参考資料２

緊急事態宣言下における光化学オキシダントの大気濃度に関する調査

令和4年3月7日
一般財団法人日本気象協会

事業の目的

【国内における大気環境（光化学オキシダント(Ox)）に係る現況】

取組　ベストミックスによるVOC排出削減など、**着実な取り組みが進行**

⇕

現状　改善効果は見られるが、Oxの環境基準達成状況は極めて低い水準で推移

⇨ 基準達成状況改善には引き続き取り組みが必要

【令和2年度事業における検討】

感染症対策による経済活動縮減の影響から今後の Ox 対策の効果推定に資する情報を得るため、国内主要都市における緊急事態宣言（'20/4~5）前後のOx等濃度の変化を整理

⇨ 成果
- **緊急事態宣言前後のOx 濃度は例年と比べて明瞭な傾向はみられなかった。**
- **前駆物質排出量は緊急事態宣言前後で最大2割低下**

未検討
- 越境汚染を通して日本に影響する東アジアでの変化及びその影響
- 国内排出量以外の要因の影響程度

【本年度の目的・意義】

昨年度事業の内容を発展・拡張し、
①国外（東アジア）でのロックダウン等によるOx及び前駆物質の変化と日本への影響、
②東アジアの影響を含めた国内排出量以外の要因を含めた、国内Ox濃度への寄与等
を評価し、**今後のOx対策の効果の推定に資する情報を得る。**

事業方法：① 広域的影響の解析・知見整理

■事業実施方法

・国外(東アジア地域)でのロックダウン等の影響に係る知見を整理し、日本への寄与を整理するため、以下2点を実施した。

Step1：国外での前駆物質・Ox濃度へのロックダウン影響の知見整理

・東アジア（主に中国）での感染症対策実施期間における、Ox前駆物質、Ox濃度変化に係る知見を収集・整理する。

・同様に当該地域で実施された対策についても知見を整理する。

・上記以外の地域についても可能な範囲で関連知見を整理する。

Step2:国外での前駆物質・Ox濃度変化が日本国内に及ぼす影響の調査

（シミュレーション）

・上記の知見整理の結果を元に、国外（東アジア）での排出量変化が、日本国内のOx濃度に及ぼす寄与度を、モデルを用いて分析する。

・基準ケースと、対象要因を変化させた感度解析によって影響の程度を推計する。

日本以外でのOx濃度等変化に関する情報と、日本国内への寄与度に関する知見の整理

事業結果：① 広域的影響の解析・知見整理

○Step1: 国外での前駆物質・Ox濃度へのロックダウン影響の知見整理

中国で実施された感染症対策

感染源地域：長期間のロックダウンを実施。

その他地域：感染拡大経路を遮断するものの、
道路交通ネットワーク、緊急輸送、
生活物資や生産物の輸送を遮断しない
「一断三不断」の方針を展開

2020年
経済への影響

第1四半期中国のGDP
前年同期比5.3%減
そのうち付加価値は
第一次産業：3.2%減
第二次産業：9.6%減
第三次産業：5.2%減

1月25日交通総輸送量
前年同期比28.8%減
分野別では
鉄道は　41.5%減
道路輸送は25.0%減
民間航空は41.6%減

武漢市

1/23～　空港や鉄道による往路の閉鎖、武漢への旅客輸送の停止、住民の外出制限　など　～4/8

一部を除く企業活動の停止　～3/10

湖北省（武漢市以外）

1月下旬～　公共交通機関の停止及び駅・空港の閉鎖　～3月下旬

2/16～　外部との不必要な出入りの禁止、住民の外出の管理など　～3月下旬

一部を除く企業活動の停止　～3/10

中国全域(湖北省以外)

