

FOR FUTURE

# 남부 플로리다 수자원 관리국(South Florida Water Management District, SFWMD)에 대하여



**김보경**  
 노아솔루션 기술연구소 대리  
 winnerbk@noaa.co.kr



**김형수**  
 인하대학교 사회기반시스템공학부 부교수  
 sookim@mail.inha.ac.kr

## 1. 시작하는 말

최근 몇 년 사이 발생한 강우는 국지성, 돌발성 특성으로 과거와는 분명히 다른 양상을 보이고 있다. 시간적인 측면에서는 강우가 발생하고 집중되는 기간이 점차 불분명해지고 공간적인 측면에서는 불과 몇 km에 달하는 가까운 지역에서도 강우 발생 여부에서 차이를 보이는 것 또한 과거와는 다른 점이다. 이 외에도 돌발적으로 짧은 시간에 강우가 집중되는 현상과 시간당 20mm 이상 강우 출현이 잦아지는 최근의 현상으로 미루어볼 때 물 순환(water cycle)에 상당한 부분을 차지하는 강우인자 자체의 불확실성이 매우 커지고 있는 것으로 볼 수 있다.

지상으로 강우가 떨어져 땅에 이르고 유출이 발생하기까지 이루어지는 일련의 과정에서 강우는 물 순환 과정을 주도하는 역할을 한다. 따라서 강우패턴 변화를 정확히 파악하는 과정과 함께 이러한 강우가 물

순환에 미치는 영향을 평가하고 분석함으로써 강우효과를 최소화하고 치수, 이수와 환경적 측면에서 보다 효율적이고 합리적으로 수자원을 계획, 관리하는 과정과 대안이 마련되어야 할 것으로 판단된다. 특히, 지형·지리적 특성과 사회·경제적 여건을 반영하여 지구 단위(district unit)와 같이 소규모 단위에서의 유역 관리를 긍정적으로 검토할 필요가 있다.

현재, 미국 남부 플로리다 수자원국인 SFWMD (South Florida Water Management, 이하 SFWMD)는 치수, 이수와 환경적 측면에서 수자원 전반을 평가하고 보다 효율적이고 합리적인 계획 및 관리를 위하여 16개 주(州)의 지역단위로 구분하고 있다. 이 기관은 현재 그림 1과 같이 홈페이지(<http://www.sfwmd.gov/>)를 운영하고 있으며 설립목적에 따라 수질, 홍수조절, 생태계 복원과 용수공급에 관련한 각종 정보와 소식은 물론 적용 사례 등을 공개하고 있다. 본 고에서는 SFWMD에 대한 개요, 설립

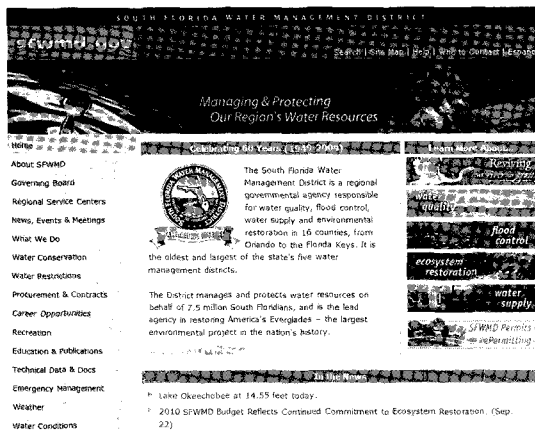


그림 1. SFWMD(South Florida Water Management District)

목표와 기본이념을 간략히 살펴보고 이 기관에서 수자원 계획과 관리를 위하여 진행한 연구내용과 관련 정보, 모형개발과 적용 사례를 소개하고자 한다.

## 2. SFWMD의 소개

### 2.1 설립 배경

SFWMD는 지역정부기관으로 미국 플로리다주 중부에 위치한 올랜드에서 플로리다키스제도에 걸친 16개주의 수질, 홍수조절, 용수공급과 환경복원을 관리를 담당하고 있다. 이 기관은 750만 남부 플로리다를 위한 관리와 수자원 보호와 미국의 플로리다 해안 복원에 그 목적을 두어 역사상 최대규모의 환경프로젝트를 이끌고 있다.

