



平成24年度 環境研究総合推進費申請課題

**GOSATデータ等を用いた  
全球メタン発生領域の特性抽出と定量化**



**2A-1202: GOSATデータ等を用いた全球  
メタン発生領域の特性抽出と定量化**

研究代表者：林田佐智子（奈良女子大学理学部教授）

説明者：寺尾有希夫（国立環境研究所、サブテーマ4リーダー）

研究実施期間：平成24—26年度

累積予算額：122,196千円（間接経費、税金を含む）

# 研究の目的と概要

本研究では、温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)他の衛星から観測される大気中メタン濃度の情報と、これまで長年積み上げてきた大気の直接観測で得られたメタン濃度データを加えて総合的に解析することにより、全球メタン発生領域の特性抽出を行う。

その知見に基づき、インバースモデルから全球的なメタンの発生源の定量化を行うことを目標とする。

メタン濃度の衛星観測データ

メタン濃度の現地観測データ

メタン放出量のトップダウンアプローチによる推定

メタン放出量のボトムアップアプローチとの相互検証

全球メタン発生領域の特性抽出と定量化

# 本研究の構成

## 衛星データの高度化 (サブテーマ1, 2, 4)

GOSATの短波長赤外(SWIR)と熱赤外波長(TIR)の複合利用や欧州の研究機関との共同研究などを通じて、境界層メタン濃度推定の改良を行います。また他の衛星センサーからのプロダクトも活用します



データ投入

## トップダウンアプローチによるメタン発生源の推定 (サブテーマ4)

インバースモデルを開発し、大気濃度の観測データから全球的なメタンの発生源の定量化を行うことを目標とします



データ投入

比較

太平洋定期船舶観測とシベリア航空機観測



## メタン発生フラックス観測(サブテーマ3, 4)

アジアやシベリアでのフィールド調査を通じて、ボトムアップアプローチによるメタンフラックスとトップダウンアプローチとの相互検証を行います。

## 全球メタン発生領域の特性抽出と定量化・将来予測へ向けてのシステム構築

シベリアやアジアにおけるメタン発生の気候変動応答を早期検知するためのシステムを構築し将来予測の信頼性向上に貢献します

# サブテーマ構成

サブ1 奈良女子大学 理学部  
林田佐智子

GOSATデータ利用手法の開発と人工衛星データの複合的解析による全球メタン濃度分布の特徴抽出

サブ2 千葉大学 環境リモートセンシング  
研究センター(CEReS)  
齋藤尚子

GOSAT熱赤外センサーのメタン高度分布データを用いた対流圏メタンの動態把握

サブ3 千葉大学大学院 園芸学研究科  
犬伏和之

主要メタン発生域におけるメタン放出量推定の高度化

サブ4 国立環境研究所 地球環境研究  
センター  
寺尾有希夫, 町田敏暢, シヤミル・  
マクシュートフ, 笹川基樹, 杉田考  
史, 横田達也, 向井人史, 野原精一

GOSAT短波長赤外データと現地観測による大気中メタン濃度解析と収支推定

サブテーマ間の連携を強く持ち、共同して研究の遂行にあたってきた

# 本日の報告の内容

## サブテーマ1:

- [1] モンスーンアジア上空の衛星観測されたメタン濃度(気柱量)の年々変動、季節変動などの特性と気象や土地利用等との関連
- [2] GOSAT SWIR L4 と GOSAT TIR との比較解析 (+サブ2, 4)

## サブテーマ2:

- [3] TIRバンドにおけるメタンリトリーバル手法の改良
- [4] TIRメタン濃度の検証 (+サブ1, 4)

## サブテーマ3:

- [5] ベトナムでのメタンフラックス観測とGOSAT L4比較 (+サブ1, 4)
- [6] 土壌培養によるメタン生成能解析

## サブテーマ4 :

- [7] シベリアにおける航空機とタワーを用いたメタン濃度測定
- [8] インド水田地帯における大気観測 (+サブ1, 3)
- [9] GOSATを活用したインバース解析による全球メタン収支推定

# [1] モンスーンアジア上空の衛星観測されたメタン濃度(気柱量)の年々変動、季節変動などの特性と気象や土地利用等との関連(サブ1)



短波長赤外領域  
SWIR  
(GOSAT、  
SCIAMACHY)

column  
methane

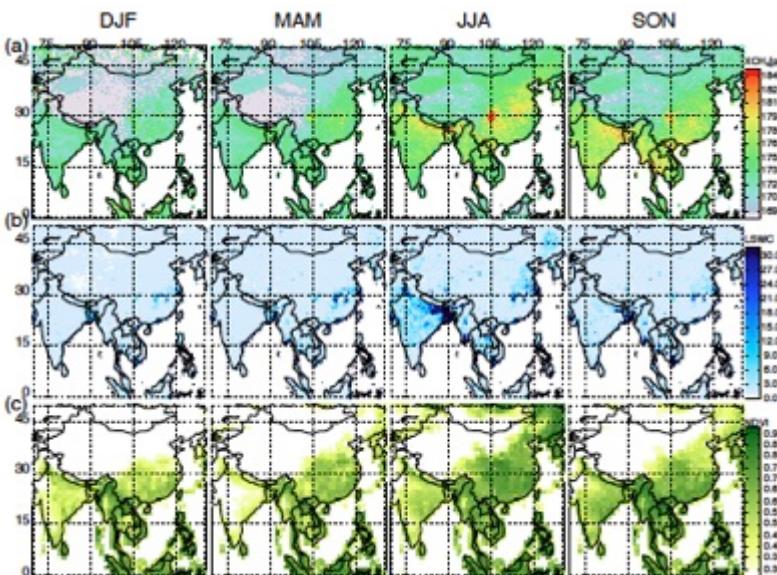
地上付近のメタン情報まで含んだ気柱量として観測される  
 $x\text{CH}_4$

熱赤外領域  
GOSAT/TIR

対流圏上部・成層圏の鉛直分布がわかる

プラスコサンプリング  
北インドにおける地上観測

モンスーンアジア上空の衛星観測  
SCIAMACHYセンサーで得られた $x\text{CH}_4$ の解析から地上フラックスと大気メタン濃度の変動に対応があることを報告(Hayashida, RSE, 2013)。GOSATでも同様の結果が得られたが、振幅などに差がある。