1月下旬～　住民小区（村）レベルでの人と車の出入りの管理
文化・体育活動室及び娯楽室等の場所を閉鎖　～2月下旬

一部を除く企業活動の停止　～2/9

その他：中国全域で、1月30日までとされていた春節休暇を延長。

事業結果：① 広域的影響の解析・知見整理

○Step1: 国外での前駆物質・Ox濃度へのロックダウン影響の知見整理

中国での感染症対策期間における大気汚染の変化

前駆物質（NOx、VOC)

- 感染症対策期間における前駆物質の濃度及び排出量は、ともに減少傾向（表1、図1）

表1　感染症対策期間における
前駆物質濃度及び排出量の減少率※

2019年 同時期	NOx	VOC (or NMVOC)
濃度	3～6割減	4～5割減
排出量	3～4割減	3～5割減

※複数文献による集計幅であり、中国全域及び地域別の数値を含む。

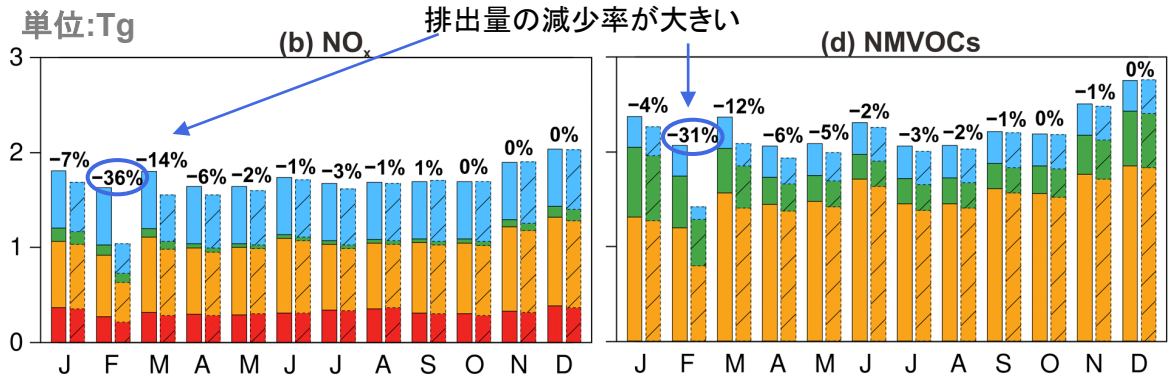


図1　NOx及びNMVOC排出量の変化量(中国全域/月別・セクター別)
網掛けなし：2019年、網掛けあり：2020年
赤：電力部門、黄色：産業部門、緑：民生部門、青：運輸部門
出典：Zeng et al. 2021

光化学オキシダント

- ロックダウン中(1/26～2/25)のO_3濃度は15%上昇 (中国全域・2014～19年同期間比)
- 華北平原・長江デルタ等ではロックダウンに伴うNOx排出量減少により、冬季-春季のO_3濃度増加傾向が顕著に（図2）

図2　ロックダウン前後でのO_3濃度変化率(%) (Liu et al.2021)
前：2019/12/19～2020/1/23，後：2020/1/23～2020/2/27

事業結果：① 広域的影響の解析・知見整理

○Step1: 国外での前駆物質・Ox濃度へのロックダウン影響の知見整理

韓国で実施された感染症対策

感染症と区別管理地域：感染拡大により、外出自粛や移動制限が要請された。
韓国全域　　：都市封鎖・罰則規定を伴う行動規制は
基本的に実施されず 国民に対して自制を要請する
レベルに留まった。

経済への影響
2020年

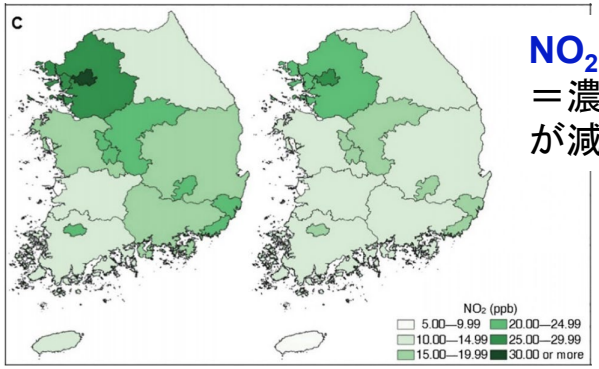
ソウル 総電気消費量前年比
2月：3.0%減　3月：0.5%減
大邱 流動人口
2月19日～：59.5%減