SFWMD는 1940년대 말 허리케인, 홍수와 가뭄 등의 자연재해로부터 인명 및 재산 손실과 피해를 예방하고자 “SEED”를 창조이념으로 설립되었다. 설립 이후에는 새로운 프론티어 사업의 안전한 진행을 위하여 미국의회는 1948년 중부와 남부 플로리다 프로젝트 C&SF를 채택하였고 1949년 플로리다 주의회는 남부 플로리다 물 관리국인 SFWMD에 앞서 중부와 남부 플로리다의 홍수조절국 C&SF FCD를 설립하고 미 육군 공병대가 진행하는 프로젝트를 공동 진행, 관리하게 된다. 1972년 플로리다 수자원법(373장)에서는 5개주의 지역적 수자원 관리와 환경 보호 수행을 권장, 이에 따라 5개의 물 관리국을 설립하기에 이른다. 5개주 물 관리국은 보다 효과적이고 효율적인 지역단위의 수자원 관리와 계획이 이루어질 수 있도록 유역경계와 수문·지리학적 조건을 고려하여 수자원 관리 경계를 결정하고 있다. 이 경계는 1972년 플로리다 수자원법에 정의되었으며 플로리다 내에는 5개의 수자원관리 지구로 구분하고 있다. 여기서, 남부 플로리다 수자원관리지구(SFWMD)는 그림 2와 같이 Broward, Martin, Charlotte, Monroe, Collier, Okeechobee, Miami-Dade, Orange,

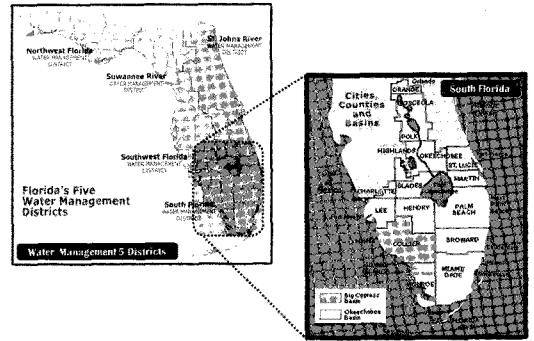


그림 2. 플로리다주 수자원관리지구

Glades, Osceola, Hendry, Palm Beach, Highlands, Polk, Lee와 St. Lucie 총 16개 주를 포함하고 있다.

한편, 이들은 1980년대부터 최근까지 물 관리국과 관련이 있는 플로리다주 환경보호부(FDEP, Florida Department of Environmental Protection), 지역 사회업무부와 플로리다 입법부를 포함하여 주정부기관과 새로운 법안을 개정, 그 책임을 확대하고 있다.

### 2.2 목표와 기본 이념

SFWMD는 세계 최고 수자원관리 기관을 목표로 수질, 홍수조절, 생태계 복원과 용수공급 측면에서 균형을 유지하고 이를 향상시키기 위하여 남부 플로리다를 지역 단위로 구분하여 수자원 전반을 보호 및 관리하고 있다. 이들은 수자원 관리에 대한 전문적인 지식과 경험에서 우러나오는 우수성, 열린 마음, 정직성, 서비스 정신과 성실성, 다양성, 적응성과 열정을 강조함으로써 사회·환경적 측면에서 수자원과 토



그림 3. 수자원관리를 위한 SFWMD 기본 개념

지자원을 관리하고 보호하는데 기본 이념을 두고 있다. 물의 순환은 인간 생활에 큰 영향을 미치는 자원의 하나로써, 그림 3과 같이 연결성(connect), 지침성(guide)과 유도성(drive)을 제시하며 그 중요성을 인식하여 지속적인 관리와 계획이 이루어져야 함을 강조하고 있다.

## 2.3 역할 및 업무

### 2.3.1 역할

SFWMD는 남부 플로리다의 수자원관리를 위하여 크게 수질, 홍수조절, 생태계 복원과 용수공급 4가지 측면으로 구분하고 지역 특성에 적합한 계획과 프로그램 적용, 제안하고 있다. 각 측면에 대한 설명을 간략히 기술하면 다음과 같다.