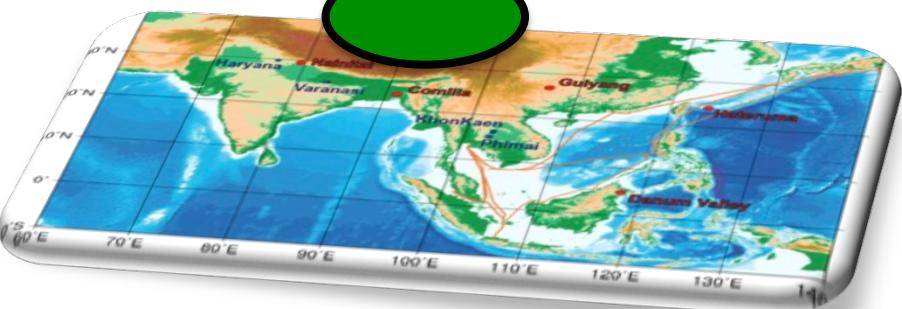
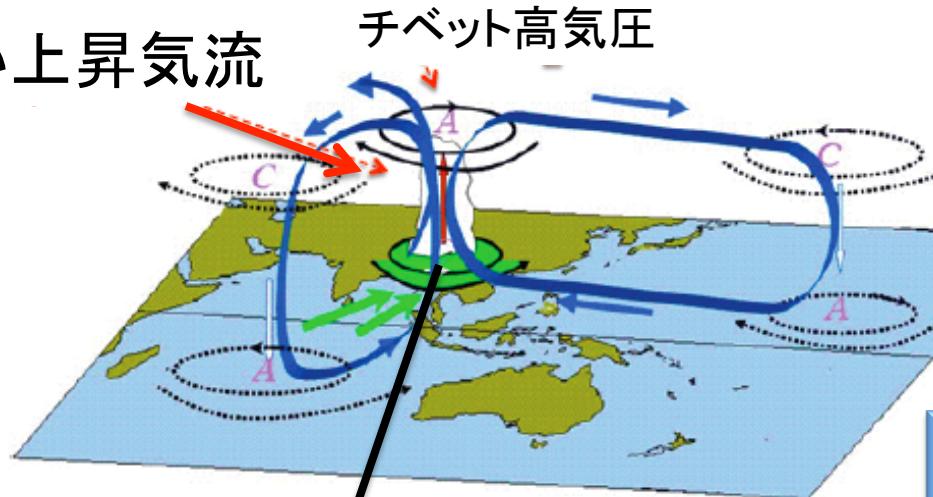
(上から)SCIAの $x\text{CH}_4$ , 冠水率, 植生指数(Hayashida et al., 2013)

# [1] モンスーンアジア上空の衛星観測されたメタン濃度(気柱量)の年々変動、季節変動などの特性と気象や土地利用等との関連(サブ1)

## 北インドにおける鉛直分布構造の特異性

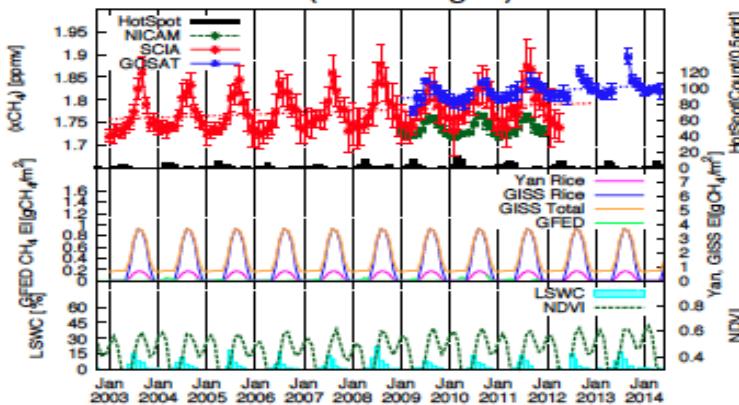
### 夏のモンスーン循環の特徴

強い上昇気流



XCH<sub>4</sub>が示す季節変動は  
ボトムアップのフラックスの季節変動と対応

2-2 (Mid Ganges)

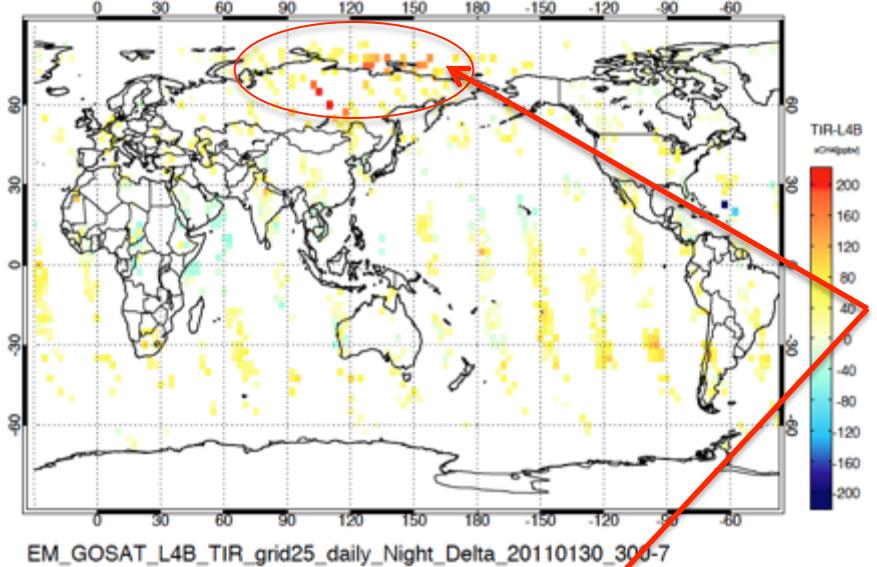


北インドでは強い上昇流のため上部対流圏にメタンリュームが観測されることがある。大気輸送モデル内での鉛直風計算は難しく、気柱量のみの情報から逆推定して発生量を推定するのは困難

XCH<sub>4</sub>の変動を解明するため、高地のナイニタール(高地)に加え、北インドの水田地帯にフラスコサンプリングのサイトを開設し、継続的に大気採集を実施。(サブ4)