大邱広域市と慶尚北道清道(感染症特別管理地域)	2/23～	・大邱地域の居住者及び訪問者に外出の自粛や移動制限の要請	～4/19
韓国全域	2/23～	・密状態となる行事を自制する要請 ・公共施設の閉鎖	～4/19

韓国での感染症対策期間における大気汚染の変化

NOx　・韓国全域におけるNO_2濃度は
2019年の平均レベルから2割減少。

O_3　・明確な影響は観測されなかった。



NO_2減少
＝濃い緑の面積
が減少

左：2019年3月
右：2020年3月
（Ju et al.(2020)より抜粋）

図3　第一級行政区画別のNO_2濃度月平均

事業結果：① 広域的影響の解析・知見整理

○Step2:国外での前駆物質・Ox濃度変化が日本国内に及ぼす影響の調査

・Step1での知見整理結果を踏まえて、東アジアでの変化が日本国内の大気汚染物質濃度にどの程度影響するかを、シミュレーションモデルを用いて評価した。

・気象モデルには**WRF**、化学輸送モデルには**CMAQ**を用いた。

表2　モデル設定

項目	内容
使用モデル	局地気象モデル：　WRFv3.9.1.1 化学輸送モデル：　CMAQv5.2.1
計算領域	2段階ネスティング 第1領域：東アジア領域　(60km格子) 第2領域：関東領域 九州領域　(10km格子)
計算対象期間	冬季（2020/2/1～2/14） 春季（2020/4/20～5/3）

