

수문조사사업(자동유량조사)

1. 추진배경

1.1 수문조사의 필요성

- 물 순환 과정을 정량적으로 파악하기 위하여 물 순환 요소를 관찰하고 측정하는 것으로 하천의 수위·유량·유사량 및 하천유역의 강수량·토양수분량·증발산량을 과학적으로 조사·분석
- 물의 이수(利水), 치수(治水), 환경(環境)을 위한 수자원의 이용, 홍수피해방지, 수질관리 등 국가 수자원관리의 기초자료로 활용

1.2 법적근거

- 하천·댐·지하수 등 특정 시설·공간 위주로 시행되고 있는 수자원의 조사, 수자원계획의 수립·집행 및 수자원 관리 효율화 업무를 전 국토 공간에 대하여 체계적·통합적으로 시행하도록 함으로써 수자원을 과학적으로 관리하고 홍수·가뭄 등 물 관련 재해로부터 안전한 국민 생활환경을 조성하고,
- 수문조사 자료를 안정적으로 생산·제공하기 위해 수문조사 전담 기관을 지정·운영하도록 「수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률」(이하 「수자원법」)이 제정(2017.1.18.)·시행(2017.7.18.)됨
- 「수자원법」 제9조(수문조사의 실시)에 따라
- 수자원의 조사, 수자원에 관한 계획 수립, 하천의 유지, 하천시설의 설치 및 각종 구조물 설계, 하천 주변지역의 이용 및 관리, 홍수 및 갈수 예보, 그 밖에 수자원관리에 필요한 사항 등을 위하여 수문 조사 실시

2. 자동유량조사

2.1 개요

- (목적) 자동유량측정시설의 안정적인 자료생산과 자료의 정확도를 향상시킴으로써 자료의 효율적 활용이 가능하도록 하고, 농업용수 사용량 비중이 커 하천유량 파악이 어려운 하천에 계측장비를 설치·운영하여 상황별 적정 측정기법을 제시
- (정의) 초음파 유속계 등 첨단장비를 활용하여 연속적으로 하천의 유량을 측정하는 자동유량측정시설의 구축 및 운영
- (사업근거) 「수자원의 조사·계획 및 관리에 관한 법률」 제9조, 환경부고시 제2018-95호 「수문조사 전담기관의 지정 및 운영에 관한 규정」
- (사업범위) 4대강 홍수통제소 관할 자동유량관측소(한강, 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강 등) 및 하천수 사용량 수집 계측시설
- 필요성
 - 유량측정기법의 개선 및 보완
 - 실시간-무인화 측정시스템 구축을 통한 측정의 효율성 향상
 - 기존 측정방법의 보완(배수영향, 조위영향 고려)
 - 연속측정을 통한 수위-유량관계곡선식 활용법 보완
 - 측정자료의 실시간 제공을 통한 자료활용성 증대

2.2 사업내용

- 자동유량조사사업 총 67개소

(개소수)

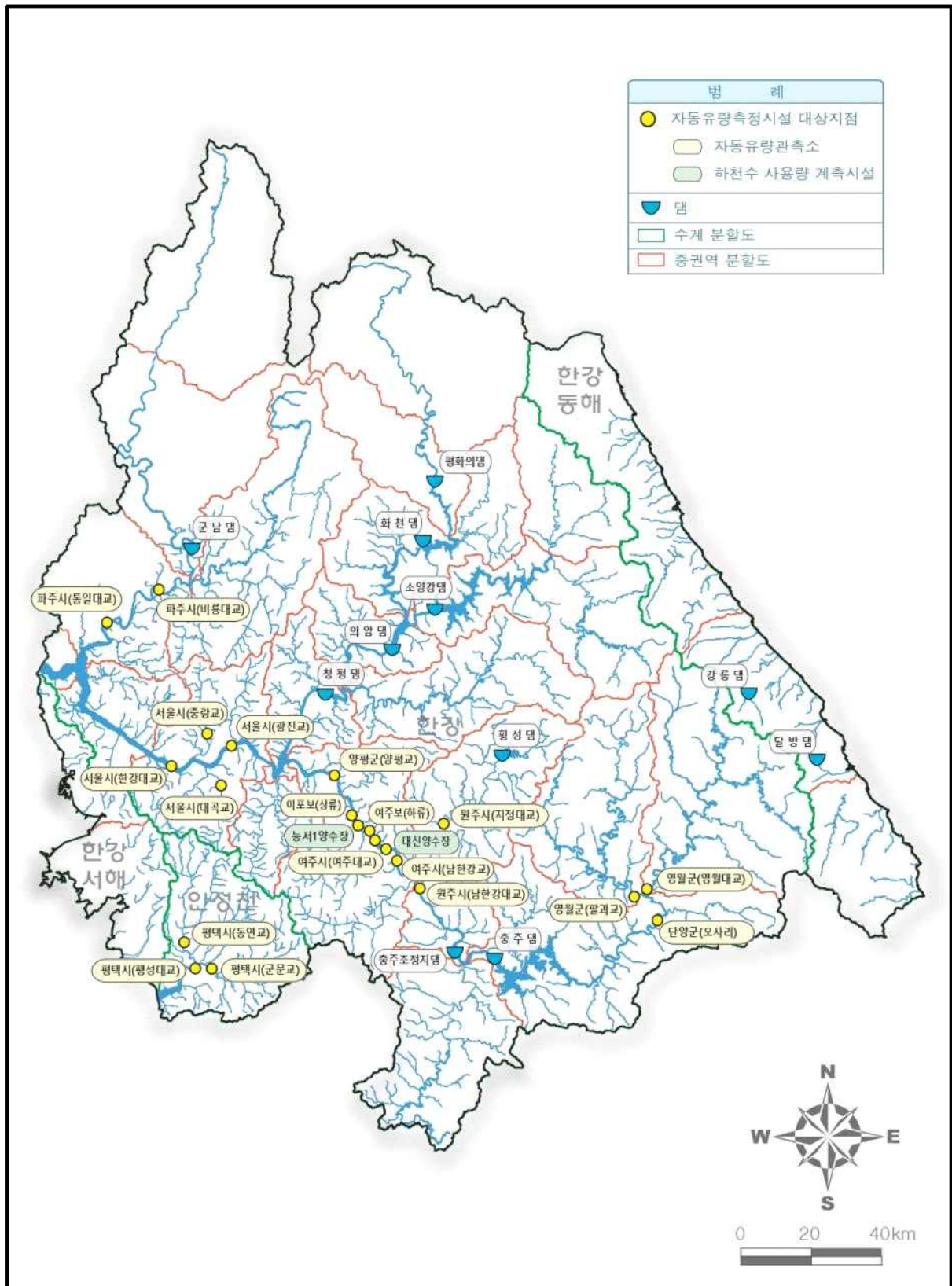
| 구 분 | '22년 | | | | | '21년 | 증감 | 비고 |
|-----|------|-----|----|-----|----|------|----|----|
| | 한강 | 낙동강 | 금강 | 영산강 | 계 | | | |
| 자동 | - | - | - | - | - | - | - | |
| 유량 | 21 | 23 | 16 | 7 | 67 | 64 | 3 | |

○ 대상 지점 위치(자동유량측정시설)

