

# 수문학적 예측을 위한 지역규모 기상모델의 활용

## The Regional-Scale Weather Model Applications for Hydrological Prediction

정 용\*, 백종진\*\*, 최민하\*\*\*

Yong Jung, Jongjin Baek, Minha Choi

---

### 요 지

충분한 선행시간을 확보한 강우의 정확한 예측은 홍수피해를 저감하기 위한 필요한 조건이다. 이를 위해 지역규모의 기상모델인 Advanced Research WRF (ARW)를 적용하여 지역에 맞는 강우 예측에 가장 밀접한 관계를 갖는 물리학적 요소들의 최적화된 조건을 찾아보려 한다. 이를 위해 2006년의 7월의 강우에 대한 분석을 실시하고 생극과 분천의 강우 관측치와의 비교를 통해 (Root Mean Square Error와 Index of Agreement 활용), ARW의 수문학적 예측을 위한 적용 가능성을 보려 한다.

**핵심용어 : 강우예측, ARW, 물리학적 조건**

---

### 1. 서론

대한민국 기상청에서 기상모델로 주요하게 사용하는 ARW모델은 기존의 MM5를 대체한 모델이다. ARW는 이전 모델인 MM5에 비해 예측모델로서의 물리적 특성인 질량, 운동량, 엔트로피 등을 보존하는 기능을 지니고 있다 (Pattanayak 등, 2008). 날씨 예측 모델로서의 다양한 모델들 (MM5, WRF, RUC, and ETA)을 실험한 Sousounis 등(2004)은 WRF와 MM5가 다양한 물리적 구성의 가능성을 제공하여 다른 모델들에 비해 더욱더 탁월한 날씨 예측이 가능하다고 결론짓고 있다. 더욱이 WRF 모델은 다른 모델에서 보여 줄 수 없었던 더욱 미세한 격자로 모델을 가용할 수 있어서 더욱 더 현실에 가까운 시뮬레이션이 가능하며 해상풍, 기온, 태풍의 이동경로, 토양수분, 바람장, 황사 등과 같은 다양한 기상연구에 활용되고 있다. 박종임 등(2010)은 WRF 모델과 자료동화를 이용한 태풍 우궁(2006년 10월)의 예측을 연구하였으며, 노영경(2010)은 2009년에 발생한 제 11호 태풍 크로반의 사례를 통하여 미세물리 변화를 중심으로 수치 모의의 정확성을 검증하였다. 또한 기존 모델인 MM5와 WRF 모델을 비교하는 연구들이 이루어 졌는데, 김유근 등(2006)은 2004년 5월 28일 ~ 5월 31일을 사례기간으로 설정하고, MM5와 WRF를 이용해 대기오염확산 추정 및 풍력 포텐셜 활용에 대한 연구를 실시하였다. 대기모델로서의 WRF는 황사에 대한 연구에도 사용되고 있는데 이승환 등(2007)은 2006년 3~6월의 기간에 대해 MM5와 WRF를 이용 서울지역의 황사와 고농도 미세먼지에 대해서 연구를 하였다. 본 연구에서는 ARW의 2006년

---

\* 정희원 · 한양대학교 공과대학 건설환경공학과 연구교수 · E-mail : [gpic0126@gmail.com](mailto:gpic0126@gmail.com)

\*\* 정희원 · 한양대학교 공과대학 건설환경공학과 석사과정 · E-mail : [jjbaek@hanyang.ac.kr](mailto:jjbaek@hanyang.ac.kr)

\*\*\* 정희원 · 교신저자 · 한양대학교 공과대학 건설환경공학과 조교수 · E-mail : [mchoi@hanyang.ac.kr](mailto:mchoi@hanyang.ac.kr)

발생한 강우사상에 대해 비교분석하고 ARW의 수문학적 적용가능성을 분석하려 한다.

## 2. Advanced Research WRF (ARW)

WRF는 V2.0으로 처음 일반에 소개 되었으며, beta 버전인 V1.0 (2000) 의 후속으로 만들어진 것이다. WRF는 완전압축형 비정수계를 기본으로 사용한다. 또한, 완벽한 coriolis와 만곡에 관한 표현을 하고 있으며, 한 방향 또는 쌍 방향의 Nesting 방법을 지니고 있다. WRF에서 사용된 평면 수평 격자는 Arakawa C 격자체계와 지형의 높이에 따라 달라지는 Eulerian 질량 좌표계가 사용되고 있다. 수치해석 방법으로는 Runge-Kutta 2차와 3차 옵션을 가지고 있으며, 현재로는 WRF V3.3까지 일반에 제공되고 있다. 이번 지역규모의 강수량을 산정하기 위한 방법으로 사용되어진 WRF 버전은 V3.1로 USGS (United State Geological Survey) 에서 제공하는 기존의 토지이용 분류체계를 개선하여 인공위성 영상자료(MODIS: Moderate Resoulution Imaging Spectrometer) 를 통한 토지이용 분류를 사용하였고, 토양수분과 온도의 값들을 3차원의 공간에 분포 시키며, 고정된 내삽법을 도입하였다.

