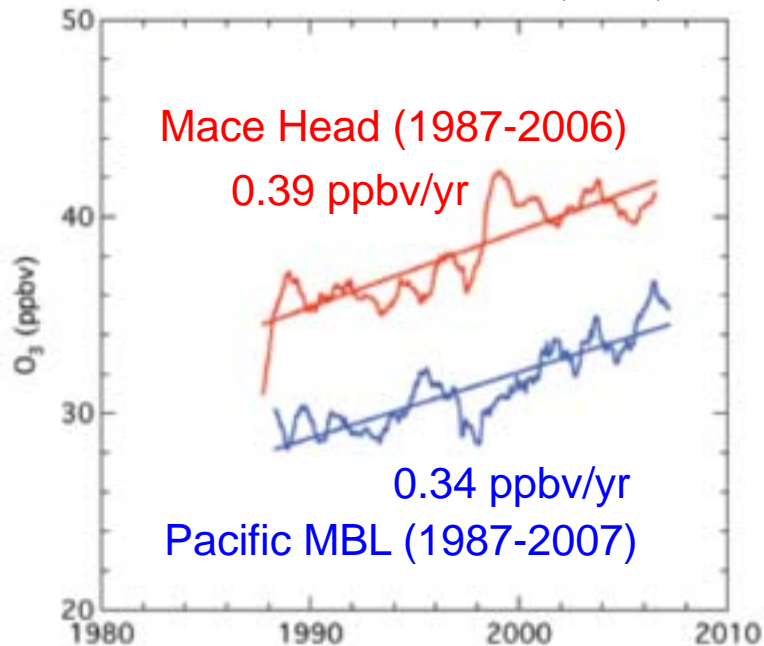


日本における過去10年間の地表オゾンのトレンド： 観測とモデルの比較・欧米の観測との比較・国際的な研究動向

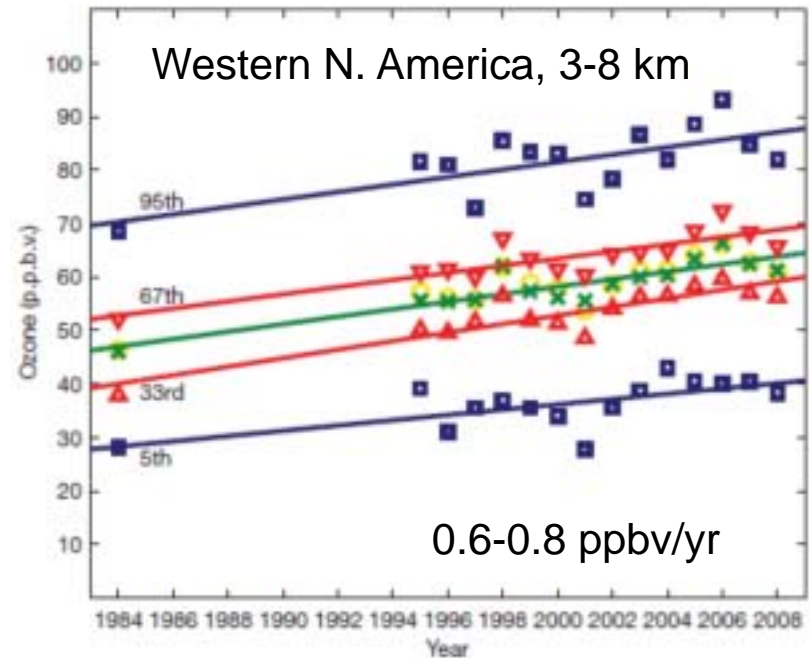
国立環境研究所 地球環境研究センター
地球大気化学研究室 室長
谷本浩志

欧米における地表オゾンのトレンド

Parrish et al., ACP, 2009



Cooper et al., Nature, 2010

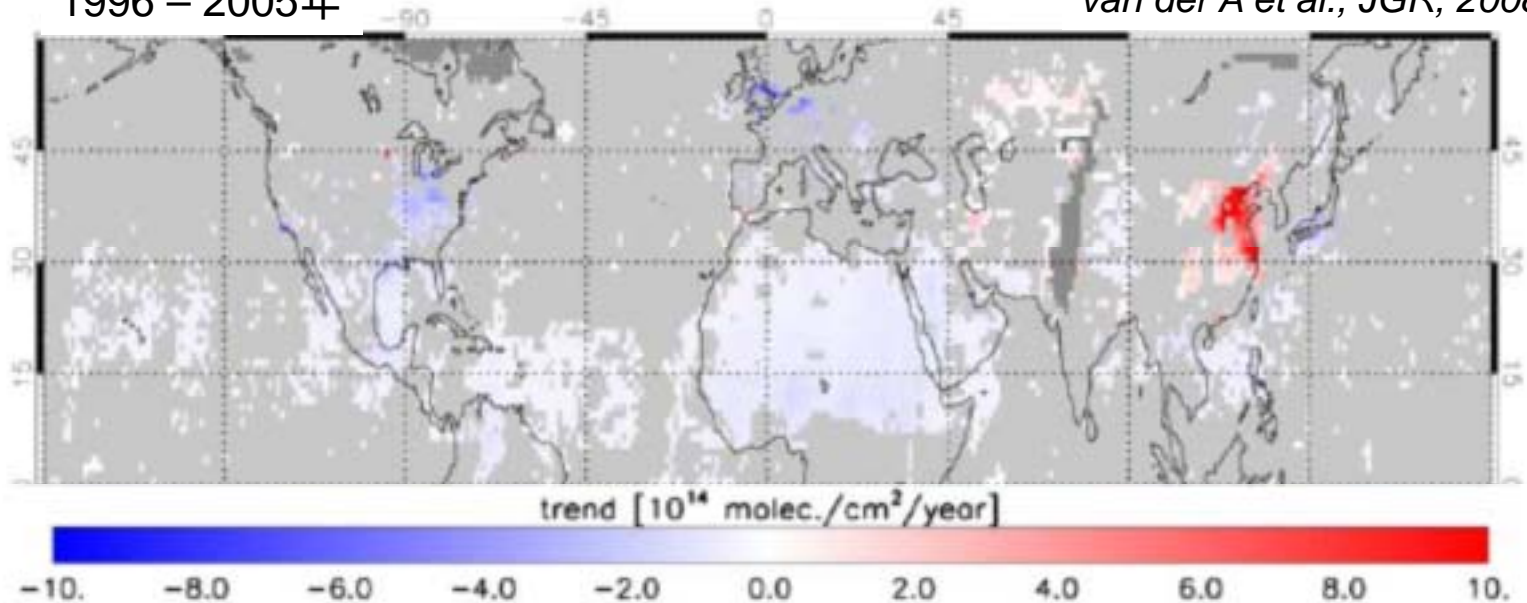


- 欧米における地表オゾンは 0.3–0.4 ppbv/yr の増加をしている
- 自由対流圏中のオゾンはより大きな増加 (0.6–0.8 ppbv/yr) をしている
- 化学輸送モデルの進歩にも関わらず、モデルシミュレーションは観測される増加傾向を定量的に再現できないという課題がある

東アジアにおけるNO_x排出量の増加

1996 – 2005年

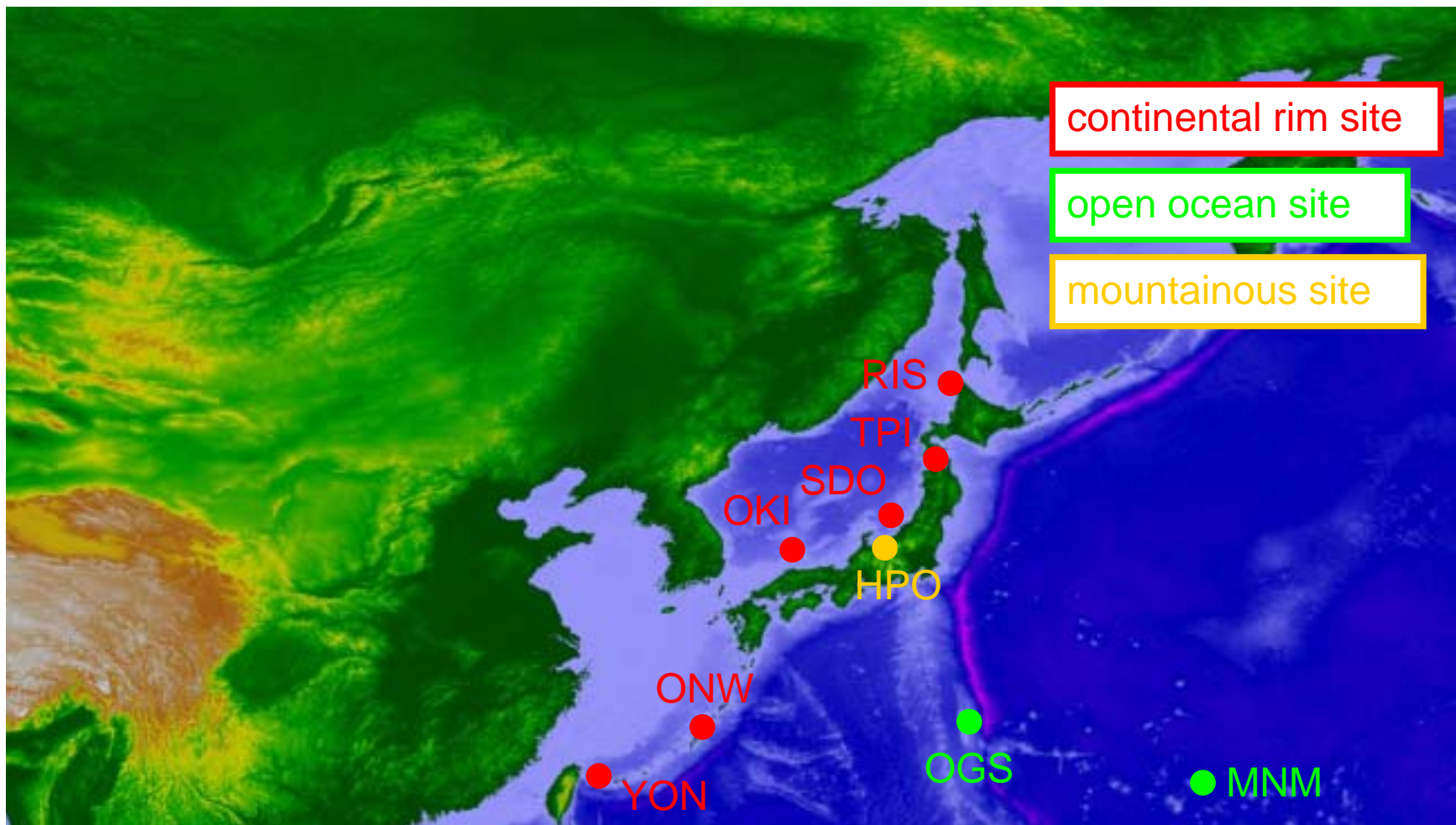
van der A et al., JGR, 2008



- 観測とモデルの不一致の主要な原因はまだ明らかになっておらず、観測される増加傾向を再現することはモデリングの課題である
- 一方、オゾン前駆物質であるNO_x排出量が急増しているアジアにおける観測結果はまだ限られている

