

목 차

제1장 머리말	3
제2장 일반현황	7
2.1 국가가뭄정보분석센터 일반현황	7
2.1.1 가뭄 예·경보 업무 체계	8
2.1.2 법제도 및 사업예산	9
2.2 가뭄관리 국가계획 수립	11
2.3 가뭄대응 국제협력	13
제3장 가뭄 기초조사	17
3.1 가뭄 기초조사 개요	17
3.2 가뭄 기초조사 주요내용	18
3.3 가뭄 기초조사 주요성과	19
3.3.1 생·공용수 수원현황	19
3.3.2 생활용수 현황	31
3.3.3 공업용수 현황	36
3.3.4 용수공급시설 운영현황	40
3.3.5 소규모수도시설 현황	47
3.3.6 비상급수(제한 및 운반급수) 현황	49
3.4 성과 및 평가	54
제4장 수문 및 가뭄 정보	59
4.1 수문 현황	59
4.1.1 강수현황	60
4.1.2 유출현황	60
4.1.3 댐 수문현황	62
4.2 가뭄지수 및 빈도	64
4.2.1 가뭄지수	64
4.2.2 가뭄빈도	75
4.3 성과 및 평가	78

제5장 가뭄 예·경보	83
5.1 가뭄 예·경보 분석	83
5.2 가뭄 예·경보 현황	85
5.2.1 국가 가뭄 예·경보 현황	85
5.2.2 주간 가뭄 예·경보 현황	86
5.3 가뭄 예·경보 전망 정확도	87
5.3.1 ROC 분석	87
5.3.2 ROC 분석에 의한 가뭄 예경보 정확도 평가	88
5.4 가뭄 예·경보 고도화	90
5.4.1 하천수 취수지점 조사체계 개선	90
5.4.2 가뭄 전망 분석(1주, 3개월, 계절)	92
5.4.3 가뭄 예경보 활용을 위한 준-분포형 모형 검토	95
5.5 성과 및 평가	97
제6장 가뭄 분석기술 고도화	101
6.1 가뭄 분석기술 고도화 추진계획	101
6.1.1 개요	101
6.1.2 추진계획	102
6.2 국가과업	103
6.2.1 가뭄 모니터링 및 예측기술 고도화(4차년도)	103
6.2.2 전국 가뭄 취약지도 제작	105
6.2.3. 가뭄 시 환경적 영향분석을 위한 기획연구	107
6.3 자체과업	113
6.3.1 국민 체감형 가뭄정보 생산 기술 개발	113
6.3.2 미계측 하천 취수지점의 가뭄판단 분석체계 구축	118
6.3.3 극한가뭄 적응능력 평가 및 대응전략 연구	138
6.4 자체수행	140
6.4.1 가뭄빈도해석 프로그램 개발 및 배포	140
6.4.2 폭염에 따른 저수지 용수공급·수요 변동 관계 분석	145
6.4.3 지속기간별 SPI와 수문학적 가뭄영향 상관성 평가	162
6.5 성과 및 평가	192

제7장 가뭄정보 분석시스템	195
7.1 가뭄정보 분석시스템 운영관리 및 고도화	195
7.1.1 가뭄정보 분석시스템 운영관리 현황	195
7.1.2 통합 데이터 기반 가뭄 의사결정 지원체계 구축	200
7.1.3 국가 가뭄정보 포털 및 분석프로그램 유지관리	206
7.2 가뭄정보 통합DB 운영관리 및 성과	208
7.2.1 가뭄대응정보 개방체계 구축	208
7.2.2 가뭄 통합DB 품질 개선 활동 및 성과	214
7.3 성과 및 평가	221
제8장 가뭄 정보·교육 서비스	225
8.1 지자체 가뭄 의사결정 지원체계	225
8.1.1 가뭄종합상황판	225
8.1.2 비상급수(제한/운반급수) 현황조사 시스템	228
8.1.3 가뭄대응 긴급지원(Drought 119) 시스템 구축	236
8.2 수요자 중심의 맞춤형 가뭄지원 '단비' 서비스	238
8.3 가뭄교육체험장 운영	241
8.3.1 가뭄교육체험장 구축배경	241
8.3.2 가뭄교육체험장 개요	242
8.3.3 온라인 가뭄교육체험장 구축	244
8.4 성과 및 평가	246
제9장 결 언	249

표 목 차

표 2.1 2020년도 가뭄조사 및 모니터링 사업 예산	10
표 2.2 가뭄관리 및 대응체계 구축(국가물관리기본계획)	11
표 2.3 전략6 가뭄관리 체계 선진화 및 극한가뭄 대응 체계 구축	11
표 2.4 가뭄 및 사고대비 수도시스템 복원력 강화 주요 정책과제(전국수도종합계획)	12
표 2.5 '21년도 IDMP 주요 Agenda(안) 토의	13
표 3.1 가뭄 기초조사 주요 내용	18
표 3.2 가뭄 기초조사의 생·공용수 수원 분류	20
표 3.3 전년도 조사대비 생·공용수 수원현황 비교	21
표 3.4 생·공용수 수원현황(전체 수원의 수)	22
표 3.5 다목적댐 및 용수댐 현황	23
표 3.6 시·도별 생공용수 공급 댐·저수지 관리현황	24
표 3.7 지자체 관할 생공용수 댐·저수지 규모별 현황	24
표 3.8 시·군별 생·공용수공급 댐·저수지 현황	25
표 3.9 시·도별 생공용수공급 댐·저수지(지자체 관할) 현황	27
표 3.10 지자체 관할 생공용수 댐·저수지 수위 계측 현황	27
표 3.11 시·도별 한국농어촌공사 관할의 생·공용수공급 농업용저수지 현황	28
표 3.12 생·공용수 공급(목적 외 사용) 농업용저수지 현황	28
표 3.13 생·공용수공급 하천 현황	30
표 3.14 수원별 생·공용수 공급현황	30
표 3.15 상수도 보급현황	31
표 3.16 생활용수 수원현황(1~3수원 전체)	32
표 3.17 시·도별 생활용수 수원현황(1수원 기준)	33
표 3.18 수원별 급수지역수(1수원기준)	34
표 3.19 전국 산업단지 현황(상위단지 기준)	36
표 3.20 시도별 산업단지 현황	36
표 3.21 산업단지별 조성현황	37
표 3.22 공업용수 수원현황(1수원 기준)	37
표 3.23 수원별 산업단지 공급현황(1수원 기준)	37
표 3.24 공업용수별 산업단지 현황(1수원 기준)	38

표 3.25	공업용수 공급현황	39
표 3.26	시도별 취수장 운영현황	40
표 3.27	수원별 취수시설 현황	41
표 3.28	수원별 취수량 현황	41
표 3.29	시·도별 수원별 생·공용수(광역·지방상수도) 취수현황	42
표 3.30	시도별 정수장 운영현황	44
표 3.31	지역별·수종별 지방 및 광역·공업상수도 공급량	45
표 3.32	시도별 배수지 관리현황	46
표 3.33	전국 소규모수도시설(마을상수도, 소규모급수시설, 전용상수도)	47
표 3.34	전국 소규모수도시설의 수원현황	48
표 3.35	2019년 비상급수 발생현황	49
표 3.36	2019년 지역별(시·도) 비상급수 현황	50
표 3.37	2019년 지역별(시·군) 비상급수 현황	51
표 3.38	최근 10년간('09~'18) 비상급수 발행현황	53
표 4.1	2020년 전국 및 주요 유역 강수량 현황	59
표 4.2	2020년 전국 및 주요 유역 유출량 현황	62
표 4.3	국가가름정보포털에 제공중인 가뭄지수 종류	64
표 4.4	SPI 지수에 의한 가뭄의 분류	65
표 4.5	PDSI 지수에 의한 가뭄분류	69
표 4.6	MSWSI 지수에 의한 가뭄분류	71
표 4.7	SMI 지수에 의한 가뭄분류	73
표 4.8	2020년 월별 약한가뭄 이상 발생 지수	79
표 4.9	2020년 월별 보통가뭄 이상 발생 지수	79
표 4.10	2020년 시도별 보통가뭄 이상발생현황	80
표 5.1	가뭄 예·경보 기준	84
표 5.2	2020년 1~3개월 가뭄 전망에 대한 분할표와 통계값	88
표 5.3	하천수 취수지점 가뭄 상황 파악을 위한 조사체계	90
표 5.4	하천수 취수지점의 가뭄 상황 판단을 위한 조사항목별 적용 개소수	91
표 5.5	유출 모형 비교	96
표 6.1	연차별 가뭄 취약지도 제작계획	105
표 6.2	환경·생태 가뭄의 정의(환경부, 2017)	108

표 6.3	환경가뭄 분석방법(환경부, 2016~2017)	109
표 6.4	국내 수질관련 정보	110
표 6.5	국내 생태관련 정보	111
표 6.6	인지(문항별 5점 만점 기준)	114
표 6.7	관여(중요성에 대해 5점 만점 기준)	114
표 6.8	행동의도(문항별 5점 만점 기준)	115
표 6.9	시민자문단 주요의견	116
표 6.10	체감형 가뭄정보 생산을 위한 5가지 가이드라인	116
표 6.11	수원종류별 시·도별 하천수 취수시설 현황	119
표 6.12	수원종류별 시·도별 하천수 취수시설 현황 및 조사 대상취수장 목록	120
표 6.13	계측기 설치지점 판단을 위한 기준	122
표 6.14	현장에서의 계측기 설치를 위한 시범구역 선정 기준	122
표 6.15	청산취수장 가뭄 상관성 분석 결과(2016.01.02.~2019.12.31.)	123
표 6.16	관측정 설치 정보	128
표 6.17	청산취수장의 인자별 가뭄 상관성 분석 결과	133
표 6.18	당해연도 세부 추진내용	138
표 6.19	연차별 연구목표 및 내용	139
표 6.20	프로그램 활용 목적	142
표 6.21	프로그램 사용자 분류	142
표 6.22	연차별 주요 추진계획	145
표 6.23	72개 기상청 종관기상관측소(ASOS) 지점	146
표 6.24	특광역시 및 시도별 LPCD와 기상인자와의 상관계수	155
표 6.25	폭염일수 증가에 따른 지역별 LPCD의 변화	160
표 6.26	표준강수지수(SPI)의 범위별 수문상태	163
표 6.27	59개 ASOS 관측소 SPI 1~12 산정 결과 예시(속초,90)	163
표 6.28	59개 ASOS 관측소 기준 850개 표준구역 티센 면적비율	164
표 6.29	가뭄 기초조사의 생·공용수 수원 분류 (가뭄 기초조사보고서, 2019)	165
표 6.30	지자체 저수지 가뭄예경보 판단 기준(안)	167
표 6.31	농업용 저수지 가뭄예경보 판단 기준	167
표 6.32	다목적댐·용수댐의 가뭄영향 판단 기준 적용 예시 - 보령다목적댐	169
표 6.33	지자체·농업용저수지 가뭄영향 판단을 위한 가공 방법 예시	170
표 6.34	지자체·농업용저수지 가뭄영향 판단 DB 쿼리	170
표 6.35	지자체·농업용 저수지의 가뭄영향 판단 기준 적용 예시 - 복룡제	171
표 6.36	하천의 가뭄영향 판단 기준 적용 예시 - 낙동강 하류(함안군(계내리))	171

표 6.37	지하수의 가뭄영향 판단 기준 적용 예시 - 하누골	172
표 6.38	수원별 가뭄영향 자료 구축	172
표 6.39	수원별 분석대상	174
표 6.40	대상별 분석 특성 및 해당 표준유역	175
표 6.41	다목적댐·용수댐의 가뭄영향 판단 기준 적용 예시 - 보령다목적댐	175
표 6.42	수원별 재현성 평가 결과 정리	191
표 7.1	2020년 주요 추진 내용	195
표 7.2	가뭄정보 포털 접속 현황 (세션 기준, 2020. 12.31. 기준)	196
표 7.3	가뭄정보 포털 월별 접속 현황 (세션 기준, 2020. 12. 31. 기준)	196
표 7.4	표 메뉴별 접속 현황	197
표 7.5	표 사용자 정보(성별,연령) 접속 현황	198
표 7.6	자동화 수집 대상	201
표 7.7	가뭄기초조사 통계	204
표 7.8	국가 가뭄정보포털 기능개선 및 오류수정 내용	206
표 7.9	국가 가뭄정보포털 기능개선 및 오류수정 내용	207
표 7.10	자료 조사항목	209
표 7.11	가뭄통합 DB 데이터 품질개선 계획	215
표 7.12	진단대상 테이블 현황	216
표 7.13	중요 데이터	217
표 7.14	공공 데이터 품질관리 수준평가 가뭄시스템 평가결과	218
표 8.1	'20년 가뭄종합상황판 주요기능	226
표 8.2	2020년 비상급수 발생현황(수도보급 기준)	230
표 8.3	월별 비상급수 피해인구	232
표 8.4	2020년 비상급수 세부현황	234
표 8.5	행안부·지자체 및 환경부·가뭄센터의 협업 추진 계획	239
표 8.6	2020년 단비서비스 운영현황	240
표 8.7	GDP대비 가계소득에서 수도요금 차지하는 비율	241

그림 목 차

그림 2.1 국가가뭄정보분석센터 조직도(2020년 기준)	7
그림 2.2 가뭄 예·경보 업무 흐름도	8
그림 2.3 가뭄조사 및 모니터링 사업 위탁기관 선정	9
그림 3.1 가뭄 기초조사 체계도	17
그림 3.2 수원의 구분 (상수도설계기준해설(환경부, 2019))	19
그림 3.3 생·공용수 수원현황	22
그림 3.4 생·공용수공급 댐·저수지 위치도	29
그림 3.5 전국 생활용수 수원의 수(1수원 기준), 급수지역(읍면동) 비율	33
그림 3.6 시·도별 수원종류별 급수지역 비율(1수원, 읍면동 수 기준)	34
그림 3.7 수원별 용수공급지역 현황(읍면동, 1수원 기준)	35
그림 3.8 공업용수 수원현황 및 수원별 공급현황	39
그림 3.9 산업단지별 공업용수 공급현황	39
그림 3.10 수원별 취수량 비율(지방·광역상수도)	41
그림 3.11 시·도별 수원별 생·공용수(광역·지방상수도) 공급현황	42
그림 3.12 수원별 생·공용수 취수현황 (광역·지방상수도)	43
그림 3.13 지방·광역상수도 및 공업용수도 공급현황	45
그림 3.14 전국 소규모수도시설 현황(시설수, 인구수, 사용량)	48
그림 3.15 2019년 비상급수 발생지역 현황	52
그림 3.16 최근 10년간('10~'19) 비상급수 피해추이(피해인구)	53
그림 4.1 2020년(1~12월) 연강수량(mm)과 예년 대비 연강수량 비율(%)	60
그림 4.2 전국 자연 유출량(2016년 1월~2020년 12월)	61
그림 4.3 2020년 다목적댐 저수량 및 강수량 변화	63
그림 4.4 2020년 용수댐 저수량 및 강수량 변화	63
그림 4.5 2020년도 가뭄현황(SPI3)	66
그림 4.6 2020년도 가뭄현황(SPI6)	67
그림 4.7 2020년도 가뭄현황(PDSI)	69
그림 4.8 2020년도 가뭄현황(MSWSI)	71
그림 4.9 2020년도 가뭄현황(SMI)	74
그림 4.10 2020년도 주요 월 가뭄빈도 현황	75

그림 5.1	가뭄 예·경보 체계	83
그림 5.2	생·공용수 가뭄 분석 체계도	84
그림 5.3	2020년 국가 가뭄 예·경보(생공용수) 발령지역	85
그림 5.4	2020년 주간 가뭄 예·경보 발령지역	86
그림 5.5	ROC 분석을 위한 분할표	87
그림 5.6	ROC 곡선 예시 및 AUC 평가 분류	88
그림 5.7	1~3개월 가뭄 전망의 ROC 곡선	89
그림 5.8	K-PPM과 기상청 1주 전망의 상대오차	92
그림 5.9	기상청 3개월 확률 전망	93
그림 5.10	기상청 계절 전망	94
그림 5.11	abcd, tank 모형 및 ESP 기법의 개요	95
그림 6.1	'16년에 수립한 '17~'21 중장기 로드맵 세분분야	101
그림 6.2	'21~'25 기술개발 로드맵	102
그림 6.3	영산·섬진강 권역 물수급 시설 분포	103
그림 6.4	R 기반 영산·섬진강 권역 물수급 프로그램	104
그림 6.5	영산·섬진강 권역 유량 모의 결과	104
그림 6.6	가뭄대응능력 및 가뭄취약성 평가결과(낙동강 권역)	106
그림 6.7	환경생태 가뭄 기본 컨셉(USGS, 2017)	108
그림 6.8	가뭄 시 환경·생태학적 영향 분류(환경부, 2017)	109
그림 6.9	국민 가뭄 체감도 분석과정	113
그림 6.10	Topic 모델링 결과	115
그림 6.11	가이드라인 적용예시	117
그림 6.12	시범유역 예비후보군으로 선정된 취수장 및 상하류 수위 및 지하수 관측소 위치	121
그림 6.13	청산취수장 인근 관측소 및 SPI기반의 가뭄 정보	123
그림 6.14	청산취수장(보청천) 현황	124
그림 6.15	청산취수장(보청천) 취수보 상하류 전경	125
그림 6.16	청산취수장의 계측기 설치를 위한 후보 1지점	125
그림 6.17	청산취수장의 계측기 설치를 위한 후보 2지점	126
그림 6.18	청산취수장의 계측기 설치를 위한 후보 3지점	126
그림 6.19	관측정 설치 순서도	127
그림 6.20	관측정별 설치 현황	128
그림 6.21	복류수관측정 설치 현황	129
그림 6.22	지하수관측정 설치 현황	130

그림 6.23	하천수위 관측정 설치 현황	130
그림 6.24	장기수위관측장비 설치(조거설정사진)	131
그림 6.25	조사지역 지층현황	131
그림 6.26	가뭄지수(SPI)에 의한 가뭄상황 분석 (청산취수장)	132
그림 6.27	전기간 가뭄조건에 따른 하천-지하수위 상관성 분석 (청산취수장)	133
그림 6.28	향후 미세측 하천 취수지점의 가뭄판단 방법	137
그림 6.29	극한가뭄의 규모결정을 위한 국내외 가뭄사례 조사	139
그림 6.30	NDIC-FAT 프로그램 개발 체계	141
그림 6.31	NDIC-FAT 프로그램	142
그림 6.32	가뭄빈도 해석 결과 활용 예	143
그림 6.33	가뭄빈도 해석 순서도	143
그림 6.34	가뭄빈도해석의 개념	144
그림 6.35	폭염에 의한 용수 공급/수요 변동성 분석 모식도	145
그림 6.36	72개 종관기상관측소 기준의 시군별 티센망	147
그림 6.37	연도별 폭염발생 시군수('01~'18년)	148
그림 6.38	월별 폭염발생 시군수('01~'18년)	148
그림 6.39	5~9월의 폭염단계별 발생 시군수('01~'18년)	149
그림 6.40	시군별 7월 최고기온값의 변화('01년~'18년)	149
그림 6.41	시군별 7월 최고기온값의 변화('01년~'18년) (계속)	150
그림 6.42	시군별 7월 최고기온값의 변화('01년~'18년) (계속)	151
그림 6.43	시군별 7월 최고기온값의 변화('01년~'18년) (계속)	152
그림 6.44	시군별 7월 최고기온값의 변화('01년~'18년) (계속)	153
그림 6.45	특광역시별 1인 1일 급수량('01~'18년)	154
그림 6.46	시도별 1인 1일 급수량('01~'18년)	154
그림 6.47	시도별 폭염일수 vs LPCD plot('01~'18년)	156
그림 6.48	시도별 폭염일수 vs LPCD vs 최고기온 plot	157
그림 6.49	시도별 폭염일수 vs LPCD vs 최고기온 plot(계속)	158
그림 6.50	시도별 폭염일수 vs LPCD vs 최고기온 plot(계속)	159
그림 6.51	폭염일수 증가시 지역별 LPCD 변화량	160
그림 6.52	본 연구에 활용되는 수원 구분	165
그림 6.53	수원별 가뭄영향 판단 기준	166
그림 6.54	댐 용수공급 조정기준 예시(보령댐)	166
그림 6.55	가뭄 예·경보 발령 현황 예시('20.5월 보도자료 기준)	167
그림 6.56	갈수 예보 기준 예시(금강 및 삼교천 수계, '19년 11월 4일 발표자료)	168

그림 6.57 수원별 가뭄영향 판단 자료 수집	169
그림 6.58 분석대상 위치도	174
그림 6.59 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 예시	176
그림 6.60 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 보령다목적댐	177
그림 6.61 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 운문댐	178
그림 6.62 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 복룡제	179
그림 6.63 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 부황제	180
그림 6.64 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 예당저수지	181
그림 6.65 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 상천저수지	182
그림 6.66 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 낙동강 하류(함안군(계내리))	183
그림 6.67 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 곡교천(아산시(한내다리))	184
그림 6.68 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 교현·안림동	185
그림 6.69 ROC 분석을 위한 분할표	186
그림 6.70 ROC 곡선 예시 및 AUC 평가 분류	187
그림 6.71 ROC 분석을 통한 SPI의 재현성 평가 - 다목적댐, 용수댐	187
그림 6.72 ROC 분석을 통한 SPI의 재현성 평가 - 지자체 저수지	188
그림 6.73 ROC 분석을 통한 SPI의 재현성 평가 - 농업용 저수지	188
그림 6.74 ROC 분석을 통한 SPI의 재현성 평가 - 하천	189
그림 6.75 ROC 분석을 통한 SPI의 재현성 평가 - 지하수	189
그림 7.1 연도별 접속자 수 비교	197
그림 7.2 사용자 분석 정보 (연령, 성별)	198
그림 7.3 포털 접근매체 분석정보	199
그림 7.4 추진목표	200
그림 7.5 가뭄 데이터 취득 프로세스	201
그림 7.6 가뭄119 화면	202
그림 7.7 가뭄의사결정 종합상황판 화면	203
그림 7.8 가뭄기초조사 시스템 리포팅 화면	203
그림 7.9 가뭄기초조사 통계자료 조회화면	205
그림 7.10 비상급수 조사 시스템	205
그림 7.11 '20년 국가중점데이터 사업범위	208
그림 7.12 '20년 국가중점데이터 사업내용	209
그림 7.13 '20년 국가중점데이터 조사방법	210
그림 7.14 비사용수 공급자원정보	210

그림 7.15 20년 국가중점데이터 조사자료 엑셀파일	211
그림 7.16 데이터 재가공 모듈	211
그림 7.17 데이터 품질검사 모듈 화면	212
그림 7.18 공공데이터 포털 국가중점데이터 화면	213
그림 7.19 공공데이터 품질관리 수준평가 추진근거	214
그림 7.20 공공데이터 품질관리 수준평가 지표	214
그림 7.21 K-water 데이터 품질관리 플랫폼	217
그림 7.22 K-water 데이터 품질 진단 규칙	218
그림 7.23 데이터 표준확산 지표	219
그림 7.24 연계데이터 연계체계 정비 지표	219
그림 7.25 데이터 품질 진단 및 개선관리 지표	220
그림 8.1 '21년 가뭄종합상황판 메인화면(예시)	227
그림 8.2 비상급수현황 조사시스템	228
그림 8.3 2020년 비상급수 발생현황 차트	229
그림 8.4 2020년 비상급수 발생현황 지도	231
그림 8.5 월별 비상급수 피해인구	232
그림 8.6 2020년 월간 비상급수(가뭄) 현황 지도	233
그림 8.7 가뭄 119 메인화면	236
그림 8.8 가뭄 119 구축화면	237
그림 8.9 '단비' 가뭄대책 수립 지원 서비스 체계도	238
그림 8.10 '단비' 가뭄대책 수립 지원 서비스 체계도	238
그림 8.11 국가가뭄정보포털 내 단비서비스 구축 화면	240
그림 8.12 연도별 인구 및 물 사용량 변화	241
그림 8.13 다른 공공요금과의 지출액 비교	241
그림 8.14 가뭄교육체험장 개요	242
그림 8.15 가뭄교육체험장 Section별 교육 콘텐츠	243
그림 8.16 국가가뭄포털 內 가뭄교육체험장 구축화면	244
그림 8.17 온라인 가뭄교육체험장 구축화면	245

제1장 머리말



제1장 머리말

2020년은 전국적으로 가뭄이 거의 없는 해였지만, 역대 1위에 달하는 장마 기간과 강수량으로 홍수 피해가 이슈가 된 한 해였다. 최근 몇 년을 돌아보면, 여러가지 기후변화 관련 연구에서 제시된 것처럼 점점 극한 가뭄이나 홍수의 발생이 빈번해지고 심해질 것이라는 전망이 현실화 되는 것처럼 보인다. 가뭄이 없는 시기에 홍수 피해를 경험하면서도 향후 발생할 수 있는 가뭄을 대비해야 할 필요성을 느끼게 되는 것도 이런 이유 때문이다.

갈수록 심화될 수 있는 가뭄에 대비하기 위한 노력을 지속해야 하는 것은 이제 가뭄 관리에 있어 필수적인 과제라고 할 수 있다. 최근 2014년부터 2018년까지 연속적으로 가뭄을 경험했던 우리나라의 경우나 미국 캘리포니아와 호주 등의 사례에서 보듯, 지금은 극한 가뭄에 정책적으로 준비해야 할 때라는 인식을 갖게 된다. 이제는 국가 차원에서 수량을 확보하고 피해 복구 중심의 가뭄 관리 체계에서 국민이 체감할 수 있는 가뭄 정보를 통해 국민이 동참하는 수요 관리와 극한가뭄에 체계적으로 대비하기 위한 노력을 기울여야 할 때이다.

국가가뭄정보분석센터는 2016년부터 국가 가뭄 예·경보를 수행하면서 가뭄 예·경보의 정확도 향상을 위한 기술개발과 시스템 고도화 노력을 해나가고 있으며, 가뭄에 대비하고 대응하는 데 도움이 되는 정보의 생산 체계를 발전시켜 나가고 있다. 국민들이 체감할 수 있는 가뭄 정보를 생산하기 위한 노력과 국제적인 협력을 통해 가뭄 관리를 위한 노하우를 공유하고 있다. 올해는 코로나19로 인한 팬데믹 상황이라는 어려움이 있었지만, 그럼에도 온라인 가뭄 교육 콘텐츠를 개발하고, 화상회의를 통해 국제 협력을 위한 노력을 게을리 하지 않았다.

본 보고서에는 2020년 수문 및 가뭄 상황에 대한 분석부터 가뭄 예·경보의 발령에 관한 사항, 국가 가뭄관리 정책과 전략 수립을 위한 노력과 지역의 가뭄대응 능력을 강화하고 국민 체감형 가뭄정보 서비스를 고도화하기 위한 사항 등 한 해의 노력과 성과를 담았다. 본 보고서를 통해 국가가뭄정보분석센터의 노력과 성과를 되짚어 보고, 변화되는 환경 속에서 앞으로 가뭄관리를 위해 나가야 할 방향성을 정립하는 데 도움이 될 수 있기를 기대한다.

제2장 일반 현황



제2장 일반현황

2.1 국가가뭄정보분석센터 일반현황

국가가뭄정보분석센터(이하 센터)는 2014~2015년 충남지역을 중심으로 발생한 심각한 가뭄에 따라, 2015년 9월 개최된 국가정책조정회의에서 센터의 설립이 결정되었다. 이후 2015년 11월 K-water 내에 센터를 설립하고 현재까지 국가 가뭄 예·경보, 가뭄 정보 포털 구축 운영 등 가뭄관련 업무를 추진해 오고 있다.

금년도 센터는 K-water 수자원부문 수자원운영처에 편재되었으며, 센터장 및 전문직 3명을 포함한 전체 15명으로 구성·운영하였다.



그림 2.1 국가가뭄정보분석센터 조직도(2020년 기준)

2016년 국가 가뭄 예·경보 시행과 센터의 운영을 위해 가뭄조사 및 모니터링 사업 예산을 반영하였으며, '17년도부터 국고 예산을 활용하여 가뭄 예·경보를 위한 조사, 분석, 연구 등 활동을 수행 중이다. 금년에는 1,226백만원의 국고 예산을 확보하여 전국단위 가뭄 현황 및 전망 분석, 가뭄 예측기술 고도화 등을 가능케 하였다.

센터에서 수행중인 사업은 크게 가뭄 기초조사 및 연구, 가뭄 예·경보 운영의 2가지 항목으로 구성되며, 가뭄 기초조사 및 연구는 기초조사와 연구개발 2가지로 분류될 수 있다. 기초조사는 생활 및 공업용수 분야 가뭄분석 기초자료를 조사하고 검증하는 것으로, 전국 읍·면·동 단위의 수원-공급체계 조사, 용수공급시설 운영현황 및 관측 시설 현황조사 등을 포함하고 있다. 연구개발은 가뭄 모니터링 및 예측 기술 고도화(4차년도) 과업으로, 용수공급시설 실적자료 기반 물 수급 체계 구축과 수문전망 기술 고도화로 가뭄예측 정확도 향상을 위해 추진된다. 가뭄 예·경보 운영은 전국 167개 시군(3,502개 읍면동 414개 수원) 대상 생활·공업용수의 가뭄 현황과 전망 분석을 통한 가뭄 예·경보를 시행하기 위한 분석, 검토 등의 활동을 포함한다.

금년도에 추진한 가뭄조사 및 모니터링 사업의 추진내용과 성과 등에 대해서는 보고서 각 절에서 세부적으로 기술하였다.

2.1.1 가뭄 예·경보 업무 체계

현재 센터에서 수행 중인 국가 가뭄 예·경보와 공사의 댐 가뭄대응 및 지자체별 상황을 연계하기 위해 센터를 중심으로 내부적으로는 수자원운영처, 권역본부 수자원운영부와의 협업과 외부적으로는 환경부(홍수통제소)·행안부·기상청 등 관계부처와 전국 167개 시군의 가뭄 담당자와의 네트워크를 통해 체계적·효과적인 가뭄정보 분석 및 국가 가뭄 예·경보를 시행 중이다.

아래 그림과 같이 관계부처·기관·부서와 지자체 저수지 및 하천을 관리하는 지자체 가뭄담당자와의 협조를 통해 가뭄정보를 생산 중이며, 이를 주간 가뭄 예·경보를 통해 매주 공유 중이다. 또한, 월별로 댐-보 운영 계획 및 기상·수문 상황을 종합하여 월간 가뭄 예·경보 생산 중이며, 올해 봄부터는 계절별 가뭄예·경보를 생산하기 시작하였다. 센터에서 생산된 주간/월간/계절별 가뭄 예·경보 자료는 센터에서 운영 중인 가뭄정보포털(<http://www.drought.go.kr>)을 통해 공유 중이다.



그림 2.2 가뭄 예·경보 업무 흐름도

2.1.2 법제도 및 사업예산

2017년 7월 수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률이 시행되었고, 이에 근거한 가뭄 조사 및 모니터링 사업의 시행을 위해 수자원법 제37조 및 동법 시행령 제38조에 따라 K-water가 2018년 1월 12일 위탁기관으로 지정·고시되었다.

제 호 관 보 2018. 01. 12.(금요일)

고 시

●국토교통부고시제2018-31호

가뭄조사 및 모니터링 사업 위탁기관 지정

「수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률」 제37조 및 같은 법 시행령 제38조에 따라 가뭄조사 및 모니터링 사업에 대한 위탁기관 및 위탁업무를 지정하고 다음과 같이 고시합니다.

2018년 1월 12일

국토교통부장관

1. 위탁기관 지정 목적

- 「수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률」 및 같은 법 시행령 제정('17. 7. 18. 시행)으로 가뭄 상황조사의 실시 체계가 마련됨에 따라 이에 대한 업무를 위탁받아 수행할 기관을 지정하여 효율적이고 전문적으로 사업을 추진하기 위함

2. 위탁기관

- 가. 기관명 : 한국수자원공사
- 나. 대표자 : 이학수
- 다. 소재지 : 대전광역시 대덕구 신촌진로 200

3. 위탁업무

- 가. 가뭄 기초조사 및 연구
 - 가뭄 예경보 분석을 위한 기초자료 조사·관리
 - 가뭄 모니터링·예측 정확도 향상을 위한 연구·기술개발
 - 국제 가뭄포럼 구성·운영 및 관계기관 업무협력 등
- 나. 가뭄 현황·전망 분석
 - 가뭄현황 모니터링, 주·월간 단위 가뭄 정보분석 및 예경보
 - 가뭄 판단기준 개선 등 가뭄정보 분석 신뢰도 향상
 - 가뭄정보 신뢰도 개선을 위한 학술활동
 - 가뭄정보 포털 운영 및 유지관리 등
- 다. 가뭄 취약지도 작성
 - 가뭄 취약성 분석 및 평가기준 마련
 - 가뭄취약지도 제작지침 수립

4. 위탁기간

- 2018. 1. 1. 부터 지정의 해지 또는 변경 고시일 까지

그림 2.3 가뭄조사 및 모니터링 사업 위탁기관 선정

‘20년 가뭄조사 및 모니터링 사업은 ‘가뭄기초조사 및 연구’, ‘가뭄현황·전망 분석’과 ‘가뭄 취약지도 작성’으로 구성되어 있으며 전체 예산은 17.3억 원으로 확정되었다.

한편, 「가뭄업무에 대한 홍수통제소 위임 시행」(수자원개발과-54, ‘19.1.9.) 방침에 따라 금년 대행계약은 한강홍수통제소와 체결하였다. K-water 국가가뭄정보분석센터에서 수행한 과업은 ‘가뭄기초조사 및 연구’, ‘가뭄현황·전망 분석’에 대한 건이며 대행사업비 12.3억 원은 전액 집행하였다. 세부 사업내용 및 예산은 아래 표 2.1과 같다.

표 2.1 2020년도 가뭄조사 및 모니터링 사업 예산

구 분	주 요 내 용	금 액	비 고
가뭄조사 및 모니터링 사업		17.3억원	
가뭄기초조사·연구 (민간이전)	- 생·공용수 분야 가뭄분석 기초자료 조사·검증 - 가뭄 모니터링 및 예측 기술 고도화 (4차년도)	4.9억원	정부대행 (K-water)
가뭄현황·전망분석 (민간이전)	- 생활 및 공업용수 분야 가뭄 정보분석 및 제공 가뭄 판단기준 수립·보완, 강우-유출 분석 등	7.4억원	
가뭄 취약지도 작성 (일반연구비)	- 가뭄 취약성 분석 및 평가, 취약지도 작성	5.0억원	직접수행 (한강FCO)

2.2 가뭄관리 국가계획 수립

2018년 물관리 일원화 중심의 3개 법령이 국회를 통과하여 제·개정 되면서, 「물관리기본법」 제27조(국가 물 관리 기본계획의 수립 등)에 의거하여 환경부장관은 10년 단위로 국가 물 관리 기본계획을 수립하여야 한다. 이에 따라 5개 기관(KEI 48%, 건기연 22%, K-water·농공·환경공단 각 10%)이 참여하여 제1차 국가물관리기본계획 수립(‘21~’30)을 위한 연구를 진행하였으며 K-water에서 주관하고 있는 가뭄분야의 추진전략 및 성과목표는 아래 표 2.2와 같다.

표 2.2 가뭄관리 및 대응체계 구축(국가물관리기본계획)

추진전략	성과목표
신뢰성 있는 가뭄정보 분석·공유 체계 마련	가뭄정보 연계/통합 관리 및 대국민 서비스
	가뭄 전주기 모니터링 체계 확대
	환경가뭄 분석기술 개발 등 가뭄 전망분석 기술력 고도화
	가뭄 영향평가 및 피해조사 체계 구축
지역중심 맞춤형 가뭄 대응	국가-지역 간 가뭄대응 체계 연계성 강화
	가뭄 취약성 평가기반 지역 맞춤형 대책 추진
	지역단위 가뭄대응 자립도 확보 강화
국민 동참 극한가뭄 대응 능력 강화	국민 가뭄 체감도 향상을 위한 교육·체험 서비스 강화
	가뭄에 따른 물이용 제한조치 강화 및 가뭄·물값 연동제 도입
	기후변화에 따른 메가가뭄 대응전략 수립

그간 연구한 국가물관리기본계획 연구보고서를 바탕으로 본 보고서를 완성하였고, 12월 29일부로 국가물관리위원회에 심의를 요청한 상황이며, 가뭄분야의 내용은 표 2.3과 같다.

표 2.3 전략6 가뭄관리 체계 선진화 및 극한가뭄 대응 체계 구축

(정책목표) 경험 못한 극한 가뭄시에도 국민 불편 최소화
국가 차원의 가뭄 모니터링, 예보, 대응, 평가 종합 관리체계 확립
지역 중심의 맞춤형 가뭄 대응이 가능하도록 자치단체 역량 강화 지원
겪어보지 못한 극한가뭄(메가가뭄)에 대한 적응 체계 마련

한편, 「수도법」 제5조(전국수도종합계획의 수립 등)에 따라 3개 기관(KEI 80%, K-water 10%, 한국환경공단 10%)이 참여하여 전국수도종합계획을 수립하고 있다. 금번 계획은 물 관리 일원화 이후 최초 수립·시행될 법정계획으로 광역-지방 통합 및 연계 강화 등 국가 수도 정책방향을 설정한다. 동 계획에서는 효과적으로 가뭄을 관리하고 가뭄 시 수도 시스템의 복원력을 강화하기 위하여 지역 맞춤형 가뭄대응체계 구축이라는 정책과제를 제시하였다. 정책과제에 대한 세부전략은 아래 표2.3과 같다.

표 2.4 가뭄 및 사고대비 수도시스템 복원력 강화 주요 정책과제(전국수도종합계획)

추진전략	성과목표
지역 맞춤형 가뭄대응체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지역 수원 및 상수도에 대한 실시간 정보체계 구축 ▪ 지역 가뭄대응 의사결정 시스템구축 및 전문성 강화 ▪ 국가-지역간 가뭄관리제도 연계성 강화 및 맞춤형 대책 추진
시설간 비상연계시설 확충 제도화	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 비상연계시설 대상 범위 및 도입기준 수립 ▪ 비상연계시설 투자 및 관리 주체 명확화 ▪ 비상연계시설의 국고 보조 등 자원 조달 방안
비상연계시설 최적활용체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 비상연계량 산정 및 시설 설치 기준 정립 ▪ 평시 및 비상시 유지관리 방안 수립 ▪ 비상연계시설 운영 및 유지관리 표준매뉴얼 작성지침 마련

전국수도종합계획은 수도계획 통합을 위한 수도법 개정 등 윤준병 의원의 입법 발의(11.19)를 통해 국가수도기본계획으로 통합되었다.

(※ 국가수도기본계획 = 전국수도종합계획 + 광역 및 공업 수도정비기본계획)

2.3 가뭄대응 국제협력

국가가뭄정보분석센터는 지난 2년동안 국제가뭄포럼을 개최하였고, 극한 가뭄에 대한 국가별 경험과 극복방안을 공유하며 가뭄대응 정책과 기술을 교류하였다. 이를 통해 호주 퀸즈랜드 주정부와 MOU를 체결하는 등 국외 가뭄관리 전문기관들과의 네트워크를 구축하였다. 호주 퀸즈랜드와 체결한 가뭄업무 협력 MOU는 '20년 8월이 만료기한이었으며, 올해 COVID-19의 전세계적인 이슈로 모든 오프라인 활동들이 제한된 관계로 MOU 기한을 1년 연장하여 '21년에도 지속 가능한 가뭄업무 협력 추진 기반을 마련하였다.

'20년 3월에 국가가뭄정보분석센터는 아시아 최초로 통합가뭄관리프로그램(IDMP)의 공식적인 참여기관으로 활동하게 되었으며, Support Base Partner로써 국제 가뭄관련 행사 및 프로젝트 참여, 가뭄관련 기술지원 등의 역할을 하게 되었다. 올해에는 IDMP 참여기관들과 함께하는 온라인 Virtual Exchange(가뭄활동 공유의 장)이 3회(3.25, 6.11, 8.19) 개최되었다. Virtual Exchange에서는 IDMP 참여기관들의 가뭄대응 및 가뭄지원 프로그램 등 다양한 활동 사례들이 소개되고, 발표 후 실시간으로 충분한 질의응답의 시간을 가졌다. 또한, 매년 8월 스웨덴 스톡홀름에서 2일간의 Annual Meeting을 개최하였으나, 금년에는 8월 25일~26일(2일간) 온라인으로 실시하였고, 국가가뭄정보분석센터는 25일(화) Advisory Committee에 참여하였다. 여기에서는 가뭄관리 정책, 기술, 지원 등 다양한 분야가 논의되었다.

표 2.5 '21년도 IDMP 주요 Agenda(안) 토의

시 간	주 요 내 용	비 고
16:00 ~ 16:20	개회식 및 축하 - WMO와 GWP 공식 환영사	
16:20 ~ 16:40	IDMP 현재 활동보고 및 2019년도 아젠다 Feed Back - IDMP 개요 소개 - 현재 활동 및 2019년 아젠다 Review (추진현황 보고)	
16:40 ~ 17:00	IDMP 현재 활동에 대한 토론	
17:00 ~ 17:30	파트너사 활동 소개 - GWP, UNCCD 등 가뭄관련 활동 소개	
17:30 ~ 18:20	그룹 토의 - 지식 격차(Knowledge gap) 해소방안 - 파트너 참여 플랫폼 강화방안 - 관련 연구 확대방안 - 기금 조성 및 미래 프로젝트 발굴	
18:20 ~ 19:00	그룹토의 결과 발표 및 종합토론	
19:00 ~ 19:20	회의 요약·정리 및 폐회	

국가가뭄정보분석센터는 국내 가뭄관리를 위한 해외 선진기관과의 협력관계 및 기술교류를 확대하여, 가뭄관리 기술을 발전시키기 위한 지속적으로 노력할 예정이다.

제3장 가뭄 기초조사



제3장 가뭄 기초조사

3.1 가뭄 기초조사 개요

가뭄 기초조사는 국가 가뭄 예·경보 시행과 함께 효과적 가뭄대응 의사결정 지원을 위해 전국 단위의 생활 및 공업용수 분야에 대한 가뭄분석 기초자료를 수집·조사 및 정보화하고 있다. 『수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률』의 제7조 ‘가뭄 상황 조사’에 따라 환경부 대행사업(“가뭄조사 및 모니터링 사업”)으로 시행하고 있다.

가뭄 기초조사를 보다 체계적이고 효율적으로 시행하기 위해 각 단계별 명확한 업무 프로세스를 정립하였다. “2020년 가뭄조사 및 모니터링 사업”의 대행계약 체결(20.2.11)과 함께 ‘20년 조사계획을 수립하였고, ‘20년 4월에는 환경부 협조를 통해 전국 지자체를 대상으로 가뭄 기초자료 조사를 실시하였다. 본격적인 조사시행에 앞서 8개 道 단위의 지역별 설명회를 개최(103개 시·군(64%), 139명 참석)하여 보다 내실 있는 성과 도출을 위해 노력하였다.

국가가뭄정보포털(가뭄 기초조사 시스템)을 이용하여 전국 지자체의 수원 및 용수 수급 현황 등의 기초자료를 조사·검토하였으며, 자료의 정확성 제고를 위해 직접조사를 병행하여 실시하였다. 또한, 조사성과에 대해서는 환경부(수자원정보센터 및 수계별 홍수통제소)의 성과검증을 통해 확정하였다.

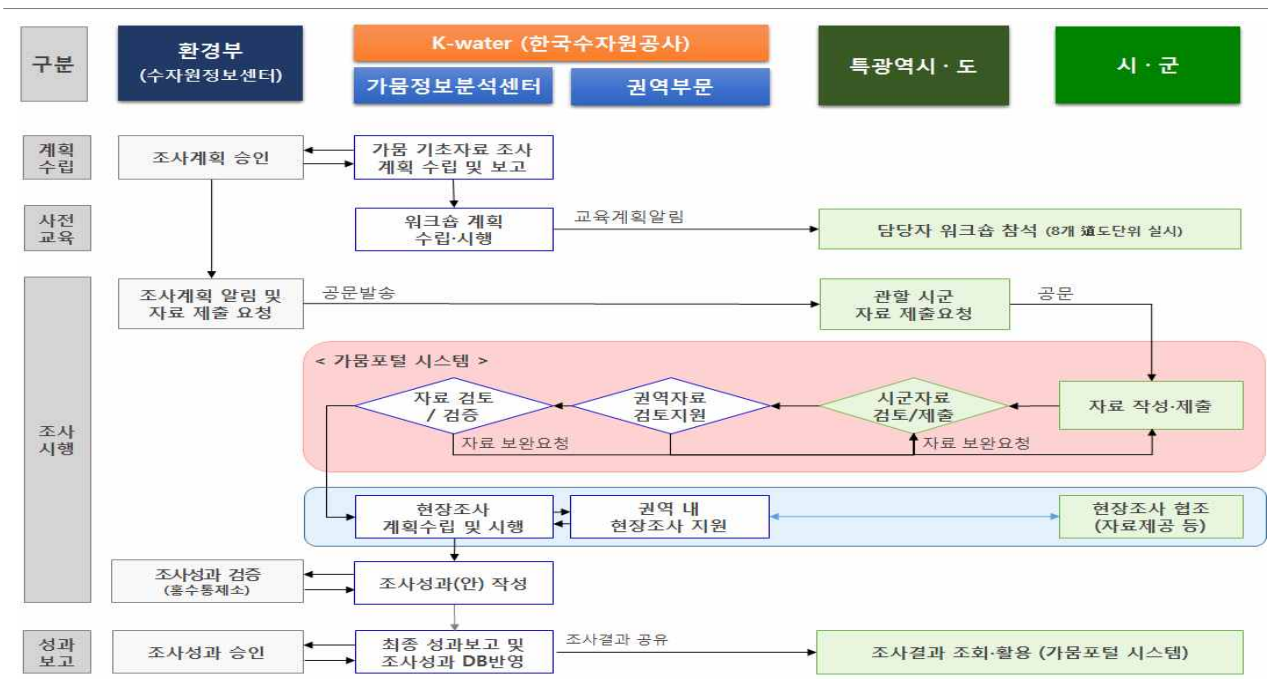


그림 3.1 가뭄 기초조사 체계도

3.2 가뭄 기초조사 주요내용

가뭄 기초조사의 주요 조사내용은 전국 생활 및 공업용수의 공급체계(지역별 수원 및 용수공급체계)의 검증·개선과 수원 및 용수공급시설(취수장·정수장·배수지) 운영 현황 등에 대한 조사이다. 세부 조사항목은 아래 표 3.1과 같으며, 가뭄 예·경보 분석을 위한 기초자료 중 WINS 공유자료, K-water 생산자료 등 자료 취득이 가능한 정보 이외의 지자체 생산자료 등에 대하여 조사를 실시하였다.

조사된 정보는 자료 검증과 성과검토를 통해 실시간 가뭄 예·경보 분석, 실적자료 기반의 물수급 분석체계 구축을 위한 기초자료 등으로 활용되며, 국가가뭄정보포털(drought.go.kr)을 통해서도 대국민 서비스를 제공 중이다.

표 3.1 가뭄 기초조사 주요 내용

구 분		조사항목		가뭄조사 (항목수)		비고		
생 용	활 수	기본현황	행정구역, 총인구, 급수인구(보급율)		○	(3)		
		용수이용량	월별 사용량(읍면동별)		○	(1)		
		공급체계	읍면동별 급수계통(1,2,3 수원별)		○	(1)		
공 용	업 수	기본현황	산업단지 현황		○	(1)		
		용수이용량	용수이용량(수도, 하천, 지하수 등)		○	(1)		
		공급체계	산업단지별 급수계통(1,2,3 수원별)		○	(1)		
수 원 (水 源)	하천	하천수위	관측소별 수위, 유량(수위·유량관계식)		-	-	WINS	
		사용량	하천수사용 허가정보, 계획/사용량		-	-	WINS	
	댐· 저 수 지	다목적댐	다목적댐 제원, 운영정보		-	-	K-water	
		용수댐	K-water	댐 제원 및 운영정보		-	-	K-water
			지자체	댐 제원 및 운영정보		○	(2)	
			계측현황(항목/주기/전송설비)		○	(1)		
	농업용댐	생공용수공급 저수지 제원, 운영, 계측현황		○	(3)			
기타	지하수	국가지하수관측망 자료(수위)		-	-	K-water		
용 공 시	수 급 설	광역상수도	취수장, 정수장의 시설제원 및 운영정보(취수량, 정수량 등)		-	-	K-water	
		지방상수도	취수장, 정수장, 가압장, 배수지의 시설제원 및 운영정보(취수량, 정수량 등)		○	(3)		
소규모 수도시설	마을/소규모 급수시설 전용상수도	일반현황(위치), 급수인구, 시설제원 및 운영현황(사용량)		○	(4)			
기 타	비상급수 현황	발생지역, 생공용수 제한/운반급수 현황		○	(2)			
	생공회귀수량	하수처리장 제원 및 운영정보		○	(2)			

3.3 가뭄 기초조사 주요성과

3.3.1 생·공용수 수원현황

1) 조사대상

우리나라 용수이용 분류체계는 크게 생활용수, 공업용수 및 농업용수로 분류 하고 있으나, 본 조사는 『국가 가뭄 예·경보』를 위해 환경부(K-water) 주관의 생활 및 공업용수 분야를 중심으로 시행되었다.

전국 162개 지방자치단체와 「산업입지 및 개발에 관한 법률」에 따라 조성된 산업단지에서 생활 및 공업용수로 사용하는 수원(水源)을 중심으로 조사하였다.

2) 생·공용수 수원의 분류

(1) 일반적인 수원의 분류

수원(水源)은 지표수(하천수, 호소수), 지하수(지하수, 용천수), 복류수(복류수, 강변여과수), 기타(빗물, 해수등) 등으로 아래와 같이 구분하고 있다(상수도설계기준해설(2019, 환경부) 등).

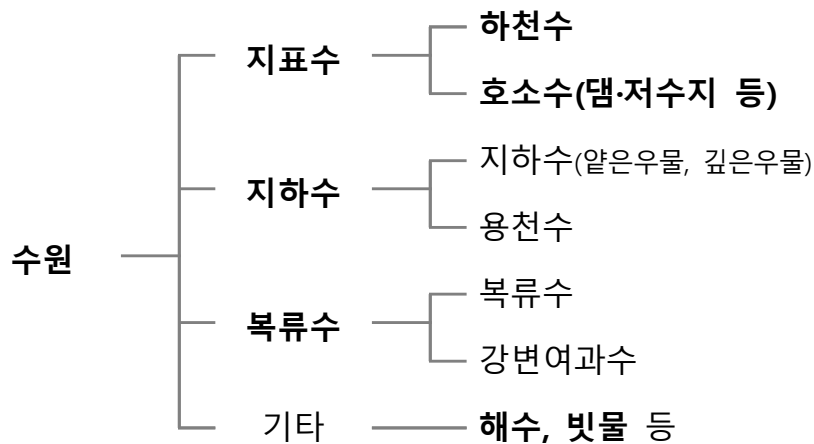


그림 3.2 수원의 구분 (상수도설계기준해설(환경부, 2019))

(2) 가뭄 기초조사의 수원 분류

『국가 가뭄 예·경보』는 국민이 가뭄 상황을 체감할 수 있도록 전국 162개 지자체의 읍면동(3,483개) 및 산업단지(1,220개)별 수원의 수문상황 등을 분석하여 생활·공업용수 가뭄 현황 및 전망분석 정보를 제공하고 있다(2019년말 기준).

이러한 가뭄 현황 및 전망 분석체계와 조사성과의 활용성 등을 고려하여 가뭄 기초조사에서는 생활 및 공업용수의 수원으로 주로 사용되는 지표수(하천수, 저수지수(호소수))와 지하수 등에 대하여 아래와 같이 세분화하여 조사를 시행하고 있다.

- (하천수) 하천 구역에서의 복류수 취수는 하천수에 포함
- (호소수) 안정적 수량확보를 위해 설치된 댐·저수지에 대하여 사용용도 및 관리주체 등을 고려하여 세분화(다목적댐, 용수댐, 생·공용저수지, 농업용저수지) 하고, 댐에서 방류하여 하류하천에서 취수하는 경우는 댐·저수지수로 분류
- (기 타) 해수, 빗물 외에 재이용수(공업용수 사용)를 포함

표 3.2 가뭄 기초조사의 생·공용수 수원 분류

구 분		조사 대상	비고	
지표수	하천수	생활 및 공업용수 사용목적으로 취수시설을 설치한 하천 (국가·지방하천 및 소하천) * 하천 복류수 취수는 하천수에 포함 * 하천수 취수 중 댐용수 계약사항은 다목적댐으로 분류		
	호소수 (댐 저수지)	다목적댐	K-water에서 관리중인 다목적댐 (광역상수도·공업용수도의 수원)	수원시설
		용수댐	K-water에서 관리중인 용수댐 (광역상수도·공업용수도의 수원)	수원시설
		생·공용 저수지	지방자치단체에서 운영·관리중인 댐·저수지로 용수의 전체 또는 일부를 생·공용수 목적으로 사용중인 댐·저수지	수원시설
		농업용 저수지	한국농어촌공사에서 운영·관리 중인 농업용저수지 중 지자체 및 K-water에 생·공용수를 공급중인 댐·저수지	수원시설
지하수	지방상수도 및 공업용수(지자체, 산업단지)의 수원으로 사용되는 지하수			
기 타	지방상수도 및 공업용수(지자체, 산업단지)의 수원으로 사용중인 해수, 빗물, 재이용수 등			

(3) 조사방법

전국 지자체를 대상으로 국가가뭄정보포털(<http://drought.go.kr>)을 활용하여 읍면동별·산업단지별로 사용하는 수원(1~3수원) 현황 조사하였다.

* 제1~3수원 : 행정구역(읍면동)에서 사용하는 수원이 복수인 경우, 공급 물량이 많은 순서대로 제1,2,3 수원으로 구분하여 조사

3) 2019년 생·공용수 수원현황

2019년말 기준, 전국 162개 시·군(특·광역시 포함) 및 산업단지에 생·공용수를 공급하는 전체 수원은 총 407개(중복제외)로 조사되었다.

수원을 구분하여 살펴보면, 다목적댐 18개(4.4%), 용수댐·저수지 148개(36.4%), 하천 156개(38.3%), 지하수 74개(18.2%), 기타 11개(2.7%)로 구분된다..

2018년 수원(414개소)과 비교하여 총 7개가 감소하였으며, 수원별로 살펴보면 저수지 2개소 증가, 하천 1개소 감소, 지하수 8개소가 감소한 것으로 조사되었다.

- (저수지) 농어촌공사 관할의 농업용저수지인 경남 의령군 서암저수지와 전남 영암군 대동제가 예비수원으로 반영되어 2개소 증가
- (하 천) 금산군 마전취수장의 수원을 봉황천에서 금강으로 변경(하천수사용허가자료 기준)하여 1개소 감소(중복제외)
- (지하수) 강원도 인제군 상남정수장과 전남 나주시 다시정수장이 폐쇄되어 제외하였으며, 경북 울진군 근남정수장, 경북 울릉군 통합정수장이 신설되어 반영함. 이외, 지하수를 주수원으로 사용하는 산업단지의 지하수사용량, 지자체 조사자료 등을 반영하여 8개소 감소

표 3.3 전년도 조사대비 생·공용수 수원현황 비교

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천	지하수	기타
			소계	K-water	지자체	농촌공			
19년 조사 (‘18년말 기준)	414	18	146	13	112	21	157	82	11
20년 조사 (‘19년말 기준)	407	18	148	13	112	23	156	74	11
증△감	△7	-	2	-	-	2	△1	△8	-

표 3.4 생·공용수 수원현황(전체 수원의 수)

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천	지하수 ¹⁾	기타 ²⁾
			소계	K-water	지자체	농촌공			
합계 (중복제외)	407	18	148	13	112	23	156	74	11
	100.0%	4.4%	36.4%	3.2%	27.5%	5.7%	38.3%	18.2%	2.7%
생활용수	351	18	146	12	111	23	140	43	4
공업용수	168	17	36	8	21	7	68	40	7

* 1) 지하수의 개수는 지방상수도의 정수장 개수 및 지하수를 주요 수원으로 사용하는 산업단지의 개수

2) 해수담수화(여수, 영광, 제주), 계곡수(완주), 해수이용 산업단지 4개소, 재이용수 사용 산업단지 3개소

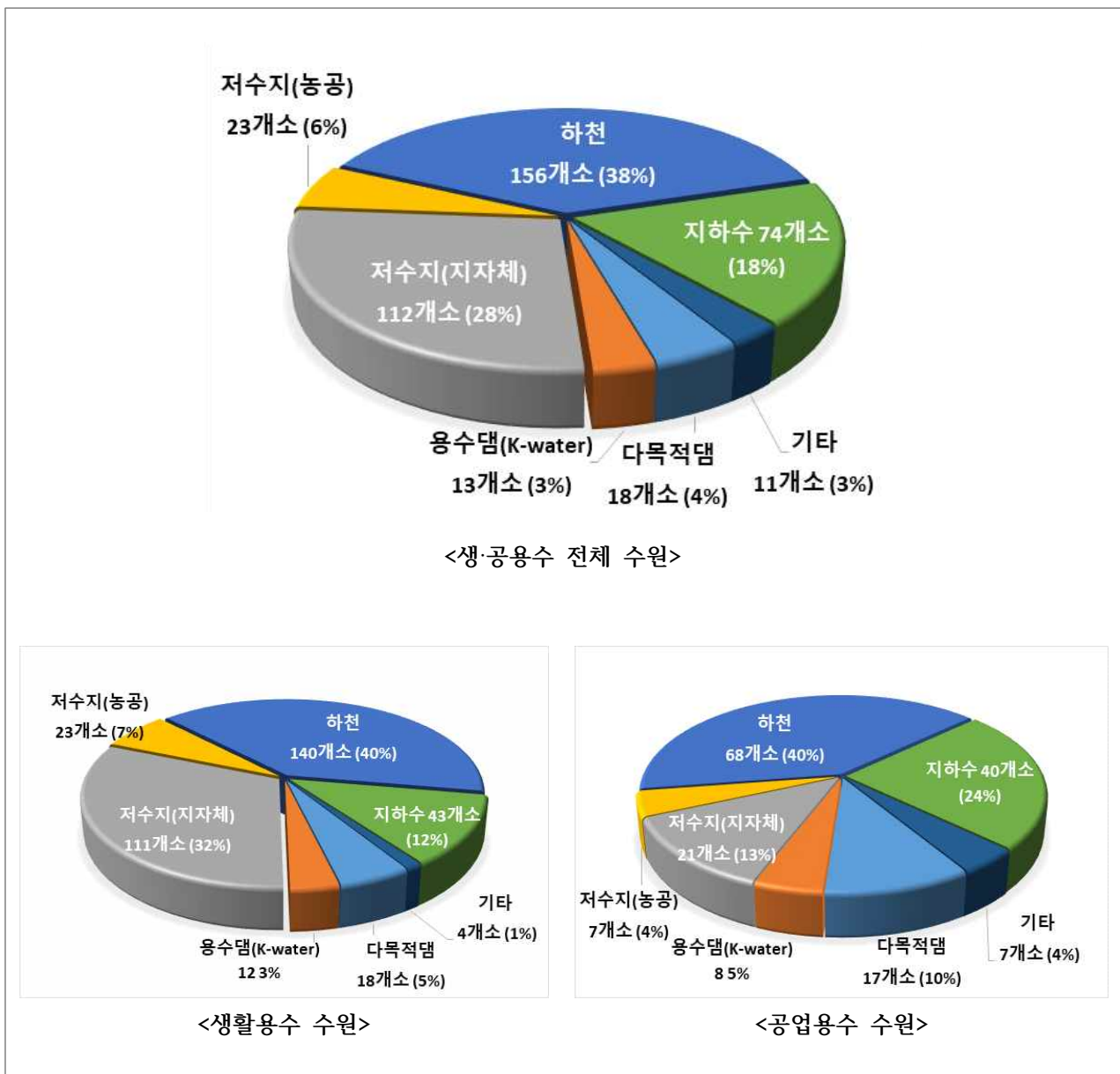


그림 3.3 생·공용수 수원현황

4) 댐 및 저수지 현황

우리나라의 수자원은 시간적·공간적 불균형이 심해 자연 상태의 하천만으로는 안정적 용수공급이 어려운 상황이다. 이러한 수자원 특성을 해결하고 하천유황을 조절하여 필요 용수확보를 위한 효과적인 방법이 댐 건설이었으며, 2016년 기준 전국에 17,491개소의 댐 및 저수지가 있다.(제4차 수자원장기종합계획, 국토교통부, 2016)

본 조사에서는 생활 및 공업용수를 공급중인 다목적댐 및 용수댐, 지자체 관할의 댐·저수지와 더불어, 지방상수도 및 광역상수도에 용수를 공급하는 농업용댐·저수지(농어촌공사 관할)를 포함하여 조사하였다.

(1) 다목적댐 및 용수댐(K-water)

2019년 기준, 20개 다목적댐과 14개 용수댐을 운영 중에 있다. 다만, 본 조사에서는 현재 용수공급이 없는 영주댐 및 성덕댐을 제외한 18개 다목적댐과 조절지댐(원동취수장)으로 사용 중인 선암댐을 제외한 13개 용수댐을 대상으로 하였다.

표 3.5 다목적댐 및 용수댐 현황

권역	댐 명	위치	총저수용량	댐 명	위치	총저수용량
한강	소양강댐	강원 춘천시	2,900	광동댐	강원 삼척시	11
	충주댐	충북 충주시	2,750	달방댐	강원 동해시	7.7
	횡성댐	강원 횡성군	86.9	-	-	-
낙동강	안동댐	경북 안동시	1,248.0	영천댐	경북 영천시	96.4
	임하댐	경북 안동시	595.0	안계댐	경북 경주시	17.7
	합천댐	경북 합천군	790.0	감포댐	경북 경주시	2.4
	남강댐	경남 진주시	309.2	운문댐	경북 청도군	135.3
	밀양댐	경남 밀양시	73.6	대곡댐	울산광역시	28.5
	군위댐	경북 군위군	48.7	사연댐	울산광역시	30.3
	김천부항댐	경북 김천시	54.3	대암댐	울산광역시	13.1
	보현산댐	경북 영천시	22.1	선암댐	울산광역시	2.0
	성덕댐	경북 청송군	27.9	연초댐	경남 거제시	4.6
	영주댐	경북 영주시	181.1	구천댐	경남 거제시	9.3
금강	대청댐	대전광역시	1,490.0	-	-	-
	용담댐	전북 진안군	815.0	-	-	-
섬진강	섬진강댐	전북 임실군	466.0	-	-	-
	주암 조절지	전남 순천시	본댐	457.0	-	-
조절지			250.0	-	-	-
기타	부안댐	전북 부안군	50.3	수어댐	전남 광양시	22.2
	보령댐	충남 보령시	116.9	평림댐	전남 장성군	8.5
	장흥댐	전남 장흥군	191.0	-	-	-

(총저수용량 : 백만m³)

(2) 지자체 관할 댐·저수지 현황

2019년말 기준, 42개 시·군에서 지방상수도 및 공업용수도의 수원으로 사용하고 있는 생·공용수공급 댐·저수지는 총 112개소로 조사되었으며, 전년 조사와 동일하다.

도서지역이 많은 전남지역이 65개소(58.0%), 경남지역이 21개소(18.8%)로 전체의 77%를 차지하고 있으며, 전남 신안군은 16개소, 전남 완도군은 11개소, 경남 남해군은 11개소, 전남 진도군은 8개소를 관리 중이다.

112개소의 댐·저수지 중 97개소(86.6%)가 평상시 생·공용수 공급에 활용되고 있으며, 15개소(13.4%)는 예비수원으로 가뭄 등으로 물 부족 발생 시 사용되는 수원으로 조사되었다.

표 3.6 시·도별 생공용수 공급 댐·저수지 관리현황

구분	합계	강원	경기	충남	충북	경남	경북	전남	전북	제주	광주	대구	부산	울산	인천
시·군 (수)	42	1	3	-	1	9	5	15	2	1	1	1	1	1	1
저수지 (개소수)	112	1	4	-	1	21	7	65	2	2	3	2	2	1	1
운영	97	1	3	-	1	19	7	54	2	2	2	2	2	1	1
예비	15	-	1	-	-	2	-	11	-	-	1	-	-	-	-

댐·저수지의 규모는 대부분(89개소, 75.9%)이 총 저수용량 1백만³이하의 소규모 저수지이며, 112개 저수지의 총 저수용량은 254.7백만³이다.

표 3.7 지자체 관할 생공용수 댐·저수지 규모별 현황

구분	합계	1,000천 ³ 이상	500~1,000 천 ³	100~ 500 천 ³	100천 ³ 이하	비고 (제원 불명확)
저수지(수)	112	23	22	54	13	-

표 3.8 시·군별 생·공용수공급 댐·저수지 현황

시·도	시·군	개소	댐·저수지명		비고
			운영	예비(보조)	
합 계		112	97	15	
대구광역시		2	공산댐, 가창댐		
부산광역시		2	법기댐, 회동댐		
울산광역시		1	회야댐		
광주광역시		3	동복댐, 제4수원지	제2수원지	
인천광역시		1	백령식수전용저수지		
강원도	(1개 시군)	1			
	평창군	1	신대관령댐		'18년 신규
경기도	(3개 시군)	4			
	수원시	2	광고저수지	파장저수지	
	양주시	1	광백저수지		
	의정부시	1	홍복저수지		
충청북도	(1개 시군)	1			
	영동군	1	궁촌댐		
경상남도	(9개 시군)	21			
	거제시	1	소동저수지		
	남해군	11	난음제, 도마제, 봉성제, 상주제, 오동제, 옥천제, 우형제, 지족제, 향도제, 선원제	아산제	
	의령군	2	명석저수지, 우곡저수지		
	창녕군	1	상월저수지		
	창원시	1	성주수원지		
	통영시	2	옥지댐	우동제	
	하동군	1	청룡저수지		
	함안군	1	중산골소류지		
	함양군	1	대남저수지		
경상북도	(5개 시군)	7			
	경주시	1	덕동댐		
	문경시	1	동로수원지		
	영덕군	1	회동(회리)상수원지		
	영천시	2	왕산지, 자천지		
	포항시	2	눌태지, 진전지		
전라남도	(15개 시군)	65			

시·도	시·군	개소	댐·저수지명		비고
			운영	예비(보조)	
	강진군	1	흙골제		
	고흥군	7	강동제, 신호제, 영남제, 예내제, 오천제, 호형제, 호천제		
	곡성군	2	염곡제(곡성댐), 학정제(석곡댐)		
	구례군	1	산동저수지		
	담양군	1	신계제		
	보성군	1	동울제		
	순천시	1	와룡수원지		
	신안군	16	대리제, 부동제, 수곡제, 어은제, 오동제, 유천제, 죽연제, 천촌제, 하태제, 한산제	만년제, 임리제, 시서2제, 염산제, 진리1제, 진리2제	
	여수시	2	개도저수지, 두모저수지		
	영광군	6	구수제(구수2제), 대신제, 복룡제, 연암제, 죽림제	구수1제	
	영암군	4	금생제, 대곡제, 장산제, 학용(용산)제		
	완도군	11	국화제(청산댐), 녘도제, 대야제, 미라제, 보길(부황)제, 용출(생일)제, 육산제, 척치제(금일댐), 해동제	용계제, 죽청제	
	진도군	8	관매제, 구계제(청용댐), 남동제, 돌목제, 동거차제, 서거차제, 육동제, 회동제		
	함평군	1	대동댐		
	해남군	3	송종제	백도제, 기성제	
전라북도	(2개 시군)	2			
	부안군	1	위도호소수		
	진안군	1	칠은저수지(대불취수원)		
제주도	(1개 시군)	2			
	제주시	2	어승생 제1,2수원지		

표 3.9 시·도별 생공용수공급 댐·저수지(지자체 관할) 현황

구 분	댐·저수지 수 (개)	총저수용량 (천 m ³)	일평균 공급량 (천 m ³ /일)	비고
전 국	112	254,712	871.9	
서울특별시	-	-	-	
부산광역시	2	20,014	117.2	
대구광역시	2	14,569	45.6	
인천광역시	1	240	0.1	
광주광역시	3	101,934	302.1	
대전광역시	-	-	-	
울산광역시	1	21,500	193.2	
세종특별자치시	-	-	-	
경기도	4	5,754	15.6	
강원도	1	1,942	2.7	
충청북도	1	900	4.5	
충청남도	-	-	-	
전라북도	2	645	1.5	
전라남도	65	42,423	79.4	
경상북도	7	38,285	73.0	
경상남도	21	5,899	36.0	
제주도	2	607	1.0	

댐·저수지 112개소 중 79개소(70.5%)는 레이더, 초음파 수위계 등 자동 계측장비를 설치·운영 중이나, 나머지 33개소(29.5%)는 수위표(목자판) 등을 이용한 수동 계측에 의존하고 있어 개선이 필요한 실정이다. 또한, 관측된 수문 정보(수위, 저수량)의 실시간 모니터링 체계(지자체→환경부) 구축을 통해 국가 수문 정보 확대 및 가뭄정보분석의 신뢰도 제고 등이 필요하다.

표 3.10 지자체 관할 생공용수 댐·저수지 수위 계측 현황

구분	합계	자동 계측			수동 계측	
		초음파식	레이더식	기타	육안 추정	수위표
저수지(수)	112	48	12	19	26	7
	100%	42.9%	10.7%	17%	23.2%	6.3%

(3) 생·공용수공급 농업용저수지의 현황(한국농어촌공사)

한국농어촌공사에 관리 중인 23개의 농업용 댐·저수지가 목적 외 사용으로 지자체 및 K-water에 생·공용수를 공급하고 있는 것으로 조사되었으며, 전년도 조사대비 2개소(경남 의령군 서암저수지, 전남 영암군 대동제)가 증가하였다.

전체 23개소 중 17개소는 항시 생·공용수를 공급 중이며, 6개소는 해당 지역 수원에 가뭄발생 시 예비용으로 사용된다.

표 3.11 시·도별 한국농어촌공사 관할의 생·공용수공급 농업용저수지 현황

구분	합계	강원	경기	충북	충남	경북	경남	전북	전남	제주	광주	대구	부산	울산	인천
저수지	23	1	-	-	2	3	5	5	7	-	-	-	-	-	-
운영중	17	1	-	-	2	2	4	5	3	-	-	-	-	-	-
예비	6	-	-	-	-	1	1	-	4	-	-	-	-	-	-

표 3.12 생·공용수 공급(목적 외 사용) 농업용저수지 현황

구분	시설명	공급지역		일평균공급량 (천m ³ /일)	비고
		시도	시군		
전 국		21개소		244.7	
운영중	오봉저수지	강 원 도	강릉시	79.0	
	상천저수지	경상남도	거창군	0.6	
	석천저수지	경상남도	의령군	0.6	
	노단이저수지	경상남도	창녕군	3.1	
	노구저수지	경상남도	남해군	0.4	'18.5월부터 공급
	흙곡저수지	경상북도	경주시	0.3	
	부석저수지	경상북도	영주시	0.7	'18.4월부터 공급
	금사저수지	전라남도	고흥군	0.7	
	용항제	전라남도	완도군	0.6	
	유탕저수지	전라남도	장성군	5.0	
	경천저수지(완주군)	전라북도	익산시	93.2	경천-대아-동상저수지 연계운영
	동상저수지(완주군)				
	대아저수지(완주군)				
	동화댐(장성군)	K-water	-	32.9	동화댐광역상수도
	신반월저수지	전라북도	진안군	0.8	
	예당저수지	충청남도	예산군	17.6	
옥계저수지	충청남도	예산군	2.0		
예비 (보조)	서암저수지	경상남도	의령군	-	우곡저수지 예비수원
	오어저수지	경상북도	포항시	1.4	진전지 예비수원
	언동제	전라남도	신안군	-	어은제 예비수원
	고서저수지	전라남도	신안군	0.2	한산제 예비수원
	대동제	전라남도	영암군	-	대곡제 예비수원('19.8월~)
	수양제(장성군)	K-water	-	3.7	평림댐광역상수도 예비수원

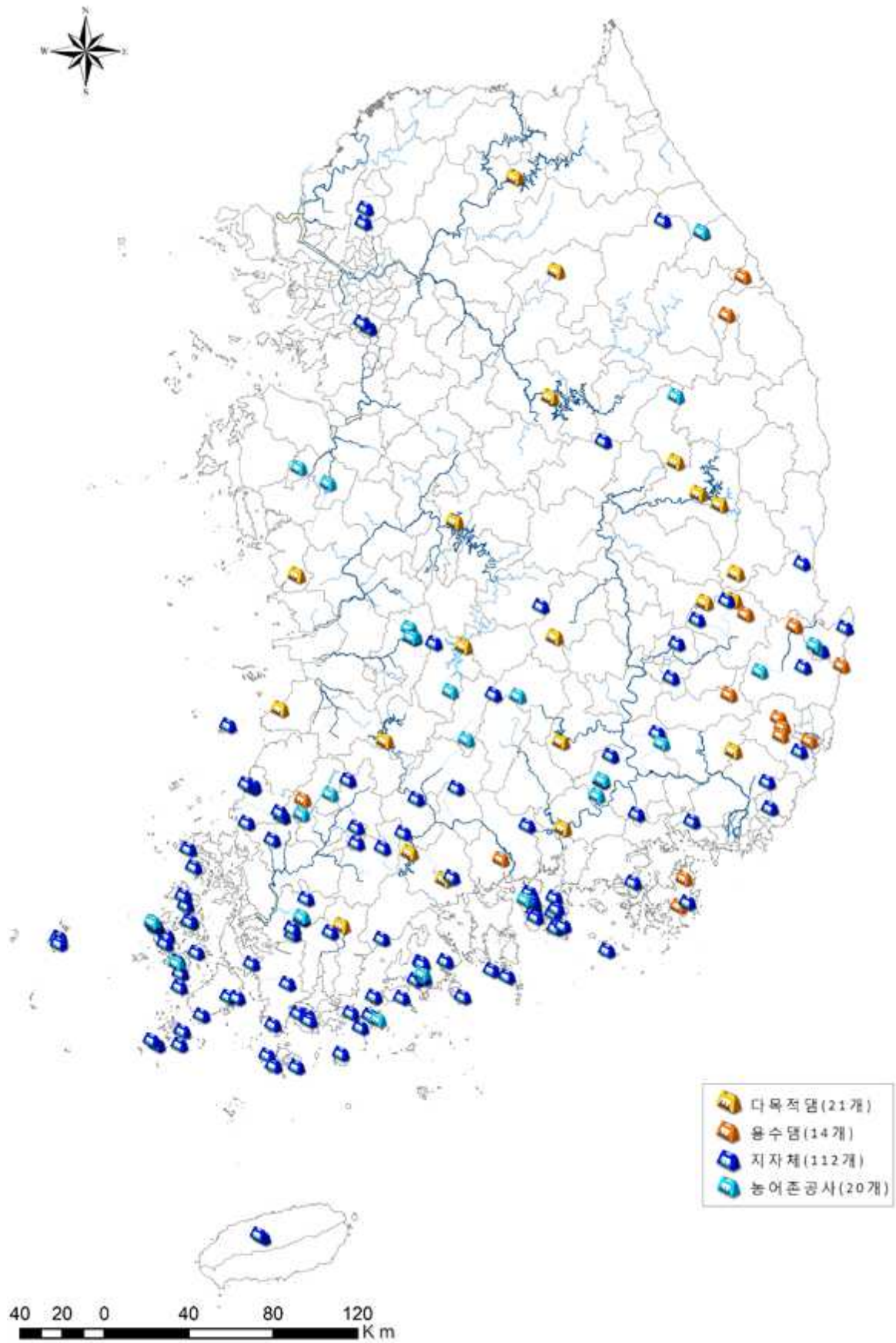


그림 3.4 생·공용수공급 댐·저수지 위치도

(4) 생·공용수공급 하천 현황

2019년말 기준, 생활 및 공업용수를 공급하는 하천은 총 156개소(중복제외)이며, 지방·광역상수도 및 산업단지(산업법)의 취수시설의 수원을 기준으로 조사하였다.

표 3.13 생·공용수공급 하천 현황

구분	합계	국가하천	지방하천	소하천	하굿둑	비고
하천(개수)	156 ¹⁾	26	123	14	3	

* 1) 하나의 하천에서 하천명은 동일하나 하천등급(국가, 지방)이 다른 경우는 한 개소로 산정

4) 수원별 용수공급 현황(취수량 기준)

수원별 생·공용수 공급량은 지방 및 광역·공업용수도의 수원별 취수량과 산업단지(산업법)의 댐용수 및 하천수 등의 직접 취수량을 기준으로 산정하였다. 산업단지(업체)의 직접 취수량은 「하천수 사용관리시스템(<https://ras.hrco.go.kr/>)」의 하천수 사용실적자료(공업용수 1,000m³/일 이상) 자료 등을 이용하였다.

2019년 기준 일평균 22,140천m³/일을 공급하였으며, 수원 종류별로는 다목적댐 16,921천m³/일(76.4%), 하천 2,801천m³/일(12.6%), 용수댐·저수지 1,945천m³/일(8.8%), 지하수 472천m³/일(2.1%) 순으로 공급하고 있는 것으로 조사되었다.

표 3.14 수원별 생·공용수 공급현황

(단위 : 천 m³/일)

구분	합계	다목적댐	용수댐·저수지				하천	지하수	기타
			소계	K-water	지자체	농촌공			
합계	22,140.1	16,920.8	1,944.9	833.6	879.6	231.7	2,800.8	472.0	1.6
	100.0%	76.4%	8.8%	3.8%	4.0%	1.0%	12.7%	2.1%	0.0%
지방상수도 (공업용수 포함)	10,573.0	6,642.7	1,111.6	32.1	879.6	199.9	2,445.1	372.0	1.6
	100.0%	62.8%	10.5%	0.3%	8.3%	1.9%	23.1%	3.5%	0.0%
광역상수도 (공업용수 포함)	11,364.3	10,221.8	833.3	801.5	-	31.8	309.2	-	-
	100.0%	89.9%	7.3%	7.1%	-	0.3%	2.7%	-	-
자체 취수량 (산업단지)	202.8	56.3	-	-	-	-	46.5	100.0	-
	100.0%	27.8%	-	-	-	-	22.9%	49.3%	-

3.3.2 생활용수 현황

1) 상수도 보급현황

2019년말 기준, 전국 162개 지자체(특·광역시 7, 특별자치시 1, 특별자치도 1, 시·군 153개)의 3,483개 읍면동(행정동 기준) 중 3,380개(97.0%)가 광역 및 지방상수도 보급지역이며, 전체인구의 97.2%인 약 51,533천명에게 상수도를 공급하고 있다. 미급수지역은 전년도 조사대비 13개소가 감소한 103개 읍면동으로 조사되었다.

표 3.15 상수도 보급현황

구 분	급수지역 현황 (읍면동 수)			수도 보급률 (천명, %)			비고
	전체	급수	미급수	총인구	급수인구	보급율	
전국	3,483 100.0%	3,380 97.0%	103 3.0%	53,003	51,533	97.2%	
서울특별시	424	424	-	10,011	10,011	100.0%	
부산광역시	206	206	-	3,494	3,494	100.0%	
대구광역시	139	139	-	2,461	2,459	99.9%	
인천광역시	154	147	7	3,029	2,999	99.0%	
광주광역시	95	95	-	1,459	1,459	100.0%	
대전광역시	79	79	-	1,430	1,429	100.0%	
울산광역시	56	56	-	1,168	1,153	98.7%	
세종특별자치시	19	19	-	346	335	96.8%	
경기도	540	540	-	13,587	13,381	98.5%	
강원도	188	178	10	1,546	1,393	90.1%	
충청북도	153	148	5	1,631	1,511	92.7%	
충청남도	207	198	9	2,177	1,922	88.3%	
전라북도	243	238	5	1,828	1,786	97.7%	
전라남도	297	280	17	1,888	1,732	91.7%	
경상북도	332	315	17	2,713	2,517	92.7%	
경상남도	308	275	33	3,537	3,254	92.0%	
제주특별자치도	43	43	-	697	697	100.0%	

* 총인구는 행정안전부 주민등록인구 통계자료를 기초로 산정함

* 급수지역 및 급수인구는 지방상수도 및 광역상수도 보급지역 기준이며, 마을상수도는 제외함

2) 생활용수 수원현황

전국 162개 지자체 읍면동별의 용수공급체계(수원-취수장-정수장-배수지)를 조사한 결과, 생활용수를 공급하는 수원(제1,2,3수원)으로 총 352개(중복제외)를 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 수원의 종류로 보면 다목적댐 18개(5.1%), 용수댐·저수지 146개소(41.6%) (K-water 12, 지자체 111, 농어촌공사 23개), 하천 140개소(39.9%), 지하수 43개소(12.3%), 기타 4개소(1.1%)로 구분된다.

표 3.16 생활용수 수원현황(1~3수원 전체)

(단위 : 수원 개수)

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천	지하수 ¹⁾	기타 ²⁾
			소계	K-water	지자체	농촌공			
2018년	349	18	144	12	111	21	140	43	4
	100.0%	5.2%	41.3%	3.4%	31.8%	6.0%	40.1%	12.3%	1.1%
2019년	351	18	146	12	111	23	140	43	4
	100.0%	5.1%	41.6%	3.4%	31.6%	6.6%	39.9%	12.3%	1.1%
증△감	2	-	2	-	-	2	-	-	-

* 1) 지하수의 개수는 지방상수도의 정수장 개수 및 지하수를 주요 수원으로 사용하는 산업단지의 개수

2) 해수담수화 3개소(여수, 영광, 제주), 계곡수 1개소(완주)

전년도 조사결과와 비교시 전체 수원은 2개소가 증가하였으며, 저수지는 영암군 영암정수장의 예비수원인 농어촌공사 대동제와 의령군 우곡정수장의 예비수원인 농어촌공사 서암저수지를 반영하였다. 또한, 지하수를 수원으로 하는 울진군 근남정수장과 울릉군 통합정수장이 반영되었으며, 나주시 다시정수장과 인제군 상남정수장이 운휴·폐쇄되어 제외하였다.

3) 읍면동별 수원현황(1수원기준) 현황

용수급수체계는 조사단위인 읍면동별로 용수공급량 비중에 따라 제1,2,3수원을 조사하였으며, 1수원 기준으로는 총 259개(제1수원 기준, 중복제외)를 사용중이며, 시도별 현황은 다음과 같다.

전국 162개 지자체의 상수도 보급지역인 3,380개 읍면동에 대해 제1수원 기준으로 다목적댐(18개)에서 2,246개(64.5%), 하천(109개소)에서 599개(17.2%), 용수댐·저수지(92개)에서 458개(13.1%), 지하수(36개)에서 73개(2.1%), 기타 4개(0.1%) 읍면동에 용수를 공급 중이다.

표 3.17 시·도별 생활용수 수원현황(1수원 기준)

(단위 : 수원 개수)

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천	지하수	기타
			소계	K-water	지자체	농촌공			
전국합계 (중복제외)	259	18	92	10	72	10	109	36	4
	100.0%	6.9%	35.5%	3.9%	27.8%	3.9%	42.1%	13.9%	1.5%
서울특별시	2	2	-	-	-	-	-	-	-
부산광역시	4	1	2	-	2	-	1	-	-
대구광역시	4	1	3	1	2	-	-	-	-
인천광역시	2	1	1	-	1	-	-	-	-
광주광역시	3	1	2	-	2	-	-	-	-
대전광역시	1	1	-	-	-	-	-	-	-
울산광역시	2	-	2	1	1	-	-	-	-
세종특별자치시	1	1	-	-	-	-	-	-	-
경기도	9	2	-	-	-	-	6	1	-
강원도	46	1	3	1	1	1	38	4	-
충청북도	17	2	1	-	1	-	6	8	-
충청남도	11	3	1	-	-	1	5	2	-
전라북도	17	2	6	-	2	4	8	-	1
전라남도	60	2	47	2	43	2	5	4	2
경상북도	56	5	11	4	6	1	36	4	-
경상남도	29	3	15	2	11	2	11	-	-
제주도	14	-	-	-	-	-	-	13	1

* 지하수의 경우에는 정수장을 기준으로 산정, 미 급수지역은 제외됨

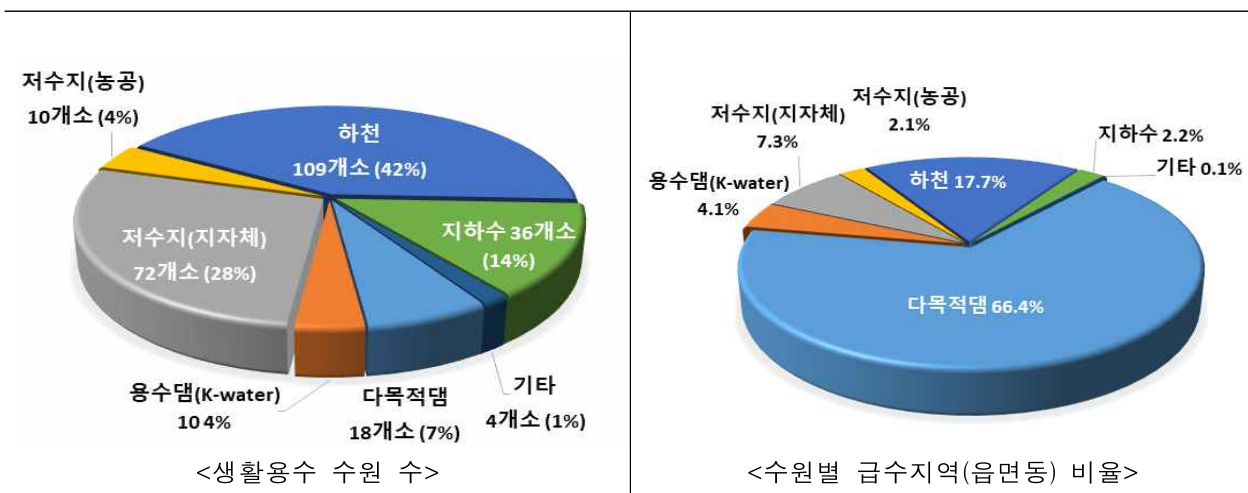


그림 3.5 전국 생활용수 수원의 수(1수원 기준), 급수지역(읍면동) 비율

표 3.18 수원별 급수지역수(1수원기준)

(단위 : 읍면동 개수)

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천	지하수	기타 ¹⁾
			소계	K-water	지자체	농촌공			
전 국	3,380	2,246	458	140	247	71	599 (130)	73	4
	100.0%	66.4%	13.6%	4.1%	7.3%	2.1%	17.7%	2.2%	0.1%
서울특별시	424	424	-	-	-	-	-	-	-
부산광역시	206	77	25	-	25	-	104(104)	-	-
대구광역시	139	87	52	38	14	-	-	-	-
인천광역시	147	146	1	-	1	-	-	-	-
광주광역시	95	35	60	-	60	-	-	-	-
대전광역시	79	79	-	-	-	-	-	-	-
울산광역시	56	-	56	21	35	-	-	-	-
세종특별자치시	19	19	-	-	-	-	-	-	-
경기도	540	499	-	-	-	-	40	1	-
강원도	178	18	28	9	1	18	128	4	-
충청북도	148	89	4	-	4	-	46	9	-
충청남도	198	177	2	-	-	2	15(2)	4	-
전라북도	238	159	44	-	2	42	34	-	1
전라남도	280	152	107	29	72	6	14	5	2
경상북도	315	88	50	35	14	1	169	8	-
경상남도	275	197	29	8	19	2	49(24)	-	-
제주도	43	-	-	-	-	-	-	42	1

* 1) 기타(개소) : 여수시 삼산면(해수담수화), 영광군 낙월면(해수담수화), 원주군 운주면(계곡수), 제주 추지면(빛물, 해수담수화)

2) 하천의 ()는 낙동강하굿둑·아산호(안성천) 공급지역임

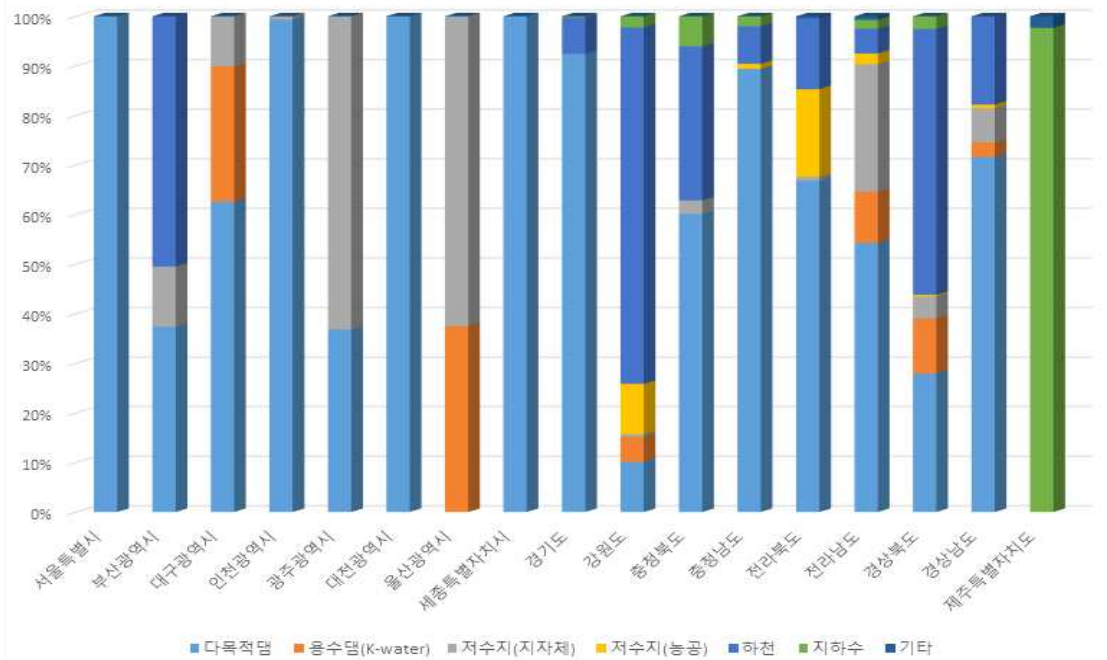


그림 3.6 시·도별 수원종류별 급수지역 비율(1수원, 읍면동 수 기준)

3.3.3 공업용수 현황

1) 산업단지 현황

2019년말 기준, 「산업입지 및 개발에 관한 법률」에 따른 전국의 산업단지는 총 1,220개이며, 국가산업단지 47개, 일반산업단지 673개, 농공단지 472개, 도시첨단산업단지 28개이다. 전년도 1,207개 대비 13개소가 증가하였다.

