

独立行政法人環境再生保全機構

環境改善調査研究

大気環境の改善に向けた施策に関する調査研究

報 告 書

令和 3 年 3 月

一般社団法人環境情報科学センター

大気環境の改善に向けた施策に関する調査研究

ー 諸外国の光化学オキシダント対策に関するレビュー ー

研究者

一般社団法人環境情報科学センター

代表：蓮沼 英樹

Liliana Martinez Rivera

小林 弘里

会津 賢治

大島 一憲

渋谷 潤

研究要旨

わが国の大気汚染状況について、環境基準達成率は、改善傾向にあるが、光化学オキシダントの達成状況は、依然として低い水準となっている。本研究は、諸外国の光化学オキシダント対策について実態把握を行い、わが国の地方公共団体における光化学オキシダント対策への適用可能性について検討することを目的とする。

諸外国における対策実態については、米国、欧州、中国・韓国、日本について、行政機関の情報源から調査を行い、光化学オキシダント対策について体系的に整理する。先進的な都市等については、詳細なヒアリング調査を実施する。

2020年度は、主に、欧州、中国・韓国について詳細な調査を行った。欧州では、環境大気質指令（Ambient Air Quality Directive）、国別排出上限指令（NEC: National Emission Ceiling Directive）、産業排出指令（IED: Industrial Emission Directive）などの発生源別排出基準に関する指令で構成されている。EU加盟国は、NEC指令の下、国家大気汚染規制プログラム（NAPCP: National Air Pollution Control Program）の計画、採択、実施をしなければならない。2020年～2030年までの排出削減コミットメントを満たすためのプログラムが2019年4月を期限としてEU加盟国から提出された。各国のNAPCPを調査した結果、2005年基準年からの排出削減量を2030年まで推計を行っていた。排出削減コミットメントの達成可能性は、①現状対策シナリオと②追加対策シナリオの2つのシナリオで実施されている。これらの大気汚染対策のポリシーは、大気保全政策とエネルギー政策の一貫性の観点から温室効果ガスも排出削減するWin-Win対策に主軸を置いていた。中国では、2015年に大気汚染を規制する法律の対象物質としてVOCが新規に含まれ、VOCの排出規制管理が開始したところであった。韓国では、2024年までのVOC削減目標量として2016年を基準に7%減とし、発生源別の削減目標量を公表していた。

キーワード

光化学オキシダント、オゾン、対策、レビュー、米国、欧州、中国、韓国

研究協力者

諸外国の光化学オキシダント対策に関するレビュー検討会

板野 泰之（大阪市立環境科学研究センター）

茶谷 聡（国立研究開発法人 国立環境研究所地域環境研究センター）

長谷川 就一（埼玉県環境科学国際センター）

星 純也（公益財団法人東京都環境公社東京都環境科学研究所）

山神 真紀子（名古屋市環境科学調査センター）

Review on atmospheric photochemical oxidant measures in foreign countries

Hideki Hasunuma^{*1}, Liliana Martinez Rivera^{*1}, Hirosato Kobayashi^{*1},
Kenji Aizu^{*1}, Kazunori Oshima^{*1}, Jun Shibitani^{*1}

^{*1} *Center for Environmental Information Science*

Keywords:

Photochemical oxidants, Ozone, Control measures, Review, USA, EU, China, Korea

Abstract

In Japan, the achievement rate of environmental standards of air pollution has been improving in the late years. However, the progress in achieving environmental standards for photochemical oxidants is still low. The purpose of this study is to understand the current situation of photochemical oxidant countermeasures in foreign countries, and to examine the possibilities of applying them as countermeasures in local governments in Japan.

In this regard, a survey based on official information from administrative organizations was conducted in the United States, Europe, China, Korea, and Japan, and measures on photochemical oxidant measures were organized systematically. Based on the results of that survey, some cities were selected to conduct a detailed local interview survey.