## 3. 물리적 매개변수

WRF-ARW는 여러 가지 물리적 선택권 (미세물리: microphysics, 적운모수화: Cumulus Parameterization, 지표경계면: Planetary Boundary Layer, 지표모델: land-surface model과 복사에너지: radiation)들이 주어진다. 그 물리적 변수들을 속도의 성분들과 잠재열, 그리고 습윤 상태들을 계산한다. 이중 강우에 대해 가장 직접적인 영향을 미치는 매개변수는 미세물리와 적운모수화이다. 미세물리는 물의 증기와 구름, 비의 생성과정들을 표현하며 적운모수화 (Cumulus Parameterization)는 하위격자 크기의 대류적인 좁은 형태의 구름의 생성의 효과를 모의 한다. 이곳에서 사용된 미세물리 변수는 Lin et al. scheme, Thompson scheme와 WSM-6 scheme을 사용하였고 적운형 매개변수화는 Betts-Miller-Janjic scheme, Grell 3D ensemble scheme, 과 Kain-Frisch scheme의 조합으로 사용되었다(이후로 조합의 첫 머리 글자를 차용해 9개의 조합(LB, LG, LK, TB, TG, TK, WB, WG와 WK)을 사용하도록 한다. (예: LB = Lin et al scheme 과 Betts-Miller-Janjic scheme)).

## 4. 연구지역 및 방법

### 4.1 연구지역 및 강우사상

본 연구의 대상 지역은 한반도의 중부지방에 위치한 생극이며 이는 청미천 유역에 위치가호 있다. 생극이 위치한 청미천 유역은  $600\text{km}^2$ 이며 가장 높은 고도는 676m이다. 또 한 지역은 강원도 지역의 분천지역이다. 분천은 골지유역에 위치하고 있고 주변에 높은 산지가 존재하고 있다. 이 산지의 높이는 해발 1000m 정도이다. 골지유역의 크기는  $560\text{km}^2$ 이며 강의 길이는 82km에 달한다. 그림1은 대상지역에 대한 위치를 보여 주고 있다. 이번 연구에서 고려한 강우사상은 2006년 7월 9일부터 7월 22일까지의 강우이다. 이때의 강우사상은 서부한반도 지역의 산악과 지역적인 산악 상승효과와 개마고원으로 인한 시계방향의 공기의 회전으로 발생한 호우사상이다.

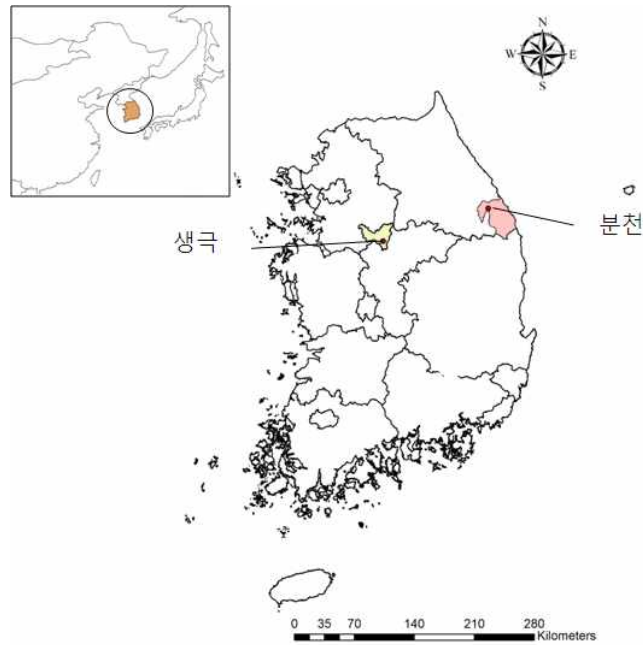


그림 1. 연구 대상 지역 (생극, 분천)