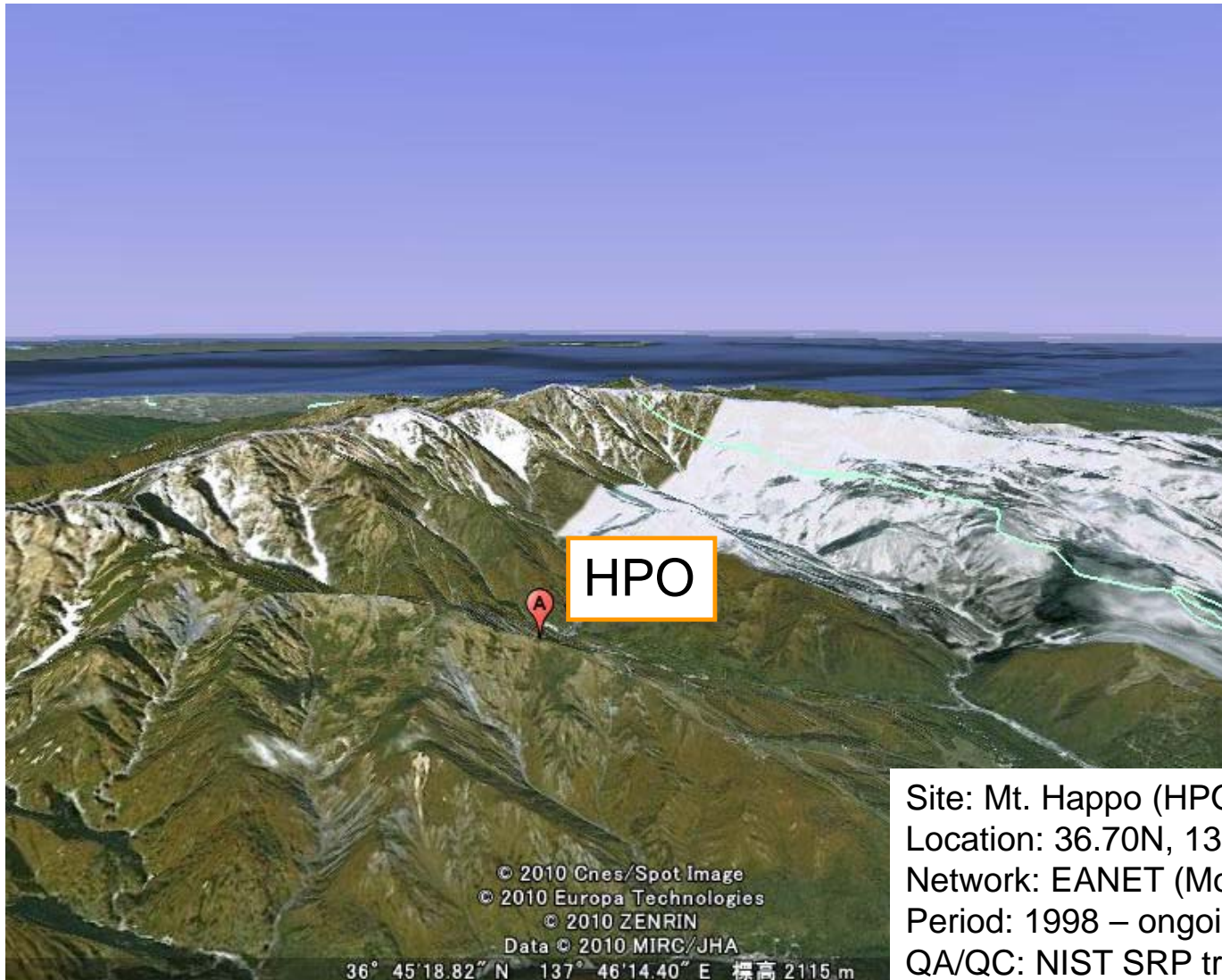
The question: 過去10年間にわたって、東アジアにおける対流圏オゾンに増加傾向を検出できるか？もしできるならば、どこで？どのように？なぜ？

EANET & WMO/GAW による地表オゾンのモニタリング



The answer: オゾンの増加傾向は検出可能であった。増加傾向は、地表で小さいか統計的に有意ではなかったが、自由対流圏中で有意に大きな増加傾向であった。この特徴は半球規模で重要な意味を持つ。

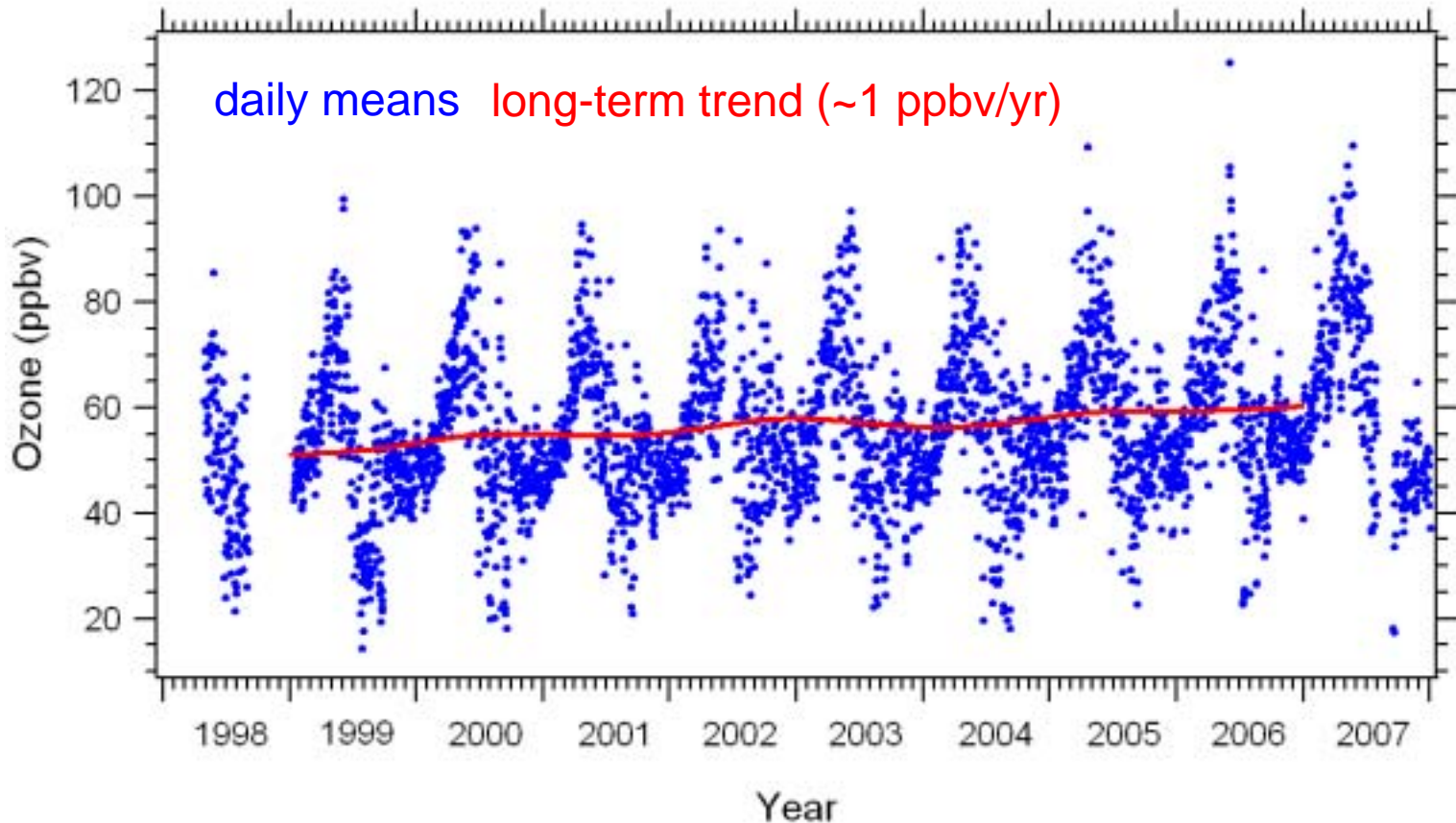
Google Earthから見た八方尾根観測所



Site: Mt. Hapo (HPO)
Location: 36.70N, 137.80E, 1850m asl.
Network: EANET (MoE, Japan)
Period: 1998 – ongoing
QA/QC: NIST SRP traceability

