

“폭풍우와 중규모 분석 및 예보에 관한 제 2 차 한미 공동 워크샵”의 결과 보고

(Summary Report on "The 2nd Korea-US Joint Workshop on Storm- and Mesoscale Weather Analysis and Prediction")

이 동 규

(서울대학교 대기과학과)

1. 개 요

제 2 차 한미 공동 워크샵은 1997년 10월 7일부터 10일 까지 4일간 서울대학교 대기환경연구소 주관 하에, 한국과학재단, 미국 국립과학재단, 오크라호마 대학 부설 폭풍우 분석 및 예보 센터(CAPS, Center for Analysis and Prediction for Storms), 기상청 기상연구소, 한국기상학회 후원으로 서울 독산동 노보텔 엠베서더에서 개최되었다.

본 워크샵의 목적은 폭풍우 및 중규모 기상 현상에 대한 관측, 분석 및 예보에 관하여 양국에서 사용하거나 개발하고 있는 기술을 공유하고, 공동 관심사를 도출하여 연구화하며 이 분야의 연구를 발전시키는데 있다.

워크샵의 시작 동기는 1995년 봄으로 거슬러 올라간다. 미국 CAPS로부터 Dr. A. Shapiro와 Dr. S.K. Park (박선기) 이 한국의 기상학자들을 방문하였고, 공동의 관심사와 연구 목적을 발견하게 되었다. 특히 CAPS는 폭풍우 규모에 대한 수치예보의 실효성을 증명하고, 완전한 지역 예보 시스템을 위해 계속 시험 개발해야 하는 입장이었으며, 이를 위해 미국을 비롯한 다른 기상 조건을 가진 외국에 그들의 경험과 기술을 전하고, 그 조건을 이해하려 하였다. 이와같은 과정에서 상호의 경험 및 시스템의 교환은 양국의 예보 기술 그리고 더 나아가 중규모 기상 현상을 이해하는데 도움이 된다는 것을 인식하게 되었다.

제 1 차 워크샵은 1996년 2월 5일부터 8일까지 미국 CAPS에서 대학, 기상청, 연구소에서 8명의 한국 참석자와 오크라호마 지역 대학, 기상청, 연구소에서 약 15명의 미국 참석자로 개최되었다. 1 차 워크샵의 주제는 현업 수치예보를 위한 관측 자료, 분석 및 알고리즘 개발과 같은 현업 중규모 수치 모델에 이용되는 기술의 현황과 응용에 초점이 맞추어졌다. 특히 1 차 워크샵에서는 공동 연구가 상호에게 이익이 될 수 있는 연구의 범위와 깊이를 규정하기 위해 노력하였고, 지속적인 정보 교환이 필요하다는데 합의하였다.

제 2 차 워크샵은 1 차 워크샵의 논의들을 토대로 중규모 기상 현상의 이해 및 모델에 필요한 미세 물리 과정, 지형 효과, 대류계의 역학 과정 등의 기초 연구 분야도 포함하게 되었

다. 또한 참석 인원도 증가하여 중규모 기상 현상 및 모델 분야에 있어 미국 전역에서 저명한 미국 기상학자들이 다수 참석하였다. 본 워크샵의 양국 대표자는 미국 측에서는 CAPS의 Dr. K. Droegemeier 교수가 담당하였으며, 한국측에서는 본인이 되어 양국의 과학재단 지원 하에 워크샵을 준비하였다.

2. 연구발표 및 토의 분야

- 현업 실험 (Operational Testing)
- 민감도와 목적 관측 (Sensitivity and Targeted Observations)
- 자료동화와 모델링 (Assimilation and Modelling)
- 지형 효과 (Orographic effects)
- 집중호우의 미세 물리 과정 (Microphysics of Heavy Rainfall)
- 중규모 대류계의 역학과정 (Dynamics of Mesoscale Convective Systems)

워크샵은 참석자의 구두 발표와 공동 관심사에 대한 분야별 회의 (Plenary Session) 로 구성되었으며, 마지막 날에는 워크샵을 총 정리하기 위한 분야별 그룹 토의 (Working Group Discussion) 을 거쳐, 모든 참석자들의 종합 토론과 결론을 내리는 시간을 가졌다. 여기서 각 참석자들은 분야별로 전체적인 연구의 깊이를 점검하고, 공동 연구가 시작될 수 있는 공동 관심사에 관하여 집중 토의하였다.