In 2020, we conducted a detailed survey mainly on European countries, China, and Korea. In the EU, under the National Emission Ceilings (NEC) Directive, EU member states are required to develop national air pollution control program (NAPCP), to comply with their emission reduction commitments. The first NAPCPs were due by 1 April 2019, to ensure that the emission reduction commitments for 2020-2029 and 2030 onwards are met. NEC directive stipulates that the member states shall provide a ‘with measures’ (i.e. measures already adopted) scenario and a ‘With Additional Measures’ (i.e. other planned measures) scenario for certain pollutants. Air pollution control measures policy focuses on the key to reach win-win solutions that reduce air pollutant and greenhouse gas emissions. In China, VOCs were newly included as substances subject to the law that regulates air pollution in 2015, and VOC emission control has just begun. In Republic of Korea, the VOC reduction target amount by 2024 was reduced by 7% based on 2016, and the reduction target amount for each source was announced.

目次

研究者	1
研究要旨	1
キーワード	1
研究協力者	1
I 研究目的	4
II 研究方法	4
1. 調査の方法.....	4
2. 2019 年度.....	6
3. 2020 年度.....	7
4. 2021 年度.....	9
III 研究結果	10
1. 欧州における大気保全施策の概要.....	10
2. 欧州の大気汚染状況.....	18
3. 欧州の対策.....	27
4. 欧州各国の大気汚染規制プログラム（NATIONAL AIR POLLUTION CONTROL PROGRAM）	32
5. 中国の対策実態.....	54
6. 韓国の対策実態.....	71
7. 米国における オゾン環境基準の見直しについて（追加調査）	87
8. 日本の対策実態に関するレビュー.....	90
9. 諸外国における光化学オキシダントの対策に関する研究動向文献レビュー.....	101
10. 検討会の開催	114
【まとめ】	115

I 研究目的

わが国の大気汚染状況について、環境基準達成率は改善傾向にあるが、光化学オキシダントの達成状況は、依然として低い水準となっている。我々が環境再生保全機構環境改善調査研究（2014～2015 年度）において地方公共団体を対象に実施したヒアリング調査においても、光化学オキシダント対策は地方公共団体の課題となっている。本研究は、光化学オキシダント（付随してPM_{2.5}、NO_x）に係る、諸外国の対策について実態把握を行う。また、わが国の大気汚染対策への適用可能性について検討する。以上を通じ、光化学オキシダント対策をはじめとする、大気汚染対策の検討に資する知見を蓄積することを目的とする。

II 研究方法

1. 調査の方法

本研究は、以下の研究①～⑥で構成する。【図 1 研究フロー参照】

研究① 米国の対策実態に関するレビュー

研究② 都市の対策実態に関する詳細レビュー（現地ヒアリングを含む）

研究③ 欧州の対策実態に関するレビュー

研究④ 日本の対策実態に関するレビュー

研究⑤ 中国・韓国の対策実態に関するレビュー

研究⑥ 地方公共団体の光化学オキシダント対策への適用可能性等についての検討

研究①～③及び⑤の諸外国における対策実態については、行政機関の情報源から調査を行い、光化学オキシダント対策の変遷（現状～対策立案～対策実施～効果）について体系的にとりまとめる。先進的な都市等については、詳細レビュー（研究②）を実施する。

さらに、研究⑥では「最新の研究動向（国内外）に関する文献レビュー」と「専門家へのヒアリング調査」により、諸外国の各対策について、わが国の地方公共団体への適用可能性について検討する。

本研究の実施にあたっては、専門家による検討委員会を組織し、成果のとりまとめの方向性や地方公共団体への適用可能性等について、専門的見地から助言をいただく。検討会委員メンバーは、国及び地方公共団体の光化学オキシダント対策に係る専門家を選定し委員就任の承諾を得た。

検討会委員メンバー

長谷川 就一	埼玉県環境科学国際センター	埼玉県の対策
星 純也	公益財団法人東京都環境公社 東京都環境科学研究所	東京都の対策
山神真紀子	名古屋市環境科学調査センター	名古屋市の対策
板野泰之	大阪市立環境科学研究所	大阪市の対策
茶谷 聡	国立研究開発法人 国立環境研究所	シミュレーション