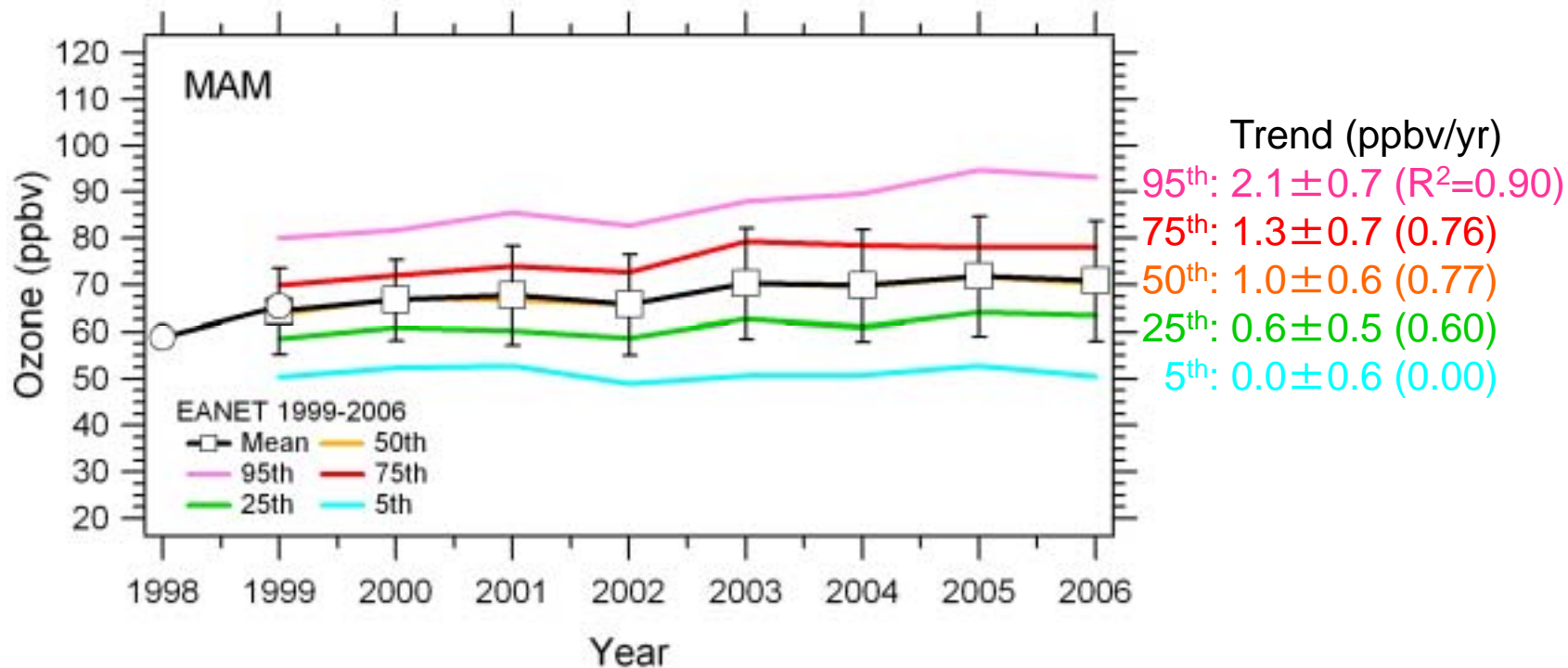
八方尾根 (HPO) におけるオゾンの時系列

Tanimoto, Atmos Environ, 2009



- 日平均値でさえ、春季には 80 ppbv を超える日がある
- 2006 年春季に見られた高濃度日は、過去最高の 120 ppbv (日平均) を記録した

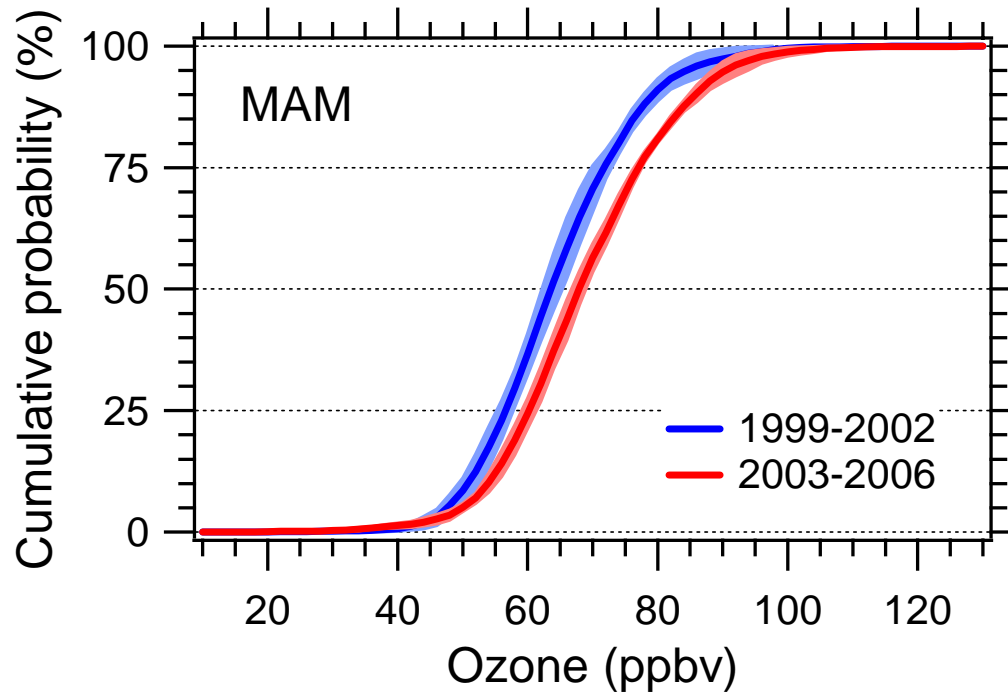
八方尾根における春季オゾンのトレンド



- 平均で ~1 ppbv/yr の増加は、欧米と比べて非常に大きい
- 高いパーセンタイルレベルで、より大きな増加傾向が見られる
- 何を意味するのか？ … 越境汚染か？

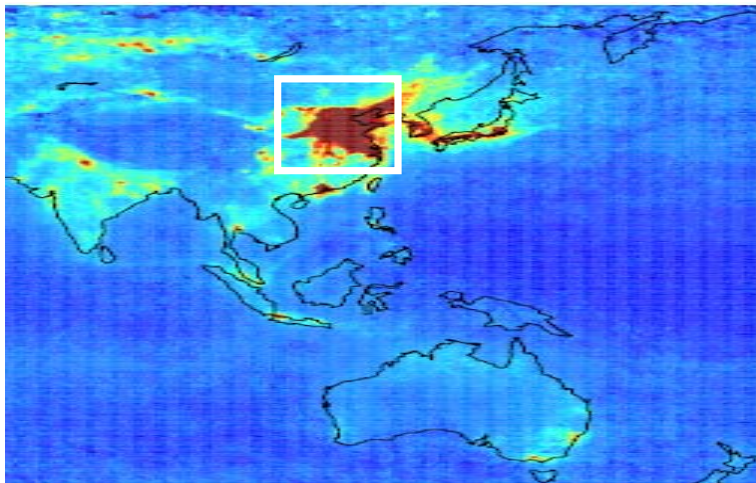
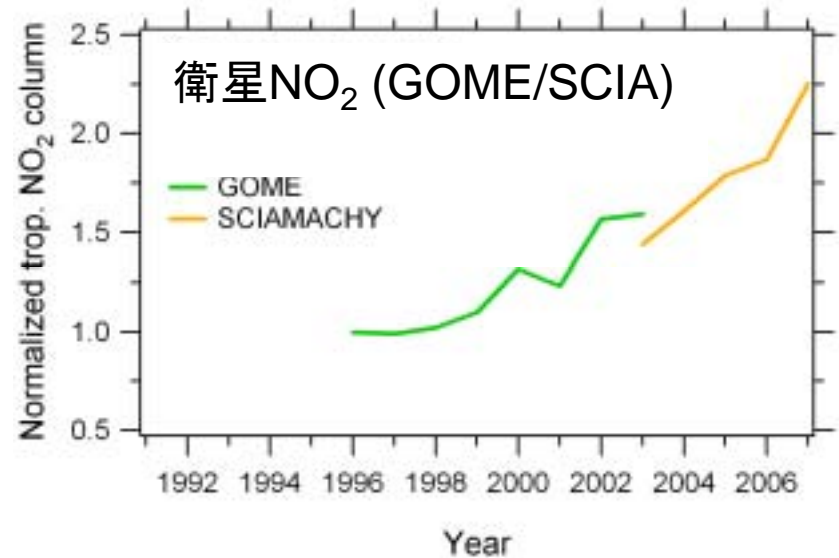
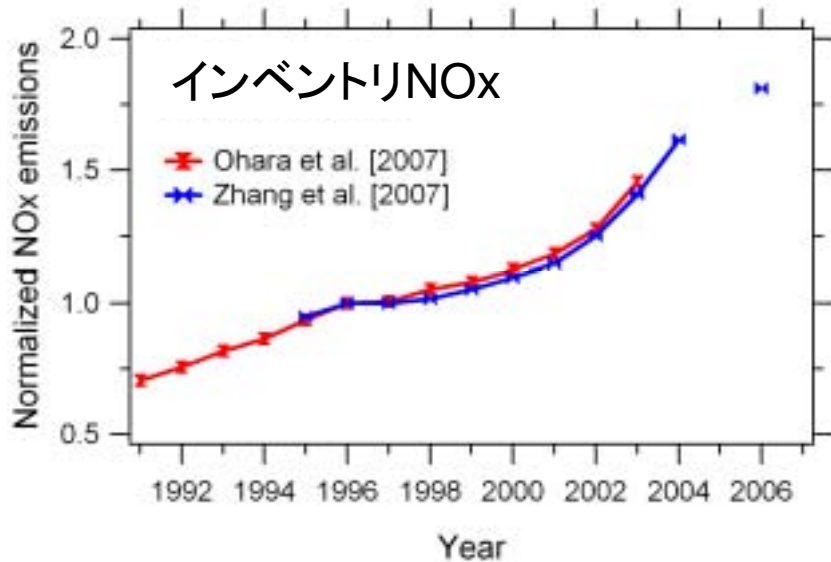
春季オゾンの累積頻度分布の変化

春季における 1 時間平均 O_3 濃度の累積頻度分布



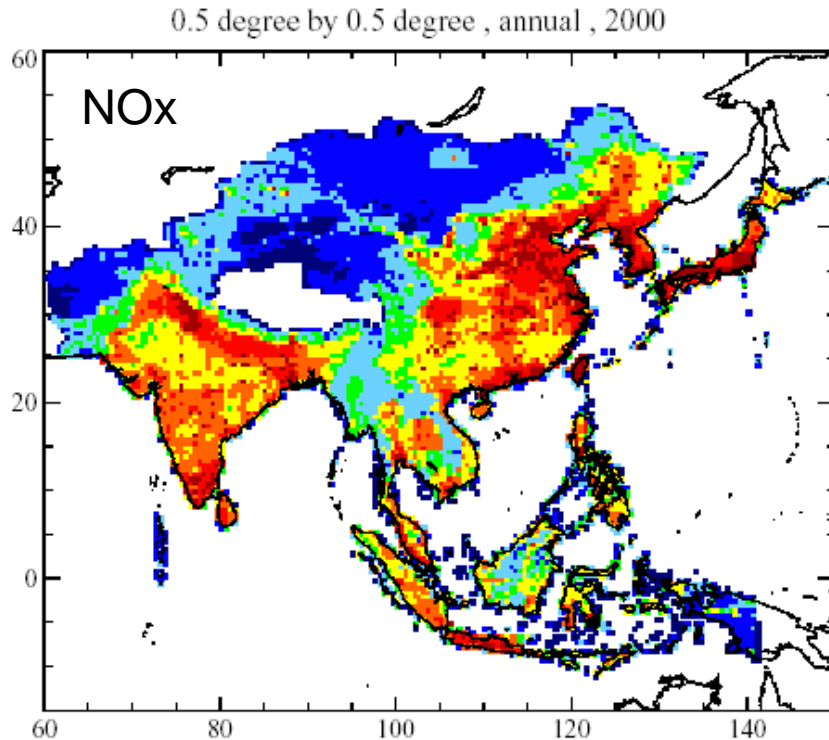
- 1999-2002 年と 2003-2006 年で有意な変化が見られる
- 高いパーセンタイルレベルで、より大きな変化が見られる
- 2002-2003年付近で大きく変わってるように見える

