

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	12
제3장 가뭄 기초조사	15
3.1 가뭄 기초조사 개요	15
3.2 가뭄 기초조사 주요내용	16
3.3 '21년 가뭄기초조사 추진경위	17
3.4 가뭄 기초조사 주요성과	19
3.4.1 생·공용수 수원현황	19
3.4.2 생활용수 현황	35
3.4.3 공업용수 현황	41
3.4.4 용수공급시설 운영현황	45
3.4.5 소규모수도시설 현황	56
3.4.6 비상급수(제한 및 운반급수) 현황	58
3.5 가뭄 기초조사 업무매뉴얼 개정	63
3.6 가뭄 상황조사 지침 제정 추진	65
3.7 성과 및 평가	66
제4장 수문 및 가뭄 정보	71
4.1 수문 현황	71
4.1.1 강수 현황	71
4.1.2 유출 현황	73
4.1.3 댐 수문 현황	74
4.2 가뭄지수 및 빈도	76
4.2.1 가뭄지수	76
4.2.2 가뭄빈도	87
4.3 성과 및 평가	89

제5장 가뭄 예·경보	93
5.1 가뭄 예·경보 분석	93
5.2 가뭄 예·경보 현황	95
5.2.1 월간 가뭄 예·경보 현황	95
5.2.2 주간 가뭄 예·경보 현황	96
5.3 가뭄 예·경보 전망 정확도	97
5.3.1 ROC 분석	97
5.3.2 ROC 분석에 의한 가뭄 예·경보 정확도 평가	98
5.4 성과 및 평가	100
제6장 기술 고도화	103
6.1 가뭄 분석기술 고도화 추진 개요	103
6.2 국가 과업	104
6.2.1 가뭄 모니터링 및 예측기술 고도화(5차년도)	104
6.2.2 전국 가뭄 취약지도 제작	108
6.2.3 가뭄 시 환경적 영향을 고려하기 위한 분석체계 구축(1차년도)	112
6.2.4 이변량 가뭄빈도해석 프로그램 개발	117
6.2.5 가뭄 영향·피해 모니터링 추진	122
6.3 K-water 연구과제	128
6.3.1 미계측 하천 취수지점의 가뭄판단 분석체계 구축	128
6.3.2 극한가뭄 적응능력 평가 및 대응전략 연구	138
6.4 자체 과업	142
6.4.1 폭염에 따른 저수지 용수공급·수요 변동 관계 분석	142
6.4.2 지하수 사용지역 가뭄 전망을 위한 모형 평가	150
6.4.3 지속기간별 SPI와 수문학적 가뭄영향 상관성 평가	155
제7장 가뭄정보 분석시스템	163
7.1 가뭄정보 분석시스템 운영관리 및 고도화	163
7.1.1 가뭄정보 분석시스템 운영관리 현황	163
7.1.2 지자체 가뭄 의사결정 지원시스템 고도화	168
7.1.3 국가가뭄정보포털 및 분석프로그램 유지관리	173
7.2 가뭄정보 통합DB 운영관리 및 성과	178
7.2.1 국민 체감형 가뭄정보 개방	178
7.2.2 가뭄 DB 품질 개선 활동 및 성과	184
7.3 성과 및 평가	190

제8장 가뭄정보 서비스	193
8.1 지자체 가뭄 의사결정 지원체계	193
8.1.1 가뭄종합상황판	193
8.1.2 비상급수(제한/운반급수) 현황조사 시스템	195
8.1.3 가뭄대응 긴급지원(Drought 119) 시스템	205
8.1.4 수요자 중심의 맞춤형 가뭄지원 ‘단비’ 서비스	206
8.2 가뭄 교육·체험 서비스	208
8.2.1 온·오프라인 가뭄교육체험장 운영	208
8.2.2 가뭄 교육·체험 프로그램(콘텐츠) 확대	209
8.3 성과 및 평가	210
 제9장 결론	 215

표 목 차

표 2.1 2021년도 가뭄조사 및 모니터링 사업 예산	10
표 2.2 가뭄관리 체계 선진화 및 극한가뭄 대응 체계 구축	11
표 2.3 '21년도 IDMP 주요 Agenda(안) 토의	12
표 3.1 가뭄 기초조사 주요 내용	16
표 3.2 가뭄기초조사 설명회 주요내용	17
표 3.3 하천수 수원의 구분	19
표 3.4 가뭄 기초조사의 생·공용수 수원 분류	21
표 3.5 전년도 조사대비 생·공용수 수원(시설)현황 비교	22
표 3.6 생·공용수 수원(시설)현황('20년말 기준)	23
표 3.7 다목적댐 및 용수댐 현황	24
표 3.8 시·도별 생·공용수 공급 댐·저수지 관리현황	25
표 3.9 지자체 관할 생·공용수 댐·저수지 규모별 현황	25
표 3.10 지자체 관할 생·공용수 댐·저수지 수위 계측 현황	26
표 3.11 시군별 댐·저수지 현황	26
표 3.12 시도별 생·공용수공급 농업용저수지 현황	29
표 3.13 생·공용수 공급(목적 외 사용) 농업용저수지 세부현황	30
표 3.14 권역별 생·공용수공급 하천현황	32
표 3.15 권역·수계별 생·공용수공급 하천현황	33
표 3.16 수원별 생·공용수 공급현황	34
표 3.17 상수도 보급현황	35
표 3.18 생활용수 수원현황(1~3수원 전체)	36
표 3.19 시·도별 생활용수 수원현황(1수원 기준)	37
표 3.20 수원별 급수지역수(1수원기준)	38
표 3.21 생활용수(광역·지방) 급수량	40
표 3.22 전국 산업단지 현황(상위단지 기준)	41
표 3.23 시도별 산업단지 현황	41
표 3.24 산업단지별 조성현황	42
표 3.25 공업용수 수원현황(1수원 기준)	42
표 3.26 수원별 산업단지 공급현황(1수원 기준)	42
표 3.27 공업용수별 산업단지 현황(1수원 기준)	43

표 3.28	공업용수 공급현황	44
표 3.29	시도별 취수장 운영현황	45
표 3.30	수원별 취수시설 현황	46
표 3.31	수원별 취수량 현황	46
표 3.32	시·도별, 수원별 생·공용수(광역·지방상수도) 취수현황	47
표 3.33	수원별, 월별 생·공용수(광역·지방상수도) 취수현황	48
표 3.34	시·도별, 월별 생·공용수(광역·지방상수도) 취수현황	49
표 3.35	시도별 정수장 운영현황	52
표 3.36	지역별, 수종별 지방 및 광역·공업상수도 공급량	53
표 3.37	수종별, 월별 지방·광역상수도 및 공업용수도 공급량	54
표 3.38	시도별 배수지 관리현황	55
표 3.39	전국 소규모수도시설(마을상수도, 소규모급수시설, 전용상수도)	56
표 3.40	전국 소규모수도시설의 수원현황	57
표 3.41	2020년 비상급수 발생현황	58
표 3.42	2020년 지역별(시·도) 비상급수 현황	59
표 3.43	2020년 지역별(시·군) 비상급수 현황	60
표 3.44	최근 10년간('11~'20) 비상급수 발행현황	62
표 3.45	가뭄 상황조사 지침(안) 구성	65
표 4.1	2021년 전국 및 주요 유역 강수량 현황	72
표 4.2	2021년 전국 및 주요 유역 유출량 현황	74
표 4.3	국가가뭄정보포털에 제공중인 가뭄지수 종류	76
표 4.4	SPI 지수에 의한 가뭄의 분류	77
표 4.5	PDSI 지수에 의한 가뭄의 분류	81
표 4.6	MSWSI 지수에 의한 가뭄의 분류	83
표 4.7	SMI 지수에 의한 가뭄의 분류	85
표 4.8	2021년 월별 가뭄단계 발생 현황	89
표 4.9	2021년 시도별 가뭄단계 발생 현황	90
표 5.1	가뭄 예·경보 기준	94
표 5.2	2021년 1~3개월 가뭄 전망에 대한 분할표와 통계값	98
표 6.1	연차별 가뭄 취약지도 예산 현황	109
표 6.2	과거 주요 가뭄피해 조사	122
표 6.3	가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼(안) 모니터링 항목	126

표 6.4	시범지역 확대대상 시·도별 하천수 취수시설 현황	129
표 6.5	현리취수장 가뭄 상관성 분석 결과 (2015.05.08.~2020.12.31.)	129
표 6.6	청산취수장 상관성 분석 결과	132
표 6.7	2020년 세부 추진내용	139
표 6.8	2021년 연구목표 및 내용	139
표 6.9	극한가뭄 시나리오에 따른 물부족 취수장·공급지역(소양강댐·충주댐)	140
표 6.10	폭염주의보 및 폭염경보 기준	142
표 6.11	전국 계측 SGI와 모형 출력 SGI 상관계수	153
표 6.12	정선군(제1여량교) 월별 수위 및 표준유역 SPI	156
표 7.1	2021년 주요 추진 내용	163
표 7.2	국가가뭄정보포털 접속 현황	164
표 7.3	국가가뭄정보포털 월별 접속 현황	164
표 7.4	메뉴별 접속 현황	165
표 7.5	사용자 정보(성별, 연령) 접속 현황	166
표 7.6	고도화 주요 추진 내용	168
표 7.7	국가가뭄정보포털 기능개선 및 오류수정 내용	174
표 7.8	국가정보 분석프로그램 기능개선 및 오류수정 내용	176
표 7.9	공공데이터 품질관리 계획	185
표 7.10	진단대상 테이블 현황	187
표 7.11	공공데이터 품질관리 수준평가 가뭄시스템 평가결과	189
표 8.1	가뭄종합상황판 주요기능	194
표 8.2	비상급수 발생현황('21.1~12월)	196
표 8.3	2021년 비상급수 발생현황(수도보급 기준)	197
표 8.4	월별 비상급수 피해인구	199
표 8.5	2021년 비상급수 세부현황	201
표 8.6	'18~'19년도 '단비' 가뭄대책 수립 지원서비스 추진절차	206
표 8.7	2021년 단비서비스 운영현황	207
표 8.8	가뭄 교육·서비스 관련 국민 의견 및 반영결과	209

그 립 목 차

그림 2.1 국가가뭄정보분석센터 조직도(2021년 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	15
그림 3.2 2021년 가뭄 기초조사 설명회	18
그림 3.3 생·공용수 수원의 구분	20
그림 3.4 생·공용수 수원현황	23
그림 3.5 생·공용수공급 댐·저수지 위치도	31
그림 3.6 전국 생활용수 수원의 수(1수원 기준), 급수지역(읍면동) 비율	37
그림 3.7 시·도별 수원종류별 급수지역 비율(1수원, 읍면동 수 기준)	38
그림 3.8 수원(시설)별 용수공급지역 현황(읍면동, 1수원 기준)	39
그림 3.9 생활용수 급수량	40
그림 3.10 공업용수 수원현황 및 수원별 공급현황	44
그림 3.11 산업단지별 공업용수 공급현황	44
그림 3.12 수원별 취수량 비율(지방·광역상수도)	46
그림 3.13 시·도별, 수원별 생·공용수(광역·지방상수도) 공급현황	47
그림 3.14 수원별 월별 생·공용수 취수량	48
그림 3.15 시·도별, 월별 생·공용수 취수량	50
그림 3.16 수원별 생·공용수 취수현황 (광역·지방상수도)	51
그림 3.17 지방·광역상수도 및 공업용수도 공급현황	53
그림 3.18 수종별, 월별 생·공용수 공급량	54
그림 3.19 전국 소규모수도시설 현황(시설수, 인구수, 사용량)	57
그림 3.20 2020년 비상급수 발생지역 현황	61
그림 3.21 최근 10년간('11~'20) 비상급수 피해추이(피해인구)	62
그림 3.22 가뭄 기초조사 업무매뉴얼 구성 목차	63
그림 3.23 기초조사 성과 갈수예보 업무활용 예시	64
그림 3.24 '가뭄 상황조사'에 의한 일련의 가뭄대응 체계	66
그림 4.1 2021년 연강수량(mm)과 평년 대비 연강수량 비율(%)	72
그림 4.2 최근 5년간 전국 유출량('17.1 ~ '21.12)	73
그림 4.3 2021년 다목적댐 저수량 및 강수량 변화	75

그림 4.4 2021년 용수댐 저수량 및 강수량 변화	75
그림 4.5 2021년도 가뭄현황(SPI3)	78
그림 4.6 2021년도 가뭄현황(SPI6)	80
그림 4.7 2021년도 가뭄현황(PDSI)	82
그림 4.8 2021년도 가뭄현황(MSWSI)	85
그림 4.9 2021년도 가뭄현황(SMI) (계속)	86
그림 4.10 2021년도 주요 월 가뭄빈도 현황	88
그림 5.1 가뭄 예·경보 체계	93
그림 5.2 생·공용수 가뭄 분석 체계도	94
그림 5.3 2021년 국가 가뭄 예·경보(생공용수) 발령지역	95
그림 5.4 2021년 주간 가뭄 예·경보 발령지역	96
그림 5.5 ROC 분석을 위한 분할표	97
그림 5.6 ROC 곡선 예시 및 AUC 평가 분류	98
그림 5.7 1~3개월 가뭄 전망의 ROC 곡선	99
그림 6.1 물수급 분석 모형의 개념도	104
그림 6.2 전국 권역별 물수급 네트워크	105
그림 6.3 물수급 모형의 사용자 편의 환경	106
그림 6.4 물수급 모형 정확도 평가 결과(한강 권역)	106
그림 6.5 물수급 모형 정확도 평가 결과(낙동강 권역)	106
그림 6.6 물수급 모형 정확도 평가 결과(금강 권역)	107
그림 6.7 물수급 모형 정확도 평가 결과(영산·섬진강 권역)	107
그림 6.8 최근 30년(1988~2019) 전국 연강수량 변화	108
그림 6.9 전국 가뭄취약지도 제작 추진 과정	108
그림 6.10 연차별 전국 가뭄 취약성 평가 및 취약지도 공정계획	109
그림 6.11 전국 가뭄취약성 평가	111
그림 6.12 가뭄의 흐름과 환경, 경제적 영향 개요	112
그림 6.13 기상학적 가뭄에서 수온(上)과 BOD(下)의 영향	113
그림 6.14 고수온 및 저수온에 의한 환경가뭄 위험지도	114
그림 6.15 하천에서의 어류서식처 기반 생태학적 가뭄감시 분석프로세스	114
그림 6.16 EcoDI_FH 범례	114
그림 6.17 EcoDI_FH과 기상학적 가뭄 (SPI180일)의 시범적용결과	115
그림 6.18 유역생태분야 Copula 기반의 이변량 확률분포 구성 방법	115
그림 6.19 대기의 수분 공급 측면의 기상 가뭄 시 식생 가뭄 영향	115

그림 6.20	반변A에서 수온 및 BOD DWQCI분석	116
그림 6.21	가뭄빈도해석 프로그램 개발 단계	117
그림 6.22	이변량 가뭄빈도 해석 순서도	118
그림 6.23	Copula 모형 모식도	119
그림 6.24	이변량 가뭄 재현기간 해석(예시)	120
그림 6.25	강수 누적기간 3개월 적용 가뭄사상 추출 결과 예시	120
그림 6.26	강수 누적기간 12개월 적용 가뭄사상 추출 결과 예시	121
그림 6.27	확률분포 추천 예시	121
그림 6.28	가뭄 영향평가·피해조사 프로세스	123
그림 6.29	가뭄 영향·피해 모니터링&조사 체계(안)	124
그림 6.30	2021 수자원학회 가뭄세션 개최	125
그림 6.31	가뭄 영향모니터링·피해조사 해외사례 전문가 자문	125
그림 6.32	가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼(안) 전문가 자문	125
그림 6.33	가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼(안) 예시	127
그림 6.34	현리취수장 인근 관측소 및 가뭄 정보	129
그림 6.35	현리취수장 가뭄상관성 분석결과 도시	129
그림 6.36	현리취수장 현장 조사 결과	130
그림 6.37	현리취수장 관측정 설치 지점	131
그림 6.38	조사지역 지층현황	131
그림 6.39	현리취수장 계측기 설치 결과	131
그림 6.40	청산취수장 복류수위와 인근 수위관측소 비교 결과	132
그림 6.41	수문모형 활용한 가뭄 판단 방법론 제시	133
그림 6.42	중간변수와 계측자료 상관분석 결과	133
그림 6.43	금강 표준유역에 대한 가뭄지수(SSDI)와 SPI 상관성 분석 결과	134
그림 6.44	미계측 취수지점의 가뭄판단 방법 및 절차	135
그림 6.45	청산취수장 취수가능량 및 물부족량활용 가뭄단계 분석 결과	136
그림 6.46	연구 개요 및 목표	138
그림 6.47	극한가뭄 시나리오 과거 발생기간(1~3년) 비교	140
그림 6.48	가뭄의 공간적 진행에 따른 대응방안 제안	141
그림 6.49	극한가뭄 적응능력 평가 및 대응전략 연구 기대효과	141
그림 6.50	폭염시 용수 공급/수요 변동성 분석	142
그림 6.51	연도별 폭염발생 시·군수 추세	143
그림 6.52	폭염일수-LPCD 변화추세 예시(광주광역시, 상관계수 0.69)	143
그림 6.53	폭염일수-LPCD 변화추세 예시(경기도, 상관계수 0.68)	143

그림 6.54 보령댐 증발량 변화	144
그림 6.55 보령댐 취수량 변화	144
그림 6.56 평립댐 증발량 변화	145
그림 6.57 평립댐 취수량 변화	145
그림 6.58 물수지 방법에 의한 저수량 모의 개념도	145
그림 6.59 수면 증발량을 고려한 저수량 모의 절차	145
그림 6.60 안동댐 계측 저수량-모의 저수량(증발량 제외, 포함) 비교	146
그림 6.61 회야댐 계측 저수량-모의 저수량(증발량 제외, 포함) 비교	146
그림 6.62 지하수 가뭄전망 모형 분석 절차	150
그림 6.63 3열 퍼셉트론 모델 형태	151
그림 6.64 부안군 ARIMA 모형 학습기간('05년~'18년) SGI 비교	151
그림 6.65 부안군 인공신경망 NARX모형 학습기간('05년~'18년) SGI 비교	152
그림 6.66 평가기간(2019년) 관측-모형 SGI 비교	152
그림 6.67 평가기간(2019년) 강수전망 자료 오차	152
그림 6.68 평가기간(2019년) 가뭄전망 오차(모형오차 + 강수량 전망오차)	153
그림 6.69 전국 계측 SGI와 모형 출력 SGI 상관계수 시계열 그래프	153
그림 6.70 하천수위 관측소별 SPI와 최대 상관계수	156
그림 6.71 하천수위 관측소별 SPI와 최적 지속기간	157
그림 6.72 하천수위 관측소별 SPI와 최적 지속기간 통계	157
그림 6.73 최적 SPI 지속기간으로 구분한 하천수위 관측소	158
그림 6.74 상관계수로 구분한 하천수위 관측소	159
그림 7.1 연도별 접속자 수 비교	165
그림 7.2 사용자 분석 정보 (연령, 성별)	166
그림 7.3 국가가뭄정보포털 접근매체 분석정보	167
그림 7.4 종합상황판 데이터 시각화	168
그림 7.5 종합상황판 인포그래픽 적용	169
그림 7.6 공급체계 및 가뭄전망 표출 개선	169
그림 7.7 이변량 빈도해석 절차	170
그림 7.8 가뭄사상 추출 과정	170
그림 7.9 최적 확률분포함수 선정	171
그림 7.10 이변량 가뭄빈도 해석 및 결과제공	171
그림 7.11 기초조사자료 검증 기능	172
그림 7.12 항목별 분석 알고리즘 기능	172

그림 7.13 가뭄 현황 및 전망 데이터 관리 기능	173
그림 7.14 개인정보 접근 권한관리 및 이력 관리	174
그림 7.15 국가가뭄정보포털 교육 사진	177
그림 7.16 '21년 웹어워드 이노베이션 대상 사진	177
그림 7.17 '21년 국가중점데이터 사업범위	178
그림 7.18 체감형 가뭄정보 조사 및 생산 프로세스	179
그림 7.19 선행자료 조사 및 체감형 가뭄정보 생산원칙	180
그림 7.20 체감형 가뭄정보 콘텐츠 도출 방법	180
그림 7.21 체감형 가뭄지수 생산 프로세스	181
그림 7.22 가뭄 물질약 인식정보 생산 프로세스	181
그림 7.23 개방 DB 및 OPEN API 개념도	182
그림 7.24 데이터 개방 항목 및 구현 방식	182
그림 7.25 행안부 공공데이터 설명회 사진	183
그림 7.26 공공데이터 국민참여단 의견수렴 사진	183
그림 7.27 공공데이터 품질관리 수준평가 추진근거	184
그림 7.28 공공데이터 품질관리 수준평가 지표	184
그림 7.29 진단대상 및 정비 프로세스	186
그림 7.30 가뭄 데이터 품질검증 자체 프로그램	187
그림 7.31 K-water 데이터 품질관리 포털	188
그림 7.32 데이터 품질관리 포털 (업무규칙 관리 기능)	189
그림 8.1 비상급수현황 조사시스템	195
그림 8.2 2021년 비상급수 발생현황 차트	196
그림 8.3 2021년 비상급수 발생현황 지도	198
그림 8.4 월별 비상급수 피해인구	199
그림 8.5 2021년 월간 비상급수(가뭄) 현황 지도	200
그림 8.6 가뭄 119 구축화면	205
그림 8.7 온라인 가뭄교육체험장	208
그림 8.8 어린이 맞춤형 가뭄교육 콘텐츠 제작	209
그림 8.9 '22년 가뭄종합상황판 메인화면(예시)	210

제1장 머리말



제1장 머리말

2021년에 내린 전국의 총 강수량은 평년(1991~2020년) 강수량에 미치지 못했고, 이로 인해 전국 유역에 발생한 유출량 역시 예년(1967~2020년) 평균값보다 다소 작은 값을 기록하였다. 하지만 댐이나 저수지들을 효율적으로 운영하기 위한 노력의 결과로 일부 지역에 발생했던 가뭄 상황은 해소되었고, 현재('21.12월말 기준)는 보령댐 공급 지역인 충남 8개 시군만 가뭄 '경계' 단계로 대응을 하고 있다.

이처럼 우리나라의 경우 2021년은 일부 지역을 제외하고, 가뭄 상황이 거의 없는 해였지만, 전 세계 곳곳에서는 기후변화에 따른 기상이변으로 극심한 가뭄이 발생하거나 장기 가뭄이 지속되어 막대한 피해가 발생하였다. 이제는 과거처럼 가뭄 발생시에만 정보를 수집 및 분석하고, 대응하는 방식으로는 효과적인 가뭄 관리가 불가능한 시대가 되어 가고 있다. 가뭄에 대비하기 위해 상시 가뭄 정보를 수집하고 분석하는 체계가 구축되어 있어야만, 향후 가뭄 상황 발생 시 효과적으로 대응하고, 피해를 최소화할 수 있다. 이러한 측면에서 2016년부터 시행되고 있는 국가 가뭄 예·경보는 가뭄 대비를 위한 중요한 제도라고 할 수 있다.

국가 가뭄 예·경보는 기상 가뭄, 농업 가뭄, 생·공용수 가뭄의 세 분야로 구분되어 매월 전국의 가뭄 현황과 1~3개월 후의 가뭄 전망 결과를 제공하는 국가 차원의 가뭄 정보 서비스이다. 세 분야의 예·경보 중 환경부에서 주관하는 생·공용수 부문의 가뭄 예·경보를 위해 2015년, K-water에 국가가뭄정보분석센터가 개소하였다. 개소 이래 본 센터는 국가 가뭄 예·경보를 위한 가뭄 정보 분석, 가뭄 대비 및 대응을 위한 정보 제공, 가뭄의 영향 및 피해 분석 기반 마련 등의 업무를 통해 가뭄 관리를 위한 정보 생산의 핵심 기관으로서 가뭄 관리의 중추적인 역할을 수행하고 있다.

본 보고서는 2021년 한 해 동안 국가가뭄정보분석센터에서 수행한 주요 업무를 소개하고, 이러한 업무를 통해 산출된 성과를 설명할 목적으로 집필되었다. 또한, 한 해의 업무 추진내용을 되돌아보고, 성과를 평가함으로써 업무 추진상의 문제점을 도출하고, 개선 방향을 도출하는 것이 본 보고서의 또 한 가지 목적인다 할 수 있다.

본 보고서의 전체적인 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 국가가뭄정보분석센터의 일반 현황과 국가물관리기본계획 내의 가뭄 분야 내용을 소개한다. 제3장에서는 정확한 가뭄 정보 분석의 기초가 되는 가뭄 기초조사 내용과 올해의 성과를 다루고, 제4장에서는 올해의 기상 및 수문 상황 분석 결과를 제시한다. 제5장에서는 2021년 한 해 동안 수행된 월간·주간 가뭄 예·경보 분석 결과와 가뭄 전망 정확도 분석 결과를 다루며, 제6장에서는 가뭄 분석기술 고도화를 위해 추진된 과제들을 소개하고 주요 내용을 설명한다. 제7장에서는 관·산업·학계 및 일반 국민에게 가뭄 정보를 제공하는 가뭄정보 분석시스템의 고도화 내용을 다루고, 제8장에서는 지자체의 가뭄 대응을 지원하기 위한, 센터의 서비스와 국민들의 가뭄에 대한 이해를 돕고, 물절약을 유도하는 가뭄 교육·체험 서비스에 대해 설명한다.

제2장 일반 현황



환경부



국가가용정보분석센터

National Overight Information Analysis Center

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(2021년 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. 매년 1,226백만원의 국고 예산을 확보하여 전국 단위 가뭄 현황 및 전망 분석, 가뭄 예측기술 고도화 등을 가능케 하였고, 금년에는 1,676백만원으로 국고예산 450백만원을 추가로 확보하여 국민 체감형 가뭄정책을 수행할 수 있게 되었다.

센터에서 수행중인 사업은 크게 가뭄 기초조사 및 연구, 가뭄 예·경보 운영, 국민 체감형 가뭄정책 시행 총 3가지 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 관측시설 현황조사 등을 포함하고 있다. 연구개발은 가뭄 모니터링 및 예측 기술 고도화(5차년도) 과업으로, 용수공급시설 실적자료 기반 물수급 체계 구축과 수문전망 기술 고도화로 가뭄예측 정확도 향상을 위해 추진된다. 가뭄 예·경보 운영은 전국 167개 시군(3,483개 읍면동 407개 수원) 대상 생활·공업용수의 가뭄 현황과 전망 분석을 통한 가뭄 예·경보를 시행하기 위한 분석, 검토 등의 활동을 포함한다. 국민 체감형 가뭄정책은 국가가뭄정보포털의 운영 및 시스템 고도화, 환경가뭄 분석체계 구축 과업을 포함하고 있다.

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·경보를 생산 중이며, '20년 봄부터는 계절별 가뭄 예·경보를 생산하기 시작하였다. 센터에서 생산된 주간/월간/계절별 가뭄 예·경보 자료는 센터에서 운영 중인 국가가뭄정보포털(<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 신천전로 200 3. 위탁업무 가. 가뭄 기초조사 및 연구 ○ 가뭄 예정보 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 예정보 ○ 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

‘21년 가뭄조사 및 모니터링 사업은 ‘가뭄기초조사 및 연구’, ‘가뭄현황·전망 분석’, ‘국민 체감형 가뭄정책 시행’ 및 ‘가뭄 취약지도 작성’으로 구성되어 있으며 전체 예산은 21.8억 원으로 확정되었다.

한편, 「가뭄업무에 대한 홍수통제소 위임 시행」(수자원개발과-54, '19.1.9.) 방침에 따라 금년 대행계약은 한강홍수통제소와 체결하였다. 센터에서 수행한 과업은 ‘가뭄기초조사 및 연구’, ‘가뭄현황·전망 분석’, ‘국민 체감형 가뭄정책 시행’에 대한 건이며 대행 사업비 16.8억 원 중 낙찰차액(약 27백만원)을 제외하고 전액 집행하였다. 세부 사업내용 및 예산은 아래 표 2.1과 같다.

표 2.1 2021년도 가뭄조사 및 모니터링 사업 예산

구 분	주 요 내 용	금 액	비 고
가뭄조사 및 모니터링 사업		21.8억원	
가뭄기초조사·연구 (민간이전)	- 생·공용수 분야 가뭄분석 기초자료 조사·검증 - 가뭄 모니터링 및 예측 기술 고도화 (5차년도)	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	
국민 체감형 가뭄정책 시행 (민간이전)	- 국가가뭄정보포털(drought.go.kr) 운영·관리 - 시스템 고도화 및 환경가뭄 분석체계 구축 등	4.5억원	
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, ‘21년 6월부터 국가물관리기본계획을 수립하였다. 본 보고서에 기술된 가뭄분야의 추진전략 및 성과목표는 아래 표 2.2와 같다.

표 2.2 가뭄관리 체계 선진화 및 극한가뭄 대응 체계 구축(국가물관리기본계획)

전 략	가뭄관리체계 선진화 및 극한가뭄 대응체계 구축
추진 과제	Ⅰ 국가 차원의 가뭄 모니터링, 대비, 대응, 평가 종합 관리체계 확립
	① 가뭄정보 통합·공유 체계 구축 ② 가뭄 평가방법 개발 및 가뭄관리 강화 제도개선
	Ⅱ 지역 중심의 맞춤형 가뭄 대응이 가능하도록 자치단체 역량 강화 지원
	① 가뭄 통계집 및 가뭄취약 지도 발간·배포 ② 지역 맞춤형 가뭄대응전략 마련 ③ 지자체 가뭄 담당자 역량강화 교육 전문교육 실시 및 맞춤형 지원 추진

국가물관리기본계획 수립 후, 계획의 실행력 제고를 위하여 이행계획 수립 및 평가체계를 구축하였다. 성과목표 두 가지 ‘① 국가 차원의 가뭄 모니터링, 대비, 대응, 평가 종합 관리체계 확립’, ‘② 지역 중심의 맞춤형 가뭄대응이 가능하도록 자치단체 역량 강화 지원’에 대한 이행계획을 환경부·행안부가 공동으로 주관하게 되었으며, K-water는 환경부의 이행계획을 적극적으로 수행할 예정이다.

2.3 가뭄대응 국제협력

국가가뭄정보분석센터는 지난 '18, '19년 2번의 국제가뭄포럼을 개최하였고, 극한 가뭄에 대한 국가별 경험과 극복방안을 공유하며 가뭄대응 정책과 기술을 교류하였다. 이를 통해 미국 가뭄경감센터(NDMC), 호주 농어업국(DAF)와 MoU를 체결하는 등 국외 가뭄관리 전문 기관과의 네트워크를 구축하였다. 호주 농어업국(DAF)와 체결한 가뭄 업무협력 MoU는 '20년부터 지속된 COVID-19의 전 세계적인 이슈로 모든 오프라인 활동들이 제한되어 기존에 계획한 워크숍 등의 추진이 불가하였다. 이에 MoU Article에 따라 가뭄 업무협력 추진 기반을 유지하기 위해 '22년 8월까지 MoU를 연장한 상황이다.

'20년 3월부터는 아시아 최초로 통합가뭄관리프로그램(IDMP)의 공식적인 참여기관으로 활동하고 있으며, Support Base Partner로써 국제 가뭄관련 행사 및 프로젝트 참여, 가뭄관련 기술지원 등의 역할을 하게 되었다. 올해에는 IDMP 참여기관들과 함께 하는 온라인 Virtual Exchange(가뭄활동 공유의 장)에 3회 참석하였다. Virtual Exchange에서는 IDMP 참여 기관들의 가뭄대응 및 가뭄지원 프로그램 등 다양한 활동 사례들이 소개되고, 발표 후 실시간으로 충분한 질의응답의 시간을 가졌다. 매년 8월 스웨덴 스톡홀름에서 개최하는 2일간의 Annual Meeting은 COVID-19로 인해 온라인으로 실시하였다. 국가가뭄정보분석센터는 Advisory Committee에 참여하여 가뭄관리 정책, 기술, 지원 등 다양한 분야를 논의하였다.

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

표 2.3 '21년도 IDMP 주요 Agenda(안) 토의

시 간	주 요 내 용	비 고
16:00 ~ 16:20	개회식 및 축사 - WMO와 GWP 공식 환영사	
16:20 ~ 16:40	2020년 이후 현재까지 IDMP 활동 및 후속조치 등 - IDMP 소개 - WMO 및 GWP, VE, 자금조달 등	
16:40 ~ 17:00	IDMP 활동에 대한 토론	
17:00 ~ 17:30	파트너사 활동 소개 - 파트너 이니셔티브 소개(각 3분)	
17:30 ~ 17:40	Break	
17:40 ~ 18:00	그룹 토의(주제 : 2022~2024년 IDMP 전략 목표) - 지역 및 국가 차원의 변화 촉진 - 역량강화, 지식관리, 커뮤니케이션 - 파트너십 및 거버넌스	
18:00 ~ 18:30	그룹 토의 결과 발표 및 종합토론	
18:30 ~ 19:00	회의 요약·정리 및 폐회	

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. “가뭄조사 및 모니터링 사업”의 대행계약 체결과 함께 조사 계획을 수립하고, 환경부 협조를 통해 전국 지자체를 대상으로 가뭄 기초자료 조사를 실시하였다. 본격적인 조사시행에 앞서 8개 道 단위의 지역별 설명회를 개최하여 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(본부, 수자원정보센터 및 수계별 홍수통제소)에 성과보고를 통해 확정하였다.

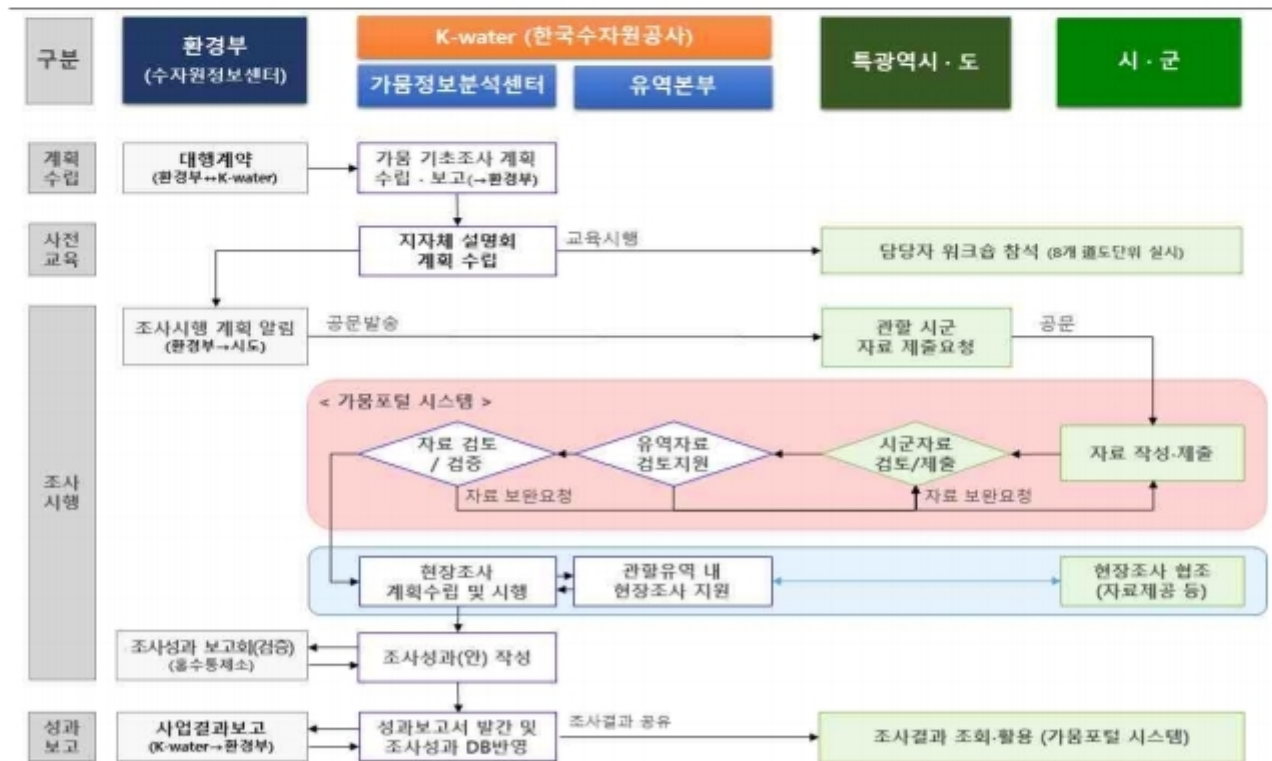


그림 3.1 가뭄 기초조사 체계도

3.2 가뭄 기초조사 주요내용

가뭄 기초조사의 주요 조사내용은 전국 생활 및 공업용수의 공급체계(지역별 수원 및 용수공급체계)의 조사·검증과 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)	하 천 수	유수· 복류수	하천수위	관측소별 수위, 유량(수위-유량관계식)		-	-	WINS	
			사용량	하천수사용 허가정보, 계획/사용량		-	-	WINS	
		저수	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)		
		지하수		국가지하수관측망 자료(수위)		-	-		
		용 공 시	수 급 설	광역상수도	취수장, 정수장, 배수지의 시설제원 및 운영정보(취수량, 정수량 등)		-	-	K-water
지방상수도	취수장, 정수장, 가압장, 배수지의 시설제원 및 운영정보(취수량, 정수량 등)			○	(3)				
소규모 수도시설	마을/소규모급수시설 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 '21년 가물기초조사 추진경위

2021년 가물 기초조사의 조사절차는 추진계획 수립('21.3월)을 통해 조사기간, 조사 내용(생·공용수 수원 등)을 정립하였고, 조사자료 품질확보를 위해 지자체 담당자를 대상으로 기초조사 설명회 개최('21.4~5월)하였다. '21년 설명회에서는 코로나19 확산 차단을 위해 2개도(경기, 강원)를 대상으로는 온라인 비대면 설명회를 개최하였다.

생활용수, 공업용수 등 조사한 자료에 대해 검토하고, 급수체계 변동, 이상자료 등에 대하여 지자체 담당자와 지속적인 자료 보완 및 현장조사 시행('21.8월)으로 자료의 품질을 높이고자 하였으며, '21년 11월에 가물 기초조사 성과보고회(환경부) 개최 및 기초조사 성과에 대한 주요 의견을 반영하여 성과보고서를 발간('21.12월)하였다.

○ 주요경위

- '21.03.31 : 가물 기초조사 시행계획 수립·보고(K-water → 환경부)
- '21.04.12 : 가물 기초조사 계획 알림 및 협조요청(환경부 → 시·도 → 시·군)
- '21.04.22~05.11 : 전국 지자체 담당자 대상 설명회·교육 실시(K-water)
 - * 8개 도단위 지역별 설명회 개최(110개 시·군, 130명)
- ~ '21.11월 : 가물 기초조사 자료(시·군) 취합 및 검토·보완
- '21.11.25 : 가물 기초조사 성과보고회 개최(환경부)
- '21.12월 : 가물 기초조사 성과보고서(최종) 발간

표 3.2 가물기초조사 설명회 주요내용

구 분	주요 내용
가물 예·경보	• 가물 예·경보 개요 및 성과, 기본개념 및 판단기준 등
가물 기초조사	• (시행계획) 추진배경 및 목적, 조사체계, '20년 성과 및 '21년 일정 • (작성방법) 기초조사 자료작성 방법 및 기준(국가가물정보포털)
국가가물정보포털	• 포털 개요 및 구성, 메뉴별 활용방법 등
가물종합상황판	• 상황판 구축 배경, 메뉴 구성 및 제공 정보, 활용방법 등
가물 취약지도	• 취약지도 추진배경 및 목적, 기본개념, 추진현황 및 계획
단비서비스	• 단비서비스 소개, 제공 프로세스 및 이용방법



(‘21.04.22) 전남지역



(‘21.04.23) 경북지역



(‘21.04.27) 충북지역



(‘21.04.28) 경남지역



(‘21.04.29) 경기지역(온라인)



(‘21.05.04) 충남지역



(‘21.05.07) 전북지역



(‘21.05.11) 강원지역(온라인)

그림 3.2 2021년 가뭄 기초조사 설명회

3.4 가뭄 기초조사 주요성과

3.4.1 생·공용수 수원현황

1) 조사 대상

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) 및 시설을 중심으로 조사하였다.

2) 생·공용수 수원(시설)의 분류

(1) 용어정리

- 수원(水源)
 - 하천법에 따른 하천수는 하천(하천구역과 하천시설)이라는 공간을 흐르거나 저수되어 있는 물로 정의됨(하천법 제2조)
 - 수도법에 따른 상수원은 음용·공업용 등으로 제공하기 위하여 취수시설을 설치한 지역의 하천·호소·지하수·해수 등을 말함(수도법 제3조)
- 수원의 종류
 - 하천법에 의한 수원(하천수)은 유수(流水, 하천의 지표면에 흐르는 물), 복류수(伏流水, 하천 바닥에 스며들어 흐르는 물) 또는 저수(貯水, 하천에 저장되어 있는 물)로 구분됨(하천법 제2조)

표 3.3 하천수 수원의 구분

수원 구분		공간	
		수평	수직
하천수	유수,복류수	하천	지표
	저수	댐·저수지* 저수구역 * 다목적댐, 수도시설(용수전용댐, 식수전용댐), 농업생산기반시설(저수지)	지표
	하천 인근 지하수	하천구역 경계로부터 300m 이내	지표-지하
지하수	지하수	유역 전반(허가·신고 관정 등)	지하

- 수도법에 의한 수원(상수원)은 지표수(하천수, 호소수, 댐물), 지하수(복류수, 우물물(지하수), 용천수), 기타(빗물, 해수 등) 등으로 구분됨 (상수도시설기준(환경부, 2010))



그림 3.3 생·공용수 수원의 구분 (상수도시설기준(환경부, 2010))

(2) 가뭄 기초조사의 수원 분류

『국가 가뭄 예·경보』는 국민이 가뭄 상황을 체감할 수 있도록 전국 162개 지자체의 읍면동(3,493개) 및 산업단지(1,238개)별 수원의 수문상황 등을 분석하여 생활·공업용수 가뭄 현황 및 전망분석 정보를 제공하고 있다(2020년말 기준).

이러한 가뭄 현황 및 전망 분석체계와 조사성과의 활용성 등을 고려해 가뭄 기초조사에서는 수자원(수원)-수도(급수체계)에 대한 통합적 조사가 필요하여 생·공용수의 수원을 하천수(유수, 복류수, 저수)와 지하수로 분류하고 수원(시설)을 세분화하여 조사하였다.

- (하천수-유수) 하천 구역내 복류수(집수매거 등) 취수는 하천수에 포함
- (댐용수-저수) 안정적 수량확보를 위해 설치된 댐·저수지는 사용용도 및 관리주체 등을 고려하여 세분화(다목적댐, 용수댐, 생·공용저수지, 농업용저수지)하고, 댐에서 방류하여 하류하천에서 취수하는 경우는 댐용수로 구분
- (기 타) 재이용수(공업용수 사용) 포함

표 3.4 가뭄 기초조사의 생·공용수 수원 분류

구 분		조사 대상	비고	
하천수	유수, 복류수		수원 시설	
	저수	다목적댐		K-water에서 관리중인 다목적댐 (광역상수도·공업용수도의 수원)
		용수댐		K-water에서 관리중인 용수댐 (광역상수도·공업용수도의 수원)
		생·공용 저수지		지방자치단체에서 운영·관리중인 댐·저수지로 용수의 전체 또는 일부를 생·공용수 목적으로 사용중인 댐·저수지
		농업용 저수지		한국농어촌공사에서 운영·관리 중인 농업용저수지 중 지자체 및 K-water에 생·공용수를 공급중인 댐·저수지
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) 현황을 조사하였다.

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

3) 2020년 생·공용수 수원(시설)현황

2020년말 기준, 전국 162개 시·군(특·광역시 포함) 및 산업단지에 생·공용수를 공급하는 전체 수원(시설)은 총 408개(중복제외)로 조사되었다.

수원(시설)을 구분하여 살펴보면, 다목적댐 19개(4.7%), 용수댐·저수지 150개(36.8%), 하천 156개(38.2%), 지하수 72개(17.6%), 기타 11개(2.7%)로 구분된다.

2019년 수원(407개소)과 비교하여 총 1개소가 증가하였으며, 수원(시설)별로 살펴보면 다목적댐이 1개소 증가, 저수지가 2개소 증가, 지하수가 2개소 감소한 것으로 조사되었다.

- (다목적댐) 용수공급을 시작한 성덕댐을 반영하여 1개소 증가
- (K-water 용수댐) 조절지댐으로 사용하는 안계댐을 제외하여 1개소 감소
- (농어촌공사 저수지) 속초시 학사평정수장의 예비수원인 원암저수지와 의령군 부림정수장의 예비수원인 천락저수지, 전주1·2산업단지에 용수를 공급하는 구이저수지를 반영하여 3개소 증가
- (하천) 폐쇄된 예천군 용궁정수장의 수원인 금천을 제외하고, SK머티리얼즈일반산업단지에서 취수하는 서천을 반영하여 증감은 없음
- (지하수) 영동군 학산정수장을 운휴로 제외하였으며, 지하수를 주수원으로 사용하는 산업단지의 지하수사용량, 지자체 조사자료 등을 반영하여 2개소 감소

표 3.5 전년도 조사대비 생·공용수 수원(시설)현황 비교

구 분	합 계	하천수						지하수	기타
		저수					유수·복류수 (하천)		
		다목적댐	용수댐·저수지						
			소계	K-water	지자체	농촌공			
20년 조사 (‘19년말 기준)	407	18	148	13	112	23	156	74	11
21년 조사 (‘20년말 기준)	408	19	150	12	112	26	156	72	11
증△감	1	1	2	△1	-	3	-	△2	-

표 3.6 생·공용수 수원(시설)현황('20년말 기준)

(단위 : 수원의 개수)

구 분	합 계	하천수						지하수 ¹⁾	기 타 ²⁾
		다목적 댐	저수				유수· 복류수 (하천)		
			용수댐·저수지						
			소계	K-water	지자체	농촌공			
합계 (중복제외)	408	19	150	12	112	26	156	72	11
	100.0%	4.7%	36.8%	2.9%	27.5%	6.4%	38.2%	17.6%	2.7%
생 활 용 수	350	19	147	11	111	25	138	42	4
공 업 용 수	166	17	38	9	22	7	66	38	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

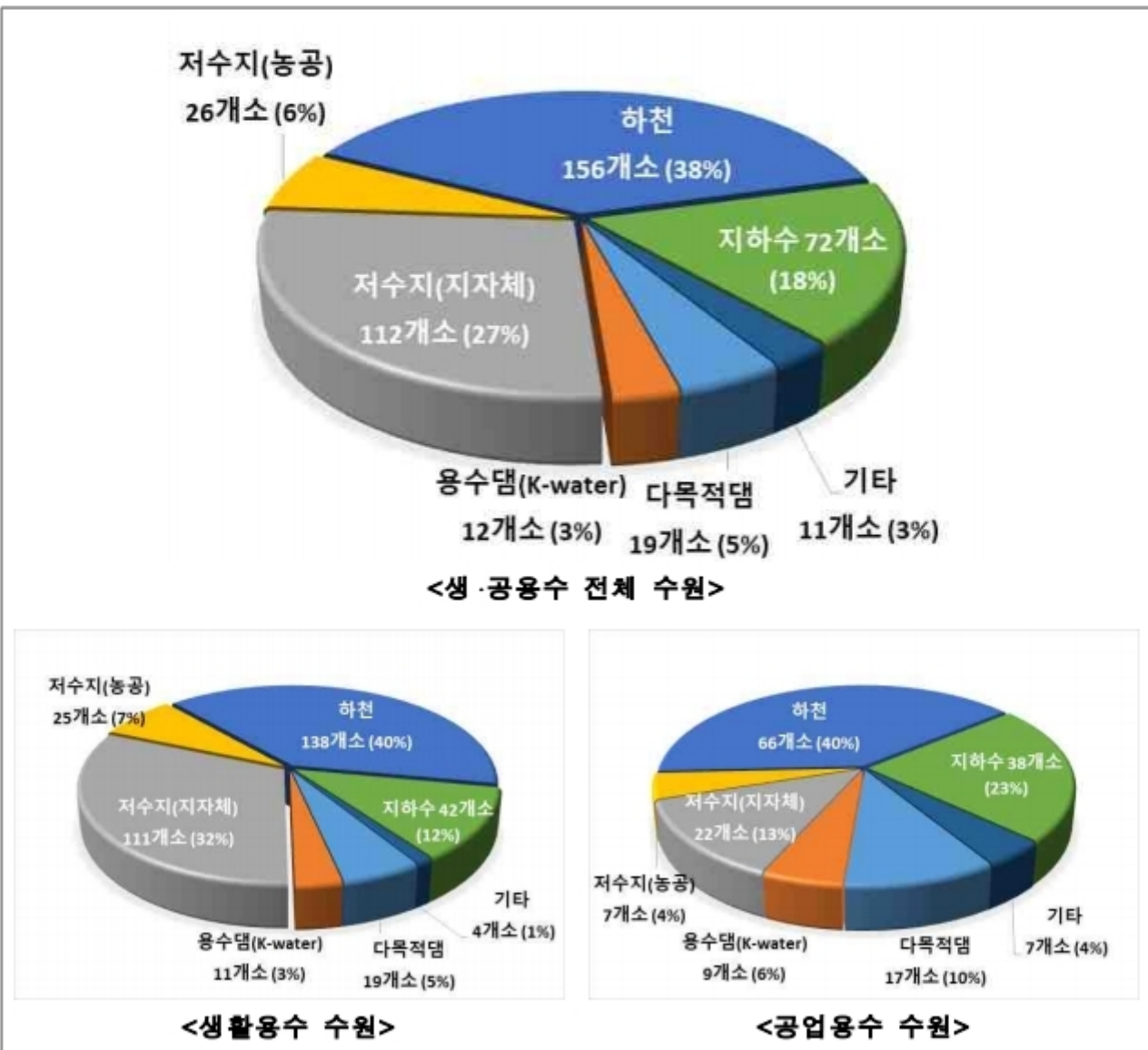


그림 3.4 생·공용수 수원현황

4) 댐 및 저수지 현황

우리나라의 수자원은 시간적·공간적 불균형이 심해 자연상태의 하천만으로는 안정적인 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 농업용수를 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)

2020년 기준, 20개 다목적댐과 14개 용수댐을 운영 중에 있다. 다만, 본 조사에서는 현재 용수공급이 없는 영주댐을 제외한 19개 다목적댐과 조절지댐으로 사용 중인 선암댐과 안계댐을 제외한 12개 용수댐을 대상으로 하였다.

표 3.7 다목적댐 및 용수댐 현황

(총 저수용량 : 백만㎥)

권역	댐 명	위치	총저수용량	댐 명	위치	총저수용량
한강	소양강댐	강원 춘천시	2,900.0	광동댐	강원 삼척시	11.0
	충주댐	충북 충주시	2,750.0	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	본댐	457.0	-	-	-
		조절지	250.0	-	-	-
기타	부안댐	전북 부안군	50.3	수어댐	전남 광양시	22.2
	보령댐	충남 보령시	116.9	평립댐	전남 장성군	8.5
	장흥댐	전남 장흥군	191.0	-	-	-

(2) 지자체 관할 댐·저수지 현황

지방자치단체에서 운영·관리중인 댐·저수지로 용수의 전체 또는 일부를 생·공용수 목적으로 사용중인 댐·저수지를 대상으로 조사하였으며, 상시 활용되는 저수지(운영)와 가뭄 등으로 물부족 발생시 사용되는 저수지(예비)로 구분하였다.

2020년말 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 중에 있다.

112개소의 댐·저수지 중 97개소(86.6%)가 평상시 생·공용수 공급에 활용되고 있으며, 15개소(13.4%)는 보조 또는 예비수원으로서 주 수원의 수문 상황을 고려하여 탄력적으로 운영되고 있다.

표 3.8 시·도별 생·공용수 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
보조·예비	15	-	1	-	-	2	-	11	-	-	1	-	-	-	-

* 하천내 설치된 지하댐은 하천으로 분류(강원 속초시의 쌍천지하댐은 하천에 포함)

댐·저수지의 규모는 대부분(89개소, 79.5%)이 총 저수용량 1백만 m^3 이하의 소규모 저수지이며, 112개 저수지의 총저수용량(합계)은 254.4백만 m^3 이다.

표 3.9 지자체 관할 생·공용수 댐·저수지 규모별 현황

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

지자체 관할 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 수문정보(수위, 저수량)의 실시간 모니터링 체계(지자체→환경부) 구축을 통해 국가 수문정보 확대 및 가뭄정보분석의 신뢰도 제고 등이 필요하다.

표 3.10 지자체 관할 생·공용수 댐·저수지 수위 계측 현황

구분	합계	자동 계측				수동 계측		
		소계	초음파	레이더	기타	소계	수위표	수위표 없음
저수지(수)	112	79	48	12	19	33	7	26
	100%	70.5%	42.9%	10.7%	17.0%	29.5%	6.3%	23.2%

표 3.11 시군별 댐·저수지 현황

구분	관할기관		댐 명칭	총저수용량 (천 ㎡)	운영현황	비고
	시도	시군				
1	부산광역시	-	법기댐	1,507.0	가동	
2		-	회동댐	18,507.0	가동	
3	대구광역시	-	가창댐	9,104.0	가동	
4		-	공산댐	5,465.0	가동	
5	인천광역시	-	백령식수전용저수지	240.0	가동	
6	광주광역시	-	제2수원지	525.0	가동	보조수원
7		-	제4수원지	1,909.0	가동	
8		-	동북댐	99,500.0	가동	
9	울산광역시	-	회야댐	21,500.0	가동	
10	경기도	수원시	파장저수지	451.4	가동	보조수원
11			광교저수지	2,973.0	가동	
12		의정부시	홍북저수지	1,090.0	가동	
13		양주시	광백댐	1,240.0	가동	
14	강원도	평창군	신)대관령	1,941.9	가동	
15	충청북도	영동군	궁촌댐	860.0	가동	
16	전라북도	진안군	철은저수지	271.6	가동	
17		부안군	위도저수지	374.0	가동	
18	전라남도	여수시	두모저수지	440.0	가동	
19			개도저수지(화산제)	37.3	가동	
20		순천시	와룡수원지	287.0	가동	
21		담양군	신계제	1,165.0	가동	
22		곡성군	학정제	370.0	가동	
23		곡성군	염곡제	100.0	가동	
24		구례군	산동저수지	530.0	가동	
25		고흥군	호형제	200.0	가동	
26			호천제	200.0	가동	
27	전라남도	고흥군	오천제	816.0	가동	

구분	관할기관		댐 명칭	총저수용량 (천 m³)	운영현황	비고
	시도	시군				
28	전라남도	신안군	신호제	100.0	가동	
29			예내제	617.0	가동	
30			영남제	460.0	가동	
31			강동제	900.0	가동	
32		보성군	동률제	384.0	가동	
33		강진군	흙골제	401.0	가동	
34		해남군	백도제	390.0	가동	보조수원
35			송종제	700.0	가동	
36			기성제	153.0	운휴	예비수원
37		영암군	장산제	574.0	가동	
38			대곡제	99.0	가동	
39			금생제	2,200.0	가동	
40			학용제	1,584.0	가동	
41		함평군	대동댐	9,179.0	가동	
42		영광군	연암제	3,480.0	가동	
43			죽림제	730.0	가동	
44			구수2제	1,486.0	가동	
45			구수1제	273.6	가동	예비수원
46			대신제	826.0	가동	
47			복룡제	550.0	가동	
48		완도군	용계제	192.0	운휴	예비수원
49			육산제(금당제)	164.0	가동	
50			척치제(금일댐)	220.0	가동	
51			넙도제	120.0	가동	
52			보길제(부황제)	420.0	가동	
53			용출제(생일제)	120.0	가동	
54			미라제	340.0	가동	
55			해동제	1,000.0	가동	
56			대야제	1,907.0	가동	
57			죽청제	320.0	가동	
58			국화제(청산댐)	210.0	가동	
59		진도군	회동제	861.0	가동	
60			구계제	1,500.0	가동	
61			남동제	318.0	가동	
62			돌목제	65.0	가동	
63			관매제	48.0	가동	
64			동거차제	39.9	가동	
65			서거차제	28.7	가동	
66			육동제	501.0	가동	
67		신안군	만년제	150.0	운휴	예비수원
68			죽연제	486.3	가동	
69			한산제	406.0	가동	
70			임리제	-	운휴	예비수원
71	전라남도	신안군	하태제	226.0	가동	
72			시서2제	-	운휴	예비수원
73			오동제	522.0	가동	

구분	관할기관		댐 명칭	총저수용량 (천 m³)	운영현황	비고
	시도	시군				
74			수곡제	380.0	가동	
75			부동제	473.0	가동	
76			유천제	474.4	가동	
77			대리제	241.0	가동	
78			염산제	-	운휴	예비수원
79			어은제	127.0	가동	
80			천촌제	700.0	가동	
81			진리1제	160.0	운휴	예비수원
82			진리2제	160.0	운휴	예비수원
83	경상북도	포항시	눌태지	850.0	가동	
84			진전지	1,829.0	가동	
85		경주시	덕동댐	32,700.0	가동	
86		영천시	왕산지	1,876.0	가동	
87			자천지	300.0	가동	
88		문경시	동로수원지	120.0	가동	
89		영덕군	회동상수원지	609.8	가동	
90	경상남도	창원시	성주수원지	413.7	가동	
91		통영시	우동수원지	404.0	운휴	예비수원
92			육지댐	87.0	가동	
93		거제시	소동저수지	231.5	가동	
94		의령군	우곡저수지	900.0	가동	
95			명석저수지	660.0	가동	
96			중산골소류지	123.0	가동	
97		창녕군	상월저수지	520.0	가동	
98		남해군	대곡(도마)저수지	80.0	가동	
99			선원저수지	175.3	가동	
100			우형저수지	130.0	가동	
101			아산저수지	30.0	운휴	예비수원
102			오동댐(오동저수지)	316.0	가동	
103			봉성저수지	200.0	가동	
104			향도댐(향도저수지)	100.9	가동	
105			지족저수지	130.0	가동	
106			상주저수지	50.0	가동	
107			난음저수지	106.0	가동	
108			육천저수지	150.0	가동	
109		하동군	청룡댐	292.4	가동	
110		함양군	대남저수지	799.0	가동	
111	제주도	-	어승생제2저수지	500.0	가동	
112		-	어승생제1저수지	106.8	가동	예비수원

(3) 생·공용수공급 농업용저수지의 현황(한국농어촌공사)

지자체 또는 K-water에서 일반수도(지방·광역) 및 공업용수도의 주 수원 또는 예비·보조 수원으로 사용하는 농어촌공사 관할 저수지를 대상으로 조사하였다.

‘20년말 기준, 한국농어촌공사에 관리 중인 26개의 농업용 댐·저수지가 목적 외 사용으로 18개 시·군(지방상수도) 및 K-water(광역상수도)에 생·공용수를 공급하고 있는 것으로 조사되었으며, ‘19년말 대비 3개소(강원 고성군 원암저수지, 전북 완주군 구이저수지, 경남 의령군 천락저수지)가 추가되었다.

상시 활용(운영)되는 저수지와 가뭄 등으로 물부족 발생시 예비(보조)로 사용되는 저수지로 구분하면, 전체 26개의 농업용저수지 중 18개소는 상시 생·공용수를 공급 중이며, 8개소는 예비용으로 사용되고 있다.

표 3.12 시도별 생·공용수공급 농업용저수지 현황 (단위 : 저수지 개수)

구분	합계	강원	경기	충북	충남	경북	경남	전북	전남	제주	비고
저수지	26	2	-	-	2	3	6	6	7	-	
운 영	18	1	-	-	2	2	4	6	3	-	
예 비	8	1	-	-	-	1	2	-	4	-	

* 농업용저수지 소재지 위치 기준

표 3.13 생·공용수 공급(목적 외 사용) 농업용저수지 세부현황

구분	시설명	공급지역		비고
		시도	시군	
합계	26개소	6개	18개	(K-water 광역사용 포함)
운영 (18)	오봉저수지	강 원 도	강릉시	
	상천저수지	경상남도	거창군	
	석천저수지	경상남도	의령군	
	노단이저수지	경상남도	창녕군	
	노구저수지	경상남도	남해군	
	흙곡저수지	경상북도	경주시	
	부석저수지	경상북도	영주시	
	금사저수지	전라남도	고흥군	
	용항제	전라남도	완도군	
	유탕저수지	전라남도	장성군	
	경천저수지(완주군)	전라북도	익산시	경천-대아-동상저수지 연계운영
	동상저수지(완주군)			
	대아저수지(완주군)	전라북도	전주시	
	동화댐(장성군)	K-water	-	동화댐광역상수도
	신반월저수지	전라북도	진안군	
	예당저수지	충청남도	예산군	
	옥계저수지	충청남도	예산군	
	구이저수지	전라북도	완주군	
예비 (8)	고서저수지	전라남도	신안군	한산제 예비수원
	대동제	전라남도	영암군	대곡제 예비수원
	서암저수지	경상남도	의령군	우곡저수지 예비수원
	수양제(장성군)	K-water	-	평림댐광역상수도 예비수원
	언동제	전라남도	신안군	어은제 예비수원
	오어저수지	경상북도	포항시	진전지 예비수원
	원암저수지	강 원 도	속초시	용춘천 예비수원
	천락저수지	경상남도	의령군	명석저수지 예비수원

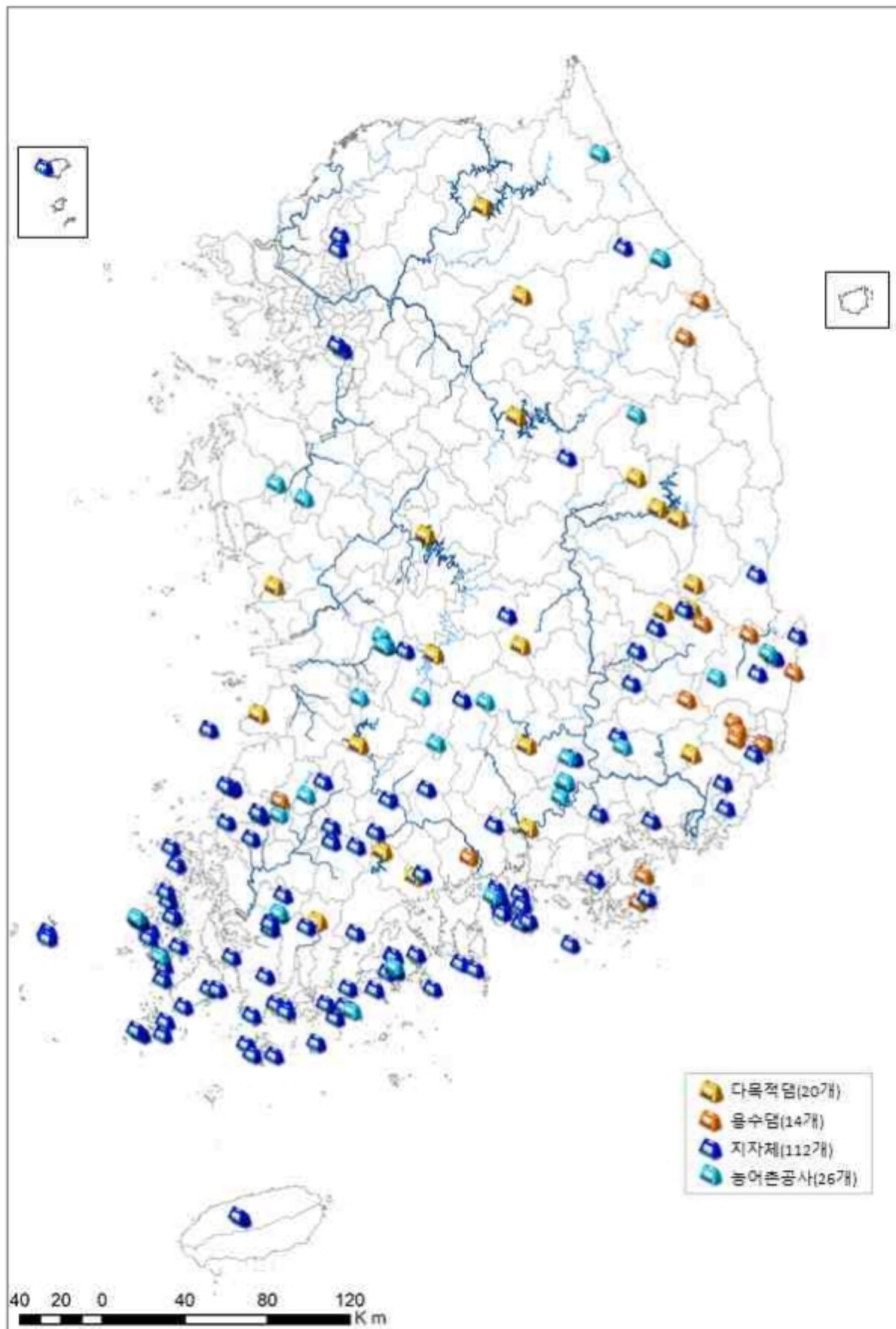


그림 3.5 생·공용수공급 댐·저수지 위치도

5) 생·공용수공급 하천 현황

광역·지방상수도 및 공업용수도 시설의 수원(水源)으로 사용되는 하천과 산업단지에서 하천수 사용허가를 득하여 사용하는 하천을 중심으로 아래와 같은 기준을 적용하여 조사 및 정리하였다.

- 하천은 국가 및 지방하천과 소하천으로 구분하고, 하천시설 중 하굿둑시설(낙동강, 아산호, 영산호)을 포함
- 하천수 취수 중 댐용수 계약사항은 수원을 다목적댐으로 분류하여 제외함
- 동일한 하천이 국가와 지방으로 분류되어 있는 경우와 동일한 하천의 상하류에 복수의 취수시설이 있는 경우에는 한 개로 산정
- 국가·지방하천의 기본정보(하천명, 하천코드, 수계 등)는 환경부의 「국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)」 등을 활용

2020년말 기준, 생활 및 공업용수의 수원으로 사용되는 하천은 총 156개소(중복제외)로 조사되었으며, 국가하천 26개소, 지방하천 123개소, 소하천 14개소, 하굿둑 3개로 구분하였다.

표 3.14 권역별 생·공용수공급 하천현황

(단위 : 하천 개수)

구분	합계	국가하천	지방하천	소하천	하굿둑	비고
전국 (중복제외)	156	26	123	14	3	
한강권역	61	6	49	7	1	
낙동강권역	62	10	49	6	1	
금강권역	20	4	17	1	-	
섬진강권역	6	3	5	-	-	
영산강권역	7	3	3	-	1	

* 동일 하천이나 하천구간별 등급(국가, 지방)이 다른 경우에는 합계에서 1개로 산정

표 3.15 권역·수계별 생·공용수공급 하천현황

(단위 : 하천 개수)

구분	합계	국가하천	지방하천	소하천	하굿둑	비고
전국	156	26	123	14	3	
한강권역	61	6	49	7	1	
한강수계	41	5	33	5	-	
안성천수계	4	1	2	-	1	
양양남대천수계	2	-	2	-	-	
삼척오십천수계	2	-	1	1	-	
한강동해권수계	12	-	11	1	-	
낙동강권역	62	10	49	6	1	
낙동강수계	44	9	37	2	1	
형산강수계	3	1	2	-	-	
태화강수계	1	-	1	-	-	
영덕오십천수계	2	-	2	-	-	
낙동강동해권수계	11	-	7	4	-	
금강권역	20	4	17	1	-	
금강수계	13	1	13	1	-	
삽교천수계	2	-	2	-	-	
만경강수계	2	2	-	-	-	
동진강수계	2	1	1	-	-	
금강서해권수계	1	-	1	-	-	
섬진강권역	6	3	5	-	-	
섬진강수계	4	3	3	-	-	
섬진강남해권수계	2	-	2	-	-	
영산강권역	7	3	3	-	1	
영산강수계	5	2	2	-	1	
탐진강수계	1	1	-	-	-	
영산강서해권수계	1	-	1	-	-	

* 동일 하천이나 하천구간별 등급(국가, 지방)이 다른 경우에는 합계에서 1개로 산정

6) 수원별 용수공급현황 (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.hrfco.go.kr/>)」의 하천수 사용실적자료(공업용수 1,000㎥/일 이상) 자료 등을 이용하였다.

2020년 기준 일평균 21,935천㎥/일을 공급하였으며, 수원 종류별로는 다목적댐 16,663천㎥/일(76.0%), 하천 2,805천㎥/일(12.8%), 용수댐·저수지 1,945천㎥/일(8.9%), 지하수 521천㎥/일(2.4%) 순으로 공급하고 있는 것으로 조사되었다.

표 3.16 수원별 생·공용수 공급현황

(단위 : 천㎥/일)

구 분	합 계	다목적 댐	용수댐·저수지				하천	지하수	기타
			소계	K-water	지자체	농촌공			
합 계	21,934.7	16,662.6	1,945.1	837.1	881.2	226.7	2,804.5	520.7	1.8
	100.0%	76.0%	8.9%	3.8%	4.0%	1.0%	12.8%	2.4%	0.0%
지방상수도 (공업용수 포함)	10,461.3	6,458.6	1,110.0	32.9	881.2	195.8	2,467.2	423.7	1.8
	100.0%	61.7%	10.6%	0.3%	8.4%	1.9%	23.6%	4.1%	0.0%
광역상수도 (공업용수 포함)	11,281.4	10,157.1	835.1	804.2	-	30.9	289.2	-	-
	100.0%	90.0%	7.4%	7.1%	-	0.3%	2.6%	-	-
자체 취수량 (산업단지)	192.0	46.9	-	-	-	-	48.1	97.0	-
	100.0%	24.4%	-	-	-	-	25.1%	50.5%	-

* 산업단지 자체 취수량은 산업법에 따른 산업단지 기준임(개별업체 업체 취수량 미포함)

3.4.2 생활용수 현황

1) 상수도 보급현황

2020년말 기준, 전국 162개 지자체(특·광역시 7, 특별자치시 1, 특별자치도 1, 시·군 153개)의 3,493개 읍면동(행정동 기준) 중 3,398개(97.3%)가 광역 및 지방상수도 보급지역이며, 전체인구의 97.9%인 약 51,747천명에게 상수도를 공급하고 있다. 미급수지역은 전년도 조사대비 8개소가 감소한 95개 읍면동으로 조사되었다.

