

広域大気汚染問題に対する地方自治体及び 東京都における調査研究

公益財団法人 東京都環境公社 東京都環境科学研究所
環境資源研究科 研究員 鶴丸 央

目次

1. はじめに
2. 関東の地方自治体で実施している調査研究について
3. 地方環境研究所で実施している調査研究について
4. 東京都環境科学研究所で実施している調査研究について

1. はじめに

大気汚染とは

- 工場，事業所，自動車，家庭から排出された各種の汚染物質によって大気が通常の組成と異なった状態となること。これが人の健康を害し，生活を妨げ，動植物に被害を与える。（**ブリタニカ国際大百科事典**）
- 人間の生産活動・消費活動によって大気が汚染され、生態系や人間の生活に悪影響が生じること。（**大辞林 第三版**）

汚染された地域に居る限り影響を避けられない



昭和45（1970）年頃
江東区豊洲



昭和49（1974）年夏 大田区または
世田谷区あたり

大気汚染物質の種類

環境基準設定項目

二酸化いおう (SO_2)
一酸化炭素 (CO)
浮遊粒子状物質 (SPM)
光化学オキシダント (O_x)
二酸化窒素 (NO_2)
ベンゼン
トリクロロエチレン
テトラクロロエチレン
ダイオキシン類
ジクロロメタン
微小粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$)

基準設定年

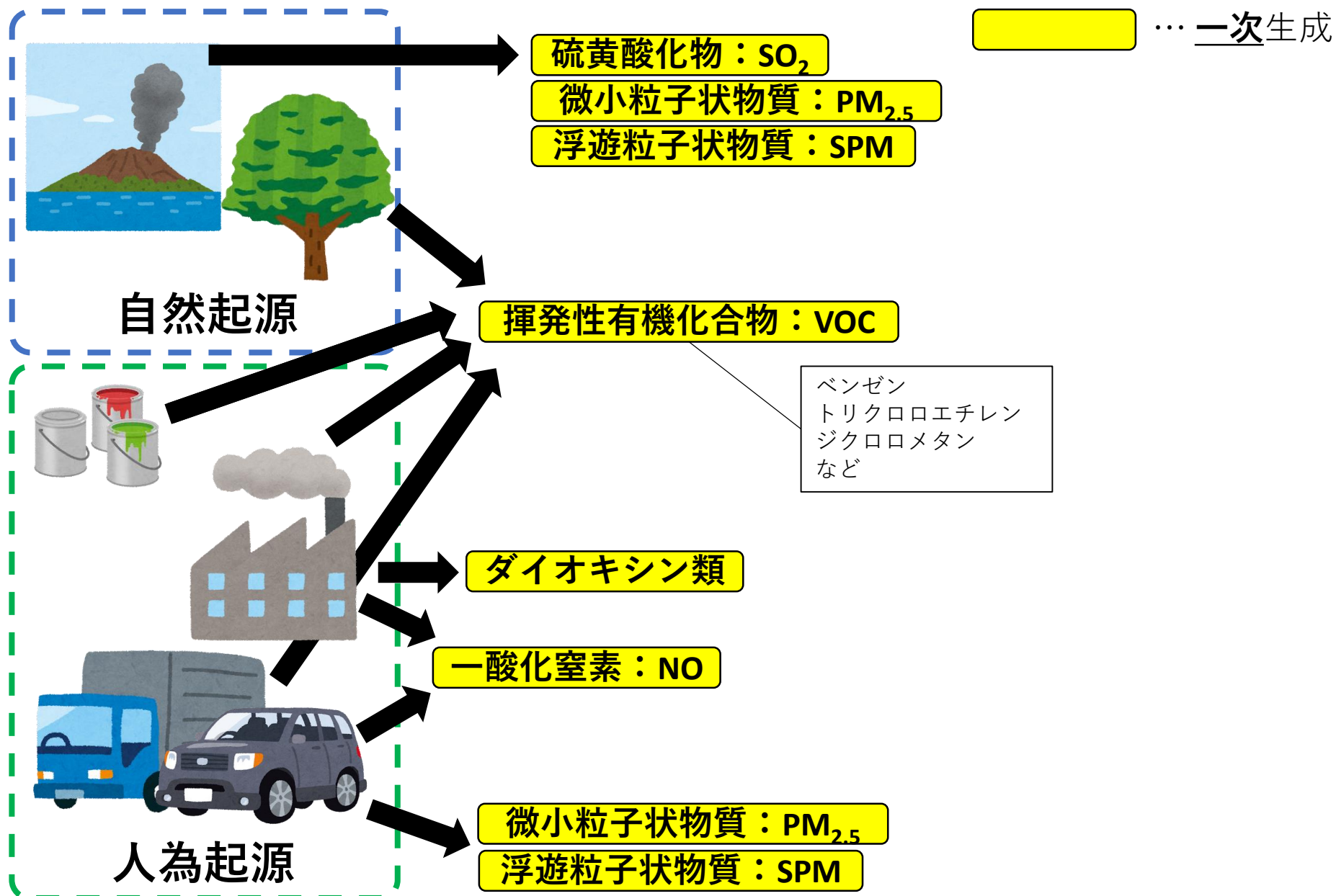
昭和48年5月
昭和48年5月
昭和48年5月
昭和48年5月
昭和53年7月
平成9年2月
平成9年2月
平成9年2月
平成11年12月
平成13年4月
平成21年9月

その他

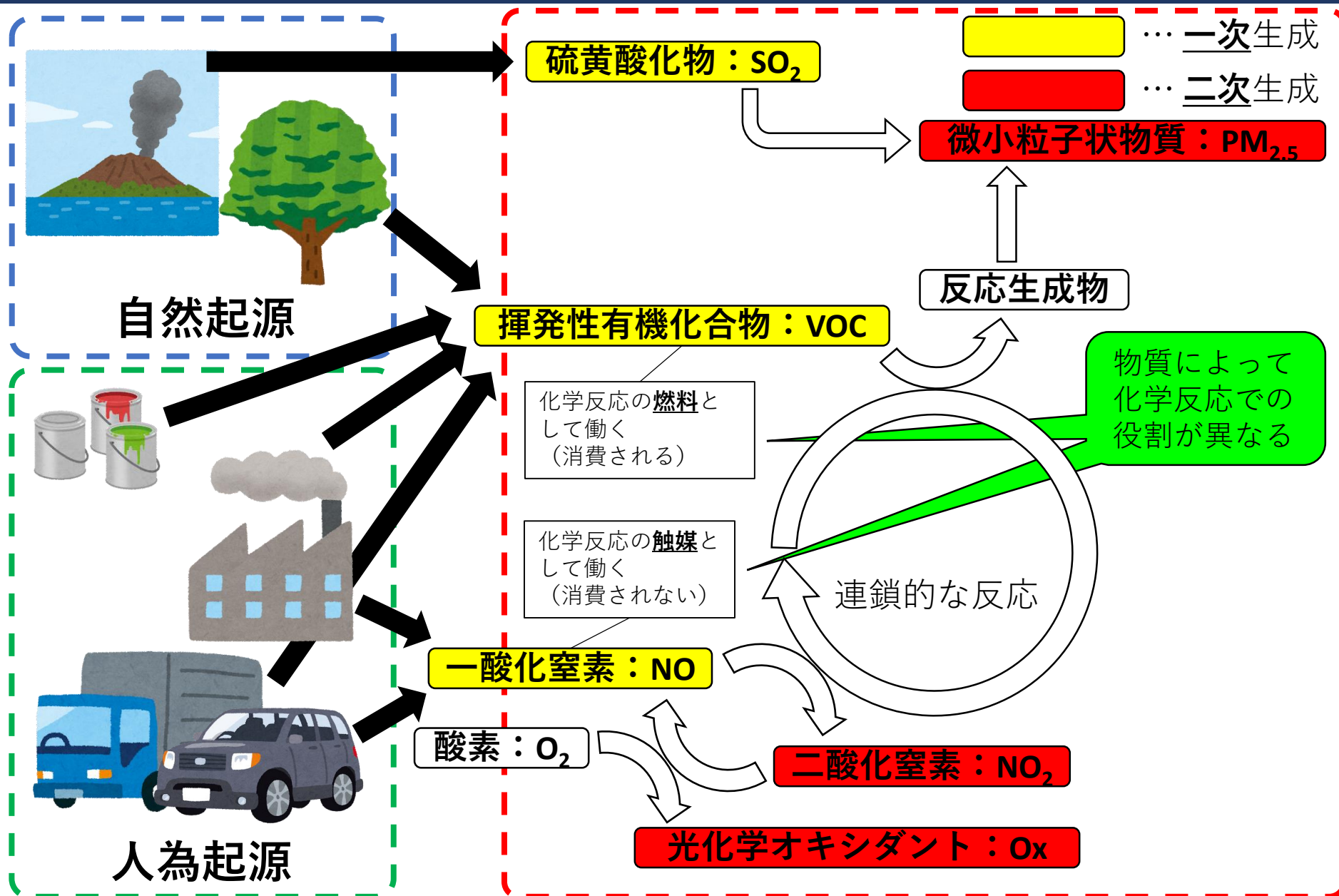
揮発性有機化合物
クロロホルム
1,3-ブタジエン
アルデヒド類
ホルムアルデヒド
重金属類
ニッケル
クロム
水銀
有機塩素化合物
有機フッ素化合物
etc.

