

成層圏化学気候モデルを用いたオゾンホールの回復予測について  
(環境省・筑波研究学園都市各記者クラブ同時発表)

平成 18 年 5 月 19 日(金)  
独立行政法人国立環境研究所  
大気圏環境研究領域 大気物理研究室  
主任研究員：秋吉英治(029-850-2393)

< 要旨 >

国立環境研究所は東京大学気候システム研究センターと共同で成層圏化学気候モデル (CCSR/NIES CCM) と呼ばれる数値モデルを開発してきた。今回、フロンやハロンなどオゾン層破壊関連物質の将来の放出シナリオや二酸化炭素をはじめとする温室効果気体の今後予想される濃度変動を考慮に入れて、将来のオゾン層の変化についての数値実験を行い、今後オゾンホールは更に拡大するのか、オゾンホールはいつ頃回復すると期待されるか、について結果が得られたので、ここに公表する。

成層圏におけるオゾンの量や分布は、オゾンの生成や分解に関わる化学過程や大気の輸送に関わる物理過程、さらに太陽光の吸収や赤外放射と言った放射過程の間での複雑なフィードバックの結果生み出されている。したがって、オゾン層の長期の変化を予測するためには、存在するフィードバックの影響を考慮する必要がある。化学気候モデルとは、フィードバックの存在を取り込んだ数値モデルである。

今回の数値実験に用いた化学気候モデルでは、フロンなどを起源とする塩素によるオゾン分解だけでなく、これまでのモデルには十分に考慮されていなかったハロンなどを起源とする臭素によるオゾン分解も考慮されている。数値モデル実験の結果によれば、現在のオゾンホールの規模はほぼ最大の規模にあり、今後しばらくは大規模なオゾンホールの生成が続くものと予想される。しかしながら、2020 年ごろにはオゾンホールの回復傾向が認められ、今世紀半ば頃にはオゾンホールは解消されることが期待される。

なお本研究は、環境省の競争的研究資金である地球環境研究総合推進費によって実施された。またその成果は日本気象学会 (5/21 - 5/24 つくば) で発表される。

1. オゾン層保護に向けた取組

オゾン層の保護に向け、国際的な協調のもとでオゾン層破壊物質 (フロンなど) の生産や使用の規制が進められてきた (図 1 参照)。その結果、地上で測定しているフロンなどの濃度には 1990 年代半ば頃から減少傾向が認められるに至った (図 2 参照)。また、オゾン層が存在する成層圏においても 1990 年代後半には減少傾向に転じたと考えられる。

一方、オゾンホールの規模は、年による変動が大きいものの、2000 年代に入っても全体としてはほぼ横ばい傾向 (図 3 を参照) にあり、回復に向かう明確な傾向は観測されていない。

2. フロン・ハロン濃度の変化とオゾンホール

オゾンホールの拡大は、人間活動によるフロンやハロンなどの大気への放出による濃度の増大が原因と考えられる。そのフロンやハロンなどの濃度は現在、成層圏においても減少傾向にある。

しかしながらオゾン層の取り巻く環境（温室効果気体をはじめとするフロン以外の物質の濃度や気温などのオゾン層の気象条件）は、オゾンホール出現以前の1970年代と比べると既に大きく異なっている。よって、フロンなどの濃度が順調に減少して1970年代のレベルにまで戻ったとしても、オゾンホールがフロンなどの減少に率直に追従して縮小・消滅するとは限らない。

### 3．数値モデルの開発

オゾン層が存在する成層圏では、化学的なオゾンの生成や分解、太陽光の吸収や赤外線の出射など放射による加熱・冷却、さらには大気の混合や物質の輸送などのプロセスの間でフィードバックが存在している。したがって、将来のオゾン層の変化を予測するためには、成層圏に存在する化学・力学・放射の間のフィードバックをあらわに取り込んだ成層圏化学気候モデルと呼ばれる数値モデルを利用する必要がある（化学気候モデルの概念図を図4に示す）。国立環境研究所では東京大学気候システム研究センターと共同で成層圏化学気候モデル（CCSR/NIES CCM）の開発に取り組んできた。今回の数値実験に用いたCCSR/NIES CCMでは、フロンなどを起源とする塩素によるオゾン分解だけでなく、これまでのモデルには十分に考慮されていなかったハロンなどを起源とする臭素によるオゾン分解も考慮されている。更に、空間分解能の向上や物理過程に関する幾つかの改良を加えた事により、オゾンホールの発生時期や消滅時期が観測事実をよく再現できるようになった。