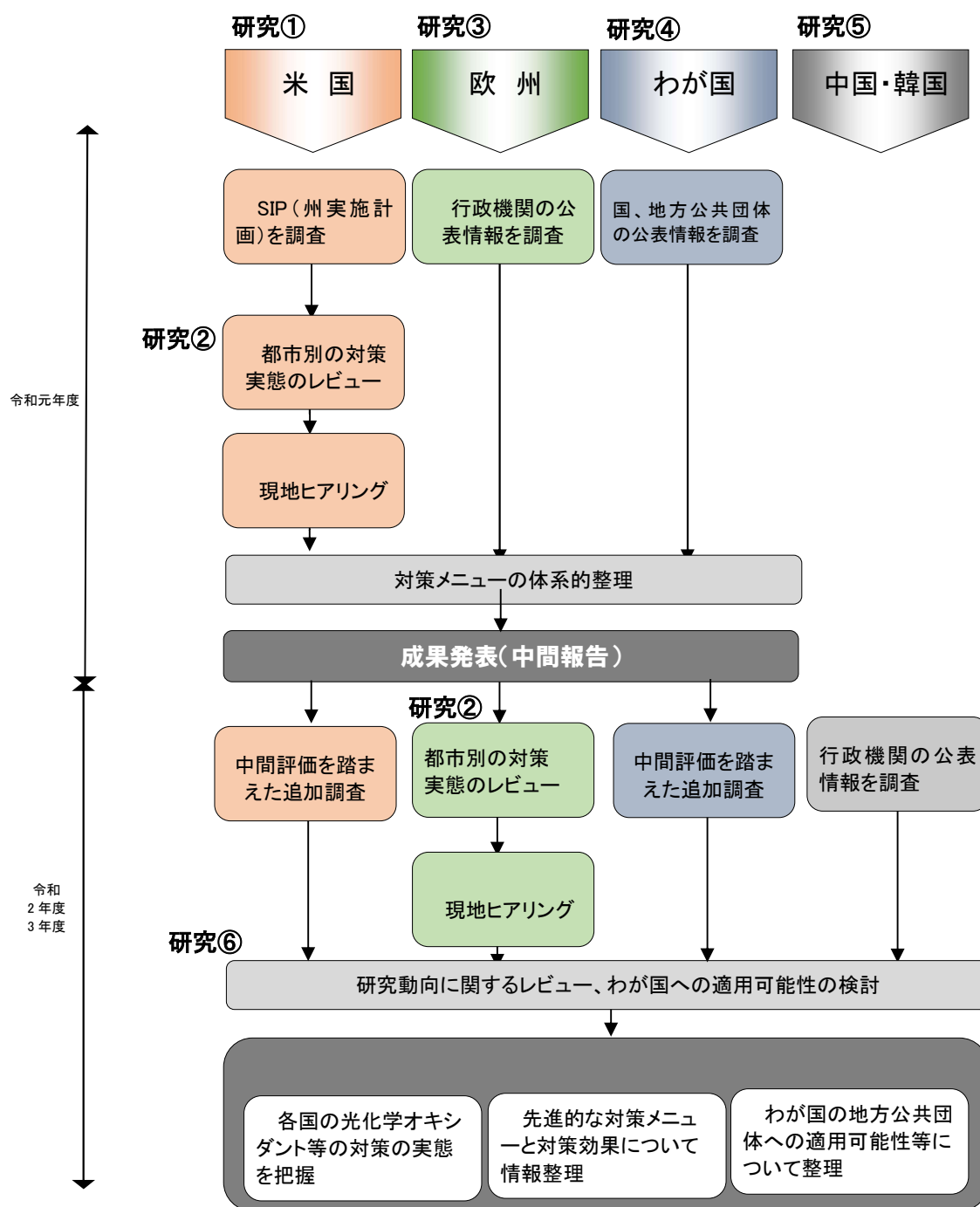


図 1 研究フロー

【光化学オキシダント (Ox) とオゾン (O₃) について】

光化学オキシダント (Ox) の大部分はオゾン (O₃) である。
わが国の環境基準は、光化学オキシダント濃度で定められているが、諸外国ではオゾン濃度で定められている。このため、本報告書では「光化学オキシダント (Ox)」と「オゾン (O₃)」という用語が混在する。