大気汚染防止法では、工場および事業場における事業活動に伴って発生する、(1) 煤煙 (硫黄酸化物、煤塵、有害物質)、(2) 粉塵、(3) 自動車排出ガス (一酸化炭素、炭化水素、窒素酸化物、鉛化合物、粒子状物質) を、規制の対象にしている。微量であっても、健康や生活環境に相当程度に好ましくない影響を与える物質について、その排出を規制する。

大気汚染物質の生成機構



大気汚染物質の生成機構



大気汚染物質の監視

常時監視測定局による大気汚染物質の監視

大気汚染防止法（昭和43年法律第97号）第22条により、各都道府県知事は、大気汚染の状況を常時監視し、その結果を環境大臣に報告することが定められている。経年変化が把握できるよう同一地点で継続して監視を実施することが望ましい。常時監視測定局には、地域全体の汚染状況を確認するための一般環境大気測定局（一般局）と、自動車排ガスが生活環境に与える影響を把握するための自動車排出ガス測定局（自排局）がある。

環境省 水・大気環境局 環境大気常時監視マニュアル第6版より

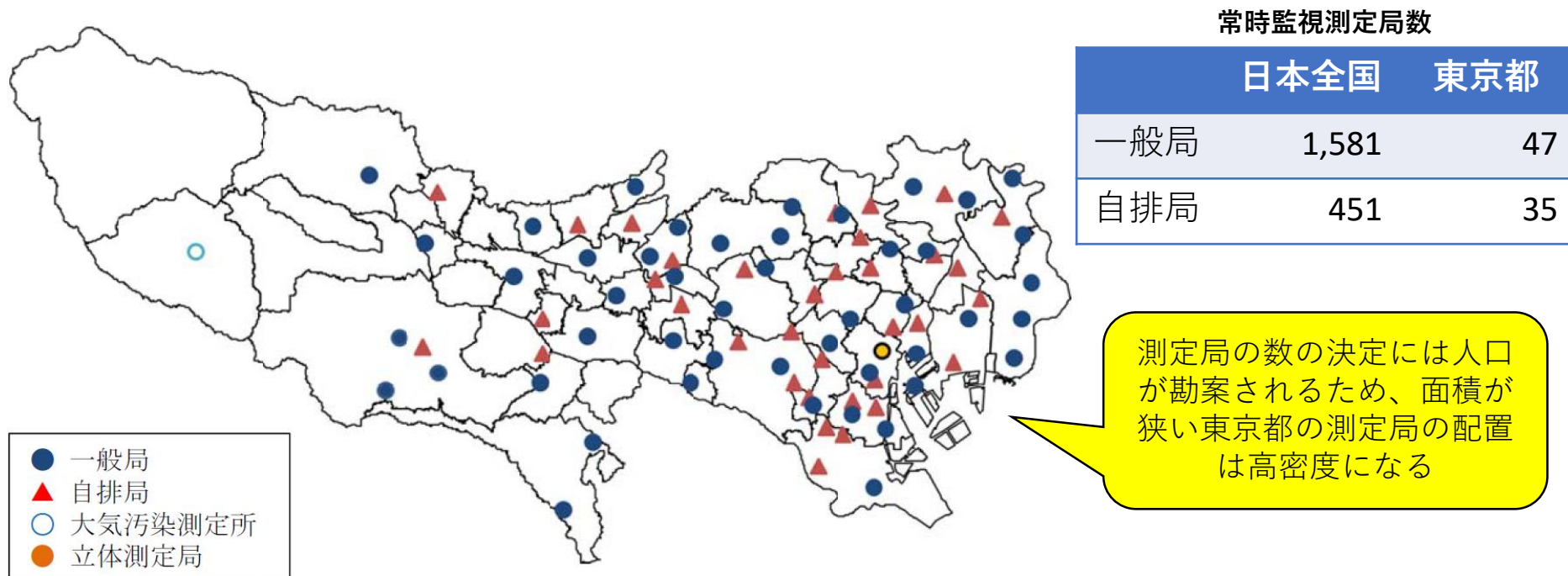
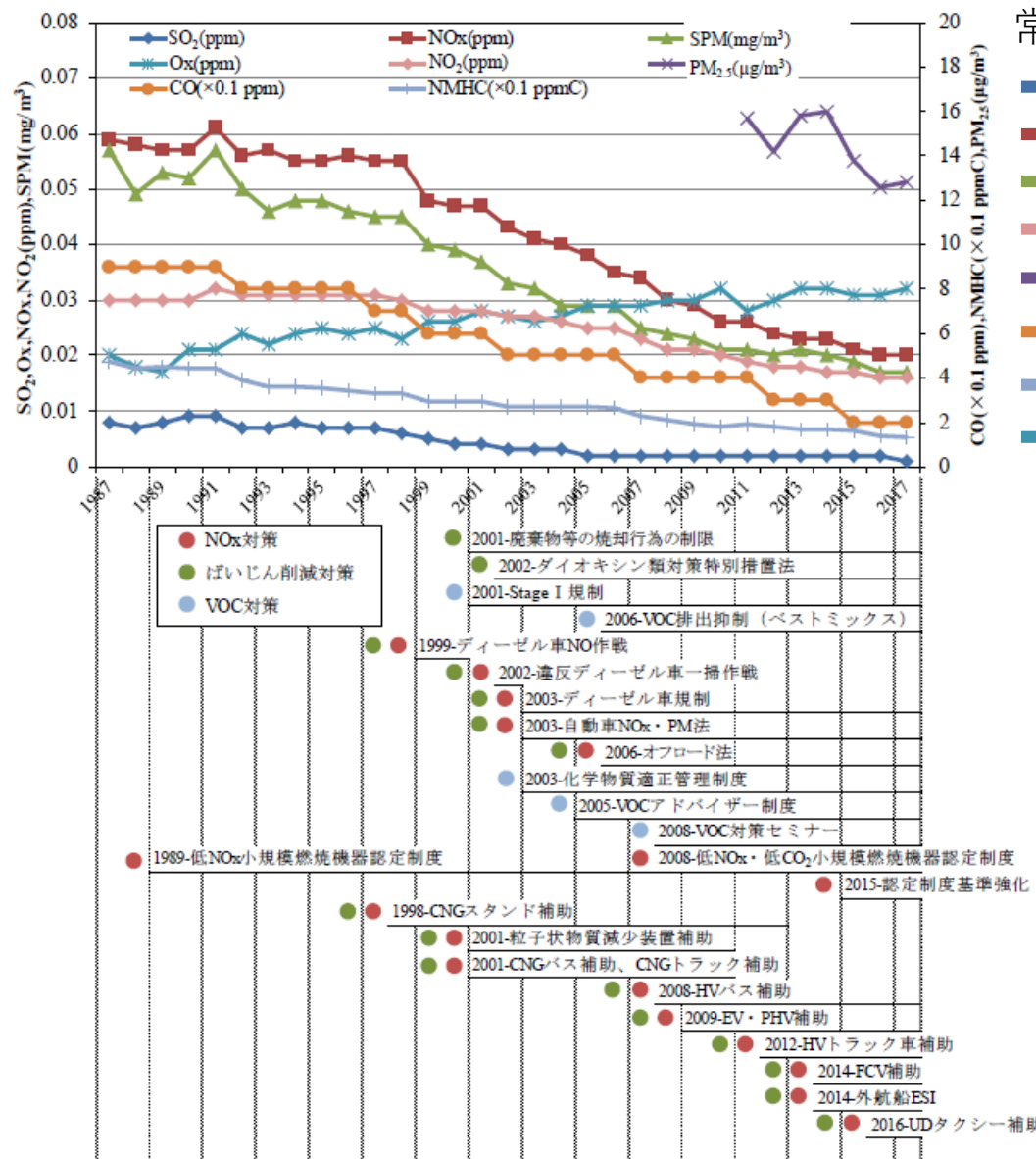


図1 都内の測定局の配置図

令和元年7月 東京都環境局 大気環境モニタリングに関する検討会報告書より

大気汚染物質の現状



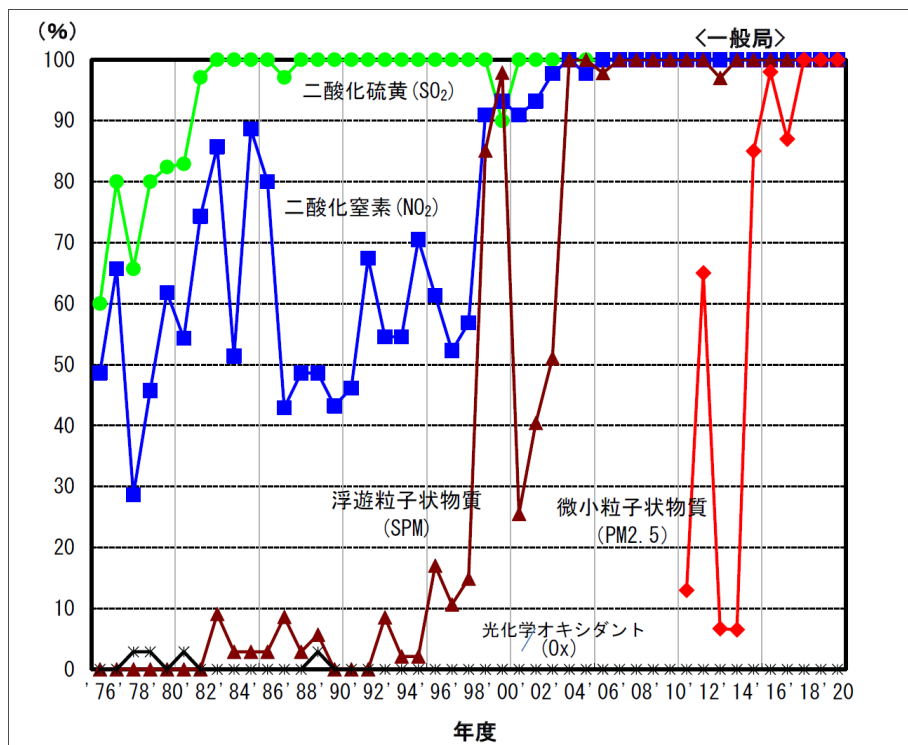
環境基準とは

- 人の健康の保護及び生活環境の保全のうえで**維持されることが望ましい基準**として、終局的に、大気、水、土壌、騒音をどの程度に保つことを目標に施策を実施していくのかという目標を定めたものが環境基準である。
- 環境基準は、「維持されることが望ましい基準」であり、**行政上の政策目標**である。これは、**人の健康等を維持するための最低限度**としてではなく、より積極的に維持されることが望ましい目標として、その確保を図っていかうとするものである。

