

大気中におけるメタンの化学輸送シミュレーションに関する研究

2008年3月 自然環境学専攻 66702 安生哲也

指導教員 准教授 今須良一

キーワード：メタン，化学輸送モデル，南北輸送，鉛直分布

1. はじめに

近年，人類共通の課題として注目されている地球温暖化であるが，これは主にメタン等の温室効果ガスによって引き起こされている．メタンの大気中濃度は，産業革命以降急激に上昇しており，人類の活動が大きく影響している．このメタンの挙動の理解には現状では観測データが不十分であり，特に海上や上空での不足が，発生源強度の推定などの精度向上の障害となっている．しかし，近年航空機を利用した上空のメタン濃度の観測が行われ始めたほか(Matsueda and Inoue,1996)，人工衛星による全球的な観測も始められた．そこで，本研究ではこのような新しいデータのうち，航空機観測から得られた上空のメタン濃度データを中心に参照データとし，メタンの特徴的な分布をもたらす原因の解析を行うことを目的とした3次元大気化学輸送モデルの開発を行う．

2. 手法

次世代大気大循環モデル NICAM (Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model (Satoh et al.,2007))を基礎に開発された二酸化炭素輸送モデル (NICAM-CO₂) をベースに，新たにメタンの化学反応過程を組み込むことで大気中のメタン濃度を計算できる3次元大気化学輸送モデル(NICAM-CH₄)を開発する．このモデルへの入力データとしては，発生源別のメタン地表面フラックスデータと OH ラジカルの気候値データを用いる．計算された結果は，地表観測を中心とした世界的な観測データセットである GLOBALVIEW-CH₄,2005 と上空濃度を測定した航空機観測データとの比較を行った上で，メタン濃度分布やその季節変化などについて特徴的な現象に焦点を当てて解析を行う．

3. 計算結果の特徴と観測値との比較

計算された地表付近のメタン濃度の年間平均値は 1572 ppbv であり，上空 300 hPa 面では 1562 ppbv であった．この値は，観測値から得られている値より約 10%低いものであった．この違いは主に発生源である地表面フラックスの値が過小評価されていたことが要因と考えられる．地表付近の観測データとの比較では，低濃度地域において概ねの季節変化が一致していた．地表面フラックスの影響が直接的に表れやすい北半球高濃度地域では，観測値とモデル計算結果の季節変化に大きな相違が見られた．上空観測データとの比較では，夏季から冬季において多少の差異が見られた他は，概ねの季節変化は捉えられていた．上空と地表付近の観測値で見られるメタン濃度の緯度高度依存性については，その濃度の南北勾配の絶対値が観測値とほぼ一致する結果を得た．北半球において，地表濃度が上空濃度に比べて高く，南半球ではその関係が逆になるという特徴もモデル計算で再現されていた．以上のような比較結果により，本研究で開発したモデルでは濃度の緯度高度依存性

は概ね再現でき、地表面フラックスが直接的に濃度を支配しないような地域においては季節変化を再現できるという特性を持つものであることがわかった。

4. 南北輸送についての解析

南半球における上空濃度と地表付近濃度の逆転現象に焦点を当てて解析を行った。赤道面での南北輸送を調べた結果、年平均値として、赤道面を通して上空と中層で南向きの輸送、下層で北向きの輸送が行われており(図1)、特に夏季にその傾向が顕著であることがわかった(図2)。また、南半球におけるOHによるメタン消滅反応は、大気中層から下層にかけて卓越し、北半球からのメタン流入がある大気上層ではほとんど消滅反応が起こっていないことがわかった。これらの結果から、地表面フラックスが少ない南半球では大気上層において高濃度メタンが北半球から流入した後、下層に向かうにつれてOHとの消滅反応によりその量が減少するという構造を持っている。このことにより、南半球における上空濃度と地表付近濃度の逆転現象が引き起こされているものと結論される。今後は、地表フラックスの経年変化や季節変化なども考慮した計算により、より現実に近い大気濃度やその季節変化も再現できるようにする方向でモデルを改良していくことが重要である。

