

발 간 등 록 번 호

11-1543000-001503-01

기상정보 및 수위 관련 빅데이터를 활용한
농업용저수지 이상거동 정보 분석 기술개발
최종보고서

2016. 12. 29.

주관연구기관 / 서울대학교

농 립 축 산 식 품 부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “기상정보 및 수위 관련 빅데이터를 활용한 농업용 저수지 이상거동 정보 분석”(개발기간 : 2014.09.25 ~ 2016.09.24)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016.12.29.

주관연구기관명 : 서울대학교 산학협력단 김성철 (인)



주관연구책임자 : 최 진 용

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간	2014.09.25. ~ 2016.09.24	단 계 구 분	2단계/ 총 2단계
연 구 사 업 명	중 사 업 명	농생명산업기술개발사업			
	세부 사업명	농생명산업기술개발사업			
연 구 과 제 명	대 과 제 명	기상정보 및 수위 관련 빅데이터를 활용한 농업용 저수지 이상거동 정보 분석			
	세부 과제명	기상정보 및 수위 관련 빅데이터를 활용한 농업용 저수지 이상거동 정보 분석			
연 구 책 임 자	최 진 용	해당단계 참 여 연구원 수	총: 7 명 내부: 7 명 외부: 0 명	해당단계 연 구 개 발 비	정부: 70,000천원 계: 70,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 11 명 내부: 8 명 외부: 3 명	총 연구개발비	정부:140,000천원 계:140,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	서울대학교			참여기업명	
위 탁 연 구	연구기관명:			연구책임자: 최 진 용	
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내 로 작성합니다)				보고서 면수: 383	

〈 요약문 〉

				코드번호	D-01
연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 가뭄 위기 대응 및 위험 관리 시스템 개발을 통한 농업가뭄 피해의 최소화 <ul style="list-style-type: none"> - 농업가뭄 통합 예·경보 시스템 기술개발 - 농업가뭄대응능력 평가기술 및 사전대응 및 대책 수립기술 개발 - 농업가뭄 위기대응 및 선제적 ICT 물관리 기술 개발 - 농업가뭄 항구대책 수립기술 개발 ◦ 국내외 가뭄지역 현황 및 예·경보 시스템 분석 ◦ 농업가뭄 통합 예·경보 시스템 기술개발 ◦ 농업가뭄대응능력 평가기술 및 사전대응 및 대책 수립기술 개발 ◦ 농업가뭄 위기대응 및 선제적 ICT 물관리 기술 개발 ◦ 최저관개방법 의사결정 지원시스템 개발 및 적용 ◦ 관개네트워크 표출시스템 개발 및 적용 ◦ 농업가뭄 항구대책 수립기술 개발 ◦ 복구 시나리오별 우선순위 선정 기술 개발 				
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 농업가뭄 예·경보 시스템 알고리즘 개발 및 통합 시스템 구축 및 적용 ◦ 모바일 기반 농업민 가뭄평가 기술 개발 ◦ 농업가뭄대응능력 평가기술 및 선제적/사전대응 및 대책 수립 시스템 개발 ◦ 최적 물배분량 산정기술 개발 및 선제적 가뭄대응 지원시스템 개발 ◦ 들녘단위 용수공급 모니터링 및 최적급수 시스템 개발 ◦ 수원공별 관개계획 및 관개실적 관리시스템 개발 ◦ 용수효율 ICT 물관리 시스템 개발 ◦ 농업가뭄 복구 시나리오 수립 및 항구대책 수립 기술 개발 ◦ 농업가뭄 복구 파일럿 시스템 개발 ◦ 정량적 성과: SCI 1편, 국내등재지 2편, 학술발표 2건, 기술이전 1건 등 				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 최적 관개계획 및 시설의 적용 ◦ 가뭄에 대한 취약성 산정에 관련된 의사결정 ◦ 농업 가뭄에 대응한 미래 예측 시나리오 결정 ◦ 농업가뭄정보 생산 및 적용 ◦ 안정적 식량생산을 기반으로 한 식량안보 예측 및 적용 ◦ 자연 재해 사전 예방을 통한 안정적 지역 수입 창출 및 농작물 생산 관리 				
중심어 (5개 이내)	농업 가뭄	가뭄 예·경보	가뭄 대책	ICT 물관리	최적급수 시스템

< SUMMARY >

		코드번호		D-02	
Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none">◦ Development of drought warning and management system to minimize agricultural drought damage<ul style="list-style-type: none">– Integrated forecasting and warning system on agricultural drought– Assessment technique of adaptation capacity for agricultural drought– Anticipatory water management technique using ICT– Permanent plan design for agricultural drought◦ Analysis of agricultural drought status and forecasting & warning system for natural disaster◦ Integrated forecasting and warning system on agricultural drought◦ Assessment technique of adaptation capacity for agricultural drought◦ Anticipatory water management technique using ICT◦ Development and application of decision support system for proper water supply and allocation◦ Development and application of irrigation network display system◦ Permanent plan design for agricultural drought◦ Prioritization technology development of restoration scenario				
Results	<ul style="list-style-type: none">◦ Integrated system and algorithms for forecasting & warning of agricultural drought◦ Assessment technique of agricultural drought using mobile◦ Assessment technique of adaptation capacity for agricultural drought and its anticipatory counterplan◦ Computation technique of optimal water allocation and supporting system◦ Field base water supply monitoring system◦ Irrigation plan and management system for each water well◦ Water management system using ICT◦ Restoration scenario and permanent plan for agricultural drought◦ Pilot system of agricultural drought restoration system.◦ Quantitative performances : 5 patents, 5 SCI papers, 3 KSCI papers, 8 conference presentations, 2 manpower training, 1 transfer of technique etc.				
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none">◦ Application for making effective irrigation plan and facilities◦ Application for making decision of drought vulnerability assessment◦ Application for making anticipatory counter-plan on agricultural drought◦ Application for providing agricultural drought information◦ Expectation of food security insurance based on stable food production◦ Expectation of creating stable regional income and improving agricultural crop production through reduction of natural disaster damage				
Keywords	Agricultural drought	drought forecasting & warning	drought Plan	ICT water management	proper water allocation system

Contents

Part 1 Introduction	1
1. Necessity of Study	1
2. Objectives and Contents	3
a. Objectives	3
b. Contents	4
3. Process	5
Part 2 Cases of Reservoir Breaking	6
1. Current State of Reservoirs	6
2. Damage of Reservoir Breaking	6
a. Cases of Domestic	6
b. Overseas Case	10
Part 3 Disaster Management Based on Big Data	12
1. Big Data	12
가. Big data	12
나. Summary of big data	12
2. Analysis Method and Data Mining Using Big Data	14
가. Analysis method	14
나. Big data mining	15
3. Current State of Disaster Management Study Based on Big Data	15
가. Disaster management in big data period	15
나. Cases of big data management	16
다. Implication of big data study	24
4. Index for Analysis of Abnormal Behavior of Agricultural Reservoir Using Big Data	25
가. Present condition of safety management	25
나. Abnormal behavior affecting dam body	32
Part 4 Study Reservoirs and Base Data	41
1. Criteria Setup for Study Reservoirs	41
2. Study Reservoirs	43
가. Regional selection	43
나. Safety selection	43
다. Renovation selection	44
라. Group selection	44
마. Broken reservoir	44
3. Basic Data of Study Reservoirs	45

4. Meteorological Data and GIS Data	78
가. Development of meteorological data collecting program	78
나. Building GIS data	79
5. Water Supply Forecast Data	81

Part 5 Water Level Data of Study Reservoirs 84

1. Regional Reservoirs	84
가. Dong-Hae reservoir	84
나. Wang-Goong reservoir	88
2. Safety Grade D Reservoirs	92
가. Go-Jan reservoir	92
3. Recently Renovated Reservoirs	95
가. Ji-Nae reservoir	95
4. Broken Reservoirs	99
가. San-Dae reservoir	99

Part 6 Pre-process of Raw Data 103

1. Summary	103
2. Quality Control Process of Water Level Data	103
3. Criteria of Determining Abnormal Behavior in Water Level Data	104
가. Exceedance of upper/lower limit of water level	105
나. Exceedance of upper/lower limit of water level fluctuation	107
다. Duration of same water level	111
라. Sharp increase/decrease of water level	115
4. Application of Quality Control at Water Level Data	119
가. Missing data handling	119
나. Missing/sharp increase data handling	120
다. Missing/unchangeable data handling	121
라. Missing/unchangeable data handling	122
마. Frequently missing data handling	123
바. Missing data/spike noise handling	123
사. Long period missing data handling	124
아. Sharp increase/decrease data handling	124

Part 7 Analysis of Time-series Water Level Data 125

1. Properties of study reservoir water level data	125
가. Ma-Jang reservoir	126
나. Dae-Ryong reservoir	128
다. Back-Ma reservoir	130
라. Go-Gyung reservoir	132
마. Wang-Goong reservoir	134
바. Cha-Ri reservoir	136

사. Dong-Hae reservoir	138
아. Dong-Bu reservoir	140

Part 8 Development of Technique for Rate of Change in Time-series Data

1. Properties of time-series data	142
가. Properties of study reservoir water level time-series data	142
나. Analysis of water level data by reservoir/sensor	166
다. Quality control methodology	169
2. Program Development for Assessment of Rate of Change in Water Level	174
가. Upper/lower limit calculation	174
3. Application of the program	176
가. Summary of result	176
나. Analysis of result	177

Part 9 Program Development of Abnormal Behavior Detection Using Time-series Water Level Data

1. Development of state-space analysis tool for time-series data	184
가. Analysis of rate of reservoir storage in same meteorological group	184
2. Program development of abnormal behavior detection	211
가. Input data and upper/lower limit of water level change	212
나. Abnormal behavior detection process	232
3. Application of the program and results	232
가. Clarification of state of data	232
나. Results of the program	233

Part 10 Conclusion

Appendix |

Appendix ||

목 차

제 1절 서론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목표 및 내용	3
가. 연구목표	3
나. 연구내용(1차년도)	4
3. 연구추진체계	5
제 2절 국내외 저수지 붕괴사례 조사 및 분석	6
1. 저수지 현황	6
2. 저수지 붕괴로 인한 피해	6
가. 국내 사례 조사	6
나. 국외 사례 조사	10
제 3절 빅데이터 기반 재난관리 연구동향	12
1. 빅데이터 개요	12
가. 빅데이터	12
나. 빅데이터 개요	12
2. 빅데이터 활용 분석기법 및 데이터마이닝	14
가. 빅데이터 활용 분석기법	14
나. 빅데이터 마이닝	15
3. 빅데이터를 기반으로 한 재난관련 연구동향	15
가. 빅데이터시대의 재난관리	15
나. 국내·외 빅데이터 활용 사례	16
다. 빅데이터 기반 연구의 시사점	24
4. 농업용 댐 관련 빅데이터를 활용한 이상거동 분석을 위한 지표	25
가. 댐 체체의 안전관리 현황	25
나. 댐 체체 안전에 영향을 주는 이상거동	32
제 4절 대상저수지 선정 및 기초자료구축	41
1. 대상저수지 선정 기준수립	41
2. 대상 저수지 선정결과	43
가. 지역별 대상저수지 선정	43
나. 위험등급(D) 대상저수지 선정	43
다. 최근개보수(5년 이내) 대상저수지 선정	44
라. 저수지 군 선정(양평광주서울지사)	44
마. 붕괴 대상저수지 선정	44
3. 대상저수지 체원자료 조사	45
4. 기상자료 및 GIS 자료 구축	78

가. 기상자료 수집프로그램 개발	78
나. GIS자료의 구축	79
5. 대상저수지 급수예보자료 수집 및 분석	81

제 5절 대상저수지 수위자료 수집 및 분석 84

1. 지역별/수위계별 선정 저수지	84
가. 동해 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프	84
나. 왕궁 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프	88
2. 안전등급 D 저수지	92
가. 고잔 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프	92
3. 최근(5년 이내) 개보수 저수지	95
가. 지내 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프	95
4. 붕괴 저수지	99
가. 산대 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프	99

제 6절 대상저수지 수위자료 전처리 및 분석 103

1. 개요	103
2. 수위자료 품질관리의 순서	103
3. 수위의 이상거동 데이터 품질관리 프로세스 조사 및 적용	104
가. 수위의 상·하한치 초과(표준조사)	105
나. 수위변동량의 상·하한치 초과(표준조사)	107
다. 동일수위의 장시간 지속	111
라. 수위의 급격한 증감(정밀조사)	115
4. 저수지 수위자료 품질관리 적용	119
가. 결측값의 처리	119
나. 결측값의 처리 및 수위급변의 처리	120
다. 결측값의 처리 및 수위불변구간의 처리	121
라. 결측값의 처리 및 수위불변구간의 처리	122
마. 다량 결측값의 처리	123
바. 결측값 및 스파이크 노이즈의 처리	123
사. 장기간 결측값의 처리	124
아. 수위급변의 처리	124

제 7절 시계열 수위자료 특성 분석 및 자료구축 125

1. 대상 저수지 수위자료 기본 특성분석	125
가. 마장 저수지	126
나. 대룡 저수지	128
다. 백마 저수지	130
라. 고경 저수지	132
마. 왕궁 저수지	134
바. 차리 저수지	136
사. 동해 저수지	138

아. 동부 저수지	140
-----------------	-----

제 8절 시계열 수위 변화율 산정을 위한 분석 기술 개발 142

1. 시계열 수위자료 특성 분석	142
가. 대상 저수지 수위자료 기본 특성분석 및 자료구축	142
나. 저수지별/수위계별 수위자료 분석	166
다. 수위자료 품질관리(Q.C.) 방법론	169
2. 시계열 수위 변화율 산정 프로그램 개발	174
가. 시계열 수위 변동 한계치 산정 프로그램	174
3. 시계열 수위 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과	176
가. 시계열 수위 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과 요약	176
나. 시계열 수위 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과 분석	177

제 9절 시계열 수위자료를 통한 저수지 이상거동 판독 기술 개발 184

1. 시계열 수위 변화의 시공간 분석 프로그램 개발	184
가. 기상학적 군집 저수지별 저수율변화 상관성 분석	184
2. 시계열 수위자료를 통한 저수지 이상거동 판독 프로그램 개발	211
가. 자료의 입력 및 최대 허용 상승/강하량	212
나. 이상 거동 판독 프로세스	232
3. 프로그램 적용 및 결과	232
가. 데이터 상태 판정 결과	232
나. 이상 거동 정보 분석 결과	233

제 10절 결론 235

부록 I 238

부록 II 364

표 목 차

표 1-1 연도별 수리시설물 설치 현황	2
표 1-2 연구 내용	4
표 2-1 국내 댐 및 저수지 붕괴 사례(주, 2010)	7
표 2-2 국외 저수지 붕괴 사례(주, 2010)	11
표 4-1 대상저수지 선정결과	41
표 4-2 지역별 대상저수지	43
표 4-3 위험등급(D) 대상저수지	43
표 4-4 최근개보수 대상저수지	44
표 4-5 저수지 군 대상저수지	44
표 4-6 붕괴 대상저수지	44
표 4-7 대룡저수지 제원 및 위치	45
표 4-8 왕송저수지 제원 및 위치	46
표 4-9 마장저수지 제원 및 위치	47
표 4-10 동부저수지 제원 및 위치	48
표 4-11 차리저수지 제원 및 위치	49
표 4-12 고경저수지 제원 및 위치	50
표 4-13 인촌저수지 제원 및 위치	51
표 4-14 인흥저수지 제원 및 위치	51
표 4-15 덕촌저수지 제원 및 위치	52
표 4-16 동해저수지 제원 및 위치	53
표 4-17 왕궁저수지 제원 및 위치	54
표 4-18 궁산저수지 제원 및 위치	55
표 4-19 용연저수지 제원 및 위치	56
표 4-20 옥계저수지 제원 및 위치	57
표 4-21 백마저수지 제원 및 위치	58
표 4-22 모점저수지 제원 및 위치	59
표 4-23 산대저수지 제원 및 위치	60
표 4-24 매주저수지 제원 및 위치	61
표 4-25 강창저수지 제원 및 위치	62
표 4-26 고잔저수지 제원 및 위치	63
표 4-27 산목저수지 제원 및 위치	64
표 4-28 지슬저수지 제원 및 위치	65
표 4-29 지내저수지 제원 및 위치	66
표 4-30 일월저수지 제원 및 위치	67
표 4-31 반곡저수지 제원 및 위치	68
표 4-32 입남저수지 제원 및 위치	69
표 4-33 단석저수지 제원 및 위치	70
표 4-34 대평저수지 제원 및 위치	71
표 4-35 도척저수지 제원 및 위치	72
표 4-36 어은저수지 제원 및 위치	73
표 4-37 오남저수지 제원 및 위치	74
표 4-38 월산저수지 제원 및 위치	75
표 4-39 향리저수지 제원 및 위치	76
표 4-40 홍중저수지 제원 및 위치	77
표 4-41 충남예산지사 급수예고 (8월 12일 기준)	82

표 6-1 수위자료 품질관리 케이스별 구분	104
표 6-2 수위의 급격한 증가의 상한치	116
표 7-1 월별 수위 상승 최대 변위값 (마장저수지, 2013)	127
표 7-2 월별 수위 하강 최대 변위값 (마장저수지, 2013)	127
표 7-3 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (마장저수지, 2013)	127
표 7-4 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (마장저수지, 2013)	127
표 7-5 월별 수위 상승 최대 변위값 (대룡저수지, 2013)	129
표 7-6 월별 수위 하강 최대 변위값 (대룡저수지, 2013)	129
표 7-7 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (대룡저수지, 2013)	129
표 7-8 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (대룡저수지, 2013)	129
표 7-9 월별 수위 상승 최대 변위값 (백마저수지, 2013)	131
표 7-10 월별 수위 하강 최대 변위값 (백마저수지, 2013)	131
표 7-11 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (백마저수지, 2013)	131
표 7-12 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (백마저수지, 2013)	131
표 7-13 월별 수위 상승 최대 변위값 (고경저수지, 2013)	133
표 7-14 월별 수위 하강 최대 변위값 (고경저수지, 2013)	133
표 7-15 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (고경저수지, 2013)	133
표 7-16 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (고경저수지, 2013)	133
표 7-17 월별 수위 상승 최대 변위값 (왕궁저수지, 2013)	135
표 7-18 월별 수위 하강 최대 변위값 (왕궁저수지, 2013)	135
표 7-19 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (왕궁저수지, 2013)	135
표 7-20 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (왕궁저수지, 2013)	135
표 7-21 월별 수위 상승 최대 변위값 (차리저수지, 2013)	137
표 7-22 월별 수위 하강 최대 변위값 (차리저수지, 2013)	137
표 7-23 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (차리저수지, 2013)	137
표 7-24 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (차리저수지, 2013)	137
표 7-25 월별 수위 상승 최대 변위값 (동해저수지, 2013)	139
표 7-26 월별 수위 하강 최대 변위값 (동해저수지, 2013)	139
표 7-27 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (동해저수지, 2013)	139
표 7-28 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (동해저수지, 2013)	139
표 7-29 월별 수위 상승 최대 변위값 (동부저수지, 2013)	141
표 7-30 월별 수위 하강 최대 변위값 (동부저수지, 2013)	141
표 7-31 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (동부저수지, 2013)	141
표 7-32 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (동부저수지, 2013)	141
표 8-1 강청저수지(주수원공) (출처 : 기존자료)	143
표 8-2 고경저수지(주수원공) (출처 : '02년 실측자료)	144
표 8-3 고잔저수지(주수원공) (출처 : '02년 실측자료)	144
표 8-4 공산저수지(주수원공) (출처 : 기존자료)	145
표 8-5 단석저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)	145
표 8-6 대룡저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)	146
표 8-7 대평저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)	147
표 8-8 덕촌저수지(보조수원공) (출처 : '02년 실측자료)	147
표 8-9 도척저수지(주수원공) (출처 : '01년 실측자료)	148
표 8-10 동부저수지(주수원공) (출처 : '04년 실측자료)	149
표 8-11 동해저수지(주수원공) (출처 : 자료없음)	150
표 8-12 마장저수지(주수원공) (출처 : 기존자료)	151
표 8-13 매주저수지(주수원공) (출처 : '04년 실측자료)	151
표 8-14 모점저수지(주수원공) (출처 : '02년 실측자료)	152

표 8-15 반곡저수지(주수원공)(출처 : '08년 실측자료)	152
표 8-16 백마저수지(주수원공)(출처 : '02년 실측자료)	153
표 8-17 산대저수지(주수원공) (출처 : '04년 실측자료)	154
표 8-18 산목저수지(주수원공) (출처 : '02년 실측자료)	155
표 8-19 어은저수지(주수원공) (출처 : '02년 실측자료)	156
표 8-20 오남저수지(주수원공) (출처 : '04년 실측자료)	157
표 8-21 옥계저수지(주수원공) (출처 : '04년 실측자료)	158
표 8-22 왕궁저수지(주수원공) (출처 : '00년 실측자료)	159
표 8-23 왕송저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)	159
표 8-24 용연저수지(주수원공) (출처 : '09년 실측자료)	160
표 8-25 월산저수지(주수원공) (출처 : '02년 실측자료)	160
표 8-26 인흥저수지(주수원공)(출처 : '01년 실측자료)	161
표 8-27 일월저수지(보조수원공) (출처 : 기존자료)	161
표 8-28 입남저수지(주수원공) (출처 : '04년 실측자료)	162
표 8-29 지내저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)	162
표 8-30 지슬저수지(주수원공) (출처 : 기존자료)	163
표 8-31 진봉저수지(주수원공) (출처 : '08년 실측자료)	164
표 8-32 차리저수지(주수원공) (출처 : '05년 실측자료)	165
표 8-33 향리저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)	165
표 8-34 홍중저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)	166
표 8-35 수위계별 저수지별 전체 자료 대비 결측값 비율	169
표 8-36 저수지별 시계열 수위 변화율 산정 프로그램 적용 결과	176
표 9-1 저수지간 상관분석 결과(결정계수 R ²)	210
표 9-2 강청 저수지 최대 허용 강하량	212
표 9-3 고경 저수지 최대 허용 강하량	213
표 9-4 고잔 저수지 최대 허용 강하량	213
표 9-5 궁산 저수지 최대 허용 강하량	214
표 9-6 단석 저수지 최대 허용 강하량	214
표 9-7 대룡 저수지 최대 허용 강하량	215
표 9-8 대평 저수지 최대 허용 강하량	216
표 9-9 도척 저수지 최대 허용 강하량	217
표 9-10 동부 저수지 최대 허용 강하량	218
표 9-11 동해 저수지 최대 허용 강하량	219
표 9-12 마장 저수지 최대 허용 강하량	220
표 9-13 매주 저수지 최대 허용 강하량	220
표 9-14 모점 저수지 최대 허용 강하량	221
표 9-15 반곡 저수지 최대 허용 강하량	221
표 9-16 백마 저수지 최대 허용 강하량	222
표 9-17 산대 저수지 최대 허용 강하량	222
표 9-18 산목 저수지 최대 허용 강하량	223
표 9-19 어은 저수지 최대 허용 강하량	224
표 9-20 오남 저수지 최대 허용 강하량	224
표 9-21 옥계 저수지 최대 허용 강하량	225
표 9-22 왕궁 저수지 최대 허용 강하량	226
표 9-23 왕송 저수지 최대 허용 강하량	226
표 9-24 용연 저수지 최대 허용 강하량	227
표 9-25 월산 저수지 최대 허용 강하량	227
표 9-26 인흥 저수지 최대 허용 강하량	228

표 9-27 일월 저수지 최대 허용 강하량	228
표 9-28 입남 저수지 최대 허용 강하량	229
표 9-29 지내 저수지 최대 허용 강하량	229
표 9-30 지슬 저수지 최대 허용 강하량	230
표 9-31 차리 저수지 최대 허용 강하량	231
표 9-32 향리 저수지 최대 허용 강하량	231
표 9-33 홍중 저수지 최대 허용 강하량	232
표 9-34 원시자료 필터링 후 이상거동 프로세스 적용 상태 판정	233
표 9-35 이상거동 정보 분석 결과	234

그림 목 차

그림 1-1 1980년 기준 시설물 설치 현황	1
그림 1-2 산대저수지 저수위/저수량 변동	3
그림 1-3 연구추진체계	5
그림 2-1 국외 저수지 붕괴 원인	10
그림 2-2 국외 저수지 댐체 형식	10
그림 3-1 IT패러다임 변화에 따른 빅데이터의 의미 (송영조,2012)	13
그림 3-2 데이터의 과거, 현재, 미래 (송영조,2012)	15
그림 3-3 스마트 빅보드 재난 상황 시스템(2014, 이상현)	17
그림 3-4 사과 작황진단 서비스 빅데이터 플랫폼	19
그림 3-5 미국해양대기청의 허리케인 예측모델	20
그림 3-6 IBM DeepThunder의 허리케인예보	21
그림 3-7 해일 수치모형 분석 및 데이터베이스화(좌), 지진발생시 예측 결과를 즉시 검색하여 연안에 해일 정보 주의보 발표(우)/ (일본기상청: www.jma.go.jp)	22
그림 3-8 댐 체체의 물리탐사 조사 방법 및 결과표 요약	26
그림 3-9 댐 체체의 물리탐사 주기적 시행 결과의 비교	27
그림 3-10 실시간 수위의 변화와 상하류 수위의 범위	28
그림 3-11 Geotechnical instruments used in DOT, USA	29
그림 3-12 지반구조물의 안전관리를 위한 계측시스템의 구분	31
그림 3-13 Landslide,Oso, Washington, March 2014.(Image Courtesy by Puget Sound Lidar Consortium, 2014.)	33
그림 3-14 우리나라의 산사태 취약지역 및 사망지	34
그림 3-15 수변 구조물에서 수위변동에 따른 간극수압의 변화 패턴	35
그림 3-16 Safety Factor change with Water level change	36
그림 3-17 Changes of phreatic lines during rising and drawdown process in the upper slope of reservoir or shore of reservoir	37
그림 3-18 산대 저수지의 체체붕괴 사례	39
그림 3-19 GIS application for detecting landslide in the shore of the reservoirs	40
그림 4-1 대상저수지 위치	42
그림 4-2 기상자료 수집 Web Crawler의 개발	78
그림 4-3 기상청 기상관측소 위치 및 티센망에 의한 지배관측소	79
그림 4-4 유역도구축예(중권역도)	79
그림 4-5 전국 토지피복도 구축	80
그림 4-6 전국 토양도 구축	80
그림 4-7 충남지역본부 예산지사 급수예고 알림내용(예)	81
그림 4-8 급수예보자료 게시 형식(예)	83
그림 5-1 동해 저수지(2010), 1일 간격	84
그림 5-2 동해 저수지(2011), 1일 간격	85
그림 5-3 동해 저수지(2012), 1일 간격	85
그림 5-4 동해 저수지(2013), 1일 간격	85
그림 5-5 동해 저수지(2014), 1일 간격	86
그림 5-6 동해 저수지(2014), 1일 간격	86
그림 5-7 동해저수지(2013, 4월), 30분 간격	86
그림 5-8 동해저수지(2013, 4월), 1시간 간격	87
그림 5-9 동해저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격	87
그림 5-10 동해저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격	87

그림 5-11 동해 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격	88
그림 5-12 왕궁 저수지(2010), 1일 간격	88
그림 5-13 왕궁 저수지(2011), 1일 간격	89
그림 5-14 왕궁 저수지(2012), 1일 간격	89
그림 5-15 왕궁 저수지(2013), 1일 간격	89
그림 5-16 왕궁 저수지(2014), 1일 간격	90
그림 5-17 왕궁저수지(2013, 4월), 30분 간격	90
그림 5-18 왕궁저수지(2013, 4월), 1시간 간격	90
그림 5-19 왕궁저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격	91
그림 5-20 왕궁저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격	91
그림 5-21 왕궁 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격	91
그림 5-22 고잔 저수지(2010), 1일 간격	92
그림 5-23 고잔 저수지(2011), 1일 간격	92
그림 5-24 고잔 저수지(2012), 1일 간격	93
그림 5-25 고잔 저수지(2013), 1일 간격	93
그림 5-26 고잔 저수지(2014), 1일 간격	93
그림 5-27 고잔 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격	94
그림 5-28 고잔저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격	94
그림 5-29 고잔저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격	94
그림 5-30 고잔저수지(2013, 4월), 1시간 간격	95
그림 5-31 고잔저수지(2013, 4월), 30분 간격	95
그림 5-32 지내 저수지(2010), 1일 간격	96
그림 5-33 지내 저수지(2011), 1일 간격	96
그림 5-34 지내 저수지(2012), 1일 간격	96
그림 5-35 지내 저수지(2013), 1일 간격	97
그림 5-36 지내 저수지(2014), 1일 간격	97
그림 5-37 지내저수지(2013, 4월), 30분 간격	97
그림 5-38 지내저수지(2013, 4월), 1시간 간격	98
그림 5-39 지내저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격	98
그림 5-40 지내저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격	98
그림 5-41 지내 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격	99
그림 5-42 산대 저수지(2010), 1일 간격	100
그림 5-43 산대 저수지(2011), 1일 간격	100
그림 5-44 산대 저수지(2012), 1일 간격	100
그림 5-45 산대 저수지(2013), 1일 간격	101
그림 5-46 산대저수지(2013, 4월), 30분 간격	101
그림 5-47 산대저수지(2013, 4월), 1시간 간격	101
그림 5-48 산대저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격	102
그림 5-49 산대저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격	102
그림 5-50 산대 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격	102
그림 6-1 수문자료 품질관리 절차(국토교통부 한강수문 통제소, 2014)	104
그림 6-2 조사 기준 H_{max} 와 H_{min} (건설교통부 한강홍수통제소, 2006)	105
그림 6-3 수위의 상·하한치 조사 프로세스	106
그림 6-4 수위 변동량의 상한치	107
그림 6-5 횡단현상	108
그림 6-6 수위고(H_t)와 수위변화량()	108
그림 6-7 수위변동량의 상·하한치 조사 프로세스	110
그림 6-8 지속 시간과 수위	112

그림 6-9 지역별 $f(m)$	113
그림 6-10 동일 수위의 장시간 계속의 조사 프로세스	114
그림 6-11 수위의 급격한 증감시 조사 프로세스	118
그림 6-12 공산저수지(2013), 1일 간격, 원시자료	119
그림 6-13 공산저수지(2013), 1일 간격, 1차 품질관리	119
그림 6-14 도척저수지(2013), 1일 간격, 원시자료	120
그림 6-15 도척저수지(2013), 1일 간격, 1차 품질관리	120
그림 6-16 동부저수지(2013), 1일 간격, 원시자료	121
그림 6-17 동부저수지(2013), 1일 간격, 1차 품질관리	121
그림 6-18 백마저수지(2013), 1일 간격, 원시자료	122
그림 6-19 백마저수지(2013), 1일 간격, 1차 품질관리	122
그림 6-20 어은저수지(2013), 1일 간격, 원시자료	123
그림 6-21 오남저수지(2013), 1일 간격, 원시자료	123
그림 6-22 용연저수지(2013), 1일 간격, 원시자료	124
그림 6-23 향리저수지(2013), 1일 간격, 원시자료	124
그림 7-1 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (마장 저수지, 2013)	126
그림 7-2 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (마장 저수지, 2013)	126
그림 7-3 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치	126
그림 7-4 분산 및 첨예도 산정 결과	126
그림 7-5 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (대룡 저수지, 2013)	128
그림 7-6 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (대룡 저수지, 2013)	128
그림 7-7 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치	128
그림 7-8 분산 및 첨예도 산정 결과	128
그림 7-9 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (백마 저수지, 2013)	130
그림 7-10 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (백마 저수지, 2013)	130
그림 7-11 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치 (백마 저수지, 2013)	130
그림 7-12 분산 및 첨예도 산정 결과 (백마 저수지, 2013)	130
그림 7-13 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (고경 저수지, 2013)	132
그림 7-14 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (고경 저수지, 2013)	132
그림 7-15 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치 (고경 저수지, 2013)	132
그림 7-16 분산 및 첨예도 산정 결과	132
그림 7-17 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (왕궁 저수지, 2013)	134
그림 7-18 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (왕궁 저수지, 2013)	134
그림 7-19 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치 (왕궁 저수지, 2013)	134
그림 7-20 분산 및 첨예도 산정 결과	134
그림 7-21 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (차리 저수지, 2013)	136
그림 7-22 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (차리 저수지, 2013)	136
그림 7-23 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치 (차리 저수지, 2013)	136
그림 7-24 분산 및 첨예도 산정 결과	136
그림 7-25 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (동해 저수지, 2013)	138
그림 7-26 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (동해 저수지, 2013)	138
그림 7-27 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치 (동해 저수지, 2013)	138
그림 7-28 분산 및 첨예도 산정 결과	138
그림 7-29 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (동부 저수지, 2013)	140
그림 7-30 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (동부 저수지, 2013)	140
그림 7-31 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (동부 저수지, 2013)	140
그림 7-32 분산 및 첨예도 산정 결과	140
그림 8-1 농업용 저수지 품질관리 플로 차트	170

그림 8-2 강청저수지 샘플 결과 (최대허용강하량 0.01m 적용)	172
그림 8-3 강청 저수지 전기간 품질관리 결과	173
그림 8-4 고경 저수지 전기간 품질관리 결과	173
그림 8-5 저수지별 유효자료 비율(%)	177
그림 8-6 강청 저수지 원시자료	177
그림 8-7 강청 저수지 품질관리 자료	178
그림 8-8 고경 저수지 원시자료	178
그림 8-9 고경 저수지 품질관리 자료	178
그림 8-10 고잔 저수지 원시자료	179
그림 8-11 고잔 저수지 품질관리 자료	179
그림 8-12 대룡 저수지 원시자료	179
그림 8-13 대룡 저수지 품질관리 자료	180
그림 8-14 동해 저수지 원시 자료	180
그림 8-15 동해 저수지 품질관리 자료	180
그림 8-16 백마 저수지 원시 자료	181
그림 8-17 백마 저수지 품질관리 자료	181
그림 8-18 산대 저수지 원시 자료	181
그림 8-19 산대 저수지 품질관리 자료	182
그림 8-20 옥계 저수지 원시자료	182
그림 8-21 옥계 저수지 품질관리 자료	182
그림 8-22 왕송 저수지 원시자료	183
그림 8-23 왕송 저수지 품질관리 자료	183
그림 9-1 2011년 단석-도척 저수지 일별 저수율 상관분석	185
그림 9-2 2011년 단석-어은 저수지 일별 저수율 상관분석	185
그림 9-3 2011년 단석-오남 저수지 일별 저수율 상관분석	185
그림 9-4 2011년 단석-월산 저수지 일별 저수율 상관분석	185
그림 9-5 2011년 단석-향리 저수지 일별 저수율 상관분석	186
그림 9-6 2011년 단석-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석	186
그림 9-7 2011년 도척-어은 저수지 일별 저수율 상관분석	186
그림 9-8 2011년 도척-오남 저수지 일별 저수율 상관분석	186
그림 9-9 2011년 도척-월산 저수지 일별 저수율 상관분석	187
그림 9-10 2011년 도척-향리 저수지 일별 저수율 상관분석	187
그림 9-11 2011년 도척-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석	187
그림 9-12 2011년 어은-오남 저수지 일별 저수율 상관분석	187
그림 9-13 2011년 어은-월산 저수지 일별 저수율 상관분석	188
그림 9-14 2011년 어은-향리 저수지 일별 저수율 상관분석	188
그림 9-15 2011년 어은-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석	188
그림 9-16 2011년 오남-월산 저수지 일별 저수율 상관분석	188
그림 9-17 2011년 오남-향리 저수지 일별 저수율 상관분석	189
그림 9-18 2011년 오남-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석	189
그림 9-19 2011년 월산-향리 저수지 일별 저수율 상관분석	189
그림 9-20 2011년 월산-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석	189
그림 9-21 2011년 향리-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석	190
그림 9-22 2012년 단석-도척 저수지 일별 저수율 상관분석	191
그림 9-23 2012년 단석-어은 저수지 일별 저수율 상관분석	191
그림 9-24 2012년 단석-오남 저수지 일별 저수율 상관분석	191
그림 9-25 2012년 단석-월산 저수지 일별 저수율 상관분석	191
그림 9-26 2012년 단석-향리 저수지 일별 저수율 상관분석	192

그림 9-27	2012년	단석-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	192
그림 9-28	2012년	도척-어은	저수지	일별	저수율	상관분석	192
그림 9-29	2012년	도척-오남	저수지	일별	저수율	상관분석	192
그림 9-30	2012년	도척-월산	저수지	일별	저수율	상관분석	193
그림 9-31	2012년	도척-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	193
그림 9-32	2012년	도척-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	193
그림 9-33	2012년	어은-오남	저수지	일별	저수율	상관분석	193
그림 9-34	2012년	어은-월산	저수지	일별	저수율	상관분석	194
그림 9-35	2012년	어은-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	194
그림 9-36	2012년	어은-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	194
그림 9-37	2012년	오남-월산	저수지	일별	저수율	상관분석	194
그림 9-38	2012년	오남-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	195
그림 9-39	2012년	오남-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	195
그림 9-40	2012년	월산-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	195
그림 9-41	2012년	월산-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	195
그림 9-42	2012년	향리-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	196
그림 9-43	2013년	단석-도척	저수지	일별	저수율	상관분석	197
그림 9-44	2013년	단석-어은	저수지	일별	저수율	상관분석	197
그림 9-45	2013년	단석-오남	저수지	일별	저수율	상관분석	197
그림 9-46	2013년	단석-월산	저수지	일별	저수율	상관분석	197
그림 9-47	2013년	단석-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	198
그림 9-48	2013년	단석-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	198
그림 9-49	2013년	도척-어은	저수지	일별	저수율	상관분석	198
그림 9-50	2013년	도척-오남	저수지	일별	저수율	상관분석	198
그림 9-51	2013년	도척-월산	저수지	일별	저수율	상관분석	199
그림 9-52	2013년	도척-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	199
그림 9-53	2013년	도척-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	199
그림 9-54	2013년	어은-오남	저수지	일별	저수율	상관분석	199
그림 9-55	2013년	어은-월산	저수지	일별	저수율	상관분석	200
그림 9-56	2013년	어은-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	200
그림 9-57	2013년	어은-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	200
그림 9-58	2013년	오남-월산	저수지	일별	저수율	상관분석	200
그림 9-59	2013년	오남-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	201
그림 9-60	2013년	오남-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	201
그림 9-61	2013년	월산-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	201
그림 9-62	2013년	월산-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	201
그림 9-63	2013년	향리-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	202
그림 9-64	2014년	단석-도척	저수지	일별	저수율	상관분석	203
그림 9-65	2014년	단석-어은	저수지	일별	저수율	상관분석	203
그림 9-66	2014년	단석-오남	저수지	일별	저수율	상관분석	203
그림 9-67	2014년	단석-월산	저수지	일별	저수율	상관분석	203
그림 9-68	2014년	단석-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	204
그림 9-69	2014년	단석-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	204
그림 9-70	2014년	도척-어은	저수지	일별	저수율	상관분석	204
그림 9-71	2014년	도척-오남	저수지	일별	저수율	상관분석	204
그림 9-72	2014년	도척-월산	저수지	일별	저수율	상관분석	205
그림 9-73	2014년	도척-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	205
그림 9-74	2014년	도척-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	205

그림 9-75	2014년	어은-오남	저수지	일별	저수율	상관분석	.....	205
그림 9-76	2014년	어은-월산	저수지	일별	저수율	상관분석	.....	206
그림 9-77	2014년	어은-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	.....	206
그림 9-78	2014년	어은-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	.....	206
그림 9-79	2014년	오남-월산	저수지	일별	저수율	상관분석	.....	206
그림 9-80	2014년	오남-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	.....	207
그림 9-81	2014년	오남-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	.....	207
그림 9-82	2014년	월산-향리	저수지	일별	저수율	상관분석	.....	207
그림 9-83	2014년	월산-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	.....	207
그림 9-84	2014년	향리-홍중	저수지	일별	저수율	상관분석	.....	208

본 문

제 1절 서 론

1. 연구의 필요성

최근 기후변화에 따른 극한 강우사상의 증가로 인하여 농업용 저수지의 재해 위험도가 증가하고 있는 추세이며, 사고가 발생할 때 마다 파손/붕괴된 시설물을 보수하는 대응형 유지관리체계에서 벗어나 기반시설의 성능과 생애주기 등을 고려하여 재해 발생을 사전에 예보 및 경보를 알릴 수 있는 예방적 관리체계로의 전환이 필요하다. 한국농어촌공사는 전국 1,500개 저수지에서 10분 단위 수위자료를 측정하고 있으며, 이를 분석하여 재해예방에 활용할 수 있는 기반이 조성되어 있으나 이에 대한 관리가 이루어지지 않고 있고 수집된 자료를 활용하여 재해 징후를 분석할 수 있는 재해 예방적 분석기술이 마련되어 있지 않은 실정이다.

우리나라 농업용수는 전체 용수의 63%를 차지하며 식량생산기반 유지의 근간을 이루고 있으며, 전국에 농업용저수지는 17,611 개소로서 전체 관개 면적의 약 60%에 용수를 공급하고 있으며 이중 16,000 여개의 저수지가 30년 이상 된 노후 저수지이며 농업생산기반 수리시설의 노후화로 매년 4,000 억원 이상의 유지관리 비용이 소요되고 있다.

수리시설물은 대부분 1970~1980년대에 설치되어 노후화가 심하고 현행 설계기준을 충족하지 못한 시설물이 있으며, 적기에 개보수사업이 이루어지지 않아 시설물의 안전에 위협이 되고 있으며, 1980년 설치기준으로 한국농어촌공사에서 관리하고 있는 3,372개소 저수지를 각 시·도별로 살펴보면, 1980년 이전에 설치된 시설물이 강원도 67.1%, 전라남도 91.8% 등 전국의 평균치가 85.7%이며, 또한 대단위사업으로 시행한 15개 지구도 평균치가 90.2%로서 대부분 30년 이상 많은 시일이 경과된 시설물이다.

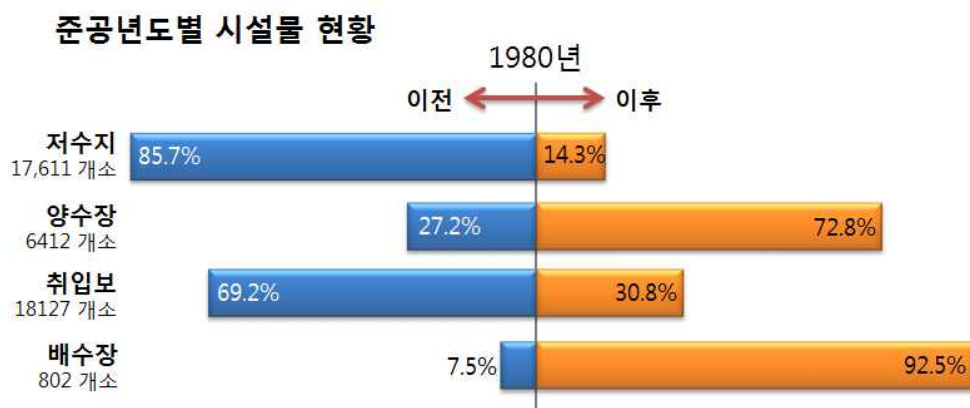


그림 1-1 1980년 기준 시설물 설치 현황

출처: 「한국농정50년사」, 「농업생산기반정비사업통계연보」

표 1-1 연도별 수리시설물 설치 현황

(단위: 개소, %)

연도 시설	계	1900~ 1930	1930~ 1940	1940~ 1950	1950~ 1960	1960~ 1970	1970~ 1980	1980~ 1990	1990~ 2000	2000~ 2008
계	68,688 (100.0)	116 (0.2)	212 (0.3)	14,707 (21.4)	2,060 (3.0)	9,647 (14.0)	11,427 (16.6)	8,272 (12.0)	12,682 (18.5)	9,565 (13.9)
저수지	17,611	101	181	9,677	1,328	3,727	1,596	565	278	158
양수장	6,412	3	13	93	129	510	1,530	1,630	1,435	1,069
양배수장	122	1	2	8	3	12	13	27	28	28
배수장	802	-	-	4	7	15	29	136	231	380
취입보	18,127	11	16	4,789	576	2,800	6,000	2,245	792	898
집수암거	2,757	-	-	102	17	976	1,137	379	91	55
관 정	22,857	-	-	34	-	1,607	1,122	3,290	9,827	6,977

자료: 「한국농정50년사」, 「농업생산기반정비사업통계연보」

농업용저수지는 붕괴 시 농업 생산뿐 아니라 하류 인근지역의 침수 피해 등의 대규모 재해를 발생시킬 수 있으므로 새로운 관리 패러다임이 필요하다. 사고가 일어날 때마다 파손·붕괴된 시설물을 보수하는 ‘재해 대응형 유지관리체계’에서 벗어나 기반시설의 성능과 생애주기 등을 고려하여 재해 발생을 사전에 예보 및 경보를 알릴 수 있는 ‘재해 예방적 관리체계’로 전환이 필요하며, 기후변화에 따른 극한 강우 사상의 증가로 농업용저수지의 재해 위험도가 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 전체 수리시설 관리의 일원화가 추진하고 있으며 이에 통합 관리 시 재해 대비를 위한 관리 시스템 구축이 필요하다.

최근에 발생한 경주 산대저수지 붕괴 사고(2012. 4. 12)의 경우 사고의 원인이 제방 및 매설 관수로와 흙 접속부 누수가 장기화되어 토사유출 현상이 심화되면서 붕괴가 발생하였으며, 저수지 붕괴로 인하여 저수지 북동 주변 20m 제체 일부 붕괴, 농경지 1.2ha 매몰, 차량 13대, 주택 5동, 상가 6동 침수, 인근도로 및 토사 유입 등의 피해가 발생하였다. 이를 계기로 하여 한국농어촌공사는 재해대응역량의 강화를 위하여 붕괴 원인 분석, 시설물 안전점검체계, 농업기반시설의 효율적 관리를 위한 개선 방안 등 모색하고 있으며, 타 농업용저수지 역시 이와 같은 붕괴 위험에 노출되어 있으므로 사전에 수위 변화의 이상거동 여부를 판단하고 조기 예·경보를 수행할 수 있는 시스템 구축의 필요성이 제기되었다.

전국 1,500여개 저수지에서 10분 단위 수위자료가 수집되고 있으며, 이를 분석하여 재해 예방에 활용할 수 있는 기반이 조성되어 있으나 이에 대한 관리가 이루어지지 않고 있고, 수집된 자료를 활용하여 재해 징후를 분석할 수 있는 분석 기술이 마련되어 있지 않은 실정이다. 2013년에는 산대저수지가 강우와 상관없이 붕괴된 사례가 있고, 따라서 향후 농업용 저수지의 재해 위험성 증가로 인하여 17,000 여개에 이르는 농업 수리 시설의 재해 관리를 위한 빅데이터 재해 정보 분석 기술 개발이 시급하다.

농업시설물은 피해 발생 시 원상 복구를 위해 상당한 시간과 비용이 소요되기 때문에 사고 대응형보다는 사고 예방형 관리 시스템이 필수적이므로 시설물의 재해 방지 및 기상자료를 활용한 예보 시스템을 구축하여 농업재해 예방형 관리 시스템을 운영해야 한다.

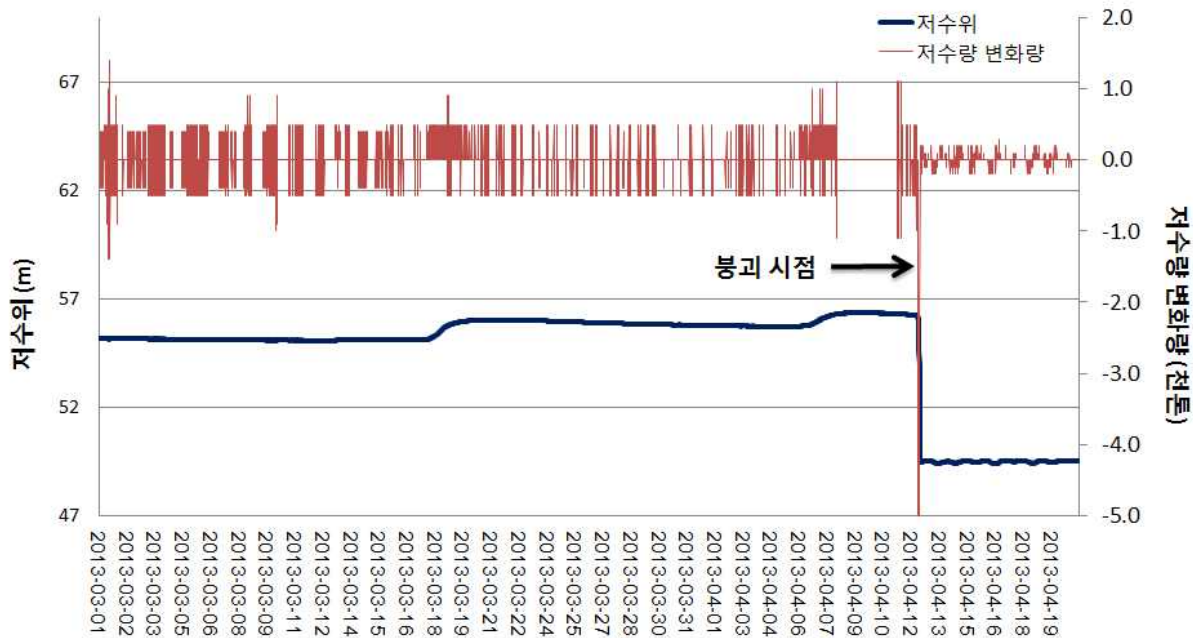


그림 1-2 산대저수지 저수위/저수량 변동

농업재해 예방형 재해 예·경보시스템은 크게 모니터링 센서 구축 시스템과 실시간 자료 전송 시스템, 모니터링 분석 시스템으로 구분될 수 있다. 예보시스템은 수집된 빅데이터를 바탕으로 저수지 이상거동을 판단할 수 있는 시계열 수위자료의 이상치 분석, 관개수량과 방류량의 이상치 분석 등의 알고리즘 프로그램을 갖추어야 하며, 모니터링 센서는 저수지 수위와 방류량 등을 종합적으로 관측하도록 구성하고, 실시간 자료 전송 시스템은 무선 인터넷을 활용하도록 함. 모니터링 분석 시스템은 수집, 관측된 방대한 자료를 분석하여 특이 사항을 도출하여 발생 가능한 이상거동을 예측하고 예보하는 시스템으로 구성되어야 한다.

2. 연구의 목표 및 내용

가. 연구목표

본 연구는 노후화와 기후변화 등으로 전국 17,000 여개 농업용저수지의 재해 대응이 취약해지는 상황에서 1) 저수지 수위 시계열 데이터 및 기상정보 관련 빅데이터를 수집하고 분석하여 2) 이상거동을 파악하는 요소기술을 개발하고, 3) 개발된 기술을 국가 농업수자원의 근간인 농업용저수지 안전 관리 요소기술로 활용될 수 있도록 하여 국가 농업수자원의 안전한 유지관리와 국민의 안전·복지 향상에 기여함을 목표로 한다.

나. 연구내용(1차년도)

표 1-2 연구 내용

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용
1차년도	2014	농업용저수지 거동 분석 관련 빅데이터 자료 기반 구축	<p><input type="checkbox"/> 국내외 수위자료(시계열) 이상치 탐지기술 조사 및 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 국내외 시계열자료 이상치 탐지기술에 대한 조사 및 분석 <p><input type="checkbox"/> 저수지 운영 관련 자료 마이닝 기반 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 기상자료를 연동하여 저수지 수위변동에 활용한다면 저수지 이상거동 파악에 유용한 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단되므로 기상청의 기상자료를 수집하고 D/B화 할 수 있는 프로그램을 개발하고자 함. □ 농업용저수지 이름과 키워드 등을 추출하여 관련 저수지의 동태를 파악할 수 있는 저수지운영자료 분석기반 구축하려고 함. □ 수집된 기상자료와 저수지 운영 자료를 연계하여 농업용저수지 이상거동 정보 추출을 위한 마이닝 기반을 구축하고자 함. □ 대상 저수지 선정을 위한 현장전문가 자문 및 의견 반영 <ul style="list-style-type: none"> - 기상청 기상 자료 (관측소, AWS 등) 수집 프로그램 개발 - 관개 급수 예보 자료 마이닝 기반 구축 - 기타 저수지 수위 관련 자료 마이닝 기반 구축 <p><input type="checkbox"/> 시계열 수위자료 특성 분석 자료 기반 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 시계열 농업용저수지 수위자료에 대한 잡음특성, 기상자료 관련 변동 특성을 분석하여 허용치 데이터베이스 구축, 이상거동 판단 알고리즘에 사용하고자 함 <ul style="list-style-type: none"> - 10분 단위 1,500 개 저수지 시계열 수위 자료 - 환경용수 및 관개수량의 방류량 측정 자료 <p><input type="checkbox"/> 시계열 수위자료 이상거동 판독을 위한 허용치 데이터베이스 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 농업용저수지 수위의 이상거동을 파악하기 위해서는 다양한 기초 정보가 필요하며 이를 바탕으로 수위 변위의 허용치 데이터베이스를 구축하고자 함. <ul style="list-style-type: none"> - 저수지 관련 공간 GIS 자료 - 저수지별 제원 및 유역면적, 관개면적 자료 - 저수지별 단위용수량 및 최대 관개가능량 자료 - 저수지 수위 변동 허용치 자료 데이터 베이스 구축 <p><input type="checkbox"/> 시계열 수위자료 필터링 및 경향치 산정을 위한 잡음 제거 프로그램 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 10분 단위 1,500 개 저수지 시계열 수위 자료의 필터링을 수행하기 위하여 시계열 분석 기법 (칼만필터, low-pass filter 등)을 이용한 잡음 제거 프로그램을 개발하고자 함. <ul style="list-style-type: none"> - 10분 단위 1,500 개 저수지 시계열 수위 자료 필터링 - 시계열 분석 기법을 이용한 잡음 제거 프로그램 개발 - 보정된 저수지 수위자료의 대푯치 추출 및 변위 계산

3. 연구추진체계

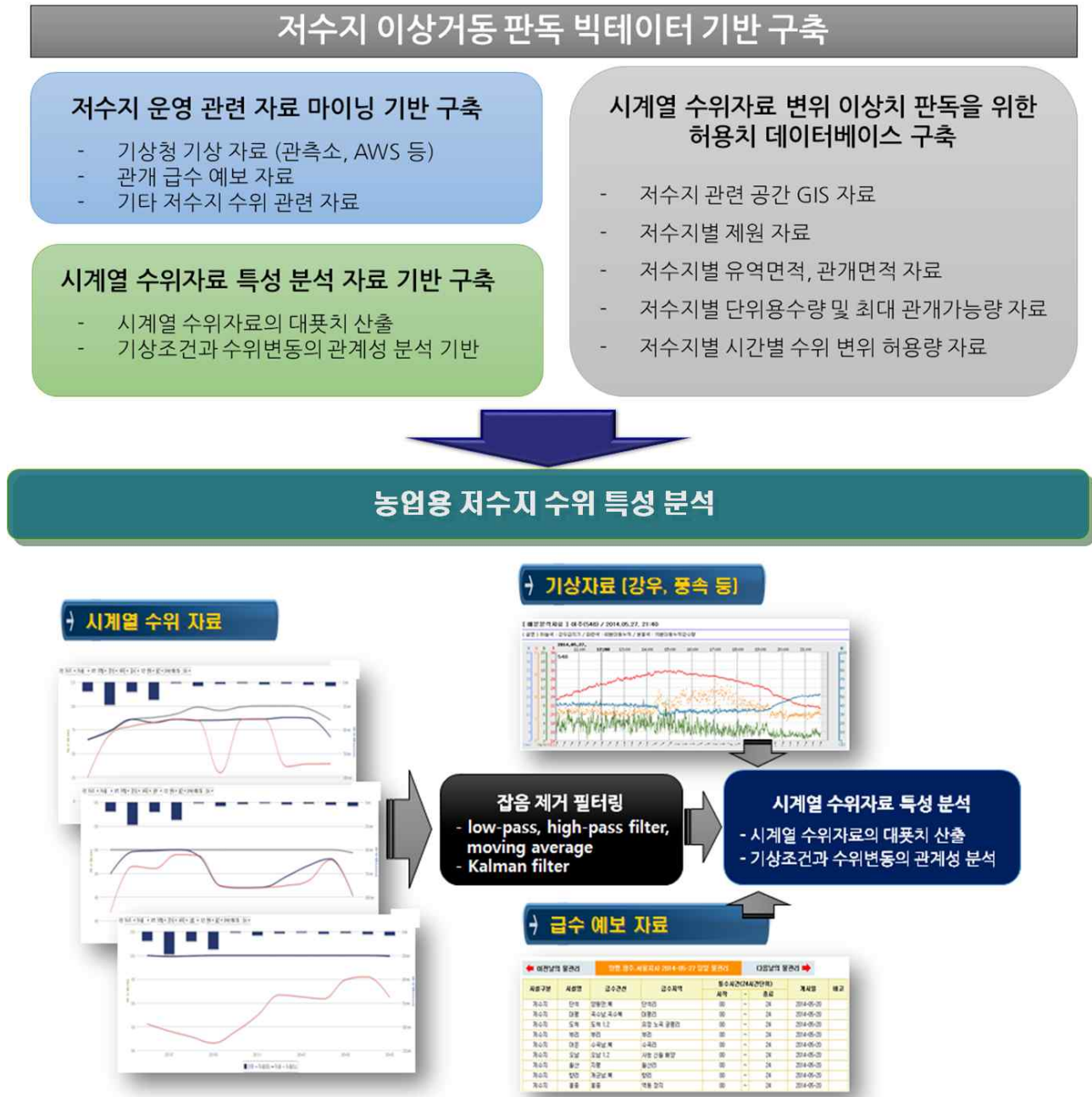


그림 1-3 연구추진체계

제 2절 국내외 저수지 붕괴사례 조사 및 분석

1. 국내 저수지 현황

농업생산기반 정비사업 통계연보(농림수산식품부, 2011)에 의하면 전국에 농업용 저수지는 약 1만 7천여개가 존재하며, 유효저수량이 10만톤 미만의 저수지는 88.4%로 대다수가 소규모 저수지라고 할 수 있다. 이 중 상당수는 도시화 및 농경지 감소로 기능이 저하되었거나 상실되었다. 준공연도별로는 1945년도 이전 준공 저수지는 우리나라 전체 저수지의 약 53%이며 준공 40년 이상의 저수지는 약 88%이다. 또한 농업용 저수지의 형식은 99.2%가 필 댐이며 콘크리트 댐은 0.2%에 불과하다. 시설물은 연수가 증가함에 따라 노후화가 될 수밖에 없으므로 70년 이전에 축조된 저수지는 안전성 측면에서 많은 미비점을 내포한다(한, 2002).

저수지의 수는 경상북도, 경상남도, 전라남도, 전라북도의 순서로 많으며, 밀도는 중부지방보다 남부지방이 높은 편이다. 이와 같은 특성은 지형학 및 기후학적 특성이 반영된 것으로 볼 수 있다. 경상도 지역은 강수량이 타 지역에 비해 10%~20% 가량 작으며, 태백산맥의 영향으로 경사가 급하기 때문에 물을 저류할 수 있는 저수지의 필요성이 높다. 전라도 지역은 경상도에 비해 평탄한 지형을 가지며 강수량이 많아 농업이 발달되었으며, 그 수요를 맞추기 위해서는 저수지의 축조가 활발했다고 볼 수 있다(유 등, 2007).

2. 저수지 붕괴로 인한 피해

지구온난화로 인해 세계적으로 집중호우, 돌발폭우, 태풍 등의 극한 수문 사상의 발생으로 댐과 저수지의 붕괴에 대한 우려가 증가하고 있으며, 하류지역 주민들의 불안감이 고조되고 있다. 1900년대 이후 세계적으로 약 200여건 이상의 댐 붕괴사고가 발생하여 막대한 인명피해와 재산피해가 발생하였다.

우리나라는 여름철인 7~9월에 연 총 강수량의 60% 이상이 편중되어 있으며, 국지성 집중호우가 빈번히 발생한다. 또한 농촌의 경우 집약 농업을 실시하고 있기 때문에 홍수 등의 극한사상 발생시 저수지 붕괴가 일어나게 된다면 그 피해는 상당히 클 것으로 예상할 수 있다.

가. 국내 사례 조사

국내 저수지 붕괴 사례 조사는 환경부의 상수전용댐의 안전성 대책 및 치수능력 증대방

안 연구 보고서를 참고하였다. 우리나라에서 발생한 댐 붕괴중 가장 큰 피해로 기록된 효기리 댐 붕괴는 1961년 전북 남원군에 위치한 효기리 댐에서 일어났으며, 그 결과는 57명 실종, 156명 사망, 9,800명의 이재민 발생으로 조사되었다. 이외에도 1972년 구덕저수지 붕괴로 인하여 75명이 사망하였으며, 1987년과 1998년 대홍수로 인해 많은 국내 소규모 댐 및 저수지가 파괴되었다. 1999년에는 경기도 연천군에 위치한 연천댐이 붕괴되었으며, 1996년 이후 지속적으로 발생한 이상홍수로 인하여 1998년에는 40개, 1999년에는 5개의 소규모 저수지가 붕괴된 것으로 조사되었다. 또 하나의 큰 피해를 입힌 사건으로는 2002년 태풍 Rusa 발생시 강릉의 장현댐과 동막댐이 붕괴된 경우가 있으며 이로 인해 하류 주거지역 등에 큰 홍수피해를 입혔다. 또한 2003년 태풍 매미로 인해 댐과 저수지의 파괴 및 손상이 발생하였다. 하지만 우리나라의 특성상 수많은 사건, 사고들이 별다른 분석 없이 처리되거나 은폐, 축소되어 저수지 붕괴에 관한 자료들은 거의 남아있지 않다. 다음 표는 국내 댐 및 저수지 붕괴 사례를 정리한 표이며 이 자료들 또한 사고 원인 등에 대한 기술적 검토가 없거나 단편적인 경우가 전부이다(환경부, 2008).

표 2-1 국내 댐 및 저수지 붕괴 사례(주, 2010)

댐·저수지명	위치	피해내용	발생연도
효기리저수지	전라북도 남원군	사망 156명, 부상 65명	1961
구덕저수지	부산시 서구	사망 75명	1972
장속저수지	충청북도 보은군	농경지 1ha 유실, 가옥1동 유실	1980
연천댐	경기도 연천군	가옥 50동 전파	1996
구상저수지	전라북도 남원시	이설도로 100m, 원호활동파괴	2002
가화저수지	전라남도 고흥군	정수지, 제방 일부 유실	2002
수평저수지	전라남도 구례군	제체 월류로 인한 활동	2002
탄금저수지	전라남도 담양군	여수토 및 제방 공극(0.8m)	2002
달산저수지	경상북도 영덕군	제체 유실	2002
동막저수지	강원도 강릉시	저수지 여수토, 방수로 전구간 유실 및 제당(230m) 활동 발생	2002
장현저수지	강원도 강릉시	제체(85m), 여수토(25m), 방수로 및 정수지 (130m) 유실	2002
경포저수지	강원도 강릉시	제체 경사면 하단부(80m) 세굴 및 여수토, 방수로(90m) 완전 유실, 하류 농경지 유실 및 매몰	2002
오봉저수지	강원도 강릉시	방수로 옹벽 8m 유실 (26억원)	2002
철통저수지	강원도 고성군	제체 유실, 농경지 유실	2002
거진저수지	강원도 거진군	여수토 유실, 농경지 유실	2002
광동댐	강원도 삼척시	월류 위기, 1800명 대피	2002
성주댐	경상북도 성주군	12000명 대피, 진수지 하단보(길이 20m, 폭 3m) 및 돌망태 유실	2002
묘곡저수지	경상북도 영덕군	저수지 여수토, 방수로 급류부(100m) 유실	2002
달산저수지	경상북도 영덕군	월류 위기, 2개 마을 대피	2002
죽전저수지	경상남도 합천군	월류 위기, 2개 마을 대피	2002
상판저수지	경상북도 상주군	방수로 정수지 하류 하천 연결부 옹벽 18m 파손	2002
가화저수지	전라남도 고흥군	월류 위기	2002

효곡저수지	전라남도 구례군	월류 위기	2002
원부저수지	경기도 여주군	제체 일부 유실	2003
송월저수지	전라북도 정읍시	제체 하단부(길이 10m, 폭 5m, 높이 4m) 유실	2003
미천저수지	경상북도 의성군	집중 호우로 붕괴 발생	2003
수동저수지	경상북도 영덕군	방수로 일부 전도, 제체 일부 유실	2003
가평저수지	전라북도 고창군	방수로 20m 전도, 방수로 접속도로(콘크리트 포장) 유실, 농경지매몰	2004
운정저수지	광주광역시 북구	제체 붕괴(L=30m, H=7m), 농경지 매몰	2004
가목저수지	전라북도 완주군	여수로, 방수로 유실(L=15m, B=7)	2005
원산1저수지	전라남도 영암군	제당 활동(B=2m, H=1.5m, L=30m)	2005
신덕저수지	전라남도 해남군	농경지 유실	2005
장천저수지	전라남도 보성군	농경지 침수	2005
영천저수지	전라남도 보성군	제체 붕괴, 반파	2005
석교저수지	전라북도 익산시	산사태, 매몰	2005
덕암저수지	경상남도 함양군	제체 붕괴	2005
송호저수지	강원도 원주시	제체 붕괴, 가옥 2동 침수	2006
삼합저수지	경기도 여주군	제체가 포화되어 화동 발생(L=10m, B=5m)	2006
오촌저수지	경기도 안성시	방수로와 토공이 붕괴됨	2006
칠동저수지	전라남도 보성군	제체 하단부 일부 유실	2006
기저수지	경상북도 의성군	제체 활동, 제체 붕괴 위기	2006
담곡저수지	경상북도 포항시	제체 중간 부분(L=60m) 붕괴	2006
미력저수지	전라남도 보성군	제체 붕괴(25m)	2007
만봉저수지	전라남도 나주시	저수지 비상통관이 파손, 인접 농경지 침수	2008
금곡저수지	전라북도 익산시	제체 붕괴, 농경지 유실	2009
교동저수지	전라북도 고창군	제체 붕괴, 농경지 유실	2009
화자저수지	전라남도 나주시	여수로 측수로 바닥 세굴, 물넘이 부위 전도(15m)	2009

(가) 장현 저수지

장현댐은 섬석천 상류, 강원도 강릉시 장현동에 위치하며, 1947년에 준공된 높이 15m, 길이 170m, 여수로 폭 80m(측수로식)인 농업용 댐이다. 유역면적은 11.52km²로 2002년 태풍 Rusa시 여수로 설계홍수량 190m³/sec를 초과하는 313m³/sec이상의 홍수량으로 인하여 여수로 시설을 포함한 약 53m가 유실되었다. 저수지의 붕괴로 인해 하류지역에 위치한 모산의 13가구가 유실되어 큰 인명피해가 발생하였으며, 저수지의 영향권에 있는 약 1.5km² 구간의 농경지가 침수되거나 매몰되는 피해가 발생하였다.

(나) 동막 저수지

동막댐은 섬석천 지류인 금광천 상류, 강원도 강릉시 구정면 어단리에 위치하며 높이 25m, 길이 320m이고 유역면적 1.86km²로서 2002년 태풍 Rusa시 여수로 설계홍수량 14

m³/sec를 초과하는 67m³/sec이상의 홍수량으로 인하여 여수로 시설을 포함한 약 57m가 유실되었다. 이로 인하여 하류지역 주택침수 및 붕괴, 농경지 침수, 하천범람, 교량 파괴 등이 발생하였다.

(다) 연천 저수지

경기도 연천군 전곡읍 신답리와 청산면 궁평리에 걸쳐 있는 연천댐은 복합댐 형식으로, 총길이는 243.5m이고 수문은 7개이다. 1996년 7월 26일~27일에 걸친 집중 호우로 인하여 월류된 홍수량이 댐 하류부 양안을 급속히 세굴시키면서 우측 댐체와 양안 기반암과의 연결부까지 세굴시켜 댐체가 수압에 못 견디고 파괴된 것으로 추정된다. 또한 1998년에도 집중호우로 인하여 댐 일부가 유실되었다. 연천댐은 2000년 5월 25일에 철거되었다.

나. 국외 사례 조사

국외 댐 붕괴사례 중 1963년 이탈리아 Vaiont 댐의 활동으로 인한 붕괴 인해 2,600여명이 사망한 대규모 사고가 있었다. 미국에 위치한 Buffalo Creek 댐의 경우는 누수로 인한 사고로 하류지역의 주민들이 약 125명이 사망하였으며 가옥이 약 4,000여 동이 파괴되었다. 또한 미국에서는 1963년 Baldwin Hills 댐, 1976년 Teton 댐 등의 다수의 댐 붕괴로 수백 명의 인명피해와 수억 달러의 재산피해가 발생하였으며, 1979년 인도의 Machhu 2 댐 붕괴는 2,000명 이상의 인명피해와 400만 달러 이상의 재산피해가 발생하였으며 이를 표로 정리한 것은 아래와 같다.

댐 붕괴 기록을 살펴보면 붕괴 원인에 따른 분류를 해본 결과 총 79회의 댐 붕괴중 월류(overtopping) 35회, 파이핑(piping) 38회, 누수(seepage) 5회, 활동(sliding) 1회가 발생하였고, 댐체 형식에 따른 분류로는 균일형 흙댐(Homogeneous earthfill) 37회, 흙댐(earthfill) 2회, 존형댐(zoned earthfill) 7회, 록필댐(rockfill) 8회, 심벽형댐(corewall) 11회로 나타났다. 이러한 사실에 비춰보면 과거에 발생한 주요 댐 붕괴의 경우 월류와 파이핑에 의한 흙댐의 붕괴가 가장 빈번히 발생한 것으로 조사되었으며(주, 2011), 그것을 비율로 나타낸 것은 다음 그림과 같다.

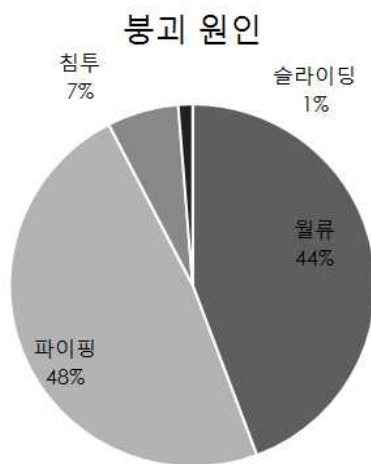


그림 2-1 국외 저수지 붕괴 원인

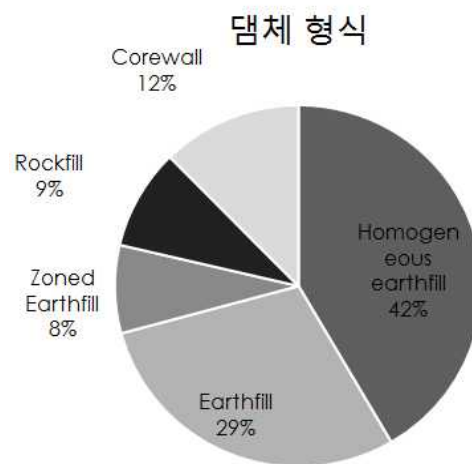


그림 2-2 국외 저수지 댐체 형식

표 2-2 국외 저수지 붕괴 사례(주, 2010)

댐·저수지명	위치	연도	원인	댐 형식	발생 내용
Alla Sella Zerbino	이탈리아	1935	월류	곡선식 중력댐	사망 100명 이상
Austin	미국	1911	활동	Rolled earthfill / Cycloped concrete	사망 80명
Babii Yar	소련	1961	월류	Rolled earth	사망 145명
Baldwin Hills	미국	1963	파이핑	Homogeneous earthfill	사망5명, 가옥 41동 파괴, 986동 침수
Bila Desna	체코	1916	파이핑	Earthfill	사망 65명
Bouzey	프랑스	1895	누수	수직형 중력식 석괴댐	사망 100여명
Bradfield	영국	1864	파이핑	Rockfill/earthfill	사망 238명, 가옥 800동 파괴 4,000동 침수
Buffalo Creek	미국	1972	누수	Homogeneous fill, coal waste	사망 125명, 가옥 4,000여동 파괴
Eigiau	영국	1925	누수	중력식 석괴댐	사망 6명
Frias	아르헨티나	1970	월류	Homogeneous rockfill	사망 42명, 실종 60명
Gleno	이탈리아	1923	시공 불량	복합식 콘크리트댐	사망 600여명(추정)
Kelly Barnes	미국	1977	파이핑	Homogeneous earthfill	사망 38명
Khadakwasla (Poona)	인도	1961	월류	석괴댐	가옥 약 5,000동 파괴(추정)
Lawn Lake	미국	1982	파이핑	Homogeneous earthfill	사망 3명
Machhu II	인도	1979	누수	Earthfill	사망 2,000명 이상, 가옥 12,000동 전파, 7,000동 침수
Malpasset	프랑스	1959	누수	아치형 콘크리트댐	사망 421명
Mohne	독일	1943	공습	중력식 콘크리트댐	사망 1,200명(추정)
Oros	브라질	1960	월류	Zoned earthfill and rockfill	사망 1,000명(추정), 가옥 700여동 파괴
Panshet	인도	1961	월류	Zoned earthfill	가옥 약 5,000동 파괴(추정)
Sempor	인도네시아	1967	파이핑	Rockfill	사망 200여명
St. Francis	미국	1928	활동	아치형 중력식 콘크리트댐	사망 450명
Teton	미국	1976	파이핑	Zoned earthfill	사망 10여명
Vaiont	이탈리아	1963	활동	아치형 콘크리트댐	사망 2,600명
Vega de Tera	스페인	1959	누수	Slab-and-Buttress	사망 144명, 가옥 125동 파괴, 25동 침수
Zgorigrad	불가리아	1966	월류	Earth	사망 96명, 실종 25명, 가옥 196동 파괴

제 3절 빅데이터 기반 재난관리 연구동향

1. 빅데이터 개요

가. 빅데이터

최근 우리 사회는 기존 일하는 방식으로는 해결하기 어려운 국가사회 현안 문제에 직면하여 미래를 예측하고 대응할 수 있는 선제적인 국정운영이 요구되는 시점에 서 있다. 특히 이상기후, 사회·환경적 변화로 예측하기 어려운 재난 발생이 가속화되고 있어 재난관리 역시 패러다임 변화가 필요하다. 재난관리의 경우, 위기상황 시에 가장 필요한 정보를 적시적소에 신속하게 제공해야한다. 이를 위해서는 재난안전 관계 기관 간 칸막이를 없애고 유기적인 연결을 통해 실시간 모니터링과 상황 판단이 가능한 체계 구축이 필요하다. 무엇보다도 현재의 정부 중심의 재난대응·전파체계에서 벗어난 양방향 재난관리가 필요하다. 본 연구보고에서는 빅데이터 시대의 재난관리 사례 및 활용방안을 소개하고 국내 및 국외에서 구축한 빅데이터 기반의 재난관리 기술을 소개하고자 한다.

재난관리는 보이는 위험과 보이지 않는 위험에 대처하는 일련의 과정이다. 장기적 변화의 경향을 파악하고 그에 따라 예상되는 재해에 대비하는 것은 보이지 않는 위험으로부터 국민 안전과 국가 안보를 지키는 매우 중요한 일이다. 또 위험을 사전에 모니터링하고 예보하는 것은 국가 및 지역단위 재난관리의 가장 중요한 지표를 제공하는 것이다.(최선화, 2013)

나. 빅데이터 개요

빅데이터 기술이란 대용량 또는 비정형 데이터를 분석하여 패턴, 상관관계, 지식 등의 유용한 가치를 찾아내는 기술을 의미한다. 현대 사회, 문화, 경제, 경영, 기술 분야에서 발생하는 다양한 데이터를 분석, 활용하여 미래 예측, 고객가치 창출, 범죄 예방 등 다양한 분야에 이미 응용이 되고 있다. 맥킨지와 IDC(Internet Data Center)의 정의에 의하면 빅데이터는 일반적인 데이터베이스 소프트웨어가 저장, 관리, 분석할 수 있는 범위를 초과하는 대규모의 데이터로부터 저렴한 비용으로 가치를 창출하고 초고속으로 수집, 발굴, 분석을 지원하도록 고안된 차세대 기술 및 아키텍처이다(신신애, 2013).

데이터의 크기, 수십배씩 증가하는 데이터 증가 속도 등은 컴퓨팅 기술의 발전, 센싱인프라확산에 따라 지속적으로 확장되고 있고, 빅데이터의 규모자체도 계속 증가하고 있다. 빅데이터는 저장, 관리, 분석할 수 있는 범위를 초과하는 규모의 데이터, 이러한 데이터를 저장·관리·분석할 수 있는 하드·소프트웨어적 기술, 그리고 데이터를 유통, 활용하는 과정을 의미하는 하드웨어, 소프트웨어 그리고 이를 포괄하는 모든 프로세스를 의미하는 거대한 플랫폼이다.(이재원, 2013)

(1) IT패러다임 변화와 빅데이터의 의미

IT의 일상화가 이뤄지는 스마트시대에는 소셜, 사물, 라이프로그 데이터 등이 결합되며 ‘빅데이터’의 영향력이 증대 실시간 연결과 소통의 ‘스마트 혁명’은 데이터 폭증을 발생시켰고 기존의 데이터 저장·관리·분석기법은 한계와 도전에 직면했다. 데이터는 정보사회를 움직이는 핵심 연료인 만큼, 빅데이터로의 환경변화는 정보사회의 패러다임을 견인할 정도의 큰 힘을 발휘한다. 지능화, 개인화 등 스마트시대 주요 패러다임 선도를 위해서는 빅데이터의 활용이 핵심이며, 그 수준이 경쟁력과 성패를 좌우한다. 그 이유는 빅데이터의 가공과 분석에 따라 상황인식, 문제해결, 미래전망이 가능해지고, 데이터가 경제적 자산과 경쟁력의 척도로 부각되기 때문이다. 일상 속 스마트 단말의 확산, SNS 활성화, 사물네트워크(M2M) 확산으로 데이터 폭발이 더욱 가속화되며 점차 빅데이터 기반이 확대되고 있고, 빅데이터를 위한 고급분석 등 관련 기술은 현재 기술발생단계(Technology Trigger)이며 향후 2~5년 후에 성숙될 것으로 평가된다.(송영조,2012)

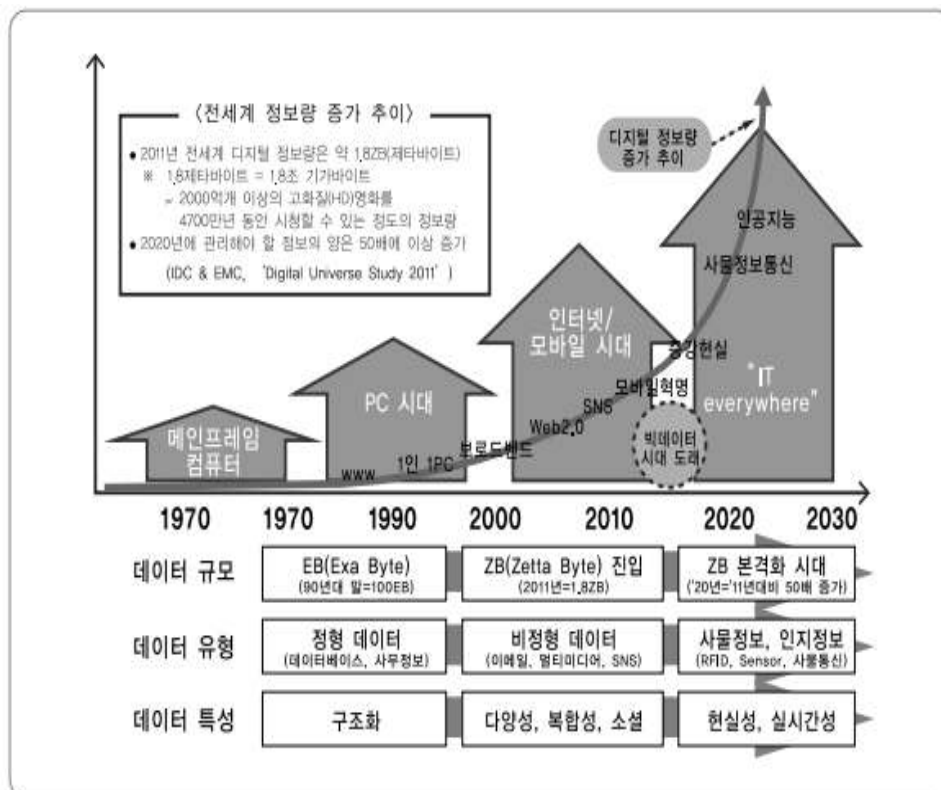


그림 3-1 IT패러다임 변화에 따른 빅데이터의 의미 (송영조,2012)

(2) 빅데이터기반 연구개발에 따른 기대성과

최근 다양한 글로벌 리서치 기관, 컨설팅 그룹등은 차세대 키워드로 ‘빅데이터’를 선정하

고 경제적 가치에 주목하고 있다. 빅데이터를 활용하여 사회현상과 현실세계의 데이터를 기반으로 한 패턴분석으로 미래를 전망하는 통찰력을 통해 ‘불확실’성을 줄일 수 있다. 여러 가지 발생 가능한 시나리오에 대한 시뮬레이션을 통해 다각적인 상황이 고려된 통찰력을 제시하고, 이런 다수의 시나리오로 상황 변화에 유연하게 대처 할 수 있다. (조영임, 2012)

빅데이터를 기반으로 하는 연구의 가장 큰 목표는 ‘리스크’를 줄이는 것이다. 환경, 소셜, 모니터링 정보의 패턴 분석을 통해 위험징후, 이상신호를 포착하여 사전에 인지·분석하고, 빠른 의사결정과 실시간 대응지원을 가능하게 한다. 즉 대응력 수준이 증가하여 궁극적으로는 국민의 안전 복지 향상에 기여 할 수 있고, 기업과 국가 경영의 투명성 제고 및 낭비요소를 절감 할 수 있다. 최근 부각되고 있는 국가 안전 재난 대응 체계는 경제, 산업, 사회적 측면에서 매우 중요한 사안으로 인식되고 있으며 본 연구 결과는 농업수자원의 안전한 유지관리에 필요한 요소기술을 제공하고 궁극적으로는 국민의 안전 복지 향상에 기여하는 경제, 산업적 효과를 기대할 수 있다. 또한 본 연구 결과는 동남아, 아프리카, 중남미 등 개발도상국의 자연재해 취약국에 대한 한국형 선진 자연재해 관리 시스템 수출에 있어서 요소기술로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 향후 본 연구결과가 기술이전 등을 통하여 관련 산업체와 연결되면 산·학·연의 연구개발 결과를 상호 융합하고, 실질적인 공공서비스 개발을 통해 창조산업 생태계 기반 조성 및 관련 산업에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.(송영조,2012)

2. 빅데이터 활용 분석기법 및 데이터마이닝

가. 빅데이터 활용 분석기법

빅데이터의 활용을 위한 분석 기법은 크게 분석 기술과 표현 기술로 분류된다. 빅데이터 분석 기술은 기존 통계학과 전산학에서 사용되던 데이터 마이닝, 기계 학습, 자연 언어 처리, 패턴 인식 등의 기술에 기반하고 있다. 최근 비정형 데이터의 증가로 인해 자연 언어 처리 기술 기반 텍스트 마이닝 및 긍정과 부정을 의미하는 특정 언어 처리 기술 기반 오피니언 마이닝 등이 있으며, 행위자 간 연결구조 분석에 기반한 소셜 네트워크 분석 그리고 유사한 특징을 가진 집단 도출을 위한 군집분석 등이 특히 주목 받고 있다. 빅데이터 표현 기술은 분석 기술을 통해 분석된 데이터의 의미와 가치를 시각화하기 위한 기술로서 NodeXL과 Gephi, R 기반 패키지가 있다.

빅데이터 환경에서는 의미 없이 단절되어 있는 정형·비정형·방정형 데이터들이 상관성에 의해 연계되고 실시간으로 분석되어 정책적 의사결정을 지원할 수 있을 때 가치가 극대화된다. 그러나 세상의 모든 데이터를 연계시키는 것은 데이터 규모와 저장비용을 고려하면 매우 비효율적이므로, 패턴으로부터 의미 있는 정보(Knowledge)를 찾는 노력이 필요하다. 따라서 빅데이터 자체보다는 데이터 분석에 초점을 맞춰야 하며, 이를 위해 복잡계 이론(complexity

theory)과 데이터 과학자(data scientist)의 중요성이 증대되고있다. 빅데이터는 데이터간의 의미 분석을 위해 연계와 관계성이 중요하므로 데이터 마이닝(혹은 텍스트 마이닝)과 사회 관계망(Social Network Analysis)이 중요하다.

(한국정보화 진흥원, 2012)

나. 빅데이터 마이닝

데이터의 자원이 축적과 공유를 통해 엄청난 규모로 쌓이면서 데이터의 역할은 ‘분석과 추론(전망)’의 방향으로 진화하고 있다. 이전에는 단순한 데이터 마이닝이었다면 이제는 ‘빅데이터마이닝’으로의 패러다임의 변화가 일어나고 있다. 대규모 데이터를 기반으로 한 자연언어처리, 기계 학습(Machine Learning), 인공지능 기술로 맥락 이해와 추론 서비스의 상용화하고, 지능형서비스들은 분석데이터가 늘어났다. (송영조, 2012)



그림 3-2 데이터의 과거, 현재, 미래 (송영조,2012)

3. 빅데이터를 기반으로 한 재난관련 연구동향

가. 빅데이터시대의 재난관리

재난 상황시 가장 필요한 것은 위기에 신속하게 대처하고 효과적으로 피해를 경감하기 위한 정보다. 따라서 정확하고 상황에 맞는 정보를 신속하게 전파하여 피해를 최소화하는 것이 재난관리 기관의 핵심이라고 해도 과언이 아닐 것이다. 빅데이터 시대에 재난관리는 두 가지 맥락에서 큰 변화를 맞이하고 있다.

첫째, 적시 적소에 맞춤형 재난정보 제공을 위해서는 재난관리 기관 데이터만 활용하는 것에는 한계가 있다. 우리나라 국가재난관리 총괄기관인 소방방재청은 신속한 재난상황 파악 및 초동대처를 위해 각급 기관에서 보유·관리하고 있는 재난관리정보를 온라인으로 연계·공유하는 재난정보공동활용시스템을 개발하여 활용하고 있다. 하지만 날로 복잡·다양해지는 재난 상황파악 및 대응, 선제적 정책 수립지원을 위해서는 관련 기관내 공공정보의 범위를 벗어나 사회, 환경, 문화, 경제 등까지 분야를 확대하고 민간정보까지 수평적 융합·분석할 수 있는 기반이 필요하다.

둘째, 정보유통 채널이 과거 매스 미디어에서 소셜미디어로 중심이 이동하고 있다. 신문, TV,

라디오 등과 같은 거대 미디어가 불특정 대중에게 일방적으로 정보를 전달했던 채널에서 정보의 생산과 소비는 물론, 세상의 이슈나 의제를 담은 데이터가 확산되는 과정까지 폭넓게 걸쳐있는 소셜미디어 채널로 변화하고 있는 것이다. 특히, 재난 시 소셜미디어는 신속·정확한 피해상황 및 대피정보의 공유매체임과 동시에 재난관리 전반에 국민적 소통과 참여를 가능하게 하는 새로운 매개체가 되고 있다.(조영임,2012)

나. 국내·외 빅데이터 활용 사례

(1) 국내연구동향

(가) 통합형 재난안전 정보 네트워크, 스마트 빅 보드(안전행정부)

자연재해 및 사회적·인적 재난이 증가하고 있는 상황에서 중앙정부와 지방자치단체의 재난안전상황실은 관련 정보를 통합 표출하지 못하고, 정보 간 연계분석 미흡으로 인해 재난예측 및 모니터링에 한계점을 보이고 있다. 따라서 재난상황을 실시간으로 파악하고 능동적으로 분석하여 국민들의 신속한 안전 확보에 도움을 주기 위한 체계적인 서비스에 대한 필요가 꾸준히 제기되었고, 국립재난안전연구원은 2013년 5월 기상 정보, CCTV, 현장센서 뿐만 아니라 트위터 등의 SNS 정보를 분석한 Big data, 스마트폰, 무인헬기 등의 하드웨어와 ICT(Information and Communication Technology) 기술을 이용한 실시간 현장영상, 위성영상, 시뮬레이션 등을 통합한 ‘스마트 재난상황실 (SBB, Smart Big Board)’를 개발하고 시범운영 중에 있다. CCTV·무인항공기·스마트폰·인공위성영상 등 다양한 첨단 기술을 통해 지상은 물론 항공에서 제공되는 생생하고 입체적인 재난현장 상황 조회 가능하다. 종합적인 원스톱 재난상황 모니터링으로 위치기반 SNS 정보 및 트위터 등 재난현장에서 제공되는 다양한 정보를 이용하여 신속한 대응을 할 수 있고, 빅데이터 정보를 바탕으로 재난관리에 활용성이 높은 실시간 트윗 정보, 과거 재난이력 및 원인분석결과, 위성영상, 시뮬레이션, 관련 웹사이트 등을 빅데이터 메뉴로 분류하여 예방, 대비, 대응, 복구의 재난 관리의 전체 프로세스에 과학적이면서도 직관적인 재난관리 수행 지원을 하고 있다. (신신애,2013)



그림 3-3 스마트 빅보드 재난 상황 시스템(2014, 이상현)

나) 기상빅데이터 분석을 통한 효율적인 위험기상 예측(기상청)

현재 기상예측에 활용되는 데이터는 관측데이터, 현재와 유사한 과거 데이터, 수치모델 활용 데이터에 한정된다는 것이 문제점으로 대두되고 있다. 위험 기상 예측의 경우, 유사한 기상상황에서도 지역적으로 매우 다른 특성을 보이며, 각 지역에 따라 어떠한 위험기상이 발생할지 모두 예측하기는 어렵다. 위험기상 예측 Support Vector Machine(SVM)은, 비호우 상태의 일기도를 학습하여, 새로운 데이터가 들어왔을 때 그 일기도가 호우인지 비호우인지 분류해 준다. 과거 기상데이터를 기반으로 7개의 위험기상 호우, 풍랑, 대설, 강풍, 한파, 폭염, 낙뢰의 발생 가능성을 예측하는 각 지역별 맞춤 모델 생성하였다. 예측 모델 생성을 위해 위험기상 별 권역을 남한지역을 4~16권역으로 나눈 후, 효율적인 속성을 선택 이용하여 6시간, 12시간, 24시간 후를 예측하고 총 198개의 모델 생성을 하였다. 이를 통해 과적합(Overfitting) 문제 조정 가능하고, 주어진 조건에서 최적의 글로벌 해를 구할 수 있다. 또한 많은 특징값(Feature)을 사용하여 모델 생성 가능하다.

이런 기상청의 위험기상 예측 서비스를 바탕으로 창조적 항공기상서비스 제공도 가능해졌다. 기상청, 국토교통부, 국적항공사, 인천국제공항, 안전행정부 등 5개 기관의 정보 공유와 협조를 통해 항공사가 필요로 하는 수요자 맞춤형 기상정보 서비스 제공하는 것이다.

항공기 운항 종사자가 항공편명을 입력 시, 해당 항공기의 이륙, 운항, 착륙 등에 필요한 기상정보 (기상예보, 공항실황, 낙뢰, 화산재, 태풍, 비행고도별 기온과 바람, 극지방 운항 시 우주기상) 등을 무료로 확인할 수 있다. 단일속성모델 분석을 통한 조합속성 모델을 생성하고, 생성된 모델 중 최적의 모델을 선택하기 때문에 대부분의 위험기상

에 대하여 65-80%의 정확성을 보여 위험기상을 알리기에 적합하다. 이전까지는 국내 항공사가 운항에 필수인 전 세계의 기상 정보를 외국 기상업자를 통해 구매했으나, 해당 정보를 국내 항공사에 무료 제공함으로써 항공사 예산을 절감하게 하고, 일반 국민까지 활용 가능하게 확대 개발 예정이다. (국립기상연구소, 2014)

다) 빅데이터 기반 영주사과작황정보 서비스(경상북도, 미래창조과학부)

경상북도의 지역적 특성에 기반한 사과재배의 중요성을 보여주는 사례이다. 경상북도의 농업인구는 도민의 18%이고, 농업면적 또한 28만ha로 전체 가용면적의 49%에 달한다. 전국 사과 생산량의 63%가 경상북도에 의존하고 있는 상황이며 그 중에서도 영주는 전국 최대 사과 생산의 주산지로서 생산량이 7만여 톤에 이른다. 기존 정부 사업의 결과로 광대역망이 구축되어 있다. 2010년 4월, 방송통신위원회와 범부처, 지자체, 통신사업자 등이 참여하여 농어촌 스마트 인프라 구축 시작하였고 생산량 제고를 위한 기존 u-IT 시스템의 문제점 고찰하였다. 2012년부터 온도, 습도, 토양 내 수분, 강우 등과 같은 환경적 특성이 u-IT 기술을 통해 측정되는 생장환경관리 시스템이 영주시내 사과 재배 농가 중 13가구에서 실시·운용되고 있다. 빅데이터를 기반으로 한 영주 사과작황서비스 모형 개발은 사과 작황에 영향을 미치는 병충해 징후 발견과 사과 생산 추정 및 가격 동향 정보의 제공을 위하여 관련 데이터를 수집하고 정확한 서비스 모형 개발 - u-IT 센서와 기상청으로부터 수집한 기후 데이터와 페르몬 트랩을 통해 수집된 병해충 유충 수 등 정형 데이터와 웹과 SNS의 병해충 데이터 등 비정형 데이터를 수집, 분석해 병해충의 발생 경위와 정보를 공유, 농민들에게 농약 살포 시기 등 유용한 정보를 제공한다. 웹, 블로그, 카페, 트위터, 페이스북, 유튜브 등의 비정형 빅데이터(Unstructured Big Data)는 The SCRM을 통해 수집하고 처리한 후 패턴 분석과 상관성을 통한 예측분석을 실시하여 정보를 제공한다. (신신애, 2013)

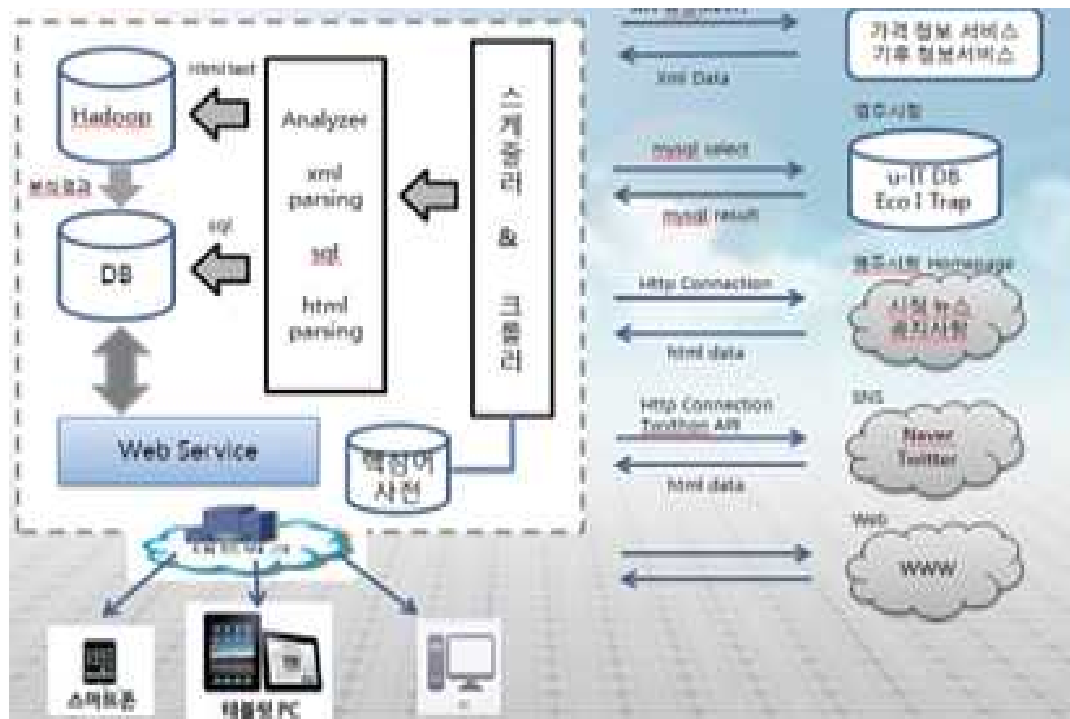


그림 3-4 사과 작황진단 서비스 빅데이터 플랫폼

(2) 국외연구동향

국외에서 역시 분산환경에서 비구조화 데이터의 급속한 증가로 빅데이터의 중요성 대두되고 2000년대 후반, 스마트 기기가 본격적으로 보급되면서 개인 및 조직의 행태를 추론할 수 있는 비구조화된 데이터가 본격적으로 양산되기 시작했다. 이러한 대용량 데이터는 데이터간의 관계성을 통합(synthesis)하여 가시적으로 표현(visualization)됨으로서 정책의사결정(evidence-based decisionmaking)을 지원하고 있다.

(가) 미국 국립해양대기청(NOAA)

미국 국립해양대기청은 일기예보제공부터, 위험기상, 기후모니터링 등 대기, 해양, 육상 등과 관련된 다양한 산업과 정책에 영향을 주는 기관이다. 본 기관에서는 하루에 35억개의 데이터를 위성, 선박, 항공기, 부이, 기타 센서들을 이용하여 얻고 있다. 이렇게 얻어진 데이터는 자료동화과정을 거친 후 모델 자료를 생성하는데 이용된다. 이 모델들은 하루에 1,500만개의 자료를 생성한다. 이렇게 생산된 자료들은 미국에 거주하는 모든 사람들에게 직, 간접적으로 영향을 미치고 있다. 미국 국립해양대기청은 빅데이터를 이용하여 극한 기상현상에 대비하고자 노력하고 있다. 특히 허리케인 예보의 경우 과거 9km 해상도를 현재 3km로 줄였으며, 앞으로 2017년경에는 1km까지 상세화하려는 계획을 가지고 있다. 또한 현재 매년 얻어지는30P(페타바이트: 약 100만GB)의 데이터를 좀 더 효율적으로 관리하는 방안을 연구 중이며 계산 능력을 현재의 페타스케일(1015)에서 엑사스케일(1018)로 증대하려는 계획을 가지고 있다. 데이터의 수집 및 데이터 처리과정, 생성된 결과물은 소비자들과 정책입안자들에게 정보를 제공한다.(이재원, 2013)

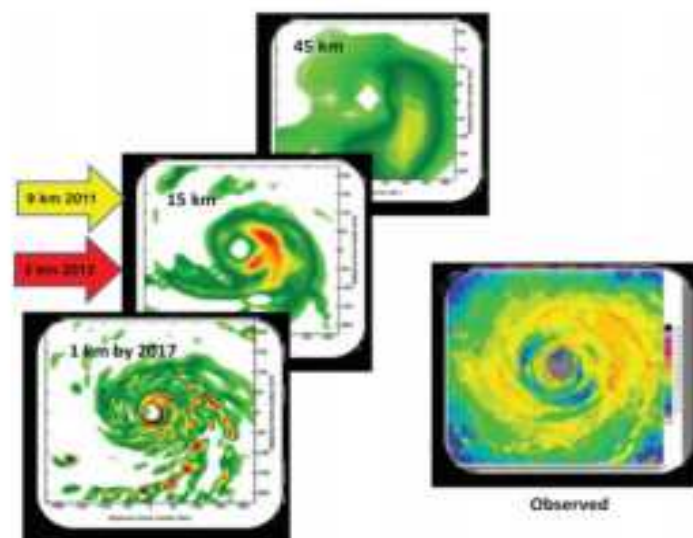


그림 3-5 미국해양대기청의 허리케인 예측모델

(나) IBM - Deep Thunder빅데이터

날씨를 예측하는데 있어서도 다양하게 이용되어오고 있다. 대표적인 예로 IBM사의 Deep Thunder(<http://www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/deepthunder>) 프로젝트를 들 수 있다. 이 프로젝트는 1996년부터 시작된 연구로 뉴욕의 기상모델에 기반을 두었으며, 지역적으로 매우 상세화된, 단 기간의, 고객들을 위한 맞춤형 날씨 모델을 제공하고 있다. IBM Deep Thunder의 분석 결과는 시설, 농업, 올림픽, 도시, 풍력에너지 등 다양한 지역과 분야에 이용되고 있다. 뉴욕도심지역의 허리케인을 묘사한 IBM DeepThunder, Deep Thunder의 허리케인 예보는 2일 앞서 허리케인 Irene가 열대 스톰으로 악화될 것을 예측하였다.

IBM의 분석을 통해 날씨에 따른 정전의 예측이 기존에 도(degree) 단위의 예측하기 어려운 스케일에서 지점 단위로 가능해 졌다. 어느 지역에 폭풍이 발생할지를 예측하여 시기적절하게 장비와 인력을 투입하여 정전 시간을 단축하기도 하였다.

농업에 있어서는 작물의 성장에 영향을 주는 파종시기, 수확시기 등의 정보를 각각의 농장 위치에 맞게 제공해주고 있다. 이를 통해 재배와 판매의 적절한 시기를 설정할 수 있으며 유통과정에 효율성을 더할 수 있다. 노동력 또한 좀 더 효율적으로 분배할 수 있게 되었다. Deep Thunder의 분석 자료를 활용해 결과적으로 날씨로 인한 작물의 피해를 25% 이상 감소시킬 수 있었다.(이재원, 2013)

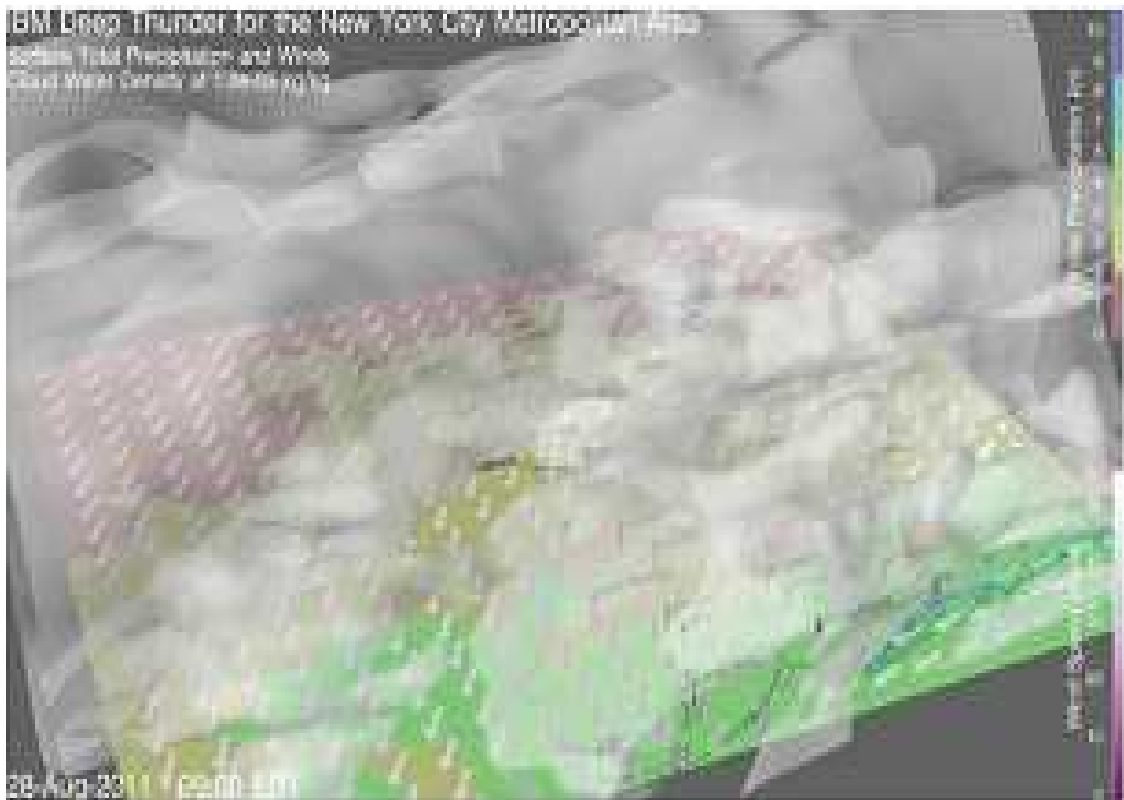


그림 3-6 IBM DeepThunder의 허리케인예보

(다) 일본기상청의 빅데이터 기반 지진예측사례

일본은 환태평양 조산대에 위치하고 있어 한 해 동안 평균 수천 건 이상의 크고 작은 지진이 발생한다. 지진 발생 시에는 이를 신속하게 전파하여 피해를 최소화하기 위해 전국 약 220개소의 지진계와 국가방재과학연구소의 800개소의 자료를 이용하고 있다. GPS 자료를 사용하는 해일 감지기는 해안에서 15~20km 떨어진 앞바다에 설치되어 해안에 해일이 도달하기 전에 지진 해일을 감지 할 수 있다. 일본의 가까운 해안에서 지진 발생 후 분석을 시작하면 해일이 도달할 때까지 해일 경보를 알릴 수 없다. 때문에 미리 해일을 발생시킬 수 있는 단층의 정보를 파악하고 지진 해일 수치모형 분석을 통해 해일 예보 데이터베이스로 저장해 둔다. 실제로 지진 발생 시 지진의 진원과 규모 등에 대응하는 예측 결과를 데이터베이스에서 즉시 검색하여 연안에 해일 경보 및 주의보를 신속하게 발표하고 있다. 이렇게 생산된 정보는 TV와 라디오뿐만 아니라 전국 순간 정보시스템(J-ALERT)을 통해 전달하며 불특정 다수를 위해 특별히 제작된 소리를 휴대전화로 알려주어 미처 경보를 듣지 못한 사람들도 위험 사항을 감지할 수 있게 한다.

단지 정보 생산과 제공에서만 끝나는 것이 아닌 지속적인 사후관리 노력도 수행된다. 지진 해일 피해 경보에 대한 인지, 이해, 대응방법, 종합적인 평가 및 의견 등의 내용이 포함된 설문조사와, 기상정보의 활용상황, 지진 화산 방재 정보의 만족도 등에 관한 조사를 통해 향후 특별 경보의 운영 및 활용, 홍보에 반영하는 점은 주목할 필요가 있다. 이렇게 생산되는 지진활동 상황 정보 및 설문조사 데이터는 방대한 빅데이터에 다시 추가되어 더욱더 정밀한 재난재해 방재정보 제공의 선순환 과정을 거치게 된다. (신신애, 2014)

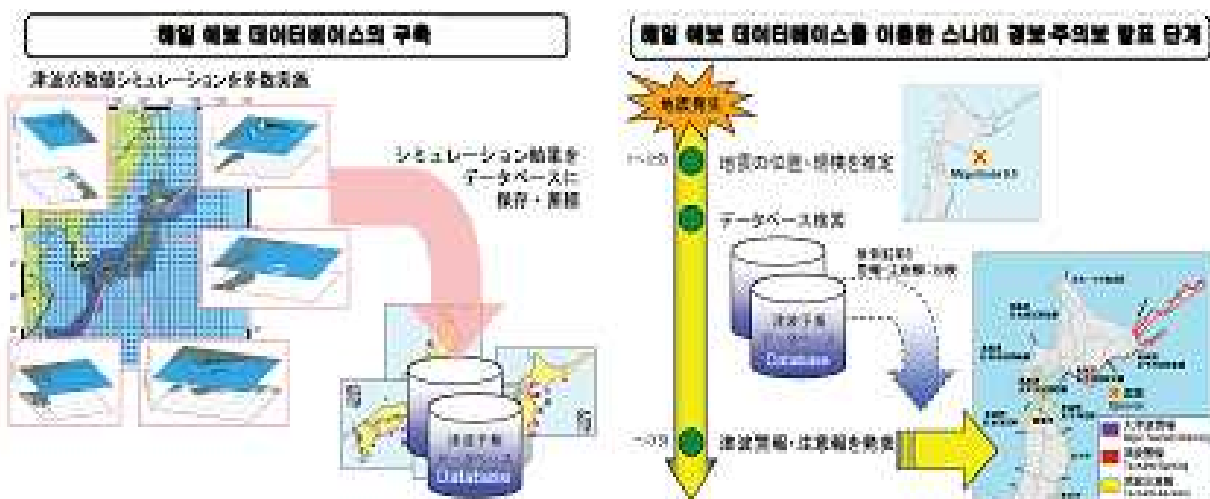


그림 3-7 해일 수치모형 분석 및 데이터베이스화(좌), 지진발생시 예측 결과를 즉시 검색하여 연안에 해일 경보 주의보 발표(우)/ (일본기상청: www.jma.go.jp)

(라) 싱가포르의 RAHS의 주요 기능과 성과 사례

싱가포르는 국가안보조정사무국(NSCS)는 국가안전을 위협하는 요소에 대한 평가와 주변 환경변화를 탐지하여 새로운 기회를 발굴하는 RAHS(Risk Assessment Horizon Scanning) 프로그램을 2004년부터 운영 RAHS는 싱가포르의 환경탐색(Horizon Scanning)을 통해 획득한 데이터를 분석하여 국가적 영향을 미칠 수 있는 잠재적 위협요소와 불확실성 요소를 탐색하여 이머징 이슈를 분석했다. 국방부 미래 시스템 이사회(MINDEF Future Systems Directorate), 미국합동군사령부(Joint Forces Command) 그리고 북대서양조약기구(NATO)와 공동으로 해안 안전 확립을 위해 해상 상황 인식(Maritime Situational Awareness) 프로젝트를 추진하여 해상 테러, 해안침투 등 해안 영역에서의 안전확보를 위한 의사 결정(decision-making)을 지원하기 위해, 위크시그널과 예상 시나리오 등 의사결정 지원을 위한 정보처리와 시각화 수행하였다. 2007년 7월부터 11월까지 수행된 본 연구의 목적은, 조류독감이 싱가포르에 들어옴으로써 벌어질 수 있는 미래 시나리오를 연구하고 대응방안을 마련하였고, 조류 독감 상황에 대한 시스템 맵이 구축되어 분석가들이 지역에서 벌어지는 독감 출현의 위협 수준들을 평가한 바 있다. 조류독감이 싱가포르에 들어옴으로써 벌어질 수 있는 미래 시나리오를 연구하고 대응방안 마련한 예가 주된 성과로 볼 수 있다. 즉 싱가폴은 빅데이터를 기반으로 벌어질 수 있는 미래 시나리오를 연구하고 대응방안을 마련할 수 있도록, 시스템 맵이 구축되어 있고, 분석가들이 지역에서 벌어지 사건에 대한 선 제적 대응을 할 수 있는 기반을 마련해 주었다. (한국정보화진흥원, 2012)

(마) 영국의 호라이즌 스캐닝 센터(The Foresight HSC)

최신 과학이론과 데이터 등 증거기반의 정책분석 서비스를 제공하고 정부의 혁신적 전략 및 중장기 미래 정책개발을 지원하기 위해 2005년 수립하였다. 다양한 주제와 이슈들의 연관관분석을 통해 10~15년 이후 미래를 전망하여 정책 개발을 위해 필요한 미래 분석 가이드 및 방법론을 제시하고 있다. STEEP(정치·경제·사회·환경·기술)별로 50년 이후의 정책 이슈를 포괄하는 연구 및 정책 보고서 검색 서비스를 제공하여, 미래연구 분석가 네트워크 구축을 기반으로 호라이즌 스캐닝과 미래연구자들간의 인적네트워크를 형성하였다. 주된 사례로는 영국인의 비만 문제가 사회를 위협하는 중요한 사항으로 판단하고, 과학적근거를 기반으로 비만대책을 수립(Tackling Obesities : future choices)한 것이다. 이는 40년간 영국사회의 비만 문제를 효과적으로 대응하기 위해서 지속가능한 대응방안을 모색한 결과 2050년까지 남자의 60%, 여자의 50%가 비만이 될 것임을 밝히고, 매년499억 파운드가 소요될 것으로 전망하고, 정부, 과학, 기업과 시민사회의 공조를 통한 대응방안을 제시했다.

잠재적 위협관리 프로젝트(Future Flooding)를 통해 영국을 순식간에 위협할 수 있는 잠재적 위협에 대해 30-100년 이후를 대비한 위협 관리 대책을 마련하는 것으로 해안

침식은 영국 가정과 경제에 큰 위협을 가하고 있으며, 수백만명이 위협에 노출되고 있으며, 해마다 홍수에 대한 피해가 20배씩 증가하고 있다. 이러한 기후변화, 강의 형태, 생태계의 변화 등 홍수피해를 줄 수 있는 데이터 기반의 과학적 의사결정 지원이 가능해졌다. (한국정보화 진흥원, 20

다. 빅데이터 기반 연구의 시사점

‘빅데이터분석’과 집단지성의 결합은 미래 사물연결통신과 인공지능의 결합체인 만물지능통신 사회의 위험과 기회를 파악할 수 있는 기반을 제공한다. 인간과 인간, 인간과 사물, 사물과 사물이 통신하는 미래 만물지능사회에는 빅데이터 분야가 전혀 새로운 탐구의 영역으로 등장할 가능성이 매우 높다. 따라서 국가 차원의 ‘데이터기반 미래전략수립’ 필요하고, 사회변화의 속도가 빨라지고 위험요인과 복잡성이 증가할수록 신속하게 환경변화와 의사결정을 할 수 있는 체제확보 및 시스템적 대응능력 역시 필수이다.

데이터 기반의 국가미래전략지원은 “탐색-분석-준비와 대응” 체계로 구성할 수 있도록 해야한다. 정치, 경제, 사회, 문화, 환경, 기술 등 전분야에서 사회변화의 동인을 탐색하고 최신 과학적 연구기법을 동원하여 위험과 기회를 분석한 후 해당 정부 부처를 지원하도록 구현해야한다. 사회환경의 급변성과 불확실성에 대비하는 것은 시급성이 높은 국가의 중요한 정책적 의제이므로 데이터기반의 정책과정과 의사결정에 대한 진지한 고려가 필요한 시점이다.(최해욱, 2014)

학제간 연구를 통한 복잡계 시스템의 이해하고, 사회변화의 원인에 대한 인과관계가 불분명하고 역동적으로 변화함에 따라, 사회변화에 대한 복잡성을 이해하고 학제간 연구의 필요성이 더욱 증대될 것이다. 빅브라더(Big Brother)의 딜레마 해결을 위해서 빅데이터는 개인과 사회를 감시하는 빅브라더의 위험에 대해 재조명 필요성이 대두되고 있어 이에 대한 대응방안 필요하다. 개인통제와 감시보다는 새로운 정책 및 서비스 개발 중심으로 활용하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

3. 농업용 댐 관련 빅데이터를 활용한 이상거동 분석을 위한 지표

가. 댐 제체의 안전관리 현황

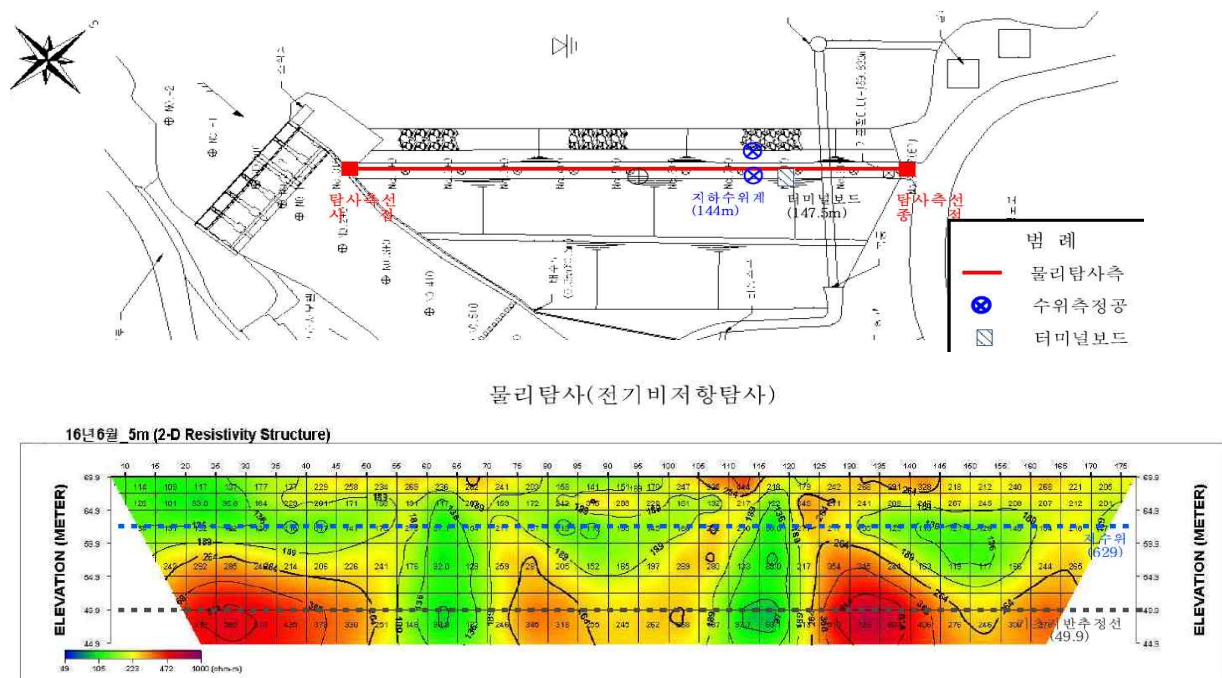
(1) 농업용 댐의 안전관리 및 계측 현황

다목적 댐과는 다르게 농업용 댐의 사용 목적은 농업용수 확보를 우선으로 하고, 현대적 관점에서 환경용수, 하천유지용수 등의 목적을 수행하고 있다. 그러나 이러한 이수적인 목적 외에도 일정수준의 홍수 예방 및 조절이라는 사회적 목적도 포함하고 있다. 농업용 댐은 수명기간동안 이러한 목적을 수행하기 위해서는 시스템의 성능이 건전하게 유지관리 되어야 한다. 최근에는 이상강우의 빈도가 높아지면서 홍수의 예방 및 조절 기능을 갖춘 댐의 역할로서 치수 관점으로도 관리가 필요하게 되었다. 소형 댐으로 분류되는 경우가 많은 농업용 댐에서는 상대적으로 약한 기능이지만, 점차 빈번히 발생하는 국지적 호우와 이상 강우에 대비해 농업용 댐 또한 최소한의 안전도를 확보해야 하고 한편으로는 가뭄현상에 대한 용수공급 능력을 확보하기 위해서 제당 충상을 통한 유효저수 용량을 키우는 보강사업을 실시한 바 있다. 이는 치수적인 측면에서 파괴 이후에 홍수파에 의한 피해규모를 확대시킬 수 있는 위험요인도 함께 증가시켰기 때문에 시스템의 안전도에 대한 관심이 증대되고 있다(박진선 2015).

과거 시점에 건설된 댐의 안전도를 평가한다는 것은 파괴 여부를 양분하여 설명할 수 있는 문제가 아니며, 파괴 가능성 등 잠재적 위험도를 정량적으로 평가하는데 있어야 한다. 따라서 댐을 구조물로서 얼마만큼 신뢰할 수 있는지 신뢰도에 대한 구체적인 정의가 연구되어야 한다. 또한 수계에서 단일 댐의 경우와, 수계의 공간적 범위 안에서 수직적인 관계를 갖고 있는 상하류의 댐간에도 안전에 영향을 줄 수 있기 때문에 댐 군을 이루고, 그 안에서 네트워크 체계를 평가하여 댐 군에서 홍수기 적정 방류량 결정에 영향을 주는 요인에 대해서 댐 군의 연계 운영을 위하여 동시에 분석되어야 할 필요가 있다. 이에 대해서는 최근 농업용 주요 댐에 설치되어 있는 수위계정보를 통하여 수행이 가능할 것으로 판단되나, 댐 제체의 구조적 안전에 영향을 줄 수 있는 강우와 같은 요인들과 함께 댐 제체의 안전도의 인자들에 대한 토질공학적인 계측가능한 인자들, 유역내의 댐 수변의 경사지에서 발생할 수 있는 불특정 구역에서의 산사태 등에 의한 영향에 대해서 구체적으로 고찰된 연구가 부족한 실정이다(김유성 등a 2010, 김유성 등b 2010).

구조물의 신뢰도 개념을 도입한 해석과정에서 댐의 경우 사용된 기법을 살펴보면, 먼저 댐에 부과되는 하중과 구조물의 저항능력을 정확하게 추정할 필요가 있는데, 자연현상과 시공 중 발생하는 오차들을 모두 제어한다는 것은 현실적으로 불가능하며, 이러한 자료 수집 과정에서 하중과 저항을 대표하는 변수들은 이미 불확실성을 내포하게 된다. 이 불확실성에 확률을 배정하여 확률적 변수 값으로 구조물의 해석을 수행하면,

비로소 구조물을 파괴에 이르게 하는 잠재적 가능성을 파괴확률이라는 정량적 값으로 나타낼 수 있고, 이 파괴확률을 통해 구조물의 신뢰도를 평가할 수 있다. 필연적으로 발생하는 불확실성을 고려하기 위해 안전계수라는 개념을 도입했지만, 이 또한 불확실성의 정도를 구체적으로 반영하지 못할 뿐만 아니라, 정량적으로 표현하는데 한계가 있다. 따라서 이러한 불확실성을 예측가능하도록 하고자 하는 것이 토질공학적인 인자에 대한 계측센서, 원격탐사 기법을 활용하는 것이다. 대표적으로 토질의 물리적 성질을 계측하고 이 값을 통하여 안전도 평가에 활용하고 있는 사례를 보면 다음 그림 1과 같다. 물리탐사-전기비저항탐사 결과를 보면 제체의 1/3 지점에서 단면을 중단하는 방향으로의 수분의 흐름을 예상할 수 있다. 따라서 저수지의 수위, 강우 지속가능성, 방류 능력, 제체의 점검보고서 등을 토대로 이 현상이 지속될 경우 댐 제체에 미치는 영향에 대해서 안전성여부를 파악하기 위한 전문가 진단평가가 필요하다.



측 선	전극간격 (m)	전극전개 (N)	가탐심도 (m)	제고 (m)	조사구간	측정위치
댐마루	5	8	22.5	19.9	No.0+00~No.9+05 (L=185m)	원지반 19.9m 상부

<물리탐사 결과표>

구 분	분 류	측점 및 길이	해당구간	전기비저항 ($\Omega \cdot m$)
댐마루	포화대 (저비저항대)	①No.00+15~No.01+05(L=10m) ②No.03+00~No.03+10(L=10m) ③No.05+10~No.06+00(L=10m)	중심코아 중심코아 및 기초지반 중심코아 및 기초지반	96이하
	습윤대	No.00+10~No.08+00(L=150m)	중심코아	101~277
	건조습윤대 (고비저항대)	No.00+00~No.02+10(L=50m) No.03+10~No.04+05(L=15m) No.06+05~No.09+00(L=55m)	중심코아 및 기초지반	300이상

그림 3-8 댐 제체의 물리탐사 조사 방법 및 결과표 요약

위의 댐체체에 대한 전기비저항측정자료의 다시기 측정값을 비교하면 저수위가 만수위일 때 보다 낮은 저항치를 보이고 있는 부분이 증가하고 있다. 그러나 현장조사원의 진단은 ‘표면의 누수현상이 없을 경우에는 지속관찰이 필요하지만 당장에는 누수에 대한 안전한 상태이다.’라고 판단한다.

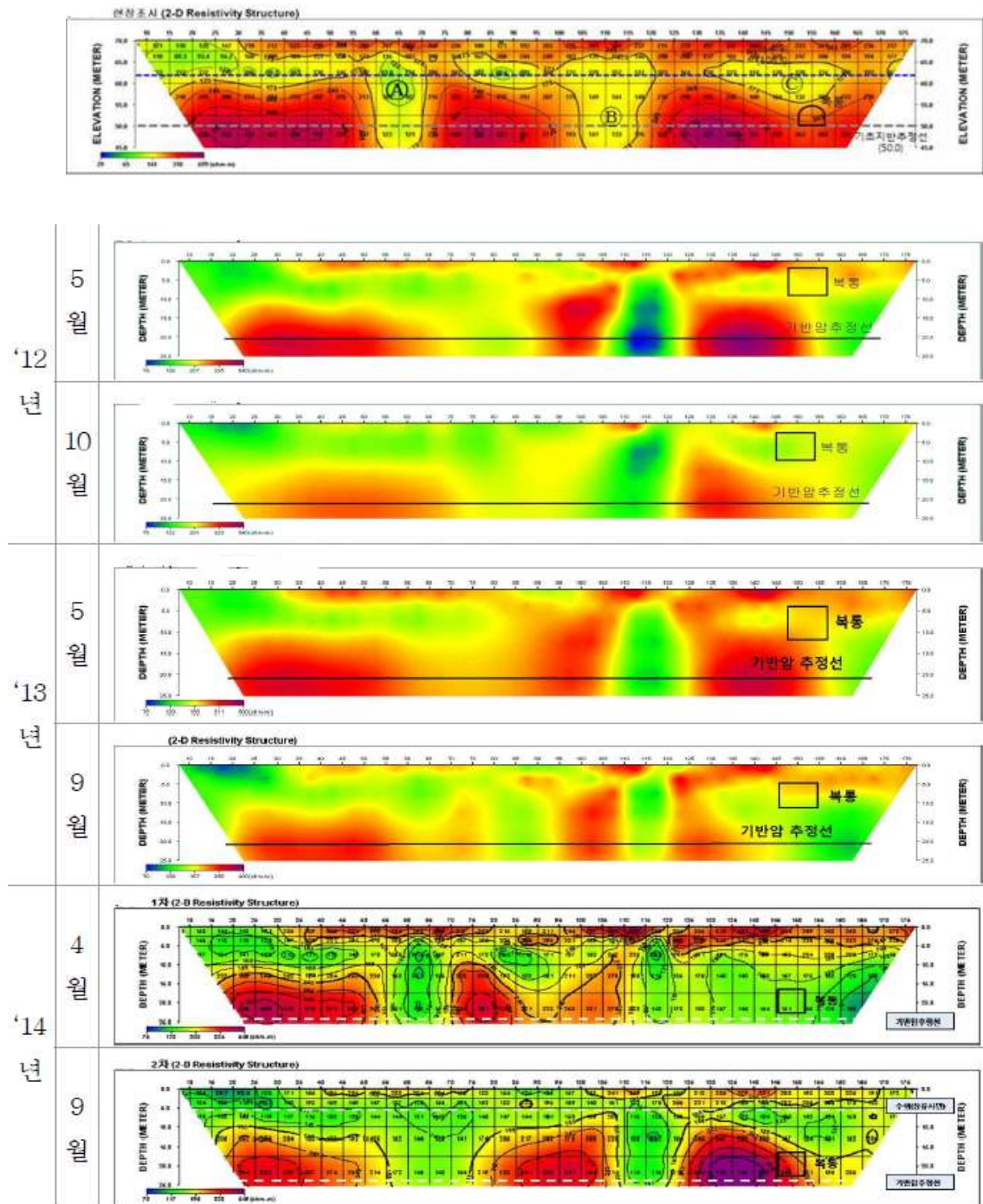


그림 3-9 댐 체체의 물리탐사 주기적 시행 결과의 비교
저수위의 변화를 동시에 관찰할 경우, 체체 내부의 간극수압에 의하여 전단력의 변화가 수위상승시, 수위하강시에 위험요인이 증가하는 것을 이용하여 진단을 내릴 경우에는 다음 그림 3-10 과 같은 실시간 수위변화 자료를 이용하여 평가할 수 있다.

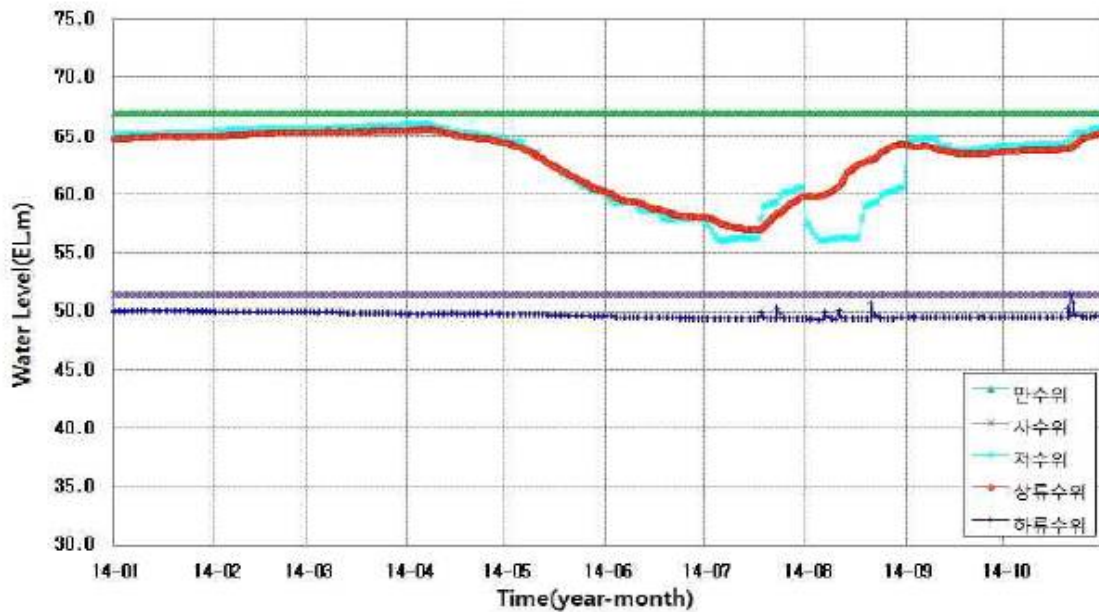


그림 3-10 실시간 수위의 변화와 상하류 수위의 범위

예로 제시한 바와 같이 댐 제체나 제방과 같은 성토지역에서의 지질공학적 지반조사장치는 미국 도로국에서 조사 모니터링을 위해서 구축하고 있는 시스템과 비교하여 본다면 향후 모니터링 시스템을 구축할 때 참고가 될 것으로 판단된다. US DOT에서는 약 95%에서 지역에서 경사계(Inclinometer)를 사용하고 있으며, 피에조미터(88%), 침하계(83%), 파이프홀(73%), 그밖으로는 광학계나 자동측지장치, 지진계가 사용되고 있다. 기 보고서에서 제시한 정보는 전문가들의 공학적 판단을 주로 제공한다. 이때 1/3 가량이 보고서에서 Risk 분석을 실시하여 보고하도록 하고 있다. 이때 계측장치는 인식, 평가, 모니터링,과 분석, 기술적인 토질공학적 위험회피 등의 계측을 위한 필수 요소이다. 그림 4 에서는 미국의 DOT에서 관리하고 있는 토질공학적 계측장치의 사용빈도를 나타내고 있다. 또한 이 장치에서 발생하고 있는 대용량의 정보들은 데이터센터를 통하여 분석 평가가 이루어질 때 90% 정도는 전문가 의견과 판단에 의조하여 경고와 시행수준을 결정하는 보고서를 작성하고 있으며, 70% 정도는 의견수립과정의 보조수단으로 사용하고, 40% 정도는 현장 및 실내시험에 사용하고 있다. 그중에서 단지 16% 정도만이 의견과 전문가의 조언을 위해서 사용되고 있다.

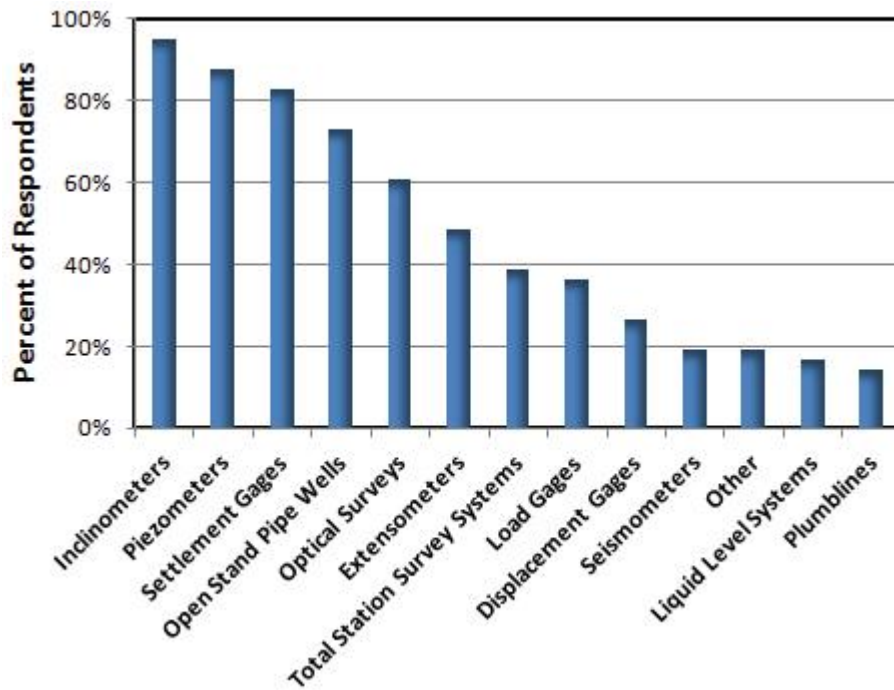


그림 3-11 Geotechnical instruments used in DOT, USA

다른 혁신적인 조사방법의 개념으로는 최근 시스템의 고성능, 가격 저하에 의하여 이용 방법이 가능해진 UAS(Unmanned Aerial System)을 통한 토질공학적 이상현상을 조사하는 것이다. 이 시스템 또한 정보계측된 것을 시각화하기 위해서는 “Big-data” 방법론을 고려하여야 한다. 시기별로 동일한 지점에 대한 영상비교와 분석이 신속하게 이루어지고, 이 정보의 공유가 온라인상에서 전달될 수 있도록 해야 하기 때문이다. 현재 UAS는 점차 Mobile환경에서 사용성이 높아진다는 점을 고려한다면, 위성영상정보가 좋지않을 경우에도 사용할 수 있는 범위가 넓어지고, 신속하게 필요한 시기에 사용할 수 있는 점을 고려한다면 충전지의 성능개선을 통해서 활용범위는 지속적으로 확대될 것으로 판단된다.

(2) 댐 제체의 파괴요인에 대한 계측 및 정보화

댐의 주요 구성요소 중에서 여수토, 취수탑에 의한 위험요인은 댐의 수위가 만수위 이상일 경우 잉여 수량을 배제해야하는 여수로의 홍수배제 능력의 부족으로 인한 제체의 월류 및 유실, 접촉부의 세굴, 수문 등의 시설 부재로 인한 사전 방류 불가 등이 2차적 원인이지만 댐의 안전도를 크게 위협하는 요인으로, 여수토의 전도, 활동, 침하, 재료적 응력에 대한 안전도를 평가하기도 한다. 소성재료로 구성되는 것이 일반적인 댐 제체의 파괴를 유발하는 주요 원인으로는 급격한 수위 상승으로 인한 제체 월류, 내부 Piping의 진전, 지진, 사면의 활동, 내부 댐의 수면파 등을 들 수 있다. 이와 같은 다양한 파괴 모드 중 월류는 수위 상승으로 인한 수문학적 안전도 평가와 밀접한 관련

을 갖고 있으며, 제체의 Piping은 제체를 이루고 있는 입자들의 간격으로 흐름이 발생하면서 작은 미립자 손실이 발생하고, 점차로 큰 흐름에 의한 손실로 인하여 제체의 밀도가 낮아지면서 제체 일부 구간에서 파괴가 나타난다. 또는 일부의 지점에서의 흐름을 유발하는 현상이 층을 이루게 될 경우에는 사면 전체가 전단마찰력이 손실되면서 미끄러짐에 의하여 활동하게 되어 제당의 일부가 파괴에 이르게 된다.

그동안의 댐 제체에 대한 안전도 평가는 그 정도를 평가하여 보수·보강이 필요한 구조물을 판별하고, 그에 적절한 공법과 대책을 제안하고자 하였다. 다수의 댐을 현장 조사하고, 실측된 자료를 기반으로 구조물의 강도 및 재료의 노후화에 대해 평가하였으며, 평가된 자료를 데이터베이스를 구축하여 지속적이고 효율적인 자료 관리를 시도하였다. 그러나 노후화 정도를 상·중·하의 척도로 평가하였으며, 척도의 기준이 명확하게 제시되지 않아 판정하는 연구자의 개인적 주관에 따라 변동이 클 것으로 예상되고, 평가 항목 또한 구조물의 복잡성에 비해 단순로운 구성이라는 한계를 보였다. (농림부 1999)

시설안전기술공단(1999)은 국내 사력댐의 안전점검 및 정밀안전진단을 위한 안전성 평가방법과 기준을 마련하기 위하여 “사력댐의 안전성 평가기법 개발”연구를 수행하였으며, 이 연구를 바탕으로 정량적으로 시설물을 평가할 수 있는 “국토해양부 세부지침”이 발간되었다. 댐을 구성하는 요소인 제체, 여수로, 취수시설의 안전도를 평가한다는 연구의 범위는 이전 연구와 다르지 않으나, 각 요소를 세분화하여 안전도를 요소별 재평가하도록 구성하였으며, 판단 기준이 모호하지 않고, 정량적이다. 하지만, 평가 절차가 장황하고, 다양한 비파괴 시험 장비의 사용을 요구하며, 정밀도를 향상시키는 것을 추구하여 소규모 댐에서 신속하게 안전도를 평가하기에는 적합하지 않을 것으로 사료되며, 정밀 진단을 요구하는 댐의 안전진단 연구에서 제안하는 시험법과 평가기법 중 적절한 방법을 선택하여 현장에 적용한다면 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

댐과 댐의 현 상태를 조사하고 평가하는 연구는 댐과 댐 소유자가 직면한 문제에 대한 실질적인 해결방법을 제공하고자 하여 미국토관리국(USBLM)에서는 “Dam Condition Assessment Guidelines for Embankment Dams(2006)”를 통해 댐과 댐의 상태를 평가하는 가이드라인을 제시하였다. 최근에는 Curtaetal (2011)은 물리적 측정, 정성적 평가 및 전문가 판단 등을 통합하여 댐 제체의 안전도 평가 지원 시스템에 대하여 연구한 바 있다.

기존의 연구에서 살펴본 바와 같이 자료조사, 실험연구, 실시간 계측의 결과가 2차원 또는 3차원적인 요소를 갖고 있다. 따라서 이를 활용한 제체의 파괴요인 진단과 이 값들에 영향을 줄 수 있는 강우자료, 수위자료 등과의 연계를 통하여 더욱 정확한 댐 제체의 안전도 평가체계 구축을 위해서는 다양한 기관에서 생성되는 인자들에 자료연계 환경을 빅데이터 기반의 정보추출 기법을 도입한 접근이 필요한 것으로 판단된다.

(3) 토질 및 기초공학적 자료계측 사례

계측은 센서와 자료수집장치를 이용하여 토질, 암반, 지하수, 구조물 등에서 나타나는 순간적인 변화를 계량하기 위한 방법이다. 이를 위해서 사용될 수 있는 장치는 피에조미터, 사면동측계, 변위 및 변형율계, extensimeter, 압력로드셀, 더미스터 외에도 다양한 센서를 이용한다. 이들 센서는 지반 내에서 사용되기 때문에 정확하고, 정밀, 강인한 성능을 가지고 있으며, 주로 연결된 통신망을 이용하여 원격으로 확인할 수 있도록 한다. 계측의 자동화가 정보의 시각화를 위해서 필요한 부분이다. 한편으로는 넓은 면적에서 집중된 한지점에서만 자료를 획득하는 것이 아니기 때문에 때에 따라서는 지반의 원상태를 훼손하는 경우도 발생한다.

원격탐사는 접촉이나 객체의 어떤 수정된 바 없이 정보를 측정하는 방법이다. 이 방법은 측정방법에 따라서 passive, active 센서로 구분되는 데 주어진 에너지를 반사(복사)하는 것으로 하는 지, 또는 개체에서 발생하는 파장 에너지만을 수신하는 것으로 측정하는지로 구분한다.

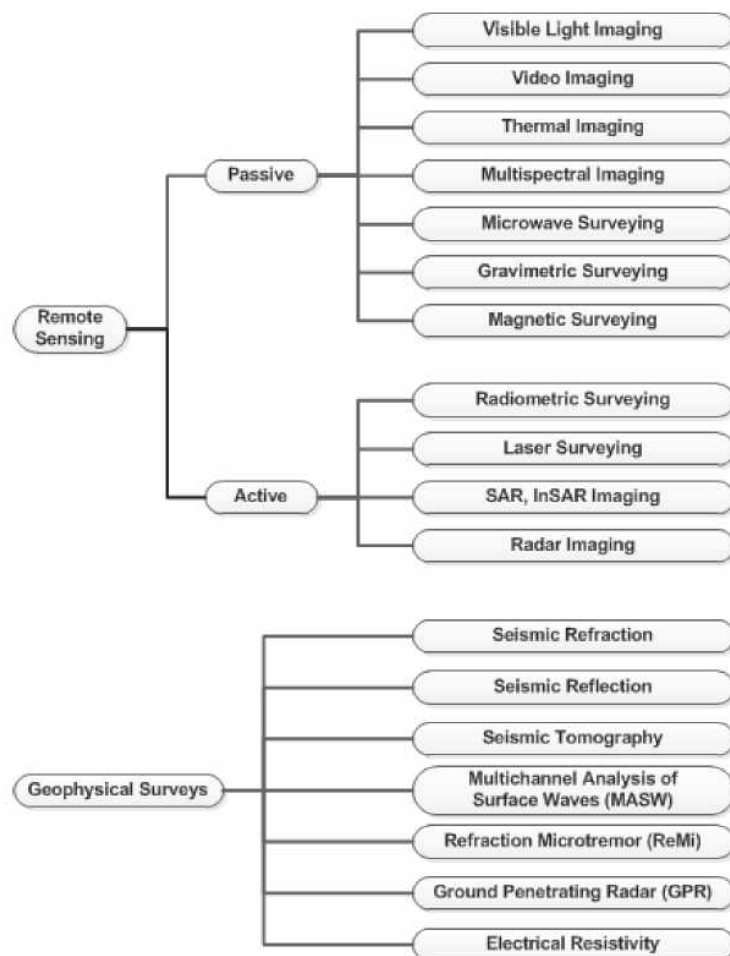


그림 3-12 지반구조물의 안전관리를 위한 계측시스템의 구분

나. 댐 제체 안전에 영향을 주는 이상거동

(1) 댐 제체 안전에 대한 위협요인

(가) 댐 상류의 산사태 취약지구

전세계적인 환경변화로 인해 발생하고 있는 자연재해는 시설물 관리 측면에서 정확히 예측 가능한 정보의 범위를 넘어서는 경우가 많이 있다. 산지가 70%에 달하고 있는 우리나라의 경우, 이 지역에 대한 개발수요가 증가하는 것으로 인한 무계획적이거나 불특정 지역에서 지표환경 변화에 의하여 유발될 수 있는 자연재해 위험성이 증가할 수 있다. 특히 우리나라와 같이 몬순기후에서 집중호우가 빈번하여지고, 지역성 집중호우가 증가하고 있는 최근의 기상상황에서 '70년대 289ha에서 2000년대는 713ha로 산사태발생 면적의 증가로 인한 인적, 물적 피해(연평균 14억에서 867억으로 증가추세임) 등을 고려할 때 그동안 잘 나타나지 않았던 농업기반시설에 대한 위험성에 대해서도 예측가능한 수준에서 시설물관리 담당자에게 필요한 정보로 여겨지고 있다.

유역 내에서의 산사태는 하천에 토사유출에 의한 하천수질에 악영향을 주는 것외에도 발생 지역이 저수지 상류에 인접하여 발생할 경우에는 급격한 수위의 변동을 가져올 수 있다. 따라서 우리나라의 댐 상류유역에서 산사태 취약지역에 대한 관리와 평가가 진행되고 있다(박수진 등, 2015) 박 등(2015)에 따르면 다양한 환경요인이 산사태의 위험을 평가하는 데 사용될 수 있으며, 그중에서 주성분분석을 통하여 평가한 인자는 토지이용, 기후, 지형, 토양, 도로 및 하천요인을 들 수 있다고 하였다. 즉, 토지이용이 활발한 곳에서 사방지가 개발되고 도로의 개설, 농지의 개발, 신규 묘지의 설치와 같은 지표의 노출에 의하여 쉽게 토층 내부로 우수의 유입조건이 형성되는 지역이 될 수 있다. 산림조건에 전국의 토지이용비중에 비해 산사태취약지역의 비율이 상대적으로 높은 순서는 활엽수림(2.93) > 혼효림(1.92) > 침엽수림 (1.38)이었다. 사방지의 토지이용유형은 침엽수림(38.36%) > 활엽수림(21.19%) > 혼효림(19.96%) > 밭(7.12%) > 논(4.96%)의 순서를 보인다. 전국의 토지이용비율에 비해 사방지의 토지이용비율이 상대적으로 높은 곳은 실제 인위적인 지형의 교란이 많은 순서로 나타나게 된다. 즉, 채광지역과 위락시설의 사방지 비율이 높은 것은 인위적인 지형의 교란에 의해 산사태발생 위험이 증가했기 때문에 나타나는 결과로 해석된다. 또한 활엽수림과 혼효림은 접근성이 낮을 뿐만 아니라, 인명 및 재산피해에 대한 우려가 상대적으로 낮기 때문에 높은 취약지역비율을 보이지만 사방공사가 진행되지 않은 경우가 많을 것으로 예상된다(박수진 등, 2015)

다음 그림 3-13에서는 댐상류에서 산사태와 함께 대량의 Debris 가 하천으로 유입되고 있다. 이러한 이물질은 댐의 Spill way의 방류능력을 방해하여 월류에 의한 댐제체의 붕괴

를 유발시킬 수 있다. 또한 작은 댐 형태로 만들어진 상태에서 완전히 제거되기 전에 하류부로 유입되는 유량이 감소로 인하여 댐 용수의 이용 조건에 따라서는 댐 수위의 강하 조건이 형성될 수도 있다.

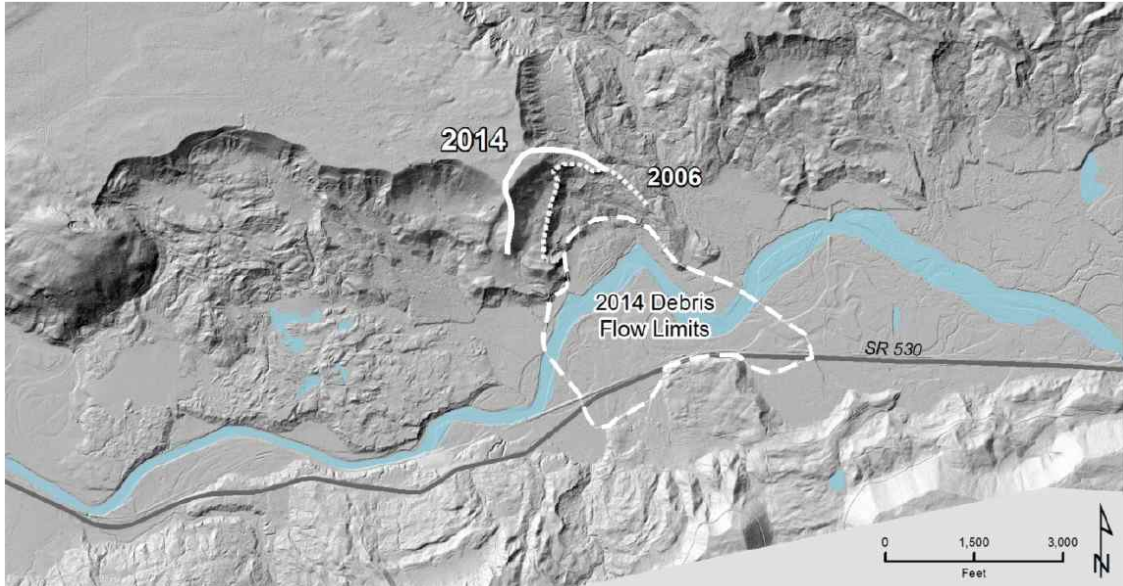
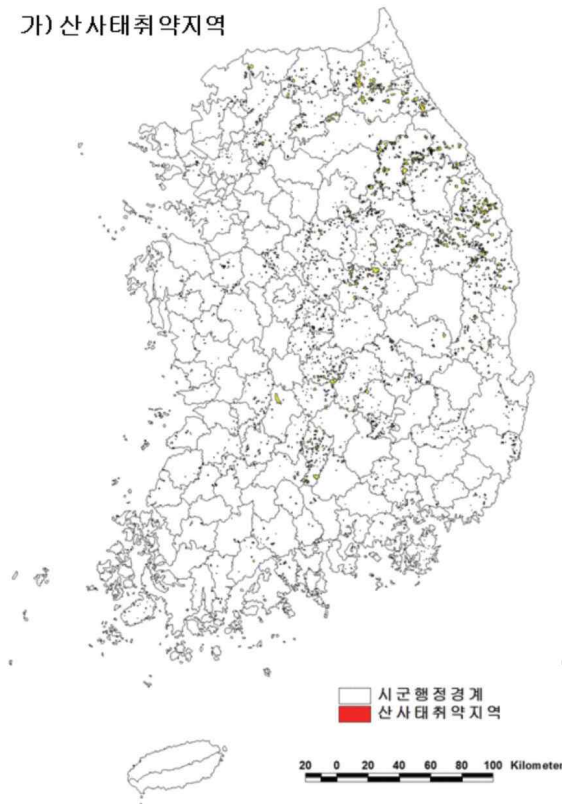


그림 3-13 Landslide, Oso, Washington, March 2014. (Image Courtesy by Puget Sound Lidar Consortium, 2014.)

산사태의 취약지역에서의 요인별로 중요성을 비교할 때 토지이용요인이 가장 크며, 토양요인과 지형요인은 원지역에 대한 기본정보 중에서 다음으로 중요한 인자이다. 따라서 농업용 댐의 유역 상류지역에서 산사태 발생위험 취약지구를 대상으로 현재 토지이용과 갱신된 토지이용정보를 지자체로부터 주기적으로 갱신하거나, 위성정보, 항공사진 등을 통한 비주기적인 관리정보를 구축하여 발생빈도가 높은 시기의 위험에 대한 대비를 할 필요가 있을 것이다. 국내에서는 박수진 등 (2015)에 의해서 다음 그림과 같이 GIS를 이용한 공간적 분석을 실시하였다. 이 자료 중에서 농업용저수지의 분포가 비교적 많은 전라남도과 충청북도 지역의 산사태취약지역에 대해서는 앞절에서 이야기 한 바와 같이 실제 토지이용변화와 경작실태를 관찰하여 취약시기를 확인하여 위험지구를 좀더 세밀한 분석이 필요해 보인다.

가) 산사태취약지역



나) 사망지

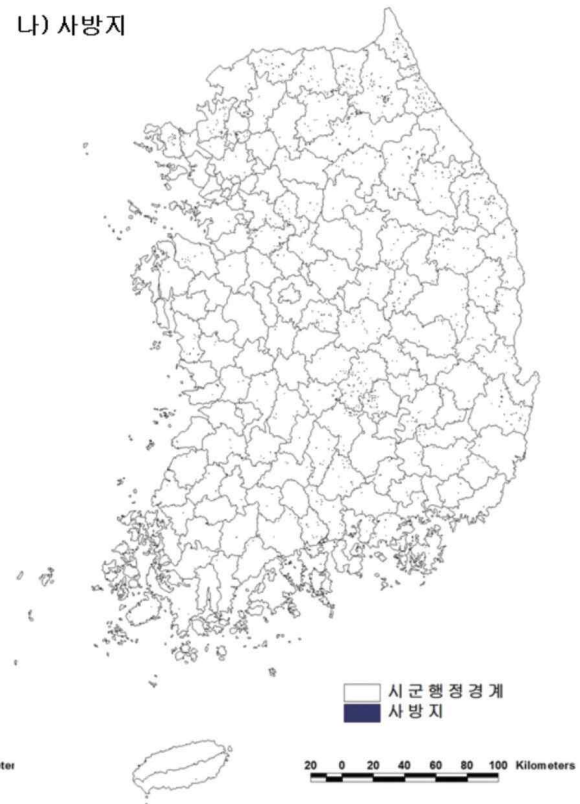
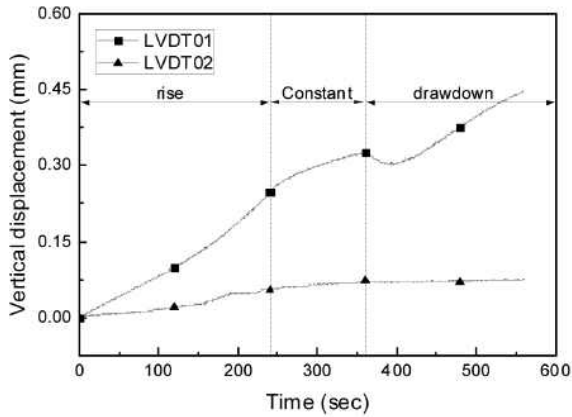


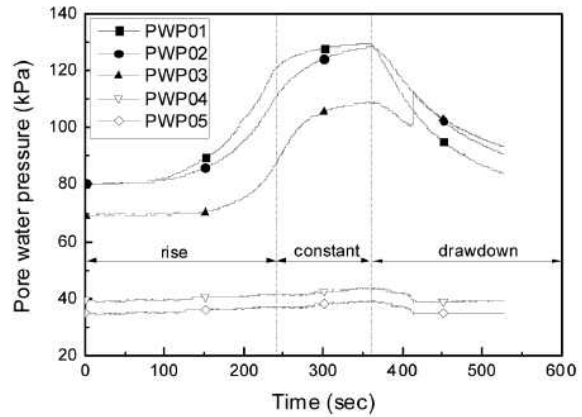
그림 3-14 우리나라의 산사태 취약지역 및 사망지

(나) 저수지 수위의 급격한 변동에 따른 사면슬라이딩 취약지구 관리

집중 호우가 발생할 때 댐 제체의 안전성 평가기법을 결정론적인 방법에서 확률론적인 개념을 도입하여 해석하고 있다. 이 방법의 적용범위는 제체외에도 저수지 내측의 사면에 대한 안정성, 저수지에 가까운 상류 하천 측에서 수위상승시에 퇴수에 영향을 받는 지역 등으로 대상을 확대할 수 있다. 장동수 등(2013)의 실험연구에 의하면 저수지내의 수량이 급격히 증가하는 시기와 물사용이 급증하는 시기에 수위변동에 의한 제체의 안정성이 영향을 받을 수 있다는 것이다. 저수위가 급속하강을 할 경우 장동수 등(2013)의 연구결과에서 보면 그림 3-15과 같이 수직변위가 수위상승시와 하강시에 발생하는 이유가 토질구조 내부에서 간극수압의 감소와 관계가 있음을 보이고 있다. 이는 간극수압의 변화를 추적할 수 있는 계측장치를 통하여 제체의 안전도를 변화를 평가할 수 있는 근거가 된다.

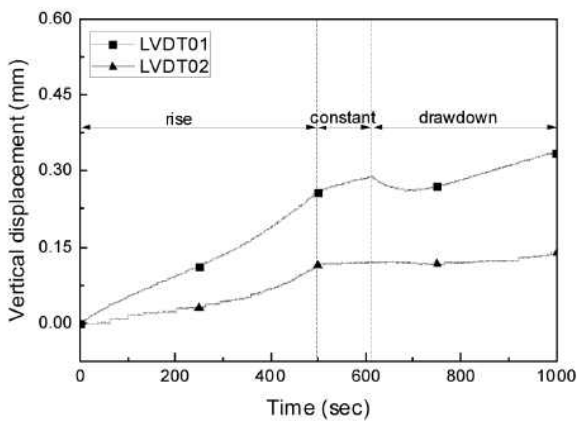


(a) Vertical displacement vs. time

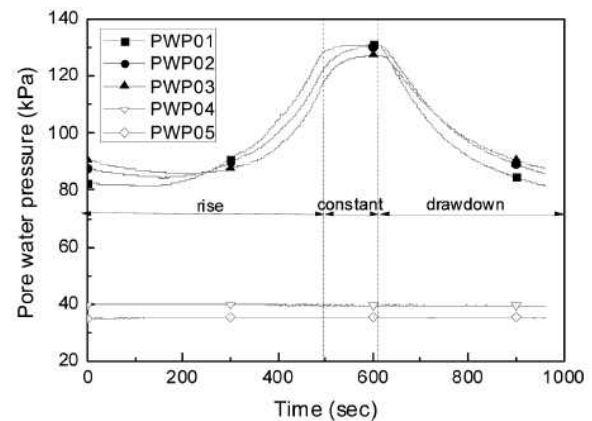


(b) pore water pressure vs. time

< slow speed in 0.63 m/sec >



(c) Vertical displacement vs. time

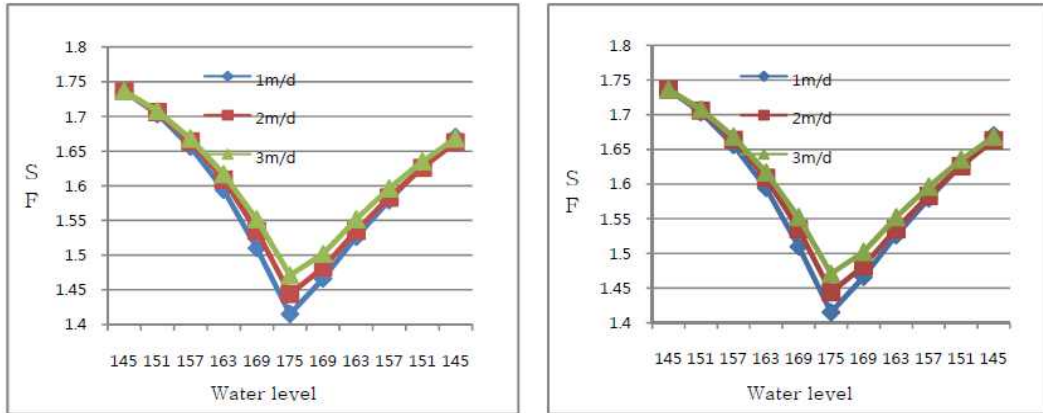


(d) pore water pressure vs. time

< medium speed in 0.31 m/sec >

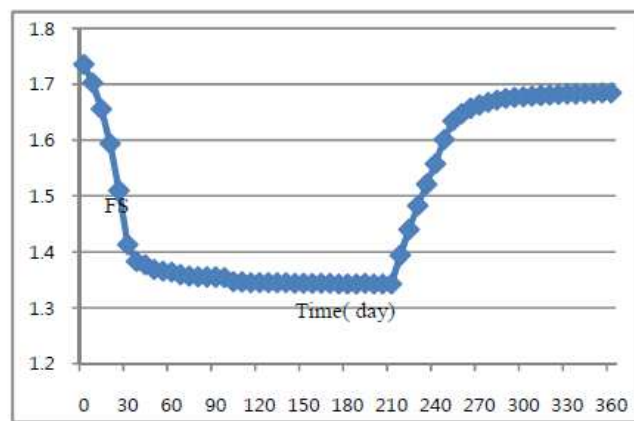
그림 3-15 수변 구조물에서 수위변동에 따른 간극수압의 변화 패턴

다음 그림 3-16 에서와 같이 박 등(2010)의 연구에 의하면 만수위로 정상상태에서 안정성이 가장 높고, 수위가 떨어지면 수위가 올라가는 경우와 마찬가지로 안전도가 떨어지는 것으로 나타났다. 또한 농업용 저수지의 연중 수위 변동패턴이 지역별로 수해면적과 작물재배 패턴에 따라 달라질 수 있기 때문에 현재 설치되고 있는 수위계를 통해서 제공될 수 있는 정보의 역할이 댐 체체의 안전도 평가에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 또한 다음 그림 10을 보면 저수지 상승시의 침윤선 형성과 수위 하강시의 침윤선 형성을 볼 수 있다. 수위상승속도가 클수록 상류사면의 슬라이딩의 위험이 증가함을 볼 수 있다



a) Results with the angular pebbles $\phi^b = 8$

b) Results with the angular pebbles $\phi^b = 0$



c) Whole year change of SF

그림 3-16 Safety Factor change with Water level change

그림 3-15과 그림3-16, 그림 3-17의 결과로부터 제체나 저수지 및 상류하천에 접하고 있는 제방, 사면 등에서의 수위상승기 및 하강시에 위험부위를 지정하여 간극수압을 측정하여 정보를 확보할 필요가 있다. 특히 국내의 경우 농업용 저수지의 수위는 4월부터 8월까지 급격히 저하되고 그 이후에 태풍 등의 호우에 의하여 다시 수위가 상승하는 패턴을 보이고 있기 때문에 이에 따른 위험 구역은 전국의 산사태 등의 위험지구 관리와 유사한 방법으로 지구 지정을 실시하고 지표의 변화 정보를 평가, 지역 주민의 신고전화 등을 능동적으로 관리하고, 지자체에서 하천 및 유역관리 차원에서 활용할 것으로 예상되는 UAS 영상정보를 통합하여 평가할 필요가 있다고 판단된다.

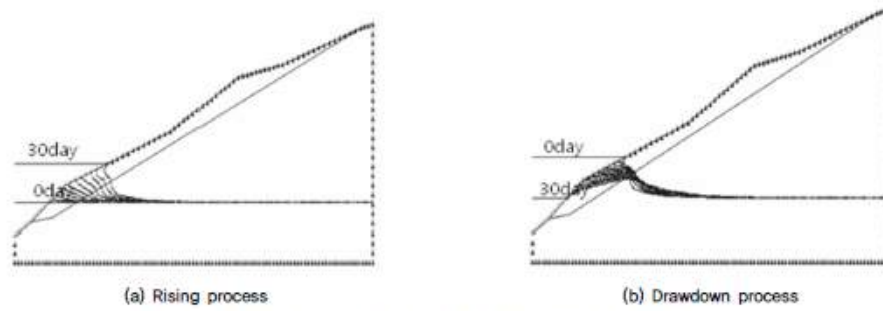


Fig. 10. The change of phreatic lines during the rising and drawdown process

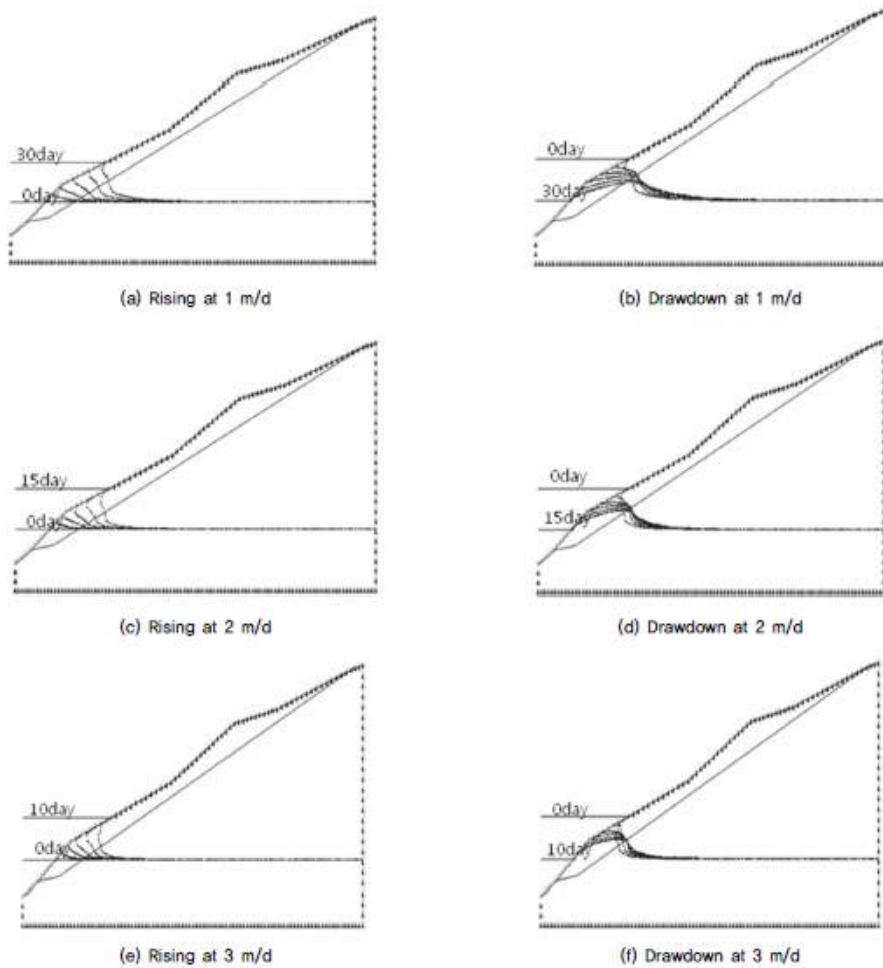


그림 3-17 Changes of phreatic lines during rising and drawdown process in the upper slope of reservoir or shore of reservoir

(다) 댐 제체의 월류

댐의 유지관리는 다양한 방법으로 붕괴에 이르는 것을 예방하고 있다. 이러한 노력의 목적은 댐의 붕괴가 피할 수 없는 상황에 도달하기 전에 예측하고자 하는 것이며, 두번째로 발생할 시기에 따라서 피해 범위와 정도를 빠르게 파악하고 대비책 마련을 위한 의사결정을 지원하는 것이다. 즉, 댐 제체의 붕괴과정에 대한 모의를 통하여 붕괴과정

을 이해하고 이를 바탕으로 피해규모와 안전관리의 중요도를 결정하는 도구가 될 수 있으며, 이 과정에서 실제 계측 자료, 댐 안전도의 사전 점검자료, 지속적인 유지관리 정보를 활용한다면 하류부의 인명과 재산상의 막대한 손실을 막을 수 있기 때문에 필요성은 매우 크다.

댐 붕괴에 따른 홍수와 해석에 관한 연구는 학계에서 100년 이상 꾸준히 연구해 오는 고전적 주제이며, 1892년 Ritter가 Saint-Venant 방정식을 마찰 없는 직사각형 하상의 댐 파괴 해석에 적용하여 홍수와 이론을 단순화하여 이론적인 해를 도출한 것에서 본격적으로 출발한다. 국내에서는 댐 파괴 홍수예측 모델인 DAMBRK 모형을 개발하여 다시 한번 댐 붕괴 모의 해석 연구에 새로운 전환점이 되었다. 최근까지 1차원 선형 모델에서 2차원 횡단면의 수위변동모의를 통하여 종단방향의 침수구역 예측까지 할 수 있도록 모형이 개발되어 있다. 따라서 이러한 모델이 실시간의 위험수준을 제시할 수 있도록 하기 위해서는 과거의 자료를 기반으로 개발되어있는 시스템의 인터페이스를 새롭게 개발하고, 실시간의 댐수위, 제체 및 제방의 상태를 기반으로 실시간으로 제체의 월류위험도 및 하류 부의 제방 월류 위험도를 제시할 수 있어야 할 것이다.

하류부의 제방지역은 현재 시설물 위주로 측정, 운영되는 수준에 있기 때문에 하류부의 위험수준은 각 지역의 SNS를 통하여 입수된 정보를 취합하여 댐 하류부, 사전에 월류에 의한 붕괴시 피해예상되는 하류부 분석 범위를 대상으로 하여 경보를 제시하여야 한다.

(2) 댐 파괴에 따른 사례로부터 빅데이터의 필요성

국내의 농업용저수지는 대략 17,000여개, 그중에서 정밀안전진단을 통해서 정확한 연간개보 수계획 수립이 가능한 저수지는 예산과 기술적 인력의 한계가 있기 때문에 제한적으로 이루어지고 있다. 가장 최근의 제체 붕괴사고는 경북 산대저수지 제당 붕괴 사고이다. 이를 통해서 살펴볼 수 있는 제방붕괴 주요 원인과 분석 결과로 부터 붕괴사고를 사전에 예방할 수 있다면, 어떻게 준비해야 할 것인지를 검토할 수 있다.

이 저수지는 1964. 12. 30 준공되었으며, 제당은 경북 경주시 안강읍 산대리 1245-1 (농어촌공사 관리)에 있으며, 시설물의 설계 내역은 높이 12.2m, 길이 210m / 총 저수량 246천톤, 흙댐(필댐) / ※ 그간 개보수 실적 없는 것으로 조사되었다. 이 저수지의 제당은 안전진단 평가시 D 등급을 받은 바 있으며, 조속히 시설개보수 계획에 따라서 보수보강 계획 수립을 위한 정밀안전진단 대상이었다. 그러나 언제, 어느 부위에서 붕괴될 수 있다는 등의 정보를 획득할 수 있는 수단이 없으며, 여전히 대상이 되는 D 등급 이하의 시설물은 위험에 노출되어 있는 상태이다.

피해원인은 취수구조물에서 취수된 물을 제당의 하부를 통해서 보내주는 복통(제방밑 물공

급하는 관수로) 누수로 인하여 토립자가 유출되면서 제당 내부에서 취약한 토립자 구조 형성되고, 제방붕괴(L=10m, H=8m)가 일어났다. 이로 인하여 경주시, 저지대 주민 대피(100명, 14:30~16:30 귀가) 및 응급복구가 이루어졌으며, 이때 동원인력 400명(공무원 200, 소방 60, 군 20, 경찰 90, 기타 30), 장비 8대, 한국농어촌공사는 대책반 구성·기술지원반 출동 및 응급조치 수행, 응급복구로 저수지 제방 응급복구(인력 160명, 장비 10대) 및 침수지역 주변 정비(인력 100명, 장비 4대) 등의 비용을 수만하게 되었다.

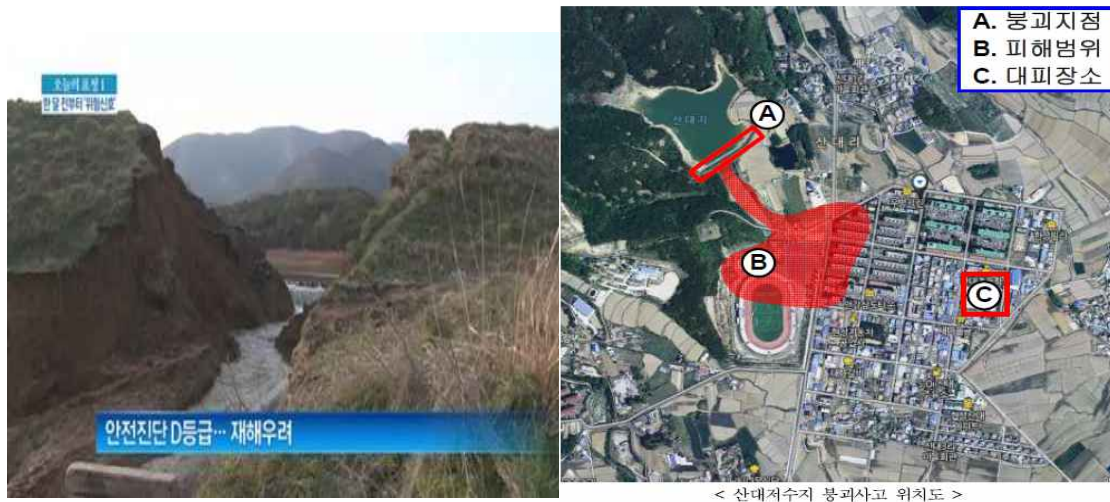


그림 3-18 산대 저수지의 제체붕괴 사례

저수지 사고로 국내의 농업용 댐의 제방 노후화에 따른 붕괴 위험성 우려를 살펴보면, - 지자체 관할 저수지 14,278개중 위험저수지(D, E 등급)는 1,468개소(10%), 이중에서 60년 이상된 노후 저수지는 8,611개소(60%)를 차지하고 있다. 또한 진단을 위해서 필요한 인력관리 측면에서 볼 때 지자체당 100여개소가 넘는 저수지를 담당자 1~2명이 연 2억원 정도로 관리하고 있어 현황과악도 쉽지 않은 편이다. 또한 농어촌공사는 저수지 상시모니터링을 하고 있으나 용수관리가 주업무로 재난관련 실시간 대응에는 한계가 있음을 보여준 바 있다. 예를 들면, 과거'06년 안성시 수해시 상류 금광저수지는 주민민원에도 수위조절기록 미공개한 바 있으며, 산대 저수지의 경우에서도 지역주민이 오전 8시경부터 이상을 관련기관에 통보하였을 뿐이다. 그러나 대책이 없어 오후 2시경 파괴된 것으로 추정할 뿐이라는 현실로 부터 기관(지자체, 농어촌공사) 외에도 전문적인 안전관리를 위하여 정보의 수집 (현재 119 전화가 경찰서, 소방서 등으로 일관신고체계를 갖추고 위치추적이 용이하게 이루어 지고 있음.)을 통하여 방재청 및 안행부, 농식품부 등이 함께 대응할 수 있도록 빅데이터기반의 정보시스템 통합운영센터(가칭)을 통하여 전체적인 모니터링 정보체계 활용방안이 필요한 것으로 판단된다.

아래의 그림 12에서 저수지나 제방, 제체에서 발생할 수 있는 다양한 위험정보를 다양한 방식의 웹기반 시스템을 통해서 제공하고, 그 주변에서 계측기 설치가 되기 전단계에서 정보를 획득할 수 있는 어플리케이션을 개발한다면, 현재 무방비 상태의 농업용저수지 D

등급 이하의 댐과 제체에서 발생하고 있는 다양한 정보를 데이터베이스에 구축하여 관리할 수 있을 것이다. 주요 지점별로 산사태, 하천유입이나 내수면을 통한 Debris flow, Soil & rock flow 등의 위험성, 발생지점 등에 대한 관리를 용이하게 하기 위해서는 웹 기반의 이미지와 발생 시기 등의 다양한 정보가 조사될 수 있도록 하여야 한다.



그림 3-19 GIS application for detecting landslide in the shore of the reservoirs

제 4절 대상저수지 선정 및 기초자료구축

1. 대상저수지 선정 기준수립

대상저수지를 선정하기 위하여 한국농어촌공사의 실무자를 대상으로 자문회의를 개최하였으며, 이를 통하여 다음과 같이 대상 저수지를 선정하였다. 대상저수지는 지역별 물관리 패턴이나 유역특성에 있어 차이가 있으므로 도별로 2개소를 선정하여 지역별 저수지를 16개소 선정하였으며, 자문회의에서 붕괴위험이 상대적으로 높다고 파악된 안전등급 D등급 저수지와 최근 저수지 개보수에 따른 영향을 분석하기 위하여 최근 5년 이내 개보지 저수지를 각각 5개소 및 4개소 선정하였다. 또한 붕괴저수지에 대한 수위변화특성의 분석을 위하여 최근에 붕괴된 저수지 중 수위자료를 보유하고 있는 산대저수지를 추가로 선정하였다. 따라서 본 연구에서 선정된 저수지는 총 34개소로 기존의 연구계획에서 제시한 15개소보다는 늘어나게 되었다.

