

## 次世代自動車導入による夏季の関東地方における大気環境影響評価

1. 発表者：戸野倉 賢一（東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻 教授）

### 2. 発表のポイント：

- ◆次世代自動車導入により夏季の関東地方において、オゾン濃度増減に地域差があることを明らかにしました。
- ◆その結果、首都圏を中心に大気中のオゾン濃度が上昇する傾向にあることが明らかになりました。
- ◆都市での大気質の改善においては、大気汚染物質の排出量変化に伴う総合的な大気環境影響評価を実施していくことが重要であります。

### 3. 発表概要：

東京大学大学院新領域創成科学研究科の戸野倉賢一教授と博士課程3年生の秦寛夫（東京都環境科学研究所研究員）は、ハイブリッド車（HV）やゼロエミッション車（ZEV、注1）などの次世代自動車の導入により引き起こされる夏季の関東地方におけるオゾン（注2）濃度変化について、大気化学輸送モデル（注3）を基にしたシミュレーションを用いて検討を行いました。次世代自動車の導入により、自動車からの二酸化炭素の排出削減ならびに光化学オキシダント（注4）の前駆物質である揮発性有機化合物（VOC）と窒素酸化物（NO<sub>x</sub>、注5）の排出削減が期待されます。その結果、現在の乗用車をすべてハイブリッド車に置き換えた場合は、人口密集地である首都圏を中心にオゾン濃度が上昇し、郊外ではオゾン濃度が低下する結果となりました。一方で、乗用車をすべてゼロエミッション車に置き換えた場合には、首都圏ではオゾン濃度はほぼ変わらないという結果を得ました。また、乗用車と重量車（トラック）をすべてハイブリッド車もしくはゼロエミッション車に置き換えた場合には、乗用車をすべてハイブリッド車にした場合と同様に、首都圏を中心にオゾン濃度が上昇し、郊外ではオゾン濃度が低下することが確認されました。今回の結果は、次世代自動車の導入は首都圏を中心にオゾン濃度の削減については有効でない場合が存在すること、大気質の改善にはその導入と同時に他の排出源からのVOCとNO<sub>x</sub>排出の同時削減が必要であることを示唆しています。

### 4. 発表内容：

光化学オキシダントの生成には揮発性有機化合物（VOC）と窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）が関与しており、それらの人為発生源として自動車由来の排出ガスの寄与率が高いことが知られています。一方で、二酸化炭素排出量の削減を目的として、ハイブリッド車（HV）やゼロエミッション車（ZEV）等の次世代自動車の導入が首都圏を中心に推進されています。次世代自動車の普及により、自動車から直接排出される二酸化炭素やVOCとNO<sub>x</sub>の排出量の減少による環境負荷の低減が予想されますが、VOCやNO<sub>x</sub>の大気濃度が変化することによる大気オゾン濃度の変化に伴う環境影響評価についてはこれまでほとんど行われていませんでした。本研究では、関東地方において次世代自動車を導入することにより、大気中オゾン濃度がどのように変化するか、またオゾン濃度の変化に伴う環境リスク評価について検討しました。

大気化学輸送モデルを用いたシミュレーションにより、次世代自動車を導入した4つのシナリオ（①：現在の乗用車をすべてHVに置き換えた場合、②：乗用車をすべてをZEVに置き換

えた場合、③：乗用車と重量車（トラック）をすべてHVに置き換えた場合、④：乗用車と重量車をすべてZEVに置き換えた場合）で関東1都6県における大気中オゾン濃度の変化量について調査しました。計算は、2013年の排出インベントリ（注6）と気象条件を基に行っております。

