

1D2) 아시아 바이오매스 연소 배출처리/모델링 시스템 구축

Development of a Biomass Burning Emissions Modeling/Processing System in East Asia

최기철 · 우정현 · 김현국 · 정혜선 · 유승현 · 백복행¹⁾ · 장임석²⁾ · 김정수²⁾ · 이석조²⁾
건국대학교 신기술융합학과, ¹⁾North Carolina State University, ²⁾국립환경과학원

1. 서 론

최근 대기화학모델링 연구를 위한 배출자료 작성 및 처리시스템 구축을 위하여 동북아 장거리이동 대기 오염물질 모델링 최적화를 위한 배출목록 구축 및 검증 (I) (국립환경과학원, 2009) 연구를 통해 한국 기반의 동북아시아 지역에 대한 인위적인 오염원의 배출 자료 및 처리시스템이 구축되었다. 그러나 인위적인 오염원들만을 대상으로 하여 자연적 오염원에 대한 고려는 여전히 이루어지지 못하였다.

대표적인 자연적 배출원들은 산림을 구성하는 식물상의 생리적 과정에서 배출되는 식물배출(biogenic emissions)과 산불로 인한 식물상들의 연소(biomass burning, 이하 바이오매스 연소), 화산활동이나 지각 활동을 통한 지면배출(geogenic emissions)등을 들 수 있다. 본 연구에서는 자연적 배출원 중 바이오매스 연소 배출량을 대상으로 하였다. 바이오매스 연소 배출물이 미국 전역의 PM_{2.5} 전체 농도의 20%까지 기여하고 있다는 미연방 환경부의 보고(U.S. EPA, 2000)를 통해 주요 대기오염 배출원으로서 바이오매스 연소는 그 중요성이 높음을 알 수 있으며, 아시아 지역에서도 몇몇 화학종의 경우 인위적 배출량의 20~30% 수준을 보이는 등 대기오염물질 배출의 주요 기여원으로서 그 중요성이 밝혀진 바 있다(Streets et al., 2003; Woo et al., 2003)

본 연구에서는 대기오염물질 배출의 주요 기여원 중 하나인 바이오매스 연소 배출량을 산정하고 배출처리를 통한 대기화학모델링을 지원하기 위하여 U.S. Forest Service(USFS)와 U.S. Environmental Protection Agency(EPA)가 합동연구를 통해 개발한 BlueSky Framework를 기반으로 아시아 지역을 대상으로 한 바이오매스 연소 배출량 산정 및 처리시스템 구축을 실시하였다(이하 BlueSky-Asia Framework). BlueSky는 그 자체가 하나의 모델이기 보다는 각 처리 과정별로 독립된 여러 모델들로 구성되어 사용자가 선택한 각 모델들을 연계하여 자료를 처리하는 방식을 사용하고 있으며, 다양한 산물배출량의 특성을 반영한 처리 체계를 갖추고 있다. 또한 산정된 배출량 자료는 Sparse Matrix Operator Kernel Emissions (SMOKE) 배출처리모델의 입력자료로 사용될 수 있어 본 연구에서 최종적으로 목적하고 있는 인위적/자연적 통합 배출처리시스템 구축에 적합하다는 장점을 가지고 있다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 바이오매스 연소 배출량을 산정하기 위하여 Terra위성과 Aqua위성에 탑재된 MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer) 센서에서 탐지한 연소면적자료를 이용하였다. 확보된 위성영상자료는 각 타일에 대한 모자이크 및 map projection을 통해 burned area map을 작성한 후, GIS 소프트웨어를 이용하여 각 연소지점의 위치정보와 연소면적 및 연소시기에 대한 정보작성 및 포맷 변환을 실시하였다. BlueSky Framework 내 연료부하를 산출하기 위해서 FCCS(Fire Characteristic Classification System)와 MODIS Landcover 위성영상자료를 이용하여 연소지점에서의 식생 종류와 특성정보를 파악하고 fuel loadings 지도를 작성하였다. 이 자료를 이용하여 배출량 모델링을 수행하기 위해 위성영상자료의 모자이크, map projection 및 포맷변환을 통해 1km격자 해상도를 갖는 NetCDF(Network Common Data Form)형식의 아시아 식생정보를 작성하였다. 또한 약 180여개의 분류체계를 갖는 FCCS 모델의 식생분류 체계에 MODIS 영상자료에서 분류한 약 13개의 식생분류체계를 적용하기 위하여 총 7가지의 상위 단계로의 식생 계분류 작업을 수행하였다. 이와 같이 본 연구에서는 바이오매스 연소 배출량 작성을 위하여 미국 EPA에서 개발된 BlueSky Framework를 아시아 최초로 적용하였으며, 연료부하 및 연료 소비, 배출량

산정을 위해 각 처리과정별로 FCCS, EPM consumption module, EPM emissions module등을 적용하였다.