표 4-1 대상저수지 선정결과

대상저수지 (총 34개소)	저수지명	분석목적
지역별 저수지 (16개소)	대룡, 인흥, 왕송, 마장, 동부, 차리, 고정, 인촌, 진봉, 동해, 왕궁, 궁산, 용연, 옥계, 백마, 모점	지역과 용량을 고려한 저수지 분석
안전등급(D)저수지 (5개소)	매주, 강청, 고잔, 산목, 지슬	안전 등급이 낮은 저수지에 대한 분석
최근개보수저수지 (4개소)	지내, 일월, 반곡, 입남	최근 개보수에 따른 영향 분석
지사저수지(8개소)	단석, 대평, 도척, 어은, 오남, 월산, 향리, 홍중	동일 물관리 지구에 대한 저수지 수위 변화분석
붕괴저수지(1개소)	산대	붕괴저수지에 대한 분석

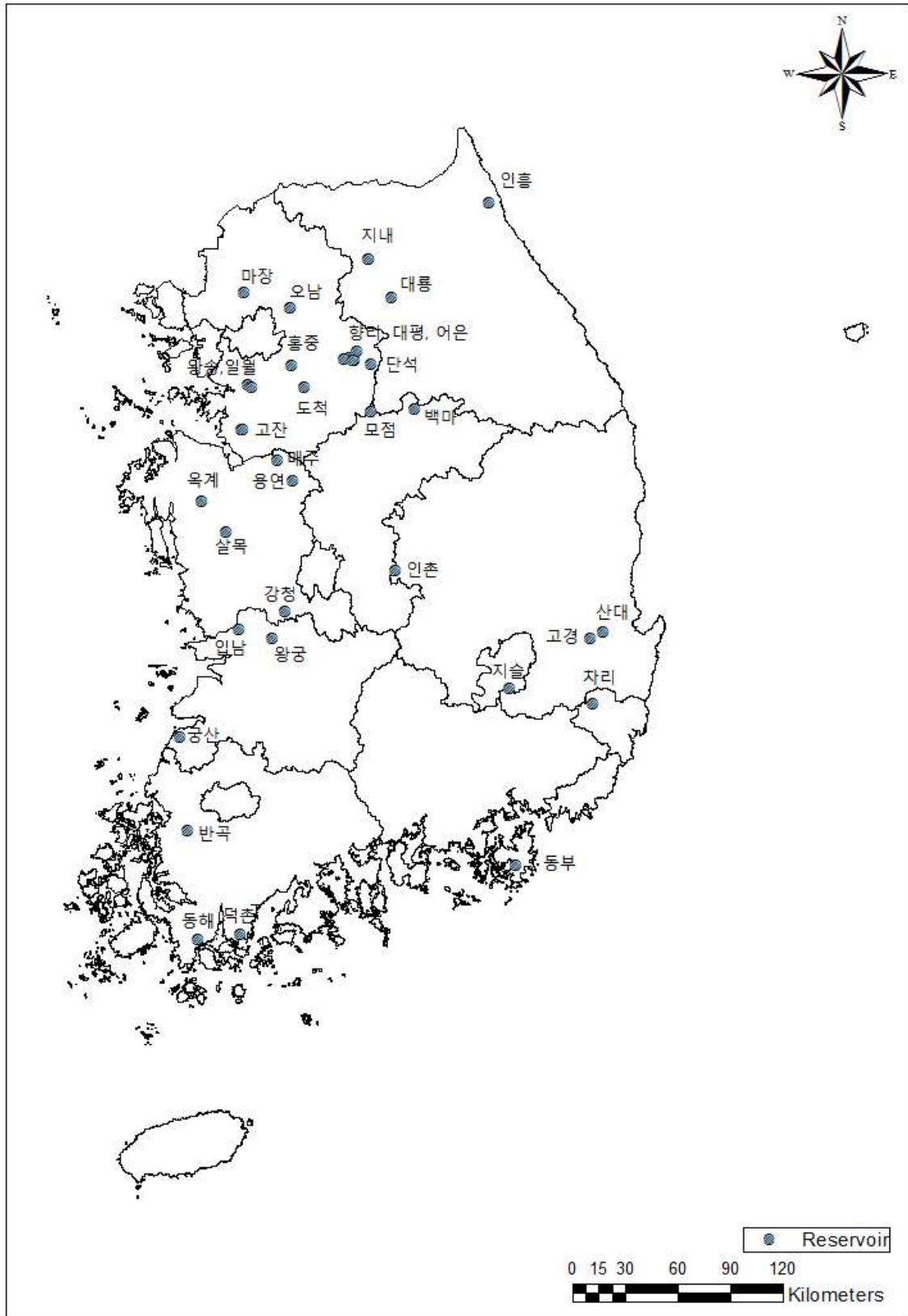


그림 4-1 대상저수지 위치

2. 대상 저수지 선정결과

가. 지역별 대상저수지 선정

표 4-2 지역별 대상저수지

지역 본부	지사	시설 이름	표준코드	사수위 (m)	만수위 (m)	유효 저수량 (천톤)	총저수량 (천톤)	설치 년도	서버 등록일	센서 형식
강원	홍천 춘천	대룡	4272010035	165	180	1609	1,609	2007-10-17	2008-11-21	압력식
강원	영북	인홍	4282010013	46	65.8	1540.5	1,800.8	2008-12-09	2011-08-24	초음파식
경기	화성 수원	왕송	4111010010	33.5	40.51	2077.3	2,079.199	2007-12-21	2008-11-21	압력식
경기	파주	마장	4151010010	99	124	2637	2,900	2005-04-13	2008-11-21	초음파식
경남	고성 거제	동부	4831010017	21.99	31.65	891.9	891.9	2010-10-21	2010-12-13	압력식
경남	울산	차리	3171010292	229	252.6	835	1,033	2009-12-14	2009-12-18	초음파식
경북	영천	고경	4723010767	152.45	162.67	1345.5	1,345.5	2010-11-19	2010-11-26	압력식
경북	성주	인촌	4784010174	146	171.9	1487.6	1,487.6	2008-08-27	2009-02-09	초음파식
전남	장흥	덕촌	4680010124	-1	3.7	1549.5	1,700.7	2010-11-13	2010-11-24	압력식
전남	해남	동해	4682010117	70	92.3	1522.8	1,545.6	2010-11-26	2010-12-06	초음파식
전북	익산	왕궁	4514010130	42.8	52	1941	1,957	2007-12-10	2008-11-21	압력식
전북	고창	궁산	4579010257	1.5	7.06	2210	2,210	2008-10-20	2009-02-09	초음파식
충남	천안	용연	4413010033	88.63	101.03	3049.75	3,049.75	2007-11-26	2008-11-21	압력식
충남	예산	옥계	4481010022	59	71.2	3014	3,051	2009-03-23	2009-03-30	초음파식
충북	충주 제천	백마	4315010049	276.2	298.2	1496	1,516	2010-10-05	2010-10-15	압력식
충북	충주 제천	모점	4313010050	89	102	1492	1,5060	2011-05-11	2011-05-16	초음파식

나. 위험등급(D) 대상저수지 선정

표 4-3 위험등급(D) 대상저수지

지역 본부	지사	시설 이름	표준 코드	사수위 (m)	만수위 (m)	유효 저수량 (천톤)	총 저수량 (천톤)	설치 년도	서버 등록일	센서 형식
충남	천안	매주	4413010018	25.90	28.90	174	190.1	2010-03-28	2010-12-20	압력식
충남	논산	강청	4423010080	69.00	78.00	239.19	323	2009-12-22	2010-01-11	압력식
경기	평택	고잔	4122010024	20.48	22.30	409	199	2008-11-09	2009-02-16	초음파식
충남	예산	산북	4481010019	76.00	91.00	714	729	2009-04-02	2009-04-06	압력식
경북	경산	지슬	4782010128	240.00	265.80	1349	1,364	2010-12-03	2010-12-14	압력식

다. 최근개보수(5년 이내) 대상저수지 선정

표 4-4 최근개보수 대상저수지

지역 본부	지사	시설 이름	표준 코드	사수위 (m)	만수위 (m)	유효 저수량 (천톤)	총 저수량 (천톤)	설치 년도	서버 등록일	센서 형식	개보 수 년도
강원	홍천 춘천	지내	4211010006	86.50	91.00	303	303	2009-09-08	2009-09-08	초음파식	2012
경기	화성 수원	일월	4111010005	0.70	3.60	299	315	2009-06-05	2009-06-11	초음파식	2014
전남	함평	반곡	4686010070	4.00	5.40	216	216	2010-11-29	2010-12-27	압력식	2012
전북	익산	입남	4514010032	23.20	28.23	186	186	2008-04-12	2009-08-06	압력식	2012

라. 저수지 군 선정(양평광주서울지사)

표 4-5 저수지 군 대상저수지

지역 본부	지사	시설 이름	표준코드	사수위(m)	만수위(m)	유효 저수량 (천톤)	총 저수량 (천톤)	설치 년도	서버 등록일	센서 형식
경기	양평광 주서울	단석	4183010016	126.00	131.74	128	128	2009-03-31	2010-01-07	압력식
경기	양평광 주서울	대평	4183010018	79.00	90.80	1135.732	1,139.397	2011-12-23	2011-12-30	초음파 식
경기	양평광 주서울	도척	4179010005	183.80	195.00	701	701	2008-12-01	2009-02-16	압력식
경기	양평광 주서울	어은	4183010020	88.50	97.60	289	356	2009-03-31	2010-01-07	압력식
경기	양평광 주서울	오남	4136010018	87.84	104.32	2435	2,710	2005-04-13	2008-11-21	압력식
경기	양평광 주서울	월산	4183010017	100.00	106.30	201	298	2007-10-21	2008-11-21	초음파 식
경기	양평광 주서울	향리	4183010026	51.50	57.99	488	489	2009-04-13	2010-01-07	압력식
경기	양평광 주서울	홍중	4179010001	58.00	63.65	483	517	2005-10-22	2008-11-21	압력식

마. 붕괴 대상저수지 선정

표 4-6 붕괴 대상저수지

지역 본부	지사	시설 이름	표준 코드	사수위 (m)	만수위 (m)	유효 저수량 (천톤)	총 저수량 (천톤)	설치년도	서버 등록일	센서 형식
경북	경주	산대	4713010113	47.00	56.30	245	246	2009-03-07	2009-04-27	압력식

3. 대상저수지 제원자료 조사





1) 대룡저수지

표 4-7 대룡저수지 제원 및 위치

시설명	대룡	표준코드	4272010035
소재지	강원도 홍천군 북방면 성동리		
착공연도	1949-11-15	준공연도	1957-10-13
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(존형)	제체체적	488,599 m ³
제체길이	354m	제체높이	23.1m
총저수량	1,609천톤	유효저수량	1,609천톤
사수량	0천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10년	홍수빈도	200년
유역면적	1,130ha	홍수면적	25ha
만수면적	21ha	수해면적	201.6 ha
			
			
등록일자	2005-10-14	등록일자	2005-10-14
사진내용	제당	사진내용	여수토
			
등록일자	2005-10-14	등록일자	2005-10-14
사진내용	방수로	사진내용	사통

2) 왕송저수지

표 4-8 왕송저수지 제원 및 위치

시설명	왕송	표준코드	4111010010
소재지	경기도 의왕시 월암동		
착공연도	1944-01-01	준공연도	1948-12-31
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(존형)	제체체적	112,307 m ³
제체길이	640 m	제체높이	8 m
총저수량	2,079.2 천톤	유효저수량	2,077.3 천톤
사수량	1.9 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10년	홍수빈도	200년
유역면적	1,555 ha	홍수면적	92 ha
만수면적	83.6 ha	수해면적	534.3 ha
			
			
등록일자	2007-05-04	등록일자	2007-05-04
사진내용		사진내용	
			
등록일자	2007-05-04	등록일자	
사진내용		사진내용	




3) 마장저수지

표 4-9 마장저수지 제원 및 위치

시설명	마장	표준코드	4151010010
소재지	경기도 파주시 광탄면 기산리		
착공연도	1987-12-02	준공연도	2001-06-08
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	37 m ³
제체길이	294 m	제체높이	32.5 m
총저수량	2,900 천톤	유효저수량	2,637 천톤
사수량	263 천톤	취수형식	취수탑형
한발빈도	10년	홍수빈도	200년
유역면적	1,138 ha	홍수면적	29.63 ha
만수면적	27.98 ha	수해면적	179 ha
			
			
등록일자	2004-11-24	등록일자	2008-07-03
사진내용	마장지전경	사진내용	여수토방수로 언체부 전경사진
			
등록일자	2008-07-03	등록일자	2008-07-03
사진내용	언체부 전도게이트 전경사진	사진내용	사통조작실 전경사진
			
등록일자	2008-07-03		
사진내용	여수토방수로 전경사진		



4) 동부저수지

표 4-10 동부저수지 제원 및 위치

시설명	동부	표준코드	4831010017
소재지	경상남도 거제시 동부면 구천리		
착공연도	1952-01-01	준공연도	1955-01-01
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	1,000 m ³
제체길이	209 m	제체높이	16 m
총저수량	891.9 천톤	유효저수량	891.9 천톤
사수량	0 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10년	홍수빈도	200년
유역면적	2,400 ha	홍수면적	19.85 ha
만수면적	19.7 ha	수해면적	216.4 ha
			
			
등록일자	2004-02-25	등록일자	2008-01-09
사진내용		사진내용	




5) 차리저수지

표 4-11 차리저수지 제원 및 위치

시설명	차리	표준코드	3171010292
소재지	울산광역시 울주군 두서면 차리		
착공연도	1996-11-20	준공연도	1996-11-20
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(존형)	제체체적	280,000 m ³
제체길이	369 m	제체높이	35.9 m
총저수량	866.27 천톤	유효저수량	865.82 천톤
사수량	0.45 천톤	취수형식	취수탑형
한발빈도	10년	홍수빈도	100 년
유역면적	398 ha	홍수면적	10.87 ha
만수면적	9.06 ha	수해면적	126 ha
			
			
등록일자	2007-05-31	등록일자	2007-05-31
사진내용	제체 전경	사진내용	여수토
			
등록일자	2007-05-31	등록일자	
사진내용	취수탑	사진내용	

6) 고경저수지

표 4-12 고경저수지 제원 및 위치

시설명	고경	표준코드	4723010767
소재지	경상북도 영천시 고경면 파계리		
착공연도	1954-01-01	준공연도	1956-12-31
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	6,789 m ³
제체길이	146 m	제체높이	17.1 m
총저수량	1,345.5 천톤	유효저수량	1,345.5 천톤
사수량	0 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10년	홍수빈도	100년
유역면적	1,690 ha	홍수면적	32.85 ha
만수면적	30.14 ha	수해면적	215.2 ha
			
			
등록일자	2004-02-25	등록일자	2007-05-30
사진내용		사진내용	

7) 인촌저수지

표 4-13 인촌저수지 제원 및 위치

시설명	인촌	표준코드	4784010174
소재지	경상북도 성주군 월항면 인촌리		
착공연도	2000-11-27	준공연도	2008-12-31
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(코어형)	제체체적	619,680 m ³
제체길이	243 m	제체높이	49.5 m
총저수량	1,488 천톤	유효저수량	1,336 천톤
사수량	152 천톤	취수형식	취수탑형
한발빈도	10년	홍수빈도	20년
유역면적	475 ha	홍수면적	12.12 ha
만수면적	11.36 ha	수해면적	92.4 ha




8) 인흥저수지

표 4-14 인흥저수지 제원 및 위치

시설명	인흥	표준코드	4282010013
소재지	강원도 고성군 토성면 인흥리		
착공연도	2001-12-11	준공연도	2009-12-30
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(존형)	제체체적	254,691 m ³
제체길이	183m	제체높이	41m
총저수량	1,800.8천톤	유효저수량	1,540.5천톤
사수량	260.3천톤	취수형식	취수탑형
한발빈도	10년	홍수빈도	200년
유역면적	400ha	홍수면적	17.8ha
만수면적	16.31ha	수해면적	160 ha

9) 덕촌저수지

표 4-15 덕촌저수지 제원 및 위치

시설명	덕촌	표준코드	4680010124
소재지	전라남도 장흥군 대덕읍 가학리		
착공연도	1975-01-01	준공연도	1978-12-31
시설구분	1종	수원공구분	보조수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	110,854 m ³
제체길이	1,660 m	제체높이	5.3 m
총저수량	1,700.68 천톤	유효저수량	1,549.5 천톤
사수량	151.18 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10년	홍수빈도	200 년
유역면적	11.6 ha	홍수면적	34.4 ha
만수면적	34.39 ha	수해면적	343.4 ha
			
			
등록일자	2005-09-15	등록일자	2007-10-18
사진내용	전경	사진내용	덕촌제 전경



10) 동해저수지

표 4-16 동해저수지 제원 및 위치

시설명	동해	표준코드	4682010117
소재지	전라남도 해남군 북평면 동해리		
착공연도	1990-01-01	준공연도	1999-01-01
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(존형)	제체체적	2,190,162 m ³
제체길이	562 m	제체높이	46.7 m
총저수량	1,545.68 천톤	유효저수량	1,522.28 천톤
사수량	23.4 천톤	취수형식	취수탑형
한발빈도	10년	홍수빈도	200년
유역면적	400 ha	홍수면적	11.25ha
만수면적	10.9 ha	수해면적	203.3 ha
			
			
등록일자	2004-02-25	등록일자	2007-10-18
사진내용	-	사진내용	전경
			
등록일자	2008-09-22	등록일자	2008-09-22
사진내용	-	사진내용	-

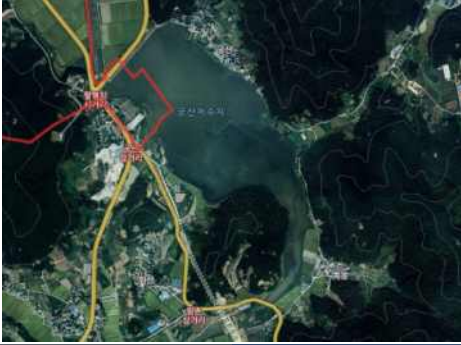




11) 왕궁저수지

표 4-17 왕궁저수지 제원 및 위치

시설명	왕궁	표준코드	4514010130
소재지	전라북도 익산시 왕궁면 동용리		
착공연도	1928-02-01	준공연도	1931-01-01
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	174,492 m³
제체길이	343 m	제체높이	13.3 m
총저수량	1,957 천톤	유효저수량	1,941 천톤
사수량	263 천톤	취수형식	취수탑형
한발빈도	20 년	홍수빈도	20 년
유역면적	866 ha	홍수면적	49.9 ha
만수면적	47.9 ha	수해면적	540.6 ha
			
			
등록일자	2004-02-25	등록일자	2006-03-10
사진내용	-	사진내용	여수토
			
등록일자	2006-11-20	등록일자	2006-11-20
사진내용	게이트	사진내용	게이트실
			
등록일자	2006-11-20	등록일자	2006-11-20
사진내용	방수로	사진내용	여수토
			
등록일자	2006-11-20	등록일자	2006-11-20
사진내용	제방	사진내용	통관

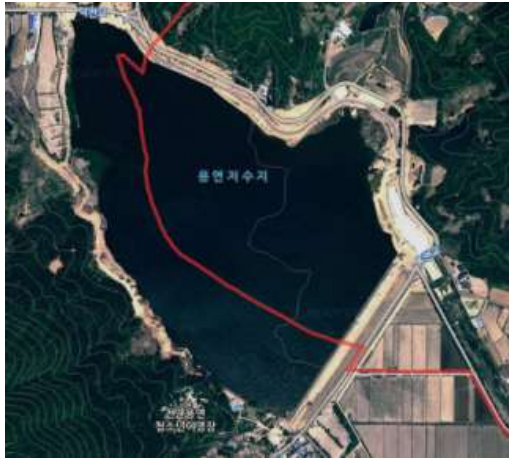


12) 공산저수지

표 4-18 공산저수지 제원 및 위치

시설명	공산	표준코드	4579010257
소재지	전라북도 고창군 해리면 금평리		
착공연도	1937-01-01	준공연도	1945-01-01
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(존형)	제체체적	18,000 m ³
제체길이	384 m	제체높이	5.9 m
총저수량	2,210 천톤	유효저수량	2,210 천톤
사수량	0 천톤	취수형식	취수탑형
한발빈도	10년	홍수빈도	200년
유역면적	3,025 ha	홍수면적	81 ha
만수면적	81ha	수해면적	260 ha
			
			
등록일자	2004-12-14	등록일자	2006-03-10
사진내용	-	사진내용	여수토
			
등록일자	2006-09-29	등록일자	2006-09-29
사진내용	여수토(상)	사진내용	여수토(하)





13) 용연저수지

표 4-19 용연저수지 제원 및 위치

시설명	용연	표준코드	4413010033
소재지	충청남도 천안시 동남구 목천읍 서흥리		
착공연도	1956-09-25	준공연도	1962-12-31
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	294,174 m ³
제체길이	558.5 m	제체높이	17.3 m
총저수량	3,049.8 천톤	유효저수량	3,049.8 천톤
사수량	0 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10년	홍수빈도	200 년
유역면적	2,070 ha	홍수면적	56.76 ha
만수면적	49.21 ha	수해면적	421 ha
			
			
등록일자	2004-02-25	등록일자	2008-06-03
사진내용	-	사진내용	용연지 전경










14) 옥계저수지

표 4-20 옥계저수지 제원 및 위치

시설명	옥계	표준코드	4481010022
소재지	충청남도 예산군 덕산면 옥계리		
착공연도	1952-10-04	준공연도	1957-06-29
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(존형)	제체체적	22,428 m ³
제체길이	178 m	제체높이	18 m
총저수량	3,050.7 천톤	유효저수량	3,013.7 천톤
사수량	37 천톤	취수형식	취수탑형
한발빈도	10년	홍수빈도	200 년
유역면적	1,182 ha	홍수면적	43.2 ha
만수면적	43.2 ha	수해면적	43.2 ha
			
			
등록일자	2004-02-25	등록일자	2007-06-12
사진내용	-	사진내용	여수토
			
등록일자	2008-05-20	등록일자	
사진내용	-	사진내용	








15) 백마저수지

표 4-21 백마저수지 제원 및 위치

시설명	백마	표준코드	4315010049
소재지	충청북도 제천시 백운면 방학리		
착공연도	1952-01-01	준공연도	1959-01-01
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	136,382 m ³
제체길이	287 m	제체높이	26.4 m
총저수량	1,516 천톤	유효저수량	1,496 천톤
사수량	20 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10 년	홍수빈도	100 년
유역면적	830 ha	홍수면적	17 ha
만수면적	17 ha	수해면적	183 ha
			
			
등록일자	2008-08-26	등록일자	2009-10-19
사진내용	-	사진내용	권양기
			
등록일자	2009-10-19	등록일자	2009-10-19
사진내용	스핀들	사진내용	여, 방수로
			
등록일자	2009-10-19	등록일자	2009-10-19
사진내용	제당내제	사진내용	제당외제
			
등록일자	2009-10-19	등록일자	2010-05-25
사진내용	조작실	사진내용	저수지 CI 설치 전경



16) 모점저수지

표 4-22 모점저수지 제원 및 위치

시설명	모점	표준코드	4313010050
소재지	충청북도 충주시 양성면 모점리		
착공연도	1961-01-01	준공연도	1969-01-01
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	43,582 m³
제체길이	149 m	제체높이	19.5 m
총저수량	1,506 천톤	유효저수량	1,484.6 천톤
사수량	21.4 천톤	취수형식	취수탑형
한발빈도	10 년	홍수빈도	200 년
유역면적	857 ha	홍수면적	126.14 ha
만수면적	24.2 ha	수해면적	179 ha
			
			
등록일자	2009-10-08	등록일자	2009-10-08
사진내용	전경	사진내용	방수로
			
등록일자	2009-10-08	등록일자	2009-10-8
사진내용	방수로	사진내용	여수토
			
등록일자	2009-10-08	등록일자	2010-05-25
사진내용	취수탑	사진내용	저수지CI설치 전경



17) 산대저수지

표 4-23 산대저수지 제원 및 위치

시설명	산대	표준코드	4713010113
소재지	경상북도 경주시 안강읍 산대리		
착공연도	1960-01-01	준공연도	1964-12-30
시설구분	2종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	18,500 m³
제체길이	210 m	제체높이	12.2 m
총저수량	246 천톤	유효저수량	245 천톤
사수량	1 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10년	홍수빈도	100 년
유역면적	210 ha	홍수면적	6.4 ha
만수면적	5.45 ha	수해면적	25.5 ha
			
			
등록일자	2006-02-22		
사진내용	전경		








18) 매주저수지

표 4-24 매주저수지 제원 및 위치

시설명	매주	표준코드	4413010018
소재지	충청남도 천안시서북구 성환읍 매주리		
시설구분	2중	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	18,762 m ³
제체길이	240 m	제체높이	5.97 m
총저수량	191.77 천톤	유효저수량	176.57 천톤
사수량	15.2 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10년	홍수빈도	200 년
유역면적	130 ha	홍수면적	10.74 ha
만수면적	8.4 ha	수해면적	27 ha
			
			
등록일자	2004-02-25	등록일자	2008-06-03
사진내용	-	사진내용	매주지 전경



19) 강청저수지

표 4-25 강청저수지 제원 및 위치

시설명	강청	표준코드	4423010080
소재지	충청남도 논산시 가야곡면 강청리		
착공연도	1975-12-01	준공연도	1976-12-30
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(균일형)	제체체적	60,720 m ³
제체길이	165 m	제체높이	19.5 m
총저수량	1,506 천톤	유효저수량	234.39 천톤
사수량	88.62 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10 년	홍수빈도	200 년
유역면적	178 ha	홍수면적	7.4 ha
만수면적	6.73 ha	수해면적	70.1 ha
			
			
등록일자	2006-01-12	등록일자	2006-02-22
사진내용	강청저수지전경	사진내용	강청저수지여수터아래 쪽전경
			
등록일자	2006-02-22	등록일자	2006-08-07
사진내용	강청저수지토출구전경	사진내용	강청저수지 전경(제당)
			
등록일자	2007-08-22	등록일자	2008-06-02
사진내용	시설물 담당자 안내표찰	사진내용	저수지 전경




20) 고잔저수지

표 4-26 고잔저수지 제원 및 위치

시설명	고잔	표준코드	4122010024
소재지	경기도 평택시 청북면 고잔리		
착공연도	1953-01-01	준공연도	1954-12-30
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	13,230 m ³
제체길이	122 m	제체높이	6.4 m
총저수량	415 천톤	유효저수량	409 천톤
사수량	6 천톤	취수형식	기타
한발빈도	10년	홍수빈도	100 년
유역면적	450 ha	홍수면적	12.3 ha
만수면적	11.7 ha	수해면적	83.4 ha
			
			
등록일자	2005-04-07		
사진내용	-		




21) 산목저수지

표 4-27 산목저수지 제원 및 위치

시설명	산목	표준코드	4481010019
소재지	충청남도 예산군 광시면 대리		
착공연도	1979-12-27	준공연도	1982-12-20
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	120,800 m³
제체길이	99 m	제체높이	22 m
총저수량	730.1 천톤	유효저수량	714.4 천톤
사수량	15.7 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10년	홍수빈도	200 년
유역면적	220 ha	홍수면적	10.8 ha
만수면적	9.3 ha	수해면적	98.3 ha
			
			
등록일자	2006-07-03	등록일자	2008-05-20
사진내용	-	사진내용	-



22) 지슬저수지

표 4-28 지슬저수지 제원 및 위치

시설명	지슬	표준코드	4782010128
소재지	경상북도 청도군 각북면 지슬리		
착공연도	1988-12-02	준공연도	1996-12-30
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	544,287 m ³
제체길이	228 m	제체높이	41 m
총저수량	1,364 천톤	유효저수량	1,349 천톤
사수량	15 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10년	홍수빈도	200 년
유역면적	320 ha	홍수면적	11 ha
만수면적	10.1 ha	수해면적	116.4 ha
			
			
등록일자	2006-02-20	등록일자	2007-05-31
사진내용	-	사진내용	-





23) 지내저수지

표 4-29 지내저수지 제원 및 위치

시설명	지내	표준코드	4211010006
소재지	강원도 춘천시 신북읍 지내리		
착공연도	1954-01-01	준공연도	1957-01-01
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	99,820 m ³
제체길이	920 m	제체높이	6.2 m
총저수량	303 천톤	유효저수량	303 천톤
사수량	0 천톤	취수형식	취수탑형
한발빈도	10년	홍수빈도	200 년
유역면적	600 ha	홍수면적	13 ha
만수면적	11.5 ha	수해면적	32.6 ha
			
			
등록일자	2004-02-25		
사진내용	-		








24) 일월저수지

표 4-30 일월저수지 제원 및 위치

시설명	일월	표준코드	4111010005
소재지	경기도 수원시 권선구 구운동		
착공연도	1940-11-13	준공연도	1941-06-30
시설구분	1종	수원공구분	보조수원
제체형식	필댐(존형)	제체체적	41,459 m ³
제체길이	364 m	제체높이	6.7 m
총저수량	315 천톤	유효저수량	299 천톤
사수량	16 천톤	취수형식	취수탑형
한발빈도	3 년	홍수빈도	100 년
유역면적	277 ha	홍수면적	19.5 ha
만수면적	18 ha	수해면적	125.9 ha
			
			
등록일자	2007-05-04	등록일자	2007-05-04
사진내용	-	사진내용	-
			
등록일자	2007-05-04	등록일자	
사진내용	-	사진내용	







25) 반곡저수지

표 4-31 반곡저수지 제원 및 위치

시설명	반곡	표준코드	4686010070
소재지	전라남도 함평군 학교면 금송리		
착공연도	1944-01-01	준공연도	1945-01-01
시설구분	2종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	34,650 m³
제체길이	210 m	제체높이	5.5 m
총저수량	216 천톤	유효저수량	216 천톤
사수량	0 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10 년	홍수빈도	200 년
유역면적	170 ha	홍수면적	7.86 ha
만수면적	6.93 ha	수해면적	31.8 ha
			
			
등록일자	2011-02-11	등록일자	2012-02-02
사진내용	안전표지판	사진내용	자동수위계 관측기함
			
등록일자	2013-09-06	등록일자	2013-09-06
사진내용	반곡제 전경	사진내용	반곡제 여수토
			
등록일자	2013-09-06	등록일자	2013-09-06
사진내용	반곡제외제	사진내용	반곡제방수로







26) 입남저수지

표 4-32 입남저수지 제원 및 위치

시설명	입남	표준코드	4514010032
소재지	전라북도 익산시 함라면 신등리		
착공연도	1934-02-01	준공연도	1935-12-31
시설구분	2종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	62,220 m ³
제체길이	258 m	제체높이	8.8 m
총저수량	186 천톤	유효저수량	186 천톤
사수량	0 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10 년	홍수빈도	50 년
유역면적	102.7 ha	홍수면적	6 ha
만수면적	5.4 ha	수해면적	6.3 ha
			
			
등록일자	2004-02-25	등록일자	2006-11-20
사진내용	-	사진내용	방수로
			
등록일자	2006-11-20	등록일자	2006-11-20
사진내용	여수토	사진내용	제방
			
등록일자	2006-11-20		
사진내용	통관		







27) 단석저수지

표 4-33 단석저수지 제원 및 위치

시설명	단석	표준코드	4183010016
소재지	경기도 양평군 양동면 단석리		
착공연도	1971-01-01	준공연도	1975-01-01
시설구분	2종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	45,950 m ³
제체길이	122 m	제체높이	11.8 m
총저수량	128.5 천톤	유효저수량	128.2 천톤
사수량	0.3 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10 년	홍수빈도	200 년
유역면적	1,230 ha	홍수면적	5.73 ha
만수면적	3.6 ha	수해면적	64.81 ha
			
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	전체 전경	사진내용	내제 전경
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	외제 전경	사진내용	물넘이 전경
			
등록일자	2013-06-19		
사진내용	취수시설(사통) 전경		







28) 대평저수지

표 4-34 대평저수지 제원 및 위치

시설명	대평	표준코드	4183010018
소재지	경기도 양평군 지평면 대평리		
착공연도	1956-02-20	준공연도	1962-12-20
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	193,170 m³
제체길이	284 m	제체높이	17.8 m
총저수량	1,139.3 천톤	유효저수량	1,135.7 천톤
사수량	3.6 천톤	취수형식	취수탑형
한발빈도	10 년	홍수빈도	200 년
유역면적	694 ha	홍수면적	18.74 ha
만수면적	17.03 ha	수해면적	144.45 ha
			
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	전체 전경	사진내용	내제 전경
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	외제 전경	사진내용	물넘이 전경
			
등록일자	2013-06-19		
사진내용	취수시설(취수탑) 전경		







29) 도척저수지

표 4-35 도척저수지 제원 및 위치

시설명	도척	표준코드	4179010005
소재지	경기도 광주시 도척면 유정리		
착공연도	1967-04-27	준공연도	1975-01-01
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	273,770 m³
제체길이	260 m	제체높이	17.1 m
총저수량	700.6 천톤	유효저수량	700.6 천톤
사수량	0 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	5 년	홍수빈도	100 년
유역면적	980 ha	홍수면적	15.91 ha
만수면적	13.8 ha	수해면적	148.77 ha
			
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	전체 전경	사진내용	내제 전경
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	외제 전경	사진내용	물넘이 전경
			
등록일자	2013-06-19		
사진내용	취수시설(사통) 전경		







30) 어은저수지

표 4-36 어은저수지 제원 및 위치

시설명	어은	표준코드	4183010020
소재지	경기도 양평군 지평면 수곡리		
착공연도	1941-01-01	준공연도	1945-12-20
시설구분	2종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(존형)	제체체적	74,920 m ³
제체길이	90 m	제체높이	15 m
총저수량	288 천톤	유효저수량	288 천톤
사수량	0 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	3 년	홍수빈도	200 년
유역면적	180 ha	홍수면적	6.87 ha
만수면적	6.7 ha	수해면적	69.71 ha
			
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	전체 전경	사진내용	내제 전경
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	외제 전경	사진내용	물넘이 전경
			
등록일자	2013-06-19		
사진내용	취수시설(사통) 전경		







31) 오남저수지

표 4-37 오남저수지 제원 및 위치

시설명	오남	표준코드	4136010018
소재지	경기도 남양주시 오남읍 오남리		
착공연도	1978-11-07	준공연도	1985-12-20
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	1,075,320 m ³
제체길이	412 m	제체높이	30 m
총저수량	2,710 천톤	유효저수량	2,435.1 천톤
사수량	274.9 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	10 년	홍수빈도	200 년
유역면적	1,552 ha	홍수면적	28 ha
만수면적	23.1 ha	수해면적	276.94 ha
			
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	전체 전경	사진내용	내제 전경
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	외제 전경	사진내용	물넘이 전경
			
등록일자	2013-06-19		
사진내용	취수시설(사통) 전경		

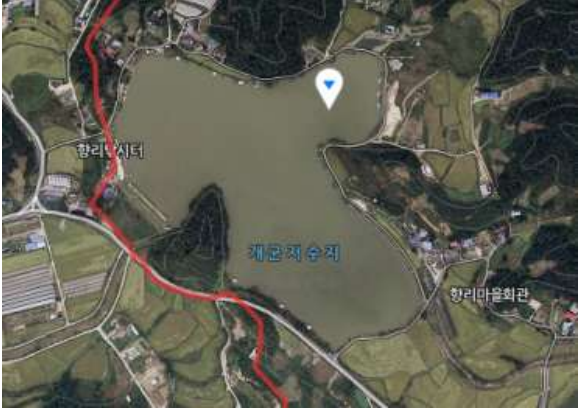





32) 월산저수지

표 4-38 월산저수지 제원 및 위치

시설명	월산	표준코드	4183010017
소재지	경기도 양평군 지평면 월산리		
착공연도	1966-01-01	준공연도	1968-01-01
시설구분	2종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	48,540 m ³
제체길이	98 m	제체높이	12 m
총저수량	201 천톤	유효저수량	201 천톤
사수량	0 천톤	취수형식	취수탑형
한발빈도	7 년	홍수빈도	200 년
유역면적	837 ha	홍수면적	12.15 ha
만수면적	8.3 ha	수해면적	101.48 ha
			
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	전체 전경	사진내용	내제 전경
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	외제 전경	사진내용	물넘이 전경
			
등록일자	2013-06-19		
사진내용	취수시설(취수탑) 전경		







33) 향리저수지

표 4-39 향리저수지 제원 및 위치

시설명	향리	표준코드	4183010026
소재지	경기도 양평군 개군면 향리		
착공연도	1941-01-01	준공연도	1943-12-20
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	50,080 m ³
제체길이	108 m	제체높이	11.4 m
총저수량	489.1 천톤	유효저수량	488.1 천톤
사수량	1 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	3 년	홍수빈도	200 년
유역면적	360 ha	홍수면적	17.8 ha
만수면적	14.2 ha	수해면적	79.72 ha
			
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	전체 전경	사진내용	내제 전경
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	외제 전경	사진내용	물넘이 전경
			
등록일자	2013-06-19		
사진내용	취수시설(사통) 전경		

34) 홍중저수지

표 4-40 홍중저수지 제원 및 위치

시설명	홍중	표준코드	4179010001
소재지	경기도 광주시 중대동		
착공연도	1950-01-01	준공연도	1957-01-01
시설구분	1종	수원공구분	주수원
제체형식	필댐(준형)	제체체적	70,160 m ³
제체길이	229 m	제체높이	9.5 m
총저수량	483.4 천톤	유효저수량	482.7 천톤
사수량	0.7 천톤	취수형식	사통형
한발빈도	7 년	홍수빈도	200 년
유역면적	710 ha	홍수면적	15.6 ha
만수면적	15 ha	수해면적	127.37 ha
			
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	전체 전경	사진내용	내제 전경
			
등록일자	2013-06-19	등록일자	2013-06-19
사진내용	외제 전경	사진내용	물넘이 전경
			
등록일자	2013-06-19		
사진내용	취수시설(사통) 전경		

4. 기상자료 및 GIS 자료 구축

가. 기상자료 수집 프로그램 개발

본 연구에서는 저수지의 수위자료 분석을 위하여 이에 영향을 미치는 요소 중의 하나의 기상자료의 수집을 위하여 기상자료 자동 수집프로그램(Web Crawler)를 개발하였다. 기상자료 자동수집 프로그램은 HTTP 프로토콜을 이용하여 기상청홈페이지와 농촌진흥청 홈페이지에 접속하여 사용자가 설정한 기간이나 전 기간의 기상자료를 관측지점 별로 수집한다. 수집된 자료는 데이터의 전처리(품질관리)를 거쳐 데이터베이스에 저장된다. 자료의 수집범위는 기상청 기상관측소 일단위자료, 기상청 AWS 일단위 및 10분단위 기상자료, 농촌진흥청 AWS 기상자료 및 토양수분자료이다.

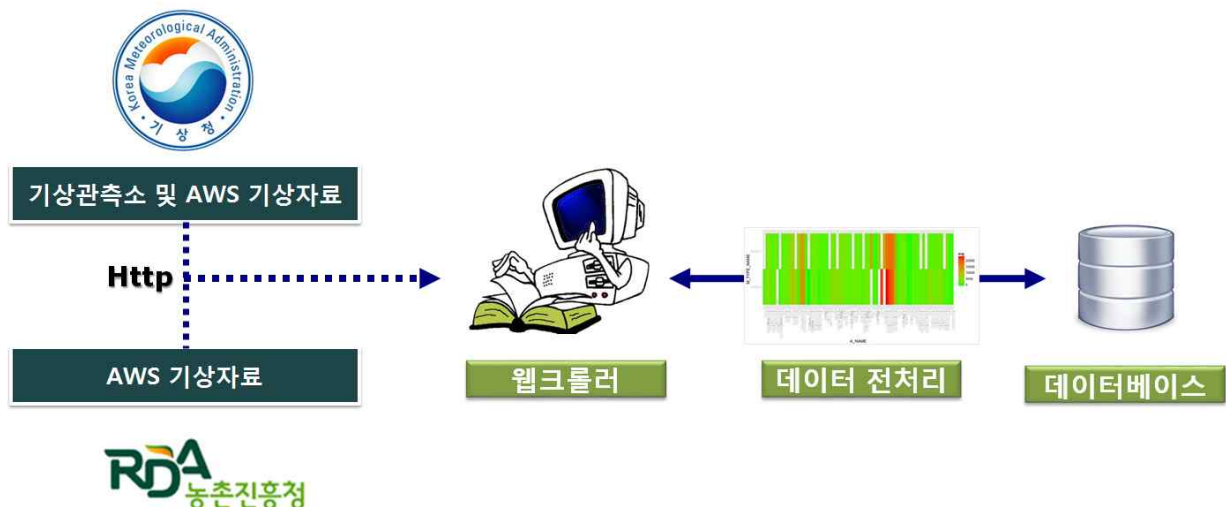


그림 4-2 기상자료 수집 Web Crawler의 개발

본 연구에서 대상저수지 34개의 해당 기상관측소를 티센망을 통하여 지배관측소를 분류하고 이에 웹크롤러를 이용하여 대상기상관측소의 일별 및 10분단위 자료를 데이터베이스로 구축하였다. 수집된 기상자료는 유출량의 산정에 활용되며, 또한 기상자료와 수위자료의 Correlation 분석을 통하여 그 영향을 2차년도에 평가하게 된다.

자동기상자료 수집프로그램은 JAVA언어를 이용하여 구축되었으며, 수집된 기상자료는 JSON 포맷으로 다시 변화하여 이용되도록 하였다. JSON 포맷은 현재 웹상의 데이터 교환을 위해 가장 많이 이용되는 포맷으로 향후의 확장성을 고려하도록 하였다. 또한 기상자료 자동수집프로그램은 스케줄러 기능을 이용하여 주기적으로 자료를 업데이트 하도록 하여 실시간 시스템에 적용할 수 있도록 기반을 구축하였다. 본 연구는 실시간의 저수지 수위 이상치 탐지를 목표로 한다. 따라서 관련 기상자료도 실시간 업테

이트가 중요하다.

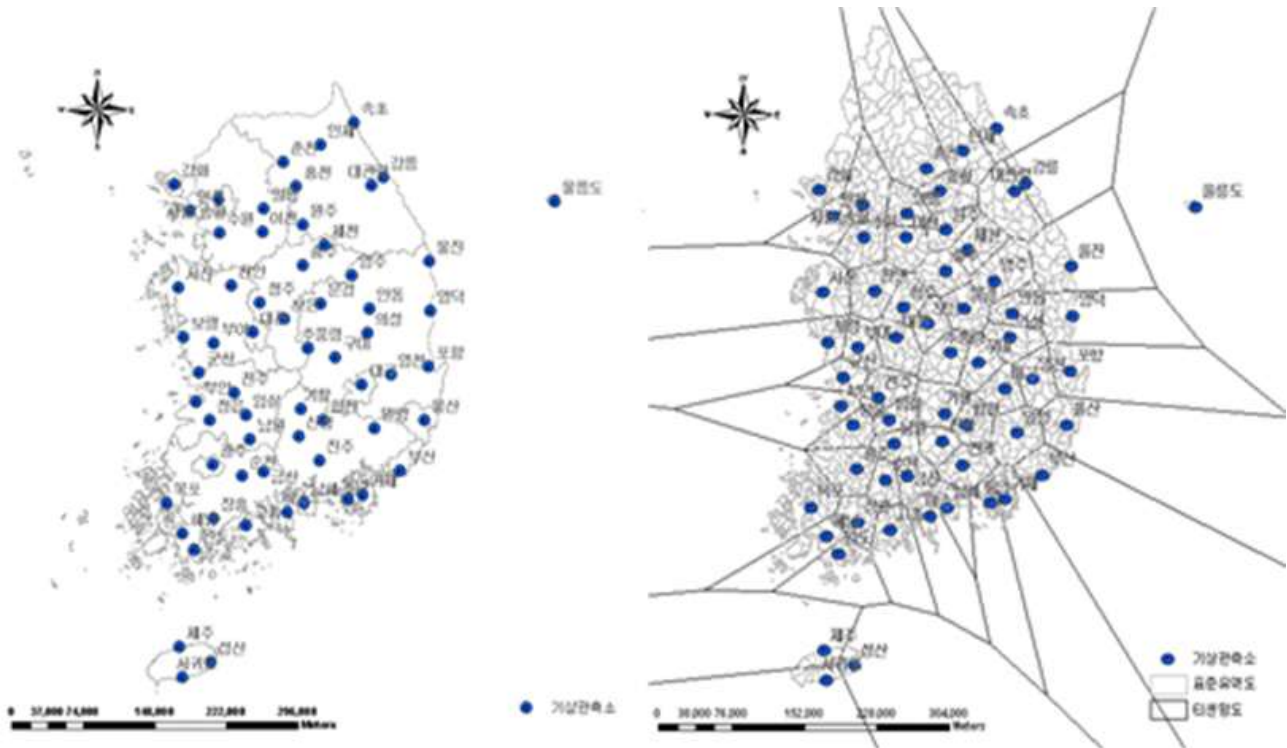


그림 4-3 기상청 기상관측소 위치 및 티센망에 의한 지배관측소
나. GIS자료의 구축

수집된 기상자료는 단독으로 사용되기도 하지만 유출량을 산정하는데 필요한 유역도, 토지피복도 및 토양도 등의 자료구축이 병행되어야 한다. 따라서 유역도와 토지피복도 및 토양도에 대한 자료를 아래와 같이 구축하였다.



그림 4-4 유역도구축예(중권역도)

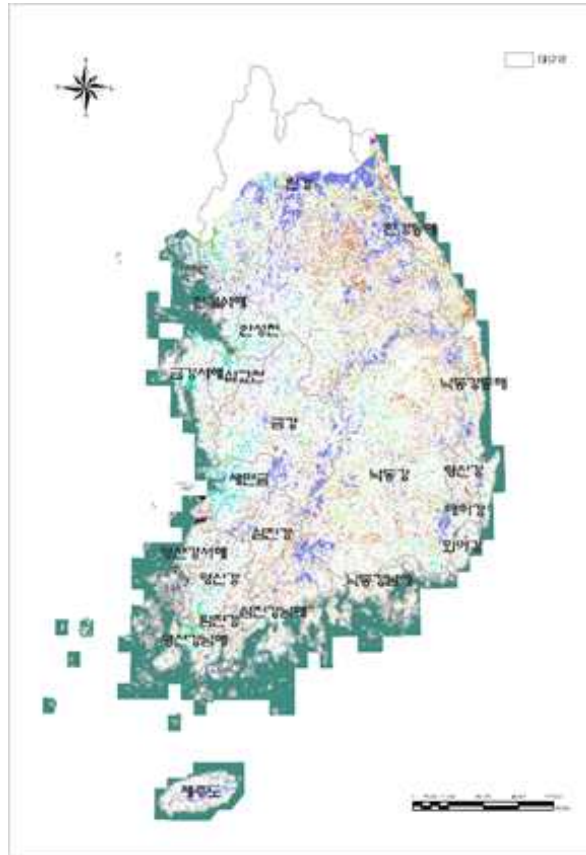


그림 4-5 전국 토지피복도 구축



그림 4-6 전국 토양도 구축

5. 대상저수지 급수예보자료 수집 및 분석

현재 농어촌공사에서는 RIMS를 이용하여 관개 급수예보를 실시하고 있으며, 인터넷 상에서도 농업용저수지 수위, 저수율 등의 자료들이 생성, 제공되고 있다. 본 연구에서는 농업용저수지 이름과 키워드 등을 추출하여 관련 저수지의 동태를 파악할 수 있는 저수지 운영 자료 분석 기반을 구축하고자 하였다. 수집된 기상자료와 운영자료를 연계하여 농업용 저수지 이상거동 관련 정보를 추출 할 수 있는 마이닝기반을 구축하고자 하였다.

한국농어촌공사의 농업기반시설관리 홈페이지(<http://rims.ekr.or.kr/index.aspx>)는 시설물 정보 및 농업용수관리에 자료를 제공한다. 특히 농업용수관리 항목에서 해당 저수지의 관개 급수 예보 자료 수집을 위해 각 지역본부 및 사업단을 선택하고 원하는 지사 설정 후 알림내용을 검색하면 다음과 같은 급수예고 현황 자료를 수집하였다.



The screenshot shows the '농/업/용/수/관/리' (Water Management Information) page. The search criteria are set to '충남지역본부' (Chungnam Regional Office) and '예산지사' (Forecast). The search results show a list of 401 items. The table below is a sample of the data displayed.

번호	제목	등록자	지역	등록일	첨부	조회수
401	8월 12일 급수예고(충남 예산지사)	최광석	예산지사	2013-08-12		285
400	8월 9일 급수예고(충남 예산지사)	최광석	예산지사	2013-08-09		236
399	8월 8일 급수예고(충남 예산지사)	최광석	예산지사	2013-08-08		222
398	8월 7일 급수예고	최광석	예산지사	2013-08-07		238
397	8월 6일 급수예고(충남 예산지사)	최광석	예산지사	2013-08-06		229
396	7월 30일 급수예고(충남 예산지사)	김기택	예산지사	2013-07-30		227
395	7월 26일 급수예고(충남 예산지사)	최광석	예산지사	2013-07-26		256
394	7월 25일 급수예고(충남 예산지사)	최광석	예산지사	2013-07-25		211
393	7월 24일 급수예고(충남 예산지사)	최광석	예산지사	2013-07-24		225
392	7월 23일 급수예고(충남 예산지사)	최광석	예산지사	2013-07-23		230
391	7월 22일 급수예고(충남 예산지사)	최광석	예산지사	2013-07-22		236
390	7월 16일 급수예고(충남 예산지사)	최광석	예산지사	2013-07-16		235
389	6월 15일 급수예고(충남 예산지사)	최광석	예산지사	2013-07-15		221
388	7월 12일 급수예고(충남 예산지사)	최광석	예산지사	2013-07-12		210
387	7월 11일 급수예고(충남 예산지사)	최광석	예산지사	2013-07-11		234

At the bottom of the page, there is a footer with the following information:

- 부서: 수자원운영처(수자원관리부)
- 담당자: 이병문
- 전화번호: 061-338-5598

그림 4-7 충남지역본부 예산지사 급수예고 알림내용(예)

검색조건에서 충남지역본부의 예산지사를 선택하고 급수 알림내용을 검색하면 위와 같은 급수예고 정보를 볼 수 있다. 관개 급수 예보 자료 구축을 위해 전국의 모든 본부를 선택하여 살펴보았으나 급수에 대한 정확한 정보를 얻을 수 없었다. 그 이유는 다음과 같다. 저수지 급수예고를 알리는 시간이 광범위하고 정확한 양을 알 수 없다. 즉 급수를 시작한 시간, 종료한 시간에 대한 구체적인 시기가 제시되지 않는다. 또한 급수실적 역시 일별로 공급되는 양이 아닌 대략 한 달간의 총 실적만을 알 수 있다. 이는 간단급수계획에 있어서 계획통수량에 대해서도 동일한 문제점으로 보인다. 이 중 2013년 8월 12월 기준 급수예고 내용을 살펴보면 다음과 같다.

아래 표는 충남예산지사의 급수예고 내용으로 각 양수장 별 관개 급수시간을 살펴보면 급수 시작시간과 종료시간이 명확하지 않고 . 또한 간단급수 일정 및 통수량, 시기는 기상상황에 변동 될 수 있다고만 명시되어 있기 때문에 정확한 정보를 제공받을 수 없고, 따라서 적합한 관개 급수예보 자료 마이닝 기반 구축을 할 수 없음이 사료되었다.

표 4-41 충남예산지사 급수예고 (8월 12일 기준)

이름	관개급수시간	이름	관개급수시간	이름	관개급수시간	이름	관개급수시간
보산양수장	00~24	광정양수장	00~24	석양양수장	-	좌촌양수장	00~24
신장양수장	7~24	가덕양양수장	-	손지1양수장	00~24	신가양수장	08~24
입침양수장	8~19	좌방양수장	08~24	손지2양수장	6~18	상장양수장	-
오가양수장	-	삼교1양수장	7~24	탄방양수장	00~24	지곡양수장	07~24
신암양수장	8~24	삼교2양수장	7~24	상중양수장	00~24	송산양수장	07~24
종경양수장	00~24	홍북양수장	0~24	갈신양수장	-	상하양수장	07~18
신타양수장	06~18시	창정양수장	07~24	관음양수장	-	좌방2양수장	-
중예양수장	8~18	고덕양수장	07~18	구디양수장	-	둔리양수장	7~17
양막양수장	-	상궁양수장	-	시목양수장	-	용리1양수장	-
산성양수장	-	황금양수장	-	용두양수장	-	상성양수장	-
관작양수장	6~18	성리양수장	07~24	-	-	-	-

또한 다음의 2015년 전남지역본부담양지사의 급수예보 역시 용수 공급에 대한 정보제공에 있어서 정확도가 떨어짐을 알 수 있다.

등록자	정미향	소속	전남지역본부담양지사
등록일	2015-06-10		
제목	2015년 담양.광주호 단수 및 간단급수 계획 알림 (조회수 : 66)		
내용	<p>○2015년 본격적인 영농기철에 도래하여 담양.광주호 통수를 시작 현재까지 순조롭게 용수를 공급하고 있으나, 장기간 통수 및 강수량 부족으로 저수량이 급격히 감소하고 있는 실정으로 2015년 원활한 용수공급 및 안전영농을 위하여 담양.광주호 용수공급 계획을 다음과 같이 수립하여 간단급수를 시행하고자 합니다.</p> <p>1. 담양.광주호 저수량 (2015.06.08)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 담양호 : 44.9% - 광주호 : 32.7% <p>2. 담양.광주호 급수 실적</p> <ul style="list-style-type: none"> - 담양호 : 2015.05.14~06.12(30일간) - 7.5톤 - 광주호 : 2015.05.14~06.12(30일간) - 2.2톤 <p>3. 간단급수 계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 담양.광주호 단수일시 : 2015.06.12(금),18:00 - 담양.광주호 재통수일시 : 2015.06.18(목),08:00~ - 간단급수 계획 : 재 통수일로부터 7일 통수 3일 단수예정 - 계획통수량 : 담양호 통수계획 - 담양간선 : 6톤~7.5톤 광주호 통수계획 - 동부간선 : 1톤~1.4톤 서부간선 : 0.8~1.2톤 <p>* 간단급수 일정 및 통수량은 기상상황에 따라 변동될 수 있습니다.</p> <p>자세한 문의사항은 담양지사(☎ 061-380-4181)로 연락주시면 성심성의껏 답변드리겠습니다. 감사합니다.</p>		
첨부파일			

그림 4-8 급수예보자료 게시 형식(예)

담양.광주호의 급수 실적의 경우 일별로 정확한 양의 값이 아닌 대부분 한달 정도의 월 단위 급수량의 값이 주어짐을 알 수 있다. 간단급수 계획도 재 통수일로부터 7일 통수, 3일 단수예정으로 하며 일정 및 통수량은 변동될 수 있다고 명시되어있다. 농어촌 공사의 농업기발시설관리 홈페이지에서 관개 급수 예보 정보를 제공하고 있지만 위의 대표적이 두 가지 사례처럼 모든 저수지들의 급수예고는 시간, 급수량이 구체적이고 정확한 수치가 아닌 개략적인 값으로 주어지기 때문에 정확한 자료를 구축 할 수 없다.

제 5절 대상저수지 수위자료 수집 및 분석

1. 지역별/수위계별 선정 저수지

지역별/수위계별 저수지로는 전라남도 해남에 위치하며 초음파식 수위계가 설치되어 있는 동해 저수지와 전라북도 익산에 위치하며 압력식 수위계가 설치되어 있는 왕궁 저수지를 선택하였으며 제원과 수위 원시자료는 아래와 같다.

가. 동해 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프

동해저수지의 2010년부터 2014년까지 매일 수위 자료를 이용해 나타내었다. 또한 자료 기간 중 가장 최근 연도인 2014년의 경우는 7월 중순부터 자료가 존재하지 않아서 1년치 자료가 모두 존재하는 2013년의 수위 자료를 이용해 12시간, 6시간, 3시간, 1시간, 30분 간격으로 그래프를 그렸다. 12시간 간격 그래프는 4월에서 9월까지의 자료를 이용하였다. 6시간 간격 그래프는 4월에서 6월까지의 자료를 이용하였다. 3시간 간격 그래프는 4월에서 5월 15일까지의 자료를 이용하였다. 1시간 간격 그래프와 30분 간격 그래프는 4월의 자료를 이용하였다.

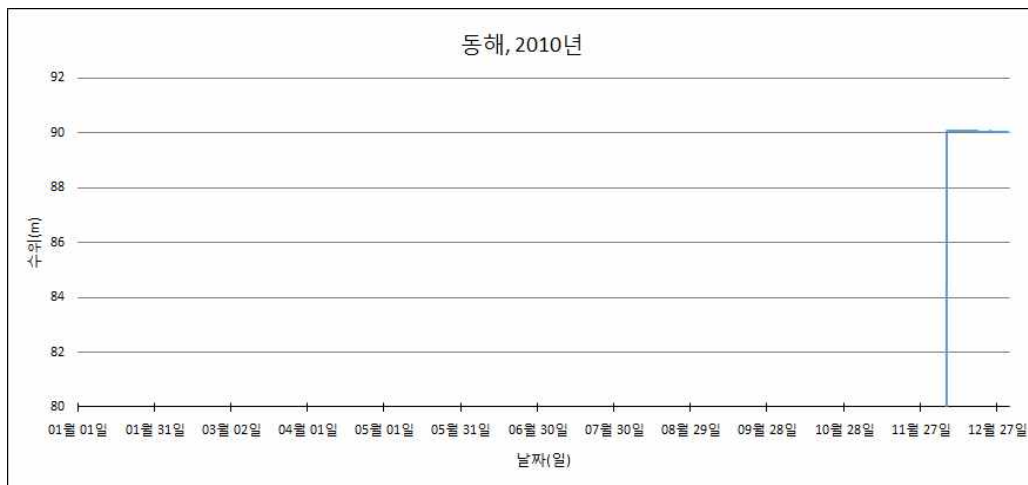


그림 5-1 동해 저수지(2010), 1일 간격

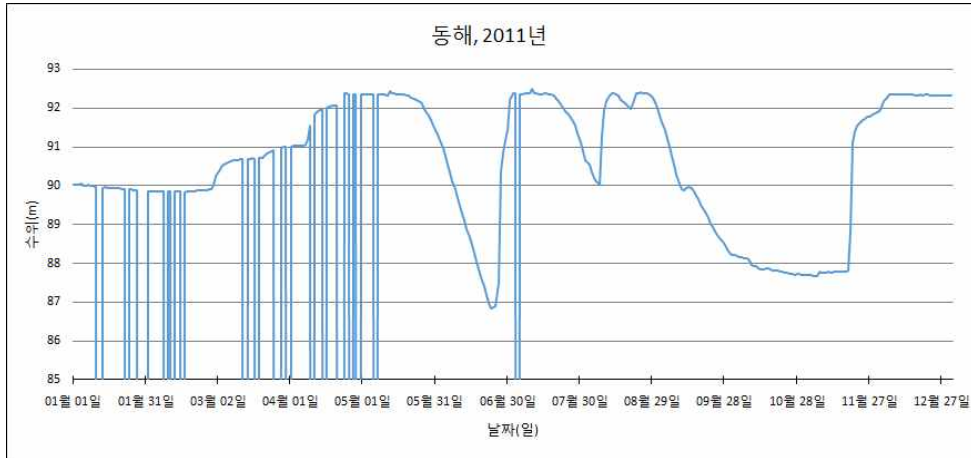


그림 5-2 동해 저수지(2011), 1일 간격

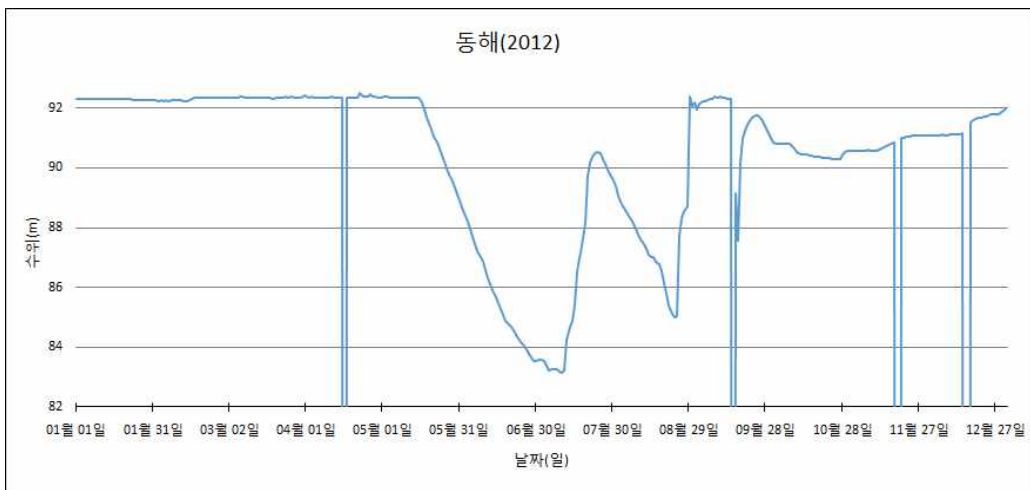


그림 5-3 동해 저수지(2012), 1일 간격

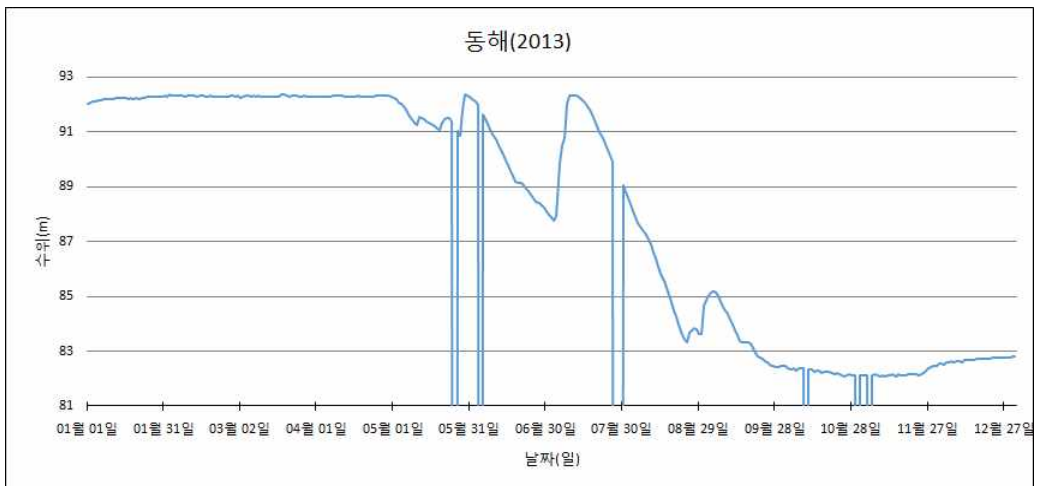


그림 5-4 동해 저수지(2013), 1일 간격

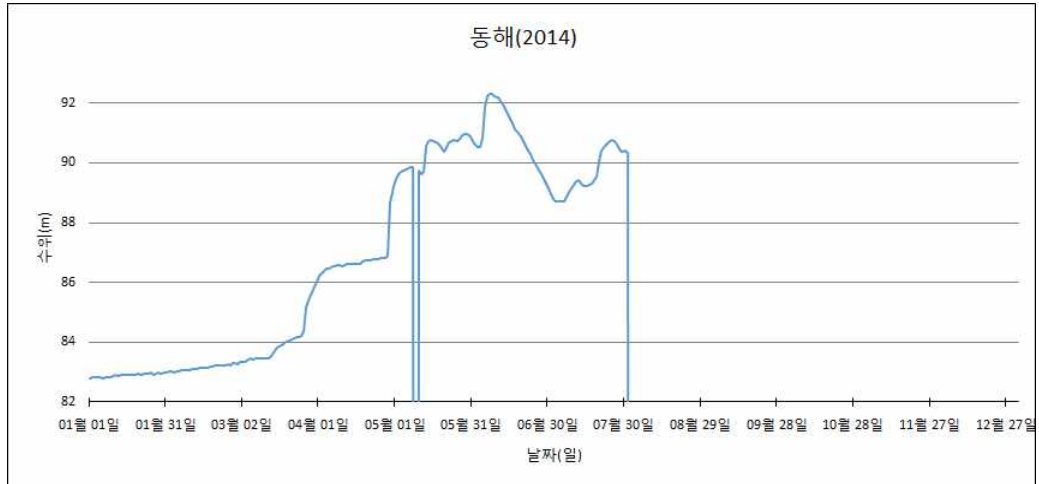


그림 5-5 동해 저수지(2014), 1일 간격

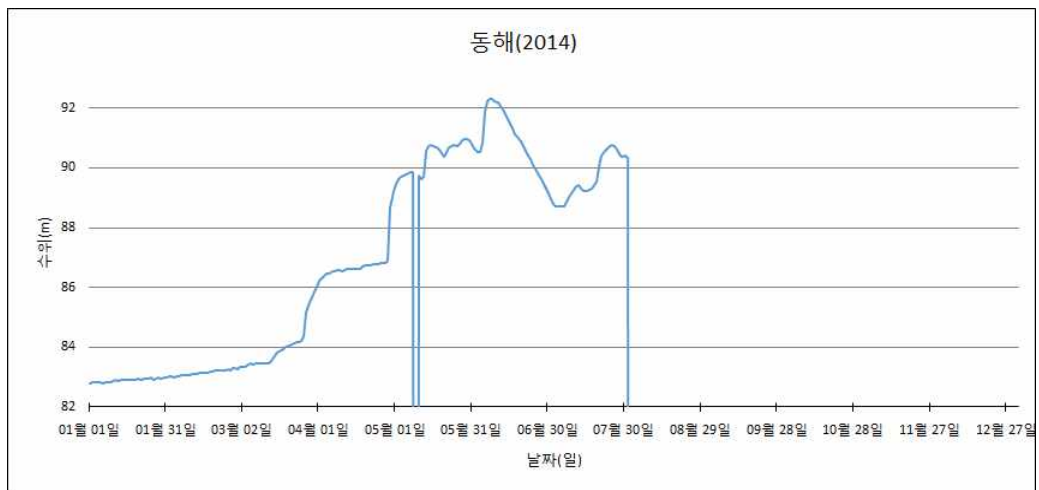


그림 5-6 동해 저수지(2014), 1일 간격

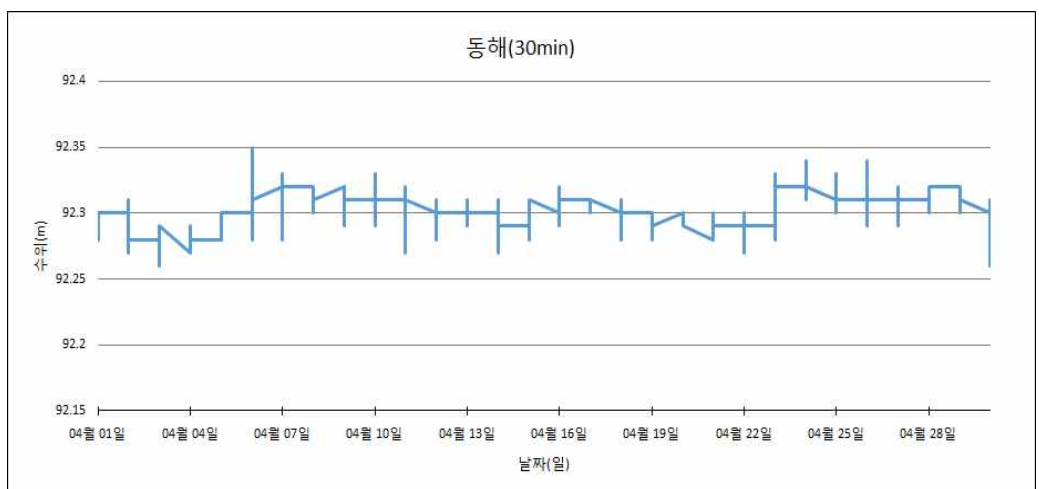


그림 5-7 동해저수지(2013, 4월), 30분 간격

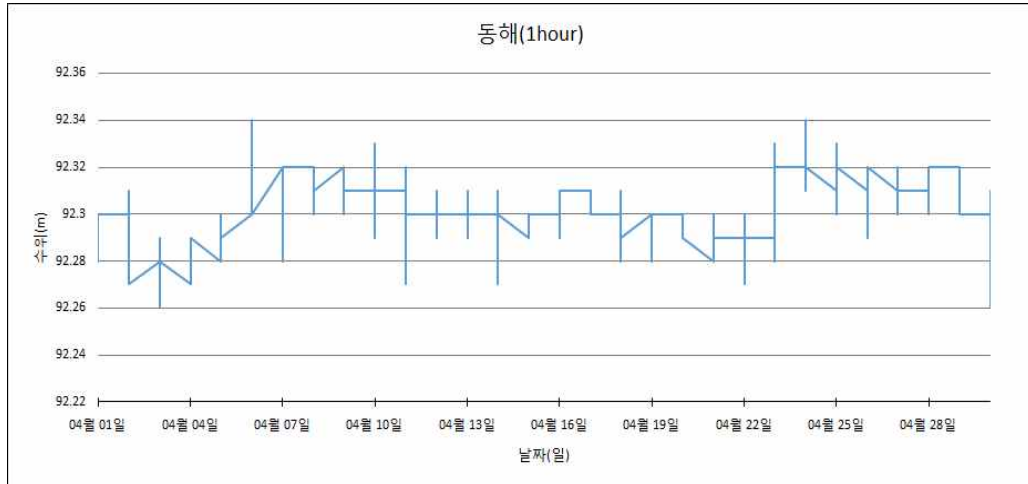


그림 5-8 동해저수지(2013, 4월), 1시간 간격

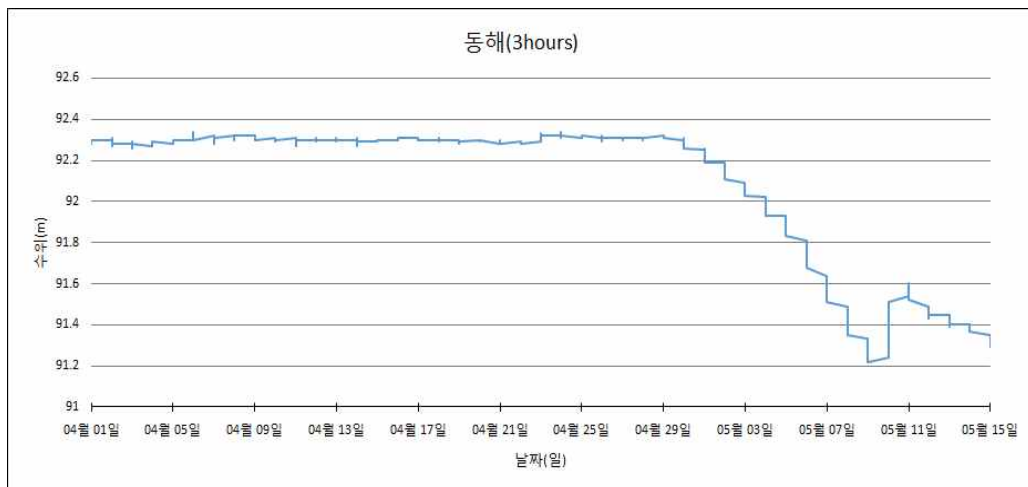


그림 5-9 동해저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

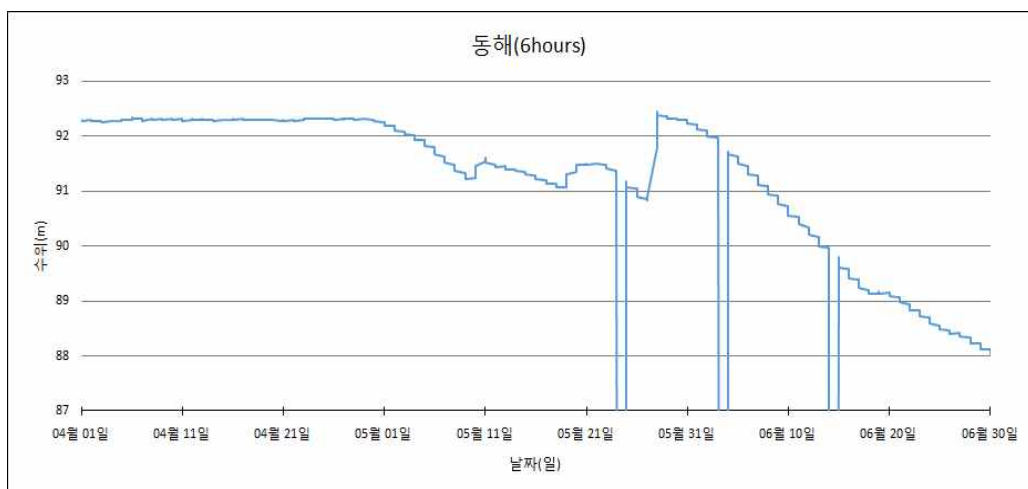


그림 5-10 동해저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

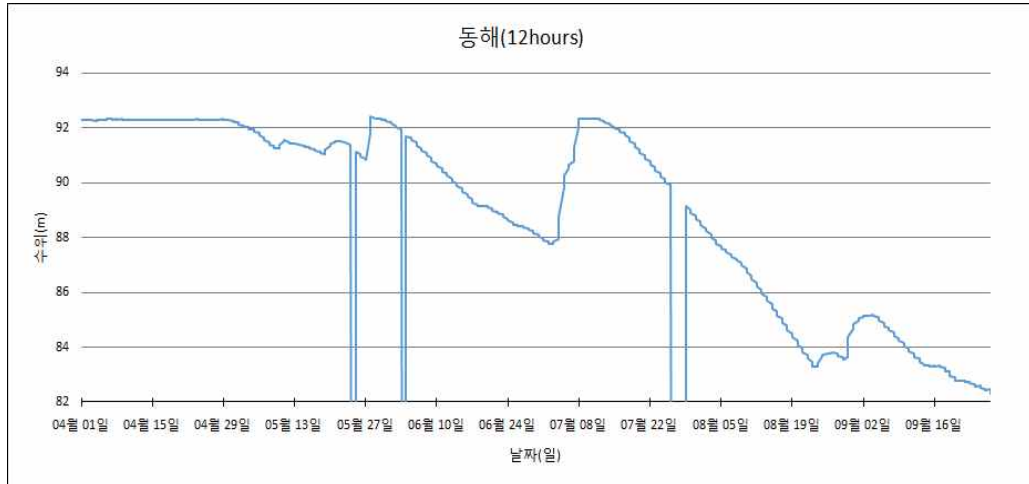


그림 5-11 동해 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

나. 왕궁 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프

왕궁저수지의 2010년부터 2014년까지 매일 수위 자료를 이용해 나타내었다. 또한 자료 기간 중 가장 최근 연도인 2014년의 경우는 7월 중순부터 자료가 존재하지 않아서 1년치 자료가 모두 존재하는 2013년의 수위 자료를 이용해 12시간, 6시간, 3시간, 1시간, 30분 간격으로 그래프를 그렸다. 12시간 간격 그래프는 4월에서 9월까지의 자료를 이용하였다. 6시간 간격 그래프는 4월에서 6월까지의 자료를 이용하였다. 3시간 간격 그래프는 4월에서 5월 15일까지의 자료를 이용하였다. 1시간 간격 그래프와 30분 간격 그래프는 4월의 자료를 이용하였다.

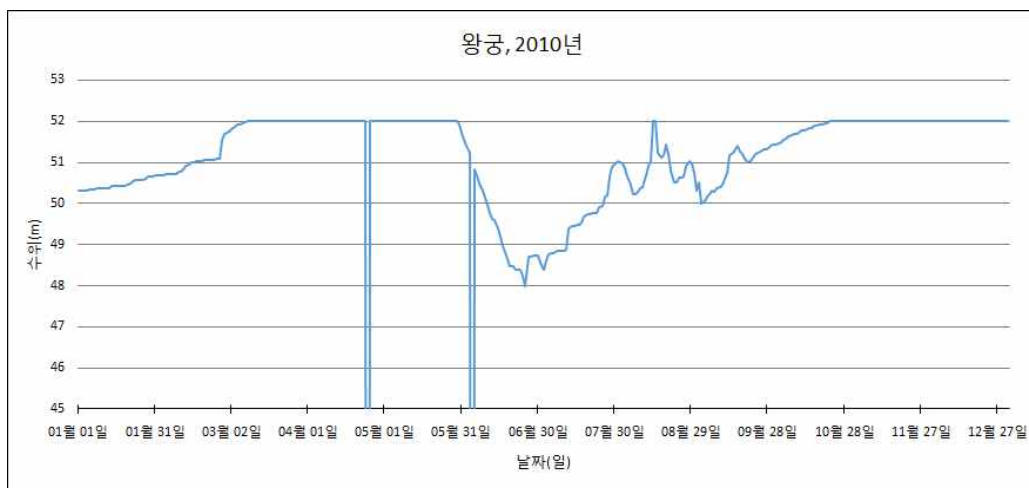


그림 5-12 왕궁 저수지(2010), 1일 간격

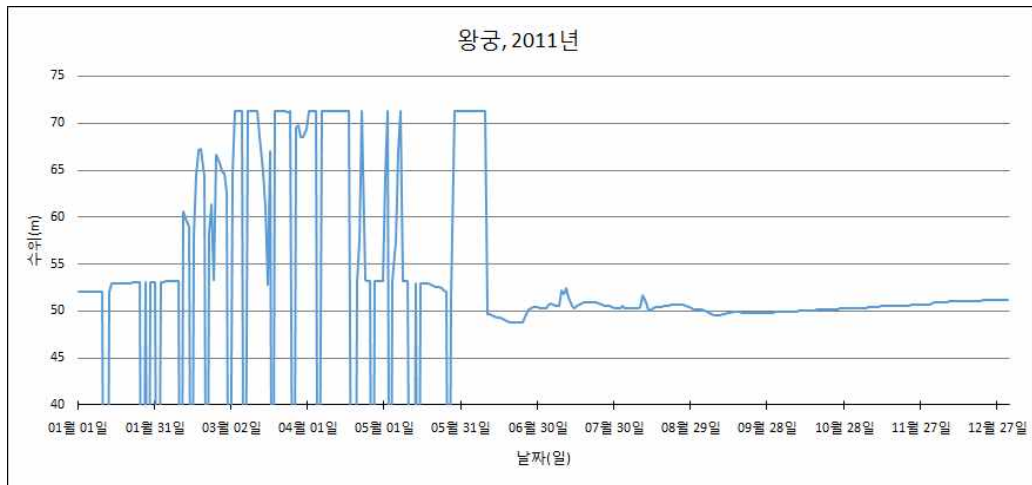


그림 5-13 왕궁 저수지(2011), 1일 간격

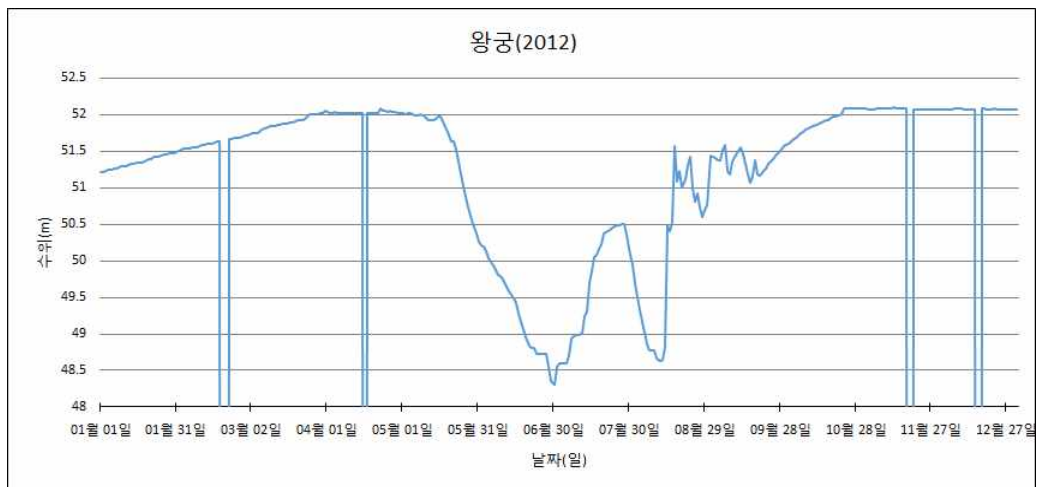


그림 5-14 왕궁 저수지(2012), 1일 간격

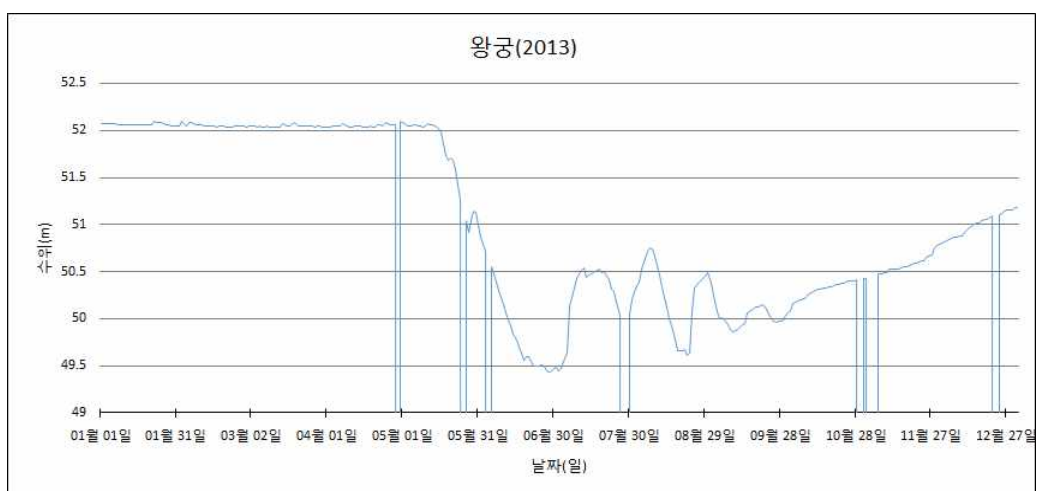


그림 5-15 왕궁 저수지(2013), 1일 간격

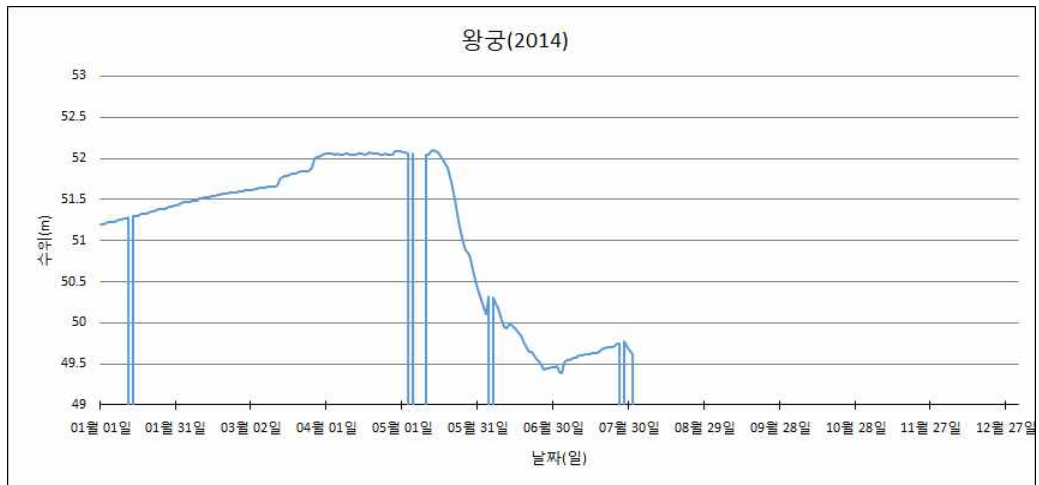


그림 5-16 왕궁 저수지(2014), 1일 간격

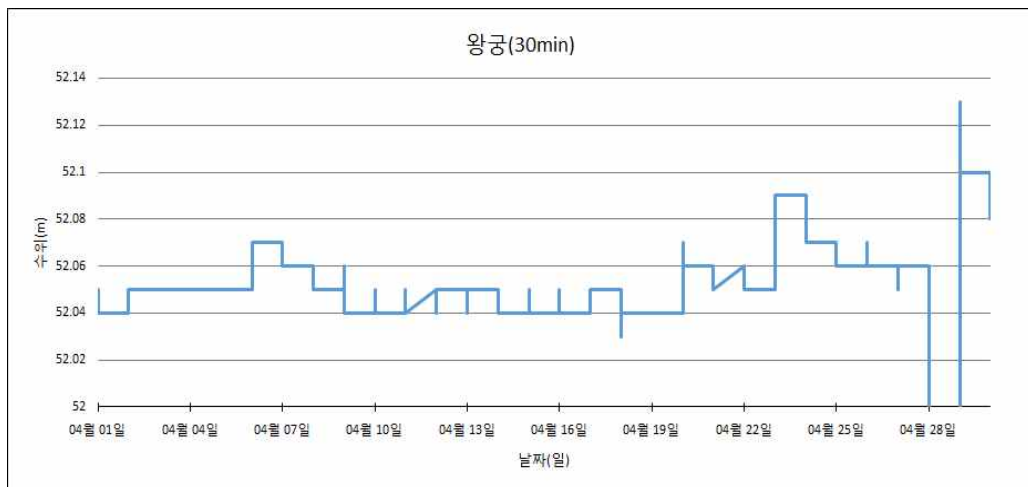


그림 5-17 왕궁저수지(2013, 4월), 30분 간격

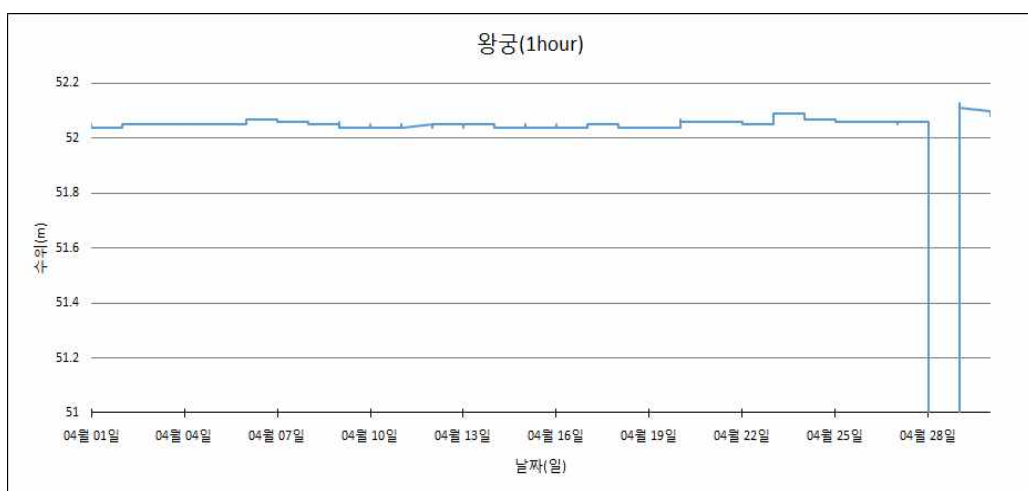


그림 5-18 왕궁저수지(2013, 4월), 1시간 간격

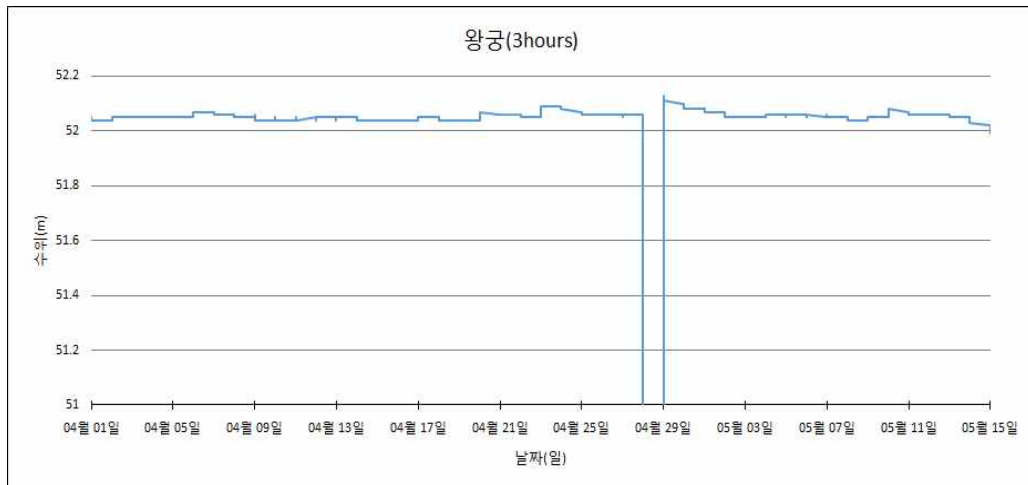


그림 5-19 왕궁저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

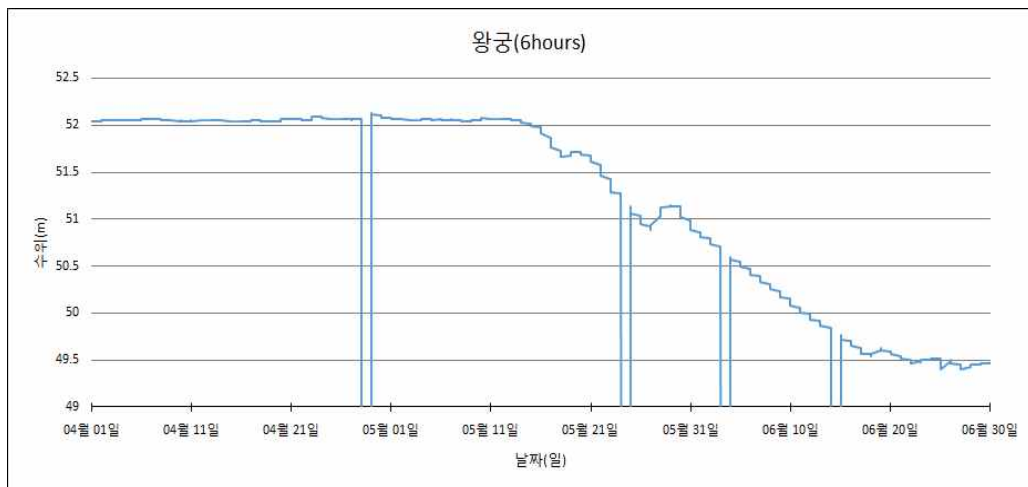


그림 5-20 왕궁저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

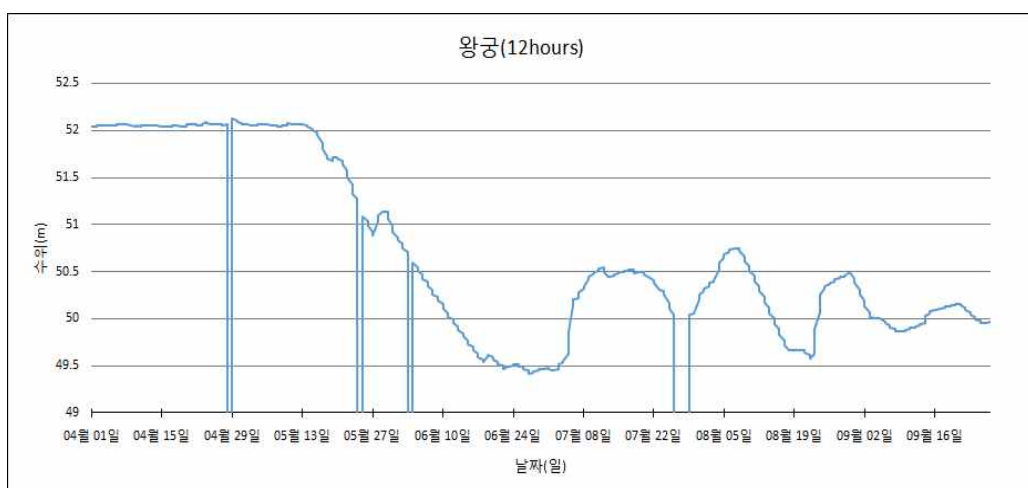


그림 5-21 왕궁 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

2. 안전등급 D 저수지

안전등급 D 저수지로는 경기도 평택에 위치하며 초음파식 수위계가 설치되어 있는 고잔 저수지를 선택하였다.

가. 고잔 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프

고잔저수지의 2010년부터 2014년까지 매일 수위 자료를 이용해 나타내었다. 또한 자료 기간 중 가장 최근 연도인 2014년의 경우는 7월 중순부터 자료가 존재하지 않아서 1년치 자료가 모두 존재하는 2013년의 수위 자료를 이용해 12시간, 6시간, 3시간, 1시간, 30분 간격으로 그래프를 그렸다. 12시간 간격 그래프는 4월에서 9월까지의 자료를 이용하였다. 6시간 간격 그래프는 4월에서 6월까지의 자료를 이용하였다. 3시간 간격 그래프는 4월에서 5월 15일까지의 자료를 이용하였다. 1시간 간격 그래프와 30분 간격 그래프는 4월의 자료를 이용하였다.

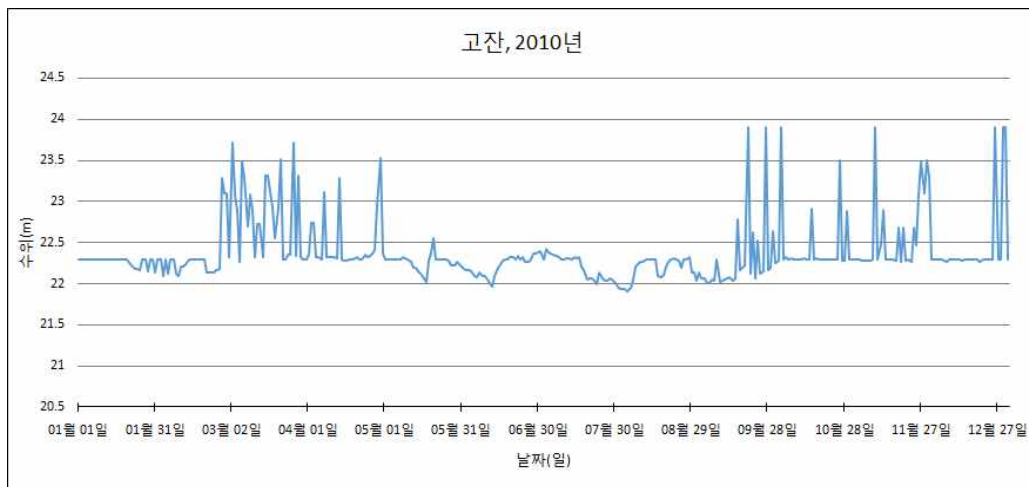


그림 5-22 고잔 저수지(2010), 1일 간격

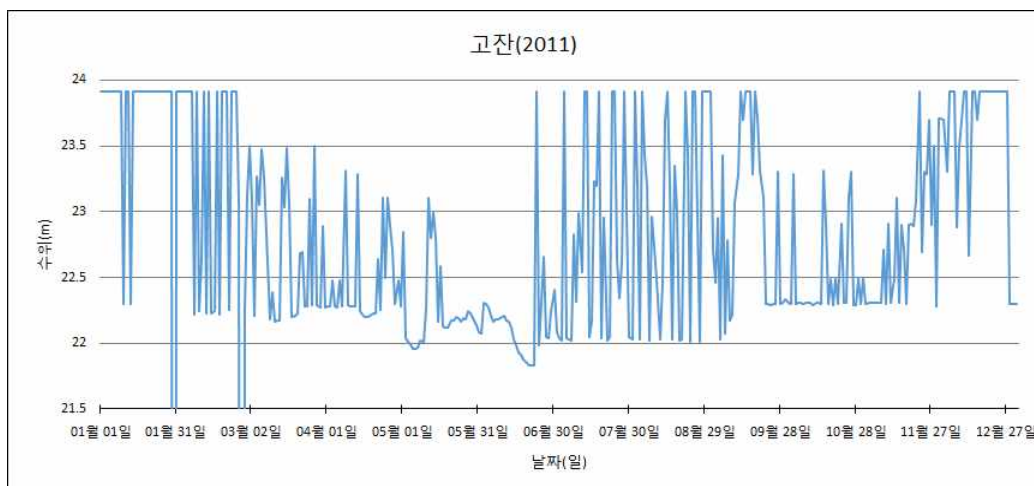


그림 5-23 고잔 저수지(2011), 1일 간격

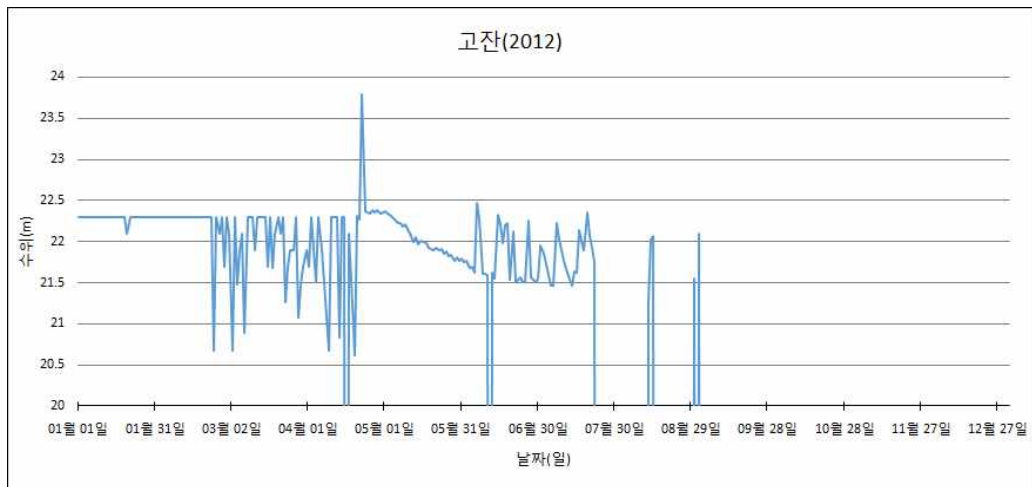


그림 5-24 고잔 저수지(2012), 1일 간격

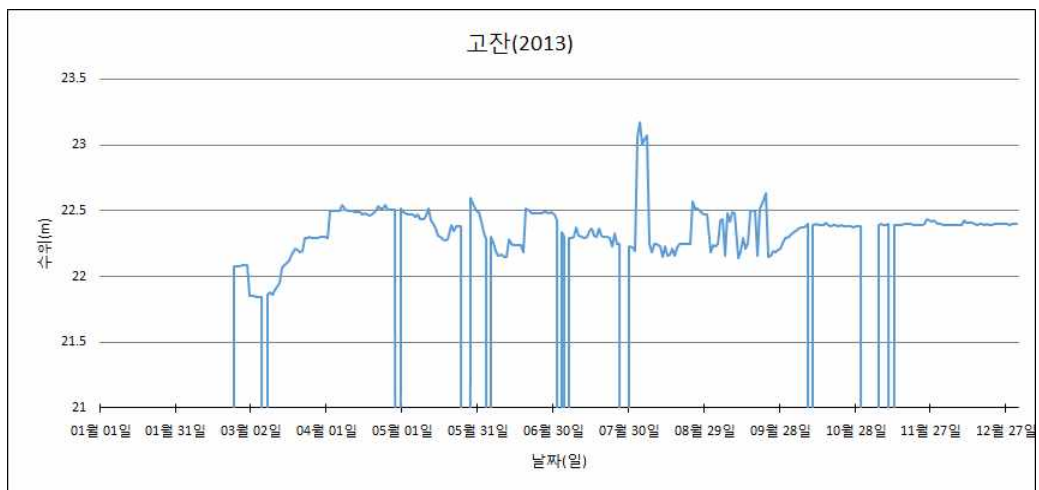


그림 5-25 고잔 저수지(2013), 1일 간격

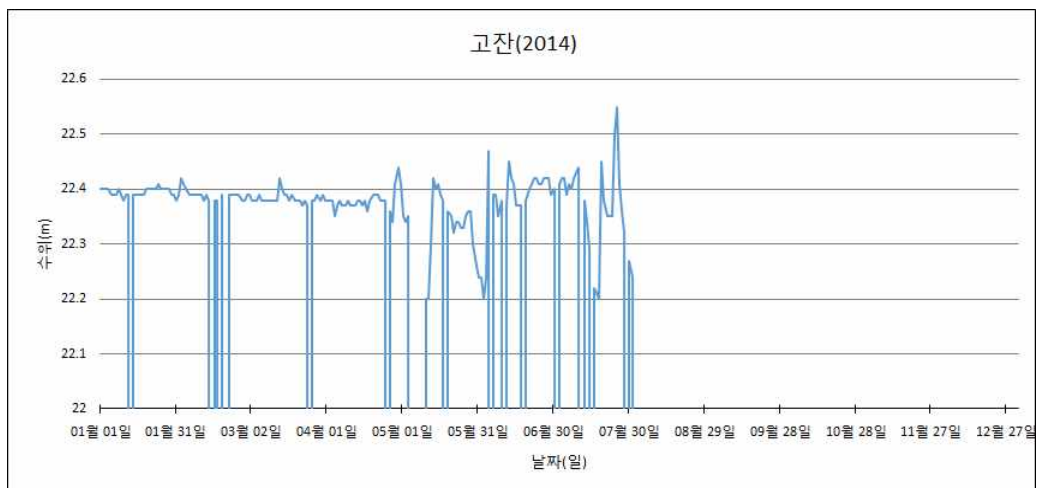


그림 5-26 고잔 저수지(2014), 1일 간격

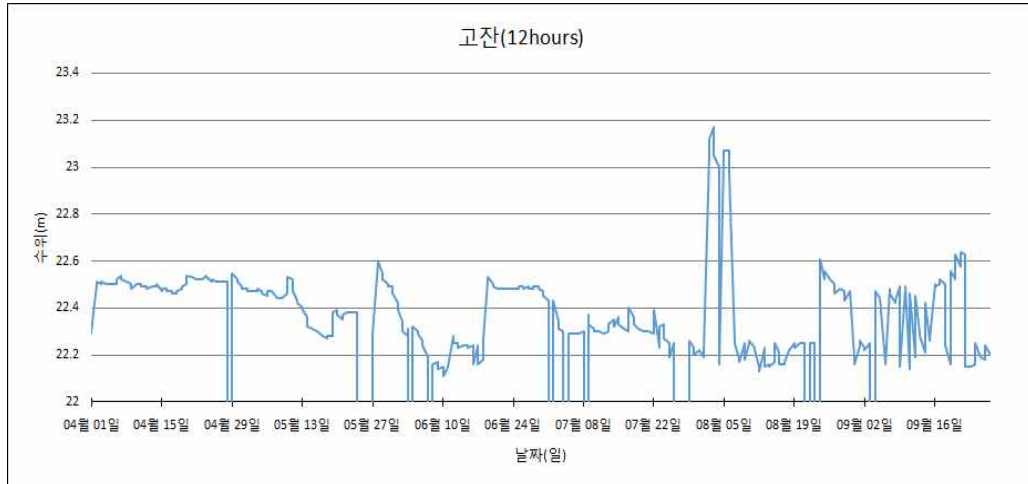


그림 5-27 고잔 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

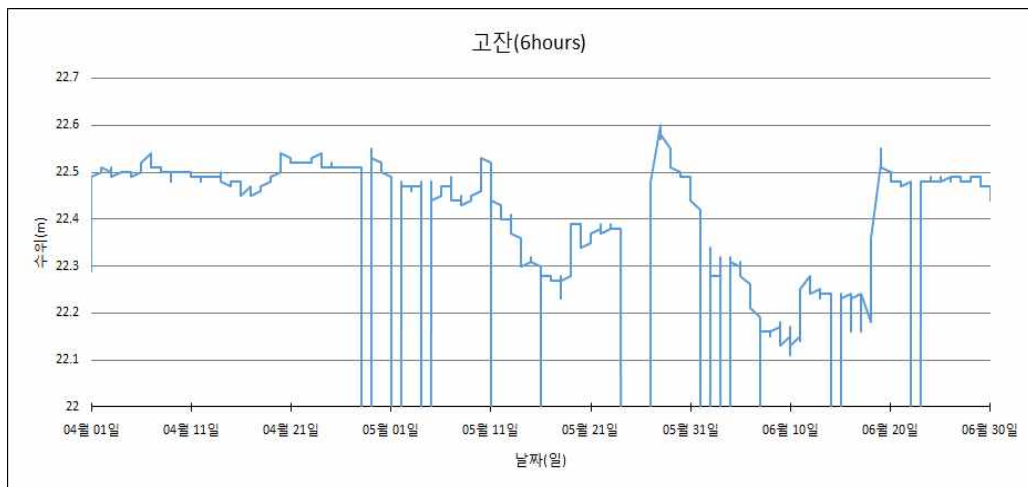


그림 5-28 고잔저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

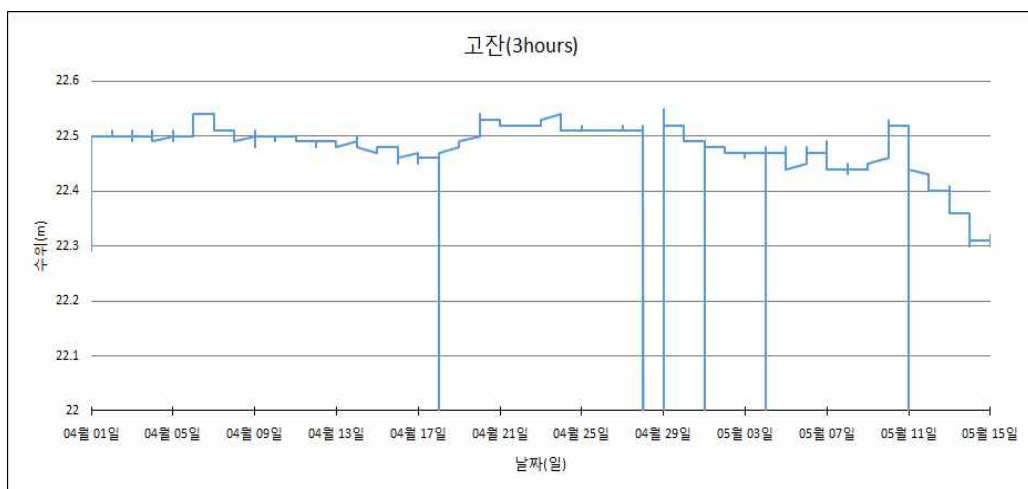


그림 5-29 고잔저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

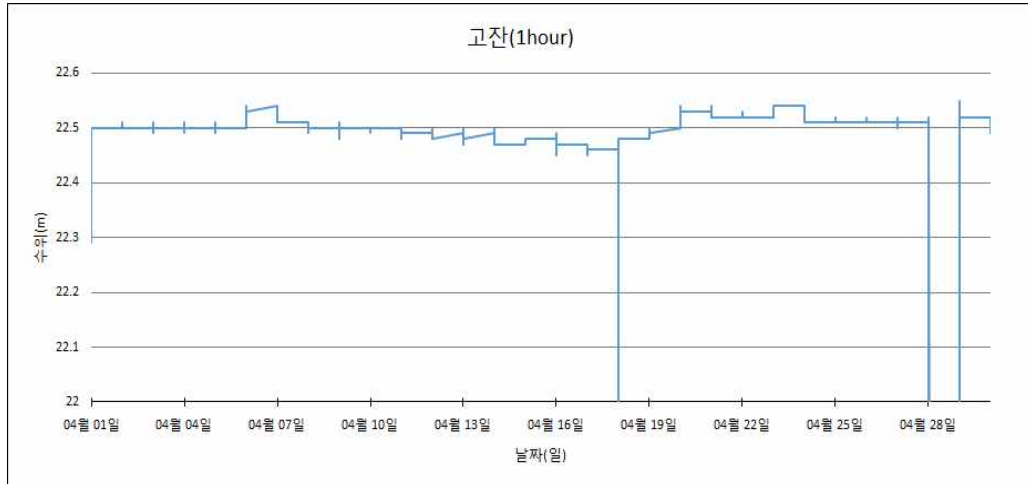


그림 5-30 고잔저수지(2013, 4월), 1시간 간격

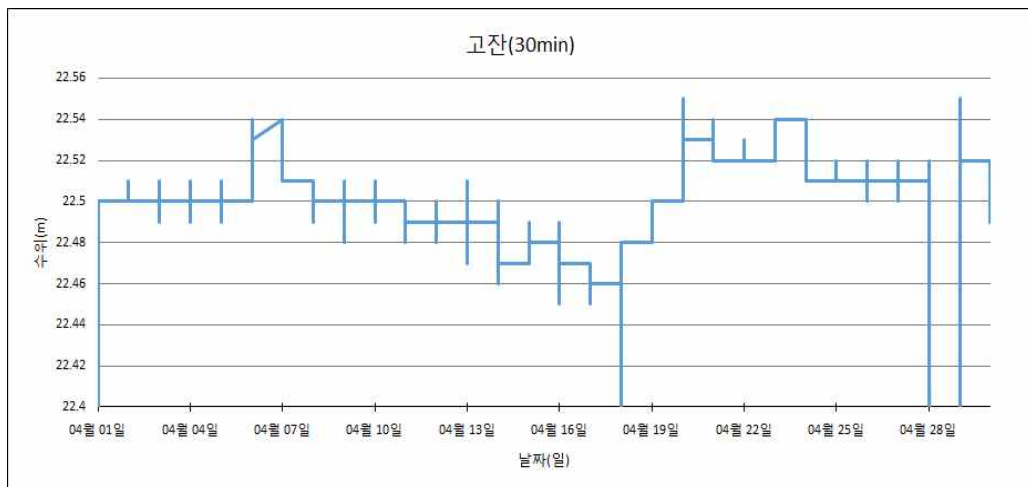


그림 5-31 고잔저수지(2013, 4월), 30분 간격

3. 최근(5년 이내) 개보수 저수지

근래 개보수 강원도 홍천과 춘천에 걸쳐 있으며 초음파식 수위계가 설치된 지내 저수지를 선택하였다. 지내저수지는 2012년 개보수가 이루어진 저수지이다.

가. 지내 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프

지내저수지의 2010년부터 2014년까지 매일 수위 자료를 이용해 나타내었다. 또한 자료 기간 중 가장 최근 연도인 2014년의 경우는 7월 중순부터 자료가 존재하지 않아서 1년치 자료가 모두 존재하는 2013년의 수위 자료를 이용해 12시간, 6시간, 3시간, 1시간, 30분 간격으로 그래프를 그렸다. 12시간 간격 그래프는 4월에서 9월까지의 자료를 이용하였다. 6시간 간격 그래프는 4월에서 6월까지의 자료를 이용하였다. 3시간 간격 그래프는 4월에서 5월 15일까지의 자료를 이용하였다. 1시간 간격 그래프와 30분 간

격 그래프는 4월의 자료를 이용하였다.

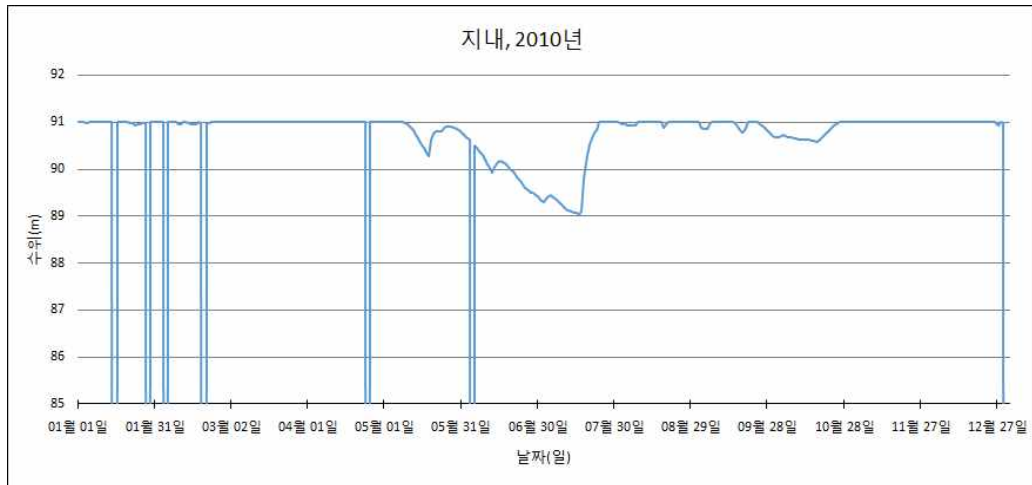


그림 5-32 지내 저수지(2010), 1일 간격

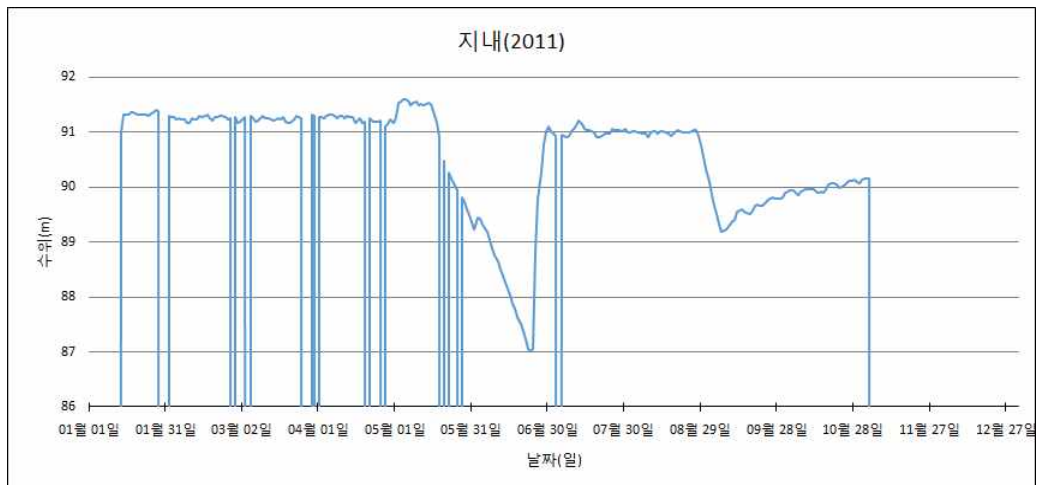


그림 5-33 지내 저수지(2011), 1일 간격

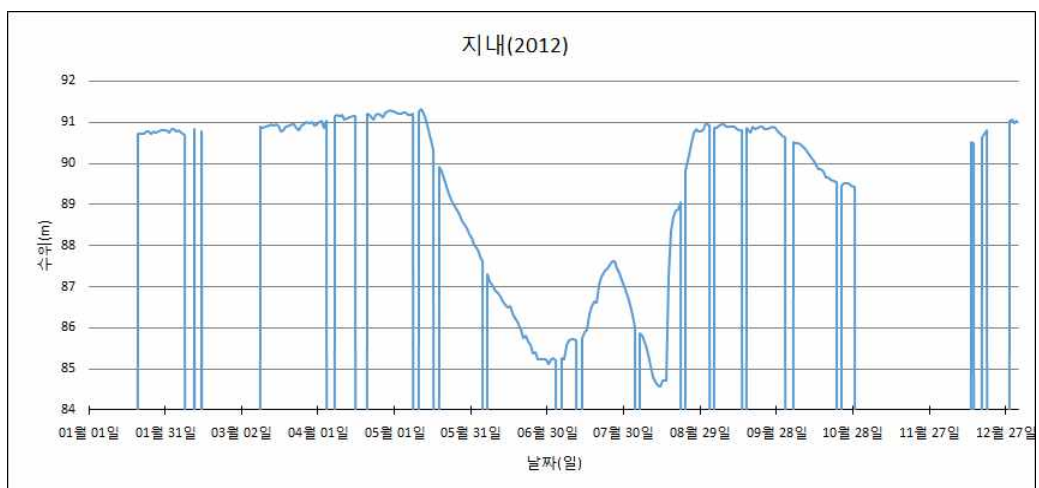


그림 5-34 지내 저수지(2012), 1일 간격

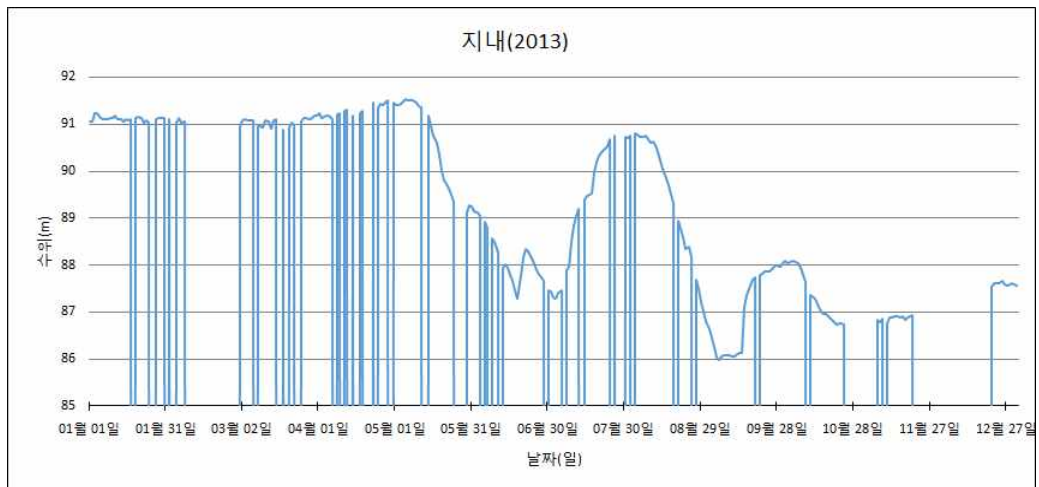


그림 5-35 지내 저수지(2013), 1일 간격

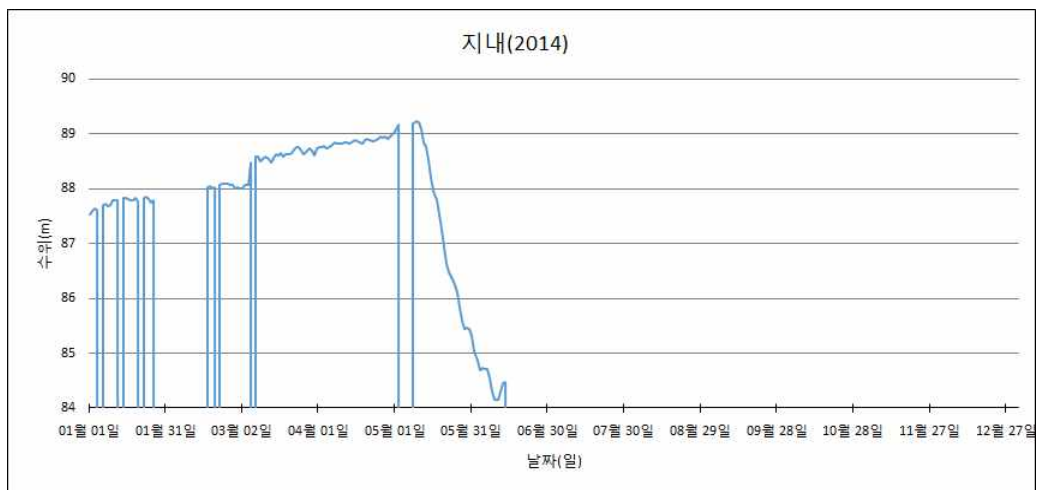


그림 5-36 지내 저수지(2014), 1일 간격

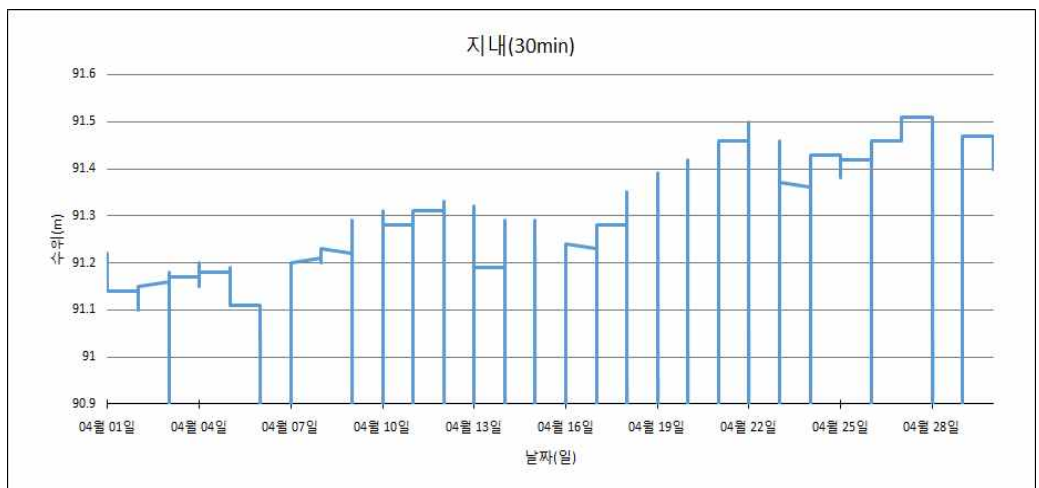


그림 5-37 지내저수지(2013, 4월), 30분 간격

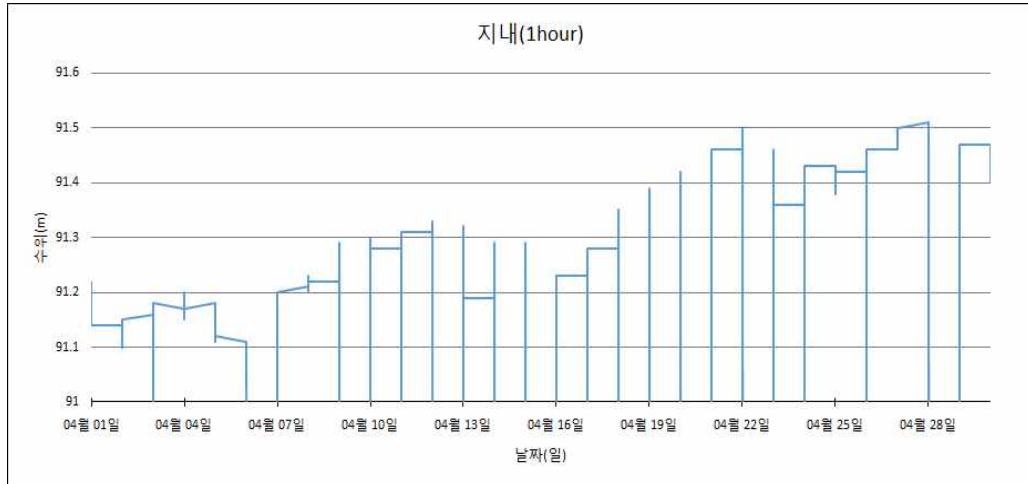


그림 5-38 지내저수지(2013, 4월), 1시간 간격

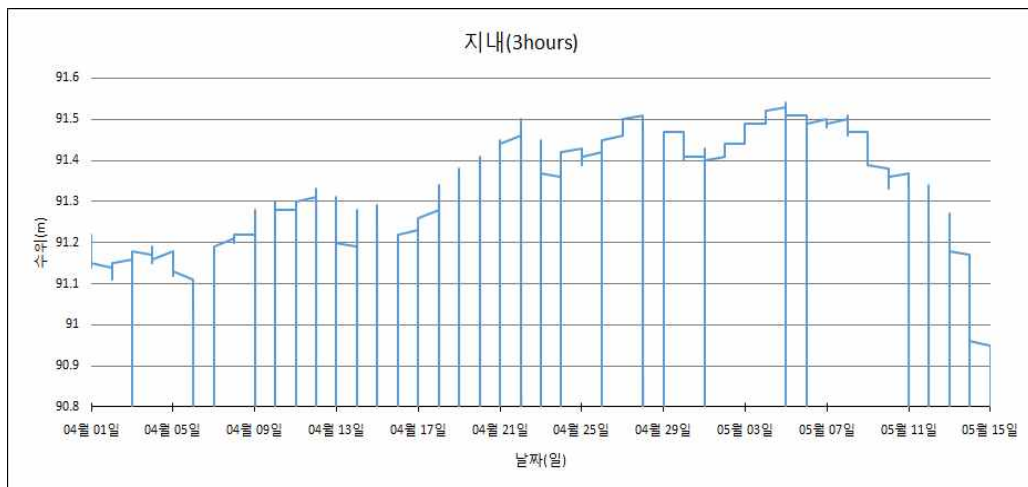


그림 5-39 지내저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

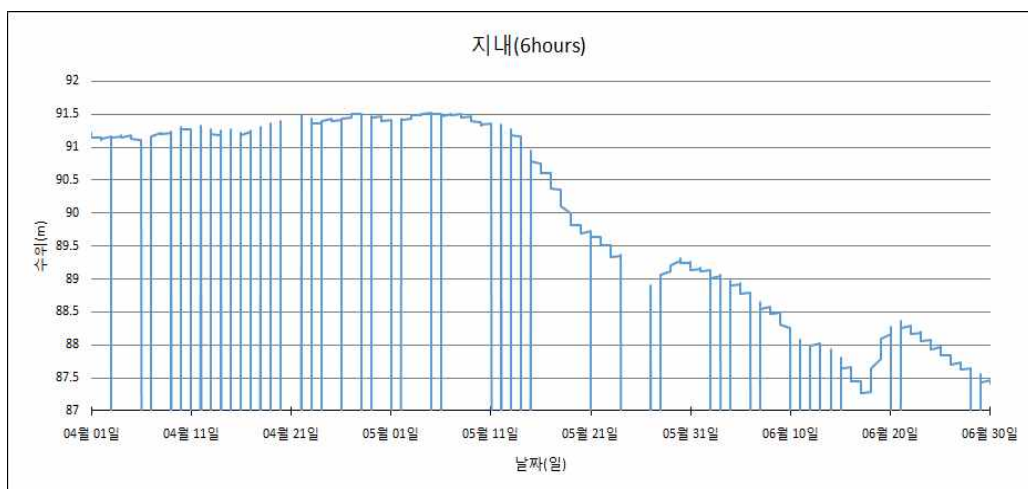


그림 5-40 지내저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

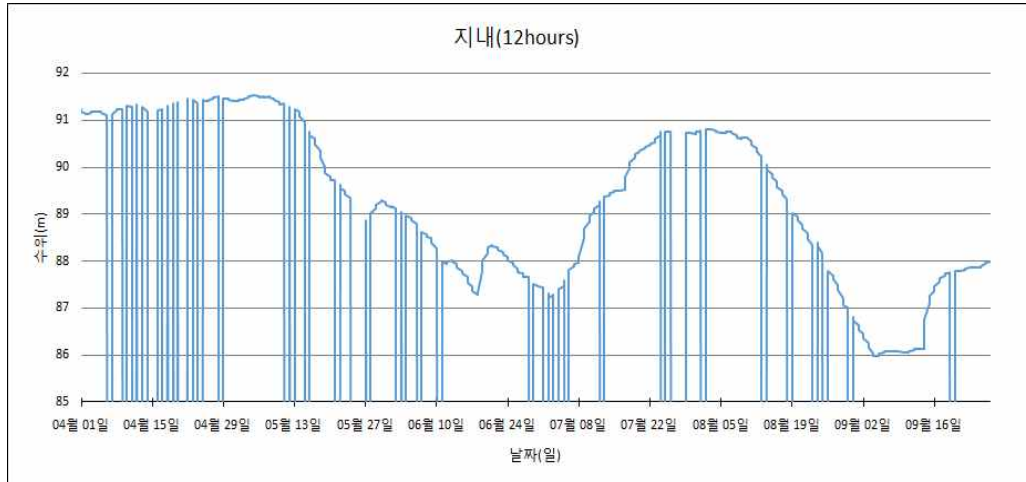


그림 5-41 지내 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

4. 붕괴 저수지

붕괴 저수지로는 경상북도 경주에 위치하며 압력식 수위계가 설치된 산대 저수지를 선택하였다. 산대저수지는 최근인 2013년 4월에 붕괴하며 하류부에 큰 피해를 입혔다.

가. 산대 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프

산대저수지의 2010년부터 2013년까지 매일 수위 자료를 이용해 나타내었다. 또한 자료 기간 중 가장 최근 연도인 2013년의 수위 자료를 이용해 12시간, 6시간, 3시간, 1시간, 30분 간격으로 그래프를 그렸다. 12시간 간격 그래프는 4월에서 9월까지의 자료를 이용하였다. 6시간 간격 그래프는 4월에서 6월까지의 자료를 이용하였다. 3시간 간격 그래프는 4월에서 5월 15일까지의 자료를 이용하였다. 1시간 간격 그래프와 30분 간격 그래프는 4월의 자료를 이용하였다.

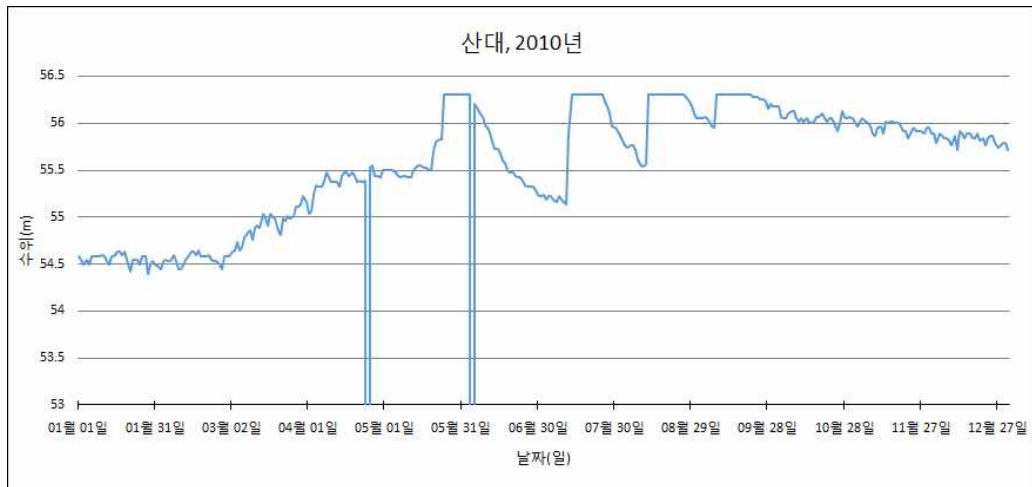


그림 5-42 산대 저수지(2010), 1일 간격

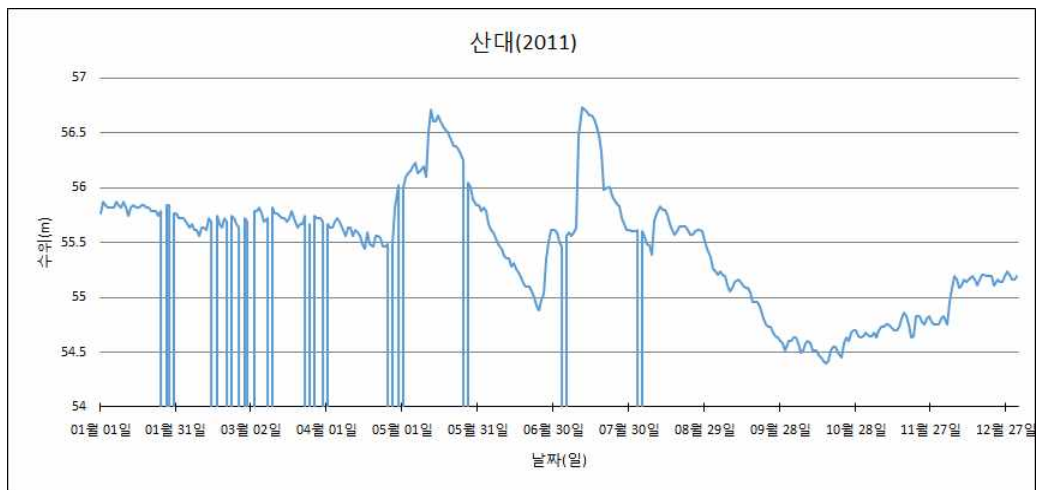


그림 5-43 산대 저수지(2011), 1일 간격

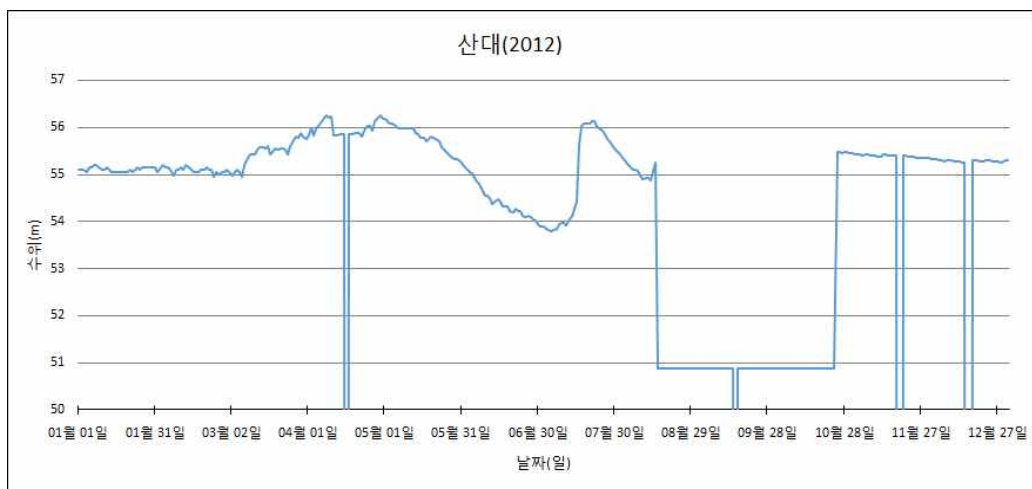


그림 5-44 산대 저수지(2012), 1일 간격

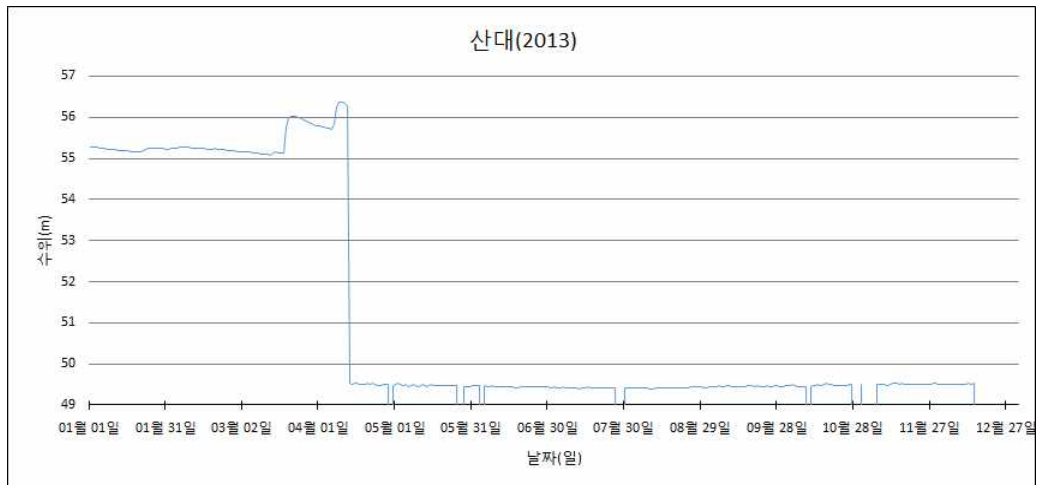


그림 5-45 산대 저수지(2013), 1일 간격

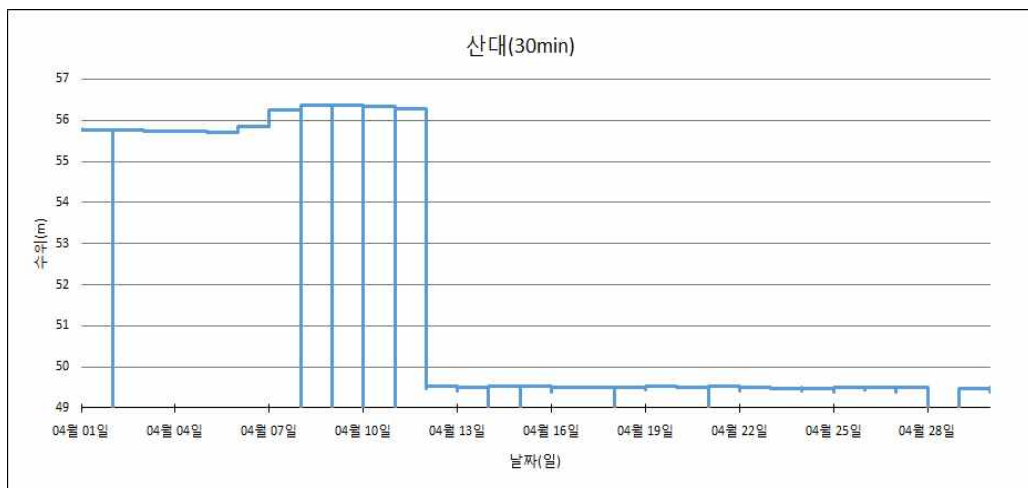


그림 5-46 산대저수지(2013, 4월), 30분 간격

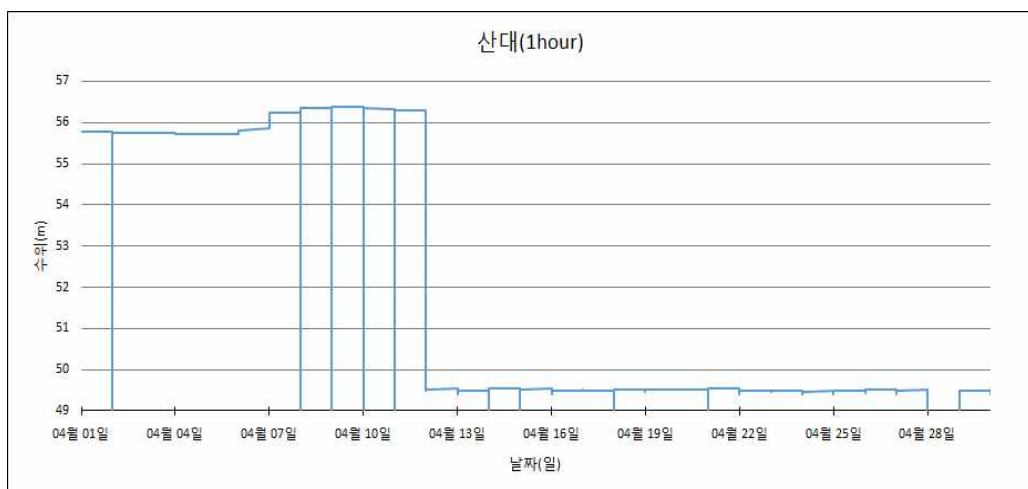


그림 5-47 산대저수지(2013, 4월), 1시간 간격

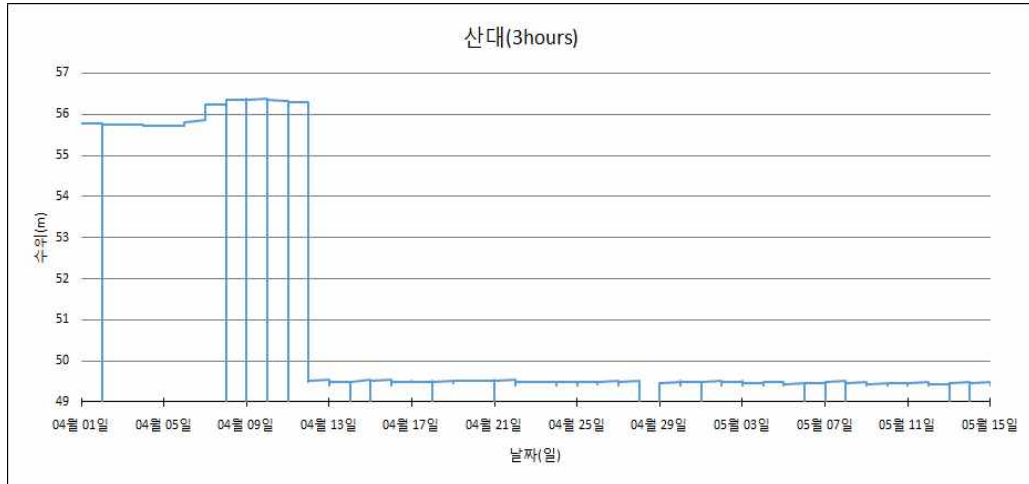


그림 5-48 산대저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

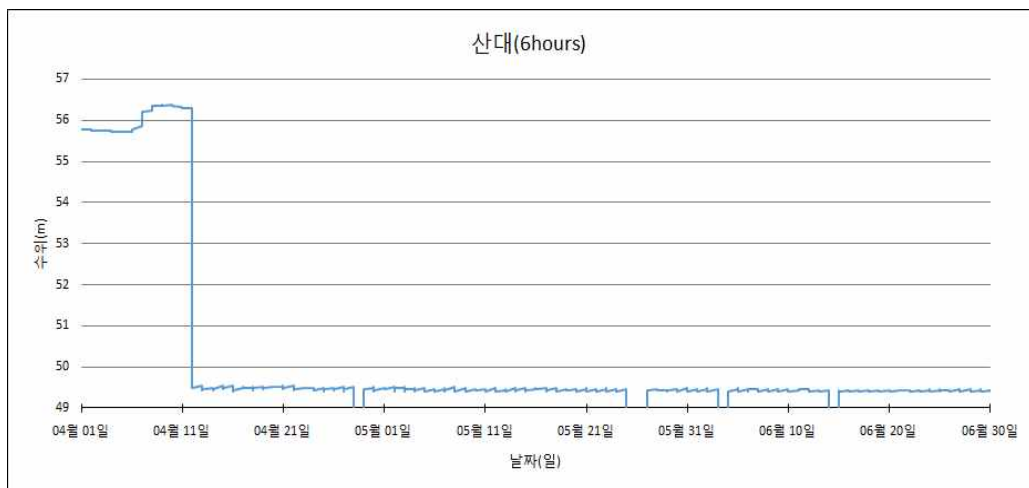


그림 5-49 산대저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

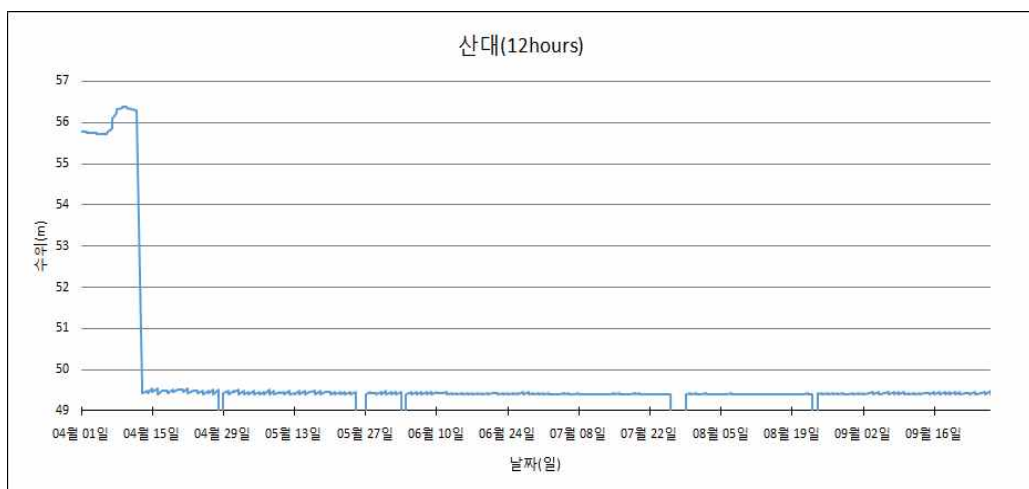


그림 5-50 산대 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

제 6절 대상저수지 수위자료 전처리 및 분석

1. 개요

수문 현상은 관측 장비의 이상 거동, 관측 기기 주변 환경의 변화, 송신상의 오류 등의 기계적 오차에서부터 바람, 온도차, 수문현상의 불확실성 등의 자연적 현상까지 여러 변수를 내포하며 그 범위 또한 매우 넓기 때문에 관측값을 정확히 처리하는 것이 쉽지 않다. 하지만 본 연구의 목적인 수위의 이상거동을 파악하기 위해서는 관측값을 정확히 처리 및 보정하여 수위의 거동을 파악하는 것이 필수적이다.

과거 건설교통부(1987)(현재 국토교통부)는 수문 자료를 포함한 물 관련 자료를 효율적으로 수집, 분석, 배포, 사용하는 것을 목적으로 12년 계획의 수자원관리기법개발연구조사를 실시하였으며 1998년 보고서에서는 수문자료 품질관리시스템을 구축하여 수문자료의 품질을 개선하는 것에 초점을 맞추었다.

본 연구에서는 이를 기반으로 이루어진 국토교통부 한강홍수통제소(2014)의 수문자료 품질관리 업무 가이드라인을 참고하여 수위자료의 전처리 과정을 진행하였으며 수위자료는 한국농어촌공사에서 협약에 의해 제공된 2010년부터 2014년까지의 수위 자료를 사용하였다.

2. 수위자료 품질관리의 순서

일반적으로 수위자료의 검토와 처리가 이루어지기 전에 관측기기가 있는 관측소의 현장 점검이 선행되어야 한다. 관측소 점검에서는 현장 상황과 관측기기의 정상동작 여부를 파악한다. 현장에서의 문제점이 발견되지 않았다면 관측 기기 등에는 문제가 없는 것으로 판단하고 수위자료의 전처리를 수행한다. 수위자료의 전처리 과정은 다음과 같은 순서로 이루어진다. 각 유역별, 관측소별 기존 자료 분석을 통해 미리 설정해 놓은 이상치 점검기준에 의해 자동점검을 수행하여, 이상치 및 결측치에 대한 1차 품질등급을 부여하고 시계열 그래프에 의한 시계열양상 파악과 자동 점검을 통해 추출된 잠정 이상치에 대해 수문자료 품질관리 담당자의 판단에 따라 수동으로 수정, 보완하게 된다. 수정, 보완 여부 및 방법에 따라 2차 품질등급을 부여하게 된다. 최종적으로 원시자료, 1차 품질등급, 수정자료, 2차 품질등급의 단계적 자료 현황을 파악할 수 있으며 수문관측소의 현장 상황 및 자료 상태 파악에 참고가 되도록 한다(국토교통부 한강수문통제소, 2014).

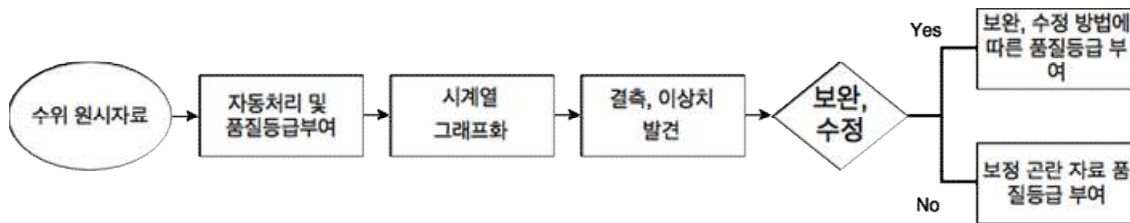


그림 6-1 수문자료 품질관리 절차(국토교통부 한강수문 통제소, 2014)

3. 수위의 이상거동 데이터 품질관리 프로세스 조사 및 적용

현재 우리나라에는 국토교통부 한강홍수통제소에서 만든 수문자료 품질관리 업무 가이드라인이 있으며 이는 일본의 수문관측자료 품질관리 매뉴얼을 참고하였기에 두 매뉴얼에서 내용을 참조해 본 연구에서 유효하게 쓰일 수 있는 부분을 요약 기술하였다. 모든 데이터 보정방법은 표준조사 후 정밀조사의 순서로 이루어지며, 자동품질관리(Automatic Quality Control, 이하 AQC)와 수동품질관리(Manual Quality Control, 이하 MQC)로 나뉘어 이루어진다.

표 6-1 수위자료 품질관리 케이스별 구분

수위 거동	판정 기준	처리 방법
수위의 상·하한치 초과	- 월류가 존재할 경우 최고 수위 이상의 데이터 이상치 판정	- 상·하류 관측소의 수위파형과 비교 후 관계식 설정
수위 변동량의 상·하한치 초과	- 과거 데이터를 근거로 이상치 판정 - 변동량의 평균치(μ)와 표준편차(σ)의 3배치를 이용하여 $\mu+3\sigma$ 을 벗어난 자료에 대하여 이상치 판정	- 방류 존재시 정상치 판정 - 보조 수위계 값을 차용 - 상·하류 관측소의 수위파형과 비교 후 관계식 설정
동일 수위의 장시간 계속	- 과거 데이터를 근거로 이상치 판정 - 과거 데이터 부재시 지속시간의 이론적 상한치 T_{max} 를 설정	- 보조 수위계 값을 차용 - 상·하류 관측소의 수위파형과 비교 후 관계식 설정
수위의 급변	- 제 1 상한치와 제 2 상한치를 설정하여 이상치 판정	- 방류 존재시 정상치 판정 - 보조 수위계 값을 차용 - 상·하류 관측소의 수위파형과 비교 후 관계식 설정
단기간의 결측	- 1일 미만의 자료 결측값이 존재	- 선형보간, 운행자법보간 등의 보간법을 사용하여 대체
장기간의 결측	- 1일 이상의 결측값이 존재	- 기기 이상 등의 검사 후 보조 수위계 값을 차용 - 상·하류 관측소의 수위파형과 비교 후 관계식 설정

가. 수위의 상·하한치 초과(표준조사)

제방고 이상의 수위와 관측 하한고 이하의 수위기록은 관측기계에 의한 이상치로 의심할 수 있다. 이로 인해 관측 수위의 극값에 대하여 조사하며 이상치를 판단할 수 있으며 검출대상 데이터는 다음과 같은 자료로 한다.

- 수위계의 이상에 의한 상하한치 초과 자료
- 텔레미터 이상에 의한 상하한치 초과 자료
- 입력실수에 의한 상하한치 초과 자료

(1) AQC의 실시

상·하한치를 초과한 수위 데이터에 대해서는 AQC를 실시하되 기준은 다음과 같다. 상한치에 대해서는 각 관측소의 제방고(Hmax)로 하고, 하한치에 대해서는 각 관측소의 수위계센서고와 도수관부고(Hmin)로 한다.

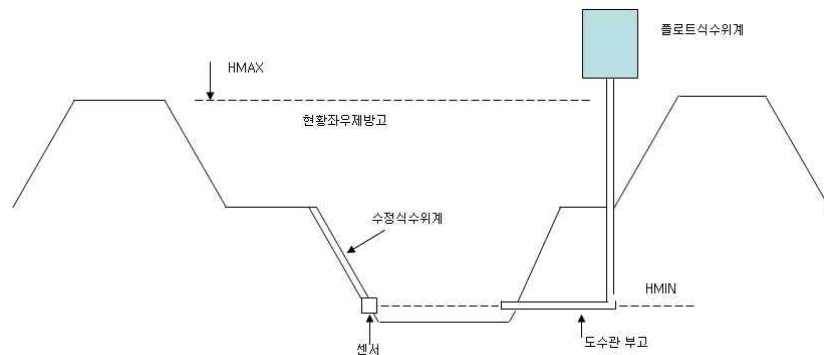


그림 6-2 조사 기준 Hmax 와 Hmin(건설교통부 한강홍수통제소, 2006)

(2) MQC의 실시

AQC를 실시한 수위 자료에 대하여 상한치 초과에 대해서는 월류의 유무를 판단한 후 그 유무에 따라 수로가 연결된 상·하류 관측소의 수위과형에 의해 타당성을 판단한다.

MQC의 실시에는 기준이 될 수 있는 자료가 필요하며 다음과 같다.

- 수위관측소 배치도(상·하류관측소를 파악)
- 수위관측단면의 하도형단면도(제방고와 최저 하상고를 확인하기 위해)
- 정기점검결과(이상 있음이라고 보고가 있었던 결과)
- 기계이상기록(수위계 센서와 텔레미터의 트러블이 보고되어 있는 경우)
- 부수위계의 데이터(주수위계 자료 이상치의 경우)
- 자기지 또는 전자로거 기록(기록 실수의 확인과 수정시에 사용)

이를 이용한 MQC의 절차는 다음과 같다.

- ① 상한치를 초과한 시각수위 데이터에 대해서는 월류 유무를 확인한다.
- ② 월류가 없었을 경우 이상치로서 수위 데이터를 수정한다.
- ③ 월류가 있었을 경우 상·하류의 수위파형과 비교, 타당할 경우 정상치로 판단한다.
- ④ 상·하류 관측소와 경향이 크게 다른 경우 데이터를 수정한다.
- ⑤ 하한치 미만의 수위 데이터에 대해서는 이상치로 수정한다.
- ⑥ 수정을 실시할 때, 부수위계가 설치되어 있는 관측소에서 부수위계의 데이터를 정상치로 판단할 수 있는 경우 이상치가 기록되어 있는 동안의 시각수위 데이터를 부수위계의 데이터로 대체한다.
- ⑦ 부수위계가 설치되어 있지 않은 경우 또는 부수위계의 수위 데이터도 이상치가 의심될 경우는 결측으로 한다.

(3) 조사순서도

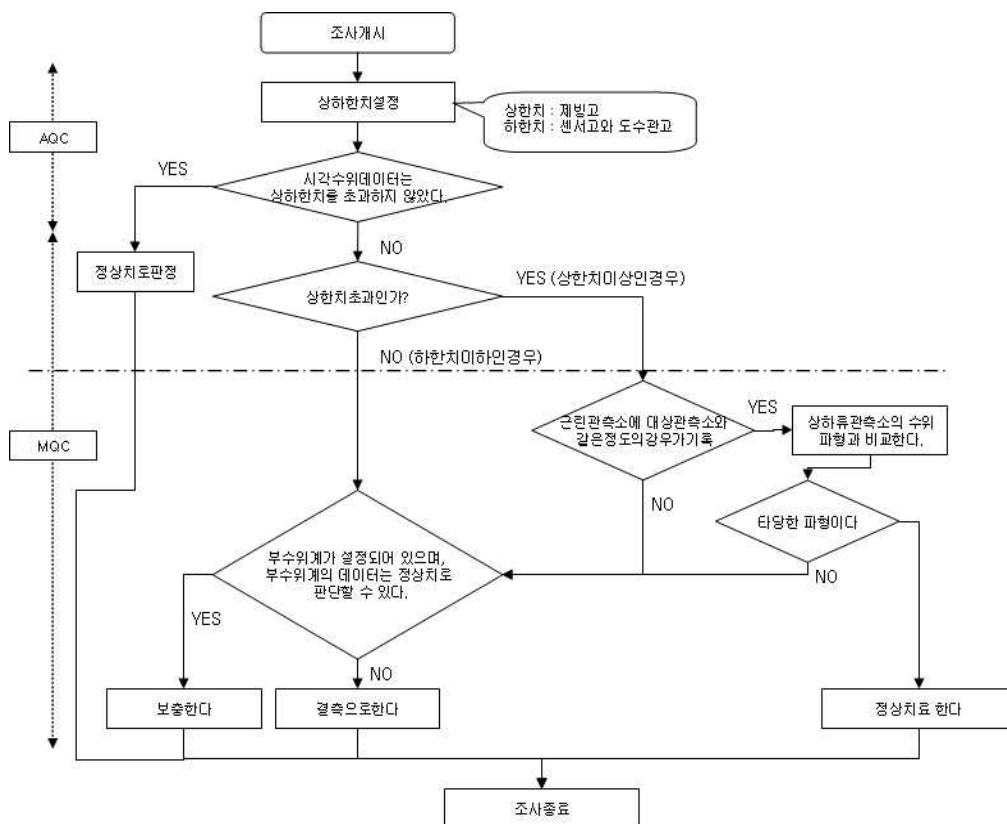


그림 6-3 수위의 상·하한치 조사 프로세스

나. 수위변동량의 상·하한치 초과(표준조사)

수위 변동은 연속적이며 급증, 급감이 생기는 수위자료는 홍수 등의 폭우사상이 없는 경우 기계 이상에 의한 것으로 판단된다. 따라서 축적된 과거 자료를 이용해 급변하는 수위를 조사하여 이상치를 판단할 수 있으며 검출대상 데이터는 다음과 같은 자료로 한다.

- 수위의 이상에 의한 급증 및 급감하고 있는 기록
- 전송경로(텔레미터)의 이상에 의한 급증 및 급감하고 있는 기록
- 입력실수에 의한 급격한 증감치의 기록(행간착각, 결측입력 등)

(1) AQC의 실시

과거 데이터를 근거로 상한치를 설정, 상한치를 초과하는 수위의 급변(스파이크 노이즈 포함)이 있을 경우 이상이 의심되는 수위 데이터로 검출한다. 상한치의 설정 기준은 다음과 같다.

① 수위변동량 상한치 ΔH_{max} 를 설정하는 방법

정상치로 관측되어 있는 경우의 수위의 급격한 변동은 다음에 보이는 외적요인으로 생긴다.

- 유역 내에 내린 우수의 유출에 의한 변동
- 상류 및 하류부의 시설(댐과 언) 조작에 의한 변동
- 조위변동

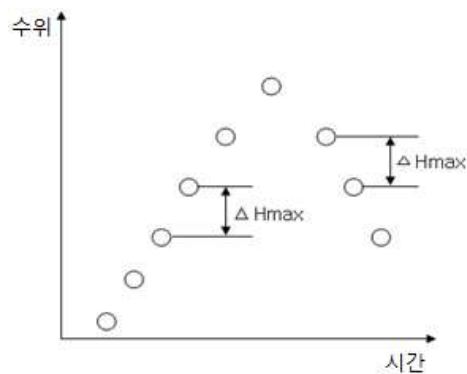


그림 6-4 수위 변동량의 상한치

위 요인에 의한 수위변동은 과거 관측데이터를 분석하면 그 관측소의 특성으로서 표현되

는 것이며, 센서의 고장과 낙뢰에 의한 전송로 이상으로 발생하는 이상 데이터와는 구별된다. 즉, 관측소의 횡단형상에 대해 그림 103처럼 수심방향으로 등간격 a 의 층을 설정한다. 또, 고수부고보다 수위가 낮은 경우와 높은 경우는 수위변동의 특성이 크게 변화할 수 있으므로, 고수부고를 b 로 해서 b 의 상하에 1층 이상 잡도록 한다.

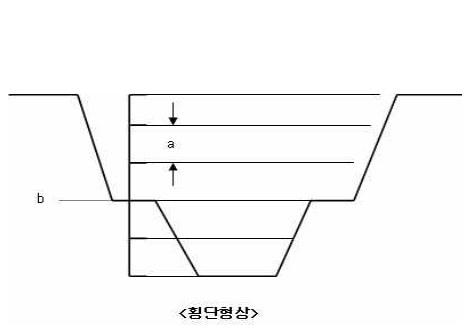


그림 6-5 횡단현상

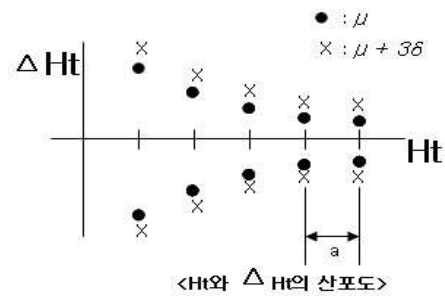


그림 6-6 수위고(H_t)와 수위변화량(ΔH_t)

다음으로 과거의 관측데이터를 이용해서 수위변동을 식으로 하고 H_t 와 ΔH_t 의 관계를 그림 104처럼 정리한다. 등간격 a 의 층에 포함되는 변동량의 평균치(μ)와 표준편차(σ)의 3배치를 이용해서 $\mu+3\sigma$ 를 구한다. 이 $\mu+3\sigma$ 를 상한치 ΔH_{max} 로 하면 이상한 수위변동 데이터를 검출하는 것이 가능하게 된다.

② 스파이크노이즈

수위자료에서 1시간 간격 수위차를 산출한 결과 양수 값과 음수 값이 연속해서 발생한 경우에는 스파이크 노이즈의 가능성이 높다고 생각된다. 이 때, 양수 값과 음수 값이 연속으로 발생한 경우에도 수위차가 작은 경우에는 정상치로 한다. 바람의 영향 등의 자연현상에 의해 1시간에 수위가 0.3m정도 변화는 자주 발생하므로 스파이크노이즈의 상한치는 0.3m로 한다.

(2)MQC의 실시

AQC에 의해 검출한 이상치가 의심되는 수위자료에 대하여는 상·하류 관측소의 수위파형, 지천합류의 유무, 댐 방류정보 등을 이용해 타당성을 판단한다. 상·하류 관측소의 수위파형과 경향성이 크게 다른 경우에는 기계 등의 점검결과를 이용해 수정 여부의 판단을 한다. 이상의 요인을 볼 수 없는 경우 정상치로 판단하여 MQC를 실시하며 이를 판단하기 위해 다음과 같은 자료가 필요하다.

- 수위관측소 배치도(상하류 관측소를 파악하기 위해)
- 댐 방류데이터(대상관측소 바로 위에 댐이 있는 경우)

- 정기점검결과(이상 있음으로 보고가 있었던 결과)
- 기계이상기록(수위계 센서와 텔레미터의 트러블이 보고되어 있는 경우)
- 자가지 기록 또는 전자로거 기록(기록 실수의 확인과 수정시에 사용)
- 부수위계의 관측기록(수문 DB에 입력되어 있지 않은 경우는 자가지 또는 전자로거)

이를 이용한 MQC의 절차는 다음과 같다.

- ① 이상치가 의심되는 시각수위 데이터에 대해서는 상·하류 관측소의 수위파형과 육안에 의한 비교를 한다.
- ② 상·하류 관측소에서도 동일경향의 수위파형을 확인할 수 있었을 경우는 정상치로 판정한다.
- ③ 스파이크노이즈로 판정된 경우는 전후의 값을 이용해서 직선 보간을 하거나, 해당시각의 값을 결측으로 한다.
- ④ 상·하류관측소와 크게 경향이 다른 경우이고 급격한 상승의 수위가 관측된 경우는 댐의 방류를 확인한다.
- ⑤ 댐의 방류에 의한 것으로 판단할 수 있었을 경우는 정상치로 판정한다.
- ⑥ 댐의 방류가 아니라고 판단된 경우는 기록 실수의 확인과 수위계의 점검기록, 기계의 이상 기록 등의 확인을 실시한다.
- ⑦ 명확하게 이상치로 판단된 경우는 수정한다. 이상치로 판단할 수 없는 경우에는 정상치로 판정한다.
- ⑧ 수정을 실시할 때, 부수위계가 설치되어 있는 관측소에서 부수위계의 데이터를 정상치라 판정할 수 있는 경우는 이상치가 기록되어 있는 동안의 시각수위데이터를 부수위계의 데이터로 보충한다.
- ⑨ 부수위계가 설치되어 있지 않은 경우 또는 부수위계의 시각수위데이터도 이상치로 의심될 경우는 결측으로 한다.

(3)조사순서도

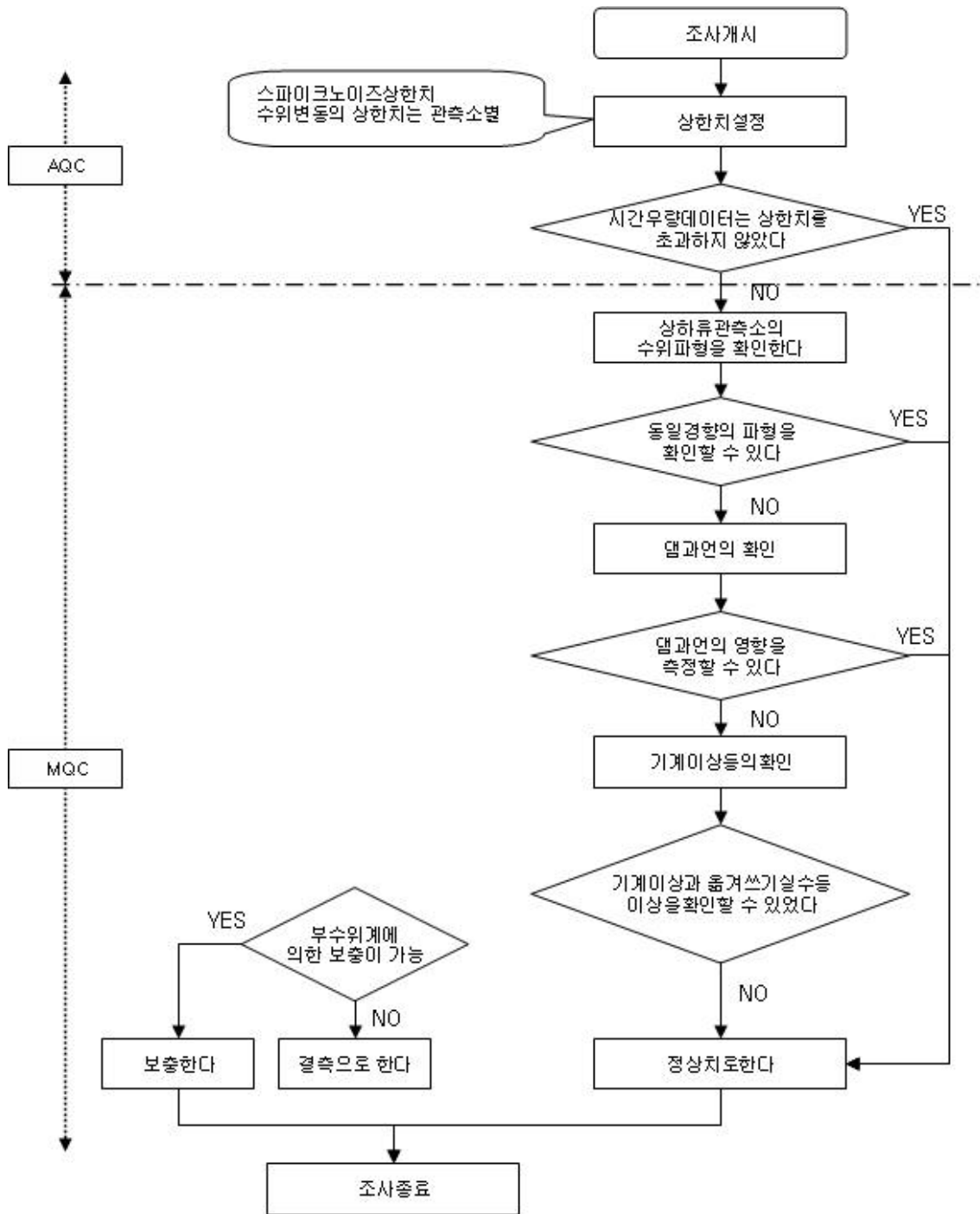


그림 6-7 수위변동량의 상·하한치 조사 프로세스

다. 동일수위의 장시간 지속

수위는 여러 가지 요인으로 시시각각 변화하므로 장시간에 동일 시각수위 데이터가 기록되어 있는 경우는 관측기계의 이상 등에 의한 이상치가 의심된다. 이 때문에 각 관측소의 과거 축적된 수위 데이터와 각 관측소의 유역면적을 이용해서 시각수위의 일정치 계속시간의 조사를 한다. 조사 대상 데이터는 다음과 같다.

- 수위계의 고장 등에 의한 일정치의 기록
- 전송경로(텔레미터) 이상에 의한 일정치의 기록
- 입력 실수에 의한 일정치의 기록
- 쓰레기와 토사 등의 퇴적으로 생긴 역류에 의한 일정치의 기록

(1) AQC의 실시

일정지속시간의 상한치 설정방법은 첫째, 각 관측소별로 과거의 시각수위 데이터에서 타당한 상한치를 설정하거나 둘째, 유역면적에 따라서 상한치를 설정하던가 하는 2가지이다. 관측소의 과거데이터가 부족한 경우 유역면적에 따른 설정방법을 이용한다. 상한치를 상회하는 일정시간 이상의 수위불변이 있을 경우 이상치로 의심하여 검출한다. 수위계의 고장으로 발생한 일정수위를 검출하기 위해 일정수위 지속시간의 상한치 T_{max} 를 설정한다. 조사대상관측소에서 과거 데이터가 10년 이상 축적되어 있는 경우와 과거 데이터의 축적이 적은 경우에서의 상한치 T_{max} 의 설정방법은 다음과 같다.

① 과거데이터가 10년 이상 축적되어 있는 경우

관측데이터마다 수위변동의 특성이 다르고 일정 수위가 연속적으로 기록될 가능성도 다를 수밖에 없다는 것을 고려하여, 과거의 수위기록에서 수심방향으로 등간격으로 수위구분을 설정하고, 수위변동 $\Delta H=0$ 가 되는 데이터의 연속시간을 구해 그 빈도를 그림106처럼 정리한다. 그림 106에서 예를 들면 수위구분 a_2 에서 T_1 시간 동수위가 계획된 빈도는 100회이며, T_2 시간 동수위가 계속된 빈도가 50회라는 것을 알 수 있다. 이를 검토한 결과에서 수위구분 별로 계속시간의 상한치 T_{max} 를 결정한다. 수위구분의 기준은 나. 와 같다.

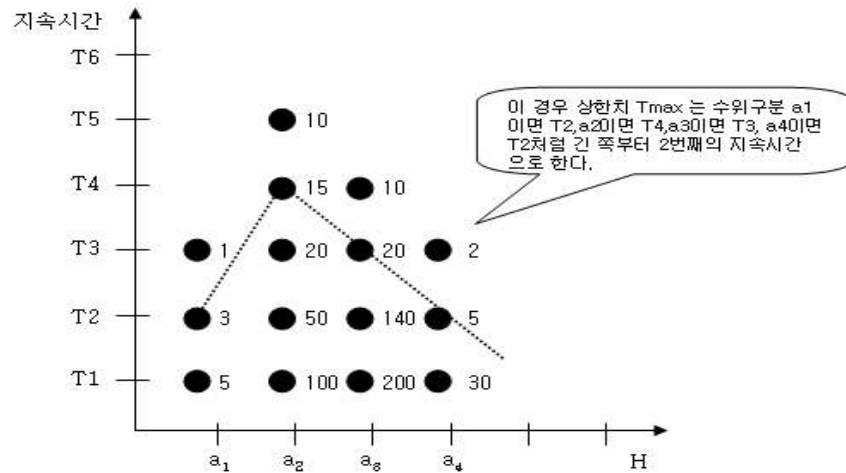


그림 6-8 지속 시간과 수위

② 과거 데이터의 축적이 적은 경우

과거 데이터에 의한 기준 설정이 불가하므로, 유역면적에 따른 이론적 상한치 Tmax의 설정을 적용한다. Tmax를 설정하기 위한 계수 $f(m)$ 는, 유량연표를 근거로 지방별 · 월별로 유역면적 별로 작성했다. $f(m)$ 의 단위는 일이다. Tmax를 결정하는 식은 다음과 같다.

$$T_{max} = 24f(m) / \sqrt{A_{(i)}} / 1000$$

$f(m)$: 각 지역 및 각 월별로 분류되는 계수 $A_{(i)}$: 각 관측소의 유역면적(km²)

이는 상류의 강우에 의한 수위변동은 하류가 될수록 장시간에 이르는 것, 하류가 될수록 지천합류에 의해 수위 변동이 있는 것이라는 하천수리특성의 고찰에 근거한다.

지역 월									
1	10	10	10	6	10	10	10	8	8
2	10	8	10	6	8	8	8	8	6
3	6	6	6	4	5	5	6	6	4
4	4	4	4	3	3	3	4	3	3
5	4	3	3	3	3	3	3	3	3
6	3	2	2	2	2	2	2	2	2
7	3	2	2	2	2	2	2	2	2
8	2	3	3	3	3	3	3	3	2
9	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	3	3	2	2	3	3	3	3	3
11	5	6	5	4	5	6	6	6	6
12	8	6	8	6	8	8	8	8	8

- 결빙시는 별도 $f(m)$ 을 설치한다.
- $f(m)$ 에 대해서는 02년도의 전국 AQC결과와 과거의 유량면표를 근거로 정해진 수치이다.

그림 6-9 지역별 $f(m)$

(2)MQC의 실시

AQC에 의해 검출한 이상치가 의심되는 수위자료에 대하여는 상·하류 관측소의 수위파형, 지천합류의 유무, 댐 방류정보 등을 이용해 타당성을 판단한다. 상·하류 관측소의 수위파형과 경향성이 크게 다른 경우에는 기계 등의 점검결과를 이용해 수정 여부의 판단을 한다. 이상의 요인을 볼 수 없는 경우 정상치로 판단하여 MQC를 실시하며 이를 판단하기 위해 다음과 같은 자료가 필요하다.

- 수위관측소 배치도(상하류 관측소를 파악하기 위해)
- 댐 방류데이터(대상관측소 바로 위에 댐이 있는 경우)
- 정기점검결과(이상 있음으로 보고가 있었던 결과)
- 기계이상기록(수위계 센서와 텔레미터의 트러블이 보고되어 있는 경우)
- 자기지 기록 또는 전자로거 기록(기록 실수의 확인과 수정시에 사용)
- 부수위계의 관측기록(수문 DB에 입력되어 있지 않은 경우는 자기지 또는 전자로거)

이를 이용한 MQC의 절차는 다음과 같다.

- ① 이상치가 의심되는 시각수위 데이터에 대해서는 상·하류 관측소의 수위파형과 육안에 의한 비교를 한다.
- ② 상·하류 관측소에서도 동일경향의 수위파형을 확인할 수 있었을 경우는 정상치로 판정한다.
- ③ 상·하류관측소와 크게 경향이 다른 경우이고 급격한 상승의 수위가 관측된 경우는 댐의 방류를 확인한다.

- ④ 댐의 방류에 의한 것으로 판단할 수 있었을 경우는 정상치로 판정한다.
- ⑤ 댐의 방류가 아니라고 판단된 경우는 기록 실수의 확인과 수위계의 점검기록, 기계의 이상 기록 등의 확인을 실시한다.
- ⑥ 명확하게 이상치로 판단된 경우는 수정한다. 이상치로 판단할 수 없는 경우에는 정상치로 판정한다.
- ⑦ 수정을 실시할 때, 부수위계가 설치되어 있는 관측소에서 부수위계의 데이터를 정상치라 판정할 수 있는 경우는 이상치가 기록되어 있는 동안의 시각수위데이터를 부수위계의 데이터로 보충한다.
- ⑧ 부수위계가 설치되어 있지 않은 경우 또는 부수위계의 시각수위데이터도 이상치로 의심될 경우는 결측으로 한다.

(3)조사순서

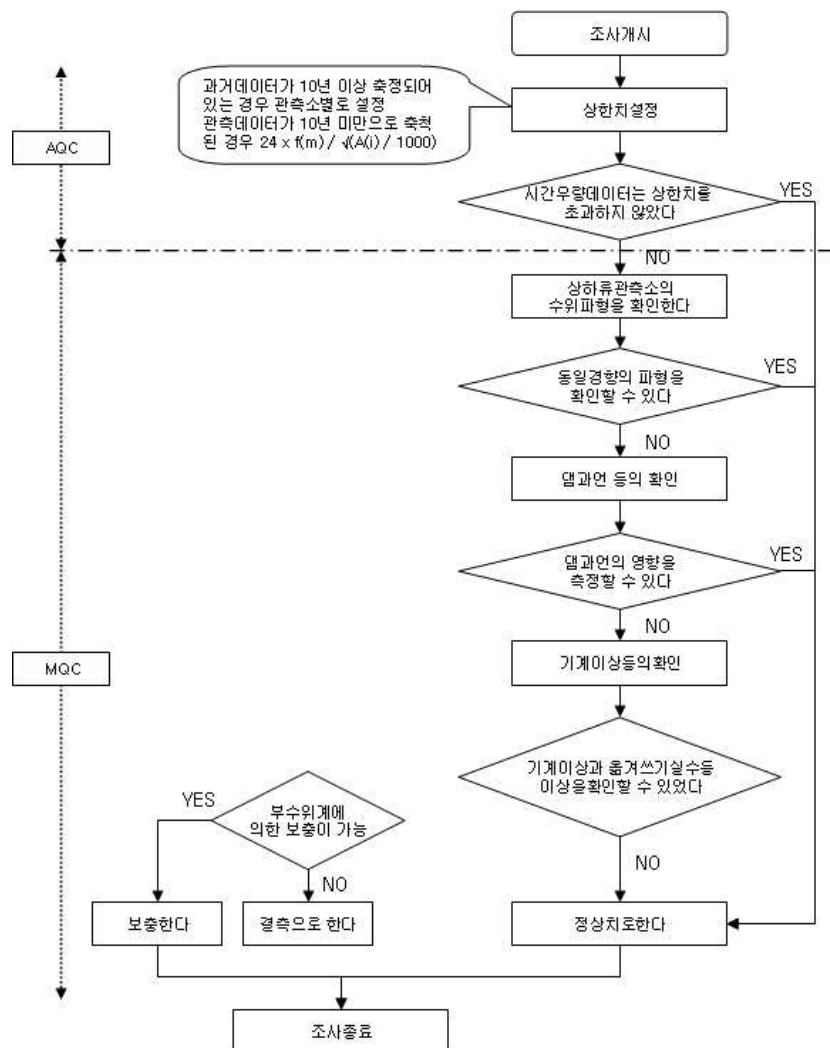


그림 6-10 동일 수위의 장시간 계속의 조사 프로세스

라. 수위의 급격한 증감(정밀조사)

수위 변동은 연속적이며 급증, 급감이 생기는 수위자료는 홍수 등의 폭우사상 혹은 댐의 활동 등이 없는 경우 기계 이상에 의한 것으로 판단된다. 이 때문에 각 관측소의 유역면적과 우량데이터, 삭망평균조위를 이용해서, 수위변동의 조사를 하며 대상 데이터는 다음과 같다.

- 수위계의 이상에 의한 급증 및 급감하고 있는 기록
- 전송경로(텔레미터)의 이상에 의한 급증 및 급감하고 있는 기록
- 입력 실수에 의한 급격한 증감치의 기록(행간 착각, 결측입력 등)

(1) AQC의 실시

조사대상관측소 수위의 급격한 증감 조사기준을 설정해, 이상치가 의심되는 수위데이터를 검출한다. 급감구간에 대해서는 삭망조위를 이용해서 조사기준을 설정하고, 이상치가 의심되는 시각수위데이터를 검출하며 상한치 설정은 다음과 같은 절차를 통해 이루어진다. 또한 정밀조사의 대상 데이터는 표준조사가 완료된 데이터를 대상으로 한다.

① 수위의 급격한 증가 상한치

급격한 증가의 상한치는 두 단계로 구분해서 설정한다. 우선 제1상한치로서는 0.5m를 설정한다. 또, 상류에서의 댐과 발전소 등의 영향이 있는 관측소에 대해서는 0.5m가 아닌 합리적인 상한치를 개별로 설정해 둘 수 있다.

제1상한치를 초과한 데이터에 대해서는 유역의 강우상황에 의해 판단한다. 유역의 우량관측소의 누적우량이 30mm이하인 경우는 이상치로 판단한다. 유역의 우량관측소 누적우량이 30mm 이상인 경우는 표 57 에 근거해 제2상한치를 설정하고, 이 값 이상의 데이터가 이상치로 판단된다.

표 6-2 수위의 급격한 증가의 상한치

제 1 상한치	제 2 상한치	
0.5m	유역면적 1000km ² 미만 4시간누적우량 30mm이상	2.0m
	유역면적 1000km ² 이상 2000km ² 미만 6시간누적우량 30mm이상	1.5m
	유역면적 2000km ² 이상 8시간누적우량 30mm이상	1.0m

누적우량에 대해서는 0.5m을 초월하여 급증이 발생하는 시각부터 t시간(4~8시간)전까지의 시간간격으로 한다. 시간 t 은 유역면적마다 Rizha식에 의하여 산출된 결과이다.

② 수위의 급격한 감소 판정치

수위의 감소파형은 지수 함수적이므로 이와 다른 관측값을 검출한다. 감소 경향성이 지수 함수적인지의 판정은 아래 식에 따라 대상 수위데이터의 시간당 차분값을 이용하여 판단한다. 감소곡선이 지수 함수적인 곡선에 가까워질수록 아래 식의 산정결과(이하 : 판정치 EX로 한다)는 0에 가까워진다. 또, 판정치 EX가 0.5이하이면, 대개 홍수시의 저감파형으로 판정할 수 있다. 따라서 판정치 EX의 상한치는 0.5로 하고, 판정치 EX가 0.5보다도 작은 경우에는 정상치로 판정한다.

$$\text{판정치 } EX = \frac{H(t) - H(t-1)}{H(t+1) - H(t)} - \frac{H(t+1) - H(t)}{H(t+2) - H(t+1)}$$

- 이 때 0.5m이상의 감소에 의해 검출된 수위치(급감치)를 H(t), 그 1시간 전의 수위치를 H(t-1)로 한다. H(t+1), H(t+2) 동일 기준을 적용한다.
- 급격한 감소를 볼 수 있었던 H(t) 이후에 일정치가 되면 위 식에서는 계산 불안정이 생기는데 프로그램 상에서는 이상치가 의심된다고 검출된다.
- H(t-1)~H(t+2)까지 모두 동일 수위차로 저감한 경우, 위 식에서는 정상치로 판정된다. 그러나 이와 같은 상황은 이상치일 가능성이 높으므로 프로그램 상에서는 이상치가 의심된다고 검출된다.

(2)MQC의 실시

AQC에 의해 검출한 이상치가 의심되는 수위자료에 대하여는 상·하류 관측소의 수위파형, 지천합류의 유무, 댐 방류정보 등을 이용해 타당성을 판단한다. 상·하류 관측소의 수위파형과 경향성이 크게 다른 경우에는 기계 등의 점검결과를 이용해 수정 여부의

판단을 한다. 이상의 요인을 볼 수 없는 경우 정상치로 판단하여 MQC를 실시하며 이를 판단하기 위해 다음과 같은 자료가 필요하다.

- 수위관측소 배치도(상하류 관측소를 파악하기 위해)
- 댐 방류데이터(대상관측소 바로 위에 댐이 있는 경우)
- 정기점검결과(이상 있음으로 보고가 있었던 결과)
- 기계이상기록(수위계 센서와 텔레미터의 트러블이 보고되어 있는 경우)
- 자기지 기록 또는 전자로거 기록(기록 실수의 확인과 수정시에 사용)
- 부수위계의 관측기록(수문 DB에 입력되어 있지 않은 경우는 자기지 또는 전자로거)

이를 이용한 MQC의 절차는 다음과 같다.