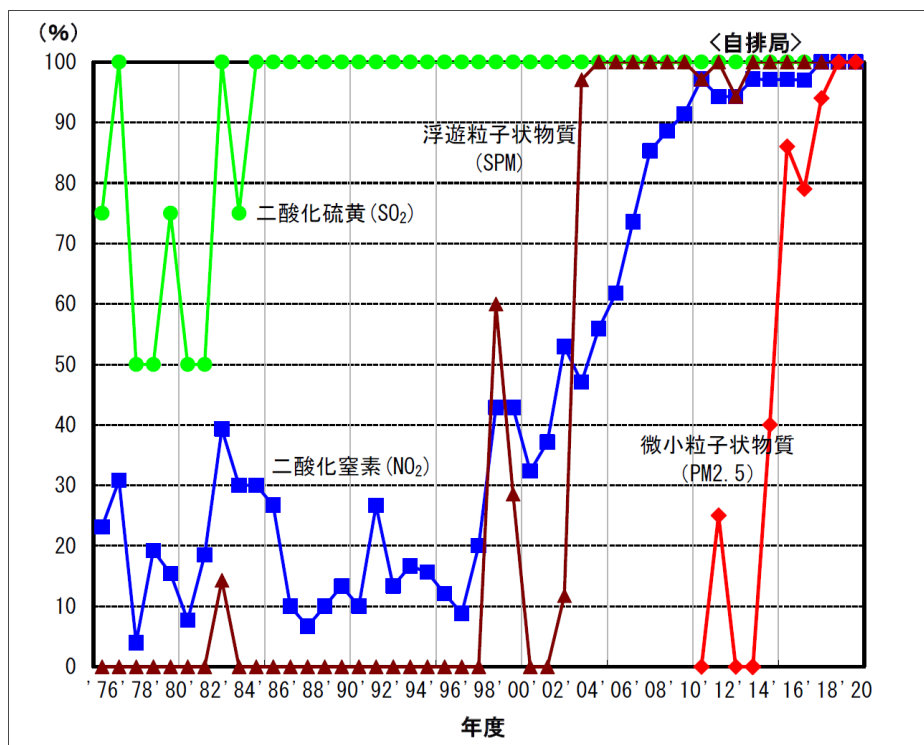
- **事業者等が守るべき基準ではなく、行政の目標**
- **基準を超えてもすぐに健康影響が現れるわけではない**

環境基準達成率

東京都の一般環境大気測定局



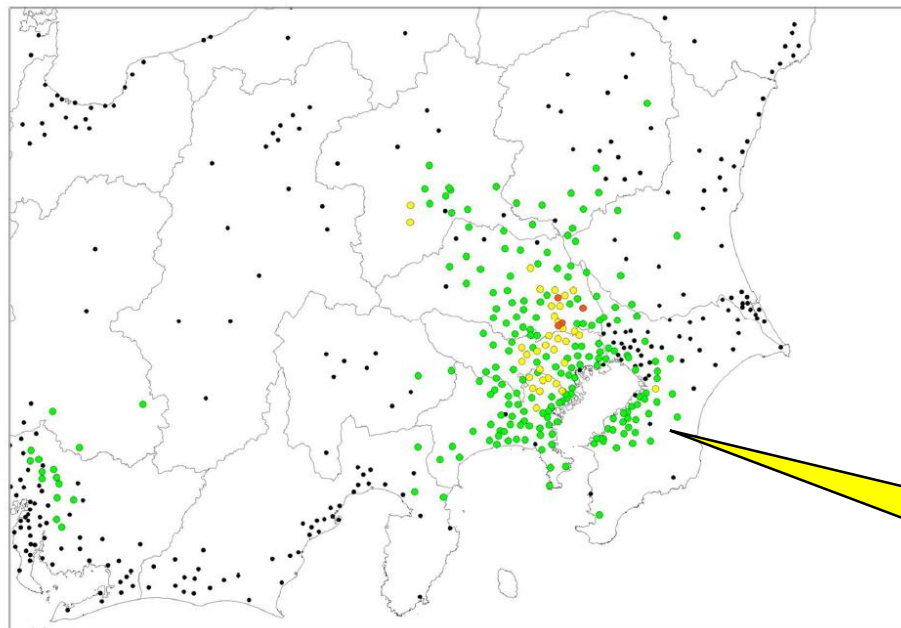
東京都の自動車排出ガス測定局



令和3年9月 東京都環境局 2020年度（令和2年度）大気汚染状況の測定結果についてより

2021年度現在、東京都で環境基準非達成の大気汚染物質
光化学オキシダント (O_x)

輸送される大気汚染物質



年度ごとの光化学スモッグ注意報発令回数

	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1
東京都	17	9	14	5	6	9	7
埼玉県	13	13	16	1	15	10	9
群馬県	6	10	9	2	11	3	4

平成30年度大気汚染物質に係る常時監視測定結果を元に作成

大規模なNOx発生源である東京湾沿岸部よりも北部地域において注意報レベルのOxが高頻度で観測される

平成30年度の注意報レベル(0.12 ppm)のOx濃度出現日数が

- 7日から9日までの範囲にある測定局
- 1日から3日までの範囲にある測定局
- 4日から6日までの範囲にある測定局
- なかった測定局

環境省 平成30年度大気汚染物質に係る常時監視測定結果より

東京の平均風速

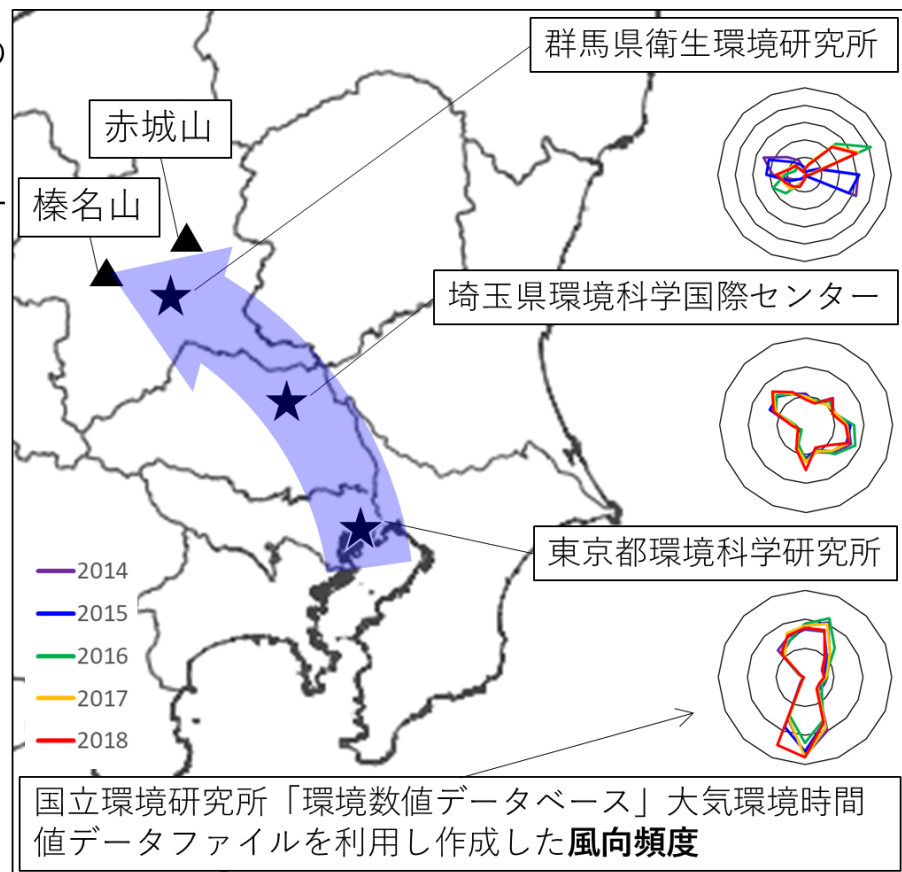
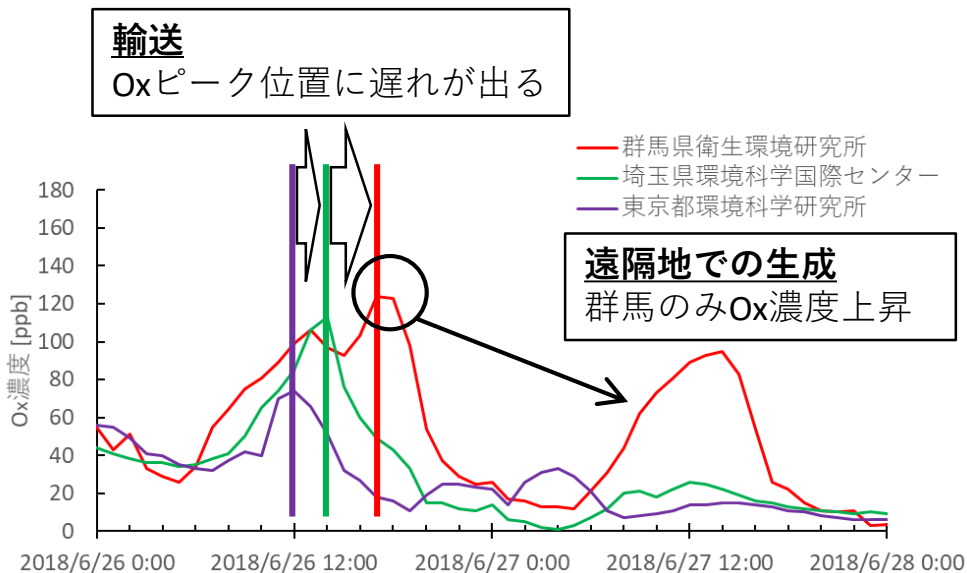
$$3.34 \text{ m/s} \times 60 \text{ 秒} \times 60 \text{ 分} \times 24 \text{ 時間} = \underline{\underline{289 \text{ km}}}$$