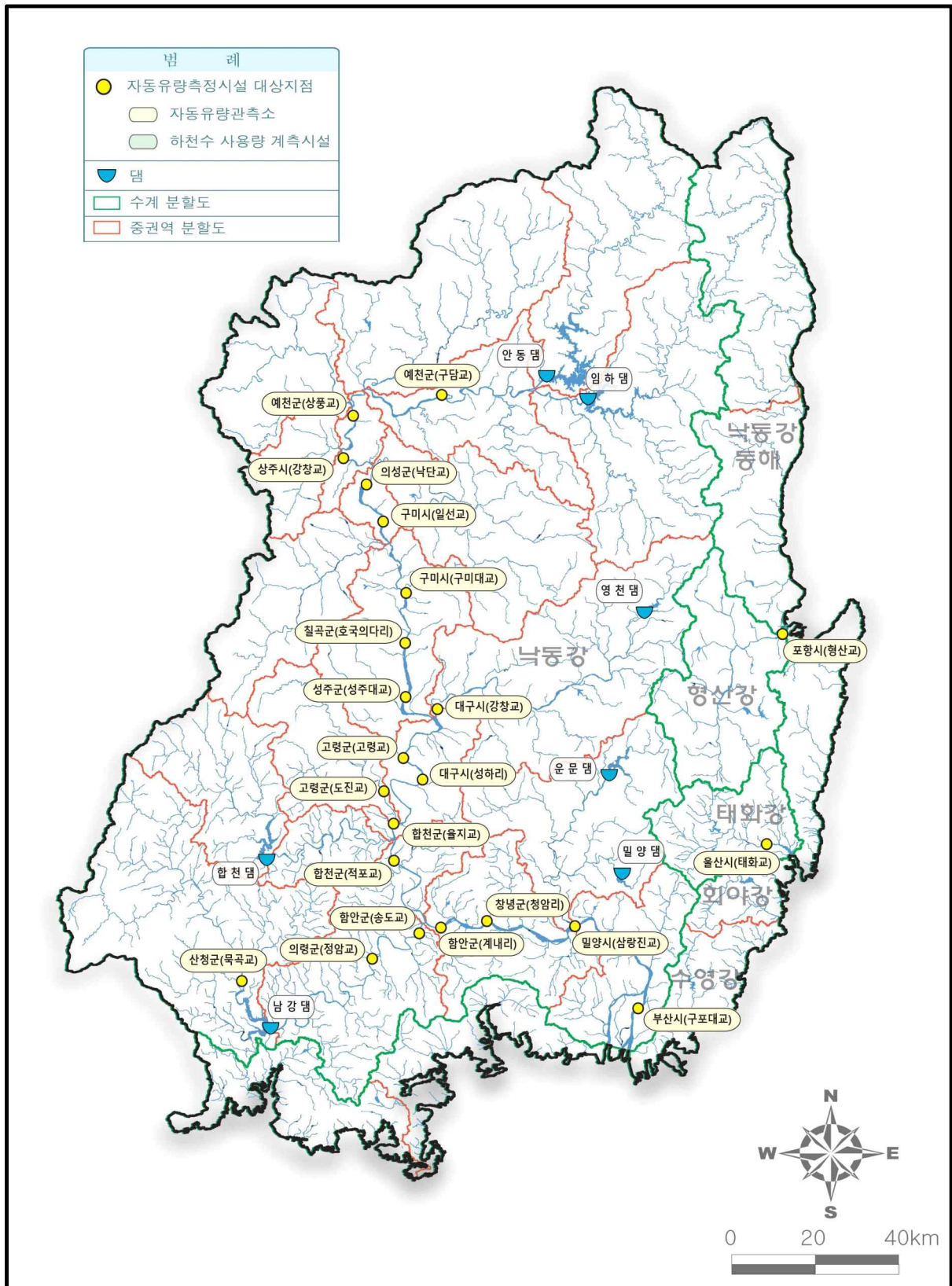
| 수계명 | 하천명 | 지점명 | 위치 | 방식 | 비 고 |
|-----|-----------|----------------------|---------------------------|--------------------|----------------------|
| 한강 | 한강 | 영월군(영월대교) | 강원도 영월군 영월읍 덕포리 486-28 | ADVM ¹⁾ | 하천수사용량계측 하천수사용량계측 |
| | 평창강 | 영월군(팔괴교) | 강원도 영월군 영월읍 하송리 팔괴교 | ADVM | |
| | 한강 | 단양군(오사리) | 충청북도 단양군 영춘면 용진리 산3-1 | ADVM | |
| | 한강 | 원주시(남한강대교) | 경기도 원주시 점동면 삼합리 15-2 | ADVM | |
| | 섬강 | 원주시(지정대교) | 강원도 원주시 지정면 간현리 1023-10 | ADVM | |
| | 한강 | 여주시(남한강교) | 경기도 여주시 우만동 남한강교 | ADVM | |
| | 한강 | 여주시(여주대교) | 경기도 여주시 천송동 여주대교 | UVM ²⁾ | |
| | 시험유역 | 대신양수장 ⁴⁾ | 경기도 여주시 대신면 천남리 산90-8 | 전자파 ³⁾ | |
| | 시험유역 | 능서1양수장 ⁴⁾ | 경기도 여주시 능서면 백석리 산1-4 | 전자파 | |
| | 한강 | 여주보(하류) | 경기도 여주시 대신면 당산리 110-98 | ADVM | |
| | 한강 | 이포보(상류) | 경기도 여주시 대신면 당남리 318-1 | ADVM | |
| | 한강 | 양평군(양평교) | 경기도 양평군 양평읍 양근리 328-6 | ADVM | |
| | 중랑천 | 서울시(중랑교) | 서울특별시 동대문구 휘경동 346 중랑교 | UVM | |
| | 한강 | 서울시(광진교) | 서울특별시 광진구 광장동 557 광진교 | ADVM | |
| | 탄천 | 서울시(대곡교) | 서울특별시 송파구 장지동 738-21 | ADVM | |
| | 한강 | 서울시(한강대교) | 서울특별시 용산구 이촌동 377-3 한강대교 | ADVM | |
| 임진강 | 임진강 | 파주시(비룡대교) | 경기도 파주시 적성면 가월리 64-21 | ADVM | 군사제한 지역 |
| 임진강 | 파주시(통일대교) | 경기도 파주시 문산읍 마정리 통일대교 | ADVM | | |
| 안성천 | 안성천 | 평택시(군문교) | 경기도 평택시 통복동 399-49 | ADVM | |
| | 진위천 | 평택시(동연교) | 경기도 평택시 고덕면 동청리 347-86 | ADVM | |
| | 안성천 | 평택시(팽성대교) | 경기도 평택시 팽성읍 원정리 팽성대교 | ADVM | |
| 낙동강 | 낙동강 | 예천군(구담교) | 경상북도 안동시 풍천면 도양리 6-2 | ADVM | |
| | 낙동강 | 예천군(상풍교) | 경상북도 상주시 사벌면 매호리 762-1 | ADVM | |
| | 낙동강 | 상주시(강창교) | 경상북도 상주시 낙동면 분황리 990-1 | ADVM | |
| | 낙동강 | 의성군(낙단교) | 경상북도 상주시 낙동면 낙동리 551-4 | ADVM | |
| | 낙동강 | 구미시(일선교) | 경상북도 구미시 도개면 신림리 726-9 | ADVM | |
| | 낙동강 | 구미시(구미대교) | 경상북도 구미시 임수동 550-1 구미대교 | ADVM | |
| | 낙동강 | 칠곡군(호국의다리) | 경상북도 칠곡군 약목면 관호리 928-7 | ADVM | |
| | 낙동강 | 성주군(성주대교) | 경상북도 성주군 선남면 선원리 719 | ADVM | |
| | 금호강 | 대구시(강창교) | 대구광역시 달성군 다사읍 죽곡리 806 강창교 | ADVM | |
| | 회천 | 고령군(도진교) | 경상북도 고령군 우곡면 도진리 산2-3 | ADVM | |
| | 낙동강 | 고령군(고령교) | 경상북도 고령군 성산면 삼대리 112-3 | ADVM | |
| | 낙동강 | 대구시(성하리) | 대구광역시 달성군 현풍면 성하리 725-1 | ADVM | |
| | 낙동강 | 합천군(울지교) | 경상남도 합천군 덕곡면 울지리 77-3 | ADVM | |
| | 낙동강 | 합천군(적포교) | 경상남도 합천군 청덕면 양진리 1 적포교 | ADVM | |

| | | | | | |
|------------|----------|--------------------------|-----------------------------|-------------|----------|
| 낙동강 | 남강 | 산청군(목곡교) | 경상남도 산청군 단성면 사월리 74-5 | ADVM | |
| | 남강 | 의령군(정암교) | 경상남도 의령군 의령읍 정암리 259-1 | ADVM | |
| | 남강 | 함안군(송도교) | 경상남도 의령군 지정면 마산리 731-8 | ADVM | |
| | 낙동강 | 함안군(계내리) | 경상남도 함안군 칠서면 계내리 343 | ADVM | |
| | 낙동강 | 창녕군(청암리) | 경상남도 창원시 의창구 북면 외산리 761-15 | ADVM | |
| | 낙동강 | 밀양시(삼랑진교) | 경상남도 김해시 생림면 도요리 610-13 | ADVM | |
| | 낙동강 | 부산시(구포대교) | 부산광역시 북구 구포동 1065-1 | ADVM | |
| 형산강 | 형산강 | 포항시(형산교) | 경상북도 포항시 남구 해도동 229 (신)형산교 | ADVM | |
| 태화강 | 태화강 | 울산시(태화교) | 울산광역시 중구 성남동 320-3 | ADVM | |
| 금강 | 금강 | 옥천군(구금강2교) | 충청북도 옥천군 동이면 적하리 산3-12 | 전자파 | '21년 신설 |
| | 갑천 | 대전시(신구교) | 대전광역시 유성구 봉산동 160-1 | ADVM | |
| | 금강 | 세종시(명학리) | 세종특별자치시 금남면 부용리 80-3 | ADVM | |
| | 미호천 | 세종시(월산교) | 세종특별자치시 연기면 세종리 23-5 | ADVM | |
| | 금강 | 세종시(햇무리교) | 세종특별자치시 연기면 세종리 764 | ADVM | |
| | 금강 | 공주시(금강교) | 충청남도 공주시 무릉동 산60-6 | ADVM | |
| | 금강 | 청양군(신흥리) | 충청남도 공주시 이인면 운암리 254-3 | ADVM | |
| | 금강 | 청양군(백제보 상) | 충청남도 부여군 부여읍 자왕리 152-6 | ADVM | |
| 금강 | 부여군(백제교) | 충청남도 부여군 부여읍 구교리 420 백제교 | ADVM | | |
| 삼교천 | 삼교천 | 당진시(구양교) | 충청남도 당진시 합덕읍 옥금리 32-110 | ADVM | |
| | 곡교천 | 아산시(충무교) | 충청남도 아산시 염치읍 석정리 535-12 | ADVM | |
| 만경강 | 시험유역 | 완주군(어우교) ⁴⁾ | 전라북도 완주군 고산면 어우리 758-41 | ADVM | 하천수사용량계측 |
| | 만경강 | 완주군(삼례교) | 전라북도 완주군 삼례읍 후정리 820-2 | ADVM | |
| 동진강 | 동진강 | 정읍시(정우교) | 전라북도 정읍시 정우면 대사리 878-19 정우교 | ADVM | |
| 섬진강 | 섬진강 | 곡성군(예성교) | 전라남도 구례군 구례읍 산 443-1 | ADVM | |
| | 섬진강 | 하동군(읍내리) | 전라남도 광양시 다압면 신원리 224-2 | ADVM | |
| 영산강 | 영산강 | 광주광역시(극락교) | 광주광역시 서구 벽진동 564-1 | ADVM | |
| | 지석천 | 나주시(남평교) | 전라남도 나주시 남평읍 남평리 208-3 | ADVM | |
| | 영산강 | 광주광역시(승용교) | 광주광역시 광산구 용봉동 250-1 | ADVM | |
| | 영산강 | 나주시(나주대교) | 전라남도 나주시 삼도동 913 | ADVM | |
| | 영산강 | 나주시(회진리) | 전라남도 나주시 다시면 회진리 533 | ADVM | |
| | 영산강 | 함평군(동강교) | 전라남도 함평군 학교면 곡창리 590-2 | ADVM | |
| | 시험유역 | 영암군(동암교) ⁴⁾ | 전라남도 영암군 삼호읍 산호리 1873 | ADVM | |
| 총 계 | | | | 67개소 | |