### 4．数値モデルを用いたオゾン層の長期変化の実験

フロン類や二酸化炭素をはじめとする温室効果気体などの今後の濃度変化（図5を参照）さらには海面水温や太陽放射を外部パラメータとして成層圏化学気候モデルに入力し、1970年代後半からのオゾン層の変化についての数値実験を行った。その結果、1980年から1990年代半ばにかけて観測された、オゾンホールの面積が拡大し、オゾンホール内の最低オゾン量が大きく減少する様子が再現された。更に数値実験期間を延ばしていくと、1990年代半ばから2010年代半ばまでは大規模なオゾンホールの出現が続く事が示唆される結果が得られた。しかし2020年代に入るとオゾンホールの面積が縮小し、最低オゾン量も増加する形でオゾンホールが回復ステージに入ったと思われる計算結果が得られた。さらに期間を延ばして計算を行った結果、今世紀半ば頃には南極のオゾン層は1980年レベルに回復するとの結果が得られた。（図6を参照）

今回の数値モデル計算からは、オゾンホールの回復においては大気中の塩素・臭素量の減少が不可欠のものであり、これまでのオゾン層保護対策は有効に働いていることが示された。またモデル実験結果は、オゾン層は今後数十年に渡って脆弱な状況が続くことを示しており、モデル計算に用いた以上のフロンやハロンの使用・放出がなされた場合には、オゾンホールの回復はさらに遅れるものと予想される。