およそ東京－名古屋間

輸送される大気汚染物質

池田ら(1995)赤城山で発生する酸性霧と大気汚染の解析, 30(2), 113-125, 1995, 大気環境学会誌 より

赤城山周辺における大気汚染は東京近郊からの輸送を受けて発生したことが示唆された



**大気環境問題は単一の県内での解決が目的ではなく
近隣都市と共同で取り組み、広域での解決を図る必要がある**

目次

1. はじめに
2. 関東の地方自治体で実施している調査研究について
3. 地方環境研究所で実施している調査研究について
4. 東京都環境科学研究所で実施している調査研究について

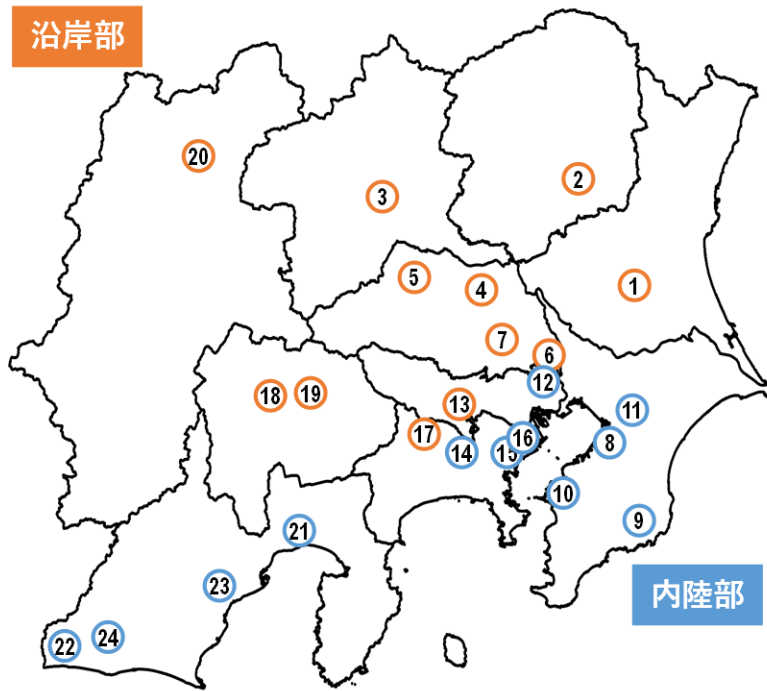
2. 関東の地方自治体で実施している調査研究について

関東地方大気環境対策推進連絡会微小粒子状物質・光化学オキシダント調査会議（関東PM・Ox調査会議）

- 昭和56年（1981年）に1都3県公害防止協議会として調査開始
- 近年はPM_{2.5}の化学成分データの解析に加え、光化学オキシダントの調査を開始
- 関東甲信静の1都9県7市が参加

2021年度関東PM・Ox調査会議調査解析地点

沿岸部



—関東地方大気環境対策推進連絡会微小粒子状物質・光化学オキシダント調査会議—

ホーム
Home

調査概要
About

調査結果
Results

活動報告
Report

関東地方大気環境対策推進連絡会微小粒子状物質・光化学オキシダント調査会議

日本最大の大都市圏といえる本地域では、近年SPM（浮遊粒子状物質）の濃度レベルは低下傾向にあり、環境基準達成状況も良好な状況にあると言えます。

しかしながら、今後も安定的に環境基準達成を維持していくためには、より一層の濃度低減が必要であり、また、濃度だけでなく、その組成にも着目した広域的な取組が必要と言えます。一方で、米国では微小粒子PM_{2.5}（粒径2.5μm以下の微小粒子）の環境基準が強化され、2009年9月には、日本においても環境基準が告示されました。

現在では、連続自動測定器を用いた常時監視体制の整備と、その組成情報を得るための「成分分析」体制の整備が進められています。

本調査会議では、関東甲信静の1都9県7市の行政機関、試験研究機関とが協同して、本地域の大気エアロゾルの実態解明、トレンドの把握、行政施策の効果の検証などを目的とし、広域的な調査や解析、情報交換を行っています。

PM_{2.5}の環境基準

環境基本法（平成5年法律第91号）第16条第1項

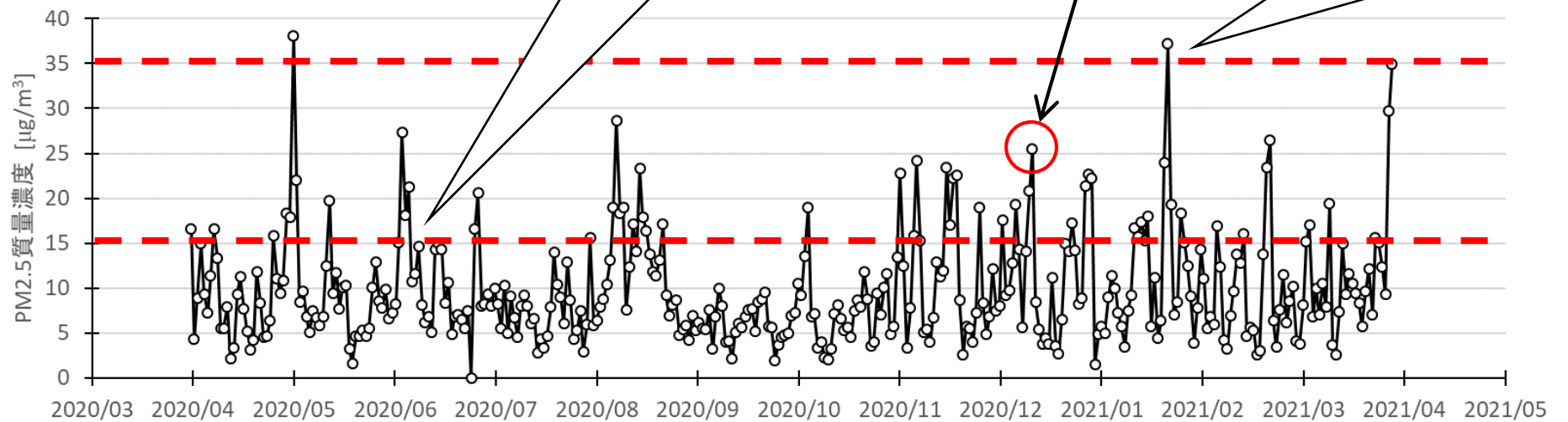
1年平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること。

PM_{2.5}長期基準

極端に濃度が高い日があっても、1年間での平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であれば長期基準達成

PM_{2.5}短期基準

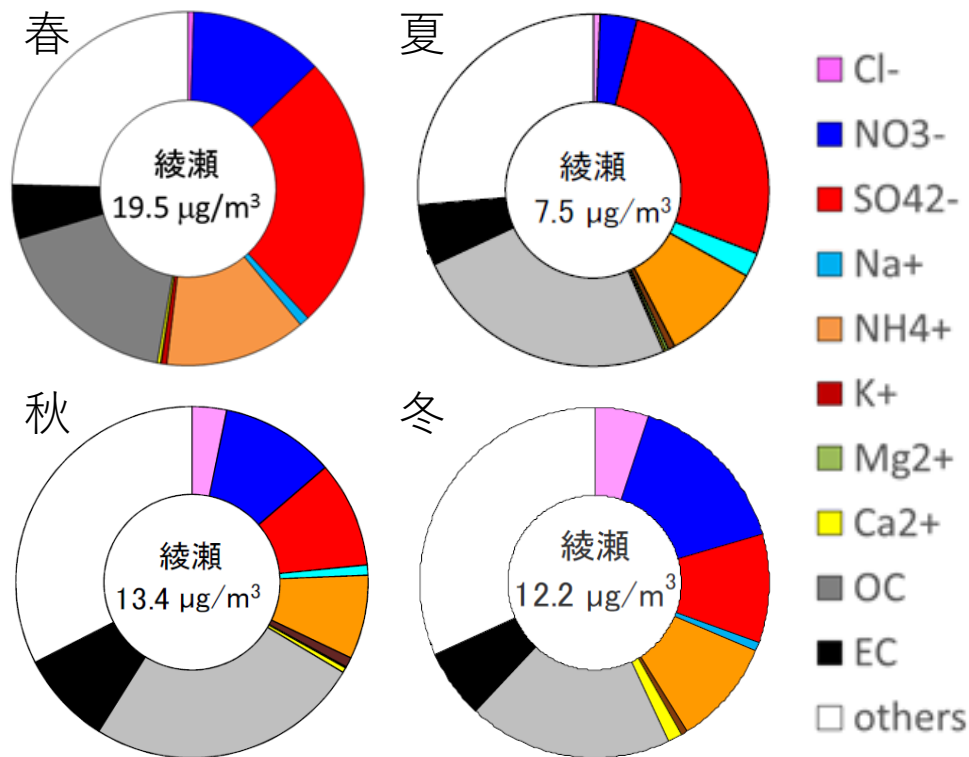
1日平均値が低い方から数えて98%目で35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える日があれば短期基準達成



