

호주의 수자원분야 연구소 CSIRO/CRCCH 소개



김 현 준 | 선임연구원, 한국건설기술연구원 수자원연구부
hjkim@kict.re.kr

김 남 원 | 수석연구원, 한국건설기술연구원 수자원연구부
nwkim@kict.re.kr

김 상 현 | 교수, 부산대학교 환경공학과
kimsangh@pnu.edu

1. 머리말

21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구과제(지표수수문성분해석 기술개발: 과제번호 2-2-1)의 국제공동연구 일환으로 호주의 수자원 분야 연구소인 CSIRO(Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation)와 CRCCH(the Cooperative Research Center for Catchment Hydrology)를 방문하였다. CSIRO는 호주의 연방 연구소로서 1916년에 설립된 오래된 역사를 자랑하는 세계적인 연구소이며 22개의 다양한 분야에 대해서 연구를 수행하고 있다. CRCCH는 산·하·연의 협동 연구 센터로서 1993년부터 수자원 및 수문, 수질 등과 관련된 연구를 수행 중에 있으며, 우리나라의 “수자원의 지속적 확보기술개발사업단”과 유사한 성격을 띄고 있다. CRCCH는 연구관리 역할을 하면서 동시에 연구를 수행하고 있는데, 연구의 내용에 있어서도 많은 부분이 우리와 비슷한 주제를 대상으로 하고 있었다.

본 고에서는 선진국의 수자원 연구동향을 파악하고, 해외 교류의 폭을 넓히는 의미에서 이들 두 연구기관을 간략하게 소개하고자 한다.

2. CSIRO(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization)

CSIRO는 호주의 연방 과학 및 산업 연구 기구(Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, <http://www.clw.csiro.au>)로서, 22개의 다양한 분야(농업, 에너지와 수송, 환경과 자연자원, 정보 및 통신 서비스, 제조, 광업, 건강 등)에 걸친 과학적 연구를 수행하고 있으며, 수자원과 관련된 분야로는 “토지와 물(Land and Water)”에 대한 연구 부서가 있다.

CSIRO는 제1차 세계대전중인 1916년에 국립연구소(national laboratory)로서 출발하였으며, 1920년에 연방 과학 및 산업 연구소 설립법(an Act to establish the Commonwealth Institute of Science and Industry)에 의하여 기반이 다져졌다. 1926년에는 과학 및 산업 연구 위원회(CSIR; the Council for Scientific and Industrial Research)로 계승되었으며, 1949년에는 CSIRO(the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization)로 명칭을 바꾸어 현재에 이르고 있다.

CSIRO의 “Land and Water”는 생물리학적(biophysical) 연구에 기반을 두고, 토지와 물에 대해서 경제적이고 사회적으로 합당한 관리 전략을 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 시스템의 이해에 바탕을 둔 지속가능한 해결책을 찾기 위하여, 지하수와 하천 및 홍수터, 호수 및 저류지, 하구 및 해안 사구 등에 대하여 연구하고 있다.

CSIRO의 "Land and Water"는 호주 및 국제적인 연구의 우선순위를 반영한 네가지의 집중 분야에 대하여 관심을 가지고 있으며, 호주의 토지 및 물 관리에 대한 주요 정보를 제공하고 있다.

- 주요 연구 우선순위

- Water Allocation and Quality
- Land Use Options
- Other related Issues
- Sustainable Tropics
- Education Resources
- Groundwater
- Urban Water Re-use
- Environmental Contaminants
- Salinity
- More Resources

• Soils

3. CRCCH(Cooperative Research Center for Catchment Hydrology)

CRCCH는 완전히 새로운 방법으로 유역을 관리하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 하고 있다. 이 센터의 중심 목표는 기후변화와 식생, 토양, 물관리 등을 통합된 패키지로 묶어서, 토지로부터 하천으로 이동되는 물과 미립자, 용질 등의 거동을 예측할 수 있는 의사결정시스템을 개발하는 것이다(그림 1).

유역 및 물 관리자를 위하여, 이 시스템은 지역 규모의 정책 결정에 대한 단기 및 장기 결과를 평가할 수 있도록 할 것이다.