問い合わせ先：

独立行政法人国立環境研究所大気圏環境研究領域大気物理研究室  
主任研究員：秋吉英治（029-850-2393）

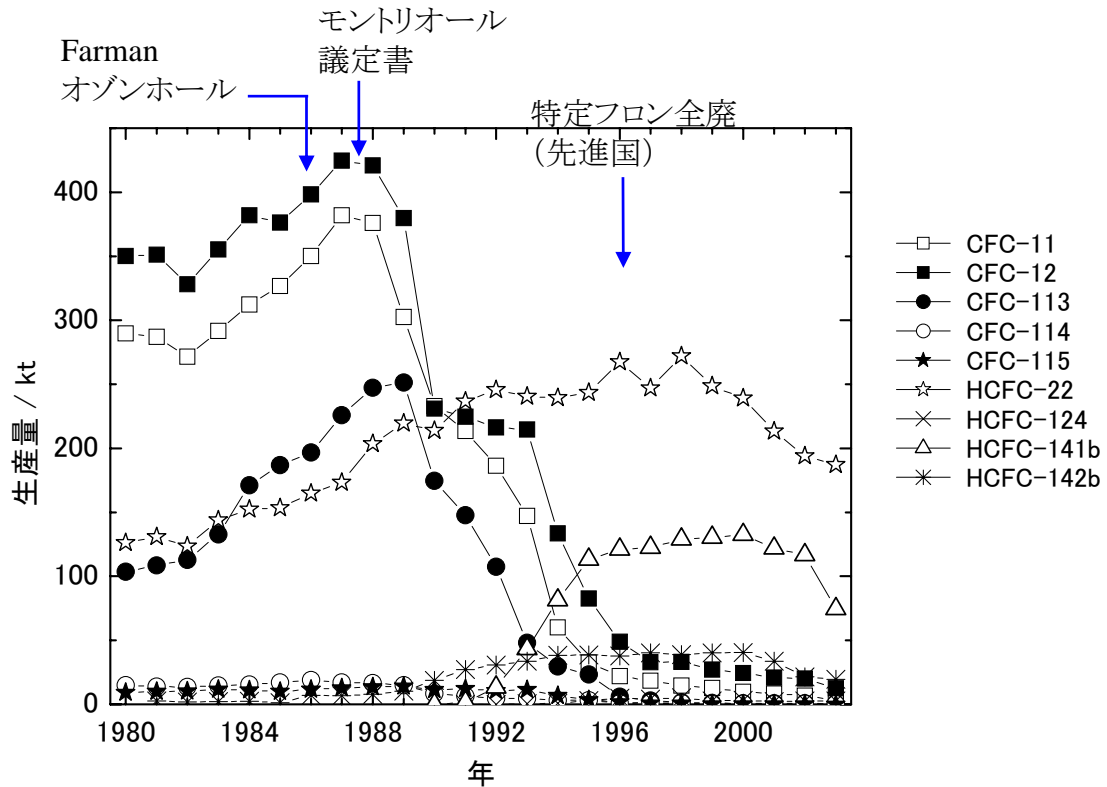


図1. 世界における主要なフロン類の年別生産量の推移 (1980～2003年)  
 The Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study (AFEAS)に登録のあったデータに基づいて作成

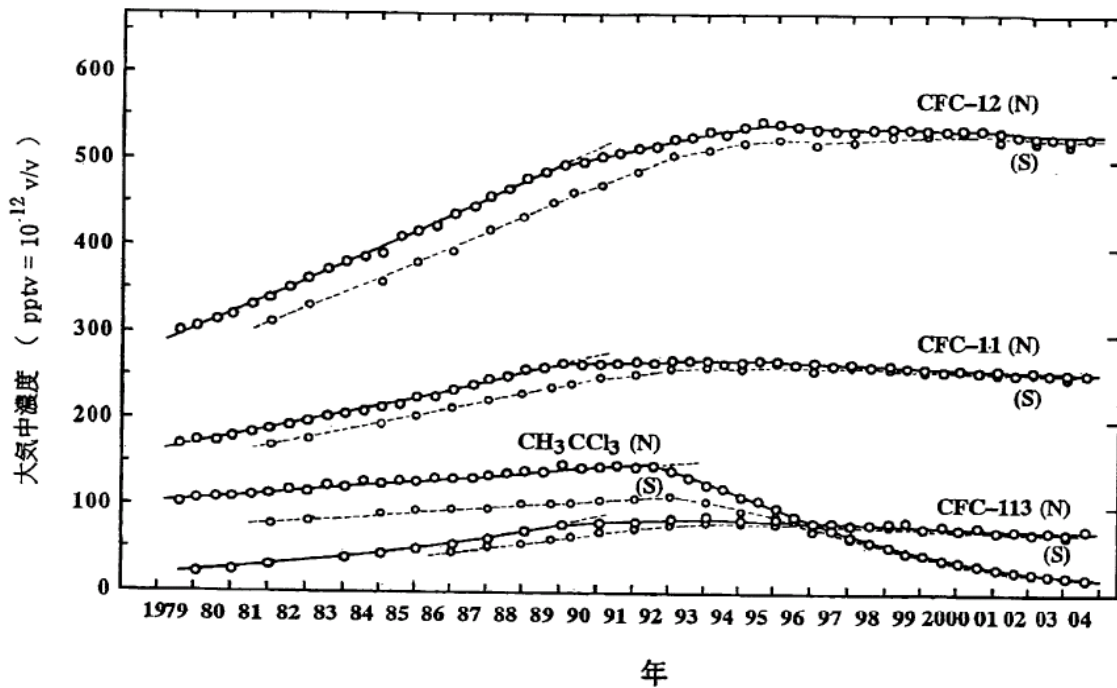


図2. 北海道(N)および南極昭和基地(S)における特定物質の大気中平均濃度の経年変化  
 平成16年度「オゾン層等の監視結果に関する年次報告書 (環境省)」より引用

