

# 化学輸送モデルを用いた乾季のタイにおける

## 対流圏オゾンと CO 濃度変動に関する研究

2010年3月 自然環境学専攻 86639 笛田将矢

指導教員 高橋正明 教授

キーワード：対流圏オゾン、CO、化学輸送モデル、大気汚染

### 1. はじめに

対流圏に存在するオゾンは温室効果を持つだけでなく、大気汚染物質でもある。その酸化作用から特に地表付近において高濃度の場合、人体及び植物、農作物に悪影響を与える。対流圏オゾンは CO や NO<sub>x</sub> などの前駆気体によって光化学的に生成されるため、対流圏オゾンを含め、前駆気体に関する理解を深めることが重要である。前駆気体のソースは主として、産業活動や化石燃料の燃焼による (anthropogenic) エミッション、及び森林火災などのバイオマス燃焼による (biomass burning) エミッションであり、近年、前者によるエミッションがアジア、特に中国で非常に高い値を示している。タイでは、乾季の前半にあたる 10~2 月に大陸性のモンスーンによって中国の風下側になるため、中国からのオゾン、CO の越境汚染の可能性が考えられ、そのことによる穀物の被害などが懸念される。後方流跡線を使用した既往研究によって、タイにおいて北東大陸風を起源とする気塊では海洋性の気塊よりもオゾン、CO 濃度が高いことが Pochanart et al. (2001, 2003) によって明らかになっているが、中国での人為起源のエミッションを起源としているかどうかは分かっていない。本研究では、化学輸送モデルを使用することで、乾季タイのオゾン、CO 濃度の濃度変動の要因を調べ、中国での人為起源のエミッションやその他のエミッションがタイのオゾン、CO 濃度に定量的にどの程度寄与しているかを明らかにする。

### 2. 手法

タイにおいて北東モンスーンが強まる期間に焦点を当て、化学輸送モデル WRF/CHEM Ver3.0.1 を使用して数値計算 (CTL 実験) を行った。計算期間は 2007 年 10 月~2008 年 2 月である。モデル内に与えた地表エミッションには、産業活動/化石燃料起源のものに REAS、インベントリーを、バイオマス燃焼起源のものに GFEDv2 インベントリーを使用した。この計算によって得られた結果を観測データと比較し、再現性を確認した上で、オゾン、CO 濃度変動の特徴を、収支解析を行うことで調べた。さらに、与えたエミッションを中国やその他の領域において抑制する感度実験を複数行うことによって、タイにおけるエミッションの寄与率を算出した。

### 3. 計算結果と観測との比較

計算結果をオゾン及び CO の地表観測データ、オゾンゾンデデータ、CO の衛星観測データと比較した。タイの地表観測データとの比較の結果、オゾン、CO 濃度とも濃度増加、減少のタイミングはよく再現され、モデルと観測との相関係数は 0.69、0.79 であった。タイ

に近い 2 地点のオゾン濃度データとの比較の結果、950–700hPa の境界層から下部自由対流圏において、オゾン濃度が定量的によく再現されており、相関係数が 2 地点ともに 0.86 以上であった。衛星観測との比較の結果、CO 濃度はタイ周辺において地表で 10~30% 程度の過大評価、800hPa 高度で 10% 程度の過小評価であったが、南~東アジアにかけての全体的な空間分布はよく再現された。以上から、本研究で計算したモデルの計算結果の再現性は概ね良いといえる。

#### 4. 濃度変動の解析

タイにおけるオゾン、CO 濃度変動の要因を地表、境界層でそれぞれ収支解析を行うことにより調べた。その結果、オゾン濃度は地表、境界層ともに計算期間の前半と後半で異なる特徴を示し、前半では移流過程と光化学反応過程の両者が、後半は光化学反応過程が濃度増加の主要因であった。CO 濃度は全期間において移流過程が濃度増加・減少の主要因であった。また、地表での CO 移流が卓越した際の空間的分布を調べ、CO 輸送の特徴を解析した結果、中国大陸の北部~南部にかけて蓄積された CO が北東風の強化によって輸送され、1000~1500km スケールでベトナム~南シナ海北部を経由し、タイへと達することがわかった。

#### 5. エミッション感度実験

中国やその他の領域における人為起源エミッション、及びバイオマス燃焼起源エミッション排出量をゼロと設定した実験を行い、CTL 実験との比較を通して、各エミッションの寄与率を地表、境界層でそれぞれ算出した。その結果、ほぼ全期間を通じて、地表、境界層ともにタイのオゾン、CO に対して中国の人為起源エミッションの寄与率が最も高く、特に 10 月後半~11 月後半は半月平均値がそれぞれ 25%、40% であった。これより、東南アジア内での人為起源エミッションやバイオマス燃焼起源エミッションよりも中国由来の人為起源エミッションの方が、タイの濃度に対して大きく影響していることがわかった。また、中国での人為起源エミッションの寄与率は地表、境界層で、ほとんど変化はなかったが、東南アジア内での人為起源エミッションの寄与率は境界層での値が地表での値の約 1/2 と低かった。つまり、タイ周辺での輸送や光化学反応は地表付近で卓越する一方で上空への影響が小さいのに対し、中国での人為起源エミッション由来のオゾン、オゾン前駆気体の輸送が地表から境界層全域で卓越していることがわかった。

#### 引用文献

Pochanart, P., et al., (2001), *Atmos. Environ.*, 35, 2657– 2668.