- ① 이상치가 의심되는 시각수위 데이터에 대해서는 상·하류 관측소의 수위과형과 육안으로 비교한다.
- ② 상·하류 관측소에서도 동일경향의 수위과형을 확인할 수 있었을 경우는 정상치로 판정한다.
- ③ 상·하류관측소와 크게 경향이 다른 경우이고 급격한 상승의 수위가 관측된 경우는 댐의 방류를 확인한다.(동계 결빙이 생기는 관측소는 결빙상황 확인)
- ④ 댐의 방류에 의한 것으로 판단할 수 있었을 경우는 정상치로 판정한다.
- ⑤ 댐의 방류가 아니라고 판단된 경우는 기록 실수의 확인과 수위계의 점검기록, 기계의 이상기록 등의 확인을 실시한다.
- ⑥ 명확하게 이상치로 판단된 경우는 수정한다. 이상치로 판단할 수 없는 경우에는 정상치로 판정한다.
- ⑦ 수정을 실시할 때, 부수위계가 설치되어 있는 관측소에서 부수위계의 데이터를 정상치로 판정할 수 있는 경우는 이상치가 기록되어 있는 동안의 시각수위데이터를 부수위계의 데이터로 보충한다.
- ⑧ 부수위계가 설치되어 있지 않은 경우 또는 부수위계의 시각수위데이터도 이상치로 의심될 경우는 결측으로 한다.

(3)조사순서도

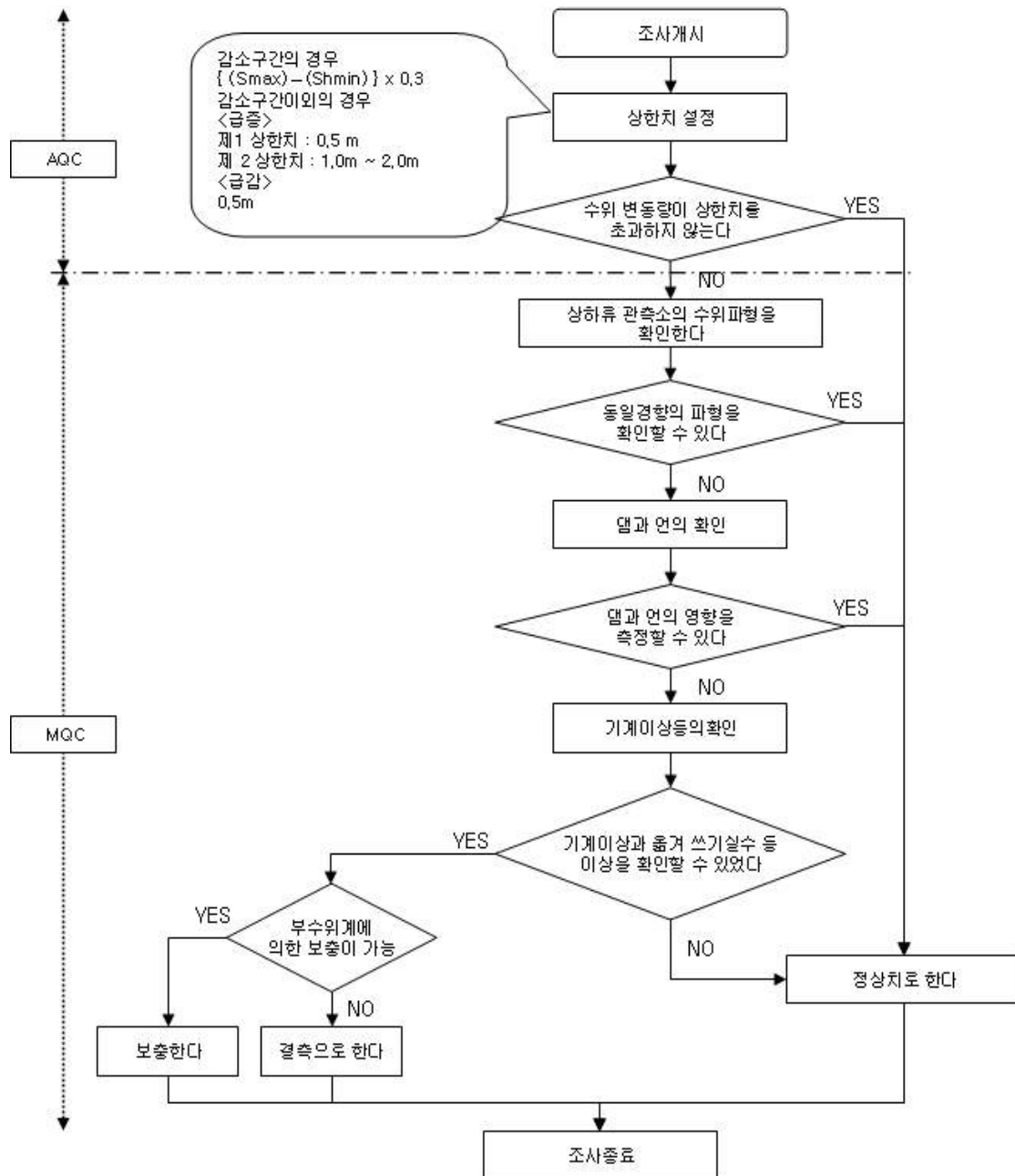


그림 6-11 수위의 급격한 증감시 조사 프로세스

4. 저수지 수위자료 품질관리 적용

가. 결측값의 처리

공산(2013)의 경우 몇 개의 결측값과 수위급변이 존재하였다. 위와 같이 결측 구간이 짧을 경우 운형자법 혹은 선형보간을 이용해서 자료를 보완한다. 수위급변의 경우는 2일동안 수위 1.5m 정도가 변한 것으로 이는 충분히 가능한 상황이기 때문에 당시의 기상자료를 참고하여 확인할 필요가 있다.

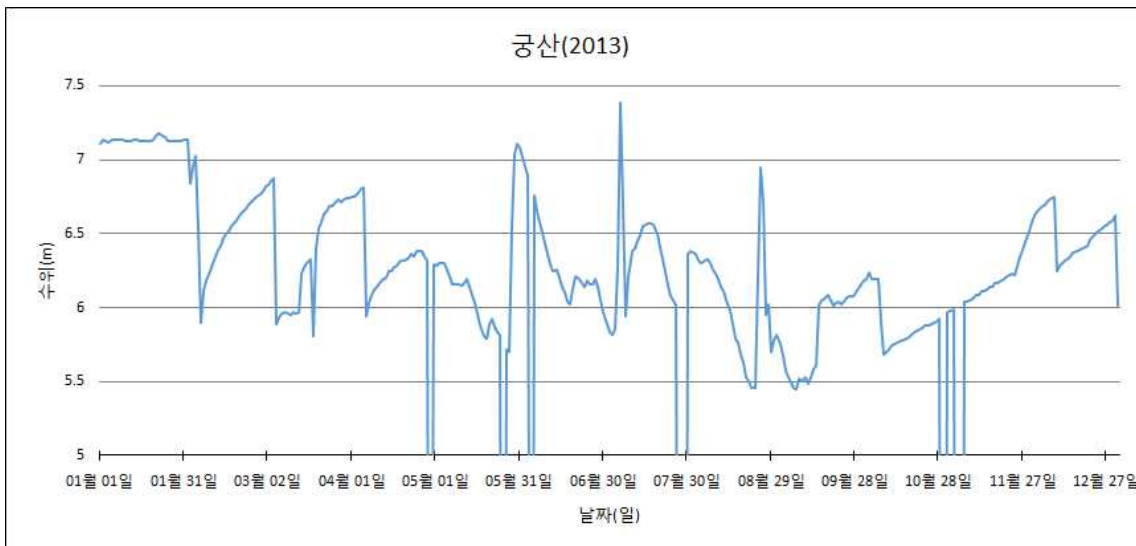


그림 6-12 공산저수지(2013), 1일 간격, 원시자료

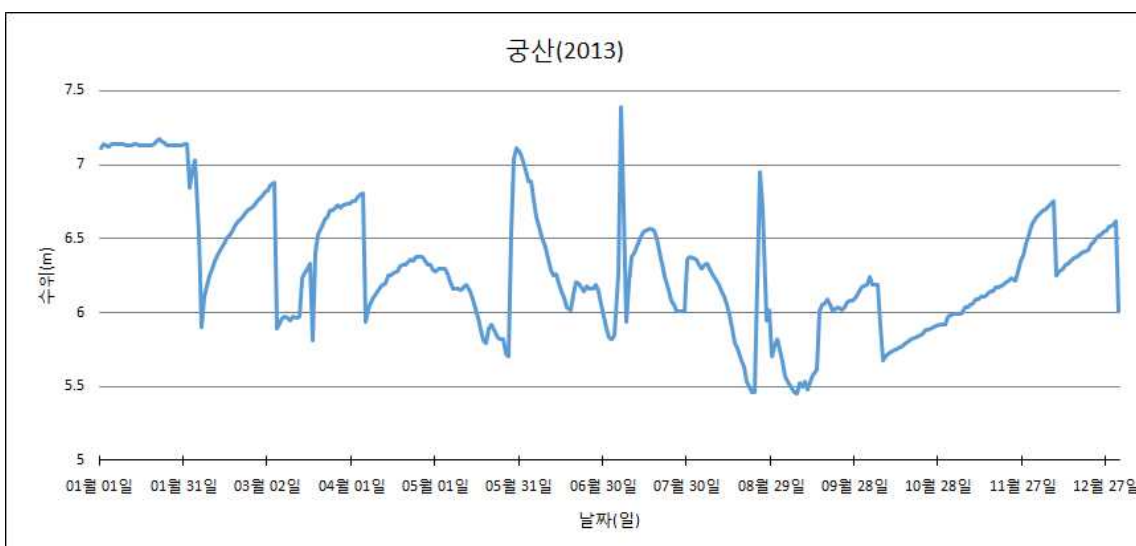


그림 6-13 공산저수지(2013), 1일 간격, 1차 품질관리

나. 결측값의 처리 및 수위급변의 처리

도척(2013)의 경우 결측값이 빈번히 존재하였으며 12월 22일의 경우 수위 급변이 관측되었다. 도척 저수지는 195m가 최대 가능수위이므로 12월 22일의 관측값은 오류로 판정하였으며 결측값과 수위 급변값은 선형 보간을 이용해 자료를 보완하였다.

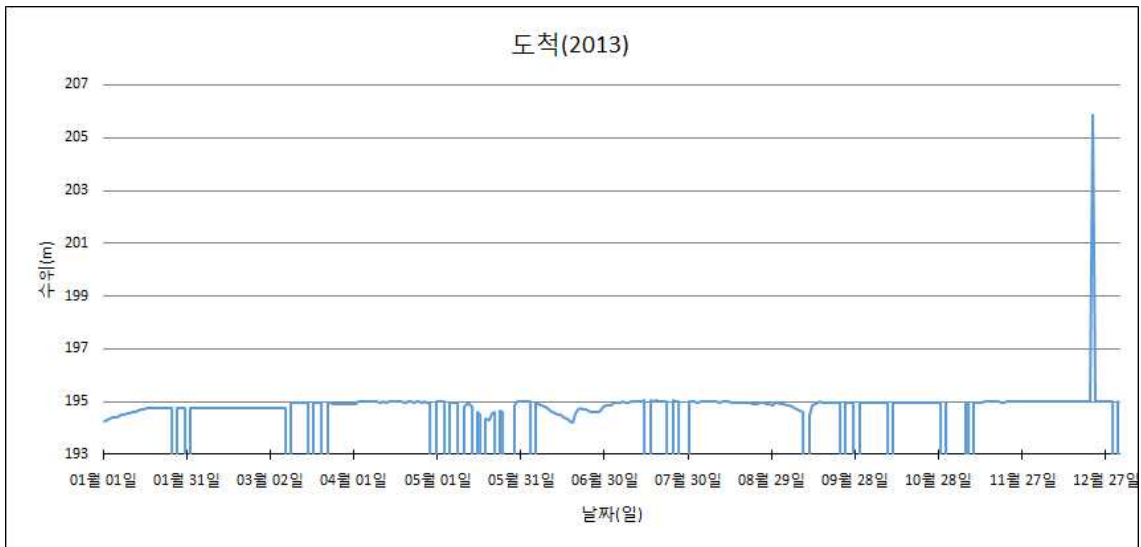


그림 6-14 도척저수지(2013), 1일 간격, 원시자료

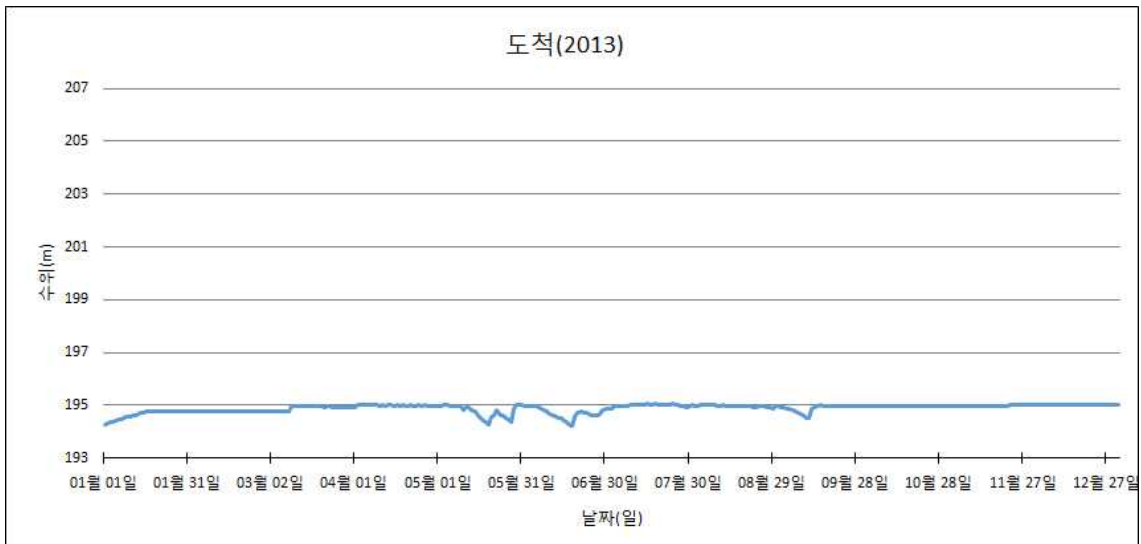


그림 6-15 도척저수지(2013), 1일 간격, 1차 품질관리

다. 결측값의 처리 및 수위불변구간의 처리

동부(2013)의 경우 결측값과 수위불변이 존재하였다. 결측값은 선형보간을 이용해서 보완하였으며 수위불변의 경우는 현재 보완할 수 있는 자료를 구축하는 것이 불가능하기 때문에 추후 보정방법을 연구하여 추가하기로 하였다.

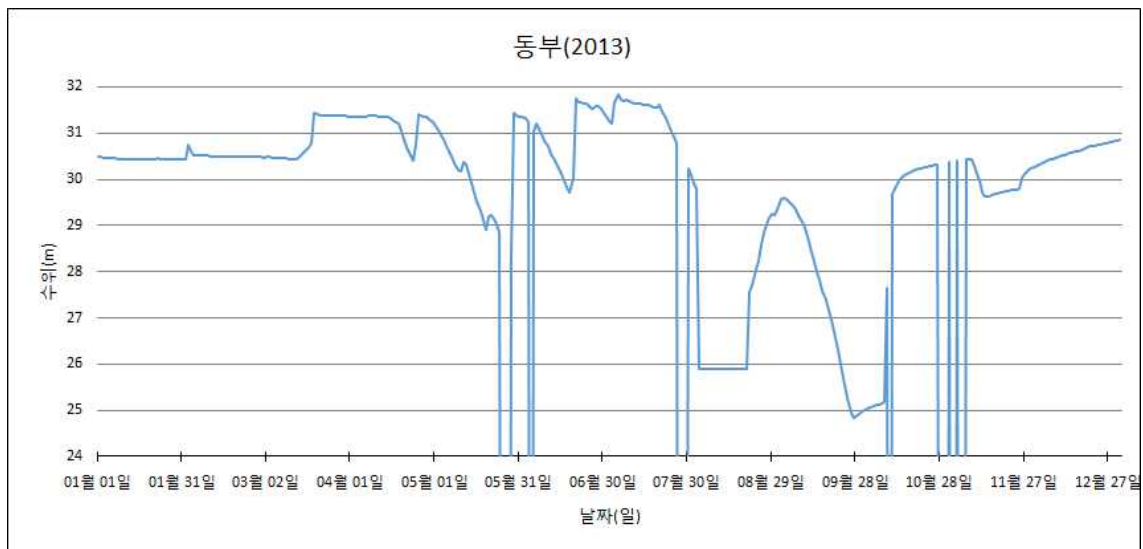


그림 6-16 동부저수지(2013), 1일 간격, 원시자료

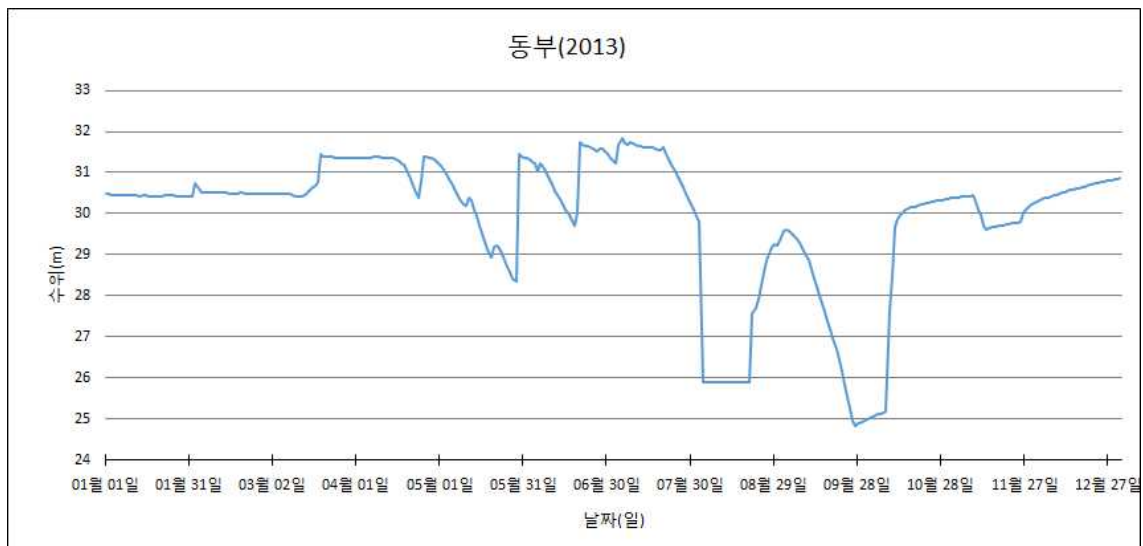


그림 6-17 동부저수지(2013), 1일 간격, 1차 품질관리

라. 결측값의 처리 및 수위불변구간의 처리

백마(2013)의 경우 결측값과 수위 급변, 수위 불변이 다양히 관측되었다. 결측값은 선형 보간을 이용해 보완하였다. 수위 급변의 경우 백마 저수지의 만수위인 298m를 넘어가는 값이 관측되었기 때문에 비정상치임을 알 수 있으나 이를 대체할 수위자료를 구축하기 힘들었기 때문에 그대로 두었다. 수위 불변의 경우 또한 동부(2013)의 경우와 마찬가지로 정상, 비정상 판단이 어려웠으며 대체자료를 구하기 불가능하므로 추후 보정방법을 연구하여 추가하기로 하였다.

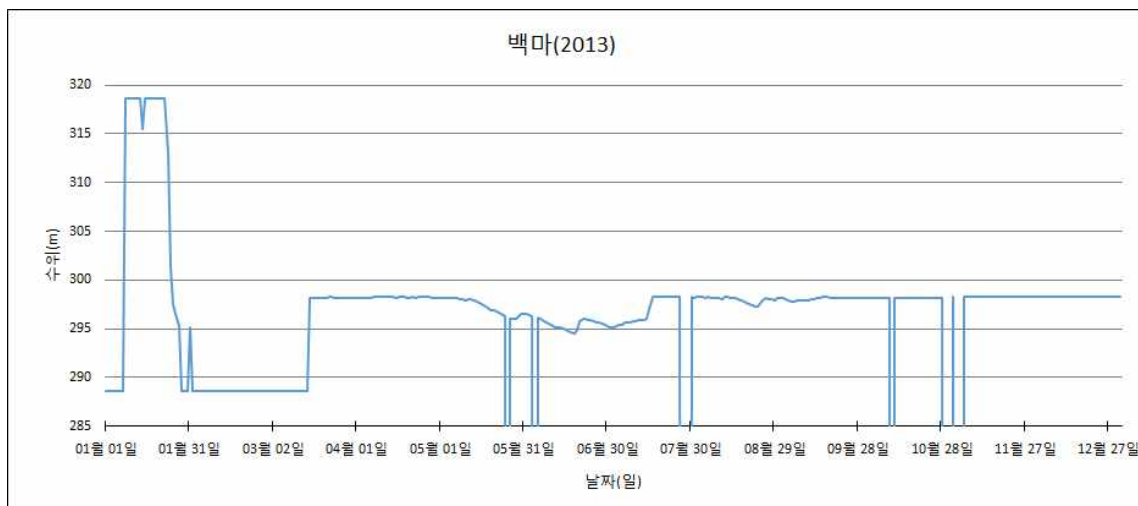


그림 6-18 백마저수지(2013), 1일 간격, 원시자료

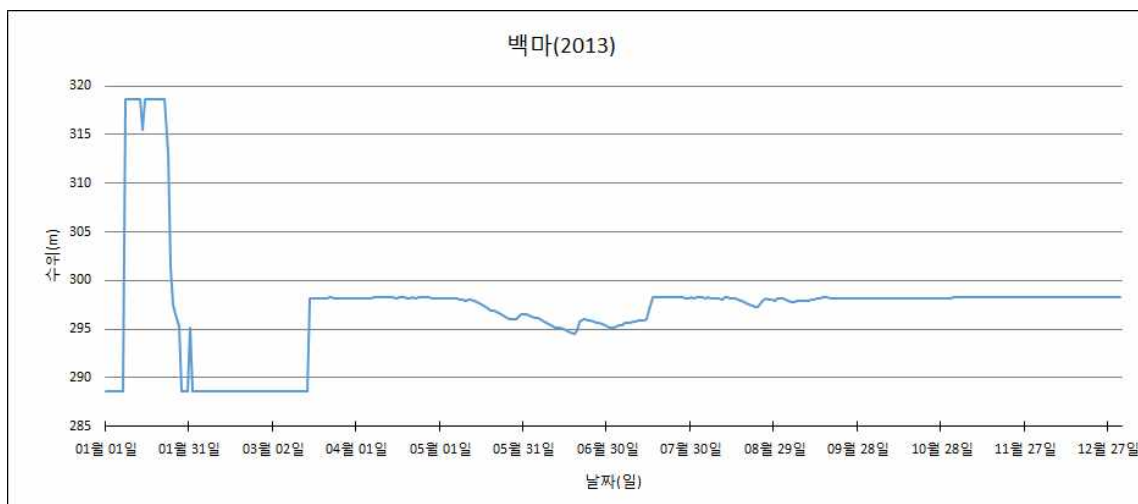


그림 6-19 백마저수지(2013), 1일 간격, 1차 품질관리

마. 다량 결측값의 처리

어은(2013)의 경우 상당히 많은 양의 결측값이 존재하였다. 국토교통부 한강홍수통제소의 수문자료 품질관리 업무 가이드라인에 의하면 하천 수위의 경우 상류 혹은 하류 등의 인근 관측소와의 관계식을 구하여 결측값을 보완하였으나 이 경우는 저수지 수위이기 때문에 그와 같은 방법을 이용하기 힘든 면이 있었다. 따라서 어은(2013)의 경우는 보완이 어려운 자료로 판단되었다.

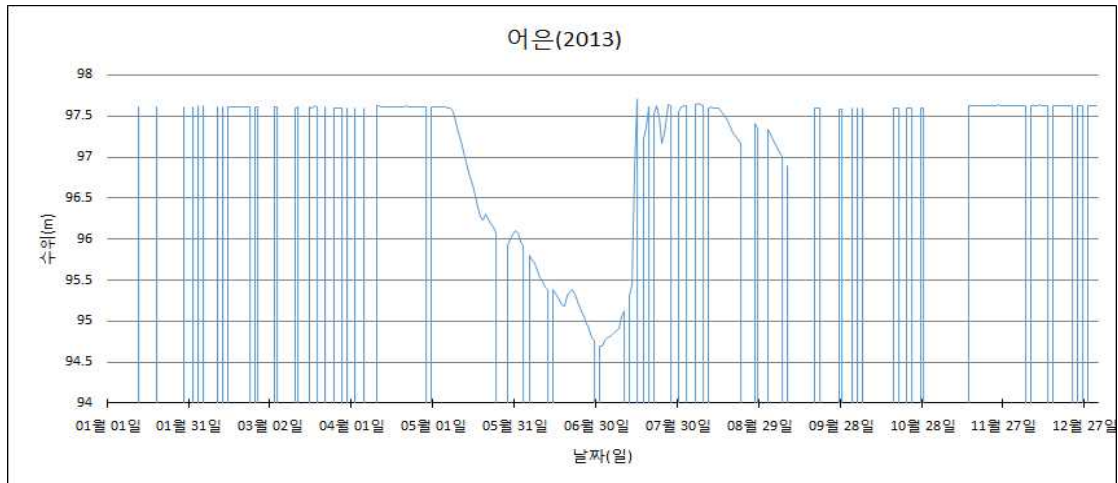


그림 6-20 어은저수지(2013), 1일 간격, 원시자료

바. 결측값 및 스파이크 노이즈의 처리

오남(2013)의 경우는 수염모양의 그래프 형태를 관측할 수 있었다. 이것은 스파이크 노이즈라고도 하는데 이는 기울기가 급변하는 상황으로 기기의 이상치로 볼 수 있으며, 자료의 수정 및 보완이 어려운 것으로 판단되었으며 기기 점검이 필요한 사료된다.

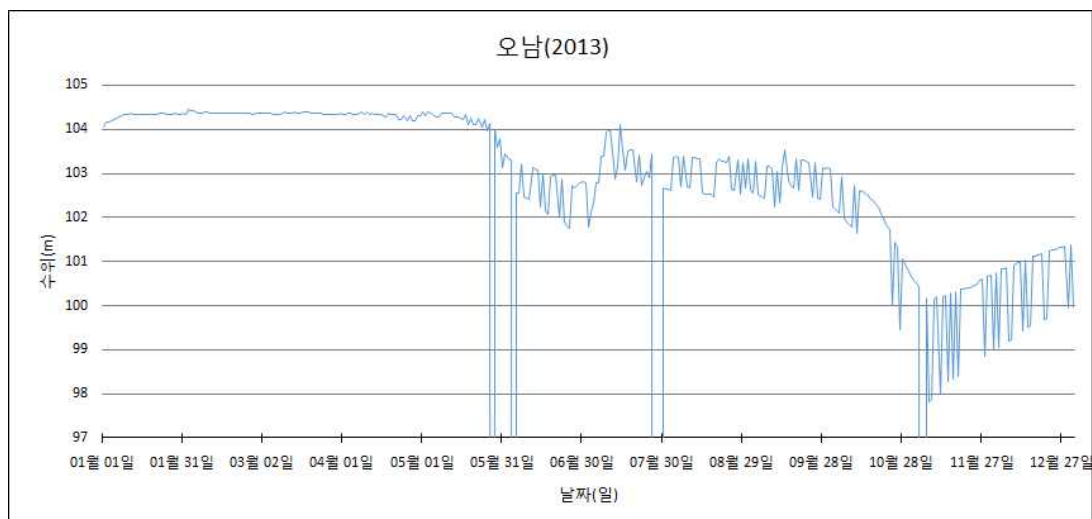


그림 6-21 오남저수지(2013), 1일 간격, 원시자료

사. 장기간 결측값의 처리

용연(2013)의 경우는 장기간 결측값이 존재하였다. 이는 어은(2013)의 경우와 마찬가지로 보완이 어려운 경우로 판단하였다. 추후 보정방법을 연구하여 추가하기로 하였다.

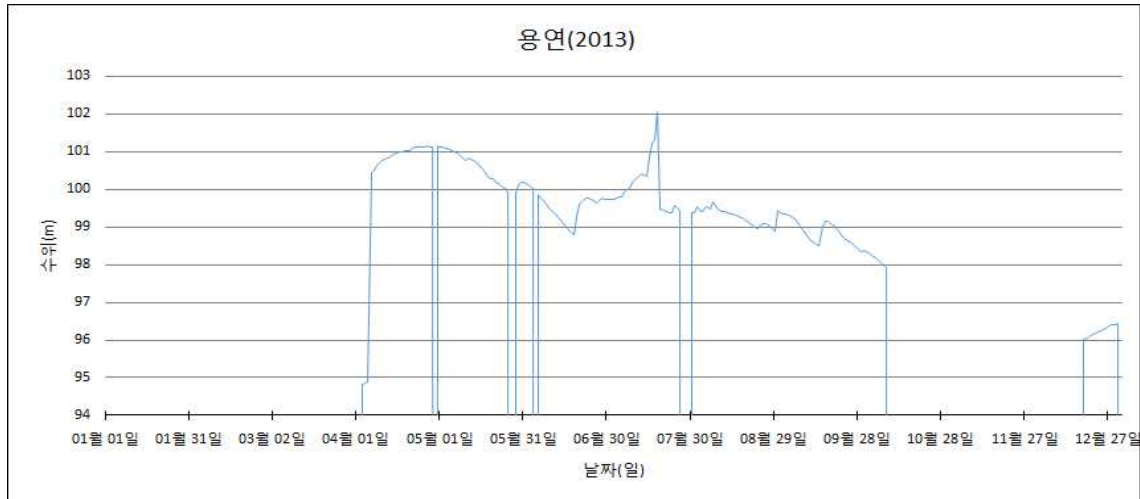


그림 6-22 용연저수지(2013), 1일 간격, 원시자료

아. 수위급변의 처리

향리(2013)의 경우는 수위의 급변이 다량으로 존재하였다. 이는 기계를 이용한 자동 전처리를 통해서는 수정, 보완하기 어려우며 주변 자연환경 혹은 저수지의 이벤트와 연관시켜 정상, 비정상을 판단하여야 한다. 따라서 즉시적인 자료 보완은 어려운 것으로 판단되었다.

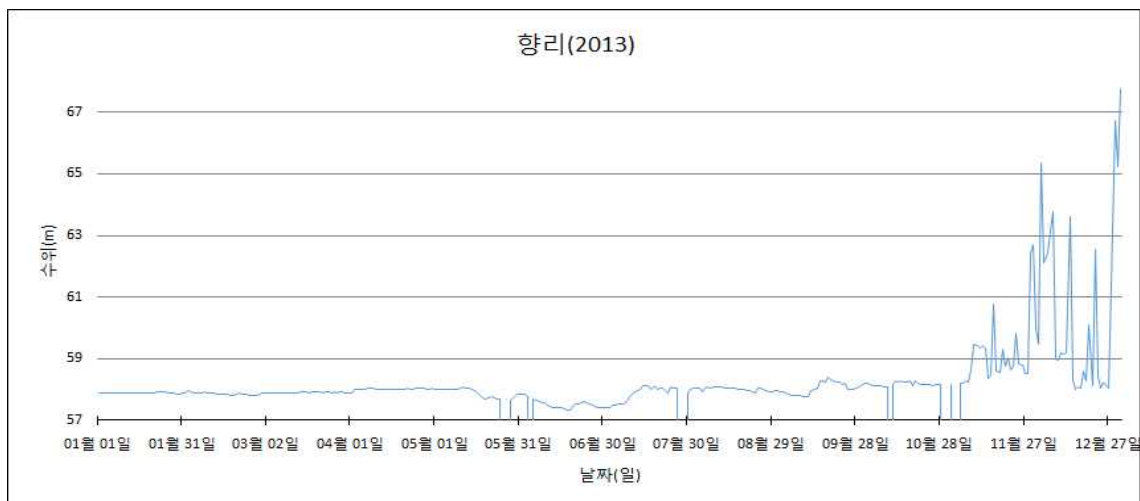


그림 6-23 향리저수지(2013), 1일 간격, 원시자료

제 7절 시계열 수위자료 특성 분석 및 자료구축

1. 대상 저수지 수위자료 기본 특성분석

대상 저수지는 전국 단위 지역별로 뚝 높이기 사업이 완료된 곳을 한 곳씩 선정하였으며 선정된 저수지의 2013년 1월 1일부터 2013년 12월 31일까지의 10분마다 측정된 수위 관측 자료를 보정한 후에 통계적 특성치 분석을 실시하였다. 대상 저수지는 경기도 지역의 마장 저수지, 충청남도 지역의 옥계 저수지, 강원도 지역의 대룡 저수지, 충청북도 지역의 백마 저수지, 경상북도 지역의 고경 저수지, 전라북도 지역의 왕궁 저수지, 울산 지역의 차리 저수지, 전라남도 지역의 동해 저수지, 경상남도 지역의 동부 저수지로 선정되었다.

통계적 분석은 보정된 앞서 언급한 Q.C(Quality Control)과정을 통해 보정된 10분 단위 2013년 수위자료를 기반으로 이루어졌으며 수위 자료에 대하여 시간 간격별 차분 방식을 이용하였다. 10분 단위 자료에 대해 차분 방식을 도입하고 10분, 30분, 60분, 12시간, 24시간의 5가지 관측 간격(Detect interval)에 대해 차분 자료를 누적시킴으로써 해당 시간간격 동안의 수위 데이터의 변위를 파악할 수 있으며 각 관측 간격에 따라 파악할 수 있는 수위 상승과 하강시의 변위의 최대값을 관측할 수 있다. 수위의 상승 및 하강시 변위의 최대값은 월별로 분석하였으며 이는 관측 간격에 따른 최대 관측 변위량을 월별로 파악함으로써 해당 월의 최대 관측 가능한 저수지 수위의 상승 또는 하강시 변화를 알 수 있다. 또한, 연간 발생하는 최대 변위를 관측 간격별로 제시함으로써 관측 간격에 따라 해당 저수지의 수위 관측 범위(Detect range)를 제시하였고 이는 임의 저수지의 수위 변화를 관찰함에 있어 어떠한 관측 간격으로 10분 단위 차분 데이터를 분석해야 하는지에 대한 정보를 제공한다. 한편, 10분 단위 차분 자료를 관측 간격별로 누적시킨 누적 차분 자료(Accumulated differential data)에 대한 평균, 분산, 표준편차를 구하고 이를 표준 정규화 시킴으로써 계절적 변동 특성(Seasonality)과 경향성(Trend)을 제거한 자료에 대하여 첨예도(Kurtosis)를 분석하였다. 즉, 임의 누적 차분 자료에 대하여 크기만을 고려했을 때 자료의 밀집도를 분석하고자 하였으며 첨예도가 클수록 표준정규화된 수위 자료가 밀집되어 있는 것이라고 할 수 있으므로 이상치 판독을 위한 정상 범위(normal band)를 좁게 설정할 수 있다. 이는 분산값을 해석하는 방식과 맥을 같이 하며 분산의 경우 역시 분산이 클수록 수위 자료가 다양한 값의 분포를 가지므로 이상치 판독을 위한 정상 범위를 넓게 선정해야 하는 단점이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 각 저수지의 분산과 첨예도를 함께 도시하였으며 이를 통해 각 저수지별 수위 변화 관측을 위한 최적의 관측 간격을 파악하고자 하였다.

가. 마장 저수지

마장 저수지의 경우 월별 저수지 수위 상승 및 하강시의 최대 수위 변위값을 분석한 결과 관측 간격이 10분의 경우 각각 9월에 $0.15m$, $-0.16m$, 30분의 경우 각각 7월에 $0.19m$, 9월에 $-0.16m$, 60분의 경우 각각 7월에 $0.31m$, 9월에 $-0.15m$, 12시간의 경우 7월에 $0.75m$, $-0.45m$, 24시간의 경우 7월에 $0.76m$, $-0.5m$ 로 나타났으며 그림 1,2에서 보는 것과 같이 월별로 다르게 나타나는 수위 변화량 최대 관측치는 저수지 수위의 이상치를 분석함에 있어 월별로 다른 한계점(threshold)을 적용해야 한다는 점을 입증한다. 또한 마장 저수지의 경우 그림 3에서 보는 바와 같이 관측 범위가 형성되며 2013년 연간 수위 자료에 대해 관측 간격이 10분일 경우 $-0.16m \sim 0.15m$, 30분일 경우 $-0.16m \sim 0.19m$, 60분일 경우 $-0.15m \sim 0.31m$, 12시간일 경우 $-0.45m \sim 0.75m$, 24시간일 경우 $-0.5m \sim 0.76m$ 로 나타나 관측 간격이 12시간 및 24시간일 경우 다른 관측 간격에 비해 저수지 수위 변화량의 극치를 관측하기에 용이한 것으로 나타났다. 분산은 관측 간격이 커질수록 점진적으로 증가하는 것으로 나타났으며 첨예도는 관측간격이 60분일 경우 가장 높은 것으로 나타나 본 저수지의 경우 분산 정도가 낮고 첨예도가 가장 높은 1시간 단위 관측 간격을 설정하는 것이 이상치 판독에 가장 유리한 것으로 나타났다.

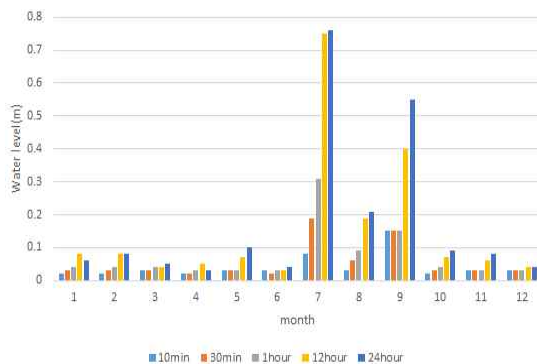


그림 7-1 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (마장 저수지, 2013)

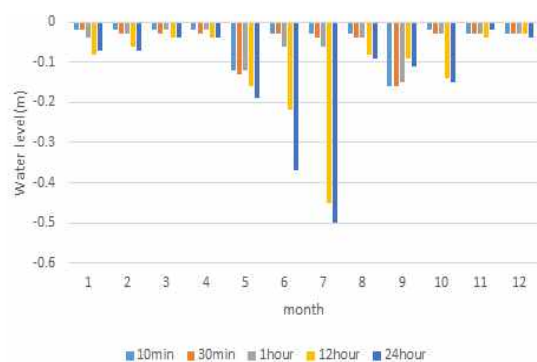


그림 7-2 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (마장 저수지, 2013)

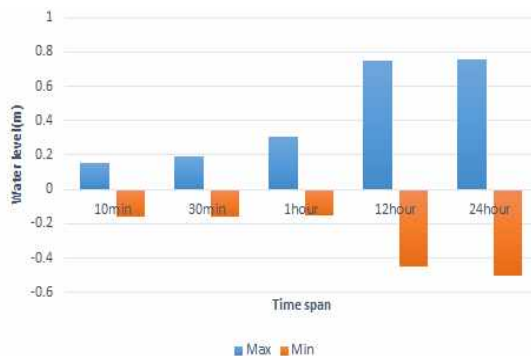


그림 7-3 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치 (마장 저수지, 2013)

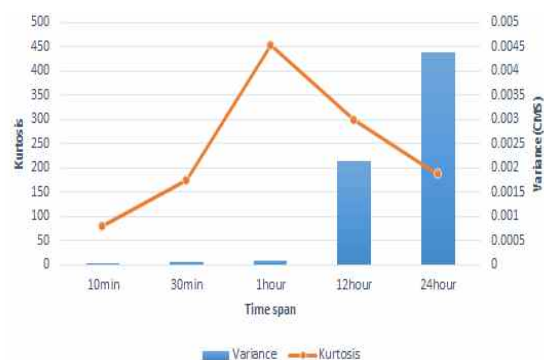


그림 7-4 분산 및 첨예도 산정 결과 (마장 저수지, 2013)

표 7-1 월별 수위 상승 최대 변위값 (마장저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	0.020	0.030	0.040	0.080	0.060
2월	0.020	0.030	0.040	0.080	0.080
3월	0.030	0.030	0.040	0.040	0.050
4월	0.020	0.020	0.030	0.050	0.030
5월	0.030	0.030	0.030	0.070	0.100
6월	0.030	0.020	0.030	0.030	0.040
7월	0.080	0.190	0.310	0.750	0.760
8월	0.030	0.060	0.090	0.190	0.210
9월	0.150	0.150	0.150	0.400	0.550
10월	0.020	0.030	0.040	0.070	0.090
11월	0.030	0.030	0.030	0.060	0.080
12월	0.030	0.030	0.030	0.040	0.040

표 7-2 월별 수위 하강 최대 변위값 (마장저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	-0.020	-0.020	-0.040	-0.080	-0.070
2월	-0.020	-0.030	-0.030	-0.060	-0.070
3월	-0.020	-0.030	-0.020	-0.040	-0.040
4월	-0.020	-0.030	-0.020	-0.040	-0.040
5월	-0.120	-0.130	-0.120	-0.160	-0.190
6월	-0.030	-0.030	-0.060	-0.220	-0.370
7월	-0.030	-0.040	-0.060	-0.450	-0.500
8월	-0.030	-0.040	-0.040	-0.080	-0.090
9월	-0.160	-0.160	-0.150	-0.090	-0.110
10월	-0.020	-0.030	-0.030	-0.140	-0.150
11월	-0.030	-0.030	-0.030	-0.040	-0.020
12월	-0.030	-0.030	-0.030	-0.030	-0.040

표 7-3 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (마장저수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
max	0.150	0.190	0.310	0.750	0.760
min	-0.160	-0.160	-0.150	-0.450	-0.500

표 7-4 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (마장저수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
variance	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004
kurtosis	79.560	174.883	452.022	299.387	186.757

나. 대룡 저수지

대룡 저수지의 경우 월별 저수지 수위 상승 및 하강시의 최대 수위 변위값을 분석한 결과 관측 간격이 10분의 경우 각각 7월에 $0.09m$, 5월에 $-0.15m$, 30분의 경우 각각 7월에 $0.25m$, 5월에 $-0.16m$, 1시간의 경우 각각 7월에 $0.38m$, 5월에 $-0.15m$, 12시간의 경우 7월에 $0.87m$, $-0.42m$, 24시간의 경우 7월에 $1.18m$, $-0.57m$ 로 나타났으며 그림 5,6에서 보는 것과 같이 월별로 다르게 나타나는 수위 변화량 최대 관측치는 저수지 수위의 이상치를 분석함에 있어 월별로 다른 한계점을 적용해야 한다는 점을 입증한다. 또한 대룡 저수지의 경우 그림 7에서 보는 바와 같이 관측 범위가 형성되며 2013년 연간 수위 자료에 대해 관측 간격이 10분일 경우 $-0.15m \sim 0.09m$, 30분일 경우 $-0.16m \sim 0.25m$, 1시간일 경우 $-0.16m \sim 0.38m$, 12시간일 경우 $-0.42m \sim 0.87m$, 24시간일 경우 $-0.57m \sim 1.18m$ 로 나타나 관측 간격이 24시간일 경우 다른 관측 간격에 비해 저수지 수위 변화량의 극치를 관측하기에 용이한 것으로 나타났다. 분산은 관측 간격이 커질수록 점진적으로 증가하는 것으로 나타났으며 첨예도는 관측간격이 1시간일 경우 가장 높은 것으로 나타나 본 저수지의 경우 분산 정도가 낮고 첨예도가 가장 높은 1시간 단위 관측 간격을 설정하는 것이 이상치 판독에 가장 유리한 것으로 나타났다.

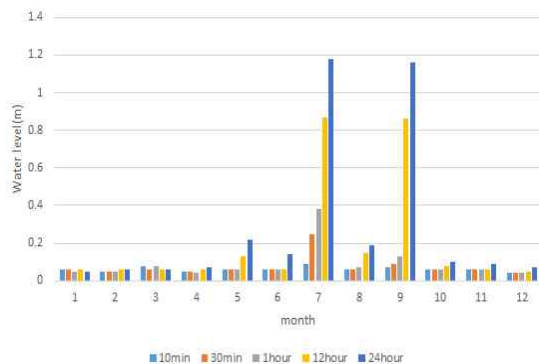


그림 7-5 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (대룡 저수지, 2013)

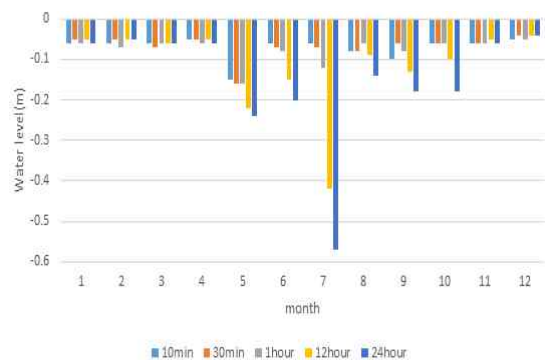


그림 7-6 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (대룡 저수지, 2013)

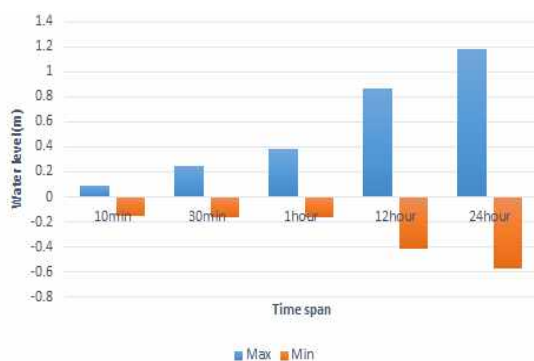


그림 7-7 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치 (대룡 저수지, 2013)

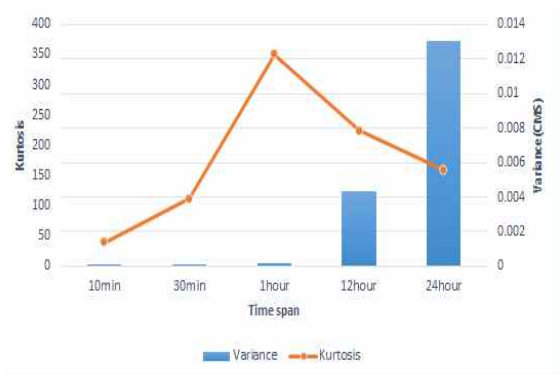


그림 7-8 분산 및 첨예도 산정 결과 (대룡 저수지, 2013)

표 7-5 월별 수위 상승 최대 변위값 (대룡저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	0.060	0.060	0.050	0.060	0.050
2월	0.050	0.050	0.050	0.060	0.060
3월	0.080	0.060	0.080	0.060	0.060
4월	0.050	0.050	0.040	0.060	0.070
5월	0.060	0.060	0.060	0.130	0.220
6월	0.060	0.060	0.060	0.060	0.140
7월	0.090	0.250	0.380	0.870	1.180
8월	0.060	0.060	0.070	0.150	0.190
9월	0.070	0.090	0.130	0.860	1.160
10월	0.060	0.060	0.060	0.080	0.100
11월	0.060	0.060	0.060	0.060	0.090
12월	0.040	0.040	0.040	0.050	0.070

표 7-6 월별 수위 하강 최대 변위값 (대룡저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	-0.060	-0.050	-0.060	-0.050	-0.060
2월	-0.060	-0.050	-0.070	-0.050	-0.050
3월	-0.060	-0.070	-0.060	-0.060	-0.060
4월	-0.050	-0.050	-0.060	-0.050	-0.060
5월	-0.150	-0.160	-0.160	-0.220	-0.240
6월	-0.060	-0.070	-0.080	-0.150	-0.200
7월	-0.060	-0.070	-0.120	-0.420	-0.570
8월	-0.080	-0.080	-0.060	-0.090	-0.140
9월	-0.100	-0.060	-0.080	-0.130	-0.180
10월	-0.060	-0.060	-0.060	-0.100	-0.180
11월	-0.060	-0.060	-0.060	-0.050	-0.060
12월	-0.050	-0.040	-0.050	-0.040	-0.040

표 7-7 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (대룡저수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
max	0.090	0.250	0.380	0.870	1.180
min	-0.150	-0.160	-0.160	-0.420	-0.570

표 7-8 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (대룡저수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
variance	0.000	0.000	0.000	0.004	0.013
kurtosis	39.683	111.509	350.585	224.050	158.892

다. 백마 저수지

백마 저수지의 경우 월별 저수지 수위 상승 및 하강시의 최대 수위 변위값을 분석한 결과 관측 간격이 10분의 경우 각각 7월에 $0.04m$, 6월에 $-0.07m$, 30분의 경우 각각 7월에 $0.1m$, 6월에 $-0.07m$, 1시간의 경우 각각 7월에 $0.18m$, 6월에 $-0.08m$, 12시간의 경우 7월에 $1.19m$, $-0.23m$, 24시간의 경우 7월에 $1.86m$, $-0.27m$ 로 나타났으며 그림 9,10에서 보는 것과 같이 월별로 다르게 나타나는 수위 변화량 최대 관측치는 저수지 수위의 이상치를 분석함에 있어 월별로 다른 한계점을 적용해야 한다는 점을 입증한다. 또한 백마 저수지의 경우 그림 7에서 보는 바와 같이 관측 범위가 형성되며 2013년 연간 수위 자료에 대해 관측 간격이 10분일 경우 $-0.04m \sim 0.07m$, 30분일 경우 $-0.07m \sim 0.1m$, 1시간일 경우 $-0.08m \sim 0.18m$, 12시간일 경우 $-0.23m \sim 1.19m$, 24시간일 경우 $-0.27m \sim 1.86m$ 로 나타나 관측 간격이 24시간일 경우 다른 관측 간격에 비해 저수지 수위 변화량의 극치를 관측하기에 용이한 것으로 나타났다. 분산은 관측 간격이 커질수록 점진적으로 증가하는 것으로 나타났으며 첨예도는 관측간격이 12시간일 경우 가장 높은 것으로 나타나 본 저수지의 경우 분산과 첨예도를 함께 고려했을 때 분산이 낮고 상대적으로 높은 첨예도를 갖는 1시간 단위의 관측 간격을 선정하는 것이 유리하다고 판단된다.

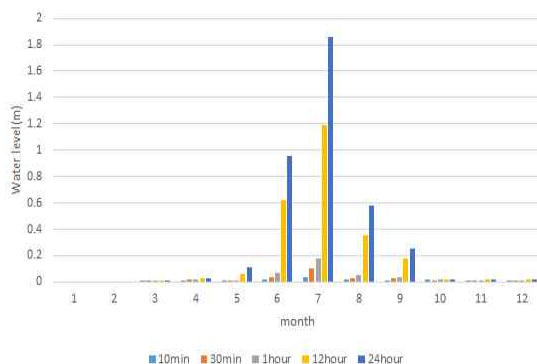


그림 7-9 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (백마 저수지, 2013)

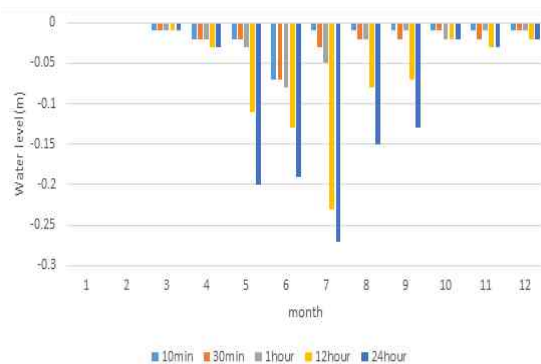


그림 7-10 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (백마 저수지, 2013)

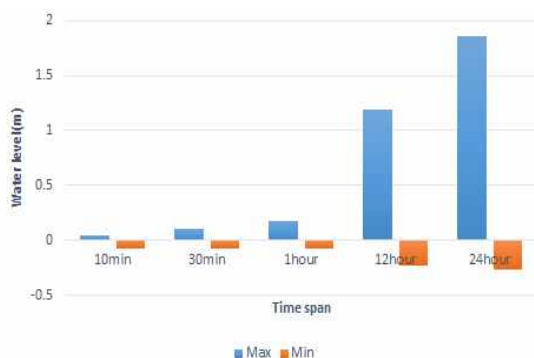


그림 7-11 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치 (백마 저수지, 2013)

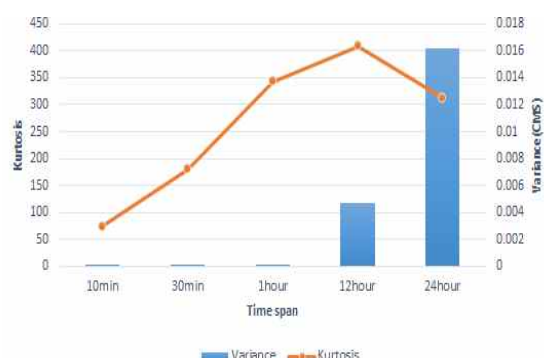


그림 7-12 분산 및 첨예도 산정 결과 (백마 저수지, 2013)

표 7-9 월별 수위 상승 최대 변위값 (백마저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2월	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3월	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
4월	0.010	0.020	0.020	0.030	0.030
5월	0.010	0.010	0.010	0.060	0.110
6월	0.020	0.040	0.070	0.620	0.960
7월	0.040	0.100	0.180	1.190	1.860
8월	0.020	0.030	0.050	0.350	0.580
9월	0.010	0.030	0.040	0.180	0.250
10월	0.020	0.010	0.020	0.020	0.020
11월	0.010	0.010	0.010	0.020	0.020
12월	0.010	0.010	0.010	0.020	0.020

표 7-10 월별 수위 하강 최대 변위값 (백마저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2월	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3월	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010
4월	-0.020	-0.020	-0.020	-0.030	-0.030
5월	-0.020	-0.020	-0.030	-0.110	-0.200
6월	-0.070	-0.070	-0.080	-0.130	-0.190
7월	-0.010	-0.030	-0.050	-0.230	-0.270
8월	-0.010	-0.020	-0.020	-0.080	-0.150
9월	-0.010	-0.020	-0.010	-0.070	-0.130
10월	-0.010	-0.010	-0.020	-0.020	-0.020
11월	-0.010	-0.020	-0.010	-0.030	-0.030
12월	-0.010	-0.010	-0.010	-0.020	-0.020

표 7-11 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (백마저수지, 2013)

	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
max	0.040	0.100	0.180	1.190	1.860
min	-0.070	-0.070	-0.080	-0.230	-0.270

표 7-12 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (백마저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
variance	0.000	0.000	0.000	0.005	0.016
kurtosis	74.999	180.027	342.883	408.867	312.090

라. 고경 저수지

고경 저수지의 경우 월별 저수지 수위 상승 및 하강시의 최대 수위 변위값을 분석한 결과 관측 간격이 10분의 경우 각각 10월에 $0.08m$, 5월에 $-0.21m$, 30분의 경우 각각 10월에 $0.19m$, 5월에 $-0.21m$, 1시간의 경우 각각 10월에 $0.37m$, 5월에 $-0.22m$, 12시간의 경우 7월에 $1.78m$, $-0.26m$, 24시간의 경우 7월에 $1.88m$, $-0.33m$ 로 나타났으며 그림 13,14에서 보는 것과 같이 월별로 다르게 나타나는 수위 변화량 최대 관측치는 저수지 수위의 이상치를 분석함에 있어 월별로 다른 한계점을 적용해야 한다는 점을 입증한다. 또한 고경 저수지의 경우 그림 15에서 보는 바와 같이 관측 범위가 형성되며 2013년 연간 수위 자료에 대해 관측 간격이 10분일 경우 $-0.21m \sim 0.08m$, 30분일 경우 $-0.21m \sim 0.19m$, 1시간일 경우 $-0.22m \sim 0.37m$, 12시간일 경우 $-0.26m \sim 1.78m$, 24시간일 경우 $-0.33m \sim 1.88m$ 로 나타나 관측 간격이 24시간일 경우 다른 관측 간격에 비해 저수지 수위 변화량의 극치를 관측하기에 용이한 것으로 나타났다. 분산은 관측 간격이 커질수록 점진적으로 증가하는 것으로 나타났으며 첨예도는 관측간격이 1시간일 경우 가장 높은 것으로 나타나 본 저수지의 경우 분산과 첨예도를 함께 고려했을 때 분산이 낮고 가장 높은 첨예도를 갖는 1시간 단위의 관측 간격을 선정하는 것이 유리하다고 판단된다.

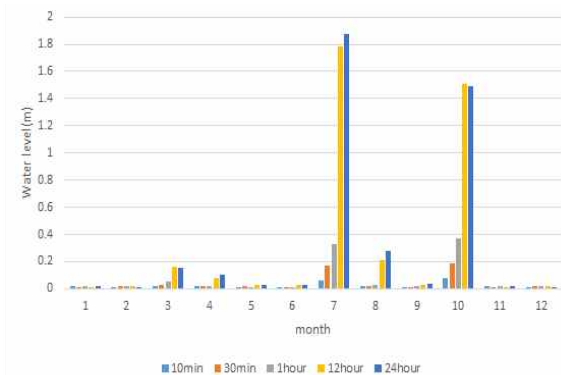


그림 7-13 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (고경 저수지, 2013)

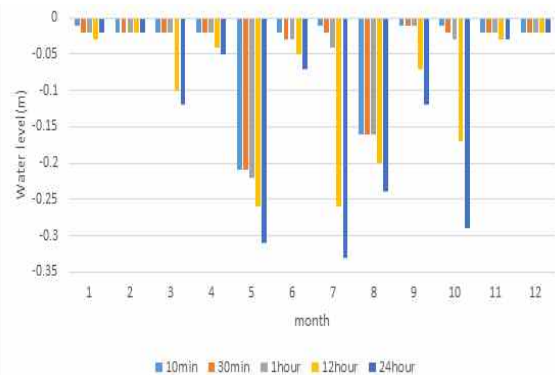


그림 7-14 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (고경 저수지, 2013)

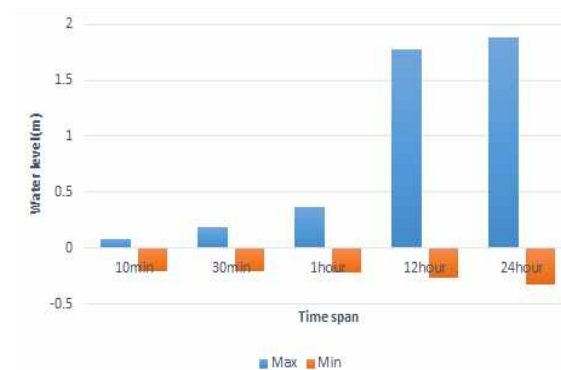


그림 7-15 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치 (고경 저수지, 2013)

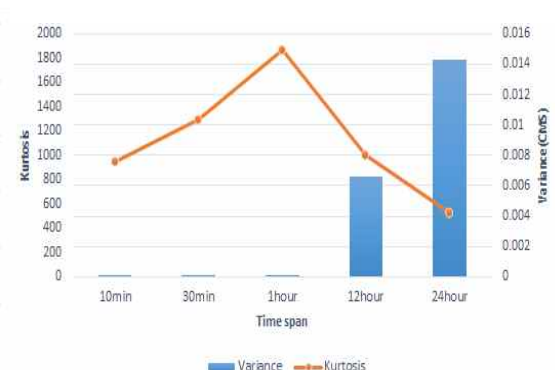


그림 7-16 분산 및 첨예도 산정 결과 (고경 저수지, 2013)

표 7-13 월별 수위 상승 최대 변위값 (고경저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	0.020	0.010	0.020	0.010	0.020
2월	0.010	0.020	0.020	0.020	0.010
3월	0.020	0.030	0.050	0.160	0.150
4월	0.020	0.020	0.020	0.080	0.100
5월	0.010	0.020	0.010	0.030	0.030
6월	0.010	0.010	0.010	0.030	0.030
7월	0.060	0.170	0.330	1.780	1.880
8월	0.020	0.020	0.030	0.210	0.280
9월	0.010	0.010	0.020	0.030	0.040
10월	0.080	0.190	0.370	1.510	1.490
11월	0.020	0.010	0.020	0.010	0.020
12월	0.010	0.020	0.020	0.020	0.010

표 7-14 월별 수위 하강 최대 변위값 (고경저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	-0.010	-0.020	-0.020	-0.030	-0.020
2월	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020
3월	-0.020	-0.020	-0.020	-0.100	-0.120
4월	-0.020	-0.020	-0.020	-0.040	-0.050
5월	-0.210	-0.210	-0.220	-0.260	-0.310
6월	-0.020	-0.030	-0.030	-0.050	-0.070
7월	-0.010	-0.020	-0.040	-0.260	-0.330
8월	-0.160	-0.160	-0.160	-0.200	-0.240
9월	-0.010	-0.010	-0.010	-0.070	-0.120
10월	-0.010	-0.020	-0.030	-0.170	-0.290
11월	-0.020	-0.020	-0.020	-0.030	-0.030
12월	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020

표 7-15 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (고경저수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
max	0.080	0.190	0.370	1.780	1.880
min	-0.210	-0.210	-0.220	-0.260	-0.330

표 7-16 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (고경저수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
variance	0.001	0.002	0.0032	0.007	0.014
kurtosis	945.840	1291.992	1865.636	999.676	523.398

마. 왕궁 저수지

왕궁 저수지의 경우 월별 저수지 수위 상승 및 하강시의 최대 수위 변위값을 분석한 결과 관측 간격이 10분의 경우 각각 12월에 $0.47m$, 12월에 $-0.36m$, 30분의 경우 각각 12월에 $0.31m$, 12월에 $-0.28m$, 1시간의 경우 각각 12월에 $0.28m$, 12월에 $-0.28m$, 12시간의 경우 8월에 $0.37m$, 12월에 $-0.28m$, 24시간의 경우 7월에 $0.54m$, 12월에 $-0.26m$ 로 나타났으며 왕궁 저수지의 경우 다른 저수지와는 달리 12월에 이례적인 저수지 수위 변동 특성을 보였으며 이는 해당 시기의 저수지 운영 방식과 연계하여 해석하는 것이 필요하다. 또한 왕궁 저수지의 경우 그림 19에서 보는 바와 같이 관측 범위가 형성되며 2013년 연간 수위 자료에 대해 관측 간격이 10분일 경우 $-0.36m \sim 0.47m$, 30분일 경우 $-0.28m \sim 0.31m$, 1시간일 경우 $-0.28m \sim 0.28m$, 12시간일 경우 $-0.28m \sim 0.37m$, 24시간일 경우 $-0.26m \sim 0.54m$ 로 나타나 관측 간격이 10분일 경우 다른 관측 간격에 비해 저수지 수위 변화량의 극치를 관측하기에 용이한 것으로 나타났다. 분산은 관측 간격이 커질수록 점진적으로 증가하는 것으로 나타났으며 첨예도는 관측간격이 10분일 경우 가장 높은 것으로 나타나 본 저수지의 경우 분산과 첨예도를 함께 고려했을 때 분산이 낮고 가장 높은 첨예도를 갖는 10분 단위의 관측 간격을 선정하는 것이 유리하다고 판단된다.

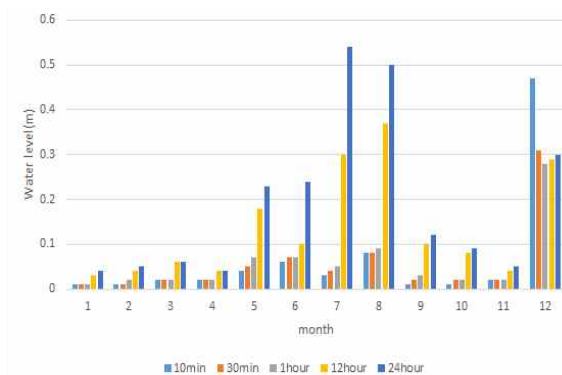


그림 7-17 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (왕궁 저수지, 2013)

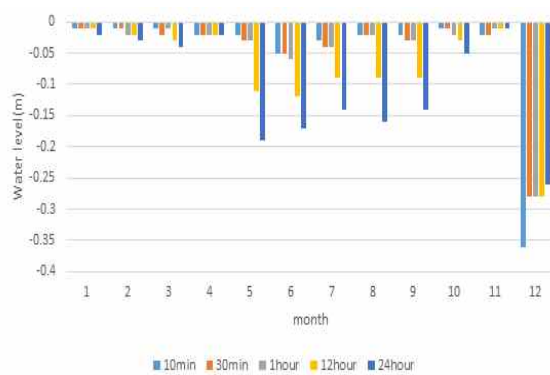


그림 7-18 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (왕궁 저수지, 2013)

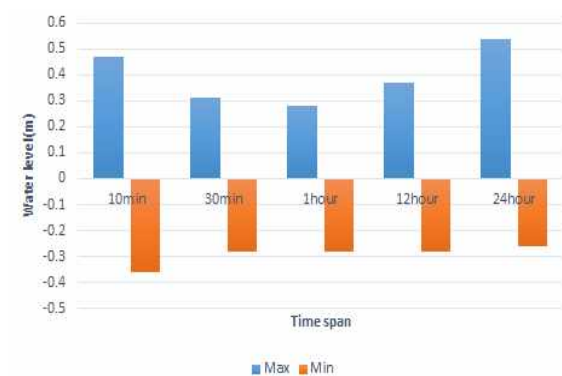


그림 7-19 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치 (왕궁 저수지, 2013)

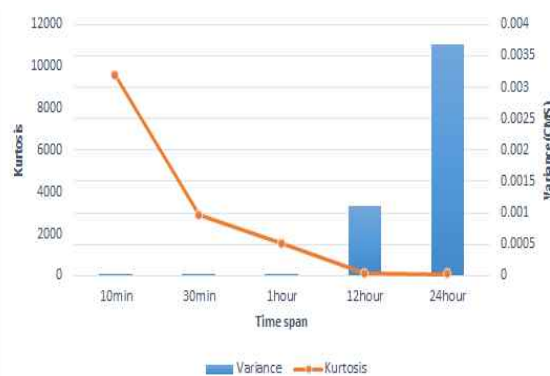


그림 7-20 분산 및 첨예도 산정 결과 (왕궁 저수지, 2013)

표 7-17 월별 수위 상승 최대 변위값 (왕궁저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	0.010	0.010	0.010	0.030	0.040
2월	0.010	0.010	0.020	0.040	0.050
3월	0.020	0.020	0.020	0.060	0.060
4월	0.020	0.020	0.020	0.040	0.040
5월	0.040	0.050	0.070	0.180	0.230
6월	0.060	0.070	0.070	0.100	0.240
7월	0.030	0.040	0.050	0.300	0.540
8월	0.080	0.080	0.090	0.370	0.500
9월	0.010	0.020	0.030	0.100	0.120
10월	0.010	0.020	0.020	0.080	0.090
11월	0.020	0.020	0.020	0.040	0.050
12월	0.470	0.310	0.280	0.290	0.300

표 7-18 월별 수위 하강 최대 변위값 (왕궁저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	-0.010	-0.010	-0.010	-0.010	-0.020
2월	-0.010	-0.010	-0.020	-0.020	-0.030
3월	-0.010	-0.020	-0.010	-0.030	-0.040
4월	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020
5월	-0.020	-0.030	-0.030	-0.110	-0.190
6월	-0.050	-0.050	-0.060	-0.120	-0.170
7월	-0.030	-0.040	-0.040	-0.090	-0.140
8월	-0.020	-0.020	-0.020	-0.090	-0.160
9월	-0.020	-0.030	-0.030	-0.090	-0.140
10월	-0.010	-0.010	-0.020	-0.030	-0.050
11월	-0.020	-0.020	-0.010	-0.010	-0.010
12월	-0.360	-0.280	-0.280	-0.280	-0.260

표 7-19 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (왕궁저수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
max	0.470	0.310	0.280	0.370	0.540
min	-0.360	-0.280	-0.280	-0.280	-0.260

표 7-20 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (왕궁저수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
variance	0.0002	0.0003	0.0008	0.001	0.004
kurtosis	9573.362	2883.265	1530.785	96.079	72.278

바. 차리 저수지

차리 저수지의 경우 월별 저수지 수위 상승 및 하강시의 최대 수위 변위값을 분석한 결과 관측 간격이 10분의 경우 각각 7월에 $0.05m$, 12월에 $-0.28m$, 30분의 경우 각각 7월에 $0.05m$, 12월에 $-0.28m$, 1시간의 경우 각각 12월에 $0.08m$, 12월에 $-0.28m$, 12시간의 경우 12월에 $0.8m$, $-0.34m$, 24시간의 경우 12월에 $1.28m$, $-0.4m$ 로 나타났으며 차리 저수지의 경우도 왕궁 저수지의 경우와 마찬가지로 12월에 공통적인 수위 하강 최대 변위량이 관측됨으로써 이 시기에 저수지의 방류 기록을 살펴볼 필요성을 제기된다. 또한 차리 저수지의 경우 그림 23에서 보는 바와 같이 관측 범위가 형성되며 2013년 연간 수위 자료에 대해 관측 간격이 10분일 경우 $-0.28m \sim 0.05m$, 30분일 경우 $-0.28m \sim 0.05m$, 1시간일 경우 $-0.28m \sim 0.08m$, 12시간일 경우 $-0.34m \sim 0.8m$, 24시간일 경우 $-0.4m \sim 1.28m$ 로 나타나 관측 간격이 24시간일 경우 다른 관측 간격에 비해 저수지 수위 변화량의 극치를 관측하기에 용이한 것으로 나타났다. 분산은 관측 간격이 커질수록 점진적으로 증가하는 것으로 나타났으며 첨예도는 관측간격이 10분일 경우 가장 높은 것으로 나타나 본 저수지의 경우 분산과 첨예도를 함께 고려했을 때 분산이 낮고 가장 높은 첨예도를 갖는 10분 단위의 관측 간격을 선정하는 것이 유리하다고 판단된다.

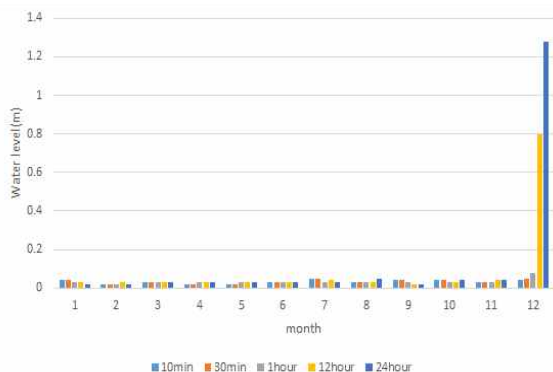


그림 7-21 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (차리 저수지, 2013)

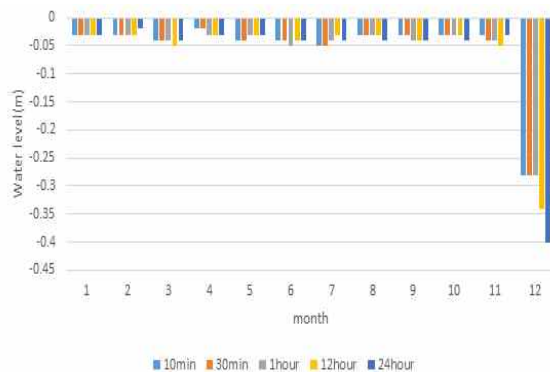


그림 7-22 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (차리 저수지, 2013)

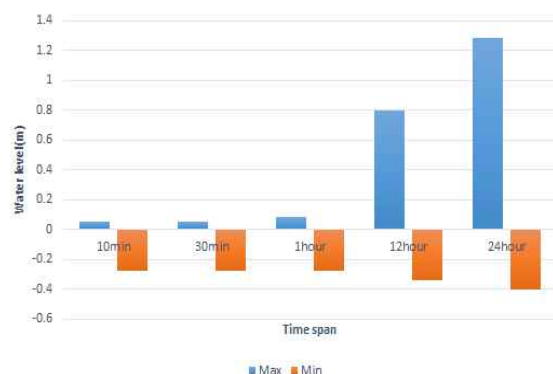


그림 7-23 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치 (차리 저수지, 2013)



그림 7-24 분산 및 첨예도 산정 결과 (차리 저수지, 2013)

표 7-21 월별 수위 상승 최대 변위값 (차리지수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02
2월	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
3월	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
4월	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
5월	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
6월	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
7월	0.05	0.05	0.03	0.04	0.03
8월	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05
9월	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02
10월	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04
11월	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
12월	0.04	0.05	0.08	0.8	1.28

표 7-22 월별 수위 하강 최대 변위값 (차리지수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
2월	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02
3월	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04
4월	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03
5월	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03	-0.03
6월	-0.04	-0.04	-0.05	-0.04	-0.04
7월	-0.05	-0.05	-0.04	-0.03	-0.04
8월	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04
9월	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04
10월	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04
11월	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	-0.03
12월	-0.28	-0.28	-0.28	-0.34	-0.4

표 7-23 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (차리지수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
max	0.05	0.05	0.08	0.8	1.28
min	-0.28	-0.28	-0.28	-0.34	-0.4

표 7-24 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (차리지수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
variance	0.0002	0.00022	0.0004	0.001	0.004
kurtosis	1011.539	464.828	574.209	892.103	803.912

사. 동해 저수지

동해 저수지의 경우 월별 저수지 수위 상승 및 하강시의 최대 수위 변위값을 분석한 결과 관측 간격이 10분의 경우 각각 11월에 4.87m, 12월에 -4.87m, 30분의 경우 각각 11월에 4.83m, 11월에 -4.86m, 1시간의 경우 각각 11월에 4.75m, 11월에 -4.86m, 12시간의 경우 11월에 4.86m, -4.96m, 24시간의 경우 11월에 4.87m, -4.88m로 나타났으며 동해 저수지의 경우 대부분 11월에 공통적인 수위 상승 및 하강 최대 변위량이 관측됨으로써 이 시기에 저수지의 방류 기록을 살펴볼 필요성을 제기된다. 또한 동해 저수지의 경우 그림 27에서 보는 바와 같이 관측 범위가 형성되며 2013년 연간 수위 자료에 대해 관측 간격이 10분일 경우 -4.87m~4.83m, 30분일 경우 -4.86m~4.83m, 1시간일 경우 -4.86m~4.75m, 12시간일 경우 -4.96m~4.86m, 24시간일 경우 -4.88m~4.87m로 나타나 각 관측 간격 모두 비슷한 수준의 관측 범위를 갖는 것으로 나타났다. 분산은 관측 간격이 커질수록 점진적으로 증가하는 것으로 나타났으며 첨예도는 관측간격이 10분일 경우 가장 높은 것으로 나타나 본 저수지의 경우 분산과 첨예도를 함께 고려했을 때 분산이 낮고 가장 높은 첨예도를 갖는 10분 단위의 관측 간격을 선정하는 것이 유리하다고 판단된다.

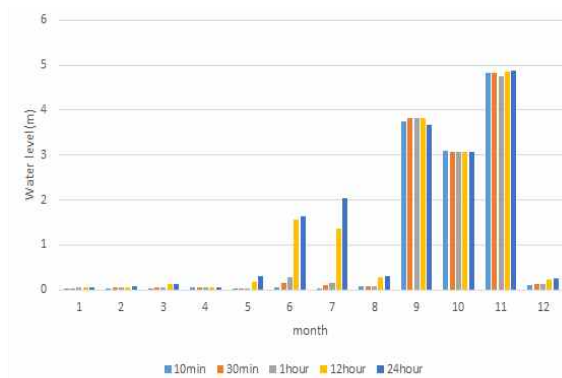


그림 7-25 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (동해 저수지, 2013)

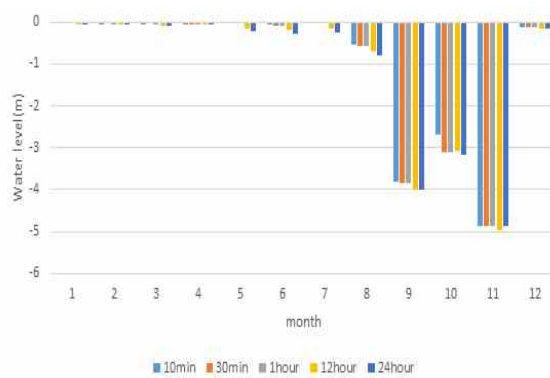


그림 7-26 월별 저수지 수위 하강 변위 최대 관측치 (동해 저수지, 2013)

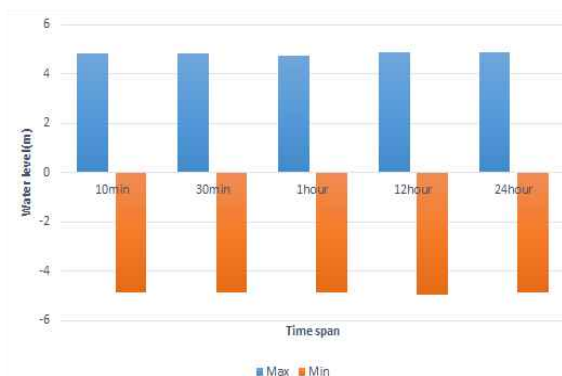


그림 7-27 저수지 수위 상·하강 최대 변위 관측치 (동해 저수지, 2013)



그림 7-28 분산 및 첨예도 산정 결과 (동해 저수지, 2013)

표 7-25 월별 수위 상승 최대 변위값 (동해저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	0.040	0.040	0.050	0.060	0.070
2월	0.030	0.050	0.050	0.050	0.080
3월	0.040	0.050	0.050	0.140	0.140
4월	0.050	0.060	0.070	0.050	0.070
5월	0.030	0.030	0.030	0.180	0.310
6월	0.060	0.160	0.290	1.570	1.650
7월	0.040	0.100	0.170	1.350	2.040
8월	0.080	0.080	0.080	0.290	0.320
9월	3.750	3.830	3.830	3.810	3.660
10월	3.100	3.080	3.080	3.070	3.060
11월	4.830	4.830	4.750	4.860	4.870
12월	0.120	0.140	0.140	0.230	0.250

표 7-26 월별 수위 하강 최대 변위값 (동해저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	-0.030	-0.030	-0.040	-0.050	-0.050
2월	-0.050	-0.040	-0.060	-0.050	-0.050
3월	-0.060	-0.040	-0.050	-0.090	-0.090
4월	-0.050	-0.060	-0.060	-0.050	-0.050
5월	-0.040	-0.030	-0.040	-0.140	-0.230
6월	-0.070	-0.090	-0.100	-0.200	-0.280
7월	-0.030	-0.040	-0.040	-0.140	-0.240
8월	-0.550	-0.570	-0.580	-0.690	-0.800
9월	-3.820	-3.840	-3.840	-3.990	-4.010
10월	-2.700	-3.120	-3.100	-3.060	-3.160
11월	-4.870	-4.860	-4.860	-4.960	-4.880
12월	-0.130	-0.130	-0.130	-0.150	-0.150

표 7-27 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (동해저수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
max	4.830	4.830	4.750	4.860	4.870
min	-4.870	-4.860	-4.860	-4.960	-4.880

표 7-28 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (동해저수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
variance	0.003	0.003	0.003	0.015	0.039
kurtosis	18946.255	16933.142	15395.222	837.393	223.483

아. 동부 저수지

동부 저수지의 경우 월별 저수지 수위 상승 및 하강시의 최대 수위 변위값을 분석한 결과 관측 간격이 10분의 경우 각각 6월에 $0.69m$, 5월에 $-0.44m$, 30분의 경 각각 6월에 $0.68m$, 5월에 $-0.44m$, 1시간의 경우 각각 5월에 $0.82m$, 5월에 $-0.44m$, 12시간의 경우 5월에 $3.43m$, $-0.53m$, 24시간의 경우 5월에 $3.44m$, $-0.61m$ 로 나타났으며 동해 저수지의 경우 대부분 5월에 공통적인 수위 상승 및 하강 최대 변위량이 관측됨으로써 이 시기가 이양 용수를 공급하는 시기임을 감안하여 이해할 수 있다. 또한 동부 저수지의 경우 그림 31에서 보는 바와 같이 관측 범위가 형성되며 2013년 연간 수위 자료에 대해 관측 간격이 10분일 경우 $-0.44m \sim 0.69m$, 30분일 경우 $-0.44m \sim 0.68m$, 1시간일 경우 $-0.44m \sim 0.82m$, 12시간일 경우 $-0.53m \sim 3.43m$, 24시간일 경우 $-0.61m \sim 3.44m$ 로 나타나 관측 간격을 12시간 또는 24시간으로 선정할 경우 넓은 관측 범위를 갖는 것으로 나타났다. 분산은 관측 간격이 커질수록 점진적으로 증가하는 것으로 나타났으며 첨예도는 관측간격이 10분일 경우 가장 높은 것으로 나타나 본 저수지의 경우 분산과 첨예도를 함께 고려했을 때 분산이 낮고 가장 높은 첨예도를 갖는 10분 단위의 관측 간격을 선정하는 것이 유리하다고 판단된다.

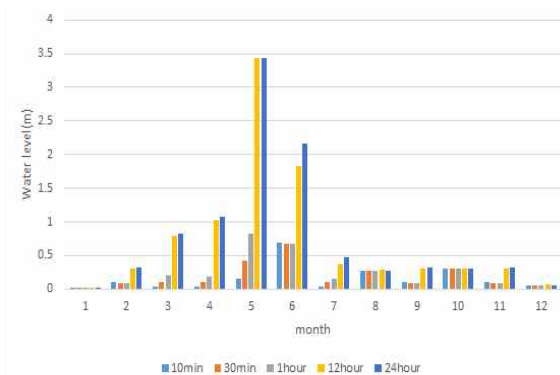


그림 7-29 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (동부 저수지, 2013)

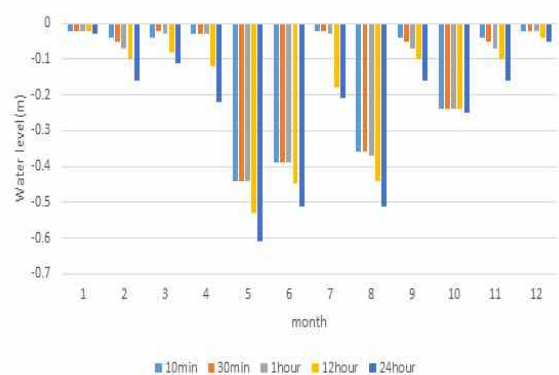


그림 7-30 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (동부 저수지, 2013)

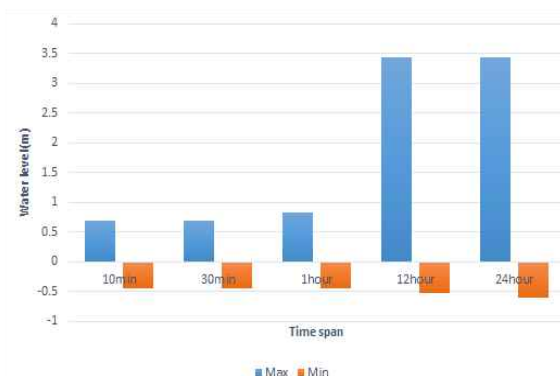


그림 7-31 월별 저수지 수위 상승 변위 최대 관측치 (동부 저수지, 2013)



그림 7-32 분산 및 첨예도 산정 결과 (동부 저수지, 2013)

표 7-29 월별 수위 상승 최대 변위값 (동부저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	0.020	0.020	0.020	0.020	0.030
2월	0.100	0.090	0.090	0.300	0.320
3월	0.040	0.110	0.210	0.790	0.820
4월	0.040	0.100	0.190	1.020	1.080
5월	0.150	0.420	0.820	3.430	3.440
6월	0.690	0.680	0.680	1.820	2.170
7월	0.040	0.100	0.160	0.370	0.480
8월	0.280	0.280	0.280	0.290	0.270
9월	0.100	0.090	0.090	0.300	0.320
10월	0.300	0.300	0.300	0.310	0.310
11월	0.100	0.090	0.090	0.300	0.320
12월	0.060	0.060	0.060	0.070	0.060

표 7-30 월별 수위 하강 최대 변위값 (동부저수지, 2013)

날짜	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
1월	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	-0.030
2월	-0.040	-0.050	-0.070	-0.100	-0.160
3월	-0.040	-0.020	-0.030	-0.080	-0.110
4월	-0.030	-0.030	-0.030	-0.120	-0.220
5월	-0.440	-0.440	-0.440	-0.530	-0.610
6월	-0.390	-0.390	-0.390	-0.450	-0.510
7월	-0.020	-0.020	-0.030	-0.180	-0.210
8월	-0.360	-0.360	-0.370	-0.440	-0.510
9월	-0.040	-0.050	-0.070	-0.100	-0.160
10월	-0.240	-0.240	-0.240	-0.240	-0.250
11월	-0.040	-0.050	-0.070	-0.100	-0.160
12월	-0.020	-0.020	-0.020	-0.040	-0.050

표 7-31 연간 최대 수위 상승 및 하강 변위값 (동부저수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
max	0.690	0.680	0.820	3.430	3.440
min	-0.440	-0.440	-0.440	-0.530	-0.610

표 7-32 연간 수위자료 변위 및 첨예도 (동부저수지, 2013)

항목	Time Span				
	10min	30min	1hour	12hour	24hour
variance	0.0004	0.0012	0.012	0.021	0.047
kurtosis	9633.462	2685.532	2392.212	1042.640	490.089

제 8절 시계열 수위 변화율 산정을 위한 분석 기술 개발

1. 시계열 수위자료 특성 분석

수문 현상은 관측 장비의 이상 거동, 관측 기기 주변 환경의 변화, 송신상의 오류 등의 기계적 오차에서부터 바람, 온도차, 수문현상의 불확실성 등의 자연적 현상까지 여러 변수를 내포하며 그 범위 또한 매우 넓기 때문에 관측값을 정확히 처리하는 것이 쉽지 않다. 하지만 본 연구의 목적인 수위의 이상거동을 파악하기 위해서는 관측값을 정확히 처리 및 보정하여 수위의 거동을 파악하는 것이 필수적이다.

본 연구에서는 1차 년도에 이를 기반으로 이루어진 국토교통부 한강홍수통제소(2014)의 수문자료 품질관리 업무 가이드라인을 참고하여 수위자료의 전처리 과정을 진행하였으며 수위자료는 한국농어촌공사에서 협약에 의해 제공된 2010년부터 2014년까지의 수위 자료를 사용하였다.

가. 대상 저수지 수위자료 기본 특성분석 및 자료구축

대상 저수지는 전국 단위 지역별로 뚝 높이기 사업이 완료된 곳을 한 곳씩 선정하였으며 선정된 저수지의 2013년 1월 1일부터 2013년 12월 31일까지의 10분마다 측정된 수위 관측 자료를 보정한 후에 통계적 특성치 분석을 실시하였다. 대상 저수지는 경기도 지역의 마장 저수지, 충청남도 지역의 옥계 저수지, 강원도 지역의 대룡 저수지, 충청북도 지역의 백마 저수지, 경상북도 지역의 고경 저수지, 전라북도 지역의 왕궁 저수지, 울산 지역의 차리 저수지, 전라남도 지역의 동해 저수지, 경상남도 지역의 동부 저수지로 선정되었다.

통계적 분석은 보정된 앞서 언급한 Q.C(Quality Control)과정을 통해 보정된 10분 단위 2013년 수위자료를 기반으로 이루어졌으며 수위 자료에 대하여 시간 간격별 차분 방식을 이용하였다. 10분 단위 자료에 대해 차분 방식을 도입하고 10분, 30분, 60분, 12시간, 24시간의 5가지 관측 간격(Detect interval)에 대해 차분 자료를 누적시킴으로써 해당 시간간격 동안의 수위 데이터의 변위를 파악할 수 있으며 각 관측 간격에 따라 파악할 수 있는 수위 상승과 하강시의 변위의 최대값을 관측할 수 있다. 수위의 상승 및 하강시 변위의 최대값은 월별로 분석하였으며 이는 관측 간격에 따른 최대 관측 변위량을 월별로 파악함으로써 해당 월의 최대 관측 가능한 저수지 수위의 상승 또는 하강시 변화를 알 수 있다. 또한, 연간 발생하는 최대 변위를 관측 간격별로 제시함으로써 관측 간격에 따라 해당 저수지의 수위 관측 범위(Detect range)를 제시하였고 이

는 임의 저수지의 수위 변화를 관찰함에 있어 어떠한 관측 간격으로 10분 단위 차분 데이터를 분석해야 하는지에 대한 정보를 제공한다. 한편, 10분 단위 차분 자료를 관측 간격별로 누적시킨 누적 차분 자료(Accumulated differential data)에 대한 평균, 분산, 표준편차를 구하고 이를 표준 정규화 시킴으로써 계절적 변동 특성(Seasonality)과 경향성(Trend)을 제거한 자료에 대하여 첨예도(Kurtosis)를 분석하였다. 즉, 임의 누적 차분 자료에 대하여 크기만을 고려했을 때 자료의 밀집도를 분석하고자 하였으며 첨예도가 클수록 표준정규화된 수위 자료가 밀집되어 있는 것이라고 할 수 있으므로 이상치 판독을 위한 정상 범위(normal band)를 좁게 설정할 수 있다. 이는 분산값을 해석하는 방식과 맥을 같이 하며 분산의 경우 역시 분산이 클수록 수위 자료가 다양한 값의 분포를 가지므로 이상치 판독을 위한 정상 범위를 넓게 선정해야 하는 단점이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 각 저수지의 분산과 첨예도를 함께 도시하였으며 이를 통해 각 저수지별 수위 변화 관측을 위한 최적의 관측 간격을 파악하고자 하였다. 또한 수위별 최대 허용 강하/상승량을 결정짓기 위해 모든 대상저수지별 내용적표를 정리하여 다음과 같이 첨부하였다.

표 8-1 강청저수지(주수원공) (출처 : 기존자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
68.00	-	2,662	1,331	-	83,810	-2.05%	
68.50	0.50	5,058	3,860	1,930	85,740	-1.23%	
69.00	0.50	6,443	5,751	2,876	88,616	0.00%	사수위
69.50	0.50	8,043	7,243	3,622	92,238	1.55%	
70.00	0.50	9,632	8,838	4,419	96,657	3.43%	
70.50	0.50	12,039	10,836	5,418	102,075	5.74%	
71.00	0.50	14,446	13,243	6,622	108,697	8.57%	
71.50	0.50	16,593	15,520	7,760	116,457	11.88%	
72.00	0.50	18,740	17,667	8,834	125,291	15.65%	
72.50	0.50	20,776	19,758	9,879	135,170	19.86%	
73.00	0.50	22,812	21,794	10,897	146,067	24.51%	
73.50	0.50	24,849	23,831	11,916	157,983	29.59%	
74.00	0.50	28,885	26,867	13,434	171,417	35.33%	
74.50	0.50	30,220	29,553	14,777	186,194	41.63%	
75.00	0.50	35,416	32,818	16,409	202,603	48.63%	
75.50	0.50	37,754	36,585	18,293	220,896	56.44%	
76.00	0.50	38,092	37,923	18,962	239,858	64.53%	
76.50	0.50	39,696	38,894	19,447	259,305	72.82%	
77.00	0.50	41,300	40,498	20,249	279,554	81.46%	
77.50	0.50	43,700	42,500	21,250	300,804	90.53%	
78.00	0.50	45,100	44,400	22,200	323,004	100.00%	만수위
79.75	1.75	45,100	45,100	78,925	401,929	133.67%	홍수위

표 8-2 고경저수지(주수원공) (출처 : '02년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
152.45	-	-	-	-	-	0.00%	사수위
153.00	0.55	5,612	2,806	2,912	2,912	0.22%	
153.50	0.50	12,481	9,046	2,125	5,037	0.37%	
154.00	0.50	19,350	15,915	6,283	11,320	0.84%	
154.50	0.50	27,611	23,480	11,006	22,326	1.66%	
155.00	0.50	35,872	31,741	16,295	38,621	2.87%	
155.50	0.50	50,078	42,975	22,147	60,768	4.52%	
156.00	0.50	64,284	57,181	28,566	89,334	6.64%	
156.50	0.50	77,486	70,885	35,549	124,883	9.28%	
157.00	0.50	90,689	84,088	43,097	167,980	12.48%	
157.50	0.50	106,566	98,627	51,210	219,190	16.29%	
158.00	0.50	122,443	114,504	59,887	279,077	20.74%	
158.50	0.50	139,119	130,781	69,130	348,207	25.88%	
159.00	0.50	155,796	147,458	78,938	427,145	31.75%	
159.50	0.50	197,705	176,751	89,310	516,455	38.38%	
160.00	0.50	239,615	218,660	100,248	616,703	45.83%	
160.50	0.50	255,719	247,667	111,749	728,452	54.14%	
161.00	0.50	271,824	263,772	123,818	852,270	63.34%	
161.50	0.50	279,842	275,833	136,449	988,719	73.48%	
162.00	0.50	287,860	283,851	149,646	1,138,365	84.60%	
162.50	0.50	294,620	291,240	163,408	1,301,773	96.75%	
162.67	0.17	314,500	304,560	43,773	1,345,546	100.00%	만수위
163.00	0.33	327,457	320,979	105,923	1,451,469	107.87%	
163.50	0.50	340,949	334,203	167,102	1,618,571	120.29%	
164.00	0.50	354,996	347,972	173,986	1,792,557	133.22%	홍수위

표 8-3 고잔저수지(주수원공)

(출처 : '02년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
18.50	-	-	-	-	-	0.00%	바닥고
20.48	1.98	6,817	3,409	-	-	0.00%	사수위
21.00	0.52	103,113	54,965	44,802	44,802	23.32%	
21.50	0.50	112,400	107,757	54,332	99,134	51.61%	
22.00	0.50	117,150	114,775	57,387	156,521	81.48%	
22.30	0.30	120,000	118,575	35,573	192,094	100.00%	만수위
23.30	1.00	120,000	120,000	120,000	312,094	162.47%	홍수위

표 8-4 공산저수지(주수원공) (출처 : 기존자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
1.50	-	2	1	-	-	0.00%	사수위
2.00	0.50	136,404	68,203	34,102	34,102	1.54%	
2.50	0.50	156,945	146,675	73,338	107,440	4.86%	
3.00	0.50	160,953	158,949	79,475	186,915	8.46%	
3.50	0.50	202,846	181,900	90,950	277,865	12.57%	
4.00	0.50	314,768	258,807	129,404	407,269	18.43%	
4.50	0.50	392,826	353,797	176,899	584,168	26.43%	
5.00	0.50	490,774	441,800	220,900	805,068	36.43%	
5.50	0.50	589,479	540,126	270,063	1,075,131	48.65%	
6.00	0.50	689,886	639,682	319,841	1,394,972	63.12%	
6.50	0.50	753,684	721,785	360,893	1,755,865	79.45%	
7.00	0.50	854,180	803,932	401,966	2,157,831	97.64%	
7.06	0.06	884,811	869,496	52,170	2,210,001	100.00%	만수위
7.50	0.44	938,410	911,610	401,108	2,611,109	118.15%	홍수위

표 8-5 단석저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
126.00	-	1,440	720	-	260	0.00%	사수위
126.50	0.50	2,922	2,181	643	902	0.50%	
127.00	0.50	4,405	3,663	643	1,545	1.00%	
127.50	0.50	13,295	8,850	7,450	8,995	6.81%	
128.00	0.50	22,186	17,741	7,450	16,445	12.62%	
128.50	0.50	24,790	23,488	12,497	28,942	22.37%	
129.00	0.50	27,393	26,091	12,497	41,439	32.11%	
129.50	0.50	29,055	28,224	14,553	55,991	43.46%	
130.00	0.50	30,717	29,886	14,553	70,544	54.81%	
130.50	0.50	32,246	31,481	16,127	86,671	67.39%	
131.00	0.50	33,775	33,010	16,127	102,797	79.97%	
131.50	0.50	35,402	34,588	18,349	121,146	94.28%	
131.74	0.24	36,053	35,728	7,339	128,485	100.00%	만수위
133.20	1.46	36,054	36,054	52,639	181,124	141.05%	홍수위

표 8-6 대룡저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
165.00	—	300	150	—	—	0.00%	사수위
165.50	0.50	1,000	650	325	325	0.02%	
166.00	0.50	7,800	4,400	2,200	2,525	0.16%	
166.50	0.50	13,900	10,850	5,425	7,950	0.49%	
167.00	0.50	19,200	16,550	8,275	16,225	1.01%	
167.50	0.50	27,100	23,150	11,575	27,800	1.73%	
168.00	0.50	33,800	30,450	15,225	43,025	2.67%	
168.50	0.50	41,800	37,800	18,900	61,925	3.85%	
169.00	0.50	48,200	45,000	22,500	84,425	5.25%	
169.50	0.50	54,200	51,200	25,600	110,025	6.84%	
170.00	0.50	61,100	57,650	28,825	138,850	8.63%	
170.50	0.50	69,200	65,150	32,575	171,425	10.66%	
171.00	0.50	76,300	72,750	36,375	213,600	13.28%	
171.50	0.50	84,700	80,500	40,250	258,900	16.09%	
172.00	0.50	96,100	90,400	45,200	308,200	19.16%	
172.50	0.50	112,300	104,200	52,100	361,700	22.48%	
173.00	0.50	126,800	119,550	59,775	419,300	26.06%	
173.50	0.50	136,800	131,800	65,900	480,800	29.89%	
174.00	0.50	144,400	140,600	70,300	546,300	33.96%	
174.50	0.50	152,400	148,400	74,200	615,700	38.27%	
175.00	0.50	158,300	155,350	77,675	688,900	42.82%	
175.50	0.50	163,300	160,800	80,400	766,000	47.62%	
176.00	0.50	168,100	165,700	82,850	846,700	52.63%	
176.50	0.50	173,100	170,600	85,300	931,200	57.89%	
177.00	0.50	177,800	175,450	87,725	1,019,300	63.36%	
177.50	0.50	182,800	180,300	90,150	1,109,450	68.97%	
178.00	0.50	188,000	185,400	92,700	1,202,150	74.73%	
178.50	0.50	192,900	190,450	95,225	1,297,375	80.65%	
179.00	0.50	198,400	195,650	97,825	1,395,200	86.73%	
179.50	0.50	203,200	200,800	100,400	1,495,600	92.97%	
180.00	0.50	208,400	205,800	102,900	1,608,675	100.00%	만수위
181.20	1.20	250,000	229,200	275,040	1,883,715	117.10%	홍수위

표 8-7 대평저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
78.50	—	4,616	2,308	—	512	0.00%	사수위
79.00	0.50	10,043	7,330	4,612	5,123	0.72%	
79.50	0.50	14,812	12,428	2,371	7,494	1.09%	
80.00	0.50	19,580	17,196	6,864	14,358	2.16%	
80.50	0.50	25,922	22,751	11,308	25,666	3.93%	
81.00	0.50	32,265	29,094	15,704	41,370	6.38%	
81.50	0.50	39,230	35,747	20,050	61,420	9.51%	
82.00	0.50	46,195	42,713	24,348	85,768	13.31%	
82.50	0.50	54,107	50,151	28,597	114,365	17.77%	
83.00	0.50	62,019	58,063	32,797	147,163	22.89%	
83.50	0.50	78,766	70,392	36,949	184,111	28.66%	
84.00	0.50	95,513	87,139	41,051	225,162	35.07%	
84.50	0.50	101,804	98,658	45,105	270,267	42.11%	
85.00	0.50	108,095	104,950	49,109	319,376	49.78%	
85.50	0.50	111,949	110,022	53,065	372,442	58.06%	
86.00	0.50	115,802	113,875	56,972	429,414	66.96%	
86.50	0.50	119,687	117,745	60,831	490,245	76.45%	
87.00	0.50	123,573	121,630	64,640	554,885	86.54%	
87.50	0.50	128,340	125,956	68,401	623,286	97.22%	
87.69	0.19	129,293	128,816	17,806	641,092	100.00%	만수위
89.20	1.51	129,293	129,293	195,232	836,324	130.48%	홍수위

표 8-8 덕촌저수지(보조수원공) (출처 : '02년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
-3.00	—	—	—	—	—	-9.76%	바닥고
-2.50	0.50	9,234	4,617	2,309	2,309	-9.61%	
-2.00	0.50	18,468	13,851	6,926	9,235	-9.16%	
-1.50	0.50	141,947	80,207	40,104	49,339	-6.57%	
-1.00	0.50	265,425	203,686	101,843	151,182	0.00%	사수위
-0.50	0.50	290,244	277,835	138,918	290,100	8.97%	
0.00	0.50	315,063	302,654	151,327	441,427	18.73%	
0.50	0.50	320,595	317,829	158,915	600,342	28.99%	
1.00	0.50	326,126	323,360	161,680	762,022	39.42%	
1.50	0.50	329,445	327,786	163,893	925,915	50.00%	
2.00	0.50	332,764	331,105	165,553	1,091,468	60.68%	
2.50	0.50	335,973	334,369	167,185	1,258,653	71.47%	
3.00	0.50	339,182	337,578	168,789	1,427,442	82.37%	
3.50	0.50	342,603	340,892	170,446	1,597,888	93.37%	
3.70	0.20	343,971	343,287	102,794	1,700,682	100.00%	만수위
4.30	0.60	348,076	346,023	207,614	1,908,296	113.40%	홍수위

표 8-9 도척저수지(주수원공) (출처 : '01년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
183.80	—	3,800	1,900	—	—	0.00%	사수위
184.30	0.50	8,200	6,000	3,000	3,000	0.43%	
184.80	0.50	11,500	9,850	4,900	7,900	1.13%	
185.30	0.50	14,800	13,150	6,600	14,500	2.07%	
185.80	0.50	18,300	16,550	8,300	22,800	3.25%	
186.30	0.50	22,100	20,200	10,100	32,900	4.70%	
186.80	0.50	26,000	24,050	12,000	44,900	6.41%	
187.30	0.50	30,500	28,250	14,100	59,000	8.42%	
187.80	0.50	36,800	33,650	16,900	75,900	10.83%	
188.30	0.50	42,200	39,500	19,700	95,600	13.65%	
188.80	0.50	48,500	45,350	22,700	118,300	16.89%	
189.30	0.50	54,500	51,500	25,700	144,000	20.55%	
189.80	0.50	61,900	58,200	29,100	173,100	24.71%	
190.30	0.50	69,200	65,550	32,800	205,900	29.39%	
190.80	0.50	74,700	71,950	36,000	241,900	34.53%	
191.30	0.50	81,000	77,850	38,900	280,800	40.08%	
191.80	0.50	91,100	86,050	43,000	323,800	46.22%	
192.30	0.50	102,900	97,000	48,500	372,300	53.14%	
192.80	0.50	111,900	107,400	53,700	426,000	60.81%	
193.30	0.50	118,100	115,000	57,500	483,500	69.01%	
193.80	0.50	123,400	120,750	60,400	543,900	77.63%	
194.30	0.50	129,200	126,300	63,200	607,100	86.65%	
194.80	0.50	135,300	132,250	66,100	673,200	96.09%	
195.00	0.20	138,500	136,900	27,400	700,600	100.00%	만수위
196.50	1.50	138,500	138,500	207,750	908,350	129.65%	홍수위

표 8-10 동부저수지(주수원공) (출처 : '04년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
21.99	-	-	-	-	-	0.00%	사수위
22.00	0.01	1,697	848	8	8	0.00%	
22.50	0.50	3,582	2,639	1,320	1,328	0.15%	
23.00	0.50	5,466	4,524	2,262	3,590	0.40%	
23.50	0.50	12,069	8,768	4,384	7,974	0.89%	
24.00	0.50	18,671	15,370	7,685	15,659	1.76%	
24.50	0.50	32,035	25,353	12,677	28,336	3.18%	
25.00	0.50	45,399	38,717	19,359	47,695	5.35%	
25.50	0.50	54,020	49,710	25,144	72,839	8.17%	
26.00	0.50	62,641	58,331	33,047	105,886	11.87%	
26.50	0.50	77,392	70,017	39,011	144,897	16.25%	
27.00	0.50	92,143	84,768	44,995	189,892	21.29%	
27.50	0.50	114,412	103,278	51,002	240,894	27.01%	
28.00	0.50	136,680	125,546	57,028	297,922	33.40%	
28.50	0.50	143,592	140,136	63,076	360,998	40.48%	
29.00	0.50	150,504	147,048	69,145	430,143	48.23%	
29.50	0.50	157,978	154,241	75,233	505,376	56.66%	
30.00	0.50	165,453	161,715	81,345	586,721	65.78%	
30.50	0.50	173,660	169,556	87,475	674,196	75.59%	
31.00	0.50	181,868	177,764	93,627	767,823	86.09%	
31.50	0.50	193,552	187,710	99,801	867,624	97.28%	
31.65	0.15	197,041	195,296	24,277	891,901	100.00%	만수위
32.65	1.00	198,716	197,879	197,879	1,089,780	122.19%	홍수위

표 8-11 동해저수지(주수원공) (출처 : 자료없음)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
65.00	—	1,300	650	—	—	-1.51%	바닥고
66.00	1.0	2,400	1,850	1,850	1,850	-1.40%	
67.00	1.0	3,500	2,950	2,950	4,800	-1.21%	
68.00	1.0	4,600	4,050	4,050	8,850	-0.95%	
69.00	1.0	5,700	5,150	5,150	14,000	-0.61%	
70.00	1.0	13,100	9,400	9,400	23,400	0.00%	사수위
71.00	1.0	31,300	22,200	22,200	45,600	1.46%	
72.00	1.0	35,400	33,350	33,350	78,950	3.65%	
73.00	1.0	39,500	37,450	37,450	116,400	6.11%	
74.00	1.0	43,600	41,550	41,550	157,950	8.84%	
75.00	1.0	47,700	45,650	45,650	203,600	11.84%	
76.00	1.0	51,600	49,650	49,650	253,250	15.10%	
77.00	1.0	55,500	53,550	53,550	306,800	18.62%	
78.00	1.0	59,300	57,400	57,400	364,200	22.39%	
79.00	1.0	63,200	61,250	61,250	425,450	26.41%	
80.00	1.0	67,000	65,100	65,100	490,550	30.69%	
81.00	1.0	69,400	68,200	68,200	558,750	35.17%	
82.00	1.0	71,800	70,600	70,600	629,350	39.81%	
83.00	1.0	74,300	73,050	73,050	702,400	44.60%	
84.00	1.0	76,700	75,500	75,500	777,900	49.56%	
85.00	1.0	79,100	77,900	77,900	855,800	54.68%	
86.00	1.0	81,200	80,150	80,150	935,950	59.95%	
87.00	1.0	83,300	82,250	82,250	1,018,200	65.35%	
88.00	1.0	90,000	86,650	86,650	1,104,850	71.04%	
89.00	1.0	95,600	92,800	92,800	1,197,650	77.14%	
90.00	1.0	101,200	98,400	98,400	1,296,050	83.60%	
91.00	1.0	107,500	104,350	104,350	1,400,400	90.46%	
92.30	1.3	116,000	111,750	145,275	1,545,675	100.00%	만수위
93.00	0.7	116,000	116,000	81,200	1,626,875	105.33%	홍수위

표 8-12 마장저수지(주수원공) (출처 : 기존자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(m²)		내용적(m³)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
99.00	-	500	250	-	-	0.00%	사수위
100.00	1.00	1,750	1,125	1,125	1,125	0.05%	
101.00	1.00	4,000	2,875	2,875	4,000	0.17%	
102.00	1.00	6,050	5,025	5,025	9,025	0.38%	
103.00	1.00	9,150	7,600	7,600	16,625	0.70%	
104.00	1.00	14,900	12,025	12,025	28,650	1.20%	
105.00	1.00	20,450	17,675	17,675	46,325	1.94%	
106.00	1.00	28,550	24,500	24,500	70,825	2.97%	
107.00	1.00	39,700	34,125	34,125	104,950	4.40%	
108.00	1.00	48,850	44,275	44,275	149,225	6.26%	
109.00	1.00	58,300	53,575	53,575	202,800	8.50%	
110.00	1.00	68,050	63,175	63,175	265,975	11.15%	
111.00	1.00	77,350	72,700	72,700	338,675	14.20%	
112.00	1.00	89,050	83,200	83,200	421,875	17.69%	
113.00	1.00	102,000	95,525	95,525	517,400	21.69%	
114.00	1.00	114,200	108,100	108,100	625,500	26.23%	
115.00	1.00	124,350	119,275	119,275	744,775	31.23%	
116.00	1.00	134,500	129,425	129,425	874,200	36.66%	
117.00	1.00	146,900	140,700	140,700	1,014,900	42.55%	
118.00	1.00	159,200	153,050	153,050	1,167,950	48.97%	
119.00	1.00	169,700	164,450	164,450	1,332,400	55.87%	
120.00	1.00	183,600	176,650	176,650	1,509,050	63.27%	
121.00	1.00	200,900	192,250	192,250	1,701,300	71.34%	
122.00	1.00	217,750	209,325	209,325	1,910,625	80.11%	
123.00	1.00	237,200	227,475	227,475	2,138,100	89.65%	
124.00	1.00	256,450	246,825	246,825	2,384,925	100.00%	만수위
127.40	3.40	256,450	256,450	871,930	3,256,855	136.56%	홍수위

표 8-13 매주저수지(주수원공) (출처 : '04년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(m²)		내용적(m³)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
25.00	-	1,500	750	-	-	-8.61%	바닥고
25.50	0.50	15,400	8,450	4,225	6,725	-4.80%	
25.90	0.40	27,000	21,200	8,480	15,205	0.00%	사수위
26.00	0.10	29,900	28,450	2,845	18,050	1.61%	
26.50	0.50	47,000	38,450	19,225	37,275	12.50%	
27.00	0.50	52,900	49,950	24,975	62,250	26.64%	
27.50	0.50	59,700	56,300	28,150	90,400	42.59%	
28.00	0.50	69,000	64,350	32,175	122,575	60.81%	
28.50	0.50	78,100	73,550	36,775	159,350	81.64%	
28.90	0.40	84,000	81,050	32,420	191,770	100.00%	만수위
29.90	1.00	84,000	84,000	84,000	275,770	147.57%	홍수위

표 8-14 모점저수지(주수원공) (출처 : '02년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(m²)		내용적(m³)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
87.00	-	5,000	2,500	-	-	-1.44%	바닥고
88.00	1.00	11,800	8,400	8,400	8,400	-0.88%	
89.00	1.00	14,200	13,000	13,000	21,400	0.00%	사수위
90.00	1.00	16,000	15,100	15,100	34,406	0.88%	
91.00	1.00	24,910	20,455	20,455	51,348	2.02%	
92.00	1.00	40,190	32,550	32,550	82,120	4.09%	
93.00	1.00	51,500	45,845	45,845	128,411	7.21%	
94.00	1.00	66,700	59,100	59,100	191,910	11.49%	
95.00	1.00	82,550	74,625	74,625	274,307	17.04%	
96.00	1.00	103,100	92,825	92,825	377,291	23.97%	
97.00	1.00	144,140	123,620	123,620	502,552	32.41%	
98.00	1.00	187,110	165,625	165,625	651,778	42.46%	
99.00	1.00	190,200	188,655	188,655	826,660	54.24%	
100.00	1.00	219,100	204,650	204,650	1,028,886	67.86%	
101.00	1.00	231,000	225,050	225,050	1,260,146	83.44%	
102.00	1.00	242,000	236,500	236,500	1,506,000	100.00%	만수위
103.20	1.20	240,200	241,100	289,320	1,795,320	119.49%	홍수위

표 8-15 반곡저수지(주수원공) (출처 : '08년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(m²)		내용적(m³)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
3.00	0.00	6,479	3,240	-	-	-30.26%	바닥고
3.50	0.50	22,527	14,503	7,252	7,252	-20.52%	
4.00	0.50	38,575	30,551	15,276	22,528	0.00%	사수위
4.50	0.50	48,772	43,673	21,837	44,365	29.33%	
5.00	0.50	58,968	53,870	26,935	71,300	65.52%	
5.40	0.40	69,381	64,175	25,670	96,970	100.00%	만수위
6.40	1.00	70,605	69,993	69,993	166,963	194.02%	홍수위

표 8-16 백마저수지(주수원공) (출처 : '02년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
273.00	-		-	-	-	-1.34%	바닥고
274.00	1.00	5,000	2,500	2,500	2,500	-1.17%	
275.00	1.00	6,500	5,750	5,750	8,250	-0.79%	
276.20	1.20	13,084	9,792	11,750	20,000	0.00%	사수위
277.00	0.80	19,000	16,042	12,834	32,834	0.86%	
278.00	1.00	19,700	19,350	19,350	52,184	2.15%	
279.00	1.00	20,200	19,950	19,950	72,134	3.48%	
280.00	1.00	22,100	21,150	21,150	93,284	4.90%	
281.00	1.00	24,200	23,150	23,150	116,434	6.45%	
282.00	1.00	28,300	26,250	26,250	142,684	8.20%	
283.00	1.00	32,600	30,450	30,450	173,134	10.24%	
284.00	1.00	36,300	34,450	34,450	207,584	12.54%	
285.00	1.00	42,150	39,225	39,225	246,809	15.16%	
286.00	1.00	46,150	44,150	44,150	290,959	18.11%	
287.00	1.00	49,050	47,600	47,600	338,559	21.29%	
288.00	1.00	55,050	52,050	52,050	390,609	24.77%	
289.00	1.00	67,800	61,425	61,425	452,034	28.88%	
290.00	1.00	76,350	72,075	72,075	524,109	33.70%	
291.00	1.00	87,100	81,725	81,725	605,834	39.16%	
292.00	1.00	95,700	91,400	91,400	697,234	45.27%	
293.00	1.00	104,315	100,008	100,008	797,242	51.95%	
294.00	1.00	119,050	111,683	111,683	908,925	59.42%	
295.00	1.00	122,050	120,550	120,550	1,029,475	67.48%	
296.00	1.00	142,000	132,025	132,025	1,161,500	76.30%	
297.00	1.00	165,000	153,500	153,500	1,315,000	86.56%	
298.20	1.20	170,000	167,500	201,000	1,516,000	100.00%	만수위
299.20	1.00	170,000	170,000	170,000	1,686,000	111.36%	홍수위

표 8-17 산대저수지(주수원공) (출처 : '04년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
47.00	-	-	-	-	1,000	0.00%	사수위
47.50	0.50	500	250	125	1,125	0.05%	
48.00	0.50	1,400	950	475	1,600	0.24%	
48.50	0.50	2,600	2,000	1,000	2,600	0.65%	
49.00	0.50	8,300	5,450	2,725	5,325	1.77%	
49.50	0.50	14,000	11,150	5,575	10,900	4.04%	
50.00	0.50	19,300	16,650	8,325	19,225	7.44%	
50.50	0.50	22,800	21,050	10,525	29,750	11.73%	
51.00	0.50	25,500	24,150	12,075	41,825	16.66%	
51.50	0.50	28,100	26,800	13,400	55,225	22.13%	
52.00	0.50	30,400	29,250	14,625	69,850	28.10%	
52.50	0.50	32,600	31,500	15,750	85,600	34.53%	
53.00	0.50	34,900	33,750	16,875	102,475	41.42%	
53.50	0.50	37,200	36,050	18,025	120,500	48.77%	
54.00	0.50	39,900	38,550	19,275	139,775	56.64%	
54.50	0.50	42,600	41,250	20,625	160,400	65.06%	
55.00	0.50	45,100	43,850	21,925	182,325	74.01%	
55.50	0.50	47,900	46,500	23,250	205,575	83.50%	
56.00	0.50	50,700	49,300	24,650	230,225	93.56%	
56.30	0.30	54,500	52,600	15,780	246,005	100.00%	만수위
56.70	0.40	54,500	54,500	21,800	267,805	108.90%	홍수위

표 8-18 산묵저수지(주수원공) (출처 : '02년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
72.00	-		-	-		-2.19%	바닥고
72.50	0.50	1,560	780	390	390	-2.14%	
73.00	0.50	3,651	2,606	1,303	1,693	-1.95%	
73.50	0.50	3,820	3,736	1,868	3,561	-1.69%	
74.00	0.50	4,225	4,023	2,012	5,573	-1.41%	
74.50	0.50	4,521	4,373	2,187	7,760	-1.10%	
75.00	0.50	5,014	4,768	2,384	10,144	-0.77%	
75.50	0.50	5,614	5,314	2,657	12,801	-0.40%	
76.00	0.50	5,753	5,684	2,842	15,643	0.00%	사수위
76.50	0.50	9,936	7,845	3,923	19,566	0.55%	
77.00	0.50	10,728	10,332	5,166	24,732	1.27%	
77.50	0.50	12,074	11,401	5,701	30,433	2.07%	
78.00	0.50	13,420	12,747	6,374	36,807	2.96%	
78.50	0.50	15,660	14,540	7,270	44,077	3.98%	
79.00	0.50	17,899	16,780	8,390	52,467	5.15%	
79.50	0.50	19,145	18,522	9,261	61,728	6.45%	
80.00	0.50	20,390	19,768	9,884	71,612	7.83%	
80.50	0.50	25,135	22,763	11,382	82,994	9.43%	
81.00	0.50	29,690	27,413	13,707	96,701	11.35%	
81.50	0.50	32,112	30,901	15,451	112,152	13.51%	
82.00	0.50	34,344	33,228	16,614	128,766	15.83%	
82.50	0.50	37,413	35,879	17,940	146,706	18.35%	
83.00	0.50	40,608	39,011	19,506	166,212	21.08%	
83.50	0.50	43,315	41,962	20,981	187,193	24.01%	
84.00	0.50	46,022	44,669	22,335	209,528	27.14%	
84.50	0.50	53,505	49,764	24,882	234,410	30.62%	
85.00	0.50	60,987	57,246	28,623	263,033	34.63%	
85.50	0.50	62,690	61,839	30,920	293,953	38.96%	
86.00	0.50	64,392	63,541	31,771	325,724	43.40%	
86.50	0.50	67,084	65,738	32,869	358,593	48.00%	
87.00	0.50	69,775	68,430	34,215	392,808	52.79%	
87.50	0.50	77,237	73,506	36,753	429,561	57.94%	
88.00	0.50	78,698	77,968	38,984	468,545	63.39%	
88.50	0.50	80,323	79,511	39,756	508,301	68.96%	
89.00	0.50	85,947	83,135	41,568	549,869	74.78%	
89.50	0.50	88,027	86,987	43,494	593,363	80.86%	
90.00	0.50	90,108	89,068	44,534	637,897	87.10%	
90.50	0.50	92,672	91,390	45,695	683,592	93.49%	
91.00	0.50	93,236	92,954	46,477	730,069	100.00%	만수위
91.50	0.50	94,486	93,861	46,931	777,000	106.57%	
92.00	0.50	94,486	94,486	47,243	824,243	113.18%	홍수위

표 8-19 어은저수지(주수원공) (출처 : '02년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
88.50	—	1,100	550	—	—	0.00%	사수위
89.00	0.50	3,500	2,300	2,000	2,000	0.69%	
89.50	0.50	5,200	4,350	279	2,279	0.79%	
90.00	0.50	7,400	6,300	1,737	4,016	1.39%	
90.50	0.50	9,100	8,250	3,311	7,327	2.54%	
91.00	0.50	11,000	10,050	5,004	12,331	4.28%	
91.50	0.50	13,200	12,100	6,811	19,142	6.65%	
92.00	0.50	15,800	14,500	8,737	27,879	9.68%	
92.50	0.50	18,800	17,300	10,778	38,657	13.42%	
93.00	0.50	22,400	20,600	12,936	51,593	17.91%	
93.50	0.50	30,400	26,400	15,211	66,804	23.20%	
94.00	0.50	42,600	36,500	17,602	84,406	29.31%	
94.50	0.50	51,200	46,900	20,111	104,517	36.29%	
95.00	0.50	55,600	53,400	22,736	127,253	44.19%	
95.50	0.50	57,700	56,650	25,477	152,730	53.03%	
96.00	0.50	59,600	58,650	28,335	181,065	62.87%	
96.50	0.50	62,000	60,800	31,310	212,375	73.74%	
97.00	0.50	64,600	63,300	34,401	246,776	85.69%	
97.50	0.50	66,600	65,600	37,610	284,386	98.75%	
97.60	0.10	67,000	66,800	3,614	288,000	100.00%	만수위
98.60	1.00	69,200	68,100	67,800	355,800	123.54%	홍수위

표 8-20 오남저수지(주수원공) (출처 : '04년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
80.90	-	-	-	-	-	-11.29%	바닥고
81.00	0.10	28	14	1	1	-11.29%	
82.00	1.00	8,519	4,273	3,502	3,502	-11.15%	
83.00	1.00	23,523	16,021	14,922	18,425	-10.53%	
84.00	1.00	35,656	29,589	30,029	48,454	-9.30%	
85.00	1.00	48,480	42,068	41,873	90,326	-7.58%	
86.00	1.00	61,072	54,776	54,625	144,951	-5.34%	
87.00	1.00	71,836	66,454	66,831	211,782	-2.59%	
87.84	0.84	77,196	74,516	63,173	274,955	0.00%	사수위
89.00	1.16	84,384	80,790	93,229	368,184	3.83%	
90.00	1.00	92,642	88,513	88,333	456,517	7.46%	
91.00	1.00	100,972	96,807	96,903	553,420	11.44%	
92.00	1.00	111,072	106,022	106,423	659,843	15.81%	
93.00	1.00	119,753	115,412	115,571	775,414	20.55%	
94.00	1.00	127,156	123,454	123,531	898,945	25.63%	
95.00	1.00	134,396	130,776	130,690	1,029,635	30.99%	
96.00	1.00	144,071	139,233	139,269	1,168,904	36.71%	
97.00	1.00	153,654	148,862	148,707	1,317,611	42.82%	
98.00	1.00	163,204	158,429	158,404	1,476,015	49.32%	
99.00	1.00	172,615	167,910	167,845	1,643,860	56.22%	
100.00	1.00	182,827	177,721	177,697	1,821,558	63.51%	
101.00	1.00	192,619	187,723	187,823	2,009,380	71.23%	
102.00	1.00	203,197	197,908	197,586	2,206,967	79.34%	
103.00	1.00	214,854	209,026	208,744	2,415,711	87.91%	
104.00	1.00	227,080	220,967	220,899	2,636,609	96.99%	
104.32	0.32	231,815	229,448	73,409	2,710,018	100.00%	만수위
107.80	3.48	231,815	231,815	806,716	3,516,734	133.13%	홍수위

표 8-21 옥계저수지(주수원공) (출처 : '04년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
57.70	-		-	-		-1.23%	바닥고
58.00	0.30	1,890	945	283	283	-1.22%	
58.50	0.50	20,828	11,359	5,680	5,963	-1.03%	
59.00	0.50	31,885	26,357	13,179	37,000	0.00%	사수위
59.50	0.50	81,372	56,629	28,315	65,315	0.94%	
60.00	0.50	87,870	84,621	42,311	107,626	2.34%	
60.50	0.50	105,547	96,709	48,355	155,981	3.95%	
61.00	0.50	123,225	114,386	57,193	213,174	5.85%	
61.50	0.50	137,422	130,324	65,162	278,336	8.01%	
62.00	0.50	161,630	149,526	74,763	353,099	10.49%	
62.50	0.50	160,127	160,879	80,440	433,539	13.16%	
63.00	0.50	168,624	164,376	82,188	515,727	15.89%	
63.50	0.50	199,482	184,053	92,027	607,754	18.94%	
64.00	0.50	200,340	199,911	99,956	707,710	22.26%	
64.50	0.50	211,267	205,804	102,902	810,612	25.67%	
65.00	0.50	232,205	221,736	110,868	921,480	29.35%	
65.50	0.50	251,692	241,949	120,975	1,042,455	33.36%	
66.00	0.50	271,190	261,441	130,721	1,173,176	37.70%	
66.50	0.50	286,407	278,799	139,400	1,312,576	42.33%	
67.00	0.50	301,625	294,016	147,008	1,459,584	47.20%	
67.50	0.50	321,342	311,484	155,742	1,615,326	52.37%	
68.00	0.50	341,070	331,206	165,603	1,780,929	57.87%	
68.50	0.50	358,180	349,625	174,813	1,955,742	63.67%	
69.00	0.50	375,290	366,735	183,368	2,139,110	69.75%	
69.50	0.50	405,310	390,300	195,150	2,334,260	76.23%	
70.00	0.50	415,330	410,320	205,160	2,539,420	83.03%	
70.50	0.50	428,480	421,905	210,953	2,750,373	90.03%	
71.00	0.50	428,620	428,550	214,275	2,964,648	97.14%	
71.20	0.20	431,880	430,250	86,050	3,050,698	100.00%	만수위
71.70	0.50	440,880	436,380	218,190	3,268,888	107.24%	
72.40	0.70	440,880	440,880	308,616	3,577,504	117.48%	홍수위

표 8-22 왕궁저수지(주수원공) (출처 : '00년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
38.75	-	-	-	-	-	-0.83%	바닥고
42.80	4.05	7,910	3,955	16,018	16,018	0.00%	사수위
43.00	0.20	12,777	10,344	2,069	18,087	0.11%	
43.50	0.50	24,750	18,764	9,382	27,469	0.59%	
44.00	0.50	36,594	30,672	15,336	42,805	1.38%	
44.50	0.50	48,688	42,641	21,321	64,126	2.48%	
45.00	0.50	66,208	57,448	28,724	92,850	3.96%	
45.50	0.50	92,015	79,112	39,556	132,406	6.00%	
46.00	0.50	117,000	104,508	52,254	184,660	8.69%	
46.50	0.50	143,500	130,250	65,125	249,785	12.04%	
47.00	0.50	207,200	175,350	87,675	337,460	16.56%	
47.50	0.50	224,500	215,850	107,925	445,385	22.12%	
48.00	0.50	251,500	238,000	119,000	564,385	28.25%	
48.50	0.50	277,500	264,500	132,250	696,635	35.06%	
49.00	0.50	304,000	290,750	145,375	842,010	42.55%	
49.50	0.50	331,500	317,750	158,875	1,000,885	50.74%	
50.00	0.50	358,400	344,950	172,475	1,173,360	59.63%	
50.50	0.50	370,500	364,450	182,225	1,355,585	69.01%	
51.00	0.50	383,000	376,750	188,375	1,543,960	78.72%	
51.50	0.50	395,300	389,150	194,575	1,738,535	88.74%	
52.00	0.50	478,743	437,022	218,511	1,957,046	100.00%	만수위
52.20	0.20	480,000	479,372	95,874	2,052,920	104.94%	홍수위

표 8-23 왕송저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
33.50	-	15,295	7,648	-	1,944	0.00%	사수위
34.00	0.50	52,548	33,922	18,310	20,254	0.88%	
34.50	0.50	68,915	60,732	34,732	54,987	2.55%	
35.00	0.50	85,282	77,098	34,732	89,719	4.23%	
35.50	0.50	107,736	96,509	52,578	142,296	6.76%	
36.00	0.50	130,190	118,963	52,578	194,874	9.29%	
36.50	0.50	162,475	146,332	78,505	273,379	13.07%	
37.00	0.50	194,760	178,618	78,505	351,884	16.85%	
37.50	0.50	274,926	234,843	134,375	486,260	23.31%	
38.00	0.50	355,092	315,009	155,265	641,525	30.79%	
38.50	0.50	441,603	398,348	201,550	843,075	40.49%	
39.00	0.50	528,114	484,859	222,440	1,065,514	51.20%	
39.50	0.50	628,590	535,097	286,932	1,352,446	65.01%	
40.00	0.50	729,066	628,590	328,177	1,680,623	80.81%	
40.51	0.51	836,228	782,647	398,615	2,079,238	100.00%	만수위
41.01	0.50	920,121	878,175	445,212	2,524,450	121.43%	홍수위

표 8-24 용연저수지(주수원공) (출처 : '09년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
88.13	—	—	—	—	—	0.00%	사수위
88.50	0.37	2,800	1,400	518	518	0.03%	
89.00	0.50	14,600	8,700	4,350	4,868	0.27%	
89.50	0.50	28,600	21,600	10,800	15,668	0.87%	
90.00	0.50	42,400	35,500	17,750	33,418	1.86%	
90.50	0.50	62,400	52,400	26,200	59,618	3.32%	
91.00	0.50	84,100	73,250	36,625	96,243	5.36%	
91.50	0.50	106,100	95,100	47,550	143,793	8.01%	
92.00	0.50	134,500	120,300	60,150	203,943	11.36%	
92.50	0.50	163,200	148,850	74,425	278,368	15.50%	
93.00	0.50	198,800	181,000	90,500	368,868	20.54%	
93.50	0.50	233,800	216,300	108,150	477,018	26.56%	
94.00	0.50	261,200	247,500	123,750	617,326	34.37%	
94.50	0.50	343,500	302,350	151,175	760,063	42.32%	
95.00	0.50	372,400	357,950	178,975	920,401	51.25%	
95.50	0.50	393,300	382,850	191,425	1,099,055	61.19%	
96.00	0.50	407,100	400,200	200,100	1,296,743	72.20%	
96.50	0.50	417,700	412,400	206,200	1,514,182	84.31%	
97.00	0.50	428,000	422,850	211,425	1,752,087	97.55%	
97.13	0.13	432,900	430,450	55,958	1,796,026	100.00%	만수위
98.13	1.00	432,900	432,900	432,900	2,228,926	124.10%	홍수위

표 8-25 월산저수지(주수원공) (출처 : '02년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
100.00	—	1,900	950	—	—	0.00%	사수위
100.50	0.50	5,100	3,500	2,808	2,808	1.40%	
101.00	0.50	9,500	7,300	4,415	7,223	3.59%	
101.50	0.50	12,400	10,950	4,767	11,990	5.97%	
102.00	0.50	16,100	14,250	5,754	17,744	8.83%	
102.50	0.50	19,000	17,550	7,377	25,121	12.50%	
103.00	0.50	22,400	20,700	9,635	34,756	17.29%	
103.50	0.50	25,900	24,150	12,529	47,285	23.52%	
104.00	0.50	32,600	29,250	16,059	63,344	31.51%	
104.50	0.50	40,400	36,500	20,226	83,570	41.58%	
105.00	0.50	60,000	50,200	25,026	108,596	54.03%	
105.50	0.50	69,800	64,900	30,464	139,060	69.18%	
106.00	0.50	80,100	74,950	36,537	175,597	87.36%	
106.30	0.30	83,800	81,950	25,403	201,000	100.00%	만수위
107.30	1.00	109,200	96,500	97,100	298,100	148.31%	홍수위

표 8-26 인홍저수지(주수원공) (출처 : '01년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(m ²)		내용적(m ³)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
38.00	-	-	-	-	133,999	-8.20%	바닥고
39.00	1.00	2,528	1,264	1,264	135,263	-8.12%	
40.00	1.00	6,441	4,485	4,485	139,748	-7.83%	
41.00	1.00	11,261	8,851	8,851	148,599	-7.25%	
42.00	1.00	16,323	13,792	13,792	162,391	-6.36%	
43.00	1.00	21,386	18,855	18,855	181,246	-5.13%	
44.00	1.00	25,160	23,273	23,273	204,519	-3.62%	
45.00	1.00	27,948	26,554	26,554	231,073	-1.90%	
46.00	1.00	30,506	29,227	29,227	260,300	0.00%	사수위
47.00	1.00	31,065	30,786	30,786	291,086	2.00%	
48.00	1.00	33,940	32,503	32,503	323,589	4.11%	
49.00	1.00	34,998	34,469	34,469	358,058	6.35%	
50.00	1.00	39,827	37,413	37,413	395,471	8.77%	
51.00	1.00	42,230	41,029	41,029	436,500	11.44%	
52.00	1.00	45,817	44,024	44,024	480,524	14.30%	
53.00	1.00	51,187	48,502	48,502	529,026	17.44%	
54.00	1.00	55,460	53,324	53,324	582,350	20.91%	
55.00	1.00	61,392	58,426	58,426	640,776	24.70%	
56.00	1.00	68,152	64,772	64,772	705,548	28.90%	
57.00	1.00	75,912	72,032	72,032	777,580	33.58%	
58.00	1.00	81,557	78,735	78,735	856,315	38.69%	
59.00	1.00	89,246	85,402	85,402	941,717	44.23%	
60.00	1.00	95,662	92,454	92,454	1,034,171	50.24%	
61.00	1.00	101,767	98,715	98,715	1,132,886	56.64%	
62.00	1.00	129,762	115,764	115,764	1,248,650	64.16%	
63.00	1.00	137,455	133,609	133,609	1,382,259	72.83%	
64.00	1.00	145,270	141,362	141,362	1,523,621	82.01%	
65.00	1.00	153,760	149,515	149,515	1,673,136	91.71%	
65.80	0.80	165,402	159,581	127,665	1,800,801	100.00%	만수위
66.00	0.20	165,402	165,402	33,080	1,833,881	102.15%	
67.00	1.00	175,785	170,594	170,594	2,004,475	113.22%	홍수위

표 8-27 일월저수지(보조수원공) (출처 : 기존자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(m ²)		내용적(m ³)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
0.70	-	12,000	6,000	-	16,000	0.00%	사수위
1.00	0.30	45,600	28,800	8,640	24,640	2.89%	
1.50	0.50	88,500	67,050	33,525	58,165	14.10%	
2.00	0.50	98,600	93,550	46,775	104,940	29.75%	
2.50	0.50	110,060	104,330	52,165	157,105	47.19%	
3.00	0.50	138,200	124,130	62,065	219,170	67.95%	
3.50	0.50	174,500	156,350	78,175	297,345	94.10%	
3.60	0.10	178,600	176,550	17,655	315,000	100.00%	만수위
4.24	0.64	178,600	178,600	114,304	429,304	138.23%	홍수위

표 8-28 입남저수지(주수원공) (출처 : '04년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
23.20	-	-	-	-	-	0.00%	사수위
23.50	0.30	26,500	13,250	3,975	3,975	2.14%	
24.00	0.50	28,960	27,730	13,865	17,840	9.59%	
24.50	0.50	35,980	32,470	16,235	34,075	18.31%	
25.00	0.50	39,750	37,865	18,933	53,008	28.49%	
25.50	0.50	39,805	39,778	19,889	72,897	39.18%	
26.00	0.50	40,250	40,028	20,014	92,911	49.93%	
26.50	0.50	40,850	40,550	20,275	113,186	60.83%	
27.00	0.50	41,630	41,240	20,620	133,806	71.91%	
27.50	0.50	42,060	41,845	20,923	154,729	83.16%	
28.00	0.50	43,050	42,555	21,278	176,007	94.59%	
28.23	0.23	44,420	43,735	10,059	186,066	100.00%	만수위
29.35	1.12	56,000	50,210	56,235	242,301	130.22%	홍수위

표 8-29 지내저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
86.50	-	1,100	550	-	-	0.00%	사수위
87.00	0.50	9,300	5,200	2,600	500	0.16%	
87.50	0.50	22,300	15,800	7,900	9,500	3.13%	
88.00	0.50	50,400	36,350	18,175	31,840	10.50%	
88.50	0.50	83,300	66,850	33,425	63,680	21.00%	
89.00	0.50	88,300	85,800	42,900	103,340	34.07%	
89.50	0.50	93,100	90,700	45,350	148,960	49.12%	
90.00	0.50	99,700	96,400	48,200	198,700	65.52%	
90.50	0.50	105,600	102,650	51,325	250,690	82.66%	
91.00	0.50	108,000	106,800	53,400	303,275	100.00%	만수위
92.00	1.00	116,300	112,150	112,150	415,425	136.98%	홍수위

표 8-30 지슬저수지(주수원공) (출처 : 기존자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
236.00	—	740	370	—	—	-1.10%	바닥고
237.00	1.00	1,920	1,330	1,330	1,330	-1.00%	
238.00	1.00	3,820	2,870	2,870	4,200	-0.79%	
239.00	1.00	5,410	4,615	4,610	8,810	-0.45%	
240.00	1.00	6,710	6,060	6,060	14,870	0.00%	사수위
241.00	1.00	9,350	8,030	8,030	22,900	0.60%	
242.00	1.00	13,350	11,350	11,350	34,250	1.44%	
243.00	1.00	16,550	14,950	14,950	49,200	2.54%	
244.00	1.00	20,050	18,300	18,300	67,500	3.90%	
245.00	1.00	22,990	21,520	21,520	89,020	5.50%	
246.00	1.00	26,890	24,940	24,940	113,960	7.35%	
247.00	1.00	30,200	28,545	28,540	142,500	9.46%	
248.00	1.00	34,370	32,285	32,280	174,780	11.85%	
249.00	1.00	38,330	36,350	36,350	211,130	14.55%	
250.00	1.00	43,600	40,965	40,960	252,090	17.58%	
251.00	1.00	45,440	44,520	44,520	296,610	20.89%	
252.00	1.00	49,860	47,650	47,650	344,260	24.42%	
253.00	1.00	52,880	51,370	51,370	395,630	28.23%	
254.00	1.00	56,300	54,590	54,590	450,220	32.27%	
255.00	1.00	59,500	57,900	57,900	508,120	36.56%	
256.00	1.00	62,640	61,070	61,070	569,190	41.09%	
257.00	1.00	66,580	64,610	64,610	633,800	45.88%	
258.00	1.00	72,050	69,315	69,310	703,110	51.02%	
259.00	1.00	75,010	73,530	73,530	776,640	56.47%	
260.00	1.00	78,620	76,815	76,810	853,450	62.16%	
261.00	1.00	83,110	80,865	80,860	934,310	68.16%	
262.00	1.00	86,720	84,915	84,910	1,019,220	74.45%	
263.00	1.00	89,350	88,035	88,030	1,107,250	80.98%	
264.00	1.00	92,790	91,070	91,070	1,198,320	87.73%	
265.00	1.00	92,790	92,790	92,790	1,291,110	94.61%	
265.80	0.80	98,260	95,525	72,760	1,363,870	100.00%	만수위
266.00	0.20	101,670	99,965	23,650	1,387,520	101.75%	
266.80	0.80	102,520	102,095	81,670	1,469,190	107.81%	홍수위

표 8-31 진봉저수지(주수원공) (출처 : '08년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(㎡)		내용적(㎡)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
182.50	-	1,870	935	-	-	-0.08%	바닥고
183.00	0.50	7,890	4,880	488	488	0.00%	사수위
183.50	0.50	7,985	7,938	5,901	6,389	1.02%	
184.00	0.50	10,740	9,363	7,086	13,474	2.24%	
184.50	0.50	13,495	12,118	7,754	21,228	3.58%	
185.00	0.50	16,250	14,873	8,530	29,758	5.06%	
185.50	0.50	19,005	17,628	9,414	39,172	6.68%	
186.00	0.50	21,770	20,388	10,407	49,579	8.48%	
186.50	0.50	24,515	23,143	11,508	61,087	10.47%	
187.00	0.50	28,170	26,343	12,716	73,803	12.66%	
187.50	0.50	30,025	29,098	14,034	87,837	15.09%	
188.00	0.50	33,970	31,998	15,459	103,295	17.76%	
188.50	0.50	35,535	34,753	16,992	120,287	20.69%	
189.00	0.50	40,650	38,093	18,634	138,921	23.91%	
189.50	0.50	41,045	40,848	20,383	159,304	27.43%	
190.00	0.50	48,150	44,598	22,241	181,545	31.27%	
190.50	0.50	50,955	49,553	24,207	205,752	35.45%	
191.00	0.50	53,760	52,358	26,281	232,033	39.99%	
191.50	0.50	56,670	55,215	28,463	260,496	44.91%	
192.00	0.50	60,190	58,430	30,754	291,249	50.22%	
192.50	0.50	63,815	62,003	33,152	324,402	55.94%	
193.00	0.50	67,440	65,628	35,659	360,060	62.10%	
193.50	0.50	72,225	69,833	38,274	398,334	68.71%	
194.00	0.50	77,010	74,618	40,997	439,331	75.79%	
194.50	0.50	83,500	80,255	43,828	483,158	83.36%	
195.00	0.50	92,500	88,000	46,767	529,925	91.44%	
195.20	0.20	100,350	96,425	19,554	549,479	94.82%	
195.50	0.30	108,200	104,275	30,009	579,488	100.00%	만수위
196.50	1.00	116,050	112,125	21,289	600,777	103.68%	홍수위

표 8-32 차리저수지(주수원공) (출처 : '05년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(m ²)		내용적(m ³)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
228.20	-	-	-	-	-	-0.05%	바닥고
229.00	0.80	1,128	564	451	451	0.00%	사수위
230.00	1.00	931	1,029	1,029	1,480	0.12%	
231.00	1.00	2,266	1,599	1,599	3,079	0.30%	
232.00	1.00	4,891	3,579	3,579	6,658	0.72%	
233.00	1.00	7,962	6,426	6,426	13,084	1.46%	
234.00	1.00	10,582	9,272	9,272	22,356	2.53%	
235.00	1.00	13,271	11,927	11,927	34,283	3.91%	
236.00	1.00	15,873	14,572	14,572	48,855	5.59%	
237.00	1.00	20,294	18,084	18,084	66,939	7.68%	
238.00	1.00	24,176	22,235	22,235	89,174	10.25%	
239.00	1.00	28,400	26,288	26,288	115,462	13.28%	
240.00	1.00	32,396	30,398	30,398	145,860	16.79%	
241.00	1.00	36,486	34,441	34,441	180,301	20.77%	
242.00	1.00	40,737	38,611	38,611	218,912	25.23%	
243.00	1.00	45,217	42,977	42,977	261,889	30.20%	
244.00	1.00	49,463	47,340	47,340	309,229	35.66%	
245.00	1.00	53,279	51,371	51,371	360,600	41.60%	
246.00	1.00	57,013	55,146	55,146	415,746	47.97%	
247.00	1.00	60,419	58,716	58,716	474,462	54.75%	
248.00	1.00	63,979	62,199	62,199	536,661	61.93%	
249.00	1.00	67,306	65,642	65,642	602,303	69.51%	
250.00	1.00	70,636	68,971	68,971	671,274	77.48%	
251.00	1.00	73,920	72,278	72,278	743,552	85.83%	
252.00	1.00	77,382	75,651	75,651	819,203	94.56%	
252.60	0.60	79,504	78,443	47,066	866,268	100.00%	만수위
253.80	1.20	83,748	81,626	97,951	964,219	111.31%	홍수위

표 8-33 향리저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(m ²)		내용적(m ³)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
51.50	-	5,183	2,592	-	958	0.00%	사수위
52.00	0.50	9,310	7,246	1,594	2,552	0.33%	
52.50	0.50	14,429	11,869	1,047	3,599	0.54%	
53.00	0.50	19,548	16,989	8,386	11,985	2.26%	
53.50	0.50	27,972	23,760	15,735	27,720	5.48%	
54.00	0.50	36,396	32,184	23,094	50,814	10.21%	
54.50	0.50	66,954	51,675	30,461	81,275	16.45%	
55.00	0.50	97,511	82,232	37,840	119,115	24.21%	
55.50	0.50	111,147	104,329	45,227	164,342	33.47%	
56.00	0.50	124,783	117,965	52,624	216,966	44.25%	
56.50	0.50	130,546	127,665	60,032	276,998	56.55%	
57.00	0.50	136,309	133,428	67,450	344,448	70.37%	
57.50	0.50	139,945	138,127	74,875	419,323	85.71%	
57.99	0.49	142,853	141,399	69,746	489,069	100.00%	만수위
59.50	1.51	142,854	142,854	215,710	704,779	144.19%	홍수위

표 8-34 홍중저수지(주수원공) (출처 : '03년 실측자료)

표고 (EL.m)	고차 (m)	면적(m ²)		내용적(m ³)		저수율	비고
		누가	평균	구간별	누가		
58.00	-	3,789	1,894	-	631	0.00%	사수위
58.50	0.50	14,284	9,037	2,751	3,382	0.57%	
59.00	0.50	27,954	21,119	8,508	11,890	2.33%	
59.50	0.50	38,583	33,268	17,843	29,733	6.03%	
60.00	0.50	49,212	43,897	26,812	56,545	11.58%	
60.50	0.50	76,664	62,938	35,415	91,960	18.92%	
61.00	0.50	104,116	90,390	43,652	135,612	27.96%	
61.50	0.50	118,992	111,554	51,523	187,135	38.64%	
62.00	0.50	133,868	126,430	59,029	246,163	50.86%	
62.50	0.50	138,989	136,428	66,168	312,331	64.57%	
63.00	0.50	144,110	141,549	72,942	385,273	79.68%	
63.50	0.50	149,292	146,701	79,349	464,622	96.12%	
63.65	0.15	150,329	149,811	18,728	483,350	100.00%	만수위
65.10	1.45	150,330	150,329	217,977	701,327	145.16%	홍수위

나. 저수지별/수위계별 수위자료 분석

수위계의 종류는 크게 비 접촉식과 접촉식 수위계로 나뉘어진다. 접촉식 수위계란 액체와 접촉한 상태에서 수위를 측정하게 되는 수위계이며, 비 접촉식 수위계는 직접 액체와 접촉하지 않고 측정하는 방식으로 사용하는 수위계를 말한다. 접촉식 수위계는 대표적으로 압력식 수위계가 있으며 비 접촉식 수위계는 측정 방식에 따라 레이다 방식, 레이저 방식, Load Cell 방식, Nuclear 방식, 초음파 방식으로 나뉘어진다.

레이다 방식은 FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave)라고 일컫는데, 여기서 FM은 주파수 변조, CW는 진폭이 일정한 지속파를 말한다. 레이더 수위계에서는 진폭이 일정한 지속파를 안테나를 통해 발생시키면 수면에 반사되어 되돌아오게 되는데, 도착시간지연에 따라 주파수가 직선적으로 증가하게 된다. 이때 도착된 주파수와 발송된 주파수의 차이는 수면까지의 거리와 직접 비례하게 되며 이를 계산하여 거리를 측정하게 되며 이를 수위로 환산하게 되는 방식이다. 안테나 형태로는 horn 형태와 stick 형태가 있으며 horn 형태는 좁은 beam angle을 가지고 있어 방해 물체가 있거나 noise 발생이 심한 곳에 유리하다. stick 형태는 안테나 및 flange 접액부를 PTFE로 코팅할 수 있어서 화학액 및 부식이 심한 액체에 유리하다.

레이저 방식은 광학 발신기 (Optical transmitter)에서 펄스광을 발생시키고 측정 대상인 액체나 고체의 경계면에서 반사되어 되돌아오는 광파를 수신기 (Optical receiver)에서 수광하여 광파의 전파시간 (time-of-travel)을 고속 카운터를 사용해 측정하고 이를 거리로 환산하여 수위를 측정하는 방식이다. 광속은 약 30만km로 정확하게는 STP

(Standard Temperature and Pressure) 상태에서 299,792,458m/s이며 거리 S는 $S = \text{speed of light} \times \text{time of travel} \div 2$ 로 계산되어 나타낼 수 있다.

Load Cell 방식은 하중이 Load Cell에 가해지면 생기는 변형의 크기를 strain gage로 측정한 후에 그 크기에 비례해 발생하는 전기적 출력을 측정하여 이를 수식을 이용해 수심에 따른 하중으로 환산해서 수심을 계산해주는 방식으로 조작이 이루어진다. 일반적으로 하중이 정해지며 Load Cell은 “S”, “Z” 굽힘 형상 또는 전단빔 등의 여러 가지 형상을 가진다. 변형을 측정 장비로는 포일 (foil)이나 센서인 반도체 스트레인 게이지 (strain gauges)를 사용하며 미세 변화를 검출하기 위해 전기적으로 Wheatstone Bridge 회로를 사용한다. 평상시에는 전기적으로 평형이 유지되어 (물의 수면이 동일한 경우와 같은 경우) 극히 미세한 전류를 흘려 보내다가, 어느 한 쪽의 불균형이 발생하면 (저항값이 변하면) 그 쪽으로 전류가 흘러 이 전류의 흐름이 전압의 변화로 나타나 검출이 되는 방식이다.

초음파 수위계는 초음파가 센서로부터 발사되어 측정 표면으로부터 반사되어 오는 시간을 측정하여 레벨을 측정하는 원리를 이용한 수위계이다. 초음파 수위계는 비접촉식으로 레벨을 측정하기 때문에 장비의 유지보수가 보다 편리하다는 장점이 있다. 초음파가 수면까지 나아가는 동안 방해받지 않을 수 있는 측정 환경만 동반된다면 사용기간이 길 것이다.

압력식 수위계는 Load Cell 방식과 비슷한 원리로 수심을 측정하게 된다. 압력식 수위계는 수중 혹은 지면 바로 위에 위치하며 수위계에 가해지는 수압과 온도 데이터를 저장하게 된다. 수중에서는 토사나 침전물과 같은 수중 이물질들이 계속적으로 움직이며 이에 따라 수압을 측정하는 부분에 유입되어 기기의 고장과 오작동이 빈번히 일어날 가능성이 높게 된다. 따라서 압력식 수위계는 저수지와 같은 곳에서 사용하기 무리가 있는 수위계라고 판단할 수 있다.

한국농어촌공사에서 관리하는 약 3,300개의 농업용저수지에는 대부분 압력식 수위계와 초음파 수위계가 설치되어 관리되고 있다. 본 연구의 대상저수지 중 11개 저수지는 초음파 수위계를 사용하며, 19개 저수지는 압력식 수위계를 사용하고 있다. 아래 표는 압력식 수위계와 초음파 수위계의 전체 자료수 대비 결측값 개수를 나타내고 있다. 압력식 수위계가 설치된 저수지에서 결측값 비율을 평균해보면 13.9%이며, 초음파식 수위계가 설치된 저수지는 결측값 비율의 평균값이 6.74%였다. 즉, 압력식 수위계의 경우는 초음파식 수위계보다 결측값 비율이 높은 것을 볼 수 있었으며, 따라서 압력식

수위계보다는 초음파식 수위계가 안정성 있는 데이터를 생산한다고 판단할 수 있다. 압력식 수위계가 설치된 저수지의 경우 고정 저수지, 동부 저수지, 매주 저수지, 백마 저수지, 산목 저수지, 지슬 저수지에서 결측값 비율이 20%를 넘는 상당히 큰 결측값 비율을 확인할 수 있었다. 따라서 위 저수지의 경우 수위자료 품질관리가 힘들 것으로 판단되었다.

대상 저수지 중 덕촌 저수지는 수위 데이터가 양수와 음수가 반복되어 나타나며 결측값이 함께 존재하였고, 숫자의 부호가 바뀌는 상황에서의 절대값도 큰 변위차가 있었기 때문에 수위 자료를 사용할 수 없을 것이라 판단하였으며, 따라서 본 연구의 대상저수지에서 제외하였다. 대상 저수지들의 수위자료 측정시기는 2010년으로부터 2014년 7월까지인데, 마장저수지는 2010년 12월 4일부터 2012년 5월 25일까지가 결측값으로 나와있으며, 이는 복구할 수 없는 길이의 결측이기 때문에 마장 저수지 또한 대상 저수지에서 제외하도록 하였다. 용연 저수지는 2011년 9월 9일부터 2013년 4월 2일까지의 수위 데이터가 결측되었기 때문에 마장 저수지와 같이 연구 대상 저수지에서 제외하였다. 대상 저수지 수위자료 중 모점 저수지는 한국 농어촌공사에서 품질관리가 완료된 자료를 수신하였기 때문에 결측값 혹은 이상치의 개수가 전혀 없었다.

표 8-35 수위계별 저수지별 전체 자료 대비 결측값 비율

수위계종류	저수지명	전체자료수	결측값갯수	결측값비율(%)
압력식	강청	240,912	7,858	3.3
	고경	240,912	55,624	23.1
	단석	240,912	8,339	3.5
	대룡	240,912	15,739	6.5
	도척	240,912	9,541	4.0
	동부	240,912	63,512	26.4
	매주	240,912	55,836	23.2
	반곡	240,912	61,233	25.4
	백마	240,912	49,609	20.6
	산대	210,384	7,738	3.7
	산목	240,912	54,883	22.8
	어은	240,912	25,235	10.5
	오남	240,912	19,955	8.3
	왕궁	240,912	9,013	3.7
	왕송	240,912	47,373	19.7
	입남	240,912	30,327	12.6
	지슬	240,912	56,899	23.6
	향리	240,912	11,105	4.6
	홍중	240,912	43,881	18.2
초음파	고잔	240,912	34,898	14.5
	궁산	240,912	9,254	3.8
	동해	240,912	55,190	22.9
	모점	240,912	-	-
	옥계	240,912	9,990	4.1
	월산	240,912	7,409	3.1
	일월	240,912	13,831	5.7
	작촌	240,912	10,548	4.4
	지내	240,912	7,669	3.2
	차리	240,912	13,705	5.7

다. 수위자료 품질관리(Q.C.) 방법론

대상 농업용 저수지 수위자료의 품질관리를 위해 순차적인 여과 (filtering)를 진행하였다. 먼저, 단위 시간당 최대 허용 상승량 (δ_{ulim})과 강하량 (δ_{dlim})을 계산하였다. δ_{ulim} 와 δ_{dlim} 을 기준으로 주어지는 수위 데이터의 최소 시간간격인 10분 동안 변화할 수 있는 상승량과 강하량의 임계치를 설정하였다.

최대 허용 상승량이란 저수지에 유역 유출량이 흘러들 때, 저수지 수위가 상승할 수 있는 최댓값을 의미한다. 최대 허용 강하량은 저수지 복통의 최대 통수량이 흘러나갈 경우, 저수지 수위가 하강할 수 있는 최댓값을 의미한다. 각 저수지의 과거 기상자료

를 이용해 유역별 단기 유출량을 계산하여 그 중 최댓값을 최대 허용 상승량을 구하는데 사용하였으며, 기존 저수지 제원을 참조하여 최대 허용 강하량을 구하였다.

본 수위자료 품질관리 방법론은 기존의 통계적 이상치 (Outlier)를 선정 및 제거하는 방법론과는 다른 방법으로 진행되었으며 따라서 앞으로의 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 하지만 본 과제에서 농업용 저수지의 특성을 반영한 시계열 수위에 대하여 기존 방법론의 어려움을 극복하고자 몇 개 대상 저수지에 대하여 과업을 진행하였으며 그 결과를 아래와 같이 간단히 첨부한다.

(1) 방법론

본 연구에서 진행된 방법론은 다음과 같은 순서에 따라 이루어진다.

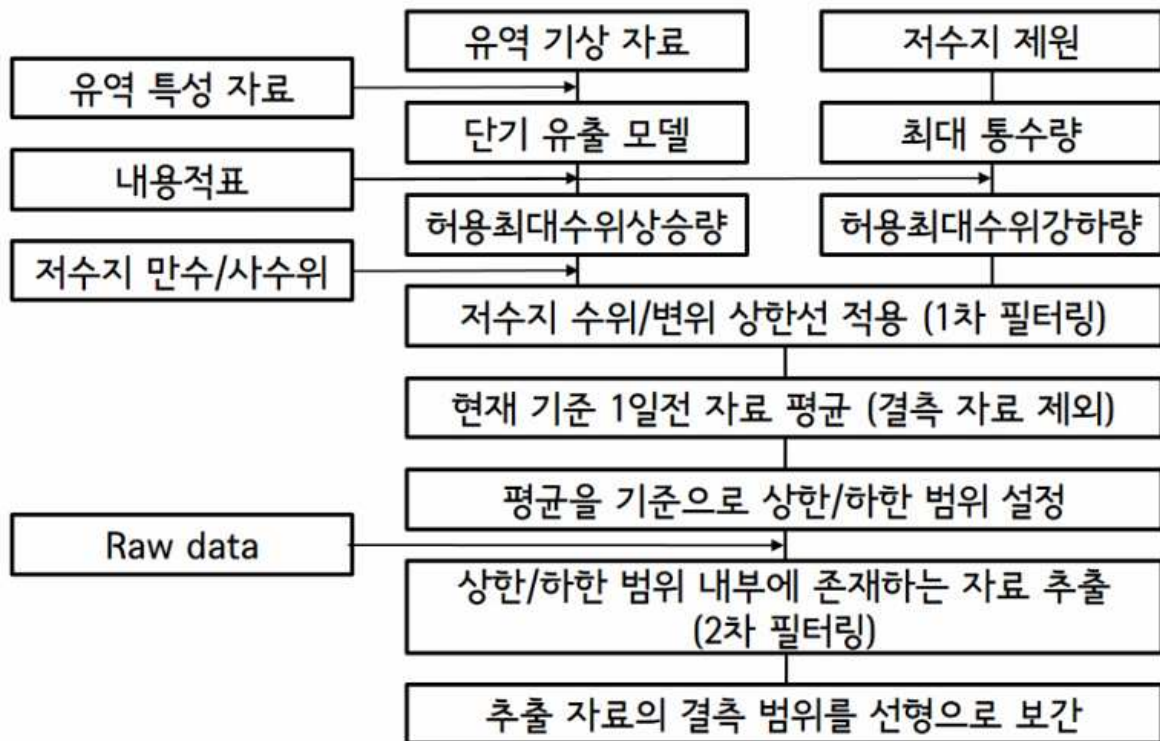


그림 8-1 농업용 저수지 품질관리 플로 차트

저수지 제원 중의 최대 통수량을 이용하여 허용최대수위강하량을 구할 수 있다. 내용적표를 이용해 수위별 단면적 값을 적용하여 수위별 허용최대수위강하량을 구한다. 허용최대수위상승량도 마찬가지로 유역의 기상 자료와 특성 자료를 이용해 단기 유출 모델을 적용한다. 모델의 결과는 시간당 유역 유출량을 구할 수 있으며 저수지에 유출이 일어날 경우를 생각하여 내용적표를 참조해 허용최대수위상승량을 구하게 된다. 이렇게 구해진 허용최대수위상승/강하량을 이

용해 단위시간당 최대 변위값을 적용하여 원시 자료에 대한 1차 필터링을 적용한다. 이후에는 실시간 데이터 기준으로 1일 전부터의 자료들의 평균을 산정한다. 이 때 결측 자료 혹은 1차 필터링에 의해 걸러진 자료는 제외한 자료들의 평균을 산정한다. 이후에 평균을 기준으로 일정 상한/하한 범위를 설정한다. 즉, 1일 동안 저수지 수위가 변할 수 있는 최대한의 상승/강하 변위를 적용하여 실제 수위자료가 거동할 수 있는 범위를 설정한다. 이후에 설정된 범위를 원시자료에 적용하여 범위 내에서 거동하는 데이터를 추출하며 이를 2차 필터링으로 한다. 따라서 원시자료에서 지정된 범위 안의 자료를 추출하는 2차 필터링이 끝나게 되면 추출한 자료에서 결측기간이 존재하게 된다. 이 기간 동안은 추출된 자료 사이를 선형 보간하는 것으로 최종 품질관리를 끝내게 된다.

(2) 최대 허용 상승량

저수지의 유역을 포함하는 기상대의 과거 기상자료를 사용해 수문분석을 한 뒤 시간 단위별 유출량을 구한다. 과거 기상자료를 가장 큰 홍수 사상을 기준으로 상위 5개의 홍수 사상을 이용하여 단기 유출량 중의 최댓값을 계산하게 되며, 이 중 최대 단기 유출량을 보이는 홍수 사상을 선택하여 해당 저수지의 내용적 표를 기준으로 최대 허용 상승량을 결정한다. 본 샘플에는 계산이 복잡하며, 실험적인 단계이기 때문에 시간별 유출량을 산정하여 최대 허용 상승량을 결정하기보다는 0.02 혹은 0.03과 같은 일정 값을 적용하였다. 추후 연구를 통해 저수지별 유역 유출을 결정하여 최대 허용 상승량을 결정할 수 있다.

(3) 최대 허용 강하량

저수지별 복통의 최대 통수량 데이터를 참조하여 최대 허용 강하량을 계산하였다. 단위 시간당 최대 통수량 값을 이용해 필요한 시간간격별 최대 통수량을 구할 수 있다. 최대 통수량은 (cms/ha) 단위의 원단위 용수량으로 나타나며 이에 수혜면적 (ha)을 곱하여 산정할 수 있으며, 구해진 부피기준 용수량을 내용적 표를 참조하여 저수지 수위가 일정 시간 안에 강하할 수 있는 임계값을 산정하였다. 본 샘플에서는 이를 0.02m로 내용적 표를 고려하지 않고 일괄적으로 적용하였다.

(4) 샘플 저수지 결과

샘플 작업은 강청 저수지 원시 데이터를 대상으로 하였다. 원시자료를 최대 허용 상승/강하량을 0.01m를 적용하여 필터링 한 결과 검은색 선과 같은 결과를 얻게 되었으며, 이를 2차 필터링 한 결과는 붉은색 점으로 나타내었다. 즉, 수많은 노이즈가 존재하는

원시자료로부터 실제 저수지 수위 경향성을 나타낸다고 생각되는 자료를 추출해 낼 수 있었다.

강청 저수지의 품질관리 적용결과는 다음과 같다. 자료는 강청 저수지의 임의 기간 3일 동안의 데이터를 사용하여 필터링을 진행하였다. 원시자료에 최대허용강하량 0.01m를 적용하고, 최대허용상승량은 0.02m로 일괄 적용하여 1차 필터링한 결과는 아래 그림에서 확인할 수 있었다. 1차 필터링 데이터를 기반으로 2차 필터링을 적용한 결과는 붉은 점으로 표시하였으며 이는 실제 저수지 수위 거동이라고 생각할 수 있는 데이터를 추출하였음을 확인할 수 있었다.

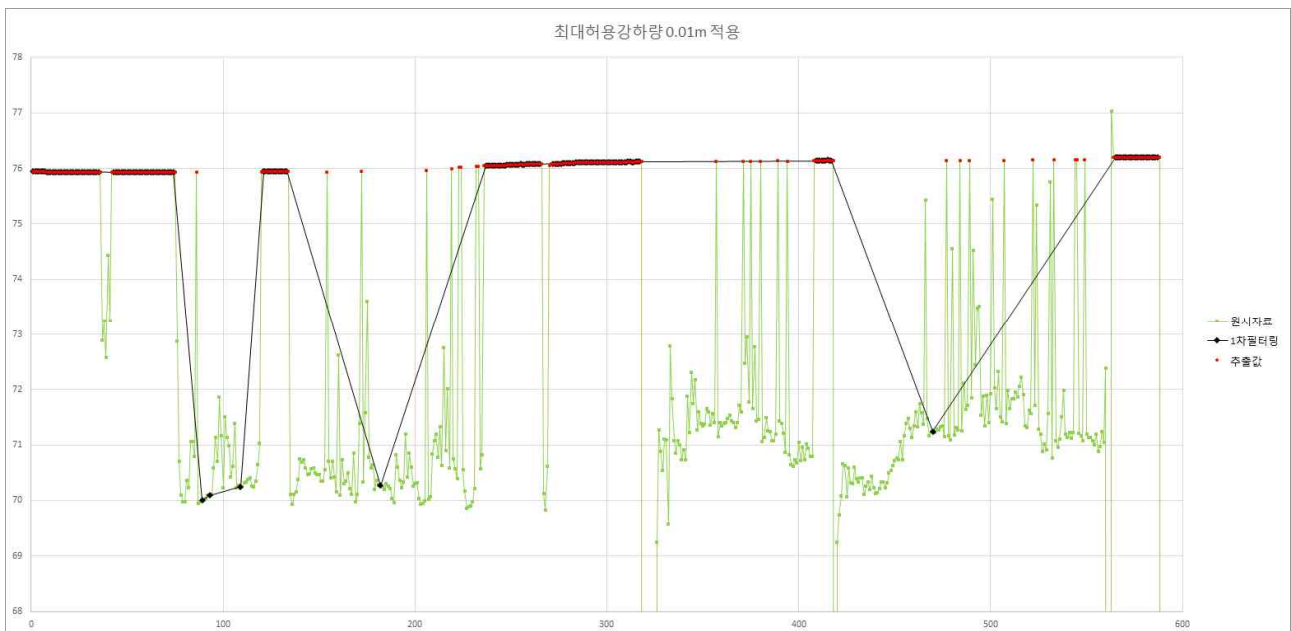


그림 8-2 강청저수지 샘플 결과 (최대허용강하량 0.01m 적용)

다음은 강청 저수지 전 기간 2010년부터 2014년 7월까지 10분 간격 데이터에 대한 필터링 결과이다. 파란 실선은 원시 자료이며 주황 선은 필터링이 완료된 자료이다. 필터링이 완료된 자료에서는 대부분의 노이즈가 제거된 것을 확인할 수 있으며 품질관리가 어느 정도 성공적으로 이루어진 것으로 판단된다.

다음으로는 고경 저수지의 전 기간 2010년부터 2014년 7월까지 10분 간격 데이터에 대한 필터링 결과이다. 파란 실선은 원시 자료이며 주황 선은 필터링이 완료된 자료이다. 필터링이 완료된 자료에서 대부분의 자료들은 저수지 수위의 거동으로 타당하다고 판단되는 범위에서 거동하는 것을 확인할 수 있었다. 중간 부분 2013년 ~ 2014년의 급 하강 및 급 상승은 노이즈가 제거되지 않은 것을 볼 수 있었다. 이는 2차 필터링 적용시 허용 범위를 설정할 때 상한값과 하한값을 일괄적으로 1.4m를 적용하였으며 상당히 큰 값을 적용하였기 때문에 나타난 결과로 해석할

수 있다. 허용 범위가 합리적인 방법을 통해 이루어지 경우 품질관리 자료 개선이 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.

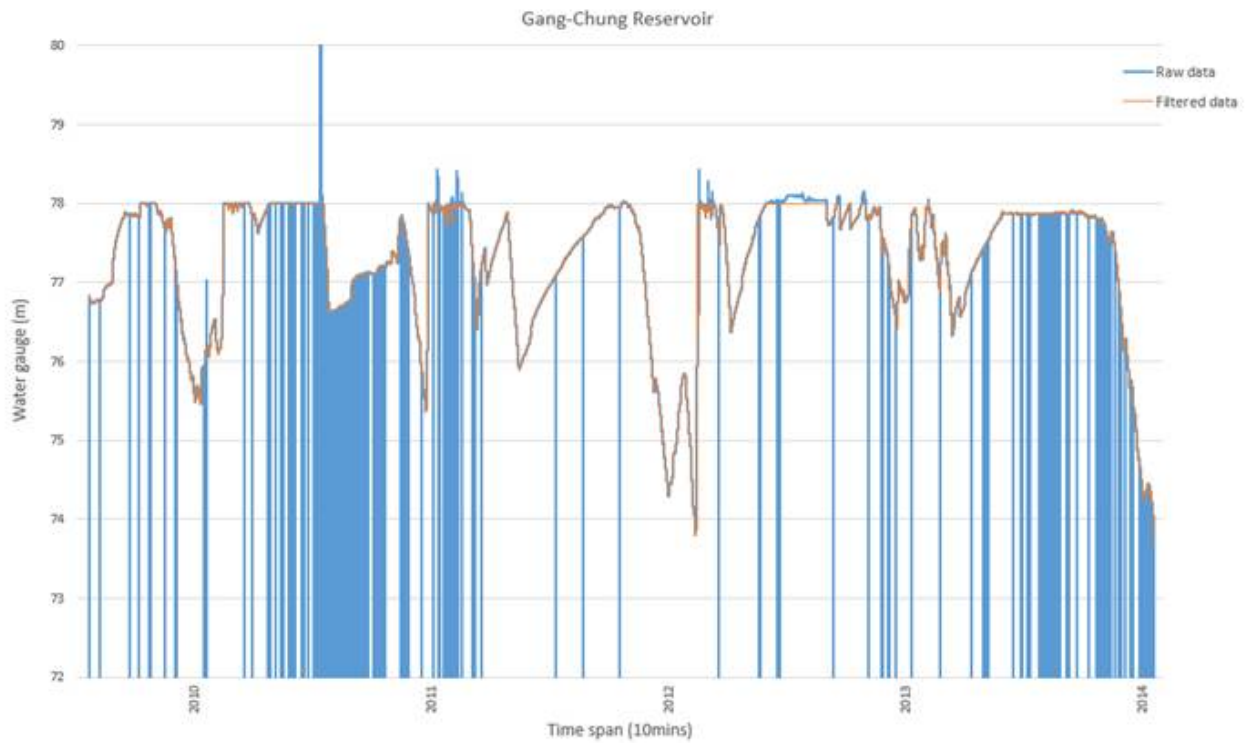


그림 8-3 강청 저수지 전기간 품질관리 결과

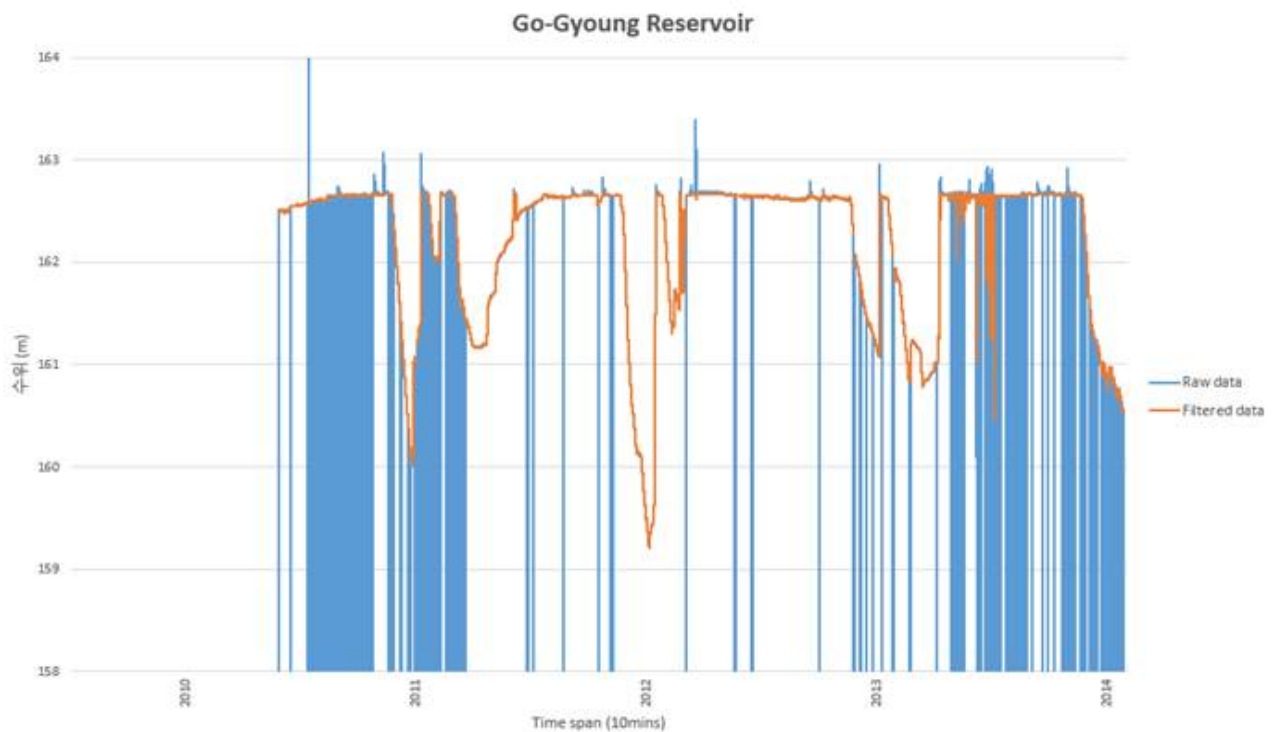


그림 8-4 고경 저수지 전기간 품질관리 결과

본 방법론은 현재 연구 진행중인 방법론이며, 기존의 이론적 배경을 이용한 자동 품질관

리가 이루어지지 않은 원시자료를 대상으로 적용하였기 때문에 실제 적용에는 무리가 따를 것으로 판단된다. 향후 실제 데이터를 기준으로 모의 데이터에 적용하여 검증 작업이 이루어져야 적용 가능할 것이다.

2. 시계열 수위 변화율 산정 프로그램 개발

저수지 수위의 거동의 특징 혹은 경향성을 파악하기 위해서는 매 시간단위 혹은 특정 시간단위에 대하여 수위의 변동이 얼마나 되는지 파악할 필요가 있다. 시계열 수위 변화율이란 데이터의 특정 시간 간격동안의 변위를 그 시간 간격으로 나눈 값을 말한다. 시계열 수위 변화율을 최대 허용 강하량 및 최대 허용 상승량을 기준으로 그 범위를 벗어난 수위 변화율을 보이는 구간에 대하여 이상치 판정이 필요할 것이다. 본 연구의 원시자료는 10분 단위의 시계열 수위자료를 기반으로 생성되었으며, 시간 간격을 프로그램 변수로 입력하여 원하는 단위 시간당 수위변화율의 한계값을 산정하도록 하였다.

가. 시계열 수위 변동 한계치 산정 프로그램

대상저수지의 시계열 수위 자료에서 수위 변동 한계치 산정 프로그램을 구성하기 위해서는 먼저 정확한 품질 관리가 이루어져야 한다. 따라서 본 과정에서는 시계열 수위 변동 한계치를 산정하기 위해 시계열 수위에 대한 자동 품질관리 프로그램을 작성하였다. 프로그램은 각 모듈로 구성되어 있으며 프로그램 진행 순서는 다음과 같다.

(1) 자료의 입력 (Waterlevel class)

이상치 검정을 위한 입력 자료는 저수지별 수위자료와 분석 대상 저수지들을 정리한 batch file로 구성하였다. 저수지별 수위자료는 시계열과 수위자료열로 구성되어 있으며 결측치의 경우 -999의 값이 입력되어 있다. batch file에는 분석대상이 되는 저수지들의 이름열, 개별 저수지별로 결측치로 설정한 값의 열(본 분석에서는 모두 -999), 각 저수지의 만수위열과 사수위열이 존재한다. batch file을 프로그램의 입력으로 받은 후에 저수지들의 이름열을 기준으로 해당 수위자료를 찾아 프로그램의 Water level class 상에 입력되도록 하였다.

(2) 자료 처리 프로세스

(가) 자료 읽기, 1차 이상치 처리 (IO class)

입력된 개별 저수지의 수위자료에서는 순서, 시간, 수위값을 읽어들이도록 구성하였다. 동시에 batch file에서 설정된 결측치, 만수위, 사수위와의 비교를 하였으며, 이를 통해

1차 이상치 처리를 수행하였다. 만수위와 사수위는 각각 수위값의 상한 및 하한값에 해당하며, 1차 이상치로 분류되는 것에는 수위값이 정해진 결측치 값과 동일한 경우, 상한값을 초과하는 값이 기록된 경우, 하한값보다 작은 값이 기록된 경우이다. 1차 이상치 처리에 따른 판정 결과는 프로그램상에서 except로 정의한 열에 0(이상치)과 1(정상)을 부여하여 기록하였다.

(나) 편차값의 산정 (Waterlevel class)

2차 이상치 처리는 직전 수위값과 해당 수위값의 편차를 고려하여 수행되었으며, 이를 위해 각 시간별 수위값에 대하여 편차값을 구하고 이 값들의 평균과 표준편차를 산정하였다. 이때 이전 수위값이 존재하지 않은 첫 번째 수위값과 이전 수위값이 1차 이상치 처리에 따라 이상치로 분류된 경우들은 유효하지 않은 편차값으로 하여 평균 및 표준편차의 산정에서 제외하였다. 이는 프로그램 상에서 ex_diff로 정의하여 0(유효하지 않은 편차값), 1(유효한 편차값)으로 분류되었다.

(다) 2차 이상치 처리 (Waterlevel class, Abnormal class)

2차 이상치 처리는 앞서 얻어진 유효한 편차들의 평균과 표준편차를 기준으로 정규분포를 가정하여 6σ 법을 적용하여 수행하였다. 2차 이상치 처리에 따른 이상치는 '평균 $\pm 3 \times$ 표준편차'를 벗어나는 편차를 갖는 값으로 정의되며, 이에 따라 현재까지 이상치로 판정되지 않은 값들을 검정하였다. 프로그램 상에서 결과를 ex_fin으로 정의하여 0(이상치)과 1(정상)으로 구분하였으며 원시자료 중에서 1(정상)의 값을 가지는 데이터를 최종적인 유효데이터로 규정하여 원시자료로부터 유효데이터만을 추출하였다.

(라) 결측 자료 보간 (Main class)

최종적으로 추출된 유효데이터를 시계열로 나열하게 되면 이상치를 제거한 뒤에 데이터가 존재하지 않는 부분이 생긴다. 이는 품질관리 후에도 존재하는 결측치로 본 연구에서는 선형보간법을 이용하여 보간을 진행하였다. 제 6절 6.4 저수지 수위자료 품질관리 적용 부분에서 전술했듯이 단기간 결측값의 경우는 선형 보간을 적용해도 큰 무리가 없다. 하지만 일정 기간 이상의 다량 연속 결측구간이 존재하는 경우는 선형보간을 적용하기에 무리가 있다. 이러한 경우는 하천의 시계열 수위 자료는 상류 혹은 하류와의 관계식을 설정하여 이를 통해 장기간 결측 자료를 보간하게 된다. 하지만 본 보고서의 시계열 수위변화 시공간 분석 결과를 참고하면 군집된 저수지간의 상관성은 나타나지 않았으며, 따라서 관계식을 도출해내기 어려운 것으로 판단되었다. 따라서 장기간 다량 결측값이 존재할 경우 단기 결측값 처리 방법과 동일하게 선형 보간법을 이용해 결측값을 처리하였다.

3. 시계열 수위 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과

가. 시계열 수위 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과 요약

시계열 수위 변화율 산정 프로그램을 실행하여 각 저수지에 따라 적용해 본 결과는 아래 표와 같다. 총 자료수, 1차 필터링 이후 유효한 자료의 개수, 2차 필터링 이후 유효한 자료의 개수와 총 자료수 대비 최종 품질관리 자료 수를 퍼센트로 나타내었다. 또한 각 저수지별 전처리(pre-processing)를 진행하여 앞서 기술한 저수지 수위 변위 데이터에 따른 통계적 이상치 처리 작업을 완료하였다. 그 결과는 아래 표에 $\mu + 3\sigma$, $\mu - 3\sigma$ 열에 저수지별 변위 한계치로 나타내었다. 프로그램 적용 전후 결과비교를 할 수 있도록 부록에 처리 전후 데이터를 그래프 형태로 첨부하였다.