東京都環境科学研究所での測定結果

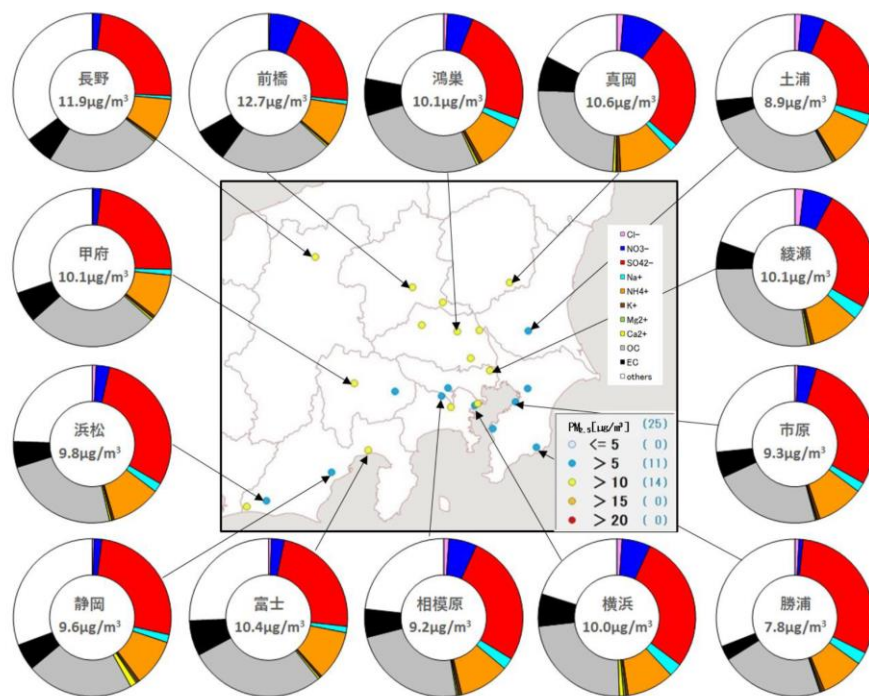
両方をクリアすることでPM_{2.5}の環境基準達成

PM_{2.5}長期基準への対応



季節ごとに各地点でPM_{2.5}がどのような成分で構成されているかを調べる

例) 東京都綾瀬測定局における分析結果



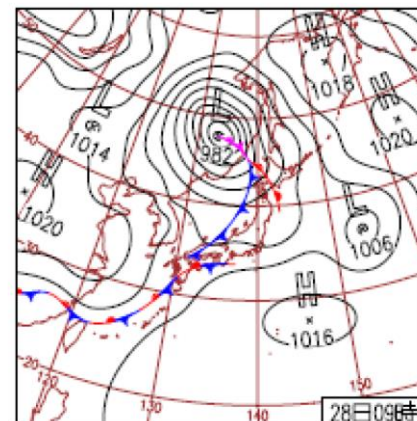
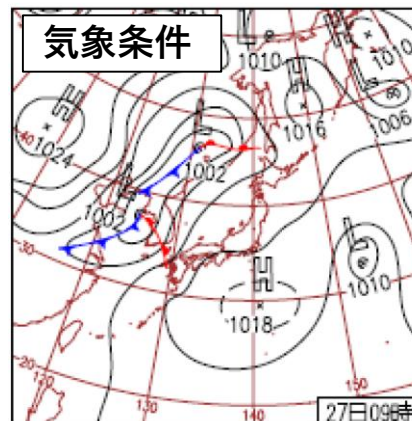
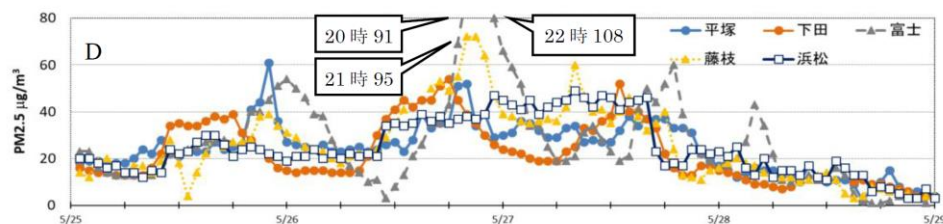
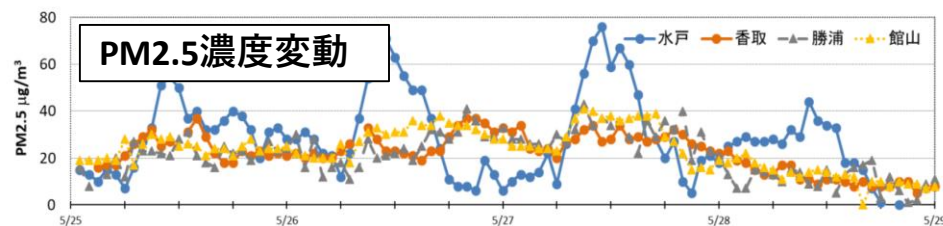
各地点、各季節におけるPM_{2.5}質量濃度と構成成分を分析することで発生源の追求を行う

PM_{2.5}短期基準への対応

- 広域的な高濃度事例について、グループ分けした地点ごとにPM_{2.5}の時間変化や気象条件を加味した分析を行い、PM_{2.5}が高濃度となる条件の追求を行う
- PM_{2.5}が環境基準を超過した日の時間変化を広範囲で観察することによって輸送の経路や気象条件について明らかにした



図 4-2-1 区域及び選定地点



関東PM・Ox調査会議の今後

- ✓ さらなるPM_{2.5}の濃度低減に向けて地域全体での連携を継続していく
- ✓ PM_{2.5}と生成要因が互いに関連している光化学オキシダントについてもデータ解析や原因物質等の広域的な調査を実施する
- ✓ 国民への情報発信強化のためホームページ (<http://kanto-spm.org/>) において調査結果を公開している

3. 地方環境研究所で実施している調査研究について

国立環境研究所 地方環境研究所等との共同研究

I 型実施共同研究

地環研等と国環研の研究者の協議により、共同研究計画を定め、それに従って各々の研究所において研究を実施するもの。

II 型実施共同研究

全国環境研協議会からの提言を受けて、国環研と複数の地環研等の研究者が参加して共同研究を実施するもの。

参加課題：光化学オキシダントおよびPM_{2.5}汚染の地域的・気象的要因の解明
II 型実施共同研究最大の全国47機関136人が参加し研究を実施している

研究グループと研究内容（2021年9月17日時点）

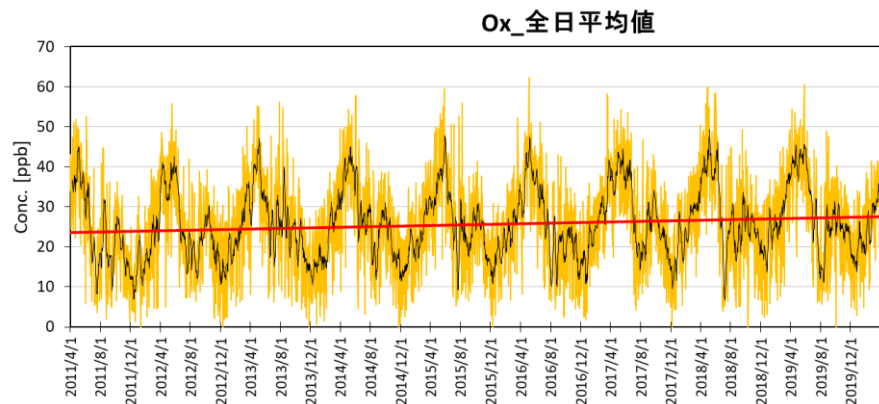
オキシダントグループ 正確な評価方法の検討と経年変化	オキシダント&PM_{2.5}グループ 大気汚染物質の地域間比較
PM_{2.5}高濃度グループ PM _{2.5} 観測、成分分析、気象解析	PM_{2.5}成分データ詳細解析グループ 成分分析と発生源解析
PM_{2.5}分析法グループ マニュアル項目外の分析方法論の開発	PM_{2.5}瀬戸内海高濃度グループ 瀬戸内地域での高時間分解能測定
シミュレーションモデルグループ モデル計算による挙動把握	

オキシダント&PM_{2.5}グループ研究内容

- 光化学オキシダント汚染の現状把握
 - 常時監視測定局で得られたOx及び前駆物質のデータを用いたトレンド解析
- 光化学オキシダント高濃度時における事例解析
 - 地域スケールの広域汚染に注目した、高濃度時における気象条件等の解析
- 光化学オキシダント、PM_{2.5}の前駆体となるVOC組成の地域間比較
 - 全国参加機関での同時実大気観測
- PM_{2.5}（二次粒子）との関連性

