HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	成層圏大気の組成
Author(s)	藤原, 正智
Relation	地球と宇宙の化学事典 （日本地球化学会編, 2012年刊）
Issue Date	2012-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/72339
Type	book part
File Information	composition_of_the_stratosphere_Fujiwara.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

5-01

成層圏大気の組成

composition of the stratosphere

成層圏とは，対流圏界面（中高緯度で高度10 km，気温−55℃，熱帯で17 km，−80℃）と成層圏界面（50 km，夏極で0℃，冬極で−20℃）の間の領域のことをいう．つまり，成層圏では気温が高度とともに増加し，大気は熱力学的に安定な成層をなしている．さらに，成層圏界面と中間圏界面（85 km，夏極で−100℃，冬極で−40℃）の間を中間圏と呼び，成層圏と中間圏をあわせて中層大気と呼ぶ．この成層圏における気温増加，あるいは中層大気という高度50 km付近に気温極大を持つ分厚い大気層は，オゾン層の存在によって作り出されたものであり，地球大気特有のものである．成層圏は安定であるため積雲対流活動は存在しないが，対流圏で励起されたさまざまな大気波動が伝播してきて大気循環を駆動している．

中層大気の主成分とその体積混合比は，対流圏同様，窒素分子（N_2，78.1%），酸素分子（O_2，21.0%），アルゴン（Ar，0.9%）である．中層大気の空気密度は地表の1/10〜1/100,000と大変希薄ではあるが，大気運動の最小単位は依然として個々の分子ではなく大小さまざまな乱渦であるため，これら不活性分子の混合比の値も対流圏と同様となっている．分子量に応じて混合比が鉛直方向に変化する重力分離（分子拡散）が顕在化してくるのは，中間圏界面より上空の熱圏である．中層大気にはさらに，オゾン（O_3）をはじめとしてさまざまな微量成分が存在しており，大気の放射的性質，光化学的性質を決めている．

中層大気の放射エネルギー収支に関わり，気温分布を決めている分子は，主としてオゾン，二酸化炭素（CO_2），水蒸気（H_2O）である．オゾンは混合比でみると熱帯の高度30〜35 km付近に極大値10 ppmv程度をもつ．オゾンの太陽紫外線（波長0.32 μm以下）を吸収して光解離する性質が中層大気の放射加熱過程となり，9.6 μm付近の赤外線を吸収射出する性質が，放射冷却過程のひとつとなる．二酸化炭素の混合比は中層大気において緯度や高度によらずおおよそ一定である．2000年代では370 ppmv程度であり，対流圏での増加が数年〜10年程度遅れて伝わる．二酸化炭素の15 μm付近の赤外線を吸収射出する性質が，中層大気の主たる放射冷却過程となる．水蒸気の混合比は主として熱帯対流圏界面の気温により決まるが，メタン（CH_4）の酸化に伴う生成もあり，4〜6 ppmv程度で上空・高緯度ほどやや高い．水蒸気の6.3 μm付近および10 μm以上の幅広い波長域の赤外線を吸収射出する性質が，弱いながら中層大気の放射冷却過程のひとつとなる．まとめると，中層大気の放射収支は，オゾンによる加熱と，二酸化炭素（70%程度の寄与），オゾン（30%），水蒸気（5%）による冷却とがつりあう形で維持されている．実際の気温分布は，さらに大気波動が駆動する大気循環の影響も受けて決まる．

オゾン層の光化学過程に関わる分子は，酸素分子，オゾン，HOx（水素酸化物ラジカル，H_2Oを起源とするOHとHO_2），NOx（窒素酸化物ラジカル，N_2Oを起源とするNOとNO_2），ClOx（フロンを起源とする塩素ラジカル）などである．おおまかには，酸素分子が太陽紫外線（波長0.24 μm以下）により酸素原子に光解離し他の酸素分子と結合する過程がオゾンの生成過程であり，オゾンが太陽紫外線（波長0.32 μm以下）により光解離する過程がオゾンの消失過程である．さらに，非常に微量なHOx，NOx，ClOxがオゾンを触

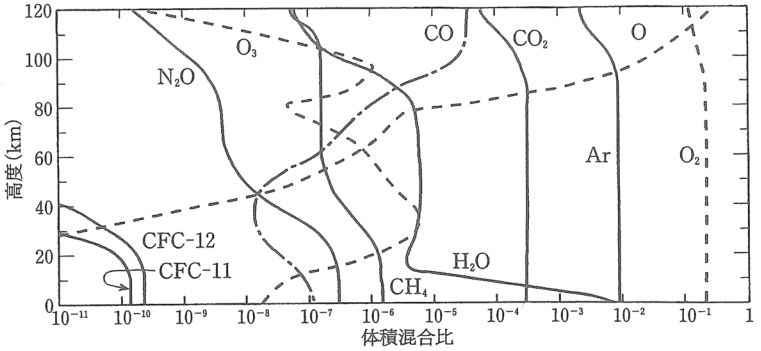

図1 現在の地球大気の組成（Goody, 1995）
春分・秋分時．N_2（高度100 km以下では0.78で一定）以外の主要な大気成分を示す．
CFC-11は$CFCl_3$，CFC-12はCF_2Cl_2のことである．

媒的に消失させる光化学過程があり，これら生成消失過程の結果としてオゾン濃度が決まる．（オゾン層に関する詳細は5-05参照．）

成層圏にはさまざまな微粒子も存在している．高度15～25 kmには硫酸液滴のエアロゾルが遍在しており，これは生物起源の硫化カルボニル（COS）と大規模な火山噴火に伴うSO_2を起源とする．冬季極域の下部成層圏で生成し，オゾンホール形成に重要な役割を果たす極成層圏雲（PSCs：polar stratospheric clouds）は，硝酸水和物が凝結したものである．

〔藤原正智〕