#### (1) Water Quality

수질(water quality)은 오랜 시간에 걸쳐 서서히 그 양상을 드러내는 특성을 지니고 있으며 인간과 하천생태계에 장기적으로 영향을 미치는 인자로 지속적이고 장기적인 관리가 요구된다. 이에 따라 SFWMD는 ① 수질 확보를 목적으로 준설을 포함하여 습지를 메우거나 우수(storm water)를 저장하고 관리하는 등 환경자원에 대하여 일정한 규제를 두고 있다. 오염물질 유입을 규제하고 이에 대처하기 위하여 ② Okeechobee호수와 ③ 에버글레이즈(Everglades, 이하 에버글레이즈)에서는 일정 기준을 마련하고 있으며 정기적·객관적 관점에서의 수질 관리를 위하여 ④ 수질모니터링을 실시하고 있다. 이 외에도 에버글레이즈의 수질 향상과 생태서식지 및 수자원 복원을 위하여 ⑤ 에버글레이즈의 수질 향상을 지원하고 있다.

#### (2) Flood Control

현재 인구가 밀집된 남부 플로리다의 대부분은 과거 습지대로 비교적 평탄한 지형 특성과 연평균 강수량 55inch(1397mm)에 달하여 대홍수가 자주 발생하였다. 1940년대 후반 홍수와 가뭄의 영향을 최소화

할 수 있도록 지역별 수자원관리 체계를 마련하였다. 운하, 하천, 하천 시설물과 습지는 유출량을 조절함으로써 홍수범람을 최소화하고 있다. 이를 위하여 ① 지역별 수자원 시스템, ② 운영 및 유지보수, ③ 유출의 변화, ④ 홍수지도의 일반화, ⑤ 환경자원과 우수 관리, ⑥ 홍수관리에 보다 적합한 방법을 채택하고 적용하는 방안을 지원하고 있다.

#### (3) Ecosystem Restoration

하천환경 복원은 수생태계의 보존·보호는 물론 하천의 원래 모습을 회복함으로써 자동 정화능력 극대화를 통한 수질확보 및 개선을 기대할 수 있다. 이에 따라 용수공급과 홍수조절 측면에서 경제성과 친수성을 통한 삶의 질을 확보할 수 있다. 이에 따라 SFWMD는 ① 에버글레이즈 초원의 강(River of Grass) 살리기, ② 키시미강(Kissimmee River)복원, ③ Okeechobee호수 보호 및 복원, ④ 에버글레이즈 복원, ⑤ 하천복원 프로젝트, ⑥ 북부 플로리다 해안가 보호, ⑦ 하천변 보호와 ⑧ 공공을 위한 수자원 및 자연보존에 대한 다양한 프로그램을 계획, 운영하고 있다.

#### (4) Water supply

인간생활을 영위하기 위하여 현재와 미래에 요구되는 용수공급량을 정확히 파악하고 이를 확보하기 위하여 SFWMD는 ① 용수공급에 대한 계획, 물의 재사용이나 담수를 이용한 ② 대체 용수공급 대안을 마련하고 ③ 물 절약을 위한 프로그램을 운영하고 있다. 이 외에도 ④ 물 사용에 규제를 두거나 ⑤ water well 건설을 검토, 지원하고 있다.

### 2.3.2 하는 일

SFWMD는 전문적 지식을 갖춘 60여명으로 구성되어 있으며 수문·수질·생태관련 모형을 개발하고 적용한다. 최근에는 그 관심에 따라 과거 자료에 대한 경향성 분석과 GCM(General Circulation Model)에 대한 불확실성을 평가함으로써 현재와 미





한 규제 등에 대한 장기계획을 분석하고 경제적 관점에서 해석, 평가하고 있다. 현재 SFWMD는 웹사이트에 1999년부터 이들 보고서를 제공하고 있다.

이들은 수자원 계획과 관리를 위한 관련 정보 및 연구 분석 내용에 대하여 보고서 외에도 브로셔, 비디오와 정기 간행물 등으로 구성하고 있으며 어린이와 학생을 위한 교육 자료를 제공함으로써 물에 대한 전반적인 이해를 돕고 있다. 이 외에도 남부 플로리다에서 시행하고 있는 환경복원, 수질개선, 용수공급과 홍수조절 관리에 관심을 갖는 어느 누구에게나 견학할 수 있는 기회를 제공하고 있다.

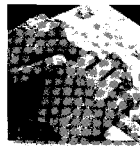
### 3.2 수자원 평가를 위한 자료 제공

SFWMD는 그림 5와 같이 합리적이고 현실적으로 수자원을 계획하고 관리하기 위하여 수문·기상·환경 관련 자료, 지형자료와 실시간 자료를 포함하여 수자원 분석에 필요한 표고기준면과 각종 틀을 제공하고 있다. 특히, 그림 5 (g) Simulation Modeling은 수자원을 환경복원, 수질개선, 용수공급과 홍수조절에 대한 예측, 관리나 평가를 위하여 개발된 모형을 제공하고 있으며 이에 대한 내용은 다음 절(2.6절)에서 보다 자세히 살펴보도록 한다.