표 3.19 전국 산업단지 현황(상위단지 기준)

구 분	합계	국가	일반	농공	도시첨단	비고
산업단지	1,220	47	673	472	28	

* 한국산업단지관리공단 및 산업입지정보센터(국토연구원) 자료 기준

국가산업단지 및 일반산업단지 중 2개 이상의 하위 산업단지로 구성되어있는 산업단지를 고려하면, 전국의 산업단지는 총 1,275개(국가산업단지 74개, 일반산업단지 701개, 농공단지 472개, 도시첨단 28개)이다. 본 과업에서는 산업단지별 수원 및 용수 공급체계 등에 대해 총 1,275개 산업단지를 기준으로 조사하였다.

표 3.20 시도별 산업단지 현황

구 분	합계	국가산업단지	일반산업단지	농공단지	도시첨단	비고
전 국	1,275	74	701	472	28	
	100.0%	5.8%	55.0%	37.0%	2.2%	
서울특별시	3	1	2	-	-	
부산광역시	39	2	33	1	3	
대구광역시	22	1	17	2	2	
인천광역시	16	3	11	-	2	
광주광역시	14	3	9	1	1	
대전광역시	10	5	5	-	-	
울산광역시	28	2	22	4	-	
세종특별자치시	17	0	12	4	1	
경기도	194	13	172	1	8	
강원도	74	1	25	44	4	
충청북도	124	2	77	43	2	
충청남도	164	6	64	92	2	
전라북도	91	7	24	59	1	
전라남도	107	7	31	68	1	
경상북도	154	9	76	69	-	
경상남도	212	10	120	81	1	
제주도	6	2	1	3	-	

* 2018년 1,254개 대비 21개소 증가 (신규지정 24개, 지정해제 1개소, 상위단지로 변경 2개소)

「한국산업단지관리공단」의 산업단지 현황조사(2019년 4분기) 및 지자체 등의 조사 결과에서 전국 1,275개 산업단지 중 959개가 조성이 완료되어 가동 중에 있으며, 316개의 산업단지는 계획 중 또는 조성 중으로 조사되었다.

표 3.21 산업단지별 조성현황

구 분	합계	국가산업단지	일반산업단지	농공단지	도시첨단	비고
전 국	1,275	74	701	472	28	
완 료(가동)	959	57	449	440	13	
조성중(미가동)	316	17	252	32	15	

* 조성중인 산업단지 개수에는 단지조성은 완료되었으나, 가동업체가 없는 산단을 포함

2) 산업단지별 수원 현황

가동 중인 959개의 산업단지의 수원(제1수원 기준)을 살펴보면, 총 168개(중복제외)의 수원을 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 수원의 종류로 보면 다목적댐 17개(10.1%), 용수댐·저수지 36개소(21.9%) 하천 68개소(40.2%), 지하수 40개소(23.7%), 기타(해수 및 재이용수 등) 7개소(4.1%)로 구분된다.

표 3.22 공업용수 수원현황(1수원 기준)

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천1)	지하수	기타
			소계	K-water	지자체	농촌공			
공업용수 수원 (중복제외)	168	17	36	8	22	7	68(3)	40	7
	100.0%	10.1%	21.4%	4.8%	12.5%	4.2%	40.5%	23.8%	4.2%

* 1) 하천의 ()는 하굿둑입 (낙동강하굿둑, 아산호, 영산강하굿둑(영산호))

산업단지별로는 다목적댐을 수원으로 사용하는 산업단지가 537개(55.8%) 가장 많았으며, 하천 270개(28.2%), 용수댐 및 저수지 102개(10.7%) 등의 순으로 조사되었다.

표 3.23 수원별 산업단지 공급현황(1수원 기준)

(단위 : 개소)

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천1)	지하수	기타
			소계	K-water	지자체	농촌공			
합 계	959	537	102	29	54	19	270(63)	43	7
	100.0%	56.0%	10.6%	3.0%	5.6%	2.0%	28.2%	4.5%	0.7%
국가산업단지	57	36	8	4	3	1	9(8)	2	2
일반산업단지	449	271	47	14	27	6	113(42)	13	5
도 시 첨 단	13	8	1	-	1	-	4(1)	-	-
농 공 단 지	440	222	46	11	23	12	144(12)	28	-

* 1) 하천의 ()는 하굿둑(낙동강하굿둑 33개, 아산호 26개, 영산강하굿둑(영산호) 4개) 공급지역임

3) 산업단지별 용수사용량

산업단지의 용수사용량은 2019년 기준 가동 중인 959개의 산업단지에 공급된 수도 공급량(지방 및 광역·공업용수도)을 중심으로 조사하였다.

공업용수도시설을 통해 공업용수(침전수 또는 원수)를 공급받는 산업단지는 164개(지방 76개, K-water 88개)로 17.1% 수준이며, 대부분의 산업단지(745개, 77.7%)는 일반수도(광역 및 지방상수도)를 통해 용수를 공급 받고 있다. 이외의 산업단지(50개소, 5.2%)에서는 댐용수(하천취수) 및 지하수 등을 자체 취수하여 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

표 3.24 공업용수별 산업단지 현황(1수원 기준)

(단위 : 개소)

구 분	합계	공업용수도		광역·지방상수도		기타(자체취수)			
		K-water	지자체	광역	지방	댐용수	하천수	지하수	기타
전 국	959	88	76	368	377	9	7	31	3
	100.0%	9.2%	7.9%	38.4%	39.3%	0.9%	0.7%	3.2%	0.3%
국가산업단지	57	24	9	9	11	1	0	1	2
일반산업단지	449	59	60	149	159	5	7	9	1
도 시 첨 단	13	-	-	4	9	-	-	-	-
농 공 단 지	440	5	7	206	198	3	-	21	-

* 공업용수도 : 공업용수도사업자가 원수 또는 정수를 공업용에 맞게 처리하여 공급하는 시설

* 기타(자체취수) : 산업단지(입주업체)에서 공업용수를 자체 취수·처리하여 사용

산업단지의 공업용수도 공급량(침전수, 원수)은 K-water 수도연보 및 지자체 조사 자료를 기준으로 하였다. 이외 산업단지의 자체취수량은 「하천수 사용관리시스템 (<https://ras.hrfco.go.kr/>)」의 하천수 사용실적자료를 이용하였다.

2019년 기준 전국 산업단지의 용수사용량은 3,492천 m^3 /일이며, 공업용수도에서 3,202천 m^3 /일(침전수 1,547천 m^3 /일, 원수 1,655천 m^3 /일)을 공급하고 있다. 이외 다목적댐용수 56천 m^3 /일, 하천수 47천 m^3 /일, 지하수 100천 m^3 /일을 자체 취수하여 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

표 3.25 공업용수 공급현황

(단위 : 일평균, 천 m³/일)

구 분	합계	공업용수도						일반수도 (광역) ¹⁾	기타(자체 취수)		
		소계		K-water		지자체			정수	댐용수	하천수
		침전수	원수	침전수	원수	침전수	원수				
전 국	3,492.0	1,546.9	1,654.7	1,005.5	1,634.5	541.3	20.3	87.5			
	100.0%	44.3%	47.4%	28.8%	46.8%	15.5%	0.6%	2.5%	1.6%	1.3%	2.9%
국가산단	2,159.3	745.4	1,301.7	452.4	1,300.0	293.0	1.7	77.5	8.6	5.4	20.7
일반산단	1,267.2	799.3	348.0	551.1	334.5	248.2	13.5	10.1	33.9	41.1	34.8
도시첨단 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
농공단지	65.5	2.2	5.0	2.1	-	0.1	5.0	-	13.7	-	44.5

* 1) 일반수도(광역) 공급량은 광역상수도에서 산업단지내 업체에 직접 공급하는 공급량임.

2) 도시첨단사업단지는 일반수도에 의해 공급 중

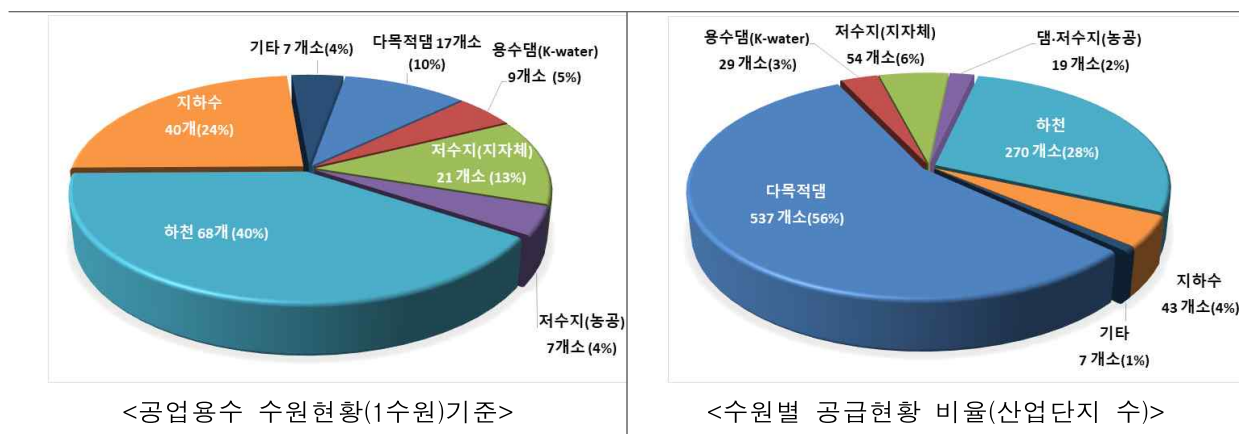


그림 3.8 공업용수 수원현황 및 수원별 공급현황



그림 3.9 산업단지별 공업용수 공급현황

3.3.4 용수공급시설 운영현황

1) 취수시설 현황

2019년 기준, 지방 및 광역·공업용수도의 취수시설은 473개소가 가동 중이며, 총 시설용량은 37,039천 m^3 /일이다. 전국적으로 일평균 21,937천 m^3 /일(연간 총공급량 8,029백만 m^3)을 취수하였으며, 지방상수도에서 10,573 m^3 /일(48.2%), 광역·공업용수도(K-water)에서 11,364 m^3 /일(51.8%)을 취수하였다.

지역단위로 서울특별시가 3,031천 m^3 /일로 가장 많았고 부산광역시 1,166천 m^3 /일, 경기도 977천 m^3 /일 순으로 조사되었다.

표 3.26 시도별 취수장 운영현황

구 분	시설 개소수 (개)	시설용량 (천 m^3 /일)	일평균 취수량 (천 m^3 /일)		비고
전 국	473	37,039.2	21,937.2	100.0%	
지 자 체 (지방·공업용수도)	433	19,259.8	10,572.9	48.2%	
서울특별시	5	6,290.0	3,030.7	13.8%	
부산광역시	4	2,913.8	1,166.2	5.3%	
대구광역시	6	1,309.0	696.5	3.2%	
인천광역시	4	704.2	533.7	2.4%	
광주광역시	3	360.0	292.3	1.3%	
대전광역시	2	1,350.0	578.5	2.6%	
울산광역시	1	270.0	187.3	0.9%	
세종특별자치시	-	-	-	-	
경 기 도	27	1,449.6	976.8	4.5%	
강 원 도	71	884.0	601.4	2.7%	
충 청 북 도	21	217.3	246.7	1.1%	
충 청 남 도	12	103.9	48.0	0.2%	
전 라 북 도	21	298.6	191.6	0.9%	
전 라 남 도	72	271.3	190.7	0.9%	
경 상 북 도	83	1,064.2	717.3	3.3%	
경 상 남 도	47	1,332.7	760.3	3.5%	
제 주 도	54	441.1	354.6	1.6%	
K - w a t e r (광역·공업용수도)	40	17,779.4	11,364.3	51.8%	

* '19년도 가동 중인 취수시설 기준(운휴 38개소 및 폐쇄 23개소는 제외함)

표 3.27 수원별 취수시설 현황

(단위 : 개수)

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천	지하수	기타	
			소계	K-water	지자체	농촌공				
전 국	가동	473	73	127	11	98	18	185	85	3
	운휴	38	1	10	-	10	-	20	7	-
지자체 (지방상수도)	가동	433	46	116	1	98	17	183	85	3
	운휴	38	1	10	-	10	-	20	7	-
K-water (광역·공업용수도)	가동	40	27	11	10	-	1	2	-	-
	운휴	-	-	-	-	-	-	-	-	-

지방 및 광역·공업상수도의 수원 종류별 취수량을 살펴보면, 다목적댐 16,865천m³/일(76.9%), 하천 2,754천m³/일(12.6%), 용수댐·저수지 1,945천m³/일(8.9%), 지하수 372천m³/일(1.7%) 순으로 공급하고 있는 것으로 조사되었다.

표 3.28 수원별 취수량 현황

(단위 : 천m³/일)

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천	지하수	기타
			소계	K-water	지자체	농촌공			
전 국	21,975.9	17,046.7	1,831.9	715.2	871.9	244.7	2,705.6	387.8	3.9
지 자 체 (지방·공업용)	10,761.1	6,857.1	1,113.4	33.4	871.9	208.1	2,398.9	387.8	3.9
K-water (광역·공업용)	11,214.8	10,189.6	718.5	681.8	-	36.7	306.7	-	-

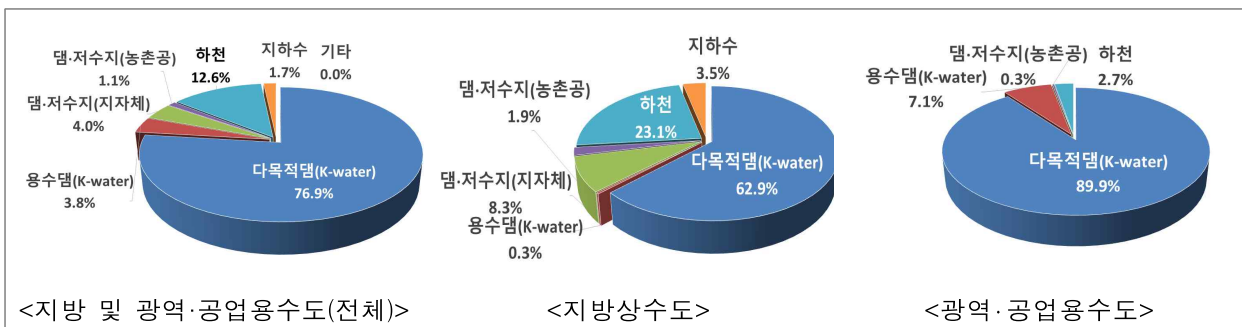


그림 3.10 수원별 취수량 비율(지방·광역상수도)

표 3.29 시·도별 수원별 생·공용수(광역·지방상수도) 취수현황

(단위 : 천³/일)

구 분	합 계	다목적 댐	용수댐·저수지				하천	지하수	기타
			소계	K-water	지자체	농촌공			
전 국	21,937.2	16,864.5	1,944.8	833.6	879.6	231.7	2,754.3	372.0	1.6
	100.0%	76.9%	8.9%	3.8%	4.0%	1.1%	12.6%	1.7%	0.0%
서울특별시	3,129.6	3,129.6	-	-	-	-	-	-	-
부산광역시	1,166.2	377.2	125.6	-	125.6	-	663.4	-	-
대구광역시	696.5	644.5	52.0	-	52.0	-	-	-	-
인천광역시	533.7	532.2	0.1	-	0.1	-	-	1.5	-
광주광역시	292.3	-	292.3	-	292.3	-	-	-	-
대전광역시	578.5	578.5	-	-	-	-	-	-	-
울산광역시	705.1	335.9	369.3	182.0	187.3	-	-	-	-
세종특별자치시	-	-	-	-	-	-	-	-	-
경기도	5,734.0	5,438.5	13.2	-	13.2	-	281.6	0.7	-
강원도	722.1	79.8	124.3	40.8	3.3	80.1	511.6	6.4	-
충청북도	1,473.7	1,335.1	3.9	-	3.9	-	128.6	6.0	-
충청남도	621.4	278.0	15.2	-	-	15.2	323.4	4.7	-
전라북도	919.4	697.9	123.5	-	1.5	122.0	98.0	-	-
전라남도	1,609.8	1,454.2	113.5	23.5	83.9	6.2	38.1	3.5	0.5
경상북도	1,657.2	590.0	622.8	547.8	71.2	3.8	438.4	6.1	-
경상남도	1,743.0	1,393.1	75.9	39.5	32.1	4.3	271.3	2.6	-
제주도	354.6	-	13.1	-	13.1	-	-	340.5	1.0

* 광역·공업용수도(K-water)의 취수시설의 소재지를 기준으로 산정함

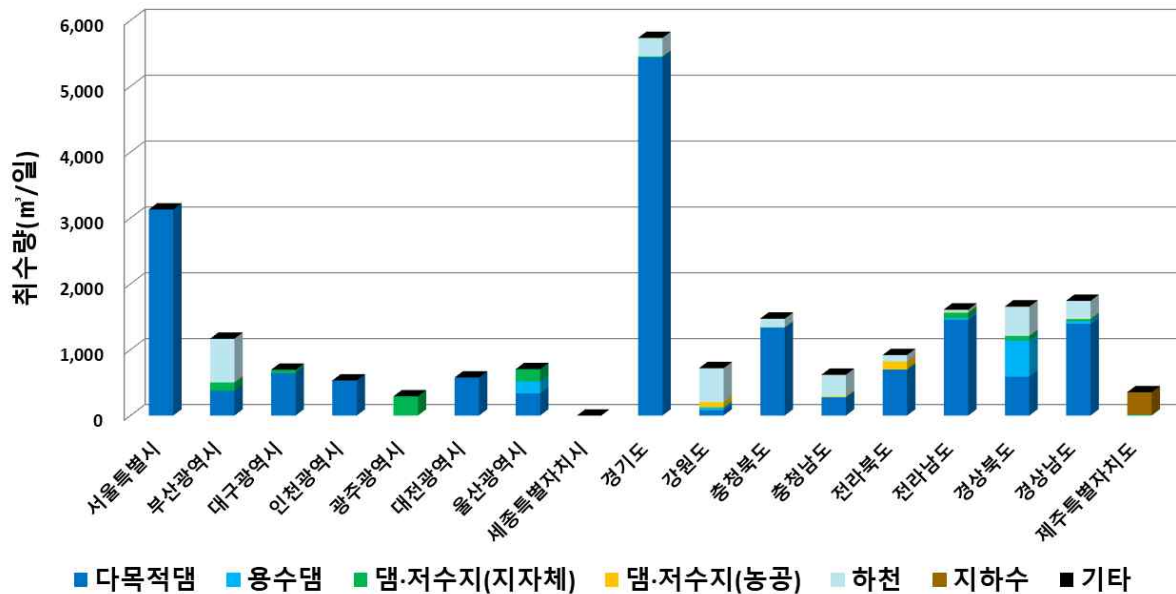
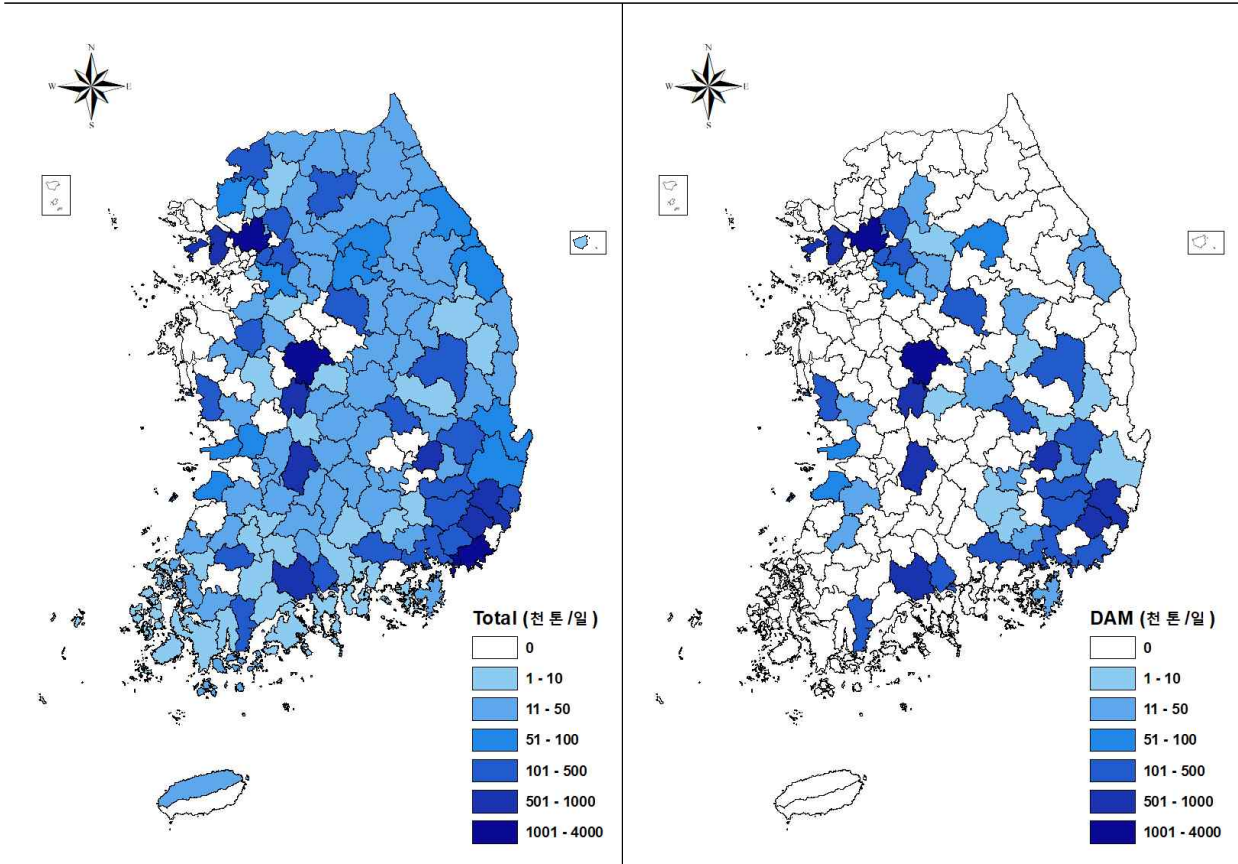
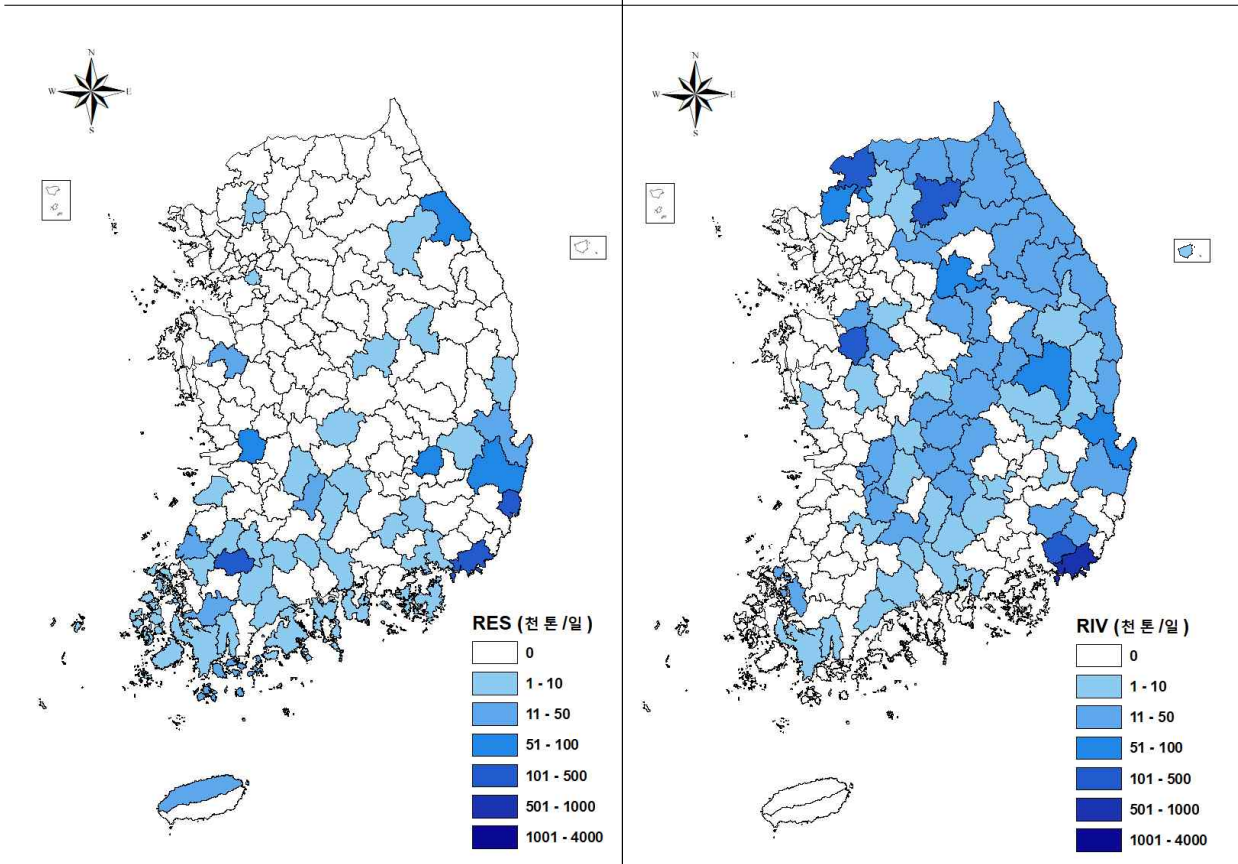


그림 3.11 시·도별 수원별 생·공용수(광역·지방상수도) 공급현황



<전체 취수량>

<다목적댐 및 용수댐(K-water)>



<생공용수공급 댐·저수지(지자체,농공)>

<하천 취수>

그림 3.12 수원별 생·공용수 취수현황 (광역·지방상수도)

2) 정수시설 현황

지방 및 광역·공업용수도의 가동중인 정수시설은 477개소로 총 시설용량은 30,491천 m^3 /일이며, 2019년 일평균 19,628천 m^3 /일을 공급하였다. 지방상수도에서 13,396천 m^3 /일(68.3%), 광역·공업용수도에서 6,231천 m^3 /일(31.7%)을 생산하여 공급하였다.

표 3.30 시도별 정수장 운영현황

구분	시설 개소수(개)			시설용량(천 m^3 /일)			일평균 생산량(천 m^3 /일)			비고
	합계	일반수도	공업용수도	합계	일반수도	공업용수도	합계	일반수도	공업용수도	
전국	477	461	32	30,491.3	27,462.5	3,028.8	19,628.0	17,992.7	1,635.3	100%
지자체 (지방상수도)	435	423	21	21,508.1	20,238.8	1,269.3	13,396.6	12,826.5	570.1	68.3%
서울특별시	6	6	1	4,842.0	4,800.0	42.0	3,221.0	3,204.3	16.7	16.4%
부산광역시	4	4	1	2,251.0	1,899.0	352.0	1,091.7	1,023.1	68.5	5.6%
대구광역시	6	5	1	1,540.0	1,340.0	200.0	890.7	789.9	100.8	4.5%
인천광역시	7	7	-	1,958.1	1,958.1	-	1,075.4	1,075.4	-	5.5%
광주광역시	3	3	-	760.0	760.0	-	493.2	493.2	-	2.5%
대전광역시	4	3	1	1,290.0	1,200.0	90.0	571.3	541.7	29.6	2.9%
울산광역시	3	3	-	770.0	770.0	-	358.4	358.4	-	1.8%
세종특별자치시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0%
경기도	42	39	6	2,987	2,721	266	2,186.3	2,006.9	179.4	11.1%
강원도	72	72	1	827	822	5	574.4	573.2	1.3	2.9%
충청북도	21	20	1	319	316	3	244.6	243.4	1.3	1.2%
충청남도	12	12	-	120	120	-	59.3	59.3	-	0.3%
전라북도	21	19	3	294	153	141	184.3	117.7	66.6	0.9%
전라남도	78	78	-	682	682	-	411.8	411.8	-	2.1%
경상북도	88	84	6	1,153	983	171	882.1	776.0	106.1	4.5%
경상남도	51	51	-	1,371	1,371	-	797.2	797.2	-	4.1%
제주특별자치도	17	17	-	343.5	343.5	-	354.8	354.8	-	1.8%
K-water (광역공업용수도)	42	38	11	8,983.2	7,223.7	1,759.5	6,231.4	5,166.2	1,065.2	31.7%

* 시설 개소수의 합계는 일반수도(정수)와 공업용수도(침전수)를 함께 운영하는 경우 1개의 시설로 산정

* '19년 가동중인 정수장 기준으로 운휴 37개소 및 폐쇄 31개소

정수시설의 수종별 생산량을 살펴보면, 정수(일반용수)는 17,993천m³/일, 침전수(공업용수)는 1,635천m³/일을 생산·공급하였다.

표 3.31 지역별·수종별 지방 및 광역·공업상수도 공급량 (단위 : 천m³/일)

구분	합계			지방상수도			광역 및 공업용수도			비고
	소계	정수	침전수	소계	정수	침전수	소계	정수	침전수	
전국	19,851.9	18,138.7	1,713.2	13,643.5	13,034.0	609.5	6,208.3	5,104.7	1,103.7	100%
	100.0%	91.4%	8.6%	68.7%	65.6%	3.1%	31.3%	25.7%	5.6%	
서울특별시	3,218.8	3,204.3	14.4	3,218.8	3,204.3	14.4	-	-	-	16.2%
부산광역시	1,082.6	1,014.1	68.5	1,082.6	1,014.1	68.5	-	-	-	5.5%
대구광역시	909.4	792.0	117.4	897.3	792.0	105.4	12.0	-	12.0	4.6%
인천광역시	1,056.9	1,056.9	-	1,053.8	1,053.8	-	3.1	3.1	-	5.3%
광주광역시	501.2	501.2	-	501.2	501.2	-	-	-	-	2.5%
대전광역시	578.3	544.9	33.4	578.3	544.9	33.4	-	-	-	2.9%
울산광역시	606.2	357.5	248.7	357.5	357.5	-	248.7	-	248.7	3.1%
세종특별자치시	91.1	83.9	7.2	56.6	56.6	-	34.6	27.3	7.2	0.5%
경기도	4,801.3	4,375.8	422.4	2,234.6	2,053.6	181.1	2,563.6	2,322.3	241.3	24.2%
강원도	670.0	668.7	1.3	558.0	556.8	1.3	111.9	111.9	-	3.4%
충청북도	720.3	593.6	126.7	250.3	245.2	5.1	470.0	348.4	121.6	3.6%
충청남도	1,080.3	792.2	288.1	76.7	76.7	-	1,003.7	715.6	288.1	5.4%
전라북도	917.5	738.3	179.2	191.8	124.0	67.8	725.7	614.3	111.4	4.6%
전라남도	680.1	664.8	15.3	409.3	409.3	-	270.9	255.5	15.3	3.4%
경상북도	1,335.2	1,146.1	189.1	956.6	824.0	132.6	378.6	322.1	56.5	6.7%
경상남도	1,245.9	1,244.5	1.3	860.3	860.3	-	385.5	384.2	1.3	6.3%
제주도	359.8	359.8	-	359.8	359.8	-	-	-	-	1.8%

* 광역 및 공업수도는 지역별 공급량을 기준으로 산정

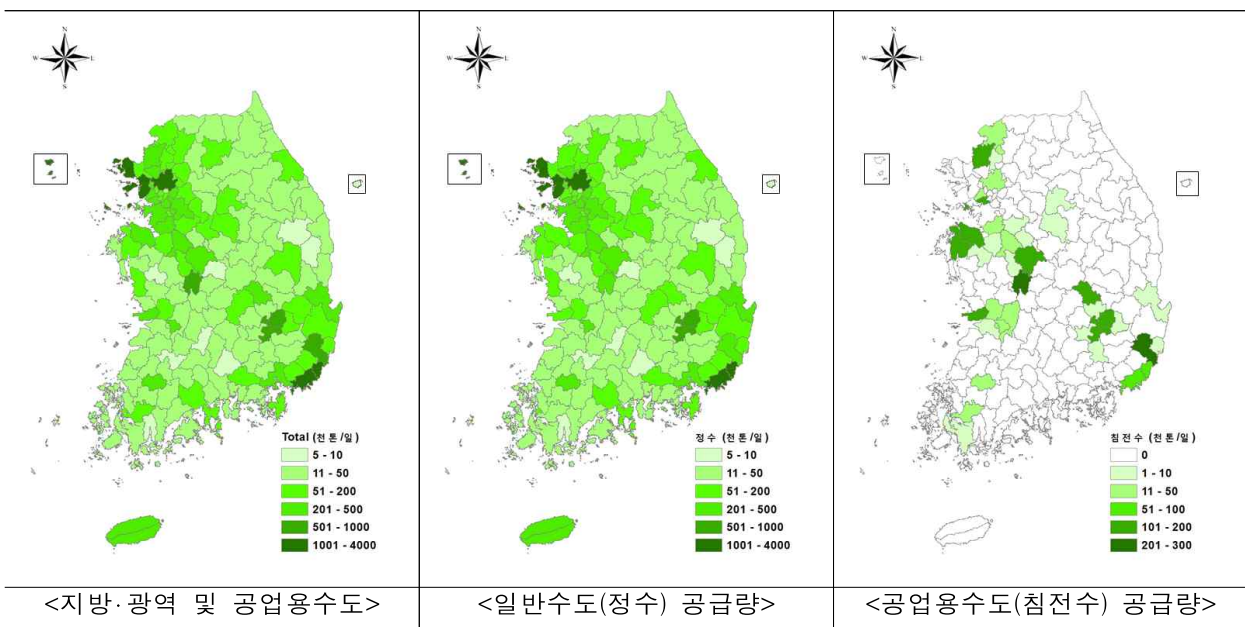


그림 3.13 지방·광역상수도 및 공업용수도 공급현황

3) 배수지 현황

급수구역 조사단위인 읍면동별 급수체계(수원 - 취수장 - 정수장 - 배수지)의 배수지를 중심으로 조사하였으며, 총 2,222개소, 총 시설용량은 11,850.5천m³이다. 전년도 2,098개소(11,755.0천m³) 대비 124개소가 추가적으로 조사 되었다.

표 3.32 시도별 배수지 관리현황

구 분	합 계		시설용량 5천 m ³ 이상		시설용량 5천 m ³ 이하		비 고
	개소 (수)	총시설용량 (천 m ³)	개소 (수)	시설용량 (천 m ³)	개소 (수)	시설용량 (천 m ³)	
전 국	2,222	11,850.5	580	9,968.0	1,642	1,882.5	
서울특별시	100	2,427.7	47	2,336.5	53	91.2	
부산광역시	66	484.9	31	405.6	35	79.3	
대구광역시	49	475.2	32	441.3	17	33.9	
인천광역시	30	616.7	21	594.0	9	22.7	
광주광역시	16	258.6	12	248.0	4	10.6	
대전광역시	29	51.5	2	14.3	27	37.2	
울산광역시	25	241.1	18	215.8	7	25.3	
세종특별자치시	15	82.2	5	64.6	10	17.6	
경기도	275	3,233.1	182	3,038.8	93	194.3	
강원도	193	448.1	26	261.8	167	186.3	
충청북도	146	424.5	27	298.1	119	126.4	
충청남도	143	553.0	33	382.9	110	170.1	
전라북도	135	492.3	30	394.2	105	98.1	
전라남도	320	520.9	23	293.5	297	227.4	
경상북도	332	659.5	34	396.0	298	263.5	
경상남도	306	728.9	43	495.5	263	233.3	
제주도	42	152.2	14	87.2	28	65.0	

* 생활·공업용수 급수체계(1~3수원)를 중심으로 조사되어, 지자체에서 관리중인 전체 배수지 현황과는 차이가 있음

* 19년 가동중인 배수시설 기준(운휴 82개소 및 폐쇄 14개소는 제외함)

3.3.5 소규모수도시설 현황

1) 일반현황

광역 및 지방상수도 이외의 시설인 소규모수도시설¹⁾은 2019년말 현재 총 14,298개소로 마을상수도는 4,959개소, 소규모급수시설은 8,754개소, 전용상수도는 585개소로 조사되었다. 급수인구는 총 1,712천명이며 일평균 사용량은 730.7천m³/일이다.

표 3.33 전국 소규모수도시설(마을상수도, 소규모급수시설, 전용상수도)

구 분	합 계			마을상수도			소규모급수시설			전용상수도		
	개소	인구 (천명)	사용량 (천m ³ /일)	개소	인구 (천명)	사용량 (천m ³ /일)	개소	인구 (천명)	사용량 (천m ³ /일)	개소	인구 (천명)	사용량 (천m ³ /일)
전 국	14,298	1,712	730.7	4,959	592	275.2	8,754	443	196.5	585	676	259.0
서울특별시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
부산광역시	27	5	2.4	19	4	2.2	8	1	0.2	-	-	-
대구광역시	34	3	1.2	14	2	0.8	20	1	0.4	-	-	-
인천광역시	258	35	18.1	140	25	12.5	118	9	5.5	-	-	-
광주광역시	15	1	0.5	13	1	0.5	-	-	-	2	-	-
대전광역시	31	1	0.8	1	-	-	30	1	0.8	-	-	-
울산광역시	232	26	8.0	142	16	4.7	90	10	3.3	-	-	-
세종특별자치시	119	20	15.1	59	8	7.8	51	3	4.1	9	9	3.3
경 기 도	881	215	109.5	471	53	18.9	247	12	3.3	163	151	87.2
강 원 도	1,364	183	94.0	299	39	17.1	982	42	27.5	83	102	49.4
충 청 북 도	1,575	104	66.2	318	39	12.7	1,218	59	22.5	39	6	30.9
충 청 남 도	1,724	236	64.0	825	107	34.7	825	48	20.6	74	80	8.7
전 라 북 도	772	56	26.0	234	21	7.3	519	26	10.7	19	9	8.1
전 라 남 도	1,817	147	46.8	693	77	23.2	1,121	56	19.4	3	14	4.3
경 상 북 도	2,670	305	101.5	688	84	26.6	1,943	96	50.6	39	125	24.4
경 상 남 도	2,543	201	62.2	953	115	31.3	1,582	80	27.7	8	6	3.2
제 주 도	236	174	114.4	90	-	74.9	-	-	-	146	174	39.5

1) 1. 마을상수도 : 지방자치단체가 100명 이상 2,500명 이내의 급수인구에게 정수를 공급하는 일반수도로서 1일 공급량이 20m³이상 500m³미만인 수도 또는 이와 비슷한 규모의 수도로서 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수(광역시의 군수는 제외한다)가 지정하는 수도를 말함

2. 소규모급수시설 : 주민이 공동으로 설치·관리하는 급수인구 100명 미만 또는 1일 공급량 20m³ 미만인 급수시설 중 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수(광역시의 군수는 제외한다)가 지정하는 급수시설을 말함

3. 전용상수도 : 100명 이상을 수용하는 가축사육·요양숙, 그 밖의 시설에서 사용되는 자기용의 수도와 수도사업에 제공되는 수도 외의 수도로서 100명 이상 5천명 이내의 급수인구(학교·교회 등의 유동인구를 포함한다)에 대하여 원수나 정수를 공급하는 수도를 말함 다만 다른 수도에서 공급되는 물만을 상수원으로 하는 것 중 일일 급수량과 시설의 규모가 대통령령으로 정하는 기준에 못 미치는 것은 제외함

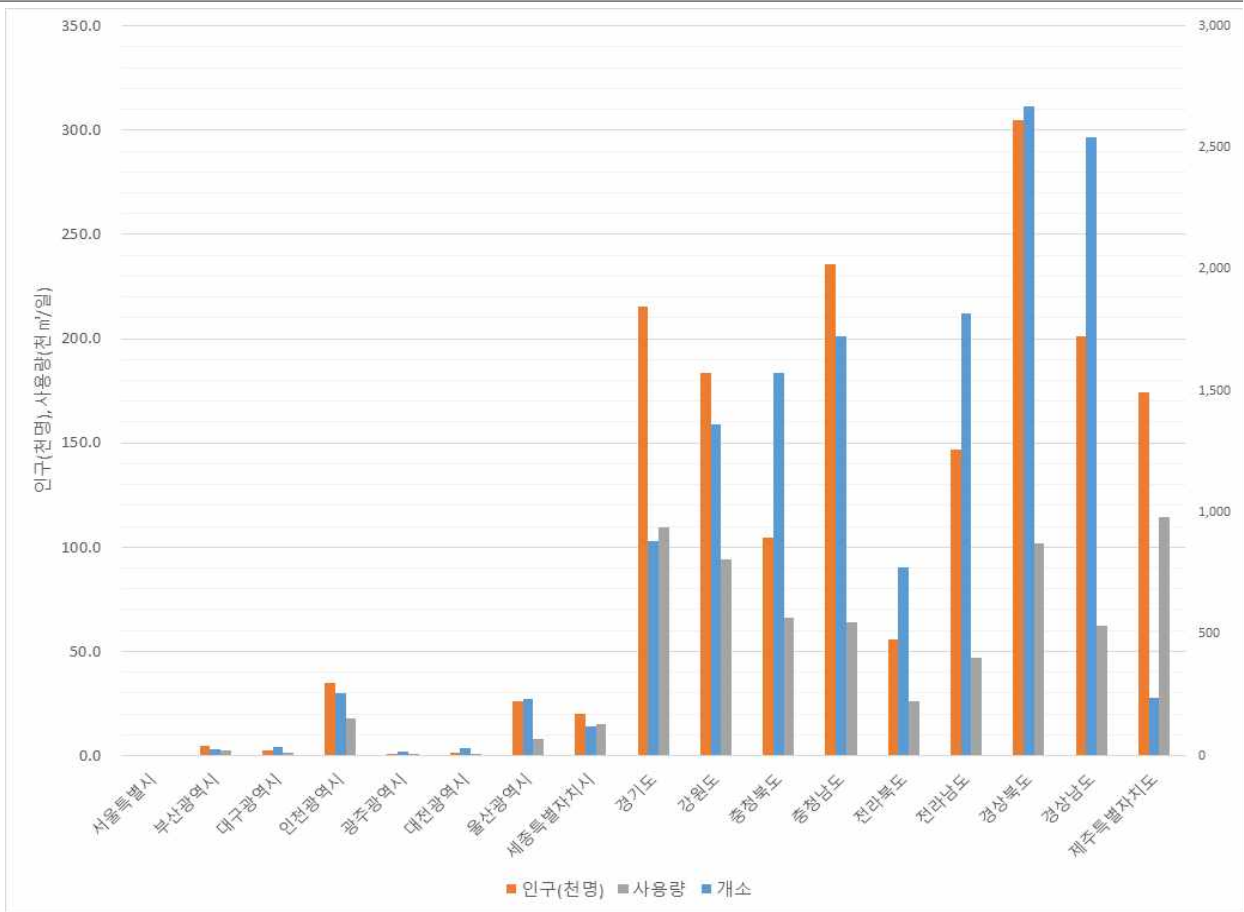


그림 3.14 전국 소규모수도시설 현황(시설수, 인구수, 사용량)

2) 소규모수도시설 수원현황

소규모수도시설의 수원으로는 지하수 11,863개소(83.0%), 계곡수 1,941개소(13.6%)를 사용 중에 있으며, 이외 용천수, 복류수, 하천수, 호소수, 해수 등을 이용하고 있다.

표 3.34 전국 소규모수도시설의 수원현황

구분	합계	지하수	계곡수 (지표수)	용천수	복류수	하천수	호소수	해수	비고	비고
합계	14,298	11,863	1,941	246	159	55	19	15		
	100.0%	83.0%	13.6%	1.7%	1.1%	0.4%	0.1%	0.1%		
마을상수도	4,959	4,329	503	48	47	15	12	5		
소규모급수시설	8,754	6,989	1,434	198	97	25	1	10		
전용상수도	585	545	4	-	15	15	6	-		

3.3.6 비상급수(제한 및 운반급수) 현황

1) 2019년 비상급수 현황

환경부(국가가뭍정보분석센터)에서는 미급수지역 등 가뭍 취약지역의 비상급수 발생현황에 대한 상시모니터링을 위해 '19.1월 국가가뭍정보포털(<http://drought.go.kr>) 내 「비상급수현황 조사시스템」을 구축하여 '19년 시범운영을 거쳐 '20년부터 본격 운영 중이다.

본 조사에서는 '19년 연중 상시조사된 비상급수 발생 현황에 대하여 보완·수정(누락사항 조사 등)하였다.

2019년에 가뭍(물부족)으로 인하여 19개 시·군에서 비상급수(제한 및 운반급수)가 발생하여 11,703명이 피해를 겪었다.

상수도 보급지역을 살펴보면, 2개 시·군(전남 진도군, 여수시)에서 제한 및 운반급수가 발생하여 882명이 피해를 겪었다. 진도군 관사정수장은 수원인 지하수의 수위 저하로 상시('09.5월~현재) 시간제(2시간급수/일) 제한급수 중이며, 여수시 개도정수장은 수원인 개도저수지의 수위 저하로 약 4개월간('19.1.16~5.2) 시간제(14시간급수/일) 제한급수 및 병물지원(14회 33톤)을 시행했다.

미급수지역(소규모수도시설)은 대부분 도서·산간지역에 위치하고 있으며, 강원(7개 시·군), 전남(4개 시·군) 지역을 중심으로 19개 시·군에서 제한 및 운반급수가 발생하여 10,821명이 피해를 겪었다.

표 3.35 2019년 비상급수 발생현황

(단위 : 시·군 : 개, 피해인구 : 명)

구 분	합 계		제한급수		운반급수		제한+ 운반급수
	시·군	피해인구	시·군	피해인구	시·군	피해인구	
합 계	19	11,703	1	76	19	8,226	2
상수도보급지역	2	882	1	76	-	-	1
미 급 수 지 역	19	10,821	-	-	19	8,226	2

* 합계의 시군(수)는 중복된 시군을 제외한 수치임

표 3.36 2019년 지역별(시·도) 비상급수 현황 (단위 : 시군/발생 : 개, 피해인구 : 명)

구 분	합 계			제한급수			운반급수			비고
	시군 (수)	발생 (건수)	피해 인구	시군 (수)	발생 (건수)	피해 인구	시군 (수)	발생 (건수)	피해 인구	
전 국	22	118	111,473	6	24	104,187	18	94	7,286	
서울특별시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
부산광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
대구광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
인천광역시	1	4	2,734	-	-	-	1	4	2,734	
광주광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
대전광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
울산광역시	1	1	34	-	-	-	1	1	34	
세종특별자치시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
경 기 도	3	10	720	-	-	-	3	10	720	
강 원 도	10	59	85,510	2	9	82,459	8	50	3,051	
충 청 북 도	1	3	242	-	-	-	1	3	242	
충 청 남 도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
전 라 북 도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
전 라 남 도	3	30	21,285	3	9	20,974	1	21	311	
경 상 북 도	2	4	73	-	-	-	2	4	73	
경 상 남 도	1	7	875	1	6	754	1	1	121	
제 주 도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* 합계의 시군(수)는 중복된 시군을 제외한 수치임

표 3.37 2019년 지역별(시·군) 비상급수 현황 (단위 : 시군/발생 : 개, 피해인구 : 명)

구 분	합 계			제한급수			운반급수			제한+운반급수		
	시군 (수)	발생 (건수)	피해 인구	시군 (수)	발생 (건수)	피해 인구	시군 (수)	발생 (건수)	피해 인구	시군 (수)	발생 (건수)	피해 인구
합 계	19	131	11,703	2	2	185	19	122	8,226	2	7	3,292
인천광역시	1	9	2,675	1	1	109	1	3	230	1	5	2,336
경기도	2	25	1,832	-	-	-	2	25	1,832	-	-	-
가 평 군	1	17	1,426	-	-	-	1	17	1,426	-	-	-
광 주 시	1	8	406	-	-	-	1	8	406	-	-	-
강원도	7	40	3,007	-	-	-	7	40	3,007	-	-	-
원 주 시	1	5	167	-	-	-	1	5	167	-	-	-
인 제 군	1	5	502	-	-	-	1	5	502	-	-	-
춘 천 시	1	9	523	-	-	-	1	9	523	-	-	-
태 백 시	1	3	12	-	-	-	1	3	12	-	-	-
평 창 군	1	3	292	-	-	-	1	3	292	-	-	-
화 천 군	1	10	1,048	-	-	-	1	10	1,048	-	-	-
횡 성 군	1	5	463	-	-	-	1	5	463	-	-	-
충청북도	1	14	999	-	-	-	1	14	999	-	-	-
충 주 시	1	14	999	-	-	-	1	14	999	-	-	-
충청남도	1	5	-	-	-	-	1	5	0	-	-	-
천 안 시	1	5	-	-	-	-	1	5	0	-	-	-
전라북도	2	10	1,206	-	-	-	2	10	1,206	-	-	-
군 산 시	1	1	331	-	-	-	1	1	331	-	-	-
완 주 군	1	9	875	-	-	-	1	9	875	-	-	-
전라남도	4	27	1,960	1	1	76	4	24	928	1	2	956
보 성 군	1	1	198	-	-	-	1	1	198	-	-	-
여 수 시	1	3	1,226	-	-	-	1	1	270	1	2	956
진 도 군	1	22	387	1	1	76	1	21	311	-	-	-
화 순 군	1	1	149	-	-	-	1	1	149	-	-	-
경상남도	1	1	24	-	-	-	1	1	24	-	-	-
밀 양 시	1	1	24	-	-	-	1	1	24	-	-	-



그림 3.15 2019년 비상급수 발생지역 현황

2) 최근 10년간 피해 현황

최근 연도별 강수량의 변화폭 및 지역별 편차가 심해지는 추세로 수도시설이 갖추어진 상수도보급지역에서도 제한급수 등의 피해가 지속적으로 발생하고 있다.

더욱이, 미급수지역(소규모수도시설)은 도서·산간지역으로 지형적·지리적 여건에 따라 지하수 및 계곡수 등의 소규모 수원에 의존하고 있어 안정적 수량 확보가 어려운 상황이다. 이에 따라, 단기간의 가뭄발생에도 수원고갈로 인한 피해(운반급수 등)가 증가하고 있는 추세이다.

표 3.38 최근 10년간('09~'18) 비상급수 발행현황

(피해인구 : 명)

구분	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19
합계	9,890	10,974	8,812	22,250	30,690	110,181	21,887	44,426	122,037	11,703
상수도 보급지역	9,076	8,117	4,817	19,825	23,276	93,631	11,244	18,190	107,410	882
미급수 지역	814	2,857	3,995	2,425	7,414	16,550	10,643	26,236	14,627	10,821

* 자료 : 가뭄 피해발생지역 조사(환경부, 2019), 비상급수현황 조사시스템(www.drought.go.kr, 2019)

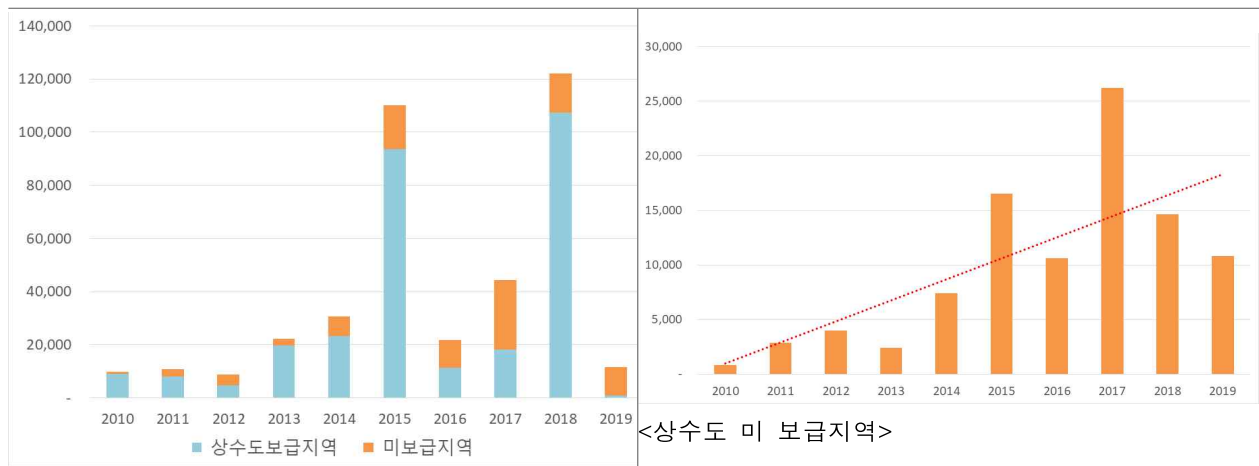


그림 3.16 최근 10년간('10~'19) 비상급수 피해추이(피해인구)

3.4 성과 및 평가

가뭄 기초조사는 전국의 생활 및 공업용수의 용수급수체계 및 용수수급현황 등을 조사·정보화하여 국민 체감형 국가 가뭄 예·경보 시행과 신속한 가뭄대응 의사결정 지원 등을 위해 '16년부터 시행하고 있다. 그동안의 조사를 통해 전국의 생·공업용수의 수원(水源) 및 급수체계(수원-취수-정수-급수) 현황을 구축하였으며, 가뭄정보 포털을 통해 조사성과를 제공하고 있다.

2020년 가뭄 기초조사 주요성과('19년말 기준)를 살펴보면, 전국 162개 지자체 및 959개의 산업단지에서 다목적댐 18개, 용수댐·저수지 148개(K-water 13, 지자체 112, 농촌공 23), 하천 156개, 지하수 74개 등 총 407개의 수원을 이용하여 일평균 22,140.1천 m^3 /일을 취수하여 생공용수로 사용하고 있다. 수원별 공급량은 다목적댐 16,920.8천 m^3 /일(76.4%), 하천 2,800.8천 m^3 /일(12.4%), 용수댐·저수지 1,944.9천 m^3 /일(8.8%), 지하수 472천 m^3 /일(2.1%) 등으로 조사되었다.

이번 조사에서는 체계적·일관적 조사 및 성과검토·활용을 위해 상세 조사기준·조사방법, 성과검토방법·절차 등을 수록한 「가뭄 기초조사 업무매뉴얼」을 작성하였으며, 수자원법 제7조 및 같은법 시행령 제4조에 따른 「가뭄 상황조사 지침」 제정('21년 상반기 중 예정)을 추진하였다. 또한 기초조사 활용성 제고를 위해 전국에서 생·공용수로 사용되는 수원(하천, 댐 및 저수지 등)의 일반현황(제원) 및 용수공급체계, 용수공급현황 등을 수록한 「수원(水源)현황 조사 보고서」를 작성하였다.

현장조사의 일환으로 지자체 하천수 취수시설 시범조사(경기·충청 11개 시군, 16개 시설) 시행하고, 제약사항 조사·분석 및 실시간 모니터링 체계 구축 등 지자체 하천수 취수시설 조사 및 모니터링 추진계획을 수립하였으며, 가뭄이 사회·경제·환경적으로 미치는 영향을 모니터링·평가하고, 직·간접 피해현황을 조사·정량화하는 가뭄 영향평가·피해조사 시행방안을 전문가 자문(서면자문, 자문회의 3회)의견을 반영하여 마련하였다.

가뭄 기초조사의 성과는 가뭄 현황·전망 분석 외에도 가뭄 취약지도 구축, 실적자료 기반의 물수급 분석체계 구축 등의 주요 기초자료로 활용되고 있다. 또한, 「국가물관리기본계획」 및 「전국 수도종합계획」의 가뭄 분야의 기초자료 활용되고 있으며, 특히 지자체 관할 수원현황의 조사성과는 「다목적 방재계측장비 설치 지원사업(행안부, '19.5~)」의 기반이 되었다.

가뭄 기초조사 성과의 활용성 제고를 위해서는 조사품질 향상과 더불어 조사범위 확대가 필요한 실정이다. 조사품질 향상 측면에서는 전국 지자체 하천수 취수시설(복류수 중심)의 취수여건(계측현황, 취약제약사항 등) 조사를 '22년부터 추진할 계획

으로, '21년에는 전수조사 계획수립 및 예산반영을 추진할 예정이다. 또한, 가뭄으로 인한 피해현황 및 발생원인 분석 등 피해현황 조사를 위한 조사매뉴얼(항목·주기·조사방법 등)을 마련하고, 예산반영을 추진하여 '22년부터 피해조사를 추진할 예정이다. 하천수 허가·사용실적자료 기반의 농업용수 사용량 등을 조사하는 등 조사범위 확대를 위해서도 노력할 계획이다. 마지막으로 유역조사 및 상수도통계와 기초조사간 조사항목, 성과활용 등에 대한 검토 및 개선방안을 수립하여 내실있고 효율적인 조사를 추진할 계획이다.

제4장 수문 및 가뭄 정보



제4장 수문 및 가뭄 정보

4.1 수문 현황

우리나라 전역의 면적강수량을 산정하기 위해 환경부, 기상청, K-water가 관리하고 있는 TM 강우관측소의 자료를 사용하였다. 면적강수량 산정을 위한 자료로 환경부 424개 지점, 기상청 ASOS(Automated Surface Observing System) 95개, AWS (Automated Weather Station) 590개 지점, K-water 181개 지점, 총 1,290개 지점에서 관측된 일 강수량 자료를 이용하였다.

유역별 면적강수량은 티센법(Thiessen method)을 이용하여 지점에 대한 유역별 티센 계수를 산정한 후 월별로 강수량을 산정하고, 그 평균값을 계산하였다. 이러한 방법으로 2020년 1~12월의 전국 면적강수량을 계산한 결과 2~4월, 10~12월을 제외하고 예년('66~'19) 이상의 강수가 발생하였으며, 우리나라 총 강수량의 2/3 가량이 집중되는 6~9월에 예년 강수량을 상회하는 강수가 발생하여 전국적으로 가뭄 상황이 거의 없는 한 해였다. 하지만 9월 이후에는 11월을 제외하고 강수량이 전국적으로 미미하여 2021년 봄철 가뭄의 국지적인 발생이 우려되는 상황이다. 전국 및 주요 유역의 강수량 현황은 표 4.1과 같다

표 4.1 2020년 전국 및 주요 유역 강수량 현황 (단위: mm, %)

월	전국			한강	낙동강	금강	섬진강	영산강	임진강	동해안	서해안	남해안
	예년 평균 ('66~'19)	'20	평균 대비 (%)									
1	25.1	80.1	319.1	71.6	81.3	73.3	90.1	71.5	74.7	123.0	53.9	106.1
2	55.0	32.8	59.6	50.2	54.0	74.0	51.4	38.3	40.9	64.1	55.9	53.2
3	51.3	26.3	51.3	18.7	24.7	23.3	42.3	40.0	14.4	37.6	23.9	48.0
4	85.3	35.6	41.7	23.0	40.6	22.3	58.2	55.0	16.9	56.9	20.8	76.4
5	92.6	105.7	114.1	132.4	71.8	81.6	100.6	116.8	175.3	102.0	101.4	161.6
6	142.4	165.6	116.3	112.2	167.4	185.4	222.7	222.7	148.3	194.3	143.1	336.9
7	287.9	352.1	122.3	225.5	416.6	450.5	496.3	392.7	174.0	426.5	308.5	433.2
8	263.4	486.5	184.7	703.7	353.1	422.4	619.8	487.0	866.0	273.9	393.3	253.6
9	142.4	222.3	156.1	190.9	216.3	187.3	202.4	204.0	170.0	443.3	219.1	257.4
10	54.8	9.2	16.8	5.0	10.1	7.0	13.8	15.4	5.0	5.7	10.8	27.1
11	44.9	43.9	97.8	56.5	36.3	46.7	41.9	26.9	59.1	25.9	49.8	29.1
12	54.8	5.3	9.7	3.4	4.0	5.2	9.5	12.1	1.8	2.5	8.1	12.8
합계	1,299.9	1,565.4	120.4	1,593.1	1,476.2	1,579.0	1,949.0	1,682.4	1,746.4	1,755.7	1,388.6	1,795.4

4.1.1 강수현황

중권역별 2020년 연강수량과 예년 대비 연강수량의 비율을 도시하면 그림 4.1과 같으며, 전국적으로 예년 수준 또는 이상의 강수량이 발생하여 충분한 수자원을 확보할 수 있는 한 해였음을 알 수 있다. 예년 이하의 강수량이 발생한 서해안과 남해안의 3개 중권역도 예년 대비 95% 이상의 강수가 발생하여 전국적으로 강수량이 충분한 한 해였다.

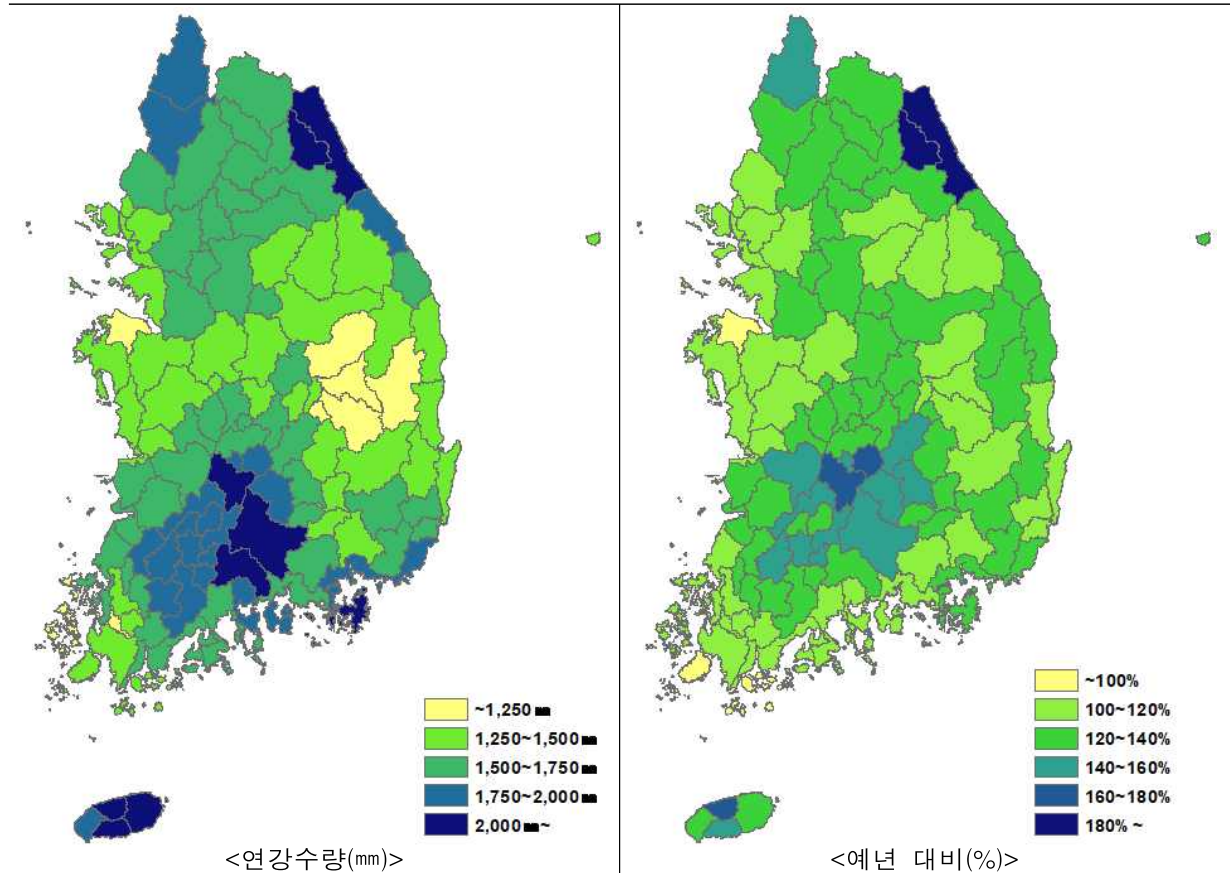


그림 4.1 2020년(1~12월) 연강수량(mm)과 예년 대비 연강수량 비율(%)

4.1.2 유출현황

하천의 유량을 계측하기 위해 환경부와 K-water 등에서 수위 관측소를 운영하고 있으나 장기간에 걸쳐 적용할 수 있는 수위-유량 관계곡선식을 보유하고 있는 지점들은 일부일 뿐만 아니라 수위-유량 관계곡선식의 신뢰도도 양호한 상황은 아니다. 이와 같이 하천에 대한 충분한, 양질의 관측 자료가 없을 경우 유역의 상황이 유사한 다른 하천 유역의 유출량 및 강수량 자료를 사용하여 유출량을 산정하고 있으나, 실제 강우량에 대한 유출 현상보다 면적에 의한 비율이 높은 영향을 미칠 수 있어 과대 또는 과소 추정될 수 있는 한계가 있다.

따라서 현재 상황에서 한강, 낙동강, 금강, 영산·섬진강 유역의 장기간의 자연유출량 자료를 수위-유량 관계 곡선에 의해 산정하는 것은 자료의 가용성 부족 및 신뢰성 측면에서 적용이 어려우므로, 일 단위 강우-유출모형인 토양수분 저류구조 Tank 모형(Sugawara et. al., 1984)을 이용하여 2020년 전국의 유출량을 산정하였다.

자연유출량은 제주도를 제외한 전국을 수자원단위지도의 113개 중권역으로 나누고, 유역의 용적설을 고려한 토양수분 저류구조 Tank 모형을 중권역별로 구축하는 방법으로 계산하였다. 금년 자연유출량의 크기를 비교하기 위하여 2016년 1월 1일부터 2020년 12월 31일까지 월별 자연유출량을 아래 그림과 표에 제시하였다.

2020년 전국 유출량은 전국의 예년 평균('66~'19) 강수량의 약 120%에 해당하는 강수량으로 인해 예년('67~'19) 대비 약 151%를 기록하였다. 2020년 1~3월에는 예년의 100~400% 수준의 유출이 발생했고, 4~6월에는 예년의 40~90% 수준의 유출로 유량이 예년에 비해 부족했지만, 연중 가장 많은 유출이 발생하는 7~9월까지의 예년의 130~240% 수준의 유출량이 발생하여 홍수 피해가 발생하는 곳도 있었다. 하지만 9월 이후 예년을 밑도는 수준의 강수 부족으로 예년 대비 55~90% 수준의 유출이 발생하면서 2021년 초에 강수 부족이 이어질 경우 유량 부족으로 하천이나 소규모 저수지에 유량이나 저수량 부족이 발생할 수 있을 것으로 판단된다.

2020년 1월부터 12월까지의 전국 및 주요 유역의 자연유출량을 아래 표에 나타내었다. 아래 표에서 전국은 113개 내륙 중권역의 유출량 합을 의미하며, 한강 등 6개 유역은 본류 유역의 유출량 합을 의미한다. 올해 전국적으로 12월말까지 발생한 자연유출량은 약 1,175억 톤으로 추정되며, 이는 '67년부터 '19년까지 같은 기간 평균 유출량 777억^{m³}의 약 151% 수준이었다. 월별 최소값은 약 10억 톤으로 12월에 발생하였고, 최대값은 약 211억 톤으로 8월에 발생하였다.

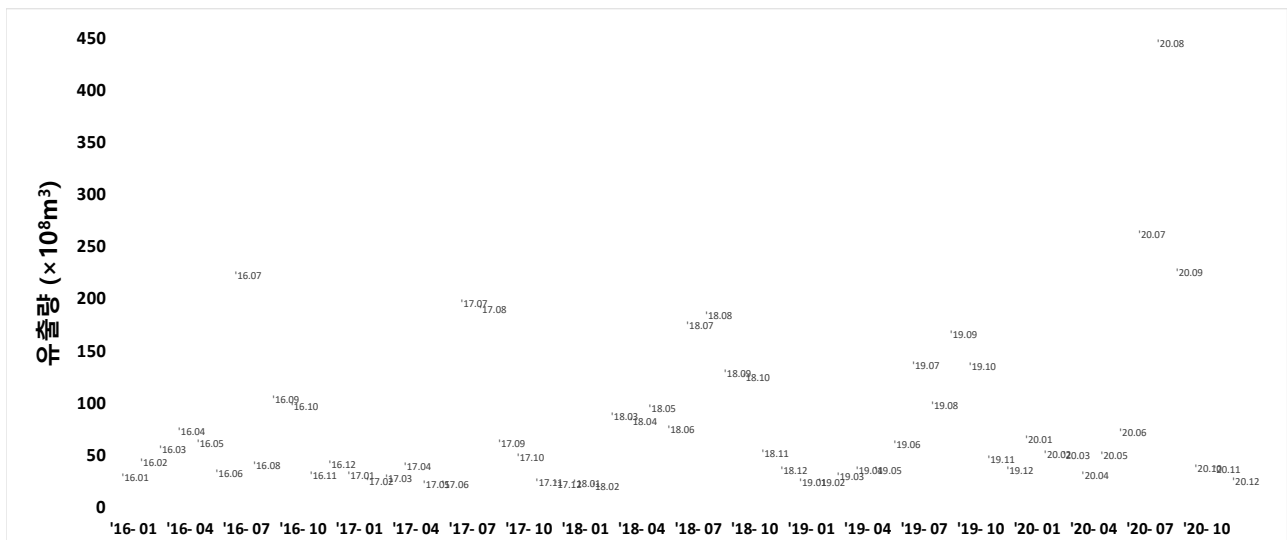


그림 4.2 전국 자연 유출량(2016년 1월 ~2020년 12월)

표 4.2 2020년 전국 및 주요 유역 유출량 현황 (단위 : ×10⁸m³)

월	전국			한강	낙동강	금강	섬진강	영산강	임진강	동해안	서해안	남해안
	평균 ('67-'19)	2020년	평균대비 (%)									
1	12.9	50.8	393.4	11.37	9.87	5.33	2.68	1.23	3.98	7.06	2.63	3.34
2	17.3	36.5	210.6	9.00	8.36	3.60	1.30	0.70	2.31	5.02	1.69	2.70
3	31.9	35.0	109.6	12.67	5.69	2.74	1.16	0.55	2.62	5.91	1.43	1.69
4	42.8	16.3	38.0	3.95	3.28	1.01	1.03	0.58	0.84	2.09	0.61	1.93
5	44.0	35.4	80.4	9.60	3.66	1.29	1.50	1.47	5.86	5.53	1.61	5.27
6	61.5	57.0	92.7	4.66	10.56	5.45	4.42	4.02	4.40	5.31	2.81	12.54
7	190.0	247.7	130.3	33.38	67.39	28.48	18.32	11.01	6.95	33.99	13.49	23.13
8	181.3	431.6	238.0	142.96	68.61	37.08	26.97	14.56	59.86	23.43	21.33	12.88
9	114.6	211.0	184.2	49.68	43.72	17.31	8.87	6.94	13.05	38.36	12.89	14.79
10	39.5	22.3	56.5	6.04	3.72	2.05	0.98	0.55	1.54	3.04	1.38	1.53
11	24.1	21.4	89.1	6.73	4.17	1.93	0.85	0.33	2.37	1.16	1.17	1.11
12	16.8	9.8	58.4	2.26	2.45	0.99	0.37	0.18	0.89	0.47	0.53	0.66
합계	776.8	1,174.9	151.2	292.3	231.5	107.3	68.4	42.1	104.7	131.4	61.6	81.6

4.1.3 댐 수문현황

2020년 1월 1일 다목적댐의 총 저수량은 예년(64.8억m³)보다 18.9억m³ 많은 83.7억 m³(예년의 129%) 이었다. 2019년 연 강수량이 예년 대비 89% 수준이었음을 감안하면 효율적인 댐 운영이 이루어졌음을 알 수 있다. 2020년 연중 예년 이상의 저수량을 보였고, 8월에는 금년 최대 저수량인 100.3억m³을 기록하였다. 하지만 홍수기 이후 강수 부족이 지속되면서 연말에는 75.8억m³으로 예년보다는 10.5억m³ 많은 저수량을 기록했지만, 전년에 비해서는 7.5억m³ 적은 양으로 2020년을 마감하였다. 예년값을 상회하는 강수와 유입으로 대부분의 다목적댐에서 가뭄 상황이 발생하지는 않았지만, 보령댐은 5~7월에 가뭄 '관심' 단계의 저수량을 보여 가뭄에 취약함을 보였다. 보령댐의 경우 여름철 강수의 영향으로 7월에 '정상회복' 수준의 저수량을 보이면서 가뭄 상황을 벗어났다.

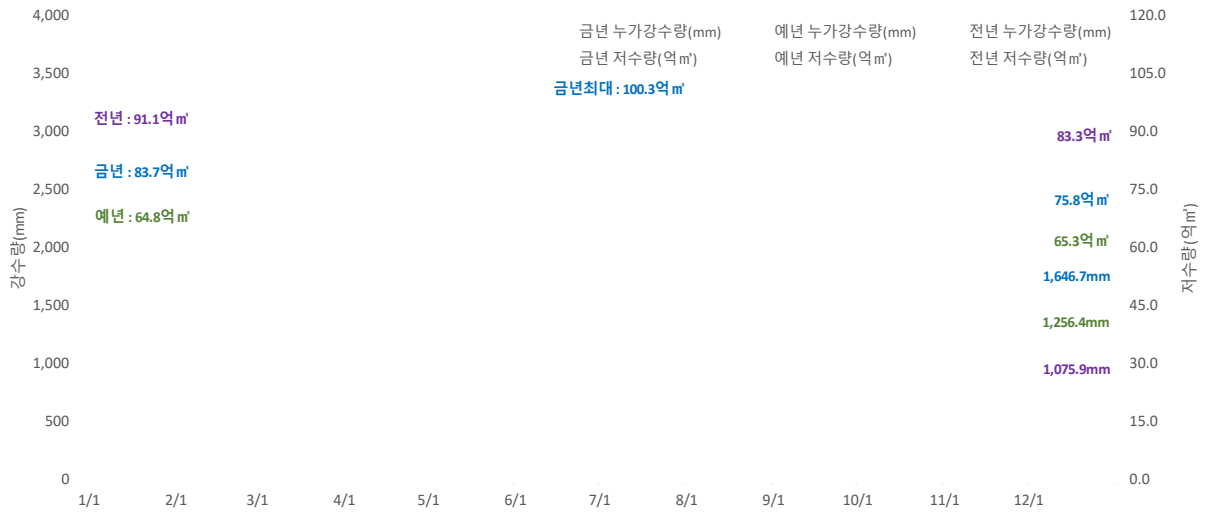


그림 4.3 2020년 다목적댐 저수량 및 강수량 변화

2020년 1월 1일 용수댐의 총 저수량은 2.9억만³으로 다목적댐과 마찬가지로 2019년의 예년 이하의 강수량에도 불구하고 예년(2.1억³)보다 약 0.8억³(예년대비 1382%) 많은 수준으로 시작하였다. 용수댐의 저수량은 올해 예년 이상의 강수량, 특히 여름철 강수로 인해 연중 예년 이상의 값을 보였고, 8월에는 금년 최대 저수량인 3.6억³을 기록하였다. 하지만 홍수기 이후 강수 부족이 지속되면서 연말에는 2.5억³으로 예년보다는 0.3억³ 많은 저수량을 기록했지만, 전년에 비해서는 0.4억³ 적은 양으로 2020년을 마감하였다. 예년값을 상회하는 강수와 유입으로 모든 용수댐에서 연중 가뭄 상황이 발생하지 않았다.



그림 4.4 2020년 용수댐 저수량 및 강수량 변화

4.2 가뭄지수 및 빈도

4.2.1 가뭄지수

가뭄지수는 전세계적으로 100여개가 넘을 정도로 그간 여러 과학자들을 통해서 다양한 방법이 제안되어 왔다. 이는 다양한 가뭄의 정의와 지역별로 다르게 나타나는 가뭄을 분석하기 위함으로 가뭄지수마다 요구되는 데이터와 표출하는 결과가 상이할 수 밖에 없다.

따라서, 가뭄분석을 위해 가뭄지수를 선택할 경우에는 지역의 특성과 분석 목적, 획득할 수 있는 데이터의 종류 및 신뢰성 등을 감안하여 선정하여야 참고할 수 있는 정보를 확보할 수 있다.

국가가뭄분석센터에서는 위와 같은 사항을 고려하여 국내 가뭄상황 파악에 참고할 수 있도록 전세계적으로 범용적으로 널리 활용되고 있는 SPI(Standard Precipitation Index), PDSI(Palmer Drought Severity Index)와 국내 수문상황과 지하수 상황을 반영할 수 있는 MSWSI(Modified Surface Water Supply Index), SGI(Standardized Groundwater Index) 그리고 농업가뭄 상황을 파악할 수 있는 SMI(Soil Moisture Index)를 정기적으로 분석하여 국가가뭄정보포털(<http://www.drought.go.kr/menu/m40/m46.do>)를 통해 제공하고 있다. 현재 제공 중인 지수의 종류와 산정주기, 제공기간은 아래 표에 나타내었다.

표 4.3 국가가뭄정보포털에 제공중인 가뭄지수 종류

가뭄지수종류	필요 데이터	산정주기	제공기간
SPI	강수량	일단위	2013.1.1. ~ 현재
PDSI	강수량, 평균기온, 토양수분량 등	일단위	2013.1.1. ~ 현재
MSWSI	강수량, 하천수위, 댐유입량, 지하수위	일단위	2013.1.1. ~ 현재
SGI	강수량, 지하수위	월단위	2006.1.31. ~ 현재
SMI	강수량, 풍속, 기온, 습도, 일조 등	일단위	2013.1.1. ~ 현재

1) SPI(표준강수지수)

SPI 지수(McKee et. al., 1993)는 기상학적 가뭄지수로 가장 일반적으로 활용되는 평가방법이다. 가뭄은 상대적으로 물의 수요에 비해 물의 부족을 유발하는 강수량의 감소에 의해 시작된다는 것에 착안하여 강수량이 부족하면 용수 공급원인 지하수량, 적설량, 저수지 저류량, 토양 함유수분 등에 각기 다른 영향을 미치는 것으로 가정하는 방법이다. 강수량은 3, 6, 9, 12개월 등과 같이 기간으로 설정하고, 고려할 기간별로 누적강수량과 추가확률을 산정하고 최종적으로 정규분포를 이용하여 SPI값을 산

정하게 된다.

강수량을 데이터로 사용하게 되므로 자료의 확보와 계산이 매우 쉽고, 다양한 기 후에 적용하여 비교할 수 있는 장점이 있지만 강수량만을 사용하기 때문에 해당지역 전체의 물수 및 물공급에 중요한 영향을 미칠 수 있는 온도 등의 요소의 고려가 어려운 단점이 있다.

국가가뭍정보분석센터에서는 지속기간 3개월(SPI 3), 6개월(SPI 6)에 대해 2013년 1 월부터 SPI값을 제공하고 있으며, 아래 표에 SPI 방법에 의한 가뭍 분류기준을 나타 내었다.

표 4.4 SPI 지수에 의한 가뭍의 분류

가뭍지수의 범위	수분상태	가뭍지수의 범위	수분상태
2.0 이상	극한습윤	1.5 ~ 2.0	심한습윤
1.0 ~ 1.5	보통습윤	-1.0 ~ 1.0	정상상태
-1.5 ~ -1.0	보통가뭍	-2.0 ~1.5	심함가뭍
-2.0이하	극한가뭍	-	-

분석에 필요한 강수데이터는 기상청에서 관리하고 있는 관측소 중 남한 내륙의 64 개 기상관측소의 일 강수량 자료를 이용하여 분석하였다. 또한, 관측소 지점별 분석 결과를 IDW(역거리가중보간)기법으로 공간보간하여 행정구역 단위로 결과값을 표출 하였다.

SPI 3는 3개월간의 누적강수량을 고려하기 때문에 비교적 짧은 기간의 누적강수량 에 대한 정상성을 반영한다고 할 수 있다. 2020년 월별 분석값을 살펴보면 한해 동 안 7월과 12월을 제외하고 정상 이상의 단계를 나타내었다. 10월 강수량이 평년대비 30%이하인 영향을 받아 12월에 가뭍이 심각해지는 경향을 보였다.

7월 보통가뭍으로 나타난 지역은 경기도 가평군, 양평군, 여주시, 광주시, 이천시 용인시, 화성시, 오산시와 강원도 춘천시, 홍천군, 횡성군, 원주시 지역이고, 12월에는 보통가뭍이 67개, 중부지역 중심으로 71개 시군구가 심한가뭍으로 나타났다.

아래 그림은 국가가뭍정보포털에서 발췌한 월별 SPI3 값을 도시한 것이다.

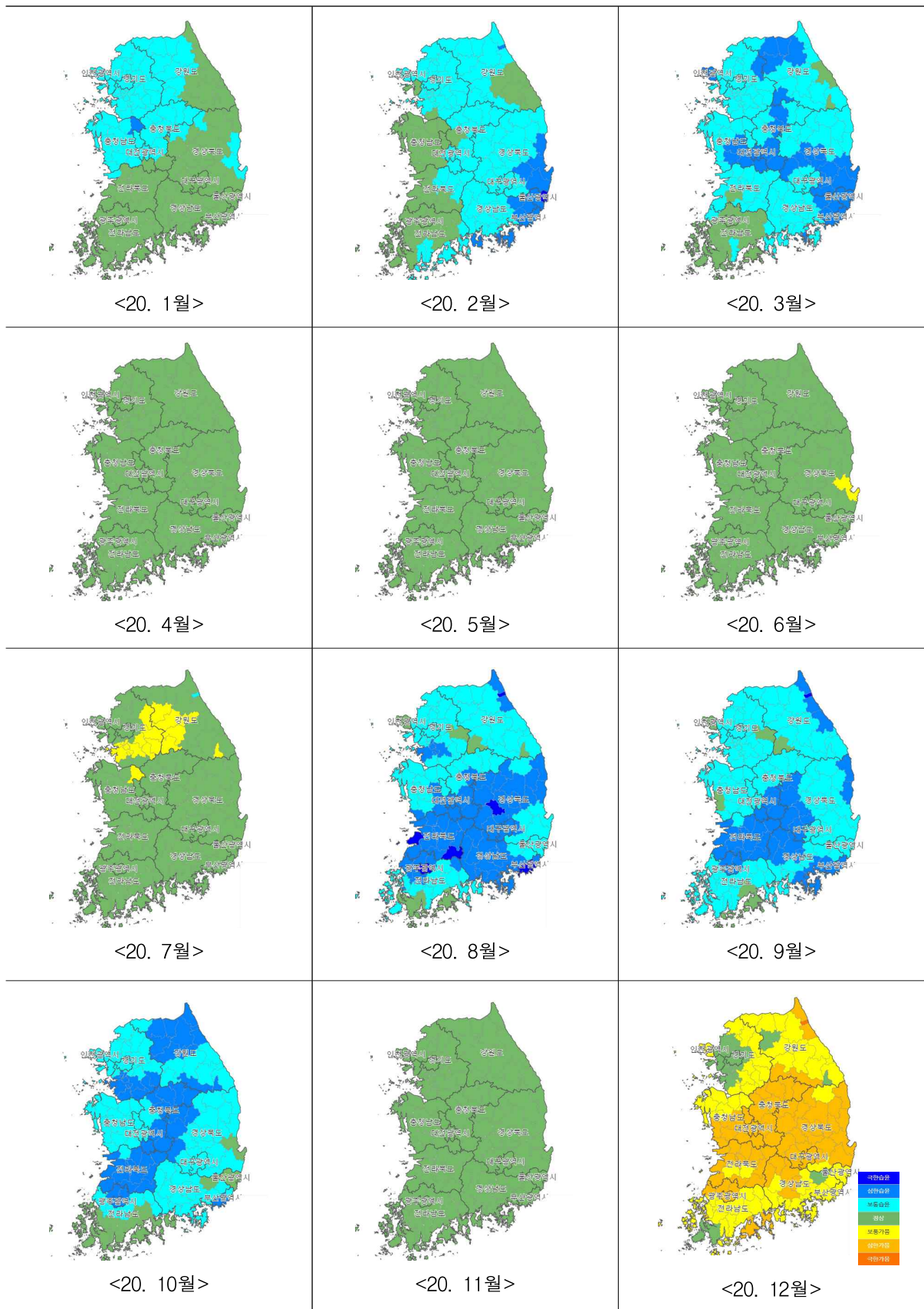


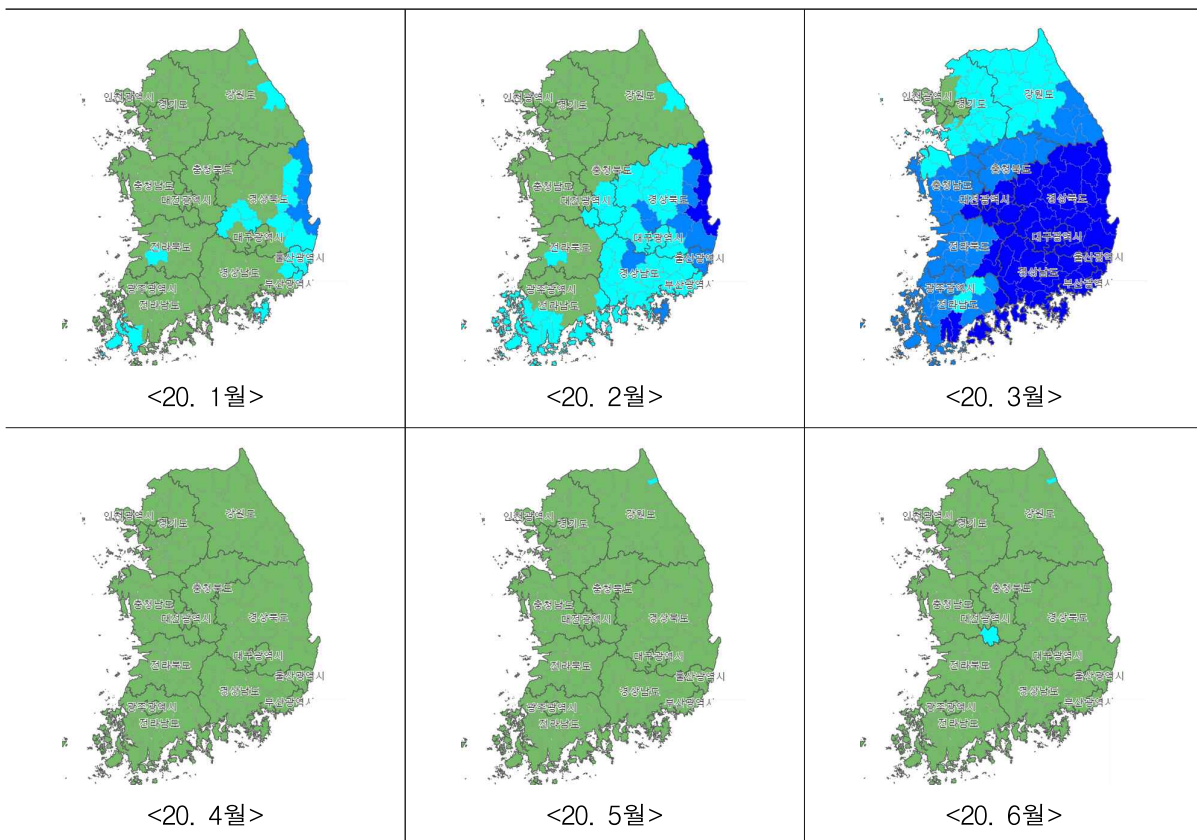
그림 4.5 2020년도 가뭄현황(SPI3)

SPI 6는 6개월간의 누적강수량을 고려하기 때문에 단기간 강수량 부족에 의한 가뭄상황은 나타나지 않는다. 특히, 2020년의 경우 여름 홍수 기간에 강수량이 평년보다 많았기 때문에 7월을 제외하고 연 중 정상이상의 상태로 분석되었다.