## [2] GOSAT SWIR L4 と GOSAT TIR との比較解析 (サブ1, 2, 4)

300hPa

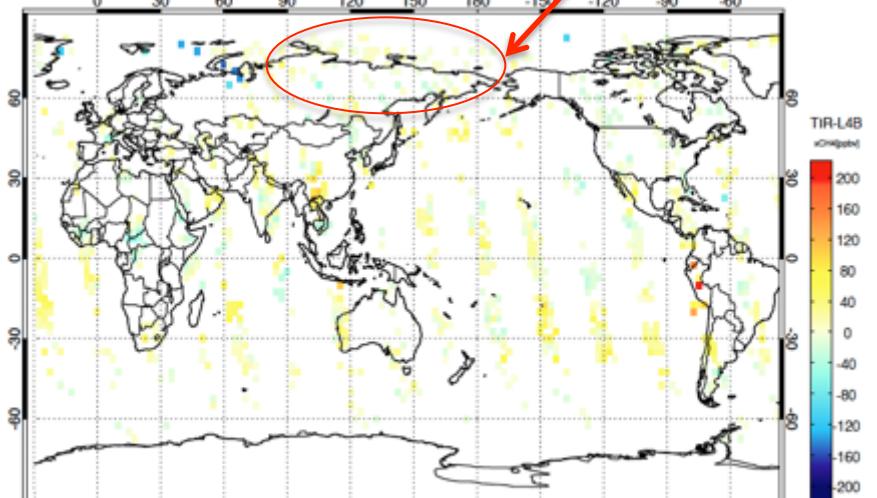


インバース解析から得られた GOSAT L4Bと、独立なデータであるGOSAT TIRと比較した。

- ・インバース結果の妥当性
- ・TIRの検証

シベリア上空の冬季にTIRは 300hPaでやや高め、逆に 700hPaでやや低めの傾向。

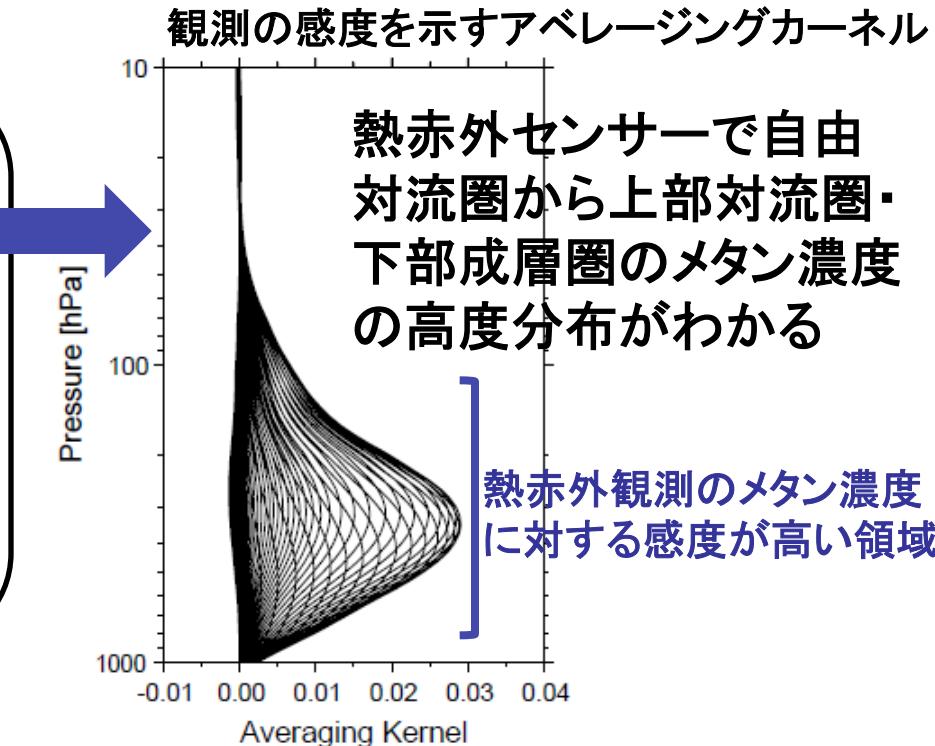
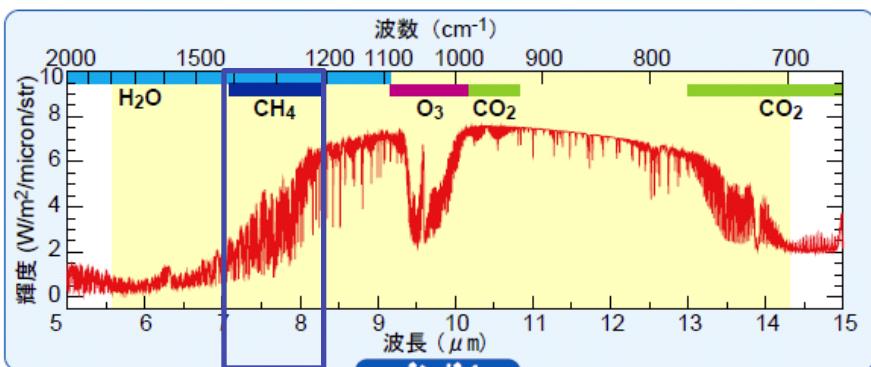
700hPa



すべての期間のデータを可視化しメンバーで回覧・協議中である。  
(他の研究者にも公開を予定)

### [3] TIRバンドにおけるメタンリトリーバル手法の改良 (サブ2)

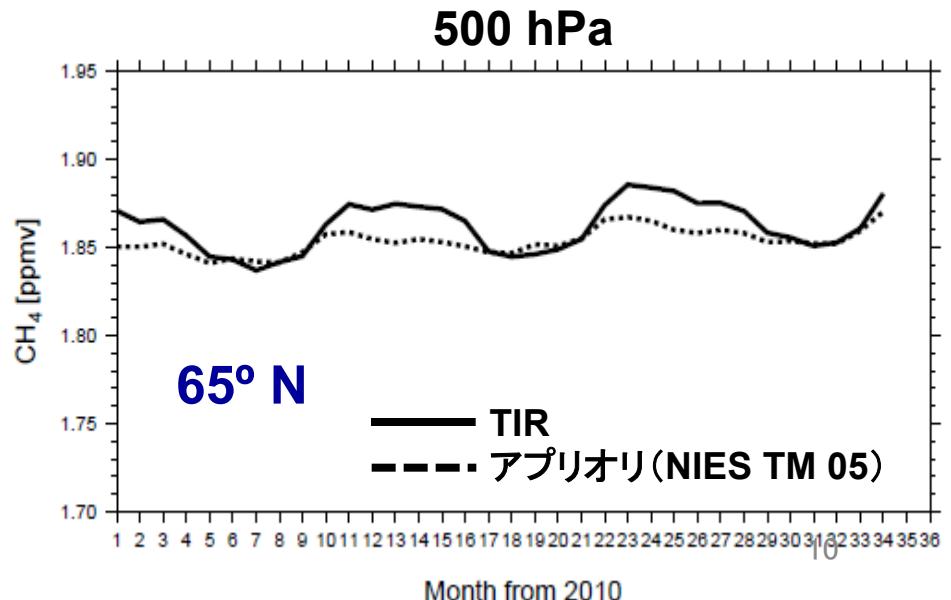
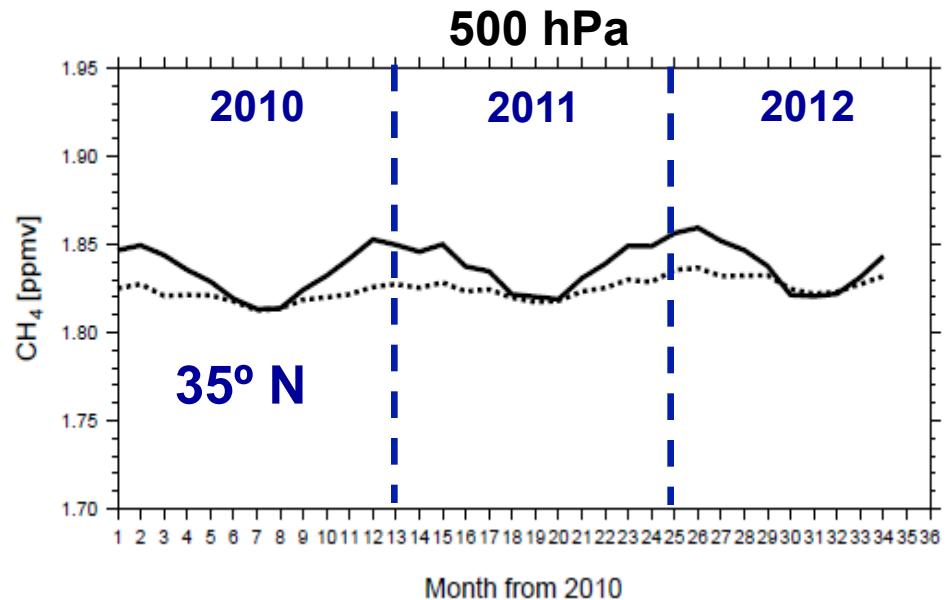
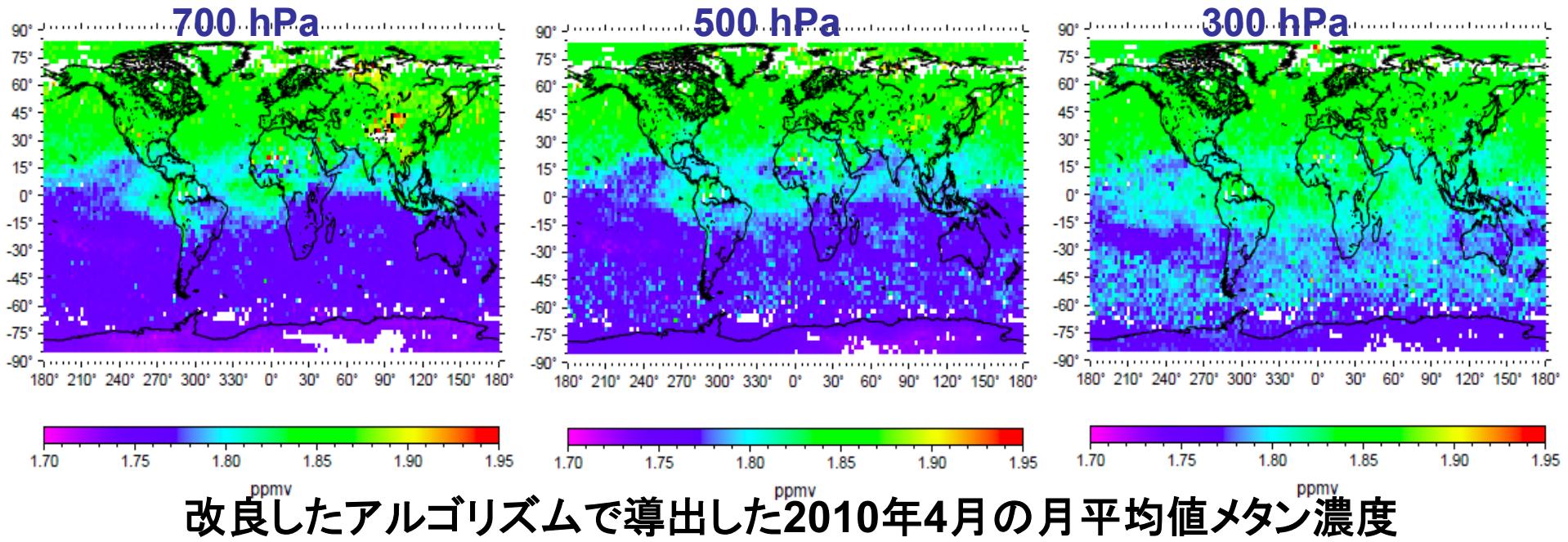
#### GOSATバンド4(熱赤外波長域)