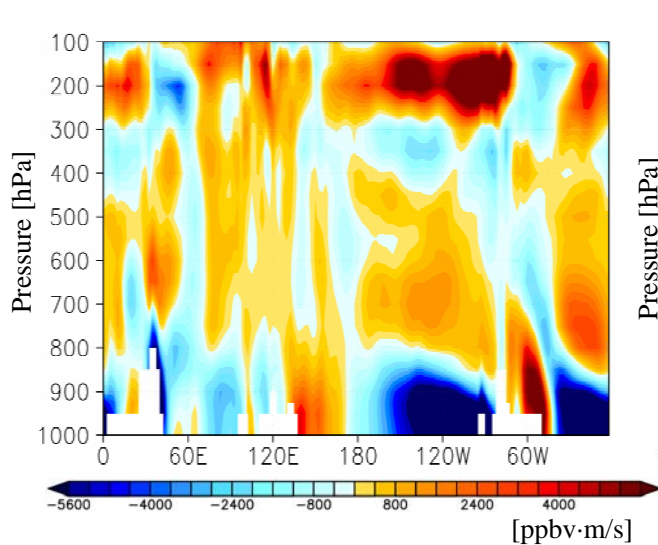


図1
メタンの赤道断面での濃度 [ppbv]×南北風 [m/s](年平均)

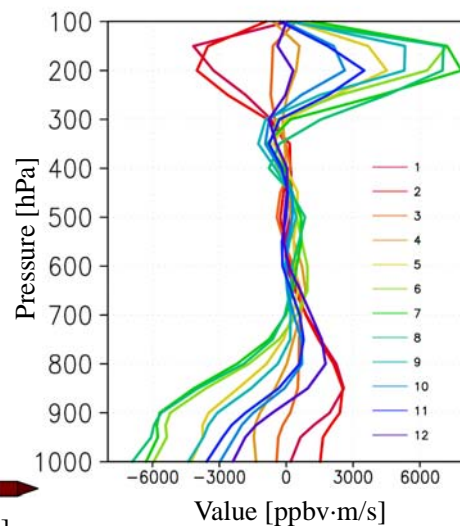


図2
図1に示した濃度 [ppbv]×南北風 [m/s]の帯状平均値の季節変化 (赤道面)

引用文献

- Matsueda, H. and Inoue, H.Y. (1996) : Measurements of atmospheric CO₂ and CH₄ using a commercial airliner from 1993 to 1994. *Atmos. Environ.* 30, 1647–1655.
- Satoh, M., T. Matsuno, T. H. Tomita, H. Miura, T. Nasuno, S. Iga (2007) : Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM) for global cloud resolving simulations. *J. Comput. Phys.* (2007), doi:10.1016/j.jcp.2007.02.006

Chemical transport simulation of methane in the atmosphere

Mar. 2008, Department of Natural Environmental Studies, 66702 Tetsuya Anjo
Supervisor; Associate Professor Ryoichi Imasu

Keywords: Methane, Chemical transport model, North-south transport, Vertical distribution

1. Introduction

Methane, a major greenhouse gas in the atmosphere, and its atmospheric concentration have increased drastically since the Industrial Revolution. Observational data of methane are generally insufficient, especially for areas over the ocean and in the upper troposphere, which causes uncertainty in the estimation of its surface fluxes. Recently, however, upper air concentrations of methane have been measured using commercial airline flights (Matsueda and Inoue, 1996). Furthermore, global data have been obtained using satellite sensors. This study is intended to develop a three-dimensional chemical transport model with which global distribution and circulation of methane can be discussed in conjunction with surface measurements and data obtained by aircraft.

2. Method

A three-dimensional atmospheric chemical transport model has been developed by adding chemical reaction processes of methane to the atmospheric transport model for CO₂: the Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model (NICAM) (Satoh et al., 2007)-CO₂. It was developed based on an atmospheric general circulation model. The input data for the model are methane surface flux strength, which is provided from an international emission inventory data project, and climatological concentrations of OH radical, which reacts with methane in the atmosphere. Simulated methane concentrations were compared with those available from GLOBALVIEW-CH₄, 2005, which is a worldwide observational dataset including surface, and aircraft methane data. After the data comparison, the simulated results were analyzed, particularly addressing horizontal and vertical distributions of methane and its seasonal variations.