표 3.17 상수도 보급현황

구 분	급수지역 현황 (읍면동 수)			수도 보급률 (천명, %)			비고
	전체	급수	미급수	총인구	급수인구	보급율	
전국	3,493 100.0%	3,398 97.3%	95 2.7%	52,847	51,747	97.9%	
서울특별시	425	425	-	9,911	9,911	100.0%	
부산광역시	205	205	-	3,437	3,437	100.0%	
대구광역시	141	141	-	2,426	2,426	100.0%	
인천광역시	155	149	6	3,010	2,982	99.1%	
광주광역시	96	96	-	1,463	1,463	100.0%	
대전광역시	79	79	-	1,464	1,463	99.9%	
울산광역시	56	56	-	1,154	1,151	99.8%	
세종특별자치시	20	20	-	361	353	97.9%	
경기도	548	548	-	13,786	13,620	98.8%	
강원도	188	178	10	1,561	1,440	92.2%	
충청북도	153	148	5	1,631	1,542	94.5%	
충청남도	207	199	8	2,184	2,024	92.7%	
전라북도	243	238	5	1,807	1,761	97.4%	
전라남도	297	282	15	1,872	1,748	93.4%	
경상북도	332	316	16	2,682	2,496	93.1%	
경상남도	305	275	30	3,386	3,219	95.1%	
제주특별자치도	43	43	-	711	711	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(시설)-취수장-정수장-배수지)를 조사한 결과, 생활용수를 공급하는 수원(제1,2,3수원)으로 총 351개(중복제외)를 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 수원(시설)의 종류로 보면 다목적댐 19개(5.4%), 용수댐·저수지 147개소(42.0%) (K-water 11, 지자체 111, 농어촌공사 25개), 하천 138개소(39.4%), 지하수 42개소(12.0%), 기타 4개소(1.1%)로 구분된다.

표 3.18 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			
2019년	351 100.0%	18 5.1%	146 41.6%	12 3.4%	111 31.6%	23 6.6%	140 39.9%	43 12.3%	4 1.1%
2020년	350 100.0%	19 5.4%	147 42.0%	11 3.1%	111 31.7%	25 7.1%	138 39.4%	42 12.0%	4 1.1%
증감	△1	1	1	△1	-	2	△2	△1	-

* 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 수원(시설)은 1개소가 감소하였다. 다목적댐은 용수공급을 시작한 성덕댐을 반영하였고, K-water 용수댐 중 조절지댐으로 사용하는 안계댐을 제외하였다. 농어촌공사 관할 저수지는 속초시 학사평정수장의 예비수원인 원암저수지와 의령군 부림정수장의 예비수원인 천락저수지를 반영하였다. 하천은 농업용수만을 공급하는 아산호와 폐쇄된 예천군 용궁정수장의 수원인 금천이 제외되었다. 지하수는 영동군 학산정수장이 운휴되어 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, 시·도별 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 3.19 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)	249	17	92	9	73	10	104	32	4
	100.0%	6.8%	36.9%	3.6%	29.3%	4.0%	41.8%	12.9%	1.6%
서울특별시	1	1	-	-	-	-	-	-	-
부산광역시	4	1	2	-	2	-	1	-	-
대구광역시	4	1	3	1	2	-	-	-	-
인천광역시	3	2	1	-	1	-	-	-	-
광주광역시	3	1	2	-	2	-	-	-	-
대전광역시	1	1	-	-	-	-	-	-	-
울산광역시	2	-	2	1	1	-	-	-	-
세종특별자치시	1	1	-	-	-	-	-	-	-
경기도	9	2	-	-	-	-	6	1	-
강원도	44	1	3	1	1	1	36	4	-
충청북도	16	2	1	-	1	-	6	7	-
충청남도	9	3	1	-	-	1	4	1	-
전라북도	17	3	6	-	2	4	7	-	1
전라남도	59	2	47	2	43	2	4	4	2
경상북도	52	4	10	3	6	1	34	4	-
경상남도	30	3	16	2	12	2	11	-	-
제주도	14	-	-	-	-	-	-	13	1

* 지하수의 경우에는 정수장을 기준으로 산정, 미 급수지역은 제외됨

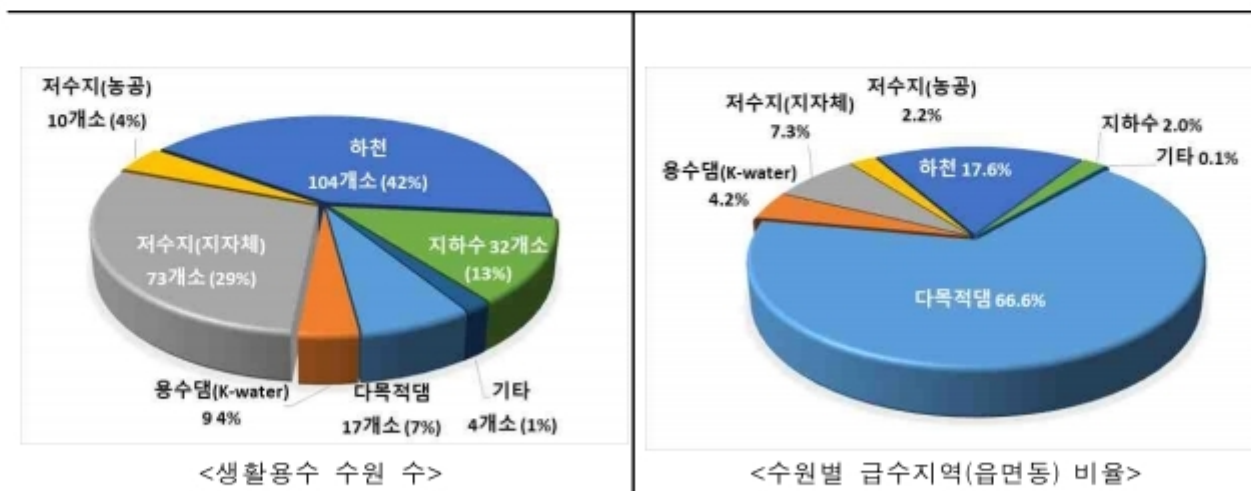


그림 3.6 전국 생활용수 수원의 수(1수원 기준), 급수지역(읍면동) 비율

표 3.20 수원별 급수지역수(1수원기준)

(단위 : 읍면동 개수)

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천	지하수	기타 ¹⁾
			소계	K-water	지자체	농촌공			
전 국	3,398	2,263	464	143	247	74	598 (128)	69	4
	100.0%	66.6%	13.7%	4.2%	7.3%	2.2%	17.6%	2.0%	0.1%
서울특별시	425	425	-	-	-	-	-	-	-
부산광역시	205	77	24	-	24	-	104(104)	-	-
대구광역시	141	87	54	40	14	-	-	-	-
인천광역시	149	148	1	-	1	-	-	-	-
광주광역시	96	35	61	-	61	-	-	-	-
대전광역시	79	79	-	-	-	-	-	-	-
울산광역시	56	-	56	21	35	-	-	-	-
세종특별자치시	20	20	-	-	-	-	-	-	-
경기도	548	507	-	-	-	-	40	1	-
강원도	178	18	29	10	1	18	127	4	-
충청북도	148	89	4	-	4	-	48	7	-
충청남도	199	182	2	-	-	2	13	2	-
전라북도	238	162	44	-	2	42	31	-	1
전라남도	282	153	107	29	70	8	15	5	2
경상북도	316	88	51	35	14	2	169	8	-
경상남도	275	193	31	8	21	2	51(24)	-	-
제주도	43	-	-	-	-	-	-	42	1

* 1) 기타(4개소) : 여수시 삼산면(해수담수화), 영광군 낙월면(해수담수화), 원주군 운주면(계곡수), 제주 추지면(빗물, 해수담수화)

2) 하천의 ()는 낙동강하굿둑·아산호(안성천) 공급지역임

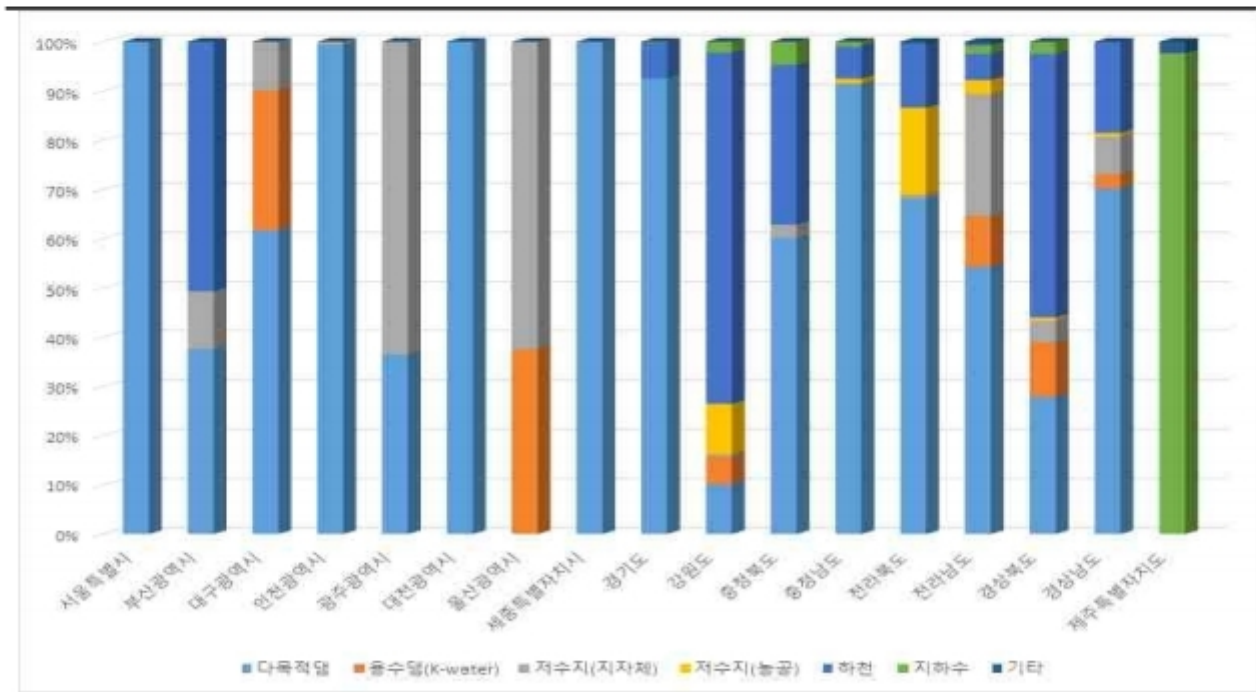


그림 3.7 시·도별 수원종류별 급수지역 비율(1수원, 읍면동 수 기준)

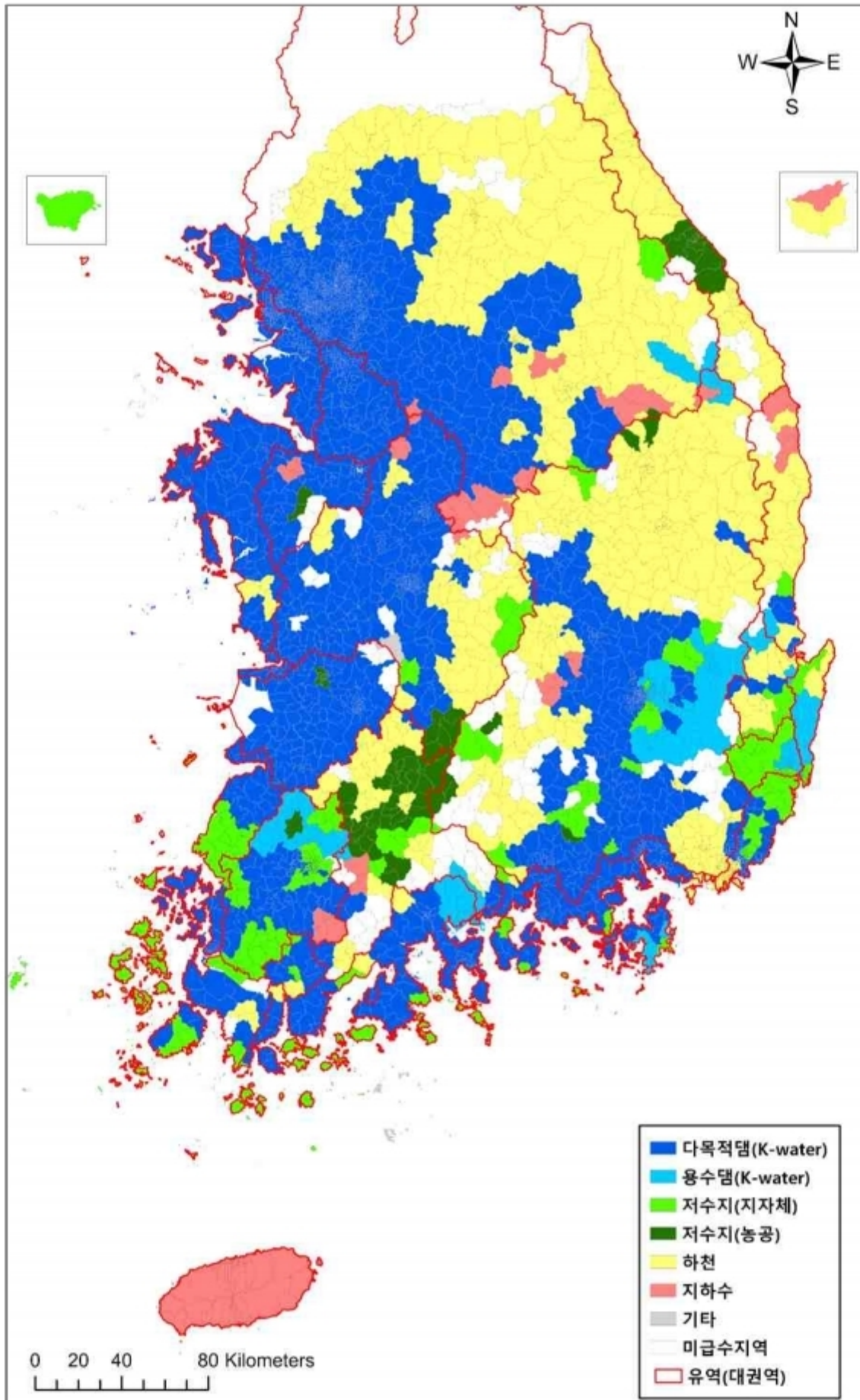


그림 3.8 수원(시설)별 용수공급지역 현황(읍면동, 1수원 기준)

4) 생활용수 급수량

전국 3,393개(미급수지역 제외) 읍면동의 광역 및 지방상수도 급수량은 연간 5,561.7백만 m^3 /년, 일평균 15,196천 m^3 /일로 조사되었다.

표 3.21 생활용수(광역·지방) 급수량

구 분	연간 총급수량 (백만 m^3 /년)	일평균 급수량 (천 m^3 /일)	
전국	5,562	15,196	100%
서울특별시	1,041	2,845	18.7%
부산광역시	347	948	6.2%
대구광역시	259	708	4.7%
인천광역시	365	999	6.6%
광주광역시	135	370	2.4%
대전광역시	168	460	3.0%
울산광역시	113	308	2.0%
세종특별자치시	32	88	0.6%
경기도	1,449	3,959	26.1%
강원도	172	471	3.1%
충청북도	163	445	2.9%
충청남도	225	614	4.0%
전라북도	198	542	3.6%
전라남도	179	489	3.2%
경상북도	319	873	5.7%
경상남도	313	855	5.6%
제주도	81	223	1.5%

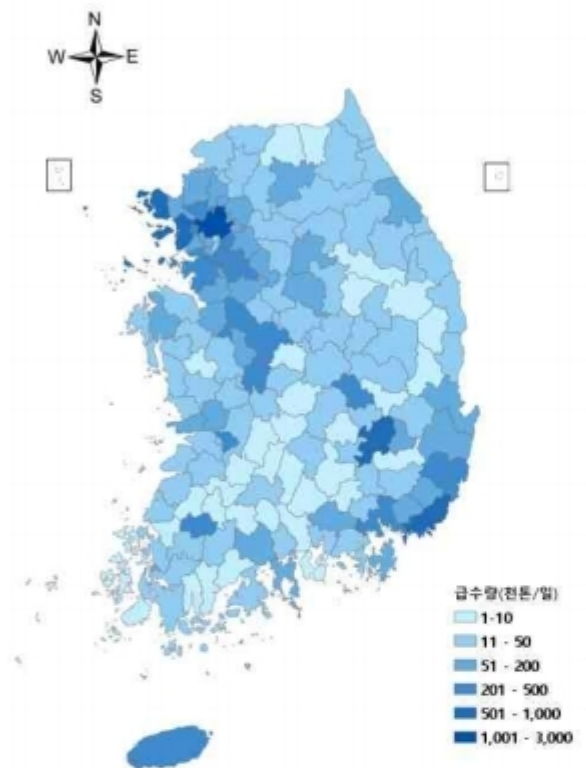


그림 3.9 생활용수 급수량

3.4.3 공업용수 현황

1) 산업단지 현황

2020년말 기준, 「산업입지 및 개발에 관한 법률」에 따른 전국의 산업단지는 총 1,238개이며, 국가산업단지 47개, 일반산업단지 685개, 농공단지 474개, 도시첨단산업단지 32개이다. 전년도 1,220개 대비 18개소가 증가하였다.

표 3.22 전국 산업단지 현황(상위단지 기준)

구 분	합계	국가	일반	농공	도시첨단	비고
산업단지	1,238	47	685	474	32	-

* 한국산업단지관리공단 및 산업입지정보센터(국토연구원) 자료 기준

국가산업단지 및 일반산업단지 중 2개 이상의 하위 산업단지로 구성되어있는 산업단지를 고려하면, 전국의 산업단지는 총 1,292개(국가산업단지 74개, 일반산업단지 712개, 농공단지 474개, 도시첨단 32개)이다. 본 과업에서는 산업단지별 수원 및 용수 공급체계 등에 대해 총 1,292개 산업단지를 기준으로 조사하였다.

표 3.23 시도별 산업단지 현황

구 분	합계	국가산업단지	일반산업단지	농공단지	도시첨단	비고
전 국	1,292 100.0%	74 5.7%	712 55.1%	474 36.7%	32 2.5%	
서울특별시	4	1	3	-	-	
부산광역시	40	2	33	1	4	
대구광역시	22	1	17	2	2	
인천광역시	17	3	12	-	2	
광주광역시	15	3	10	1	1	
대전광역시	11	5	5	-	1	
울산광역시	28	2	22	4	-	
세종특별자치시	19	-	14	4	1	
경기도	196	13	173	1	9	
강원도	75	1	25	45	4	
충청북도	132	2	84	44	2	
충청남도	168	6	67	92	3	
전라북도	91	7	24	59	1	
전라남도	107	7	31	68	1	
경상북도	154	9	76	69	-	
경상남도	207	10	115	81	1	
제주도	6	2	1	3	-	

* 2019년 1,254개 대비 21개소 증가 (신규지정 24개, 지정해제 1개소, 상위단지로 변경 2개소)

「한국산업단지관리공단」의 산업단지 현황조사(2020년 4분기) 및 지자체 등의 조사 결과에서 전국 1,292개 산업단지 중 961개가 조성이 완료되어 가동 중에 있으며, 331개의 산업단지는 계획 중 또는 조성 중으로 조사되었다.

표 3.24 산업단지별 조성현황

구 분	합계	국가산업단지	일반산업단지	농공단지	도시첨단	비고
전 국	1,292	74	712	474	32	
완 료(가동)	961	57	451	440	13	
조성중(미가동)	331	17	261	34	19	

* 조성중인 산업단지 개수에는 단지조성은 완료되었으나, 가동업체가 없는 산단을 포함

2) 산업단지별 수원 현황

가동 중인 961개의 산업단지의 수원(제1수원 기준)을 살펴보면, 총 165개(중복제외)의 수원(시설)을 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 수원(시설)의 종류로 보면 다목적댐 17개(10.3%), 용수댐·저수지 37개소(22.4%) 하천 66개소(40.0%), 지하수 38개소(23.0%), 기타(해수 및 재이용수 등) 7개소(4.2%)로 구분된다.

표 3.25 공업용수 수원현황(1수원 기준)

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천 ¹⁾	지하수	기타
			소계	K-water	지자체	농촌공			
공업용수 수원 (중복제외)	166 100.0%	17 10.3%	37 22.4%	8 4.8%	22 13.3%	7 4.2%	66(3) 40.0%	38 23.0%	7 4.2%

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

산업단지별로는 다목적댐을 수원으로 사용하는 산업단지가 544개(56.6%) 가장 많았으며, 하천 263개(27.4%), 용수댐 및 저수지 106개(11.0%) 등의 순으로 조사되었다.

표 3.26 수원별 산업단지 공급현황(1수원 기준)

(단위 : 개소)

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천 ¹⁾	지하수	기타
			소계	K-water	지자체	농촌공			
합 계	961 100.0%	544 56.6%	106 11.0%	32 3.3%	55 5.7%	19 2.0%	263 (61) 27.4%	41 4.3%	7 0.7%
국가산업단지	57	34	12	5	4	1	9	(8)	2
일반산업단지	451	274	48	15	27	5	112	(42)	13
도 시 첨 단	13	8	1	-	1	-	4	(1)	-
농 공 단 지	440	228	48	12	23	13	138	(10)	26

* 1) 하천의 ()는 하굿둑(낙동강하굿둑 32개, 아산호 25개, 영산강하굿둑(영산호) 4개) 공급지역임

3) 산업단지별 용수사용량

산업단지의 용수사용량은 2020년 기준 가동 중인 961개의 산업단지에 공급된 수도 공급량(지방 및 광역·공업용수도)을 중심으로 조사하였다.

공업용수도시설을 통해 공업용수(침전수 또는 원수)를 공급받는 산업단지는 165개(지방 76개, K-water 89개)로 17.2% 수준이며, 대부분의 산업단지(745개, 77.5%)는 일반수도(광역 및 지방상수도)를 통해 용수를 공급 받고 있다. 이외의 산업단지(51개소, 5.2%)에서는 댐용수(하천취수) 및 지하수 등을 자체 취수하여 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

표 3.27 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	961	89	76	368	377	11	7	30	3
	100.0%	9.3%	7.9%	38.3%	39.2%	1.1%	0.7%	3.1%	0.3%
국가산업단지	57	23	10	9	11	1	-	1	2
일반산업단지	451	61	59	149	159	6	7	9	1
도시첨단	13	-	-	4	9	-	-	-	-
농공단지	440	5	7	206	198	4	-	20	-

* 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.

2020년 기준 전국 산업단지의 용수사용량은 3,511천m³/일이며, 공업용수도에서 3,319천m³/일(침전수 1,339천m³/일, 원수 1,602천m³/일)을 공급하고 있다. 이외 다목적댐용수 47천m³/일, 하천수 48천m³/일, 지하수 97천m³/일을 자체 취수하여 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

표 3.28 공업용수 공급현황

(단위 : 일평균, 천 m³/일)

구 분	합계	공업용수도						일반수도 (광역) ¹⁾	기타(자체 취수)			
		소계		K-water		지자체			정수	댐용수	하천수	지하수
		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	56.3	46.5	100.0	
	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

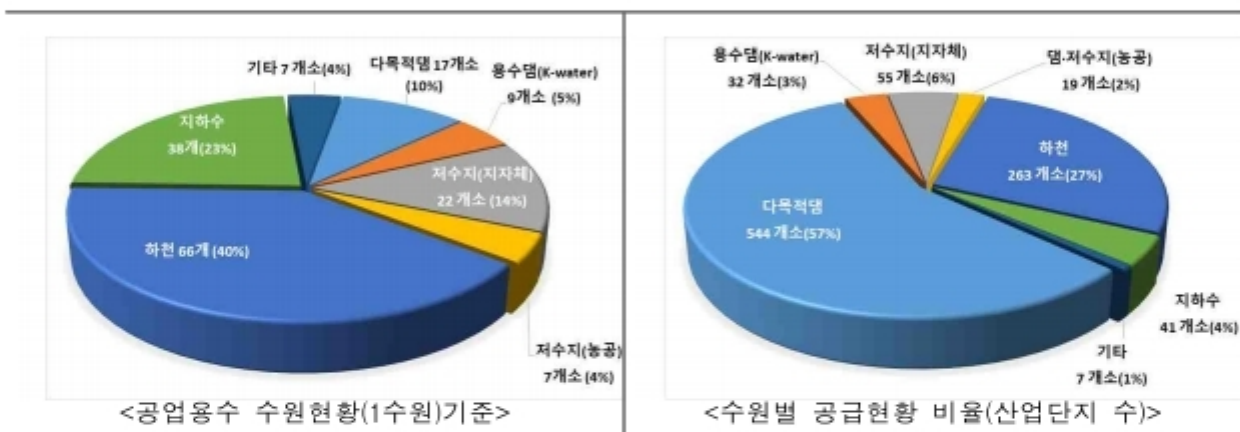


그림 3.10 공업용수 수원현황 및 수원별 공급현황

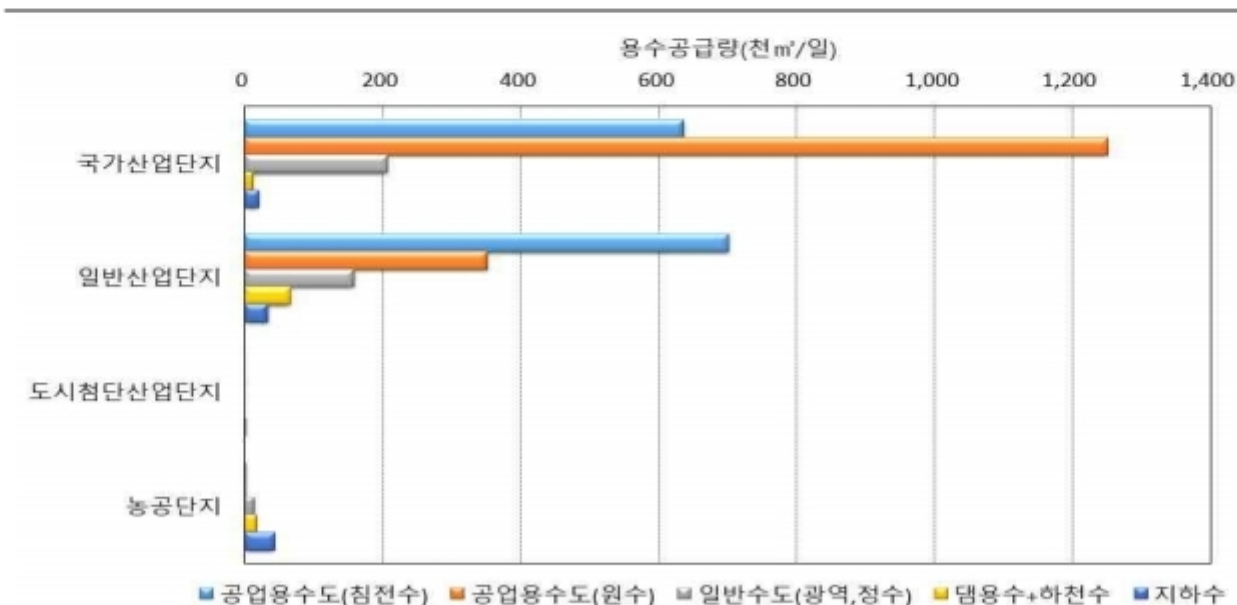


그림 3.11 산업단지별 공업용수 공급현황

3.4.4 용수공급시설 운영현황

1) 취수시설 현황

2020년 기준, 지방 및 광역·공업용수도의 취수시설은 464개소가 가동 중이며, 총 시설용량은 37,370천 m^3 /일이다. 전국적으로 일평균 21,743천 m^3 /일(연간 총공급량 7,958백만 m^3)을 취수하였으며, 지방상수도에서 10,461천 m^3 /일(48.1%), 광역·공업용수도(K-water)에서 11,281천 m^3 /일(51.9%)을 취수하였다.

지역단위로 서울특별시가 2,966천 m^3 /일로 가장 많았고 부산광역시 1,203천 m^3 /일, 경기도 965천 m^3 /일 순으로 조사되었다.

표 3.29 시도별 취수장 운영현황

구 분	시설 개소수 (개)	시설용량 (천 m^3 /일)	일평균 취수량 (천 m^3 /일)		비고
전 국	464	37,370.1	21,742.7	100.0%	
지 자 체 (지방·공업용수도)	424	19,588.7	10,461.3	48.1%	
서울특별시	5	6,290.0	2,965.9	13.6%	
부산광역시	4	2,913.8	1,202.6	5.5%	
대구광역시	6	1,309.0	650.9	3.0%	
인천광역시	4	705.1	498.7	2.3%	
광주광역시	3	403.0	280.1	1.3%	
대전광역시	2	1,350.0	576.7	2.7%	
울산광역시	1	270.0	183.0	0.8%	
세종특별자치시	-	-	-	-	
경기도	27	1,462.6	965.0	4.4%	
강원도	69	989.0	592.7	2.7%	
충청북도	20	315.6	243.4	1.1%	
충청남도	9	94.4	47.1	0.2%	
전라북도	20	294.6	182.6	0.8%	
전라남도	72	273.6	194.3	0.9%	
경상북도	81	1,126.7	710.1	3.3%	
경상남도	47	1,335.9	764.2	3.5%	
제주도	54	455.4	404.1	1.9%	
K - w a t e r (광역·공업용수도)	40	17,781.4	11,281.4	51.9%	

* '20년도 가동 중인 취수시설 기준(운휴 45개소 및 폐쇄 25개소는 제외함)

표 3.30 수원별 취수시설 현황

(단위 : 개수)

구 분		합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천	지하수	기타
				소계	K-water	지자체	농촌공			
전 국	가동	464 100.0%	72 15.5%	127 27.4%	11 2.4%	98 21.1%	18 3.9%	181 39.0%	81 17.5%	3 0.6%
	유휴	45 100.0%	1 2.2%	10 22.2%	- -	10 22.2%	- -	24 53.3%	10 18.5%	- -
지자체 (지방상수도)	가동	424 100.0%	45 10.6%	116 27.4%	1 0.2%	98 23.1%	17 4.0%	179 42.2%	81 19.1%	3 0.7%
	유휴	45 100.0%	1 2.2%	10 22.2%	- -	10 22.2%	- -	24 53.3%	10 18.5%	- -
K-water (광역·공업용수도)	가동	40 100.0%	27 67.5%	11 27.5%	10 25.0%	- -	1 2.5%	2 5.0%	- -	- -
	유휴	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -

지방 및 광역·공업상수도의 수원 종류별 취수량을 살펴보면, 다목적댐 16,616천m³/일(76.4%), 하천 2,757천m³/일(12.7%), 용수댐·저수지 1,945천m³/일(8.9%), 지하수 424천m³/일(1.9%) 순으로 공급하고 있는 것으로 조사되었다.

표 3.31 수원별 취수량 현황

(단위 : 천 m³/일)

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천	지하수	기타
			소계	K-water	지자체	농촌공			
전 국	21,742.7	16,615.7	1,945.0	837.1	881.2	226.7	2,756.5	423.7	1.8
	100.0%	76.4%	8.9%	3.8%	4.1%	1.0%	12.7%	1.9%	0.0%
지 자 체 (지방·공업용)	10,461.3	6,458.6	1,110.0	32.9	881.2	195.8	2,467.2	423.7	1.8
	100.0%	61.7%	10.6%	0.3%	8.4%	1.9%	23.6%	4.1%	0.0%
K-water (광역·공업용)	11,281.4	10,157.1	835.1	804.2	-	30.9	289.2	-	-
	100.0%	90.0%	7.4%	7.1%	-	0.3%	2.6%	-	-

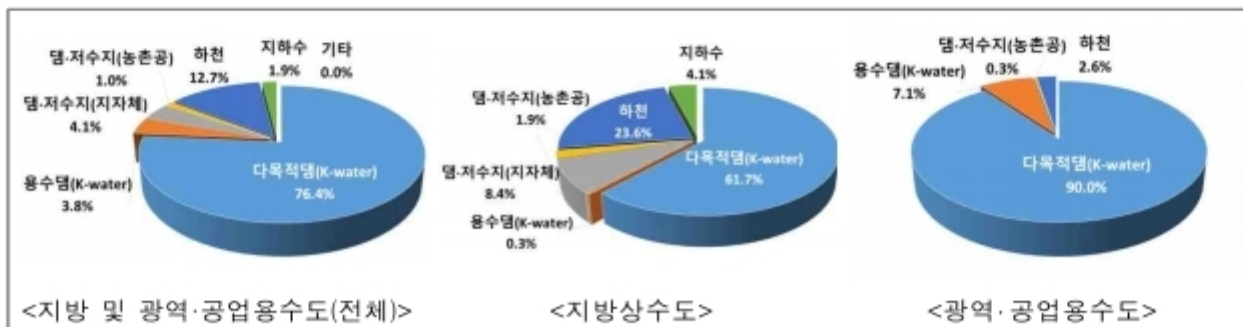


그림 3.12 수원별 취수량 비율(지방·광역상수도)

표 3.32 시·도별, 수원별 생·공용수(광역·지방상수도) 취수현황

(단위 : 천 m³/일)

구 분	합 계	다목적댐	용수댐·저수지				하천	지하수	기타
			소계	K-water	지자체	농촌공			
전 국	21,742.7	16,615.7	1,945.0	837.1	881.2	226.7	2,756.5	423.7	1.8
	100.0%	76.4%	8.9%	3.8%	4.1%	1.0%	12.7%	1.9%	0.0%
서울특별시	3,045.9	3,045.9	-	-	-	-	-	-	-
부산광역시	1,202.6	378.3	128.1	-	128.1	-	696.1	-	-
대구광역시	650.9	593.2	57.7	-	57.7	-	-	-	-
인천광역시	498.7	496.8	0.2	-	0.2	-	-	1.7	-
광주광역시	280.1	-	280.1	-	280.1	-	-	-	-
대전광역시	576.7	576.7	-	-	-	-	-	-	-
울산광역시	694.9	325.3	369.6	186.7	183.0	-	-	-	-
세종특별자치시	-	-	-	-	-	-	-	-	-
경기도	5,768.2	5,475.4	17.8	-	17.8	-	274.4	0.7	-
강원도	722.1	84.8	135.1	44.6	3.3	87.2	496.9	5.3	-
충청북도	1,449.7	1,312.1	3.5	-	3.5	-	128.4	5.8	-
충청남도	615.3	292.0	14.1	-	-	14.1	306.4	2.9	-
전라북도	889.7	677.3	115.5	-	1.5	114.0	96.8	-	0.1
전라남도	1,588.3	1,429.3	112.9	24.4	82.1	6.3	42.5	3.1	0.6
경상북도	1,655.9	584.6	621.0	544.0	76.0	0.9	437.7	12.6	-
경상남도	1,699.6	1,344.0	75.3	37.4	33.7	4.2	277.3	3.0	-
제주도	404.1	-	14.2	-	14.2	-	-	388.7	1.1

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

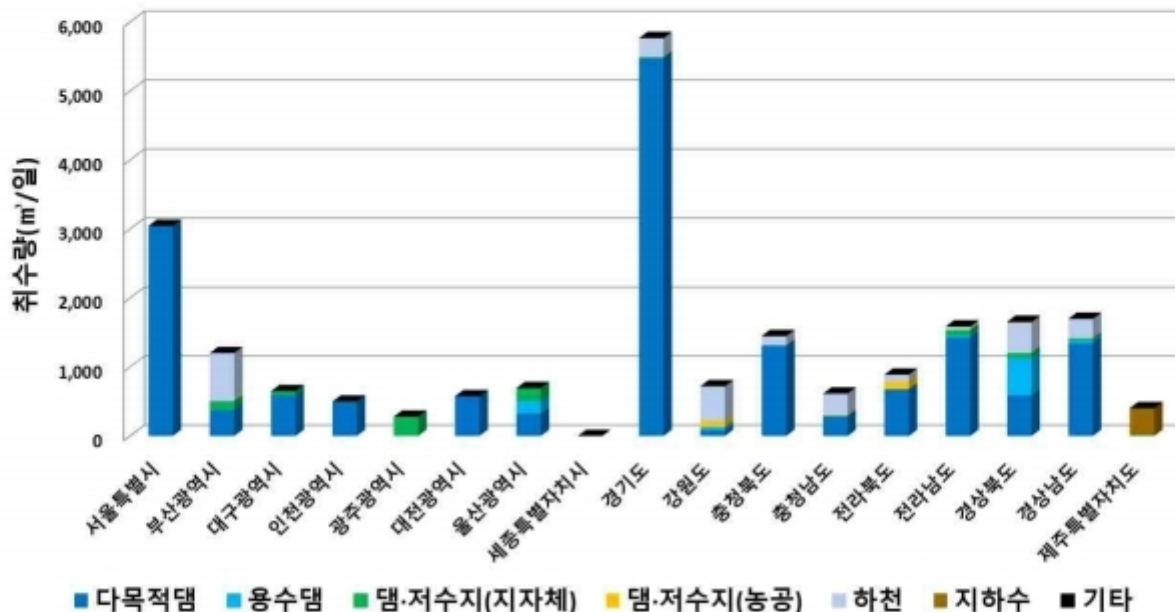


그림 3.13 시·도별, 수원별 생·공용수(광역·지방상수도) 공급현황

표 3.33 수원별, 월별 생·공용수(광역·지방상수도) 취수현황

(단위 : 천 ㎥/일)

구 분	평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
전 국	21,742.7 100.0%	21,225.3 97.6%	21,265.6 97.8%	21,046.3 96.8%	21,040.3 96.8%	21,395.6 98.4%	22,539.0 103.7%	22,252.1 102.3%	22,814.8 104.9%	22,358.6 102.8%	21,859.3 100.5%	21,710.3 99.9%	21,393.9 98.4%
다목적댐	16,864.5	16,197.7	16,202.5	16,010.2	16,068.5	16,334.6	17,299.4	17,082.0	17,456.9	17,180.2	16,710.3	16,559.9	16,289.2
용수댐	833.6	815.0	824.3	807.9	816.5	848.5	882.5	864.3	903.4	827.9	798.1	818.8	835.8
저수지(지자체)	879.6	854.0	884.8	886.3	862.2	875.9	887.8	884.9	924.6	875.5	880.2	879.6	868.4
저수지(농공)	231.7	216.7	209.4	216.2	207.9	226.6	232.4	227.1	244.4	238.2	233.9	235.7	231.1
하천	2,754.3	2,717.9	2,721.4	2,693.1	2,672.5	2,685.4	2,809.7	2,768.6	2,856.6	2,808.4	2,800.9	2,790.4	2,752.4
지하수	372.0	422.4	421.5	420.9	421.0	422.8	425.4	423.5	427.2	426.7	423.9	424.0	425.1
기타	1.6	1.8	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.7	1.7	1.9	1.9	1.9

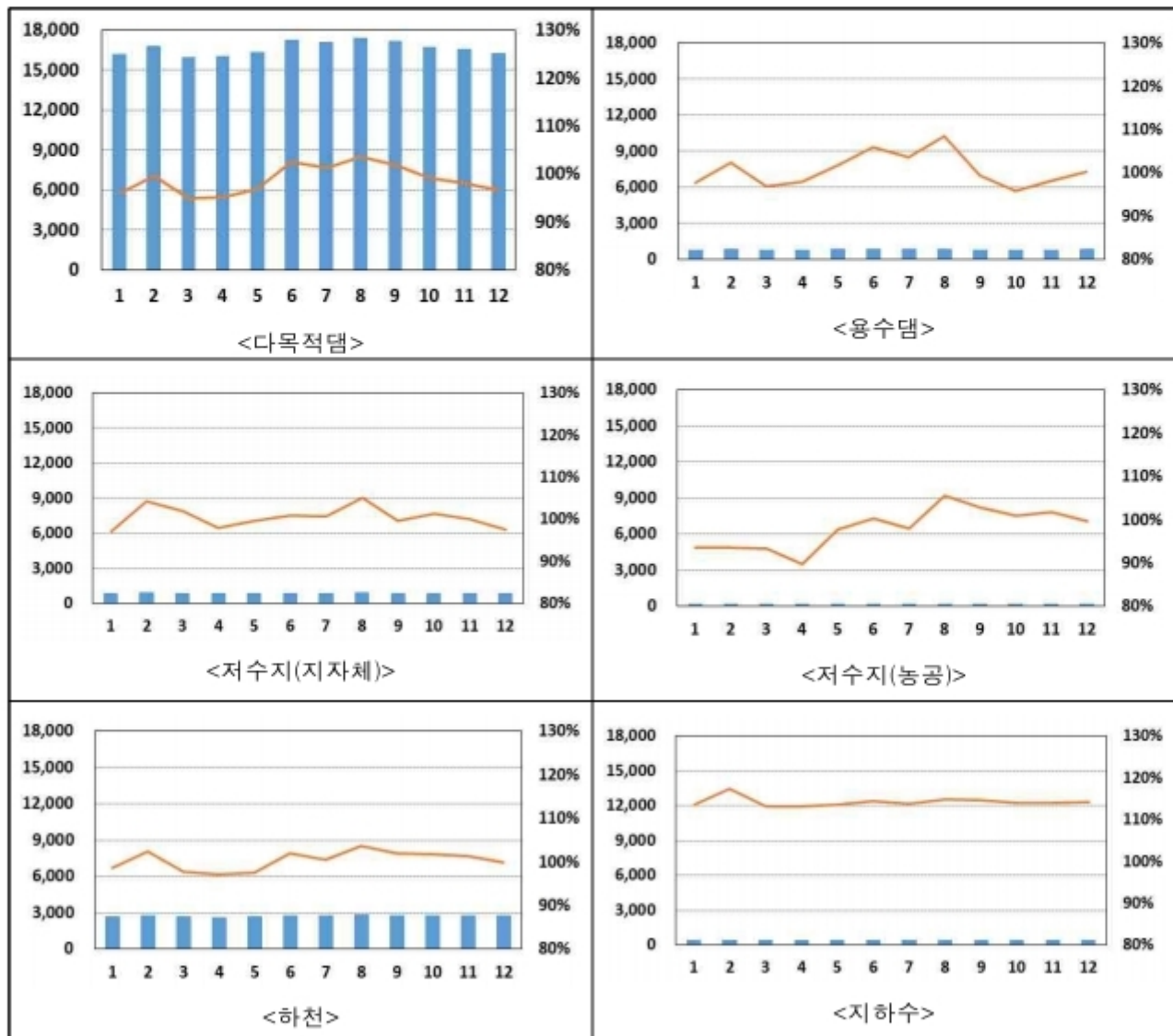
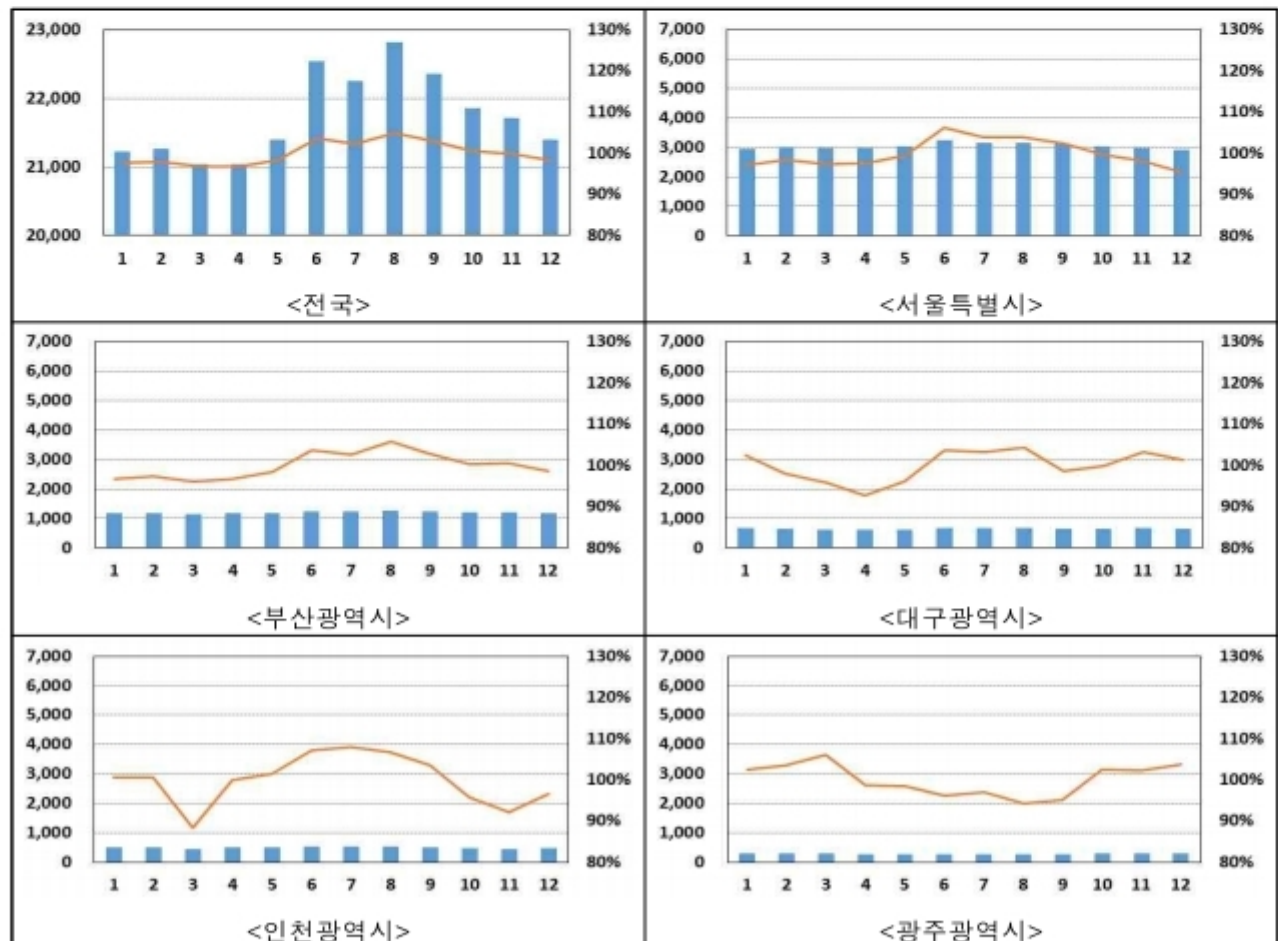


그림 3.14 수원별 월별 생·공용수 취수량(단위 : 천 ㎥/일)

* 그래프 보조 세로(Y)축은 해당 수원의 연간 평균 취수량 대비 월별 평균 취수량 비율을 의미함

표 3.34 시·도별, 월별 생·공용수(광역·지방상수도) 취수현황 (단위 : 천 ㎥/일)

구 분	평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
전국	21,742.7	21,225.3	21,265.6	21,046.3	21,040.3	21,365.6	22,539.0	22,252.1	22,814.8	22,368.6	21,859.3	21,710.3	21,393.9
서울특별시	3,045.9	2,958.2	2,996.7	2,968.2	2,973.9	3,030.5	3,233.0	3,167.0	3,166.2	3,122.2	3,038.1	2,991.7	2,906.8
부산광역시	1,202.6	1,162.9	1,172.0	1,155.7	1,164.4	1,184.3	1,246.4	1,233.3	1,272.4	1,236.0	1,207.4	1,208.8	1,186.7
대구광역시	650.9	667.2	637.9	624.3	603.7	625.3	675.2	672.8	679.4	642.0	650.3	672.7	659.3
인천광역시	498.7	502.1	501.3	440.3	498.3	505.4	533.9	538.3	531.7	515.9	477.4	459.1	481.4
광주광역시	280.1	286.9	290.1	296.8	276.3	275.9	289.3	271.4	264.1	266.2	286.9	286.3	290.4
대전광역시	576.7	539.4	553.1	552.1	554.0	575.5	606.3	592.7	619.0	602.1	578.9	580.5	566.1
울산광역시	694.9	654.0	675.8	596.5	601.2	615.1	654.8	773.3	916.2	853.2	743.0	617.2	635.4
세종특별자치시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
경기도	5,768.2	5,541.6	5,592.1	5,607.7	5,566.6	5,662.3	5,991.3	5,936.9	5,935.1	5,922.0	5,865.4	5,834.7	5,758.5
강원도	722.1	716.6	705.9	694.5	692.8	711.6	741.6	736.8	765.8	730.0	720.4	724.6	723.6
충청북도	1,449.7	1,430.0	1,441.6	1,442.4	1,442.8	1,457.1	1,524.4	1,501.7	1,533.8	1,503.2	1,451.7	1,388.2	1,281.3
충청남도	615.3	626.6	627.2	618.6	600.3	590.3	614.2	611.3	622.1	625.3	610.8	615.8	622.3
전라북도	889.7	885.3	882.1	889.3	850.2	880.0	897.4	888.2	927.1	920.2	897.1	900.1	879.0
전라남도	1,588.3	1,550.0	1,535.5	1,523.9	1,521.8	1,540.7	1,623.5	1,601.0	1,738.3	1,674.2	1,616.5	1,576.7	1,555.0
경상북도	1,655.9	1,602.7	1,642.2	1,617.9	1,634.1	1,644.3	1,692.8	1,666.0	1,755.4	1,696.7	1,648.6	1,635.7	1,633.6
경상남도	1,699.6	1,697.7	1,608.1	1,634.0	1,655.9	1,693.2	1,830.8	1,657.3	1,684.1	1,645.2	1,663.0	1,814.0	1,810.5
제주도	404.1	404.1	404.1	404.1	404.1	404.1	404.1	404.1	404.1	404.1	404.1	404.1	404.1



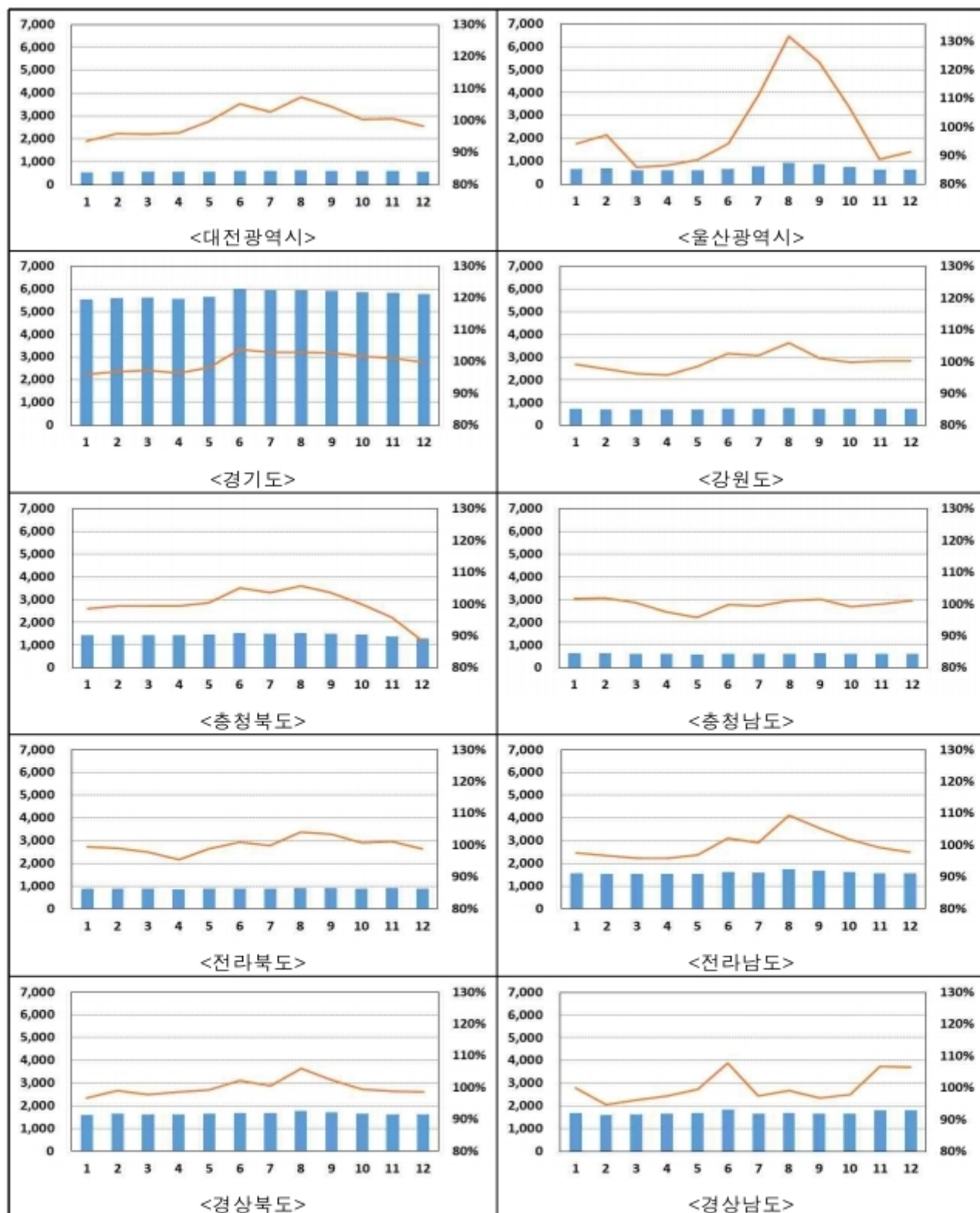


그림 3.15 시·도별, 월별 생·공용수 취수량(단위 : 천 m³/일)

* 그래프 보조 세로(Y)축은 해당 지역의 연간 평균 취수량 대비 월별 평균 취수량 비율을 의미함

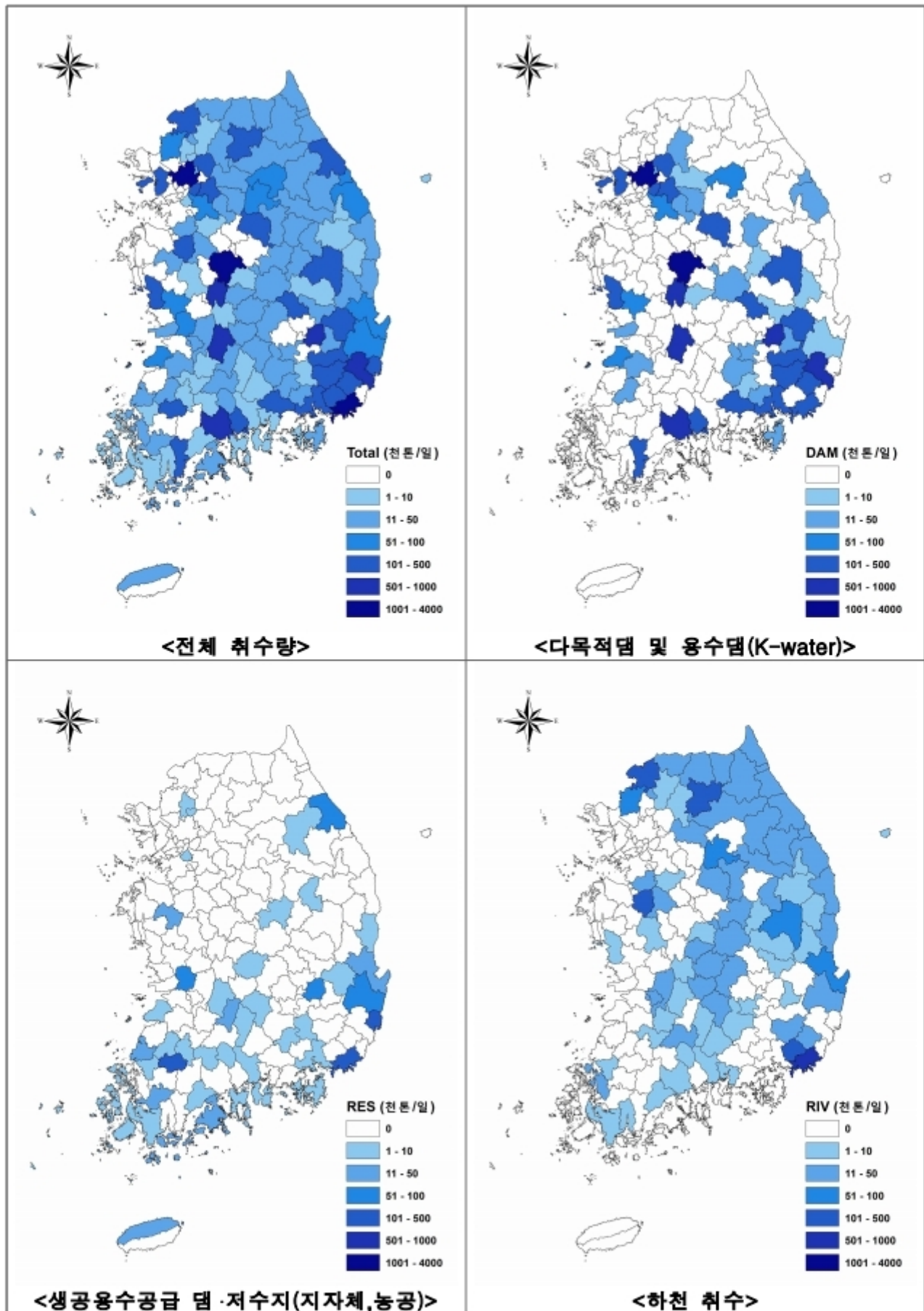


그림 3.16 수원별 생·공용수 취수현황 (광역·지방상수도)

2) 정수시설 현황

지방 및 광역·공업용수도의 가동중인 정수시설은 467개소로 총 시설용량은 30,835천 m^3 /일이며, 2020년 일평균 19,412천 m^3 /일을 공급하였다. 지방상수도에서 13,179천 m^3 /일(67.9%), 광역·공업용수도에서 6,233천 m^3 /일(32.1%)을 생산하여 공급하였다.

표 3.35 시도별 정수장 운영현황

구분	시설 개소수(개)			시설용량(천 m^3 /일)			일평균 생산량(천 m^3 /일)			비 고
	합계	일반 수도	공업용 수도	합계	일반 수도	공업용 수도	합계	일반 수도	공업용 수도	
전 국	467	451	33	30,834.8	27,544.2	3,290.6	19,411.9	17,923.5	1,488.4	100%
지 자 체 (지방상수도)	425	413	21	21,749.6	20,292.3	1,457.3	13,179.3	12,677.9	501.4	67.9%
서울특별시	6	6	1	4,930.0	4,800.0	130.0	3,116.0	3,100.0	16.0	16.1%
부산광역시	4	4	1	2,251.0	1,899.0	352.0	1,121.9	1,059.4	62.5	5.8%
대구광역시	6	5	1	1,540.0	1,340.0	200.0	858.5	780.6	77.9	4.4%
인천광역시	7	7	-	1,958.1	1,958.1	-	1,067.5	1,067.5	-	5.5%
광주광역시	3	3	-	760.0	760.0	-	483.1	483.1	-	2.5%
대전광역시	4	3	1	1,290.0	1,200.0	90.0	574.0	542.4	31.6	3.0%
울산광역시	3	3	-	770.0	770.0	-	352.6	352.6	-	1.8%
세종특별자치시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0%
경기도	42	39	6	2,989.6	2,724.1	265.5	2,156.3	2,004.3	152.0	11.1%
강원도	69	69	1	829.7	824.7	5.0	564.1	562.8	1.3	2.9%
충청북도	20	19	1	317.9	314.9	3.0	242.6	240.6	1.9	1.2%
충청남도	9	9	-	102.8	102.8	-	59.1	59.1	-	0.3%
전라북도	20	18	3	289.4	148.2	141.2	177.1	109.6	67.5	0.9%
전라남도	78	78	-	679.6	679.6	-	409.1	409.1	-	2.1%
경상북도	86	82	6	1,251.2	980.6	270.6	853.3	762.7	90.6	4.4%
경상남도	51	51	-	1,447.0	1,447.0	-	802.4	802.4	-	4.1%
제주특별자치도	17	17	-	343.5	343.5	-	341.7	341.7	-	1.8%
K-water (광역공업용수도)	42	38	12	9,085.2	7,251.9	1,833.3	6,232.6	5,245.6	987.0	32.1%

* 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 17,924천m³/일, 침전수(공업용수)는 1,488천m³/일을 생산·공급하였다.

표 3.36 지역별, 수종별 지방 및 광역·공업상수도 공급량

(단위 : 천 m³/일)

구분	합계			지방상수도			광역 및 공업용수도			비고
	소계	정수	침전수	소계	정수	침전수	소계	정수	침전수	
전 국	19,411.9	17,923.5	1,488.4	13,179.3	12,677.9	501.4	6,232.6	5,245.6	987.0	100%
	100.0%	92.3%	7.7%	67.9%	65.3%	2.6%	32.1%	27.0%	5.1%	
서울특별시	2,988.1	2,972.1	16.0	2,988.1	2,972.1	16.0	-	-	-	15.4%
부산광역시	1,105.7	1,043.1	62.5	1,105.7	1,043.1	62.5	-	-	-	5.7%
대구광역시	836.3	748.2	88.1	826.1	748.2	77.9	10.2	-	10.2	4.3%
인천광역시	1,071.5	1,071.5	-	1,068.3	1,068.3	-	3.2	3.2	-	5.5%
광주광역시	483.1	483.1	-	483.1	483.1	-	-	-	-	2.5%
대전광역시	430.6	399.0	31.6	430.6	399.0	31.6	-	-	-	2.2%
울산광역시	593.3	352.6	240.7	352.6	352.6	-	240.7	-	240.7	3.1%
세종특별자치시	162.3	154.5	7.8	128.0	128.0	-	34.3	26.5	7.8	0.8%
경기도	4,881.4	4,541.6	339.7	2,283.5	2,131.5	152.0	2,597.9	2,410.1	187.7	25.1%
강원도	670.4	669.0	1.3	564.1	562.8	1.3	106.3	106.3	-	3.5%
충청북도	733.5	603.3	130.1	242.6	240.7	1.9	490.8	362.7	128.2	3.8%
충청남도	1,072.5	804.6	267.9	74.5	74.5	-	997.9	730.0	267.9	5.5%
전라북도	882.9	716.5	166.3	177.0	109.6	67.5	705.9	607.0	98.9	4.5%
전라남도	692.3	678.9	13.4	409.1	409.1	-	283.2	269.8	13.4	3.6%
경상북도	1,242.8	1,121.1	121.7	885.7	795.1	90.6	357.1	326.0	31.1	6.4%
경상남도	1,223.6	1,222.5	1.1	818.6	818.6	-	405.0	403.9	1.1	6.3%
제주도	341.7	341.7	-	341.7	341.7	-	-	-	-	1.8%

* 광역 및 공업수도는 지역별 공급량을 기준으로 산정

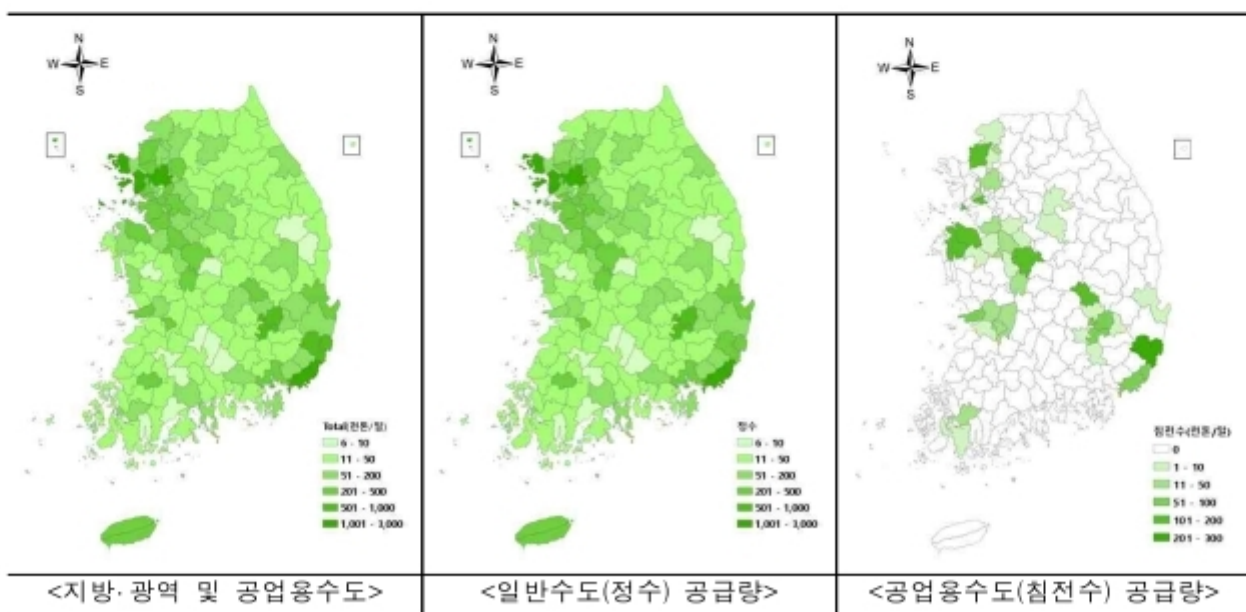


그림 3.17 지방·광역상수도 및 공업용수도 공급현황

표 3.37 수종별, 월별 지방·광역상수도 및 공업용수도 공급량 (단위 : 천 ㎥/일)

구 분	연평균	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
합 계	19,411.9	18,900.1	19,013.9	18,805.7	18,808.3	19,189.4	20,141.7	19,889.4	20,328.0	19,925.5	19,475.5	19,316.3	19,138.9
일반수도(계)	17,923.5	17,380.7	17,459.5	17,279.2	17,363.7	17,766.1	18,663.4	18,423.2	18,846.8	18,408.0	17,996.4	17,845.9	17,636.4
지 자 체	12,677.9	12,336.2	12,383.0	12,252.2	12,310.2	12,632.3	13,210.5	13,038.9	13,296.0	12,966.8	12,687.8	12,569.3	12,442.1
K-water	5,245.6	5,044.5	5,076.4	5,027.0	5,053.4	5,133.8	5,453.0	5,384.4	5,550.8	5,441.2	5,308.7	5,276.6	5,194.2
공업용수도(계)	1,488.4	1,519.4	1,554.5	1,526.5	1,444.7	1,423.3	1,478.3	1,466.1	1,481.2	1,517.5	1,479.0	1,470.4	1,502.5
지 자 체	501.4	514.2	543.6	535.8	480.1	462.6	506.2	495.7	480.1	509.7	488.4	502.7	500.1
K-water	987.0	1,005.2	1,010.9	990.7	964.6	960.7	972.1	970.4	1,001.1	1,007.8	990.6	967.7	1,002.4

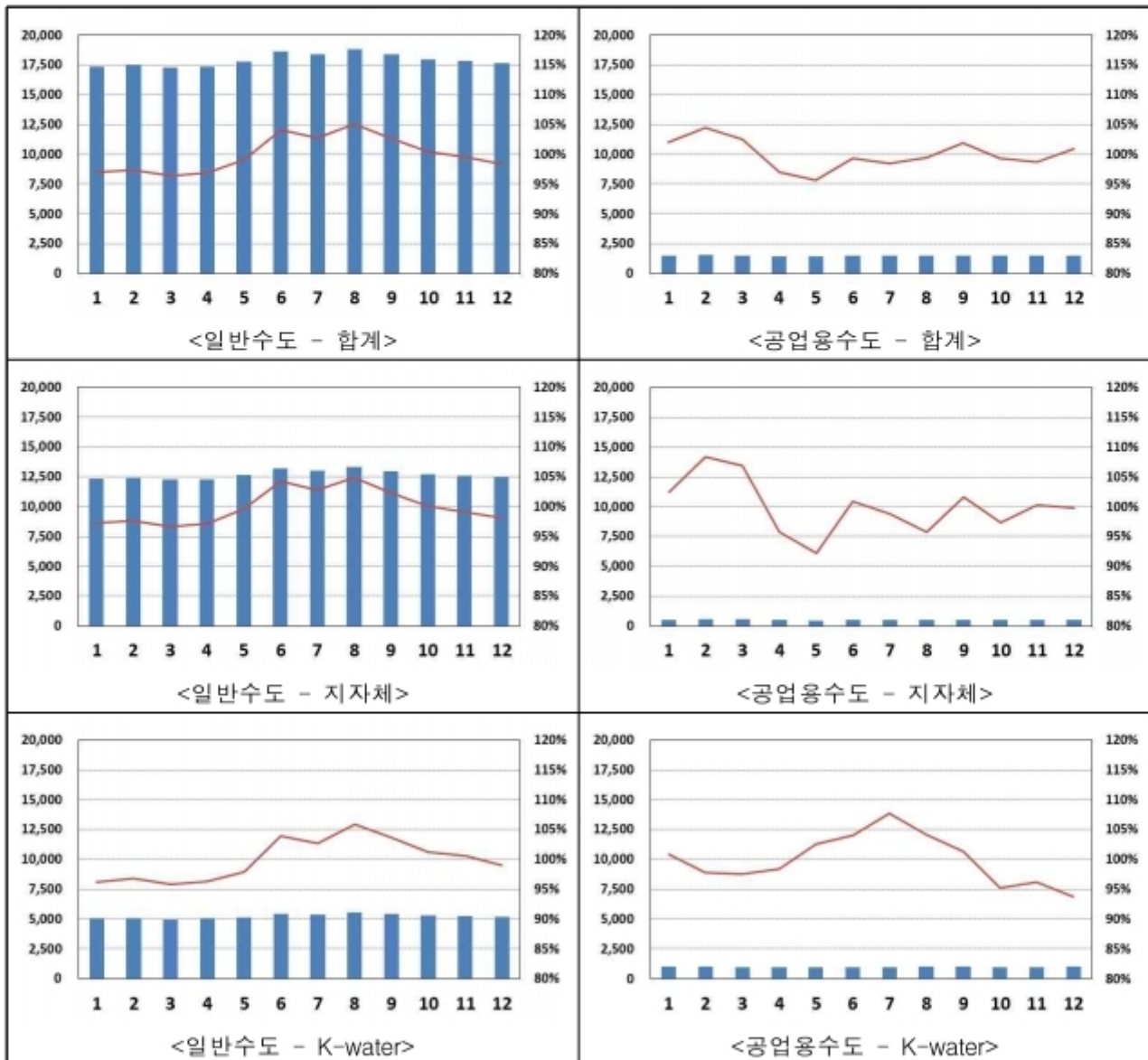


그림 3.18 수종별, 월별 생·공용수 공급량(단위 : 천 ㎥/일)

* 그래프 보조 세로(Y)축은 해당 수종의 연간 일평균 공급량 대비 월별 일평균 공급량 비율을 의미함

3) 배수지 현황

급수구역 조사단위인 읍면동별 급수체계(수원 - 취수장 - 정수장 - 배수지)의 배수지를 중심으로 조사하였으며, 총 2,267개소, 총 시설용량은 11,845.2천㎥이다. 전년도 2,222개소(11,850.5천㎥) 대비 45개소가 추가적으로 조사 되었다.

