

8. レーザー吸収法によるエンジン排気中の NO/NO₂ 同時測定

航空推進研究センター クリーンエンジン技術グループ

山田秀志、林 茂

研究の背景

航空エンジンからの排気が大気やオゾン層に与える影響が懸念されているが、国際民間航空機構 ICAO では現在規制の対象としている空港での離発着時に加え、巡航時の排出も考慮した規制の導入が検討されている。さらに、大気シミュレーションによる影響予測が行われているが、その確度を高めるためには排出成分とその量についてのデータや、巡航時の排気濃度の直接測定が不可欠である。

本研究では、半導体レーザー吸収法により、NO/NO₂濃度を同時かつ非接触で測定することを目標とする技術の開発を進めている。この装置は、現在のプローブによる試料採取と異なり、プローブ中で NO から NO₂ への変換の指摘に対して非接触で測定するため、両者を分離して同時に測定できれば、新たな知見が得られると期待される。

特徴

排気や燃焼ガスの NO、NO₂ 濃度の非接触測定が可能

リアルタイムによる迅速なエンジン排気の NO、NO₂ 濃度の評価ができる

NO-NO₂ 変換反応の基礎データが取得できる

装置の構成

これまでの基礎試験を含む測定装置は、写真左から温度校正用高温セル、模擬排気ジェット発生部、計測制御系から構成されている。温度校正用高温セルに既知濃度の NO/N₂ あるいは NO₂/N₂ ガスを満たして、感度と温度依存性を評価した。図 2 に示すように室温から約 500K までの温度範囲



図 1 基礎試験装置外観

での感度変化で求め 1000K まで外挿した。NO₂ の検出限界は常温で 1ppm-m、800K では 3.7ppm-m となり、NO は常温で 14.5ppm-m に対して約 30ppm-m になると推定できる。これより、NO の検出感度より NO₂ の方が 1 桁高いことがわかる。

・ 模擬排気ジェット発生装置で、実際の燃焼ガスに含まれている CO₂ ガスを混合し、常温で測定対象分子の NO、NO₂ との干渉影響を調べた結果を図 3 に示す。

始め 20 /min の流量で空気が流れているところへ、(a) 点で NO₂/N₂ (5 /min、

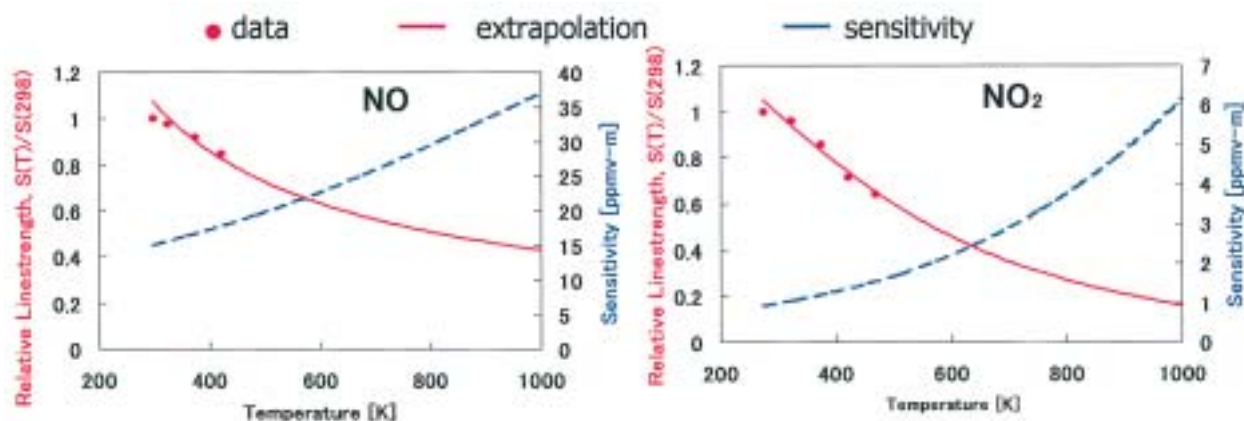


図 2 NO、NO₂ に対する温度依存性と感度

NO₂ 濃度 106ppm) を供給する。さらに、(b) 点で NO/N₂ (5 l/min、NO 濃度 998ppm) を追加した。それぞれの点でガスを流すとほぼ同時に排気ジェット中で NO₂ と NO が検出され、(b) 点では NO/N₂ ガスを加えることによって NO₂ の濃度は瞬時に下がっている。