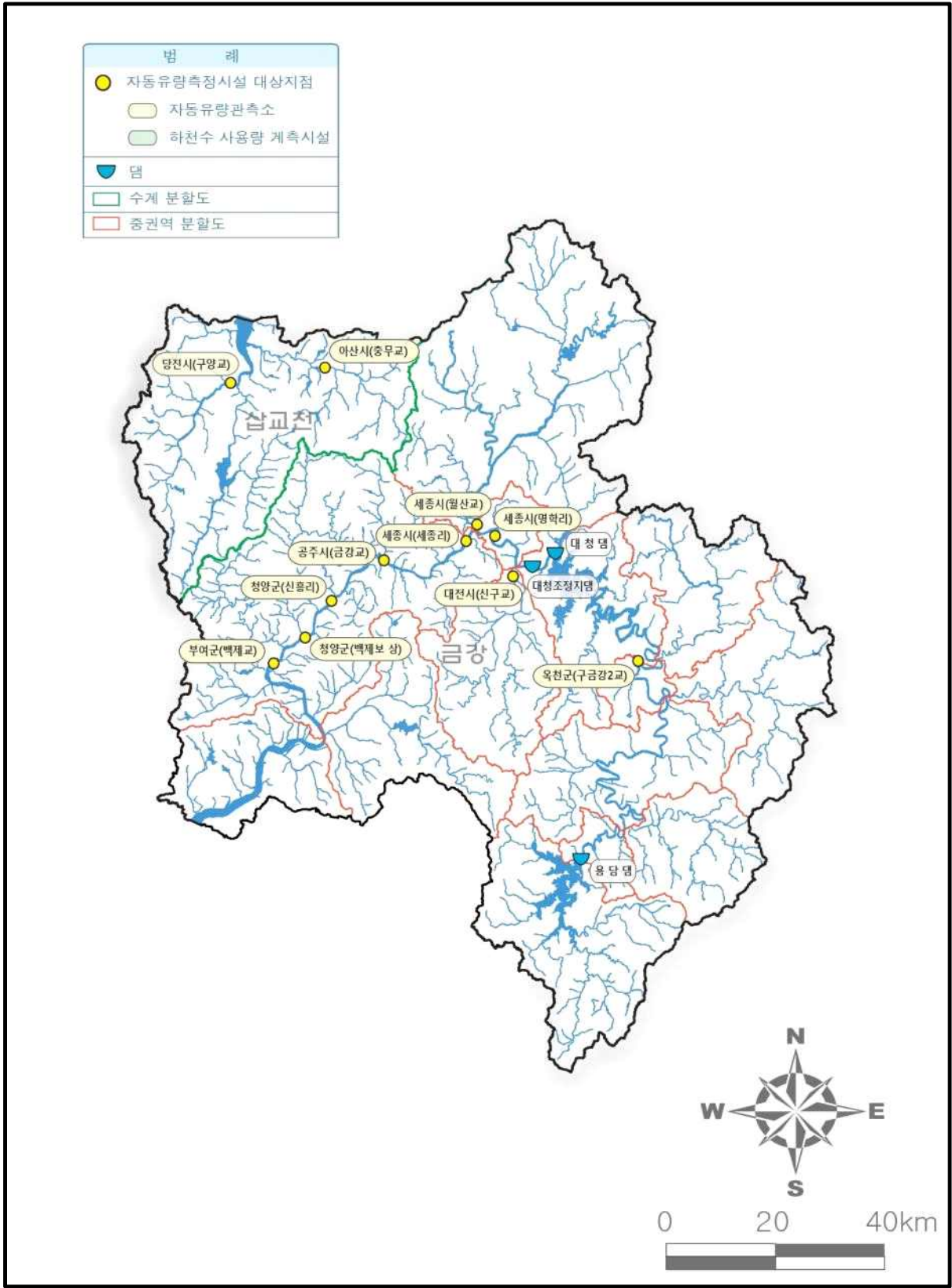
- 1) ADVM(Acoustic Doppler Velocity Meter) : 도플러방식 초음파유속계
- 2) UVM(Ultrasonic Velocity Meter) : 이동시간차방식 초음파유속계
- 3) 전자파 : 전자파 표면유속계
- 4) 시험유역 4개소(농업용 취수시설 사용량 파악 3개소, 하천수유입량 계측시설 1개소)



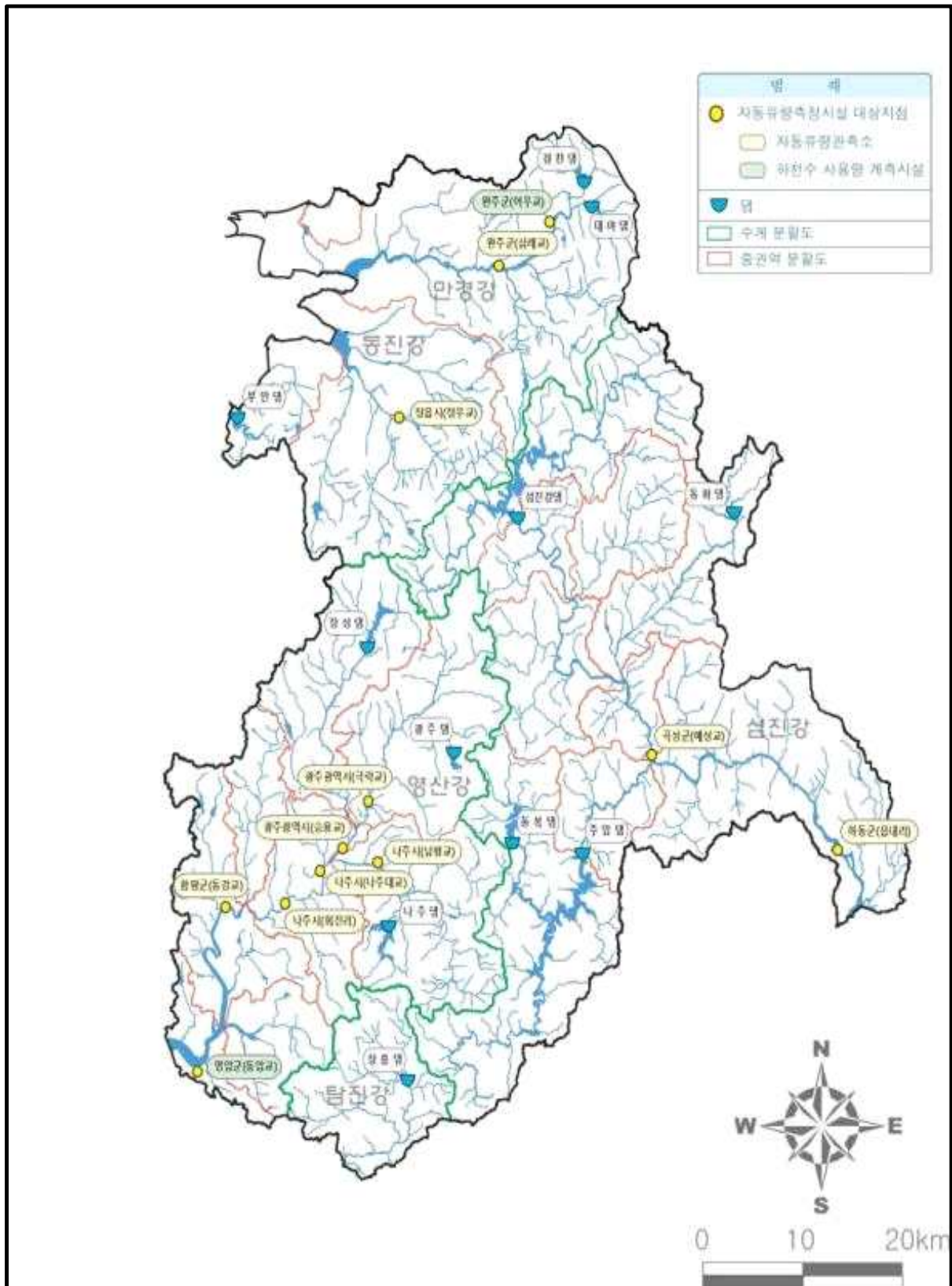
한강홍수통제소 관할구역 자동유량측정시설 구축 및 운영 지점



낙동강홍수통제소 관할구역 자동유량측정시설 구축 및 운영 지점



금강홍수통제소 관할구역 자동유량측정시설 구축 및 운영 지점



영산강홍수통제소 관할구역 자동유량측정시설 구축 및 운영 지점

○ 대상 지점 위치(하천수 사용량 수집 계측시설)

