심피해 현황

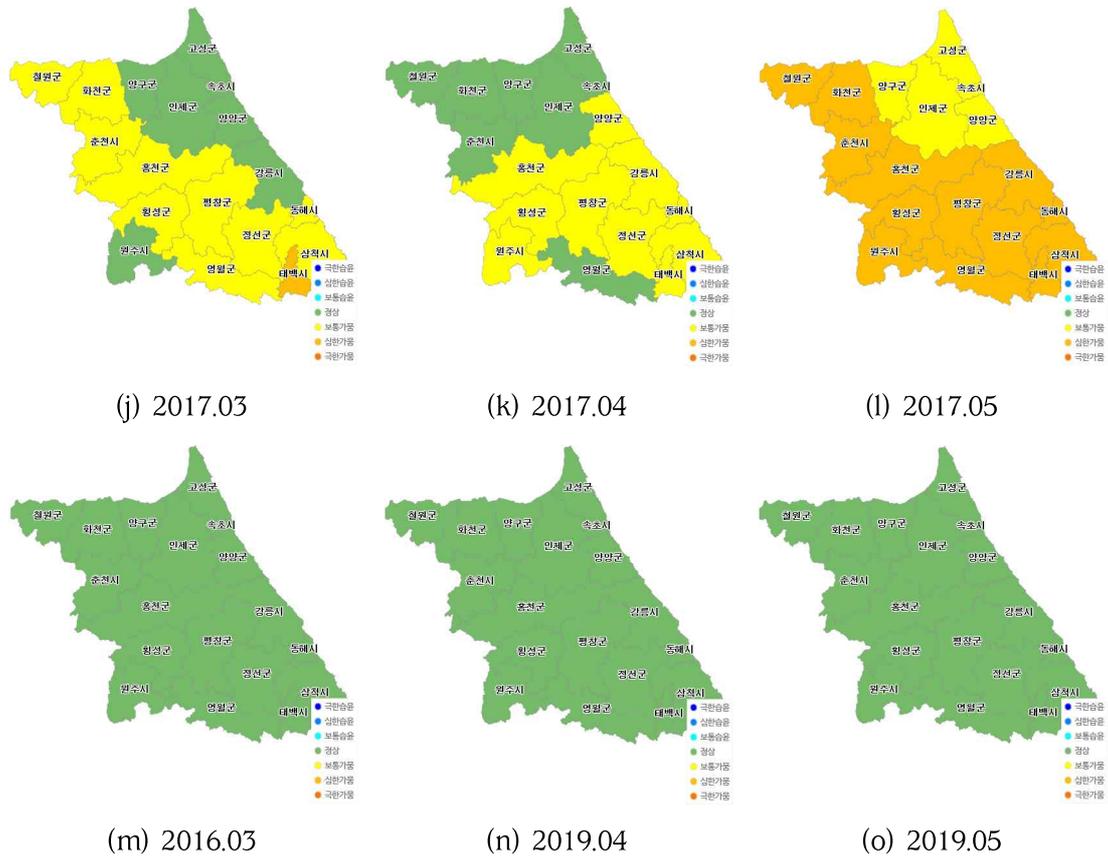
1. 가뭄지수

- 최근 5년간 강원도 지역의 기상학적 가뭄지수(Standardized Precipitation Index)는 다음과 같음



<그림 2.4> 정부의 가뭄대응 종합대책 기본방향

자료 : 국가가뭄정보포털(<http://drought.go.kr>)

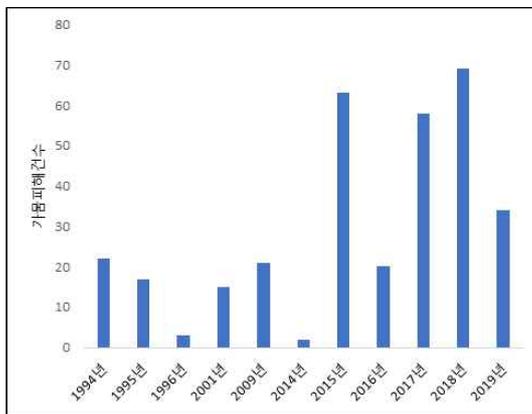


<그림 2.4> 정부의 가뭄대응 종합대책 기본방향 계속

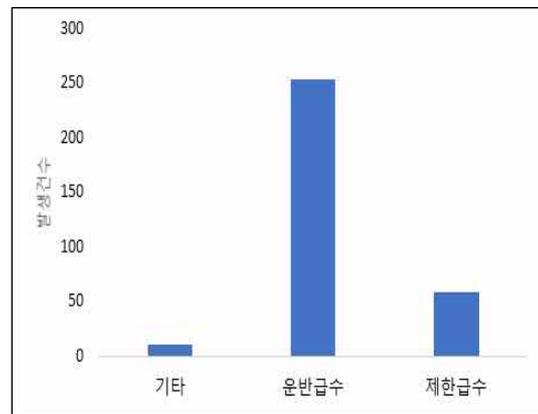


2. 가뭄 우심피해 현황

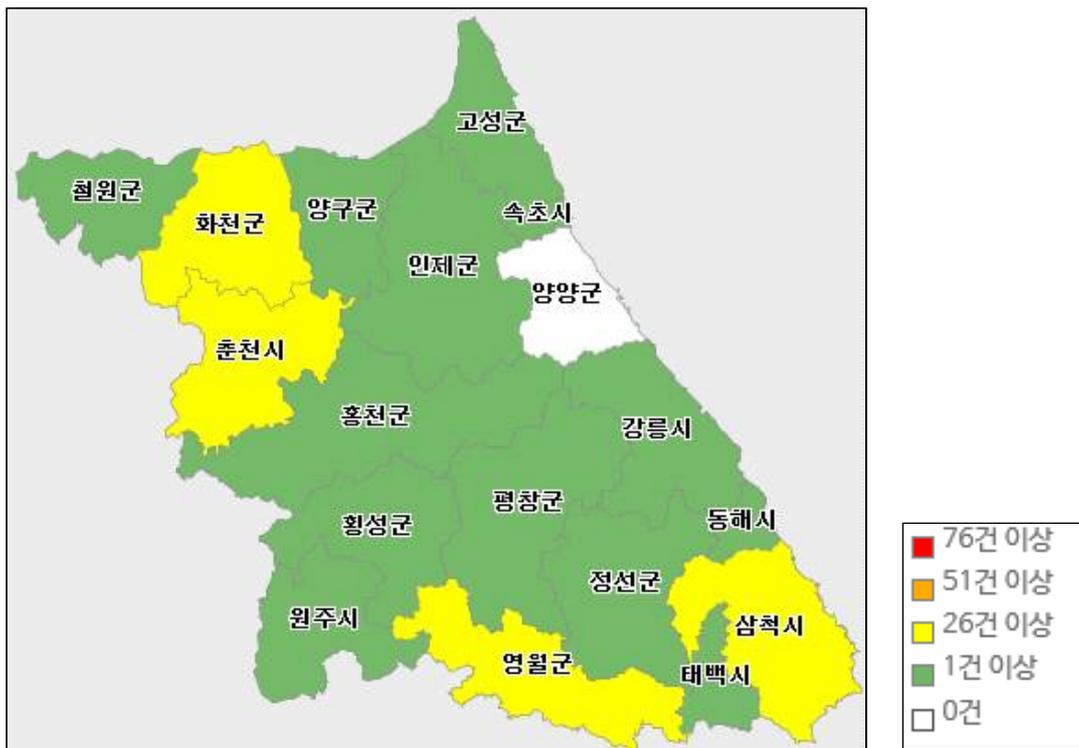
- 1990년대 이후 강원도 가뭄 우심피해는 점점 증가하는 경향을 보이고 있으며, 2010년대 이후 급격히 증가한 것으로 나타남. 연도별로는 2018년이 69건으로 가장 큰 피해 건수를 보임
- 지역별로는 양양을 제외한 전체지역에서 가뭄에 대한 피해를 보이고 있으며, 춘천과 화천, 영월과 삼척을 제외한 지역에서 평균적으로 76건 이상의 가뭄 피해를 보임



(a) 가뭄 피해 건수



(b) 발생 건수



<그림 2.5> 강원도 가뭄 피해 현황

제 3 장

농업 경작지 현황 및 용수 이용 전망

제 1 절 농업경작지 현황 및 용수이용전망

제 2 절 농업용수 수요현황 및 전망

제3장

농업 경작지 현황 및 용수이용 전망



제1절 농업경작지 및 용수현황

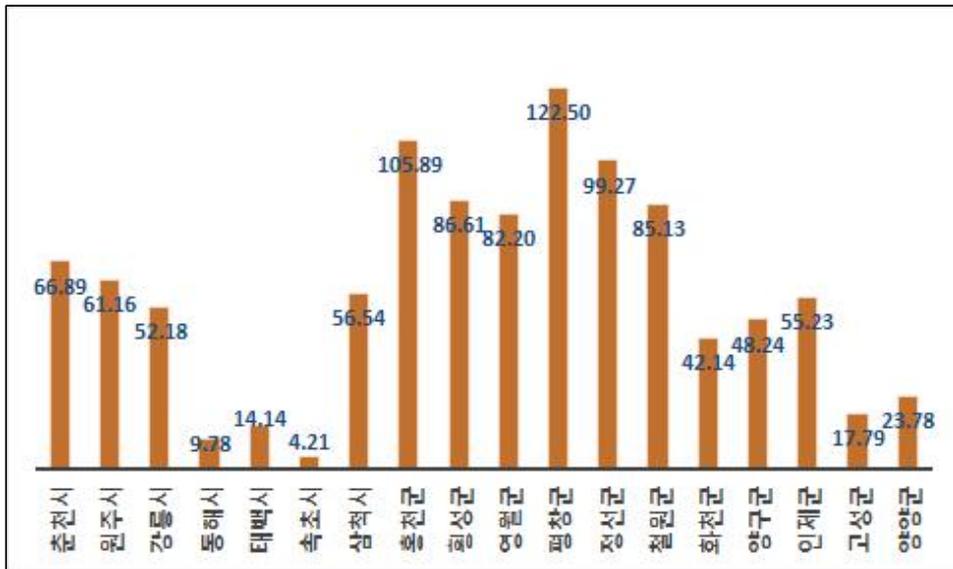
1. 농업경작지

- 강원도의 전체 농업경작지 면적은 1,594.80km²이며, 이중 밭(전)면적이 1033.7km²로 전체면적의 64.8%를 논(답)면적이 561.3km²를 보여 35.1%를 차지하는 것으로 조사됨. 지역별로는 논(답)의 경우 철원군이 122.8km²를 밭(전)은 평창군이 가장 큰 면적을 보였으며, 밭(전)은 평창군이 122.5km²로 가장 큰 면적을 보임.
- 농업수리시설별 경작지는 논(답)이 438.5km²로 78.1% 수리시설을 갖추고 있는 것으로 나타났으나, 밭(전)의 경우 비관개전이 821.65km²로 약 79.5%가 수리시설을 갖추고 있지 않은 것으로 조사되었음. 지역별로는 철원군이 밭(전)의 비관개전 면적이 78.25km²로 92%를 보임.

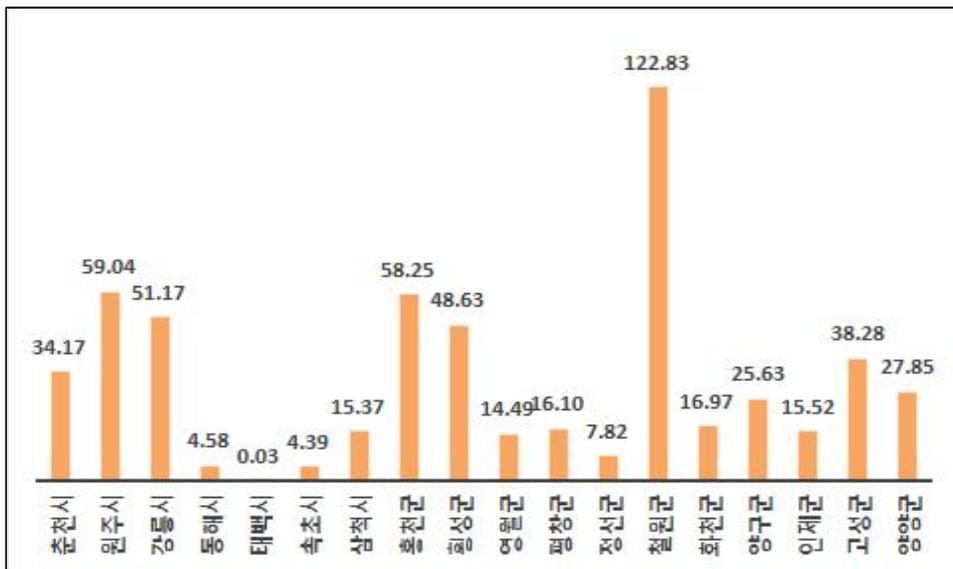
<표 3.1> 수리시설별 농업경작지 현황

| 구 분 | 답(km ²) | | | 전(km ²) | | |
|-----|---------------------|--------|------------|---------------------|--------|--------|
| | 합계 | 수리답 | 수리 불안전답 | 합계 | 관개전 | 비관개전 |
| 춘천시 | 34.17 | 27.65 | 6.52 | 66.89 | 12.75 | 54.14 |
| 원주시 | 59.04 | 45.01 | 14.02 | 61.16 | 6.30 | 54.86 |
| 강릉시 | 51.17 | 38.09 | 13.09 | 52.18 | 13.20 | 38.97 |
| 동해시 | 4.58 | 3.49 | 1.10 | 9.78 | 0.92 | 8.87 |
| 태백시 | 0.03 | - | 0.03 | 14.14 | 14.14 | - |
| 속초시 | 4.39 | 3.62 | 0.77 | 4.21 | 0.75 | 3.46 |
| 삼척시 | 15.37 | 12.41 | 2.96 | 56.54 | 14.64 | 41.90 |
| 홍천군 | 58.25 | 48.12 | 10.13 | 105.89 | 8.39 | 97.50 |
| 횡성군 | 48.63 | 34.61 | 14.02 | 86.61 | 9.01 | 77.60 |
| 영월군 | 14.49 | 13.83 | 0.65 | 82.20 | 8.96 | 73.24 |
| 평창군 | 16.10 | 14.21 | 1.88 | 122.50 | 32.55 | 89.95 |
| 정선군 | 7.82 | 6.42 | 1.41 | 99.27 | 44.88 | 54.39 |
| 철원군 | 122.83 | 96.79 | 26.04 | 85.13 | 6.88 | 78.24 |
| 화천군 | 16.97 | 12.23 | 4.74 | 42.14 | 6.77 | 35.37 |
| 양구군 | 25.63 | 12.81 | 12.82 | 48.24 | 15.39 | 32.84 |
| 인제군 | 15.52 | 13.49 | 2.03 | 55.23 | 9.00 | 46.24 |
| 고성군 | 38.28 | 33.33 | 4.95 | 17.79 | 2.79 | 15.00 |
| 양양군 | 27.85 | 22.39 | 5.46 | 23.78 | 4.76 | 19.02 |
| 합 계 | 561.13 | 438.51 | 122.62 | 1033.67 | 212.08 | 821.59 |

자료 : 강원통계연보

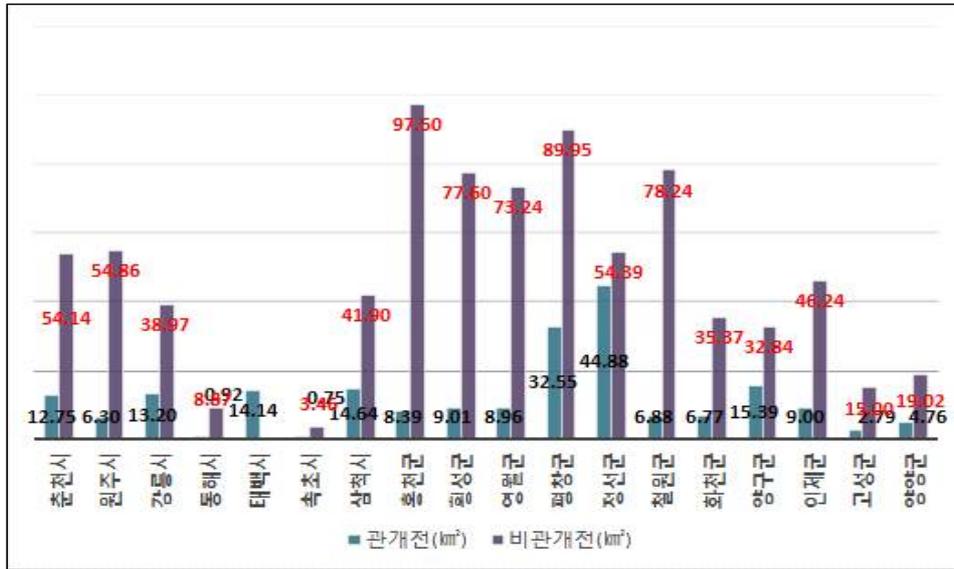


(a) 밭(전) 경작지 현황(km²)

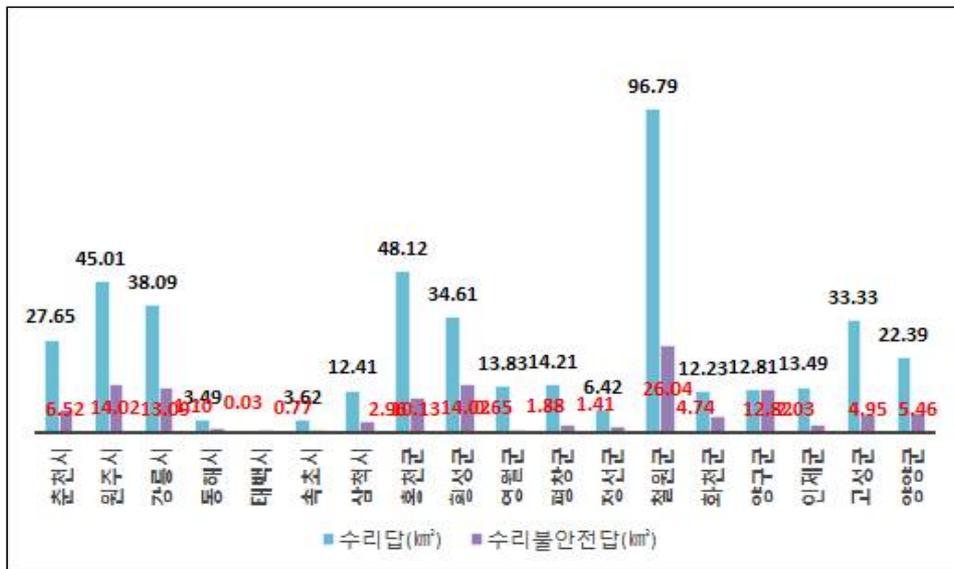


(b) 논(답) 경작지 현황(km²)

<그림 3.1> 지부별 농업 경작지 현황



(a) 발(전) 경작지 현황(km²)



(b) 논(답) 경작지 현황(km²)

<그림 3.2> 농업수리시설별 경작지 현황

2. 저수지 수혜 현황

- 강원도 내 농업용 저수지는 총 316개소가 있으며, 유효저수량은 약 1억 천 8백 톤으로 평년저수율은 94.8% 정도임. 저수지 관개면적은 14,907ha 로 약 11% 정도 농경작지에 농업용수를 공급하고 있는 것으로 조사됨.
- 시군별로는 동해시가 15 ha 로 관개면적이 가장 적은 것으로 되었으며, 다음으로 화천군이 약 25ha 순을 보임

<표 3.2> 강원도 농업용 저수지 현황 및 수혜면적

| 구 분 | 저수지 개소 | 유효 저수량 (천톤) | 만수면적 (ha) | 관개면적(ha) | | | 구역외 급수면적 |
|-----|--------|-------------|-----------|----------|----------|--------|----------|
| | | | | 계 | 순관개 면적 | 관배수 면적 | |
| 춘천시 | 27 | 9789 | 131.1 | 1034.9 | 1030.2 | 0 | 4.7 |
| 원주시 | 93 | 11524 | 227.1 | 1934.8 | 1934.3 | 0.5 | 0 |
| 강릉시 | 14 | 25286 | 279.3 | 2175.4 | 2175.4 | 0 | 0 |
| 동해시 | 1 | 11 | 0.8 | 15.0 | 15.0 | 0 | 0 |
| 태백시 | - | - | - | - | - | - | - |
| 속초시 | 5 | 46 | 7.2 | 65.0 | 35.0 | 0 | 30 |
| 삼척시 | 6 | 1357 | 30.3 | 189.3 | 189.3 | 0 | 0 |
| 홍천군 | 44 | 11790 | 187.2 | 1271.2 | 1264.0 | 0 | 7.2 |
| 횡성군 | 52 | 6021 | 150 | 1168.5 | 1168.5 | 0 | 0 |
| 영월군 | 5 | 51 | 7.3 | 48.0 | 48.0 | 0 | 0 |
| 평창군 | 5 | 1154 | 15.9 | 213.3 | 213.3 | 0 | 0 |
| 정선군 | - | - | - | - | - | - | - |
| 철원군 | 16 | 33739 | 753.6 | 4252.0 | 4252.0 | 0 | 0 |
| 화천군 | 4 | 35 | 3.9 | 24.7 | 24.7 | 0 | 0 |
| 양구군 | 14 | 2710 | 44.1 | 447.7 | 432.7 | 15 | 0 |
| 인제군 | 5 | 126 | 3.2 | 28.0 | 28.0 | 0 | 0 |
| 고성군 | 15 | 11838 | 157.8 | 1517.5 | 1511.5 | 0 | 6 |
| 양양군 | 10 | 3365 | 43.3 | 522.3 | 522.3 | 0 | 0 |
| 합 계 | 318 | 118,842 | 2,042.1 | 14,907.6 | 14,844.2 | 15.5 | 47.9 |

자료 : 한국농어촌공사(18. 06 기준)

3. 지하수 현황

- 강원도의 지하수 개소수는 총 114,041개가 있으며, 이중 생활용수 75,807개, 농업용수 37,334개, 공업용수 839개가 이용되고 있음. 이용량은 187,919천 ton/year 이며, 용도별로는 생활용수 187,919천 ton/year, 농업용수 76,333천 ton/year, 공업용수 9,905 천 ton/year 이용하고 있음
- 지하수 개발가능량 대비 이용량은 강원도 전체지역이 187,919 천 ton/year을 이용하고 있어 개발가능량 대비 8.3%를 이용하고 있으며, 단위면적당 지하수 이용량은 강원도 전체지역이 229,577ton/km²을 이용하고 있는 것으로 조사됨
- 지하수 개발밀도는 강원도 평균적으로 6.7 개소/km²를 보이며, 개발가능량 대비 이용량은 평균적으로 8.3%를 보임. 시군별로는 태백시가 1%로 가장 적은 개발가능량 대비 이용량을 보임
- 강원도 시·군별로는 춘천시가 8,010 개소, 이용량은 36,409 천 톤/year(농업용수 : 18,826 천톤 / year)를 보여 가장 많은 것으로 나타남. 이용량이 가장 적은 곳은 태백시로 223개소를 보여 이용량은 489 천 톤/year 으로 가장 적은 이용량을 보임
- 단위면적당 이용량은 229,577톤/km²를 보이며, 가장 적은 단위면적당 이용량을 보인 지역은 태백 지역으로 1,595톤/km²를 보임

<표 3.3> 강원도 지역의 용도별 지하수 이용현황

단위 : 천 톤 / year

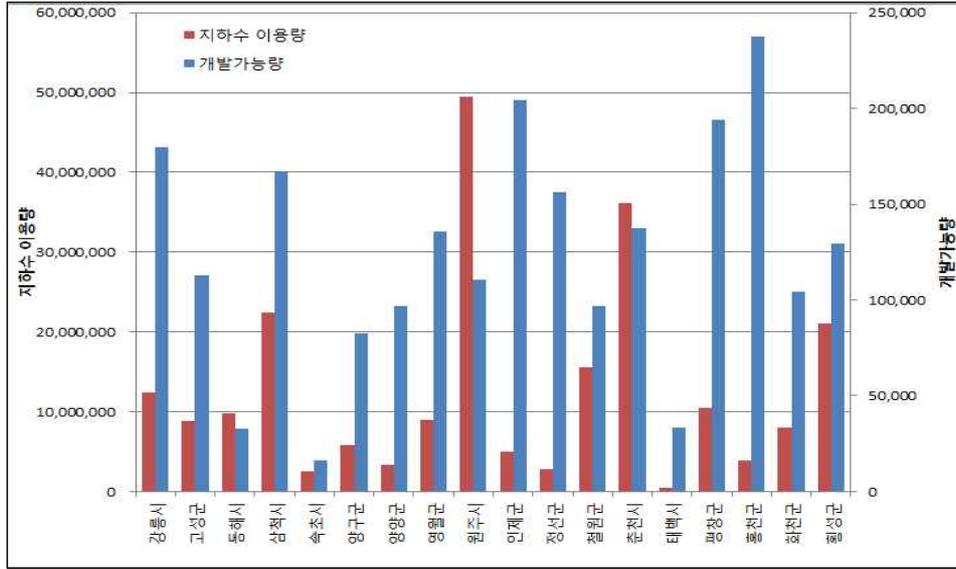
| 지역 | 총 계 | | 생활용수 | | 공업용수 | | 농어업용수 | | 기 타 | |
|-----|---------|-----------|--------|-----------|------|---------|--------|----------|-----|-------|
| | 개소수 | 이용량 | 개소수 | 이용량 | 개소수 | 이용량 | 개소수 | 이용량 | 개소수 | 이용량 |
| 강원도 | 114,041 | 187,919.3 | 75,807 | 101,202.1 | 839 | 9,905.0 | 37,334 | 76,333.1 | 61 | 479.1 |
| 춘천시 | 17,476 | 36,409.2 | 9,349 | 16,686.8 | 117 | 895.6 | 8,010 | 18,826.8 | 0 | 0.0 |
| 원주시 | 24,770 | 19,746.6 | 17,599 | 11,242.0 | 152 | 1,011.9 | 7,019 | 7,492.8 | 0 | 0.0 |
| 강릉시 | 10,290 | 12,658.4 | 8,148 | 6,355.1 | 67 | 1,215.8 | 2,075 | 5,087.5 | 0 | 0.0 |
| 동해시 | 1,087 | 6,852.6 | 721 | 3,038.9 | 65 | 3,288.0 | 299 | 488.1 | 2 | 37.7 |
| 태백시 | 223 | 489.4 | 156 | 330.3 | 9 | 7.3 | 58 | 151.8 | 0 | 0.0 |
| 속초시 | 912 | 1,770.6 | 553 | 927.7 | 67 | 203.8 | 284 | 634.7 | 8 | 4.4 |
| 삼척시 | 2,756 | 22,208.6 | 1,955 | 16,495.3 | 45 | 1,163.4 | 751 | 4,462.7 | 5 | 87.3 |
| 홍천군 | 13,491 | 4,852.0 | 10,970 | 2,447.9 | 37 | 224.2 | 2,478 | 2,142.8 | 6 | 37.1 |
| 횡성군 | 11,143 | 21,206.3 | 7,016 | 9,767.8 | 57 | 584.9 | 4,063 | 10,844.6 | 7 | 9.0 |
| 영월군 | 2,786 | 9,125.1 | 1,669 | 7,293.6 | 32 | 239.5 | 1,081 | 1,570.4 | 4 | 21.6 |
| 평창군 | 5,355 | 10,781.0 | 4,154 | 6,377.3 | 33 | 208.7 | 1,156 | 4,013.6 | 12 | 181.5 |
| 정선군 | 1,384 | 2,877.2 | 912 | 1,745.3 | 24 | 49.7 | 448 | 1,082.2 | 0 | 0.0 |
| 철원군 | 4,577 | 8,470.7 | 2,317 | 4,456.7 | 20 | 267.8 | 2,238 | 3,716.2 | 2 | 30.0 |
| 화천군 | 4,410 | 8,523.7 | 2,673 | 3,991.7 | 20 | 102.6 | 1,710 | 4,376.5 | 7 | 53.0 |
| 양구군 | 4,974 | 5,984.4 | 2,045 | 1,245.0 | 21 | 35.9 | 2,908 | 4,703.6 | 0 | 0.0 |
| 인제군 | 3,542 | 5,078.8 | 3,254 | 4,246.8 | 15 | 75.6 | 270 | 754.2 | 3 | 2.0 |
| 고성군 | 3,044 | 8,934.1 | 1,493 | 3,778.4 | 34 | 157.1 | 1,515 | 4,998.7 | 2 | 0.0 |
| 양양군 | 1,821 | 1,950.5 | 823 | 775.5 | 24 | 173.6 | 971 | 986.0 | 3 | 15.5 |

자료 : 국가지하수정보센터(2018년 기준)

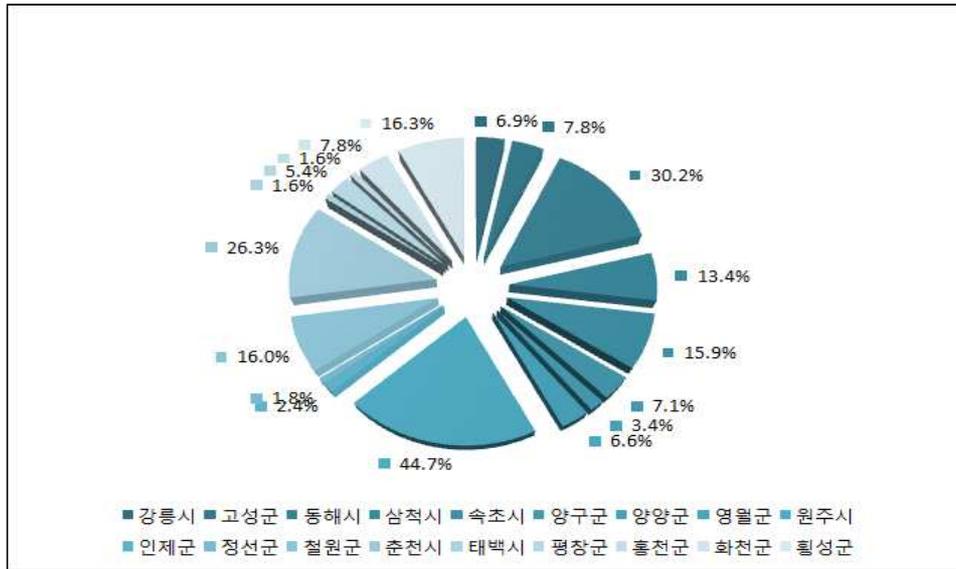
<표 3.4> 강원도 시·군별 지하수 개발가능량 및 이용현황

| 행정구역 | 개발가능량 (천톤/year) | 지하수 이용량 (천톤/year) | 개발가능량대 비 이용량 (%) | 지하수 개발밀도 (개소/ km^2) | 단위면적당 이용량(톤/ km^2) |
|------|--------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 춘천시 | 145,515.39 | 36,409.2 | 25.0 | 15.7 | 32,625 |
| 원주시 | 132,200.83 | 19,746.6 | 14.9 | 28.4 | 22,634 |
| 강릉시 | 123,014.60 | 12,658.4 | 10.3 | 9.9 | 12,145 |
| 동해시 | 36,199.84 | 6,852.6 | 18.9 | 6.0 | 37,745 |
| 태백시 | 46,855.65 | 489.4 | 1.0 | 0.7 | 1,595 |
| 속초시 | 18,868.67 | 1,770.6 | 9.4 | 8.6 | 16,767 |
| 삼척시 | 169,086.42 | 22,208.6 | 13.1 | 2.3 | 18,759 |
| 홍천군 | 204,627.35 | 4,852.0 | 2.4 | 7.4 | 2,672 |
| 횡성군 | 115,207.95 | 21,206.3 | 18.4 | 11.1 | 21,190 |
| 영월군 | 140,749.25 | 9,125.1 | 6.5 | 2.5 | 8,115 |
| 평창군 | 256,652.46 | 10,781.0 | 4.2 | 3.7 | 7,355 |
| 정선군 | 159,910.34 | 2,877.2 | 1.8 | 1.1 | 2,359 |
| 철원군 | 94,882.01 | 8,470.7 | 8.9 | 5.1 | 9,522 |
| 화천군 | 100,638.67 | 8,523.7 | 8.5 | 4.9 | 9,395 |
| 양구군 | 79,146.48 | 5,984.4 | 7.6 | 7.0 | 8,428 |
| 인제군 | 201,450.88 | 5,078.8 | 2.5 | 2.2 | 3,086 |
| 고성군 | 131,684.09 | 8,934.1 | 6.8 | 4.1 | 12,095 |
| 양양군 | 106,968.22 | 1,950.5 | 1.8 | 2.9 | 3,090 |
| 강원도 | 2,263,659 | 187,919 | 8.3 | 6.7 | 229,577 |

자료 : 국가지하수정보센터(2018년 기준)



<그림 3.3> 강원도 지하수 개발가능량 및 이용량



<그림 3.4> 지하수개발가능량 대비 이용율(%)

4. 하천 기준유량 빈도해석

1) 하천기준유량 전망

○ 하천 기준유량은 다음과 같이 정의함

- 풍수량 : 1년 중 95 days 보다 저하되지 않는 유량
- 평수량 : 1년 중 185 days 보다 저하되지 않는 유량
- 저수량 : 1년 중 275 days 보다 저하되지 않는 유량
- 갈수량 : 1년 중 355 days 보다 저하되지 않는 유량

○ RCP 8.5 기준, 유역별 하천 기준유량은 다음과 같이 전망됨

<표 3.5> RCP. 8.5 기준, 유역별 하천기준유량 전망

| 지점 | 구분 | 전 망 | | | |
|-------|------|-----------------|-----------------|----------------|---------|
| | | 2016년~ 2020년 | 2021년~ 2025년 | 2026~ 2030년 | |
| 남한강상류 | 풍수량 | 8,663.8 | 10,297.5 | 7,790.0 | |
| | 평수량 | 4,813.5 | 5,998.1 | 4,452.7 | |
| | 저수량 | 3,024.2 | 3,829.1 | 2,982.4 | |
| | 갈수량 | 2,326.8 | 2,640.7 | 2,379.1 | |
| 평창강 | 풍수량 | 5,688.2 | 6,873.8 | 5,014.7 | |
| | 평수량 | 2,923.6 | 3,721.8 | 2,683.6 | |
| | 저수량 | 1,823.9 | 2,304.5 | 1,875.2 | |
| | 갈수량 | 1,394.0 | 1,584.4 | 1,475.5 | |
| 섬강 | 풍수량 | 3,704.7 | 4,404.3 | 3,023.7 | |
| | 평수량 | 1,142.2 | 1,680.0 | 1,009.5 | |
| | 저수량 | 681.7 | 815.6 | 708.8 | |
| | 갈수량 | 511.1 | 589.6 | 535.9 | |
| | 금강산댐 | 풍수량 | 5,592.0 | 6,132.2 | 4,945.9 |
| | | 평수량 | 3,872.3 | 4,273.7 | 3,656.8 |
| 저수량 | | 3,385.0 | 3,604.1 | 3,283.9 | |
| 갈수량 | | 3,080.2 | 3,289.2 | 3,070.5 | |
| 평화의댐 | 풍수량 | 2,447.7 | 2,699.3 | 2,139.3 | |
| | 평수량 | 1,668.6 | 1,814.4 | 1,556.4 | |
| | 저수량 | 1,471.4 | 1,537.2 | 1,407.6 | |
| | 갈수량 | 1,347.3 | 1,425.4 | 1,326.2 | |
| 춘천댐 | 풍수량 | 3,747.5 | 4,726.6 | 2,943.8 | |
| | 평수량 | 1,440.1 | 1,843.8 | 1,148.8 | |
| | 저수량 | 808.5 | 850.3 | 623.5 | |
| | 갈수량 | 476.1 | 515.1 | 455.8 | |

| 지점 | 구분 | 전 망 | | |
|-------|-----|-----------------|-----------------|----------------|
| | | 2016년~ 2020년 | 2021년~ 2025년 | 2026~ 2030년 |
| 인북천 | 풍수량 | 3,137.5 | 3,449.1 | 2,476.4 |
| | 평수량 | 1,685.0 | 1,983.9 | 1,316.6 |
| | 저수량 | 1,229.8 | 1,237.1 | 920.5 |
| | 갈수량 | 972.3 | 966.1 | 760.5 |
| 소양강 | 풍수량 | 5,104.7 | 6,415.9 | 3,992.5 |
| | 평수량 | 1,837.2 | 2,300.5 | 1,498.7 |
| | 저수량 | 1,031.4 | 1,214.8 | 871.9 |
| | 갈수량 | 586.5 | 634.0 | 544.5 |
| 의암댐 | 풍수량 | 1,114.6 | 1,534.3 | 884.6 |
| | 평수량 | 655.6 | 718.7 | 617.2 |
| | 저수량 | 561.6 | 595.3 | 539.0 |
| | 갈수량 | 501.8 | 532.4 | 495.4 |
| 홍천강 | 풍수량 | 4,009.8 | 5,140.5 | 3,259.7 |
| | 평수량 | 1,413.5 | 1,825.6 | 1,239.8 |
| | 저수량 | 737.9 | 956.8 | 680.8 |
| | 갈수량 | 449.3 | 526.0 | 446.2 |
| 한탄강 | 풍수량 | 6,570.4 | 7,316.9 | 5,590.3 |
| | 평수량 | 3,416.6 | 3,752.9 | 2,861.7 |
| | 저수량 | 2,283.0 | 2,469.7 | 2,102.5 |
| | 갈수량 | 1,804.9 | 1,962.0 | 1,788.1 |
| 양양남대천 | 풍수량 | 6,363.0 | 8,030.9 | 5,235.8 |
| | 평수량 | 2,377.7 | 3,077.0 | 2,272.5 |
| | 저수량 | 1,313.8 | 1,676.2 | 1,017.4 |
| | 갈수량 | 611.9 | 720.6 | 622.3 |
| 강릉남대천 | 풍수량 | 4,099.2 | 4,717.3 | 3,332.6 |
| | 평수량 | 1,834.6 | 2,283.2 | 1,769.0 |
| | 저수량 | 940.2 | 1,261.8 | 843.4 |
| | 갈수량 | 475.4 | 569.5 | 512.4 |
| 삼척오십천 | 풍수량 | 2,939.0 | 3,540.0 | 2,722.8 |
| | 평수량 | 1,603.9 | 2,077.2 | 1,647.3 |
| | 저수량 | 1,069.8 | 1,353.2 | 1,127.5 |
| | 갈수량 | 843.4 | 1,008.8 | 920.7 |
| 갑천 | 풍수량 | 1,571.1 | 2,239.5 | 1,720.2 |
| | 평수량 | 862.1 | 1,230.5 | 952.8 |
| | 저수량 | 586.5 | 732.5 | 658.5 |
| | 갈수량 | 436.0 | 502.8 | 473.0 |

자료 : 기후정보포털(기상청, <http://climate.go.kr>)

2) 하천갈수량 빈도해석

- 재현기간별 갈수기 기간 하천 기준유량은 다음과 같으며, 재현기간 30년을 기준으로 강릉 남대천 53천톤/day, 남한강 상류는 1,698.1천톤/day, 내린천 22.2천톤/day, 삼척 오십천 16.0천톤/day, 양양 남대천 48.6천톤/day, 옥동천 15.0천톤/day, 의암댐 10.6천톤/day, 인북천 19.9천톤/day, 주천강 100.6천톤/day, 평창강 62.7천톤/day, 평창강 합류점 68.4천톤/day, 평화의 댐 26.6천톤/day, 홍천강 36천톤/day, 화천댐 20.9천톤/day, 화천댐 상류 12.8천톤/day, 횡성댐 32.5천톤/day를 보임