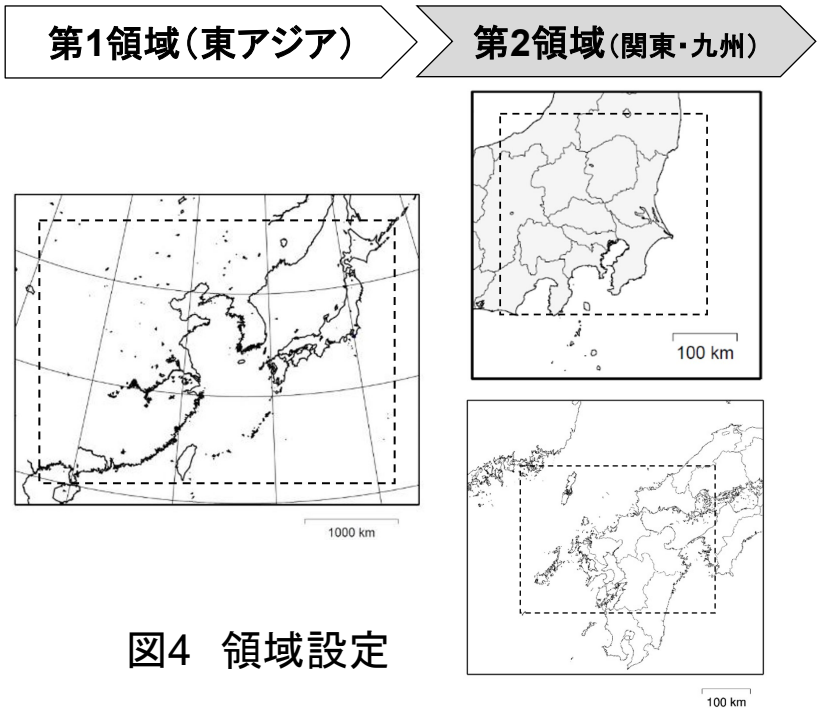


図4　領域設定

○Step2:国外での前駆物質・Ox濃度変化が日本国内に及ぼす影響の調査

計算の設定は以下の通りとした。

表3 計算設定

項目	A) 基準計算		B) 感度計算	
計算期間	①冬季	②春季	①冬季	②春季
国外排出量（人為）	REASv3.2.1※1 (2015年) HTAPv2.2※2 (2010年)		REASv3.2.1 (2015年)×排出量変化率 HTAPv2.2 (2010年)	
国内排出量（人為）	環境省 $PM_{2.5}$等大気汚染物質排出インベントリ※3（2015年）			
国内排出量（自然）	MEGANによる計算値（2020年気象場での値）			
気象場	2020年			

排出量変化率：ロックダウン前後の排出量変化率［2020年/ 2019年比］
→NOx：最大36.3%減（2月）、VOC：最大31.2%減（2月）＠中国全域（表4）
→ Zeng et al. 2021 における 省別・セクター別・月別・物質別排出量データから算出

国外排出量（中国） ＝ 中国排出量（REASv3.2.1 ・2015）
× ロックダウン前後の排出量変化率[2020年/ 2019年比]
国外排出量（韓国） ＝ 韓国排出量（REASv3.2.1 ・2015）

※1: Regional Emission inventory in Asia , 0.25° グリッドの排出量インベントリ
※2: Hemispheric Transport of Air pollution , 0.1° グリッドの排出量インベントリ
※3: 環境省 PM2.5等大気汚染物質排出インベントリ及び発生源プロファイル事業で整備された3次メッシュデータ

事業結果：① 広域的影響の解析・知見整理

○Step2:国外での前駆物質・Ox濃度変化が日本国内に及ぼす影響の調査

・2020年における中国でのNOx、VOC排出量変化のみを考慮した計算結果から、以下の内容が示された

- 最も厳格な対策が執られた冬季（2月）の排出量変化は、基準計算と比べ、九州周辺では4~5% 程度のOx濃度低減に寄与した可能性がある 。（図4：左図）
- 春季(4月)は、冬季と比べて中国での排出量の変化幅が小さいこともあり、国内（九州周辺）への影響は小さい。（図4：右図）

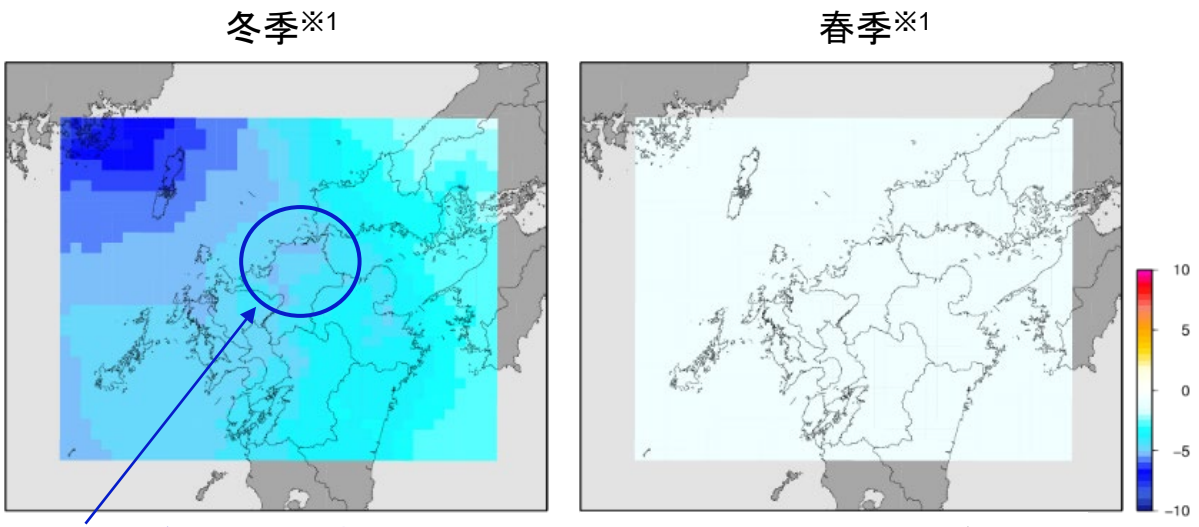


図4 Ox 日平均値の変化率 (%)