| 수계명 | 하천명 | 구 간 | 위 치 | 비 고 |
|-----|------|---------|--|--------------------|
| 한강 | 시험유역 | 여주~이포 | 대신양수장 (경기도 여주시 대신면 천남리 산90-8) 능서1양수장 (경기도 여주시 능서면 백석리 산1-4) | 농업용 취수시설 사용량 파악 |
| 만경강 | 시험유역 | 고산~봉동 | 완주군(어우교) (전라북도 완주군 고산면 어우리 758-41) | 농업용 취수시설 사용량 파악 |
| 영산강 | 시험유역 | 영산호~영암호 | 영암군(동암교) (전라남도 영암군 삼호읍 산호리 1873) | 하천수유입량 계측시설 |
| 총 계 | | | | 4개소 |

2.3 자동유량측정시설

- 자동유량측정시설이란 하천의 유량을 측정하기 위한 실시간-무인화 유량측정시스템
- 하천단면의 수위와 유속을 일정 시간간격으로 측정하고 측정된 유속과 수위를 이용하여 유량을 산정
- 측정된 결과를 유/무선 통신망 등을 이용하여 관련 시스템으로 전송하는 일련의 작업이 사람의 작업을 거치지 않고 무인으로 운영
- 자동유량측정시설의 구성
 - 측정시스템 : 유속계, 수위계 등 계측과 관련된 측정장비 및 부대장비
 - 제어시스템 : 측정시스템의 제어, 측정자료의 처리 및 전송
 - 운영관리시스템 : 측정자료의 수집 및 DB 저장, 모니터링



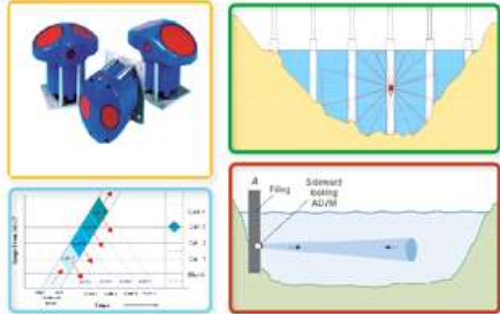
○ 측정시스템

도플러 방식(ADVM, Acoustic Doppler Velocity Meter)

(측정원리) 수중에 고정주파수의 초음파를 송신하고 음파 산란 물체에 반사되어 되돌아오는 반향음의 차이로 생기는 도플러 변이를 이용하여 유속을 측정

(측정형태) 초음파 경로에 대해 일정간격의 절단위로 유속측정

(설치방법) 회전식 - 초음파 센서의 회전을 통해 측정범위 확대
고정식 - 특정위치에 센서를 고정하여 측정

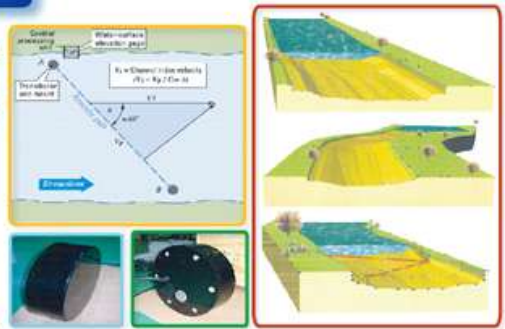


이동시간차 방식(UVM, Ultrasonic Velocity Meter)

(측정원리) 흐름과 일정한 각을 유지하도록 수로 양안에 센서를 설치하고 흐름방향과 역방향으로의 초음파의 이동시간의 차이가 유속에 비례하는 원리를 이용하여 유속을 측정

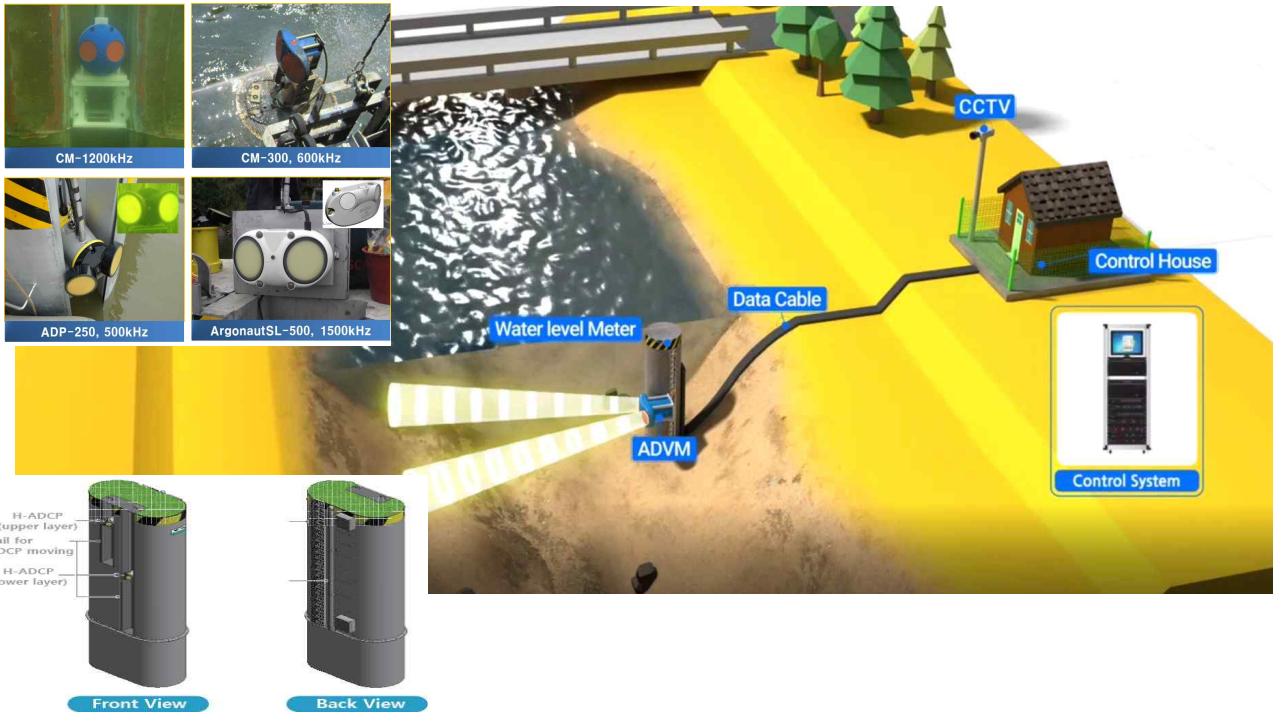
(측정형태) 초음파 경로에 대한 평균유속

(설치방법) 단일회선 - 단일 회선을 구성하여 유속을 측정
교차회선 - 센서의 회선을 교차하여 배치함으로써 흐름방향 각도에 대한 자체보정
응답회선 - 하천을 가로질러 케이블 설치가 불가능한 경우 4개의 센서로 한개 회선구성



| 측정방식 | 측정형태 | 설치사례 | 특징 |
|---|------|------|---|
| 상방향측정 Up-looking | | | <ul style="list-style-type: none"> - 바닥에서 수면방향으로 수심별 측정 - 연직방향 유속분포 측정이 가능 - 수로 및 작은 하천에 적합 - 토사퇴적 등에 취약 |
| 횡방향측정 Side-looking | | | <ul style="list-style-type: none"> - 단면의 횡방향 유속분포 측정 - 수로 한쪽 또는 중앙부에 설치 - 단면형태에 따라 측정영역이 제한적 - 유심부 측정이 가능한 위치 또는 안정적인 흐름부가 측정되도록 설치 |
| 이동식측정 Moving type up and down rotation | | | <ul style="list-style-type: none"> - 유속계의 상하이동 또는 회전을 통해 다양한 방향의 유속을 측정 - 넓은 범위의 측정이 가능 - 유속계의 이동으로 인해 개별 고정위치의 측정시간이 축소 - 유소계 이동을 위한 별도의 장치가 필요하고 유지관리가 어려움 |