<표 5.6> 재현기간별 하천갈수량(여기)

단위 : 천톤/day

| 연번 | 하천명 | 재현기간 | | | | |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 5년 | 10년 | 30년 | 50년 | 80년 |
| 1 | 강릉남대천 | 91.5 | 70.9 | 53 | 47.5 | 43.4 |
| 2 | 남한강 상류 | 2,580.6 | 2,137.6 | 1,698.1 | 1,552.3 | 1,439.0 |
| 3 | 내린천 | 36 | 28.8 | 22.2 | 20 | 18.4 |
| 4 | 삼척 오십천 | 30.1 | 22.3 | 16.0 | 14.2 | 12.8 |
| 5 | 양양 남대천 | 124.8 | 67.5 | 48.6 | 43.1 | 39.1 |
| 6 | 옥동천 | 23.7 | 19.2 | 15.0 | 13.6 | 12.5 |
| 7 | 의암댐 | 17.9 | 14.1 | 10.6 | 9.6 | 8.8 |
| 8 | 인북천 | 33.9 | 26.5 | 19.9 | 17.9 | 16.4 |
| 9 | 주천강 | 160.6 | 129.8 | 100.6 | 91.2 | 84.1 |
| 10 | 평창강 | 101.2 | 81.3 | 62.7 | 56.8 | 52.3 |
| 11 | 평창강 합류점 | 115.0 | 90.5 | 68.4 | 61.6 | 56.4 |
| 12 | 평화댐 | 47.5 | 36.2 | 26.6 | 23.7 | 21.6 |
| 13 | 홍천강 | 57.8 | 46.6 | 36.0 | 32.6 | 30.0 |
| 14 | 화천댐 | 34.7 | 27.4 | 20.9 | 18.8 | 17.2 |
| 15 | 화천댐 상류 | 22.2 | 17.2 | 12.8 | 11.5 | 10.5 |
| 16 | 횡성댐 | 56.0 | 43.4 | 32.5 | 29.1 | 26.6 |

자료 : 기후변화영향에 따른 강원도 수자원 전망 및 확보방안(한국기후변화연구원,2018)



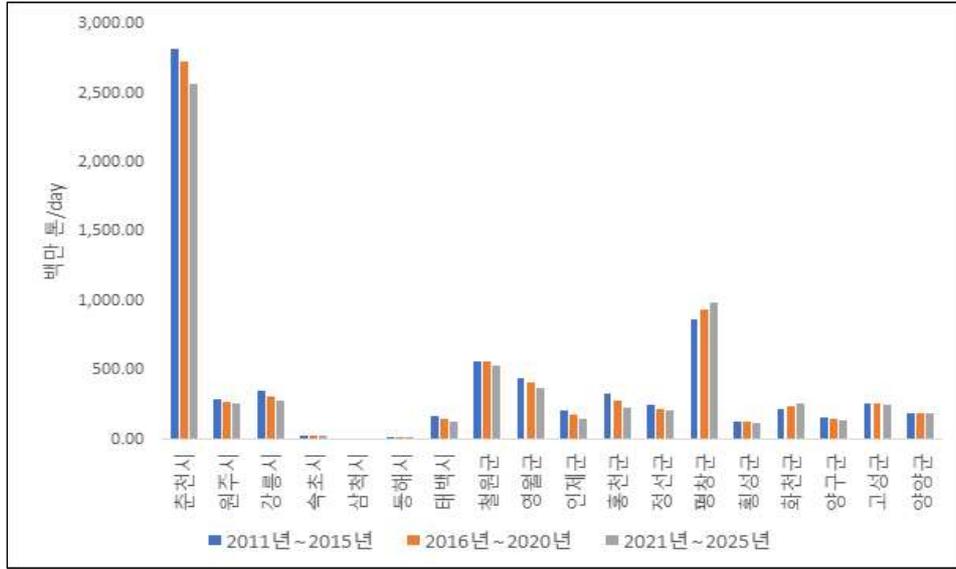
제2절 농업용수 수요현황 및 전망

- 강원도 농업용수 수요량은 2011년 기준 709.17백만 톤/day를 보였으며, 2020년 대에는 685.44백만 톤/day를 보여 약 23.7 백만 톤/day 감소하는 것으로 나타나, 평창군과 화천군을 제외한 전체시군에서 농업용수는 약 8% 감소함
- 평창과 화천군의 경우 2011~2015년 대비 각각 13%, 15% 증가하는 것으로 나타남
- 농업용수 수요량이 가장 높은 지역은 춘천시로 2011~2015년 기준, 약 2,819백만 톤/day로 가장 높게 나타났으며, 2021~2025년 기준 2,565백만 톤/day를 보여 약 9% 정도 감소하는 것으로 전망됨

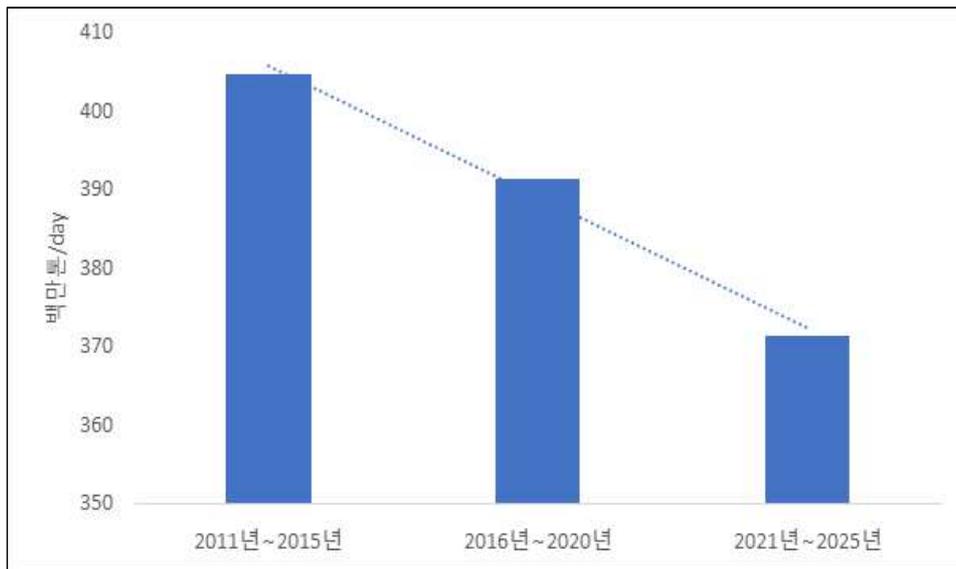
<표 3.7> 강원도 시·군별 농업용수 수요량 전망

| 연번 | 구분 | 전 망(백만 톤/day) | | |
|-----|-----|---------------|-------------|-------------|
| | | 2011년~2015년 | 2016년~2020년 | 2021년~2025년 |
| 1 | 춘천시 | 2,819.3 | 2,723.4 | 2,565.3 |
| 2 | 원주시 | 287.8 | 272.4 | 254.9 |
| 3 | 강릉시 | 348.6 | 313.6 | 274.0 |
| 4 | 속초시 | 22.4 | 21.4 | 20.9 |
| 5 | 삼척시 | 6.2 | 5.8 | 5.5 |
| 6 | 동해시 | 19.5 | 18.3 | 17.2 |
| 7 | 태백시 | 171.8 | 149.1 | 127.3 |
| 8 | 철원군 | 567.0 | 557.7 | 531.2 |
| 9 | 영월군 | 442.7 | 410.5 | 371.3 |
| 10 | 인제군 | 203.1 | 177.7 | 148.9 |
| 11 | 홍천군 | 325.4 | 274.3 | 231.8 |
| 12 | 정선군 | 244.1 | 222.6 | 206.4 |
| 13 | 평창군 | 869.3 | 939.0 | 985.5 |
| 14 | 횡성군 | 130.9 | 127.1 | 119.2 |
| 15 | 화천군 | 221.5 | 242.7 | 255.2 |
| 16 | 양구군 | 153.5 | 145.7 | 136.9 |
| 17 | 고성군 | 259.9 | 254.6 | 251.1 |
| 18 | 양양군 | 192.5 | 190.7 | 183.0 |
| 합 계 | | 404.7 | 391.5 | 371.4 |

자료 : 기후변화에 따른 강원도 수자원 전망 및 확보방안(한국기후변화연구원, 2017)



<그림 3.5> 강원도 시군별 농업용수 수요 전망



<그림 3.6> 강원도 농업용수 수요 전망

제 4 장

기상개황 및 잠재증발산량

제 1 절 기상개황 및 강수량 전망(RCP. 8.5 기준)

제 2 절 잠재증발산량 산정

제4장

기상개황 및 잠재증발산량



제1절 기상개황 및 강수량 전망(RCP 8.5)

1. 강원도 기상개황²⁾

- 강원도는 전체 국토면적의 82% 정도가 산지를 이루고 있으며, 이중 40% 정도가 해발 600M 이상의 고산맥을 이루고 있으며, 남북으로 길게 뻗은 태백산맥을 중심으로 영동과 영서지역 간의 기후편차가 크게 발생
- 연평균 기온은 영동지역은 11℃, 영서지역은 10.8℃로 약 6.6℃~13.1℃의 기온분포를 보이며, 최저기온의 극값은 철원지역으로 -29.2℃를 최고 극값은 홍천이 41.4℃를 기록하였음
- 연강수량은 1,300~1,900mm로 영서와 영동지역의 강수량 편차가 크게 발생하며, 산간지역을 중심으로 전형적인 산악기후의 영향을 받아 국지적인 집중호우 형태를 보임. 영동지역 및 산간지방은 우리나라 대설 다발 지역으로 늦겨울인 1월과 2월에 많은 눈이 내림
- 바람은 겨울에는 북서풍, 여름에는 남서풍이 발생하며, 영동지역은 봄과 가을에 해륙풍의 영향을 받음. 특히 영동지방은 양간지풍으로 인해 봄철에 강한 국지풍이 빈번히 발생하며, 최대순간풍속은 속초지역에서 63.7m/sec를 기록

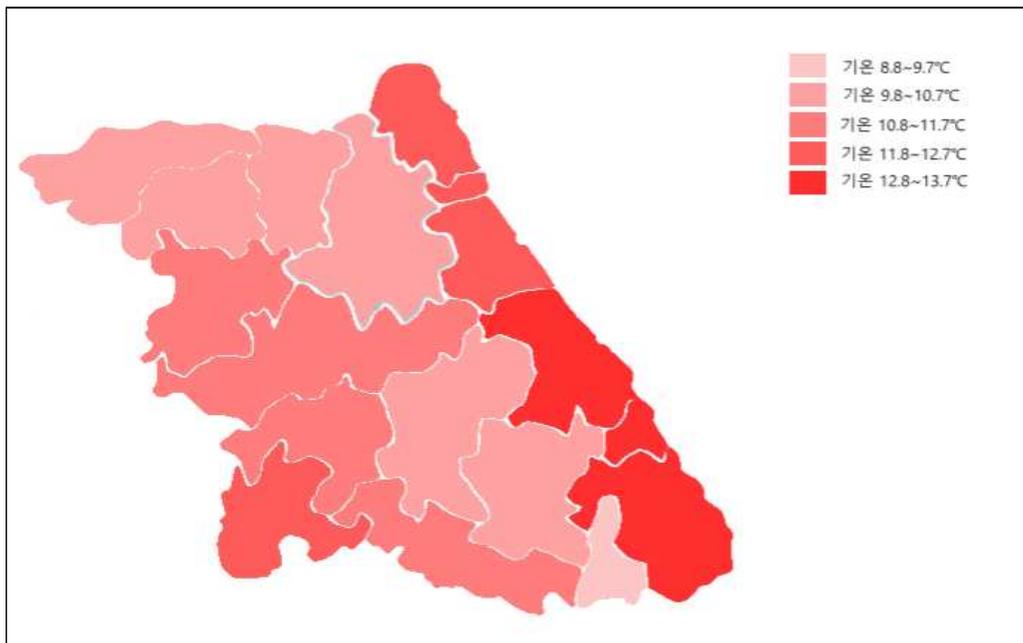
²⁾ 기상청(<http://weather.go.kr>)

<표 4.1> 강원도 평년기후(1981~2020)

| 구 분 | 강릉 | 춘천 | 원주 | 속초 | 철원 | 대관령 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 평균기온(°C) | 13.1 | 11.1 | 11.3 | 12.2 | 10.2 | 6.6 |
| 최고기온(°C) | 17.5 | 17.2 | 17.4 | 16.2 | 16.2 | 11.5 |
| 최저기온(°C) | 9.2 | 5.9 | 6 | 8.5 | 4.7 | 2 |
| 평균습도(%) | 61.4 | 71 | 69.3 | 65.7 | 70.4 | 73.3 |
| 강수량(mm) | 1464.5 | 1347.3 | 1343.6 | 1402.2 | 1391.2 | 1898 |
| 평균풍속 (m/sec) | 2.6 | 1.3 | 1.1 | 2.8 | 1.8 | 4.3 |

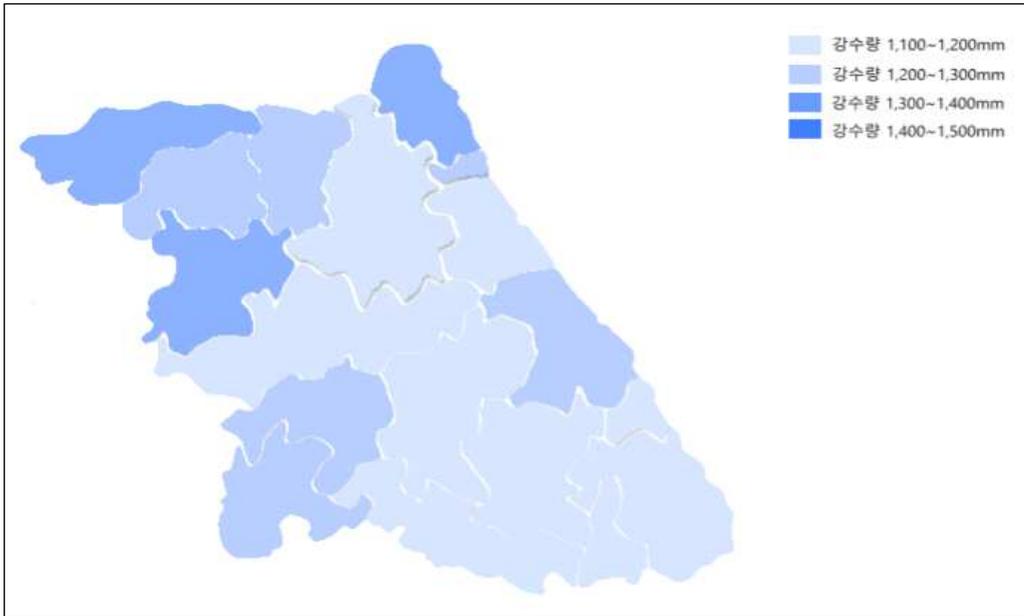
자료 : 기상청(<http://weather.go.kr>)

- 최근 10년간 강원도 지역의 평균 기온분포를 보면, 영서지역의 경우 원주와 영월지역, 영동지역은 강릉과 삼척지역에서 높게 나타났으며, 가장 낮은 곳은 태백 지역을 보임



<그림 4.1> 최근 10년간 지역별 평균기온 분포

- 최근 10년간 지역별 평균강수량은 영서 지역의 경우 철원과 춘천지역, 가장 낮은 지역은 정선지역을 보임. 영동 지역은 고성과 속초지역, 가장 낮은 곳은 동해와 삼척지역으로 나타남



<그림 4.2> 최근 10년간 지역별 평균강수량 분포

■ 춘천지방

- 춘천지역의 1981~2010년 기상요소에 대한 평년값을 보면, 연평균 기온은 11.1℃를 보임. 최한월 평균기온은 1월 -4.6℃로 나타나고 최난월 평균기온은 8월 24.6℃로 나타났으며, 연교차는 29.2℃로 다소 큰 편
- 30년 동안 연도별 평년 최고기온, 최저기온, 연평균기온을 살펴보면, 대부분 상승하는 추세를 보이며, 연평균기온은 30년 동안 0.5℃ 상승. 춘천지역에서 관측을 시작한 이래 1969년 2월 6일이 -27.9℃로 최저기온을 기록했으며, 1972년 7월 21일 36.6도를 기록
- 연강수량은 1347.3mm로 우리나라의 연강수량(1308mm)보다 많음. 1월 강수량이 20.3mm로 가장 적으며, 7월 강수량이 383mm로 가장 많음. 장마와 집중호우가 주를 이루는 여름철 강수량은 824.4mm로 연 강수량의 61.2%를 차지함. 일강수량이 가장 많은 날은 1991년 7월 25일로 308.5mm이며, 최근 들어 강수량이 점차 증가하는 추세를 보임.

- 춘천 일강수가 0.1mm 이상 내린 날은 3182일, 연평균 106.1일로 연간 29.1%를 차지. 일강수가 100mm 이상 내린 날은 30년 동안 총 50일이며, 장마와 집중호우가 나타나는 6월과 9월 사이에 주로 발생

■ 동해지방

- 동해는 태백산맥 동쪽해안에 위치해 동해바다의 영향으로 해양성기후의 특성이 나타나며, 연평균기온은 12.6℃로서, 여름철(최난월 8월 23.7℃)에는 서울에 비해 2℃ 가량 낮아 쾌적함. 겨울철(최한월 1월 0.8℃)에는 서울에 비해 3℃이상 높아 따뜻하며, 동해바다와 태백산맥의 영향으로 다른 지역에 비해 여름에 시원하고, 겨울에는 온난한 기후 특성을 보이며, 기온의 연교차가 비교적 적음
- 연강수량은 1,278.9mm로서, 건조한 시기인 겨울에는 폭설이 2~3회 발생하면서 강수량이 다른 지역에 비해 상대적으로 많고, 여름에는 다른 지역에 비해 강수량이 적은 편임. 늦여름과 초가을에 태풍의 영향으로 피해를 입기도 하며, 장마전후반이나 여름에 짙은 해무가 발생하고, 봄철과 겨울철에는 바람이 강하게 발생
- 태백은 강원남부 산악지역에 위치하여 산악기후의 특성을 보임. 풍향에 따라 다른 날씨를 보이며, 동풍이 불면 상대적으로 가까운 동 해양의 영향으로 강수량은 많지만 서풍이 불면 강수량이 비교적 적음. 연평균기온은 8.7℃로서, 여름철(최난월 8월 21.0℃)에는 서울에 비해 5℃가량 낮아 생활에 쾌적하며, 겨울철(최한월 1월 -4.8℃)에는 수도권인 서울지역에 비해 2℃ 이상 낮음.
- 연강수량은 1,324.3mm로서, 건조한 시기인 겨울에는 폭설이 2~3회 발생하고, 여름에는 다른 지역에 비해 강수량이 적은 편이나 복잡한 산악지형으로 인하여 소나기나 우박이 발생하며, 전반적으로 해발고도가 높은 산악지역으로 다른 지역에 비해 기온이 낮음. 상대적으로 기온의 연교차가 적음.
- 비교적 다른 지역에 비해 서리가 내리는 기간이 많으며, 해발고도가 높아 안개 발생이 상대적으로 많음. 주변 하천 발달이 미약하고, 겨울철 강수현상이 불규칙하여 가뭄의 피해 발생 빈도가 높음

■ 원주지방

- 연평균 기온의 평년값은 11.3℃이며, 최한월 평균기온은 1월(-4.3℃)에 나타나고 최난월 평균기온은 8월(24.4℃)에 나타나며, 연교차는 29.1℃
- 강수량 평년값은 1343.6 mm이며, 12월(1월)의 강수량이 24.1(22.0) mm로 가장 적고 7월(8월)의 강수량이 362.2(290.1) mm로 가장 많음. 여름철 강수량은 792.4 mm로 연강수량의 58.9%를 차지하며, 연강수량은 여름철에 집중되어 있음
- 연평균 평년 풍속 값은 1.1 m/s이고, 월별 평균풍속은 9월과 10월에 1.0m/s로 가장 약하고, 4월에 1.6m/s로 가장 강하게 나타나며, 서풍과 남서풍이 주로 발생
- 상대습도의 평년값은 69.3%이며. 월별 습도는 4월에 58.4%로 가장 낮고, 7월에 78.5%로 가장 높음. 여름철 평균 상대습도는 75.6%로 매우 습하며, 봄과 겨울철의 상대습도는 각각 61.4%, 66.8% 로 상대적으로 건조
- 연평균 운량은 52% 정도 이며, 강수가 많은 여름철에 운량이 매우 높아 7월과 8월에 66~74%로 가장 크며, 그 외에 계절은 40~50%의 운량 분포를 보임

■ 영월지방

- 영월의 연평균기온은 10.8℃ 정도이며, 내륙분지 지형으로서 일교차 및 연교차가 크게 발생하여 연중 최고기온 극값은 37.2℃, 최저기온의 극값은 영하 23.5℃를 보임.
- 강수량은 약 1224.4mm 이고, 이중 60~80% 정도가 하절기에 집중되어 발생하며, 8월 상순경에 집중호우가 많이 발생. 눈은 평균 11월 하순에 시작되며, 이듬해 3월 하순까지 관측되며, 20cm 이상의 폭설이 발생하기도 함.
- 원활한 습윤 공급으로 연간 안개 발생 빈도가 높음. 가을철 안개발생 빈도는 전국 최고 수준이며, 서리도 얼음보다 1~2주 빠른 10월 초순부터 이듬해 4월 중순까지 발생.
- 습도는 봄철에 가장 낮게 나타나며 연중 고른 풍향이 나타나며, 영월지방은 석회석으로 된 암반이 많아 발농사가 주를 이루고 있음

■ 속초지방

- 영동북부지역(속초·고성·양양)은 강원도 동북쪽에 위치해 있으며, 위도상으로 북위 37°51' 34"에서 북위 38°36' 38"에 걸치고 경도상으로는 동경 128° 13' 41"에서 128°55' 47"에 걸쳐 있음. 영동북부지역의 동서거리는 약 77km이고, 남북거리는 약 82km에 이름.
- 남북으로 뻗은 태백산맥에는 주 봉인 설악산의 대청봉(1,708m)을 비롯해 향로봉(1,293m)등 해발 800~1,700m의 크고 작은 산이 분포되어 있으며, 높은 산맥정상을 중심으로 한 산악지방은 산악기후의 특성을 가지고 있음. 설악산의 급경사면이 바다와 접해 길고 좁은 단조로운 형태로 이루어져 해양성 기후에 가까운 기상특성을 많이 보임.
- 봄철에 남부지방에 있는 이동성 고기압으로부터 불어오는 SW풍이 태백산맥을 넘을 때 산악효과에 의하여 발행하는 강풍 현상인 양간지풍, SW 향 유입시 고산에 의한 뒤편현상과 NE 류에 의한 강수 및 저온현상 등이 대표적인 예로 볼 수 있음.
- 속초지방의 연평균 기온은 12.2℃로 비교적 온화한 기후를 보이며, 이는 사계절에 걸쳐 동해상으로 유입되는 해풍의 영향을 받음. 연평균 강수량은 1402.2mm로 도내에서는 비교적 비가 많은 지역이며, 겨울철 발생하는 폭풍현상은 강한 북서 계절풍의 영향이나 4월과 5월에 걸쳐 나타나는 폭풍현상은 태백산맥의 지형적인 원인과 기상학적 원인이 복합적으로 작용하는 영동지방만의 특유한 현상을 보임

■ 철원지방

- 철원지방은 예보 구역상으로는 강원 북서내륙에 속해있으며, 한반도의 중심부에 자리 잡고 있음. 북위 38도, 동경 127도에 위치한 철원지방은 동쪽으로는 화천군, 양구군, 서쪽으로는 경기도 연천군, 남쪽으로는 경기도 포천군, 북쪽으로는 평강군과 접한 지역으로 휴전선 155마일 중 28%인 43.6마일을 포함.
- 행정구역은 4개읍 3개면으로 이루고 있으며, 북동쪽에서 남서쪽으로 흐르는 한탄강을 중심으로 북서부 평야지역과 남동부 산지로 구분. 한탄강의 동부는 태백산맥에 연속되는 산지로서 해발고도 1,000m 내외에 이르며, 주위에는 금학산(947.3m), 명성산(922.6m), 대성산(1,174m) 등의 명산이 절경을 이루고, 한탄강, 남대천, 대교천 등의 유역을 따라 분지가 형성되어 있음.
- 철원지방의 연평균기온은 10.2℃, 연평균 일 최고기온은 16.2℃, 연평균 일 최저기

온은 4.7℃로 기온차가 큰 대륙성 기후의 특징을 보이며, 특히 동절기에는 한랭지 대로서 한난의 온도 차가 큼.

- 강수량은 1,391.2mm로 우리나라 평균 강수량과 비슷하고 7월에 400.9mm, 8월에 338.2mm로 많은 강수량을 보임. 특히 지형적으로 풍상 측에 놓여 지형성 강수를 야기하여 집중호우가 많이 발생.
- 바람은 연중 남서계열의 바람이 많으며, 풍속은 비교적 약하나 봄철(3~5월)에 다소 강하게 발생. 전반적으로 강원도 영서지방의 기후특성과 비슷하나, 춘천지방과 비교해보면 한난의 차가 더 심하고 지속적이고 국지적인 호우 형태의 강수를 보임
- 봄철은 이동성 고기압의 영향으로 맑고 건조한 날이 많으며, 다른 계절에 비해 강수량이 적음. 이례적으로 4월 중순까지 얼음과 서리가 관측되며, 고온·다습한 기류가 태백산맥을 넘어 기온상승을 심화시키는 윈 현상이 나타나기도 함.
- 여름(6~8월)에는 북태평양고기압의 영향으로 덥고 무더운 날씨가 많으며, 6월 하순부터 7월 하순 사이에 장마전선의 영향으로 집중호우가 발생하여 연강수량의 50~60%를 차지
- 가을(9~11월)에는 고기압의 영향으로 맑은 날이 계속되고, 기온의 일교차가 크게 나타나며, 9월 중순까지 최고기온이 25℃ 내외를 기록. 10월 중순부터 찬 대륙고기압의 영향을 점차 받아 얼음과 서리가 관측되며, 11월 하순에 첫눈이 관측
- 겨울 철에는 한랭건조한 찬 대륙고기압의 영향으로 춥고 건조한 날씨를 보이며, 최저기온이 영하 10℃내외를 보임. 찬대륙고기압 영향에서 상층의 한기가 남하 시 복사냉각에 의해 기온이 많이 낮아짐. 겨울철에 북서풍이 뚜렷하며, 강수량은 적음

■ 대관령 지방

- 대관령은 해발 772.4m의 고산지대에 위치하므로 바람, 안개, 기온 등 고산 기후 특성이 나타남.
- 연평균기온은 6.6℃이고, 최고기온이 30℃이상 되는 날이 거의 없으며, 0℃이하의 일수는 110일 이상. 6~10월의 월 평균기온이 20℃를 넘지 않는 경우가 많으며, 6

월에서 9월까지의 안개 발생이 잦아 연평균안개일수가 11일에 달함. 이로 인한 일조시간의 감소도 나타남

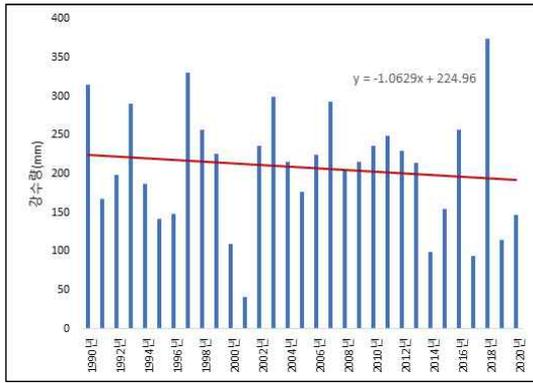
- 연강수량은 1898.0mm로 여름철에 50%로 편중되어 있으며, 바람은 주로 서풍으로 평균풍속이 4.3m/s로 연중 강한 편. 특히, 동절기에는 북동기류의 영향으로 기상변화가 심하고 대설현상이 많음.

■ 강릉지방

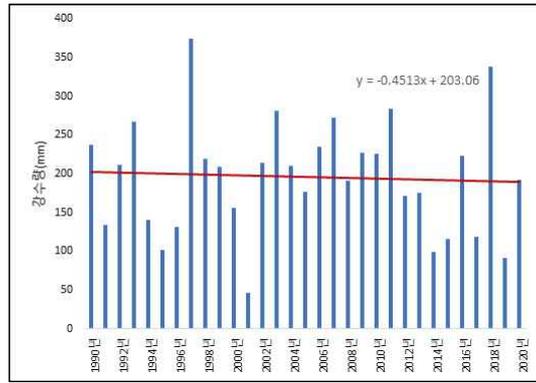
- 강릉지역은 동해 바다에 접한 해안지역과 태백산맥에 접한 산간지역과의 중간에서 다양하고 복잡한 기후를 나타내어 행정구역상으로 강릉시에 속하더라도 산간이나 해안에 근접한 지역에서는 기후 값에 있어 차이를 보임
- 연평균기온은 13.1℃이며, 연평균 최고기온과 최저기온은 각각 17.5℃와 9.2℃, 같은 위도의 서해안보다 기후가 온난하고, 여름에는 태백산맥의 서쪽보다 시원
- 강수량은 1464.5mm이며, 월별로 살펴보면 강수량은 7~9월 여름철에 집중되어 있음. 12~2월의 겨울철에는 월 40~60mm 안팎으로 여름철과 비교하면 큰 차이를 나타내며, 특히 8월에는 평균 298.9mm의 높은 강수량을 보임
- 연평균풍속은 강릉이 2.6m/s이며, 겨울철과 봄철에 강풍 현상이 자주 나타나며, 계절에 관계 없이 북동(NE)기류의 유입시 날씨가 나빠지는 강수 현상 특징을 보임

1) 봄철 강수량

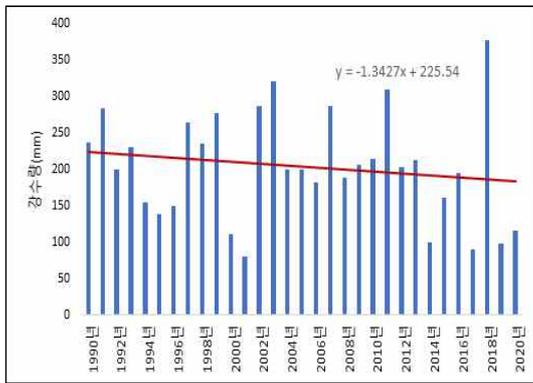
- 최근 30년간 강원도 ASOS(중관기상관측소)지점에 대한 봄철 기간의 강수량 경향을 분석한 결과, 전체 적으로 강수량은 감소하는 것으로 나타남.
- 지역별로는 2010년대 기준, 1990년대 대비 춘천지역은 29mm, 인제지역 18mm, 홍천지역 41mm, 원주지역 28mm, 속초와 강릉지역이 각각 36mm 감소한 것으로 나타남



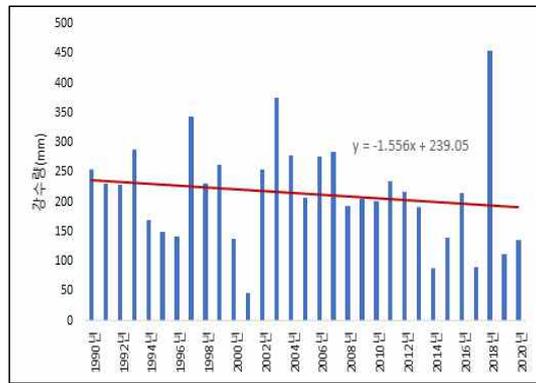
(a) 춘천시



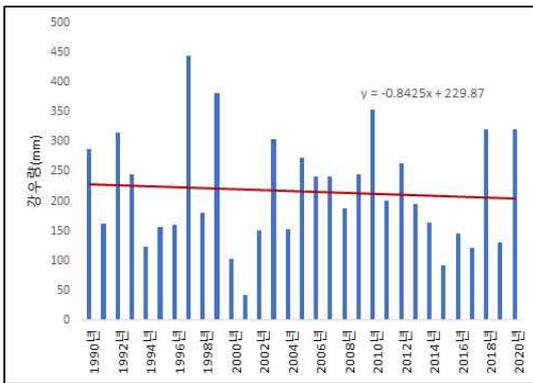
(b) 인제군



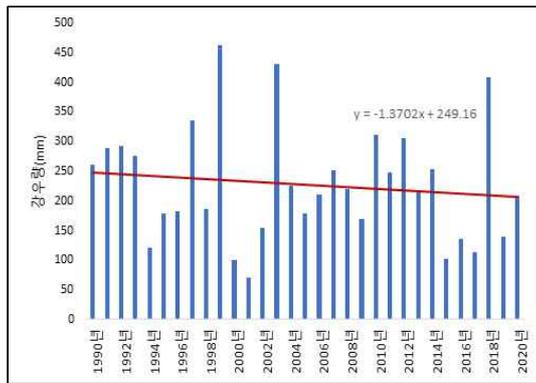
(c) 원주시



(d) 홍천군



(e) 속초시

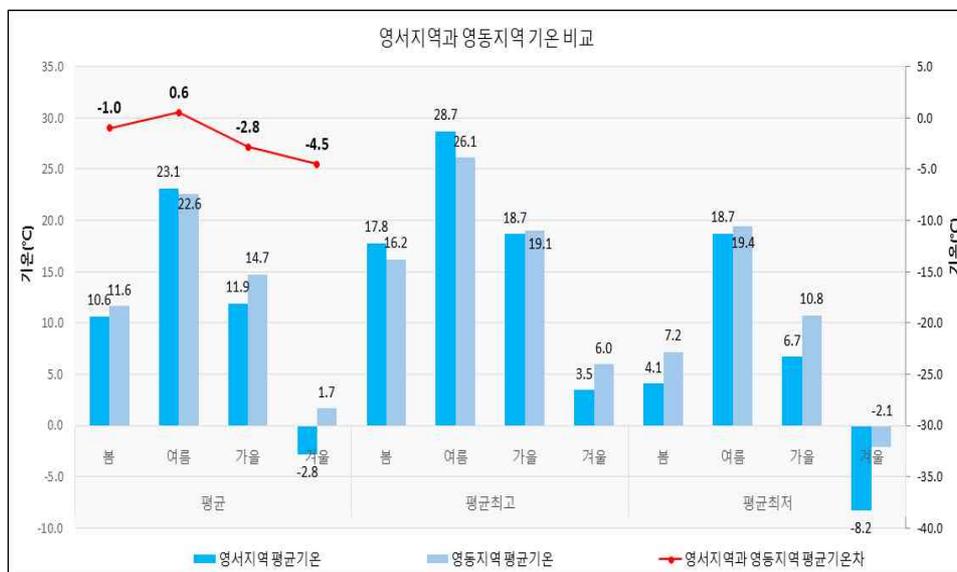


(f) 강릉군

<그림 4.3> 강원도 ASOS 지점의 봄철 강수량 개황(최근 30년간)

2) 계절별 평년기온특성

- 영서 지역의 계절별 평균기온은 영동지역이 영서지역보다 계절 봄과 가을, 겨울에서 낮은 기온을 보였으나 여름의 평균기온은 0.6℃ 정도 높게 나타남
- 평균 최고기온은 영서 지역이 영동 지역보다 봄철과 여름철에서 높게 나타나며, 가을과 겨울철은 낮은 기온을 보임
- 평균최저기온은 영서 지역이 영동 지역보다 전체적으로 낮은 값을 보였으며, 특히 겨울은 6.1℃의 큰 기온 편차를 보임



<그림 4.4> 영서지역과 영동지역의 계절별 평균기온 비교

2. 강수량 전망(RCP 8.5)

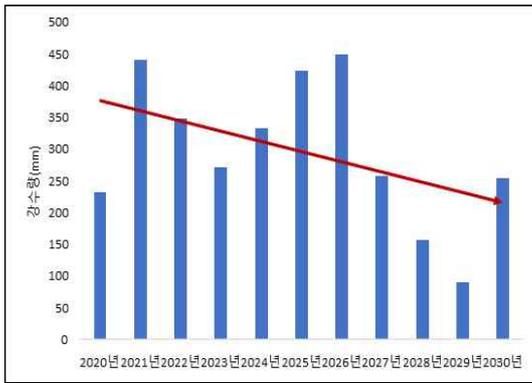
1) 시·군별 강수량 전망

- 전체적으로 봄철(3월~5월) 강수량은 감소하는 경향을 보임. 가장 급격히 감소하는 경향을 보인지역은 고성과 양양지역으로 나타남. 강원도 봄철 강수량은 현재 대비(384.7mm) 2020년대에 62mm 감소하는 것으로 전망되고 있으며, 연도별로는 2029년에 147mm로 가장 적은 강수량을 보임
- 지역별로는 고성지역이 현재대비(401.5mm) 2020년대에 73.3mm, 속초지역이 65.7mm 감소하는 것으로 전망됨. 가장 적은 강수량을 보인지역은 양구지역으로 2020년대에 269.8mm를 보임
- 강원도 시군별 봄철 강수량은 아래 표와 같음

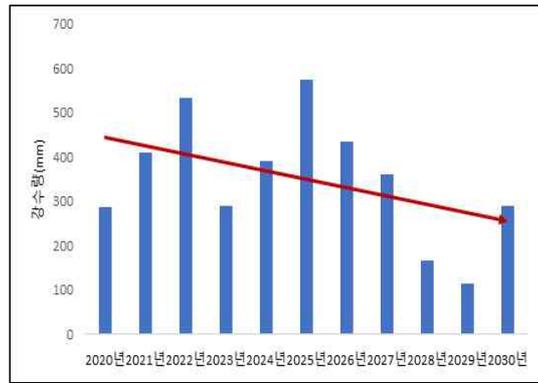
<표 4.2> 강원도 시·군별 봄철(3월~5월) 강수량 전망(RCP 8.5 기준)

| 구분 | 연 도(3월~5월) | | | | | | | | | | |
|-----|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2020년 | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 | 2026년 | 2027년 | 2028년 | 2029년 | 2030년 |
| 춘천시 | 232.9 | 441 | 348.5 | 271.4 | 332.5 | 424.2 | 449.1 | 257.2 | 157.6 | 91.1 | 254.6 |
| 원주시 | 286.6 | 411.4 | 533.1 | 289.5 | 391.9 | 576 | 436.4 | 360.4 | 166 | 115.9 | 291.2 |
| 강릉시 | 276.9 | 331.9 | 379.3 | 393.7 | 533.8 | 376.3 | 363.7 | 245.7 | 198 | 219 | 351.5 |
| 동해시 | 261.8 | 276 | 379 | 377.4 | 517.8 | 369.9 | 292.8 | 246.1 | 180.2 | 212.8 | 367.5 |
| 태백시 | 323.6 | 318.1 | 394.4 | 285.7 | 443.8 | 466.6 | 359.0 | 295.9 | 195.7 | 189.0 | 284.3 |
| 속초시 | 281.8 | 421.3 | 328.8 | 403.2 | 520.3 | 389.0 | 422.3 | 241.1 | 206.3 | 205.1 | 385.7 |
| 삼척시 | 261.3 | 412.6 | 412.4 | 282.8 | 381.3 | 452.1 | 441.3 | 293.6 | 174.9 | 112.7 | 280.2 |
| 홍천군 | 261.3 | 412.6 | 412.4 | 282.8 | 381.3 | 452.1 | 441.3 | 293.6 | 174.9 | 112.7 | 280.2 |
| 횡성군 | 284.5 | 412.5 | 497.2 | 283.8 | 384.3 | 514.9 | 449.5 | 332.2 | 172.3 | 123.7 | 287.9 |
| 영월군 | 331.2 | 397.7 | 500.9 | 292.9 | 382.2 | 538.7 | 420.2 | 317.3 | 180.0 | 157.2 | 294.4 |
| 평창군 | 306.2 | 394.8 | 446.8 | 297.6 | 428.6 | 467.3 | 410.5 | 303.9 | 183.0 | 156.8 | 285.9 |
| 정선군 | 310.7 | 353.6 | 417.3 | 278.8 | 413.8 | 468.7 | 380.4 | 295.6 | 177.0 | 172.6 | 292.4 |
| 철원군 | 228.1 | 420.3 | 316.5 | 282.7 | 325.6 | 401.0 | 499.1 | 258.5 | 142.1 | 108.1 | 233.8 |
| 화천군 | 208.5 | 412.2 | 282.6 | 256.8 | 322.5 | 366.8 | 429.1 | 224.3 | 131.5 | 88.8 | 216.0 |
| 양구군 | 210.0 | 387.4 | 299.2 | 260.8 | 305.1 | 366.4 | 429.3 | 218.1 | 138.0 | 87.8 | 205.7 |
| 인제군 | 246.0 | 388.3 | 322.4 | 284.3 | 380.9 | 383.8 | 425.8 | 245.7 | 159.5 | 123.4 | 254.6 |
| 고성군 | 271.3 | 414.3 | 303.3 | 402.1 | 467.8 | 349.2 | 424.0 | 208.4 | 179.5 | 174.9 | 358.4 |
| 양양군 | 274.4 | 381.0 | 337.9 | 385.6 | 535.4 | 373.4 | 386.2 | 247.9 | 194.9 | 202.2 | 348.0 |