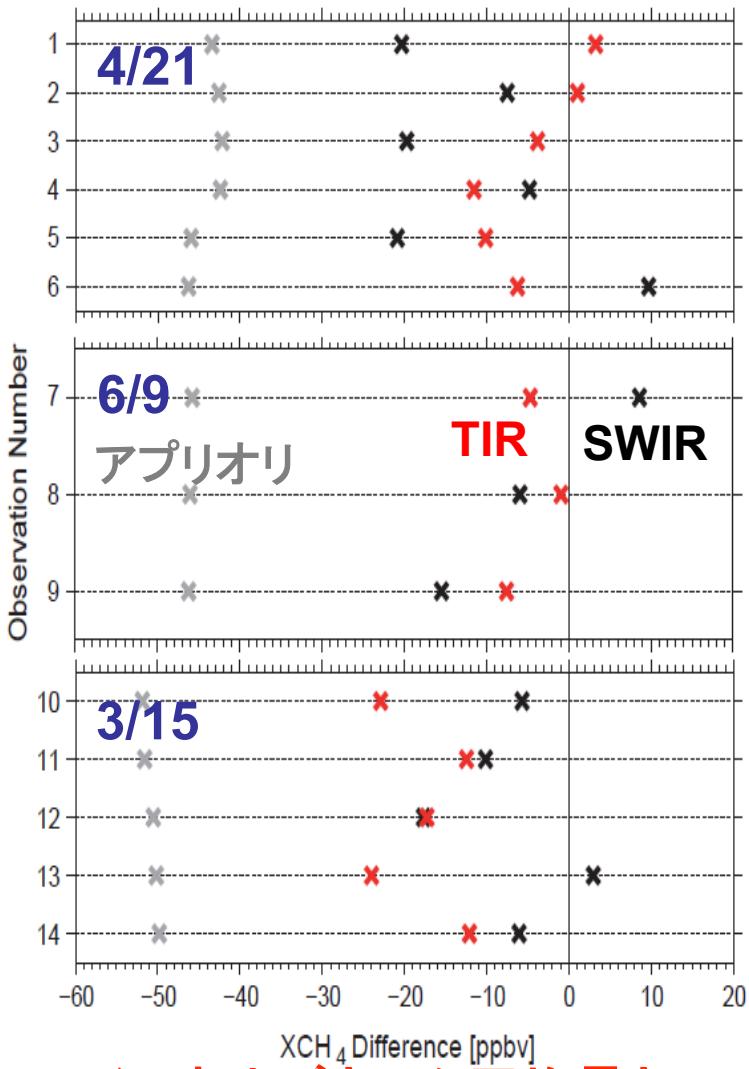
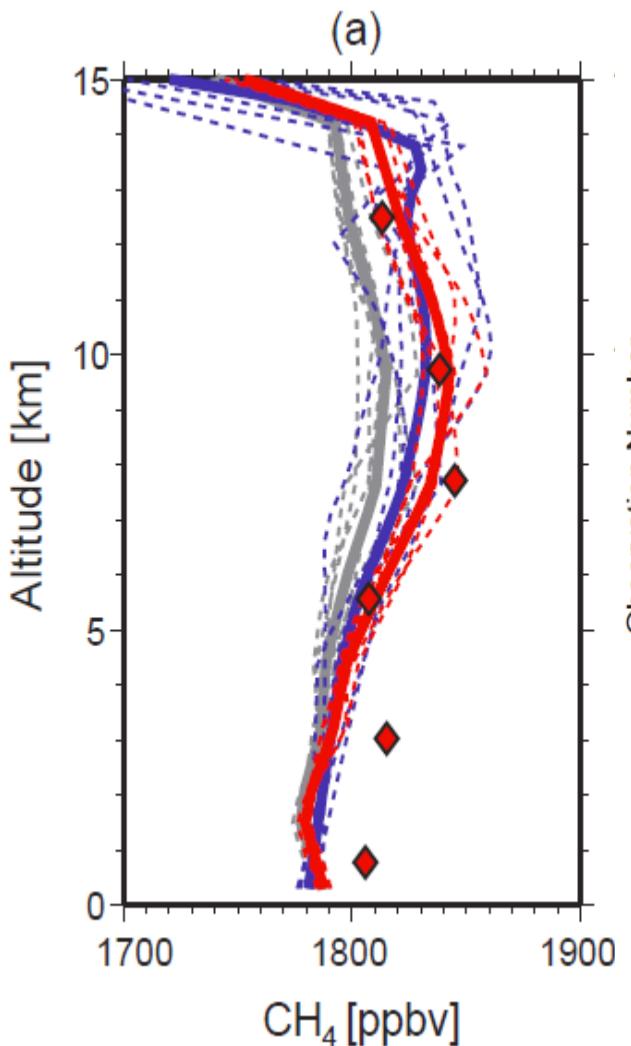
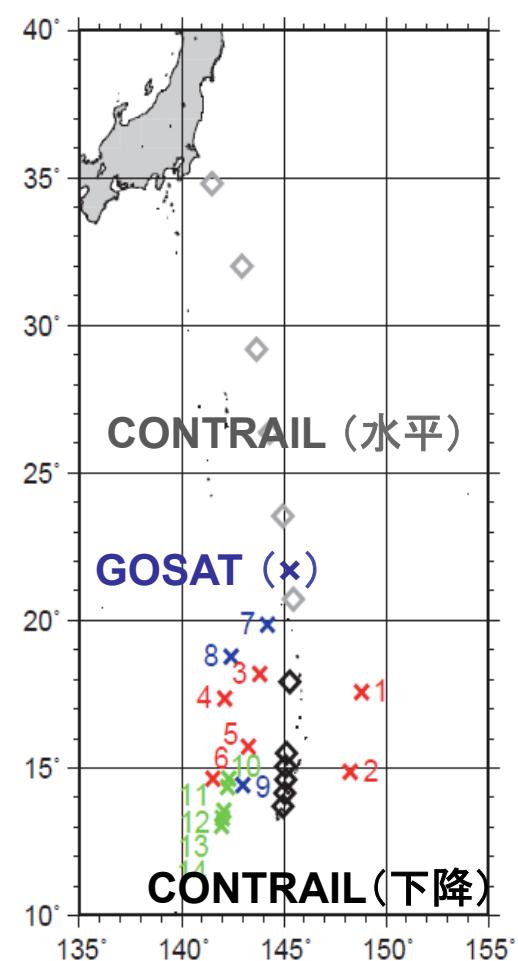
#### 主な改良点