7월 보통가뭄으로 분석된 지역은 경기일부지역과 강원도 일부지역으로 동월 SPI3 지역과 유사하나 조금 넓게 분포하고 있다. SPI3 7월 보통가뭄으로 나타난 경기도 가평군, 양평군, 여주시, 광주시, 이천시 용인시, 화성시, 오산시와 강원도 춘천시, 홍천군, 횡성군, 원주시 지역 이외에 시흥시, 평택시, 안성시, 화천군, 춘천시, 태백시가 추가 되었다.

12월의 경우 SPI3는 심한 가뭄상태로 나타났으나 SPI6에서는 정상 혹은 습윤상태로 나타나 6개월의 누적량을 반영하는 SPI6와 많은 차이를 나타내었다.

아래 그림은 국가가뭄정보포털에서 발췌한 월별 SPI6 값을 도시한 것이다.



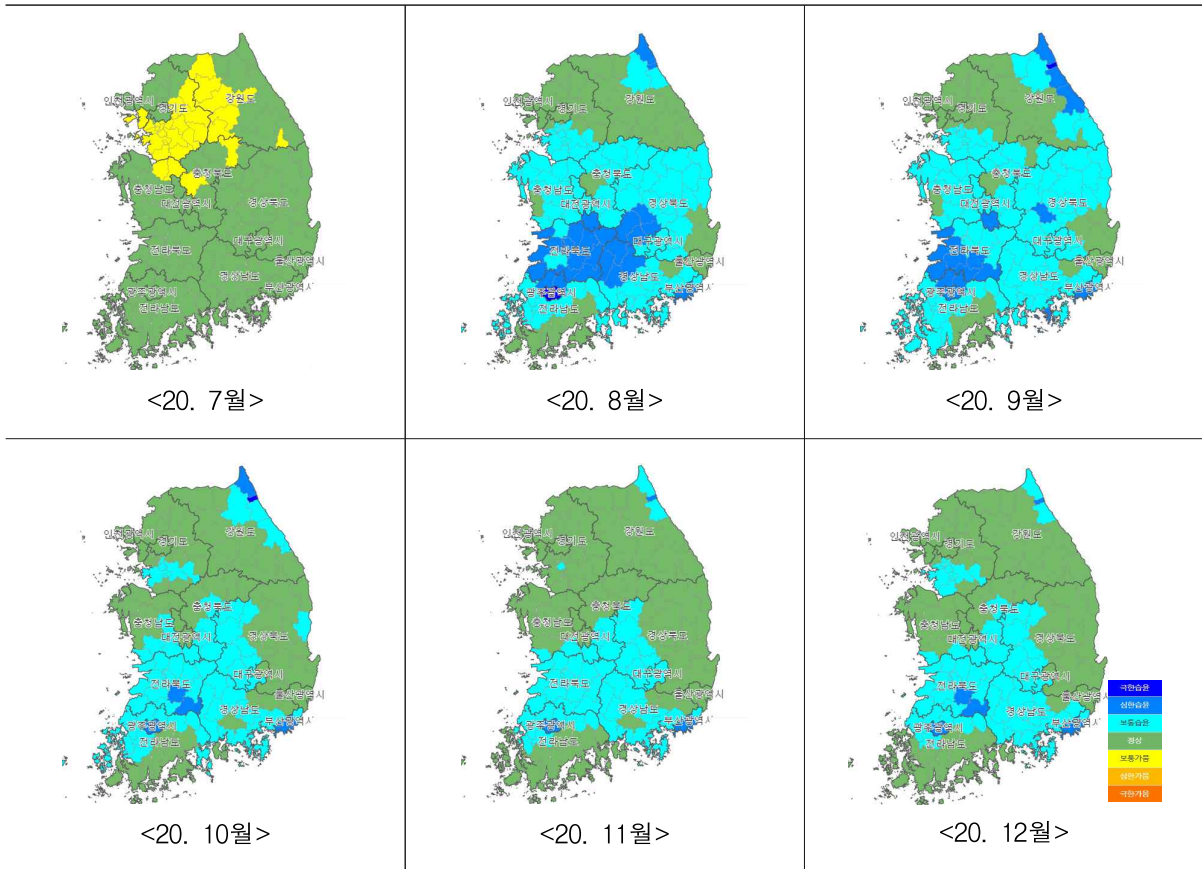


그림 4.6 2020년도 가뭄현황(SPI6)

2) PDSI(파머가뭄지수)

PDSI는 기후가 상이한 두 지역에 대한 지역적인 편차를 고려함으로써 시간과 공간의 일관된 비교를 통해 얻어지는 가뭄지수로 개발되어 세계적으로 널리 사용되고 있는 가뭄지수이다.

Palmer(1965)는 가뭄을 “장기간의 이상 수분부족”이라 정의하였으며, 이상 수분부족은 “정상적인 기후에서 현저하게 벗어난 비정상적인 수분부족 기간”이라 정의된다. 이러한 PDSI 지수는 수문학적 가뭄지수로 가뭄 정의를 통해 Palmer는 가뭄의 심도를 수분부족량과 수분부족기간의 함수로 나타내었다. 또한 PDSI 지수는 기후가 상이한 두 지역에 대한 지역적인 편차를 고려함으로써 시간과 공간의 일관된 비교를 통해 얻어지는 가뭄지수로 개발되어 세계적으로 널리 사용되고 있는 가뭄지수이다.

PDSI지수는 강수량, 기온 뿐 만아니라 유효토양수분량과 일조시간 등의 자료를 사용해서 Thornthwaite와 Mather(1955)의 월열지수법(Monthly heat index method)으로 차이를 계산함으로써 수분편차를 계산한다. 즉, 강수량과 기온 자료뿐 만아니라 지역적 유효토양수분량에 근거하여 산정된 잠재량들로부터 증발산량, 함양량, 유출량 및 손실량을 포함하여 물수지 방정식의 모든 기본적인 사항들이 결정된다. 하지만 수분편차만을 이용하여 가뭄의 심도를 비교하는 것은 적절하지 않을 수 있기 때문에 시 공간적 편차를 보정하기 위해 기후특성인자를 계산하여 최종적으로 PDSI지수를

산정하는 방식이다.

PDSI는 세계전역에서 사용하고 있고 관련된 수많은 학술논문에 존재하기 때문에 가뭄을 파악하는데 상당히 효과적인 것으로 알려져 있으나 온도와 강수량에 대한 일련의 완전한 데이터가 필요하고 동결 강수량 또는 동결 토양을 다루지 않으므로 계절적 문제를 가지게 되는 단점이 있다.

또한, 상·하부층으로 토양을 구분하고 이를 기반으로 수분수지 분석이 이루어 지도록 즉, 주로 농경지를 대상으로 분석방법이 개발되었으므로 도시화된 지역에 적용 시에는 상당한 주의가 필요하다고 볼 수 있다.

PDSI에 의한 가뭄의 단계는 표 4.3과 같다. SPI 지수와 동일 관측소의 강수량과 기상정보를 활용하였으며 최종적으로 IDW 기법으로 공간보간하고 이를 다시 전국 시도단위로 평균하는 방식으로 산정하였다.

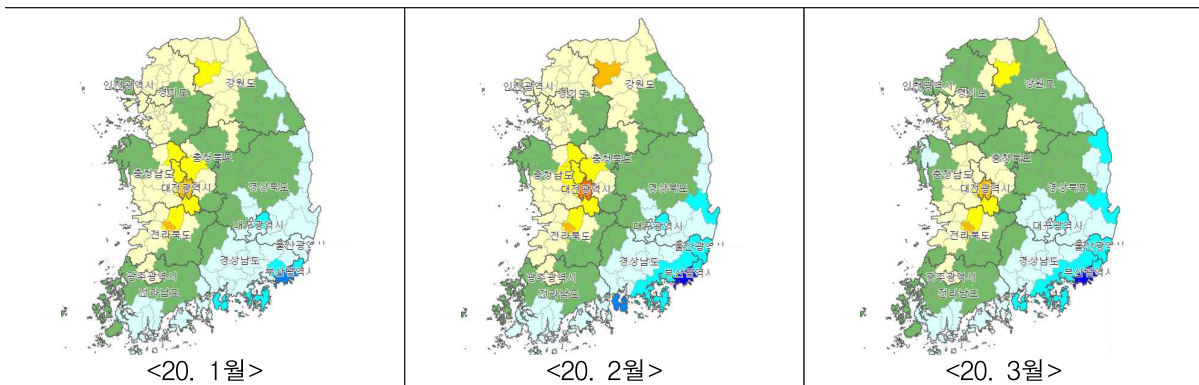
표 4.5 PDSI 지수에 의한 가뭄분류

가뭄지수의 범위	수분상태	가뭄지수의 범위	수분상태
4.0 이상	극한습윤	3.0 ~ 4.0	심한습윤
2.0 ~ 3.0	보통습윤	1.0 ~ 2.0	약한습윤
-1.0 ~ 1.0	정상상태	-2.0 ~ -1.0	약한가뭄
-3.0 ~ -2.0	보통가뭄	-4.0 ~ -3.0	심한가뭄
-4.0 이하	극한가뭄	-	-

도시화된 대도시 지역을 제외하고 2020년 PDSI 지수 분석값은 1월부터 7월까지 중부지역에 약한 가뭄이 지속되다가 이후 8월부터 정상으로 평가되었는데 이는 8,9월의 태풍과 집중호우로 인해 평년보다 초과된 강수량의 영향으로 판단된다.

또한, 2020년 PDSI의 경우 월 평균강수량 비율과 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났다.

아래 그림은 국가가뭄정보포털에서 발췌한 월별 PDSI 값을 도시한 것이다.



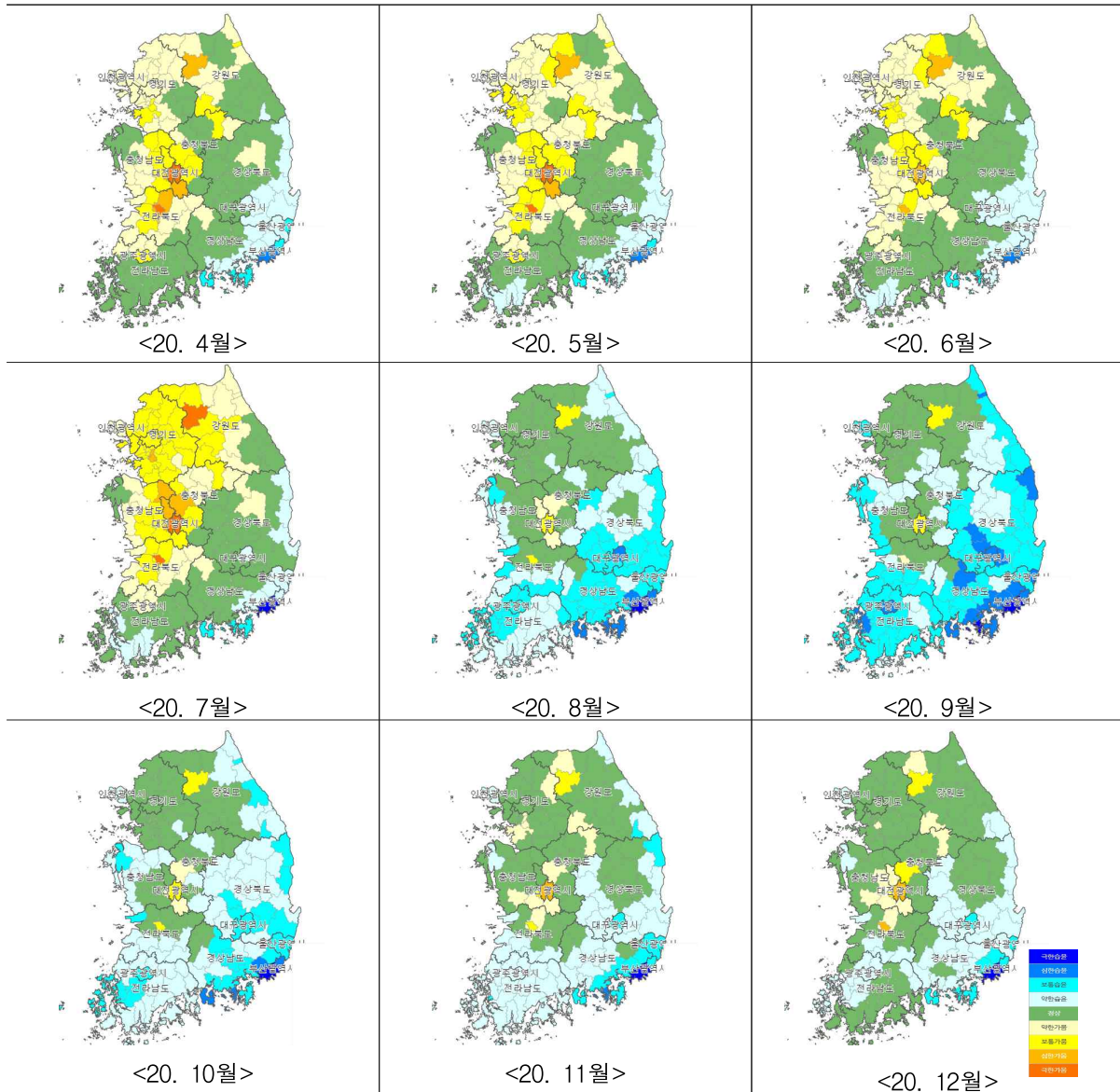


그림 4.7 2020년도 가뭄현황(PDSI)

3) MSWSI(지표수 공급지수)

지표수 공급지수(MSWSI)는 수문학적 가뭄지수인 SWSI를 보완한 지수로서 지하수 위 인자를 고려하여 지표 및 지표하 수문특성을 반영할 수 있는 장점이 있다. MSWSI는 전국을 32개 유역으로 분할한 MSWSI 유역 단위로 계산된다. 각 유역별로 선정된 입력자료들의 월별 통계치(평균, 표준편차)를 계산한 후, 특정 월의 자료와 평균, 표준편차를 이용하여 비초과확률을 계산한다.

입력 인자별 월별 평균치를 이용하여 해당 월의 가중치를 계산한 후, 이를 앞서 계산된 비초과확률과의 MSWSI 계산식(식(1))에 따라 최종적인 MSWSI값을 산정하게 된다. 가중치의 산정은 월별 통계자료를 이용하여 계산되는데, 자료가 존재하지 않는 월일 경우 존재하지 않는 자료를 제외한 나머지를 이용하여 계산된 가중치를 사용하여 가뭄지수를 계산한다.

MSWSI는 유역의 전체 수자원을 고려하여 특정유역이나 지역의 전체 수문상태에 대한 좋은 자료를 제공할 수 있는 우리나라의 경우 유역별로 물공급 특성이 상이하고 가뭄에 영향을 미치는 인자 역시 상이하기 때문에 가중치 설정 시 정확한 평가가 매우 어려운 단점을 가지고 있다.

아래 표는 MSWSI의 가뭄분류를 나타낸 것이다.

표 4.6 MSWSI 지수에 의한 가뭄분류

가뭄지수의 범위	수분상태	가뭄지수의 범위	수분상태
4.0 이상	극한습윤	3.0 ~ 4.0	심한습윤
2.0 ~ 3.0	보통습윤	1.0 ~ 2.0	약한습윤
-1.0 ~ 1.0	정상상태	-2.0 ~ -1.0	약한가뭄
-3.0 ~ -2.0	보통가뭄	-4.0 ~ -3.0	심한가뭄
-4.0 이하	극한가뭄		

$$\frac{a \times PN_{pcp} + b \times PN_{sf}}{12} + \frac{c \times PN_{rs} + d \times PN_{gw} - 50}{12} \quad \text{식(1)}$$

여기서,

a, b, c, d : 가중계수(a+b+c+d=1),

PN : 비초과확률,

pcp : 강수인자,

sf : 하천유량인자,

rs : 저수지인자,

gw : 지하수위인자

2020년 MSWSI는 SPI와 PDSI와 상이한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 2월, 5월, 6월, 8월, 9월을 제외하고 연중 가뭄의 영향을 받은 것으로 평가되었고 특히, 4월에 가장 심했던 것으로 나타났다.

아래 그림은 국가가뭄정보포털에서 발췌한 월별 MSWSI 값을 도시한 것이다.

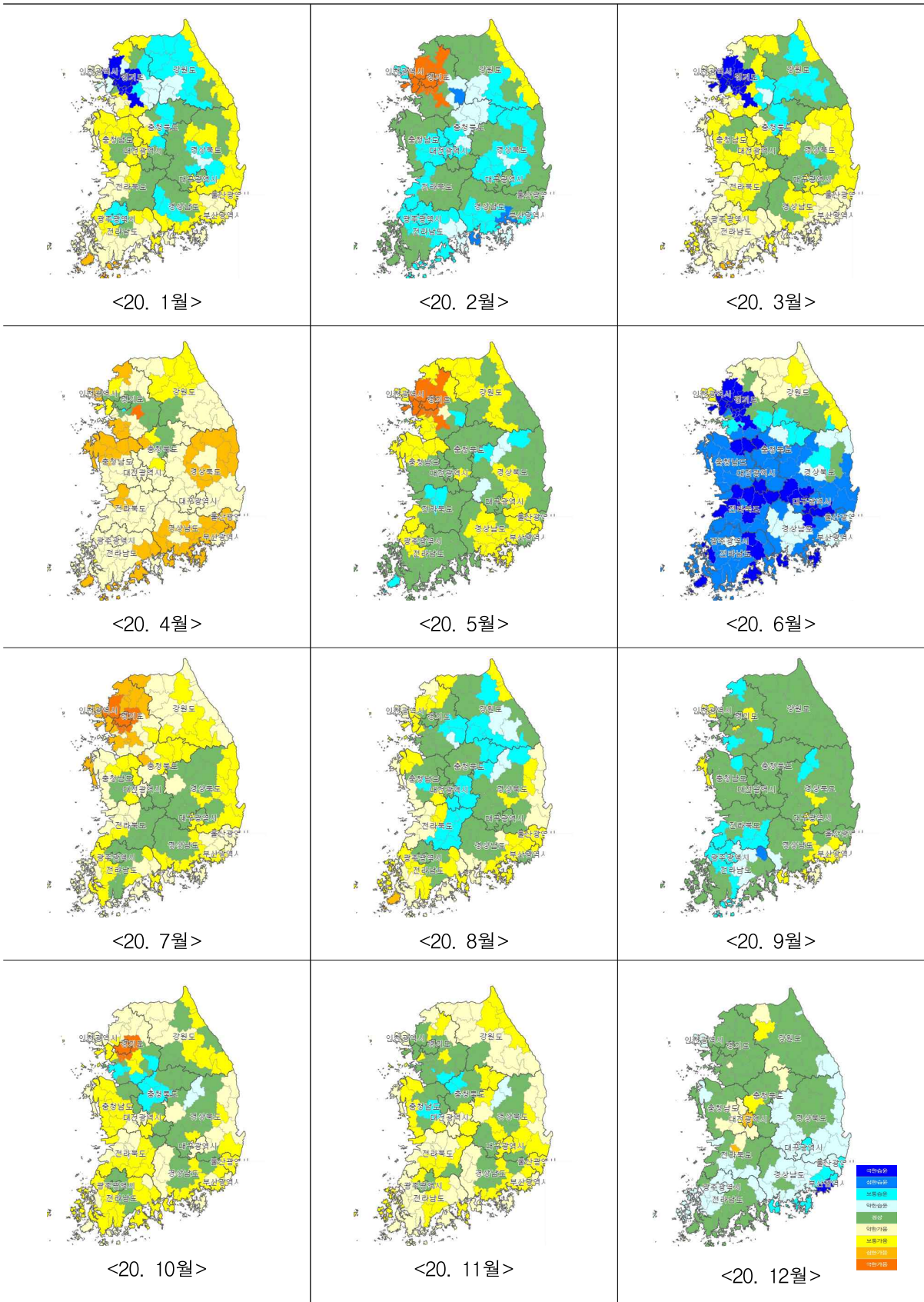


그림 4.8 2020년도 가뭄 현황(MSWSI)

4) SMI(토양습윤지수)

SMI는 농작물의 생산량이 감소되는 것을 기준으로 가뭄을 토양수분이 유효수분 백분율의 50% 이하일때로 정의하고 이때의 Magnitude(크기), Severity(강도), Duration(기간)을 분석하여 가뭄평가를 하는 지수이다.

SMI 산정시 토양의 유효수분은 토양수분의 영향을 주는 토양의 물리적 특성과 강우, 증발산량, 유출량 등을 토양수분모형을 활용해 계산하고 세가지 특성치인 magnitude, severity, duration을 빈도분석하여 지수값을 산정하게 된다.

SMI는 토양수분을 직접적으로 계산함으로써 식생이 받는 수분 스트레스 등이 파악 가능하며 이를 활용하여 작물 생산 등이 영향을 받지 않도록 농업적으로 활용할 수 있는 장점이 있으나 산정 시 토양의 물리적 특성과 일련의 기상 및 강우데이터 셋이 필요하고 토양수분의 회복이 느리게 나타남으로써 가뭄의 지속기간이 길어지는 경향이 있다.

아래 표는 SMI의 가뭄분류를 나타낸 것이다. SMI는 빈도분석값을 적용하게 되므로 정상상태와 가뭄상태만을 범위로써 표현한다.

표 4.7 SMI 지수에 의한 가뭄분류

가뭄지수의 범위	수분상태	가뭄지수의 범위	수분상태
2년 빈도	529	-1	보통건조
5년 빈도	924	-2	보통가뭄
10년 빈도	1,255	-3	심한가뭄
20년 빈도	1,626	-4	매우심한가뭄
50년 빈도	2,186	-5	극심한가뭄

아래 그림은 국가가뭄정보포털에서 발췌한 월별 SMI 값을 도시한 것으로 2020년의 경우 1, 6, 7, 8, 9월을 제외하고 전국적으로 보통건조 이상의 가뭄이 발생한 것으로 나타내고 있다.

특히, 11월에 가장 심각한 것으로 나타났는데 이는 10월 강수량이 평년대비 극히 적음으로써 나타난 값의 회복이 느리게 나타난 결과로 보인다.

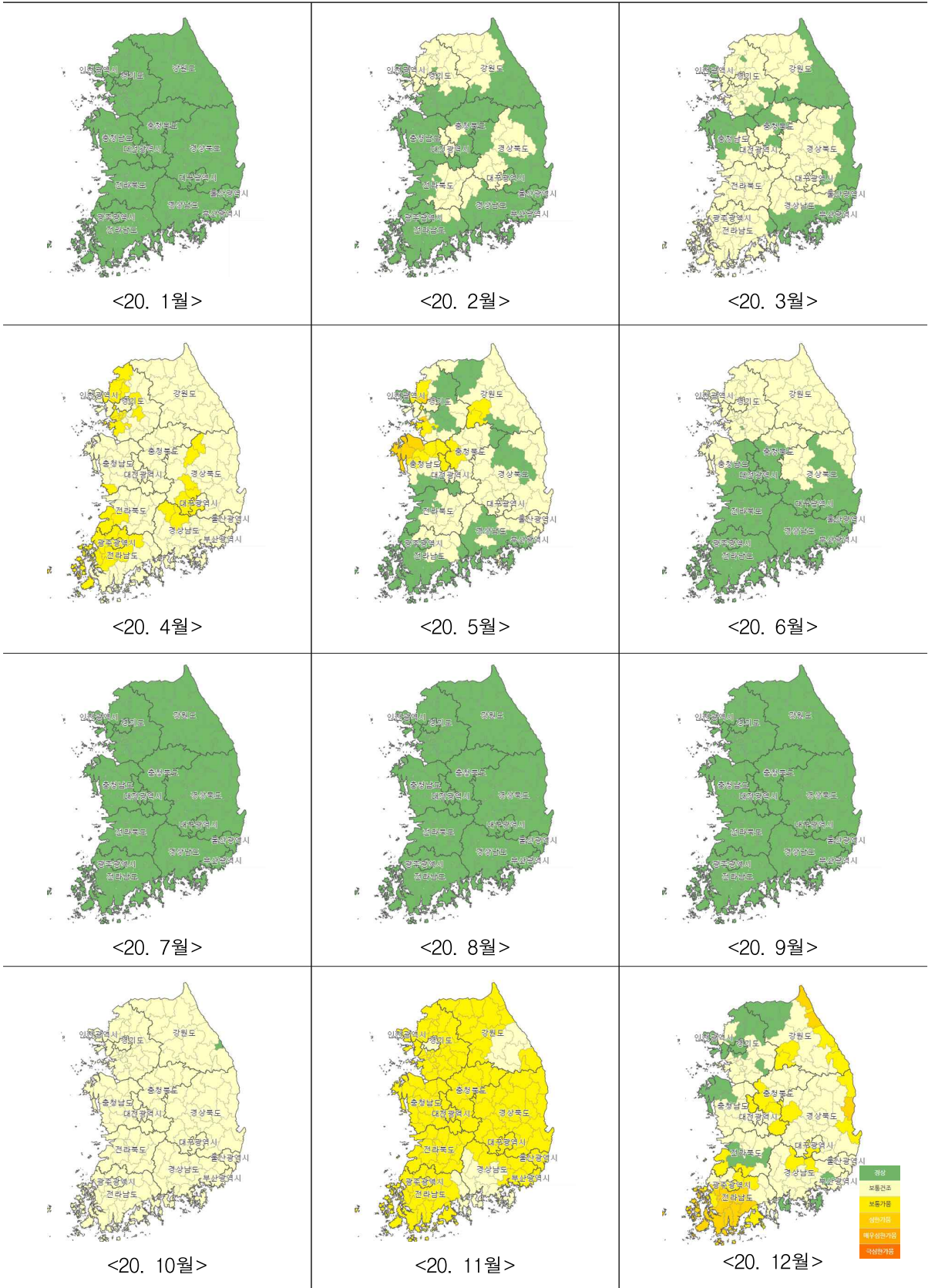


그림 4.9 2020년도 가뭄현황(SMI)

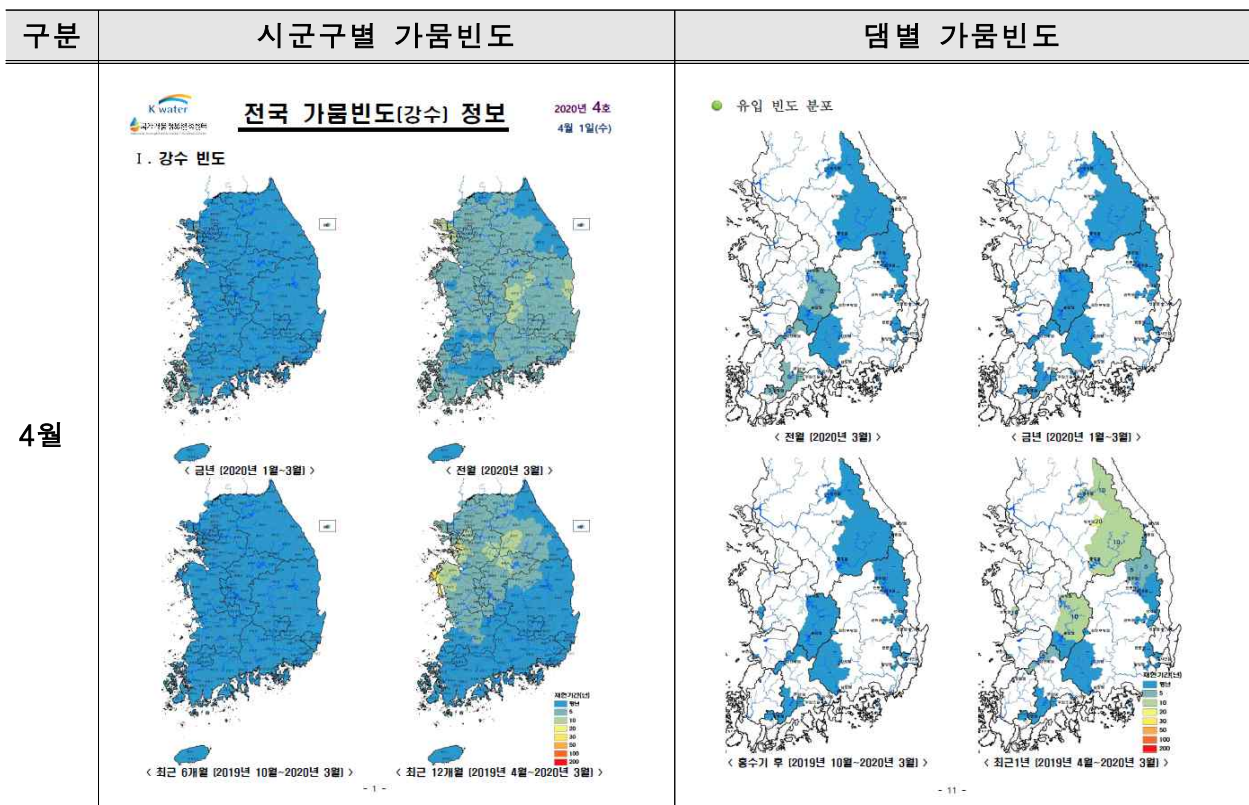
4.2.2 가뭄빈도

가뭄빈도는 현 가뭄을 인지하고 가뭄 상황을 판단할 때 매우 좋은 자료로써 활용될 수 있다. 가뭄센터에서는 2017년부터 월단위로 분석을 수행하고 가뭄포털, 사내공시, MyWater 등 내·외부에 공개하여, 일반국민, 중앙부처·지자체 공무원 등이 활용할 수 있도록 제공중에 있다.

가뭄빈도는 기상청, 환경부, k-water에서 생산되는 1,290개의 강우관측소의 강수량을 활용하고 3, 6, 12개월 각 누적 기간별로 전국행정구역 단위와 댐별 가뭄빈도를 매월말을 기준으로 분석하고 있다. 행정구역 단위의 3개월과 6개월의 결과는 각각 SPI3, SPI6와 유사한 경향을 나타내게 된다.

아래 그림에 앞절에서 언급한 가뭄지수 결과값 중 가뭄이 나타났던 4, 7, 10, 11월을 대상으로 행정동단위 가뭄빈도와 댐별 가뭄빈도 값을 도시하였다.

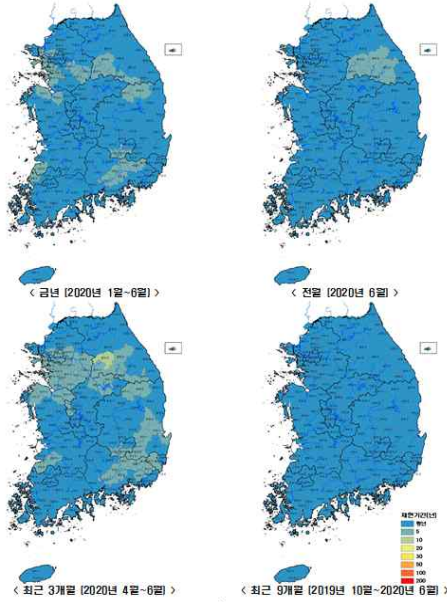
11월(10월말 기준) 전월 강수빈도가 최고 200년 빈도에 해당하는 값을 나타내고 있어 향후 가뭄진행 추이를 지켜볼 필요가 있음을 나타내고 있다.



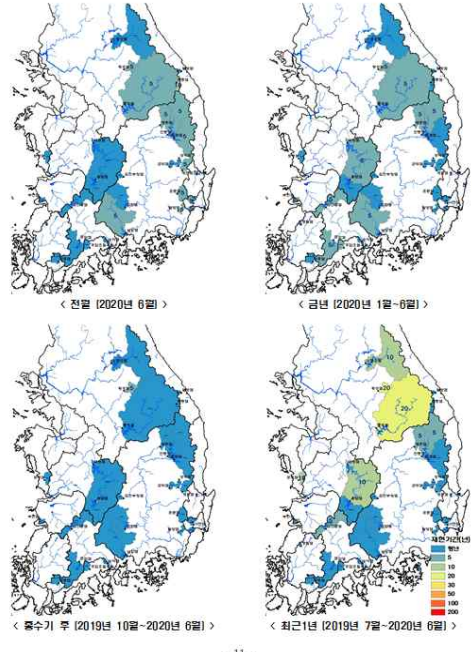
7월

K water 국가가용정보분석센터 **전국 가뭄빈도(강수) 정보** 2020년 7주 7월 1일(수)

I. 강수 빈도



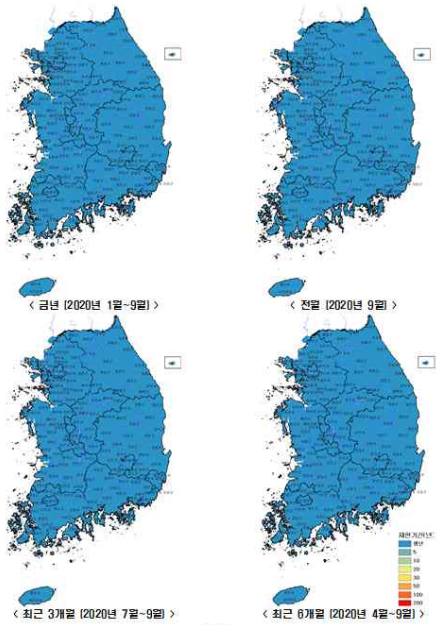
● 유입 빈도 분포



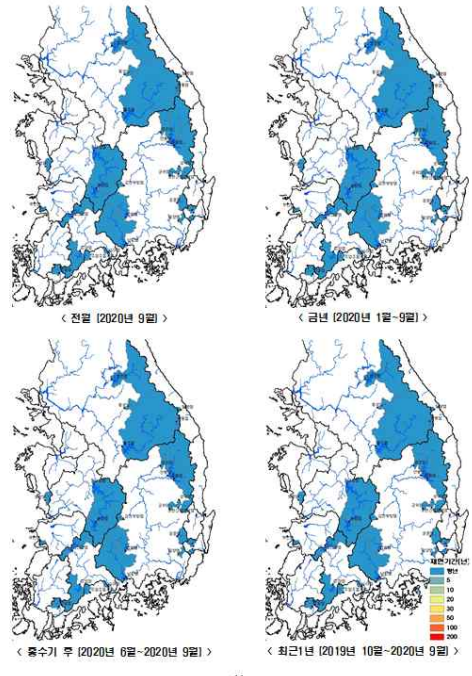
10월

K water 국가가용정보분석센터 **전국 가뭄빈도(강수) 정보** 2020년 10주 10월 6일(화)

I. 강수 빈도



● 유입 빈도 분포



11월

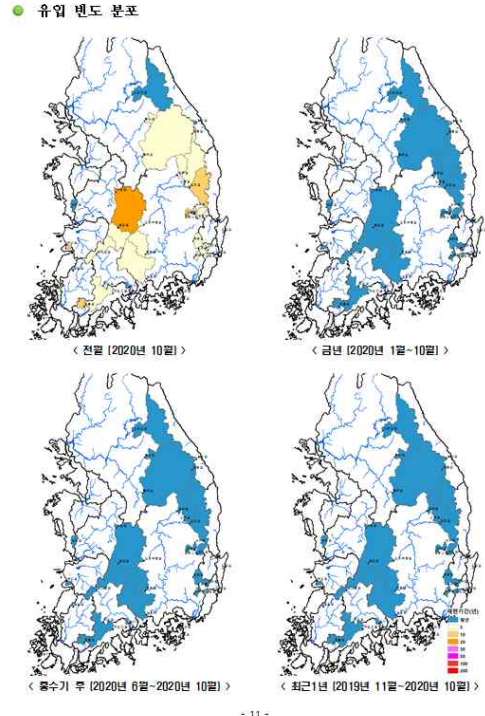
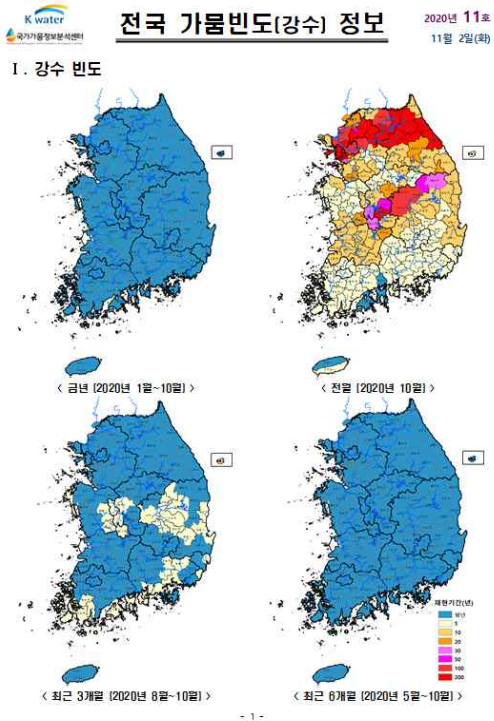


그림 4.10 2020년도 주요 월 가뭄빈도 현황

4.3 성과 및 평가

2020년은 전국의 연강수량 평균이 예년 대비 약 120% 수준으로 모든 지역이 예년 수준 내지는 예년 이상의 강수가 발생하여 지역적으로도 강수 부족이 없는 한 해였다. 유출량 역시 전국 평균 151% 수준으로 풍부한 편이었으나 시기적으로 홍수기에 집중되면서 홍수 피해가 발생한 곳도 있었다. 또한 홍수기 이후에는 강수 부족이 이어지면서 2021년 봄철 가뭄에 대한 우려를 남기고 한 해를 마감하였다.

예년 이상의 강수와 유출로 보령댐을 제외하고 가뭄 단계가 발령된 댐은 없었으며, 보령댐도 여름철 강수의 영향으로 7월에 저수량을 회복하여 가뭄에서 벗어났다. 홍수기 이후에 강수량이 부족하여 하천이나 소규모 저수지는 봄철 가뭄을 걱정해야 하는 상황이지만, 댐은 예년 이상의 저수량을 확보하여 내년 홍수기 시작 전까지 가뭄 상황이 없을 것으로 보인다.

2020년 월별 '약한가뭄' 발생 현황을 월별로 살펴보면 아래 표와 같다. 약한가뭄은 각 지수별로 '정상' 다음의 단계를 나타내므로 해당지역이 정상상태를 벗어나 부족상태로 변하고 있음을 의미한다고 볼 수 있다. 직접적인 피해나 물부족을 의미하는 것이 아니므로 해당상태가 몇 개월 지속되는지 여부가 매우 중요하다고 할 수 있다.

SMI를 제외하고 월별 약한가뭄의 발생건수는 7월, 12월이 높게 나타났고 12월이 가장 높은 것으로 분석되었다. 이는 10월부터 급감한 강수량의 영향으로 볼수 있는데 3개월 기간의 영향을 반영하는 SPI3의 경우 무려 139개 시군구가 12월에 약한가뭄으로 진입하였고 장마철에 감소한 PDSI도 12월에 다시 증가하는 것으로 나타났으며 특히, SMI의 경우 10월부터 160개 이상의 시군구가 지속적으로 약한가뭄 상태를 나타내고 있다. 아래 표는 2020년 월별 '보통이상'의 가뭄으로 분석된 전국 시군구 현황을 나타낸 것으로 전반적으로 '약한가뭄'의 발생과 비슷한 양상을 보였다.

표 4.8 2020년 월별 약한가뭄 이상 발생 지수

구분	SPI3	SPI6	PDSI	MSWSI	SMI	합계
1월	0	0	66	86	2	154
2월	0	0	68	28	48	144
3월	0	0	45	103	110	258
4월	0	0	45	146	165	356
5월	0	0	85	77	101	263
6월	1	0	77	16	72	166
7월	18	32	93	126	0	269
8월	0	0	8	71	0	79
9월	0	0	4	18	0	22
10월	0	0	7	116	166	289
11월	0	0	7	108	167	282
12월	139	0	16	110	143	408
합계	158	32	521	1005	974	-

(단위: 시군개수)

표 4.9 2020년 월별 보통가뭄 이상 발생 지수

구분	SPI3	SPI6	PDSI	MSWSI	SMI	합계
1월	0	0	66	86	1	153
2월	0	0	68	28	0	96
3월	0	0	45	103	0	148
4월	0	0	45	146	40	231
5월	0	0	85	77	19	181
6월	0	0	77	16	0	93
7월	0	32	93	126	0	251
8월	0	0	8	71	0	79
9월	0	0	4	18	0	22
10월	0	0	7	116	0	123
11월	0	0	7	108	143	258
12월	19	0	5	110	45	179
합계	19	32	510	1005	248	-

(단위: 시군개수)

2020년 지역적인 발생현황을 살펴보면 아래 표와 같다. 아래 표는 '보통이상'의 가뭄단계를 나타내며, 각 시도내 시군구의 연간발생 건수를 해당 시군구 수로 나눈값

을 나타낸다.

지역적으로 보면 SPI3는 강원도, SPI6는 경기도, PDSI는 대전광역시, MSWSI는 제주도, SMI는 전라남도에서 가장 높게 나타났다.

표 4.10 2020년 시도별 보통가뭄 이상발생 현황 (발생시군구/해당시도 시군구개수)

구 분 (시군구수)	SPI3	SPI6	PDSI	MSWSI	SMI	합계
강원도 (18)	1.28	0.33	1.33	3.83	1.28	8.06
경기도 (44)	0.73	0.68	1.86	4.20	1.55	9.02
경상남도 (22)	0.95	0.00	0.00	4.77	0.73	6.45
경상북도 (24)	1.04	0.00	0.00	2.83	1.50	5.38
광주광역시 (5)	1.00	0.00	1.60	1.00	3.00	6.60
대구광역시 (8)	1.00	0.00	0.00	3.38	1.50	5.88
대전광역시 (5)	1.00	0.00	11.60	4.60	0.00	17.20
부산광역시 (16)	1.00	0.00	0.00	4.63	0.94	6.56
서울특별시 (25)	0.00	0.56	2.36	5.60	0.16	8.68
세종특별 자치시(1)	1.00	0.00	6.00	3.00	3.00	13.00
울산광역시 (5)	1.00	0.00	0.00	5.00	1.00	7.00
인천광역시 (10)	0.20	0.60	1.60	6.10	0.20	8.70
전라남도 (22)	0.95	0.00	0.00	3.32	2.05	6.32
전라북도 (15)	1.00	0.00	2.53	3.07	1.40	8.00
제주특별 자치도(2)	1.00	0.00	3.50	8.00	2.00	14.50
충청남도 (16)	1.13	0.19	2.63	4.31	1.56	9.81
충청북도 (14)	1.07	0.29	3.00	2.29	2.00	8.64
합계	15.35	2.65	38.01	69.93	23.87	

제5장 가뭄 예·경보



제5장 가뭄 예·경보

5.1 가뭄 예·경보 분석

가뭄 예·경보는 전국의 기상, 생·공용수, 농업용수 상황과 전망을 바탕으로 행정안전부, 농림축산식품부, 환경부, 기상청 공동 명의로 매월 10일 발표되고 있다. 매월 1일 기준의 가뭄 현황과 1~3개월까지의 가뭄 전망이 167개 시군에 대해 4단계(관심, 주의, 경계, 심각)로 구분되어 그림 5.1과 같이 지도 형태로 제공된다. 기상청은 기상 부문, K-water는 생·공용수 부문, 한국농어촌공사는 농업용수 부문의 가뭄 정보 분석을 수행하고, 한강홍수통제소는 물관리정보유통시스템(WINS)을 통해 각 부문별로 분석된 가뭄 정보를 취합하며, 국립재난안전연구원은 취합된 가뭄 정보와 지자체의 가뭄 상황을 비교·검증하는 역할을 수행한다.

K-water에서 수행하는 생공용수 부문의 가뭄 예·경보 분석은 기존의 가뭄지수에 근거한 가뭄 정보가 국민이 체감하는 상황을 반영하기 어렵다는 한계를 극복하기 위해 생·공용수를 공급하는 수원의 상황을 파악하고, 예측하는 방법으로 수행된다. 이를 위해 아래 그림과 같이 3,483개 읍면동(2019년말 행정동 기준)에 대한 생·공용수 수원과 공급 체계를 가뭄 기초 조사를 통해 파악하고, 가뭄 판단 기준에 따라 수원의 가뭄 현황과 전망을 분석한다. 가뭄 판단 기준은 아래 표의 가뭄 예·경보 기준을 바탕으로 각 수원에 대해 수립되어 있으며, 실제 상황을 잘 반영할 수 있도록 지속적인 보완이 이루어지고 있다.

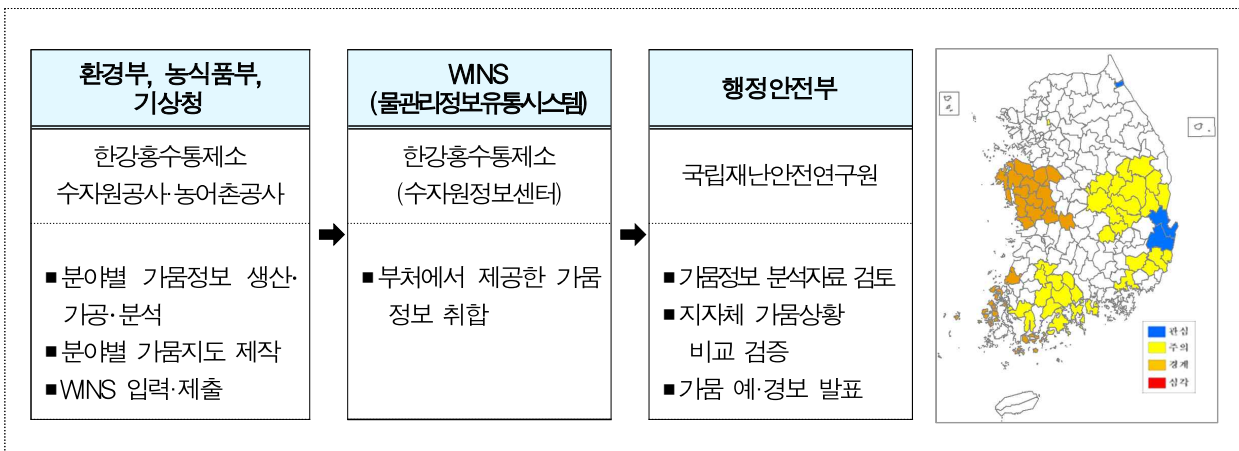


그림 5.1 가뭄 예·경보 체계

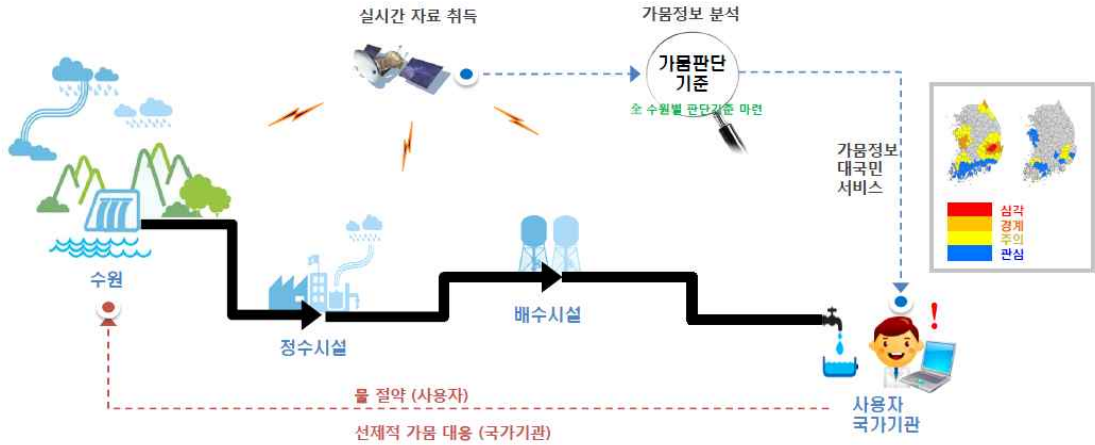


그림 5.2 생·공용수 가뭄 분석 체계도

표 5.1 가뭄 예·경보 기준

구분	가뭄 예·경보 기준
관심 (약한가뭄)	<ul style="list-style-type: none"> 생활 및 공업용수 : 하천 및 수자원시설의 수위가 평년에 비해 낮아 정상적인 용수공급을 위해 생활 및 공업용수의 여유량을 관리하는 등 가뭄대비가 필요한 경우 농업용수 : [논] 영농기 평년 저수율의 70% 이하인 경우 [밭] 영농기 토양 유효 수분율이 60% 이하 기상현황 : 최근 6개월 누적강수량을 이용한 표준강수지수 -1.0이하(평년대비 약 65%이하)로 기상가뭄이 지속될 것으로 예상되는 경우로 하되, 지역별 강수 특성을 반영할 수 있음
주의 (보통가뭄)	<ul style="list-style-type: none"> 생활 및 공업용수 : 하천 및 수자원시설의 수위가 낮아 하천의 하천유지유량이 부족하거나 댐·저수지에서 하천유지용수 공급 등의 제한이 필요한 경우 농업용수 [논] 영농기 평년 저수율의 60% 이하, 비영농기 저수율이 다가오는 영농기 모내기 용수공급에 물 부족이 예상되는 경우 [밭] 영농기 토양 유효 수분율이 45% 이하 기상현황 : 최근 6개월 누적강수량을 이용한 표준강수지수 -1.5이하(평년대비 약 55%이하)로 기상가뭄이 지속될 것으로 예상되는 경우로 하되, 지역별 강수 특성을 반영할 수 있음
경계 (심한가뭄)	<ul style="list-style-type: none"> 생활 및 공업용수 : 하천 및 수자원시설에서 생활 및 공업용수 부족이 일부 발생하였거나 발생이 우려되어 하천유지용수, 농업용수 공급의 제한이 필요한 경우 농업용수 : [논] 영농기 평년 저수율 50% 이하, [밭] 영농기 토양 유효 수분율 30% 이하 기상현황 : 최근 6개월 누적강수량을 이용한 표준강수지수 -2.0이하(평년대비 약 45%이하)로 기상가뭄이 지속될 것으로 예상되는 경우로 하되, 지역별 강수 특성을 반영할 수 있음
심각 (극심한가뭄)	<ul style="list-style-type: none"> 생활 및 공업용수 : 하천 및 수자원시설에서 생활 및 공업용수 부족이 확대되어 하천 및 댐·저수지 등에서 생활 및 공업용수 공급 제한이 발생하였거나 필요한 경우 농업용수 : [논] 영농기 평년 저수율 40% 이하, [밭] 영농기 토양 유효 수분율 15% 이하 기상현황 : 최근 6개월 누적강수량이 이용한 표준강수지수 -2.0이하(평년대비 약 45%이하)가 20일 이상 기상가뭄이 지속되어 전국적인 가뭄 피해가 예상되는 경우로 하되, 지역별 강수 특성을 반영할 수 있음

5.2 가뭄 예·경보 현황

5.2.1 국가 가뭄 예·경보 현황

K-water 국가가뭄정보분석센터에서는 매월 1일 기준으로 현재의 가뭄 현황과 향후 3개월간 가뭄 전망을 행정안전부 및 부처별 홈페이지를 통해 제공하고 있다.

'20년 1월 초, 전국적으로 내린 비(56.3mm)로 인해 '19년 12월까지 가뭄 '경계' 단계가 발령되었던 충남 8개 시군(보령댐 급수지역)이 '정상 환원' 되었다. 그러나, 봄철 강수 부족으로 충남 8개 시군(보령댐 급수지역)은 5월부터 가뭄 '관심' 단계가 발령되었다. 이후 여름철 강수로 인해 전국의 가뭄 상황은 '정상' 단계가 발령(8월)되었으며, 연말까지 예년 수준 이상의 저수율을 유지하며 '정상' 단계를 유지하였다.

아래 그림과 같이 '20년에는 충남 8개 시군을 대상으로 가뭄 예·경보가 발령되었다.

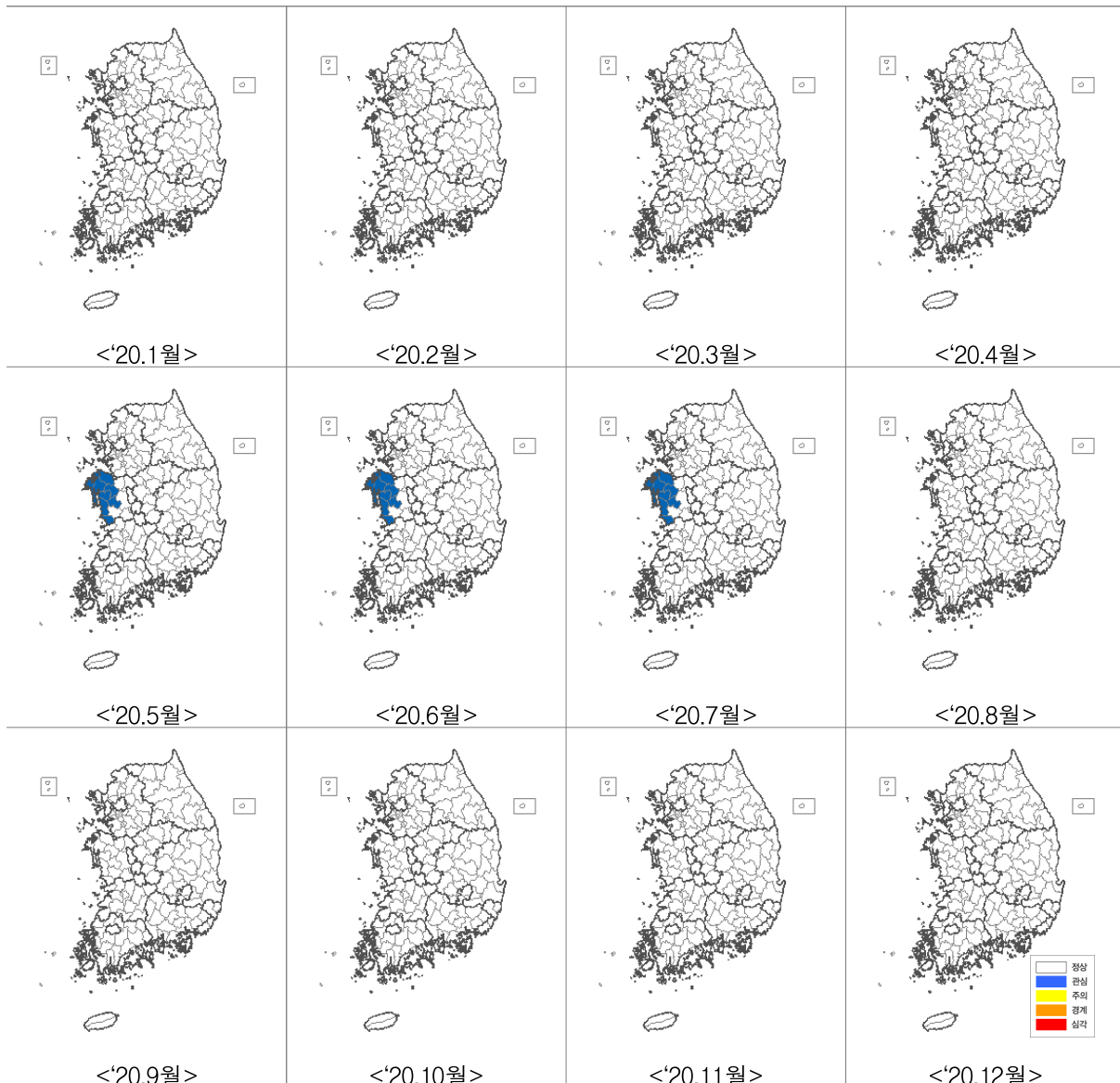


그림 5.3 2020년 국가 가뭄 예·경보(생공용수) 발령지역

5.2.2 주간 가뭄 예·경보 현황

행정안전부 주관, 발표되는 국가(월간) 가뭄 예·경보는 매월 10일을 기준으로 1회(연간 총 12회) 발표되고 있다. 이는 짧은 기간의 무강우에도 소규모 급수시설에 취수제약이 발생하거나, 예상치 못한 강수·태풍 등에 따라 가뭄이 해소되는 등 가뭄 상황변화에 대해 탄력적인 대응이 어렵다는 단점이 있다. 이에, K-water 국가가뭄정보분석센터는 '17년부터 주간 가뭄 예·경보 체계를 수립하여 매주 가뭄 현황 및 전망을 분석하고 있다.

기상청에서는 가뭄 예·경보를 수행하는 관계 기관에 4주간의 기상전망(정량값)을 제공하며, K-water 국가가뭄정보분석센터에서는 이를 활용하여 주간 가뭄 예·경보 분석을 수행한다. 매주 목요일을 기준으로 가뭄 현황을 파악하고, 향후 4주간의 가뭄 전망을 분석하여 사내, 관계 기관, 지자체 등 공유·제공하고 있다.

국가 가뭄 예·경보와 비교해 보면, 월간 분석에서 반영하지 못하는 가뭄 상황변화를 주간 예·경보를 통해 확인하여 탄력적으로 대응한다는 것을 알 수 있다. 예를 들어 국가 가뭄 예·경보 분석은 매월 1일 가뭄 현황 및 전망을 분석하여 TF 회의를 통해 10일 행정안전부 주관으로 가뭄 예·경보를 발표한다. 5월 주간 가뭄 예·경보 이력을 보면 5월 7일까지는 전국 '정상' 단계였으나 5월 14일 충남 8개 시군이 가뭄 '관심' 단계에 진입한 것을 확인할 수 있다. 이는 가뭄 상황 발생이 예상됨에 따라 주간 가뭄 예·경보 분석체계를 통해 수시 분석한 결과로 5월 국가 가뭄 예·경보에 가뭄 상황을 반영할 수 있는 근거가 되었다. 7월 주간 가뭄 예·경보 이력을 보면 7월 23일 충남 8개 시군의 가뭄 '관심' 단계가 해제됨을 국가 가뭄 예·경보 발표 시기인 8월 10일보다 전에 확인할 수 있었음을 알 수 있다.

이렇듯 주 단위 가뭄 예·경보는 월 단위 가뭄 예·경보의 단점을 보완하고, 가뭄 발생 시 보다 더 탄력적인 대응을 할 수 있게 한다는 점을 알 수 있다.

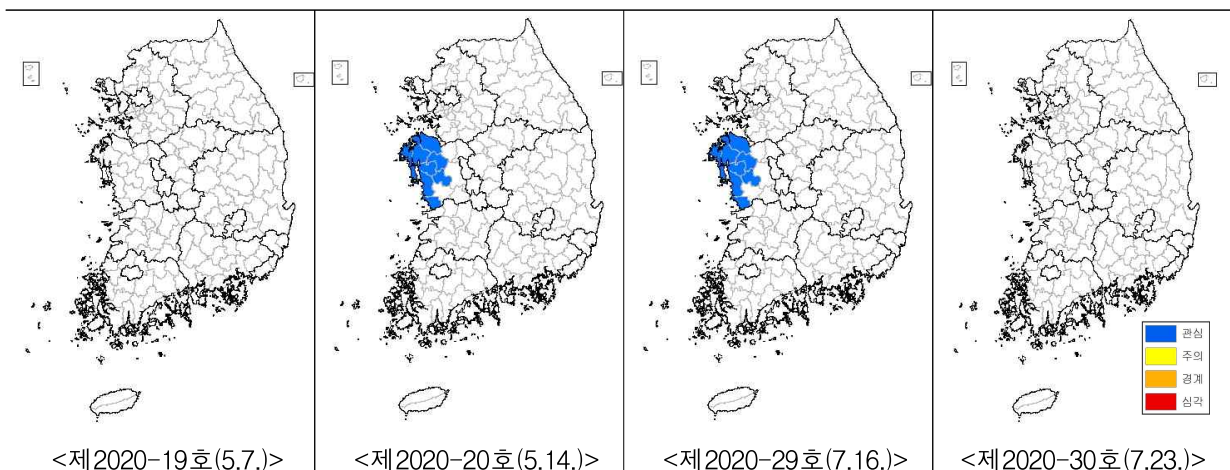


그림 5.4 2020년 주간 가뭄 예·경보 발령지역

5.3 가뭄 예·경보 전망 정확도

가뭄 예·경보는 전국 167개 시군에 대해 현황과 1~3개월 전망이 4단계(관심, 주의, 경계, 심각)로 발령된다. 2020년 생공용수 부문 가뭄 예경보의 1~3개월 전망과 현황의 발령 지역을 바탕으로 ROC (Receiver Operating Characteristic) 분석을 통해 예·경보 전망 정확도를 평가하였다.

5.3.1 ROC 분석

ROC 분석은 정확도를 평가하기 위해 사용되는 기법으로 관측값과 예측값을 비교한 분할표를 이용하여 평가지표를 계산하고, 이 평가지표를 그래프의 x, y 축으로 하는 ROC 곡선을 그려 평가를 위한 통계값을 산정한다. 분할표는 아래 그림과 같이 (1) 가뭄을 예보하였고, 실제로 발생한 경우(True Positive, TP) (2) 예보하였으나, 발생하지 않은 경우(False Positive, FP), (3) 예보를 하지 않았으나, 실제로 가뭄이 발생한 경우(False Negative, FN), (4) 예보를 하지 않았고, 실제로 가뭄이 발생하지 않은 경우(True Negative, TN)를 집계하여 작성한다.

ROC 곡선은 분할표로부터 식 (5.1)을 이용하여 계산된 1-특이도(Specificity)를 x축에, 식 (5.2)를 이용하여 계산된 민감도(Sensitivity)를 y축에 표시하고, 좌표 (0,0)과 (1,1)에 해당하는 점과 연결하여 그린다. 그려진 곡선 아래의 면적(Area Under Curve, AUC)을 평가 척도로 하여 정확도를 평가하게 된다. 아래 그림은 ROC 곡선의 예와 AUC 값에 따른 평가 결과를 보여준다.

$$1 - \left(\frac{TN}{TN + FP} \right) \tag{5.1}$$

$$\frac{TP}{TP + FN} \tag{5.2}$$

		관측	
		YES	NO
예보	YES	TP (적중)	FP (미발생)
	NO	FN (미예측)	TN (부의 정확)

그림 5.5 ROC 분석을 위한 분할표

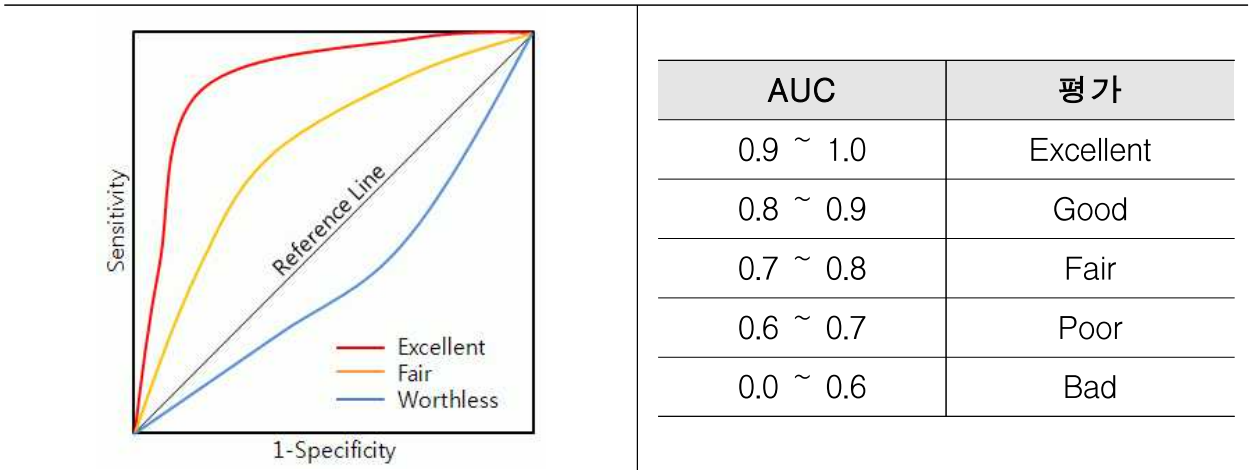


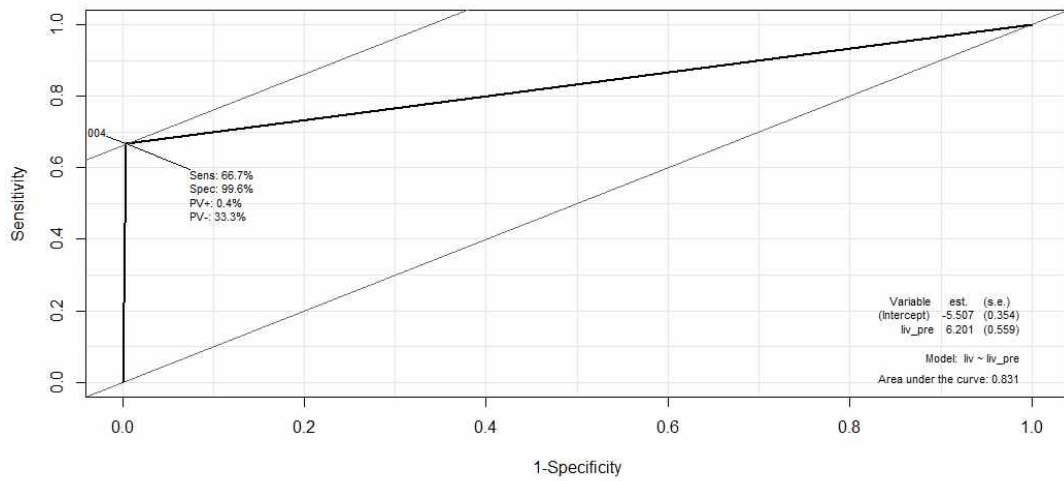
그림 5.6 ROC 곡선 예시 및 AUC 평가 분류

5.3.2 ROC 분석에 의한 가뭄 예경보 정확도 평가

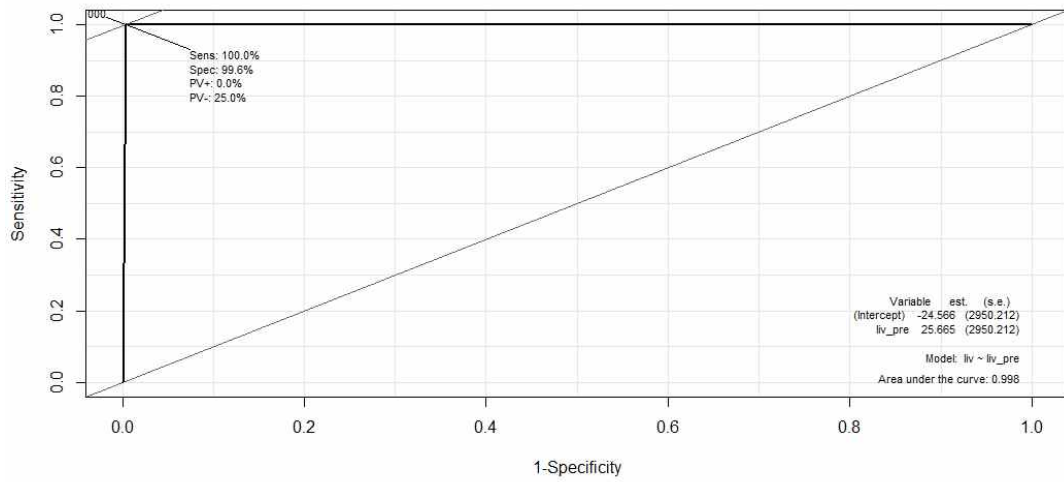
2020년 가뭄 예경보에서 가뭄이 예보된 지역과 실제 가뭄이 발생한 지역을 비교하여 1~3개월 전망에 대한 ROC 분석을 수행하였다. ROC 분석 수행을 위한 분할표를 작성한 결과는 아래 표와 같다. 표 5.2의 1-특이도와 민감도 값을 이용하여 ROC 곡선을 도시하면 아래 그림과 같다. 표 5.2에서 알 수 있는 것처럼 1~3개월 전망에 대한 AUC 계산 결과, 1개월 전망은 0.831(Good), 2개월 전망은 0.998(Excellent), 3개월 전망은 0.994(Excellent)로 1~3개월 전망의 정확도는 우수한 것으로 평가되었다.

표 5.2 2020년 1~3개월 가뭄 전망에 대한 분할표와 통계값

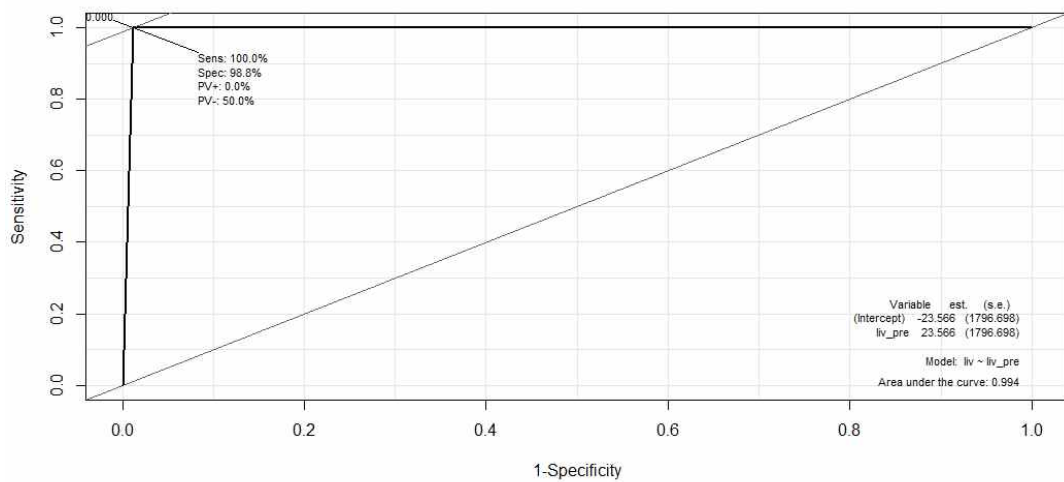
	TP	FN	FP	TN	1-특이도	민감도	AUC
1개월	16	8	8	1,972	0.004	0.667	0.831
2개월	24	0	8	1,972	0.004	1.000	0.998
3개월	24	0	24	1,956	0.012	1.000	0.994



(a) 1개월 전망의 ROC 곡선



(b) 2개월 전망의 ROC 곡선



(c) 3개월 전망의 ROC 곡선

그림 5.7 1~3개월 가뭄 전망의 ROC 곡선

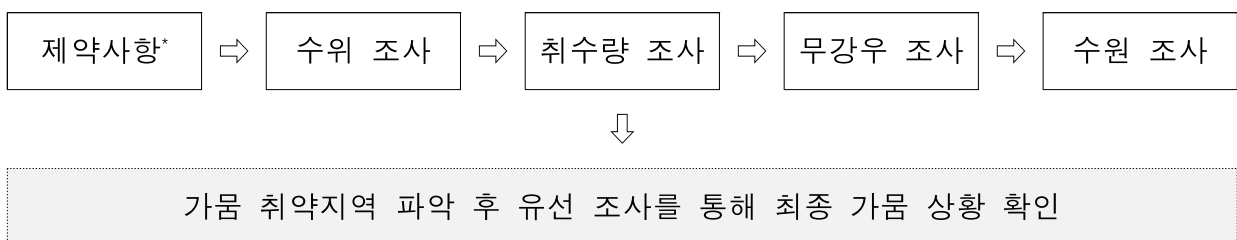
5.4 가뭄 예·경보 고도화

5.4.1 하천수 취수지점 조사체계 개선

‘20년도 국가 가뭄 예·경보를 위한 지자체 생·공용수 취수시설은 430개소(‘18년 말 가동 시설)이며, 76개 시·군의 182개 취수 시설(42%)이 하천을 수원으로 사용 중이다. 위 182개 취수지점은 다목적댐·용수댐에 비해 관측소의 부족, 짧은 체류 시간, 무강우에 취약(상류) 등의 이유로 모니터링에 어려움이 있다. 하천수 취수지점의 모니터링을 위한 자료조사 결과, 취수지점 인근에 수위 관측소가 존재하는 지점은 104개소(57%)가 있는 것으로 파악되었으며, 이 중 65개소는 복류수 취수지점으로 보에 의한 흐름의 차단이 고려되어야 할 필요성이 있다. 이를 고려하면 하천의 수위 상황이 취수지점의 가뭄 상황을 명확히 표현할 수 있는 조건(표층수를 취수하며 해당 지점에 수위 관측소가 존재)이 성립되는 지점은 단 39개소(21%)에 불과하며, 그 외 지점은 지자체 담당자와의 연락(유선 조사)을 통해 실제 가뭄 상황 여부의 확인이 필요하다. 유선 조사는 조사 시점을 기준으로 볼 때 가뭄 상황 여부에 대해 어느 정도 신뢰성 있는 결과를 도출할 수 있으나, 과거부터 현재까지 수문 상황의 이력을 파악하여 앞으로의 가뭄 상황을 예측할 수 없다는 단점이 있다. 즉, 정량적인 자료를 통해 과거부터 현재까지 가뭄 상황의 이력을 파악함으로써 과거 상황에 비추어 향후 가뭄을 선제적으로 대비할 수 있어야 하며, 이를 위한 조사체계의 개선이 필요하다.

하천수 취수지점의 조사체계는 아래와 같은 순서로 이루어지도록 구성하였다.

표 5.3 하천수 취수지점 가뭄 상황 파악을 위한 조사체계



* 댐 운영 제약사항 中 취수에 제약이 발생하는 조건과 기타 취수제약 수위 등 조사결과 적용

가장 먼저 고려할 점은 제약사항 조사가 이루어졌는지 여부이다. 제약사항 조사가 이루어졌다면 해당 지점의 수문 상황이 제약조건에 부합하는지를 조사함으로써 가뭄 상황 여부와 향후 가뭄 상황의 전개를 예상할 수 있다.

두 번째로는 하천 수위와 지하 수위의 조사 및 분석이다. 하천 수위의 경우 지류의 유입이 없고 취수지점과 같은 유선상에 존재하여 가뭄 상황을 직접 판단할 수 있는 경우와 지류의 유입 등의 이유로 직접적인 판단은 불가하나 해당 지점의 수문 상황을 간접적으로 예상할 수 있는 경우로 구분할 수 있다. 조사된 수위는 과거 수위 자료 분석 결과(유황 분석 등) 대비 어느 정도 수준인지 파악할 수 있다.

세 번째로는 취수장별 취수량의 조사를 통한 취수량 패턴의 파악이다. 취수량 조사를 통해 취수패턴이 일반적인 변화폭보다 더 큰 폭으로 감소하고 있다면 제약, 공사, 연계 등 취수여건이 변화하였음을 예상할 수 있으며, 유선 조사를 통해 실제 상황의 확인이 필요하다.

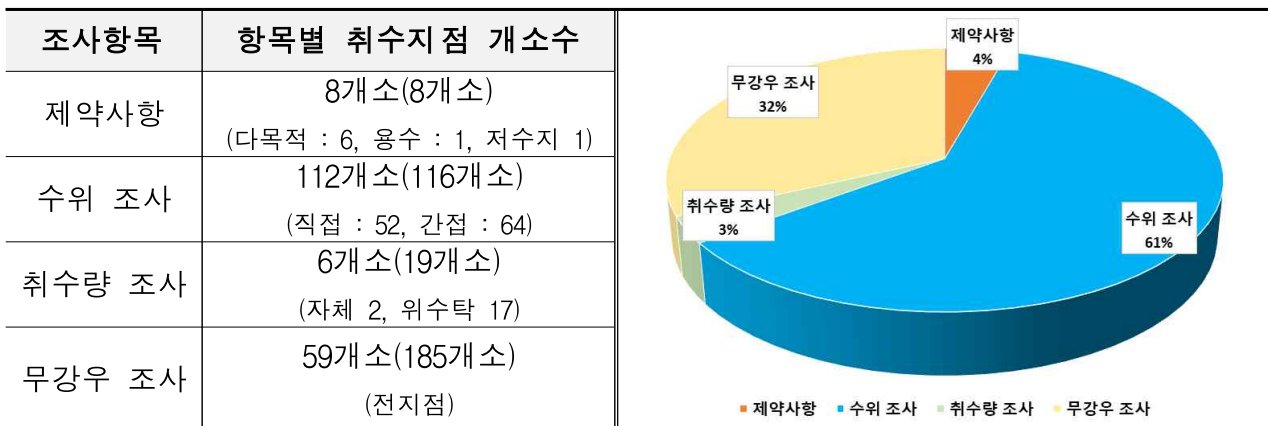
네 번째로는 상류 지역의 강수량 조사를 통한 무강우 지속기간의 파악이다. 취수여건이 열악한 상류 지점의 경우 취수장과 원적지에 있는 급수지역의 수문 상황과 더불어 해당 지점의 강수량 조사(무강우 지속기간을 파악)를 통해 가뭄의 심화 정도를 파악할 수 있다. 가뭄 발생이 예상되면 유선 조사를 통해 실제 상황의 확인이 필요하며, 위와 같은 조사체계가 지속 되면 '하류 수문 상황 + 해당 지점의 무강우 일수' 관계를 통해 향후 가뭄 상황을 판단할 수 있는 근거자료로 활용될 수 있을 것이다.

마지막으로 위 조사체계에 따라 유선 조사가 필요한 지점이 발생하면 매년 업데이트되는 가뭄기초조사 결과 기준, 기타 수원의 존재 여부를 파악하여 해당 지점이 특정 읍면동에 단일수원으로 존재하는지, 다른 수원(광역 등)이 존재하는지를 파악해야 한다. 이를 통해 해당 지점의 취수 가능 여부가 가뭄 상황과 직결되는지를 확인할 수 있다.

결과적으로, 조사체계에 따라 가뭄 상황이 예상되면 유선 조사는 변함없이(반드시) 필요하다. 하지만, 현장 상황이 크게 변하지 않는 중~하류 지점은 과거의 수문 자료 및 유선 조사결과를 기준으로 가뭄판단기준을 수립·적용할 수 있을 것이며, 취수여건에 따라 보 설치, 준설 등 현장 상황이 유동적인 상류 지점의 경우 지속적인 조사를 통해 담당자가 가뭄 상황을 인지하여 사전에 대비할 수 있을 것이다.

아래 표는 '21년부터 적용되는 185개 하천수 취수지점('20년도 가뭄 기초조사 기준)의 가뭄 상황 판단을 위한 조사항목별 적용 개소수이다.

표 5.4 하천수 취수지점의 가뭄 상황 판단을 위한 조사항목별 적용 개소수



* 괄호 밖의 값은 조사항목별 우선순위에 따라 최종 적용된 개소수를 의미함. (예 : 수위 조사 116개소 중 4개소는 제약사항에 해당하므로 우선순위에 따라 112개소에만 적용함)

5.4.2 가뭄 전망 분석(1주, 3개월, 계절)

국가가뭄정보분석센터는 2016년부터 가뭄 예·경보를 위해 1~3개월 전망체계를 구축하여 가뭄 전망을 수행해 왔고, 1개월 이내의 가뭄 상황 변화에 대응하기 위해 2017년부터는 매주 1개월 후의 가뭄 전망을 병행하는 주간 가뭄 전망체계를 마련하여 운영하고 있다.

1) 1주 전망체계

주간 가뭄 전망은 기상청에서 매주 제공하는 1개월 강수량 합과 평균기온을 주 단위로 분할하여 수행된다. 이러한 장기 기상 전망은 단기전망에 비해 불확실성이 크기 때문에 1주 전망을 단기전망으로 대체할 경우 정확도 향상 효과를 볼 수 있다. K-water 수자원운영처의 기상팀에서는 단기 기상 전망 모델(K-PPM, K-water Precipitation Prediction Model)을 구축하여 매일 1주 강수량을 생산하고 있다. 금년에는 K-PPM에 의한 1주 강수 전망을 활용하여 기존 주간 가뭄 전망체계를 보완하였다. K-PPM 1주 단기전망의 활용성을 확인하기 위해 2020. 3. 4~2020. 7. 15까지 19주간의 단기전망과 기상청 1개월 전망을 4주로 분할한 첫 번째 주 전망 결과를 관측 강수량과 비교한 결과, 아래 그림과 같이 K-PPM에 의해 전망한 강수량의 상대오차가 기상청 1개월 전망을 분할한 결과보다 작아 단기전망 활용 시 더 정확한 가뭄 전망이 가능함을 확인할 수 있었다.

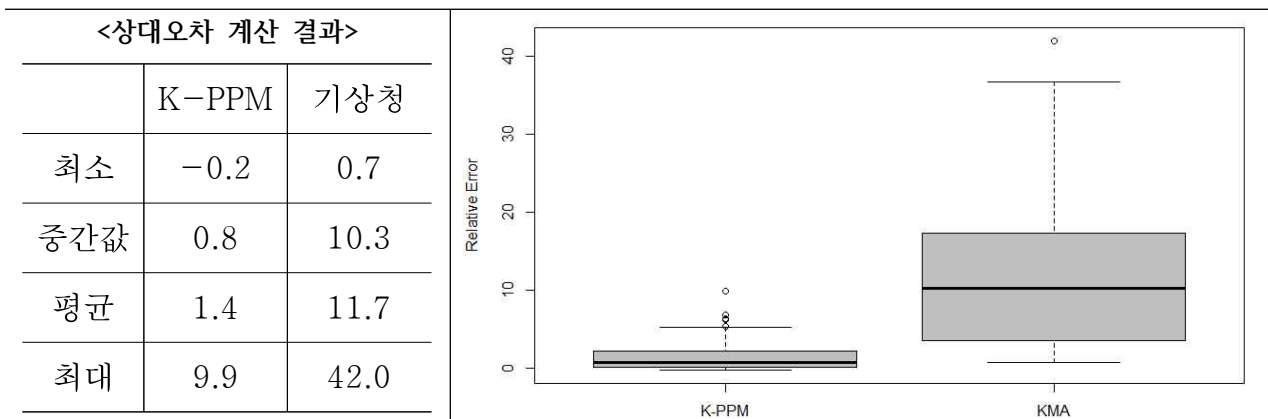


그림 5.8 K-PPM과 기상청 1주 전망의 상대오차

2) 계절 전망체계

현재 가뭄 예·경보에서는 3개월까지의 가뭄 전망 정보를 제공하고 있다. 가뭄은 장기간 지속될 수 있는 특징이 있는 현상으로서 3개월 이후의 가뭄 상황 예측은 대응을 위한 유용한 정보로 활용될 수 있다. 3개월 이후의 가뭄 전망을 위해서는 그에 상응하는 기상전망이 수반되어야 한다. 현재 1~3개월 가뭄 전망은 기상청에서 제공하는 월별 강수량 합 및 평균기온과 아래 그림과 같은 강수확률을 활용하여 수행되

고 있다. 기상청에서는 1~3개월 전망에 더해 아래 그림과 같은 계절 전망을 2, 5, 8, 11월에 생산하고 있어 3, 6, 9, 12월 가뭄 전망 시 6개월까지의 전망이 가능하다. 따라서 금년에는 계절 전망의 강수확률을 활용하여 6개월까지의 가뭄 전망을 수행하는 체계를 구축하였다.

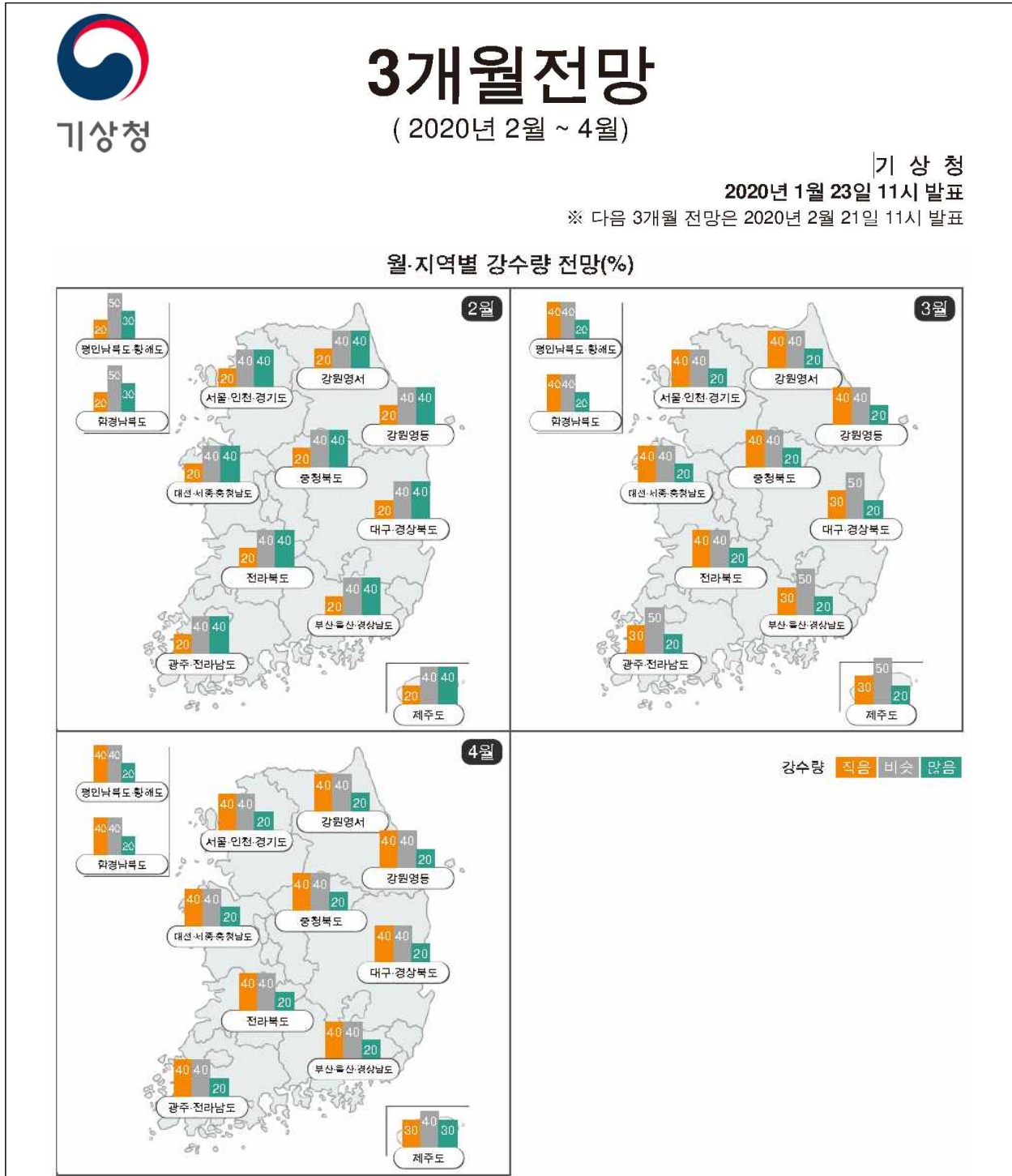


그림 5.9 기상청 3개월 확률 전망

하늘을 친구처럼, 국민을 하늘처럼



2020년 봄철 기후전망

발표일시: 2019.11.22(금)
 연락처: 02-2181-0407
<http://www.weather.go.kr>

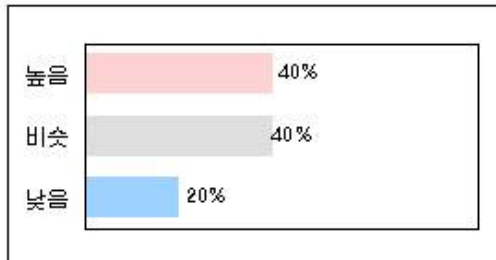
기상청

※ 2020년 여름철 기후전망은 2020년 2월 21일 오전 11시에 발표됩니다.

- 기온은 평년과 비슷하거나 높겠으나 기온변화가 크겠고, 강수량은 평년과 비슷하겠습니다.
- 엘니뇨/라니냐 감시구역의 해수면온도는 봄철 동안 중립상태가 유지될 가능성이 있겠습니다.
- ※ 봄철에 대한 상세한 9개월 전망(2020년 3월~2020년 5월)은 2020년 2월 21일에 발표됩니다.