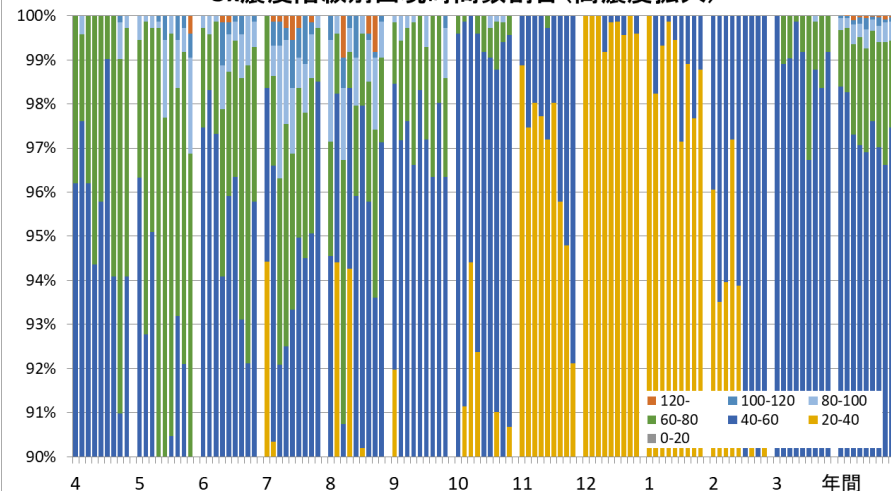
光化学オキシダント汚染の現状把握

光化学オキシダント濃度経年変化の解析



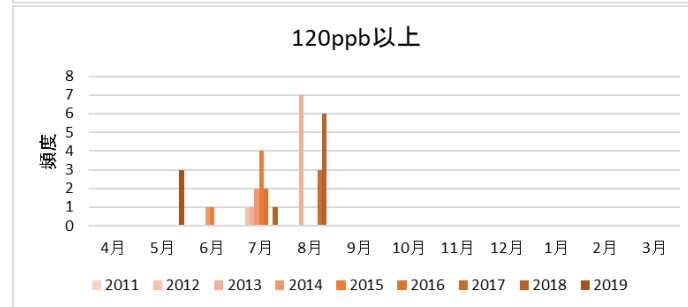
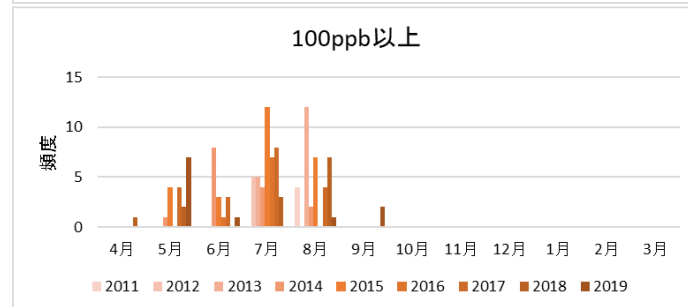
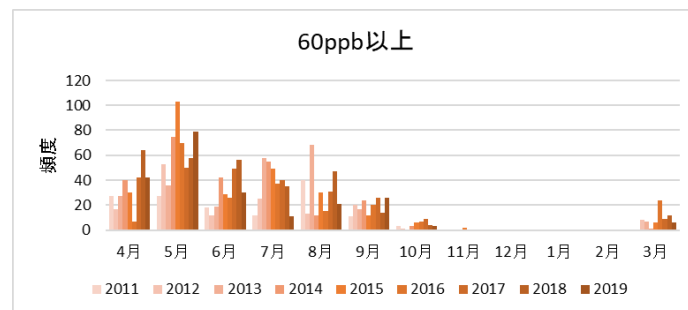
高濃度光化学オキシダント 月ごとの出現割合の解析

Ox濃度階級別出現時間数割合(高濃度拡大)

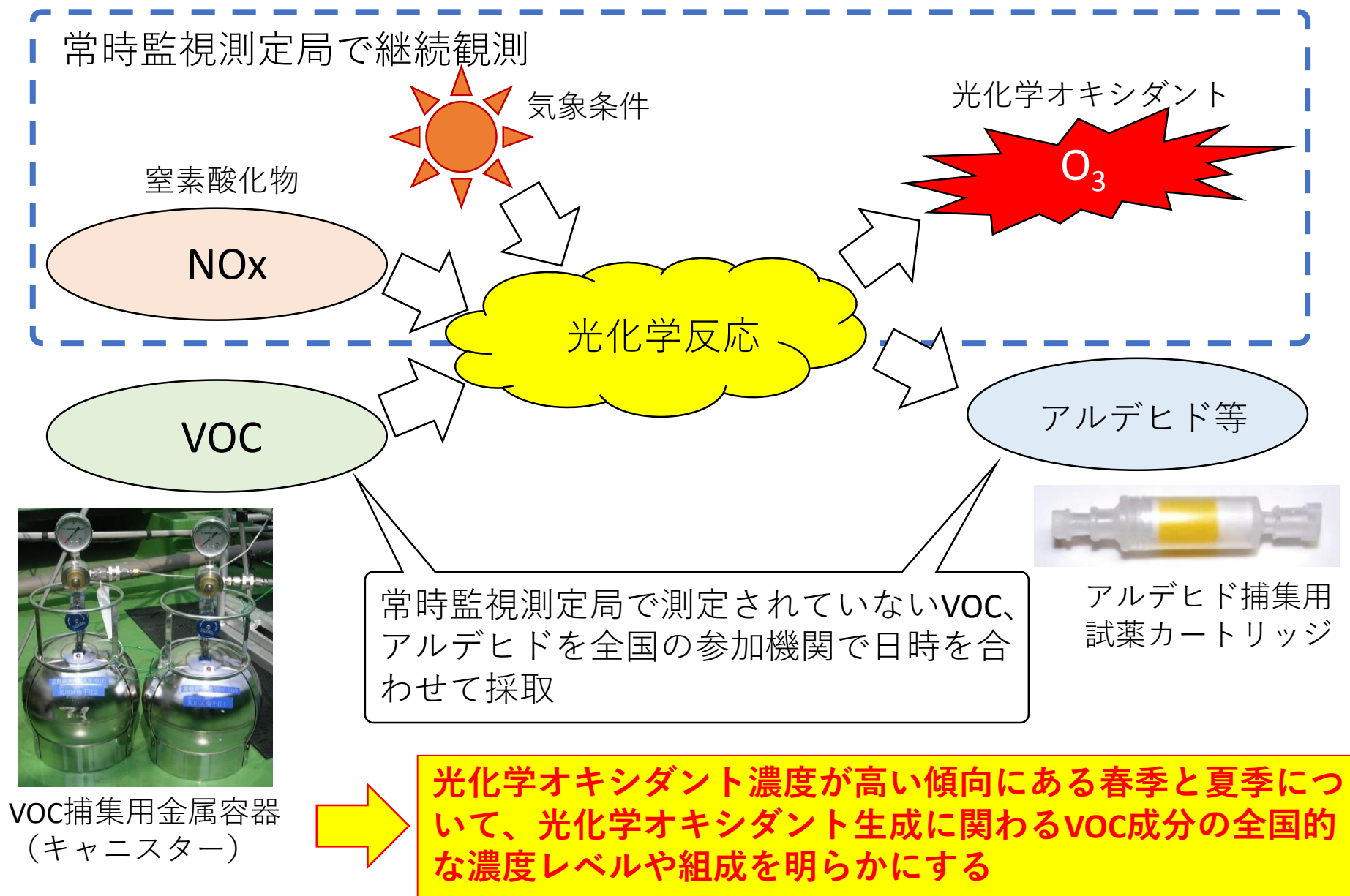


全国の常時監視測定局で測定された9年間のデータを元に、様々な解析を実施し、光化学オキシダントとその前駆物質の挙動を把握

高濃度光化学オキシダント出現時期の解析



光化学オキシダント、PM_{2.5}の前駆体となるVOC組成の地域間比較



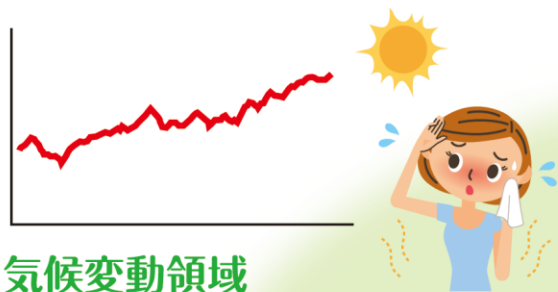
II 型実施共同研究の今後

- ✓ 9年間に渡る全国の常時監視測定局のデータや、春季及び夏季のVOCデータ、アルデヒドデータを入手
- ✓ これまでに入手した膨大なデータを活用し、大気汚染物質の高濃度化要因の解明や、統計モデルを用いた大気汚染物質濃度の傾向を正確に評価することを目指す
- ✓ 測定・調査地点の選定や注意報発令の地域区分設定等、行政への提言や支援を目指す

4. 東京都環境科学研究所で実施している調査研究について

環境研究総合推進費（環境省・環境再生保全機構）

- ✓ 持続可能な社会構築のための環境政策の推進にとって不可欠な科学的知見の集積及び技術開発の促進を目的として設立された競争的資金
- ✓ 環境省が必要とする研究テーマに沿った研究開発を採択・実施