#### 4.2 모델적용

이번 연구를 위해서는 ARW 3.1을 사용하였다. 세 개의 Nest Domain으로 구성된 쌍방향 네스팅으로 구동하였다. 세 개의 Nest Domain은 각각의 해상도가 36km, 12km, 그리고 4km를 선정하였다. 세 번째 Domain의 격자의 수는 40(남북방향)X40(동서방향)으로 선정되었다. 초기 기상 입력자료로는 NCEP(National Center for Environmental Prediction)의 FNL(Final) Operational Global Analysis Data의 6시간 간격의 자료를 사용하였다. 전지구 자료는 1도의 해상도를 가지고 있다. 비교분석을 위한 수치기준은 아래와 같다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Model_i - Obs_i)^2}{N}} \quad (1)$$

$$IOA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Model_i - Obs_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|Model_i - AVG(Obs)| + |Obs_i - AVG(Obs)|)^2} \quad (2)$$

$Model_i$  : ARW모델의 강우강도 (mm/d)

$Obs_i$  : 관측된 강우강도 (mm/d)

$AVG$ : 평균값

$N$ : 모델의 강우와 관측된 강우의 전체수

## 5. 연구 결과

생극과 분천의 일일강우 비교를 여러 물리조합에 의한 강우계산치와 관측값의 비교를 그림2에서 볼 수 있다. 각 강우관측소에서의 관측값들은 검은색 원형으로 표시가 되어 있으며 실선으로 일일강우가 연결되어 있다. 생극의 경우 ARW의 계산 값들이 대체적으로 강우 패턴을 잘 따라가고 있는 것을 보여주고 있다. 하지만 관측값에서는 2개의 강우 절정을 7월14일과 7월 16일에 보이는데 ARW에서 나온 모든 계산값들은 한 개의 절정값을 7월 15일에 나타내고 있다. 특히 WB의 조합의 경우 그의 값이 5배에 가까운 값을 보이며 관측값과의 격차를 넓혔다. 분천의 경우도 관측값이 두 개의 평행한 강우의 절정값(7월 14일-7월15일) 과 또다른 하나의 강우 절정값 (7월 18일) 을 가지고 있다. 생극과 마찬가지로 분천도 ARW의 계산치들이 관측값에 대등하게 움직이는 것을 볼 수가 있지만 7월 15일의 경우 생극에서처럼 WK, TK, 및, LK의 조합이 2배 이상의 강우 일일강우량을 보여주고 있다. 하지만 WB의 경우는 강우관측소에서 확보한 일일강우의 형상을 아주 잘 재생하고 있는 것을 볼 수 있다. 그림2에서 보여주는 일일강우의 비교를 통해서 어느 물리조합이 2006년 강우 사상에 적합한가를 보이기에는 무리가 있다.

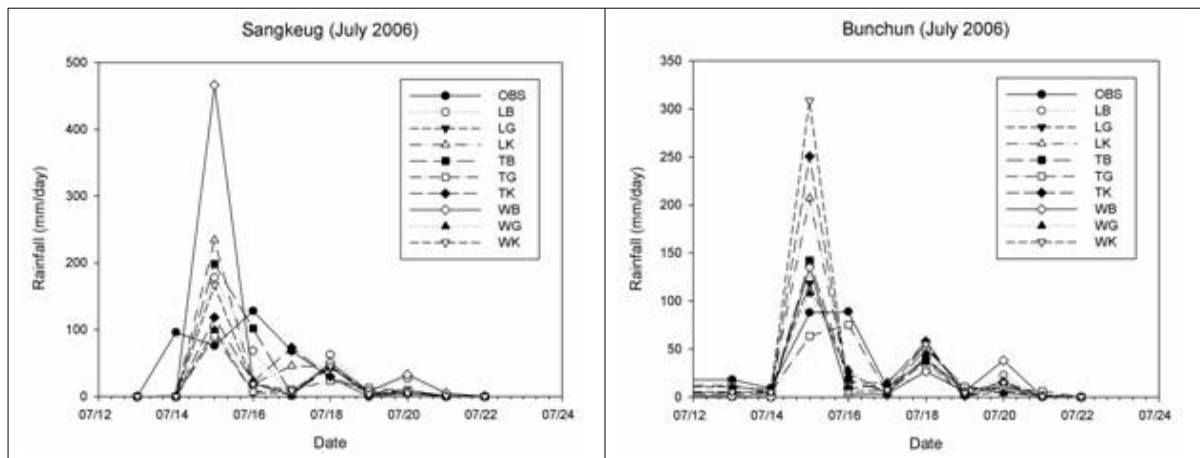
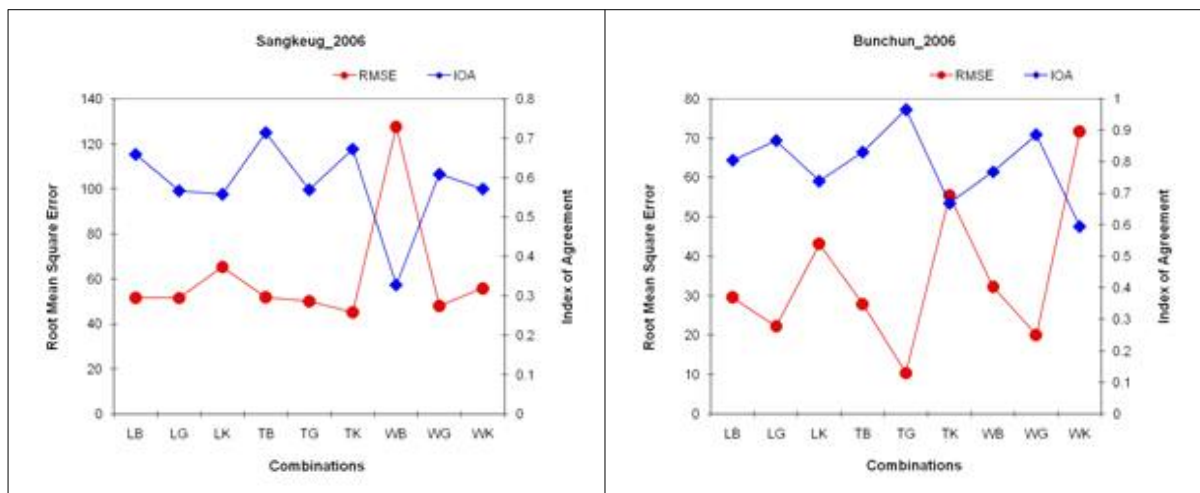