CRC의 연구 프로그램에 의해 강조되는 산업과 연관된 문제는 다음과 같다.

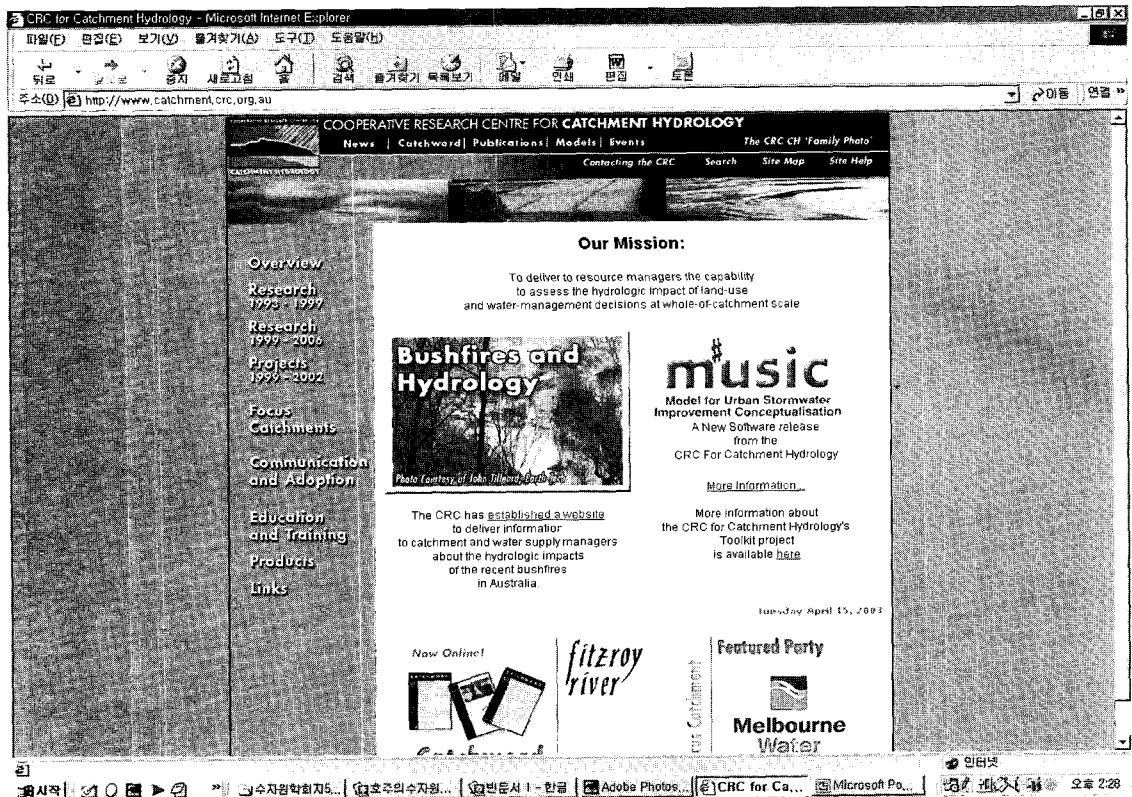


그림 1. CRCCH의 인터넷 홈페이지 (http://www.catchment.crc.org.au)

- 물배분(수자원의 지속가능한 배분 및 효율적인 물 이용)
- 하천에 대한 토지 이용의 영향(과거의 토지 개간 사업의 결과 강조)
- 기후 변동성(수문학적 위험을 줄이는 잠재성)
- 도시 유출의 수질(도시 하천과 만을 개선하는 기회)
- 하천의 복원(하천 및 수로의 악화 방지)

이와 같은 연구 사업을 추진하기 위하여 CRC는 다음과 같은 외부기관과 협력하고 있다.

