

# Estimation of methane emission strength in West Siberia based on remote sensing and biogeophysical modeling

Mar. 2020 Numerical Modeling for Global Environment Issues 47186633 Mo Zhenfa  
Supervisor Professor Imasu Ryoichi

Keyword: methane, wetland, emission estimation, satellite data, data analysis

## I Introduction

As one of the major causes to the greenhouse effect, methane has been underrated for its power to change the climate. Climate researchers point out that methane is actually 80 times more powerful than CO<sub>2</sub> on a mass basis in the first 20 years after release. CH<sub>4</sub> sources can be divided into anthropogenic and natural ones, while wetlands contribute to roughly one third of total emission (World Meteorological Organization, 2017). This research is aimed to validate and improve a biogeophysical model for estimation of methane emission. Both satellite data and in situ measurement data would be gathered and analyzed, so that the reliability of estimation model would be verified and further contribute to improve the current version.

## II Study Sites and Methodology

The target area is from 30°E to 180°E, 40°N to 80°N in Russian territory, especially focusing on wetland ecosystems in West Siberia.

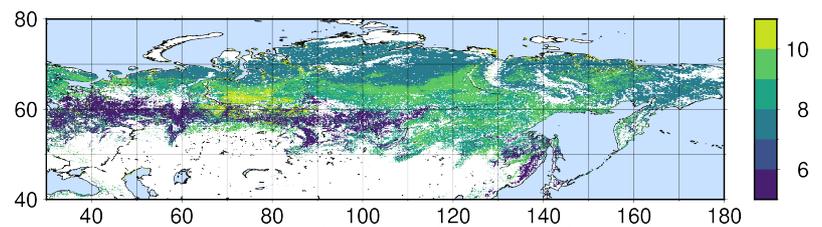


Figure 1. Targeted vegetation types in study area

A model that reflects the mechanism of methane production in anaerobic soil is adopted. This algorithm was originally developed by Dr. Sudesuriguge from Institute of Industrial Science (IIS), U-Tokyo, and based on the extrapolation of in situ measurement data and satellite data. In the original model, temperature (LST) and vegetation index (NDVI) were used as variance to estimate methane emission, because these 2 factors strongly correlate with microbial process to produce methane and its transport. The estimation result in relatively lower resolution that describes methane emission strength in West Siberia is supposed to be compared to satellite measurement data from GOSAT, and get validated. In the meantime, in situ measurement data are also necessary for model validation because it directly tells the real value of emission condition. In this research, two key sites in West Siberian plain are chosen for regional scale validation. Methane fluxes were measured in representative mire landscapes and in situ data were provided by a group of Prof. Alexei Naumov of the Institute of Soil Science and Agrochemistry. By scientific amalgamation of measured data and estimation result, model reliability can be strongly supported and validated.

## III Result and Discussion

The emission was calculated based on MODIS products from 2001 to 2018. The estimated emission maps show reasonable distribution reflecting seasonal and geographical variation. The total

emission fluctuates with time, and the peak usually happens around July. By comparing emission from consecutive years, it is observed that methane starts to emit earlier and the period is also prolonged by years, which indicates the possible increase of methane emission in the future. Different vegetation types present different characteristics in terms of emission. Despite areas of permanent wetlands is exceptionally small compared with the other four, its emission strengths from all three models are almost the same with the other four, whose areas and total emissions are almost 8 times larger. Meanwhile, West Siberia are observed to have much larger anthropogenic methane emissions based on EDGAR than estimated results, while in most other areas, conditions are opposite, indicating the parameters for permanent wetlands should be reconsidered. XCH<sub>4</sub> of GOSAT products from April 2009 to December 2018 are analyzed to describe the relationship between emission and concentration of CH<sub>4</sub>. Almost a 4% increase in CH<sub>4</sub> concentration can be observed from 2009 to 2018. XCH<sub>4</sub> value also varies periodically, but unlike the estimated emissions whose peaks are mostly observed in July, peaks of XCH<sub>4</sub> usually occur in November or December. The periodic change of XCH<sub>4</sub> is persuading evidence to manifest that emission may also vary periodically, which also supports its correlation to NDVI and temperature' periodic change. Also from XCH<sub>4</sub> by different vegetation types, a high concentration in permanent wetlands is observed, indicating the underestimation of emission in this region.