표 8-36 저수지별 시계열 수위 변화율 산정 프로그램 적용 결과

저수지	총 자료수	1차 필터링 후 유효자료	2차 필터링 후 유효자료	유효자료 비율(%)	$\mu + 3\sigma$ (m)	$\mu - 3\sigma$ (m)
고잔	240,911	94,208	91,764	38.09%	0.43438	-0.43435
궁산	240,911	205,093	204,657	84.95%	0.04899	-0.04894
동해	240,911	149,190	149,123	61.90%	0.10633	-0.1063
모점	168,801	136,089	136,066	80.61%	0.0792	-0.07922
옥계	240,911	176,333	175,327	72.78%	0.42387	-0.42356
월산	240,911	147,822	146,719	60.90%	0.01803	-0.01803
일월	240,888	177,887	177,659	73.75%	0.07948	-0.07952
작촌	240,911	227,077	226,099	93.85%	0.20833	-0.20819
지내	240,911	139,139	139,005	57.70%	0.20561	-0.20513
차리	240,911	175,360	173,994	72.22%	0.02288	-0.02286
강청	240,911	213,915	213,725	88.72%	0.25716	-0.25714
고경	240,911	163,888	163,618	67.92%	0.54894	-0.54885
단석	240,911	193,223	184,961	76.78%	0.01819	-0.01822
대룡	240,911	184,820	184,772	76.70%	0.06877	-0.0688
도척	240,911	121,332	115,251	47.84%	0.00996	-0.01005
동부	240,911	160,898	160,349	66.56%	0.03722	-0.03721
매주	240,911	123,833	115,538	47.96%	0.00813	-0.00814
반곡	240,911	98,182	90,384	37.52%	0.00901	-0.00898
백마	240,911	107,931	107,740	44.72%	0.70527	-0.70591
산대	210,383	198,344	198,319	94.27%	0.03898	-0.03908
산목	240,911	144,047	143,808	59.69%	0.0126	-0.01274
어은	240,911	166,256	166,090	68.94%	0.03459	-0.03462
오남	240,911	191,457	183,659	76.24%	0.80084	-0.801
왕궁	240,911	172,825	168,876	70.10%	0.02319	-0.02317
왕송	240,911	163,960	163,796	67.99%	0.04264	-0.04276
입남	240,911	184,608	184,063	76.40%	0.01918	-0.01918
지슬	140,911	170,568	155,091	64.38%	0.00965	-0.00971
향리	240,911	153,946	153,862	63.87%	0.10266	-0.10263
홍중	240,911	130,651	130,280	54.08%	0.03064	-0.03068

다음 그래프는 품질관리가 완료된 이후 유효한 데이터 개수를 총 데이터 개수에 대비하여 비율(%)로 나타낸 그래프이다. 고잔 저수지와 반곡 저수지는 각각 38.09%와 37.52%의 유효 데이터 비율을 가졌으며 이는 전체 대상 저수지 중에서도 매우 낮은 비율임을 알 수 있다. 다음으로는 도척 저수지와 동부 저수지가 약 48%의 유효 데이터 비율을 가졌으며 전체 유효데이터 비율의 평균은 67.15%였다. 즉, 원시자료의 전체 기간의 약 1/3의 자료가 불필요한 자료로 여과된 것을 확인할 수 있었다.

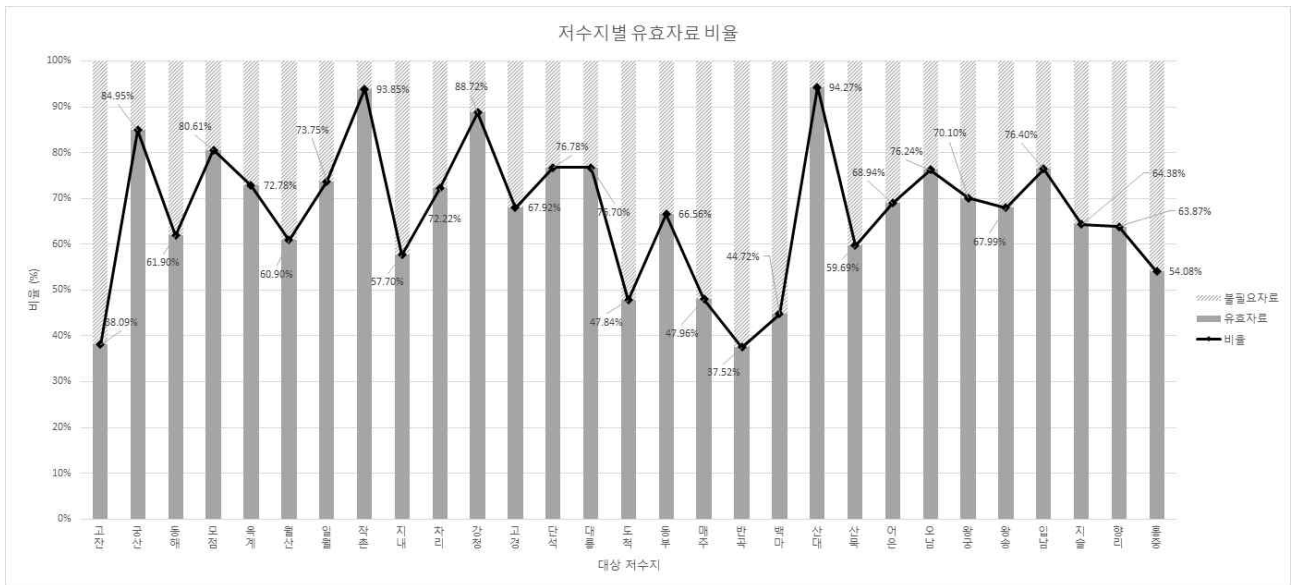


그림 8-5 저수지별 유효자료 비율(%)

나. 시계열 수위 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과 분석

프로그램 적용 전후 시계열 수위 데이터를 그래프로 나타내었다. 본문에는 적용 결과가 우수하지 못한 저수지의 경우를 삽입하였으며, 모든 결과 데이터는 부록에 첨부하였다.

(1) 강청 저수지

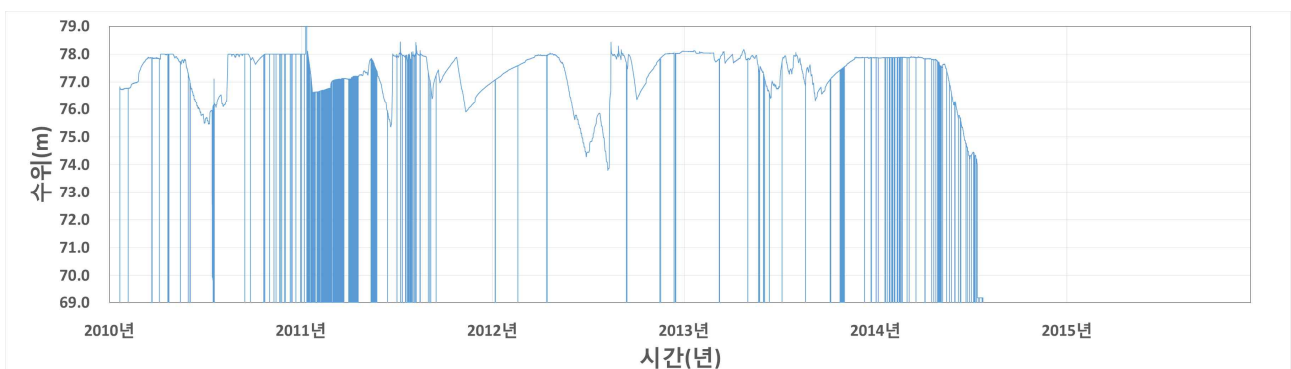


그림 8-6 강청 저수지 원시자료

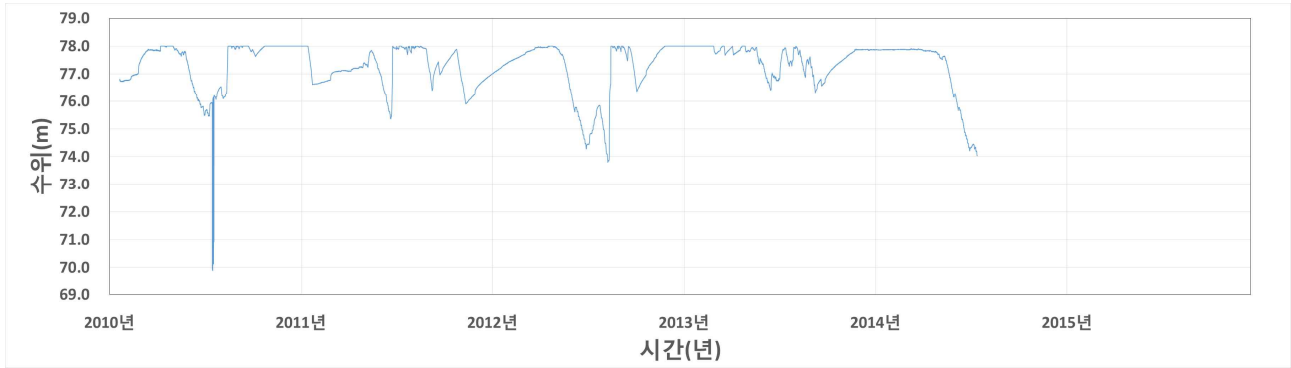


그림 8-7 강청 저수지 품질관리 자료

강청 저수지는 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과 우수한 수준으로 나타났다. 결측치는 모두 제거되었다. 일부 구간의 경우 급하강과 급상승의 반복이 나타났기 때문에 완벽하게 처리되었다고 판단하기는 어려웠다.

(2) 고경 저수지

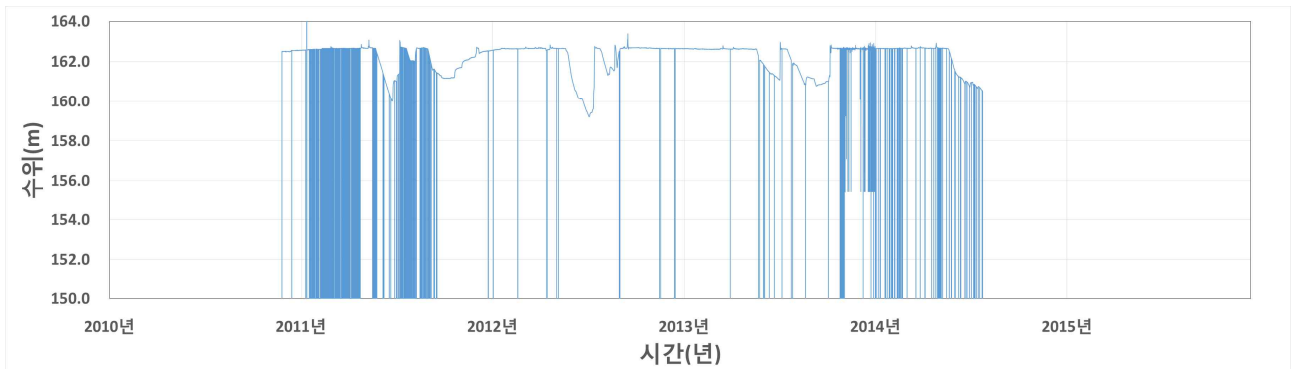


그림 8-8 고경 저수지 원시자료

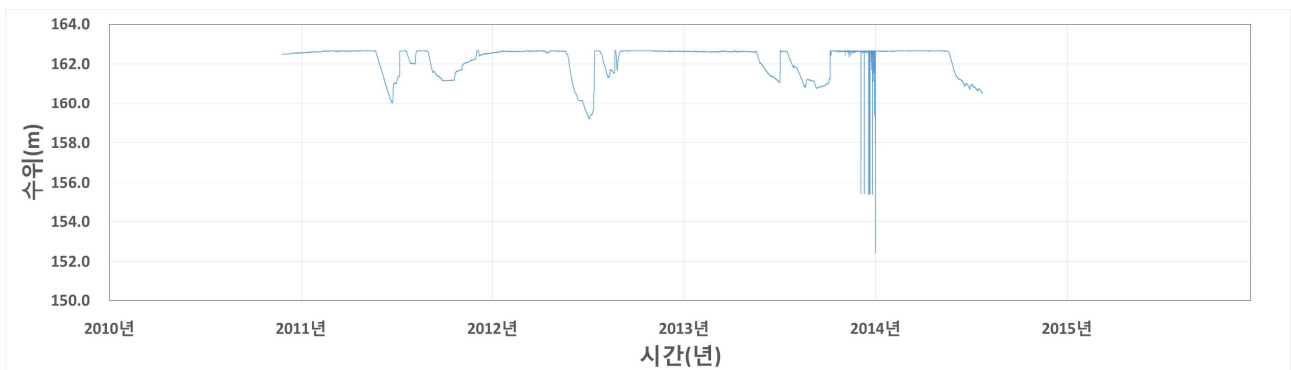


그림 8-9 고경 저수지 품질관리 자료

고경 저수지는 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과 우수한 수준으로 나타났다. 결측치는 모두 제거되었다. 2014년 일부 구간의 경우 수염 모양의 노이즈를 확인할 수 있으며 이는 저수지 거동을 기준으로 합리적이지 않은 구간으로 판단된 스파이크 노이즈로 판단되었다.

(3) 고잔 저수지

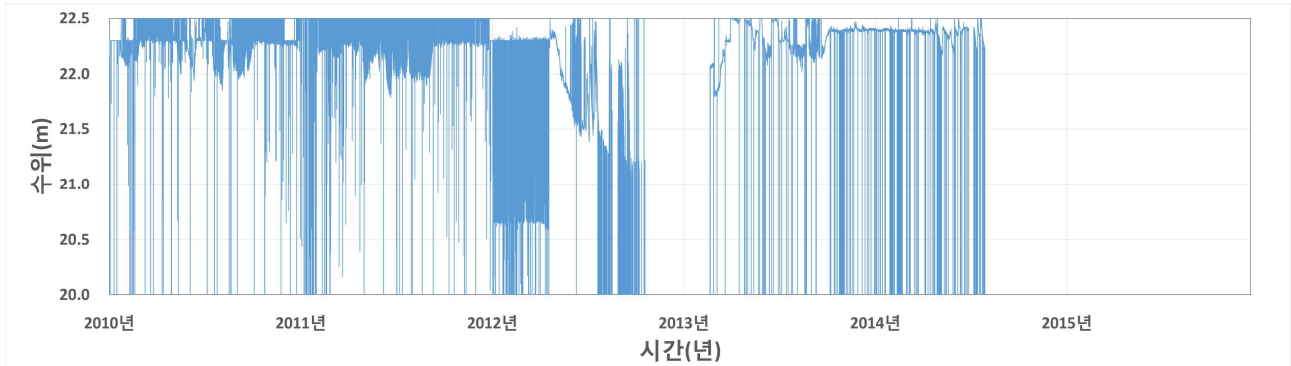


그림 8-10 고잔 저수지 원시자료

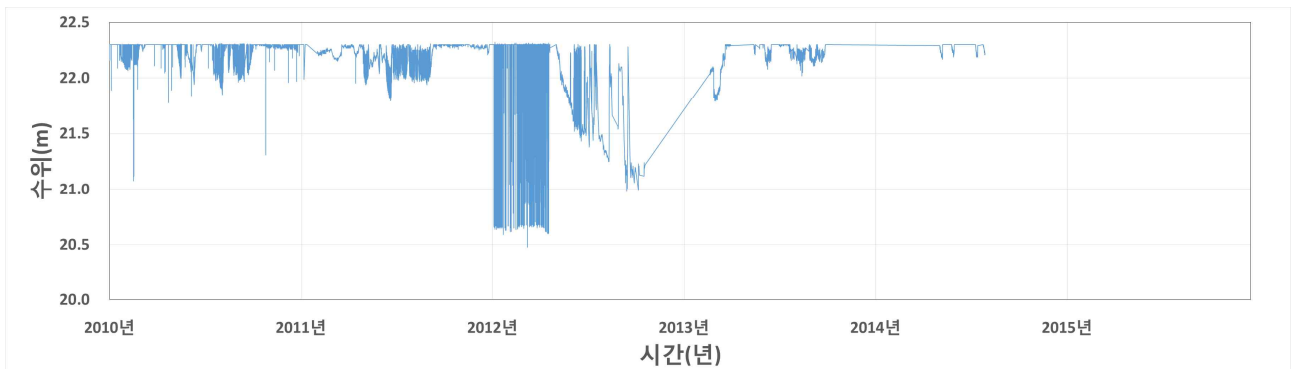


그림 8-11 고잔 저수지 품질관리 자료

고잔 저수지는 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과 매우 심각한 수준으로 나타났다. 결측치는 모두 제거되었다. 대부분의 구간에서 큰 폭의 진동이 발견되었으며 이는 기기 고장에 따른 오측이라 판단되었다.

(4) 대룡 저수지

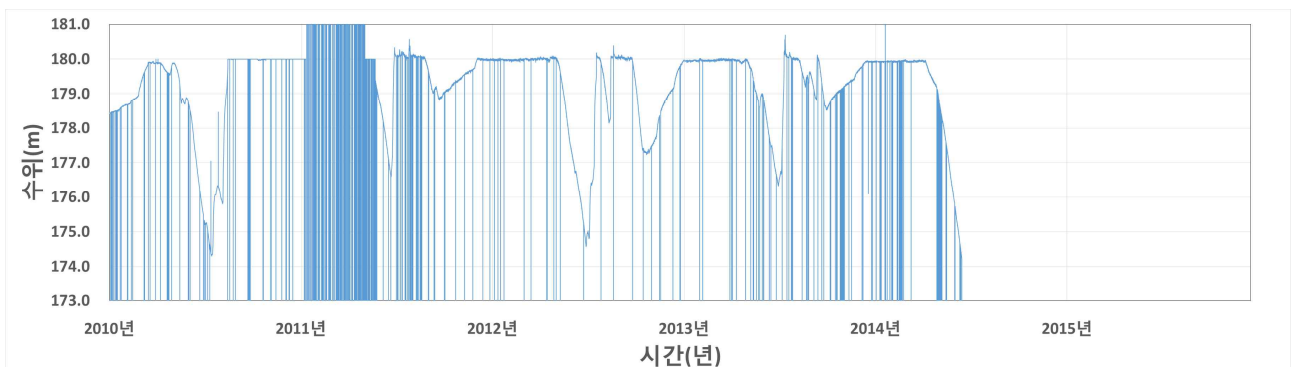


그림 8-12 대룡 저수지 원시자료

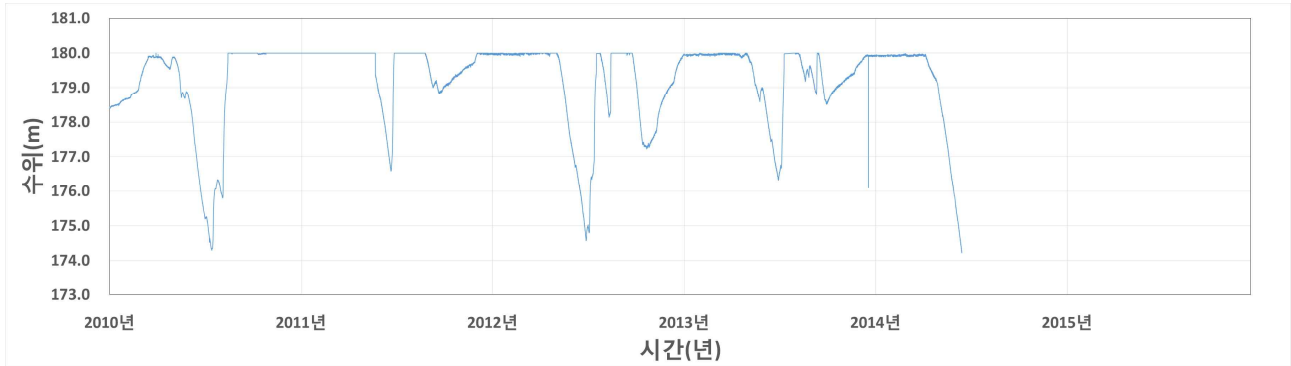


그림 8-13 대룡 저수지 품질관리 자료

대룡 저수지는 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과 우수한 수준으로 나타났다. 결측치는 모두 제거되었다. 일부 구간의 경우 급상승과 급하강이 존재 하였다. 하지만 장기간 결측치에 대하여는 선형보간을 실시하였기 때문에 합리적인 결과라고 할 수 없는 부분이 공존하였다.

(5) 동해 저수지

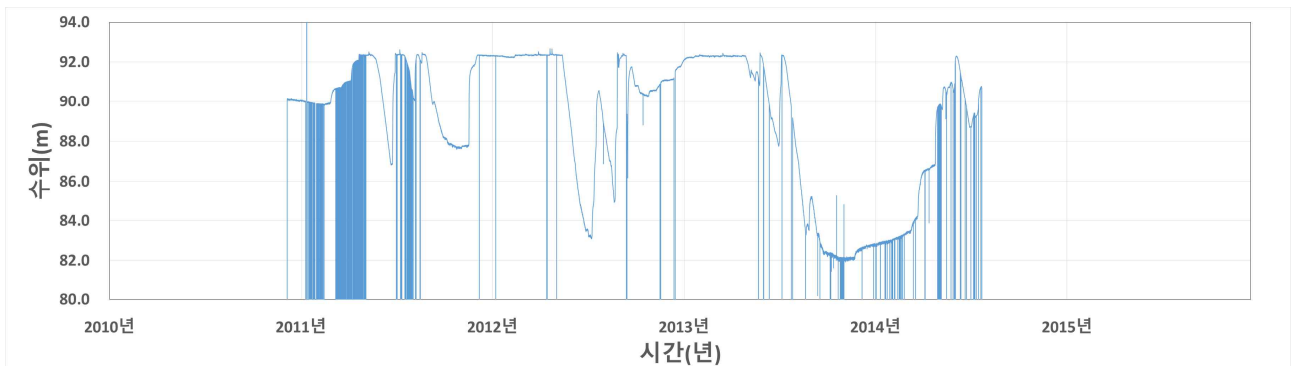


그림 8-14 동해 저수지 원시 자료

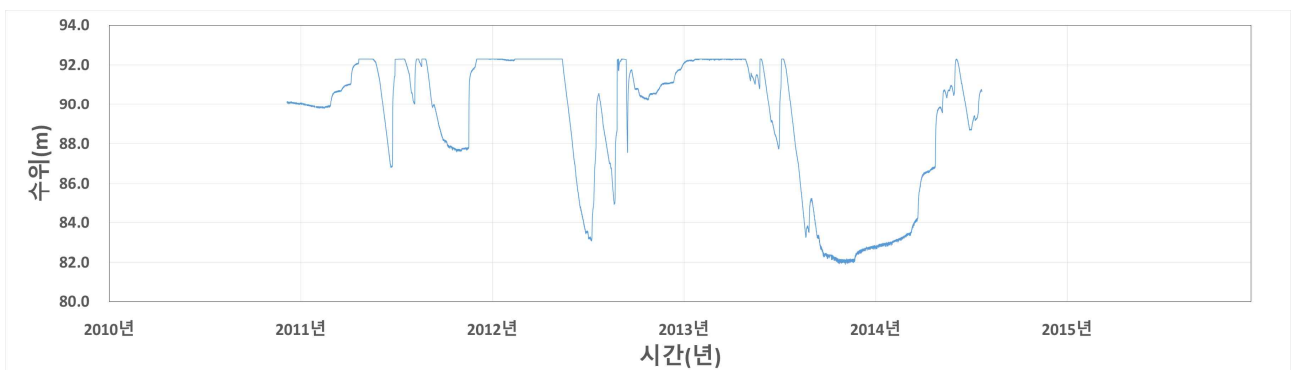


그림 8-15 동해 저수지 품질관리 자료

동해 저수지는 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과 어느 정도 우수한 수준으로 나타났다. 결측치는 모두 제거되었다. 일부 구간에서 미세한 진동을 확인할 수 있으나 이는 저수지 거동으로서 합리적인 거동이라 판단된다.

(6) 백마 저수지

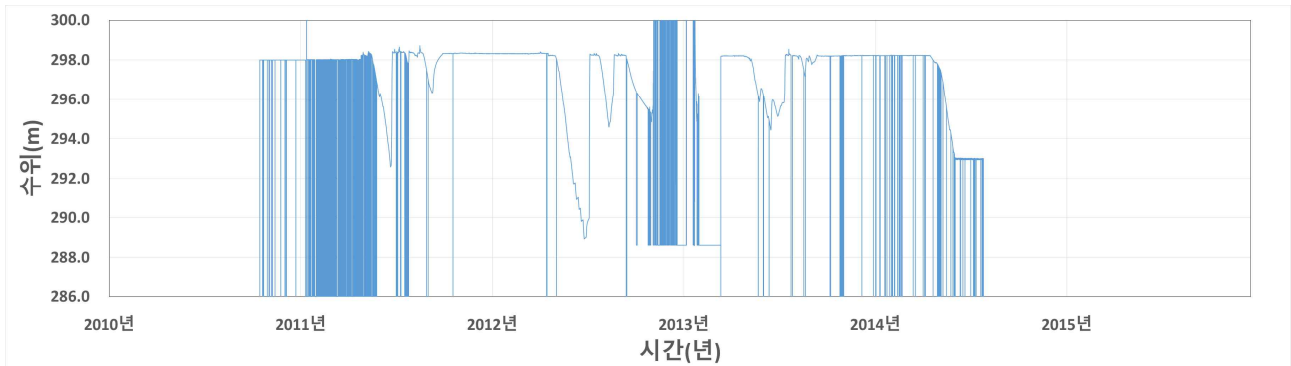


그림 8-16 백마 저수지 원시 자료

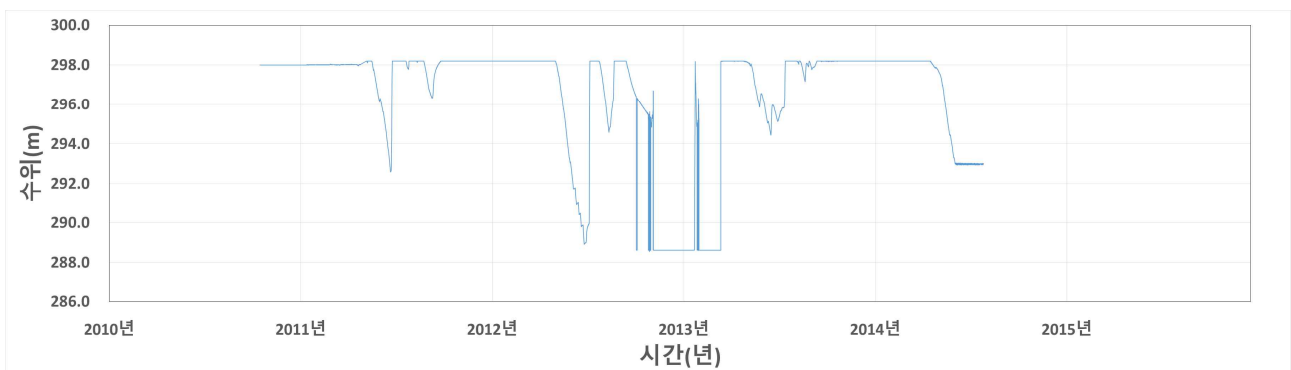


그림 8-17 백마 저수지 품질관리 자료

백마 저수지는 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과 우수하지 못한 수준으로 나타났다. 결측치는 모두 제거되었다. 일부 구간에서 장기간 고정값을 가지는 것을 확인할 수 있으며, 이는 만수 상태에서의 고정치가 아니기 때문에 저수지 거동으로서 불합리적인 수치인 것으로 판단되었다.

(7) 산대 저수지

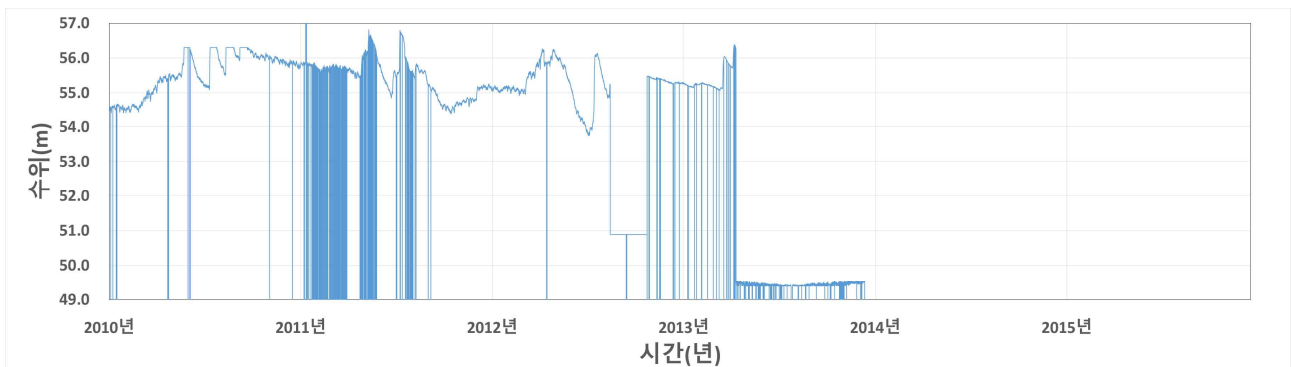


그림 8-18 산대 저수지 원시 자료

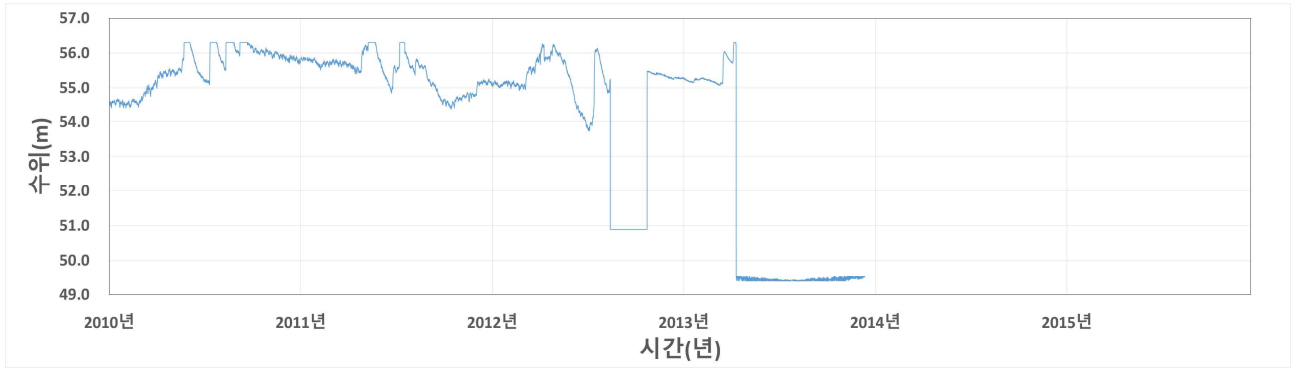


그림 8-19 산대 저수지 품질관리 자료

산대 저수지는 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과 우수한 수준으로 나타났다. 결측치는 모두 제거되었다. 일부 장기간 고정값을 가지고 있었지만 다른 노이즈와의 혼합구성이 아닌 단일 고정값으로 기계적인 오차 혹은 기계 변경에 따른 노이즈로 예상되었다.

(8) 옥계 저수지

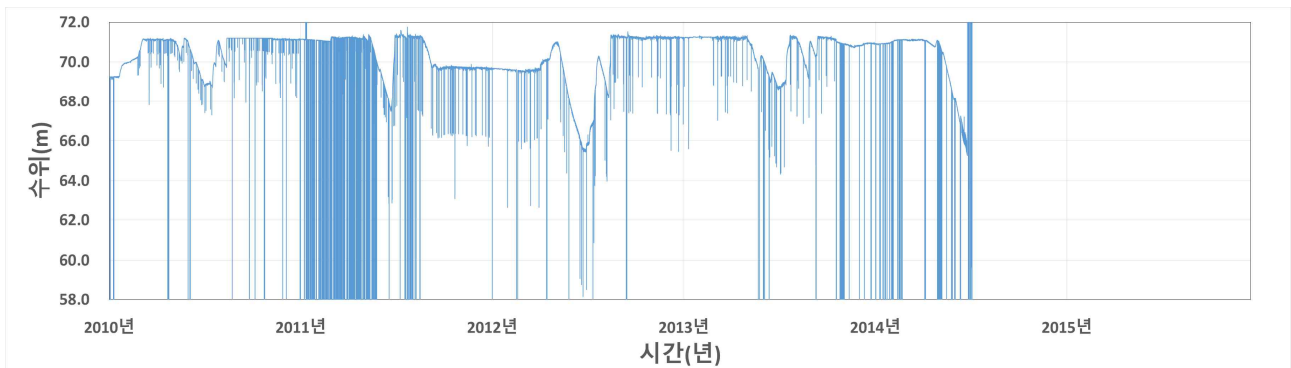


그림 8-20 옥계 저수지 원시자료

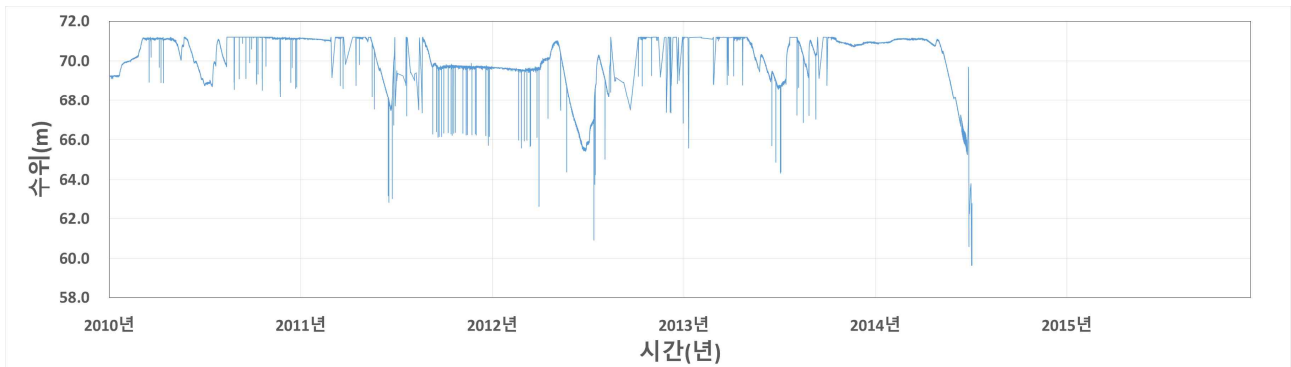


그림 8-21 옥계 저수지 품질관리 자료

옥계 저수지는 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과 매우 심각한 수준으로 나타났다. 결측치는 모두 제거되었다. 전체 구간중 대부분의 구간에서 수염과 같은 스파이크 노이즈가 발생하였으며 이는 통계학적 이상치 제거 방법으로는 전혀 제거할 수 없었다.

(9) 왕송 저수지

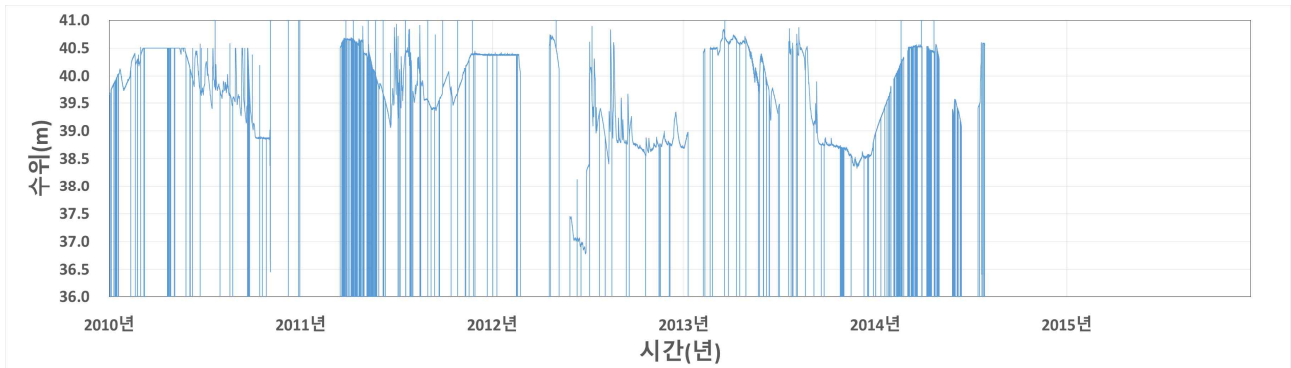


그림 8-22 왕송 저수지 원시자료

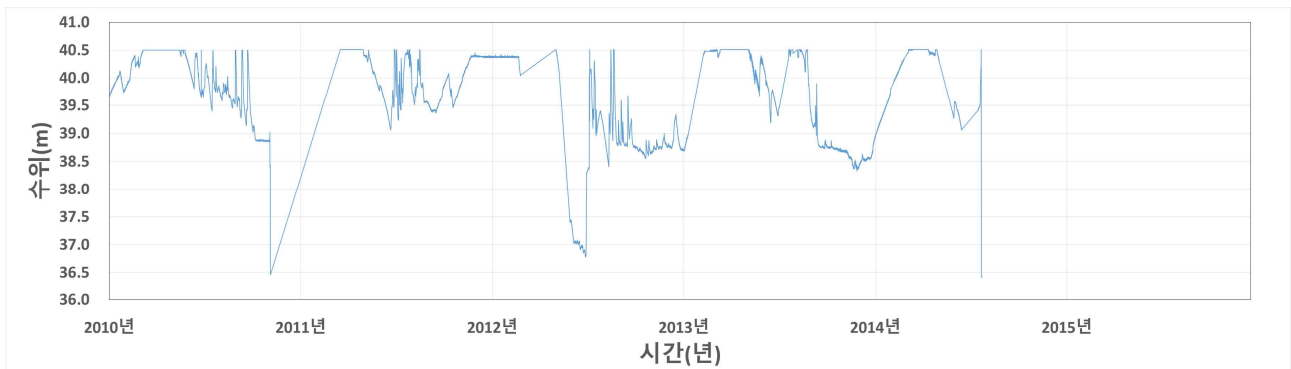


그림 8-23 왕송 저수지 품질관리 자료

왕송 저수지는 품질관리 및 변화율 산정 프로그램 적용 결과 심각한 수준으로 나타났다. 결측치는 모두 제거되었다. 일부 구간에서는 스파이크 노이즈가 확인되었으며, 데이터의 장기간 결측도 존재하였다. 그래프 상의 직선은 장기간 결측을 선형 보간한 것으로 저수지의 수위 거동으로서는 합리적이지 않다고 판단되었다.

대부분의 경우 품질관리 결과의 심각성 정도는 스파이크 노이즈의 유무로 판단되었다. 스파이크 노이즈가 돋보이는 데이터는 직접 손으로 보정을 해야 할 필요가 있었으며, 자동 품질관리 시스템으로는 수정할 수 없는 한계를 보이고 있었다. 또한 이상거동 판독에 사용할 수 없는 데이터로 판단되었기 때문에 최종 적용에서는 제외하였다.

제 9절 시계열 수위자료를 통한 저수지 이상거동 판독 기술 개발

1. 시계열 수위 변화의 시공간 분석 프로그램 개발

관개를 위한 급수는 저수율의 하강으로 나타나는데, 이는 일반적으로 일정 지역에서는 공통되게 나타난다. 이를 파악하기 위해서 유사 거동을 보이는 저수지를 군집화하여 상호 비교 및 분석함으로써 이상거동의 유무를 파악할 수 있다. 저수지의 군집화는 크게 기상학적 요인과 유역 및 저수지 운영에 관련된 요인을 고려하여 군집화 할 수 있다. 기상학적 군집화는 동일한 지배관측소를 가지는 유역을 대상으로 우선 구분하고 이를 다시 유사한 유역 및 저수지 운영기준을 저수지 군으로 분류하게 된다. 이는 일반적으로 가장 많이 적용되는 Thiessen Network를 기반으로 동일한 지배관측소를 가지는 저수지로 1차 분류를 하게 된다. 유역 및 저수지의 거동을 분석하기 위하여 유역 및 저수지 운영기준을 모두 반영할 수 있도록 저수지 수위자료를 이용하여 시계열 군집화 방법을 이용한다. 시계열 군집화 방법은 시간 영역 및 주파수 영역에서의 군집화 방법으로 크게 나눌 수 있으며, 시간 영역의 군집화는 특성치 벡터를 이용하여, 주파수 영역에서의 군집화는 푸리에 변환을 이용하여 시계열 자료를 주파수 영역으로 변환한 후 각 시계열 사이의 거리를 측정하여 군집화를 수행하게 된다.

가. 기상학적 군집 저수지별 저수율변화 상관성 분석

대상저수지 중 가까운 거리에 있는 저수지들은 비슷한 수문 기상에 의한 영향을 받게 된다. 따라서 1개 지사의 관리 하에 있는 저수지간의 수위변화의 상관성을 분석하고자 하였다. 35개 대상저수지 중에서 한국농어촌공사 경기본부 양평, 광주, 서울지사가 관리하고 있는 단석, 도척, 어은, 오남, 월산, 향리, 홍중 7개 저수지에 대하여 저수율변화 상관성 분석을 실시하고자 하였다. 저수지 수위 측정기간은 2011년 1월 1일부터 2014년 7월 31일까지이며, 저수지 수위는 24시간 단위로 매일 자정을 기준으로 측정된 저수율에 대하여 분석하였다. 우리나라의 농업용 저수지는 1년을 주기로 용수관리가 이루어진다. 4년 기간 동안의 자료를 한꺼번에 적용하여 상관성을 분석하는 것은 올바른 결과를 나타내지 않을 것으로 판단된다. 따라서 4년 자료를 1년 단위로 분할하여 각 저수지별, 연도별 상관 분석을 실시하고자 하였다. 저수지간 상관분석 그래프는 아래에 나타내었다.

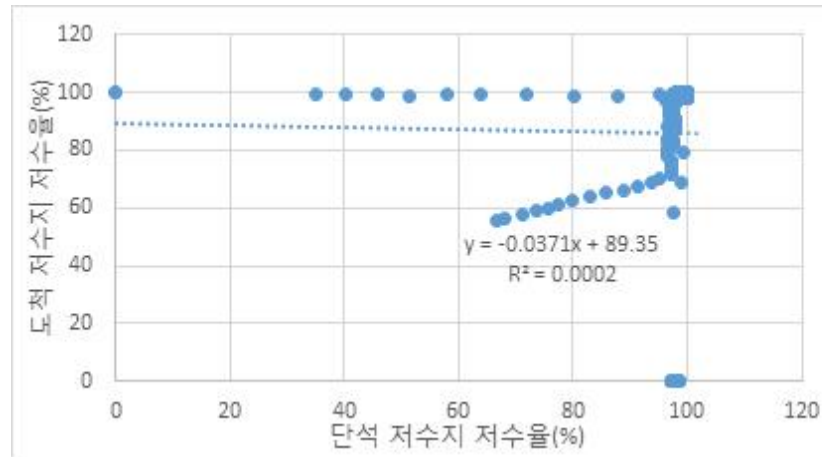


그림 9-1 2011년 단석-도척 저수지 일별 저수율 상관분석

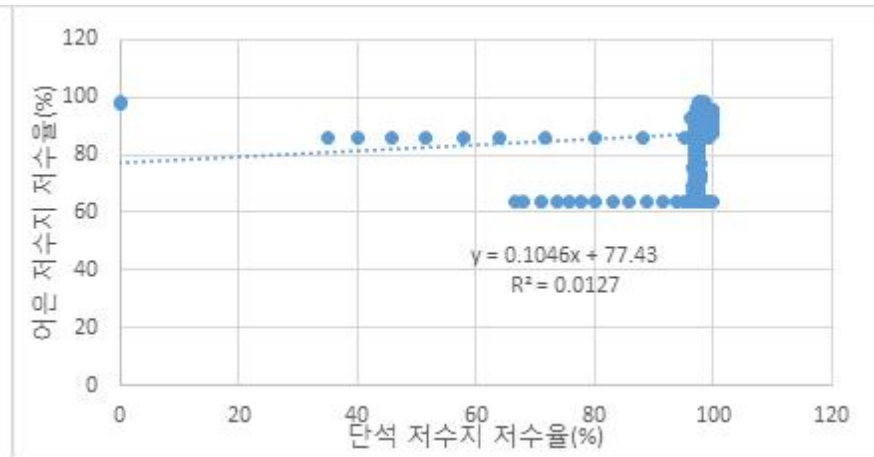


그림 9-2 2011년 단석-어은 저수지 일별 저수율 상관분석

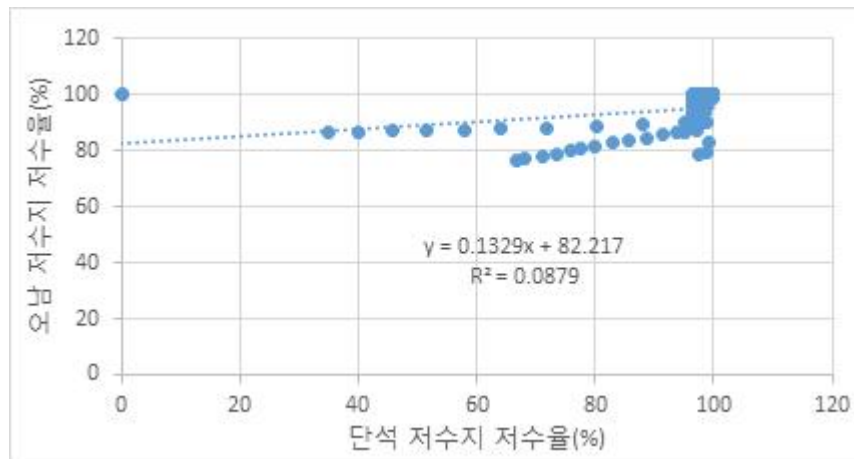


그림 9-3 2011년 단석-오남 저수지 일별 저수율 상관분석

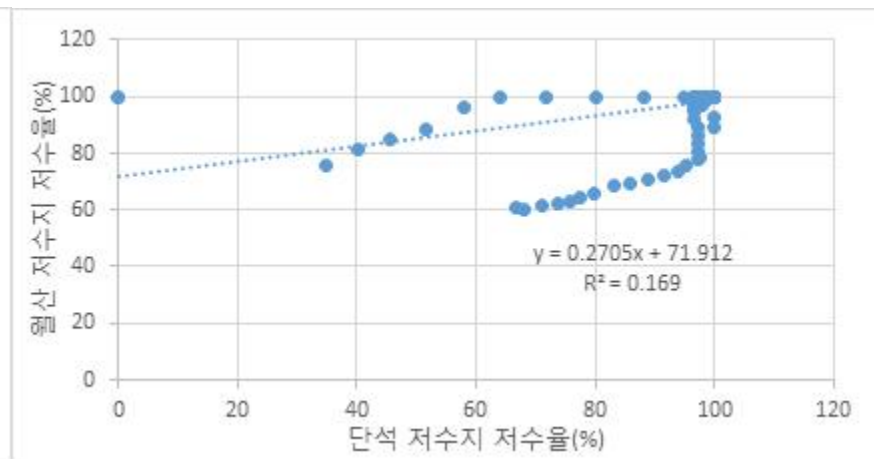


그림 9-4 2011년 단석-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

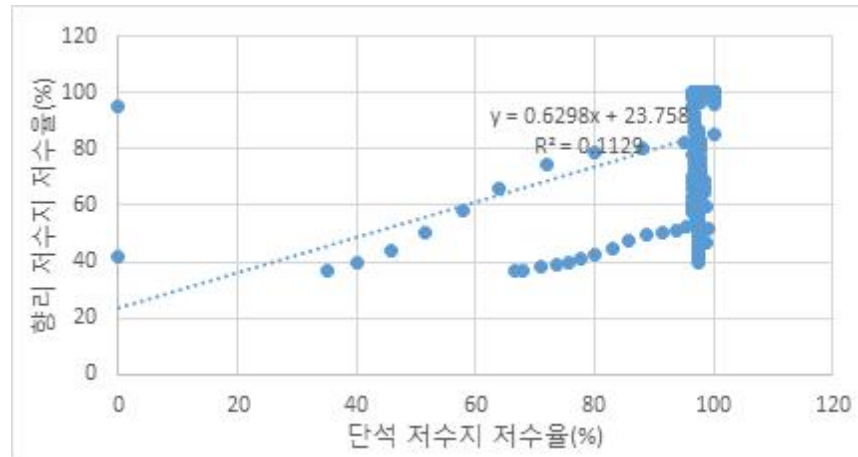


그림 9-5 2011년 단석-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

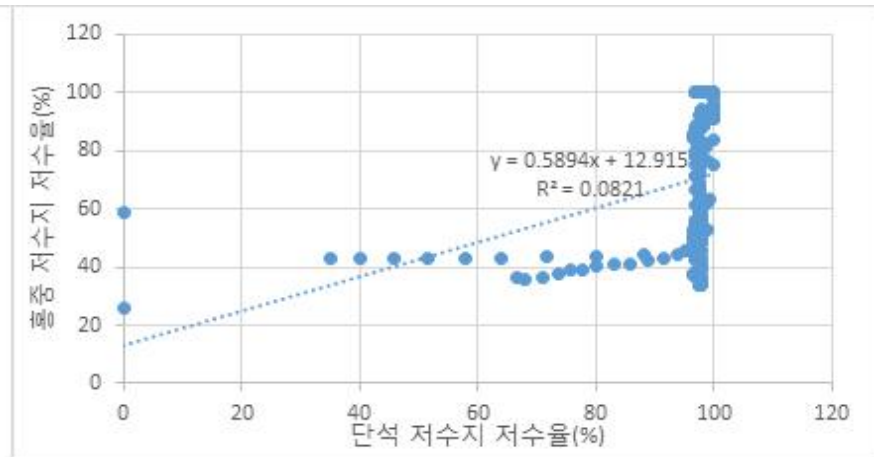


그림 9-6 2011년 단석-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

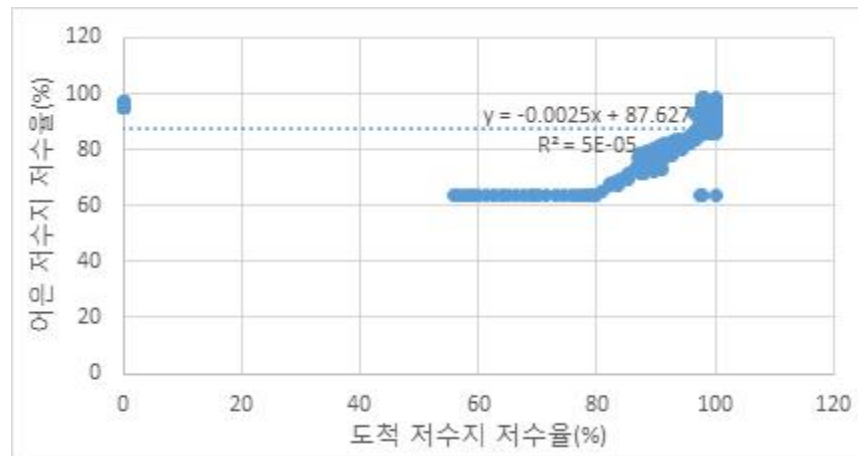


그림 9-7 2011년 도척-어은 저수지 일별 저수율 상관분석

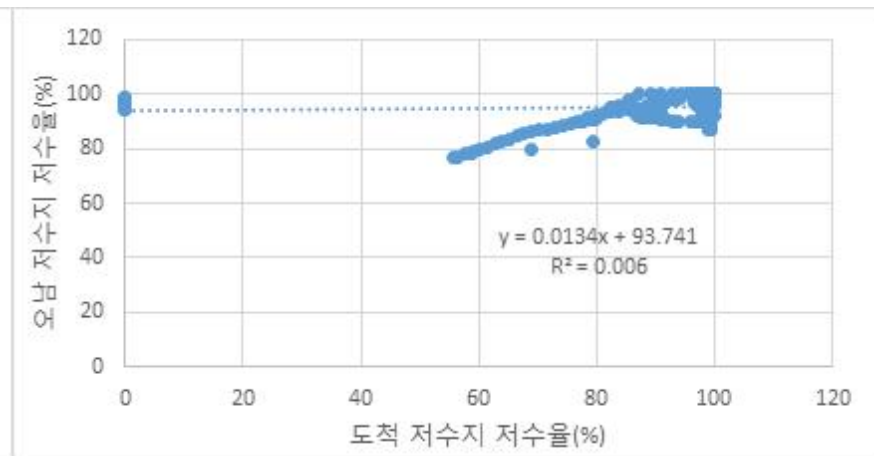


그림 9-8 2011년 도척-오남 저수지 일별 저수율 상관분석

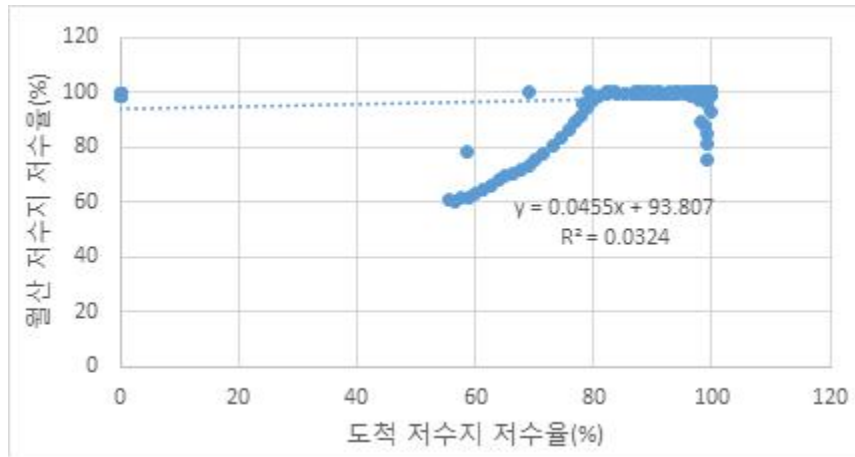


그림 9-9 2011년 도척-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

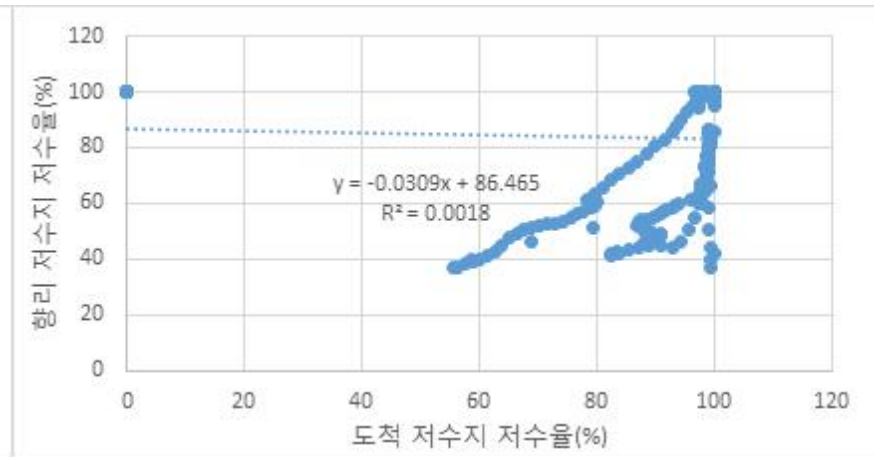


그림 9-10 2011년 도척-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

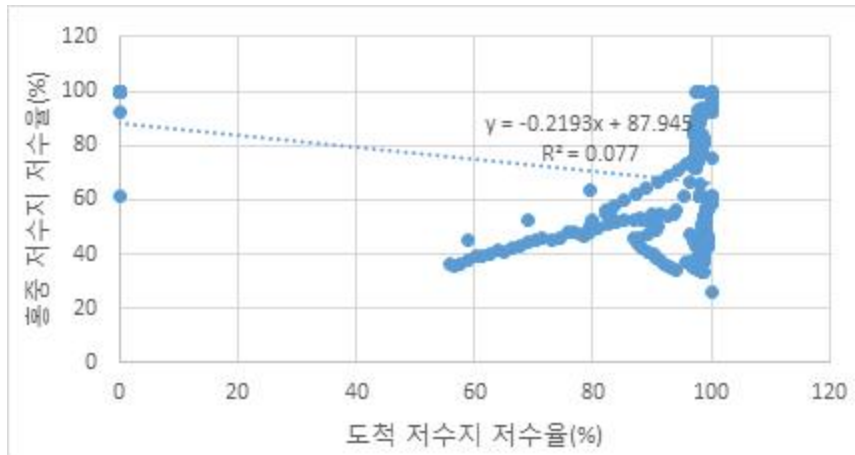


그림 9-11 2011년 도척-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

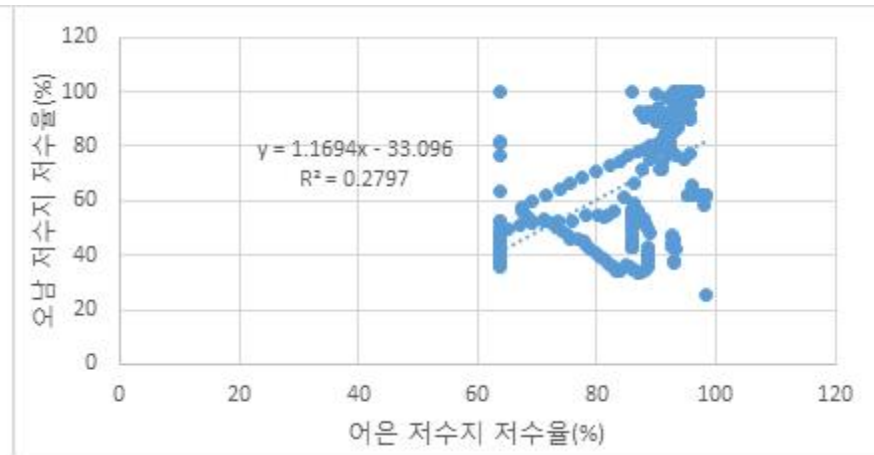


그림 9-12 2011년 어은-오남 저수지 일별 저수율 상관분석

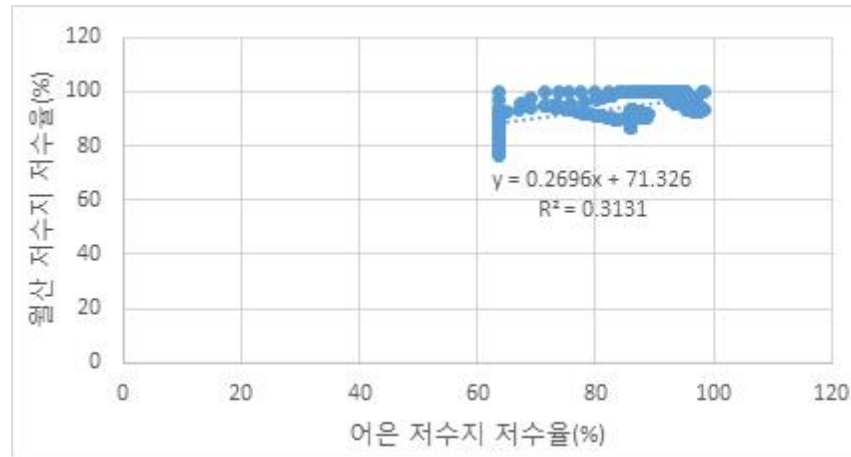


그림 9-13 2011년 어은-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

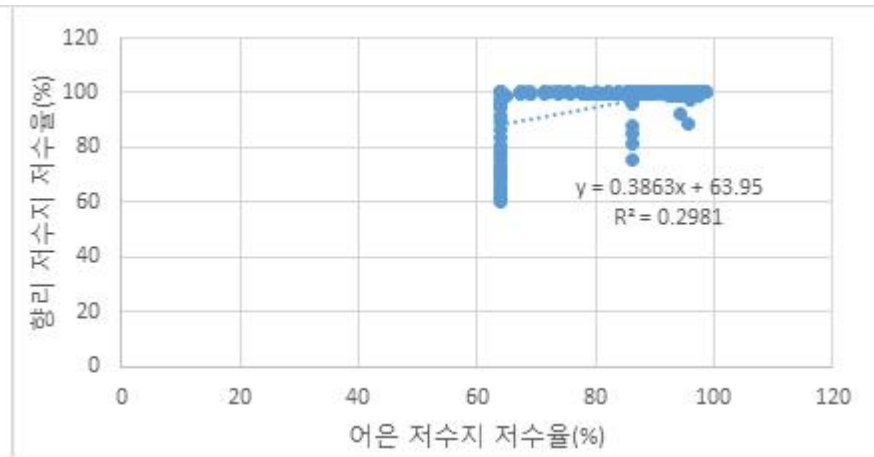


그림 9-14 2011년 어은-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

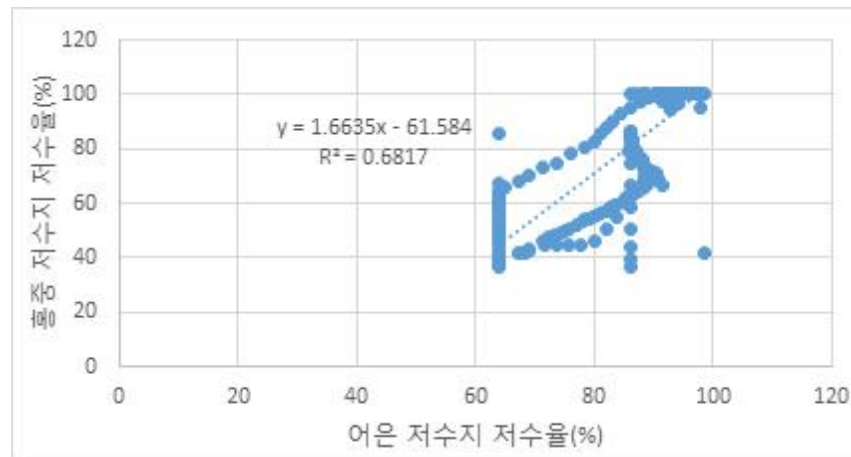


그림 9-15 2011년 어은-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

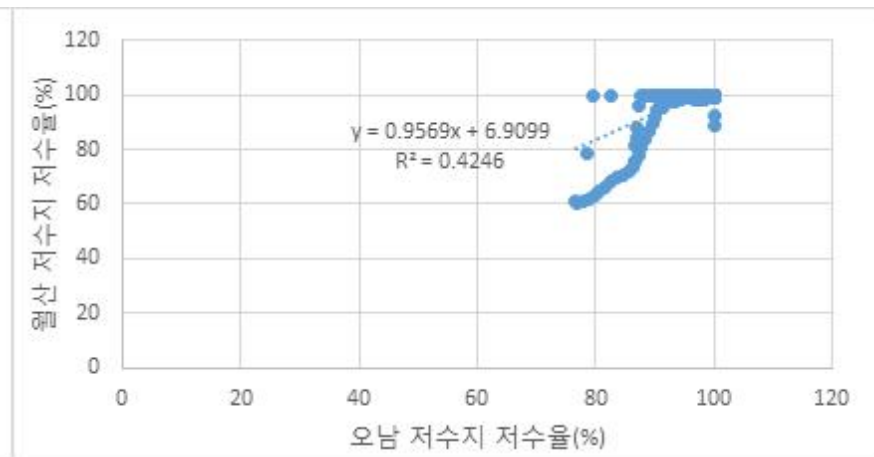


그림 9-16 2011년 오남-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

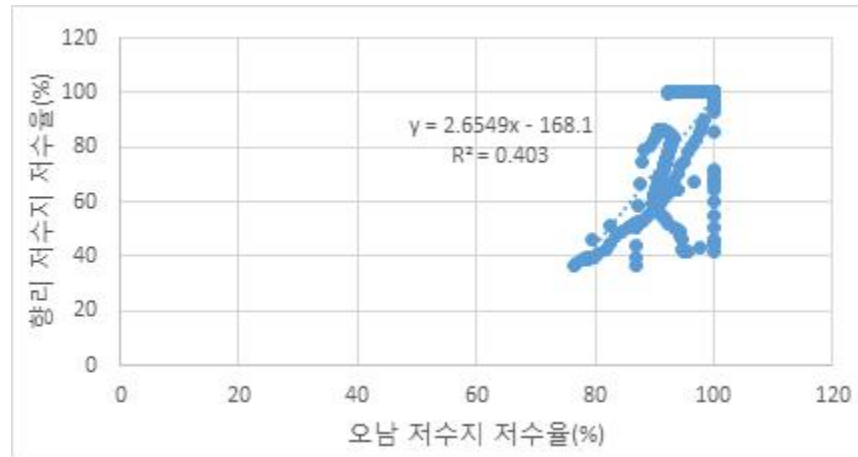


그림 9-17 2011년 오남-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

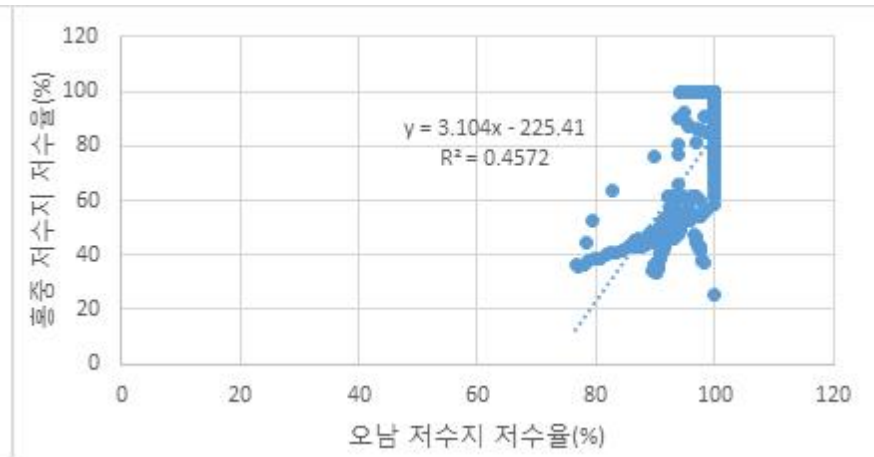


그림 9-18 2011년 오남-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

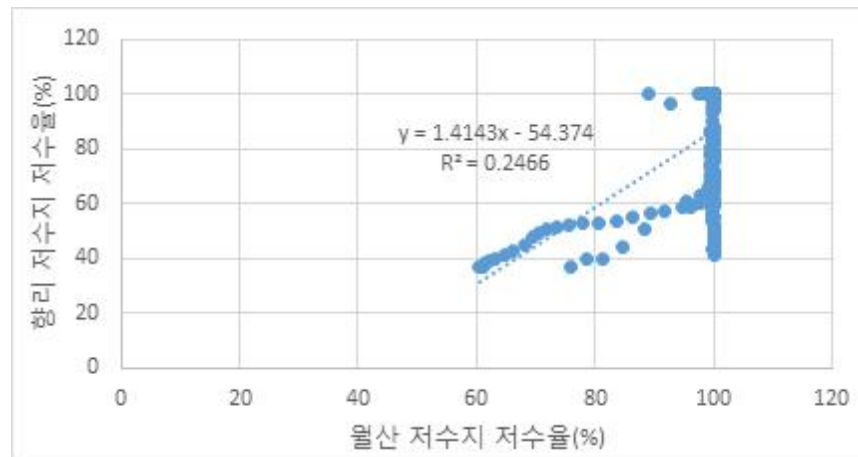


그림 9-19 2011년 월산-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

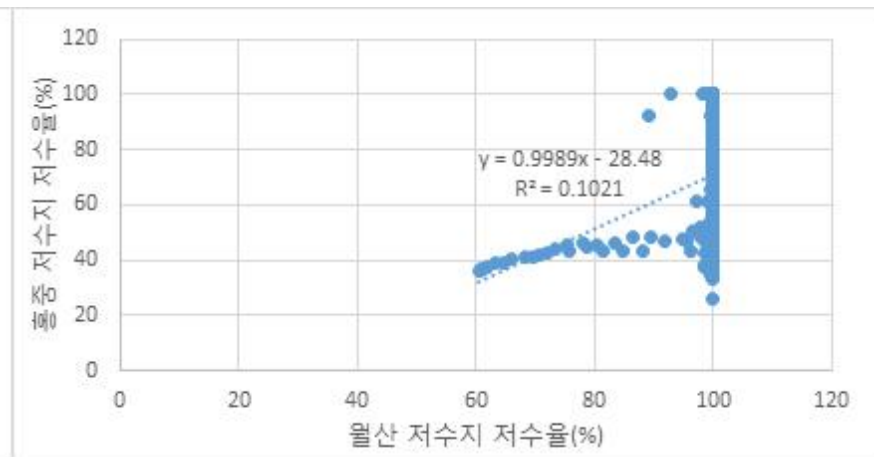


그림 9-20 2011년 월산-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

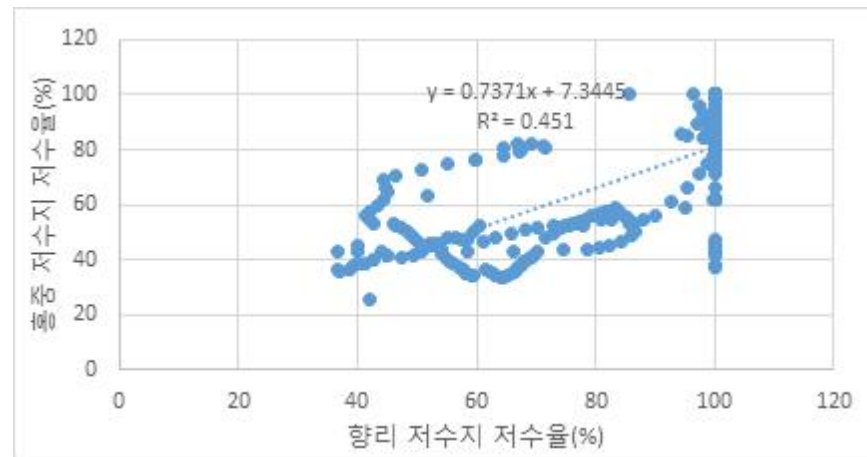


그림 9-21 2011년 향리-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

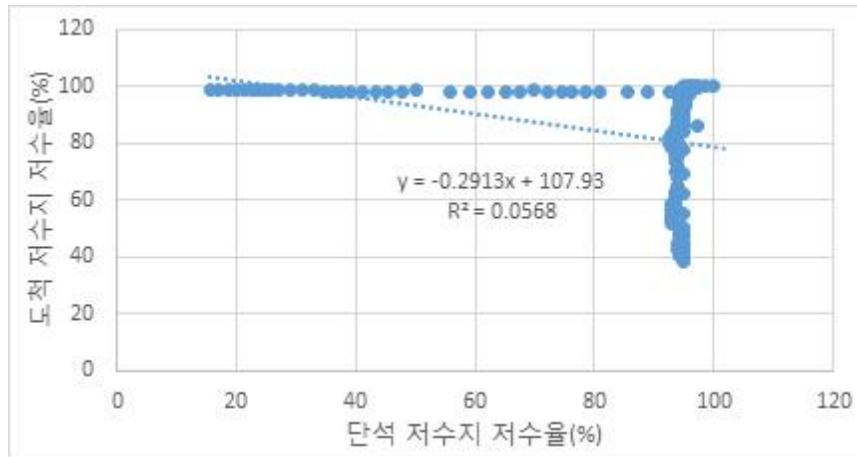


그림 9-22 2012년 단석-도척 저수지 일별 저수율 상관분석

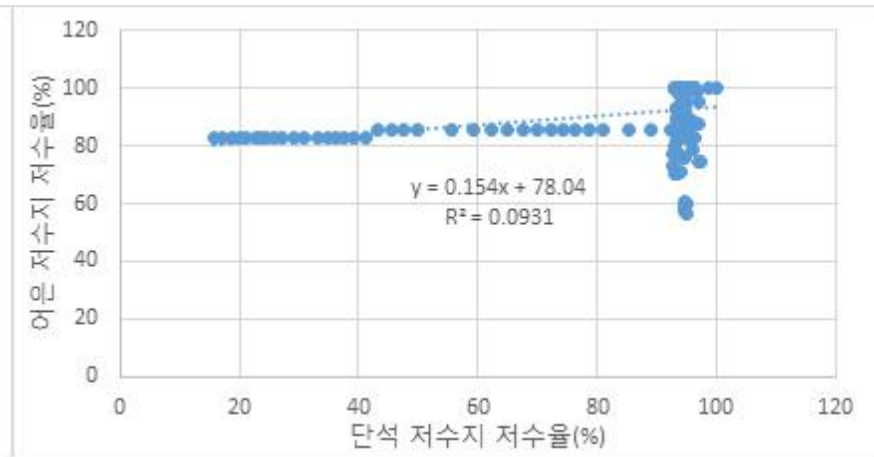


그림 9-23 2012년 단석-어은 저수지 일별 저수율 상관분석

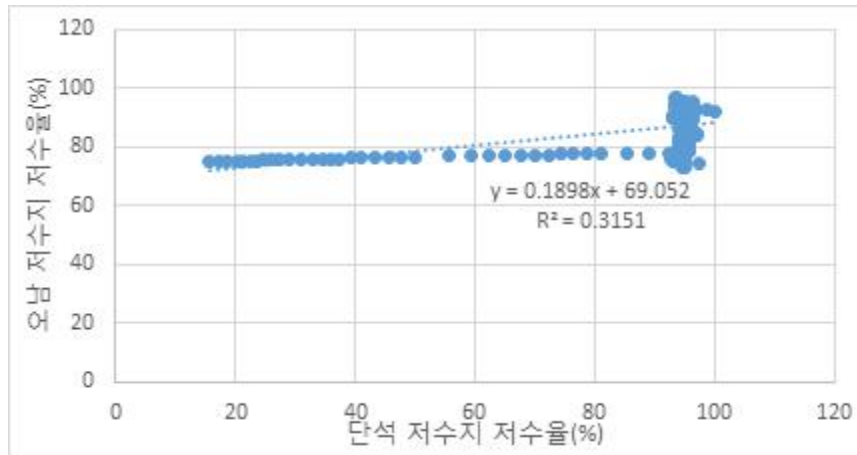


그림 9-24 2012년 단석-오남 저수지 일별 저수율 상관분석

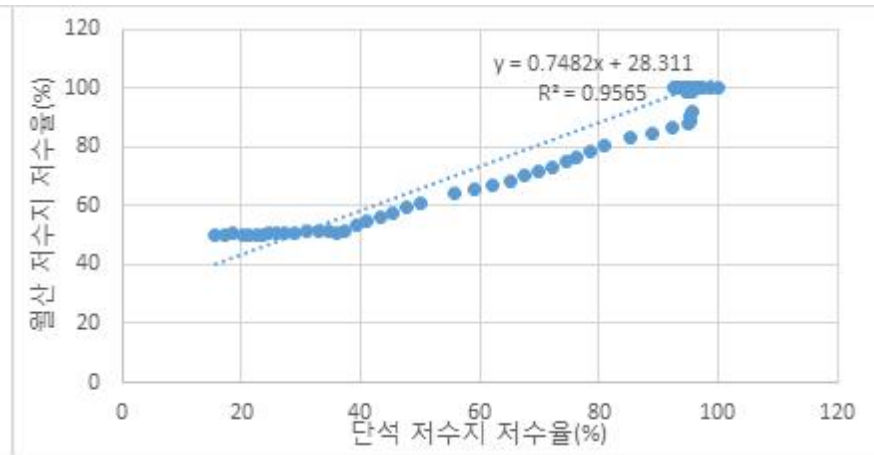


그림 9-25 2012년 단석-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

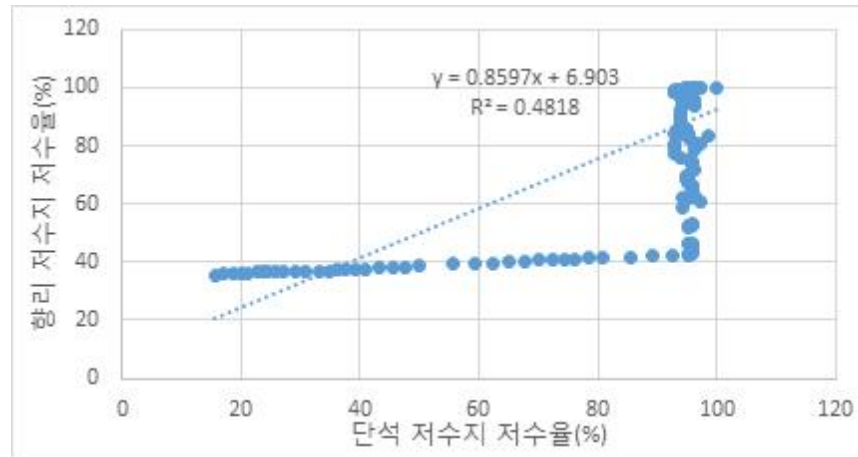


그림 9-26 2012년 단석-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

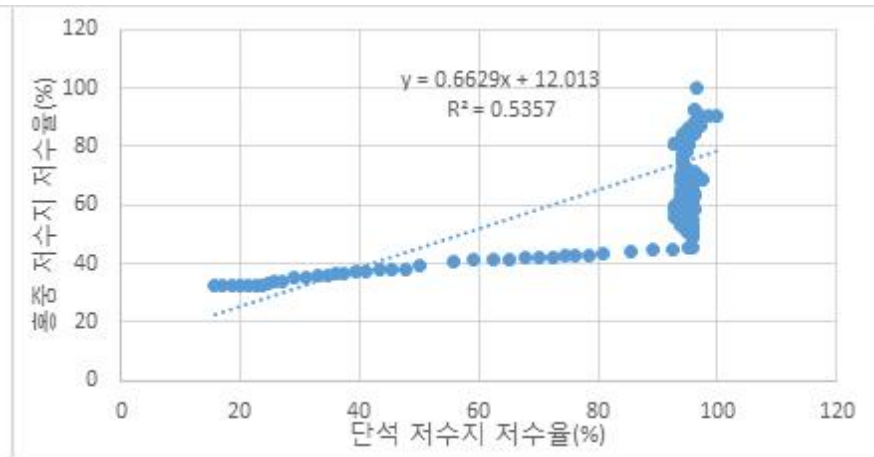


그림 9-27 2012년 단석-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

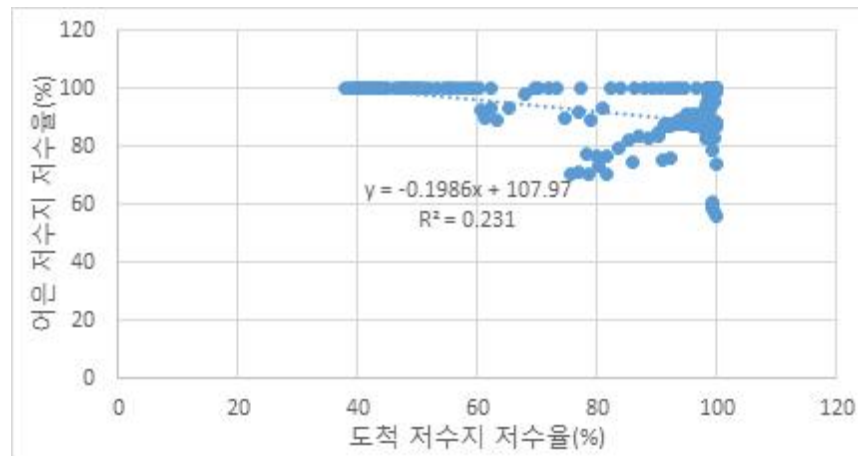


그림 9-28 2012년 도척-어은 저수지 일별 저수율 상관분석

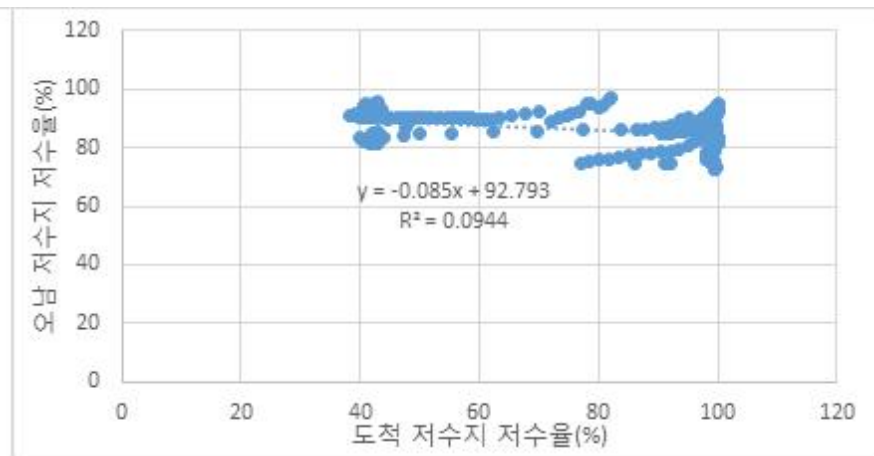


그림 9-29 2012년 도척-오남 저수지 일별 저수율 상관분석

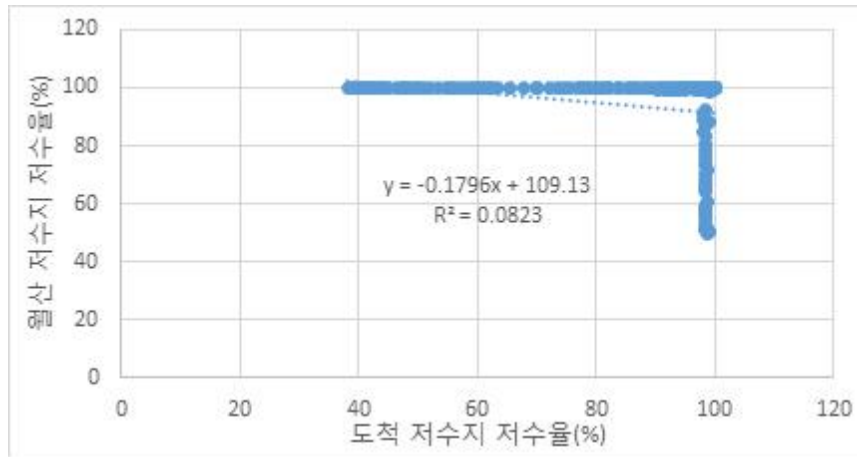


그림 9-30 2012년 도척-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

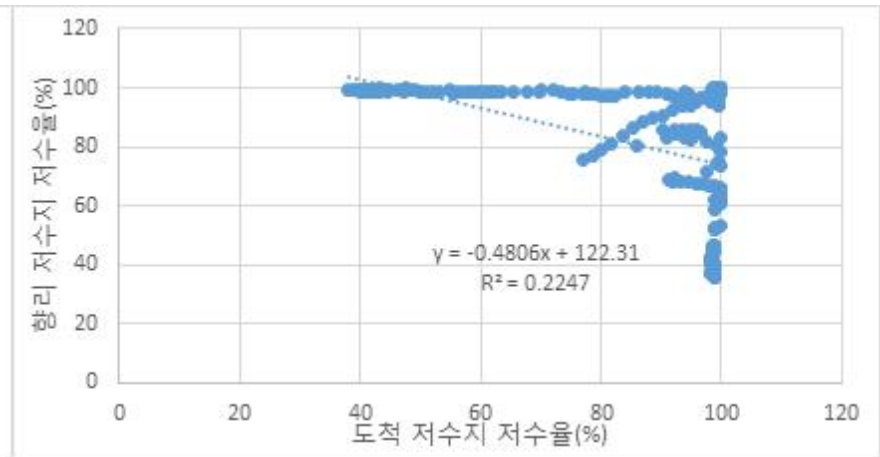


그림 9-31 2012년 도척-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

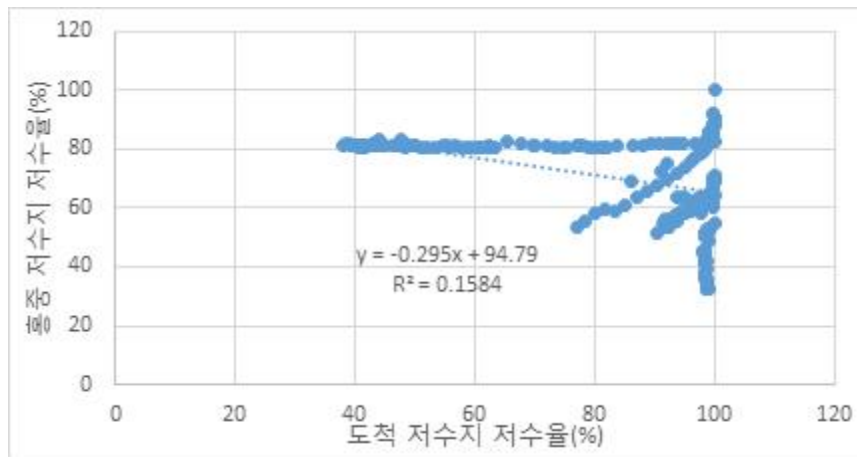


그림 9-32 2012년 도척-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

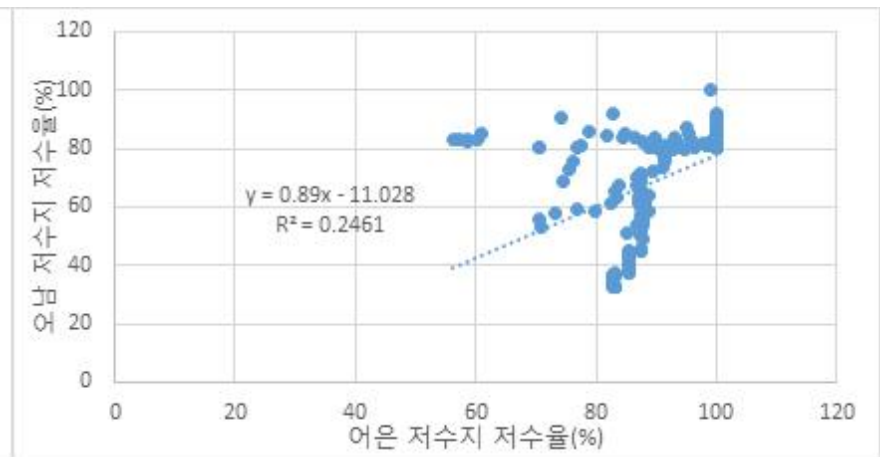


그림 9-33 2012년 어은-오남 저수지 일별 저수율 상관분석

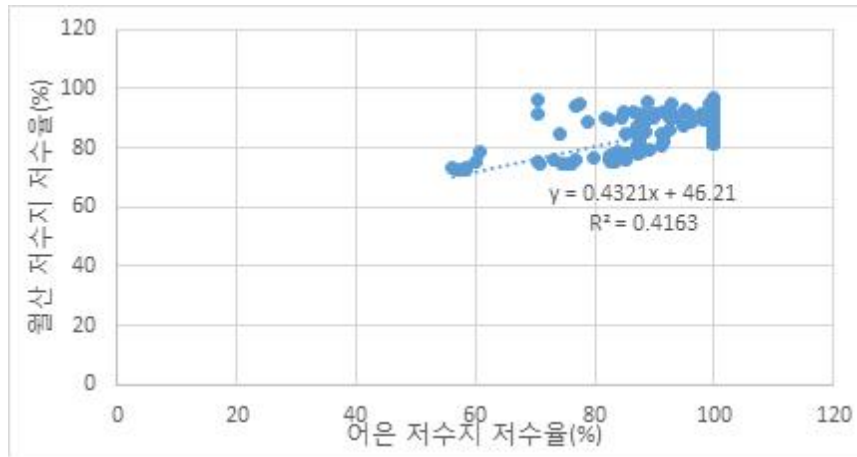


그림 9-34 2012년 어은-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

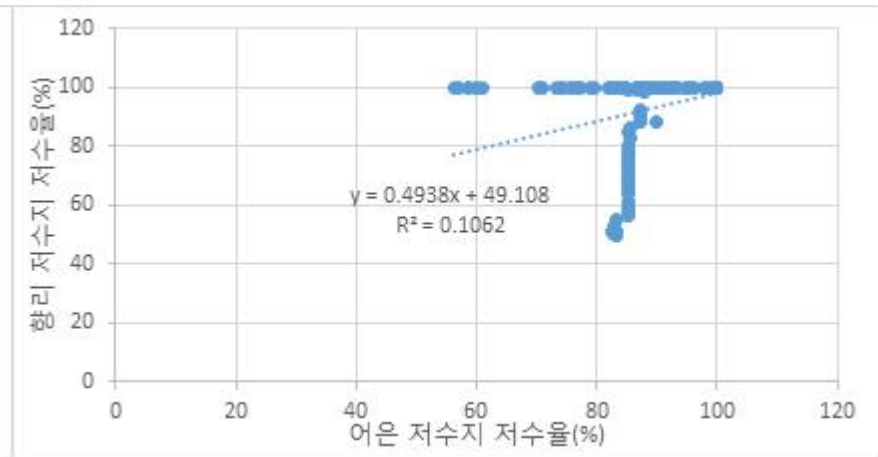


그림 9-35 2012년 어은-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

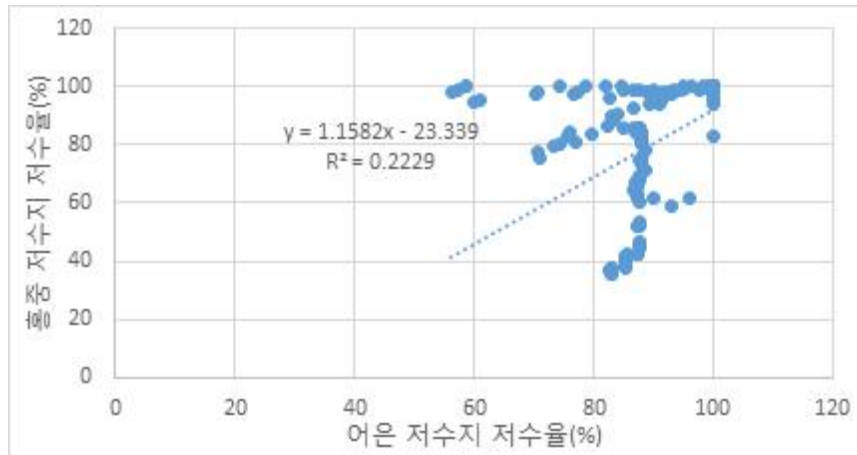


그림 9-36 2012년 어은-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

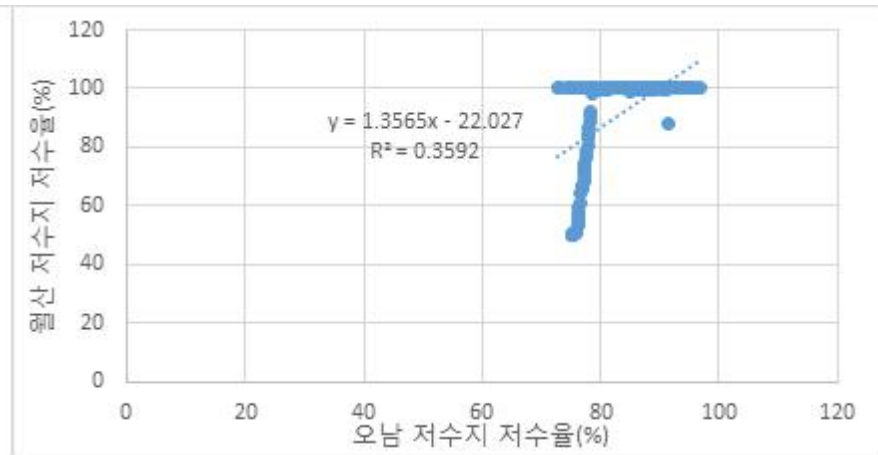


그림 9-37 2012년 오남-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

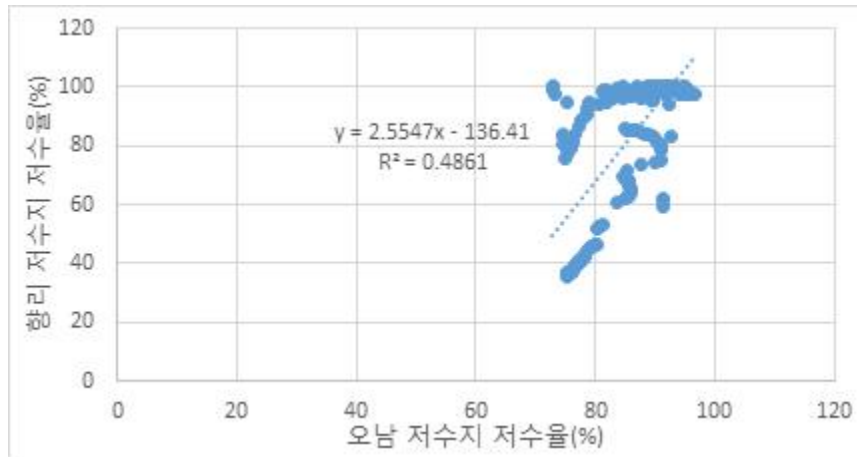


그림 9-38 2012년 오남-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

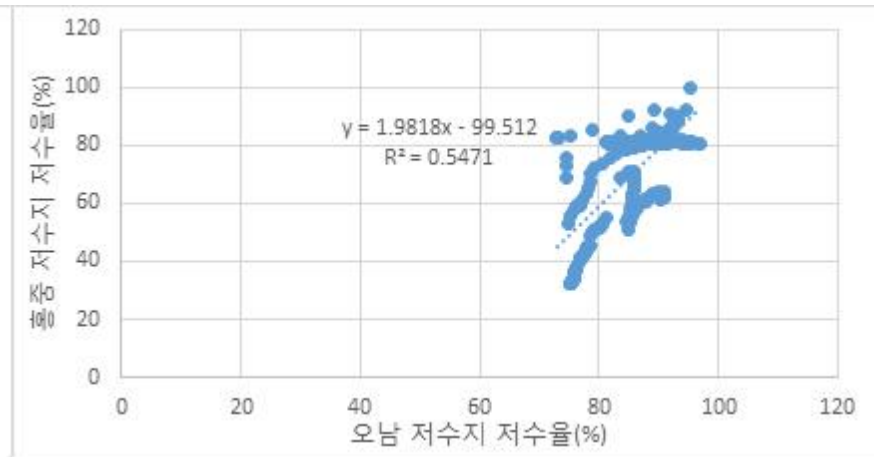


그림 9-39 2012년 오남-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

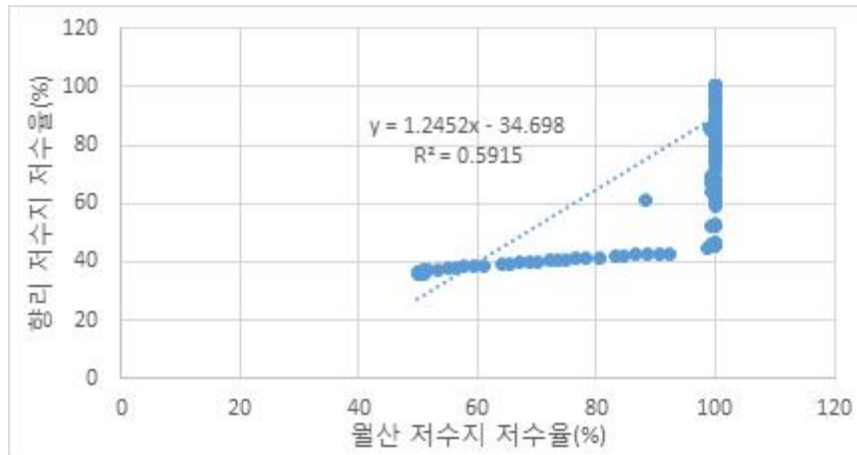


그림 9-40 2012년 월산-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

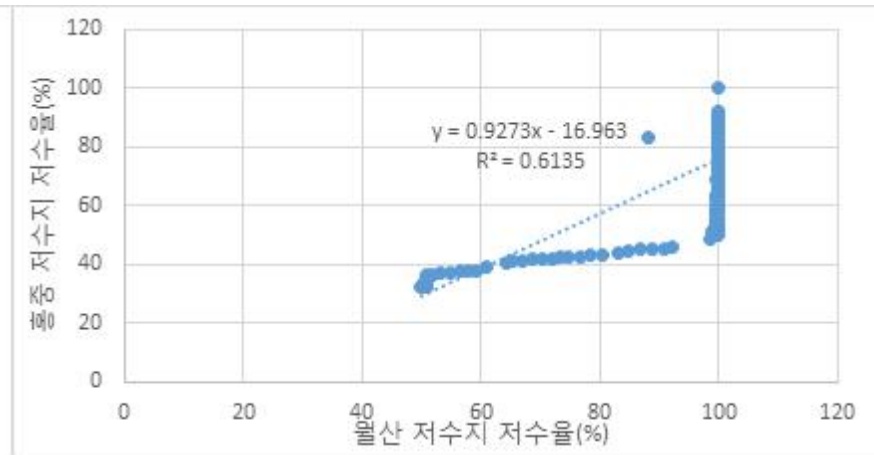


그림 9-41 2012년 월산-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

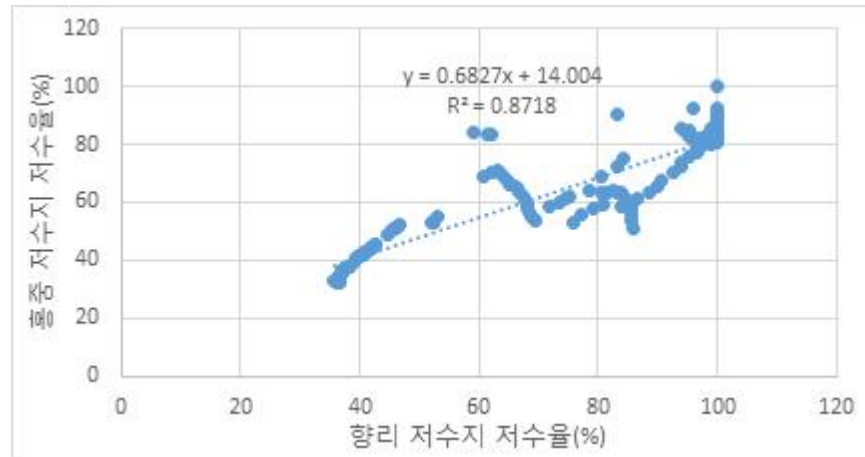


그림 9-42 2012년 향리-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

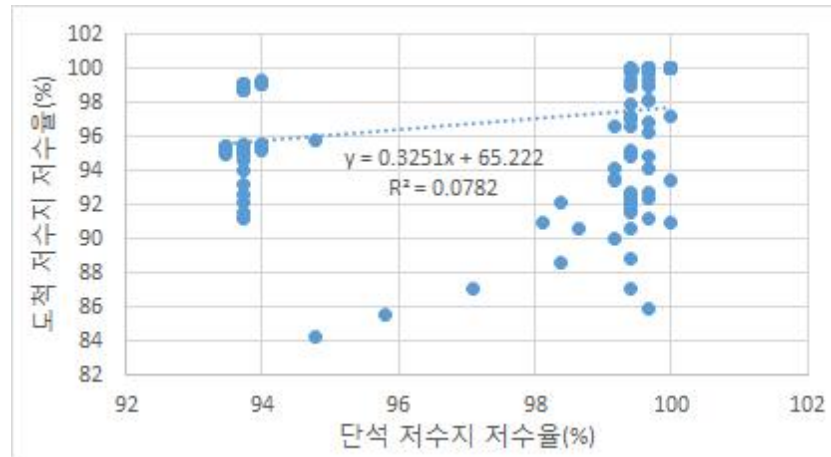


그림 9-43 2013년 단석-도척 저수지 일별 저수율 상관분석

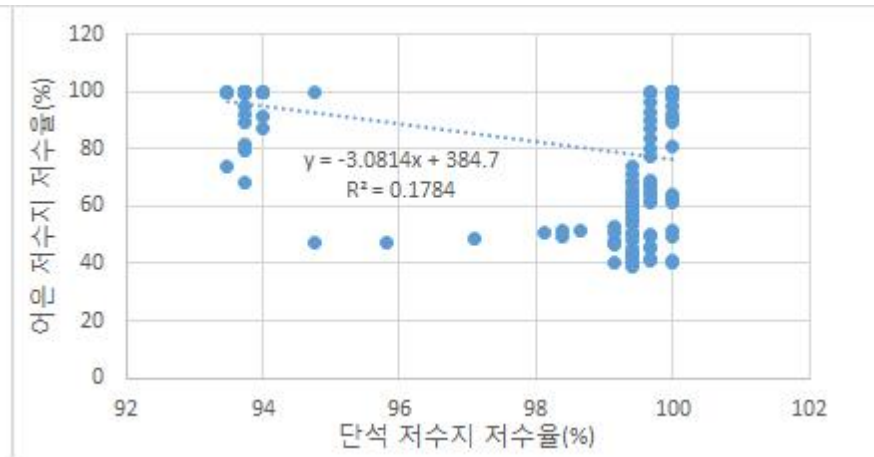


그림 9-44 2013년 단석-어은 저수지 일별 저수율 상관분석

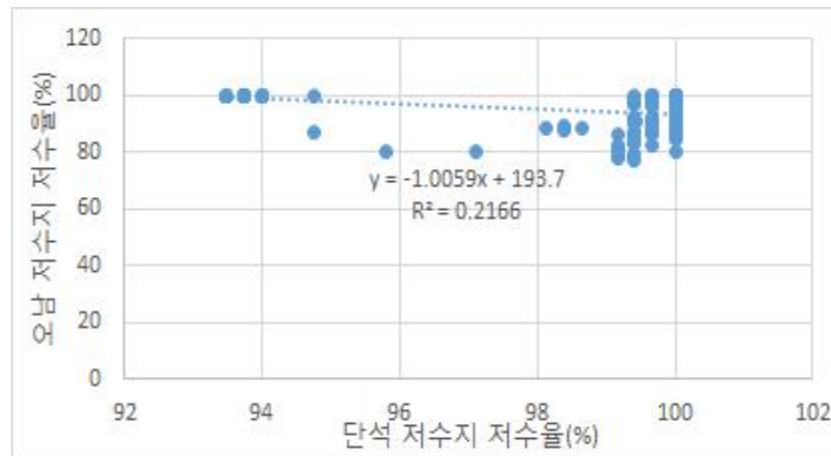


그림 9-45 2013년 단석-오남 저수지 일별 저수율 상관분석

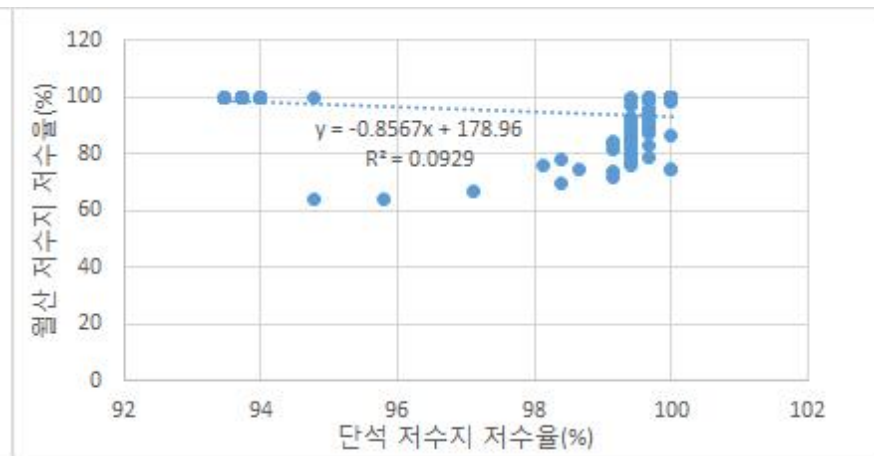


그림 9-46 2013년 단석-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

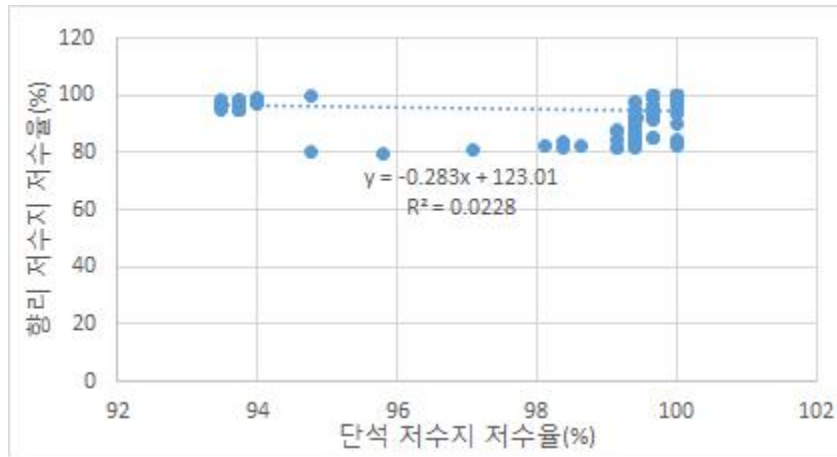


그림 9-47 2013년 단석-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

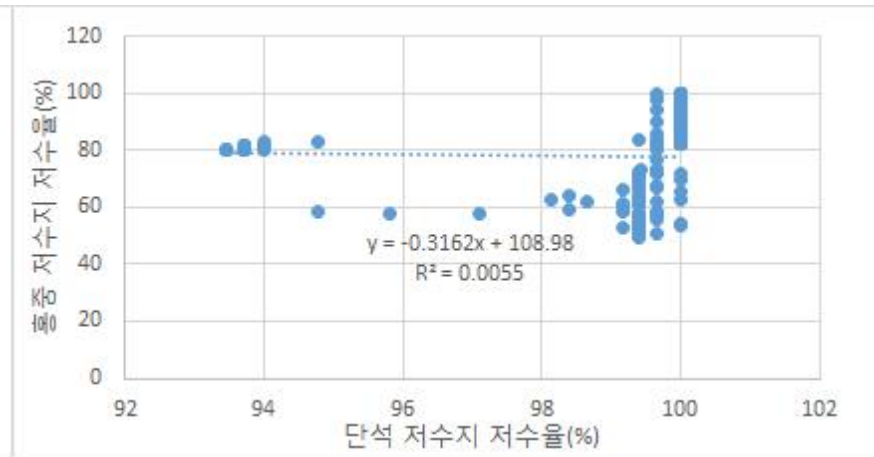


그림 9-48 2013년 단석-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

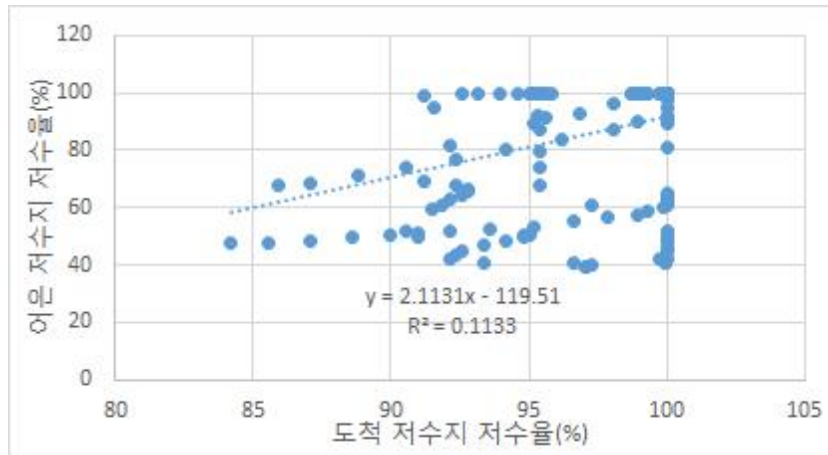


그림 9-49 2013년 도척-어은 저수지 일별 저수율 상관분석

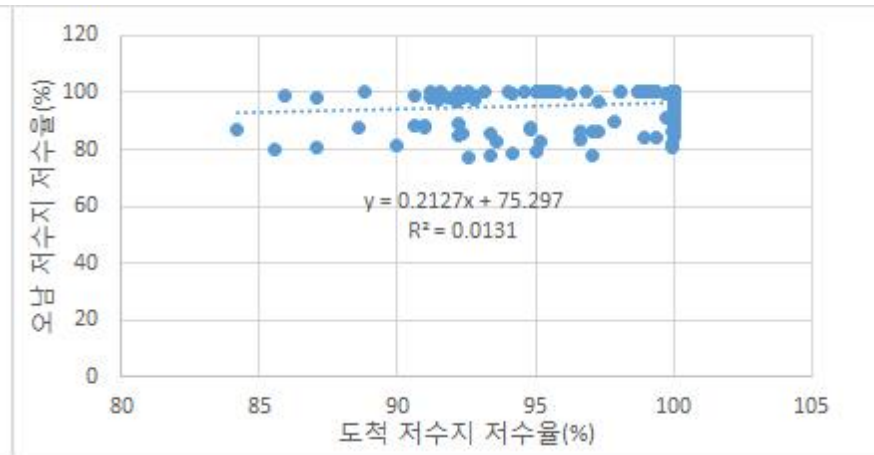


그림 9-50 2013년 도척-오남 저수지 일별 저수율 상관분석

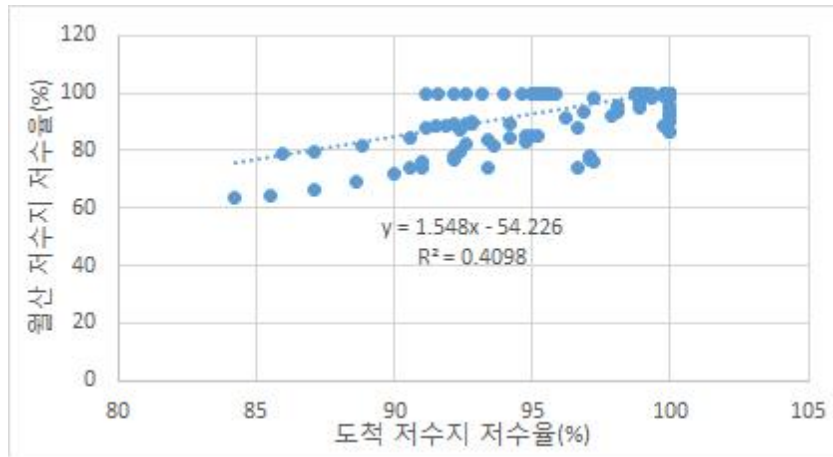


그림 9-51 2013년 도척-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

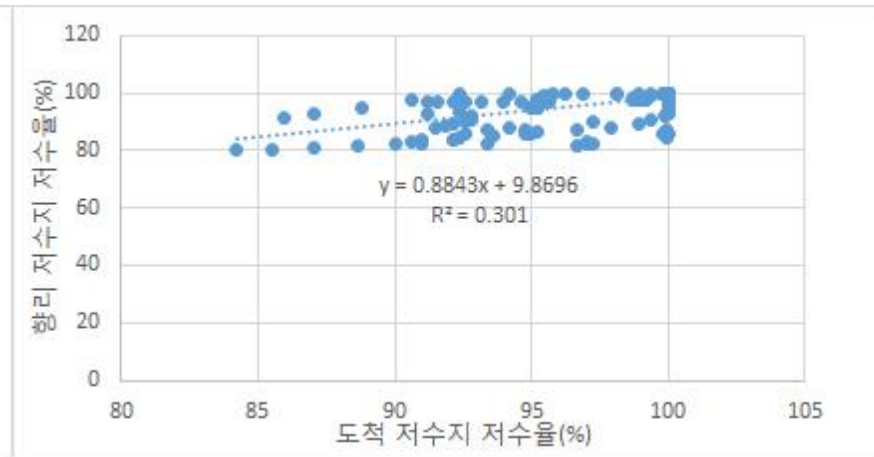


그림 9-52 2013년 도척-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

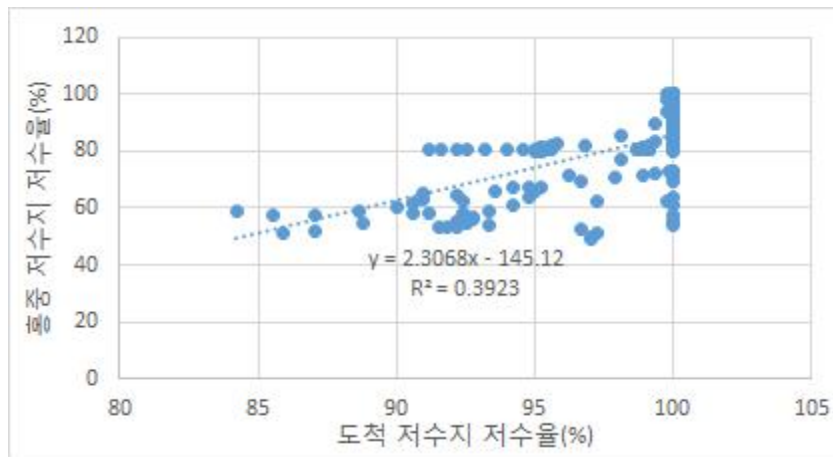


그림 9-53 2013년 도척-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

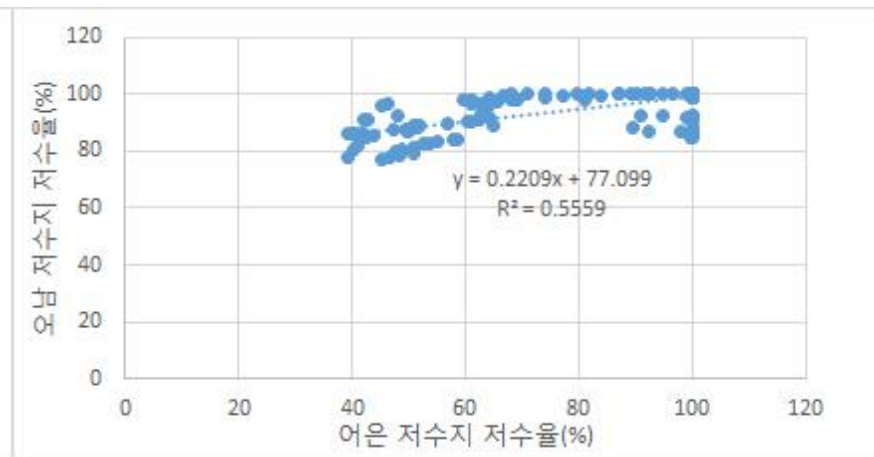


그림 9-54 2013년 어은-오남 저수지 일별 저수율 상관분석

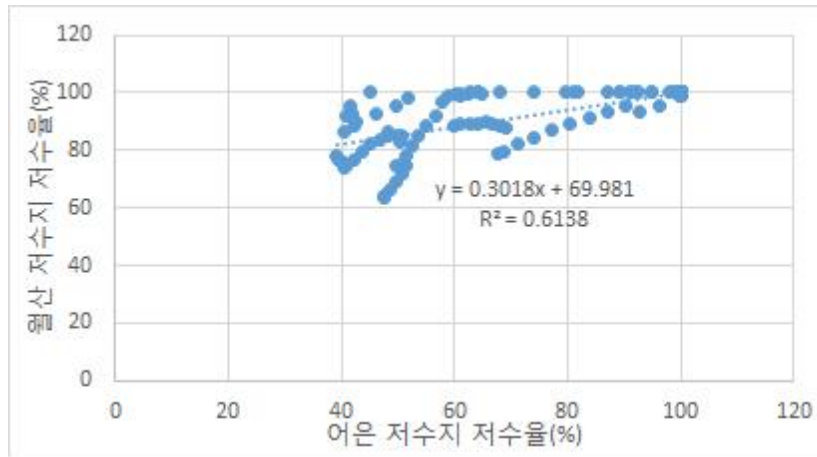


그림 9-55 2013년 어은-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

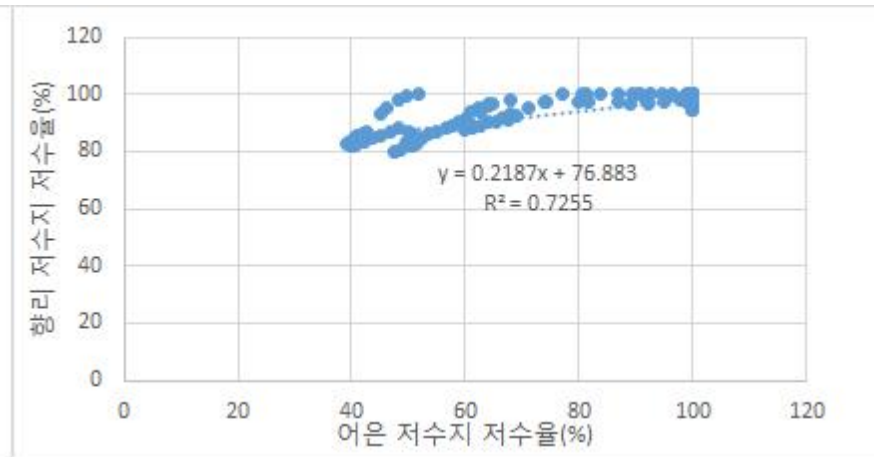


그림 9-56 2013년 어은-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

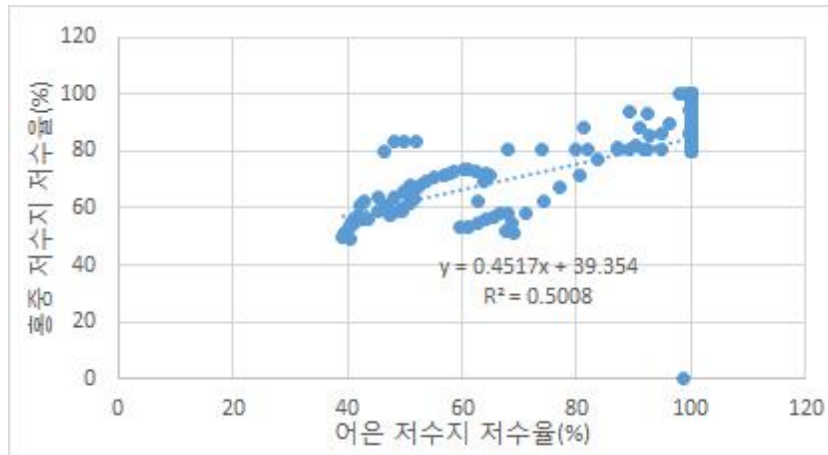


그림 9-57 2013년 어은-중흥 저수지 일별 저수율 상관분석

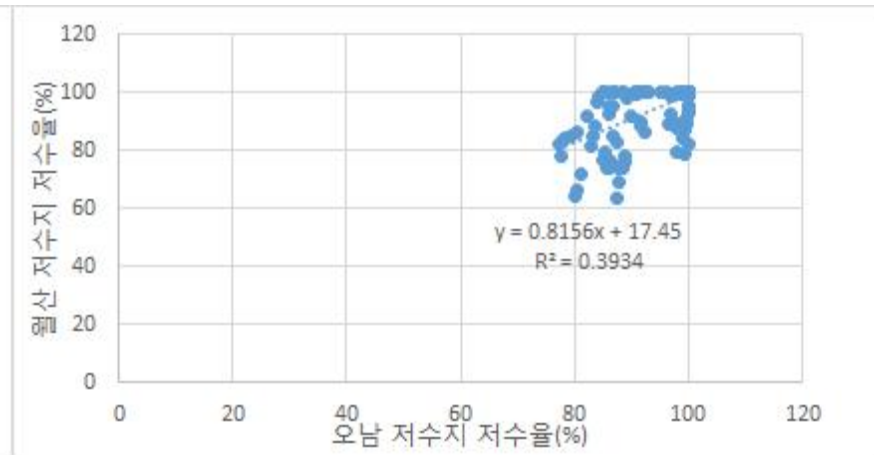


그림 9-58 2013년 오남-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

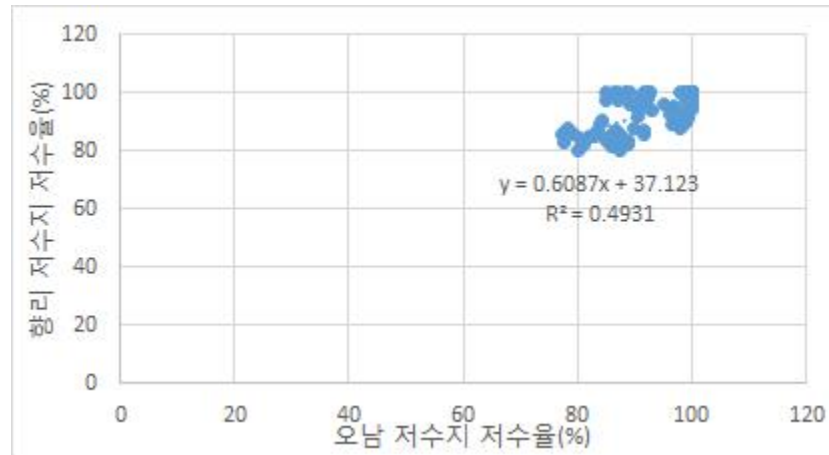


그림 9-59 2013년 오남-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

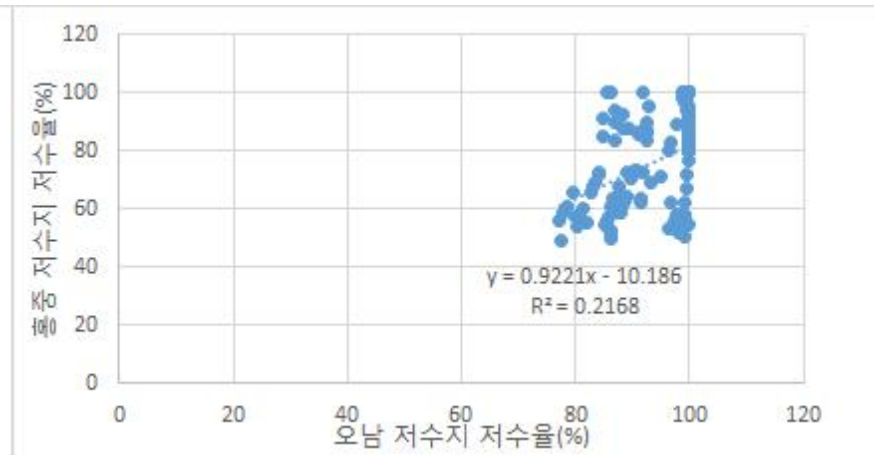


그림 9-60 2013년 오남-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

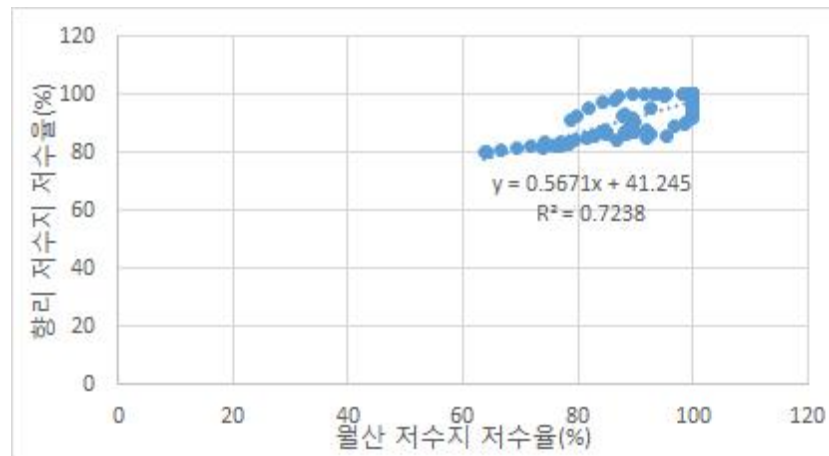


그림 9-61 2013년 월산-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

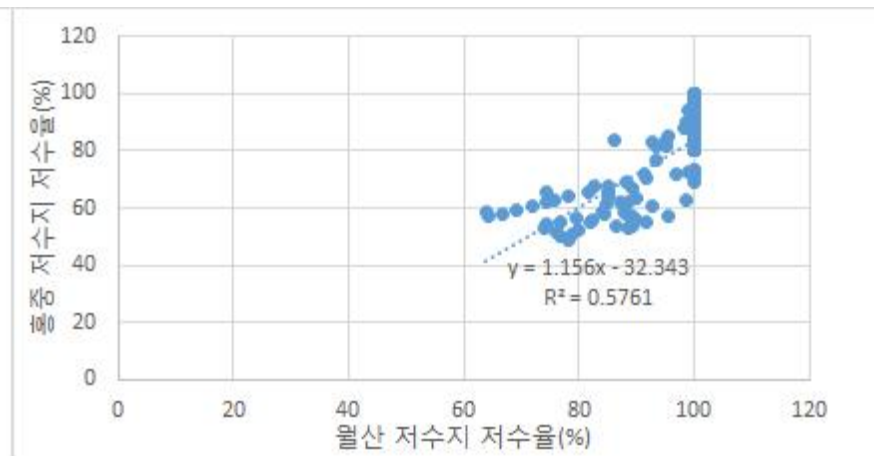


그림 9-62 2013년 월산-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

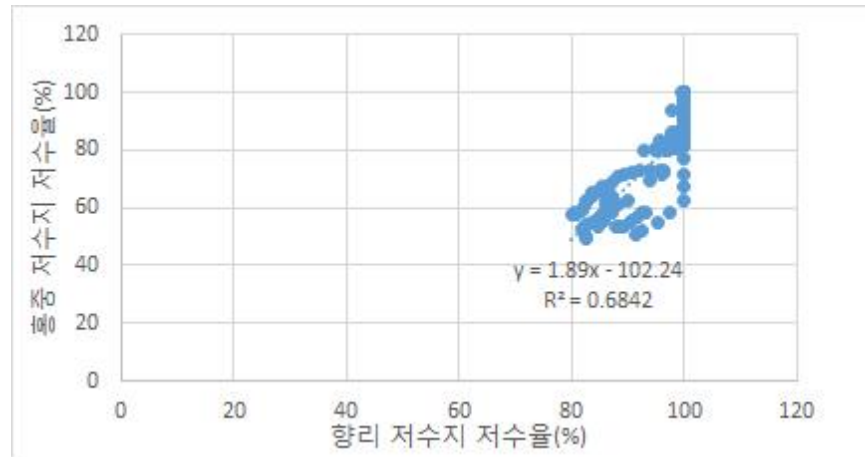


그림 9-63 2013년 향리-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

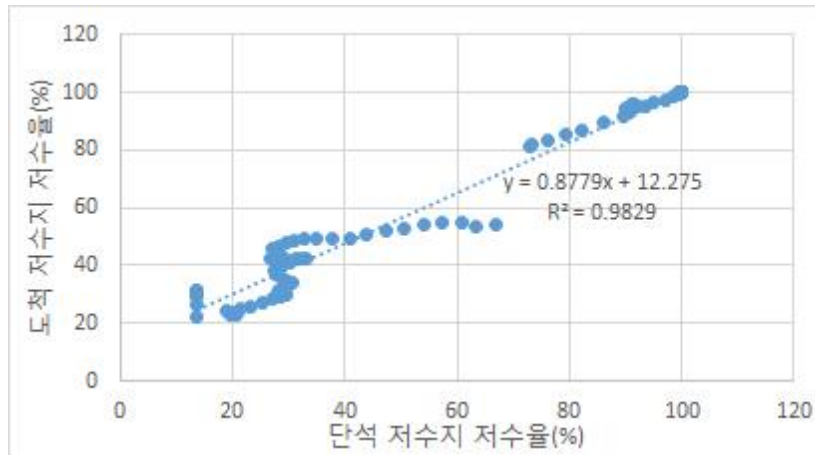


그림 9-64 2014년 단석-도척 저수지 일별 저수율 상관분석

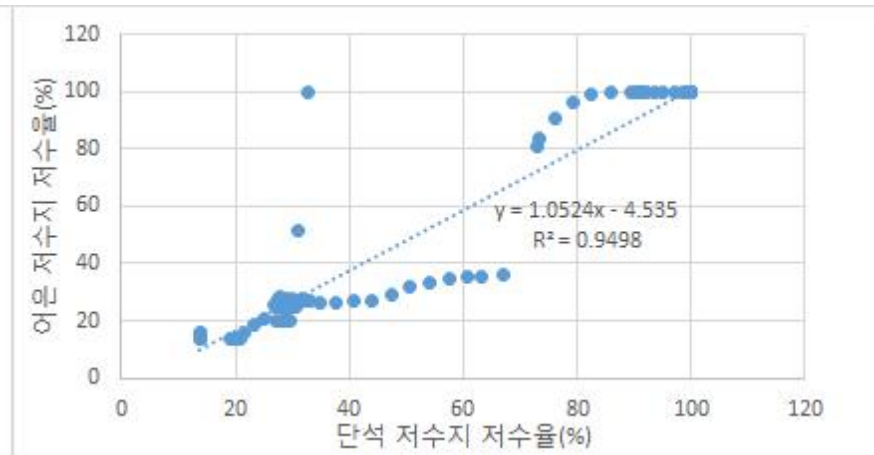


그림 9-65 2014년 단석-어은 저수지 일별 저수율 상관분석

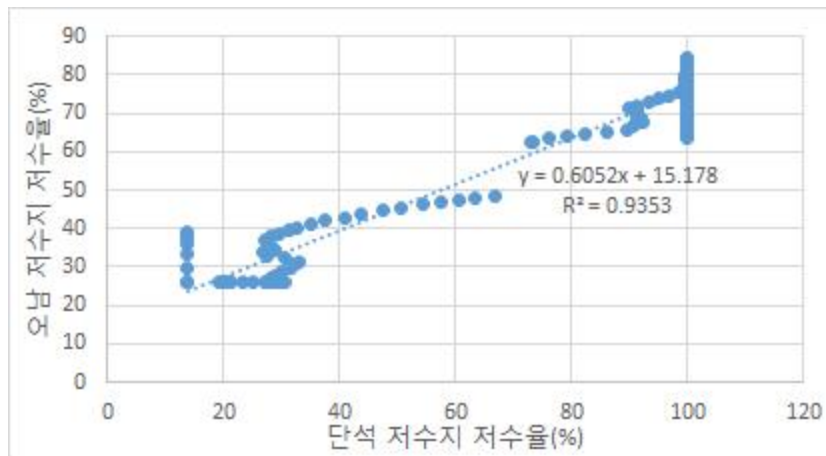


그림 9-66 2014년 단석-오남 저수지 일별 저수율 상관분석

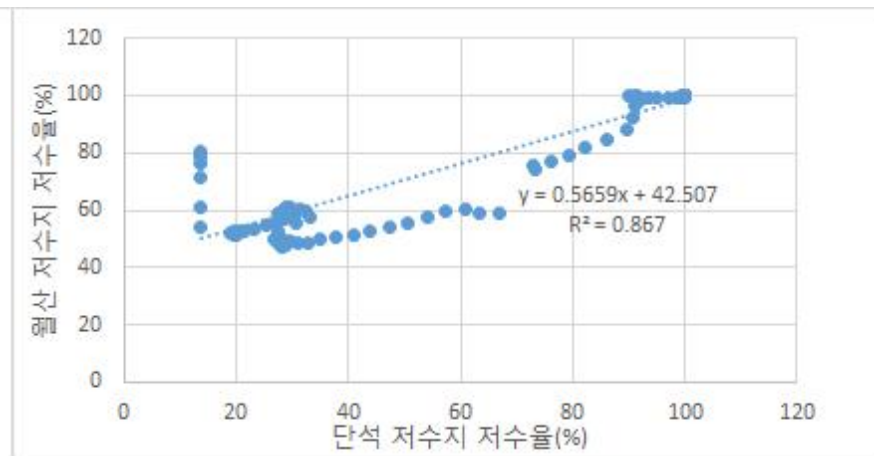


그림 9-67 2014년 단석-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

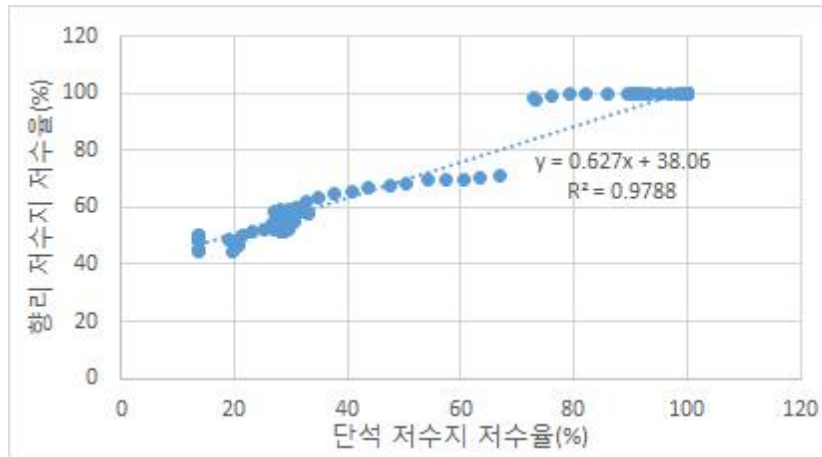


그림 9-68 2014년 단석-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

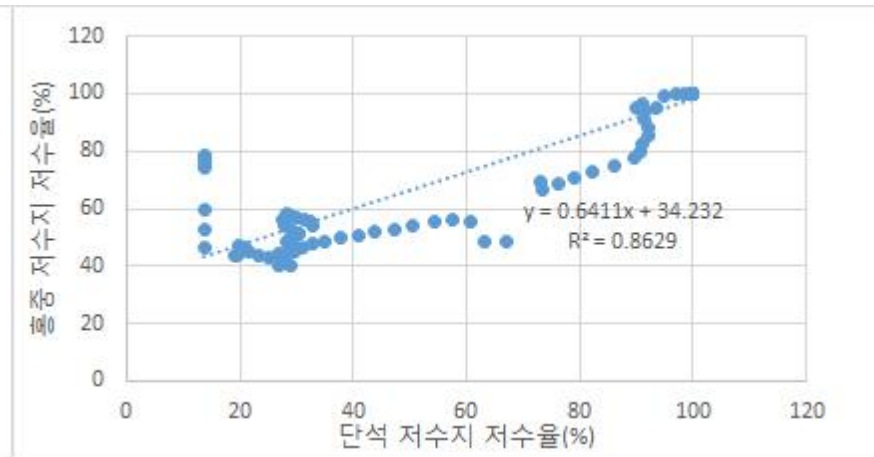


그림 9-69 2014년 단석-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

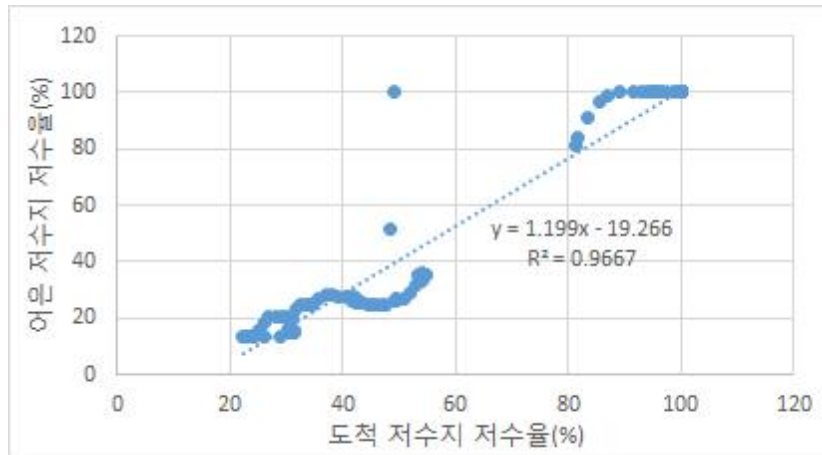


그림 9-70 2014년 도척-어은 저수지 일별 저수율 상관분석

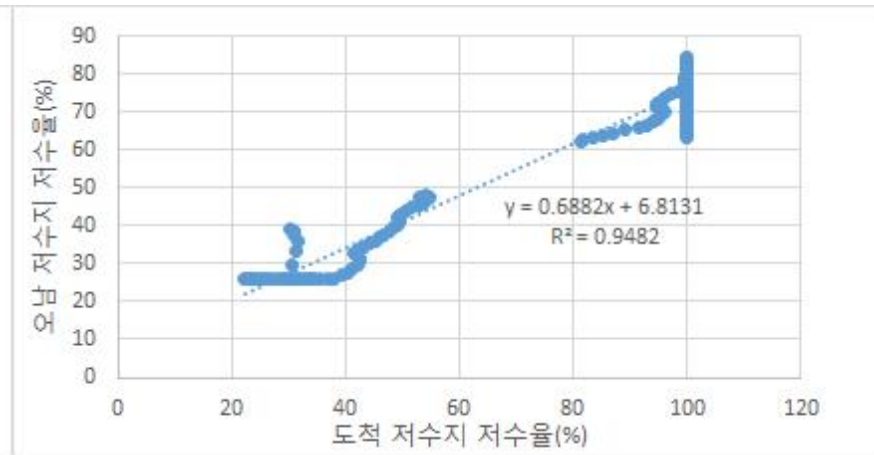


그림 9-71 2014년 도척-오남 저수지 일별 저수율 상관분석

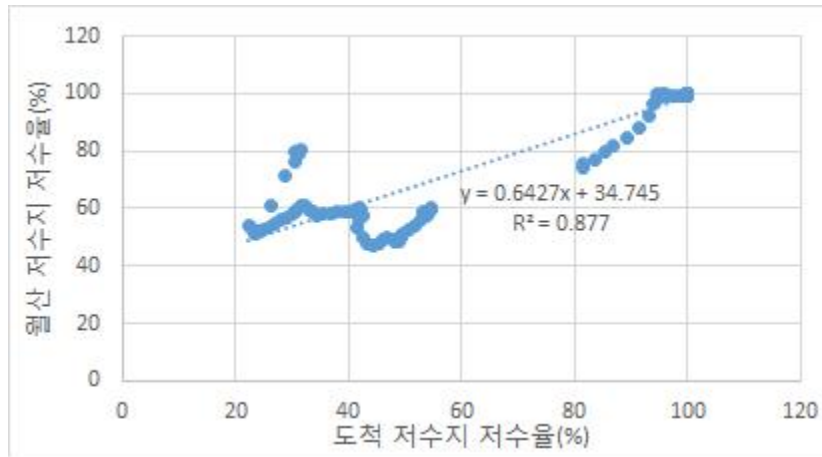


그림 9-72 2014년 도척-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

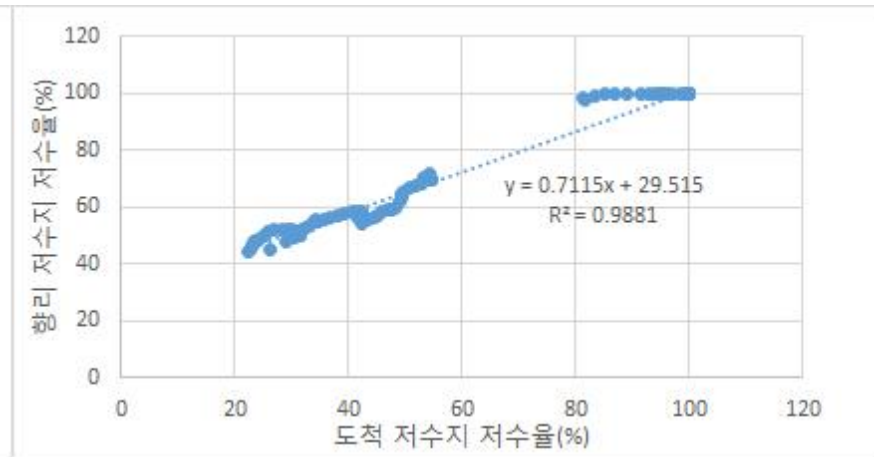


그림 9-73 2014년 도척-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

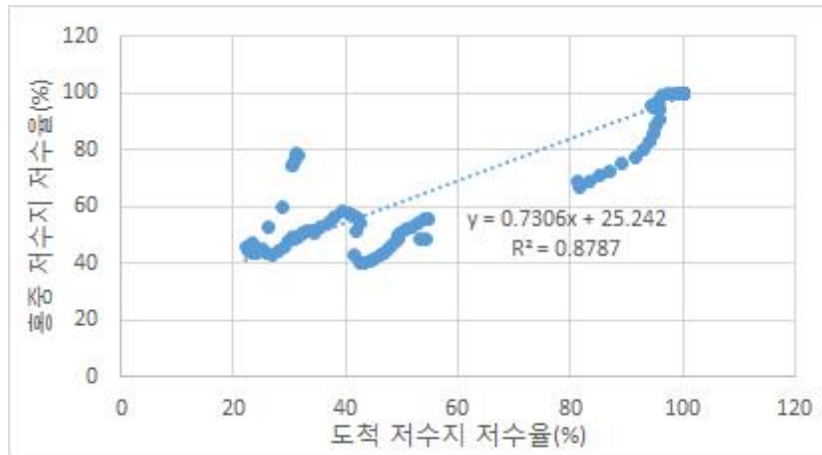


그림 9-74 2014년 도척-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

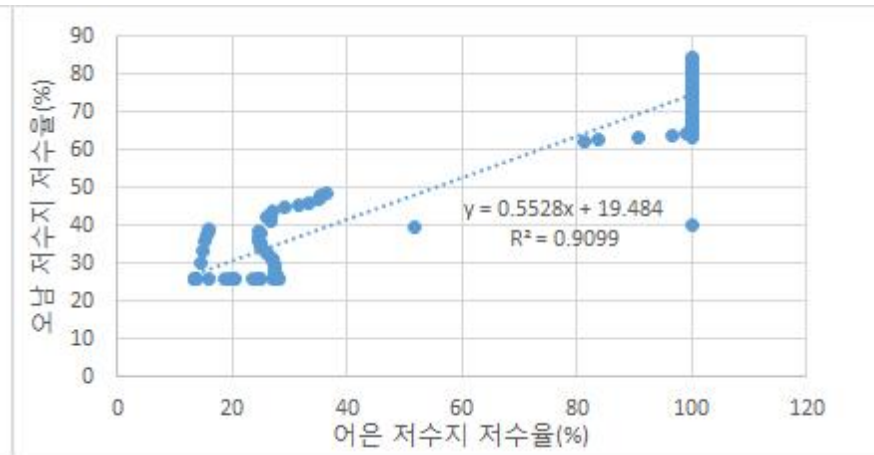


그림 9-75 2014년 어은-오남 저수지 일별 저수율 상관분석

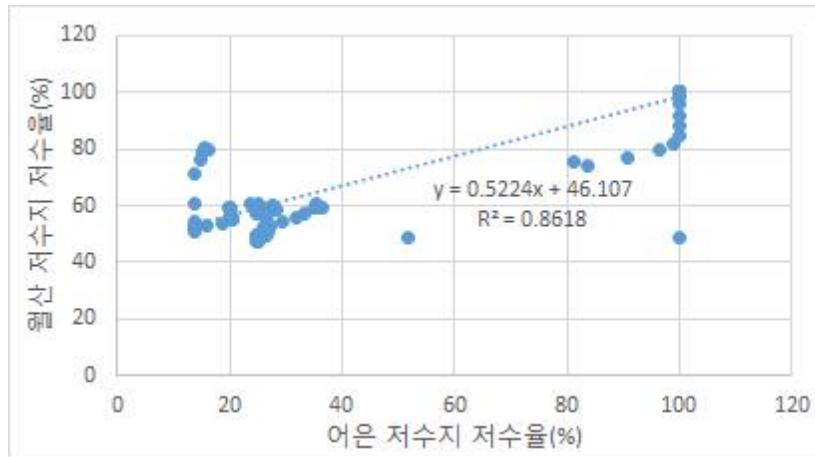


그림 9-76 2014년 어은-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

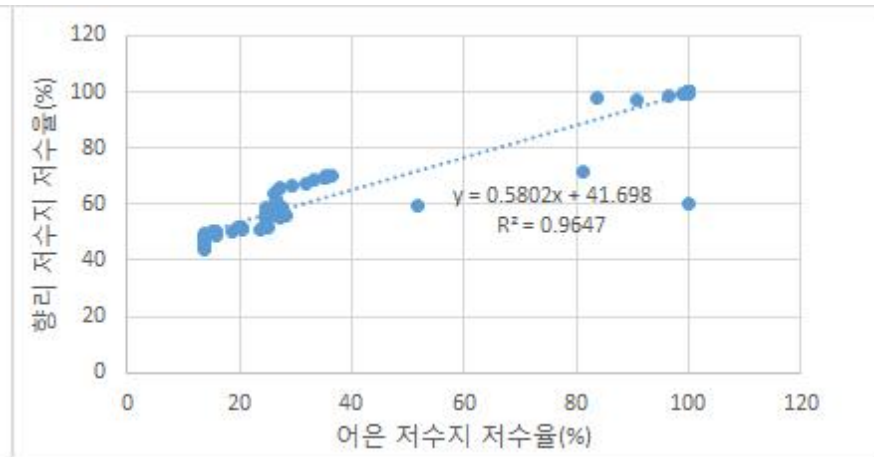


그림 9-77 2014년 어은-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

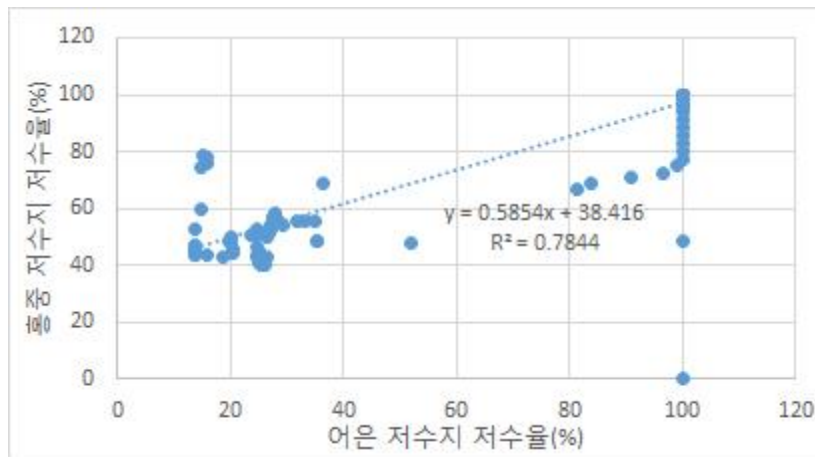


그림 9-78 2014년 어은-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

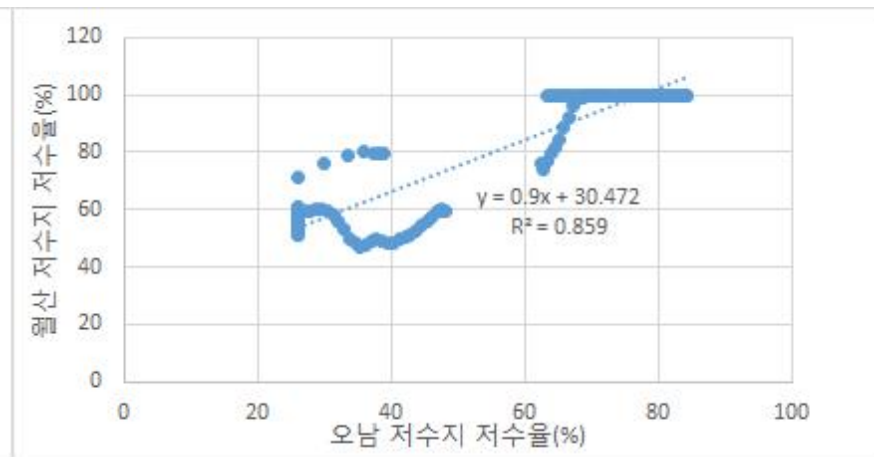


그림 9-79 2014년 오남-월산 저수지 일별 저수율 상관분석

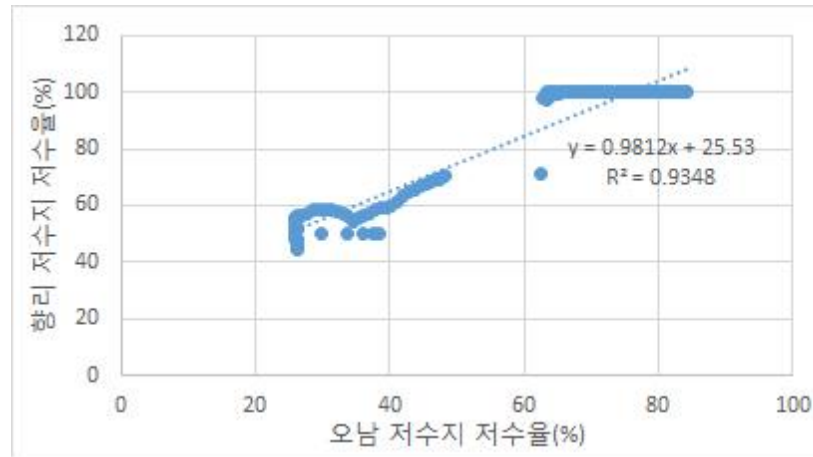


그림 9-80 2014년 오남-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

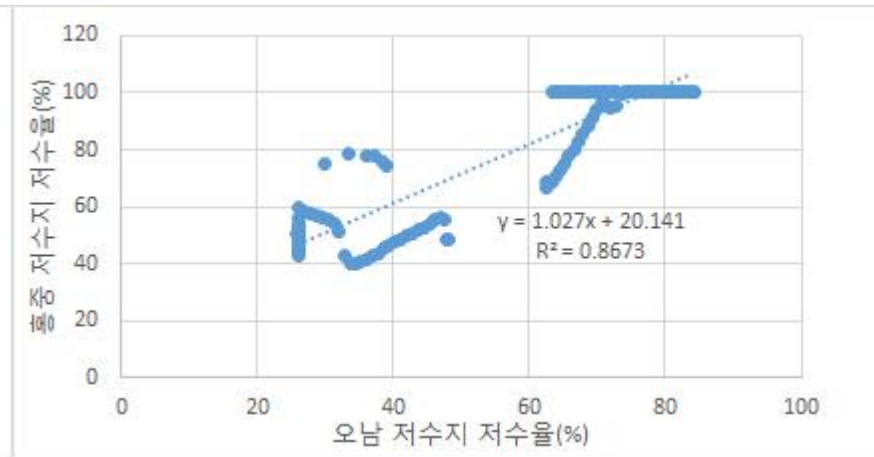


그림 9-81 2014년 오남-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

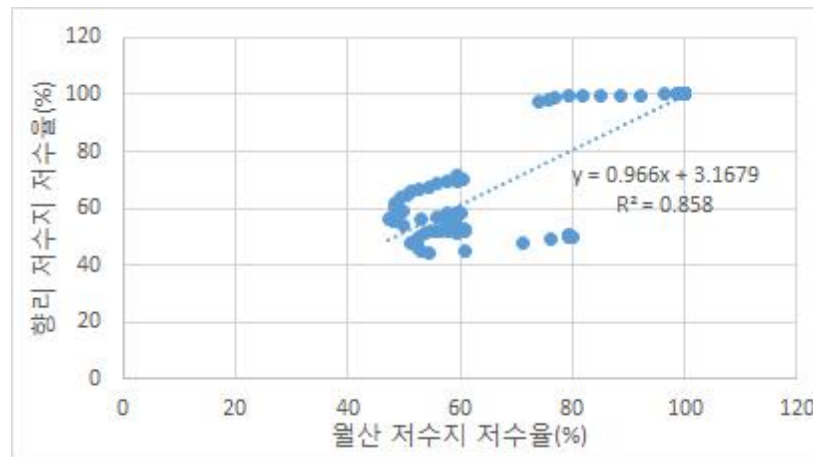


그림 9-82 2014년 월산-향리 저수지 일별 저수율 상관분석

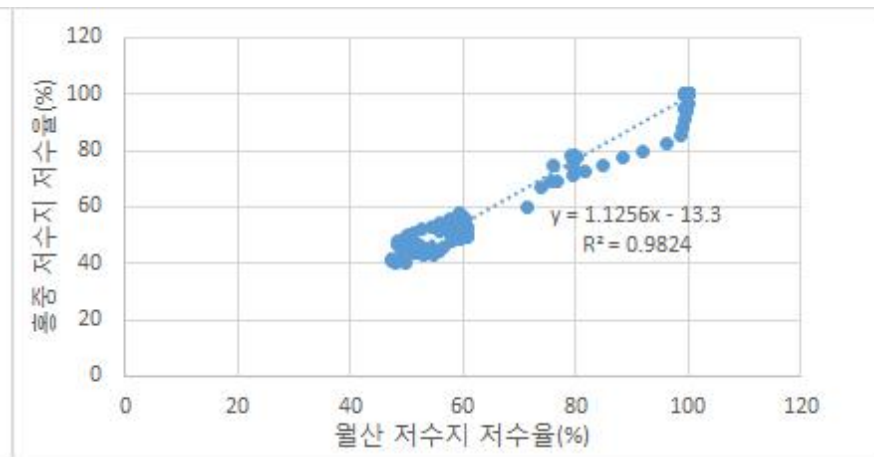


그림 9-83 2014년 월산-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

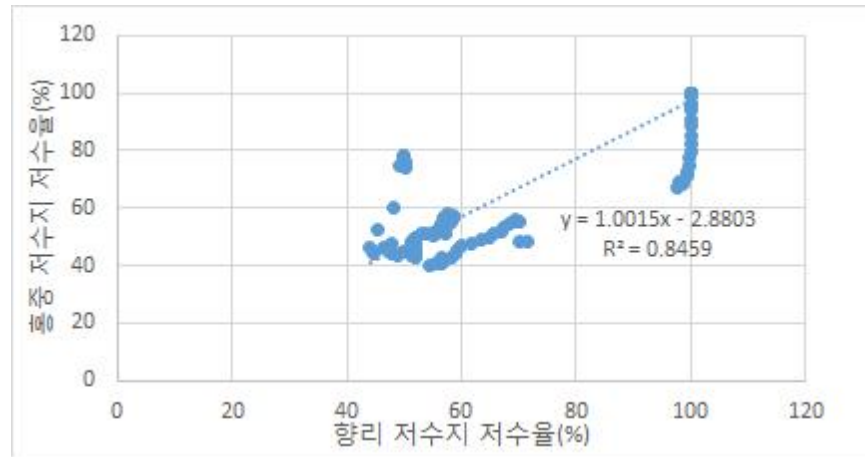


그림 9-84 2014년 항리-홍중 저수지 일별 저수율 상관분석

2011년에서 2013년까지의 상관분석 결과 중 다른 분석결과에 비해 높은 값을 가지며 해당 연도에서 가장 높은 결정계수를 가지는 경우들에 대하여 상관분석 결과 그래프를 통하여 결정계수가 높게 측정된 원인을 분석해 보았다.

<그림 15>를 통해 2011년의 어은 저수지와 홍중 저수지의 상관분석 결과 그래프를 살펴보면, 같은 연도의 다른 상관분석 결과와 마찬가지로 1자, 一자 형태가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 하지만 추세선과 평행하게 위아래로 형성된 데이터 쌍들로 인해 다른 상관분석의 결정계수보다 높은, 0.6817을 결정계수 값으로 가지게 된 경우라고 할 수 있다.

<그림 25>를 통해 2012년의 단석 저수지와 월산 저수지의 상관분석 결과 그래프를 살펴보면, 대부분의 데이터 쌍들이 가장 낮은 부분과 가장 높은 부분에 몰려있는 것을 확인할 수 있다. 또한, 그 이외의 데이터 쌍들이 그 사이에 추세선과 비교적 유사하게 나타내고 있으며, 이것이 결정계수 값을 0.9565로 높은 값을 가지게 하고 있다.

<그림 56>을 통해 2013년의 어은 저수지와 향리 저수지의 상관분석 결과 그래프를 살펴보면, 해당 연도의 다른 상관분석 결과 그래프들에 비해 가장 낮은 산포도를 가진 것으로 보인다. 데이터 쌍의 경우 어은 저수지의 저수율 값이 40%에서 100%까지 골고루 분포하는 것에 비해 향리 저수지의 저수율 값이 80%과 100% 사이에 분포하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이것이 2013년에서 가장 높은 결정계수 값인 0.7225를 가지게 하고 있다.

저수지간 일별 저수율 상관분석 결과 중 가장 낮은 결정계수를 가지는 2011년의 어은 저수지와 도척 저수지의 상관분석 그래프인 <그림 7>을 살펴보면, (100%, 100%) 근처에 대부분의 데이터 쌍이 몰려있는 것을 확인할 수 있다. 이외에 도척저수지의 저수율이 0%이고 어은 저수지의 저수율이 100%에 가까운 지점에 데이터 쌍이 존재하며, 도척저수지의 저수율이 50%와 80% 사이에서 변화할 때, 어은 저수지의 저수율이 60% 근처로 일정한 거동을 가지는 것을 확인할 수 있다. 이러한 주요한 데이터 쌍의 형상들이 2011년 도척 저수지와 어은 저수지의 결정계수를 2011년에서 2014년까지의 전체 상관분석 결과 중에서 가장 낮은 결정계수 값인 0.0001을 가지게 한 주요 원인으로 판단된다.

표 9-1 저수지간 상관분석 결과(결정계수 R²)

	단석-도척	단석-어은	단석-오남	단석-월산	단석-향리	단석-홍중
2011	0.0002	0.0127	0.0879	0.1690	0.1129	0.0821
2012	0.0568	0.0931	0.3151	0.9565	0.4818	0.5357
2013	0.0782	0.1784	0.2166	0.0929	0.0228	0.0055
2014	0.9829	0.9498	0.9353	0.8670	0.9788	0.8629
	도척-어은	도척-오남	도척-월산	도척-향리	도척-홍중	어은-오남
2011	0.0001	0.0060	0.0324	0.0018	0.0770	0.2797
2012	0.2310	0.0944	0.0823	0.2247	0.1584	0.2461
2013	0.1133	0.0131	0.4098	0.3010	0.3923	0.5559
2014	0.9667	0.9482	0.8770	0.9881	0.8787	0.9099
	어은-월산	어은-향리	어은-홍중	오남-월산	오남-향리	오남-홍중
2011	0.3131	0.2981	0.6817	0.4246	0.4030	0.4572
2012	0.4163	0.1062	0.2229	0.3592	0.4861	0.5471
2013	0.6138	0.7255	0.5008	0.3934	0.4931	0.2168
2014	0.8618	0.9647	0.7844	0.8590	0.9348	0.8673
	월산-향리	월산-홍중	향리-홍중			
2011	0.2466	0.1021	0.4510			
2012	0.5915	0.6135	0.8718			
2013	0.7238	0.5761	0.6842			
2014	0.8580	0.9824	0.8459			

한국농어촌공사 경기본부 양평, 경주, 서울지사가 관리하고 있는 7개의 저수지(단석, 도척, 어은, 오남, 월산, 향리, 홍중)에 대하여 일별 저수율로 상관성 분석을 진행한 결과, 전체적으로 2011, 2012, 2013년의 저수율 상관분석으로 얻어진 결정계수 값이 낮게 나타나며, 2014년에서 비교적 높은 결정계수 값을 가지는 것을 확인할 수 있다.

저수지간 일별 저수율 상관분석 결과를 그래프의 형태로 확인하였을 때, 결정계수 값이 낮게 나타나는 경우에는 그래프 상에서 특정 저수율 지점을 기준으로 한 1자, 一자 형태가 주로 나타나는 것을 확인할 수 있다. 상관분석을 진행한 2개의 저수지에 대하여, 1개 저수지 저수위가 거동할 때, 다른 저수지가 저수위 변화를 거의 보이지 않는 경우가 이에 해당하며, 특히 만수위에서 이러한 그래프 형상을 보이는 것 또한 확인할 수 있다. 또한 한 저수지의 저수율 0%에 해당하는 데이터 쌍을 가지고 있으며, 이러한 데이터 쌍의 분포들이 2011년에서 2013년까지의 저수율 상관분석의 결정계수 값의 분포가 주로 낮은 수치들 쪽에 치중된 결과를 나타내는 것의 원인으로 판단된다. 또한 2011년에서 2013년으로 갈수록 점차 상관분석에 대한 결정계수 값의 분포가 높은 수치 쪽으로 이동하는 것을 확인할 수 있으며, 이는 2011년에서 2013년으로 갈수록 저수지 저수율 상관분석에 적합한 저수율 데이터 양상을 가지게 된 것으로 판단할 수 있다.

반면 2014년의 경우, 심각한 가뭄이 왔던 해로 판단되고 있으며, 이로 인해 저수지의 저수율이 상당히 낮은 수치부터 100%의 저수율까지 다양한 수치들을 나타내었고, 저수

울 데이터 쌍의 형상이 특정 저수위 근처에 머물러 2011년부터 2013년의 경우와는 다르게, 상관계수가 상대적으로 더 높게 나오는 것이 가능했으며, 이 경우 먼저 언급했던 가까운 거리에 있는 저수지들은 가뭄이 발생한 연도에 대하여 높은 상관성을 가지고 있다고 할 수 있으며, 저수율에 큰 변동이 없는 연도에 대해서는 저수율의 거동이 가까운 저수지들에 대하여 상관성을 가지기 어렵다고 할 수 있다.

경기 양평지사가 관리하고 있는 농업용 저수지의 지역적 군집특성에 따른 저수지별 상관성을 분석한 결과 2011년부터 2013년까지는 대부분의 경우에서 저수지간의 상관성이 거의 나타나지 않는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 한 개 저수지의 저수율이 100%일 때에는 다른 저수지의 수위 거동과는 아무런 연관이 없는 결과가 도출되기 때문이라고 판단되었다. 또한 전술하였듯이 2014년은 심각한 가뭄이 들었던 해였으며 대부분의 저수지 저수율이 100%가 아닌 상태에서 수위 거동의 상관 분석을 실시하였기 때문에 상대적으로 높은 결정계수가 나온 것으로 사료된다. 현재 제공되는 자료만을 이용하여 도출해 낸 결과, 공간적으로 군집된 저수지별 수위거동은 서로 상관성이 없는 것으로 나타났으며, 따라서 본 연구의 대상 자료를 이용한 시계열 수위 변화의 시공간 분석 프로그램은 작성하기 힘들 것으로 나타났다. 보다 장기간의 엄격한 품질관리를 거친 자료를 이용한다면 프로그램 작성이 보다 용이할 것으로 판단된다.

2. 시계열 수위자료를 통한 저수지 이상거동 판독 프로그램 개발

농업용 저수지는 고유의 유역 특성이 존재하며, 저수지 수위는 고유의 유역 특성에 따라 거동하게 된다. 일반적인 저수지의 특성 자료는 저수지별 기본조사 보고서의 유역조사 부분에 잘 정리되어 있다. 유역 특성은 기하학적 특성인 유로연장, 유역면적, 유역평균폭, 형상계수 등이 있으며, 산림, 논, 밭 분포는 유역의 장기 유출량을 결정할 수 있는 인자이다. 저수지는 유역으로부터의 유출을 모으는 역할을 하며 따라서 유역 유출은 저수지의 시간별 수위 상승에 영향을 줄 수 있는 인자이다. 저수지의 제원 중의 최대 통수량은 저수지의 취수탑으로부터 수로를 통해 공급될 수 있는 시간당 부피 단위 용수량을 의미한다. 일반적으로 농업용 저수지의 수위 하강은 농업 용수 공급에 기인하여 나타나게 되며, 따라서 최대 통수량은 내용적표를 참고하여 수위 범위별 평균 단면적으로 나누어 최대 수위 강하 변위를 구하게 된다. 이와 같은 값을 기준으로 시계열 수위 변화율 산정 프로그램을 품질관리가 완료된 자료를 대상으로 하여 이상거동을 판독하고자 본 과정을 진행 하였다.

가. 자료의 입력 및 최대 허용 상승/강하량

입력자료는 제 8절의 시계열 수위 변화율 산정 프로그램에서 진행된 전처리 자료를 사용하였다. 전처리 과정에서 결측 구간에는 장단기 여부에 관계없이 선형 보간을 진행하였다. 입력 데이터는 이처럼 품질관리가 완료된 수위 자료로 결측값이 존재하지 않는 시계열 자료이기 때문에 수위 거동의 시간 간격별 변화를 확인할 수 있으며, 연속적인 점 데이터의 형태로 구성된다.

저수지별 최대 허용 강하/상승량은 저수지 유역 특성과 제원을 사용해서 판단할 수 있었으며 다음 표에 나타내었다. 저수지 이상 거동으로 인한 저수지 붕괴 조짐을 판단할 수 있는 근거 자료로 최대 허용 강하량은 기준이 될 수 있으며 이는 최대 통수량을 기준으로 산정되었다. 저수지별 최대 통수 허용 강하량 산정과정은 아래 표를 통해 나타내었다. 최대 허용 상승량은 실시간 기상 상황에서 강수 사상이 존재할 경우 단기 유출을 고려하여 구하였으며 이는 모든 강수 사상에서 시간별 유출량과 강수량을 합한 결과로 나타낼 수 있기 때문에 일괄적으로 표로 나타내는 것이 불가능하였다.