図1に各シナリオにおけるオゾン濃度変化（7月と8月の2か月の期間平均）を示します。図1に見られるように、乗用車をすべてHVに置き換えたシナリオ①では、人口密集地である首都圏を中心にオゾン濃度が上昇し、郊外ではオゾン濃度が低下する結果となりました。さらに、乗用車すべてをZEVに置き換えたシナリオ②では、図2に示すように首都圏（東京:新宿）ではオゾン濃度にほとんど変化が見られませんでした。郊外（群馬:前橋）では昼間におけるオゾン濃度の減少がみられました。一方で、乗用車と重量車（トラック）をすべてHVもしくはZEVに置き換えたシナリオ③および④では、シナリオ①と同様に、首都圏を中心にオゾン濃度が上昇し、東京では図2に示すように最大で約10 ppbの濃度上昇がみられる結果となりました。前橋では昼間に最大で16 ppbのオゾン濃度が減少することが確認されました。次世代自動車の導入により対流圏オゾンの原因物質であるVOCとNO<sub>x</sub>を同時に削減したにもかかわらず首都圏を中心にオゾン濃度が上昇しました。その原因としては、潜在的にNO濃度が高い地域におけるNO<sub>x</sub>の急激な削減によるNOによるタイトレーション効果（注7）の阻害とVOC律速状態（注8）下でのNO<sub>x</sub>の急激な削減によるオゾン濃度の増加が考えられます。一方で、郊外でオゾン濃度が減少した原因としては、郊外はNO<sub>x</sub>律速状態（注8）下であるためにNO<sub>x</sub>の削減が有効であったことを示しています。

今回の結果は、温室効果ガスの削減に有効な次世代自動車の導入が大気オゾン濃度の削減については必ずしも有効でなく、人口密集地である首都圏を中心にオゾン濃度の上昇による健康リスクや農作物の減収被害を高めてしまう場合が存在することを示唆しています。大気質の改善には、その導入と同時に他の排出源からのVOCとNO<sub>x</sub>排出の同時削減が必要であることが考えられます。今後は電気自動車の導入に伴い、需要が高まる新たな発電所の設置や再生可能エネルギーの導入を見据えたエネルギー政策に基づいた次世代自動車の導入による大気環境影響評価を実施していきます。

## 5. 発表雑誌：

雑誌名：「*Scientific Reports*」（オンライン版：3月5日掲載予定）

論文タイトル：Impact of next-generation vehicles on tropospheric ozone estimated by chemical transport model in the Kanto region, Japan

著者：Hiroo Hata\* and Kenichi Tonokura\*

DOI番号：10.1038/s41598-019-40012-y

アブストラクト URL：[www.nature.com/articles/s41598-019-40012-y](http://www.nature.com/articles/s41598-019-40012-y)

## 6. 用語解説：

（注1）ゼロエミッション車：電気自動車や燃料電池車のことで、走行中に温室効果ガスや大気汚染物質を排出しない自動車。

（注2）オゾン：強い酸化力を持つため、濃度が高くなると人体や植物にダメージを与える。成層圏のオゾンは、生物にとって有害な太陽からの紫外線を吸収する一方で、工場や車から排出される揮発性有機化合物と窒素酸化物が太陽からの紫外線をうけ光化学反

応で生成する対流圏オゾンには、健康影響や農作物の減収被害を与えるという二つの側面を持っている。日本の光化学オキシダント（注4）の大気環境基準は一時間値で0.06 ppmである。

- (注3) 大気化学輸送モデル：大気質シミュレーションモデルのことで、地形、排出源、気象とその他の入力条件をもとに大気汚染物質濃度の分布を推定することができる。
- (注4) 光化学オキシダント：自動車や工場などから排出される窒素酸化物や揮発性有機化合物などが、太陽からの紫外線をうけ光化学反応を起こして作り出される2次生成汚染物質の総称で、このほとんどはオゾンである。
- (注5) 窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）：ここでは主に一酸化窒素（NO）と二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）を指す。
- (注6) 排出インベントリ：NO<sub>x</sub>やVOCなどの大気汚染物質の発生量を時間・空間的にマッピングしたデータ。
- (注7) NOによるタイトレーション効果：大気中の一酸化窒素（NO）濃度が高い時に  $O_3 + NO \rightarrow O_2 + NO_2$  の反応によりオゾンが分解し、その濃度が下がる効果。
- (注8) NO<sub>x</sub> 律速状態と VOC 律速状態：対流圏オゾンの生成は、NO<sub>x</sub> と VOC 濃度のバランスにより影響を受け、一般に NO<sub>x</sub> 律速状態と VOC 律速状態の2つの特徴的な状態があることが知られている。NO<sub>x</sub> 律速状態では、NO<sub>x</sub> 排出量の削減によりオゾン濃度が減少する。VOC 律速状態では VOC 濃度の削減によりオゾン濃度は減少するが、NO<sub>x</sub> 排出量の削減ではほとんどオゾン濃度が減少しない、または逆にオゾン濃度が増加してしまう。

