

안중배, 남재철<sup>1</sup>, 이해진\*

부산대학교 대기과학과, <sup>1</sup>기상연구소 해양 기상 지질 연구실

## 1. 서 론

안개는 시정이 1km이하 일 때로 정의하며, 구름과 같이 대기중의 수증기가 응결하여 발생하는 대기 경계층내의 주요 기상현상이다. 안개의 발생 성인은 수증기의 응결이 어떤 과정에 의해서 이루어 졌느냐에 따라서 결정된다. 대기중의 응결은 크게 냉각과 증발에 의해서 이루어지며, 여기다가 혼합에 의한 작용을 포함하면, 냉각, 증발 그리고 혼합에 의해 발생한다. 그러나 실제적으로 이러한 세가지 과정이 명확하게 구분되어 나타나지는 않는다. 그러므로 안개 성인에 안개의 따른 특성을 밝혀내기가 어렵다. 비교적 발생 역학이 간단한 복사 안개의 경우는 상당히 많은 연구자들에 의해서 그 성인이 밝혀져 왔으나 해상에서 발생하는 바다 안개인 해무의 경우는 관측자료의 부족과 관측이 어려운 여러 가지 사정으로 그 성인이 명확하지 못한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 Gayno-Seaman 경계층 모형을 기본으로 아격자 규모 모수화와 복사과정을 포함한 안개 모형을 이용하여 발생 성인에 따른 해무 특성을 살펴보았다. 본 연구에서 사용된 안개 모형은 아격자 규모의 응결과정을 해결하기 위하여, “all or nothing”의 개념이 아니라 Sommeria and Deardroff(1977, 이하 SD)가 제시한 통계적 응결 방안(statistical condensation scheme)을 적용하여 안개의 LWC(Liquid Water Content)와 안개의 Fraction을 진단해냈으며, 안개 발생시의 복사 모수화 또한 고려하였다.

## 2. 실험 방법

해상에서 발생하는 해무는 다양한 요인에 의해서 발생하므로 발생 성인별 분류가 쉽지 않다. 그러므로 발생 전후의 종관적인 특성과 안개 발생일의 여러 가지 기상학적 요인(기온, 노점온도, 풍속, 풍향, 시정변화)을 다각적으로 분석하여야 한다(Tremant, 1989; 조혜경, 1996) 먼저, 이류안개는 온난 다습한 공기가 상대적으로 찬 지면으로 이동되면서 발생하는 것으로 안개 기간동안 습기의 유입 유무와 기온의 냉각률이 비교적 적으면서 풍속이 1m/s이상 유지되는 가는 기본적인 판단 요인으로 두었다. 증기 안개는 냉각에 의한 이류 안개와 달리 따뜻한 수면이나 지면위로 찬 공기가 이동하면서 지면으로부터의 증발이 활발해짐에 따라서 발생한다. 따라서 안개 발생전이 기온의 변화률과 찬 기단이 남하하거나 북풍계열의 바람이 지속적으로 유지되는가를 살펴보았다. 실제로 연구 대상 지역을 포함한 한반도 주변에서 발생하는 해무의 50% 이상은 저선의 활동에 따라

강수와 연관된 전선안개로 분류될 수 있다. 그러나 전선의 활동과 관련해 발생하는 안개는 한기의 유입에 따른 증기 안개와 습윤한 공기의 유입에 따른 이류 안개 그리고 낙하하거나 낙하 후 증발에 의해 발생하는 안개의 성질을 복합적으로 가지고 있기 때문에 본 연구의 사례에서는 제외하였다. 따라서 본 연구에서는 위와 같은 분석을 통하여 발생 성인이 서로 다른 이류 안개와 증기 안개의 사례들을 선정하여 각 사례들에 대한 수치적 분을 하였다

### 3. 결과

Fig. 1은 이류 안개 사례 중 2001년 5월 17일에서 21일까지 황해 중부해상에서 발생한 사례에 대한 수치실험 결과로 모형에서 모사된 (a) 난류운동에너지, (b) 난류운동에너지의 역학적(shear term)항 그리고 (c) 난류 운동에너지의 열적(buoyant term)항에 대한 연직적인 시간 변화이다. 이 사례 기간은 두 번의 안개가 발생하였는데, 첫 번째 안개는 18일 15시부터 19일 09시까지 발생하였으며 두 번째 안개는 20일 15시부터 21일 09시까지 발생하였다. Fig. 1(a)에 나타난 난류 운동에너지의 연직적 모습에서 안개 기간동안 평균  $0.3\text{J/kg}$ 의 에너지가 나타나고 있다. 이류 안개 사례인 경우, 대기가 매우 안정한 상태임을 고려할 때 비교적 큰 난류가 존재한다. 이는 Fig. 1(b)와 Fig. 1(c)에 보인 역학적항과 열적인항을 비교하면 이유를 찾을 수 있다. Fig. 1(c)에 나타난 열적인 항이 Fig. 2(b)의 역학적인 항에 비해 거의 안개 기간동안 나타나지 않음을 보이고 있는데, 즉 열적으로 매우 안정한 상태를 가지는 이류 안개의 경우, 바람의 연직적인 차이에 의해 유도된 역학적인 항에 의해 난류 운동에너지가 강화됨을 알 수 있다. 이러한 난류의 작용은 대기의 응결을 가속화시켜 안개 발달에 기여하는 것으로 판단된다.