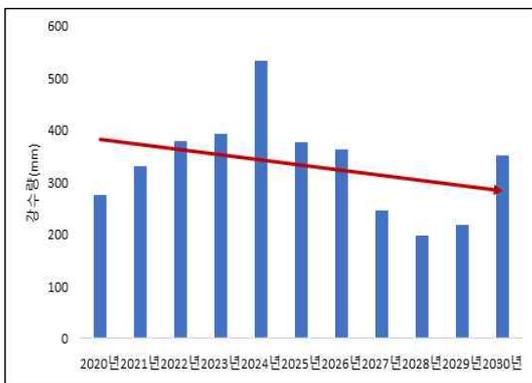
자료 : 기후정보포털(기상청, <http://climate.go.kr>)



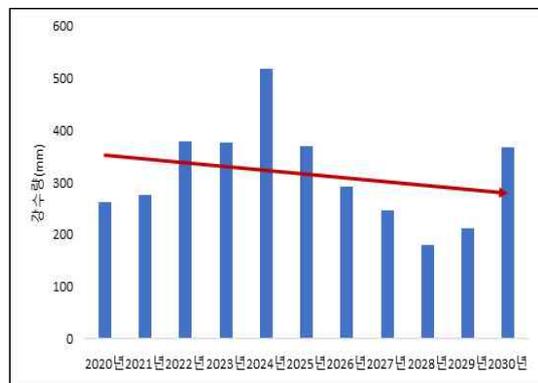
(a) 춘천시



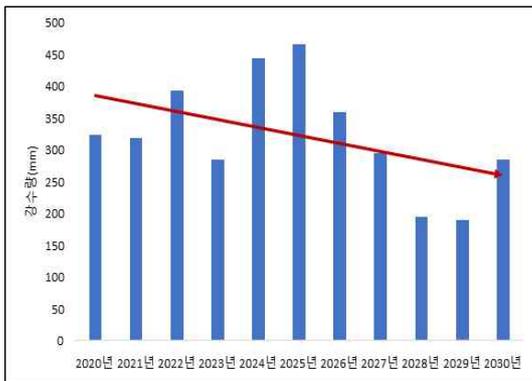
(b) 원주시



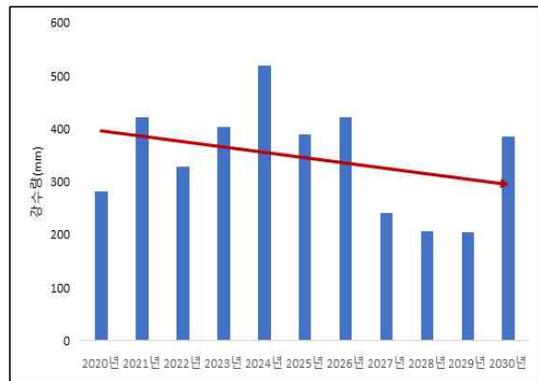
(c) 강릉시



(d) 동해시

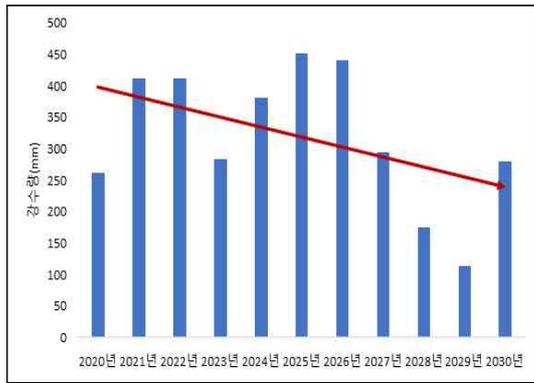


(e) 태백시

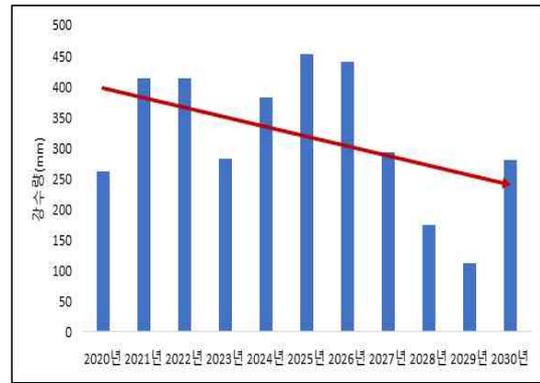


(f) 속초시

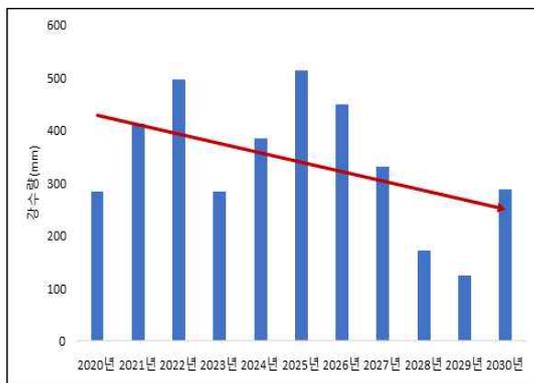
<그림 4.5> 강원도 시·군별 봄철 강수량 전망(RCP 8.5)



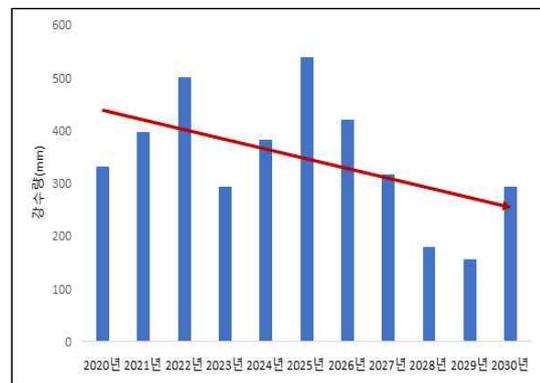
(g) 삼척시



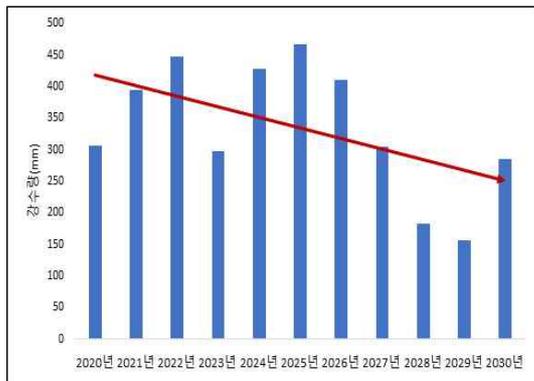
(h) 홍천군



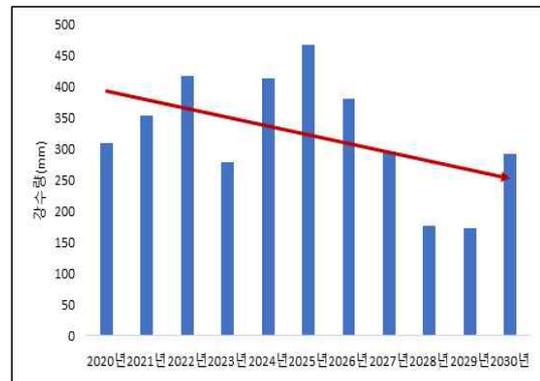
(i) 횡성군



(j) 영월군

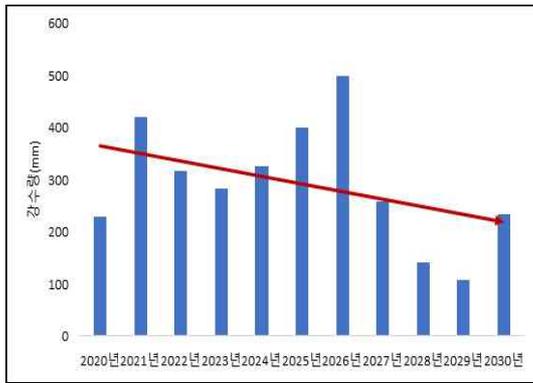


(k) 평창군

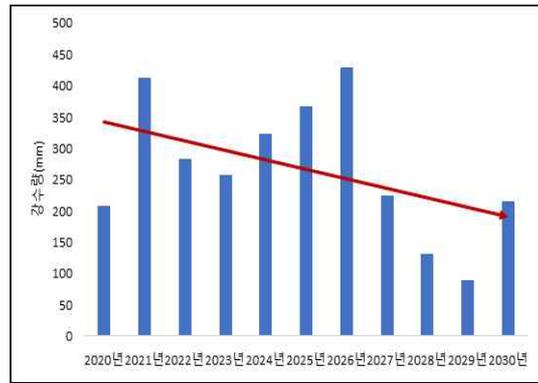


(l) 정선군

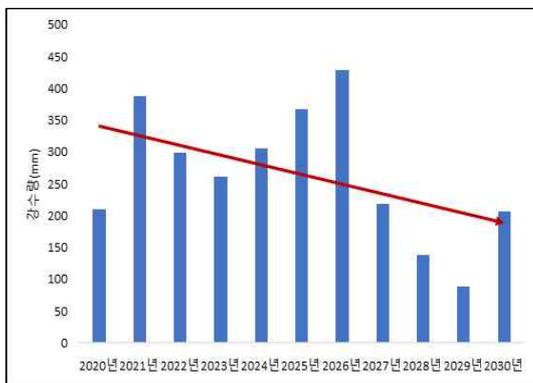
<그림 4.5> 강원도 시·군별 봄철 강수량 전망(RCP 8.5) 계속



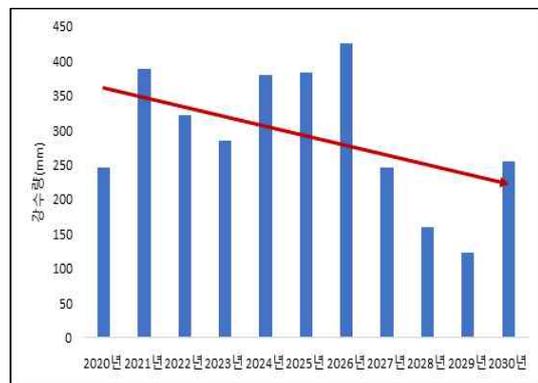
(m) 철원군



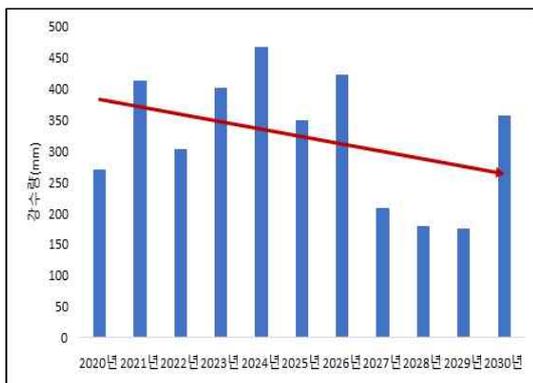
(n) 화천군



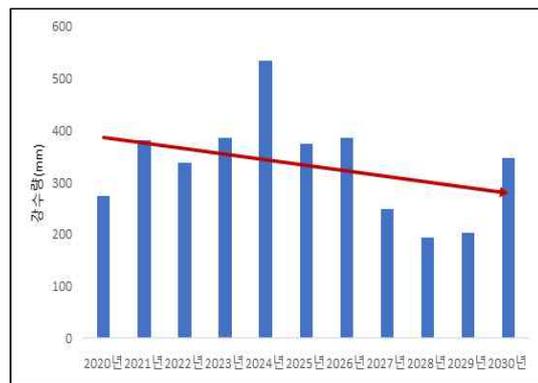
(o) 양구군



(p) 인제군



(q) 고성군



(r) 양양군

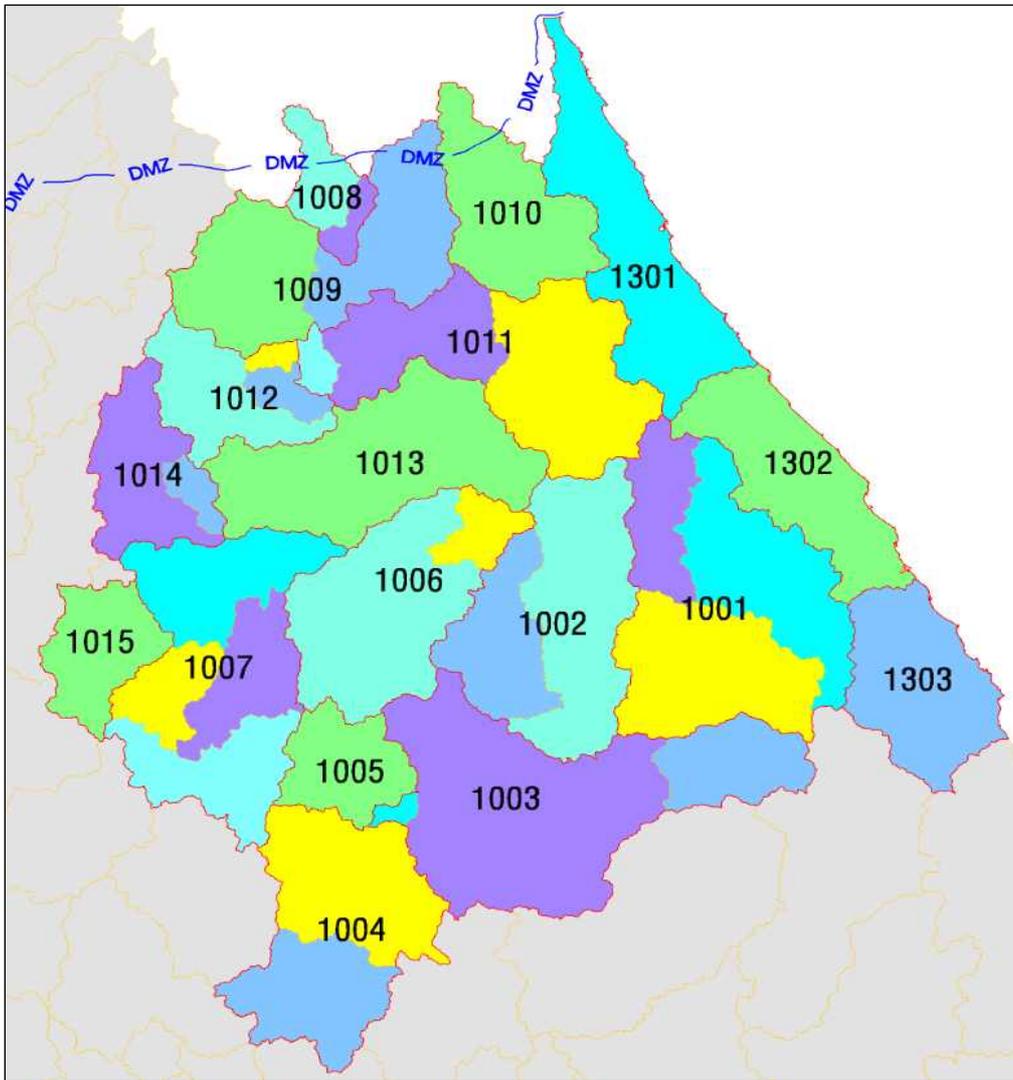
<그림 4.5> 강원도 시·군별 봄철 강수량 전망(RCP 8.5) 계속

2) 중권역 유역별 강수량 전망

○ 강원도 중권역 유역별 행정구역 현황은 다음과 같음

<표 4.3> 중권역 유역의 행정구역 현황

| 수 계 | 하천명 | 소 유 역 구 분 | 소 유 역 번 호 | 유역면적 (km) | 행정구역 |
|----------|-------|--------------|--------------|---|--|
| 한 강 | 남한강 | 남한강상류 | 1001 | 2,447.85 | 강릉시(13.2), 삼척시(17.4), 영월군(13.1), 정선군(100), 태백시(24.9), 평창군(45.2) |
| | 평창강 | 평창강 | 1002 | 1,773.39 | 영월군(46.5), 원주시(5.4), 평창군(54.8), 횡성군(30.7), 단양군(3.6), 제천시(7.6) |
| | 남한강 | 충주댐 | 1003 | 2,483.82 | 영월군(40.5), 원주시(9.4), 태백시(6.7), 문경시(4.6), 봉화군(2.9), 영주시(6.0), 단양군(96.4), 제천시(92.4), 충주시(24.7) |
| | 달천 | 달천 | 1004 | 1,614.36 | 문경시(1.6), 상주시(4.1), 괴산군(85.4), 보은군(23.6), 음성군(21.3), 청원군(21.4), 청주시(2.0), 충주시(33.8) |
| | 남한강 | 충주댐하류 | 1005 | 524.42 | 원주시(13.3), 여주군(0.2), 충주시(41.5) |
| | 섬강 | 섬강 | 1006 | 1,491.01 | 원주시(71.9), 홍천군(2.0), 횡성군(69.3), 양평군(11.7), 여주군(6.2) |
| | 남한강 | 남한강하류 | 1007 | 2,072.72 | 광주시(5.7), 안성시(20.2), 양평군(68.4), 여주군(93.6), 용인시(19.7), 이천시(100), 음성군(36.2) |
| | 북한강 | 금강산댐 | 1008 | 2,384.68 | 양구군(1.8) |
| | 북한강 | 평화의댐 | 1009 | 940.45 | 양구군(7.4), 철원군(19.0), 화천군(16.1) |
| | 북한강 | 춘천댐 | 1010 | 1,587.36 | 양구군(70.2), 춘천시(19.9), 화천군(84.0) |
| | 인북천 | 인북천 | 1011 | 931.22 | 고성군(1.5), 양구군(8.5), 인제군(44.0) |
| | 소양강 | 소양강 | 1012 | 1,852.04 | 양구군(12.1), 인제군(55.9), 춘천시(34.0), 홍천군(24.7) |
| | 북한강 | 의암댐 | 1013 | 721.70 | 춘천시(31.1), 가평군(44.6) |
| | 홍천강 | 홍천강 | 1014 | 1,566.05 | 춘천시(15.1), 홍천군(73.4), 가평군(1.2), 양평군(6.4) |
| | 북한강 | 청평댐 | 1015 | 760.61 | 가평군(54.2), 남양주시(40.6), 양평군(13.5), 포천군(0.1) |
| 한강 동해 | 양양남대천 | 1301 | 1,852.93 | 강릉시(3.6), 고성군(98.5), 속초시(100), 양양군(100), 인제군(0.1) | |
| | 강릉남대천 | 1302 | 1,050.11 | 강릉시(83.3), 동해시(100) | |
| | 삼척오십천 | 1303 | 986.64 | 삼척시(82.6), 태백시(2.7) | |



<그림 4.6> 중권역 유역도

<표 4.4> 중권역 유역별 강수량 전망(RCP 8.5)

| 구 분 | | 중권역 유역 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1001 | 1002 | 1003 | 1004 | 1005 | 1006 | 1007 | 1008 | 1009 | 1010 | 1011 | 1012 | 1013 | 1014 | 1015 | 1301 | 1302 | 1303 |
| 2020 | 3월 | 62.1 | 58.4 | 53.3 | 43.3 | 46.9 | 62.3 | 52.4 | 46.6 | 54.3 | 55.9 | 58.4 | 59.1 | 55.2 | 61.2 | 59.6 | 60.8 | 59.3 | 57.1 |
| | 4월 | 60.1 | 61.0 | 63.7 | 61.4 | 59.4 | 50.2 | 39.1 | 32.0 | 39.8 | 37.0 | 38.3 | 44.8 | 27.1 | 32.4 | 28.8 | 19.6 | 46.3 | 50.7 |
| | 5월 | 174.4 | 172.8 | 194.7 | 188.5 | 183.1 | 158.3 | 170.0 | 113.9 | 131.7 | 129.7 | 137.4 | 130.2 | 136.8 | 145.4 | 157.1 | 180.5 | 169.7 | 182.8 |
| | 누계 | 296.6 | 292.1 | 311.7 | 293.1 | 289.4 | 270.9 | 261.5 | 192.6 | 225.9 | 222.6 | 234.2 | 234.0 | 219.1 | 239.0 | 245.5 | 260.9 | 275.4 | 290.7 |
| 2021 | 3월 | 100.5 | 77.0 | 74.7 | 78.6 | 66.9 | 56.6 | 56.3 | 61.8 | 55.4 | 59.0 | 94.3 | 73.3 | 53.3 | 50.4 | 50.6 | 154.0 | 132.6 | 107.2 |
| | 4월 | 167.1 | 221.2 | 212.4 | 185.7 | 217.4 | 254.0 | 263.3 | 190.2 | 252.9 | 240.2 | 192.5 | 210.7 | 259.5 | 251.2 | 296.1 | 155.3 | 127.0 | 114.2 |
| | 5월 | 75.5 | 88.3 | 105.0 | 131.9 | 96.0 | 98.0 | 103.3 | 89.1 | 115.2 | 112.5 | 96.3 | 102.7 | 117.5 | 106.6 | 113.5 | 75.7 | 59.7 | 62.4 |
| | 누계 | 343.2 | 386.5 | 392.1 | 396.2 | 380.4 | 408.5 | 422.8 | 341.0 | 423.4 | 411.7 | 383.0 | 386.6 | 430.4 | 408.2 | 460.2 | 385.0 | 319.4 | 283.8 |
| 2022 | 3월 | 67.2 | 62.0 | 72.0 | 93.0 | 70.0 | 51.6 | 47.8 | 32.4 | 29.5 | 34.3 | 49.1 | 39.9 | 37.6 | 44.5 | 37.2 | 86.6 | 79.3 | 72.6 |
| | 4월 | 241.2 | 255.5 | 280.7 | 302.8 | 294.5 | 234.9 | 242.2 | 107.6 | 120.8 | 134.6 | 143.6 | 151.1 | 140.5 | 182.2 | 174.4 | 169.0 | 231.6 | 240.1 |
| | 5월 | 110.5 | 178.2 | 180.6 | 181.6 | 195.5 | 199.3 | 205.0 | 123.2 | 165.6 | 160.8 | 130.6 | 151.4 | 155.8 | 166.9 | 162.1 | 52.3 | 69.4 | 74.9 |
| | 누계 | 418.9 | 495.7 | 533.4 | 577.3 | 559.9 | 485.8 | 495.0 | 263.2 | 315.8 | 329.7 | 323.3 | 342.4 | 333.9 | 393.6 | 373.6 | 307.9 | 380.3 | 387.5 |
| 2023 | 3월 | 118.2 | 75.6 | 66.9 | 66.7 | 58.0 | 47.3 | 53.7 | 48.4 | 33.9 | 37.8 | 80.5 | 55.1 | 40.6 | 42.9 | 45.0 | 187.2 | 188.8 | 133.1 |
| | 4월 | 148.5 | 165.0 | 168.6 | 147.2 | 164.4 | 170.1 | 171.7 | 136.4 | 170.8 | 160.3 | 149.6 | 151.9 | 162.4 | 160.0 | 169.8 | 148.6 | 157.3 | 141.7 |
| | 5월 | 55.1 | 60.0 | 61.0 | 56.1 | 55.1 | 64.2 | 63.4 | 50.6 | 61.2 | 64.2 | 61.8 | 64.6 | 65.0 | 70.3 | 64.5 | 53.0 | 42.1 | 41.2 |
| | 누계 | 321.8 | 300.6 | 296.5 | 269.9 | 277.6 | 281.7 | 288.8 | 235.3 | 266.0 | 262.3 | 292.0 | 271.6 | 268.0 | 273.3 | 279.3 | 388.8 | 388.1 | 316.0 |
| 2024 | 3월 | 123.4 | 108.8 | 95.8 | 72.4 | 85.3 | 107.4 | 97.6 | 105.9 | 118.1 | 117.7 | 137.1 | 128.1 | 107.9 | 115.7 | 106.3 | 153.8 | 136.0 | 112.7 |
| | 4월 | 216.4 | 174.8 | 173.9 | 184.8 | 189.4 | 155.4 | 197.5 | 99.7 | 109.8 | 110.3 | 126.3 | 128.6 | 117.3 | 136.4 | 155.7 | 195.0 | 244.4 | 215.7 |
| | 5월 | 124.3 | 118.1 | 131.5 | 151.6 | 133.9 | 109.8 | 118.5 | 69.9 | 78.3 | 81.9 | 89.7 | 87.6 | 86.1 | 99.1 | 105.8 | 118.2 | 135.1 | 129.4 |
| | 누계 | 464.0 | 401.6 | 401.2 | 408.8 | 408.6 | 372.6 | 413.6 | 275.4 | 306.2 | 309.9 | 353.0 | 344.4 | 311.3 | 351.3 | 367.8 | 467.0 | 515.6 | 457.9 |

| 구 분 | | 중권역 유역 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1001 | 1002 | 1003 | 1004 | 1005 | 1006 | 1007 | 1008 | 1009 | 1010 | 1011 | 1012 | 1013 | 1014 | 1015 | 1301 | 1302 | 1303 |
| 2025 | 3월 | 118.3 | 148.1 | 151.3 | 137.4 | 143.3 | 156.1 | 163.6 | 115.9 | 146.8 | 147.8 | 131.5 | 138.5 | 153.3 | 148.4 | 160.2 | 105.0 | 90.1 | 101.2 |
| | 4월 | 99.3 | 95.5 | 111.2 | 135.2 | 113.3 | 87.2 | 103.3 | 61.3 | 75.3 | 70.4 | 68.0 | 70.4 | 72.4 | 68.7 | 86.1 | 79.2 | 99.7 | 109.9 |
| | 5월 | 224.5 | 277.4 | 310.3 | 354.8 | 354.0 | 279.7 | 301.5 | 150.4 | 178.7 | 185.3 | 184.6 | 186.2 | 190.6 | 227.1 | 241.8 | 187.1 | 184.8 | 211.3 |
| | 누계 | 442.1 | 520.9 | 572.7 | 627.4 | 610.6 | 523.1 | 568.3 | 327.6 | 400.8 | 403.6 | 384.1 | 395.1 | 416.3 | 444.1 | 488.0 | 371.3 | 374.7 | 422.3 |
| 2026 | 3월 | 141.1 | 159.6 | 156.3 | 164.7 | 176.6 | 172.9 | 165.1 | 148.2 | 185.5 | 176.0 | 164.2 | 167.3 | 177.9 | 175.6 | 183.9 | 155.8 | 132.5 | 104.0 |
| | 4월 | 65.5 | 74.0 | 79.0 | 71.2 | 76.5 | 80.6 | 75.9 | 64.7 | 82.3 | 82.4 | 72.8 | 78.7 | 85.2 | 82.8 | 80.9 | 59.1 | 58.2 | 54.5 |
| | 5월 | 172.5 | 183.0 | 193.6 | 201.6 | 199.6 | 166.1 | 170.6 | 170.4 | 212.7 | 194.6 | 186.1 | 184.6 | 190.9 | 169.2 | 178.9 | 182.2 | 152.0 | 145.4 |
| | 누계 | 379.1 | 416.6 | 428.9 | 437.6 | 452.7 | 419.7 | 411.5 | 383.4 | 480.4 | 452.9 | 423.2 | 430.6 | 454.0 | 427.6 | 443.7 | 397.1 | 342.7 | 303.9 |
| 2027 | 3월 | 66.1 | 68.1 | 76.6 | 71.8 | 68.1 | 57.6 | 59.4 | 31.2 | 35.3 | 39.8 | 42.3 | 45.0 | 39.6 | 46.3 | 47.5 | 42.1 | 54.5 | 65.8 |
| | 4월 | 38.9 | 39.4 | 57.7 | 59.5 | 41.9 | 35.9 | 38.1 | 35.4 | 50.3 | 41.0 | 29.8 | 35.7 | 39.9 | 38.3 | 45.1 | 15.8 | 24.8 | 47.6 |
| | 5월 | 171.3 | 211.9 | 198.5 | 189.9 | 223.4 | 260.0 | 242.4 | 130.7 | 160.4 | 159.2 | 152.4 | 160.2 | 160.9 | 189.4 | 228.7 | 144.8 | 157.4 | 154.2 |
| | 누계 | 276.3 | 319.4 | 332.8 | 321.2 | 333.4 | 353.5 | 339.8 | 197.4 | 246.1 | 239.9 | 224.5 | 240.9 | 240.4 | 274.1 | 321.3 | 202.7 | 236.8 | 267.5 |
| 2028 | 3월 | 64.1 | 44.0 | 44.0 | 54.5 | 42.4 | 31.0 | 29.5 | 16.3 | 12.5 | 16.2 | 27.6 | 25.9 | 17.9 | 25.7 | 23.1 | 58.2 | 85.0 | 69.2 |
| | 4월 | 39.2 | 35.9 | 38.8 | 36.7 | 36.3 | 38.9 | 40.1 | 32.8 | 38.2 | 39.2 | 41.0 | 40.4 | 38.9 | 38.5 | 40.1 | 43.5 | 45.3 | 44.3 |
| | 5월 | 81.1 | 90.7 | 103.3 | 115.3 | 100.0 | 92.3 | 95.9 | 71.6 | 86.7 | 87.2 | 85.7 | 86.9 | 86.8 | 98.7 | 90.8 | 78.5 | 62.4 | 72.1 |
| | 누계 | 184.4 | 170.6 | 186.2 | 206.5 | 178.8 | 162.2 | 165.5 | 120.7 | 137.3 | 142.6 | 154.3 | 153.2 | 143.6 | 163.0 | 154.0 | 180.2 | 192.6 | 185.6 |
| 2029 | 3월 | 67.6 | 56.8 | 57.0 | 61.9 | 55.0 | 41.6 | 38.7 | 32.8 | 31.8 | 30.7 | 45.3 | 37.6 | 29.9 | 31.3 | 34.8 | 81.2 | 83.8 | 71.4 |
| | 4월 | 51.4 | 39.9 | 37.2 | 41.7 | 33.1 | 32.7 | 31.7 | 32.6 | 40.6 | 35.2 | 34.9 | 38.6 | 33.1 | 34.6 | 36.2 | 39.7 | 56.9 | 42.4 |
| | 5월 | 69.4 | 48.8 | 62.0 | 63.5 | 47.9 | 25.8 | 28.2 | 22.3 | 22.1 | 22.2 | 31.2 | 30.8 | 21.2 | 23.6 | 21.7 | 53.0 | 72.3 | 78.4 |
| | 누계 | 188.3 | 145.5 | 156.2 | 167.1 | 135.9 | 100.1 | 98.6 | 87.7 | 94.5 | 88.1 | 111.4 | 107.1 | 84.1 | 89.5 | 92.6 | 174.0 | 213.0 | 192.2 |

| 구 분 | | 중권역 유역 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1001 | 1002 | 1003 | 1004 | 1005 | 1006 | 1007 | 1008 | 1009 | 1010 | 1011 | 1012 | 1013 | 1014 | 1015 | 1301 | 1302 | 1303 |
| 2030 | 3월 | 128.6 | 117.9 | 122.2 | 120.3 | 112.4 | 98.1 | 100.9 | 69.8 | 72.3 | 74.7 | 93.2 | 81.2 | 80.9 | 83.8 | 89.1 | 153.8 | 150.3 | 131.2 |
| | 4월 | 61.5 | 76.0 | 82.8 | 81.2 | 80.5 | 74.2 | 70.0 | 46.4 | 63.0 | 55.5 | 44.7 | 51.4 | 54.2 | 62.4 | 68.0 | 28.6 | 45.3 | 64.1 |
| | 5월 | 124.0 | 108.5 | 102.7 | 108.4 | 104.3 | 104.3 | 104.5 | 92.0 | 100.9 | 106.0 | 120.0 | 111.2 | 111.9 | 115.9 | 111.0 | 163.7 | 149.0 | 110.8 |
| | 누계 | 314.1 | 302.4 | 307.8 | 309.8 | 297.2 | 276.6 | 275.3 | 208.2 | 236.2 | 236.1 | 258.0 | 243.8 | 247.0 | 262.0 | 268.1 | 346.0 | 344.6 | 306.1 |

자료 : 기후정보포털(기상청, <http://climate.go.kr>)



제2절 잠재증발산량 산정

- 잠재증발산량을 산정하는 방법에는 크게 증발산계(Evapotranspirometer)에 의한 측정방법과 에너지 수지 및 기상자료에 의한 산정방법이 있으며, 본 연구에서는 기상자료(월평균기온)에 의한 Thornthwaite 방법을 이용하여 산정
- 기상자료를 이용한 Thornthwaite 잠재증발산량 산정 방법은 식 3.1과 같음

$$APE = PE_X \frac{D \cdot T}{30 \times 12} \quad (3.1)$$

$$PE_X = 1.62 \left(\frac{10t_n}{J} \right)^a \quad (3.2)$$

$$J = \sum_{n=1}^{12} j_n \quad (3.3)$$

$$a = 0.49 + 0.0179J - 0.000077J^2 + 0.000000675J^3 \quad (3.4)$$

여기서, APE : $t^\circ\text{C}$ 인 특정월에 대한 잠재증발산량(mm/month)

PE_X : 월간 잠재증발산량의 이론치(cm/day)

D : 해당 월의 일수, T : 해당 월의 평균 일조시간

J : 연열 지표의 합

<표 4.5> Thornthwaite 방법에 대한 보정계수 C

| 위도 | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 60N | 0.54 | 0.67 | 0.97 | 1.19 | 1.33 | 1.56 | 1.55 | 1.33 | 1.07 | 0.84 | 0.58 | 0.48 |
| 50 | 0.71 | 0.84 | 0.98 | 1.14 | 1.28 | 1.36 | 1.33 | 1.21 | 1.06 | 0.90 | 0.76 | 0.68 |
| 40 | 0.80 | 0.89 | 0.99 | 1.10 | 1.20 | 1.25 | 1.23 | 1.15 | 1.04 | 0.93 | 0.83 | 0.78 |
| 30 | 0.87 | 0.93 | 1.00 | 1.07 | 1.14 | 1.17 | 1.16 | 1.11 | 1.03 | 0.96 | 0.89 | 0.85 |
| 20 | 0.92 | 0.96 | 1.00 | 1.05 | 1.09 | 1.11 | 1.10 | 1.07 | 1.02 | 0.98 | 0.93 | 0.91 |
| 10 | 0.97 | 0.98 | 1.00 | 1.03 | 1.05 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.02 | 0.99 | 0.97 | 0.96 |
| 0 | 1.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 10 | 1.05 | 1.04 | 1.02 | 0.99 | 1.97 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 1.00 | 1.03 | 1.05 | 1.06 |
| 20 | 1.10 | 1.07 | 1.02 | 0.98 | 0.93 | 0.91 | 0.92 | 0.96 | 1.00 | 1.05 | 1.09 | 1.11 |
| 30 | 1.16 | 1.11 | 1.03 | 0.96 | 0.89 | 0.85 | 0.87 | 0.93 | 1.00 | 1.07 | 1.14 | 1.17 |
| 40 | 1.23 | 1.15 | 1.04 | 0.93 | 0.83 | 0.78 | 0.80 | 0.89 | 0.99 | 1.10 | 1.20 | 1.25 |
| 50S | 1.33 | 1.19 | 1.05 | 0.89 | 0.75 | 0.68 | 0.70 | 0.82 | 0.97 | 1.13 | 1.27 | 1.36 |

자료 : 수자원공학(구미서관,2012)

1. 시군별 잠재증발산량

- 강원도 시·군 전체적으로 봄철의 평균기온이 상승함에 따라 잠재증발산량은 증가하는 것으로 나타남. 잠재증발산량 증가추세를 보면 5개년 평균 현재대비(245.2mm) 2025년에는 16.1mm 증가하는 경향을 보였으며, 2030년에는 큰 변화가 없는 것으로 나타남. 지역별로는 춘천지역이 2025년에 현재대비 41.4mm 증가하여 가장 큰 증가량을 보임. 이외 영동지역인 강릉, 동해, 삼척, 고성, 양양 지역에서는 2025년에 현재대비 약 8mm를 보여 변화가 크게 없는 것으로 나타남
- 2015년부터 2020년까지 현재기간 가장 큰 증발산량을 보인 지역은 동해지역이 276.1mm, 삼척지역이 267.1mm로 나타남. 원주지역은 224.7mm로 가장 적은 증발산량을 보임