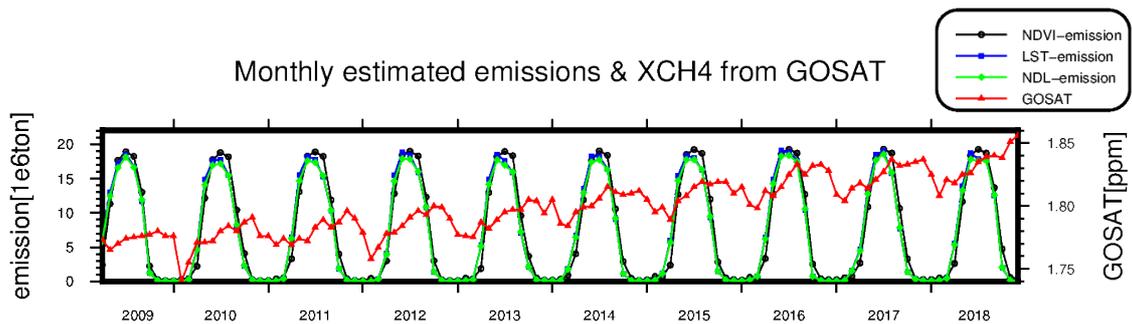


Figure 2. Time series of CH<sub>4</sub> emissions from three models and XCH<sub>4</sub> from 2009 to 2018

As for the comparison with in situ data, both of the estimated results based on NDVI and LST models are very closed to the measurement, and the difference is around 50%. Considering the uniqueness of permanent wetlands, adjusted estimation equation tuned from in situ data are applied to permanent wetlands, and improvements are observed. Emission strength increased to a similar level to mixed forests, and emissions in west Siberia are emphasized at a reasonable level.

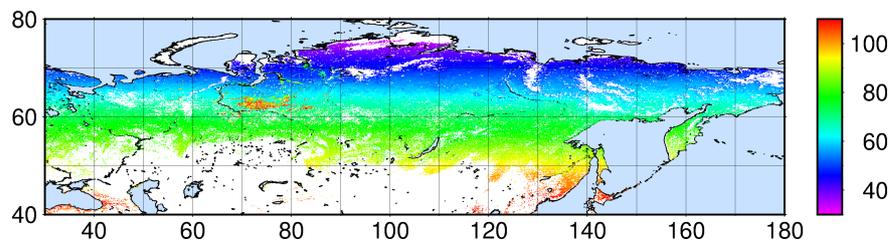


Figure 3. Monthly emission map in July created by new NDVI model

#### References

World Meteorological Organization (2017) 'The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2016', *World Meteorological Organization Bulletin*, (13), pp. 1–4.

# リモートセンシングと生物・地球物理学的なモデルを用いた西シベリアの湿地におけるメタン発生量の推定

2020年3月 地球環境モデリング学分野 47186633 莫鎮發

指導教員 教授 今須 良一

キーワード:メタン、湿地、排出量推定、人工衛星データ、データ分析

## 1. はじめに

温室効果の主な原因の1つであるメタンは、気候を変える力が過小評価されている。メタンが最初に放出されてからの20年間における気候を変える力は、質量ベースでCO<sub>2</sub>の実に80倍強力であると気候研究者は指摘している。CH<sub>4</sub>の発生源は人為的発生源と自然発生源とに分類できるが、自然発生源のうち湿地からのメタンの排出量は総排出量の約3分の1を占め、湿地はメタンの発生や排出に大きく寄与している(World Meteorological Organization, 2017)。この研究は、メタン放出の推定のための生物地球物理学的モデルを検証および改善することを目的としている。推定モデルの信頼性を検証し、さらに現在のバージョンの改善に貢献するために、この研究においては、衛星データとin situ(その場観測)データとの両方を収集および分析する。

## 2. 調査地および調査方法

この研究はロシア領土の東経30度から180度、北緯40度から北緯80度をターゲットにし、特に西シベリア地域における湿地生態系に焦点を当てている。また、この研究においては、嫌気性土壌におけるメタン

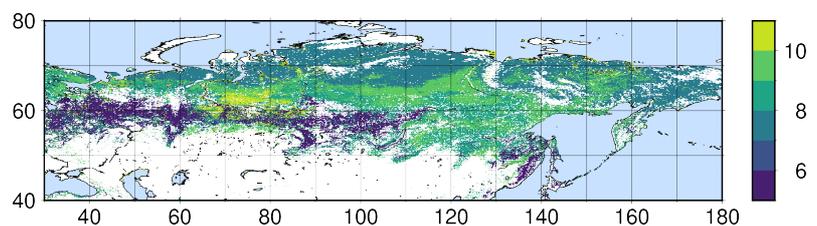


図-1 調査地域の対象植生タイプ

生成のメカニズムを反映する予測モデルを採用している。この予測モデルにおける予測のアルゴリズムは、元々東京大学生産技術研究所のSudesuriguge博士によって開発されたので、In-situデータ及び衛星データの外挿に基づいている。オリジナルモデルでは、地表温度(LST)と植生指数(NDVI)とがメタン放出を推定するためのパラメーターとして使用されている。これら2つの数値が選ばれた理由は、それらがメタンを生成する微生物プロセスや発生後の輸送と強く関連するためである。シベリア全域のメタン放出強度の推定結果は、GOSATからの衛星測定データと比較され、検証されている。一方、モデルの検証には、実際の排出条件の下でのメタン発生量を反映できる現場での測定データ(in situ データ)も必要である。この研究では、西シベリア平野の2つの重要なサイトを地域規模の検証地域として選定した。メタンフラックスは代表的な湿原で測定され、in situ データは土壌科学農業化学研究所のAlexei Naumov教授のグループから提供された。測定データと推定結果とを科学的に統合することにより、モデルの信頼性を強力にサポートおよび検証できると考えられる。