7. 添付資料：

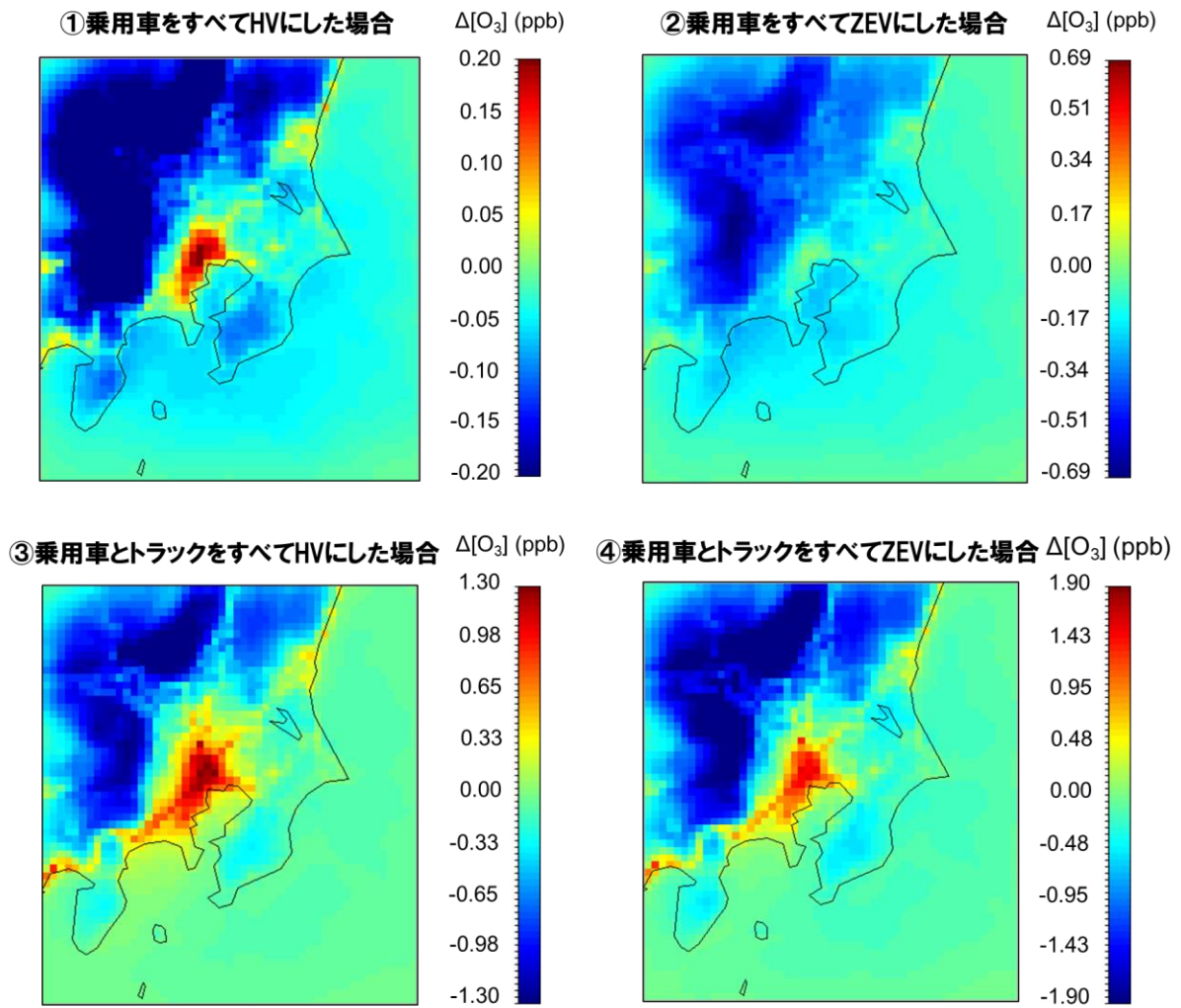


図1：各シナリオにおけるオゾン濃度変化（7月と8月の2か月の期間平均）