- GOSAT熱赤外センサーに含まれるスペクトルバイアスの補正方法を考案
- 1140-1220, 1220-1370  $\text{cm}^{-1}$  ( $\text{N}_2\text{O}$ 弱吸収帯を含む) の広い波長域を使用
- 7  $\mu\text{m}$ 帯近傍に含まれるメタン以外の吸収気体( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ )を同時に解くことによってこれらの干渉成分のメタン濃度導出への影響を陽に考慮

### [3] TIRバンドにおけるメタンリトリーバル手法の改良(サブ2)



## [4] TIRメタン濃度の検証 (サブ2, 1, 4) (Saitoh et al., SOLA, 2012)



グアム上空で観測された**CONTRAIL**のメタンプロファイルおよびカラム平均量と**TIR**を比較した結果、先駆値(アプリオリ)より、よい一致を示していた。**SWIR**のメタンカラム平均量ともよい一致を示していた。

また、**HIPPO**航空機観測を用いた検証解析も実施。

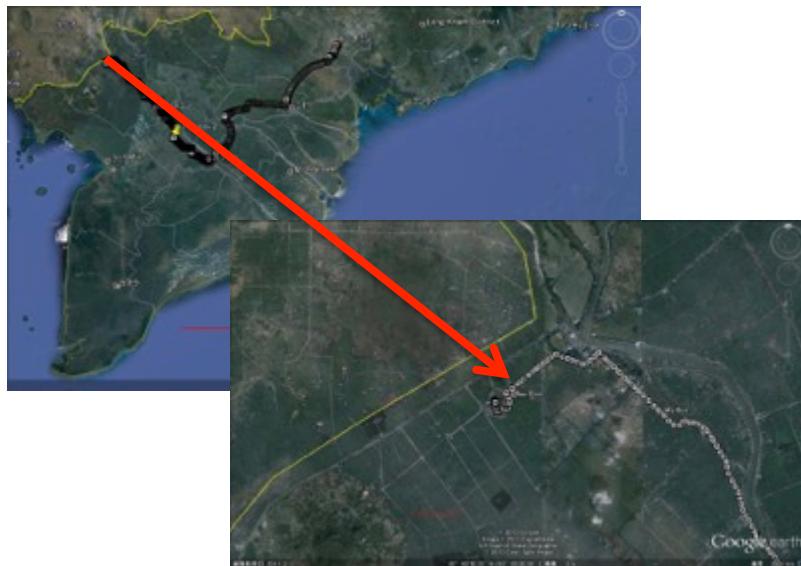
## [5] ベトナムでのメタンフラックス観測とGOSAT L4比較 (サブ3, 1, 4)

### フラックス測定の精緻化:

ベトナム・アンジヤン省チャウドック市郊外で水田からのメタンフラックスの測定を土壤区分情報と比較した。

### フラックスと大気濃度との同時測定

フラックス測定と平行し、近辺のヌイサン山頂で大気採集を行い、GOSAT L4Bと比較を行った。直接観測フラックスとGOSAT L4Aの比較検討は現在進行中である。



### 大気採集地点の地図

Sam山付近のgoogleの画像ではフルダイクでの水稻栽培とセミダイクでの洪水・養殖漁業のコントラストがみられる。

## [6] 土壤培養によるメタン生成能解析 (サブ3)

### 土壤培養によるメタン生成能解析:

東アフリカ～東アジアの各地域における代表的な稲作形態下の土壤を採取し、室内培養試験を行いメタン生成能を測定し、稲作形態の差異が及ぼす影響や、各地域の土壤区分情報との比較を行った。



#### 調査地概要

ナムロンゲ村: 陸稻栽培圃場

長期肥料連用試験区内より16か所

カルナール市: 水稻・小麦二毛作圃場

圃場内より3か所

千葉県山武市: 水稻栽培圃場(水田)

