

都心を低空飛行する航空機からの排ガス・排熱データベースの構築，および街区への汚染物質輸送過程の解明と市民の健康影響評価

東京理科大学 ○仲吉信人*1
東京理科大学 近藤慧史*3
東京理科大学 小野村史穂*2

WRF メソスケール気象 人工排熱
大気化学 羽田空港 成田空港

研究の目的

本研究では，羽田空港・成田空港を離発着する航空機からの排熱、排出化学物質の気象シミュレーション用データベースを構築し，気象計算により航空機排熱が気象場に及ぼす影響を評価するとともに，航空機からの排出化学物質の地上汚染濃度について評価を行うことを目的とする．加えて，航空機排ガスの都市街区での実測に向けて，安価なエアロゾル測定デバイスの試作も行う．街区内の汚染濃度分布を調査するには複数の測定デバイスが必要であり，高額な市販センサでそれを行うのはハードルが高い．安価な半導体モジュールを用いて測定デバイスを構築することで，航空機からの汚染物質の実態評価を後押しすると考える．

研究の内容

航空機排熱・排ガスデータベース構築

データベースで対象とするのは，東京国際空港（羽田空港）および成田空港を離発着する航空機からの排熱，窒素酸化物 NOx，一酸化炭素 CO，炭化水素 HC である．これらを，メソ気象モデルへの導入を意図し，500 m の空間解像度，1 時間分解能で整備する．また，LTO サイクル内の排出量を対象とする．LTO とは Landing, Take off の略語であり，LTO サイクルとは高度 3000 ft に到達するまで，あるいは 3000 ft の高度から下降・着陸し，到達するまでの一連の機体動作を示す．

気象数値計算による航空機排熱・排ガスの影響調査

オープンソース気象モデルである WRF（バージョン 3.9.1.1）および WRF における化学計算パッケージである WRF-chem（バージョン 3.9）をベースに，構築したデータベースを組み込めるように改良した．改良した WRF を用い，航空機排熱による都市気温の上昇の有無，および降水への影響を夏季，冬季を対象に調査した．また改良した WRF-chem を用い，航空機由来の NOx，CO，HC の地上汚染濃度を夏季，冬季において評価した．

安価なエアロゾル測定デバイスの試作

組み込み系マイコンである Arduino Mega に GPS モジュール（AE-GYSFDMAXB，秋月電子），温湿度モジュール

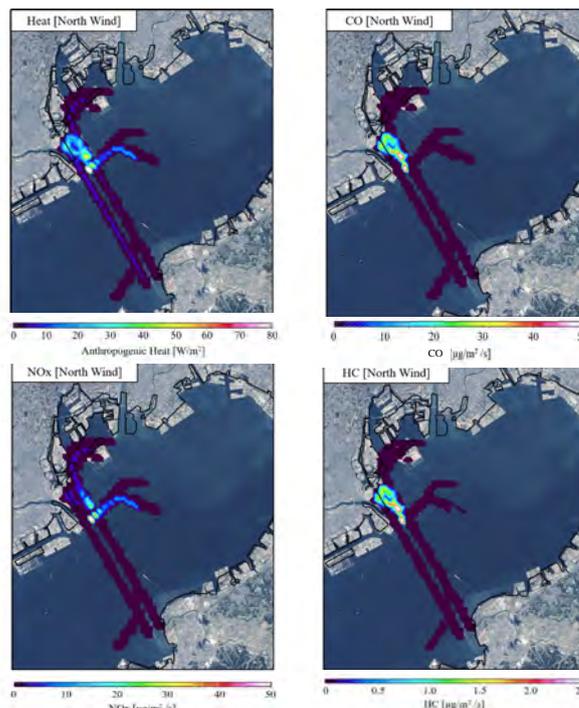


図1 羽田空港離着陸便の排熱・排ガス分布

（SHT35，Sensirion），エアロゾルモジュール（SPS30，Sensirion）を接続し，マイコンで測定制御し測定値をmicroSDカードに記録する測定機器を作成した．本センサではPM2.5およびPM10の質量濃度，数濃度を測定することができる．本システムは市販センサの50分の1以下のコストで構築可能である．

研究の成果、新発見

図1に羽田空港を離着陸する航空機からの排熱，NOx，CO，HCの鉛直積算した24時間平均排出量を図示する．羽田空港では風向により北風運用，南風運用のルートに分かれるがここでは南風運用時の排出分布を示す．排熱分布もいずれの汚染物質の分布も滑走路付近において高値を示している．24時間での排熱総量は $3.76 \times 10^{13} \text{ J}$ であり，東京23区の自動車による排熱量より1オーダー小さい値であった（2005年時の自動車排熱量 $5.3 \times 10^{14} \text{ J}$ ）．南風時における1日の総排出量はNOxは $13.9 \times 10^3 \text{ kg}$ ，COでは

6.34×10³ kg, HC では8.17×10₂ kg であった.

気象シミュレーションによれば, 排熱に伴う気温上昇量は羽田空港 25 km 圏内で平均化すれば夏季・冬季ともに 0.01℃であり (図略), ヒートアイランドを助長することはなかった.