2. 2019 年度

2.1 研究① 米国の対策実態に関するレビュー

- ・ 米国では大気浄化法 (The Clean Air Act) により、環境保護庁 (Environment Protection Agency、以下「EPA」) が 6 物質 (CO、O₃、Pd、NO_x、PM (PM_{2.5}, PM₁₀)、SO₂) について全国大気環境基準 (National Ambient Air Quality Standards、以下「NAAQS」) を設定している。大気環境基準の非達成地域として指定された場合、当該地域に該当する州は、大気質を改善するための州実施計画 (State Implementation Plan、以下「SIP」) を策定することが求められる。SIP は、大気汚染物質濃度の推移、発生源分析、達成のための対策計画、将来予測等が示されており、ボリュームは数百ページにもなる。
- ・ オゾンの非達成地域は 14 州(1997 基準)、17 州(2008 年基準)、23 州 (2015 年基準) と変遷している。各州の SIP を経年的に調査することにより、米国のオゾン、PM_{2.5} 及び NO_x 対策の状況 (背景、実態、対策事例、効果) をとりまとめた。

2.2 研究② 都市の対策実態に関する詳細レビュー (現地ヒアリングを含む)

- ・ 本研究の成果は、地方公共団体の対策に役立てるため、都市別の対策実態について詳細レビューを実施した。
- ・ 初年度は、主に米国において詳細調査を行った。米国では、オゾンの環境基準の非達成の地域は東海岸と西海岸に集中していた。オゾンは気象の影響が大きいことから、これらの地域のうち、日本の温暖な気候と類似し、かつ SIP の情報量が豊富なカルフォルニア州、首都ワシントン、ニューヨーク州の 3 地域を詳細調査の対象として選定した。
- ・ ヒアリング先の選定に関しては、オゾン対策の取組状況、オゾン感度レジーム、前駆物質発生状況の観点を踏まえて優先順位を決定した。調整する過程で EPA を紹介いただき、最終的に、カルフォルニア州、首都ワシントン、EPA をヒアリング調査として選定し調査を実施した。

2.3 研究④ 日本の対策実態に関するレビュー

- ・ 日本の対策実態については、行政機関の情報源から調査を行い、国及び地方公共団体の対策についてとりまとめた。

3. 2020 年度

調査研究評価委員による 2019 年度の年度評価結果を踏まえ、2020 年度の研究計画を次の通り修正した。

- ・ 研究①～研究⑤について、わが国の地方公共団体等が今後取組むオキシダント対策の検討に向けてより有益な情報を得るため、評価委員から指摘された事項に関する調査を追加する（以下、「追加調査」）。
- ・ なお、当初の調査研究計画では、2020 年度中に欧州の機関を対象とした現地ヒアリングを実施することとしていたが、新型コロナウイルス感染症が世界的に流行し、海外渡航が困難になったことを踏まえ、欧州の機関を対象とした現地ヒアリングは 2021 年度に実施する。

研究① 米国の対策実態に関するレビュー（追加）

研究② 都市別の詳細レビュー（続き）

研究③ 欧州の対策実態に関するレビュー

研究⑤ 中国・韓国の対策実態に関するレビュー

研究⑥ 地方公共団体の光化学オキシダント対策への適用可能性等についての検討

3.1 研究① 米国の対策実態に関するレビュー（追加調査）

- ・ わが国の地方公共団体等が今後取組むオキシダント対策の検討に向けて、より有益な情報が得られるよう、米国の対策実態について、評価委員から指摘された事項を整理した。
●大気環境基準（NAAQS）の見直しプロセスや基準変更の根拠等

3.2 研究② 都市の対策実態に関する詳細レビュー（続き）

- ・ 本研究の成果は、地方公共団体の対策に役立てるため、都市別の対策実態について詳細レビューを実施する。
- ・ 2020 年度は、EU 加盟国の中から 2～3 都市程度を選定して、詳細レビューを実施した。

3.3 研究③ 欧州の対策実態に関するレビュー

- ・ 欧州（以降、「EU」）では、「大気質に関する欧州指令（Ambient air quality and clearer air for Europe, Directive 2008/50/EC）」により、環境基準が定められている。対策については、EU の行政機関の情報源）から調査を行い、対策の変遷についてとりまとめた。
- ・ EU の大気汚染の状況については、“Air quality in Europe report” で報告されている。欧州のオキシダント濃度は、地中海沿岸で高い。
- ・ 発生源データについては、長距離越境大気汚染条約（Convention on Long-range Transboundary Air Pollution: LRTAP 条約）の下、発生源インベントリーデータが国別に推計され“European Union emission inventory report”として報告されており、これらのレポートを分析することによりとりまとめた。