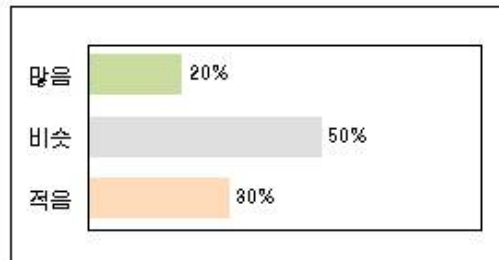
□ 평균기온 전망

평년(11.4~12.0℃)과 비슷하거나 높겠으나 기온변화가 크겠습니다. 이동성 고기압의 영향을 주로 받겠으나, 봄철 전반에는 일시적으로 대륙고기압의 영향을 받아 다소 추운 날씨를 보일 때가 있겠습니다.



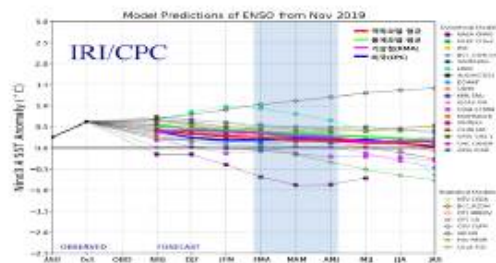
□ 강수량 전망

평년(209.1~260.4mm)과 비슷하겠습니다. 이동성 고기압의 영향을 주로 받아 맑고 건조한 날이 많겠으나 남쪽을 지나가는 저기압의 영향으로 남부지방을 중심으로 많은 비가 내릴 때가 있겠습니다.



□ 엘니뇨·라니냐 전망

봄철 동안 중립상태가 유지될 가능성이 있겠습니다.



※ 기후전망은 계절에 관한 평균상태를 3분위(낮음/적음, 비슷, 높음/많음)로 구분하여 단계별 발생 가능성을 백분율로 산출합니다. 백분율이 33.3% 이상일 경우 해당단계의 발생 가능성이 상대적으로 높다는 의미입니다.

※ 평균기온·강수량 전망의 괄호 안의 숫자는 평년비슷범위를 의미합니다.

그림 5.10 기상청 계절 전망

5.4.3 가뭄 예경보 활용을 위한 준-분포형 모형 검토

생공용수 부문의 가뭄 전망은 강수 전망을 입력자료로 활용하는 강우-유출모형을 통해 각 수원의 유량 또는 저수량을 예측하여 수행되고 있다. 현재 강수·기온의 정량값을 입력 자료로 활용하는 월·주 단위 abcd 모형과 ESP 기법을 적용하기 위한 일단위 tank 모형이 가뭄 전망에 활용되고 있다(아래 그림 참고). abcd 모형과 tank 모형은 개념적 모형이자 집중형 모형으로서 모형의 구조가 물리 모형에 비해 단순하여 매개변수의 검보정이 쉬운 편이며, 빠른 계산이 가능하다는 장점이 있지만, 유역 내에서도 다를 수 있는 물리적 특성들을 고려할 수 없는 단점이 있어 유역 내 임의 지점에서 유출량 계산 결과의 불확실성이 커지게 된다. 따라서 유역 내에 위치하는 저수지의 유입량이나 하천의 유량을 더 정확하게 계산하기 위해서는 물리 모형이면서 (준)분포형 모형에 해당하는 유출모형을 구축하여 활용할 필요가 있다. 2020년에는 이에 해당하는 여러 모형 중 활용도와 구축의 편의성 등을 고려하여 PRMS, SWAT, SWMM 모형의 특성과 abcd 및 tank 모형의 특성을 함께 비교하였다. 비교 결과는 아래 표와 같다.

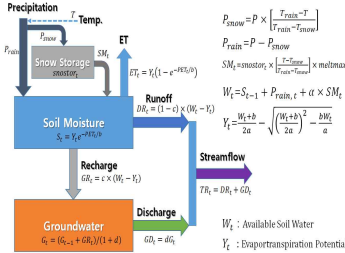
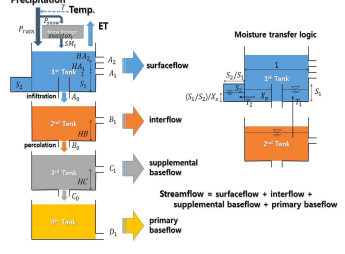
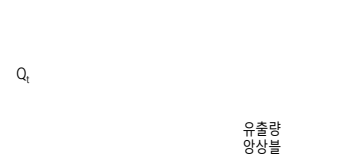
<p>《abcd 모형》 하버드대학교의 Thomas(1981)가 제안</p> <ul style="list-style-type: none"> - 월단위 해석을 위한 모형 - 국내에서도 수문전망 등에 지속적으로 사용 - 미계측유역 적용을 위한 지역화 용이 	 <p>< abcd 모형 개념도 ></p>
<p>《tank 모형》 일본 Sugawara 박사(1984)가 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 일단위 해석이 가능한 모형 - 토양수분 저류효과를 고려하고, 용설·적설에 의한 지체효과를 반영할 수 있도록 자체 개량 	 <p>< tank 모형 개념도 ></p>
<p>《ESP(Ensemble Streamflow Prediction) 기법》</p> <ul style="list-style-type: none"> - 미래에 일어날 가능성이 있는 모든 강우 시나리오(강우 앙상블)를 입력하여 다수의 유량 시나리오(유량 앙상블)를 얻는 기법 - 미국 등에서 하천 유량 예측을 위해 적용 	 <p>< ESP 기법 개념도 ></p>

그림 5.11 abcd, tank 모형 및 ESP 기법의 개요

표 5.5 유출 모형 비교

구분		abcd	PRMS	SWAT	TANK	SWMM
제공		US (보유)	USGS (K-basin)	USDA (공개)	Japan (보유)	US-EPA (공개)
형태		집중형	HRU	HRU	집중형	집중형
모의 수행 요소	계산 단위	월단위	시단위	시단위	일단위	시단위
	증발산	△	○	○	△	○
	저류	△	○	○	△	○
	표면 유출	-	○	○	-	○
	침투	△	○	○	△	○
	하도	-	○	○	-	○
	수질	-	○	○	-	○
	지표하 유출	△	△	△	△	-
	지하수 유출	△	△	△		△
전국 단위 유출 해석 기준	계산 시간	상	중하	중하	상	상중
	확장성 (지하수)	-	상 (K-basin, MODFLOW)	중 (SWAT-MODFLOW)	-	-
	필요 사항	매개변수 개선 필요	모형구축필요 (GIS 활용)	모형구축필요 (GIS 활용)	매개변수 개선 필요	모형구축필요 (GIS 활용)
특징	개념모형	미계측유역 분석 가능 (연구필요), K-basin 활용을 통한 개발 및 구축 비용 저감 가능	미계측유역 분석 가능 (연구필요)	개념모형	도시유역 활용성 ↑	

* 개념적 모형(ABCD, TANK)은 공간적·물리적 해석 불가로 ‘△’ 표기

** 지표하, 지하수 유출은 3차원 지하수 유동해석의 불가(저류함수사용)로 ‘△’ 표기

*** 전국단위 유출해석 활용 기준으로, 모형 사용목적에 따라 상이할 수 있음

5.5 성과 및 평가

2020년 가뭄 예·경보는 2016년부터 지금까지 수행되어 온 월간 가뭄 예·경보와 2017년부터 시작된 주간 가뭄 예·경보에 더해 3~6개월까지의 장기 가뭄 전망 체계를 구축하여 수행되었다. 이렇게 1개월 이내의 가뭄상황 변화에서부터 6개월까지의 가뭄 전망의 시간적인 범위가 확대됨으로써 생·공용수 부문의 가뭄 예·경보가 가뭄 상황에 신속하고, 선제적으로 대응할 수 있는 체계로 발전하는 모습을 보였다.

4장에서 기술한 것처럼 예년 이상의 강수와 유출로 전국적인 가뭄 상황은 거의 없는 한 해였다. 다만 봄철 강수 부족으로 가뭄에 취약한 보령댐이 5~7월에 가뭄 ‘관심’ 단계가 발령되었으나 홍수기에 접어들어 충분한 강수가 발생하면서 7월 중에 가뭄 ‘정상’ 단계로 회복되었다.

월간 가뭄 예·경보의 1~3개월 가뭄 전망에 대한 정확도를 분석한 결과 1~3개월 전망 모두 우수한 정확도를 보이고 있는 것으로 판단되나, 가뭄 상황이 거의 없는 해였다는 점을 고려하면 수치적으로 높은 정확도에 큰 의미를 부여할 필요는 없어 보인다. 향후 가뭄 상황 발생 시 정확한 전망이 가능하도록 기술적 개선의 노력을 지속해야 할 필요가 있다.

올해 새로 시작한 1주 가뭄 전망과 3개월 이상의 계절 가뭄 전망도 장단기 가뭄 전망 체계를 시간적으로 보강했다는 의미가 있으나 정확도 측면에서의 보완이 계속 이루어져야 한다. 가뭄 전망이 기상 전망을 바탕으로 이루어지는 만큼 기상 분야의 전망 기술 발전이 필요하지만, 수문 및 가뭄 전망 부분에서 정확도를 향상시킬 수 있는 기술도 계속 발전되고 있는 만큼 정확도 향상을 위한 기술 발굴 및 활용은 계속되어야 할 것으로 판단된다.

제6장 가뭄 분석기술 고도화



제6장 가뭄 분석기술 고도화

6.1 가뭄 분석기술 고도화 추진계획

6.1.1 개요

최근 기후변화 등의 영향으로 가뭄의 위험도가 증대되고 있다. 국가가뭄정보 분석 센터에서는 향후 증가될 가뭄의 영향을 최소화하고 보다 정확하고 신뢰성있는 가뭄 정보 생산을 위해 필요기술의 개발과 고도화를 진행해오고 있다.

센터 출범 이후 '17년부터 '21년까지는 국가 가뭄 예경보 시 필요한 핵심기술의 개발을 주 목적으로 추진하였다. 이에 따라 '16년 5개년에 대한 중장기 로드맵을 수립하고 아래 그림과 같이 총 5개 분야로 필요기술과 17개 세부분야를 도출하여 분석기술과 정보 고도화를 진행하였다.

현재까지 5개 분야 전반에 걸쳐 일부 대응기술을 제외하고 당초 계획대로 기술개발이 진행되어 당초 목적은 충분히 달성했다고 볼 수 있다.

<p>① 가뭄정보 통합구축</p> <p>①-1 가뭄 기초자료 조사 ①-2 기초조사 자료 정보화·관리 ①-3 가뭄사례 정보화</p>	<p>② 가뭄 모니터링 및 예측기술</p> <p>②-1 기상전망 최적 연계기술 개발 ②-2 가뭄 모니터링·분석 기술 개발 ②-3 가뭄 전망 기술 개발 ②-4 물부족 예측 기술 개발 ②-5 수질·수생태 정보 분석 기술 개발</p>	
<p>③ 가뭄시스템 구축</p> <p>③-1 가뭄시스템 고도화 방안 ③-2 통합 플랫폼/포털 고도화 ③-3 위치기반 가뭄시스템 구축</p>	<p>④ 가뭄평가 및 위험도분석 기술</p> <p>④-1 빅데이터 활용 가뭄평가 ④-2 가뭄 위험도 분석 ④-3 가뭄피해 추정기술</p>	<p>⑤ 가뭄대응 기술</p> <p>⑤-1 단기 가뭄대응 기술 ⑤-2 장기·극한가뭄대응 기술 ⑤-3 지능형 가뭄대응 기술</p>

그림 6.1 '16년에 수립한 '17~'21 중장기 로드맵 세부분야

'20년에는 최근보다 심각해진 기후변화 영향에 대비하고 보다 정확하고 객관적인 정보를 생산하여 국민 소통과 효과 있는 가뭄대응에 기여할 수 있는 기술개발이 요구되고 있다.

6.1.2 추진계획

‘21년부터 ‘25년까지 5개년 동안 기술개발 추진할 기술개발의 중점사항은 ‘가뭄 시 환경적 영향 고려’, ‘기후변화를 반영한 가뭄전망’, ‘국민소통 강화’라고 할 수 있다.

이를 위해 6개 추진분야로 아래 그림 같이 구분하고 연차별 추진계획을 수립하였다.

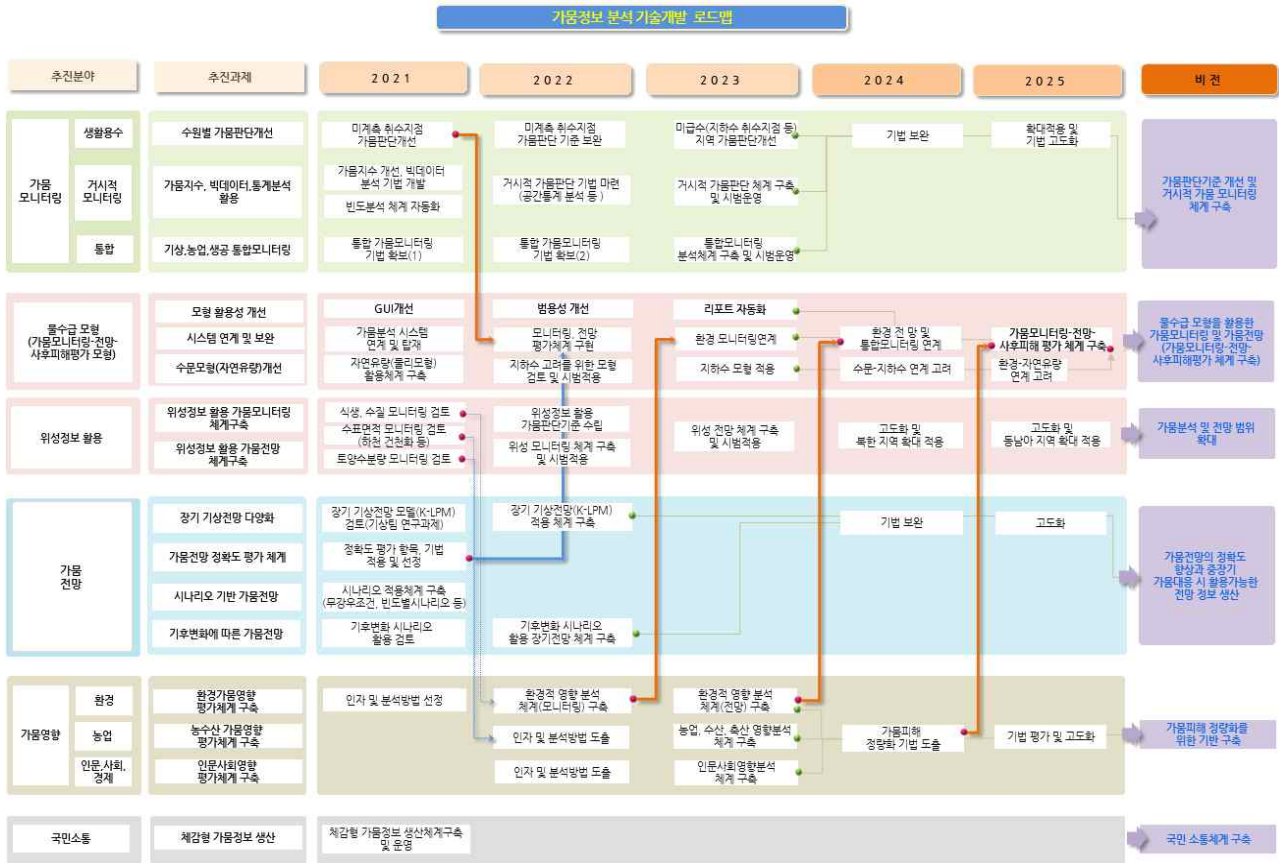


그림 6.2 '21~'25 기술개발 로드맵

6.2 국가과업

6.2.1 가뭄 모니터링 및 예측기술 고도화(4차년도)

가뭄 모니터링 및 예측기술 고도화 과제는 물수급 시설의 실적자료를 기반으로 물수급 네트워크를 구축하고, 기상 및 유량 전망의 정확도를 향상시킬 수 있는 기법을 적용하여 가뭄 전망 정확도를 제고할 목적으로 시작되었다. 1~3차년도 과제를 통해 금강, 낙동강, 한강 유역의 물수급 분석 모형이 구축되었고, 4차년도에는 영산·섬진강 유역에 대한 모형이 구축되었다.

영산·섬진강 유역의 물수급 분석체계 구축을 위해 유역 내 물수급 시설 현황을 분석하고 관련 자료를 수집하였다. 물수급 시설에는 생·공용수 공급 및 회귀와 관련된 댐, 보, 취수장, 하수처리장과 농업용수 공급 및 회귀와 관련된 저수지, 양수장, 양배수장, 취입보가 포함된다. 유역 내에 있는 물수급 시설로부터 공급과 회귀를 고려하여 하천 모니터링 지점의 물수급 상황을 파악하기 위해 이러한 시설들의 위치 정보 및 하천 정보를 기반으로 아래 그림과 같이 물수급 분석 네트워크를 구축하였다.

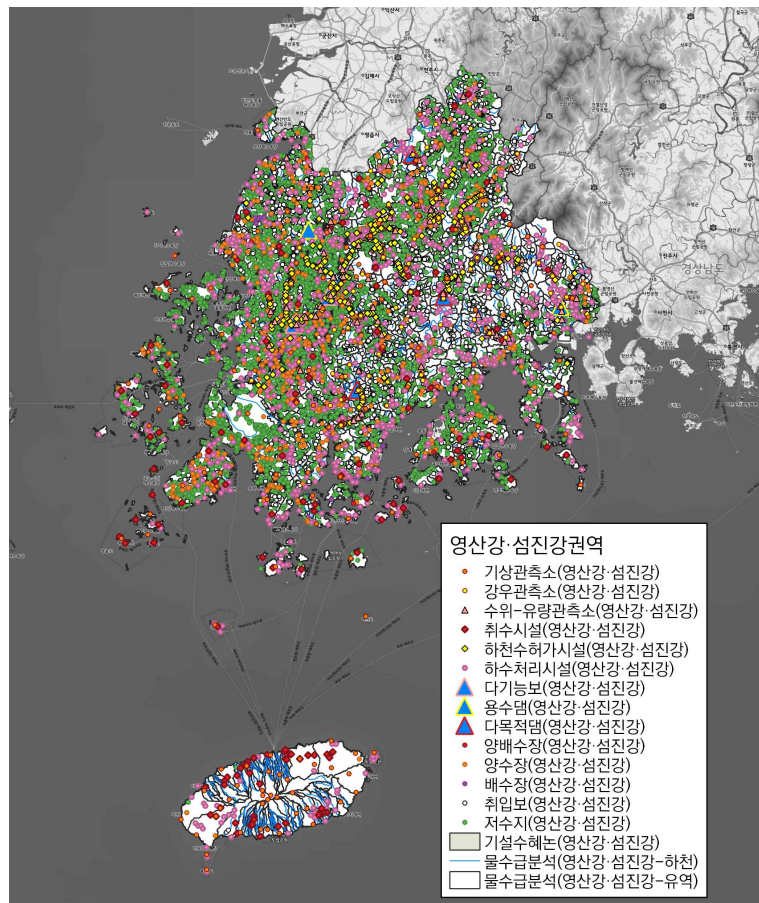


그림 6.3 영산·섬진강 권역 물수급 시설 분포

본 모형에서는 물수급 분석을 위해서 하천과 물 수급 시설의 위치 및 위상 관계를 정의한 dbf 파일을 활용하기 때문에 기존 물수지 분석 모형에 비해 연산 시간이 짧은 장점이 있다. 또한, 유역 단위의 계산에서는 유역 내 물 수급 시설의 유량을 계산할 수 없지만, 본 모형에서는 점, 선 정보를 기반으로 계산이 수행되므로 모든 물 수급 시설의 유량을 계산할 수 있다. 또한, 본 모형은 오픈소스인 R 언어 기반으로 개발되어 활용성이 좋고, 연산이 안정적인 장점을 가지고 있다.

이렇게 구축된 모형을 바탕으로 영산·섬진강 권역의 주요 수위(유량) 관측소 자료와 모의 결과를 비교하였다. 아래 그림과 같이 주요 지점의 모의 결과, Nash 계수가 1에 가깝게 계산되어 높은 정확도를 보였다. 하지만 정확도가 낮은 지점들도 있었으며, 이는 모형을 지속적으로 운영하면서 원인을 파악하고, 개선할 필요가 있을 것으로 판단된다.

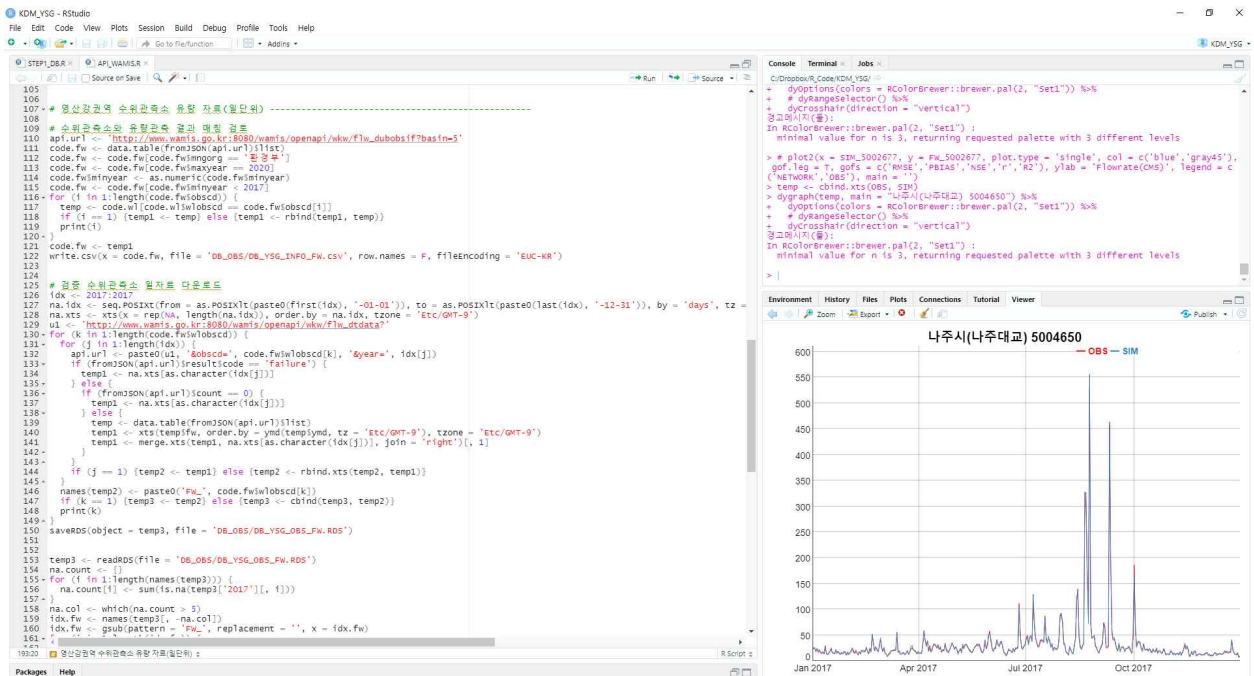
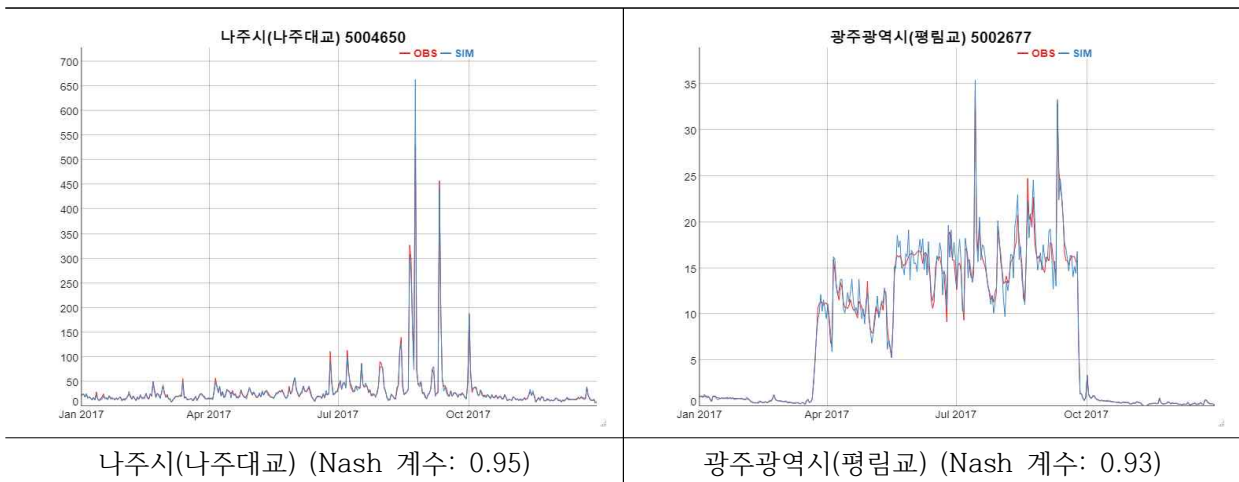


그림 6.4 R 기반 영산·섬진강 권역 물수급 프로그램



나주시(나주대교) (Nash 계수: 0.95)

광주광역시(평림교) (Nash 계수: 0.93)

그림 6.5 영산·섬진강 권역 유량 모의 결과

6.2.2 전국 가뭄 취약지도 제작

1) 추진배경

기후변화에 관한 정부 간 협의체의 특별보고서인 「기후변화 적응을 위한 극한현상 및 재해 위험 관리(IPCC, 2012)」에 의하면, 기후변화로 인한 수문 변동성 증가는 극치 수문사상의 발생확률과 규모의 증가를 가져오는 것으로 보고된 바 있다. 이는 홍수 뿐 아니라 가뭄의 발생에도 영향을 미치며, 가뭄의 빈도와 강도 증가로 가뭄 위험도가 높아지는 것을 의미한다. 실제로 우리나라의 경우 '90년 이후 2~3년마다 크고 작은 가뭄과 7년 주기의 대가뭄이 발생하고 있으며, 연도별 강수량 변화폭 및 지역별 강우편차가 커지면서 국지적인 가뭄이 심해지는 추세에 있다. 최근 발생한 가뭄 피해의 예로 '08~'09년 강원 태백시(광동댐 급수지역)에서 87일간 생·공용수 제한급수를 실시했던 사례가 있으며, '14~'15년 충남 서부권(보령댐 급수지역)의 가뭄으로 물 부족을 극복하기 위해 20%의 자율급수조정을 실시한 바 있다.

가뭄에 견딜 수 있는 근본적 대책 마련을 위해서는 지역별 가뭄 발생 특성 및 취약성 원인 분석 등이 선행되어야 할 것이며, 이를 통해 가뭄 취약특성을 고려한 지역별 맞춤형 대책 및 투자우선 순위 등 효과적인 대책수립이 가능할 것이다. 지역별 취약성, 원인분석 등 국내 가뭄 취약성 평가는 연구단계 수준으로 실무활용을 위해서는 평가기법 정립부터 결과물에 해당하는 가뭄취약지도 작성 기준 마련 등이 필요한 상황이다.

이러한 필요성에 기반하여 「수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률(제정 '17.1.17)」 제7조에 가뭄취약지도 작성에 관한 내용이 반영되었으며, 그 첫 번째 과제로 '18년 가뭄취약성 평가 기준 및 취약지도 작성 지침 수립을 위한 과제가 수행되었다.

2) 과업개요

취약성 평가의 체계는 노출도, 민감도 및 대응능력, 보조수원능력을 고려하여 평가되며, '18년도 수립된 지침에 따라 '19년부터 '23년까지 「전국 가뭄취약지도 제작」 과업이 다년차 과업으로 진행 중에 있다. 각 평가인자(노출도, 민감도, 대응능력)별 원자료 값은 모두 주제도로 표출하여 직관적 이해가 가능하도록 하고, 이중 취약성 평가를 위해 사용될 요소를 선별하여 지역간 상대비교가 가능하도록 정규화한 후 최종 취약지도에 활용할 예정이다. 이때 발생하는 모든 지도는 행정단위별/유역별로 제공될 예정이다.

표 6.1 연차별 가뭄 취약지도 제작계획

계	'19년	'20년	'21년	'22년	'23년
23.5억원	5억원	5억원	5억원	5억원	3.5억원

3) 주요 추진내용

금년도 수행된 「전국 가뭄취약지도 제작(2차년도)」 과업의 주요 추진내용은 아래와 같다.

(1) 노출, 민감, 보조수원 전국평가

노출도, 민감도, 보조수원능력 인자에 대한 행정구역별/권역별 전국 평가 및 환산계수 산출

(2) 시범용역 평가방법 보완

시범용역(18)에서 평가인자별로 제시한 점수구간을 재검토하고 보완된 구간값 제시

(3) 금강·낙동강권역 취약성 평가

물수지분석을 통해 산출된 가뭄대응능력(용수공급가능일수) 점수에 노출도, 민감도, 보조수원능력 계수를 가중하여 가뭄취약성 평가점수 및 등급 산출

* 권역별 가뭄취약성 최하 등급(IV) 산출 지역

- 낙동강 : 고령군 대가야읍, 안동시 강남동, 의성군 봉양면, 군위군 산성면·고로면
- 금 강 : 당진시 대호지면·우강면·합덕읍, 논산시 벌곡면

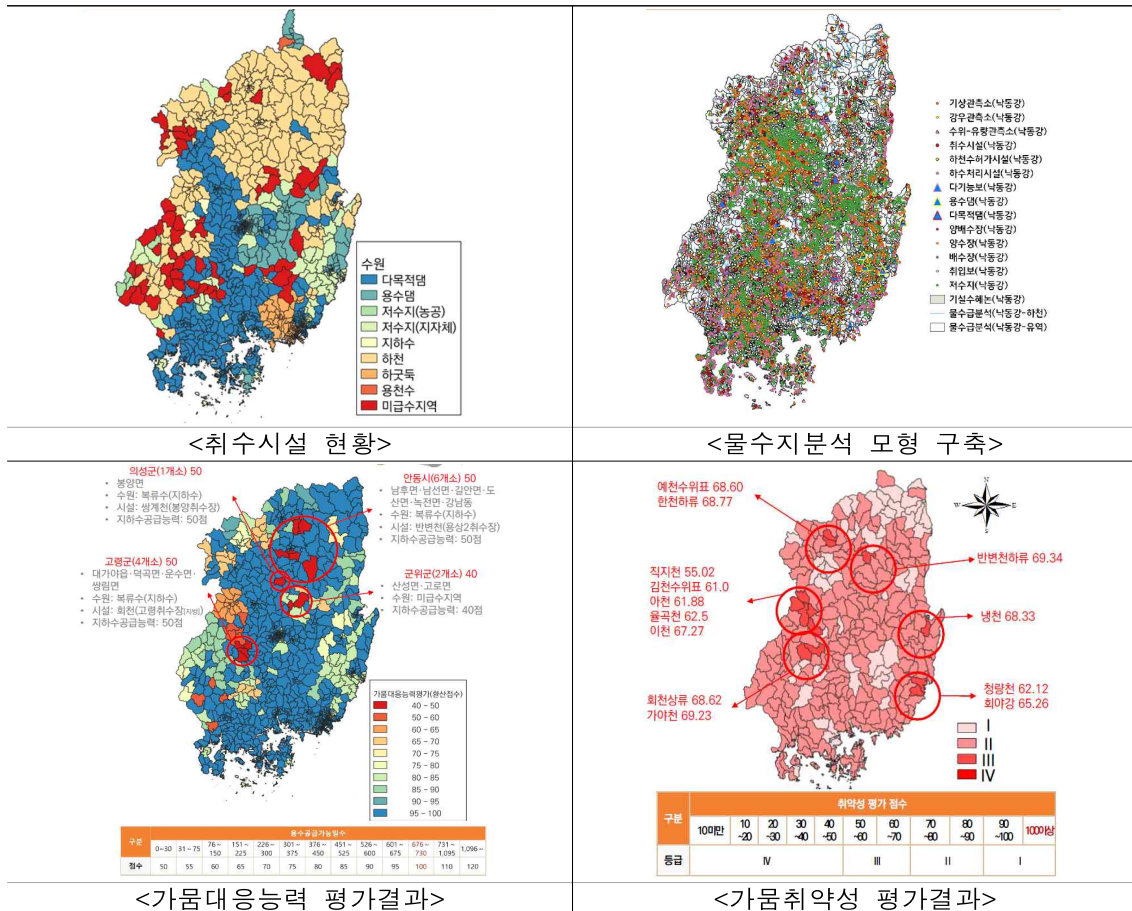


그림 6.6 가뭄대응능력 및 가뭄취약성 평가결과(낙동강 권역)

4) 향후 계획

'22년까지 전국의 행정구역 및 권역별 가뭄 취약지도를 구축하고, '23년까지 취약성 평가결과 및 취약지도 등의 과업 산출물을 가뭄포털내 구축할 계획이다.

6.2.3. 가뭄 시 환경적 영향분석을 위한 기획연구

1) 추진배경

현재까지 우리나라는 가뭄과 관련해서 수많은 조사사업, 기술개발, 정책 등이 추진되어왔지만 국민(인간)이 주요 대상이었기 때문에 상대적으로 가뭄 시 환경적 영향에 대해서는 소홀히 해왔다.

따라서, 그간 가뭄 발생 시 물부족, 건천, 수질악화 등 가뭄으로 인해 멸종, 생물종 변화 등 심각한 환경 피해가 있었을 것으로 예상되지만 아직 그 규모와 범위도 명확히 파악하지 못하고 있는 실정이다.

앞절에서 언급했듯이 '21년부터 가뭄 시 환경적 영향을 고려하는 것은 기술개발의 중점사항 중에 하나이다. 향후 추진될 본격적인 연구 및 기술개발에 앞서 그간 진행된 국내·외 관련 사업을 사전에 검토하고 개략적인 연구 방향과 계획을 수립하고자 사전 기획연구를 진행하였다.

2) 기존연구검토

기존 연구는 연구방향과 계획수립에 필요한 4가지 항목을 중점적으로 검토하였다. 첫 번째는 환경가뭄에 대한 정의이고 두번째는 가뭄 시 환경적 영향과 관련된 인자, 세번째는 환경적 영향을 분석하기 위한 방법 마지막은 국내외 활용가능한 정보에 대한 현황을 대상으로 하였다.

- 환경가뭄 정의

아래 그림에 미국의 정의와 아래 표에 국내 문헌에 언급된 정의를 나타내었다. 미국 USGS에서는 환경·생태가뭄을 '자연 및/또는 인간 시스템에서 피드백을 유발하거나 생태계시스템에 영향을 주거나 취약성의 한계값을 넘어서게하는 일시적인 물 가용성 부족'이라고 정의(Crausbay, Ramire et al. 2017)하고 있고 국내 환경부는 생태계가 보존 유지가 되고 육상 또는 수생태계의 보존유지에 필요한 토양수분 또는 유량이 부족한 상태를 환경가뭄으로 정의하고 있는 것으로 검토되었다.

자연환경과 인간이 가지는 상호작용을 기반으로 규명하는 것이 미국이라고 하면 국내는 물부족에 영향을 받는 자연환경을 관리대상으로 바라보고 있는 것이 상이하다고 할 수 있다.

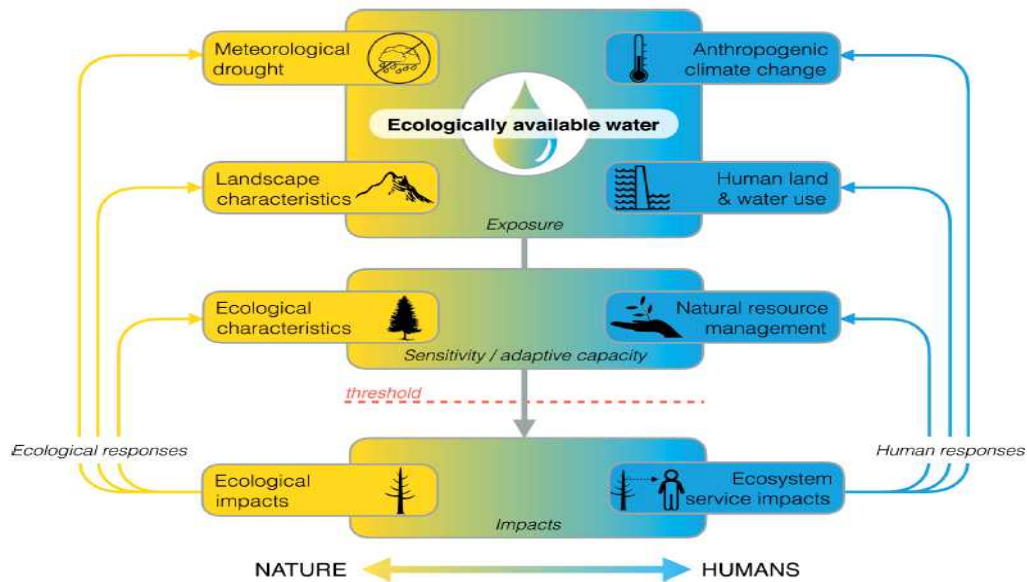


그림 6.7 환경생태 가뭄 기본 컨셉(USGS, 2017)

표 6.2 환경·생태 가뭄의 정의(환경부, 2017)

구분	내용
기준	·생태계의 유지·보존
관리대상	·생태계의 생물적 요소(생물) or 생태계의 비생물적 요소(물)와 생물적 요소(생물)
정의	·육상 또는 수생생물의 생존·유지에 필요한 토양수분 및 유량이 부족한 상태

- 가뭄 시 환경영향 인자

가뭄 시 환경영향인자에 대해서 기존 연구를 검토한 결과 환경부(2017)에서는 하천유량감소, 토양수분저하, 지하수위 저하 등의 1차영향과 식물질병 발생, 조류 바랭, 수질 악화 등을 2차영향으로 분류하고 있다. 상세 내용은 아래 그림에 나타내었다.

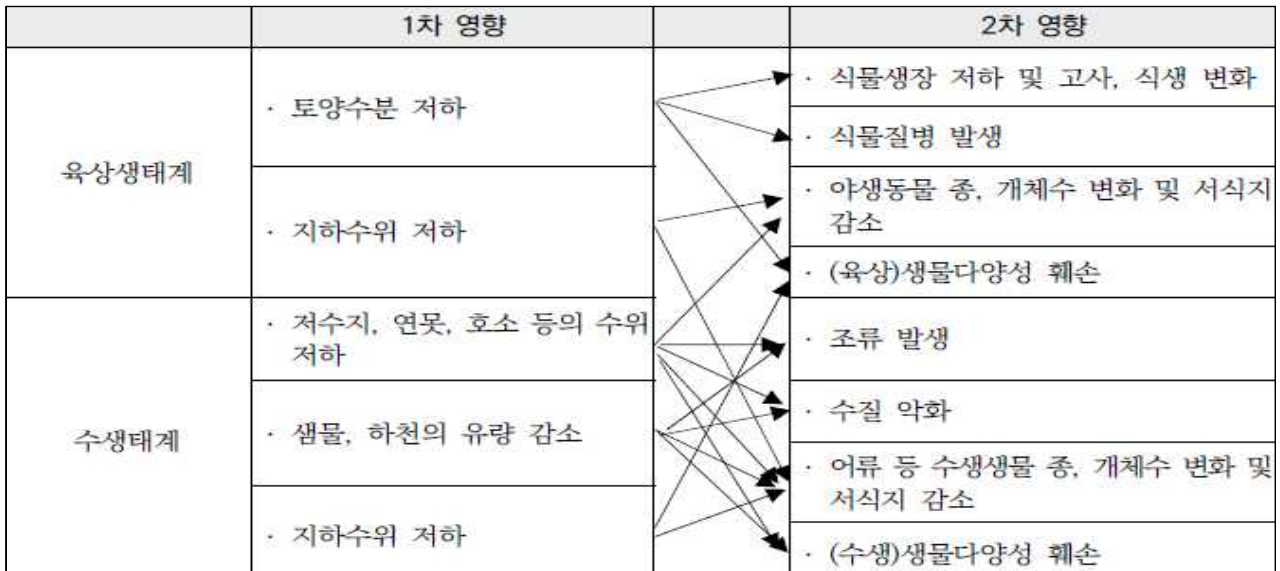


그림 6.8 가뭄 시 환경·생태학적 영향 분류(환경부, 2017)

- 환경가뭄 분석방법

가뭄 시 환경적 영향을 분석할 수 있는 방법은 표 6.3에 나타내었다. 환경부에서는 2016년부터 수행한 3건의 연구용역을 통해 수질, 수생태, 식생을 분석대상으로 하는 10가지 분석방법을 제시하였다.

표 6.3 환경가뭄 분석방법(환경부, 2016~2017)

구분	내용	분석방법	변수
수질	EDR	$EDR = \frac{P[WQ \geq WQ_{criteria} DI \leq DI_{criteria}]}{P(WQ \geq WQ_{criteria})}$	-P : 특정 조건이 발생할 확률 -WQ :수질지표(BOD or TP) -WQcriteria : 대상 지점별 목표수질기준 -DI: 기상학적 가뭄지수(SPI) -Dlcriteria : 기상학적 극한가뭄조건 (SPI < -1.2 or <-1.5) -PEWQ : Probability of Exceeding Water Quality, 목표기준수질 초과 확률
	SQI	$SQI = \frac{C - C_{WS(수질기준)}}{\sigma_{WS(표준편차)}}$	-C : 하천수질 -C _{WS} : 하천수질기준 -σ _{WS} :수질기준 대비 표준편차

수생 태	SEI	$SEI = \frac{Q - Q_{optmin}(\text{최소 생태유량})}{\sigma_{optmin}(\text{유량표준편차})}$	-Q : 하천유량 -Q _{optmin} : 최소 생태유량 -σ _{optmin} : 최소 생태유량 대비 하천유량의 표준편차
	EI	$EI = \frac{Q}{Q_{EE}(\text{환경 생태유량})}$	-Q : 하천유량 -Q _{EE} : 하천 생태유량
	SEI	$SEI = \frac{Q - Q_{optmin}(\text{한계 생태유량})}{\sigma_{optmin}(\text{유량표준편차})}$	-Q : 하천유량 -Q _{optmin} : 한계 하천 생태유량 -σ _{optmin} : 한계 하천생태유량 대비 하천유량의 표준편차
	ECFI	$ECFI = \frac{Q}{Q_{cf}}$	-Q : 현재시점의 하천유량 -Q _{cf} : 최적 유량(고시된 환경생태 유량)의 25%를 적용한 한계유량
	환경 생태 지수	환경 생태지수 = $\frac{(Q - Q_{opt})}{Q_{갈수량}}$	-Q : 하천유량 -Q _{optmin} : 한계 하천 생태유량 -Q _{갈수량} : 갈수량
	SSI	$SSI_n = \frac{Q - Q_m}{\sigma}$	-Q : 하천유량 -Q _m : 지난 n 기간 동안의 평균 하천유량 -σ : 하천유량 표준편차
식생	NDVI	위성에서 제공	-
	VHI	$VHI = a \times VCI + (1 - a) \times TCI$	-LST : 지표면 온도 -a : 선형조합을 위한 매개변수(0.5)

- 국내 활용 가능 정보

국내에서 가뭄 시 환경적 영향을 분석하는데 활용할 만한 정보는 아래 표에 정리하였다. 현재 국내에서 분석 시 활용할 수 있는 정보는 하천, 저수지, 지하수의 유량, 수질정보 등이며 생태와 관련된 정보는 거의 전무한 실정으로 볼 수 있다.

표 6.4 국내 수질 관련 정보

제공	시스템명	제공대상	제공항목	제공방법	측정주기
KEI	수질측정망	하천, 호소, 농업용수 (1,936개소)	9개 수질항목 (수심, 수온, DO, BOD 등)	1)	월 or 분기 (1996 ~수동)
	수질자동 측정망	하천 (70개소)	8개 수질항목 (수온, pH, 전기전도 등)	1)	일 (2009~자동)
	총량측정망	하천 (337개소)	10개 수질항목 (수온, pH, 전기전도 등)	1)	월 (1996 ~수동)
	조류정보제	하천, 호소, 보 (61개소)	5개 항목 (수온, pH, DO, Chl-a, 등)	1)	주
	비점오염물 측정망	하천 (2개소)	11개 항목 (수온, DO, BOD 등)	2)	연 36회(2016~), (강우 시 2시간)

환경 공단	하수도 방류수질	하수도	6개 항목 (BOD, COD, SS 등)	3)	월별 시군구 평균치 (2003 ~, 월)
K- water	지하수수질전 용측정망	지하수 (691개소)	69개 항목(5년단위) 20개 항목(년단위) (pH, EC, DO, ORP 등)	4)	분기 (2006~)
	지역지하수수 질측정망	지하수 (2,021개소)	20개 항목 (pH, EC, DO, ORP 등)	4)	연2회
	지하수국가 관측망	지하수 (581 개소)	20개 항목 (pH, EC, DO, ORP 등)	4)	연2회
	농촌지하수 관리관측망	지하수 (60개소)	20개 항목 (pH, EC, DO, ORP등)	4)	연2회

- 1) 물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr/waterdata>)
 - 2) 비점오염물질 측정망 정보 시스템(www.nonpoint.or.kr)
 - 3) 국가하수도정보시스템(<http://www.keco.or.kr/kr/sub/public/hsudoinfo/step03/>)
 - 4) 국가지하수정보시스템(<http://www.gims.go.kr/>)
- ※ 수질 측정망 : 유역별환경청(372), 물환경연구소(167), 시도(331개소), Kwater(111), 농어촌(925)
 자동측정망 : 유역별환경청(70), 총량측정망 : 유역별환경청(64), 물환경연구소(273)
- ※ 하수도 정보의 경우 정확한 시설명과 월별 구분은 제공하지 않고 있음

표 6.5 국내 생태관련 정보

제공	시스템명	제공대상	제공항목	제공 방법	측정주기
환경 부	생물측정망	하천 (30개 하천, 3,884개 구간)	건강성평가등급만 제공 (출현생물종, 부착돌말류, 저서성 대형무척추동물등은 시스템에서 미제공)	1)	연2회 (2008~)
	국토환경성 등급 지도	지도(레이어), 행정구역단위,산, 하천,내륙습지,호 소, 농지,도시 등	다양성(생태자연도), 자연성(임상도, 생태자연도), 풍부도, 희귀성, 허약성, 연계성 등	2)	연1회 (2016~)
	생물지리정보	행정구역 단위	종별 위치 및 설명	3)	-

- 1) 물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr/waterdata>)
- 2) 국토환경성평가지도(<https://ecvam.neins.go.kr/main.do>)
- 3) 생물지리정보(<https://species.nibr.go.kr/geo/html/index.do>)

3) 요약 및 정리

생태·환경적인 가뭄의 정의는 미국과 국내에서의 정의가 상이 한 것으로 나타났다. 미국은 자연환경과 인간이 가지는 상호작용을 기반으로 규명하였고 국내는 수생태계의 보존과 유지에 필요한 토양수분 또는 유량을 기준으로 가뭄을 정의하고 있는 것으로 나타났다.

가뭄 시 환경적 영향을 받는 인자는 육상생태와 수생태로 구분하고 각각 가뭄의 진행에 따라 1차 영향과 2차 영향으로 구분하고 있다. 1차 영향은 직접적인 영향으로 토양수분저하, 하천, 지하수위 저하 등이고 2차 영향은 식물생장 및 저하, 고사, 식생변화 등으로 구분할 수 있는데 상호 복잡한 연계 관계를 나타낸다. 하지만, 광범위하고 다양하게 존재하는 영향인자들의 상호 관계를 정의하고 가뭄 상황에 따른 각 영향 인자의 체계적인 진행과정 등을 규명하고 검증하는 연구는 진행된 적이 없어 이를 활용하여 생태·환경가뭄을 대표하는 영향 인자를 선택하고 가뭄분석을 위해서는 보다심도 있는 연구가 필요한 것으로 나타났다.

기존 진행된 국내 환경부 용역 결과를 분석한 결과 수질, 수생태, 식생에 대한 영향을 평가하고 환경·생태학적 가뭄을 정량화할 수 있는 통계분석 방법 등(2017)이 10가지의 방법론이 제시되었으나 실무에 활용하기 위해서는 별도의 검토과정과 연구가 필요한 것으로 조사되었다.

국내 가뭄 시 환경적인 영향을 분석하기 위해 활용할 수 있는 정보는 매우 제한적으로 대부분 환경부에서 제공 중인 월단위 수질정보와 연단위 수생태 및 생태 지도로서 상세 분석 및 검증이 매우 열악한 실정으로 나타났다.

사전기획연구를 진행한 결과 가뭄 시 환경·생태학적 영향을 고려하기 위한 국내외 일부 연구가 진행되었으나 보다 많은 연구가 필요한 시작단계로 나타났다. 우선 단기적으로 기 제안된 분석방법을 활용하기 위한 시범적용과 검증 등의 연구가 필요해 보이며 이후 보다 객관적이고 합리적인 조사와 기술개발 계획을 가지고 장기적인 기술개발이 필요하다고 할 수 있다.

6.3 자체 과업

6.3.1 국민 체감형 가뭄정보 생산 기술 개발

1) 추진배경

우리나라에서는 기상청, 환경부, 농림수산식품부, 행정안전부 등 다양한 기관에서 가뭄정보가 생산 및 제공되고 있을 뿐만 아니라, 전세계적으로 100여개가 넘는 가뭄 지수가 존재해 일반 국민들이 가뭄을 인지하고 체감하는데 많은 혼란과 어려움이 있는 실정이다.

또한, 국민보다는 가뭄관리자의 입장에서 가뭄을 판단하고 의사결정이 용이하도록 정보 제공이 이루어져 일반 국민의 가뭄체감과 가뭄을 극복을 위한 동참은 매우 저조하였다고 볼 수 있다.

선제적으로 가뭄을 대비하고 실제 가뭄 시 대응을 위해서는 국민이 적극적인 참여가 필수적이다. 센터에서는 국민이 가뭄을 쉽게 체감하고, 물질약 등 가뭄 대응에 적극적으로 동참할 수 있도록 국민 체감형 가뭄정보생산기술을 개발하였다.

2) 주요 연구내용

- 분석 프로세스

기존 공학적 기반에서 생산된 가뭄정보를 국민의 관점에서 이해하기 쉽고 효율적으로 생산·전달 할 수 있는 방법을 도출하기 위해 사회과학 전문가의 긴밀한 협업을 통해 사회과학적 이론을 적용하여 진행하였다. 아래 그림은 체감형 가뭄정보생산방법을 도출하기 위한 과정으로 전문가 자문, 포커스그룹, 2차에 걸친 설문조사 실제 시민과 농업인을 대상으로한 자문단 등을 운영하여 실용성 있는 결과를 도출하였다.

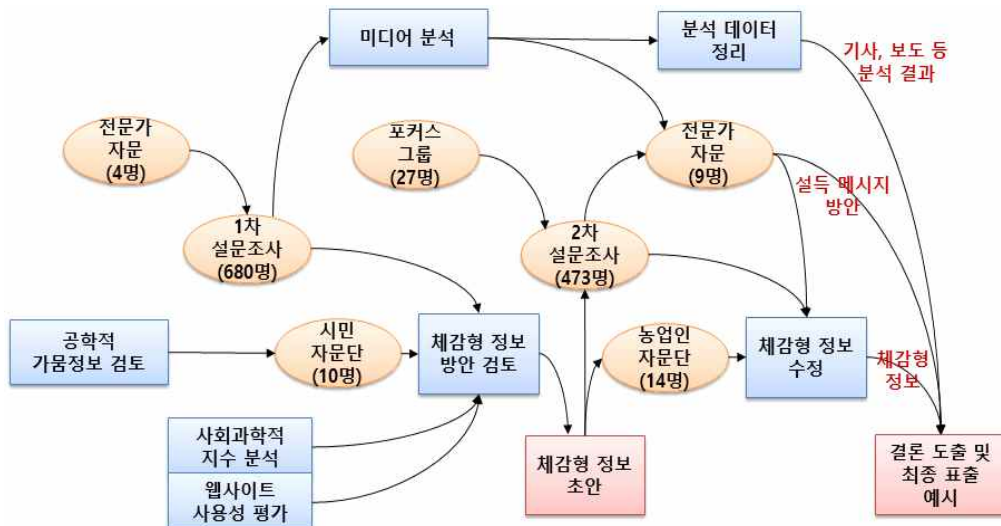


그림 6.9 국민 가뭄 체감도 분석과정

- 국민 가뭄 체감도 진단 결과

2차에 걸쳐 '가뭄'에 대한 국민의 체감도와 행동의지에 대한 평가를 위해 설문조사를 진행하였다. 아래 표들은 설문 중 주요 결과를 요약한 내용으로 대다수 국민(59%)는 가뭄에 대해 잘 모르고 있으나, 가뭄 문제는 위험하다고 인식(85%)하고 있는 것으로 나타났다. 또한, 빨래를 모아서 하는 등의 가벼운 물 절약 행동 의지는 있는 것으로 조사되었다.

표 6.6 인지(문항별 5점 만점 기준)

측정 문항	1차 (680명)		2차 (473명)	
	평균	표준편차	평균	표준편차
나는 가뭄에 대해 꽤 잘 알고 있다	3.88	1.32	3.72	1.34
나는 가뭄에 대해 많이 알고 있지 않은 것 같다	4.31	1.30	4.26	1.30
나의 친구들 중 나는 가뭄에 대해 제일 잘 알고 있는 사람이다	3.65	1.34	3.47	1.32
다른 사람들과 비교해 나는 가뭄에 대해 적게 알고 있는 편이다	4.06	1.20	4.04	1.23
가뭄에 대해 논한다고 하면, 나는 거의 모른다	3.99	1.35	4.06	1.42
전체 평균	3.84	0.98	3.77	1.04

표 6.7 관여(중요성에 대해 5점 만점 기준)

측정문항	1차 (680명)		2차 (473명)	
	평균	표준편차	평균	표준편차
가뭄은 나에게 있어 중요한 문제이다	4.47	1.47	4.74	1.32
가뭄은 나와 관련이 높은 문제이다	4.24	1.49	4.60	1.34
나는 가뭄에 관심을 가지고 있다	4.47	1.39	4.70	1.31
나는 가뭄에 대해 전혀 신경쓰지 않는다	3.32	1.53	3.34	1.51
전체 평균	4.47	1.18	4.68	1.12

표 6.8 행동의도(문항별 5점 만점 기준)

측정문항	1차 (680명)		2차 (473명)	
	평균	표준편차	평균	표준편차
세수, 세척, 샤워 시 물을 받아서 사용한다	3.59	1.02	3.70	0.95
양치질 할 때 컵을 사용한다	4.16	0.95	4.21	0.89
변기의 물통에 페트병이나 벽돌을 넣어서 사용한다	3.84	1.01	3.81	1.01
정원이나 꽃밭에 뿌리는 물은 한번 사용한 허드렛물을 사용한다	3.97	0.94	3.94	0.87
절수형 샤워헤드, 절수형 변기 등 절수용품을 설치한다	3.99	0.91	4.01	0.85
빗물과 재활용수를 이용한다	3.38	1.03	3.35	1.01
세탁물은 한꺼번에 모아서 세탁한다	4.29	0.81	4.27	0.81
설거지할 때, 식기에 묻은 음식물찌꺼기를 종이로 닦고 세척한다	3.65	1.08	3.78	0.97
전체 평균	3.86	0.71	3.89	0.74

- 가품정보의 미디어 노출도 진단 결과

가품과 관련된 주요 키워드 별로 미디어 분석을 수행한 결과 아래 그림과 같이 나타났다. 가품정보의 미디어 노출 환경은 특정 시기를 중심으로 집중되어 지속적으로 국민의 관심을 유도하는데에는 불리한 것으로 진단되었다.

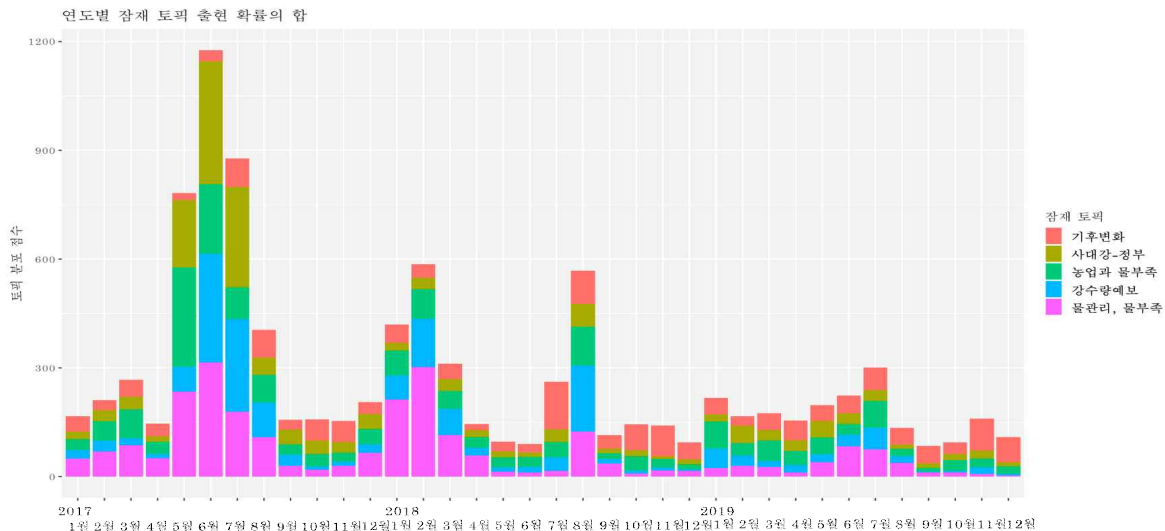


그림 6.10 Topic 모델링 결과

- 국민 의견 수렴결과

주부와 농민으로 구성된 시민자문단을 통해 국민의 실제 의견을 수렴하였다. 아래 표는 주요의견을 정리한 것으로 가뭄정보 체감이 실질적으로 어려운 이유는 어려운 용어사용과 쉽게 공감하고 행동할 수 있는 메시지 부재가 주요 원인으로 조사되었다.

표 6.9 시민자문단 주요의견

자문단 종류	주요의견
주 부	거주지 기반 정보 제공, 공감과 행동할 수 있는 메시지 등이 필요
농 민	과거 유사 가뭄사례(피해) 정보, 앱(App) 문자 활용 정보전달 등 필요

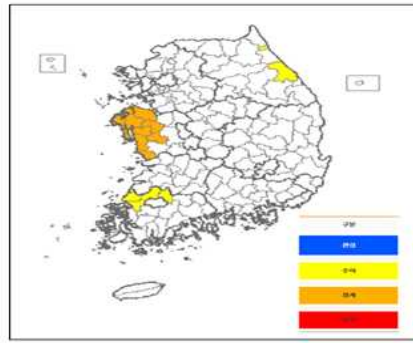
- 가뭄정보 생산 방안 도출

조사내용과 사회과학적 이론을 적용하여 국민 체감형 가뭄정보 생산을 위한 5가지 가이드라인을 아래 표와 같이 제시하였다. 아래 그림은 실제 가이드라인을 적용한 가뭄정보생산을 예시한 것이다.

표 6.10 체감형 가뭄정보 생산을 위한 5가지 가이드라인

중점사항	가이드라인
피해인식	미세먼지지수로부터 폐와 건강에 대한 피해를 인식할 수 있는 것과 같이 가뭄정보로부터 그 피해를 예상할 수 있어야 한다.
연관성인식	예상되는 피해를 국민 자신과의 연관성을 높게 인식할 수 있어야 한다.
심각성인식	피해의 심각성에 대한 메시지가 함께 전달되어야 한다.
대응방법인식	생소한 가뭄정보로부터 적합한 행동 유도를 위한 대응방안 메시지가 함께 제공되어야 한다.
휴리스틱사고	배경지식이 없어도 일반인 수준(일반인이 가지고 있는 경험 등을 통해) 이해되어야 한다.

[예시1] 가뭄·예경보 정보(피해 및 대응 메시지 추가)



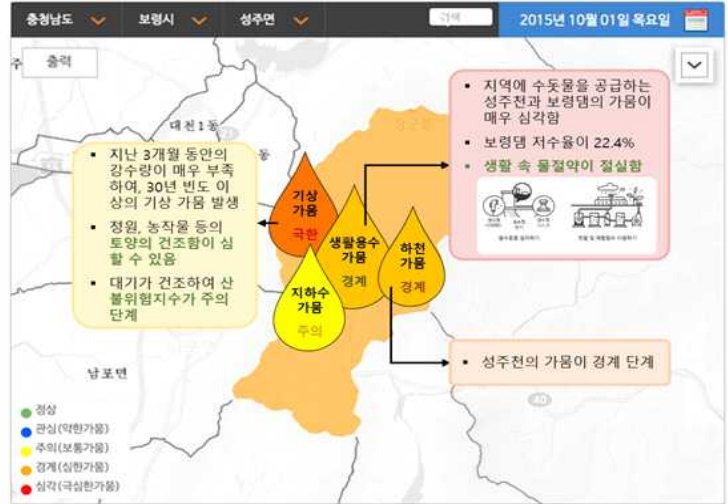
<메시지 예시>
 “현재 보령댐에 저장된 물이 매우 부족하여, **예경보**와 같이 보령댐의 물을 함께 사용하는 충청남도 여러 지역 물부족이 **경계단계**입니다. 보령시를 포함한 이 지역에 속한 시민들의 물절약 참여가 **절실한** 상태입니다. 생활에서의 물을 절약하면 앞으로 단수 등의 피해를 막을 수 있습니다.”

원인
심각성
행동요령

국민 체감 향상



[예시2] 우리동네 가뭄정보(연관정보, 피해 및 대응 메시지 추가)



- 피해 인식
- 연관성 인식
- 심각성 인식
- 대응방법 인식
- 휴리스틱 사고

그림 6.11 가이드라인 적용예시

3) 요약 및 정리

국민이 가뭄을 쉽게 체감하고, 물절약 등 가뭄 대응에 적극적으로 동참할 수 있도록 국민 체감형 가뭄정보생산기술을 개발하였다. 사회과학적 이론을 적용하고 2차에 걸친 설문조사와 시민자문단 운영 등을 통해 가뭄정보포털에 적용할 수 있는 5가지 가이드라인을 마련하였다.

도출된 가이드라인을 기반으로 가뭄정보포털에 체감형 컨셉이 반영된 콘텐츠가 '21년부터 게시될 예정이다.

6.3.2 미계측 하천 취수지점의 가뭄판단 분석체계 구축

1) 배경 및 목적

가뭄은 관측 및 정의하기가 어려우며 가뭄 피해 또한 정량적으로 추정할 수 없는 복잡한 자연현상이다. 우리나라는 2012년부터 2019년까지 끊임없이 발생한 가뭄으로 커다란 피해가 발생하였다. 국가가뭄정보포털에 따르면 가뭄에 의한 지방상수도 제한급수 피해 인구는 2012년 508명, 2015년은 생활용수 급수조정(충남 7개 시군 20% 감량)이 들어갔으며, 2016년은 35개 시군에서 11,123명, 2017년은 51개 시군에서 26,853명, 2018년은 22개 시군에서 111,473명, 2019년은 15개 시군에서 9,789명으로 매년 증가하는 추세이다.

하지만 하천을 수원으로 하는 지방상수도의 경우에는 하천 유량을 감시할 수 있는 관측시설이 없기 때문에 가뭄 발생 시 하천 유량이 감소함에 따라 취수량 조절 등의 사전 대응이 곤란한 실정이다. 따라서 수원의 정보를 기반으로 한 가뭄상황 판단 및 예·경보 체계에 부합하기 위해서는 하천수, 지하수 정보를 기반으로 한 미급수지역의 체감 가뭄상황을 가뭄 판단에 반영할 필요가 있다.

미계측 하천 취수지점의 가뭄판단 및 분석체계 구축을 위한 연구 범위는 현장 조사 및 대상지점 선정, 가뭄상황 판단 및 예측, 계측기 설치 및 자료 수집과 같이 총 3가지 주요 범위로 나누어져 있으며, 세부내용은 아래와 같다.

- 현장 조사 및 대상 지점 선정
 - 복류수 취수 지점 중 현장 조사 및 대상 지점 선정
 - 관측 자료(지하수위, 하천수위, 시설제원, 취수량, 집수정 수위 등) 수집
- 가뭄상황 판단 및 예측
 - 관측 자료 활용 복류수 취수 지점의 가뭄판단 방법론 제시
 - 계측 필요항목 선정 및 계측 자료 활용 가뭄판단 방법론 제시
 - 가뭄상황 예측에 활용 가능한 최적 분석모형 제시
- 계측기 설치 및 자료 수집
 - 계측 필요항목에 대한 계측방법 수립
 - 계측기 설치 및 자료 수집

2) 현장 조사 및 대상지점 선정

미계측 유역의 가뭄판단을 위한 현장 조사 및 대상 지점 선정을 위해 하천을 수원으로 사용 중인 복류수 취수 지점을 살펴본 결과, 복류수 취수는 109개소, 집수매거는 107개, 얇은우물은 2개 취수시설을 활용하고 있으며, 대부분 강원도(61개소) 및 경상북도(59개소)에 위치하고 있다.

표 6.11 수원종류별 시·도별 하천수 취수시설 현황

(단위 : 취수시설 개수)

구 분	시·군 (수)	취수장 합 계	표류수				복류수		비고
			취수보	취수관거	취수탑	기타 (취수문 등)	집수매거	얕은우물	
지자체	76	182 100%	26 14.3%	21 11.5%	9 4.9%	5 2.7%	107 58.8%	2 1.1%	
서울특별시	-	-	-	-	-	-	-	-	
부산광역시	1	1	-	-	1	-	-	-	
대구광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	
인천광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	
광주광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	
대전광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	
울산광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	
세종특별자치시	-	-	-	-	-	-	-	-	
경기도	7	12	-	1	2	-	6	2	
강원도	17	61	3	11	1	1	42	-	
충청북도	6	9	1	-	2	-	5	-	
충청남도	4	6	4	-	-	-	1	-	
전라북도	7	14	8	-	-	-	4	-	
전라남도	5	6	1	2	1	-	2	-	
경상북도	20	59	6	7	-	2	40	-	
경상남도	9	14	3	-	2	2	7	-	
제주도	-	-	-	-	-	-	-	-	

복류수 취수지점의 가뭄판단 및 예측을 위해서는 취수지점의 수위(유량) 정보가 필요하다. 하지만, 복류수 취수지점 인근에 활용 가능한 수위관측 자료가 있는 취수지점은 65개소에 불과하며, 복류수 취수시설의 경우에도 하천수위 변화에 따른 취수영향이 적어서 직접적인 가뭄상황 판단이 어렵기 때문에 인근에 위치하는 하천수위, 지하수위 등 다양한 정보를 수집할 수 있는 취수장 선정이 필요하다.

복류수 취수지점의 대상 지점 선정을 위해 “지자체 취수시설(하천수) 조사계획(안)”의 시범 조사 대상지역을 포함하여 21개소의 취수장을 선정하였다.

표 6.12 수원종류별 시·도별 하천수 취수시설 현황 및 조사 대상취수장 목록

시군	취수장명	하천명	취수 형태	시설용량 (m3/일)	'18취수량 (m3/일)	인근 수위국명	하천수 사용허가
가평군	설악취수장	미원천	얕은우물	2,000	1,500	가평군 (청평댐)	-
	현리취수장	조종천	얕은우물	10,000	5,196	-	-
안성시	대덕취수장	한천	-	20,000	5,269	-	-
양평군	양동취수장	계정천	집수매거	1,000	610	-	-
	양평통합(취)	흑천	집수매거	26,000	22,685	양평군 (흑천교)	-
연천군	연천통합(취)	임진강	취수탑	116,000	109,225	군남홍수 조절지	한강305-1호
	백학취수장	사미천	집수매거	4,000	145	사미천	한강212-3호
파주시	금파취수장	임진강	취수관거	100,800	72,263	-	한강066-2호
평택시	송탄취수장	진위천	집수매거	15,000	10,486	진위천	한강259-1호
	유천취수장	안성천	집수매거	15,000	9,780	양령	한강136-2호
포천시	관인취수장	한탄강	취수탑	1,900	2,045	관인	-
	이동취수장	영평천	집수매거	1,700	1,293	-	-
옥천군	청산취수장	보청천	집수매거	1,000	602	-	-
영월군	영월취수장	복류수	집수매거	13,500	12,430	-	-
영동군	영동취수장	금강	집수매거	13,500	12,481	-	-
포항시	중명취수장	형산강	집수매거	14,000	33,933	-	-
	제2취수장	형산강	집수매거	69,000	45,080	-	-
하동군	하동취수장	섬진강	집수매거	5,000	4,491	-	-
고령군	고령취수장 (지방)	회천	집수매거	9,000	8,632	-	-
정선군	덕송취수장	조양강	집수매거	5,200	4,078	-	-
인제군	서화취수장	인북천	집수매거	4,400	4,288	-	-

선정된 21개소의 취수장 중 취수장의 취수형태가 없는 대덕취수장과 얕은우물 형태인 설악취수장과 현리취수장, 취수관거 형태인 금파취수장, 취수탑 형태인 연천통합취수장, 관인취수장을 제외하였으며, 취수형태 외에도 취수장 인근에 수위관측소 및 지하수위관측소가 없는 취수장 또한 최종 선정과정에서 배제하였다.

위와 같은 이유로 시범유역에서 제외되어 최종적으로 예비후보군으로 선정된 곳은 청산, 영월, 영동, 중명, 하동, 고령, 덕송 등 7개소로 축소되었다.

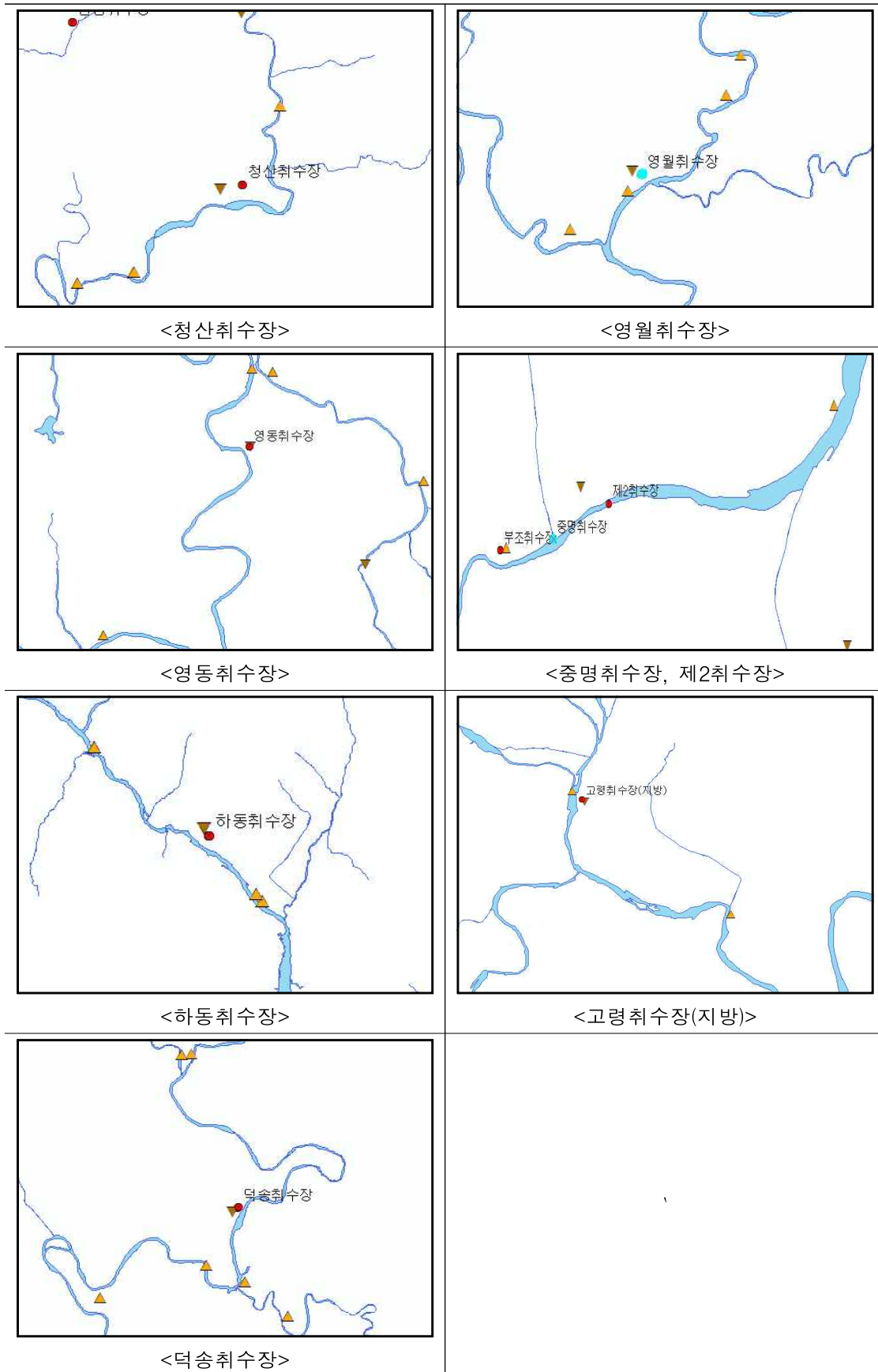


그림 6.12 시범유역 예비후보군으로 선정된 취수장 및 상하류 수위 및 지하수 관측소 위치

복류수 취수 지점 시범대상 취수장을 선정하기 위해 두 개의 기준으로 분류하였다. 먼저, 현장조사에 앞서 계측기 설치지점 판단을 위해 [표 6.13]와 같이 기준을 설정하였으며, 이를 포함하여 현장에서의 선정 기준([표 6.14])도 병행하여 최종적으로 시범대상 지역을 선정하고자 하였다.

표 6.13 계측기 설치지점 판단을 위한 기준

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ① 1. 상류에 댐, 보, 저수지 등 연계 가능 수원이 존재하지 않는 지점이나 본류 수위 영향이 적은 지점 ② 2. 인근 지점에 수위 및 지하 수위 관측자료를 보유한 지점 ③ 3. 가뭄 분석(가뭄판단기준 현행화)이 가능하고 관측자료 간의 상관성이 어느 정도 확보된 지점 ④ 4. 가뭄 취약 지역 또는 과거 가뭄 발생으로 인한 취수제한 기록이 있는 지점 ⑤ 5. 계측을 위한 센서 설치 등 현장의 제약이 없고 설치에 필요한 공간이 비교적 양호한 지점 |
|--|

복류수 하천 취수지점의 가뭄판단을 위해서는 연속적인 하천수위에 대한 관측자료가 필요하나 가뭄시 하천수위를 측정하지 못할 수 있으므로 하천수위와 복류수위를 같이 측정할 수 있으며, 주변 지하수위와의 비교를 위해 제외지의 둔치 등에 지하수위를 관측할 수 있는 지점을 선택하였다.

표 6.14 현장에서의 계측기 설치를 위한 시범구역 선정 기준

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ⑥ 1. 취수지점과 인접하여 하천수-복류수-지하수의 수위 관측이 가능한 지점 ⑦ 2. 복류수 취수지점과 수평적으로 연결된 총적층이 발달된 지점 ⑧ 3. 사업기간 동안 지속적인 관측이 가능한 지점으로 공공부지를 우선적으로 선정 ⑨ ※ 사유지의 경우 부지사용계획이 불확실하여 설치한 관측정을 조기에 원상복구해야 할 가능성이 있음 ⑩ 4. 장비진입, 지하매설물 유무 등 관측정 설치가 가능한 지점 |
|--|

앞서 선정된 7곳의 예비후보군 중에서 취수장 인근의 강우, 수위, 지하수위 관측자료 간청산취의 상관성 분석 및 인근 관측소의 강우자료를 활용한 가뭄지수분석을 통해서 가뭄상황 판단의 가능성을 검토하였으며, 최종적으로 관측된 자료의 종류, 가용성, 가뭄지수와의 상관성 등을 고려하여 미계측 구역의 시범유역을 선정하였다. 최종 선정된 지점은 청산취수장이며, 선정을 위한 기초자료 검토 결과는 아래와 같다.

첫 번째로는 자료 분석결과이다. 청산취수장의 가뭄과의 상관성 분석을 위해 일강수량 기반 SPI360을 산정하여 분석한 결과 및 인근 관측소 정보는 아래 그림과 같다. 청산취수장의 경우 2014년부터 발생한 가뭄은 2017년까지 연속된 가뭄이 발생한 것으로 나타났다.

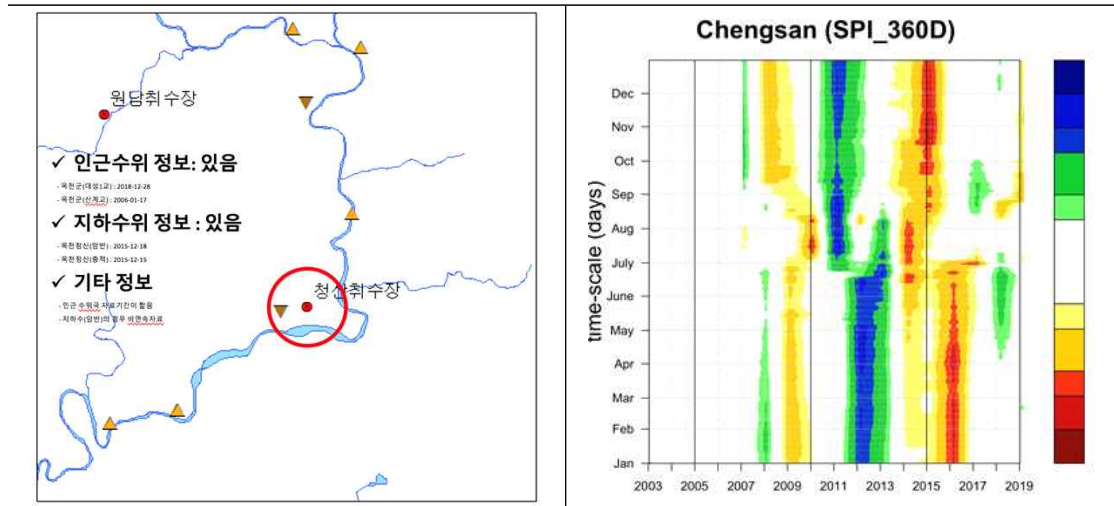


그림 6.13 청산취수장 인근 관측소 및 SPI기반의 가뭄 정보

청산취수장의 2016.01.02.부터 2019.12.31까지 인근 수위관측소 수위(RWL1, RWL2) 및 가뭄지수와 상관성 분석결과, 상·하류의 수위관측소의 경우 0.9 이상의 높은 상관성을 보이며, 지하수위(암반층)의 경우 0.6 이상의 상관성을 보인 반면에, 가뭄지수와 상관성은 뚜렷하게 나타나지 않았다([아래 표]).

표 6.15 청산취수장 가뭄 상관성 분석 결과(2016.01.02.~2019.12.31.)

	RWL1	RWL2	GWLB	GMLA	SPI30	SPI60	SPI90	SPI120	SPI180	SPI270	SPI360
RWL1	1.00	0.92	0.62	0.35	0.31	0.09	-0.10	-0.26	-0.32	-0.25	-0.35
RWL2	0.92	1.00	0.45	0.28	0.3	0.13	-0.02	-0.08	-0.07	-0.19	-0.21
GWLB	0.62	0.45	1.00	0.61	0.17	-0.3	-0.49	-0.68	-0.70	-0.36	-0.35
GMLA	0.35	0.28	0.61	1.00	-0.05	-0.31	-0.43	-0.48	-0.36	-0.15	-0.08

두 번째로는 현장 조사결과이다.



<보 상류>



<보 하류>

그림 6.14 청산취수장(보청천) 현황



현장 시설물 확인 (계속)



현장 전경(드론촬영 등)

그림 6.15 청산취수장(보청천) 취수보 상하류 전경

청산취수장 인근지역을 답사하여 계측기 설치를 위해 후보지역을 선정하였다. 청산 취수장 보 상류 지역에 위치한 후보 1지점은 취수장과 취수구와 일직선상에 위치하고 있으며, 복류수 설치지점까지 도로가 설치되어 있으며, 도로를 따라 개울이 형성되어있다. 설치하고자하는 복류수 지점에 나무와 개울이 위치하고 있어 장비진입이 어려움이 있다.



그림 6.16 청산취수장의 계측기 설치를 위한 후보 1지점

후보 2지점은 후보 1지점에서 약 150m 이격되어 위치하고 있어, 복류수 지점까지 장비진입이 가능하며, 작업여건도 상대적으로 좋은 것으로 판단된다. 하지만, 제내지에 낮은 언덕이 존재하여 충전층 발달이 좋지 않을 것으로 예상되며, 복류수 관측정과 지하수 관측정과 고도차가 약 10m 차이를 보인다.



그림 6.17 청산취수장의 계측기 설치를 위한 후보 2지점

후보 3지점은 청산취수장 보 하류 지역에 위치하고 있으며, 상류에 비해 충전층 발달이 양호하며 장비 진입이 용이하다. 하지만, 현재 복류수 취수 암거 도면 미확인 상태로 매립심도 등이 불명하다는 단점이 있다.



그림 6.18 청산취수장의 계측기 설치를 위한 후보 3지점

3) 계측기 설치 및 자료수집

복류수관측정 및 지하수관측정은 타격식 착정장비(Air percussion)를 이용하여 굴착하였다. 굴착 중 복류수 유입구간을 확인하기 위해 지하 지층상태를 1m 단위로 확인하였으며, 풍화암이 출현하는 구간을 확인 후 굴착을 종료하였다. 굴착 종료 후 하천수의 직접적인 유입을 차단하기 위해 외부 케이싱을 설치하였으며, 관측구간에는 유공관을 설치하고, 상부구간에는 무공관을 설치하였다. 유공관구간에는 규사(필터팩), 무공관과 케이싱구간에는 하천수의 직접적인 유입을 차단하기 위해 차수재, 채움재 및 시멘트그라우팅을 설치하였다. 마지막으로 지하수 관측정 내 이물질 유입 및 파손을 방지하게 위해 상부보호공을 설치한 후 완료하였다.

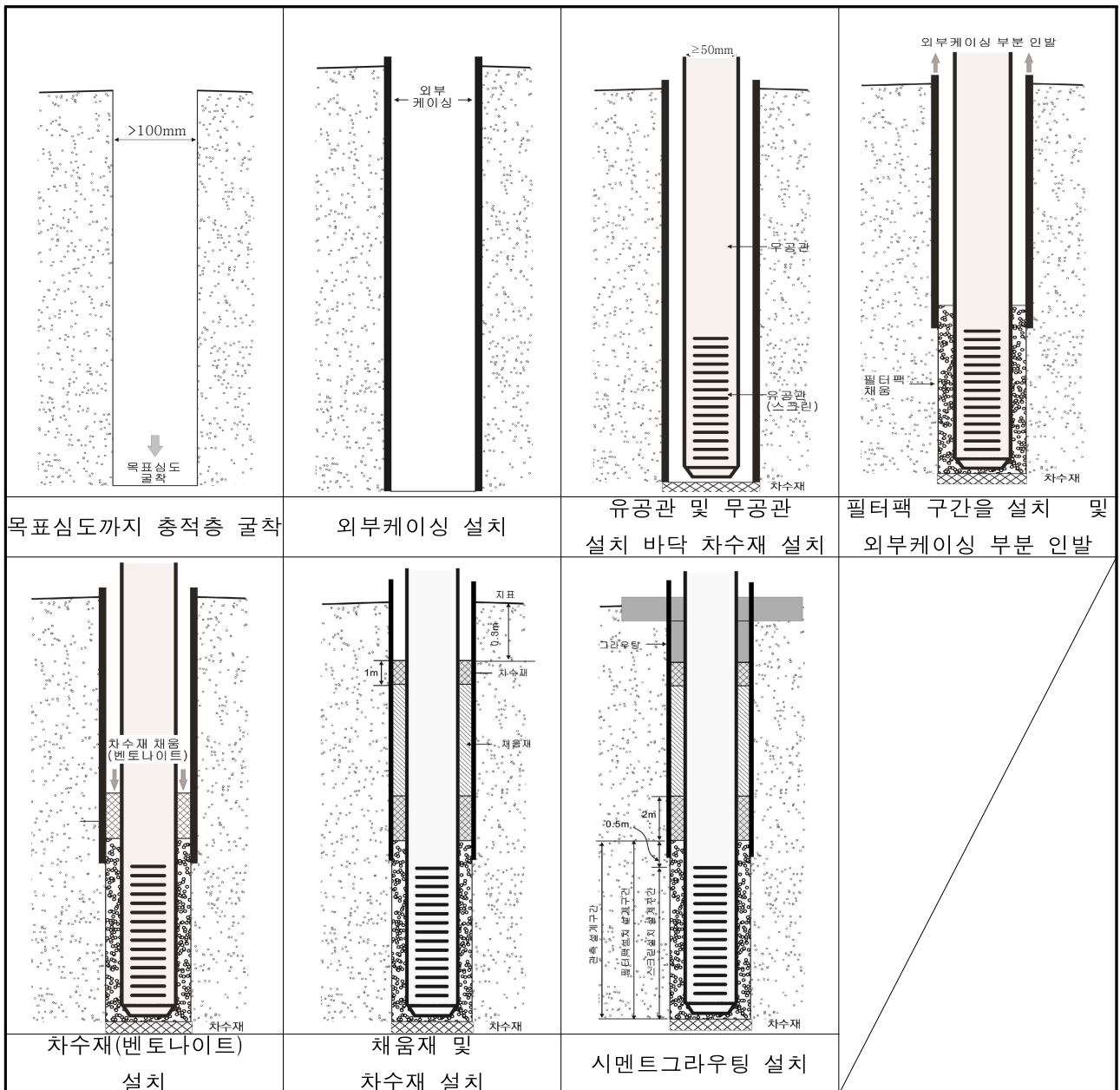


그림 6.19 관측정 설치 순서도

표 6.16 관측정 설치 정보

구분	복류수관측정	지하수관측정
굴착지름(mm)	150	
외부케이싱내경(mm)	100	
관정내경(mm)	50	
굴착깊이(m)	6	7
무공관길이(m)	3	4
유공관길이(m)	3	3
채움재	규사	
차수재	벤토나이트	
유공관 슬롯크기(mm)	0.3	
그라우팅	시멘트	
그라우팅 두께(m)	0.5	0.5

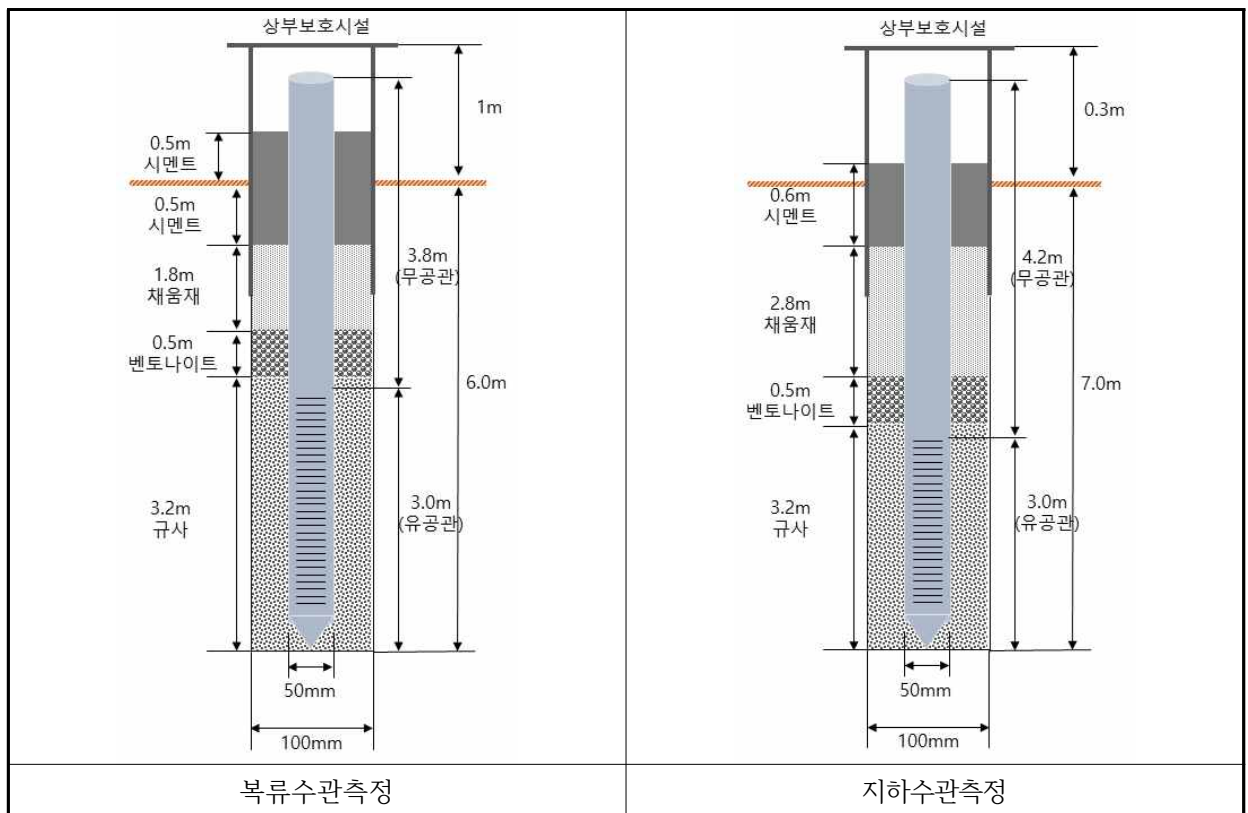


그림 6.20 관측정별 설치 현황

복류수관측정과 지하수관측정은 모래구간 하부의 자갈 구간에 유공관을 설치할 목적으로 굴착하였으며, 굴착 결과, 복류수관측정은 6m, 지하수관측정은 7m 굴착하였다. 관측정은 150mm로 굴착하였으며, 외부 케이싱은 내경 100mm로 설치하였으며, 내부 케이싱은 50mm로 설치하였다.