3. 도출된 공동 연구 개발의 관심사

다음의 내용은 소 그룹회의를 통해서 도출된 공동 관심사를 정리한 것으로 중규모 기상 현상 또는 이의 수치 모델링을 연구할 때 중요하게 고려할 내용이다.

(1) 현업 수치 실험

- 현업예보의 예보 질을 개선하기 위한 고속의 컴퓨터와 통신망의 필요성
- 특히 폭풍우 규모의 악기상을 예측하기 위한 레이더나 지상 관측자료의 실시간 분석, 동화, 품질검사의 필요성
- 자료동화나 분석을 통하여 관측되지 않은 물리량을 추출하는 방법
- 이를 위한 배경장의 정의 및 자료의 선택
- 등지 격자의 사용과 측면 경계조건에 대한 계속적인 연구의 필요성
- 토양, 지형, 식생, 구름과 같은 물리 과정의 모델에서의 표현 방법
- 예보 결과의 분배 방법
- 예보 결과의 정량적인 평가 방법에 대한 연구의 필요성

(2) 자료동화와 모델링

- 3DVAR, 4DVAR의 한계성과 상대적인 잇점에 대한 인식
- 4DVAR 최소화 알고리즘에 대한 효율성 재고
- 앙상블 예보의 개발과 정량적인 평가의 필요성
- 3DVAR와 4DVAR에 대한 예보 오차의 통계치 추출
- 위성 휘도나 바람장 등의 동화 방법
- 폭풍우 규모의 예보에 있어서 최적의 모델 분해능과 물리 과정

(3) 민감도 실험과 목적 관측

- 수반 방정식에 의한 민감도와 직접 민감도 분석의 차이 인식
- 폭풍우 규모의 악기상 예보를 위해 필요한 관측 형태와 위치의 결정
- 다양한 물리 변수들에 대한 상대적인 민감도의 평가
- 관측 오차 결정 방법

(4) 지형 효과

- 수치 모델에 있어서 지형의 물리적인 표현
- 기상학적인 대규모 환경과 지형의 상호작용
- 지형이 유도한 배수풍(drainage wind), 홍수에 관한 연구
- 미세 물리과정과 지형이 없는 환경에서의 이들의 차이점 인식
- 산악파와 청천 난류(CAT)에 관한 연구
- 기상 현상 시작(Initiation)에 대한 지형 형태 (완만, 경사)의 영향
- 지형의 존재 하에 해안 기상에 관한 연구

(5) 집중호우의 미세 물리과정

- 소규모 모델 예보에 있어서 레이더 관측자료의 영향
- 물리적 초기화 과정에 대한 연구의 필요
- 대규모 기상현상과 소규모 기상현상 사이의 상호작용이 집중호우 물리과정에 미치는 영향
- 집중호우에 있어서 지표 물리과정과 지형의 역할
- 비관측 미세 물리량을 추출하기 위한 4DVAR의 사용
- 집중호우에 대한 기본적인 예측성
- 중규모 집중호우 시스템을 만들 때 대기-해양의 상호작용

(6) 중규모 대류계의 역학과정

- 중규모 시스템의 기본적인 역학과정의 이해 (PBL, 해양 경계층, 복사 과정, 지형 등)
- 중규모 대류계의 시작과 쇠퇴를 조절하는 요소들
- 열대와 중위도 기상현상의 상호작용