표 9-2 강청 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
강청	69	0.5	6,443	5,751	사수위	360	0.05587
강청	69.5	0.5	8,043	7,243		360	0.04476
강청	70	0.5	9,632	8,838		360	0.03738
강청	70.5	0.5	12,039	10,836		360	0.02990
강청	71	0.5	14,446	13,243		360	0.02492
강청	71.5	0.5	16,593	15,520		360	0.02170
강청	72	0.5	18,740	17,667		360	0.01921
강청	72.5	0.5	20,776	19,758		360	0.01733
강청	73	0.5	22,812	21,794		360	0.01578
강청	73.5	0.5	24,849	23,831		360	0.01449
강청	74	0.5	28,885	26,867		360	0.01246
강청	74.5	0.5	30,220	29,553		360	0.01191
강청	75	0.5	35,416	32,818		360	0.01016
강청	75.5	0.5	37,754	36,585		360	0.00954
강청	76	0.5	38,092	37,923		360	0.00945
강청	76.5	0.5	39,696	38,894		360	0.00907
강청	77	0.5	41,300	40,498		360	0.00872
강청	77.5	0.5	43,700	42,500		360	0.00824
강청	78	0.5	45,100	44,400	만수위	360	0.00798

표 9-3 고경 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
고경	152.45	0	0	0	사수위	72	#DIV/0!
고경	153	0.55	5,612	2,806		72	0.01283
고경	153.5	0.5	12,481	9,046		72	0.00577
고경	154	0.5	19,350	15,915		72	0.00372
고경	154.5	0.5	27,611	23,480		72	0.00261
고경	155	0.5	35,872	31,741		72	0.00201
고경	155.5	0.5	50,078	42,975		72	0.00144
고경	156	0.5	64,284	57,181		72	0.00112
고경	156.5	0.5	77,486	70,885		72	0.00093
고경	157	0.5	90,689	84,088		72	0.00079
고경	157.5	0.5	106,566	98,627		72	0.00068
고경	158	0.5	122,443	114,504		72	0.00059
고경	158.5	0.5	139,119	130,781		72	0.00052
고경	159	0.5	155,796	147,458		72	0.00046
고경	159.5	0.5	197,705	176,751		72	0.00036
고경	160	0.5	239,615	218,660		72	0.00030
고경	160.5	0.5	255,719	247,667		72	0.00028
고경	161	0.5	271,824	263,772		72	0.00026
고경	161.5	0.5	279,842	275,833		72	0.00026
고경	162	0.5	287,860	283,851		72	0.00025
고경	162.5	0.5	294,620	291,240		72	0.00024
고경	162.67	0.17	314,500	304,560	만수위	72	0.00023

표 9-4 고잔 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
고잔	20.48	1.98	6,817	3,409	사수위	144	0.02112
고잔	21	0.52	103,113	54,965		144	0.00140
고잔	21.5	0.5	112,400	107,757		144	0.00128
고잔	22	0.5	117,150	114,775		144	0.00123
고잔	22.3	0.3	120,000	118,575	만수위	144	0.00120

표 9-5 공산 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
공산	1.5	0	2	1	사수위	102	48.57143
공산	2	0.5	136,404	68,203		102	0.00075
공산	2.5	0.5	156,945	146,675		102	0.00065
공산	3	0.5	160,953	158,949		102	0.00063
공산	3.5	0.5	202,846	181,900		102	0.00050
공산	4	0.5	314,768	258,807		102	0.00032
공산	4.5	0.5	392,826	353,797		102	0.00026
공산	5	0.5	490,774	441,800		102	0.00021
공산	5.5	0.5	589,479	540,126		102	0.00017
공산	6	0.5	689,886	639,682		102	0.00015
공산	6.5	0.5	753,684	721,785		102	0.00014
공산	7	0.5	854,180	803,932		102	0.00012
공산	7.06	0.06	884,811	869,496	만수위	102	0.00012

표 9-6 단석 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
단석	126.5	0.5	2,922	2,181		198	0.06776
단석	127	0.5	4,405	3,663		198	0.04495
단석	127.5	0.5	13,295	8,850		198	0.01489
단석	128	0.5	22,186	17,741		198	0.00892
단석	128.5	0.5	24,790	23,488		198	0.00799
단석	129	0.5	27,393	26,091		198	0.00723
단석	129.5	0.5	29,055	28,224		198	0.00681
단석	130	0.5	30,717	29,886		198	0.00645
단석	130.5	0.5	32,246	31,481		198	0.00614
단석	131	0.5	33,775	33,010		198	0.00586
단석	131.5	0.5	35,402	34,588		198	0.00559
단석	131.74	0.24	36,053	35,728	만수위	198	0.00549

표 9-7 대룡 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
대룡	165	0	300	150	사수위	5,100	17.00000
대룡	165.5	0.5	1,000	650		5,100	5.10000
대룡	166	0.5	7,800	4,400		5,100	0.65385
대룡	166.5	0.5	13,900	10,850		5,100	0.36691
대룡	167	0.5	19,200	16,550		5,100	0.26563
대룡	167.5	0.5	27,100	23,150		5,100	0.18819
대룡	168	0.5	33,800	30,450		5,100	0.15089
대룡	168.5	0.5	41,800	37,800		5,100	0.12201
대룡	169	0.5	48,200	45,000		5,100	0.10581
대룡	169.5	0.5	54,200	51,200		5,100	0.09410
대룡	170	0.5	61,100	57,650		5,100	0.08347
대룡	170.5	0.5	69,200	65,150		5,100	0.07370
대룡	171	0.5	76,300	72,750		5,100	0.06684
대룡	171.5	0.5	84,700	80,500		5,100	0.06021
대룡	172	0.5	96,100	90,400		5,100	0.05307
대룡	172.5	0.5	112,300	104,200		5,100	0.04541
대룡	173	0.5	126,800	119,550		5,100	0.04022
대룡	173.5	0.5	136,800	131,800		5,100	0.03728
대룡	174	0.5	144,400	140,600		5,100	0.03532
대룡	174.5	0.5	152,400	148,400		5,100	0.03346
대룡	175	0.5	158,300	155,350		5,100	0.03222
대룡	175.5	0.5	163,300	160,800		5,100	0.03123
대룡	176	0.5	168,100	165,700		5,100	0.03034
대룡	176.5	0.5	173,100	170,600		5,100	0.02946
대룡	177	0.5	177,800	175,450		5,100	0.02868
대룡	177.5	0.5	182,800	180,300		5,100	0.02790
대룡	178	0.5	188,000	185,400		5,100	0.02713
대룡	178.5	0.5	192,900	190,450		5,100	0.02644
대룡	179	0.5	198,400	195,650		5,100	0.02571
대룡	179.5	0.5	203,200	200,800		5,100	0.02510
대룡	180	0.5	208,400	205,800	만수위	5,100	0.02447

표 9-8 대평 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
대평	78.5	0	4,616	2,308	사수위	228	0.04940
대평	79	0.5	10,043	7,330		228	0.02270
대평	79.5	0.5	14,812	12,428		228	0.01539
대평	80	0.5	19,580	17,196		228	0.01164
대평	80.5	0.5	25,922	22,751		228	0.00880
대평	81	0.5	32,265	29,094		228	0.00707
대평	81.5	0.5	39,230	35,747		228	0.00581
대평	82	0.5	46,195	42,713		228	0.00494
대평	82.5	0.5	54,107	50,151		228	0.00421
대평	83	0.5	62,019	58,063		228	0.00368
대평	83.5	0.5	78,766	70,392		228	0.00289
대평	84	0.5	95,513	87,139		228	0.00239
대평	84.5	0.5	101,804	98,658		228	0.00224
대평	85	0.5	108,095	104,950		228	0.00211
대평	85.5	0.5	111,949	110,022		228	0.00204
대평	86	0.5	115,802	113,875		228	0.00197
대평	86.5	0.5	119,687	117,745		228	0.00190
대평	87	0.5	123,573	121,630		228	0.00185
대평	87.5	0.5	128,340	125,956		228	0.00178
대평	87.69	0.19	129,293	128,816	만수위	228	0.00176

표 9-9 도척 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
도척	183.8	0	3,800	1,900	사수위	8,724	2.29579
도척	184.3	0.5	8,200	6,000		8,724	1.06390
도척	184.8	0.5	11,500	9,850		8,724	0.75861
도척	185.3	0.5	14,800	13,150		8,724	0.58946
도척	185.8	0.5	18,300	16,550		8,724	0.47672
도척	186.3	0.5	22,100	20,200		8,724	0.39475
도척	186.8	0.5	26,000	24,050		8,724	0.33554
도척	187.3	0.5	30,500	28,250		8,724	0.28603
도척	187.8	0.5	36,800	33,650		8,724	0.23707
도척	188.3	0.5	42,200	39,500		8,724	0.20673
도척	188.8	0.5	48,500	45,350		8,724	0.17988
도척	189.3	0.5	54,500	51,500		8,724	0.16007
도척	189.8	0.5	61,900	58,200		8,724	0.14094
도척	190.3	0.5	69,200	65,550		8,724	0.12607
도척	190.8	0.5	74,700	71,950		8,724	0.11679
도척	191.3	0.5	81,000	77,850		8,724	0.10770
도척	191.8	0.5	91,100	86,050		8,724	0.09576
도척	192.3	0.5	102,900	97,000		8,724	0.08478
도척	192.8	0.5	111,900	107,400		8,724	0.07796
도척	193.3	0.5	118,100	115,000		8,724	0.07387
도척	193.8	0.5	123,400	120,750		8,724	0.07070
도척	194.3	0.5	129,200	126,300		8,724	0.06752
도척	194.8	0.5	135,300	132,250		8,724	0.06448
도척	195	0.2	138,500	136,900	만수위	8,724	0.06299

표 9-10 동부 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
동부	21.99	0	0	0	사수위	300	#DIV/0!
동부	22	0.01	1,697	848		300	0.17678
동부	22.5	0.5	3,582	2,639		300	0.08376
동부	23	0.5	5,466	4,524		300	0.05488
동부	23.5	0.5	12,069	8,768		300	0.02486
동부	24	0.5	18,671	15,370		300	0.01607
동부	24.5	0.5	32,035	25,353		300	0.00936
동부	25	0.5	45,399	38,717		300	0.00661
동부	25.5	0.5	54,020	49,710		300	0.00555
동부	26	0.5	62,641	58,331		300	0.00479
동부	26.5	0.5	77,392	70,017		300	0.00388
동부	27	0.5	92,143	84,768		300	0.00326
동부	27.5	0.5	114,412	103,278		300	0.00262
동부	28	0.5	136,680	125,546		300	0.00219
동부	28.5	0.5	143,592	140,136		300	0.00209
동부	29	0.5	150,504	147,048		300	0.00199
동부	29.5	0.5	157,978	154,241		300	0.00190
동부	30	0.5	165,453	161,715		300	0.00181
동부	30.5	0.5	173,660	169,556		300	0.00173
동부	31	0.5	181,868	177,764		300	0.00165
동부	31.5	0.5	193,552	187,710		300	0.00155
동부	31.65	0.15	197,041	195,296	만수위	300	0.00152

표 9-11 동해 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
동해	70	1	13,100	9,400	사수위	78	0.00595
동해	71	1	31,300	22,200		78	0.00249
동해	72	1	35,400	33,350		78	0.00220
동해	73	1	39,500	37,450		78	0.00197
동해	74	1	43,600	41,550		78	0.00179
동해	75	1	47,700	45,650		78	0.00164
동해	76	1	51,600	49,650		78	0.00151
동해	77	1	55,500	53,550		78	0.00141
동해	78	1	59,300	57,400		78	0.00132
동해	79	1	63,200	61,250		78	0.00123
동해	80	1	67,000	65,100		78	0.00116
동해	81	1	69,400	68,200		78	0.00112
동해	82	1	71,800	70,600		78	0.00109
동해	83	1	74,300	73,050		78	0.00105
동해	84	1	76,700	75,500		78	0.00102
동해	85	1	79,100	77,900		78	0.00099
동해	86	1	81,200	80,150		78	0.00096
동해	87	1	83,300	82,250		78	0.00094
동해	88	1	90,000	86,650		78	0.00087
동해	89	1	95,600	92,800		78	0.00082
동해	90	1	101,200	98,400		78	0.00077
동해	91	1	107,500	104,350		78	0.00073
동해	92.3	1.3	116,000	111,750	만수위	78	0.00067

표 9-12 마장 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
마장	99	0	500	250	사수위	73,800	147.60000
마장	100	1	1,750	1,125		73,800	42.17143
마장	101	1	4,000	2,875		73,800	18.45000
마장	102	1	6,050	5,025		73,800	12.19835
마장	103	1	9,150	7,600		73,800	8.06557
마장	104	1	14,900	12,025		73,800	4.95302
마장	105	1	20,450	17,675		73,800	3.60880
마장	106	1	28,550	24,500		73,800	2.58494
마장	107	1	39,700	34,125		73,800	1.85894
마장	108	1	48,850	44,275		73,800	1.51075
마장	109	1	58,300	53,575		73,800	1.26587
마장	110	1	68,050	63,175		73,800	1.08450
마장	111	1	77,350	72,700		73,800	0.95410
마장	112	1	89,050	83,200		73,800	0.82875
마장	113	1	102,000	95,525		73,800	0.72353
마장	114	1	114,200	108,100		73,800	0.64623
마장	115	1	124,350	119,275		73,800	0.59349
마장	116	1	134,500	129,425		73,800	0.54870
마장	117	1	146,900	140,700		73,800	0.50238
마장	118	1	159,200	153,050		73,800	0.46357
마장	119	1	169,700	164,450		73,800	0.43489
마장	120	1	183,600	176,650		73,800	0.40196
마장	121	1	200,900	192,250		73,800	0.36735
마장	122	1	217,750	209,325		73,800	0.33892
마장	123	1	237,200	227,475		73,800	0.31113
마장	124	1	256,450	246,825	만수위	73,800	0.28778

표 9-13 매주 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
매주	25.9	0.4	27,000	21,200	사수위	60	0.00222
매주	26	0.1	29,900	28,450		60	0.00201
매주	26.5	0.5	47,000	38,450		60	0.00128
매주	27	0.5	52,900	49,950		60	0.00113
매주	27.5	0.5	59,700	56,300		60	0.00101
매주	28	0.5	69,000	64,350		60	0.00087
매주	28.5	0.5	78,100	73,550		60	0.00077
매주	28.9	0.4	84,000	81,050	만수위	60	0.00071

표 9-14 모점 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
모점	89	1	14,200	13,000	사수위	450	0.03169
모점	90	1	16,000	15,100		450	0.02813
모점	91	1	24,910	20,455		450	0.01807
모점	92	1	40,190	32,550		450	0.01120
모점	93	1	51,500	45,845		450	0.00874
모점	94	1	66,700	59,100		450	0.00675
모점	95	1	82,550	74,625		450	0.00545
모점	96	1	103,100	92,825		450	0.00436
모점	97	1	144,140	123,620		450	0.00312
모점	98	1	187,110	165,625		450	0.00241
모점	99	1	190,200	188,655		450	0.00237
모점	100	1	219,100	204,650		450	0.00205
모점	101	1	231,000	225,050		450	0.00195
모점	102	1	242,000	236,500	만수위	450	0.00186

표 9-15 반곡 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
반곡	4	0.5	38,575	30,551	사수위	48	0.00124
반곡	4.5	0.5	48,772	43,673		48	0.00098
반곡	5	0.5	58,968	53,870		48	0.00081
반곡	5.4	0.4	69,381	64,175	만수위	48	0.00069

표 9-16 백마 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
백마	276.2	1.2	13,084	9,792	사수위	60	0.00459
백마	277	0.8	19,000	16,042		60	0.00316
백마	278	1	19,700	19,350		60	0.00305
백마	279	1	20,200	19,950		60	0.00297
백마	280	1	22,100	21,150		60	0.00271
백마	281	1	24,200	23,150		60	0.00248
백마	282	1	28,300	26,250		60	0.00212
백마	283	1	32,600	30,450		60	0.00184
백마	284	1	36,300	34,450		60	0.00165
백마	285	1	42,150	39,225		60	0.00142
백마	286	1	46,150	44,150		60	0.00130
백마	287	1	49,050	47,600		60	0.00122
백마	288	1	55,050	52,050		60	0.00109
백마	289	1	67,800	61,425		60	0.00088
백마	290	1	76,350	72,075		60	0.00079
백마	291	1	87,100	81,725		60	0.00069
백마	292	1	95,700	91,400		60	0.00063
백마	293	1	104,315	100,008		60	0.00058
백마	294	1	119,050	111,683		60	0.00050
백마	295	1	122,050	120,550		60	0.00049
백마	296	1	142,000	132,025		60	0.00042
백마	297	1	165,000	153,500		60	0.00036
백마	298.2	1.2	170,000	167,500	만수위	60	0.00035

표 9-17 산대 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
산대	47	0	0	0	사수위	4,020	#DIV/0!
산대	47.5	0.5	500	250		4,020	8.04000
산대	48	0.5	1,400	950		4,020	2.87143
산대	48.5	0.5	2,600	2,000		4,020	1.54615
산대	49	0.5	8,300	5,450		4,020	0.48434
산대	49.5	0.5	14,000	11,150		4,020	0.28714
산대	50	0.5	19,300	16,650		4,020	0.20829
산대	50.5	0.5	22,800	21,050		4,020	0.17632
산대	51	0.5	25,500	24,150		4,020	0.15765
산대	51.5	0.5	28,100	26,800		4,020	0.14306
산대	52	0.5	30,400	29,250		4,020	0.13224
산대	52.5	0.5	32,600	31,500		4,020	0.12331
산대	53	0.5	34,900	33,750		4,020	0.11519
산대	53.5	0.5	37,200	36,050		4,020	0.10806
산대	54	0.5	39,900	38,550		4,020	0.10075
산대	54.5	0.5	42,600	41,250		4,020	0.09437
산대	55	0.5	45,100	43,850		4,020	0.08914
산대	55.5	0.5	47,900	46,500		4,020	0.08392
산대	56	0.5	50,700	49,300		4,020	0.07929
산대	56.3	0.3	54,500	52,600	만수위	4,020	0.07376

표 9-18 산목 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
산목	76	0.5	5,753	5,684	사수위	150	0.02607
산목	76.5	0.5	9,936	7,845		150	0.01510
산목	77	0.5	10,728	10,332		150	0.01398
산목	77.5	0.5	12,074	11,401		150	0.01242
산목	78	0.5	13,420	12,747		150	0.01118
산목	78.5	0.5	15,660	14,540		150	0.00958
산목	79	0.5	17,899	16,780		150	0.00838
산목	79.5	0.5	19,145	18,522		150	0.00783
산목	80	0.5	20,390	19,768		150	0.00736
산목	80.5	0.5	25,135	22,763		150	0.00597
산목	81	0.5	29,690	27,413		150	0.00505
산목	81.5	0.5	32,112	30,901		150	0.00467
산목	82	0.5	34,344	33,228		150	0.00437
산목	82.5	0.5	37,413	35,879		150	0.00401
산목	83	0.5	40,608	39,011		150	0.00369
산목	83.5	0.5	43,315	41,962		150	0.00346
산목	84	0.5	46,022	44,669		150	0.00326
산목	84.5	0.5	53,505	49,764		150	0.00280
산목	85	0.5	60,987	57,246		150	0.00246
산목	85.5	0.5	62,690	61,839		150	0.00239
산목	86	0.5	64,392	63,541		150	0.00233
산목	86.5	0.5	67,084	65,738		150	0.00224
산목	87	0.5	69,775	68,430		150	0.00215
산목	87.5	0.5	77,237	73,506		150	0.00194
산목	88	0.5	78,698	77,968		150	0.00191
산목	88.5	0.5	80,323	79,511		150	0.00187
산목	89	0.5	85,947	83,135		150	0.00175
산목	89.5	0.5	88,027	86,987		150	0.00170
산목	90	0.5	90,108	89,068		150	0.00166
산목	90.5	0.5	92,672	91,390		150	0.00162
산목	91	0.5	93,236	92,954	만수위	150	0.00161

표 9-19 어은 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
어은	88.5	0	1,100	550	사수위	288	0.26182
어은	89	0.5	3,500	2,300		288	0.08229
어은	89.5	0.5	5,200	4,350		288	0.05538
어은	90	0.5	7,400	6,300		288	0.03892
어은	90.5	0.5	9,100	8,250		288	0.03165
어은	91	0.5	11,000	10,050		288	0.02618
어은	91.5	0.5	13,200	12,100		288	0.02182
어은	92	0.5	15,800	14,500		288	0.01823
어은	92.5	0.5	18,800	17,300		288	0.01532
어은	93	0.5	22,400	20,600		288	0.01286
어은	93.5	0.5	30,400	26,400		288	0.00947
어은	94	0.5	42,600	36,500		288	0.00676
어은	94.5	0.5	51,200	46,900		288	0.00563
어은	95	0.5	55,600	53,400		288	0.00518
어은	95.5	0.5	57,700	56,650		288	0.00499
어은	96	0.5	59,600	58,650		288	0.00483
어은	96.5	0.5	62,000	60,800		288	0.00465
어은	97	0.5	64,600	63,300		288	0.00446
어은	97.5	0.5	66,600	65,600		288	0.00432
어은	97.6	0.1	67,000	66,800	만수위	288	0.00430

표 9-20 오남 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
오남	87.84	0.84	77,196	74,516	사수위	702	0.00909
오남	89	1.16	84,384	80,790		702	0.00832
오남	90	1	92,642	88,513		702	0.00758
오남	91	1	100,972	96,807		702	0.00695
오남	92	1	111,072	106,022		702	0.00632
오남	93	1	119,753	115,412		702	0.00586
오남	94	1	127,156	123,454		702	0.00552
오남	95	1	134,396	130,776		702	0.00522
오남	96	1	144,071	139,233		702	0.00487
오남	97	1	153,654	148,862		702	0.00457
오남	98	1	163,204	158,429		702	0.00430
오남	99	1	172,615	167,910		702	0.00407
오남	100	1	182,827	177,721		702	0.00384
오남	101	1	192,619	187,723		702	0.00364
오남	102	1	203,197	197,908		702	0.00345
오남	103	1	214,854	209,026		702	0.00327
오남	104	1	227,080	220,967		702	0.00309
오남	104.32	0.32	231,815	229,448	만수위	702	0.00303

표 9-21 옥계 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
옥계	59	0.5	31,885	26,357	사수위	576	0.01806
옥계	59.5	0.5	81,372	56,629		576	0.00708
옥계	60	0.5	87,870	84,621		576	0.00656
옥계	60.5	0.5	105,547	96,709		576	0.00546
옥계	61	0.5	123,225	114,386		576	0.00467
옥계	61.5	0.5	137,422	130,324		576	0.00419
옥계	62	0.5	161,630	149,526		576	0.00356
옥계	62.5	0.5	160,127	160,879		576	0.00360
옥계	63	0.5	168,624	164,376		576	0.00342
옥계	63.5	0.5	199,482	184,053		576	0.00289
옥계	64	0.5	200,340	199,911		576	0.00288
옥계	64.5	0.5	211,267	205,804		576	0.00273
옥계	65	0.5	232,205	221,736		576	0.00248
옥계	65.5	0.5	251,692	241,949		576	0.00229
옥계	66	0.5	271,190	261,441		576	0.00212
옥계	66.5	0.5	286,407	278,799		576	0.00201
옥계	67	0.5	301,625	294,016		576	0.00191
옥계	67.5	0.5	321,342	311,484		576	0.00179
옥계	68	0.5	341,070	331,206		576	0.00169
옥계	68.5	0.5	358,180	349,625		576	0.00161
옥계	69	0.5	375,290	366,735		576	0.00153
옥계	69.5	0.5	405,310	390,300		576	0.00142
옥계	70	0.5	415,330	410,320		576	0.00139
옥계	70.5	0.5	428,480	421,905		576	0.00134
옥계	71	0.5	428,620	428,550		576	0.00134
옥계	71.2	0.2	431,880	430,250	만수위	576	0.00133

표 9-22 왕궁 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
왕궁	42.8	4.05	7,910	3,955	사수위	300	0.03793
왕궁	43	0.2	12,777	10,344		300	0.02348
왕궁	43.5	0.5	24,750	18,764		300	0.01212
왕궁	44	0.5	36,594	30,672		300	0.00820
왕궁	44.5	0.5	48,688	42,641		300	0.00616
왕궁	45	0.5	66,208	57,448		300	0.00453
왕궁	45.5	0.5	92,015	79,112		300	0.00326
왕궁	46	0.5	117,000	104,508		300	0.00256
왕궁	46.5	0.5	143,500	130,250		300	0.00209
왕궁	47	0.5	207,200	175,350		300	0.00145
왕궁	47.5	0.5	224,500	215,850		300	0.00134
왕궁	48	0.5	251,500	238,000		300	0.00119
왕궁	48.5	0.5	277,500	264,500		300	0.00108
왕궁	49	0.5	304,000	290,750		300	0.00099
왕궁	49.5	0.5	331,500	317,750		300	0.00090
왕궁	50	0.5	358,400	344,950		300	0.00084
왕궁	50.5	0.5	370,500	364,450		300	0.00081
왕궁	51	0.5	383,000	376,750		300	0.00078
왕궁	51.5	0.5	395,300	389,150		300	0.00076
왕궁	52	0.5	478,743	437,022	만수위	300	0.00063

표 9-23 왕송 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
왕송	33.5	0	15,295	7,648	사수위	228	0.01491
왕송	34	0.5	52,548	33,922		228	0.00434
왕송	34.5	0.5	68,915	60,732		228	0.00331
왕송	35	0.5	85,282	77,098		228	0.00267
왕송	35.5	0.5	107,736	96,509		228	0.00212
왕송	36	0.5	130,190	118,963		228	0.00175
왕송	36.5	0.5	162,475	146,332		228	0.00140
왕송	37	0.5	194,760	178,618		228	0.00117
왕송	37.5	0.5	274,926	234,843		228	0.00083
왕송	38	0.5	355,092	315,009		228	0.00064
왕송	38.5	0.5	441,603	398,348		228	0.00052
왕송	39	0.5	528,114	484,859		228	0.00043
왕송	39.5	0.5	628,590	535,097		228	0.00036
왕송	40	0.5	729,066	628,590		228	0.00031
왕송	40.51	0.51	836,228	782,647	만수위	228	0.00027

표 9-24 용연 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
용연	88.13	0	0	0	사수위	630	#DIV/0!
용연	88.5	0.37	2,800	1,400		630	0.22500
용연	89	0.5	14,600	8,700		630	0.04315
용연	89.5	0.5	28,600	21,600		630	0.02203
용연	90	0.5	42,400	35,500		630	0.01486
용연	90.5	0.5	62,400	52,400		630	0.01010
용연	91	0.5	84,100	73,250		630	0.00749
용연	91.5	0.5	106,100	95,100		630	0.00594
용연	92	0.5	134,500	120,300		630	0.00468
용연	92.5	0.5	163,200	148,850		630	0.00386
용연	93	0.5	198,800	181,000		630	0.00317
용연	93.5	0.5	233,800	216,300		630	0.00269
용연	94	0.5	261,200	247,500		630	0.00241
용연	94.5	0.5	343,500	302,350		630	0.00183
용연	95	0.5	372,400	357,950		630	0.00169
용연	95.5	0.5	393,300	382,850		630	0.00160
용연	96	0.5	407,100	400,200		630	0.00155
용연	96.5	0.5	417,700	412,400		630	0.00151
용연	97	0.5	428,000	422,850		630	0.00147
용연	97.13	0.13	432,900	430,450	만수위	630	0.00146

표 9-25 월산 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
월산	100	0	1,900	950	사수위	276	0.14526
월산	100.5	0.5	5,100	3,500		276	0.05412
월산	101	0.5	9,500	7,300		276	0.02905
월산	101.5	0.5	12,400	10,950		276	0.02226
월산	102	0.5	16,100	14,250		276	0.01714
월산	102.5	0.5	19,000	17,550		276	0.01453
월산	103	0.5	22,400	20,700		276	0.01232
월산	103.5	0.5	25,900	24,150		276	0.01066
월산	104	0.5	32,600	29,250		276	0.00847
월산	104.5	0.5	40,400	36,500		276	0.00683
월산	105	0.5	60,000	50,200		276	0.00460
월산	105.5	0.5	69,800	64,900		276	0.00395
월산	106	0.5	80,100	74,950		276	0.00345
월산	106.3	0.3	83,800	81,950	만수위	276	0.00329

표 9-26 인흥 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
인흥	46	1	30,506	29,227	사수위	12,324	0.40399
인흥	47	1	31,065	30,786		12,324	0.39672
인흥	48	1	33,940	32,503		12,324	0.36311
인흥	49	1	34,998	34,469		12,324	0.35213
인흥	50	1	39,827	37,413		12,324	0.30944
인흥	51	1	42,230	41,029		12,324	0.29183
인흥	52	1	45,817	44,024		12,324	0.26898
인흥	53	1	51,187	48,502		12,324	0.24076
인흥	54	1	55,460	53,324		12,324	0.22221
인흥	55	1	61,392	58,426		12,324	0.20074
인흥	56	1	68,152	64,772		12,324	0.18083
인흥	57	1	75,912	72,032		12,324	0.16235
인흥	58	1	81,557	78,735		12,324	0.15111
인흥	59	1	89,246	85,402		12,324	0.13809
인흥	60	1	95,662	92,454		12,324	0.12883
인흥	61	1	101,767	98,715		12,324	0.12110
인흥	62	1	129,761.9	115,764		12,324	0.09497
인흥	63	1	137,455.2	133,609		12,324	0.08966
인흥	64	1	145,269.5	141,362		12,324	0.08484
인흥	65	1	153,760	149,515		12,324	0.08015
인흥	65.8	0.8	165,401.9	159,581	만수위	12,324	0.07451

표 9-27 일월 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
일월	0.7	0	12,000	6,000	사수위	132	0.01100
일월	1	0.3	45,600	28,800		132	0.00289
일월	1.5	0.5	88,500	67,050		132	0.00149
일월	2	0.5	98,600	93,550		132	0.00134
일월	2.5	0.5	110,060	104,330		132	0.00120
일월	3	0.5	138,200	124,130		132	0.00096
일월	3.5	0.5	174,500	156,350		132	0.00076
일월	3.6	0.1	178,600	176,550	만수위	132	0.00074

표 9-28 입남 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (㎡)		비 고	최대통수량 (㎥/10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
입남	23.2	0	0	0	사수위	84	#DIV/0!
입남	23.5	0.3	26,500	13,250		84	0.00317
입남	24	0.5	28,960	27,730		84	0.00290
입남	24.5	0.5	35,980	32,470		84	0.00233
입남	25	0.5	39,750	37,865		84	0.00211
입남	25.5	0.5	39,805	39,778		84	0.00211
입남	26	0.5	40,250	40,028		84	0.00209
입남	26.5	0.5	40,850	40,550		84	0.00206
입남	27	0.5	41,630	41,240		84	0.00202
입남	27.5	0.5	42,060	41,845		84	0.00200
입남	28	0.5	43,050	42,555		84	0.00195
입남	28.23	0.23	44,420	43,735	만수위	84	0.00189

표 9-29 지내 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (㎡)		비 고	최대통수량 (㎥/10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
지내	86.5	0	1,100	550	사수위	54	0.04909
지내	87	0.5	9,300	5,200		54	0.00581
지내	87.5	0.5	22,300	15,800		54	0.00242
지내	88	0.5	50,400	36,350		54	0.00107
지내	88.5	0.5	83,300	66,850		54	0.00065
지내	89	0.5	88,300	85,800		54	0.00061
지내	89.5	0.5	93,100	90,700		54	0.00058
지내	90	0.5	99,700	96,400		54	0.00054
지내	90.5	0.5	105,600	102,650		54	0.00051
지내	91	0.5	108,000	106,800	만수위	54	0.00050

표 9-30 지슬 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
지슬	240	1	6,710	6,060	사수위	6948	1.03547
지슬	241	1	9,350	8,030		6948	0.74310
지슬	242	1	13,350	11,350		6948	0.52045
지슬	243	1	16,550	14,950		6948	0.41982
지슬	244	1	20,050	18,300		6948	0.34653
지슬	245	1	22,990	21,520		6948	0.30222
지슬	246	1	26,890	24,940		6948	0.25839
지슬	247	1	30,200	28,545		6948	0.23007
지슬	248	1	34,370	32,285		6948	0.20215
지슬	249	1	38,330	36,350		6948	0.18127
지슬	250	1	43,600	40,965		6948	0.15936
지슬	251	1	45,440	44,520		6948	0.15290
지슬	252	1	49,860	47,650		6948	0.13935
지슬	253	1	52,880	51,370		6948	0.13139
지슬	254	1	56,300	54,590		6948	0.12341
지슬	255	1	59,500	57,900		6948	0.11677
지슬	256	1	62,640	61,070		6948	0.11092
지슬	257	1	66,580	64,610		6948	0.10436
지슬	258	1	72,050	69,315		6948	0.09643
지슬	259	1	75,010	73,530		6948	0.09263
지슬	260	1	78,620	76,815		6948	0.08837
지슬	261	1	83,110	80,865		6948	0.08360
지슬	262	1	86,720	84,915		6948	0.08012
지슬	263	1	89,350	88,035		6948	0.07776
지슬	264	1	92,790	91,070		6948	0.07488
지슬	265	1	92,790	92,790		6948	0.07488
지슬	265.8	0.8	98,260	95,525	만수위	6948	0.07071

표 9-31 차리 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
차리	229	0.8	1,128	564	사수위	1500	1.33032
차리	230	1	931	1,029		1500	1.61138
차리	231	1	2,266	1,599		1500	0.66186
차리	232	1	4,891	3,579		1500	0.30670
차리	233	1	7,962	6,426		1500	0.18840
차리	234	1	10,582	9,272		1500	0.14175
차리	235	1	13,271	11,927		1500	0.11303
차리	236	1	15,873	14,572		1500	0.09450
차리	237	1	20,294	18,084		1500	0.07391
차리	238	1	24,176	22,235		1500	0.06204
차리	239	1	28,400	26,288		1500	0.05282
차리	240	1	32,396	30,398		1500	0.04630
차리	241	1	36,486	34,441		1500	0.04111
차리	242	1	40,737	38,611		1500	0.03682
차리	243	1	45,217	42,977		1500	0.03317
차리	244	1	49,463	47,340		1500	0.03033
차리	245	1	53,279	51,371		1500	0.02815
차리	246	1	57,013	55,146		1500	0.02631
차리	247	1	60,419	58,716		1500	0.02483
차리	248	1	63,979	62,199		1500	0.02345
차리	249	1	67,306	65,642		1500	0.02229
차리	250	1	70,636	68,971		1500	0.02124
차리	251	1	73,920	72,278		1500	0.02029
차리	252	1	77,382	75,651		1500	0.01938
차리	252.6	0.6	79,504	78,443	만수위	1500	0.01887

표 9-32 향리 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
향리	51.5	0	5,183	2,592	사수위	288	0.05556
향리	52	0.5	9,310	7,246		288	0.03094
향리	52.5	0.5	14,429	11,869		288	0.01996
향리	53	0.5	19,548	16,989		288	0.01473
향리	53.5	0.5	27,972	23,760		288	0.01030
향리	54	0.5	36,396	32,184		288	0.00791
향리	54.5	0.5	66,954	51,675		288	0.00430
향리	55	0.5	97,511	82,232		288	0.00295
향리	55.5	0.5	111,147	104,329		288	0.00259
향리	56	0.5	124,783	117,965		288	0.00231
향리	56.5	0.5	130,546	127,665		288	0.00221
향리	57	0.5	136,309	133,428		288	0.00211
향리	57.5	0.5	139,945	138,127		288	0.00206
향리	57.99	0.49	142,853	141,399	만수위	288	0.00202

표 9-33 홍중 저수지 최대 허용 강하량

시설명	표 고 (EL.m)	고차 (m)	면 적 (m ²)		비 고	최대통수량 (m ³ /10min)	최대허용강하량 (m/10min)
			누 가	평 균			
홍중	58	0	3,789	1,894	사수위	324	0.08551
홍중	58.5	0.5	14,284	9,037		324	0.02268
홍중	59	0.5	27,954	21,119		324	0.01159
홍중	59.5	0.5	38,583	33,268		324	0.00840
홍중	60	0.5	49,212	43,897		324	0.00658
홍중	60.5	0.5	76,664	62,938		324	0.00423
홍중	61	0.5	104,116	90,390		324	0.00311
홍중	61.5	0.5	118,992	111,554		324	0.00272
홍중	62	0.5	133,868	126,430		324	0.00242
홍중	62.5	0.5	138,989	136,428		324	0.00233
홍중	63	0.5	144,110	141,549		324	0.00225
홍중	63.5	0.5	149,292	146,701		324	0.00217
홍중	63.65	0.15	150,329	149,811	만수위	324	0.00216

나. 이상 거동 판독 프로세스

이상거동 판독은 앞서 제시된 저수지별 수위 기준 최대 허용 강하/산정량을 기준으로 진행되었다. 최대 허용 강하량과 최대 허용 상승량은 부피단위 용수량을 기준으로 산정되기 때문에 저수지의 수위별 단면적에 따라서 수위별 산정값을 가진다. 각 수위 범위 안에서 허용 최대 강하량 및 허용 최대 상승량을 수위변동 임계치로 적용하여 저수지에 이상거동이 존재하는지 여부를 판단하고자 하였다.

3. 프로그램 적용 및 결과

가. 데이터 상태 판정 결과

이상 거동 판독 프로세스를 실행하기 전에 시계열 데이터가 본 프로세스에 적용하기에 무리 없이 전처리가 되었는지 판정이 필요하다. 상태 판정 기준은 스파이크 노이즈 및 수위 급강하와 급상승 데이터의 존재 유무로 육안으로 판별하였다. 부록에서 전체 기간의 전체 저수지 수위 자료를 확인할 수 있다. 대상 데이터는 품질관리 및 수위 변화율 산정 프로그램을 적용시킨 후의 데이터가 되며, 그 결과는 다음 표와 같다. 유효데이터가 존재하는 29개 대상 저수지 중 22개 저수지가 가용 상태의 데이터 형태로 존재하였다.

표 9-34 원시자료 필터링 후 이상거동 프로세스 적용 상태 판정

저수지	자료상태	저수지	자료상태	저수지	자료상태
강청	가용	모점	가용	월산	가용
고경	불가용	반곡	가용	일월	가용
고잔	불가용	백마	불가용	입남	가용
궁산	가용	산대	가용	작촌	불가용
단석	가용	산목	가용	지내	불가용
대룡	가용	어은	가용	지슬	가용
도척	가용	오남	불가용	차리	가용
동부	가용	옥계	불가용	향리	가용
동해	가용	왕궁	가용	홍충	가용
매주	가용	왕송	가용		

나. 이상 거동 정보 분석 결과

데이터 상태 판정 이후 가용상태인 저수지의 수위 자료에 대하여 이상 거동 정보 분석 프로세스를 진행하였다. 과정은 전술한 것과 같다. 저수지별 이상 거동 존재 유무 결과는 아래 표에 나타내었다. 전체 자료 대비 이상치의 비율과 연속된 이상치 자료 개수를 추출하여 이상거동이 연속된 최대 시간을 확인할 수 있었다.

최종 결과로는 궁산 저수지, 동해 저수지, 모점 저수지에서는 각각 36.37%, 42.01%, 21.92%의 이상거동이라고 판단할 수 있는 자료 비율이 나타났다. 단석 저수지, 동부 저수지, 산대 저수지, 일월 저수지에서는 10%와 20% 사이의 이상치 자료 비율을 확인할 수 있었으며, 이를 제외한 나머지 저수지들은 10% 미만의 이상치 자료 비율을 가졌다.

동해 저수지와 모점 저수지의 높은 확률은 장기간 결측 자료를 선형보간한 것으로부터 기인하였다고 판단되었다. 보간값은 장기간 일정하게 유지되므로 보간 편차가 이상치 기준을 넘어설 경우에는 이상치 비율이 매우 높아질 가능성이 존재하였다.

본 연구의 결과로는 궁산 저수지, 동해 저수지, 모점 저수지에서는 현재 확실한 이상거동이 존재한다고 판단할 수 있다. 단석 저수지, 동부 저수지, 산대 저수지, 일월 저수지에서는 이상거동이 일어나고 있을 가능성이 존재하였으며, 정확한 판단은 전문가가 저수지 자료를 직접 본 후에 확인해야 할 것이라고 판단되었다.

표 9-35 이상거동 정보 분석 결과

저수지	이상거동 자료 비율 (%)	이상거동 연속 자료수	이상거동 연속 시간 (h)
강청	3.24	18	3.0
고경	-	-	-
고잔	-	-	-
궁산	36.37	3905	650.8
단석	15.72	91	15.2
대룡	2.64	13	2.2
대평	-	-	-
도척	0	2	0.3
동부	14.17	204	34.0
동해	42.01	368	61.3
매주	4.32	189	31.5
모점	21.92	3386	564.3
반곡	5.47	92	15.3
백마	-	-	-
산대	17.28	16	2.7
산목	4.42	14	2.3
어은	3.18	13	2.2
오남	-	-	-
옥계	-	-	-
왕궁	4.74	1296	216.0
왕송	9.14	2974	495.7
월산	6.06	13	2.2
일월	12.24	9	1.5
입남	5.02	169	28.2
작촌	-	-	-
지내	-	-	-
지슬	0	0	0.0
차리	1.17	3	0.5
향리	5.21	68	11.3
홍중	3.2	68	11.3

제 10절 결론

본 연구에서는 전문가 자문회의를 통하여 저수지 재해 위험이 높은 34개 저수지를 선정하고 저수지 수위자료 이상치 분석에 필요한 자료기반을 구축하였으며, 이를 바탕으로 저수지의 수위특성을 분석하고 차년도 연구에 이용되는 저수지 특성치에 대한 자료 기반을 구축하였다.

대상저수지의 선정은 전문가 자문회의를 통하여 수행하였다. 한국농어촌공사 시설물 및 물관리를 담당자와의 자문을 통하여 저수지를 선정하였으며, 우선 지역적인 배분을 통하여 각도별로 2개의 저수지를 선정하였다. 수위를 측정하는 방식은 크게 초음파, 레이저, 압력식으로 나눌 수 있으며, 이중 초음파 및 압력식 수위계가 가장 많이 이용되고 있다. 따라서 각 도별로 초음파식 및 압력식 수위계를 이용하는 저수지를 선정하였다. 또한 저수지 붕괴 위험이 큰 안전등급 D등급의 저수지를 5개 추가하였다. 이를 위하여 한국농어촌공사에 요청하여 자료를 수집하였다. 또한 자문회의시 제시된 의견 중에 최근 개보수된 저수지의 신규 및 구 제체의 접합부에서 누수 및 구조적인 문제가 빈번히 발생하는 것으로 조사되어 대상저수지에 4개의 저수지를 추가하였다. 각 지사별로 저수지의 운영에 있어 지형적, 영농방식별로 비슷한 조건을 가지고 있으므로 이를 반영하여 1개 지사를 선정하여 저수지 운영간의 상관성 분석에 활용하기 위하여 양평광주 서울지사를 선정하여 지사내의 4개 저수지를 대상저수지에 추가하였다. 마지막으로, 이상치 탐지 알고리즘의 효율성을 파악하기 위하여 붕괴된 저수지 중에 수위측정자료를 가지고 있는 산대저수지를 대상저수지에 포함하였다.

저수지 수위자료 이상치 분석을 위한 데이터마이닝 기반을 구축하기 위하여 각 저수지의 제원 및 유입량 산정 및 용수공급량 산정에 필요한 기상자료 및 GIS자료를 수집하여 자료기반 구축을 수행하였다. 수집된 자료는 기상청 및 한국농촌진흥청의 기상관측소와 AWS자료를 대상으로 하였으며, 시간 단위는 10분단위 및 일단위로 자료를 구축하였다. 자료의 수집을 위하여 웹을 통하여 가동되는 자동수집 프로그램을 개발하였으며, 이를 데이터베이스와 연동되도록 하였다. 또한 유입량의 산정에 필요한 수문인자와 GIS자료도 구축하였다.

자료의 전처리는 수준에 따라서 이상치 분석의 결과에 매우 많은 영향을 미친다. 그러나 수위자료를 제공하는 한국농어촌공사의 품질관리 시스템의 경우 자동품질관리와 수동품질 관리를 거쳐 생성되므로 많은 시간이 소요되므로 실시간 이상치 탐지 시스템에 적용하기에는 시간적인 차이가 발생한다. 따라서 실시간으로 처리할 수 있는 자료의 전처리 알고리즘을 구성하고 이를 적용하였다.

시계열 저수지 수위자료의 분석하기 위해서는 수위자료만이 가지는 시계열 특성과 통계 분석이 필요하며, 이를 통하여 자료의 특성치를 선별하고 이를 데이터마이닝에 활용하게 된다. 이를 위하여 저수지 수위자료의 특성분석을 수행하였다. 저수지 수위자료는 관개기와 비관개기로 나눌 수 있으며, 연단위로 같은 비슷한 특성을 나타낸다. 이는 영농방식에 기인한 것이다. 또한 시간 간격에 따라 시계열 자료의 특성도 다르게 나타난다. 주기성을 나타내는 시계열 자료는 일단위 자료에서 주로 나타나며, 30분 및 10분의 자료에서는 주기성 보다는 진동하는 특성을 보이는 경향이 있다. 그러므로 저수지 수위자료의 시간간격에 따른 특성을 분석하면 적용 가능한 분석 방법을 도출하는데 도움이 된다. 본 연구에서 수행한 1차 결과에 따르면 30분과 1시간 간격의 자료가 계측기의 특성이나 환경적인 영향에 의한 진동특성을 가장 덜 받는 것으로 보이며, 또한 시간간격이 커짐에 따라 수위변동의 한계치 및 분산이 증가하는 경향을 보이고 있으며, 10분단위의 자료에서는 관측기기의 특성에 따라 시계열 자료의 진동 특성이 나타나고 있다. 따라서 30분 및 1시간 간격의 자료를 이용하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

최종적인 저수지의 이상거동 판단 프로세스를 진행한 결과 공산, 동해, 모점, 단석, 동부, 산대, 일월 저수지에서는 이상거동이 일어날 수 있다고 판단되었다. 하지만 동해 저수지와 모점 저수지의 경우는 장기간 결측자료를 선형 보간해서 생긴 일정 수위 변위 유지현상이 일어난 결과로 사료된다. 특히, 산대 저수지의 경우는 실제로 저수지 사통의 누수로 인한 댐 붕괴가 일어난 저수지임에도 불구하고 이상거동 판단 결과에서는 공산 저수지보다 이상거동이 일어날 확률이 적게 나타났다. 이는 저수지의 수위자료로부터 오는 문제라고 할 수 있을 것이다. 저수지 수위 거동 특성을 최대한 반영할 수 있는 시간 간격을 정해주어야 하며 그에 따른 허용 최대 강하/상승량을 적용하는 것이 적합하다고 사료된다.

저수지의 실시간 시계열 수위 자료는 압력식 수위계와 초음파 수위계로 측정되고 있으며, 수위계의 특성 혹은 기기 작동상의 문제로 인하여 품질관리 이후에도 수위 거동 특성을 파악하기 어려울 정도의 자료들이 수신되고 있는 것으로 보인다. 압력식 수위계는 저수지 바닥에 존재하여 주변의 침전물과 토사가 유입되어 기능 오류를 일으킬 수 있는 가능성이 매우 높으며, 초음파 수위계의 경우는 주변 환경이 제대로 관리되지 않으면 잡초나 벌레 등이 초음파 경로에 진입하여 측정에 오류를 일으킬 수 있을 것이다. 이러한 조건을 모두 극복하여 저수지 수위의 거동을 판단하기 위해서는 보다 획기적인 품질관리 방법이 요구될 것으로 판단된다.

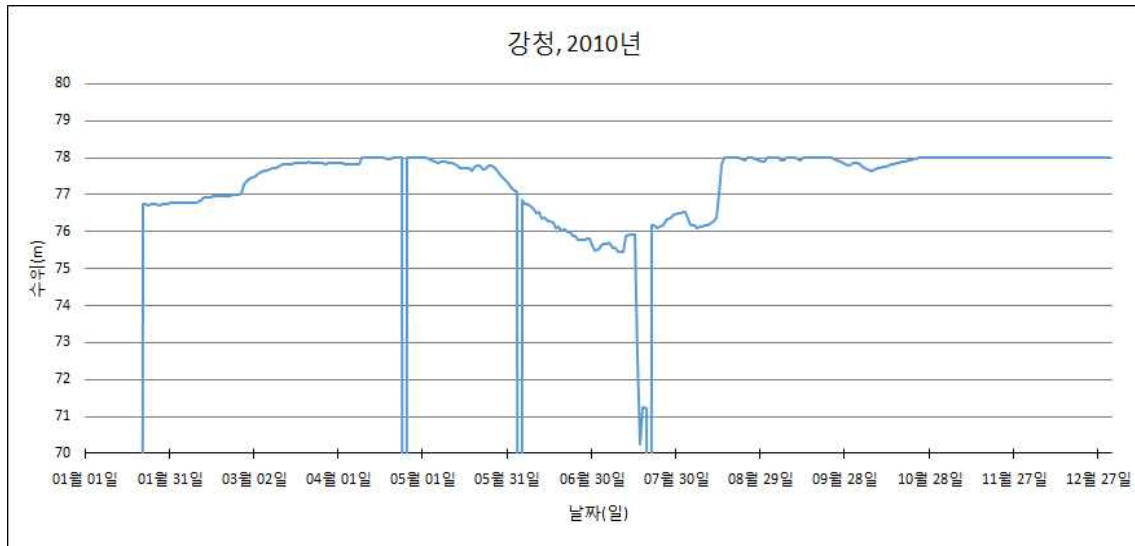
본 연구에서는 저수지의 이상거동 탐지를 위해 저수지 수위를 이용한 탐지 기법을 제안 및 적용해 보았다. 연구 계획서상 비중 및 달성도에 관한 내용은 자체평가의견서에 첨부하였다. 시계열 수위 변화율 산정을 위한 분석 기술은 달성도 90%로 본 연구 이후 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단되었다. 시계열 수위 변화의 시공간 분석 결과 군집된 농업용 저수지에는 수위 거동의 상관성이 드러나지 않는 것으로 판단되었다. 최종적으로 연구 기반으로 마련된 자료를 통해 저

수지 이상거동을 관측할 수 있는 프로그램을 개발하였으며 그 결과는 연구 계획서에 예상했던 것보다 미흡한 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 저수지의 수위 변화만을 이용해 통계적 및 저수지 특성을 반영한 분석을 실행하였기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 보이며, 이를 보완하기 위해서는 주변 지역의 실시간 기상자료를 통한 유역 유출 모의, 온라인 기반 빅데이터의 접목 등의 추가적인 사항이 고려된 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

- 부 록 I -

저수지별 시간 단위별 수위변화 그래프

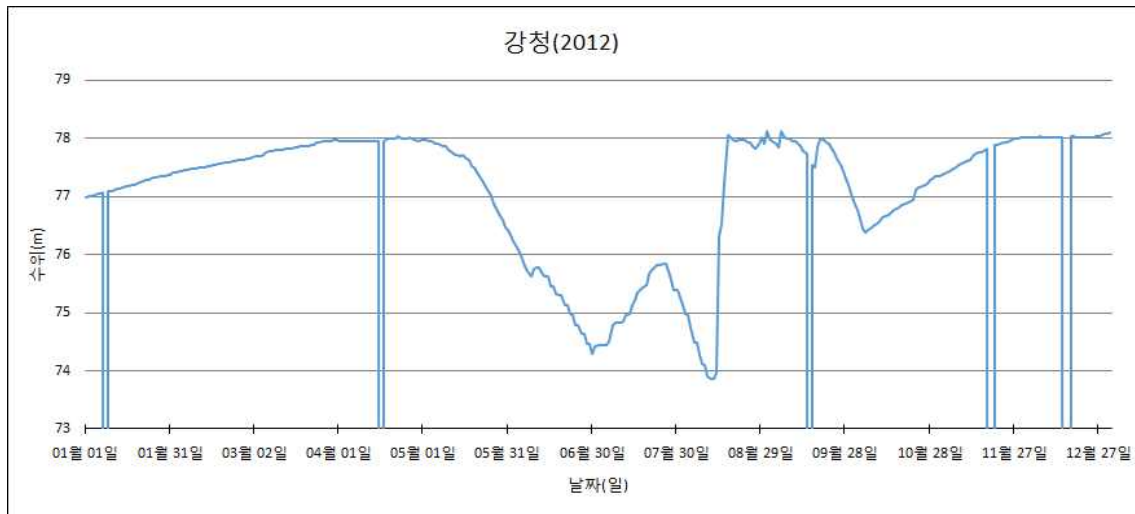
1. 강청 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



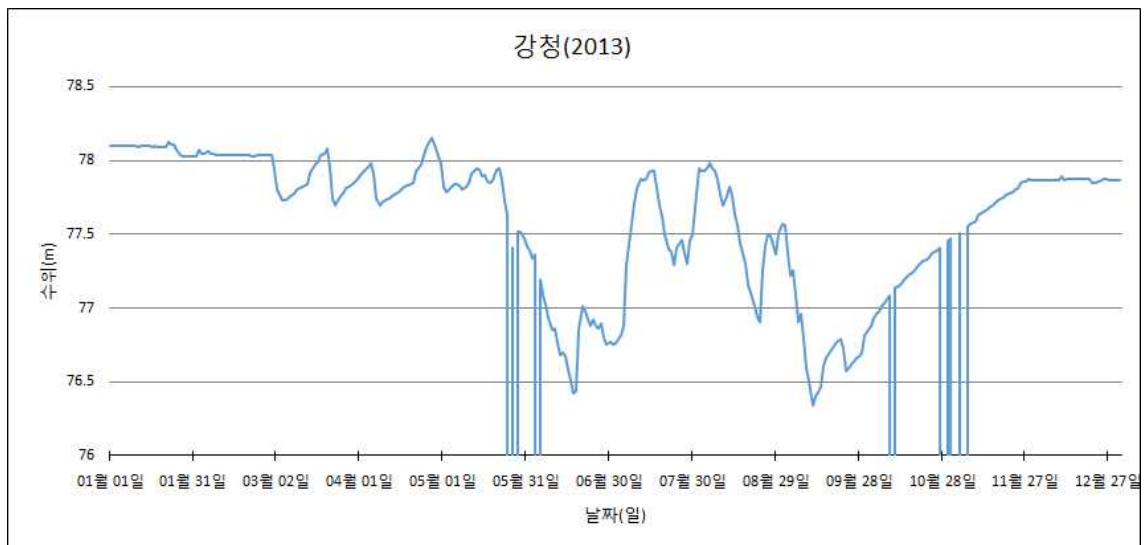
강청 저수지(2010), 1일 간격



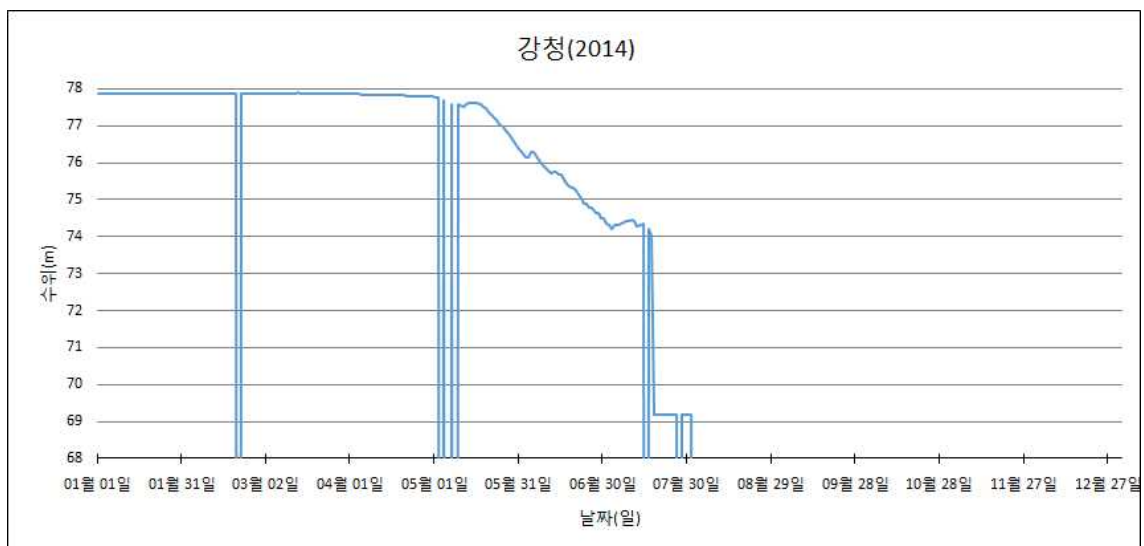
강청저수지(2011), 1일 간격



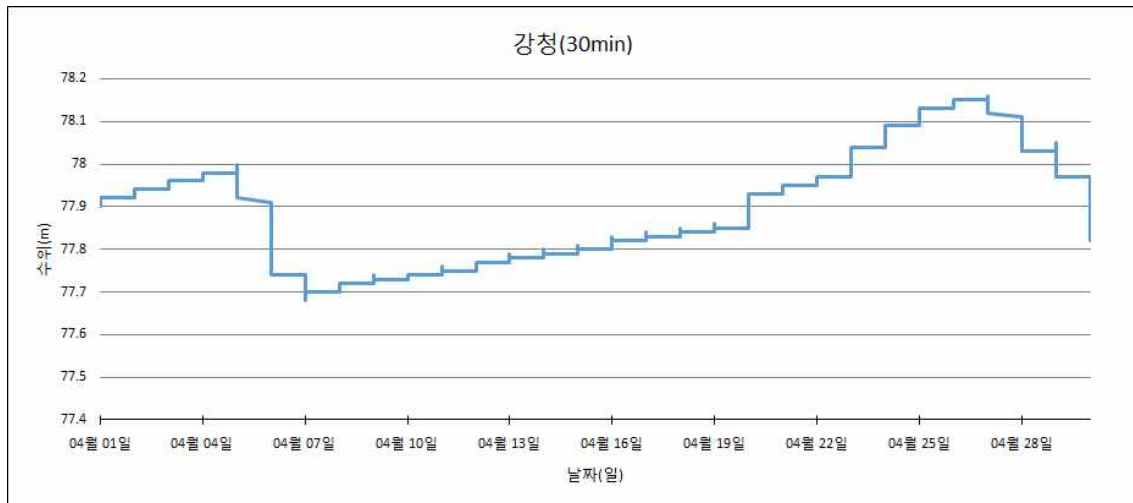
강청저수지(2012), 1일 간격



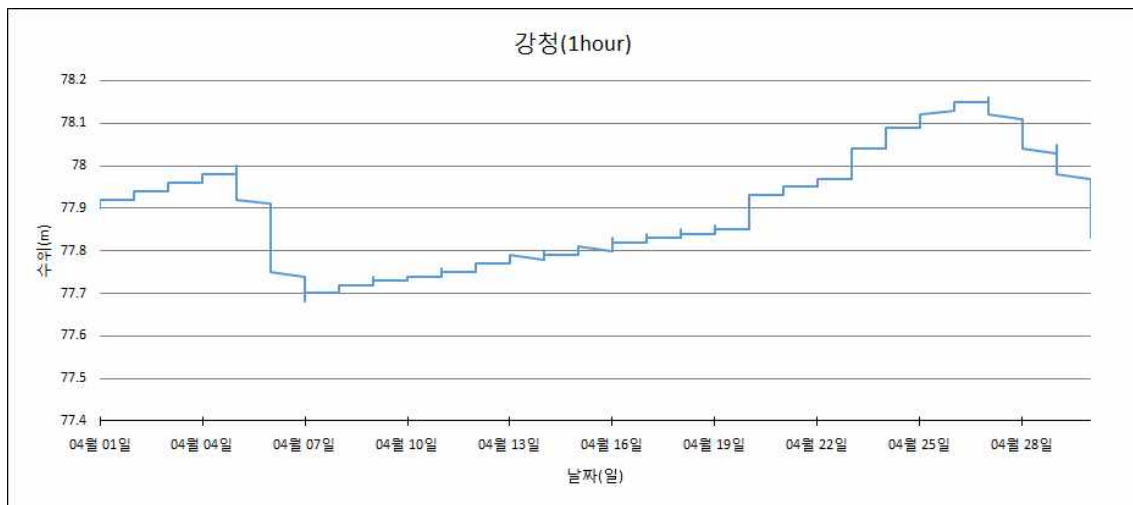
강청저수지(2013), 1일 간격



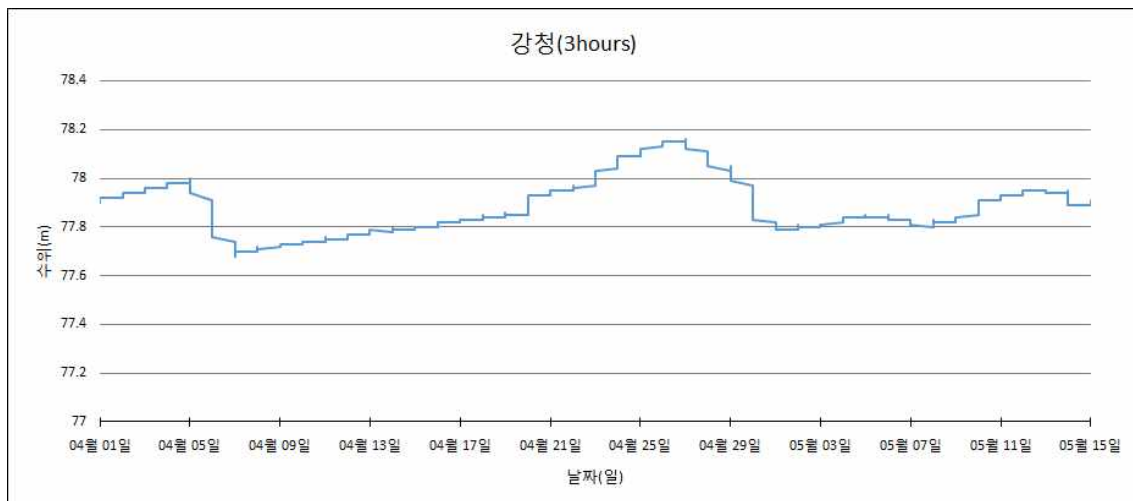
강청저수지(2014), 1일 간격



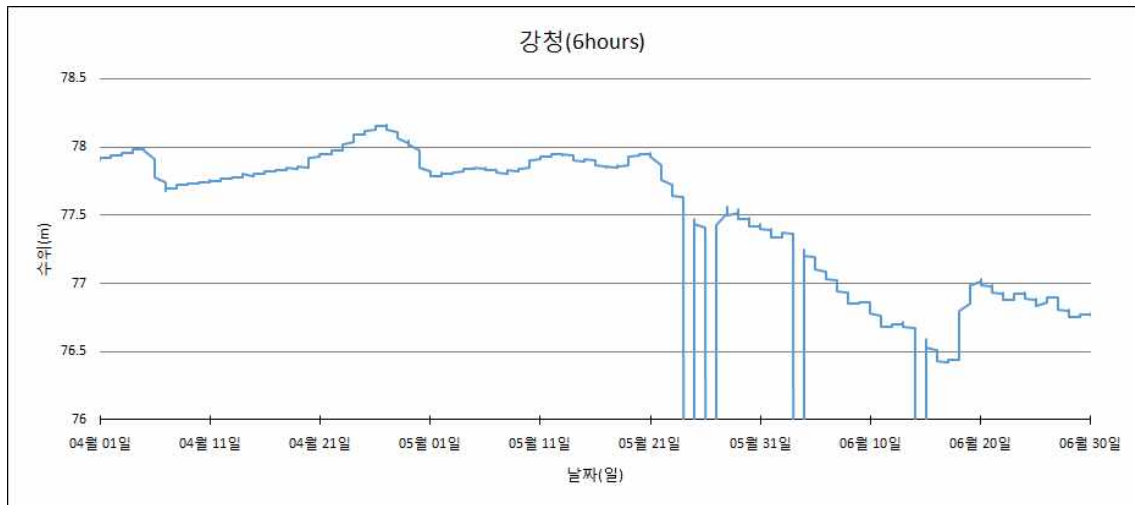
강청저수지(2013, 4월), 30분 간격



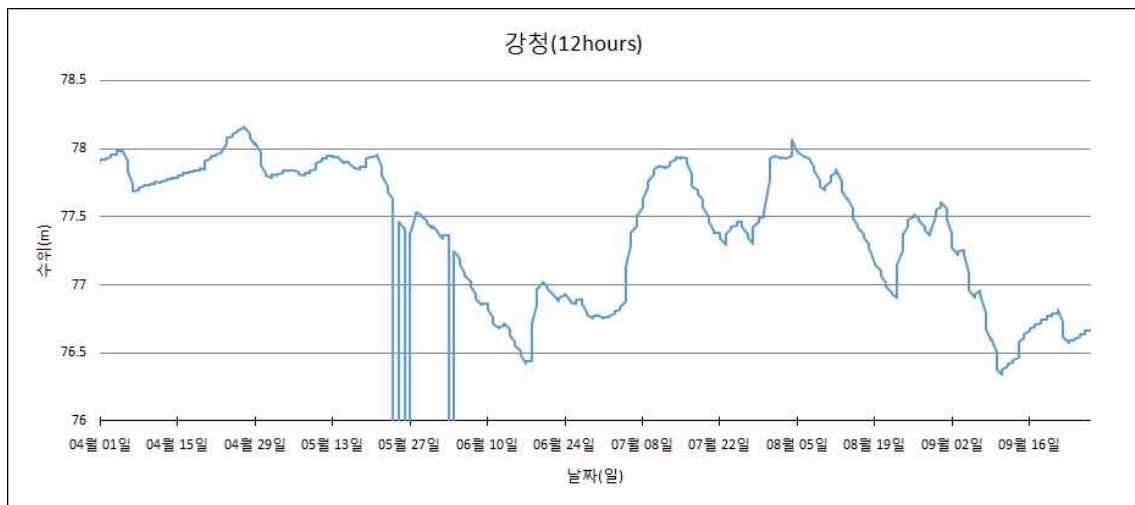
강청저수지(2013, 4월), 1시간 간격



강청저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

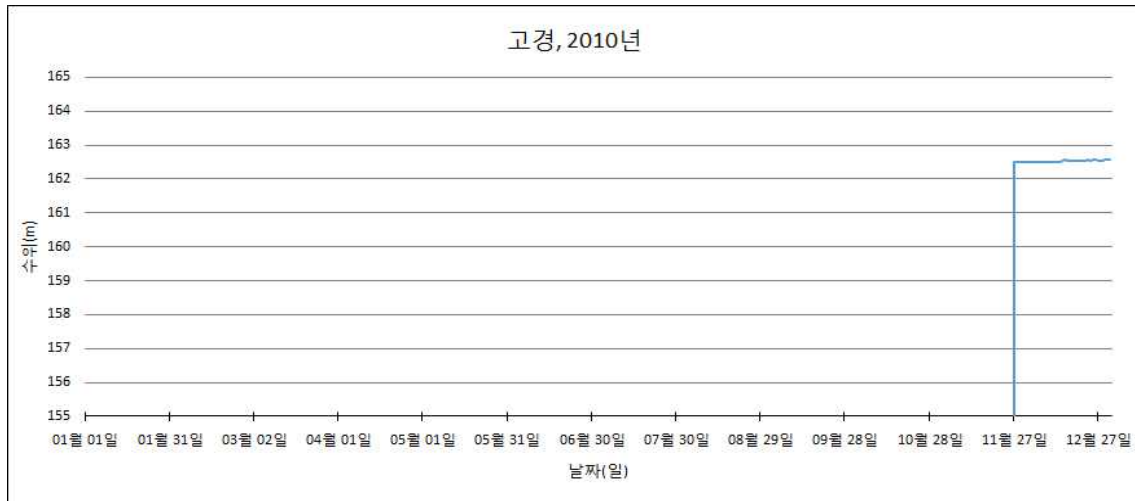


강청저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

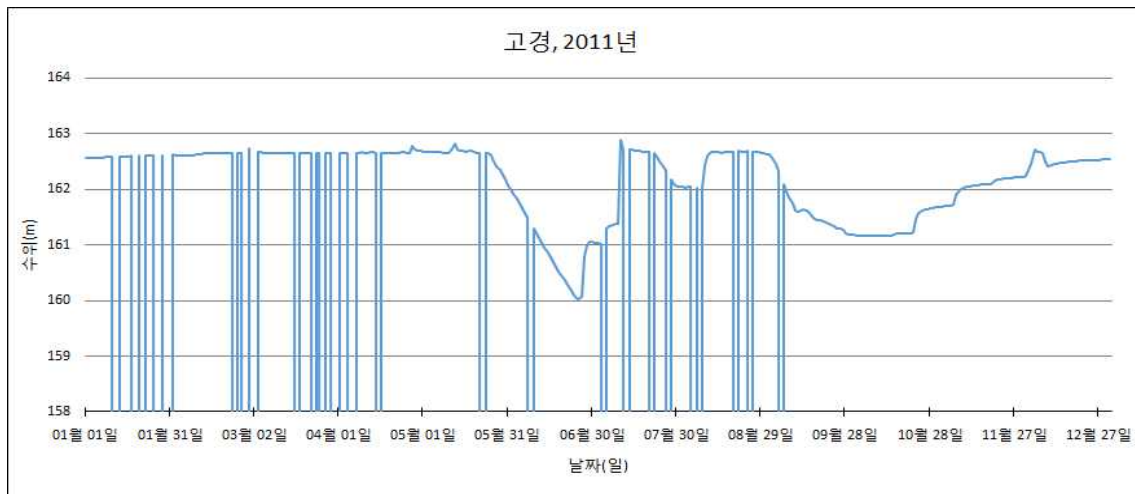


강청저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

2. 고경 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



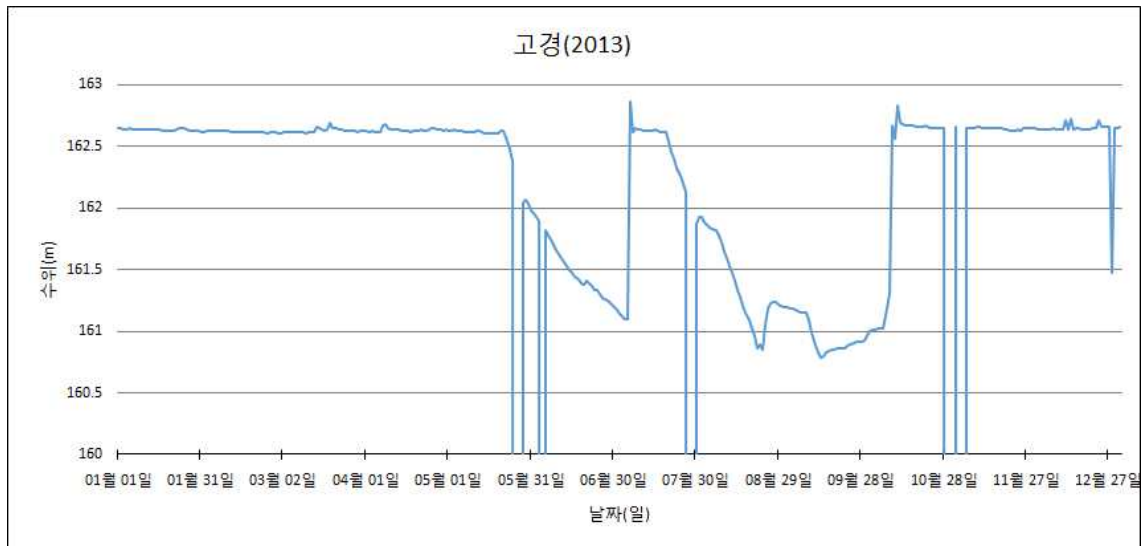
고경저수지(2010), 1일 간격



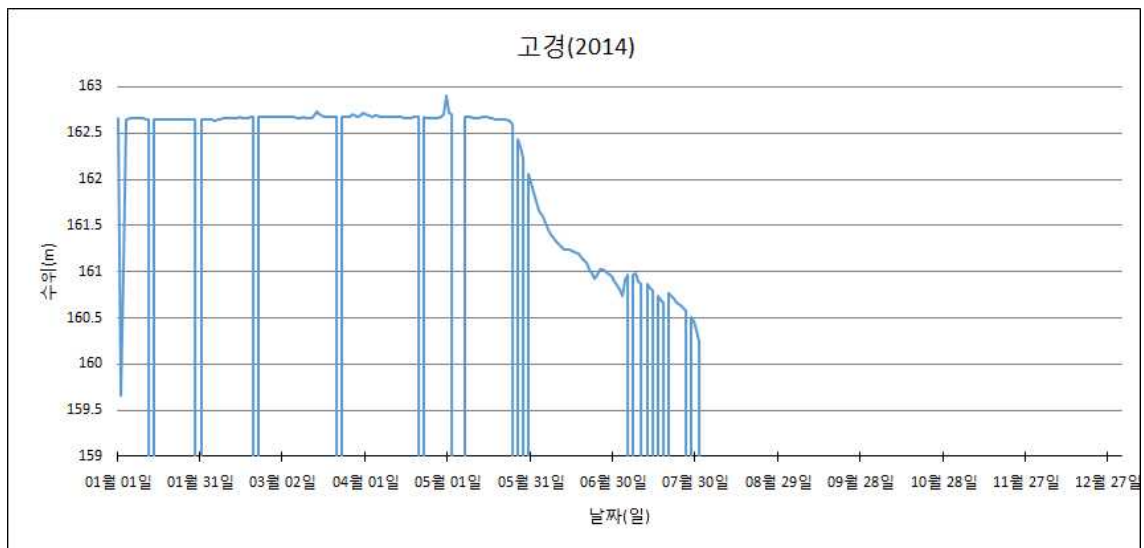
고경저수지(2011), 1일 간격



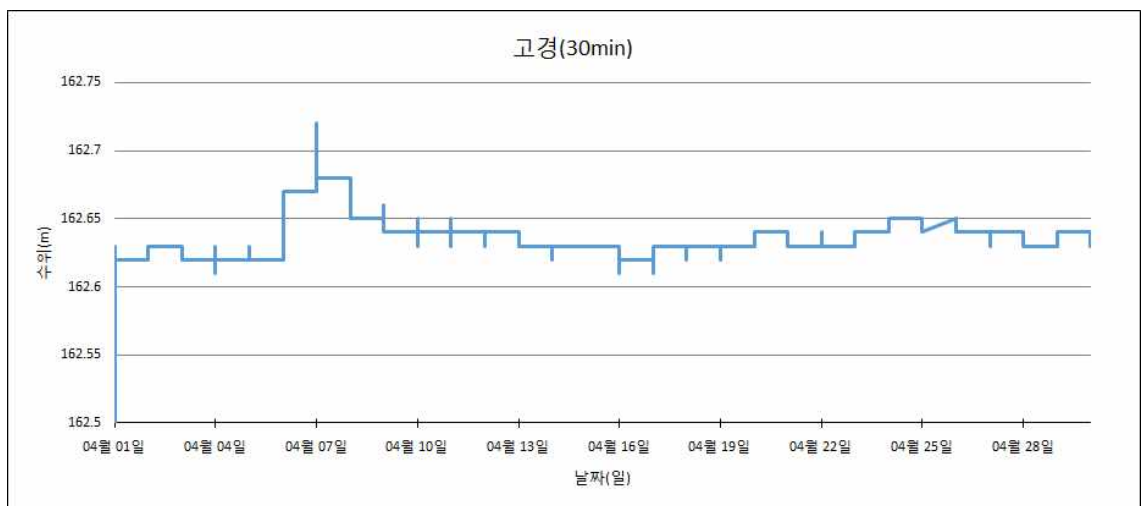
고경저수지(2012), 1일 간격



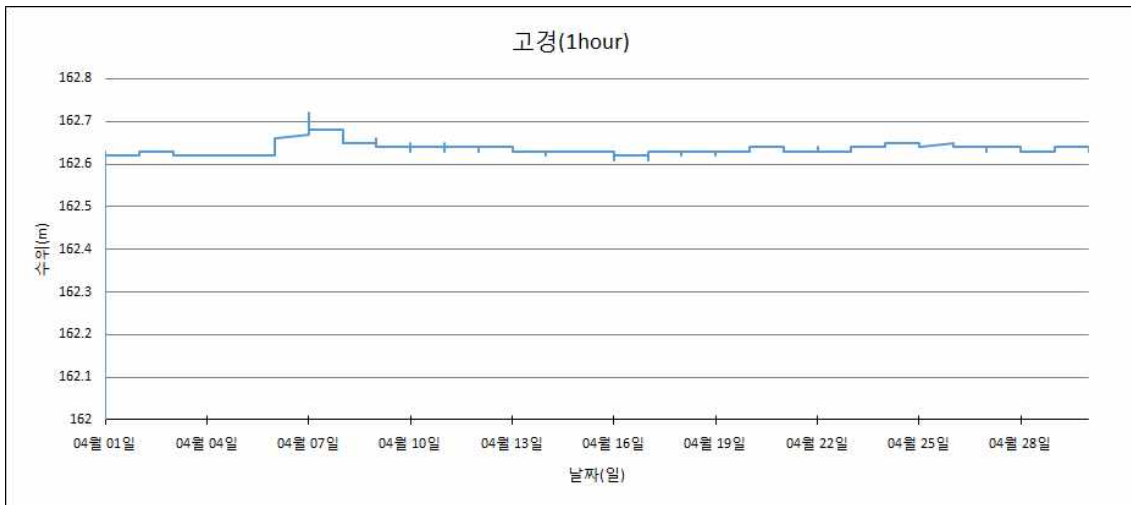
고경저수지(2013), 1일 간격



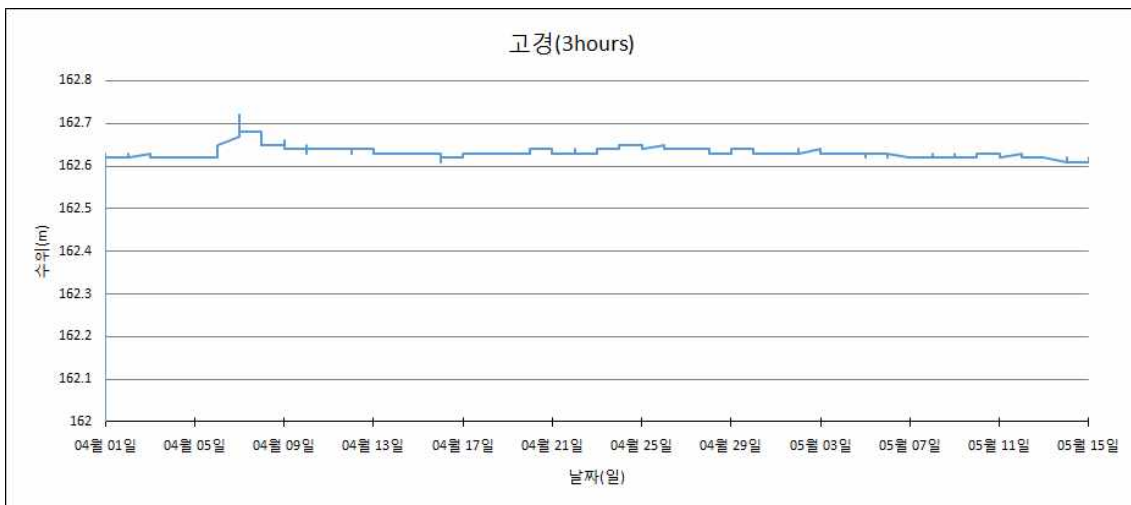
고경저수지(2014), 1일 간격



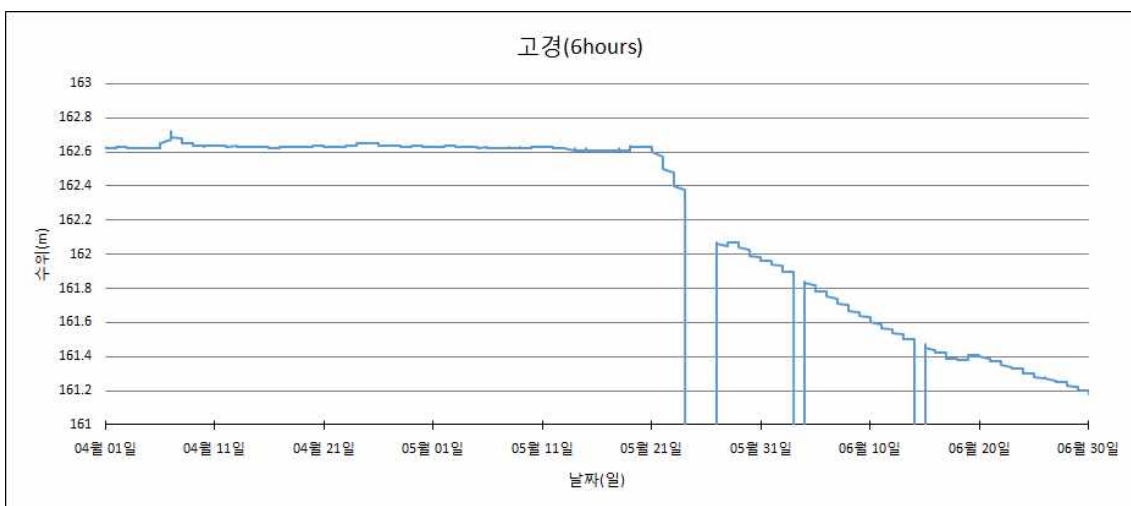
고경저수지(2013, 4월), 30분 간격



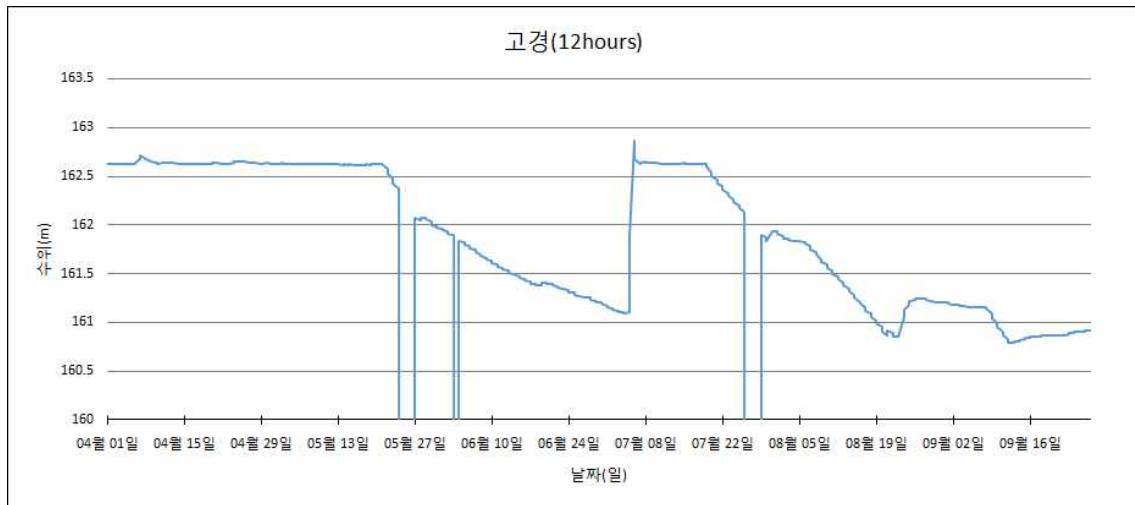
고경저수지(2013, 4월), 1시간 간격



고경저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

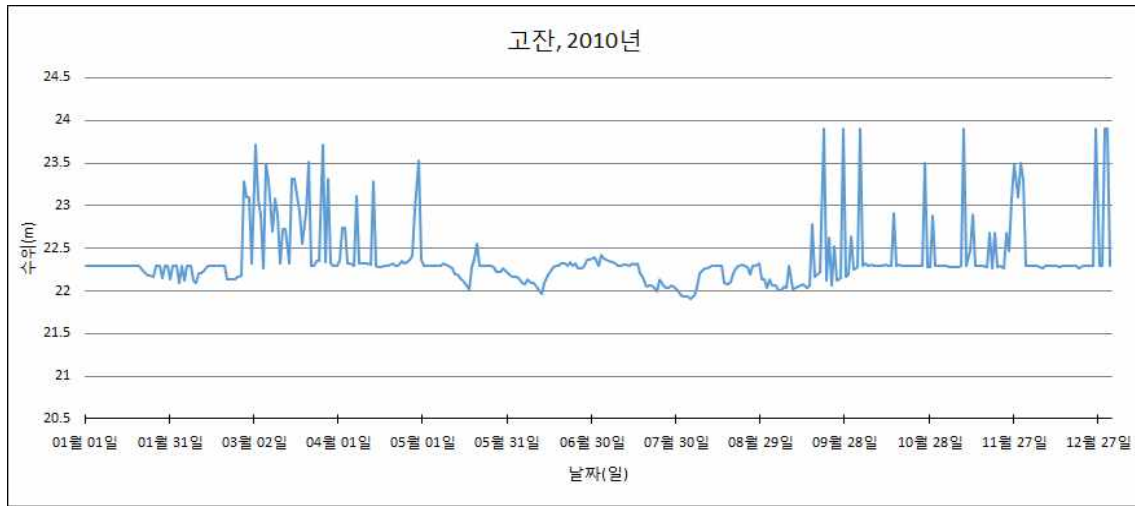


고경저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

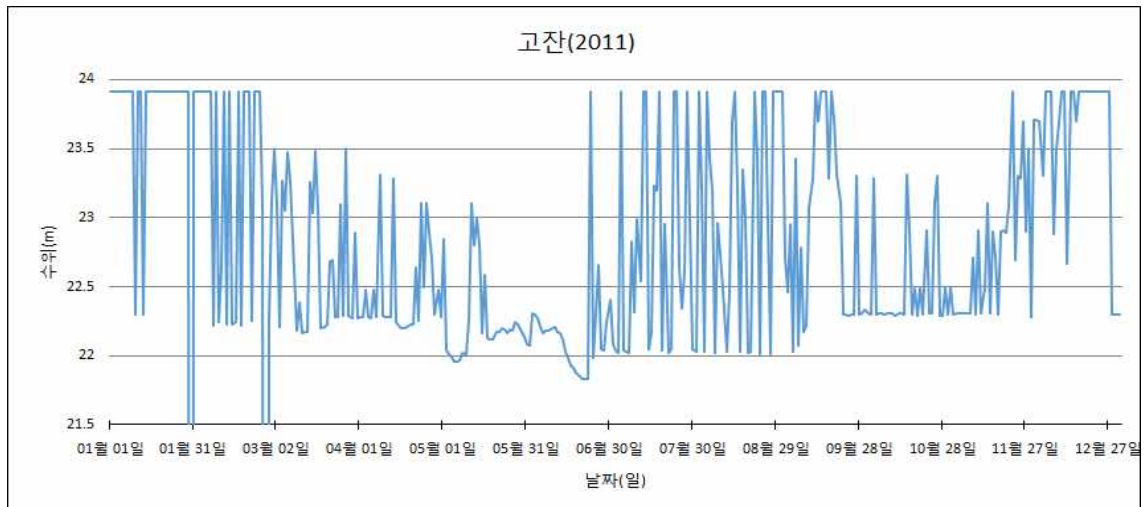


고경저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

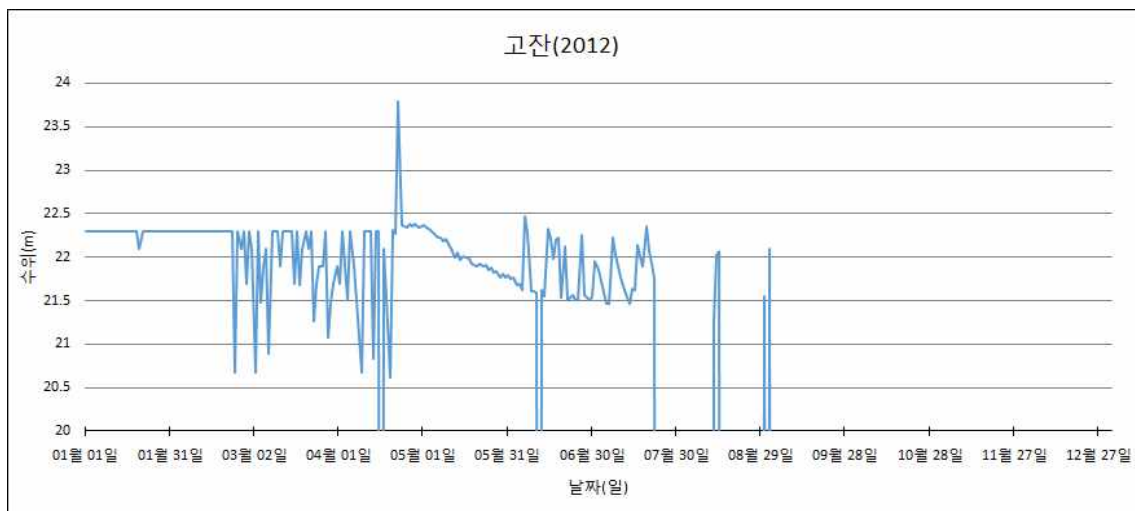
3. 고잔 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



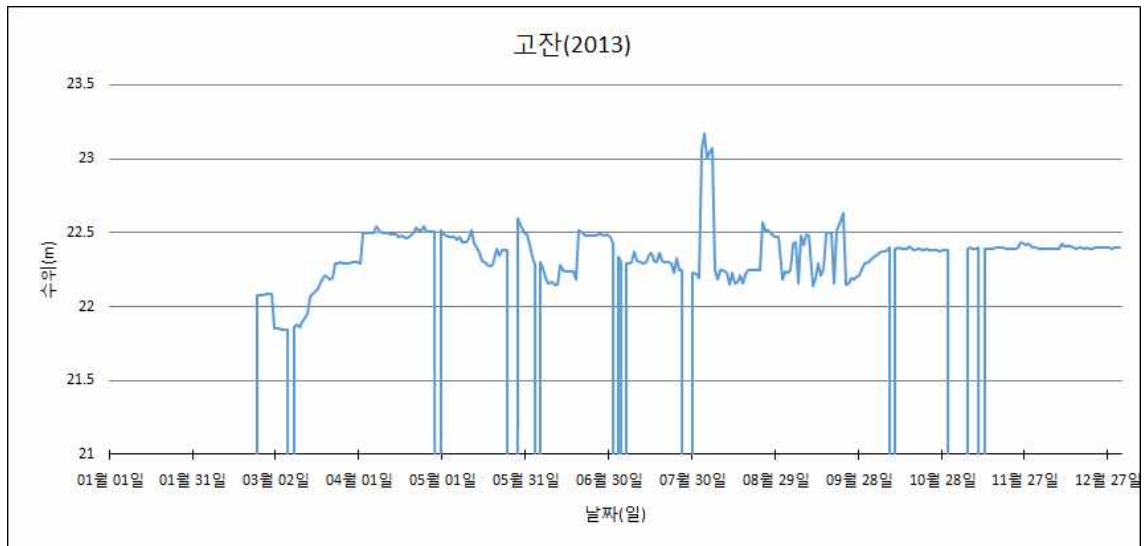
고잔저수지(2010), 1일 간격



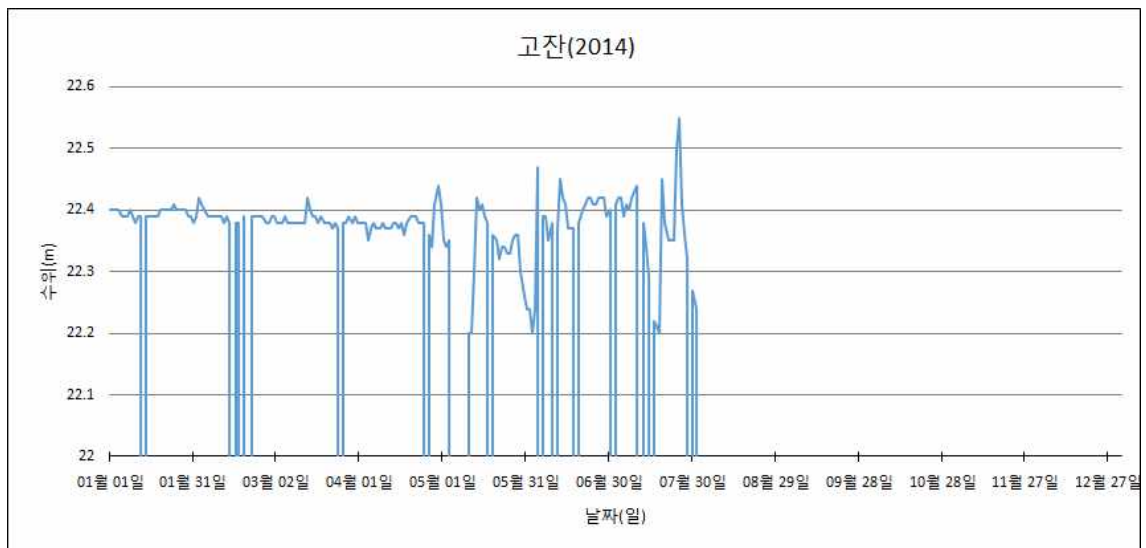
고잔저수지(2011), 1일 간격



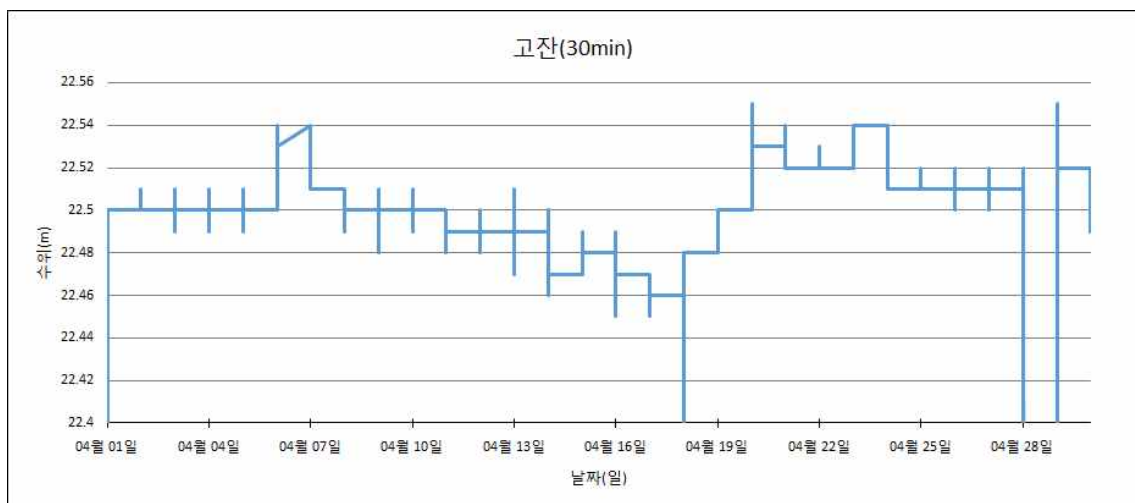
고잔저수지(2012), 1일 간격



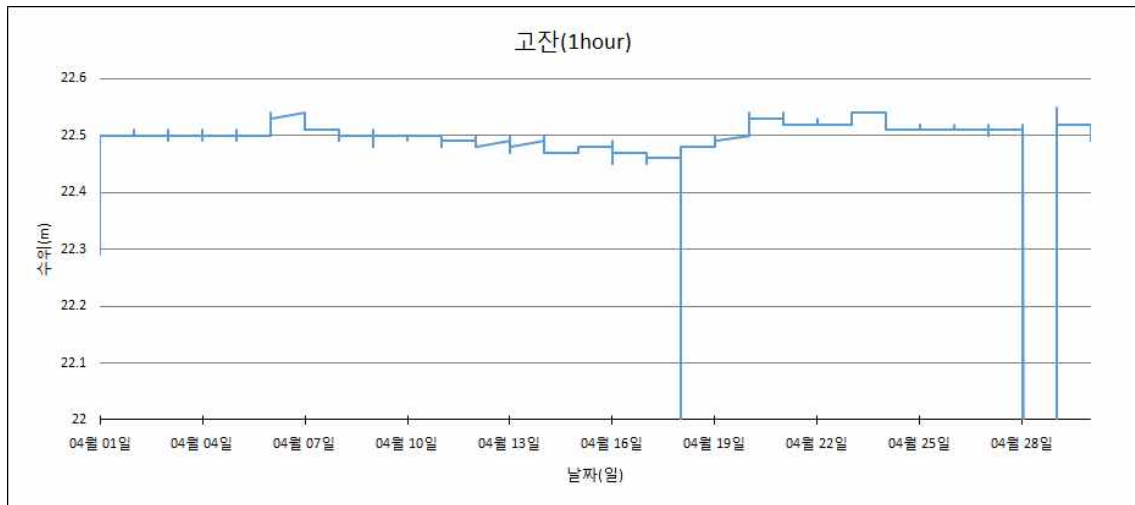
고잔저수지(2013), 1일 간격



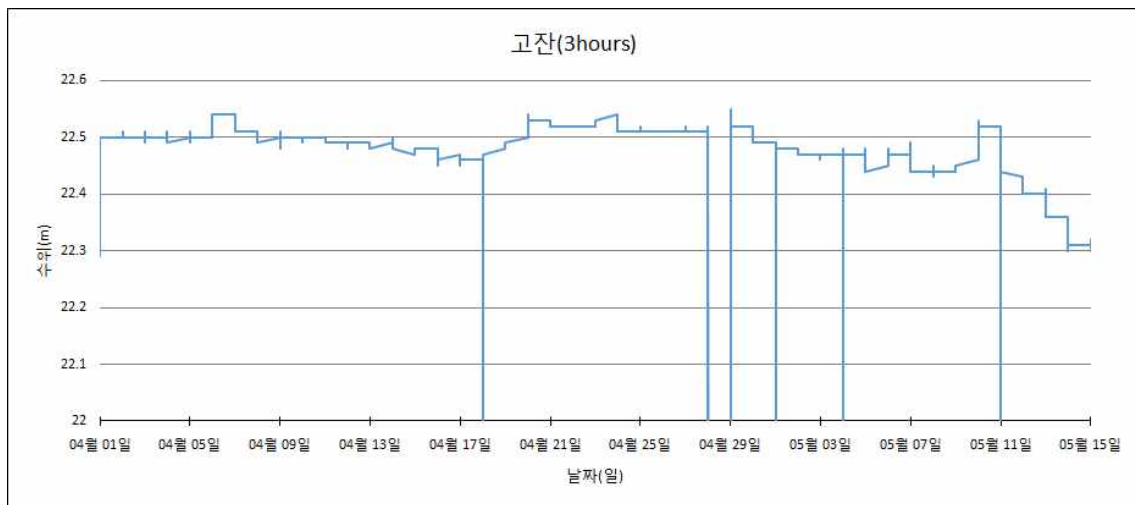
고잔저수지(2014), 1일 간격



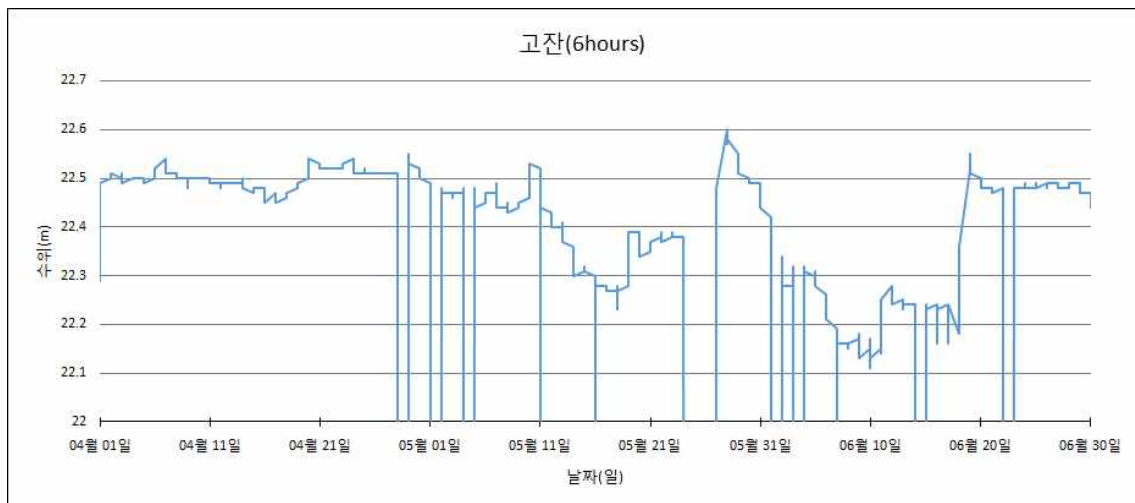
고잔저수지(2013, 4월), 30분 간격



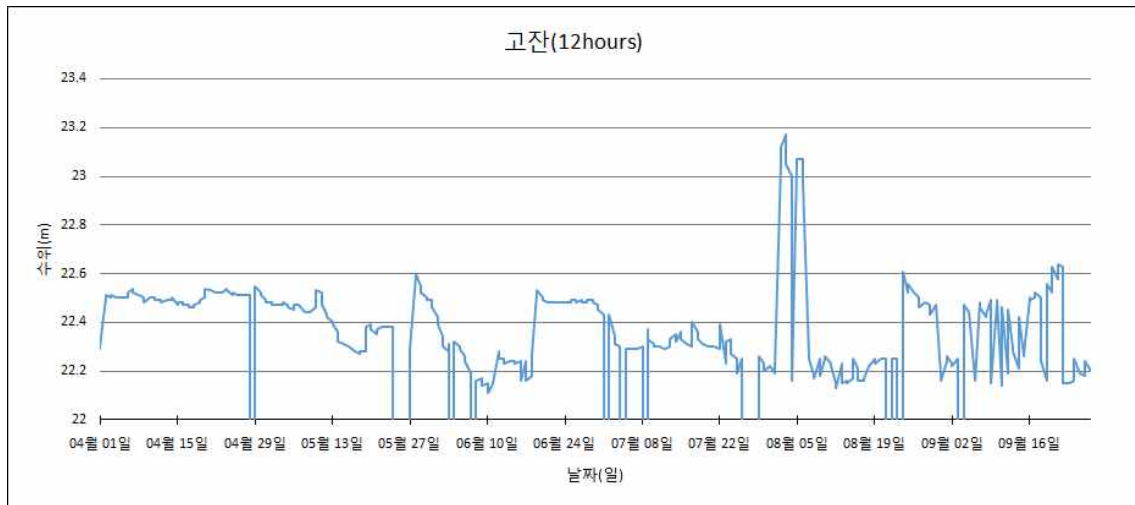
고잔저수지(2013, 4월), 1시간 간격



고잔저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

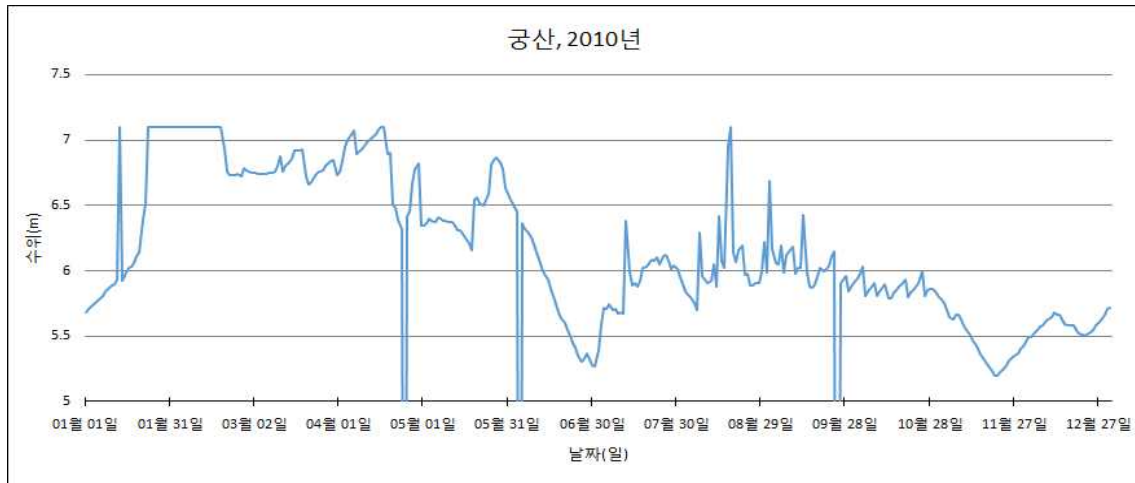


고잔저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

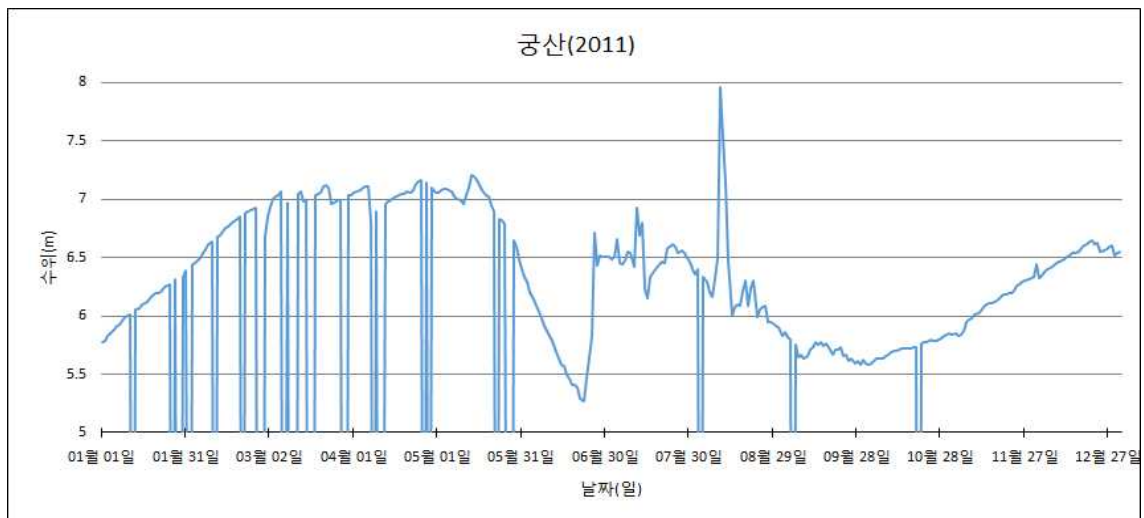


고잔저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

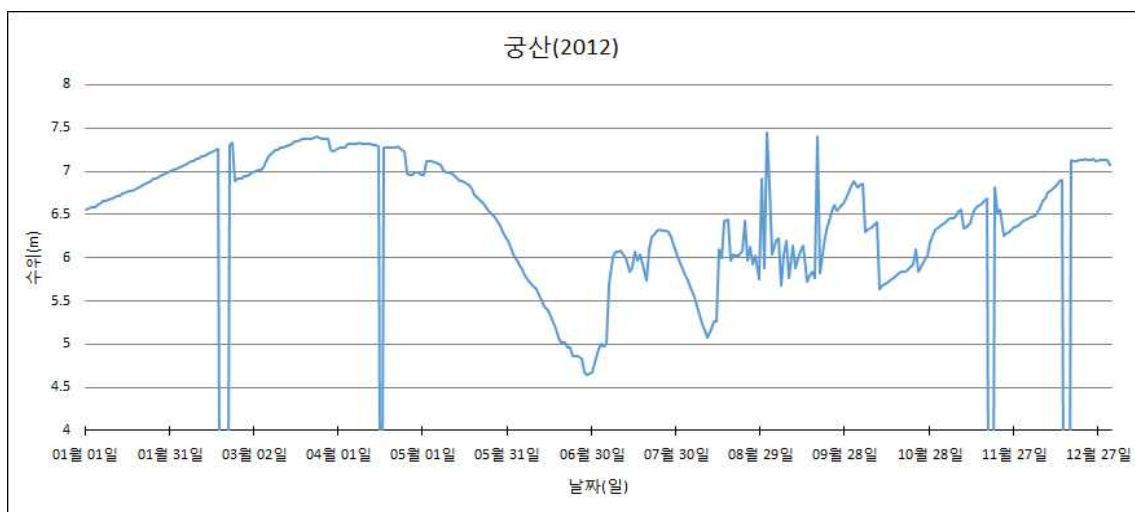
4. 궁산 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



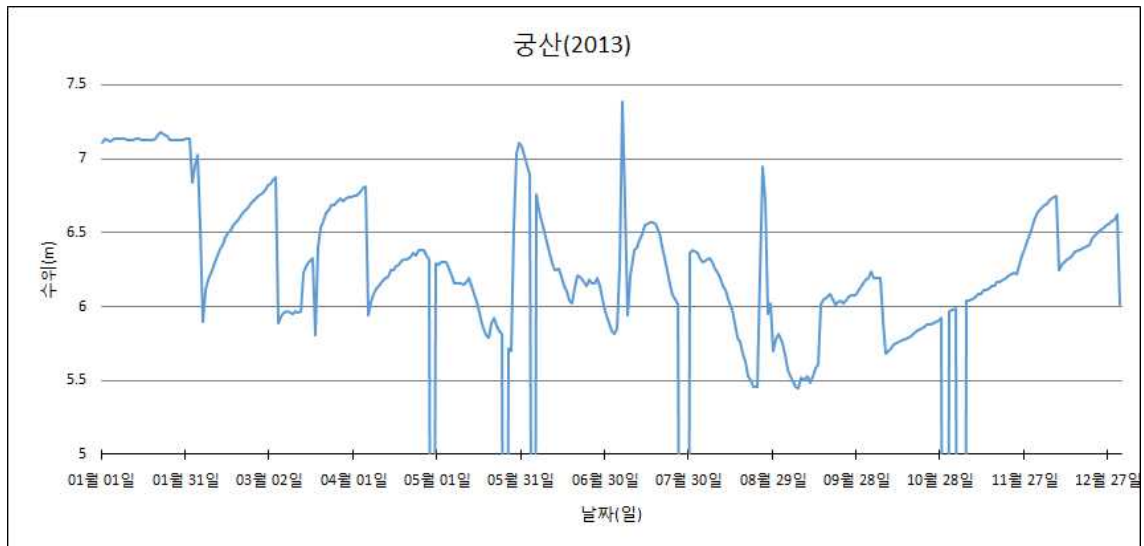
궁산저수지(2010), 1일 간격



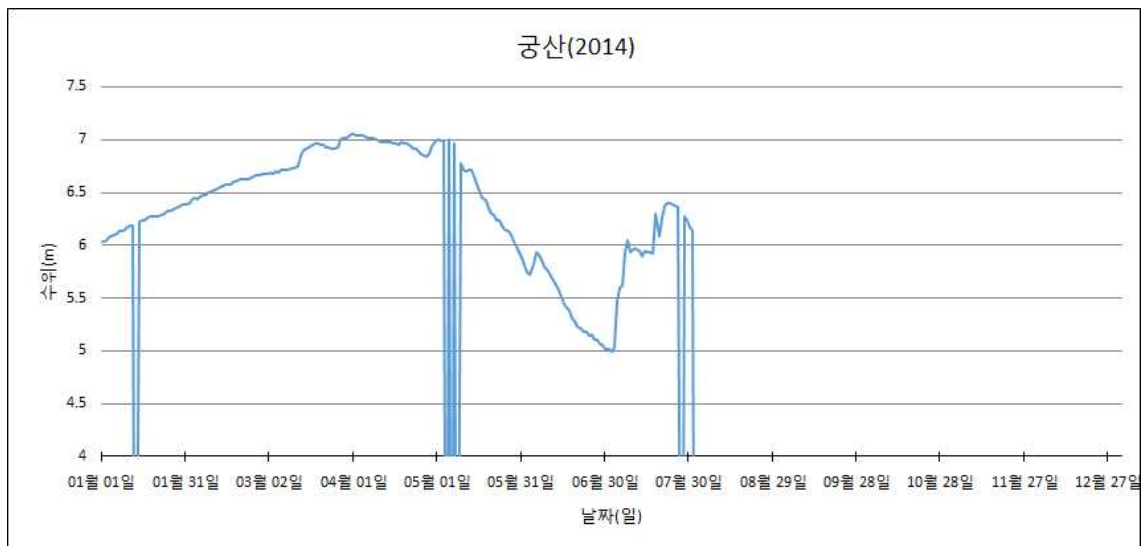
궁산저수지(2011), 1일 간격



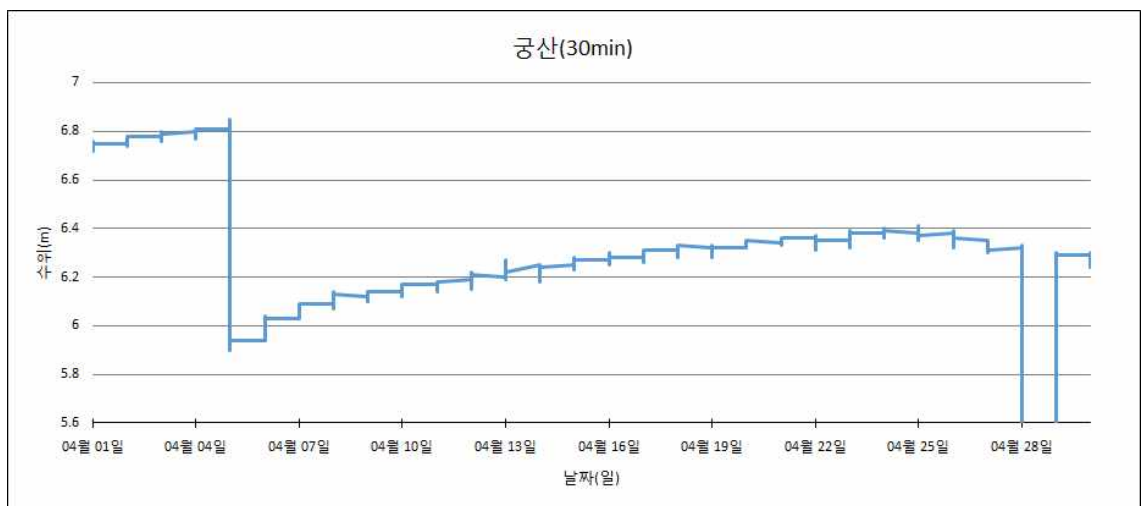
궁산저수지(2012), 1일 간격



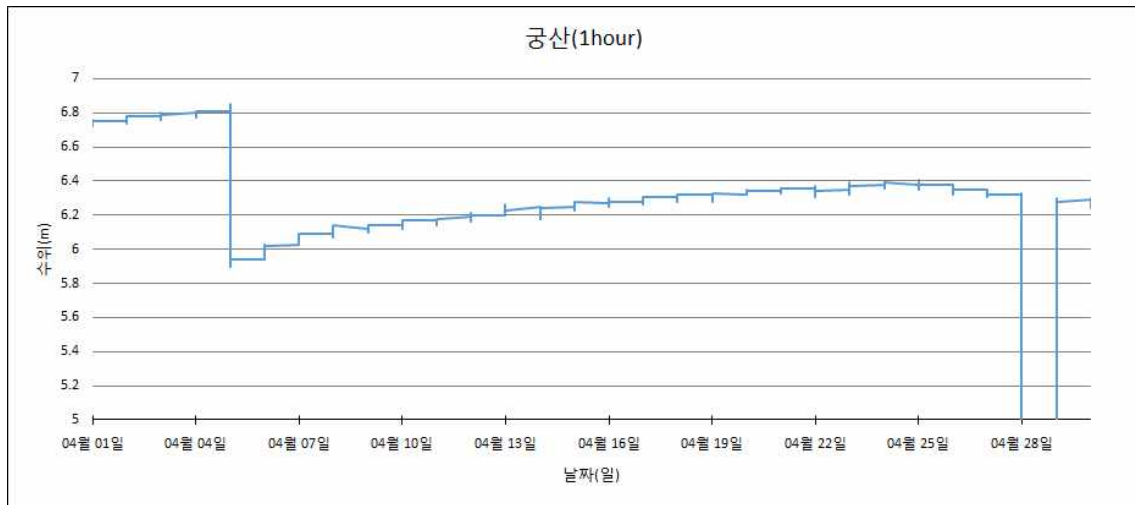
공산저수지(2013), 1일 간격



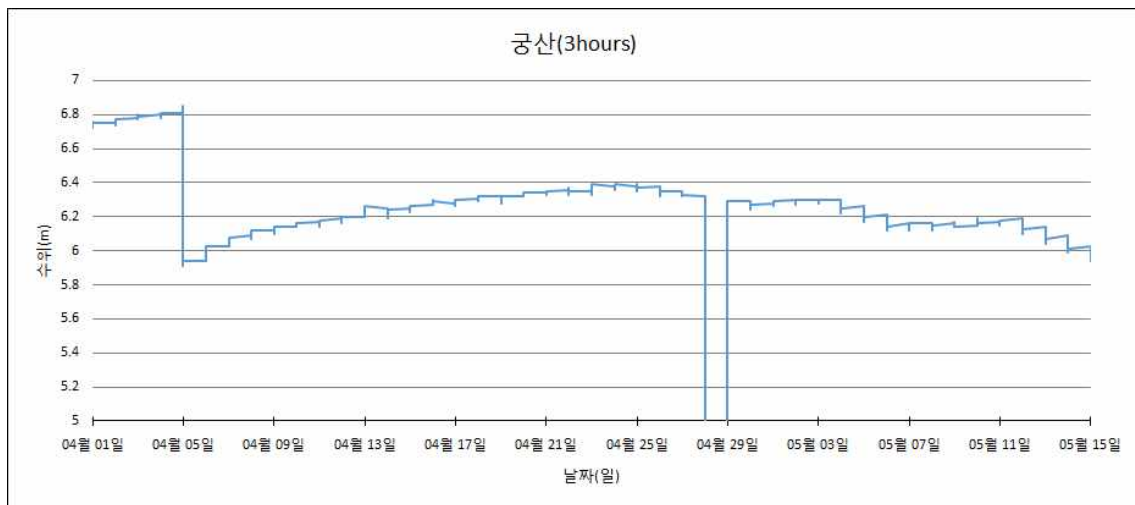
공산저수지(2014), 1일 간격



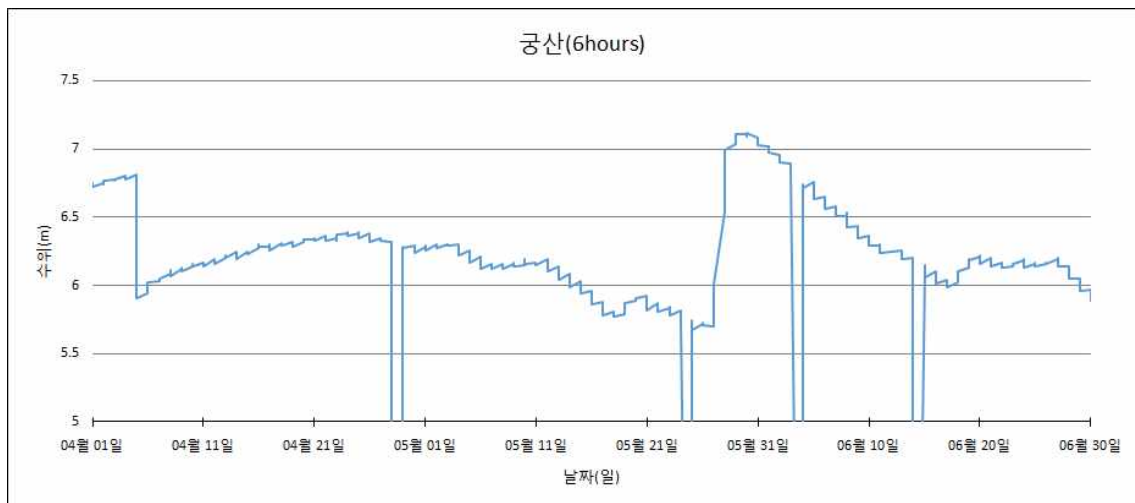
공산저수지(2013, 4월), 30분 간격



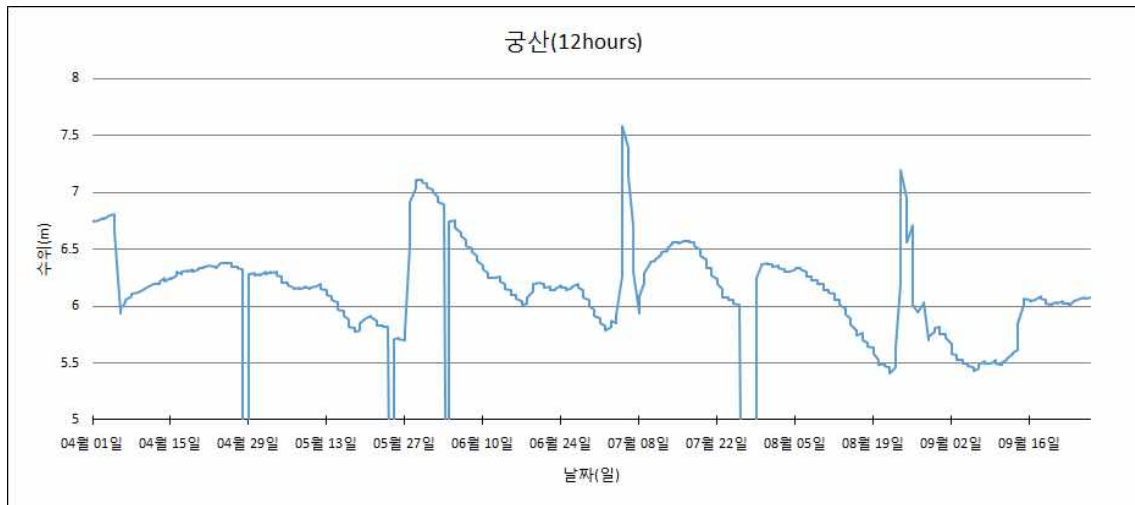
공산저수지(2013, 4월), 1시간 간격



공산저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

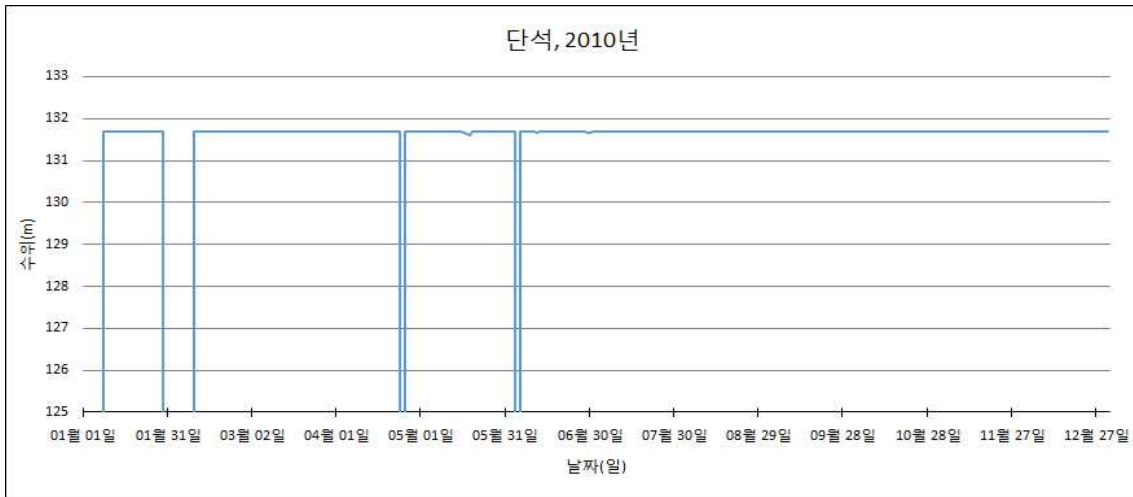


공산저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

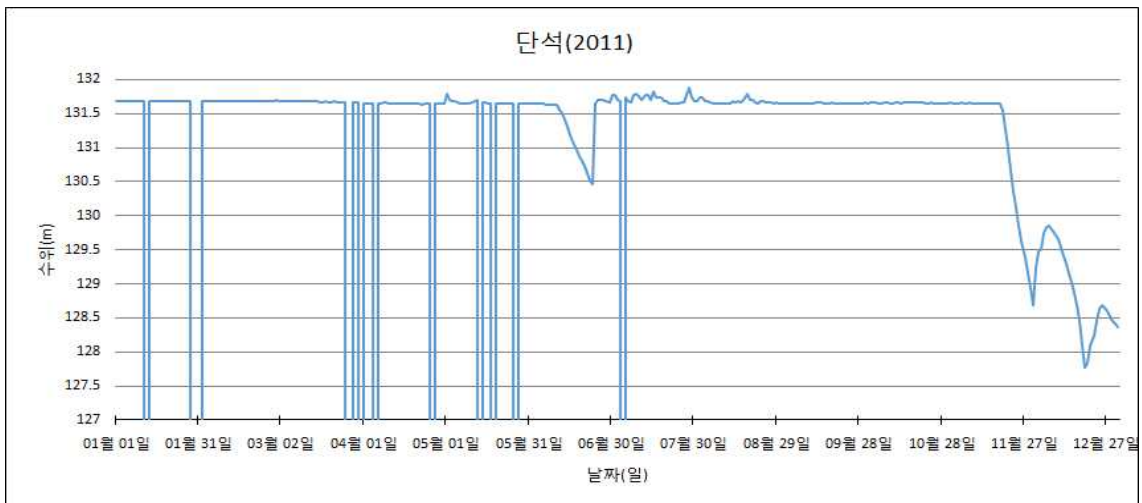


공산저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

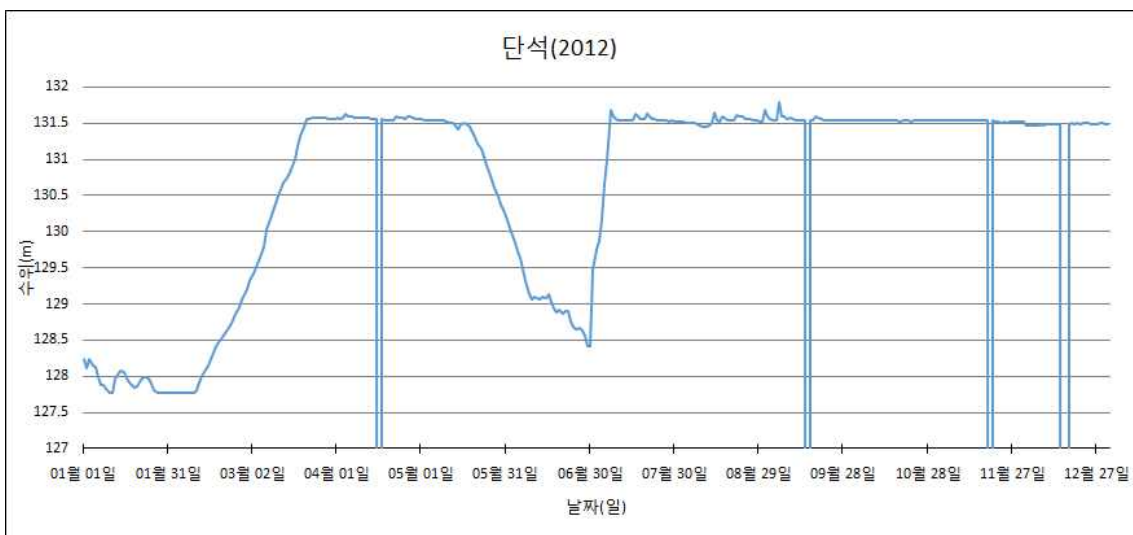
5. 단석 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



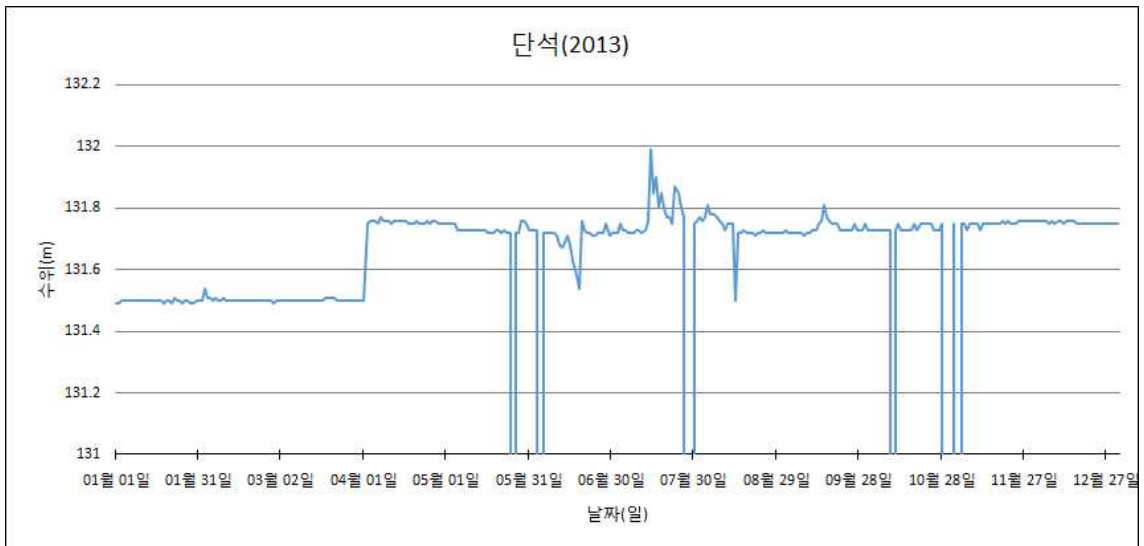
단석저수지(2010), 1일 간격



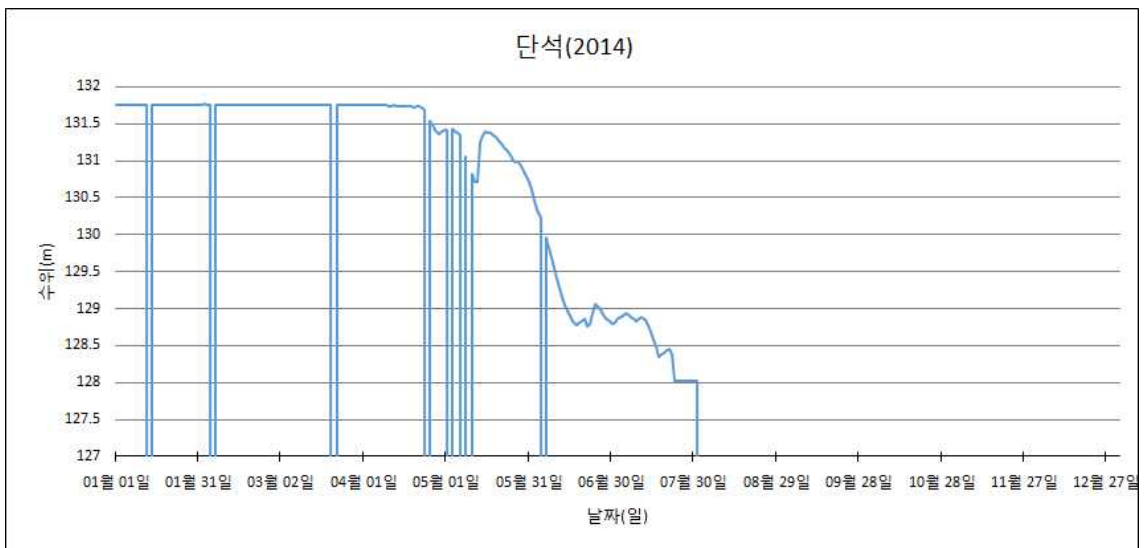
단석저수지(2011), 1일 간격



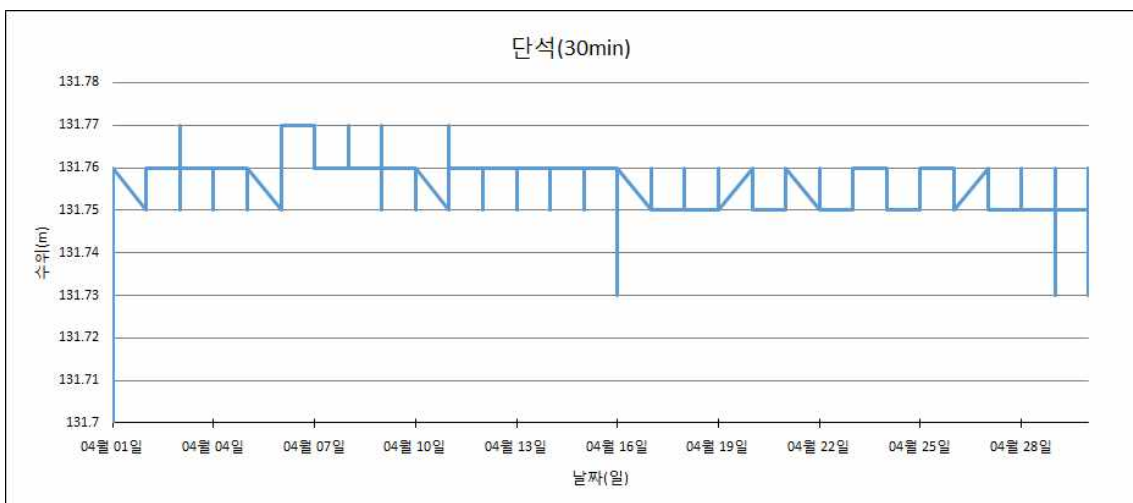
단석저수지(2012), 1일 간격



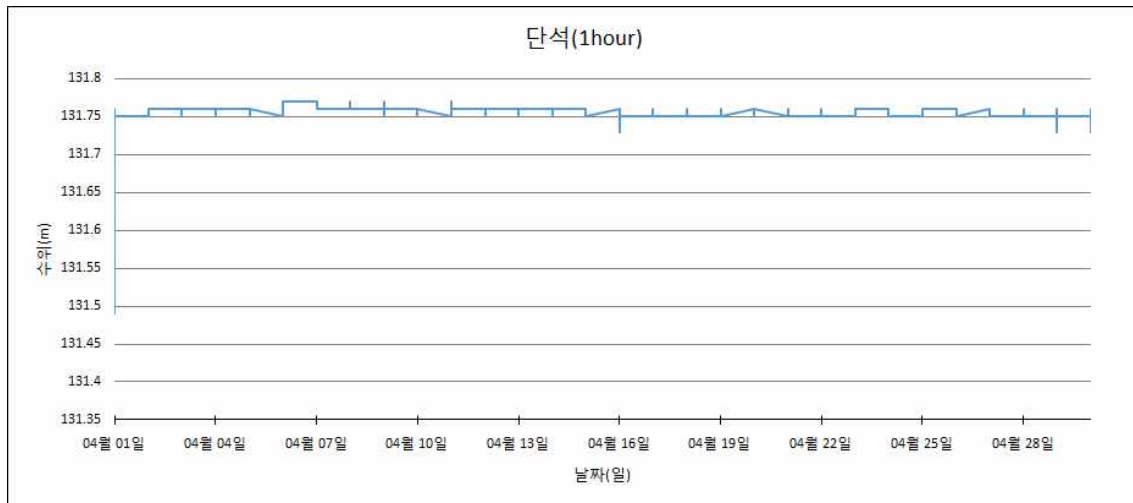
단석저수지(2013), 1일 간격



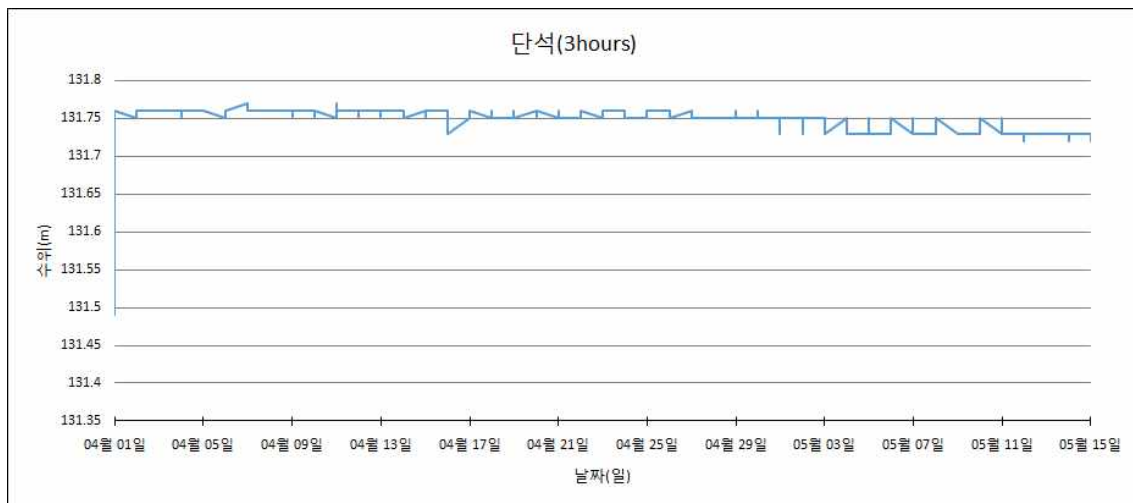
단석저수지(2014), 1일 간격



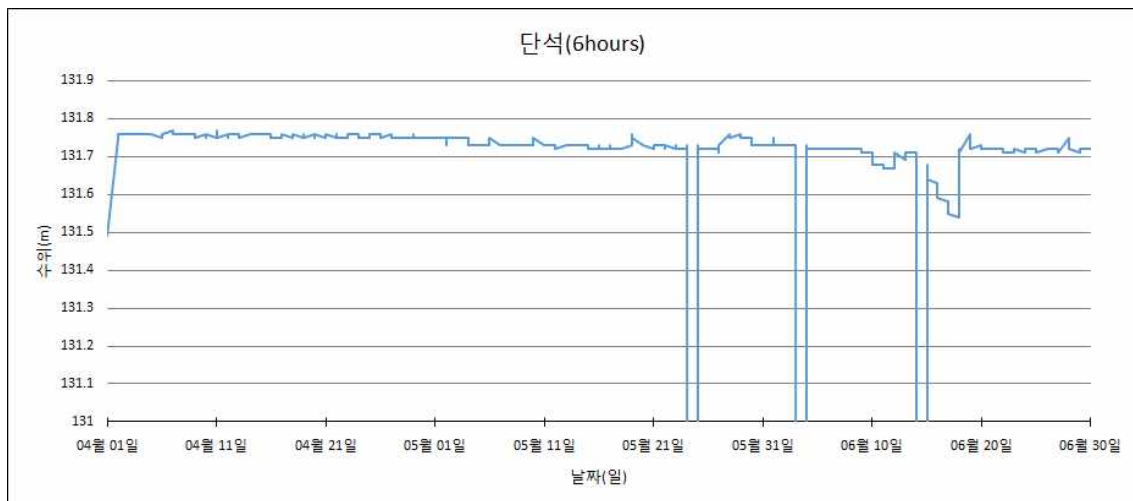
단석저수지(2013, 4월), 30분 간격



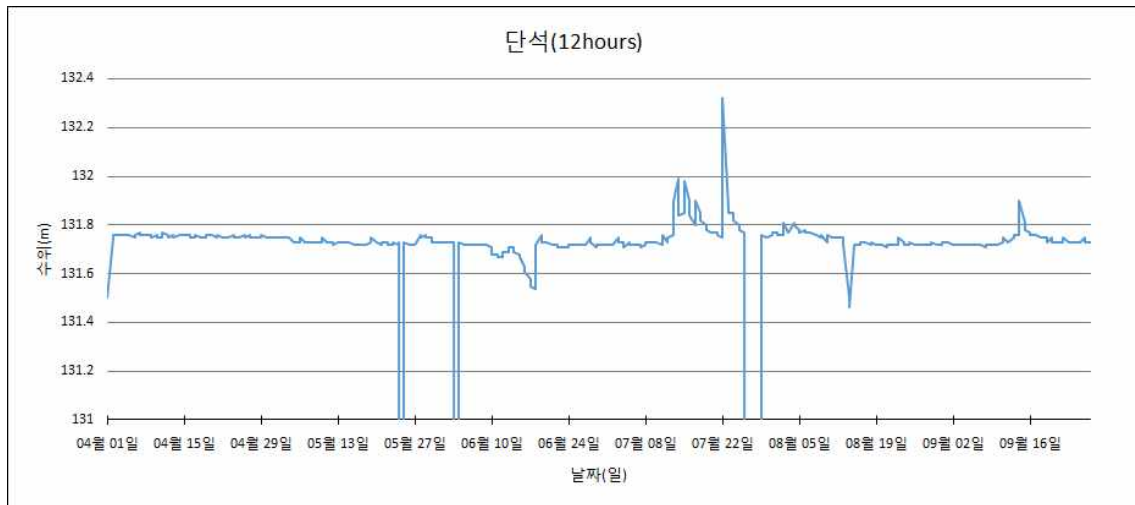
단석저수지(2013, 4월), 1시간 간격



단석저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

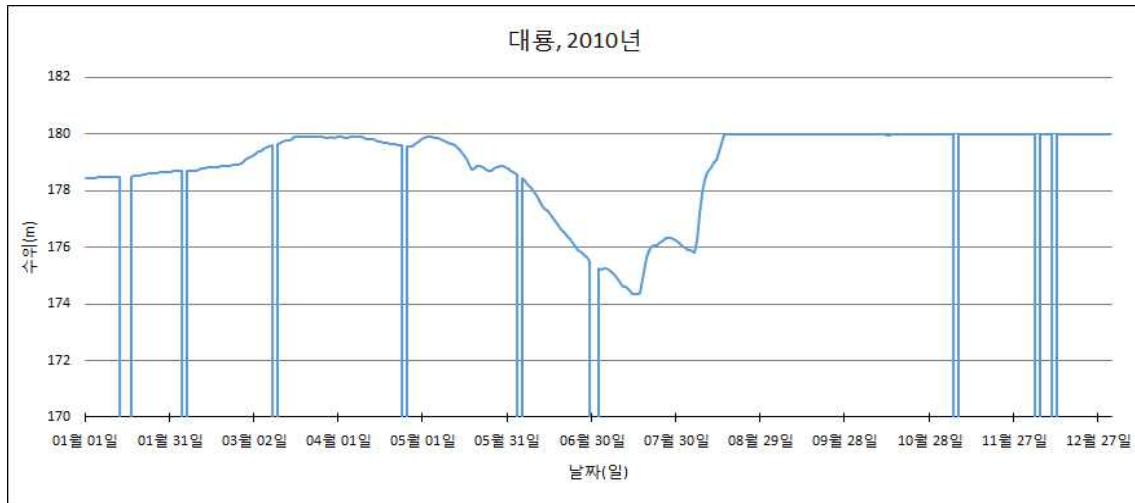


단석저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

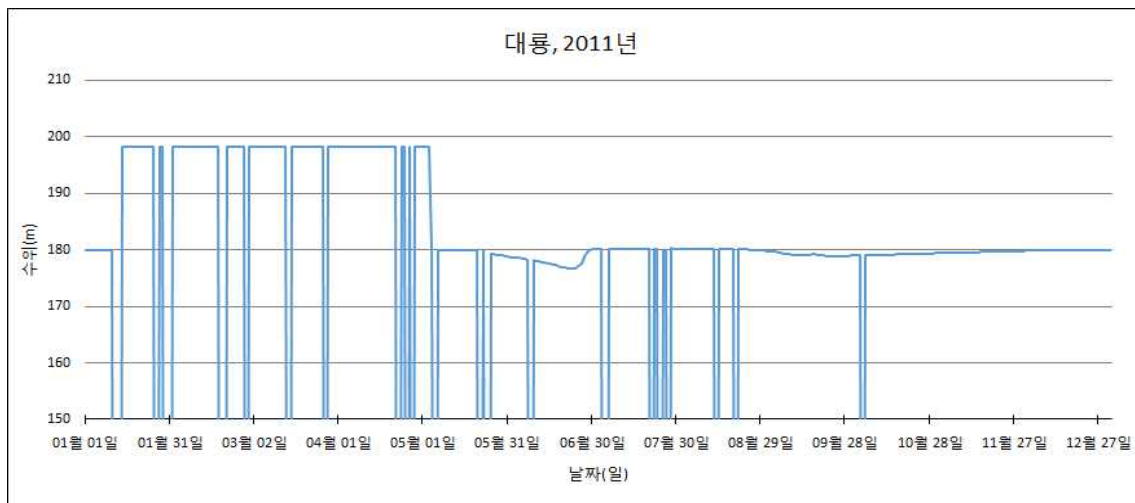


단석저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

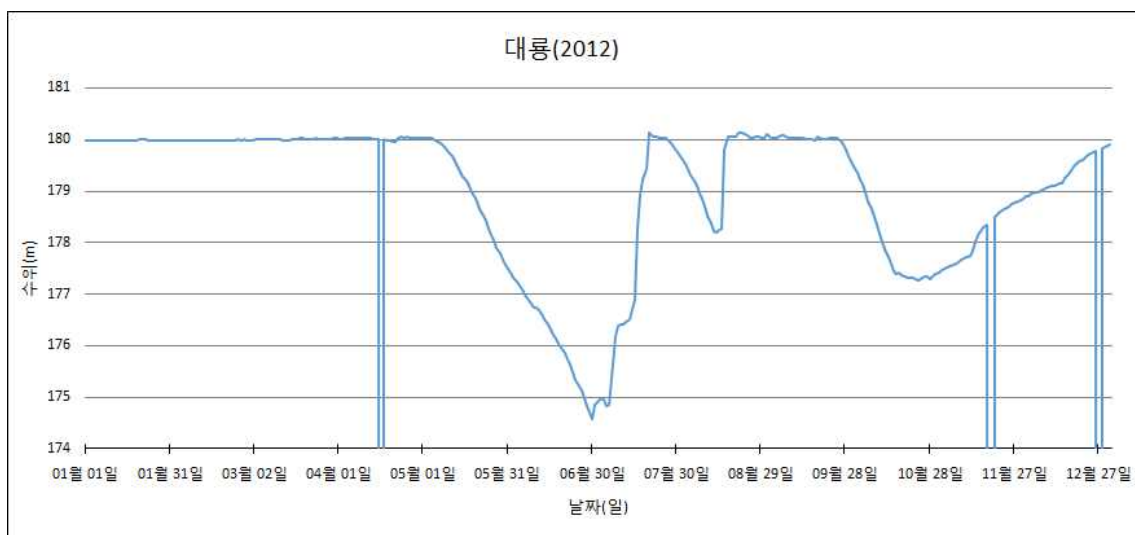
6. 대룡 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



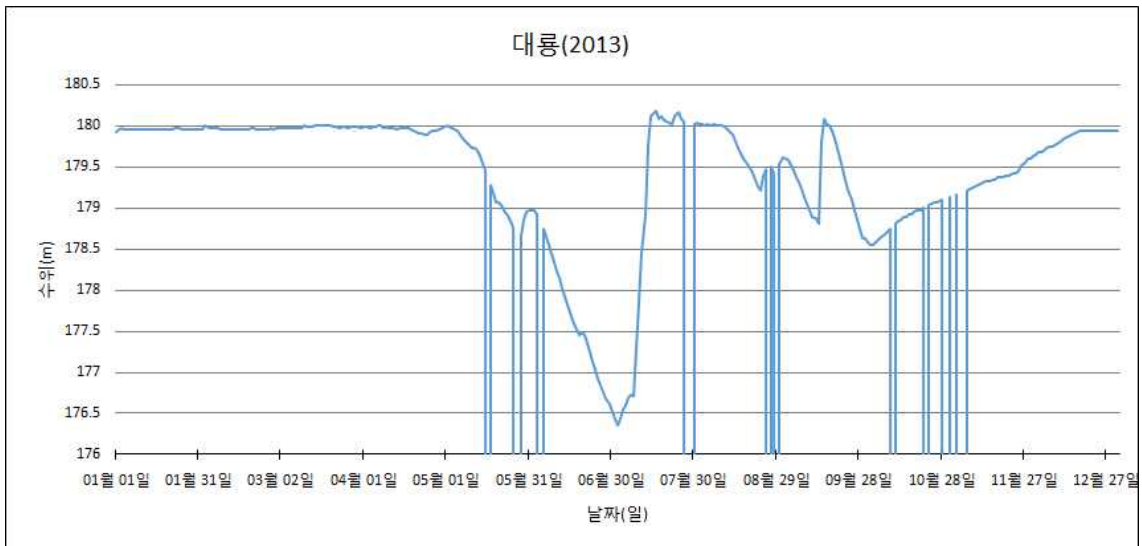
대룡저수지(2010), 1일 간격



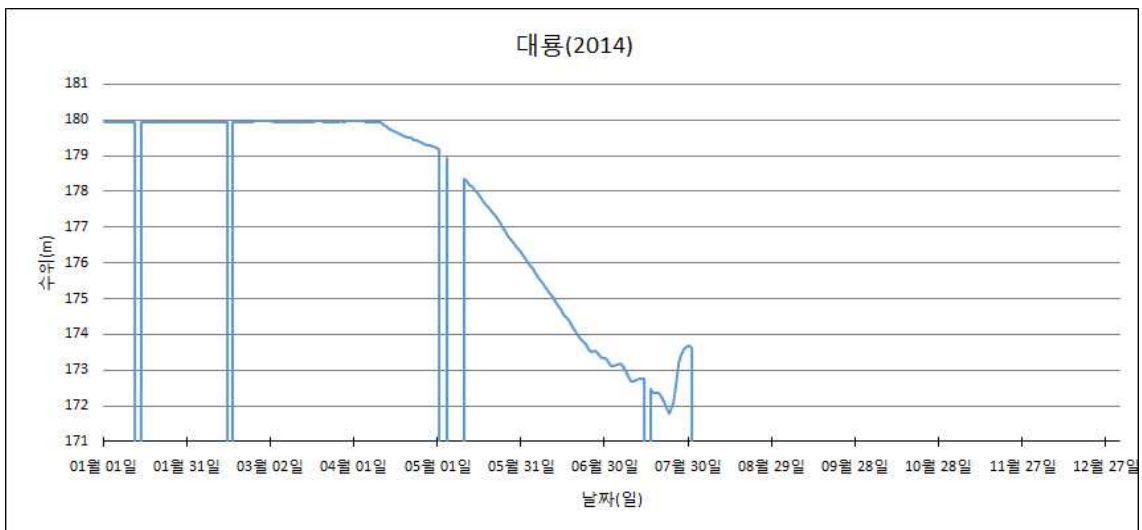
대룡저수지(2011), 1일 간격



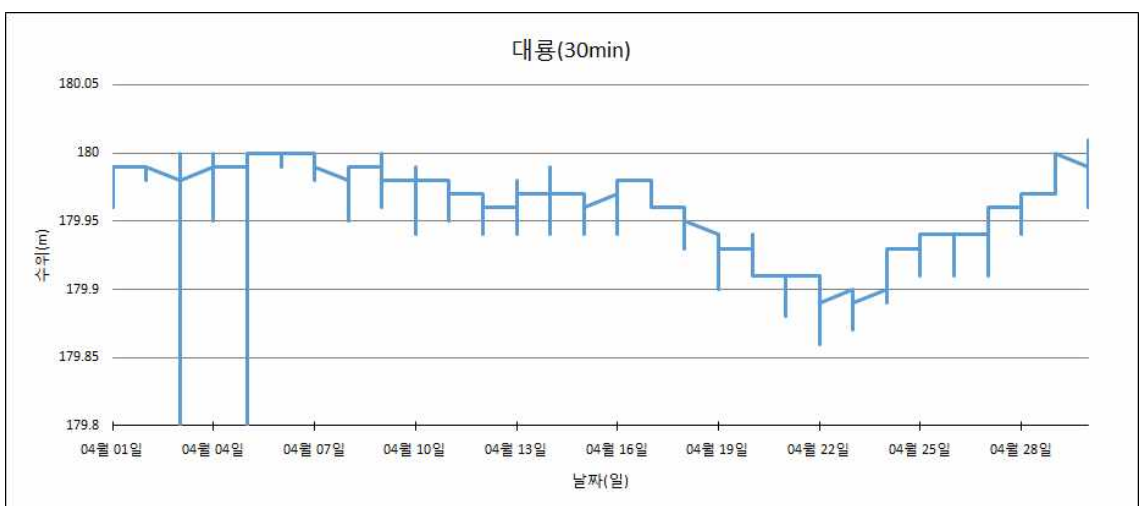
대룡저수지(2012), 1일 간격



대룡저수지(2013), 1일 간격

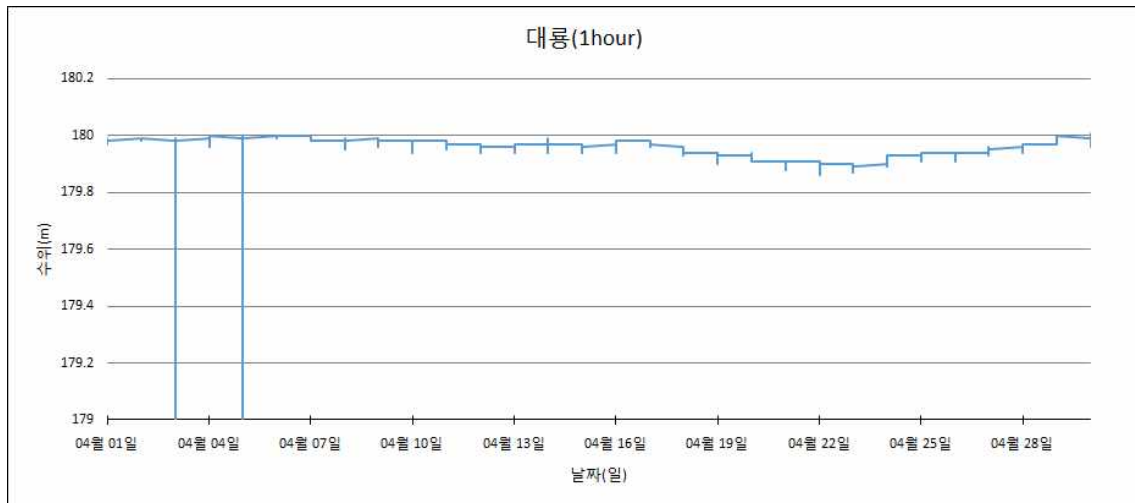


대룡저수지(2014), 1일 간격

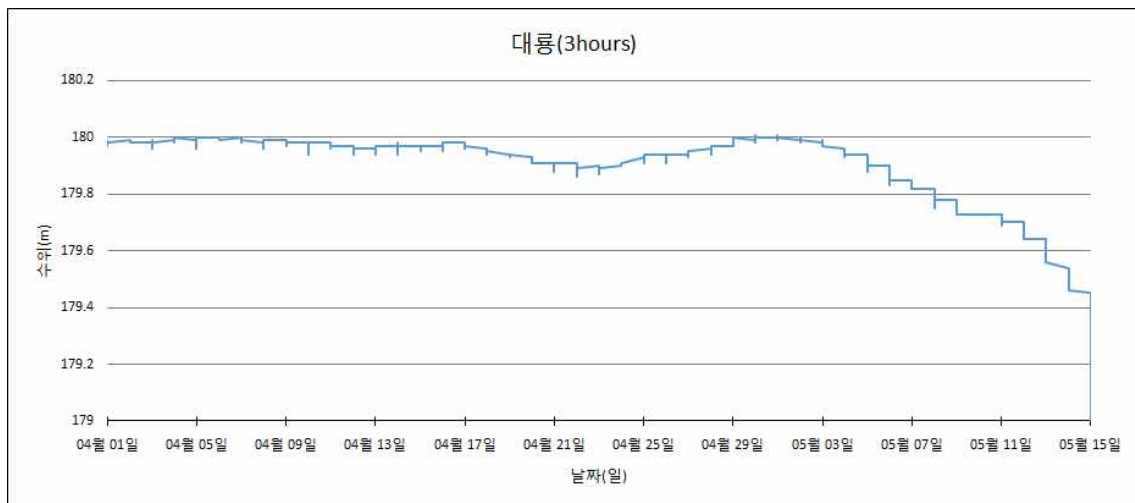


336

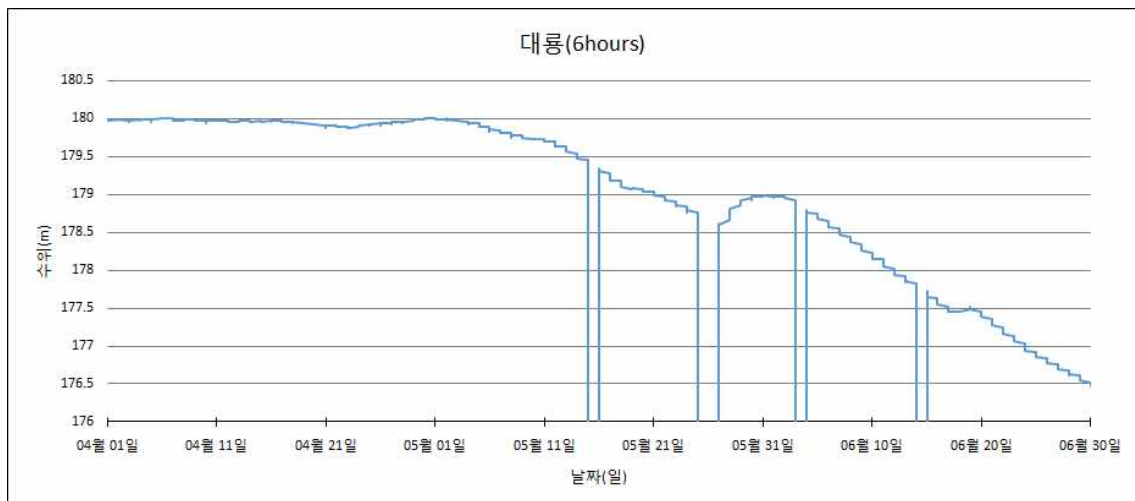
대룡저수지(2013, 4월), 30분 간격



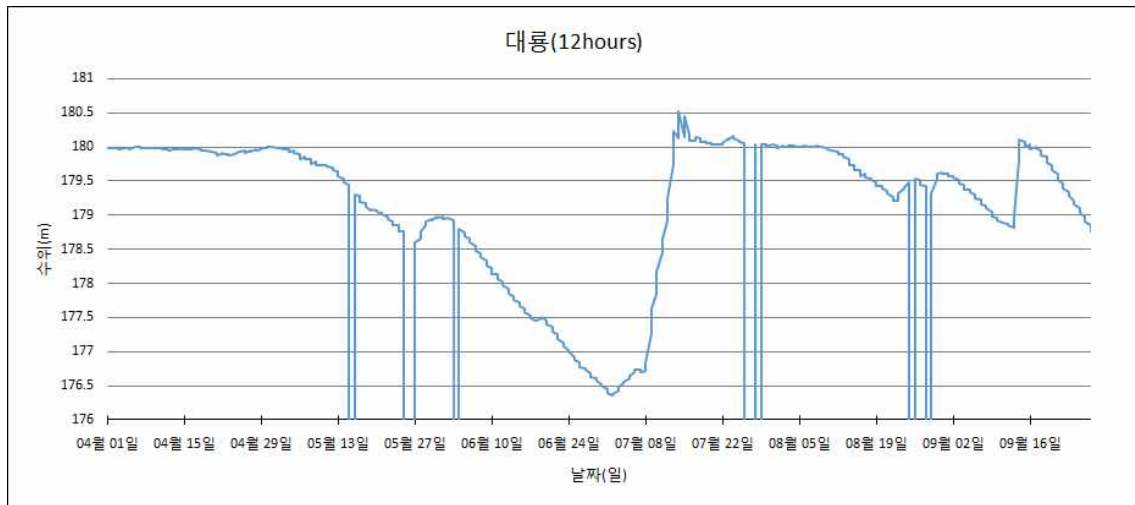
대룡저수지(2013, 4월), 1시간 간격



대룡저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

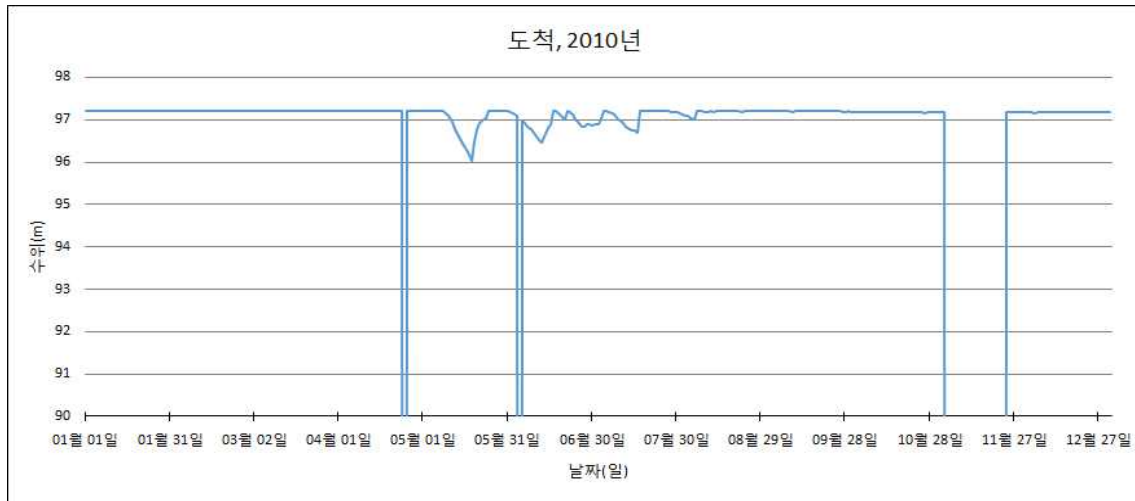


대룡저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

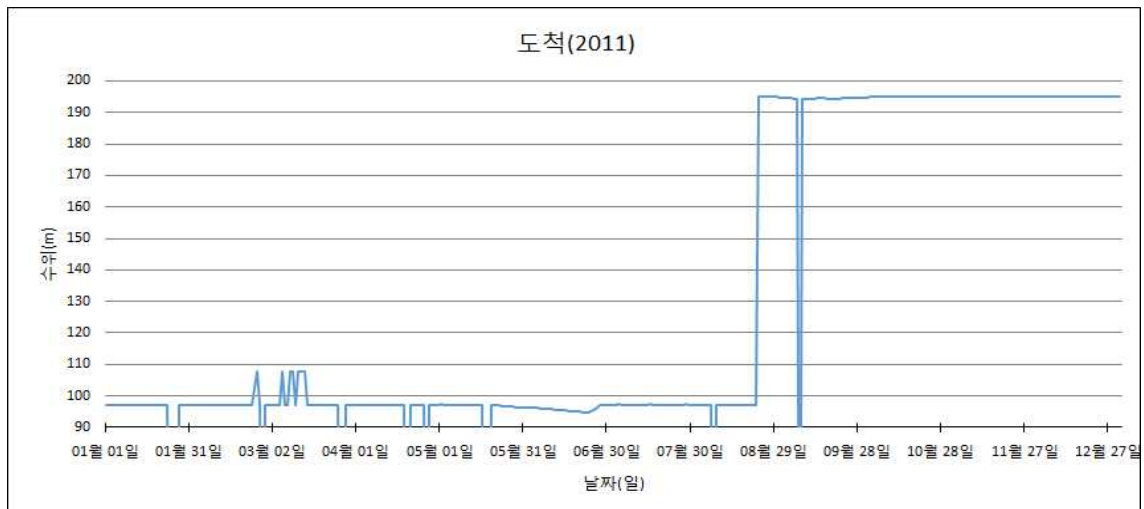


대룡저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

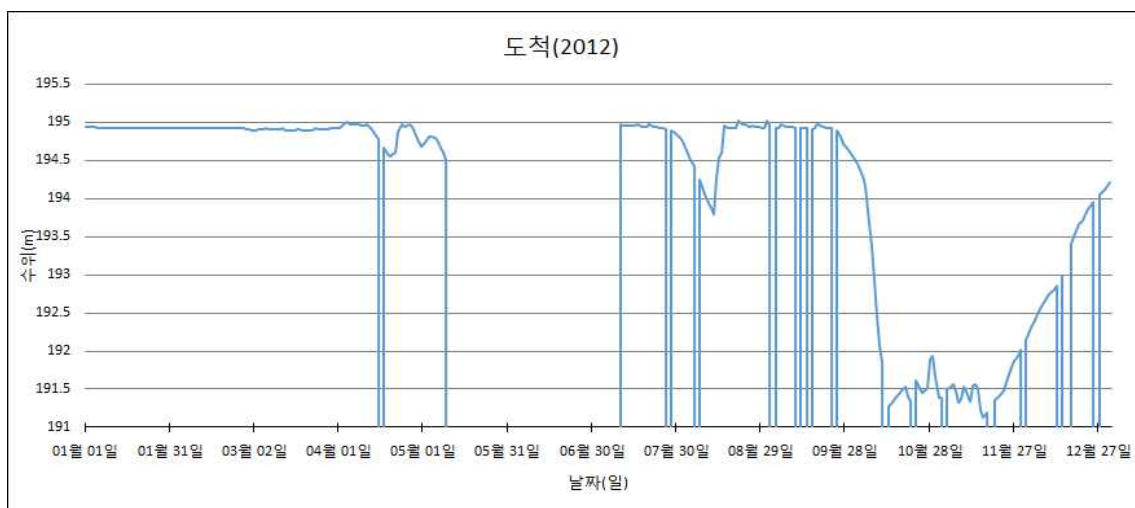
7. 도척 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



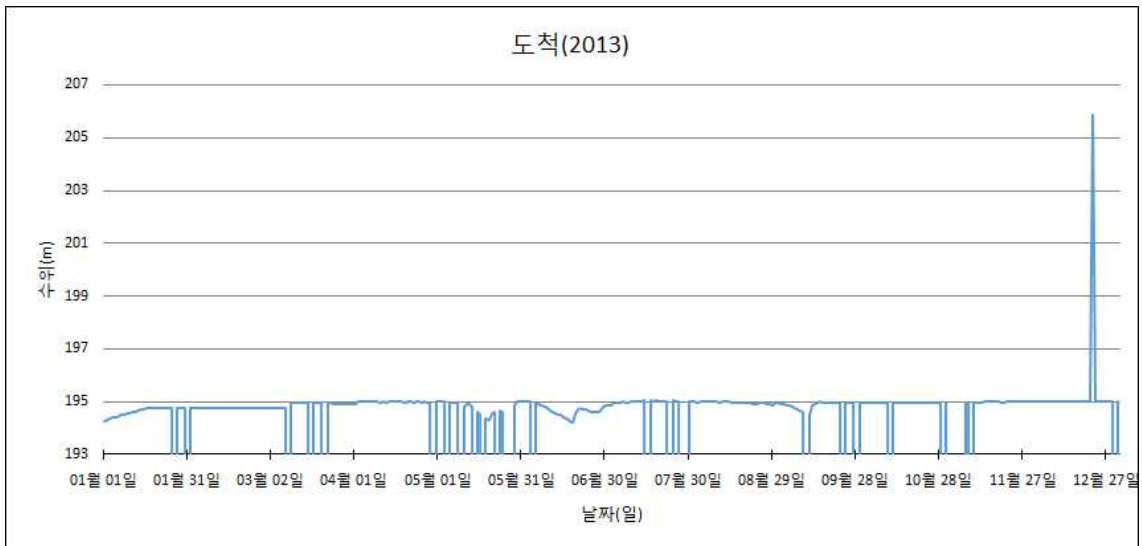
도척저수지(2010), 1일 간격



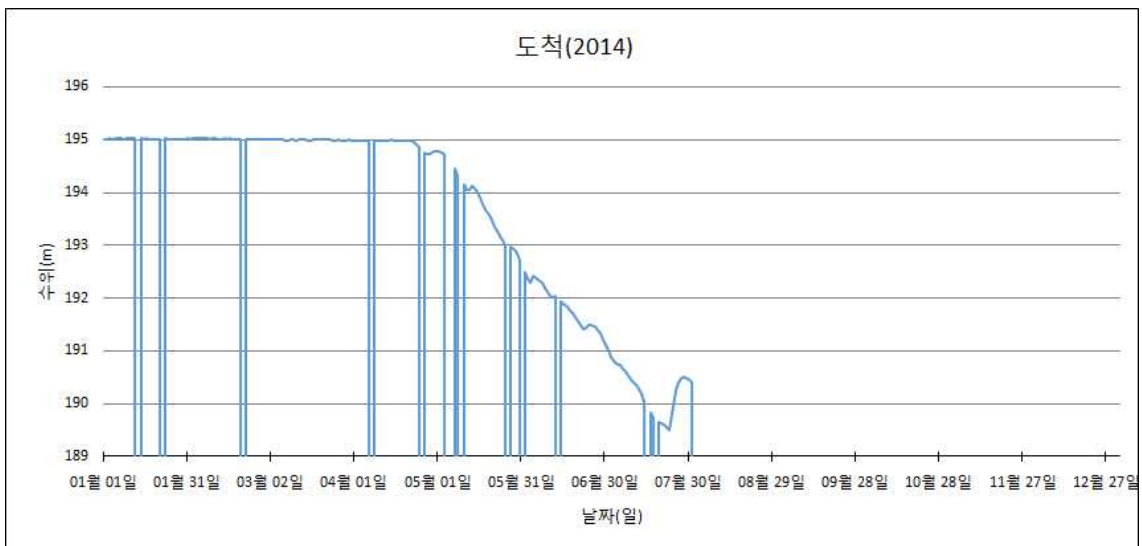
도척저수지(2011), 1일 간격



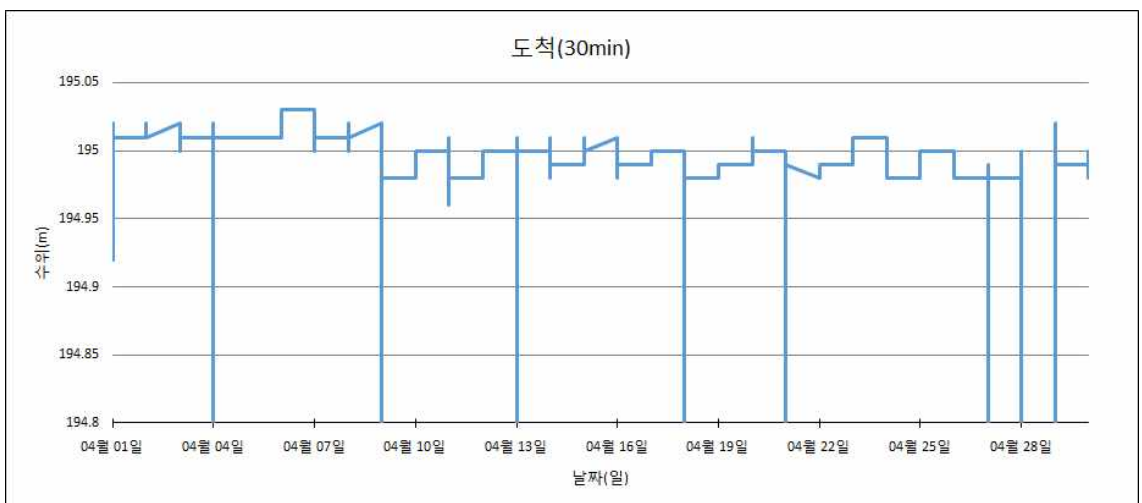
도척저수지(2012), 1일 간격



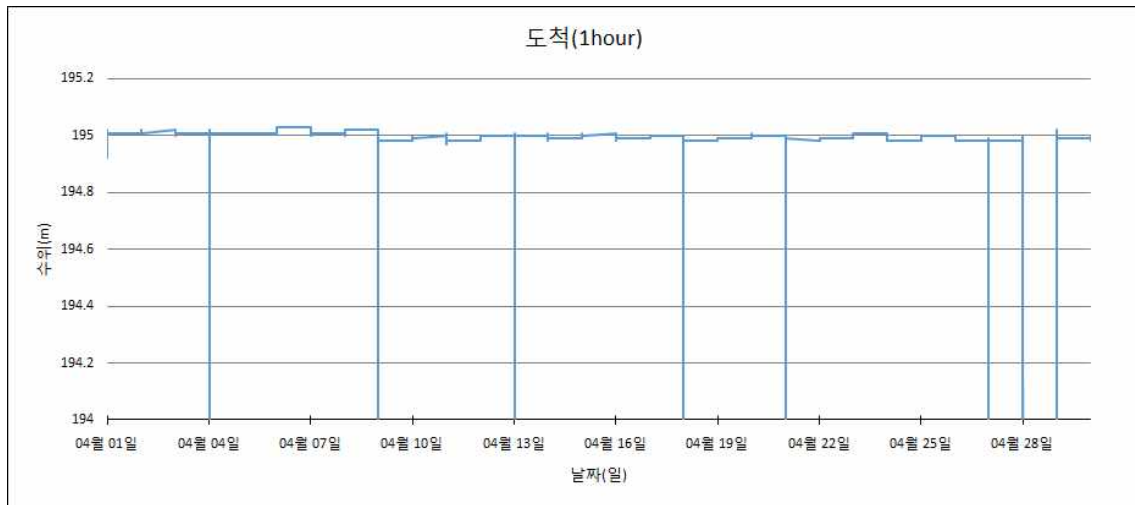
도척저수지(2013), 1일 간격



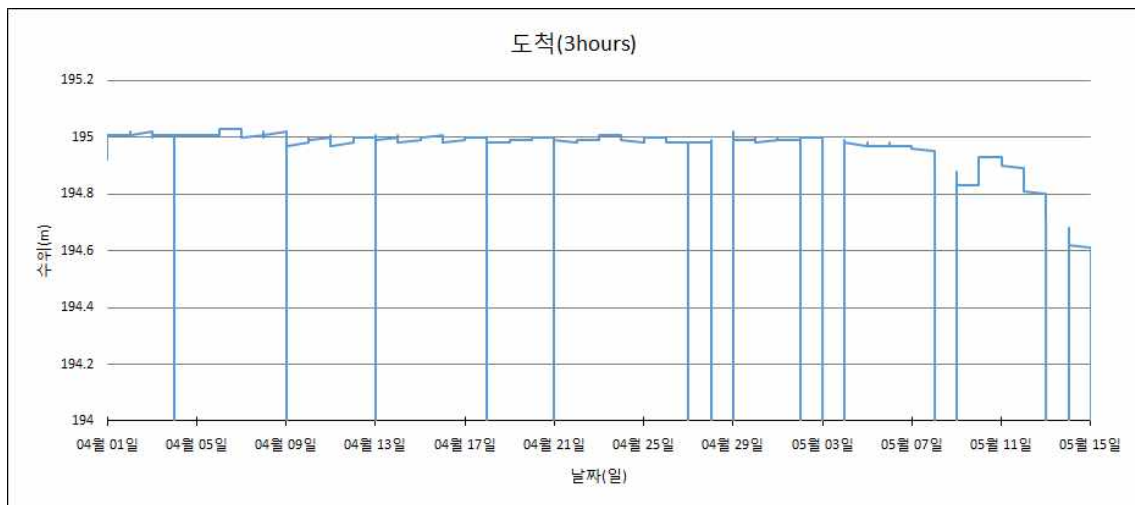
도척저수지(2014), 1일 간격



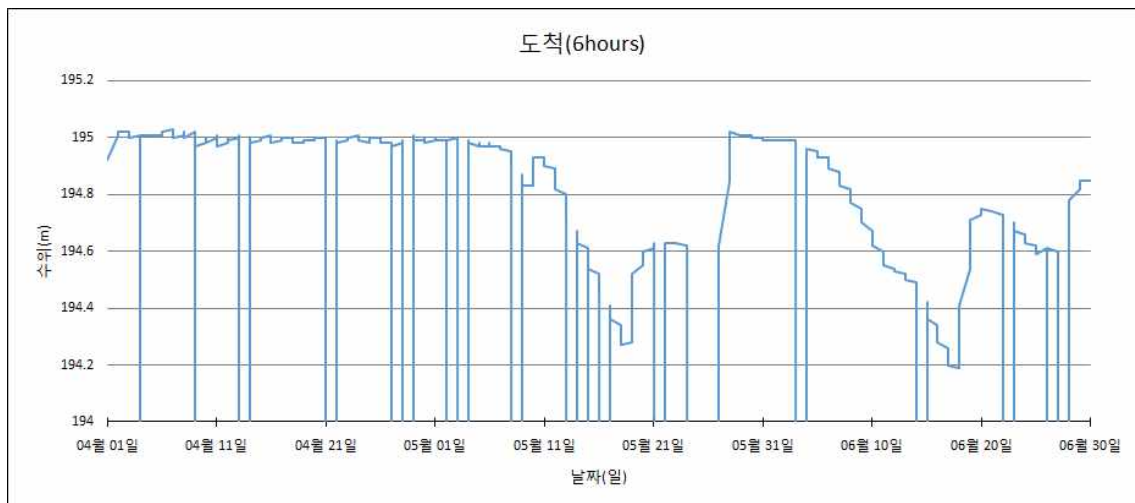
도척저수지(2013, 4월), 30분 간격



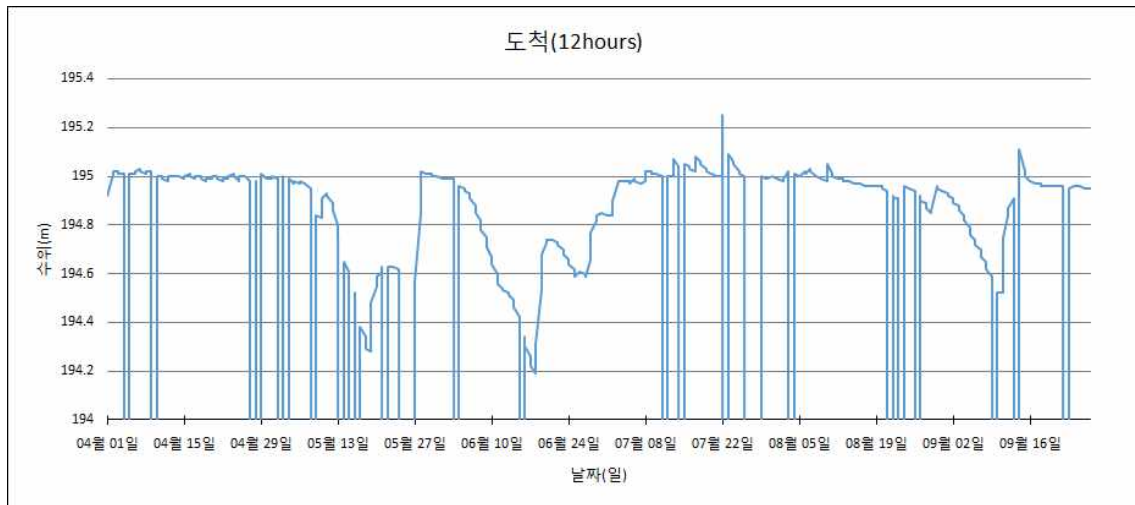
도척저수지(2013, 4월), 1시간 간격



도척저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

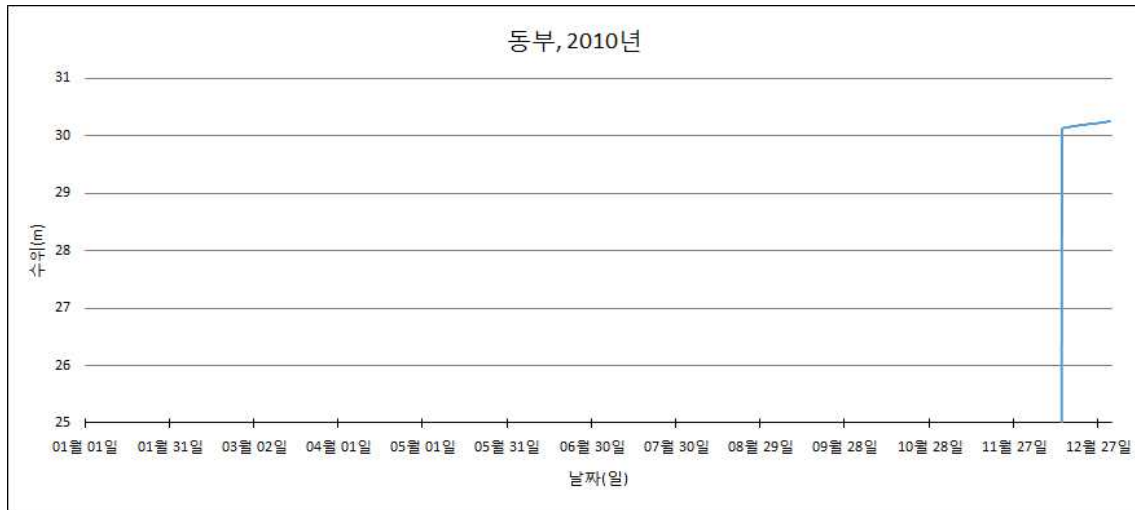


도척저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

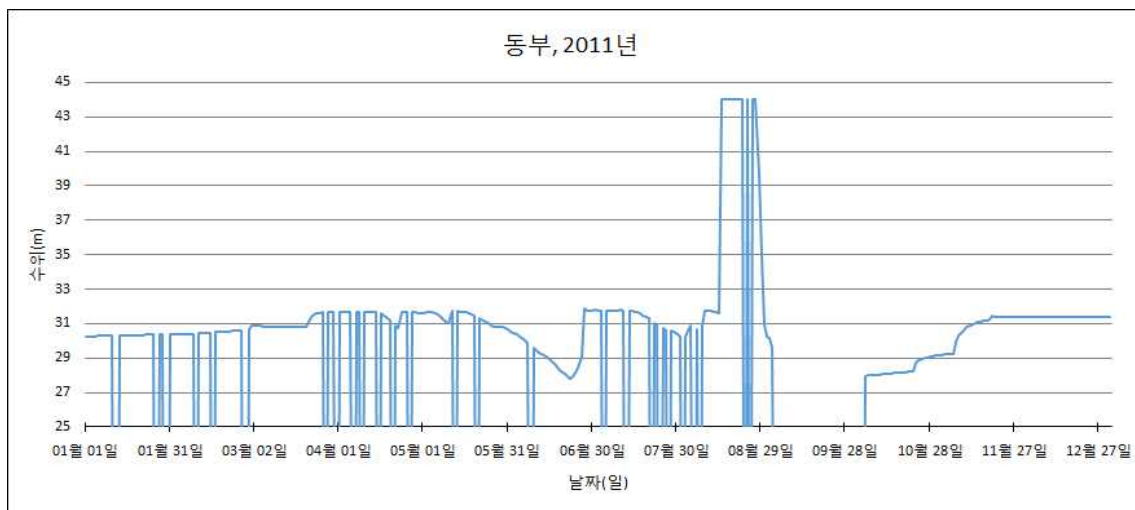


도척저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

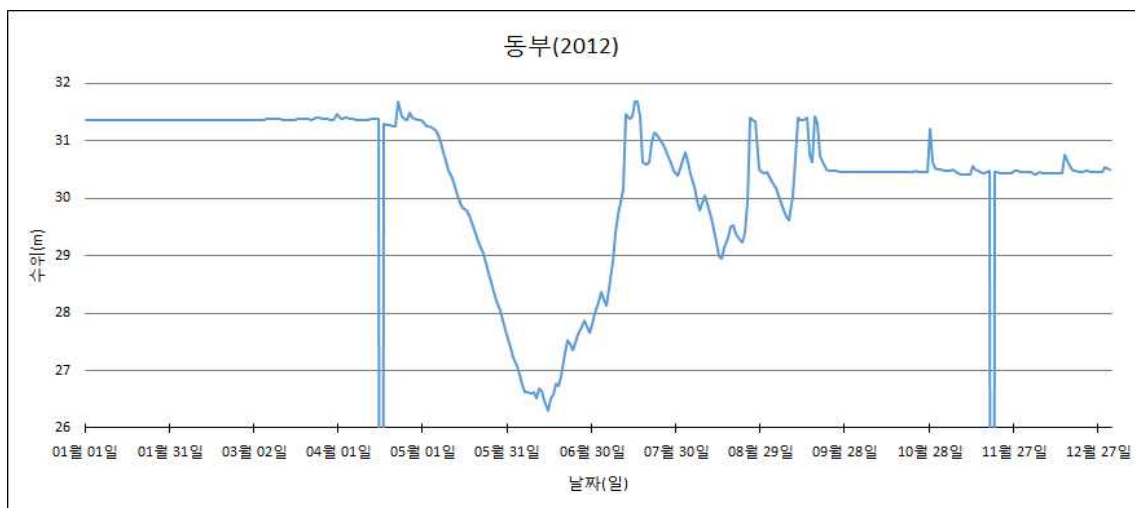
8. 동부 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



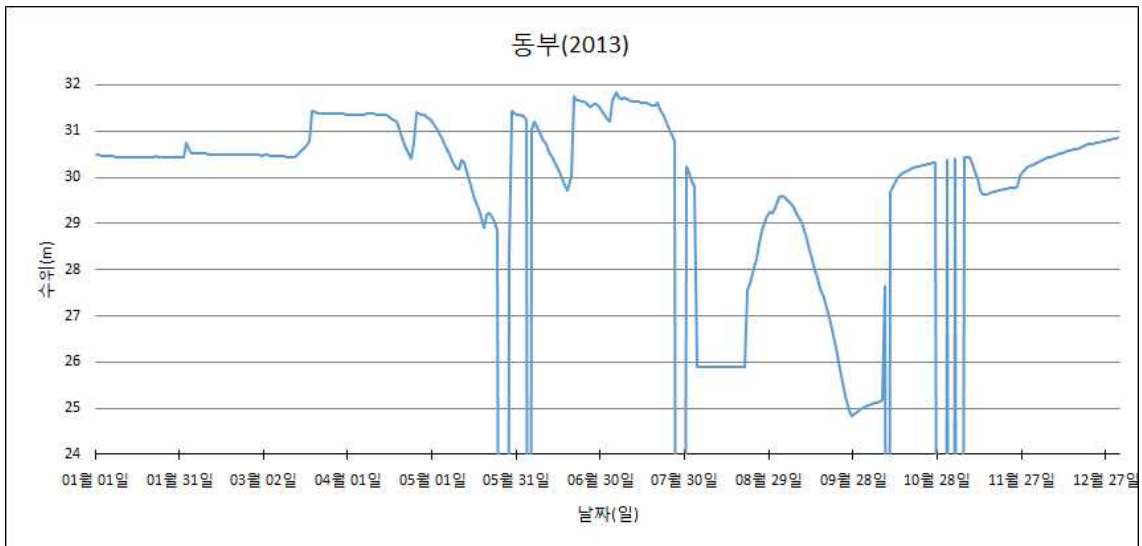
동부저수지(2010), 1일 간격



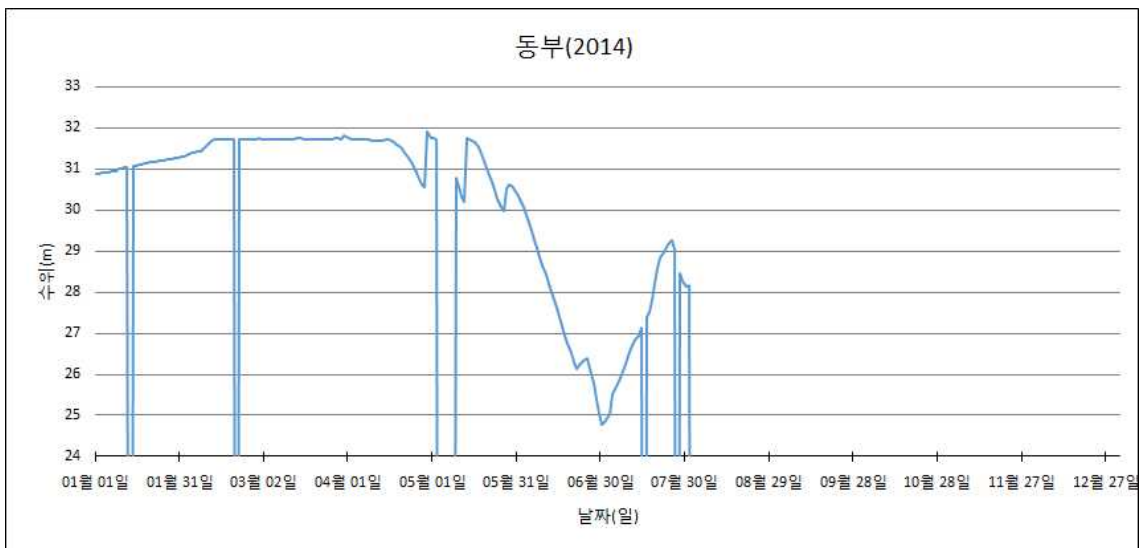
동부저수지(2011), 1일 간격



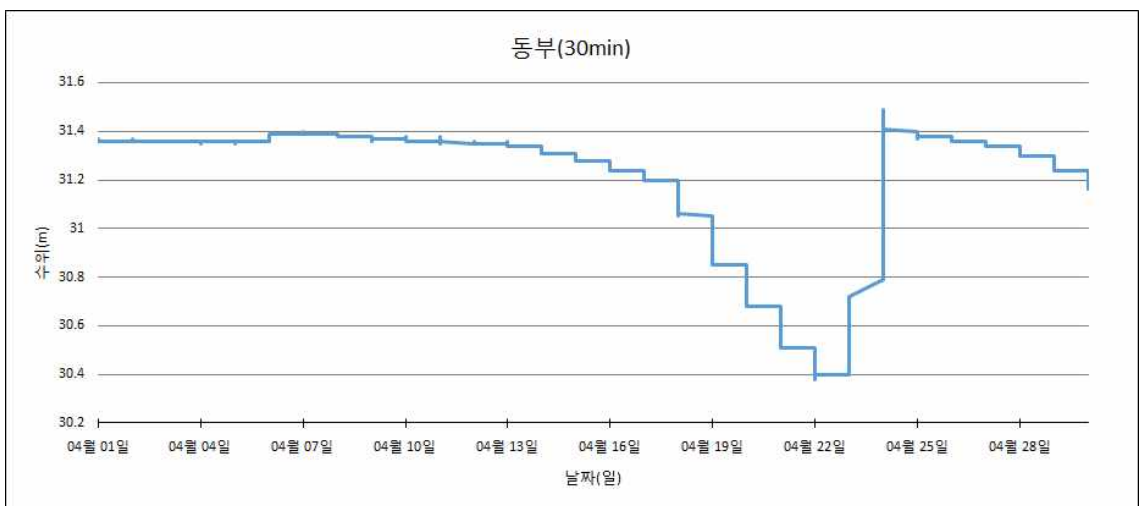
동부저수지(2012), 1일 간격



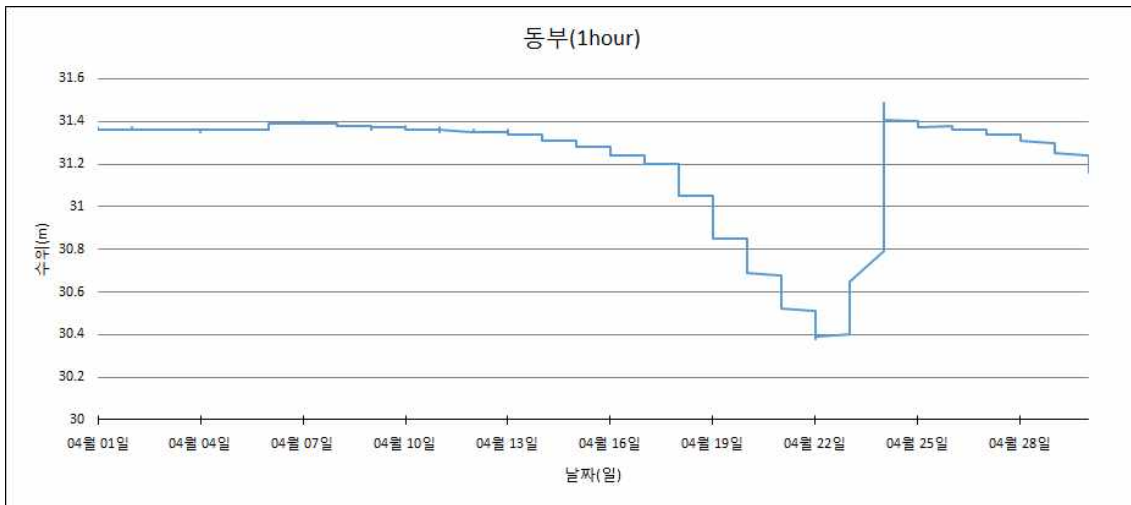
동부저수지(2013), 1일 간격



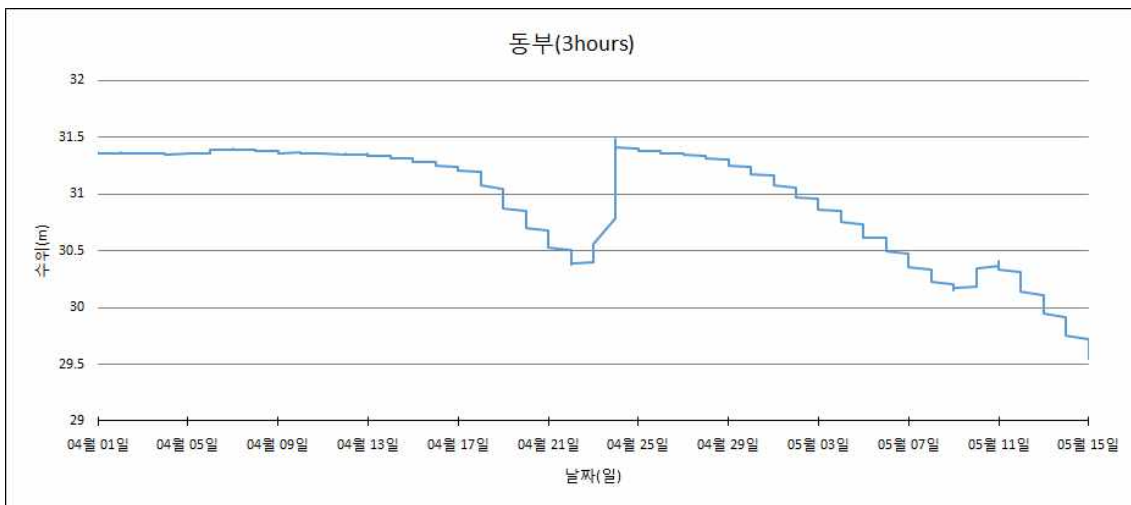
동부저수지(2014), 1일 간격



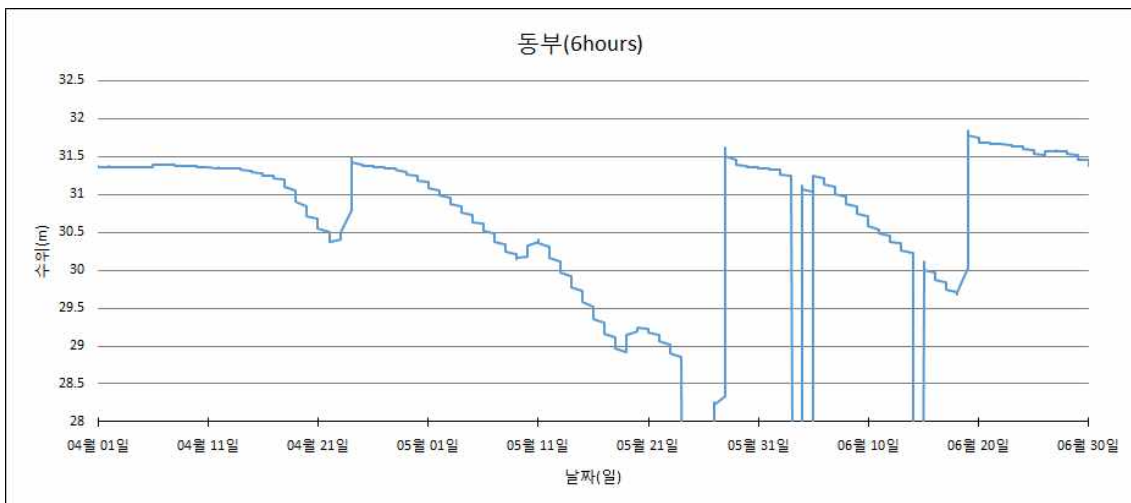
동부저수지(2013, 4월), 30분 간격



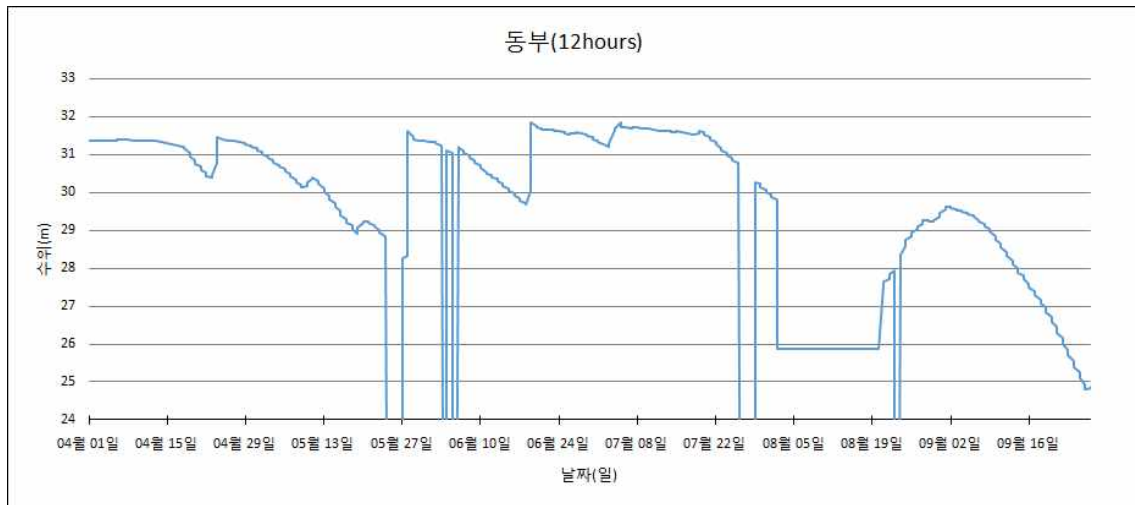
동부저수지(2013, 4월), 1시간 간격



동부저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

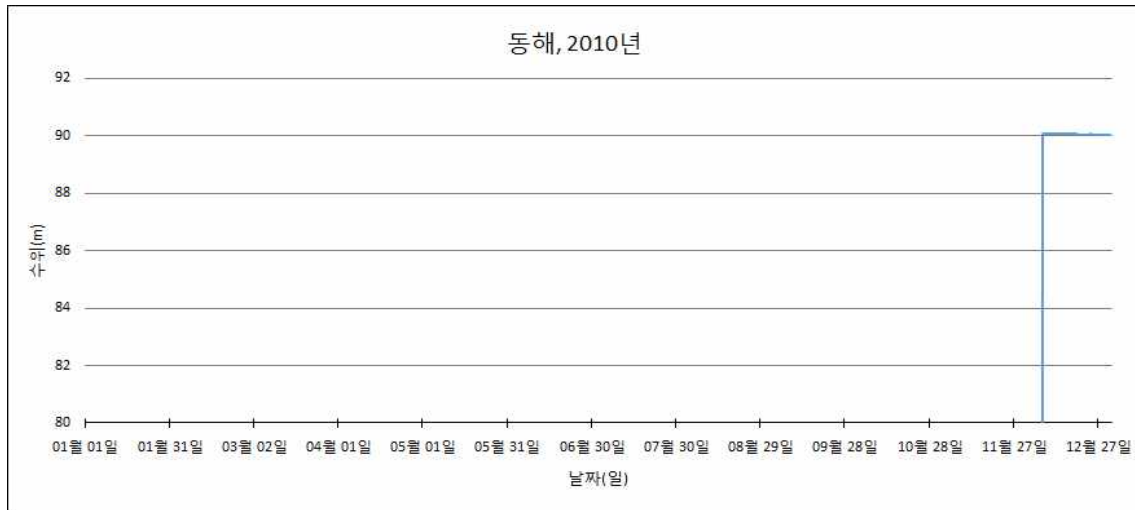


동부저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

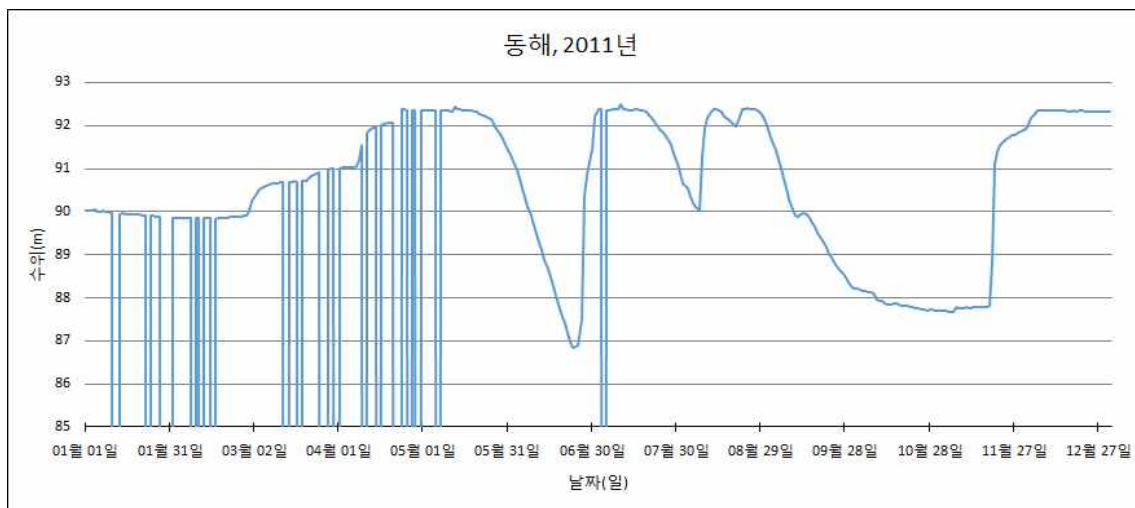


동부 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

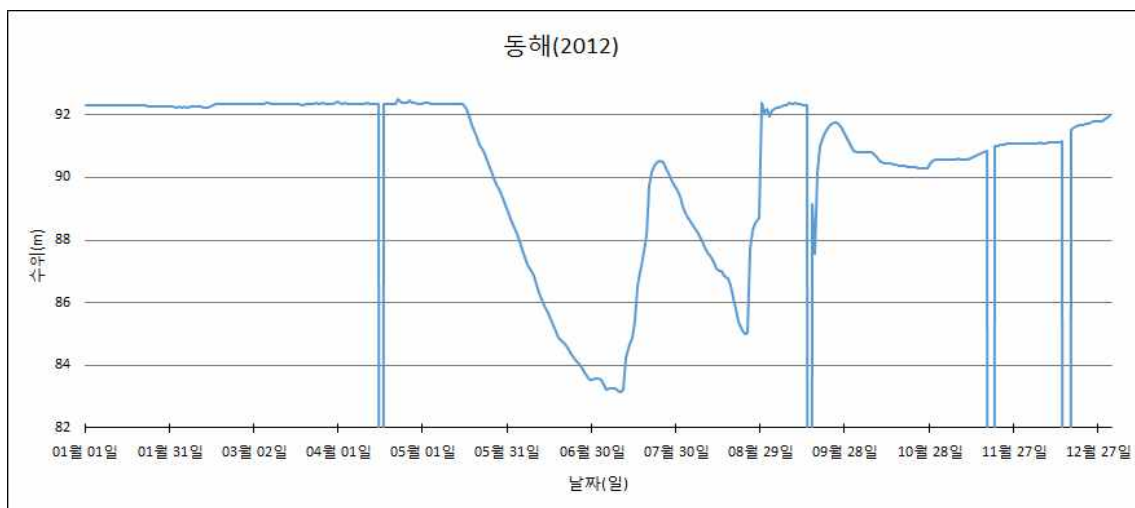
9. 동해 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