気候変動領域

省エネ・再エネ技術の高度化・低コスト化、不確実性を考慮した気候変動及びその影響の評価、気候変動に関わる物質の地球規模での循環の解明に資する総合的観測・予測研究 等



統合領域

地域循環共生圏の実現に向けたビジョンの提示、地域循環共生圏のモデルづくりや評価手法・評価指標、シナリオづくりに関する研究、環境教育・行動変容に向けた研究、ICTを活用した新たな環境技術の開発、災害・事故に伴う環境問題への対応、廃プラスチック類・海洋プラスチックの再生利用に関する研究・技術開発 等



自然共生領域

生物多様性及び生態系サービスに関する情報の集積、集積されたビッグデータを解析するためのICTを活用した評価手法、利活用法の開発、生態系サービスの評価・解明と、これを維持する社会システム等の構築に資する研究・技術開発 等



資源循環領域

バイオマス等の様々な資源からの効率的なエネルギー回収・利用技術の開発、資源循環におけるライフサイクル全体の最適化に関する研究、処理システムや不法投棄対策、収集運搬システムの高度化・効率化に関する研究・技術開発 等



安全確保領域

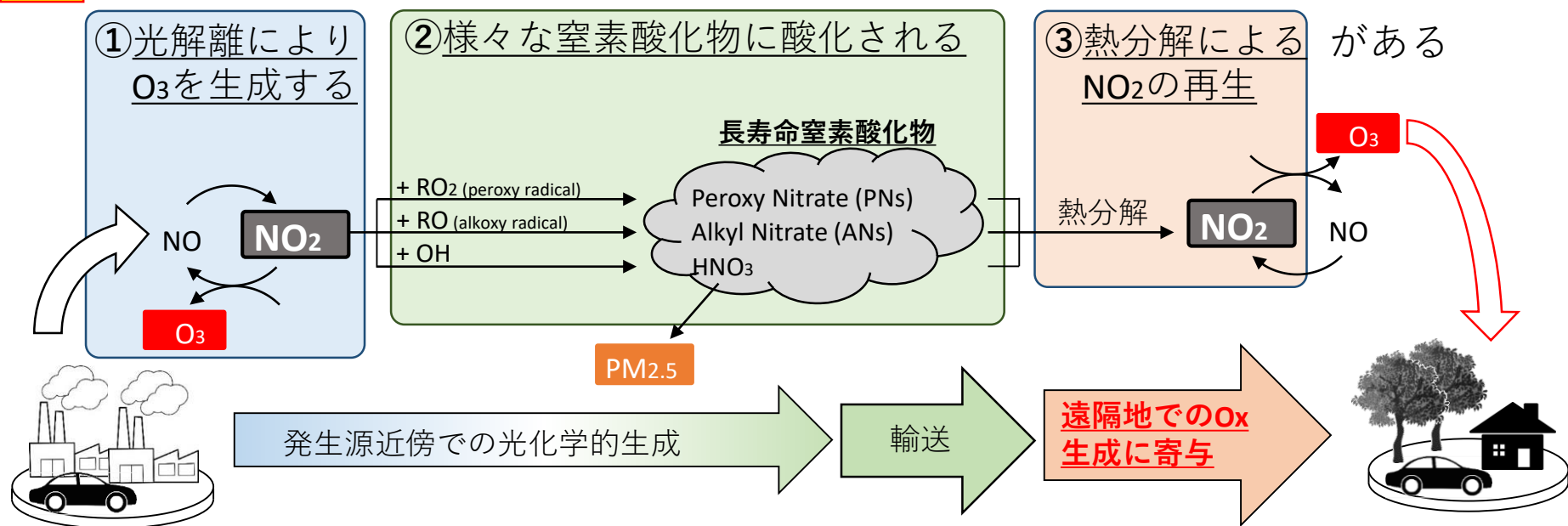
多種・新規化学物質の環境動態の把握・管理、水銀の長期的動態・ばく露メカニズムの解明、健全な水循環に向けた研究、PM2.5や光化学オキシダント等の大気汚染対策の評価・検証 等

環境研究総合推進費 課題【5RF-2102】の目的

研究課題名：熱分解法による大気中総窒素酸化物の個別成分濃度測定法の確立と、関東多地点における通年連続観測による挙動解明

課題代表者：鶴丸 央 研究期間：令和3年度（2021年度）～令和5年度（2023年度）

NO₂が大気中において受ける主な化学反応には



「長寿命の窒素酸化物が NO₂ のリザーバー（備蓄）として機能している」

本研究の目的：光化学オキシダントの広域での発生状況を理解するために
NO₂が大気中でどのような反応生成物を経て輸送・再生するか追跡する

本課題で測定対象とする窒素酸化物

✓ 一酸化窒素 (NO)

主に燃焼過程により排出される。大気中への窒素酸化物の一次排出はNOが最も多い。

✓ 二酸化窒素 (NO₂)

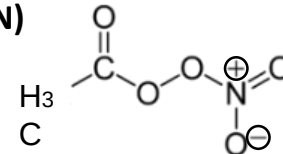
NOの酸化反応により生成される。NOと合わせてNO_xと総称される。

✓ Peroxy Nitrate (PNs)

NO₂の酸化反応により生成される。光化学オキシダントとして知られるPAN (Peroxyacetyl Nitrate) を含む

PNsの例

Peroxyacetyl Nitrate
(PAN)

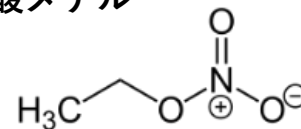


✓ Alkyl Nitrate (ANs)

NO₂の酸化反応により生成される。

ANsの例

硝酸メチル



✓ 硝酸 (HNO₃)

NO₂の酸化反応により生成される。大気中の塩基性物質と反応することによりPM_{2.5}の生成に関与することが知られている。

常時監視測定局での観測はされておらず、測定装置の市販もされていない

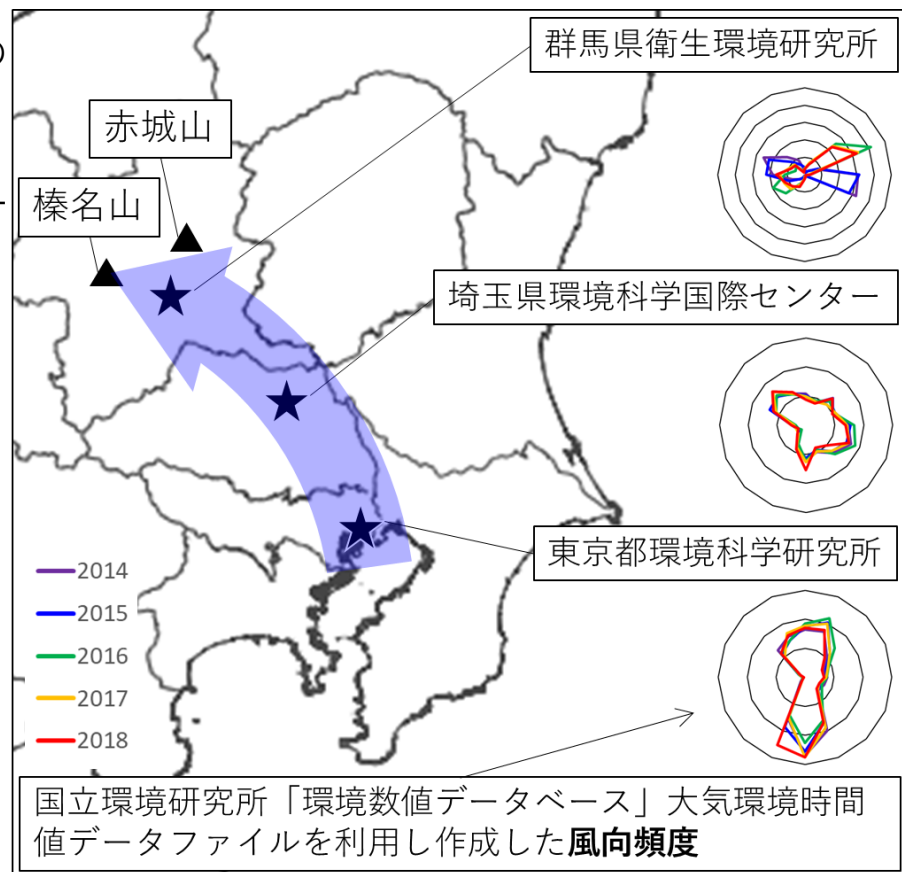
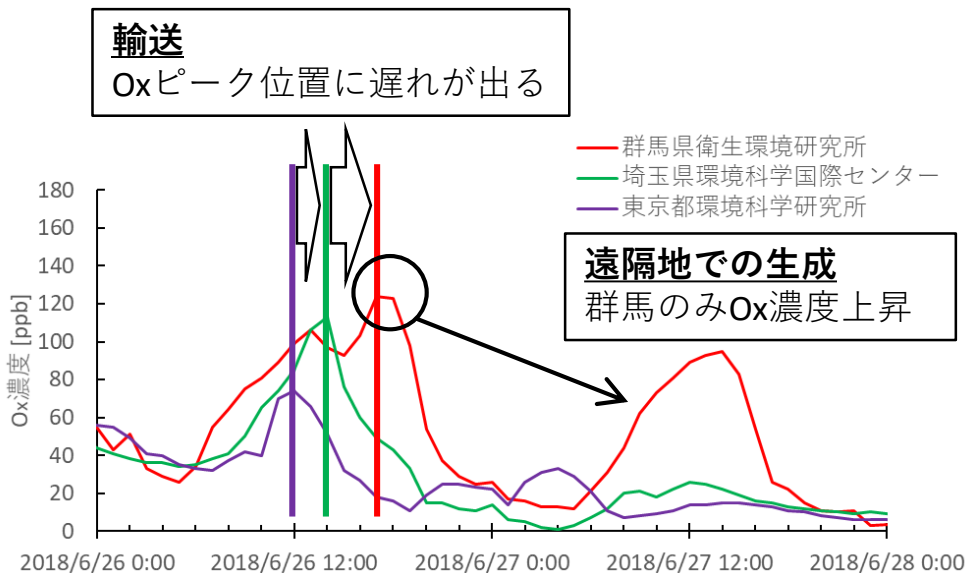