그림 6.24 장기수위관측장비 설치(조거설정사진)

관측정 설치 중 파악한 지하 지층현황을 바탕으로 조사지역에 대한 지층단면을 검토하였다. 관측정 설치지점의 지층은 상부에서부터 모래층, 자갈모래층, 자갈, 실트섞인 모래층, 풍화암의 순으로 쌓여 있다. 복류수관측정의 층후는 모래층이 0~1m, 자갈모래층이 1~4m, 자갈, 실트섞인 모래층 4~6m, 풍화암은 6m 이하 구간에서 나타났다. 지하수관측정의 층후는 모래층이 0~3m, 자갈모래층이 3~5m, 자갈, 실트섞인 모래층 5~6m, 풍화암은 6m 이하 구간에서 나타났다. 하천과 인접한 복류수관측정은 자갈이 포함된 자갈모래층과 자갈, 실트섞인 모래층이 지하수 관측정에 비해 두껍게 나타났다. 지하수관측정은 모래층이 두껍게 나타났으며, 복류수 관측정에 비해 풍화암구간도 높게 나타났다.

모래층의 높이는 하천과의 거리 등에 따라 복류수관측정과 지하수관측정이 상이하게 나타나지만, 자갈모래층은 해발고도 기준 약 104.3m에서 두 관측정 모두 동일한 심도에서 확인되었다.

관측정 설치 후 약 일주일이 지난 후 각 관측정에 대한 지하수위를 측정한 결과, 해발고도 기준 복류수관측정은 105.11m, 지하수관측정은 105.08m, 하천수위관측정은 105.11m로 수위가 유사하게 나타났다.

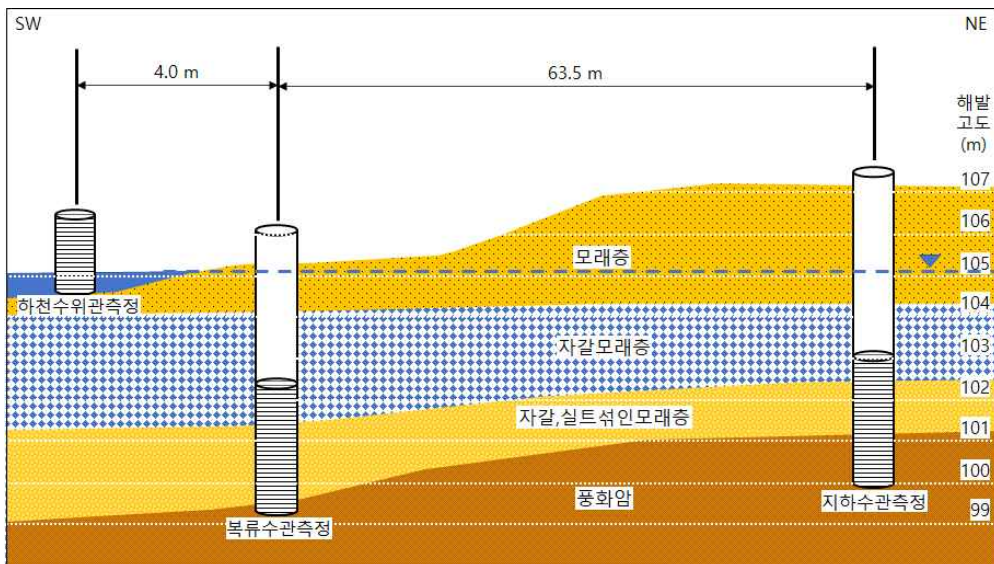


그림 6.25 조사지역 지층현황

4) 가뭄상황 판단 및 예측

시범대상 취수장의 가뭄조건에 따라 하천 수위 및 지하수위 관계를 분석하였으며, 가뭄상황을 일강수량 기반의 SPI30일부터 SPI180일까지를 적용하여 건조상태 (SPI < -1)와 습윤상태(SPI > 1)에 대한 지하수위 및 하천수위의 상관성을 분석하였다. 주요한 분석결과를 정리하면 아래와 같다.

가뭄상황을 분석한 결과, 2014년과 2015년에서 가뭄이 심각하게 발생한 것으로 나타났다. 청산취수장의 2016.01.02.부터 2019.12.31까지 인근 수위관측소 및 가뭄지수와 의 상관성 분석결과, 상·하류의 수위관측소의 경우 0.9 이상의 높은 상관성을 보이며, 지하수위(암반층)의 경우 0.6 이상의 상관성을 보였다.

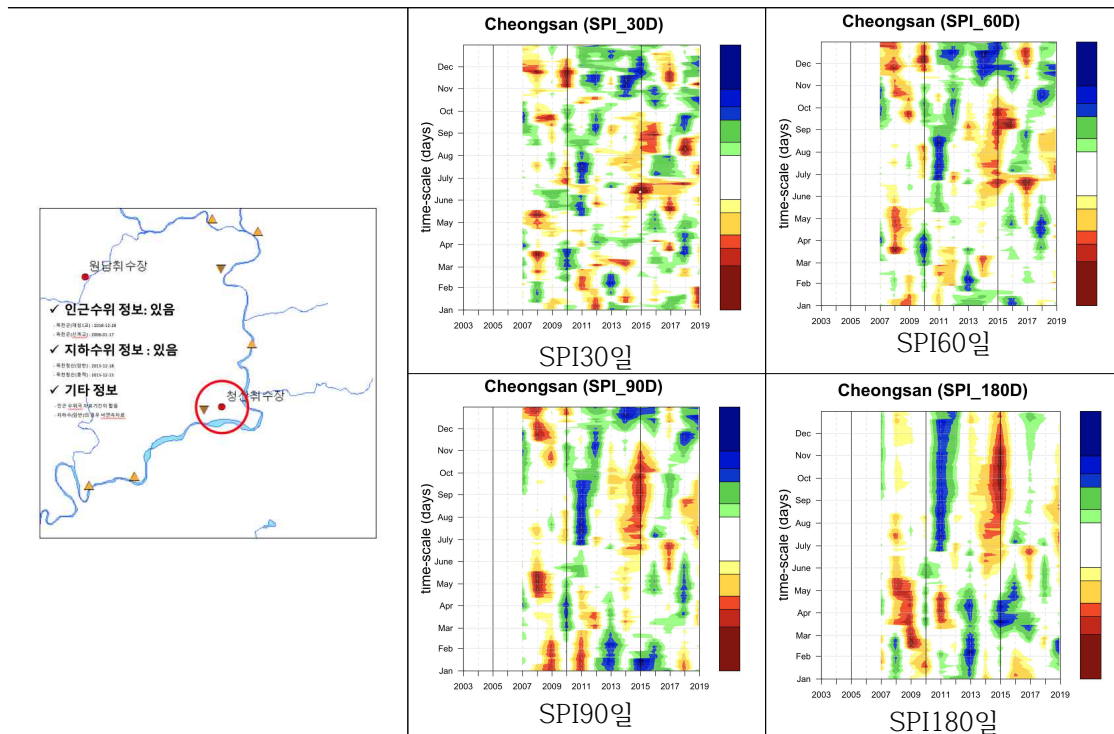


그림 6.26 가뭄지수(SPI)에 의한 가뭄상황 분석 (청산취수장)

SPI180일 기준으로 건조상태 (SPI < -1)와 습윤상태(SPI > 1)의 수문변화가 크고, 가뭄시 지하수위 및 하천수위 상관성이 커지는 양상을 나타냈다. SPI180 < -1.0일 때, 하천수위(RWL1)과 암반층 지하수위 (GWLb)의 상관성은 0.57로 통계적으로 유의한 양의 상관성을 보이고, 하천수위(RWL1)와 SPI180와의 상관성에서도 0.43(하천수위(RWL2)와 SPI180 상관계수: 0.43)으로 비교적 높은 상관성을 보였다. 또한, SPI180와 지하수위(GWLb)와의 상관성에서도 0.63으로 높은 상관관계를 보였다. 그러나 SPI180 > 1.0일 때에는 SPI180와 지하수위(GWLb)와는 유의한 상관관계가 나타나지 않았다 (상관계수 -0.05). 아래 표는 가뭄시와 습윤시 청산취수장의 하천수위 및 지하수위의 상관성 분석결과를 나타내고 있다.

표 6.17 청산취수장의 인자별 가뭄 상관성 분석 결과

가뭄시(SPI180D < -1.0)				
	RLW1	RLW2	GWLB	SPI180
RLW1	1.00	0.97	0.57	0.43
RLW2	0.97	1.00	0.58	0.43
GWLB	0.57	0.58	1.00	0.63
SPI180	0.43	0.43	0.63	1.00
습윤시(SPI180D > 1.0)				
	RLW1	RLW2	GWLB	SPI180
RLW1	1.00	0.65	0.58	0.11
RLW2	0.65	1.00	0.57	0.18
GWLB	0.58	0.57	1.00	-0.05
SPI180	0.11	0.18	-0.05	1.00

아래 그림은 SPI30일 적용하여 가뭄 조건에 따른 하천 수위 및 지하수위 분석결과를 도시하고 있다. SPI30D < -1 적용시, 대성1교(RWL1, 2019년부터 측정) 하천의 저수위 (lower quartile) 발생이 전체 자료기간에 비해서 1.97배 증가하는 것으로 나타났다으며, 건조상태와 습윤상태의 저수위변화는 3.25배 차이 나는 것으로 분석되었다. 산계교(RWL2, 2006년부터 측정)의 하천수위는 건조상태와 습윤상태의 저수위변화가 1.80배이상 발생하고, 전체 자료에 비해서는 12.5%증가하는 것으로 나타났다. 그러나 충적층 및 암반층의 지하수의 변화는 크게 나타나지 않았다. 따라서 단기 가뭄의 상태변화에 대해서 하천수위는 민감하게 반응하나 지하수위의 변화는 크지 않는 것으로 분석되었다.

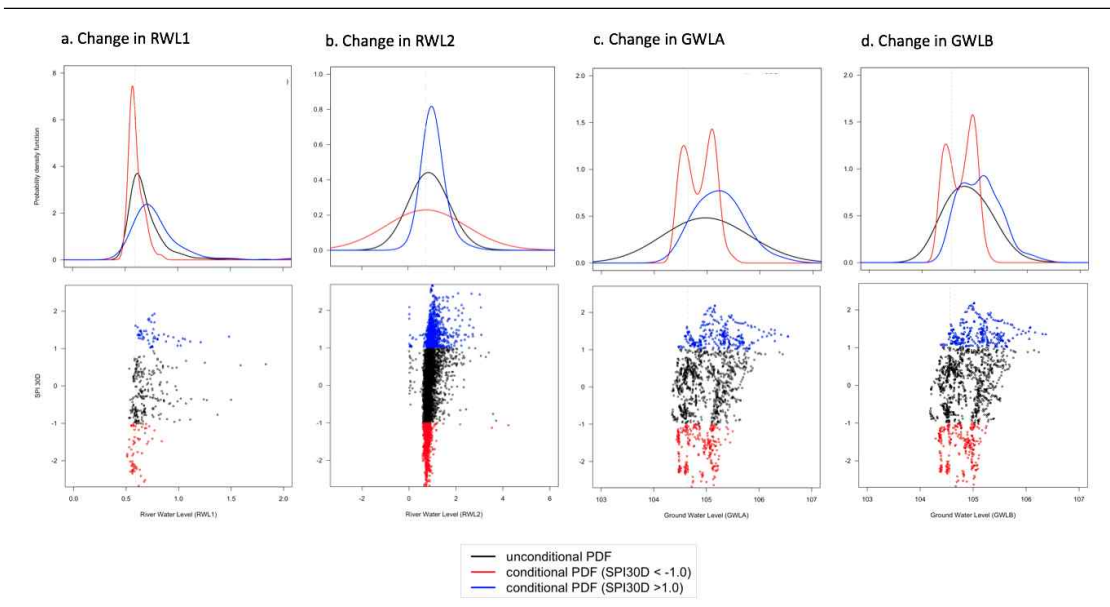


그림 6.27 전기간 가뭄조건에 따른 하천-지하수위 상관성 분석 (청산취수장)

5) 결론 및 향후 계획

본 과업은 미계측 하천 취수지점의 가뭄 판단 및 예측을 위한 분석체계를 구축함으로써 가뭄으로 인한 피해를 사전에 예방하고, 가뭄 발생시 즉각적인 대응을 통해 피해를 최소화하는 방안을 수립하고자 수행되었다. 본 과업의 주요내용은 미계측 하천 취수지점에 대한 현장조사 및 계측기 설치를 위한 대상지점 선정, 미계측 지역의 가뭄상황 판단 및 예측, 계측기 설치 및 자료 수집으로 나누어져 있다. 먼저, 성공적인 과업 수행을 위해 하천을 취수원으로 하는 미계측 유역을 선정하였으며, 기초자료 조사 및 분석을 통해 최종 시범지역을 선정하였다. 또한, 가뭄상황 판단 및 예측을 위한 다양한 방법론을 제시하였다. 이상의 주요한 내용을 바탕으로 미계측 하천 취수지점의 가뭄 판단 및 예측을 위한 분석체계 구축 내용을 정리하면 아래와 같다.

가) 미계측 하천 취수지점의 시범유역 선정을 위해 다음과 같은 사항이 우선 고려되었다.

- 상류에 댐, 보, 저수지 등 연계 가능한 수원이 존재하지 않는 지점으로서 이들 시설물에 의한 본류 수위 영향이 적은 지점
- 인근 지점에 하천수위 및 지하수위 등의 활용 가능한 관측자료를 보유한 지점
- 가뭄 분석(가뭄판단기준 현행화)이 가능하고 관측자료 간의 상관성이 어느 정도 확보된 지점
- 가뭄 취약지역 또는 과거 가뭄 발생으로 인한 취수제한 기록이 있는 지점
- 계측을 위한 센서 설치 등 현장 여건이 비교적 양호한 지점
- 취수지점과 인접하여 하천수-복류수-지하수의 수위 관측이 가능한 지점
- 복류수의 관측을 위하여 복류수 취수지점과 수평적으로 연결된 충적층이 발달된 지점
- 사업기간 동안 지속적인 관측이 가능한 지점으로서 공공부지를 우선적으로 선정

나) 복류수 취수지점의 가뭄판단 및 예측을 위해서는 인근에 활용 가능한 수위 관측 자료가 있는 취수지점 65개소가 검토되었으며, 1차적으로 지자체 취수시설 조사계획(안)을 포함하여 21개소의 취수장을 선정하였다. 취수형태가 없거나 얕은 우물형태, 취수탑 형태, 취수장 인근 수위 및 지하수관측소가 없는 취수장은 배제하여, 2차적으로 예비후보군 7곳을 대상으로 취수장 인근의 강우, 수위, 지하수위 관측자료의 상관성 분석을 통하여 미계측 유역의 시범유역을 선정하였다. 최종적으로 현장조사와 자료분석을 통해 청산취수장이 선정되었으며, 선정된 이유를 정리하면 다음과 같다.

- 취수지점의 위치가 불분명하지만, 보 하류에 충적층이 발달되어 있어 충적층 발달심도에 맞춰 복류수 수위가 측정가능하고, 지하수위를 연계하여 관측 가능
- 관측정 설치를 위한 해당 부지는 국유지로 장기간 관리 가능
- 하천수, 복류수, 지하수 관측정을 설치하기 위한 장비 접근이 용이

다) 하천수위, 복류수위, 지하수위 관측을 위한 계측기를 시범대상유역에 설치하여 지속적인 관찰을 통해 미계측 유역에서도 가뭄 상태를 모니터링 할 수 있는 방안을 도출하고자 하였다. 관측정 설치 과정중 파악한 지하 지층현황을 바탕으로 조사지역에 대한 지층단명을 검토하였으며, 복류수관측정, 지하수 관측정, 하천수위관측정 3개소를 대상으로 지점측량을 수행하였다. 신규 관측정 설치 이후 2020년 12월 12일부터 수위, 지하수위, 하천수위를 10분 간격으로 관측하고 있으며 5일간 관측한 결과, 복류수, 하천수위 및 지하수 관측정 수위는 소폭 하강하였으나 수위변화는 미미한 것으로 확인되었다. 관측기간동안 지하수위보다 복류수의 수위와 하천수위가 높게 관측되었으며 흐름방향은 하천수위관측정에서 지하수관측정으로 흐르는 것으로 판단된다. 그러나 지하수 흐름방향 및 수위특성을 판단하기에는 관측기간이 짧아 지속적인 관측을 통해 수위변화를 평가해야 할 것으로 판단된다.

라) 시범유역인 청산취수장 인근의 과거 관측된 기상 및 수문 자료를 활용하여 가뭄조건에 따른 하천수위 및 지하수위 관계를 분석한 결과, SPI180일 기준으로 건조상태 ($SPI < -1$)와 습윤상태($SPI > 1$)의 수문변화가 크고, 가뭄시 지하수위 및 하천수위 상관성이 커지는 양상을 나타냈다. SPI180 < -1.0일 때, 하천수위(RWL1)과 암반층 지하수위 (GWLb)의 상관성은 0.57로 통계적으로 유의한 양의 상관성을 보이고, 하천수위(RWL1)와 SPI180와의 상관성에서도 0.43(하천수위(RWL2)와 SPI180 상관계수: 0.43)으로 비교적 높은 상관성을 보였다. 또한, SPI180와 지하수위(GWLb)와의 상관성에서도 0.63으로 높은 상관관계를 보였다. SPI30D < -1 적용시, 대성1교(RWL1,2019년부터 측정) 하천의 저수위 (lower quartile) 발생이 전체 자료기간에 비해서 1.97배 증가하는 것으로 나타났으며, 건조상태와 습윤상태의 저수위변화는 3.25배 차이 나는 것으로 분석되었다. 산계교(RWL2,2006년부터 측정)의 하천수위는 건조상태와 습윤상태의 저수위변화가 1.8배이상 발생하고, 전체 자료에 비해서는 12.5%증가하는 것으로 나타났다. 그러나 충적층 및 암반층의 지하수 변화는 크게 나타나지 않았다. 따라서 단기 가뭄의 상태변화에 대해서 하천수위는 민감하게 반응하나 지하수위의 변화는 크지 않는 것으로 분석되었다.

결론적으로 시범유역으로 결정된 청산취수장의 하천수위와 지하수위는 가뭄에 어느 정도 민감하게 반응하는 것으로 나타났으며 향후 시범유역 운영에 따른 가뭄감시 방안의 도출이 가능할 것으로 기대된다.

마) 가뭄상황 판단 및 예측을 위해 관측자료 기반 복류수 취수 지점의 가뭄판단 방법론을 제시하기 위해 Markov Chain Model과 Hidden Markov Chain Model(HMM) 기반의 시계열자료 모의기법 기반 Gaussian Mixture Non-homogeneous Hidden Markov Chain Model(GM-NHMM)을 제시하였다.

지하수위 정보를 토대로 가뭄 상황을 판단할 수 있는 기법을 제안하였으며, 관측기간 결측치와 이상치등을 고려하여 국가 지하수관측망 자료를 활용하였으며 일단위 또는 월단위에서 지하수위 자료를 HMM 기법에 적용하여 7가지 범주로 분류하였다. 본 과업에서 제안한 지하수 기반의 가뭄판단 방법은 가뭄의 시간적인 천이관계를 명확하게 고려하는 등 2014년과 2015년에 발생한 가뭄을 효과적으로 나타내는 것으로 분석되었다. 지하수위 자료 기반으로 산정한 가뭄지수는 수문학적 순환 관점에서 강우에 비해 변동성이 크지 않으며, 하천유량 및 토양함수와의 연계성을 확보한다는 측면에서 수문학적 가뭄지수로 활용이 가능할 것으로 분석되었다. 즉, 수문학적 또는 농업적 가뭄 관점에서 봤을 때 지하수위 자료 기반의 가뭄지수는 보다 더 현실적인 물수급 상황을 나타내는 것으로 판단되었다. 향후 지하수위를 이용한 가뭄상황 판단모형으로 확장이 가능할 것으로 판단된다. 또한 향후 연구로서 본 모형과 예측인자를 연계하여 추계학적 다지점 지하수위 예측모형을 개발하고 이를 현업에 활용할 수 있도록 연계방안을 찾는 과정이 필요할 것으로 판단된다.

바) 본 과업에서는 하천-지하수위 융합형 수문학적 가뭄지수 개발방법을 제안하고 LSTM 및 EMD-LSTM을 활용하여 가뭄지수 기반 가뭄 예측 모형을 제시하였다. 지하수위에 대하여 LSTM 및 EMD-LSTM 모형을 적용한 결과, 두 모형 모두에서 양호하게 중장기 가뭄변화 전망이 가능한 것으로 나타났으며, 이중 EMD-LSTM 모형이 보다 정확한 중장기 예측성능을 보이는 것으로 분석되었다. 자기상관성이 높은 지하수위의 예측을 통해서 하천수위자료와 융합하여 지수형태로 개발되면 보다 정확한 수문학적 가뭄에 대한 분석 및 예측이 가능할 것으로 판단된다.

금번 시범사업을 통하여 얻어지는 연속적인 복류수위, 지하수위 관측자료는 유역의 기저유출을 분석할 수 있는 직접적인 자료로 활용될 수 있으며, 특히 복류수 취수량, 기상 수문자료, 인근 지역 지하수 사용현황 등의 자료를 활용하여 유역 내 물수지분석, 가뭄예측 등을 정교하게 할 수 있는 기초자료를 얻을 수 있을 것이라 판단된다.

향후 아래 그림과 같이 미계측 취수지점의 인근 수위/지하수 관측소의 유무, 상류 수리시설(댐, 보 등) 유무 등 취수지점 인근의 현장 여건에 따라 분리된 가뭄판단 기준 및 예측 기술이 필요하다.

미계측 취수지점의 가뭄판단을 위해서는 가장 우선적으로 인근에 활용가능한 하천수위/지하수위 관측자료 유무를 판단하고 두 번째로는 취수지점의 하천수위에 영향을 줄 수 있는 수리시설(댐)이 상류에 위치하는지 여부를 조사하여야 한다.

취수지점 인근에 하천수위/지하수위 관측소가 있는 경우에는 기존 자료를 활용하여 가뭄판단을 할 수 있는 가뭄지수의 개발이 필요하며, 관측소가 없는 경우에는 본

연구를 통하여 정립되는 미계측 유역의 계측기 설치방안에 따라서 계측기를 설치하고 이를 통한 가뭄판단 방법을 제시해야 한다.

상류에 수시시설이 있는 경우에는 상류 수리시설의 용수공급상황을 반영한 취수지점의 수문상황을 판단할 수 있는 기준이 마련되어야 하며, 상류에 수리시설이 없는 경우에는 취수지점에서의 하천수위, 복류수위, 지하수위 만을 고려한 가뭄판단이 이루어져야 한다.

이상의 내용이 반영되어 미계측 하천 취수지점의 가뭄판단 방안이 개발되어야 하며 특히, 복류수에 의한 취수를 하는 지점에서는 복류수 취수 제한이 이루어지는 임계상황을 판단하여 수문학적 가뭄의 시작점으로 설정되어야 하며, 이를 위해서는 기준갈수량 등과 같은 빈도별 최대갈수량을 산정하여 가뭄판단 기준을 마련해야 한다. 가뭄을 판단하는 방법은 통계적모형과 물리적모형을 모두 고려할 수 있으며, 관측자료(지하수, 하천수 등)가 어느정도 구축되어 있는 경우에는 통계모형의 적용이 가능하지만 그렇지 못한 경우에는 물리적 모형의 적용을 고려해야 한다.

가뭄전망의 경우에는 본 과업에서 제시하는 LSTM-EMD 모형을 적용하여 관측자료 기반의 중장기 전망모형의 개발이 시도될 필요가 있다고 판단된다.

(복류수, 지하수, 하천수위)

(취수지점 부근 수위/복류수)

- 신규관측자료 검토 (기여/손실, 상관성 분석)
- 기존관측자료의 활용여부 결정(지하수 등)
- Quantitative vs Statistical Model
- 가뭄전망도
 - (SPI+수위+복류수위) + LSTM/EMD

그림 6.28 향후 미계측 하천 취수지점의 가뭄판단 방법

6.3.3 극한가뭄 적응능력 평가 및 대응전략 연구

1) 추진배경

최근 극한가뭄사상의 발생빈도 및 규모의 증가로 가뭄의 피해유형이 다양화되고 있다. 그러나 가뭄 및 극한가뭄의 기술적 정의가 부재할 뿐만 아니라 극한가뭄의 규모 산정방법, 극한가뭄 모의 모형이 확립되어 있지 않는 등 극한가뭄 발생에 대한 대책 연구가 부족한 실정이다. 이를 위해서는 우선 수자원시설의 이수안전도를 현격히 상회하는 극한가뭄 발생시 대처계획을 수립하고, 극한가뭄 시나리오를 활용하여 물 부족량을 평가하여야 한다. 따라서 '20년부터 '21년까지 「미래 극한 가뭄시 생공용수 공급시설 적응능력 평가 및 대응전략 연구」 과제를 수행하여 물부족 시나리오별 대응 전략을 제시하고, 통합물관리 측면의 통합물관리계획(안)을 수립하고자 하였다.

2) 연구목표

본 과업의 최종 연구목표는 극한 가뭄의 정의 및 규모를 산정하고, 극한가뭄 모의 발생 시나리오를 정의하고자 한다. 또한 K-water 시설물과 연계 수원의 제원, 용수 공급량 조사 등을 통해 극한 가뭄시 수자원시설 활용계획 수립에 활용하고자 한다. 과업의 최종 성과물은 극한가뭄 발생시 수자원 시설의 비상대처 우선순위 및 비상공급 필요수량 계획 수립에 활용될 수 있다.

최종성과물 중 하나인 극한가뭄 모의발생 시나리오는 가뭄의 공간적 범위 및 단계별 물수급 시나리오를 설정하고, 가뭄발생 시나리오 단계별 비상대처 계획 수립에 활용할 계획이다.

3) 1차년도 추진내용

금년도 수행된 1차년도 과업의 주요 추진내용은 아래와 같다.

표 6.18 당해연도 세부 추진내용

연차	연구목표	연구내용
1차년도 (’20)	극한가뭄의 규모결정	<ul style="list-style-type: none"> ● 국내외 극한가뭄 사례조사 ● 극한가뭄의 정의 ● 극한가뭄의 규모산정
	유역·행정구역별 극한가뭄의 양적·공간적 재현 시나리오 생성	<ul style="list-style-type: none"> ● 가뭄의 공간적 범위 단계 설정 ● 각 단계지역별 용수수요 조사 ● 공급측면의 극한가뭄 모의발생을 위한 추계학적빈도해석모형 구축 ● 가뭄발생 시나리오별 극한가뭄사상의 지속 시간 및 가뭄심도 등 모의/검증 ● 가뭄의 공간적 범위별 물수급시나리오 설정
	유역·행정구역별 K-water 시설물과 연계수원간 제원 및 용수공급량 조사	<ul style="list-style-type: none"> ● 개별시설물(댐,저수지 등) 시설제원 및 용수공급량 조사 ● 시설물연계 시나리오에 따른 용수공급 개선효과분석



그림 6.29 극한가뭄의 규모결정을 위한 국내외 가뭄사례 조사

4) 2차년도 추진계획

2차년도(’21) 수행될 과업의 주요 추진계획은 아래와 같다.

표 6.19 연차별 연구목표 및 내용

연차	연구목표	연구내용
2차년도 (’21)	분석대상 지역 설정 및 극한가뭄 상황을 가정한 유입량, 하천유출량 분석	<ul style="list-style-type: none"> 분석대상지역내 개별시설물(댐,저수지 등) 시설제원및 용수공급량 조사 분석대상지역내 극한가뭄 시나리오별 유입량, 하천유출량등 분석
	수자원시설의 급수지역별 물부족 시나리오 평가기법 개발	<ul style="list-style-type: none"> 급수지역별 용수수요/공급량 조사 수요관리대안별 조절 가능량분석 극한가뭄 시나리오별 물부족 평가기법 개발 K-water시설물에 대한 물부족 시나리오별 대응전략제시
	미래 극한가뭄시국가물관리 계획에 대한 정책제안	<ul style="list-style-type: none"> 발전댐/용수댐 다목적화를 통한 용수공급 가능량 추가확보 수계내/수계간 물이송(Water Transfer)을 통한 물공급안정성 제고 도시지역내 물순환촉진시설을 통한 도시생활용수 수요관리정책 현행 가뭄정보시스템내 정보와 의사결정과정의 지능화를 통한 시스템 고도화

5) 활용방안 및 기대효과

본 연구의 최종 성과물은 지역별 극한가뭄 시나리오 설정 및 상황별 대응전략 수립 가이드로 활용될 수 있으며, 재난으로서의 가뭄 상황발생시 수자원시설에 대한 응급대처방안(EAP) 수립에 기여할 수 있다. 또한 향후 기후변화에 대비한 미래 수자원 관리체계 정비를 위한 방향 제시가 가능할 것으로 기대된다.

6.4 자체수행

6.4.1 가뭄빈도해석 프로그램 개발 및 배포

1) 개발 배경

가뭄은 평소보다 줄어든 수문량(강수량, 유출량, 저수량 등)으로 수자원 이용에 문제가 발생하는 상황을 말한다. 이러한 가뭄 상황의 정도를 정량적으로 표현하기 위해 발생확률 기반의 빈도(재현기간) 개념을 이용해 얼마나 심각한 가뭄인지를 표현한다. 국가가뭄정보분석센터에서는 월간 가뭄 예·경보시 시군/댐유역별 가뭄빈도 정보를 생산하여 제공 중이다. 시군별로는 강수빈도 및 예년 대비 강수량/부족량을 금년, 최근 3, 6, 12개월 기간에 대해 산정하여 제공하며, 댐 유역별로는 강수빈도 및 유입량빈도를 전월, 금년, 홍수기 및 최근 1년 기간별로 산정하여 제공한다.

최근 빈번하게 발생하고 있는 가뭄상황으로 인해 지자체 가뭄대응 업무 담당자들의 내부 보고자료 작성을 위한 가뭄빈도 정보 수요가 증가하였다. 또한, 풍수해저감 종합계획 등 기존 홍수에 대한 해석과 대책 위주였던 수자원 또는 재해 분야 기본계획에 가뭄이 포함됨으로써 가뭄을 정량적으로 해석할 필요성이 높아졌다. 가뭄 빈도 해석에 대한 수요 증가에도 불구하고, 해당 정보를 직접 생산하기 어려운 이유로 가뭄정보포털에서 제공하는 정보가 많이 인용되고 있으나, 가뭄정보분석센터에서 제공 중인 가뭄빈도 정보는 분석 결과를 PDF 문서로 제공하는 형태라 이를 캡처하여 수록하는 사례가 발생하고 있다.

홍수의 경우 오랫동안 관련 연구와 업무 수행을 통해 빈도 해석 과정이 다듬어졌고, 그 결과 환경부의 '홍수량 산정 표준지침'이 수립되어 표준화된 분석 절차를 제시하고 있다. 더불어 연세대학교에서 개발한 강수빈도 해석 프로그램인 FARD가 분석 도구로 공공, 민간 전반에서 사용 중이다. 하지만 FARD는 구조적으로 홍수빈도 해석만 수행 가능하며, 가뭄빈도 해석을 위해서는 자료변환 및 검증이 필요하다.

앞서 서술한 바와 같이 가뭄빈도 해석에 대한 표준화된 절차와 분석 도구 개발이 필요한 상황이지만, 가뭄은 홍수와 달리 빈도 해석의 대상 자료, 자료가공 절차, 분석과정 등에 대해 전문가 및 일반의 합의와 검증이 이루어지지 않은 상황이다. 따라서 당장 표준화된 절차를 만들기는 힘들어도, 국가가뭄정보분석센터에서 현재 제공 중인 강수 및 유입량에 대한 가뭄빈도 산정 절차에 따른 입력자료 생성기능, 분석알고리즘 실행기능, 분석 결과 정리기능 등을 프로그램으로 제작하여 배포함으로써 가뭄센터 내부의 현재 분석과 같은 수준의 서비스 제공이 가능할 것이다.

지자체 가뭄 업무 담당자 및 수자원 설계 분야 종사자 등이 필요에 따라 정확한 분석을 직접 수행하고 결과를 이용할 수 있는 서비스 제공을 통해 공공부문의 사회적 기여라는 역할을 수행코자 하였다.

2) 개발 체계

프로그램의 개발을 위한 단계별 계획은 아래 모식도와 같다. 프로그램 개발은 개발 소요 기간 및 난이도를 고려해 단계별 개발을 목표로 하였으며, '20년도에는 이 중 1~2단계를 자체 개발하였다. 1단계 단일지점 가뭄빈도 해석 프로그램은 외부 전문가 및 일반 사용자들을 위해 배포하는 프로그램이며, 2단계는 1단계 프로그램과 동일한 알고리즘을 이용하지만, 내부 데이터베이스와 연계하여 전국에 대한 입력자료 작성을 자동화하고, 분석 결과 테이블 및 결과 지도 자동 작성기능을 추가한 프로그램이다. 2단계 프로그램은 월간 가뭄 예·경보 업무 수행을 위해 가뭄센터 또는 물관리 업무 담당 직원들이 사내에서 이용하기 위한 프로그램이다. 3단계 2변량 가뭄빈도 해석 프로그램은 가뭄의 특성을 대표하는 강수 부족량과 지속기간이라는 두 개의 변량을 동시에 고려해 가뭄빈도를 해석하기 위한 프로그램이며, 개발 완료 후 일반에 공개 배포를 목표로 하고 있다.

1단계 프로그램은 '20년 6월 베타버전 개발을 완료하여 시험 배포하였으며, 7월~11월까지 사용자 의견수렴, 프로그램 기능개선 및 오류수정을 거쳐 11월 20일에 최종 버전을 배포하였다.

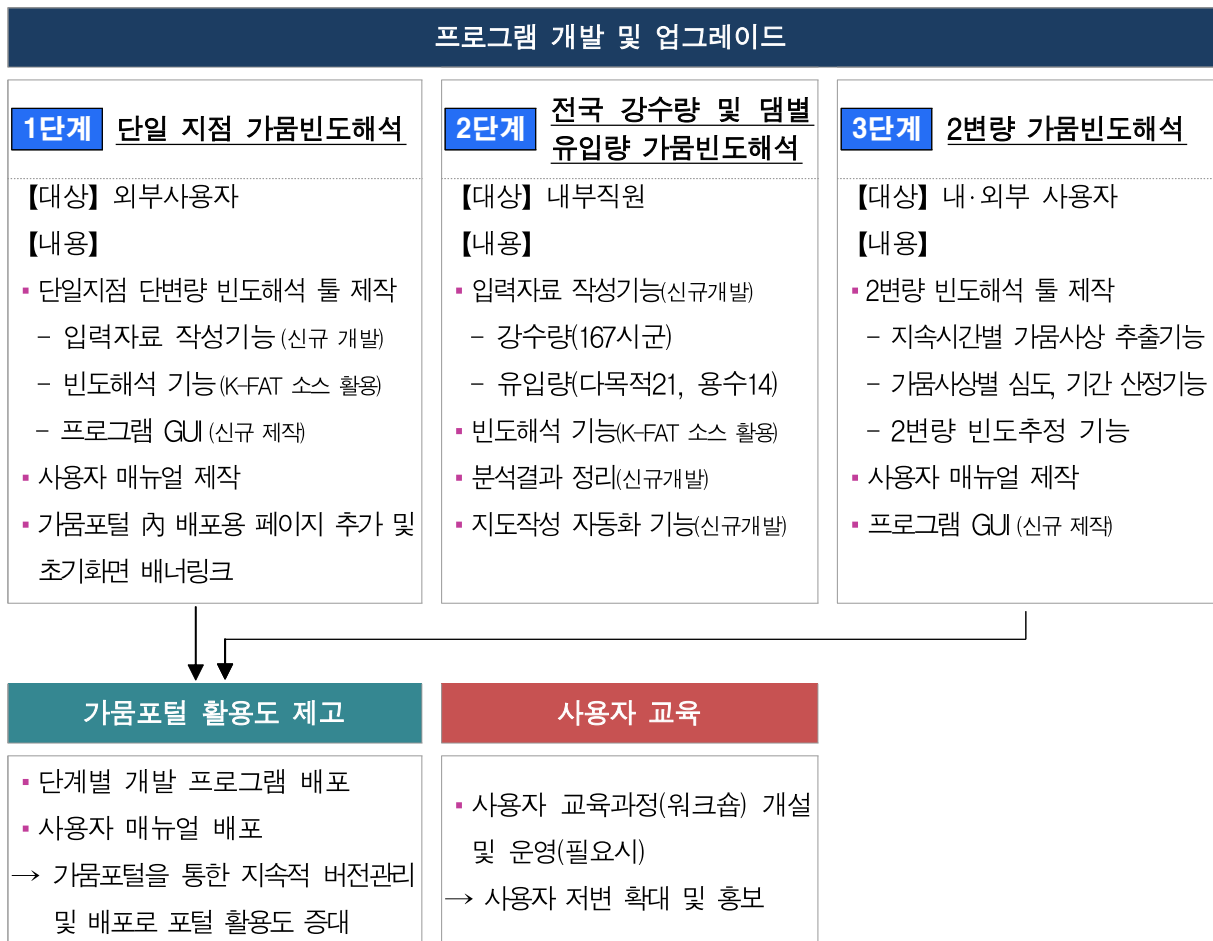


그림 6.30 NDIC-FAT 프로그램 개발 체계

3) 프로그램 활용현황

가뭄정보포털을 통해 배포한 1단계 프로그램의 정식 명칭은 ‘가뭄빈도 해석 프로그램(NDIC-FAT)’이다. NDIC-FAT은 National Drought Information Analysis Center Frequency Analysis Tool의 약자이다. 개발이 완성된 프로그램은 한국저작권위원회에 저작권 등록을 하였으며, 시험 배포와 최종버전 배포 두 차례에 걸쳐 한국수자원학회, 대한토목학회 및 한국방재학회의 협조로 회원들에게 홍보하였다. 프로그램은 가뭄정보포털을 통해 무료로 자유롭게 다운로드가 가능토록 하였으며, 다운로드 시간단히 프로그램 사용 목적 등을 체크 하도록 하여 사용자들에 대한 통계작성에 이용하였다.

‘20년 11월 25일 기준 프로그램 다운로드 횟수는 총 896회(프로그램 463회, 매뉴얼 433회)이며, 프로그램 다운로드 횟수 463회에 대해 활용목적은 연구/학술, 재해 관련 업무, 엔지니어링/계획업무 순이었다. 사용자들은 기업체, 학생, 공공기관, 교수 순으로 다운로드를 많이 받은 것으로 집계됐다.

표 6.20 프로그램 활용 목적

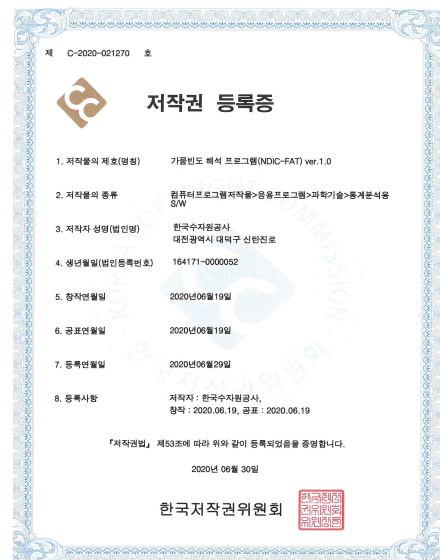
총계	연구/학술	재해 관련	엔지니어링/계획	기타
463	243	88	86	46
(100%)	(52%)	(19%)	(19%)	(10%)

표 6.21 프로그램 사용자 분류

총계	기업체	학생	공공기관	기타	연구기관	교수	공무원	일반인
463	125	84	71	44	45	53	28	13
(100%)	(27%)	(18%)	(15%)	(10%)	(10%)	(11%)	(6%)	(3%)



<프로그램 시작 화면>

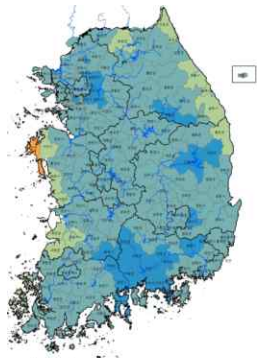


<프로그램 저작권 등록증>

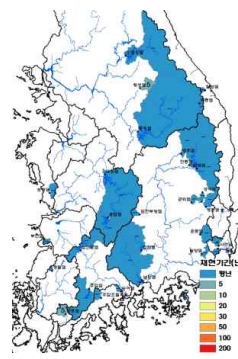
그림 6.31 NDIC-FAT 프로그램

4) 프로그램 개요

본 보고서에서는 1단계에 해당하는 단변량 단일지점 가뭄빈도 해석 프로그램에 대하여 설명코자 한다. 앞서 간단히 서술한 바와 같이 본 프로그램은 '가뭄정보포털'에서 제공하는 신뢰도 높은 가뭄빈도 정보를 사용자가 직접 맞춤형으로 생산하고 활용할 수 있도록 개발되었다. K-water에서 자체 개발한 빈도해석 시스템인 K-FAT의 분석알고리즘을 활용하여 가뭄빈도 해석을 수행할 수 있도록 개발하였다. 프로그램에 강수량, 유량 등 취득한 자료를 입력하면 원하는 기간에 대한 자료 전처리 기능을 지원하며, 사용자가 설정한 분석 옵션에 따른 빈도해석 결과를 다양한 형태로 제공한다. '국가가뭄정보분석센터'에서는 본 프로그램의 해석 절차와 동일한 과정을 거쳐 전월, 금년, 홍수기후, 최근 1년 등의 기간에 대해 전국 행정구역별 강수빈도와 댐 유역 강수, 유입량 빈도를 생산·제공 중이다.



<시군별 가뭄빈도(강수) 지도 예>



<댐 유역 가뭄빈도(유입량) 지도 예>

그림 6.32 가뭄빈도 해석 결과 활용 예

프로그램의 가뭄빈도 해석 과정은 아래 그림과 같다. 홍수빈도해석 과정과 유사하지만, 확률분포의 좌측꼬리(left tail)에 대한 해석을 수행할 수 있으며, AIC(Akaike information criterion)와 BIC(Bayesian information criterion) 검정 등을 추가하여 최적 확률분포 선정에 도움을 준다.



그림 6.33 가뭄빈도 해석 순서도

일반적으로 수문빈도해석은 치수계획 수립에 이용되는 설계강수량, 계획홍수량 등을 산정하기 위해 연최대치계열 자료를 이용한 극치빈도해석을 수행하고, 확률분포의 우측꼬리(right tail) 부분을 이용하여 확장된 재현기간에 해당하는 확률수문량을 추정한다. 하지만 본 프로그램은 이와 반대로, 확률분포의 좌측꼬리(left tail) 부분을 이용해 확장된 재현기간별 확률수문량을 추정하며, 재현기간(빈도)이 커질수록 확률수문량은 작은 값으로 해석된다.

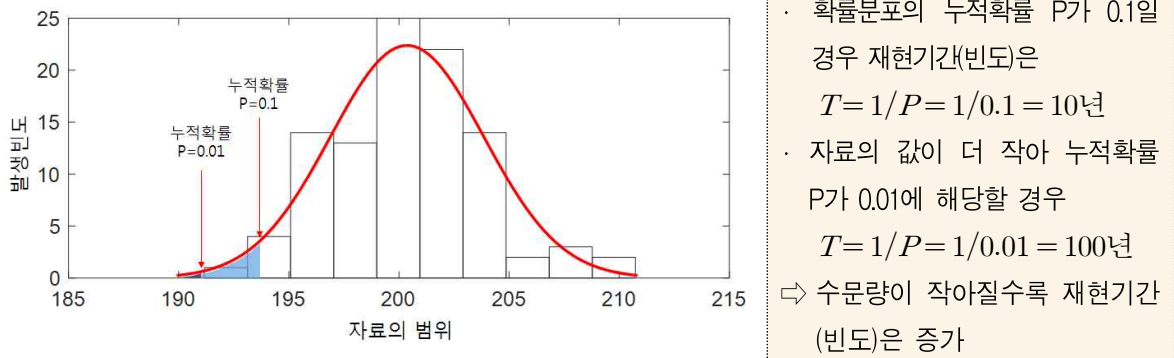


그림 6.34 가뭄빈도해석의 개념

본 프로그램은 다음과 같은 경우에 적절하게 사용할 수 있다. 현재 가뭄이 심하여, 강수량 또는 댐 유입량이 평소보다 작은 값을 보이는 경우, 과거 동일 기간(현재 월, 계절, 올해 들어 현재까지 등)에 비해 현재의 강수량 또는 유입량이 얼마나 적은 양 인지를 재현기간(빈도)으로 알아보려고 할 때 유용하게 사용할 수 있다. 이러한 경우 본 프로그램에서 제공하는 자료 전처리 기능을 활용하면 원하는 기간 등을 설정하여 매우 간편하게 분석을 수행할 수 있다. 하지만, 앞서 설명한 바와 같이 본 프로그램은 추정된 확률분포의 좌측으로 갈수록 빈도가 높아지는 개념이며, 재현기간이 1.1년보다 작은(자료 값이 큰) 수문량은 가뭄빈도를 알아낼 수 없음을 인지하고 프로그램을 사용해야 한다. 또 다른 경우로, 연최소치계열 자료를 이용한 빈도해석을 수행할 수 있도록 자료단위 에서 ‘사용자 사전설정’을 선택할 수 있도록 하였다. 연최소치계열의 입력자료는 사용자가 사전에 해석하고자 하는 수문량을 추출하여 입력해야 한다. 연최소치계열의 특성상 일자료로부터 특정 월이 아닌 임의의 지속기간별(10일, 30일 등) 최소 수문량을 연도별로 추출할 수도 있고, 수위 등 다른 수문자료를 이용하는 경우도 있을 수 있으므로, ‘사용자 사전설정’ 옵션을 통해 프로그램을 유연하게 활용할 수 있도록 하였다. 즉, 사용자는 빈도해석을 수행하고자 하는 대상 자료를 일 단위, 월 단위, 또는 사용자가 사전 처리한 연단위의 형태로 준비하여야 한다. 프로그램에 대한 자세한 설명은 프로그램 다운로드 시 함께 배포하는 사용자 설명서와 튜토리얼을 참고할 수 있으며, 설치 시 여러 형태의 입력 자료 예제파일이 자동 설치되어 사용자의 이해를 돕고 있다.

6.4.2 폭염에 따른 저수지 용수공급·수요 변동 관계 분석

1) 추진배경 및 목적

최근 기후변화 및 지구온난화 등으로 인해 전 세계적으로 폭염 관련 피해가 증가하고 있으며, 우리나라의 경우에도 여름철 평균기온이 지속적으로 상승하고, 폭염일수 및 강도가 해마다 상승하고 있다. 「2020년 폭염 종합대책(관계부처합동, 2020)」에 따르면 1973년에서 2019년까지 일최고기온 극값은 1.5℃, 폭염일수는 6.9일이 증가하였고, 기후변화에 의해 폭염일수는 21세기 후반(2071~2100년)에 22일로 증가될 전망이다. 기상청 보도자료(18.8.17)에 따르면 '18년 8월 홍천에서는 관측사상 최고기온(41℃)이 나타났고, 같은 기간 서울, 춘천, 대전 등에서도 지역내 최고기온이 발생하였다.

물수지 관점에서 보았을때 폭염이 발생될 경우, 저수지로의 유입량 감소와 수면증발량 증가 등으로 인해 저수량은 감소할 것이나 물수요량은 오히려 증가할 수 있으므로, 용수공급 안정성은 시간이 지날수록 점차 저하될 것이 분명하다. 그러나 이러한 폭염과 용수공급 안정성의 상관관계에 대한 정량적 분석 또는 이와 유사한 연구는 국내외 모두 미진한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 폭염으로 인한 용수공급 안정성의 변화를 분석하고자, 기온변화에 따른 물이용 형태별 이용량 변화 관계를 정량적으로 규명하고자 한다.



그림 6.35 폭염에 의한 용수 공급/수요 변동성 분석 모식도

본 연구의 수행 기간은 '20~'21년이며 연차별 주요 추진내용은 아래와 같다.

표 6.22 연차별 주요 추진계획

구분	'20년	'21년
세부과제 추진내용	<ul style="list-style-type: none"> · 기초자료 수집 · 물이용 변화량 분석 · 기상인자와의 상관성 분석 · 지역 및 계절별 특성 파악 	<ul style="list-style-type: none"> · 폭염시 용수공급 가능량 변동성 파악 · 가뭄예경보 반영체계 구축 · 시범적용 및 평가

* '21년 계획된 세부내용은 연구 진행사항에 따라 변동될 소지가 있음

2) 기상자료 수집

폭염 발생현황 분석을 위해 사용된 자료는 최고기온값으로 01년부터 18년까지 운영된 72개 종관기상관측소의 관측자료이며, 시군별 티센망을 구축하여 지점별 기상 데이터를 면적 단위로 환산하였다.

표 6.23 72개 기상청 종관기상관측소(ASOS) 지점

관측소 번호	관측소명	위도	경도	고도	관측시작 년도	관측소 번호	관측소명	위도	경도	고도	관측시작 년도
90	속초	38.3	128.6	18.1	1968	188	성산	33.4	126.9	17.8	2008
95	철원	38.1	127.3	154.8	1988	189	서귀포	33.2	126.6	49.0	2010
98	동두천	37.9	127.1	112.5	1998	192	진주	35.2	128.0	30.2	2005
100	대관령	37.7	128.7	772.6	2006	201	강화	37.7	126.4	47.0	1972
101	춘천	37.9	127.7	76.5	1966	202	양평	37.5	127.5	48.0	1972
102	백령도	38.0	124.6	145.5	2000	203	이천	37.3	127.5	78.0	1972
105	강릉	37.8	128.9	26.0	1911	211	인제	38.1	128.2	200.2	1971
106	동해	37.5	129.1	39.9	1992	212	홍천	37.7	127.9	140.0	1971
108	서울	37.6	127.0	85.8	2010	216	태백	37.2	129.0	712.8	1985
112	인천	37.5	126.6	68.2	2013	221	제천	37.2	128.2	259.8	1972
114	원주	37.3	127.9	148.6	1971	226	보은	36.5	127.7	175.0	1972
115	울릉도	38.5	130.9	222.4	1938	232	천안	36.8	127.3	81.5	2016
119	수원	37.3	127.0	34.1	1964	235	보령	36.3	126.6	15.5	1972
121	영월	37.2	128.5	240.6	1994	236	부여	36.3	126.9	11.3	1972
127	충주	37.0	128.0	116.3	1972	238	금산	36.1	127.5	170.4	1972
129	서산	36.8	126.5	28.9	1968	243	부안	35.7	126.7	12.0	1972
130	울진	37.0	129.4	50.0	1971	244	임실	35.6	127.3	247.9	1970
131	청주	36.6	127.4	58.7	1967	245	정읍	35.6	126.8	69.8	2016
133	대전	36.4	127.4	68.9	1969	247	남원	35.4	127.4	127.5	2013
135	추풍령	36.2	128.0	243.7	1937	248	장수	35.7	127.5	406.5	1988
136	안동	36.6	128.7	140.1	1983	260	장흥	34.7	126.9	45.0	1972
138	포항	36.0	129.4	2.3	1943	261	해남	34.6	126.6	13.0	1971
140	군산	36.0	126.8	23.2	2003	262	고흥	34.6	127.3	53.1	1972
143	대구	35.8	128.7	53.4	1907	271	봉화	36.9	128.9	324.3	1988
146	전주	35.8	127.1	61.4	2015	272	영주	36.9	128.5	210.8	1972
152	울산	35.6	129.3	82.0	2016	273	문경	36.6	128.1	170.6	1973
155	창원	35.2	128.6	37.6	2010	277	영덕	36.5	129.4	42.1	1972
156	광주	35.2	126.9	72.4	1939	278	의성	36.4	128.7	81.8	1973
159	부산	35.1	129.0	69.6	1904	279	구미	36.1	128.3	48.9	1973
162	통영	34.8	128.4	32.3	1968	281	영천	36.0	129.0	93.8	1972
165	목포	34.8	126.4	38.0	1904	284	거창	35.7	127.9	226.0	2011
168	여수	34.7	127.7	64.6	1942	285	합천	35.6	128.2	32.0	1973
169	흑산도	34.7	125.5	76.5	1997	288	밀양	35.5	128.7	11.2	1973
170	완도	34.4	126.7	35.2	1971	289	산청	35.4	127.9	138.1	1972
184	제주	33.5	126.5	20.5	1923	294	거제	34.9	128.6	45.4	1972
185	고산	33.3	126.2	71.5	1988	295	남해	34.8	127.9	43.7	1972

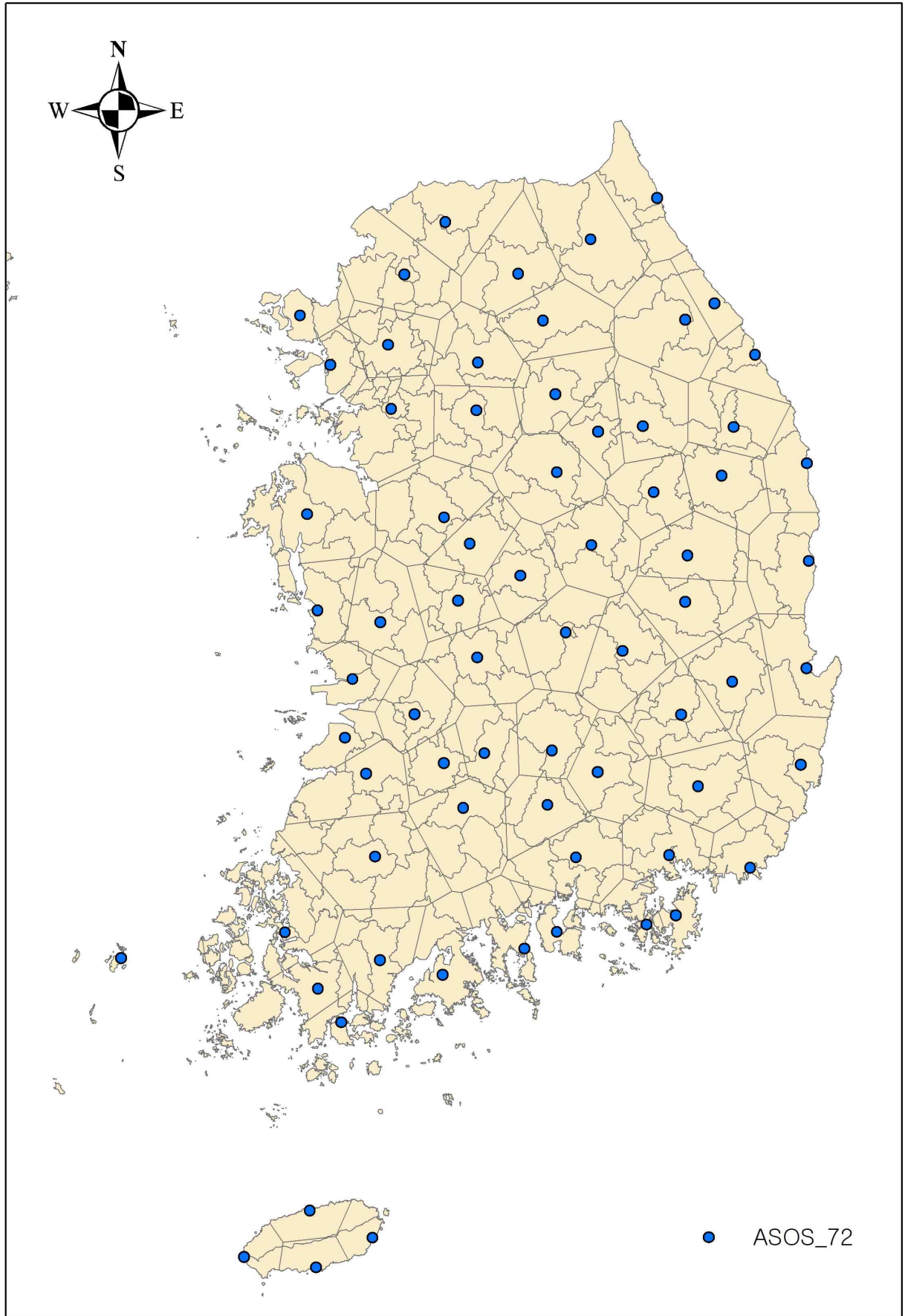


그림 6.36 72개 종합기상관측소 기준의 시군별 티센망

3) 폭염발생 현황

2001년 1월부터 2018년 12월까지 월별 최고기온이 33도 이상으로 관측된 시군수를 합산하여 연도별 추이를 파악하고자 하였다. 여기서 단년도의 폭염발생 시군수는 이론상 최대 12개월 동안 160개 시군이 발생될 수 있으므로 1,920의 최대치를 갖는다. 분석결과 2001년 이후 연도별 폭염발생 시군수는 모두 상이하지만 최근까지 지속적으로 상승하는 추세를 보였다.



그림 6.37 연도별 폭염발생 시군수('01~'18년)

같은 기간동안 폭염발생 시군수를 월단위로 집계한 결과, 대부분의 폭염은 5~9월 사이에 발생되었으며, 8월(42%), 7월(35%), 6월(14%), 5월과 9월(4%)의 순으로 발생하는 것으로 파악되었다.

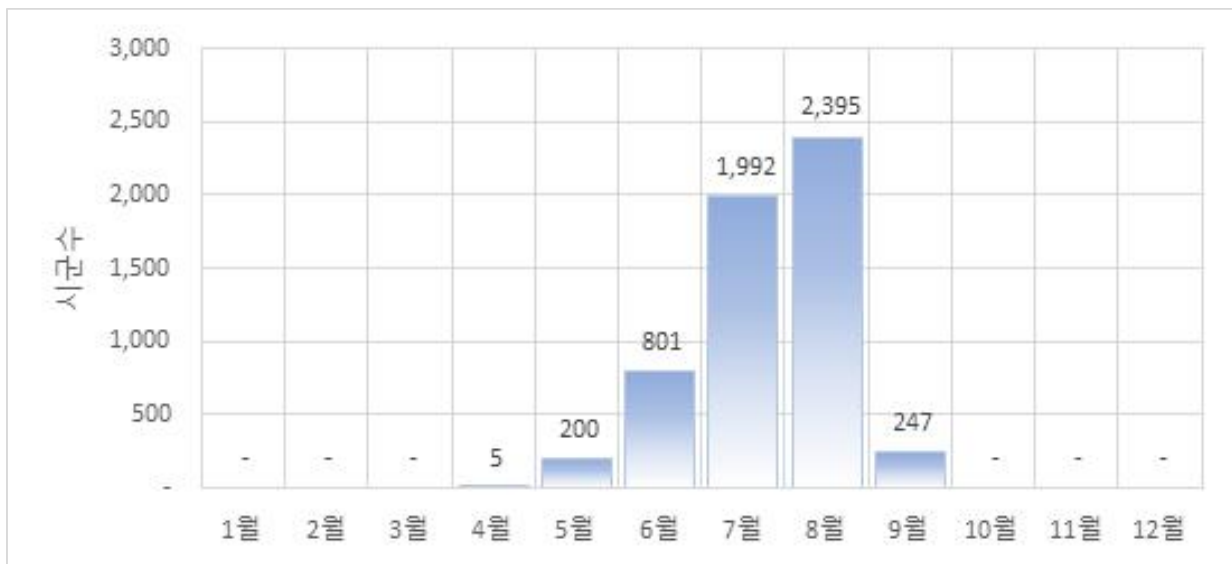


그림 6.38 월별 폭염발생 시군수('01~'18년)

각 연도별 5~9월 사이의 최고기온값을 선별하여 폭염 경보단계 및 월별 시군수를 도출한 결과, 예년에 비해 폭염주의 및 경보 단계가 발생하는 시군이 모두 증가하는 현상을 보였다. 주목할만한 부분은 최근 4년('15~'18년)간 폭염 경보(35도 이상) 수준이 발생한 시군의 수가 예년 대비 급격히 증가하고 있다는 점이다.

일반적으로 최고기온이 가장 높게 발생하는 7월의 최고기온 값을 지도로 표현해보면 이러한 현상이 더욱 극명하게 드러남을 알 수 있다.

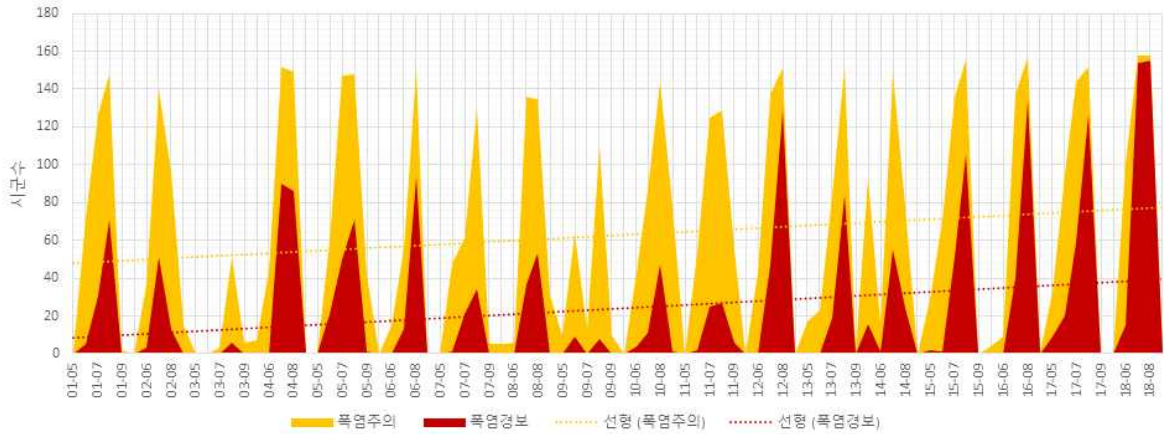


그림 6.39 5~9월의 폭염단계별 발생 시군수('01~'18년)

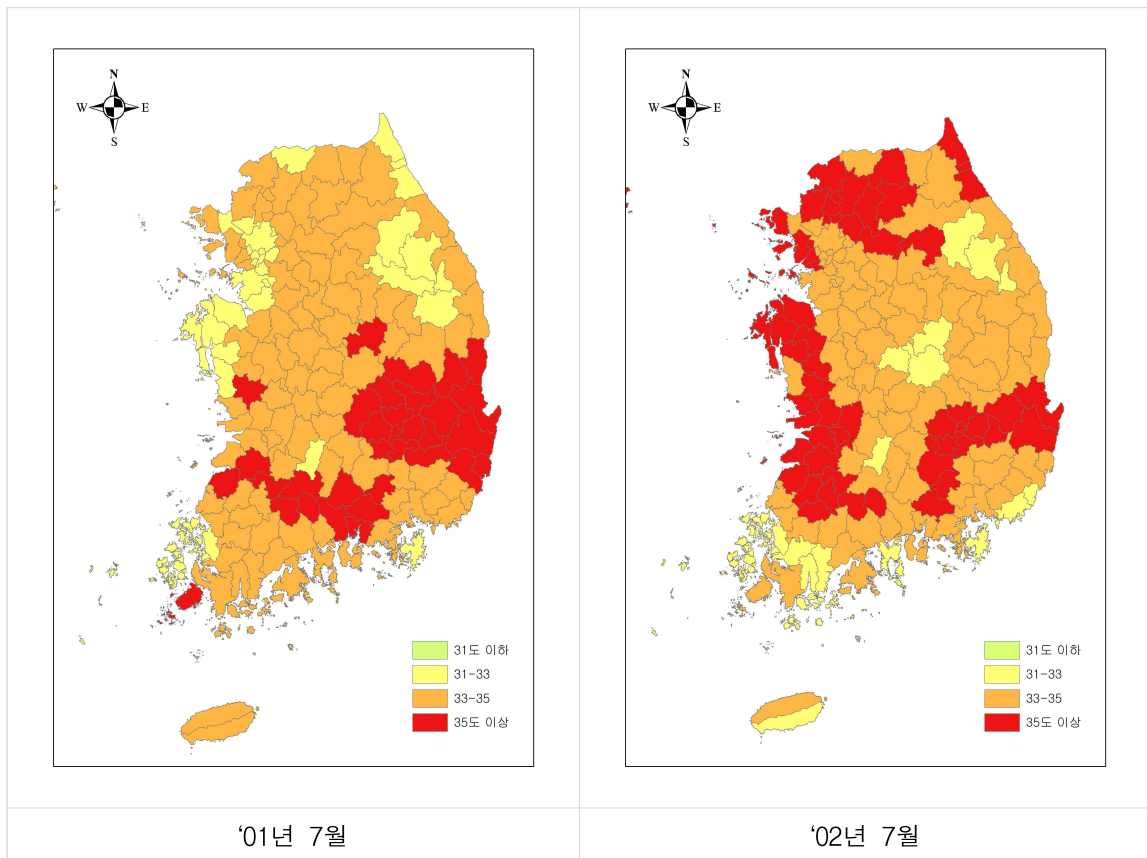


그림 6.40 시군별 7월 최고기온값의 변화('01년~'18년)

4) 지역별 물이용 변동성 분석

2001년부터 2018년까지의 1인 1일 급수량(LPCD)을 특광역시 및 시도별로 산출한 결과, 최근까지도 서울을 제외한 모든 특광역시 및 시도에서 공통적으로 LPCD가 상승하고 있는 것으로 파악되었다.

이처럼 인구수가 반영된 물이용량인 LPCD가 지속적으로 상승하고 있는 원인에 대한 명확한 규명은 어렵다. 다만 특광역시 보다 시도에서 상승 추이가 더욱 가파르다는 점과 서울의 경우 변화가 거의 없으며 부산의 경우에도 현재에 가까워질수록 상승 추이가 급감했다는 점, 최근 도시화가 급격히 이루어진 세종특별자치시(2012년 이전 연기군)에서 급상승했다는 점 등으로 미루어 보았을때 도시화 진행 수준과 매우 밀접한 관계가 있을 것으로 추정된다.

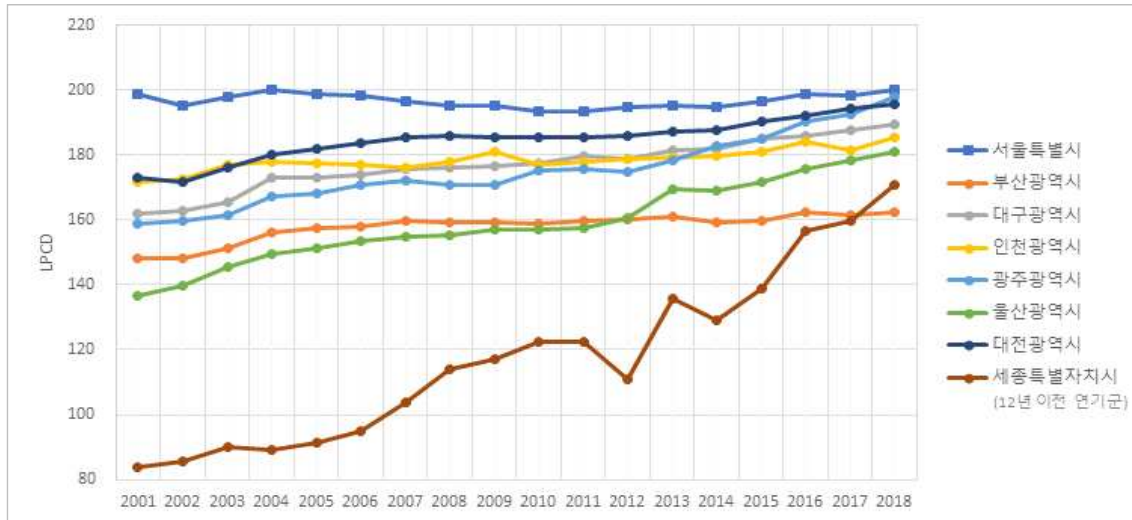


그림 6.45 특광역시별 1인 1일 급수량('01~'18년)

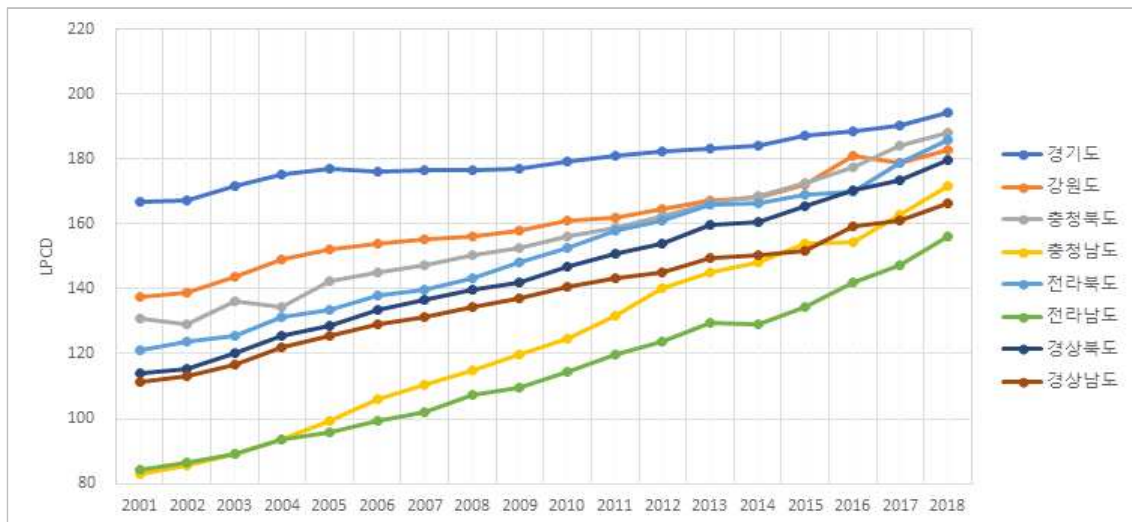


그림 6.46 시도별 1인 1일 급수량('01~'18년)

5) 기상인자와 물이용 상관관계 분석

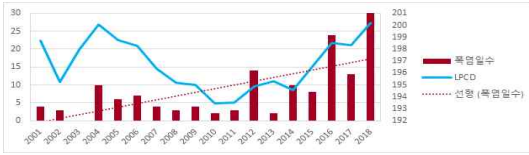
시도별로 각 연도('01~18)에 해당하는 폭염일수(연중 33도 이상인 날의 합)를 산정하고, LPCD 및 기상인자·폭염일수간의 상관계수를 산출하였다. 그 결과 평균기온, 최고기온, 연강수량은 물 이용량과의 상관성이 매우 낮음을 알 수 있었으며, 반면에 연간 폭염일수는 LPCD와 상대적으로 높은 상관성을 보였다. 이중 0.5 이상의 상관계수가 산출된 시도를 살펴보면 전체 16개 중 11개 시도로 약 70%의 비율을 차지했다.

표 6.24 특광역시 및 시도별 LPCD와 기상인자와의 상관계수

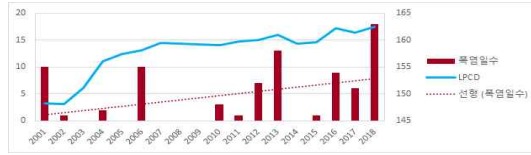
시도	LPCD와의 상관성			
	vs 평균기온	vs 최고기온	vs 연강수량	vs 폭염일수
서울특별시	0.322	0.447	-0.220	0.514
부산광역시	0.189	0.048	-0.091	0.241
대구광역시	-0.092	0.410	-0.198	0.501
인천광역시	0.235	0.244	-0.032	0.326
광주광역시	0.076	0.603	-0.166	0.686
울산광역시	-0.404	0.093	0.009	0.337
대전광역시	-0.116	0.385	-0.097	0.539
세종특별자치시	0.556	0.396	0.140	0.627
경기도	0.096	0.310	-0.235	0.675
강원도	0.334	0.332	-0.144	0.607
충청북도	0.229	0.167	-0.208	0.582
충청남도	0.096	0.154	-0.066	0.422
전라북도	-0.011	0.352	-0.116	0.395
전라남도	-0.031	0.260	0.002	0.602
경상북도	0.115	0.497	-0.286	0.560
경상남도	-0.084	0.202	-0.105	0.528

6) 폭염시 물이용 변동성 분석

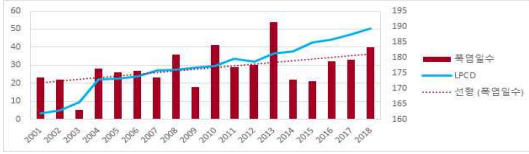
각 연도별 폭염 발생일수와 LPCD값을 함께 도시한 결과, 각 시도별 폭염일수는 전지역에서 공통적으로 상승하고 있는 경향을 보였으며, 이는 LPCD의 전반적인 추이와 일치하였다. 이중 최근 18년 동안 LPCD의 추이가 상대적으로 안정화된 서울의 경우 폭염일수의 증감과 LPCD의 증감 경향이 상당 부분 유사한 것으로 확인되었다. 그러나 대다수의 지역에서 해당 그래프만으로는 세부적인 상관관계를 명확히 파악하기에는 한계가 있다.



서울특별시



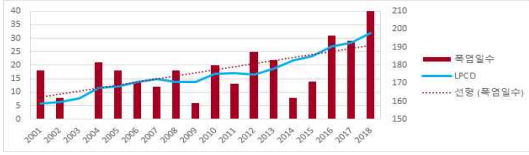
부산광역시



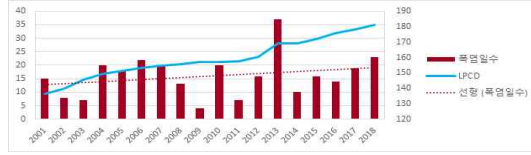
대구광역시



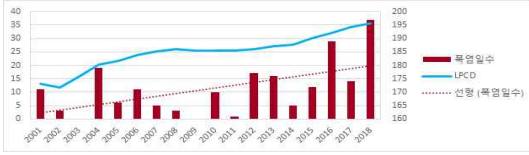
인천광역시



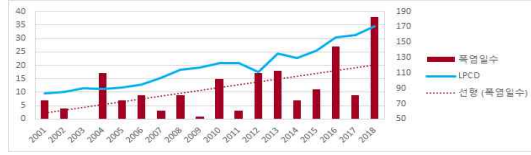
광주광역시



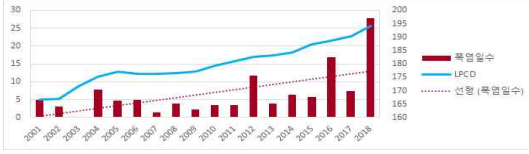
울산광역시



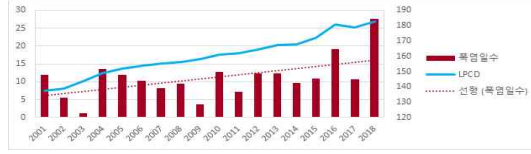
대전광역시



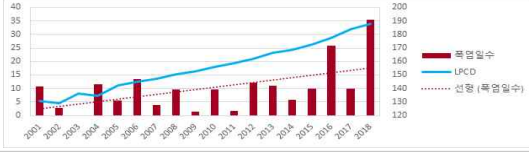
세종특별자치시



경기도



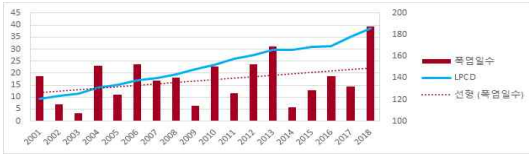
강원도



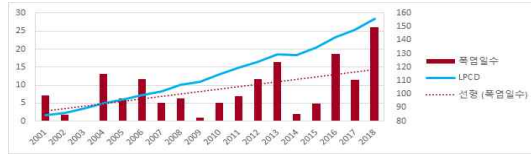
충청북도



충청남도



전라북도



전라남도



경상북도



경상남도

그림 6.47 시도별 폭염일수 vs LPCD plot('01~'18년)

앞서 기상인자와 물이용 상관관계 분석 결과에 의하면 물이용량과 폭염일수는 일정수준 이상의 상관성을 갖는 것으로 확인되었으나, 폭염일수 산정의 원시자료라고 할 수 있는 최고기온은 물이용량과의 상관성이 현저히 낮았다. 이러한 현상에 대한 원인을 추정하고자 LPCD와 폭염일수를 x, y축에 플로팅하고, 이때 해당하는 최고기온값을 색상으로 구분하여 그래프로 나타내었다. 여기서 각각의 이벤트는 '01년부터 '18년까지 정렬되지 않은 18개의 연도별 데이터 값이다.

그래프를 살펴보면 우선 폭염일수와 LPCD는 모든 시도에서 공통적으로 정비례하는 모습을 보였으며, 시도 및 연도별 차이는 있지만 대부분 과반수 이상의 각 연도별 이벤트들이 95% 신뢰구간내에 포함되는 결과를 나타내었다.

색상으로 표현된 최고기온의 경우 뚜렷한 경향이 관찰되지 않았으며 이는 앞서 상관성 분석 결과와 같다. 그러나 대부분의 시도에서 공통적으로 가장 높은 최고기온(가장 짙은 적색)을 보이고, 폭염일수도 길었던(그래프의 최우측) 연도에는 LPCD 또한 대부분 최고점에 가까운 모습을 보였다. 다시 말해 최고기온이 매우 높았으며, 누적 폭염일수가 길었던 연도에는 생활용수 물이용량이 평년대비 다소 증가하는 것으로 판단된다.

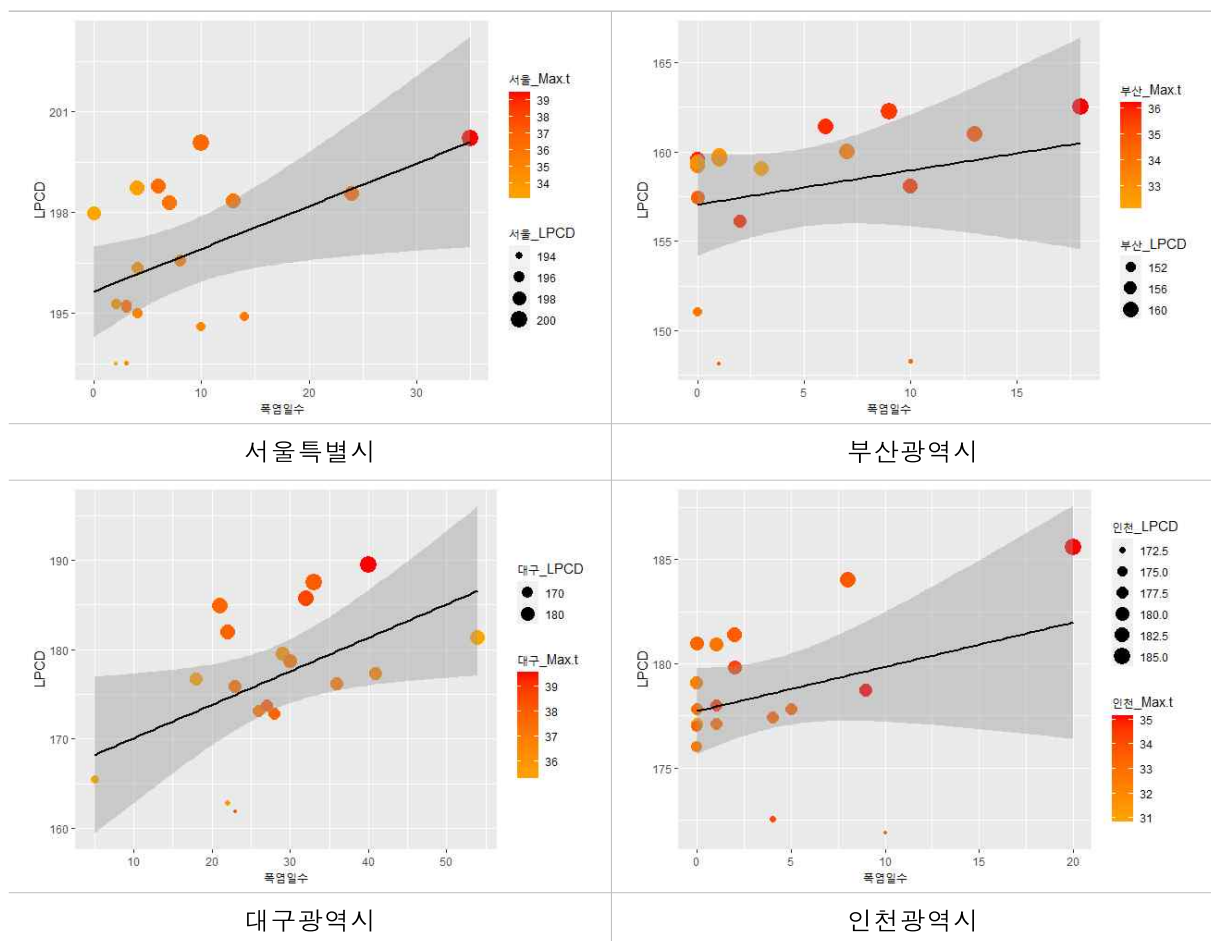


그림 6.48 시도별 폭염일수 vs LPCD vs 최고기온 plot

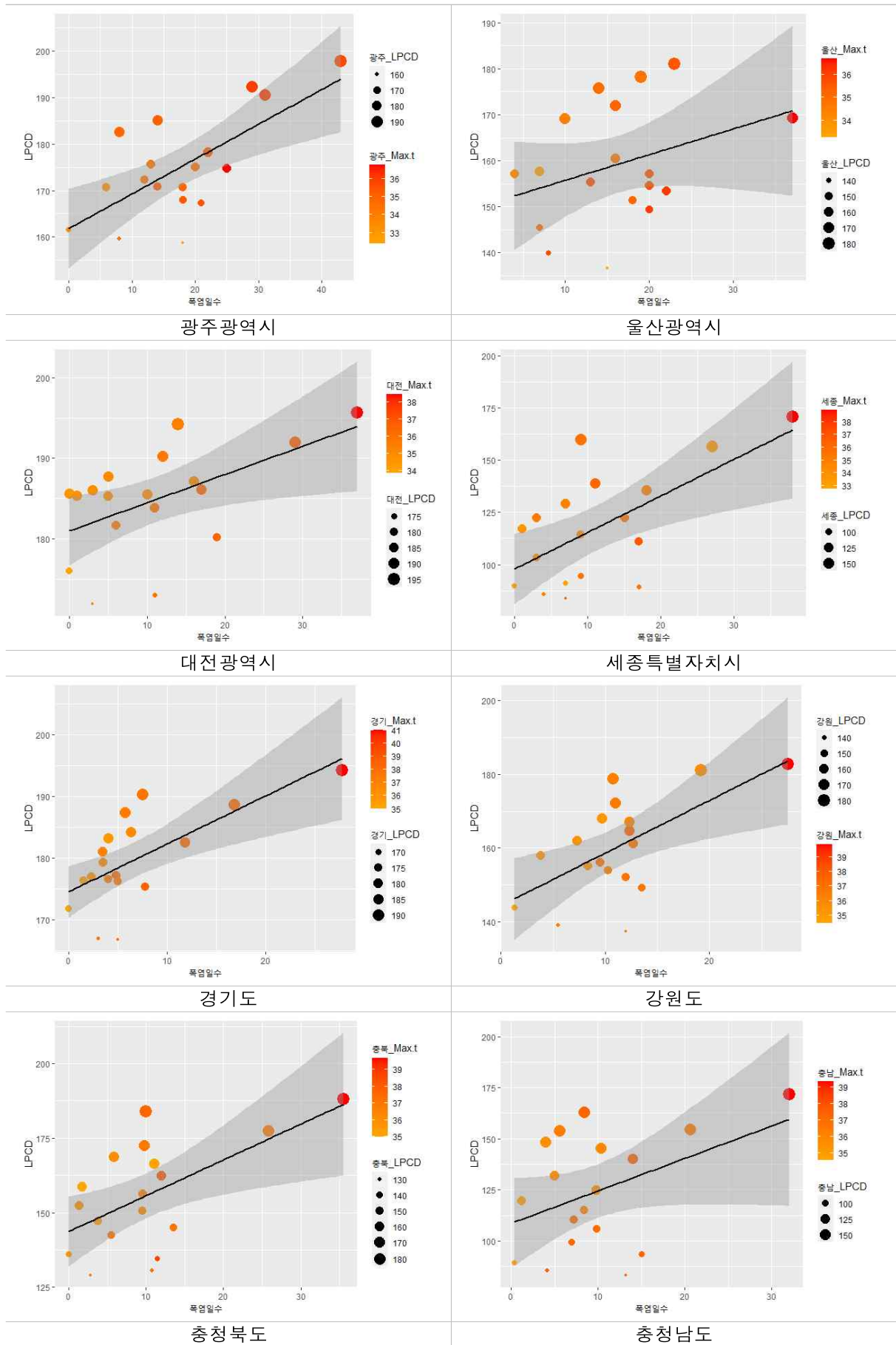


그림 6.49 시도별 폭염일수 vs LPCD vs 최고기온 plot(계속)

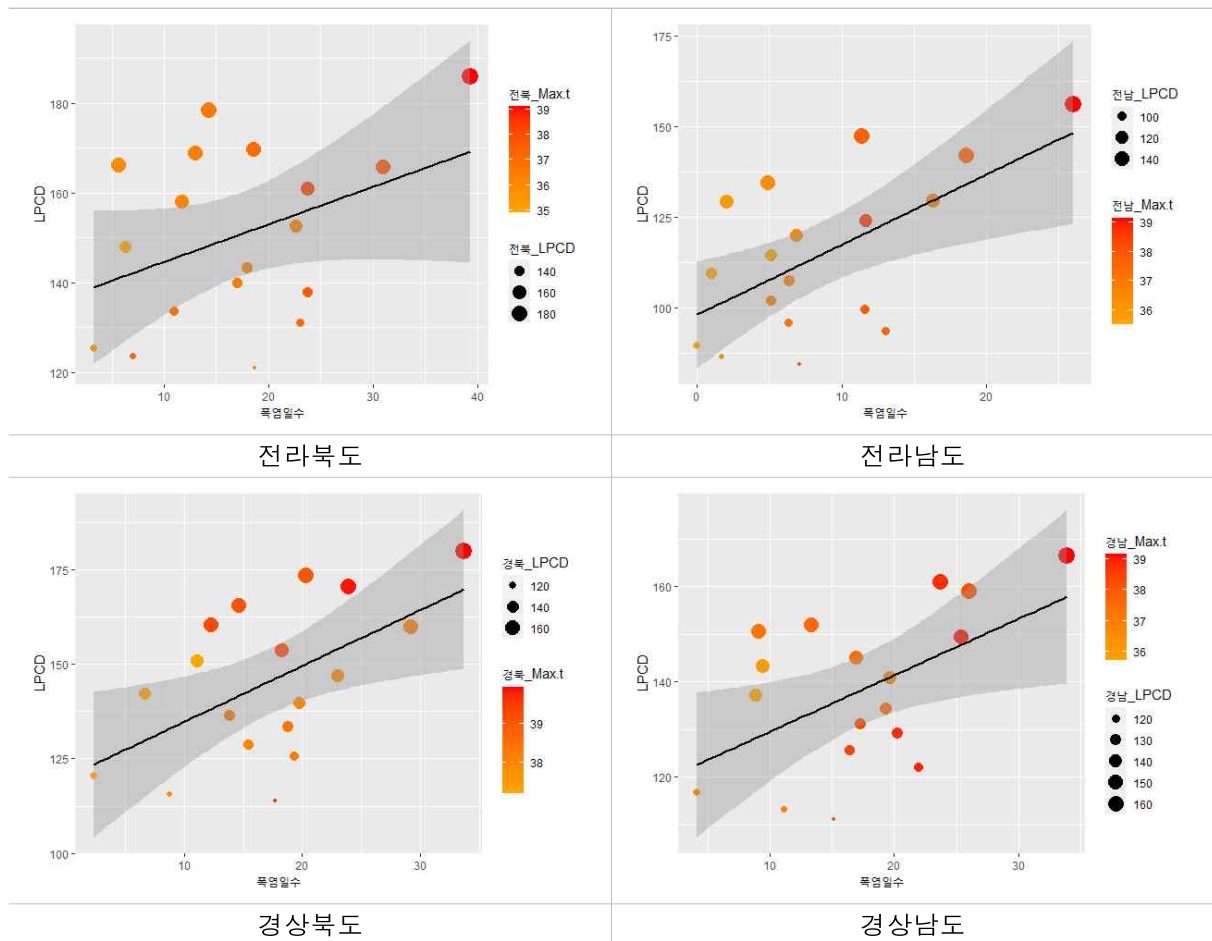


그림 6.50 시도별 폭염일수 vs LPCD vs 최고기온 plot(계속)

폭염일수에 따른 물이용 변화량을 정량적으로 분석하고 통계적 유의성을 검토하고자 t검정*을 수행하였다. t검정을 수행하기 위해 각 시도별 폭염일수의 평균치를 기준으로 평균이하인 그룹A과 평균이상인 그룹B로 각각 분류하였으며, p-value 및 그룹간 LPCD 평균값의 차이를 산출하였다.

t검정 결과, 인천광역시를 제외한 모든 시도에서 폭염일수가 평균이상인 그룹에서 평균이하인 그룹보다 LPCD값이 더욱 높은 것으로 확인되었다. 특히 전라남도, 세종특별자치시, 경상남도에서는 LPCD의 차이가 10 이상으로 발생되어, 폭염이 많이 발생한 해에는 그렇지 않은 해에 비해 1인 1일 가정용수 사용량이 크게 증가하는 것으로 확인되었다. 그러나 t검정에서 통계적 유의성을 관찰하기위해 산출되는 p-value의 경우 0.05이하에 해당되는 시도가 대구광역시 등 4개에 불과하므로, 폭염으로 인해 발생한 물사용량의 차이가 전체 물사용량대비 매우 큰값이라 볼 수는 없는 것으로 판단된다.