3. Simulation results and comparison with observations

The calculated annual mean concentrations were, respectively, 1572 ppbv and 1562 ppbv at the surface and 300 hPa pressure levels. These values were smaller than observed ones by about 10%; the difference is mainly attributable to underestimation of the surface flux strength. Comparison with the observations at the surface level shows that the model can reproduce seasonal variations of methane in low-concentration regions. For high-concentration regions in the north, where strong methane sources are predominant, large differences are apparent between the model calculations and the observations. Although slight differences are apparent in autumn, the simulated seasonal variations in the upper troposphere are good, judging from comparisons with aircraft observations. The latitudinal gradients in the simulated methane concentrations show good correspondence with the

observed gradients both near the surface and in the upper troposphere. The model also represents an important feature that the methane concentration near the surface is higher than that in the upper troposphere in the Northern Hemisphere; that relation is opposite of that in the Southern Hemisphere. The transport model developed in this study can reproduce the latitudinal and vertical distributions of methane and its seasonal variations, except for regions with strong methane sources.

4. Analysis of north-south transport

More detailed analyses were carried out, particularly addressing the phenomenon that the methane concentration in the upper troposphere is higher than that near the surface in the Southern Hemisphere. The simulation results show that methane was transported from the Northern Hemisphere to the Southern Hemisphere in the upper troposphere, and that reverse transport occurred in the lower atmosphere (Fig. 1). These transport phenomena are strongest in summer (Fig. 2). Furthermore, methane decomposition occurring through the reaction with OH takes place mainly in the region from the middle to the lower atmosphere and occurs only slightly in the upper troposphere in the Southern Hemisphere. It can be considered that methane flows from the Northern Hemisphere to the Southern Hemisphere in the upper region of the troposphere; subsequently, most is decomposed by OH radical in the lower atmosphere as it is transported to the lower atmosphere.

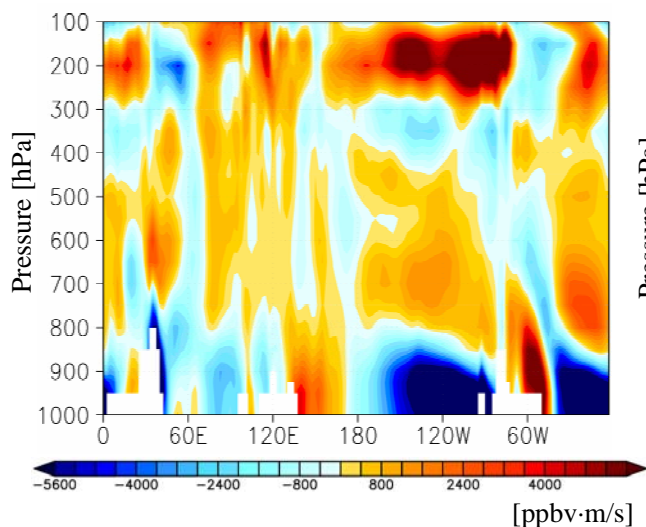


Fig. 1
CH₄ concentrations [ppbv] × meridional winds [m/s]
at the equator (annual mean)

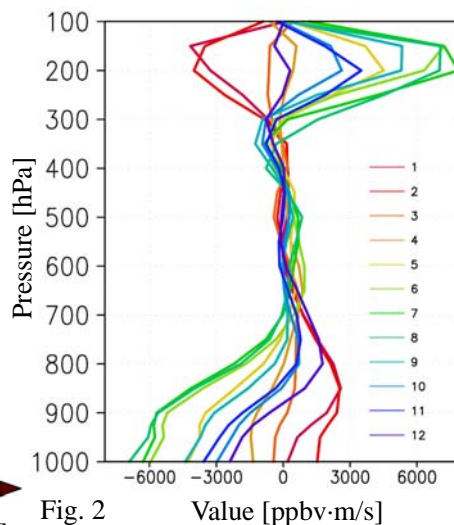


Fig. 2
Value [ppbv·m/s]
Seasonal variation in the vertical
profile of zonally averaged values of
CH₄ concentrations [ppbv] ×
meridional winds [m/s] at the equator

References

Matsueda, H. and Inoue, H.Y. (1996): Measurements of atmospheric CO₂ and CH₄ using a commercial airliner from 1993 to 1994. *Atmos. Environ.* 30, 1647–1655.

Satoh, M., T. Matsuno, T. H. Tomita, H. Miura, T. Nasuno, S. Iga, (2007) : Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM) for global cloud resolving simulations. *J.Comput. Phys.* (2007), doi:10.1016/j.jcp.2007.02.006