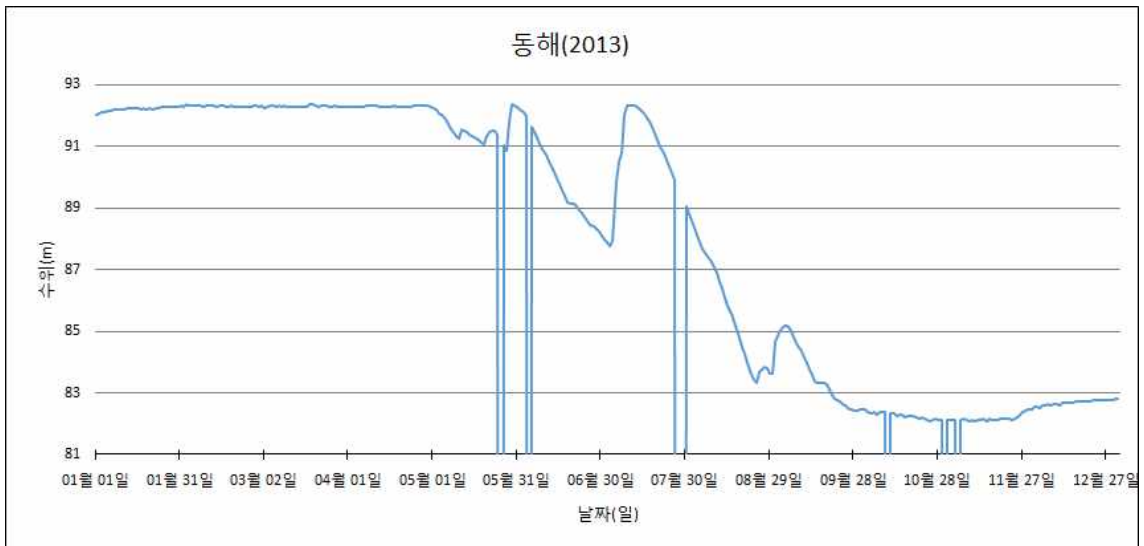
동해저수지(2010), 1일 간격



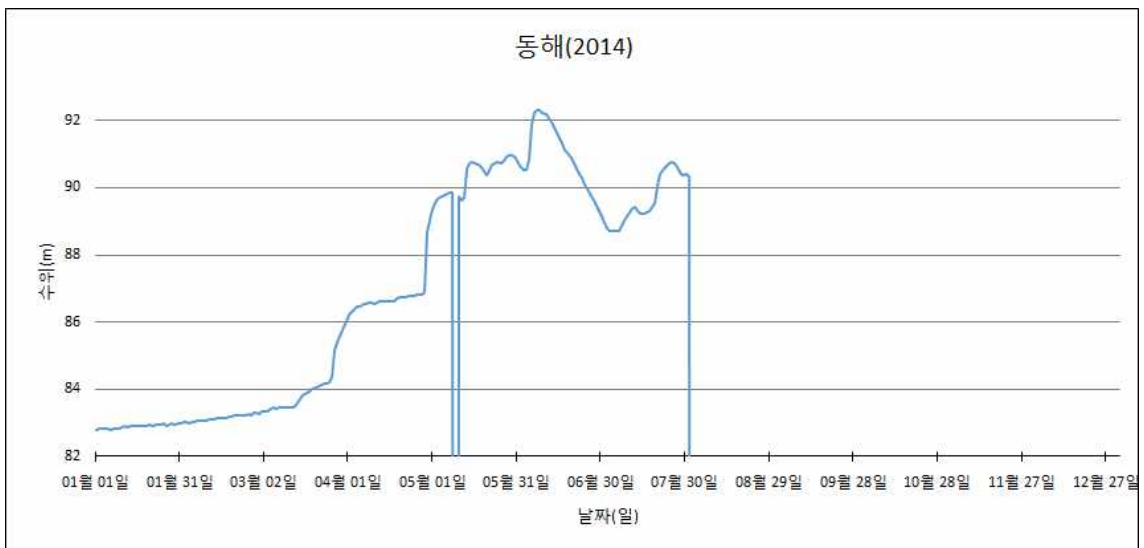
동해저수지(2011), 1일 간격



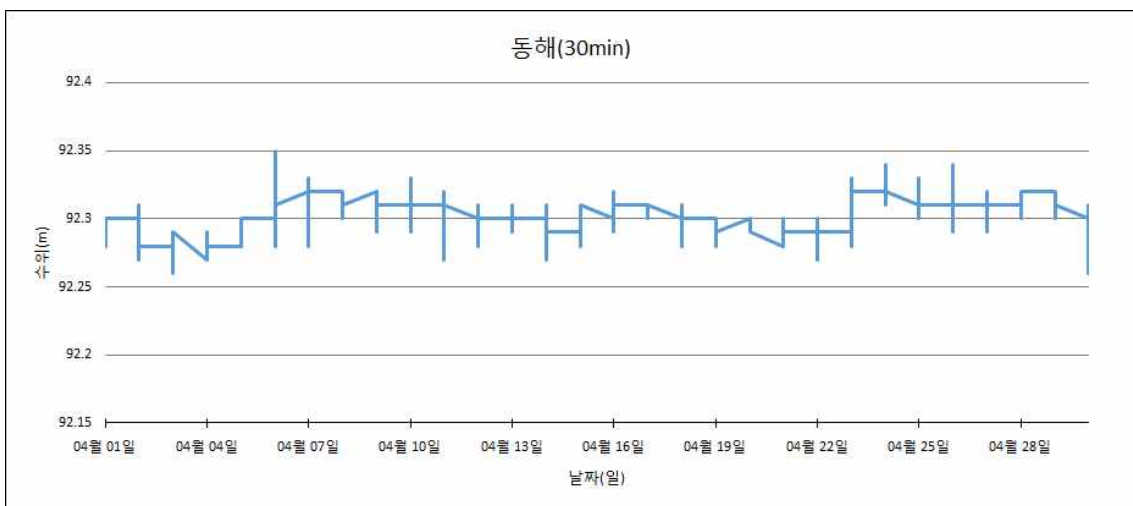
동해저수지(2012), 1일 간격



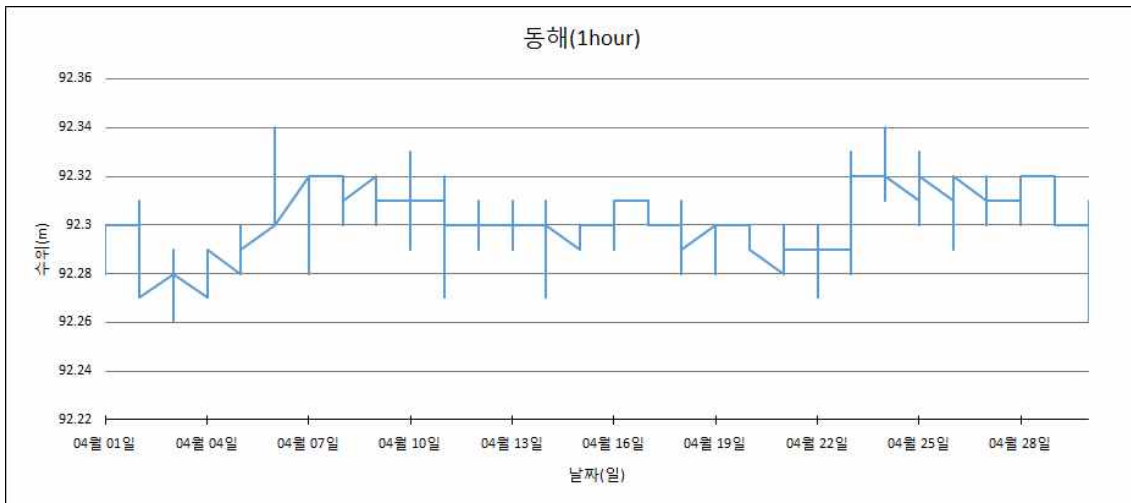
동해저수지(2013), 1일 간격



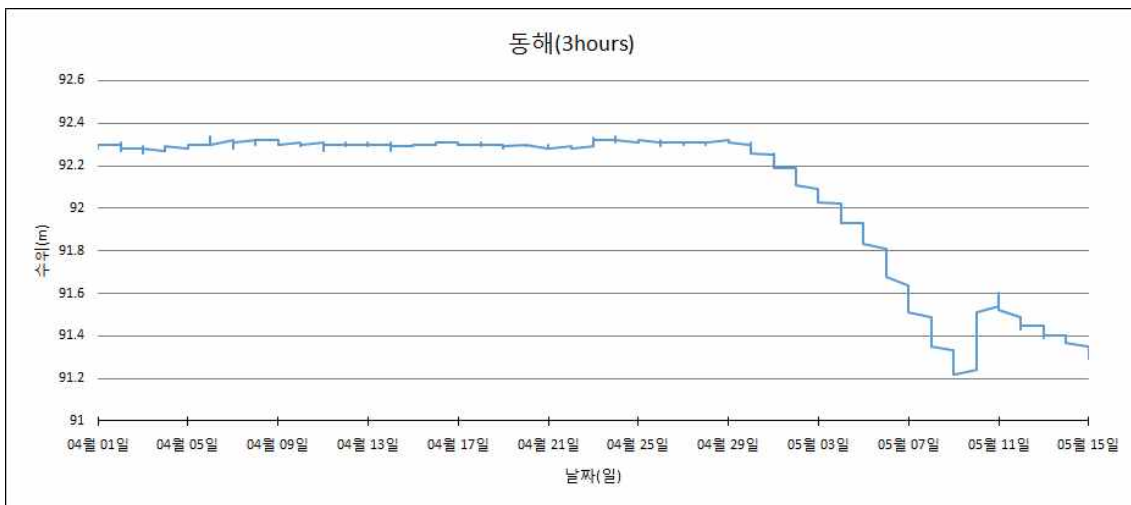
동해저수지(2014), 1일 간격



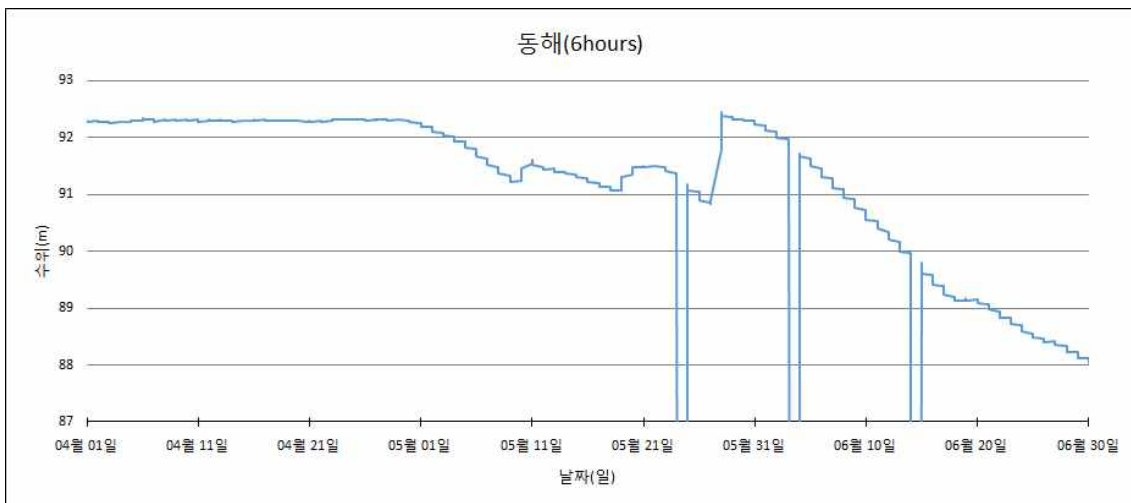
동해저수지(2013, 4월), 30분 간격



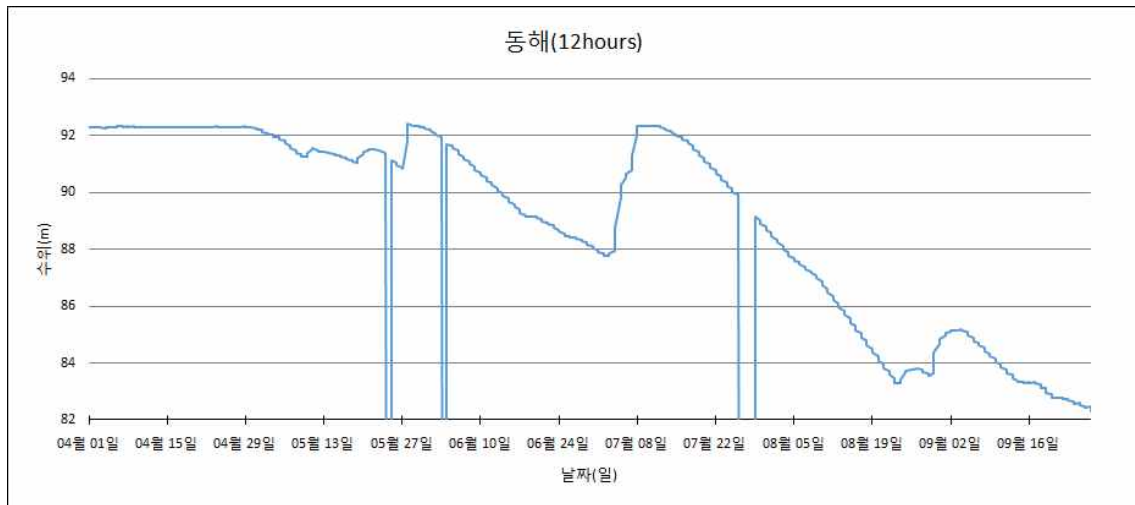
동해저수지(2013, 4월), 1시간 간격



동해저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

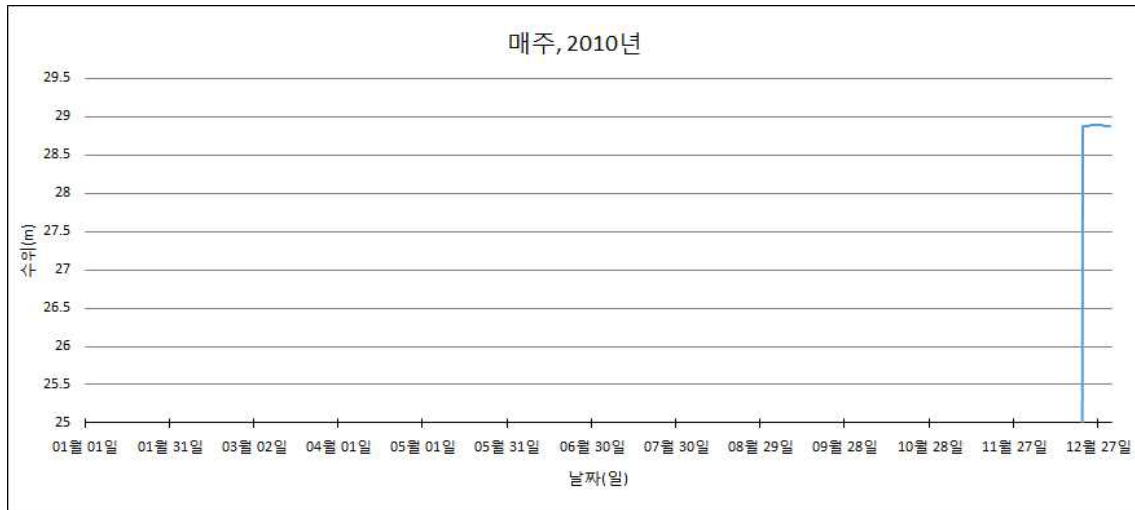


동해저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

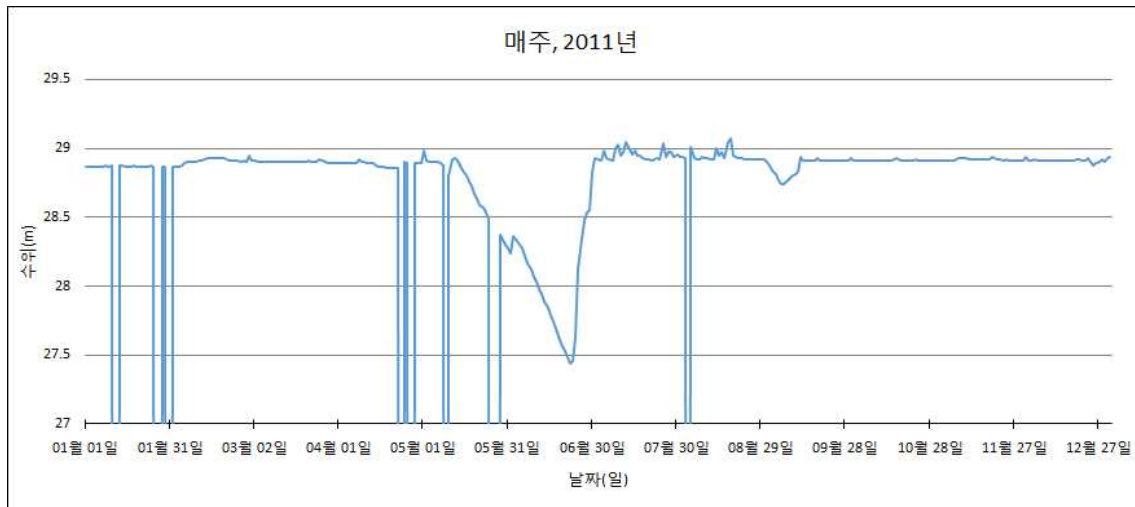


동해저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

10. 매주 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



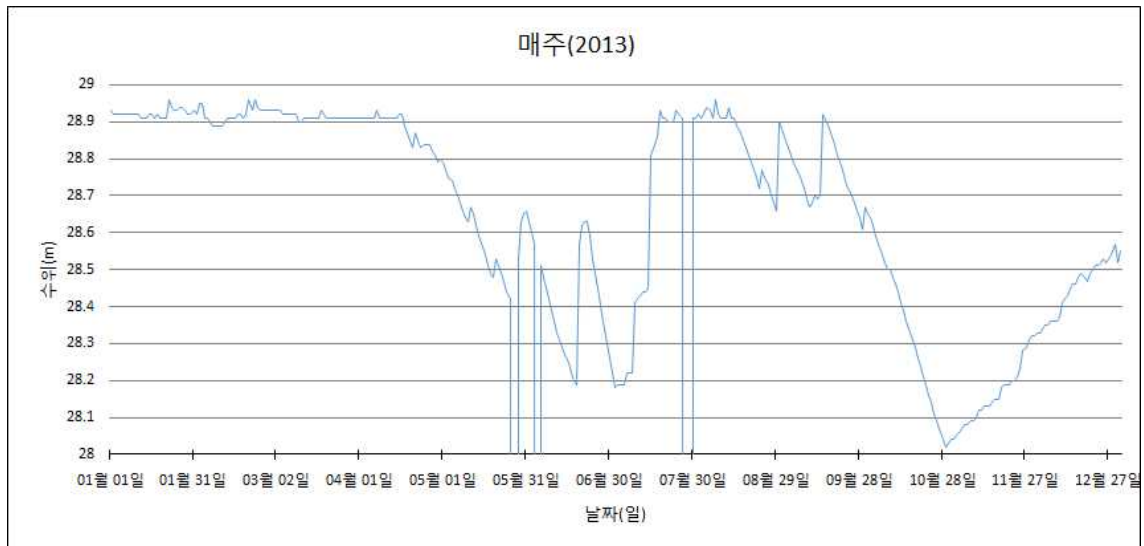
매주저수지(2010), 1일 간격



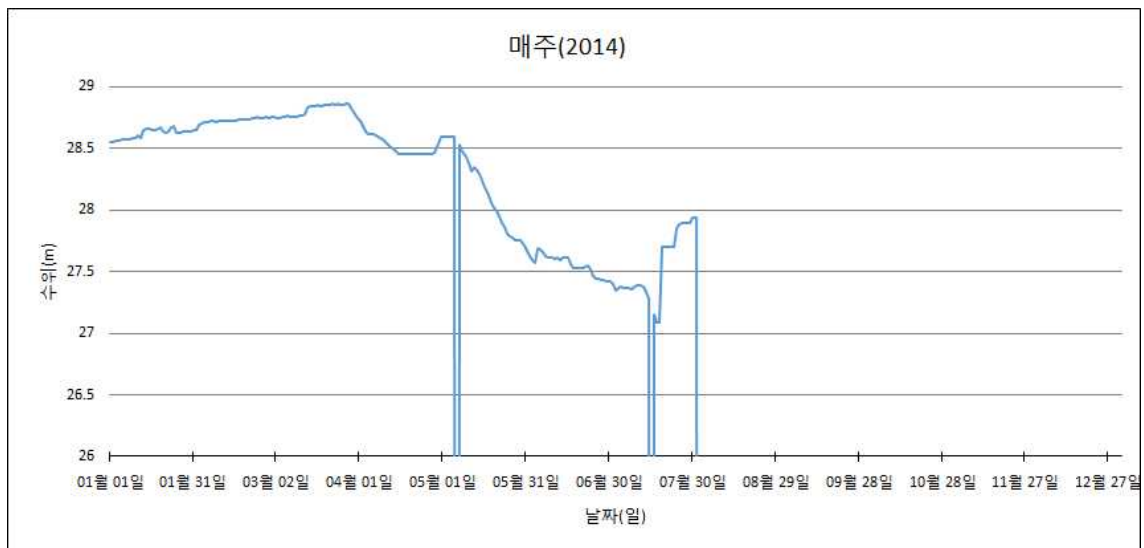
매주저수지(2011), 1일 간격



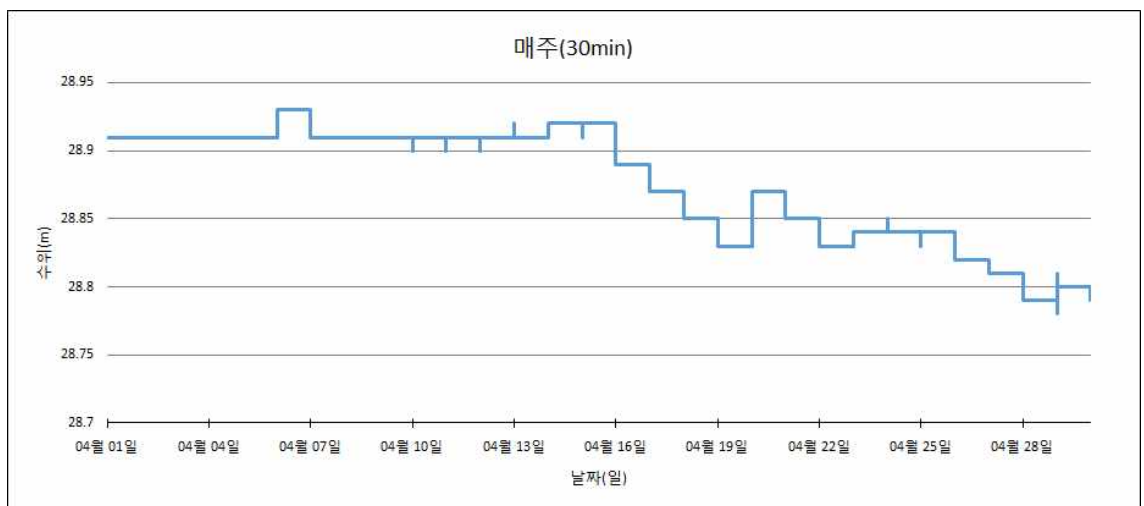
매주저수지(2012), 1일 간격



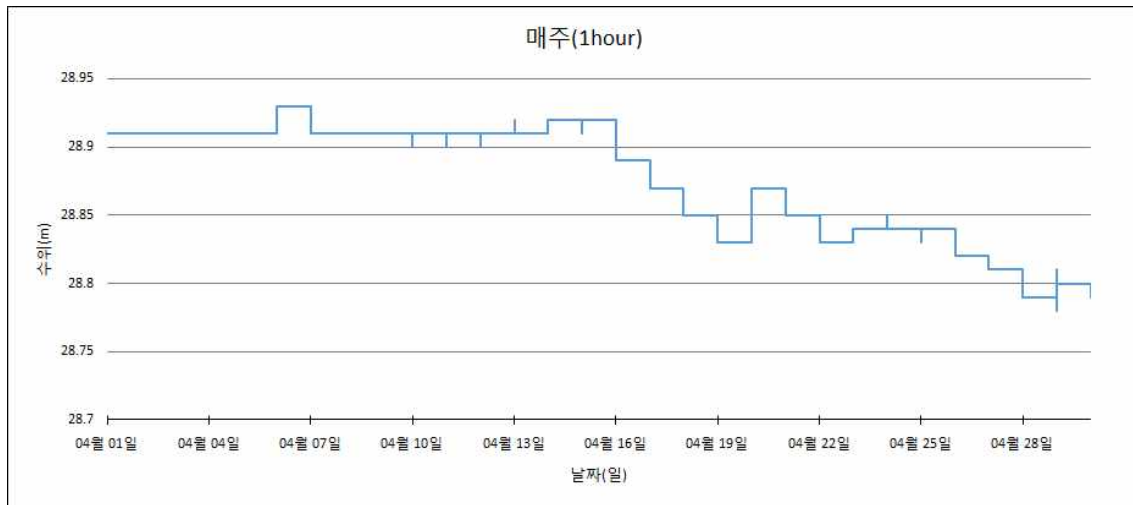
매주저수지(2013), 1일 간격



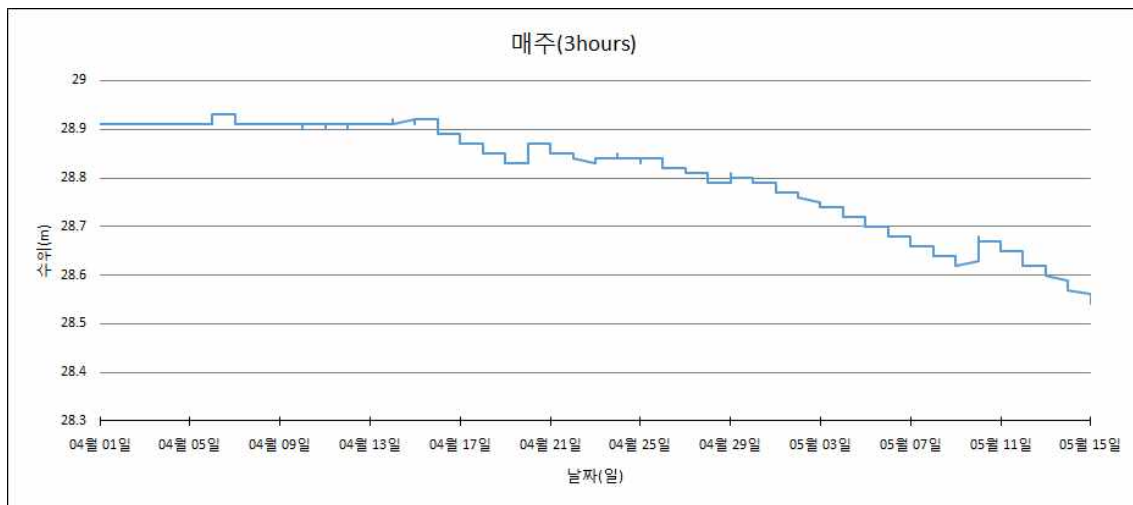
매주저수지(2014), 1일 간격



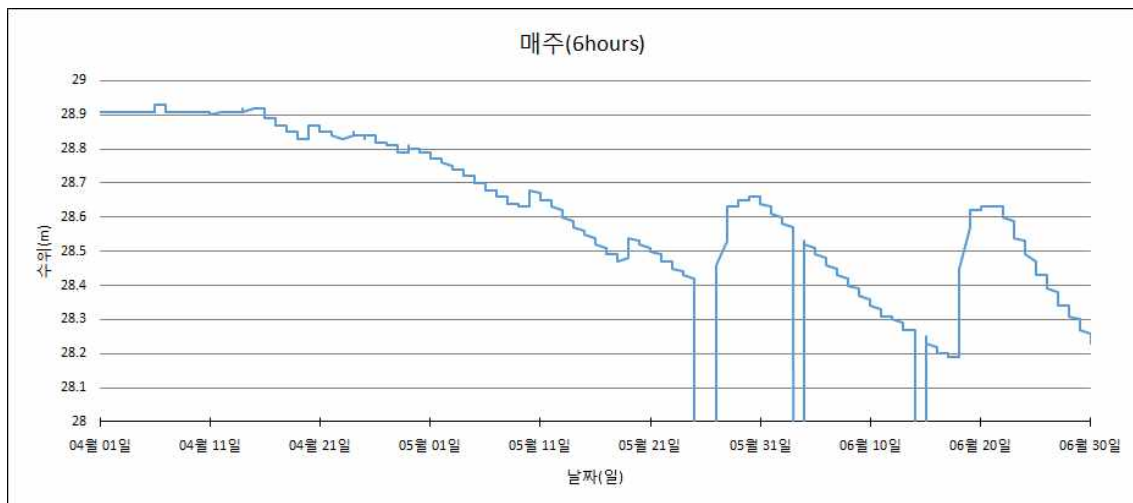
매주저수지(2013, 4월), 30분 간격



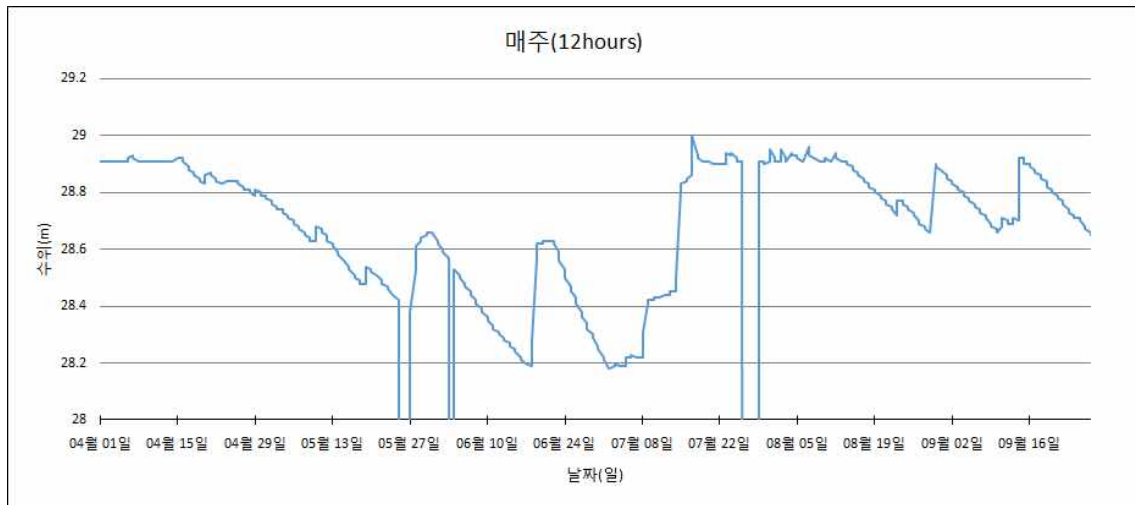
매주저수지(2013, 4월), 1시간 간격



매주저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

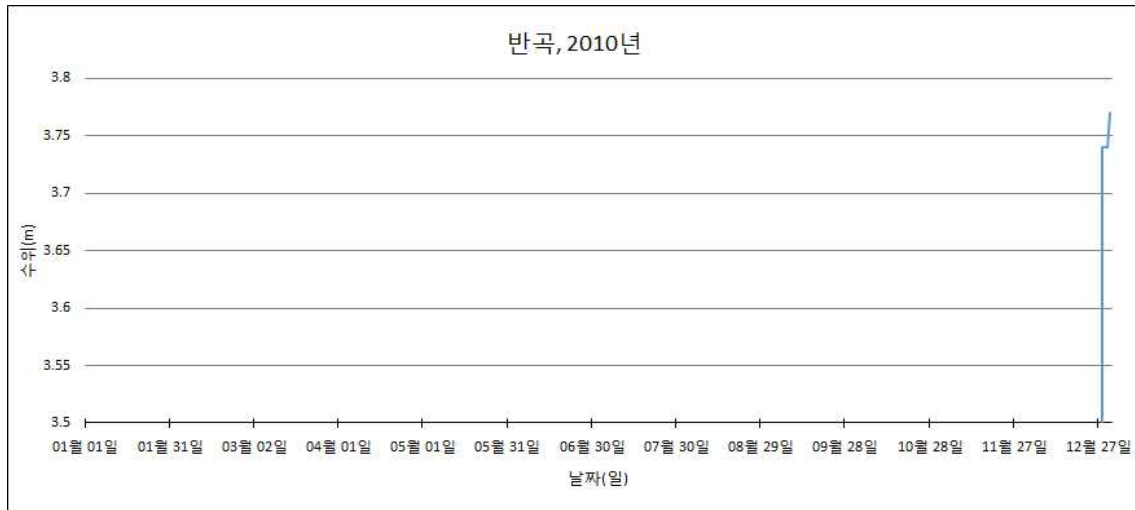


매주저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

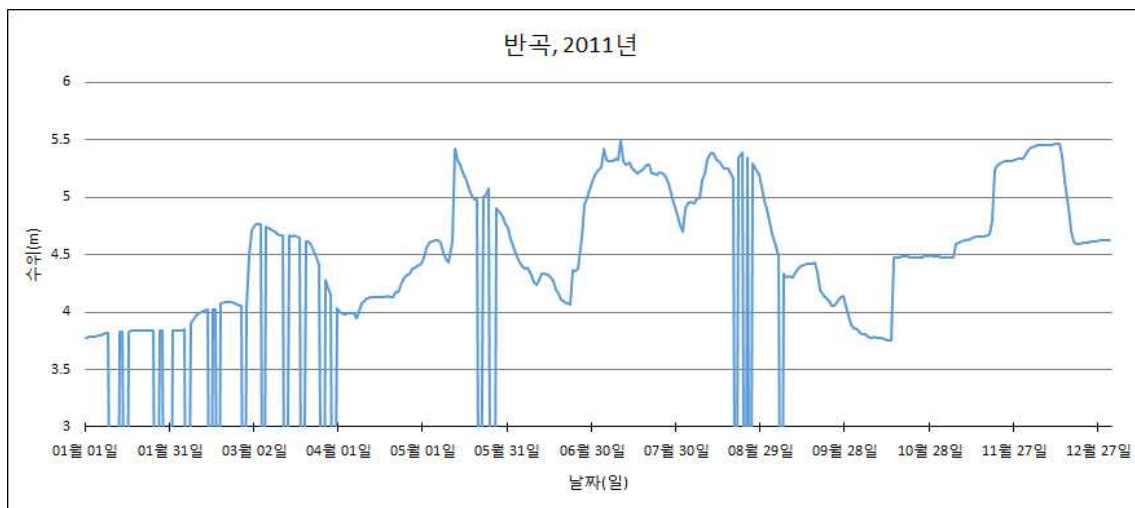


매주저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

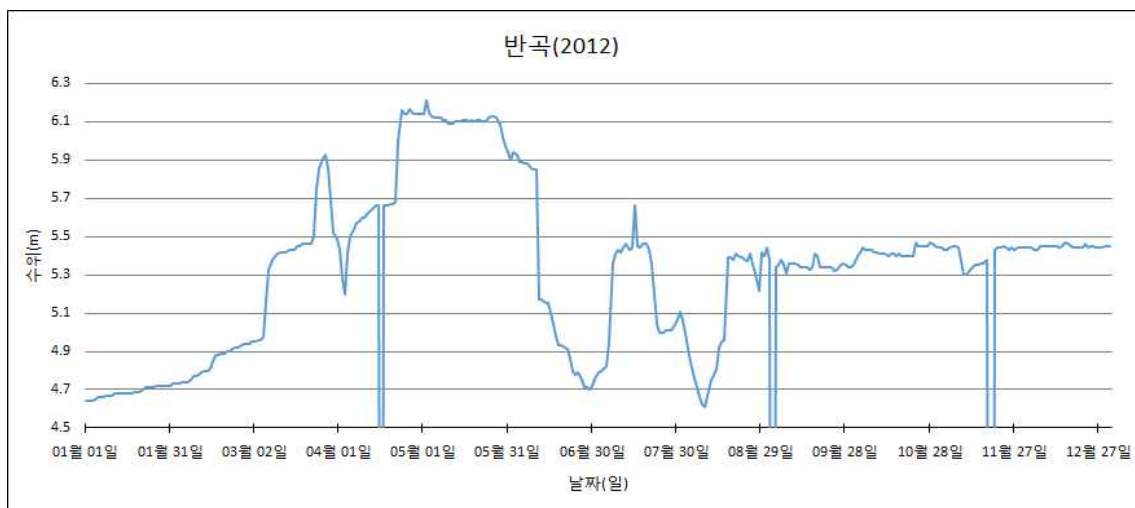
11. 반곡 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



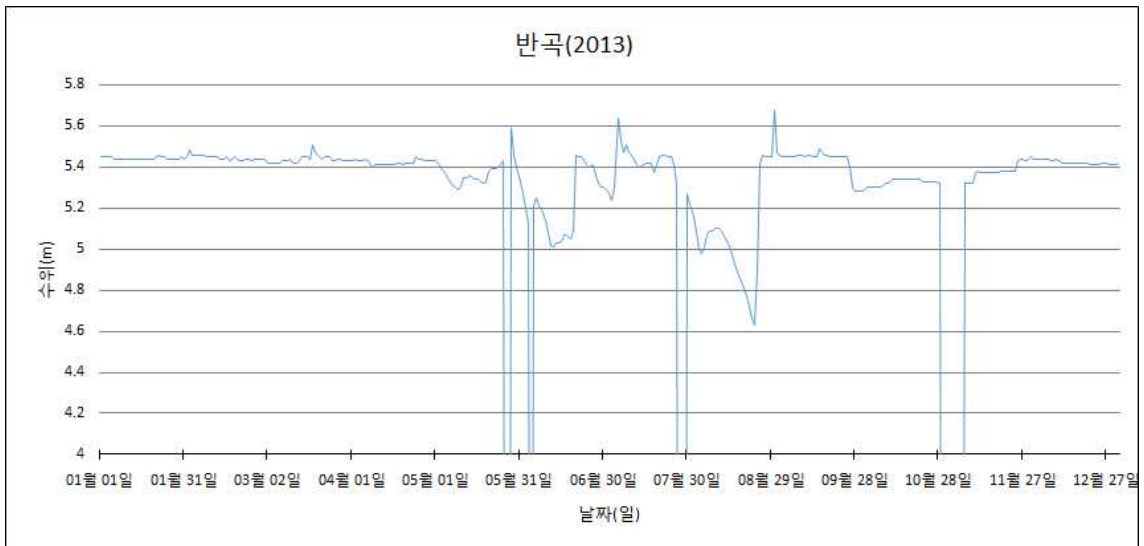
반곡저수지(2010), 1일 간격



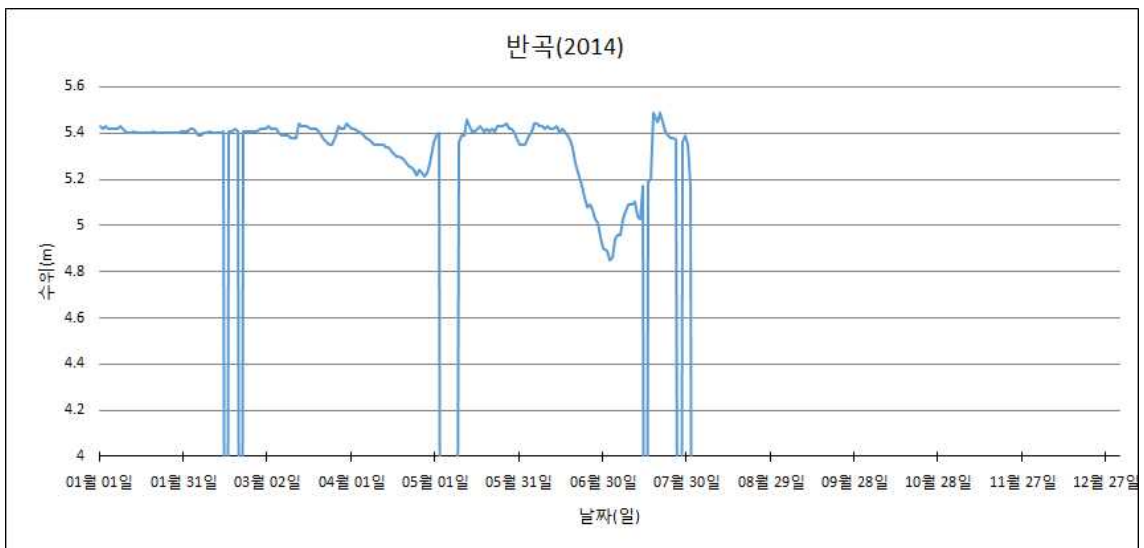
반곡저수지(2011), 1일 간격



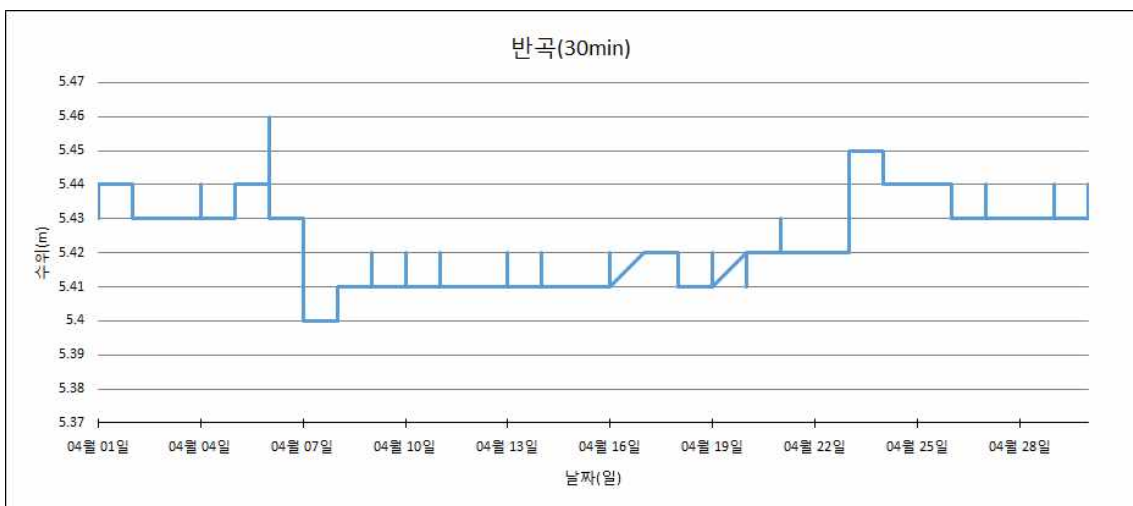
반곡저수지(2012), 1일 간격



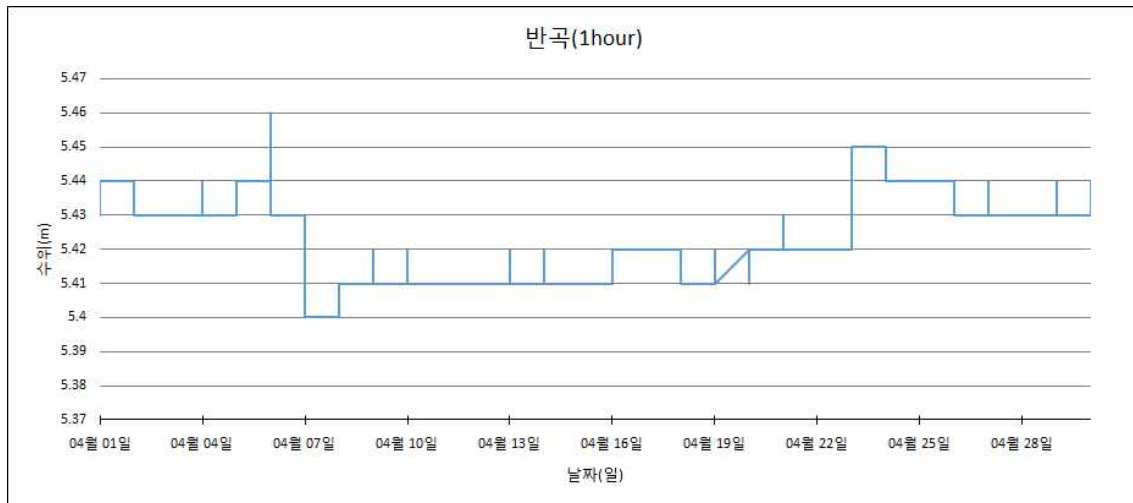
반곡저수지(2013), 1일 간격



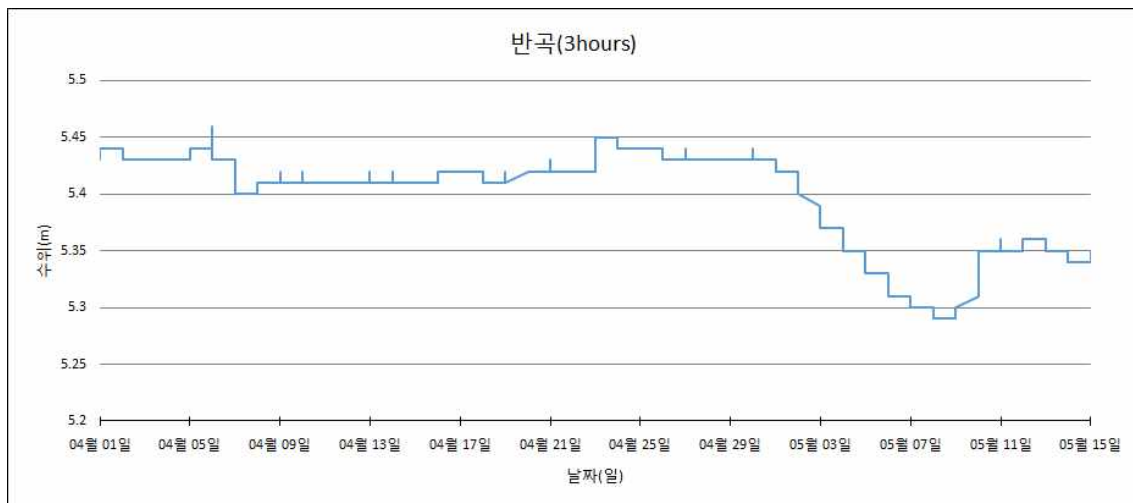
반곡저수지(2014), 1일 간격



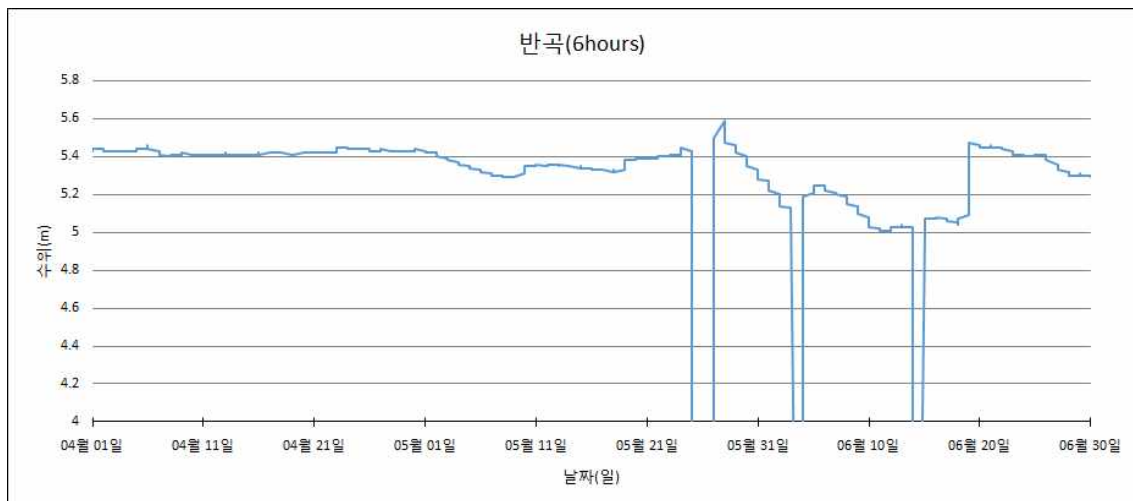
반곡저수지(2013, 4월), 30분 간격



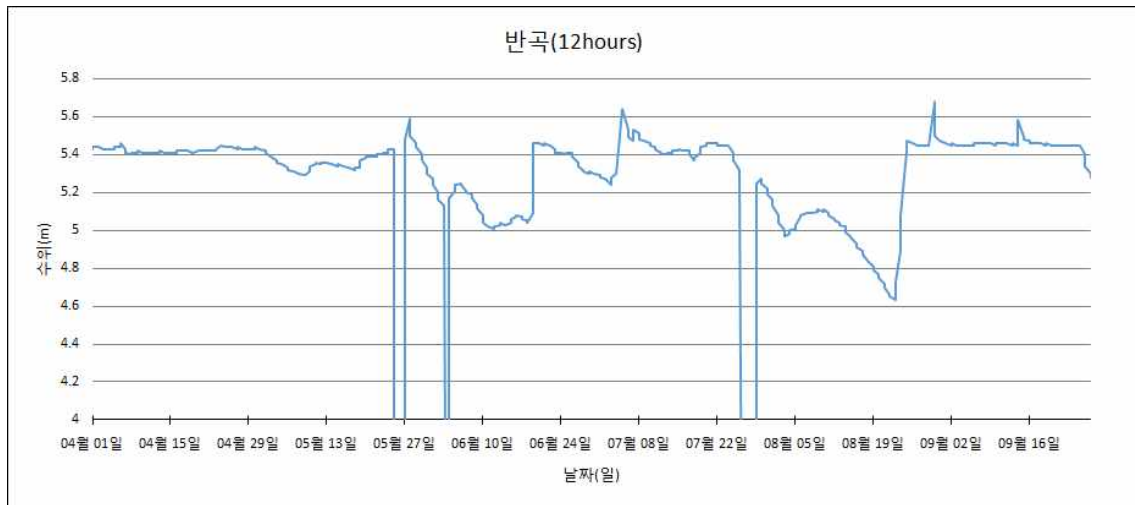
반곡저수지(2013, 4월), 1시간 간격



반곡저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

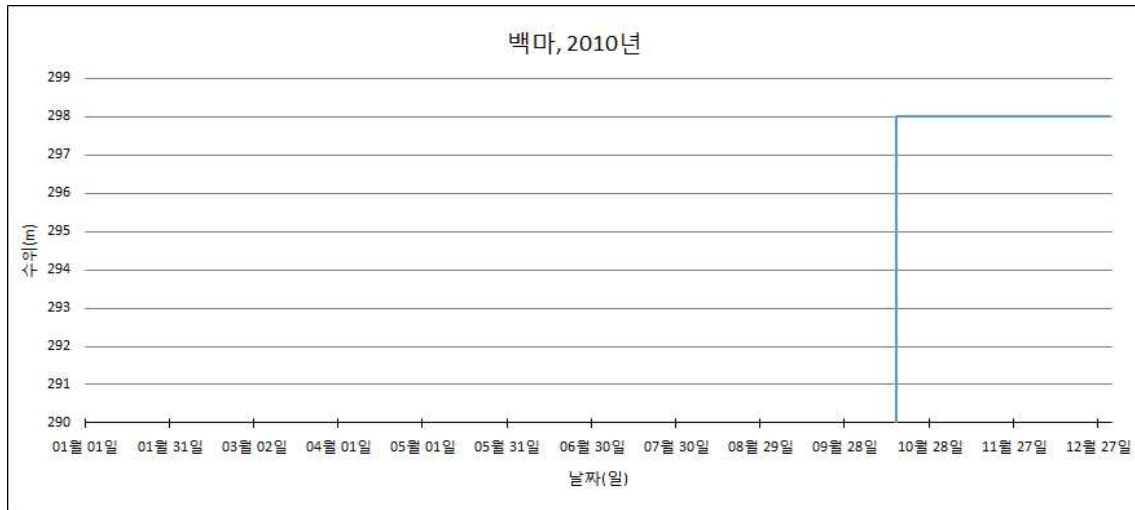


반곡저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

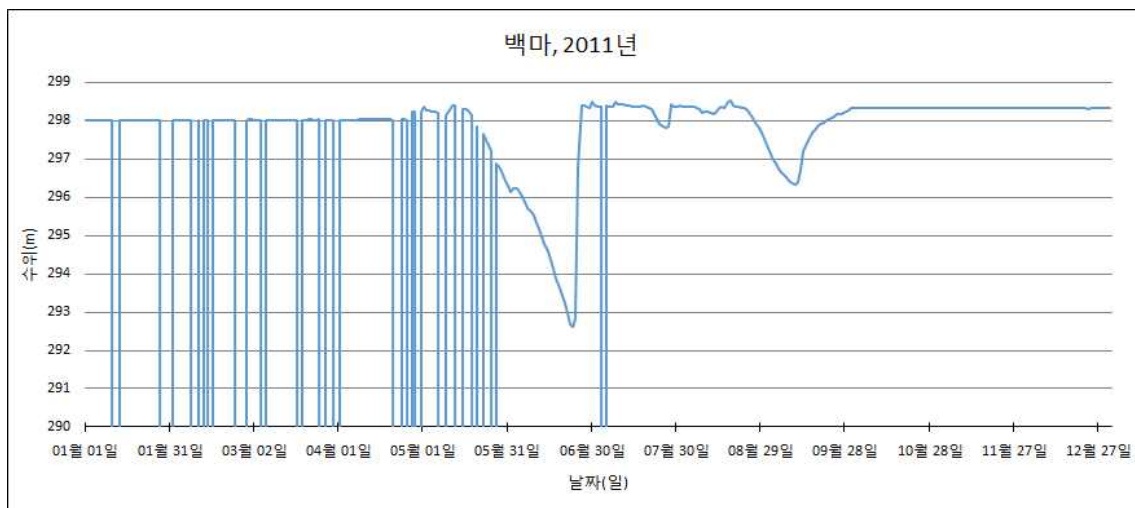


반곡저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

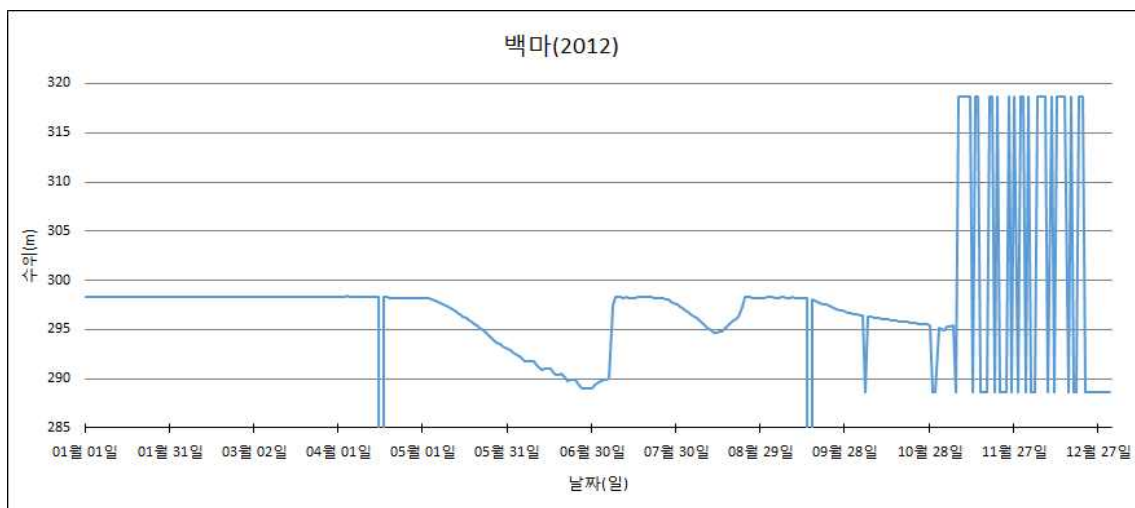
12. 백마 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



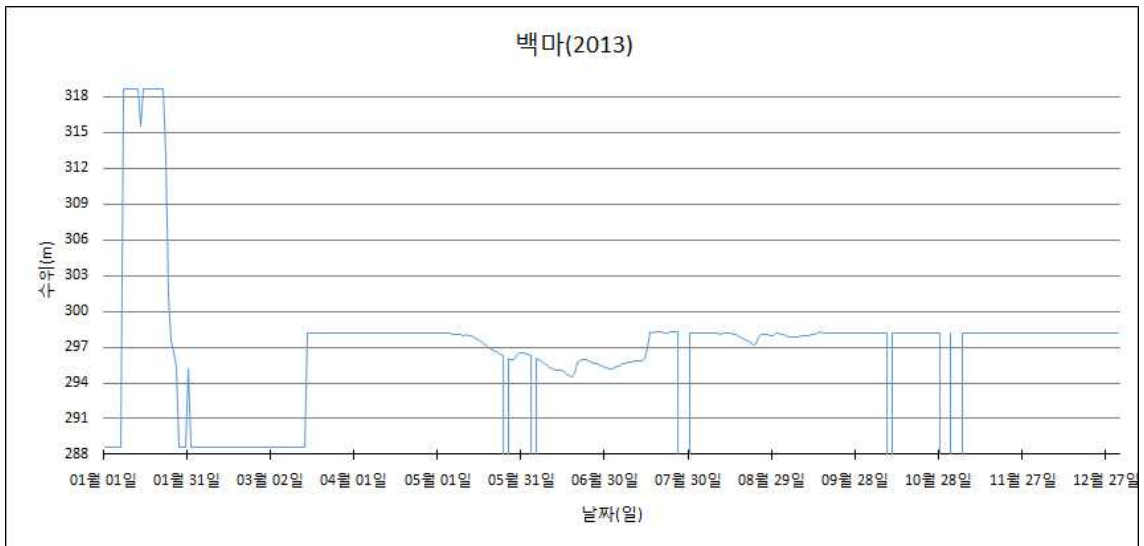
백마저수지(2010), 1일 간격



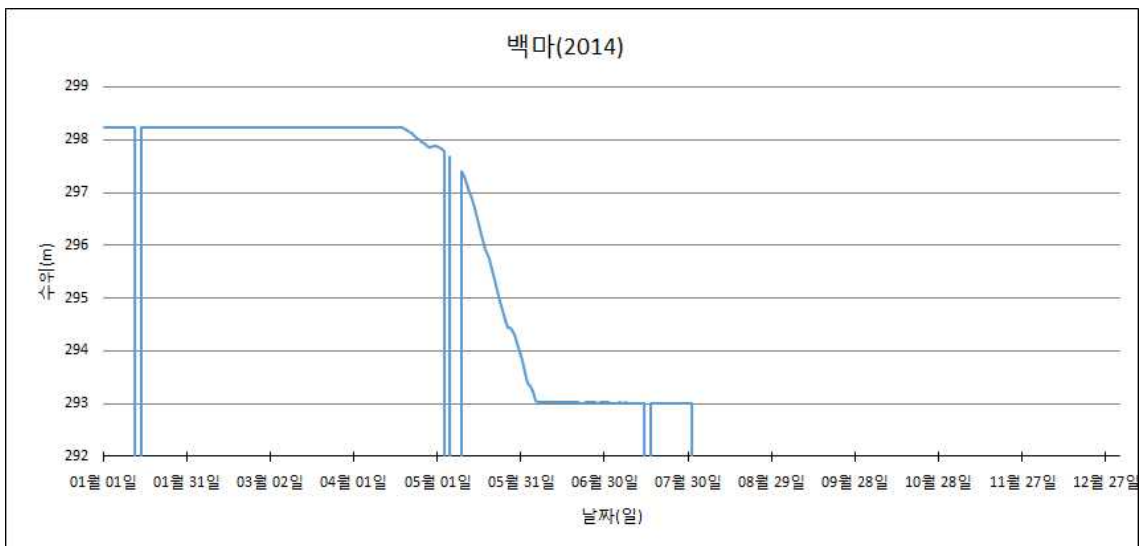
백마저수지(2011), 1일 간격



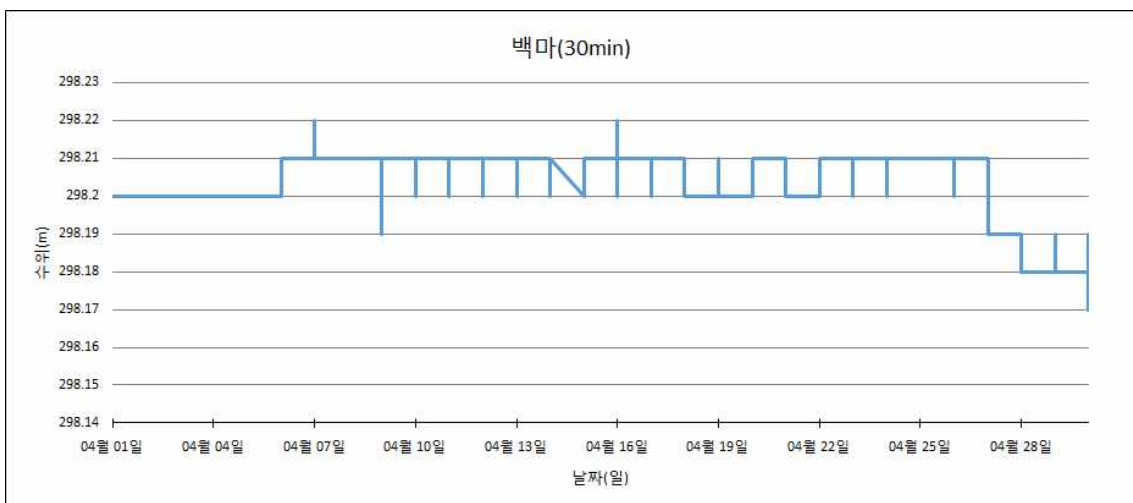
백마저수지(2012), 1일 간격



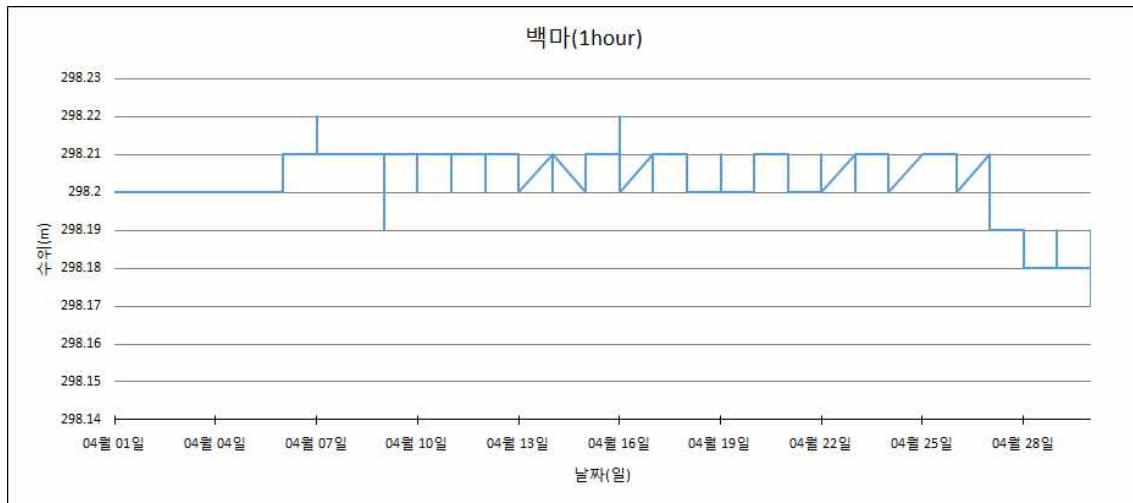
백마저수지(2013), 1일 간격



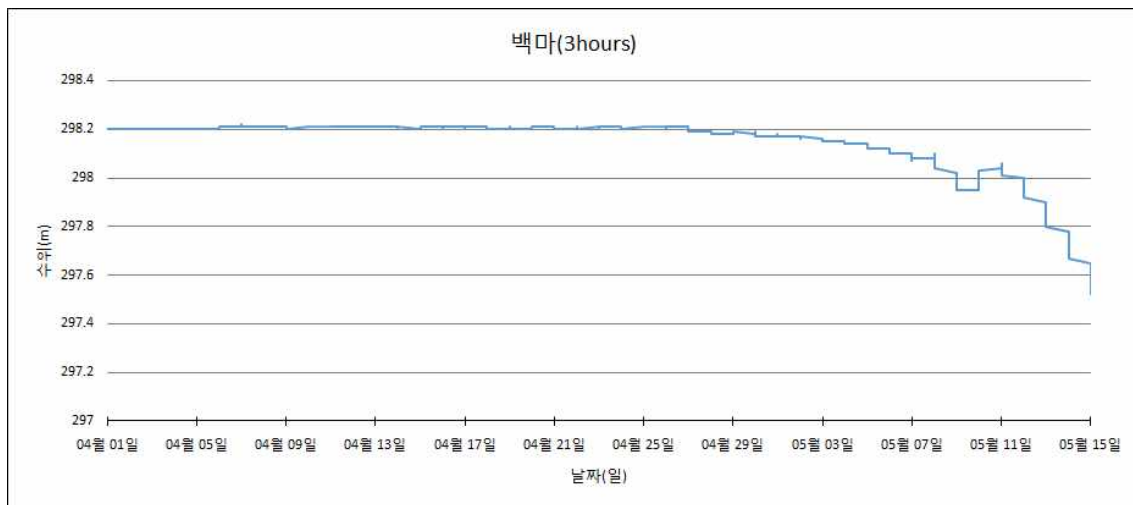
백마저수지(2014), 1일 간격



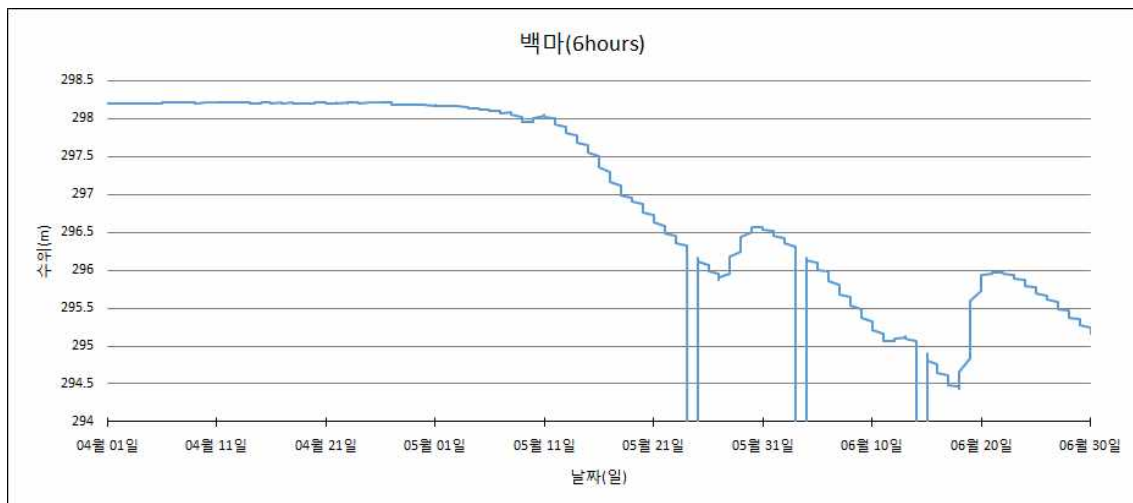
백마저수지(2013, 4월), 30분 간격



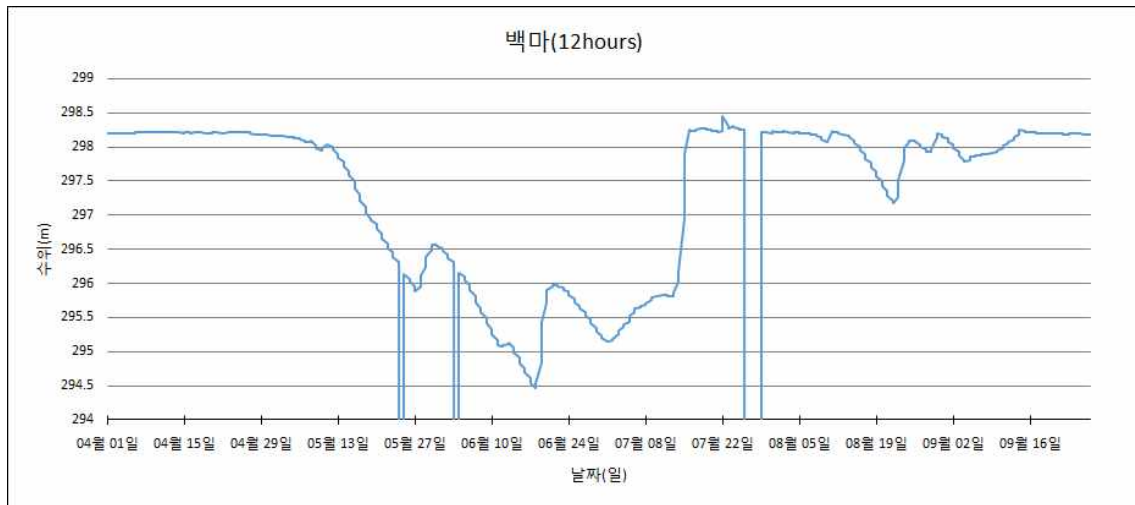
백마저수지(2013, 4월), 1시간 간격



백마저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

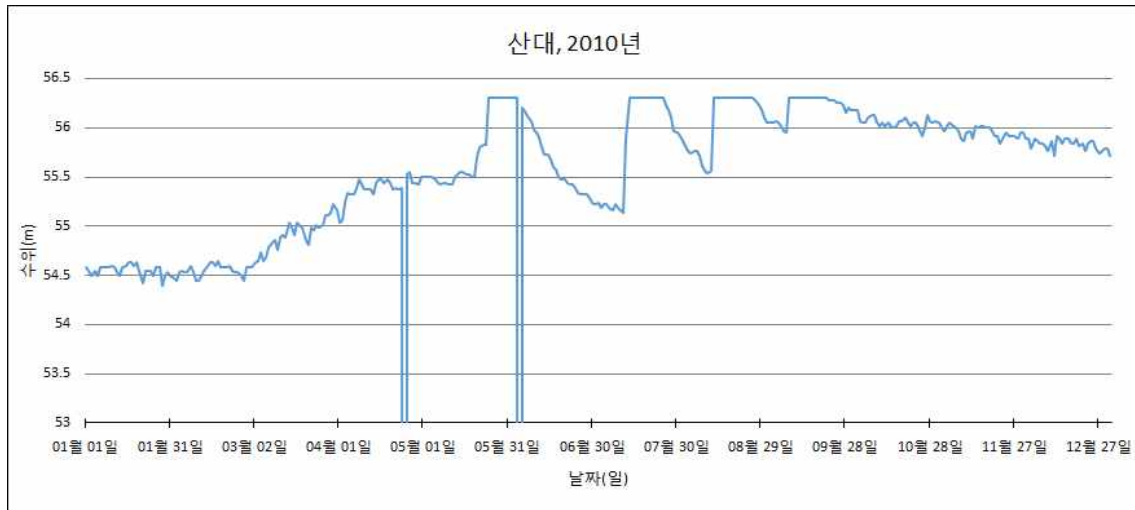


백마저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

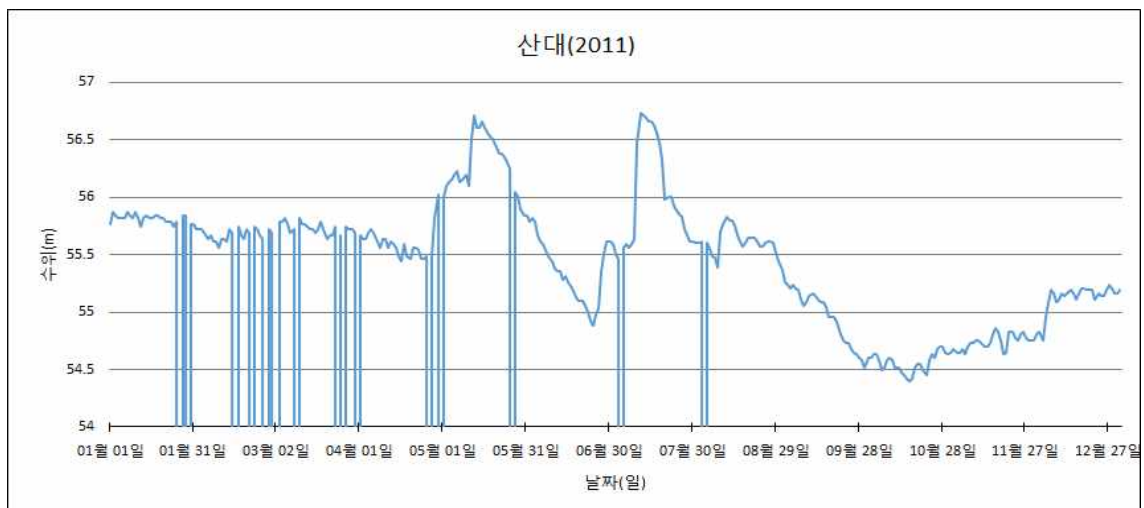


백마 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

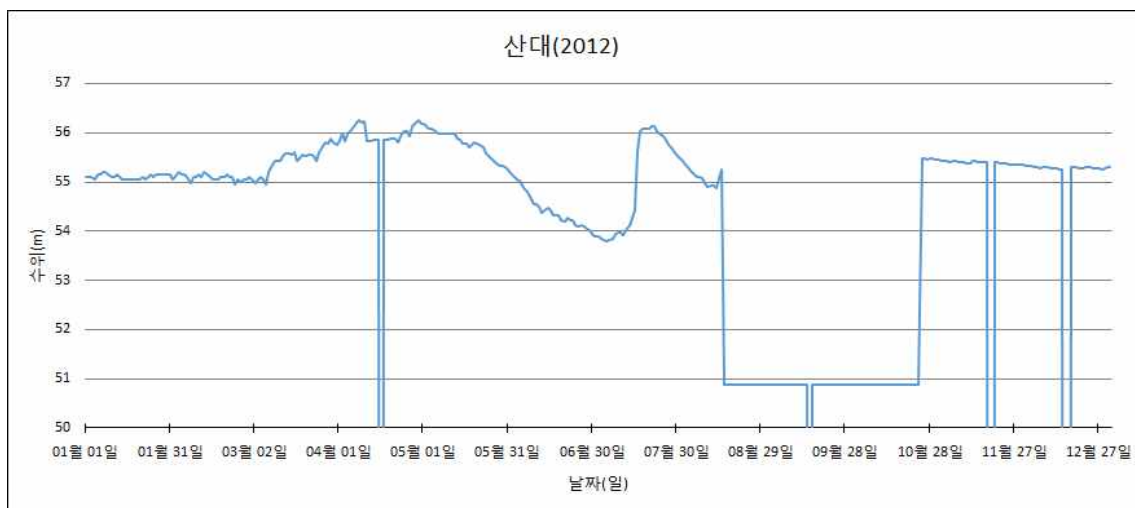
13. 산대 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



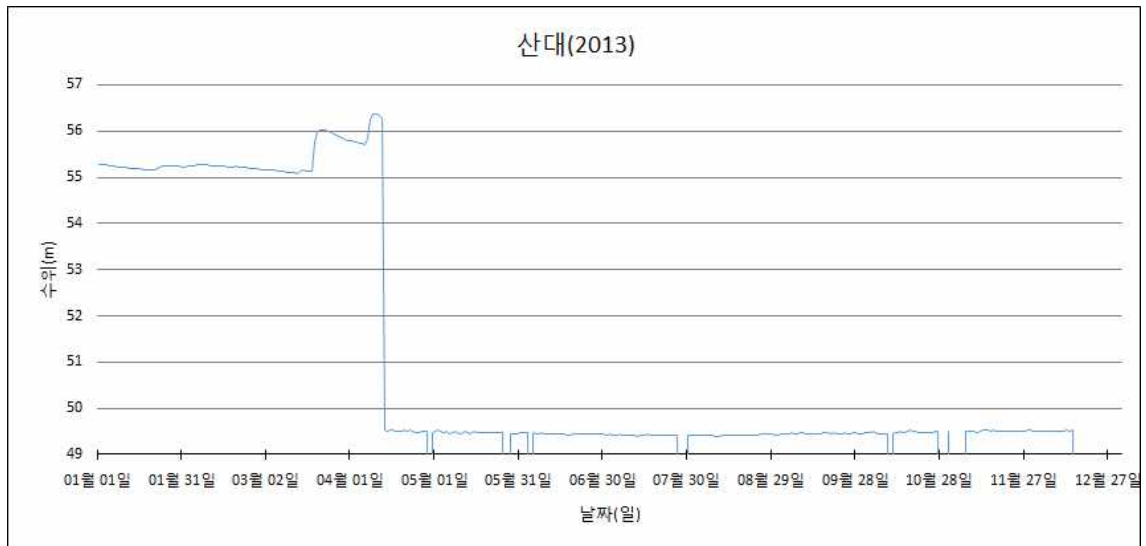
산대저수지(2010), 1일 간격



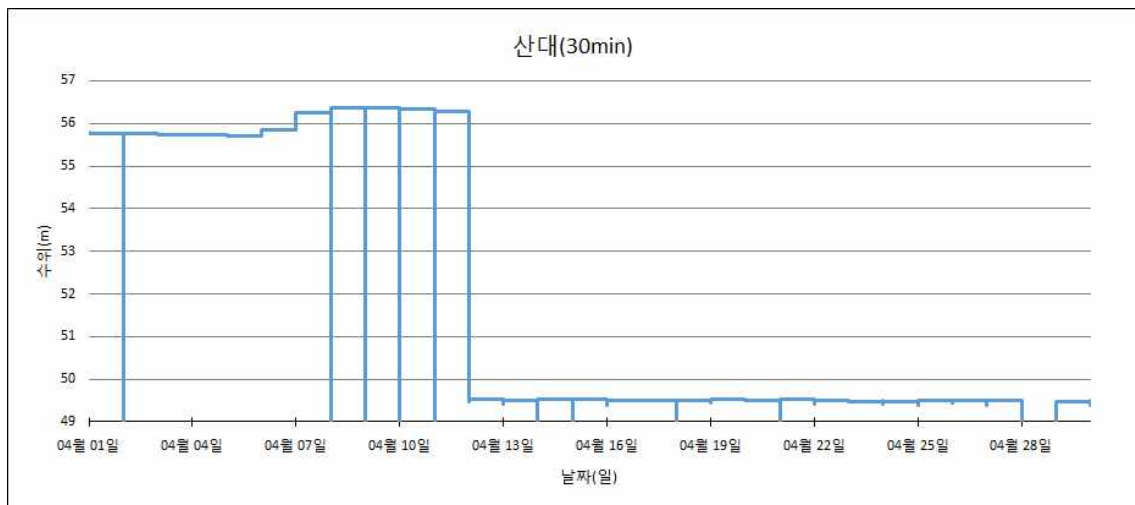
산대저수지(2011), 1일 간격



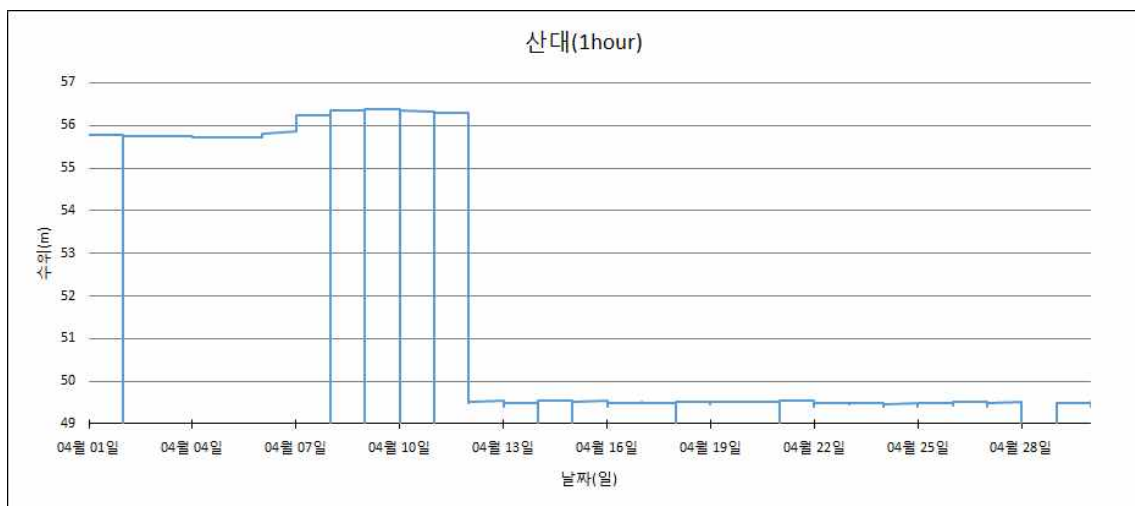
산대저수지(2012), 1일 간격



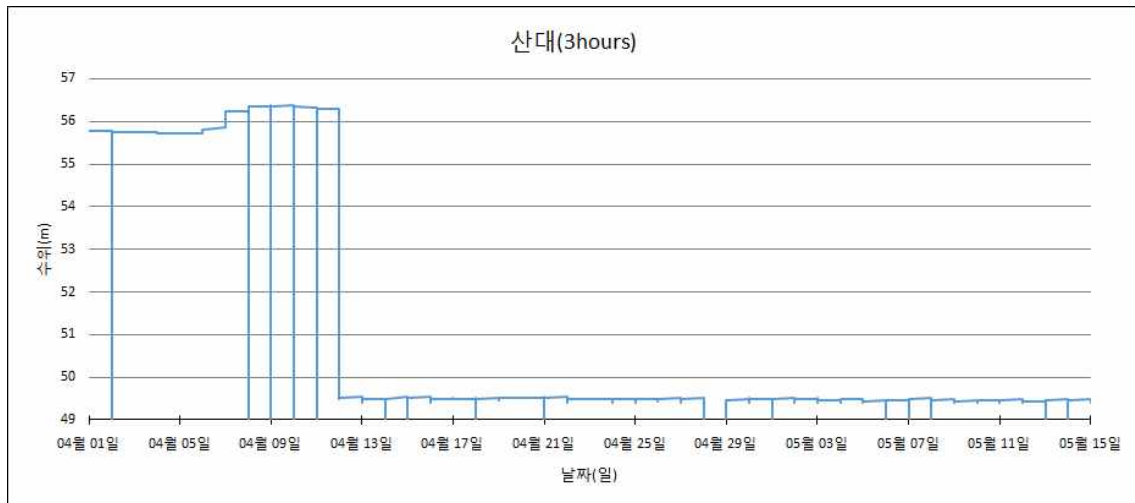
산대저수지(2013), 1일 간격



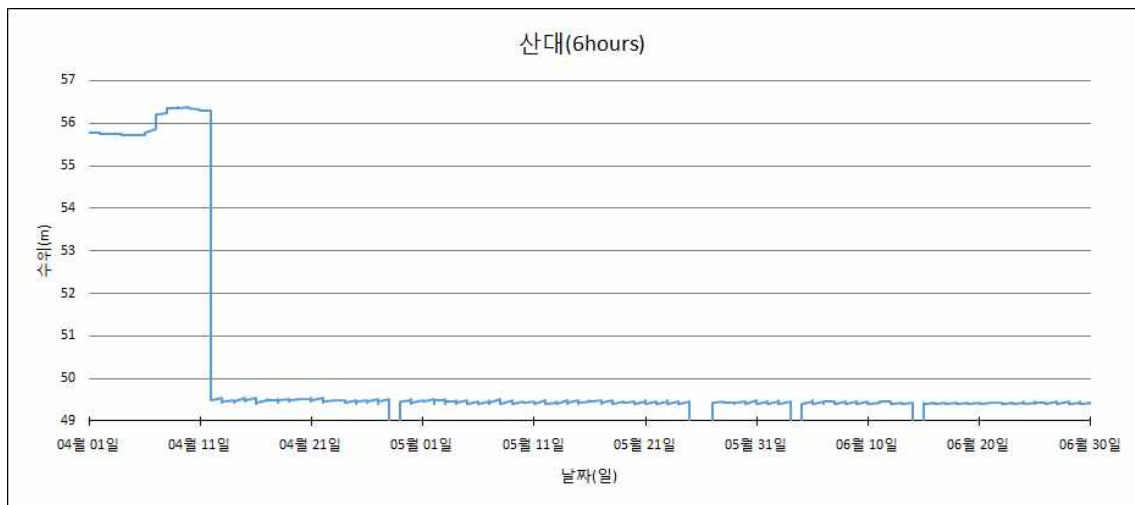
산대저수지(2013, 4월), 30분 간격



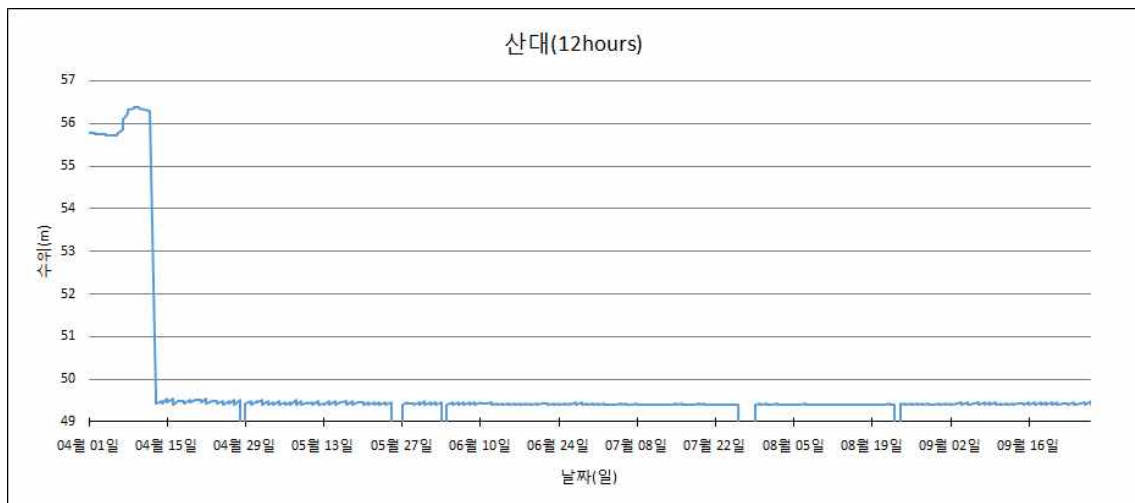
산대저수지(2013, 4월), 1시간 간격



산대저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

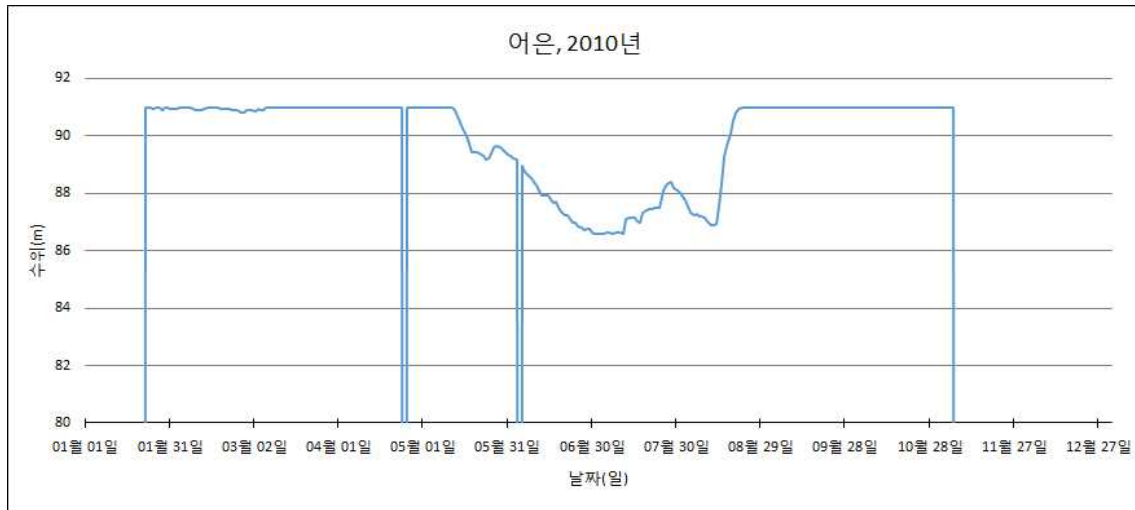


산대저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

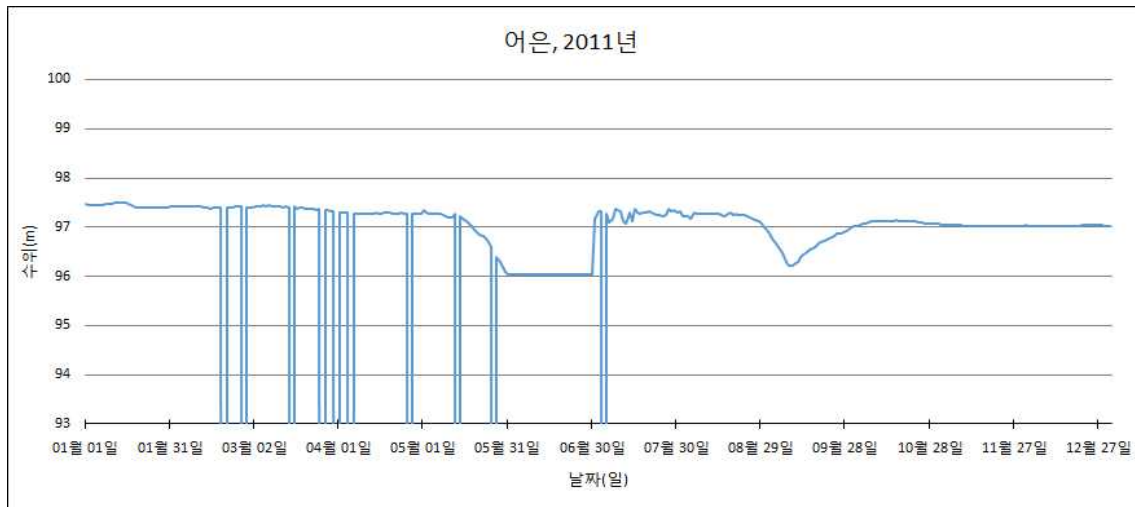


산대저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

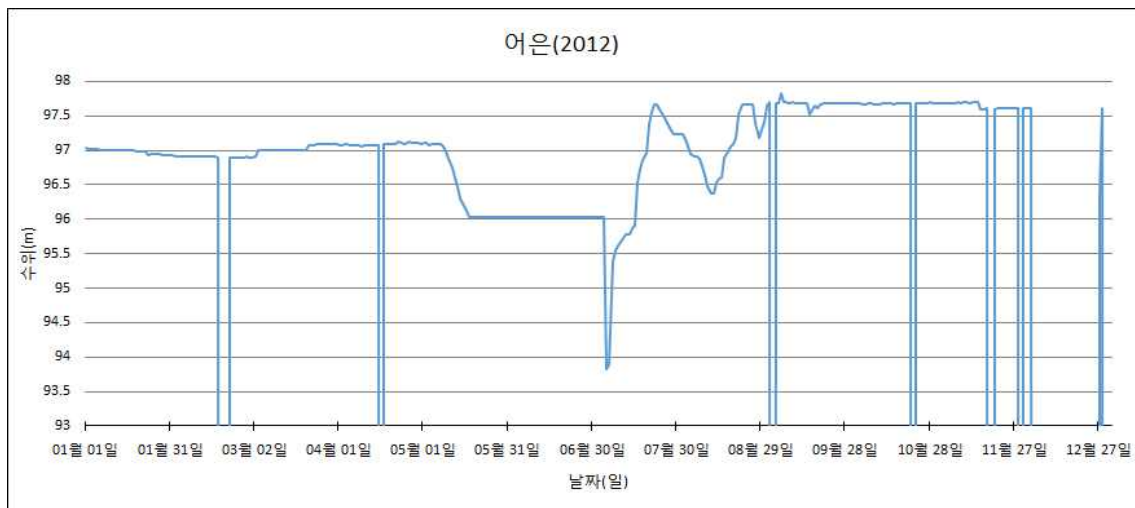
14. 어은 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



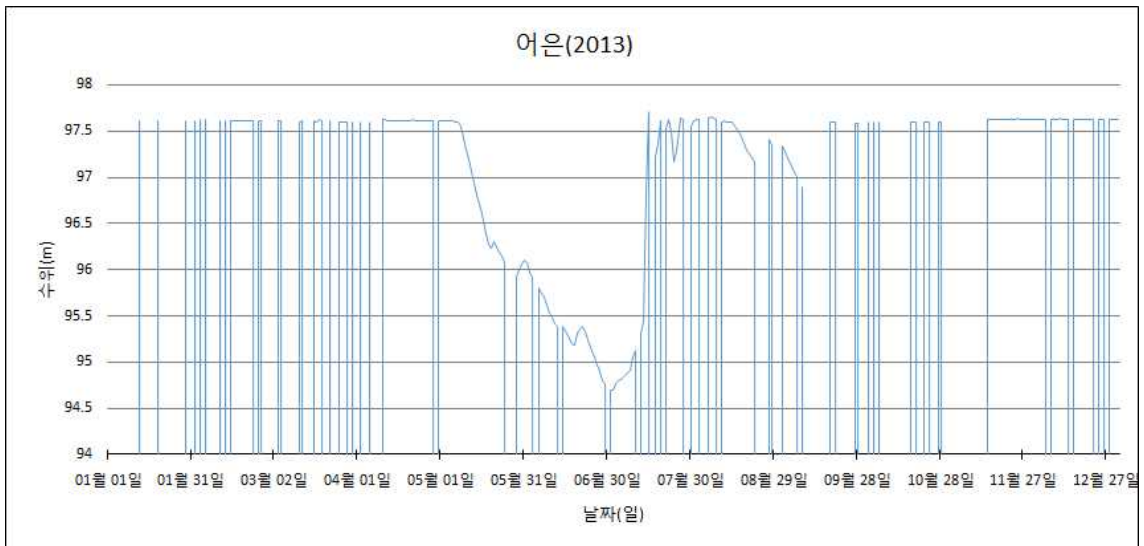
어은저수지(2010), 1일 간격



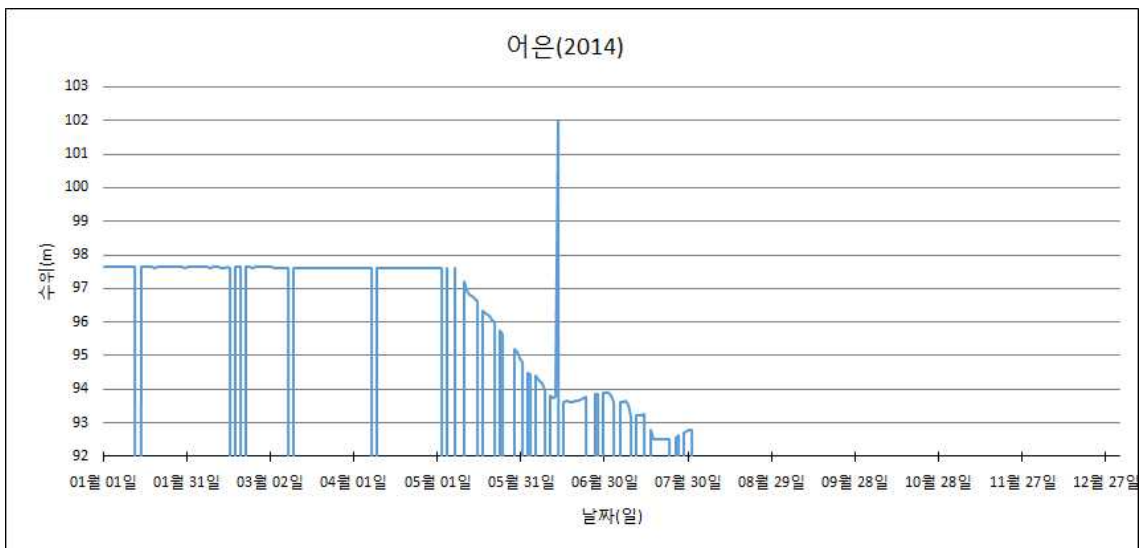
어은 저수지(2011), 1일 간격



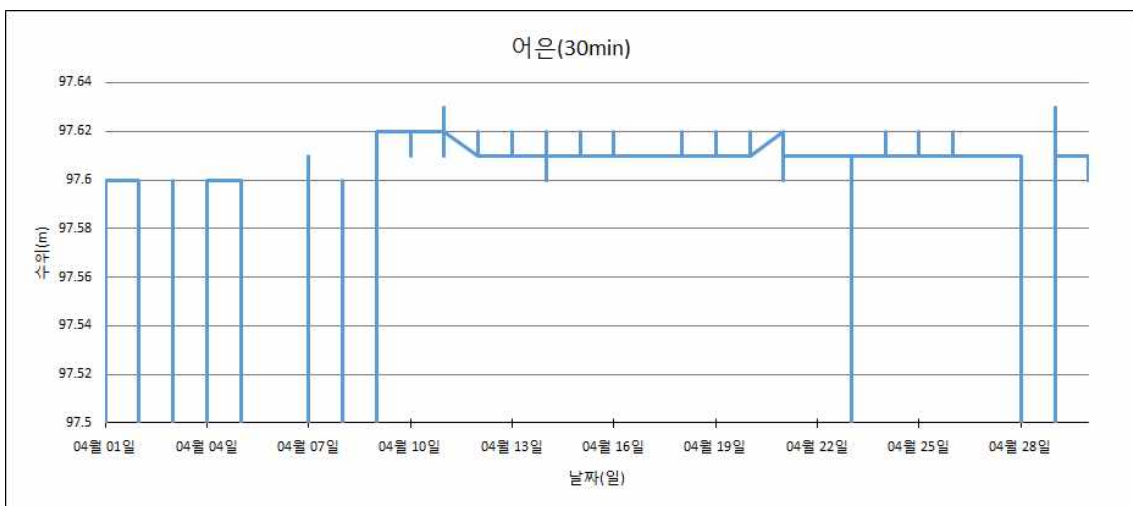
어은 저수지(2012), 1일 간격



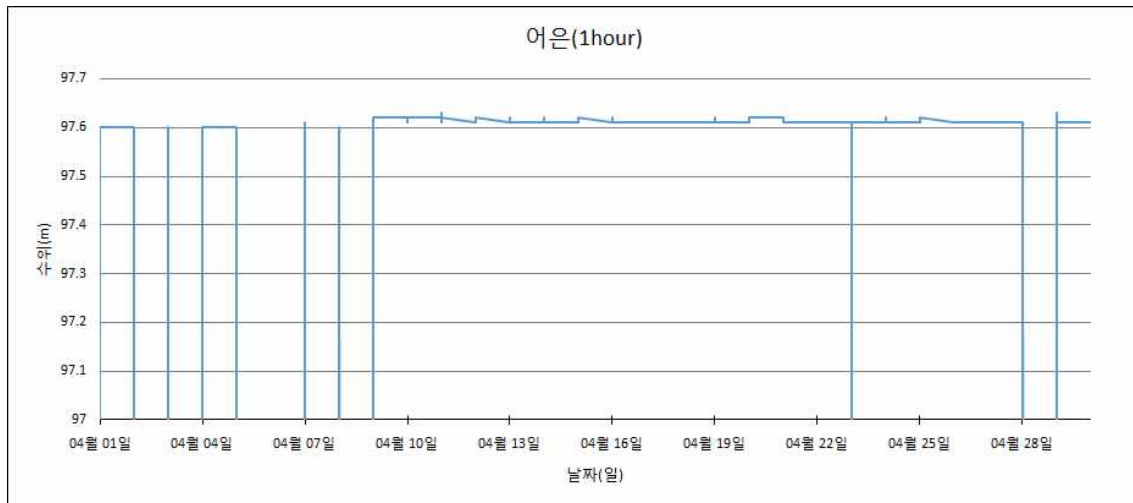
어은저수지(2013), 1일 간격



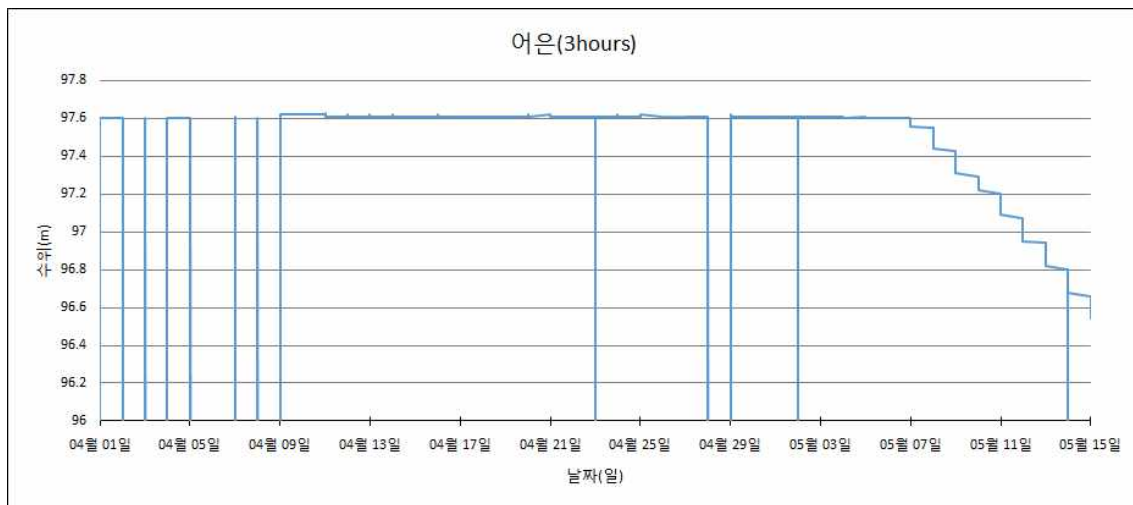
어은저수지(2014), 1일 간격



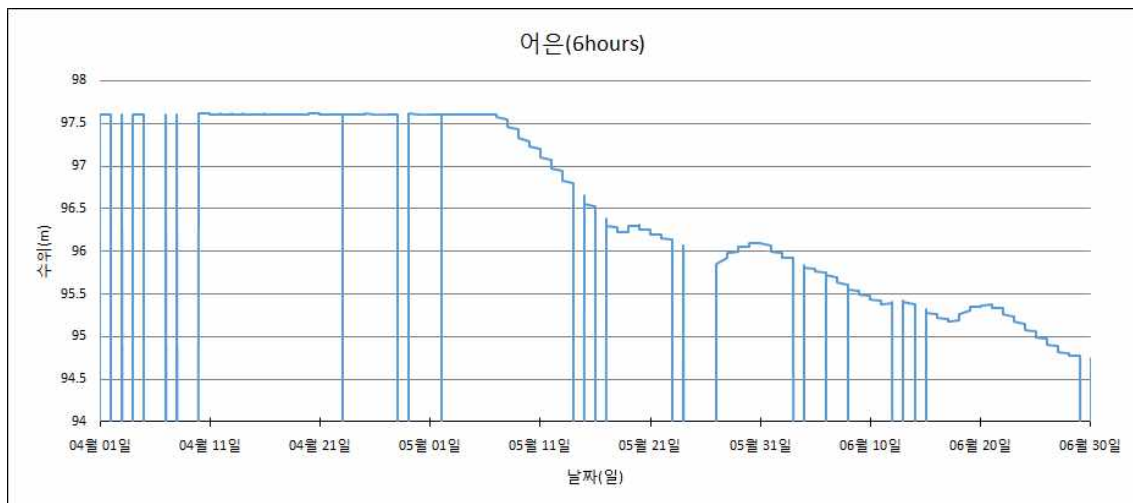
어은저수지(2013, 4월), 30분 간격



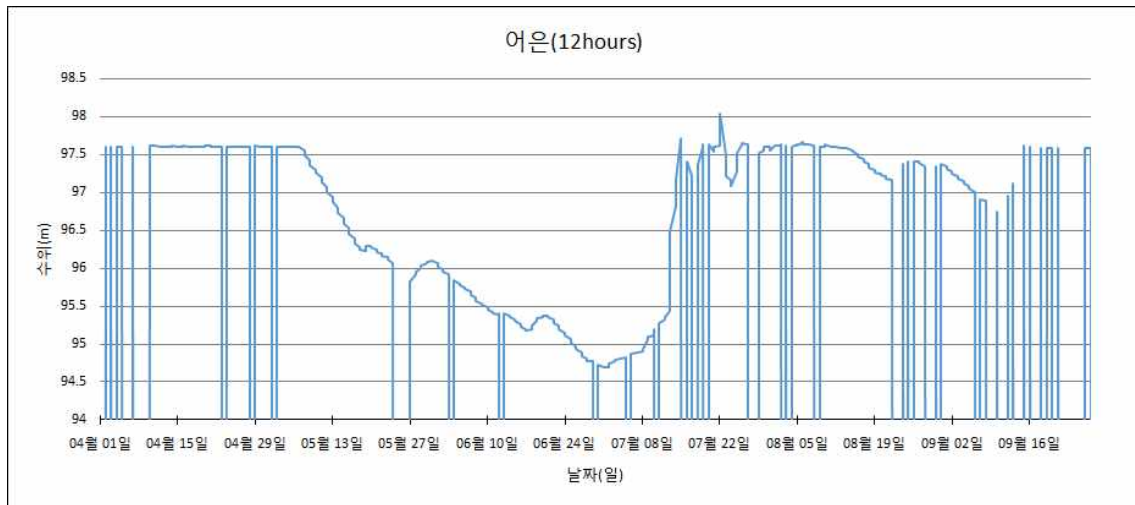
어은저수지(2013, 4월), 1시간 간격



어은저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

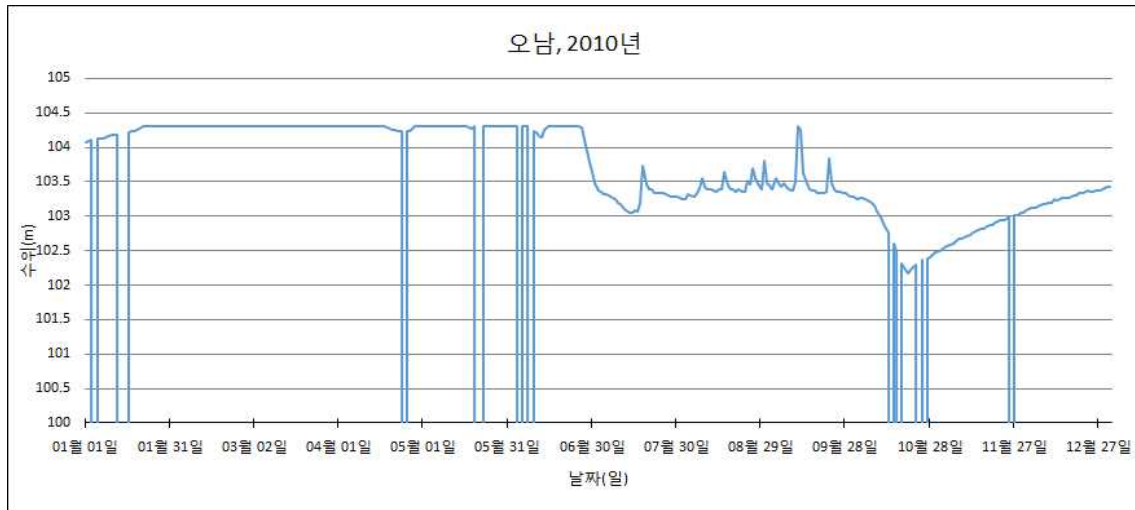


어은저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격



어은저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

15. 오남 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



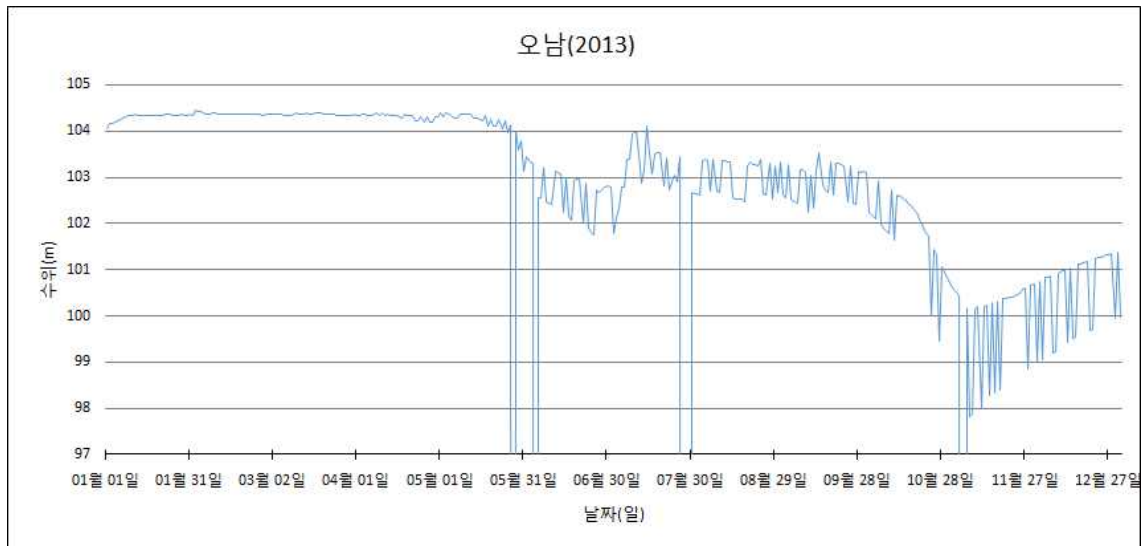
오남저수지(2010), 1일 간격



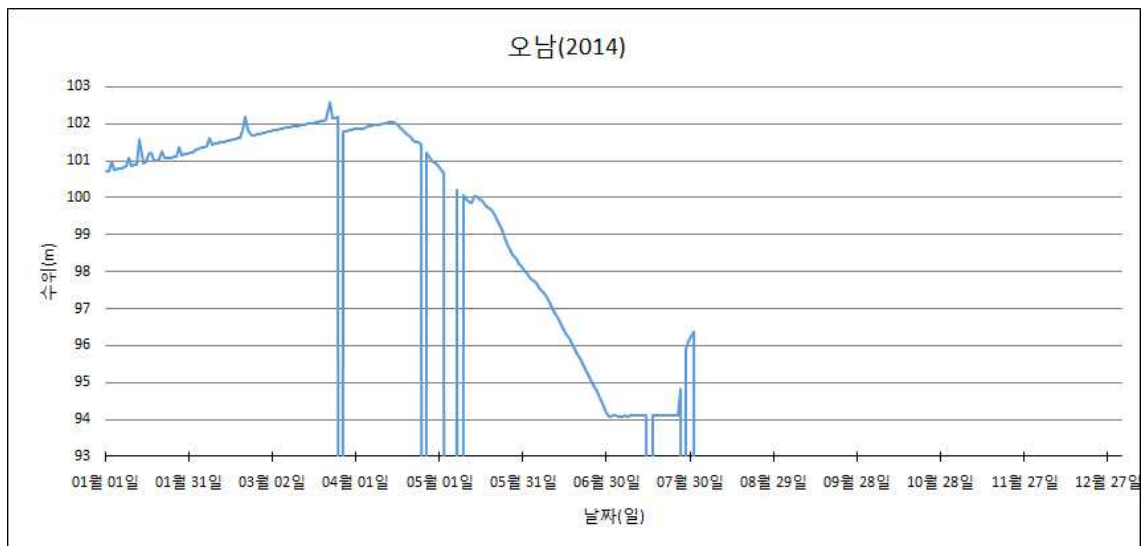
오남저수지(2011), 1일 간격



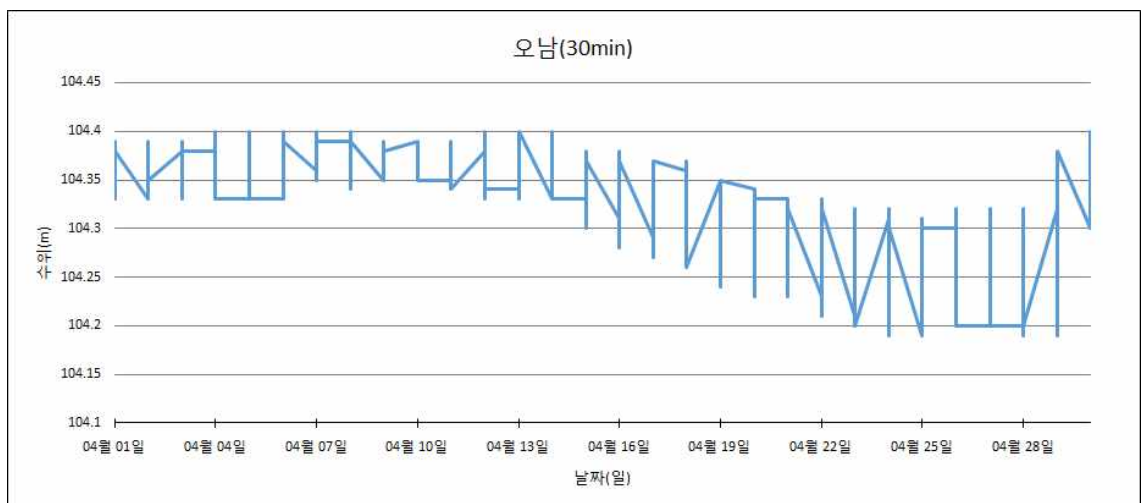
오남저수지(2012), 1일 간격



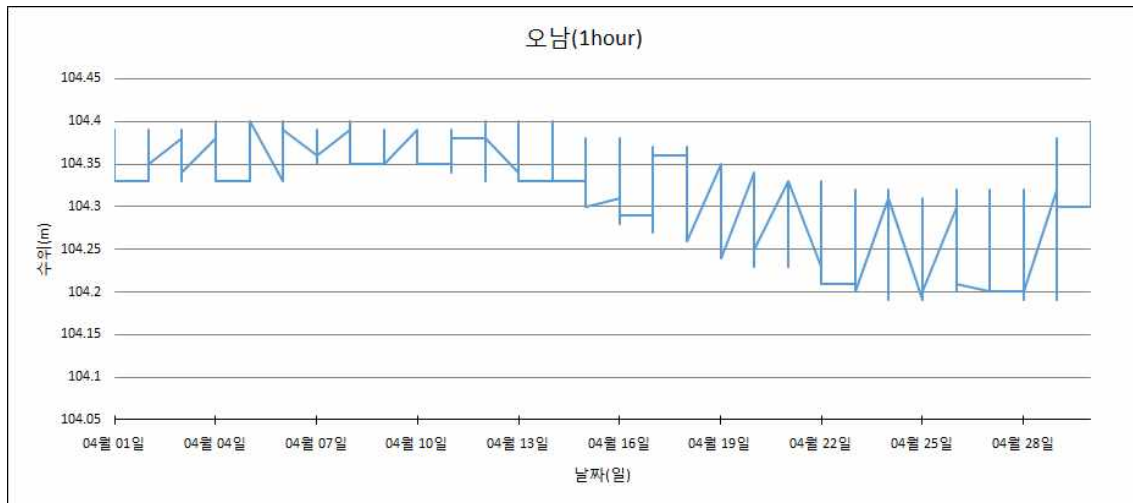
오남저수지(2013), 1일 간격



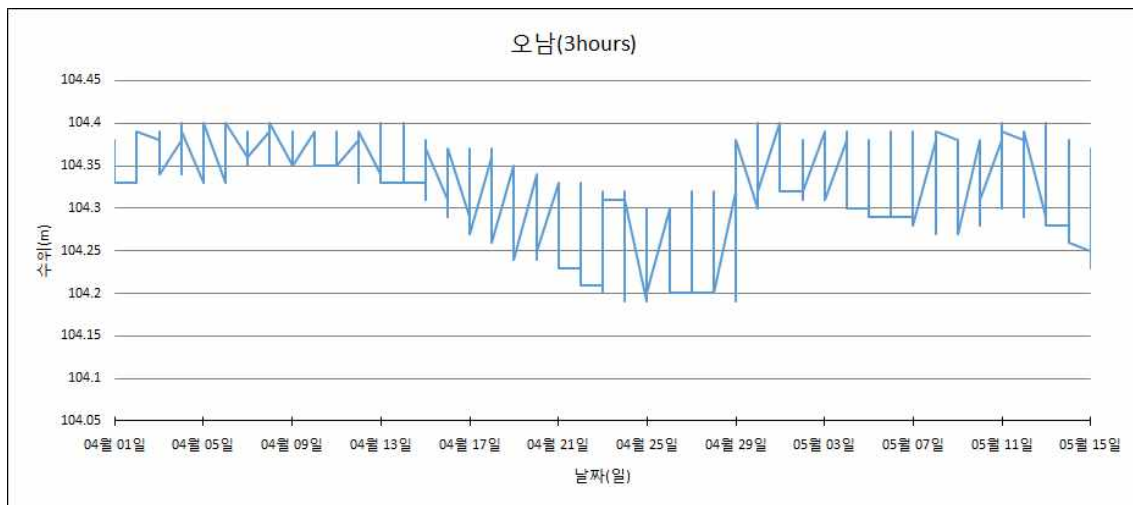
오남저수지(2014), 1일 간격



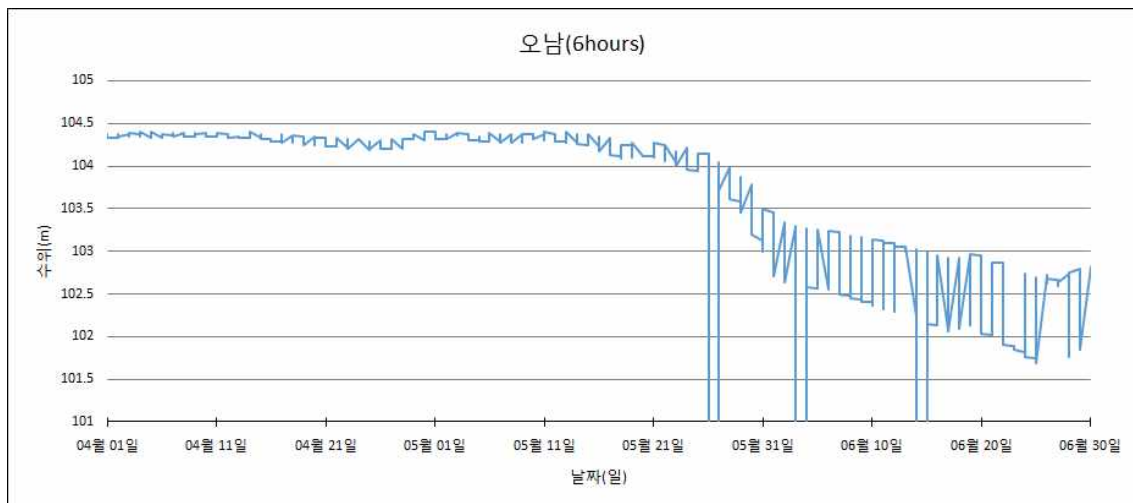
오남저수지(2013, 4월), 30분 간격



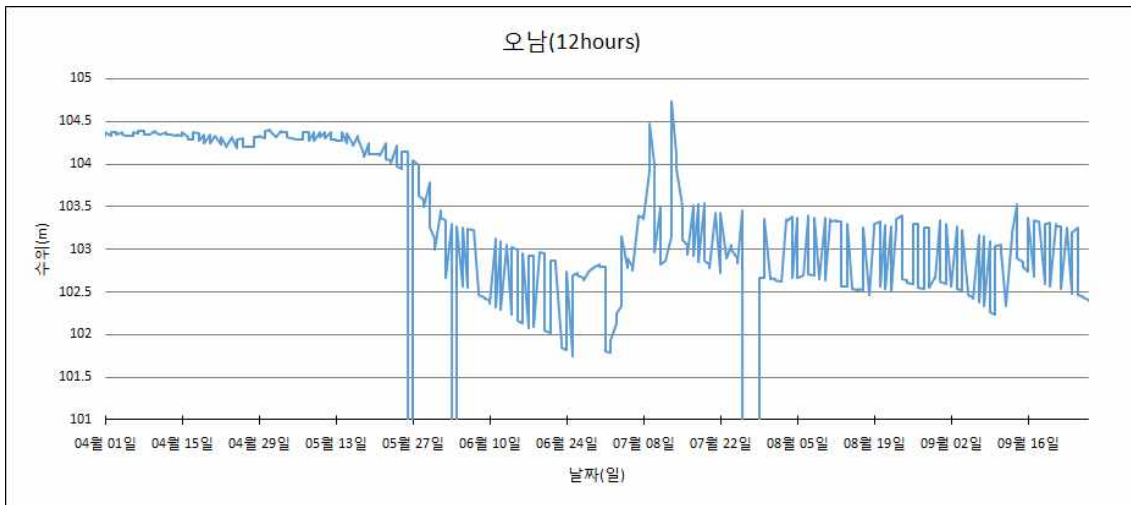
오남저수지(2013, 4월), 1시간 간격



오남저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

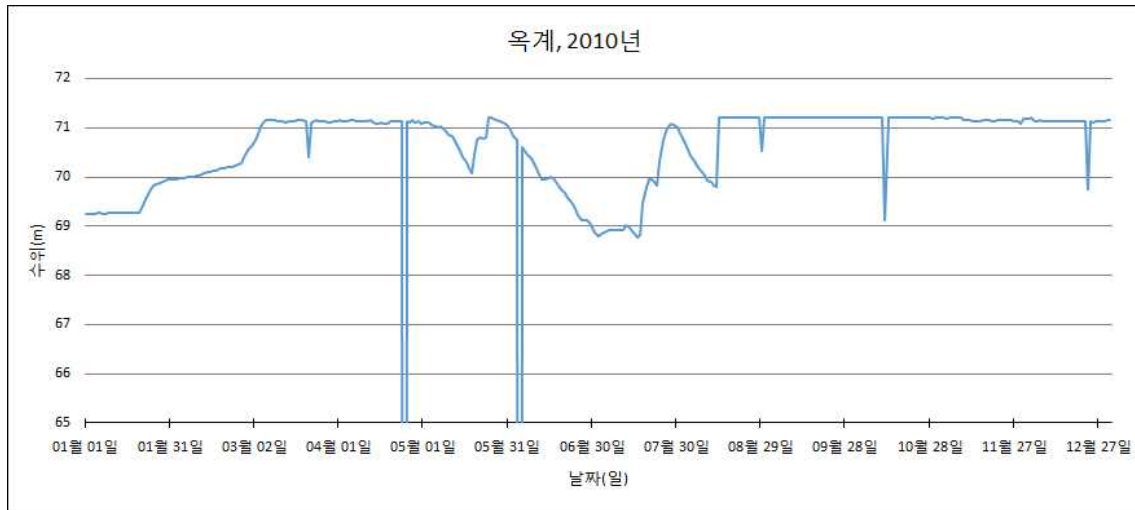


오남저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

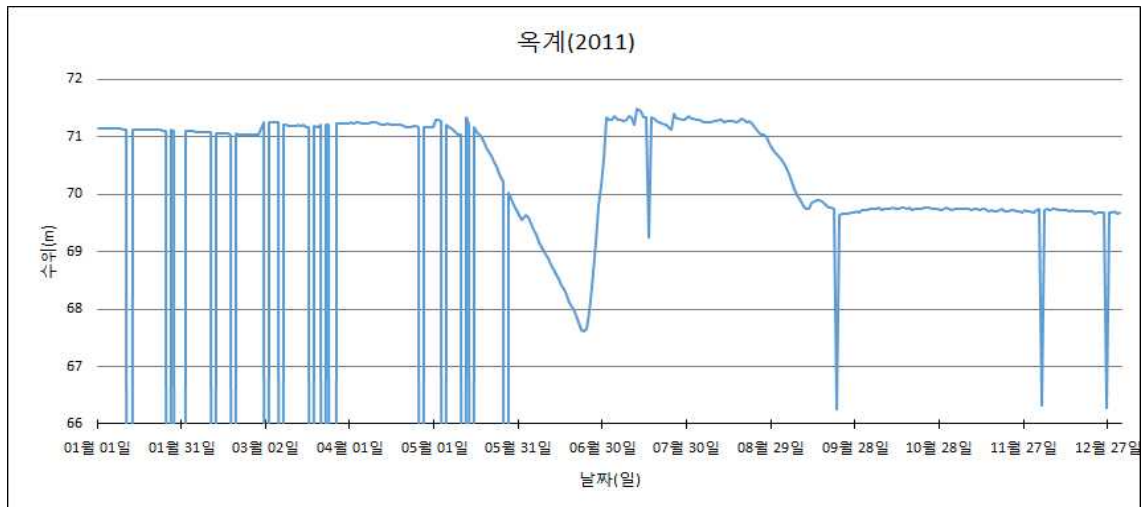


오남저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

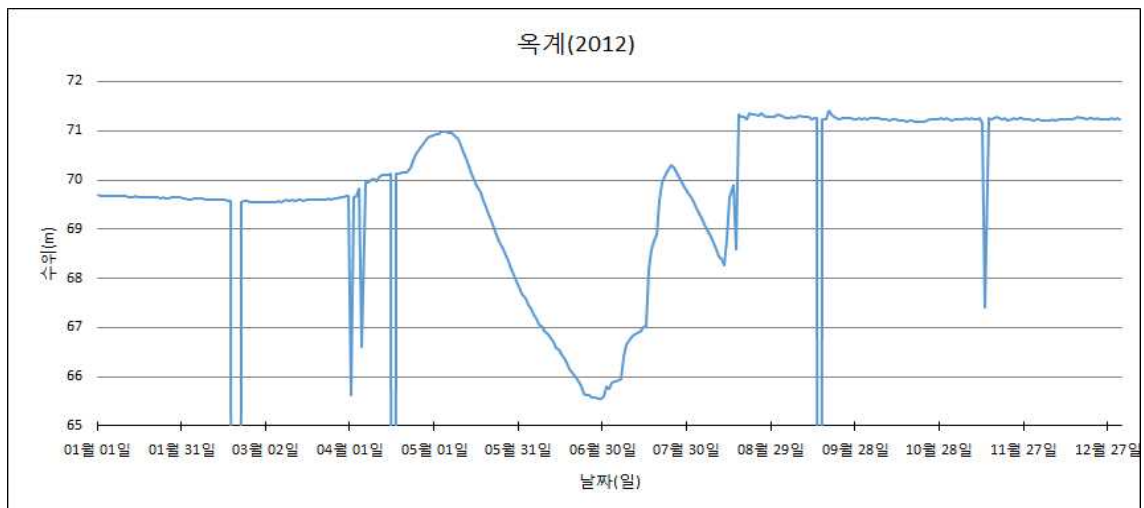
17. 옥계 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



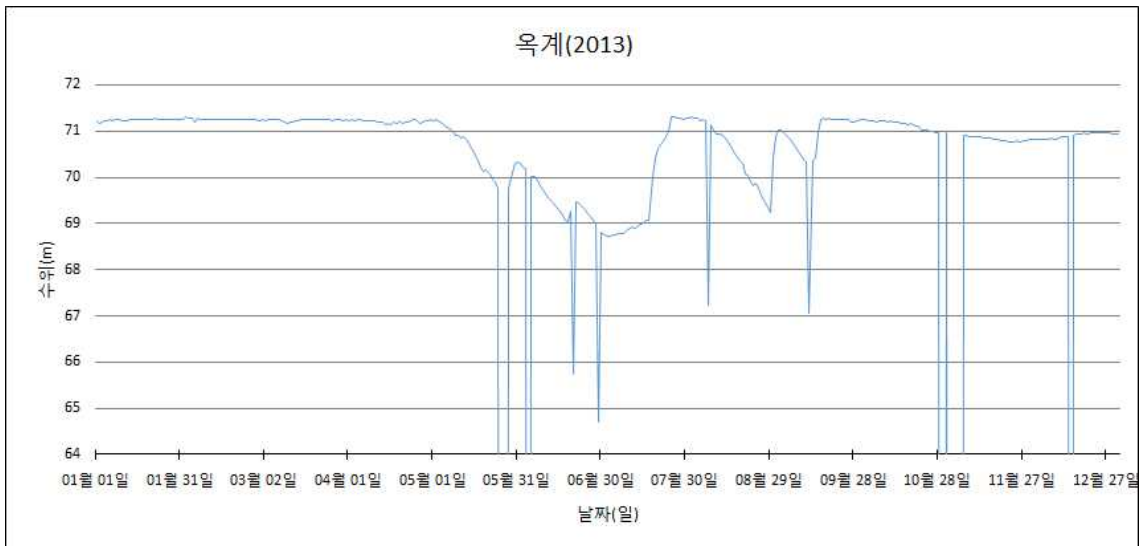
옥계저수지(2010), 1일 간격



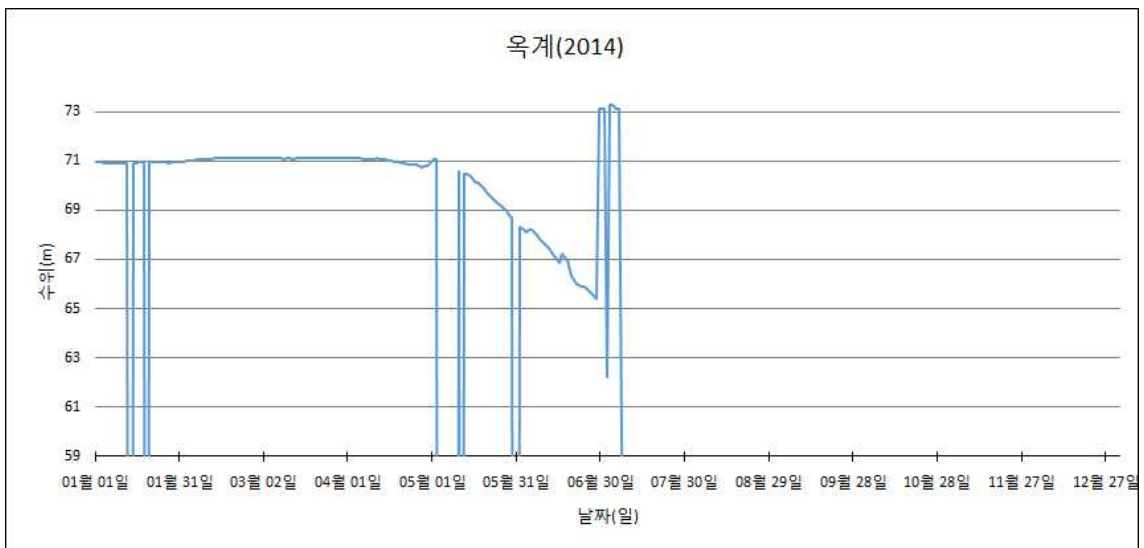
옥계저수지(2011), 1일 간격



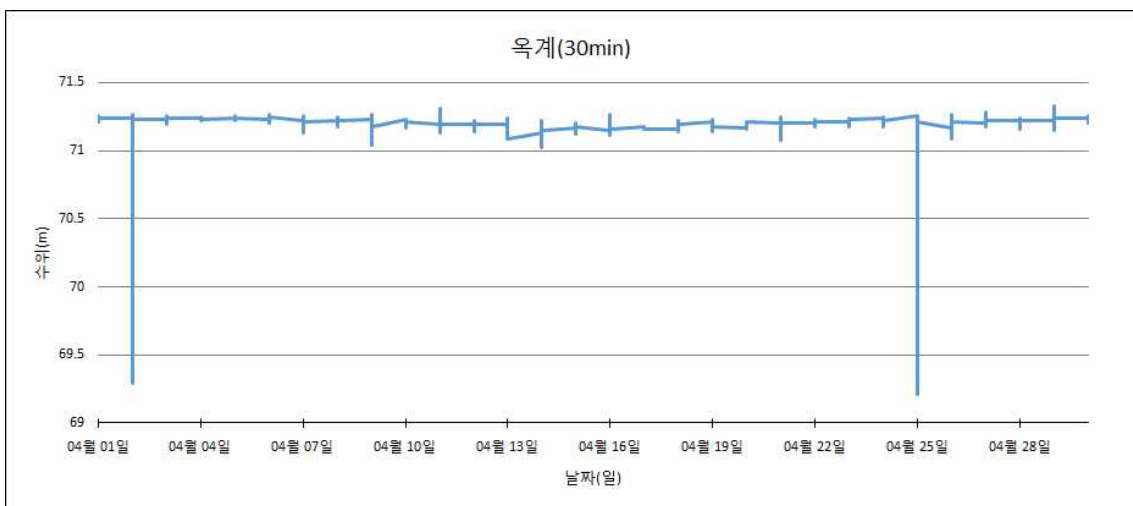
옥계저수지(2012), 1일 간격



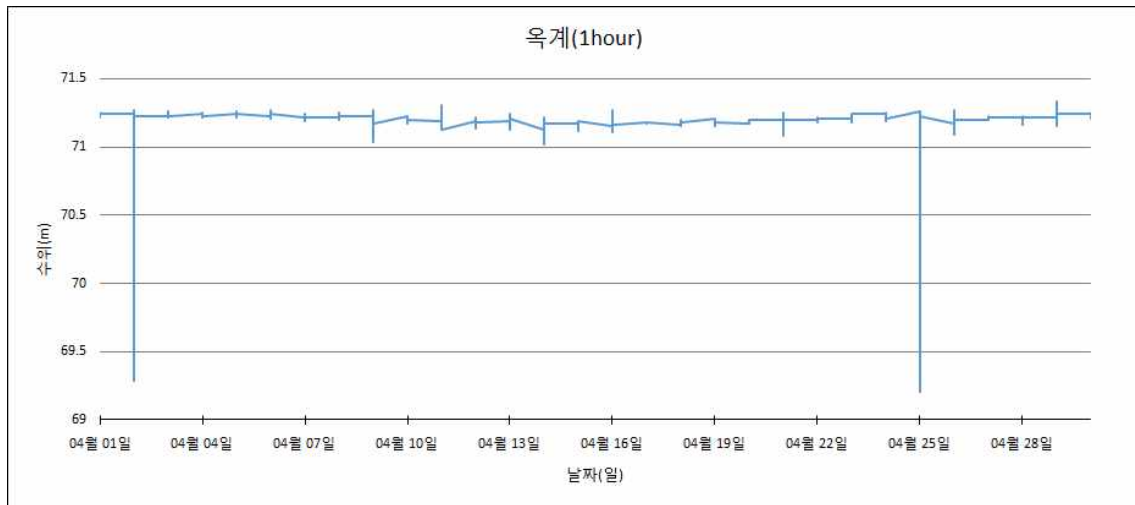
옥계저수지(2013), 1일 간격



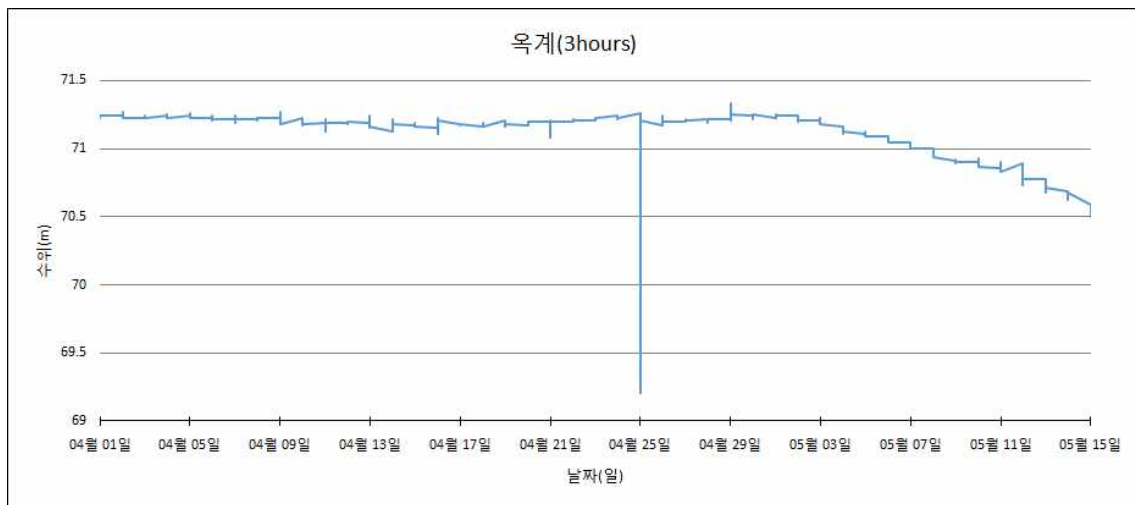
옥계저수지(2014), 1일 간격



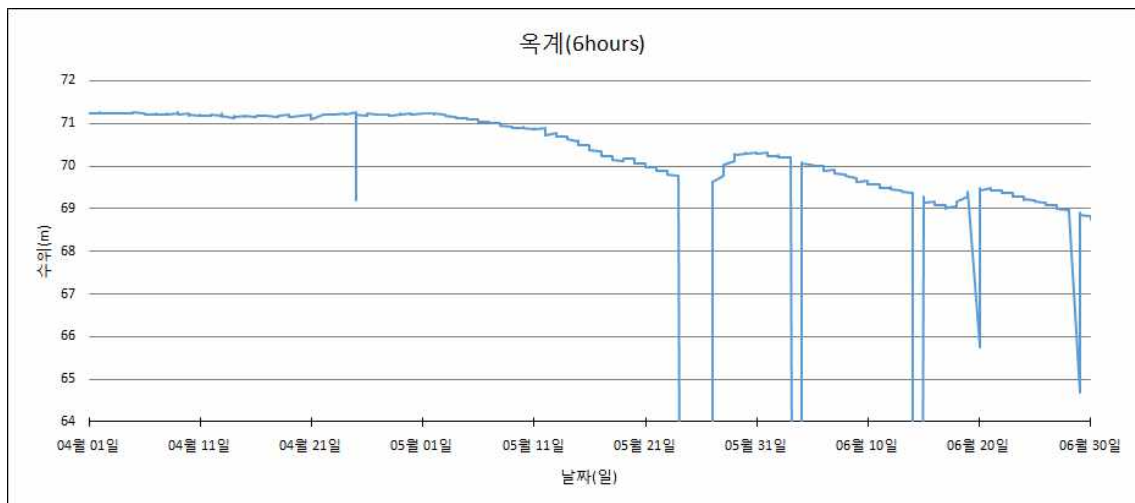
옥계저수지(2013, 4월), 30분 간격



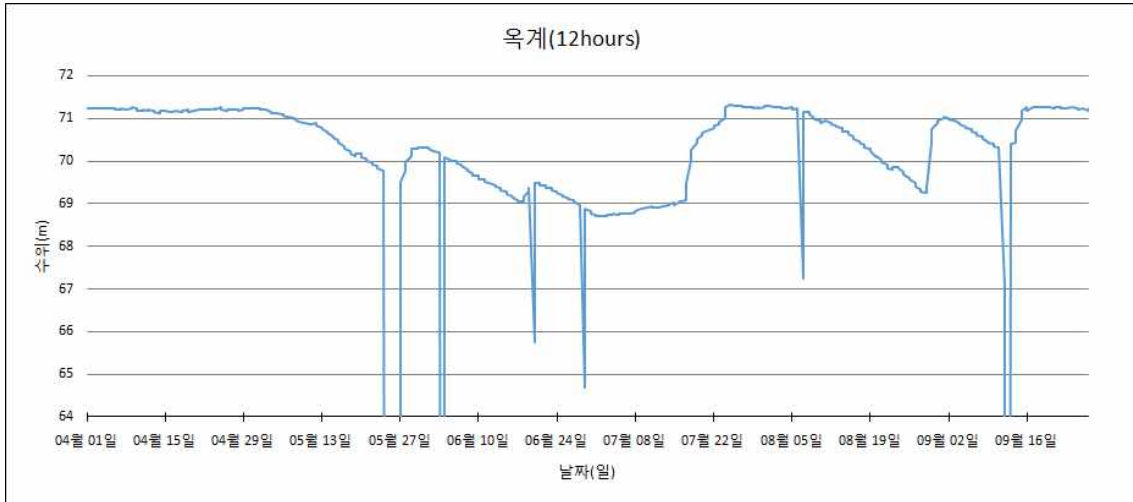
옥계저수지(2013, 4월), 1시간 간격



옥계저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

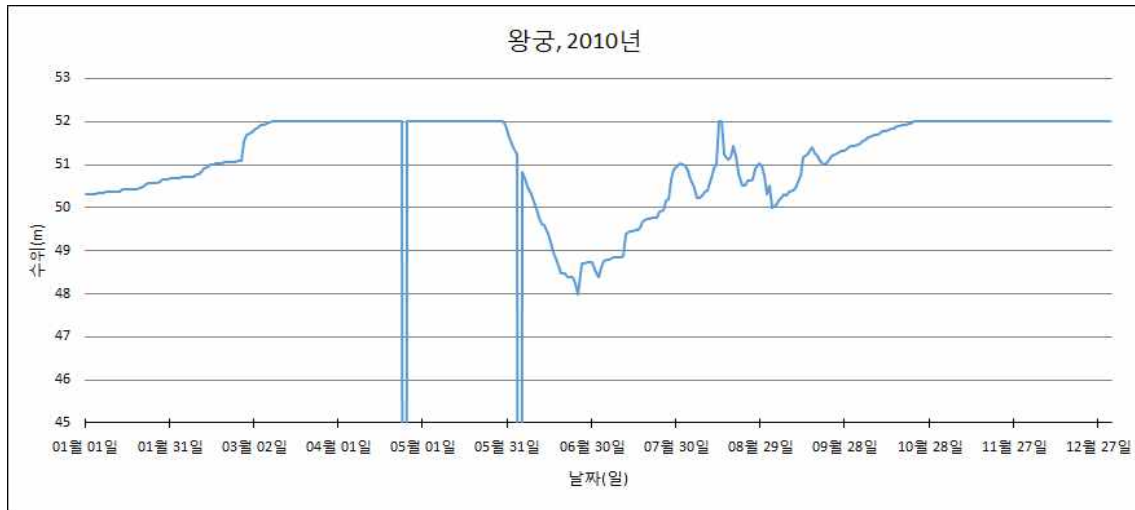


옥계저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

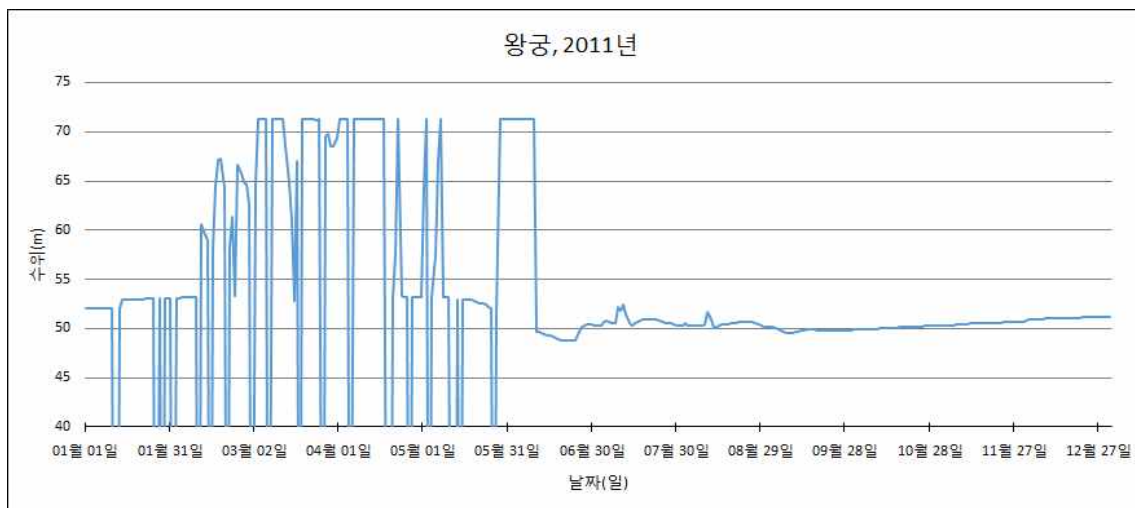


옥계저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

18. 왕궁 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



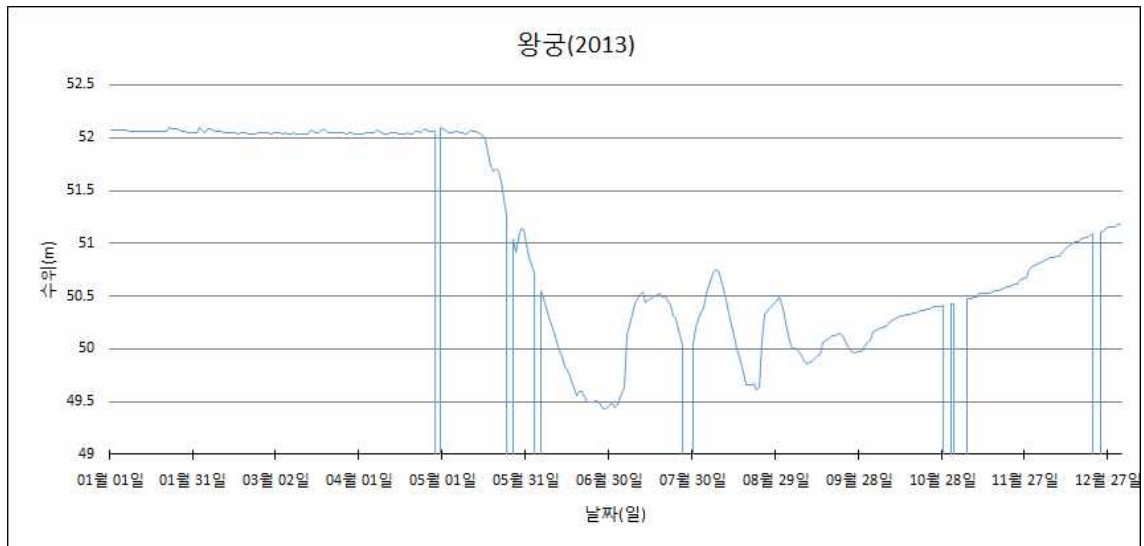
왕궁저수지(2010), 1일 간격



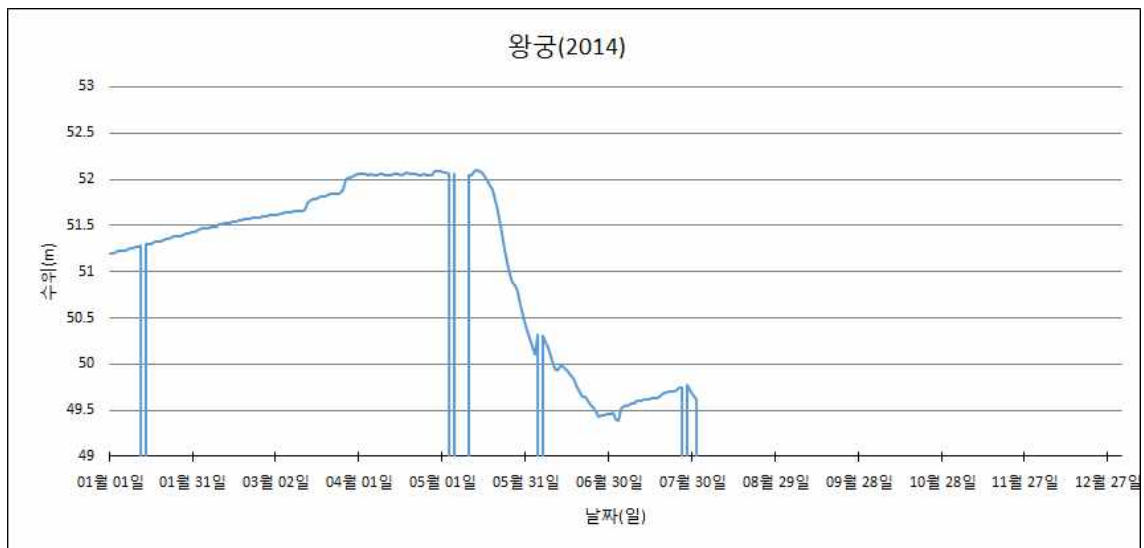
왕궁저수지(2011), 1일 간격



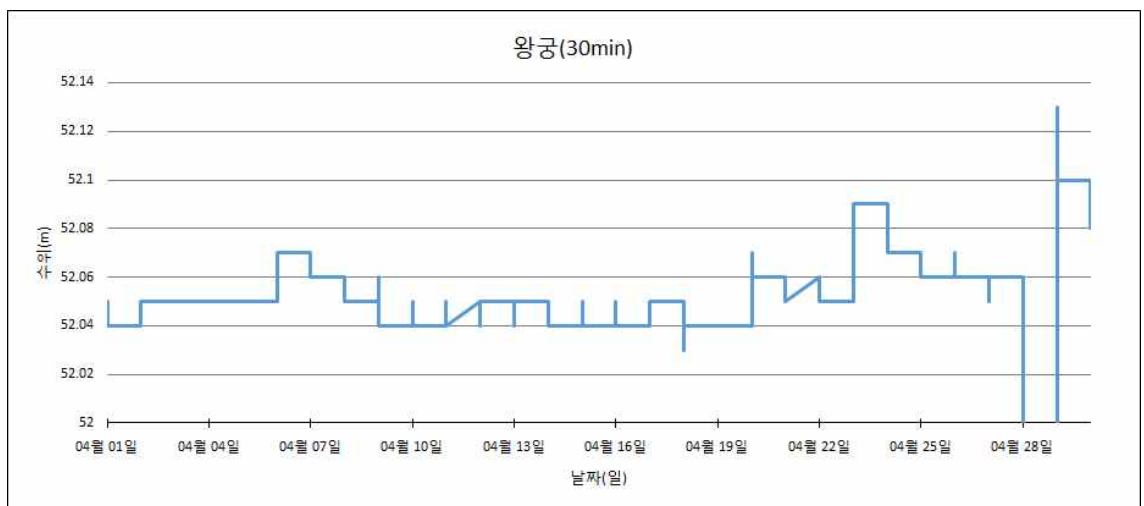
왕궁저수지(2012), 1일 간격



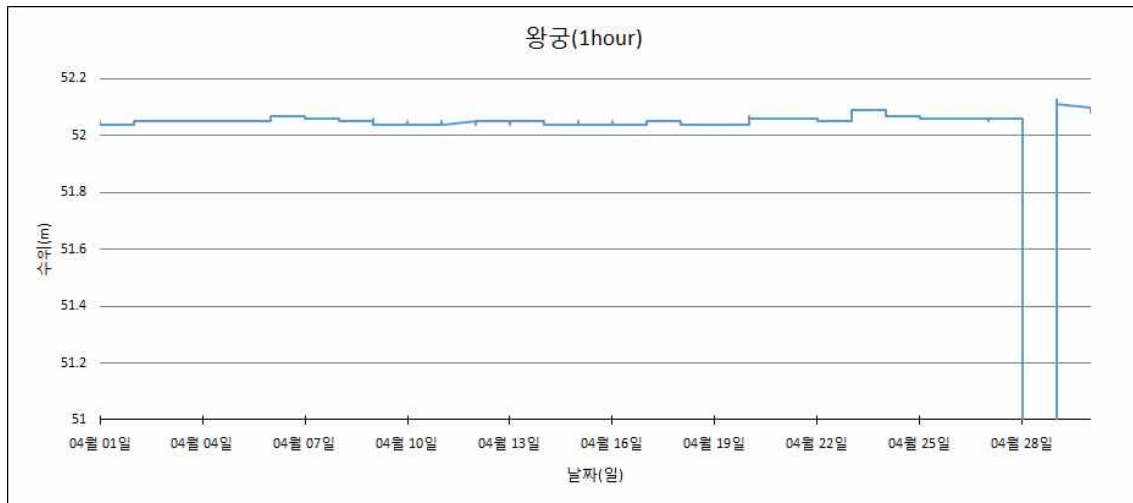
왕궁저수지(2013), 1일 간격



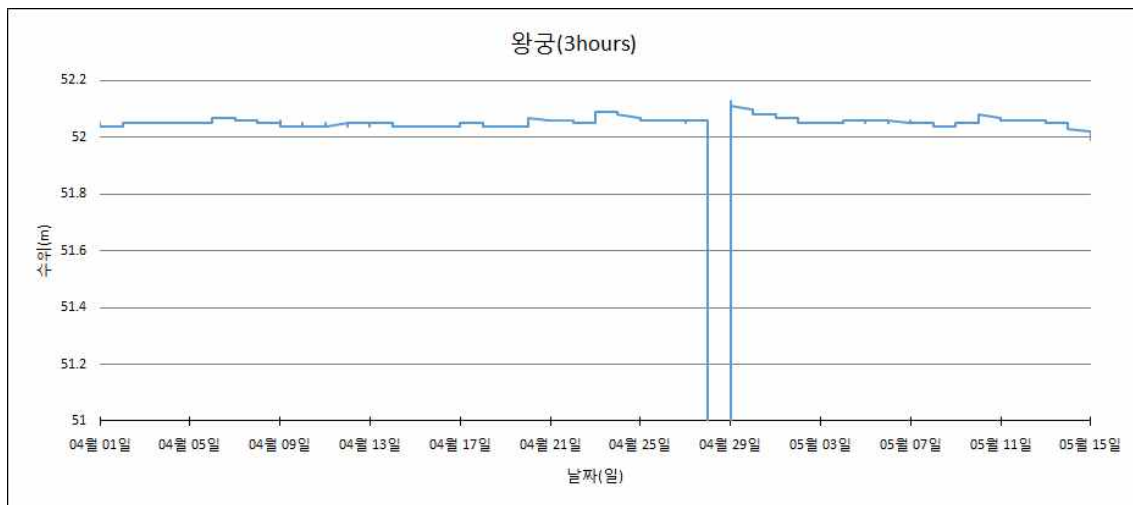
왕궁저수지(2014), 1일 간격



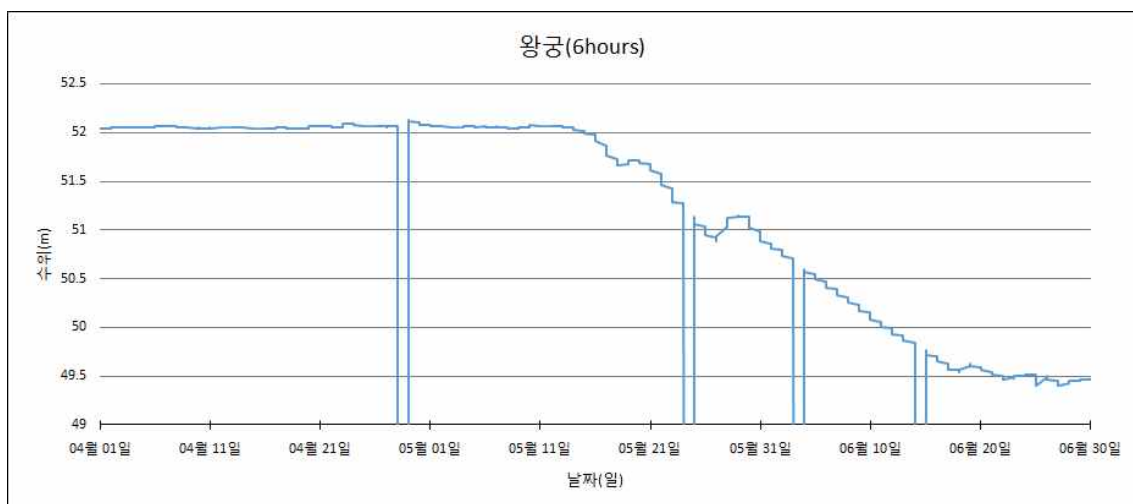
왕궁저수지(2013, 4월), 30분 간격



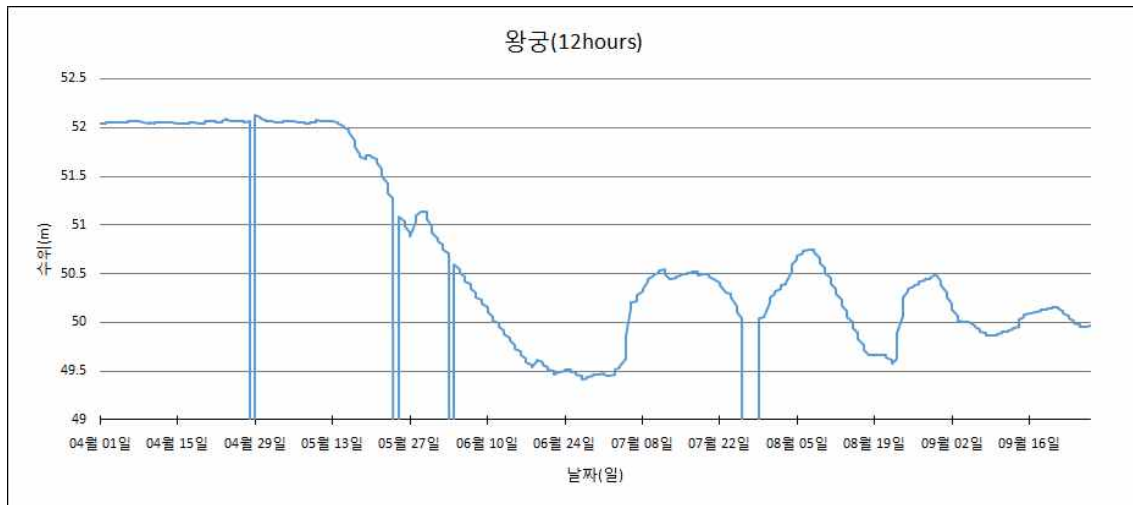
왕궁저수지(2013, 4월), 1시간 간격



왕궁저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

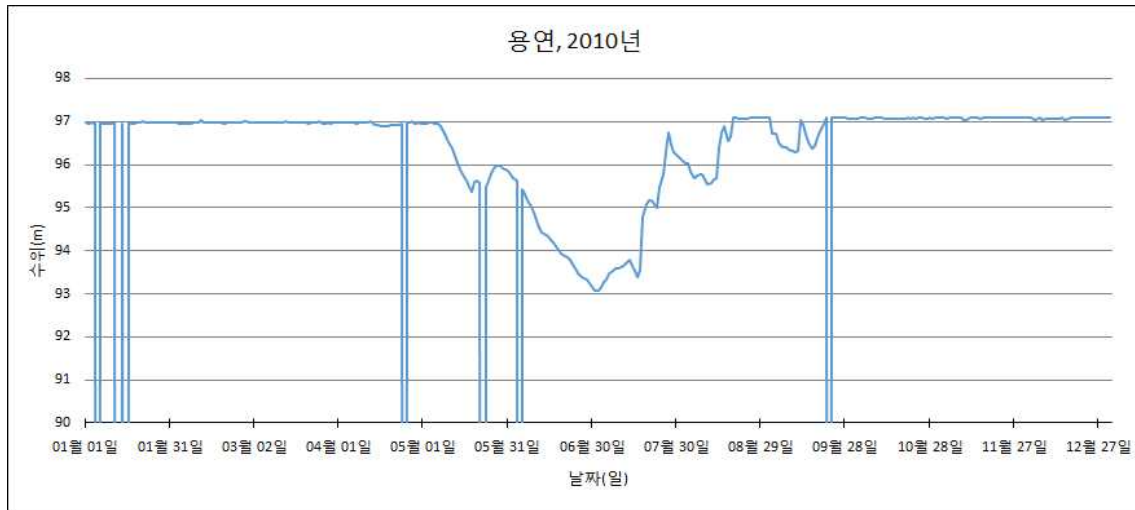


왕궁저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

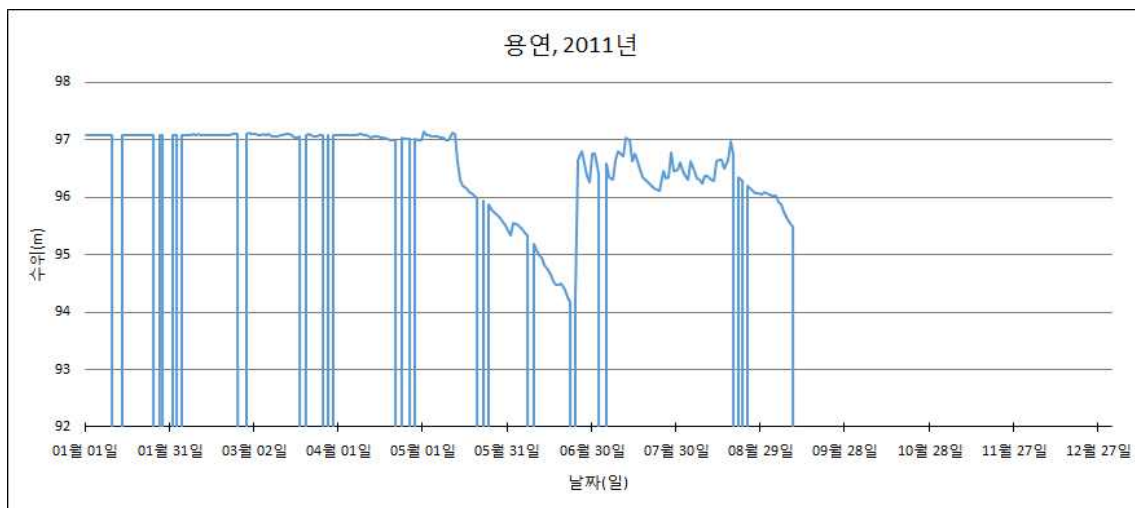


왕궁저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

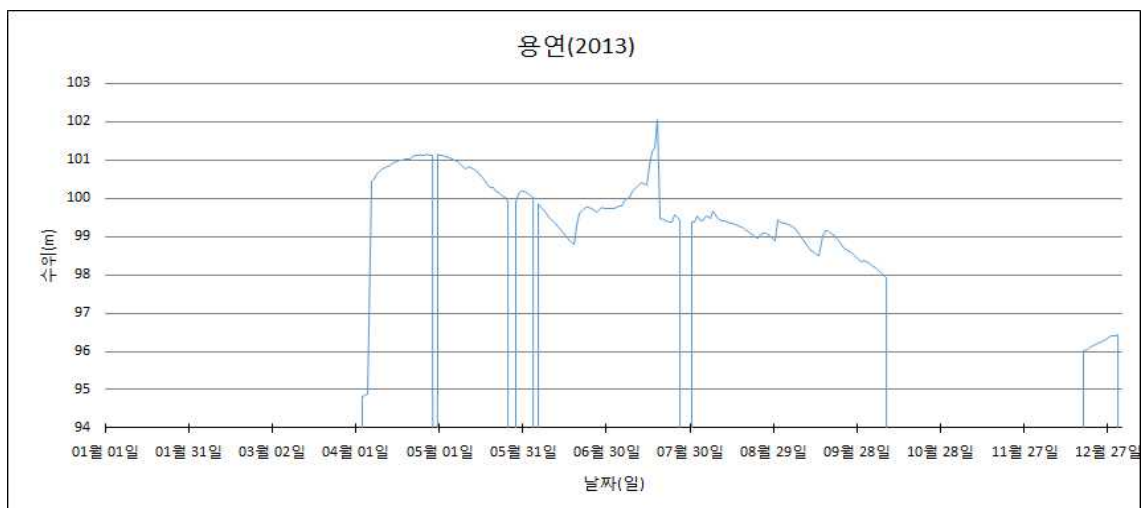
19. 용연 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