※1: 冬季（左図）：2020/2/9-11 平均，春季（右図）：2020/4/29-5/3平均

表4 中国での前駆物質排出量 変化率(%) ※2

	NOx	VOC
2月	-36.3	-31.2
3月	-13.5	-11.8
4月	-5.5	-6.2

※2: 2020年/2019年比 (Zheng et a. 2021に基づく)

表5 福岡周辺※3での濃度 変化率(%)

	Ox	NOx	NMHC
冬季※1	-5.1	1.2	-8.7
春季※1	-0.8	0.3	-1.1

※3: 令和2年度事業で対象とした常監局地点(福岡市役所、笹栗、香椎)所在地に該当する メッシュ平均での変化量

事業方法：② 排出量と濃度の関係性把握・影響要因の寄与程度把握

■事業実施方法

・緊急事態宣言期間中（'20/4~5）における日本国内の Ox濃度への要因別の寄与を推計した。

Step1 :対象要因の検討

・昨年度業務実施内容を踏まえて、検討対象とする要因を検討、選定

Step2: 要因別の寄与度推計（シミュレーション）

・対象とした要因について、緊急事態宣言下におけるOx濃度への寄与度を、モデルを用いて分析する。

・基準ケースと、対象要因を変化させた感度解析によって影響の程度を推計する。

Step3:整理・考察

・計算結果を元に、各要因がOx濃度へ及ぼす寄与度について整理する。

計算結果を元に、各要因がどの程度影響したか、
実測値で変化が小さかったのはなぜか等について整理・考察を行う

事業結果：② 排出量と濃度の関係性把握・影響要因の寄与程度把握

○Step1:対象要因の検討

・緊急事態宣言前後（'20/4~5）のOx濃度に影響を及ぼす要因を検討した。

・地方によって異なるものの、春季のOx濃度には、「国内での前駆物質排出量」、「気象場」、「東アジアからの越境汚染」などが寄与することが指摘されていることを踏まえ、以下要因の影響を検討した。

表6 計算ケース

No.	要因	設定内容※1
1	**気象場**	気象場を2015年に変更 （基準ケースでは2020年の気象場を設定）
2	**国外排出量**	東アジア（中国）排出量に2020年/2019年の変化率を反映
3	**国内発生源** (移動発生源)	国内発生源（移動発生源)からの排出量を2割減※2 （主にNOxを削減）
4	**国内発生源** (固定発生源：製造業※3)	国内発生源（製造業)からの排出量を3割減※2 （主にNOxを削減）
5	**国内発生源** (固定蒸発発生源※4)	国内発生源（固定蒸発発生源)からの排出量を3割減※2 （主にVOCを削減）

※1: 基準ケースと比べた変更箇所のみを記載
※2: 令和2年度事業で整理した活動量指標(各種統計値)の変化率から、国内の感染症対策実施期間における最大値を設定
※3: 製造業　：鉄鋼業、食品、飲料・たばこ・飼料製造業、繊維工業、衣服・その他製品製造業、木材・木製品製造業、家具・装備品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業、印刷・同関連製造業、化学工業、石油製品・石炭製品製造業、プラスチック製品製造業、ゴム製品製造業、なめし革・同製品・毛皮製造製造業、窯業、非鉄金属製造業、金属製品製造業、一般機械器具製造業、電気機械器具製造業、情報通信機械器具製造業、電子部品・デバイス製造業、輸送用機械器具製造業、精密機械器具製造業、その他製造業
※4: 固定蒸発発生源　：塗料、洗浄用シンナー、接着剤、印刷工程、工業用洗浄剤、ドライクリーニング、粘着剤・剥離剤、その他溶剤、燃料蒸発、工業プロセス