アジアからのNO_x 排出量の最近の変化



- インベントリと衛星観測の両方とも、よく類似した増加傾向を示している
- 2003年以降、東アジアからのNO_x排出量の伸びが加速しているように見える

領域化学輸送モデルによるシミュレーション

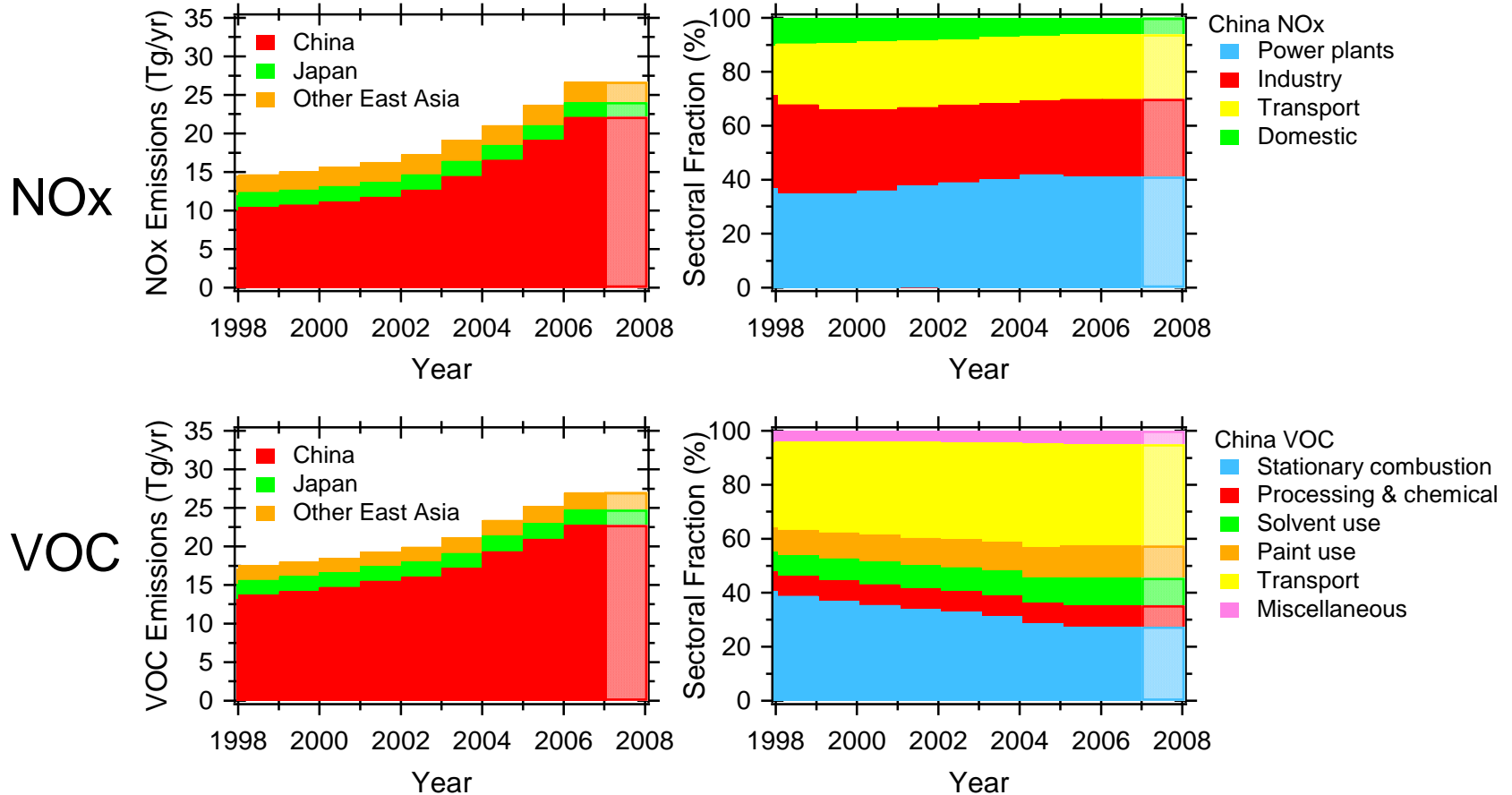


- 排出インベントリ
 - REAS (Ohara et al.), updated to 2006
 - w/o year-dependent biomass burning
- 気象
 - RAMS
- 化学
 - SAPRC99 scheme
- 側面境界条件
 - Monthly data from a global-CTM
- 成層圏オゾン
 - Global CTM, CHASER (Sudo et al.)
 - w/o interannual variations
- 分解能
 - 80 km x 80 km
 - 14 layers (up to 23 km)

- 複数年におけるシミュレーションを、**固定**と**各年**の人為起源排出量推計で行った
- モデルは過去10年間に於けるオゾンの増加傾向をどの程度再現するのだろうか？