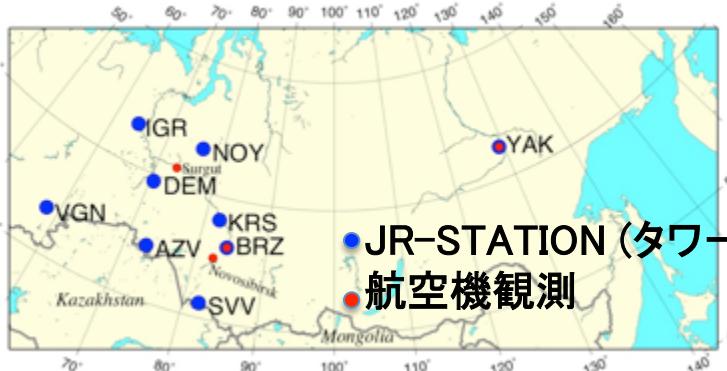
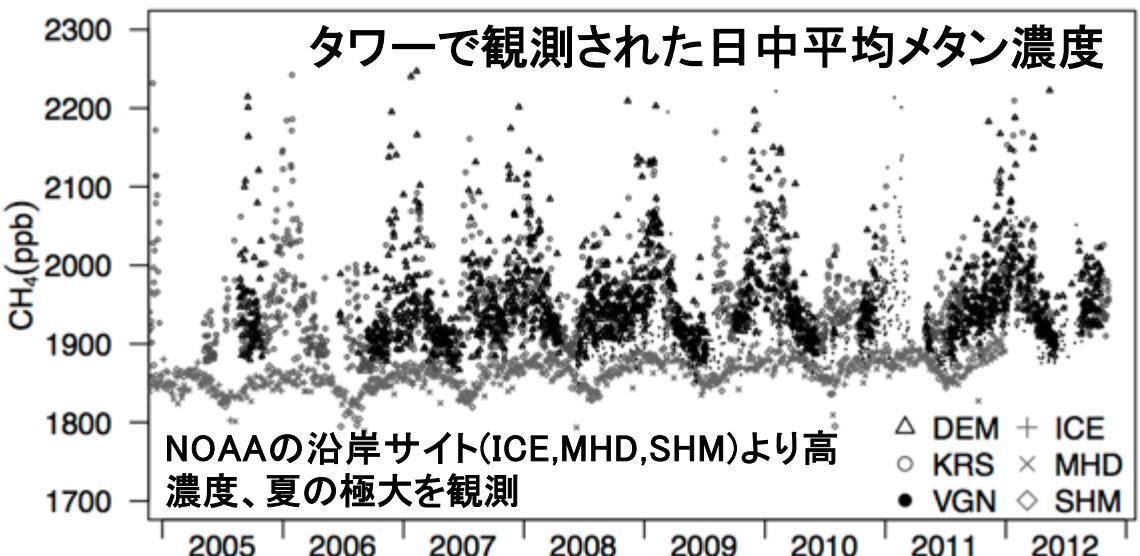
市周辺5km半径内3か所の水田

#### メタン生成量比較

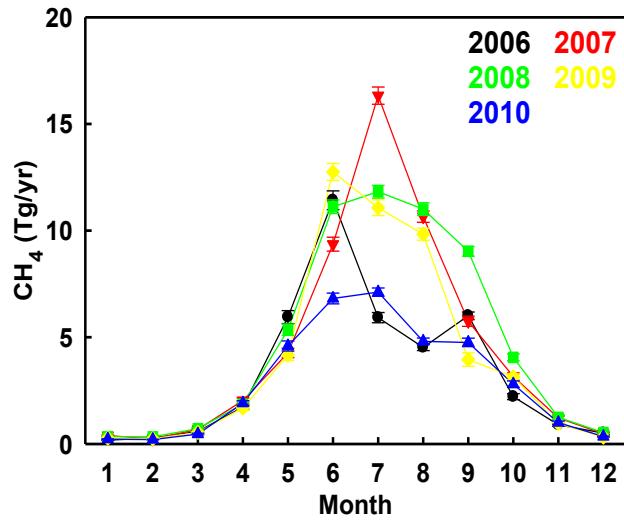
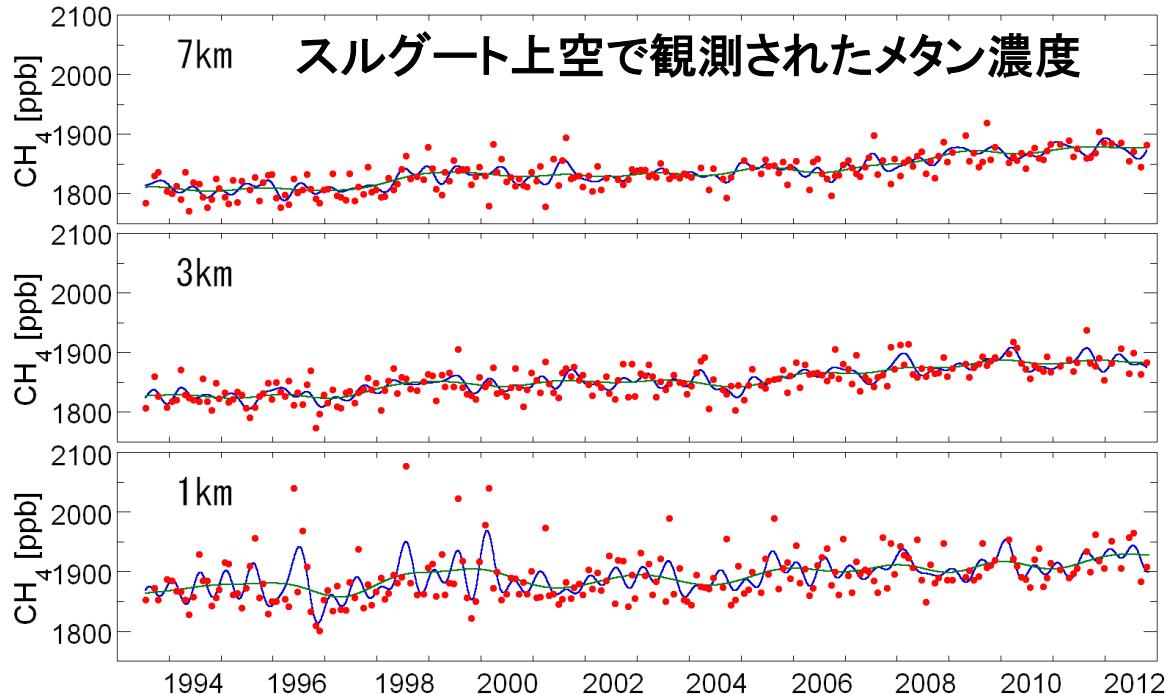
- ・陸稻土壤の好気的培養からのメタン生成
- ・二毛作土壤による作期の違いとメタン生成量増減の関係性⇒小麦(好気)<<水稻作(湛水)
- ・千葉県の水田土壤は比較的高い生成能