* t검정 : t 검정 통계량을 계산하여 두 표본평균 간의 차이가 귀무가설 하에 있을 확률, 즉 표본오차로 인해 차이가 발생할 확률(유의확률)을 계산함. 만약 계산된 확률이 귀무가설을 기각하기로 설정한 유의수준($\alpha < 0.05$)이라면 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택하게 됨.

표 6.25 폭염일수 증가에 따른 지역별 LPCD의 변화

시도	LPCD : 그룹 A (폭염일수 평균이하)	LPCD : 그룹 B (폭염일수 평균이상)	LPCD 변화량 (그룹B - 그룹A)	P-value
서울특별시	196.1980	197.7784	1.5804	0.1504
부산광역시	157.1520	159.0842	1.9322	0.3742
대구광역시	172.9296	181.9615	9.0319	0.0110
인천광역시	178.6561	178.2891	-0.367	0.8317
광주광역시	172.2845	177.3538	5.0693	0.3505
울산광역시	156.9557	161.8342	4.8785	0.4379
대전광역시	181.9918	189.3392	7.3474	0.0143
세종특별자치시	110.8735	130.9385	20.065	0.1399
경기도	177.2424	186.2181	8.9757	0.0178
강원도	158.7219	161.9392	3.2173	0.6290
충청북도	151.3932	161.0691	9.6759	0.2692
충청남도	121.5607	127.3499	5.7892	0.6783
전라북도	149.1488	152.0398	2.891	0.7663
전라남도	106.5783	127.4260	20.8477	0.04445
경상북도	139.9765	149.7061	9.7296	0.3268
경상남도	132.5924	145.3048	12.7124	0.1079

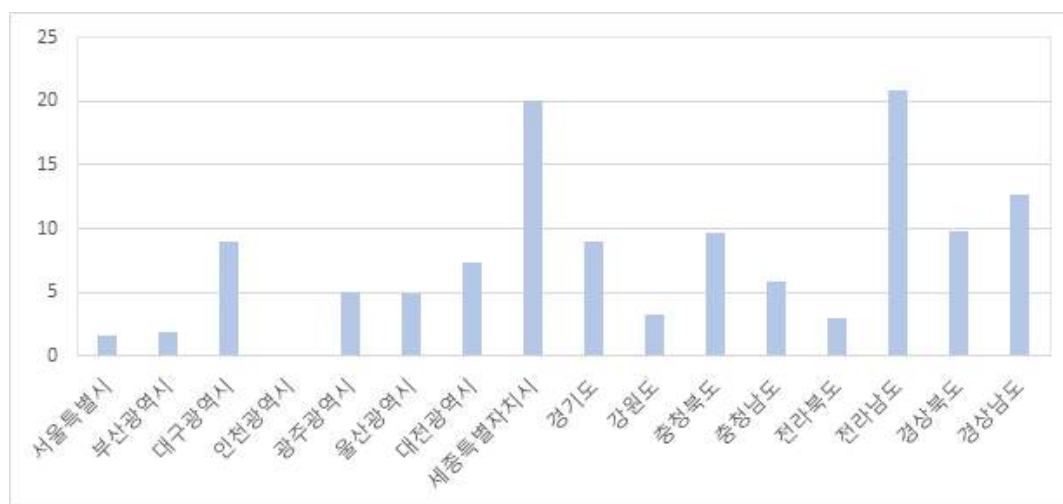


그림 6.51 폭염일수 증가시 지역별 LPCD 변화량

7) 결론 및 향후 추진계획

본 연구에서는 폭염에 따른 용수공급·수요 변동관계를 파악하고자, 기상인자와 물이용량에 관련된 자료를 취득하여 각종 통계분석을 실시하였다.

우선 국내에서의 폭염 발생현황을 파악하기 위해 '01~'18년까지의 일최고기온 데이터를 취득하여 계절별, 지역별 변동성을 분석하였다. 분석결과 2001년 이후 연도별 폭염발생 시군수는 상이하지만 모두 최근까지 지속적으로 상승하는 추세를 보였다. 같은 기간동안 폭염발생 시군수를 월단위로 집계한 결과, 대부분의 폭염은 5~9월 사이에 발생되었으며, 8월(42%), 7월(35%), 6월(14%), 5월과 9월(4%)의 순으로 발생하는 것으로 파악되었다.

각 연도별 5~9월 사이의 최고기온값을 선별하여 폭염 경보단계 및 월별 시군수를 도출한 결과, 예년에 비해 폭염주의 및 경보 단계가 발생하는 시군이 모두 증가하는 현상을 보였다. 주목할만한 부분은 최근 4년('15~'18년)간 폭염 경보(35℃ 이상) 수준이 발생한 시군의 수가 예년 대비 급격히 증가하고 있다는 점이다.

시도별로 각 연도('01~'18)에 해당하는 폭염일수(연중 33도 이상인 날의 합)를 산정하고, LPCD 및 기상인자·폭염일수간의 상관계수를 산출하였다. 분석 결과, 물이용량은 기온 변화와 분명한 상관성을 보였으며, 특히 폭염일수(33℃이상의 최고기온이 지속되는 기간)와 매우 높은 상관관계를 보였다. 이를 전국적으로 최고기온과 함께 비교 분석해 보았을 때 매우 높은 최고기온이 발생되고 폭염일수가 길었던 해에는 공통적으로 LPCD가 가장 높았던 것으로 파악되었다. 따라서 평년대비 최고기온이 매우 높게 상승하고, 33℃이상의 폭염이 장기간 지속된다면 생활용수 이용량 또한 크게 증가하는 것으로 판단되었다.

금년도 수행된 내용은 폭염과제의 기획연구 단계로써 용수 수요 관점에서만 분석이 이루어졌으므로, 향후에는 용수 공급적인 측면(기온변화에 따른 저수량 변화 관계 등)에 관한 분석이 이루어져야 할 것이다. 이러한 분석이 전국적으로 이루어진다면 폭염에 따른 수요량 변화와 이로 인한 용수공급가능량의 변화를 지역별로 추정할 수 있을 것이며, 이와 같이 분석된 결과를 생공용수 가뭄예경보체계에 반영한다면 더욱 실효성있는 예경보 결과가 산출될 수 있을 것으로 기대된다.

6.4.3 지속기간별 SPI와 수문학적 가뭄영향 상관성 평가

1) 서론

가뭄은 물 공급이 부족한 시기를 일컫는 말로 일반적으로 평균이하의 강수량이 지속적으로 보이는 지역에서 나타난다. 가뭄은 기준에 따라 기상학적 가뭄, 농업적 가뭄, 수문학적 가뭄으로 나눌 수 있다. 기상학적 가뭄은 강수량이나 무강우일수로 정의하며, 기상현상의 영향을 직접적으로 표현한다. 농업적 가뭄은 농업영 영향을 주는 토양 수분량등으로 정의한다. 수문학적 가뭄은 용수공급에 초점을 두어 저수지, 하천 유량, 지하수 등 가용 수자원의 양으로 정의한다.

기상학적 가뭄의 판단 근거인 기상자료는 종관기상관측(ASOS)등 장기간 관측된 자료를 구축하고 있다. 수문학적 가뭄의 판단근거인 수문자료는 장기간 관측된 지점(다목적댐 등)도 있지만, 단기간 관측되거나 미계측인 지점도 다수 존재한다. 그렇기에 수문학적 가뭄의 관점으로 볼 때 장기 지속된 가뭄이나 과거 발생한 가뭄의 빈도, 규모 등을 산정하기 어려운 경우가 있다. 이런 경우 수문학적 가뭄을 기상학적 가뭄지수인 표준강수지수(SPI, Standard Precipitation Index)를 활용하여 간접적으로 확인 하기도 한다. 표준강수지수를 활용할 때는 수문 특성을 고려하여 표준강수지수의 지속기간을 선정해야한다. 선정 방식은 연구자나 실무자의 판단으로 결정되며, 주로 지속기간 6개월인 SPI 6가 수문학적 가뭄을 표현한다고 본다. 하지만 어느 지속기간의 SPI가 수문학적 가뭄을 대표한다는 연구가 미비하여 정략적인 근거가 부족한 상황이다.

따라서 이번 연구에서는 수문학적 가뭄을 대표할 수 있는 최적 지속기간의 SPI를 산정하려 한다. 수문학적 가뭄은 수문 특성을 고려하여 수원별로 분류하고, 각각의 발생한 수문학적 가뭄과 SPI를 비교·분석함으로써 최적 SPI를 산정할 예정이다. 이 연구를 통해 과거의 가뭄발생, 빈도, 규모 등에 대한 정략적인 평가에 활용할 근거가 확보될 것으로 보이며, 국가가뭄예경보와 연계하여 미계측 지점에 대한 가뭄 모니터링 기술 강화에 기여할 것으로 예상된다.

2) 표준강수지수(SPI) 산정

□ 강수자료 수집

강수자료는 신뢰성이 있으며, 장기간 관측이 되어 표준강수지수를 산정할 수 있는 지점으로 선정하려한다. 이번 연구에서는 기상청에서 관리하는 ASOS 관측소 중 장기관측자료를 구축한 59개 지점을 선정하였다. 각 지점에서 1974년부터 2018년까지 총 45개년의 일 강수량자료를 수집하였다.

□ 관측소별 SPI 산정

이번 연구에서는 표준강수지수(SPI)를 활용하려 하며, 이때 표준강수지수는 과거 동일한 기간에 내렸던 강수량과 비교하여 표준화된 값으로 보여준다. SPI 산정방법은 아래와 같다.

▣ 표준강수지수(Standard Precipitation Index, SPI) 산정과정

- 월 강수량을 시간단위에 따라 연속적으로 중첩 시간 단위별 누가 강수 시계열을 구성
- 지속기간별 이동 평균 강수량 시계열이 구성되면 이 시계열을 월별로 분석하여 적정 확률분포형을 결정
- 결정된 적정 확률분포형을 이용하여 개개 변량의 누가확률, 즉, 비초과확률을 산정하여 정규분포에 적용하여 표준강수지수를 얻음

<출처 : 기상청-기후정보포털>

표 6.26 표준강수지수(SPI)의 범위별 수문상태

SPI의 범위	수문상태	SPI의 범위	수문상태
>= 2.00	Extremely Wet	-1.00 to -1.49	Moderately Dry
1.50 to 1.99	Very Wet	-1.50 to -1.99	Severe Dry
1.00 to 1.49	Moderately Wet	<= -2.00	Extremely Dry
-0.99 to 0.99	Near Normal		

이번 연구에서는 59개의 관측소별 1974년 1월 1일부터 2018년 12월 31일까지 일강수자료를 활용하여 월별 강수량 자료를 지속기간 1~12개월까지 총 12개의 지속기간별 SPI로 산정하였다. 본 연구에서는 최우도법(Maximum likelihood estimates)으로 산정한 강수자료의 Gamma 확률분포를 활용하여 SPI를 산정하였다.

표 6.27 59개 ASOS 관측소 SPI 1~12 산정 결과 예시(속초,90)

Year	Month	SPI 1	SPI 2	SPI 3	SPI 4	SPI 5	...	SPI 11	SPI 12
1975	1	-0.211	-0.117	-0.827	-0.769	-0.670	...	-0.842	-0.902
1975	2	0.786	0.328	0.232	-0.393	-0.483	...	-0.617	-0.711
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮
2018	10	1.735	0.405	1.713	1.385	1.086	...	1.071	0.915
2018	11	1.439	1.964	0.985	2.168	1.843	...	1.660	1.469
2018	12	-0.436	1.045	1.707	0.805	2.094	...	1.729	1.565

□ 표준유역별 SPI 산정

강수자료는 관측소 위치에 따른 지점별 분포가 되어있다. 이를 수문자료와 비교하기 위해서 공간변형을 하였다. 59개 강우관측소 위치정보를 활용한 티센망을 구축하였고, 면적 비율 가중치를 적용하여 SPI를 850개 표준유역으로 분할하여 표준유역별 SPI-1~12를 산정하였다.

표 6.28 59개 ASOS 관측소 기준 850개 표준유역 티센 면적비율

표준유역 명칭	표준유역 코드	관측소 명칭	관측소 코드	해당 면적(㎡)	면적 비율(%)
광동댐	100101	울진	130	39,412,046	0.3265
광동댐	100101	대관령	100	81,273,378	0.6732
광동댐	100101	강릉	105	42,069	0.0003
광동댐하류	100102	대관령	100	171,050,318	1.0000
임계천	100103	대관령	100	149,430,055	0.8903
임계천	100103	강릉	105	18,417,572	0.1097
골지천중류	100104	대관령	100	87,562,735	1.0000
도암댐	100105	대관령	100	149,417,216	1.0000
송천	100106	대관령	100	202,687,271	1.0000
골지천하류	100107	대관령	100	74,077,416	1.0000
오대천상류	100108	대관령	100	241,212,340	1.0000
오대천하류	100109	대관령	100	210,483,424	1.0000
어천상류	100110	영주	272	2,832,541	0.0259
어천상류	100110	울진	130	2,823,007	0.0258
어천상류	100110	대관령	100	103,755,407	0.9483
어천하류	100111	대관령	100	120,546,689	1.0000
정선	100112	제천	221	9,471,030	0.0527
정선	100112	대관령	100	170,196,277	0.9473
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
종남천	600405	성산	188	27,112,030	0.2056
종남천	600405	서귀포	189	104,239,794	0.7903
종남천	600405	제주	184	542,788	0.0041
울릉도	240111	울진	130	73,078,022	1.0000
조도면	520104	해남	165	57,061,346	1.0000

3) 수원별 수문학적 가뭄영향 판단 기준

□ 수원의 구분

수문학적 가뭄이란 각 수원의 가용 수자원량이 부족한 상황을 의미하므로 수원별로 구분되어 판단되어야 한다. 일반적으로 수원은 지표수(하천수, 호소수), 지하수(지하수, 용천수), 복류수(복류수, 강변여과수) 등으로 구분될 수 있으나, 국가가뭄정보분석센터에서 매년 시행하고 있는 가뭄 기초조사에서는 생활·공업용수 수원의 목적 및 활용성 등을 고려하여 아래 표와 같이 수원을 구분하고 있다.

이번 연구는 수문학적 가뭄으로 인해 가뭄 피해가 발생할 수 있는 생·공업용수의 수원을 분석 대상으로 선정하려 한다. 따라서, 가뭄 기초조사의 수원 분류를 참고하여 다목적댐, 용수댐 및 지방자치단체의 저수지, 농업용 저수지, 하천, 지하수로 구분하였다. 단 지하수는 가뭄 기초조사와 달리, 지방상수도뿐 아니라 소규모수도시설도 포함하여 연구를 진행하였다.

표 6.29 가뭄 기초조사의 생·공업용수 수원 분류 (가뭄 기초조사보고서, 2019)

구분		조사 대상	비고
지 표 수	호소수 (댐·저수지)	다목적댐	K-water에서 관리중인 다목적댐
		용수댐	K-water에서 관리중인 용수댐
		생·공업 저수지	지방자치단체에서 운영·관리중인 댐·저수지로 용수의 전체 또는 일부를 생·공업용수 목적으로 사용중인 댐·저수지
		농업용 저수지	한국농어촌공사에서 운영·관리 중인 농업용저수지 중 지자체 및 K-water에 생·공업용수를 공급중인 댐·저수지
	하천수	생활 및 공업용수 사용목적으로 취수시설을 설치한 하천(국가·지방하천 및 소하천)	
지하수		지방상수도 및 공업용수(지자체, 산업단지)의 수원으로 사용되는 지하수	
기타		지방상수도 및 공업용수(지자체, 산업단지)의 수원으로 사용중인 해수, 빗물, 재이용수 등	

① 수원 구분



그림 6.52 본 연구에 활용되는 수원 구분

□ 수원별 가뭄단계 판단 기준 검토

수문학적 가뭄영향은 수자원의 부족과 그로 인해 수반된 가뭄피해로 볼 수 있다.

이러한 수원별 가뭄영향을 판단할 때 실제로 수자원 부족으로 발생한 가뭄피해 자료를 활용하는 것이 좋지만, 현실적으로 이러한 피해 자료를 확보하기는 쉽지 않은 실정이다. 따라서, 가뭄피해 자료를 대체할 수 있는 수원의 가뭄영향 판단 기준을 수립하고자 하였으며, 판단 기준은 가뭄상황을 모니터링 하는 기법들을 반영하여 선정하였다. 이와 같이 선정된 수원별 판단 기준은 다목적댐·용수댐의 경우 댐 용수공급 조정기준, 지자체·농업용 저수지는 가뭄예경보 판단 기준, 하천은 갈수예보, 마지막으로 지하수는 제한·운반급수 실적으로 선정하였다.

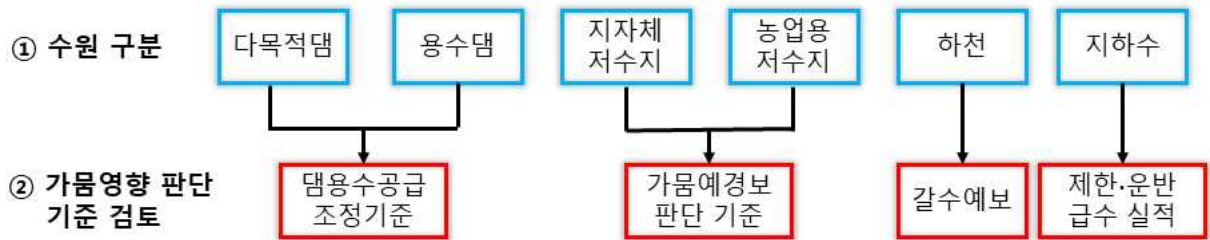


그림 6.53 수원별 가뭄영향 판단 기준

○ 다목적댐, 용수댐

다목적댐·용수댐의 가뭄 영향 판단기준은 댐 용수공급 조정기준으로 검토하였다. 댐 용수공급 조정기준은 강수량 부족으로 인한 댐 용수 부족에 대비하여 댐의 용수공급 능력을 확보하고 국가 재난을 사전에 예방하기 위해 만들었으며, 4차 개정('19년 10월) 기준 다목적댐 20개 중 16개, 용수댐 14개 중 12개에 적용하고 있다. 다목적댐은 관심, 주의, 경계, 심각 4단계로, 용수댐은 관심, 주의, 심각 3단계로 설정하고 있다. 시기별 댐 저수율에 따라 기준을 적용하며, 이를 다목적댐·용수댐의 가뭄 영향 판단기준으로 선정하였다.

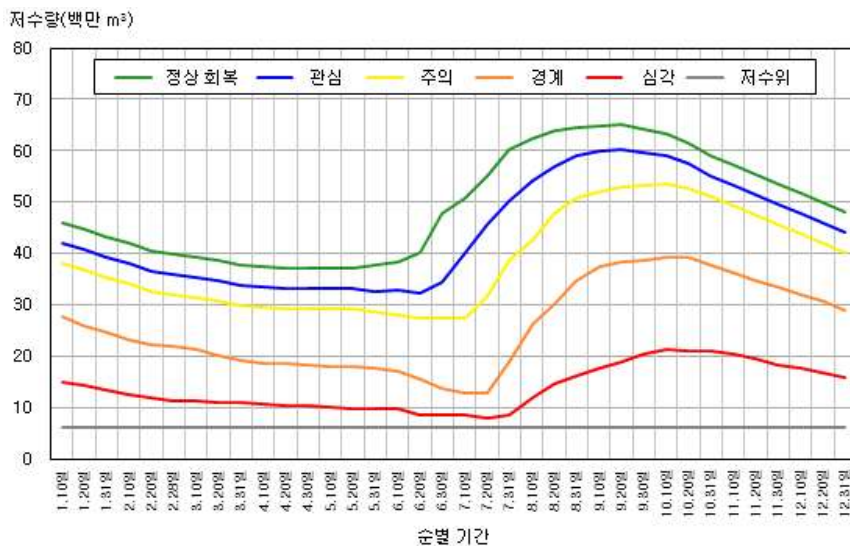


그림 6.54 댐 용수공급 조정기준 예시(보령댐)

○ 지자체·농업용 저수지

지자체·농업용 저수지는 생활·공업용수 가뭄 예경보의 판단기준(안)으로 검토하였다. 가뭄 예경보는 환경부, 농림축산식품부, 행정안전부 및 K-water 등 관계기관이 참여하여 기상가뭄, 생활 및 공업용수 가뭄, 농업가뭄의 총 3가지 가뭄에 대해 가뭄 현황 및 1~3개월 전망을 관심, 주의, 경계, 심각 4단계로 분석 발표하는 체계이다. 2016년 3월부터 12월 말까지 시범운영을 거쳐, '17년부터 정식으로 시행하였고 매월 10일에 발표하고 있다. 생·공용수 가뭄 예경보 판단기준은 수원마다 다르며, 소규모 지자체 저수지는 용수공급 가능 일수에 따라, 농업용 저수지는 저수율에 따라 판단하고 있으며, 이를 지자체·농업용 저수지의 가뭄영향 판단기준으로 선정하였다.

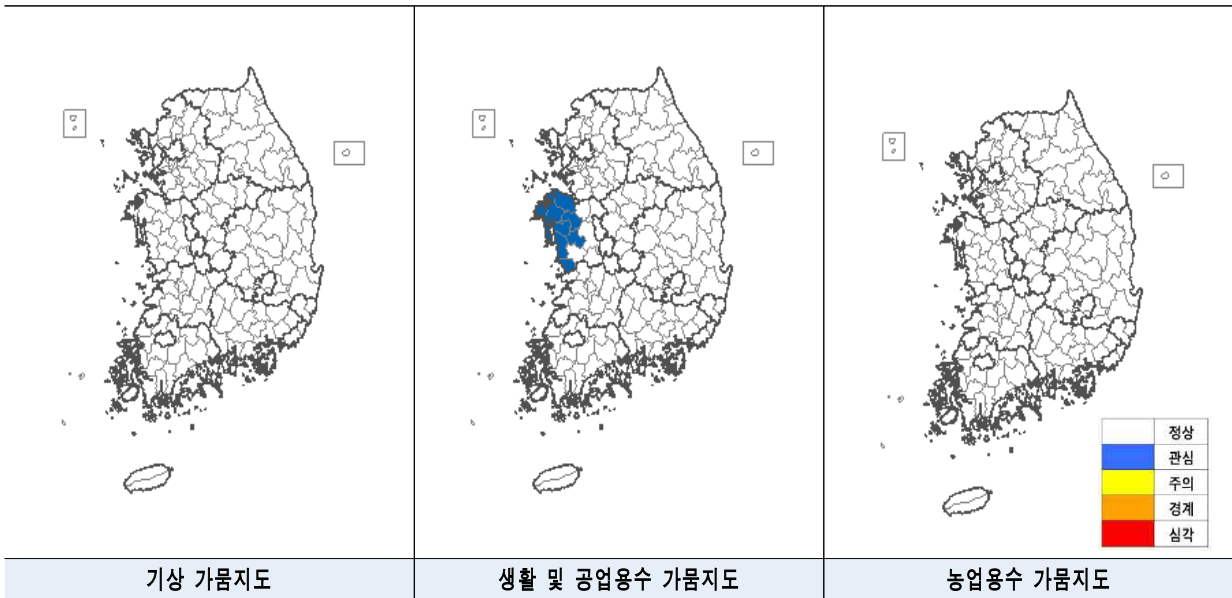


그림 6.55 가뭄 예·경보 발령 현황 예시('20.5월 보도자료 기준)

표 6.30 지자체 저수지 가뭄예경보 판단 기준(안)

기 준	관심	주의	경계(심함)	심각(매우심함)
공급일수 기준	90일	60일	30일	20일
저수율 기준*	40%	30%	20%	10%

표 6.31 농업용 저수지 가뭄예경보 판단 기준

관심	주의	경계(심함)	심각(매우심함)
-	농업용수 감량(간단급수) 개시 저수율	대체수원 활용 개시 또는 농업용수 감량(간단급수) 강화 저수율	생공용수 감량공급 시작 저수율

○ 하천

하천의 가뭄영향 판단기준은 홍수통제소의 갈수 예보를 기준으로 검토하였다. 갈수 예보는 기상상황, 하천수 사용량, 댐 공급량 등을 종합적으로 고려하여 장래 하천유량을 사전에 예측함으로써 갈수 상황에 대비할 수 있도록 조치하는 과정을 말하며, 하천수사용자의 권리를 보호하는 것을 목적으로 하는 체계이다. '20년 11월 기준 한강, 낙동강 등 4개권역 총 25개 관측지점에서 예보를 하고 있으며 발령단계는 관심, 주의, 경계, 심각 4단계로 이루어져 있다. 관측지점별 하천유량에 따라 기준을 적용하며, 이를 가뭄영향 판단 기준으로 선정하였다.

※ 단계별 하천유량 상황 및 기준유량

관심 : 생·공·농업 이수유량 공급은 가능하나 하천유지유량이 일부 부족한 상태 주의 : 생·공·농업 이수유량만 공급이 가능하고 하천유지유량은 다소 부족한 상태 경계 : 이수유량 공급이 일부 부족해 취수제한이 필요한 상태 심각 : 이수유량 공급이 경계단계 이상으로 취수제한이 필요한 상태										
수 계	하 천	예보지점	기준유량(m ³ /s)							
			관심		주의		경계		심각	
금 강	금 강	옥천군(이원대교)	14.0	(14.0)	8.5	(8.5)	6.0	(6.0)	4.1	(4.1)
	금 강	공주시(금강교)	50.0	(35.0)	46.0	(30.0)	35.0	(20.0)	30.0	(13.0)
	금 강	부여군(백제교)	52.0	(40.0)	46.0	(33.0)	35.0	(22.0)	30.0	(14.0)
	갑 천	대전시(신구교)	9.5	(9.5)	8.5	(8.5)	7.0	(7.0)	5.0	(5.0)
	미호천	세종시(월산교)	10.5	(10.5)	8.5	(8.5)	5.3	(5.3)	3.5	(3.5)
삽교천	곡교천	아산시(한내다리)	3.0	(3.0)	2.4	(2.4)	1.7	(1.7)	1.0	(1.0)

※()는 매년 1.1~4.30, 9.1~12.31의 기준유량

그림 6.56 갈수 예보 기준 예시(금강 및 삽교천 수계, '19년 11월 4일 발표자료)

○ 지하수

지하수의 가뭄영향 판단 기준은 제한·운반급수 실적으로 검토하였다. 제한·운반급수는 수원의 부족으로 용수공급을 제한하거나, 음용수를 운반하는 것을 말한다. 주로 상수도가 보급되지 않은 소규모수도시설에서 발생하며, 대부분의 소규모수도시설은 지하수를 수원으로 사용하고 있다. 이에 따라 이 지역들의 제한·운반급수 실적을 지하수의 가뭄영향 판단기준으로 선정하였다.

□ 시설별 수문자료 및 비상급수 실적 등 가뭄영향 자료 구축

수원별 가뭄영향 판단 기준을 수립하였고, 각 기준에 적용할 자료를 수집하였다. 수집한 자료를 기준에 적용하여, 각 수원별로 가뭄영향의 기간과 단계를 산정하였다.

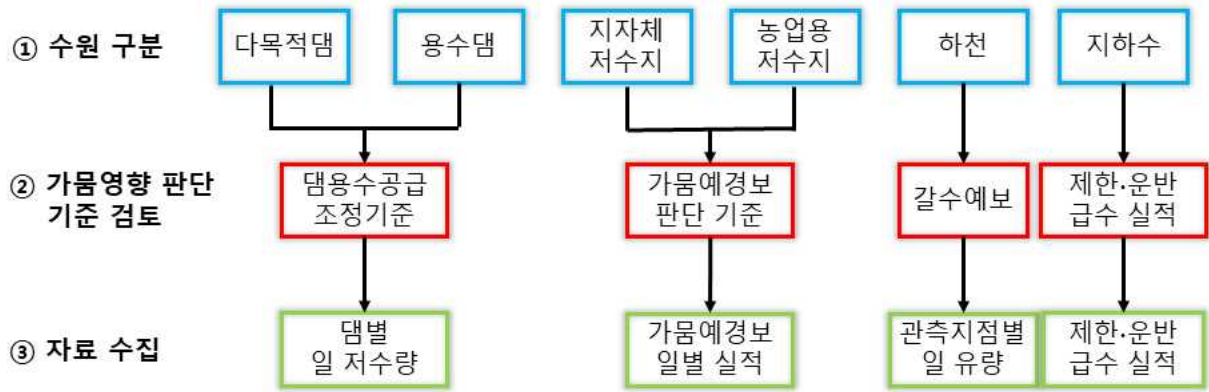


그림 6.57 수원별 가뭄영향 판단 자료 수집

○ 다목적댐, 용수댐

다목적댐·용수댐은 댐 일 저수량을 수집하였고, 댐용수공급조정기준에 적용하여 댐별 가뭄기간과 단계를 판단하였다. 일 저수량은 K-water의 WRO 시스템을 통해 수집하였고, 10일별로 댐용수공급 조정기준을 적용하여 가뭄영향을 판단하였다. 또한 비교를 위해 각 4단계를 다음과 같이 수치화하였다. 단 운문댐의 경우 용수댐의 3단계가 아닌 금호강 비상공급 기준이 추가된 4단계로 구성되어 있어, 심각은 -1.5, 비상공급은 -2.0으로 수치화하였다.

정상 : 0.0, 관심 : -0.5, 주의 : 1.0, 경계 : -1.5, 심각 : -2.0

표 6.32 다목적댐·용수댐의 가뭄영향 판단 기준 적용 예시 - 보령다목적댐

년도	월	일	관측저수량 (백만m ³)	가뭄영향 판단기준	수치화
2000	1	10	90.41	정상	0.0
2000	1	20	87.95	정상	0.0
2000	1	31	84.75	정상	0.0
2000	2	10	81.36	정상	0.0
∴	∴	∴	∴	∴	∴
2018	12	10	81.95	정상	0.0
2018	12	20	80.55	정상	0.0
2018	12	31	78.58	정상	0.0

○ 지자체·농업용저수지

지자체·농업용저수지는 가뭄예경보 일별 실적을 수집하였고, 이를 월별로 가공하여 지자체 저수지별 가뭄기간과 심도를 판단하였다. 가뭄예경보 일별 실적은 생활 및 농업용수 가뭄예경보 판단 기준으로 구축되고 있으며, 가뭄포털의 우리동네 가뭄에서 표출하고 있다. 데이터 가공을 위해 우선 일별 실적을 해당 월끼리 묶은 후, 그

월의 가장 심한 가뭄단계를 해당 월의 가뭄단계로 판단하였다. 이 작업은 DB 쿼리를 통해 진행하였으며, 비교를 위해 각 4단계를 다음과 같이 수치화 하였다. 자료 기간은 2016년 1월부터 2018년 12월까지이다.

정상 : 0.0, 관심 : -0.5, 주의 : 1.0, 경계 : -1.5, 심각 : -2.0

표 6.33 지자체·농업용저수지 가뭄영향 판단을 위한 가공 방법 예시

생·공용수 가뭄예경보 일별 실적		가공한 가뭄영향 판단 자료	
일 자료	가뭄 단계	월 자료	가뭄 단계
2018년 1월 1일	정상	2018년 1월	관심
2018년 1월 2일	정상		
2018년 1월 3일	관심		
2018년 1월 4일	관심		
⋮	⋮		
2018년 1월 31일	정상		

표 6.34 지자체·농업용저수지 가뭄영향 판단 DB 쿼리

```

--SELECT a.decdt, b.sitenm,a.decrst
select substr(a.decdt,1,7) mon, b.SITENM, MAX(DECSRT)
FROM (select DECDT, hjdcd, sidv, ordno
      , case when decrst = '정상' then 0
            WHEN DECRST = '관심' THEN 1
            WHEN DECRST = '주의' THEN 2
            WHEN DECRST = '경계' THEN 3
            WHEN DECRST = '심각' THEN 4
            ELSE -99
            END          DECSRT          FROM          DR_ANALY_liv_NOWPORTAL) a,
DR_BASE_LIV_DECSTANDARD b
WHERE 1=1
AND a.HJDCD = b.HJDCD
AND a.sidv = b.sidv
and a.ordno = b.ordno
AND a.ORDNO = 1
and b.ordno = 1
and a.decdt between '20161201' and '20171230'
group by substr(a.decdt,1,7), sitenm
    
```

표 6.35 지자체·농업용 저수지의 가뭄영향 판단 기준 적용 예시 - 복룡제

년도	월	수원	가뭄영향 판단 기준	수치화
2016	1	복룡제	정상	0.0
2016	2	복룡제	정상	0.0
2016	3	복룡제	정상	0.0
2016	4	복룡제	정상	0.0
2016	5	복룡제	정상	0.0
2016	6	복룡제	정상	0.0
∴	∴	∴	∴	∴
2018	9	복룡제	정상	0.0
2018	10	복룡제	정상	0.0
2018	11	복룡제	정상	0.0
2018	12	복룡제	정상	0.0

○ 하천

하천은 WAMIS를 통해 일 유량자료를 수집하였고, 갈수예보 기준에 적용하여 하천 관측지점별 가뭄기간과 단계를 판단하였다. 또한 정량화 비교를 위해 4개의 가뭄 단계를 다음과 같이 수치화 하였다. 이때 일 유량자료에 갈수예보 단계별 기준유량을 적용하였으므로, 실제 갈수전망 발표 내용과는 다를 수 있다. 자료 기간은 관측소별로 다르며, 4대강 사업이 마무리된 후 유량이 안정화 된 시기부터 2018년 12월 31일까지로 선정하였다.

정상 : 0.0, 관심 : -0.5, 주의 : 1.0, 경계 : -1.5, 심각 : -2.0

표 6.36 하천의 가뭄영향 판단 기준 적용 예시 - 낙동강 하류(함안군(계내리))

년도	월	일	일 평균유량(m ³ /s)	가뭄영향 판단기준	수치화
2013	1	1	179.48	정상	0.0
2013	1	2	200.78	정상	0.0
2013	1	3	143.93	정상	0.0
2013	1	4	99.69	정상	0.0
2013	1	5	103.81	정상	0.0
2013	1	6	115.61	정상	0.0
2013	1	7	138.98	정상	0.0
2013	1	8	212.65	정상	0.0
2013	1	9	198.1	정상	0.0
∴	∴	∴	∴	∴	∴
2018	12	29	97.42	정상	0.0
2018	12	30	104.33	정상	0.0
2018	12	31	95.76	정상	0.0

○ 지하수

지하수는 K-water에서 관리하는 비상급수 현황 시스템의 DB를 통해 제한·운반급수 실적을 수집하였다. 이때 사용된 DB테이블은 'DR_PORTAL_SUPPLY' 이며, 기간은 2018년 12월 31일까지이며, 지하수를 수원으로 사용 중인 시설의 실적을 수집(총 681건)하였다. 제한·운반급수 실적은 시작지점과 종료지점이 있는 기간 자료이므로, 해당 월의 비상급수가 진행 중인 경우 가뭄단계로 판단하였다. 또한 비교를 위해 제한·운반급수 실적이 있는 경우 -1.5로 수치화 하였다.

제한·운반급수 실적 : -1.5

표 6.37 지하수의 가뭄영향 판단 기준 적용 예시 - 하누골

년도	월	읍면동명	시설명	가뭄영향 판단기준	수치화
2016	1	교현·안림동	하누골	정상	0.0
2016	2	교현·안림동	하누골	정상	0.0
2016	3	교현·안림동	하누골	정상	0.0
2016	4	교현·안림동	하누골	정상	0.0
2016	5	교현·안림동	하누골	정상	0.0
2016	6	교현·안림동	하누골	운반급수	-1.5
∴	∴	∴	∴	∴	∴
2018	9	교현·안림동	하누골	정상	0.0
2018	10	교현·안림동	하누골	정상	0.0
2018	11	교현·안림동	하누골	정상	0.0
2018	12	교현·안림동	하누골	정상	0.0

위에서 언급한 수원별 가뭄영향 판단기준을 적용할 자료는 정리하면 아래 표와 같다.

표 6.38 수원별 가뭄영향 자료 구축

구분	가뭄영향 판단기준	가뭄영향 적용 자료	시간단위	출처	비고
다목적댐, 용수댐	댐 용수공급 조정기준	일 저수량	10일	K-water	
지자체 저수지 농업용 저수지	가뭄예경보 판단 기준	생·공용수 가뭄예경보 일별 이력	월	K-water	
하천	갈수 예보	일 유량	일	홍수통제소	
지하수	제한·운반급수 실적	제한·운반급수 실적	일	K-water	

4) 분석대상 지점 선정 및 대상별 분석자료 구축

□ 수원 종류별 분석대상 선정

SPI의 수문학적 가뭄영향 재현성평가를 하기 위해서는 실제 가뭄영향이 있었던 수원을 분석대상으로 선정해야한다. 이를 위해 앞서 정리한 수원별 가뭄영향 자료를 토대로 분석 대상을 선정하였으며, 이렇게 선정된 수원별 분석대상은 아래 표와 같다.

다목적댐의 분석대상은 보령다목적댐으로 선정하였다. 보령댐은 충남 8개 시·군에 용수를 공급하고 있으며, 1998년에 준공되었다. 2014~2015년 때 극심한 가뭄을 겪었으며, 그 후 가뭄이 지속되어 금강과 보령댐을 연결하는 도수로를 건설하는 등 가뭄에 빈번히 노출되어 분석대상으로 선정하였다.

용수댐의 분석대상은 운문댐으로 선정하였다. 운문댐은 대구광역시·경북 4개시군에 용수를 공급하고 있고 1995년에 준공되었다. 2017년 가뭄을 겪으면서 금호강 비상공급 관로를 신설 하는 등 가뭄에 노출된 이력이 있어 분석대상으로 선정하였다.

지자체 저수지의 분석대상은 복룡제와 부황제이다. 복룡제는 전남 영광군에 위치한 저수지로 영광군 염산면에 용수를 공급하고 있다. 부황제는 전남 완도군에 위치한 저수지로 완도군 노화읍, 보길면에 용수를 공급하고 있다. 두 저수지는 2017년 저수율 저하로 제한급수를 시행한 이력이 있어 분석대상으로 선정하였다.

농업용 저수지의 분석대상은 예당저수지와 상천저수지로 선정하였다. 예당저수지는 충남 예산군에 위치한 농업용저수지로서 예산군 예산읍, 신암면에 용수를 공급하고 있다. 상천저수지는 경남 거창군에 위치한 농업용저수지로서 거창군 위천면에 용수를 공급하고 있다. 두 저수지는 2017년 농업용수 감량, 간단급수 등을 시행한 이력이 있어 분석대상으로 선정하였다.

하천은 자료의 신뢰성과 기준적용을 이유로 갈수예보 관측지점을 선정하였고, 25개 갈수예보지점 중 2곳인 함안군(계내리)와 아산시(한내다리)를 분석대상으로 선정하였다.

지하수는 충북 충주시 교현 안림동에 위치한 소규모수도시설 4곳의 제한·운반급수 실적을 분석대상으로 선정하였다. 분석대상인 소규모수도시설 4곳은 광산골, 남별, 요각골, 하누골이며, 2016년부터 2018년까지 3년동안 제한·운반급수 실적이 가장 빈번한 지역이므로(총 32건) 분석대상으로 선정하였다.

위와 같이 수원별로 분석대상을 선정한 후, 분석대상별 가뭄영향 판단 기준을 적용하여 가뭄영향을 정리하였다.

표 6.39 수원별 분석대상

구분	분석 대상	위치	공급지역	가뭄영향 기준
다목적댐	보령다목적댐	충남 보령시	충남 8개 시·군	댐용수공급 조정기준
용수댐	운문댐	경북 청도군	대구, 경북 4개 시·군	
지자체 저수지	복룡제	전남 영광군	영광군 염산면	생·공용수 가뭄예경보 판단 기준
	부황제	전남 완도군	완도군 2개 읍면동	
농업용 저수지	예당저수지	충남 예산군	예산군 2개 읍면동	
	상천저수지	경남 거창군	거창군 위천면	
하천	낙동강 하류 (함안군(계내리))	경남 함안군	-	갈수예보 발령기준
	곡교천 (아산시(한내다리))	충남 아산시	-	
지하수	교현·안림동 (內 소규모수도시설 4곳)	충북 충주시	충주시 일부 지역	제한·운반급수 실적

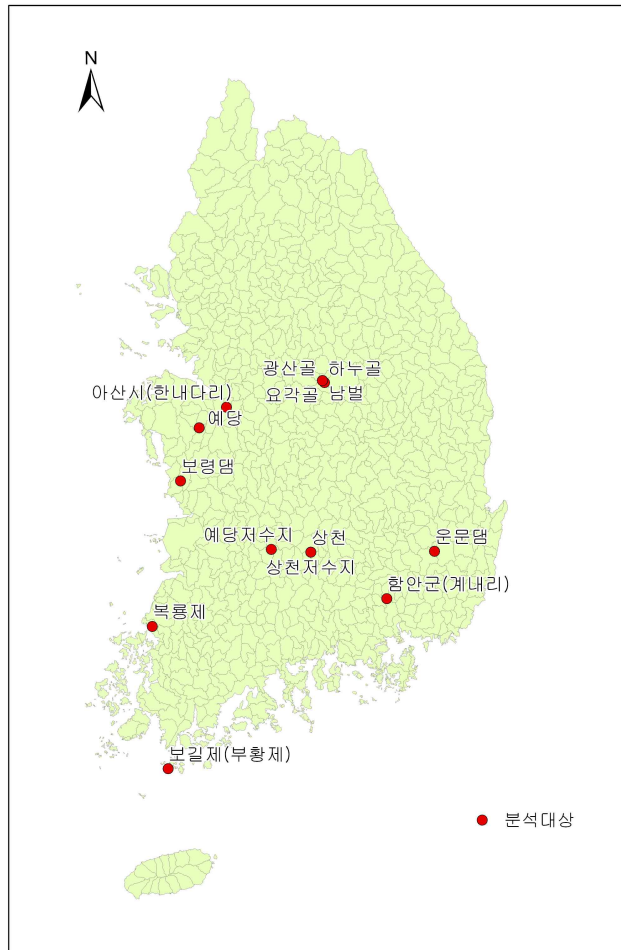


그림 6.58 분석대상 위치도

□ 분석대상별 SPI와 수문학적 가뭄영향 자료 구축

분석을 하기 위해서 분석대상별 수문학적 가뭄영향 과 SPI의 시·공간 범위 통일이 필요하다. 우선 공간적 범위는 분석대상의 위치정보를 활용하여 각각 표준유역을 선정하였다. 시간적 범위는 두 자료의 공통범위로 선정하였다. 다만 SPI 자료는 월 단위, 수문학적 가뭄영향 자료는 일, 10일, 월 단위로 구축이 되어있어 1대1 대응하지 않는 경우가 존재하였다. 이런 경우 SPI에 해당되는 월을 중복으로 입력하였다. 이에 대한 예시는 아래 표와 같다.

표 6.40 대상별 분석 특성 및 해당 표준유역

구분	분석 대상	분석 기간	시간 단위	표준유역	
				명칭	코드
다목적댐,	보령다목적댐	2000.01.10. ~2018.12.31	10일	보령댐	320305
용수댐	운문댐	1996.01.10. ~2018.12.31.	10일	운문댐	202101
지자체 저수지	복룡제	2016.01~2018.12	월	오동천	530205
	부항제	2016.01~2018.12	월	완도군	410201
농업용 저수지	예당저수지	2016.01~2018.12	월	진안천	300105
	상천저수지	2016.01~2018.12	월	거창위천상류	200412
하천	낙동강 하류 (함안군(계내리))	2013.01.01. ~2018.12.31.	일	진동수위표	202001
	곡교천 (아산시(한내다리))	2012.01.01. ~2018.12.31.	일	곡교천중류	310112
지하수	교현·안림동 (內 소규모수도시설 4곳)	2016.01~2018.12	월	달천하류	100414

표 6.41 다목적댐·용수댐의 가뭄영향 판단 기준 적용 예시 - 보령다목적댐

년도	월	일	가뭄영향 판단	SPI 1	SPI 3	SPI 6	SPI 9	SPI 12
2000	1	10	0.0	1.019	-0.354	0.865	0.458	0.481
2000	1	20	0.0	1.019	-0.354	0.865	0.458	0.481
2000	1	31	0.0	1.019	-0.354	0.865	0.458	0.481
2000	2	10	0.0	-1.851	-0.376	1.866	0.256	0.466
2000	2	20	0.0	-1.851	-0.376	1.866	0.256	0.466
2000	2	28	0.0	-1.851	-0.376	1.866	0.256	0.466
2000	3	10	0.0	-1.913	-1.446	0.550	-0.108	0.247
2000	3	20	0.0	-1.913	-1.446	0.550	-0.108	0.247
2000	3	31	0.0	-1.913	-1.446	0.550	-0.108	0.247
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
2018	12	10	0.0	0.013	1.350	0.427	0.365	0.483
2018	12	20	0.0	0.013	1.350	0.427	0.365	0.483
2018	12	31	0.0	0.013	1.350	0.427	0.365	0.483

5) 수문학적 가뭄영향 재현성 평가

재현성 평가는 시계열 그래프와 ROC 분석 2가지 방법으로 수행하였다. 각 분석대상의 가뭄영향과 SPI-1,3,6,9,12를 비교하여 어떤 지속기간의 SPI가 각 수문학적 가뭄을 잘 대표하는지 평가해 보았다. 우선 시계열 그래프를 통해 시각적으로 확인한 후 ROC 분석을 통해 정량적인 재현성평가를 하여 수문학적 가뭄영향을 표현하는 최적 지속기간의 SPI를 산정할 예정이다.

□ 시계열 그래프를 통한 SPI의 수문학적 가뭄영향 재현성 평가

시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가는 다음과 같은 방식으로 진행하였다. 우선 분석대상에 해당하는 지속기간 SPI를 시계열 그래프로 표현한 후 정량화 했던 수원별 가뭄영향을 빨간색 막대그래프로 표시하였다. SPI에 해당하는 가뭄과 실제 그 수원의 가뭄이 일치하는지 확인할 수 있다. 이는 SPI의 지속기간을 달리하면서 어떤 지속기간의 SPI가 그 수문학적 가뭄을 잘 재현하는 지 확인 할 수 있다.

아래 그림은 보령다목적댐의 가뭄영향과 SPI-6를 그래프로 표시한 그림이다. 꺾은 선 그래프는 보령다목적댐에 해당하는 SPI-6이다. 빨간 막대기는 보령다목적댐의 가뭄영향을 표현한 것으로 댐용수공급조정기준을 수치화한 값이다. 앞에 설명했던 내용대로, 정상은 0.0, 관심은 -0.5, 주의는 -1.0, 경계는 -1.5, 심각은 -2.0으로, 그 시기에 해당하는 단계를 표현하였다. 극심한 가뭄이었던 2014~2017년을 보면 경계 단계까지 떨어진 것을 볼 수 있다. 또한 그 시기에 SPI-6 역시 가뭄으로 판단하였음을 볼 수 있다.

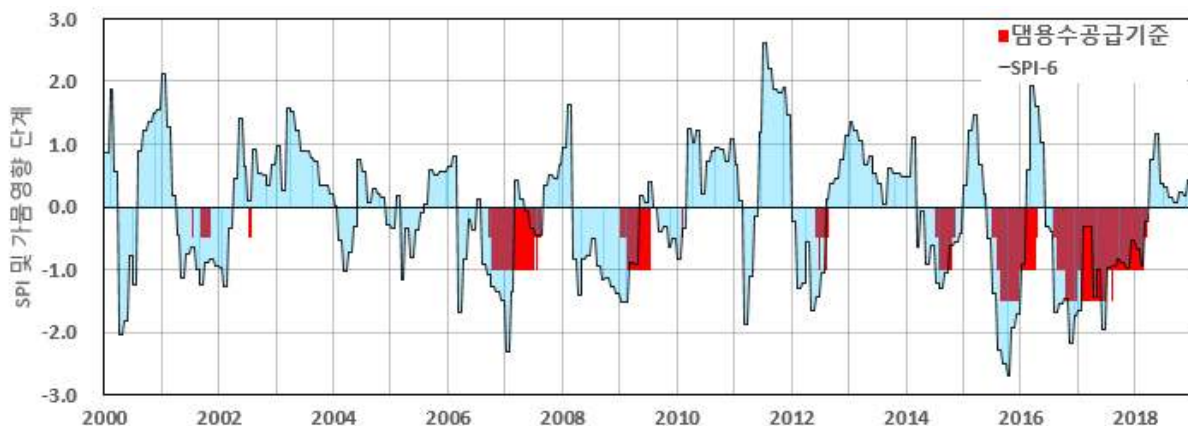


그림 6.59 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 예시

이러한 방법으로 총 9개 분석대상의 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성평가를 수행하였다. 각 평가결과는 다음과 같다.

○ 다목적댐

우선 다목적댐의 분석대상인 보령다목적댐의 시계열 그래프를 통한 재현성 평가 결과이다. 아래 그래프를 보면, SPI-1,3은 변동이 빈번하여, 보령댐의 가뭄을 표현하기에 적합하지 않아 보인다. 극심한 가뭄이었던 2014~2017년은 SPI-6,9,12가 기간이나 심도면에서 가장 잘 부합되는 것으로 판단된다.

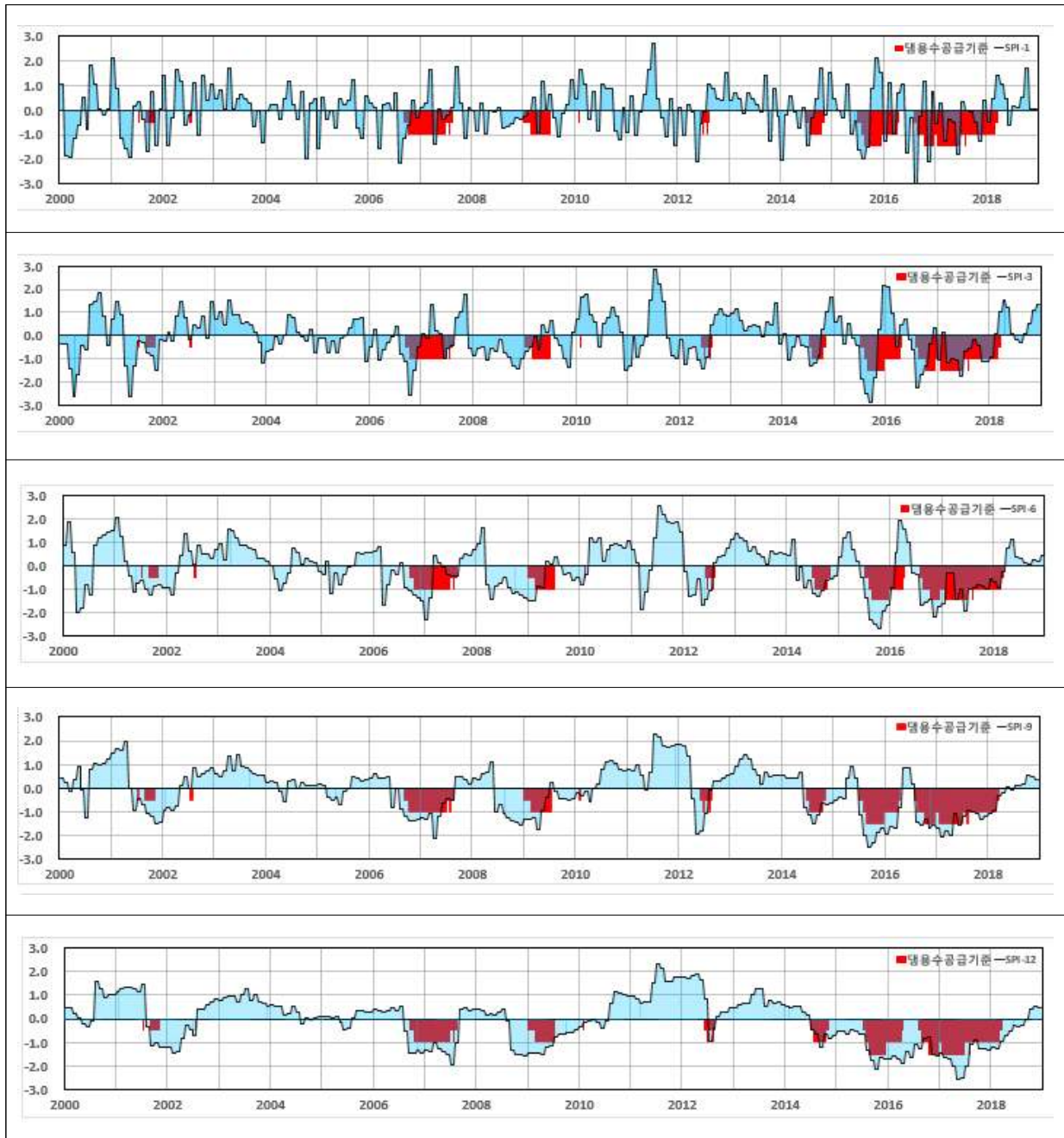


그림 6.60 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 보령다목적댐

○ 용수댐

용수댐의 분석대상인 운문댐의 시계열 그래프를 통한 재현성 평가 결과이다. 아래 그래프를 보면, 운문댐 역시 SPI-1,3은 변동이 빈번하여, 운문댐의 가뭄을 표현하기에 적합하지 않아 보인다. 2017년때 운문댐의 가뭄 상황을 SPI-6,9,12가 잘 부합되는 것으로 판단된다.

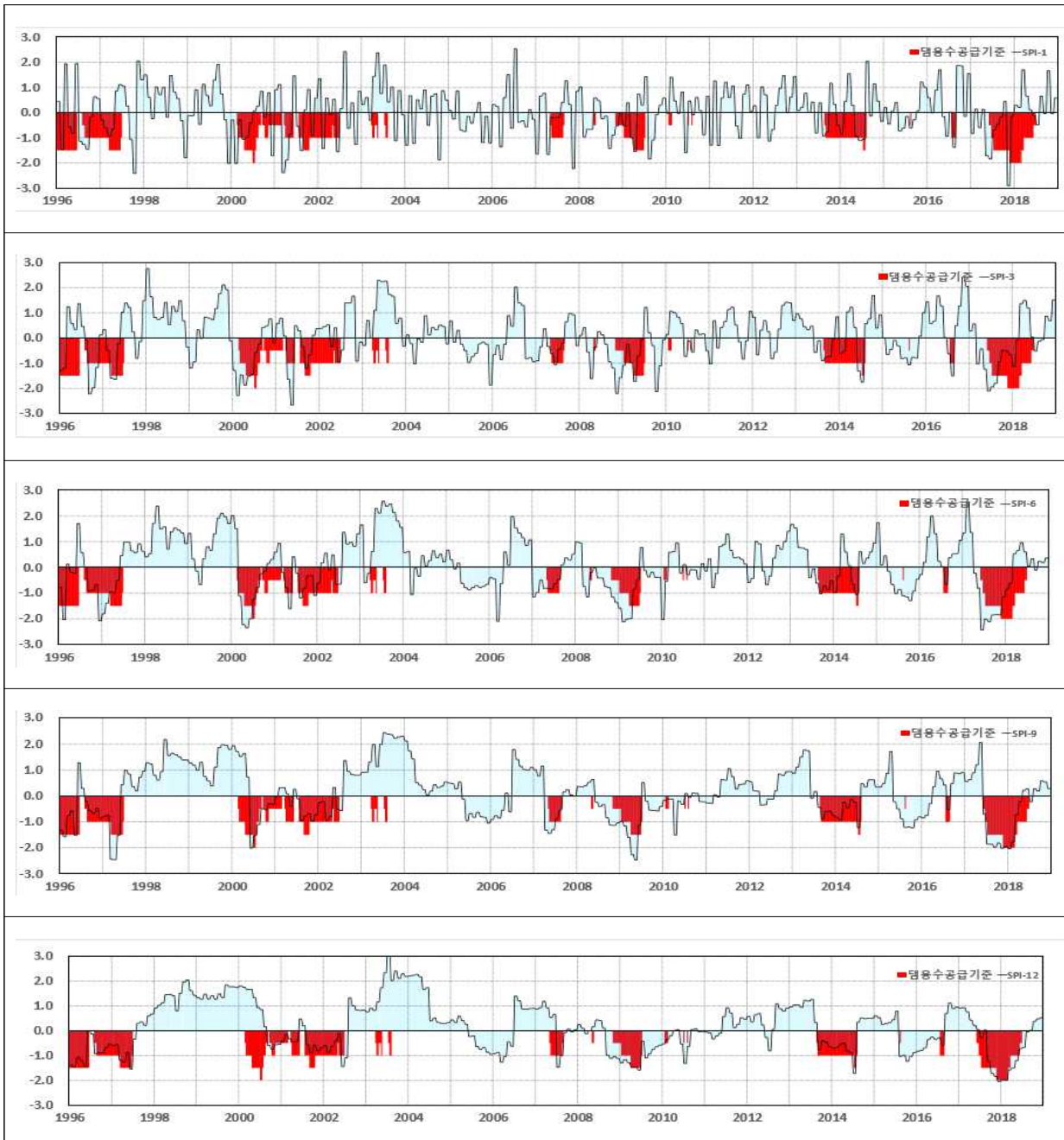


그림 6.61 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 운문댐

○ 지자체 저수지

지자체 저수지의 분석대상 중 하나인 복룡제의 시계열 그래프를 통한 재현성 평가 결과이다. 아래 그래프를 보면, 2017년 복룡제의 가뭄상황을 SPI-9,12가 가장 잘 부합되는 것으로 판단된다.

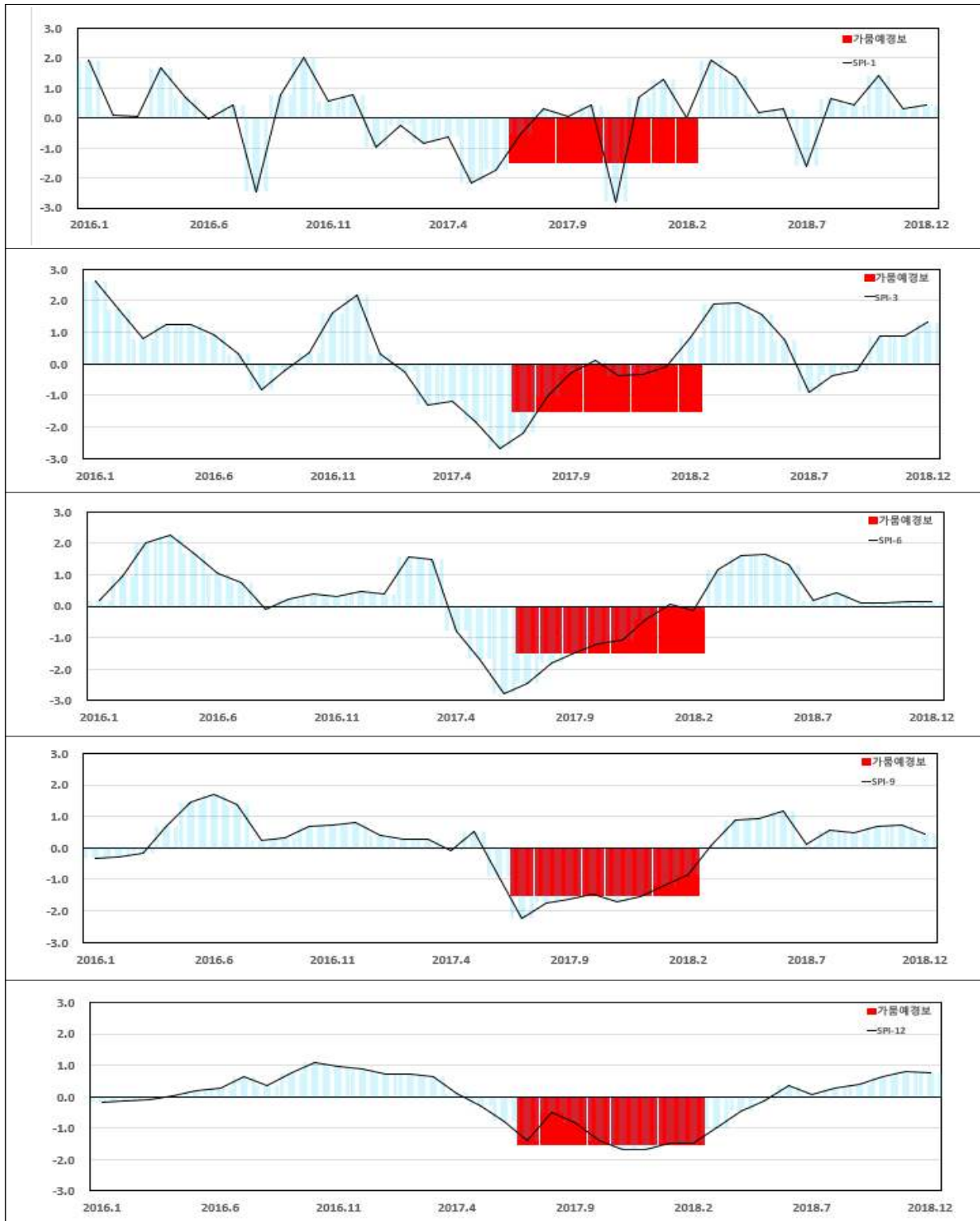


그림 6.62 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 복룡제

지자체 저수지의 분석대상 중 하나인 부황제의 시계열 그래프를 통한 재현성 평가 결과이다. 아래 그래프를 보면, 2017년말에서 2018년초까지 발생했던 복룡제의 가뭄 상황은 SPI-9,12가 시기상 가장 잘 부합되는 것으로 판단된다.

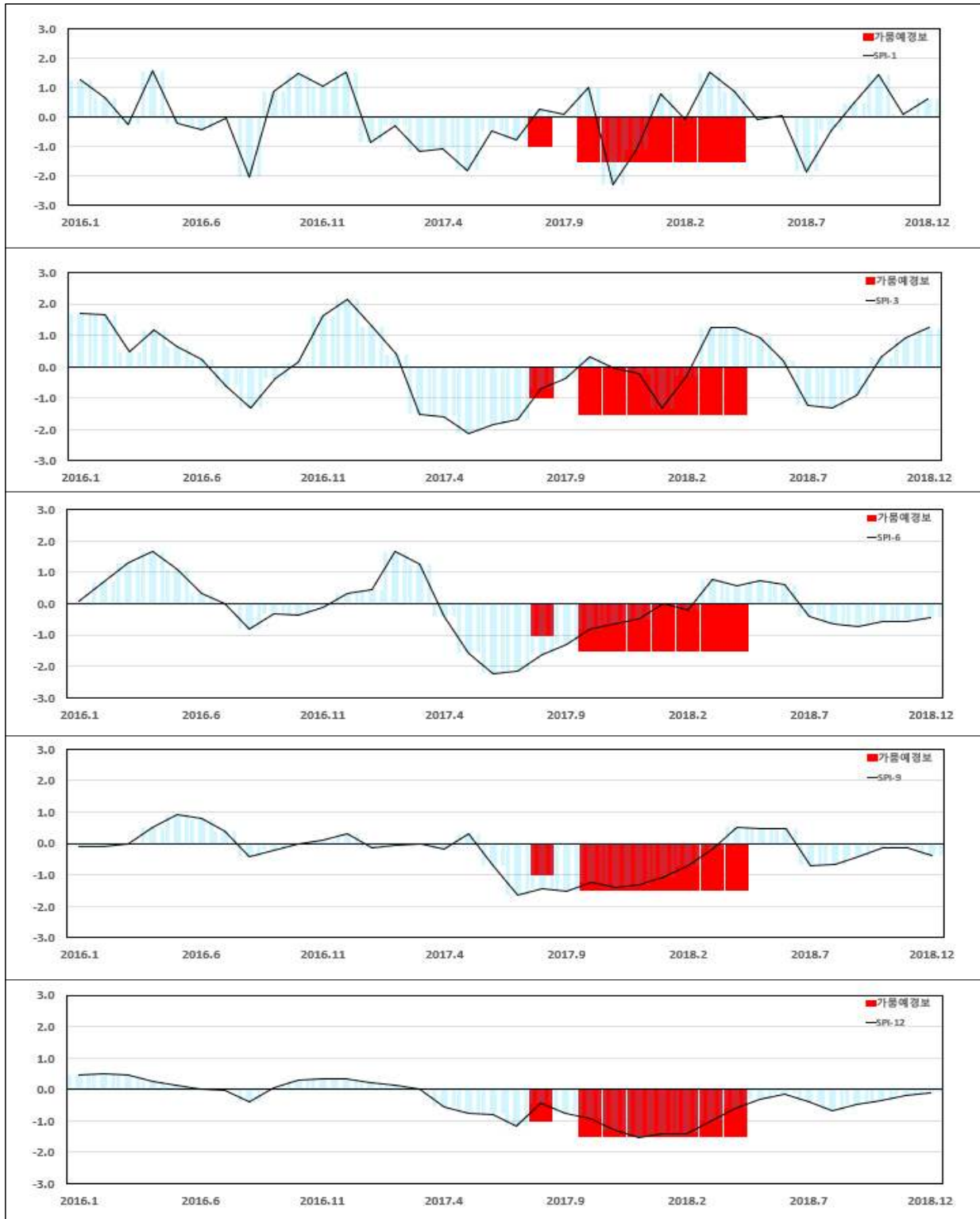


그림 6.63 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 부황제

○ 농업용 저수지

농업용 저수지의 분석대상 중 하나인 예당저수지의 시계열 그래프를 통한 재현성 평가 결과이다. 아래 그래프를 보면, 예당저수지는 2016년 중순부터 2017년 중순까지 가뭄영향이 존재하였다. 하지만 SPI를 볼 때 어떤 지속기간도 뚜렷하게 가뭄상황과 부합한다고 판단되지 않는다.

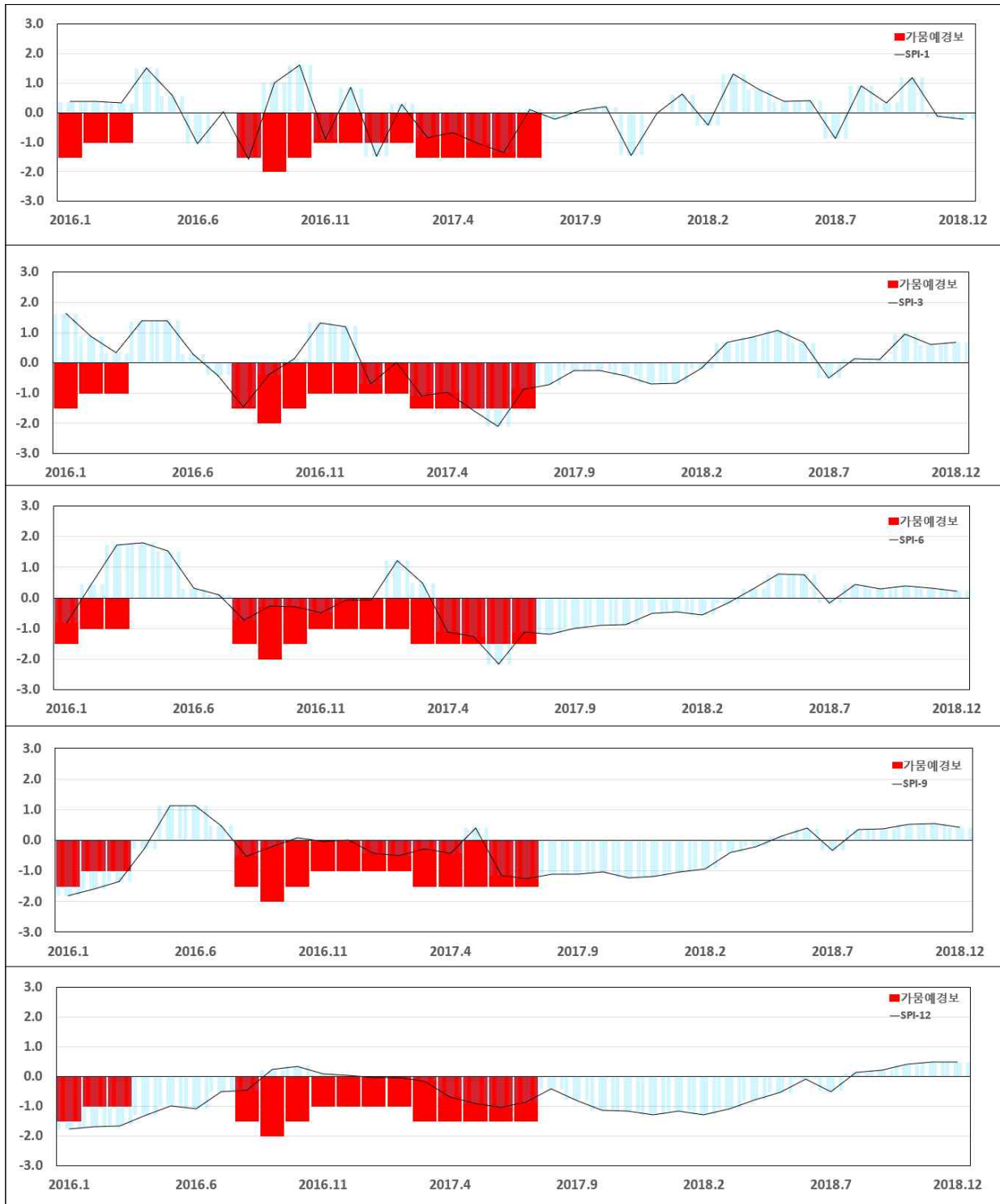


그림 6.64 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 예당저수지

농업용 저수지의 분석대상 중 하나인 상천저수지의 시계열 그래프를 통한 재현성 평가 결과이다. 아래 그래프를 보면, 2017년 중순부터 말까지 가뭄영향이 존재하였다. 지속기간이 짧은 SPI는 가뭄상황을 적절히 재현하지 못하는 것으로 판단되고, 지속기간이 긴 SPI는 가뭄상황이 아닌 기간도 가뭄으로 재현하는 것으로 판단된다.

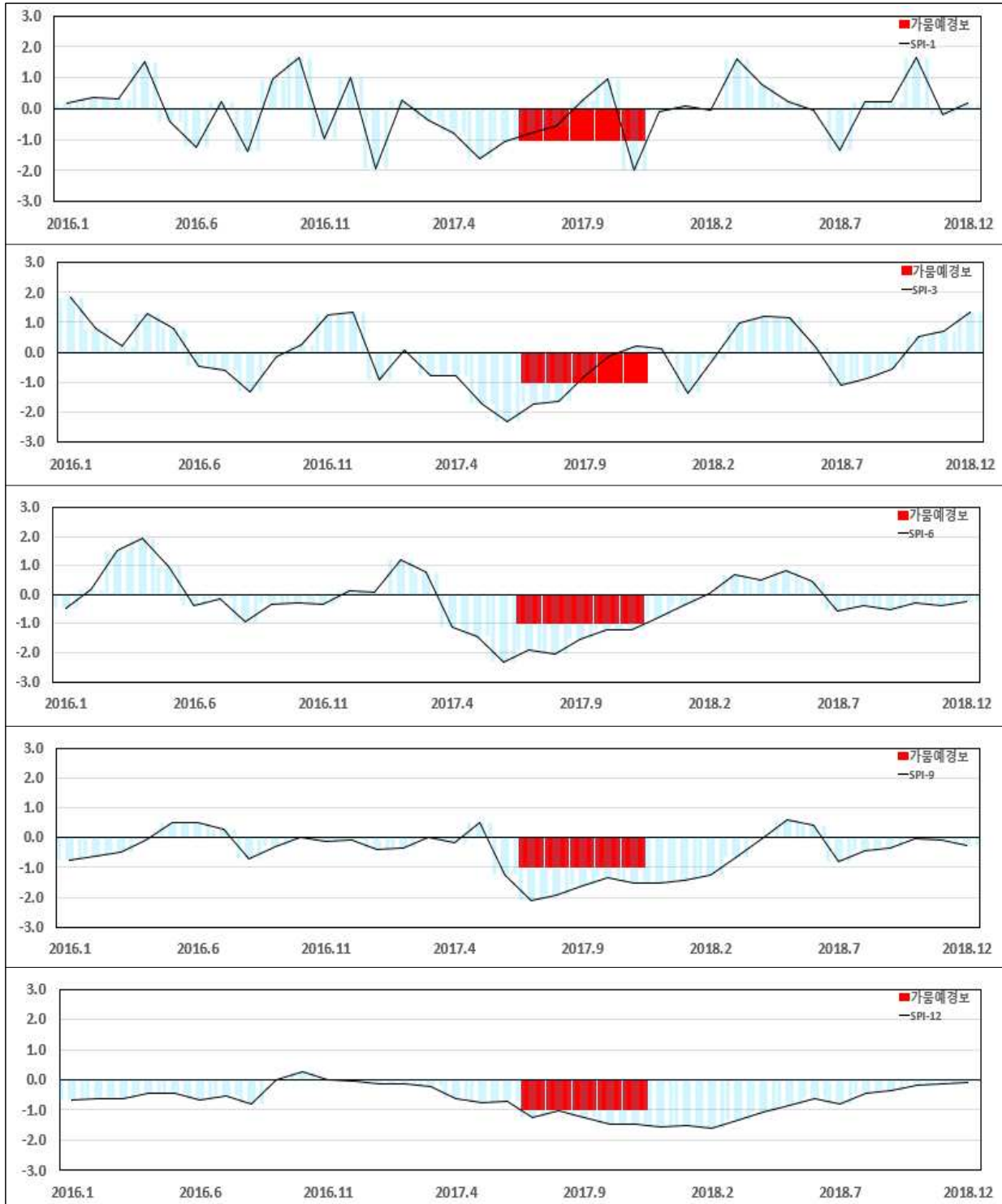


그림 6.65 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 상천저수지

○ 하천

하천의 분석대상 중 하나인 낙동강 하류에 위치한 함안군(계내리)의 시계열 그래프를 통한 재현성 평가 결과이다. 아래 그래프를 보면, 2014년 6월과 2017년 6월의 가뭄상황이 있는 것으로 보인다. 이 때 짧은 지속기간의 SPI와 잘 부합하는 것으로 판단된다.

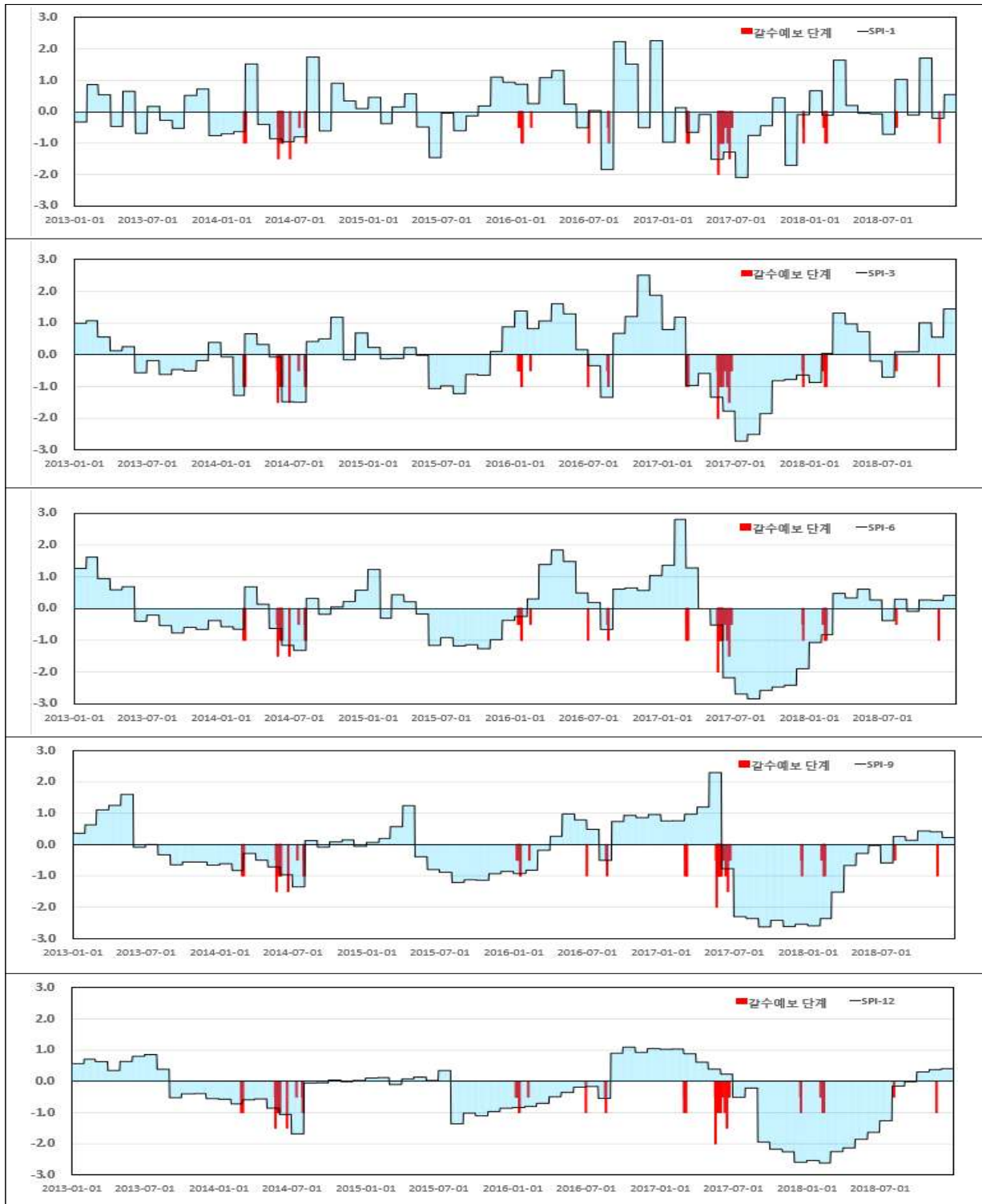


그림 6.66 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 낙동강 하류(함안군(계내리))

하천의 분석대상 중 하나인 곡교천에 위치한 아산시(한내다리)의 시계열 그래프를 통한 재현성 평가 결과이다. 아래 그래프를 보면, 2015년 초와 2017년 초에 가뭄영향이 존재하였다. 완전히 부합하는 SPI의 지속기간은 없어 보이지만, 지속기간이 짧은 SPI가(1,3) 긴 지속기간의 SPI보다는 적절히 재현하는 것으로 판단된다.

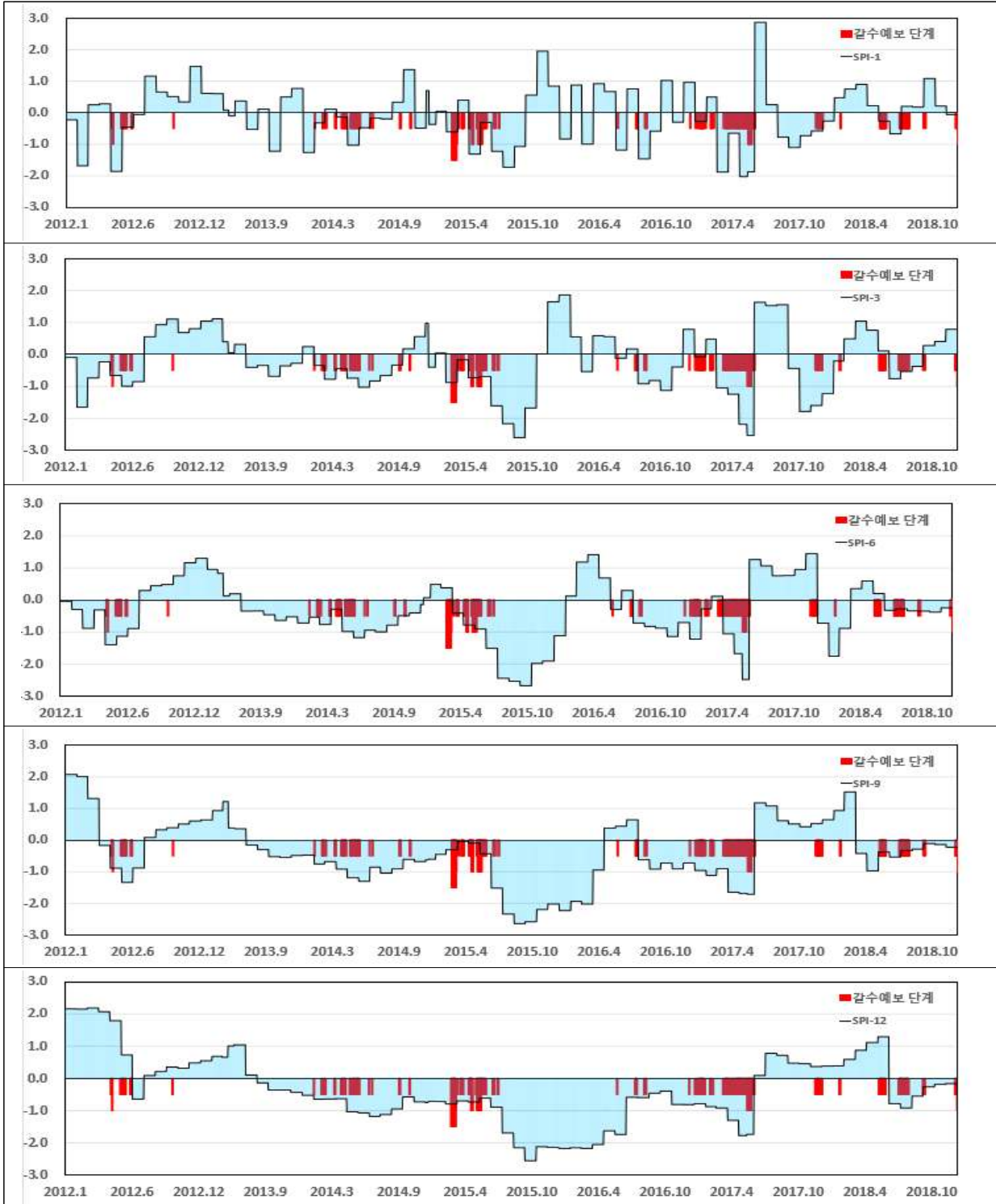


그림 6.67 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 곡교천(아산시(한내 다리))

○ 지하수

지하수의 분석대상인 충주시 교현·안림동의 시계열 그래프를 통한 재현성 평가 결과이다. 아래 그래프를 보면, 2017년 초, 중순과 2018년 초반에 비상급수가 발생하였다. 이와 부합하는 지속기간의 SPI는 없어 보이나, 지속기간 3개월인 SPI 3과 가뭄 기간은 부합하는 것으로 보이나, 심도등을 고려했을 때 적절히 표현하는 SPI는 없는 것으로 판단된다.

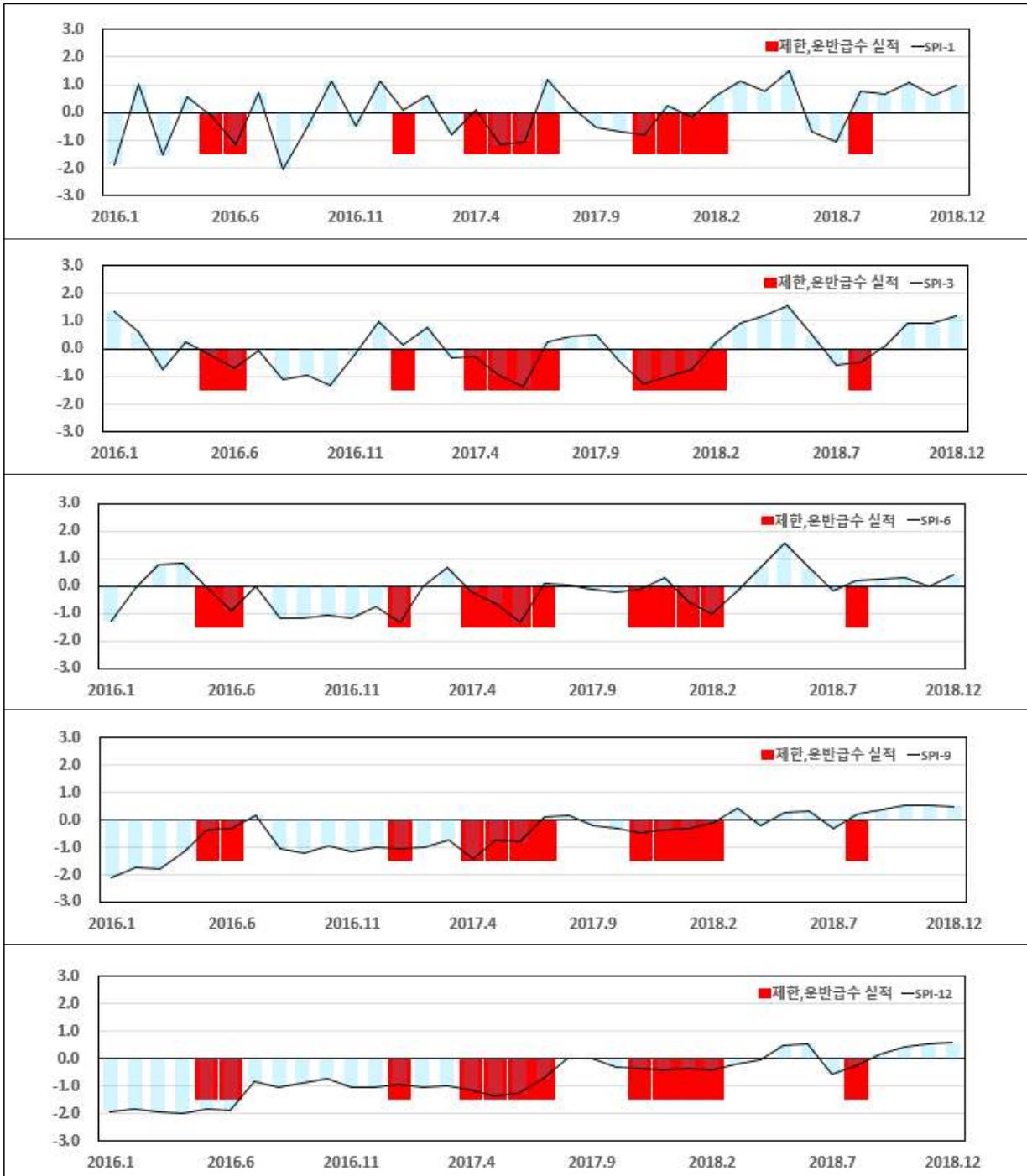


그림 6.68 시계열 그래프를 통한 SPI의 재현성 평가 - 교현·안림동

□ ROC 분석을 통한 SPI의 수문학적 가뭄영향 재현성 평가

수원별 가뭄영향을 대표하는 최적의 SPI 지속기간을 산정하기 위해 ROC (Receiver Operating Characteristic) 분석을 하였다. ROC 분석은 시계열 그래프와 달리 정량적 평가가 가능한 장점이 있다.