- 횡방향 측정 방식 구성도



○ 제어시스템

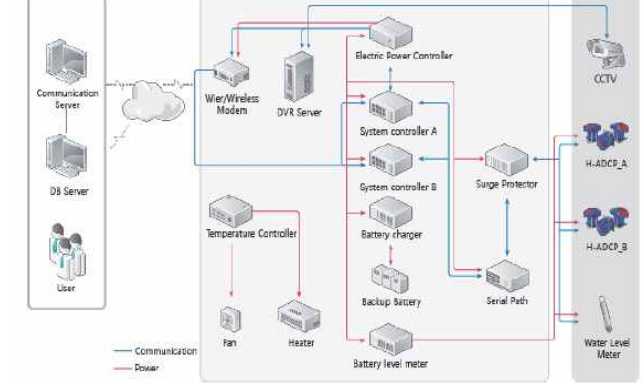
제어시스템 주요기능



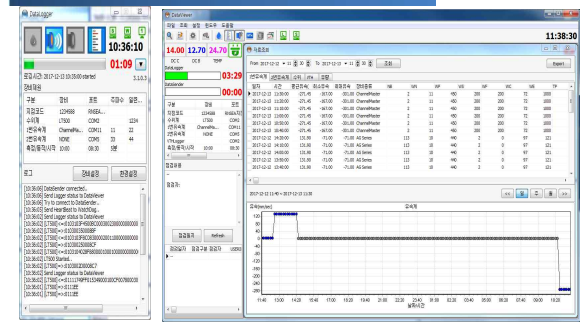
제어시스템 개선 현황



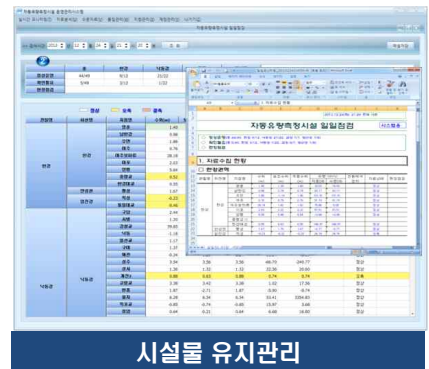
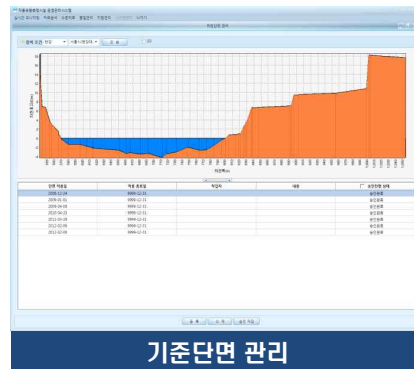
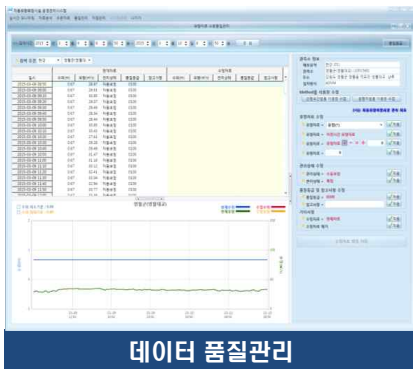
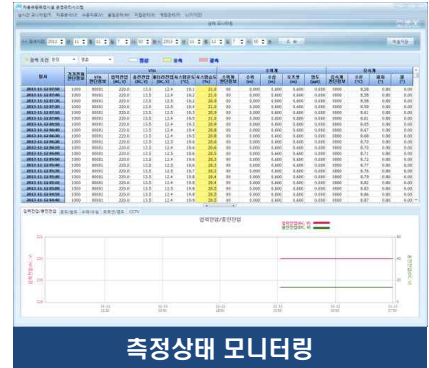
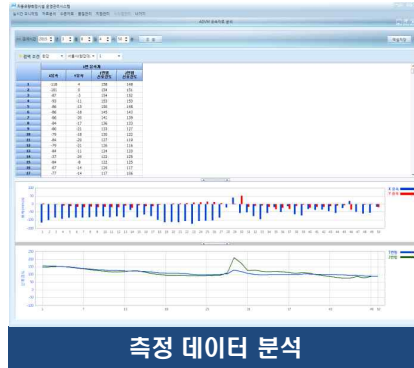
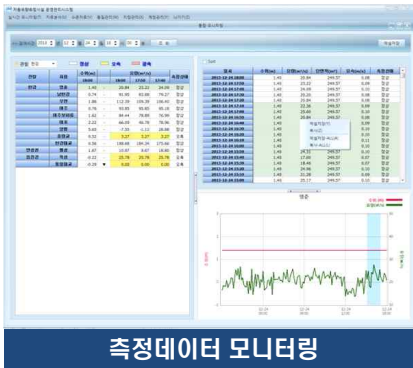
시스템 구성 및 연계



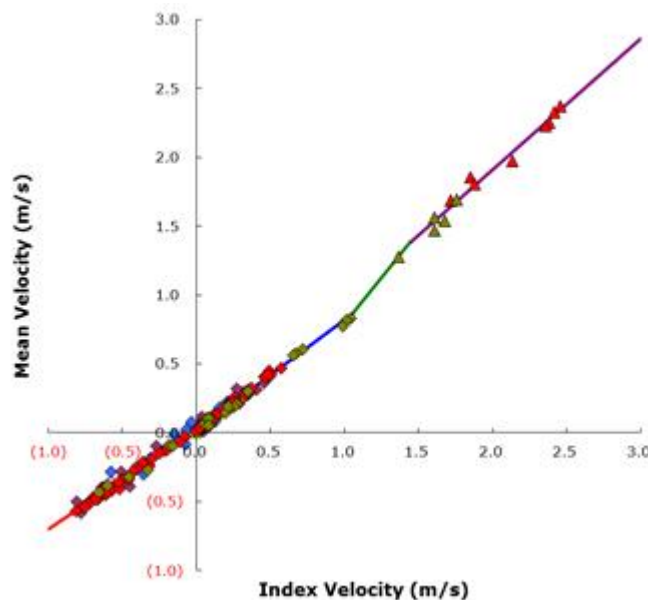
제어시스템 운영 소프트웨어



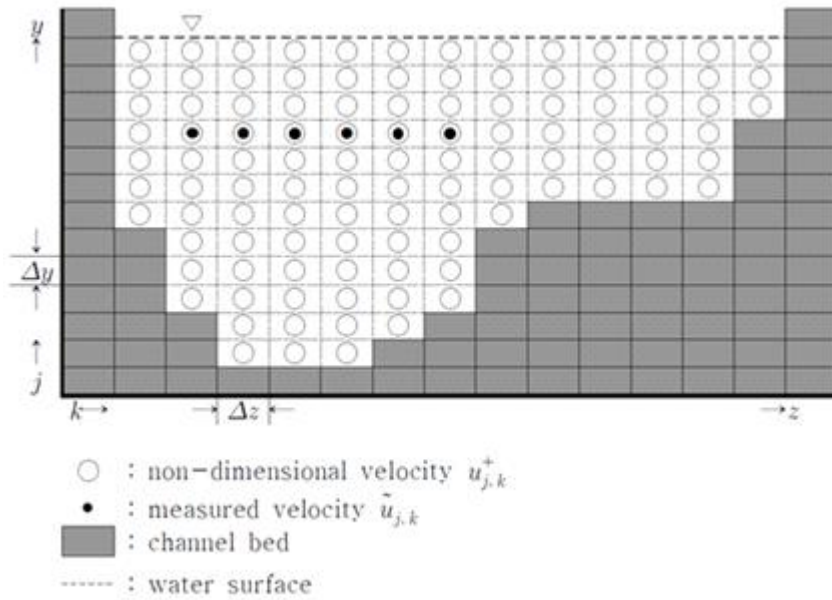
○ 운영관리시스템



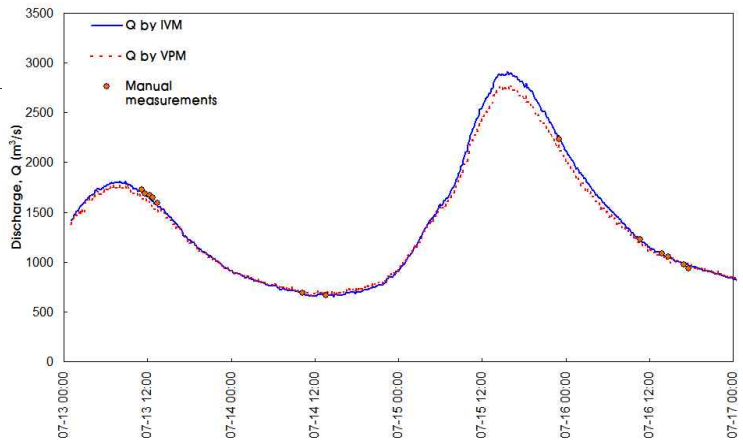
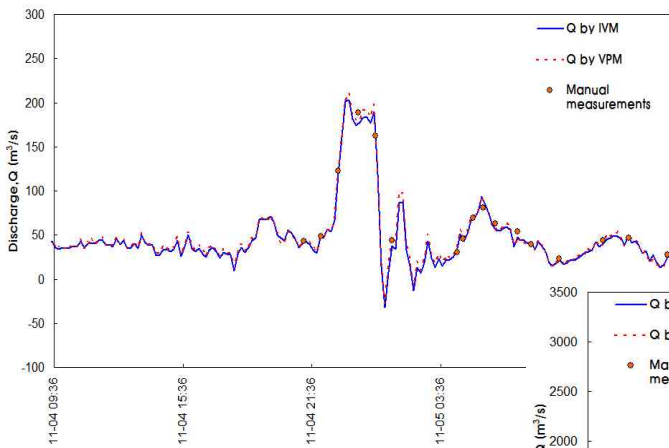
- (유량산정방법) 고정된 일부 영역의 유속값으로부터 평균유속을 산정하여 유량을 계산 (* 기존 수위-유량관계법 또한 가능)
- 지표유속법(Index Velocity Method) : ADVM 측정유속을 지표로하여 실제 측정된 평균유속과의 관계식을 개발*하여 활용
- * 관계식 개발을 위한 다양한 유속범위의 측정값이 필요