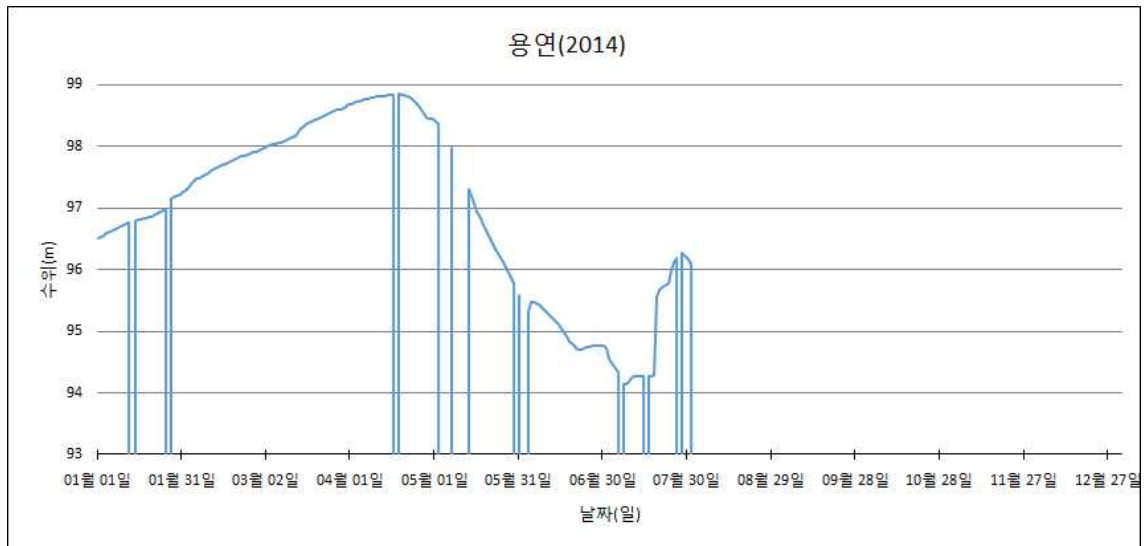
용연저수지(2010), 1일 간격



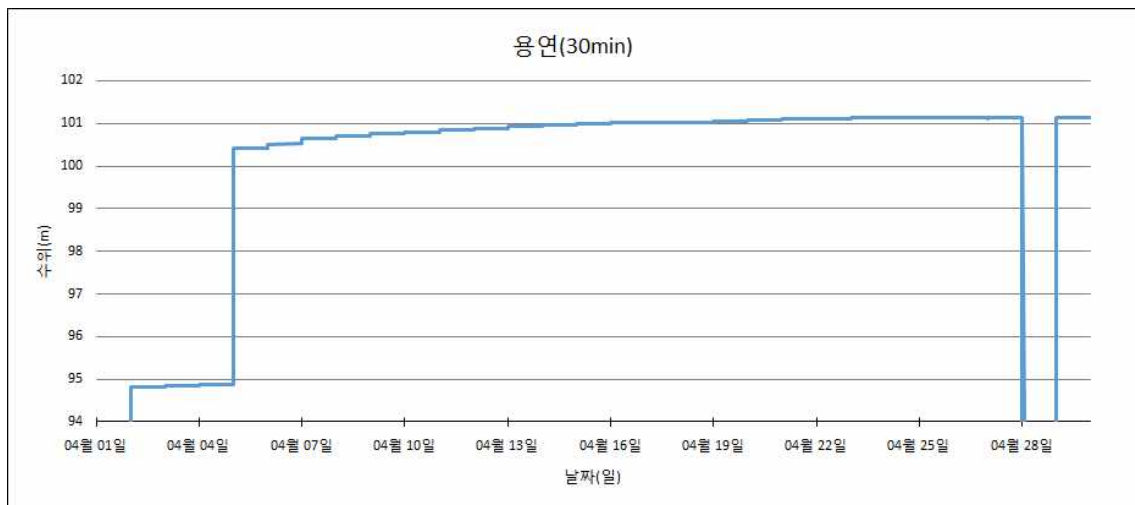
용연저수지(2011), 1일 간격



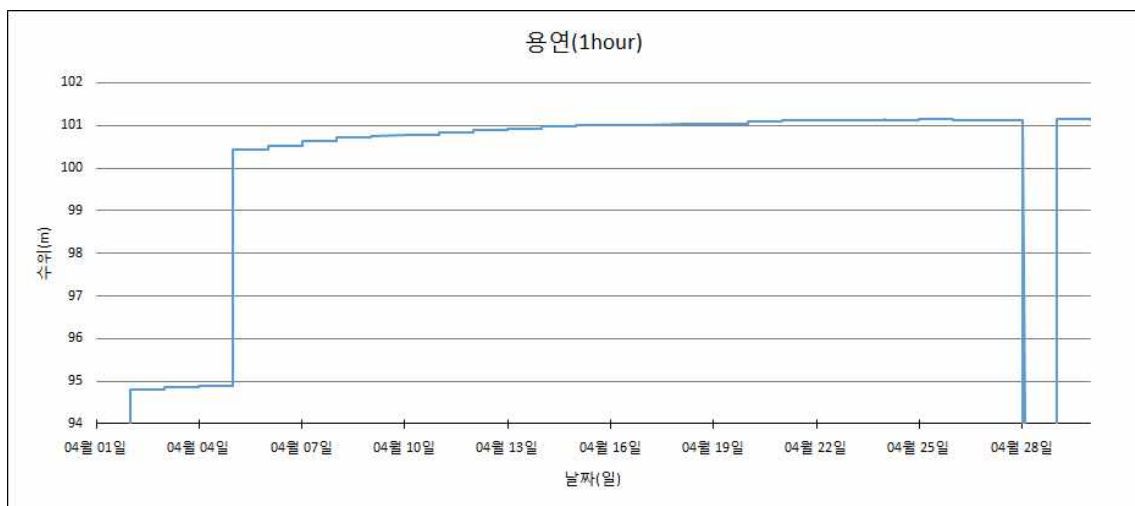
용연저수지(2013), 1일 간격



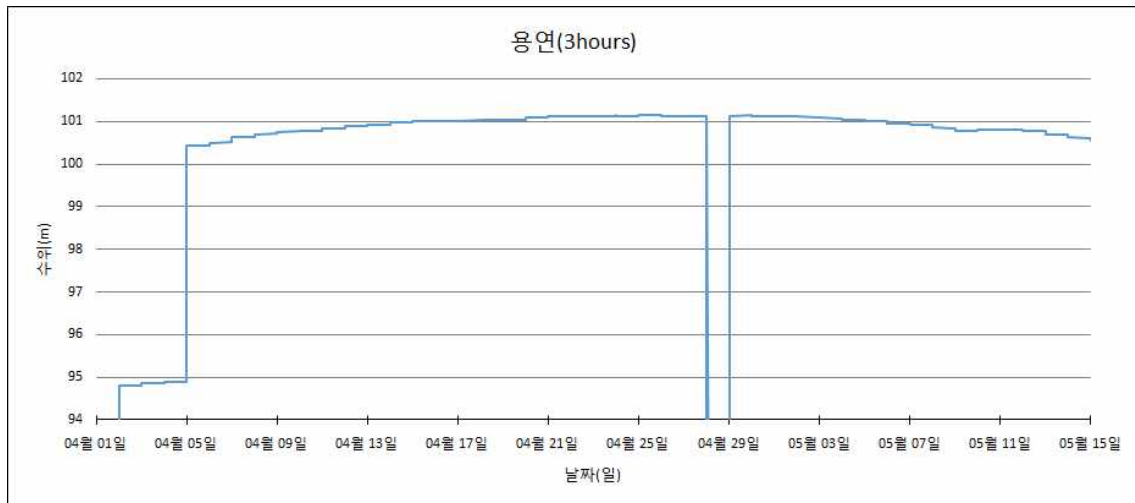
용연저수지(2014), 1일 간격



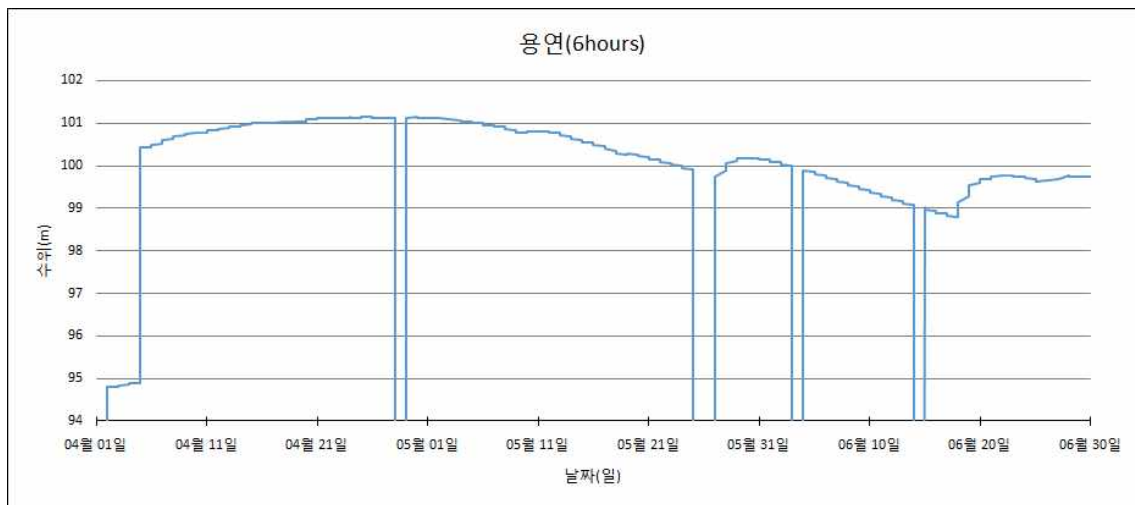
용연저수지(2013, 4월), 30분 간격



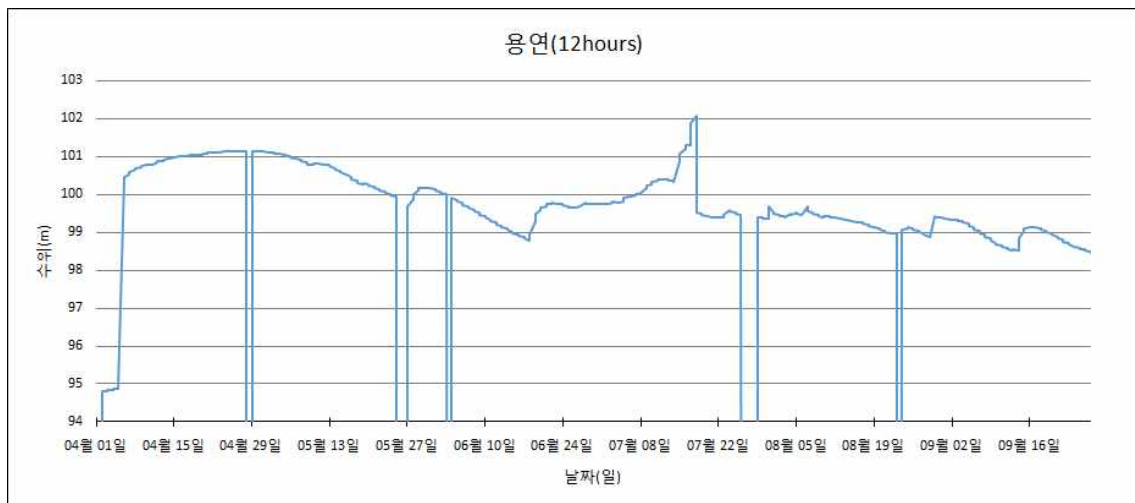
용연저수지(2013, 4월), 1시간 간격



용연저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

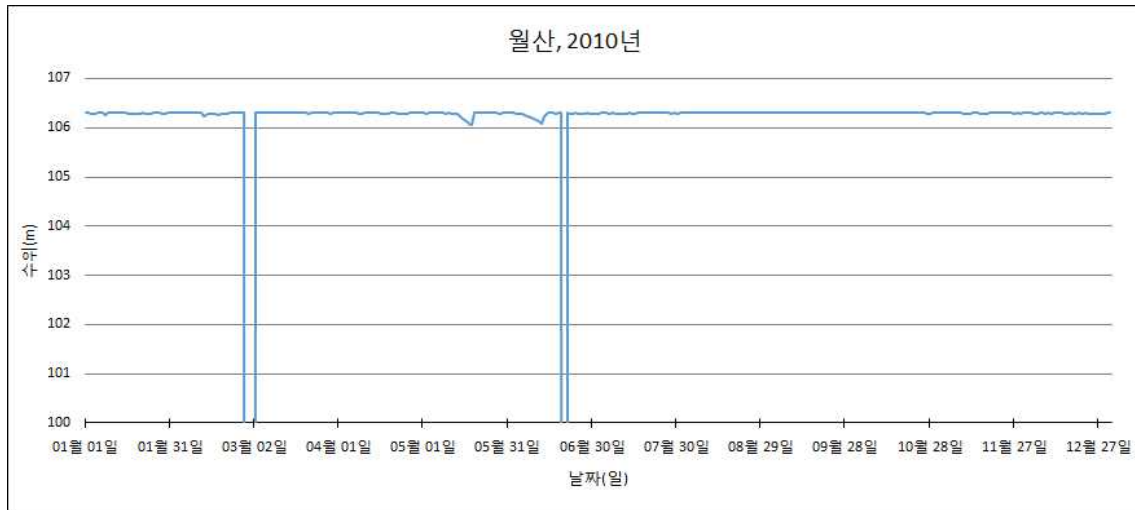


용연저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

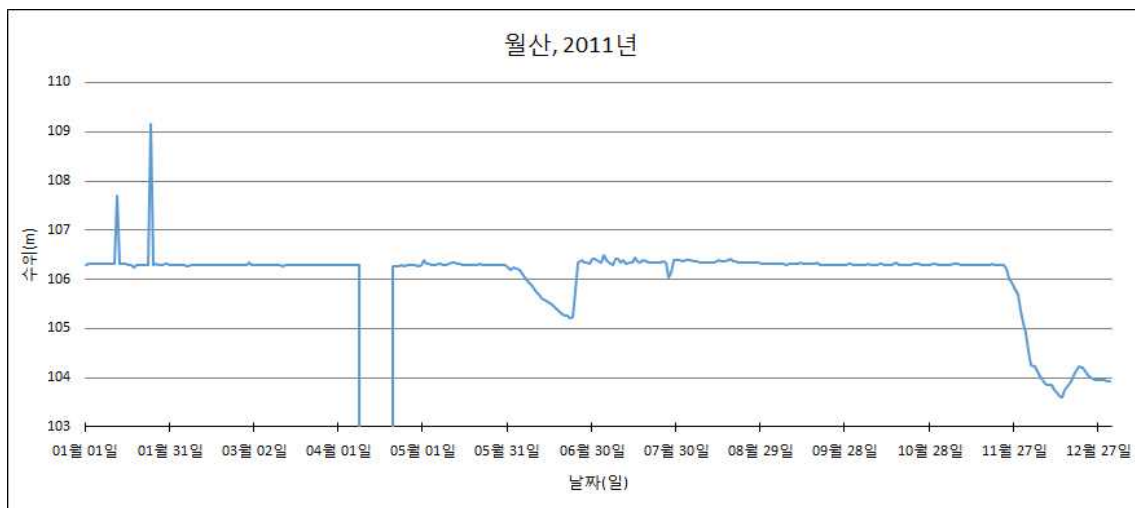


용연저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

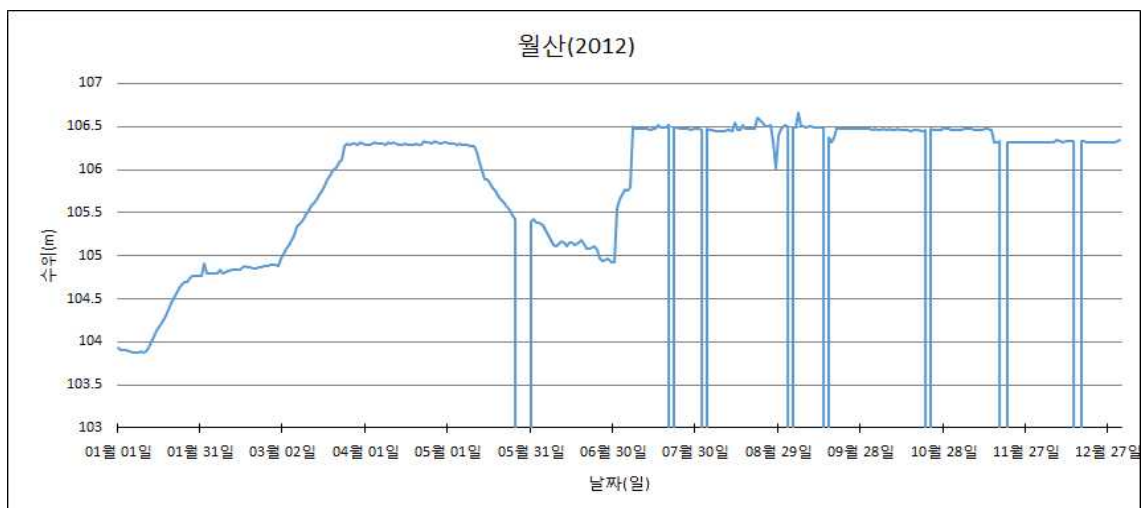
20. 월산 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



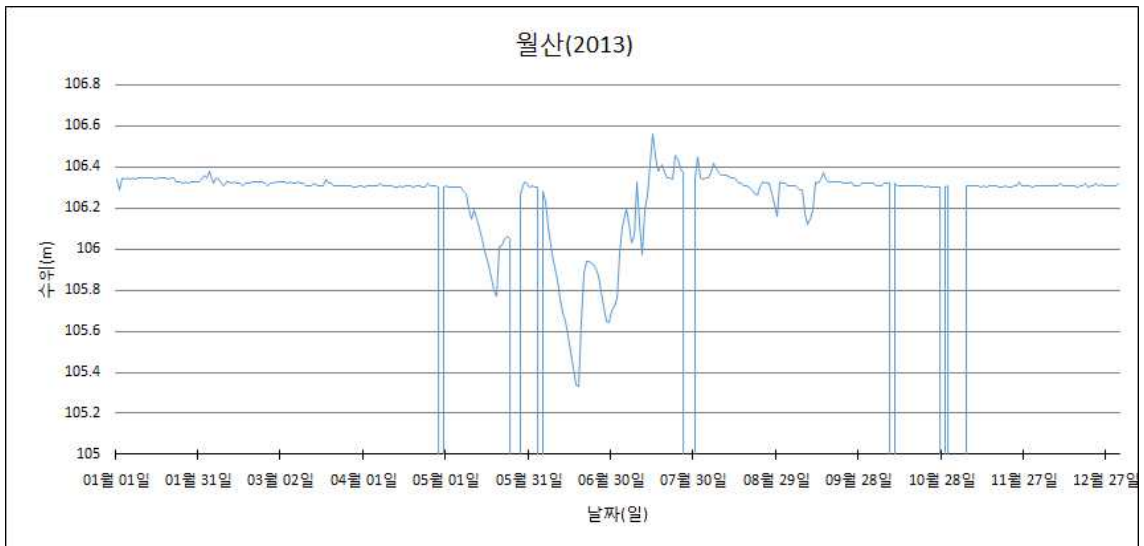
월산저수지(2010), 1일 간격



월산저수지(2011), 1일 간격



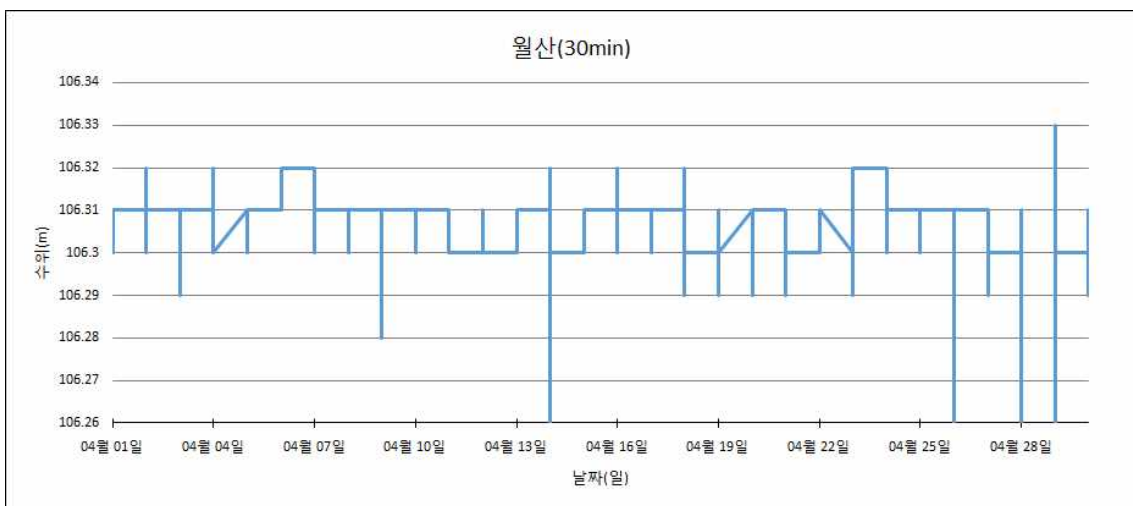
월산저수지(2012), 1일 간격



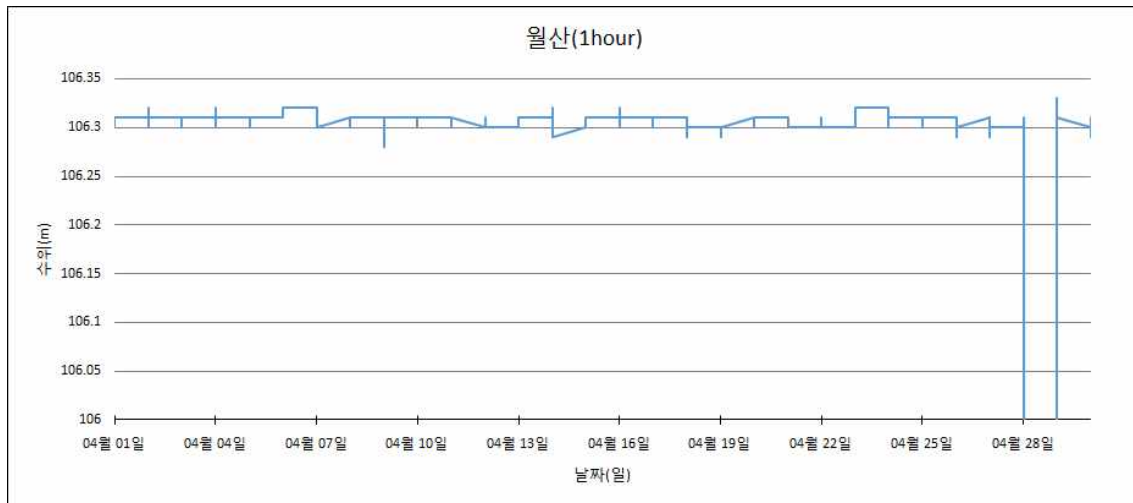
월산저수지(2013), 1일 간격



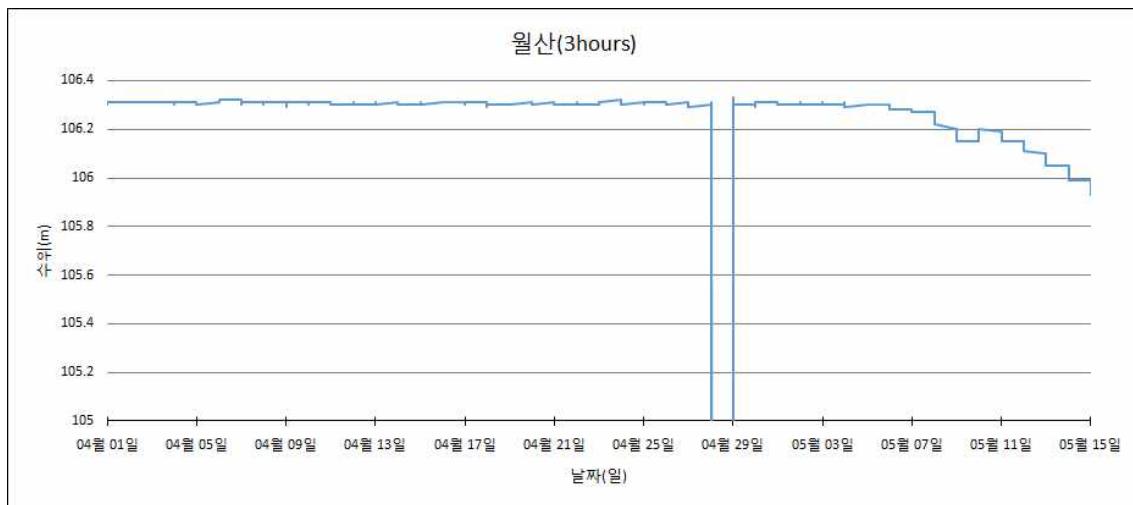
월산저수지(2014), 1일 간격



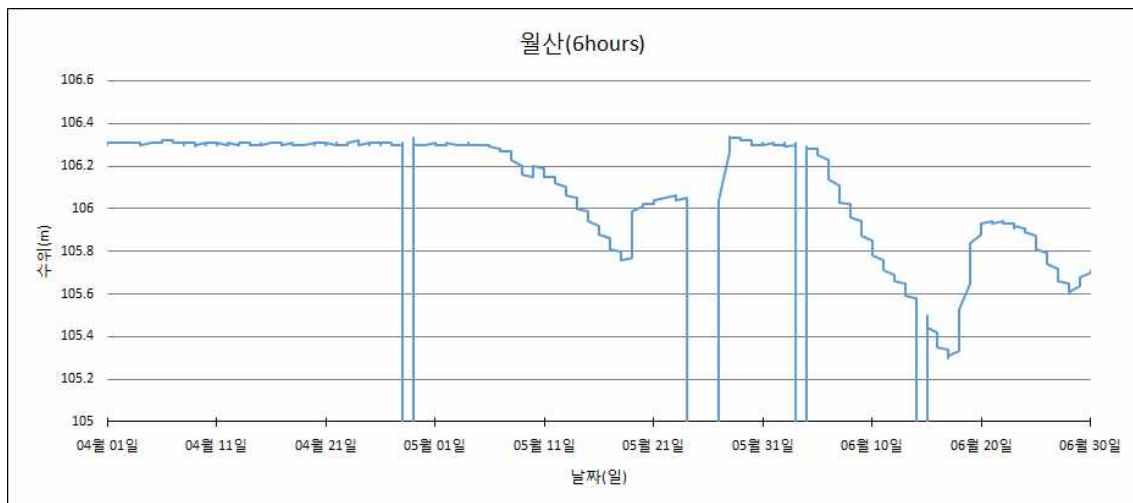
월산저수지(2013, 4월), 30분 간격



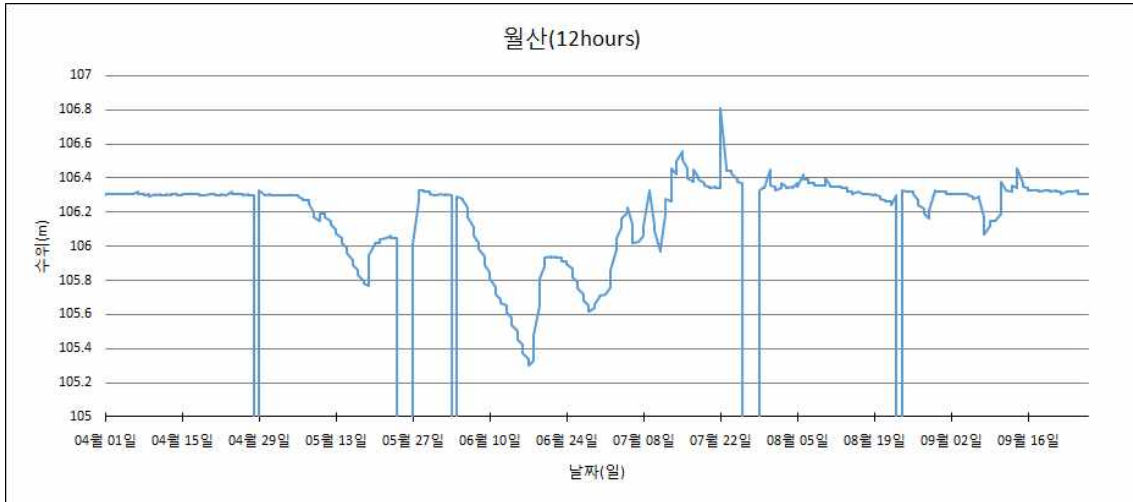
월산저수지(2013, 4월), 1시간 간격



월산저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

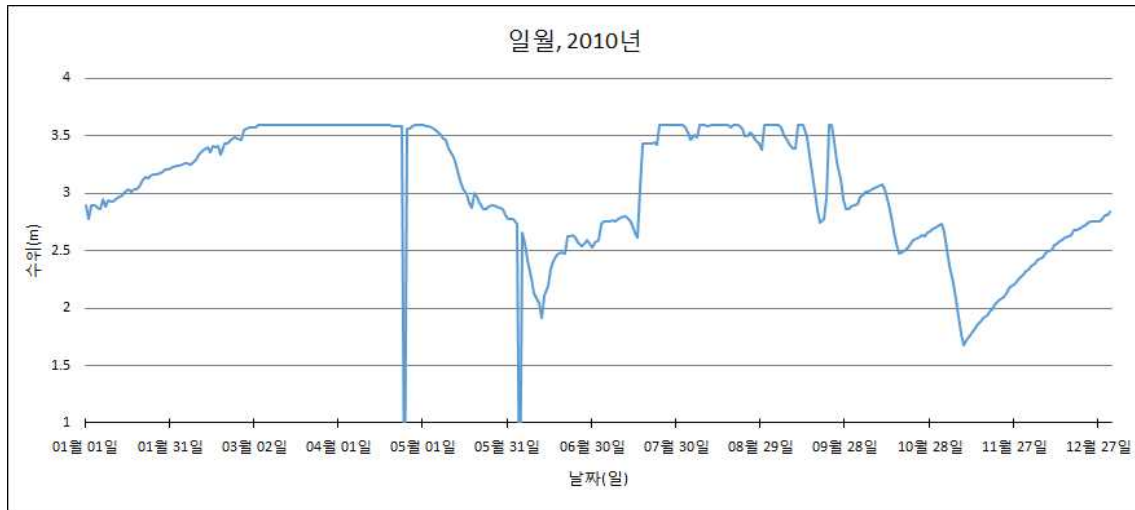


월산저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

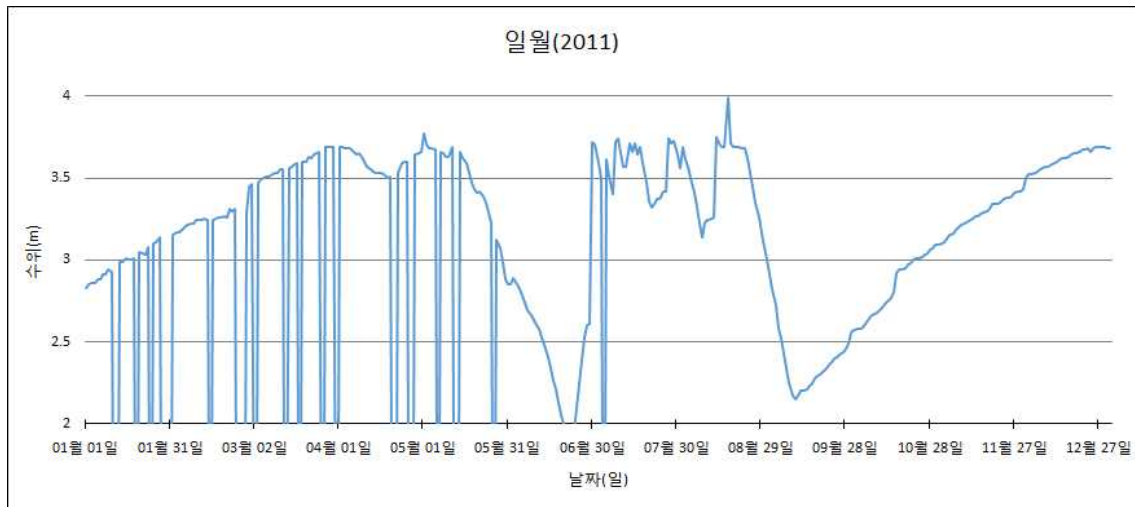


월산 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

21. 일월 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



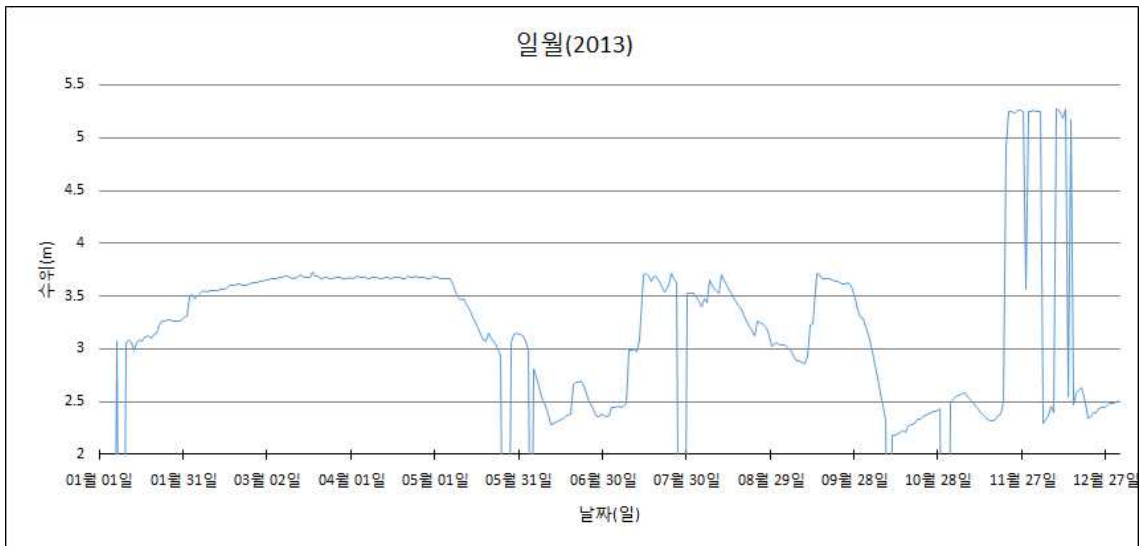
일월저수지(2010), 1일 간격



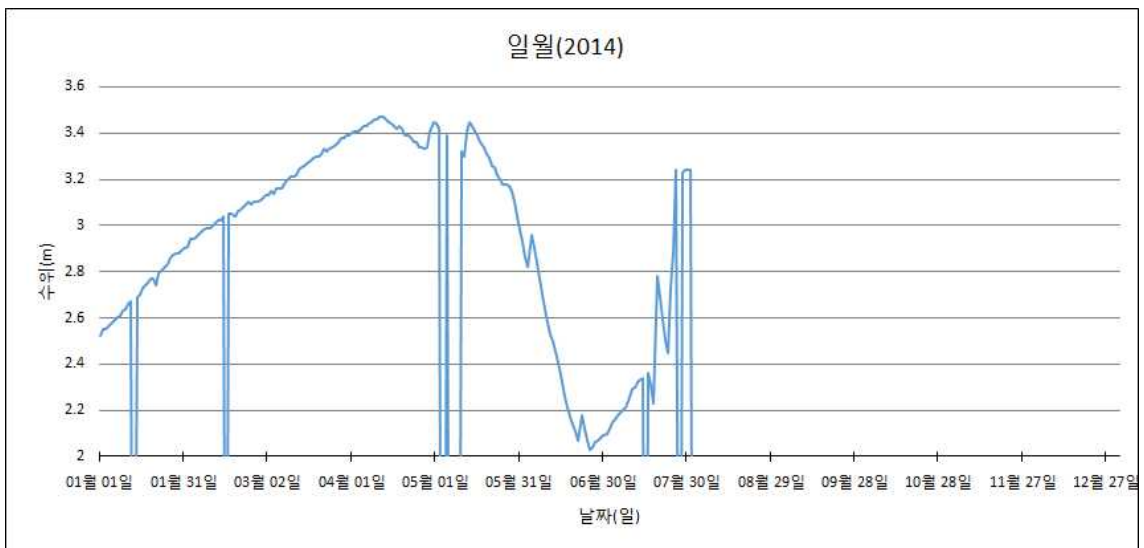
일월저수지(2011), 1일 간격



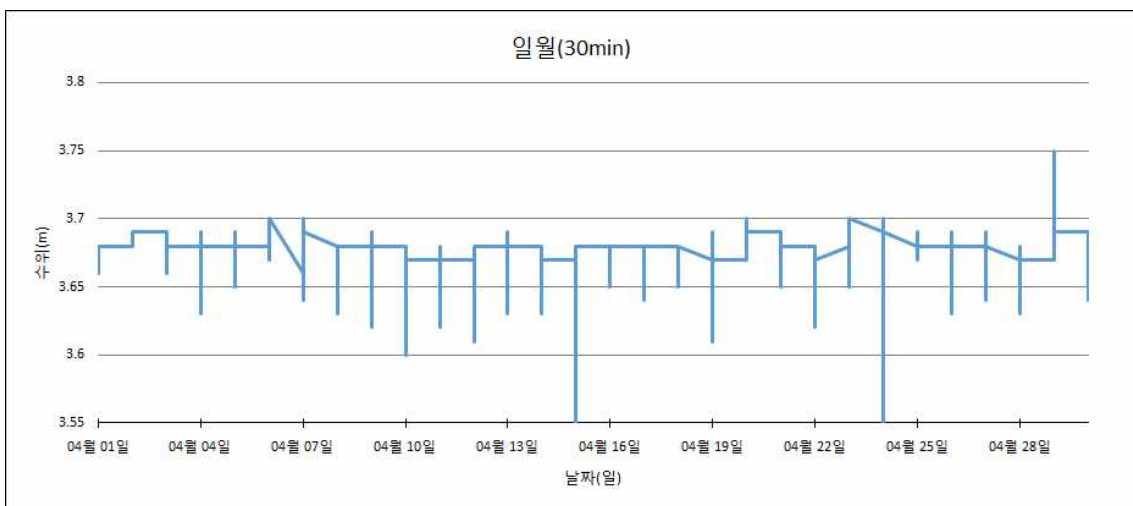
일월저수지(2012), 1일 간격



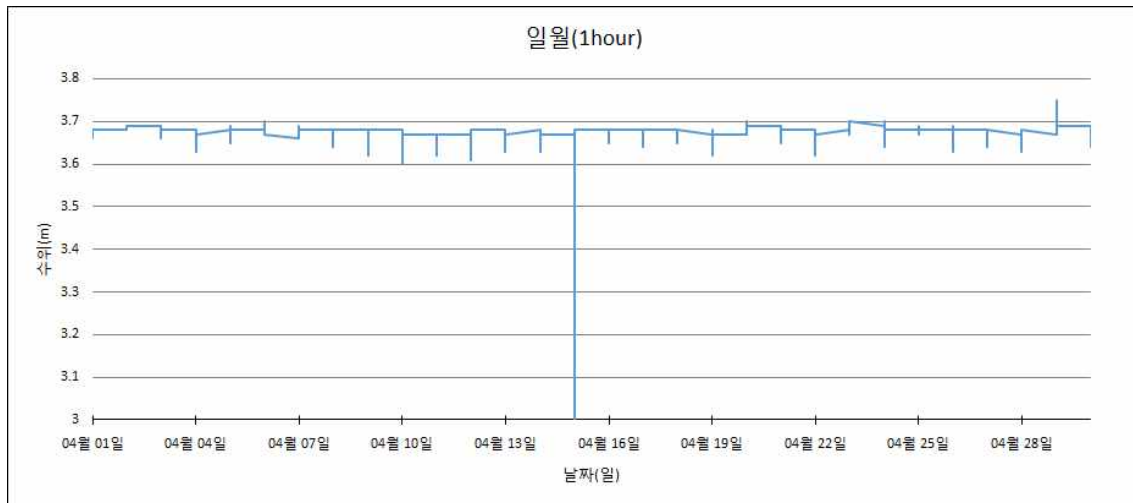
일월저수지(2013), 1일 간격



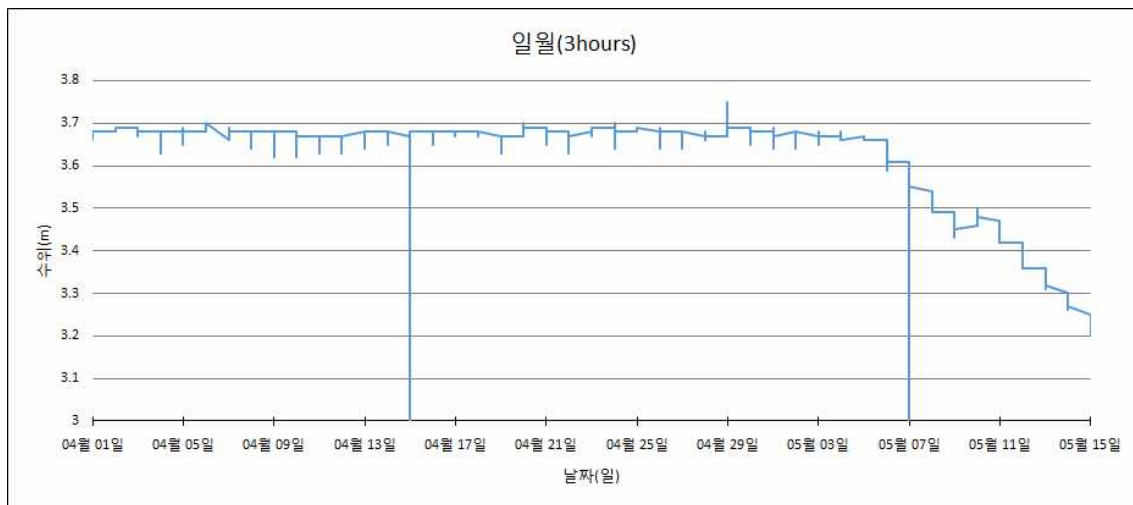
일월저수지(2014), 1일 간격



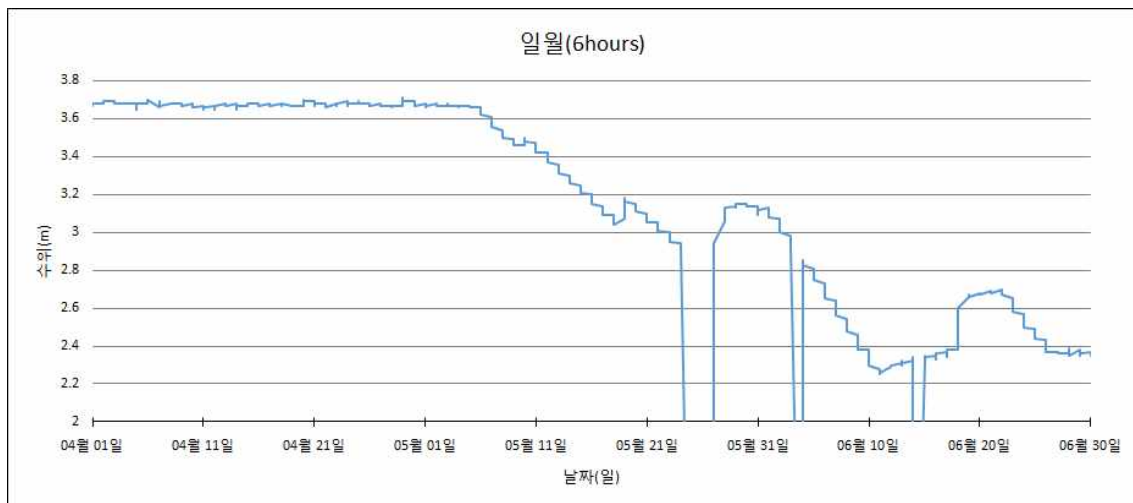
일월저수지(2013, 4월), 30분 간격



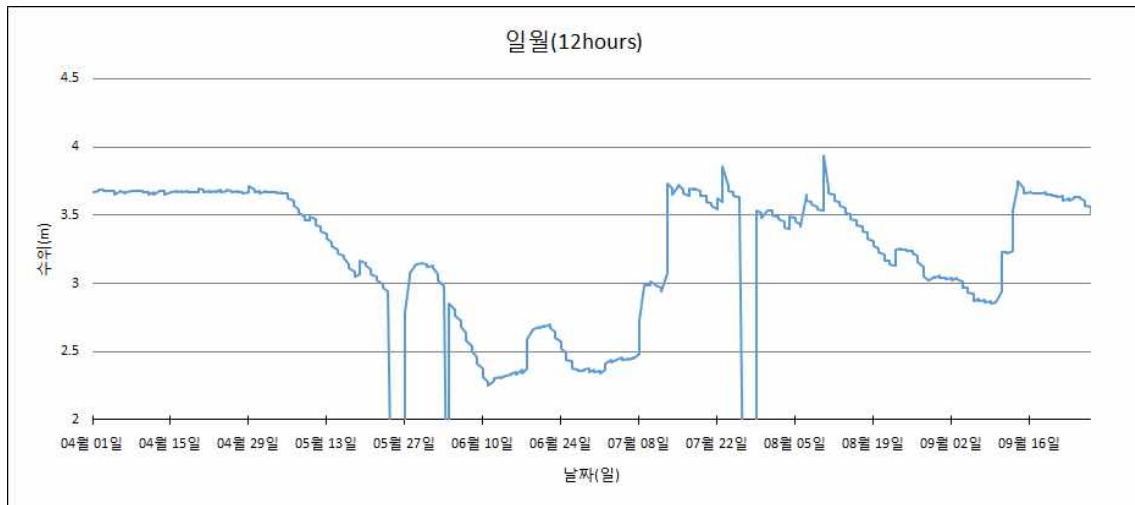
일월저수지(2013, 4월), 1시간 간격



일월저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

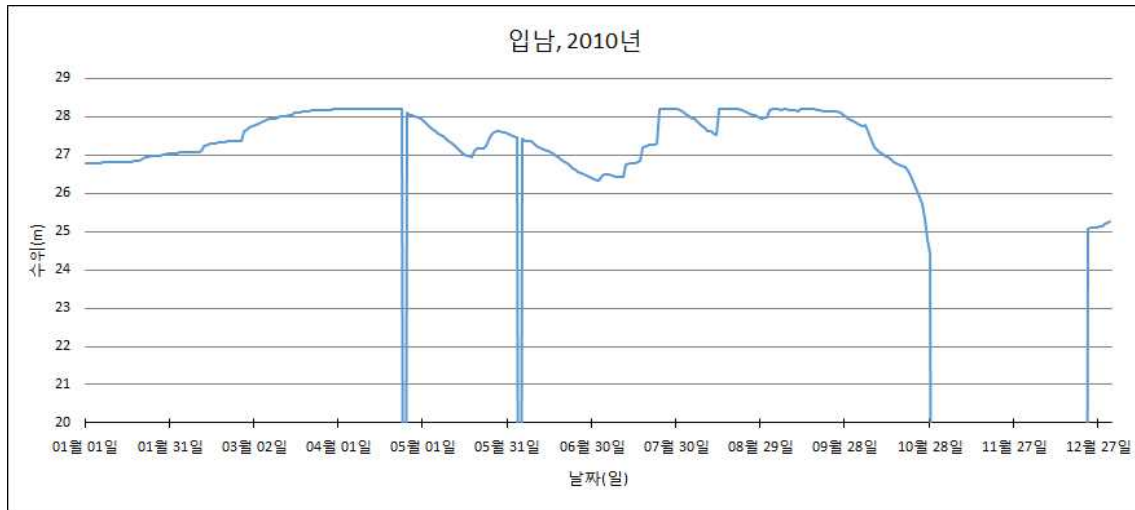


일월저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

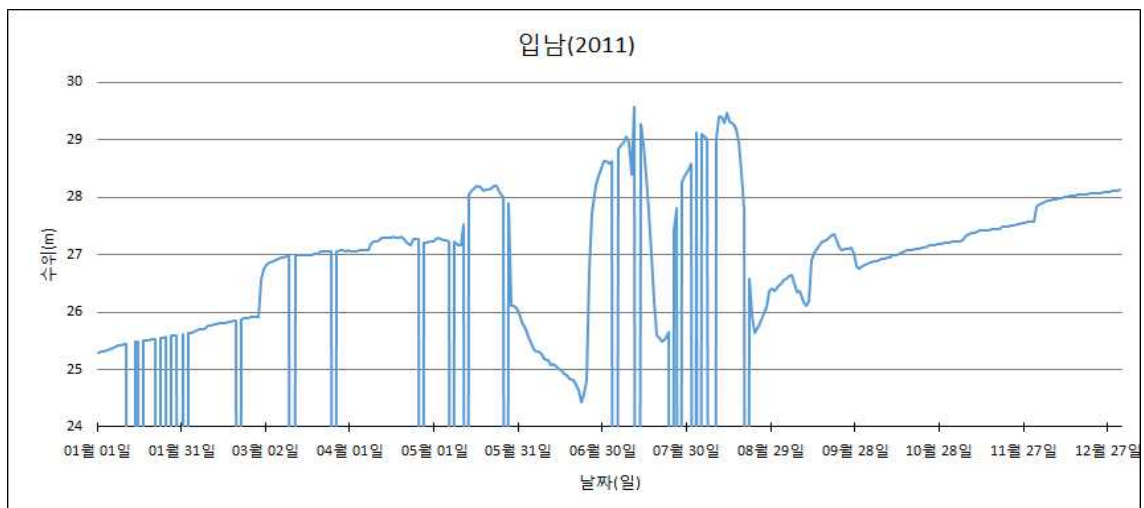


일월저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

22. 입남 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



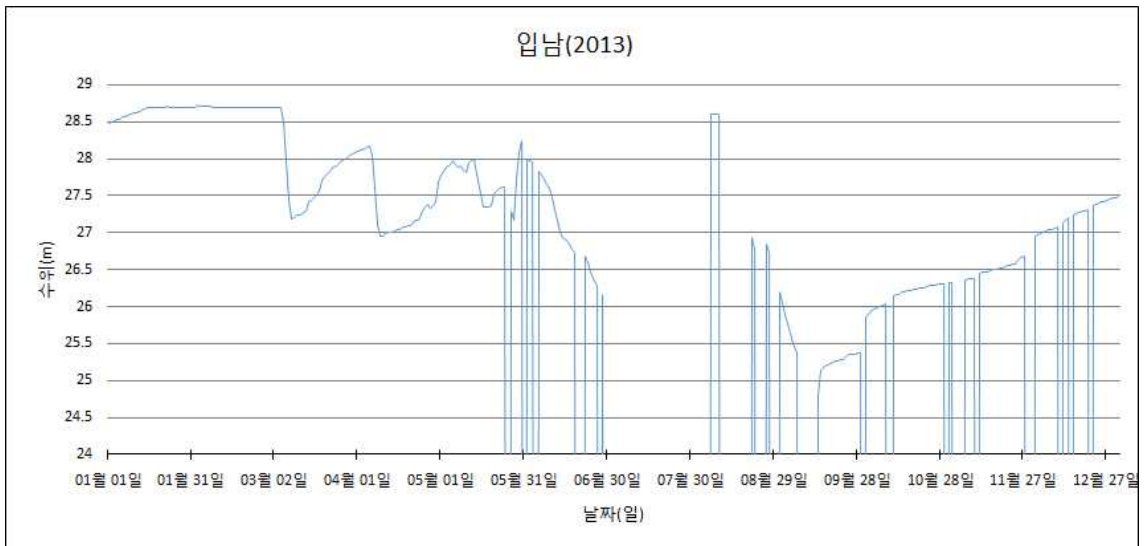
입남저수지(2010), 1일 간격



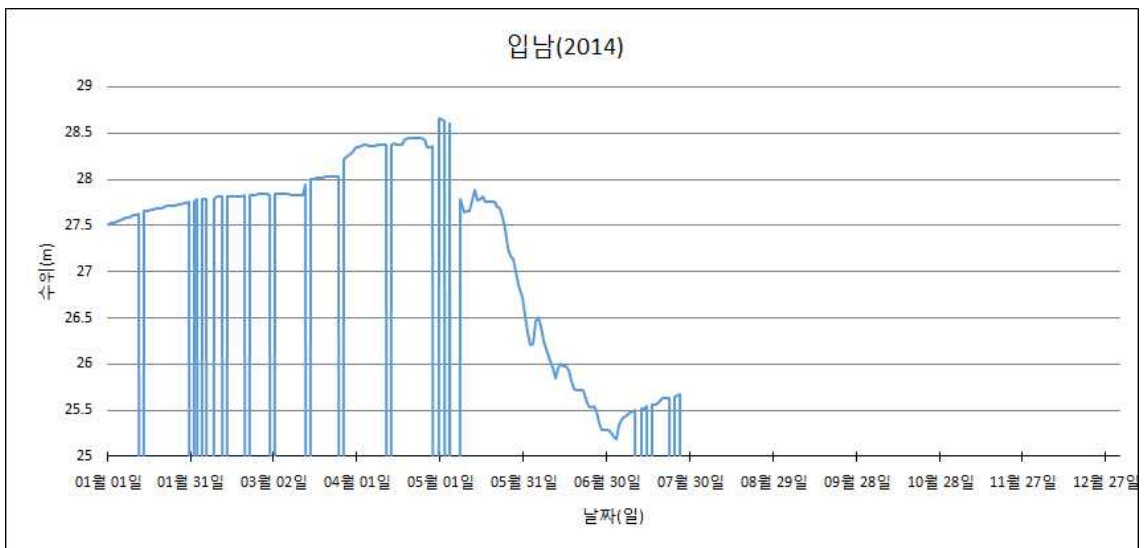
입남저수지(2011), 1일 간격



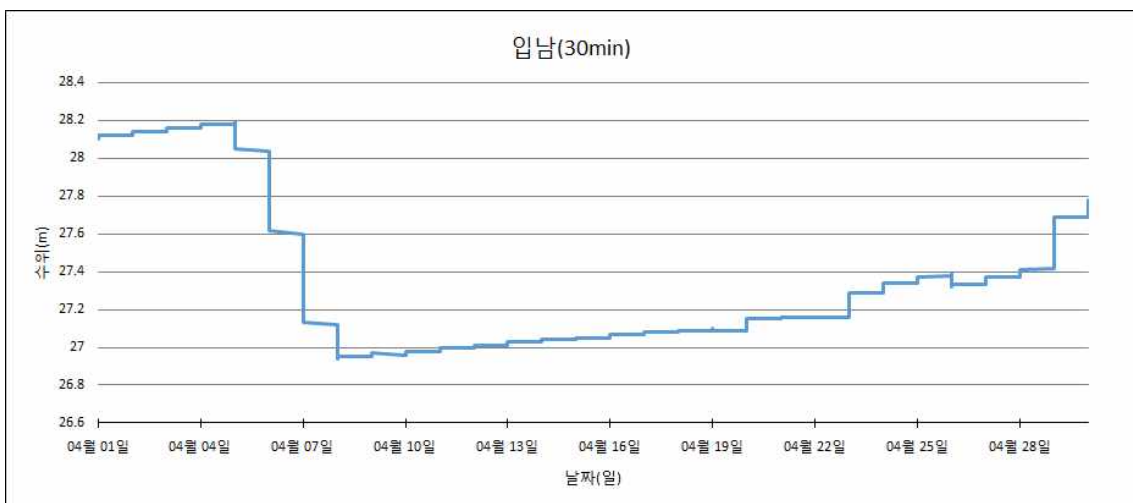
입남저수지(2012), 1일 간격



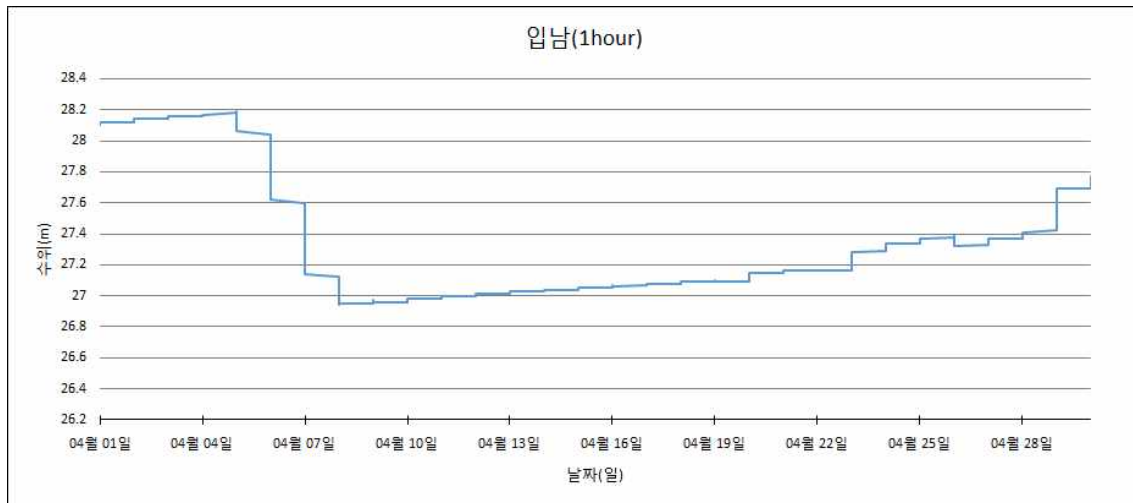
입남저수지(2013), 1일 간격



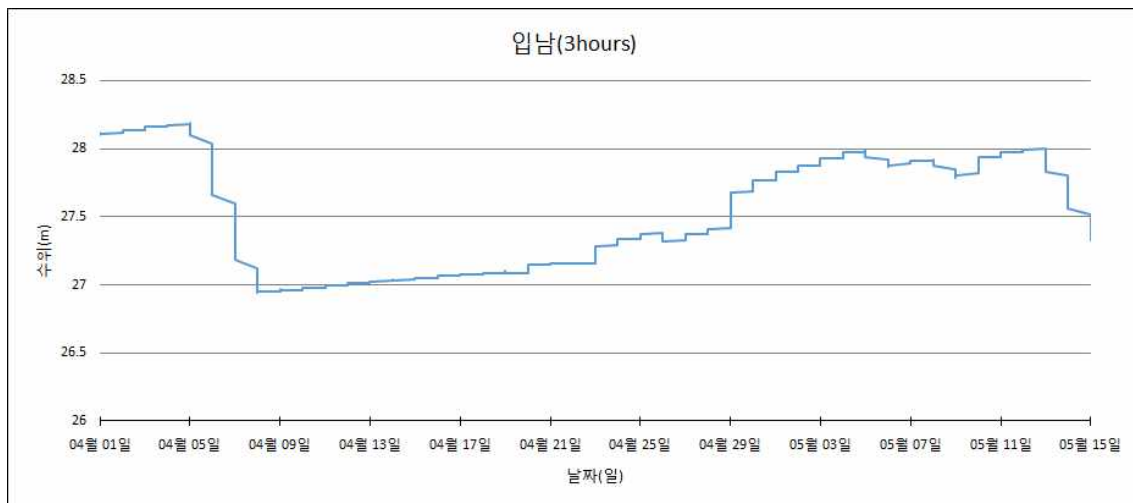
입남저수지(2014), 1일 간격



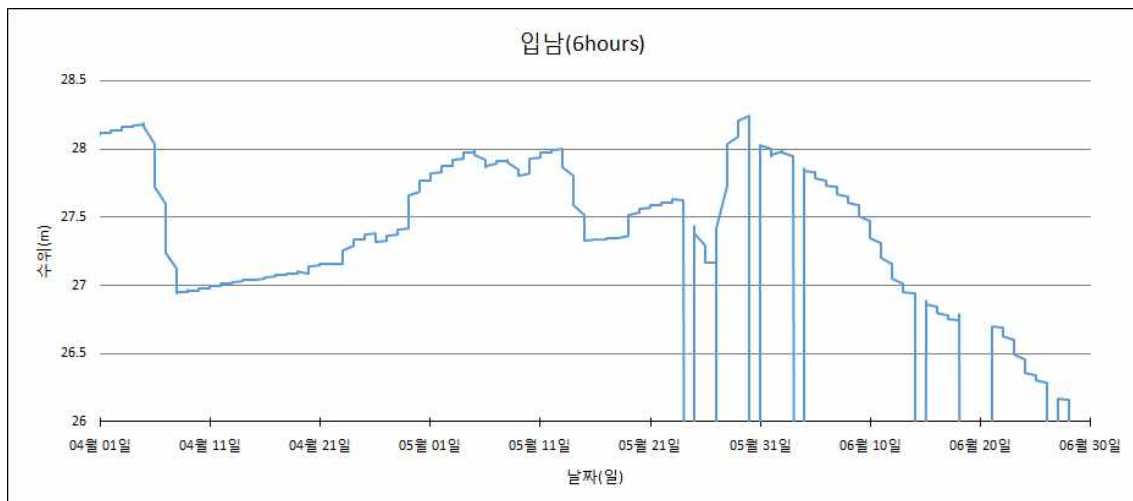
입남저수지(2013, 4월), 30분 간격



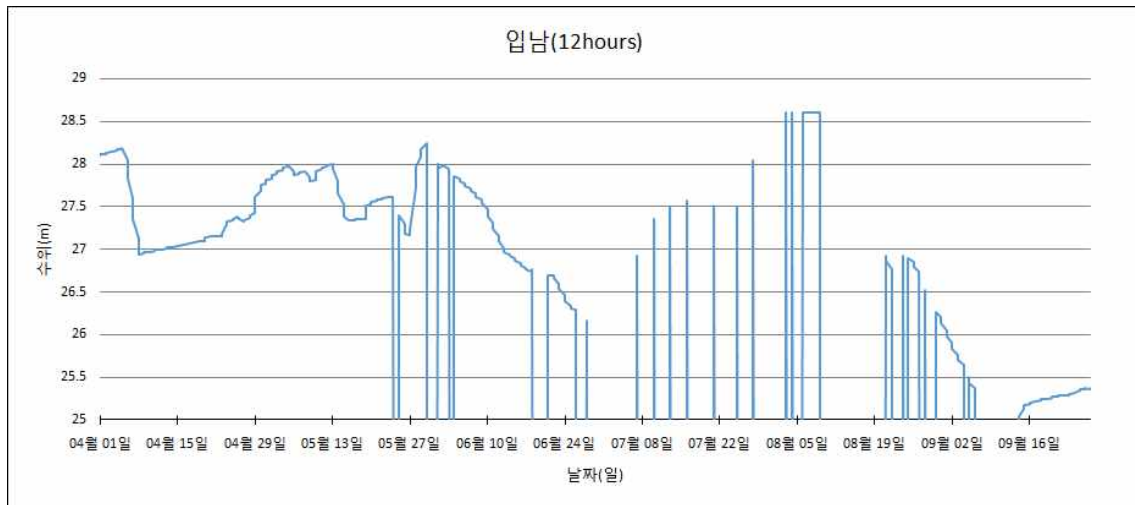
입남저수지(2013, 4월), 1시간 간격



입남저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

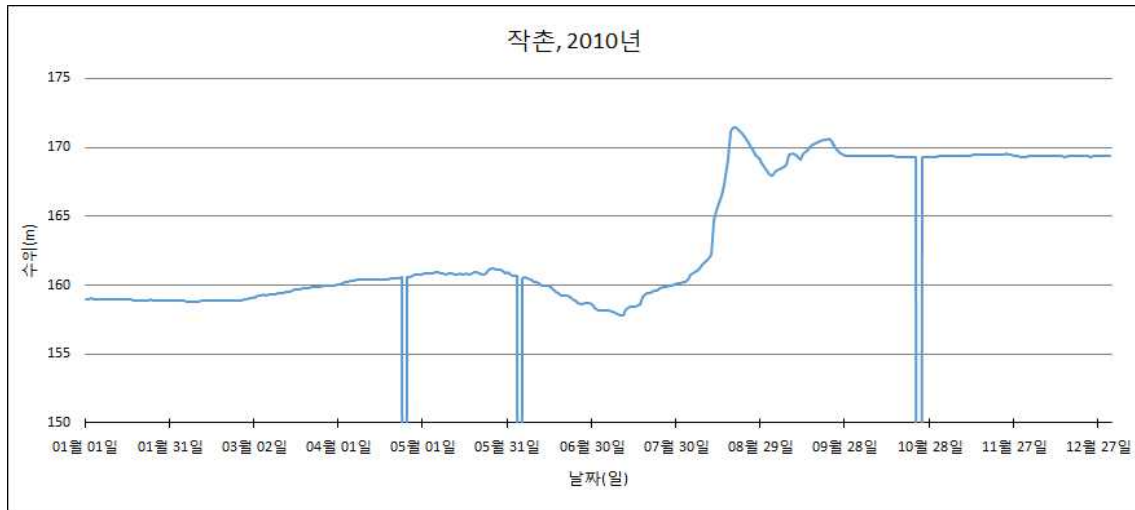


입남저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

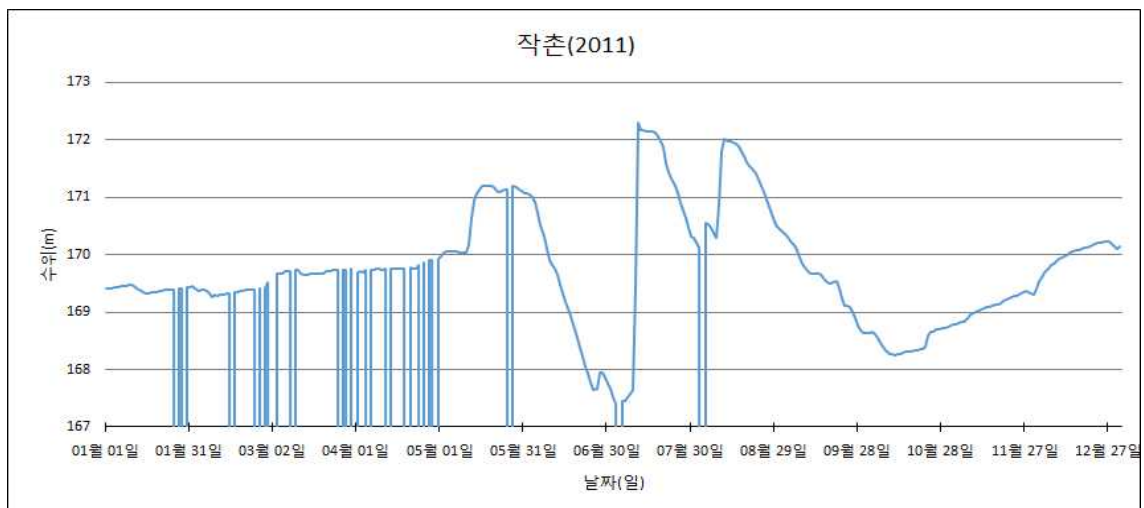


입남저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

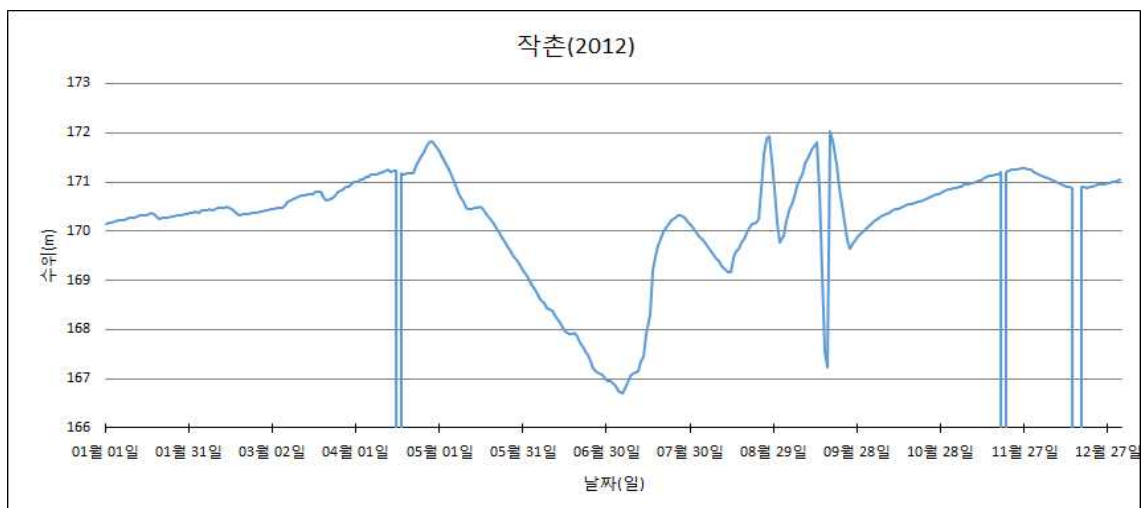
23. 작촌 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



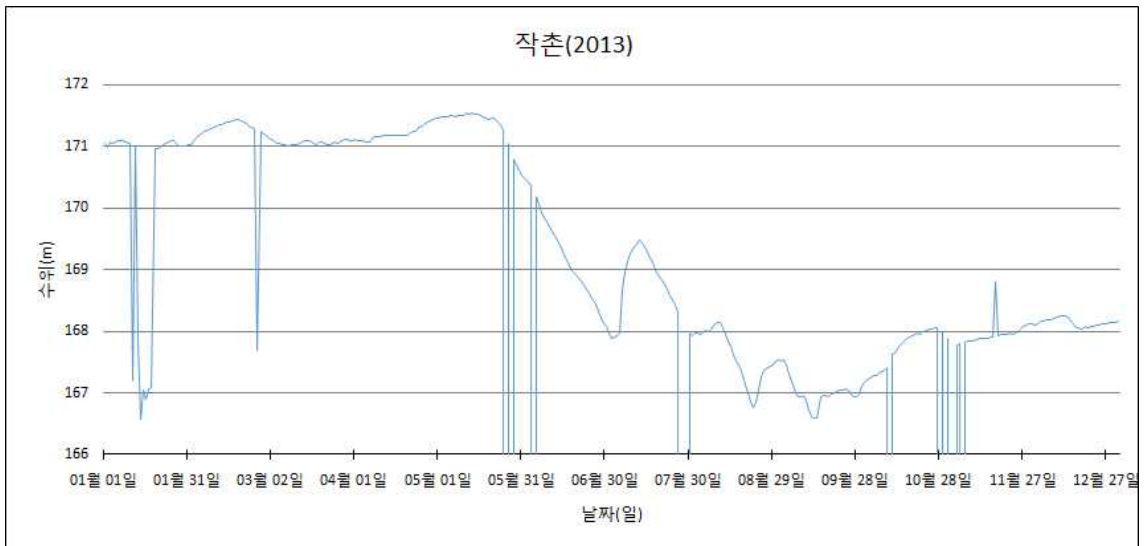
작촌저수지(2010), 1일 간격



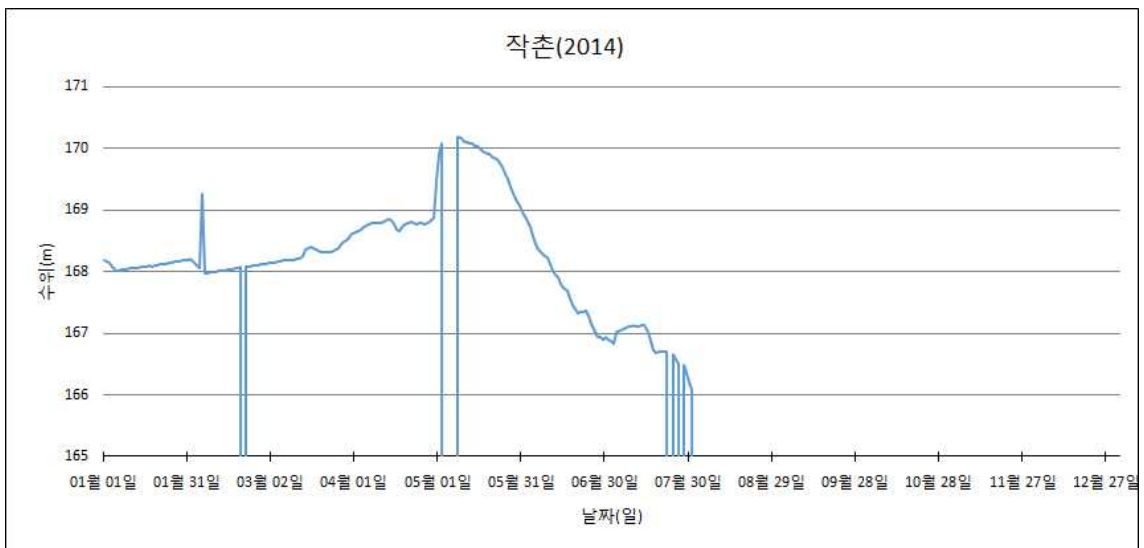
작촌저수지(2011), 1일 간격



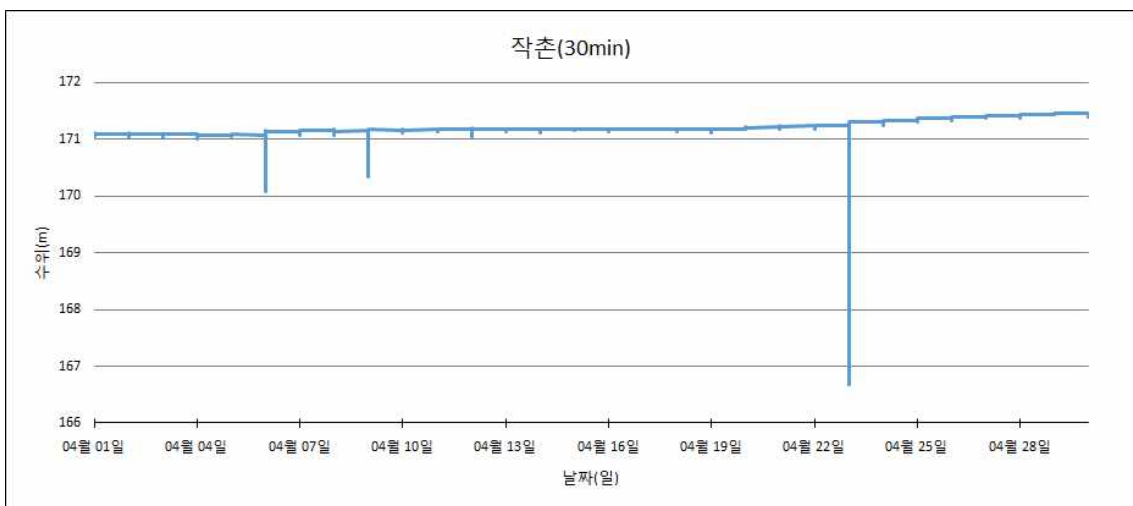
작촌저수지(2012), 1일 간격



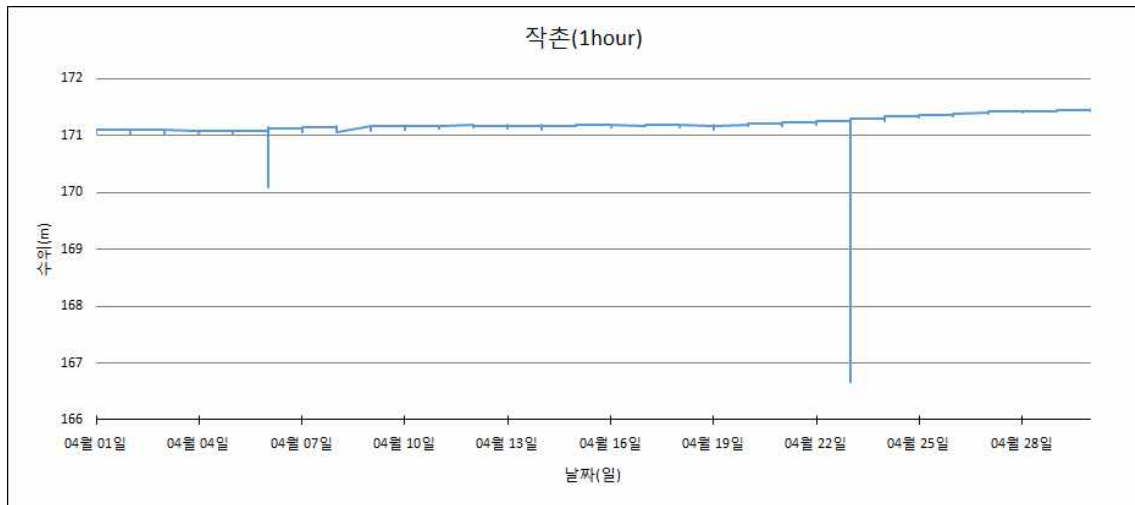
작촌저수지(2013), 1일 간격



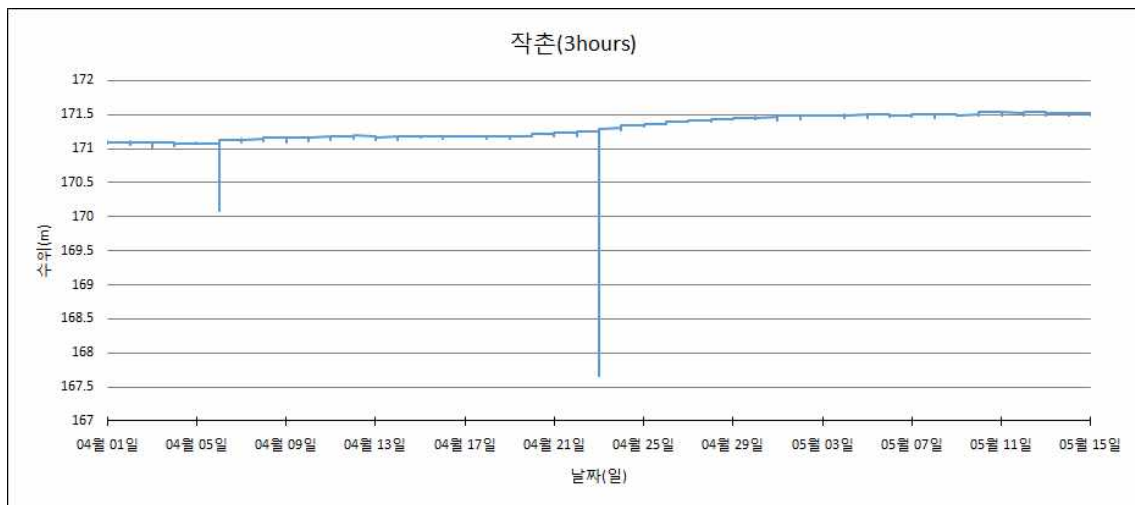
작촌저수지(2014), 1일 간격



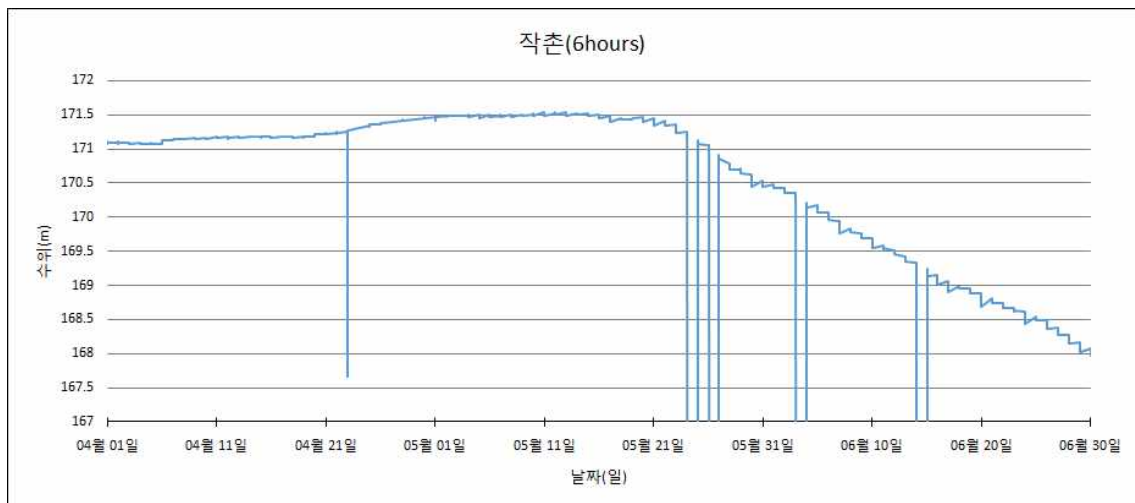
작촌저수지(2013, 4월), 30분 간격



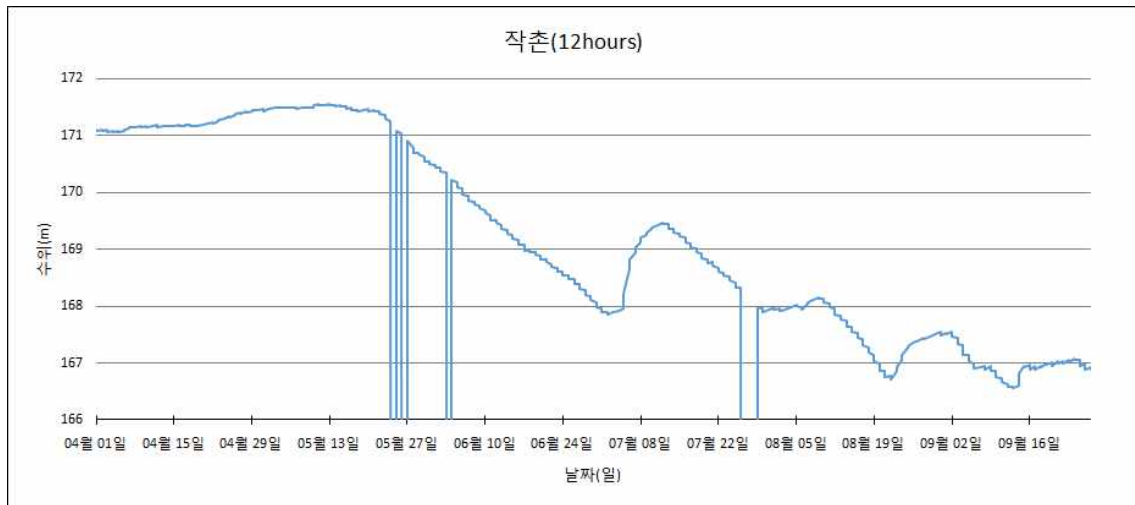
작촌저수지(2013, 4월), 1시간 간격



작촌저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

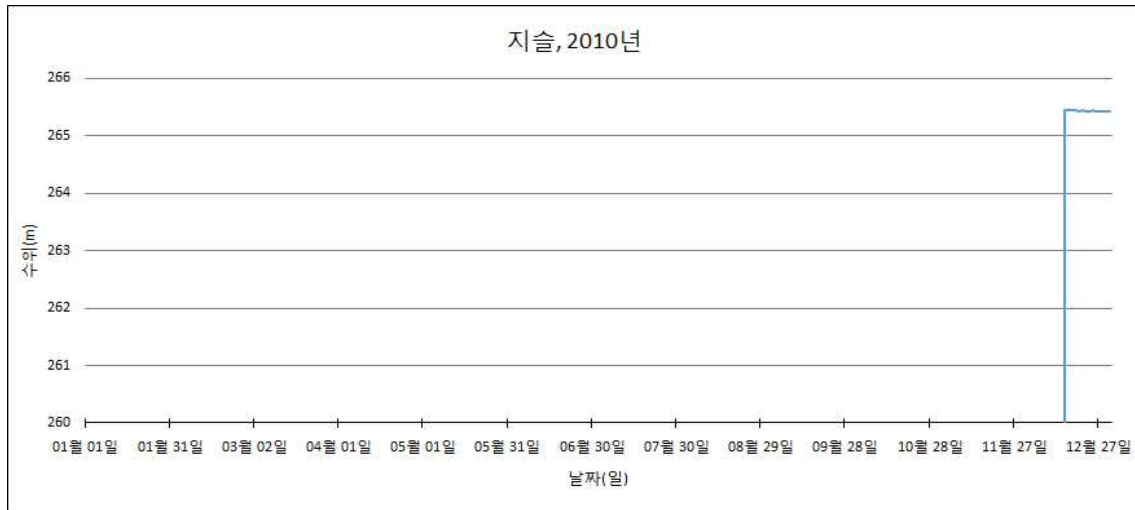


작촌저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

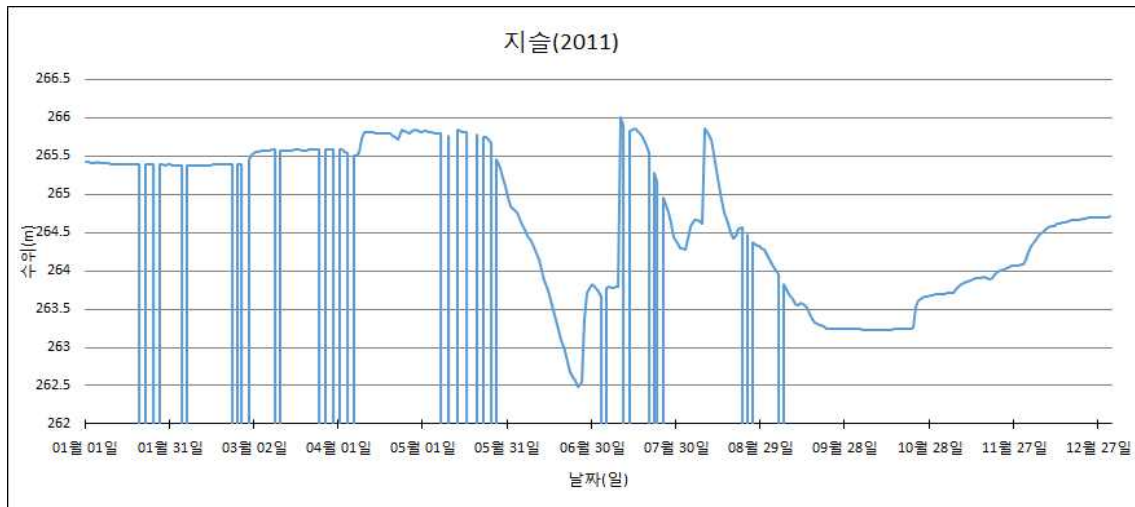


작촌저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

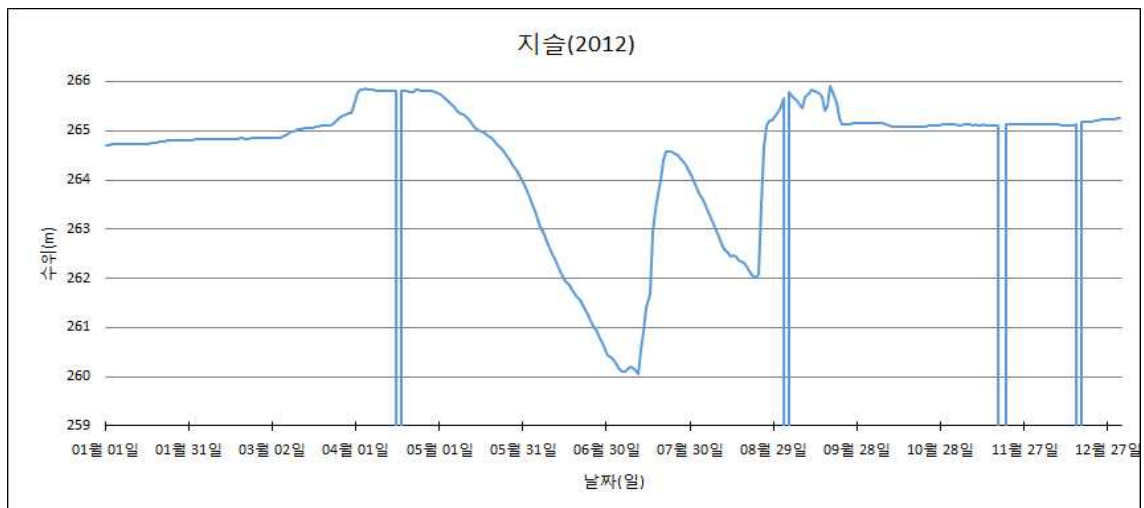
24. 지슬 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



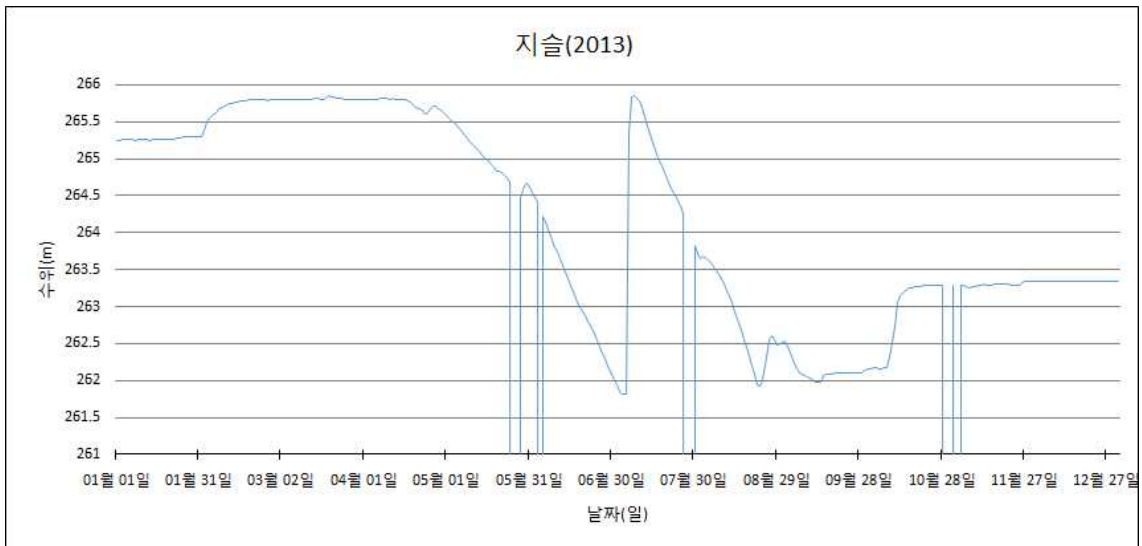
지슬저수지(2010), 1일 간격



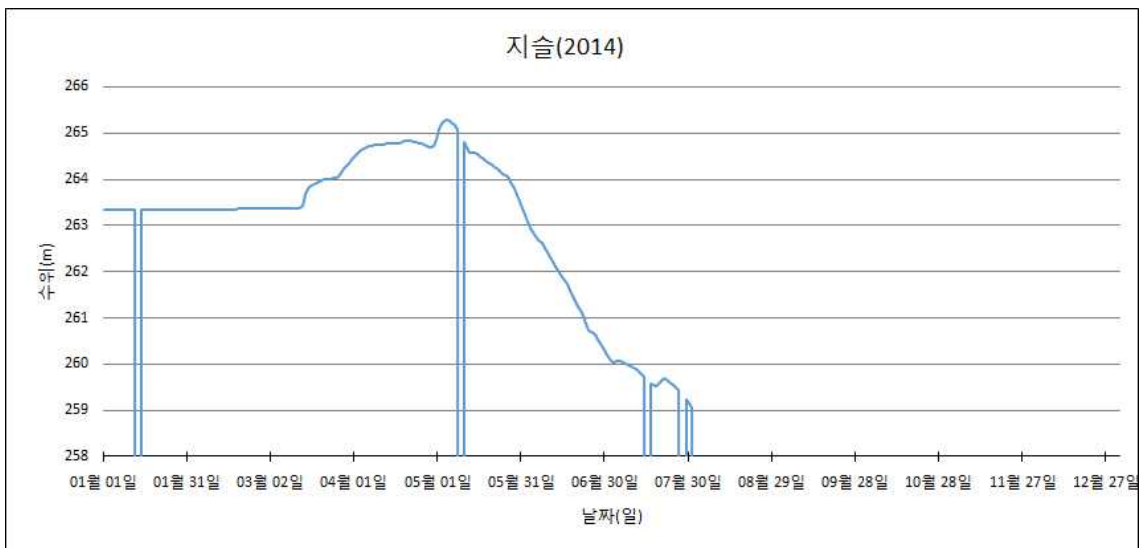
지슬저수지(2011), 1일 간격



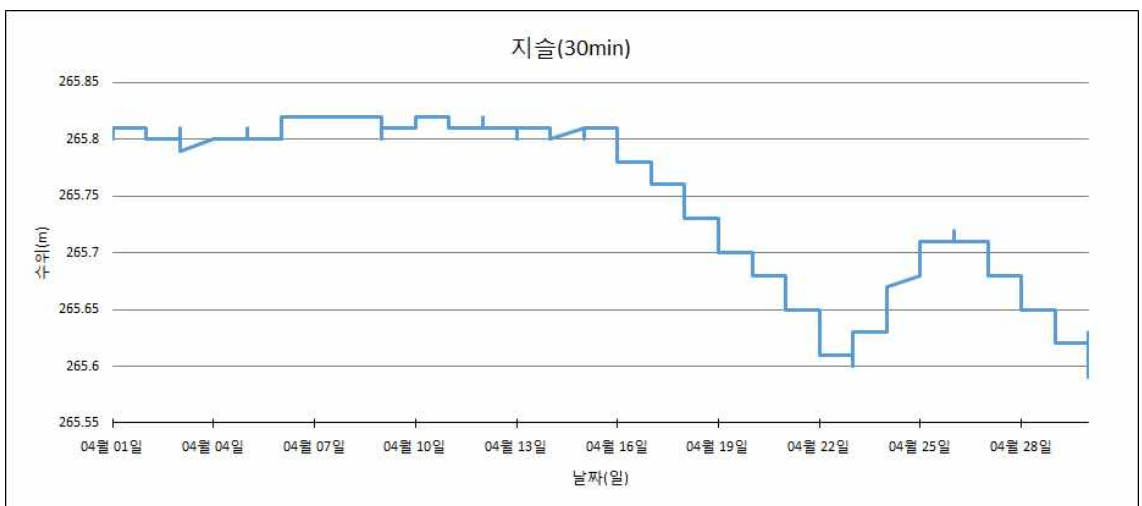
지슬저수지(2012), 1일 간격



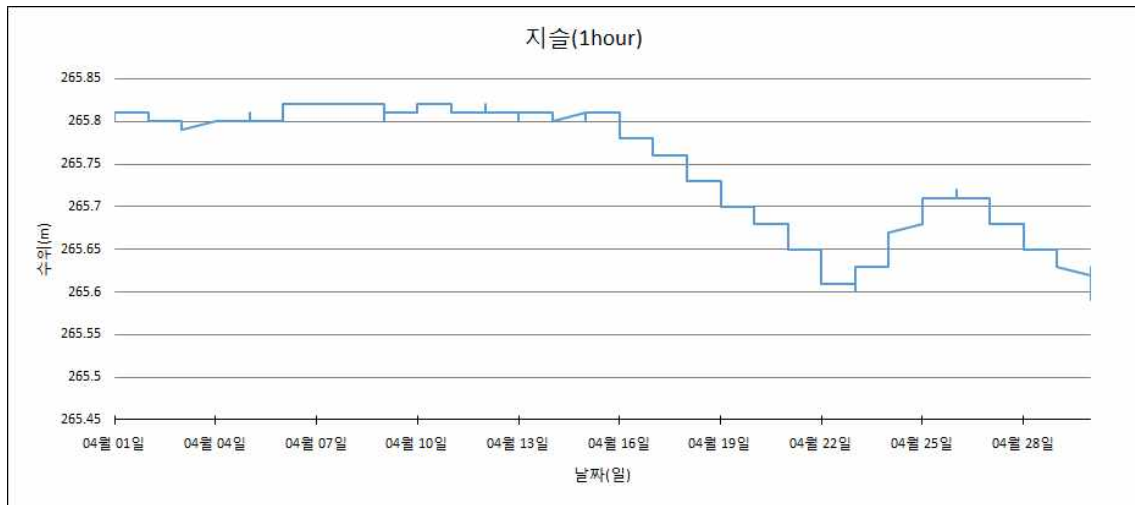
지슬저수지(2013), 1일 간격



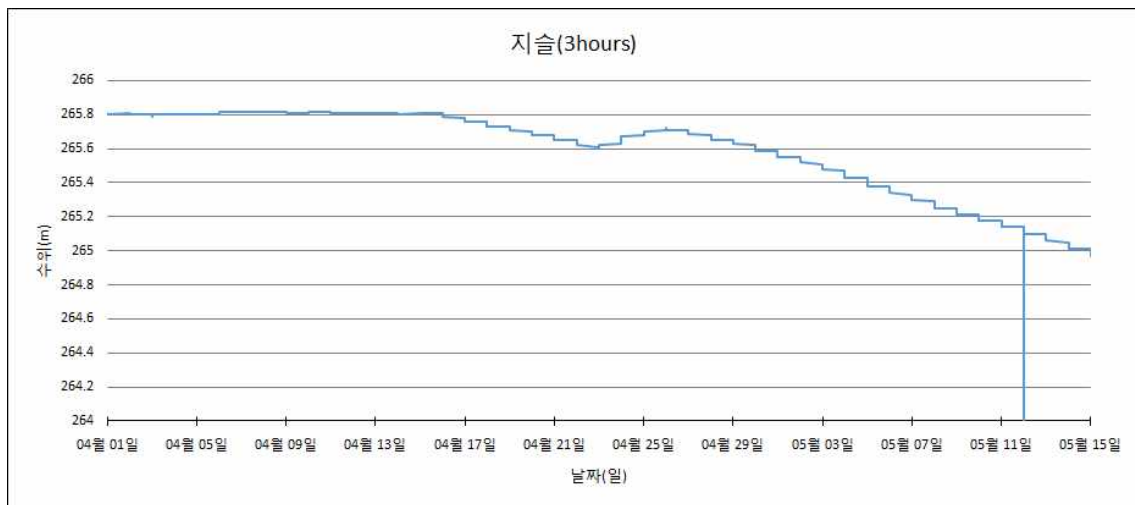
지슬저수지(2014), 1일 간격



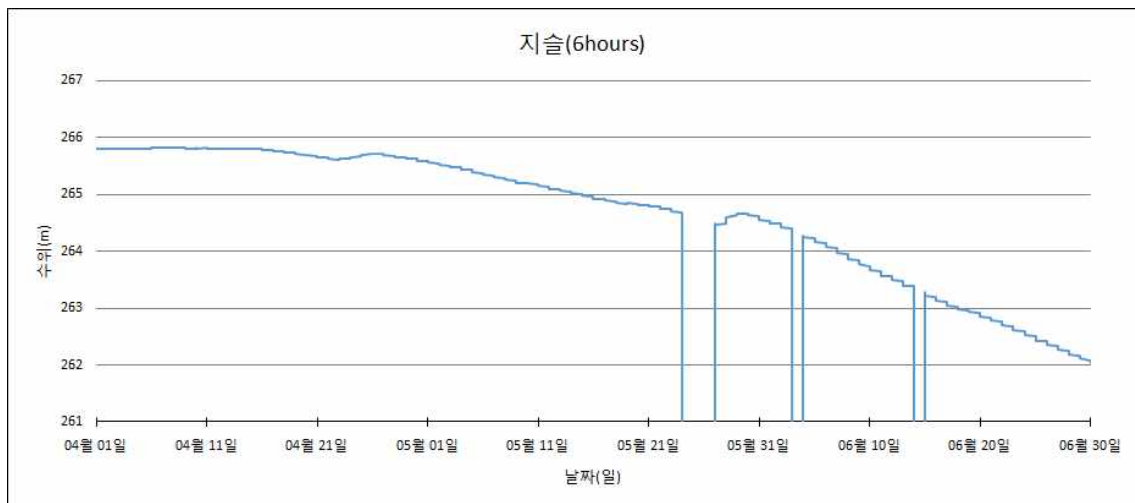
지슬저수지(2013, 4월), 30분 간격



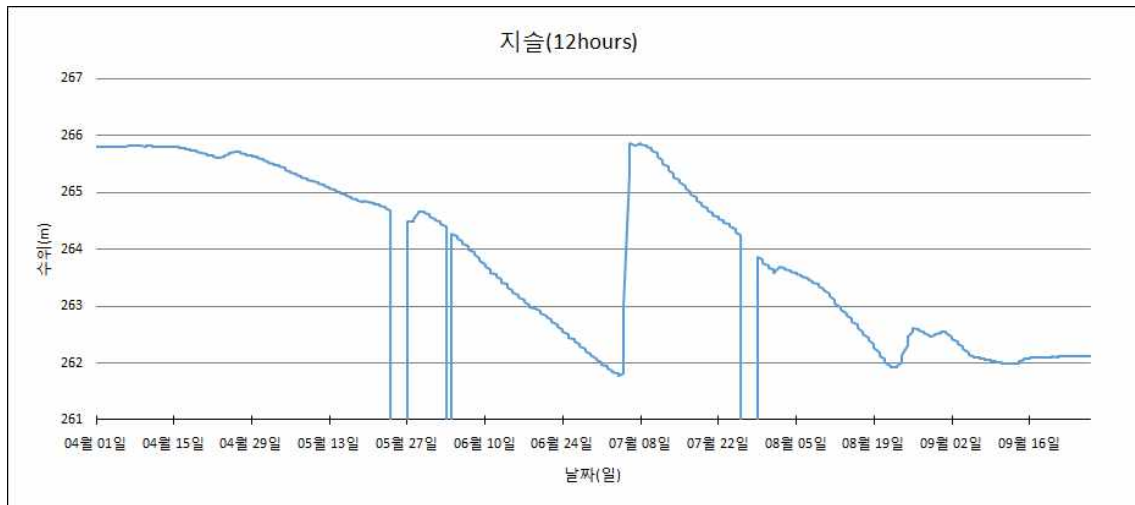
지슬저수지(2013, 4월), 1시간 간격



지슬저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

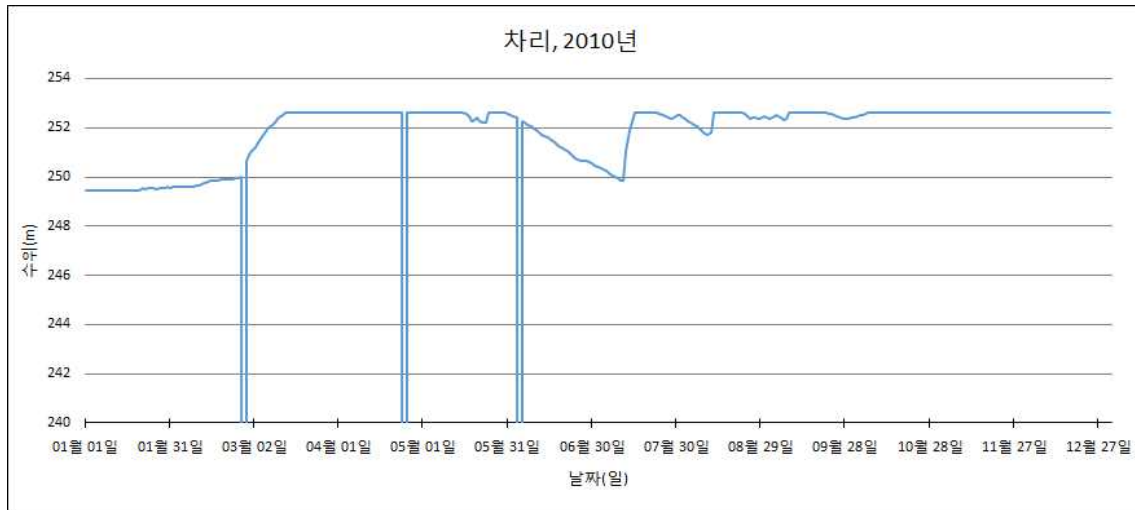


지슬저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

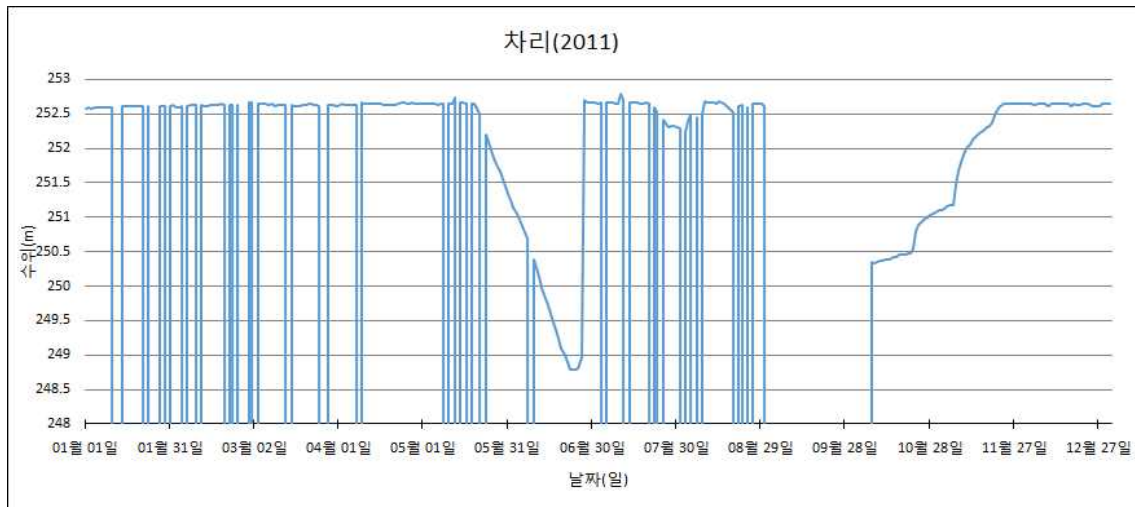


지슬저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

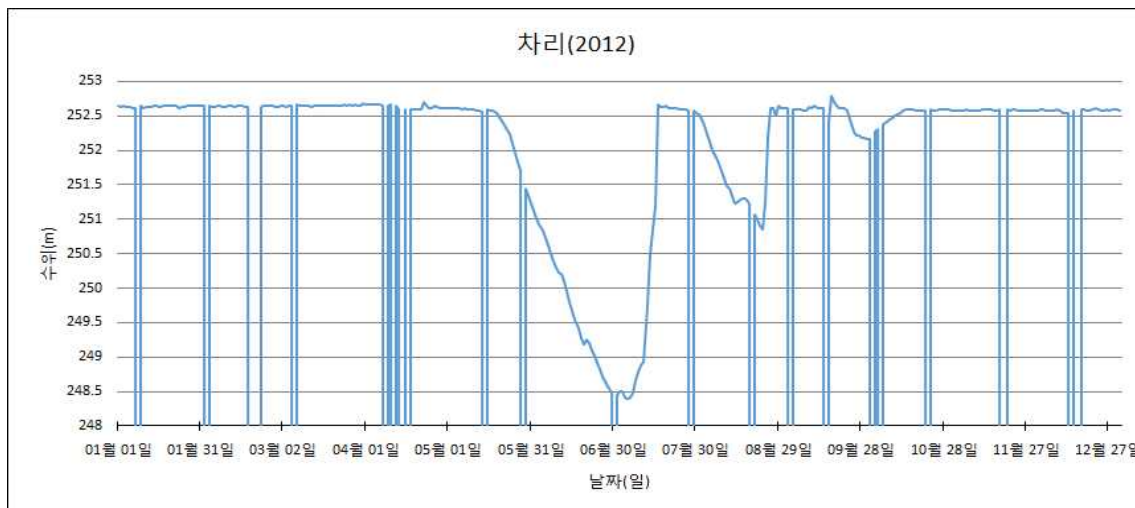
25. 차리 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



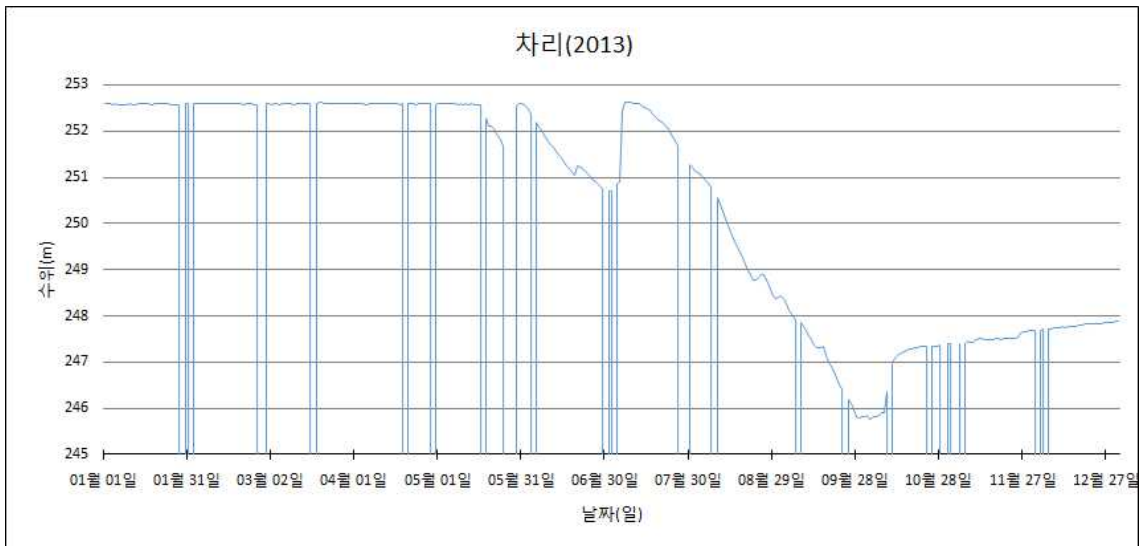
차리저수지(2010), 1일 간격



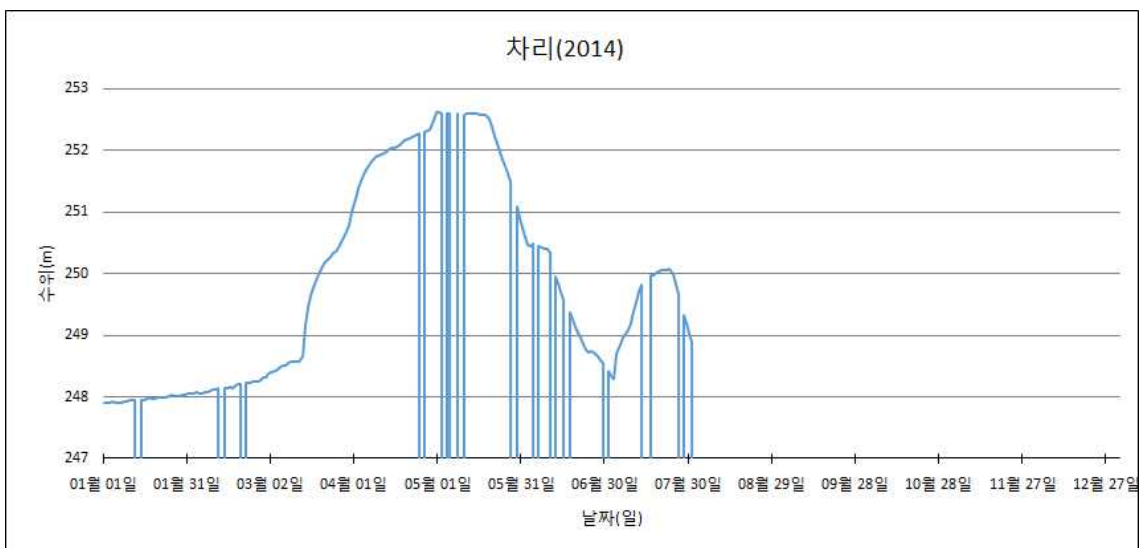
차리저수지(2011), 1일 간격



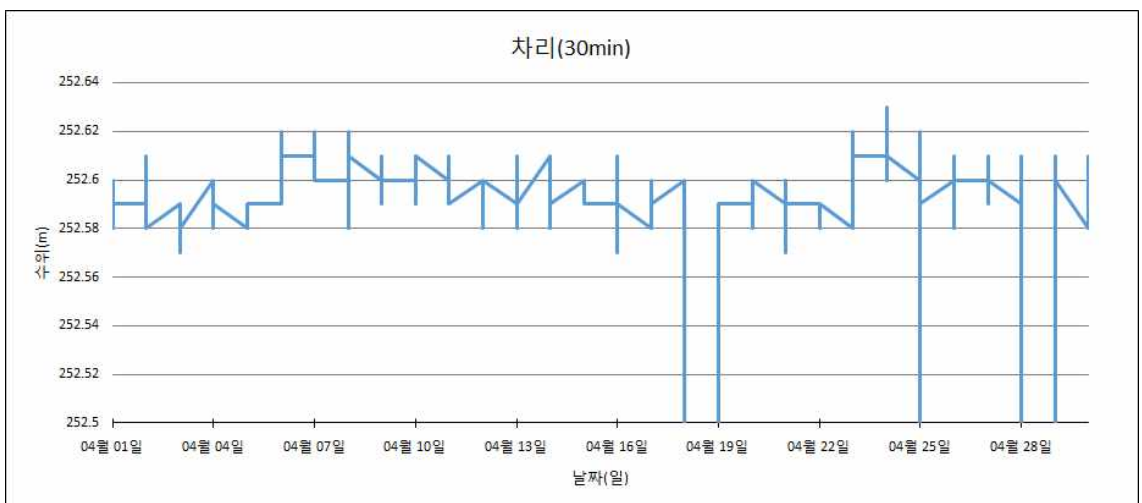
차리저수지(2012), 1일 간격



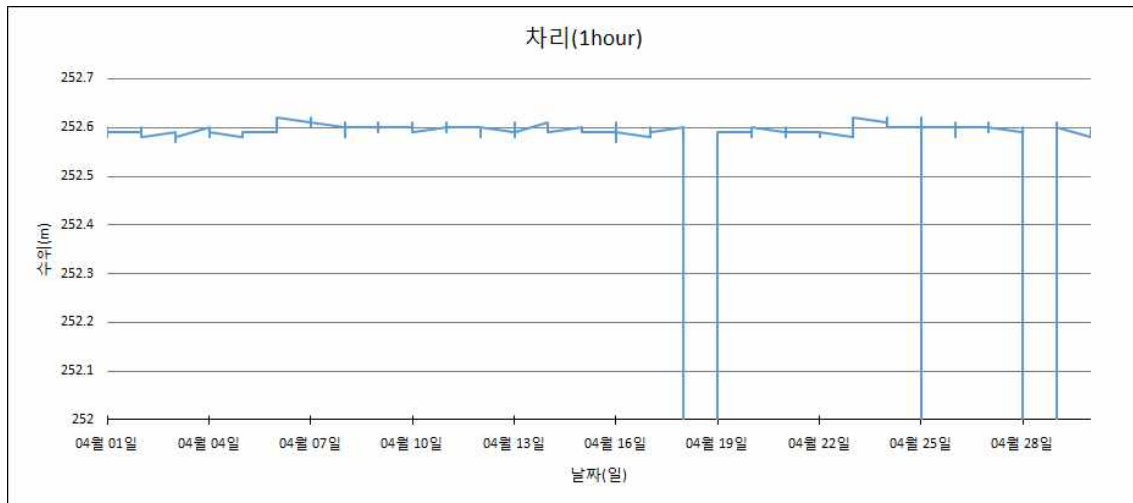
차리저수지(2013), 1일 간격



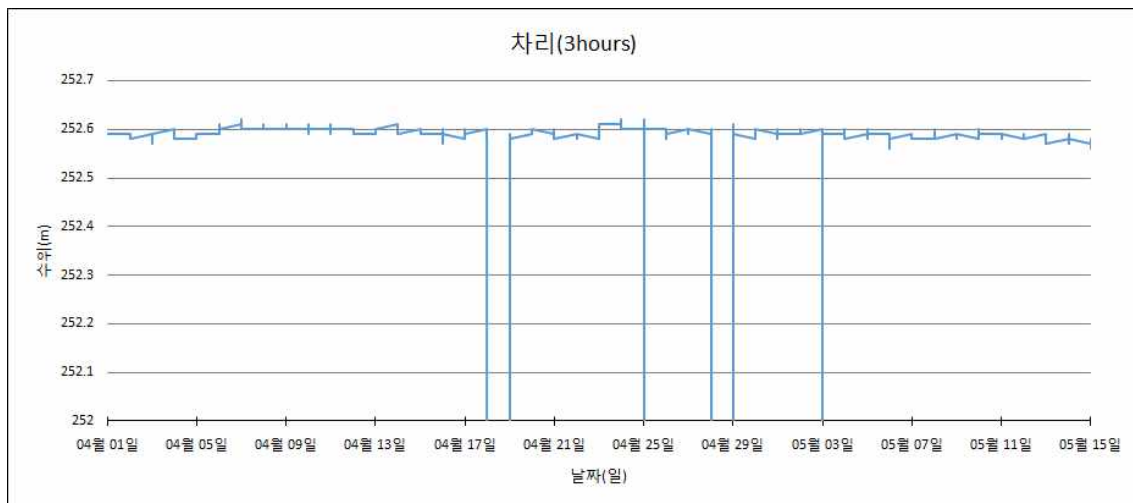
차리저수지(2014), 1일 간격



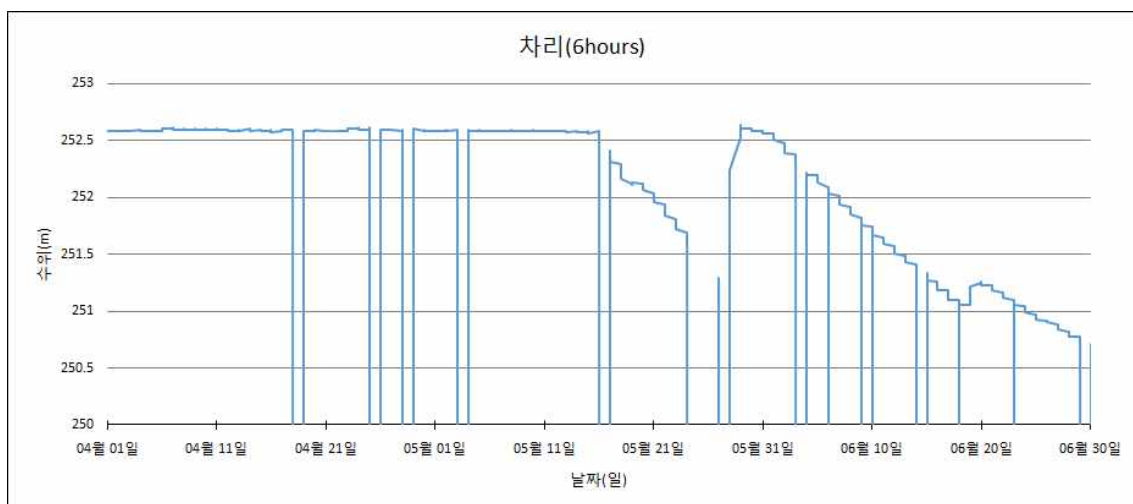
차리저수지(2013, 4월), 30분 간격



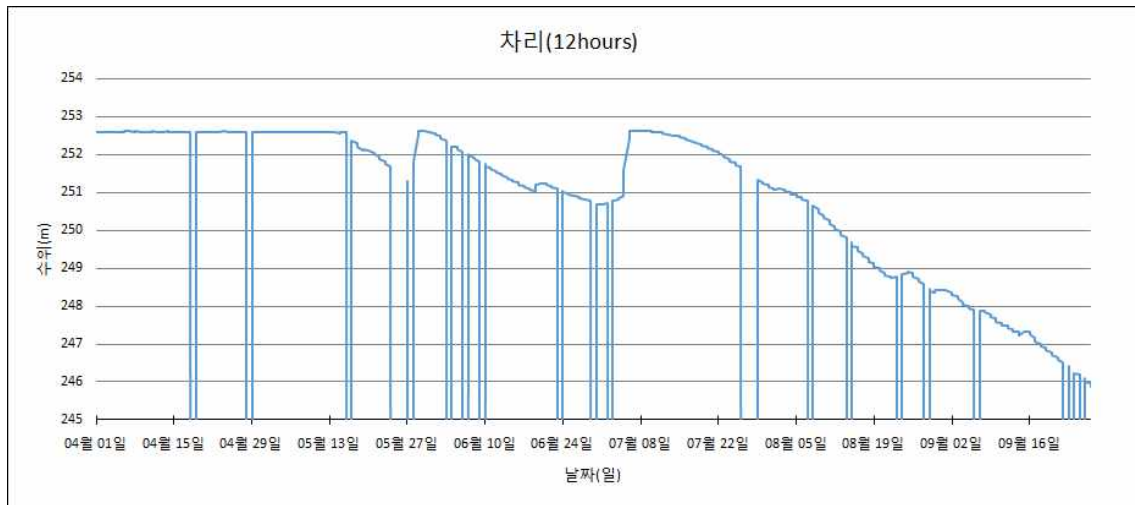
차리저수지(2013, 4월), 1시간 간격



차리저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

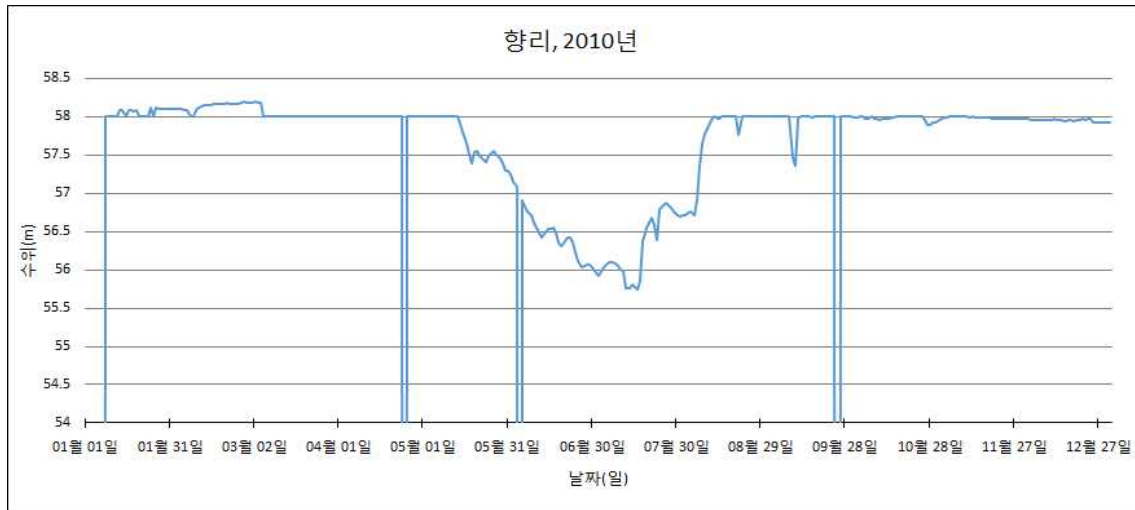


차리저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

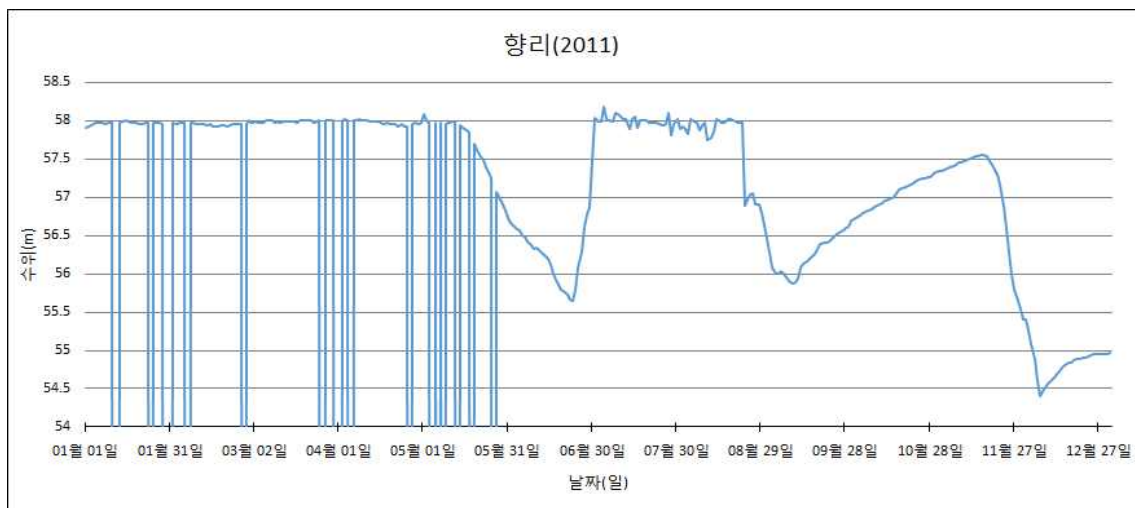


차리저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

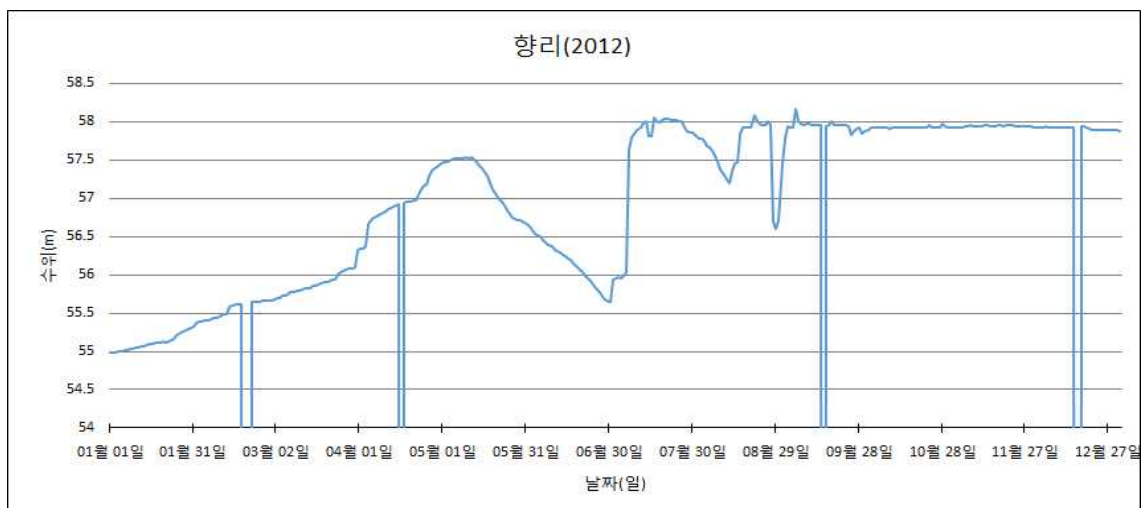
26. 향리 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



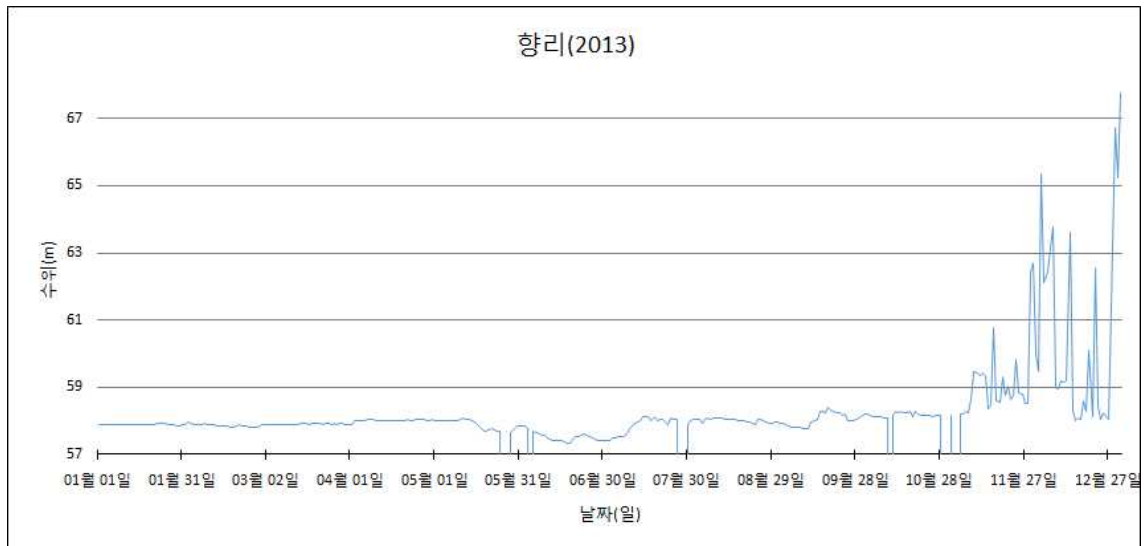
향리저수지(2010), 1일 간격



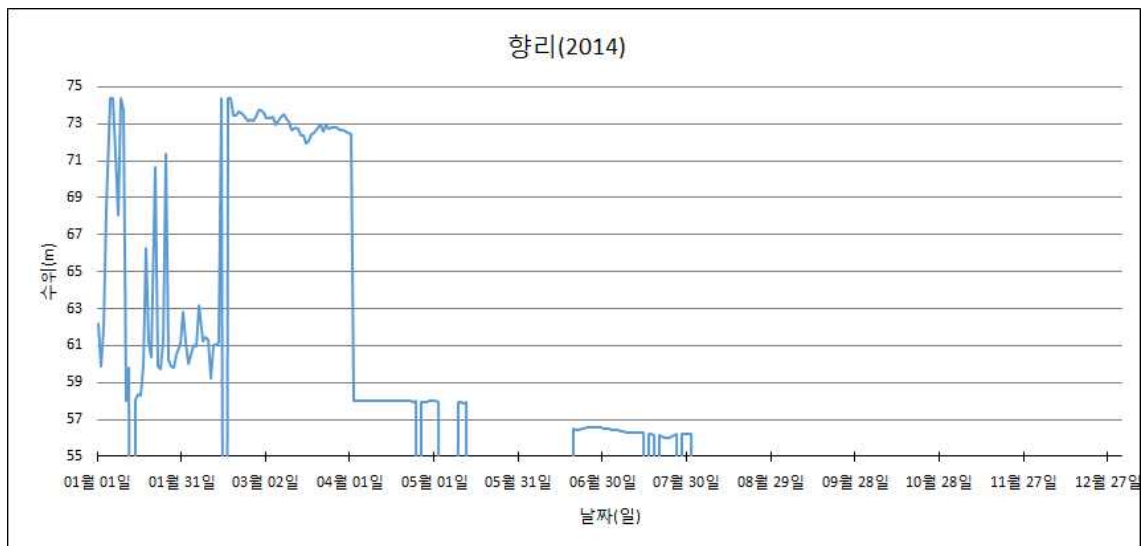
향리저수지(2011), 1일 간격



향리저수지(2012), 1일 간격



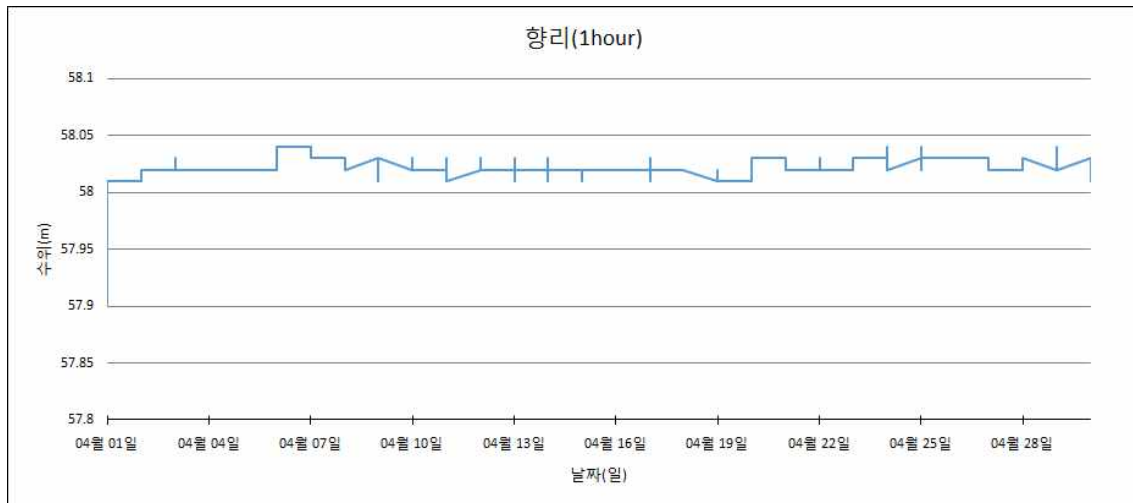
향리저수지(2013), 1일 간격



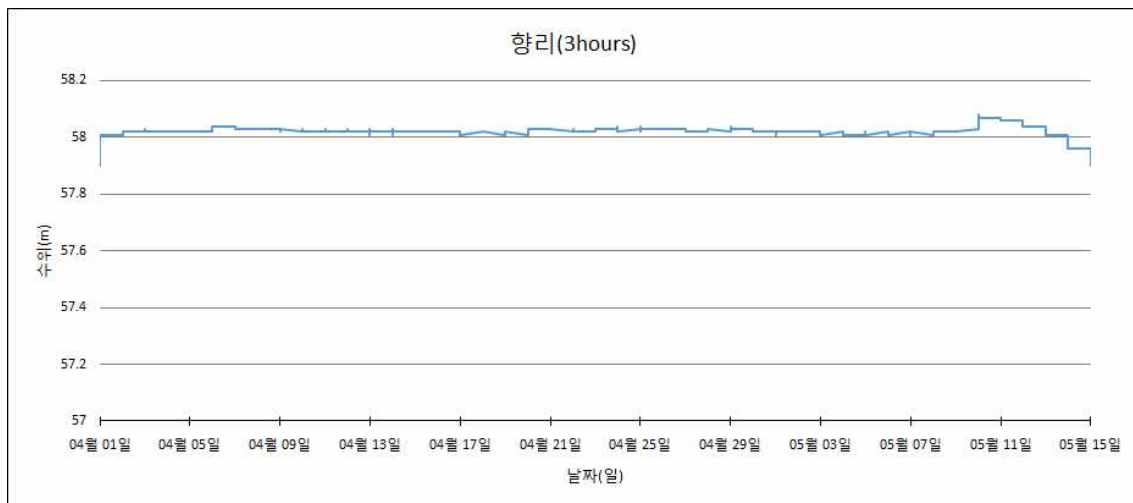
향리저수지(2014), 1일 간격



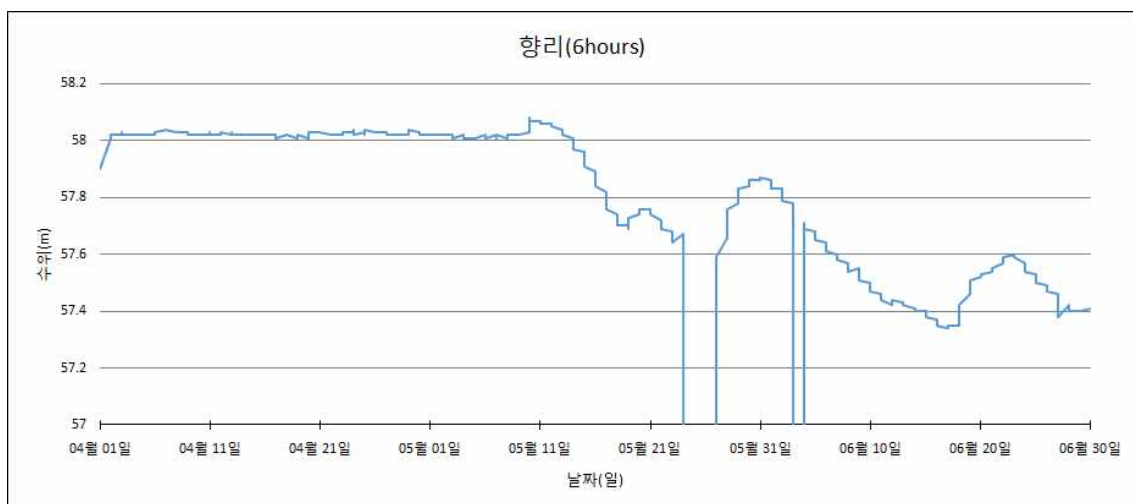
향리저수지(2013, 4월), 30분 간격



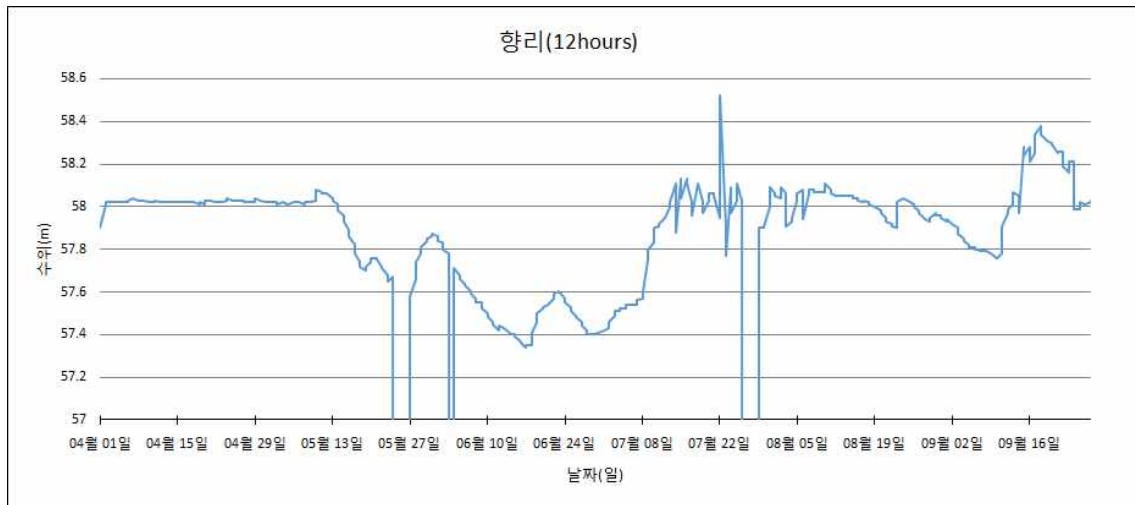
향리저수지(2013, 4월), 1시간 간격



향리저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

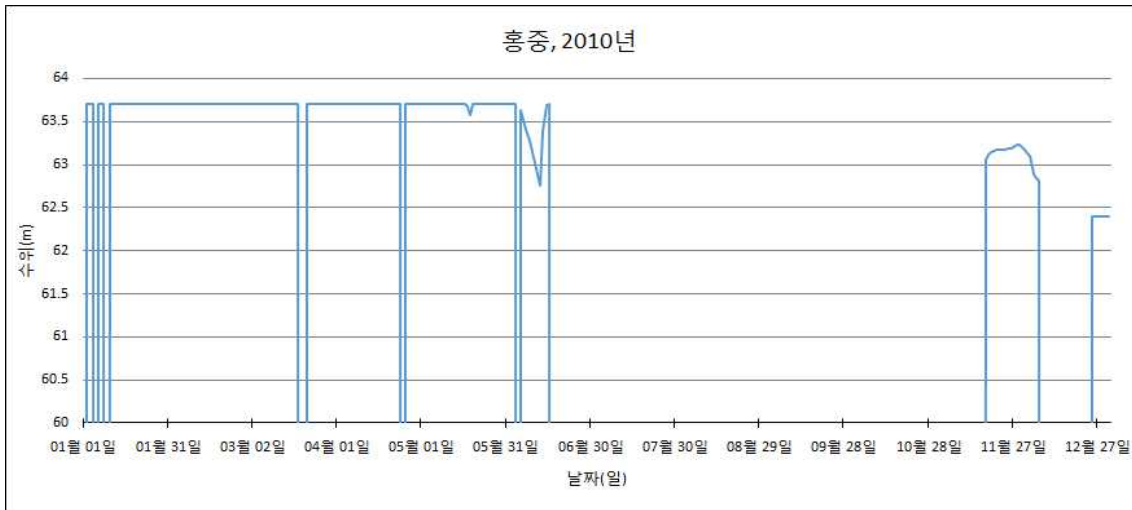


향리저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격



향리저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

27. 홍중 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



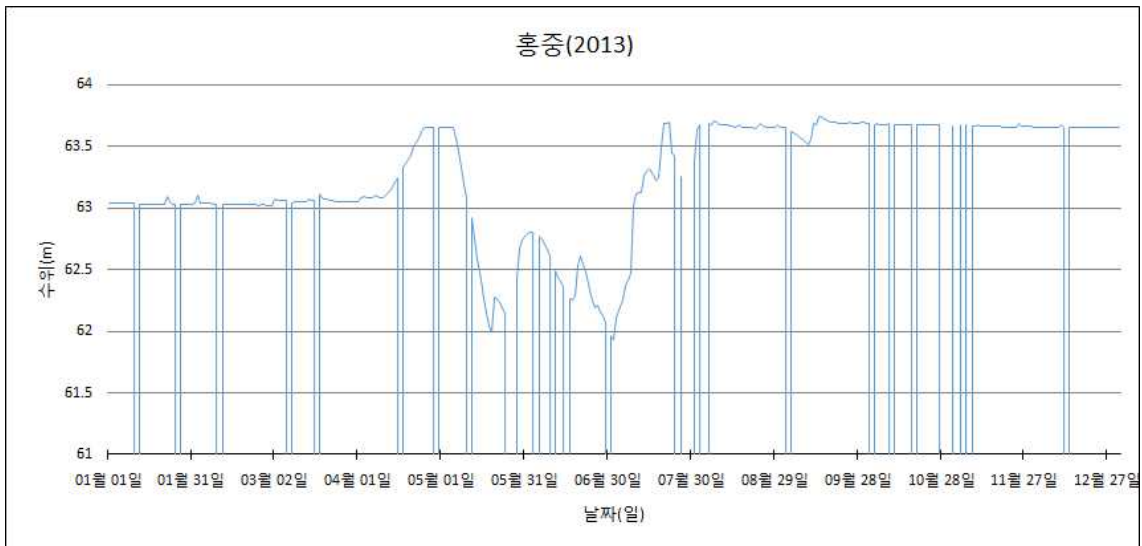
홍중저수지(2010), 1일 간격



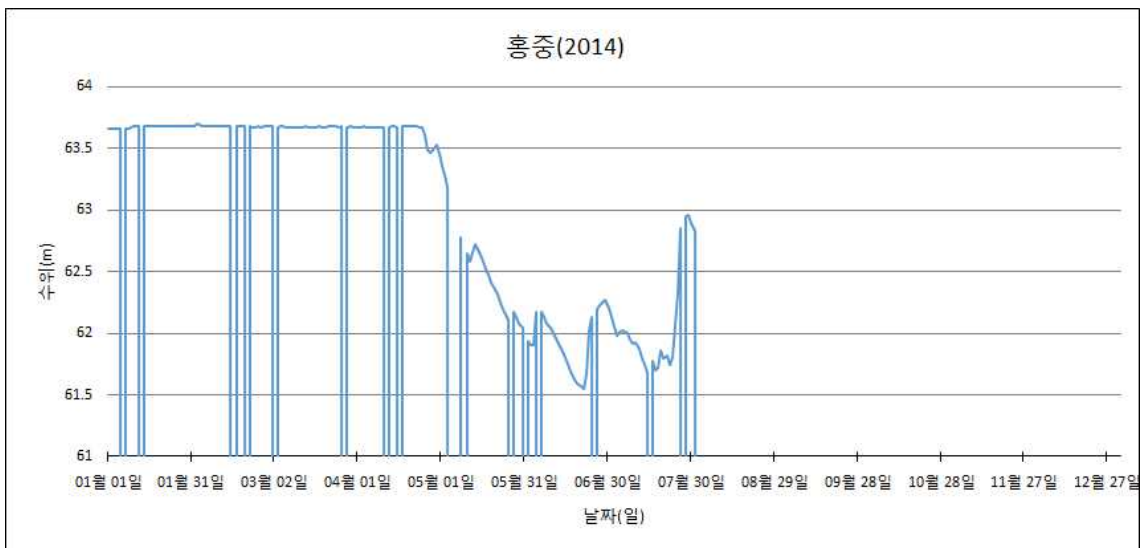
홍중저수지(2011), 1일 간격



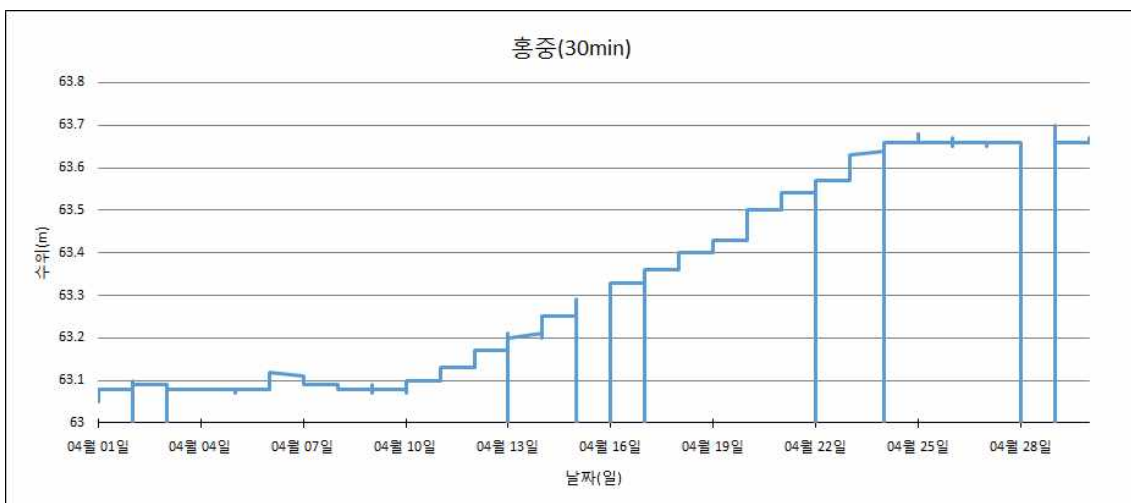
홍중저수지(2012), 1일 간격



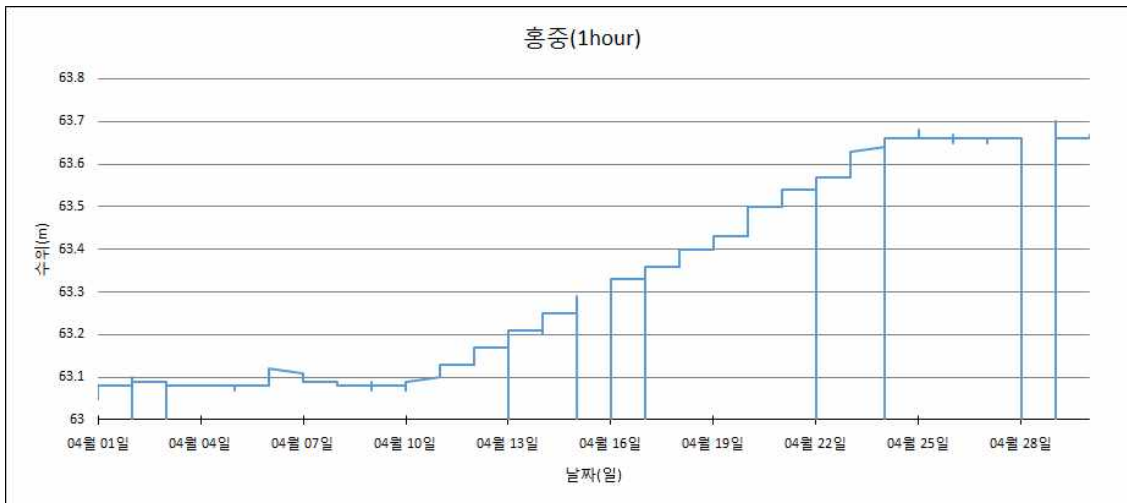
홍중저수지(2013), 1일 간격



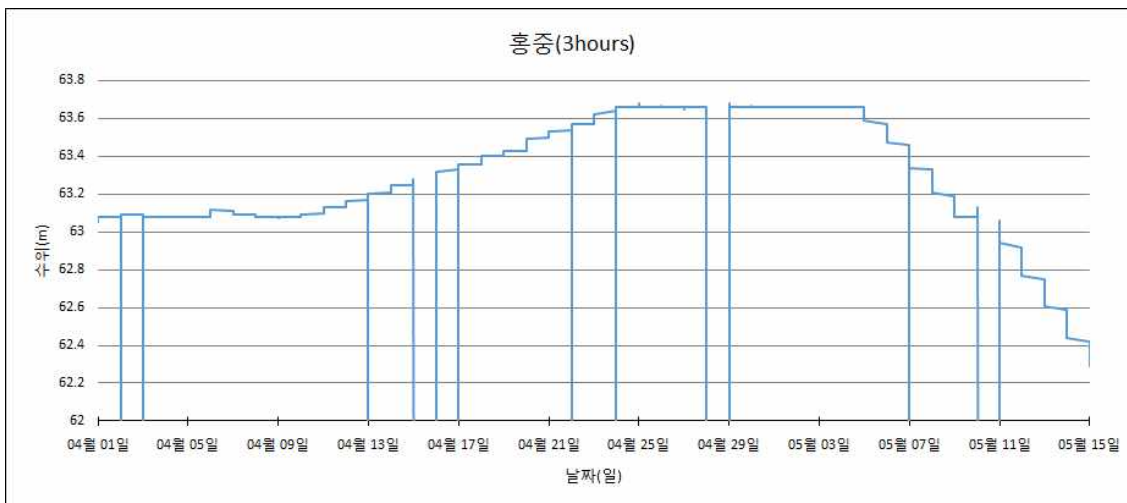
홍중저수지(2014), 1일 간격



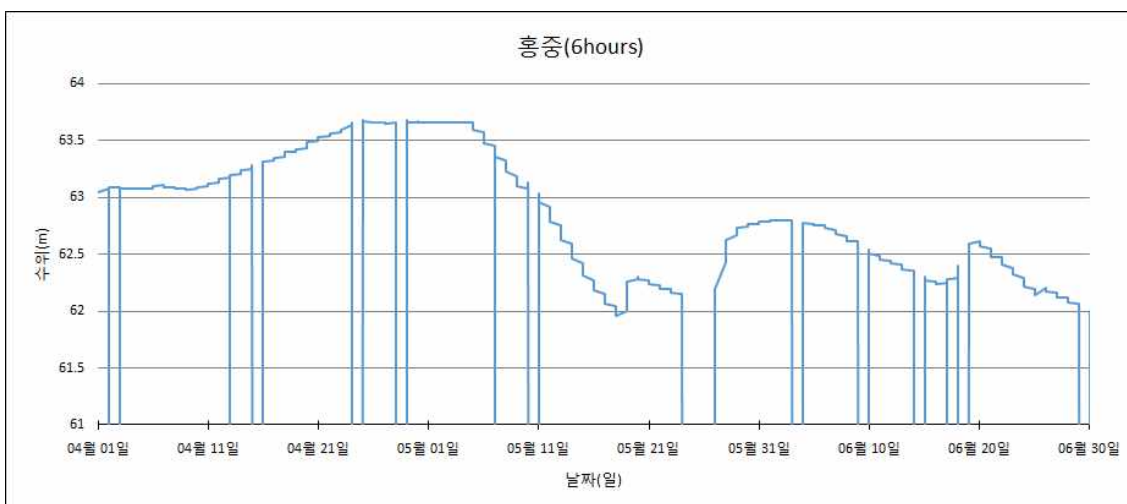
홍중저수지(2013, 4월), 30분 간격



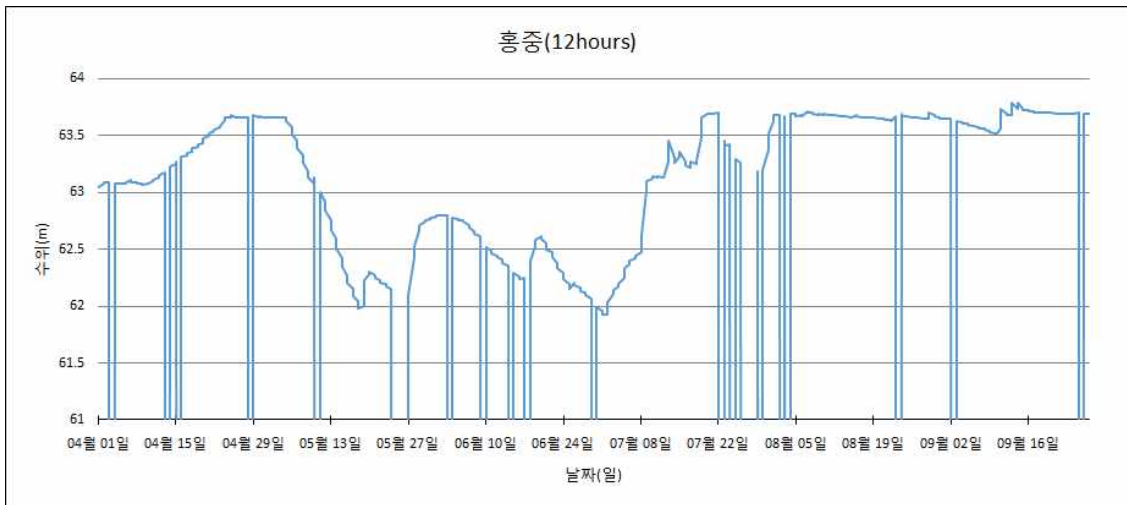
홍중저수지(2013, 4월), 1시간 간격



홍중저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

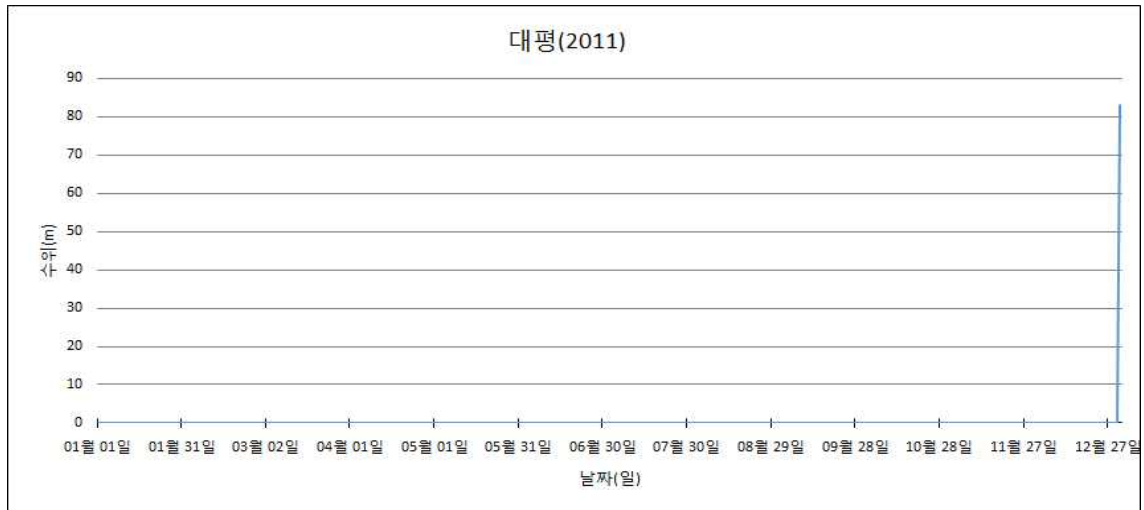


홍중저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

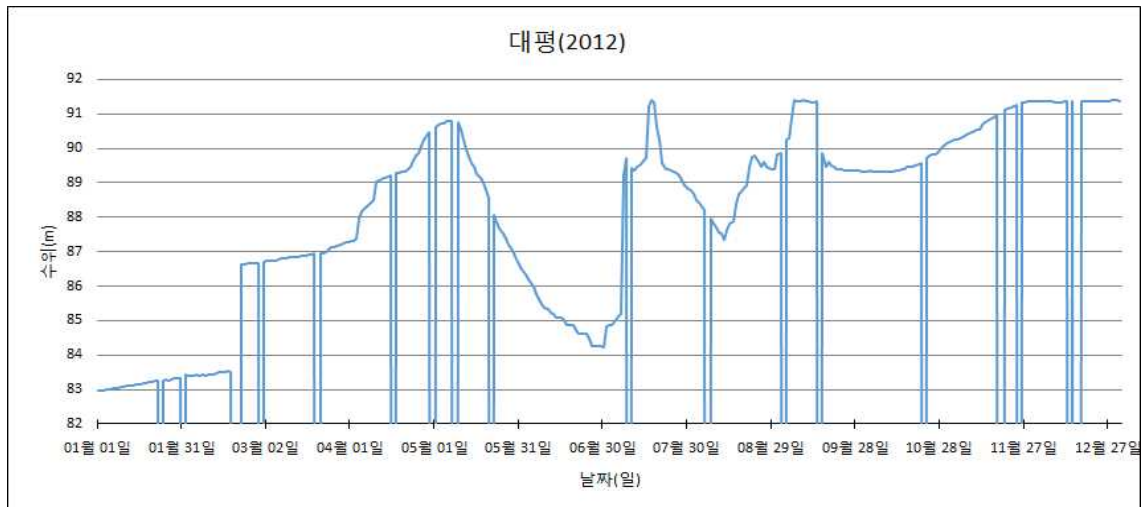


홍중 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

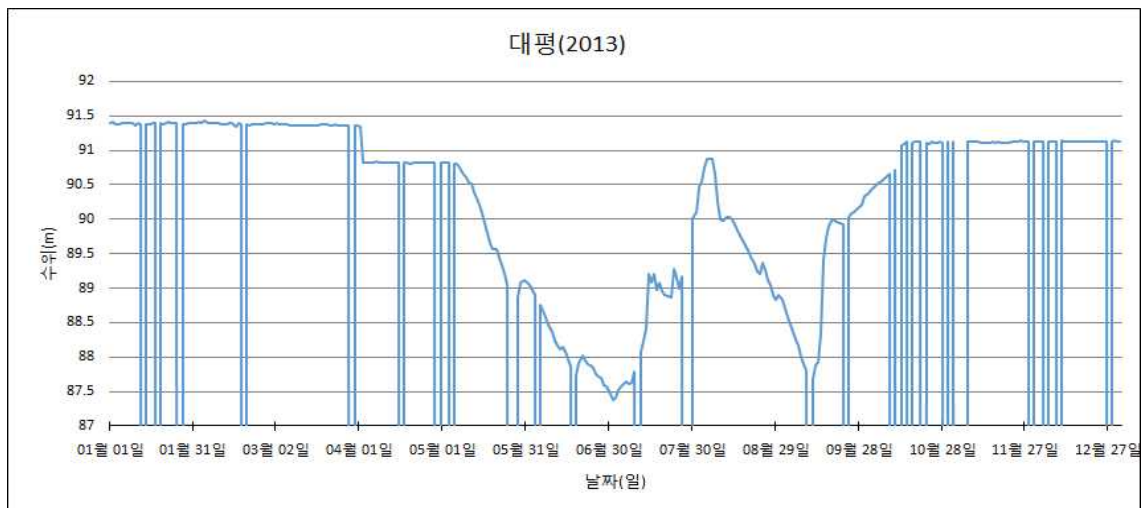
28. 대평 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



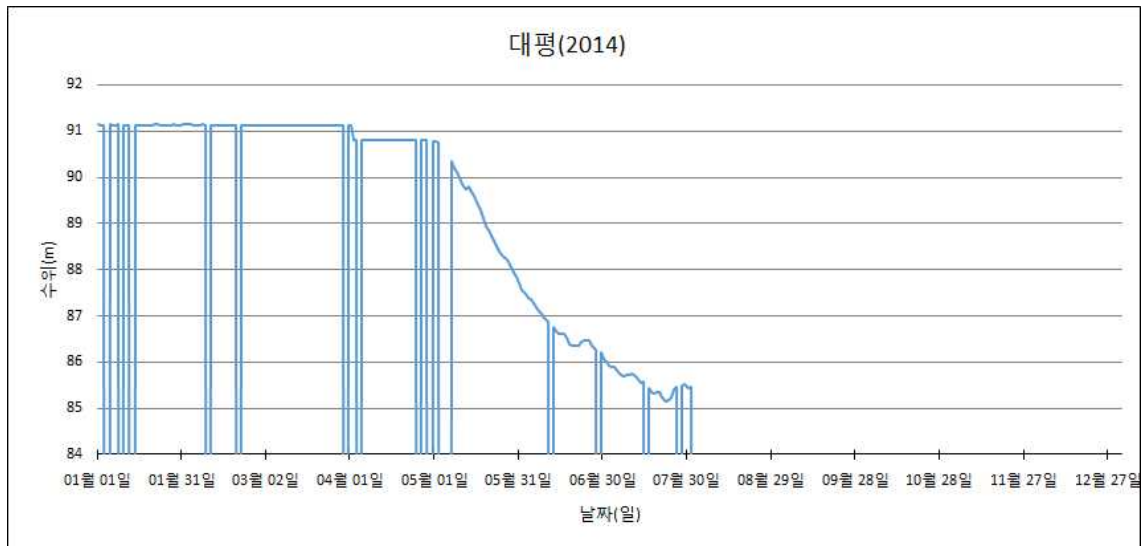
대평저수지(2011), 1일 간격



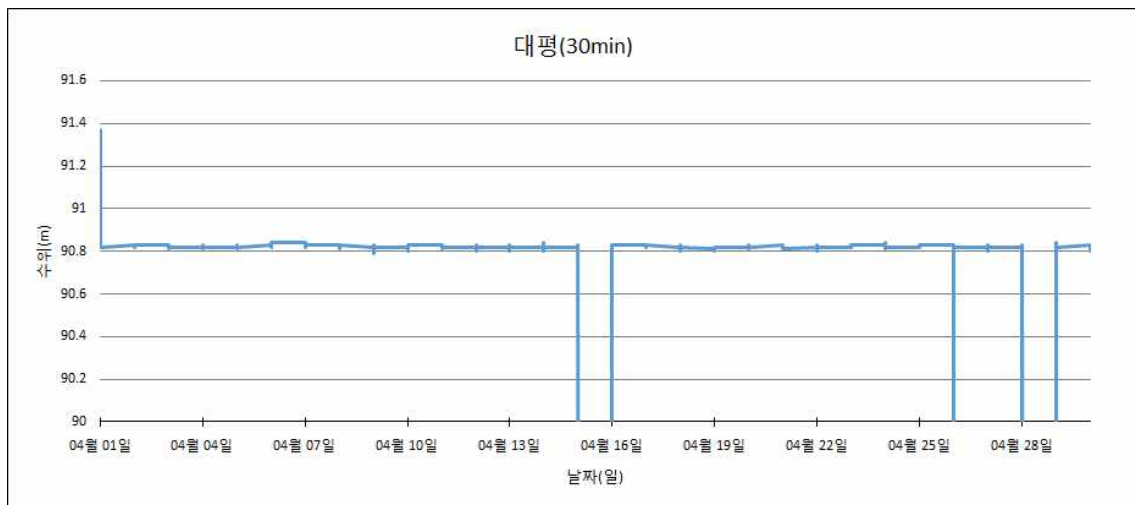
대평저수지(2012), 1일 간격



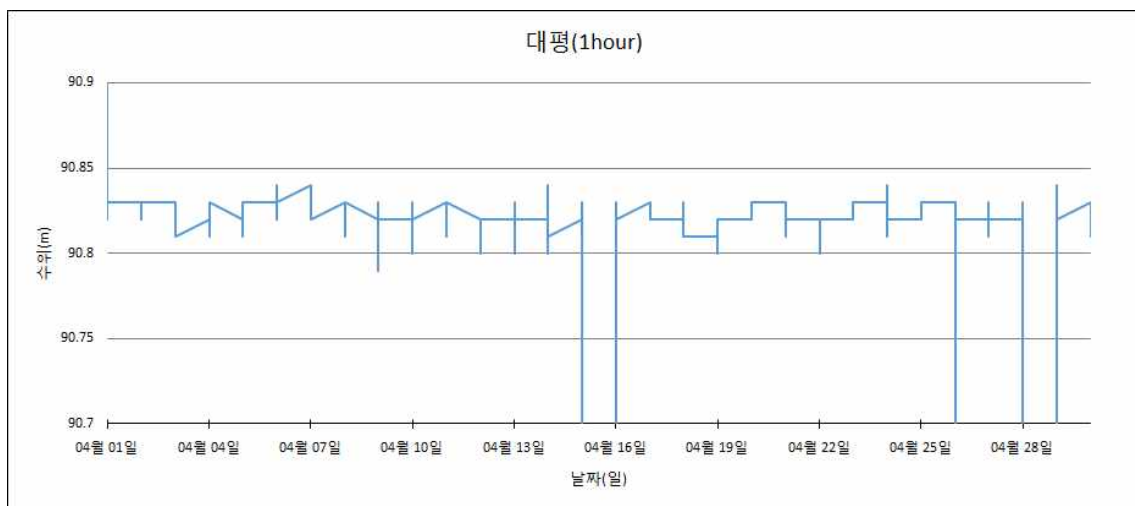
대평저수지(2013), 1일 간격



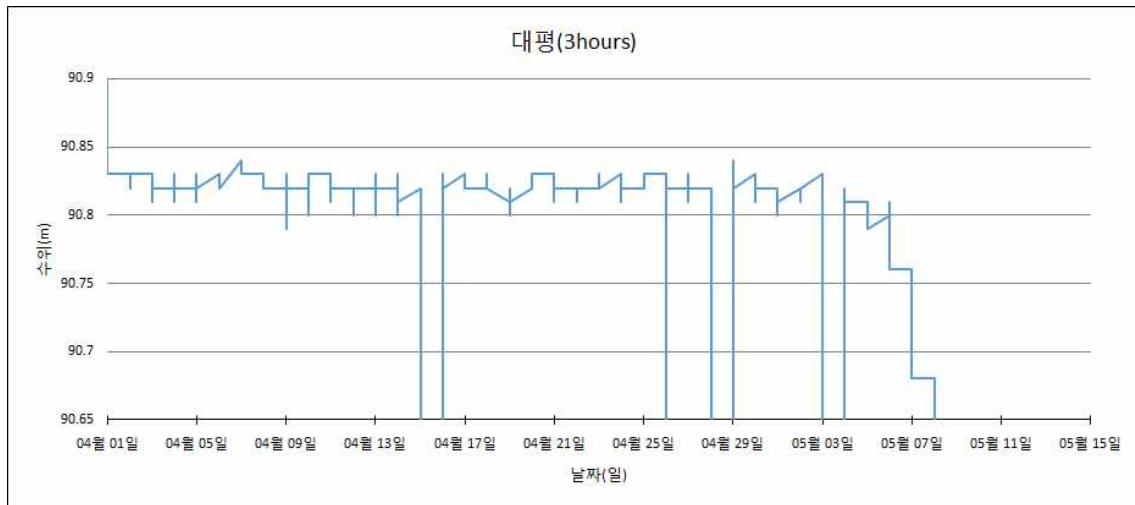
대평저수지(2014), 1일 간격



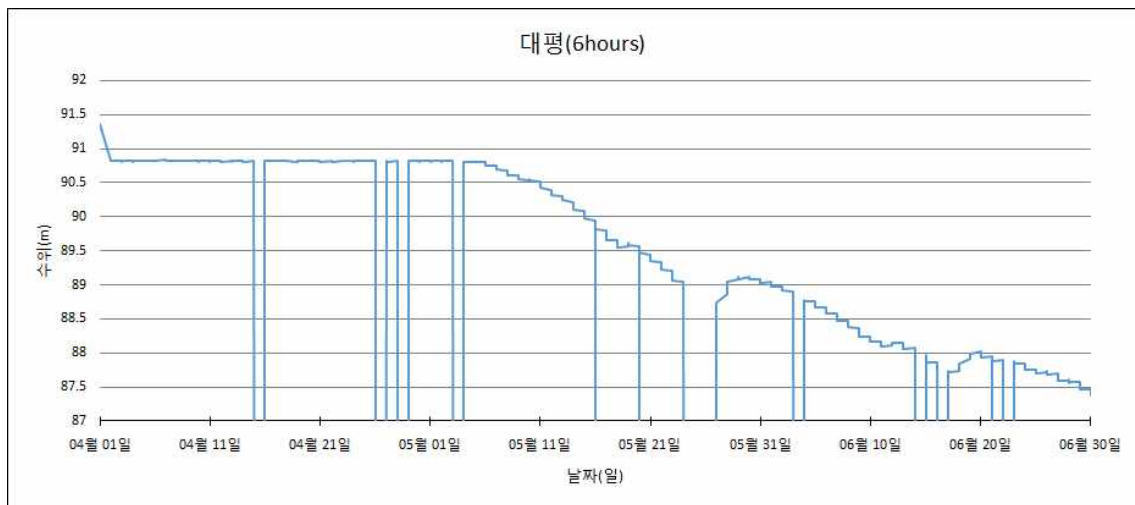
대평저수지(2013, 4월), 30분 간격



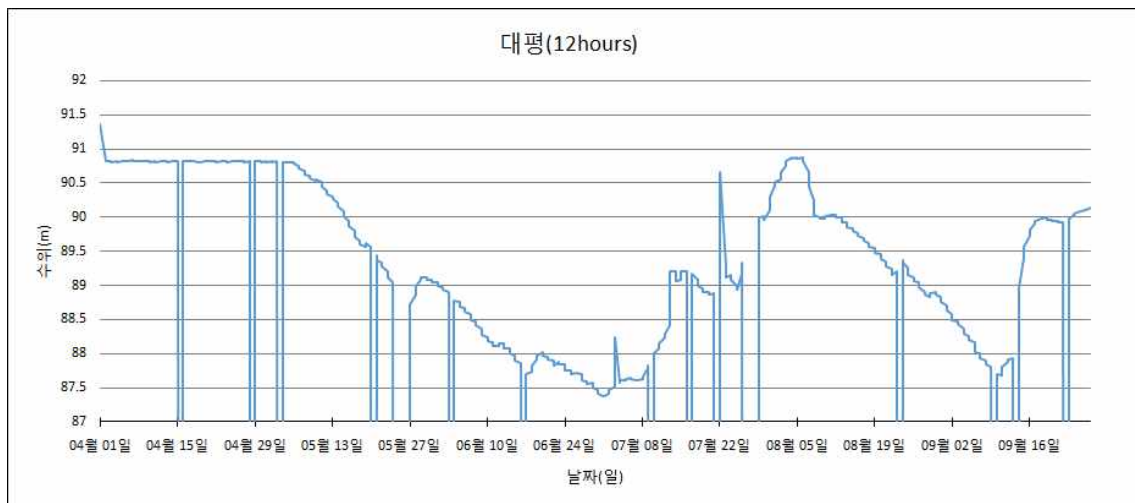
대평저수지(2013, 4월), 1시간 간격



대평저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

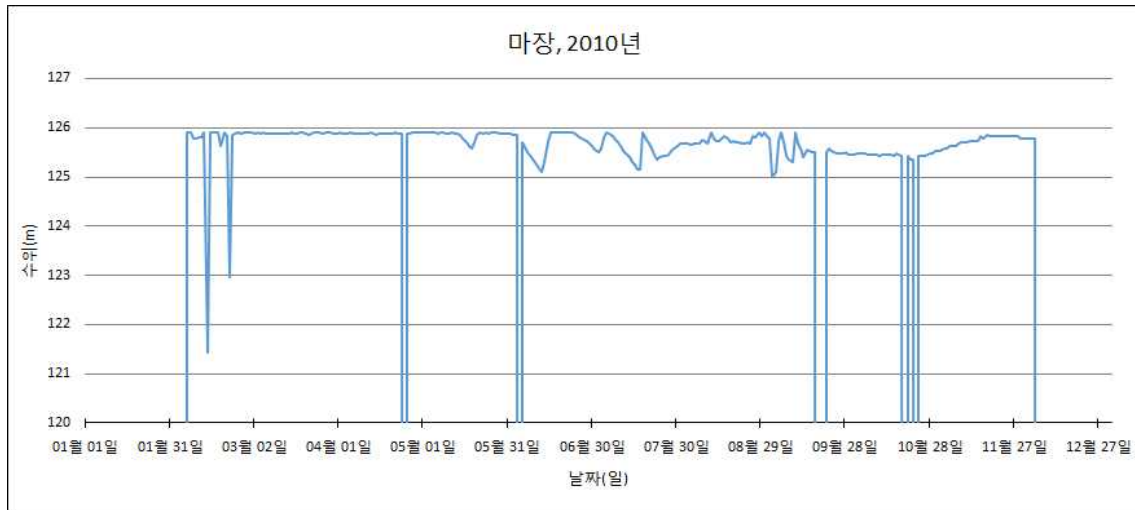


대평저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

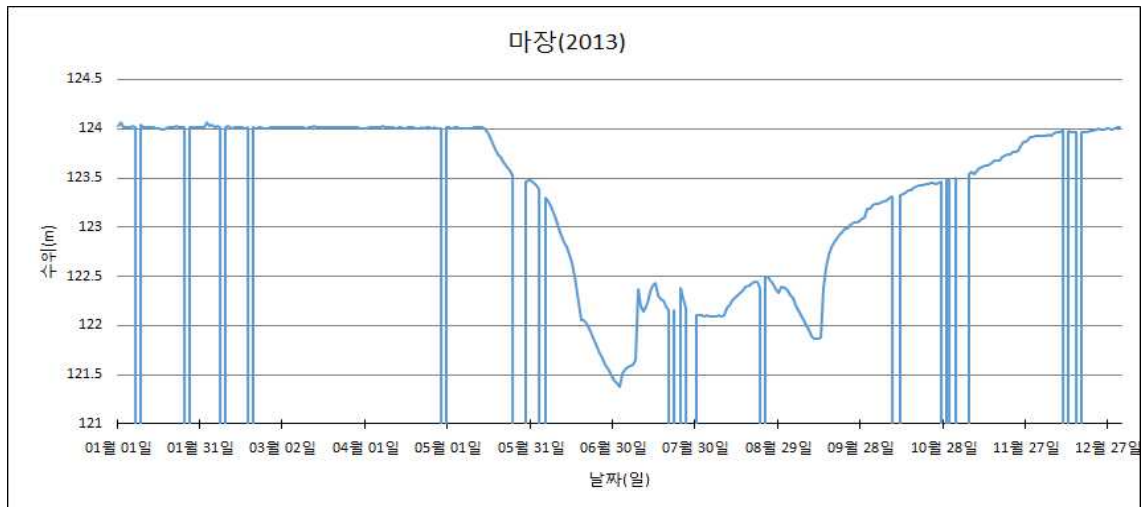


대평저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

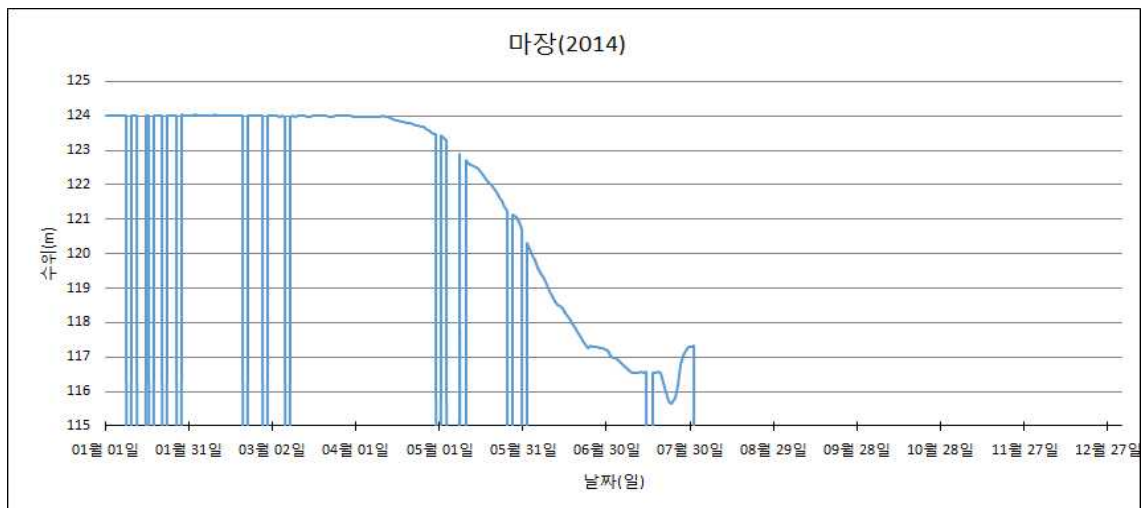
29. 마장 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



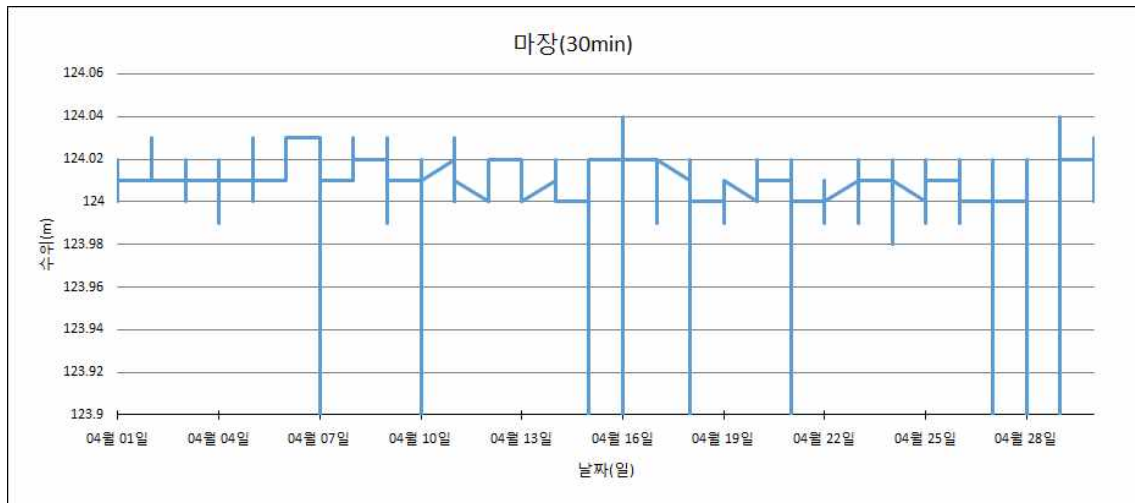
마장저수지(2010), 1일 간격



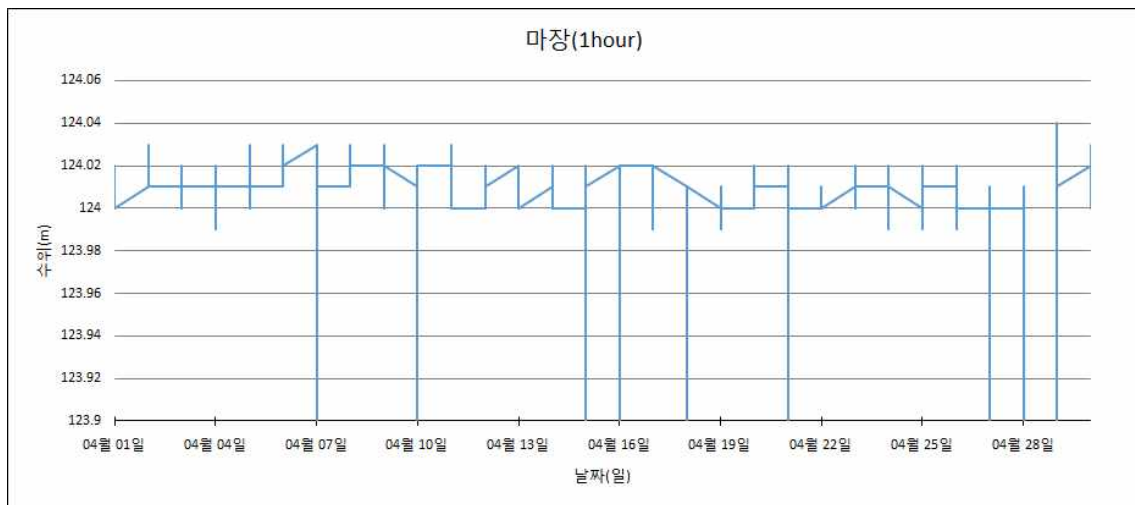
마장저수지(2013), 1일 간격



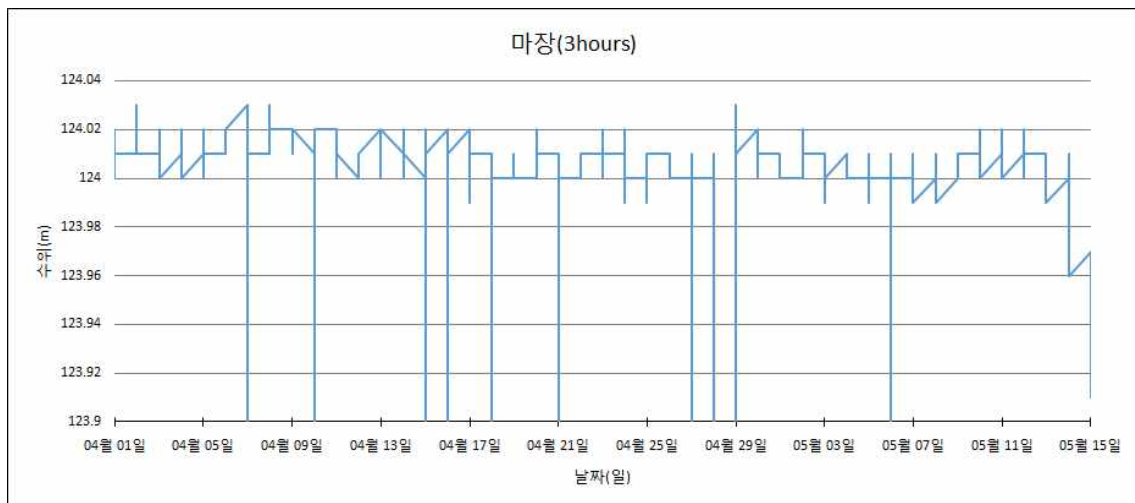
마장저수지(2014), 1일 간격



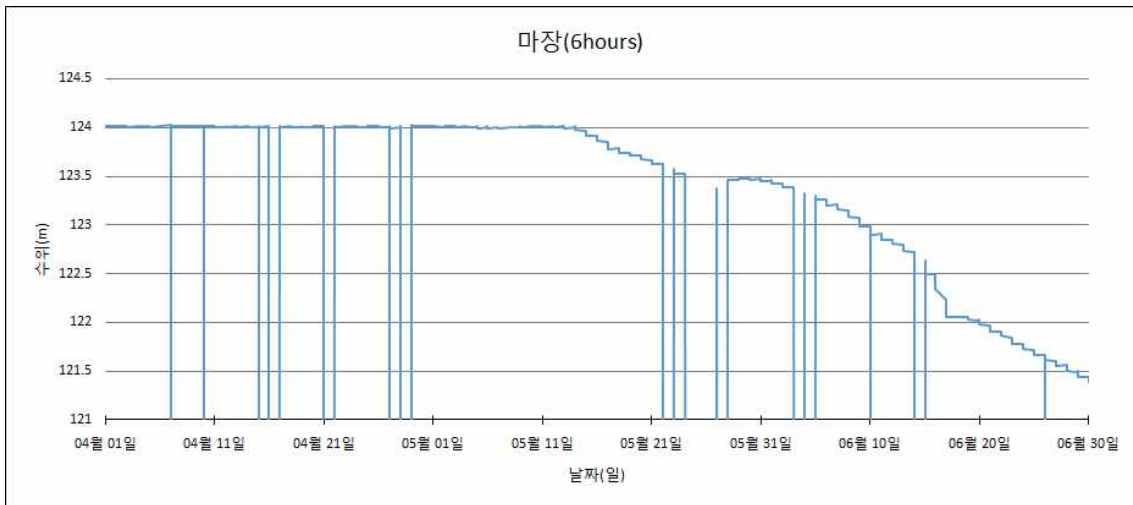
마장저수지(2013, 4월), 30분 간격



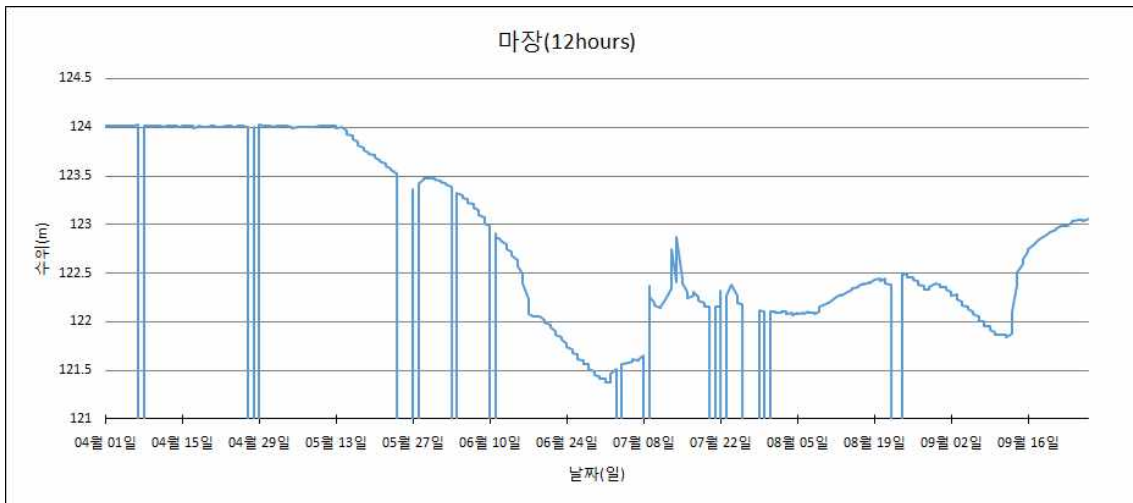
마장저수지(2013, 4월), 1시간 간격



마장저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

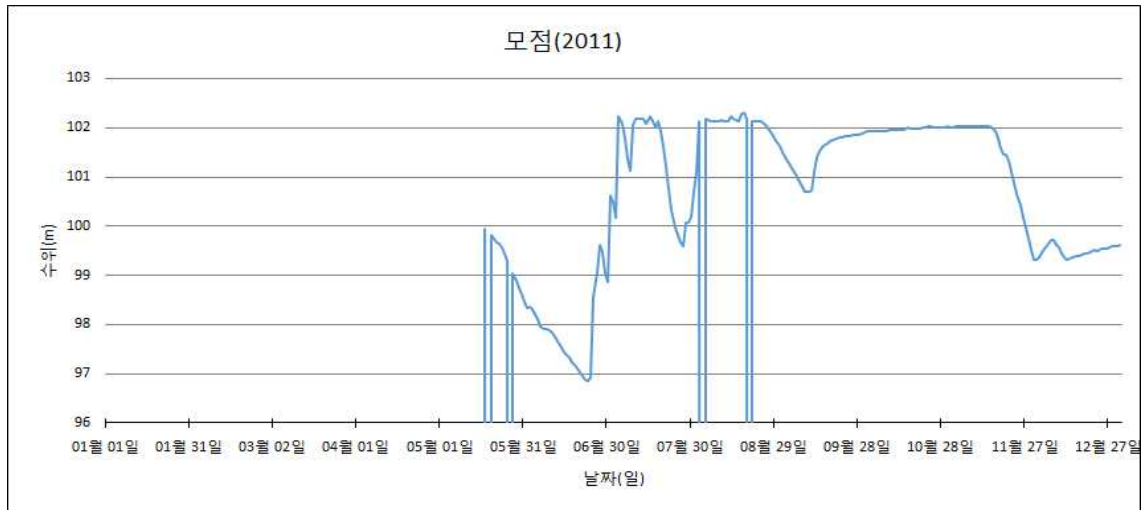


마장저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

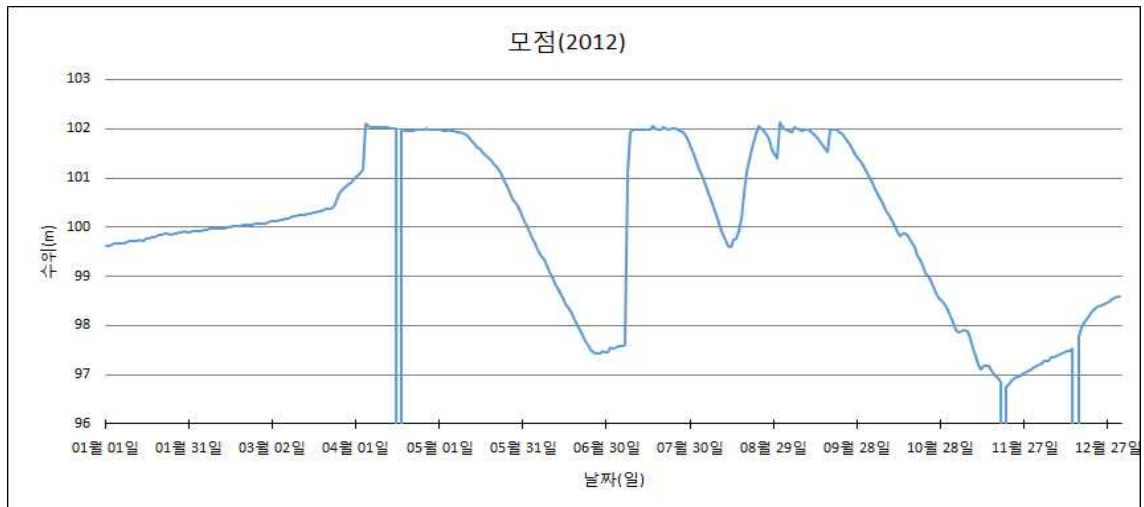


마장저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

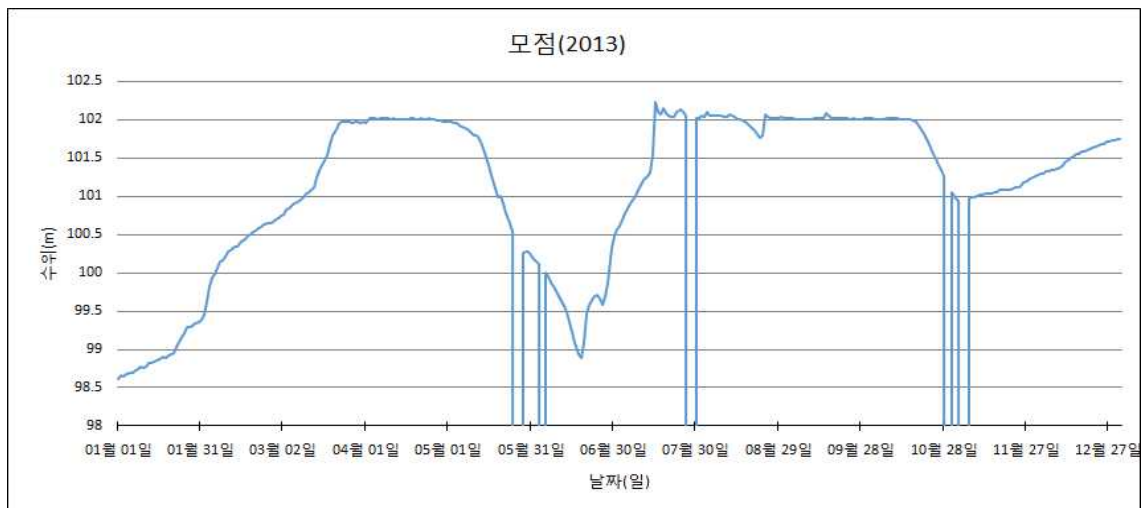
30. 모점 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