ROC 분석은 정확도를 평가하기 위해 사용되는 통계기법으로 관측값(수문학적 가뭄)과 예측값(SPI)을 비교한 분할표를 이용하여 평가지표를 계산하고, 이 평가지표를 그래프의 x, y 축으로 하는 ROC 곡선을 그려 평가를 위한 통계값을 산정한다. 분할표는 아래 그림과 같이 (1) SPI상 가뭄(-1 미만)이며, 실제로 수문학적 가뭄이 발생한 경우('주의'이상 단계나 비상급수 실적) (True Positive, TP) (2) SPI상 가뭄이나, 발생하지 않은 경우(False Positive, FP), (3) SPI상 가뭄이 아니나, 실제로 가뭄이 발생한 경우(False Negative, FN), (4) SPI상 가뭄이 아니며, 실제로 가뭄이 발생하지 않은 경우(True Negative, TN)를 집계하여 작성한다.

ROC 곡선은 분할표로부터 식 (6.1)을 이용하여 계산된 1-특이도(Specificity)를 x축에, 식 (6.2)를 이용하여 계산된 민감도(Sensitivity)를 y축에 표시하고, 좌표 (0,0)과 (1,1)에 해당하는 점과 연결하여 그린다. 그려진 곡선 아래의 면적(Area Under Curve, AUC)을 평가 척도로 하여 정확도를 평가하게 된다. 아래 그림은 ROC 곡선의 예와 AUC 값에 따른 평가 결과를 보여준다.

$$1 - \text{특이도} \quad 1 - \left(\frac{TN}{TN + FP} \right) \quad (6.1)$$

$$\text{민감도} \quad \frac{TP}{TP + FN} \quad (6.2)$$

		수문학적 가뭄영향	
		가뭄('주의'이상 or 비상급수 실적)	비가뭄(그 외)
SPI	가뭄(<-1)	TP (적중)	FP (미발생)
	비가뭄(>=-1)	FN (부정 오류)	TN (부의 정확)

그림 6.69 ROC 분석을 위한 분할표

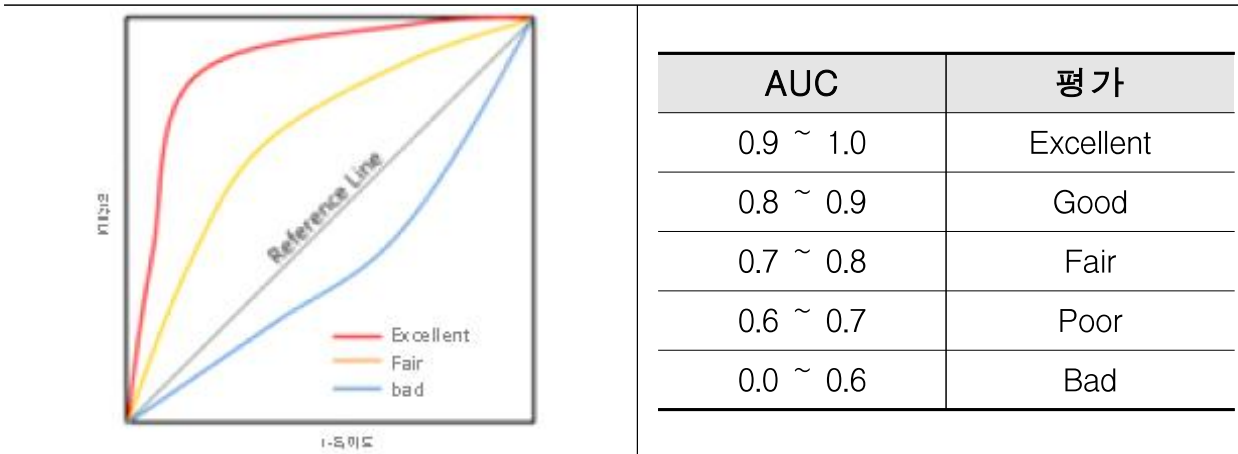
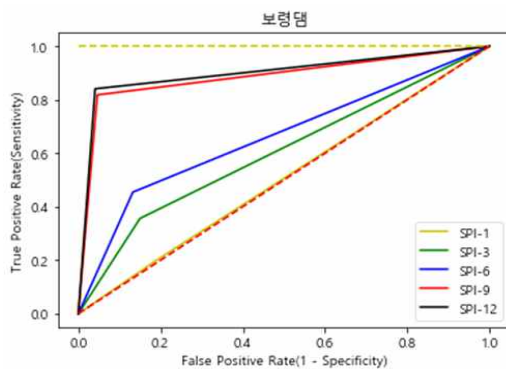


그림 6.70 ROC 곡선 예시 및 AUC 평가 분류

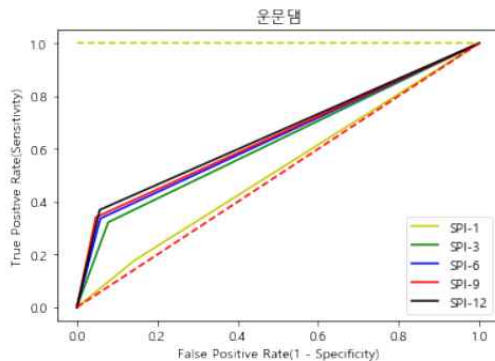
ROC 분석 결과, 댐, 저수지의 분석대상들은 주로 SPI-9,12의 재현성 평가 결과가 높게 나왔다. 특히 다목적댐(보령댐), 지자체저수지(복룡제, 부황제), 농업용저수지(상천저수지)는 AUC값이 0.78이상 나와 적절히 재현하는 것으로 판단된다.

하천의 분석대상은 SPI-1,3의 AUC값이 0.6이상 나와 약하지만 재현하는 것으로 판단되고, 지하수는 전체적으로 AUC값이 0.6미만으로 나와 SPI의 재현성이 부족한 것으로 판단된다.

각 분석대상별 상세 ROC 분석 결과는 다음과 같다.

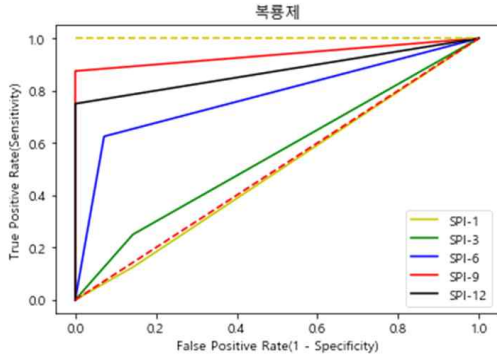


	1 - 특이도	민감도	AUC
SPI-1	0.165	0.197	0.516
SPI-3	0.127	0.356	0.615
SPI-6	0.147	0.455	0.654
SPI-9	0.103	0.818	0.857
SPI-12	0.103	0.841	0.869

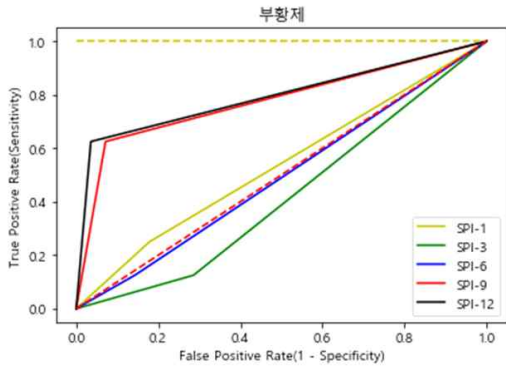


	1 - 특이도	민감도	AUC
SPI-1	0.143	0.178	0.517
SPI-3	0.078	0.322	0.622
SPI-6	0.059	0.336	0.639
SPI-9	0.047	0.341	0.647
SPI-12	0.057	0.369	0.656

그림 6.71 ROC 분석을 통한 SPI의 재현성 평가 - 다목적댐, 용수댐

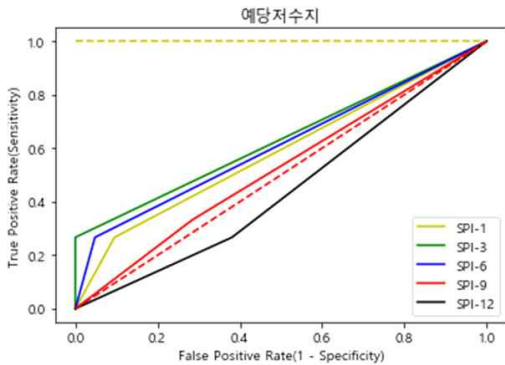


	1 - 특이도	민감도	AUC
SPI-1	0.143	0.125	0.491
SPI-3	0.143	0.250	0.554
SPI-6	0.071	0.625	0.777
SPI-9	0.000	0.875	0.938
SPI-12	0.000	0.750	0.875

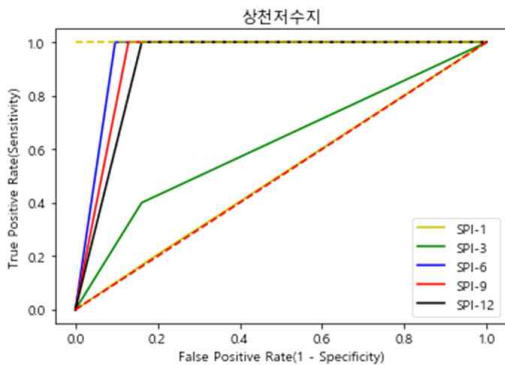


	1 - 특이도	민감도	AUC
SPI-1	0.179	0.250	0.536
SPI-3	0.286	0.125	0.420
SPI-6	0.143	0.125	0.491
SPI-9	0.071	0.625	0.777
SPI-12	0.036	0.625	0.795

그림 6.72 ROC 분석을 통한 SPI의 재현성 평가 - 지자체 저수지

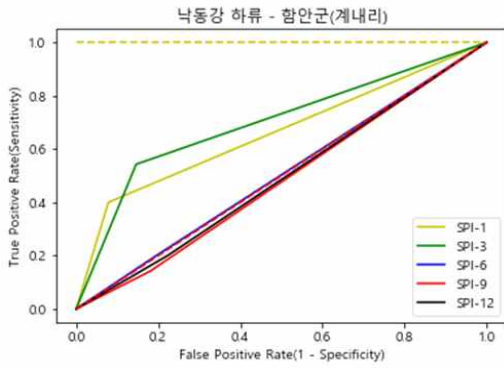


	1 - 특이도	민감도	AUC
SPI-1	0.100	0.267	0.586
SPI-3	0.000	0.267	0.633
SPI-6	0.048	0.267	0.610
SPI-9	0.286	0.333	0.524
SPI-12	0.381	0.267	0.443

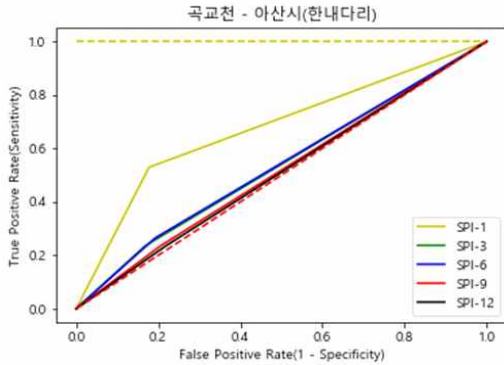


	1 - 특이도	민감도	AUC
SPI-1	0.194	0.200	0.503
SPI-3	0.161	0.400	0.619
SPI-6	0.097	1.000	0.952
SPI-9	0.129	1.000	0.935
SPI-12	0.161	1.000	0.919

그림 6.73 ROC 분석을 통한 SPI의 재현성 평가 - 농업용 저수지

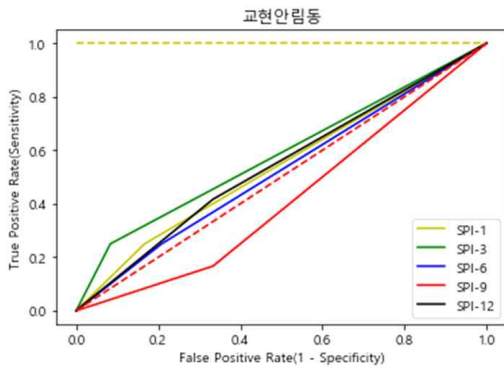


	1 - 특이도	민감도	AUC
SPI-1	0.078	0.400	0.661
SPI-3	0.146	0.543	0.698
SPI-6	0.195	0.200	0.502
SPI-9	0.182	0.143	0.481
SPI-12	0.223	0.200	0.489



	1 - 특이도	민감도	AUC
SPI-1	0.178	0.529	0.676
SPI-3	0.168	0.235	0.534
SPI-6	0.192	0.265	0.536
SPI-9	0.205	0.235	0.515
SPI-12	0.218	0.235	0.508

그림 6.74 ROC 분석을 통한 SPI의 재현성 평가 - 하천



	1 - 특이도	민감도	AUC
SPI-1	0.167	0.250	0.542
SPI-3	0.083	0.250	0.583
SPI-6	0.208	0.250	0.521
SPI-9	0.333	0.167	0.417
SPI-12	0.333	0.417	0.542

그림 6.75 ROC 분석을 통한 SPI의 재현성 평가 - 지하수

다목적댐은 SPI 9,12가 수문학적 가뭄영향을 효과적으로 재현한다고 볼 수 있다. 용수댐은 약하게나마 SPI 6,9,12가 재현한다고 볼 수 있으며, 지자체 저수지는 SPI 9,12가 효과적으로 재현한다고 볼 수 있다. 농업용저수지의 경우 상천저수지는 SPI 9,12가 효과적으로 재현한다고 볼 수 있으나, 예당저수지의 시계열 그래프를 볼 때 가뭄영향을 재현하는 지속기간의 SPI는 보이지 않았다. 이는 농업용저수지의 특성인 관개기와 비관개기의 용수공급 특성으로 인해 발생한 것으로 판단된다.

하천은 짧은 지속기간인 SPI 1,3이 약하게나마 가뭄영향을 재현한다고 볼 수 있다. 지하수는 지속기간별 SPI의 AUC값이 모두 0.6미만으로 낮게 나와 가뭄영향과 부합하는 SPI는 없는 것으로 판단되었다.

6) 결론

본 연구에서는 지속기간별 표준강수지수(SPI)와 수문학적 가뭄영향간의 재현성을 평가하여 각 수문별 가뭄영향을 대표할 수 있는 최적 지속시간의 SPI를 산정하였다. 이를 위해 우선 59개 ASOS 기상관측소의 일 강수량 자료를 활용하여 관측소별 SPI를 산정하였고, 티센망을 활용 면적비율을 적용하여 850개 표준유역별 SPI를 산정하였다.

수문학적 가뭄영향은 수원별로 가뭄 판단기준을 검토하였고, 기준을 적용하여 가뭄영향을 수치화하였다. 수원은 다목적댐, 용수댐, 지하채 저수지, 농업용 저수지, 하천, 지하수로 구분하였고, 가뭄판단 기준은 댐용수공급 조정기준(다목적댐, 용수댐), 가뭄예경보 판단기준(안)(지자체·농업용 저수지), 갈수예보(하천), 제한·운반급수 실적(지하수)으로 검토하였다. 각 기준에 따라 수원별 가뭄단계를 구분하였고, 0.0~-2.0으로 수치화하였다.

분석대상은 가뭄 피해가 발생한 수원을 중심으로 9개를 선정하였고, 분석대상의 위치정보를 활용하여 표준유역을 할당하였다. 분석 대상의 수문학적 가뭄영향 자료와 표준유역의 SPI 자료의 시간적 범위를 통일시켜 분석을 수행하였다.

분석은 시계열 그래프와 ROC 분석을 통해 5개 지속기간(1,3,6,9,12개월)의 SPI 중에서 수문학적 가뭄영향과 가장 부합하는 최적의 SPI를 산정하는 방식으로 진행하였다.

시계열 그래프 분석결과, 다목적댐, 용수댐, 지하채 저수지는 지속기간이 긴 SPI 6,9,12의 가뭄재현성이 적합하다고 판단하였다. 농업용 저수지는 부합한 지속기간의 SPI를 찾지 못하였는데, 이는 농업용 저수지의 특성인 관개기, 비관개기에 따른 용수공급 변화의 영향으로 판단하였다. 하천은 지속기간이 짧은 SPI 1,3의 가뭄재현성이 적합하다고 판단하였다. 지하수는 가뭄 기간을 볼 때 SPI 3과 부합하다고 판단되지만, SPI의 가뭄심도인 -1 이하로 볼 때 부합하지 않는 것으로 판단되었다.

ROC 분석 결과, 다목적댐인 보령댐은 SPI 9,12의 AUC값이 0.85이상으로 높게 나와 가뭄재현성이 높은 것으로 판단되었고, 운문댐은 SPI 3,6,9,12의 AUC값이 0.6 이상으로 지속기간별로 유사하게 판단되었다. 지자체 저수지인 복룡제, 부황제 모두 SPI 9,12에서 AUC값이 약 0.8이상으로 나와 가뭄재현성이 높은 것으로 판단되었고, 농업용 저수지 중 예당저수지는 SPI 3,6에서 AUC값 0.6 이상, 상천저수지는 SPI 6,9,12에서 AUC값 0.9이상이 나왔다. 하천은 SPI 1,3의 AUC값이 0.6이상으로 나와 약하게 가뭄 상황과 부합하다고 판단되었다. 지하수는 모든 지속기간 SPI의 AUC값이 0.6 미만으로 나와, 적합한 SPI가 없는 것으로 판단되었다.

이번 연구는 각 수문별(댐, 저수지, 하천, 지하수) 가뭄경험이 있는 지점을 위주로 분석을 진행하였다. 그러나 대상지점이 다양하지 않고 가뭄영향 자료가 충분치 않아 연구결과를 일반화시키기에는 무리가 있다. 따라서 이번 연구에서 활용한 가뭄예경보, 비상급수 실적등 가뭄영향 관련 자료들이 지속적으로 꾸준히 구축된다면, 보다 신뢰도 높은 결과가 도출될 수 있을 것이다.

표 6.42 수원별 재현성 평가 결과 정리

구분	분석 대상	시계열 그래프	ROC 분석	
		적절 SPI	최적 SPI	최대 AUC
다목적댐	보령다목적댐	SPI-6,9,12	SPI-9,12	0.85
용수댐	운문댐	SPI-6,9,12	SPI-3,6,9,12	0.60
지자체 저수지	복룡제	SPI-9,12	SPI-9,12	0.88
	부황제	SPI-9,12	SPI-9,12	0.78
농업용 저수지	예당저수지	-	SPI-3,6	0.60
	상천저수지	SPI-6,9	SPI-6,9,12	0.90
하천	낙동강 하류 (함안군(계내리))	SPI-1,3	SPI-1,3	0.66
	곡교천 (아산시(한내다리))	SPI-1,3,6	SPI-1	0.68
지하수	교현·안림동 (內 소규모수도시설 4곳)	SPI-3	SPI-3	0.58

6.5 성과 및 평가

국가가물정보분석센터는 가물에 효과적으로 대비·대응하기 위한 정책과 기술의 발전을 위한 연구 개발을 개소 이후로 꾸준히 진행해오고 있다. 2016년 수립한 기술개발 로드맵을 바탕으로 가물정보의 통합, 가물 모니터링 및 예측 기술, 가물시스템 구축, 가물평가 및 위험도 분석 기술, 가물 대응 기술 분야에 걸쳐 조사, 기술개발, 시스템 구축을 아우르는 기술 개발을 진행해 왔다.

2017~2021년까지 5년에 걸쳐 진행중인 가물 모니터링 및 예측기술 고도화 과제는 올해 영산·섬진강 권역에 대한 물수급 체계 구축을 완료하였다. 이로써 전 권역에 대한 물수급 체계와 물수급 분석을 위한 엔진 개발이 완료되었고, 2021년에는 이들 을 가물 예·경보에 활용하기 위한 사용자 환경을 구축하고, 시범 활용하기 위한 마지막 5차년도 과제를 진행하게 된다. 5개년 과제가 완료되면, 전국의 수원 특히 모니터링 및 전망에 취약한 하천의 가물 상황을 판단하는데 크게 기여할 것으로 판단된다.

2019~2023년까지 진행되는 전국 가물취약지도 제작 과업에서는 평가를 위한 인자를 산출하고, 평가 방법을 보완하여 금강·낙동강 권역에 대한 취약성 평가를 수행하였다. 2023년까지 전 권역에 대한 평가가 완료되면, 전국의 가물 취약 지역 파악과 그 지역의 취약 특성을 고려한 가물 대책 수립을 위한 기반이 마련될 수 있을 것으로 보인다.

가물의 영향은 여러 분야에서 연구가 진행되어 왔지만, 환경에 대한 영향은 전세계적으로 연구 시작 단계에 있는 분야이다. 국가가물정보분석센터는 가물이 환경에 미치는 영향에 대한 연구의 필요성을 인식하고, 2021년부터는 가물의 환경적 영향을 분석하기 위한 연구 과제를 본격적으로 시작할 예정이다. 2020년에는 연구 시작에 앞서 연구 방향 설정을 위해 기존에 진행된 관련 연구를 검토하여 환경·생태 가물의 정의, 가물 시 환경 영향 인자, 환경 가물 분석 방법, 국내에서 활용 가능한 정보 등을 파악하였다.

이러한 주요한 연구 과제 외에 국민 체감형 가물정보 생산 기술 개발, 미계측 하천 취수지점의 가물판단 분석체계 구축, 극한가물 적응능력 평가 및 대응전략 연구, 가물빈도해석 프로그램의 개발, 폭염에 따른 저수지 용수공급·수요 변동 관계 분석, 지속시간별 SPI와 수문학적 가물영향 상관성 평가와 같은 연구가 진행되었다. 이러한 연구 과제를 통해 가물 모니터링 및 전망을 위한 기술이 보강되었고, 가물 정보를 국민이 쉽게 이해할 수 있게 제공하기 위한 기반이 마련되었다. 이러한 기술 가운데는 실무에 바로 적용되고 있는 것도 있고, 연구가 더 진행되어야 할 과제도 있으며, 향후 실용화를 위한 고민이 필요한 과제도 있다. 2021년에는 이러한 과제들이 연구에만 머무르지 않고, 실용화되어 가물 분석 및 대응에 효과적으로 활용될 수 있도록 노력할 필요가 있다.

제7장 가뭄정보 분석시스템



제7장 가뭄정보 분석시스템

7.1 가뭄정보 분석시스템 운영관리 및 고도화

7.1.1 가뭄정보 분석시스템 운영관리 현황

1) 추진 내용

가뭄정보 분석시스템은 가뭄정보 서비스 고도화를 통해 가뭄정보의 활용성과 접근성을 제고하여 궁극적으로 지역과 국민 모두가 안심하는 가뭄관리 패러다임을 실현하고자 하였다.

2020년의 주요 추진 성과는 첫째, 분야별 가뭄정보 통합 및 통합가뭄정보분석센터의 K-water 운영결정에 따라 국가 통합가뭄정보체계 기반을 조성하고 지역중심 가뭄대응 지원체계를 구축하여 국가 가뭄통합 정보화 체계를 구축하였다. 둘째, 가뭄발생시 지자체 및 국민들이 가뭄을 체감하고 신속히 대응할 수 있도록 국가 가뭄대응 정보 개방 DB 및 제공 기반 마련을 통해 국가 가뭄대응정보 개방체계를 구축하였다. 셋째, 가뭄통합 DB 품질 개선 활동을 통해 공공데이터 품질관리 수준평가 1등급 수준을 유지하였고, 안정적인 가뭄정보 분석 시스템 운영 관리를 통해 안정적인 서비스를 제공하였다. 이를 통해 궁극적으로 국민들에게 일원화된 서비스를 제공하고 통합 가뭄 의사결정을 지원하는 지역 맞춤형 가뭄대책 수립 지원 체계를 구축하였다.

표 7.1 2020년 주요 추진 내용

항 목	추진 계획	비 고
국가 가뭄정보통합정보화 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국가 통합가뭄정보체계 기반 조성 ○ 지역중심 가뭄대응 지원체계 구축 	
국가 가뭄대응정보 개방체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국가 가뭄대응정보 개방DB 구축 및 API 서비스 제공기반 마련 	
안정적인 가뭄정보분석 시스템 운영관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 안정적인 가뭄정보분석시스템 운영 및 신규 가뭄 콘텐츠 구축 ○ 가뭄통합DB 공공데이터 품질관리 수준 평가 1등급 수준 유지 	

2) 가뭄정보 포털 운영현황

가뭄정보 포털의 접속 통계 현황은 가뭄정보포털 관리자 메뉴에서 제공하는 사용자 로그 기반 시스템별 접속 통계 메뉴와 구글 애널리틱스 로그분석을 적용하여 분석하였다.

가뭄정보 포털의 '20년 접속 총괄 현황 결과이다. 총 299,571명이 접속하였고, 일평균 820명이 접속한 결과이다. 접속건수를 내부와 외부로 구분하면, 외부 289,924(97%), 내부 9,647(3%)가 가뭄정보 포털을 이용하였다.

표 7.2 가뭄정보 포털 접속 현황 (세션 기준, 2020. 12.31. 기준)

총 계	내 부	외 부
299,571	9,647	289,924

* 세션 : 사용자와 컴퓨터, 또는 두 대의 컴퓨터간의 활성화된 접속을 의미하며, 한 응용프로그램의 기동을 시작해서 종료할 때까지 시간을 가리킨다.

월별 가뭄정보 포털 접속통계 현황을 아래 표와 그림에 도식화하였다.

표 7.3 가뭄정보 포털 월별 접속 현황 (세션 기준, 2020. 12. 31. 기준)

구 분	방문자수	사용자 그룹		접근 기기	
	총계	외부	내부	PC	모바일
'20년 1월	12,243	11,522	721	11,308	935
2월	8,993	8,149	844	7,980	1,013
3월	8,365	7,323	1,042	7,482	883
4월	15,314	14,407	907	14,540	774
5월	18,903	18,125	778	17,675	1,228
6월	21,971	21,013	958	20,814	1,157
7월	27,936	27,154	782	26,492	1,444
8월	37,924	37,246	678	36,743	1,181
9월	36,273	35,431	842	35,594	679
10월	37,930	37,303	627	36,855	1,075
11월	36,299	35,567	732	35,396	903
12월	37,420	36,684	736	36,020	1,400
평균	23,475	24,160	804	23,908	1,056
최대	37,930	37,303	1,042	36,855	1,444
최소	8,365	7,323	627	7,482	679

'19년과 '20년의 월별 접속자를 비교하면, '19년도에 비해 '20년도에 전체적으로 2.6배 더 많은 사용자가 국가 가뭄정보포털을 접속하였다. 그리고 월별 가뭄정보 포털 접속자도 꾸준히 우상향으로 증가하는 추세를 보이고 있다.

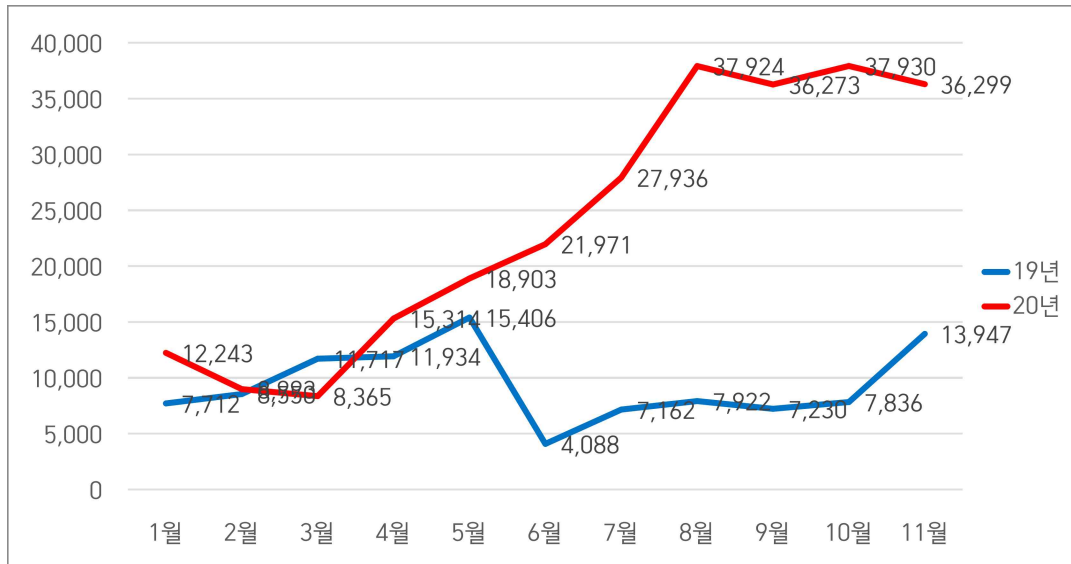


그림 7.1 연도별 접속자 수 비교

메뉴별 국가 가뭄정보포털 접속 현황을 분석하면 메인페이지를 제외하고, ①가뭄 기초조사(11,495), ②가뭄예경보 발령(9,509), ③가뭄빈도(8,241) 순으로 메뉴를 이용하였다. 매년 지자체 공무원을 대상으로 시행하는 가뭄 기초조사를 시행하고 있으며, 관련 페이지 중 생활용수 정보 제출 페이지가 가장 높은 비중을 차지하였다. 그리고 올해 자체 개발하여 학계 및 민간 엔지니어링업계에 제공한 가뭄빈도 해석 프로그램의 영향으로 가뭄빈도 페이지가 두 번째로 높은 순위를 기록하였다.

표 7.4 표 메뉴별 접속 현황

순 위	메 뉴	접 속 수
1	메인화면	292,658
2	가뭄기초조사>가뭄기초자조사 자료제출	11,495
3	가뭄감시 및 전망 > 가뭄예경보발령	9,509
4	가뭄감시 및 전망 > 가뭄빈도	8,241
5	가뭄기초조사 > 담당자 관리	6,784
6	가뭄기초조사 > 시설추가현황	6,408
7	비상급수현황 조사 > 비상급수 현황	6,157
8	가뭄교육 > 가뭄의 정의	6,068
9	가뭄기초조사 > 가압장	6,024
10	가뭄감시 및 전망 > 현황 및 전망	5,782

구글에서 무료로 제공하는 웹 로그 분석 도구인 구글 애널리틱스를 통해 방문자의 데이터를 수집해서 다양한 정보를 분석할 수 있다. 방문자들의 정보(연령, 성별, 거주 국가) 그리고 포털에 유입되는 디바이스와 경로를 수집할 수 있다. 사용자정보를 연령과 성별로 구분하여 분석한 결과 25~34세의 연령대이고 남성인 경우가 약 20%로 가장 높은 접속률을 보였고, 남자와 여자의 성비는 대략 6:4의 비율로 남자가 많이 접속하였다.

표 7.5 표 사용자 정보(성별,연령) 접속 현황

순 위	성 별	연 령	수	비 율
1	남성	25~34	1,444	19.90%
2	남성	45~54	1,006	13.87%
3	남성	35~44	909	12.53%
4	여성	25~34	783	10.79%
5	남성	55~64	700	9.65%
6	남성	18~24	578	7.97%
7	여성	18~24	551	7.59%
8	여성	35~44	408	5.62%
9	여성	45~54	342	4.71%
10	여성	55~64	247	3.40%
11	남성	65+	224	3.09%
12	여성	65+	63	0.87%

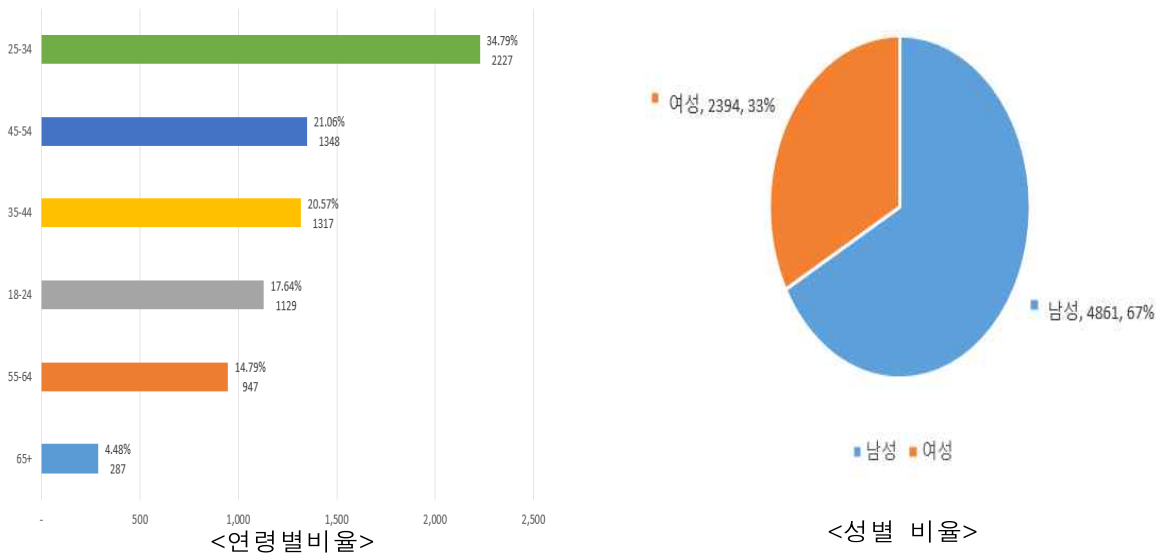


그림 7.2 사용자 분석 정보 (연령, 성별)

국가 가뭄정보 포털에 접근한 경로를 분석한 결과이다. 국가 가뭄정보 포털은 다른 사이트의 링크를 통해 접속하거나 포털 사이트에서 검색 후 접속하는 경로보다 주소를 직접 입력하는 접속하는 비율이 85%로 가장 높게 나타나고 있다. 올해 5월 기준 or.kr에서 국가 행정도메인인 go.kr로 URL이 변경되었다. “drought.go.kr” 도메인을 사용하면서 국가 가뭄정보 포털로 자리매김하고 있다. 그리고 사용자가 국가 가뭄정보포털에 접속할 때 검색하는 키워드는 작년 검색어 1위 “국가 가뭄정보분석센터”와는 다르게 “가뭄피해 사례” 위주의 검색어들로 구성되었다. 국민들의 가뭄 피해에 대한 관심이 반영된 결과를 확인할 수 있다.

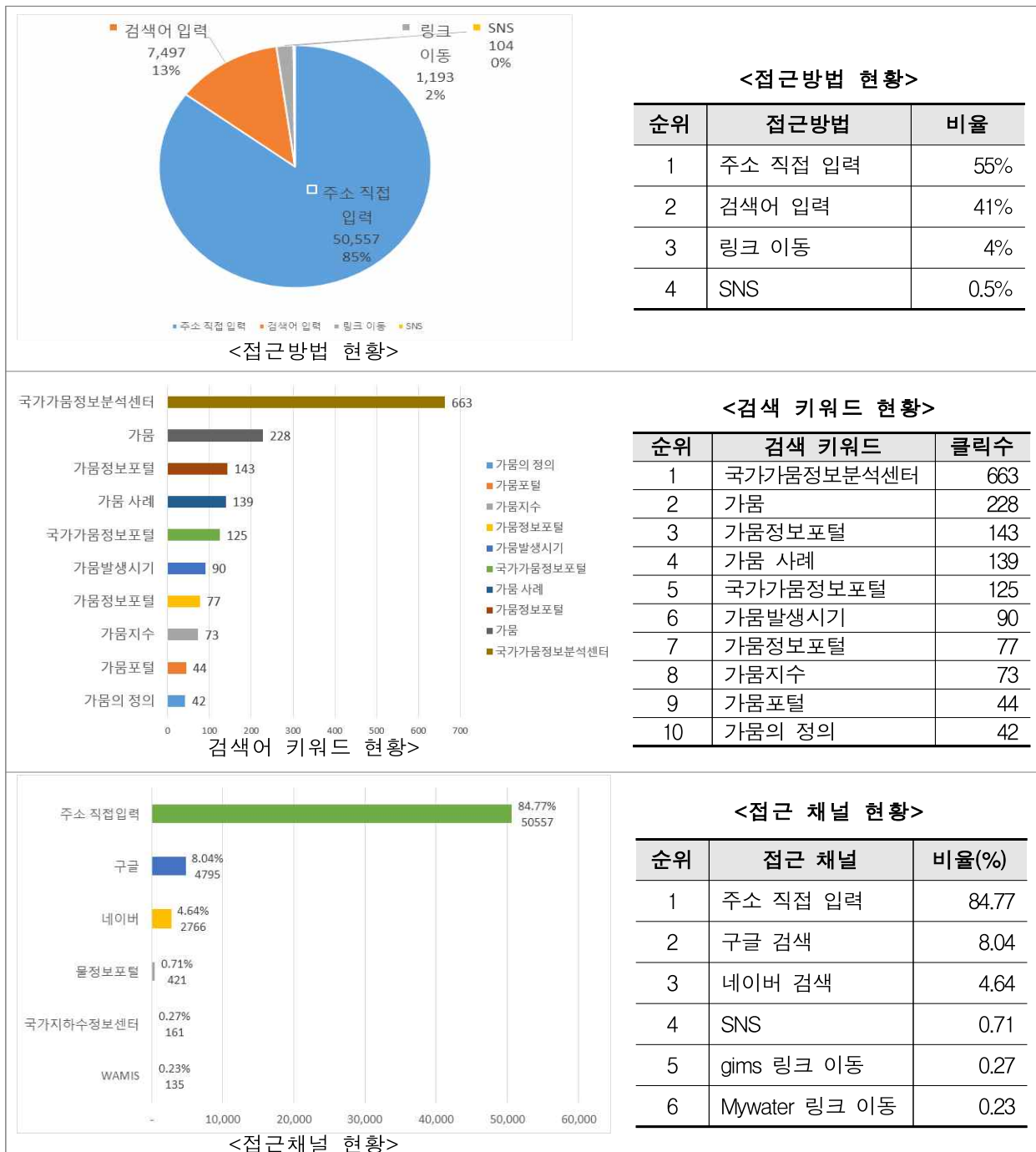


그림 7.3 포털 접근매체 분석정보

7.1.2 통합 데이터 기반 가뭄 의사결정 지원체계 구축

1) 추진 배경 및 목표

국가 통합가뭄 정보화 체계 구축을 통해 국민들에게 일원화된 서비스를 제공하고 최신 행정경계 기반 통합된 가뭄 의사 결정을 지원하는 지역 맞춤형 가뭄 대책 수립 지원체계 실현하고자 하였다. 이를 위해 첫째, 분야별 가뭄정보 통합 및 지역별 가뭄 대응 지원을 위해 통합가뭄정보분석센터의 K-water 운영결정에 따라 **국가 가뭄정보화 체계 기반**을 마련하였다. 둘째, 현재 12년 행정구역 기준의 가뭄정보 기초 및 분석자료 제공 중인 체계에서 최신 행정구역 중심의 **가뭄통합DB 재정립 및 연계체계를 구축**하였다.



그림 7.4 추진목표

2) 국가 통합가뭄 정보체계 기반 조성

일원화된 서비스 제공을 위해 다양한 부처의 데이터를 수집→저장→활용→개방의 일련의 프로세스를 수립하고 국가 통합가뭄 DB구축과 데이터 개방을 통해 자료 공유 체계를 확보하고 제공하였다. 먼저 데이터 수집을 위해 정보관리처에서 시행하는 “RPA를 통한 일하는 방식 혁신을 위한 과제발굴 공모”에 「가뭄 데이터 취득 자동화」 업무로 공모하여 선정되었다.

* RPA(Robotic Process Autimation) 사람이 하는 규칙적, 반복적 업무를 AI기반 S/W 로봇이 대신 처리하는 자동화 기술

RPA를 통한 자동화 수집 대상기관은 기상청, 한국농어촌공사, 국립농업과학원, 국립환경과학원 총 4개 기관이며 수집대상 데이터는 아래 표와 같다. 대상 데이터를 RPA는 단순·반복적인 업무를 로봇이 대신하는 업무의 특성상 정해진 주기와 형식에 따라 데이터를 수집한다. 그리고 국가 가뭄정보포털 RPA 게시판에 데이터를 등록하는 프로세스로 데이터를 수집·저장하는 프로세스를 적용하였다. 현재 해당 데이터는 통합가뭄 콘텐츠로 활용되지 않았고, 차기 통합가뭄정보 포털 고도화 사업에 활용될 예정이다.



그림 7.5 가뭄 데이터 취득 프로세스

표 7.6 자동화 수집 대상

기 관	시스템	데이터 명	주기	형식
기상청	수문기상 가뭄	강수량분포도	일	이미지
		무강우일수		
		토양수분량		
	기상가뭄예보 (1,3개월 전망)	주/월	이미지, PDF	
날씨누리		폭염예보	일	PDF
		1개월전망		
한국농어촌공사	농업가뭄관리시스템	저수율지도	일	XLS
		발토양수분현황		이미지
		발토양수분지도		
	농촌용수 종합정보	지역본부저수상황	월	XLS
행정구역별 저수현황				
국립환경과학원	농사로	경계·심각단계 저수지	주	HWP
		주간농사정보		
		과거수질 측정자료		

또한, 2년 연속 선정된 국가 중점데이터 개방사업에서 용수 부족 발생시, 가용한 비상용수 공급정보를 조사하여 “가뭄대응정보”를 구축하였다. 가뭄 119 시스템은 가뭄 대응시 비상용수 자원현황, 비상급수 현황 등을 내 주변을 중심으로 위치기반 필요한 용수 공급을 신속하게 받을 수 있는 가뭄대응체계 시스템이다.

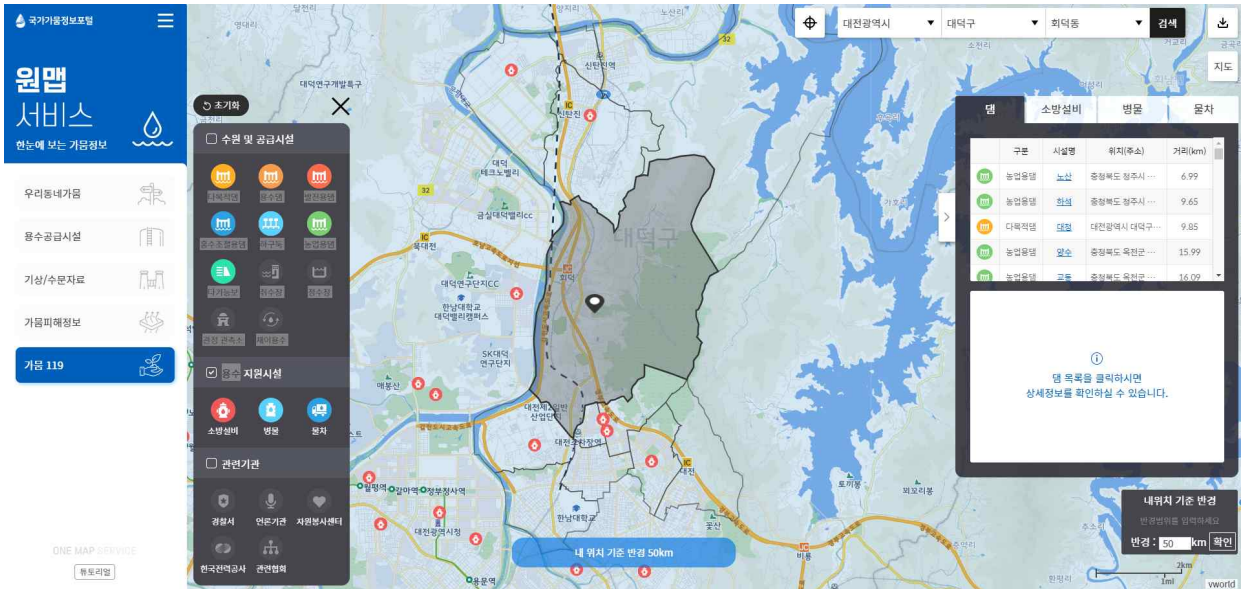


그림 7.6 가뭄119 화면

3) 지역중심 가뭄대응 지원체계

지자체 여건·특성을 고려한 맞춤형 가뭄대책 수립·지원 및 지자체 담당자가 활용 가능한 가뭄대응 지원 시스템을 제공하였다.

지자체 지원 시스템은 가뭄정보포털 내에 가뭄종합상황, 가뭄기초조사 시스템, 비상급수 조사시스템으로 구성된다. 주요 추진 내용은 가뭄종합상황판은 통합가뭄 기반의 지자체 맞춤형 의사결정 지원체계를 구축하였다. 가뭄기초조사 시스템은 아용자 요구사항을 만족시키기 위한 분석 통계정보 기능을 구현하였다. 마지막으로 비상급수 조사 시스템에서는 현재 분리되어 운영중인 지자체 비상급수 조사정보와 가뭄피해정보를 통합 관리할 수 있는 체계를 구현하였다.

가뭄 종합 상황판은 유관기관에서 가뭄데이터를 수집하여 구축한 통합가뭄 DB와 국가중점 데이터 사업을 통해 구축된 가뭄대응정보를 활용하였다.

가뭄과 관련된 의사결정 시 필요한 기상, 수원 등 모든 관련 정보를 종합정보, 기상정보, 생공정보, 농업정보로 구분하여 화면을 구성하였다. 종합정보에서는 지자체의 가뭄상황을 한눈에 파악 가능하도록 가뭄현황·전망, 기상현황, 생공현황, 농업현황, 가뭄119 (비상용수 공급자원정보)를 제공하였다. 그리고 화면 가운데는 지도 기반의 수원현황, 공급체계, 시설현황, 가뭄119 지도를 제공하였다. 기상정보에서는 지도와 그래프, 표를 이용하여 강수량 자료를 활용하여 행정구역별 강수비율, 강수부족량, 가뭄빈도, 기상가뭄 정보를 제공하였다. 생공정보에서는 국각가뭄 예경보에서 발표한 생공가뭄 1,2,3개월 전망 정보와 지도상에서 댐시설, 수위관측소의 정보를 확인하도록 하였다. 그리고 그래프와 표를 이용하여 수원현황, 운영정보, 공급시설현황, 공급체계, 비상급수 현황을 제공하였다. 마지막으로 농업정보에서는 농업용 저수지현황, 지하수 현황, 기상현황, 경작지현황, 과거피해현황을 제공하였다.

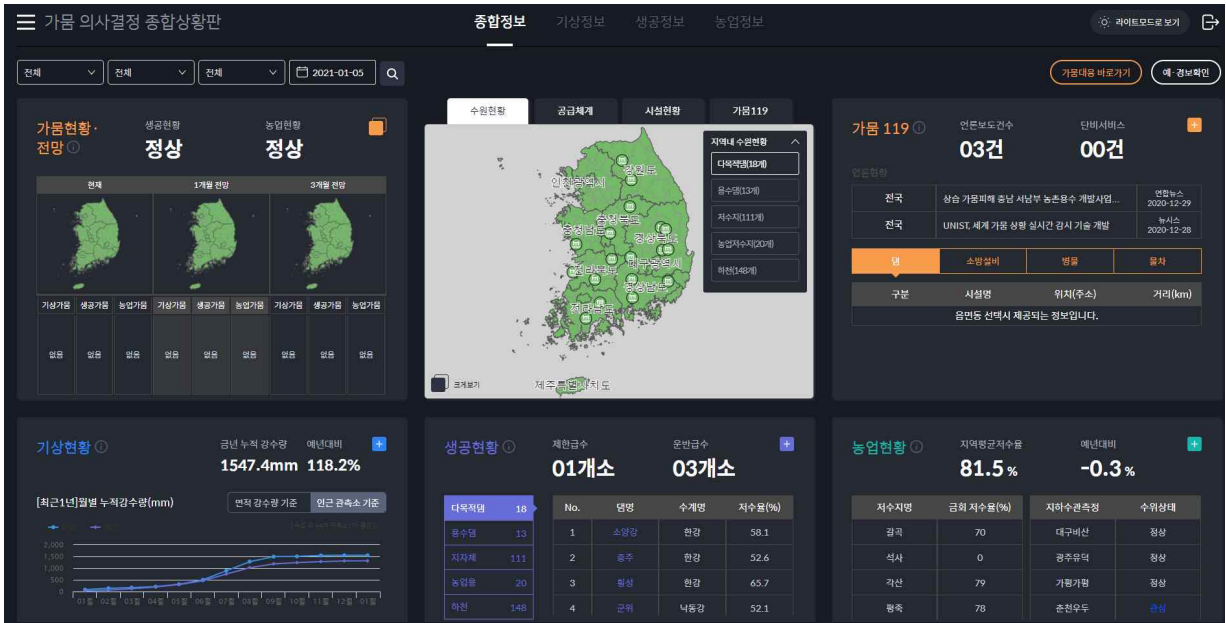


그림 7.7 가뭄의사결정 종합상황판 화면

가뭄 기초조사 시스템은 지자체 가뭄 업무 중심의 가뭄 기초조사 관리 기능을 고도화하였다. 조사 항목별·지역별 기초조사 데이터의 통계기능을 구현하였고, GIS 지도 기반의 수원별·용수공급시설별 용수공급 현황도 기능을 구현하였다.

가뭄 기초조사는 국가 가뭄 예·경보 시행에 필요한 자료를 조사·정보화하여 기초자료로 활용하고 매년 보고서를 출간하고 있다. 기존에는 가뭄기초조사 시스템에서 자료 제출 기능만 제공하였기 때문에, 제출된 자료를 내려받아 보고서 및 통계 작업은 엑셀에서 수행함으로써 보고서 작성에 많은 시간이 소요되었다. 올해에는 지자체에서 제출된 기초조사 자료를 가뭄 기초조사 리포팅 기능을 이용하여 지역별 보고서를 자동화하여 조회 및 출력하는 기능을 제공하였다.

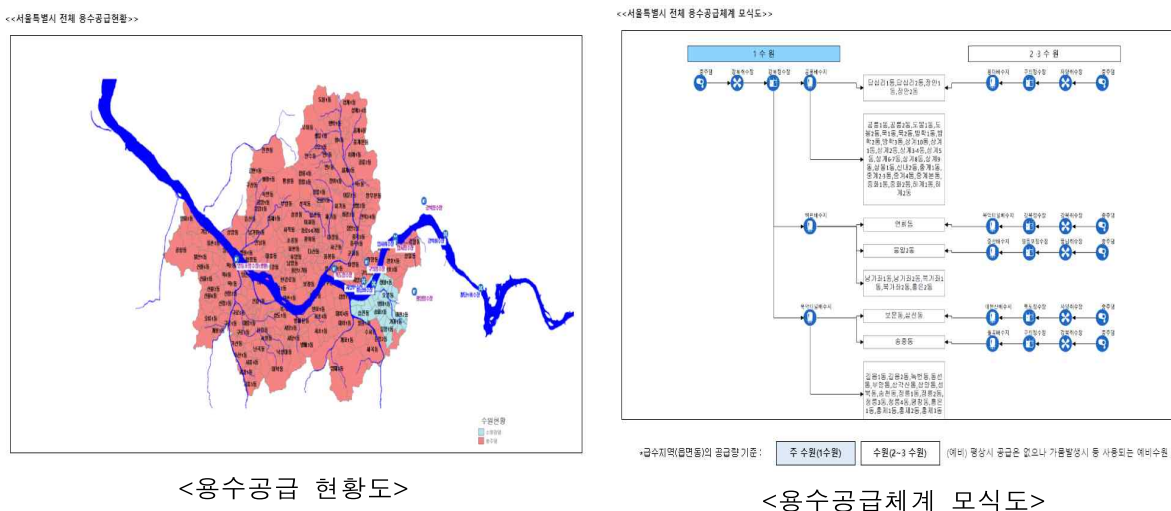


그림 7.8 가뭄기초조사 시스템 리포팅 화면

가뭄 기초조사 통계자료 조회 화면에서는 가뭄 기초조사 보고서에서 제공하는 통계들을 가뭄기초조사 시스템에서 지자체 담당자들이 표와 그래프 형태로 조회할 수 있는 기능을 구현하였다. 제공되는 통계는 아래 그림과 표와 같다.

표 7.7 가뭄기초조사 통계

구 분	내 용	
수원현황	종류별 생·공용수 수원개소수	수원별 종류 개소수
		연도/종류별 수원 개소수
	수원별 생·공용수 공급량	수원별 생공용수 공급량
		연도별/수원별 생공용수 공급량
생활용수	수원현황(1수원 기준)	수원 종류별 개소수
	수원별 급수지역현황 1수원기준)	연도/종류별 수원 개소수
		수원별 급수지역 현황
	수도보급율 및 월별 급수량	연도/수원별 생활용수 공급량
수도보급률		
월별급수량		
공업용수	수원현황(1수원기준)	수원별 종류 개소수
	공업용수 공급현황	연도/종류별 수원 개소수
		수원별 생공용수 공급량
	월별급수량	연도별/수원별 공업용수 공급량
공업용수 공급량		
월별급수량		
취수장	수원별 취수장 개소수	수원별 취수장 개소수
	수원별 취수량	연도별/수원별 취수장 개소수
		수원별 취수량
	월별 취수량	연도별/수원별 취수량
일평균 취수량		
월별 취수량		
정수장	정수장 운영현황	용도별 정수장 개소수
	수종별 지방 및 광역공업용수도 공급량	연도별/수원별 정수장 개소수
		수종별 공급량
	월별 정수공급량	연도별 공급량
일평균 정수량		
월별 정수공급량		
소규모수도시설	소규모수도시설 현황	소규모시설 총 개소수
	소규모수도시설 수원현황	종류별 소규모수도시설 개소수
		수원별 소규모수도시설 개소수
시설별 수원현황		



그림 7.9 가뭄기초조사 통계자료 조회화면

비상급수 조사시스템에서는 비상급수 조사관리 기능과 가뭄 피해정보 관리를 분리·운영하였다. 올해는 사용자 편의 및 활용성을 제고를 위해 비상급수 조사·관리 정보와 가뭄 피해정보를 통합관리 할 수 있는 체계를 마련하였다. 이를 위해 가뭄정보 포털에서 제공하던 가뭄 피해정보 ('90~'16년)과 비상급수 시스템('08~현재)를 표준화하고 일괄정비를 실시하였다.

순번	시도	시군구	읍면동	상수도 구분	마을명 (마을/소규모 급수시설)	수원	세대수	인구수	시차일	비상급수 구분	비상급수 사유	급수주기 (제한급수)	운반급수 현황(누계)				종료일	과거 가뭄 여부	최종 수정일자	조회/수정
													운반급수		병물지원					
													횟수	공급량 (톤)	횟수	공급량 (톤)				
1	경상남도	거제시	둔덕면	마을상수도	농막	지하수 4계곡수	40	90	2020-11-18	운반급수	가뭄 (물부족)		0	0	2	7.4		X	2020-12-15	조회/수정
2	인천광역시	옹진군	북도면	소규모급수시설	신촌	지하수	57	117	2020-11-17	운반급수	가뭄 (물부족)		0	0	1	12.1		O	2020-12-30	조회/수정
3	인천광역시	옹진군	북도면	마을상수도	웅암	지하수	174	345	2020-11-11	운반급수	가뭄 (물부족)		0	0	1	12.1		O	2020-12-30	조회/수정
4	전라남도	여수시	울촌면	마을상수도	송도	지하수	72	176	2020-07-21	운반급수	가뭄 (물부족)		0	0	1	2.4		X	2021-01-06	조회/수정
5	인천광역시	옹진군	덕적면	소규모급수시설	지도	지하수	18	29	2020-02-13	운반급수	가뭄 (물부족)		0	0	4	13.8		X	2020-10-07	조회/수정
6	인천광역시	옹진군	덕적면	소규모급수시설	백야도	지하수	34	54	2020-01-21	운반급수	가뭄 (물부족)		0	0	6	20.9		O	2020-12-30	조회/수정
7	인천광역시	옹진군	북도면	마을상수도	살섬	지하수	120	150	2020-01-10	운반급수	가뭄 (물부족)		0	0	5	60.5		X	2020-12-30	조회/수정

그림 7.10 비상급수 조사 시스템

7.1.3 국가 가뭄정보 포털 및 분석프로그램 유지관리

1) 국가 가뭄정보 포털 개선 및 보완

국가 가뭄정보 포털은 안정적인 가뭄정보 시스템 운영을 통한 대내·외 요구사항을 적극 수립·반영하였고, go.kr로 도메인 변경 이후 국가 가뭄정보포털로 기반을 마련하였다. 국가 가뭄정보 포털의 주요 개선사항은 국민, 지자체와 소통을 위한 단비서비스 구현이 있었고, 그 외 기능 개선 및 오류 수정건으로 77건을 수행하였다.

표 7.8 국가 가뭄정보포털 기능개선 및 오류수정 내용

월	개 선 내 용
1월	메인상단 공지사항 표출, 공지사항 관리자 기능, 운영데이터 수위변동 표출
	수원현황 전일 대비 상승, 하락 이미지 및 수치 데이터 표출
	비상급수 현황 및 가뭄종합상황판 시스템 접속 로그 추가 반영
2월	메인 페이지에 배너 표출, 배너 관리자 기능
	우리동네 가뭄 접근시 위치기반 기능 오류 수정
	기초조사 운영DB 반영 및 데이터 검증
	가뭄정보포털 Youtube에서 미디어 스트리밍 서버로 이관
3월	비상급수 시스템의 입력항목 추가, 현황통계, 지도범례 기능 개선
	기초조사 시스템 급수체계 표출 오류개선, 조회 및 입력 기능 개선
	빅데이터 가뭄분석 데이터 검토 및 표출정보, 그래프 다이어그램 개선
	국가가뭄정보 영문 페이지 가뭄예경보 영문화 작업 수행
	인사변경에 따른 조직도 및 담당자 정보 변경
4월	기상수문자료에 지자체 댐 표출 및 동북댐 운영정보 예외처리
	가뭄정보 포털 모바일, 태블릿 최적화
	가뭄피해정보, 가뭄사례 데이터 현행화
	기초조사 비상용수 공급정보 등록화면 추가
5월	현황 및 전망 미급수 지역 데이터를 SGI 퍼센타일 데이터로 변경
	가뭄현황 및 전망 DB 쿼리 속도 개선
	대국민 소통을 위한 단비게시판 추가 및 담당자 계정 생성
	CAPTCHA를 이용한 자동화 도구 취약점 해결
6월	메인 페이지에 가뭄빈도 지도 추가 및 빈도 데이터 테이블 생성
	공공데이터 포털 API를 통한 수질API 프로그램 개발 및 데이터 현행화
	메인페이지 접속시 위치정보 불러오는 기능 오류 개선
7월	대국민 웹사이트 웹호환성 조치 (html5, css3 소스 조치)
	데이터 품질진단 대상 선정, 구조·표준·값 진단 수행
	참여마당 단비서비스 댓글 수정 및 삭제 기능 추가
	WINS 연계 데이터 농업용 저수지의 스케줄 수행 시간 및 로직 변경

8월	공공데이터 품질 수준평가 기준 결과서 조치 및 미사용 테이블 정리
	영문 페이지 가뭄단계 영문 표기명 변경
	시큐어 코딩 점검결과 조치
	우리동네가뭄 언론현황 모바일 CSS수정 및 기능 오류 개선
	참여마당 구분 코드 형식을 DB화
	국가 가뭄정보포털 담당자 메일 및 전화번호 변경
	SIG 퍼센타일 데이터 입력화면 관리자 메뉴 추가
	국가 가뭄예경보 발령 페이지를 예경보 발령 보도문과 같게 변경
9월	가뭄 사례 콘텐츠를 DB화
	기상수문자료 페이지의 제원, 운영정보 쿼리 속도 개선
10월	게시판 상세내용 보기 오류 수정
	데이터 뷰어 가뭄단계 범려 표시 내용 변경
11월	공지사항, 참여마당 게시판 내용 개선
	가뭄기초조사 DB 데이터 보정 및 검토
12월	가뭄빈도 해석 프로그램 2단계 기능 구현

2) 가뭄정보 분석프로그램 개선 및 보완

가뭄정보 분석 프로그램은 가뭄전망 분석 모듈 및 입력자료 기능개선을 수행하였다. 가뭄 모니터링, 가뭄전망 분석 업무를 수행하는 담당자의 요구사항을 구체화하여 가뭄정보 분석 프로그램에 반영하였다. 개선 주요 내용은 가뭄 전망 분석 수행시 입력자료를 불러올 때 기상자료를 최신화하거나, 로직을 변경하였다. 가뭄정보 분석프로그램은 총 36건의 기능 개선 및 오류사항을 수정하였다.

표 7.9 국가 가뭄정보포털 기능개선 및 오류수정 내용

버전	개선 내용
912	ABCD 모델 파일 최신화, 기상자료 조회 지점 최신화, 입력자료 생성 오류 개선, 설치파일 초기 입력자료 추가, 가중값 불러오기 입력자료(pdf)양식에 맞게 기능 개선
913	입력자료 생성 1주 전망 KPPM 연계 데이터로 변경
914	입력자료 생성> 전망자료 초기선택 날짜 분석일 기준 변경, 기상자료, 강수자료 스프레드 수정 시 그래프 동기화 적용 기상자료, 강수자료 기간내 날짜 없을 시 결측값(빈값, -999) 날짜 추가 강수자료 결측값 보완 프로그램 기능 개선 등
915	강수자료 조회 중권역별 데이터 탭 추가, 보정 로직 변경, 기상자료 조회 인근관측소 데이터 관측소명 표출
916	기상·강수자료 조회 기능 개선, 확률적 수문전망 모형 변경 등
917	면적 증발산량 모형 변경, 기상자료 입력 기능 개선, 티센 파일 변경 등

7.2 가뭄정보 통합DB 운영관리 및 성과

7.2.1 가뭄대응정보 개방체계 구축

1) 국가 중점데이터 선정 및 개방사업 추진

국가 중점데이터 개방이란 국가 중점데이터를 발굴하여 품질개선, 표준형·개방형 전환 및 제공기반 구축을 통해 민간에 개방함으로써 사회·경제적 新 부가가치 창출 도모에 있다. 이 사업은 공공데이터 제공 및 이용 활성화에 관한 법률 제24조, 공공데이터 이용 활성화 지원 사업 관리지침(행안부 예규 제1호, 2017. 7. 26.)에 근거한다. 국가 중점데이터 개방지원사업에서 지원하는 내용은 총 5개 영역으로 혁신성장 동력 육성, 사회안전망 강화, 정부 투명성 강화, 일자리 창출, 사회적 가치 확산이다. 가뭄정보 통합DB는 사회안전망 강화 영역에 포함되어 국가 중점데이터 개방사업을 추진하였다.

가뭄정보 통합DB는 작년에 「가뭄통합정보 개방 및 품질관리 체계」 구축에 이어 2년 연속 정부 국정과제인 국가 중점데이터 개방지원 사업에 선정되어 「가뭄대응정보 개방체계 구축사업」을 추진하였다. 개방사업의 목적은 국가·지자체 가뭄대응 체계에 필요한 전국 용수자원 정보 및 '20년 신규 개방체계 구축으로 신규사업 창출 및 국가 경제 활성화 기여에 있다. 추진 내용은 용수 부족 발생 시 신속한 가뭄대응 체계에 필요한 용수자원정보 등 11종과 공공데이터 포털에 가뭄 개방데이터 오픈 API 제공체계 구축이다.



그림 7.11 '20년 국가중점데이터 사업범위

2) 개방 DB 및 OpenAPI 제공체계 구축

개방DB 및 OpenAPI 제공체계 구축은 자료조사와 DB 구축으로 이루어진다. 자료조사 항목은 가뭄에 따른 용수 부족 발생 시, 지역 인근에 가용한 비상용수 공급 자원에 대한 정보 7종과 '19년 국가 중점데이터 지원사업의 중장기 가뭄 개방데이터 전략수립에서 도출된 신규 가뭄 개방 DB 7종이다.

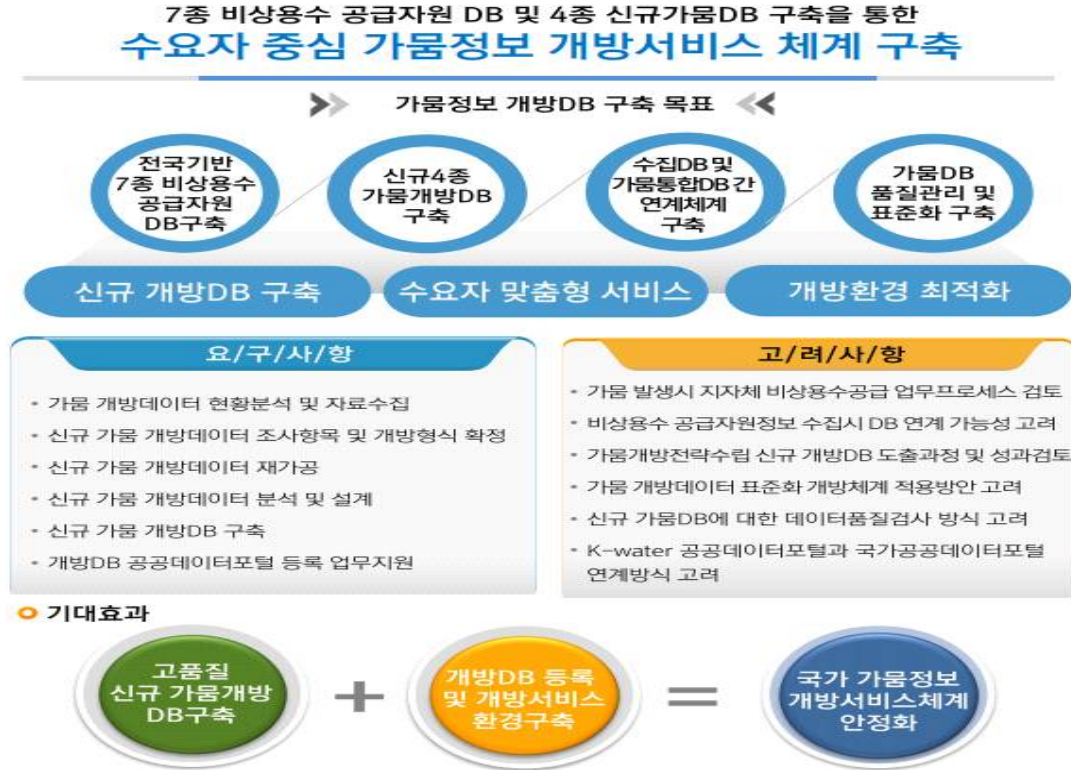


그림 7.12 '20년 국가중점데이터 사업내용

표 7.10 자료 조사항목

구 분	항 목	내 용
비상용수 공급자원정보	수원시설	수원별 종류 개소수
	수도시설	연도/종류별 수원 개소수
	소방설비	수원별 생공용수 공급량
	병물	연도별/수원별 생공용수 공급량
	물차	보유 물차 종류, 대수, 비상연락망
	지하수	지하수 공공관정 위치, 연락처
	관련기관	정부부처, 기관, 지자체, 협회 위치 및 연락처
신규 데이터	생활가뭄달력	수원 종류별 개소수
	지역별 가뭄현황도	수원별 급수지역 현황
	지역별 가뭄전망도	수도보급률
	가뭄피해정보	

3) 개방 DB 조사 방법

개방DB는 자료수집의 연속성 및 지속성을 고려하여 파일 및 DB연계를 우선으로 하여 조사하였다. 그리고 웹사이트 및 문헌조사의 경우, 향후 업데이트를 위한 조사 방법 매뉴얼화 하였다. 서면조사의 경우 조사대상 및 조사항목 등 조사계획서 및 결과서 작성 및 OpenAPI 제공체계 구축은 자료조사와 DB 구축으로 이루어진다.

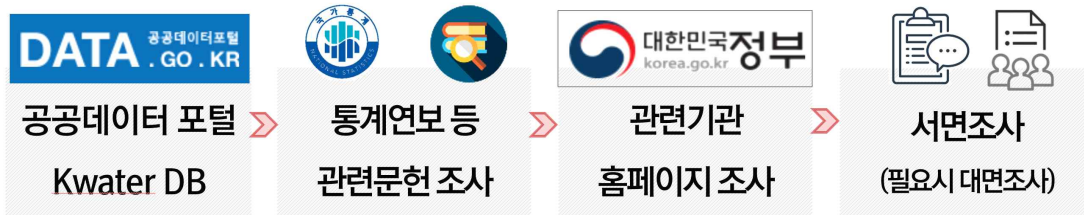


그림 7.13 '20년 국가중점데이터 조사방법

비상용수 공급자원 7종에 대한 조사대상은 수원시설, 수도시설, 소방설비, 병물, 물차, 지하수, 관련기관이다.

비상용수 공급자원정보 7종						
수원시설		수도시설		소방설비		병물
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 댐·보 및 저수지 위치 ✓ 실시간 저수현황 ✓ 관리사무소 연락처 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Kwater 광역상수도 ✓ 지자체 지방상수도 ✓ 사업소 위치, 연락처 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 소방서 위치 ✓ 가용 소방차 대수 ✓ 지원 가능 물량 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 병물 생산공장 ✓ 관리사업소
물차		지하수		관련기관		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 보유 물차 종류 ✓ 보유 물차 대수 ✓ 비상연락망 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 지하수 공공관정 위치 ✓ 지하수 공공관정 연락처 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ 정부부처, 정부기관 ✓ 광역시도 지자체 ✓ 관련협회 및 지회 ✓ 위치 및 연락처 		

그림 7.14 비상용수 공급자원정보

수원시설은 다목적댐, 용수댐, 발전용댐, 홍수조절댐, 하구둑, 농업용댐, 지자체 저수지, 다기능보로 구성된다. 조사방법은 K-water DB내 제원정보를 수집하거나 연계하여 작성하였고, 연락처는 각 기관의 홈페이지에서 연락처를 수집하여 조사하였다. 수도시설은 취수장, 정수장으로 구성된다. 조사방법은 '2018 상수도통계'에서 해당 내용을 수집·조사하거나 국가상수도정보시스템을 활용하였다. 소방시설은 시도 소방서와 119안전센터로 구성되며 공공데이터 포털을 활용하여 데이터를 조사하였다. 병물과 물차는 국가가물정보포털내 가물기초조사 정보를 활용하여 조사하였다. 가물관련기관은 관련기관, 경찰서, 언론기관, 협회 등으로 구성되며 공공데이터 포털과 각 기관의 홈페이지를 통해 자료를 수집하여 조사하였다. 조사한 자료는 본 사업에서 개발한 데이터 재가공 구축 모듈을 통하여 DB 구축을

자동으로 수행할 수 있다. 조사 자료는 일정한 형식 Excel로 관리되어야 하며, 해당 엑셀파일을 재가공 구축 모듈을 이용하여 DB 데이터로 변환 및 구축된다.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	순번	명명	주소	주소 X좌표(UTM-K)	주소 Y좌표(UTM-K)	시설관리기관	부서	연락처	연락처 비고	총저수량(백만m3)
2	1	월성	강원도 횡성군 갑천면 대관대리	1047230.86	1949631.46	한국수자원공사	한강유역본부 월성원주관리지사 운영부	033-340-0235	수도운영담당	86.9
3	2	주암(본)	전라남도 순천시 주암면 대갈리	976420.81	1647369.54	한국수자원공사	영 삼유역본부 주암관리지사	061-749-7255	수도운영담당	457.0
4	3	부안	전라북도 부안군 변산면 중계리	915295.91	1742761.24	한국수자원공사	금강유역본부 부안관리지사	063-580-3231	수도운영담당	50.3
5	4	군위	경상북도 군위군 고포면 학성리	1118666.48	1792225.20	한국수자원공사	낙동강유역본부 군위관리지사	054-380-3521	담수운영관리담당	48.7
6	5	영주	경상북도 영주시 평내면 용월리 산180-1	1103534.19	1858908.70	한국수자원공사	영주관리지사 영주담수업무	054-630-9291	담수관리 담당	181.1
7	6	성덕	경상북도 경성군 안덕면 성지리	1131845.54	1805934.88	한국수자원공사	낙동강유역본부 경성관리지사	054-070-0160	지방상수도 시설운영담당	27.9
8	7	김천부항	경상북도 김천시 부항면 유촌리	1045700.55	1776172.34	한국수자원공사	낙동강유역본부 김천부항관리지사	054-420-2670	담수운영부총괄	54.3
9	8	소양강	강원도 춘천시 신북읍 신성밭로 868	1027919.86	1994107.96	한국수자원공사	한강유역본부 소양강관리지사 운영부	033-259-7251	수자원시설운영담당	2900.0
10	9	충주	충청북도 충주시 충민동	1044120.88	1889920.91	한국수자원공사	한강유역본부 충주관리지사 담수운영부	043-840-1241	수자원시설운영담당	2750.0
11	10	안동	경상북도 안동시 성곡동	1114251.24	1843830.86	한국수자원공사	낙동강유역본부 안동관리지사	054-850-4211	수자원시설운영담당	1248.0
12	11	임하	경상북도 안동시 임하면 임하리	1124096.39	1838700.56	한국수자원공사	낙동강유역본부 안동관리지사	054-820-2211	임하운영담당	595.0
13	12	합천	경상남도 합천군 대병면 상천리	1048446.26	1726570.47	한국수자원공사	낙동강유역본부 합천관리지사	055-930-5210	수자원시설관리담당	790.0
14	13	남강	경상남도 진주시 판문동	1049073.24	1685491.22	한국수자원공사	낙동강유역본부 남강관리지사	055-760-1269	시설/설비관리담당	309.2
15	14	밀양	경상남도 밀양시 단장면 고래리	1130139.00	1721759.47	한국수자원공사	낙동강유역본부 밀양관리지사	055-359-3252	수자원시설운영관리	73.6
16	15	대청	대전광역시 대덕구 미호동	998562.48	1831141.01	한국수자원공사	금강유역본부 대청관리지사	042-930-7211	수자원시설운영담당	1490.0
17	16	충담	전라북도 진안군 충담면 출계리	1002579.36	1719986.69	한국수자원공사	금강유역본부 충담관리지사	063-430-4211	수자원시설운영담당	815.0
18	17	성진강	전라북도 임실군 강진면 용수리	964906.93	1727322.57	한국수자원공사	영 삼유역본부 성진강관리지사	063-640-6220	수자원시설관리담당	466.0
19	18	보령	충청남도 보령시 미산면 용수리	923558.02	1806139.99	한국수자원공사	금강유역본부 보령관리지사	041-939-1222	수자원시설운영관리담당	116.9
20	19	경릉	전라남도 경주시 부안면 지천리	943965.37	1639881.97	한국수자원공사	영 삼유역본부 전남부안관리지사	061-860-3270	담수시설운영담당	191.0
21	20	보현산	경상북도 영천시 화북면 입석리	1130683.02	1793146.20	한국수자원공사	낙동강유역본부 보현산관리지사	054-339-2260	담수운영관리 총괄	22.1

그림 7.15 20년 국가중점데이터 조사자료 엑셀 파일

데이터 재가공 모듈을 통해 자료별 시설코드 부여, 주소기반 시군코드 부여, 공통코드 부여, 미입력자료 체크를 수행하게 된다. 데이터 생성이 정상적으로 완료되면 관리자는 DB반영을 클릭하여 해당자료가 DB에 반영된다.

순번	수도사업자	주소	UTM...	UTM...	공공정수상	생산능력(톤/일)	병용단위	담당연락처
1	경기도 군포시 수도과	경기도 군포시 수리산로	948...	192...	군포	1.05	0.35L	031-39...
2	경기도 김포시 상하수...	경기도 김포시 고촌읍...	934...	195...	고촌	3.6	1.9L	031-98...
3	경기도 남양주시 수도과	경기도 남양주시 회도읍...	984...	196...	회도	1.4	0.35L	031-59...
4	경기도 양평군 수도사...	경기도 양평군 양말읍...	100...	193...	양말	0.8	0.35L	031-77...
5	경기도 여주시 수도사...	경기도 여주시 용장길 97	101...	192...	여주	1	0.35L	031-88...
6	경기도 연천군 합동읍...	경기도 연천군 군남리	958...	201...	연천	4	1.8L	031-83...
7	경기도 의정부시 수도과	경기도 의정부시 포곡로	957...	197...	가능	3.5	0.35L	031-87...
8	경기도 평택시 수도과	경기도 평택시 진위면	963...	189...	평택	1.4	0.35L	031-80...
9	경상북도 경산시 수도...	경상북도 경산시 계양동	111...	175...	경산	2.5	0.35...	054-80...
10	경상북도 상주시 상하...	경상북도 상주시 용마로	106...	182...	도산	2.1	0.35L	054-53...
11	대구광역시 수성구 대...	대구 수성구 유니버시아...	110...	175...	고산	48	0.35L	053-67...
12	서울시 상수도사업본...	서울시 영등포구 노들보	945...	194...	영등포	16	0.35L	02-314...
13	전라남도 순천시 상수...	전라남도 순천시 장동길	998...	165...	대룡	2.25	1.8L	061-74...
14	충청북도 옥천군 상하...	충청북도 옥천군 이암면	101...	180...	옥천	20	0.35L	043-73...
15	충청북도 제천시 수도...	충청북도 제천시 함안로	106...	190...	고양	0.7	0.35L	043-64...
16	충청북도 충주시 상수...	충청북도 충주시 단풍로	103...	188...	단풍로	-	20L	043-85...
17	K-water 정주권지사	충청북도 충주시 서원구	995...	184...	정주	14톤/일	0.4L	043-23...
18	K-water 밀양관리지사	경상남도 밀양시 산외면	111...	172...	밀양	12톤/일	0.4L	055-35...
19	K-water 경기도농림관리사	경기도 성남시 수정구	965...	193...	성남	14.4톤/일	0.4L	031-72...

그림 7.16 데이터 재가공 모듈

구축된 데이터는 본사업을 통해 구축된 데이터 품질검사 모듈을 통해 데이터 검수를 수행하였다. 데이터의 품질검사는 사전에 정의된 업무규칙별로 진행되고 해당 업무규칙을 충족하는 데이터들만 원천데이터에서 개방데이터로 이관이 되도록 구성하였다. 관리자 품질검사 관리 프로그램을 통하여 데이터별 업무규칙을 생성 및 등록하고, 등록된 업무규칙은 별도 서버 프로그램인 데이터 품질검사 모듈이 윈도우 스케줄러 기반으로 자동으로 품질검사를 수행(매시간 5분, 35분 수행)한다. 데이터 품질검사 관리 프로그램 화면은 다음과 같다.

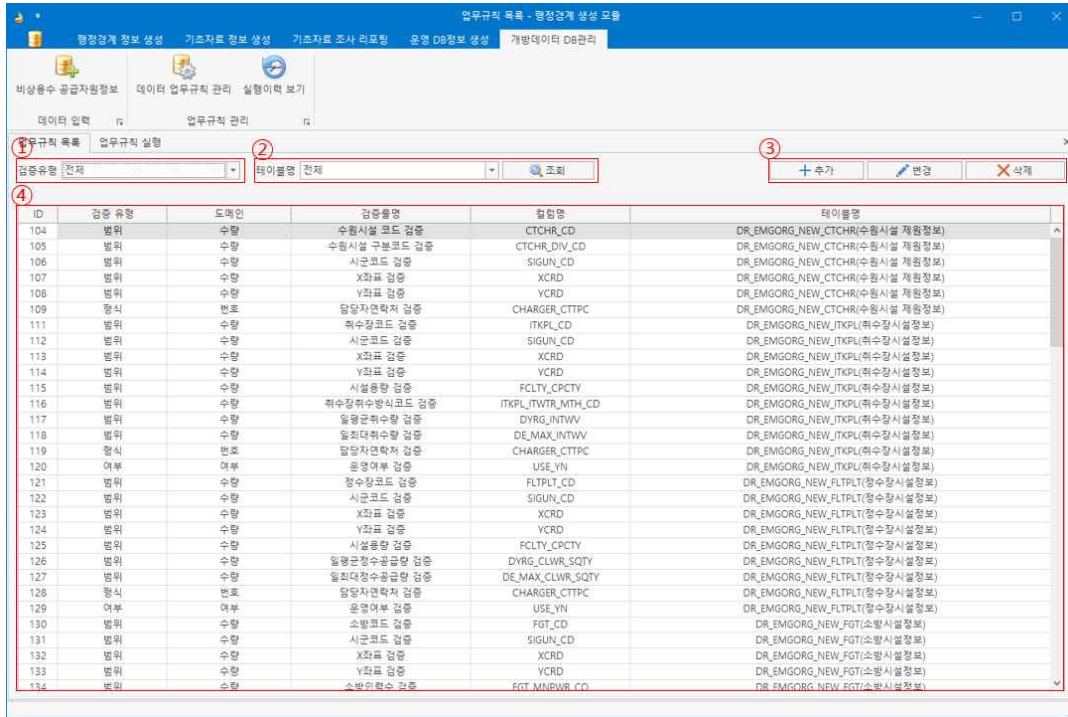


그림 7.17 데이터 품질검사 모듈 화면


또한 관리자는 데이터 업무규칙 목록 화면에서 여부, 범위, 날짜, 형식으로 데이터 검증을 수행하도록 하였고, 조회 항목은 검증유형, 도메인, 검증룰명, 컬럼명, 테이블 명으로 업무규칙을 조회할 수 있도록 하였다. 또한 업무규칙은 공공데이터 품질수준평가에서 권장하는 테이블의 컬럼 단위 별로 정의하고 검증유형과 도메인, 검증룰에 대한 설명을 관리하도록 구현하였다.

4) 국가 중점데이터 활용

‘20년 국가 중점데이터 지원사업’을 통해 구축한 가뭄대응정보는 공공데이터 포털에서 현재 개방·운영 중이다.

국가중점데이터

국민, 기업 등 수요 중심으로
개방의 효과성, 시급성 등이 높은 분야를 선정하고
민간에서 활용하기 용이한 형태로 정제, 가공하여
개방된 양질의 대용량 데이터를 제공합니다.



정보명 기관명 순




가뭄대응정보



가뭄통합정보

국가중점데이터

가뭄대응정보  한국수자원공사

◆ 국가 가뭄 대응정보란?

홍수 부족 발생시 국가적 가뭄대응체계에 필요한 자원 정보 등 총 11종을 개방하였다. 개방된 데이터는 지자체별 가용한 전국 비상용수 공급자원에 대한 정보(7종)과 ‘19년 국가 중점데이터 사업 성과로 신규 발굴·조사된 가뭄정보(4종)이며 국가 공공데이터 포털과 가뭄정보 포털을 통해 개방하고 있다. 데이터 개방으로 가뭄 발생시 국가-지자체 관점의 신속한 가뭄 대응 정책 결정 및 업무지원으로 가뭄 피해 최소화에 도움을 주고자 한다.

◆ 어떤 데이터들이 개방되는 것일까?

데이터 제공기관	개방 데이터	총 개방건수	제공 방식
한국수자원공사	- 수원 시설, 수도시설, 소방설비, 병물/물차, 지하수, 관련기관 정보 - 생활가뭄달력, 지역별 가뭄현황도, 지역별 가뭄전망도, 가뭄피해정보	5,727,407건	파일 데이터, 오픈API

◆ 어떻게 활용할 수 있을까?

가뭄 발생 시 인근에 가용한 비상용수 공급자원체계 확립으로 신속한 가뭄 대응을 통한 국민 물 복지 체계 향상에 활용될 것이다. 국가 및 지자체에서는 국가 가뭄정보포털 내 가뭄 119 시스템 구축을 통해 가뭄 시 활용 가능한 비상 공급원(물차, 소방차, 병물, 지하수 등)에 대한 위치기반 정보를 활용하여 신속한 가뭄 대응 지원체계를 확립할 수 있다. 또한, 학계 및 민간 기업에서는 다양한 유형의 신규 가뭄 정보 개방을 통해 이종간 개방 데이터 융합으로 신규사업 및 연구과제 창출 기회를 확대 할 것으로 전망한다.

그림 7.18 공공데이터 포털 국가중점데이터 화면

7.2.2 가뭄 통합DB 품질 개선 활동 및 성과

1) 데이터 품질개선 계획 수립

가뭄통합 DB는 작년에 이어 “국가 공공데이터 품질 1등급 달성” 및 가뭄 데이터 개방을 위해 가뭄통합 DB에서 생산·관리 하는 데이터의 품질개선 계획을 수립하였다. 그 결과 가뭄통합 DB는 안정적인 데이터 품질관리 및 적절한 품질 수준 확보를 통해 양질의 데이터 개방으로 이루어지는 생애주기별 품질관리 체계를 구축하였다. 국가에서는 국가 공공데이터 혁신추진 전략에 따라 데이터 품질 제고를 위해 ‘공공데이터 품질관리 수준평가’를 시행하고 있다. ‘공공데이터 품질관리 수준평가’의 추진 근거는 공공데이터 제공 및 이용활성화에 관한 법률」 제 11조에 따라 행정안전부에서 공공데이터 품질확보를 위해 진단·평가를 시행하는 제도이다.

법률 사항

- 법 제22조(공공데이터 품질관리) 이 법에서 담고 있는 내용은 다음과 같다.
 - ① 공공기관의 장은 해당 기관이 생성 또는 취득하여 관리하는 공공데이터의 안정적 품질관리 및 적절한 품질수준의 확보를 위하여 필요한 조치를 취하여야 한다.
 - ② 행정안전부장관은 공공데이터의 적절한 품질수준의 확보와 제공 촉진을 위하여 품질 진단·평가, 개선지원 등 필요한 시책을 수립·추진하여야 한다.
 - ③ 제2항에 따라 정기적으로 사회적·경제적 파급효과가 큰 제공대상 공공데이터에 대한 품질 진단·평가를 실시하고 그 결과를 공표할 수 있다.

그림 7.19 공공데이터 품질관리 수준평가 추진근거

공공데이터 품질관리 수준평가는 3개 영역, 9개 지표로 평가된다. 기관 품질관리영역은 K-water 데이터품질관리 전담부서에서 담당하고, DB품질관리와 데이터 품질관리 영역은 개별 시스템 담당부서의 평가가 이루어진다.



그림 7.20 공공데이터 품질관리 수준평가 지표

그간 가뭄통합 DB는 '18년도부터 지속적으로 품질진단, 오류율 개선을 수행하였다. '18년도 가뭄DB 품질관리체계 구축을 위해 업무규칙을 발굴하고, 상시 점검이 가능한 품질관리 프로그램을 자체개발하여 운영하였다. 그리고 '19년도에 공공기관 공공데이터 품질관리 수준평가 추진에 K-water 시범평가 대상DB에 포함되어 품질개선 활동을 꾸준히 수행으며, 국가중점 데이터 지원 사업에 선정되어 가뭄통합DB 개방 및 품질관리체계를 구축하였다. 그 결과 **과기정통부 주관 "2019년 데이터 품질 대상"**에서 **최우수상**을 수상하였고, '19년도 시범평가에서는 공공데이터 품질관리 수준평가 1등급을 달성하였다. '20년도에는 대상 공공기관을 확대하여 공공데이터 품질평가 수준평가를 시행됨에 따라 **"품질관리 수준평가 1등급"** 이라는 목표를 수립하고, 가뭄정보 분석 시스템(DB·데이터)의 데이터관리 체계와 오류율 개선을 위한 개선계획을 아래 표와 같이 수립하였다.

표 7.11 가뭄통합 DB 데이터 품질개선 계획

구분	영역	지표	내용
단기	구축	표준적용 확산	기관/범정부 표준을 반영한 데이터 표준 재정의 및 적용 실적관리 (코드, 용어, 도메인)
			진단대상 데이터 표준 적용 80% 이상 달성
		구조 안정화	산출물별 관리 점검
			미사용 테이블, 컬럼 정리
			DB 구조 산출물 현행화 90% 이상 달성
		연계체계 정비	연계데이터 목록 관리 점검
	연계데이터 품질점검 및 오류개선 조치		
	정보 연계 기관 관련 협의 및 교육		
	운영	품질진단 및 개선	산출물 관리 점검
			업무규칙 정의 및 보완 관측자료 등 DB 입력자료 보완 자동 프로그램 개발 및 적용
오류율		오류율 0.01% 미만 관리	
장기	DB	정례적 데이터 품질진단 및 개선(연2회)	
		행정주소 정보 변경시 현행화	
		컬럼별 특성에 따른 업무규칙 추가 정의	
	프로그램	DB 개정시 웹페이지 표출 프로그램 개선	

2) 데이터 품질개선 추진 내용

가뭇통합 DB는 국가 가뭇통합 DB 구축 기반 조성 등 DB 변경에 따른 데이터 표준 개선 활동에 따라 데이터 모델, 표준화 산출물 현행화를 시행하였다. 그리고 가뭇정보 테이블·컬럼 정의서, ERD 현행화 및 이력관리를 시행하여 데이터 구조를 개선하였다. 구조 개선활동에는 K-water 전사 메타관리 시스템을 활용하여 DB구조, 표준 현황 분석 및 동기화 검증을 수행하였다. 마지막으로 오류율 개선 활동은 공공데이터 품질 수준평가 공식 점검 도구(SDQ)를 활용하여 품질진단을 실시하고, 가뭇정보 품질관리 시스템을 통한 값 오류개선 활동을 지속적으로 추진하였다.