- 유속분포법(Velocity Profile Method) : 이론적인 유속분포를 이용하여 전체 단면평균유속을 산정 (* ADVM 측정유속은 유속분포 산정을 위한 참조값으로 활용)



○ 지표유속법과 유속분포법 비교

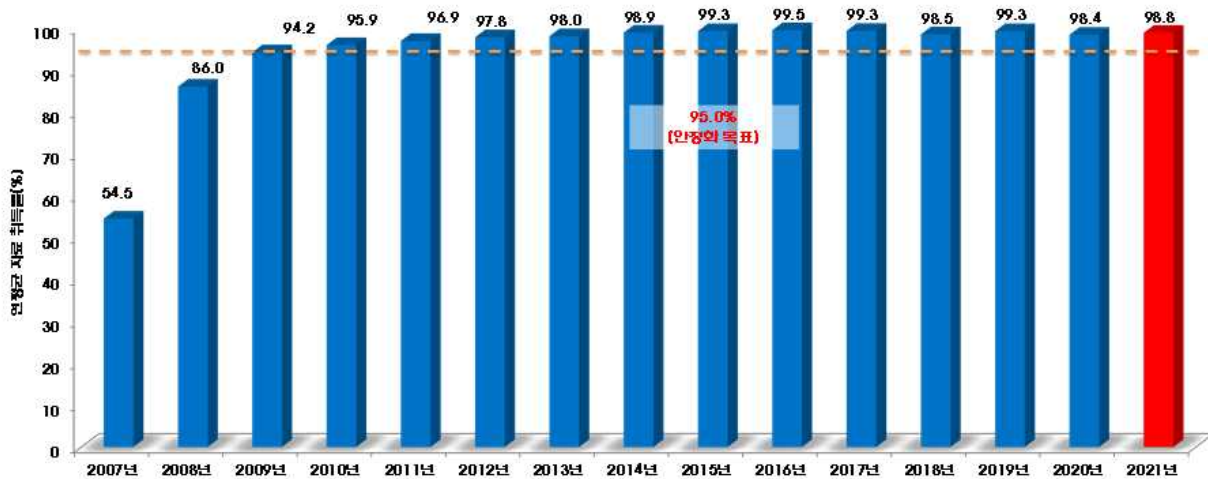


2.4 자동유량측정시설 설치 및 운영 현황

- 전국 하천 총 63개소 설치 및 운영 중 (* 하천수 계측시설 제외)

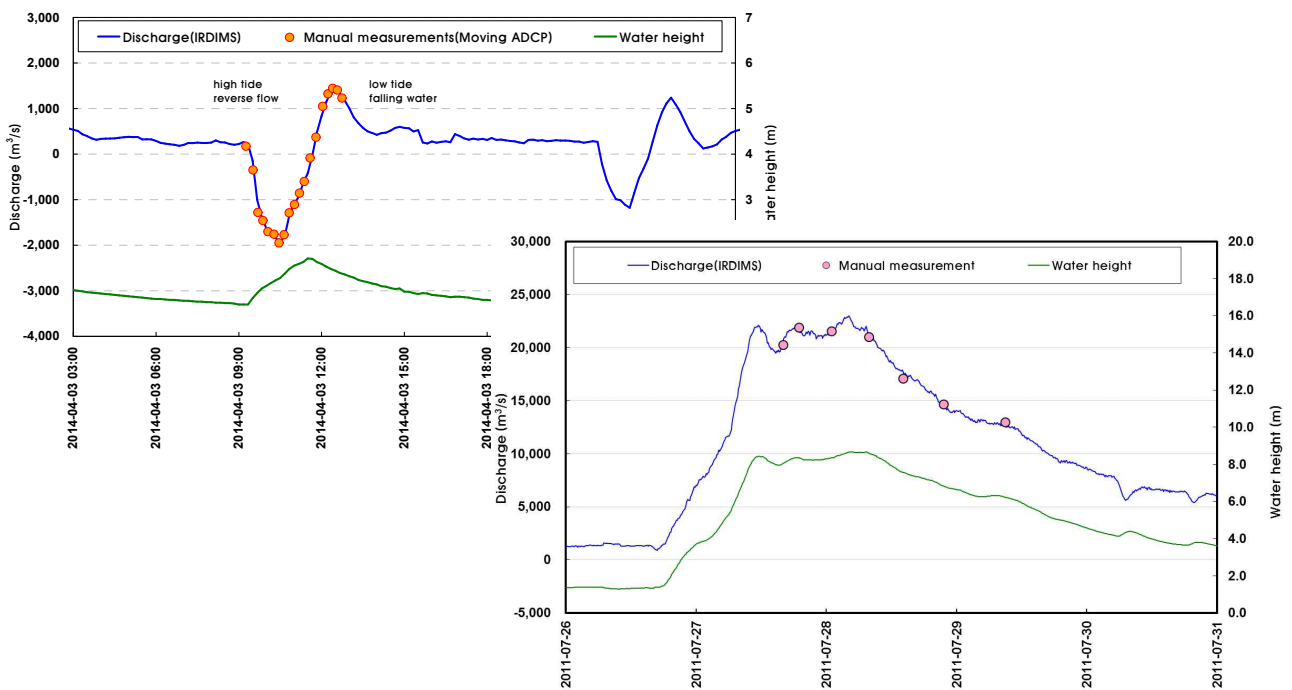
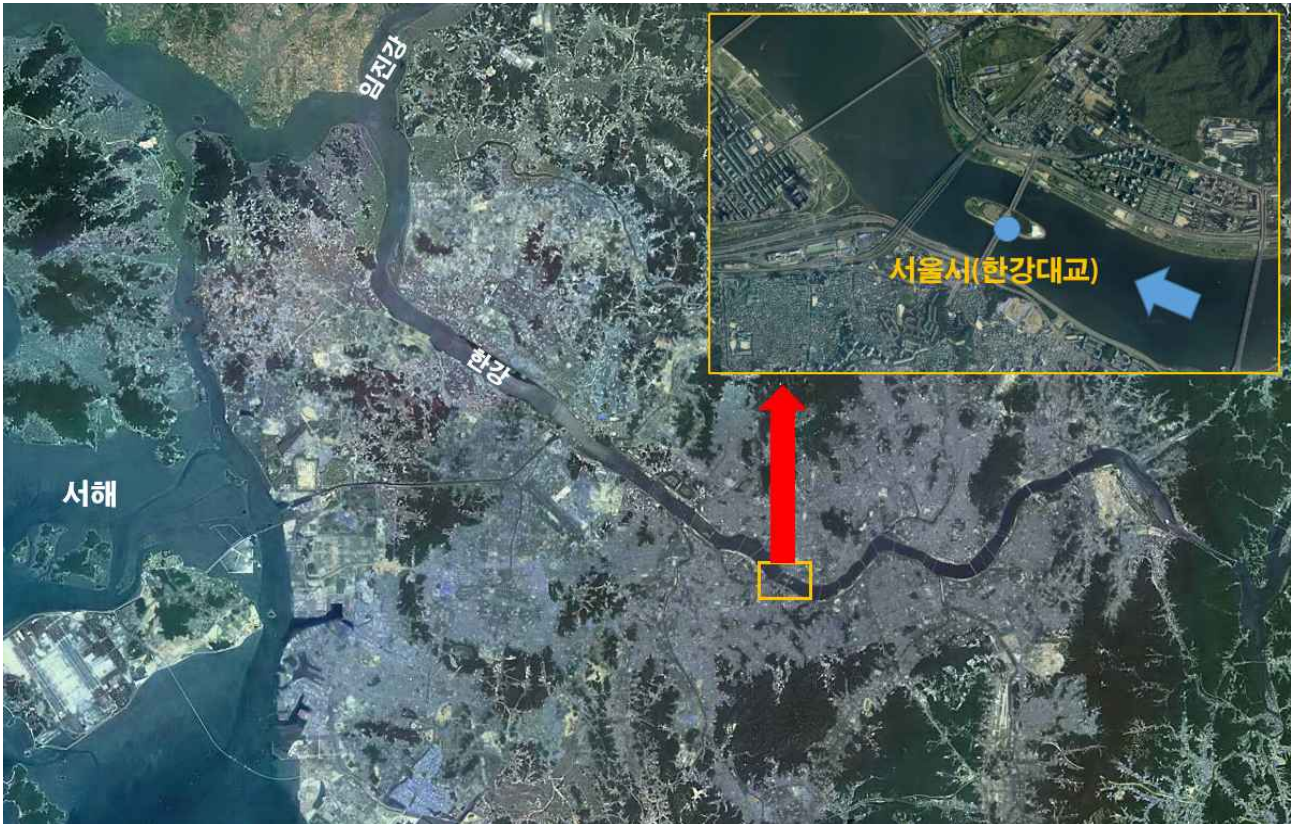