<표 4.6> 강원도 시군별 봄철기온 및 잠재증발산량 산정(RCP 8.5 기준)

| 행정 구역 | 구분 | 연도 | 봄철 기온(℃) | | | | 잠재증발산량(mm) | | | |
|-------------|-----|---------------|----------|------|------|------|------------|-------|------|-------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 평균 | 3월 | 4월 | 5월 | 누계 |
| 춘 천 시 | 현재 | 2015~ 2019 | 2.4 | 9.5 | 15.2 | 9.0 | 7.1 | 40.3 | 78.6 | 225.8 |
| | 미래 | 2020 | 3.5 | 9.5 | 16 | 9.7 | 10.5 | 40.2 | 83.1 | 268.5 |
| | | 2021 | 3.8 | 11 | 15.9 | 10.2 | 10.1 | 45.2 | 79.4 | 284.9 |
| | | 2022 | 4.3 | 10.4 | 17.3 | 10.7 | 12.5 | 44.2 | 93.5 | 288.1 |
| | | 2023 | 3.4 | 10.8 | 16.5 | 10.2 | 9.0 | 44.8 | 84.1 | 262.6 |
| | | 2024 | 5 | 8.4 | 15.5 | 9.6 | 15.0 | 32.2 | 77.5 | 260.8 |
| | | 2025 | 4.4 | 10.8 | 15.8 | 10.3 | 12.5 | 44.5 | 79.1 | 275.2 |
| | | 2026 | 3 | 10.8 | 17.9 | 10.6 | 6.5 | 41.8 | 90.8 | 278.5 |
| | | 2027 | 5 | 10.4 | 15.9 | 10.4 | 15.4 | 43.3 | 80.7 | 271.1 |
| | | 2028 | 3.2 | 11.7 | 16 | 10.3 | 7.1 | 46.8 | 77.8 | 261.3 |
| | | 2029 | 3.2 | 10.2 | 16.1 | 9.8 | 8.0 | 40.9 | 80.7 | 253.3 |
| 2030 | 4 | 10.5 | 15 | 9.8 | 10.2 | 41.3 | 72.2 | 255.1 | | |
| 원 주 시 | 현재 | 2015~ 2019 | 1.3 | 10.6 | 15.1 | 9.0 | 2.9 | 45.7 | 76.9 | 261.2 |
| | 미래 | 2020 | 4.2 | 9.9 | 16.4 | 10.2 | 12.0 | 40.1 | 83.6 | 187.5 |
| | | 2021 | 3.9 | 11.7 | 16.8 | 10.8 | 15.9 | 17.3 | 18.6 | 200.7 |
| | | 2022 | 4.5 | 11 | 18.2 | 11.2 | 11.8 | 43.6 | 93.5 | 292.7 |
| | | 2023 | 4.2 | 11.6 | 17.1 | 11.0 | 10.8 | 47.0 | 86.0 | 273.9 |
| | | 2024 | 5.7 | 9.3 | 16.1 | 10.4 | 16.3 | 34.7 | 79.1 | 270.9 |
| | | 2025 | 5.3 | 11.2 | 16.6 | 11.0 | 14.5 | 44.3 | 82.0 | 286.6 |
| | | 2026 | 3.7 | 11.3 | 18.8 | 11.3 | 7.8 | 42.6 | 95.4 | 289.2 |
| | | 2027 | 5.4 | 10.8 | 16.5 | 10.9 | 16.1 | 44.0 | 83.3 | 280.1 |
| | | 2028 | 3.8 | 12.1 | 16.8 | 10.9 | 8.2 | 47.2 | 81.3 | 269.6 |
| | | 2029 | 4.2 | 10.8 | 16.4 | 10.5 | 10.4 | 42.0 | 80.5 | 263.3 |
| 2030 | 4.9 | 10.9 | 16 | 10.6 | 12.3 | 41.4 | 76.7 | 251.3 | | |
| 강 릉 시 | 현재 | 2015~ 2019 | 3.4 | 9.3 | 14.7 | 9.1 | 9.7 | 40.9 | 76.0 | 258.0 |
| | 미래 | 2020 | 5 | 10.2 | 15.9 | 10.4 | 17.0 | 44.7 | 83.3 | 283.4 |
| | | 2021 | 4.5 | 11.2 | 15.4 | 10.4 | 13.4 | 47.6 | 77.4 | 288 |
| | | 2022 | 4.6 | 10.1 | 17.4 | 10.7 | 14.6 | 43.0 | 92.0 | 286 |
| | | 2023 | 3.9 | 10.2 | 15.9 | 10.0 | 11.6 | 43.1 | 81.7 | 259.6 |
| | | 2024 | 4.9 | 7.8 | 15 | 9.2 | 15.9 | 31.0 | 76.3 | 251.3 |
| | | 2025 | 4.9 | 10.3 | 14.9 | 10.0 | 14.1 | 41.3 | 72.7 | 261.5 |
| | | 2026 | 3.2 | 10.4 | 16.7 | 10.1 | 7.8 | 41.4 | 84.2 | 266.5 |
| | | 2027 | 5.4 | 10.2 | 14.2 | 9.9 | 18.0 | 43.7 | 71.4 | 272.2 |
| | | 2028 | 4 | 11.2 | 16.1 | 10.4 | 11.1 | 46.8 | 81.2 | 268.7 |
| | | 2029 | 4.6 | 9.9 | 15.2 | 9.9 | 13.6 | 40.2 | 75.8 | 257 |
| 2030 | 4.8 | 11.2 | 14.6 | 10.2 | 13.0 | 45.0 | 69.4 | 127.4 | | |

<표 4.6> 강원도 시군별 봄철기온 및 잠재증발산량 산정(RCP 8.5 기준) 계속

| 행정 구역 | 구분 | 연도 | 봄철 기온(°C) | | | | 잠재증발산량(mm) | | | |
|-------------|-----|---------------|-----------|------|------|------|------------|-------|------|-------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 평균 | 3월 | 4월 | 5월 | 누계 |
| 동 해 시 | 현재 | 2015~ 2019 | 4.6 | 10.2 | 15.5 | 10.1 | 13.6 | 41.7 | 77.9 | 271.7 |
| | 미래 | 2020 | 6.4 | 11.1 | 16.8 | 11.4 | 20.6 | 46.2 | 85.9 | 298.3 |
| | | 2021 | 5.7 | 12.2 | 16.2 | 11.4 | 16.1 | 50.0 | 79.5 | 303.2 |
| | | 2022 | 5.8 | 11 | 18.4 | 11.7 | 17.3 | 44.5 | 95.8 | 301 |
| | | 2023 | 5.2 | 11.1 | 16.6 | 11.0 | 14.9 | 45.1 | 83.4 | 274.1 |
| | | 2024 | 6.3 | 8.8 | 15.9 | 10.3 | 19.2 | 32.9 | 78.6 | 263.7 |
| | | 2025 | 6.2 | 11.1 | 15.6 | 11.0 | 17.0 | 42.3 | 73.7 | 273.7 |
| | | 2026 | 4.7 | 11.2 | 17.5 | 11.1 | 11.4 | 42.7 | 86.6 | 281 |
| | | 2027 | 6.7 | 11.1 | 15 | 10.9 | 21.4 | 45.6 | 73.3 | 285.1 |
| | | 2028 | 5.1 | 11.9 | 16.9 | 11.3 | 13.5 | 47.7 | 83.6 | 279.6 |
| | | 2029 | 6 | 10.7 | 15.9 | 10.9 | 16.9 | 41.1 | 76.8 | 266.8 |
| 2030 | 5.9 | 12.1 | 15.4 | 11.1 | 14.9 | 46.3 | 70.8 | 241.2 | | |
| 태 백 시 | 현재 | 2015~ 2019 | 1.3 | 7.7 | 13.5 | 7.5 | 5.0 | 36.2 | 73.3 | 232.4 |
| | 미래 | 2020 | 2.7 | 7.9 | 14.4 | 8.3 | 10.3 | 37.3 | 78.9 | 254.4 |
| | | 2021 | 2.1 | 9.6 | 14.6 | 8.8 | 6.7 | 43.8 | 77.4 | 265.9 |
| | | 2022 | 2.7 | 8.7 | 16.4 | 9.3 | 9.2 | 39.5 | 89.3 | 261.1 |
| | | 2023 | 1.7 | 8.6 | 14.6 | 8.3 | 5.5 | 39.3 | 78.3 | 237.6 |
| | | 2024 | 3.6 | 6.4 | 13.8 | 7.9 | 13.2 | 27.9 | 73.4 | 238.6 |
| | | 2025 | 3.5 | 8.5 | 14.6 | 8.9 | 11.5 | 36.6 | 76.0 | 251.5 |
| | | 2026 | 1.4 | 8.6 | 16.5 | 8.8 | 3.6 | 36.4 | 87.4 | 250.2 |
| | | 2027 | 3.2 | 8.2 | 13.6 | 8.3 | 11.9 | 38.0 | 72.9 | 245.1 |
| | | 2028 | 1.6 | 9.4 | 14.4 | 8.5 | 4.7 | 42.1 | 75.5 | 236.5 |
| | | 2029 | 2.6 | 7.8 | 13.5 | 8.0 | 8.7 | 34.6 | 70.9 | 230.6 |
| 2030 | 2.3 | 9.1 | 13.7 | 8.4 | 6.8 | 39.5 | 70.1 | 116.4 | | |
| 속 초 시 | 현재 | 2015~ 2019 | 3.6 | 9.3 | 14.7 | 9.2 | 11.2 | 39.8 | 75.4 | 258.0 |
| | 미래 | 2020 | 5.1 | 10.5 | 16.3 | 10.6 | 17.0 | 45.8 | 85.3 | 286.4 |
| | | 2021 | 4.7 | 11.3 | 15.4 | 10.5 | 13.8 | 47.6 | 76.9 | 288.8 |
| | | 2022 | 4.7 | 10.2 | 17.5 | 10.8 | 14.8 | 43.3 | 92.4 | 289.5 |
| | | 2023 | 4.2 | 10.4 | 16.1 | 10.2 | 12.6 | 43.8 | 82.6 | 261.8 |
| | | 2024 | 4.6 | 7.9 | 15.2 | 9.2 | 14.4 | 31.2 | 77.2 | 251.3 |
| | | 2025 | 4.8 | 10.6 | 15 | 10.1 | 13.4 | 42.4 | 72.7 | 261 |
| | | 2026 | 3.1 | 10.5 | 16.7 | 10.1 | 7.3 | 41.5 | 83.7 | 266.2 |
| | | 2027 | 5.7 | 10.4 | 14.3 | 10.1 | 18.7 | 43.9 | 71.1 | 274.9 |
| | | 2028 | 4.2 | 11.5 | 16.3 | 10.7 | 11.5 | 47.8 | 81.9 | 272.8 |
| | | 2029 | 4.6 | 10.1 | 15.6 | 10.1 | 13.2 | 40.7 | 77.7 | 258.4 |
| 2030 | 5.1 | 11.3 | 14.5 | 10.3 | 13.8 | 44.9 | 68.1 | 249.9 | | |

<표 4.6> 강원도 시군별 봄철기온 및 잠재증발산량 산정(RCP 8.5 기준) 계속

| 행정 구역 | 구분 | 연도 | 봄철 기온(°C) | | | | 잠재증발산량(mm) | | | |
|-------------|-----|---------------|-----------|------|------|------|------------|-------|------|-------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 평균 | 3월 | 4월 | 5월 | 누계 |
| 삼 척 시 | 현재 | 2015~ 2019 | 3.3 | 9.5 | 15.2 | 9.3 | 10.2 | 40.6 | 78.2 | 262.6 |
| | 미래 | 2020 | 5 | 10.3 | 16.2 | 10.5 | 16.7 | 44.8 | 84.8 | 289.1 |
| | | 2021 | 4.4 | 11.5 | 16.1 | 10.7 | 12.7 | 48.7 | 81.4 | 295.8 |
| | | 2022 | 4.5 | 10.5 | 18 | 11.0 | 13.6 | 44.2 | 95.2 | 291.1 |
| | | 2023 | 3.7 | 10.4 | 16.3 | 10.1 | 10.6 | 43.7 | 83.8 | 264.6 |
| | | 2024 | 5.3 | 8 | 15.4 | 9.6 | 17.0 | 31.4 | 78.1 | 257.9 |
| | | 2025 | 5.2 | 10.4 | 15.5 | 10.4 | 14.7 | 41.0 | 75.7 | 270 |
| | | 2026 | 3.5 | 10.5 | 17.5 | 10.5 | 8.5 | 41.2 | 88.9 | 275.1 |
| | | 2027 | 5.4 | 10.3 | 14.8 | 10.2 | 17.8 | 43.9 | 74.8 | 276.1 |
| | | 2028 | 3.8 | 11.2 | 16.4 | 10.5 | 10.2 | 46.5 | 82.9 | 269.2 |
| | | 2029 | 4.7 | 9.9 | 15.3 | 10.0 | 13.7 | 39.9 | 76.0 | 259.3 |
| 2030 | 4.5 | 11.3 | 15.2 | 10.3 | 11.7 | 45.1 | 72.9 | 129.7 | | |
| 홍 천 군 | 현재 | 2015~ 2019 | 1.4 | 8.3 | 14.2 | 8.0 | 4.7 | 36.6 | 74.9 | 234.1 |
| | 미래 | 2020 | 2.6 | 8.2 | 14.9 | 8.6 | 8.5 | 36.2 | 79.1 | 249.2 |
| | | 2021 | 2.4 | 9.9 | 15 | 9.1 | 6.5 | 42.3 | 76.6 | 261.1 |
| | | 2022 | 3.1 | 9.1 | 16.5 | 9.6 | 9.5 | 38.9 | 87.3 | 264.2 |
| | | 2023 | 2.4 | 9.7 | 15.4 | 9.2 | 6.8 | 41.8 | 79.9 | 243.2 |
| | | 2024 | 3.8 | 7.2 | 14.4 | 8.5 | 12.1 | 29.0 | 73.6 | 241.9 |
| | | 2025 | 3.7 | 9.5 | 14.9 | 9.4 | 11.2 | 40.1 | 75.9 | 256 |
| | | 2026 | 1.8 | 9.4 | 17 | 9.4 | 3.9 | 37.4 | 87.5 | 256.8 |
| | | 2027 | 3.8 | 8.9 | 14.8 | 9.2 | 12.5 | 38.5 | 77.0 | 251.3 |
| | | 2028 | 2.2 | 10.4 | 15 | 9.2 | 5.3 | 43.2 | 74.8 | 241.4 |
| | | 2029 | 2.4 | 8.8 | 14.7 | 8.6 | 6.6 | 36.6 | 74.9 | 233.4 |
| 2030 | 3 | 9.3 | 14 | 8.8 | 8.2 | 38.0 | 69.1 | 236.3 | | |
| 횡 성 군 | 현재 | 2015~ 2019 | 1.9 | 8.8 | 14.7 | 8.5 | 5.7 | 38.1 | 76.6 | 241.7 |
| | 미래 | 2020 | 2.9 | 8.6 | 15.2 | 8.9 | 9.0 | 36.8 | 79.4 | 254.7 |
| | | 2021 | 2.7 | 10.5 | 15.5 | 9.6 | 7.0 | 44.1 | 78.4 | 268.3 |
| | | 2022 | 3.4 | 9.7 | 17 | 10.0 | 9.7 | 40.3 | 88.8 | 271.1 |
| | | 2023 | 2.9 | 10.3 | 15.8 | 9.7 | 7.9 | 43.5 | 80.9 | 252.3 |
| | | 2024 | 4.4 | 8 | 14.9 | 9.1 | 13.5 | 31.5 | 75.0 | 251 |
| | | 2025 | 4.1 | 10 | 15.4 | 9.8 | 12.0 | 41.3 | 77.7 | 264.8 |
| | | 2026 | 2.3 | 9.9 | 17.6 | 9.9 | 5.0 | 38.6 | 90.2 | 266 |
| | | 2027 | 4.2 | 9.4 | 15.3 | 9.6 | 13.4 | 39.9 | 78.9 | 258.8 |
| | | 2028 | 2.6 | 10.9 | 15.5 | 9.7 | 6.0 | 44.3 | 76.3 | 248.3 |
| | | 2029 | 2.9 | 9.4 | 15.1 | 9.1 | 7.7 | 38.2 | 75.8 | 241.3 |
| 2030 | 3.5 | 9.7 | 14.6 | 9.3 | 9.3 | 38.8 | 71.5 | 119.6 | | |

<표 4.6> 강원도 시군별 봄철기온 및 잠재증발산량 산정(RCP 8.5 기준) 계속

| 행정 구역 | 구분 | 연도 | 봄철 기온(°C) | | | | 잠재증발산량(mm) | | | |
|-------------|-----|---------------|-----------|------|------|------|------------|-------|------|-------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 평균 | 3월 | 4월 | 5월 | 누계 |
| 영 월 군 | 현재 | 2015~ 2019 | 2.2 | 9.0 | 14.6 | 8.6 | 6.6 | 39.2 | 76.3 | 246.0 |
| | 미래 | 2020 | 3.2 | 8.8 | 15.2 | 9.1 | 10.4 | 38.5 | 80.1 | 263.7 |
| | | 2021 | 3.1 | 10.8 | 15.6 | 9.8 | 8.7 | 46.3 | 79.7 | 277.5 |
| | | 2022 | 3.6 | 9.9 | 17.2 | 10.2 | 10.6 | 41.7 | 90.5 | 277.1 |
| | | 2023 | 3.1 | 10.3 | 15.7 | 9.7 | 9.0 | 44.3 | 81.0 | 257 |
| | | 2024 | 4.5 | 8.2 | 14.8 | 9.2 | 14.3 | 33.2 | 75.2 | 255.5 |
| | | 2025 | 4.3 | 10 | 15.5 | 9.9 | 12.8 | 41.5 | 78.5 | 269.1 |
| | | 2026 | 2.6 | 9.9 | 17.6 | 10.0 | 6.1 | 39.3 | 90.9 | 267.7 |
| | | 2027 | 4.2 | 9.4 | 14.9 | 9.5 | 13.8 | 40.6 | 77.0 | 259.7 |
| | | 2028 | 2.7 | 10.8 | 15.4 | 9.6 | 6.7 | 44.8 | 76.8 | 250.8 |
| | | 2029 | 3.3 | 9.3 | 14.8 | 9.1 | 9.4 | 38.4 | 74.7 | 245.1 |
| 2030 | 3.6 | 9.9 | 14.7 | 9.4 | 9.9 | 40.2 | 72.5 | 225.6 | | |
| 평 창 군 | 현재 | 2015~ 2019 | -0.2 | 6.5 | 12.4 | 6.3 | 2.8 | 32.0 | 69.0 | 209.1 |
| | 미래 | 2020 | 1.2 | 6.5 | 13.2 | 7.0 | 4.7 | 31.9 | 73.7 | 224.8 |
| | | 2021 | 1 | 8.4 | 13.4 | 7.6 | 3.2 | 39.3 | 72.0 | 237.5 |
| | | 2022 | 1.5 | 7.4 | 15.1 | 8.0 | 5.3 | 34.6 | 83.1 | 235.6 |
| | | 2023 | 0.7 | 7.8 | 13.6 | 7.4 | 2.2 | 36.6 | 73.8 | 213.4 |
| | | 2024 | 2.2 | 5.4 | 12.6 | 6.7 | 8.2 | 24.5 | 68.1 | 213.9 |
| | | 2025 | 2.2 | 7.6 | 13.4 | 7.7 | 7.5 | 34.4 | 71.2 | 228.4 |
| | | 2026 | 0.2 | 7.6 | 15.4 | 7.7 | 0.4 | 32.9 | 82.0 | 226.8 |
| | | 2027 | 2.1 | 7 | 12.8 | 7.3 | 8.1 | 33.4 | 70.0 | 222.2 |
| | | 2028 | 0.6 | 8.6 | 13.3 | 7.5 | 1.6 | 39.1 | 70.0 | 213.4 |
| | | 2029 | 1.1 | 6.8 | 12.7 | 6.9 | 3.6 | 31.1 | 68.0 | 206.2 |
| 2030 | 1.3 | 7.7 | 12.5 | 7.2 | 4.0 | 34.4 | 65.1 | 103.5 | | |
| 정 선 군 | 현재 | 2015~ 2019 | 0.9 | 7.6 | 13.3 | 7.3 | 4.1 | 35.6 | 72.3 | 226.2 |
| | 미래 | 2020 | 2.2 | 7.6 | 14 | 7.9 | 8.2 | 35.8 | 76.5 | 245.8 |
| | | 2021 | 2 | 9.5 | 14.4 | 8.6 | 6.2 | 43.1 | 76.0 | 259.3 |
| | | 2022 | 2.5 | 8.5 | 16.1 | 9.0 | 8.4 | 38.3 | 87.3 | 255.7 |
| | | 2023 | 1.6 | 8.8 | 14.4 | 8.3 | 5.0 | 40.0 | 76.7 | 231.9 |
| | | 2024 | 3.1 | 6.4 | 13.5 | 7.7 | 11.0 | 27.8 | 71.4 | 231.2 |
| | | 2025 | 3.2 | 8.5 | 14.2 | 8.6 | 10.4 | 36.9 | 73.7 | 244.6 |
| | | 2026 | 1.2 | 8.4 | 16.3 | 8.6 | 2.9 | 35.0 | 85.7 | 244.1 |
| | | 2027 | 3 | 8 | 13.6 | 8.2 | 10.9 | 36.8 | 72.8 | 239.6 |
| | | 2028 | 1.4 | 9.4 | 14.2 | 8.3 | 3.8 | 41.6 | 73.7 | 230.2 |
| | | 2029 | 2.2 | 7.7 | 13.4 | 7.8 | 7.1 | 33.9 | 70.1 | 223.6 |
| 2030 | 2.1 | 8.8 | 13.4 | 8.1 | 6.1 | 38.1 | 68.3 | 233.8 | | |

<표 4.6> 강원도 시군별 봄철기온 및 잠재증발산량 산정(RCP 8.5 기준) 계속

| 행정 구역 | 구분 | 연도 | 봄철 기온(°C) | | | | 잠재증발산량(mm) | | | |
|-------------|-----|---------------|-----------|------|------|------|------------|-------|------|-------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 평균 | 3월 | 4월 | 5월 | 누계 |
| 철 원 군 | 현재 | 2015~ 2019 | 1.7 | 8.7 | 14.8 | 8.4 | 5.5 | 37.4 | 76.8 | 240.6 |
| | 미래 | 2020 | 2.9 | 8.6 | 15.8 | 9.1 | 8.7 | 36.2 | 82.7 | 251.8 |
| | | 2021 | 2.6 | 10 | 15.3 | 9.3 | 6.5 | 41.0 | 76.7 | 262.7 |
| | | 2022 | 3.4 | 9.8 | 16.7 | 10.0 | 9.9 | 41.3 | 87.3 | 272.6 |
| | | 2023 | 3 | 10.4 | 16.1 | 9.8 | 8.1 | 43.6 | 82.4 | 250.5 |
| | | 2024 | 3.8 | 7.6 | 15.1 | 8.8 | 11.0 | 29.3 | 76.1 | 248.7 |
| | | 2025 | 3.9 | 10.2 | 15.4 | 9.8 | 11.4 | 42.8 | 78.1 | 266.4 |
| | | 2026 | 2.2 | 10.4 | 17.4 | 10.0 | 4.6 | 41.0 | 88.5 | 265.3 |
| | | 2027 | 3.9 | 9.5 | 15.5 | 9.6 | 11.9 | 39.8 | 79.5 | 258.1 |
| | | 2028 | 2.8 | 11.1 | 15.7 | 9.9 | 6.2 | 44.2 | 76.5 | 252.1 |
| | | 2029 | 2.6 | 9.6 | 15.8 | 9.3 | 6.5 | 38.8 | 79.9 | 241.5 |
| 2030 | 3.4 | 9.6 | 14.4 | 9.1 | 8.8 | 37.8 | 69.7 | 116.3 | | |
| 화 천 군 | 현재 | 2015~ 2019 | 1.4 | 8.5 | 14.4 | 8.1 | 4.8 | 37.8 | 75.7 | 238.4 |
| | 미래 | 2020 | 2.5 | 8.7 | 15.4 | 8.9 | 7.8 | 38.2 | 81.6 | 254.4 |
| | | 2021 | 2.6 | 10.2 | 15 | 9.3 | 7.1 | 43.5 | 76.2 | 267.3 |
| | | 2022 | 3.3 | 9.7 | 16.7 | 9.9 | 10.1 | 42.0 | 88.4 | 271.8 |
| | | 2023 | 2.4 | 10 | 15.7 | 9.4 | 6.7 | 43.1 | 81.5 | 248.2 |
| | | 2024 | 3.8 | 7.5 | 14.7 | 8.7 | 11.8 | 30.1 | 75.0 | 246.2 |
| | | 2025 | 3.4 | 9.9 | 15.1 | 9.5 | 10.1 | 42.1 | 77.1 | 261.4 |
| | | 2026 | 1.9 | 10 | 17.1 | 9.7 | 4.1 | 40.2 | 87.8 | 262.7 |
| | | 2027 | 3.8 | 9.5 | 15 | 9.4 | 12.1 | 41.0 | 77.5 | 256.3 |
| | | 2028 | 2.4 | 10.8 | 15.3 | 9.5 | 5.6 | 44.4 | 75.7 | 247.3 |
| | | 2029 | 2.1 | 9.2 | 15.3 | 8.9 | 5.4 | 38.1 | 78.1 | 238.7 |
| 2030 | 2.9 | 9.7 | 14.3 | 9.0 | 7.5 | 39.4 | 70.2 | 234.3 | | |
| 인 제 군 | 현재 | 2015~ 2019 | 0.9 | 7.6 | 13.4 | 7.3 | 4.1 | 35.3 | 72.1 | 225.6 |
| | 미래 | 2020 | 2.2 | 7.9 | 14.6 | 8.2 | 7.8 | 36.7 | 79.4 | 245.7 |
| | | 2021 | 2 | 9.3 | 14.3 | 8.5 | 6.0 | 41.3 | 74.5 | 256.1 |
| | | 2022 | 2.7 | 8.6 | 15.9 | 9.1 | 9.2 | 39.0 | 86.1 | 257.7 |
| | | 2023 | 1.8 | 8.9 | 14.7 | 8.5 | 5.5 | 40.0 | 77.9 | 231.3 |
| | | 2024 | 2.9 | 6.1 | 13.7 | 7.6 | 9.9 | 25.9 | 72.1 | 229.8 |
| | | 2025 | 3.2 | 9 | 14 | 8.7 | 10.3 | 39.3 | 72.3 | 244.7 |
| | | 2026 | 1.1 | 8.8 | 16.1 | 8.7 | 2.5 | 36.5 | 83.8 | 243.7 |
| | | 2027 | 3.2 | 8.3 | 13.7 | 8.4 | 11.2 | 37.4 | 72.3 | 242.7 |
| | | 2028 | 1.8 | 9.9 | 14.4 | 8.7 | 4.8 | 43.2 | 73.8 | 235.9 |
| | | 2029 | 1.9 | 8.1 | 14 | 8.0 | 5.7 | 35.3 | 73.1 | 225.7 |
| 2030 | 2.4 | 9 | 13.2 | 8.2 | 6.9 | 38.4 | 66.3 | 234.6 | | |

<표 4.6> 강원도 시군별 봄철기온 및 잠재증발산량 산정(RCP 8.5 기준) 계속

| 행정 구역 | 구분 | 연도 | 봄철 기온(°C) | | | | 잠재증발산량(mm) | | | |
|-------------|-----|---------------|-----------|------|------|------|------------|-------|------|-------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 평균 | 3월 | 4월 | 5월 | 누계 |
| 양 구 군 | 현재 | 2015~ 2019 | 1.4 | 8.5 | 14.3 | 8.1 | 4.8 | 38.0 | 75.6 | 239.3 |
| | 미래 | 2020 | 2.6 | 8.7 | 15.4 | 8.9 | 8.5 | 38.8 | 82.2 | 257.1 |
| | | 2021 | 2.5 | 10.2 | 15 | 9.2 | 6.9 | 44.0 | 76.7 | 269.4 |
| | | 2022 | 3.4 | 9.6 | 16.7 | 9.9 | 10.8 | 42.0 | 89.0 | 272.4 |
| | | 2023 | 2.4 | 9.8 | 15.6 | 9.3 | 6.8 | 42.5 | 81.3 | 247.2 |
| | | 2024 | 3.7 | 7.3 | 14.6 | 8.5 | 11.8 | 29.7 | 75.1 | 246.8 |
| | | 2025 | 3.5 | 10 | 15 | 9.5 | 10.6 | 42.9 | 76.7 | 262 |
| | | 2026 | 1.8 | 9.8 | 17.1 | 9.6 | 4.0 | 39.6 | 88.2 | 261.4 |
| | | 2027 | 3.8 | 9.3 | 14.8 | 9.3 | 12.4 | 40.4 | 76.8 | 256.4 |
| | | 2028 | 2.3 | 10.7 | 15.3 | 9.4 | 5.5 | 44.7 | 76.6 | 249.2 |
| | | 2029 | 2.3 | 9.1 | 15.1 | 8.8 | 6.3 | 38.4 | 77.7 | 240.4 |
| 2030 | 2.9 | 9.7 | 14.2 | 8.9 | 7.8 | 40.0 | 70.2 | 118 | | |
| 고 성 군 | 현재 | 2015~ 2019 | 3.8 | 9.6 | 14.7 | 9.4 | 11.7 | 40.6 | 74.7 | 259.4 |
| | 미래 | 2020 | 5.2 | 10.8 | 16.5 | 10.8 | 16.8 | 46.4 | 85.6 | 286.2 |
| | | 2021 | 4.9 | 11.4 | 15.5 | 10.6 | 14.0 | 47.0 | 76.4 | 288.3 |
| | | 2022 | 5.1 | 10.5 | 17.4 | 11.0 | 15.9 | 44.0 | 91.0 | 291.3 |
| | | 2023 | 4.6 | 10.8 | 16.2 | 10.5 | 13.5 | 44.8 | 82.1 | 264.4 |
| | | 2024 | 4.9 | 8.2 | 15.4 | 9.5 | 14.9 | 31.7 | 77.4 | 254.5 |
| | | 2025 | 5.1 | 11 | 15.1 | 10.4 | 14.1 | 43.8 | 72.6 | 263.5 |
| | | 2026 | 3.3 | 11 | 16.6 | 10.3 | 7.6 | 43.3 | 82.1 | 267 |
| | | 2027 | 6 | 10.6 | 14.4 | 10.3 | 19.3 | 44.0 | 70.7 | 276.3 |
| | | 2028 | 4.6 | 11.8 | 16.5 | 11.0 | 12.2 | 48.2 | 81.9 | 275.5 |
| | | 2029 | 4.8 | 10.5 | 15.8 | 10.4 | 13.4 | 41.8 | 78.0 | 260.5 |
| 2030 | 5.4 | 11.6 | 14.6 | 10.5 | 14.2 | 45.5 | 67.6 | 127.3 | | |
| 양 양 군 | 현재 | 2015~ 2019 | 3.5 | 9.4 | 14.8 | 9.2 | 10.7 | 40.1 | 76.2 | 259.1 |
| | 미래 | 2020 | 5 | 10.4 | 16.3 | 10.6 | 16.6 | 45.2 | 85.3 | 285.7 |
| | | 2021 | 4.6 | 11.3 | 15.6 | 10.5 | 13.3 | 47.4 | 77.9 | 290.2 |
| | | 2022 | 4.8 | 10.3 | 17.6 | 10.9 | 15.1 | 43.6 | 92.9 | 290.6 |
| | | 2023 | 4.1 | 10.5 | 16.2 | 10.3 | 12.0 | 44.0 | 83.0 | 262.7 |
| | | 2024 | 4.8 | 7.9 | 15.3 | 9.3 | 15.1 | 31.0 | 77.6 | 253.5 |
| | | 2025 | 5 | 10.6 | 15.1 | 10.2 | 14.1 | 42.3 | 73.4 | 264.1 |
| | | 2026 | 3.2 | 10.6 | 16.9 | 10.2 | 7.5 | 41.9 | 84.9 | 268.8 |
| | | 2027 | 5.6 | 10.4 | 14.5 | 10.2 | 18.3 | 43.9 | 72.3 | 275.3 |
| | | 2028 | 4.2 | 11.5 | 16.3 | 10.7 | 11.4 | 47.7 | 81.7 | 272.2 |
| | | 2029 | 4.5 | 10.1 | 15.6 | 10.1 | 12.9 | 40.7 | 77.8 | 258.7 |
| 2030 | 4.9 | 11.3 | 14.7 | 10.3 | 13.0 | 44.9 | 69.4 | 127.3 | | |

2. 중권역 유역별 잠재증발산량

- 중권역 유역의 잠재 증발산량은 다음 표와 같으며, 유역별로는 양양남대천 유역이 289.23mm 가장 크게 나타났으며, 다음으로 강릉남대천 유역이 280mm의 잠재증발산량을 보임
- 지역적으로는 평균 영서지역권 유역이 251mm, 영동지역권 유역이 275mm로 영서지역 유역권 보다 약 24.4mm 다소 높게 나타남.
- 2020년대에는 영서지역권 유역이 약 258mm, 영동지역 유역이 281mm로 영서지역 유역권은 현재 대비 약 7mm, 영동지역 유역권은 약 9mm 감소하는 것으로 나타났으나 그 변화는 미미함
- 유역별로는 양양남대천 유역이 약 293mm로 가장 크게 나타났으며, 다음으로는 강릉남대천 유역이 약 284mm를 보임. 잠재증발산량이 가장 적은 유역은 약 220mm를 보여 금강산댐 유역으로 나타남

<표 4.7> 중권역 유역별 잠재 전망(RCP 8.5)

| 구 분 | | 중권역 유역 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1001 | 1002 | 1003 | 1004 | 1005 | 1006 | 1007 | 1008 | 1009 | 1010 | 1011 | 1012 | 1013 | 1014 | 1015 | 1301 | 1302 | 1303 |
| 현재 (2015 ~ 2019) | 3월 | 56.2 | 54.4 | 55.8 | 55.6 | 54.0 | 53.0 | 53.9 | 47.2 | 53.1 | 54.2 | 60.5 | 55.5 | 53.6 | 51.6 | 52.5 | 71.2 | 68.7 | 62.1 |
| | 4월 | 85.8 | 86.2 | 88.2 | 89.2 | 87.7 | 85.4 | 87.4 | 73.4 | 85.3 | 86.9 | 91.3 | 87.5 | 86.8 | 84.0 | 85.0 | 99.0 | 96.5 | 88.2 |
| | 5월 | 109.8 | 111.8 | 114.0 | 115.4 | 114.4 | 111.0 | 112.9 | 93.3 | 109.2 | 112.0 | 116.4 | 113.7 | 111.1 | 109.8 | 110.0 | 119.0 | 115.3 | 108.5 |
| | 누계 | 251.8 | 252.4 | 258.0 | 260.2 | 256.0 | 249.4 | 254.2 | 213.9 | 247.6 | 253.1 | 268.3 | 256.7 | 251.5 | 245.4 | 247.5 | 289.2 | 280.4 | 258.8 |
| 2020 | 3월 | 60.1 | 57.6 | 59.4 | 60.5 | 57.9 | 56.2 | 57.6 | 48.7 | 55.2 | 55.8 | 61.9 | 57.4 | 55 | 53.9 | 55.1 | 72.3 | 71 | 65.7 |
| | 4월 | 90.7 | 90.6 | 93 | 95.1 | 93.2 | 89.6 | 93.9 | 78 | 90.4 | 92.4 | 97.5 | 92.7 | 93 | 88.6 | 90.8 | 107.4 | 103.7 | 95.4 |
| | 5월 | 115.8 | 117.7 | 120 | 121.8 | 120.4 | 116.9 | 119.9 | 99.4 | 116.9 | 119.5 | 122.9 | 120.3 | 119.4 | 116.5 | 117.5 | 125.6 | 121.7 | 115.5 |
| | 누계 | 266.6 | 265.9 | 272.4 | 277.4 | 271.5 | 262.7 | 271.4 | 226.1 | 262.5 | 267.7 | 282.3 | 270.4 | 267.4 | 259 | 263.4 | 305.3 | 296.4 | 276.6 |
| 2021 | 3월 | 56.3 | 54.1 | 55.1 | 55.1 | 53.2 | 52.6 | 53.3 | 47.2 | 53.2 | 54.7 | 60.5 | 55.8 | 54.5 | 51.8 | 52.6 | 70.7 | 67.6 | 62.1 |
| | 4월 | 87.1 | 86.7 | 88 | 89.6 | 87.8 | 85.9 | 87.9 | 74.2 | 85.9 | 88.2 | 93.2 | 89.5 | 88.2 | 85.3 | 85.3 | 100.6 | 98.4 | 89.6 |
| | 5월 | 118.1 | 119.7 | 121.4 | 122.4 | 121.6 | 117.7 | 119.4 | 98.8 | 115.3 | 118.5 | 123.7 | 121.1 | 116.9 | 115.6 | 116 | 125.7 | 122.6 | 116.2 |
| | 누계 | 261.5 | 260.5 | 264.5 | 267.1 | 262.6 | 256.2 | 260.6 | 220.2 | 254.4 | 261.4 | 277.4 | 266.4 | 259.6 | 252.7 | 253.9 | 297 | 288.6 | 267.9 |
| 2022 | 3월 | 56.9 | 55.8 | 57.3 | 57.2 | 55.7 | 54.9 | 56.8 | 49.4 | 56.3 | 57.2 | 62.5 | 57.8 | 56.8 | 54.1 | 55.9 | 71.9 | 69.2 | 62.4 |
| | 4월 | 81.8 | 82.4 | 84.8 | 86.4 | 84.5 | 82.2 | 84.6 | 71.4 | 83.6 | 84.1 | 87.7 | 84.3 | 83.7 | 80.8 | 82.5 | 94.2 | 91.1 | 83.5 |
| | 5월 | 115.2 | 113.7 | 115 | 115.7 | 114.8 | 111.6 | 112.9 | 95.8 | 110.7 | 113.6 | 120.8 | 116.7 | 111.8 | 110.8 | 110.8 | 127.2 | 122.6 | 115.9 |
| | 누계 | 253.9 | 251.9 | 257.1 | 259.3 | 255 | 248.7 | 254.3 | 216.6 | 250.6 | 254.9 | 271 | 258.8 | 252.3 | 245.7 | 249.2 | 293.3 | 282.9 | 261.8 |
| 2023 | 3월 | 55.6 | 56.7 | 58.5 | 59.3 | 58.1 | 56.6 | 58.5 | 48.6 | 55.9 | 56.6 | 60.9 | 56.6 | 56.6 | 54.7 | 56.9 | 69 | 65.7 | 60.1 |
| | 4월 | 85.3 | 86.9 | 88.6 | 90.6 | 89 | 86.7 | 87.8 | 74.7 | 87.5 | 88.4 | 92 | 88.8 | 87.7 | 85.3 | 86.2 | 97 | 94.5 | 86.1 |
| | 5월 | 119.3 | 122.1 | 124.6 | 126 | 125.3 | 121.7 | 125.2 | 101.5 | 120 | 122.8 | 125.1 | 123.7 | 122.4 | 120.3 | 121.5 | 124.5 | 121.5 | 117.8 |
| | 누계 | 260.2 | 265.7 | 271.7 | 275.9 | 272.4 | 265 | 271.5 | 224.8 | 263.4 | 267.8 | 278 | 269.1 | 266.7 | 260.3 | 264.6 | 290.5 | 281.7 | 264 |