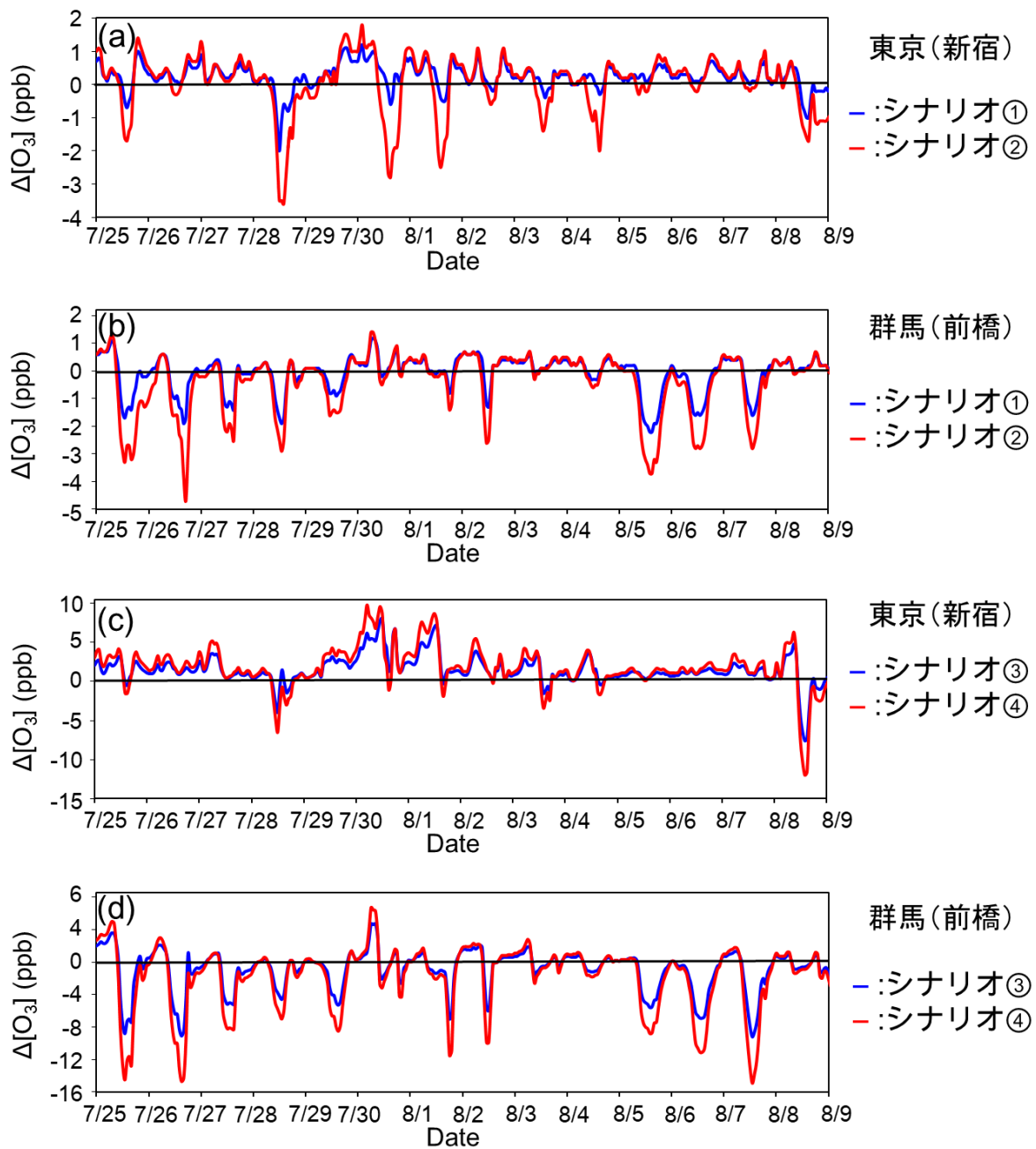


図 2 : 次世代自動車を導入していないベースシナリオから次世代自動車を導入した 4 つのシナリオへのオゾン濃度の変化。東京 (新宿) と群馬 (前橋) の場合を記載。