- 측정주기는 10분 단위로 19년 연평균 자료취득률은 99.3%로 안정화
- 설치초기 2007년 연평균 자료취득률은 54.5%로 매년 지속적으로 개선
- 자동유량시설 설치 후 대부분 1년 내에 안정된 자료 생산 가능

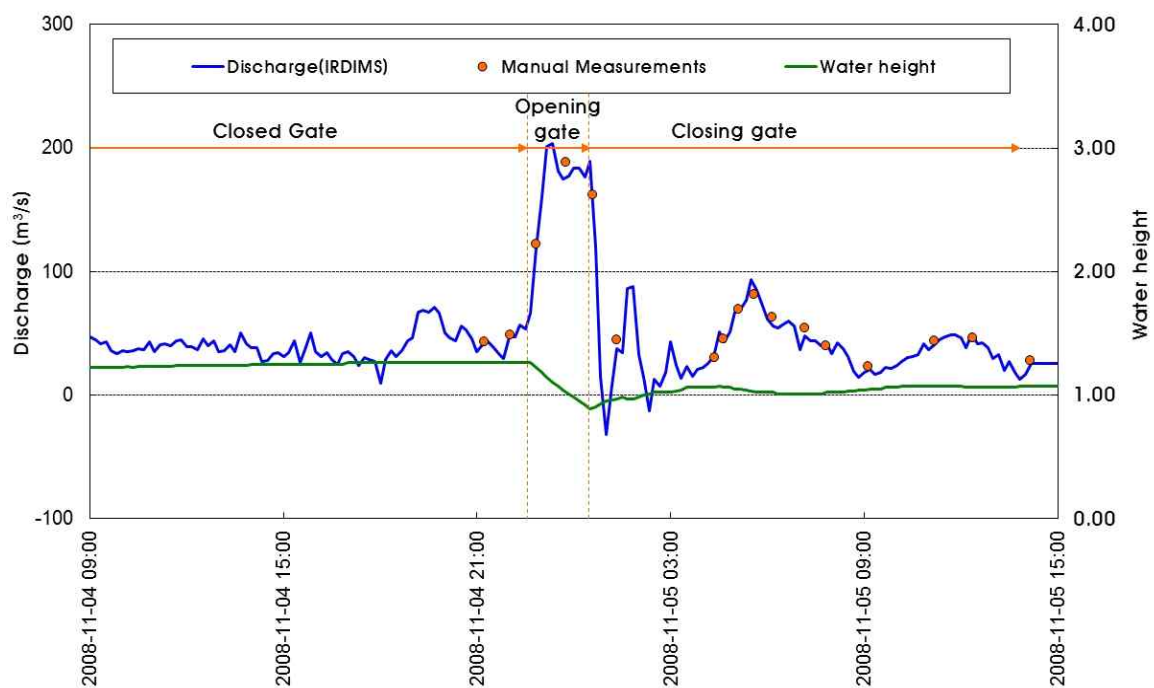


2.5 자동유량측정시설 대표 측정사례

- 서울시(한강대교) : 조위영향 지점
 - 대표적인 조위영향 지점으로 2016년 부터 설치 운영
 - 노들섬 기준으로 남단과 북단 양측 수로에 ADVM 2대 설치

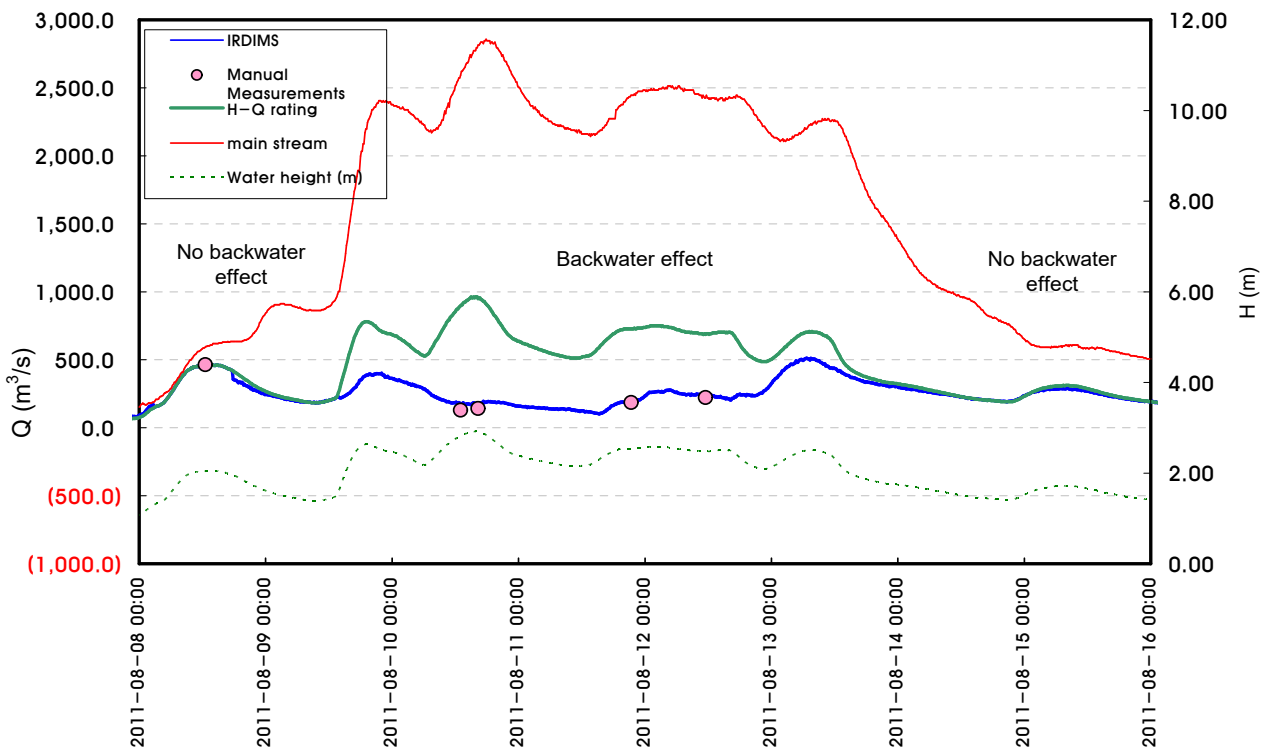


- 부여군(백제교) : 하굿둑 배수영향 지점
 - 금강하굿둑의 운영에 따라 배수영향을 받는 지점
 - 하굿둑 갑문의 개방과 폐쇄에 따라 유량이 변화