プロセスベースでのフラックスの違い→既存のプロセスモデル(もしくはボトムアップインベントリー)の改良の基礎資料に

## [7] シベリアにおける航空機とタワーを用いたメタン濃度測定（サブ4）

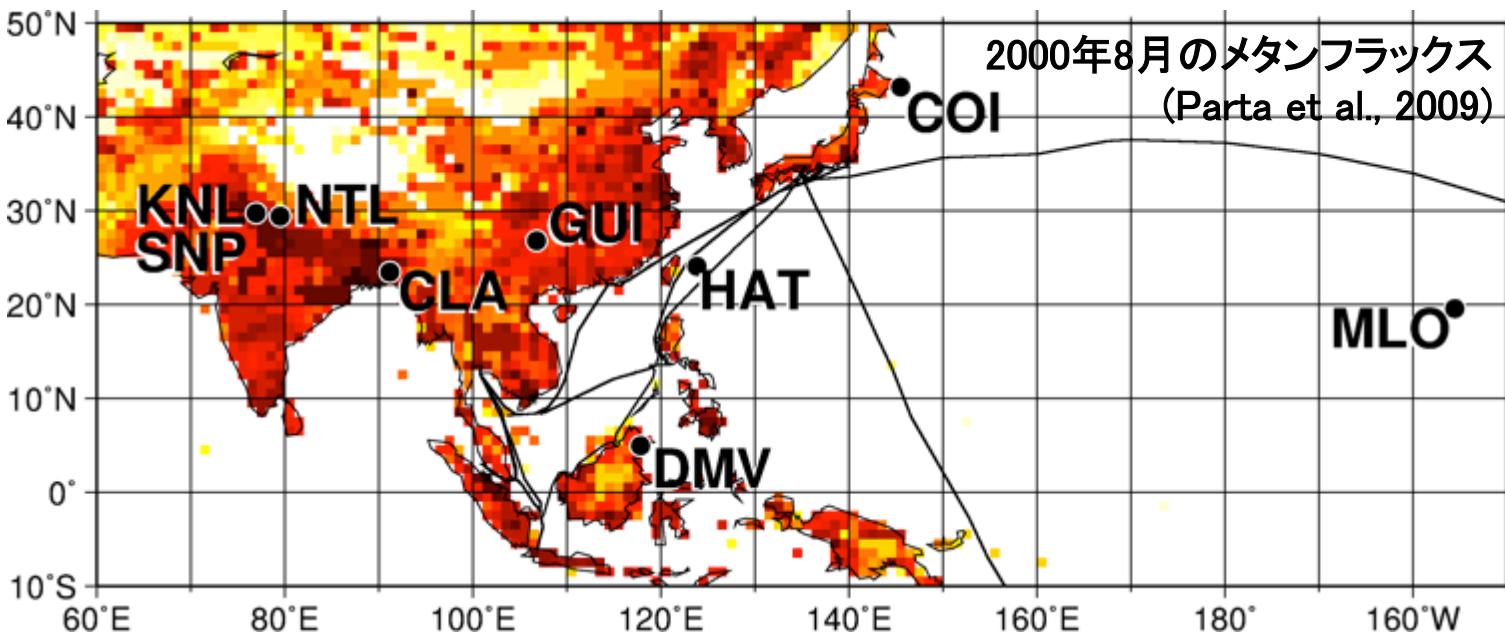


→逆計算に利用(シベリア領域、GOSAT全球)



逆計算から西シベリアのメタンフラックスに大きな年々変動があることが明らかに

## [8]インド水田地帯における大気観測(サブ4, 1, 3)

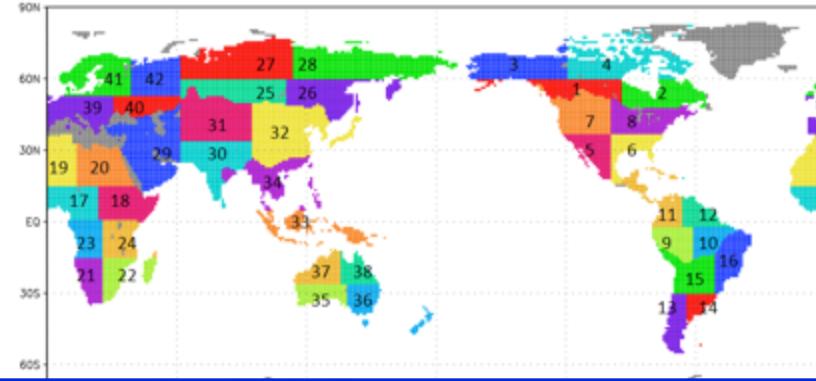


NIESフラスコサンプリング  
ネットワークを活用  
コミラ(CLA): バングラデシュ  
の水田地帯、高メタン濃度  
ナイニタール(NAI): インドの  
高原、バックグランドに近い  
が夏～秋に高濃度  
カルナル(KNL) → ソニー  
パット(SNP)北インドの水田  
地帯。本推進費で実施。

# [9] GOSATを活用したインバース解析による全球メタン収支推定（サブ4）

## 月平均メタン放出量(年々変動も考慮)

- 1) 人為起源: EDGAR v4.2
- 2) 湿地、水田、土壤シンク: VISIT  
(Ito and Inatomi, 2011)  
シロアリ: GISS (Fung et al. 1991)
- 3) バイオマス燃焼: GFED  
(van der Werf et al. 2010)



## NIES 大気輸送モデル (NIES08)

水平 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ , 鉛直32層, JCDAS気データ

Basis functions (43領域 × 3カテゴリ × 4ヶ月)

Background states

人為起源  
湿地、水田、土壤、シロアリ  
バイオマス燃焼

## メタン観測値

WDCGG  
NIESシベリア  
GOSAT

## インバースモデル(Fixed-lag Kalman smoother)

$$L_s = (z - Hs)^T R^{-1} (z - Hs) + (s - s_p)^T Q^{-1} (s - s_p) : cost$$

function to be minimized

$$s' = s_p + QH^T (R + HQH^T)^{-1} (z - Hs_p)$$

$$Q' = Q - QH^T (R + HQH^T)^{-1} HQ$$

$H$  : basis functions

$s$  : source strengths to be estimated

$v$  : data uncertainty

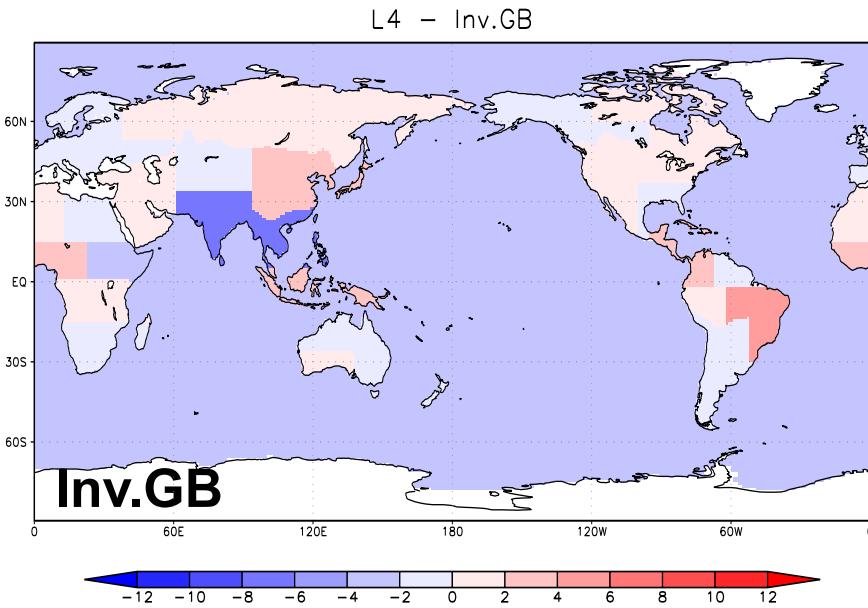
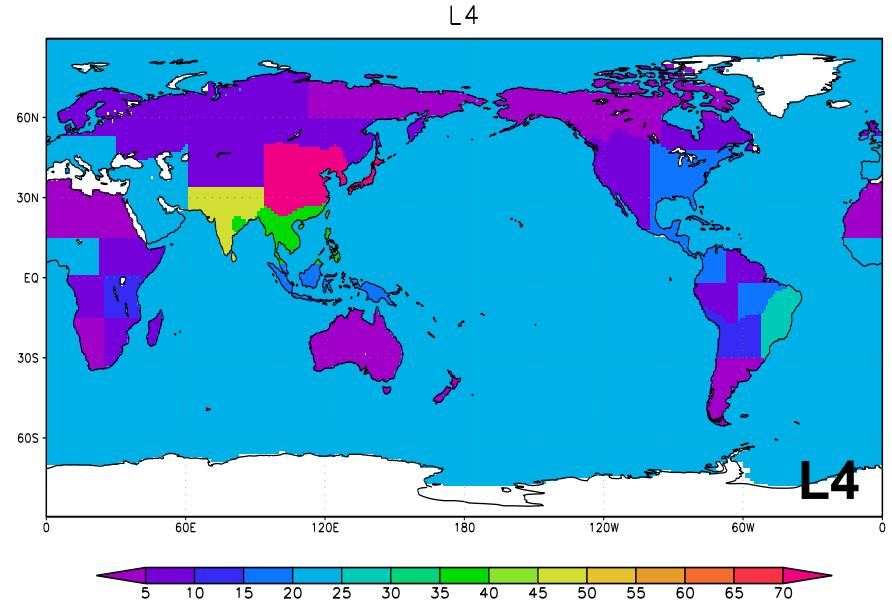
$s_p$  : the priori source

