

# 西シベリアにおける大気中メタンの起源に関する研究

2013 年 3 月 地球環境モデリング学分野 47-116617 高見澤秀樹

指導教員 准教授 今須良一

キーワード：メタン、西シベリア、大気輸送モデル、鉛直分布

## 1. はじめに

温室効果ガスであるメタンは産業革命以降著しく大気中濃度が増加している。しかし全球におけるメタン濃度の観測データの不足により、メタン収支に関する現象は未解明な部分が多く、推定されている地表からの排出量にも大きな不確実性がある。観測が著しく不足している北半球高緯度域では温暖化の正のフィードバックが働くと懸念されており、この地域に位置する西シベリアは、湿地をはじめとする自然起源のメタン排出だけでなく、天然ガス産業などの人為起源の排出も大きい。国立環境研究所では航空機により西シベリアにおけるメタン濃度の鉛直分布を観測しており、近年では人工衛星による観測もされ始めた。本研究では、航空機観測による鉛直分布データを参照データとし、大気輸送モデルによるメタンの排出領域・排出源別シミュレーションを行い、西シベリアにおける大気中メタンに及ぼす各排出源の影響評価をする。

## 2. 手法

メタン輸送シミュレーションには、Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model (NICAM)をベースとして開発された大気輸送モデル NICAM-based Transport Model (NICAM-TM) (Niwa *et al.*, 2011) を用いる。本モデルは既に二酸化炭素の排出量推定に適用され、各種検証実験が行われている。一方、同モデルをメタンの排出量推定に利用するためには、まだ各種検証実験が不十分である。そこで、国際的モデル比較プロジェクト The Atmospheric Tracer Transport Model Intercomparison Project (TransCom)による、メタンを対象にしたモデル計算比較実験 TransCom-CH<sub>4</sub> Experiment (Patra *et al.*, 2011) のプロトコルに則った実験を行い、NICAM-TM のメタン輸送計算の検証を行う。これと併せ、地上濃度、上空濃度、鉛直濃度分布、気柱濃度といった観測データとの比較も行い、モデルによる大気中メタン濃度の再現性を確認した上で、西シベリアにおける現象解析に利用する。

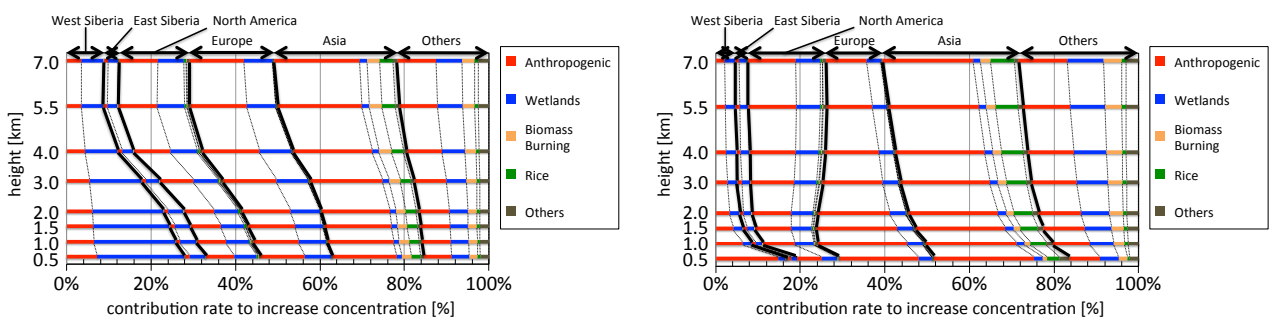
## 3. モデル検証結果

モデル計算比較実験では緯度帯平均メタン濃度の偏差などについて比較を行った。その結果、NICAM-TM によるメタン濃度の南北方向・鉛直方向分布はいずれもモデル間の中間的な性能を示した。モデル間で大きな違いが見られたのは対流圏界面高度であり、この違いは各圏内におけるメタン濃度の差異の要因となるが、これについても、NICAM-TM はモデル間の中間的な性能を示し、他機関のモデルとほぼ同等の性能を有するものであることが示された。観測データを用いた検証については、地表付近の連続観測との比較において、排出シナリオ(\*)間による相違が見られたものの、観測データに見られるメタン濃度

の季節変化をモデルは再現していた。南北勾配については、赤道付近にて排出シナリオによるバラツキの範囲を超えて観測データと計算結果の相違が見られたが、その他の緯度はいずれの季節も南北勾配をよく再現していた。航空機観測による上空濃度との比較では、30°S から 10°S における夏季の濃度低下が再現されなかったが、北半球夏季における赤道付近の濃度低下をはじめ、各季節における緯度分布の特徴を概ね再現していた。鉛直濃度分布については、排出シナリオ間で相違が見られ、観測値との比較を通じて、より確からしい排出シナリオを推定できる可能性が示唆された。

