

## トップダウン法とボトムアップ法による CO<sub>2</sub>フラックス推定値の比較 ～シベリア・ヤクーツクでのケーススタディ～

高田久美子<sup>1,2,3</sup>、Prabir Patra<sup>3</sup>、小谷亜由美<sup>4</sup>、Dmitry Belikov<sup>1,2</sup>、森淳子<sup>1,3</sup>、GTMIP グループ、伊勢武史<sup>5</sup>、町田敏暢<sup>2</sup>、Shamir Maksyutov<sup>2</sup>、宮崎真<sup>1,3,\*</sup>、太田岳史<sup>4</sup>、朴昊澤<sup>3</sup>、佐伯田鶴<sup>3</sup>、斉藤和之<sup>3</sup>、佐藤永<sup>3</sup>、鄭峻介<sup>1,6</sup>、杉本敦子<sup>6</sup>、青木周司<sup>7</sup>

<sup>1</sup> 国立極地研究所

<sup>2</sup> 国立環境研究所

<sup>3</sup> 海洋研究開発機構

<sup>4</sup> 名古屋大学

<sup>5</sup> 京都大学

<sup>6</sup> 北海道大学

<sup>7</sup> 東北大学

\* (現所属) 株式会社ソニック

### Comparison of carbon fluxes estimated by top-down and bottom-up methods -- a case study at Yakutsk, Siberia --

Kumiko Takata<sup>1,2,3</sup>、Prabir Patra<sup>3</sup>、Ayumi Kotani<sup>4</sup>、Dmitry Belikov<sup>1,2</sup>、Junko Mori<sup>1,3</sup>、GTMIP group、Takeshi Ise<sup>5</sup>、Toshinobu Machida<sup>2</sup>、Shamir Maksyutov<sup>2</sup>、Shin Miyazaki<sup>1,3,\*</sup>、Takeshi Ohta<sup>4</sup>、Hotaek Park<sup>3</sup>、Tazu Saeki<sup>3</sup>、Kazuyuki Saito<sup>3</sup>、Hisashi, Sato<sup>3</sup>、Shunsuke Tei<sup>1,6</sup>、Atsuko Sugimoto<sup>6</sup>、and Shuji Aoki<sup>7</sup>

<sup>1</sup> National Institute of Polar Research

<sup>2</sup> National Institute for Environmental Studies

<sup>3</sup> Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

<sup>4</sup> Nagoya University

<sup>5</sup> Kyoto University

<sup>6</sup> Hokkaido University

<sup>7</sup> Tohoku University

\* (Present Affiliation) Sonic Corporation

Carbon balance of the forested ecosystem is widely recognized as an important component in climate change research, and is also as uncertain at the same time. Some attempts have been made, recently, to understand the origin of the uncertainty by comparing estimates of carbon budget with bottom-up and top-down methods. In GRENE Arctic project, the terrestrial and atmospheric observations are conducted in the Arctic regions, where observational data were not available, e.g., Siberia. Numerical studies are carried out to estimate CO<sub>2</sub> fluxes with process-based models and inversion models as a part of the GRENE Arctic project.

In the terrestrial sub-program of the GRENE Arctic project, observation on energy-water-carbon balances are conducted in the Circum-Arctic, and the fluxes are estimated by a suite of terrestrial ecosystem models at the four super-sites (GTMIP) (Miyazaki et al., 2015). In the greenhouse gas sub-program, atmospheric CO<sub>2</sub> concentration is measured at high accuracy using aircrafts and at surface stations and top-down/inverse modeling is performed for estimating regional CO<sub>2</sub> fluxes. We have compared the CO<sub>2</sub> fluxes estimated from tower observation at Yakutsk, Siberia with the CO<sub>2</sub> flux estimates by the land-surface models for Yakutsk and CO<sub>2</sub> surface fluxes estimated by inverse models around the Yakutsk region (area ~500 x 500 km<sup>2</sup>). The Net Ecosystem Production (NEP) or Net Biome Production (NBP) are considered for this analysis at monthly time intervals over the period of 1980 - 2012 (from 2004 - 2011 for flux observation).

We find that the seasonal cycle of CO<sub>2</sub> flux consists of a large drawdown in June-August from the atmosphere, and weaker emissions or absorptions in other months. This result agrees well among the models and observation. The long-term changes in annual production vary among the models, but fluctuate around the observed CO<sub>2</sub> flux time series. It is also noted that the model variation of the long-term changes is smaller in summer (June-August) than for annual value. The fluxes in winter would have large uncertainty both for the observation (often extrapolated) and the model estimates. The treatment of forest fire in the models is identified as one of the possible causes for model-model differences. Further, the effect of adding observational data from Siberia to inverse models is explored.

森林生態系の炭素収支が気候変動において重要な役割を担っているととも大きな不確実性があることは広く認識されており、炭素収支に関するボトムアップ推定とトップダウン推定を比較することによって両者の不確実性を低減しようとする試みは、近年精力的に進められている。GRENE 北極事業では、観測データが乏しいシベリア域をはじめとした北極域で陸域観測や大気観測が実施されるとともに、プロセスモデルや逆解析モデルによる地上 CO<sub>2</sub> フラックスの推定も実施されている。

GRENE 北極事業の陸域課題では環北極域でエネルギー・水・炭素循環の観測を多地点で実施しており、その中の 4 地点で複数の陸域のプロセスベースモデル（陸面過程モデル）によるエネルギー・水・炭素フラックスの相互比較 (GTMIP)(Miyazaki et al., 2015)を進めている。一方、温室効果気体の課題では航空機や地上ステーションでの CO<sub>2</sub> 濃度の高精度観測を実施するとともに、逆解析モデルによる地域スケールでの CO<sub>2</sub> 地上フラックスの推定を実施している。今回は Net Ecosystem Production (NEP) または Net Biome Productivity (NBP) に相当する炭素収支量を対象として、ヤクーツクでの陸域タワー観測に基づく CO<sub>2</sub> フラックス値、陸面過程モデルの CO<sub>2</sub> フラックス推定値、逆解析モデルによるヤクーツク周辺 500km 四方の CO<sub>2</sub> フラックス推定値について、1980 年から 2012 年まで（観測値は 2004 年から 2011 年まで）の月平均値ベースで比較した。

その結果、季節サイクルは（6-8 月に大きな吸収、他の月は小さな放出または吸収）は各モデルと観測で概ね一致した。また、年間値の経年変動は、モデルによるばらつきがあるものの、ばらつきの範囲内で観測値と一致していた。夏季（6-8 月）平均値の経年変化は年間値よりもばらつきが小さい傾向が認められた。冬季は観測値も外挿による推定値がしばしば用いられ、モデル推定値とともに不確実性が大きいと考えられる。モデル間のばらつきの原因として、森林火災のモデルにおける扱い方が一因になっている可能性が示された。今後、シベリア域の観測値を逆解析モデルに追加した効果などについて検討する予定である。

## References

Miyazaki, S., K. Saito et al., GRENE-TEA model intercomparison project (GTMIP): overview and experimental protocol for Stage 1, Geosci. Model. Dev., accepted, 2015.