4. 참석자

(1) 미국 측 발표자

Kelvin Droegemeier (CAPS, Center for Analysis and Prediction for Storms)
 John Kain (CIMMS, Cooperative Institute for Mesoscale Meteorological Studies)
 Paul Janish (NCEP, National Center for Environment Prediction)
 Sharanya Majumdar (PSU, Pennsylvania State University)
 Seon Ki Park (CAPS, Center for Analysis and Prediction for Storms)
 Johannes Verlined (PSU, Pennsylvania State University)
 Yuh-Lang Lin (NCSU, North Carolina State University)
 Anil Rao (FSU, North Carolina State University)
 Mark Askelson (OU, University of Oklahoma)
 Yi-Leng Chen (UH, University of Hawaii)
 Roelof Bruintjes (NCAR, National Center for Atmospheric Research)
 Bill Skamarock (NCAR, National Center for Atmospheric Research)
 Pao K. Wang (UW, University of Wisconsin-Madison)
 David E. Jahn (CAPS, Center for Analysis and Prediction for Storms)

(2) 한국측 발표자

이동규, 위태권 (서울대학교)	김영철, 임장호, 이용근 (공군)
신경섭 (기상청)	전종갑 (서울대학교)
전혜영 (연세대학교)	이동일 (기상청)
오재호, 김영아 (기상연구소)	장동언, 이동규 (서울대학교)
이태영, 박영연, 김영화 (연세대학교)	강성대, 황수진 (부산대학교)
최효 (강릉대학교)	임규호, 서애숙, 이용섭 (서울대학교)
백종진 (광주 과학기술원)	김경익, 이규원 (경북대학교)
홍성유 (NCEP, National Center for Environment Protection)	
김진원 (LLNL, Lawrence Livermore National Laboratory)	

(3) 참가자

문승의 (기상청)	홍성길 (기상연구소)	윤순창 (서울대)
정순갑 (기상청)	엄원근 (기상연구소)	고준봉 (미국 공군)
C.R. Carpenter (미국 공군)		G. Kimura (U. Tsukuba)
서명석 (KIST/SERI)	정관영 (기상연구소)	박성진 (공군)
이선용 (기상청)	이미선 (서울대)	

5. 결 론

이번 워크샵은 중규모 기상 현상 및 모델링에 대한 경험과 지식의 나눔에 의의가 있었을 뿐만 아니라, 우리나라에서 중규모 기상의 현황, 관심, 지식과 정보의 교환 기회를 제공하였다. 특히 분야별 회의와 소그룹 회의에서는 심도 있는 토의가 이루어졌으며, 서로의 의견 교환은 양국의 수준을 이해하여 향후 상호 협력을 추진하는데 매우 유용한 것이었다. 주제별 워크샵은 특별한 주제에 대한 이해의 폭을 넓히는 것으로 국내 및 국제 공동 워크샵이 활성화되는데 크게 기여할 것이다. 상호 관심 분야에서 양국의 공동 연구가 활발히 진행되기를 희망한다. 본 워크샵에서는 제 3 차 한미 공동 워크샵의 개최가 필요하다는 의견이 나왔다.

문승의 기상청장이 참석하여 축사를 하였으며, 대기환경연구소 윤순창 소장과 기상연구소 홍성길 소장의 만찬 제공에 감사한다. 재정적인 지원을 한 서울대학교 대기환경연구소, 한국과학재단, 기상청 기상연구소, 한국기상학회에 대해 감사한다. 워크샵 세째 날에는 대전 현장 방문으로 한국과학재단, 수자원공사, 슈퍼컴센터, 대전 기상청을 방문하여, 미국측 참석자들에게 한국의 과학 기술 지원 및 현업 현황을 소개하는 기회를 가졌다. 이에 각 기관의 협조에 감사한다. 그 밖에 발표 요약집 작성 및 전반적인 진행을 위해 서울대학교 대기과학과 수치예보 실험실 학생들의 많은 수고에 대해 깊이 감사하며, 이 원고 작성을 도와준 이미선에게 감사한다.