표 3.38 시도별 배수지 관리현황

구 분	합 계		시설용량 5천 ㎥ 이상		시설용량 5천 ㎥ 이하		비고
	개소 (수)	총시설용량 (천 ㎥)	개소 (수)	시설용량 (천 ㎥)	개소 (수)	시설용량 (천 ㎥)	
전 국	2,267	11,845.2	589	9,943.4	1,678	1,901.8	
서울특별시	100	2,427.7	47	2,336.5	53	91.2	
부산광역시	66	484.9	31	405.6	35	79.4	
대구광역시	48	481.6	33	448.8	15	32.8	
인천광역시	30	616.7	21	594.0	9	22.7	
광주광역시	16	258.6	12	248.0	4	10.6	
대전광역시	29	51.8	2	14.3	27	37.5	
울산광역시	24	236.1	17	210.8	7	25.3	
세종특별자치시	15	89.2	5	71.6	10	17.6	
경기도	276	3,087.4	183	2,891.3	93	196.1	
강원도	208	470.7	26	277.8	182	192.9	
충청북도	150	454.8	29	324.5	121	130.3	
충청남도	147	586.1	36	417.4	111	168.7	
전라북도	143	505.5	31	403.7	112	101.9	
전라남도	326	521.1	23	286.2	303	234.9	
경상북도	345	679.9	35	417.0	310	262.9	
경상남도	302	740.8	44	508.9	258	231.9	
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
- * 20년 가동중인 배수시설 기준(운휴 91개소 및 폐쇄 21개소는 제외함)

3.4.5 소규모수도시설 현황

1) 일반현황

광역 및 지방상수도 이외의 시설인 소규모수도시설¹⁾은 2020년말 현재 총 13,437개소로 마을상수도는 4,496개소, 소규모급수시설은 8,373개소, 전용상수도는 568개소로 조사되었다. 급수인구는 총 1,578천명이며 일평균 사용량은 707.7천㎥/일이다.

표 3.39 전국 소규모수도시설(마을상수도, 소규모급수시설, 전용상수도)

구 분	합 계			마을상수도			소규모급수시설			전용상수도		
	개소	인구 (천명)	사용량 (천㎥/일)	개소	인구 (천명)	사용량 (천㎥/일)	개소	인구 (천명)	사용량 (천㎥/일)	개소	인구 (천명)	사용량 (천㎥/일)
전 국	13,437	1,578	707.7	4,496	535	257.0	8,373	416	193.1	568	627	257.7
서울특별시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
부산광역시	25	4	2.2	17	4	2.0	8	1	0.2	-	-	-
대구광역시	26	2	1.0	14	2	0.7	12	1	0.2	-	-	-
인천광역시	248	33	17.7	132	24	12.2	116	9	5.5	-	-	-
광주광역시	9	1	0.2	7	-	0.2	-	-	-	2	-	-
대전광역시	28	1	0.8	1	-	0.0	27	1	0.8	-	-	-
울산광역시	218	22	6.9	121	15	4.7	97	7	2.2	-	-	-
세종특별자치시	94	13	12.8	47	6	7.0	38	3	4.2	9	4	1.6
경 기 도	820	170	112.2	380	46	15.4	287	14	10.0	153	111	86.8
강 원 도	1,304	178	94.3	264	37	15.5	955	42	26.8	85	100	52.0
충 청 북 도	1,507	97	64.1	304	36	11.9	1,164	54	21.2	39	7	31.1
충 청 남 도	1,648	225	62.1	770	100	32.7	809	47	21.2	69	78	8.2
전 라 북 도	653	48	22.0	188	18	5.5	448	22	8.4	17	9	8.0
전 라 남 도	1,657	131	40.9	624	66	20.0	1,030	52	16.6	3	14	4.3
경 상 북 도	2,553	290	93.4	648	77	23.7	1,870	89	47.6	35	123	22.1
경 상 남 도	2,413	187	65.6	893	104	34.2	1,512	76	28.2	8	6	3.2
제 주 도	234	176	111.5	86	-	71.1	-	-	-	148	176	40.4

- 1) 1. 마을상수도 : 지방자치단체가 100명 이상 2,500명 이내의 급수인구에게 정수를 공급하는 일반수도로서 1일 공급량이 20㎥이상 500㎥미만인 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 20㎥ 미만인 급수시설 중 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사·시장·군수(광역시의 군수는 제외한다)가 지정하는 급수시설을 말함
 3. 전용상수도 : 100명 이상을 수용하는 기숙사·탁영양소, 그 밖의 시설에서 사용되는 자기용의 수도와 수도사업에 제공되는 수도 외의 수도로서 100명 이상 5천명 이내의 급수인구(학교·교회 등의 유동인구를 포함한다)에 대하여 완수나 정수를 공급하는 수도를 말함 다만 다른 수도에서 공급되는 물만을 상수원으로 하는 것 중 일일 급수량과 시설의 규모가 대통령령으로 정하는 기준에 못 미치는 것은 제외함

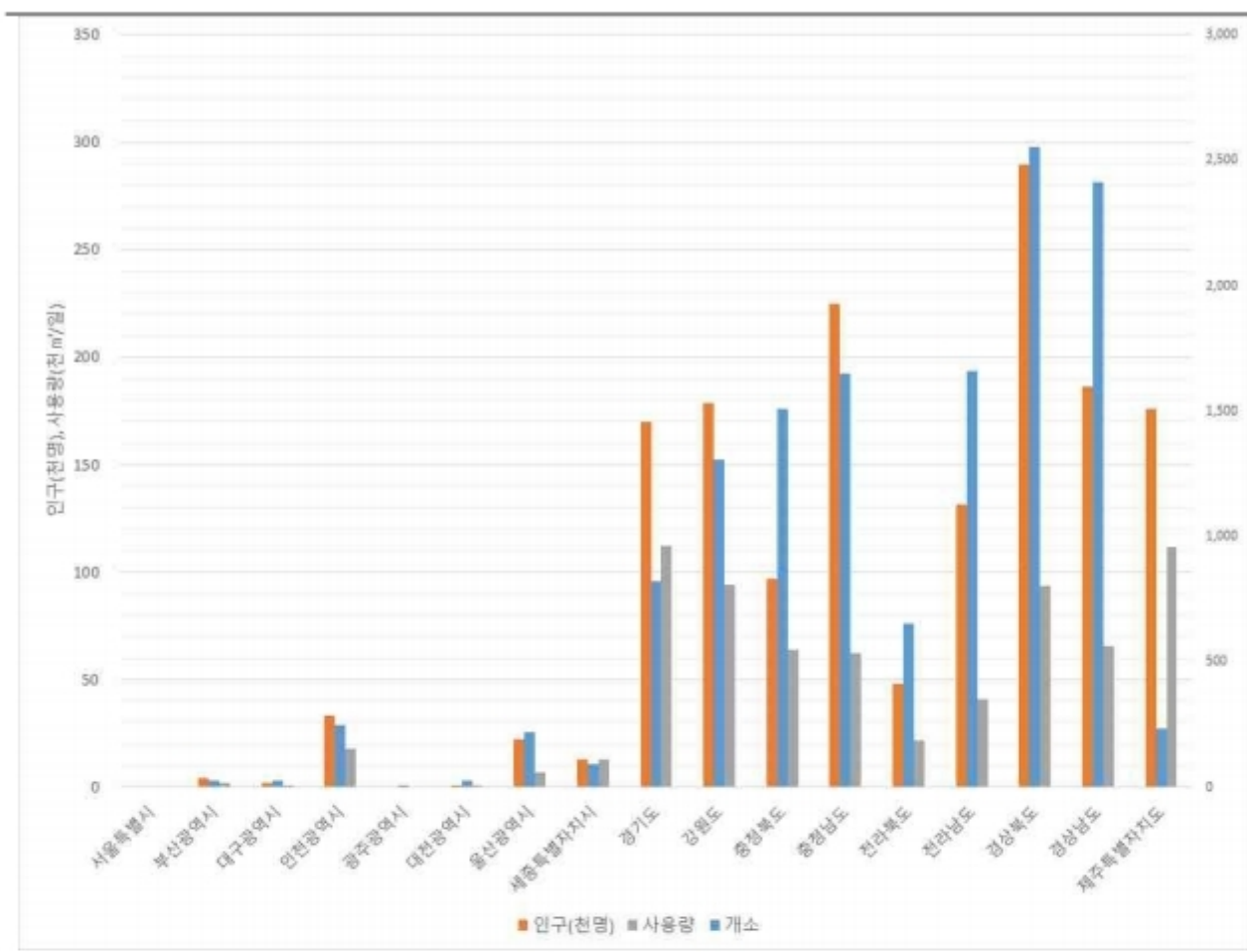


그림 3.19 전국 소규모수도시설 현황(시설수, 인구수, 사용량)

2) 소규모수도시설 수원현황

소규모수도시설의 수원으로는 지하수 11,253개소(83.7%), 계곡수 1,761개소(13.1%)를 사용 중에 있으며, 이외 용천수, 복류수, 하천수, 호소수, 해수 등을 이용하고 있다.

표 3.40 전국 소규모수도시설의 수원현황

구분	합계	지하수	계곡수 (지표수)	용천수	복류수	하천수	호소수	해수	비고	비고
합계	13,437 100.0%	11,253 83.7%	1,761 13.1%	196 1.5%	135 1.0%	59 0.4%	18 0.1%	15 0.1%		
마을상수도	4,496	3,940	440	43	40	18	10	5		
소규모급수시설	8,376	6,785	1,317	153	82	25	1	10		
전용상수도	568	528	4	-	13	16	7	-		

3.4.6 비상급수(제한 및 운반급수) 현황

1) 2020년 비상급수 현황

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

본 조사에서는 '20년 연중 상시조사된 비상급수 발생 현황에 대하여 보완·수정(누락사항 조사 등)하였다.

2020년에 가물(물부족)으로 인하여 20개 시·군에서 비상급수(제한 및 운반급수)가 발생하여 9,263명이 피해를 겪었다.

상수도 보급지역을 살펴보면, 2개 시·군(전남 진도군, 여수시)에서 제한 및 운반급수가 발생하여 812명이 피해를 겪었다. 진도군 관사정수장은 수원인 지하수의 수위 저하로 상시('09.5월~현재) 시간제(2시간급수/일) 제한급수 중이며, 여수시 개도저수지의 수위 저하로 약 1개월간('20.1.15~2.25) 시간제(14시간급수/일) 제한급수 및 병물지원(6회 16톤)을 시행했다.

미급수지역(소규모수도시설)은 도서·산간지역으로 지형적·지리적 여건에 따라 지하수 및 계곡수 등의 소규모 수원에 의존하고 있어 안정적 수량 확보가 어려운 상황이다. 강원(7개 시·군), 경기·인천(2개 시·군) 지역을 중심으로 20개 시·군에서 제한 및 운반급수가 발생하여 8,451명이 피해를 겪었다.

표 3.41 2020년 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	시·군	피해인구
합 계	20	9,263	1	76	18	5,909	5	3,278
상수도보급지역	2	812	1	76	-	-	1	736
미 급 수 지 역	20	8,451	-	-	18	5,909	4	2,542

* 합계의 시군(수)는 중복된 시군을 제외한 수치임

표 3.42 2020년 지역별(시·도) 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
전 국	20	93	9,263	1	1	76	18	85	5,909	5	8	3,278
서울특별시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
부산광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
대구광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
인천광역시	1	11	3,149	-	-	-	1	6	813	2	5	2,336
광주광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
대전광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
울산광역시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
세종특별자치시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
경 기 도	1	3	188	-	-	-	1	3	188	-	-	-
강 원 도	7	39	2,899	-	-	-	6	37	2,851	1	1	48
충 청 북 도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
충 청 남 도	2	7	342	-	-	-	2	7	342	-	-	-
전 라 북 도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
전 라 남 도	6	30	2,237	1	1	76	6	29	1,425	1	1	736
경 상 북 도	1	1	200	-	-	-	1	1	200	-	-	-
경 상 남 도	2	2	248	-	-	-	1	1	90	1	1	158
제 주 도	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* 합계의 시군(수)는 중복된 시군을 제외한 수치임

표 3.43 2020년 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	20	93	9,263	1	1	76	18	85	5,909	5	8	3,278
인천광역시	1	11	3,149	-	-	-	1	6	813	2	5	2,336
경기도	1	3	188	-	-	-	1	3	188	-	-	-
광 주 시	1	3	188	-	-	-	1	3	188	-	-	-
강원도	7	39	2,899	-	-	-	6	38	2,851	1	1	48
삼 척 시	1	10	297	-	-	-	1	10	297	-	-	-
원 주 시	1	3	140	-	-	-	1	3	140	-	-	-
정 선 군	1	15	528	-	-	-	1	15	528	-	-	-
춘 천 시	1	2	212	-	-	-	1	2	212	-	-	-
태 백 시	1	3	46	-	-	-	1	3	46	-	-	-
흥 천 군	1	5	1,628	-	-	-	1	5	1,628	-	-	-
횡 성 군	1	1	48	-	-	-	-	-	-	1	1	48
충청남도	2	7	342	-	-	-	2	7	342	-	-	-
부 여 군	1	1	6	-	-	-	1	1	6	-	-	-
충 주 시	1	6	336	-	-	-	1	6	336	-	-	-
전라북도	6	30	2,237	1	1	76	6	29	1,425	1	1	736
목 포 시	1	1	100	-	-	-	1	1	100	-	-	-
신 안 군	1	1	143	-	-	-	1	1	143	-	-	-
여 수 시	1	3	947	-	-	-	1	3	211	1	1	736
완 도 군	1	1	139	-	-	-	1	1	139	-	-	-
진 도 군	1	23	708	1	1	76	1	22	632	-	-	-
화 순 군	1	1	200	-	-	-	1	1	200	-	-	-
경상남도	2	2	248	-	-	-	1	1	90	1	1	158
거 제 시	1	1	90	-	-	-	1	1	90	-	-	-
양 산 시	1	1	158	-	-	-	-	-	-	1	1	158
경상북도	1	1	200	-	-	-	1	1	200	-	-	-
안 동 시	1	1	200	-	-	-	1	1	200	-	-	-



그림 3.20 2020년 비상급수 발생지역 현황

2) 최근 10년간 피해현황

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 3.44 최근 10년간('11~'20) 비상급수 발행현황

(피해인구 : 명)

구분	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
합계	10,974	8,812	22,250	30,690	110,181	21,887	44,426	122,037	11,703	9,263
상수도 보급지역	8,117	4,817	19,825	23,276	93,631	11,244	18,190	107,410	882	812
미급수 지역	2,857	3,995	2,425	7,414	16,550	10,643	26,236	14,627	10,821	8,451

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

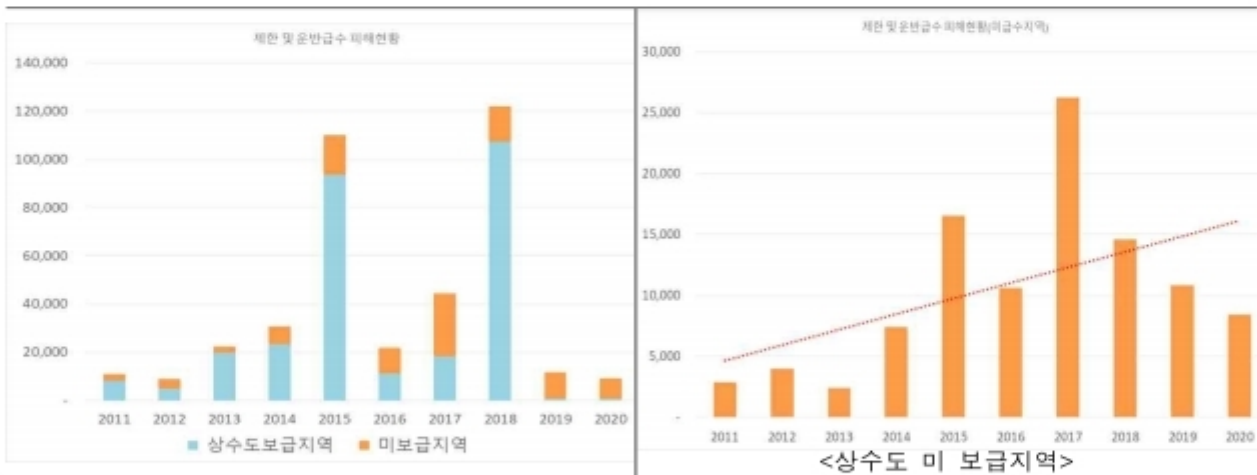


그림 3.21 최근 10년간('11~'20) 비상급수 피해추이(피해인구)

3.5 가뭄 기초조사 업무매뉴얼 개정

2020년도 가뭄 기초조사를 추진하면서 가뭄 상황조사' 중 수원 및 용수수급 현황 등에 대한 가뭄 기초조사를 체계적·일관적으로 시행하고, 성과검토 및 활용성 제고 등을 위해 상세 조사기준, 조사방법, 성과검토 방법, 절차 등을 수록한 「가뭄 기초조사 업무매뉴얼」을 제정(20.8.28)하였다.

주 내용으로 조사 목적 및 근거, 절차 등을 수록한 조사 개요와, 생·공용수 수원 조사부터 비상급수현황 조사까지 각 항목별 조사 및 검토방법에 대하여 수록하였다.

제1장. 조사 개요

- 1.1. 조사목적 및 조사근거
- 1.2. 추진경위
- 1.3. 조사절차
- 1.4. 조사내용
- 1.5. 조사성과의 활용

제2장. 생·공용수 수원(水源) 조사

- 2.1. 생공용수 수원현황 조사

제3장. 생활용수 공급체계 및 사용량

- 3.1. 생활용수 공급체계 조사
- 3.2. 생활용수 사용량 조사

제4장. 공업용수 공급체계 및 사용량

- 4.1. 산업단지 일반현황
- 4.2. 산업단지 용수공급체계 및 용수사용량

제5장. 용수공급시설(수도시설) 현황조사

- 5.1. 조사목적
- 5.2. 조사대상
- 5.3. 취수시설 현황 및 운영정보 조사
- 5.4. 정수시설 현황 및 운영정보 조사
- 5.5. 배수지 및 가압시설 현황 조사

제6장. 소규모수도시설 현황조사

- 6.1. 소규모수도시설 현황

제7장. 비상급수현황 조사

- 7.1. 비상급수현황 현황

그림 3.22 가뭄 기초조사 업무매뉴얼 구성 목차

‘21년 3월, 가뭄 기초조사 업무매뉴얼 개정계획 등을 포함한 가뭄정보 생산·활용체계 개선방안을 한강홍수통제소 수자원정보센터에서 수립하였으며, 이에따라 기초조사 성과의 갈수예보 활용방안 등 홍수통제소 요청 사항 등을 반영한 업무매뉴얼 개정(안)을 마련(‘21.11.24)하였다.

개정본에는 갈수예보 활용을 위한 내용 및 예시, 가뭄(갈수) 현황·전망 분석 정확도 제고에 필요한 지자체 생·공용수 취수장의 취수여건 시범지역 조사 결과, 하천법·수자원법 상의 수원(하천수)의 정의, 종류(유수, 저수, 복류수)를 추가하고 수도법 상의 수원(상수원)과 비교 및 구분·정리 등의 내용이 추가되었으며, 개편된 국가가뭄정보포털 반영 등 일부 내용을 현행화하였다.

1.5.3. 「수자원법」 제8조에 따른 갈수예보 업무에 활용

- 가뭄 기초조사의 취수시설 및 용수공급체계 조사자료를 기반으로 갈수예보 지점별 영향을 받는 시설 및 급수지역 등 상세 현황 분석에 활용
- 운영현황 조사자료를 활용, 갈수예보 인근 지점의 실 수요량 파악 및 갈수시 피해예측·대책수립에 활용하고, 하천수사용허가량 산정의 기초자료로 활용

〈참고〉 갈수예보 활용 예시



그림 3.23 기초조사 성과 갈수예보 업무활용 예시

3.6 가뭄 상황조사 지침 제정 추진

「수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률」 제7조 및 같은 법 시행령 제4조 “가뭄 상황조사”의 방법·결과 활용에 관한 세부적인 사항을 정하여, 체계적·일관적인 조사시행을 위해 “가뭄 상황조사 지침(안)” 마련을 추진하였다.

가뭄 상황조사 지침 제정의 추진경위는 다음과 같다.

- '16년~ : 가뭄 예·경보('16.3월~)에 필요한 물 공급체계 파악을 위해 수자원(수원)-수도(급수체계) 통합형 간접조사(16개 항목, 수공자체)
- '17년~ : 수자원법('17.1월)에 따른 가뭄상황조사 중 수원·용수수급 현황 등 기초조사 위주로 시행 중(25개 항목, 환경부→수공대행)
- '20.08월 : 체계적인 가뭄상황조사와 홍수통제소 업무에 활용할 수 있도록 기초조사 위주의 업무매뉴얼 작성('20.8)
- '20.11월 : 가뭄상황조사 중 피해현황 조사체계 기반 마련을 위해 자문(7~11월) 및 영향평가·피해조사 시행방안 마련('20.11)
- '20.12월 : 가뭄기초조사, 가뭄현황 및 전망상황 위주의 가뭄상황조사 지침(안) 의견 조회(본부→홍수통제소)
- '21.12월 : 가뭄피해현황 조사 전문가 자문(7~8월, 11월) 및 영향·피해모니터링을 포함한 가뭄상황조사 지침(안) 마련('21.12)

지침(안)은 가뭄기초조사, 가뭄 현황 및 전망 분석, 가뭄 피해조사 등 가뭄 사전대비 및 피해 저감을 위한 전주기 조사·분석 업무에 대한 지침으로서, '17년부터 추진 중인 가뭄기초조사 세부업무, 국가 가뭄 예·경보 등에 활용 중인 가뭄분석 업무 및 피해현황 조사 기반 마련을 위한 가뭄 영향·피해 모니터링에 관한 사항으로 구성하였다.

표 3.45 가뭄 상황조사 지침(안) 구성

제목		내용
제1장	총칙	지침의 목적, 용어 정의, 적용 범위 등 지침 일반 내용
제2장	가뭄 기초조사	수원, 용수공급체계 및 수급현황 등에 대한 조사 항목, 조사주기, 조사방법, 성과활용 등 기초조사 관련 지침
제3장	가뭄 현황 및 전망 분석	국가 가뭄 예·경보에 필요한 가뭄현황 및 전망 분석 항목, 분석 주기, 분석 결과 활용 등에 대한 지침
제4장	가뭄 영향·피해 모니터링	가뭄으로 인한 영향 및 피해, 대응에 필요한 모니터링 항목, 주기, 방법 등에 대한 지침
제5장	보칙	가뭄 교육훈련, 의견 수렴, 재검토 기한 등에 대한 내용

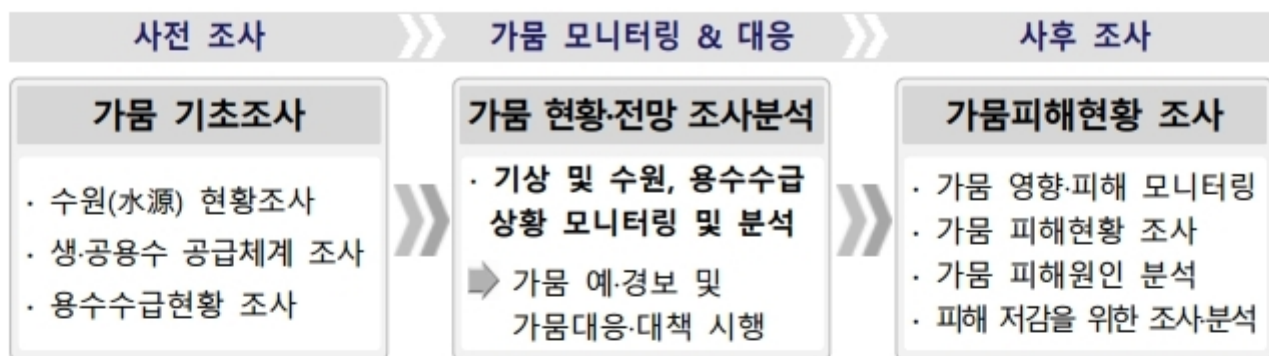


그림 3.24 '가뭄 상황조사'에 의한 일련의 가뭄대응 체계

지침(안) 제정을 위해 '22년 상반기에는 수계별 홍수통제소 및 물통합정책국에 지침에 대한 설명·협의 예정이며, '22년 하반기에는 수자원법·시행령 개정과 함께 '가뭄 상황조사 지침' 제정을 추진하여 체계적·일관적 조사시행을 추진할 예정이다.

3.7 성과 및 평가

가뭄 기초조사는 전국의 생활 및 공업용수의 용수수급체계 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.

2021년 가뭄 기초조사 주요성과('20년말 기준)를 살펴보면, 전국 162개 지자체 및 961개의 산업단지에서 다목적댐 18개, 용수댐·저수지 150개(K-water 12, 지자체 112, 농촌공 26), 하천 156개, 지하수 72개 등 총 408개의 수원을 이용하여 일평균 21,934.7천㎥/일을 취수하여 생공용수로 사용하고 있다. 수원별 공급량은 다목적댐 16,662.6천㎥/일(76.0%), 하천 2,804.5천㎥/일(12.8%), 용수댐·저수지 1,945.1천㎥/일(8.9%), 지하수 520.7천㎥/일(2.4%) 등으로 조사되었다.

이번 조사에서는 체계적·일관적 조사 및 성과검토·활용을 위해 상세 조사기준·조사방법, 성과검토방법·절차 등을 수록한 「가뭄 기초조사 업무매뉴얼」을 개정하였으며, 수자원법 제7조 및 같은법 시행령 제4조에 따른 「가뭄 상황조사 지침(안)」을 마련하였다.

'20년 기초조사시 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, 이를 기반으로 한강홍수통제소와 협업하여 물분야 그린뉴딜 신규사업('21년)에 지자체 생·공용수 취수시설 하천

수 관리 기반 개선 사업을 제시하였다.

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 신뢰도를 제고하고자, 수자원정보센터와 협업하여 가뭄 기초조사 성과 검증체계(안)을 마련하였으며, 효율적인 조사를 위해 기초조사 실무자 회의('20.7) 의견 및 국가수도정보센터 이관(환경공단→K-water)을 고려한 상수도통계와의 연계·협업을 통한 효율적 조사방안을 검토하고, 공감대를 마련하였다.

향후 가뭄 기초조사는 데이터 시대에 맞춰 중장기적으로 직접조사 항목 중 자동계측·연계 가능한 항목은 시스템화하여 효율적인 조사로 개선이 필요하며, 다년간 축적된 자료를 바탕으로 지자체 컨설팅 등 다양한 성과 활용방법을 발굴하여 내실있는 조사가 되도록 추진해야 한다.

제4장 수문 및 가뭄 정보



환경부



국가가뭄정보분석센터

National Drought Information Research Center

제4장 수문 및 가뭄 정보

4.1 수문 현황

4.1.1 강수 현황

우리나라 전역의 중권역 단위 면적강수량을 산정하기 위해 환경부, 기상청, K-water가 관리하고 있는 TM(telemeter) 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 각 유역에 대한 해당 지점별 티센 계수를 산정하여 계산하였다. 또한, 2021년 유역별 강수량을 평년(1991~2020년) 강수량과 비교하여 평가하였다. 이러한 방법으로 계산한 2021년 1~12월의 전국 및 주요 유역의 면적 강수량과 전국 평년 강수량은 표 4.1과 같다. 2021년 전국 월별 강수량과 평년값을 비교한 결과, 3, 5, 10, 11월은 평년 이상의 강수가 발생하였으나, 나머지 기간에는 평년 이하의 강수가 발생하였음을 알 수 있다. 특히 우리나라 총 강수량의 3분의 2 가량이 집중되는 6~9월에 평년 강수량 이하의 강수가 발생하였으나, 평년 이상을 기록한 달에 하절기의 부족한 강수량을 보충하여 연강수량은 평년 대비 93.3%를 기록하였다.

2021년 연강수량을 지역별로 분석하기 위해 중권역별 연강수량과 평년 대비 연강수량 비율을 그림 4.1과 같이 도시하였다. 제주 지역을 제외한 전국의 평년 강수량은 1,259.6mm이며, 전남 및 경상 지역의 해안가와 일부 내륙 지역을 제외한 전국 대부분 지역에서 평년 이하의 강수가 발생한 것을 그림 4.1에서 확인할 수 있다. 특히, 서울 및 경기 지역과 강원 영서 일부 지역은 연강수량이 평년 대비 80% 이하를 기록하여 상대적으로 강수 부족이 심하였다.

표 4.1 2021년 전국 및 주요 유역 강수량 현황 (단위: mm, %)

월	전국 (제주 제외)			한강	낙동강	금강	섬진강	영산강	임진강	동해안	서해안	남해안
	평년 (‘91~’20)	‘21	평년 대비 (%)									
1	22.5	15.7	69.8	8.8	11.9	19.8	29.2	34.1	5.5	11.8	23.8	28.6
2	30.8	15.0	48.7	5.1	18.4	14.5	30.9	33.6	4.1	10.2	12.8	41.4
3	46.7	102.1	218.6	92.0	107.9	88.9	116.2	111.5	94.2	109.1	90.3	161.7
4	79.0	76.5	96.8	98.4	68.0	49.4	50.2	39.1	95.6	95.8	69.9	86.2
5	95.0	143.0	150.5	176.7	122.8	138.9	113.7	113.4	204.1	140.9	125.0	139.5
6	138.9	84.2	60.6	83.5	72.6	81.2	118.1	111.1	78.0	65.0	76.0	134.3
7	299.4	213.9	71.4	150.3	250.8	204.9	312.8	281.1	125.5	161.5	133.6	495.4
8	281.0	254.6	90.6	178.6	285.9	269.6	292.6	291.2	175.7	364.2	228.6	347.7
9	143.7	143.1	99.6	130.7	143.0	162.8	129.2	120.2	110.4	158.1	146.5	144.8
10	55.8	65.3	117.0	88.2	49.5	39.5	37.3	26.5	149.2	153.5	41.5	30.1
11	42.6	56.4	132.4	52.6	43.9	60.3	69.7	74.5	54.0	31.2	98.1	60.9
12	24.2	5.2	21.5	4.2	1.2	5.6	4.6	8.0	2.1	13.6	11.5	3.6
합계	1,259.6	1,175.0	93.3	1,069.1	1,175.9	1,135.4	1,304.5	1,244.3	1,098.4	1,314.9	1,057.6	1,674.2

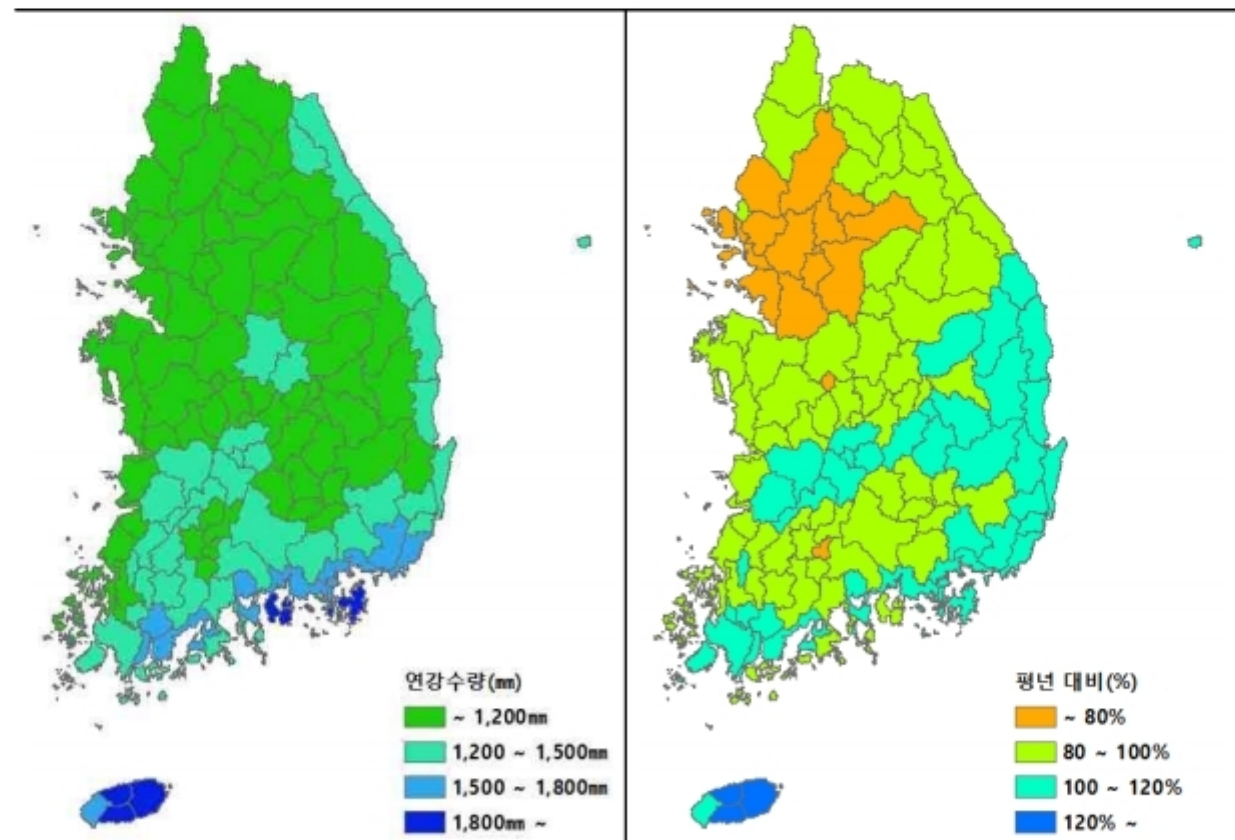


그림 4.1 2021년 연강수량(mm)과 평년 대비 연강수량 비율(%)

4.1.2 유출 현황

하천의 유량을 예측하기 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 강수량에 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 2021년 전국의 유출량을 산정하였다.

유출량은 제주도를 제외한 전국을 수자원단위지도의 113개 중권역으로 나누고, 유역의 용적설을 고려한 토양수분 저류구조 tank 모형을 중권역별로 구축하는 방법으로 계산하였다. 금년 자연유출량의 크기를 비교하기 위하여 최근 5년(2017~2021)간의 월별 자연유출량을 그림 4.2와 같이 도시하였다. 또한, 전국 및 주요 유역의 월별 유출량을 계산하고, 전국의 예년 평균값 및 예년 대비 유출량 비율을 표 4.2에 제시하였다.

2021년 전국 유출량은 전국적으로 평년 이하 강수량의 영향으로 예년('67~'20) 대비 85.9%를 기록하였다. 평년 이상의 강수량이 발생한 3, 5, 10, 11월과 12월을 제외한 7개월은 예년 이하의 유출이 발생한 것으로 분석되었다. 연중 가장 많은 유출이 발생하는 6~9월까지는 예년 대비 56.0~84.4%의 유출량이 발생하여 유출이 충분하지 않은 한 해였다. 유출이 충분하지 않았음에도 불구하고, 전국적으로 생·공용수 공급 측면에서는 비교적 가뭄 상황이 많지 않은 한 해였다. 이는 댐 및 저수지를 효율적으로 운영했고, 물부족 발생 우려가 있는 지역들은 지역 내 여러 수원(水源)들을 효과적으로 연계하여 가뭄 상황이 심화되지 않도록 대처한 결과로 생각할 수 있다.

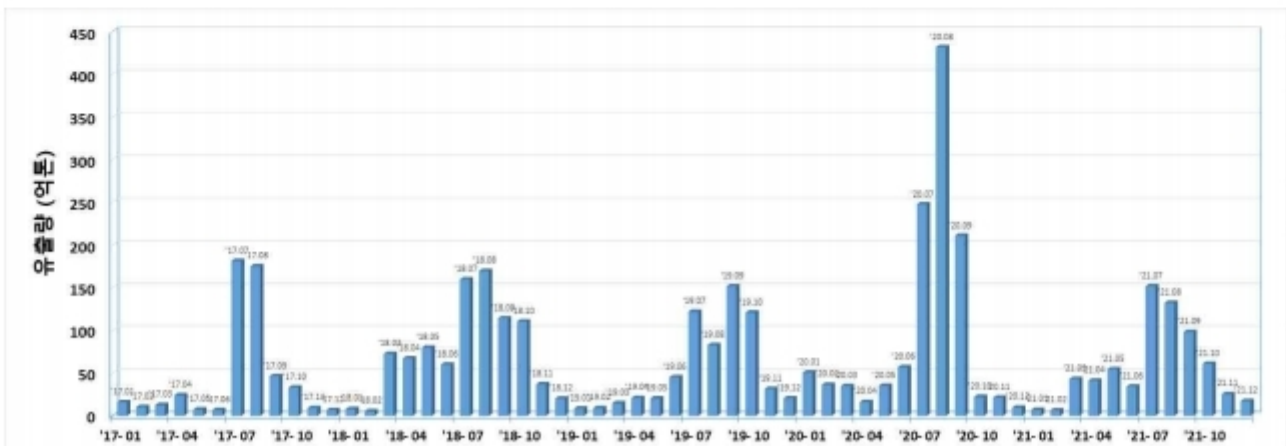


그림 4.2 최근 5년간 전국 유출량('17.1 ~ '21.12)

표 4.2 2021년 전국 및 주요 유역 유출량 현황 (단위 : $\times 10^8 \text{m}^3$)

월	2021년	예년평균 (‘67-’20)	예년대비 (%)	한강	낙동강	금강	섬진강	영산강	임진강	동해안	서해안	남해안
1	7.3	13.6	53.3	1.2	2.0	0.8	0.4	0.2	0.6	0.3	0.4	0.6
2	6.6	17.7	37.3	1.0	1.5	0.7	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	0.8
3	43.2	31.9	135.3	10.7	9.0	3.4	2.5	1.6	2.6	4.0	2.6	4.6
4	41.3	42.3	97.5	13.2	8.6	2.0	1.3	0.8	4.5	4.5	1.9	3.4
5	54.7	43.9	124.6	19.4	7.8	2.8	1.7	1.4	8.0	5.6	2.8	3.9
6	34.4	61.4	56.0	9.8	4.7	3.0	1.4	1.4	3.3	1.7	2.4	4.4
7	151.7	191.1	79.4	25.6	40.3	12.9	12.0	7.3	5.2	7.7	4.8	26.8
8	132.3	186.0	71.2	14.8	35.9	13.7	7.9	6.5	4.5	16.3	6.4	14.6
9	98.2	116.4	84.4	25.7	21.1	10.5	3.5	2.5	5.0	9.7	6.6	4.6
10	61.1	39.1	156.2	15.5	10.0	3.8	1.9	1.1	10.5	12.5	2.1	2.6
11	25.5	24.0	106.0	5.6	4.5	2.4	1.3	0.9	1.8	1.9	2.8	1.5
12	17.4	16.7	104.4	3.8	2.8	2.1	0.9	0.8	1.3	0.9	1.9	1.1
합계	673.7	784.2	85.9	146.4	148.2	58.0	35.2	24.7	47.7	65.4	35.0	68.7

4.1.3 댐 수문 현황

다목적댐과 용수댐의 2021년 수문 상황을 평가하기 위해 댐 유역의 누가 강수량과 댐들의 저수량 합을 계산하여 그림 4.3와 4.4에 도시하였다. 2021년 1월 1일 다목적댐의 총 저수량은 예년 평균 저수량 65.2억 m^3 보다 11.7억 m^3 많은 76.9억 m^3 이었다. 그림 4.3에서 확인할 수 있듯이, 다목적댐은 2021년 연중 예년 이상의 저수량을 보였고, 9월 초에는 금년 최대 저수량인 85.5억 m^3 을 기록하였다. 금년 다목적댐 유역의 강수량은 예년과 비슷한 수준이었으나, 연중 예년 이상의 저수량을 확보하여 연말에는 예년 저수량 66.5억 m^3 보다 10.7억 m^3 많은 77.2억 m^3 을 확보하였다. 예년과 비슷한 강수에도 예년 저수량을 웃도는 저수량을 확보한 것은 효율적인 댐운영의 결과라 할 수 있다. 2021년 동절기 강수가 부족한 상황이고, 봄철에도 강수가 충분하지 않을 경우 2022년 봄철 가뭄이 우려되나, 2021년 확보한 저수량을 활용하여 생·공용수 공급 측면에서는 문제가 없을 것으로 전망된다. 다만, 보령댐은 가뭄 ‘경계’ 단계로 공급량 감량 및 도수로 가동을 통해 가뭄에 대응하고 있는 상황으로 지속적인 가뭄 모니터링과 대응이 필요하다.

용수댐의 2021년 1월 1일 저수량은 예년 평균인 2.1억 m^3 보다 0.4억 m^3 많은 2.5억 m^3 이었다. 용수댐 유역도 다목적댐 유역과 같이 예년과 비슷한 강수를 기록하였으나,

연말 저수량은 예년 저수량 2.2억 m^3 보다 0.1억 m^3 많은 2.3억 m^3 을 확보하였다. 이는 다목적댐과 마찬가지로 용수댐 역시 댐운영이 효율적으로 이루어진 결과로 판단된다. 이러한 노력의 결과로 2021년 한 해 동안 대부분의 용수댐은 가뭄 상황이 없었다. 다만, 운문댐은 하절기 강수 부족으로 가뭄 상황이 발생하였으나, 공급량 감량에 의한 가뭄 대응으로 정상 수준을 회복할 수 있었다.

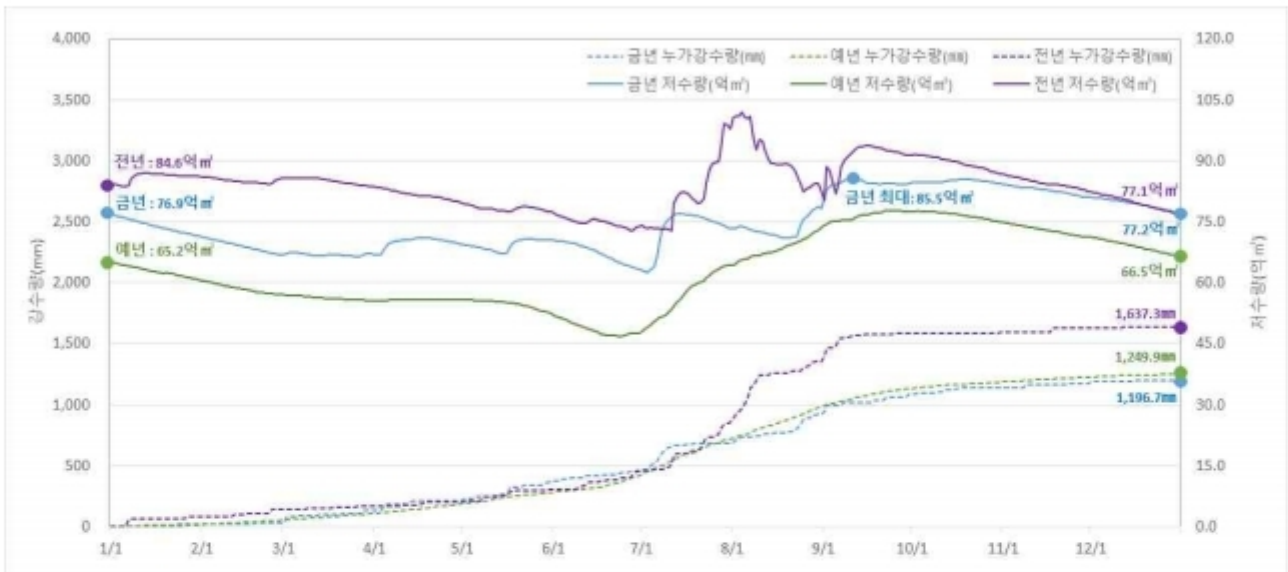


그림 4.3 2021년 다목적댐 저수량 및 강수량 변화

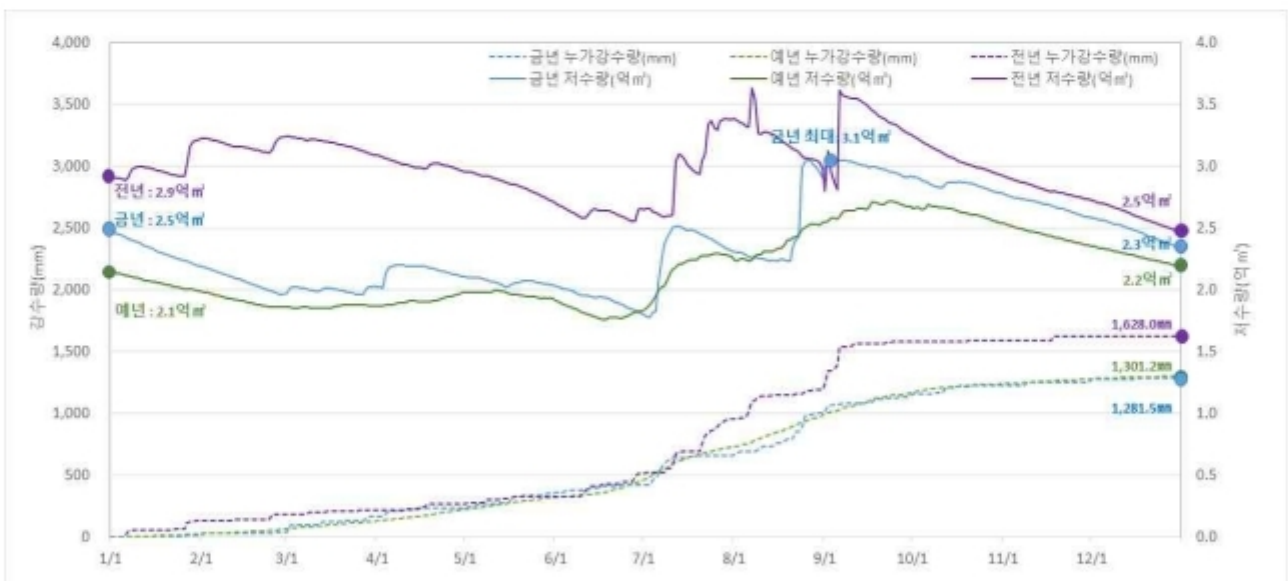


그림 4.4 2021년 용수댐 저수량 및 강수량 변화

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 경우 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>)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	일단위	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 누가확률을 산정하고 최종적으로 정규분포를 이용하여 SPI값을 산

정하게 된다.

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

국가가물정보분석센터에서는 지속기간 3개월(SPI3), 6개월(SPI6)에 대해 2013년 1월부터 SPI값을 제공하고 있으며, 아래 표에 SPI 방법에 의한 가뭄 분류기준을 나타내었다.

표 4.4 SPI 지수에 의한 가뭄의 분류

가뭄지수의 범위	수분상태	가뭄지수의 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	보통가뭄	-2.0 ~ -1.5	심함가뭄
-2.0이하	극한가뭄	-	-

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

SPI3는 3개월간의 누적강수량을 고려하기 때문에 비교적 짧은 기간의 누적강수량에 대한 정상성을 반영한다고 할 수 있다. 2021년 월별 분석값을 살펴보면 한 해 동안 1분기(1~2월)와 3분기(7~9월)를 제외하고 대부분 정상단계를 나타내었다.

특히, 2월은 중부지방 대부분 지역이 보통가뭄 이하의 단계를 나타냈고, 강원도 고성, 강릉, 경북 울진 등 6개 지역은 극한가뭄으로 나타났다. 8월은 경기, 강원 14개 지역에서 심한가뭄이 나타났으며, 홍수기 이후 10월부터 평년대비 강수량 증가로 정상단계 이상으로 나타났다.

아래 그림은 국가가물정보포털에서 발췌한 2021년 월별 SPI3 값을 도시한 것이다.

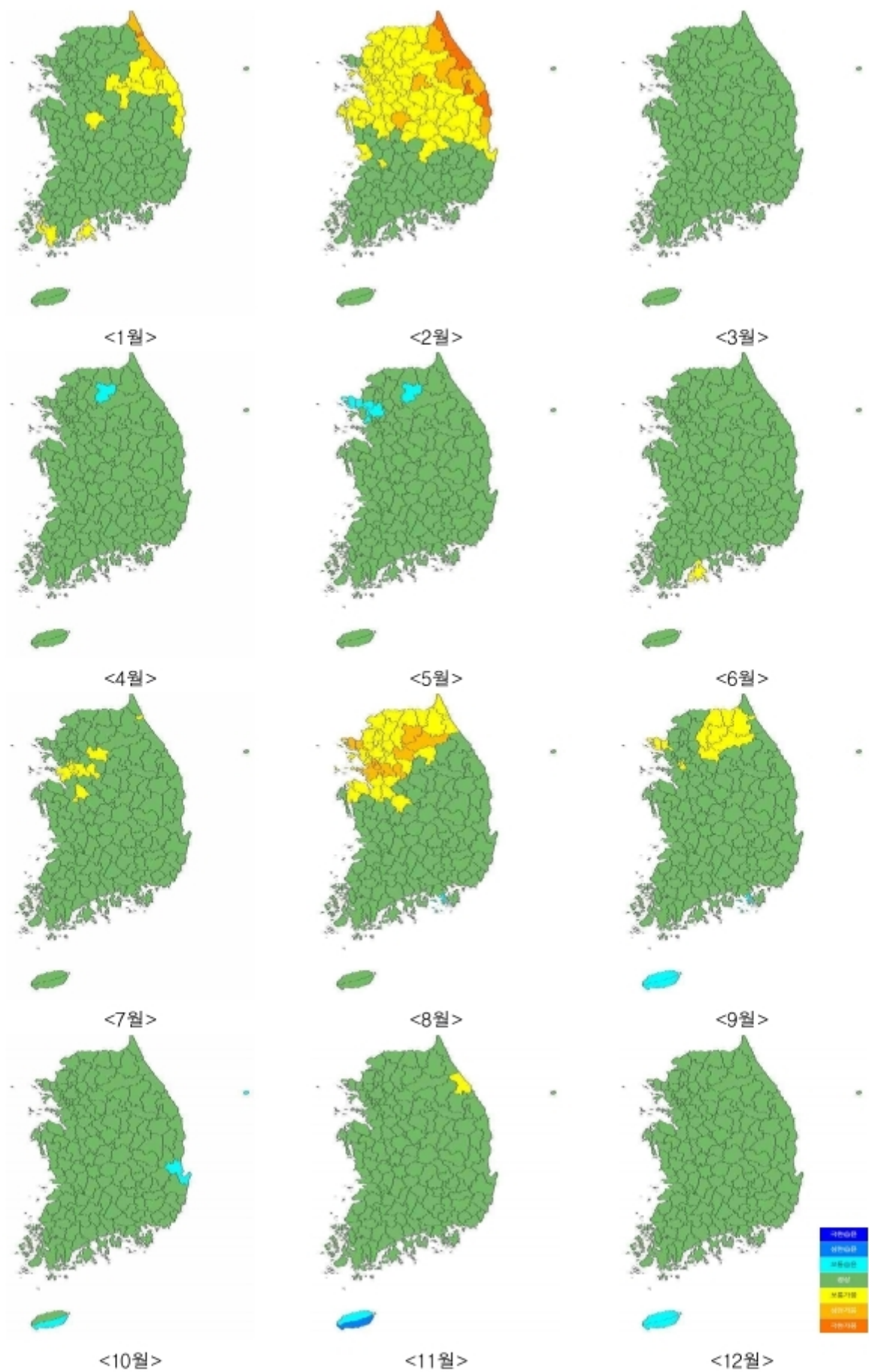


그림 4.5 2021년도 가뭄현황(SPI3)

SPI6는 6개월간의 누적강수량을 고려하기 때문에 단기간 강수량 부족에 의한 가뭄 상황은 나타나지 않는다. 2021년의 경우, 3월을 제외하고 7월까지 대부분의 지역이 정상이상의 상태로 유지되다 8월부터 경기, 강원, 충청 지역의 보통가뭄을 시작으로 12월까지 가뭄단계가 지속되고 있는 것으로 분석되었다.

남부지방의 경우 강수량이 평년보다 많았기 때문에 연중 정상상태를 유지하였지만, 11월과 12월의 수도권과 강원북부 일대는 가뭄상태로 나타났다. 12월의 SPI3는 정상상태로 나타났으나 SPI6에서는 6개월의 누적량 강수량 부족으로 심한가뭄 3개, 보통가뭄 40개로 나타났다.

아래 그림은 국가가뭄정보포털에서 발췌한 2021년 월별 SPI6 값을 도시한 것이다.

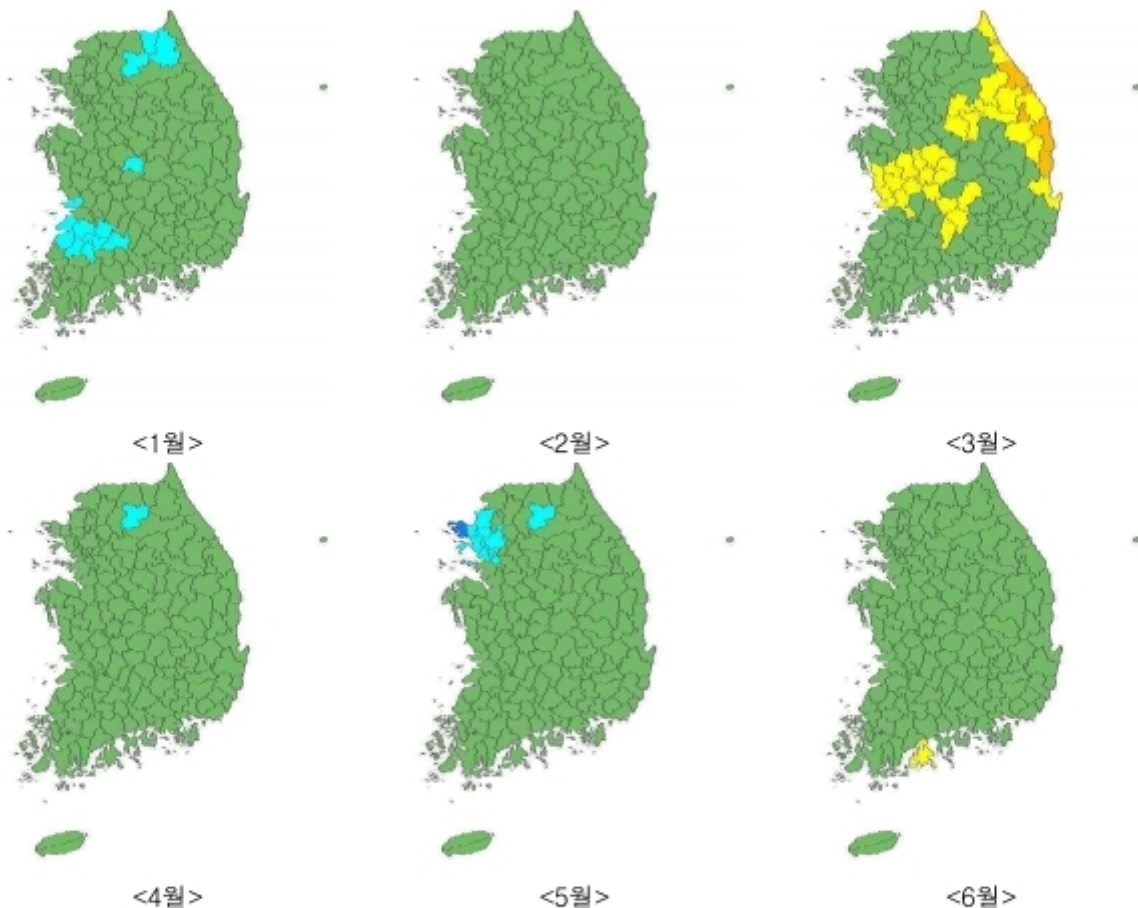


그림 4.6 2021년도 가뭄현황(SPI6) (계속)

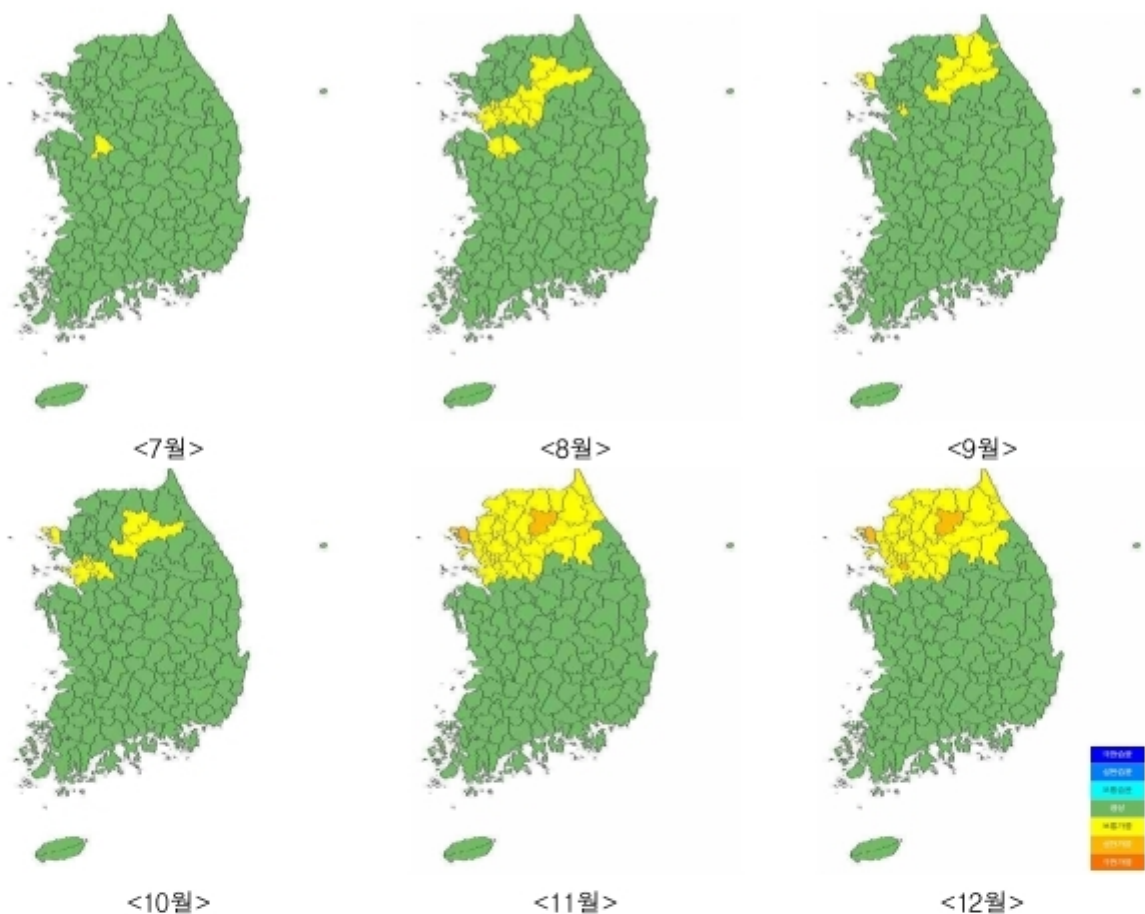


그림 4.6 2021년도 가뭄현황(SPI6)

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, 기온뿐만 아니라 유효토양수분량과 일조시간 등의 자료를 사용해서 Thornthwaite와 Mather(1955)의 월열지수법(Monthly heat index method)으로 차이를 계산함으로써 수분편차를 계산한다. 즉, 강수량과 기온 자료뿐만 아니라 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 이루어지도록 즉, 주로 농경지를 대상으로 분석방법이 개발되었으므로 도시화된 지역에 적용 시에는 상당한 주의가 필요하다고 볼 수 있다.

PDSI에 의한 가뭄의 단계는 표 4.5와 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 가뭄의 분류

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	-	-

PDSI의 경우 SPI와는 다르게 1월에 강원, 충청 일부지역을 중심으로 가뭄이 발생하다가 주로 영남지역을 제외하고 전국적으로 가뭄의 영향을 받은 것으로 나타났다.

연중 10월에 극한가뭄 1개, 심한가뭄 4개 등 가장 심각했던 것으로 나타났으며, 대전지역은 4월부터 극한가뭄이 지속되는 것으로 분석되었다.

아래 그림은 국가가뭄정보포털에서 발췌한 2021년 월별 PDSI 값을 도시한 것이다.

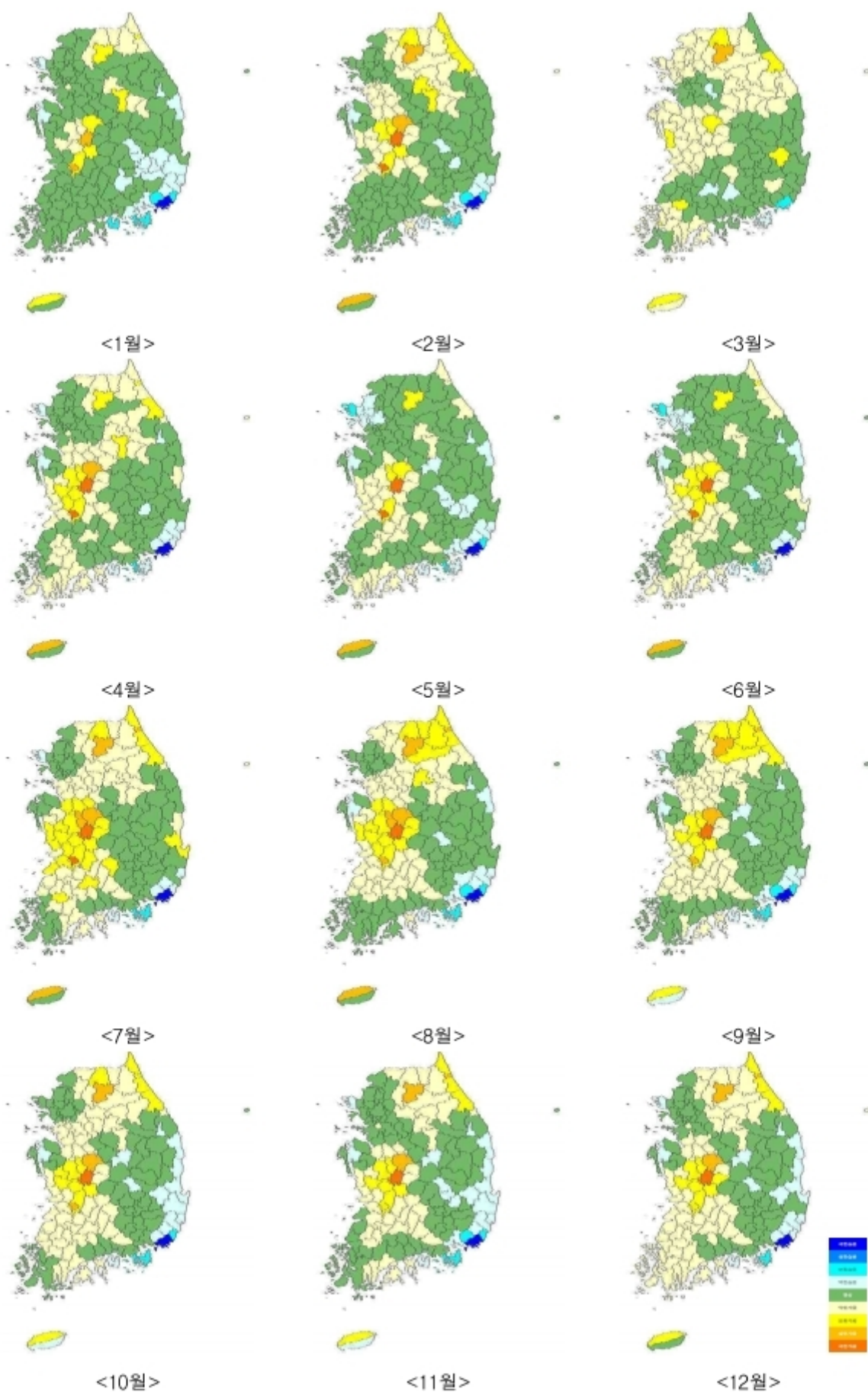


그림 4.7 2021년도 가뭄현황(PDSI)

3) MSWSI(지표수 공급지수)

MSWSI는 수문학적 가뭄지수인 SWSI를 보완한 지수로서 지하수위 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 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 가뭄의 분류

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	-	-

$$\frac{a \times PN_{pcp} + b \times PN_{sf}}{12} + \frac{c \times PN_{rs} + d \times PN_{gw} - 50}{12} \quad \text{식(4.1)}$$

여기서,

a, b, c, d : 가중계수(a+b+c+d=1),

PN : 비초과확률,

pcp : 강수인자,

sf : 하천유량인자,

rs : 저수지인자,

gw : 지하수위인자

2021년 MSWSI는 SPI와 PDSI와 상이한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 9월, 11월을 제외하고 연중 가뭄의 영향을 받은 것으로 평가되었고 특히, 7월에 가장 심했던 것으로 나타났다.

아래 그림은 국가가뭄정보포털에서 발췌한 2021년 월별 MSWSI 값을 도시한 것이다.

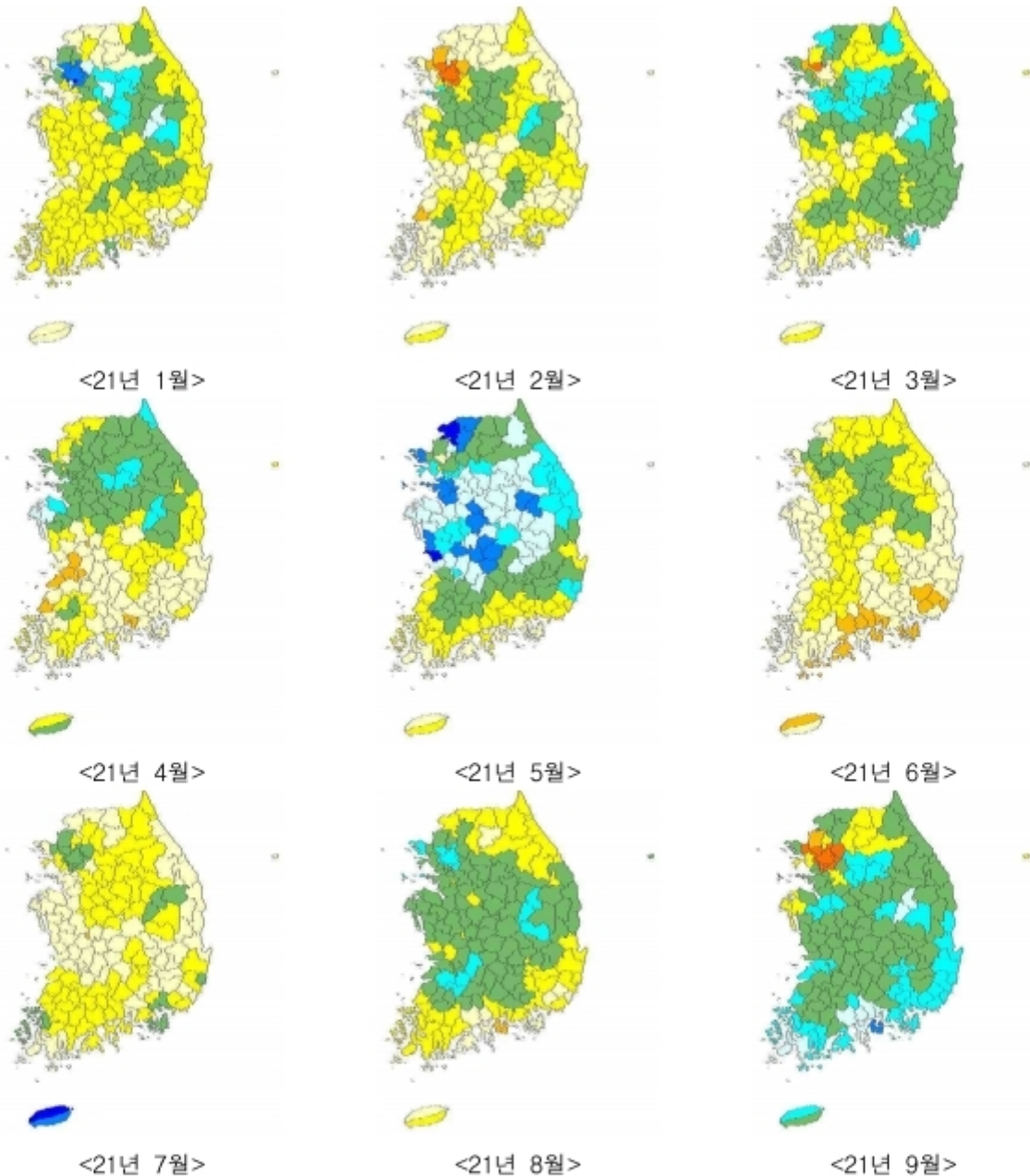


그림 4.8 2021년도 가뭄현황(MSWSI) (계속)



그림 4.8 2021년도 가뭄현황(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 세 가지 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 강우데이터셋이 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 가뭄의 분류

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

SMI의 경우 5, 8, 9, 11월을 제외하고 전국적으로 보통건조 이상의 가뭄이 발생한 것으로 나타내고 있다.

특히, 2월에 가뭄상황이 가장 심각한 것으로 나타났는데 이는 12월과 1월 강수량이 평년대비 극히 적음으로써 나타난 값의 회복이 느리게 나타난 결과로 보인다.

아래 그림은 국가가뭄정보포털에서 발췌한 2021년 월별 SMI 값을 도시한 것이다.