過去10年間におけるアジアのNO_x/VOC 排出推計

Ohara et al., ACP, 2007

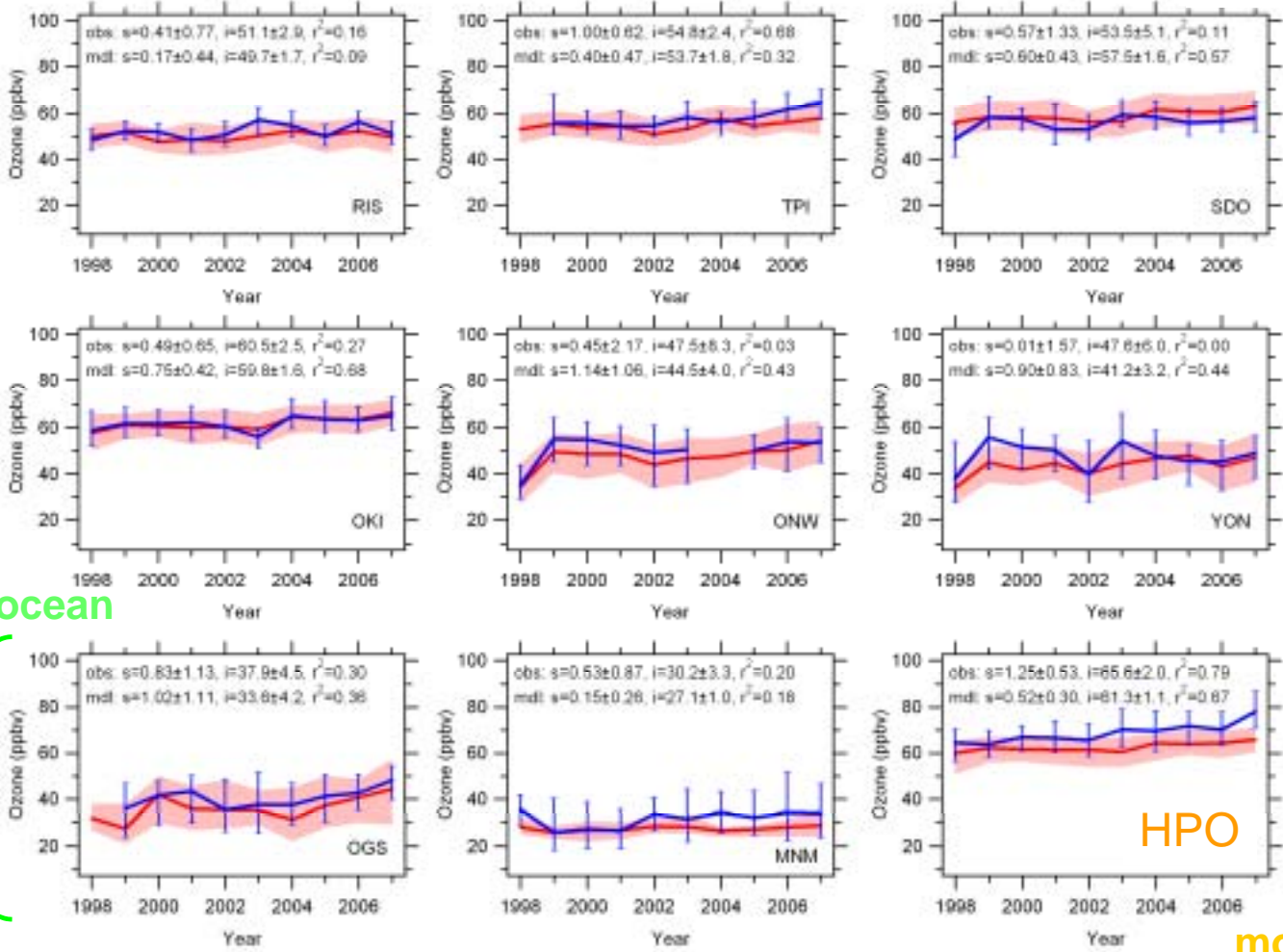


- 中国起源の排出量が東アジアからの人為起源排出量の大部分を占めている
- 発電所および輸送セクターからの排出が、NO_xおよびVOCの排出に支配的である

観測-vs-モデルによるオゾンの増加傾向

Tanimoto et al., GRL, 2010

continental rim

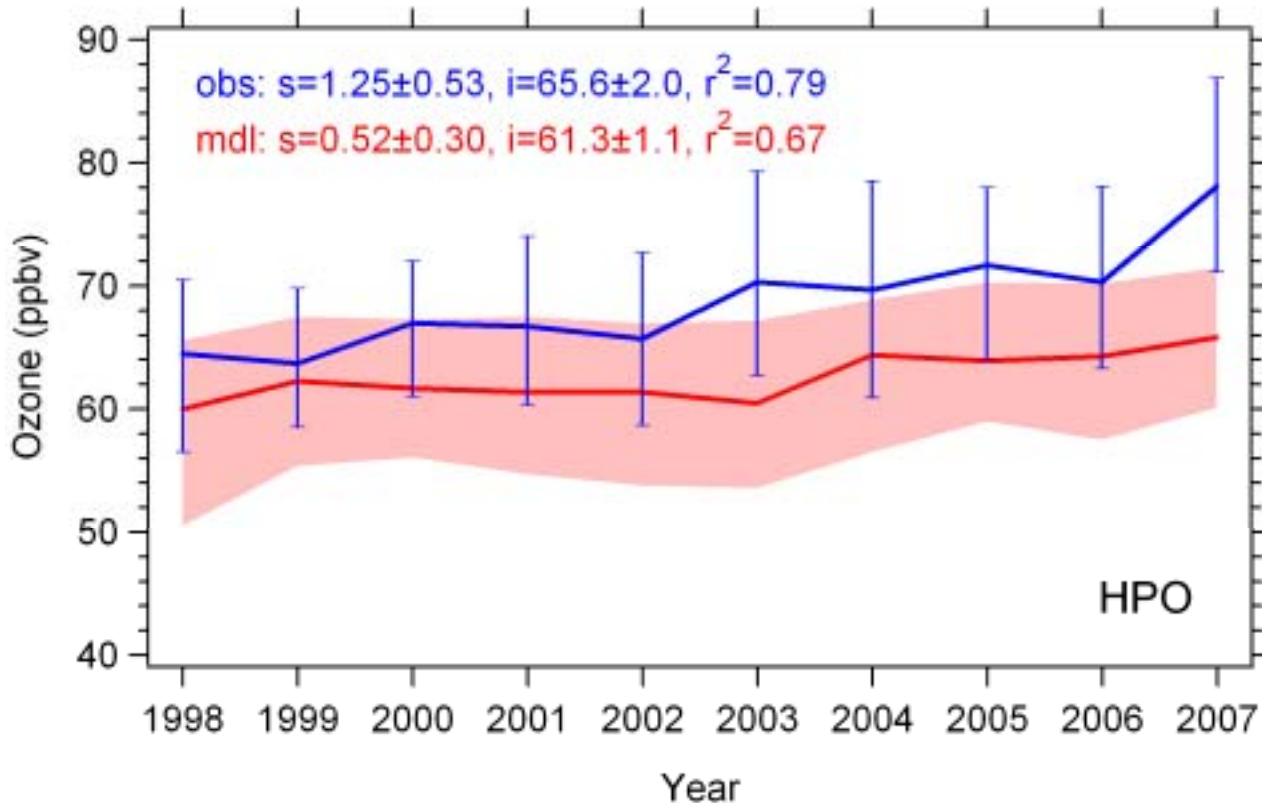


open ocean

mountainous

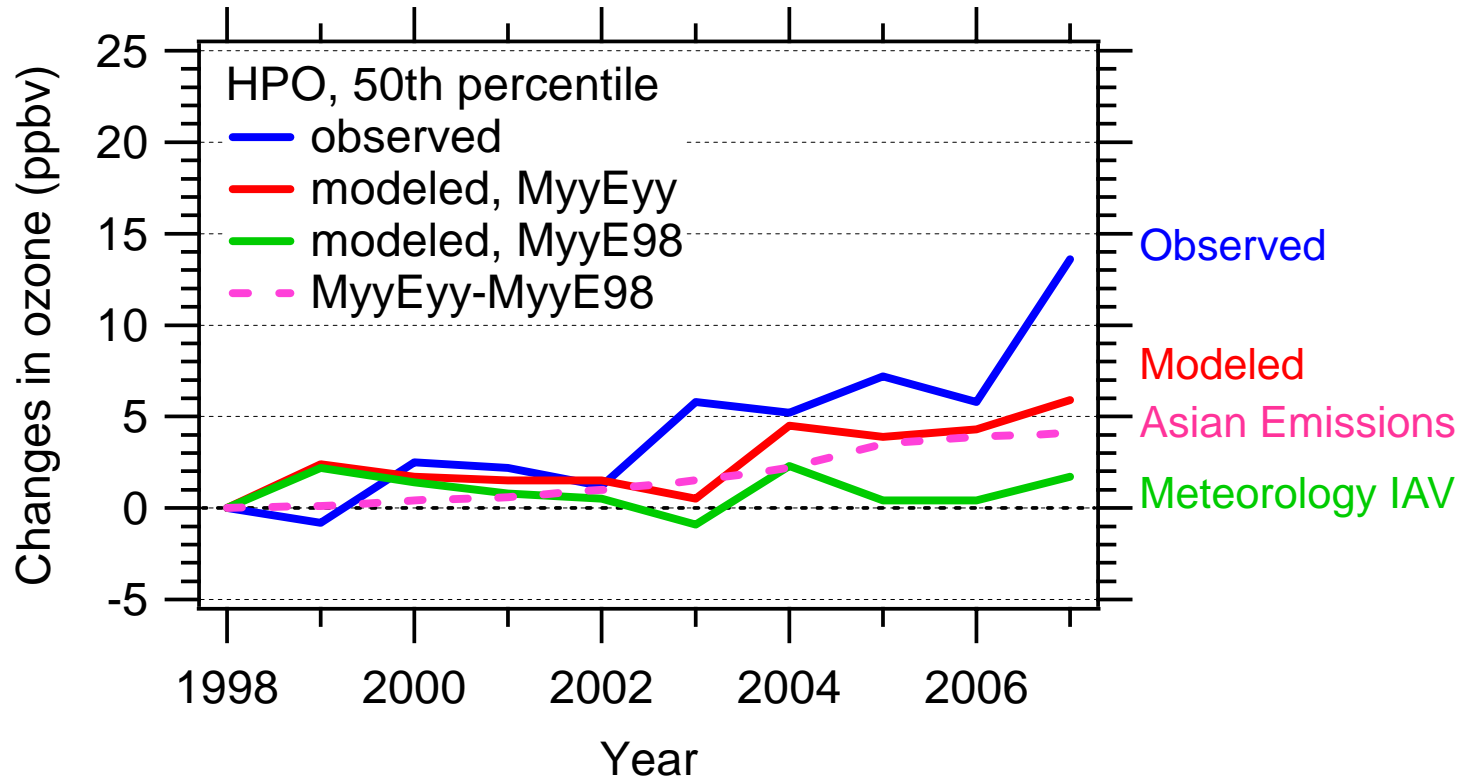
増加傾向は地表では小さいか無視できるが、山岳地域では大きい

八方尾根におけるオゾンの増加傾向



- 観測とモデルの両方が増加傾向を示しており、定性的には問題ない
- しかし、特に2003年以降は観測の半分しかモデルによって再現されない

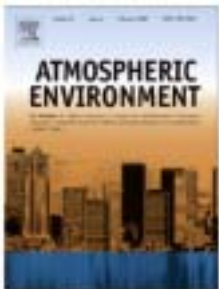
人為起源排出と気象の寄与率



- 高いパーセンタイルで高い増加率を示す点は、モデルと観測が整合的である
- 人為起源排出の変化と気象の変動による寄与率は、1998-2002年は同程度である
- 人為起源による寄与は、2003年以降支配的になっている

課題はまだまだ残っている・・・

- 地表(境界層)と山岳(自由対流圏)で見られる違いはなぜか？
 - 成層圏-対流圏交換の影響？メタンのトレンド？未知の人為起源排出の存在？
気候変動による自然起源排出量の変化？
- モデルによるより良い予測が不可欠である
 - より良い排出インベントリ？より良い気象データ？より良い化学スキーム？
- 観測サイト・手法・プラットフォームを超えて定量的に整合する結果を得て、より確かで信頼性のあるトレンドを得る重要性
 - アジアにおいて地域代表性のある対流圏オゾントレンドの導出に向けた取組み



H. Tanimoto (2009), *Atmos. Environ.*, 43, 1358-1363.

“Increase in springtime tropospheric ozone at a mountainous site in Japan for the period 1998-2006”

H. Tanimoto, T. Ohara, and I. Uno (2009), *Geophys. Res. Lett.*, 36, L23802, doi:10.1029/2009GL041382.

“Asian anthropogenic emissions and decadal trends in springtime tropospheric ozone over Japan: 1998–2007”

国際的な研究動向

- HTAP – Assessment Report 2010
- WMO – ozone abs. cross section revision
- “Tropospheric Ozone Changes” Workshop (2010 Boulder, 2011 Toulouse)