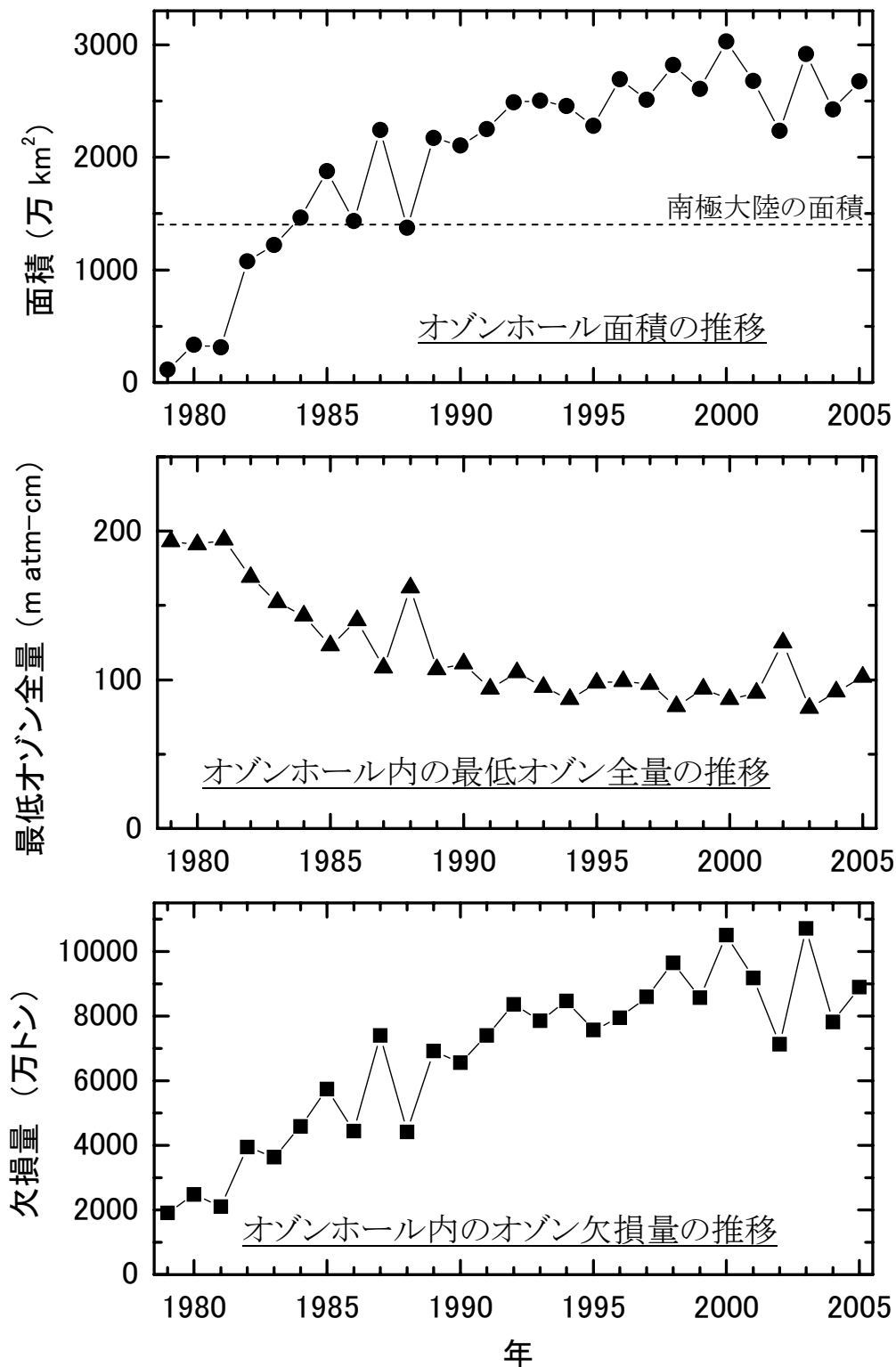


図3. オゾンホール規模をあらわす三要素(オゾンホール面積、最低オゾン全量、オゾン欠損量)の経年変化。「オゾン層観測報告:2005」(気象庁)より引用。

面積はオゾン全量が220 m atm-cm (DU)以下の領域の面積、最低オゾン全量はオゾンホール内のオゾン全量の最低値、オゾン欠損量は南緯45度以南のオゾン全量を300 m atm-cmに回復させるために必要なオゾンの質量をいう。