#### 4. 西シベリアにおけるメタンの起源に関する解析

西シベリアにおける大気中メタンの起源に焦点を当ててトレーサー実験を行った。本研究では TransCom-CH<sub>4</sub> Experiment にて用いたメタンの排出シナリオを用い、5つの排出要素、全球を6つの領域に分割し、排出源・地域ごとに西シベリア上空のメタン濃度に及ぼす寄与率を評価した(図1)。その結果、混合層が発達する夏季は、地表付近にて排出されたメタンが上層まで混ぜられ、高度2 km までローカルな排出源である西シベリアが支配的となり、高度2 km での寄与率は23%、その内訳は湿地73%、人為起源27%であった。また、高度3 km 以上になるとアジアの寄与率が最大となり、高度7 km では29%を占めた。安定成層となる冬季は、高度0.5 km と1.0 km 間における寄与率の変化が特徴的であり、0.5 km における西シベリアの寄与率は17%、その内訳は湿地10%、人為起源86%、その他4%、一方で1.0 km における西シベリアの寄与率は9%、その内訳は湿地25%、人為起源73%、その他2%であった。また、高度1.0 km 以上になると上層ほど北アメリカやアジアといった遠方の寄与率が大きくなり、高度7 km では、北アメリカ18%、アジア32%となることが示された。今後は、本モデルを用いて、航空機や衛星による観測データを併せたメタン排出量推定を行ない、メタン収支の解明を進める必要がある。



(a) 2007年夏(6月、7月、8月)

(b) 2007年冬(12月、1月、2月)

図1: 各排出領域、排出要素が及ぼす西シベリアの大気中メタン濃度増加への寄与率  
縦軸: 高度 [km]、横軸: 濃度増加への寄与率 [%]

サイト: Novosibirsk (55N°, 83E°)、排出シナリオ: CTLE4

(\*) 排出シナリオ: TransCom-CH<sub>4</sub>によるメタンの排出分布、排出量データ

#### 引用文献

Niwa, Y., *et al.*, 2011: J. Meteorol. Soc. Jpn., 89, 255-268.

Patra, P. K., *et al.*, 2011: Atmos Chem Phys, 11, 12813-12837.

# Studies on the emission sources of atmospheric methane in West Siberia

Mar. 2013 Numerical Modeling for Global Environmental Issues 47-116617 Hideki Takamizawa  
Supervisor Associate Professor, Ryoichi Imasu

Keyword : Methane, West Siberia, Atmospheric transport model, Vertical distribution

## I Introduction

Methane is known for a major part of greenhouse gases, and its atmospheric concentration have increased drastically since at the time of Industrial Revolution. But, because its observational data is insufficient, there are still many parts unknown, such as, its total budget, also uncertainty in the estimation of its surface emissions arises. Polar regions of the Northern Hemisphere are one of the least observed areas, and assumed to have a stronger link to a global warming. West Siberia is located around such area, and it contains large emission sources like wetlands: a natural methane reservoir, also natural gas industries as anthropogenic emission sources. National Institute for Environmental Studies (NIES) has measured vertical distribution of atmospheric methane concentration around this area using airplanes. And recently, satellite measurements are started to take much needed data around the world including this region. In this study, impact estimation of emission sources from many areas on atmospheric methane in West Siberia is simulated, using atmospheric transport model in conjunction with vertical concentration data obtained by airplanes.

## II Methods

For the methane transport simulation, the Non-hydrostatic ICosahedral Atmospheric Model-based transport model (NICAM-TM) (Niwa *et al.*, 2011) is used. This model has already been applied to estimate surface emissions of carbon dioxide, and validated on several occasions. However, in the case of methane emissions, this model has not have done much validations yet. So, to make sure the accuracy of methane transport calculation done by NICAM-TM, The Atmospheric Tracer Transport Model Intercomparison Project (TransCom) -CH<sub>4</sub> Experiment (Patra *et al.*, 2011) is conducted. In addition to a TransCom-CH<sub>4</sub> Experiment, comparisons with observational methane concentration data at near surface, upper atmosphere and columnar content are also done. After confirming NICAM-TM reproducibility of atmospheric methane, atmospheric methane in West Siberia is finally analyzed.