Pochanart, P., et al., (2003), *J. Geophys. Res.*, 108(D17), 4552, doi:10.1029/2002JD003360.

# **A study on tropospheric ozone and carbon monoxide variations in the dry season over Thailand using a Chemical Transport Model**

Mar. 2010, Department of Natural Environmental Studies, 86639 Masaya Fueda  
Supervisor, Professor Masaaki Takahashi

Keywords : tropospheric ozone, carbon monoxide, chemical transport model, air pollution

## **1 . Introduction**

Tropospheric ozone is not only a green house effect gas but also an air pollutant gas. Due to the oxidation effect, the ozone negatively affects human health and plants or crops, especially under high concentration around surface. The ozone is produced by photochemical reaction with carbon monoxide (CO) or nitrogen oxidant (NO<sub>x</sub>) . These precursor gases are mostly emitted from industry or fossil fuel burning and biomass burning. Recently, the emission from industry or fossil fuel burning is strongly high in Asia, particularly in China. Southeast Asia including Thailand is the leeward side of China from October to February, the first half of the dry season. So, tropospheric ozone and CO are likely transported from China. In a previous study using back trajectory tool, China continental air has higher ozone and CO than marine air over Thailand. But, it is unclear whether these high concentrations arise from anthropogenic emission over China. In this study, by using a Chemical Transport Model (CTM) , we confirm the major factor of ozone and CO variations over Thailand, and quantitatively demonstrate the effect of anthropogenic emission over China or other emission to ozone and CO over Thailand.

## **2 . Methods**

A numerical calculation (CTL run) is conducted using a CTM WRF/CHEM Ver3.0.1, focusing on the northeast monsoon period, October 2007 to February 2008. REAS inventory and GFEDv2 inventory are used for anthropogenic emission, biomass burning emission, respectively. The results from this calculation are compared to some observation data. And after model reproducibility is confirmed, ozone and CO variations are examined through budget analyses. Furthermore, some sensitivity experiments, in which surface emissions are changed, are conducted. Then, contribution rates to Thailand of each experiment are estimated.

## **3 . Comparison between model results and observation data**

Model results of ozone and CO are compared with surface observation, ozonesonde and satellite measurement. As a result of comparisons with surface observation over Thailand, both ozone and CO is well reproduced for timing of the increase and the decrease. Correlation coefficients of ozone and CO between model and observation is

0.69, 0.79 respectively. As a result of comparisons with two ozonesonde data near Thailand, ozone is well reproduced quantitatively around 900-700hPa. Correlation coefficients between model and ozonesonde are more than 0.86 over two sites. As a result of comparison with satellite measurement, horizontal distribution is generally well reproduced over Asia, although calculated CO overestimates the observed CO at surface and underestimates in boundary layer. It can be concluded that this model can generally have ability to reproduce ozone and CO.

#### 4. Analyses of the ozone and CO variations

The factors of ozone and CO variations over Thailand are confirmed by conducting budget analyses for ozone and CO at surface and in boundary layer. As a result, ozone has different features between the first half of the calculation period and the second half both at surface and in boundary layer. In the first half period, both advection and chemical reaction process are major factors of increase, while in the second half, chemical reaction process is. For CO, advection process is major factor of increase and decrease throughout the calculation period. Then, the horizontal distribution and the CO transport of the case of dominant advection of CO at surface are confirmed. In conclusion, strongly high CO over China is transported by enhancing of northeast flow, and reach around Thailand via from Viet Nam to North of South China Sea with 1000-1500km horizontal scale.

#### 5. Sensitivity experiments of emission control

Sensitivity experiments are conducted in which anthropogenic emission from China or other region and biomass burning emission are set to zero. Then, contribution rates of each emission at surface and in boundary layer are estimated by comparing result of CTL and each experiment. In conclusion, both at surface and in boundary layer, contribution rates of anthropogenic emission over China to ozone and CO over Thailand are highest, in particular, from the second half of October to the second half of November, the average value estimated per a half month is 25%, 40%, respectively. Therefore, it is shown that emission over China strongly affects atmosphere over Thailand. The contribution rate of anthropogenic emission over North of Southeast Asia in boundary layer is a half of one at surface. But the contribution rate of anthropogenic emission over China rarely changes between at surface and in boundary layer. We concluded that effect of the transport of ozone and precursor gases from anthropogenic emissions over China is strong both surface and boundary layer.

#### References

Pochanart, P., et al.,(2001), *Atmos. Environ.*, 35, 2657– 2668.

Pochanart, P., et al.,(2003), *J. Geophys. Res.*, 108(D17), 4552, doi:10.1029/2002JD003360.