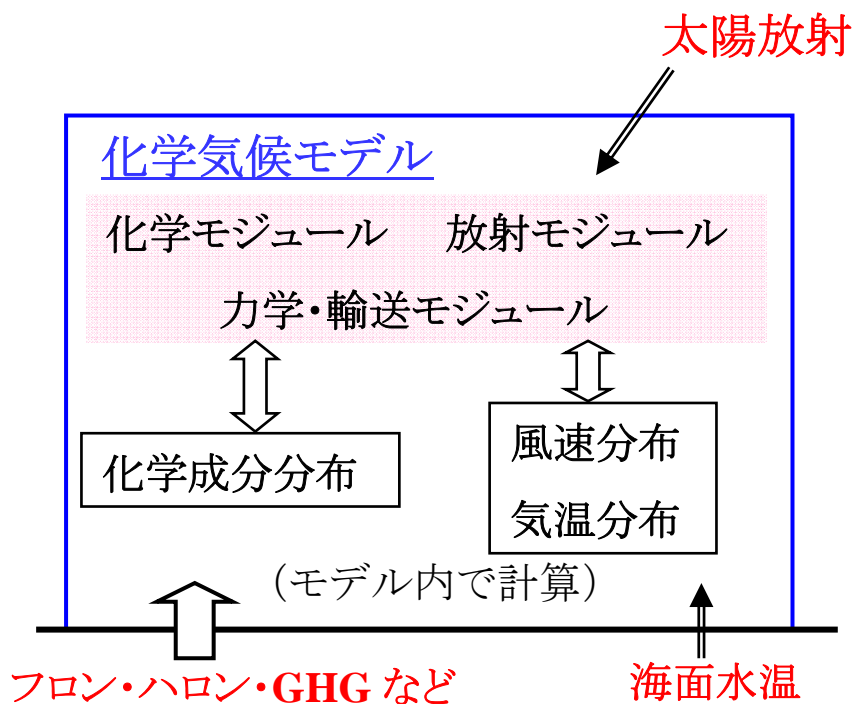


図4. 化学気候モデルの概念図。

赤で示した、フロン・ハロン・温室効果気体 (GHG) などの放出量の推移や海面水温、太陽放射などを外部パラメータとしてモデルに入力。化学—力学—放射過程の間の相互作用を含んだ化学気候モデル内で化学成分分布や風速・気温分布を計算して、オゾン層の長期の変化を調べる。