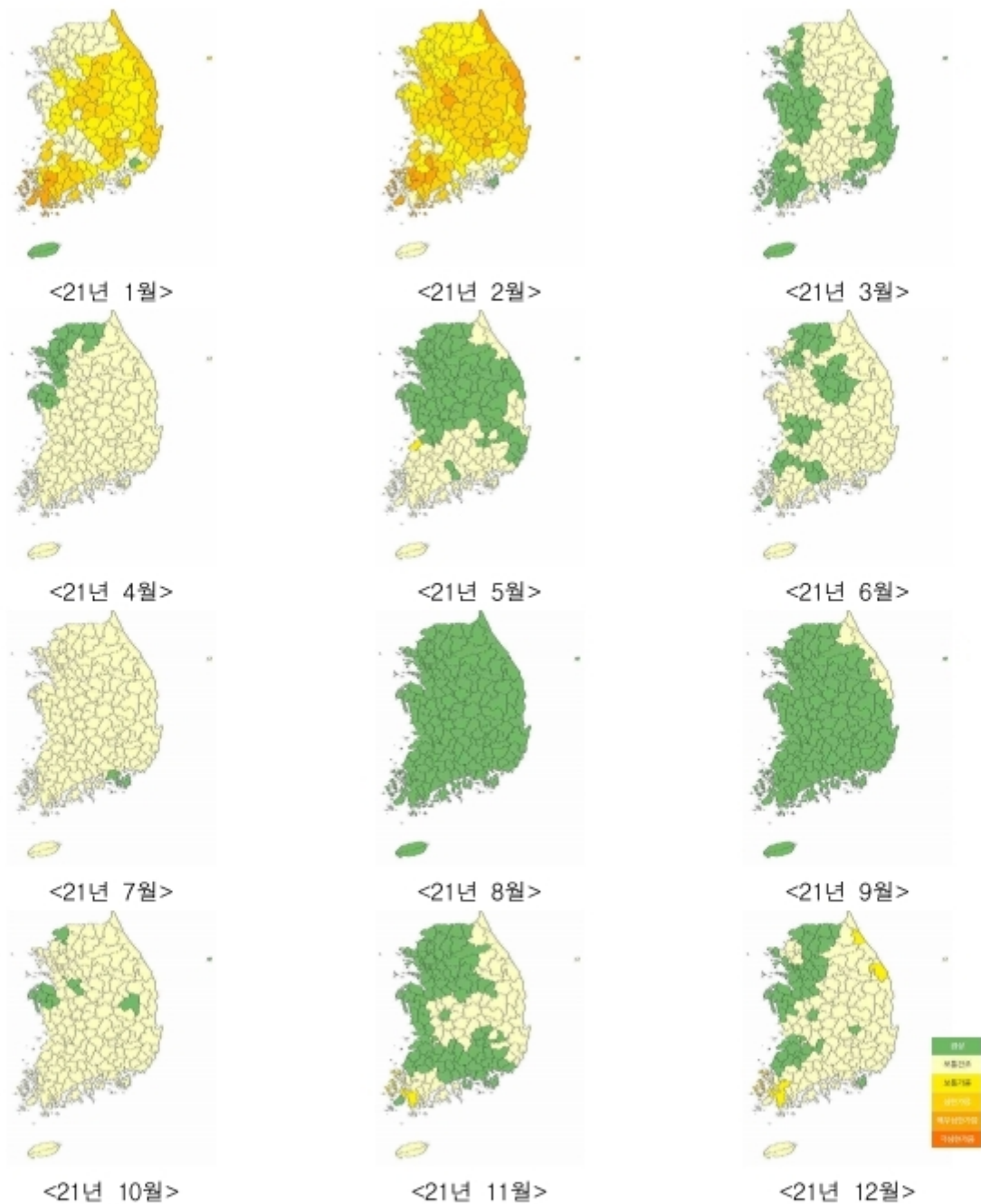


그림 4.9 2021년도 가뭄현황(SMI)

4.2.2 가뭄빈도

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

앞 절 SPI에서 언급한 가뭄지수 결과 중 가뭄이 나타났던 2월, 8월, 11월을 대상으로 시군구별 가뭄빈도와 댐별 가뭄빈도 값을 도시하였다.

단, 2월의 가뭄빈도 기간에 3월 초 강수량 값이 반영되어 대부분 평년으로 분석되었다.

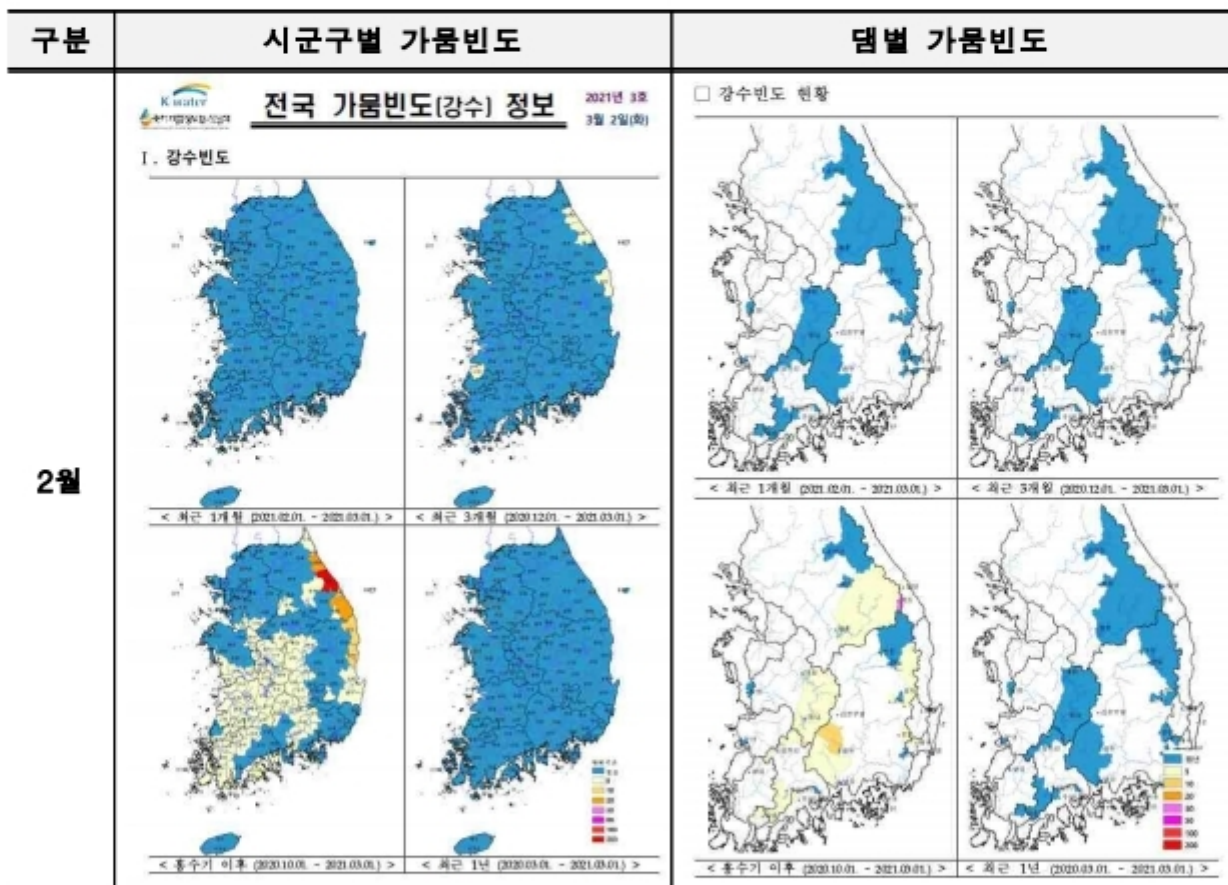


그림 4.10 2021년도 주요 월 가뭄빈도 현황 (계속)

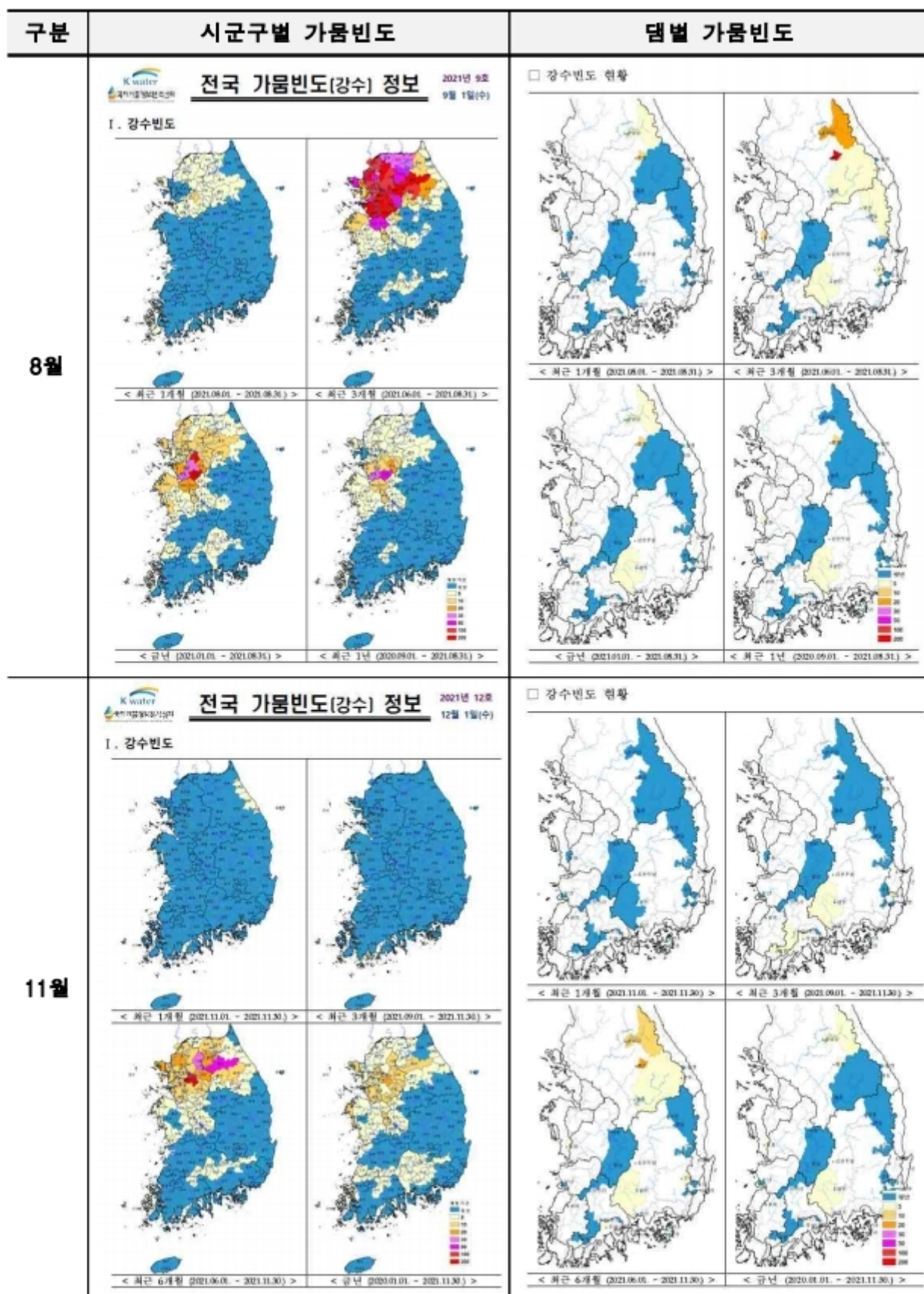


그림 4.10 2021년도 주요 월 가뭄빈도 현황

4.3 성과 및 평가

2021년은 전국의 연평균 강수량이 예년 대비 약 94.6% 수준으로 예년 이하의 강수가 발생하여 일부 지역에서는 강수가 부족한 한 해였다. 예년 이하의 강수로 6월 보령댐과 운문댐에 가뭄 ‘관심’ 단계가 발령되었다. 이후 8월 남부지방 강수의 영향으로 운문댐 저수량 회복에 따라 가뭄 ‘정상’ 단계로 회복되었으며, 보령댐은 8월 가뭄 ‘경계’ 단계까지 진입하였다가 12월 10일에 가뭄 ‘관심’ 단계로 회복되었지만, 이후에도 관심을 갖고 지켜볼 필요가 있다.

표 4.8과 표 4.9는 각 가뭄지수의 ‘정상’ 다음 단계부터 가뭄 발생 현황 시군개수를 월별과 시도별로 나타낸 표이다. ‘정상’ 다음 가뭄단계는 해당 지역이 정상상태를 벗어나 부족상태로 변하고 있음을 의미하며 직접적인 피해나 물 부족을 의미하는 것이 아니므로 해당 상태가 몇 개월 지속되는지 여부가 매우 중요하다고 할 수 있다. 또한, 가장 심각한 가뭄단계는 해당 지역에 생활 및 농업용수 부족이 확대되어 공급에 제한이 발생하였거나 필요할 수 있는 경우이며 직접적인 피해가 발생할 수 있다.

표 4.8에서 월별 가뭄 발생 건수는 대체로 동절기에 높았으며, 총합은 2월이 가장 높게 나타났다. 이때의 3개월 기간을 반영하는 SPI3의 경우 무려 74개 시군구가 보통가뭄으로 진입하여 총 88개의 가뭄단계가 발생하였고 SMI는 총 147개의 시군구가 가뭄단계 보통건조 이상 상태를 나타내고 있다. 이후 5월 월별 가뭄 발생 건수의 총합이 가장 낮았으며 강수의 영향으로 가뭄단계가 어느정도 회복된 것으로 확인된다. 표 4.9에서 지역적으로 보면 SPI3와 SPI6는 경기도, PDSI는 강원도, MSWSI는 전라남도, SMI는 경상북도에서 가장 높게 나타났다.

표 4.8 2021년 월별 가뭄단계 발생 현황

구분	SPI3	SPI6	PDSI	MSWSI	SMI	합계
1월	18	0	24	114	102	258
2월	88	0	59	135	147	429
3월	0	41	87	79	0	207
4월	0	1	69	99	0	169
5월	0	0	44	39	1	84
6월	1	1	53	136	0	191
7월	10	1	83	140	0	234
8월	50	17	81	61	0	209
9월	13	10	76	26	0	125
10월	0	12	81	114	0	207
11월	1	43	60	18	2	124
12월	0	43	80	117	8	248
합계	181	169	797	1078	260	2485

(단위 : 시군개수)

표 4.9 2021년 시도별 가뭄단계 발생 현황

구분	SPI3	SPI6	PDSI	MSWSI	SMI	합계
강원도 (18)	47	42	148	113	33	383
경기도 (44)	75	84	105	167	39	470
경상남도 (22)	0	2	34	145	17	198
경상북도 (24)	16	6	15	117	46	200
광주광역시 (5)	0	2	10	3	2	17
대구광역시 (8)	0	0	0	14	4	18
대전광역시 (5)	1	1	12	8	3	25
부산광역시 (16)	0	0	0	18	0	18
서울특별시 (25)	2	2	1	6	1	12
세종특별자치시 (1)	1	1	12	5	2	21
울산광역시 (5)	0	0	0	11	4	15
인천광역시 (10)	4	6	6	18	3	37
전라남도 (22)	4	1	108	198	43	354
전라북도 (15)	2	4	129	104	17	256
제주특별자치도 (2)	0	0	13	18	0	31
충청남도 (16)	15	11	122	97	23	268
충청북도 (14)	14	7	82	36	23	162
합계	181	169	797	1078	260	2485

제5장 가뭄 예·경보



환경부



국가가뭄정보분석센터
National Drought Information Research Center

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 3,493개 읍면동(2020년말 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.

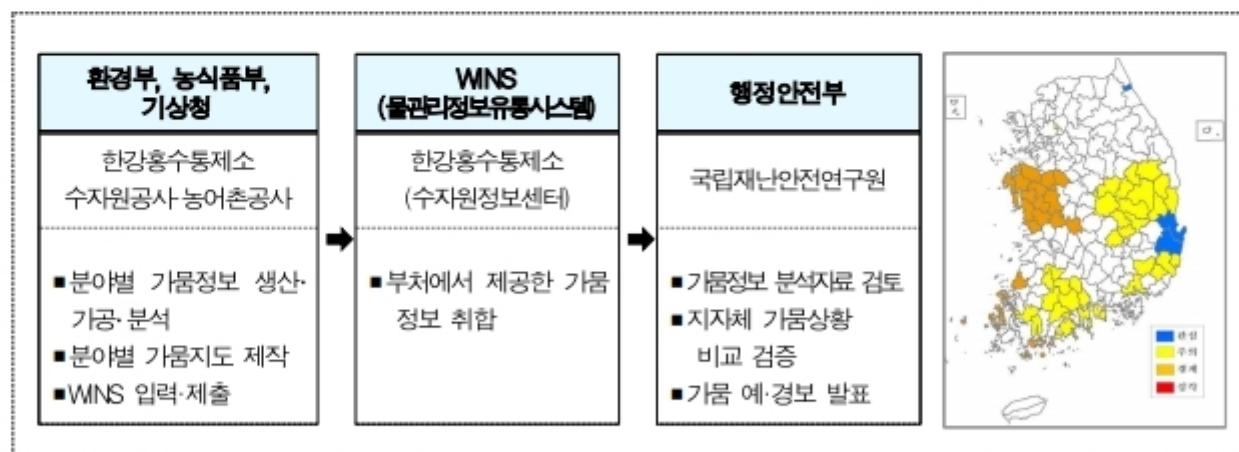


그림 5.1 가뭄 예·경보 체계

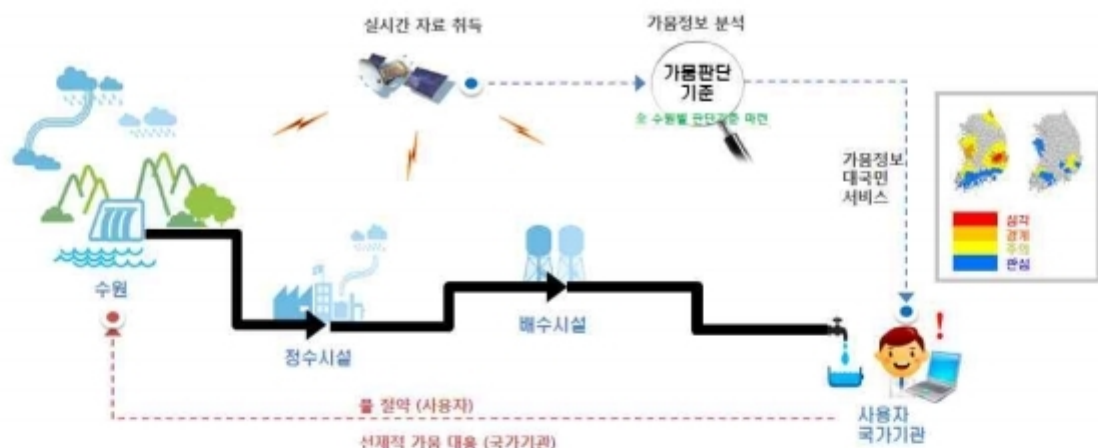


그림 5.2 생·공용수 가뭄 분석 체계도

표 5.1 가뭄 예·경보 기준

구 분	가뭄 예·경보 기준
관심 (약한가뭄)	○ 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)	○ 생활 및 공업용수 : 하천 및 수자원시설의 수위가 낮아 하천의 하천유지용량이 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)	○ 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)	○ 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 월간 가뭄 예·경보 현황

K-water 국가가뭄정보분석센터에서는 매월 1일 기준으로 가뭄 현황과 향후 3개월 간의 가뭄전망을 행정안전부 및 부처별 가뭄 관련 홈페이지를 통해 제공하고 있다.

아래 그림과 같이 '20년 홍수기 이후 평년대비 적은 강수로 경북 포항시·강원 속초시에서 가뭄 '관심' 단계가 발령(2월)되었으나, 3월 강수로 점차 가뭄 '정상' 단계로 회복하였다.

이후 전국의 가뭄 상황은 '정상' 단계를 유지하다 봄철 적은 강우로 경북·전북·전남·충남 지역을 중심으로 가뭄이 발생했으나, 여름철 강수로 일부지역의 가뭄이 해소되었고, 12월 현재 충남 8개 시군(보령댐 급수지역)은 가뭄 '경계' 단계가 지속되고 있다.

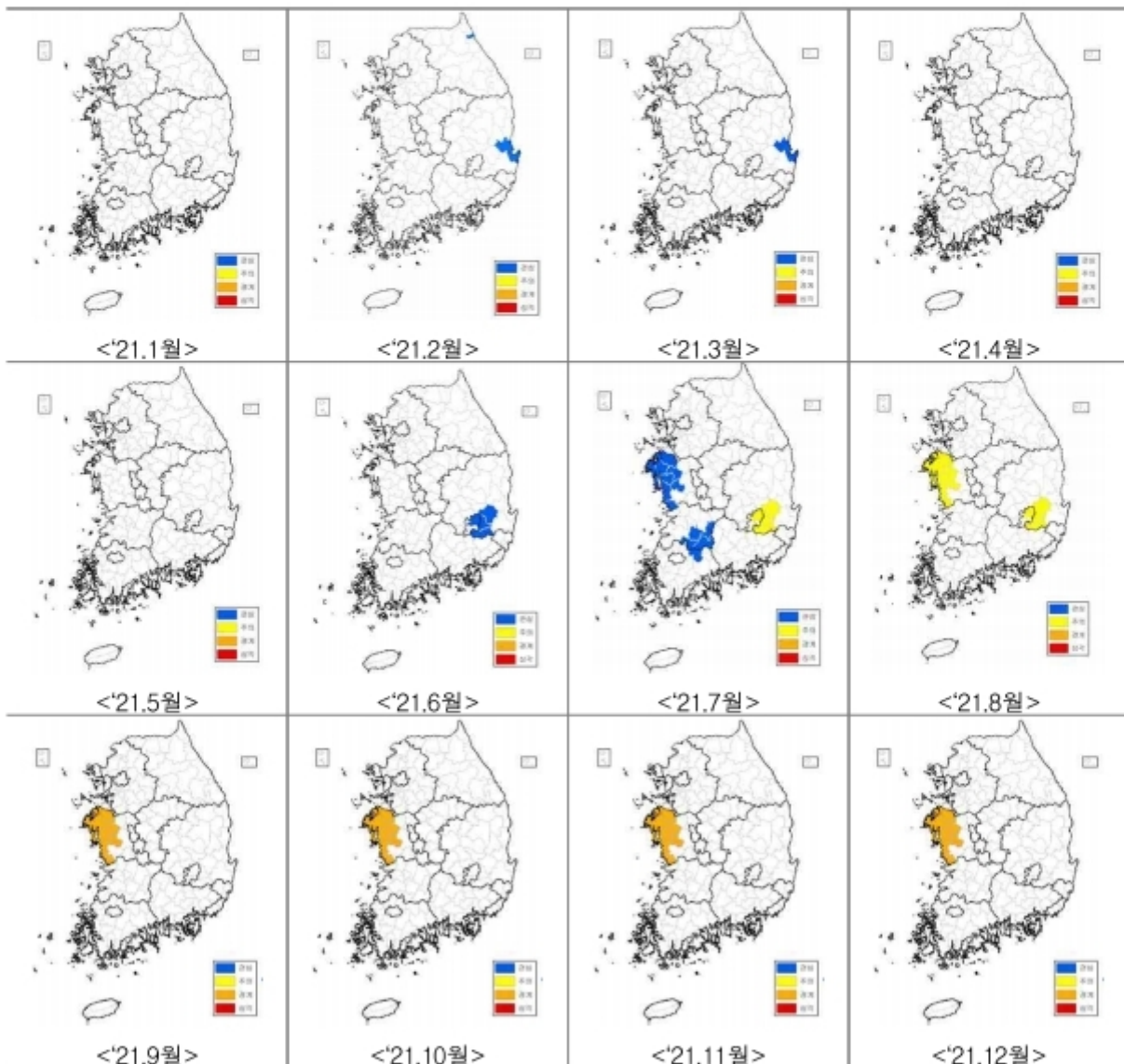


그림 5.3 2021년 국가 가뭄 예·경보(생공용수) 발령지역

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 5주간의 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 등에 공유하고 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. 5~6월 주간 가뭄 예·경보 이력을 보면 5월 27일까지는 전국이 '정상' 단계였으나 6월 3일 대구·경북 3개 시군이 가뭄 '관심' 단계에 진입한 것을 확인할 수 있다. 이는 국가 가뭄 예·경보 분석기준일인 매월 1일 이후에 발생한 가뭄 상황을 주간 가뭄 예·경보 분석체계를 통해 파악하여 6월 국가 가뭄 예·경보에 가뭄 상황을 반영할 수 있었다. 8월 주간 가뭄 예·경보 이력을 보면 8월 26일 대구·경북 3개 시군은 가뭄 '정상' 단계로 회복되었고, 충남 8개 시군은 가뭄 '경계' 단계로 격상되었는데, 이는 국가 가뭄 예·경보 발표 시기인 8월 10일과 9월 10일 사이에 발생한 변화로 주간 가뭄 예·경보를 통해 이러한 사항을 파악하고, 관련 정보를 관계 부처 및 지자체에 공유할 수 있었다.

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.

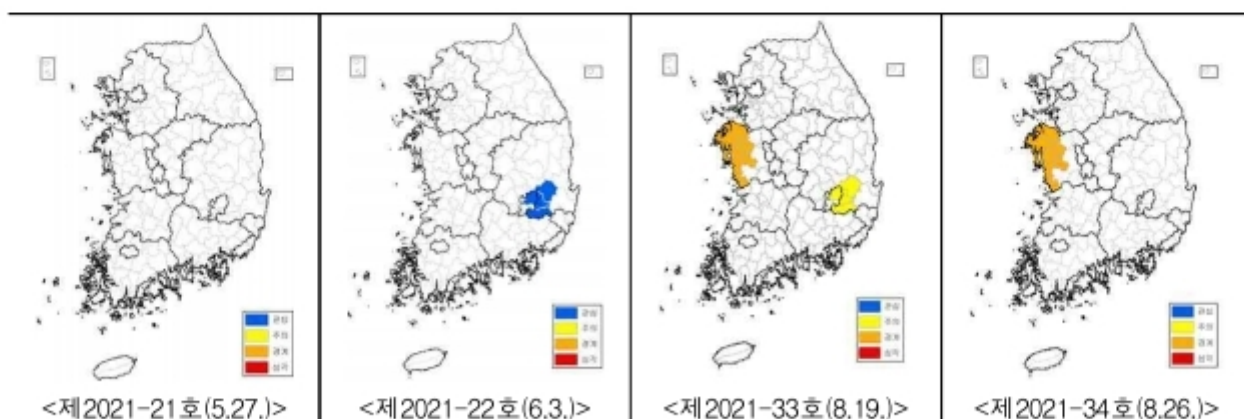


그림 5.4 2021년 주간 가뭄 예·경보 발령지역

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. 2021년 생·공용수 부문 가뭄 예·경보의 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.

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

$$\frac{TP}{TP + FN} \quad (5.2)$$

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

그림 5.5 ROC 분석을 위한 분할표

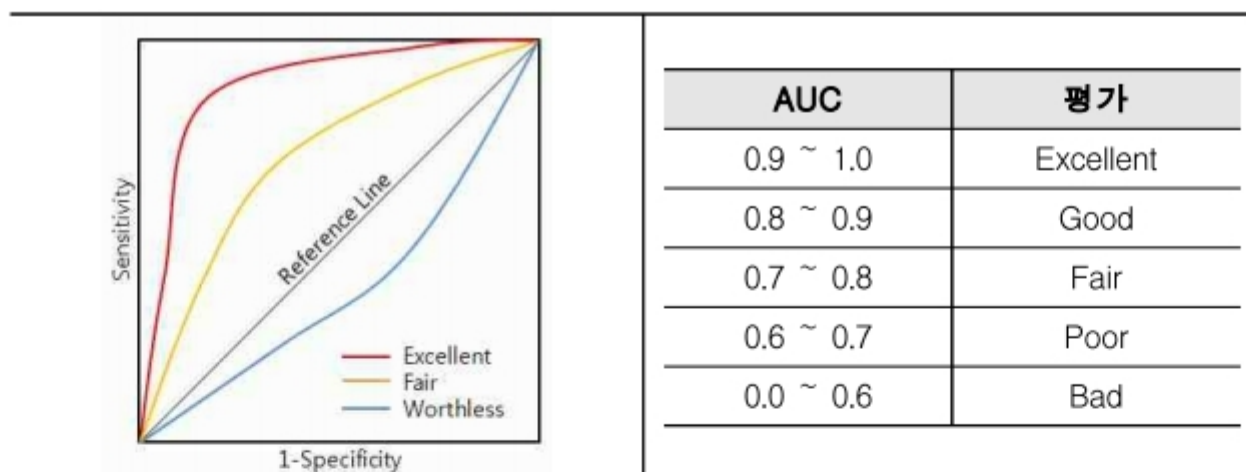


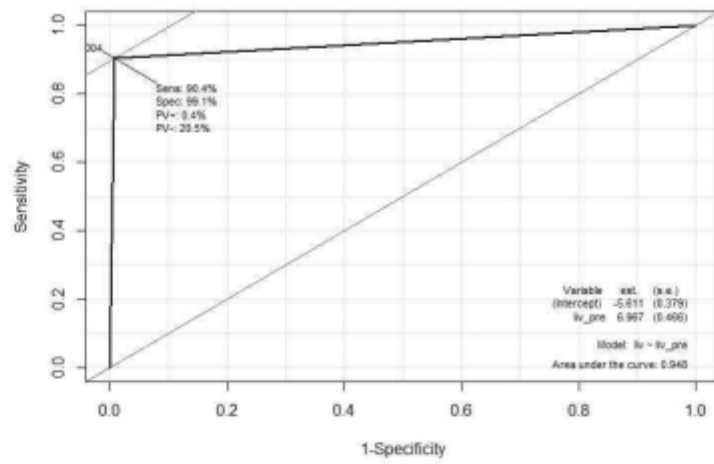
그림 5.6 ROC 곡선 예시 및 AUC 평가 분류

5.3.2 ROC 분석에 의한 가뭄 예·경보 정확도 평가

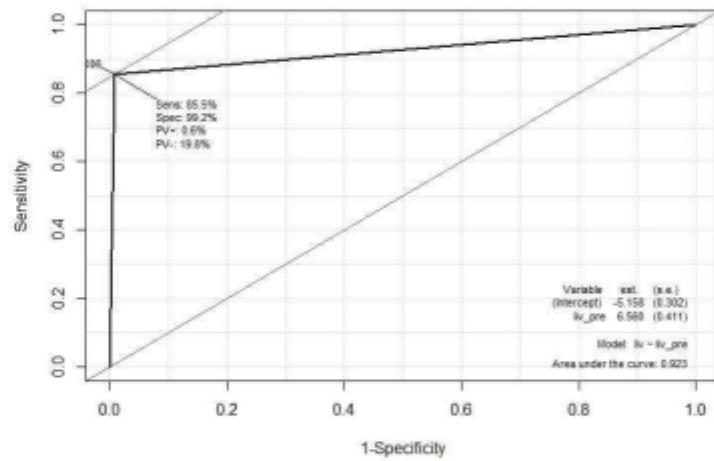
2021년 가뭄 예·경보에서 가뭄이 예보된 지역과 실제 가뭄이 발생된 지역을 비교하여 1~3개월 전망에 대한 ROC 분석을 수행하였다. ROC 분석 수행을 위한 분할표를 작성한 결과는 표 5.2와 같다. 표 5.2의 1-특이도와 민감도 값을 이용하여 ROC 곡선을 도시하면, 그림 5.7과 같다. 표 5.2에서 알 수 있는 것처럼 1~3개월 전망에 대한 AUC 계산 결과, 1개월 전망은 0.948(Excellent), 2개월 전망은 0.923(Excellent), 3개월 전망은 0.842(Good)로 1~3개월 전망의 정확도는 우수한 것으로 평가되었다.

표 5.2 2021년 1~3개월 가뭄 전망에 대한 분할표와 통계값

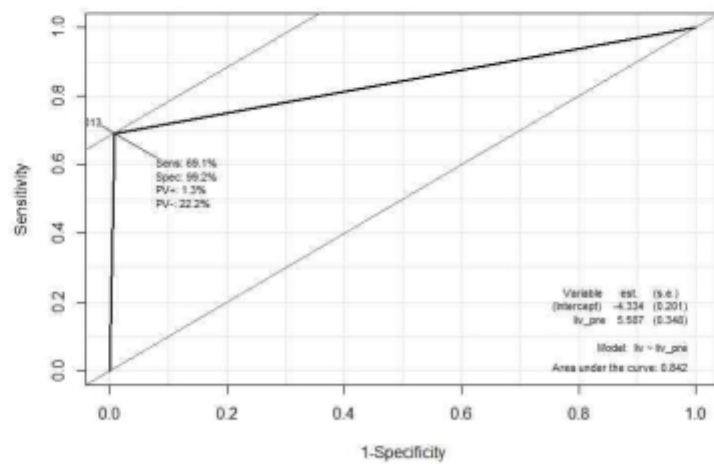
	TP	FN	FP	TN	1-특이도	민감도	AUC
1개월	66	7	17	1,914	0.009	0.904	0.948
2개월	65	11	16	1,912	0.008	0.855	0.923
3개월	56	25	16	1,907	0.008	0.691	0.842



(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 성과 및 평가

2021년 가뭄 예·경보는 2016년부터 지금까지 수행되어 온 월간 가뭄 예·경보와 2017년부터 시작된 주간 가뭄 예·경보에 더해 2020년부터 구축한 4~6개월까지의 장기 가뭄 전망 체계로 수행되었다.

올해는 가뭄상황이 지속적으로 발생한 한해였다. 올해 초는 일부 지역에 가뭄 '관심' 단계가 발령되었으나, 3월 강수로 가뭄 상황이 해소되었고, 봄부터 초여름의 강수 부족으로 인해 일부 댐에서 발생한 가뭄 상황이 여름철 강수로 가뭄 '정상' 단계로 회복되었다. 다만, 보령댐은 12월 현재 가뭄 '경계' 단계가 지속되고 있다.

월간 가뭄 예·경보의 1~3개월 가뭄 전망에 대한 정확도를 분석한 결과 1~3개월 전망 모두 우수한 정확도를 보이고 있다. 상습적으로 가뭄이 발생하는 보령댐과 운문댐의 공급 지역을 제외하면, 전국적으로 '주의' 단계 이상의 가뭄 상황이 없었던 해였기 때문에 수치적으로 높은 정확도에 큰 의미를 부여할 필요는 없어 보인다. 하지만, 향후 가뭄 상황 발생 시 정확한 전망이 가능하도록 기술적 개선의 노력을 지속해야 할 필요가 있다. 또한, 월 단위로 발표되는 국가 가뭄 예·경보에 대한 정확도 평가뿐만 아니라 주간 가뭄 예·경보 및 계절 전망에 대한 정확도 평가 체계도 확립하여 지속적으로 가뭄 예·경보에 대한 평가가 이루어질 필요가 있다. 예·경보 정확도 평가 체계는 가뭄 정보 분석 과정에서 보완이 필요한 부분을 파악하는 데 도움이 되며, 향후 이 부분에 대한 보완 방안을 마련하는데 기여할 수 있다. 2022년에는 가뭄 예·경보 평가 기반을 마련하고, 이를 바탕으로 지속적인 가뭄 예·경보 평가가 수행될 수 있도록 하여 국가 가뭄 예·경보의 신뢰도를 제고할 수 있도록 할 필요가 있다.

제6장 기술 고도화



제6장 기술 고도화

6.1 가뭄 분석기술 고도화 추진 개요

국가가뭄정보분석센터는 생·공용수 부문 국가 가뭄 예·경보의 신뢰도 제고, 미계측 유역에 대한 가뭄 모니터링 및 전망 기술 확보, 기후변화가 극한가뭄 발생에 미치는 영향 및 가뭄이 환경에 미치는 영향 파악 등을 목적으로 가뭄 분석기술을 개발하고 고도화하고 있다. 이러한 노력의 결과로 산출되는, 정확한 가뭄 정보는 효율적이고 효과적인 가뭄 대비와 대응에 필수적인 요소라고 할 수 있다.

올해 추진된 과업에는 가뭄 조사 및 모니터링 사업 내에서 추진된 5건, K-water 연구과제로 추진된 2건, 국가가뭄정보분석센터에서 자체적으로 추진된 3건이 있다. 6.2절에서는 국가 과업인 가뭄 모니터링 및 예측기술 고도화(5차년도), 전국 가뭄 취약지도 작성, 가뭄 시 환경적 영향을 고려하기 위한 분석체계 구축(1차년도), 이변량 가뭄빈도해석 프로그램 개발, 가뭄 영향·피해 모니터링 추진 과업 내용을 다룬다. 6.3절에서는 K-water 연구과제인 미계측 하천 취수지점의 가뭄판단 분석체계 구축(2차년도) 과업과 극한가뭄 적응능력 평가 및 대응전략 연구 과업 내용을 소개한다. 6.4절에서는 국가가뭄정보분석센터에서 자체적으로 수행한 폭염에 따른 저수지 용수공급·수요 변동 관계 분석, 지하수 사용지역 가뭄 전망을 위한 모형 평가, 지속기간별 SPI와 수문학적 가뭄영향 상관성 평가 과업 내용을 다룬다.

2) 과업 내용

첫째로, 전 권역(한강, 낙동강, 금강, 영산·섬진강)의 물수급 시설에 대한 최신 위치 정보 및 가뭄기초조사를 통해 수집된 실적 자료를 활용하여 물수급 분석 모형을 최신화 하였다. 또한 농업용수의 수급을 고려하기 위해 농업기반시설의 위치 정보 및 수혜 지역을 조사하고 모형에 반영하였다(그림 6.2).

두 번째로, 물수급 분석모형의 활용성 제고를 위해 다양한 편의 기능을 포함한 GUI 구축을 수행하였다. 모형에 필요한 입력자료 중 가뭄 DB에 구축되어 있는 자료는 DB에 연계하여 계산이 수행될 수 있도록 하였고, 다양한 수문 모형의 계산 결과를 물수급 분석의 입력자료로 활용할 수 있도록 자연유량 불러오기 기능을 구현하였다. 수원(댐·저수지·하천취수장)별로 관측과 모의 결과를 비교·검토할 수 있도록 표와 그래프로 표출하는 기능을 구현하였고, 임의 지점을 사용자가 선택하여 모의 결과를 확인할 수 있도록 하였다. 또한, 본 모형을 가뭄 예·경보에 효과적으로 활용하기 위해 가뭄 현황 및 전망 분석에 필요한 표와 그래프 등이 표출되도록 GUI를 구축하였고, 분석 결과의 정확도 평가를 위해 관측값과 모의값의 오차를 다양한 통계량으로 제시할 수 있도록 하였다. 본 과제를 통해 구축된 GUI의 메인화면과 메뉴 및 물수급 분석 결과 표출 예시는 그림 6.3과 같다.

세 번째로, 물수급 분석모형의 정확도 평가를 수행하였다. 이를 위해 현재 가뭄 전망을 위해 활용중인 강우-유출 모형 결과와 물수급 모형을 연계하여 모의를 수행하고, 유량 관측 지점의 관측값과 모의값을 비교·분석하였다. 그림 6.4 ~ 그림 6.7은 권역별 주요 지점의 모의 정확도 평가 결과로서, 주요 지점에서 약 0.9의 상관계수를 나타내고 있다. 유량 관측자료 활용이 가능한 모든 지점에 대해 이러한 분석을 수행하였고, 정확도 개선이 필요한 지점을 도출하였으며, 향후 원인 분석과 모형 개선을 통해 정확도 향상을 도모하고자 한다.

네 번째로, 물수급 모형을 활용한 가뭄 전망을 위해 월·주 단위 유량 전망과 월 단위 취수·양수·하수처리수 자료를 일단위로 상세화(disaggregation)하여 분석할 수 있도록 하였다. 또한, 물수급 모형에 의한 댐·저수지 유입량 전망과 공급계획을 활용하여 저수량 변화를 모의할 수 있는 알고리즘을 모형에 반영함으로써 가뭄 전망에 활용할 수 있도록 하였다.

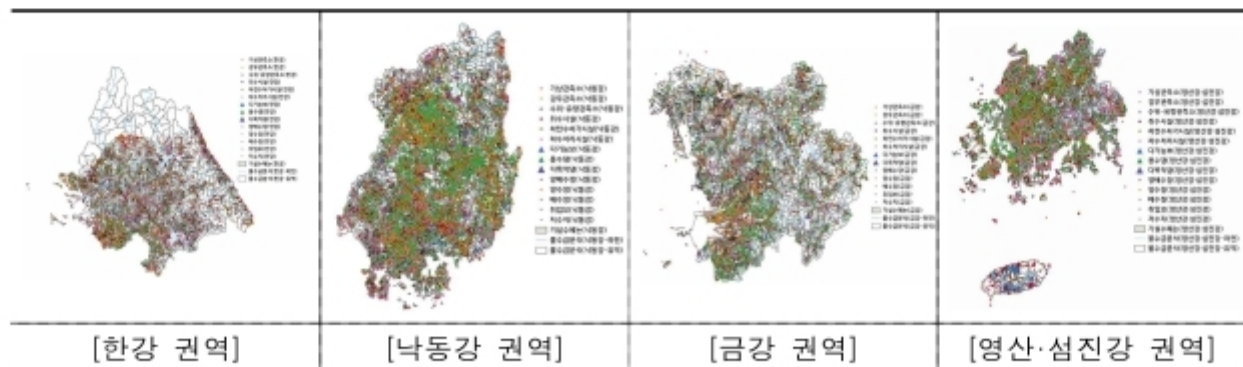


그림 6.2 전국 권역별 물수급 네트워크

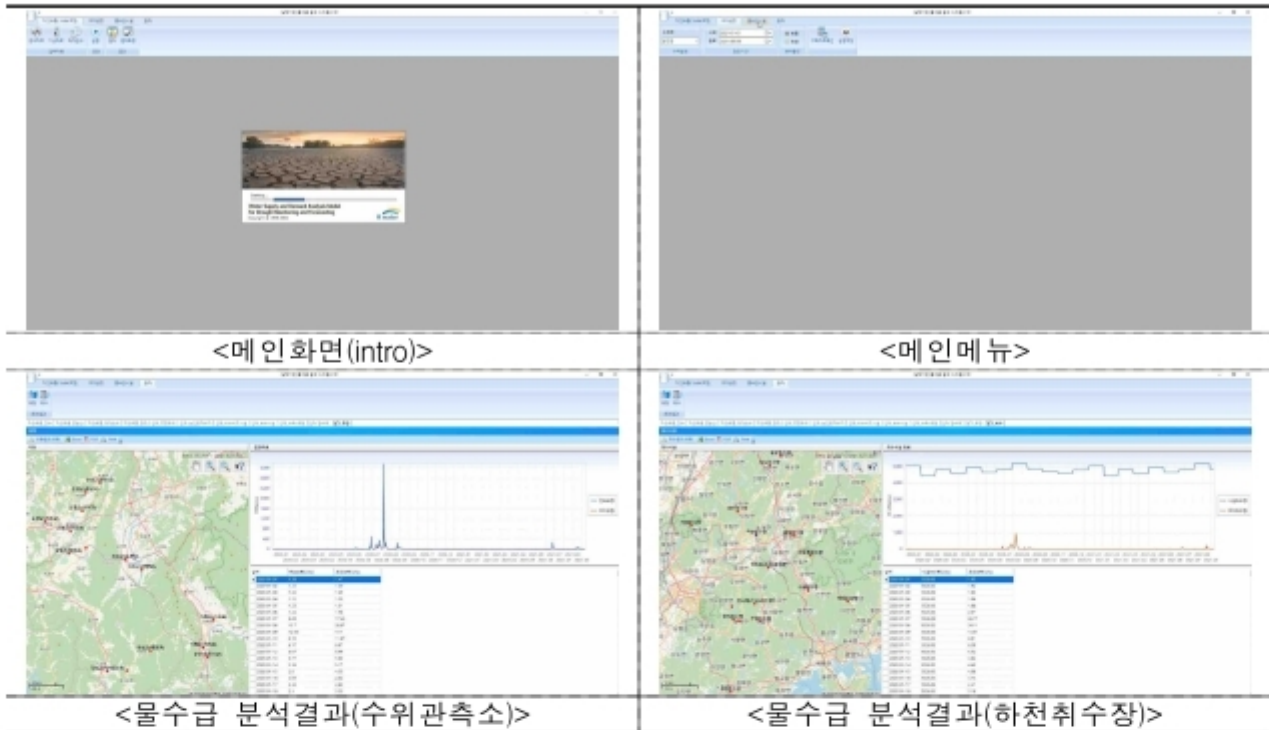


그림 6.3 물수급 모형의 사용자 편의 환경

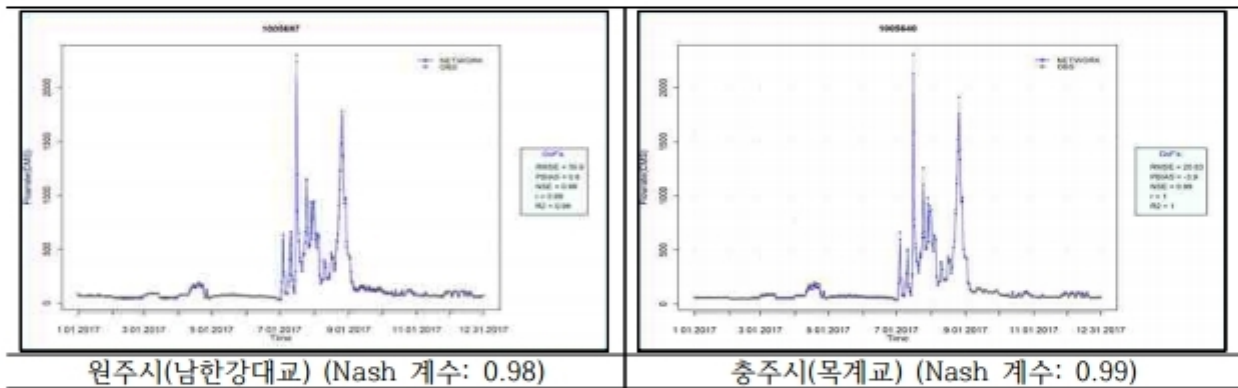


그림 6.4 물수급 모형 정확도 평가 결과(한강 권역)

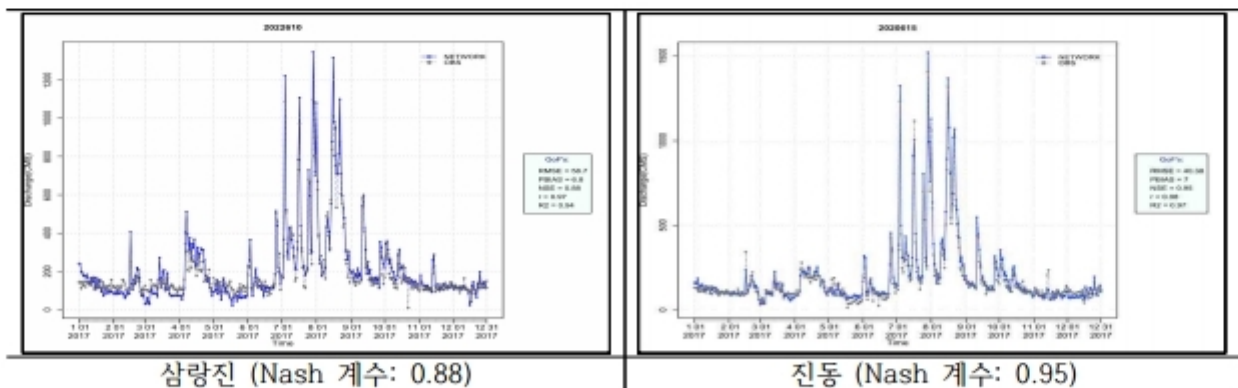


그림 6.5 물수급 모형 정확도 평가 결과(낙동강 권역)

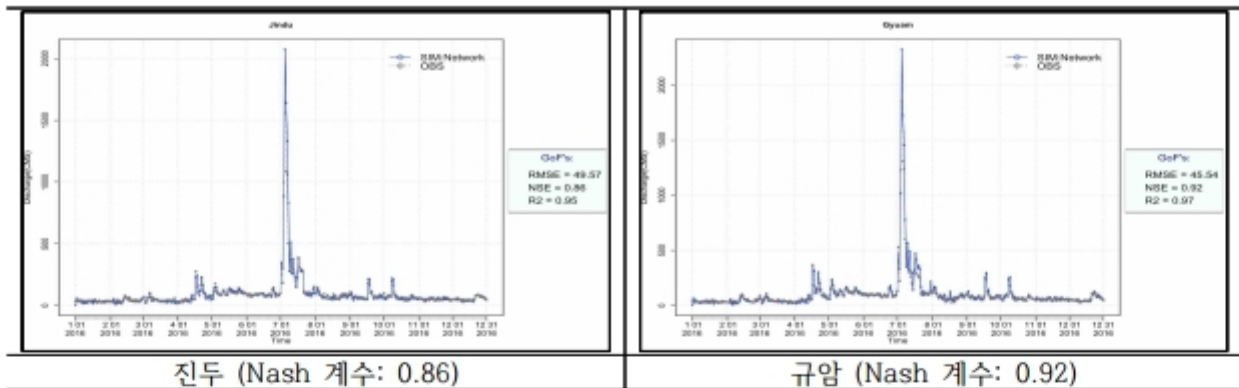


그림 6.6 물수급 모형 정확도 평가 결과(금강 권역)

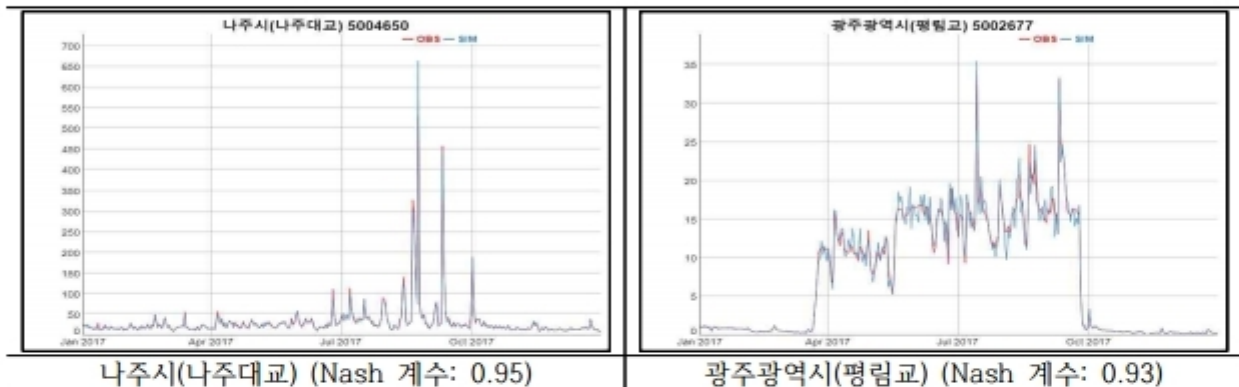


그림 6.7 물수급 모형 정확도 평가 결과(영산·섬진강 권역)

3) 결론 및 실용화 계획

본 과업은 5년(2017~2021)에 걸쳐 권역별 상세 물수급 네트워크를 구축하고, 실시간 수문 자료와 가뭄기초조사에 의한 물수급 시설의 취수·방류 실적을 활용하여 전국의 생·공용수 수원과 전국 하천 임의 구간의 유량을 모의할 수 있는 모형 개발을 목적으로 수행되었다. 전 권역에 대해 물수급 분석이 가능하도록 모형이 구축되었고, 5차년도인 올해에는 모형의 실무 적용을 위해 GUI 기반의 사용자 편의환경 개선 작업이 진행되었다.

본 과업을 통해 개발된 물수급 모형은 1차적으로 전국 생·공용수 수원의 가뭄 현황 파악 및 전망 분석을 위해 2022년 시범 운영될 계획이며, 시범운영 결과 분석을 통해 모의 정확도가 낮은 지점에 대한 개선을 비롯한 모형 보완을 지속적으로 수행할 계획이다.

6.2.2 전국 가뭄 취약지도 제작

1) 추진배경

우리나라는 최근 지역별, 계절별 강수 편차가 증가하고, 최근 30년간 연강수량은 감소 추세이며, 최근 10년 평균은 1,264.2mm로 최근 30년(1,305.0mm)보다 40.8mm가 부족하였다. 2014년 강원·경기, 2015년 강원·경기·충북·충남, 2017년 전북·전남·경북·경남과 같이 특정 지역에 강수량이 부족하여 국지적인 가뭄이 빈번하게 발생하고 있으며, 특히 2015년은 연강수량이 949mm에 불과했고, 이는 충남 서부권에서 큰 가뭄 피해를 초래함으로써 가뭄 피해의 심각성을 알리는 계기가 되었다.

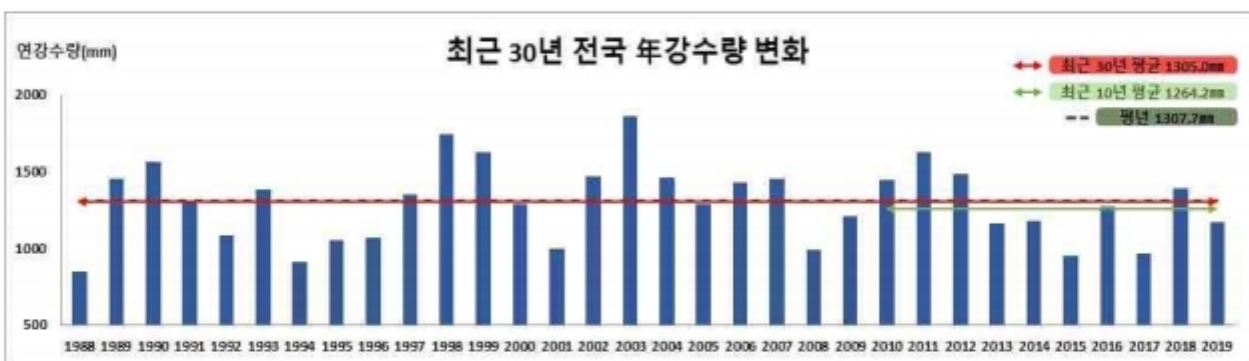


그림 6.8 최근 30년(1988~2019) 전국 연강수량 변화

효과적인 가뭄 대응을 위해 관계부처 합동 국정현안점검조정회의에서는 가뭄대응 종합대책('17.8)을 수립·시행 중이다. 이를 통해 가뭄이 재난으로 확대되는 상황에 대비해 선제 대응을 강화하고 지자체·지역민의 수요를 반영하는 체계를 정비하려는 목적이 있다. 가뭄대응 종합대책 중에서 「생·공분야 가뭄 취약지도 작성」 과제 실행을 위해 국가가뭄정보분석센터는 환경부 대행으로 2018년에 가뭄 취약성 평가기법 정립 및 충남 서부권 시범구역의 가뭄취약지도 작성을 시행하였다. 이후 2019년부터 환경부에서는 전국 가뭄취약지도 작성 과제를 추진 중이다.



그림 6.9 전국 가뭄취약지도 제작 추진 과정

2) 과업개요

전국 가뭄취약지도 제작 과업의 목적은 기후변화 대비 선제적 가뭄대응을 위해 지역 특성과 여건을 반영한 지역별 가뭄 취약성을 평가하고, 중앙정부 중심의 효율적인 가뭄대응 정책 의사결정을 지원하며, 지자체의 능동적 대응능력 제고에 기여하고자 함이다.

전국 가뭄 취약지도 제작 과업은 2018년 수립된 ‘가뭄취약지도 제작에 관한 지침(안)’에 따라 2019년부터 2023년까지 다년차 과업으로 추진 중이며, 연차별 과업 내용 및 예산은 아래 그림, 표와 같다.

2021년 추진의 주요 과제로 민감도 평가, 보조수원능력평가, 가뭄 취약성 평가 등을 수행하였으며, 시간적 범위로 최근 생산된 자료(2020년) 활용을 원칙으로 하며, 공간적 범위는 전국 17개 광역시·도 및 지자체를 대상으로 하였다.

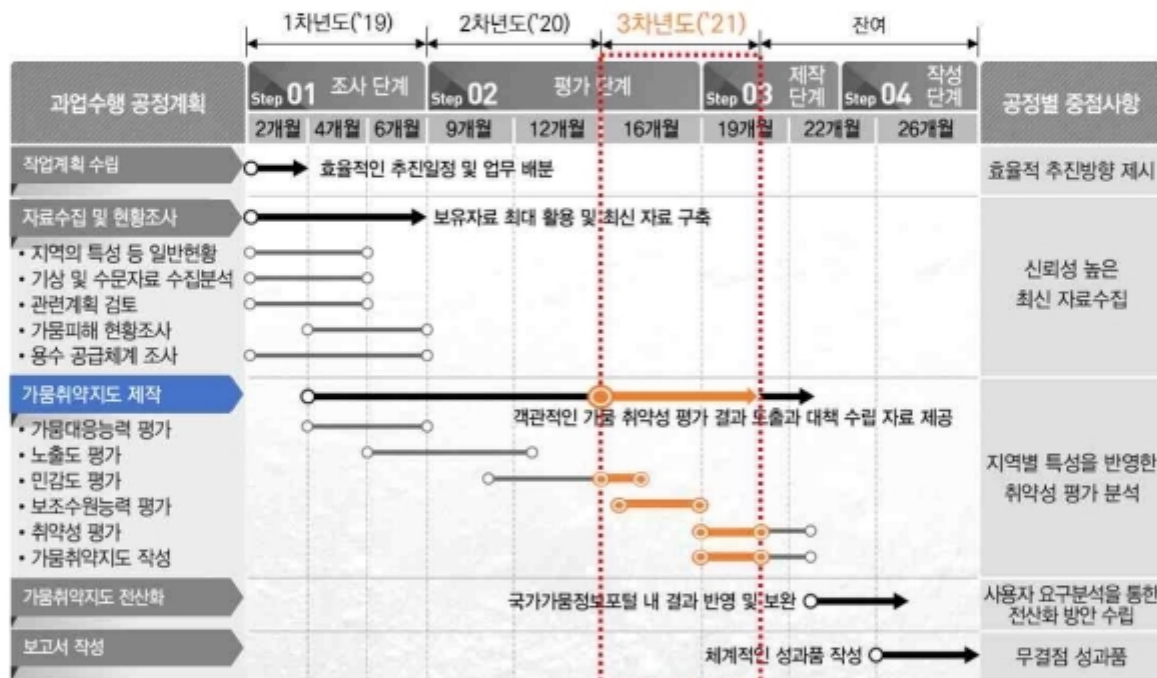


그림 6.10 연차별 전국 가뭄 취약성 평가 및 취약지도 공정계획

표 6.1 연차별 가뭄 취약지도 예산 현황

계	'19년	'20년	'21년	'22년	'23년
23.5억 원	5억 원	5억 원	5억 원	5억 원	3.5억 원

3) 주요 내용

전국 가뭄 취약지도 제작을 위해 수행한 주요 내용으로 가뭄대응능력, 노출도, 민감도 및 보조수원능력을 평가하였고, 이를 종합한 취약성 평가를 수행하였다.

가뭄대응능력을 평가하기 위해 가뭄 상황 시나리오와 지역별 급수체계를 고려한

물수급모형을 구축하고, 가뭄빈도별 용수공급 가능일수를 분석한 후 구간별로 점수화하여 대상 지역의 가뭄대응능력을 평가하였다.

읍면동 단위의 전국 가뭄대응능력 평가 결과 지자체 저수지 및 미급수지역(지하수 이용률 60% 이상)에서 가뭄대응능력 평가점수가 상대적으로 낮게 평가되었다.

가뭄발생빈도 및 평균가뭄심도를 통해 노출도를 평가하고자 주요 지수로 표준강수-증발산지수(SPEI)를 선정하였으며, 충남 서부권을 대상으로 한 「가뭄 취약성 평가 및 가뭄취약지도 구축(환경부, 2018)」 시범사업에서 도출된 노출도 점수 구간을 조정하여 전국을 대상으로 노출도 평가 시 신뢰도를 높이고자 하였다.

행정구역별 노출도 평가에서 평균 가뭄심도는 전 지역에서 대부분 -1.69 수준의 가뭄심도를 나타내었으며, 그중에서 강화군이 -1.95로 가장 낮은 값을 보였다. 가뭄발생빈도를 분석한 결과, 전 지역에서 보통가뭄 이하인 가뭄이 약 32.5% 정도 발생하였다. 평균가뭄심도와 가뭄발생빈도를 활용하여 노출도를 산정한 결과, 경상북도의 노출도 값이 40으로 다른 지역에 비해 기상학적 가뭄에 많이 노출되었던 것으로 평가되었다.

민감도 평가는 생활용수 및 공업용수 수요량을 이용하여 민감도 계수를 산정하고 등급별로 구분해 시범사업에서 결정한 구간에 대해 점수 구간을 확장 및 조정하여 적용하였다.

민감도 평가 결과, 총 15개의 시·군·구에서 민감도 계수가 가장 높은 10등급인 0.92로 나타났으며, 울산광역시 남구, 전라남도 여수시 및 경기도 화성시에서 용수수요량이 많아 가뭄 발생 시 취약성이 더 커질 수 있는 것으로 나타났다.

가뭄 발생 시 대체 수자원의 가용 여부가 중요하므로 보조수원능력에 대한 평가를 수행하였으며, 저수지 유효저수량, 지하수 개발가능량 등을 고려하여 평가하였다.

보조수원능력 평가 결과, 대부분 수도권 및 대도시 지역에서 보조수원능력이 다른 지역에 비해 떨어지는 것으로 나타났으며, 제주특별자치시, 서울특별시 및 인천광역시에서 보조수원능력이 '0' 또는 매우 낮은 것으로 산정되었다.

가뭄 취약성 평가는 이전 시범사업(환경부, 2018)에서 정립한 방법인 수원의 용수공급 가능일수를 산출하여 공급능력을 평가하고 점수화된 평가 결과에 계수화된 노출도, 민감도, 보조수원능력을 가중하여 아래와 같이 점수를 산출하는 방법으로 평가하였다. 또한, 가중치의 신뢰성 확보를 위해 가뭄 관련 종사자 109명의 설문조사 결과를 토대로 계층화 분석(**Analytic Hierarchy Process**)을 수행하였다.

$\text{가뭄취약성} = \text{가뭄대응능력} \times \text{노출도 } W_1 \times \text{민감도 } W_2 \times \text{보조수원능력 } W_3$ • W_i : 인자별 가중치
--

전국 가뭄 취약성을 평가한 결과, 시·군·구 기준으로 인천광역시 옹진군 외 11개 지역이 최저 등급인 III등급으로 평가되었으며, 읍면동 평가시 군위군의 산성면 및 고로면 등 15개 읍면동이 최저 등급인 IV등급으로 평가되었다.

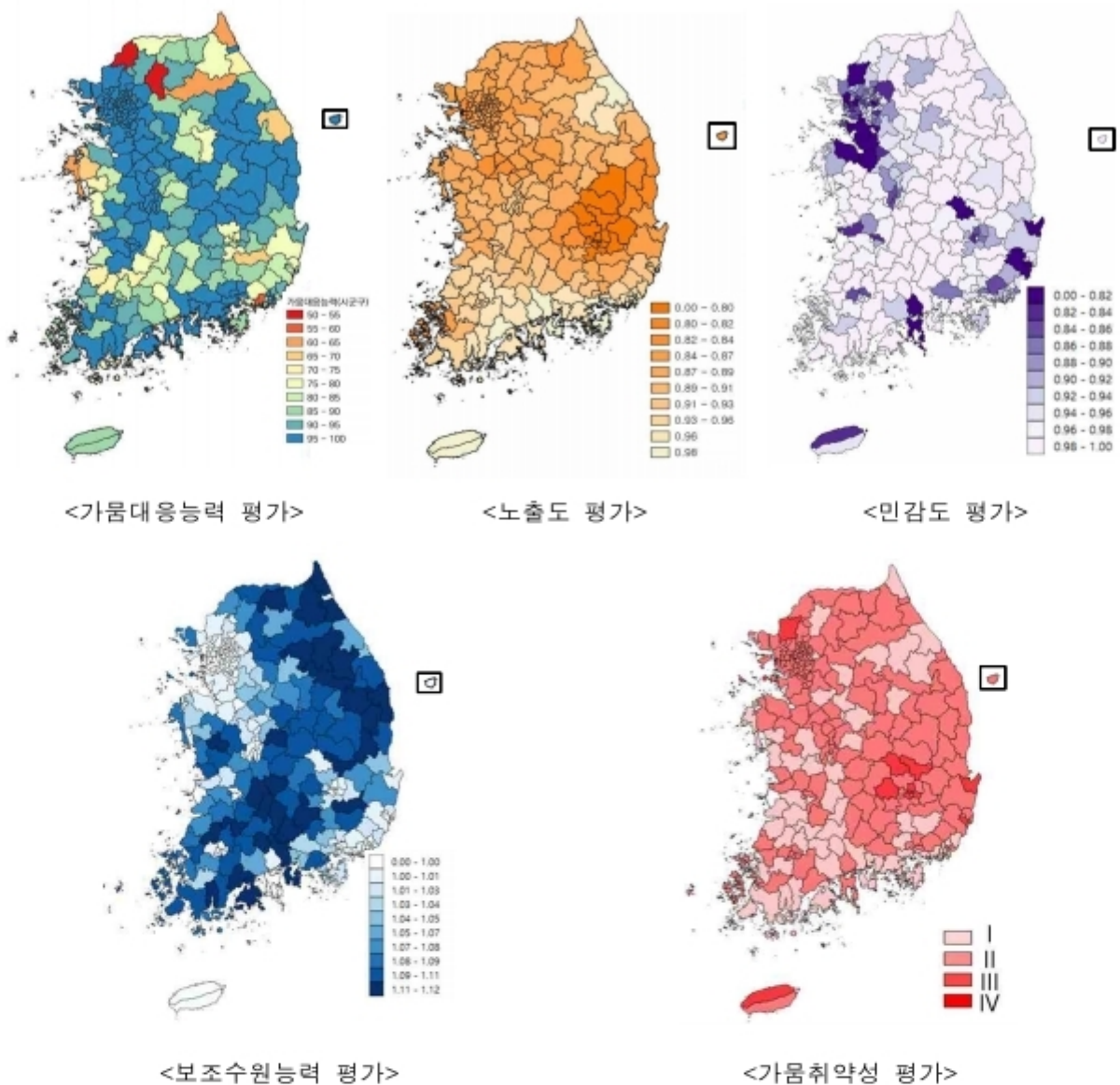


그림 6.11 전국 가뭄취약성 평가

4) 결론 및 향후 계획

전국 가뭄 취약지도 제작을 통해 행정별·유역별 기준으로 전국의 가뭄 취약성을 평가하고 점수를 등급화함으로써, 가뭄대책 수립 우선순위 선정과 가뭄 취약성 원인에 따른 최적 대응 방안 수립 등 의사결정에 도움이 될 것으로 기대된다. 또한, 가뭄 취약지도는 가뭄 관련 정책 및 대응 과정에서 정부기관 및 지방자치단체, 연구기관, 엔지니어링 업계 등에서 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 가뭄취약지도 성과물과 분석과정에서 도출되는 주제도 형태의 부가적인 분석 결과는 국가가뭄정보포털 (www.drought.go.kr)을 통해 제공할 계획이다.

6.2.3 가뭄 시 환경적 영향을 고려하기 위한 분석체계 구축(1차년도)

1) 연구배경 및 필요성

최근 가뭄이 빈번하게 발생함에 따라 물부족, 건천, 수질악화 등으로 인한 멸종, 생물종 변화 등 심각한 환경 피해가 우려되고 있다. 이에 반해, 수자원 관련 정책 및 기술개발은 생활용수, 농업용수, 발전용수 등 사람 중심 사용에 우선되어 환경적인 측면은 상대적으로 등한 시 됨에 따라 가뭄에 의해 발생하는 환경학적 영향을 고려할 수 있는 정책과 기술적 기반이 매우 부족한 실정이다.

또한, 가뭄 시 환경과 관련된 피해는 심각할 것으로 예상되나 아직 그 규모와 범위도 명확히 파악하지 못하고 있기 때문에, 가뭄 시 환경적인 영향을 고려할 수 있는 분석체계를 마련하여 감시, 분석, 전망 등에 활용할 수 있는 관련 기술 검토 및 개발이 시급하다.

본 과업에서는 획득 가능한 정보수준을 고려하여 가뭄 시 환경과 관련된 분야를 수질 분야, 생태계 서식처 분야 및 유역 식생 분야로 구분하고, 각 분야별 가뭄 시 환경적 영향을 고려하기 위한 분석 방법을 도출하고 이를 기반으로 모니터링 및 분석 체계를 구축하는 것을 목적으로 하였다.

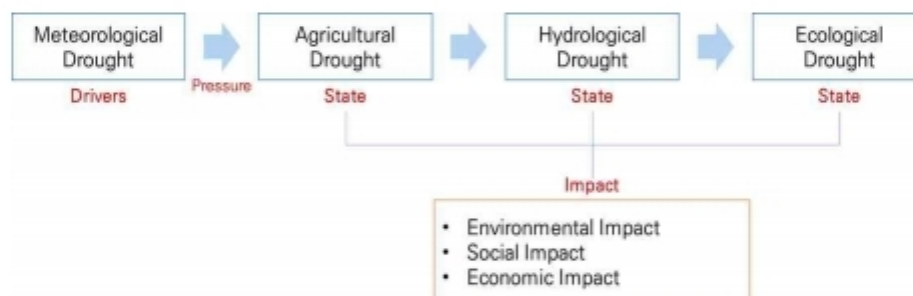


그림 6.12 가뭄의 흐름과 환경, 경제적 영향 개요

2) 1차년도 주요 연구내용

- 환경적 영향을 고려하기 위한 인자 선정

수질분야는 낙동강 유역 수질측정망 40개유역 총량측정자료를 활용하여 9개 수질 인자를 대상으로 기상학적 가뭄상황에서 수질인자별 영향분석 후 선정 가뭄 시 유의한 변화가 나타날 가능성이 큰 수온, pH, BOD와 일부 지역 및 계절에서 가능성이 있는 TN, TP, TOC, NH4를 고려인자로 선정하였다.

그림 6.13은 평상시 조건과 두 개의 기상학적 가뭄조건에서 계절별로 낙동강 40개 유역의 수온과 BOD의 영향을 도시한 그래프로 BOD의 경우 평시조건(XN) 보다 계절별로 가뭄조건에서 모두 값이 상승하는 값을 보여주고 있다.