- 동부 주의 일곱 개 주요 농촌 토지 및 물 관리자
- 두 곳의 대규모 도시 물 관리 기관
- 토지와 물에 대해 연구를 하는 CSIRO 부서
- 물 연구와 교육 프로그램이 우수한 세 곳의 대학
- 국립 기상 및 수문 부서

CRC의 이와 같은 사업으로부터 얻는 국가적 이익은 다음 그림과 같다. 유역 차원의 전망을 할 수 있도록 수립된 전략적 연구로부터 다음과 같은 예측을 할 수 있다(그림 2).

- 보다 효율적인 물 이용, 큰 경제적 및 환경적 이익
- 지속가능한 유역 관리
- 기후의 극치 값으로부터 수문학적 위험의 감소
- 깨끗한 도시 하천, 해안 및 만
- 건강한 강

4. CRCCH의 연구 프로젝트

CRCCH는 1993년부터 1999년까지 산림 수문, 홍수 수문, 도시 수문, 염기화(salinization), 수로 관리와 관련된 연구를 추진하였으며, 이들 연구의 범위와 기간은 아래와 같다.

- Forest hydrology program: Dr. Rob Vertessy, CSIRO Land and Water
 - Sediment movement in forestry environment (Project FO1, 1997-99)
 - Impact of forest management and plantation establishment on catchment water balance (Project FO2, 1997-1999)
 - Effect of pine plantation and eucalypt forest management on hydrology and nutrient export (Project FO3, 1997-1999)
 - Predicting the water yield impact of forest harvesting in the Maroondah and Thomson catchments using the Macaque model (Project FO5, 1998-99)
- Flood hydrology program: Prof. Russell Mein, Monash University
 - Holistic approach to rainfall-based flood

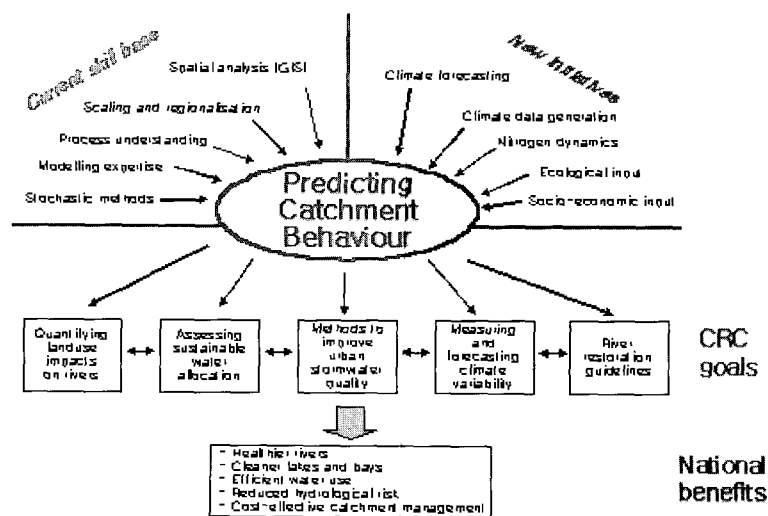


그림 2. CRCCH 연구 체계

- estimation (Project FL1, 1997-99)
- Spatial distribution of rainfall and storm movement (Project FL2, 1997-99)
- Hydraulic derivation of stream rating curves (Project FL3, 1997-99)
- Urban hydrology program: Prof. Tom McMahon, University of Melbourne
 - Gross pollutant management and urban pollution control ponds (Project U1, 1997-99)
 - Pollutant sources, movement and modelling in urban areas (Project U2, 1997-99)
- Salinity program: Dr. Glen Walker, CSIRO Land and Water
 - Salt export from irrigated catchments (Project S1, 1997-99)
 - Managing disposal basins for salt storage within irrigation areas (Project S2, 1997-99)
 - Salt exports from dryland catchments (Project S3, 1997-99)
- Waterway management program: Dr. Peter Hairsine, CSIRO Land and Water
 - Controlling sediment and nutrient delivery from hillslope to streams (Project W1, 1997-99)
 - Stream restoration (Project W2, 1997-99)
 - Rehabilitation and management of riparian lands: sediment, nutrients and erosion (Project FL2, 1997-99)

1999년부터 2006년까지는 6개의 연구 프로그램과 2개의 연구 지원 프로그램을 수행하고 있는데, 각 세부 연구 과제의 제목은 다음과 같다(1st phase 2000-02, 2nd phase 2003-06). 특이한 점은 각 연구 프로그램의 연계와 적용을 위해 별도의 프로그램이 구성되었고, 교육과 훈련을 위해 별도의 프로그램을 준비하고 있다는 점이다.

