

窒素酸化物とオゾンに与える雷の影響：BIBLE-C 観測結果報告

Impact of lightning on reactive nitrogen and ozone : Results from BIBLE-C aircraft measurement campaign

池田 響[1], 近藤 豊[1], 小池 真[2], 北 和之[3], 竹川 暢之[4], BIBLE science team 北 和之
Hibiki Ikeda[1], Yutaka Kondo[1], Makoto Koike[2], Kazuyuki Kita[3], Nobuyuki Takegawa[4], BIBLE Science team KITA Kazuyuki

[1] 東大先端研, [2] 東大・理, [3] 東大・先端研, [4] 名大STE 研
[1] RCAST, Univ. of Tokyo, [2] EPS, Univ. of Tokyo, [3] RCAST, Univ. Tokyo, [4] STEL

窒素酸化物は、対流圏光化学反応の駆動源、温室効果気体として重要な対流圏オゾンの存在量を制御する。窒素酸化物の重要な発生源のひとつに、雷放電による生成が挙げられるが、雷による窒素酸化物発生源の見積もりは他の発生源に比べて最も不確定性が大きい[Price, 1997]。また、窒素酸化物は大気中での寿命が短いため、分布が局所的であり、その挙動を理解するためにはまだ観測が不足しているのが現状である。

このような背景の下、熱帯オーストラリア域において雷が窒素酸化物とオゾンに与える影響を調べることを目的として、BIBLE-C 航空機観測 (Biomass Burning and Lightning Experiment, Phase C) が行われた。BIBLE-C では、オーストラリア北部の町ダーウィンを拠点に、2000年11月下旬から12月上旬にかけて、ガルフストリームII (G-II) 航空機を用いて、窒素酸化物(NO , NO_y), オゾン(O_3), 一酸化炭素(CO), 炭化水素類などの物質濃度が測定された。この観測期間は熱帯オーストラリアの雨季の始まりにあたり、対流活動が頻繁に見られた。特に、この年はラ・ニーニャの傾向が強かったため、対流活動は例年よりも活発であった。本研究では、BIBLE-C で観測された空気塊の化学的特徴を調べ、窒素酸化物とオゾンに与える雷の影響を評価することを目的とする。

ダーウィン近傍の上部対流圏(ここでは高度10 km以上)で行われた4つのフライトでは、対流活動域から流出した空気塊が測定された。それぞれのフライトの測定場所は近かったにも関わらず、日によって測定された窒素酸化物濃度に大きな違いが見られた。高濃度 NO_x の観測されたフライト10, 13では、 NO_x 中央値が150 pptvだったのに対し、低 NO_x のフライト8, 9では26 pptvであった。

観測経路から一分ごとに走らせた後方流跡線と GMS 雲頂温度を用いた解析によって、空気塊が積雲対流に遭遇した場所と時刻を推定した結果、上記4フライトで観測された空気塊の約9割が、1日以内にカーペンタリア湾周辺で対流活動に遭遇していた。雷の地上観測システム LPATS のデータを用いて、この対流活動に伴う雷発光回数を見積もったところ、その値は高・低 NO_x データの間で約30倍程度の顕著な差が見られ、特に高 NO_x データでは、発光回数が数千回に及ぶデータも見られた。このことは、高 NO_x データで観測された窒素酸化物の増大に雷が寄与していることを示している。

また、高/低 NO_x の両データは、窒素酸化物だけではなく、 CO , O_3 , 赤道海洋起源のメチル・ナイトレートなどの濃度分布が大きく異なっていた。高 NO_x データは大陸性の、低 NO_x データは海洋性の性質を示していたが、両者とも C_2Cl_4 濃度が低かったことから、都市汚染の顕著な影響はなかったと考えられる。物質濃度の特徴は対流活動域の下層から走らせた後方流跡線とよく対応していた。すなわち、高 NO_x データの流跡線はインドネシア方面を通して再びオーストラリア大陸に戻ってきていたのに対して、低 NO_x 空気塊は西太平洋から来ていた。2000年12月のオーストラリアでは、乾季の終わりにも関わらず AVHRR や ATSR などの人工衛星搭載センサーによって多くのホットスポットが観測され、また高 NO_x データで CO と CH_3Cl が正相関していたことから、高 NO_x データにはオーストラリアのバイオマス燃焼がある程度影響していた可能性がある。

ダーウィンからオーストラリア中部のアリス・スプリングスにわたる領域で行われたフライト6では、南緯19度から25度にわたって NO_x が800 pptv 程度に至るブルームが断続的に観測された。流跡線解析によると、これらの空気塊は2-4日前にダーウィン付近からニューギニアにかけての領域で積雲対流に遭遇しており、上述のダーウィン近傍で得られた高 NO_x データ同様、強い雷活動が伴っていた。

このフライトで観測された雷ブルームについて、観測されたオゾンがどの程度雷の影響を受けているのを見積もったところ、 NO_x 濃度とともにオゾン生成率が増加する傾向が見られ、ボックスモデルによるオゾン生成率は最大3 ppbv/day 程度であった。また、このフライトでは O_3 と NO_x の間にも正相関が見られ、それぞれ O_3 の増分は15 ppbv 程度であった。初期解析の結果、この空気塊では輸送中にオゾンが約5-10 ppbv 程度生成された可能性がある。

以上の結果は、熱帯オーストラリアからニューギニアにかけて起こる雷が、オーストラリア周辺の上部対流圏における窒素酸化物とオゾンに有意に影響していることを示唆している。