## III Results of verification

As one of comparisons with the other models, zonal mean methane concentration deviation is investigated. The result shows that equator-pole latitudinal gradients and vertical gradients of NICAM-TM are among scatter deviation of other models. There is apparent difference at the transition between the troposphere and stratosphere, and it probably becomes one of the causes of methane concentration differences within each sphere. But, this characteristic of NICAM-TM is also among scatter deviation of other models. From model comparisons, NICAM-TM has almost the same performance with other methane transport models. Comparisons with ground based continuous measurements show that NICAM-TM reproduces seasonal variation of the methane concentration seen in the observed data, although calculated concentrations are different among emission scenarios (\*). About equator-pole latitudinal gradients, there are differences near equator outside the range of values accepted scatter deviation of emission scenarios, but other latitudes are well reproduced. As upper air

concentration, although observational data shows methane concentration decreases above 30° S to 10° S in southern hemisphere summer (DJF), model doesn't reproduce that event. But NICAM-TM reproduces other Trends like decreases in Northern hemisphere summer (JJA), and other season latitudinal gradient. As methane vertical distribution, although calculated concentrations are different among Emission scenarios, NICAM-TM reproduces trends of seasonal vertical distributions. So, this means the possibility of more probable estimate emission scenarios through comparison with the observed values.

#### IV Analysis of emission sources of atmospheric methane in West Siberia

Analysis focused on the contribution rate of atmospheric methane concentration increase in West Siberia by many types of emission sources. In this analysis, emission scenario by TransCom-CH<sub>4</sub> Experiment is separated to 5 components, and each of them is divided into six areas of the globe. And each component is evaluated by tracer simulation (Fig.1). As a result, in summer, mixolimnion is well developed and methane emitted from near surface is well mixed. So local West Siberian emission accounted for 23 % up to 2 km altitude, its wetlands accounted for 73 % and its anthropogenic accounted for 27 %. Meanwhile, higher than 2 km altitude, Asian emission became predominant and accounted for 29 % at 7 km. In winter, atmosphere becomes stable stratification. So, from 0.5 km to 1.0 km, the contribution of atmospheric methane fluctuation significantly changes by emission regions. Local West Siberian emission accounted for 17 % at 0.5 km altitude, its wetlands accounted for 10 %, anthropogenic accounted for 86 % and others accounted for 4 %. Meanwhile, local West Siberian emission accounted for 9 % at 1.0 km altitude, its wetlands accounted for 25 %, its anthropogenic accounted for 73 % and others accounted for 2 %. The higher altitude becomes, the larger contribution area becomes distant like North America and Asia. The contribution of North American emission at 7 km altitude is 18 % and Asian emission is 32 %. It is important to raise the accuracy of the estimation of methane emissions. So, inversion analysis using NICAM-TM and data from aircraft and satellite observations is planned.

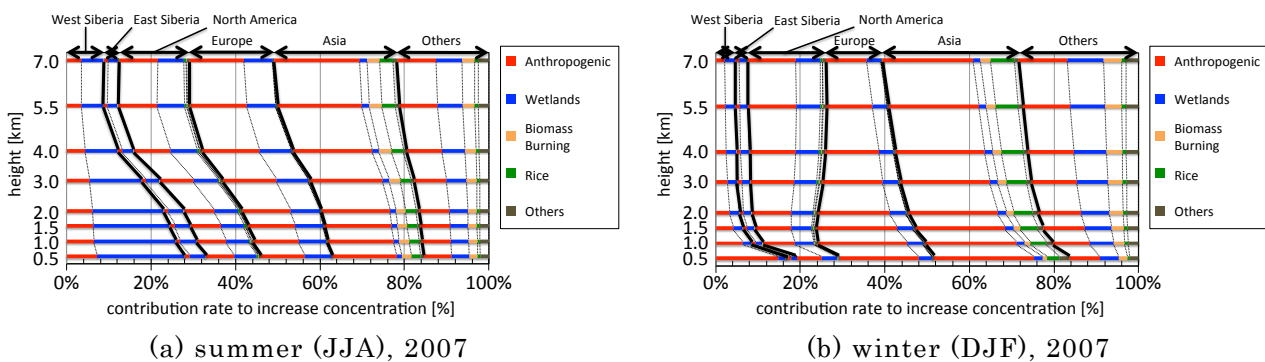


Fig.1 : Contribution rate to the increase in atmospheric methane concentration in West Siberia by each emission factors from each areas vertical : height [km], horizontal : contribution rate to increase concentration [%] site : Novosibirsk (55N°, 83E°), emission scenario : CTLE4

(\*) emission scenario : emission distribution and quantitative data by TransCom-CH<sub>4</sub>

#### References

- Niwa, Y., *et al.*, 2011: J. Meteorol. Soc. Jpn., 89, 255-268.  
 Patra, P. K., *et al.*, 2011: Atmos Chem Phys, 11, 12813-12837.