事業結果：② 排出量と濃度の関係性把握・影響要因の寄与程度把握

○Step2:要因別の寄与度推計（①）

・① Step2と同じく、WRF及びCMAQを用いた感度解析により、各要因の寄与度を推計した。

・計算の基準年度は**2020年度 （気象場）**とし、各要因についてこの基準からの変化を評価した。

・国内の計算対象地域として、**関東地域**を選定した。

表7 モデル設定

項目	内容
使用モデル	局地気象モデル： WRFv3.9.1.1 化学輸送モデル： CMAQv5.2.1
計算領域	2段階ネスティング 第1領域：東アジア領域 (60km格子) 第2領域：関東領域 (10km格子)
計算対象期間	春季（2020/4/20 -5/3）

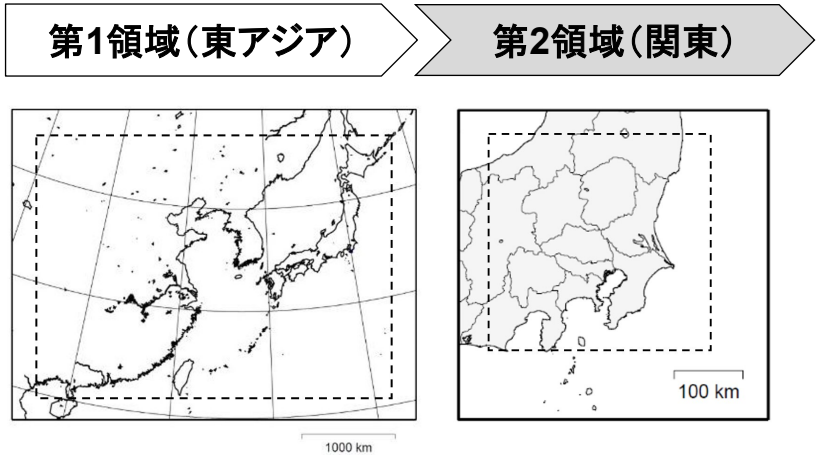


図5 領域設定

事業結果：② 排出量と濃度の関係性把握・影響要因の寄与程度把握

○Step2:要因別の寄与度推計（②）

・春季を対象にOx濃度に影響する要因別の寄与程度について、感度解析から以下の内容が示された

- □ 国内発生源(移動、製造業)における排出量減少は、東京湾岸～都心部でOx濃度を増加させる方向に作用した。（図6）
- □ 国内/外での排出量変化では、国内発生源（固定蒸発）が、最もOx濃度を低減させる方向に作用したと考えられる。（表8）
- □ 気象場の影響程度は、概して国内外での排出量変化の影響より大きいため、本調査の解析期間では排出量変化による影響を相殺している可能性がある。（表8）

