

バックトラジェクトリ解析を利用した空気塊通過地域の影響

*木下篤哉・堤 之智 (気象庁環境気象課)

1. はじめに

気象庁では温室効果ガスの観測を行っているが、これらのガスは、観測された空気塊がどのような経路で観測点まで運ばれたかにより、濃度が大きく変わる。そこで、バックトラジェクトリ計算を行い、移流経路を特定している。なお計算の緒元は以下の通りである。

気象データ：気象庁客観解析データ (6時間間隔だが、内挿して1時間間隔としている)

格子間隔 1.25度×1.25度、鉛直 23層

計算開始高度：観測所上空 1000m

移流面：等温位面

移流計算間隔：30分

しかしながら、計算結果は起時毎に異なった経路となり、統計立てた処理を行うことが難しい。今回、空気塊が通過する地域の影響度を客観的に示す方法を考案したので報告する。

2. 手法

空気塊の移動経路そのものを使用するのではなく、通過する地域を適切な地域(図 1)に分解し、その地域にどれだけ長く空気塊が滞在したかを示す“地域滞在率”を求める。この値はトラジェクトリ計算毎に算出することができる。

それぞれの地域における滞在率平均等を算出すれば、空気塊がどこから来たものかある程度分類することができるが、

- 1) 通過する地域の大きさは同一ではない。
- 2) 通過する地域の影響も同一ではない。
- 3) 観測されたガス濃度の変化との関係を直接示すことができない。

等の理由により、このまま使うことは難しい。そこで、各地域に滞在する時間に比例してガス濃度が変化すると仮定し、単位滞在期間に対するガス濃度変化率を“地域重み係数”として定義した。

すなわち、 n 時に観測点で観測された空気塊のトラジェクトリにおける m 地域の滞在率を X_m^n とし、 m 地域の重み係数を a_m とすれば、 m 地域を通過することによるガス濃度変化は $a_m X_m^n$ となると仮定する。ただし、重み係数は規格化されており、実際の濃度変化量を得るには、ガス濃度の平均値 Ave (定義は後述)をかける。空気塊は複数の地域を通過していくため、最終的に観測点で得られる n 時のガス濃度(推定ガス濃度) ρ'_n は、

$$\rho'_n = Ave(1 + a_0 + \sum_{m=1}^M a_m X_m^n)$$

で与えられる。ここで、 a_0 は観測点固有の補正項である。

次に、実際に観測された n 時のガス濃度(観測ガス濃度)を ρ_n としたとき、常に $\rho'_n = \rho_n$ となるような重み係数が求めれば理想的であるが、観測値は区間通過状況だけで決まるものではないため、必ずずれが生じる。ただし、このずれはなるべく小さいほうが好ましい。そこで、

$$\sigma^2 = \sum_{n=1}^N (\rho'_n - \rho_n)^2$$

と定義された σ を考え、これが最小になるように重み係数及び補正項を計算していくこととした。なお、計算に必要な Ave は、

$$Ave = \frac{\sum_{n=1}^N \rho_n}{N}$$

で与えられる。

3. 解析

重み係数を求めるための期間は 1 ヶ月毎とし、1 時間平均濃度値を使用した。よって、およそ 720 個ほどのデータから毎月の重み係数及び補正項を算出した。図 2 に 2003 年 3 月の南鳥島の CH_4 観測値と、得られた重み係数及び補正項と滞在率から求めた推定値を示す。前述したように推定値は、通過地域に対する濃度変化しか考慮されていないが、観測値とよい一致を見せる。

なお、気象庁の観測所(綾里、南鳥島、与那国島)別で解析すると、南鳥島の一致率が高く、綾里で低い。ガス(CO_2 , CH_4 , CO , O_3)別では O_3 の一致がよいようである。

4. 展望

各月の重み係数を調べると年変動しており、この手法により各地域の植生や大気状態等の影響が分かると考えられる。解析を進めれば区間毎のガスのシンク&ソース状況が推定できる可能性がある。

また、あるトラジェクトリを考え、それが“どの地域の影響を一番受けたか?”については、各区間のガス濃度変化 $a_m X_m^n$ が最大になったものとするのが妥当であるため、これを月ごとに集計すれば、各区間の月毎の影響度を評価する指標となる。

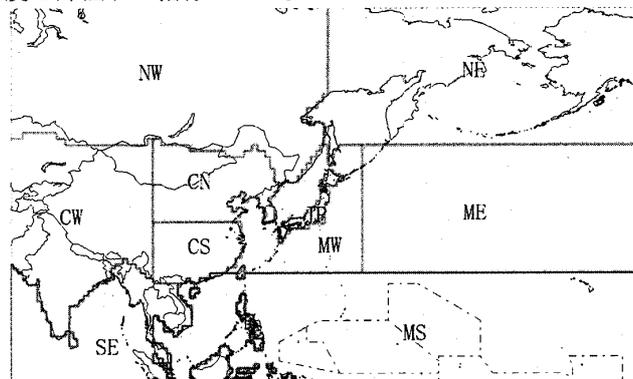


図 1 地域分布図。地域分けは、国際輸送モデル相互比較計画(TRANSCOM)の全球地区を参照に、日本近辺の空気塊経路を考慮して行った。

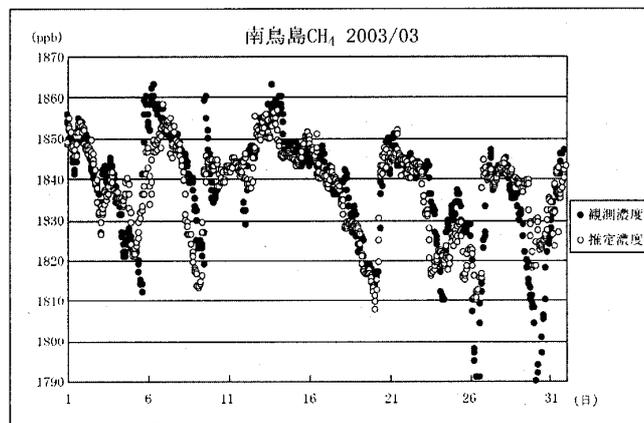


図 2 南鳥島でのメタン観測値と推定値