**Environmental Database (DBHYDRO)**  
This is the SFWMD's corporate environmental database, storing hydrologic, meteorologic, hydrogeologic and water quality data. It is designed for use by skilled professionals and researchers. [more >](#)

(a) Environmental Database (DBHYDRO)



**Forms, Apps and Software**  
This web site uses a number of software plug-ins and applications. From here, you can download tools needed to view and use a variety of standard web formats. [more >](#)

(b) Forms, Apps and Software



**GIS/Maps**  
Geographic Information Systems (GIS) provide a visual and spatial perspective of data about water resource systems. GIS can be interactive, and may include satellite pictures. [more >](#)

(c) GIS/Maps



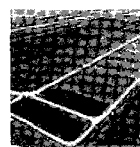
**Local Government Assistance**  
Many SFWMD projects and programs involve partnerships with local governments of many types, including cities, towns and counties. [more >](#)

(d) Local Government Assistance



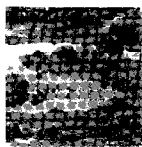
**Real Time Data**  
Just how much rain fell today, or last month in your community? Are the gates on the canal up the block open? How high is water in Lake Okeechobee right now? [more >](#)

(e) Real Time Data



**Reports, Plans & Technical Pubs**  
Many water management projects, programs and plans are overseen and described in detail in comprehensive documents that may be issued once a year, or every few years. [more >](#)

(f) Reports, Plans & Technical Pubs



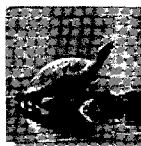
**Simulation Modeling**  
Models help scientists and planners measure the possible effects of a variety of impacts on various complex systems - all in a "virtual" world. [more >](#)

(g) Simulation Modeling



**Vertical Datum**  
More accurate and accessible information about land elevations can help government, communities and individuals make better assessments about the uses and management of land. [more >](#)

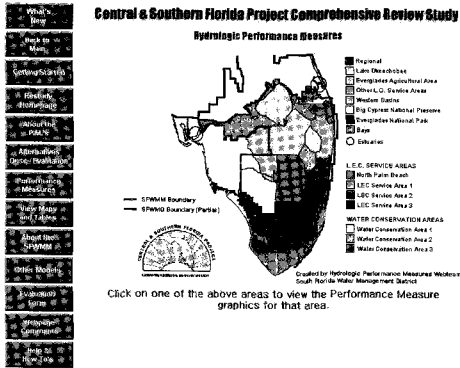
(h) Vertical Datum



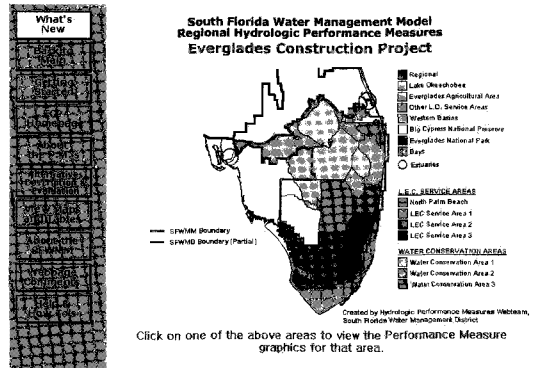
**Web Boards**  
Review or take part in on-line scientific and technical peer review and public discussions on documents, research and issues associated with major SFWMD initiatives. [more >](#)