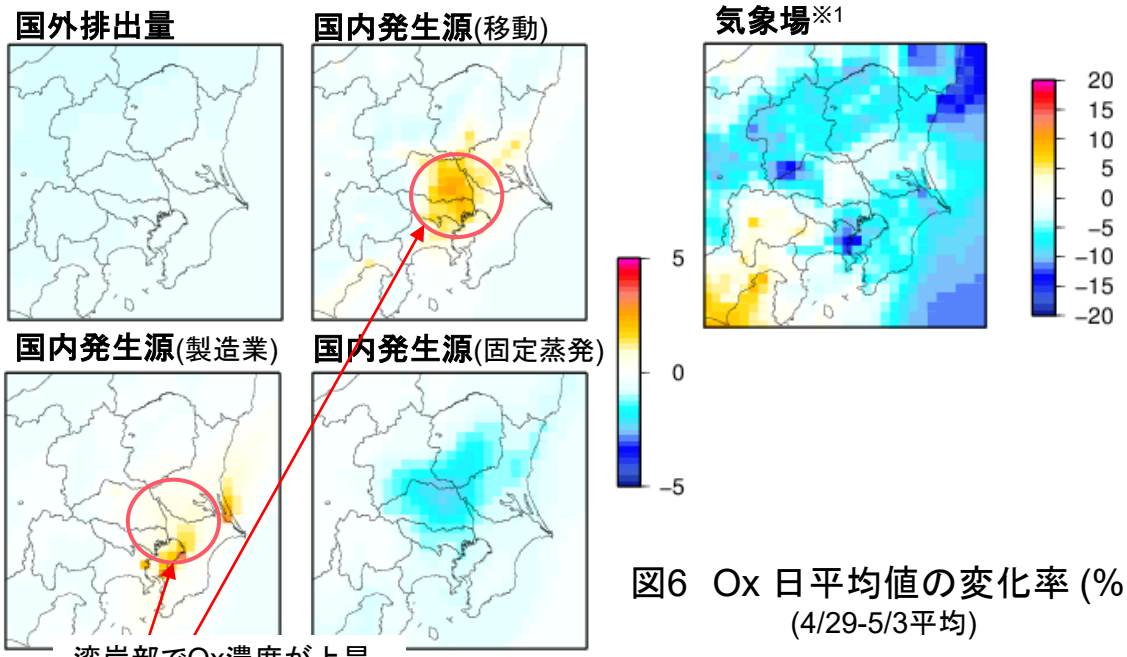


図6 Ox 日平均値の変化率 (%)
(4/29-5/3平均)

表8 東京、埼玉周辺※2におけるOx日平均値への各発生源の寄与度(%) ※3,4

	国外排出量	国内発生源(移動)	国内発生源(製造業)	国内発生源(固定蒸発)	気象場
東京神奈川	-0.5	1.4	0.5	-0.9	-7.6
埼玉	-0.5	1.7	0.3	-1.9	-2.5

※2: 令和2年度事業で対象とした常監局地点所在地
東京・神奈川：国設東京、国設川崎、多摩市愛宕
埼玉 ：さいたま市役所、熊谷、久喜
※3: 令和2年度事業で対象とした地点所在地に該当するメッシュ平均での寄与率（%）
※4: Oxの生成は前駆物質濃度のバランスによって決まるため、個別要因の寄与の合計が全要因によるOx濃度の変化には必ずしもならない。

※1:好天期間として、基準ケースでは2020/4/29-5/3平均、感度解析ケースでは 2015/4/23-27平均で比較

結論

① 広域的影響の解析・知見整理

- 文献調査によると、ロックダウン期間中の大気汚染物質の濃度は右記の変化が生じていた。

	中国	韓国
NOx	3～6割減　＠中国全域	2割減（NO_2濃度）＠韓国全域
VOC	4～5割減　＠長江デルタ	― （情報無し）
O_3	15%増　＠中国全域	明確な影響は確認できず

- 数値シミュレーションによると、最も厳格な対策が執られた冬季（2月）の中国の排出量変化は、基準計算と比べ、九州周辺では4~5%程度のOx濃度低減に寄与した可能性がある。

② 排出量と濃度の関係性把握・影響要因の寄与程度把握

- 国内発生源(移動、製造業)における排出量減少は、東京湾岸～都心部でOx濃度を増加させる方向に作用した。
- 国内/外での排出量変化では、国内発生源（固定蒸発）が、最もOx濃度を低減させる方向に作用したと考えられる。
- 気象場の影響程度は、概して国内外での排出量変化の影響より大きいため、本調査の解析期間では排出量変化による影響を相殺している可能性がある。

実測値でOxの変化が小さかった理由

⇒以下の要因が考えられる

・日本国内排出量の減少が地域によってOx濃度増加・濃度減少の両方に寄与すること。

・気象場の変動による影響の程度が排出量変化の影響よりも相対的に大きいこと。