- Program 1. Predicting Catchment Behaviour
 - Project 1.1 - Development of a catchment modelling toolkit

- Project 1.2 - Scaling procedures to support process-based modelling at large scales
- Program 2. Land-use Impacts on Rivers
 - Project 2.1 - Sediment movement, physical habitat and water quality in large river systems
 - Project 2.2 - Managing pollutant delivery in dryland upland catchments
 - Project 2.3 - Predicting the effects of land use changes on catchment water yield and stream salinity
 - Project 2.5 - Nitrogen and carbon dynamics in riparian buffer zones
- Program 3. Sustainable Water Allocation
 - Project 3.1 - Integration of water balance, climatic and economic models
 - Project 3.2 - Enhancement of the water market reform process
- Program 4. Urban Stormwater Quality
 - Project 4.1 - Stormwater pollutant sources, pathways and impacts
 - Project 4.2 - Stormwater best management practices
- Program 5. Climate Variability
 - Project 5.1 - Modelling and forecasting hydroclimate variables in space and time
 - Project 5.2 - National Data bank of stochastic climate and streamflow models
- Program 6. River Restoration
 - Project 6.1 - Developing criteria and concepts for planning the evaluation of stream rehabilitation projects
 - Project 6.2 - Optimizing urban stream rehabilitation planning and execution
 - Project 6.3 - Restoration ecology in the Granite Creeks, Victoria
 - Project 6.4 - Evaluation of riparian re-vegetation in a south-east Queensland



그림 3. 멜버른의 Monash 대학에 소재한 CRCCH의 본부를 방문하여 CRC-FORGE에 대한 설명을 듣고 있다.(좌로부터 김남원박사, Dr. Vertessey(director), 김상현교수, 김현준박사, Dr. Weinman(deputy director))

catchment

Project 6.5 - Hydraulics and performance of fishways in Australian Streams

Project 6.6 - Developing tools to predict scour of rehabilitation works

Project 6.7 - Developing an improved method for designing and optimizing environmental flow

Program 7. Communication and Adoption

Program 8. Education and Training

Project 8.1 - Capacity building, education and training

Project 8.2 - Public participation and community change

그림 3은 저자와 김남원 박사, 김상현 교수, Prof. Vertessey가 Dr. Weinman으로부터 CRCCH의 주요 연구성과 중 하나인 CRC-FORGE의 설명회에 참가

한 사진이다.

5. CMTK(Catchment Modelling ToolKit)

CMTK는 CRC의 주요 연구 성과 중 하나이다. CMTK를 중심으로 연구과제의 결과들이 하나의 시스템화된 패키지 프로그램으로 탄생하고 있다. 그중 첫 번째 형태가 Rainfall-Runoff Library(RRL)인데, 강우-유출관계를 해석하기 위하여 여러 개의 모형을 하나의 패키지 프로그램에 집약한 것이다. 이 프로그램은 MS-WINDOWS 환경에 맞도록 개발되고 있다. CMTK 시스템의 기본 개념은 데이터 라이브러리와 매개변수 최적화 방법, 그림 및 통계적 분석 기법을 동원하여 유출 모형에 적용하는 것이다. 현재, 강우-유출 모형은 집중형(lumped) 모형을 사용하고 있는데, AWBM, SYMHYD, SMAR 등이 탑재되어 있다. CMTK에는 매개변수 최적화를 위한 기법을 제공하고 있는데, genetic algorithm, SCE-UA, pattern search,