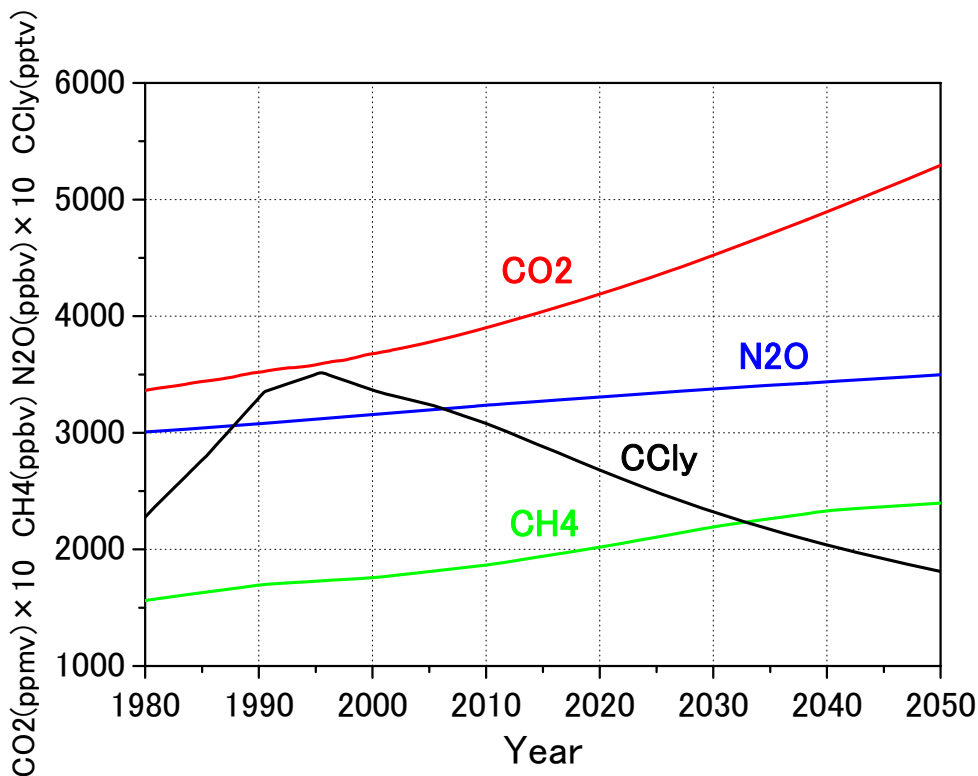


図5. オゾンホール長期変化の数値モデル実験を行う際に想定した有機塩素化合物や温室効果気体の濃度の変化

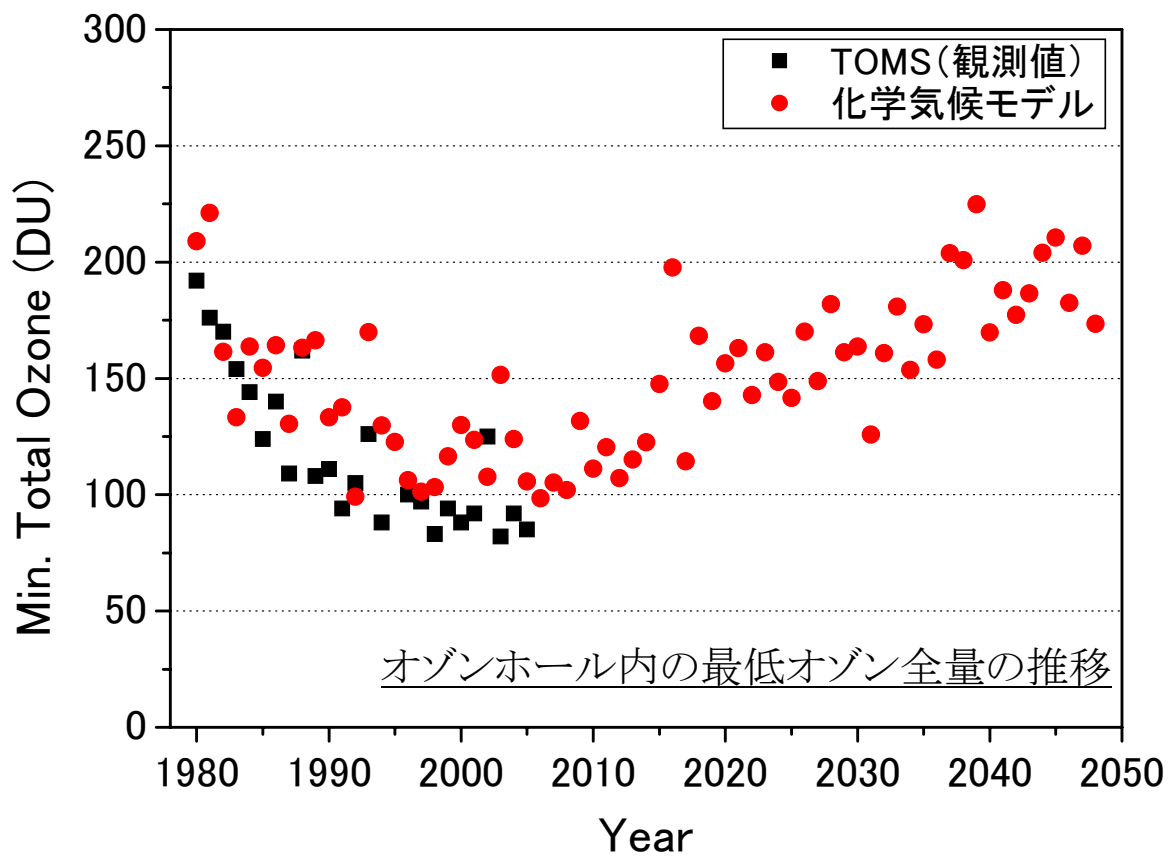