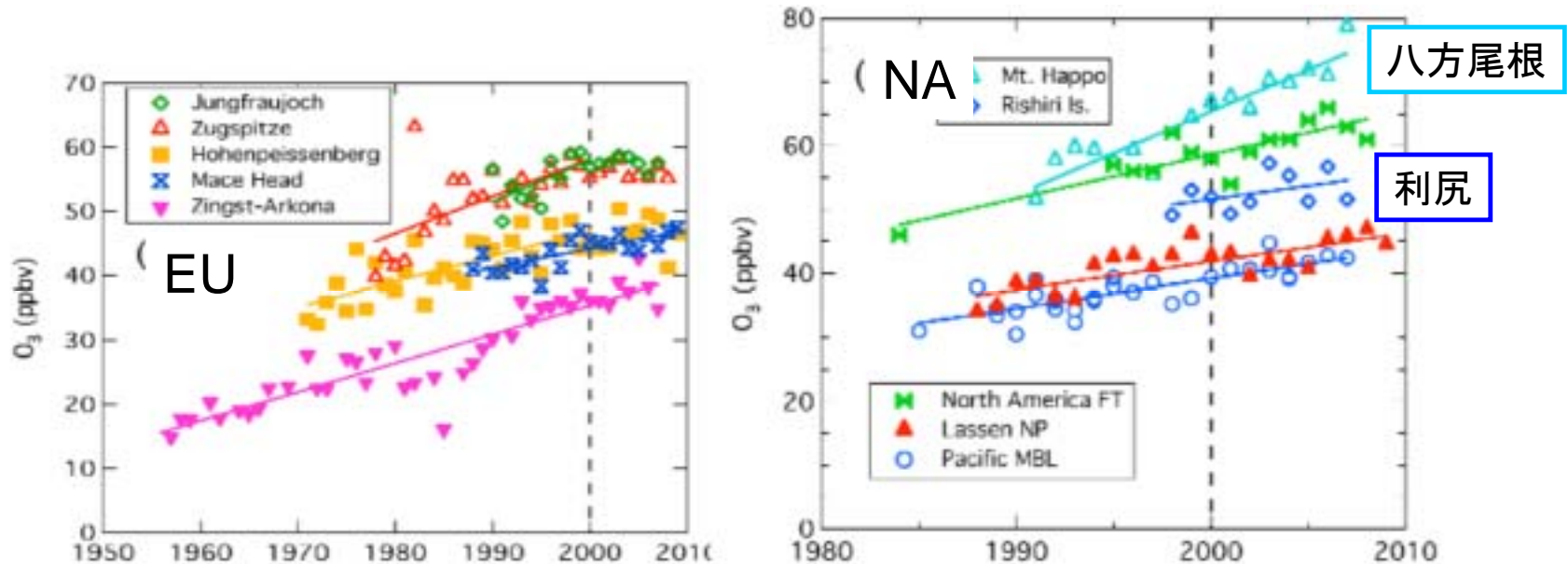


アジアと欧米との比較



Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollution

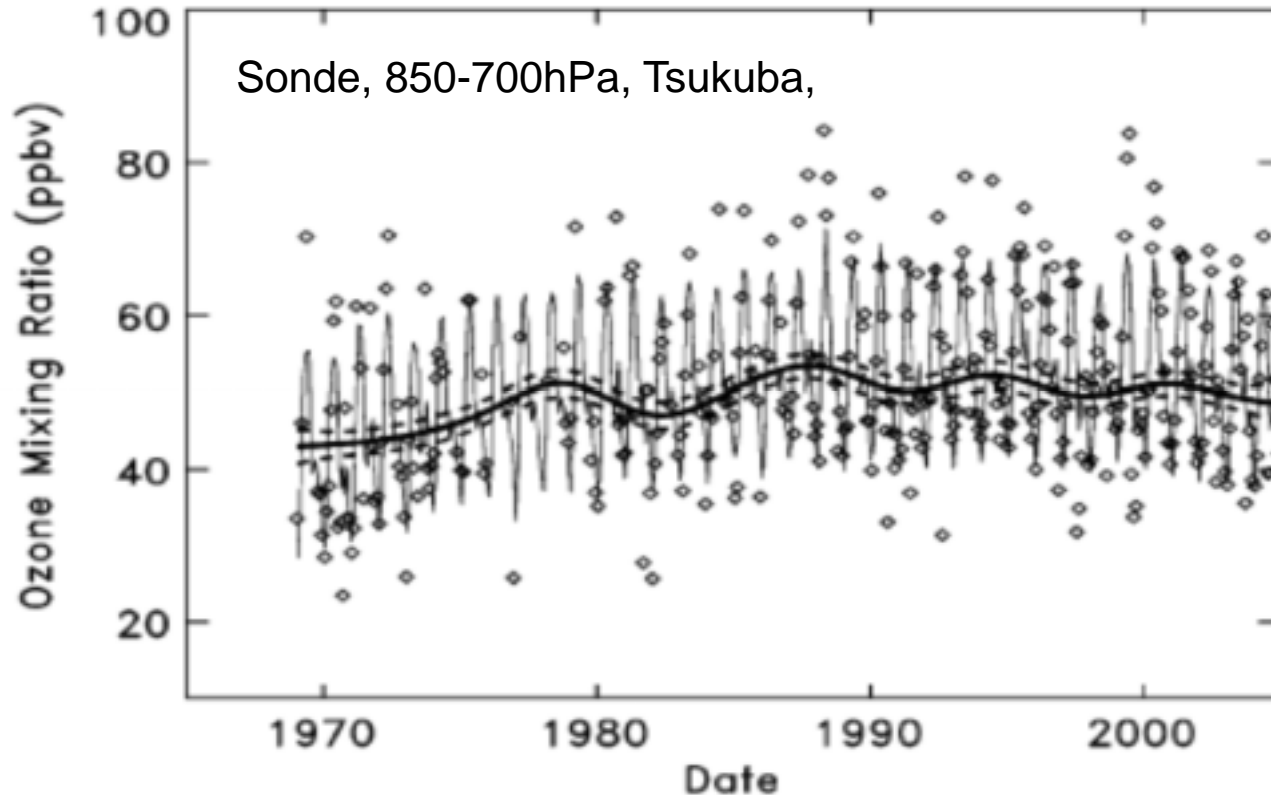
*D. Parrish, O. Cooper, D. Derwent, H. Tanimoto, E. Chan, J. Staehelin
(HTAP 2010 Assessment Report, Chapter A2.2.3)*



- 八方におけるオゾンの濃度レベルとトレンドは今や、欧米よりも高くなっている
- 日本における地表付近のサイト(例えば、利尻)では、欧米の地表と同様な傾向を示す

日本におけるオゾンゾンデの解析

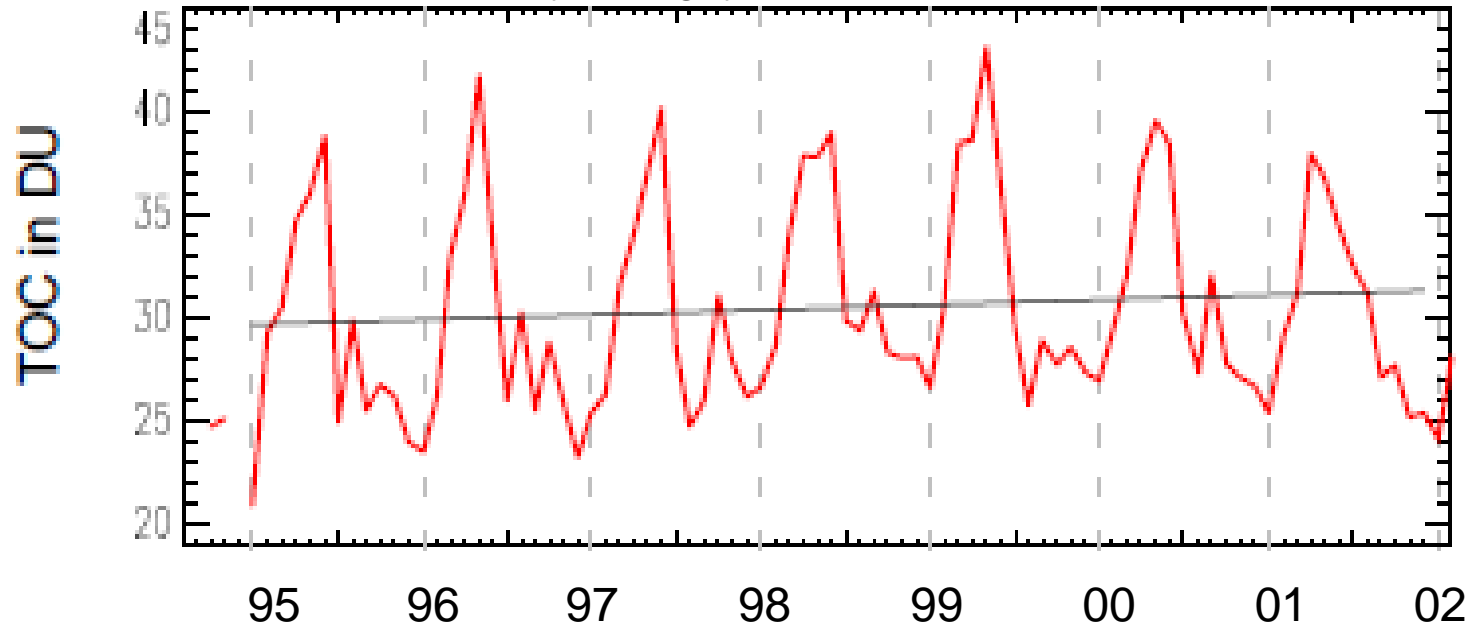
Oltmans et al. [2006]



- 東アジアからのNO_x排出量増加にも関わらず、近年減少傾向にあると指摘
- オゾンゾンデの観測場所が東京に近い (~50 km) から？

日本における航空機観測の解析

MOZAIC, Trop. O3 Column,
Japan's int'l airports (Tokyo, Nagoya, Osaka), Zbinden et al. [2006]



- サンプリング場所が成田空港・名古屋空港・関西国際空港と大都市に近い
- 地表付近のオゾンは、日本の排出量変化による減少トレンドをより強く受けるのではないか？（東アジアからの増加トレンドは相殺される）

Scientific Questions to be answered (@Toulouse)

- **Are timeseries regionally coherent?** How well can we determine consistency? Are there anomalous stations/timeseries?
- **What are the uncertainties of timeseries** and how do they change with time?
- What are the patterns of interannual and seasonal variability?
What do we see on larger scales?
- What drives ozone variability?
- Is there consistency in terms of the **frequency distribution** of ozone data within/across regions?
- How do frequency distributions change?

WG-Asia:

Regina Zbinden (lead), Hiroshi Tanimoto, Aijun Ding, Tuhin Kumar Mandal, Xiaobin Xu, Oksana Tarasova, Valerie Thouret

国立環境研究所における今後の取り組み

- 八方尾根における増加傾向の要因解明
 - 新規な化学トレーサー計測装置の追加
- 自由対流圏のオゾンにフォーカスする
 - 航空機やゾンデとの協力・比較解析
- より広い空間カバレッジの追求と、より高いクオリティの維持
 - 日本 – 東南アジア & オセアニア航路の定期貨物船観測
 - 航空機やアジア大陸内陸部など、おける新しい観測の展開
- 化学輸送モデルによるより良い再現の試み
 - 長期トレンド、年々変動、季節変化

アジア・オセアニア域における長寿命・短寿命気候影響物質の包括的長期観測

科学的進歩と政策貢献・国際対応:

- GOSAT, JALとの連携による、日本の大気観測能力の拡大
- 東アジアや亜熱帯地域に特有な排出源の発見・検証
- 気候変動・大気汚染のコベネフィット(共便益)を考慮した温暖化対策の推進

環境省 地球一括計上課題(予定)

運用	定常的							挑戦的	
成分	N ₂ O	SF ₆	CO ₂	CH ₄	O ₃	BC	CO	NM VOC	aerosol
連続			○	○	○	○	○		
ボトル・フィルター	○	○	○	○			○	○	○
種別	LLGHG (長寿命温室効果ガス)					SLCF (短寿命気候影響物質)			



インベントリ

+ JAL航空機観測

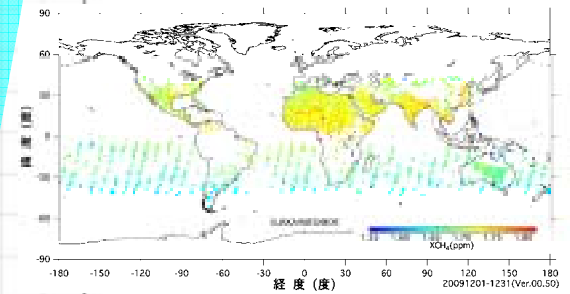


鉛直プロファイル・自由対流圏の分布



+ いぶき (GOSAT)衛星観測

対流圏カラム・全球分布



モデル

東南アジア航路(新規)