一方, 航空機排熱を組み込んだ計算では, 排熱無し計算に比べ夏季の降水量を 1 ヶ月積算で 58 mm 増加させた (羽田空港 25 km 圏内での平均値). 顕著な降水強化が確認されたのは 2018 年 8 月 11 日から 12 日にかけて発生した降水である. 本降水は埼玉県北西部で発生した雨域が東京都心に南進してくる際に強化されたものであるが, 排熱無し計算では雨域の強化が弱かった (図 2). なお, 冬季においては降水強化の事例は確認されなかった.

図 3 に羽田空港を離着陸する航空機からの化学物質の地上汚染濃度分布を示す. いずれの化学物質においても夜間に空港周辺に高濃度が確認され, 日中は強い大気混合により広範囲に輸送されている様子が確認される. 羽田空港 5 km 圏内で平均化した限りにおいては, 航空機排ガスによる地上汚染濃度が環境基準値を超えることはなかった.

図 4 に試作したエアロゾル測定デバイスの外観とセンサ出力値の比較を示す. 本デバイスを 4 セット作成しエアロゾル濃度出力の器差を確認したところ, 全てのセンサデバイスは高い相関を示すことが確認された. 一方, 高額な市販センサ (AeroTrak9306, TSI) と比較すると, 両者の出力値は分散が大きく絶対精度には課題が残る (図略). 少なくとも, 本センサを用いることで, 汚染濃度の空間分布を相対的に評価することは可能になったと言える.

今後の予定

コロナ影響により予定した都市街区での汚染濃度の実測調査が実現しなかった. コロナ収束後に汚染物質濃度の観測を実施し, 汚染の実態を観測ベースで評価する必要がある. また, コロナ影響により航空需要が激減し, 2020 年度に導入された都心を低空飛行する新ルートが使用されることはなかった. 新ルートの評価は今後の課題である.

謝辞

本研究は大成学術財団からの研究助成により実施されました. また, 東京理科大学土木工学科水理研究室の学生にはデータベース構築に際し実施した羽田空港, 成田空港での調査に協力頂いた. ここに謝意を表します.

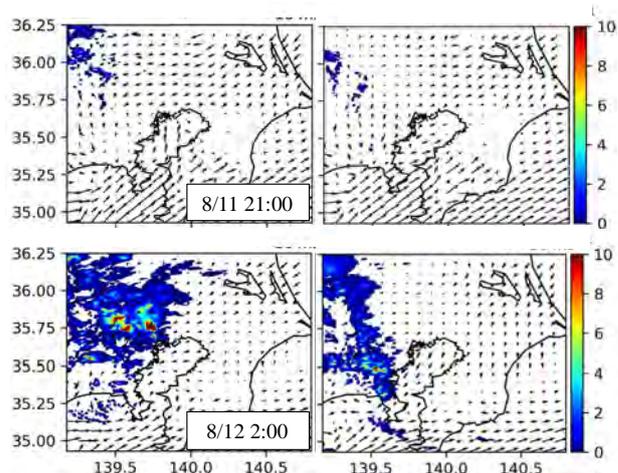


図 2 羽田空港離着陸便の排熱による降水強化の事例

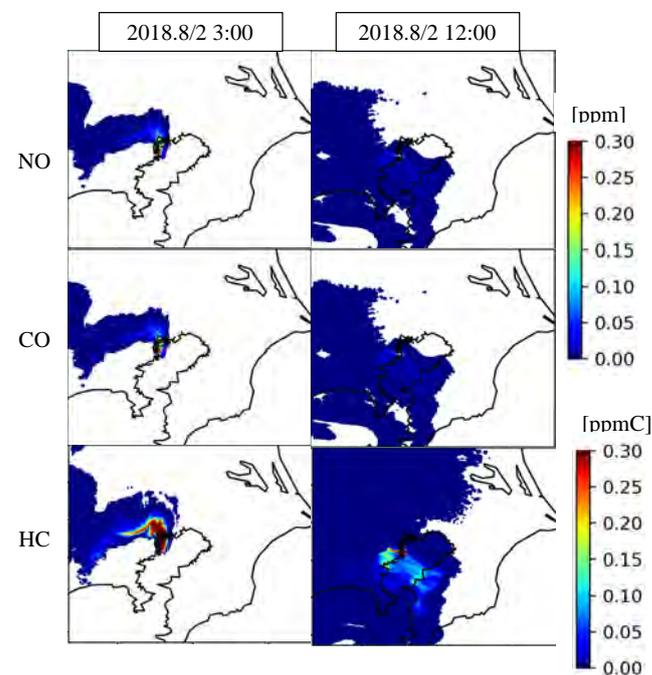


図 3 羽田空港離着陸便による汚染物質の地上濃度

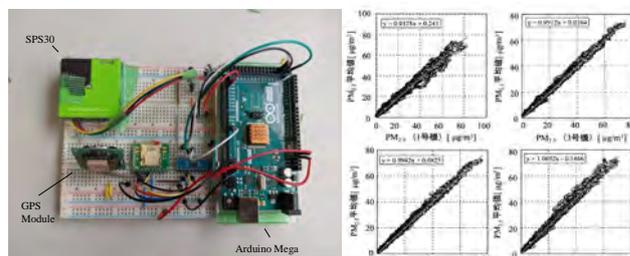


図 4 試作したエアロゾル測定デバイスの外観とセンサ器差.

*1 東京理科大学理工学部土木工学科・助教授

*2 同・助教 *3 同・大学院生(修士課程)

*Tokyo University of Science, Faculty of Science and Technology, Civil Engineering Department