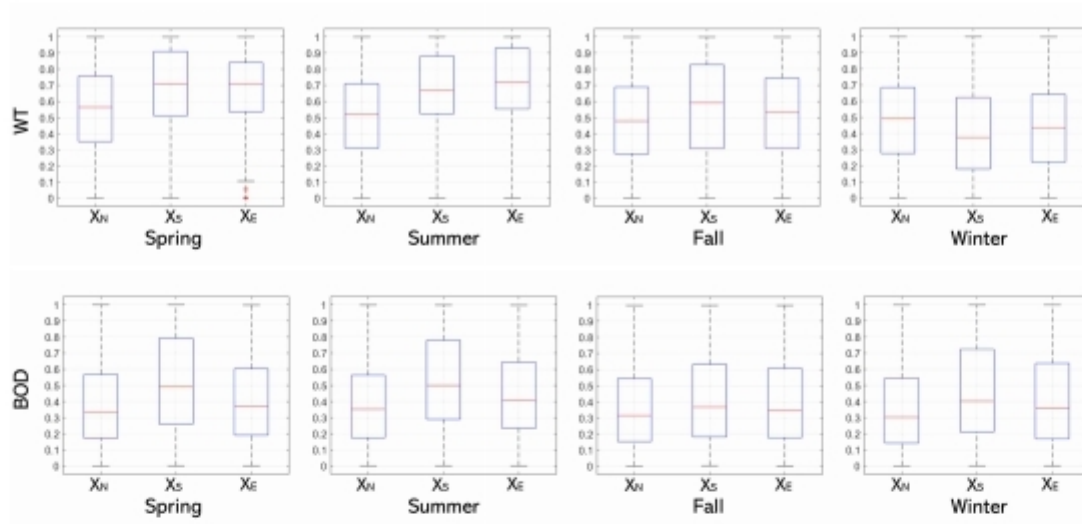


그림 6.13 기상학적 가뭄에서 수온(上)과 BOD(下)의 영향

X_N: 평상 시, X_S: SPI ≤ -1.0인 조건, X_E: EDDI ≥ 1.0인 조건

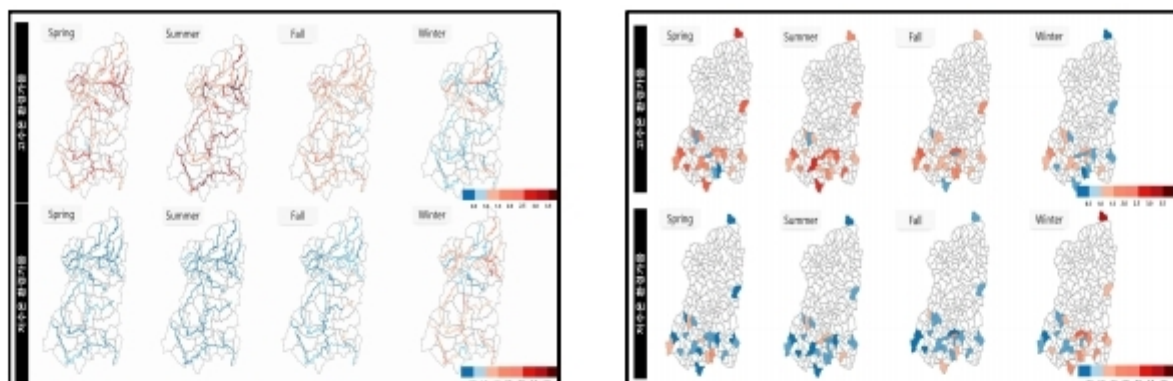
유역식생분야는 위성자료 중 NDVI(Normalized Vegetation Difference Index)와 LST(Land Surface Temperature)를 조합하여 산정하는 식생건강지수(VHI, Vegetation Health Index)를 선정하였고 수생생물분야는 가뭄에 가장 민감하고 조사자료가 가장 많고 하천생태에 대표성을 갖는 어류를 분석인자로 선정하였다. VHI는 지표면의 식생 및 수분 조건에 더 나은 정보를 제공하는 것으로 조사되어 보다 적합한 인자라고 판단하였다.

- 분석방법 도출

수질분야는 수온, BOD, SS, TN, TP, TOC의 6개 수질 항목에 대한 이변량 copula 결합 이론 기반의 확률론적 분석방법을 도출하였다. 분석프로세스는 다음과 같다.

- Step 1: 인자와 가뭄지수의 교차상관분석을 통한 가뭄지수의 최적 시간 척도 선정
- Step 2: Chi-square 적합도 검정을 통한 인자의 최적 한계 확률분포 결정
- Step 3: AIC 분석을 통한 최적 copula 함수 채택
- Step 4: 가뭄지수와 인자의 결합 확률 분포 구성 및 가뭄 시나리오의 조건부 확률 적용
- Step 5: 영향 정도를 등급화

그림 6.14는 낙동강 TMDL 및 표준유역에서의 SPERI와 수온의 이변량 copula 결합 모델의 정확도 평가 결과(2000~2019)로 모든 단위유역에서 KGE, NSE, R²의 값이 0.8 이상으로 나타났음을 보여준다.



<TMDL별 가름 시 환경 위험지도(예시)>

<표준유역별 가름 시 환경 위험지도(예시)>

그림 6.14 고수온 및 저수온에 의한 환경가름 위험지도

수생생물분야는 하천에서의 어류서식처 기반의 가뭄감시 방법을 적용해 대상유역의 한계유량과 어류서식처 기반의 최적유량을 바탕으로 어류서식처 기반 가뭄지수 산정식(EcoDI_FH)을 개발하였다.

$$EcoDI_FH = \frac{Q_{OBS} - Q_{ECF}}{Q_{ECF}}$$

여기서, Q_{OBS} 는 관측유량, Q_{ECF} 는 최적유량을 의미한다.



그림 6.15 하천에서의 어류서식처 기반 생태학적 가뭄감시 분석프로세스

그림 6.16은 낙동강 유역의 감천을 대상으로 분석프로세스를 적용한 결과로 2007년부터 2018년까지 일유량을 활용하여 IHP(Indicators Hydrologic Alteration)프로그램에 의해 산정된 한계유량 활용하여 적용된 EcoDI_FH지수의 범례를 나타내고, 그림 6.17은 EcoDI_FH와 기상학적가뭄(SPI180일)을 비교한 그래프이다. EcoDI_FH와 기상학적 가뭄이 비교적 잘 일치하는 경향을 나타낸다.

Classification of ecological drought by EcoDI_FH					
Drought classes	Normal	Attention	Caution	Alert	Serious
Index range	> 0	- 0.25 ~ 0	- 0.5 ~ - 0.25	- 0.75 ~ - 0.50	< - 0.75
Corresponding flow rate (m ³ /s)	> 3.00	2.25 ~ 3.00	1.50 ~ 2.25	0.75 ~ 1.50	< 0.75

그림 6.16 EcoDI_FH 범례

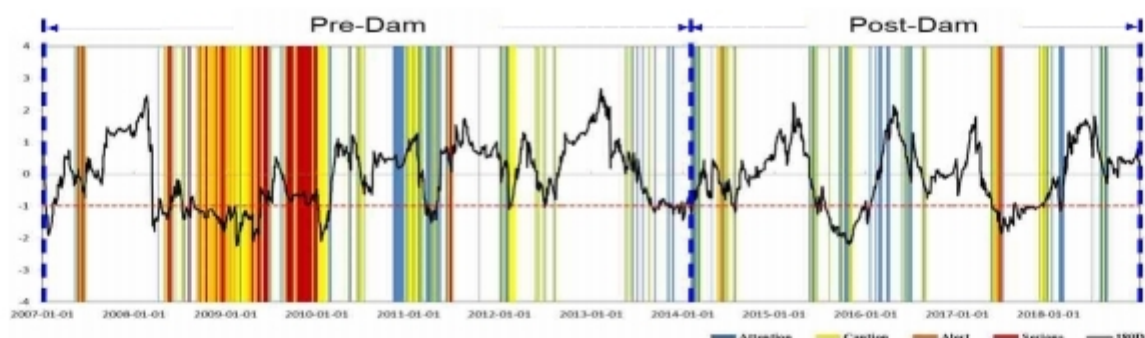


그림 6.17 EcoDI_FH과 기상학적 가뭄 (SPI180일)의 시범적용결과

유역생태 분야는 수질분야와 마찬가지로 VHI(식생), SPI(강수), EDDI(증발산량) 항목별 Copula 기반의 이변량 결합확률분포 활용하였다. 두 가지 측면(강수량, 증발산량)의 기상학적 가뭄이 각각 식생에 미치는 영향을 조사하기 위해, 이변량 결합 확률분포를 모형화하여 적용하였다.

그림 6.18은 유역생태분야 Copula 기반의 이변량 확률분포 구성방법은 나타낸 것이다.

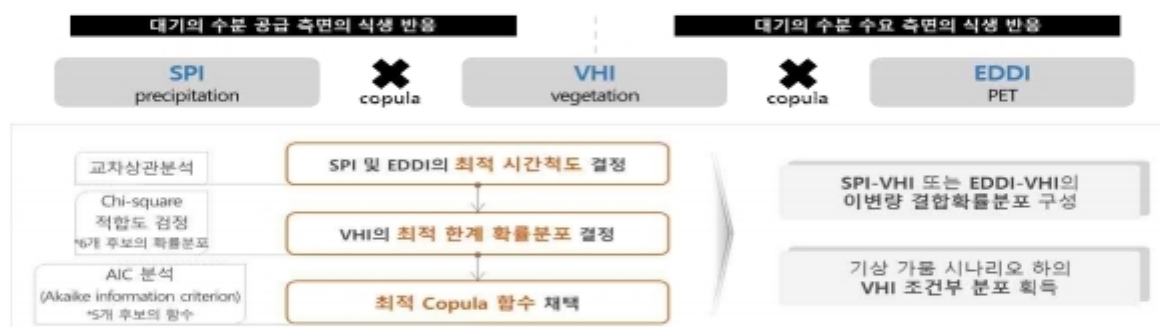


그림 6.18 유역생태분야 Copula 기반의 이변량 확률분포 구성 방법

그림 6.19은 이변량 결합확률로부터 기상학적 가뭄 시나리오에 대응하는 VHI 조건부 확률분포를 5km×5km로 획득하고 대기의 수분 공급 측면의 기상 가뭄 시 식생 가뭄 영향을 지도로 나타낸 것이다.

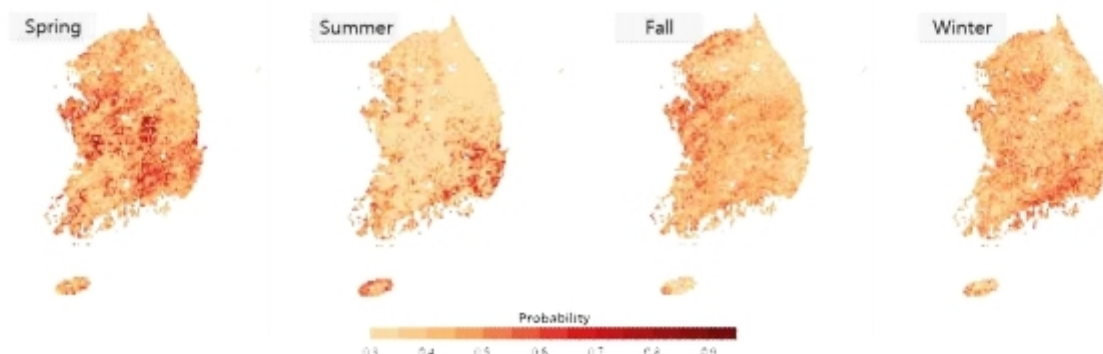


그림 6.19 대기의 수분 공급 측면의 기상 가뭄 시 식생 가뭄 영향(2000~2019)

- 활용성검토 및 평가

수질인자(수온, BOD)와 가뭄지수의 copula 결합 모델을 구성한 후 copula 결합 모델을 통해 원하는 지점의 환경상태 모니터링이 가능한지 활용성을 검토하기 위해 낙동강 반변A지점에서 실제 가뭄이 발생한 2014-2017 기간을 대상으로 기상학적가뭄이 발생하였을 때(또는 전망될 때) 생태계가 평상시 대비 스트레스를 받을 가능성을 표현할 수 있는 모니터링(또는 전망)된 기상학적 가뭄 수준에서 수질 가뭄이 발생할 조건부 확률 / 평균적인 기상 조건에서 수질 가뭄이 발생할 조건부 확률을 계산하여 확인하였다.

그림 6.20은 반변 A지점에서 수온 및 BOD를 대상으로 계산한 결과(DWQCI)로 실제 $SPI \leq -1.0$, $EDDI \geq 1.0$ 인 조건에서 DWQCI가 높게 나타나 충분히 환경상태 모니터링에 활용 가능할 것으로 검토되었다.

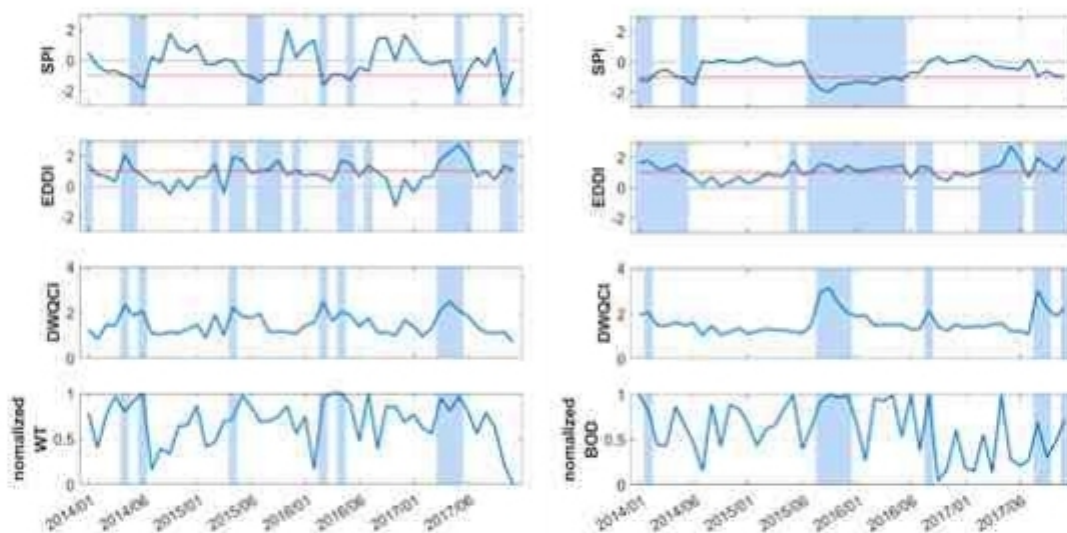


그림 6.20 반변A에서 수온 및 BOD DWQCI분석

3) 성과 및 평가

1차년도에는 가뭄 시 환경적영향을 고려할 수 있는 기본적인 인자와 분석프로세스 및 방법을 도출하였으며 활용성을 검토하였다. 아직 국내에 적용된적이 없는 가뭄 시환경적 영향을 고려하는 분석기술을 확보하여 향후 관련분야의 활성화와 기술발전에 기여하였다고 판단된다. 2차년도 이후에는 이를 기반으로 본격적인 환경가뭄 모니터링 및 전망체계를 구축이 가능하도록 D/B연계, 분석모듈 개발, 전국단위 확대 및 평가 등을 진행할 예정이다.

6.2.4 이변량 가뭄빈도해석 프로그램 개발

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 가뭄빈도 해석 프로그램 개발을 위해 개발 소요기간 및 난이도를 고려해 아래 그림과 같이 단계별 개발을 진행하였으며, '20년도에는 이 중 1~2단계를 자체 개발하였다. 1단계인 단일지점 가뭄빈도 해석 프로그램은 외부 전문가 및 일반 사용자들을 위해 배포하는 프로그램이며, 2단계는 1단계 프로그램과 동일한 알고리즘을 이용하지만, K-water 내부 데이터베이스와 연계하여 전국에 대한 입력자료 작성을 자동화하고, 분석 결과 테이블 및 결과 지도 자동 작성기능을 추가한 프로그램으로 월간 가뭄 예·경보 업무 수행을 위해 가뭄센터 또는 물관리 업무 담당 직원들이 사내에서 이용하기 위한 프로그램이다.

2021년도에 개발한 3단계 이변량 가뭄빈도 해석 프로그램은 가뭄의 특성을 대표하는 가뭄 심도(severity)와 가뭄 지속기간(duration)의 두 가지 특성을 동시에 고려할 수 있는 최신 통계기법을 적용하여 신뢰도 높은 가뭄빈도 정보를 사용자가 직접 생산하고 활용할 수 있도록 학계(세종대)와 협업을 통해 개발하였다.

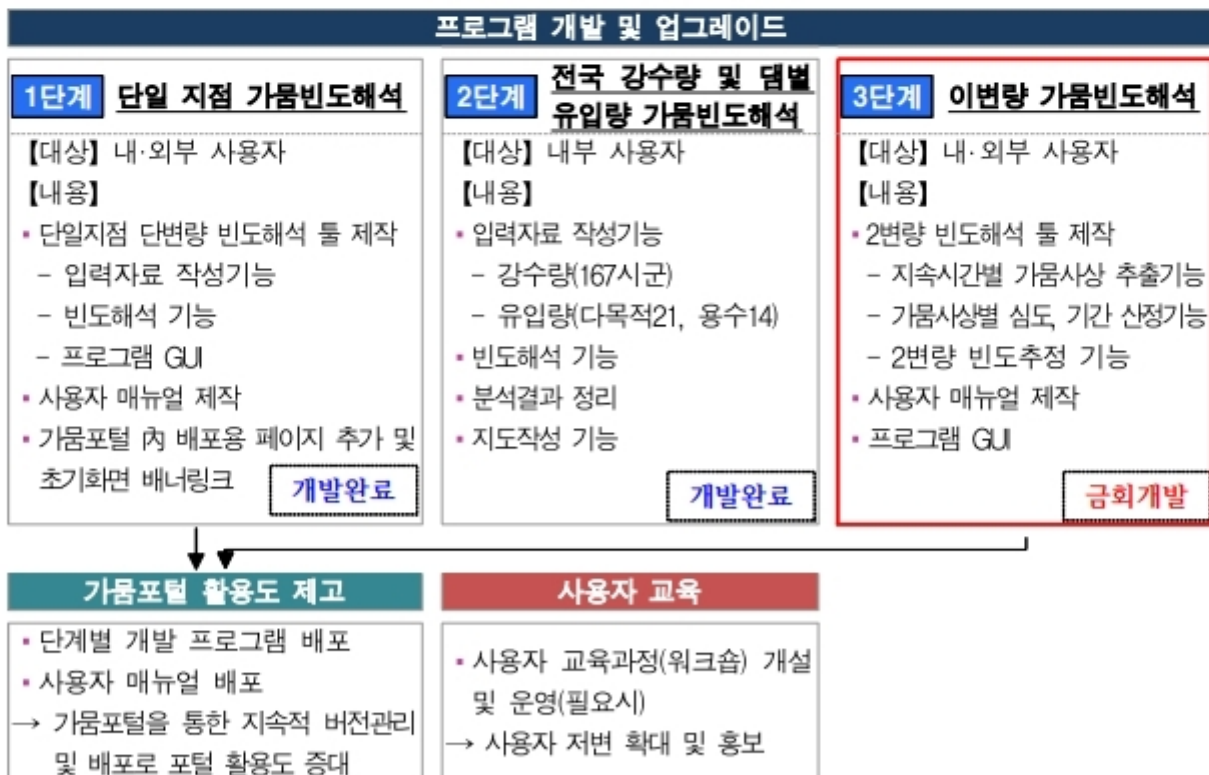


그림 6.21 가뭄빈도해석 프로그램 개발 단계

특정 극치사상 자료에 대한 특성 분석 시 수문자료에 대한 빈도해석은 일반적으로 단일 확률변수를 기준으로 이루어지는 단변량(univariate) 해석 방법이 활용된다. 그러나 두 가지 이상의 변량이 서로 상관성을 가지는 경우 다변량(multivariate) 빈도해석이 요구되며, 이를 단변량으로 해석할 경우 재현기간의 과소추정 등의 문제점이 발생할 수 있다.

특히, 가뭄의 경우, 강도(intensity)뿐만 아니라 지속기간(duration), 심도(severity)도 매우 중요한 인자로 고려되고 있으며, 가뭄 지속기간과 심도의 경우 두 인자 간의 상관성이 매우 크기 때문에 단변량 가뭄빈도해석보다 다변량으로 가뭄빈도해석을 수행하는 것이 가뭄위험도 평가 측면에서 유리하다고 알려져 있다(Shiau and Shen, 2001; Kim et al., 2017).

이에 따라, K-water에서는 Copula 함수를 이용해 두 변량을 동시에 고려한 빈도해석을 수행할 수 있는 이변량 가뭄빈도 해석 프로그램인 NDIC-BFA(National Drought Information Analysis Center - Bivariate Frequency Analysis)를 개발하여 지자체 가뭄업무 담당자 및 수자원 설계 분야 종사자 등이 최신 가뭄빈도 해석 기법을 이용할 수 있는 서비스 제공을 통해 공공부문의 사회적 기여에도 역할을 다하고자 하였다.

2) 이변량 가뭄빈도 해석 과정

올해 개발한 NDIC-BFA 프로그램의 이변량 가뭄빈도 해석 과정은 아래 그림과 같다.

첫 번째 과정은 누적 기간(cumulative period)을 설정해 변환한 강수량으로부터 연속이론(run theory)에 의해 추출한 강수 아노말리 또는 표준강수지수(SPI) 등을 이용해 가뭄 사상을 추출하고, 이로부터 각 가뭄 사상의 가뭄 지속기간(duration)과 심도(severity)를 추출한다.

두 번째 과정은 가뭄 지속기간과 심도에 해당하는 각각의 주변확률분포(marginal distribution)를 추정하고, 각 변량의 최적 주변확률분포를 선택한다.

마지막 과정으로 다양한 Copula 함수 중 의존관계를 가장 잘 설명하는 함수를 선택해 가뭄 재현기간(빈도)을 산정하도록 하였다.

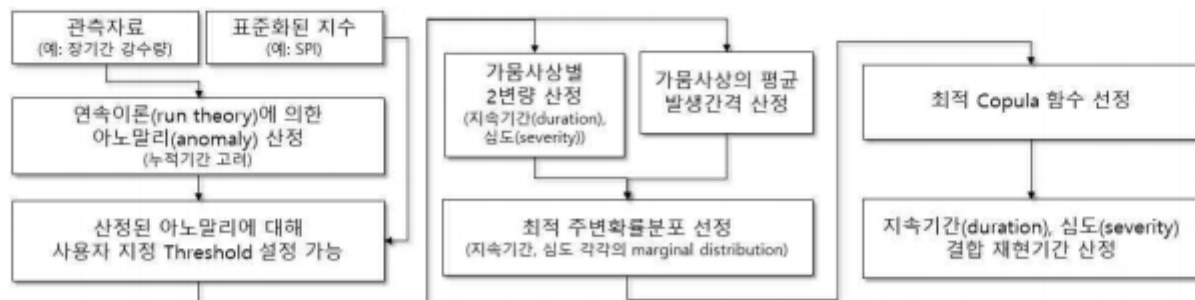


그림 6.22 이변량 가뭄빈도 해석 순서도

Copula 함수는 주변확률분포를 결합 확률분포로 연결시키는 함수로 가뭄 지속기간 확률분포와 가뭄 심도 확률분포를 결합한 확률분포를 생성하며, 아래 그림은 Copula 모형의 모식도를 보여준다. 본 프로그램에서는 Gaussian, Clayton, Frank, Gumbel Copula를 적용하여 Log-likelihood, AIC(Akaike information criterion), BIC(Bayesian information criterion) 분석을 통해 최적 함수를 선정하도록 하였다.

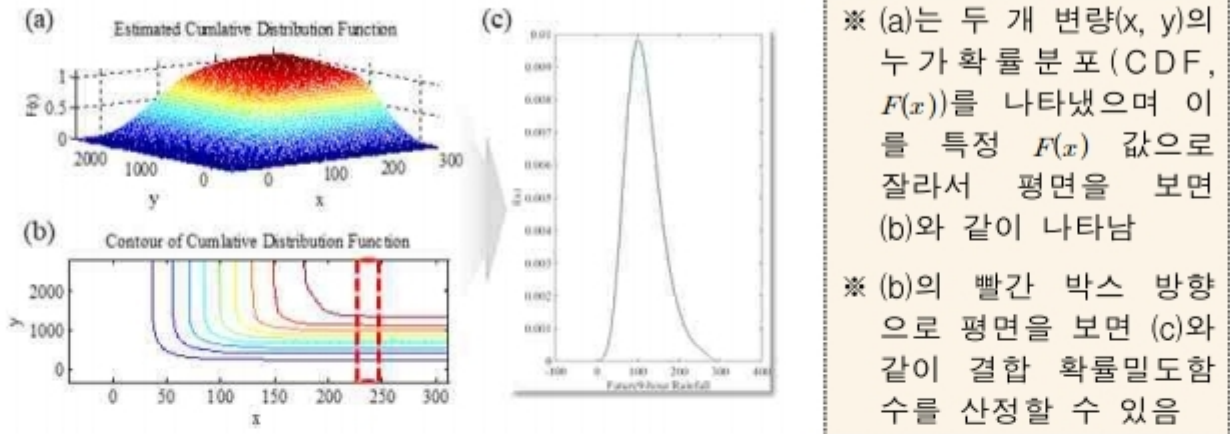


그림 6.23 Copula 모형 모식도

이변량 가뭄 재현기간(빈도)의 산정식은 아래와 같다. 가뭄 지속기간(D)과 가뭄 심도(S)에 대한 재현기간 $T(D)$ 및 $T(S)$ 는 아래 식 (6.1) 및 식 (6.2) 이다. 여기서 $E(L)$ 은 가뭄 사상의 평균 발생 간격이다. 지속기간과 심도를 동시에 고려한 가뭄 재현기간은 위험도 측면에서 두 가지 시나리오로 해석되며, 식 (6.3)의 $T_U(d,s)$ 는 $D \geq d$ or $S \geq s$ 조건에 의한 재현기간을, 식 (6.4)의 $T_\cap(d,s)$ 는 $D \geq d$ and $S \geq s$ 조건에 의한 재현기간을 산정하는 식이다(Lee et al., 2021). 여기서 식 (6.3) 및 식(6.4)의 C 는 위에서 언급된 Copula Function이다.

$$T(D) = \frac{E(L)}{P(D > d)} = \frac{E(L)}{1 - F_D(d)} \quad (6.1)$$

$$T(S) = \frac{E(L)}{P(S > s)} = \frac{E(L)}{1 - F_S(s)} \quad (6.2)$$

$$T_U(d,s) = \frac{E(L)}{P(D > d \cup S > s)} = \frac{E(L)}{1 - F_{DS}(d,s)} = \frac{E(L)}{1 - C(F_D(d), F_S(s))} \quad (6.3)$$

$$T_\cap(d,s) = \frac{E(L)}{P(D > d \cap S > s)} = \frac{E(L)}{1 - F_D(d) - F_S(s) + C(F_D(d), F_S(s))} \quad (6.4)$$

3) 프로그램의 특징

가뭄빈도 해석 프로그램 개발과정의 1단계와 2단계에서 개발한 단변량 가뭄빈도 해석 프로그램(NDIC-FAT)은 현재 가뭄이 심하여 강수량이 평소보다 작은 값을 보이거나 낮은 가뭄지수를 나타낼 경우, 현재를 기점으로 1개월 누적, 3개월 누적 등

분석 기간을 고정한 상태에서 과거 동일 기간에 비해 현재의 강수량 또는 유입량이 얼마나 적은 양인지를 재현기간(빈도)으로 알아보고자 할 때 유용하게 사용할 수 있다.

3단계에서 개발한 이변량 가뭄빈도 해석 프로그램(NDIC-BFA)의 첫 번째 특징은 현재라는 분석 기점을 설정하지 않는다. 전 기간 자료 분석을 통해 Anomaly 개념의 가뭄 사상을 추출하기 때문에, 동일 규모의 가뭄이 각기 다른 발생 시점과 지속기간 및 심도를 가질 수 있다.

이러한 점은 해당 지점의 가뭄위험도 평가 측면에서 특정 기간을 고정하여 분석하는 한계를 넘어 가뭄의 특성을 더 잘 반영한 결과를 도출할 수 있게 해준다. 분석 결과를 이용해 지속기간은 길지만 강수 부족량은 그리 크지 않은 가뭄, 반대로 짧은 지속기간 동안 극심한 강수 부족이 있었던 가뭄 등 가뭄의 특성을 좀 더 잘 표현할 수 있는 변량들이 조합된 재현기간(빈도)을 산정할 수 있는 장점이 있다.

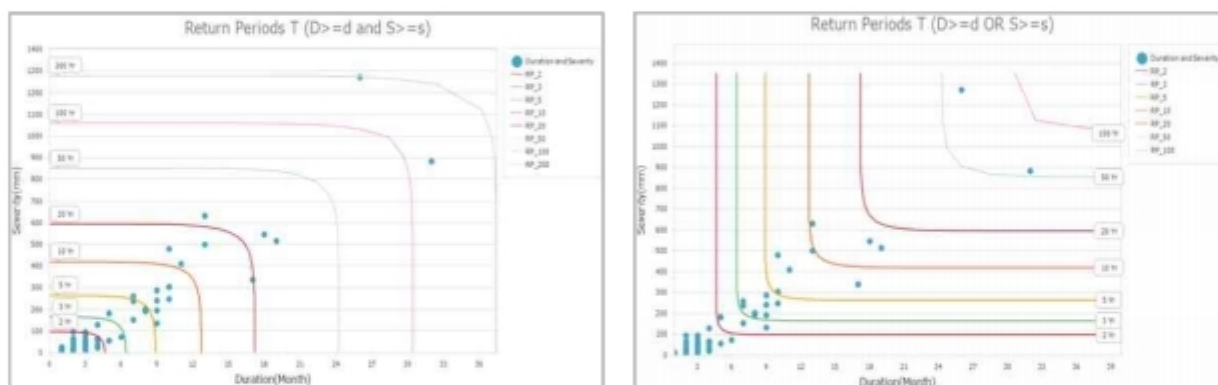


그림 6.24 이변량 가뭄 재현기간 해석(예시)

두 번째 본 프로그램의 특징은 사용자가 원하는 누적 기간(cumulative period)을 설정하여 분석 목적에 맞는 가뭄 사상을 간편하게 추출할 수 있다. 여기서 누적 기간은 강수량의 누적 합을 계산하는 개월 수를 뜻하며, 한 달씩 이동하며 누적 기간의 이동 합(moving sum)을 구하는 잣대이다. SPI를 산정할 때 강수량 자료의 누적 기간에 따라 SPI-1, SPI-3, SPI-6 등이 산정되는 개념으로 이해할 수 있다.



그림 6.25 강수 누적기간 3개월 적용 가뭄사상 추출 결과 예시



그림 6.26 강수 누적기간 12개월 적용 가뭄사상 추출 결과 예시

본 프로그램에서 산정되는 Accumulated Anomaly Data에서 0 이하로 내려간 빨간색 막대그래프가 연속된 구간이 하나의 가뭄 사상이며, 가뭄 사상이 연속된 기간을 가뭄 지속기간(duration)이라 한다.

가로 기준선인 0을 기준으로 위아래로 벗어난 각 막대그래프의 길이는 해당 월과 동일한 월의 과거 전 기간 강수 평균 값과의 차이로 나타낸 강수 과부족 양으로 이해할 수 있으며, 하나의 가뭄 사상을 이루는 각 월의 강수 부족량들을 모두 합한 값을 가뭄 심도(severity)라 한다.

SPI의 경우 1~3개월 정도의 짧은 누적 기간을 통해 산정된 SPI는 기상학적 가뭄 특성을 보여주며, 누적 기간이 3~6개월 정도는 강수 부족이 오랫동안 지속되어 토양수분이 부족해지는 단계인 농업적 가뭄을, 6~12개월 이상의 누적 기간을 갖는 SPI는 저수지와 하천의 수량에까지 영향을 미치는 수문학적 가뭄을 표현하는 것으로 알려져 있다.

NDIC-BFA에서 사용자가 설정하는 누적 기간도, 위에서 설명한 SPI의 경우처럼 사용자가 분석하고자 하는 가뭄의 종류에 따라 강수 부족의 영향이 전파되는 기간을 고려하여 설정할 수 있도록 하였다.

세 번째 특징으로 최적 주변화률 분포 및 Copula 함수를 Log Likelihood, AIC(Akaike information criterion), BIC(Bayesian information criterion) 기준으로 추천하여 사용자가 적정 확률분포 선택을 통한 분석을 수행할 수 있도록 하여 더욱 정확한 이변량 가뭄빈도해석이 가능하도록 하였다.

분포형	추정값-shape	추정값-scale	Log Likelihood	AIC	BIC
norm	5.542	5.737	-227.945	459.890	464.443
lnorm	1.313	.875	-187.105	378.210	382.763
gamma	1.395	.252	-193.057	390.115	394.668
exp	.180	NaN	-195.285	392.571	394.847
weibull	1.125	5.822	-194.391	392.782	397.336
llogis	1.954	3.603	-188.813	381.626	386.179
logis	4.506	2.646	-218.163	440.327	444.880
pareto	34.702	186.723	-195.249	394.498	399.052

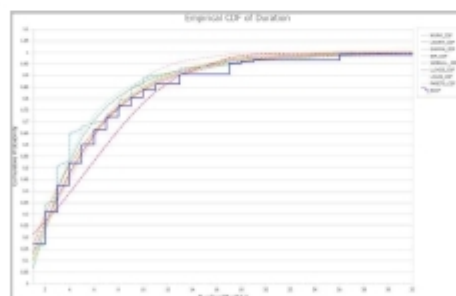


그림 6.27 확률분포 추천 예시

본 프로그램은 '22년 초부터 국가가뭄정보포털(www.drought.go.kr)을 통해 공개할 예정이며 보다 자세한 설명은 함께 제공 예정인 「NDIC-BFA 이변량 가뭄빈도해석 프로그램 사용자 설명서」를 참고하기 바란다.

6.2.5 가뭄 영향·피해 모니터링 추진

1) 추진배경

연 강수량 감소와 집중 호우 증가로 활용 가능한 물 자원은 부족하고, 전국적·국지적으로 크고 작은 가뭄 피해가 지속적으로 발생하고 있으며, '14~'15년 극심한 가뭄 피해를 계기로 정부에서는 단기대응/복구지원 등의 사후 대책에서 사전대비 및 예방중심의 정책으로 전환하였다.

가뭄대응 및 정책수립을 뒷받침하기 위해서는 가뭄으로 인한 피해발생 현황, 정량적인 피해영향 등에 대한 조사 및 정보 축적이 필요하나, 조사시기 및 조사범위·항목 등에 대한 조사시행체계 정립 없이, 비정기적인 가뭄 피해조사 시행되었으며, 최근 제정된 수자원법('17.1)에서 가뭄 피해조사를 시행하도록 규정하였으나, 체계적인 조사시행 방안은 미비한 실정이다.

2) 과거 가뭄 피해조사 현황 및 문제점

과거 큰 가뭄이 발생한 후 여러 부처·기관에서 명확한 기준 없이 소관 업무 중심으로 가뭄 피해조사 시행하였다. 기존 가뭄 피해조사는 조사주체별 조사시기 및 범위, 조사항목·방법 등이 상이하여 피해정보의 일관성이 부족했다. 가뭄의 피해 영향은 매우 광범위하고 가뭄의 지속기간이 길어질수록 간접적인 피해가 증가하나, 이를 고려한 피해조사 기준도 미흡한 실정이다. 따라서 수자원법에 따른 가뭄 피해현황 조사와 발생원인 분석, 피해저감 등을 위한 조사·분석 등 종합적인 가뭄 피해조사 시행이 필요하다.

가뭄의 특성상 정확한 발생·종료 시점을 정의하기 어려워 가뭄 피해조사의 실시기준이 명확히 정립되어 있지 않아 과거 가뭄 피해조사는 명확한 기준 없이 가뭄 발생 후 조사주체(부처·기관)가 판단하여 실시되었다. 최근 제정된 수자원법에서는 홍수 피해조사와 같이, 가뭄 피해가 발생한 때부터 6개월 이내에 실시하도록 규정하고 있으나, 조사 실시를 위한 가뭄 피해 발생 판단기준 역시 미비한 실정이다.

표 6.2 과거 주요 가뭄피해 조사

년도	1994~1995	2001	2008~2009	2012	2014~2015
조사명 (기관)	- 가뭄기록조사 (건교부) - 가뭄실태조사 (K-water) - 가뭄극복 (농림부)	- 가뭄기록조사 (건교부) - 전국 가뭄조사 (K-water) - 가뭄 극복추진 종합 보고서 (행자부)	- 가뭄백서 (태백시) - 가뭄극복추진 성과 (중대본)	가뭄백서 (농어촌공사)	- 가뭄기록조사 (국토부) - 가뭄백서 (K-water)

3) 추진경위

‘17년 1월 가뭄 피해조사에 대한 내용이 포함된 「수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률」이 제정되었다. 가뭄 피해조사 추진을 위해 ‘20년 7월부터 11월까지 가뭄 피해조사 시행방안 수립 전문가 자문을 시행하였다. 이 자문을 토대로 ‘20년 11월에 가뭄 영향평가·피해조사 시행방안을 수립하여 환경부에 보고하였다.

‘21년 6월 수자원학회에서 가뭄 영향·피해 기획세션을 개최하여 학계의 다양한 의견을 공유하였으며, 7월부터 8월까지 영향모니터링·피해조사 해외사례에 대해 전문가 자문을 시행하였다. 이를 바탕으로 10월 모니터링 매뉴얼 초안을 수립한 후, 11월에 매뉴얼에 대한 전문가 자문을 시행하였고, 최종적으로 ‘가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼(안)’ 및 ‘가뭄 상황조사 지침(안)’을 12월에 수립하여 환경부에 보고하였다.

4) 가뭄 영향평가·피해조사 시행방안 수립(‘20년)

가뭄 피해조사 기준 및 시행방안 수립 과정에서 전문가 의견수렴·반영을 위해 가뭄 분야 전문가 4인으로 구성된 자문단을 운영하였다. 서면자문 및 단계별 자문회의(3회)를 통한 자문을 시행했다. 주요 전문가 자문의견으로 ‘가뭄 상황’, ‘가뭄 영향’, ‘가뭄 피해’의 개념을 정리하고, ‘가뭄 피해조사’의 정의 및 방향 설정 필요, ‘가뭄 상황’과 더불어 ‘가뭄 영향’의 상시 모니터링을 시행하고, 직·간접 피해현황에 대한 조사(정량화) 체계 마련 필요, 가뭄 상황조사는 연중 실시 필요, 수자원법의 개정 필요 등의 의견을 받았다.

자문을 토대로 시행방안을 수립하였으며, 주요 내용으로 ‘가뭄 상황’, ‘가뭄 영향’, ‘가뭄 피해’의 개념 정립과 함께 가뭄 영향평가·피해조사를 가뭄이 사회·경제·환경적으로 미치는 영향을 모니터링·평가하고, 직·간접 피해현황을 조사·정량화하는 일련의 조사로 정의하고, ‘가뭄 상황’ → ‘가뭄 영향’ → ‘가뭄 피해’로 이어지는 진행 과정에 따라, 가뭄 영향 범위설정 및 모니터링을 시행하고, 이로부터 발생하는 가뭄 피해 현황의 조사 및 정량화 체계 구축으로 프로세스를 구성하였다.

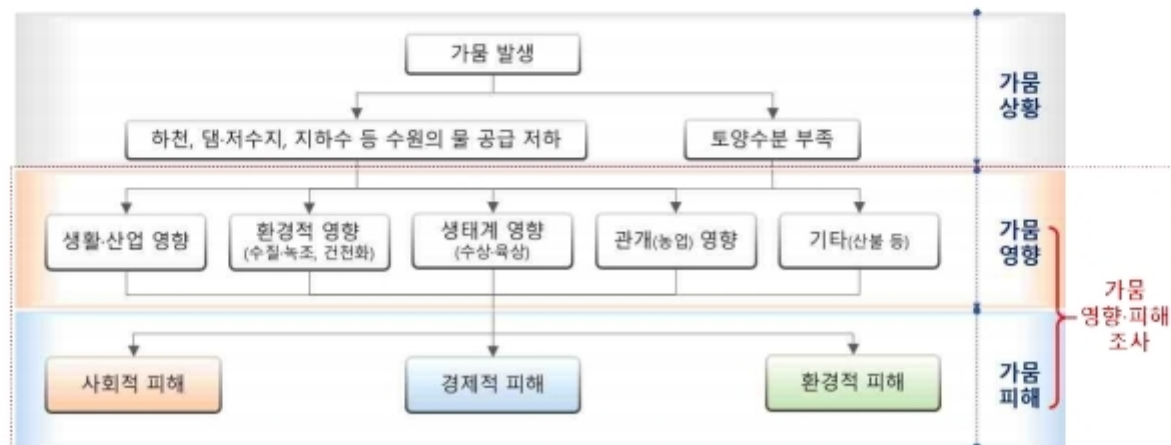


그림 6.28 가뭄 영향평가·피해조사 프로세스

‘가뭄 상황(가뭄 현황 및 전망분석)’과 더불어 ‘가뭄 영향’의 모니터링 및 평가 체계를 환경부 중심으로 구축하고, 가뭄이 사회·경제 및 환경·생태적으로 미치는 광범위한 영향을 고려하여 가뭄 영향 모니터링 항목 설정 및 확대 추진방향을 설정하였다.

기존의 대응·복구 중심의 피해조사에서 가뭄 영향의 모니터링·평가와 연계한 사회·경제·환경적 피해 현황의 조사 시행 및 우선 피해 현황의 정량적 조사가 가능한 항목을 중심으로 조사하고, 피해 규모 정량화 기술개발을 통해 피해 정량화 인자(조사항목) 확대를 추진하는 방향을 설정하였다.

홍수와 가뭄은 성격이 다름에도 동일 조항(법 제7조 및 시행령 제4조)내 같은 체계로 구성된 ‘홍수피해 조사’와 ‘가뭄 상황조사’의 분리·신설 및 가뭄 영향평가·피해조사 시행방안을 반영한 법 개정 추진과, 체계적·일관적 조사시행을 위한 “가뭄 상황조사 지침(훈령)” 제정의 필요성도 제시하였다.



그림 6.29 가뭄 영향·피해 모니터링&조사 체계(안)

5) 가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼(안) 수립('21년)

‘21년도에는 가뭄 영향의 실시간 모니터링체계 구축과 직접적인 가뭄 피해조사 추진을 위한 기초자료 축적을 위해 가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼(안) 수립을 추진하였다. 6월 수자원학회에서 가뭄 영향·피해 기획세션을 개최했으며, 7월부터 8월까지 해외사례에 대한 전문가 자문을 시행했고, 10월에 매뉴얼 초안을 수립하여 11월에 전문가 3인의 자문 의견을 받았다. 이 과정을 거쳐 12월에 가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼(안)을 수립하고 환경부에 보고하였다.



수자원정보센터장 인사말



기념촬영

그림 6.30 2021 수자원학회 가뭄세션 개최

가뭄 영향 모니터링·피해조사 해외 선진기술

자문보고 2021. 10. 14.

한양대학교 남□호

010-□□□□

@hknu.ac.kr

2 해외 가뭄 피해조사

해외 가뭄 피해조사 주요인자

NDMC (Natural Resources Conservation Service)에서 가뭄을 경제적, 환경적, 사회적 영향으로 분류

경제적 피해로는 농업관련 사업에 피해, 환경적 피해는 멸종위기, 사회적 피해는 수질저하로 인한 건강문제가 있음

가뭄 피해 인자

구분	항목
경제	농업 작물 수확 감소
	목축업 생산량 감소
	저수지 감소 (수력발전, 어양지 피해 등)
	야생 생물사멸 (야생 서식지 파괴, 수질 오염 등)
사회	건강 (정신적, 육체적 스트레스, 모병률 저하)
	불안정 분장 증가
	일과 삶의 균형 및 생활양식의 변화
	가뭄경험에 따른 사회적 불평등 증가
환경	생물종에 대한 피해 (생물 다양성 손실 등)
	수문학적 영향 (지표수 고갈, 수질 악화 등)
	식물군에 대한 피해 (수확 감소, 도시지역 침범)
	화재발생률의 증가와 산도 증가

DROUGHT

An extended period of extreme weather that causes a considerable water imbalance.

그림 6.31 가뭄 영향모니터링·피해조사 해외사례 전문가 자문

자문결과보고서

1. 건 명 : 가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼 검토

2. 자문계약 일자 : 2021. 11. 2.

3. 자문기간(실자문일자) : 2021. 11. 3. ~ 2021. 11. 17(일)

4. 자 문 대 상 : 안 정

상기와 같이 자문결과를 제출합니다.

2021. 11. 18.

자문위원 소속 : 서울대학교 직책 : 교수 성명 : 김대환

자문결과보고서

1. 건 명 : 가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼 검토

2. 자문계약 일자 : 2021. 11. 2.

3. 자문기간(실자문일자) : 2021. 11. 3. ~ 2021. 11. 17(일)

4. 자 문 대 상 : 안 정

상기와 같이 자문결과를 제출합니다.

2021. 11. 28.

자문위원 소속 : 서울대학교 직책 : 교수 성명 : 김대환

자문결과보고서

1. 건 명 : 가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼 검토

2. 자문계약 일자 : 2021. 11. 2.

3. 자문기간(실자문일자) : 2021. 11. 3. ~ 2021. 11. 17(일)

4. 자 문 대 상 : 안 정

상기와 같이 자문결과를 제출합니다.

2021. 11. 24.

자문위원 소속 : 연세대학교 직책 : 교수 성명 : 김대환

그림 6.32 가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼(안) 전문가 자문

가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼의 주요 내용으로 ‘가뭄상황’→‘영향’→‘피해’로 이어지는 진행 과정에 따라, 가뭄 영향 범위설정 및 모니터링·평가를 시행하고, 이로부터 발생하는 가뭄 피해 현황의 모니터링 및 정량화 체계 구축의 프로세스를 제시하였고, 모니터링 시행 전전년도 말 기준, 전국 대상 국가승인 통계자료 중 가뭄상황, 가뭄영향, 가뭄피해·대응 각 항목에 대한 모니터링 방법 및 성과정리, 활용에 대한 방법을 수록하였으며, 가뭄 상황·영향·피해 14개 분야 84개 항목을 수록하였다.

표 6.3 가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼(안) 모니터링 항목

내용	분야	모니터링 항목		
가뭄 상황	기상상황	강수량	기상 가뭄 예·경보	일조시간
		상대습도	증발산량	
	수문상황	하천 유량	다목적댐 저수율	용수댐 저수율
		지자체 생공용수 저수지 저수율	농업용 저수지 저수율	수력발전댐 수위
		지하수 수위	토양수분량	갈수 예보
		생·공용수 가뭄 예·경보	농업 가뭄 예·경보	지하수 가뭄 예·경보
		밭 가뭄 예·경보		
	대기상황	오존	미세먼지 농도	미세먼지 경보
가뭄 영향	용수공급	다목적댐 방류량 조정	급수체계 조정	지하수 이용 현황
		지하수 개발 현황	하천수 사용허가 현황	생·공용수 취수량
		정수 생산량 및 공급량	공업용수 공급량	소규모수도시설 현황
	농업	농업용 양·배수장 가동	농가 및 농가인구	작물별 재배면적
		수리시설 및 공급면적	작물별 생산량	
	어업(내수면)	내수면 어가 및 어가인구	내수면 어업 어선 척수	내수면 어업 생산량
	축산업	가축 사육 가구	가축 마릿수	가축 전염병 발생
		축산물생산비(수도광열비)		
	임업	대형산불위험예보	임가 및 임가인구	산림면적 및 축적
		조림실적 및 재배면적	임산물 생산량	산림병해충 발생
	에너지	수력발전량		
	환경	하천·호소 수질	지하수 수질	하천 수생태계 현황
		내륙습지 개소 및 면적	국립공원 동·식물 종	토양오염 실태
	사회·문화	국내여행 횟수, 지출액	수상 체육활동 참여 비율	수상 여가활동 참여 비율
		낚시터 이용 비율	폐 질환 유병률	하천부지점용 건수, 면적
가뭄 피해 및 대응	사회적피해	생·공용수 제한, 운반급수	논 물마름, 밭 시듦 발생	호흡기 계통 질환 사망자
		호흡기계 의약품 소비량	국민 환경체감도	환경문제 인식
	경제적피해	물산업 관련 종사자, 매출액	문화체육관광산업 매출액	산업분류별 채용현황
		산불발생	농업순생산 및 소득	산지쌀값
		내수면 어업 생산·판매금액	가축질병 피해두수, 피해액	임산물 생산액, 총수입
		생산자·소비자 물가지수		
	가뭄대응	비상용수 지원	긴급용수원 개발	저수지 양수저류 실적
		장비 및 인력지원	가뭄대책비 지원	농작물 재해보험비 지급
		한발대비 용수개발 사업비		

3.1.6. 생활 및 공업용수 취수량

가. 용어정리

- 생활용수 : 생활에서 이용되는 용수
- 공업용수 : 모든 공업(산업)의 생산과정에서 사용되는 물을 의미

나. 영향인자



다. 모니터링의 시간적·공간적 단위

- 시간적 단위 : 2년 전 년, 월 단위
- 공간적 단위 : 전국, 시도, 시군 단위

라. 모니터링 자료 및 위치, 출처, 형태

- 자료 생산·제공기관 : 환경부, K-water
- 자료 명칭 : 가뭄 기초조사 보고서
- 자료 공표시기 : 1년 뒤 12월
- 자료 취득 위치 : K-water 내부자료
- 자료 형태 : 보고서(HWP), 통계자료(EXCEL)

마. 모니터링 방법

- 매년 발간되는 가뭄 기초조사 보고서 자료 중 취수량 파트에서 전국, 시도, 시군별 월별 취수량을 정리



바. 모니터링 예시

○ 시도별 월별 생활 및 공업용수(광역 지방상수도) 일평균 취수량(2019d)

(단위 : 천㎥/일)

시도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
전국	21,661.2	21,388.2	21,266.9	21,541.7	22,156.0	22,530.0	22,785.6	23,004.0	22,251.9	21,852.3	21,730.8	21,421.1
서울특별시	3,047.3	2,978.0	3,029.3	3,079.9	3,174.6	3,214.7	3,296.5	3,276.3	3,176.7	3,133.0	3,102.4	3,032.0
부산광역시	1,108.6	1,103.9	1,129.8	1,140.2	1,179.9	1,177.6	1,207.6	1,254.9	1,206.6	1,185.8	1,159.9	1,134.6
대구광역시	673.4	656.2	679.1	689.6	714.1	704.1	715.7	723.2	709.0	700.8	699.6	690.2
인천광역시	556.4	543.9	541.9	535.5	540.5	537.5	539.7	548.7	525.4	511.4	513.0	511.2
광주광역시	307.9	306.5	307.8	264.5	257.7	285.3	292.6	301.1	304.1	292.4	298.4	290.3
대전광역시	553.2	599.5	597.4	562.3	580.7	587.2	601.5	612.2	588.1	573.0	575.5	553.0
울산광역시	711.9	685.8	696.9	652.6	707.6	699.8	739.3	747.5	722.0	765.8	717.2	651.0
세종특별자치시	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
강원도	5,547.8	5,383.2	5,457.3	5,533.5	5,830.7	5,921.9	6,097.5	6,066.2	5,837.7	5,758.2	5,721.1	5,622.3
강원도	718.5	728.8	688.3	717.6	718.0	728.0	730.8	753.6	729.5	708.5	735.3	710.1
충청북도	1,487.1	1,455.6	1,482.3	1,469.8	1,505.8	1,501.9	1,521.2	1,519.1	1,453.3	1,435.1	1,442.2	1,427.9
충청남도	618.3	571.2	602.0	587.1	624.7	642.0	656.8	682.2	638.0	611.3	614.4	603.3
전라북도	913.5	937.1	899.2	897.5	913.8	904.1	938.2	940.2	939.9	916.7	925.7	906.3
전라남도	1,567.6	1,551.8	1,508.7	1,597.5	1,660.7	1,628.1	1,680.9	1,733.9	1,648.5	1,595.8	1,569.6	1,567.8
경상북도	1,636.4	1,605.6	1,599.3	1,618.7	1,653.0	1,675.3	1,709.8	1,729.4	1,706.8	1,673.2	1,658.4	1,614.3
경상남도	1,858.5	1,927.4	1,752.1	1,650.0	1,743.7	1,815.0	1,697.9	1,744.1	1,697.1	1,627.4	1,656.2	1,759.7
제주특별자치도	354.7	353.7	354.4	345.4	348.5	348.9	357.6	371.4	369.3	364.1	342.0	345.1

그림 6.33 가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼(안) 예시

6) 향후 추진계획

수립된 가뭄 영향평가·피해조사 시행방안 및 가뭄 영향·피해 모니터링 매뉴얼을 토대로 '22년에는 환경부·기재부와 협의하여 예산반영을 추진하고, 수자원법 개정 및 가뭄 상황조사 지침 제정을 추진하여 조사 기반을 마련할 계획이다. 아울러 가뭄 영향평가·피해조사에 대한 마스터플랜을 수립하여 체계적인 모니터링·조사를 추진할 계획이다.

향후 매뉴얼을 토대로 모니터링하여 축적된 가뭄 영향·피해에 대한 기초자료를 활용하여 상관성 분석, 가뭄 영향평가, 가뭄 피해 정량화 등의 연구를 추진하고, 관련 부처 협업을 통해 중요 모니터링 항목에 대한 실시간 모니터링체계 구축 필요하며, 피해상황을 정확하게 평가하기 위한 현지답사, 조사단 및 인력구성, 첨단기구(원격탐사)에 의한 조사과정 등이 연계된 자세한 가뭄피해 현장조사 과정의 매뉴얼 수립이 향후 추가연구로 필요하며, 직접적인 피해조사 시행 또한 필요하다.

6.3 K-water 연구과제

6.3.1 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 8개 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 발생시 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 시범지역 확대, 가뭄 판단·전망 방법론 수립, 복류수 지점 가뭄판단기준 수립과 같이 총 3가지 주요 범위로 나누어져 있으며, 세부내용은 아래와 같다.

☐ 현장 조사 및 시범지역 확대

- 연계 수원, 취수 제약사항, 인근 수공 구조물 등 인위적 요인 조사
- 시범 지역(취수장) 인근 관측자료(강수·수위 등), 과거 가뭄 이력, 취수량 자료 수집 및 자료 간 상관성 분석
- 강수-수위(하천·지하수) 자료 분석 및 상관성 검토
- 신뢰도 높은 자료 취득을 위한 지자체 협의 및 계측기 설치

☐ 가뭄 판단·전망 방법론 수립

- 계측 자료(하천수위, 복류수 수위, 지하수위) 기반 가뭄 판단 방법 수립
- 가뭄 전망을 위한 모형(수문모형 등) 적용·평가 및 적정 모형 제시

☐ 복류수 지점 가뭄판단기준 수립

- 계측 자료 및 모형 분석 결과를 고려한 가뭄판단기준(안)수립
- 전국 확대 적용을 위한 로드맵 수립

2) 현장 조사 및 시범지역 확대

지자체의 생·공용수 취수시설은 433개소('19년말 기준, 가동중)이며, 77개 시·군의 183개 취수시설(42%)이 하천을 수원으로 사용 중이며, 이 중 표류수 취수는 56개소(30.6%)이며, 하천 복류수 취수는 118개소(64.4%)이다. 복류수 취수지점 중 계측기 설치지역을 선정하기 위해 연계 수원, 인근 관측소 등을 고려한 6개 후보지역을 선정하였다.

표 6.4 시범지역 확대대상 시·도별 하천수 취수시설 현황

시군	취수장명	'19취수량 (m ³ /일)	인근 수위국명
정선군	임계취수장	1,208	송계교
평창군	봉평취수장	4,148	백옥포교
인제군	현리취수장	3,430	강촌교
의성군	안계취수장	5,701	비안교, 용곡리
평창군	평창취수장	5,804	평창교
청송군	청송취수장	4,172	덕천교

설치 후보지 6개 중 최종 설치지점 선정을 위해 인근 관측자료(하천수위, 지하수위)와 가뭄상황간의 상관성 분석 및 취수시설 담당자와 협의를 통한 현장조사 등을 수행했으며, 이를 종합적으로 검토한 결과 강원도 인제군 현리취수장으로 계측기 설치지점으로 선정하였다. 현리취수장 검토 및 계측기 설치 결과는 아래와 같다.

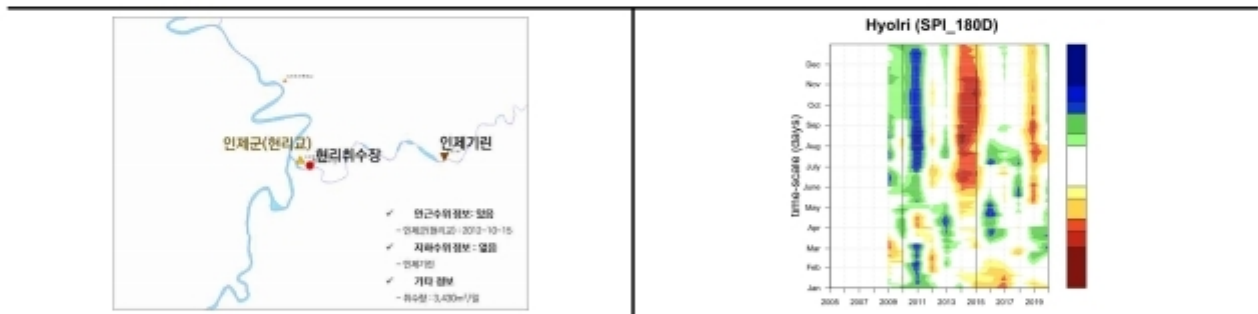


그림 6.34 현리취수장 인근 관측소 및 가뭄 정보

표 6.5 현리취수장 가뭄 상관성 분석 결과 (2015.05.08.~2020.12.31.)

	RWL1	RWL2	GWLB	GWLA	SPI30	SPI60	SPI90	SPI180	SPI270	SPI360
RWL1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RWL2	-	1.00	0.60	-	0.32	0.25	0.17	0.07	0.00	-0.03
GWLB	-	0.60	1.00	-	0.21	0.10	0.02	-0.05	0.00	-0.03
GWLA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

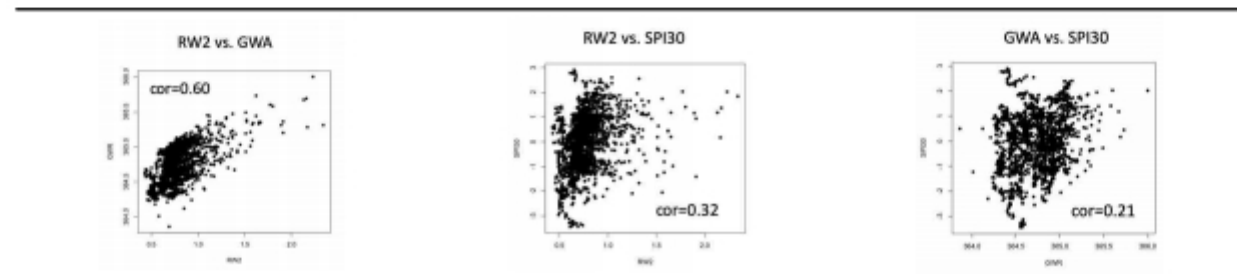


그림 6.35 현리취수장 가뭄상관성 분석결과 도시

현리취수장 : 예상 설치 위치도



지번	하천수, 복류수	강원 인제군 기린면 현리 1284			
	지하수	강원 인제군 기린면 현리 1351			
지목	하천수, 복류수	하천	소유주	하천수, 복류수	국(국토교통부)
	지하수	구거		지하수	국(농림부)
필요인허가		하천 점용허가			
특이사항	진입가능 여부	장비 진입 가능			
	도면	○			
주변 전경					

주변 전경



그림 6.36 현리취수장 현장 조사 결과



그림 6.37 현리취수장 관측정 설치 지점

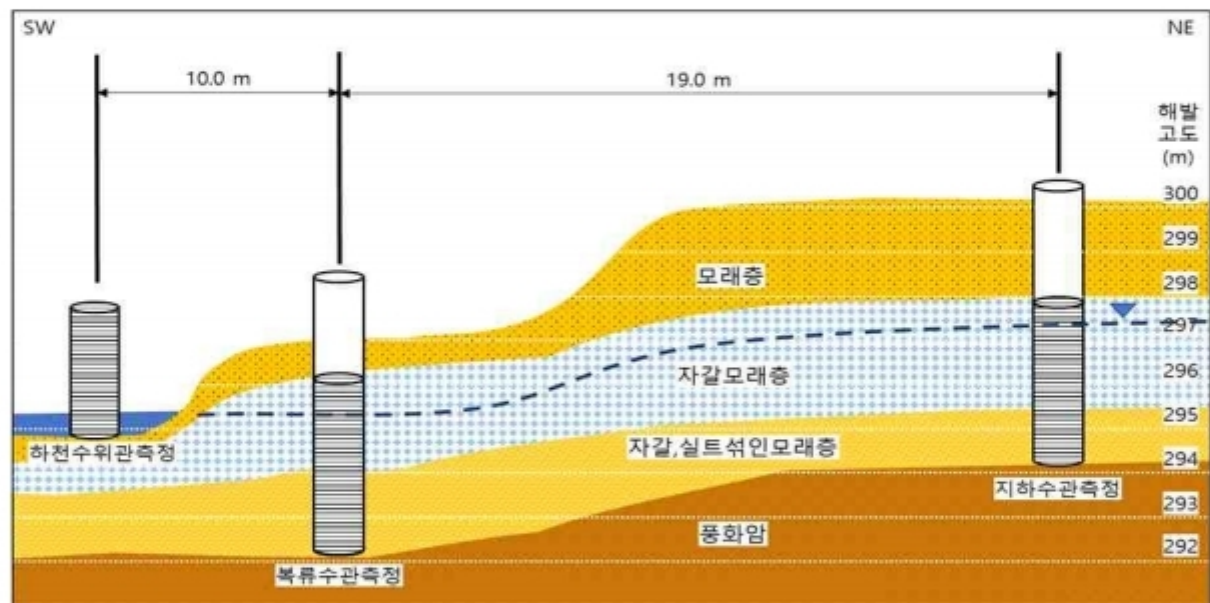


그림 6.38 조사지역 지층현황



<하천수위 계측기>



<복류수위 계측기>



<지하수위 계측기>

그림 6.39 현리취수장 계측기 설치 결과

앞선 1차년도에 설치한 청산취수장의 계측자료를 취득하여 분석을 수행하였다. 분석 결과 복류수위는 인근 수위 관측소(하천수위, 지하수위)와 0.6이상의 상관성을 보였으며, 지속기간이 짧은 SPI와 상관성이 높음을 볼 수 있었다. 그에 대한 결과는 아래와 같다.

표 6.6 청산취수장 상관성 분석 결과

	하천 수위	옥천 (산계교)	옥천 청산	지하 수위	복류 수위	SPI30	SPI90	SPI180	SPI365
하천 수위	1.00	0.58	0.55	0.93	0.96	0.27	0.14	0.03	-0.16
옥천 (산계교)	0.58	1.00	0.62	0.66	0.65	0.07	0.14	-0.33	-0.42
옥천 청산	0.55	0.62	1.00	0.77	0.68	0.18	0.27	-0.33	-0.49
지하 수위	0.93	0.66	0.77	1.00	0.98	0.37	0.32	-0.20	-0.24
복류 수위	0.96	0.65	0.68	0.98	1.00	0.36	0.29	-0.16	-0.19

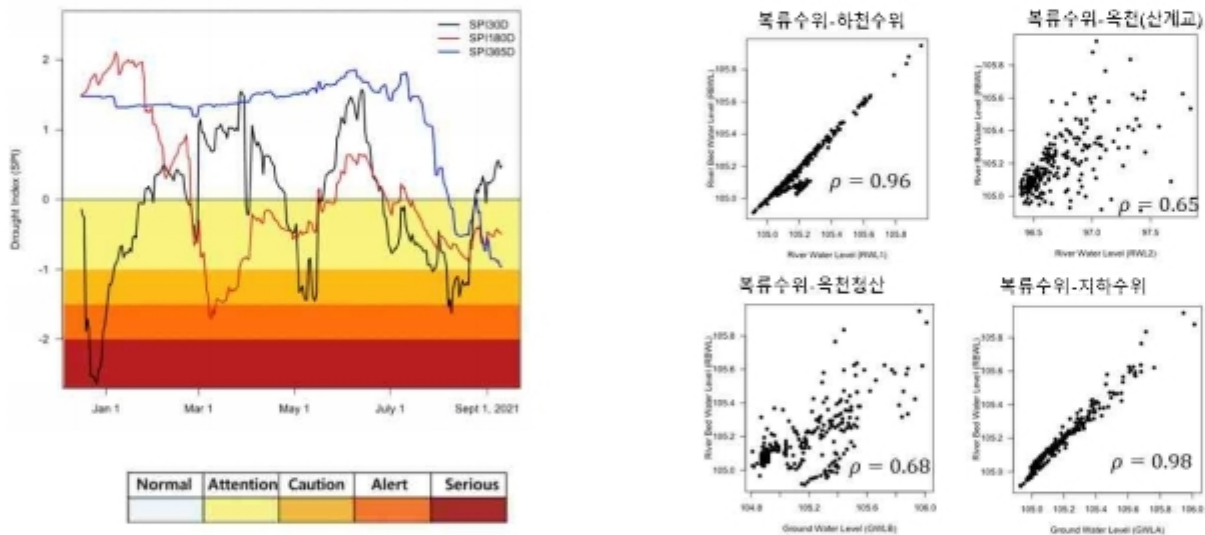
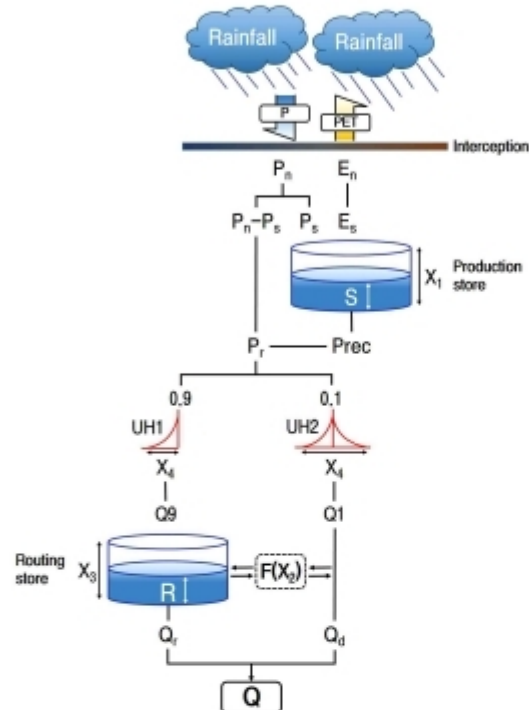
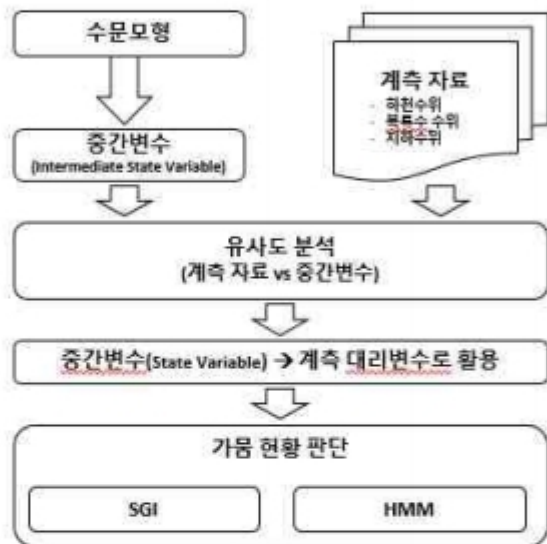


그림 6.40 청산취수장 복류수위와 인근 수위관측소 비교 결과

3) 가뭄 판단·전망 방법론 수립

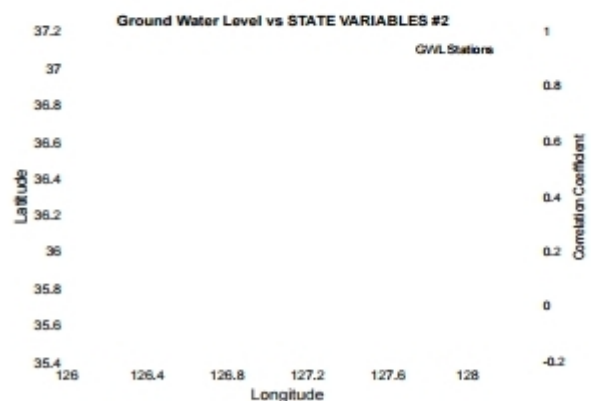
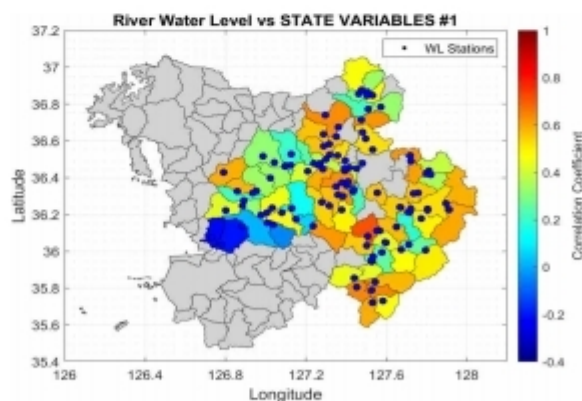
이번 연구에서 계측자료 및 수문모형 기반으로 가뭄 판단하는 방법을 제시하였다. GR4J모형을 활용해 토양수분 및 기저유출을 나타내는 중간상태변수를 산정하여 미계측 유역의 가뭄 판단에 활용하였다. 계측자료와 상관분석하여 중간상태변수의 효용성을 확인하였다. 중간상태변수를 활용한 가뭄지수(SSDI)를 만들어 가뭄상황을 표준화하여 표현하였다. 그에 대한 설명은 아래 그림과 같다.