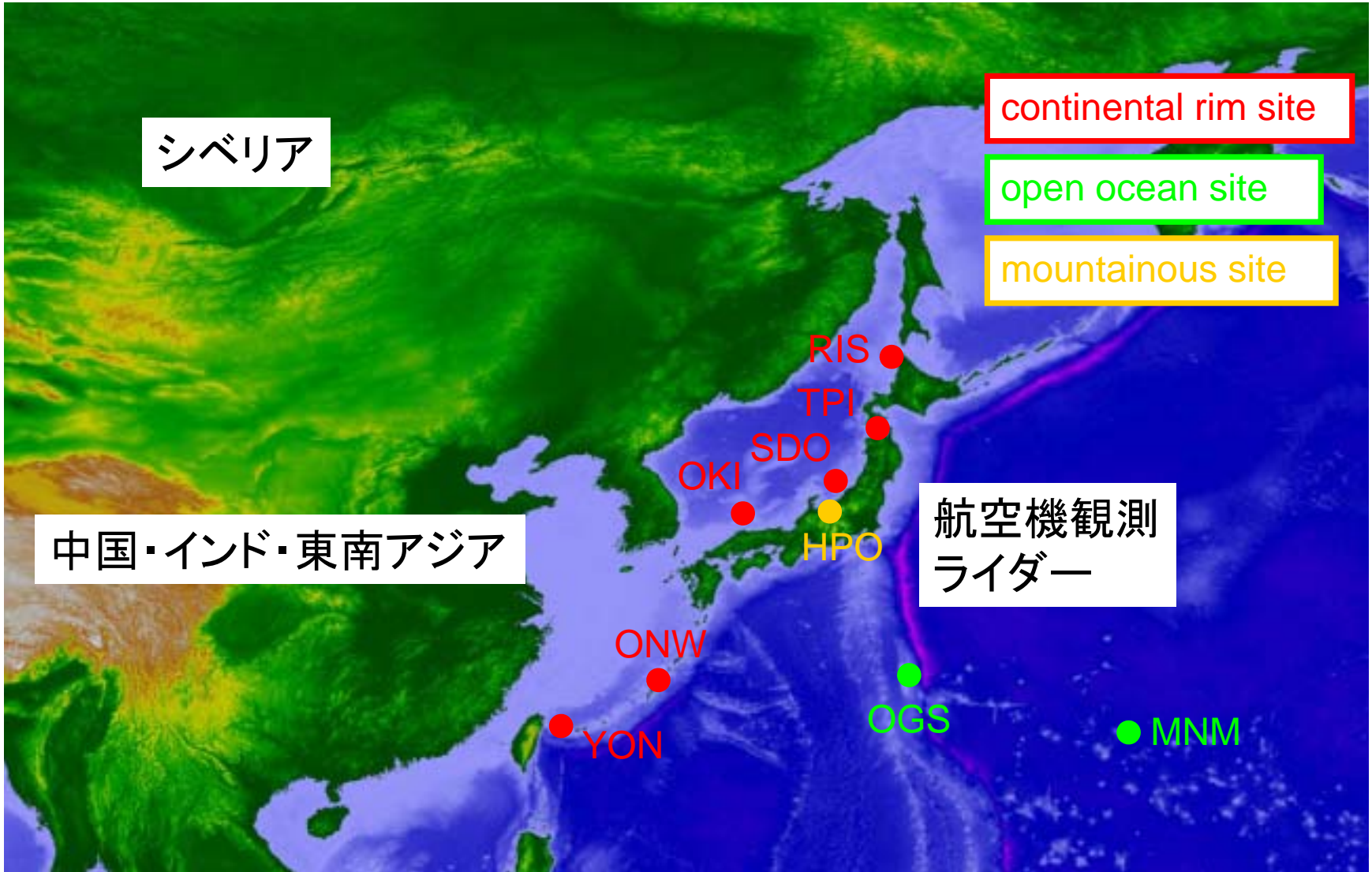
東南アジア航路(継続)



オセアニア航路(継続)



新しい観測プラットフォームの探索



EANETにおけるオゾン測定のコオリティ

■ 国際的な背景と国内の現状

- EANETのオゾンデータは単体(各局)で公表される上、モデルの検証やトレンド解析にも用いられるなど世界的に注目を集めており(喜ばしい!)、WMO/GAW, EMEP, CASTNET並みの高いコオリティを維持する必要性が大きい
- 一方、常時監視局の校正では自治体が(市役所の屋上などにある)局舎に3次標準を持ち込んで校正するが、多くのEANET局は離島や山岳地域にあり、機器を持ち込んでの現地校正が困難なため、常時監視局よりも精度が出にくい
- 現在は環境研のNIST 基準が全てのメーカーまで広く行きわたっておらず、注意が必要。環境研・環境省(向井、谷本、橋本、芳川ほか)の調査では、自治体やメーカー間に最大10%程度の系統的な差やばらつきがありえる。2009年6月に7局で堀場製作所製に交換したオゾン計について、それまでの日本サーモ製からのデータ継続性をチェックする必要があるだろう。
- 最近、中国がSRPを2台も導入してQA/QCにも力を入れ始めている。いずれ中国のデータも国際社会に出てくるようになり、広域な越境汚染が見られた際には日中のデータを比較するということが十分想定される。その際、日本によるデータの質が疑われる事態になると、越境汚染に関する国際的な政策協議にも影響する。

2008年以降の八方におけるオゾンデータ

八方尾根

灰色:1時間値

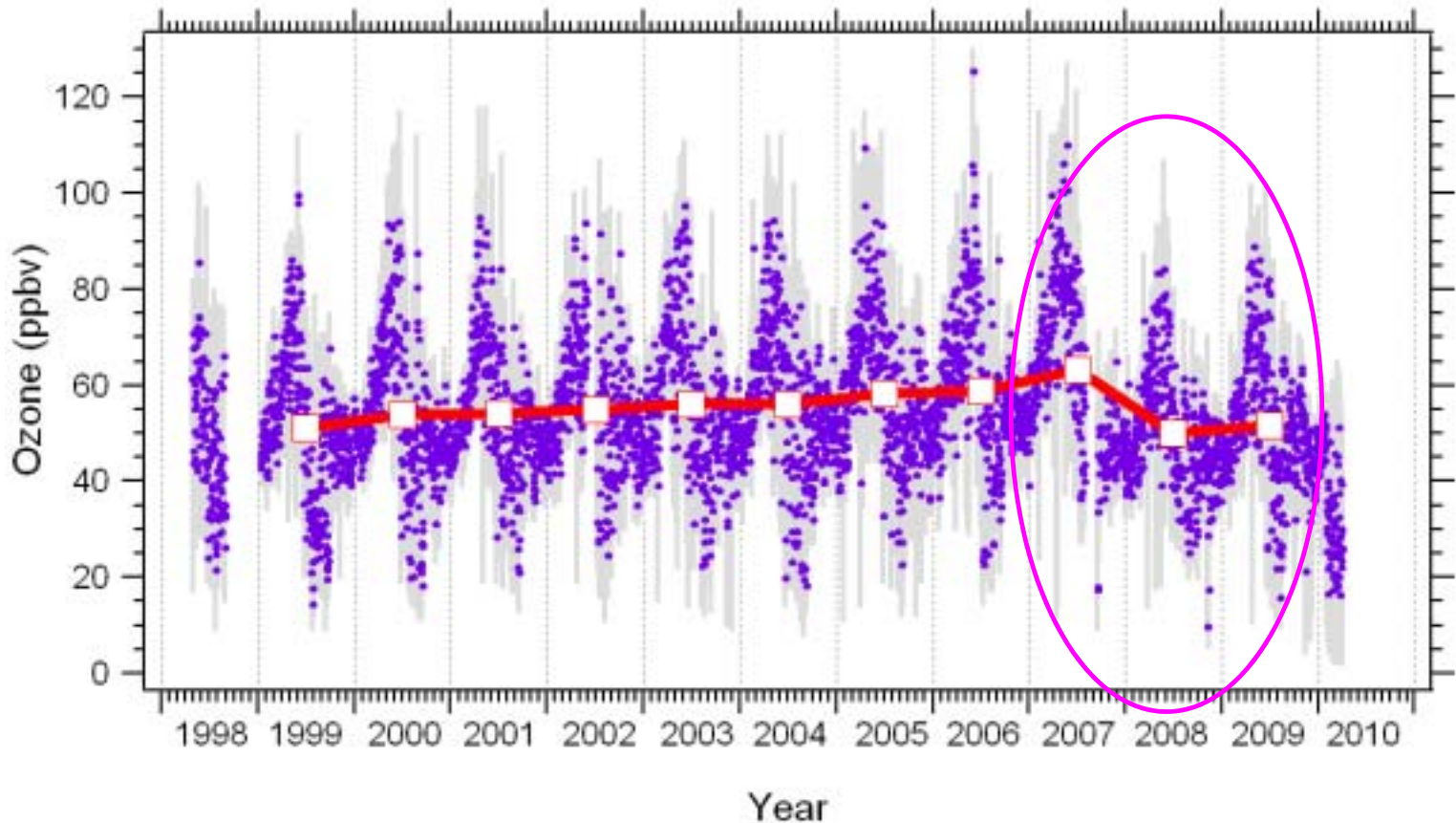
青:1日平均値

赤:年平均値

2008, 2009

年平均値(50 ppbv)で見ても、最高濃度で見ても、
2007年(年平均値:60 ppbv)より大幅に低い

→ リアル? モデルによる再現が可能か?



2008年以降の八方におけるオゾンデータ

八方尾根

灰色:1時間値

青:1日平均値

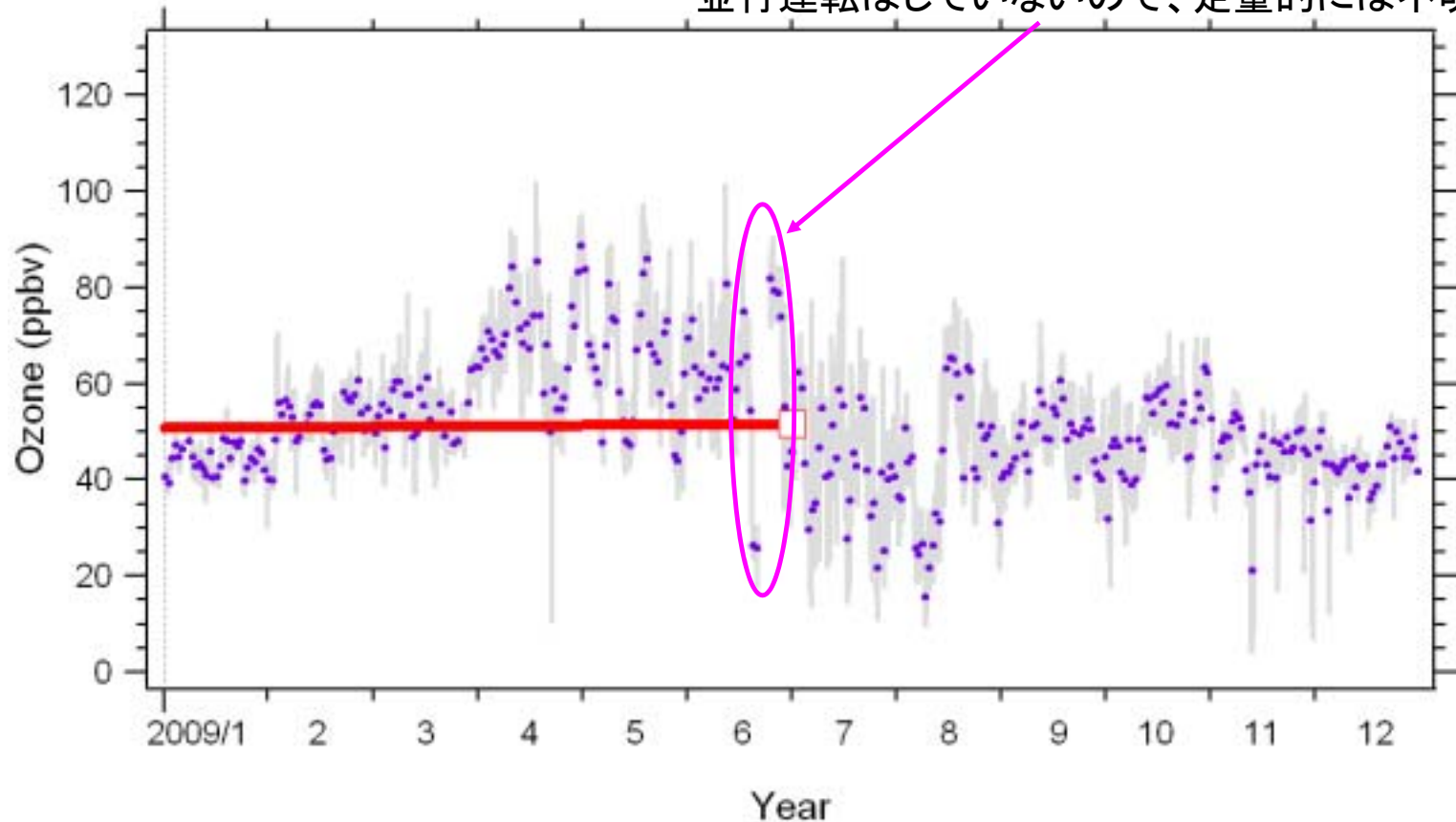
赤:年平均值

2009/6にオゾン計を交換

(日本サーモ → 堀場製作所)