| 구 분 | 중권역 유역 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1001 | 1002 | 1003 | 1004 | 1005 | 1006 | 1007 | 1008 | 1009 | 1010 | 1011 | 1012 | 1013 | 1014 | 1015 | 1301 | 1302 | 1303 | |
| 2024 | 3월 | 63.6 | 62.3 | 64.2 | 65.8 | 63.1 | 60.9 | 63.2 | 52.1 | 59.5 | 61.3 | 66.1 | 62.3 | 61.5 | 59.2 | 60.8 | 75 | 75.4 | 69.8 |
| | 4월 | 77.6 | 79.9 | 81.9 | 83.4 | 82 | 80.1 | 80.9 | 67.2 | 78 | 79.2 | 83.8 | 79.6 | 79.1 | 77.8 | 78.4 | 91.3 | 86.6 | 79.4 |
| | 5월 | 114.4 | 114.8 | 116.2 | 116.8 | 116.4 | 113.1 | 114.5 | 96.2 | 111.9 | 114.5 | 120.4 | 116.8 | 113.4 | 111.3 | 112.1 | 125.9 | 121.5 | 113.9 |
| | 누계 | 255.6 | 257 | 262.3 | 266 | 261.5 | 254.1 | 258.6 | 215.5 | 249.4 | 255 | 270.3 | 258.7 | 254 | 248.3 | 251.3 | 292.2 | 283.5 | 263.1 |
| 2025 | 3월 | 60.6 | 58.6 | 60.1 | 60.5 | 58.6 | 56.9 | 57.9 | 50 | 56.5 | 57.7 | 64.2 | 59.4 | 56.7 | 55.1 | 55.8 | 73.9 | 72.7 | 67.3 |
| | 4월 | 87.6 | 88.7 | 90 | 90.6 | 89.7 | 88.4 | 89 | 77.4 | 91 | 91.7 | 95.2 | 92.1 | 90.7 | 87 | 87.8 | 99.1 | 97.5 | 88.9 |
| | 5월 | 104.7 | 103.9 | 105.3 | 105.4 | 103.9 | 101.9 | 102.2 | 87.5 | 101.8 | 103.9 | 109.7 | 106.9 | 101.7 | 101.4 | 101.4 | 113 | 108.3 | 102.5 |
| | 누계 | 252.9 | 251.2 | 255.4 | 256.5 | 252.2 | 247.2 | 249.1 | 214.9 | 249.3 | 253.3 | 269.1 | 258.4 | 249.1 | 243.5 | 245 | 286 | 278.5 | 258.7 |
| 2026 | 3월 | 52 | 52.4 | 53.7 | 54.1 | 52.9 | 52.4 | 53.4 | 45.4 | 51.9 | 53 | 57.3 | 53.2 | 53.1 | 51 | 52.2 | 65.2 | 63.5 | 57 |
| | 4월 | 88 | 90.1 | 92 | 94.1 | 93.1 | 90.8 | 93.8 | 78 | 91.7 | 92.4 | 95.6 | 92.1 | 92.4 | 89.3 | 91.3 | 101.1 | 97.8 | 90.2 |
| | 5월 | 116.2 | 117.5 | 119.9 | 120.7 | 119.5 | 115.1 | 116.7 | 95.7 | 111.9 | 114.9 | 120 | 118.3 | 112.5 | 113.4 | 112.8 | 119.8 | 117.3 | 112.6 |
| | 누계 | 256.2 | 260 | 265.6 | 268.9 | 265.5 | 258.3 | 263.9 | 219.1 | 255.5 | 260.3 | 272.9 | 263.6 | 258 | 253.7 | 256.3 | 286.1 | 278.6 | 259.8 |
| 2027 | 3월 | 60.8 | 59.1 | 60.1 | 60.7 | 59.4 | 58.5 | 60.8 | 52.5 | 60.8 | 61.5 | 65.1 | 61.5 | 62 | 58.1 | 60.2 | 73.6 | 71.9 | 65.9 |
| | 4월 | 85.3 | 85.9 | 87.6 | 88.9 | 87.9 | 85.6 | 89.3 | 74.2 | 86 | 87.4 | 92.2 | 87.3 | 88 | 84.4 | 86.2 | 102.8 | 99.2 | 89.2 |
| | 5월 | 110.4 | 112.5 | 114.3 | 115.2 | 114.6 | 111.5 | 113.5 | 92.9 | 109.7 | 111.6 | 114.5 | 113.5 | 110.1 | 109.8 | 111 | 113.7 | 112.3 | 107 |
| | 누계 | 256.5 | 257.5 | 262 | 264.8 | 261.9 | 255.6 | 263.6 | 219.6 | 256.5 | 260.5 | 271.8 | 262.3 | 260.1 | 252.3 | 257.4 | 290.1 | 283.4 | 262.1 |
| 2028 | 3월 | 56 | 54.9 | 55.8 | 55.6 | 54.6 | 54.4 | 55.6 | 49.7 | 56.7 | 57.4 | 62.7 | 57.8 | 57.1 | 53.6 | 55.2 | 72.2 | 68.7 | 61.6 |
| | 4월 | 94.6 | 95.4 | 96.6 | 98.1 | 97.3 | 95.6 | 99.1 | 84.5 | 100.5 | 100.5 | 102.2 | 100.2 | 99.8 | 95 | 97.3 | 104 | 102.2 | 94.9 |
| | 5월 | 115.7 | 117.9 | 120.2 | 121.1 | 120.8 | 116.9 | 120.9 | 98.3 | 115.1 | 117.6 | 122 | 118.9 | 117.1 | 114.9 | 116.9 | 126.3 | 120.8 | 114.2 |
| | 누계 | 266.3 | 268.2 | 272.6 | 274.8 | 272.7 | 266.9 | 275.6 | 232.5 | 272.3 | 275.5 | 286.9 | 276.9 | 274 | 263.5 | 269.4 | 302.5 | 291.7 | 270.7 |

| 구 분 | 중권역 유역 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1001 | 1002 | 1003 | 1004 | 1005 | 1006 | 1007 | 1008 | 1009 | 1010 | 1011 | 1012 | 1013 | 1014 | 1015 | 1301 | 1302 | 1303 | |
| 2029 | 3월 | 58.3 | 56.2 | 57.6 | 58.3 | 56.3 | 54.6 | 55.8 | 48.4 | 54.2 | 55.5 | 62.5 | 57 | 55 | 53.1 | 53.9 | 74.4 | 71.7 | 64.7 |
| | 4월 | 84.4 | 86.9 | 89.5 | 91.6 | 90.5 | 87.4 | 92.3 | 74.8 | 87.9 | 89 | 91.8 | 88.3 | 89.6 | 86.3 | 88.6 | 98.1 | 95.2 | 87.4 |
| | 5월 | 115 | 120.1 | 123 | 125.4 | 125.8 | 122.4 | 128.9 | 102.7 | 122.2 | 123.8 | 124.9 | 122.8 | 124.4 | 120.6 | 124.8 | 125.5 | 119.1 | 114 |
| | 누계 | 257.7 | 263.2 | 270.1 | 275.3 | 272.6 | 264.4 | 277 | 225.9 | 264.3 | 268.3 | 279.2 | 268.1 | 269 | 260 | 267.3 | 298 | 286 | 266.1 |
| 2030 | 3월 | 55.8 | 54.6 | 55.7 | 56.7 | 54.9 | 54.1 | 55.4 | 48.3 | 54.4 | 55.3 | 61.6 | 56.3 | 54.8 | 52.8 | 54.3 | 72.8 | 68.8 | 61.3 |
| | 4월 | 93.8 | 92.5 | 94.5 | 96.1 | 94.2 | 90.5 | 93.8 | 78.2 | 90.2 | 92.2 | 98.2 | 93.6 | 92.2 | 89.1 | 89.8 | 108.8 | 106.6 | 98 |
| | 5월 | 110.4 | 111.1 | 113.5 | 114.3 | 112.8 | 109.4 | 111.5 | 90.4 | 105.5 | 109.1 | 113.5 | 111.7 | 108.2 | 107.6 | 108 | 115.4 | 113.1 | 108.5 |
| | 누계 | 260 | 258.2 | 263.7 | 267.1 | 261.9 | 254 | 260.7 | 216.9 | 250.1 | 256.6 | 273.3 | 261.6 | 255.2 | 249.5 | 252.1 | 297 | 288.5 | 267.8 |

자료 : 기후정보포털(기상청, <http://climate.go.kr>)

가뭄우심지역 및 취약성 평가

제 1 절 최대잠재보유수량 및 토양유효수분지수 산정

제 2 절 기후변화 가뭄취약성 평가

제5장

가뭄 우심지역 및 취약성 평가



제1절 잠재보유수량 및 토양유효수분지수 산정

1. 토양 최대 잠재보유수량

- 토양의 수분보유량은 토양의 정류, 토지이용상태, 식생의 피복상태에 의해 결정되며, 본 연구에서의 잠재보유수량(S)은 NRCS(Natural Resources Conservation Service)에서 개발한 유출곡선지수 방법(Runoff Curve Number Method)에 의해 산정하였음.
- 유출곡선지수는 국립농업과학원에서 제공하는 토양도를 이용하여 AMC 조건하에 산출하였으며, 토양도는 수자원 권역별 제공이 이루어지고 있어 중권역 유역별 산정하여 이를 평가하였음
- 잠재보유수량 S와 유출곡선지수 CN은 다음과 같은 관계를 가짐

$$CN = \frac{25,400}{S+254} \quad \text{OR} \quad S = \frac{25,400}{CN} - 254 \quad (5.1)$$

여기서, S : 토양의 최대잠재보유수량(mm)

CN : 선행함수조건에 따른 유출곡선 지수(0~100)

<표 5.1> 선행토양함수 조건

| AMC | 선행토양수분상태 | 5일 선행 강수량 P_5 (mm) | |
|-----|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | 성수기 | 비성수기 |
| I | 토양이 건조한 상태로 유출율이 낮은 상태 | $P_5 < 35.56$ | $P_5 < 12.70$ |
| II | 토양의 수분과 유출율이 보통인 상태 | $35.56 \leq P_5 < 53.34$ | $12.70 \leq P_5 < 27.94$ |
| III | 선행강우로 인하여 토양이 포화상태로 유출율이 높은 상태 | $P_5 \geq 53.34$ | $P_5 \geq 27.94$ |

자료 : 기후정보포털(기상청, <http://climate.go.kr>)

<표 5.2> AMC-II 조건의 농촌 지역 유출곡선지수(CN)

| 토지이용 | 지표면 상태 | | 토양종류 | | | |
|--|--|------------|------|----|----|----|
| | 경작상태 | 토양의 수문학적상태 | A | B | C | D |
| 휴경지 (fallow) | 나지(bare soil) | - | 77 | 86 | 91 | 94 |
| | 작물 잔여물 존재 (crop residual cover, CR) | 배수불량 | 76 | 85 | 90 | 93 |
| | | 배수양호 | 74 | 83 | 88 | 90 |
| 이랑경작지 논 (row crops) | 수평경작 (straight row, SR) | 배수불량 | 72 | 81 | 88 | 91 |
| | | 배수양호 | 67 | 78 | 85 | 89 |
| | SR+CR | 배수불량 | 71 | 80 | 87 | 90 |
| | | 배수양호 | 64 | 75 | 82 | 85 |
| | 등고선경작 (contoured, C) | 배수불량 | 70 | 79 | 84 | 88 |
| | | 배수양호 | 65 | 75 | 82 | 86 |
| | C+CR | 배수불량 | 69 | 78 | 83 | 87 |
| 배수양호 | | 64 | 74 | 81 | 85 | |
| 등고선 또는 테라스경작 (contoured & terraced, CT) | 배수불량 | 66 | 74 | 80 | 82 | |
| | 배수양호 | 62 | 74 | 78 | 81 | |
| CT+CR | 배수불량 | 65 | 73 | 79 | 81 | |
| | 배수양호 | 61 | 70 | 77 | 80 | |
| 조밀경작지 밭 (Small grain) | 수평경작 | 배수불량 | 65 | 76 | 84 | 88 |
| | | 배수양호 | 63 | 75 | 83 | 87 |
| | SR+CR | 배수불량 | 64 | 75 | 83 | 86 |
| | | 배수양호 | 60 | 72 | 80 | 84 |
| | 등고선경작 | 배수불량 | 63 | 74 | 82 | 85 |
| | | 배수양호 | 61 | 73 | 81 | 84 |
| | C+CR | 배수불량 | 62 | 73 | 81 | 84 |
| 배수양호 | | 60 | 72 | 80 | 83 | |
| 등고선 또는 테라스경작 | 배수불량 | 61 | 72 | 79 | 82 | |
| | 배수양호 | 59 | 70 | 79 | 81 | |
| CT+CR | 배수불량 | 60 | 71 | 78 | 81 | |
| | 배수양호 | 58 | 69 | 77 | 80 | |
| 콩과식물 (close-seeded legumes) 또는 윤번초지 (rotation meadow) | 수평경작 | 배수불량 | 66 | 77 | 85 | 89 |
| | | 배수양호 | 58 | 72 | 81 | 85 |
| | 등고선경작 | 배수불량 | 64 | 75 | 83 | 85 |
| | | 배수양호 | 55 | 69 | 78 | 83 |
| | 등고선 또는 테라스경작 | 배수불량 | 63 | 73 | 80 | 83 |
| | | 배수양호 | 51 | 67 | 76 | 80 |

| 지표면 상태 | | | 토양종류 | | | |
|-----------------------------------|------------------|------------|------|----|----|----|
| 토지이용 | 경작상태 | 토양의 수문학적상태 | A | B | C | D |
| 목초지 (pasture) 또는 목장 (range) | | 배수불량 | 68 | 79 | 86 | 89 |
| | | 배수보통 | 49 | 69 | 79 | 84 |
| | | 배수양호 | 39 | 61 | 74 | 80 |
| | 등고선경작 | 배수불량 | 47 | 67 | 81 | 88 |
| | | 배수보통 | 25 | 59 | 75 | 83 |
| | | 배수양호 | 6 | 35 | 70 | 79 |
| 초지 (meadow) | | 배수양호 | 30 | 58 | 71 | 78 |
| 삼림 (woods) | | 배수불량 | 45 | 66 | 77 | 83 |
| | | 배수보통 | 36 | 60 | 73 | 79 |
| | | 배수양호 | 25 | 55 | 70 | 77 |
| 관목숲 (forests) | 매우 듅성듅성함 | | 56 | 75 | 86 | 91 |
| 농가 (farmsteads) | 건물, 시골길, 도로 및 주변 | - | 59 | 74 | 82 | 86 |
| 도로 | 진흙 | - | 72 | 82 | 87 | 89 |
| | 단단한 표면 | - | 74 | 84 | 90 | 92 |

자료 : 수자원공학(구미서관, 2012)

○ 강원도 유역의 토양 최대잠재보유수량이 높은 지역은 평화댐 유역으로 471.7mm를 보였으며, 다음으로 인북천과 화천댐 유역이 336.7mm를 보임

○ 강원도 유역의 유역별 토양 최대 잠재보유수량 S 는 다음과 같음

<표 5.3> 강원도 중권역 유역별 CN 값 및 잠재보유수량(S)

| 수 계 | 중권역 유역 | | | | 단위유역 | | | |
|-------|--------|--------|------|-------|-------|----------|------|-------|
| | 단위 코드 | 유역 | CN | S | 단위 코드 | 유역 | CN | S |
| 한강 수계 | 1001 | 남한강 상류 | 60 | 169.3 | 10011 | 골지천 유역 | 59 | 176.5 |
| | | | | | 10012 | 오대천 유역 | 49 | 264.4 |
| | | | | | 10013 | 오대천 합류후 | 67 | 125.1 |
| | 1002 | 평창강 | 59 | 176.5 | 10021 | 주천강 유역 | 56 | 199.6 |
| | | | | | 10022 | 평창강 유역 | 60 | 169.3 |
| | 1003 | 충주댐 | 62 | 155.7 | 10031 | 옥동천 유역 | 64 | 142.9 |
| | | | | | 10032 | 평창강 합류후 | 62 | 155.7 |
| | | | | | 10033 | 충주댐 | 64 | 142.9 |
| | 1004 | 달천 | 64 | 142.9 | 10041 | 괴산댐 유역 | 66 | 130.8 |
| | | | | | 10042 | 괴산댐 | 62 | 155.7 |
| | 1005 | 충주댐 하류 | 55 | 207.8 | 10050 | 달천 합류점 | 55 | 207.8 |
| | 1006 | 섬강 | 53 | 225.2 | 10061 | 황성댐 유역 | 49 | 264.4 |
| | | | | | 10062 | 황성댐 | 54 | 216.4 |
| | 1007 | 남한강 하류 | 60 | 169.3 | 10071 | 청미천 유역 | 61 | 162.4 |
| | | | | | 10072 | 청미천 합류후 | 62 | 155.7 |
| | | | | | 10073 | 북하천 유역 | 63 | 149.2 |
| | | | | | 10074 | 북하천 합류후 | 56 | 199.6 |
| | 1008 | 금강산댐 | - | - | 10080 | 금강산댐 | - | - |
| | 1009 | 평화의댐 | 50 | 254.0 | 10091 | 평화댐 상류유역 | 42 | 350.8 |

| 수 계 | 중권역 유역 | | | | 단위유역 | | | |
|-----|--------|-----------|----|-------|-------|-------------|----|-------|
| | 단위 코드 | 유역 | CN | S | 단위 코드 | 유역 | CN | S |
| | | | | | 10092 | 평화의담 | 35 | 471.7 |
| | 1010 | 춘천담 | 45 | 310.4 | 10101 | 화천담 상류유역 | 43 | 336.7 |
| | | | | | 10102 | 화천담 | 45 | 310.4 |
| | | | | | 10103 | 춘천담 | 61 | 162.4 |
| | 1011 | 인북천 | 43 | 336.7 | 10110 | 인북천 유역 | 43 | 336.7 |
| | 1012 | 소양강 | 48 | 275.2 | 10121 | 내린천 유역 | 47 | 286.4 |
| | | | | | 10122 | 내린천 합류점 | 50 | 254.0 |
| | | | | | 10123 | 소양강담 | 56 | 199.6 |
| | 1013 | 의암담 | 57 | 191.6 | 10131 | 춘천담 | 62 | 155.7 |
| | | | | | 10132 | 의암담 | 55 | 207.8 |
| | 1014 | 홍천강 | 52 | 234.5 | 10140 | 홍천강 유역 | 52 | 234.5 |
| | 1015 | 청평담 | 52 | 234.5 | 10151 | 홍천강 합류후 | 53 | 225.2 |
| | | | | | 10152 | 청평담 | 52 | 234.5 |
| | 1301 | 양양 남대천 | 47 | 286.4 | 13010 | 양양 남대천 | 51 | 244.0 |
| | 1302 | 강릉 남대천 | 61 | 162.4 | 13020 | 강릉 남대천 | 61 | 162.4 |
| | 1303 | 삼척 오십천 | 66 | 130.8 | 13030 | 삼척 오십천 | 66 | 130.8 |

2. 토양 유효수분지수

○ 토양 휴효 수분지수에 따른 가뭄 판단기준은 다음과 같음

<표 5.4> 가뭄 판단기준

| | |
|------|--|
| 주 의 | <p>■ 기상가뭄 최근 6개월(봄철 3개월) 누적강수량이 1973년 이후 같은 기간의 누적강수량을 많은 순으로 나열한 것과 비교하였을 때 하위 6.5%에 해당하는 경우</p> <p>■ 농업용수 영농기(4~9월)에 저수지 저수율이 평년의 70% 이하 또는 밭 토양 유효수분이 60% 이하에 해당되는 경우</p> <p>■ 생활 및 공업용수 하천여유수량을 감량 공급하는 상황에서 현재 하천유지수량이 고갈되거나, 장래 1~3개월 후 하천 및 댐 등에서 농업용수 공급이 어려울 것으로 판단되는 경우</p> |
| 심함 | <p>■ 기상가뭄 최근 6개월(봄철 3개월) 누적강수량이 1973년 이후 같은 기간의 누적강수량을 많은 순으로 나열한 것과 비교하였을 때 하위 2%에 해당하는 경우</p> <p>■ 농업용수 영농기(4~9월)에 저수지 저수율이 평년의 60% 이하 또는 밭 토양 유효수분이 40% 이하인 상황에서 가뭄피해가 발생하였거나 예상되는 경우</p> <p>■ 생활 및 공업용수 하천유지수량 감량 공급하는 상황에서 현재 하천 및 댐 등에서 농업용수 공급이 부족하거나, 장래 1, 3개월 후 생활 및 공업용수 공급이 어려울 것으로 판단되는 경우</p> |
| 매우심함 | <p>■ 기상가뭄 최근 6개월(봄철 3개월) 누적강수량이 1973년 이후 같은 기간의 누적강수량을 많은 순으로 나열한 것과 비교하였을 때 하위 2%에 해당하는 가뭄 심함단계가 40일 이상 지속되는 경우</p> <p>■ 농업용수 영농기(4~9월)에 저수지 저수율이 평년의 50% 이하 또는 밭 토양 유효수분이 30% 이하에 해당되는 경우</p> <p>■ 생활 및 공업용수 현재 하천 및 댐 등에서 농업용수, 생활 및 공업용수 공급이 부족하거나, 장래 1, 3개월 후 하천유지수량, 농업용수 뿐만 아니라 생활 및 공업용수 공급에도 차질이 발생한 경우</p> |

자료 : 국가가뭄정보분석센터(<http://drought.kwater.or.kr>)

- 강원도 내 중권역 유역의 토양 내 가뭄 우심지역 평가를 위해 토양 유효수분지수를 산정하였으며, 산정방법은 다음과 같음

$$SMI = \frac{(P_m - PE_X)}{S} \quad (4.1)$$

여기서, SMI : 토양유효수분지수(0~1)

P_m : 해당 월의 총강수량(mm/month)

PE_X : 해당 월의 잠재증발산량(mm)

S : 토양의 최대 잠재보유수량(mm)

- 강원도 내 중권역 유역의 토양 유효수분지수는 아래와 같음. 토양유효수분지수에서 토양함수율(moisture soil)이 1 이상의 지수는 습윤토양(humid soil)으로 음(-)의 지수는 건조토양(aridic soil)으로 가정하였음

<표 5.5> 중권역 유역의 토양 유효수분 지수산정 계속

| 단위 | 유역명 | 연도 | 토양 유효수분지수 | | | |
|------|-----------|-----------------------|-----------|------|------|------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 누적 |
| 1001 | 남한강 상류 | 현재 (2015~ 2019) | 0.14 | 0.26 | 0.32 | 0.65 |
| | | 2020 | 0.01 | 0.00 | 0.35 | 0.18 |
| | | 2021 | 0.26 | 0.47 | 0.00 | 0.48 |
| | | 2022 | 0.06 | 0.94 | 0.00 | 0.97 |
| | | 2023 | 0.37 | 0.37 | 0.00 | 0.36 |
| | | 2024 | 0.35 | 0.82 | 0.06 | 1.00 |
| | | 2025 | 0.34 | 0.07 | 0.71 | 1.00 |
| | | 2026 | 0.53 | 0.00 | 0.33 | 0.73 |
| | | 2027 | 0.03 | 0.00 | 0.36 | 0.12 |
| | | 2028 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2030 | 0.43 | 0.00 | 0.08 | 0.32 | | |
| 1002 | 평창강 | 현재 (2015~ 2019) | 0.06 | 0.18 | 0.40 | 0.56 |
| | | 2020 | 0.00 | 0.00 | 0.31 | 0.15 |
| | | 2021 | 0.13 | 0.76 | 0.00 | 0.71 |
| | | 2022 | 0.04 | 0.98 | 0.37 | 1.00 |
| | | 2023 | 0.11 | 0.44 | 0.00 | 0.20 |
| | | 2024 | 0.26 | 0.54 | 0.02 | 0.82 |
| | | 2025 | 0.51 | 0.04 | 0.98 | 1.00 |
| | | 2026 | 0.61 | 0.00 | 0.37 | 0.89 |
| | | 2027 | 0.05 | 0.00 | 0.56 | 0.35 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2030 | 0.36 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | | |

<표 5.5> 중권역 유역의 토양 유효수분 지수산정 계속

| 단위 | 유역명 | 연도 | 토양 유효수분지수 | | | |
|------|------|-------------------|-----------|------|------|------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 누적 |
| 1003 | 충주댐 | 현재 (2015~2019) | 0.04 | 0.20 | 0.40 | 0.55 |
| | | 2020 | 0.00 | 0.00 | 0.48 | 0.25 |
| | | 2021 | 0.13 | 0.80 | 0.00 | 0.82 |
| | | 2022 | 0.09 | 1.00 | 0.42 | 1.00 |
| | | 2023 | 0.05 | 0.51 | 0.00 | 0.16 |
| | | 2024 | 0.20 | 0.59 | 0.10 | 0.89 |
| | | 2025 | 0.59 | 0.14 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2026 | 0.66 | 0.00 | 0.47 | 1.00 |
| | | 2027 | 0.11 | 0.00 | 0.54 | 0.45 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 2030 | 0.43 | 0.00 | 0.00 | 0.28 | |
| 1004 | 달천 | 현재 (2015~2019) | 0.04 | 0.20 | 0.44 | 0.54 |
| | | 2020 | 0.00 | 0.00 | 0.47 | 0.11 |
| | | 2021 | 0.16 | 0.67 | 0.07 | 0.90 |
| | | 2022 | 0.25 | 1.00 | 0.46 | 1.00 |
| | | 2023 | 0.05 | 0.40 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2024 | 0.05 | 0.71 | 0.24 | 1.00 |
| | | 2025 | 0.54 | 0.31 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2026 | 0.77 | 0.00 | 0.57 | 1.00 |
| | | 2027 | 0.08 | 0.00 | 0.52 | 0.39 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 2030 | 0.45 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | |

<표 5.5> 중권역 유역의 토양 유효수분 지수산정 계속

| 단위 | 유역명 | 연도 | 토양 유효수분지수 | | | |
|------|-----------|-----------------------|-----------|------|------|------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 누적 |
| 1005 | 충주댐 하류 | 현재 (2015~ 2019) | 0.02 | 0.14 | 0.36 | 0.44 |
| | | 2020 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.09 |
| | | 2021 | 0.07 | 0.62 | 0.00 | 0.57 |
| | | 2022 | 0.07 | 1.00 | 0.39 | 1.00 |
| | | 2023 | 0.00 | 0.36 | 0.00 | 0.03 |
| | | 2024 | 0.11 | 0.52 | 0.08 | 0.71 |
| | | 2025 | 0.41 | 0.11 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2026 | 0.60 | 0.00 | 0.39 | 0.90 |
| | | 2027 | 0.04 | 0.00 | 0.52 | 0.34 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2030 | 0.28 | 0.00 | 0.00 | 0.17 | | |
| 1006 | 섬강 | 현재 (2015~ 2019) | 0.02 | 0.10 | 0.40 | 0.45 |
| | | 2020 | 0.03 | 0.00 | 0.18 | 0.04 |
| | | 2021 | 0.02 | 0.75 | 0.00 | 0.68 |
| | | 2022 | 0.00 | 0.68 | 0.39 | 1.00 |
| | | 2023 | 0.00 | 0.37 | 0.00 | 0.07 |
| | | 2024 | 0.21 | 0.33 | 0.00 | 0.53 |
| | | 2025 | 0.44 | 0.00 | 0.79 | 1.00 |
| | | 2026 | 0.54 | 0.00 | 0.23 | 0.72 |
| | | 2027 | 0.00 | 0.00 | 0.66 | 0.43 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2030 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | | |

<표 5.5> 중권역 유역의 토양 유효수분 지수산정 계속

| 단위 | 유역명 | 연도 | 토양 유효수분지수 | | | |
|------|-------|----------------|-----------|------|------|------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 누적 |
| 1007 | 남한강하류 | 현재 (2015~2019) | 0.03 | 0.15 | 0.44 | 0.53 |
| | | 2020 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.00 |
| | | 2021 | 0.02 | 1.00 | 0.00 | 0.96 |
| | | 2022 | 0.00 | 0.93 | 0.54 | 1.00 |
| | | 2023 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.10 |
| | | 2024 | 0.20 | 0.69 | 0.02 | 0.92 |
| | | 2025 | 0.62 | 0.08 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2026 | 0.66 | 0.00 | 0.32 | 0.87 |
| | | 2027 | 0.00 | 0.00 | 0.76 | 0.45 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2030 | 0.27 | 0.00 | 0.00 | 0.09 |
| 1008 | 금강산댐 | 현재 (2015~2019) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2020 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2021 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2022 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2023 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2024 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2025 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2026 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2027 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2028 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2029 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | | 2030 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

<표 5.5> 중권역 유역의 토양 유효수분 지수산정 계속

| 단위 | 유역명 | 연도 | 토양 유효수분지수 | | | |
|------|------|-----------------------|-----------|------|------|------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 누적 |
| 1009 | 평화의담 | 현재 (2015~ 2019) | 0.00 | 0.11 | 0.37 | 0.35 |
| | | 2020 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.00 |
| | | 2021 | 0.01 | 0.66 | 0.00 | 0.67 |
| | | 2022 | 0.00 | 0.15 | 0.22 | 0.26 |
| | | 2023 | 0.00 | 0.33 | 0.00 | 0.01 |
| | | 2024 | 0.23 | 0.13 | 0.00 | 0.22 |
| | | 2025 | 0.36 | 0.00 | 0.30 | 0.60 |
| | | 2026 | 0.53 | 0.00 | 0.40 | 0.89 |
| | | 2027 | 0.00 | 0.00 | 0.20 | 0.00 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2030 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| 1010 | 춘천담 | 현재 (2015~ 2019) | 0.00 | 0.08 | 0.23 | 0.21 |
| | | 2020 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 |
| | | 2021 | 0.01 | 0.49 | 0.00 | 0.48 |
| | | 2022 | 0.00 | 0.16 | 0.15 | 0.24 |
| | | 2023 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2024 | 0.18 | 0.10 | 0.00 | 0.18 |
| | | 2025 | 0.29 | 0.00 | 0.26 | 0.48 |
| | | 2026 | 0.40 | 0.00 | 0.26 | 0.62 |
| | | 2027 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2030 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | |

<표 5.5> 중권역 유역의 토양 유효수분 지수산정 계속

| 단위 | 유역명 | 연도 | 토양 유효수분지수 | | | |
|------|-----|-----------------------|-----------|------|------|------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 누적 |
| 1011 | 인북천 | 현재 (2015~ 2019) | 0.01 | 0.10 | 0.15 | 0.21 |
| | | 2020 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| | | 2021 | 0.10 | 0.29 | 0.00 | 0.31 |
| | | 2022 | 0.00 | 0.17 | 0.03 | 0.16 |
| | | 2023 | 0.06 | 0.17 | 0.00 | 0.04 |
| | | 2024 | 0.21 | 0.13 | 0.00 | 0.25 |
| | | 2025 | 0.20 | 0.00 | 0.22 | 0.34 |
| | | 2026 | 0.32 | 0.00 | 0.20 | 0.45 |
| | | 2027 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.00 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2030 | 0.09 | 0.00 | 0.02 | 0.00 |
| 1012 | 소양강 | 현재 (2015~ 2019) | 0.01 | 0.10 | 0.20 | 0.24 |
| | | 2020 | 0.01 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| | | 2021 | 0.06 | 0.44 | 0.00 | 0.44 |
| | | 2022 | 0.00 | 0.24 | 0.13 | 0.30 |
| | | 2023 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.01 |
| | | 2024 | 0.24 | 0.18 | 0.00 | 0.31 |
| | | 2025 | 0.29 | 0.00 | 0.29 | 0.50 |
| | | 2026 | 0.41 | 0.00 | 0.24 | 0.61 |
| | | 2027 | 0.00 | 0.00 | 0.17 | 0.00 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2030 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

<표 5.5> 중권역 유역의 토양 유효수분 지수산정 계속

| 단위 | 유역명 | 연도 | 토양 유효수분지수 | | | |
|------|------|-----------------------|-----------|------|------|------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 누적 |
| 1013 | 의암댐 | 현재 (2015~ 2019) | 0.00 | 0.12 | 0.38 | 0.36 |
| | | 2020 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.00 |
| | | 2021 | 0.00 | 0.89 | 0.00 | 0.89 |
| | | 2022 | 0.00 | 0.30 | 0.23 | 0.43 |
| | | 2023 | 0.00 | 0.39 | 0.00 | 0.01 |
| | | 2024 | 0.24 | 0.20 | 0.00 | 0.30 |
| | | 2025 | 0.50 | 0.00 | 0.46 | 0.87 |
| | | 2026 | 0.65 | 0.00 | 0.41 | 1.00 |
| | | 2027 | 0.00 | 0.00 | 0.27 | 0.00 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2030 | 0.14 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | | |
| 1014 | 홍천강 | 현재 (2015~ 2019) | 0.01 | 0.10 | 0.33 | 0.34 |
| | | 2020 | 0.03 | 0.00 | 0.12 | 0.00 |
| | | 2021 | 0.00 | 0.71 | 0.00 | 0.66 |
| | | 2022 | 0.00 | 0.43 | 0.24 | 0.63 |
| | | 2023 | 0.00 | 0.32 | 0.00 | 0.06 |
| | | 2024 | 0.24 | 0.25 | 0.00 | 0.44 |
| | | 2025 | 0.40 | 0.00 | 0.54 | 0.86 |
| | | 2026 | 0.53 | 0.00 | 0.24 | 0.74 |
| | | 2027 | 0.00 | 0.00 | 0.34 | 0.09 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2030 | 0.13 | 0.00 | 0.04 | 0.05 | | |

<표 5.5> 중권역 유역의 토양 유효수분 지수산정 계속

| 단위 | 유역명 | 연도 | 토양 유효수분지수 | | | |
|------|-----------|-----------------------|-----------|------|------|------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 누적 |
| 1015 | 청평댐 | 현재 (2015~ 2019) | 0.01 | 0.11 | 0.45 | 0.51 |
| | | 2020 | 0.02 | 0.00 | 0.17 | 0.00 |
| | | 2021 | 0.00 | 0.90 | 0.00 | 0.88 |
| | | 2022 | 0.00 | 0.39 | 0.22 | 0.53 |
| | | 2023 | 0.00 | 0.36 | 0.00 | 0.06 |
| | | 2024 | 0.19 | 0.33 | 0.00 | 0.50 |
| | | 2025 | 0.45 | 0.00 | 0.60 | 1.00 |
| | | 2026 | 0.56 | 0.00 | 0.28 | 0.80 |
| | | 2027 | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.27 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2030 | 0.15 | 0.00 | 0.01 | 0.07 | | |
| 1301 | 양양 남대천 | 현재 (2015~ 2019) | 0.12 | 0.20 | 0.18 | 0.46 |
| | | 2020 | 0.00 | 0.00 | 0.19 | 0.00 |
| | | 2021 | 0.29 | 0.19 | 0.00 | 0.31 |
| | | 2022 | 0.05 | 0.26 | 0.00 | 0.05 |
| | | 2023 | 0.41 | 0.18 | 0.00 | 0.34 |
| | | 2024 | 0.28 | 0.36 | 0.00 | 0.61 |
| | | 2025 | 0.11 | 0.00 | 0.26 | 0.30 |
| | | 2026 | 0.32 | 0.00 | 0.22 | 0.39 |
| | | 2027 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.00 |
| | | 2028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2030 | 0.28 | 0.00 | 0.17 | 0.17 | | |

<표 5.5> 중권역 유역의 토양 유효수분 지수산정 계속

| 단위 | 유역명 | 연도 | 토양 유효수분지수 | | | |
|------|-----------|-----------------------|-----------|------|------|------|
| | | | 3월 | 4월 | 5월 | 누적 |
| 1302 | 강릉 남대천 | 현재 (2015~ 2019) | 0.26 | 0.32 | 0.21 | 0.67 |
| | | 2020 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.00 |
| | | 2021 | 0.40 | 0.18 | 0.00 | 0.19 |
| | | 2022 | 0.06 | 0.87 | 0.00 | 0.60 |
| | | 2023 | 0.76 | 0.39 | 0.00 | 0.66 |
| | | 2024 | 0.37 | 0.97 | 0.08 | 1.00 |
| | | 2025 | 0.11 | 0.01 | 0.47 | 0.59 |
| | | 2026 | 0.42 | 0.00 | 0.21 | 0.39 |
| | | 2027 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2028 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2030 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.35 |
| 1303 | 삼척 오십천 | 현재 (2015~ 2019) | 0.18 | 0.31 | 0.26 | 0.63 |
| | | 2020 | 0.00 | 0.00 | 0.51 | 0.11 |
| | | 2021 | 0.34 | 0.19 | 0.00 | 0.12 |
| | | 2022 | 0.08 | 1.00 | 0.00 | 0.96 |
| | | 2023 | 0.56 | 0.43 | 0.00 | 0.40 |
| | | 2024 | 0.33 | 1.00 | 0.12 | 1.00 |
| | | 2025 | 0.26 | 0.16 | 0.83 | 1.00 |
| | | 2026 | 0.36 | 0.00 | 0.25 | 0.34 |
| | | 2027 | 0.00 | 0.00 | 0.36 | 0.04 |
| | | 2028 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2029 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 2030 | 0.53 | 0.00 | 0.02 | 0.29 |



제2절 가뭄 우심지역 평가

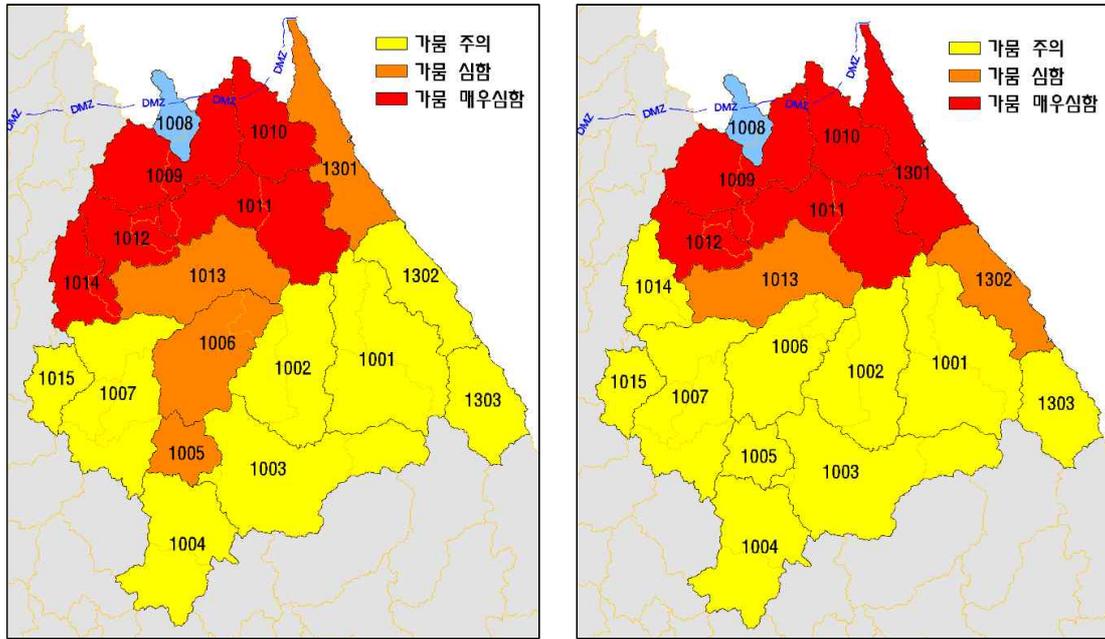
- 강원도 내 중권역 유역의 가뭄 우심지역을 평가한 결과, 2010년대에는 충주댐 하류와 섬강, 의암댐, 양양남대천 유역에서 “심함”을 평화의댐과 춘천댐, 인북천, 소양강, 홍천강 유역에서 “매우심함”을 보였으며, 그 외 유역에서는 “주의”를 보임. 2020년대에는 의암댐과 강릉 남대천 유역에서 “심함”을 평화의 댐과 춘천댐, 인북천, 소양강, 양양남대천 유역에서 “매우심함”을 그 외 유역에서는 “주의”를 보임
- 강원도 내 중권역 유역에서 전체적으로 “주의” 이상을 보이고 있어 농작물 가뭄에 대한 대책이 시급한 것을 알 수 있음

| 하천명 | 소유역 구분 | 소유역 번호 | 유역면적 (km ²) | 행정구역 |
|----------|--------|--------|-------------------------|--|
| 남한강 | 남한강상류 | 1001 | 2,447.85 | 강릉시(13.2), 삼척시(17.4), 영월군(13.1), 정선군(100), 태백시(24.9), 평창군(45.2) |
| 평창강 | 평창강 | 1002 | 1,773.39 | 영월군(46.5), 원주시(5.4), 평창군(54.8), 횡성군(30.7), 단양군(3.6), 제천시(7.6) |
| 남한강 | 충주댐 | 1003 | 2,483.82 | 영월군(40.5), 원주시(9.4), 태백시(6.7), 문경시(4.6), 봉화군(2.9), 영주시(6.0), 단양군(96.4), 제천시(92.4), 충주시(24.7) |
| 달천 | 달천 | 1004 | 1,614.36 | 문경시(1.6), 상주시(4.1), 괴산군(85.4), 보은군(23.6), 음성군(21.3), 청원군(21.4), 청주시(2.0), 충주시(33.8) |
| 남한강 | 충주댐하류 | 1005 | 524.42 | 원주시(13.3), 여주군(0.2), 충주시(41.5) |
| 섬강 | 섬강 | 1006 | 1,491.01 | 원주시(71.9), 홍천군(2.0), 횡성군(69.3), 양평군(11.7), 여주군(6.2) |
| 남한강 | 남한강하류 | 1007 | 2,072.72 | 광주시(5.7), 안성시(20.2), 양평군(68.4), 여주군(93.6), 용인시(19.7), 이천시(100), 음성군(36.2) |
| 북한강 | 금강산댐 | 1008 | 2,384.68 | 양구군(1.8) |
| 북한강 | 평화의댐 | 1009 | 940.45 | 양구군(7.4), 철원군(19.0), 화천군(16.1) |
| 북한강 | 춘천댐 | 1010 | 1,587.36 | 양구군(70.2), 춘천시(19.9), 화천군(84.0) |
| 인북천 | 인북천 | 1011 | 931.22 | 고성군(1.5), 양구군(8.5), 인제군(44.0) |
| 소양강 | 소양강 | 1012 | 1,852.04 | 양구군(12.1), 인제군(55.9), 춘천시(34.0), 홍천군(24.7) |
| 북한강 | 의암댐 | 1013 | 721.70 | 춘천시(31.1), 가평군(44.6) |
| 홍천강 | 홍천강 | 1014 | 1,566.05 | 춘천시(15.1), 홍천군(73.4), 가평군(1.2), 양평군(6.4) |
| 북한강 | 청평댐 | 1015 | 760.61 | 가평군(54.2), 남양주시(40.6), 양평군(13.5), 포천군(0.1) |
| 한강 동해 | 양양남대천 | 1301 | 1,852.93 | 강릉시(3.6), 고성군(98.5), 속초시(100), 양양군(100), 인제군(0.1) |
| | 강릉남대천 | 1302 | 1,050.11 | 강릉시(83.3), 동해시(100) |
| | 삼척오십천 | 1303 | 986.64 | 삼척시(82.6), 태백시(2.7) |