<계측 및 수문모형 기반 가뭄판단 방법 개념도>

<GR4J 모형 구조(Perrin et al., 2003)>

그림 6.41 수문모형 활용한 가뭄 판단 방법론 제시



<금강유역 중간변수와 하천수위 상관분석 결과>

<금강유역 중간변수와 지하수위 상관분석 결과>

그림 6.42 중간변수와 계측자료 상관분석 결과

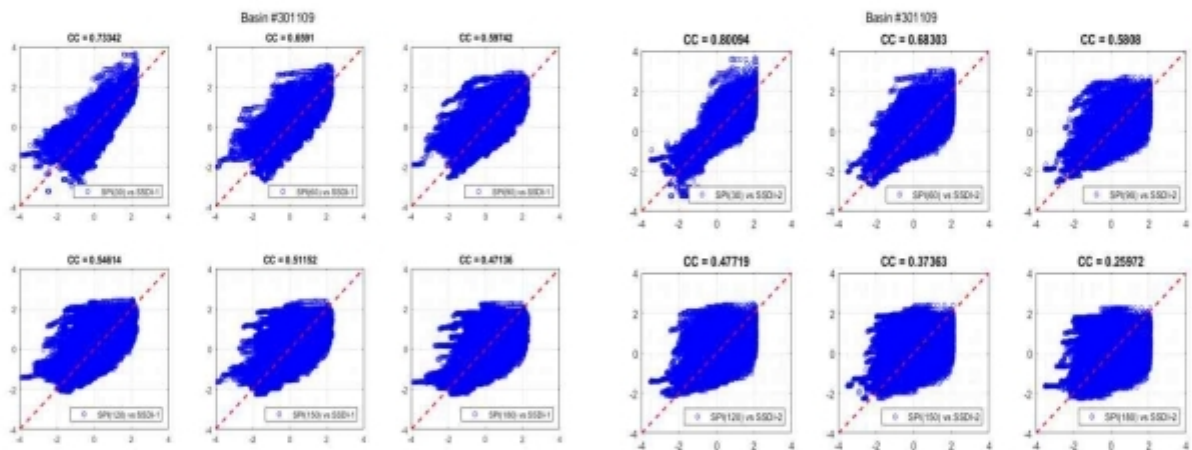
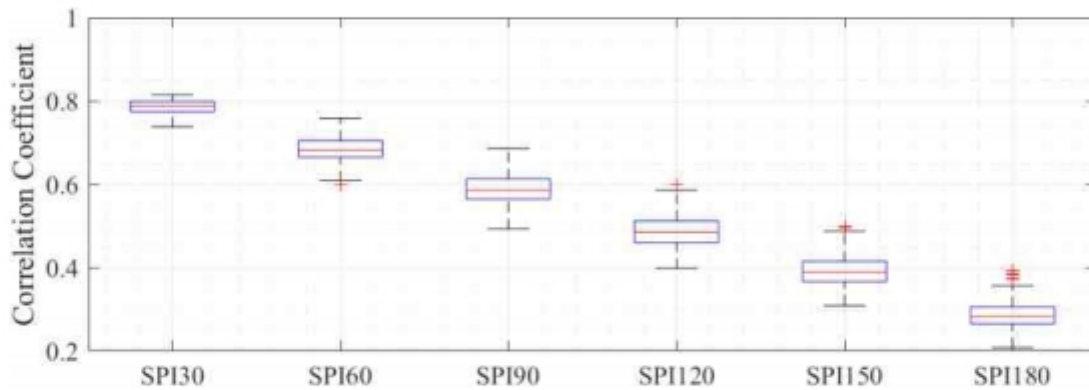
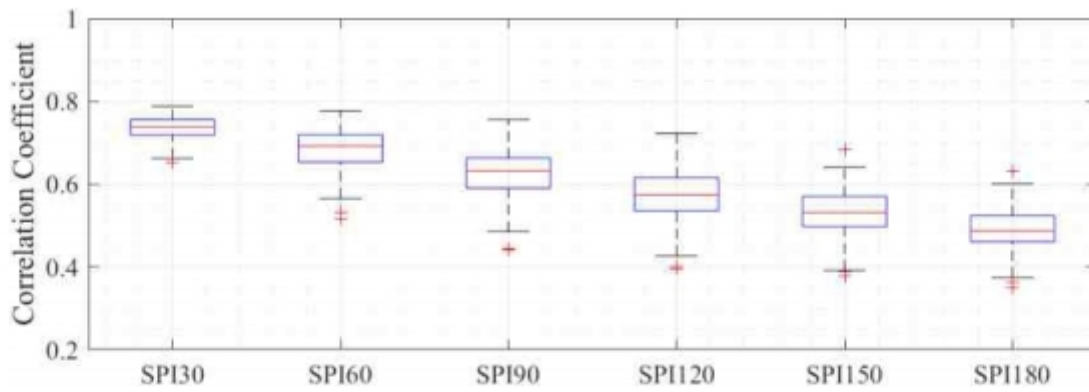


그림 6.43 금강 137개 표준유역에 대한 가뭄지수(SSDI)와 SPI 상관성 분석 결과

4) 복류수 지점 가뭄판단기준 수립

3)에서 제시한 가뭄판단 방안과는 다른 가뭄판단 기준 방안을 수립하였다. 취수원을 기준으로 취수가능량을 산정하고 각 취수장의 일평균취수량을 고려하여 취수시설의 물부족량을 기준으로 가뭄상황을 판단하는 방법이다. 자세한 방법 및 절차는 아래와 같다.

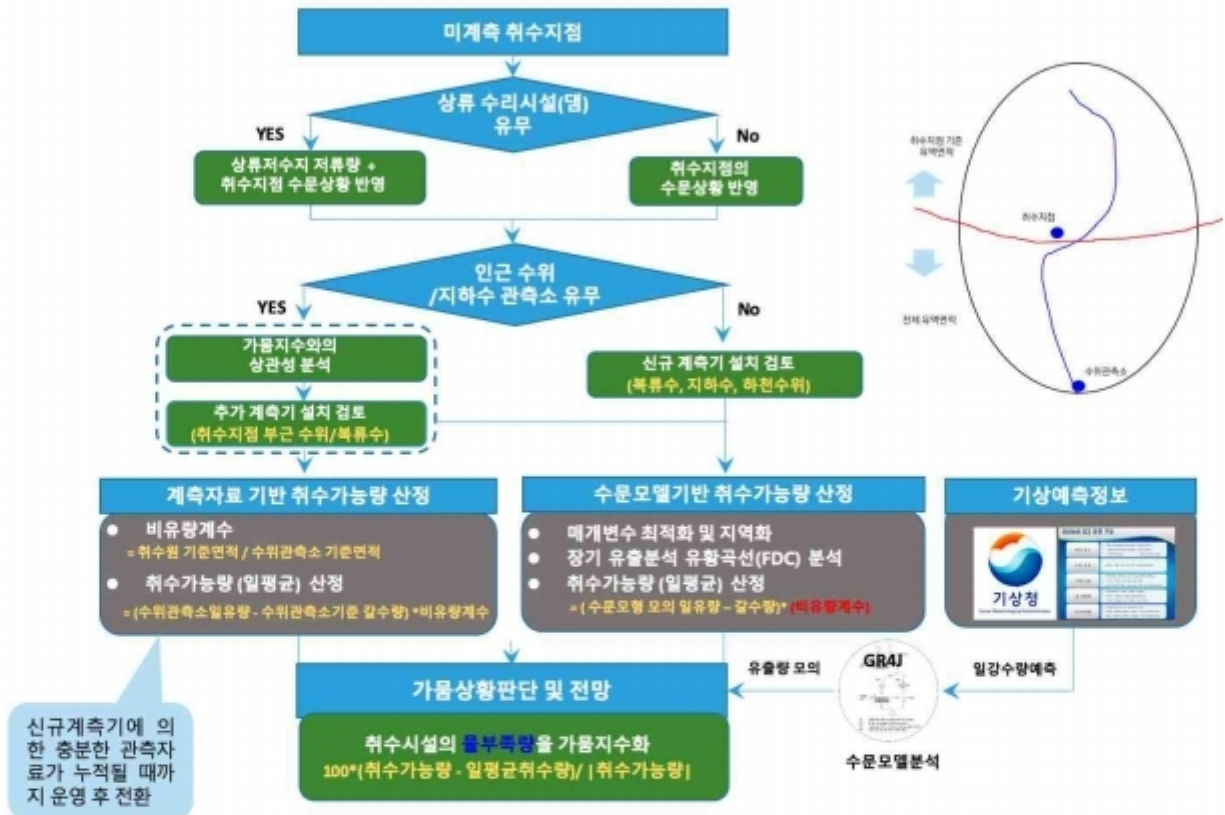


그림 6.44 미계측 취수지점의 가뭄판단 방법 및 절차

취수장의 취수가능량은 인근에 수위관측소 존재여부에 따라 다르게 산정하였다. 또한 취수원의 기준면적과 수위관측소의 기준면적을 고려하여 유역의 면적비를 통한 비유량 계수를 적용하였다. 취수장별 취수가능량 산정방안은 다음과 같다.

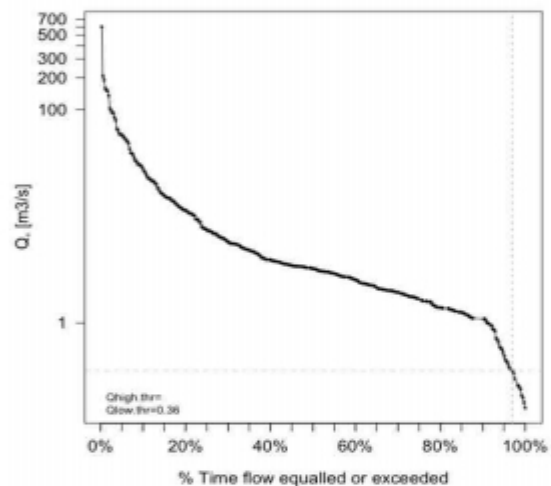
- ① 인근수위 관측소 자료가 존재하는 경우에는 수위-유량관계곡선에서 유도된 일유량 자료를 사용한 계측자료 기반 취수가능량 산정을 실시하였으며,
- ② 인근 수위 관측소가 존재하지 않는 지점에서는 지역화된 강우-유출모형의 매개변수를 적용하여 수문모델 기반으로 취수원의 취수가능량을 산정하였다.
- ③ 그러나 인근에 수위관측소가 있어 수위-유량관계곡선을 통한 일유량 자료 구축이 가능한 경우라도 겨울철 결빙 및 기타 사유로 인하여 결측치가 존재하는 경우에는 계측자료기반과 수문모델 기반의 두 가지 방법을 적용한 하이브리드 기반으로 취수원의 취수가능량을 산정하였다.

본 연구에서는 1~2차년 계측기 설치한 유역을 시범지역으로 선정하여 적용해보았다. 1차년도 설치지역인 청산취수장은 인근에 위치한 하천수위관측소(옥천군(산계교), 3007660)의 일유출량 자료를 활용하여 갈수량 및 취수가능량을 선정하였다. 2007~2020년 자료를 활용한 결과 평균갈수량은 0.65 m³/s로 산정되었다. 일 유출량에 평균갈수량을 빼서 취수가능량을 산정하였다. 산정된 취수가능량과 일평균 취수량(560톤/일, 가뭄기초조사 기준)을 기준으로 취수가능일수를 산정하였다. 또한 산정된 취수가능량에서 취수원의 일평균취수량을 뺀 값을 취수가능량의 절대값으로 나누어 백분율로 취수시설의 물부족량을 가뭄지수화하여 4단계 가뭄판단기준의 예를 보여주고 있다.

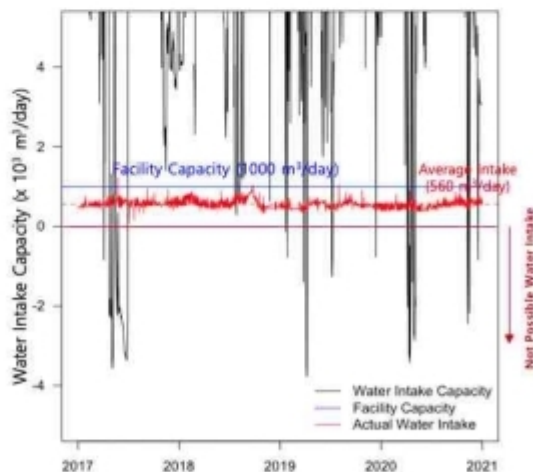
$$\text{취수시설의 물부족량을 고려한 가뭄지수} = \frac{\text{취수가능량} - \text{일평균취수량}}{|\text{취수가능량}|} \times 100(\%) \quad (6.5)$$



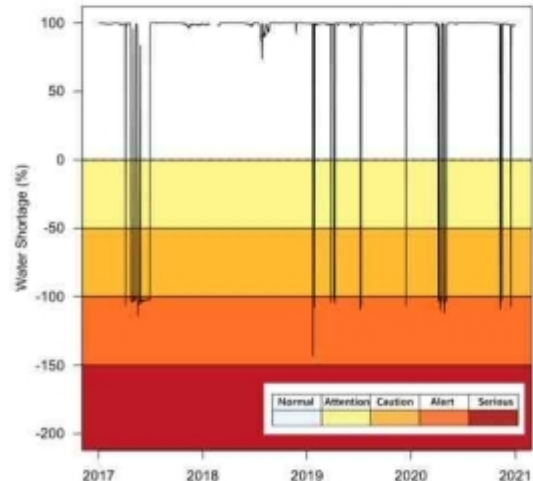
<옥천군 청산취수장 유역>



<계측자료 및 Tank모형 활용한
청산취수장 유역의 유황곡선(2020년)>



<청산취수장 취수가능량 (2017~2020)>



<청산취수시설의 물부족량을 통한
가뭄단계 분석 (2017~2020)>

그림 6.45 청산취수장 취수가능량 및 물부족량활용 가뭄단계 분석 결과

5) 결론 및 향후 연구

본 연구는 지자체 하천 취수시설과 연결된 수계 및 주변 유역을 대상으로 미계측 유역의 가뭄 판단 및 예측을 위한 분석체계를 구축함으로써 가뭄으로 인한 피해를 사전에 예방하고, 가뭄 발생시 즉각적인 대응을 통해 피해를 최소화하는 방안을 수립하고자 수행되었다.

현장조사와 시범유역 설치 운영을 통하여 다음과 같은 미계측 복류수 취수장의 가뭄관리방안을 제시하고자 한다. 미계측의 관측시설 추가설치는 확보예산을 고려하여 단계적으로 추진하며, 관측소 설치시까지 인근에 수위-유량 관측소가 있는 경우 비유량계수를 적용하여 관측자료 기반의 가뭄판단을 실시하여, 미계측 유역에 대해서 인근에 관측자료가 없는 지역에는 모델기반의 자료로 관측을 시작하고 향후 관측소 설치후 대치하며, 신규 관측소의 관측자료가 누적될 때 까지 모형기반의 대리변수를 지정하여 조건부기반으로 복류수취수 지점의 가뭄감시 및 전망을 실시하는 것이 필요하다.

본 연구에서 제시한 방법론을 바탕으로 전국 확대 구축이 진행된다면 지방상수도 취수원의 가뭄 예·경보를 통한 효과적인 가뭄 대응과 단계별 제한급수 기준제시 등 활용성이 높을 것으로 판단된다.

6.3.2 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 극복하기 위해서는 우선 수자원시설의 이수안전도를 현격히 상회하는 극한가뭄 발생 상황에 대한 대처계획을 수립하고, 극한가뭄 시나리오를 활용하여 물 부족량을 평가하여야 한다. 이를 위해 '20년부터 '21년까지 「미래 극한 가뭄시 생공용수 공급시설 적응능력 평가 및 대응전략 연구」 과제를 수행하여 물부족 시나리오별 대응전략을 제시하고, 통합물관리 측면의 통합물관리계획(안)을 수립하고자 하였다.

2) 연구목표

본 연구의 최종목표는 극한가뭄 발생 시 수자원시설의 비상대처 우선순위 및 비상공급 필요수량 계획을 수립하여 국가물관리 계획에 대한 정책을 제안하는 것이다. 이를 위해 극한가뭄의 정의 및 규모를 결정하여 극한가뭄 시나리오를 생성하고, 분석대상 지역(시설)을 설정하여 극한가뭄 상황에서의 급수지역별 용수수요량, 공급 및 수요조절 가능량 및 비상용량 등을 고려하여 물 부족 시나리오 평가기법을 개발하였으며, 연차별 연구목표는 아래의 그림과 같다.

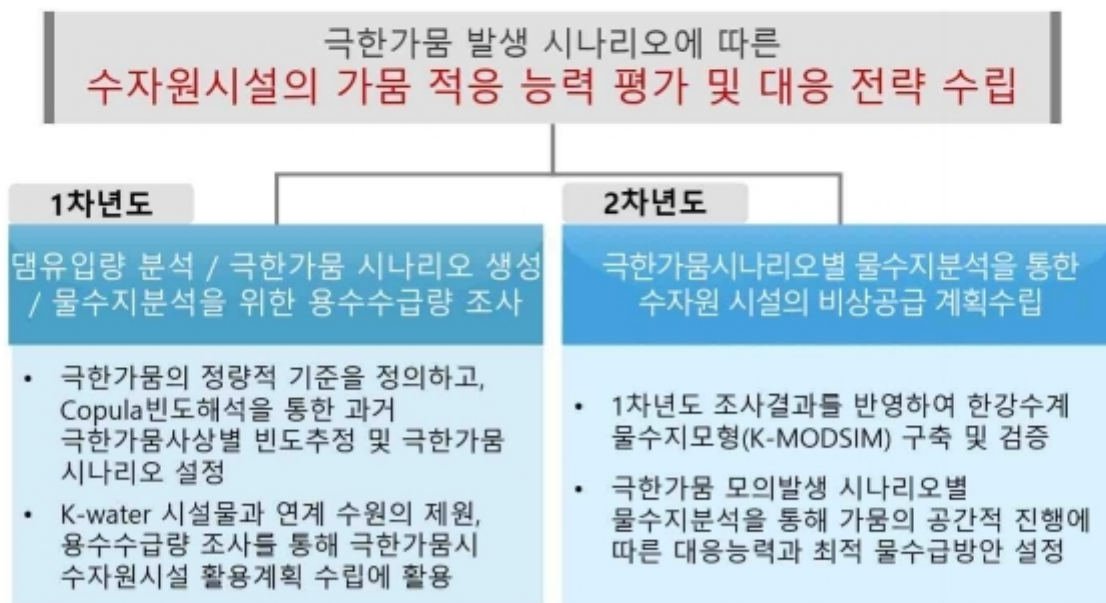


그림 6.46 연구 개요 및 목표

3) 1차년도('20) 추진내용

2020년도에 수행된 1차년도 과업의 주요 추진내용은 아래와 같다.

표 6.7 2020년 세부 추진내용

연차	연구목표	연구내용
1차년도 ('20)	극한가뭄의 규모결정	• 국내외 극한가뭄 사례 조사 • 극한가뭄의 정의 • 극한가뭄의 규모산정
	유역·행정구역별 극한가뭄의 양적·공간적 재현 시나리오 생성	• 가뭄의 공간적 범위 단계 설정 • 각 단계지역별 용수수요 조사 • 공급측면의 극한가뭄 모의발생을 위한 추계학적 빈도해석모형 구축 • 가뭄발생 시나리오별 극한가뭄사상의 지속시간 및 가뭄심도 등 모의/검증 • 가뭄의 공간적 범위별 물수급 시나리오 설정
	유역·행정구역별 K-water 시설물과 연계수원간 제원 및 용수공급량 조사	• 개별시설물(댐,저수지 등) 시설제원 및 용수공급량 조사 • 시설물연계 시나리오에 따른 용수공급 개선효과 분석

4) 2차년도('21) 추진내용

2차년도('21) 수행된 과업의 주요 추진내용은 아래와 같다.

표 6.8 2021년 연구목표 및 내용

연차	연구목표	연구내용
2차년도 ('21)	가뭄의 공간적 확장에 따른 분석대상 지역(시설) 설정 및 극한가뭄 상황을 가정한 유입량, 하천유출량 등 분석	• 분석대상 지역내 개별시설물(댐,저수지 등) 시설제원 및 용수공급량 조사 • 분석대상 지역내 극한가뭄 시나리오별 유입량, 하천유출량 등 분석
	수자원시설의 급수지역별 용수수요량, 공급 및 수요조절 가능량 및 비상용량 등을 고려한 물부족 시나리오 평가기법 개발	• 급수지역별 용수수요/공급량 조사 • 수요관리 대안별 조절 가능량 분석 • 극한가뭄 시나리오별 물부족 평가기법 개발 • K-water시설물에 대한 물부족 시나리오별 대응전략제시
	미래 극한가뭄시국가물관리 계획에 대한 정책제안	• 발전댐/용수댐 다목적화를 통한 용수공급 가능량 추가확보 • 수계내/수계간 물이송(Water Transfer)을 통한 물공급안정성 제고 • 도시지역내 물순환촉진시설을 통한 도시 생활용수 수요관리정책 • 현행 가뭄정보시스템내 정보와 의사결정 과정의 지능화를 통한 시스템 고도화

본 연구는 분석대상 지역 내 시설 및 용수공급량을 조사하고, 극한 가뭄 시나리오별

유입량, 유출량 분석 및 물부족 평가기법 개발과 이에 맞는 대응 전략을 제시하는 것이 주요 내용이다. 그중에서 극한가뭄 시나리오 설정 시 단일사상(1년)과 연속사상(2년)의 부족량 차이는 거의 없었으나, 연속사상(3년)부터 부족량의 차이가 크게 나타나 극한가뭄 시나리오 과거 발생 기간을 단일사상(1년) 및 연속사상(3년)으로 분석하였다.

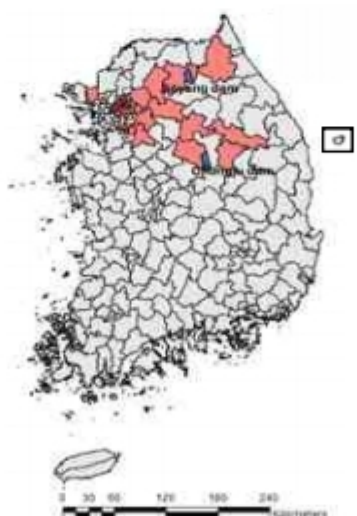


그림 6.47 극한가뭄 시나리오 과거 발생기간(1~3년) 비교(소양강댐·충주댐)

소양강댐과 충주댐을 대상으로 한 극한가뭄 시나리오에 따른 물 부족 분석 중 과거 가뭄사상의 3년 연속 발생 시나리오를 적용한 결과, 생·공용수의 경우 소양강댐에서는 소양취수장과 하남취수장에서 물부족이 발생하였으며, 충주댐에서는 충주 취수장에서 부족량이 발생하였다. 농업용수의 경우, 소양강댐은 춘신취수장에서, 충주댐은 제산취수장에서 부족량이 발생한 것으로 분석되었다. 이외에도 총 180가지 극한가뭄 시나리오를 적용하여 취수장에서 부족량이 발생한 취수원과 공급지역이 아래 표와 같이 나타났다.

표 6.9 극한가뭄 시나리오에 따른 물부족 취수장·공급지역(소양강댐·충주댐)

취수장	취수원	공급지역
상남	지하수	강원도 인제군
현리	소양강 유역 하천	강원도 인제군
부평	소양강 유역 하천	강원도 인제군
고사	소양강 유역 하천	강원도 인제군
소양	소양강댐	강원도 춘천시
하동	충주댐 유역 하천	강원도 영월군
영춘	충주댐 유역 하천	충청북도 단양군
신림	충주댐 유역 하천	강원도 원주시
귀래	충주댐 유역 하천	강원도 원주시
하남	소양강댐	경기도 하남시
충주	충주댐	충청북도 충주시
설악	청평댐 유역 하천	경기도 가평군
금남	소양강댐	경기도 남양주시
양서	소양강댐	경기도 양평군
광주용인	소양강댐	경기도 광주시, 용인시
가평통합	소양강댐	경기도 가평군
팔당1	소양강댐	경기도 과천시, 김포시, 수원시, 서울특별시



물부족 평가기법을 통해 분석한 물부족 지역의 대응방안으로 아래그림과 같이 해수 담수화 개발, 하·폐수 처리 재이용, 지하수 저류지 개발, 양수 저류사업, 폐쇄지방

상수도 검토, 용수 공급 계획 조정 방안을 도출하였다.



그림 6.48 가뭄의 공간적 진행에 따른 대응방안 제언

5) 활용방안 및 기대효과

본 연구의 최종 성과물은 극한가뭄 시 생·공용수 공급시설의 적응능력 평가 및 대응 전략을 제시할 수 있으며, 재난으로서의 가뭄 상황 발생 시 수자원 시설에 대한 응급대처방안(EAP) 수립에 기여할 수 있다.

본 연구의 기대효과로 아래 그림과 같이 기술적 측면, 사회·경제적 측면, 환경적 측면에서의 기대효과가 있으며, 향후 기후변화에 대비한 미래 수자원 관리체계 정비를 위한 방향 제시도 가능할 것으로 기대된다.

구분	효과
기술적 측면	- 가뭄, 극한가뭄에 대한 기술적 정의 및 규모산정기법 확립 - 극한가뭄 모의 모형 제시 - 극한가뭄시 물부족 평가에 근거한 용수공급 및 수원간 연계운영 컨틴젠시 플랜의 수립 - 극한가뭄대비 국가물관리계획 시나리오 확보
사회·경제적 측면	- 극한가뭄사상 발생 시 대응능력 향상 - 통합물관리 측면에서의 가뭄대응 시나리오 구축 및 대응전략 수립
환경적 측면	하천의 유량 확보 및 수질 보전을 통한 수생생물의 개체 수 및 서식지 보호

그림 6.49 극한가뭄 적응능력 평가 및 대응전략 연구 기대효과

6.4 자체 과업

6.4.1 폭염에 따른 저수지 용수공급·수요 변동 관계 분석

1) 추진배경

폭염 시 저수지로의 유입량 감소와 수면 증발량 증가로 저수량은 감소, 물 수요량은 오히려 증가할 수 있으나(그림 6.50), 이와 관련된 연구는 현재까지 미진한 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 폭염 상황이 용수공급 가능량과 수요량 변화에 미치는 영향을 분석하기 위해 총 4가지의 주요 내용을 다루고 있다. 첫 번째로 폭염발생 현황, 두 번째로 폭염 시 용수 수요량의 변화, 세 번째로 폭염 시 저수량의 변화, 마지막으로 폭염 시 수면 증발량을 반영한 저수량을 모의하고, 폭염 시 수면 증발량을 고려한 가뭄 예·경보 필요 여부에 대해 검토하였다.



그림 6.50 폭염시 용수 공급/수요 변동성 분석

2) 폭염 발생 현황

폭염주의보는 일 최고기온이 33℃ 이상의 상태가 2일 이상 지속할 것으로 예상될 때, 폭염경보는 일 최고기온이 35℃ 이상의 상태가 2일 이상 지속할 것으로 예상될 때 기상청에서 발령한다(표 6.10).

표 6.10 폭염주의보 및 폭염경보 기준

구분	판단기준
폭염주의보	일 최고기온이 33℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때
폭염경보	일 최고기온이 35℃ 이상인 상태가 2일 이상 지속될 것으로 예상될 때

전국 72개의 종관기상관측소 위치자료로 시·군별 티센망을 구축한 후 일 최고기온을 면적 가중평균하여 2001년부터 2018년까지 월별 최고기온이 33℃ 이상 상승하였던 전국 시·군 수 합계를 산정하였다. 산정 결과 폭염이 발생했던 시·군 수는 그림 6.51

과 같이 증가 추세에 있다.

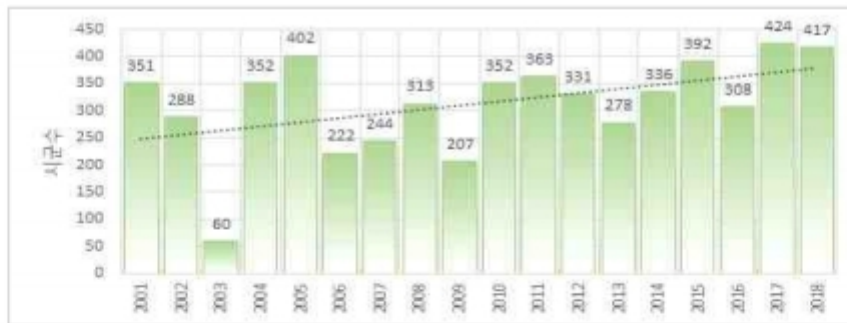


그림 6.51 연도별 폭염발생 시·군수 추세

3) 폭염 발생시 용수 수요량의 변화

2001년부터 2018년까지 시도별 연간 폭염일수 합계와 LPCD(1인 1일 급수량)의 상관성을 분석하였다. 상관계수는 0.5 이상인 시도가 70%로 상대적으로 높은 상관성을 보이나 최고기온, 평균기온은 LPCD와 상관성을 보이지 않았다. 따라서, 폭염지속일수가 길었던 연도는 물 이용량이 증가했음을 알 수 있다.

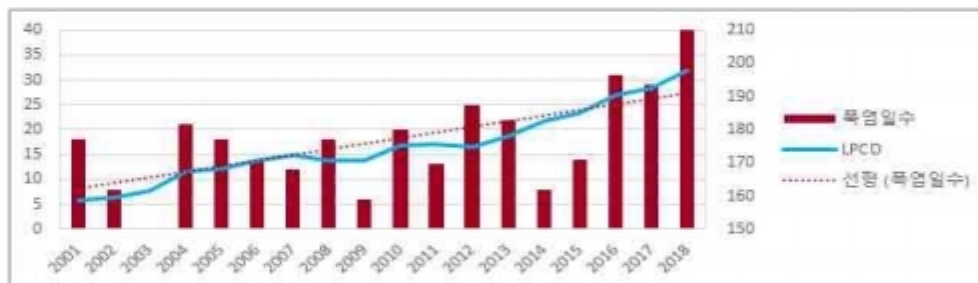


그림 6.52 폭염일수-LPCD 변화추세 예시(광주광역시, 상관계수 0.69)

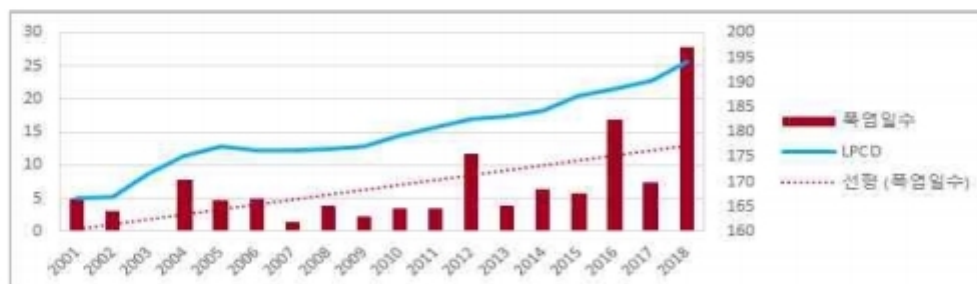


그림 6.53 폭염일수-LPCD 변화추세 예시(경기도, 상관계수 0.68)

4) 폭염 발생 시 용수 공급량의 변화

가뭄으로 저수량이 심각단계까지 내려갔던 보령댐(2015년)과 평림댐(2017년)을 대

상으로 폭염 시 용수공급 변동 영향을 분석하였다. 보령댐과 평립댐 건설 후 최고기온과 폭염발생 연속일의 결합 발생확률을 분석하여 가장 극단적인 폭염이 발생했던 연도는 2018년임을 확인하였다.

보령댐은 2018년 폭염 시 일취수량의 9%에 해당하는 $25\text{천m}^3/\text{day}$ 가 수면에서 증발하는 것으로 분석하였으며, 2001년~2020년 전체기간의 증발량 중앙값과 동일 기간 중 폭염 시 증발량 중앙값은 각각 $9\text{천m}^3/\text{day}$, $21\text{천m}^3/\text{day}$ 이며 2018년 폭염 시 증발량의 중앙값은 $25\text{천m}^3/\text{day}$ 로 분석되었다.

취수량의 변화를 보기 위해 선택한 기간인 2008년~2020년 전체기간의 취수량 중앙값과 동일 기간 중 폭염 시 취수량 중앙값은 각각 $207\text{천m}^3/\text{day}$, $240\text{천m}^3/\text{day}$ 이며, 2018년 폭염 시의 취수량 중앙값은 $260\text{천m}^3/\text{day}$ 로 폭염 시 취수량이 증가했음을 알 수 있다.

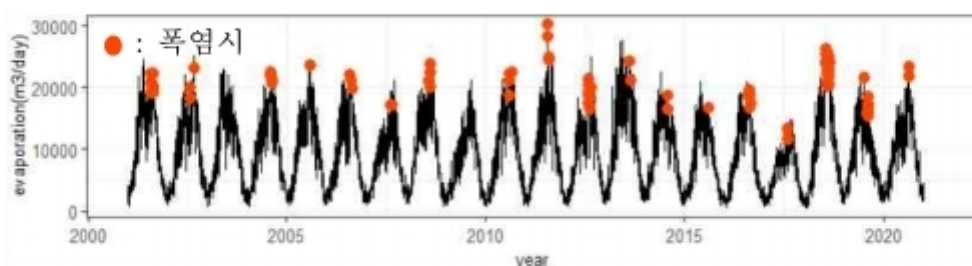


그림 6.54 보령댐 증발량 변화

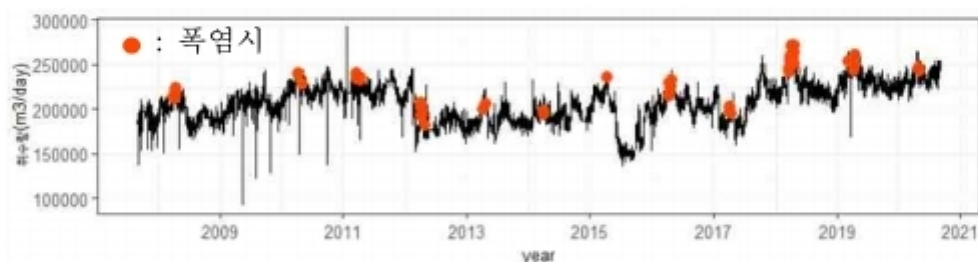


그림 6.55 보령댐 취수량 변화

평립댐은 2018년 폭염 시 일 취수량의 11%인 $4\text{천m}^3/\text{day}$ 가 수면에서 증발하는 것으로 분석되었으며, 2008년~2020년 전체기간의 증발량과 폭염 시 증발량 중앙값은 각각 $2\text{천m}^3/\text{day}$, $4\text{천m}^3/\text{day}$ 이며 '18년 폭염 시 증발량 역시 $4\text{천m}^3/\text{day}$ 로 폭염 발생 시 증발량이 평소에 비해 증가하는 것을 알 수 있다.

취수량의 변화를 보기 위해 선택한 기간인 2012년~2020년 전체기간 동안 취수량과 폭염 시 취수량 중앙값은 각각 $25\text{천m}^3/\text{day}$, $30\text{천m}^3/\text{day}$ 이며, 2018년 폭염 시 취수량 중앙값은 $32\text{천m}^3/\text{day}$ 로 안동댐과 마찬가지로 폭염 시 취수량이 증가한 것으로 분석되었다.

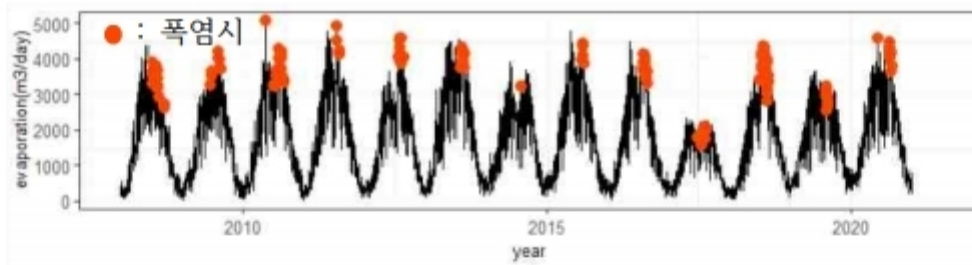


그림 6.56 평립댐 증발량 변화

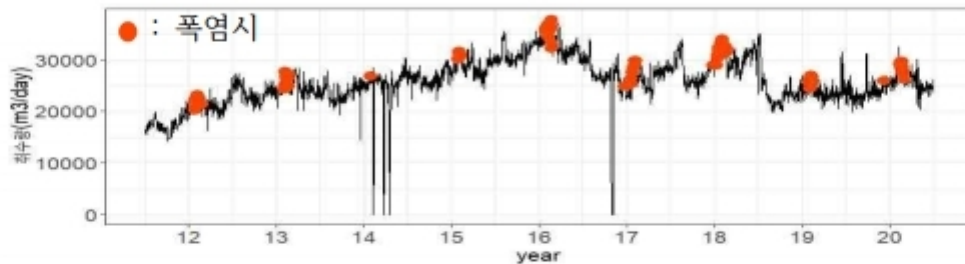


그림 6.57 평립댐 취수량 변화

5) 폭염 시 수면 증발량을 고려한 저수량 모의

폭염 시 저수지 증발량을 별도로 고려하기 위해 지표유입량, 수면강수량, 수면 증발량, 침투량, 방류량을 분리하여 모의 저수량을 그림 6.59의 절차로 산정하였다.

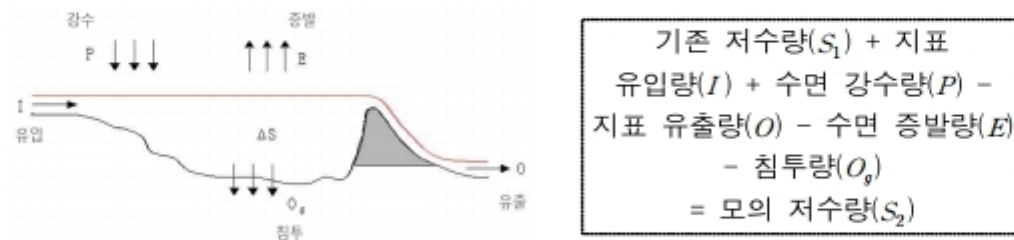


그림 6.58 물수지 방법에 의한 저수량 모의 개념도

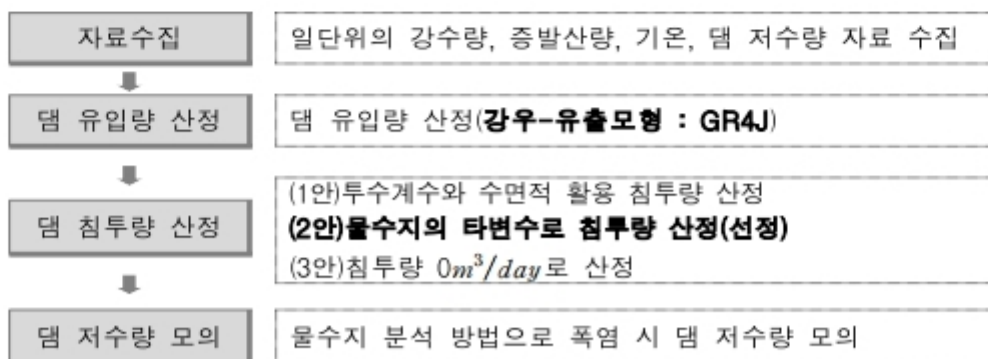


그림 6.59 수면 증발량을 고려한 저수량 모의 절차

다목적댐인 안동댐의 폭염일수가 많았던 2018년 7월 1일 ~ 8월 31일 동안 댐 저수량을 그림 6.60의 절차에 따라 모의하였다. 모의를 위해 2018년 7월 1일의 댐 저수량을 초기 저수량 값으로 입력한 이후 두 달의 기간에 대해 순차적으로 댐 저수량을 모의하였다. 수면증발량을 포함한 모의 저수량과 수면증발량을 제외한 모의 저수량을 계측 저수량과 평균절대오차(MAE)로 비교한 결과 증발량 포함 모의 저수량이 계측 저수량에 가까운 것으로 분석되었다. 하지만, 모의기간 동안 일평균 증발량은 전체 저수량 중 단지 0.02%에 불과한 $189\text{천m}^3/\text{day}$ 이며, 오차(MAE) $20,043\text{천m}^3/\text{day}$ 의 1% 미만에 해당하는 매우 적은 비율로 폭염 시 수면증발량을 가뭄 예·경보 분석에 반영하기 위해서는 추가적인 검토가 필요하다.

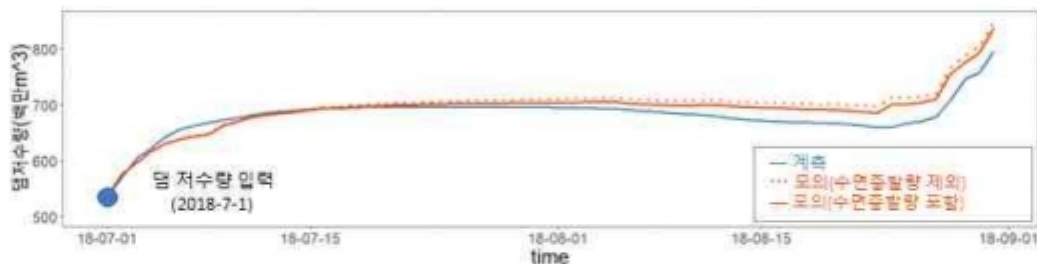


그림 6.60 안동댐 계측 저수량-모의 저수량(증발량 제외, 포함) 비교

앞서 안동댐과 같은 방법으로 지자체 댐인 회야댐을 대상으로 폭염 시 증발량을 고려한 저수량을 모의하였다. 지자체 댐의 수문자료는 다목적댐의 수문 관측자료와 달리 관측자료가 없거나 고품질의 자료를 취득하기 어려워 상·하류 하천에 수위-유량관측소가 설치된 회야댐을 대상으로 하였다. 2018년 7월 1일 ~ 8월 31일 동안 저수지 증발량을 고려하여 저수량을 모의한 결과 저수지 증발량을 포함한 모의 저수량이 저수지 증발량을 포함하지 않은 모의 저수량보다 계측한 저수량과의 오차가 증가하는 것으로 나타났다.

회야댐 역시 모의기간 동안 일평균 증발량은 전체 저수량 중 단지 0.08%에 불과한 $11\text{천m}^3/\text{day}$ 로 오차(MAE) $1,367\text{천m}^3/\text{day}$ 의 1%에 불과한 매우 작은 값으로 폭염 시 증발량을 가뭄 예·경보에 반영은 추가적인 검토가 필요하다.

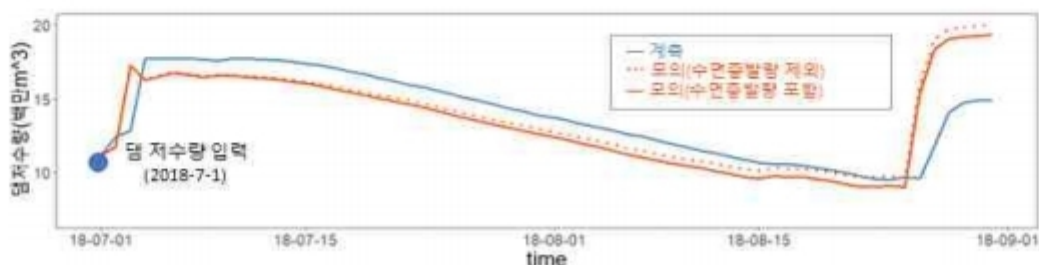


그림 6.61 회야댐 계측 저수량-모의 저수량(증발량 제외, 포함) 비교

6) 결론 및 향후 추진계획

본 연구에서는 폭염에 따른 용수공급·수요 변동관계를 파악하고자, 기상인자와 물 이용량에 관련된 자료를 취득하여 각종 통계분석을 수행하였으며, 수면 증발량을 고려한 저수량 모의 방안을 제시하고 가뭄 예·경보에 적용성을 검토하였다.

우선 국내의 폭염 발생 현황을 파악하기 위해 2001부터 2018년까지의 일최고기온 데이터를 취득하여 계절별, 지역별 변동성을 분석하였다. 분석 결과 2001년 이후 연도별 폭염 발생 시·군 수는 상이하지만 모두 최근까지 전체적으로 상승하는 추세를 보였다.

폭염 시 용수 수요량의 변화를 검토하기 위해 시도별로 각 연도('01~'18)에 해당하는 폭염일수(연중 33℃ 이상인 날의 합)를 산정하고, LPCD와 기상인자들(평균기온, 최고기온, 연강수량, 폭염일수) 간의 상관성을 분석하였다. 분석 결과, 물 이용량은 특히 폭염일수(33℃ 이상의 최고기온이 지속되는 기간)와 매우 높은 상관관계를 보였다.

폭염 시 용수공급 가능량의 변화를 검토하기 위해 가뭄 영향으로 용수공급에 어려움이 있었던 보령댐, 평림댐을 대상으로 폭염에 따른 용수공급 변동을 검토한 결과 폭염 시 저수지 수면증발량은 보령댐의 경우 일취수량의 평균 9%, 평림댐의 경우 일취수량의 평균 11%에 해당하는 것을 알 수 있었다.

또한, 폭염 기간과 그 외의 기간 중 증발량과 취수량에 대해 비모수적 분산분석(Kruskal-Wallis Rank Sum Test)을 실시한 결과, 폭염 여부에 따라 증발량, 취수량 모두 유의한 차이가 있는 것을 알 수 있었다(p-value 0.001이하).

폭염 시 증발량을 고려한 저수량 모의를 수행하기 위해 상류 수위-유량관측소를 통한 자연유량 평가가 가능한 댐인 안동 다목적댐과 울산광역시에서 운영하는 지자체 댐인 회야댐을 대상으로 폭염 기간 저수량 모의를 수행하였다.

폭염일수가 많았던 2018년 7월 1일~2018년 8월 31일 2개월 기간 동안 저수량을 모의한 결과 계측저수량과 모의저수량의 상관계수는 안동댐 0.94, 회야댐 0.77로 분석되었으며, 계측저수량과 모의저수량의 평균절대오차(MAE)는 안동댐은 14,574천 m^3 , 회야댐은 1,582천 m^3 로 분석되었다.

모의기간 동안 일평균 증발량이 전체 저수량에서 차지하는 비율은 안동댐의 경우 0.02%이며, 회야댐은 0.08%으로 매우 적은 비율이며, 계측저수량-모의저수량의 평균절대오차(MAE) 대비 안동댐, 회야댐의 증발량은 모두 1% 미만의 매우 적은 비율로 폭염 시 수면 증발량을 가뭄 예·경보 분석 과정의 저수량 전망에 반영해야 할 필요성은 높아 보이지 않는다. 하지만 위에서 분석된 수면증발량의 비율은 계측 저수량과 모의 저수량 간의 오차와 비교한 비율이기 때문에, 모의 저수량이 계측 저수량과 차이가 거의 없을 정도로 강우-유출모형의 최적화가 이루어질 경우, 수면증발량의 상대적인 비율은 매우 커질 수도 있는 상황이므로 강우-유출모형의 최적화와 연계하여 추가적인 검토가 필요할 것이다.

【댐 유입량 산정 : 강우-유출모형(GR4J)】

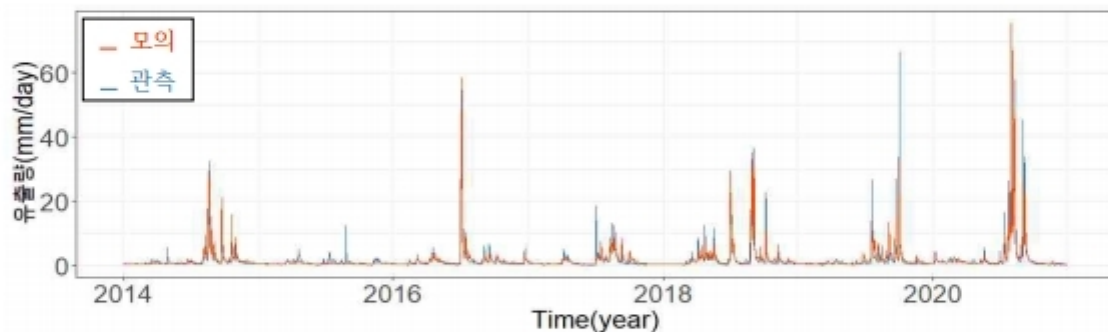
▣ 강우-유출모형(GR4J) 개요

GR4J 모형은 유재웅 등(2021)의 논문에서 비교 대상인 46개 강우-유출모형 중 관측유량의 특성을 가장 효과적으로 재현하는 것으로 평가되었다.

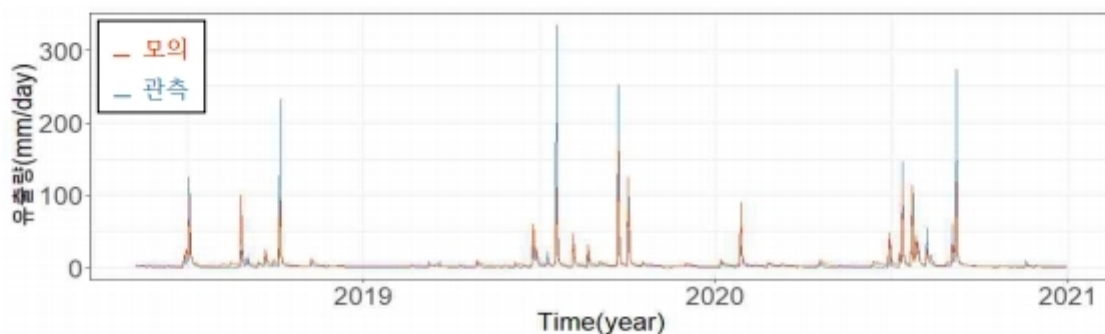
4개의 매개변수를 활용한 일단위 연속 강우-유출 모형으로 차단, 토양수분저류, 홍수추적의 3단계 과정을 거쳐 강우-유출과정을 산정한다.

▣ 모형 모의-관측량 비교

안동댐(다목적댐)과 회야댐(지자체댐)의 유입량을 GR4J 모형으로 모의한 결과 Nash -Sutcliffe Efficiency(NSE)는 각 0.81, 0.64로 산정되었다.



< 안동댐 상류(양설교) 모의-관측 유량 비교 >



< 회야댐 상류(통천교) 모의-관측 유량 비교 >

참고2

【댐 침투량 산정】

▣ 댐 침투량 산정법 비교

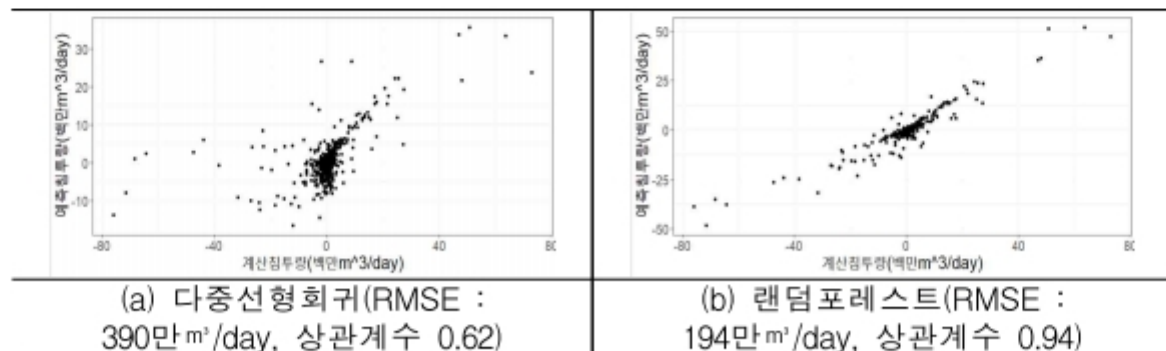
댐 침투량은 댐 물수지 분석에서 가장 불확실한 값으로 예측 값이 존재하지 않아 추정을 통해 적용하였다. 3가지 안을 비교하여 오차(RMSE)가 가장 적은 물수지 방법에 의한 역산 방법을 적용하여 댐 침투량을 산정하였다.

< 안동댐 침투량 산정법 비교 >

1안 투수계수와 수면적 활용	2안 물수지 타 변수 활용 역산	3안 침투량 $0m^3/day$		
○ 수면적과 저수지 바닥 투수계수를 활용하여 침투량 계산 ○ (한계점) 지점의 바닥 투수계수를 저수지 전체 바닥 투수계수로 가정	○ 타 변수로 침투량 계산 * 침투량 = 저수량변화 + 지표 유입량 + 수면 강수량 - 지표 유출량 - 수면 증발량 ○ (한계점) 타 변수의 오차가 모두 반영된 침투량	○ 침투량을 $0m^3/day$으로 산정 ○ (한계점) 침투량 없음으로 가정		
최대(m^3/day)	20,877	최대(m^3/day)	72,894,191	침투량 $0m^3/day$
평균(m^3/day)	15,118	평균(m^3/day)	6,050	
중간값(m^3/day)	15,018	중간값(m^3/day)	-29,973	
최소(m^3/day)	8,087	최소(m^3/day)	-75,832,6	
RMSE 488만 m^3		RMSE 390만 m^3		RMSE 488만 m^3
		◎적용		

▣ 저수량 전망을 위한 침투량 추정

저수량 전망 과정에는 저수량 관측값이 존재하지 않으므로, 기타 변수를 이용한 침투량 추정이 필요하다. 유입량, 강수량, 수면증발량, 날짜를 입력변수로 다중선형 회귀 모형과 랜덤포레스트 모형의 추정값-목표값을 비교한 결과 상관계수가 각각 0.62, 0.94로 상관계수가 높은 랜덤포레스트 모형을 침투량 추정모형으로 선정하였다.



< 침투량 추정 방법별 목표값-추정값 비교 >

6.4.2 지하수 사용지역 가뭄 전망을 위한 모형 평가

1) 배경 및 목적

국가가뭄정보분석센터는 생·공용수 가뭄 예·경보 중 지하수 사용지역 가뭄 전망 기법을 2017년에 개발한 이후 2018년 시범 적용을 거쳐 매월 지하수 가뭄 현황과 1~3개월 가뭄 전망을 분석 중이다. 167개 시·군별로 아래의 그림과 같이 지역화된 표준강수지수(SPI)와 표준지하수지수(SGI)의 관계를 인공신경망 모형 중 하나인 NARX(Nonlinear AutoRegressivewith eXternalinput) 모형에 학습한 후, SPI 전망자료를 학습된 인공신경망 모형에 입력하고 출력되는 예측 SGI를 최종적으로 지하수 위로 변환하여 지하수 사용지역 가뭄을 전망하고 있다.

본 연구에서는 부안군 지역을 대상으로 현재 가뭄 전망에 사용 중인 NARX 모형과 대표적인 시계열 모형인 ARIMA 모형을 비교하였으며, 다음으로 NARX 모형 자체 오차와 강수전망 오차를 분석하고 마지막으로 앞에서 분석한 두 가지 종류의 오차가 지하수 가뭄 전망에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다.

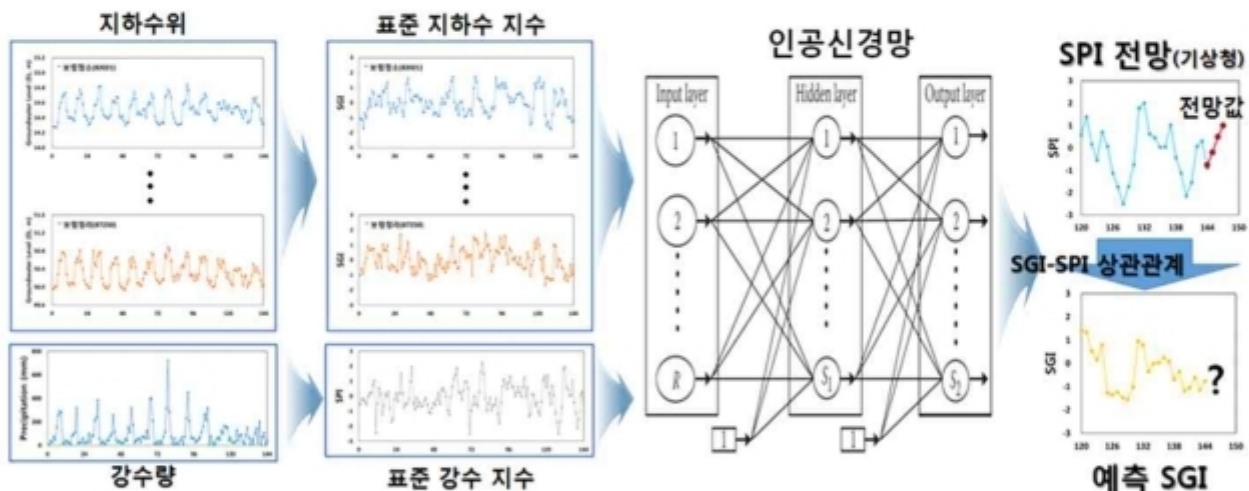


그림 6.62 지하수 가뭄전망 모형 분석 절차

지하수 가뭄 전망 오차에 영향을 주는 인자는 NARX 모형 자체의 오차와 강수전망 오차가 있으며 최종적으로 위의 오차가 포함된 지하수 가뭄을 전망한다. 본 연구에서 오차를 측정하기 위한 지표로 Pearson 상관계수와 평균제곱근오차(RMSE)를 활용하였으며, 2019년 1월부터 12월까지를 평가 기간으로 선정하였다. 모형 자체의 오차를 평가하기 위해 관측자료 기반의 SGI와 관측된 강수 자료를 모형에 입력하고 출력된 SGI를 비교하여 분석하였다. 강수전망 오차를 분석하기 위해 기상청의 1개월 강수량 전망과 관측 강수량을 비교해 보았다. 강수전망 오차와 모형 오차가 함께 반영된 지하수 가뭄 전망 오차를 분석하기 위해 1개월 전망 SGI와 관측자료 기반의 SGI를 비교하여 평가를 진행하였다.

2) NARX - ARIMA 모형 비교

지하수 가뭄 전망은 인공지능망 모형인 NARX를 활용하고 있다. NARX 모형은 시스템의 입력값과 출력값을 이용해 비선형성을 갖는 임의의 시스템을 식별해 내는 비선형 시스템 식별 기법의 하나로 아래 그림과 같이 입력층, 은닉층, 출력층이 연속으로 배치된, 동적으로 작용하는 3층 퍼셉트론(three layer perceptron) 모형의 형태를 지닌다.

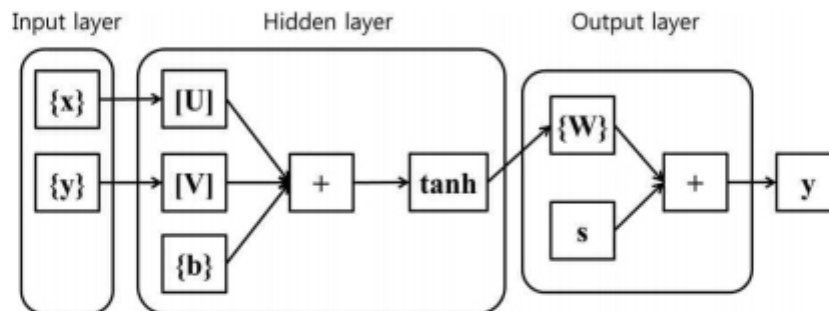


그림 6.63 3층 퍼셉트론 모형 형태

부안군을 대상으로 NARX 모형과 자기회귀누적이동평균(ARIMA) 모형을 비교해 보았다. ARIMA 모형은 자기회귀(AR), 이동평균(MA)에 차분(I)을 적용한 시계열 예측모형이다. 아래의 두 그림을 비교하여 확인할 수 있듯이 표준지하수지수(SGI)만을 활용한 ARIMA 모형보다 SGI와 표준강수지수(SPI)가 함께 고려된 NARX 모형이 관측자료 기반의 SGI 변동특성을 더욱 유사하게 모의하는 것으로 나타났다.

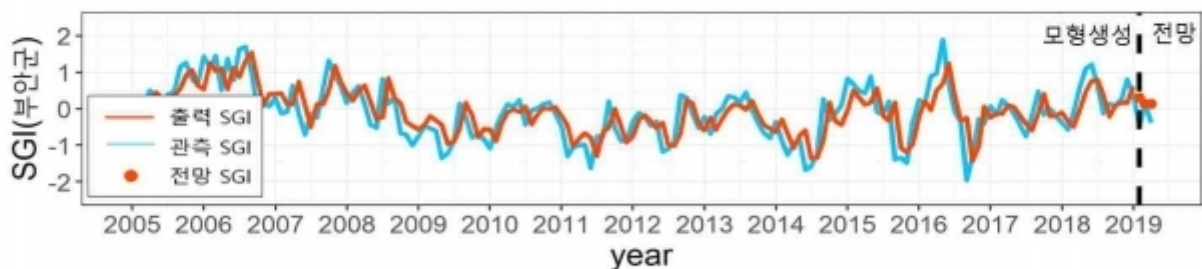


그림 6.64 부안군 ARIMA 모형 학습기간('05년~'18년) SGI 비교

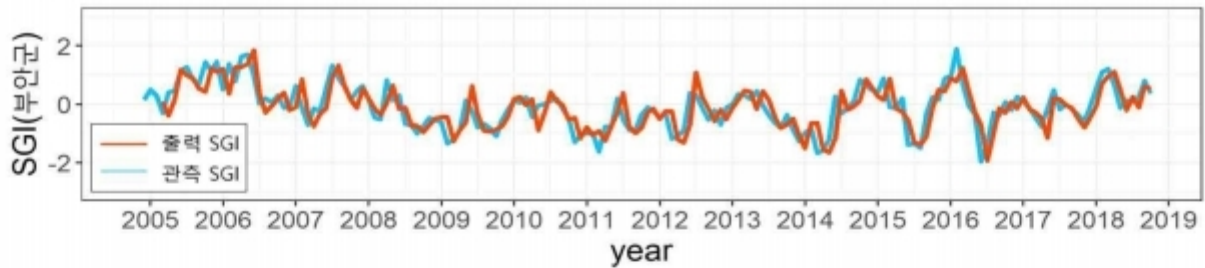


그림 6.65 부안군 인공신경망 NARX모형 학습기간('05년~'18년) SGI 비교

3) 오차 분석

부안군 NARX 모형을 대상으로 평가 기간인 2019년 모형 자체 오차를 분석하기 위해 관측자료 기반 SGI와 관측된 강수량으로부터 변환된 SPI를 NARX 모형에 입력하여 출력된 SGI의 비교 그림은 아래와 같다. 관측-모형 SGI 상관계수는 0.77, RMSE는 0.42로 분석되었다.

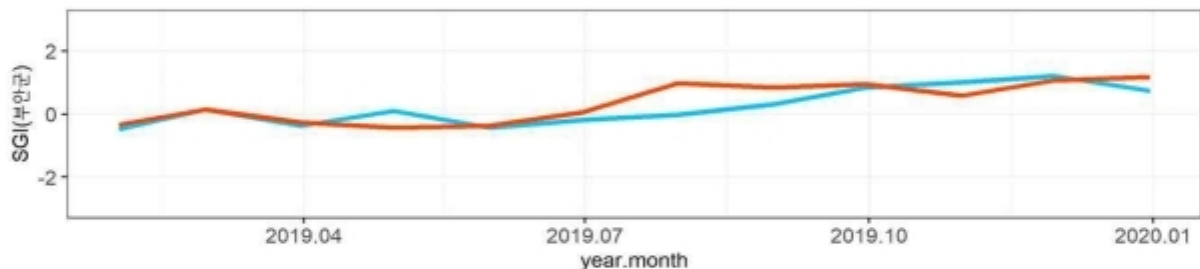


그림 6.66 평가기간(2019년) 관측-모형 SGI 비교

지하수 사용지역 가뭄 전망을 위해 기상청의 1개월~3개월 강수량 전망자료를 SPI 전망으로 변환하여 가뭄 전망모형에 입력한다. 강수량 전망 오차 분석하기 위해 1개월 강수량 전망과 관측 강수량의 비교 그림은 아래와 같으며, 상관계수는 0.80, RMSE 44.6mm/month로 분석되었다.

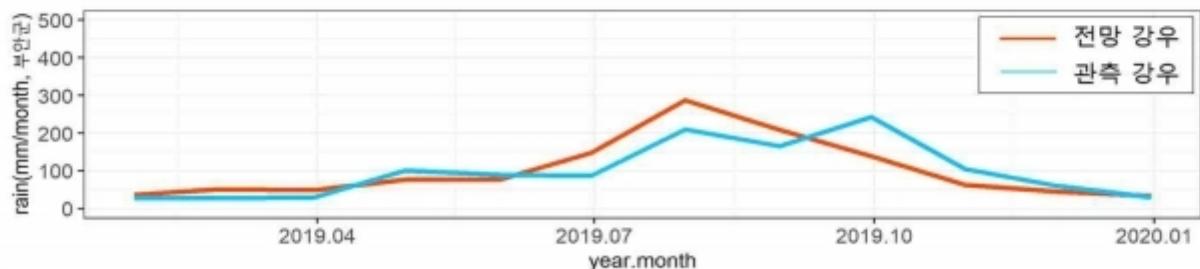


그림 6.67 평가기간(2019년) 강수전망 자료 오차

부안군의 모형 자체오차와 강우 오차가 반영된 전망 SGI를 출력하기 위해 2019년 기간 동안의 부안군 1개월 전망 강수량을 SPI로 변환한 후 NARX 모형에 입력하여

SGI를 전망하였다. 전망한 SGI를 관측자료 기반의 SGI와 비교한 그림은 아래와 같으며, 관측-전망 SGI 상관계수는 0.68로 분석되었다. 앞서 모형 자체 오차를 분석하기 위해 관측-모형 SGI 상관계수가 0.77이었던 것과 비교하면 상관계수 0.09가 감소한 수치이다. RMSE는 0.51로 분석되었는데 이 수치 역시 앞서 관측-모형 SGI의 RMSE인 0.42와 비교하면 0.09가 증가하였다. 이러한 결과는 모형 오차와 강수 전망 오차가 최종적으로 가뭄 전망 오차에 반영된 결과이다.

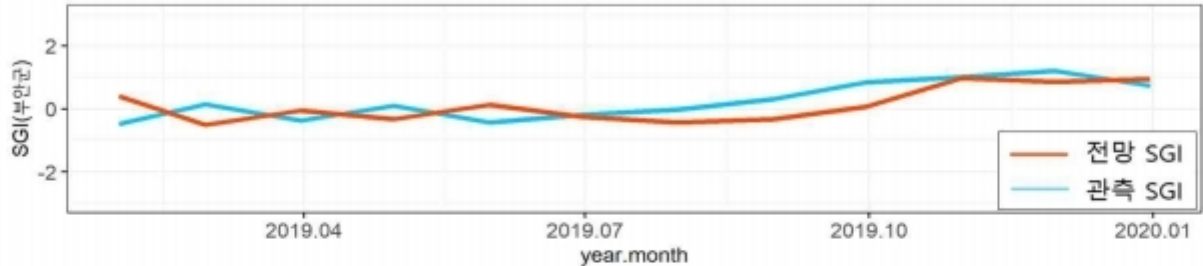


그림 6.68 평가기간(2019년) 가뭄전망 오차(모형오차 + 강수량 전망오차)

부안군을 포함한 전체 167개 시·군을 대상으로 '19년 1월부터 12월까지의 기간 동안 계측자료 기반 SGI와 1개월 전망 SPI를 지하수 가뭄 전망 모형인 NARX 모형에 입력하여 출력된 SGI의 월별 상관계수는 아래의 그림, 표와 같다. 2019년 6월과 11월에서 최대 0.88로 나타났으며, 5월에 최솟값인 0.47로 나타났다. 장기간의 분석이 필요하지만 2019년 기간만 고려하였을 때 겨울철에 비교적 정확한 지하수 가뭄 예측이 이루어졌음을 알 수 있다.

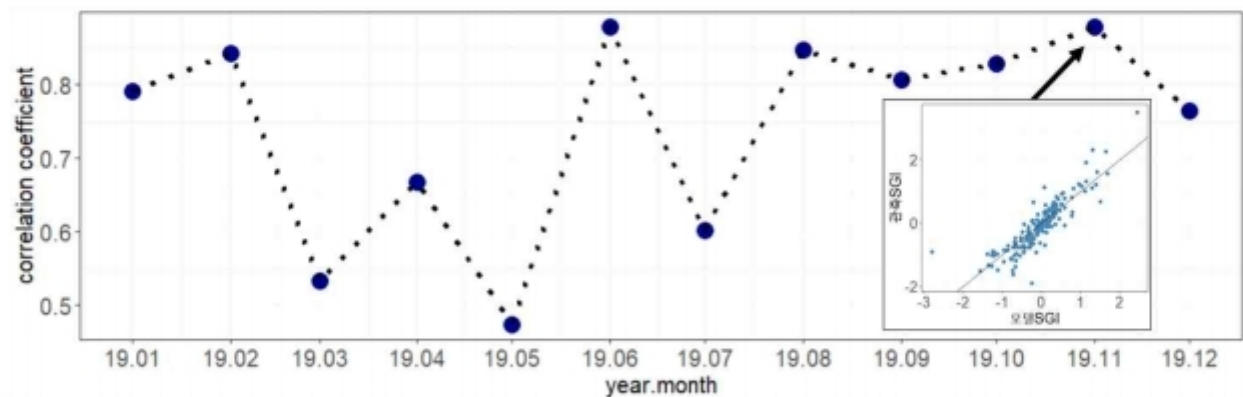


그림 6.69 전국 계측 SGI와 모형 출력 SGI 상관계수 시계열 그래프

표 6.11 전국 계측 SGI와 모형 출력 SGI 상관계수

'19.1	'19.2	'19.3	'19.4	'19.5	'19.6	'19.7	'19.8	'19.9	'19.10	'19.11	'19.12
0.79	0.84	0.53	0.67	0.47	0.88	0.60	0.85	0.81	0.83	0.88	0.76

4) 결론

국가가뭍정보분석센터에서 매월 지하수 사용지역에 대해 가뭄 현황 및 전망을 분석하고 있다. 그중 전망을 분석하는데 활용하고 있는 인공신경망 모형인 NARX 모형과 ARIMA 모형을 비교한 결과 인공신경망 모형이 관측자료 기반의 SGI 특징을 더욱 유사하게 모의하는 것으로 나타났다.

NARX 모형 자체 오차, 강우전망 오차가 최종적으로 가뭄 전망에 영향을 미치는 정도를 정량적으로 분석하기 위해 부안군을 대상으로 2019년 기간 동안 관측자료 기반 SGI와 관측된 강수 자료를 모형에 입력하여 출력되는 SGI를 비교한 오차(RMSE)는 0.42이다. 계측 강수량과 기상청 1개월 전망 강수량 간의 오차(RMSE)는 44.6 *mm/month*로 나타났다. 최종적으로 미급수지역 가뭄 전망 시 앞의 두 오차인 모형 자체 오차와 강수량 오차가 가뭄 전망에 영향을 주어 관측-전망 SGI의 오차는 0.51로 당초 모형 자체 오차인 0.42보다 증가하는 것으로 분석되었다.

국가가뭍정보센터는 본 연구 결과를 지역별 지하수 가뭄 전망모형의 개선과 신뢰도 확보를 위한 기초자료로 활용하여, 더욱 정확한 지하수 사용지역 가뭄 정보를 생산하고 제공하도록 하겠다.