그림 2. 여러 물리조건들의 조합에 의한 일일강우의 비교



### 그림 3. RMSE와 IOA비교

그림3에서는 Root Mean Square Error와 Index of Agreement에 의해 어느 조합이 가장 적합한지를 보였다. 생극의 경우 WB 물리 조합이 가장 좋은 IOA와 가장 낮은 RMSE를 보이고 있다. 분천의 경우 모든 조합들이 전반적으로 좋은 계산 값들을 보이는 것을 볼 수 있다. 그중에 TG는 거의 완벽에 가까운 IOA를 보여주고 있으며 그에 가깝게는 WG 조합이 2006년 강우 사상에 대해서는 대표 할 수 있는 물리 조합이라 볼 수 있다.

### 5. 결론

강우-유출에 대한 예측은 돌발 홍수나 중단기 홍수 예보의 핵심 사항이다. 이를 위해 다양한 강우 정보를 획득할 수 있는데, 최근에 가장 많이 사용하는 레이더 정보와 날씨 예측모델 등이 강우 정보 제공원이다. 중단기 예측을 위해서는 날씨예측모델을 적용하여야 하며 이는 대략 수일정도의 여유시간을 제공할 수 있을 정도의 예측성을 지니고 있다. 중단기 예측을 위한 날씨 예측모델로 이번 연구에서는 ARW를 활용하였으며 그의 구조 및 역사를 서술하였다. ARW는 이가 보유한 활용성으로 인해 다방면의 연구에 적용하였으며 그의 가장 큰 특성인 다양한 물리적 특성과 초기조건들을 제공하는 것이 가능하므로, 지역 홍수예정보를 위한 강우 예측이 요구하는 지역특성의 고려들이 여러 조건의 조합을 통해 지역의 홍수예정보에 가장 적합할 수 있음을 보였다. 하지만 더 많은 강우 사상과 조건에 대한 연구가 지속적으로 연구되어야 할 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업 [과제번호(2012-NEMA05-013-01010000-2012)] 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- 김유근, 정주희, 배주현, 오인보, 권지혜, 서장원 (2006) WRF 모형을 통한 복잡 연안지역에서의 해상풍 모의 개선. **한국대기환경학회지**, 한국대기환경학회, 제22권, pp. 309-323.
- 박종임, 김현미 (2010) 앙상블 칼만 필터를 이용한 태풍 우궁 (200610) 예측과 앙상블 민감도 분석. **한국기상학회 대기**, 한국기상학회, 제20권, 제3호, pp. 287-306.
- 노영경 (2010) 태풍 크로반(KROVANH)의 전향점에 기여하는 미세 물리 방안에 대한 고찰. 석사학위논문, 이화여자대학교.
- 이승환, 문윤섭 (2007) 대기질예보모델의 입력장으로서 MM5 및 WRF 최신 모델의 기상예보 정확도에 관한 연구. **한국대기환경학회 2007년 환경공동학술대회 초록집**, 한국대기환경학회, pp. 1558-1560.
- Pattanayak, S., Mohanty, U.(2008) A comparative study on performance of MM5 and WRF models in simulation of tropical cyclones over Indian seas. *Current Science*, Vol.95, pp. 923-936.