<표 5.6> 중권역 유역별 가뭄 우심피해 유역 평가

| 단위코드 | 유역명 | 가뭄지수(SMI) | | 가뭄 우심피해 평가 | |
|------|--------|-----------|--------|------------|--------|
| | | 현 재 | 2020년대 | 현 재 | 2020년대 |
| 1001 | 남한강 상류 | 0.57 | 0.50 | 주의 | 주의 |
| 1002 | 평창강 | 0.49 | 0.52 | 주의 | 주의 |
| 1003 | 충주댐 | 0.50 | 0.56 | 주의 | 주의 |
| 1004 | 달천 | 0.47 | 0.56 | 주의 | 주의 |
| 1005 | 충주댐 하류 | 0.38 | 0.57 | 심함 | 주의 |
| 1006 | 섬강 | 0.39 | 0.45 | 심함 | 주의 |
| 1007 | 남한강 하류 | 0.44 | 0.54 | 주의 | 주의 |
| 1008 | 금강산댐 | 1.00 | 1.00 | | |
| 1009 | 평화의댐 | 0.29 | 0.27 | 매우심함 | 매우심함 |
| 1010 | 춘천댐 | 0.18 | 0.20 | 매우심함 | 매우심함 |
| 1011 | 인북천 | 0.18 | 0.16 | 매우심함 | 매우심함 |
| 1012 | 소양강 | 0.20 | 0.22 | 매우심함 | 매우심함 |
| 1013 | 의암댐 | 0.30 | 0.35 | 심함 | 심함 |
| 1014 | 홍천강 | 0.29 | 0.35 | 매우심함 | 주의 |
| 1015 | 청평댐 | 0.42 | 0.41 | 주의 | 주의 |
| 1016 | 경안천 | 0.41 | 0.46 | 주의 | 주의 |
| 1301 | 양양 남대천 | 0.38 | 0.22 | 심함 | 매우심함 |
| 1302 | 강릉 남대천 | 0.56 | 0.38 | 주의 | 심함 |
| 1302 | 삼척 오십천 | 0.54 | 0.42 | 주의 | 주의 |

주) $SMI < 0.6$ “주의”, $SMI < 0.4$ “심함”, $SMI < 0.3$ “매우심함”



(a) 현재

(b) 2020년대

<그림 5.1> 강원도 중권역 유역별 가뭄 우심 지역 평가



제3절 취약성 평가

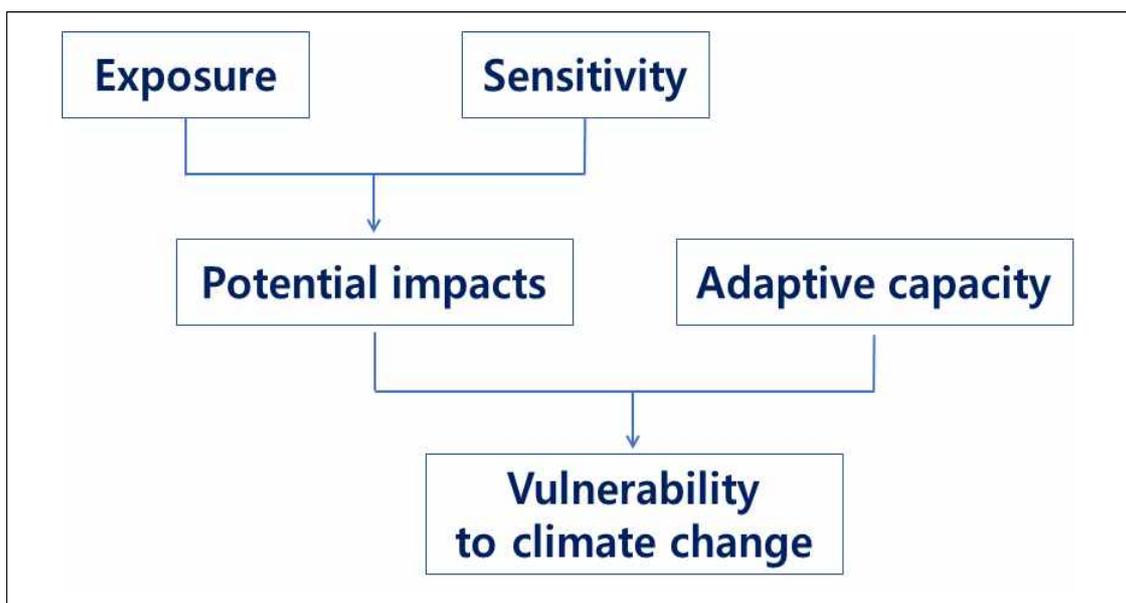
1. 취약성 정의 및 목적

- 취약성(vulnerability)이란 “어떤 시스템 또는 계에 외부충격이 가해졌을 때 부정적인 영향(adverse effect)을 받기 쉬운 정도”로 정의
- 취약성평가는 기후변화의 영향으로 받는 리스크 자체에 초점을 맞추어 기후변화로 인한 손실을 최소화하고 편익을 극대화하는 것을 목적으로 함
- 지역 내 부문별·지역별 현재 취약정도(Degree)와 미래 변화 경향(Trend)을 파악하기 위하여 기후변화 취약성 평가를 수행하며, 상대적 취약한 부문·항목과 취약지역 등을 파악한 후 계획 수립 반영

□ 취약성(vulnerability) = 위험(예상된 기후의 영향) - 적응(adaptation)

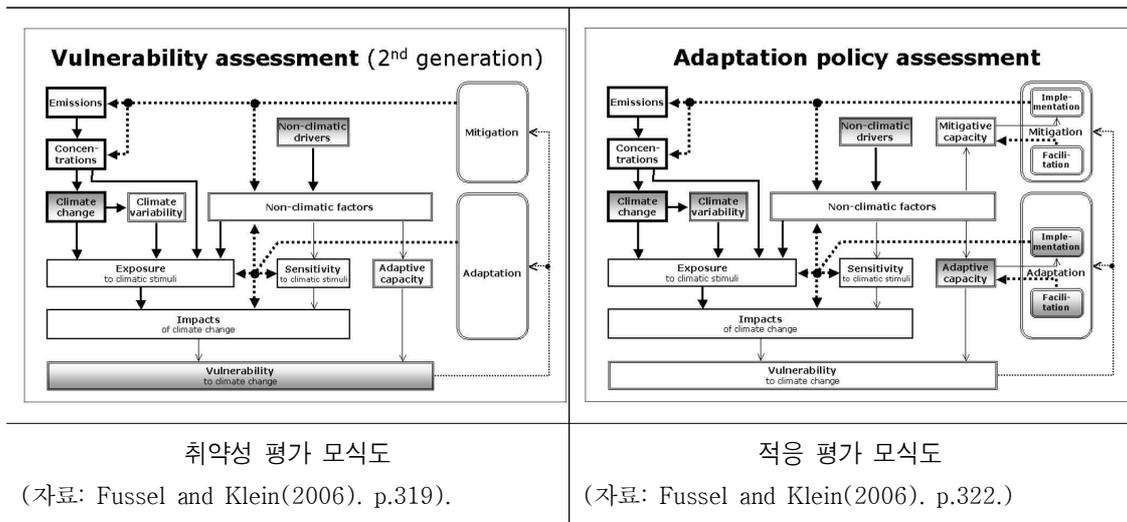
□ 기후변화 취약성(Vulnerability)

= $f\{\text{노출(Exposure), 민감도(Sensitivity), 적응능력(Adaptive Capacity)}\}$



<그림 5.2> 기후변화 취약성의 개념적 틀(IPCC, 2011)

자료 : 국가기후변화적응센터



<그림 5.3> 취약성/적응평가 모식도

자료 : 국가기후변화적응센터

2. 취약성 평가방법

1) 평가변수

- [기후노출(Exposure)]은 인간, 생활, 생물종 및 생태계, 환경 서비스 및 자원, 사회기반 시설 또는 경제·사회·문화적 자산이 기후로 인하여 부정적인 영향을 받을 수 있는 위치 및 환경에 노출된 상태
- [민감도(Sensitivity)]는 기후관련 자극에 의해 한 시스템이 해롭거나 이로운 영향을 직간접적으로 받는 정도
- [적응능력(Adaptation)]은 한 시스템이 기후변화에 맞게 스스로를 조절하거나, 잠재피해를 감소시키고, 기회를 이용하거나 기후변화에 대처하기 위한 체계의 역량

2) 평가변수

- 기후노출지표 : 지리적 위치로 인한 위험지역(홍수 위험지역, 도심열섬지역, 가뭄 위험지역, 산악지역, 연안 및 해안 등), 주거의 질, 생물다양성 측면에 있어서 이동 능력 등

- **민감도지표** : (사회경제적 지위) 육체적/정신적 건강, 연령, (분야) 기후현상에 의해 영향을 받는 제품, 서비스 등, (자산 및 기반시설) 기후 현상에 의해 영향을 받는 물리적 구조물과 서비스 등, (생태계) 건강, 연결성, 건강성 등
- **적응능력지표** : 기후변화 관련 자료 확보 가능성 및 접근성, 위험 분산 능력, 적응에 투자할 수 있는 자원, 기후현상에 대응하여 시스템이 변화할 수 있는 탄력성, 국가 및 상위 지역 단위에 앞서 지역에서 변화에 변화하고 적응하려는 의지, 새로운 곳으로의 종 이동 또는 생태계 확장/이동 등

3) 취약성 평가 절차³⁾

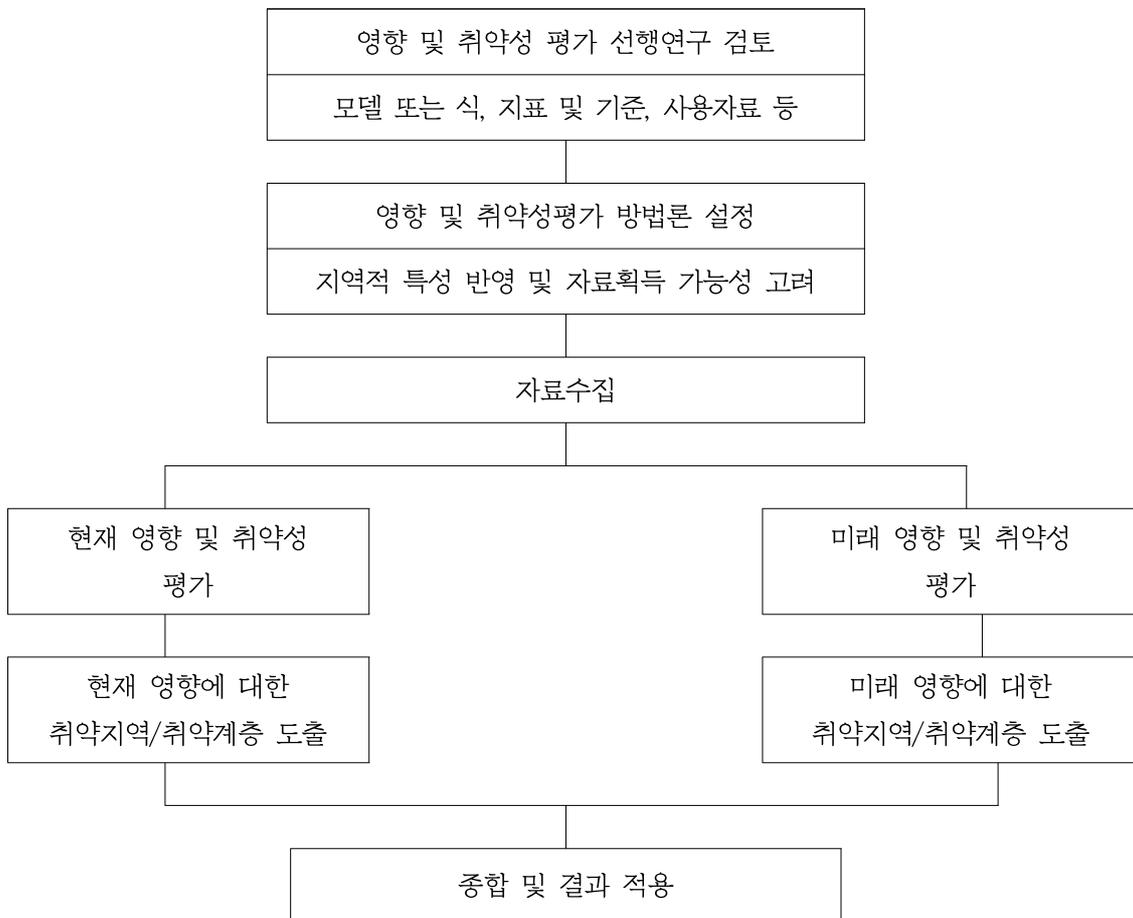
- 기후변화 취약성 평가는 기후노출과 민감도의 합에 적응능력을 뺀 값으로 산정

| | |
|-----------|--|
| 취약성 평가 방법 | 취약성 = $\alpha \times \text{기후노출} + \beta \times \text{민감도} + \gamma \times \text{적응능력}$ 여기서; α, β, γ 는 지역특성 가중치 |
|-----------|--|

- 기후변화에 따라 현재 나타나는 영향 및 취약성과 미래 나타날 것으로 예상되는 영향 및 취약성을 평가하는 과정
- 취약성 평가절차는 주요부문의 평가방법론 고찰부터 평가지표와 기준설정 등이 포함된 방법론 설정, 자료수집, 평가에 이르기까지 단계별로 이루어짐
 - 평가는 현재 기후상태에서의 영향 및 취약성 평가와 미래 예측되는 기후 상태에서의 영향 및 취약성 평가를 실시
 -
- **【평가방법론 설정】** 주요부문의 기후변화 영향 및 취약성 평가는 정량적인 방법과 정성적인 방법 두 가지를 병행하여 실시
 - 정량평가 : 정량평가는 통계자료 및 모델을 사용해 산정하는 것으로 과거자료를 바탕으로 미래를 추정하는 형태
 - 정성평가 : 정성평가는 지역주민과 전문가, 공무원 등으로 구성된 TFT, 포럼, 세미나, 각종 연구 자료, 신문 등 방송 매체 자료, 인터뷰 등의 방법을 통해 자료를 수집하고 정리하여 분석하는 방법

3) 지자체 기후변화적응대책 세부시행계획 수립 매뉴얼(환경부)

- 영향 및 취약성 평가는 평가지표 및 기준을 설정하고 평가를 진행하여 궁극적으로 기후변화에 따라 현재 나타나고 있고, 미래에 예측되는 영향과 취약계층 및 취약지역을 도출하는 과정
 - 평가의 핵심은 평가지표와 기준으로 동일현 사안에 대해서도 어떤 평가지표와 기준을 사용하는지에 따라 평가지표가 달라지므로 해당분야 평가에 대한 적합한 지표와 기준을 설정하는 것이 중요
 - 평가결과 : 현재 기후에서 나타나는 영향과 취약계층, 취약지역과 미래 예측되는 기후에서 나타나는 영향과 취약계층, 취약지역임



<그림 5.4> 적응분야별 영향 및 취약성 평가 절차

자료 : 지자체 기후변화적응대책 세부시행계획 수립 매뉴얼(환경부)

3. 취약성 평가 결과

1) 취약성 평가 대응지수

- 본 과업에서는 『지자체 기후변화적응대책』의 취약성 평가 목록 중 “이수의 취약성”, “단기 가뭄에 대한 농업용수 취약성”, “장기 가뭄에 대한 농업용수 취약성” 등 평가목록에 대하여 시·군별 취약성 평가를 실시함
- 취약성 평가는 환경부 취약성 평가 TOOL 인 「VESTAP」을 이용하여 평가하였으며, 평가목록별 평가에 이용된 기초자료는 다음과 같음

<표 5.7> 취약성 평가 기초자료 및 가중치(이수에 대한 취약성)

| 부문 | 지표명 | 가중치 |
|-----------------------------|---|-------|
| 기후노출 | 지하 유출(mm/일) | -0.15 |
| | 12~2월 강수량(mm) | -0.18 |
| | 3~5월 강수량(mm) | -0.21 |
| | 연속적인 무강수 일수의 최대값(회) | 0.22 |
| | 12~2월 증발산량(mm) | 0.1 |
| | 3~5월 증발산량(mm) | 0.13 |
| 기후변화 민감도 | 인구밀도(명/km ²) | 0.11 |
| | 총 인구(명) | 0.1 |
| | 면적당 축산물 생산현황 (소+닭+돼지)(마리) | 0.06 |
| | 1인당 1일 상수도 급수량(ℓ) | 0.07 |
| | 공업용수 사용량(천m ³ /년) | 0.14 |
| | 농업용수 사용량(천m ³ /년) | 0.13 |
| | 면적당 곡물 생산(ton/ha) | 0.07 |
| | 생활용수 사용량(천m ³ /년) | 0.15 |
| 적응능력 | 지하수 이용량(천m ³ /년) | 0.08 |
| | 하천수 이용량(m ³ /년) | 0.09 |
| | 재정 자립도(%) | 0.12 |
| | 지역 내 총생산 (GRDP)(백만원) | 0.09 |
| | 1만명당 공무원 수(명/만명) | 0.05 |
| | 면적당 물관리 공무원 수(명/km ²) | 0.09 |
| | 상수도 보급율(%) | 0.15 |
| | 면적당 용수공급용 저수지 저수용량(천m ³ /ha) | 0.21 |
| | 면적당 하수처리수 물 재이용량(천m ³) | 0.15 |
| 지하수 가용량(천m ³ /년) | 0.14 | |

<표 5.8> 취약성 평가 기초자료 및 가중치(단기가뭄에 대한 농업용수 취약성)

| 부문 | 지표명 | 가중치 |
|----------|-----------------------------------|------|
| 기후 노출 | 4~5월 간 3개월 SPI -1 이하인 날 수(회) | 0.4 |
| | 4~5월 간 3개월 EDDI -1 이하인 날 수(회) | 0.6 |
| 기후변화 민감도 | 농업용수 사용량(천m ³ /년) | 1 |
| 적응능력 | 지역 내 총생산 (GRDP)(백만원) | 0.09 |
| | 용수공급용 저수지 최대용량(m ³ /일) | 0.43 |
| | 수리담 비율(%) | 0.27 |
| | 관개전 비율(%) | 0.21 |

<표 5.9> 취약성 평가 기초자료 및 가중치(장기가뭄에 대한 농업용수 취약성)

| 부문 | 지표명 | 가중치 |
|----------|-----------------------------------|------|
| 기후 노출 | 4~5월 간 6개월 SPI -1 이하인 날 수(회) | 0.38 |
| | 4~5월 간 6개월 EDDI -1 이하인 날 수(회) | 0.62 |
| 기후변화 민감도 | 농업용수 사용량(천m ³ /년) | 1 |
| 적응능력 | 지역 내 총생산 (GRDP)(백만원) | 0.11 |
| | 용수공급용 저수지 최대용량(m ³ /일) | 0.34 |
| | 수리담 비율(%) | 0.28 |
| | 관개전 비율(%) | 0.27 |

2) 취약성 평가 결과

- 이수에 대한 강원도와 전국평균 취약성 지수를 비교한 결과 전국평균에 비해 취약성 지수는 높은 것으로 나타남. 이는 기후노출 지수 부문에서 강원도가 전국평균보다 높았으며, 이에 반면 적응능력 지수는 낮은 것으로 분석됨
- 단기와 장기 가뭄에 대한 취약성 지수에서는 강원도의 경우 전국평균보다 취약성 지수는 낮았으며, 기후노출과 민감도, 적응능력 부문에서 모두 지수는 낮게 나타남

<표 5.10> 기후변화 취약성 평가 결과(이수에 대한 취약성)

| 순위 | 행정구역 | 취약성지수 | 기후노출 | 민감도 | 적응능력 |
|----|------|-------|-------|------|------|
| 1 | 원주시 | 0.03 | 0.02 | 0.21 | 0.20 |
| 2 | 철원군 | 0.03 | 0.04 | 0.12 | 0.13 |
| 3 | 홍천군 | 0.00 | 0.01 | 0.12 | 0.13 |
| 4 | 횡성군 | -0.01 | 0.01 | 0.09 | 0.11 |
| 5 | 화천군 | -0.03 | 0.01 | 0.04 | 0.09 |
| 6 | 동해시 | -0.03 | 0.01 | 0.10 | 0.14 |
| 7 | 춘천시 | -0.07 | -0.01 | 0.17 | 0.23 |
| 8 | 영월군 | -0.07 | 0.00 | 0.04 | 0.12 |
| 9 | 인제군 | -0.07 | 0.01 | 0.07 | 0.16 |
| 10 | 속초시 | -0.08 | 0.00 | 0.06 | 0.14 |
| 11 | 정선군 | -0.08 | 0.00 | 0.06 | 0.15 |
| 12 | 삼척시 | -0.08 | 0.00 | 0.08 | 0.17 |
| 13 | 양구군 | -0.08 | 0.01 | 0.05 | 0.15 |
| 14 | 평창군 | -0.11 | -0.01 | 0.07 | 0.17 |
| 15 | 양양군 | -0.11 | 0.00 | 0.04 | 0.17 |
| 16 | 고성군 | -0.12 | 0.00 | 0.05 | 0.17 |
| 17 | 강릉시 | -0.13 | -0.01 | 0.11 | 0.23 |
| 18 | 태백시 | -0.14 | -0.01 | 0.03 | 0.16 |

<표 5.11> 기후변화 취약성 평가 결과(단기 가뭄에 대한 농업용수 취약성)

| 순위 | 행정구역 | 취약성지수 | 기후노출 | 민감도 | 적응능력 |
|----|------|-------|------|------|------|
| 1 | 철원군 | 0.19 | 0.16 | 0.25 | 0.21 |
| 2 | 태백시 | 0.16 | 0.17 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 원주시 | 0.15 | 0.25 | 0.12 | 0.22 |
| 4 | 강릉시 | 0.13 | 0.22 | 0.08 | 0.18 |
| 5 | 홍천군 | 0.07 | 0.08 | 0.13 | 0.14 |
| 6 | 양구군 | 0.03 | 0.16 | 0.05 | 0.18 |
| 7 | 고성군 | 0.02 | 0.11 | 0.06 | 0.16 |
| 8 | 양양군 | 0.00 | 0.10 | 0.04 | 0.14 |
| 9 | 동해시 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.15 |
| 10 | 춘천시 | 0.00 | 0.18 | 0.07 | 0.25 |
| 11 | 횡성군 | -0.01 | 0.00 | 0.11 | 0.13 |
| 12 | 삼척시 | -0.01 | 0.10 | 0.03 | 0.15 |
| 13 | 정선군 | -0.02 | 0.09 | 0.03 | 0.14 |
| 14 | 영월군 | -0.02 | 0.09 | 0.04 | 0.16 |
| 15 | 화천군 | -0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.16 |
| 16 | 인제군 | -0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.11 |
| 17 | 평창군 | -0.07 | 0.01 | 0.05 | 0.13 |
| 18 | 속초시 | -0.15 | 0.01 | 0.00 | 0.18 |

<표 5.12> 기후변화 취약성 평가 결과(장기 가뭄에 대한 농업용수 취약성)

| 순위 | 행정구역 | 취약성지수 | 기후노출 | 민감도 | 적응능력 |
|----|------|-------|------|------|------|
| 1 | 태백시 | 0.20 | 0.20 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 철원군 | 0.14 | 0.14 | 0.25 | 0.24 |
| 3 | 강릉시 | 0.12 | 0.24 | 0.08 | 0.20 |
| 4 | 원주시 | 0.12 | 0.25 | 0.12 | 0.25 |
| 5 | 홍천군 | 0.07 | 0.09 | 0.13 | 0.15 |
| 6 | 고성군 | 0.05 | 0.16 | 0.06 | 0.17 |
| 7 | 화천군 | 0.01 | 0.16 | 0.03 | 0.17 |
| 8 | 횡성군 | 0.00 | 0.03 | 0.11 | 0.14 |
| 9 | 삼척시 | 0.00 | 0.13 | 0.03 | 0.16 |
| 10 | 양구군 | 0.00 | 0.16 | 0.05 | 0.21 |
| 11 | 동해시 | 0.00 | 0.17 | 0.00 | 0.17 |
| 12 | 정선군 | -0.02 | 0.09 | 0.03 | 0.15 |
| 13 | 춘천시 | -0.02 | 0.19 | 0.07 | 0.29 |
| 14 | 양양군 | -0.03 | 0.09 | 0.04 | 0.16 |
| 15 | 영월군 | -0.03 | 0.09 | 0.04 | 0.17 |
| 16 | 인제군 | -0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.12 |
| 17 | 평창군 | -0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.14 |
| 18 | 속초시 | -0.18 | 0.00 | 0.00 | 0.19 |



(a) 이수에 대한 취약성



(b) 단기적 가뭄에 대한 취약성



© 장기적 가뭄에 대한 취약성

<그림 5.5> 시군별 가뭄에 대한 취약성 평가 결과(취약성지수)



(a) 이수에 대한 취약성



(b) 단기적 가뭄에 대한 취약성



© 장기적 가뭄에 대한 취약성

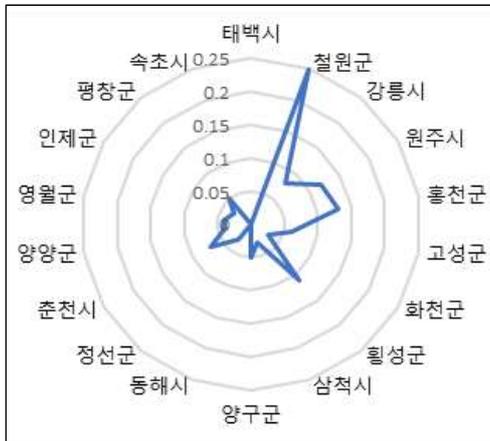
<그림 5.6> 시군별 가뭄에 대한 취약성 평가 결과(기후노출)



(a) 이수에 대한 취약성

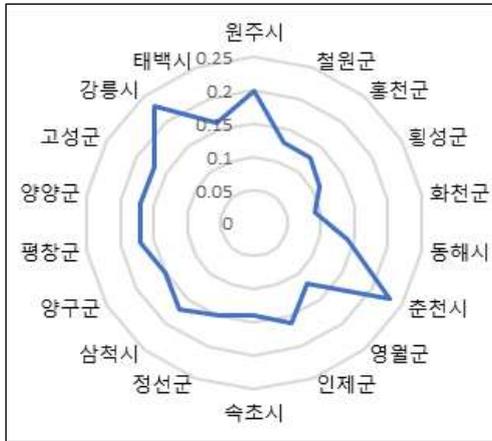


(b) 단기적 가뭄에 대한 취약성



© 장기적 가뭄에 대한 취약성

<그림 5.7> 시군별 가뭄에 대한 취약성 평가 결과(민감도)



(a) 이수에 대한 취약성

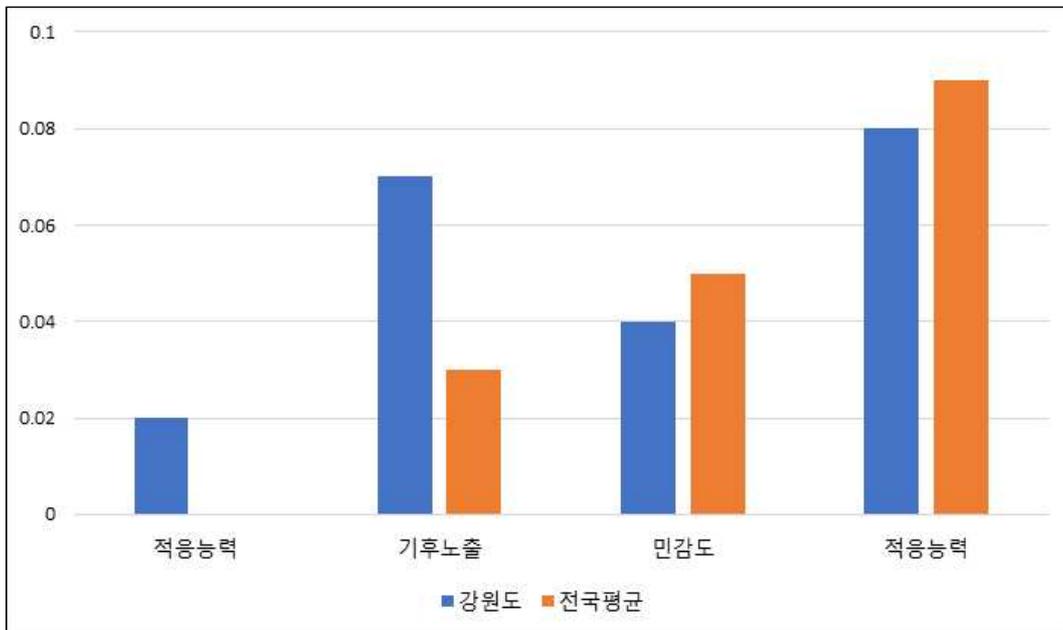


(b) 단기적 가뭄에 대한 취약성

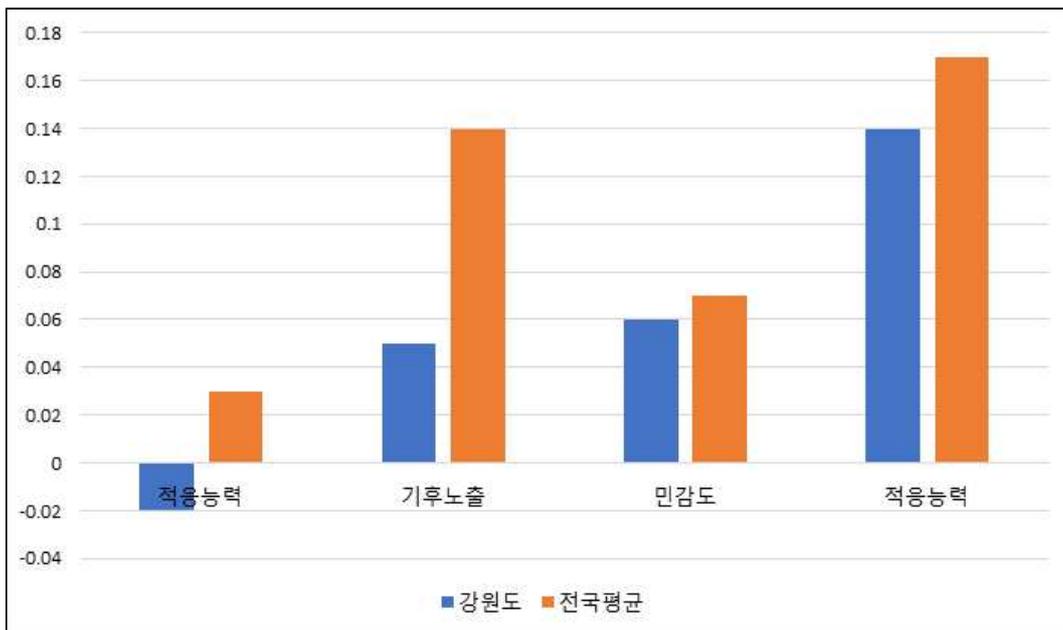


© 장기적 가뭄에 대한 취약성

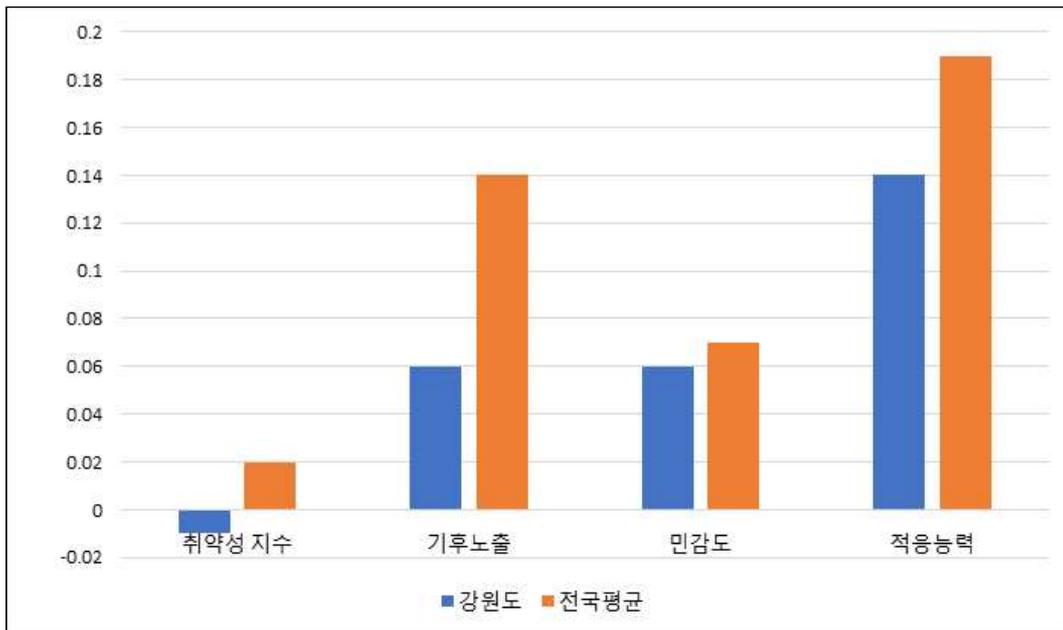
<그림 5.8> 시군별 가뭄에 대한 취약성 평가 결과(적응능력)



<그림 5.9> 강원도 및 전국평균 취약성 지수 비교(이수에 대한 취약성)



<그림 5.10> 강원도 및 전국평균 취약성 지수 비교(단기 가뭄에 대한 농업용수 취약성)



<그림 5.11> 강원도 및 전국평균 취약성 지수 비교(장기 가뭄에 대한 농업용수 취약성)

한발피해 및 소비수량 산정

- 제 1 절 기상재해 한발피해
- 제 2 절 생육단계별 기상조건
- 제 3 절 필요소비수량 산정



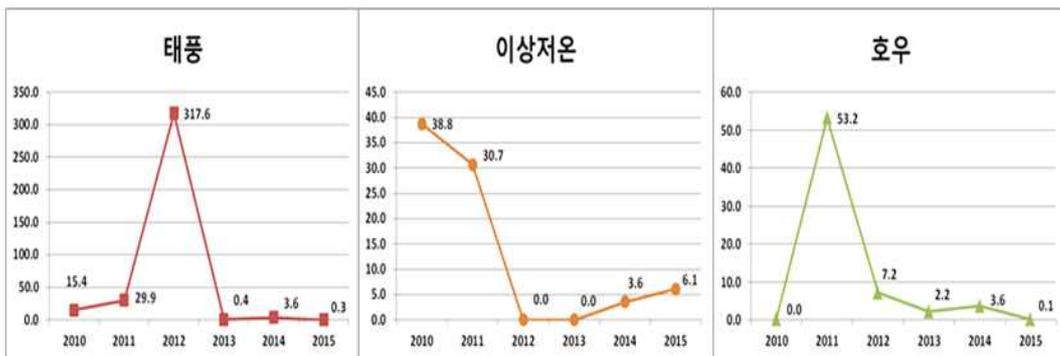
제 6 장

한발피해 및 소비수량



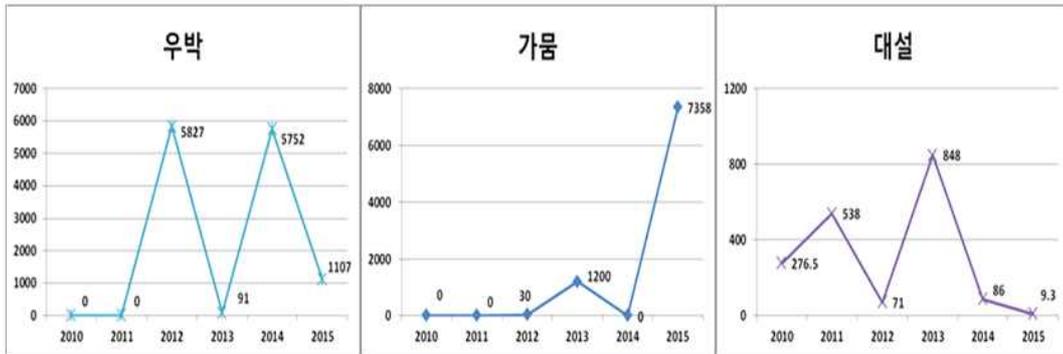
제1절 기상재해 한발피해

- 2010년부터 2015년까지 밭 작물의 기상재해에 대한 한발피해를 조사한 결과 태풍에 의한 피해가 가장 크게 나타났으며, 다음으로는 이상저온, 호우, 우박, 가뭄, 대설 순으로 나타남