測定方法を確認し、測定装置を作成することで大気中の挙動を把握する

観測地点の選定

池田ら(1995)赤城山で発生する酸性霧と大気汚染の解析, 30(2), 113-125, 1995, 大気環境学会誌 より

赤城山周辺における大気汚染は東京近郊からの輸送を受けて発生したことが示唆された



- 地域環境の調査研究を担う地方環境研究所が協力して実施する独創的な研究
- 大気汚染防止法に定められる環境大気常時監視測定局ネットワークを活用

令和3年度実施内容

1. 装置部品の購入・組み立て
2. パーミエーションチューブ法を用いた熱分解温度の決定
 - 2.1. 硝酸イソブチルを用いた熱分解温度の決定
 - 2.2. 硝酸を用いた熱分解温度の決定
 - 2.3. PAN（パーオキシアセチルナイトレート）を用いた熱分解温度の決定

パーミエーションチューブ法を用いた熱分解温度の決定

市販パーミエーションチューブ



自作パーミエーションチューブ



設置

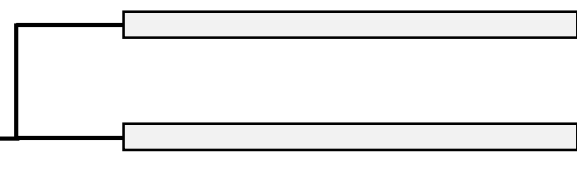
供給部

ZG



GASTEC社製
パーミエーター PD-1B

熱分解部



PNs, ANsライン (～400℃)



↑東京硝子器械株式会社製
パイプ用マントルヒーター

アサヒ理化製作所製
セラミック電気管状炉→

測定部

CAPS-NO₂計

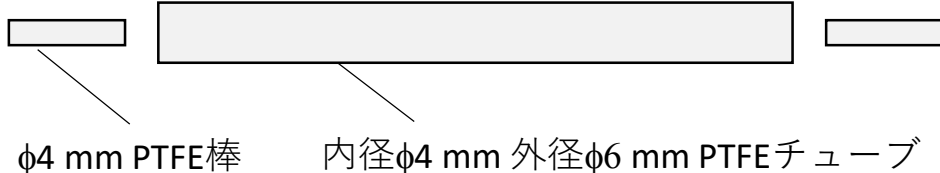
CL-NO_x計

HNO₃ライン (～1000℃)



封入液量：～1 ml
窒素雰囲気下で封入

ステンレスかしめ具



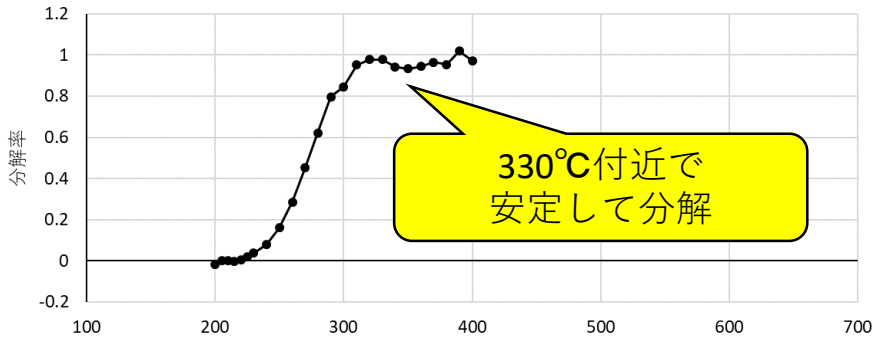
φ4 mm PTFE棒

内径φ4 mm 外径φ6 mm PTFEチューブ

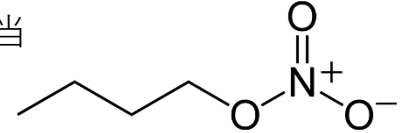
装置が市販されていないため、自分でパーツを選定し、組み上げる必要がある

熱分解温度の決定 実験結果

硝酸イソブチルを用いた実験

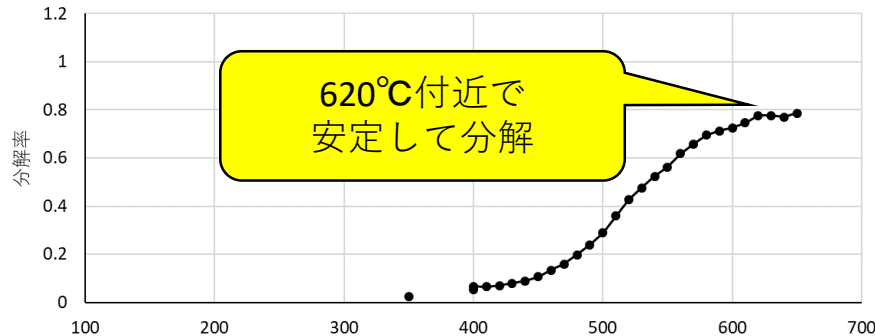


硝酸イソブチル選定理由：
本課題の測定対象であるANsに該当

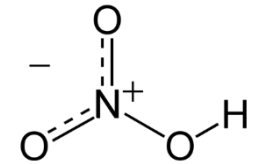


⇒ 330°Cに決定

硝酸を用いた実験

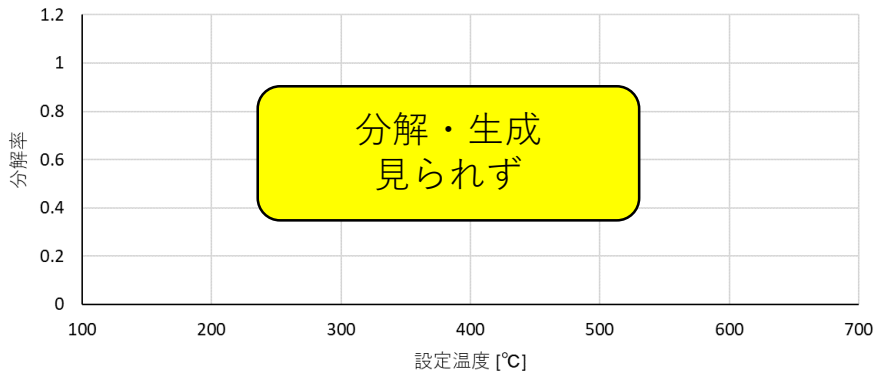


硝酸選定理由：
本課題の測定対象であるHNO₃

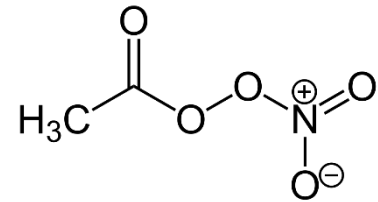


⇒ 620°Cに決定

PAN（パーオキシアセチルナイトレート）を用いた実験



PAN選定理由：
本課題の測定対象であるPNsに該当



⇒ 有識者（アドバイザー）から助言を受け
実験方法・実験条件の改良を行っていく

研究計画

2021年度

目標

安定的な連続測定法の確立

- ✓ 東京都において測定装置の開発及び校正方法の検証と確立
- ✓ CAPS法と化学発光法を用いた装置間の比較
- ✓ 実大気連続観測の実施

2022年度

目標

関東3地点における 通年連続観測の実施

- ✓ 東京都に加え、埼玉県、群馬県の3地点に装置を設置し、実大気連続観測を実施
- ✓ NO_x, PN_s, AN_s, HNO₃の季節変動、日内変動の評価

2023年度

目標

総窒素酸化物の輸送形態及びO₃との関係についての定量的評価

- ✓ 3地点における実大気連続観測の継続
- ✓ 大気中総窒素酸化物全体とO₃の実大気中における関係性の理解
- ✓ 大気中総窒素酸化物の輸送過程における濃度の時間発展

3年後の達成目標

大気中の窒素化合物全体の関係性を定量的に明らかにし、
光化学オキシダントの広域的な汚染状況の解明に貢献する

まとめ

- ✓ 大気汚染物質の残された課題は光化学オキシダントと微小粒子状物質
- ✓ 地方自治体、地方環境研究所、東京都環境科学研究所それぞれが様々なネットワークを活用し、大気汚染問題の解決に向けて研究に取り掛かっている

これまでの成果

- ✓ **関東PM・Ox調査会議**
 - 「関東PM・Ox調査会議」「調査結果」で検索
 - <http://kanto-spm.org/results/>
- ✓ **Ⅱ型共同研究**
 - 「Ⅱ型共同研究」「光化学オキシダント」「報告書」で検索
 - <http://www.nies.go.jp/pmdep/ctype/index.html>
- ✓ **環境研究総合推進費**
 - 令和3年度～令和5年度で実施後、報告書を提出
 - https://www.erca.go.jp/suishinhi/seika/seika_1.html

謝辞

本発表の一部は、（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20215R02）により実施した。