6.4.3 지속기간별 SPI와 수문학적 가뭄영향 상관성 평가

1) 추진배경

기상학적 가뭄은 주어진 기간의 강수량이나 무강수 계속일수 등으로 정의하며, 기상현상의 영향을 직접적으로 표현하는 가뭄이다. 기상학적 가뭄지수로는 표준강수지수(SPI, Standard Precipitation Index)가 있다. 수문학적 가뭄은 물공급에 초점을 맞추고 하천유량, 저수지, 지하수 등 가용수자원의 양으로 정의한 가뭄이다. 기상학적 가뭄과 수문학적 가뭄간의 관계에 관한 연구가 필요하다. 종관기상관측(ASOS)과 같은 장기간 관측된 기상자료를 활용하여 단기간 관측되거나 미계측 되어 파악하기 힘든 수자원의 가뭄상황을 간접적으로 확인할 수 있기 때문이다. 표준강수지수(SPI)를 활용하여 수문학적 가뭄영향을 판단할 때는 적절한 지속기간을 선정하는 것이 중요하다. 하지만 수문학적 가뭄을 대표하는 SPI의 지속기간 관련 연구가 미비한 실정이다.

이를 극복하기 위해 본 연구에서는 수문학적 가뭄을 대표할 수 있는 최적 지속기간의 SPI를 산정하려 한다. 수문학적 가뭄은 수자원의 종류에 따라 분류하고 수자원별 최적 기간의 SPI를 산정할 예정이다. 이 연구를 통해 과거의 가뭄에 대한 정략적인 평가에 활용할 근거를 확보하고, 국가가뭄예경보와 연계하여 미계측 지점에 대한 가뭄 모니터링 기술 강화에 기여할 것으로 예상된다.

2) 1차년도('20) 연구내용 및 2차년도('21) 연구방향

1차년도('20) 연구에서는 수자원별 가뭄을 대표하는 최적 지속기간의 SPI를 산정하였다. 1차년도는 시범적으로 수자원별 실제 가뭄이력이 있는 수원 1~2개를 대상으로 연구를 진행하였다. 2차년도에서는 수원 중 미계측 지점이 많은 하천을 중심으로 연구를 진행하였다. 하천수위관측소의 하천수위와 표준유역의 SPI간 상관성 평가를 하여 하천 가뭄 상황을 대표하는 최적 지속기간의 SPI를 산정하고자 한다.

3) 연구 내용

□ 분석 준비

가뭄 예경보 모니터링 대상인 하천취수장(185개, 2020년 기초조사 기준)의 인접(~15km)한 하천수위관측소를 분석대상으로 선정하였다. 하천취수장과 인접하다고 판단된 하천수위관측소 중 K-water DB(HDAPS)에 최소 3년 이상의 일수위자료가 있으며 시계열 수위자료 분포가 이상이 없는 90개소를 최종 분석대상으로 선정하였다. 하천수위와 SPI간의 분석을 위해 수위관측소에 위치한 표준유역의 지속기간 1~12개월의 SPI를 매칭하였다. 관측소별 일 수위자료는 전처리(이상치 제거 등) 후 2가지

방법(월말, 월평균 수위)으로 SPI와 시간적 단위(월단위)를 일치시켰다.

표 6.12 정선군(제1여량교) 월별 수위 및 표준유역(골지천하류,100107) SPI

연도	월	월말수위 (m)	월평균수위 (m)	SPI 1	SPI 2	SPI 3	...	SPI 11	SPI 12
2017	3	1.47	1.43	-1.09	-1.18	-1.14	...	-0.55	-0.44
2017	4	1.49	1.60	0.14	-0.61	-0.93	...	-0.48	-0.57
2017	5	1.33	1.40	-1.39	-0.75	-1.25	...	-0.41	-0.69
2017	6	1.39	1.34	-0.58	-1.42	-1.17	...	-1.31	-0.56
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮
2020	11	1.43	1.46	0.23	-0.9	0.44	...	0.44	0.4
2020	12	1.42	1.45	-0.93	-0.32	-1.2	...	0.14	0.39

□ 분석 수행

90개 하천수위 관측소의 월말·월평균 수위와 지속기간 1~12개월의 SPI와 상관성 분석을 하였다. 아래 그래프는 관측소별 수위(월말, 월평균)와 지속기간별 SPI간 최대 상관계수를 표출한 것이다. 월평균 수위가 월말 수위보다 SPI와 더 높은 상관 계수가 산출되는 것으로 분석되었다.

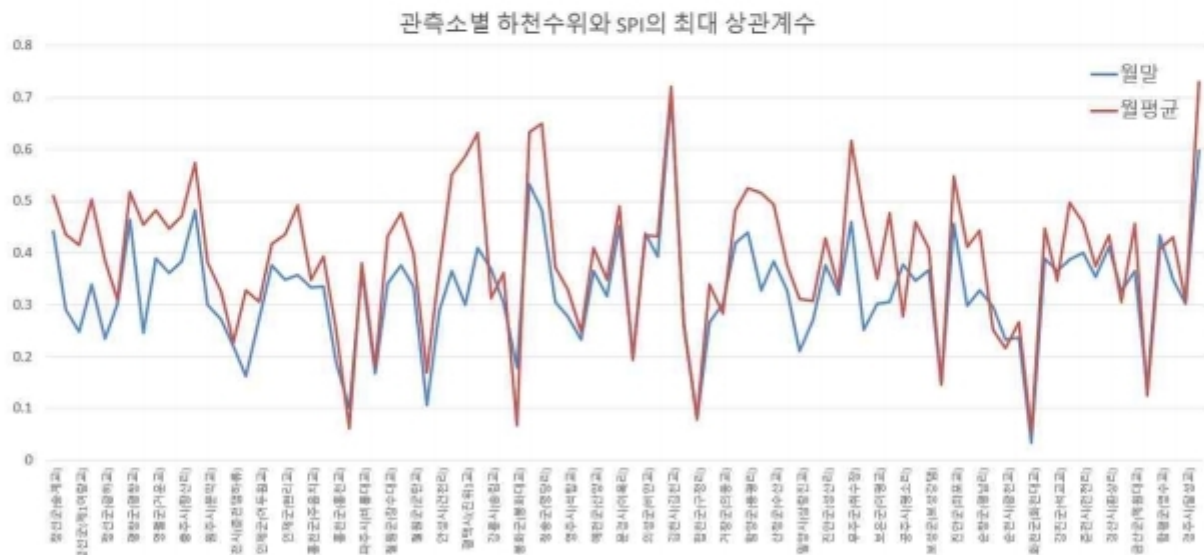


그림 6.70 하천수위 관측소별 SPI와 최대 상관계수

아래 그래프는 관측소별 월평균 수위와 SPI간 상관분석 했을 때 최대 상관계수가 나왔던 SPI의 지속기간을 보여준다. SPI 1~12개월 중 관측소별 최적 지속기간으로 선정된 횟수를 통계낸 결과, 제일 높은 기간은 지속기간 2개월, 1개월, 12개월 순이었다. 특히 지속기간 1~2개월의 비율 합은 59개소로 전체의 약 66%이었다.



그림 6.71 하천수위 관측소별 SPI와 최적 지속기간

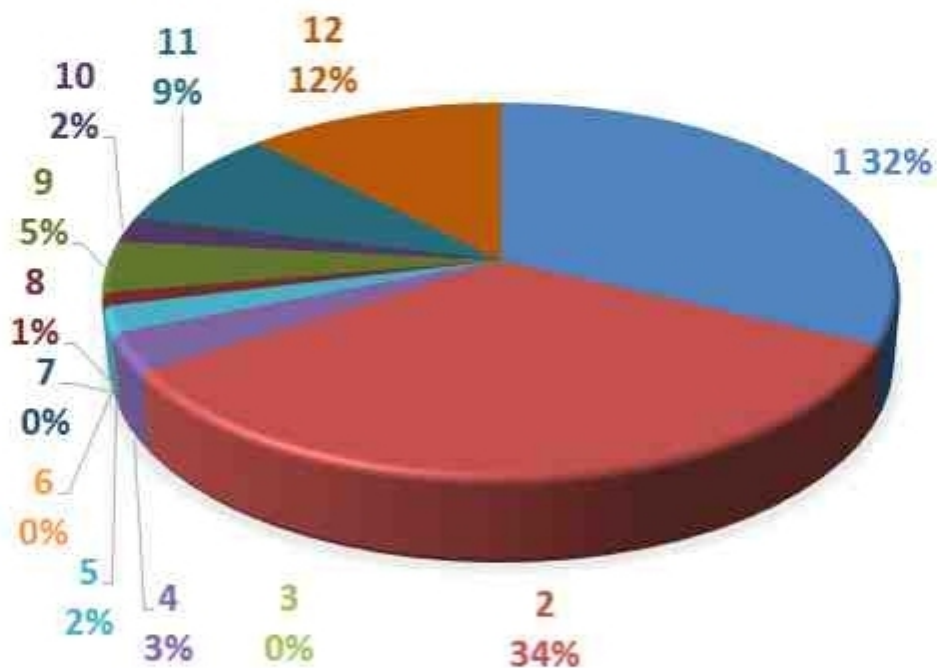


그림 6.72 하천수위 관측소별 SPI와 최적 지속기간 통계

상관성 분석결과를 GIS 상으로 표출해 보았다. 분석대상인 하천수위 관측소의 최적 SPI 지속기간을 색상으로 구분하였다. 관측소를 최적 SPI 지속기간으로 구분하여 분포를 확인하였다. 또한 관측소별 상관계수에 따라 구분하여 분포를 확인하였다. 각각의 분포는 아래와 같다.



<전체 하천수위 관측소>



<최적 SPI 1~2인 하천수위 관측소>



<최적 SPI 3~8인 하천수위 관측소>



<최적 SPI 9~12인 하천수위 관측소>

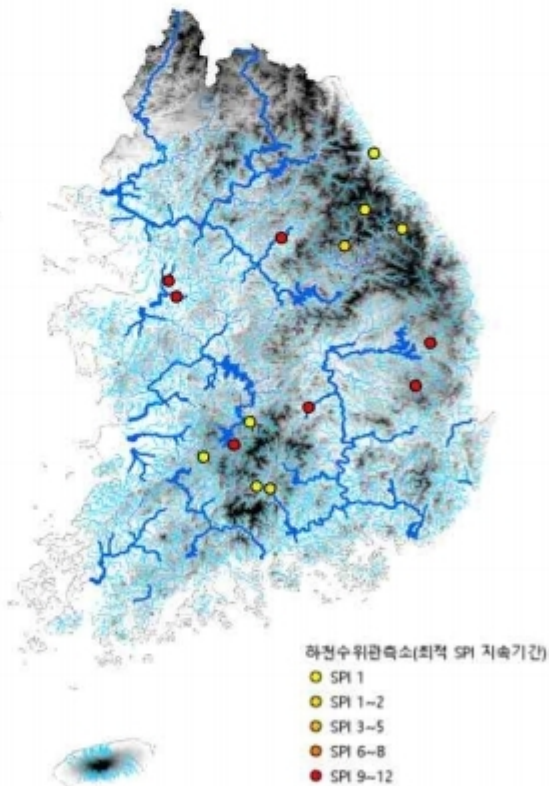
그림 6.73 최적 SPI 지속기간으로 구분한 하천수위 관측소



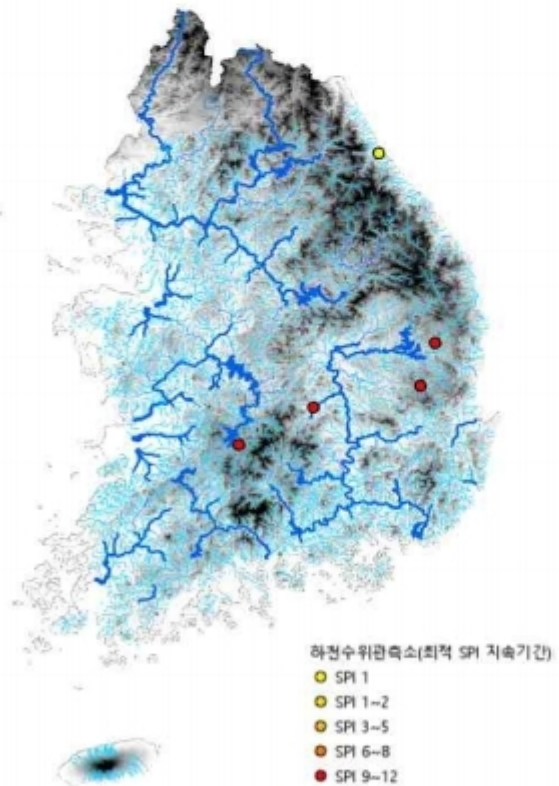
<상관계수 0.3이상인 하천수위 관측소>



<상관계수 0.4이상인 하천수위 관측소>



<상관계수 0.5이상인 하천수위 관측소>



<상관계수 0.6이상인 하천수위 관측소>

그림 6.74 상관계수로 구분한 하천수위 관측소

4) 결론

본 연구에서는 기상학적 가뭄지수인 SPI와 수문학적 가뭄영향간의 상관성 분석을 하였다. 2차년도는 하천 수문상황을 대표할 수 있는 SPI의 지속기간 산정에 중점을 두어 연구를 진행하였다. 분석대상인 하천수위관측소중 66%가 지속기간 1~2개월인 SPI와 최대 상관성을 보였다. 본 연구 성과물을 토대로 가뭄 예·경보 하천 취수지점 모니터링에 적용해볼 예정이다.

제7장 가뭄정보 분석시스템



환경부



국가가뭄정보분석센터
National Drought Information Analysis Center

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.

2021년의 주요 추진 성과는 첫째, 지자체 가뭄대응 지원시스템 및 가뭄빈도해석 범용 분석 프로그램 고도화를 통한 실수요자 맞춤형 가뭄 의사결정 지원체계를 구축하였다. 둘째, 기존 공학적 기반에서 생산된 가뭄 정보를 국민의 관점에서 이해하기 쉽고 효율적으로 정보를 생산·전달하기 위한 국민 체감형 가뭄정보를 ‘행안부 국가 중점데이터 개방사업’ 참여를 통해 구축하였다. 셋째, 주기적인 데이터 품질진단, 분석, 개선 활동을 통한 가뭄정보의 신뢰성 제고 및 고품질 가뭄 데이터를 유지하였고, 가뭄정보 분석시스템의 중단없는 서비스 제공을 위해 성능 개선, 장애 처리, 보안강화 등 지속적 운영환경 개선을 실시하였다.

이를 통해 가뭄정보 분석기술 고도화 및 가뭄정보 신뢰도 개선, 자치단체 및 국민 등 수요자 맞춤형 가뭄대응 지원 서비스를 실현하였다.

표 7.1 2021년 주요 추진 내용

항 목	추진 계획	비 고
지자체 가뭄 의사결정 지원시스템 기능 고도화	○ 지자체 가뭄대응 지원체계 강화 ○ 2변량 가뭄빈도해석 프로그램 제작 ○ 가뭄기초자료 검증 프로세스 개선	
국민 체감형 가뭄정보 개방체계 구축	○ 3년 연속 국가 중점데이터사업 참여를 통한 국민 체감형 정보 생산 추진	
안정적인 가뭄정보분석 시스템 운영관리	○ 가뭄 119, 온라인 가뭄교육체험장 본격 운영 및 콘텐츠 고도화 ○ 품질관리 활동을 통한 가뭄정보의 신뢰성 제고 및 고품 가뭄 데이터 유지	

2) 국가가물정보포털 운영현황

국가가물정보포털의 접속 통계 현황은 국가가물정보포털 관리자 페이지에 시스템 별 접속 통계 메뉴를 구현하여 기간별/메뉴별 접속통계 현황 정보를 활용하고 추가적으로 구글 애널리틱스 로그분석을 활용하여 콘텐츠 보완·개선 등 가물 콘텐츠 품질 강화 기반을 마련하였다.

국가가물정보포털의 '21년 1월부터 12월까지 접속 총괄 현황 결과이다. 총 351,103명이 접속하였고, 일평균 961명이 접속한 결과이다. 접속건수를 K-water 외부와 내부로 구분하면, 외부 344,258(98%), 내부 6,845(2%)가 국가가물정보포털을 이용하였다.

표 7.2 국가가물정보포털 접속 현황

(세션 기준, 기간: '21.01.01.~12.31)

총 계	내 부	외 부
351,103	6,845	344,258

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

월별 국가가물정보포털 접속통계 현황을 아래 표와 그림에 도식화하였다.

표 7.3 국가가물정보포털 월별 접속 현황

(세션 기준, 기간: '21.01.01.~12.31.)

구 분	방문자수	사용자 그룹		접근 기기	
	총계	외부	내부	PC	모바일
'21년 1월	18,123	509	17,614	17,652	471
2월	13,420	700	12,720	12,062	1,358
3월	25,799	838	24,961	24,780	1,019
4월	25,641	535	25,106	24,310	1,331
5월	26,648	590	26,058	25,659	989
6월	29,597	618	28,979	28,339	1,258
7월	35,696	657	35,039	34,818	878
8월	38,265	480	37,785	37,421	844
9월	35,320	419	34,901	34,419	901
10월	36,483	516	35,967	35,667	816
11월	34,450	493	33,957	33,690	760
12월	31,661	490	31,171	30,669	992
평균	29,259	570	28,688	28,291	968
최대	38,265	838	37,785	37,421	1,358
최소	13,420	419	12,720	12,062	471

‘20년과 ‘21년의 월별 접속자를 비교하면, ‘20년도에 비해 ‘21년도 상반기에 20% 더 많은 사용자가 국가가물정보포털을 접속하였다. 그리고 ‘21년 2월 국가가물정보포털 전면개편과 가물기초조사 설명회를 통해 접속자 수가 크게 증가하였지만, 이후 8월부터 접속자 수가 정체하는 추세를 보이고 있다.



그림 7.1 연도별 접속자 수 비교

메뉴별 국가가물정보포털 접속 현황을 분석하면 메인페이지를 제외하고, ①가물이란/특징/영향(6,452), ②가물의 사례(5,778), ③가물빈도(4,608) 순으로 메뉴를 이용하였다. ‘21년 2월 국가가물정보포털 전면개편 이후 메인화면을 일반정보와 전문정보로 나뉘 가물정보에 대한 접근성을 개선한 결과 가물을 쉽게 이해할 수 있는 가물개요 및 사례에 대한 메뉴가 가장 높은 접속을 차지하였다. 그리고 자체 개발하여 학계 및 민간 기업에 제공한 가물빈도 해석 프로그램의 영향으로 가물빈도가 세 번째로 높은 순위를 기록하였다.

표 7.4 메뉴별 접속 현황

순 위	메 뉴	접 속 수
1	메인 화면	314,290
2	쉽게보는가물>쉽게보는가물>가물이란/특징/영향	6,452
3	쉽게보는가물>가물이란>가물의 사례	5,778
4	가물빈도>가물감시 및 전망>가물빈도	4,608
5	가물정보 분석>가물지수>	4,168
6	가물대응및관리>가물종합상황판>	3,954
7	가물정보 분석>가물예경보발령>	3,940
8	가물정보 분석>빅데이터 가물분석>	3,904
9	상황판>가물종합상황판>	3,483
10	가물기초정보>수원현황	3,462

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 국가가름정보포털에 유입되는 디바이스와 경로를 수집할 수 있다. 사용자정보를 연령과 성별로 구분하여 분석한 결과 25~34세의 연령대이고 남성인 경우가 약 15.75%로 가장 높은 접속률을 보였고, 남자와 여자의 성비는 대략 6:4의 비율로 남자가 많이 접속하였다.

표 7.5 사용자 정보(성별, 연령) 접속 현황

순 위	성 별	연 령	접 속 수	비 율
1	남성	25-34	746	15.75%
2	남성	45-54	656	13.85%
3	여성	25-34	545	11.51%
4	남성	35-44	471	9.95%
5	남성	55-64	432	9.12%
6	남성	18-24	410	8.66%
7	여성	18-24	395	8.34%
8	여성	45-54	317	6.69%
9	여성	35-44	290	6.12%
10	여성	55-64	202	4.27%
11	남성	65이상	194	4.10%
12	여성	65이상	78	1.65%

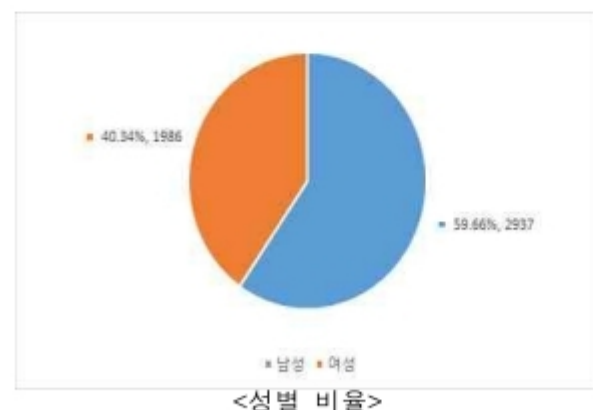
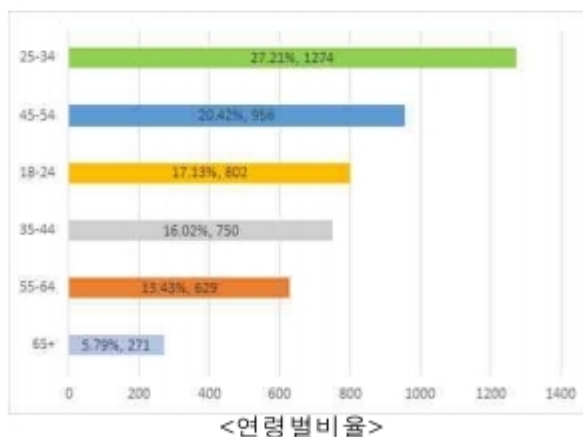


그림 7.2 사용자 분석 정보 (연령, 성별)

국가가물정보포털에 접근한 경로를 분석한 결과이다. 국가가물정보포털은 다른 사이트의 링크를 통해 접속하거나 포털 검색 사이트에서 검색 후 접속하는 경로보다 주소를 직접 입력하는 접속하는 비율이 78%로 가장 높게 나타나고 있다. 국가가물정보포털은 '19년 5월 기존 or.kr에서 국가 행정도메인인 go.kr로 URL이 변경되었으며 “drought.go.kr” 도메인을 사용하면서 국가 공인 포털로 자리매김하고 있다. 그리고 사용자가 국가가물정보포털에 접속할 때 검색하는 키워드는 작년 검색어 1위 “국가가물정보분석센터”와는 다르게 “가물 사례, 가물피해사례” 위주의 검색어들로 결과가 나왔으며 이는 국민들의 가물 피해에 대한 관심이 반영된 결과를 확인할 수 있다.



그림 7.3 국가가물정보포털 접근매체 분석정보

7.1.2 지자체 가뭄 의사결정 지원시스템 고도화

1) 추진 배경 및 목표

가뭄종합상황판, 가뭄기초조사 등 지자체 가뭄 의사결정 시스템의 기능 고도화를 통한 효율적 가뭄대응에 대한 지자체 요구와 가뭄 발생의 심각성을 정량적으로 평가하기 위해 既 개발된 가뭄빈도해석 프로그램의 분석방법 개선 필요하였다. 이에 따라 가뭄종합 상황판 기능 고도화를 통해 지자체 가뭄대응을 효과적으로 지원하고 체계적인 가뭄 기초자료 검증 프로세스로 가뭄 데이터 신뢰도 강화하며 가뭄빈도 해석 프로그램 고도화를 통해 가뭄 발생 심각성의 정량적 평가 기반을 마련코자 지자체 가뭄 의사결정 지원시스템 고도화를 추진하였다.

표 7.6 고도화 주요 추진 내용

구 분	주 요 추 진 내 용
가뭄종합상황판 고도화	□ 상황판 內 표, 이미지, 지도에 대한 데이터 시각화 □ 상황판 內 공간정보 다운로드 기능 구현(shp 등 형태) □ 기능개선(공급체계 2,3수원 표시 / 2개월 전망 추가) □ 데이터 뷰어(Data Viewer) 기능 개선
빈도해석 프로그램 개선	□ 원자료(강수량, 유입량 등)의 분석용 자료변환 및 전처리 □ 최적 확률분포함수 기반의 2변량 가뭄빈도 해석 및 결과
기초조사 검증 프로세스 개선	□ 항목별·지역별 기초조사 자료 검증기능 추가 □ 지자체 기초조사 제출자료 조회 및 검증규칙에 따른 결과

1) 가뭄종합 상황판 기능 고도화

지자체 여건 및 특성을 고려한 통합가뭄 관점의 가뭄대응 의사지원 시스템 고도화를 목표로 한 가뭄종합 상황판 기능 고도화는 지역중심 가뭄대응 지원체계 강화를 위해 가뭄종합 상황판의 활용성 증대를 위한 다양한 편의기능 및 표출정보를 추가하였다. 특히, 가뭄종합 상황판에 표출되는 표, 그림, GIS맵 등 정보를 인포그래픽(Infographics)화하여 가뭄 정보의 가시성을 향상시켰다.



그림 7.4 종합상황판 데이터 시각화

또한, 다양한 인포그래픽 표와 차트를 이용하여 가뭄종합 상황판의 정보 전달력을 강화하였다.



그림 7.5 종합상황판 인포그래픽 적용

전망맵과 2, 3수원 정보를 추가로 표출하여 가뭄종합 상황판 활용도를 개선하였다. 구체적으로 기상정보, 생공정보, 농업정보 화면에 2개월 전망 맵을 추가하였고, 급수 체계의 1수원, 2수원, 3수원 항목 선택 시, 1수원의 정보만 고정적으로 표출되고 있는 現 수원정보를 선택한 급수체계의 항목과 지도 이미지가 동일하게 구현하였다.

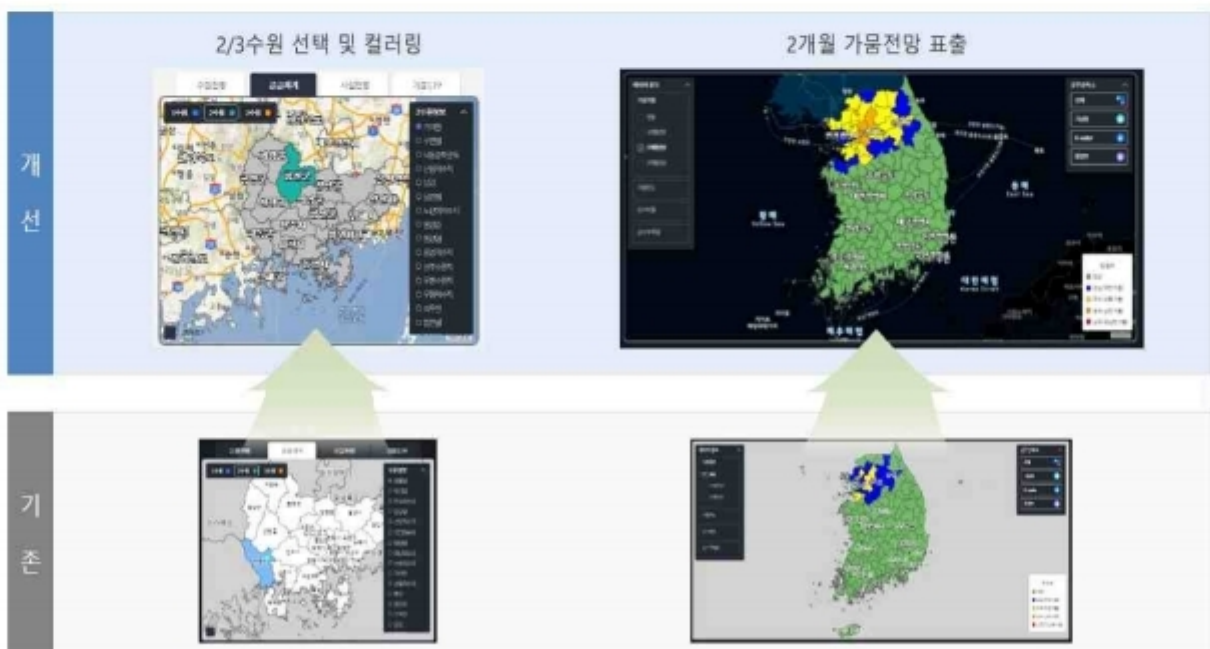


그림 7.6 공급체계 및 가뭄전망 표출 개선

2) 가뭄빈도 해석 프로그램 기능 고도화

2단계까지 既 개발·활용되고 있는 가뭄빈도 해석 프로그램의 GUI 및 일부 기능 업그레이드를 통해 사용자의 사용성을 개선하였다. 가뭄빈도 해석은 가뭄자료의 구축, 확률분포형 선택, Copula 모형 적용을 통해 과거의 가뭄 패턴을 분석하고 빈도 해석 결과를 도출하는 과정이다. 금번 가뭄빈도 해석 프로그램 기능 고도화는 이변량 빈도해석 알고리즘 적용을 통해 1~2단계에 비해 가뭄빈도 해석 정확성을 강화하였다.



그림 7.7 이변량 빈도해석 절차

이변량 빈도해석 절차의 첫 번째는 자료입력 및 분석 단계는 연속이론적용을 통한 가뭄사상 추출하는 과정이다. 입력 자료를 연속이론(run theory)에 기반한 Run Sum 을 산정하고 부족분(deficit) 산정 결과표 및 그래프를 제공하는 기능을 구현하였다.



그림 7.8 가뭄사상 추출 과정

다음 단계는 가뭄지속시간 및 가뭄심도 해석을 통한 최적 확률분포함수를 선정하는 과정으로 가뭄 변량 주변확률분포형을 선택하는 기능을 구현하였다. (Copula 함수의 경우 Deviance Information Criterion(DIC) 활용)

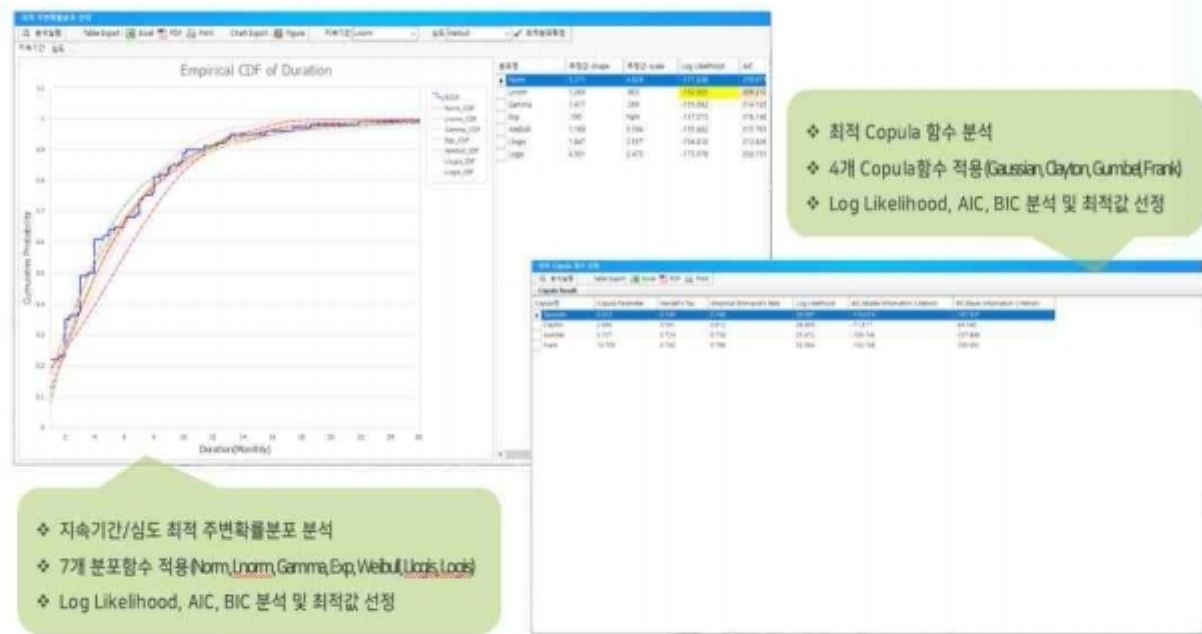


그림 7.9 최적 확률분포함수 선정

마지막 단계로 최적 확률분포함수 기반의 이변량 가뭄빈도 해석 및 결과를 처리하는 과정으로 분석 결과를 통계표, 그래프 등 다양한 형식으로 결과물을 생성하는 기능을 구현하였다.

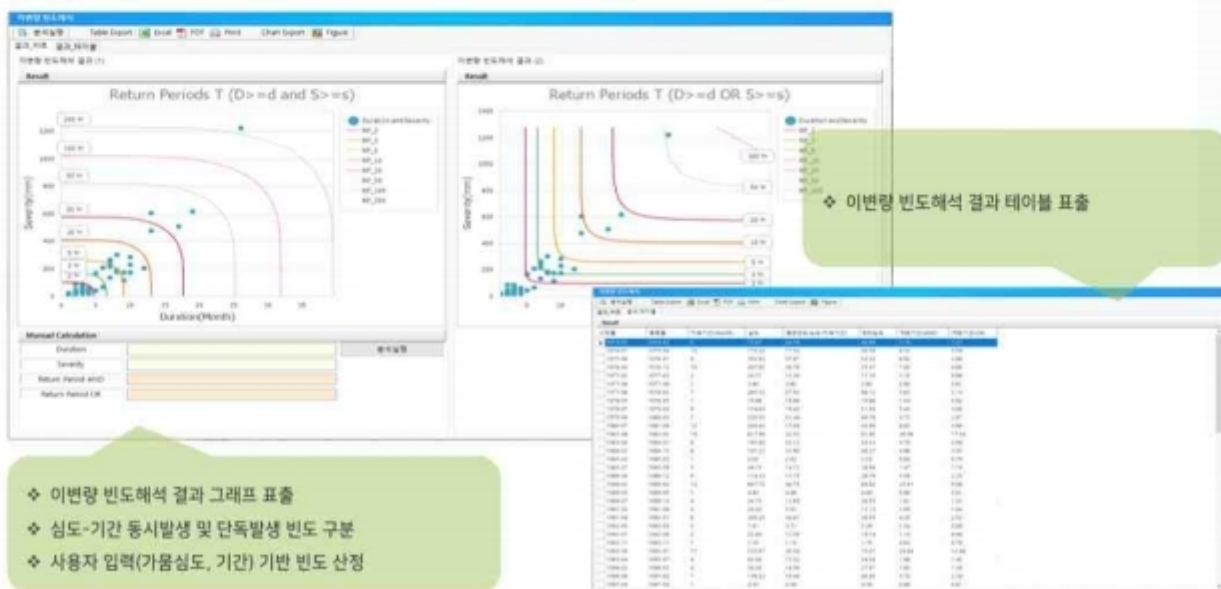


그림 7.10 이변량 가뭄빈도 해석 및 결과제공

3) 가뭄 기초자료 검증 프로세스 강화

전국 162개 지자체를 대상으로 매년 실시하는 기초자료조사 업무 프로세스에 대해 업무 분석과 기초조사 주요항목에 대해 분석하는 자료검증 프로그램을 구현하였다. 먼저 생활·공업 용수 사용량 과다·과소 여부 기준을 의하고 운휴, 폐쇄 시설의 급수 체계 반영 여부를 판단하는 기능을 구현하였다.



그림 7.11 기초조사자료 검증 기능

또한, 항목별 데이터 특성을 고려하여 수집된 기초자료를 분석하는 알고리즘을 개발하였다. 시설용량 대비 운영정보의 이상 여부 판단기준을 정의하고 매월 운영정보와 기초조사 운영정보의 데이터 비교 기능을 구현하여 가뭄 기초조사자료의 신뢰도를 제고시켰다.

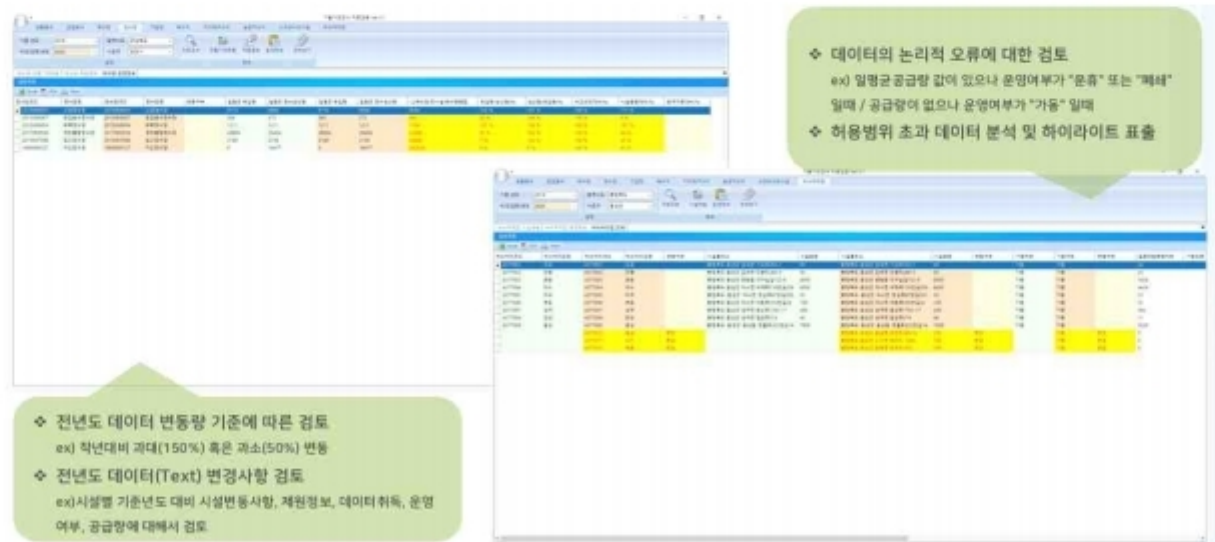


그림 7.12 항목별 분석 알고리즘 기능

7.1.3 국가가물정보포털 및 분석프로그램 유지관리

1) 국가가물정보포털 개선 및 보완

국가가물정보포털은 체계적인 가물정보 제공을 위해 통한 대내·외 요구사항을 적극 수렴·반영하였고, go.kr로 도메인 변경 이후 국가 포털로 기반을 마련하였다. 주요 개선사항은 가물 현황 및 전망의 데이터 관리 개선, 개인정보 관리체계 정립이 있었고, 그 외 기능 개선 및 오류 수정 등으로 50건을 수행하였다.

IT 담당자를 통해서만 가물 현황 및 전망의 데이터 등록, 수정 처리로 인하여 IT 담당자 부재 시 데이터 변경 사항을 빠르게 반영하기 어려웠다. 이를 개선코자 업무 담당자가 직접 데이터를 변경할 수 있는 가물 현황 및 전망 데이터 관리 기능을 개발하여 가물 데이터 관리 업무의 효율성을 개선하였다.

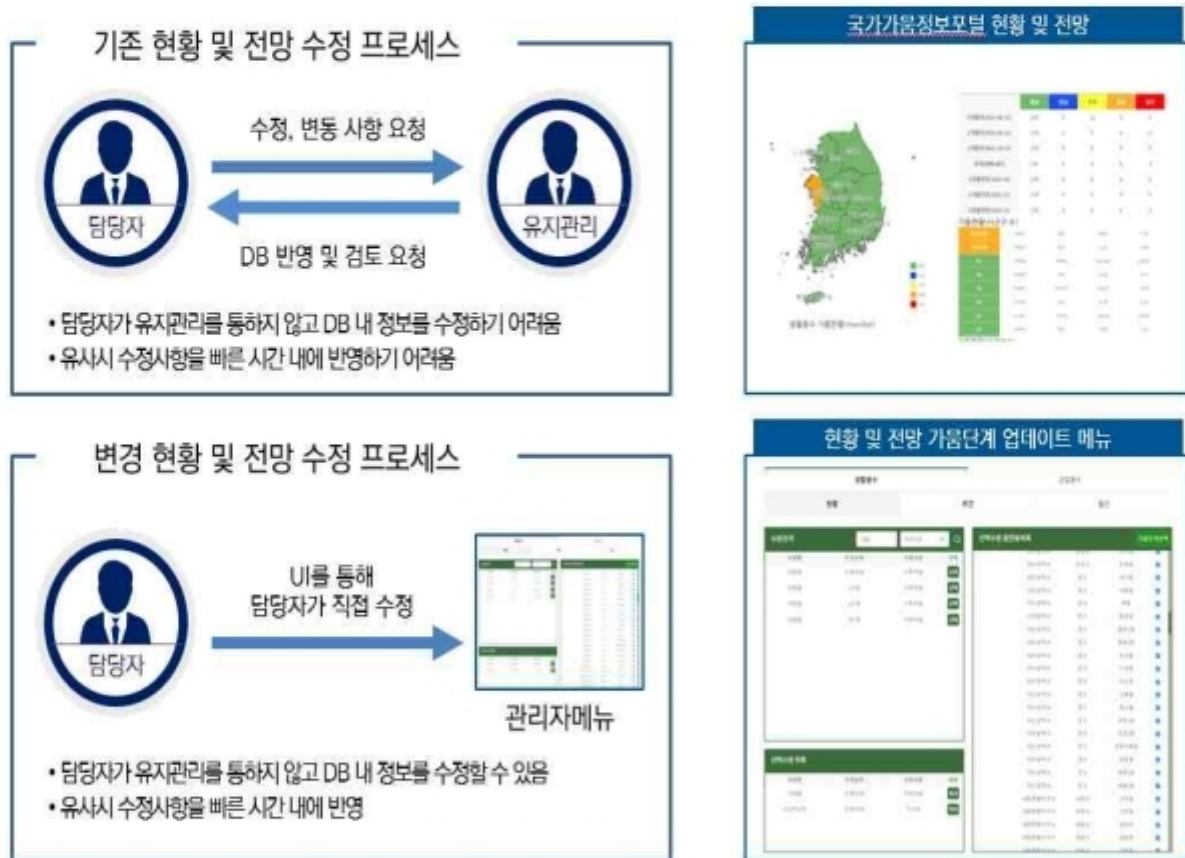


그림 7.13 가물 현황 및 전망 데이터 관리 기능

또한, 국가가물정보포털에서 수집 보유한 개인정보를 보호하고 체계적으로 관리하기 위해 개인정보에 대한 접근 권한을 부여하고 개인정보 접근 이력을 저장하는 기능을 구현하였다. 기록된 개인정보 접근 이력은 개인정보 침해사고 여부 등 매월 정기적인 점검을 통해 개인정보에 대한 지속적인 안전조치를 취하고 있다.

The diagram illustrates the process of personal information access. It starts with the **관리자 (Manager)** on the left, who has the following rights:

- 개인정보 접근 권한 부여 (Granting personal information access rights)
- GPI 인증서 정보 접근 권한 (GPI Certificate information access rights)
- 뉴스레터 수신자 정보 접근 권한 (Newsletter recipient information access rights)
- 게시판 이용자 정보 접근 권한 (Forum user information access rights)

These rights are then transferred to the **개인정보 접근자 (Personal Information Access Officer)** in the center, who can perform the following actions:

- 개인정보 접근 (Personal information access)
- 뉴스레터 사용자정보 (Newsletter user information)
- 참여마당 게시물 (Participation forum posts)
- 단비 가뭄지원 서비스 게시물 (Danbi drought support service posts)

A large blue arrow points from the Manager to the Access Officer, indicating the direction of the process.

개인정보 접근시 이력 저장

가운 DB
사용자 ID
사용자 IP
접근일시
접근개인정보
접근정보러한
접근메뉴

사용자 개인정보 권한관리 메뉴					
회원정보 관리			회원정보 관리 권한 관리		
회원정보 관리			회원정보 관리 권한 관리		
아이디	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	권한
admin@naver.com	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	권한
user@naver.com	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	권한
manager@naver.com	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	권한
employee@naver.com	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	권한
contractor@naver.com	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	권한
partner@naver.com	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	권한
affiliate@naver.com	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	권한
agent@naver.com	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	회원정보 관리	권한

그림 7.14 개인정보 접근 권한관리 및 이력 관리

표 7.7 국가가물정보포털 기능개선 및 오류수정 내용

월	개 선 내 용
1월	가뭄정보포털 빅데이터 가뭄 유해단어 제거
	온라인가뭄교육체험장 접속로그 추가
	가뭄 119 SHP 파일 생성
2월	가뭄정보포털 담당자 정보 변경
	온라인가뭄교육체험장 재생 동영상 인코딩 변경
	수원현황 지도 서비스 주소 변경
	가뭄예경보 날짜선택 오류 및 서브지도 표출 오류 수정
	가뭄정보포털 형상관리 구축
3월	생활가뭄달력 설명서, 정보출처 파일 변경
	생활가뭄달력 24절기 정보 추가
	생활가뭄달력 특·광역시 정보표시 제한 처리
	가뭄정보포털 수자원공사 내 외부망 접근시 로그인 처리 추가
	계정변경이력, 로그인/로그아웃 로그 추가
	단비서비스 설문조사 페이지 개발

월	개 선 내 용
4월	단비서비스 InternetExplorer 레이아웃 깨짐 수정
	기초조사 급수체계 등록방식 개선
	기초조사 생활용수, 공업용수 테이블 간소화
	지하수 자료분석 기초자료 현행화
	가뭄DB 연계 송신항목 DAON DB로 변경
	기초조사 2019년 데이터 SHP 생성
	가뭄대응 홍보자료 메뉴 개발
5월	기초조사 연간 일평균 계산시 윤년 고려 로직 추가
	게시판(참여마당, 단비서비스) 보안 취약점 개선
	농업용저수지 공공데이터포털 연계 모듈 개발
6월	가뭄종합상황판 리포트 다운로드 엑셀 양식 변경
	가뭄정보포털 접근실패 로그 추가
	농업기상 공공데이터포털 연계 모듈 개발
	가뭄정보포털 영문 현황 및 전망 오류 수정
7월	가뭄정보포털 메인페이지 접속 지연 문제 해결
	현황 및 전망 메뉴의 지역별 가뭄단계 등록, 수정 기능 추가
	가뭄종합상황판 종합정보 용수공급체계 2수원 미표출 오류 수정
8월	가뭄정보포털 농업용저수지 데이터 공공데이터포털 데이터로 변경
	가뭄정보포털 영문 가뭄지수 지도 표출 오류 수정
	가뭄종합상황판 지도 표출 속도 개선
	가뭄종합상황판 종합정보 농업, 기상 가뭄정보 통계 오류 수정
	가뭄빈도 최소강수량 누락 데이터 재업로드
	가뭄표준사전 도메인, 용어 일괄 수정
9월	인근관측소 신평년 66개 지점으로 데이터 변경
	공공데이터포털 기상청 동네예보 서비스를 단기예보 서비스로 변경
	가뭄종합상황판 디자인 및 문구 수정 등 UI 개선
10월	공공데이터 품질강화를 위한 테이블, 컬럼 메타데이터 현행화
	환경빅데이터 플랫폼 연계를 위한 데이터 분석 및 설계
	공공데이터 데이터 품질관리 규칙 설정
	가뭄정보포털 개인정보 접근 관리 기능 개발
11월	가뭄종합상황판 생공정보 용수공급체계 수원지역 색상 표시 오류 수정
	가뭄종합상황판 기상정보 지역 선택시 가뭄빈도 등 색상 표시 오류 수정
	환경빅데이터 플랫폼 연계를 위한 데이터 생성 프로세스 구현
	기초조사 리포팅 일평균 계산시 윤년 예외 처리
12월	가뭄 모니터링 가뭄지수비교 기능 조회 오류 수정
	웹어워드 수상내역 팝업 표출 및 팝업존 추가
	환경빅데이터 플랫폼 연계를 위한 연계 데이터 생성 및 검증

2) 가뭄정보 분석프로그램 개선 및 보완

가뭄정보 분석 프로그램은 가뭄전망 분석 모듈 및 입력자료 기능 개선을 수행하였다. 가뭄 모니터링, 가뭄전망 분석 업무를 수행하는 담당자의 요구사항을 구체화하여 가뭄정보 분석 프로그램에 반영하였다. 개선 주요 내용은 가뭄빈도 해석 시 홍수기 이후에 분석월이 6월~9월 경우에도 분석이 가능하도록 기능을 개선하였다. 가뭄정보 분석프로그램은 총 21건의 기능 개선 및 오류사항을 수정하였다.

표 7.8 국가정보 분석프로그램 기능개선 및 오류수정 내용

모듈	버전	개 선 내 용
가뭄 전망 분석 모듈	918	정량적 수문전망, 확률적 수문전망 입력자료 기본경로 수정 정량적 수문전망, 확률적 수문전망 주단위 콤보박스 데이터와 동기화 정량적 수문전망 데이터 날짜 분석일 기준 변경 확률적 수문전망 주전망 엔진파일 변경 확률적 수문전망 가중값 주단위 PDF 파싱 로직 수정 확률적 수문전망 주단위 강수량 엔진 결과 데이터로 표출 새 프로젝트 생성시 잔여 데이터 부분 삭제 (주 평균기온)
	919	확률적 수문전망 4주 계산시 10일로 계산 확률적 수문전망 강수량 상한, 하한 계산 변경 확률적 수문전망 댐 유출량 합 계산 수정 주전망 입력자료생성 날짜형식 변경 강수량자료조회 기준치 색상 변경 추가 월전망 전망자료조회 초기 전망월 변경 MetNModel 입력자료 정렬 로직 수정
가뭄 모니 터링 모듈	118	접속 DB를 DAON으로 변경
	119	전체적인 데이터 조회 오류 수정
	120	가뭄지수비교 쿼리 및 색상 변경
DB 관리 모듈	102	접속 DB를 DAON으로 변경
	103	지하수, 수질 데이터 조회 변경 실시간 정보 기준 날짜 변경 실시간 정보 > 공급시설 데이터 조회 변경

3) 국가가물정보포털 활용도 제고 노력

국가가물정보포털 이용 활성화를 위해 공무원 대상으로 주기적인 교육을 실시하나 금년에는는 코로나 19로 인하여 대면 교육이 어려워 온라인을 활용한 화상 교육과 사이버교육 콘텐츠 개발 등 비대면 기반의 가물 교육과 홍보 행사를 실시하였다.



그림 7.15 국가가물정보포털 교육 사진

또한, 국가가물정보포털은 '2018 굿콘텐츠서비스대상', '2019 데이터 품질대상'에서 각각 우수상, 최우수상을 수상하는 등 권위 있는 시상식에서 연이은 수상에 이어 2021년에는 '웹어워드 코리아'에서 '콘텐츠 이노베이션 대상'을 수상하였다.

올해 18회를 맞은 '웹어워드 코리아'는 인터넷 전문가 4천여명으로 구성된 평가 위원단이 선정하는 국내 최고권위의 웹사이트 평가 시상식으로 437개 웹사이트를 대상으로 약 한 달간 디자인, UI/UX, 브랜드, 기술, 콘텐츠, 서비스, 마케팅 등 13개 부문 74개 분야에 대해 심사하였고, '국가 차원의 가물정보 통합', '쉽고 정확한 정보의 전달', '어린이부터 전문가까지 맞춤형 콘텐츠' 등 국가가물정보포털의 콘텐츠 혁신성과 우수성을 높이 평가를 받아 부문별 최고 수상 중 하나인 '콘텐츠 이노베이션 대상'을 수상하였다.



그림 7.16 '21년 웹어워드 이노베이션 대상 사진

7.2 가품정보 통합DB 운영관리 및 성과

7.2.1 국민 체감형 가품정보 개방

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. 가품정보 통합DB는 사회안전망 강화 영역에 포함되어 국가 중점데이터 개방사업을 추진하였다.

가품정보 통합DB는 '19년 「가품통합정보 개방 및 품질관리 체계」과 '20년 「국가 가품 대응정보 개방체계」구축에 이어 정부 국정과제인 '국가 중점데이터 개방지원 사업'에 3년 연속 선정되어 「국민 체감형 가품정보 개방」을 추진하였다. 개방사업의 목적은 국민이 가품을 쉽게 체감하고, 물 절약 등 실제 행동을 통해 가품대응에 동참할 수 있는 국민 체감형 가품정보 6종에 대한 자료 수집 및 DB 구축으로 국민들의 가품 심각성 및 물 절약에 대한 인식 전환을 유도하는데 있다.



그림 7.17 '21년 국가중점데이터 사업범위

2) 정보 수집 및 생산 방안

본 사업은 국민이 가뭄을 쉽게 체감하고 물 절약 등 가뭄대응에 실질적으로 동참할 수 있는 체감형 가뭄정보를 조사하여 개방하는 사업으로 이를 위해 첫째로 체감형 가뭄정보 조사하고 데이터베이스화하고, 둘째로 국민 체감형 가뭄지수 정보 생산 체계 및 데이터를 마련하며, 셋째로 국민 가뭄 물절약 인식정보 데이터베이스를 구축하여 국민에게 개방하는데 목적이 있다.

먼저 체감형 가뭄정보 조사하고 DB화하기 위해서 국민이 실제 체감할 수 있고 행동을 유발할 수 있는 체감형 정보 선행사례를 조사하고 분석하였다. 이를 바탕으로 반영 가능한 체감형 가뭄정보 콘텐츠를 도출하고 도출된 콘텐츠를 일반인 자문단의 검토를 통해 국민 체감형 가뭄정보 콘텐츠를 최적화하였다.



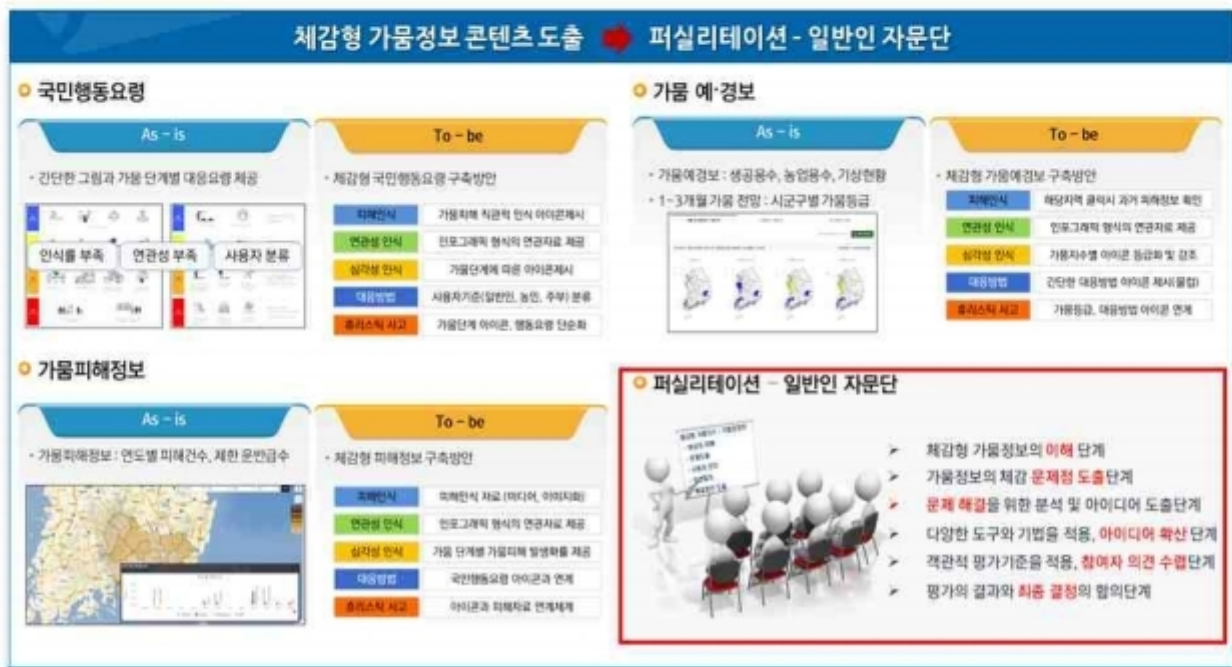
그림 7.18 체감형 가뭄정보 조사 및 생산 프로세스

세부적으로 국민이 실제 체감할 수 있고 행동을 유발할 수 있는 체감형 정보 사례 조사는 미세먼지, 기상 등 타 기관에서 제공하는 체감형 정보 선진 사례를 정보, 사용자, 지역특성, 콘텐츠, 인식유도 등 고려하여 조사하고 그 결과를 가뭄정보 콘텐츠에 적용 가능한지 검토하였다. 또한, 가뭄 피해 인식, 가뭄 이해 연관성 인식, 심각성 인식, 대응요령 동기부여, 휴리스틱 생각지원 등 국민이 가뭄을 이해하고 판단하여 행동으로 이어질 수 있는 체감형 가뭄정보 생산 가이드라인 5원칙을 반영한 체감형 가뭄정보 콘텐츠를 도출하였다.



그림 7.19 선행자료 조사 및 체감형 가뭄정보 생산원칙

도출된 가뭄정보 콘텐츠에 대해 농민, 주부 등 국민 유형별 의견수렴을 위해 시민 자문단을 운영하였다. 시민자문단은 구성원들이 효과적인 기법과 절차에 따라 적극적으로 참여하고 상호작용을 촉진하여 목적을 달성하도록 돕는 퍼실리테이션 방식으로 운영하였다. 퍼실리테이션을 통해 시민자문단은 기초설문조사, 체감정보 교육, 아이디어 도출, 아이디어 확산, 참여자 의견수렴, 최종결정 및 합의 절차를 수행하여 체감형 가뭄정보를 최적화를 하였다.



퍼실리테이션 - 일반인 자문단

- 체감형 가뭄정보의 이해 단계
- 가뭄정보의 체감 문제점 도출단계
- 문제 해결을 위한 분석 및 아이디어 도출단계
- 다양한 도구와 기법을 적용, 아이디어 확산 단계
- 객관적 평가기준을 적용, 참여자 의견 수렴 단계
- 평가의 결과와 최종 결정의 합의단계

그림 7.20 체감형 가뭄정보 콘텐츠 도출 방법

3) 개방 DB 및 OpenAPI 제공체계 구축

개방DB 및 OpenAPI 제공체계 구축은 조사된 가물 데이터를 개방이 가능하도록 개방 데이터셋을 구성하고 국가 및 K-water 데이터포털에서 국민이 이용할 수 있는 OpenAPI로 제공하는 과정으로 이루어진다.



그림 7.23 개방 DB 및 OPEN API 개념도

개방한 가물 데이터 6종은 통합예경보지수, 종합 가물체감지수, 물공급 체감 지수 등 국민 체감형 가물정보 3종과 가물 인식, 물절약 인식, 가물정보 활용 등 가물 물절약 인식정보 3종이다.

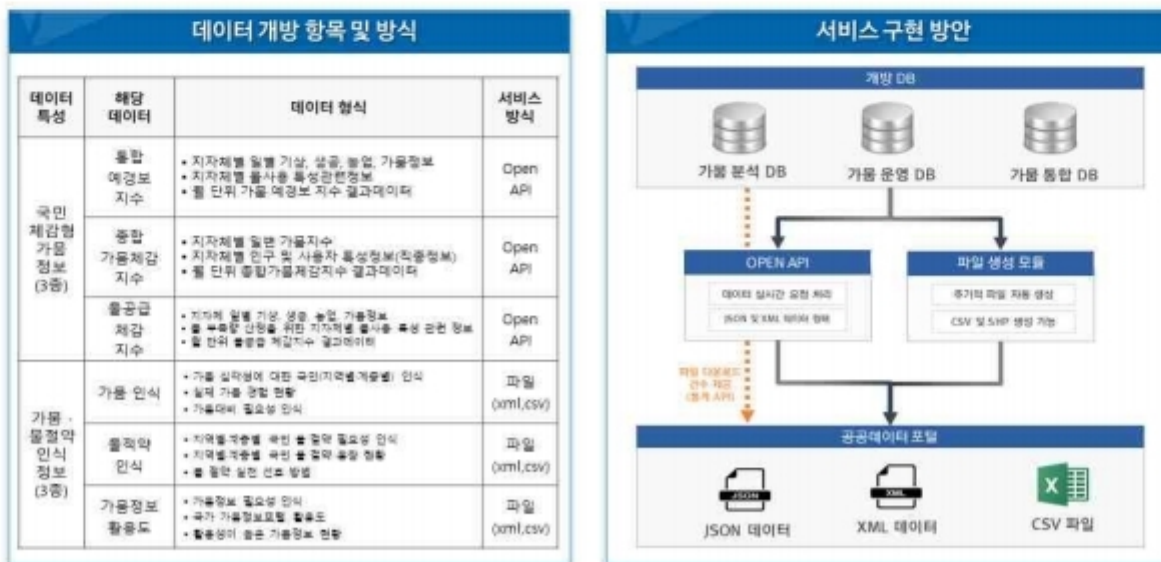


그림 7.24 데이터 개방 항목 및 구현 방식

4) 국가 중점데이터 활용도 제고 노력

공공데이터 개방 증가로 국민이 필요한 데이터를 찾고 활용하기 복잡해짐에 따라 공공데이터의 쉽고 편리한 이용 지원을 위한 '행안부 공공데이터 설명회'에 참석하여 정부 유튜브 채널를 통해 국민에게 개방 중인 가뭄 공공데이터 현황과 활용사례를 적극 홍보하였다.



그림 7.25 행안부 공공데이터 설명회 사진

또한, 대국민 설문을 통해 공공데이터에 대한 활용경험이 있고 개선활동에 참여의사가 있는 공공데이터 수요그룹을 선별하여 국민참여단으로 구성하고, 이를 대상으로 가뭄 데이터 개방 및 활용현황에 대한 직접적인 의견 수렴과 신규 수요 파악을 위한 회의를 온라인으로 개최하였다. 회의를 통해 논의된 다양하고 참신한 국민의 의견은 가뭄 데이터 개방 시 적극 반영할 계획이다.



그림 7.26 공공데이터 국민참여단 의견수렴 사진

7.2.2 가물 DB 품질 개선 활동 및 성과

1) 데이터 품질개선 계획 수립

가물통합 DB는 작년에 이어 “국가 공공데이터 품질 1등급 달성” 및 가물 데이터 개방을 위해 가물통합 DB에서 생산·관리 하는 데이터의 품질개선 계획을 수립하였다. 그 결과 가물통합 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 22조에 및 같은법 시행령 제 17조(품질진단·개선) 등 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 7.27 공공데이터 품질관리 수준평가 추진근거

공공데이터 품질관리 수준평가는 2개 영역(관리체계, 값), 11개 지표로 평가된다. 기관 품질관리영역은 K-water 데이터품질관리 전담부서에서 담당하고, DB품질관리와 데이터 품질관리 영역은 개별 시스템 담당부서의 평가가 이루어진다.

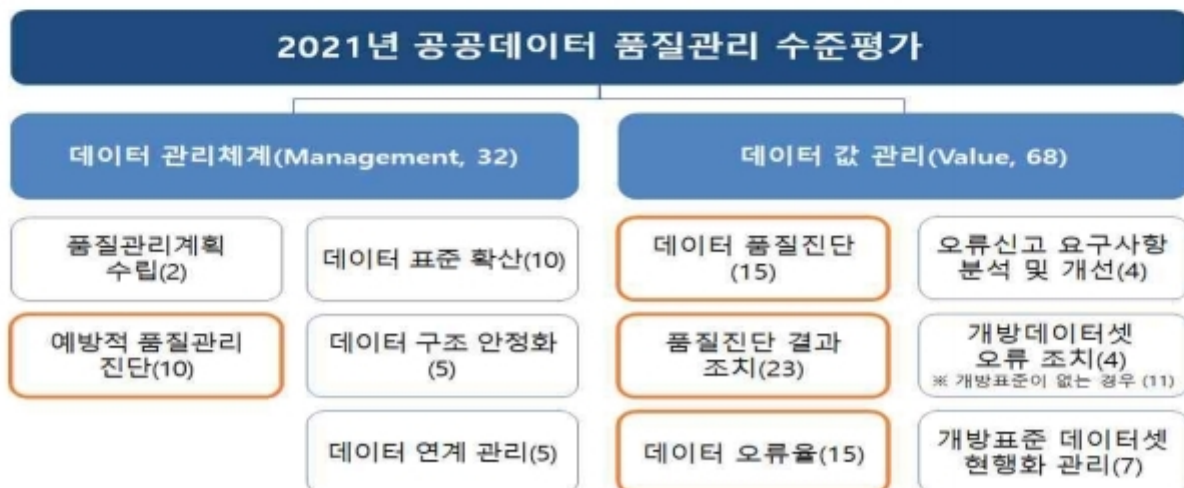


그림 7.28 공공데이터 품질관리 수준평가 지표

그간 가뭄통합 DB는 '18년도부터 지속적으로 품질진단, 오류율 개선을 수행하였다. '18년도 가뭄DB 품질관리체계 구축을 위해 업무규칙을 개발하고, 상시 점검이 가능한 품질관리 프로그램을 자체개발하여 운영하였다. 그리고 '19년도에 공공기관 공공데이터 품질관리 수준평가 추진에 선도적으로 K-water 시범평가 대상DB로 진단 및 품질개선 활동을 꾸준히 수행하였으며, 국가중점 데이터 지원 사업에 선정되어 가뭄통합DB 개방 및 품질관리체계를 구축하였다.

그 결과 과기정통부 주관 **“2019년 데이터 품질대상”**에서 **최우수상**을 수상하였고, '19년도 시범평가에서는 공공데이터 품질관리 수준평가 1등급을 달성하였다. '20년부터 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 7.9 공공데이터 품질관리 계획

년도	계획 내용
'20년 계획	① 데이터관리포털 사용 내재화로 사내 표준관리 강화 1) 시스템 활용 내재화 2) 메타데이터 관리 ② 데이터 표준 준수 점검 및 조치 1) 표준준수 이행 점검 2) 표준적용확대 3) 표준화기술지원 ③ 데이터베이스 구조관리 1) 구조관리 실시 ④ 데이터관리포털 사용 의무화 시행 및 정례화 ⑤ 년 2회 데이터 품질진단 및 개선 ⑥ 행정경계데이터 현행화 ⑦ 전사 표준 반영률 향상
'21년 계획	① (날짜) 날짜 형식 포맷 정비 ② (여부) 두 가지 이외의 데이터 정비 ③ (코드) 진단규칙 재검토와 코드값 외 데이터 정비

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 우리공사에서 개발한 거버넌스 프로그램인 데이터관리포털을 통해 진단기준 설정 및 데이터 품질진단을 실시하고, 가뭇정보 품질관리 시스템을 통한 값 오류개선 활동을 지속적으로 추진하였다.

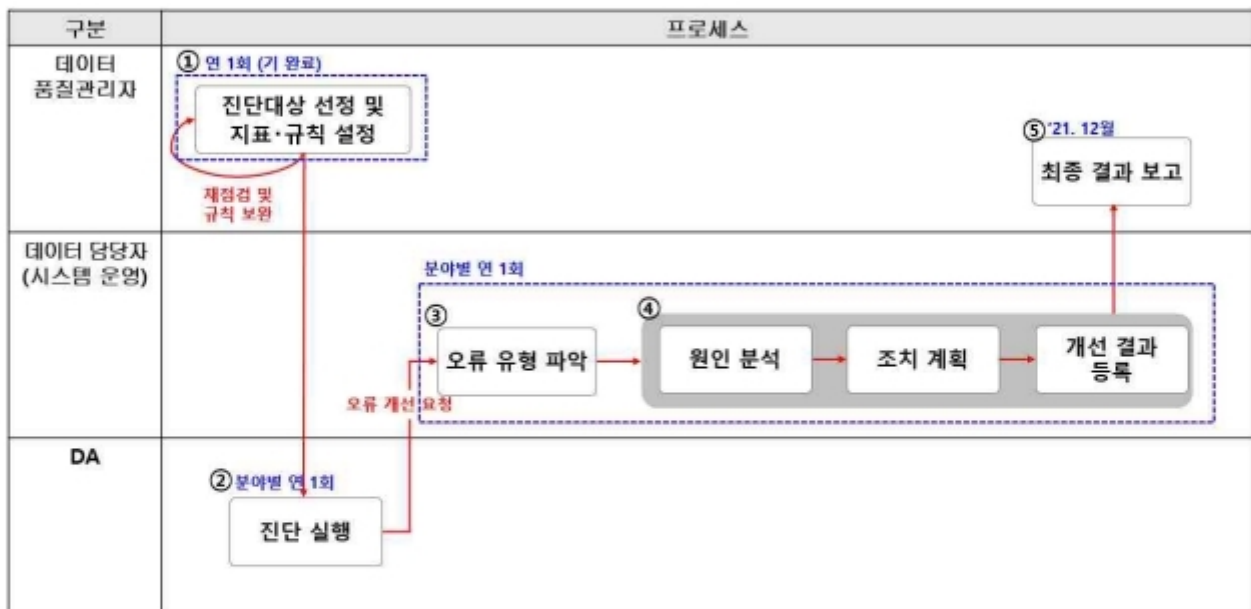


그림 7.29 진단대상 및 정비 프로세스

가뭇통합 DB의 진단 대상 테이블은 전체 테이블 586개 중 테이블 제외기준(임시, 시스템 관리, 로그, 백업, 미사용)을 적용하여 285개 테이블, 2603개의 컬럼을 진단대상로 선정하였다.

표 7.10 진단대상 테이블 현황

구분	내용	구분	내용
테이블	285/586	대상율	48.63%
컬럼	2,603/8,709	제외율	70.11%
도메인규칙	2603/2603	실행율	100.0%
관계규칙(FK)	37/37	실행율	100.0%
업무규칙	8/8	실행율	100.0%

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

데이터 구조 활동으로는 가물통합 DB의 데이터 구조 관련된 산출물(데이터베이스 정의서, 테이블 정의서, 컬럼정의서, ERD)를 100% 현행화작업(일부테이블 제외 : 임시, 로그, 패키지, 시스템관리용 등)을 수행하였다.

데이터 연계체계 정비활동으로는 연계 데이터 목록을 정의하고, 연계 데이터의 품질점검을 1회이상 실시하고, 가물통합 DB 품질관리 프로그램을 통해 송·수신 이력을 관리하였다. 데이터 품질검증 자체 프로그램은 품질관리 업무규칙 41종에 대해 데이터 품질(오류율) 검증 프로그램을 자체 개발 및 운영하여 데이터 값의 신뢰도를 확보하였다. 품질관리 업무규칙 선정 기준은 가물분석에 활용하거나, 대외 개방, 주기적 생산 여부로 정하였다.