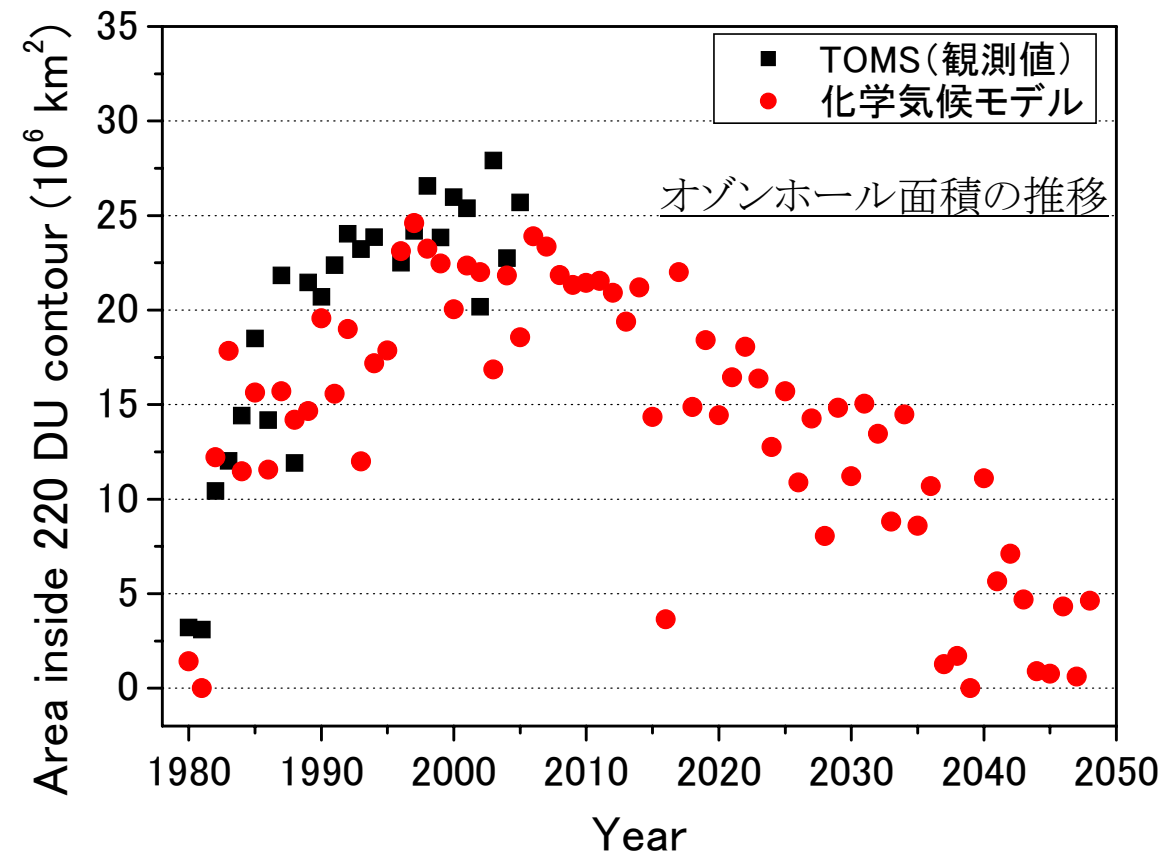


図6. 化学気候モデルを用いた数値実験から予想されるオゾンホールの変化。上がオゾンホール面積の推移、下がオゾンホール内の最低オゾン全量の推移。図中、黒印は衛星からの観測値(TOMS)、赤印は化学気候モデルによって計算された値。