자료 : 국립식량과학원

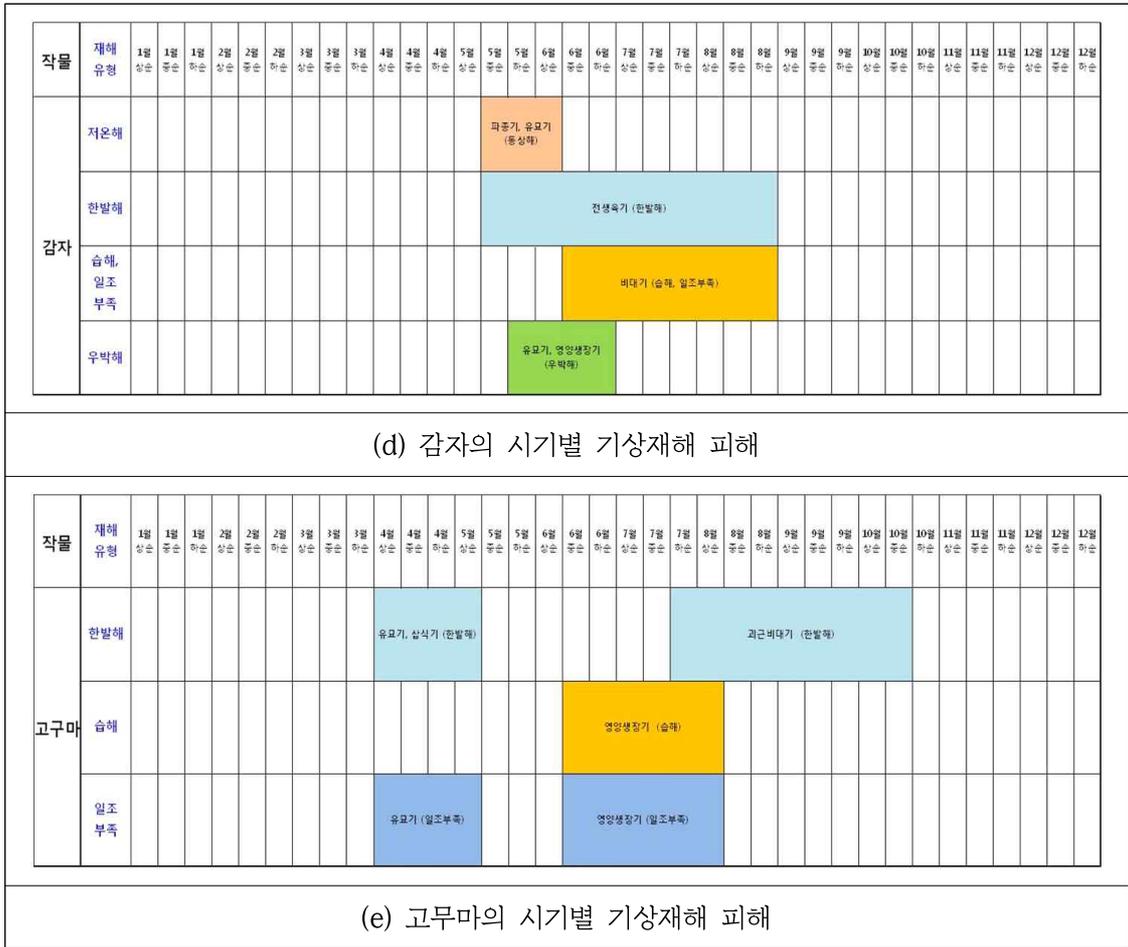
<그림 6.1> 기상재해별 밭농작물 한발 피해(태풍, 이상저온, 호우)



자료 : 국립식량과학원

<그림 6.2> 기상재해별 밭 농작물 한발피해(우박, 가뭄, 대설)

- 전체적으로 밭작물의 기상재해 유형은 봄철기간에 한발피해와, 동해 피해가 발생하는 것으로 나타남. 밭작물별 기상재해 유형은 다음과 같음
- 맥류(보리, 밀 등)의 기상재해 유형은 동해, 고온해, 한발해, 습해 등이 있는 것으로 조사되었으며, 봄철 기간에는 유수형성기 기간에 저온해, 분얼기와 출수 후에 한발해, 절간신장기 기간에 습해 등의 피해가 발생
- 콩 밭작물의 주요 기상재해 유형은 동해, 고온해, 한발해, 습해, 우박해 등이 있으며, 봄철기간에는 유묘기 기간에 한발해 피해와 우박해 피해가 발생
- 옥수수 밭작물은 동해, 고온해, 한발해, 습해 등의 피해가 발생하며, 봄철기간에는 영양생장기 기간에 저온해, 전생육기 기간에 한발해 피해가 발생
- 감자 밭작물의 동해, 한발해, 일조부족, 우박해 등의 피해가 있으며, 봄철기간에는 파종기와 유묘기 기간에 동해, 전생육기 기간에 한발해, 유묘기 기간에 우박해 피해가 발생
- 고구마 밭작물은 한발해, 습해, 일조부족 등이 있으며, 봄철기간에는 유묘기와 삽삭기에 한발해, 유묘기에 일조부족 등의 피해 발생



<그림 6.4> 밭 농작물의 시기별 기상재해(감자, 고구마)

자료 국립식량과학원



제2절 생육단계별 기상 조건

- 발아 시기의 경우 적정온도는 14.0℃이며, 적정습도는 30~40%, 적정토양수분은 30~50%임. 성장 시기의 적정온도는 16.8℃ 이며, 적정 습도는 40~50%, 적정 토양 수분은 40~60% 정도임
- 수확시기의 경우 적정온도는 20.0℃ 이며, 적정 습도와 적정 토양수분은 30~40%로 조사됨
- 봄배추 발작물의 생육시기별 적정 기상조건은 다음과 같음

<표 6.1> 봄배추 발작물의 적정기상 조건

| 농작물 | 적정기상조건 | 파종시기 (4월 초) | 발아시기 (4월 중순) | 성장시기 (4월중순~ 5월초) | 수확시기 (5월중순~ 5월하순) |
|-------------|------------|----------------|-----------------|------------------------|-------------------------|
| 봄 배 추 | 적정온도(℃) | 12.5 | 14.0 | 16.8 | 20.0 |
| | 적정습도(%) | 30~60 | 30~40 | 40~50 | 30~40 |
| | 적정 토양수분(%) | 30~50 | 50~60 | 40~60 | 30~40 |

자료 : 국립농업과학원



제3절 필요 소비수량 산정

1. 발작물 생육기간 및 소비수량 계수

○ 발 작물별 생육기간 및 생육기간에 따른 작물별 소비수량 계수는 다음 표와 같으며, 성장단계별 소비수량은 생육 1단계인 생육초기계보다 성장단계에서 소비수량이 커지며, 생육말기 단계에서는 작물 소비수량이 작아짐

<표 6.2> 발작물의 생육기간 및 성장기별 작물소비 계수

| 구분 | | 생육초기 | 신장기 | 생육중기 | 생육후기 | 생육말기 |
|----|----------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| 곡물 | 콩 | 6월 초~ 6월 말 | 7월초~ 7월말 | 8월초~ 8월말 | 9월초~ 9월말 | 10월초~ 10월말 |
| | | 0.4 | 1.15 | 1.15 | 1.15 | 0.5 |
| | 옥수수 | 4월초~ 5월중순 | 5월초~ 6월중순 | 6월말~ 7월 초 | 7월중순~ 7월 말 | 8월초~ 8월중순 |
| | | 0.68 | 1.09 | 1.68 | 1.33 | 1.03 |
| | 감자 | 4월초~ 4월중순 | 4월말~ 5월초 | 5월중순~ 5월말 | 6월초~ 6월중순 | - |
| | | 0.50 | 0.77 | 1.11 | 0.95 | - |
| 채소 | 고추 | 5월중순~ 5월말 | 6월 초~ 6월 말 | 7월초~ 7월말 | 8월초~ 8월말 | 9월초~ 9월중순 |
| | | 0.53 | 0.96 | 1.06 | 1.06 | 0.82 |
| | 봄배추 | 5월초~ 5월중순 | 5월말~ 6월중순 | 6월중순~ 6월 말 | 7월 초 | - |
| | | 0.81 | 1.11 | 1.11 | 1.22 | - |
| | 가을 배추 | 9월초~ 9월중순 | 9월말~10월 초 | 10월중순~1 0월말 | 11월 초 | - |
| | | 0.62 | 0.94 | 1.25 | 1.16 | - |

2. 밭작물 소비수량 산정

- 밭작물별 소비수량은 Blaney - criddle 방법에 의해 산정하였으며, 산정 방법은 다음과 같음

$$f = \frac{T_a - P}{100} \quad (6.1)$$

$$u = K \times f \quad (6.2)$$

$$U = \sum_{i=1}^n (K \times f) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{K \times T_a \times P}{100} \right) \quad (6.2)$$

여기서; U : 식물성장기간의 소비수량
 u : 작물별 월별 소비수량
 K : 작물별 계절 소비수량 계수
 f : 각 월의 소비수량 인자
 T_a : 해당지역의 월 평균기온(°F)
 P : 월간 일조시간의 백분율(%)

- Blaney - criddle 방법에 의하여 산정한 소비수량은 다음 표와 같으며, 전체적으로 2010년 대비는 2020년도에 소비수량이 증가하는 것으로 나타남. 작물별로는 “배추”에서 소비수량이 가장 높은 것으로 나타났으며, 다음으로 “옥수수”작물 순으로 나타남
- 강원도 지역의 주 발작물은 “옥수수”와 “배추”, “콩”, “감자” 등의 재배면적 순을 이루고 있으며, 일부 지역인 춘천시와 강릉시는 “과실류” 재배면적이 높은 것으로 나타남

<표 6.3> 행정구역별 발작물 경작 면적 및 봄철기간의 작물별 소비수량

| 행정구역 | 발작물 | 면적(ha) | 작물소비수량 (현 재) | 작물소비수량 (2020) |
|-------------|-----|--------|-----------------|------------------|
| 춘천시 (mm) | 콩 | 422 | 135.7 | 140.5 |
| | 고구마 | 35 | - | - |
| | 감자 | 239 | 169.2 | 175.7 |
| | 고추 | 100.7 | 179.4 | 186.2 |
| | 봄배추 | 211 | 274.1 | 284.6 |
| | 과실 | 331.7 | - | - |
| | 옥수수 | 4 | 230.1 | 238.9 |
| 원주시 (mm) | 과실류 | 416.2 | - | - |
| | 옥수수 | 640.6 | 154.9 | 143.8 |
| | 과채류 | 143.4 | - | - |
| | 봄배추 | 198.2 | 281.0 | 291.1 |
| | 고구마 | 253.8 | - | - |
| | 감자 | 158.9 | 173.5 | 179.7 |
| | 고추 | 496.9 | 175.2 | 179.7 |
| | 콩 | 589.9 | 138.8 | 143.8 |
| 강릉시 (mm) | 옥수수 | 386.6 | 230.2 | 236.4 |
| | 콩 | 490 | 135.4 | 139.1 |
| | 고구마 | 30 | - | - |
| | 감 자 | 910 | 169.2 | 173.8 |
| | 과실류 | 1997.4 | - | - |
| | 봄배추 | 670 | 274.2 | 281.6 |
| 속초시 (mm) | 옥수수 | 39.2 | 231.4 | 237.7 |
| | 콩 | 15.0 | 136.1 | 139.8 |
| | 봄배추 | 18.0 | 275.6 | 283.1 |
| | 고추 | 30.9 | 180.4 | 185.2 |
| | 과실류 | 14.1 | - | - |

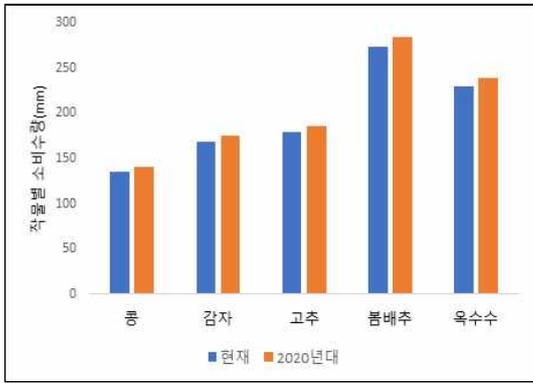
| 행정구역 | 밭작물 | 면적(ha) | 작물소비수량 (현 재) | 작물소비수량 (2020) |
|-------------|-----|--------|-----------------|------------------|
| 태백시 (mm) | 옥수수 | 58 | 215.9 | 223.4 |
| | 콩 | 5 | 126.9 | 131.4 |
| | 봄배추 | 1,100 | 257.2 | 266.1 |
| | 고추 | 23 | 168.3 | 174.1 |
| 삼척시 (mm) | 옥수수 | 257.0 | 231.9 | 238.4 |
| | 콩 | 540.7 | 136.4 | 140.3 |
| | 고구마 | 22.8 | - | - |
| | 감자 | 99.8 | 170.5 | 175.3 |
| | 과채류 | 0.2 | - | - |
| | 봄배추 | 1265.8 | 276.2 | 284.0 |
| | 고추 | 288.2 | 180.7 | 185.8 |
| | 과실류 | 140.2 | - | - |
| 홍천군 (mm) | 옥수수 | 1260 | 220.9 | 229.5 |
| | 콩 | 601 | 129.9 | 134.9 |
| | 고구마 | 33.4 | - | - |
| | 감자 | 632.9 | 162.4 | 168.7 |
| | 과채류 | 589.6 | - | - |
| | 봄배추 | 357.3 | 263.1 | 273.3 |
| | 고추 | 96.8 | 172.2 | 178.9 |
| | 과실류 | 148.7 | - | - |
| 횡성군 (mm) | 옥수수 | 740.9 | 223.8 | 232.4 |
| | 콩 | 346.8 | 131.7 | 136.7 |
| | 고구마 | 50.4 | - | - |
| | 감자 | 296.4 | 164.6 | 170.9 |
| | 과채류 | 238.0 | - | - |
| | 봄배추 | 236.2 | 266.7 | 276.9 |
| | 고추 | 150.8 | 174.5 | 181.2 |
| | 과실류 | 59.3 | - | - |
| 영월군 (mm) | 옥수수 | 444.5 | 224.7 | 233.0 |
| | 콩 | 553.5 | 132.2 | 137.1 |
| | 고구마 | 31.7 | - | - |
| | 감자 | 127.1 | 165.2 | 171.3 |
| | 과채류 | 96.2 | - | - |
| | 봄배추 | 774.2 | 267.7 | 277.5 |
| | 고추 | 492.0 | 175.1 | 181.6 |
| | 과실류 | 248.5 | - | - |
| 평창군 (mm) | 옥수수 | 763.0 | 205.5 | 214.9 |
| | 콩 | 229.9 | 120.9 | 125.9 |
| | 고구마 | 6.0 | - | - |
| | 감자 | 1508.0 | 151.1 | 157.4 |
| | 과채류 | 35.1 | - | - |
| | 봄배추 | 1357.0 | 244.8 | 255.0 |
| | 고추 | 128.9 | 160.2 | 166.9 |
| | 과실류 | 102.9 | - | - |

| 행정구역 | 밭작물 | 면적(ha) | 작물소비수량 (현 재) | 작물소비수량 (2020) |
|-------------|-----|---------|-----------------|------------------|
| 정선군 (mm) | 옥수수 | 821.2 | 213.9 | 221.9 |
| | 콩 | 1295.3 | 125.8 | 130.5 |
| | 고구마 | 7.1 | - | - |
| | 감자 | 401.9 | 157.3 | 163.1 |
| | 과채류 | 97.3 | - | - |
| | 봄배추 | 1,144.4 | 254.8 | 264.3 |
| | 고추 | 473.9 | 166.7 | 172.9 |
| | 과실류 | 106.6 | - | - |
| 철원군 (mm) | 옥수수 | 360.5 | 223.8 | 232.4 |
| | 콩 | 176.0 | 131.6 | 136.7 |
| | 고구마 | 13.3 | - | - |
| | 감자 | 121.3 | 164.6 | 170.9 |
| | 과채류 | 190.9 | - | - |
| | 봄배추 | 16.0 | 223.8 | 232.4 |
| | 고추 | 1.2 | 174.4 | 181.1 |
| | 과실류 | 72.1 | - | - |
| 화천군 (mm) | 옥수수 | 151.0 | 221.5 | 230.2 |
| | 콩 | 200.0 | 130.3 | 135.4 |
| | 고구마 | 5.8 | - | - |
| | 감자 | 60.0 | 162.8 | 169.3 |
| | 과채류 | 384.8 | - | - |
| | 봄배추 | 141.8 | 263.8 | 274.2 |
| | 고추 | 115.0 | 172.6 | 179.4 |
| | 과실류 | 37.0 | - | - |
| 양구군 (mm) | 옥수수 | 160.0 | 221.1 | 229.7 |
| | 콩 | 250.0 | 130.1 | 135.1 |
| | 고구마 | 5.0 | - | - |
| | 감자 | 376.0 | 162.6 | 168.8 |
| | 과채류 | 265.8 | - | - |
| | 봄배추 | - | 263.4 | 173.6 |
| | 고추 | 89.7 | 172.4 | 179.0 |
| | 과실류 | 154.9 | - | - |
| 인제군 (mm) | 옥수수 | 528.0 | 214.6 | 222.7 |
| | 콩 | 453.0 | 126.2 | 131.0 |
| | 고구마 | 10.0 | - | - |
| | 감자 | 265.0 | 157.8 | 163.8 |
| | 과채류 | 391.1 | - | - |
| | 봄배추 | 57.6 | 255.6 | 265.3 |
| | 고추 | 211.0 | 167.2 | 173.6 |
| | 과실류 | 65.7 | - | - |

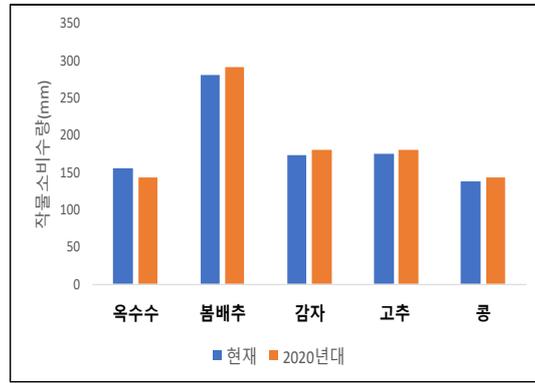
| 행정구역 | 밭작물 | 면적(ha) | 작물소비수량 (현 재) | 작물소비수량 (2020) |
|-------------|-----|--------|-----------------|------------------|
| 고성군 (mm) | 옥수수 | 185.0 | 232.7 | 239.4 |
| | 콩 | 134.0 | 136.9 | 140.8 |
| | 고구마 | 20.0 | - | - |
| | 감자 | 328.0 | 171.1 | 176.0 |
| | 과채류 | 5.4 | - | - |
| | 봄배추 | 46.5 | 277.2 | 285.2 |
| | 고추 | 17.6 | 181.4 | 186.6 |
| | 과실류 | 48.1 | - | - |
| 양양군 (mm) | 옥수수 | 206.0 | 231.3 | 237.9 |
| | 콩 | 265.0 | 136.1 | 139.9 |
| | 고구마 | 25.0 | - | - |
| | 감자 | 225.0 | 170.1 | 174.9 |
| | 과채류 | 10.8 | - | - |
| | 봄배추 | 9.6 | 275.5 | 283.4 |
| | 고추 | 88.3 | 180.3 | 184.5 |
| | 과실류 | 403.4 | - | - |

자료 : 시군별 밭작물 면적은 강원도 시·군 통계연보(2017) 기준 작성

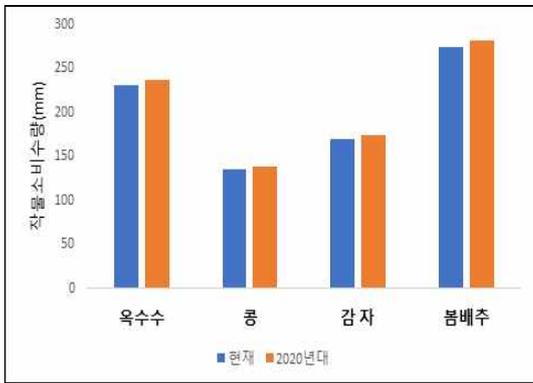
주) 작물별 작물계수는 생육 초기단계를 적용하여 산정



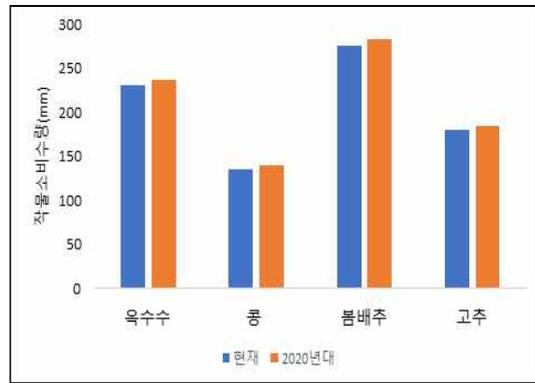
(a) 춘천시



(b) 원주시



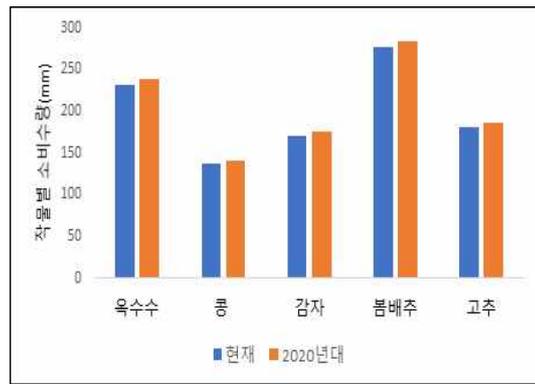
(c) 강릉시



(d) 속초시

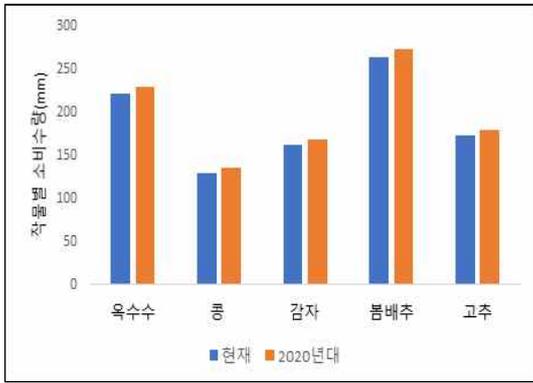


(e) 태백시

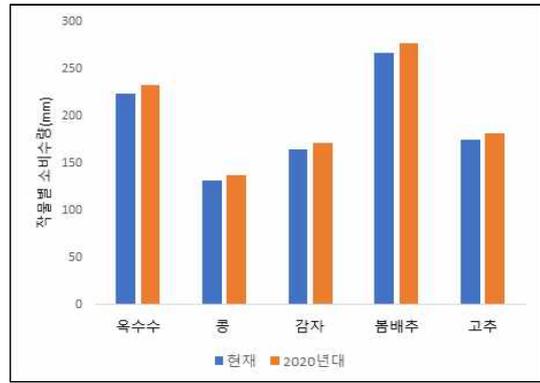


(f) 삼척시

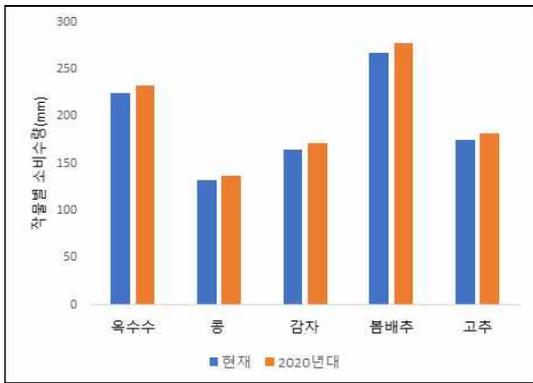
<그림 6.5> 강원도 시·군별 발작물 소비수량(현재와 2020년대)



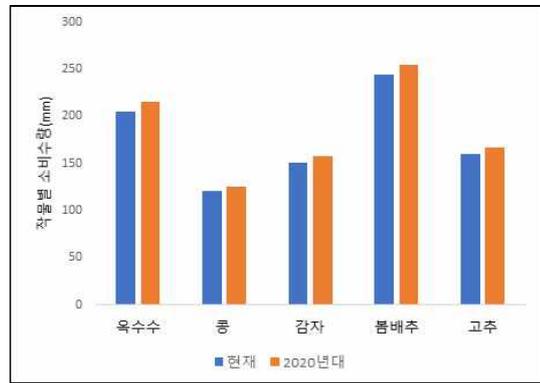
(g) 홍천군



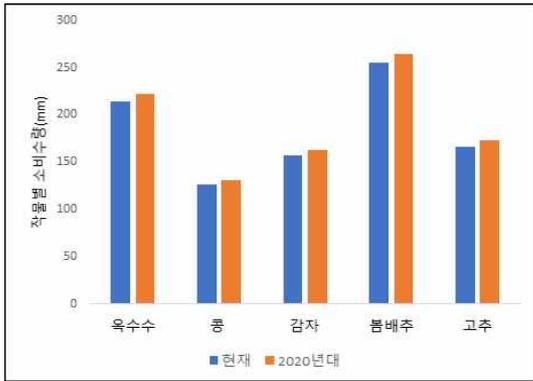
(h) 횡성군



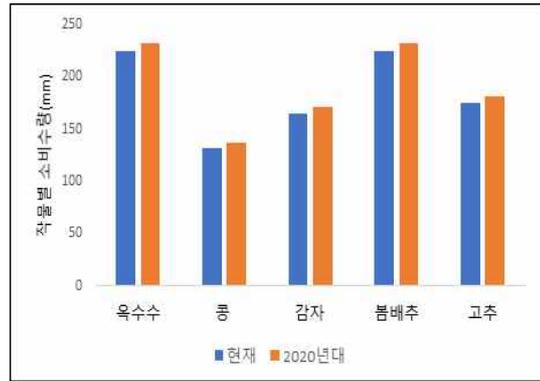
(i) 영월군



(j) 평창군



(k) 정선군

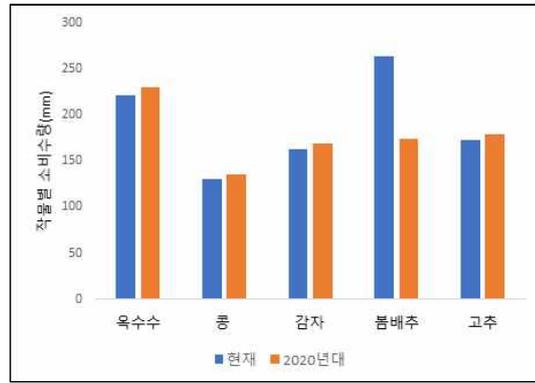


(l) 철원군

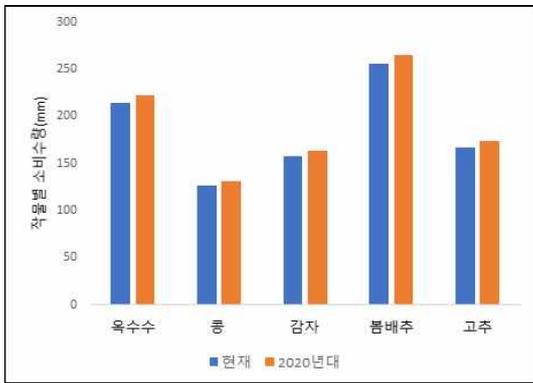
<그림 6.5> 강원도 시·군별 발작물 소비수량(현재와 2020년대) 계속



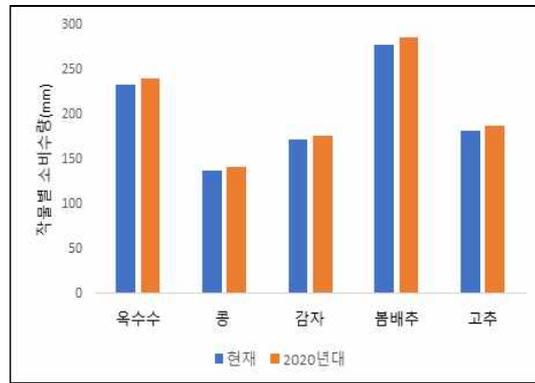
(m) 화천군



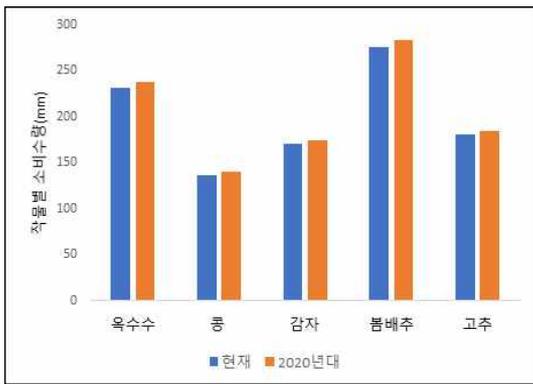
(n) 양구군



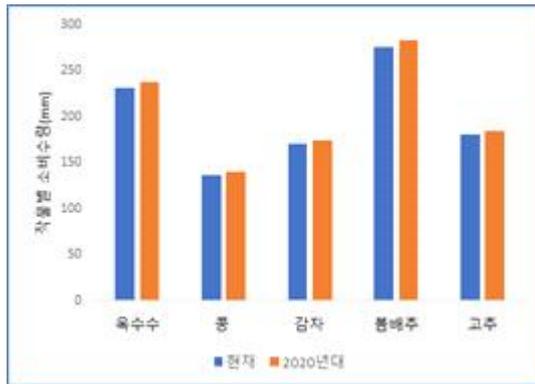
(o) 인제군



(p) 고성군



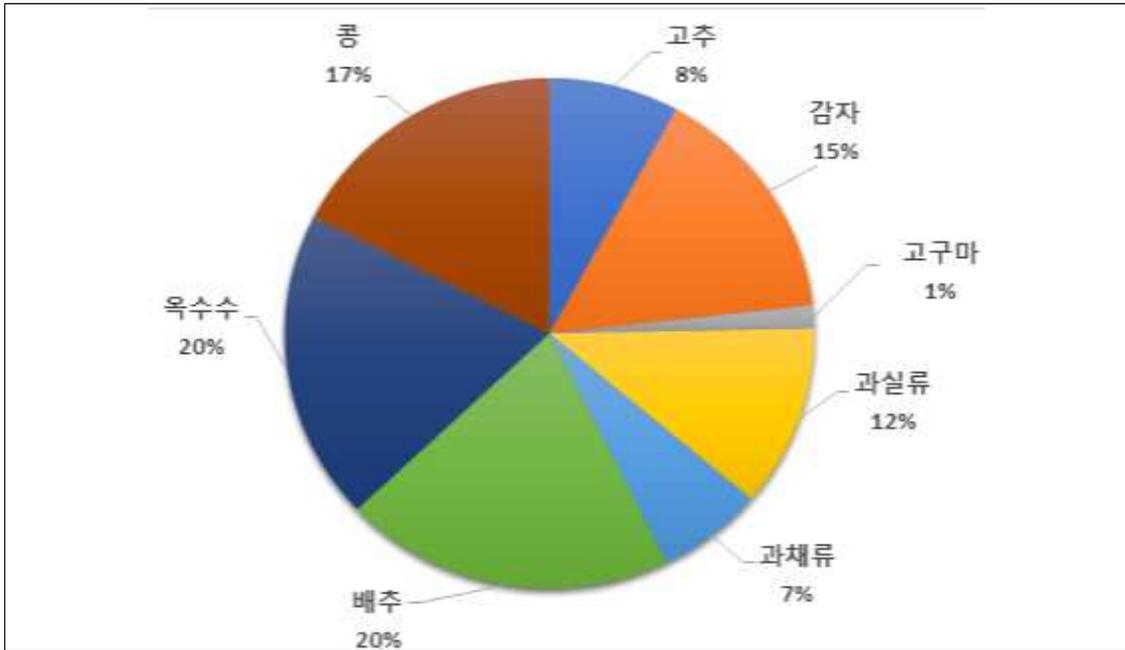
(q) 양양군



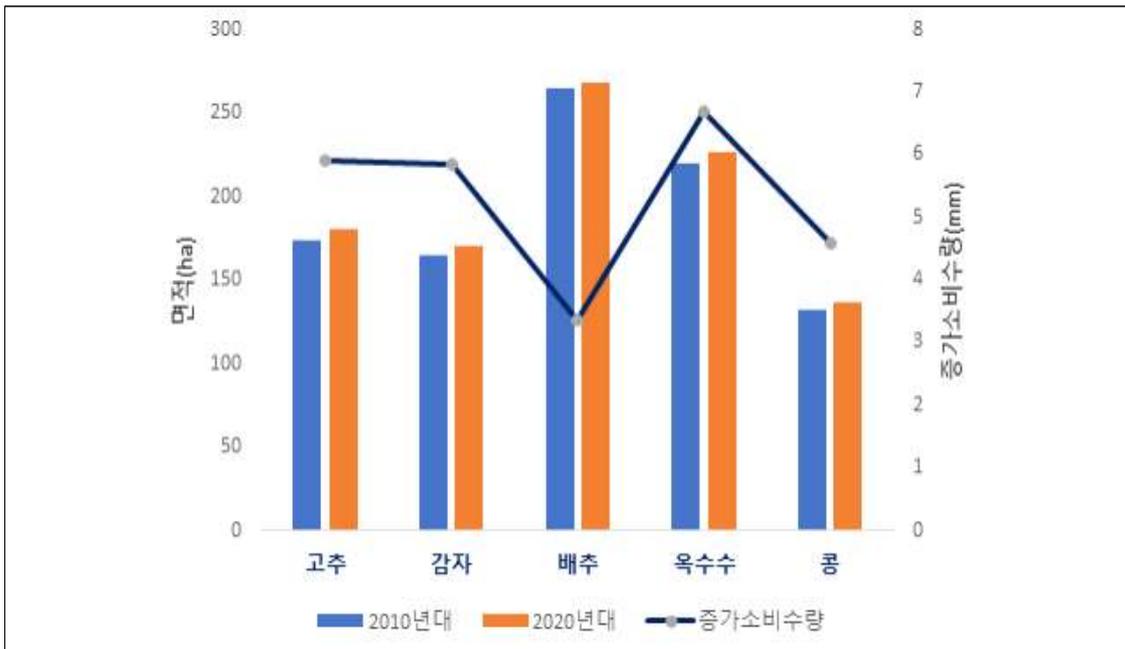
(r) 동해시

<그림 6.5> 강원도 시·군별 발작물 소비수량(현재와 2020년대) 계속

- 생육초기의 경우 “옥수수”와 “배추”에서 가장 높은 소비수량을 보이며, 가장 낮은 작물은 “콩”을 보임. 특히 이들 작물은 생육초기에서 신장기 과정에 높은 소비수량을 보이며, 시기적으로는 5월 초에서 5월 말경 해당.



<그림 6.6> 밭 작물별 재배면적



<그림 6.7> 밭 작물별 필요소비수량 및 증가소비수량

농업용수 확보 방안 및 제언

제 1 절 농업용수 확보방안

제 2 절 기후변화와 강원도 지형학적 특성

제 2 절 제 언



제 7 장

농업용수 확보방안 및 제언



제1절 농업용수 확보방안

1. 보 계획을 통한 지표수 관리⁴⁾

- 보는 하천수위를 조절하여 생공용수, 발전용수, 농업용수 등을 취수하기 위한 구조물.
- 또한 보는 하천의 홍수기능을 조절하고 저수를 유지하며, 유량을 조절하는 기능을 가짐.
- 보의 구조와 기능은 고정보와 가동보로 분류하며, 고정보는 수문이 설치되지 않아서 수위·유량을 조절할 수 없는 반면, 가동보는 수문이 설치되어 수위·유량 조절이 가능한 보.

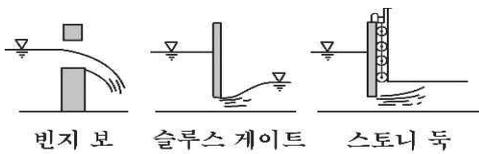
가. 보의 형식

- 기초암반이 하상에서 깊지 않은 곳에 있어서 직접암반위에 보를 설치하는 형식을 고정형 기초라 하며, 암반이 형상에서 너무 깊거나 전혀 없어서 모래, 자갈 등 하상 위에 설치하는 형식을 부상형 기초로 구분.
- 보의 기초 형식은 역학적 안정성, 경제성, 완전 차수의 필요 유무 및 세굴 상태 등을 충분히 검토.

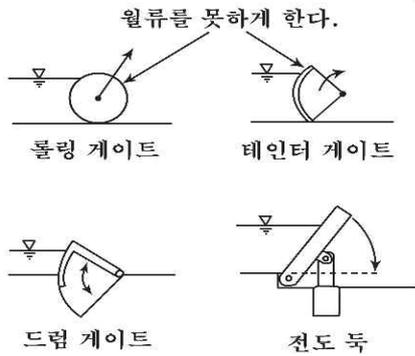
4) 구미서관(2010), 수자원설계실무

나. 설치 위치

- 용수를 취수하는데 필요한 취수위가 확보되고 주된 흐름이 취수구에 가까운 지점
- 하안이 안정되어 있고, 하천수로가 직선이어서 유속의 변화 및 하상변동이 작고 상·하류의 영향이 적은 지점
- 계획홍수량을 유하시키는데 필요한 하폭을 가지고 있는 지점이며, 시공이 편리한 지점



빈지 보 슬루스 게이트 스톨니 둑



월류를 못하게 한다.