(c) 点で、空気を同じ流量の CO₂/Air (CO₂ 濃度 4.365%) に換え、(d) 点でこの CO₂/Air を同じ流量 (20 l/min) の空気に戻したが、NO、NO₂ の濃度変化は認められなかった。430K においても同様の試験をしたが CO₂ の干渉影響はないことが確認できた。

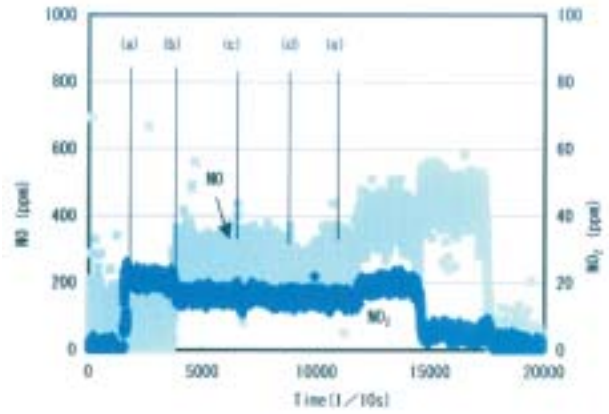


図3 CO₂ の干渉影響 (常温)

折り返しミラー (マルチパス)

エンジン排気温度 (800K) において、NO₂ の感度は 3.7ppm-m、NO の感度は 30ppm-m と推定される。

エンジン排気中の NO_x 濃度の測定に適用するためには NO の検出感度をさらに上げる必要があるため、折り返しミラー (マルチパス) を採用することにより光路 (パス) を長くし、NO の検出感度の改善を図った。

NO、NO₂ 同時計測用マルチパスの光学系を図 4 に示す。このマルチパス光学系で模擬排気ジェット中の NO、NO₂ ガス濃度の測定に成功した例を図 5 に示す。図 6 はマルチパスのミラー間の距離を 0.5m で設計されたものを、実機測定時の問題点を把握するため、ガスタービンエンジンの排気ダクト径 (0.75m) に合わせて設置した光学系の写真と測定した結果の一例を示す。

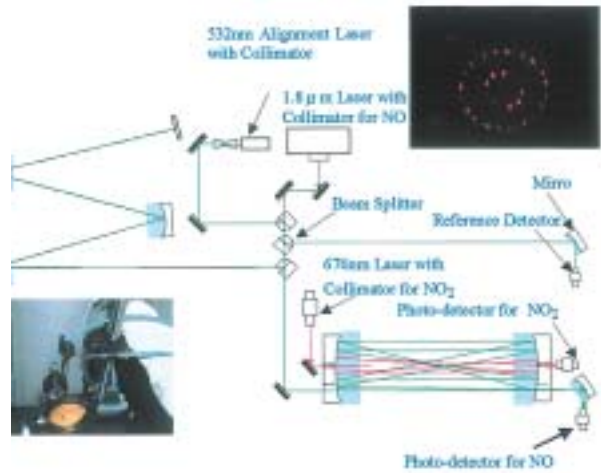


図4 マルチパス光学系

まとめ

実機の燃焼排気ガスやガスタービンエンジンの排気ダクトにマルチパス光学系を配置して問題点を検証した。

レーザービームがガス中の温度分布やジェットとミラー間にある室内空気との温度差によってステアリングを起こし検出部から外れる現象が現れた。今後、実用化を目指し、検出部センサーを大きくするのを始め、折り返し回数を減らして測定感度を上げる対策を行う予定である。

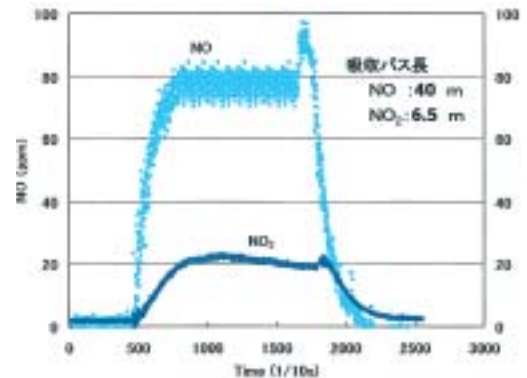


図5 NO、NO₂ の同時測定 (常温)



図6 ガスタービンの排気測定例