(i) Web Boards

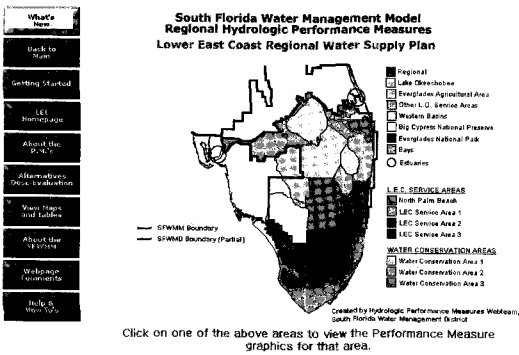
그림 5. SFWMD에서 제공하는 자료 9개 목록



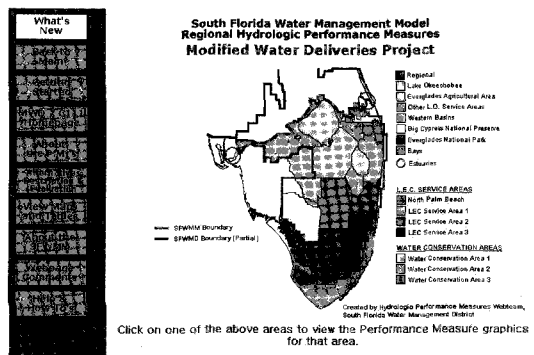
(a) C&SF Restudy Modeling



(b) Everglades Construction Project Modeling



(c) Lower East Coast Modeling



(d) Modified Water Deliveries Project

그림 6. 지역별 적용 사례

### 3.3 Simulation Modeling을 위한 모형 제공

SFWMD는 현실 세계의 다양하고 복잡함으로 인해 발생할 수 있는 가능성을 객관적으로 평가하고 검토하기 위하여 모형을 사용하고 있다. 이들은 크게 수문·수리학적 모형, 수질모형, 생태학적 모형과 기타 수자원 관리 및 계획을 위한 모형을 개발, 적용하고 그 결과에 대한 분석을 실시하고 있다. 이들 각각에 대한 내용을 간략히 설명하면 다음과 같다.

수문·수리학적 모형으로 ① 1965~2000년까지 36년간 기후자료를 이용하여 남부 플로리다지역의 수문순환을 평가하는 SFWMM(South Florida Water Management Model), ② 이상적인 기후상황에서의 자연 상태와 현재 시스템을 비교하는 NSM(Natural System Model), ③ 남부 플로리다에 적용을 목적으

로 개발된 개념적·수학적 모형인 RSM(Regional Simulation Model)과 ④ MODFLOW를 사용하여 지표면과 지하수유출을 모의할 수 있는 MODFLOW Packages가 제공되고 있다.

수질관련 모형으로는 화학물질의 이송과 확산을 제시하기 위하여 RSM-WQ(Regional Simulation Model-Water Quality)가 개발되었으며 생태관련 모형과 연계하여 남부 플로리다에서 다양한 수자원관리 시나리오별 영향을 예측, 평가하기 위하여 지역단위의 통합 생태 평가 모형 ELM(Everglades Landscape Model)을 개발하였다. 생태관련 모형으로는 ① ELM모형 외에 ② 다양한 생물종에 따른 유역의 반응과 적정성을 객관적으로 평가하기 위하여 Habitat Suitability Indices를 적용하고 있으나 현재 모형 보정은 지원하지 않고 있다.

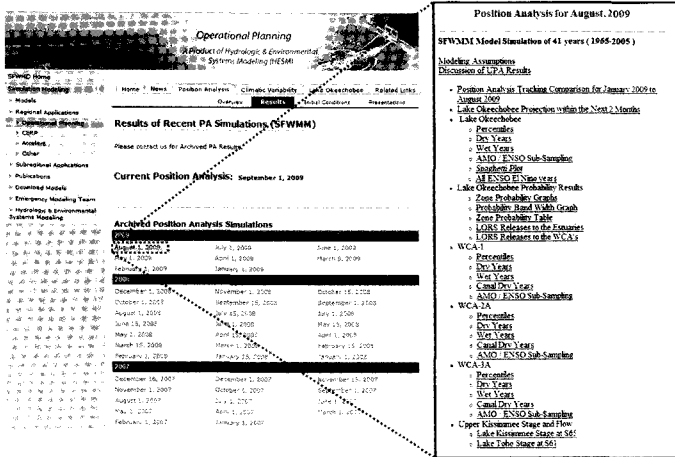


그림 7. 지역별 Operational Planning 적용 사례

이 외에는 ① Okeechobee 호수의 유사와 부영양화를 모의하기 위하여 개발된 LOWQM(Lake Okeechobee Water Quality Model)과 ② 포유류, 조류, 어류와 식물에 대한 부모형으로 구성된 ATLSS(Across Trophic Level System Simulation)와 ③ 생태계 복원을 모의하여 어류와 동물의 서식지에 대한 영향을 예측하고 분석할 수 있는 ROGEM(River of Grass Evaluation Methodology)을 제공하고 있다. 이들 모형에 대한 자세한 설명은 SFWMD 홈페이지와 모형별로 링크된 각 사이트를 참고할 수 있으며 매뉴얼과 모형을 제공하고 있다.