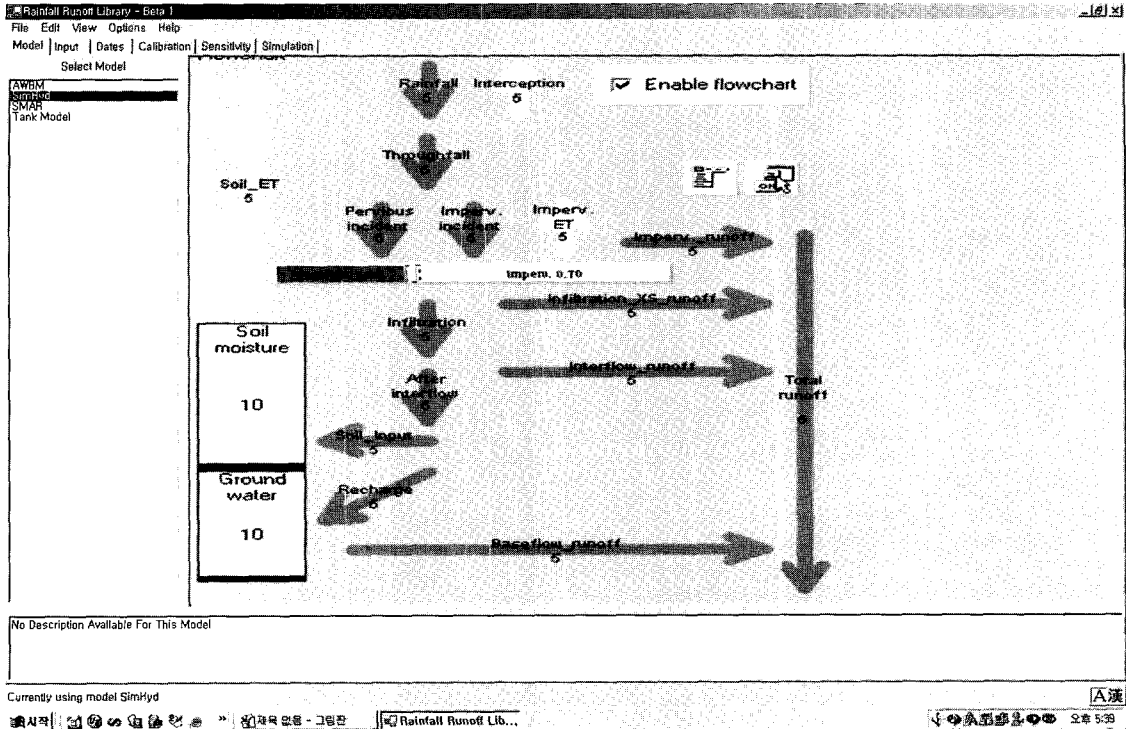


그림 4. Catchment modelling toolkit의 초기화면. CMTK에는 장기유출모형인 AWBM, SYMHYD, SMAR 등이 탑재되어 있으며, 공동연구의 시작으로 국내에서 많이 사용되고 있는 Tank 모형을 CMTK에 포함하도록 하였다. CMTK는 매개변수 최적화를 위한 기법을 제공하고 있는데, genetic algorithm, SCE-UA, pattern search, pattern search multi-start 등이 적용되고 있다.

pattern search multi-start 등의 네가지 방법이 포함되어 있다. 그림 4는 CMTK의 초기화면 중 하나이며, 에니메이션에 의한 강우 유출모형의 거동을 보여주고 있다.

프로그램 중 많은 부분이 국내에서 수행하고 연구 과제와 비슷한 주제를 대상으로 하고 있어 향후 지속적인 협력이 필요하다고 생각되었다.

6. 맺음말

호주는 광활한 국토와 수자원을 관리하기 위하여 많은 고민과 노력을 경주하고 있으며, 이러한 연구 노력의 중심에 CSIRO와 CRCCH가 있다. CRCCH의

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제 번호 : 2-2-1)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김현준, 김남원(2003), 유역수문모델링 국제공동연구를 위한 호주 CSIRO/CRCCH 방문, 한국건설기술연구원 출장보고서 2003-08.
2. CRCCH(2002), Cooperative research center for catchment hydrology annual report 2001-2202.
3. CRCCH(2003), Research program, <http://www.catchment.crc.org.au/programs/>.