번호	구분	규칙명	대상 데이터	상태	검증수행일자	검증 결과	상세보기
1-1	데이터 완전성	외부 기상청 WWS 연계 가물지수 정보 정상 수신 여부	DR_INFOUT_WWS_SPI	실행	2021-12-15 13:35:41	정상	
1-2	데이터 완전성	외부 기상청 WWS 연계 ASOS 및 운영정보 정상 수신 여부	DR_INFOUT_WWS_ASOSIF	실행	2021-12-15 13:35:44	정상	
1-3	데이터 완전성	외부 기상청 WWS 연계 농약중독사 및 상태 정보 정상 수신 여부	DR_INFOUT_WWS_EKRDAM	실행	2021-12-15 13:35:44	정상	
1-4	데이터 완전성	외부 농약중독사 연계 농약중독사기 운영정보 정상 수신 여부	DR_INFOUT_APL_EKRDAM	실행	2021-12-15 13:35:44	정상	
1-5	데이터 완전성	외부 국가수자원관리통합정보시스템 연계 수위 데이터 정상 수신 여부	DR_EMGORG_API_CTORH	실행	2021-12-15 13:35:44	정상	
1-6	데이터 완전성	내부 운영통합 연계 수위 데이터 정상 수신 여부	DR_INFON_TECH_DUAOTVIL	실행	2021-12-15 13:35:50	정상	
1-7	데이터 완전성	내부 운영통합 연계 일 강수량 정보 정상 수신 여부	DR_INFON_TECH_DUAOTRF	실행	2021-12-15 13:35:52	정상	
1-8	데이터 완전성	내부 물자기상시스템 연계 ASOS 및 운영정보 정상 수신 여부	DR_INFON_TECH_DUAOTRF	실행	2021-12-15 13:35:52	정상	
1-9	데이터 완전성	내부 운영통합 연계 일 일 강수량 정보 정상 수신 여부	DR_INFON_TECH_DUAOTDAMF	실행	2021-12-15 13:35:52	정상	
1-10	데이터 완전성	내부 물자기상시스템 연계 AWS 일 강수량 정보 정상 수신 여부	DR_INFON_TECH_DUAOTRF	실행	2021-12-15 13:35:42	정상	
1-11	데이터 완전성	내부 물자기상시스템 연계 지상 수위 정보 정상 수신 여부	DR_INFON_TECH_DWTUNDOTDAT	실행	2021-12-15 13:35:42	정상	
1-12	데이터 완전성	내부 물자기상시스템 연계 ASOS데이터 정상 수신 여부	DR_INFOUT_D_WEATHER	실행	2021-12-15 13:35:42	정상	

그림 7.30 가물 데이터 품질검증 자체 프로그램

데이터 오류율 개선 활동으로는 품질진단 대상을 정의하고, 도출된 업무 규칙명세서(BR)에 따라 자체 개발한 거버넌스 프로그램인 데이터관리포털을 통해 품질진단과 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 구축하였으며 '21년 전사 확대를 통하여 품질진단 및 개선을 실시하여 자체적인 데이터 관리체계를 확립하였습니다.



그림 7.31 K-water 데이터 품질관리 포털

품질 솔루션의 도입과 함께 데이터 오류여부 검증 룰 세팅 관련하여 사용자 업무 관점의 진단 규칙 발굴을 진행하였다. 가물통합DB는 '18년 자체 추진한 업무규칙과 '19~'20년도 국가중점 데이터 지원사업에서 발굴된 업무규칙을 “K-water 데이터 품질관리 포털”에 등록하였다. 그리고 '21년 추진한 “지자체 가물 의사결정 지원시스템 고도화”용역과 “국민 체감형 가물정보 개방체계 구축”사업에서 추진된 신규 개방 데이터에 대해서도 데이터 관점의 규칙을 도출 하였다. 향후 업무분야의 지식을 바탕으로 업무규칙을 추가할 필요가 있다.

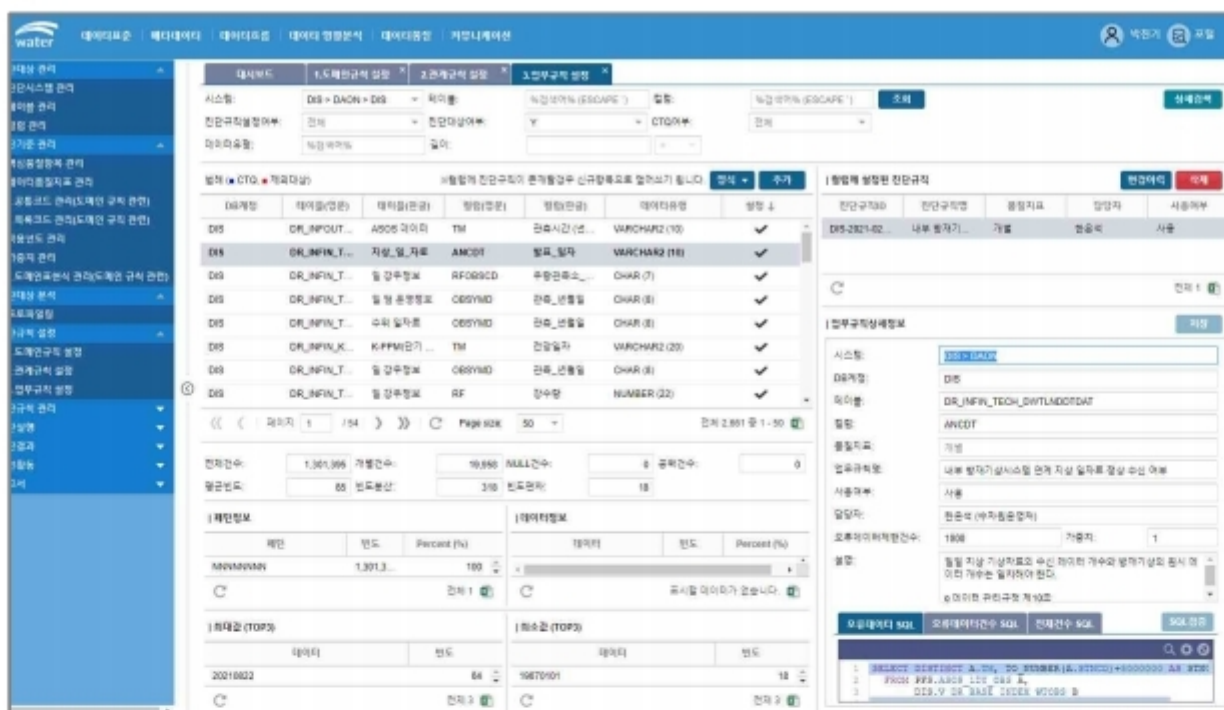


그림 7.32 데이터 품질관리 포털 (업무규칙 관리 기능)

3) 데이터 품질개선 추진 결과

가물통합 DB 데이터 품질개선 추진결과 공공데이터 품질관리 수준평가(구축·운영)에서 1등급을 달성하였다. 표준은 가물 통합DB 전체 컬럼 중 90% 이상의 데이터 표준을 반영하였고, 구조는 전체 테이블 100% 산출물 현행화하였다. 그리고 오류율은 데이터 품질 값 오류율 0.002%로 1등급을 달성하였으며 평가지표별 획득점수는 아래표와 같다.

표 7.11 공공데이터 품질관리 수준평가 가물시스템 평가결과

평가지표	5등급	4등급	3등급	2등급	1등급	배점	획득점수	합계
데이터 표준 확산	○	○	○	○	○	10	10	73 (만점)
데이터 구조 안정화	○	○	○	○	○	5	5	
데이터 연계 관리	○	○	○	○	○	5	5	
데이터 품질진단	○	○	○	○	○	15	15	
품질진단 결과 조치	○	○	○	○	○	23	23	
데이터 오류율	○	○	○	○	○	15	15	

7.3 성과 및 평가

가뭄정보 분석시스템은 가뭄종합 상황판의 일관된 표 위주의 시설 및 현황정보를 지자체 담당자 활용성 증대를 위한 편의기능 및 표출정보로 개선하여 지자체 여건 및 특성을 고려한 통합가뭄 관점의 가뭄대응 의사 지원 시스템 고도화를 통해 지역 중심 가뭄대응 지원체계 실현에 노력하였으며,

매년 시행되는 전국 지자체 가뭄 기초조사 자료의 엑셀 수기 검토를 알고리즘 기반의 기초자료검증 체계로 개선하여 기초자료의 정확도 제고 및 신뢰도 향상을 통해 효과적인 가뭄대응 의사결정 지원하였다.

더불어, 국가 가뭄 예경보 시행 및 민간의 풍수해 저감 계획 수립 등 가뭄의 재현 기간 분석을 위한 프로그램 개발 및 활용 필요에 따라 “2변량 가뭄빈도해석 프로그램” 제작하고 대내외 배포하여 국내 가뭄분석 기술을 선도하였다.

이러한 노력의 결실로 국내 최고권위의 웹사이트 평가 시상식인 ‘웹어워드 코리아 2021’에서 ‘콘텐츠 이노베이션 대상’을 수상하여 콘텐츠의 혁신성과 우수성을 입증하였다.

향후 가뭄정보 분석시스템은 국민이 가뭄상황을 쉽고 직관적으로 이해할 수 있는 체감형 가뭄정보를 마련하여 국민의 가뭄정보 접근성을 제고할 계획이다.

수도꼭지만 틀면 물이 정상적으로 공급되기 때문에, 실제 가뭄이 심화되어 물 공급이 중단되기 전까지 대부분의 국민들은 가뭄을 체감하기 어렵고 국가 가뭄 예경보를 통해 지역별로 가뭄 단계가 발령되고, 단계별 국민 행동요령이 제공되고 있으나 참고자료에 불과하여 실질적인 물 절약 효과는 미미한 수준이며 우리나라는 물값이 다른 선진국과 비교해 봤을 때 적은 수준이며, 다른 공공요금과 비교 시에도 매우 저렴하기 때문에, 국민들의 물 절약 필요성 인지가 부족한 실정이다.

이에 가뭄정보 분석시스템은 기존 공학적 기반에서 생산된 가뭄 정보를 국민의 관점에서 이해하기 쉽고 효율적으로 정보를 생산·전달하기 위한 국민 체감형 가뭄정보 서비스를 제공하여 가뭄 발생시 국민들의 자발적인 물절약 참여로 가뭄 재난 문제를 해결하는데 앞장 설 것이다.

제8장 가뭄정보 서비스



환경부



국가가뭄정보분석센터
National Drought Information Analysis Center

제8장 가뭄정보 서비스

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 '20년부터 본격적인 운영을 시작하였으며 '21년에는 사용자 편의성과 직관성을 대폭 향상하고 물관리 협력과제로 진행된 농업정보를 추가하였다.

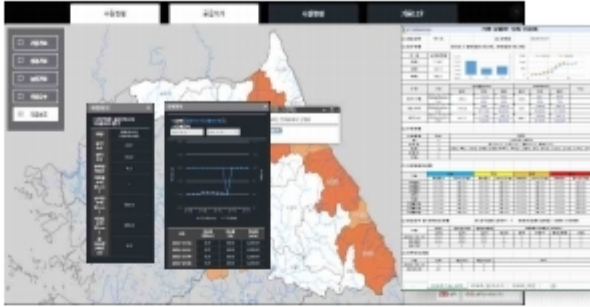
2) '21 주요 추진내용

가뭄종합상황판은 생활 및 공업용수를 기준으로 정보를 제공하고 있으며 시도, 시군구, 환경부 가뭄 및 방재 담당자가 국가가뭄정보포털(www.drought.go.kr)접속 후 지자체별로 부여된 고유 아이디 접속만으로 별도의 설치없이 웹환경에서 활용할 수 있도록 편의성을 제공하고 있다.

'21년도에는 사용자 편의성을 대폭개선하고 종합정보의 통계기능 강화하였고 기상정보, 생공정보를 세부정보로 새롭게 추가하였으며, 물관리 협력과제로 농업정보를 추가하였다.

표 8.1과 같이 크게 새로게 리뉴얼하여 종합화면과 기상정보, 생공정보, 농업정보로 정보를 제공하였으며 지자체 별로 맞춤형으로 의사결정에 필요한 정보를 GIS map 기능과 검색한 정보를 엑셀로 다운로드 할 수 있는 기능을 강화하여 실무에 손쉽게 활용할 수 있도록 제공하였다.

표 8.1 가뭄종합상황판 주요기능

주요화면	기능설명
	○ 공통기능 - GIS map : 4가지 속성탭과 10개 시설 그룹의 포인트 정보 레이어 제공 - 다운로드 : 검색 정보(차트, 표, 통계)를 엑셀로 다운로드할 수 있는 기능 제공 - 정보확인 : 하이퍼링크기능(차트 및 표)을 통한 상세정보 제공
	○ 종합정보 - GIS Map, 가뭄 현황·전망, 기상현황, 생공현황, 농업현황, 가뭄119, 언론 정보 ☞ 지역별 및 기간별 정보, 시설별 제원 및 운영정보 제공
	○ 기상정보 - 누적강수량, 강수부족량, 강수예보, 1개월 전망, 기상관련 맵 정보 ☞ 기상의 현재 상황부터 전망까지 한눈에 파악할 수 있도록 정보제공
	○ 생공정보 - 수원현황, 공급시설별 현황, 공급체계, 비상급수현황 정보 ☞ 생공용수를 공급하는 수원의 상세정보와 공급받는 지역의 정보를 한눈에 제공
	○ 농업정보 - 기상현황, 농업용 저수지 현황, 지하수현황 정보 ☞ 대체 수원 활용 등을 위한 지역내 농업용 저수지 제원 및 운영정보 제공

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.

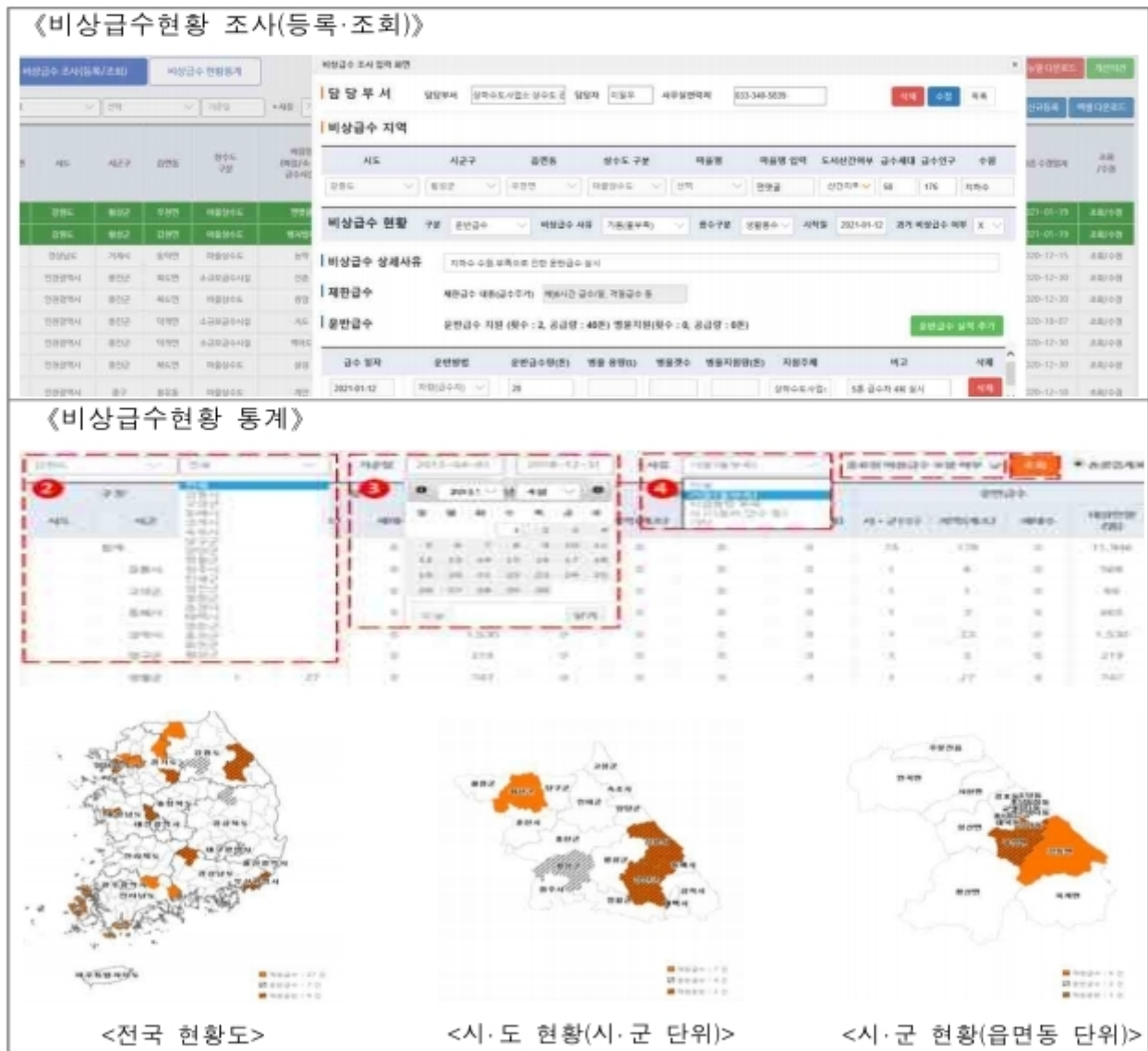


그림 8.1 비상급수현황 조사시스템

2) 2021년 비상급수 운영 현황('21.1~12월)

운영('21.1.1 ~ 12.31)기간 동안 지자체 담당자는 시스템에 총 6,125건(일평균 17건) 접속하였으며, 총 23개 지자체(시·군)에서 225건(지역)의 비상급수 현황 등록 및 관리를 하였다. 그 중 물부족(가뭄)으로 인해 발생한 경우는 18개 지자체에서 118건이었다. 피해 건수는 총 118건 중 강원도에서 73건, 전라남도에서 23건, 인천광역시에서 15건 순으로 등록되었다. 피해 인원은 총 9,949명 중 인천광역시 3,831명(39%), 강원도 3,548명(36%), 경상남도 1,720명(17%)순으로 등록되었다.

표 8.2 비상급수 발생현황('21.1~12월)

구 분	합 계				제한급수				운반급수				제한+ 운반급수			
시도	시군	지역	발생	인원	시군	지역	발생	인원	시군	지역	발생	인원	시군	지역	발생	인원
	(수)	(개소)	건수	(명)	(수)	(개소)	건수	(명)	(수)	(개소)	건수	(명)	(수)	(개소)	건수	(명)
합 계	18	114	118	9,949	2	2	2	1,586	16	106	110	5,995	3	6	6	2,368
인천광역시	2	15	15	3,831	-	-	-	-	1	10	10	1,495	2	5	5	2,336
강원도	8	69	73	3,548	-	-	-	-	8	68	72	3,516	1	1	1	32
전라남도	2	23	23	531	1	1	1	76	2	22	22	455	-	-	-	-
경상남도	3	4	4	1,720	1	1	1	1510	2	3	3	210	-	-	-	-
경상북도	3	3	3	319	-	-	-	-	3	3	3	319	-	-	-	-

* 물부족(가뭄)으로 인해 발생한 경우

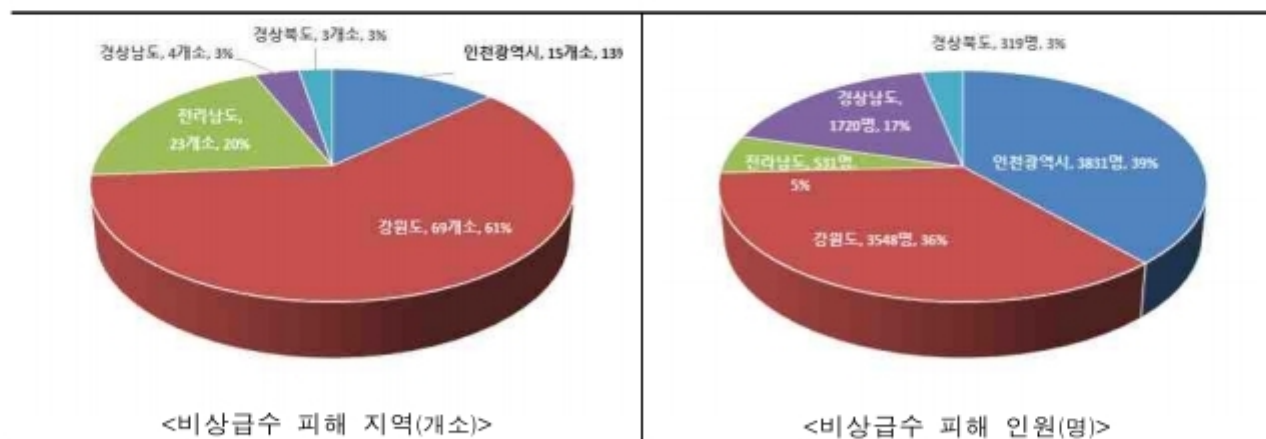


그림 8.2 2021년 비상급수 발생현황 차트

수도보급 기준으로 나누어보면, 상수도보급지역에서 비상급수 2건이 발생하였고 피해인원은 1,586명이었다. 경상남도 통영시(옥지면, 옥지수원지), 전라남도 진도군(조도면, 해수담수화)에서 제한급수를 실시하였다. 미보급지역에서는 116건이 발생하였고, 피해 인원은 8,363명이었다.

표 8.3 2021년 비상급수 발생현황(수도보급 기준)

구 분	합 계				제한급수				운반급수				제한 + 운반급수			
시도	시군지역 (수)	발생 (개소)	지역 (건수)	인원 (명)	시군지역 (수)	발생 (개소)	지역 (건수)	인원 (명)	시군지역 (수)	발생 (개소)	지역 (건수)	인원 (명)	시군지역 (수)	발생 (개소)	지역 (건수)	인원 (명)
합 계	18	114	118	9,949	2	2	2	1,586	16	106	110	5,995	3	6	6	2,368
상 수 도 보급지역	2	2	2	1,586	2	2	2	1,586	-	-	-	-	-	-	-	-
경 상 남 도	1	1	1	1,510	1	1	1	1,510	-	-	-	-	-	-	-	-
전 라 남 도	1	1	1	76	1	1	1	76	-	-	-	-	-	-	-	-
미보급지역	17	112	116	8,363	-	-	-	-	16	106	110	5,995	3	6	6	2,368
인천광역시	2	15	15	3831	-	-	-	-	1	10	10	1495	2	5	5	2336
강 원 도	8	69	73	3548	-	-	-	-	8	68	72	3516	1	1	1	32
전 라 남 도	2	22	22	455	-	-	-	-	2	22	22	455	-	-	-	-
경 상 남 도	2	3	3	210	-	-	-	-	2	3	3	210	-	-	-	-

* 합계의 시군(수)는 중복 제외

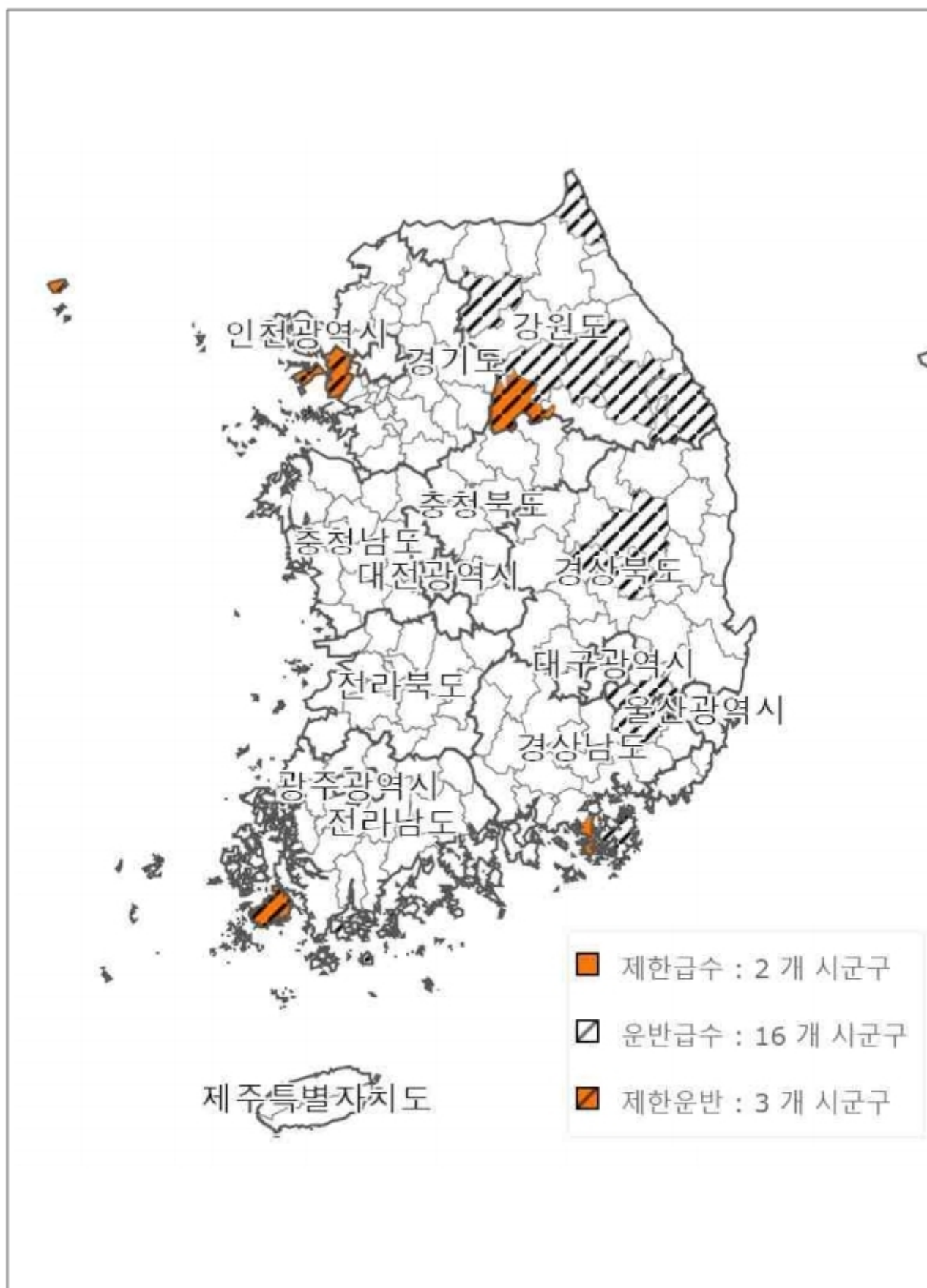


그림 8.3 2021년 비상급수 발생현황 지도

시기별 비상급수 발생현황을 살펴보면, 동절기(1~2월)에 전국적으로 강수량 부족으로 인해 비상급수 피해인구가 6,000명 이상이었으나, 3월 이후 발생한 강수로 인해 비상급수 피해인원이 소폭 감소하였다.

표 8.4 월별 비상급수 피해인구

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
합계	7,714	6,776	6,038	5,594	5,683	5,682	6,063	6,865	6,195	6,162	6,162	6,162
제한	1,586	1,586	1,586	1,586	1,586	1,586	1,586	1,586	1,586	1,586	1,586	1,586
운반	3,792	2,854	2,116	1,640	1,729	1,760	2,141	2,943	2,273	2,240	2,240	2,240
제한+운반	2,336	2,336	2,336	2,368	2,368	2,336	2,336	2,336	2,336	2,336	2,336	2,336



그림 8.4 월별 비상급수 피해인구

아래 그림은 '21년 1월부터 12월까지 월별로 물부족(가뭄)으로 인해 발생한 비상급수 현황을 보여주는 지도이다.

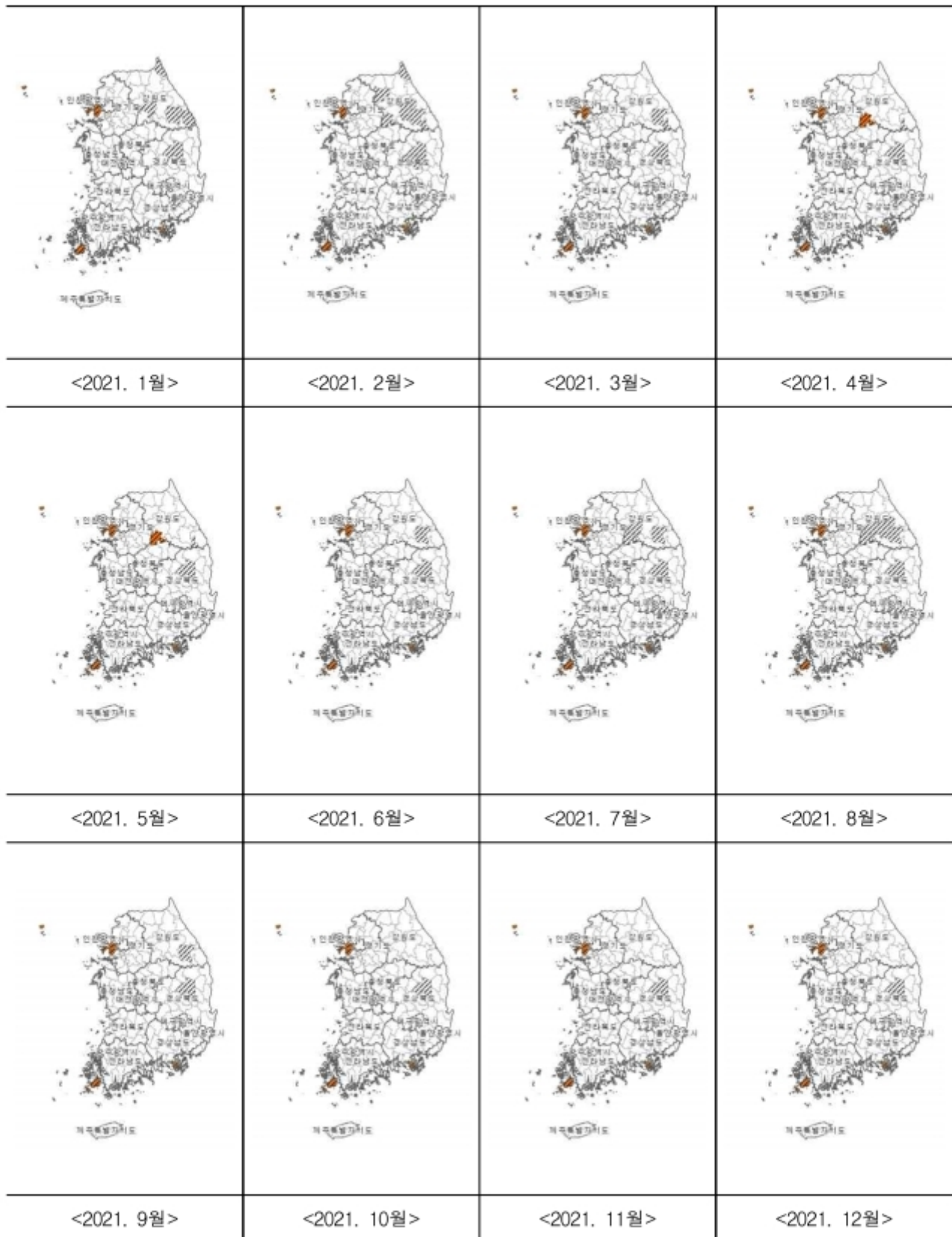


그림 8.5 2021년 월간 비상급수(가뭄) 현황 지도

아래 표는 2021년 가뭄으로 인해 발생한 비상급수 세부 현황이다.

표 8.5 2021년 비상급수 세부현황 (계속)

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	18	46	-	114	5,472	9,949	-	-	-	-	129	89,330	65	415.6
인천광역시	2	6	-	15	2,402	3,831	-	-	-	-	22	56,625	34	353.4
	옹진군	대청면	마을상수도	당산	131	185	운반급수	2021-08-12	-	-	-	-	1	12.1
			소규모급수시설	백아도	34	54	운반급수	2020-01-21	-	-	-	-	4	13.8
			소규모급수시설	지도	18	29	운반급수	2020-02-13	-	-	-	-	1	3.5
		북도면	소규모급수시설	뛰엄	69	118	운반급수	2019-03-26	-	-	-	-	5	60.5
			마을상수도	고남리	112	217	운반급수	2021-08-04	-	-	-	-	1	6.0
			마을상수도	웅암	174	345	운반급수	2020-11-11	-	-	-	-	2	48.4
			소규모급수시설	신촌	57	117	운반급수	2020-11-17	-	-	-	-	1	6.0
			마을상수도	살섬	120	150	운반급수	2020-01-10	-	-	-	-	4	84.7
			마을상수도	구로지	87	111	운반급수	2021-08-20	-	-	-	-	1	6.0
		연평면	마을상수도	서남부	554	870	제한운반	2019-01-28	-	2시간 급수/일	-	-	3	36.3
			마을상수도	새마을리	261	427	제한운반	2019-01-28	-	2시간 급수/일	-	-	3	36.3
			마을상수도	동부리	494	750	제한운반	2019-01-28	-	2시간 급수/일	-	-	-	-
	중구	용유동	마을상수도	개안	107	139	제한운반	2019-05-01	-	급수가능시 까지 급수	11	33,975	6	24.2
			마을상수도	샘꾸미	83	150	제한운반	2019-05-01	-	급수가능시 까지 급수	11	22,660	1	3.5
경상남도	3	4	-	4	1,034	1,720	-	-	-	-	4	654	3	11.5
	거제	둔덕면	마을상수도	농막	40	90	운반급수	2020-11-18	2021-12-03	-	4	654	-	-
	밀양	단장면	마을상수도	창재골	29	40	운반급수	2021-01-29	2021-03-03	-	-	-	2	3.6
		심량진읍	마을상수도	칠성	37	80	운반급수	2021-04-16	2021-04-16	-	-	-	1	7.9
	통영	육지면	상수도보급	육지	928	1510	제한급수	2021-01-13	-	2시간 급수/일	-	-	-	-
경상북도	3	3	-	3	113	319	-	-	-	-	2	40	12	41.9
	안동	길안면	마을상수도	송재	70	200	운반급수	2020-06-11	-	-	-	-	9	4-
	의성	춘산면	소규모급수시설	큰골	15	44	운반급수	2021-02-09	2021-02-09	-	-	-	1	1.2
	청도	운문면	소규모급수시설	구룡	28	75	운반급수	2021-07-30	2021-08-06	-	2	40	2	0.7

표 8.5 2021년 비상급수 세부현황 (계속)

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	2	4	-	23	338	531	-	-	-	-	174	10,855	-	-
	원도	금일읍	마을상수도	충도	84	139	운반급수	2018-06-11	-	-	11	4,710	-	-
	진도	조도면	기타	내병도	14	27	운반급수	2009-05-01	-	-	11	450	-	-
		조도면	기타	주지도	2	3	운반급수	2009-05-01	-	-	1	30	-	-
		조도면	기타	갈목도	2	3	운반급수	2009-05-01	-	-	3	90	-	-
		조도면	기타	슬도	13	19	운반급수	2009-05-01	-	-	13	500	-	-
		조도면	기타	독거혈도	6	12	운반급수	2009-05-01	-	-	2	60	-	-
		조도면	상수도보급	관사도	51	76	제한급수	2009-05-01	-	2시간 급수일	-	-	-	-
		조도면	기타	외병도	17	19	운반급수	2009-05-01	-	-	13	520	-	-
		조도면	기타	광대도	3	8	운반급수	2009-05-01	-	-	8	295	-	-
		조도면	기타	송도	1	2	운반급수	2009-05-01	-	-	2	60	-	-
	진도	조도면	기타	가사혈도	9	17	운반급수	2009-05-01	-	-	11	440	-	-
			기타	눌옥도	12	20	운반급수	2009-05-01	-	-	10	410	-	-
			기타	장도	5	11	운반급수	2009-05-01	-	-	7	260	-	-
			기타	소성남도	3	6	운반급수	2009-05-01	-	-	11	360	-	-
			기타	죽도	21	18	운반급수	2009-05-01	-	-	12	490	-	-
			기타	곽도	12	16	운반급수	2009-05-01	-	-	7	270	-	-
			기타	진목도	15	18	운반급수	2009-05-01	-	-	5	150	-	-
			기타	모도	7	12	운반급수	2009-05-01	-	-	13	490	-	-
			기타	상하죽도	9	20	운반급수	2009-05-01	-	-	9	300	-	-
			기타	독거도	21	48	운반급수	2009-05-01	-	-	14	570	-	-
			기타	탄항도	3	3	운반급수	2009-05-01	-	-	1	30	-	-
			기타	안치	1	2	운반급수	2009-05-01	-	-	3	120	-	-
		진도읍	기타	저도	27	32	운반급수	2009-05-01	-	-	7	260	-	-
8	29	-	69	1,535	3,548	-	-	-	-	107	21,156	16	8.8	
강 원 도	고성	간성읍	소규모급수시설	진부	21	41	운반급수	2021-01-11	2021-01-11	-	-	-	1	0.8
		토성면	마을상수도	원암리	61	125	운반급수	2021-01-11	2021-02-11	-	-	-	2	1.6
	삼척	노곡면	마을상수도	종마읍	111	211	운반급수	2021-01-08	2021-01-19	-	5	150	2	0.8
		미로면	마을상수도	내미로	88	224	운반급수	2021-01-04	2021-01-12	-	-	-	2	1.6
		신기면	소규모급수시설	대거리	15	32	운반급수	2021-01-02	2021-01-31	-	7	140	2	0.9
	원주	단구동	소규모급수시설	귀론부락	16	45	운반급수	2021-02-04	2021-02-22	-	-	-	1	0.6
		문막읍	마을상수도	사흥	21	32	제한운반	2021-04-14	2021-05-03	격일급수	3	31	1	1.0
		호저면	소규모급수시설	마근거리	19	57	운반급수	2021-07-12	2021-08-02	-	-	-	1	0.9
	정선	남면	소규모급수시설	낙향 뫼내골	7	12	운반급수	2021-08-11	2021-08-27	-	15	150	-	-
		남면	소규모급수시설	곰골	12	32	운반급수	2021-07-09	2021-07-28	-	19	336	-	-
		남면	소규모급수시설	유평1 동막골	6	18	운반급수	2021-01-09	2021-03-20	-	10	27	-	-
		남면	소규모급수시설	곰골	12	32	운반급수	2020-12-24	2021-03-20	-	23	272	-	-

표 8.5 2021년 비상급수 세부현황 (계속)

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
강 원 도	정선	남면	소규모급수시설	수령	19	39	운반급수	2021-01-09	2021-01-13	-	4	38	-	-
		남면	소규모급수시설	한치	6	16	운반급수	2020-12-25	2021-02-27	-	7	116	-	-
		남면	마을상수도	능전	27	59	운반급수	2020-12-03	2021-03-04	-	62	908	-	-
		남면	소규모급수시설	남쪽 앞실골	6	18	운반급수	2021-01-08	2021-03-10	-	62	984	-	-
		남면	소규모급수시설	자못골	37	75	운반급수	2021-01-09	2021-01-22	-	7	94	-	-
		남면	소규모급수시설	덕만	20	12	운반급수	2021-01-01	2021-02-28	-	34	299	-	-
		남면	소규모급수시설	광덕2 서마루	8	16	운반급수	2021-01-08	2021-01-27	-	5	14	-	-
		남면	소규모급수시설	수와우	5	7	운반급수	2021-01-12	2021-02-26	-	6	30	-	-
		북평면	마을상수도	숙암	13	21	운반급수	2021-01-04	2021-01-31	-	10	220	-	-
		신동읍	소규모급수시설	남운돌	9	20	운반급수	2021-07-21	2021-07-22	-	1	20	-	-
		신동읍	소규모급수시설	돈니치	4	8	운반급수	2021-01-10	2021-01-10	-	1	6	-	-
		신동읍	소규모급수시설	돈니치	4	8	운반급수	2021-07-26	2021-07-31	-	2	20	-	-
		신동읍	소규모급수시설	설촌	5	10	운반급수	2020-11-11	2021-01-26	-	3	90	-	-
		신동읍	소규모급수시설	창말	16	39	운반급수	2021-01-17	2021-02-09	-	2	20	-	-
		신동읍	소규모급수시설	남운돌	9	20	운반급수	2020-11-11	2021-03-10	-	10	300	-	-
		여량면	소규모급수시설	마산재	16	45	운반급수	2021-01-06	2021-03-10	-	60	2174	-	-
		여량면	소규모급수시설	신기동	12	50	운반급수	2020-12-30	2021-02-25	-	55	1610	-	-
		여량면	소규모급수시설	고창골	9	30	운반급수	2021-01-16	2021-02-25	-	41	656	-	-
		여량면	마을상수도	문래1 양지말	22	50	운반급수	2021-02-20	2021-03-01	-	10	168	-	-
		임계면	소규모급수시설	수터	30	60	운반급수	2021-01-25	2021-01-25	-	1	24	-	-
		임계면	소규모급수시설	봉산3리 구미동	15	33	운반급수	2021-08-11	2021-09-04	-	3	90	-	-
		임계면	소규모급수시설	반천2리 월루안쪽	11	28	운반급수	2021-08-12	2021-08-13	-	1	30	-	-
		임계면	소규모급수시설	솔안	21	36	운반급수	2021-01-04	2021-01-23	-	20	312	-	-
		임계면	마을상수도	하동	39	110	운반급수	2021-01-09	2021-02-28	-	17	365	-	-
		임계면	소규모급수시설	봉산3 구미동	8	13	운반급수	2021-01-10	2021-02-18	-	15	180	-	-
		임계면	소규모급수시설	외도전	49	116	운반급수	2021-01-07	2021-01-23	-	17	612	-	-
		임계면	소규모급수시설	반천1 도장골	20	43	운반급수	2021-01-11	2021-01-20	-	2	42	-	-
		임계면	소규모급수시설	홍산2 바리골	9	15	운반급수	2021-02-23	2021-03-07	-	11	96	-	-
		임계면	소규모급수시설	홍산2 용골	14	29	운반급수	2021-01-11	2021-01-14	-	4	48	-	-
		임계면	소규모급수시설	문래3 서류골	12	25	운반급수	2021-01-09	2021-03-17	-	67	1320	-	-
		임계면	기타	도장골	52	113	운반급수	2021-07-15	2021-07-19	-	2	60	1	0.2
		임계면	기타	월루안쪽	11	28	운반급수	2021-07-26	2021-07-31	-	2	48	1	0.1
		임계면	소규모급수시설	부수베리	33	75	운반급수	2020-12-18	2021-01-27	-	20	700	-	-
		임계면	소규모급수시설	파원	42	84	운반급수	2021-02-23	2021-03-16	-	2	12	-	-

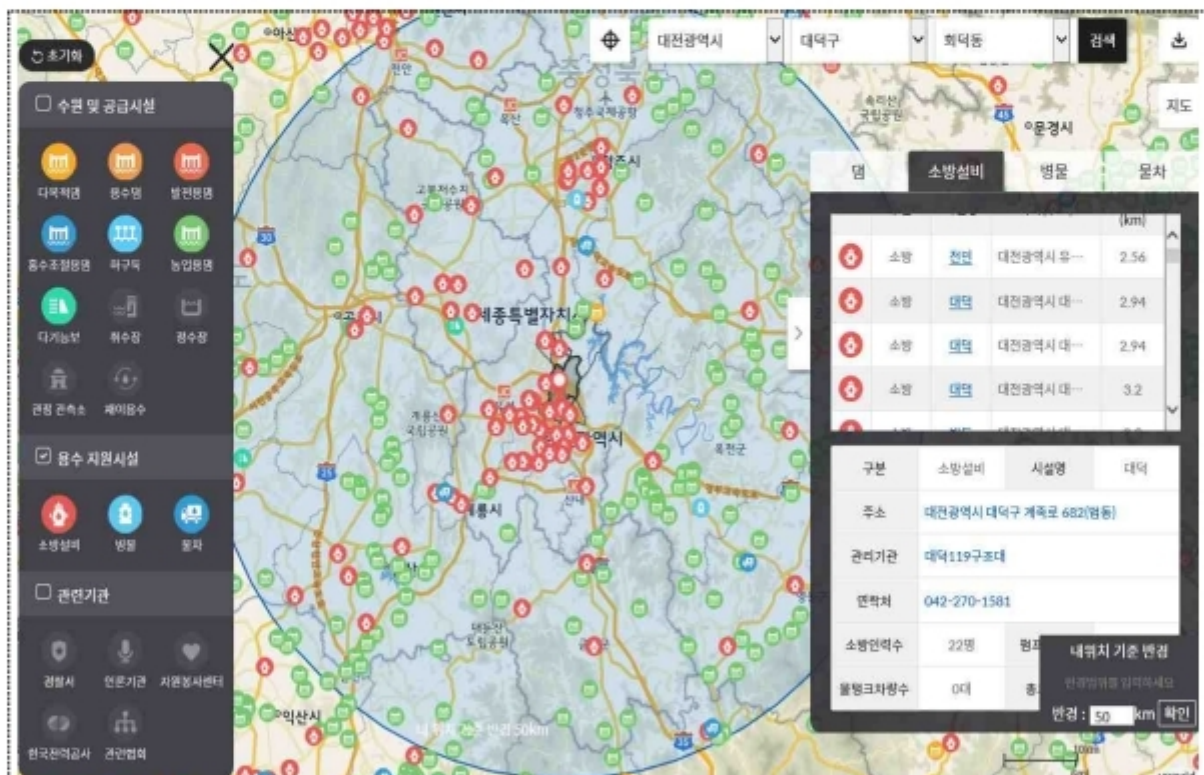
표 8.5 2021년 비상급수 세부현황

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
강 원 도	정선	임계면	소규모급수시설	문래3 음지말	16	30	운반급수	2021-02-25	2021-03-09	-	2	9	-	-
		임계면	기타	구미동	15	33	운반급수	2021-06-08	2021-07-29	-	6	180	-	-
		임계면	소규모급수시설	군대	19	30	운반급수	2021-01-01	2021-01-21	-	19	498	-	-
		정선읍	소규모급수시설	동곡	8	15	운반급수	2020-12-02	2021-03-02	-	30	225	-	-
		정선읍	소규모급수시설	맹애골	15	26	운반급수	2020-12-27	2021-02-28	-	59	1575	-	-
		정선읍	소규모급수시설	생탄	12	41	운반급수	2021-01-11	2021-03-02	-	51	1020	-	-
		정선읍	소규모급수시설	하매	11	35	운반급수	2021-01-09	2021-02-07	-	28	370	-	-
		정선읍	마을상수도	가메실	25	56	운반급수	2020-11-30	2021-03-01	-	59	2450	-	-
		정선읍	소규모급수시설	의암	5	10	운반급수	2020-12-01	2021-02-28	-	56	1080	-	-
		화암면	마을상수도	석곡	51	102	운반급수	2020-11-15	2021-01-10	-	2	30	-	-
	춘천	서면	소규모급수시설	주산	14	39	운반급수	2021-02-15	2021-02-23	-	2	13	-	-
	태백	구문소동	기타	동태백로 110	1	2	운반급수	2021-02-06	2021-05-24	-	5	48	-	-
		삼수동	기타	세곡길 136	1	6	운반급수	2021-02-16	2021-03-10	-	2	16	-	-
		상장동	기타	서화로 906-26	1	4	운반급수	2021-02-03	2021-02-26	-	2	16	-	-
		철암동	기타	머리골길 108-66	1	3	운반급수	2021-02-04	2021-02-08	-	2	12	-	-
		황연동	기타	강원남로 143	1	2	운반급수	2021-02-24	2021-02-24	-	1	8	-	-
		황지동	기타	고원로 215	1	2	운반급수	2021-03-11	2021-03-11	-	1	5	-	-
	평창	대회면	마을상수도	상안리 (술안덕)	59	160	운반급수	2021-08-14	2021-08-22	-	9	54	-	-
		대회면	소규모급수시설	통탕이	55	130	운반급수	2021-02-22	2021-02-22	-	1	30	-	-
		미탄면	소규모급수시설	계촌1리	13	26	운반급수	2021-08-13	2021-08-13	-	-	-	-	0.2
		방림면	소규모급수시설	계촌2리	32	64	운반급수	2021-08-06	2021-08-06	-	-	-	-	0.1
		평창읍	소규모급수시설	마지리 (시동)	10	20	운반급수	2021-08-16	2021-08-16	-	1	6	-	-
	횡성	갑천면	소규모급수시설	다락골	23	48	운반급수	2021-08-16	2021-08-16	-	1	30	-	-
		서원면	마을상수도	만옛골	90	180	운반급수	2021-01-12	2021-08-15	-	13	470	-	-

8.1.3 가뭄대응 긴급지원(Drought 119) 시스템

가뭄 119 시스템은 가뭄 및 물 부족 발생 시 신속한 가뭄대응을 위해서는 인근 지역의 가용 비상용수에 대한 빠른 정보 제공을 목적으로 한다. 이를 위해 전국 비상용수(수원·물차·소방차·병물·지하수 등)에 대한 전수조사를 시행하여 사용자 위치기반(GIS)의 “가뭄 119” 시스템을 구축하였으며, '21년 시범 운영을 통해 전수조사 결과를 검토·보완하였다.

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 있다.



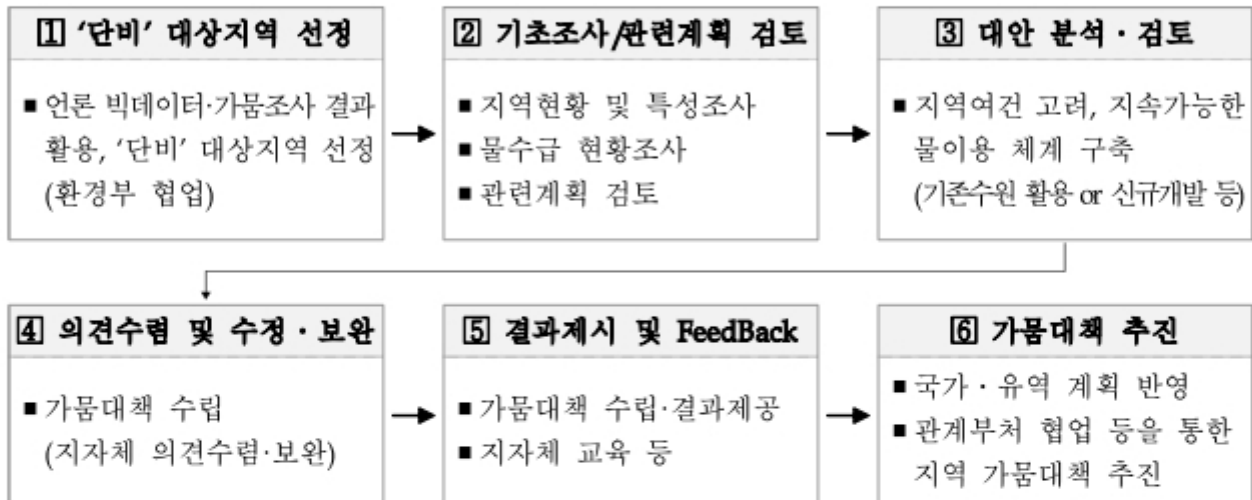
활용대상	정부, 지자체, 국민 등
제공정보	비상용수(수원, 물차, 병물, 지하수 등) 시설정보 및 연락처 제공
주요기능	가뭄 시 활용할 수 있는 모든 가용 비상용수 정보를 GIS 기반으로 구축, 한 곳에서 조회·연락·대응할 수 있도록 정보 서비스 제공

그림 8.6 가뭄 119 구축화면

8.1.4 수요자 중심의 맞춤형 가뭄지원 ‘단비’ 서비스

‘단비’ 서비스는 가뭄에 취약한 지역의 가뭄대책 수립을 지원하기 위해 시작한 서비스이다. ‘18년도에는 속초시를 대상으로 시범운영을 하였으며, ‘19년도에는 포항시를 대상으로 가뭄대책 수립을 지원하였다. 속초시와 포항시는 ‘19년 및 ‘20년에 각각 상수도 현대화사업에 선정·착수하게 되었으며, 가뭄 문제 해소에 실질적으로 기여할 수 있었다.

표 8.6 ‘18~‘19년도 ‘단비’ 가뭄대책 수립 지원서비스 추진절차



하지만 지역의 가뭄대책 수립을 지원하더라도 예산 등 후속 지원이 불투명하여 지역을 대상으로 하는 가뭄대책 수립 지원을 지속하는 데에는 한계가 있었다. 즉, 서비스의 패러다임 전환이 필요하였다. 이에 2가지 방향으로 서비스를 추진하였다. 첫 번째는 행안부에서 ‘19년부터 시행 중인 ‘상습가뭄재해지구 지정사업’과 연계하여 ‘단비’ 서비스를 통해 국가 지원사업에 참여할 수 있도록 하여 지역 가뭄대책 수립의 추진력을 확보하는 것이다. 관계부처(행안부) 협의 및 정부 간 협업과제 제안(환경부→행안부) 등 적극적으로 노력하고 있으나, 여러 이해관계 등으로 지연되고 있다. 두 번째는 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 수요자 중심으로 서비스를 개편하는 방향이다. 이를 위해 가뭄과 관련된 사항을 쉽게 요청할 수 있도록 ‘20년 5월에 국가 가뭄정보포털(drought.go.kr) 내 ‘단비’ 서비스 게시판을 신설하였고, ‘20년 12월까지 약 7개월간 가뭄 피해 현황, 방문 교육 등 총 27건의 요청사항을 접수하였고 이 중 4건을 제외한 23건의 서비스를 완료하였다. 4건의 경우 개인정보, 요청사항 부정확 등의 이유로 서비스가 불가하였다. 이에 ‘21년에는 ‘단비’ 서비스 요청 전 유선상으로 정확한 정보의 전달이 이루어지도록 개선하였다. 그 결과 ‘21년 1년간 42건이 접수되었고 모든 요청사항에 대한 서비스를 완료할 수 있었다.

표 8.7 2021년 단비서비스 운영현황

	작성일	요청내용	비고
1	'21-02-24	가뭄포털 내 가뭄지수 범위값 및 관련자료	완료
2	'21-03-02	원주삼척지역 가뭄피해 및 비상급수 현황자료	완료
3	'21-03-11	가뭄관련 강의요청	완료
4	'21-03-22	광주전남 23개지자체 가뭄피해 및 비상급수 현황자료	완료
5	'21-03-25	전국 읍면동별 가뭄피해 및 비상급수 현황자료	완료
6	'21-04-01	SMI 분석에 활용되는 데이터목록 및 수식	완료
7	'21-04-01	경상북도 및 영양군 가뭄피해 현황자료	완료
8	'21-04-07	가뭄대비 포스터 등 홍보 관련자	완료
9	'21-04-08	전라남도 및 광양시 가뭄피해 현황자료	완료
10	'21-04-13	진도군, 경산시 가뭄피해이력정보	완료
11	'21-04-16	안성시 비상급수, 기초자료, 물공급네트워크, 제원·운영정보	완료
12	'21-04-16	전국 강수량자료 및 관측소 위치(aws 등 약 1400여개소 1식)	완료
13	'21-04-19	대전광역시 및 대전광역시 중구 가뭄피해현황 자료	완료
14	'21-04-22	경상북도 구미시 가뭄피해 세부현황자료	완료
15	'21-04-26	경상남도 년도별 가뭄 발생건수	완료
16	'21-04-27	강진군 칠량면 가뭄피해 현황	완료
17	'21-05-05	합천군 가뭄피해 현황	완료
18	'21-05-10	빅데이터 가뭄분석 탭의 자료 수집 시 활용되는 키워드	완료
19	'21-05-27	국내 물부족 지역과 해당 지역의 물소비 현황	완료
20	'21-05-27	전라남도, 해남군 가뭄피해 현황자료	완료
21	'21-06-07	강원도 춘천시 갈수현황 및 가뭄피해 현황	완료
22	'21-06-18	전라남도 보성군 가뭄피해 세부현황자료	완료
23	'21-07-01	광주광역시 행정동별로 용수 이용자료	완료
24	'21-07-14	생활용수 이용량 산정방법, 행정동별 저수지 공급량 자료	완료
25	'21-07-15	경기도 가평군 가뭄피해 상세현황자료	완료
26	'21-08-02	옥천군, 보은군 및 청주시 문의면 일별 SPI1, SPI3, SPI6 지수	완료
27	'21-08-05	충주시 최근 10년간 가뭄피해 현황조사	완료
28	'21-08-10	양구군 제한 및 운반급수 관련 상세자료	완료
29	'21-09-24	충청남도 가뭄피해현황 자료	완료
30	'21-09-30	전국 시군구별 가뭄피해로 인한 운반 및 제한급수 이력정보	완료
31	'21-10-06	강원도 춘천시, 홍천시 가뭄 피해 현황	완료
32	'21-10-13	최근 10년 충남지역의 SPI-3, SPI-6, PDSI	완료
33	'21-10-18	충청남도 시군별 가뭄피해 상세자료	완료
34	'21-10-21	전국 시군구별 가뭄피해로 인한 운반 및 제한급수 이력정보	완료
35	'21-10-21	원주시, 홍천군, 횡성군의 가뭄피해정보	완료
36	'21-11-03	부여군 월별 가뭄피해 발생 원인 및 현황	완료
37	'21-11-03	제주도 지역의 제주시, 서귀포시 2개 지자체의 비상급수현황	완료
38	'21-11-15	충남 보령, 서산, 경남 김해 읍면동별 가뭄피해현황자료	완료
39	'21-11-18	전라남도 시군단위 가뭄피해현황자료	완료
40	'21-12-02	경북 가뭄피해사례 자료	완료
41	'21-12-02	충청남도 년도별 시군별 가뭄피해현황 자료	완료
42	'21-12-16	충청북도 단양군 가뭄피해현황 자료	완료
43	'21-12-23	충청북도 가뭄피해 상세현황 자료	완료
44	'21-12-27	낙동강 유역 가뭄피해현황 자료	완료

8.2 가뭄 교육·체험 서비스

8.2.1 온·오프라인 가뭄교육체험장 운영

국가가뭄정보분석센터는 국민이 자발적으로 참여하는 수요관리 정책 추진을 위해, “가뭄교육체험장”을 구축·운영(‘19.6.~) 중이며, 가뭄과 관련된 다양한 교육·체험 서비스를 제공하고 있다.

“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.

- (목적) 가뭄에 대한 교육·체험 기회를 제공하여 국민의 가뭄 체감도 향상 및 물 절약에 동참하는 新 가뭄대응 체계 구축 실현
- (위치) 한국수자원공사 본사(대전 신탄진) 세종관 4F / 82m² (약 25평)
- (교육대상) 일반인(학생·교사), 공무원, 물(가뭄) 관련 전문가 등
- (교육내용) 가뭄의 이해, 가뭄대응, 물절약 방법, 물 부족지역의 가뭄체험 등



시범운영 기간인 '19년도에는 약 7개월간('19.6~'19.12) 학생(유·청소년, 대학생 등), 교직원, 공무원 등 총 855명이 방문하였다. 하지만 '20년에는 코로나 19 확산방지를 위한 정부 방역지침 준수로 시범운영 기간보다 적은 127명을 대상으로 가뭄 교육·체험 기회를 제공할 수 있었다. 이에 직접 방문하지 않아도 안전하게 가뭄 교육·체험 기회를 접할 수 있는 온라인 가뭄교육체험장을 구축하여 국가가뭄정보포털에 게시하였다.



그림 8.7 온라인 가뭄교육체험장

8.2.2 가뭄 교육·체험 프로그램(콘텐츠) 확대

전 국민을 대상으로 하는 가뭄교육체험장 외 전문가를 대상으로 하는 맞춤형 가뭄 전문 교육프로그램을 개설·운영하였다. 중앙부처, 지자체 공무원 등을 위한 전문교육 과정을 정규 교육에 포함·시행(국립환경인재개발원, 8월)하였으며, K-water 사내 직원의 가뭄대응 역량 강화를 위한 교육을 시행하였다. 또한, 공무원, 기관 등 교육과정에 가뭄 교육을 연계·시행(기후재난대응과정, 5월)하였으며, 국제교육 사이버 학습 영상 개발(K-water 인재개발원)도 지원하였다.

위와 같이 가뭄 교육·체험 콘텐츠는 가뭄에 대한 이해를 요구하는 다소 전문적인 내용을 다루고 있다. 이에, 가뭄 교육 및 서비스 개선사항에 대한 국민 의견조치를 시행하였다. 국민 의견조치 주제는 서비스 개선사항, 신규 콘텐츠 서비스, 제공되어야 할 서비스로 구성하였으며, 주제별 국민 의견을 기반으로 신규 콘텐츠를 구축('21년)하고 '22년 계획을 수립하였다.

표 8.8 가뭄 교육·서비스 관련 국민 의견 및 반영결과

주제	국민 의견	반영결과 및 계획	비고
서비스 개선사항	· 온라인 교육 콘텐츠 제작, 유아 및 청소년에 친숙한 홍보 등	· 모바일 반응형 웹페이지 제작 · K-water 방울이 활용 어린이 맞춤형 콘텐츠 최적화	개발 완료 (‘21.12)
신규콘텐츠 서비스	· 물 절약 체험형 콘텐츠 신설, 전문 교육강사 구성	· 어린이 물 절약 게임(3종) 개발 · 가뭄 전문 교육강사 육성	
제공되어야 할 서비스	· 국가가뭄정보포털 앱 개발, 물 절약 실천 이벤트 보상	· 가뭄 교육 웹 제작(‘22.1), 물 절약 게임 인증 시 물 절약 용품 제공 이벤트 추진(‘22.3)	’22 계획

’21년 신규 콘텐츠는 표에서 확인할 수 있듯이 어린이 콘텐츠이다. 가뭄에 대한 장문의 이론은 그림 및 대화 위주로 설명을 간소화하였고, 어린이의 시선에서 흥미를 유도할 수 있는 생활 속 물 절약 게임(샤워, 양치, 설거지), 가뭄 미로찾기, 가뭄 퀴즈 콘텐츠를 구축하였다. 어린이 전용 콘텐츠는 국가가뭄정보포털의 서브 채널로 운영하여 언제 어디서든 쉽게 접근할 수 있도록 하였다.



그림 8.8 어린이 맞춤형 가뭄교육 콘텐츠 제작

8.3 성과 및 평가

‘21년 총 접속자수(‘21. 1. 1 ~ ‘21. 12. 15)는 총 3,792명으로 하루에 평균 11명 이상이 상황판을 활용한 것으로 나타났다.

지방자치단체 가뭄담당 공무원들은 가뭄종합상황판을 활용하여 국가가뭄정보포털 내 가뭄정보를 지역단위로 확인하고 사용자가 선택한 지역(전국, 시, 군, 읍면동 단위)을 기준으로 가뭄현황 및 전망, 기상현황, 생공현황, 농업용 저수지 저수율 현황, 언론 현황정보 등을 맞춤형으로 확인할 수 있게 됨으로써 손쉽게 가뭄인지가 가능하게 되었다.



그림 8.9 ‘22년 가뭄종합상황판 메인화면(예시)

또한, 수준 높은 GIS 검색기능을 통해 손쉽게 지역 내 정보 파악과 타지역을 비교하거나 관측정보(강우, 댐, 하천, 지하수 등), 용수공급체계, 가뭄정보, 언론정보 등 총 56개 관련정보들을 단순 클릭만으로 제원정보와 운영정보를 확인할 수 있게되어 가뭄대응에 필요한 정보를 빠른시간내에 획득할 수 있게 되었다고 판단된다.

추후, 가뭄종합상황판의 활용성을 더욱 높이기 위해 단비서비스 연동 등을 통한 지자체 정책지원과 기술지원이 가능하도록 할 예정이며 그림 8.11과 같이 ‘22년에는 통계기능을 강화하고 제공하는 지도와 차트를 인포그래픽 개념을 도입하여 사용자 편의성과 직관성을 더 높일 예정이다.

가뭄교육체험장은 국민 가뭄 체감 및 물 절약 동참 등 가뭄 시 자발적인 가뭄대응 동참을 유도하기 위해 ‘19년 5월부터 운영 중이다. ‘19년부터 현재까지 약 1,300명의 방문객은 어린아이부터 전문가까지 다양한 생애주기를 갖고 있다. 하지만 가뭄교육

체험장의 콘텐츠는 전문적인 부분이 많아 어린아이를 대상으로 콘텐츠를 설명하기에는 다소 어려운 부분이 많다. 이에 어린아이가 흥미를 가질 수 있는 생활 속 물 절약 게임, 가뭄 미로찾기, 퀴즈 콘텐츠 등을 구축하였다. '22년도에는 가뭄교육체험장에서 해당 콘텐츠를 활용할 수 있도록 설비를 갖추 계획이며, 가뭄 및 물 절약 인식을 제고하기 위한 조기교육 자료로 활용할 수 있도록 콘텐츠를 지속 고도화할 계획이다.

제9장 결언



환경부



국가가용정보분석센터
National Oversight Information Analysis Center

제9장 결론

본 보고서는 2021년 한 해 동안 국가가물정보분석센터에서 수행한 주요 업무를 소개하고, 업무 수행 과정에서 발견된 문제점, 개선점, 향후 필요한 업무 등을 수록하였다. 올해 본 센터에서 수행한 주요 업무를 중심으로 위의 내용을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 물관리 일원화를 위한 물관리기본법 제정에 따라 제1차 국가물관리기본계획과 이행계획이 수립되었고, 본 센터가 환경부 주관의 이행계획 수행에 참여할 수 있는 기반이 마련되어, 향후 국가 가물관리 체계 선진화에 기여할 수 있을 것으로 보인다. 또한, 해외 가물 관리 선진 기관과의 교류 및 통합가물관리프로그램(IDMP) 참여를 통해 가물관리 기술 발전을 도모하였다. 올해는 팬데믹 상황으로 인해 기존에 계획한 국제 워크숍 등의 추진이 불가하였으나, 2022년 이후에는 언택트(untact) 방식의 기술 교류를 계획할 필요가 있다.
- (2) 2021년 가물 기초조사를 통해 전국 162개 지자체의 읍면동 및 산업단지별로 생·공용수 수원 현황과 용수공급시설(취수장, 정수장, 배수지) 운영현황 및 소규모수도시설 현황을 파악하였다. 또한 체계적이고 일관된 조사를 위해 가물 기초조사 업무매뉴얼을 개정하였고, 가물 상황조사 지침(안)을 마련하였다. 가물 기초조사 업무를 통해 자동 계측 자료가 축적되고 있는 지자체에 대해서는 가물 DB와의 연계 방안을 마련하여 지속적으로 조사의 효율을 향상시킬 필요가 있음을 알 수 있었다.
- (3) 2021년의 유역별 강수량 및 유출량, 주요 생·공용수 수원인 댐의 수문 상황, 행정구역별 가물지수 및 가물빈도를 분석하였다. 분석 결과를 월간·주간 가물 예·경보 이력과 비교해 보면, 실제의 가물(물부족) 상황에 잘 부합하는 자료가 있고, 생·공용수의 물부족 이외의 분야를 설명하는 데 적합한 자료가 있음을 알 수 있다. 이는 본 센터에서 생산되는, 다양한 가물 정보를 활용 목적에 맞게 선별하여 사용해야 함을 시사하며, 향후 정보 제공의 방향 및 방식을 개선해 나갈 필요성을 느끼게 한다.
- (4) 본 센터는 국가 가물 예·경보의 신뢰도 제고를 위한 분석 정확도 향상을 위해 개소 이래로 연구개발을 꾸준히 추진해 오고 있다. 2021년에도 10건의 연구 과제 및 자체 연구를 수행하였다. 다년 과제로 추진 완료된 ‘가물 모니터링 및 예측기술 고도화’ 및 ‘미계측 하천 취수지점의 가물판단 분석체계 구축’ 과제는 2022년부터 연구 성과 실용화를 추진할 필요가 있다. ‘이변량 가물빈도해석 프로그램 개발’ 과제는 개발된 프로그램의 센터 내 활용과 대외 보급을 위한 노

력이 지속되어야 한다. 계속 과제로 추진 중인 ‘전국 가뭄 취약지도 작성’은 2023년 취약지도 구축 완료 후 가뭄대책 수립에 실제 활용될 수 있도록 준비할 필요가 있다. 또 하나의 계속 과제인 ‘가뭄 시 환경적 영향을 고려하기 위한 분석체계 구축’ 과업은 남은 기간 동안 가뭄의 환경적 영향을 잘 설명할 수 있는 인자 선정과 모니터링·전망 방법론 수립 및 분석체계 구축이 실효성을 가질 수 있도록 검증과 개선이 지속적으로 이루어져야 한다.

- (5) 본 센터에서 생산하는 가뭄 정보는 가뭄정보 분석시스템을 통해 다양한 수요자에게 제공된다. 정확한 정보 생산과 편리한 정보 활용이 가능하도록 본 시스템은 지속적으로 유지·관리 되고 있다. 특히 2021년에는 지자체 담당자들이 가뭄 대응에 활용할 수 있는 의사결정 지원 시스템의 고도화가 진행되었고, 일반 국민의 눈높이에 맞는 가뭄 정보를 제공하기 위해 국민 체감형 가뭄정보 개방체계가 구축되었다. 발전된 가뭄정보 분석시스템이 관·산업·학계 및 일반 국민들이 활발히 활용할 수 있도록 정보 제공 방식의 개선, 홍보, 교육 등이 지속적으로 진행되어야 할 필요가 있다.

국가가뭄정보분석센터의 구성원들은 2021년 한 해 동안 다양하고 정확한 가뭄정보를 생산하고, 국가 차원의 효율적이고, 효과적인 가뭄 관리가 지속 가능하도록 최선의 노력을 다하였다. 본 보고서에 집약된 한 해의 성과를 되돌아보고, 그 결과를 향후 발전 방향 재정립에 반영하여 국가가뭄정보분석센터가 가뭄관리 선진기관으로서의 위상을 계속 높여가길 기대해 본다.

참 고 문 헌

1. Sugawara, M., Watanabe, E. Ozaki, E., and Katsuyama, Y. (1984). "Tank model with snow component." The National Research Center for Disaster Prevention, Science and Technology Agency, Japan
2. McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist. (1993). "The relationship of drought frequency and duration to time scale." proceeding of the Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, 17-22 January 1993.
3. Thornthwaite, C.W.; Mather, Jr. (1955). "The Water Balance." Laboratory of Climatology, Centerton, NJ, USA.
4. Shiau, J.-T., and Shen, H. W. (2001). "Recurrence analysis of hydrologic droughts of differing severity." Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 127, No. 1, pp. 30-40.
5. Kim, J.Y., Kim, J.G., Cho, Y.H., and Kwon, H.H. (2017). "A development of Bayesian copula model for a bivariate drought frequency analysis." Journal of Korea Water Resource Association, KWRA, Vol. 50, No. 11, pp. 745-758.
6. Lee, J.J., Ryu, S.W., Kang, S.U., and Kwon, H.H. (2021). "Development of a Bivariate Drought Frequency Analysis Program using Copula Function." proceeding of KSCE 2021 convention conference.