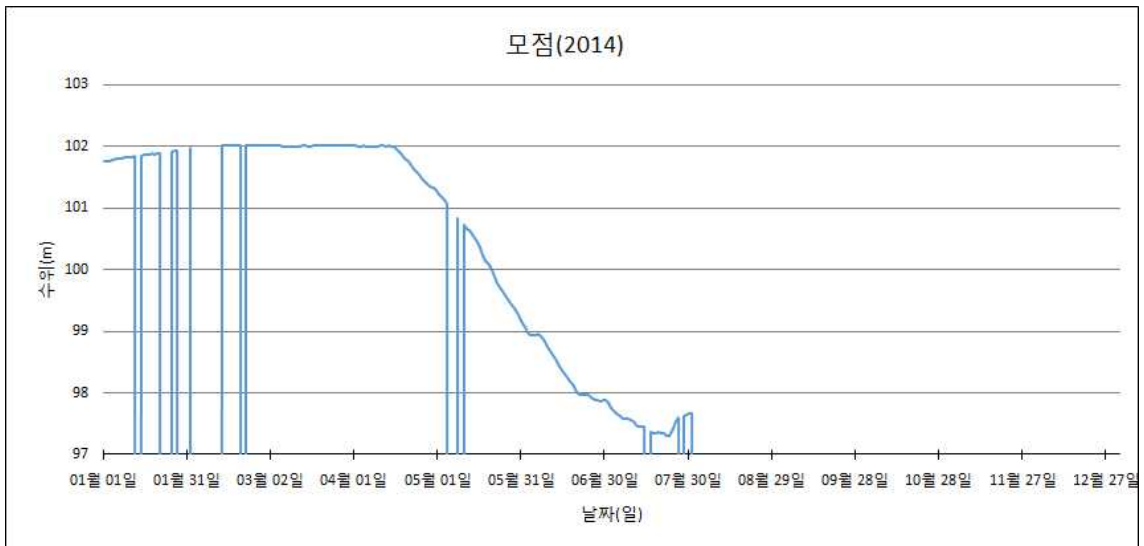
모점저수지(2011), 1일 간격



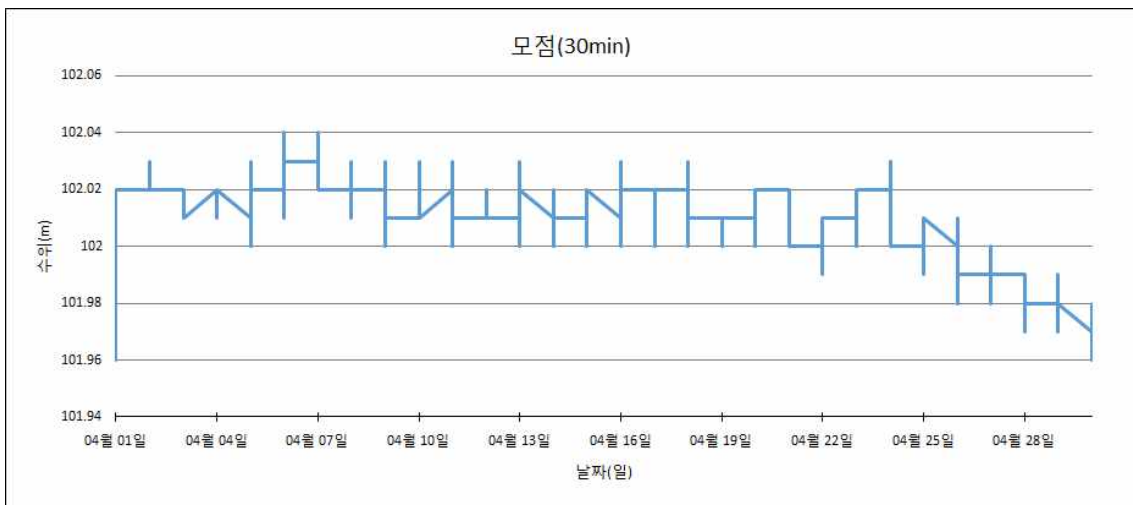
모점저수지(2012), 1일 간격



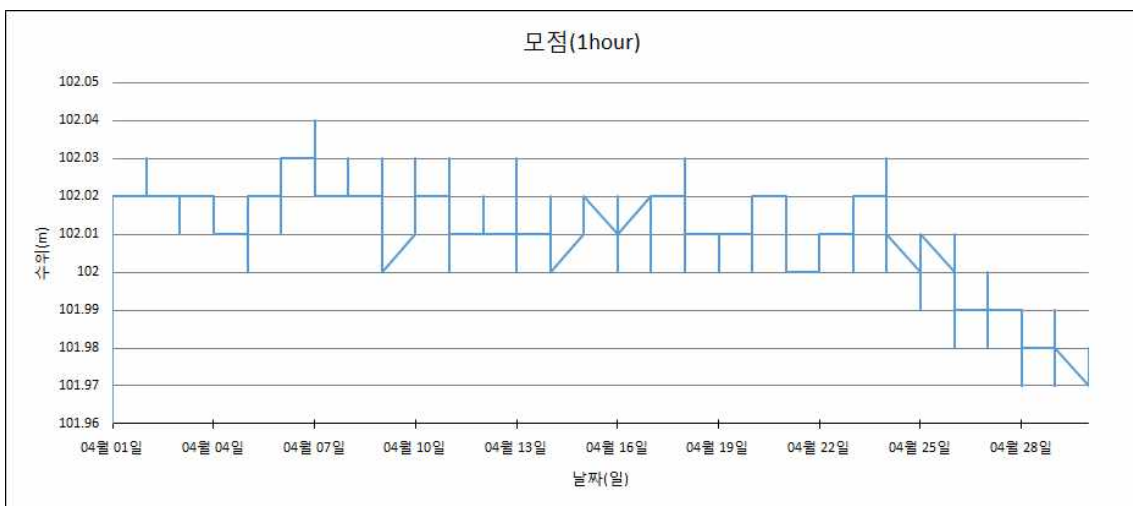
모점저수지(2013), 1일 간격



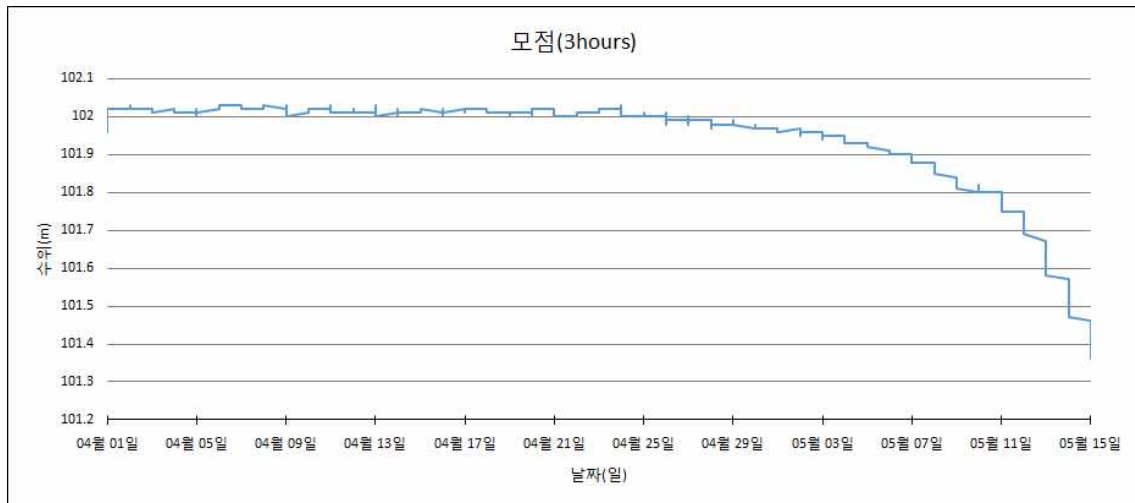
모점저수지(2014), 1일 간격



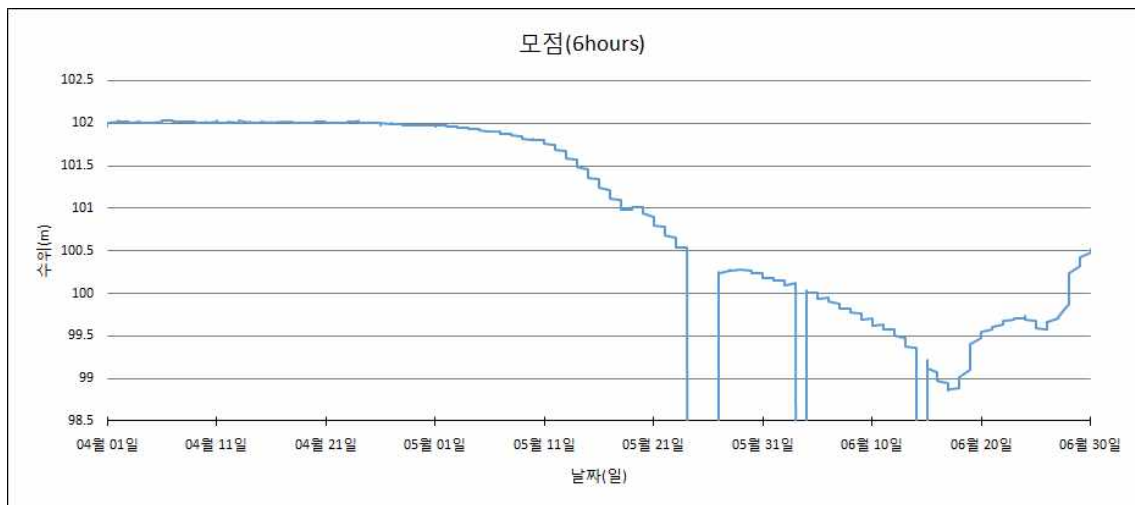
모점저수지(2013, 4월), 30분 간격



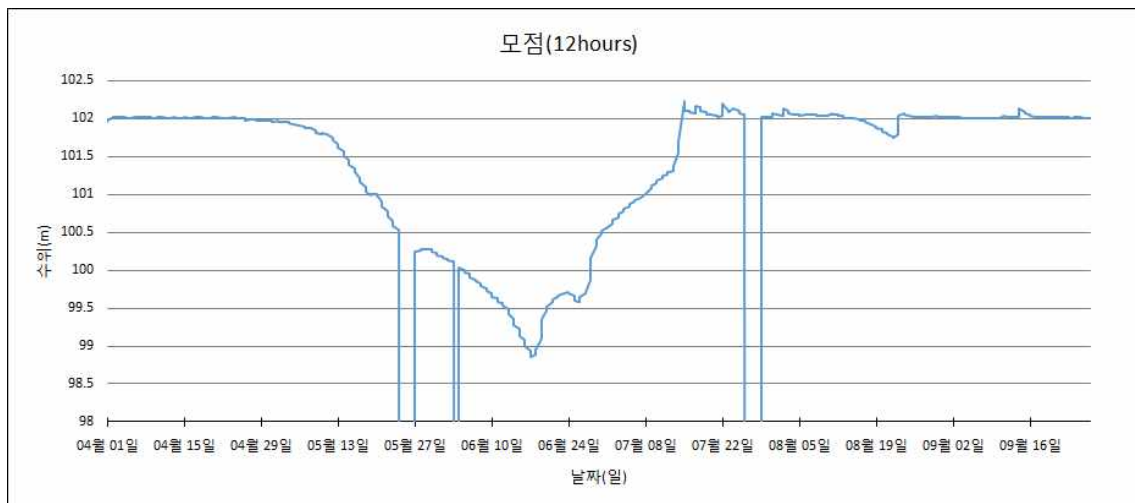
모점저수지(2013, 4월), 1시간 간격



모점저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

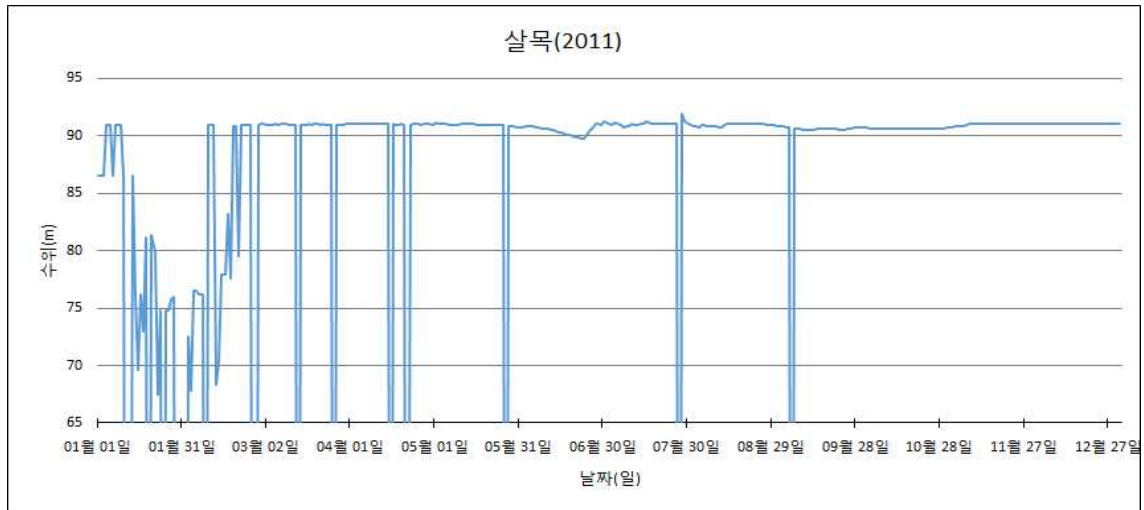


모점저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

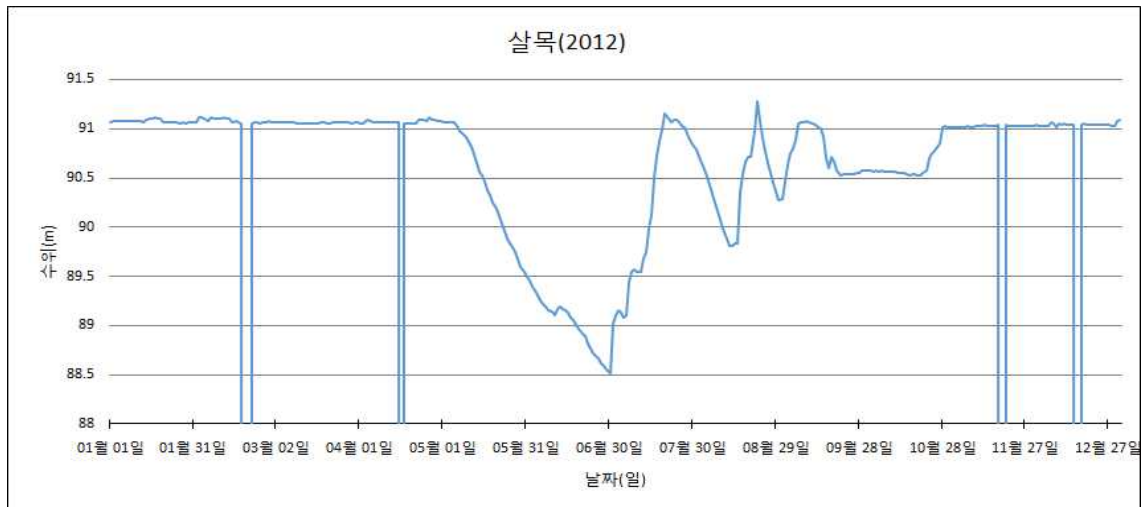


모점저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

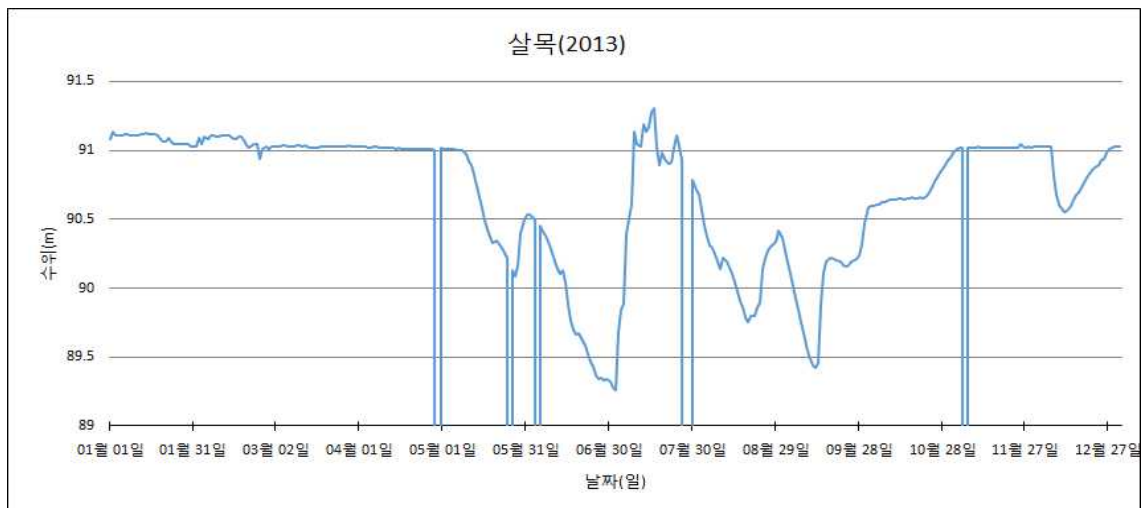
31. 살목 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



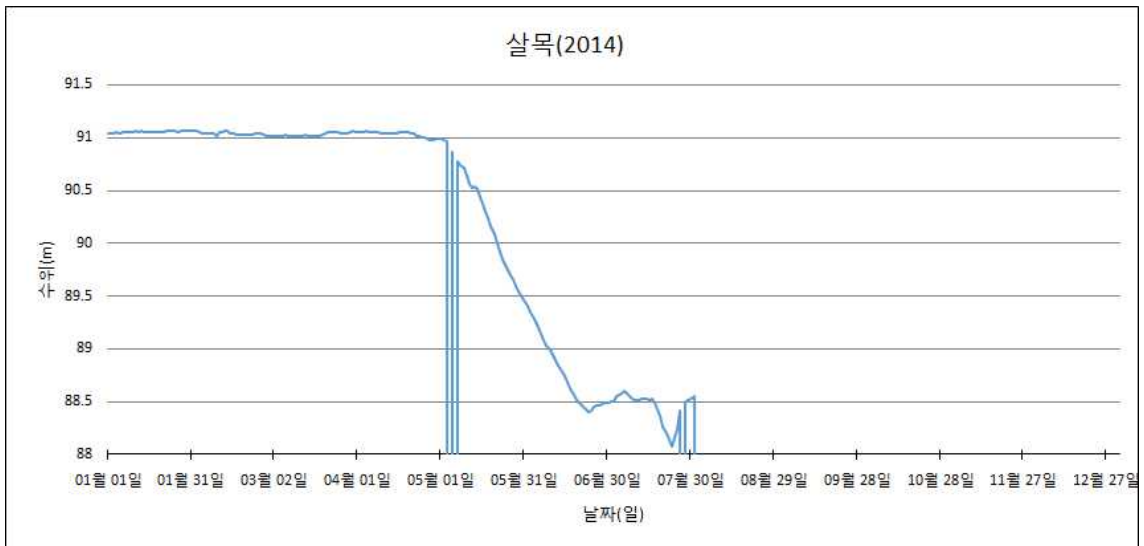
살목저수지(2011), 1일 간격



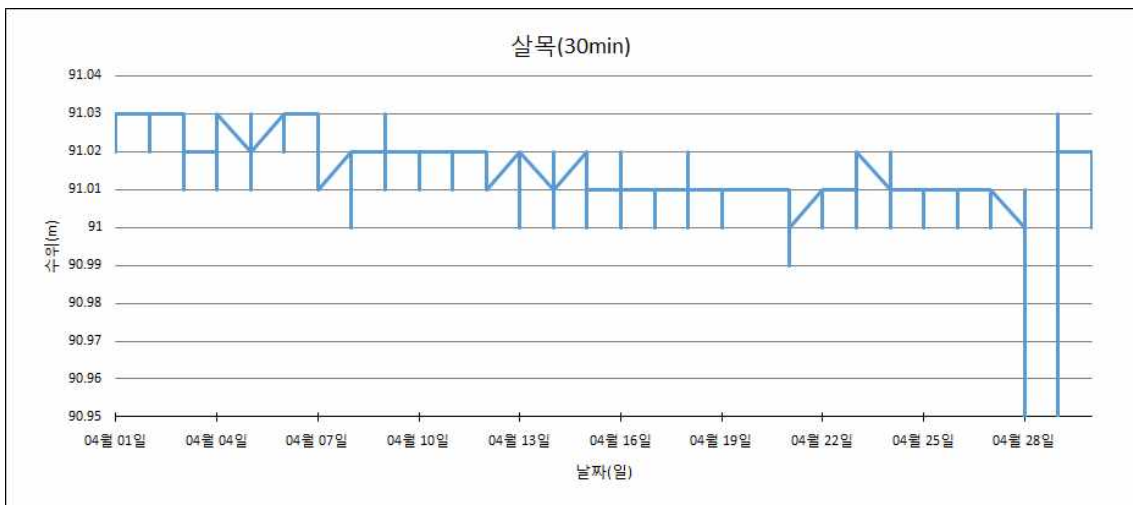
살목저수지(2012), 1일 간격



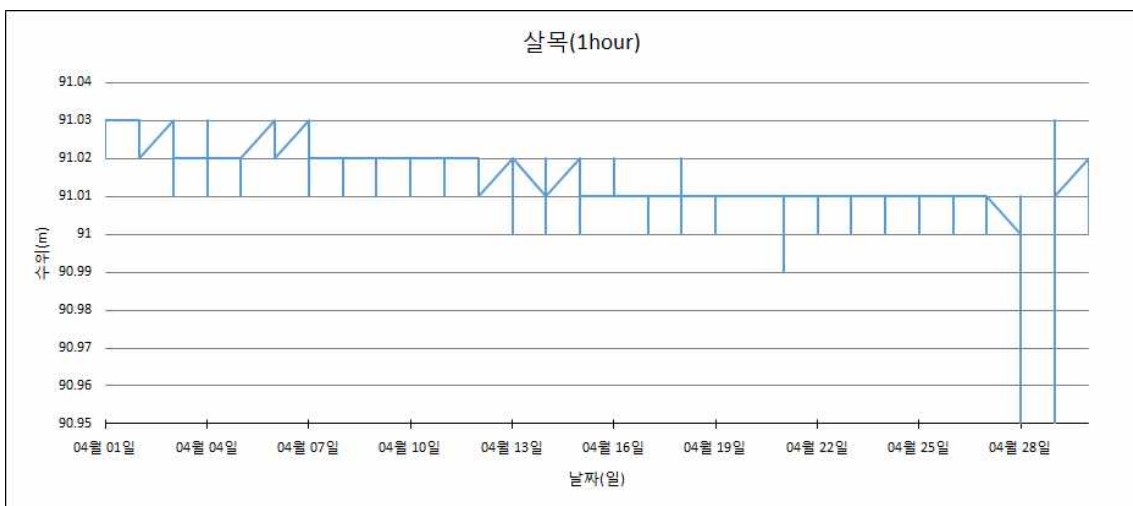
살목저수지(2013), 1일 간격



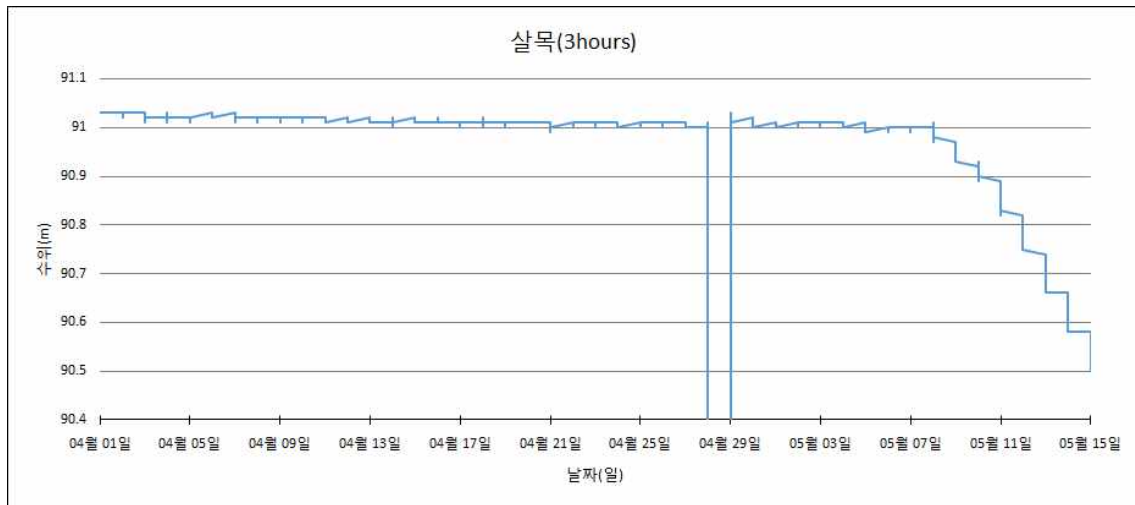
살목저수지(2014), 1일 간격



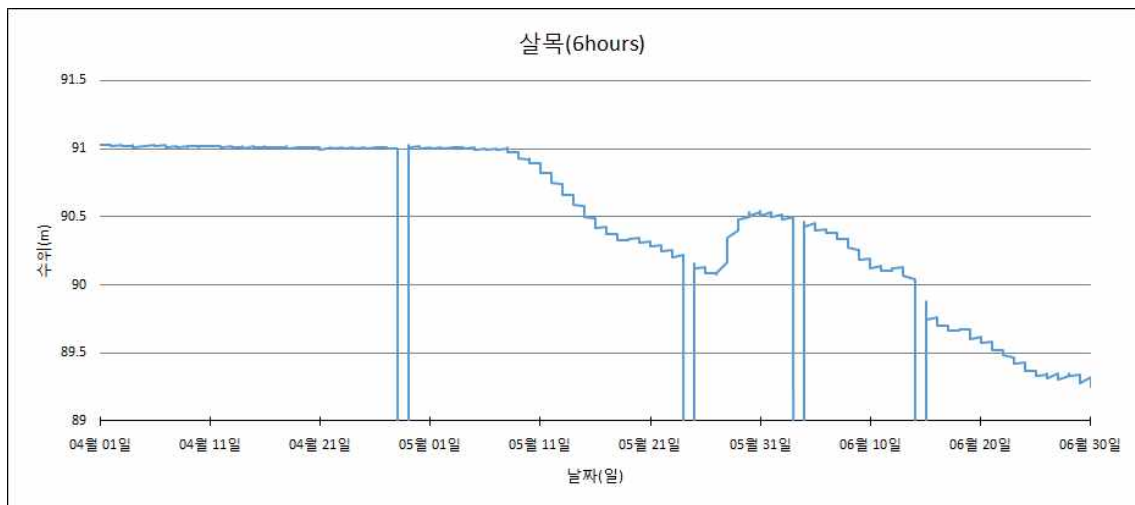
살목저수지(2013, 4월), 30분 간격



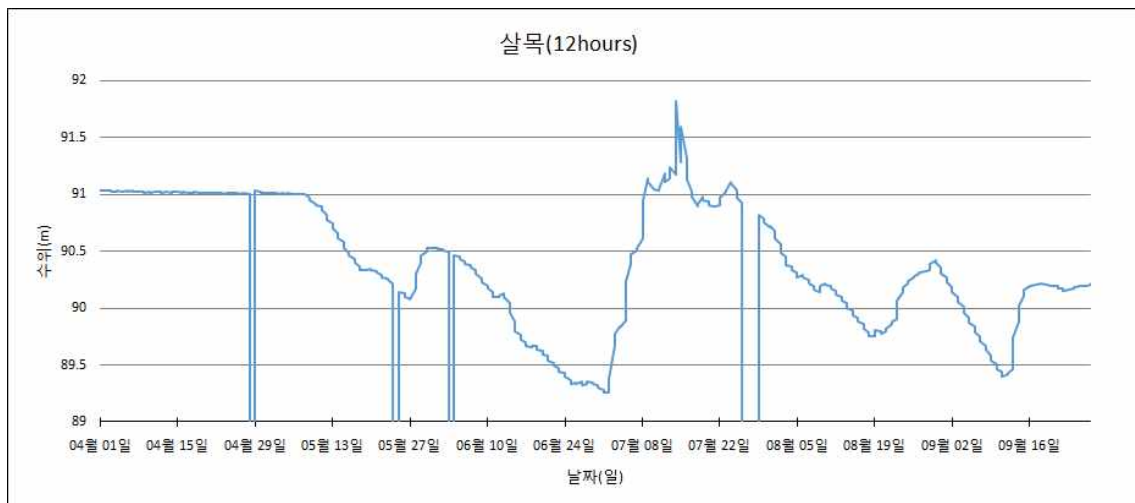
살목저수지(2013, 4월), 1시간 간격



살목저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

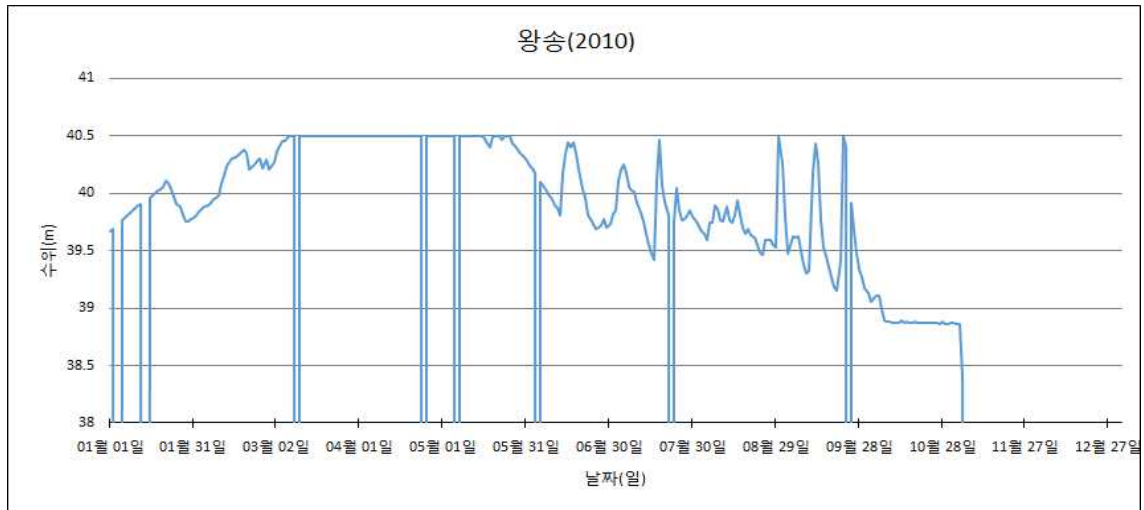


살목저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

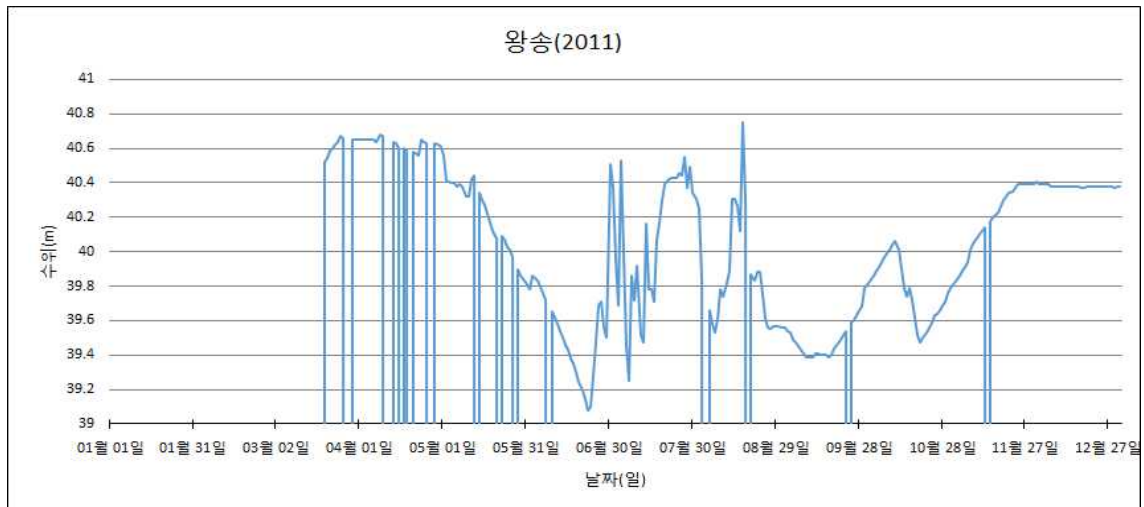


살목 저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

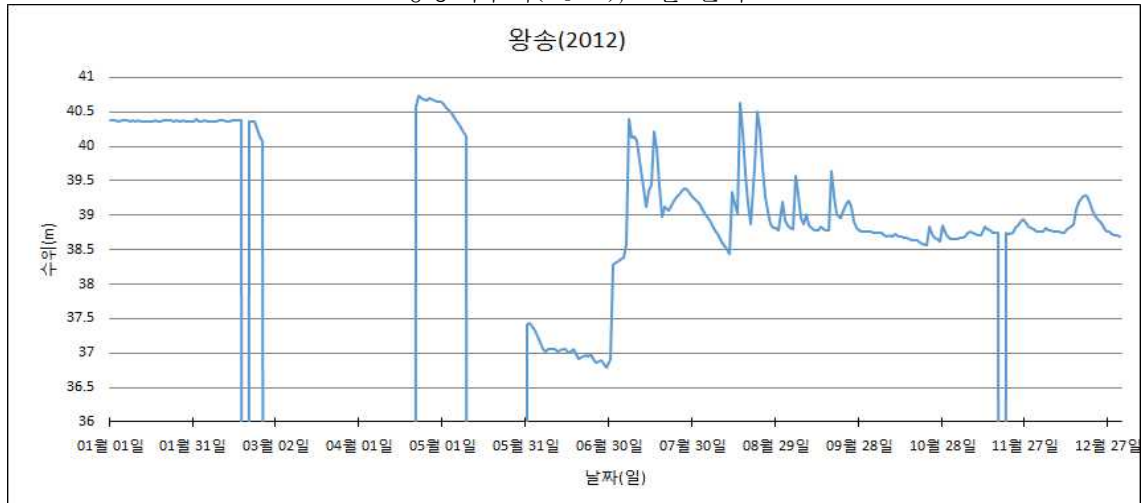
32. 왕송 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



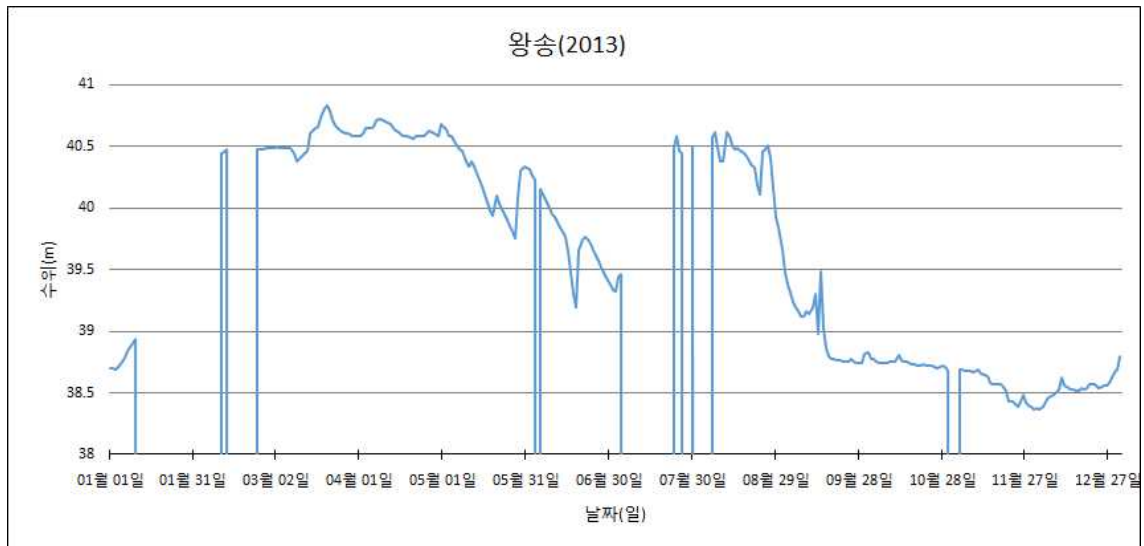
왕송저수지(2010), 1일 간격



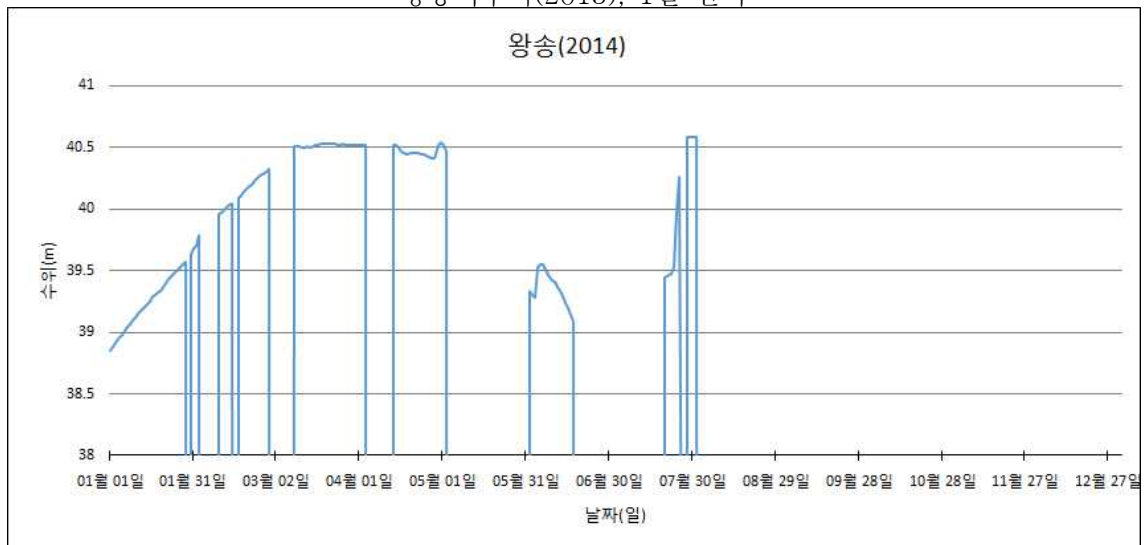
왕송저수지(2011), 1일 간격



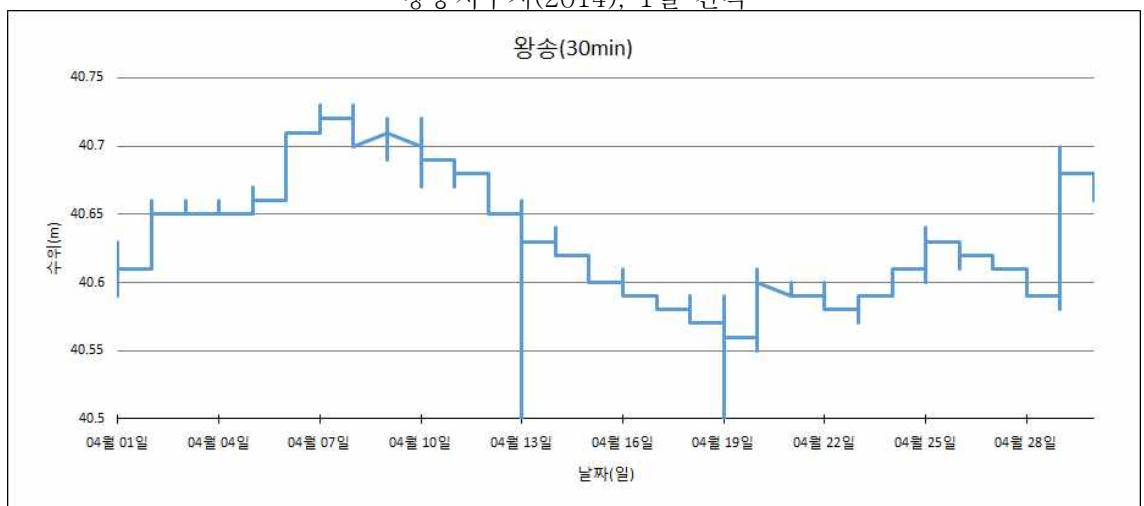
왕송저수지(2012), 1일 간격



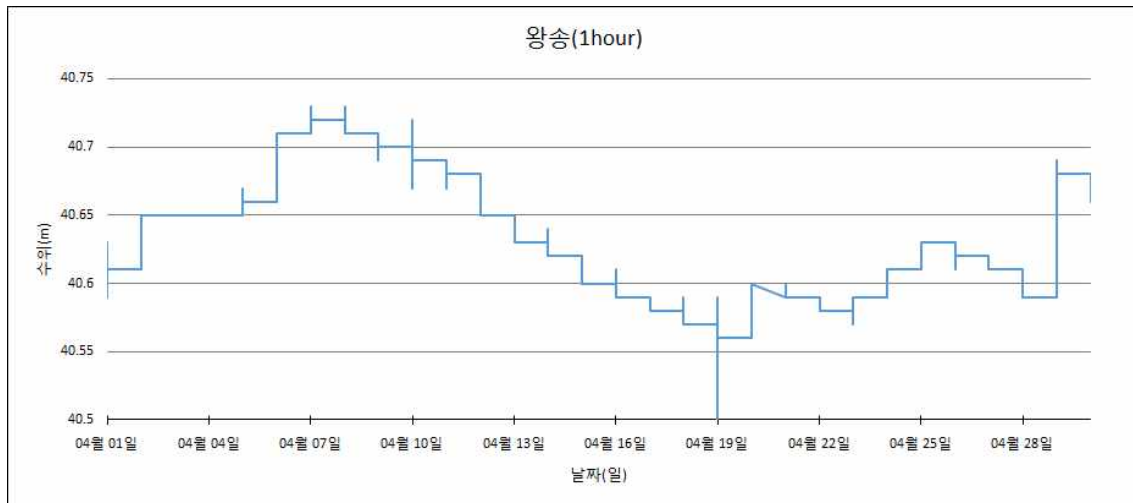
왕송저수지(2013), 1일 간격



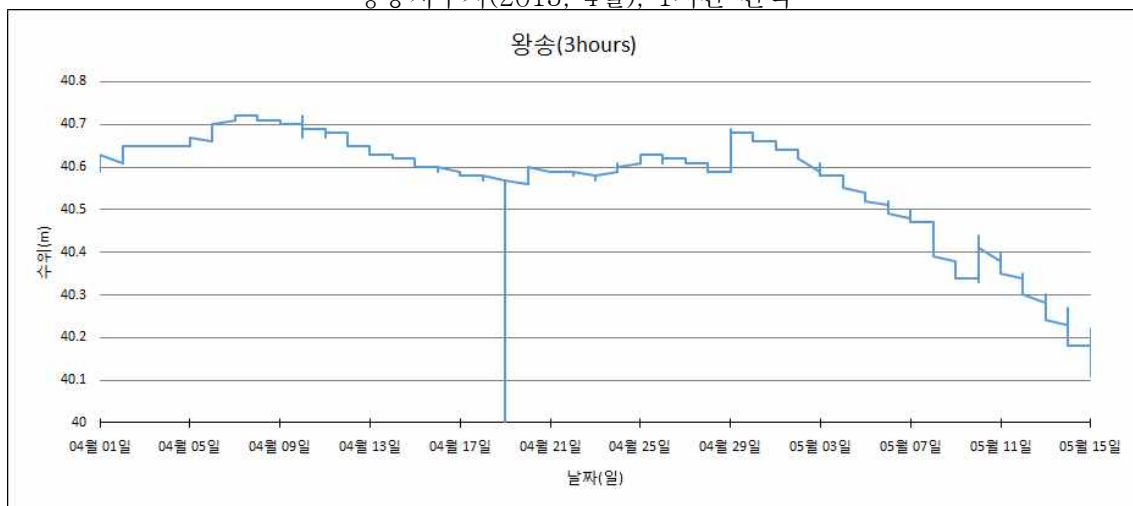
왕송저수지(2014), 1일 간격



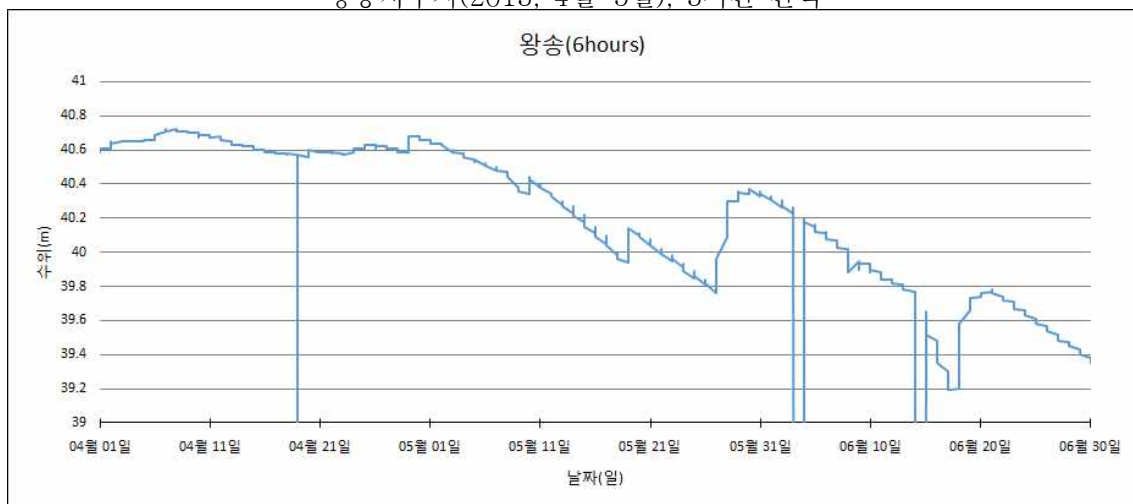
왕송저수지(2013, 4월), 30분 간격



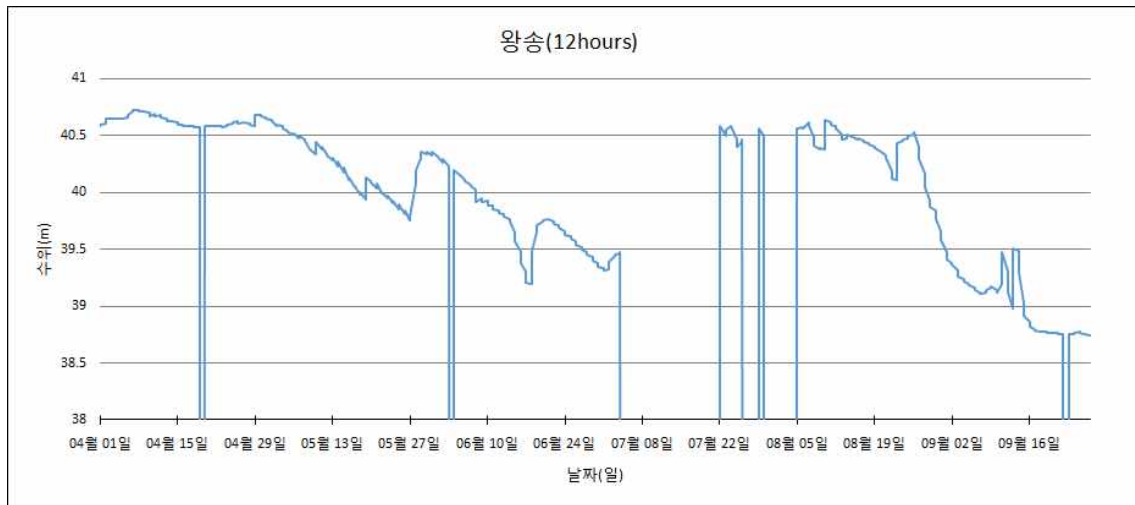
왕송저수지(2013, 4월), 1시간 간격



왕송저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

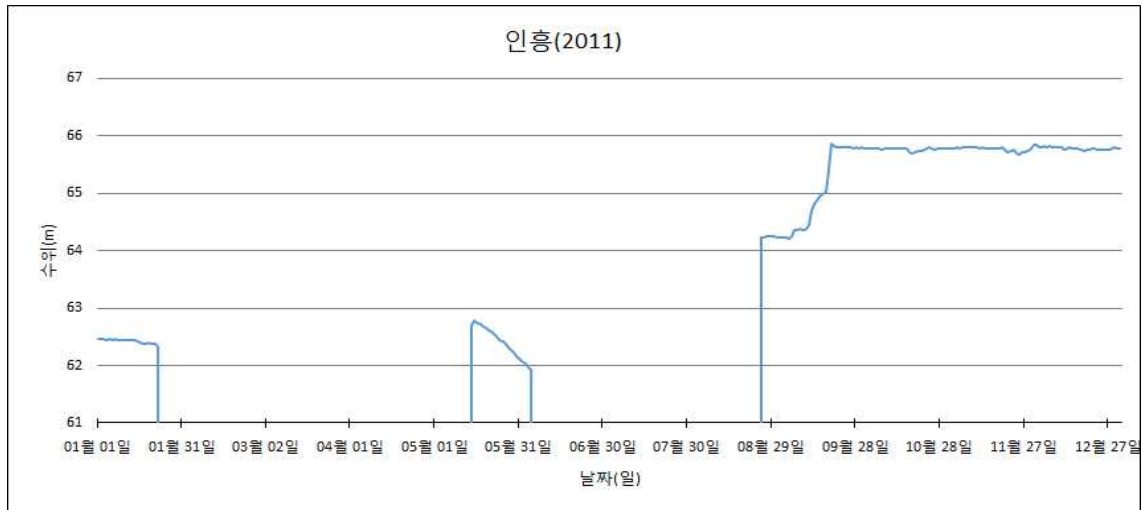


왕송저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격



왕송저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

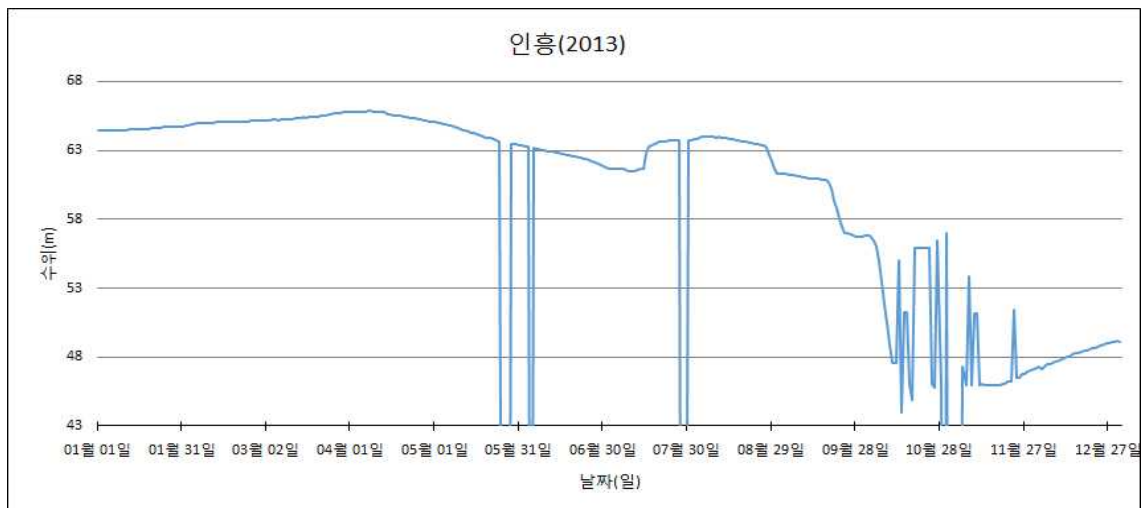
33. 인홍 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



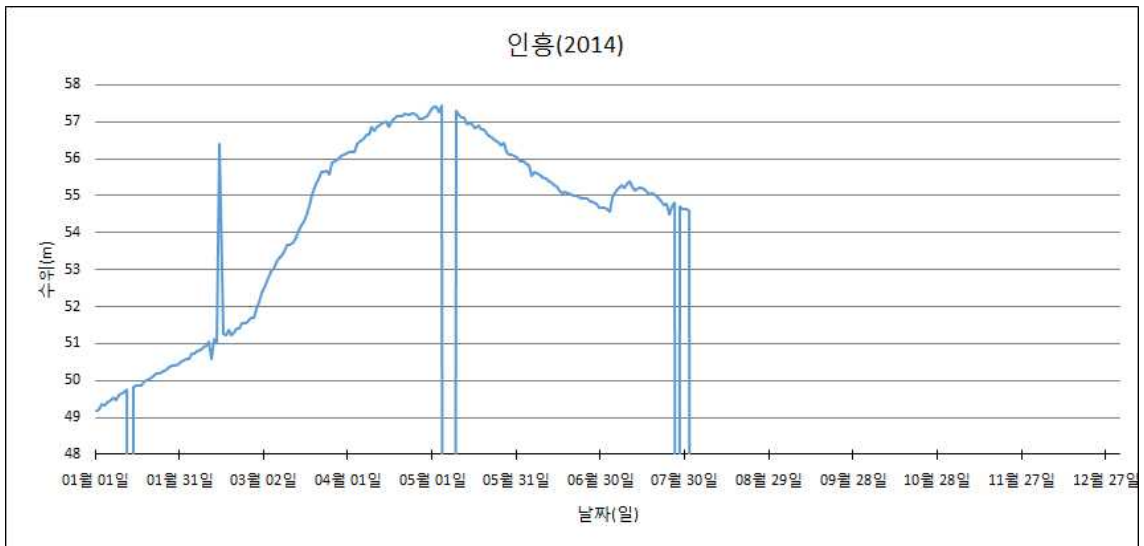
인홍저수지(2011), 1일 간격



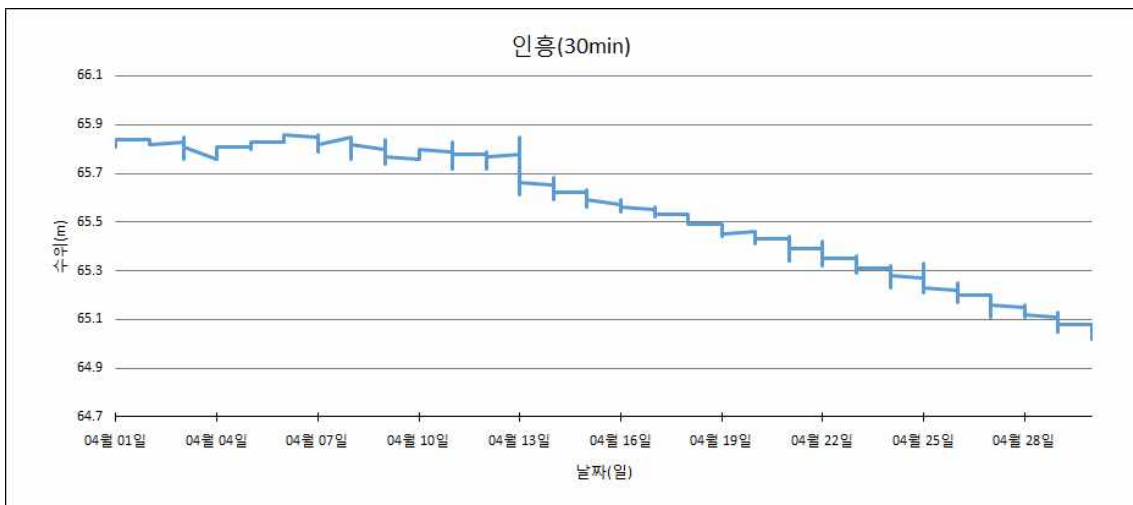
인홍저수지(2012), 1일 간격



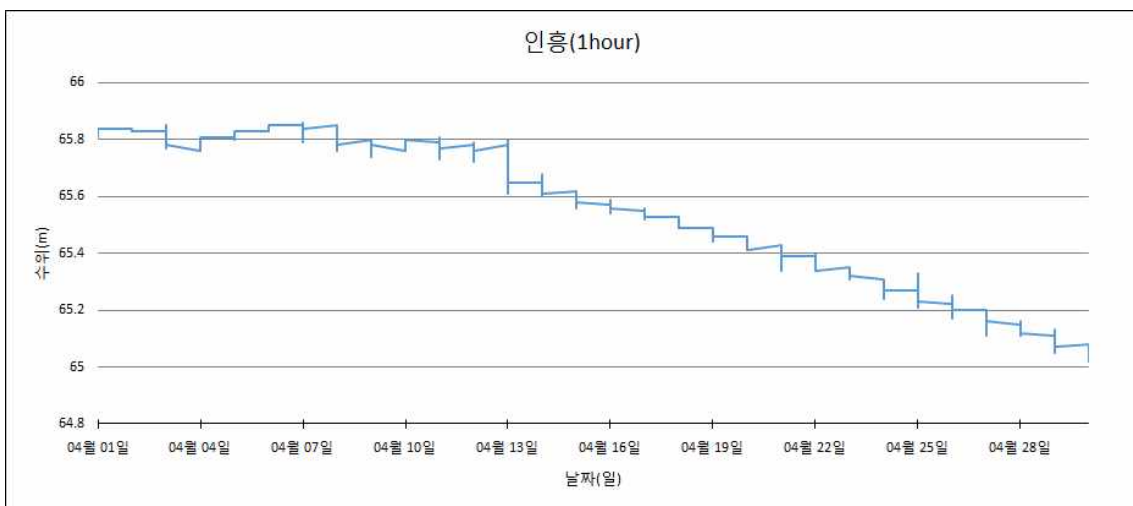
인홍저수지(2013), 1일 간격



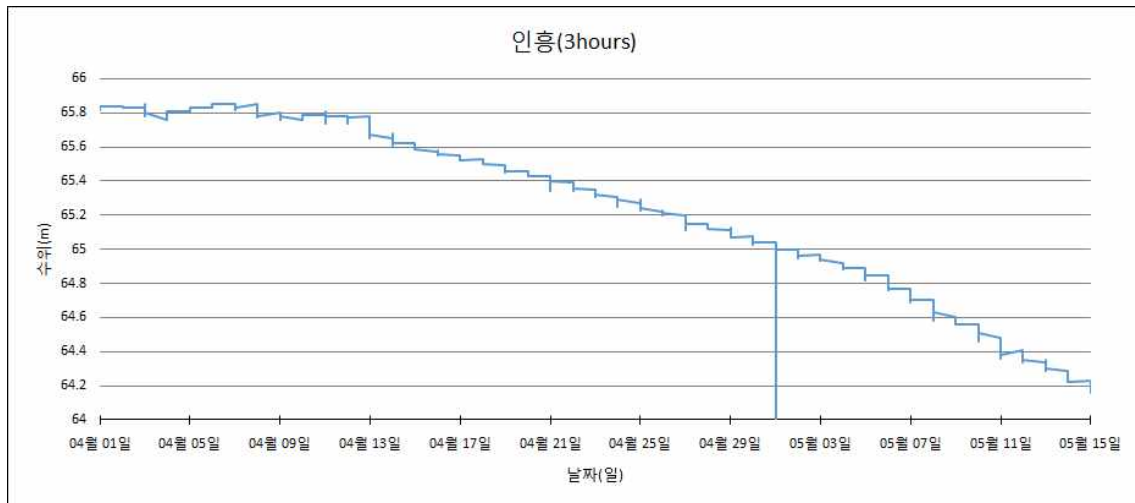
인흥저수지(2014), 1일 간격



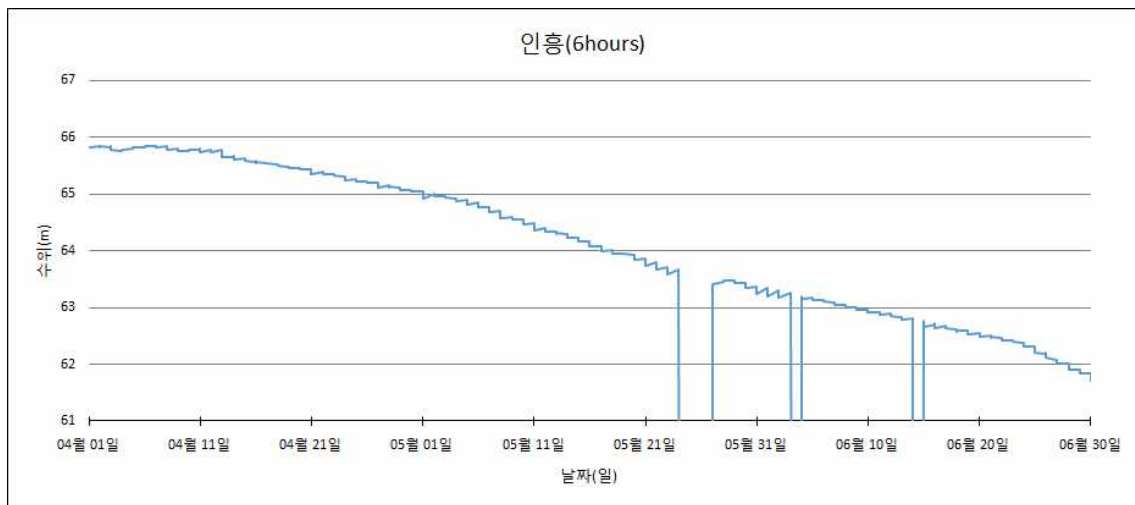
인흥저수지(2013, 4월), 30분 간격



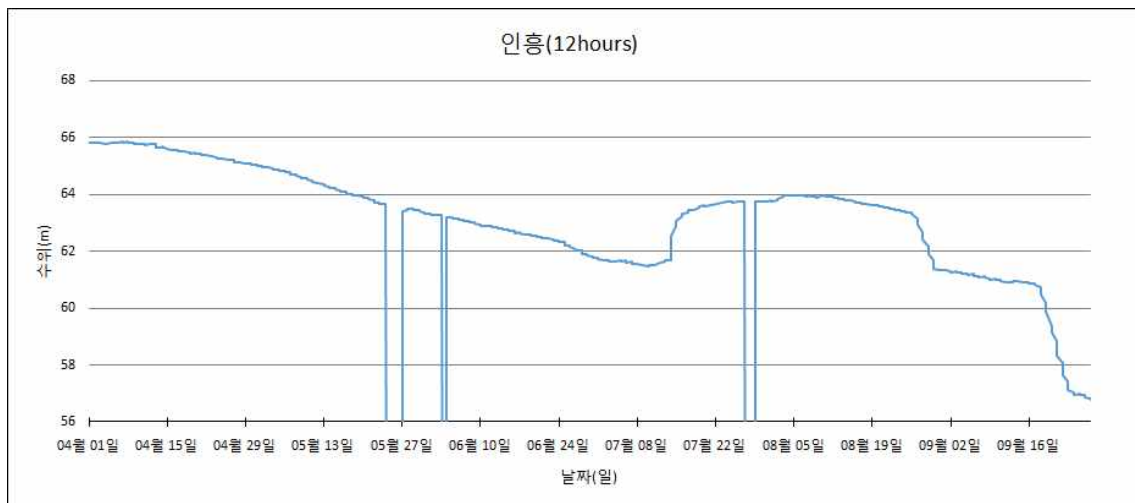
인흥저수지(2013, 4월), 1시간 간격



인홍저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격

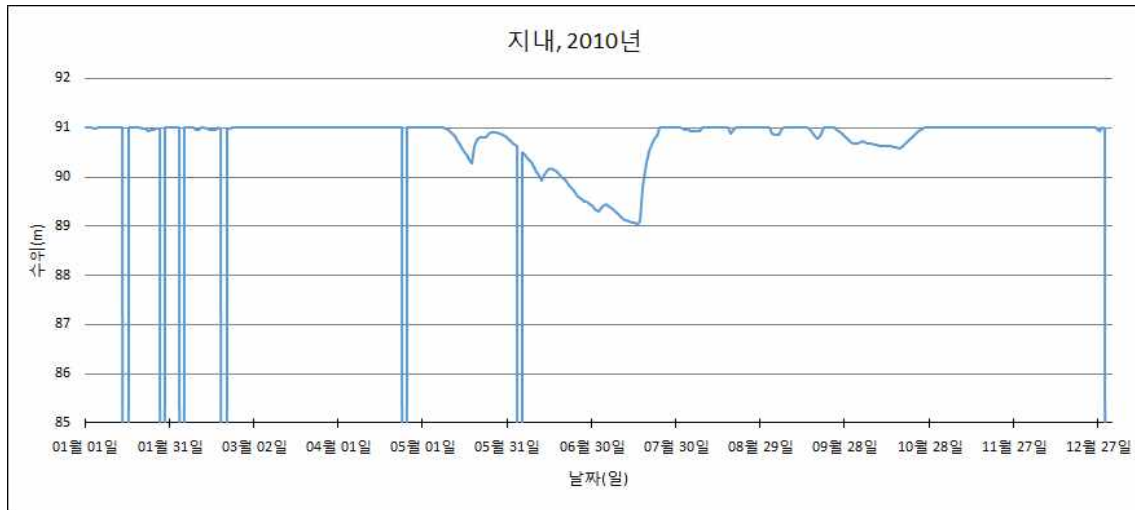


인홍저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격

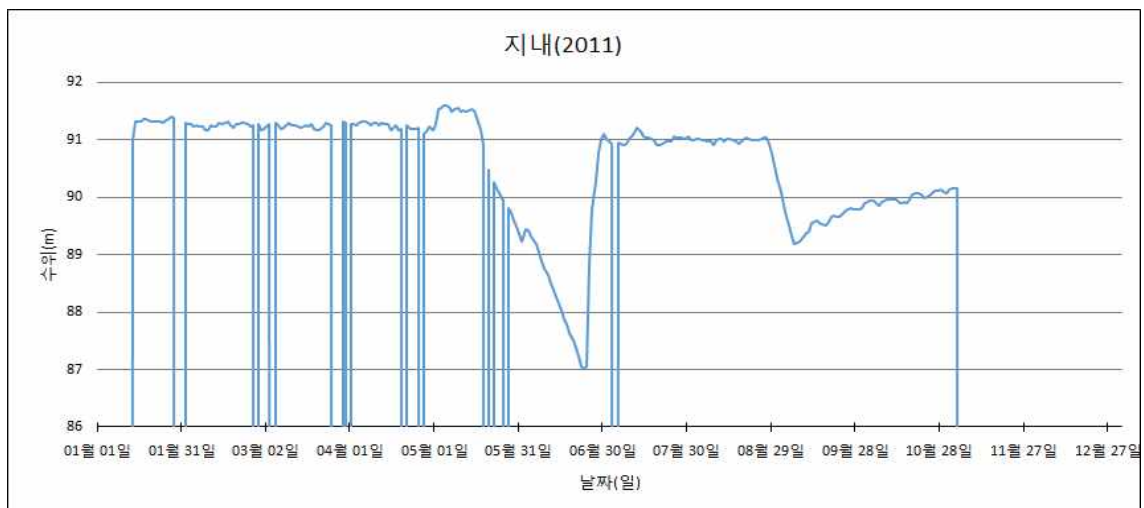


인홍저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

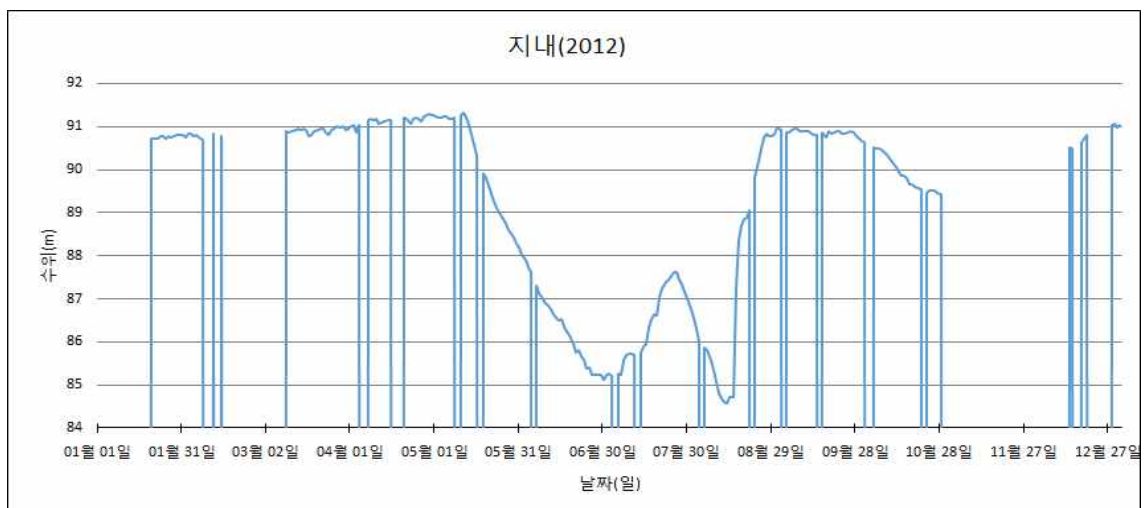
34. 지내 저수지 시기별, 시간 간격별 수위 그래프



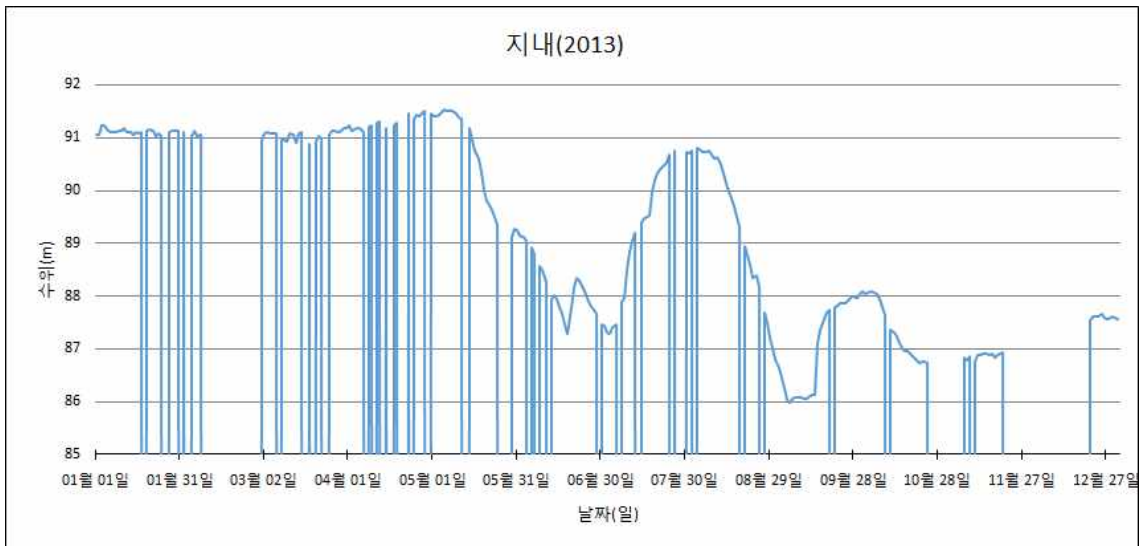
지내저수지(2010), 1일 간격



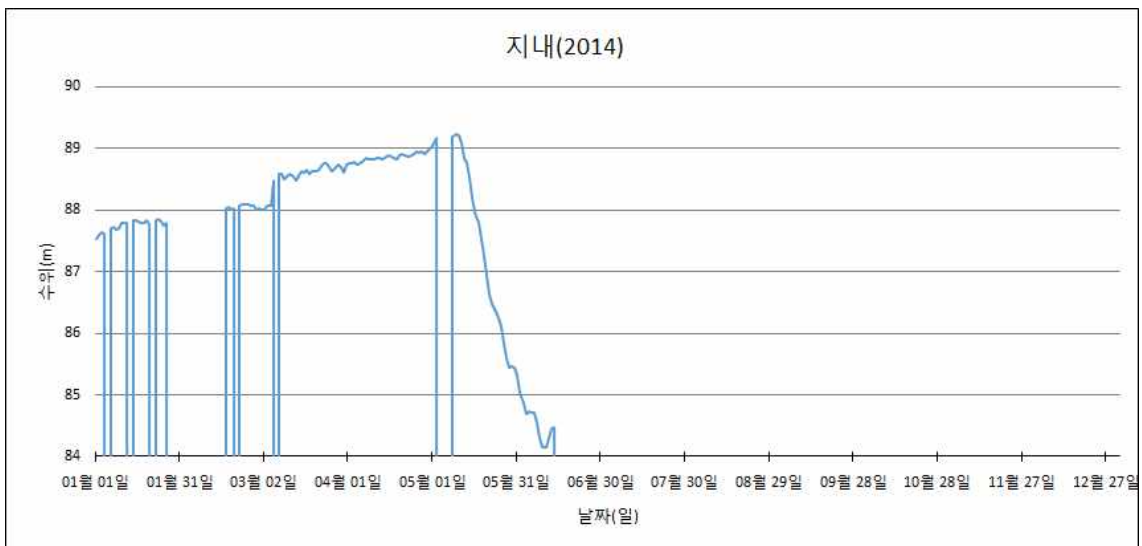
지내저수지(2011), 1일 간격



지내저수지(2012), 1일 간격



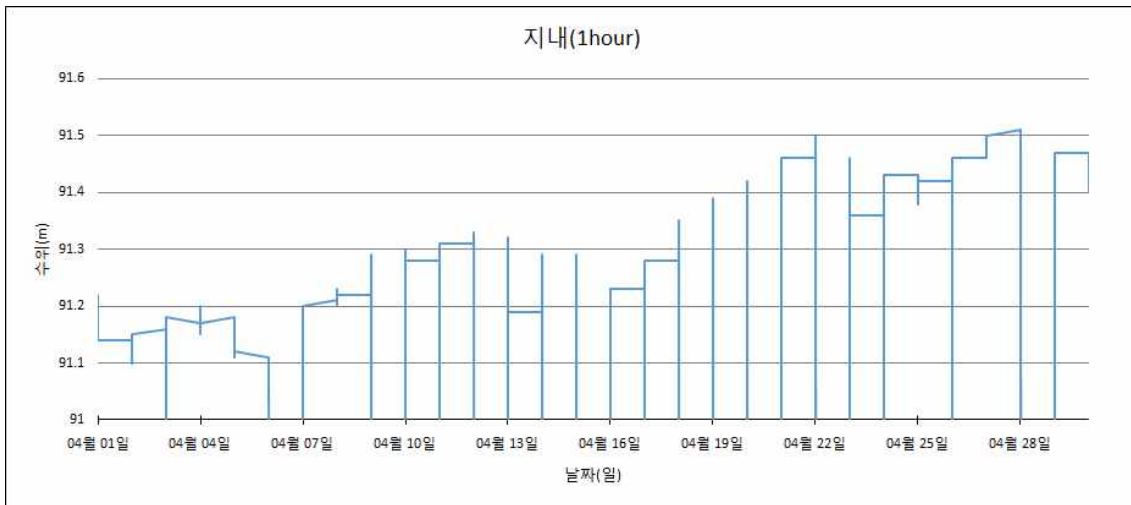
지내저수지(2013), 1일 간격



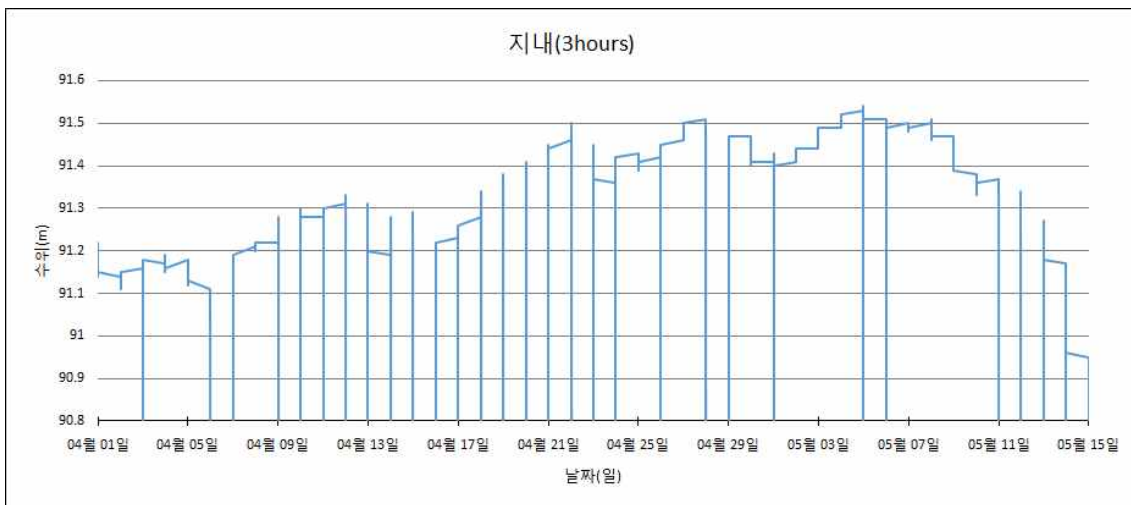
지내저수지(2014), 1일 간격



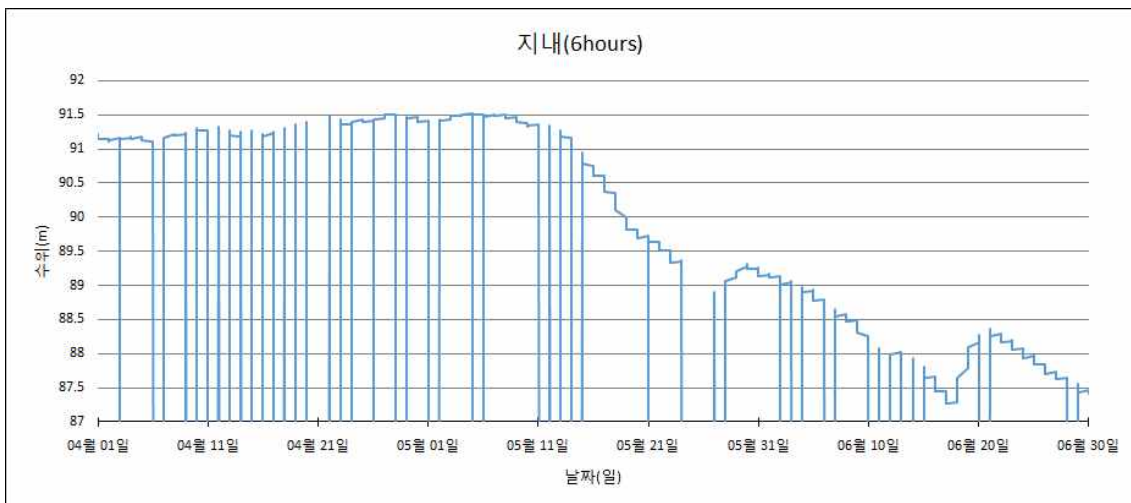
지내저수지(2013, 4월), 30분 간격



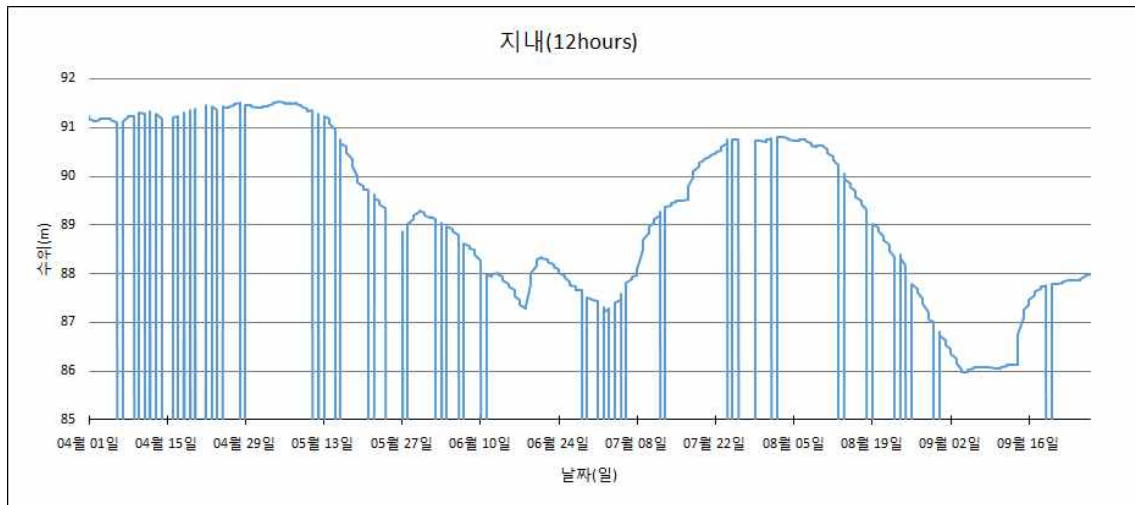
지내저수지(2013, 4월), 1시간 간격



지내저수지(2013, 4월-5월), 3시간 간격



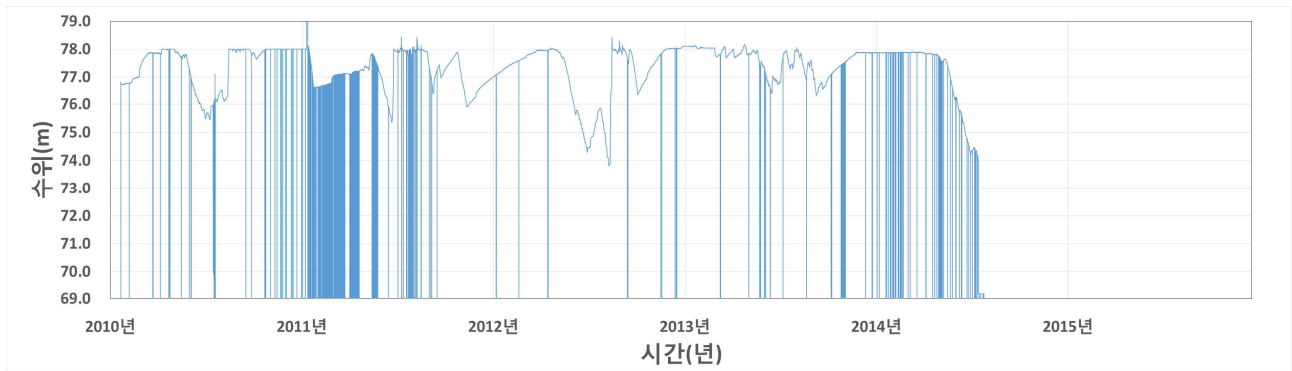
지내저수지(2013, 4월-6월), 6시간 간격



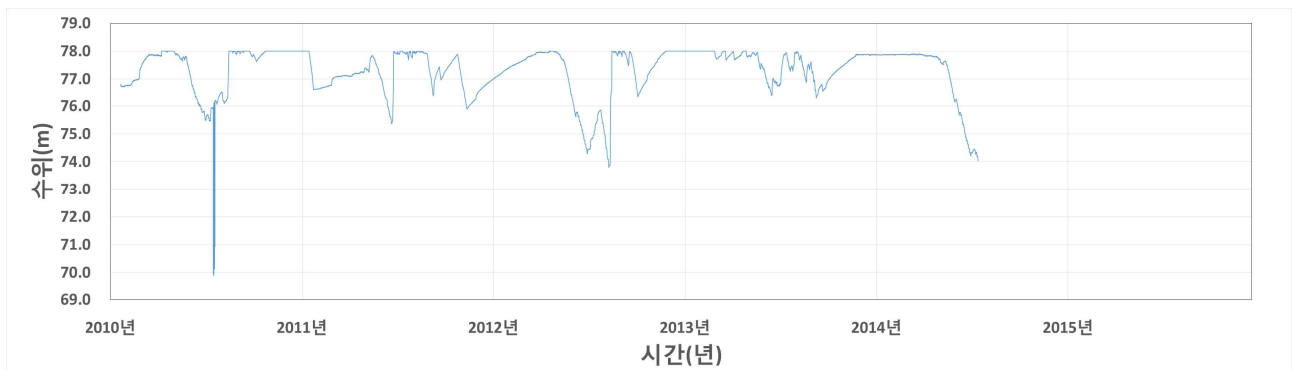
지내저수지(2013, 4월-9월), 12시간 간격

- 부 록 II -

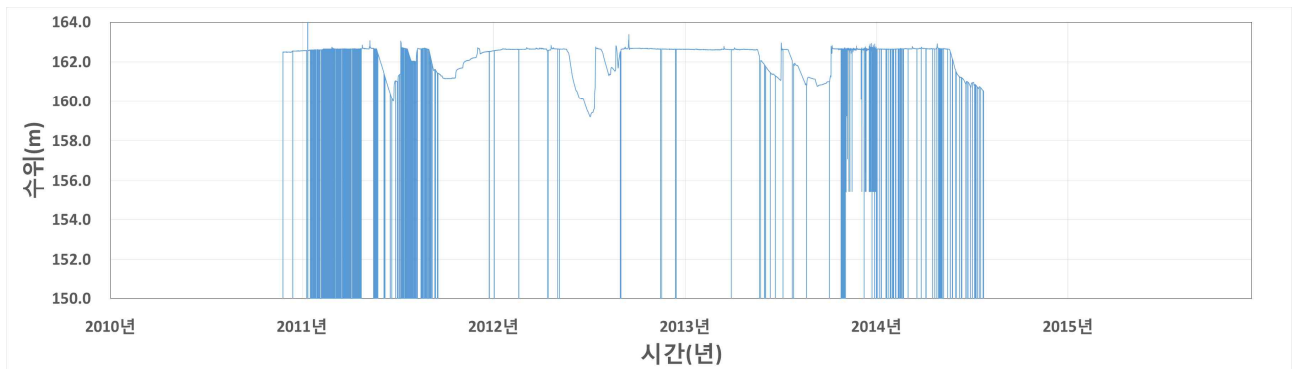
저수지별 수위 변화율 산정 및 품질관리 프로그램
적용 결과 그래프



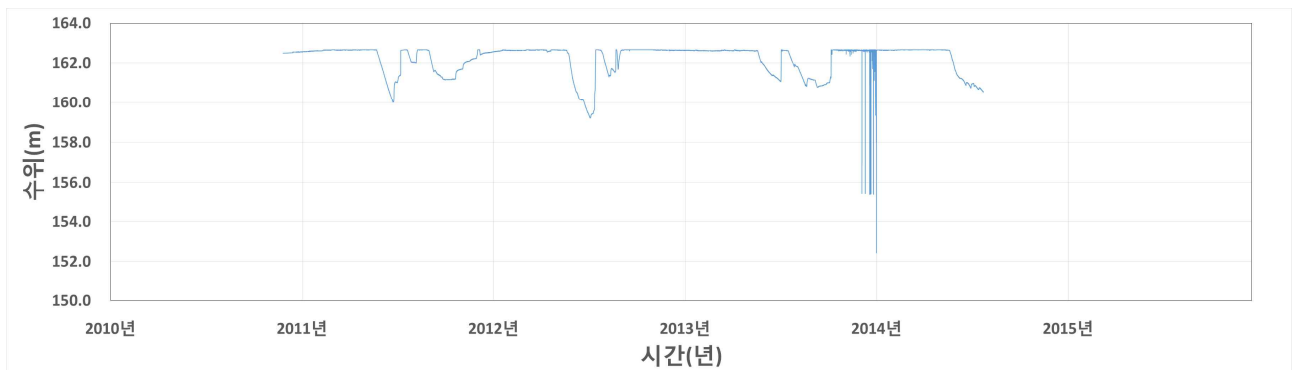
강청 저수지 원시자료



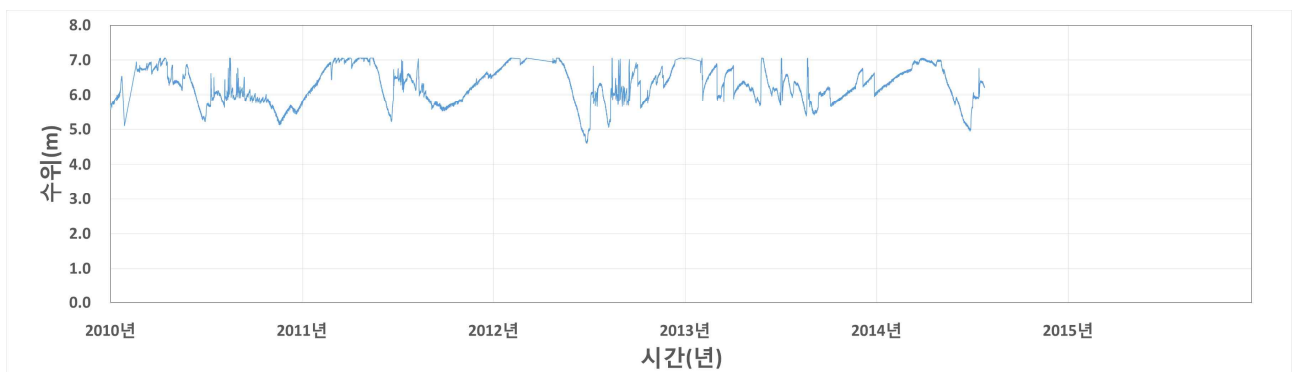
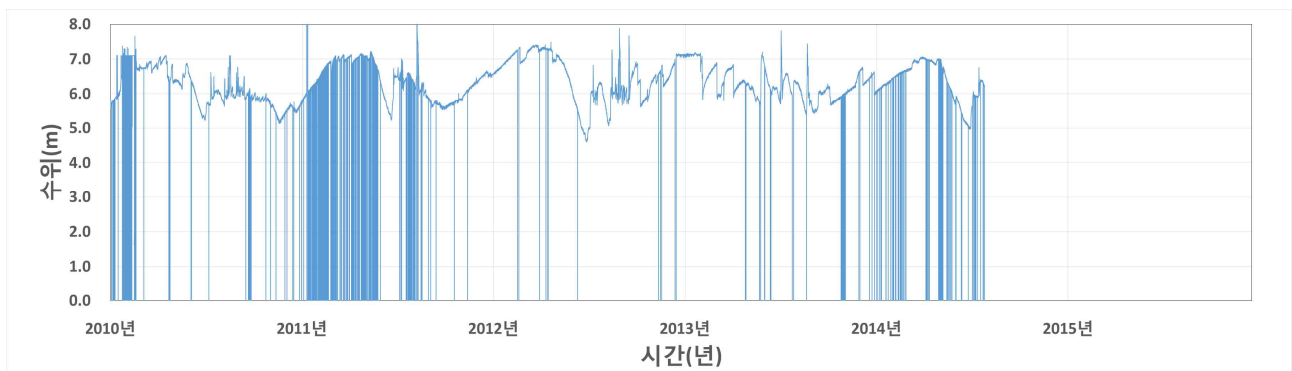
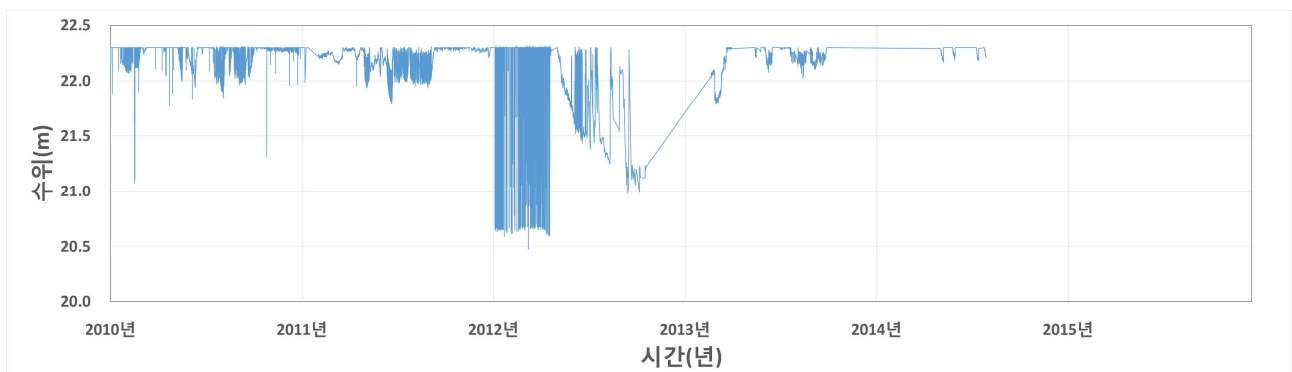
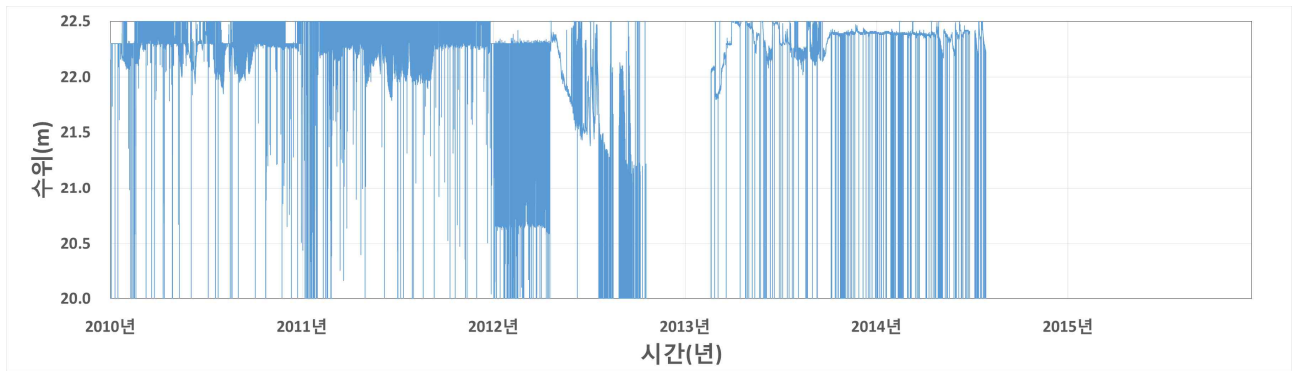
강청 저수지 품질관리 자료

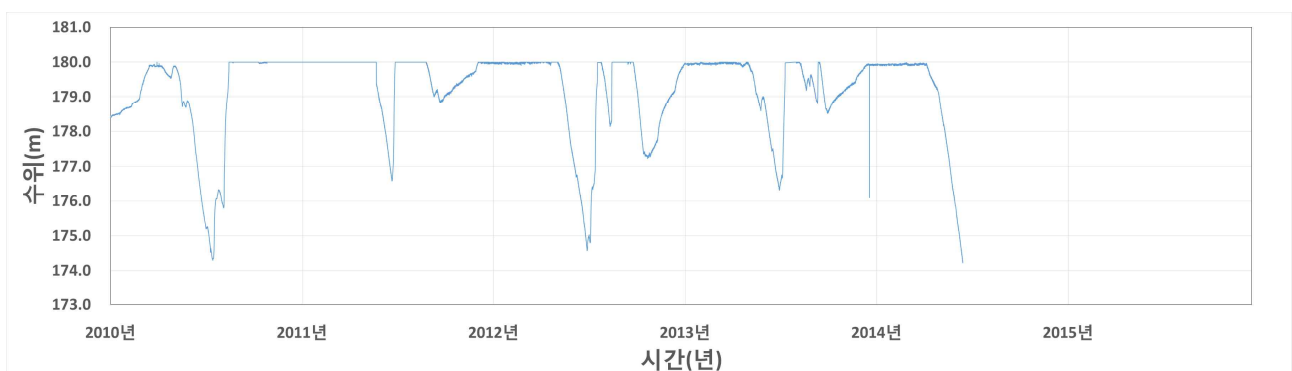
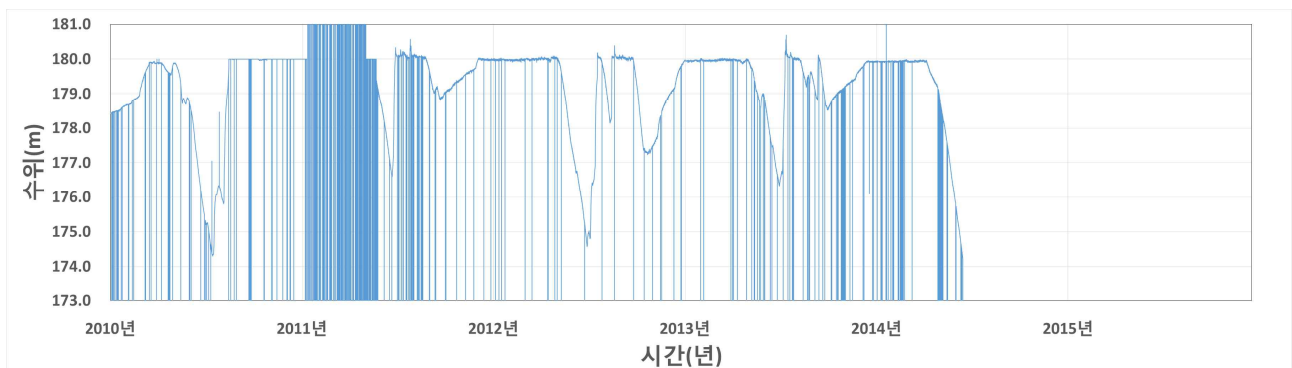
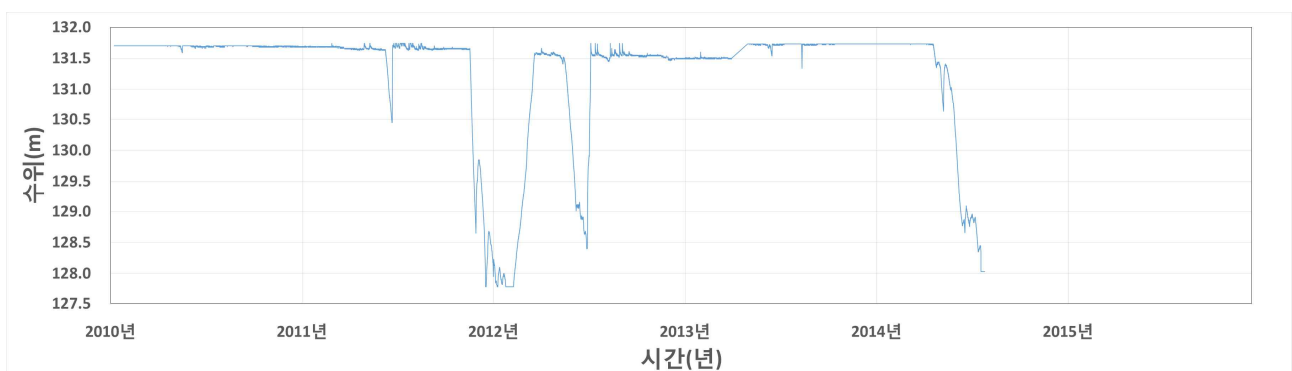
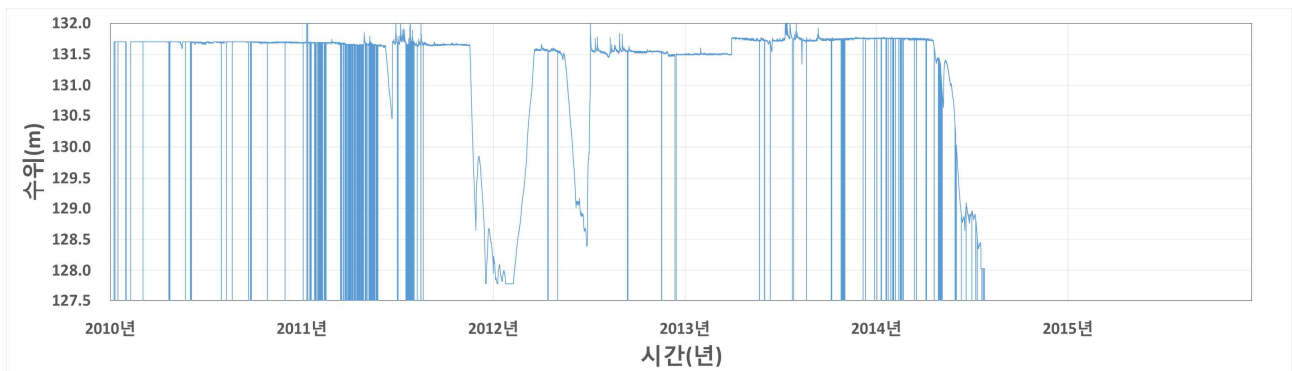


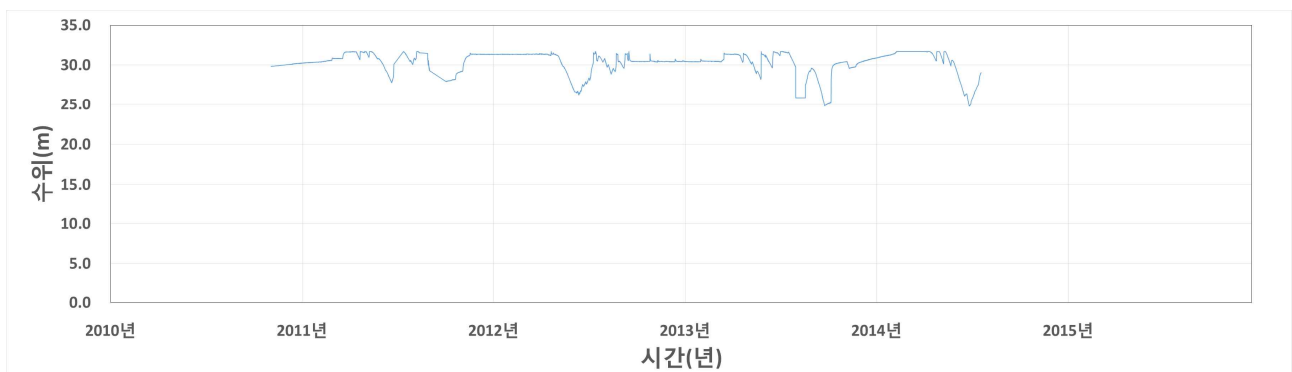
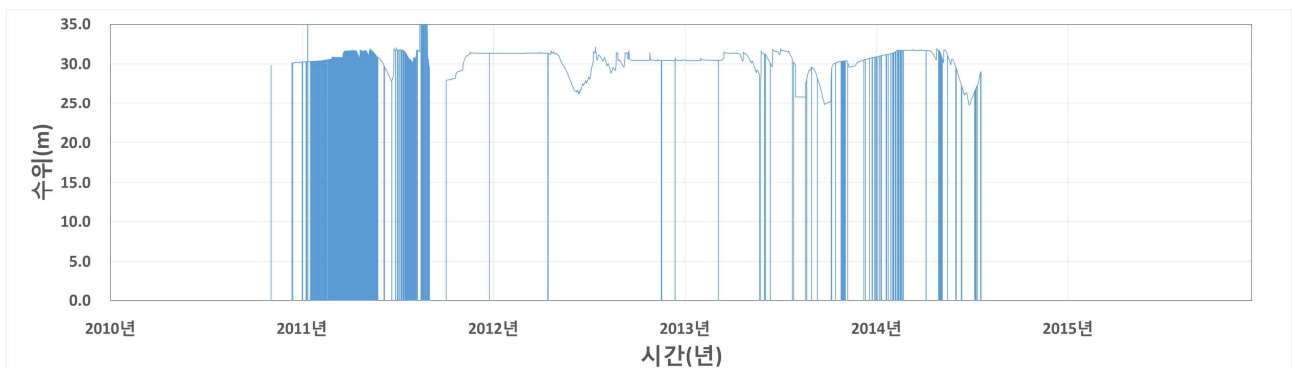
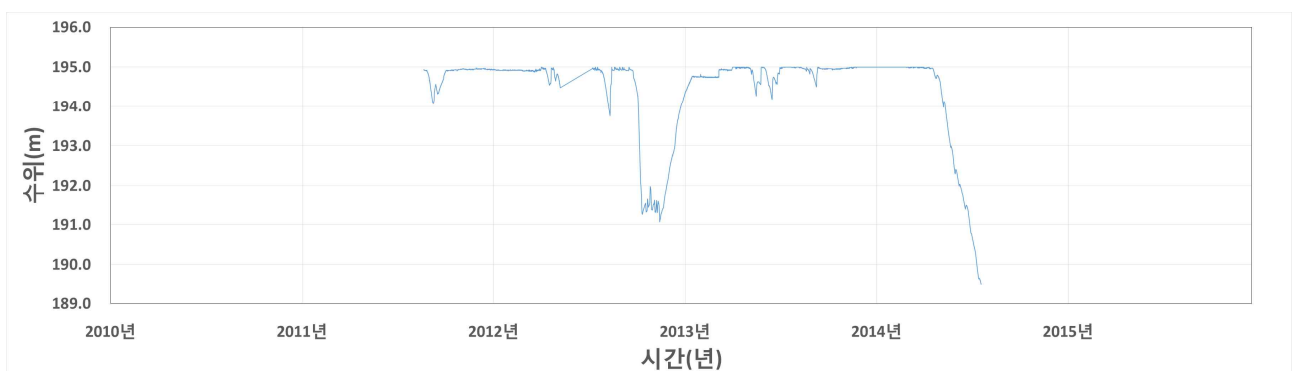
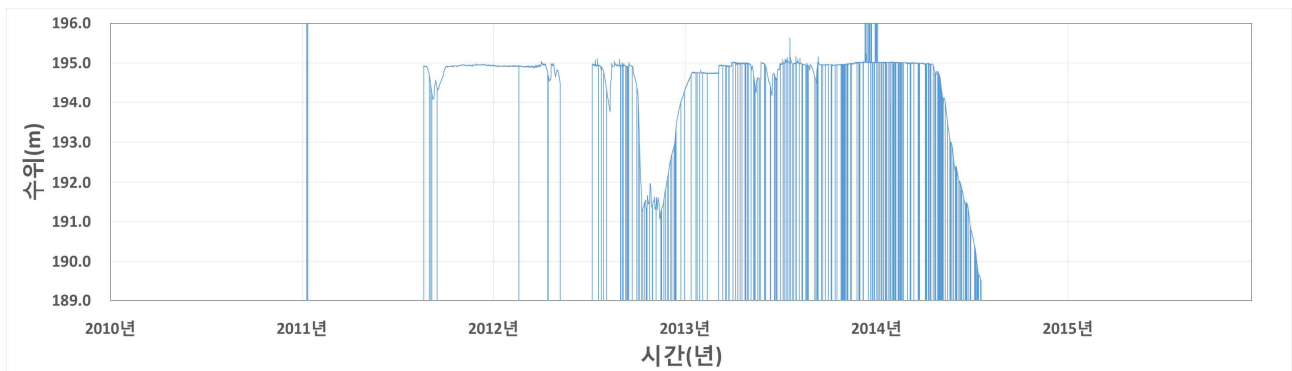
고경 저수지 원시자료

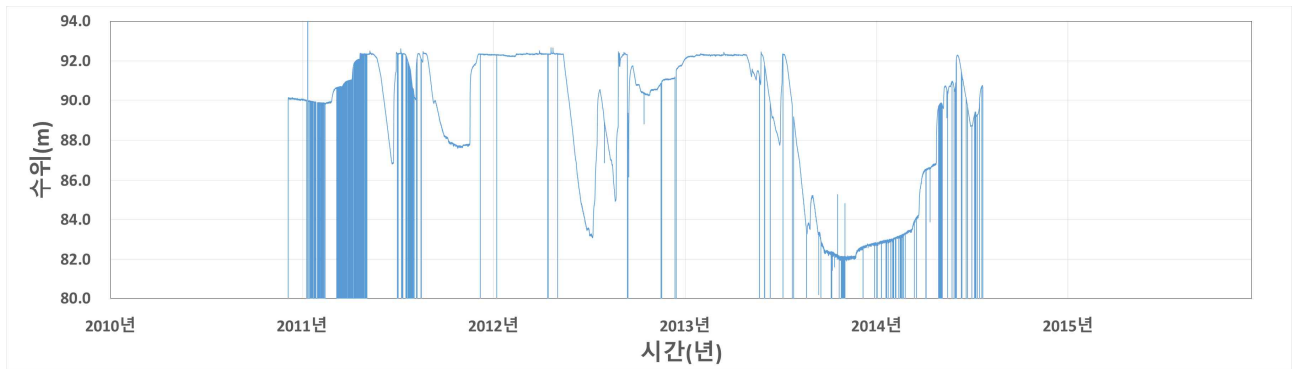


고경 저수지 품질관리 자료

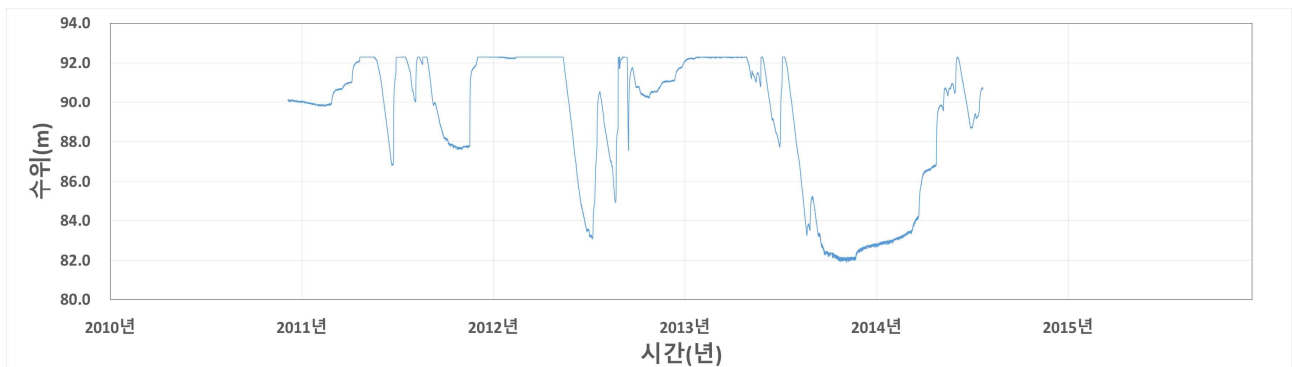




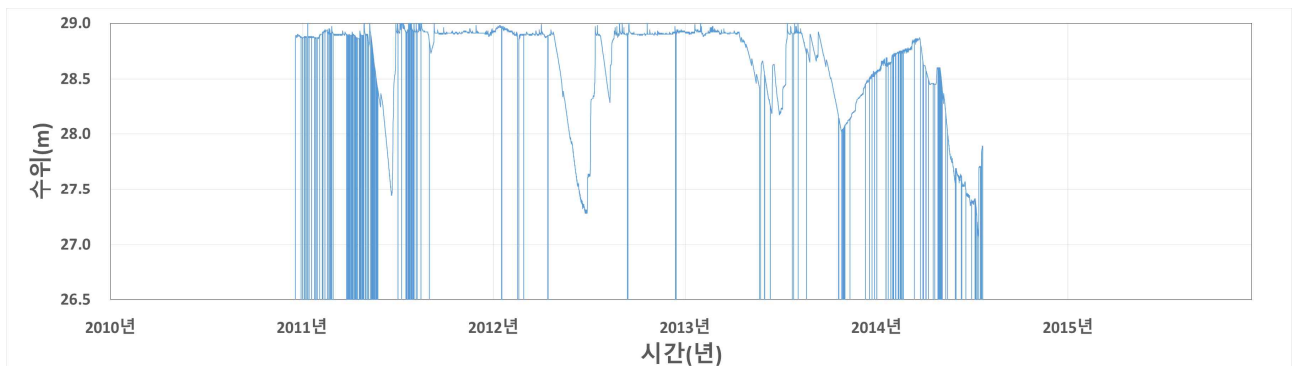




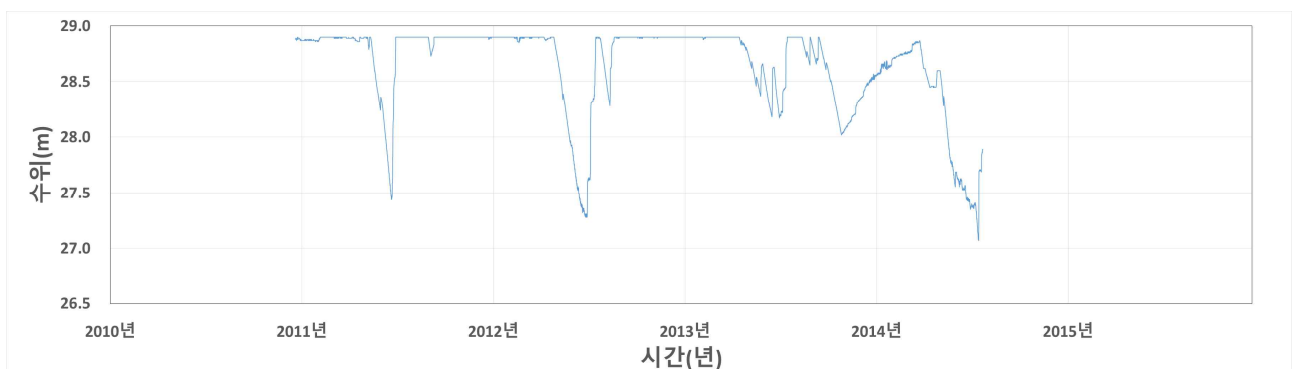
동해 저수지 원시 자료



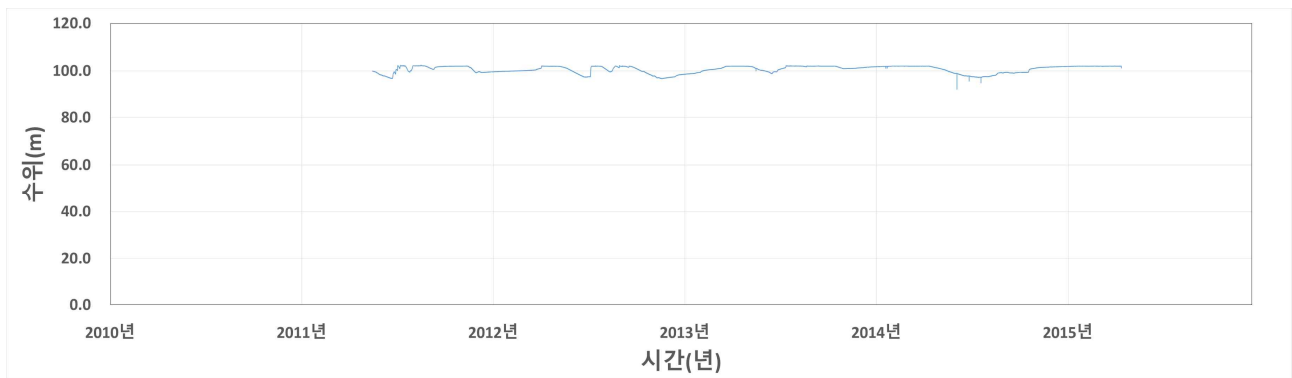
동해 저수지 품질관리 자료



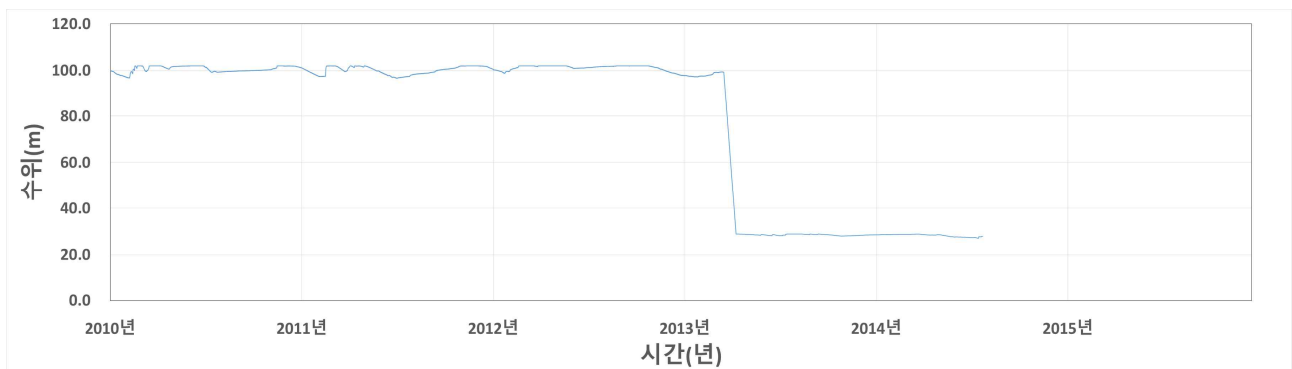
매주 저수지 원시 자료



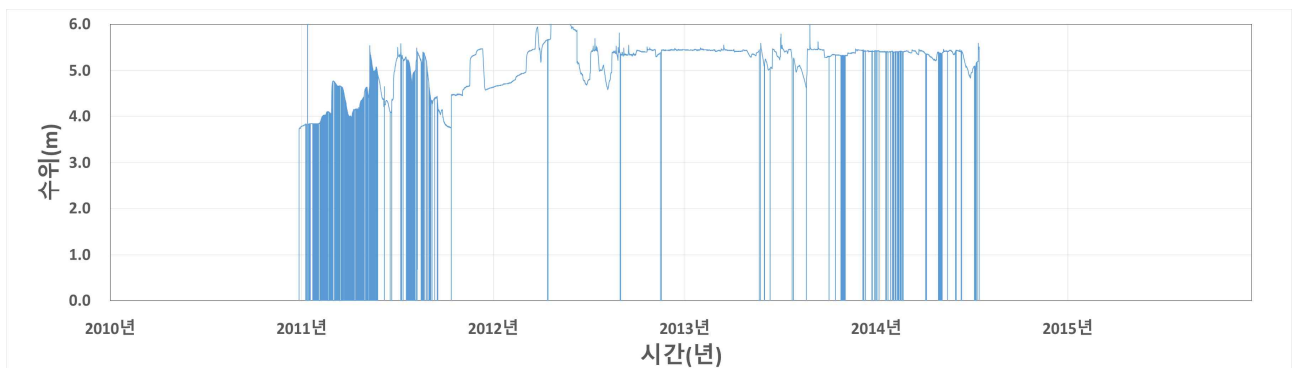
매주 저수지 품질관리 자료



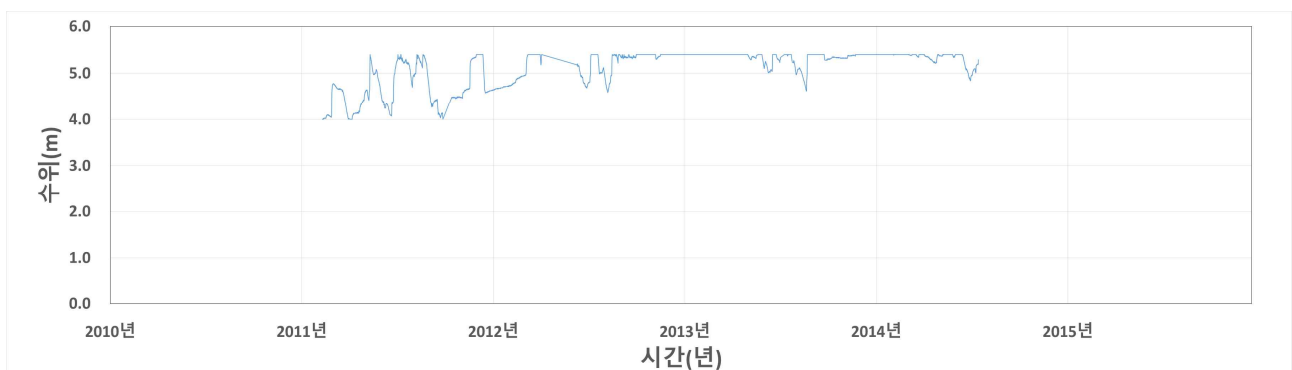
모점 저수지 원시 자료



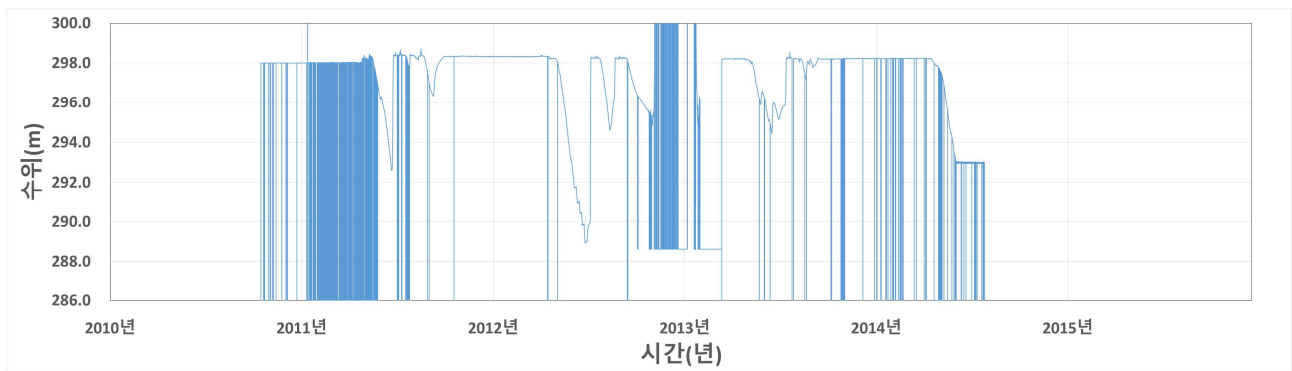
모점 저수지 품질관리 자료



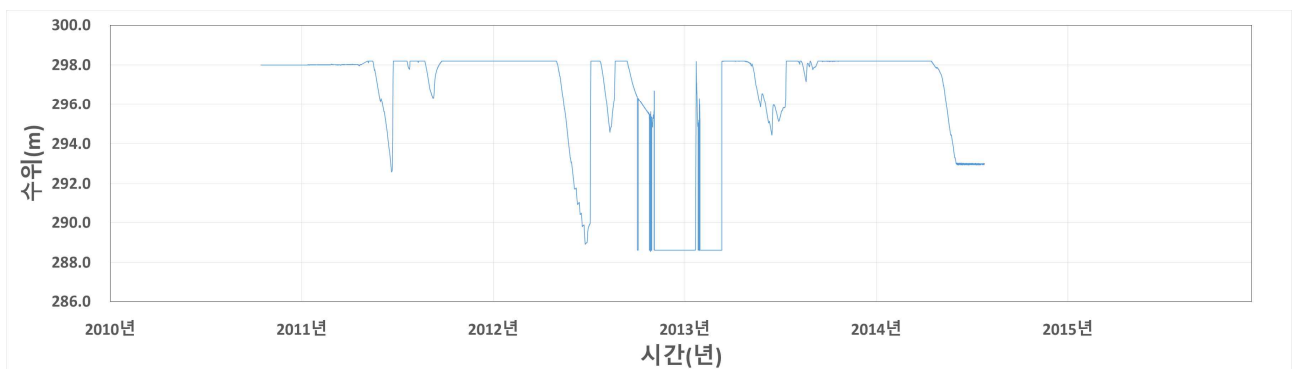
반곡 저수지 원시 자료



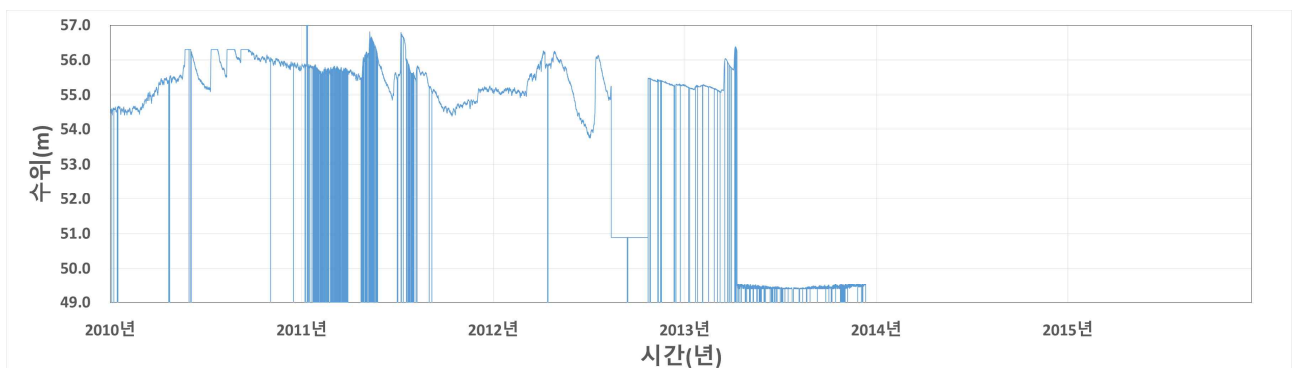
반곡 저수지 품질관리 자료



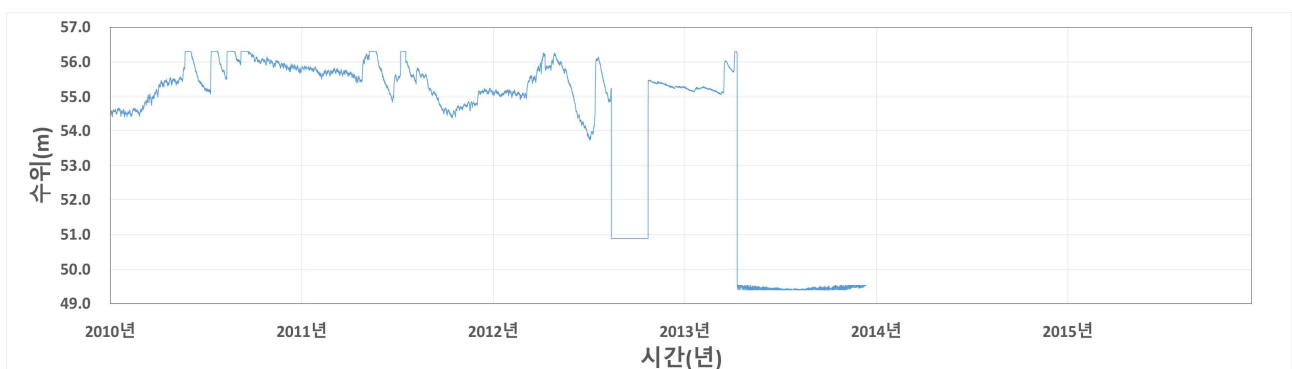
백마 저수지 원시 자료



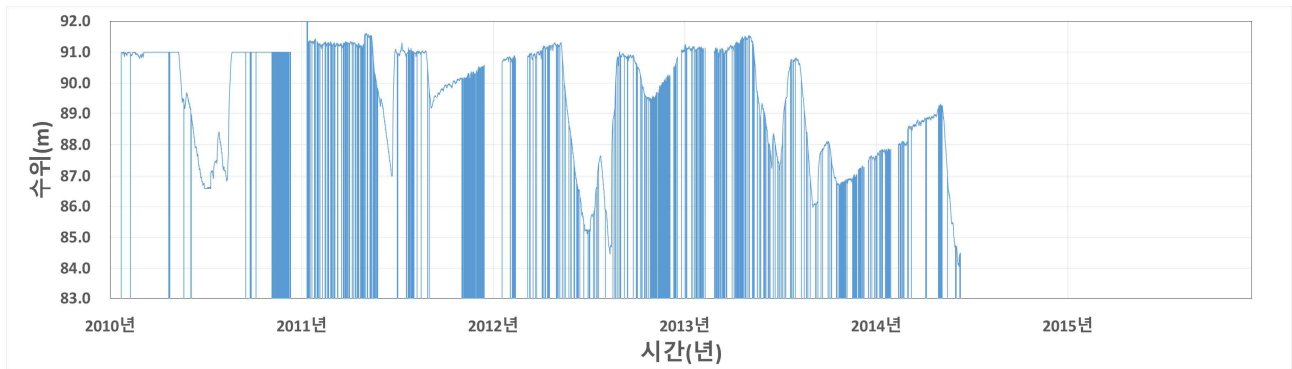
백마 저수지 품질관리 자료



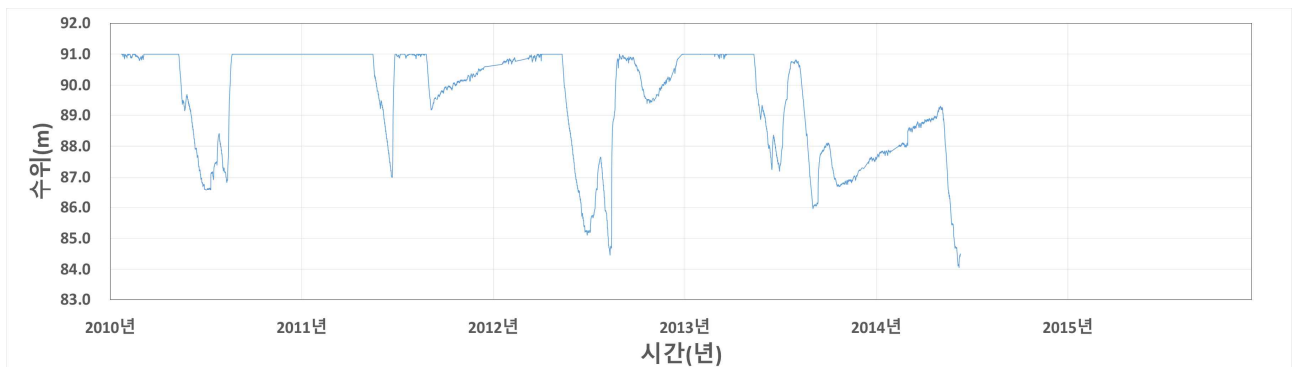
산대 저수지 원시 자료



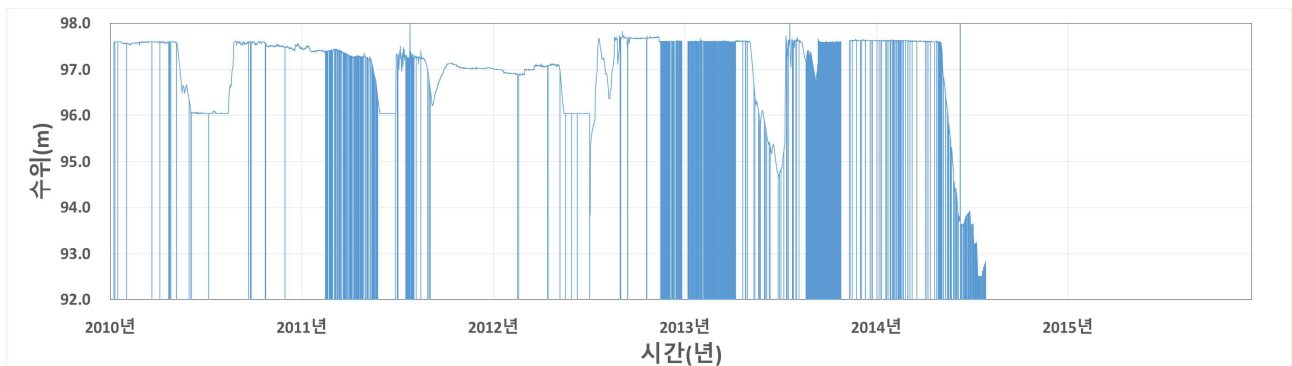
산대 저수지 품질관리 자료



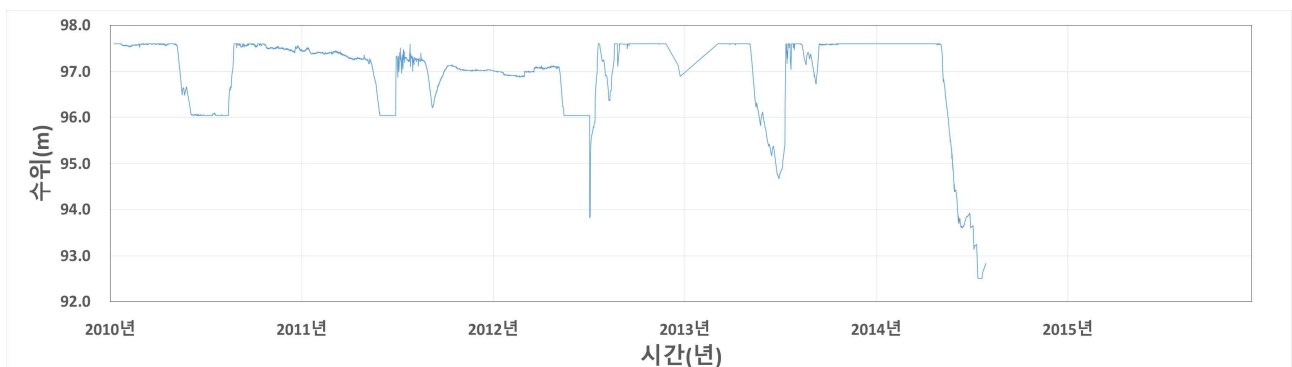
산목 저수지 원시 자료



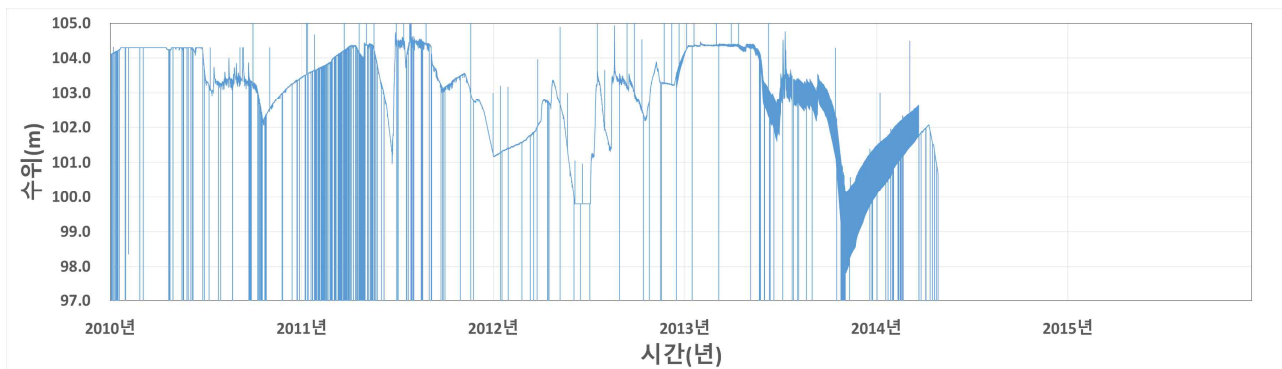
산목 저수지 품질관리 자료



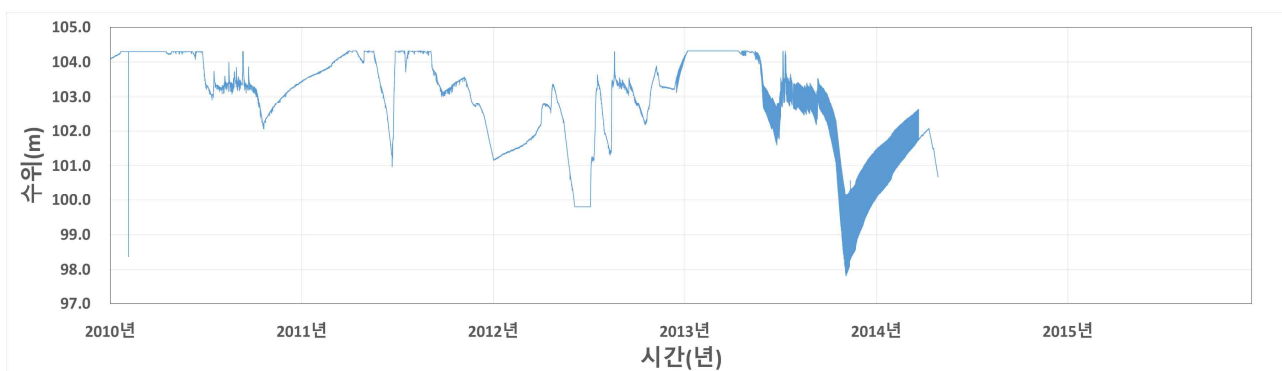
어은 저수지 원시자료



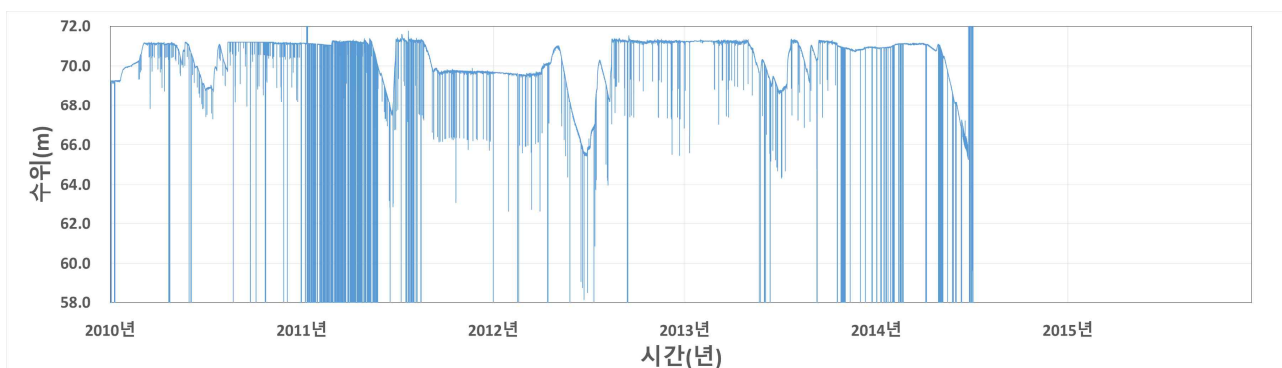
어은 저수지 품질관리 자료



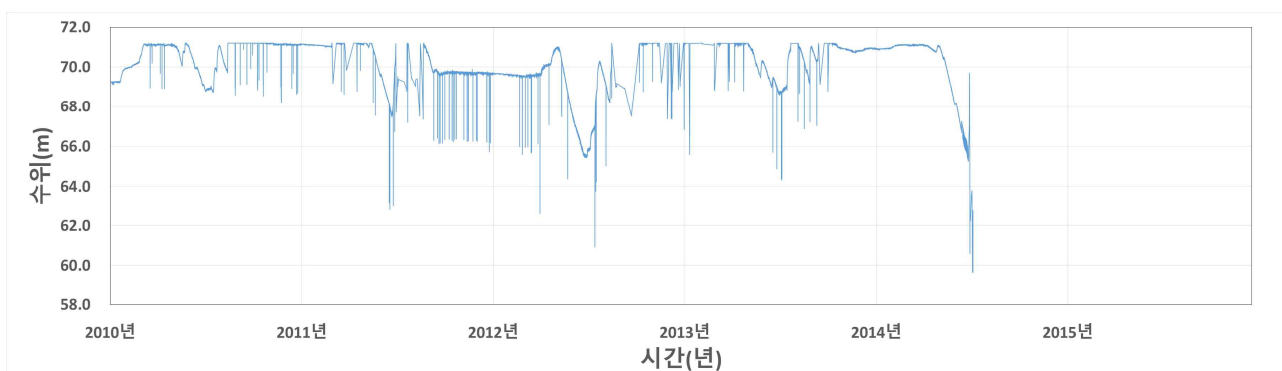
오남 저수지 원시자료



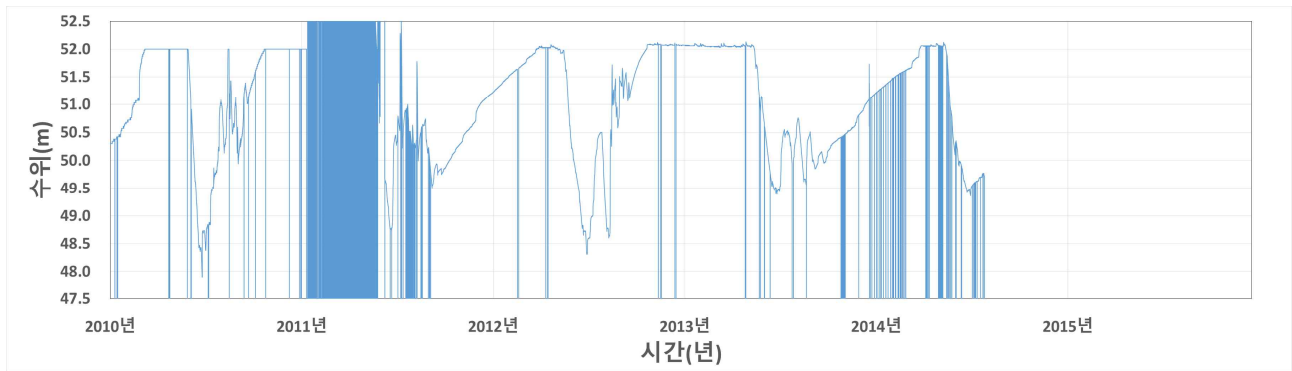
오남 저수지 품질관리 자료



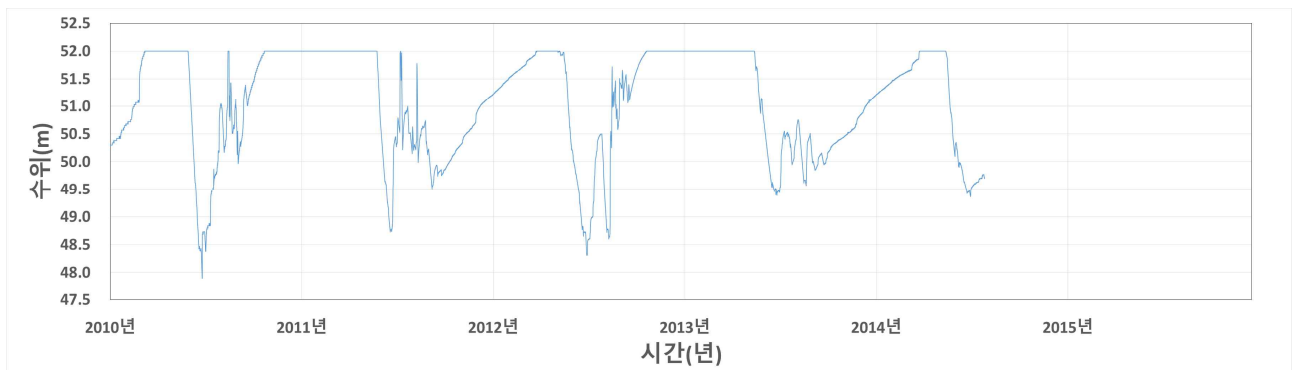
옥계 저수지 원시자료



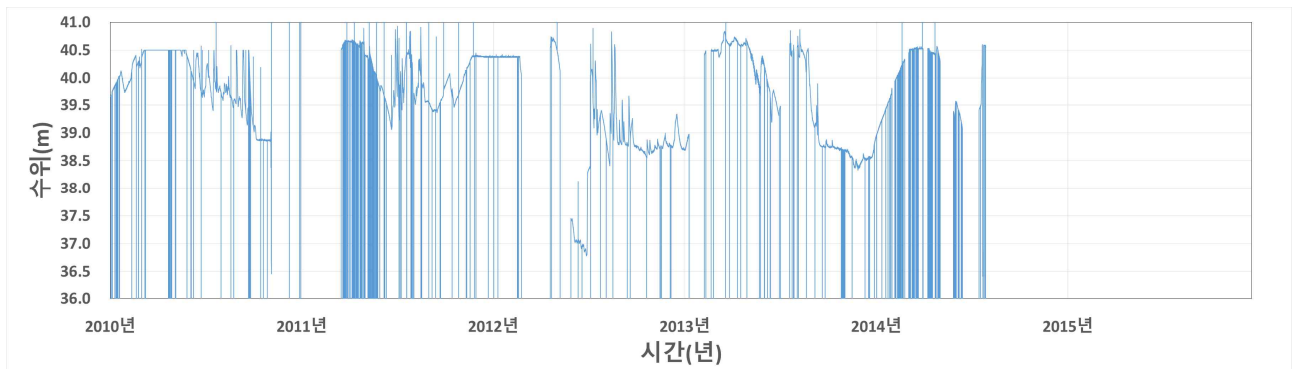
옥계 저수지 품질관리 자료



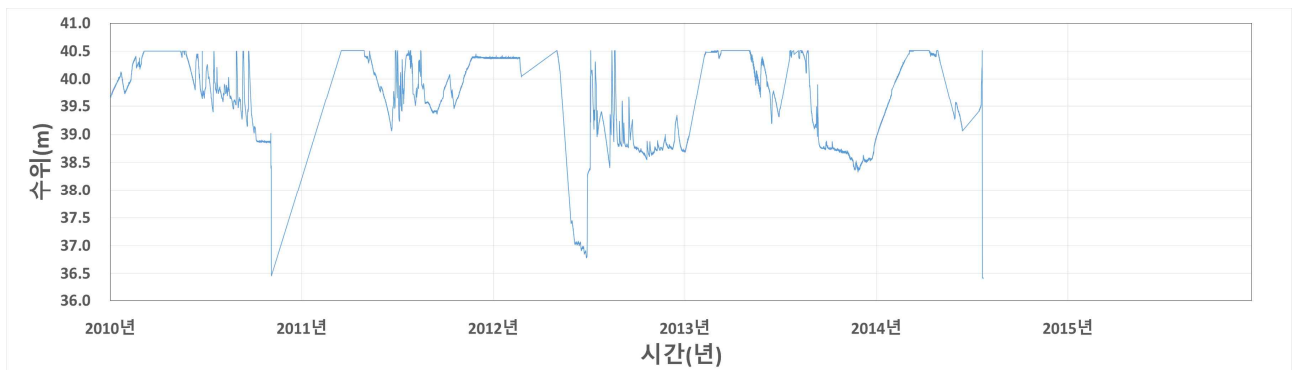
왕궁 저수지 원시자료



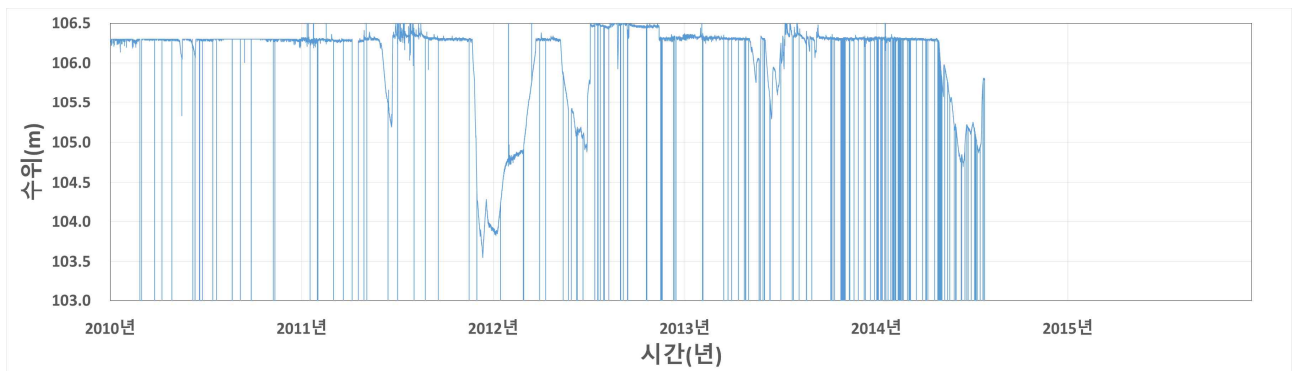
왕궁 저수지 품질관리 자료



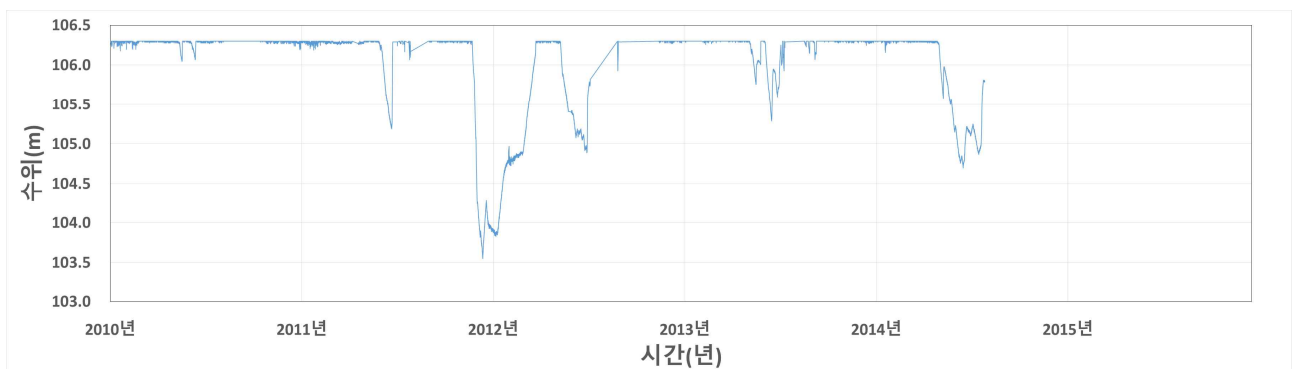
왕송 저수지 원시자료



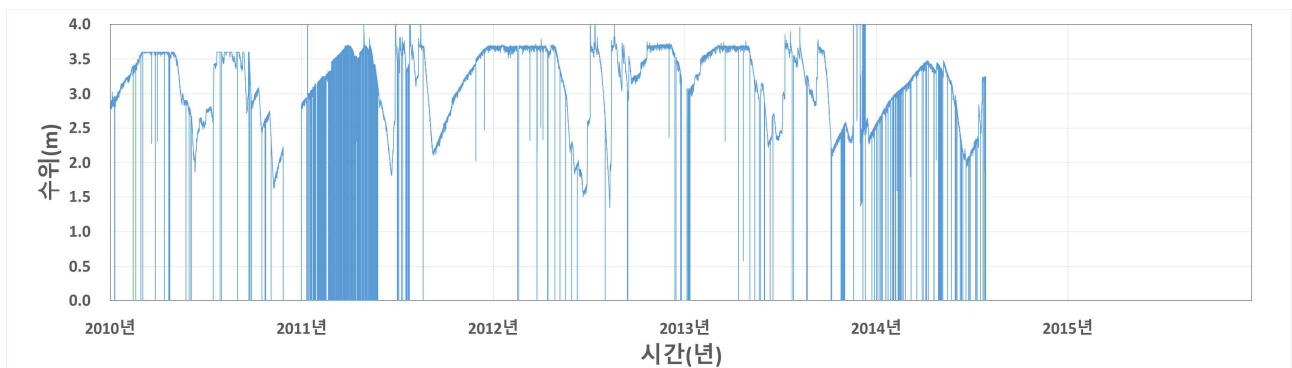
왕송 저수지 품질관리 자료



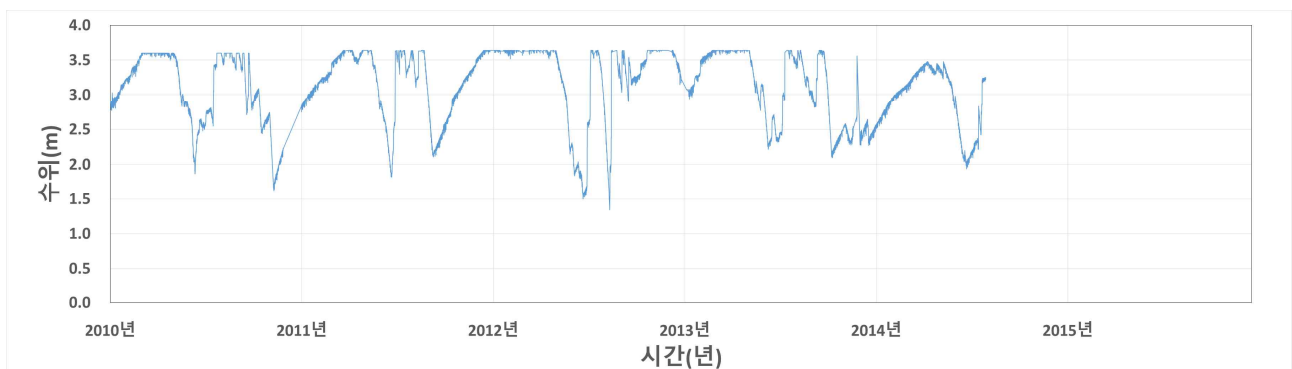
월산 저수지 원시자료



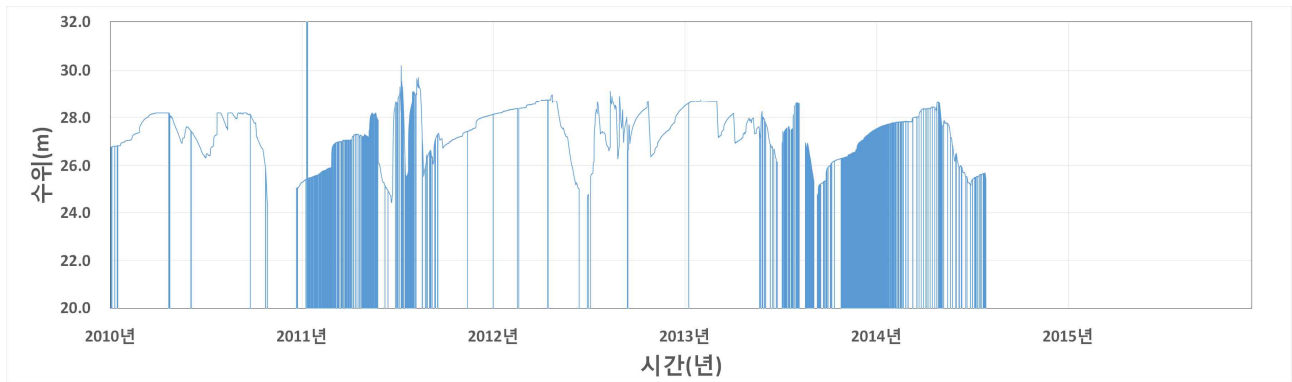
월산 저수지 품질관리 자료



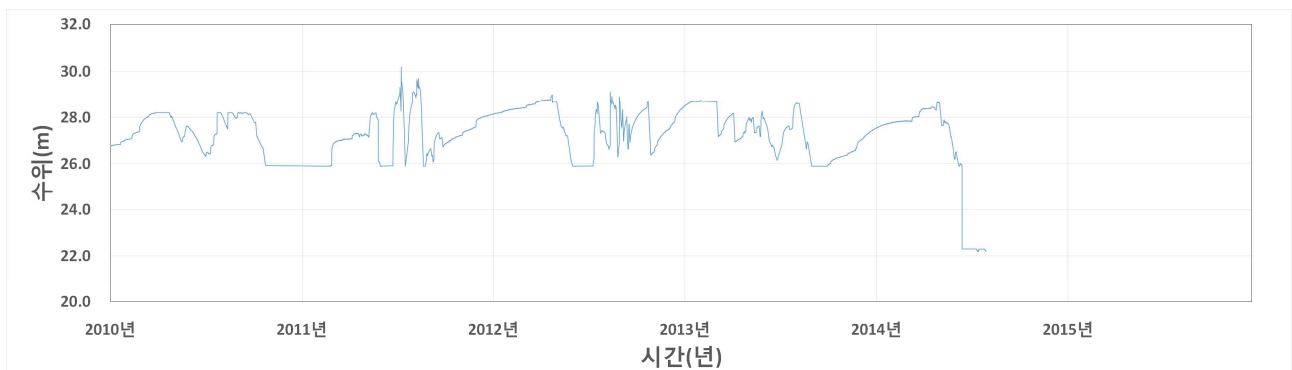
일월 저수지 원시자료



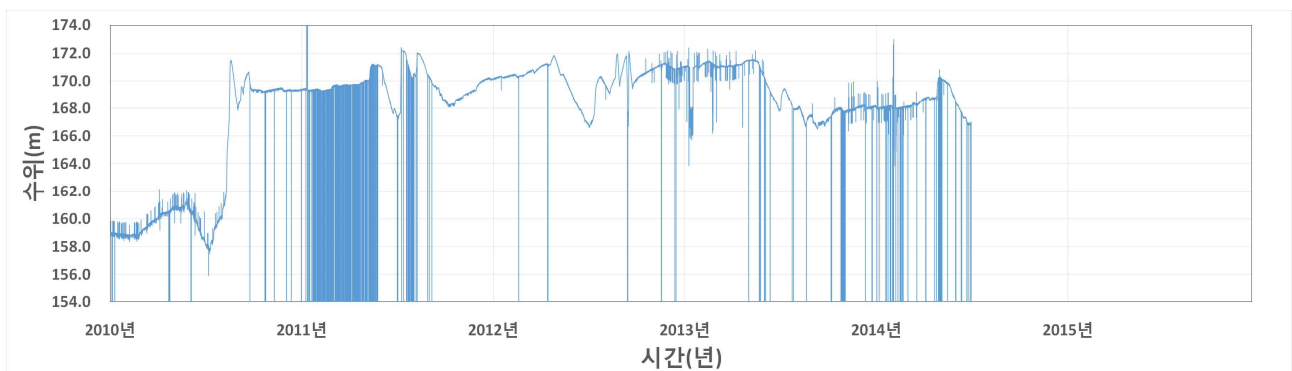
일월 저수지 품질관리 자료



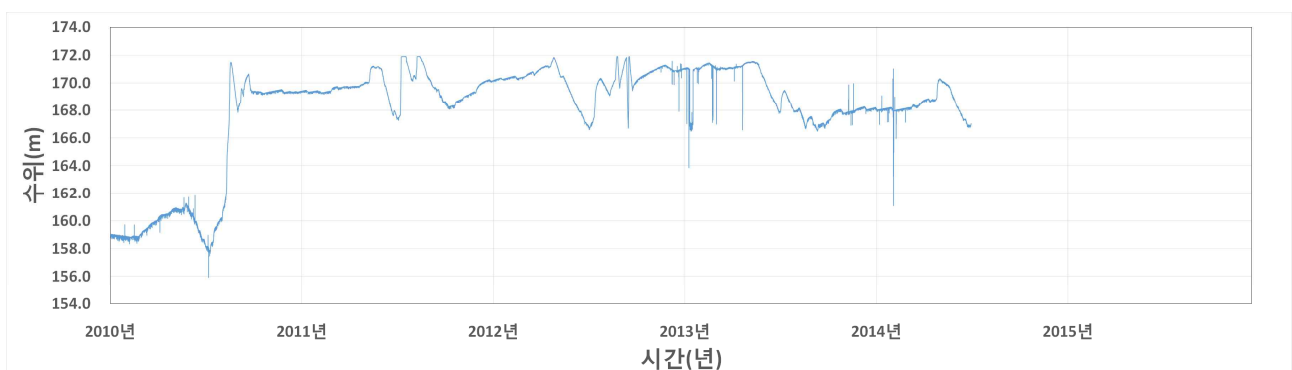
입남 저수지 원시 자료



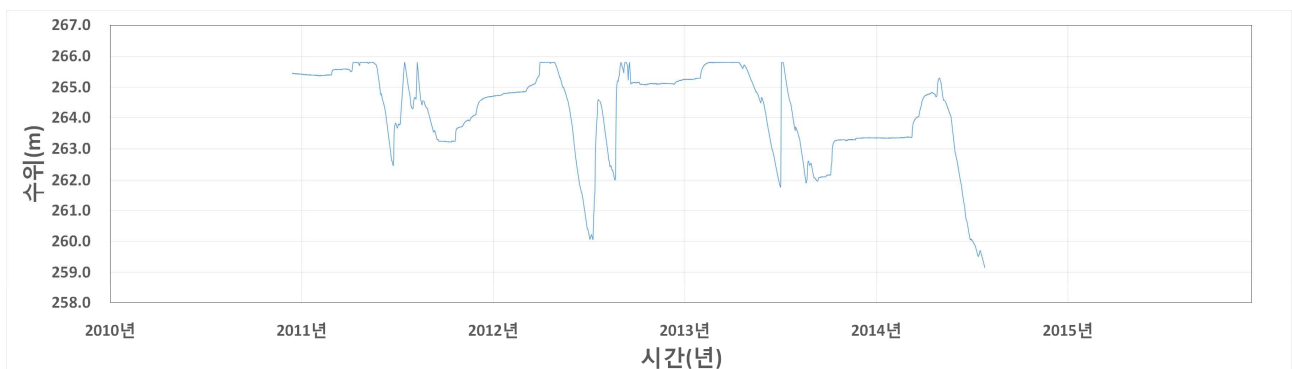
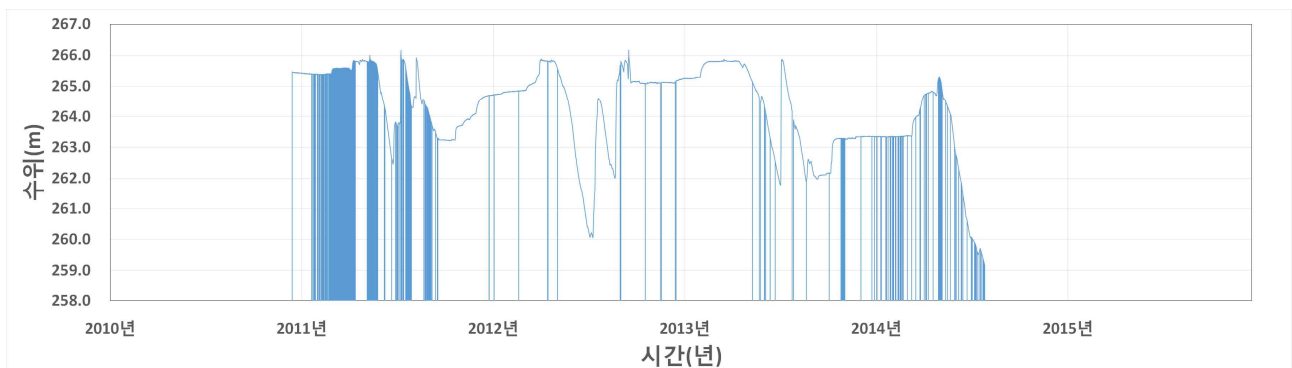
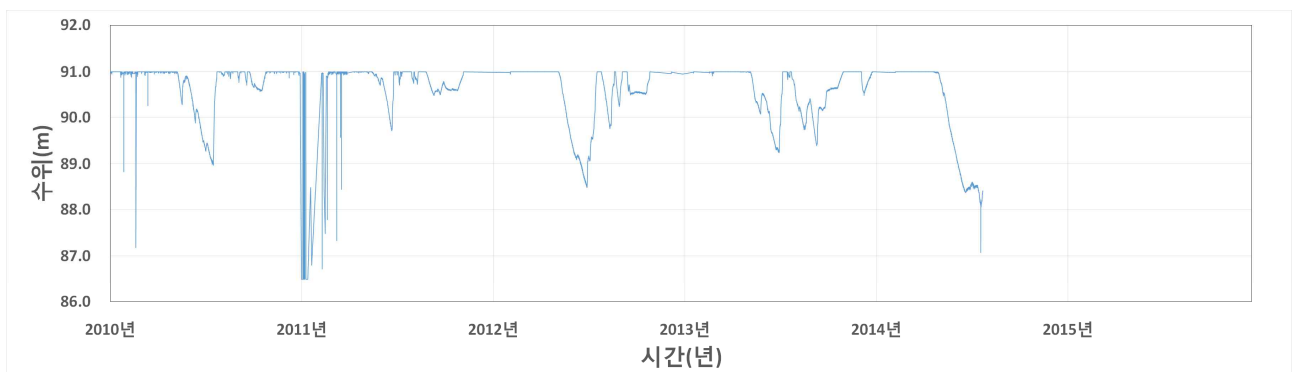
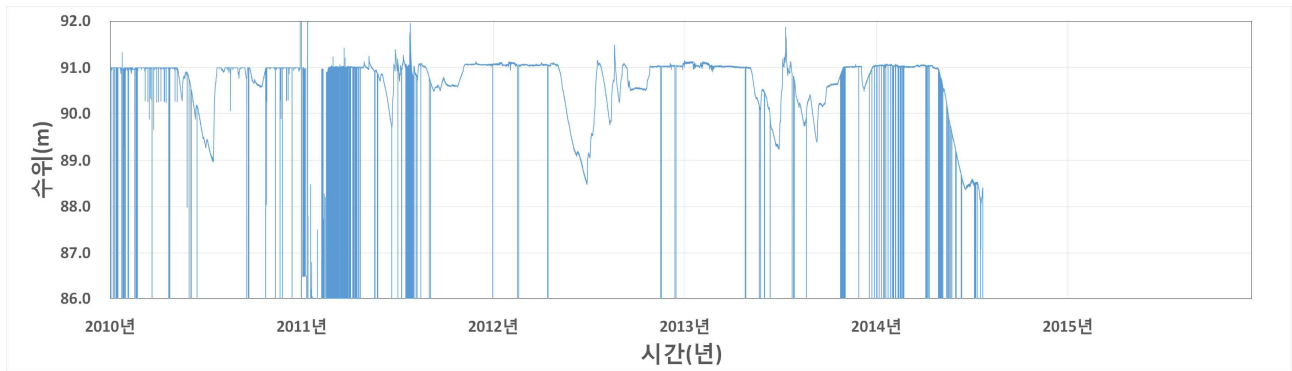
입남 저수지 품질관리 자료

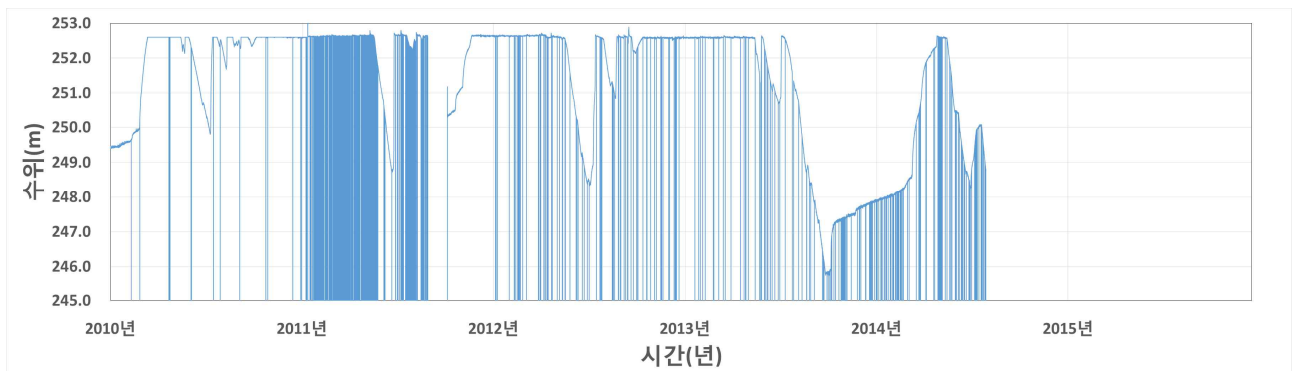


작촌 저수지 원시 자료

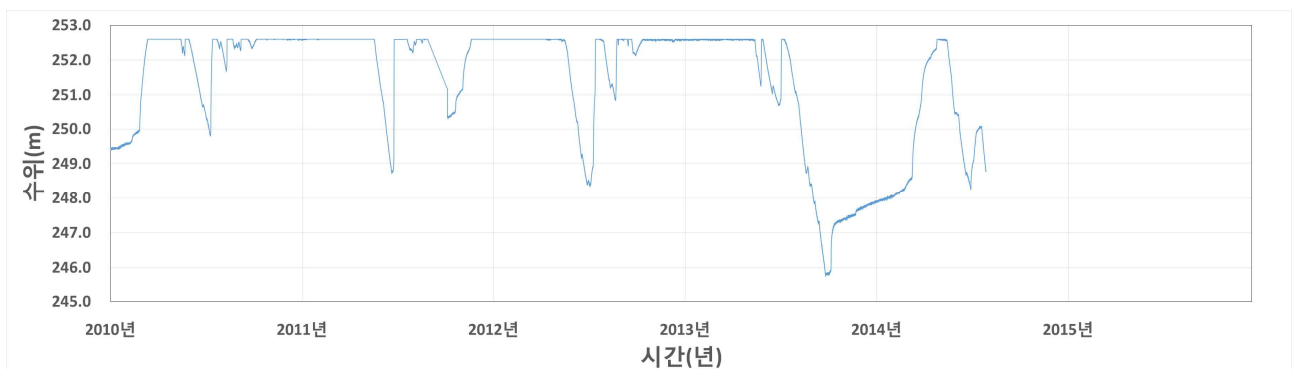


작촌 저수지 품질관리 자료

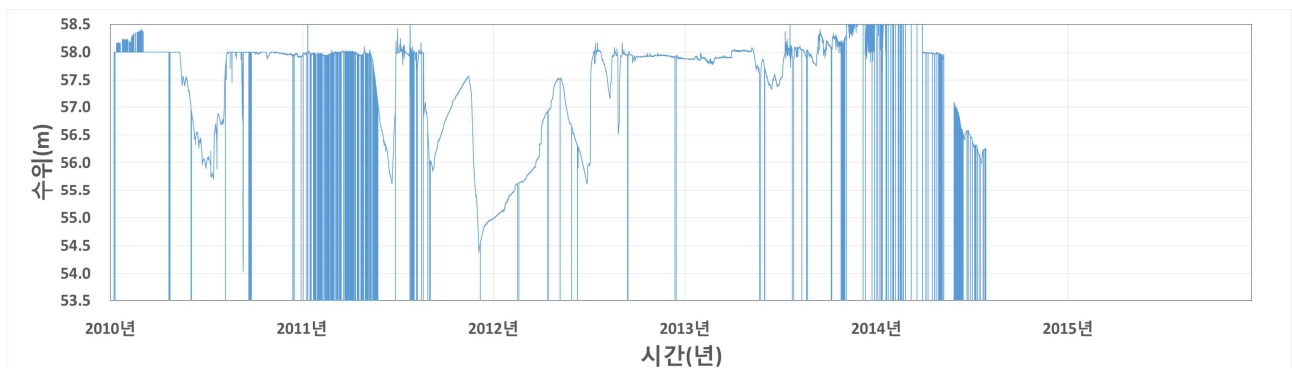




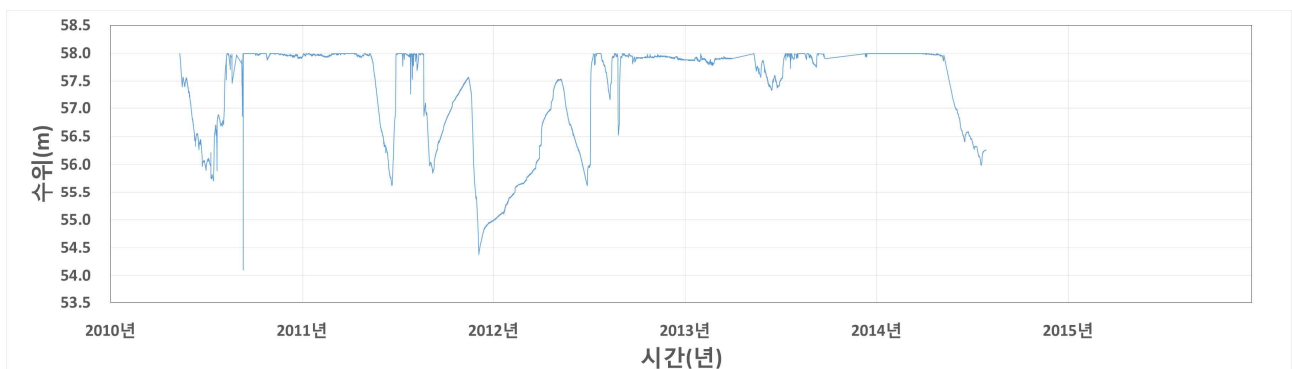
차리 저수지 원시자료



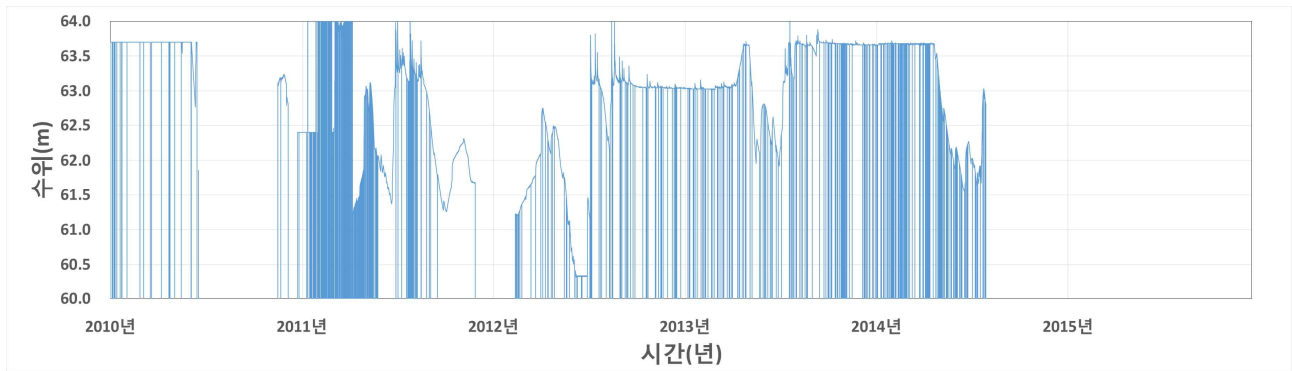
차리 저수지 품질관리 자료



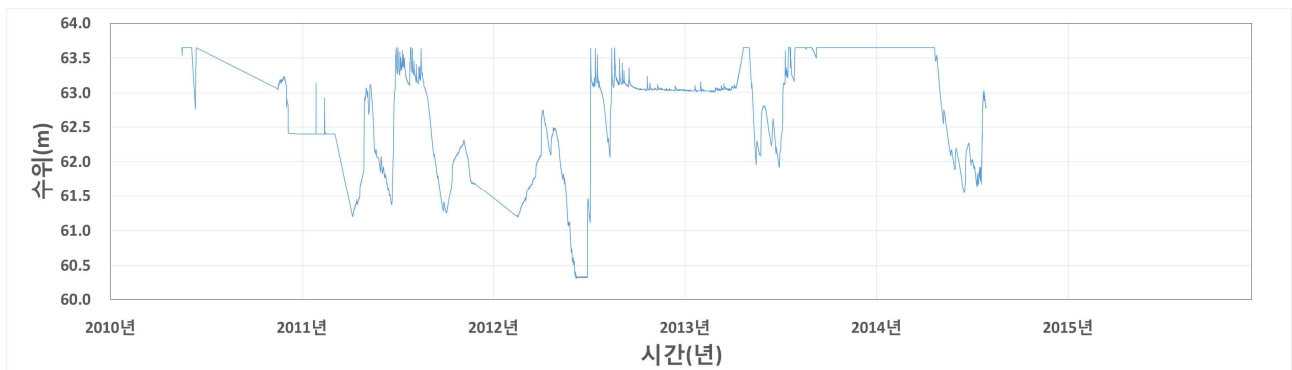
향리 저수지 원시자료



저수지 품질관리 자료



홍중 저수지 원시자료



홍중 저수지 품질관리 자료