## 3. 結果および考察

メタンの予測排出量は2001年から2018年までのMODISプロダクトに基づいて計算された。

予測排出量マップは、季節および地理的変動を反映した合理的な分布を示している。総排出量は時間とともに変動し、ピークは通常 7 月頃に発生する。連続した年の排出量を観測して比較することで、メタンが時間の推移とともにより早い時期から放出し始め、排出期間も年々延長されていることが観察された。これは将来のメタン放出量が増加する可能性を示唆している。

異なる植生タイプは、メタンの放出に関して異なる特性を示す。永久湿地の面積とメタン総放出量は他の 4 つの植生タイプと比較して非常に小さく、八分の一にすぎないが、3 つの予測モデルによって予測された永久湿地における単位面積当たりの放出強度は、全て、他の4つの植生タイプとほぼ同じであった。一方、世界的に広く用いられている排出源インベントリーデータベースである EDGAR と予測モデルによると、西シベリアの多くの永久湿地における人為起源のメタン放出量が湿地起源からの排出量よりはるかに大きいことが観察されるが、他のほとんどの地域では対照的に、湿地からの放出量が多い。このことは、西シベリアの永久湿地におけるメタン発生量の推定式のパラメーターを再検討する必要があることを示唆している。

2009 年から 2018 年までの GOSAT プロダクトの XCH<sub>4</sub>(メタン濃度)を分析することで、メタンの排出と濃度との関係が説明される。2009 年から 2018 年にかけて、XCH<sub>4</sub> にはほぼ 4%の増加が見られる。XCH<sub>4</sub> 値も周期的に変化するが、ピークがほとんど 7 月に観測される推定排出量とは異なり、XCH<sub>4</sub> 濃度のピークは、通常 11 月又は 12 月に見られる。メタン濃度の周期的な変化は、放出も周期的に変化する事実を示す証拠となり、メタンの放出が植生と温度の周期的な変化と相関することとも整合する。また、植生タイプで分類した地域ごとの XCH<sub>4</sub> からも、永久湿地における高濃度が観察され、この地域でメタンの予測排出量が過小評価されていることを示している。

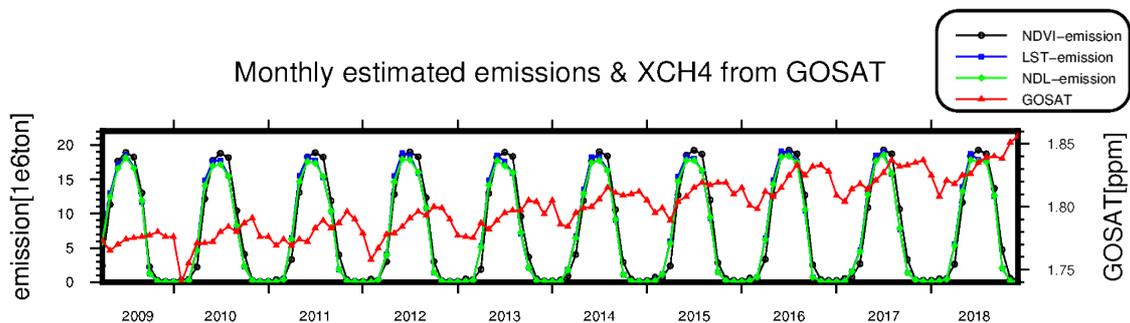


図-2 3 つの予測モデルによる CH<sub>4</sub> 排出量と XCH<sub>4</sub> の時系列(2009–2018)

In situ データとの比較に関しては、NDVI モデルと LST モデルに基づく推定結果はどちらも測定結果に非常に近く、誤差は約 50%である。永久湿地の特性を考慮し、in situ データから改良された推定式が永久湿地に改めて適用され、改善が見られた。放出強度は混交林と同程度に増加し、西シベリアにおけるメタン放出は合理的なレベルにまで調整された。

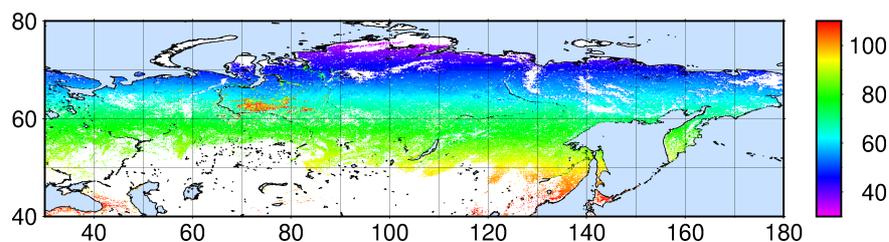


図-3 調整された NDVI モデルによって作成された 2018 年 7 月の月間メタン排出マップ  
引用文献

World Meteorological Organization (2017) ‘The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2016’, *World Meteorological Organization Bulletin*, (13), pp. 1–4.