그림 7은 모형을 이용하여 지역에 따라 적용한 사례를 제시한 것이며, 이 외에도 시설물 운영계획, 에버글레이즈 복원을 위하여 남부 플로리다 물 관리 모형을 적용한 사례 등이 제공되고 있다.

#### 4. 맺는 말

짧은 시간에 많은 양의 강우가 집중되는 현상, 불과 몇 km내에서도 강우 발생과 그 양에 차이를 보이는 국지성, 돌발성 특성은 최근 나타나는 강우패턴의 양상이다. 여름철 강수량은 계속 증가할 것이나 과거

와는 다른 기간에 더 많은 양의 강우가 발생할 것이라던가, 집중호우가 발생하는 일수가 더 잦아질 것이라는 전망을 쉽게 접할 수 있다. 이렇듯 강우패턴 변화에 대한 관심이 고조되는 것은 물(water), 크게는 물의 순환(water cycle)이 우리 삶에 직·간접적인 영향을 미치기 때문이다. 따라서 물에 대한 인식 변화와 객관적인 평가에 따른 적절한 대응방안을 마련할 필요가 있을 것이다.

본 고에서 소개한 SFWMD는 남부 플로리다를 16개로 구분하고 이를

치수, 이수와 환경적 관점에서 해석, 평가하고 있다. 이 과정에서 이들은 강우량과 유출량 분석을 통해 홍수와 가뭄을 평가하고 물의 흐름을 분석함으로써 홍수조절과 용수공급을 고려한다. 가뭄은 물론 수질 개선과 생태계 복원을 위한 모니터링을 실시하여 오염물질 유입을 규제하는 한편, 운하와 준설 작업 등에 기준을 마련하는 등 어느 한 특정 분야에 치우치는 것이 아니라 수자원 전반을 관리하고 계획하고 있다. 이를 위하여 개발한 모형을 제공하고 적용사례 및 연구 결과를 공개하고 있으며 합리적인 수자원 관리와 계획을 위하여 필요한 기상, 지형학적 자료 등을 지속적으로 관리 및 갱신하여 제공하고 있다. 현재, 우리나라는 수문·기상과 지형학적 자료가 여러 기관에서 자체적으로 별도 관리되는 사례가 대부분이며 자료에 대한 지속적인 관리와 제공에는 더욱더 미흡한 실정이다. 정확하고 객관적으로 수자원을 관리하고 평가하기 위해서는 신뢰성 있는 자료를 획득, 이용하여야 하며 이러한 관점에서 볼 때 산재되어 있는 자료를 통합, 지속적인 관리가 체계적으로 이루어져야 할 필요가 있을 것이다.

그러나 무엇보다도 인상 깊었던 점은 수자원 분야에 종사하고 있는 특정 소수를 위한 정보와 자료를 제공하는 것이 아니라 어린이와 학생을 포함한 불특정 다수에게 물에 대한 중요성을 접하기 쉬운 교육

자료나 간행물로 제공함으로써 물 절약과 재사용 등을 권장하고 있다는 것, 그리고 남부 플로리다 수자원 관리와 계획에 관심있는 누구에게나 수자원 관리와 계획에 대한 사례와 방법을 소개한다는 것이다. 사실 우리는 물이 한정된 자원임을 알고 미래에는 분명 물 부족으로 인한 대재앙이 발생할 것이라 전망하면서도 수자원에 대한 인식 변화에는 대부분 소극적이다. 치수, 이수와 환경적 측면에서 효율적으로 수자원을 관리하고 계획하는 것은 비단 수자원 분야 관

련 전문가들만의 문제는 아니다. 함께 공유하고 인식함으로써 변화를 받아들이고 적응하는 데 보다 적극적인 자세가 요구된다. 이를 위하여 향후에는 강우패턴이 변화하고 있다는 직접적인 사실만이 아니라 강우강도, 강우량이나 지속기간에 따른 영향을 치수, 이수와 환경측면에서 객관적으로 평가하여 수자원을 효율적이고 합리적으로 관리할 수 있는 자세가 필요할 것이다. 🍃