롤링 게이트 테인터 게이트

드럼 게이트 전도 둑

(a) 가동보의 종류 및 형식
자료 : 물백과 사전



(b) 단차가 없는 돌핀 가동 보
자료 : <http://cafe.naver.com/tomokin/523925>

<그림 7.1> 가동보의 종류 및 운영형식

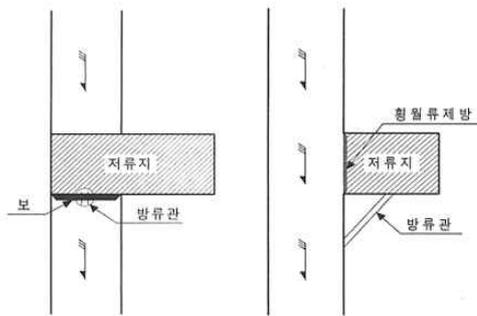
2. 저류지 시설을 통한 지표수 관리

- 저류지의 하천유량 저감시설 형식은 저류형과 침투형으로 대별되며, 저류형 저감 시설은 유출되는 우수를 일정 시설을 통하여 조절하거나 일시적으로 저장하여 홍수가 지나간 후 방류하는 시설로 갈수기 기간의 수원 활용 가능. 침투형 저감시설은 우수가 지표면을 흐르거나 우·배수로를 흐르는 과정에서 지하로 스며들게 하여 복류 수량을 이용
- 저류형 저감 시설은 유역 내에 설치된 소규모 저류시설 등에 지표면 흐름상태의 유출수를 현지에서 일시 저류시키는 하도내 저류방식(on-line)과 하도 외 저류 방식(off-line)으로 구분

<표 7.1> 저류지 방식별 장·단점 비교

| 방식 | 장점 | 단점 |
|------------|---|--|
| 하도내 저 류 | <ul style="list-style-type: none"> • 수리계산이 단순하므로 저감효과의 수리학적 안정성이 상대적으로 높음 • 유입과 배제가 동시에 이루어지므로 연속 홍수시 상대적으로 안정 • 항상 저류지로 유입되므로 모든 빈도에 대하여 저감 가능하고, 토사유출 제어가 가능 • 평상시 흐름이 존재하므로 자연스럽게 친수공간이 조성 • 저류지 홍수지를 저류지 제방고에 따라 높일 수 있으므로 저류지 깊이 증대에 의한 저류용량 증대가 가능 | <ul style="list-style-type: none"> • 상대적으로 많은 면적이 소요되므로 토지이용 측면에서 비경제적 • 사업지구면적에 비하여 상류유역면적 비중이 큰 경우에는 저류지 규모가 지나치게 크게 결정되어 축용 곤란 • 저류지로 활용빈도가 높기 때문에 청소 등과 같은 유지관리비가 높음 • 기존 하천을 일종의 댐으로 단절함에 따른 환경적 악영향 초래 • 홍수시 하류수위가 높아져 방류가 원활하지 않을 경우 규모증대 영향이 높음 |
| 하도외 저 류 | <ul style="list-style-type: none"> • 상대적으로 적은 면적이 소요되므로 토지이용 측면에서 경제적 • 사업지구면적에 비하여 상류유역면적 비중이 큰 경우에도 저류지 규모가 지나치게 결정되지 않음 • 저류지로 활용빈도가 낮기 때문에 청소 등과 같은 유지관리비가 낮음 • 기존 하천을 그대로 유지함에 따라 환경적 악영향 초래가능성 낮음 • 홍수시 하류수위가 높아져 방류가 원활하지 않을 경우에도 규모증대 영향이 낮음 | <ul style="list-style-type: none"> • 수리계산이 복잡하므로 저감효과의 수리학적 안정성이 상대적으로 낮음 • 하류하천의 수위 하강 이전에는 저류하므로 연속 홍수시 저감기능 미미 • 웨어 마루고 이하는 유입되지 않으므로 마루고 결정시 추가고려 필요 • 저류지 홍수위가 월류수두의 표고를 초과하지 못하므로 저류지 깊이 증대에 의한 저류용량 증대 곤란 |

자료 : 수자원설계실무, 2010

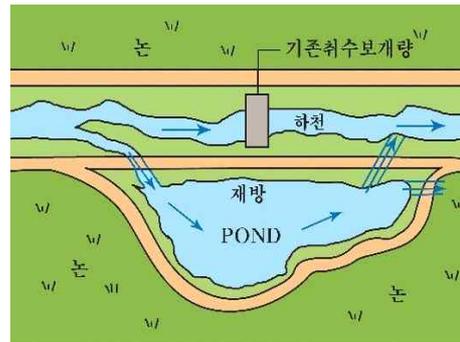


<하도내 저류시설> <하도의 저류시설>

(a) 저류지의 홍수량 조절 방식

자료 : 수자원설계실무, 2010

<그림 7.2> 제내지를 활용한 저류지 운영



(b) 하도 외 강변저류지

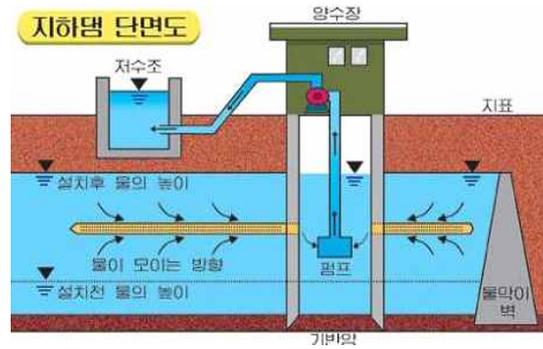
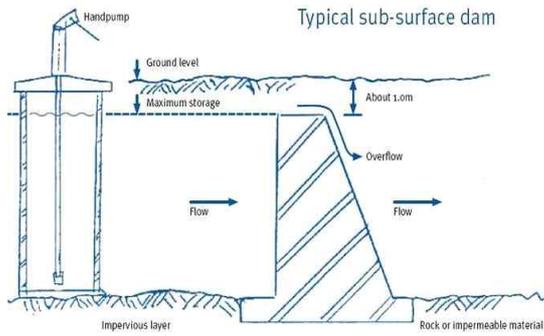
자료 : 물백과 사전

3. 지하 댐 운영

- 지하수의 흐름을 인공적으로 막아 지하수층 물을 괴게 하여 땅속에 물막이벽을 설치하여 지하수위를 상승, 지하수량을 확보하는 방식. 물막이벽은 땅속에 뚫은 구멍에 시멘트를 주입하여 차수벽을 설치하며, 지하수 또는 복류수를 땅속에 저류하여 이용하는 시설.
- 지하댐에 저류된 물은 양수장의 취수관을 통해 펌핑 한 후 지상의 저수조에 저류하여 물을 이용. 지하댐은 지하에 설치되기 때문에 지상의 토지 이용에 영향을 주지 않음.
- 지하댐은 저류형태에 따라 다음과 같이 분류
 - 완전지하저류형 : 지하수 유동을 완전히 지하내에 저류시키고 지표에는 노출되지 않게 하는 형태.
 - 일부지표저류형 : 대부분의 지하수를 지하에 저류시키고 지하수위가 상승함에 따라 일부 저지대에 지하수가 노출되어 지표에 저류.
 - 지표댐병용형 : 계곡의 지표수를 동시에 저류하는 형태로써 강우시 지표수를 저류시켜 사용하다가 지표수가 고갈되면 지하수를 활용.

<표 7.2> 지하댐의 장·단점

| 장점 | 단점 |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 증발에 의한 손실이 없으며, 담수로 인한 지표면에 대한 수물이 없음 • 구조물의 붕괴위험이 없으며, 양질의 수원을 확보할 수 있음 | <ul style="list-style-type: none"> • 취수를 해서 별도의 양수시설 필요 • 지하수의 저장량 산정을 위한 수리계산어려움 • 과다 양수시 토압의 불안정으로 지반붕괴 우려 |



(a) 지하댐 단면
자료 : 수자원자료

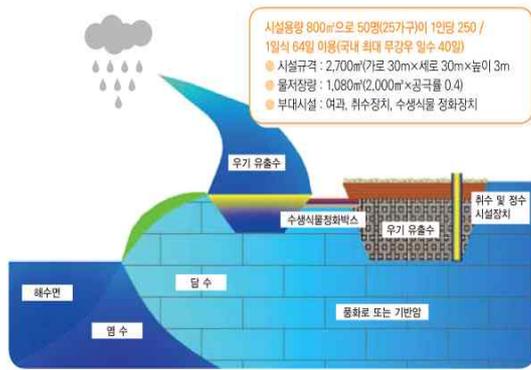
(b) 지하댐의 저류수 이용방법
자료 : 한국지리 : 지하댐

<그림 7.3 > 지하댐의 단면 및 지하 저류수 이용방법

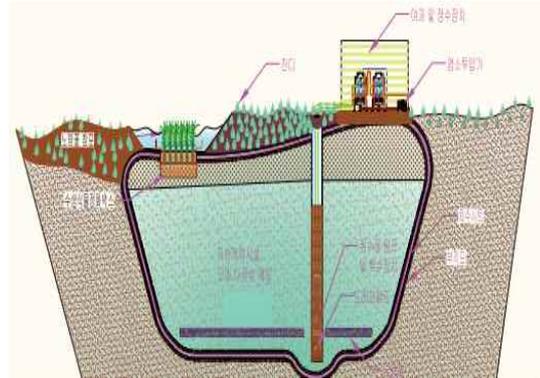
4. 지하 차수시트를 이용한 빗물저장 시설⁵⁾

- 제외지 주변에 지하 둥병을 만들어 땅속에 스며드는 빗물 또는 하천의 복류수, 지하수를 집수하여 토사층의 여과 정수를 통하여 생활용수 확보하는 시설로 설치 지역이 토사층 3m 이상인 지역에 적합.
- 간단한 물리적 여과 시설로 지표 유출수를 안전하게 음용.
- 산지계곡 및 빗물을 취수원으로 이용하는 산간도서 및 해안지역에 적합하며, 토사층의 빗물 자연적 정화로 하천 지정작용 극대화 및 정수처리 비용 절감.
- 시설의 이점은 다음과 같음.
 - 지하의 차수시트 설치로 수물에 의한 환경적 파괴가 없으며, 지하수의 활용으로 안전한 음용수 이미지 제고 및 충분한 지하수량 확보.
 - 수원확보를 위한 댐 시설의 대체효과 발생.
- 강원도 지역의 설치 사례는 다음과 같음.
 - 홍천군 내면 광원2리 외 마을 생활용수
 - 홍천군 남면 용수리외 마을 생활용수
 - 태백시 귀네미 마을 생활용수
 - 인제군 기린면 범동 마을 생활용수
 - 인제군 월학리 도리촌 마을 생활용수
 - 고성군 간성읍 생활용수

5) ㈜현진기업/현진엔지니어링, 가뭄대비 빗물을 이용한 마을단위 식수원 개발사업 제안서



(a) 지하 빗물여과 및 저장시설 개념도



(b) 지하 빗물여과 및 저장시설 상세도

<그림 7.4 > 지하 차수시트를 이용한 빗물저장시설

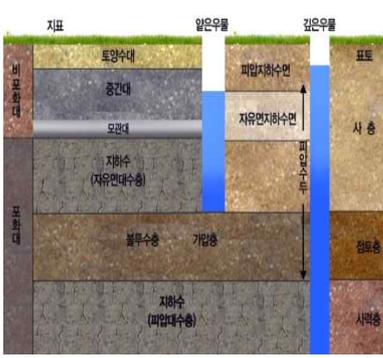
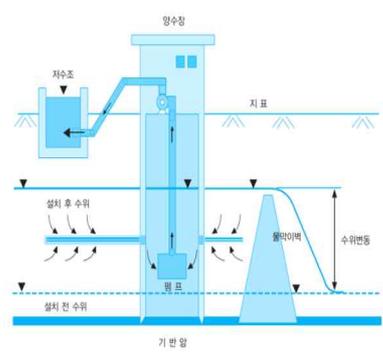
5. 새로운 물자원 조기확보⁶⁾

기후변화에 따른 가뭄의 선제적 대응을 위하여 용수의 체계적 수요관리 및 새로운 물자원 조기확보

- 가뭄상습지역에 대한 조기 해소를 위해 농촌용수 개발사업 추진(저수지, 양수장 설치 추진)
- 농경지에서 배수되는 퇴수의 재이용으로 물 반복 이용률 확대 및 가뭄 발생시 하수 처리수를 재이용할 수 있는 공급 방안추진
- 단순공중 위주로 시행되는 용수개발, 농로개설 등의 사업은 지양하고, 지자체 발기반 정비사업을 종합방식으로 시행하여 추진
- 비급수기 용수활용을 위한 친환경 다목적 뚝방(물 그릇 확보) 설치 확대
- 용수의 체계적 수요관리
 - 용수 부족 지역을 중심으로 물 수요가 많은 논 면적 감축 유도
 - 상습 물부족 지역의 작물 재배방식을 다각화하여 가뭄이 발생하더라도 농작물 피해 최소화(노지 → 시설재배, 이앙 → 직파 방식)와 내한·내염성 등이 강한 신품종 개발 및 보급 확대
 - 수리 불안전 및 비관개전 농지 등 용수공급 또는 영농여건이 불리한 농지는 타 용도로 활용될 수 있는 규제 완화
 - 미래기후변화 대비 가뭄재해 분석을 통한 지역별·유형별·품목별 재해지도를 작성하여 가뭄재해빈발지역에 대한 재배품종 및 재배기술변경 지도

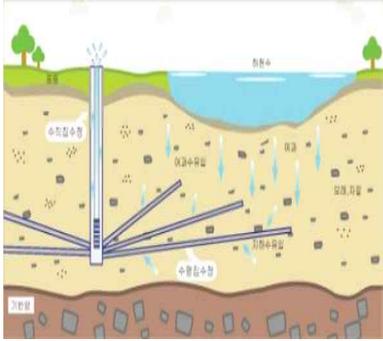
6) 국정현안점검조정회의(2017), 가뭄대응 종합대책(관계부처 합동)

6. 농업용수 확보 대응 사례7)

| 항 목 | 사 진 | 내 용 |
|-----------------|---|--|
| <p>덤벙 및 팜폰드</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 설치지역 : 고지대 밭이나 지하수위가 높은 지역 설치 ▪ 효과 : 식량과 생태계의 안정성, 생물다양성 등의 친환경 생태계 조성, 가뭄예방 ▪ 사례(1) <ul style="list-style-type: none"> -고성군(천수답 300마지기)/1개 덩벙효과 -함안군 군북 동촌리 20ha, 50농가 공급 -기존 물웅덩이를 양수장 용수개발 |
| <p>관정 개발</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 정의 : 지하수를 이용하기 위하여 충적층 또는 암반층 까지 굴착하는 시설 ▪ 효과 : 가뭄 긴급저감 방안으로 갈수기에도 수량변동이 적고 용수개발비 적게 들어감 - 암반관정(약150톤/일, 방사상집수정대용량 (약 2,000톤/일)) ▪ 농촌 및 도서산간 전반에 걸쳐 시공 ▪ 한계:지속가능하지 않고, 지하수 오염의 위험도가 있으며, 체계적 관리 미흡 |
| <p>지하댐</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 정의 : 지하대수층에 인공적인 차수벽을 설치하여 상류부의 지하수를 상승시킴으로써 대수층의 저류 용량확대 및 지하수의 지속적인 산출능력 확대 ▪ 효과 : 증발손실이 적고 구조물 붕괴위험이 없는 친환경적인 수자원 개발 방안 ▪ 사례 : 쌍천지하댐(속초시) <ul style="list-style-type: none"> - 유역면적 : 6,533ha - 계획용수량 : 약 3만3천 톤/일 |

7) 상승가뭄재해지구 지정 가이드라인(행정안전부, 2018)

| 항 목 | 사 진 | 내 용 |
|--------------|--|--|
| 하수처리수 재이용 | | <ul style="list-style-type: none"> 정의 : 지역에서 발생하는 오수를 처리하여 용수로 재활용하기 위한 시설 효과 : 하수처리수 재이용을 통해 원수를 절감하고, 오염물질배출량을 저감하여 하수 수질 개선 사례(1)-전국 총 625개소 한계:인식부족, 심미적 거부감, 물사용량 기준자료 미비 등 <p>출처 : HowStudftWorks.com</p> |
| 소규모저류지 신(증)설 | <p>사진:원주시 문막읍 반계저수지</p> | <ul style="list-style-type: none"> 정의 : 치수의 수자원을 확보하기 위한 저류시설 효과 : 치수의 농업용수, 하천유지, 산불 진화용수, 비상용수 등 활용가능 사례 <ul style="list-style-type: none"> - 독동저수지 신설(저수용량 22만톤) - 조동저수지 신설(저수용량 10만톤) - 가평저수지 신설(5만톤) |
| 저수지 증고 및 증설 | <p>기존 저수지 제당 댐기(5m이하, 47개소)</p> <p>기존 저수지 이용 제당 후면 댐기(5-10m, 36개소)</p> | <ul style="list-style-type: none"> 정의 : 저수지 높이 증가 및 준설을 통한 유효저수량 확보 효과 : 기존저수지를 활용하여 물그릇 추가 확보 가능 사례 : 저수지 독높임 사업 한계 : 증고시 배수지역 수물에 따른 보상문제 발생 |

| 항 목 | 사 진 | 내 용 |
|----------------------|--|---|
| 강변 여과수 |  | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 정의 : 하천, 호수 등의 인근에 수평 집수정이나 수직정을 설치하여 지하수위를 하천수위 이하로 낮춤으로써 물을 유도하여 취수하는 방식 ▪ 설치지역 : 모래톱이 있는 강변 ▪ 사례: 김해시 생림 외 9개소 ▪ 효과 : 하천수가 모래층을 통과하면서 여과되는 이점을 활용 ▪ 한계 : 극한가뭄발생시 하천의 수량 감소에 따라 사용량 한계 발생 |
| 누수탐사를 통한 누수 절감 |  | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 정의 : 관배수로를 통해 용수를 공급하는 시설에 대한 보수와 관련시설 정비 ▪ 효과 : 확보된 수원에 대한 물 사용 효율성 극대화 기능 ▪ 한계 : 누수위치 파악기술 향상 필요, 보수관 교체 작업 난이도 및 비용 <ul style="list-style-type: none"> - 저수지 관개시설 등 노후와 · 50년 이상 저수지 전체 72% 차지 · 용배수로 중 55%가 토공수로로 약 20% 용수손실 발생 |



제2절 물관리 조례제정 및 물순환 관리체계 개선

1. 통합물관리(IWRM) 운영방안⁸⁾

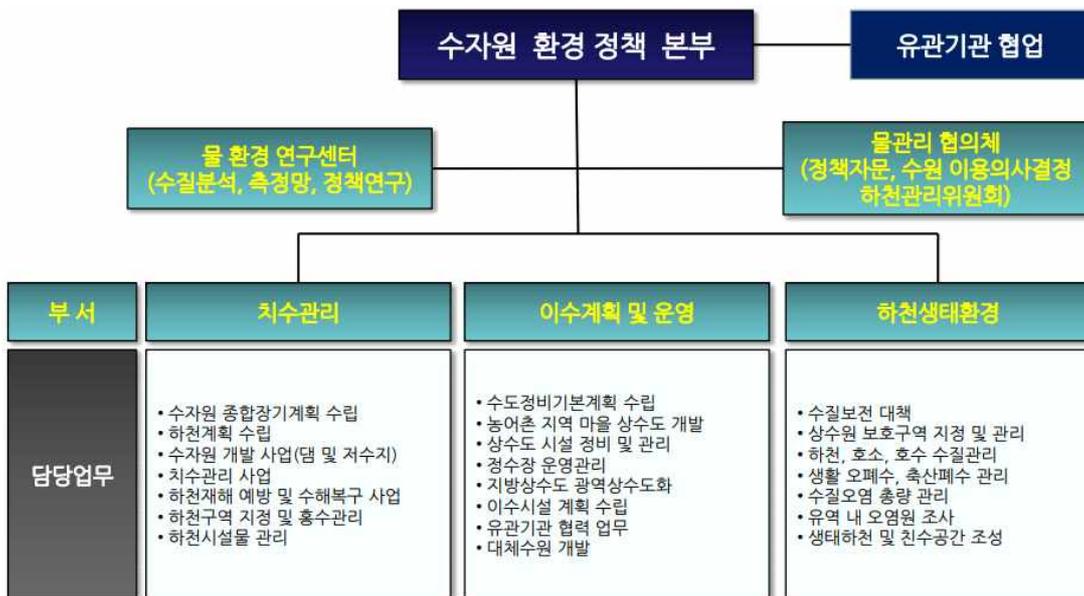
- 수량, 수질, 하천복원, 재난/재해, 지하수 등의 이원화 되어있는 물관리체계를 부서 간의 기능적 통합 및 확대 결합하여 운영하고, 여기에 기후변화 대응까지 포함할 수 있는 물관리 기능 보완 필요
- 현재 행정구역 및 단위업무별로 관리하는 물관리 개념을 수계의 상·하류까지 일괄관리하고, 지자체 간의 수리권 분쟁의 조정을 위한 유역개념의 물관리
- 수원이 풍부한 인접 지자체와 연계를 통해 현 기초지자체에서 관리하는 지방상수도를 광역상수도화 하여 안정적 용수공급과 함께 지자체 중복투자로 인한 예산낭비 방지
- 수원이 되는 댐(다목적 댐, 발전용 댐 등), 농업용 저수지, 하천 등의 관리기관과 유관기관이 서로 연계하여 용수를 공급하고 수원을 관리할 수 있는 시스템 마련
- 유역별 물관리 시 발생할 수 있는 지자체 간의 분쟁해소, 의견조율, 수원이용 조정 등의 권한을 행사할 수 있는 외부전문가를 포함한 광역지자체의 하천관리위원회와 연계한 물관리 위원회 운영 필요
- 수량, 수질, 강수량, 저수위, 수생태 등을 실시간으로 모니터링할 수 있는 통합정보물관리시스템 구축

8) 박수진(한국기후변화연구원(2016), 기후변화의 선제적 대응을 위한 통합수자원 운영관리)



<그림 7.5> 미래의 통합물관리 운영방안

출처 : 박수진(기후변화와 강원도 통합물관리 운영방안 제언, 춘천국제물포럼(2018))



<그림 7.6> 강원도 물관리 조직 운영(안)

출처 : 박수진(기후변화와 강원도 통합물관리 운영방안 제언, 춘천 국제물포럼(2018))

<표 7.3> 지방정부의 물관리 및 통합물관리 기본조례 제정 및 세부내용

| 자치단체 | 법규명 | 세부내용 |
|-----------|----------------|--|
| 경기도(2020) | 경기도 물관리 기본조례 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 통합물관리 기본계획 수립 - 빗물이용, 수량, 수질관리, 재생수 이용 등 ▪ 물관리 위원회 설치 운영 ▪ 물관리 지원 사업시행 - 물관리에 필요한 연구·조사 및 기술개발, 주민교육 및 홍보 사업 |
| 공주시(2020) | 공주시 통합물관리 기본조례 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 물순환 관리를 위한 기본계획 수립 - 물관리의 중장기 전망 / 물관리 기본목표와 정책의 기본방향 - 수자원의 개발공급 이용 보전 ▪ 통합물관리 위원회 설치운영 / 물관리 사업에 대한 지원 |
| 부여군(2020) | 부여군 통합물관리 기본조례 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 물순환기본계획 수립 - 물관리의 중장기 전망 / 물관리 기본목표와 정책의 기본방향 - 수자원의 개발공급 이용 보전 ▪ 물관리 정책의 심의·자문·조정·연구를 위한 물관리 위원회 구성 ▪ 물환경보전활동과 물순환 유지를 위한 연구활동 조사 보조금 지원 |
| 수원시(2018) | 수원시 통합물관리 기본조례 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 통합 물관리기본계획 수립 - 물관리의 중장기 전망 / 물관리 기본목표와 정책의 기본방향 - 수자원의 개발공급 이용 보전 ▪ 수원시 통합물관리 위원회 구성 운영 ▪ 물환경보전활동과 물순환 유지를 위한 연구활동 조사 보조금 지원 ▪ 물환경센터 설치운영 및 지원 |

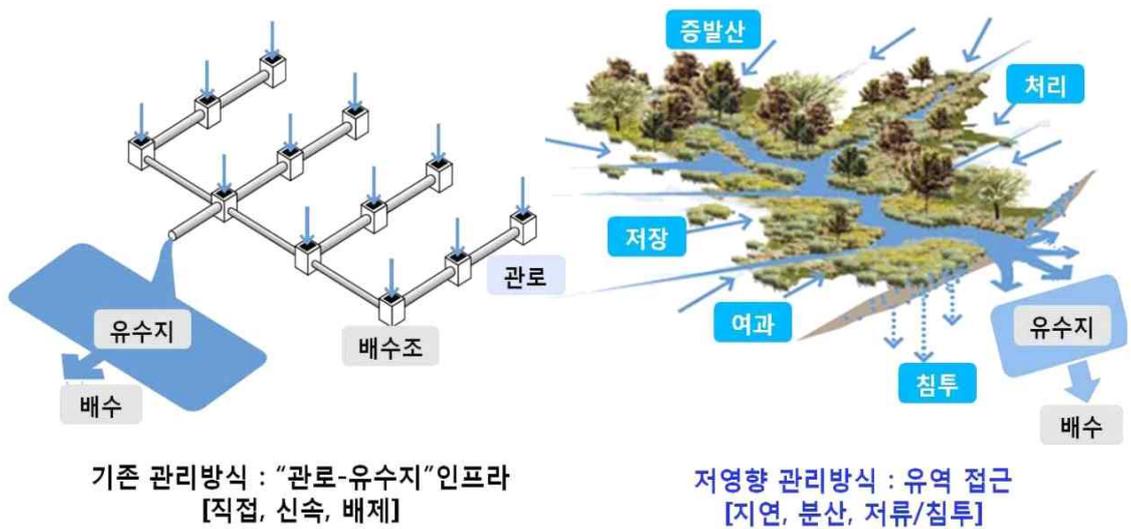
자료 : 국가법령정보센터(<http://law.go.kr>)

2. 물순환 관리체계 개선(국내)

- 도시지역에 많은 인구를 수용하는 과정에서 도시지역 대부분은 도로나 주택지로 변화는 시가지로 변했으며, 불투수층 증가에 따른 유출계수는 증가하고 기저유출은 감소하고 있으며,
- 이에 물순환의 왜곡현상이 발생하여 홍수, 도시지역 침수, 하천의 건천화, 지하수 고갈 등 가뭄 등과 같은 자연재해 발생 빈도 현상은 높아지고 있음. 특히 기후변화로 인한 강수의 패턴변화는 그 현상을 악화 심화시키고 있음.

물순환 체계 강화를 위한 저영향(Low impact Development) 유역개발
 도심지 불투수층에 대한 침투능을 강화하여 강우유출의 왜곡 현상을 줄여 자연 물순환 상태에 근접하도록 하는 물순환형 유역개발

- 따라서 불투수층에 대한 강우유출수의 효율적 관리를 통해 오염물질 저감, 저류, 침투능 강화, 증발산 등의 다양한 물순환 요소의 문제들을 개선하고 해결할 수 있는 물관리의 기술 도입 및 저영향(Low impact development) 유역개발 필요



<그림 7.7> 기존 물관리 방식 및 저영향 유역개발의 물관리
 출처 : 국토교통과학기술진흥원(2018)

<표 7-4> 지방정부 물순환 관련 조례제정 및 내용

| 자치단체 | 법규명 | 세부내용 |
|-------------|---------------------------|--|
| 광주광역시(2020) | 광주광역시 물순환 기본조례 | <ul style="list-style-type: none"> 물순환관리계획 수립 및 부문별 계획추진 저영향개발구역의 지정 및 물순환 위원회 설치 |
| 김해시(2018) | 김해시 물순환 개선조례 | <ul style="list-style-type: none"> 물순환 관리를 위한 기본계획 수립 물순환 회복계획구역의 지정 및 재정지원 물순환 위원회 설치 및 운영 |
| 대전광역시(2018) | 물순환 개선조례 | <ul style="list-style-type: none"> 물순환기본계획 수립 및 물순환 목표 설정 물순환회복을 위한 지구단위계획의 반영 물순환 설치위원회 설치 및 구성 |
| 서울특별시(2019) | 서울특별시 물순환 회복 및 저영향개발 기본조례 | <ul style="list-style-type: none"> 물순환 회복 및 기본계획 수립 빗물유출관리를 위한 빗물분담량 산출 고시 저영향개발계획의 수립 및 빗물관리의 촉진 및 지원 |
| 수원시(2012) | 수원시 물순환 관리에 관한조례 | <ul style="list-style-type: none"> 물순환관리계획의 수립 및 물순환 위원회 설치 빗물저류시설 또는 빗물침투시설의 설치권고 중수도·하수처리수 재이용 |
| 울산광역시(2020) | 울산광역시 물순환 회복 기본조례 | <ul style="list-style-type: none"> 도시 물순환기본계획수립 및 도시 물순환 목표설정 도시 물순환 회복촉진 및 물순환 위원회 설치 구성 |
| 안동시(2019) | 안동시 물순환 회복조례 | <ul style="list-style-type: none"> 물순환 기본계획 수립 시행 및 물순환 목표설정 공개 물순환 회복을 위한 지구단위계획의 반영 저영향개발기법 적용시설의 설치 권고 및 물순환위원회 구성 |

자료 : 국가법령정보센터(<http://law.go.kr>)

3. 해외 물순환 관리정책

- 해외의 경우 수원확보를 위해 하천 중심의 물관리에서 벗어나 유역 ‘분산식 빗물관리’형의 물관리체계를 요구해 왔으며,
- 물을 관리하는 공간으로 변모하기 위해 ‘그린인프라’ 방법인 자연생태적 물관리 방식을 접목한 유역의 저영향(Low impact development) 개발을 적용하여 오고 있음
- 국가마다 물 순환 도시 조성을 위한 관리체계와 활용기술은 약간씩 다르나 추진방식은 유사하며, 독일, 영국, 미국, 호주, 일본 등 해외 선진국은 분산식 방식의 빗물관리를 적극 활용하여 오고 있음
- 그 예로 독일의 ‘분산식 도시설계(UDU)’, 영국의 ‘지속가능형 도시배수 시스템(SUDS)’, 미국의 ‘저영향 개발·그린인프라(LID·GI)’, 호주의 ‘물 민감형 도시설계(WSUD)’, 일본의 ‘균형있는 물순환 시스템(WBHS)’등을 들 수 있음
- 해외 주요선진국의 물순환 관련 주요정책은 다음과 같음

<표 7-5> 해외 물순환 관련 주요정책

| 국 가 | 주요 정책 내용 |
|-----|---|
| 미국 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 시 정부가 가진 토지이용제도 및 우수관리 법안에 의해 추진되며, 연방 및 주정부는 권고의 형태로 우수관리에 있어 간접적인관리기능과 역할을 가짐 ▪ 녹색 우수관리기반 구축(Green Stormwater Infrastructure) 또는 저영향개발기법을 적용할 수 있도록 가이드라인을 작성 배포 ▪ Lieberman-warner 기후안보법(2008), Bingaman-spector 저탄소 경제법안(2007) 제안 |
| 일본 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 공공건축물의 빗물이용시설 설치를 위한 제도마련과 빗물이용 촉진장려금 제도 도입 등을 통해 도시홍수의 문제를 해결하고자 노력 ▪ 물순환의 재생을 목적으로 설치되는 저류 및 침투시설에 대한 국가적인 보조를 시행 |
| 독일 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 연방 물 관리법과 음용수법으로 지역 내 우수처리와 이용을 규정하고 있으며 우수침투시설은 건설기본법에서, 우수이용시설은 표준규격으로 정함 ▪ 우수이용 시설의 확대를 도모하기 위해 정부에서 보조금을 지급했으나, 현재는 하수도 비용을 하수량과 우수 유출량으로 분리하여 유출량에 대한 비용을 삭감하여 주고 있음 |

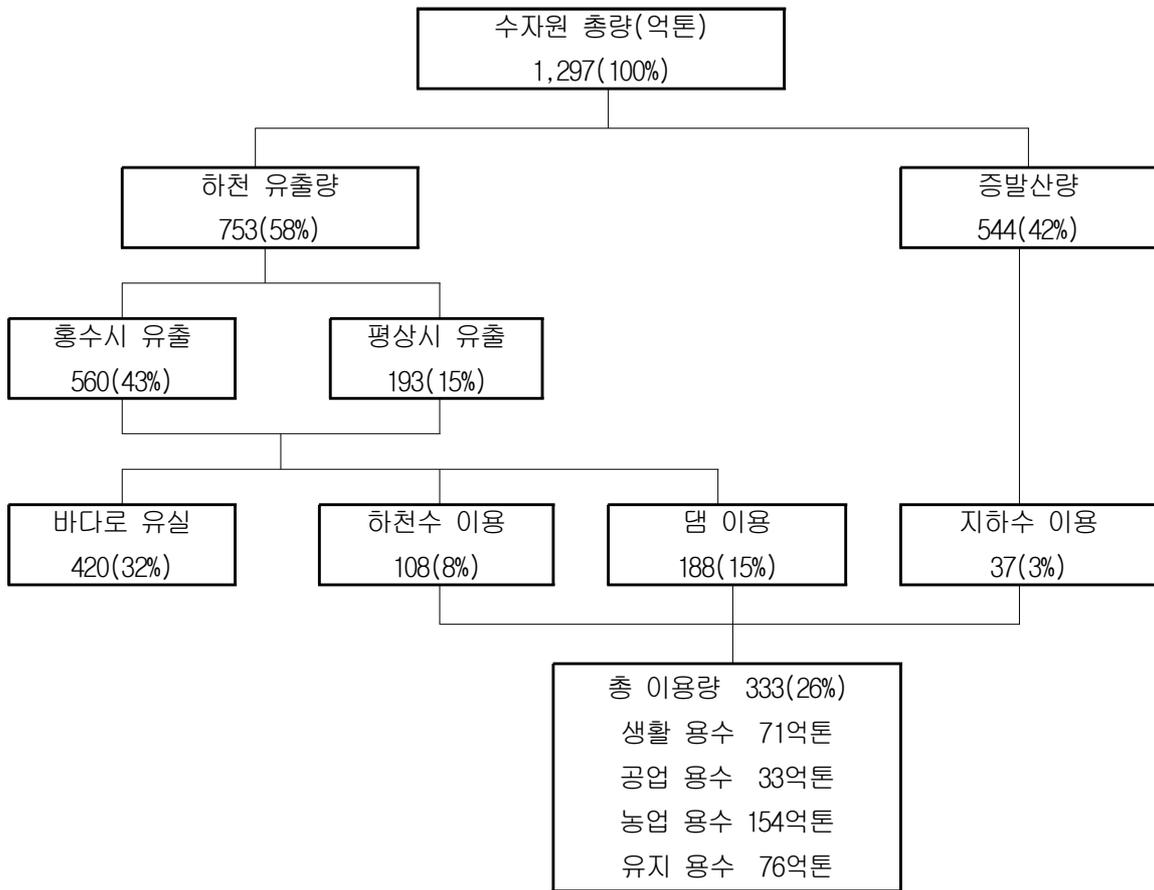
| 국 가 | 주요 정책 내용 |
|-----|--|
| 영국 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ 저탄소 녹색 정책 추진으로써 기후변화 대응 주요 3대법을 제정하고, 2020년까지 207조원 투자 ▪ 탄소예산시스템(Carbon budgeting system)을 도입하여 2050년까지 탄소 배출 저감 목표를 달성 ▪ 계획정책지침(Planning Policy Statement, PPS)과 계획정책가이드라인(Planning Policy Guideline, PPG) 제정 |

자료 : 한국도로공사(2014), 고속도로 특성을 고려한 LID 기법 개발 및 모니터링 연구



제3절 기후변화와 강원도 수계특성

- 영동과 영서지역의 연간 강수량 편차는 크지 않으나 높은 산지와 태백산맥의 영향으로 국지적이며 강한 집중호우의 강수형태를 보이며. 이에 월별 및 계절별 강수량 편차가 크게 발생
- 강원도 전체면적의 9.2%를 보이는 농경작지는 강원도 주력산업으로 계절 봄과 수확기간인 가을철 용수공급 부족은 농작물의 생산량 감소로 이어질 수 있음. 또한 강원도와 같이 비관개 면적이 넓은 밭의 경우 가뭄에 대한 우심 피해가 크며, 그 밖에도 집중호우에 의한 농경작지 침식피해 발생. 특히 강원도 북부지역은 향후(2020년대) 토양수분 부족 등의 영향으로 “가뭄 매우 심함” 지역으로 분류되어 관개시설 확충 필요
- 강수 계급일수의 변화를 보면 30mm 이상 일수에서 철원과 영월, 동해 지역에서 증가하는 경향보이고 있어 유출계수가 큰 도심 내의 경우 치수관리를 위한 재해 예방 사업이 필요하며, 10mm 이상 일수에서는 철원과 원주, 영월, 홍천, 속초, 강릉, 동해, 태백 지역에서 감소하는 경향을 보이고 있어 이수 관리를 위한 물관리가 중요함. 특히 농경작지의 경우 토양수분 부족 등으로 이어질 수 있음. 이는 단순 강수 계급일 수에 의한 판단이며, 선행강우일수와 무강우일수, 증발산량 등에 대한 종합적인 검토가 필요함을 밝혀둠
- 따라서 구조적 대책인 지표수 관리의 저류지 확대, 하천개수, 하도변경, 물순환 개념의 도심정비 등이 필요하며, 다음으로 비구조적 대책인 기후변화를 포함한 물관리 대응과 수자원 모니터링, GIS를 이용한 효율적 하천 홍수터 관리, 유역개념의 하천관리로 물관리의 일원화와 남과 북의 공동 수자원 관리를 위한 정책들이 마련되어야 할 것임



자료 : 수자원 종합장기계획(2016)

<그림 7.8> 우리나라 수자원 부족량 및 이용현황



제4절 결론 및 제언

- RCP 8.5 기준, 강원도의 봄철 강수량은 감소하는 경향을 보이며, 지역별로는 고성과 양양지역이 크게 감소하여 현재 대비 각각 2020년대에 약 62mm, 73mm 감소하는 것으로 나타남. 연도별로는 2029년에 약 147mm 감소
- Thornthwaite 방법에 의한 잠재증발산량을 산정한 결과, 봄철 평균기온이 상승함에 따라 강원도 지역 전체적으로 잠재증발산량은 증가하였으며, 평균적으로 2025년대에 현재 대비 약 16mm 증가하였음. 지역별로는 춘천지역이 약 41.4mm 가장 크게 증가하는 것으로 나타남
- 하천갈수량에 대한 빈도해석 결과, 현재대비 재현기간 30년 기준 약 37%, 50년은 42% 감소하는 것으로 나타났으며, 유역별로는 홍천강 유역이 52%로 가장 크게 감소하여 지표수에 대한 물관리가 필요한 것을 알 수 있음
- 토양의 최대 잠재보유수량을 이용하여 토양의 유효수분지수를 산정한 결과, 현재는 강원도 북부지역에서 가뭄 우심피해 “매우심함”, 중·남부 지역에서 “심함”으로 분류되었으며, 2020년대에는 강원 북부지역과 영동지역이 “매우심함”지역으로 평가됨.
- 강원도의 농경작지별 수리시설은 논(답)이 약 78%의 수리시설을 갖추고 있는 것으로 나타났으나, 밭(전)의 경우 약 80% 비관개 면적을 보임. 지역별로는 철원지역이 약 92%로 비관개전 면적이 가장 넓은 것으로 조사되어 봄철 안정적 용수공급을 위한 관개전 수리시설 확대 필요
- 강원도의 발작물 주산면적을 보면, “옥수수”와 “배추”, “콩” 등의 작물이 주를 이루고 있으며, 일부지역인 춘천과 강릉지역에서 “과실류”가 높게 나타남. 지역별로는 옥수수의 경우 홍천지역이 1,260 ha, 배추는 평창지역이 1,260 ha, 콩은 정선지역이 1,295 ha로 가장 넓은 주산 면적을 보임
- Blaney - criddle 방법에 의한 발작물별 필요소비수량을 산정한 결과, “봄배추”와 “옥수수”에서 가장 높은 소비수량을 보임. “봄배추”와 “옥수수”, “콩”에서 현재대비 2020년대 필요소비수량이 지역 전체적으로 약 3.5% 증가하는 것으로 나타남.

지역별로는 평창지역이 “봄배추”, “옥수수”, “콩” 에서 각각 약 4.2%, 4.6%, 4.1%를 보여 가장 높은 필요소비수량 증가율을 보임.

강원도 지역 전체적으로 봄철 강수량은 감소하고 있으며 특히, 계절별 강수량의 큰 편차로 물부족 현상을 심화시키고 있음. 또한 기후변화로 인한 봄철 기간의 평균기온 상승은 잠재증발산량 증가로 이어져 토양의 유효수분지수를 감소시키고 있음. 이는 농작물의 생육 초기단계인 봄철기간의 가뭄은 농작물 생산량에 큰 영향을 미치며, 특히 강원도와 같이 비관개 면적이 넓은 지역은 대부분 천수에 의존하고 있어 적정용수공급에 차질을 빚게 되며 이는 가뭄 피해로 이어지게 됨. 따라서 기후변화에 대비한 안정적인 용수공급을 위한 관개시설이 확대되어야 하며 특히, 본 연구에서 밝히고 있듯이 강원도 북부와 영동지역은 가뭄 “매우심함” 지역으로 평가되어 이 지역에 대한 봄철 가뭄을 대비한 정책들이 우선 적으로 마련되어야 함

참고문헌



참고문헌

- 기상청(2012), 강원도기후변화전망 보고서
- 강원도(2017), 강원도 기후변화적응대책 세부시행계획 수립
- 국정현안점검조정회의(2017), 가뭄 대응종합대책(관계부처 합동)
- 남원호 외 3인, “토양수분 모형을 이용한 미래 주요 발작물 소비수량 및 관개용수량 전망”, 한국농공학회 논문집 제56권 제5호
- 박수진(2018), “기후변화와 강원도 통합물관리 운영방안 제언”, 춘천 국제물포럼
- 서규우 (2006), 하천공학원론, 구미서관
- 이재수(2008), 수자원공학, 구미서관
- 윤용남(2008), 통합수자원관리를 위해 사용되는 수단들, 물과 미래
- 정종호 · 윤용남 (2010), 수자원설계실무, 구미서관
- 박수진(2018), 봄철 가뭄심화에 따른 농업용수 개발 타당성 평가, 한국기후변화연구원
- 한국도로공사(2014), 고속도로 특성을 고려한 LID 기법 개발 및 모니터링 연구
- 홍은미 외 3인, “토양수분 모형을 이용한 발작물의 미래가뭄 전망 - 전라남도 지역을 중심으로-”, 한국농공학회 논문집 제57권 제3호
- (주)현진기업(2016), 가뭄대비 빗물을 이용한 마을단위 식수원 개발사업 제안서
- 기후정보포털 : [http:// climate.go.kr](http://climate.go.kr)
- 국가수자원관리종합정보시스템 : <https://wamis.go.kr>
- 국가법령정보센터 : <http://law.go.kr>
- 국립환경과학원 : <https://nier.go.kr>