6/22 13:00 – 6/25 23:00 欠測

→ 一見して問題はなさそうであるが、
並行運転はしていないので、定量的には不明



2008年以降の八方におけるオゾンデータ

八方尾根

灰色:1時間値

青:1日平均値

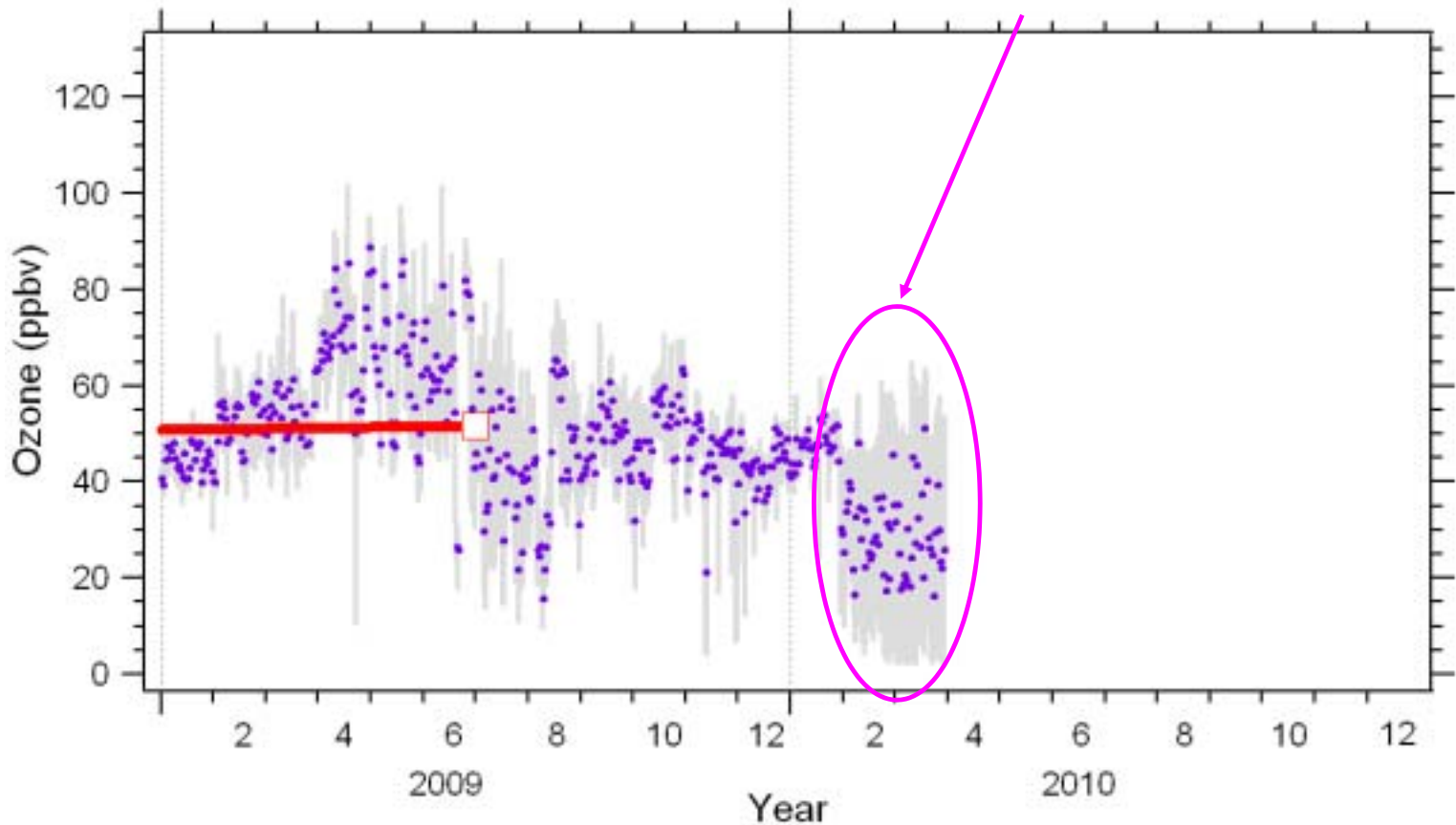
赤:年平均值

2010/1/末~3/末

(3/末までしかデータがないため、以降は不明。)

明らかに、オゾン計の不具合(ばらつきが大)が見られる。

→ この種の不良を早期に発見・対応する必要あり



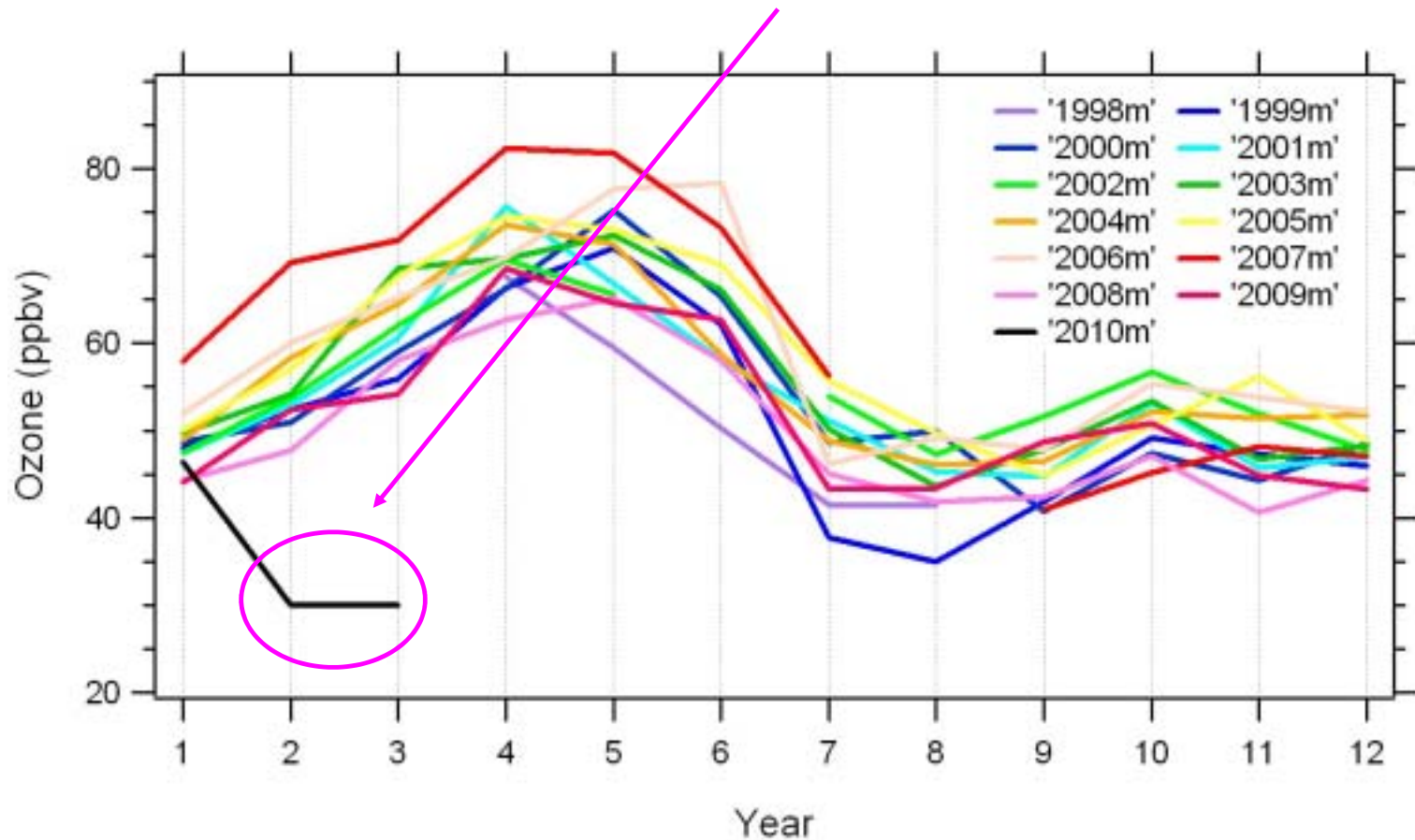
2008年以降の八方におけるオゾンデータ

八方尾根

2010/2~3

線: 月平均値

Monthly means 計算しても、明らかに低い値になる



今後の改善点

■ 改善の要点

- より高次の標準による較正を行う
- データ確定作業時に不具合が判明するのではなく、測定器の不良を早期に見つけ、データ欠測期間を減らす努力をする or 仕組みを作る

■ 具体的には

- ACAP2次標準 or NIES1次標準 (SRP) で較正し、ACAPが較正情報を保管する
- 各局のオゾン計を(局舎ではなく)実験室で直接較正し、局舎では(自治体が)並行運転(数日間)・交換のみをする。ACAPに1台予備を置いておき、局舎間でオゾン計をローテーションする方式にする。
- ACAP or 自治体が頻繁に測定データをチェックする(測定器とデータの一元管理)
- その上で、ACAPが現地で行うauditは、較正ではなくチェックとして位置づける

■ 要検討事項

- 費用負担や委託スキーム等の事務(含 ACAP, NIES)
- 現状、オゾン計は備品扱い?リース扱い?
- オゾン計は、バックアップ用にもう1台常時置いても良いくらいの重要性がある