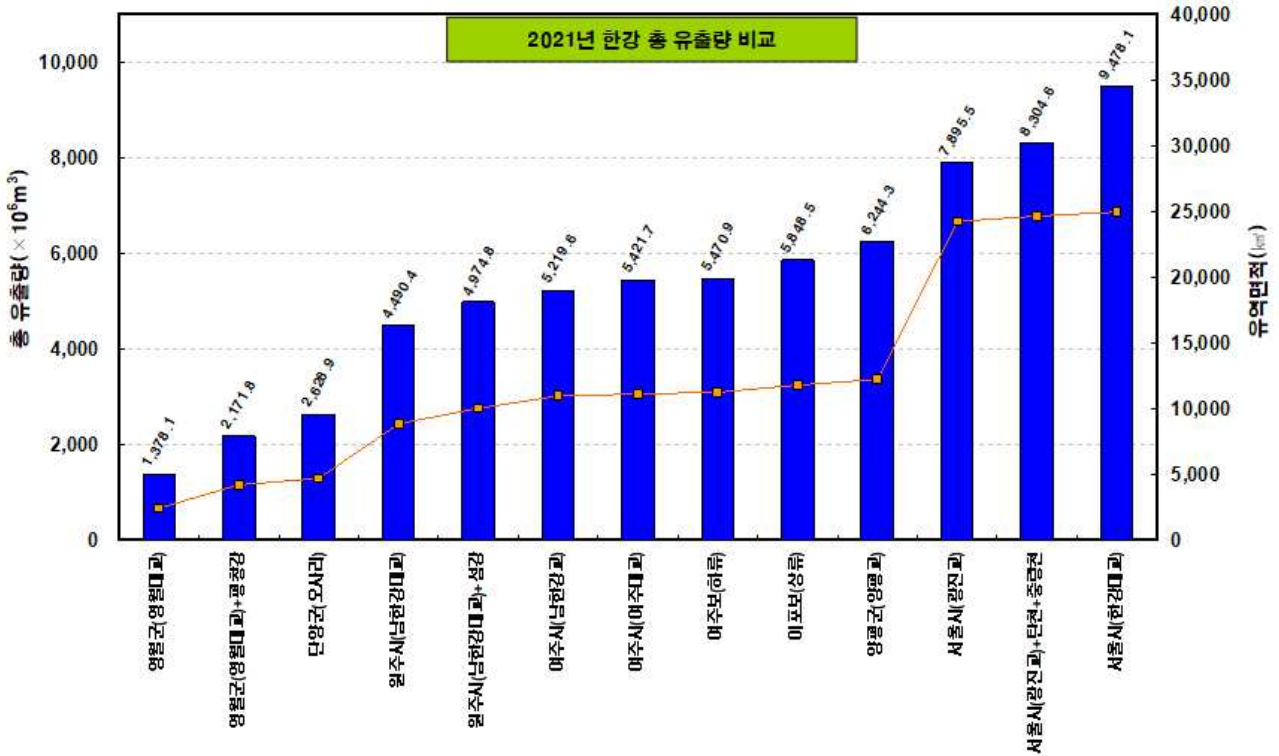
○ 세종시(월산교) : 본류 배수영향

- 미호천에 위치한 지점으로 금강 본류의 배수영향을 받는 지점
- 금강 본류의 유량이 일정규모 이상인 경우에 배수영향을 받음

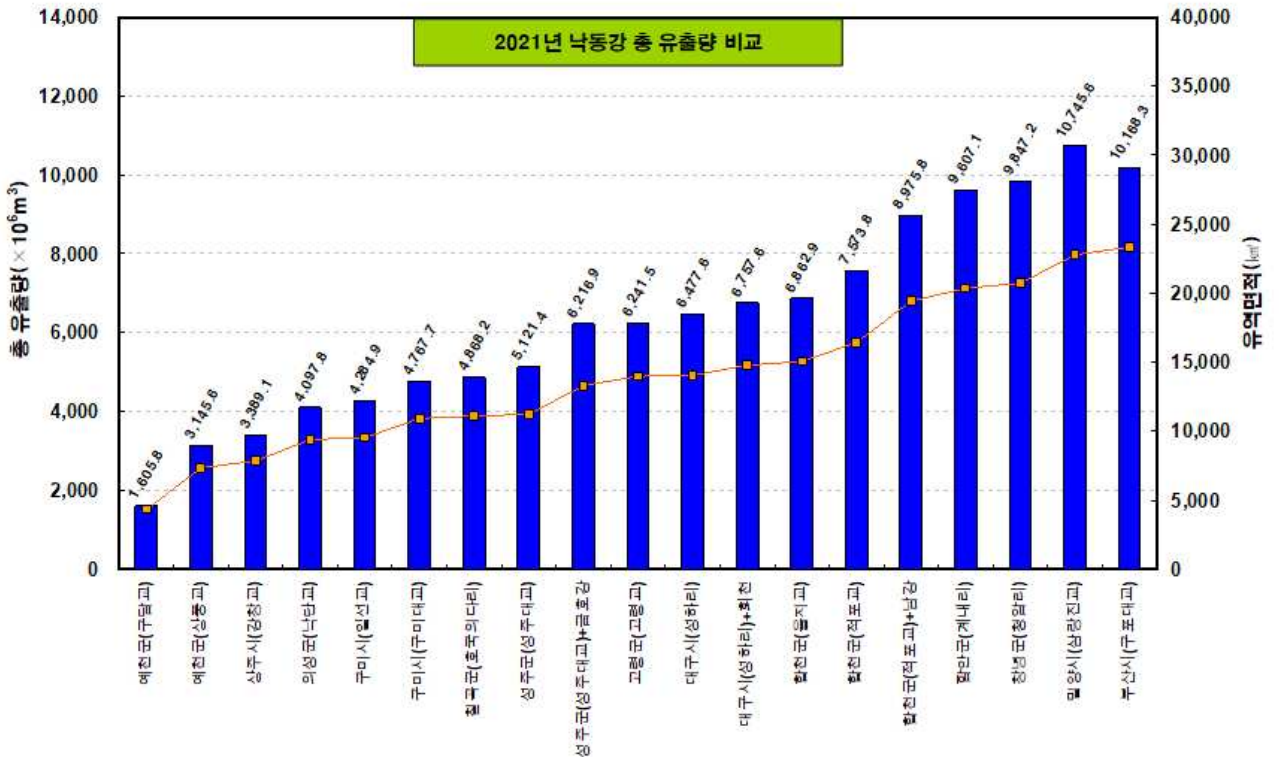


2.6 자동유량측정시설 연유출량 산정 및 상하류 비교

○ 한강



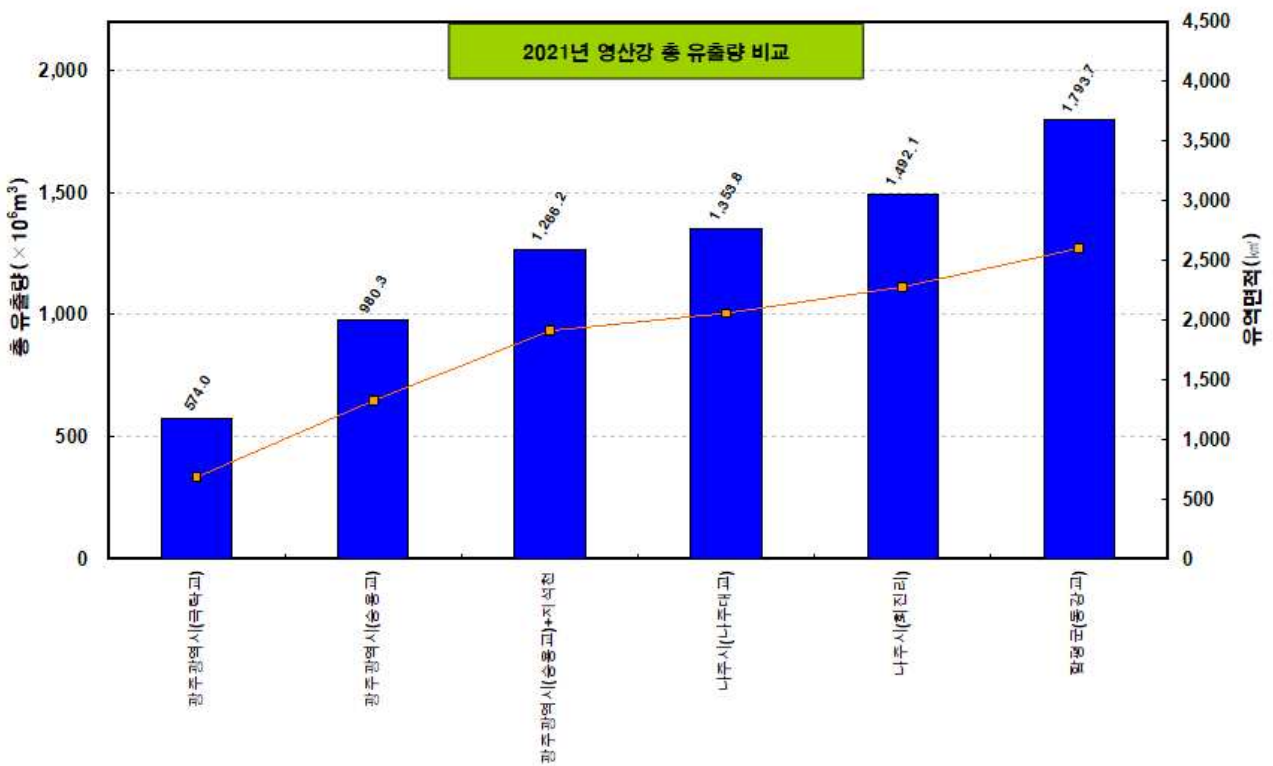
○ 낙동강



○ 금강



○ 영산강



2.7 기대효과

- 유량측정 효율성 향상
 - 측정시간 단축, 무인측정을 통한 측정효율성을 증대
 - 실시간 연속 유량측정 자료의 확보가 가능
- 기존 유량측정방법의 보완
 - 배수영향 또는 조위영향 지점의 유량을 정확히 측정
 - 실시간 유량측정자료의 확보로 수위-유량관계곡선의 한계를 해결
- 수문조사 선진화 인프라 구축
 - IT, RS 등 첨단 기술과의 접목을 통한 수문조사 기법의 선진화
 - 관련 기술에 대한 지속적인 연구·개발을 통해 국내 기술기반을 구축함으로써 국외에 의존하던 수문 계측분야의 원천기술 확보
 - 다양한 수문조사 관련 센싱기술을 접목하여 효율적인 실시간 하천 관리를 위한 통합 계측·관리 기반 마련
- 자동화 유량계측 관련 국제적 기술 선도
- 향후 유사량, 수질 측정 등 통합계측시스템으로 발전 전망