$R$  : data uncertainty covariance

$Q$  : the prior flux uncertainty covariance

$z$  : model-observation mismatch

# [9] GOSATを活用したインバース解析による全球メタン収支推定（サブ4）



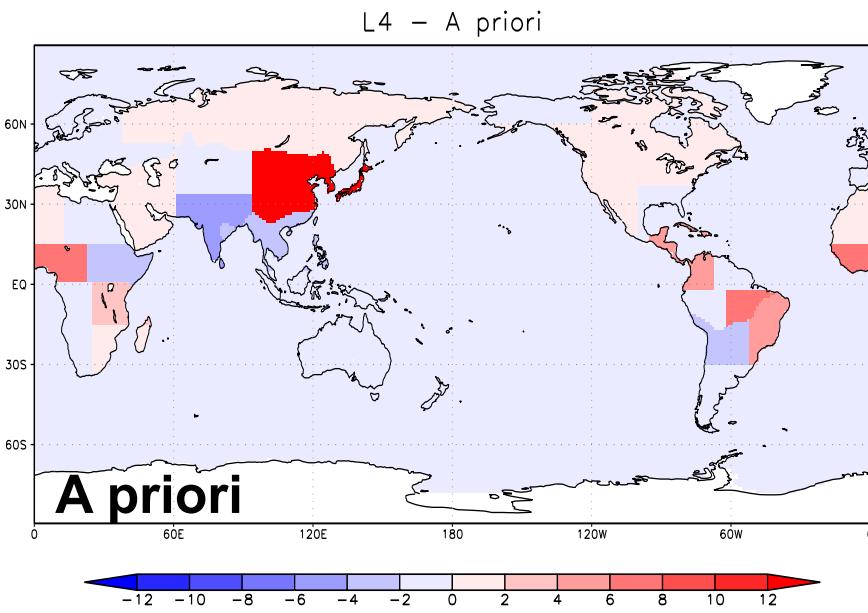
L4: バイアス補正したGOSAT L2データと地上観測データから推定したメタン放出フラックス

Inv.GB: 地上観測データのみを用いて推定したメタン放出フラックス

A priori: 先見値

GOSAT観測データを地上観測に加えることで、

- 南アジア・東南アジア北部でメタンフラックスが減少
- 热帯低緯度でメタンフラックスが増加



# 成果概要まとめ

本研究では、計画通り、衛星・航空機・空気採集などの観測データを十分に吟味し、インバースモデルに投入して、地球規模でメタンの放出量推定を行いました。インバース解析の結果得られたメタンフラックス推定量と対応する大気メタン濃度を独立な観測データと比較して検証を行いました。検証はまだ十分ではないものの、合理的な推定ができたと考えられます。

## 行政貢献

本研究は我が国が世界に先駆けて打ち上げたGOSAT衛星のメタンデータを活用し、第二位の放射強制力を持つメタンの発生量について世界に情報を発信しました（平成26年3月に記者発表すみ。）さらに熱赤外チャンネルから得られるメタンプロファイルの導出方法を改善し、全球解析を行うことができるまでになり、検証を経て信頼性を確認しました。近赤外と熱赤外の両チャンネルの同時視野での同時観測は、我が国の科学技術のレベルの高さを示しました。

また、観測の空白域であったインドに大気採集のサイトを開設し、学術的にも未開拓の境地を拓きました。

発表業績	平成24年度	平成25年度	平成26年度
査読付き論文	1	7	2+準備中(暫定)
国際会議発表	10	11	13(暫定)
国内会議発表	7	7	5(暫定)

# 本研究の成果

衛星観測データ: GOSAT SWIR (XCH4)

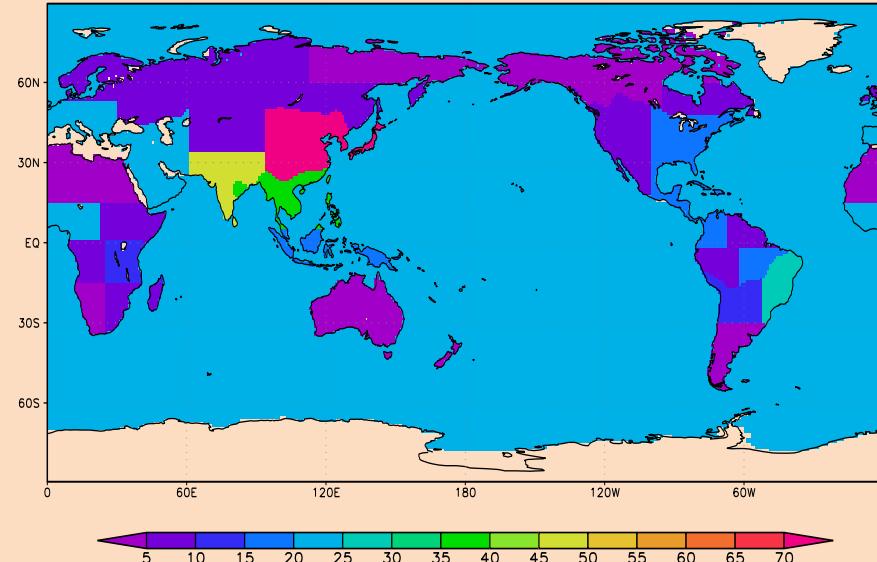
現地観測大気濃度データ:  
航空機、フラスコサンプリング



データ投入

データ投入

インバース解析による全球メタン発生フラックス(L4)の導出



比較解析

L4とアジア・シベリアでのメタンの現地観測との比較