3. 결과 및 고찰

구축된 BlueSky-Asia Framework의 처리 과정 및 적용모델(좌)와 그 결과 예시(우)를 아래 그림 1에 나타내었다. 오른쪽 그림은 산정된 PM₁₀ 배출량의 결과로 각 연소지점의 위치 및 배출량의 상대적인 크기를 막대로 나타낸 것이다. 이를 통해 모델 적용기간동안 러시아 남부 지역 및 몽골, 북한 그리고 인도를 포함한 남아시아 지역에서 상대적으로 높은 산불 이벤트가 발생하였음을 알 수 있다. 인도네시아를 포함한 동남아시아의 경우 높은 바이오매스 연소 배출량이 예상되는 지역임에도 불구하고 상대적으로 낮은 산불 발생을 보여주었는데, 이는 실질적으로 산불이 적게 발생하였을 가능성도 있으나 위성에서 탐지하지 못하였을 가능성 역시 존재하여 이에 대한 검토가 필요할 것으로 보인다.

작성된 아시아 바이오매스 연소 배출정보는 SMOKE 배출처리 모델과의 연계를 통해 인위적 및 바이오매스 배출량을 통합한 통합배출처리시스템을 구축하여 배출처리를 통한 대기화학모델의 입력자료를 작성할 예정이다. 이를 통해 인위적인 배출량 뿐 만 아니라 바이오매스 연소 배출량까지 고려한 배출자료를 제공함으로써 아시아 대기모델링 연구에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

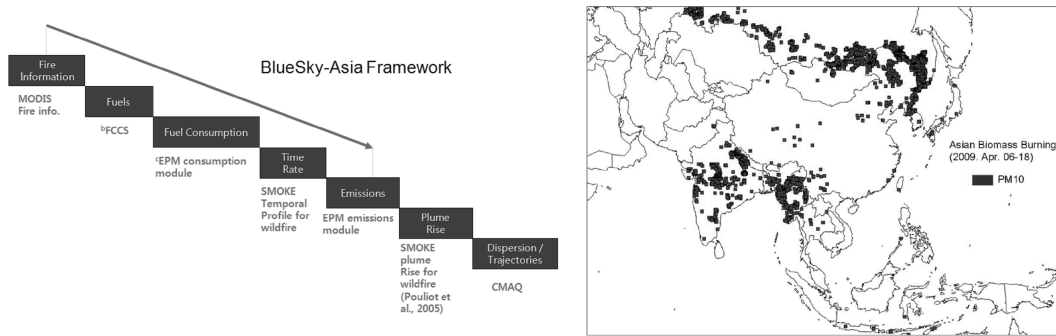


Fig. 1. BlueSky-Asia Framework(left) and example of emissions output(right).

사 사

본 연구는 국립환경과학원 “동북아 장거리이동 대기오염물질 모델링 최적화를 위한 배출목록 구축 및 검증(II)” 사업의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- BlueSky Framework User's Guide, 2008.
- Streets, D.G., K.F. Yarber, J-H. Woo, and G.R. Carmichael (2003) Biomass burning in Asia: Annual and seasonal estimates and atmospheric emissions, *Global Biogeochem. Cycles*, 17(4), 1099, doi:10.1029/2003GB002040.
- Woo, Jung-Hun, David Streets, Gregory R. Carmichael, Youhua Tang, Bongin Yoo, Won-Chan Lee, Narisara Thongboonchoo, Simon Pinnock, Gakuji Kurata, Itsushi Uno, Qingyan Fu, Stephanie Vay, Glen W. Sachse, Donald R. Blake, Alan Fried, and D.C. Thornton (2003) The contribution of biomass and biofuel emissions to trace gas distributions in Asia during the TRACE-P experiment, *J. Geophys. Res.*, 108, 8812, doi:10.1029/2002JD003200, in press.