Fig. 2는 Fig. 1과 같으며, 증기 안개 사례인 1999년 10월 7일에서 10일동안 발생한 해무 사례에 대한 것이다. Fig. 2에서도 Fig. 1과 같이 안개 발생기간(7일 21시부터 8일 12시, 8일 17시부터 9일 03시)동안 안개 기간동안 난류의 운동(Fig. 2(a))이 활발하게 나타난다. 그러나 이는 Fig. 1과 비교하면 절반정도의 크기를 가지고 있어 증기 안개의 경우는 이류 안개보다는 난류의 크기가 다소 작게 나타난다. 그리고 Fig. 1에서와 같이 역학적인항(Fig. 2(b))과 열적인항(Fig. 2(c))의 크기를 살펴보면, 역학적인 항보다 열적인 항에 의해 난류가 나타남을 볼 수 있다. 이것은 상대적으로 찬 공기가 이동되어 증기 안개는 이류 안개와 달리 접촉면에서의 증발에 의해 해면으로부터 에너지를 받기 때문에 열적인 난류항이 비교적 크게 작용하는 것으로 판단된다.

### 4. 사사

본 연구 내용은 2001년도 기상청 기상연구소의 ‘영종도 주변 해역의 해무 예측 연구’의 일환으로 이루어 졌다.

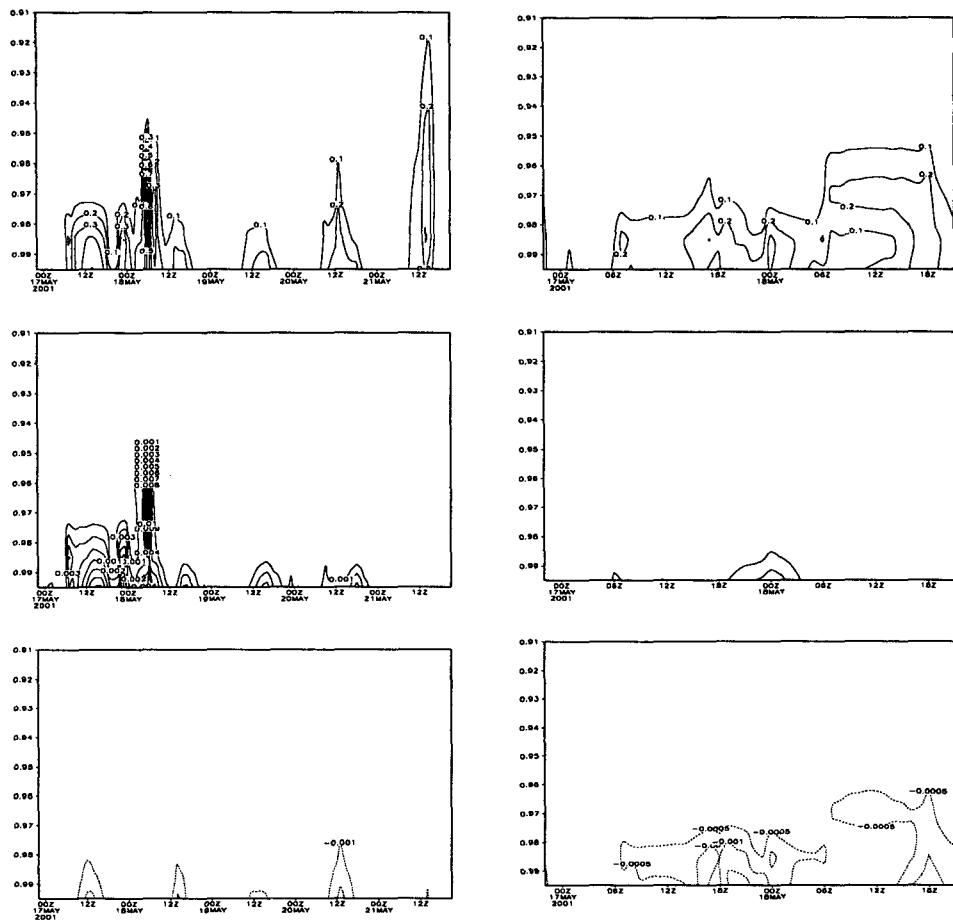


Fig. 1. The time series of vertical-cr section for simulated variab around Youngjung-island(12 °E, 37.5 °E) in the lowest le in the model for the period 17, -21 May, 2001. ( turbulent kinetic energy, shear term of TKE, and buoyant term of TKE.

Fig. 2. Same as Fig. 1. but for period of 7 , -10 Oct, 1999.

#### 참 고 문 헌

조혜경, 1996; 영종도를 중심으로 한 황해 연안 지역의 안개 연구. 서울대학교 대학원 석 사학위 논문. 73pp.

Tremant, M., 1989: The forecasting of sea fog. Meteo. Magazine. 118, 69-75.