가뭇통합 DB의 진단 대상 테이블은 전체 테이블 573개 중 테이블 제외기준(임시, 시스템 관리, 로그, 백업, 미사용)을 적용하여 223개 테이블을 진단대상 테이블로 선정하였다.

표 7.12 진단대상 테이블 현황

구분	내용	구분	내용
대상	223/573	대상율	38.92%
제외	350/573	제외율	61.8%
미수집	0/573	미수집율	0%

데이터 표준개선 활동으로는 K-water 전사 표준을 반영하여 가뭇통합 DB의 데이터 표준(코드, 용어, 도메인)을 정의하였다. 그리고 실제 가뭇통합 DB 컬럼에 표준을 반영하거나, K-water 전사 표준과 가뭇통합 DB 표준간 비교분석을 통해 용어 매핑표를 작성하였다. 작성된 가뭇데이터 표준 산출물은 2차례에 걸쳐 현행화와 변경 이력관리를 수행하였다.

데이터 구조 활동으로는 가뭇통합 DB의 데이터 구조 관련된 산출물(데이터베이스 정의서, 테이블 정의서, 컬럼정의서, ERD)를 100% 현행화작업을 수행하였다.

데이터 연계체계 정비활동으로는 연계 데이터 목록을 정의하고, 연계 데이터의 품질 점검을 2회이상 실시하고, 가뭇통합 DB 품질관리 프로그램을 통해 송수신 이력을 관리하였다. 데이터 품질검증 자체 프로그램은 중요 데이터 20종에 대해 데이터 품질(오류율) 검증 프로그램을 자체 개발 및 운영하여 데이터 값의 신뢰도를 확보하였다. 중요 데이터 선정 기준은 가뭇분석에 활용하거나, 대외 개방, 주기적 생산 여부로 정하였다. 선정된 중요 데이터는 아래 표와 같다.

표 7.13 중요 데이터

구분	주요 내용	수량
운영	가뭄 분석에 활용되는 수원의 실시간 운영데이터	13종
모니터링	단위별 가뭄 분석결과 데이터	5종
전망	주(1~4)·월(1~3개월) 단위 가뭄 분석결과 데이터	2종

데이터 오류율 개선 활동으로는 품질진단 대상을 정의하고, 도출된 업무 규칙명세서에 따라 공공데이터 품질관리 수준 평가 공식 도구(SDQ)를 활용하여 품질진단 및 개선 활동을 수행하였다. 오류율 평가 등급은 0.01%이하가 1등급으로 산정된다.

K-water에서는 '19년 전사 데이터 거버넌스 체계를 지원하는 플랫폼 구축 후 '20년 2단계로 데이터 값에 대한 품질관리시스템 구축을 추진하였다.

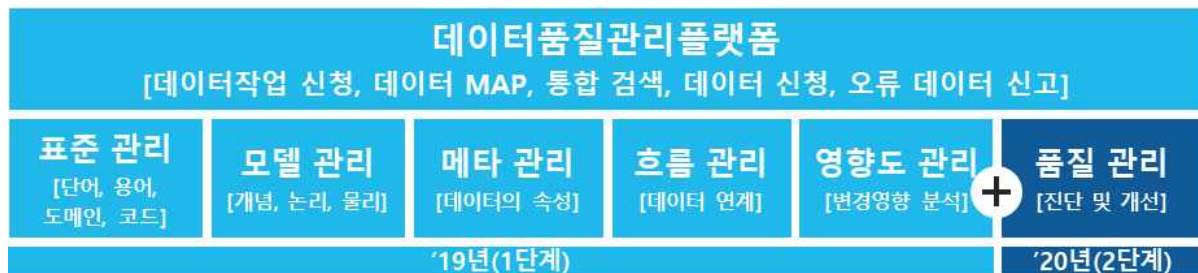


그림 7.21 K-water 데이터 품질관리 플랫폼

품질 솔루션의 도입과 함께 데이터 오류여부 검증 룰 세팅 관련하여 사용자 업무 관점의 진단 규칙 발굴을 진행하였다. 가뭄통합DB는 '18년 자체 추진한 업무규칙과 '19년도 국가중점 데이터 지원사업에서 발굴된 업무규칙을 K-water 데이터 품질관리 플랫폼에 등록하였다. 그리고 '20년 추진한 “통합 데이터 기반 가뭄의사결정 지원체계 구축”용역과 “가뭄대응정보 개방체계 구축”사업에서 추진된 신규 개방 데이터에 대해서도 데이터 관점의 규칙을 도출 하였다. 향후 업무분야의 지식을 바탕으로 업무규칙을 추가할 필요가 있다.

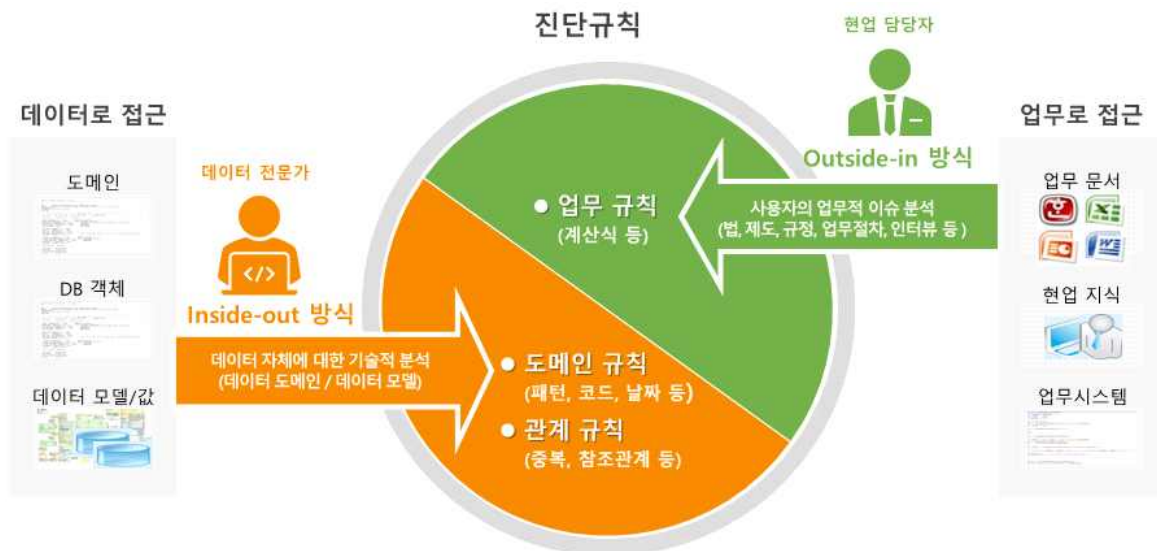


그림 7.22 K-water 데이터 품질 진단 규칙

3) 데이터 품질개선 추진 결과

가뭇통합 DB 데이터 품질개선 추진결과 공공데이터 품질관리 수준평가(구축·운영)에서 1등급을 달성하였다. 표준은 가뭇 통합DB 전체 컬럼 중 97.09% 데이터 표준을 반영하였고, 구조는 전체 테이블 100% 산출물 현행화하였다. 그리고 오류율은 데이터 품질 값 오류율 0.0064% 로 1등급을 달성하였다. 평가지표별 획득점수는 아래표와 같다.

표 7.14 공공 데이터 품질관리 수준평가 가뭇시스템 평가결과

평가지표	5등급	4등급	3등급	2등급	1등급	지표별 획득점수	점수
데이터 표준확산	○	○	○	★	○	9	
데이터 구조 안정화	○	○	○	○	○	15	
데이터 연계체계 정비	○	○	○	○	★	8	
데이터 품질 진단 및 개선관리	○	○	○	★	○	6	
오류 데이터 관리	○	○	○	○	○	25	

향후 21년 보완해야할 사항은 ★ 한 영역이다. 먼저 데이터 표준의 평가지표는 아래 그림과 같다. 2등급은 모든 표준코드, 표준용어, 표준도메인을 평가대상DB에 표준포함하여 정의하고 있음으로 정의하고 있다. 가뭇통합DB는 현재 기관표준을 모두 포함하고 있지 않으므로 이 부분에 대한 보완이 필요하다.

평가지표	5. 데이터 표준 확산	평가영역	DB 품질관리	배점	15
평가요지	평가대상 DB의 데이터 표준 정의, 데이터 표준 품질 점검 및 조치, 기관 데이터 표준을 반영하기 위한 DB차원의 활동 등을 점검				
평가대상	중앙행정기관, 시도, 공기업, 기금관리형 공공기관				
수준	등급별 측정기준				
1등급	① 범정부 표준을 평가 DB에 반영하기 위한 활동을 수행하고 있음 ② 평가대상 DB의 컬럼에 데이터 표준이 80% 이상 적용되어 있음				
2등급	① 기관의 모든 표준코드, 표준용어, 표준도메인을 평가대상 DB 표준 포함하여 정의하고 있음 ② 평가대상 DB의 컬럼에 데이터 표준이 70% 이상 적용되어 있음				
3등급	① 데이터 표준현황(기관표준과 DB표준 간의 데이터 표준 비교분석, 중복제거 등) 파악 및 정비 활동을 수행하고 있음 ② 평가대상 DB의 컬럼에 데이터 표준이 60% 이상 적용되어 있음 ③ 데이터 표준(코드, 도메인, 용어)의 생성, 변경, 삭제 이력을 기록하여 관리하고 있음				
4등급	① 기관표준을 반영하여 평가대상 DB의 데이터 표준을 정의하고 데이터 표준을 적용 및 확대하기 위한 계획을 수립하여 공식화하였음 ② 기관표준을 포함하여 평가대상 DB의 표준용어, 표준코드, 표준도메인을 정의하였음				
5등급	① 평가대상 DB의 데이터 표준(코드, 용어, 도메인)을 일부 정의하거나 정의하고 있지 않음				

그림 7.23 데이터 표준확산 지표

데이터 연계 체계 정비의 1등급의 정의는 중장기 개선계획에 따른 연계데이터 품질개선 활동을 수행하고 있음이다. 가뭉통합 DB에서는 다양한 데이터 연계체계를 구성하고 있다. 중장기 개선계획에 연계 데이터 품질개선 활동에 대한 내용을 정의할 필요가 있다.

평가지표	7. 연계데이터 연계체계 정비	평가영역	DB 품질관리	배점	5
평가요지	타기관(DB)과의 데이터 공동활용 증진 평가대상 DB의 연계데이터 정의, 연계 품질 점검조치, 효율적인 데이터 연계를 위한 연계협업체 구성 등 DB차원의 활동을 점검				
평가대상	중앙행정기관, 시도, 공기업, 기금관리형 공공기관				
수준	등급별 측정기준				
1등급	① 중장기(3~5개년) 개선계획에 따른 연계데이터 품질개선 활동을 수행하고 있음				
2등급	① 조치 가능한 연계데이터 품질개선 활동을 수행하고 개선 결과의 보고 및 이해관계자와 공유하고 있음 ② 연계데이터 담당자 및 이해관계자가 참여하여 연계데이터 품질 향상을 위한 정기적인 의사소통 활동을 실시하고 있음(연간 2회 이상)				
3등급	① 연계데이터 품질점검(연계 테이블 정합성)을 실시하고 있음(연간 2회 이상) ② 연계데이터 송·수신 이력이나 로그 등을 기록하고 관리하고 있음				
4등급	① 정의된 연계데이터는 '연계구분(송·수신 여부)', '연계주기', '연계항목', '연계데이터 테이블·컬럼 정보' 등을 포함하고 있음				
5등급	① 내·외부 기관(DB) 간 송·수신하는 연계데이터의 목록을 일부 정의하거나 정의하고 있지 않음				

그림 7.24 연계데이터 연계체계 정비 지표

마지막으로 데이터 품질 진단 및 개선관리 영역의 2등급 정의는 조치 가능한 연계 데이터 품질개선 활동을 수행하고 개선 결과의 보고 및 이해관계자와 공유하고 있음이다. 가뭉통합 DB는 '18년부터 꾸준히 업무규칙을 도출·관리하고 있었다. 하지만, 모든 업무규칙에 대해 업무규정·법령·지침을 포함하지 않고 있었다. 이 부분에 대한 보완이 필요해 보인다.

평가지표	8. 데이터 품질 진단 및 개선 관리	평가영역	DB 품질관리	배점	10
평가요지	진단대상 DB의 데이터 품질진단 수행 요건, 품질진단 수행, 오류 데이터 개선을 위한 원인분석 및 조치활동을 점검				
평가대상	중앙행정기관, 시도, 공기업, 기금관리형 공공기관				
수준	등급별 측정기준				
1등급	① 개선계획에 따라 개선활동을 수행하였음 (계획대비 이행률 90% 이상)				
2등급	① 업무규정·법령·지침 등에 위배되는 데이터 검증을 위한 품질진단을 수행하고 있음				
	② 개선계획에 따라 개선활동을 수행하였음 (계획대비 이행률 80% 이상)				
3등급	① 데이터 품질진단에 따른 오류의 원인을 분석하고, 오류 정제를 위한 개선계획(단기, 중장기 개선 구분)을 수립하고 있음				
	② 개선계획에 따라 개선활동을 수행하였음 (계획대비 이행률 70% 이상)				
4등급	① DB 품질진단 수행에 필요한 대상 테이블 및 컬럼을 식별하고 진단대상 전체 컬럼에 대한 진단기준을 정의하였음				
5등급	① DB 품질진단 수행에 필요한 대상 테이블 및 컬럼을 식별하고 진단대상 전체 컬럼에 대한 진단기준을 일부 정의하거나 정의하고 있지 않음				

그림 7.25 데이터 품질 진단 및 개선관리 지표

7.3 성과 및 평가

가뭄정보 분석시스템은 가뭄정보 데이터 연계·공유 체계 확대를 “국가 통합가뭄 DB 체계 기반 마련”과 다양한 니즈를 반영한 “융합 가뭄 콘텐츠 생산”, 최신 행정경계 변경에 따른 통합가뭄 DB 재설계 및 업무 프로세스 반영을 위한 “최신 행정경계 지형정보 구축”으로 기관별 분산된 가뭄관련 데이터의 통합 연계·공유 추진으로 K-water 주도의 국가 통합가뭄 정보 체계 실현에 노력하였으며,

용수 부족 발생 시 필요한 “국가 가뭄대응 정보 총 11종 신규 개방DB 구축 및 개방 체계”를 구축하여 국가·지자체 가뭄대응 체계에 필요한 전국 용수자원 정보 및 신규 가뭄정보 개방을 통해 신규 사업 창출 및 국가 경제 활성화에 기여하였다.

특히, 가뭄에 따라 용수부족 발생 시, 가용한 비상용수 공급체계(시설) 데이터 정보화 및 GIS 기반 정보를 제공하는 “가뭄 119 시스템” 와 가뭄빈도 분석기술 개발 및 보급 확대를 위한 “가뭄빈도 해석을 위한 표준 분석도구 개발 및 제공” 등을 통해 신규 가뭄 가뭄 콘텐츠 발굴 구축 및 안정적 가뭄 정보 운영으로 국가 가뭄정보 포털로서 역할을 수행하였다.

향후 가뭄정보 분석시스템은 지역 중심의 맞춤형 가뭄 대응이 가능하도록 자체단체 역량 강화를 지원할 예정이다. 먼저, “가뭄종합상황판”은 “생공·기상” 중심에서 “생공·농업·기상” 통합 가뭄 의사결정 지원체계를 마련하여 지역별 기상·가뭄현황 및 전망 등에 대한 종합적인 정보를 제공하여 지자체의 가뭄 조기대응을 지원할 예정이며 “비상급수현황조사시스템”은 지자체 가뭄대책 추진현황 조사 기능, 통계조회(지도·그래프) 기능을 신규 제공하여 가뭄으로 인한 물 부족 지역의 제한·운반급수 현황에 대한 상시모니터링 및 피해정보의 체계적 관리를 지원할 예정이다. 또한, 가뭄 발생 시 긴급대응 지원을 위해, 가용한 자원(물차·병물·지하수·소방설비 등)에 대한 정보(위치, 연락처 등) 제공하는 “가뭄 119 시스템”은 ‘21년 시범 제공을 하고 ‘22년부터 지자체 배포·本格운영을 할 계획이다.

제8장 가뭄 정보·교육 서비스



제8장 가뭄 정보·교육 서비스

최근 국지적으로 가뭄이 심화됨에 따라, 지역 여건을 고려한 가뭄 대응체계 구축이 필요하다. 하지만, 지자체는 가뭄에 대한 인력 및 예산 부족 등으로 가뭄대응을 위한 정보와 기술력이 부족한 실정이다. 이를 위해 K-water 국가가뭄정보분석센터에서는 가뭄관리 경험과 기술력을 활용하여, 지역에서 가뭄을 사전에 인지하고 신속히 대응할 수 있도록 지자체 가뭄대응 의사결정 지원 패키지(가뭄종합상황판, 비상급수현황 조사 시스템, 가뭄 119, 수요자 맞춤 ‘단비’ 가뭄지원 서비스)를 운영·지원하고 있다.

전국 지자체(162개 시·군별)의 선제적 가뭄감시를 위해 맞춤형 가뭄정보 서비스와 실시간 물 부족 상황 감시 등에 대한 가뭄종합상황판과 비상급수현황 조사시스템을 '19년부터 제공하고 있으며, 금년도에는 가뭄 시 신속한 가뭄대응 지원을 위해 비상용수정보 제공 “가뭄 119” 시스템을 구축·서비스('21년~)할 계획이다. 또한, 수요자가 필요로 하는 맞춤형 가뭄지원 서비스를 확대하고자, 국가가뭄정보포털과 연계하여 가뭄대책 수립부터, 교육, 자료 분석·제공 등 폭넓은 서비스를 제공하고 있다.

아울러, 미래 극한가뭄에 대비하고자, 전 국민이 자발적으로 물 절약에 동참할 수 있도록 가뭄관련 교육·체험 서비스를 제공하고 있다. 이를 위해, 국내 최초의 가뭄 전문교육 시설인 “가뭄교육체험장”을 구축·운영('19.5) 중이며, 가뭄과 관련된 다양한 교육 서비스를 지속 확대해 나갈 계획이다.

8.1 지자체 가뭄 의사결정 지원체계

8.1.1 가뭄종합상황판

1) 개요

가뭄 시 지자체 공무원은 가뭄 정보 접근이 제한적이고 사전에 인지가 어려워 가뭄과 관련된 신속한 의사결정 및 대응에 많은 어려움과 불편함을 겪어왔다. 또한, 지역 중심의 가뭄대책 수립 시 전문가 혹은 중앙 공무원과 원활한 상호 정보를 확인하고 공유할 수 있는 표준화된 틀이 없어 가뭄을 평가하고 분석하는데 적지 않은 혼선이 발생해 왔다.

가뭄센터에서는 이러한 지자체의 어려움을 해소하고 지역중심의 가뭄정책 수립 시 객관적인 분석과 의사결정이 가능하도록 가뭄종합상황판을 구축('18년) 및 시범운영('19년)하고 '20년에는 본격적인 운영을 진행하였다.

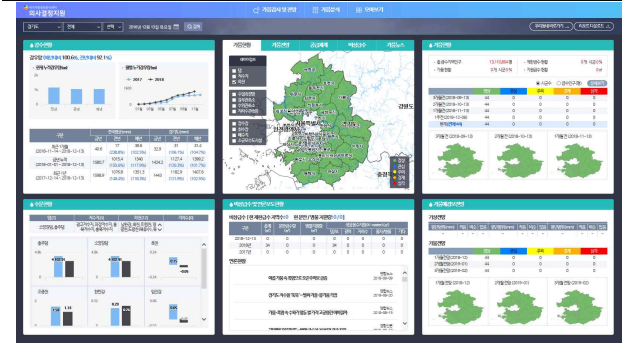
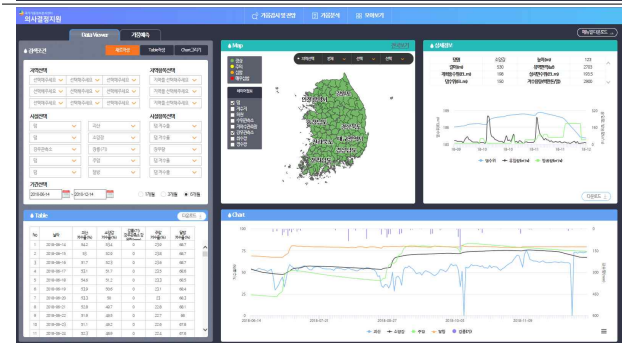

2) '20 주요 추진내용

'20년에 운영된 가뭄종합상황판은 생활 및 공업용수를 기준으로 정보를 제공하고

있으며 시도, 시군구, 환경부 가품 및 방재 담당자가 국가가품정보포털 (www.drought.go.kr) 접속 후 지자체별로 부여된 고유 아이디 접속만으로 별도의 설치없이 웹환경에서 활용할 수 있도록 편의성을 제공하고 있다.

아래 표와 같이 크게 가품감시 및 전망, 가품분석, 모아보기 기능을 제공하였으며 지자체 별로 맞춤형으로 의사결정에 필요한 정보를 GIS map 기능과 연계해서 제공하였다. 또한, 검색한 정보를 엑셀로 다운로드 할 수 있는 기능을 부여해 실무에 손쉽게 활용할 수 있도록 제공하였다.

표 8.1 '20년 가품종합상황관 주요기능

화면	주요기능
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가품감시 및 전망 <ul style="list-style-type: none"> - GIS Map, 강수, 수문, 가품 현황·전망, 비상급수 및 언론보도 현황 등 ☞ 손쉬운 가품모니터링 및 분석 지원
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가품분석 <ul style="list-style-type: none"> - Data Viewer : 검색조건에 따른 표와 차트를 제공하고 다운로드 기능 지원) ☞ 대응전략 수립을 위한 정보제공
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 모아보기 <ul style="list-style-type: none"> - 기능별 모아보기, 지역기준 모아보기 ☞ 자주 활용하는 기능을 저장해서 편리하게 활용할 수 있도록 제공

'20년 총 접속자수('20. 1. 1 ~ '20. 12. 15)는 총 5,960명으로 하루에 평균 15명 이상이 상황관을 활용한 것으로 나타났다. 이는 '19년 2,445명과 비교 시 두배정도 높아진 숫자로 지속적으로 활용도가 높아질 전망이다.

3) 향후계획

'20년에 운영된 가뭄종합상황판은 기상정보와 생활 및 공업용수와 관련된 가뭄정보 위주로 정보를 제공해왔다. 하지만 농업과 환경과 관련된 정보를 제공하지 못해 이에 대한 필요성이 지속적으로 제시되어 왔다.

'21년에는 보다 실용적인 가뭄의사결정과 활용을 위해서 가뭄 시 '농업'과 관련된 정보를 추가적으로 구성하고 이에 따라 보다 활용하기 편한 형태로 가뭄종합상황판을 리뉴얼할 예정이다.

아래 그림은 변경되는 메인화면으로 '기상' '생공' '농업'을 각각 하나의 세부페이지로 구성하여 보다 직관적이고 편리한 사용성을 부여할 예정이다.



그림 8.1 '21년 가뭄종합상황판 메인화면(예시)

8.1.2 비상급수(제한/운반급수) 현황조사 시스템

1) 시스템 개요

비상급수현황 조사시스템은 가뭄정보 포털(drought.go.kr)내에 구축하였으며, <비상급수현황 조사>와 <비상급수 현황통계>의 메뉴로 구성하였다.

<비상급수현황 조사> 메뉴는 지자체 담당자(수도사업소, 읍면동 등)가 가뭄 지역의 제한 및 운반급수 현황을 직접 입력하고 조회 및 수정 할 수 있는 기능을 구현하였으며, <비상급수 현황통계> 메뉴는 비상급수 발생현황 입력자료를 데이터베이스화 하여 전국·지역별 통계자료, 비상급수지역 Map 등의 정보를 제공함으로써 비상급수 발생현황의 실시간 모니터링 등에 활용될 수 있도록 하였다.

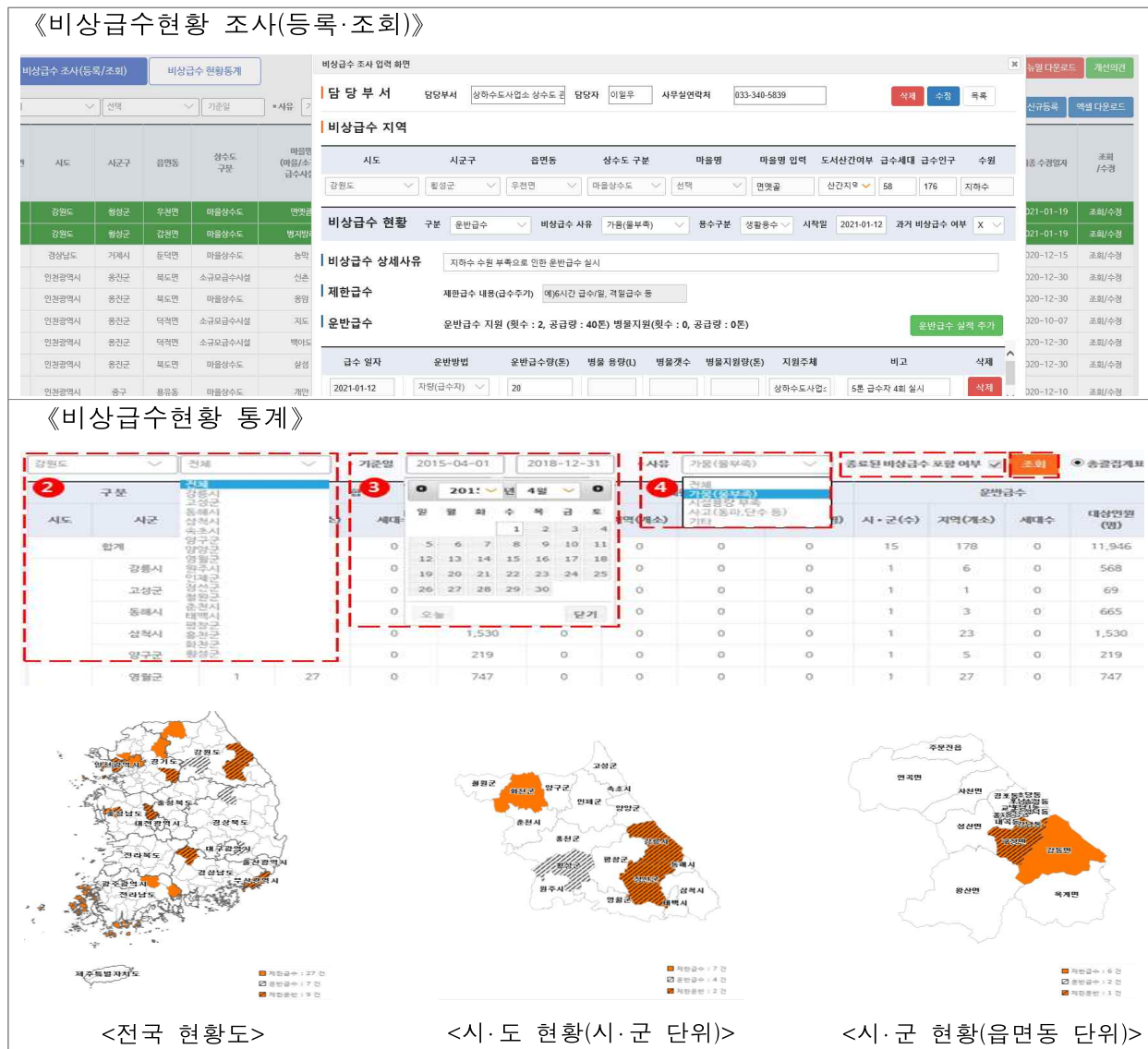


그림 8.2 비상급수현황 조사시스템

2) 2020년 비상급수 운영 현황('20.1~12월)

운영('20.1.1 ~ 12.31)기간 동안 지자체 담당자는 시스템에 총 6,125건(일평균 17건) 접속하였으며, 총 15개 지자체(시·군)에서 100건(지역)의 비상급수 현황 등록 및 관리를 하였다. 그 중 물부족(가뭄)으로 인해 발생한 경우는 10개 지자체에서 51건이었다. 피해 건수는 총 51건 중 전라남도에서 26건, 인천광역시에서 11건, 충청북도에서 7건 순으로 등록되었다. 피해 인원은 총 6,758명 중 인천광역시 3,149명(47%), 강원도 1,584명(24%), 전라남도 1,510명(22%)순으로 등록되었다.

표 8.1 비상급수 발생현황('20.1~12월)

구 분	합 계				제한급수				운반급수				제한+ 운반급수			
	시군	지역	발생	인원	시군	지역	발생	인원	시군	지역	발생	인원	시군	지역	발생	인원
시도	(수)	(개소)	건수	(명)	(수)	(개소)	건수	(명)	(수)	(개소)	건수	(명)	(수)	(개소)	건수	(명)
합 계	10	49	51	6,758	1	1	1	76	8	41	43	3,562	4	7	7	3,120
인천광역시	2	11	11	3,149	-	-	-	-	1	6	6	813	2	5	5	2,336
강원도	4	6	6	1,584	-	-	-	-	3	5	5	1,536	1	1	1	48
충청북도	1	6	7	425	-	-	-	-	1	6	7	425	-	-	-	-
전라남도	2	25	26	1,510	1	1	1	76	2	23	24	698	1	1	1	736
경상남도	1	1	1	90	-	-	-	-	1	1	1	90	-	-	-	-

* 물부족(가뭄)으로 인해 발생한 경우

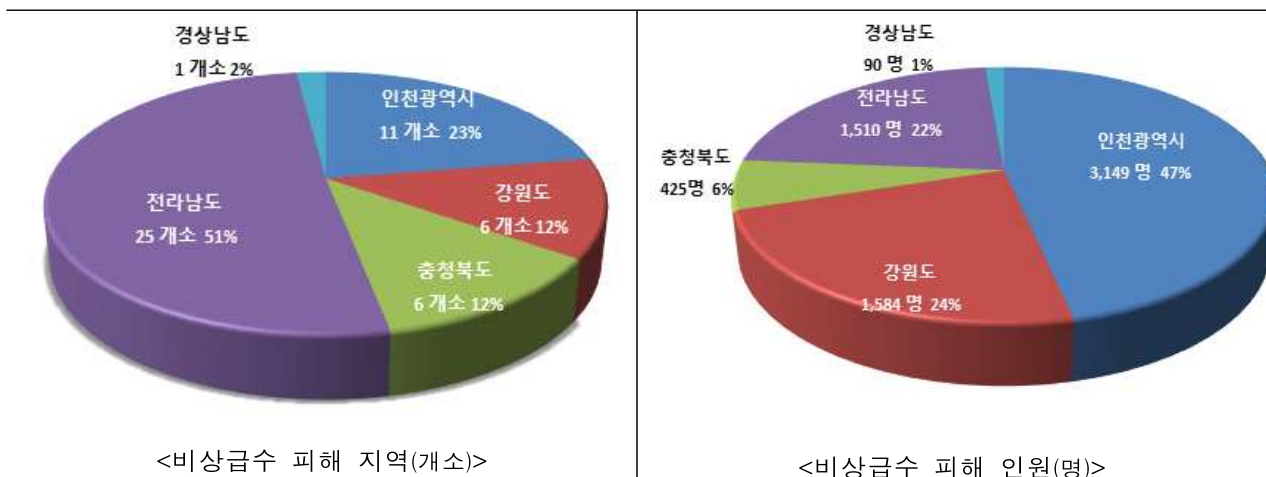


그림 8.3 2020년 비상급수 발생현황 차트

수도보급 기준으로 나누어보면, 상수도보급지역에서 비상급수 2건이 발생하였고 피해인원은 812명이었다. 전라남도 여수시(화정면, 개도수원지)에서 제한+운반 급수를 실시하였고, 전라남도 진도군(조도면, 해수담수화)에서 제한급수를 실시하였다. 미보급 지역에서는 49건이 발생하였고, 피해 인원은 5,946명이었다.

표 8.2 2020년 비상급수 발생현황(수도보급 기준)

구 분	합 계				제 한급수				운 반급수				제 한 + 운 반급수			
	시군	지역	발생	인원	시군	지역	발생	인원	시군	지역	발생	인원	시군	지역	발생	인원
시도	(수)	(개소)	건수	(명)	(수)	(개소)	건수	(명)	(수)	(개소)	건수	(명)	(수)	(개소)	건수	(명)
합 계	10	49	51	6,758	1	1	1	76	8	41	43	3,562	4	7	7	3,120
상 수 도 보급지역	2	2	2	812	1	1	1	76	-	-	-	-	1	1	1	736
전 라 남 도	2	2	2	812	1	1	1	76	-	-	-	-	1	1	1	736
미보급지역	10	47	49	5,946	-	-	-	-	8	41	43	3,562	3	6	6	2,384
인천광역시	2	11	11	3,149	-	-	-	-	1	6	6	813	2	5	5	2,336
강 원 도	4	6	6	1,584	-	-	-	-	3	5	5	1,536	1	1	1	48
충 청 북 도	1	6	7	425	-	-	-	-	1	6	7	425	-	-	-	-
전 라 남 도	2	23	24	698	-	-	-	-	2	23	24	698	-	-	-	-
경 상 남 도	1	1	1	90	-	-	-	-	1	1	1	90	-	-	-	-

* 합계의 시군(수)는 중복 제외

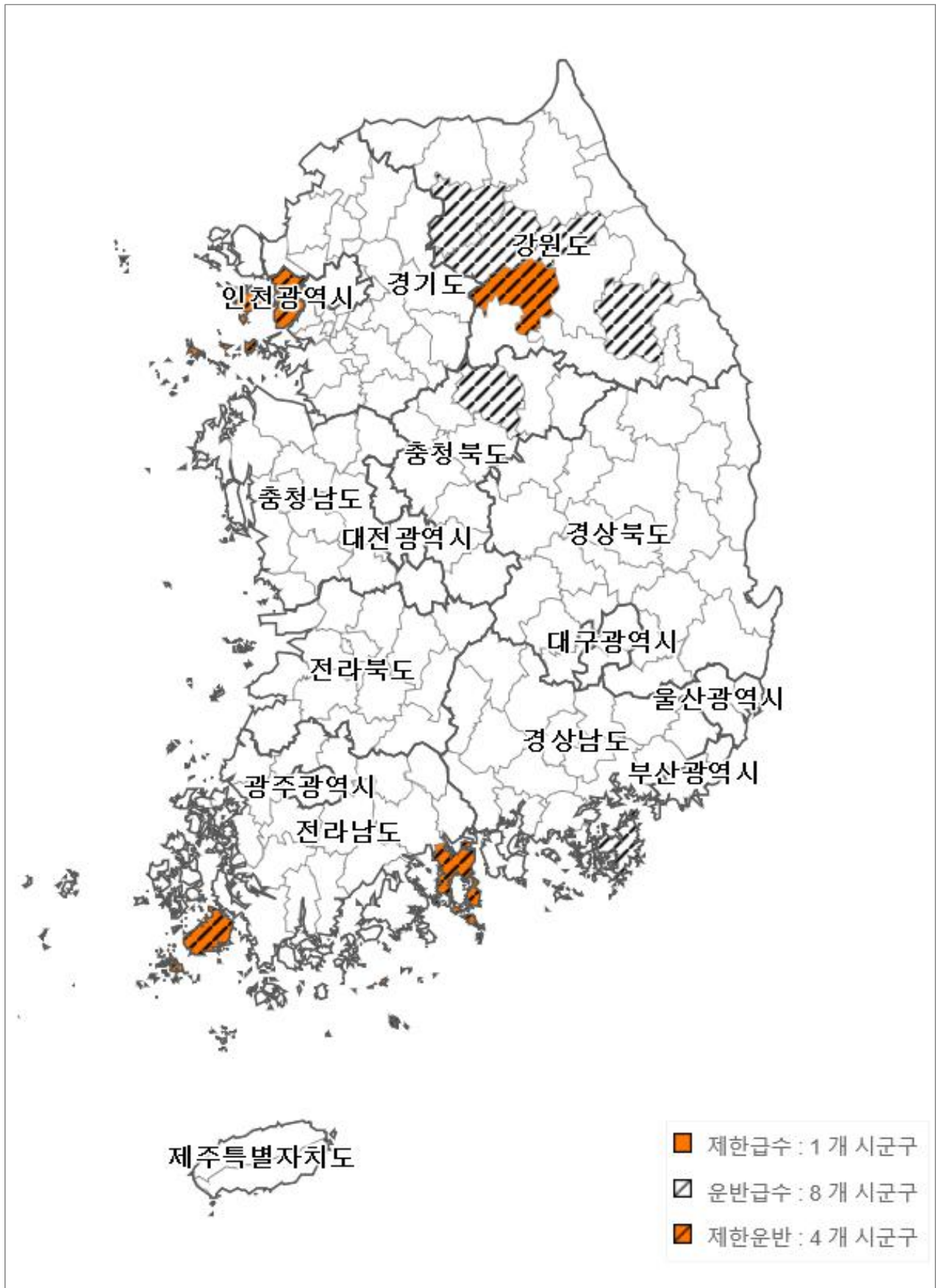


그림 8.4 2020년 비상급수 발생현황 지도

시기별 비상급수 발생현황을 살펴보면, 1~5월까지 전국적으로 강수량 부족으로 인해 비상급수 피해인구가 3,700명 이상이었으나, 6~8월 중 발생한 강수로 인해 비상급수 피해인원이 6~10월 사이 소폭 감소하였다.

표 8.3 월별 비상급수 피해인구

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
합계	3,781	3,880	4,806	4,729	4,477	3,368	3,442	3,163	3,074	3,089	3,635	3,626
제한	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
운반	633	732	2,394	2,269	2,017	908	982	751	662	677	1,223	1,214
제한+운반	3,072	3,072	2,336	2,384	2,384	2,384	2,384	2,336	2,336	2,336	2,336	2,336

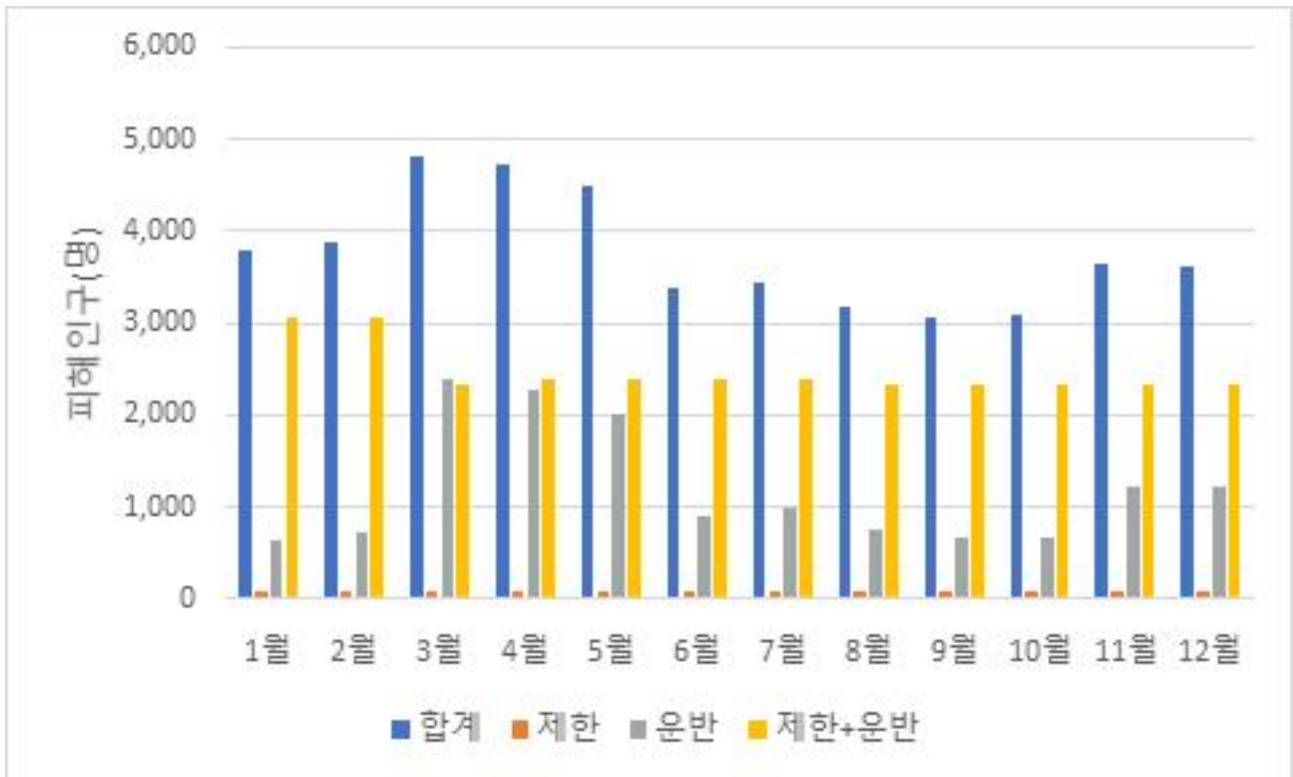


그림 8.5 월별 비상급수 피해인구

아래 그림은 '20년 1월부터 12월까지 월별로 물부족(가뭄)으로 인해 발생한 비상급수 현황을 보여주는 지도이다.

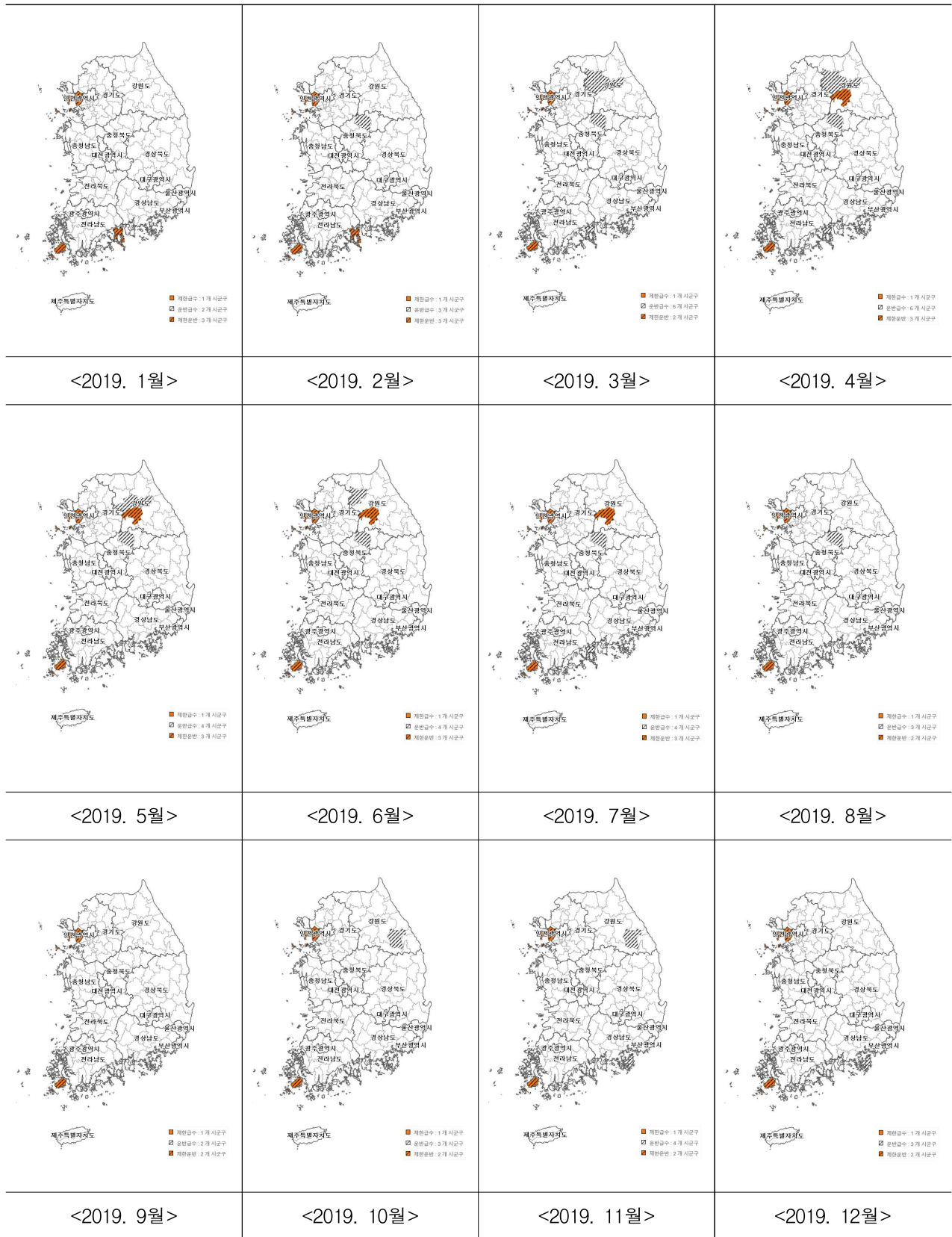


그림 8.6 2020년 월간 비상급수(가뭄) 현황 지도

아래 표는 2020년 가뭄으로 인해 발생한 비상급수 세부 현황이다.

표 8.4 2020년 비상급수 세부현황

시 도	시 군	읍면동	상수도 구분	시설명/ 마을명	세대 수	대상 인원 (명)	비상 급수 유형	비상급수현황						
								시작일	종료일	제한 급수	운반급수(누계)			
											운반급수		병물지원	
											횃 수	ton	횃 수	ton
합계	10	19	-	49	3147	6758	-	-	-	-	309	49,864	40	288.3
인천광역시	2	4	-	11	1971	3149	-	-	-	-	20	43,500	30	261.9
	옹진군	덕적면	소규모급수시설	백아도	34	54	운반급수	2020-01-21	-	-	0	0	6	20.9
			소규모급수시설	지도	18	29	운반급수	2020-02-13	-	-	0	0	4	13.8
		북도면	소규모급수시설	신촌	57	117	운반급수	2020-11-17	-	-	0	0	1	12.1
			마을상수도	살섬	120	150	운반급수	2020-01-10	-	-	0	0	5	60.5
			소규모급수시설	뛰엄	69	118	운반급수	2019-03-26	-	-	0	0	5	60.5
			마을상수도	옹암	174	345	운반급수	2020-11-11	-	-	0	0	1	12.1
	연평면	마을상수도	서남부리	554	870	제한운반	2019-01-28	-	2시간 급수/일	0	0	2	13.5	
		마을상수도	새마을리	261	427	제한운반	2019-01-28	-	2시간 급수/일	0	0	3	37.7	
		마을상수도	동부리	494	750	제한운반	2019-01-28	-	2시간 급수/일	0	0	2	13.5	
	중구	용유동	마을상수도	개안	107	139	제한운반	2019-05-01	-	급수가능시 까지 급수	10	30,750	1	17.3
			마을상수도	삼꾸미	83	150	제한운반	2019-05-01	-	급수가능시 까지 급수	10	12,750	0	0
	강원도	4	4	-	6	103	1584	-	-	-	-	32	769	0
정선군		회암면	소규모급수시설	장승배기	7	15	운반급수	2020-10-27	2020-10-27	-	1	3	0	0
			소규모급수시설	수류골	5	9	운반급수	2020-11-15	2020-11-16	-	2	6	0	0
춘천시		서면	마을상수도	홍보부락	60	191	운반급수	2020-06-22	2020-06-22	-	1	10	0	0
			소규모급수시설	탑골	7	21	운반급수	2020-03-20	2020-04-09	-	1	10	0	0
홍천군		동면	기타	동면 금계로25 43	1	1300	운반급수	2020-03-31	2020-05-31	-	1	480	0	0
횡성군		갑천면	소규모급수시설	다락골	23	48	제한운반	2020-04-27	2020-07-22	주말 야간 제한급수	26	260	0	0
충청북도	1	4	-	6	169	425	-	-	-	-	94	705	0	0
	충주시	교현 안림동	소규모급수시설	요각골	36	85	운반급수	2020-03-19	2020-03-20	-	2	40	0	0
			소규모급수시설	광산골	23	55	운반급수	2020-02-10	2020-07-31	-	57	388	0	0
		소태면	소규모급수시설	은대	31	89	운반급수	2020-04-14	2020-04-14	-	1	15	0	0
			소규모급수시설	은대	31	89	운반급수	2020-07-10	2020-08-07	-	7	47	0	0
		양성면	마을상수도	동막	35	80	운반급수	2020-03-26	2020-04-17	-	6	75	0	0
			소규모급수시설	산막	5	12	운반급수	2020-04-28	2020-04-28	-	1	5	0	0
		엄정면	소규모급수시설	상주	8	15	운반급수	2020-02-11	2020-04-24	-	20	135	0	0

시 도	시 군	읍면동	상수도 구분	시설명/ 마을명	세대 수	대상 인원 (명)	비상 급수 유형	비상급수현황								
								시작일	종료일	제한 급수	운반급수(누계)					
											운반급수		병물지원			
											횃 수	ton	횃 수	ton		
전 라 남 도	여 수 시	6	-	25	864	1510	-	-	-	-	163	4,890	8	19		
		삼산면	마을상수도	평도	24	35	운반급수	2020-04-22	2020-04-22	-	0	0	1	1		
		율촌면	마을상수도	송도	72	176	운반급수	2020-07-21	2020-07-21	-	0	0	1	24		
			마을상수도	송도	72	176	운반급수	2020-03-30	2020-03-30	-	0	0	1	24		
	화정면	상수도보급지역	개도리	436	736	제한운반	2020-01-15	2020-02-25	14시간 급수/일	0	0	5	13.2			
	진 도 군	조도면	기타	독거혈도	8	6	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	2	60	0	0		
			기타	탄항도	3	3	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	1	30	0	0		
			기타	독거도	21	48	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	12	360	0	0		
			기타	상하죽도	9	20	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	10	300	0	0		
			기타	슬도	13	19	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	12	360	0	0		
			기타	갈목도	6	4	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	5	150	0	0		
			기타	모도	7	12	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	14	420	0	0		
			기타	진목도	15	18	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	8	240	0	0		
			기타	곽도	12	16	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	6	180	0	0		
			기타	죽도	21	18	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	12	360	0	0		
			기타	소성남도	3	6	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	10	300	0	0		
			기타	장도	5	11	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	5	150	0	0		
			기타	눌옥도	12	20	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	12	360	0	0		
			기타	가시혈도	9	17	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	12	360	0	0		
			기타	송도	1	2	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	3	90	0	0		
			기타	광대도	3	8	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	9	270	0	0		
			기타	내병도	14	27	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	8	240	0	0		
			기타	외병도	17	19	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	12	360	0	0		
			기타	주지도	2	3	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	0	0	0	0		
			상수도보급지역	관사도	51	76	제한급수	2009-05-01	-	2시간 급수/일	0	0	0	0		
			지산면	기타	안치	1	2	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	3	90	0	0	
			진도읍	기타	저도	27	32	운반급수	2009-05-01	-	1회 30톤	7	210	0	0	
			경 상 남 도	1	1	-	1	40	90	-	-	-	-	0	0	2
거 제 시				둔덕면	마을상수도	농막	40	90	운반급수	2020-11-18	-	-	0	0	2	7.4

8.1.3 가뭄대응 긴급지원(Drought 119) 시스템 구축

1) 시스템 구축배경

가뭄 및 물 부족 발생 시, 신속한 가뭄대응을 위해서는 인근 지역의 가용 비상용수에 대한 빠른 정보 파악이 중요하다. 하지만, 지자체는 인력·예산 부족 등으로 가뭄 및 인근 비상용수 공급자원에 대한 정보가 부족하여, 신속한 가뭄대응에 어려움을 겪고 있다. 현재, 지자체별로 “가뭄대응 현장조치 매뉴얼”을 통해 지역 내 비상용수에 대한 정보를 관리하고는 있으나, 일부 지자체에서는 최신화 등 자료관리가 미흡한 실정이다.

이를 위해, K-water 국가가뭄정보분석센터에서는 가뭄 시 긴급대응을 지원하기 위해 전국 비상용수(수원·물차·소방차·병물·지하수 등)에 대한 전수조사를 시행하여, 사용자 위치기반(GIS)의 “가뭄 119” 시스템을 구축, '21년부터 시범 서비스를 시행할 계획이다.

1) 구축현황

“가뭄 119”은 국가가뭄정보포털(drought.go.kr)을 통해 제공 중이다. 접속 시 사용자 위치를 자동으로 파악하여 인근지역의 비상용수 정보를 거리순으로 제공한다. 이를 통해, 가뭄 및 물 부족 발생 시 인근 지역의 가용할 수 있는 모든 비상용수(수원, 물차, 병물, 지하수 등) 정보를 한눈에 파악할 수 있으며, 제공된 정보(시설현황, 비상연락망 등)를 토대로 신속한 가뭄대응을 할 수 있도록 지원하고자 한다.

◦ 가뭄119

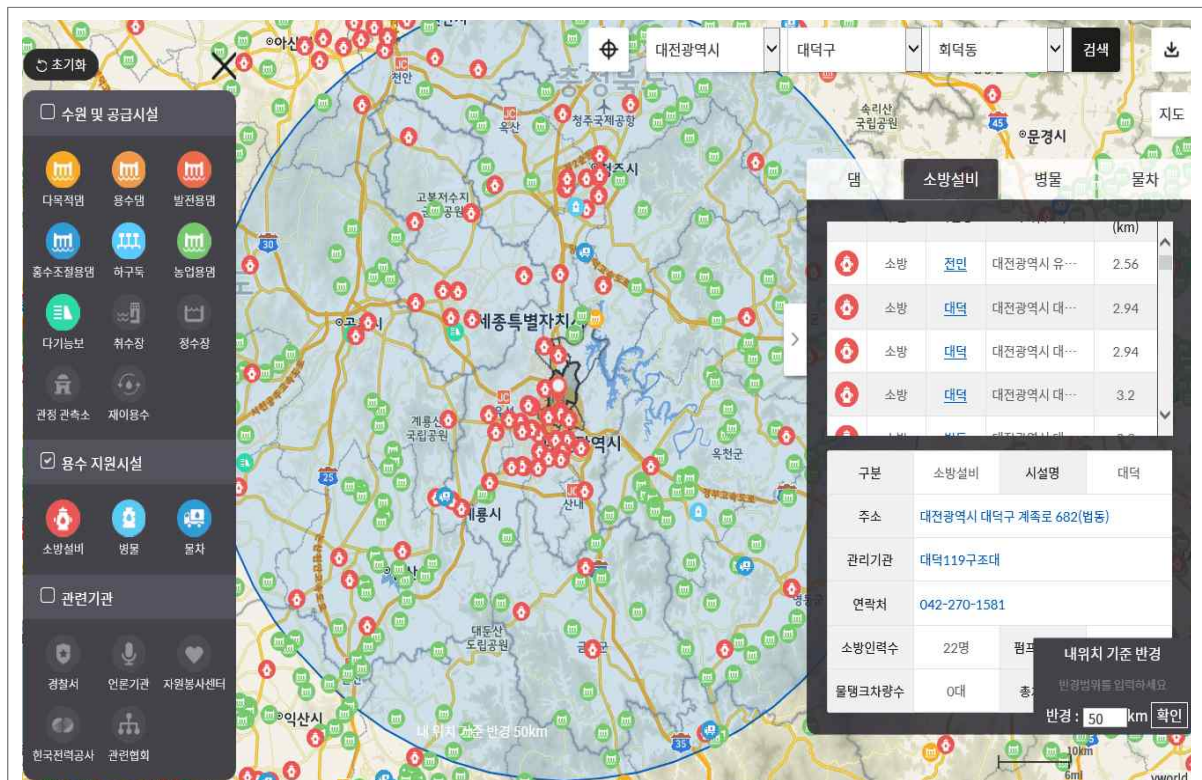
가뭄 및 물 부족 발생 시, 활용할 수 있는 모든 비상용수(수원, 물차, 지하수 등) 정보를 제공합니다. 이를 통해, 인근지역의 비상용수 정보를 한 눈에 파악하고, 신속한 가뭄대응을 할 수 있도록 지원합니다.

[가뭄119 바로가기 >](#)



그림 8.7 가뭄 119 메인화면

아래 그림은 국가가뭄정보포털에 제공 중인 “가뭄 119” 시스템 화면이다. 사용자 위치기반을 토대로 지도와 탭을 통해 비상용수 정보를 제공하고 있으며, 오른쪽 탭은 반경 50Km 범위 내 상세 시설정보를 제공한다. 또한, 반경에 대한 설정도 사용자가 임의로 변경할 수 있기 때문에 원하는 스케일의 정보를 확인할 수 있다. 또한, 지도 위의 시설 아이콘을 클릭 시에도 시설에 대한 자세한 정보를 확인할 수 있다. 이를 통해, 정부·지자체·국민은 가뭄 시 인근 지역의 비상용수 정보를 한눈에 파악하고, 신속한 가뭄대응을 시행할 수 있을 것이다. 국가가뭄정보분석센터에서는 내년도 시범운영을 통해 시스템을 지속 고도화해 나갈 계획이다.



활용대상	정부, 지자체, 국민 등
제공정보	비상용수(수원, 물차, 병물, 지하수 등) 시설정보 및 연락처 제공
주요기능	가뭄 시 활용할 수 있는 모든 가용 비상용수 정보를 GIS 기반으로 구축, 한 곳에서 조회·연락·대응할 수 있도록 정보 서비스 제공

그림 8.8 가뭄 119 구축화면

8.2 수요자 중심의 맞춤형 가뭄지원 ‘단비’ 서비스

지역 맞춤형 가뭄대책 수립을 지원하기 위하여, 국가가뭄분석센터는 ‘18년 ‘단비’ 가뭄지원 서비스를 제도화하고 속초시를 대상으로 시범운영하였다. ‘19년에는 환경부와 협업체계를 구축하여 전국 162개 지자체를 대상으로 지역별 가뭄상황 및 대응현황을 전수 조사하였고, 최종적으로 1월부터 7월까지 약 7개월간 가뭄 예·경보 ‘관심’ 단계가 발령되고 지역에서도 가뭄대책 지원을 요청한 포항시를 단비서비스 대상지역으로 선정하였다. 속초시와 포항시는 상수도 현대화사업에 선정되어 각각 ‘19년 및 ‘20년에 착수하여 지역의 가뭄문제 해소에 실질적으로 기여할 수 있게 되었다.



그림 8.9 ‘단비’ 가뭄대책 수립 지원 서비스 체계도

그러나, 가뭄피해 경험이 없는 지자체는 단비서비스에 대한 관심도가 매우 낮았고, 예산 등 후속적 지원이 담보되지 않아서, 다수의 지자체는 참여의지가 없었다. 또한, 특정 지자체가 선정·지원에 따른 타 지자체와의 형평성 문제 등이 발생하게 되고, 가뭄상황 발생시 신속한 가뭄대응의 지원기능이 미흡한 한계점을 갖고 있어, 단비서비스의 패러다임 전환 방안을 검토하게 되었다.

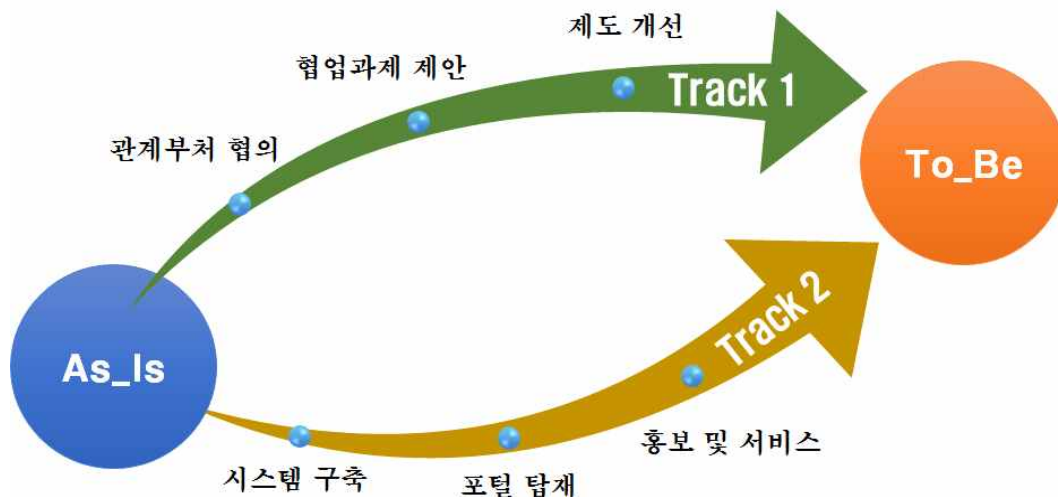
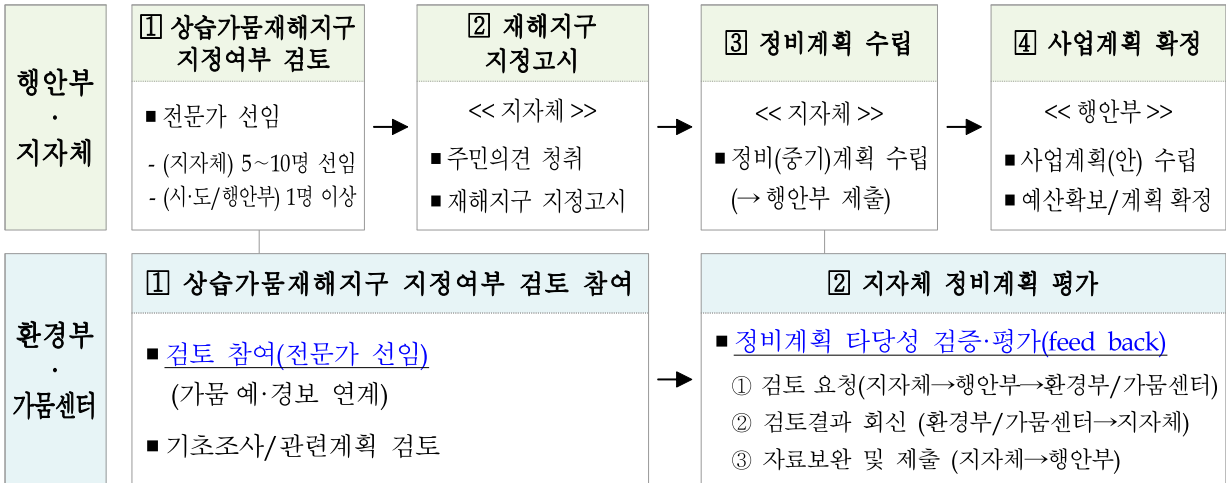


그림 8.10 ‘단비’ 가뭄대책 수립 지원 서비스 체계도

단비서비스는 2가지 방향으로 개선을 검토하였고, 첫번째는 행안부에서 '19년부터 시행중인 '상습가뭄재해지구 지정사업'과 연계하여, '단비서비스'를 통해 국가 지원사업에 참여할 수 있도록 하여 지역 가뭄대책 수립의 추진력을 확보하려 하였다. 관계부처(행안부) 협의 및 정부간 협업과제 제안(환경부→행안부) 등 적극적으로 노력하고 있으나, 협상은 장기화될 전망이므로 지속적으로 추진해야 될 상황이다.

표 8.5 행안부·지자체 및 환경부·가뭄센터의 협업 추진 계획



두번째는 지자체 및 국민 등 수요자 중심으로 단비서비스를 개편하는 방향이다. 당초 지역 맞춤형 가뭄대책 수립 기능의 단비서비스를 '20년 5월부로 수요자 맞춤형 가뭄지원 서비스로 개편함으로써, 가뭄지원 서비스 범위를 대폭 확장하게 되었다. 가뭄관련 기초자료 제공, 강의 등 교육지원, 가뭄발생 지역에 대한 병물·물차 지원, 그 외 가뭄관련 궁금증 해결 등 수요자가 원하는 가뭄관련 요청사항을 모두 접수하여 직접 해결 또는 해결방안을 안내하는 서비스로 확장하였다. 또한, 수요자의 편의성 제공을 위해 국가가뭄정보포털(drought.go.kr) 내에 단비서비스 게시판을 신설하고, Quick Menu 제공, 요청자의 익명을 보장하는 등 다양한 노력을 기울였다. 특히 올해에는 전국적인 역대급 홍수 이슈로 가뭄에 대한 국민들의 관심도가 매우 적어질 것이 우려되었으나, 서비스를 개편 및 포털내 오픈한 '20년 5월 이후로, 총 27건(20.12.02 기준)의 단비서비스 요청을 접수하였으며, 23건을 완료하였다.

단비서비스 요청 현황을 살펴보면, 대부분 과거 가뭄피해현황 등 자료요청 건이 많았으며, 가뭄관련 외부강의 요청도 2건이 있었다. 단비서비스 요청자들은 정부 및 지자체 등 각 기관 가뭄업무 담당자, 연구목적의 대학교 및 대학원 과정의 학계, 연구원 등 다양하게 분포하였다. 올해는 역대급 수문방류 등 홍수가 크게 이슈됨에도 불구하고, 가뭄에 대한 서비스 수요가 꾸준히 발생하였다. 향후 가뭄상황이 이슈될 경우에 단비서비스는 크게 활성화되고 실효성 있는 서비스로 국민들에게 각인될 것으로 기대한다.



그림 8.11 국가가뭄정보포털 내 단비서비스 구축 화면

표 8.6 2020년 단비서비스 운영현황

구분	작성일	요청내용	처리현황
1	20.06.08	가뭄행동매뉴얼 작성관련, 과거 가뭄피해자료(18-19년)	완료
2	20.06.10	(7.30) 한림대 기후변화과학 외국인 석사과정 현장 강의	완료
3	20.06.10	2020년 경상북도 가뭄종합대책 수립관련 기초자료	완료
4	20.06.23	가뭄예측 데이터, 과학관 체험프로그램 개발	접수중
5	20.06.24	생공용수에 대한 가뭄분석 내용 및 SPI3 30년치 자료	완료
6	20.07.03	2017년 광주시 취수장 운영정보 자료 요청	완료
7	20.07.10	연구목적 과거 가뭄피해자료(09~18) 요청	완료
8	20.07.13	가뭄포털내 홍보동영상 파일요청	완료
9	20.07.14	연구목적 과거 가뭄피해자료(09~18) 요청	완료
10	20.07.30	국민행동요령 삼화요청	완료
11	20.08.27	가뭄극복 백서 및 경북지역 비상급수 실적	완료
12	20.09.02	과거 가뭄피해자료(09~18)	완료
13	20.09.02	과거 가뭄피해자료(09~18) 중 제한급수 자료 요청	완료
14	20.09.08	제한급수 피해인구 자료 및 최장 무강수 기간 자료(09~)	접수중
15	20.09.14	가뭄피해정보관리 데이터 엑셀 파일 요청	완료
16	20.09.15	도서지역 가뭄자료 “용수공급지역, 가뭄지수(13~19) 등”	완료
17	20.09.23	포털-빅데이터 내 뉴스 건수 표출시 활용되는 키워드	완료
18	20.09.23	연구목적 가뭄대응, 대책 가이드 및 가뭄극복사례 자료	접수중
19	20.09.25	전북시군에서 운영중인 급수시설 현황 정보	완료
20	20.10.04	가뭄 예경보 발령	완료
21	20.10.05	국가민방위 재난안전교육원 강의	완료
22	20.10.26	최근 3년간 가뭄 예경보 중 경계심각이 발령된 지역	완료
23	20.11.02	가뭄 취약성 평가기법 개발 관련 문의	완료
24	20.11.03	최근 3년간 가뭄 예경보 중 경계 심각이 발령된 경남지역 현황	접수중
25	20.11.06	기계 학습을 위한 원천 데이터 요청	완료
26	20.11.24	2015 ~ 2019 가뭄피해현황 자료 요청	완료
27	20.12.01	가뭄자료요청	접수중

8.3 가뭄교육체험장 운영

8.3.1 가뭄교육체험장 구축배경

최근 가뭄 피해가 심화되고 있음에도 불구하고, 국민 대부분이 수도꼭지만 틀면 물이 나오기 때문에 가뭄의 심각성을 인지하지 못하는 실정이다. 실제로, 2000년 이후 1명이 하루에 사용하는 물 사용량은 오히려 증가하고 있으며, 가뭄이 심화된 기간에도 물 사용량은 줄어들지 않았다.



그림 8.12 연도별 인구 및 물 사용량 변화 [출처 : 상수도통계]

실제로 우리나라의 수도요금은 다른 선진국에 비해 저렴한 편이며, 국내 전기 및 가스요금 등과 비교 시에도 가계소득 중 차지하는 비율이 낮다. 이러한 이유로 심각한 가뭄 상황에도 국민의 물 사용량에는 큰 변화가 없으며, 물 절약의 필요성 역시 공감하지 못하는 실정이다.

표 8.7 GDP대비 가계소득에서 수도요금이 차지하는 비율 [출처 : 2020 물과미래]

구분	한국	일본	호주	스웨덴	영국	프랑스	덴마크	콜란드
비율(%)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.2

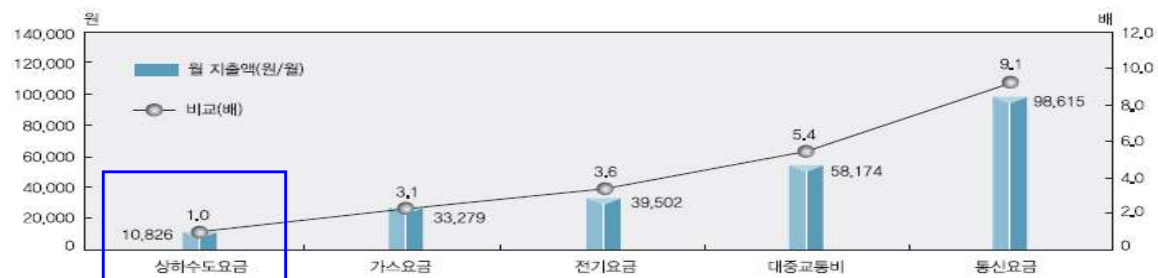


그림 8.13 다른 공공요금과의 지출액 비교 [출처 : 2020 물과미래]

이를 위해, K-water 국가가뭄정보분석센터에서는 국민들이 자발적으로 참여하는 수요관리 정책 추진을 위해, “가뭄교육체험장”을 구축·운영 중이며, 가뭄과 관련된 다양한 교육·체험 서비스를 제공하고 있다.

8.3.2 가뭄교육체험장 개요

국가가뭄정보분석센터는 국내 최초의 가뭄 전문 교육시설인 “가뭄교육체험장”을 K-water 본사 세종관 內 구축·운영(’19.6~) 중이다. “가뭄교육체험장”은 대국민 가뭄 교육을 위해 총 6개 Section으로 구성되어 있으며, 가뭄의 발생에서부터, 예방, 대응까지의 전 과정 교육을 제공한다. 국내외 가뭄 심각성, 가뭄의 정의, 국내 가뭄대응 현황, 생활 속 물 절약 방법, 물 부족 지역의 가뭄 체험 등을 터치스크린과 사물 인식 센서 등을 통해 알기 쉽고 흥미롭게 제공하고 있다.

위 치	한국수자원공사 본사(대전 신탄진로 200) 세종관 4F
운영시간	평일(월~금) 9:30 ~ 18:00 (교육은 20~30분 소요)
교육대상	일반인(학생·교사), 공무원, 물(가뭄) 관련 전문가 등
교육내용	가뭄의 이해, 가뭄대응, 물절약 방법, 물 부족지역의 가뭄체험 등

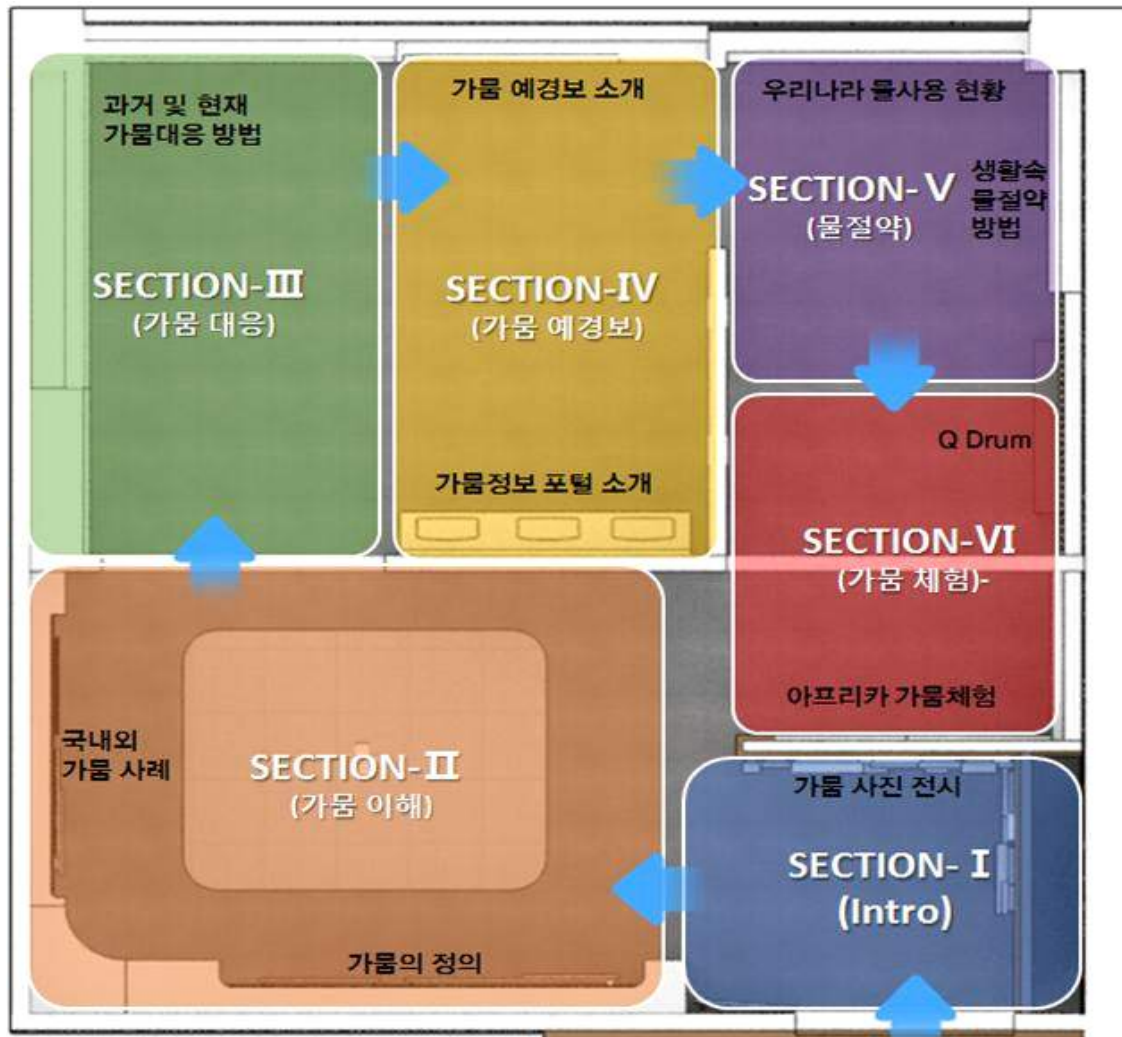


그림 8.14 가뭄교육체험장 개요

SECTION		교육 Contents
I	<p>【 Intro. 】</p> 	<p>교육 목표 가뭄의 심각성을 한눈에 살펴본다.</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 가뭄관련 심각성을 즉각 인지할 수 있는 사진과 동영상 상영
II	<p>【 가뭄 이해 】</p> 	<p>교육 목표 가뭄이 무엇이며, 국내외적으로 얼마나 심각한지에 대해 이해한다</p> <ul style="list-style-type: none"> □ (가뭄퀴즈) 가뭄에 얼마나 관심이 없었는지 자각 □ (가뭄정의) 가뭄의 특성과 분류, 진행과정 설명 □ (가뭄발생) 국내외 심각한 가뭄사례 소개
III	<p>【 가뭄 대응 】</p> 	<p>교육 목표 과거와 현재 가뭄대응 방법을 비교하여 학습한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> □ (과거) 기우제, 저수지 건설 등 가뭄대응 기록 소개 □ (현재) 물차·병물 지원, 관정개발, 유수율 제고 등 가뭄대응을 위한 노력 및 방법 소개
IV	<p>【 가뭄 예경보 】</p> 	<p>교육 목표 선제적 가뭄대응의 필요성과 가뭄 현황 및 전망 분석 기법을 학습·체험한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> □ (가뭄 예경보) 가뭄 예경보 도입 배경 및 시행방안 소개 □ (분석기술) 가뭄 현황 및 전망 분석 기법 소개 □ (포털체험) 가뭄정보 포털 소개 및 체험
V	<p>【 물 절약 】</p> 	<p>교육 목표 우리나라의 물 사용량이 매우 많음을 인지하고, 생활속에서 물절약 방법을 숙지한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> □ (물사용량 비교) 우리나라 물사용량을 외국과 비교·설명 □ (생활속 물절약) 생활속에서 물을 아껴쓰기 위한 방법을 사물인식 시스템을 통해 알기쉽게 소개
VI	<p>【 가뭄 체험 】</p> 	<p>교육 목표 아프리카의 가뭄상황을 이해하고, 교보재를 통해 직접 체험한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> □ (나비로 이야기) 케냐 물부족 지역 아이의 일상 소개 □ (Q-Drum) 물 운반을 위해 고안된 Q-Drum 소개·체험 □ (트릭아트) 라이프 스트로 체험 및 아프리카 오염수 음용 현황 사진 촬영을 통한 직·간접 체험

그림 8.15 가뭄교육체험장 Section별 교육 콘텐츠

'19년도에는 시범운영을 통해 약 7개월간('19.6~'19.12) 학생(유·청소년, 대학생 등), 교직원, 공무원 등 총 855명을 교육하였고, 올해는 '코로나19' 정부 방역지침 준수 하에, '20.6~8월 약 3개월간 총 127명을 대상으로 교육을 시행하였다. 사실, 올해는 작년도 시범운영 결과를 토대로 본격적인 교육 서비스를 추진하려고 했으나, 유례없는 '코로나' 팬데믹 상황으로 안정적인 가뭄교육 추진에 어려움을 겪었다. 이를 해결하고자, 비대면으로 안전하게 진행할 수 있는 온라인 가뭄 교육·콘텐츠 개발에 총력을 다하였다.

8.3.3 온라인 가뭄교육체험장 구축

이러한 노력으로 언제, 어디서나 편하고 안전하게 이용할 수 있는 Untact(온라인) 가뭄교육체험장을 구축하였고, '21년에는 국가가뭄정보포털(drought.go.kr)을 통해 온라인 가뭄교육 서비스를 제공할 예정이다. “온라인 가뭄교육체험장”은 360도 VR(가상현실)을 통해 현장의 가뭄 교육 콘텐츠를 그대로 구현하였고, 이를 통해 직접 방문하지 않고도 온라인으로 동일한 교육 서비스를 관람할 수 있다. 또한, 코로나 장기화에 대비하여, 국민들이 쉽게 가뭄을 체감하고, 물 절약에 동참할 수 있도록 비대면 가뭄교육 콘텐츠를 지속 확대해 나갈 계획이다.



그림 8.16 국가가뭄포털 내 가뭄교육체험장 구축화면



그림 8.17 온라인 가뭄교육체험장 구축화면

8.4 성과 및 평가

현재 구축·운영 중인 가뭄종합상황판과 비상급수현황조사시스템은 지역 내 가뭄 상황을 상시 모니터링하고, 조기 가뭄대응을 위한 시스템으로, 금년도에는 한발 더 나아가 가뭄 발생 시 신속한 대응까지 지원할 수 있는 '가뭄 119'시스템을 구축하였다.

실제 가뭄 및 물 부족 발생 시, 신속한 가뭄대응을 위해서는 인근 지역의 가용한 비상용수에 대한 빠른 정보 파악이 중요하지만, 지자체는 비상용수 공급자원에 대한 현황 파악이 어려운 실정이며, 이러한 문제로 신속한 가뭄대응에 어려움을 겪고 있다. 이를 해결하고자, '20년에는 전국단위의 비상용수(물차, 병물, 댐, 수도 등) 및 모든 리소스(소방서, 언론기관 등)에 대한 전수조사를 시행하여, GIS 기반의 가뭄대응 긴급지원 "가뭄 119" 시스템을 구축하였다.

"가뭄 119" 시스템은 국가가뭄정보포털을 통해 '21년부터 시범 서비스를 제공할 예정이며, 시범운영 기간동안('21.1~'21.12) 지자체 의견수렴 및 시스템 개선 등을 충분히 거쳐, '22년부터 본격 서비스를 시행할 계획이다. 이를 통해 가뭄 및 물 부족 지역에서는 인근 지역의 가용한 비상용수 정보를 한눈에 파악하여, 최적 가뭄대응을 빠르게 지원할 수 있을 것이다. 아울러, 지자체 가뭄관련 담당자들이 효과적으로 활용할 수 있도록 매년 방문 교육 서비스를 시행하여, 사용자 눈높이에 맞게 시스템을 지속 개선해 나갈 계획이다.

국내 최초 가뭄관련 전문 교육시설인 가뭄교육체험장은 국민 가뭄 체감 및 물 절약 동참 등 가뭄 시 자발적인 가뭄대응 동참을 유도하기 위해 2019년 5월부터 운영 중이다. 금년도는 작년 시범운영 결과를 토대로 가뭄관련 교육·체험 서비스를 본격 추진하려 했으나, 갑작스러운 '코로나19' 상황으로 대면 교육에 어려움을 겪었다. '코로나19'가 잠시 완화되었던 2020년 6월부터 8월까지 약 3개월간 탄력적 운영이 가능하였고, 그 결과 총 127명을 교육하는 데 그쳤다. 하지만, 이러한 상황에 대한 해결책을 마련하고자 온라인 가뭄교육 콘텐츠 개발을 추진하였고, 360도 VR 가상현실을 통해 현장의 가뭄교육 콘텐츠를 온라인에 그대로 구현하였다. 현재 "온라인 가뭄교육체험장"은 국가 가뭄정보포털(www.drought.go.kr)을 통해 접속·이용할 수 있다. 이를 통해, 많은 사람이 쉽고 안전하게 가뭄과 물 절약에 대한 교육 서비스를 이용할 수 있을 것이다. 또한, 코로나 장기화에 대비하여 Untact(비대면) 가뭄 교육 콘텐츠 확대·강화 및 대국민 홍보를 위해 지속 노력해 나갈 계획이다.

제9장 결론



제9장 결 언

본 보고서에는 2020년도 국가가뭄정보분석센터에서 국가 가뭄 관리를 통한 가뭄 피해 경감이라는 목표로 수행한 다양한 결과물들을 담았다. 가뭄 상황이 거의 없었기 때문에 가뭄 관리를 위한 노력을 늦추기보다는 홍수와 가뭄과 같은 극한 사상이 향후 더욱 심해질 수 있다는 전망을 염두에 두고 미리 대비하는 노력이 필요한 시기이다.

올해는 역대 가장 긴 장마와 장마 기간의 강수량으로 인해 곳곳에 홍수 피해가 많았다. 금년도 전국 유역의 강수량은 1,565.4mm로 예년(1,299.9mm)의 120.4% 수준이었으며, 전국의 전체 유출량 역시 예년의 151.2% 수준으로 물 이용 여건은 양호하였다. 시기적으로는 2~4월, 10~12월이 예년에 비해 적었지만, 강수량의 2/3 가량이 집중되는 홍수기에는 예년 이상의 강수가 발생하여 총량으로는 충분하였다. 지역적으로도 대부분의 지역이 예년 이상의 강수량을 기록했고, 예년 이하의 강수가 발생한 일부 지역도 예년 대비 95% 이상의 강수가 발생하여 국지적인 가뭄 발생도 거의 없었다.

이러한 강수 및 수문 상황으로 인해 전국 대부분 지역이 연중 가뭄 '정상' 단계에 있었으나 보령댐의 경우 5~7월에 가뭄 '관심' 단계에 이르며, 가뭄에 취약함을 보였다. 앞서 언급한 것처럼 여름철 많은 강수로 보령댐 역시 7월 중에 저수량을 회복하여 가뭄 '정상' 단계가 되었다. 다만, 홍수기 이후에는 11월을 제외하고 전국 평균 20% 이하의 강수량을 기록하여 하천이나 소규모 저수지를 수원으로 하는 지역은 2021년 봄철 가뭄을 겪을 가능성을 남겨 두었다.

국가가뭄정보분석센터는 2016년 개소 이후로 가뭄기초조사, 가뭄 예·경보와 이를 위한 기술개발, 가뭄 정보 서비스 등을 지속적으로 시행해 왔고, 국가 가뭄관리 체계라는 큰 틀을 지역과 국민 중심으로 변화시키기 위한 다양한 시도와 노력을 올해에도 추진하였다.

첫째, 가뭄 모니터링 및 전망 기술 고도화를 위한 다양한 연구와 개발을 수행하였다. 전국 물수급 시설의 실적 자료를 바탕으로 한 물수급 체계 구축을 완료하여 가뭄 예·경보의 정확도 향상을 기대할 수 있게 됐고, 2021년부터 시작되는 가뭄의 환경적 영향 분석을 위한 연구 과제 추진을 위한 기획 연구를 진행하였다. 국민 체감형 가뭄정보 생산 기술 개발을 완료하여 국민 체감형 가뭄정보 서비스 개시를 앞두고 있으며, 정보와 기술의 한계로 가뭄 상황 파악과 전망에 어려움이 있는 수원들의 가뭄 분석을 위한 기반을 마련하였다. 또한 가뭄빈도해석 프로그램을 개발 및 배포하여 가뭄 분석 및 연구에 도움이 되도록 하였다

둘째, 국민이 가뭄 상황을 체감하고 물 절약에 적극적으로 동참할 수 있도록 하기 위해 2019년에 국내 최초로 개장한 가뭄교육체험장을 온라인으로 체험할 수 있도록 함으로써 코로나로 인한 팬데믹 상황에도 가뭄 교육이 이루어질 수 있도록 하였다.

셋째, 신뢰도 높은 가뭄정보를 생산하고, 이를 국민들에게 전달하기 위해, 2019년에 이어 2020년에도 국가 중점 데이터 사업에 참여하였으며, 데이터 품질 개선과 개방 사업을 추진하였다. 또한 가뭄 119 시스템을 마련하여 가뭄 발생 시 인근의 가용한 자원(물차·병물·지하수·소방설비 등)에 대한 정보를 얻을 수 있도록 하였다.

넷째, 팬데믹 상황에서 국제 협력의 어려움이 있었지만, 2019년에 체결한 호주(퀸즈랜드 주정부 농어업국)와 가뭄대응 업무협력 MOU를 연장하여 상호 협력을 위한 기반을 마련하기도 하였다. 또한 아시아 최초로 통합가뭄관리프로그램(IDMP)에 공식적으로 참여하여 온라인으로 가뭄관리 정책, 기술, 지원 등 다양한 분야의 노하우를 공유하였다.

마지막으로, 국가 가뭄관리를 위한 바람직한 정책 방안을 제시하기 위해 국가 물 관리 기본계획과 수도종합계획 수립에 참여하였다. 우리나라의 가뭄관리 정책을 선진화하고, 국내 실정에 맞는 새롭고 다양한 정책들을 제안하고, 이를 실현해 가기 위한 방향성을 제시하기 위해 노력하였다.

국가가뭄정보분석센터는 개소 이후 국가 가뭄 예·경보를 시행하기 위해 가뭄 기초자료에 대한 조사와 가뭄분석 기술개발, 전국 가뭄 상황 모니터링 및 전망, 그리고 가뭄정보 포털을 개발하고 정보서비스를 하는 등 기술적 기반을 마련하는데 중점을 두고 운영되어 왔다. 올해에는 가뭄 이슈가 없었고, 팬데믹 상황으로 여러 활동에 제약이 많았지만, 국가 가뭄관리 정책의 추진 동력을 준비하고, 관련 기술을 고도화 하는 노력을 통해 미래의 가뭄, 특히 극한 가뭄에 대비할 수 있는 준비를 갖추기 위해 최선을 다하였다. 이러한 노력은 분명 미래의 가뭄 상황이 발생하기 전에 미리 대비하고, 가뭄 시 효과적으로 대응하는 데 크게 기여할 것으로 기대한다.