3.4 研究⑤ 中国・韓国の対策実態に関するレビュー

- ・ 光化学オキシダントの長期トレンドの要因として、越境大気汚染の増加による平均値の増加が指摘されていることから、中国及び韓国の対策実態についても把握する必要がある。

- ・ 調査方法としては、以下の行政機関の情報源から調査を行い、対策の変遷についてとりまとめた。

中国・韓国の行政機関の情報源

- ・ 中国（例示）
 - 中国・環境部局のレポート
 - 中国・環境科学研究院のレポート
 - 北京市・環境部局のレポート
- ・ 韓国（例示）
 - 韓国・環境部局のレポート
 - 韓国・環境科学研究院のレポート
 - ソウル市・環境部局のレポート

- ・ また、わが国の地方公共団体等が今後取組むオキシダント対策の検討に向けて、より有益な情報が得られるよう、中国・韓国の対策実態について、評価委員から指摘された以下の事項を追加した（追加調査）。
 - 中国における PM_{2.5} の年平均濃度のトレンド（季節変動等）
 - 韓国における PM_{2.5}、光化学オキシダントのトレンド

3.5 研究⑥ 地方公共団体の光化学オキシダント対策への適用可能性等についての検討

3.5.1 ステップ1 研究動向に関する文献レビュー

- ・ 研究①～⑤を実施することにより、諸外国の対策の実態がとりまとめられる。本研究では、「各対策の科学的根拠」や「まだ対策に至っていないが今後、導入が期待される対策」についての知見を得るため、「研究動向に関する文献レビュー」を実施した。
- ・ 研究方法としては、米国、欧州、日本の Ox 対策に関する研究論文を収集し、各地域の研究動向（各対策の科学的根拠、対策に係る最新の研究動向）に関する情報として整理した。
- ・ 文献検索データベースとしては、米国・欧州の文献は Web of Science または Science Direct を用い、日本の文献は JDreamIII を用いて、キーワードは「光化学オキシダント、オゾン」や「対策」に関する用語を掛け合わせて行った。
- ・ 成果のとりまとめは、各地域別に、
 - 各対策の科学的根拠
 - 対策に係る最新の研究動向
 の観点からとりまとめた。その結果、「まだ対策に至っていないが、今後、導入が期待されている対策」について情報整理も可能となるようにした。

4. 2021 年度

2020 年度に新型コロナウイルス感染症が世界的に流行し、海外渡航が困難になったことを踏まえ、欧州の機関を対象とした現地ヒアリングを 2021 年度に実施する。

- ・ 研究②について、欧州に関する調査を実施する（現地ヒアリングを含む）。
- ・ 研究⑥について、ステップ 2 諸外国における光化学オキシダント対策のわが国への適用可能性等を検討する。

4.1 研究② 都市の対策実態に関する詳細レビュー（続き）

- ・ 2020 年度に選定した EU 加盟国の対策実態について、行政機関を対象とした現地ヒアリングを実施する。新型コロナウイルス感染症対策により海外渡航が引き続き困難となった場合は、Web 会議システムによりヒアリングを実施する。

4.2 研究⑥ 地方公共団体の光化学オキシダント対策への適用可能性等についての検討

4.2.1 ステップ 2 地方公共団体の光化学オキシダント対策への適用可能性等の検討

- ・ 諸外国の対策に関して体系的（現状～対策立案～対策実施～効果）に整理する。
- ・ 諸外国の光化学オキシダント対策を、そのままわが国に当てはめられるとは限らない。そのため、諸外国の状況とわが国の大気汚染の状況（Ox の律速条件等）とを比較しながら、諸外国の各対策について、わが国の地方公共団体への適用可能性について検討する。
- ・ 諸外国の対策を、わが国（地方公共団体）への適用可能性については、委員（専門家）にヒアリングを行って、意見をとりまとめる。
- ・ 諸外国の光化学オキシダント対策を、（委員所属の）地方公共団体への適用可能性についての意見をとりまとめる。（わが国で既に得られている関連した知見、予測される効果、対策を実行する上での課題など）
- ・ 光化学オキシダントなどの二次汚染物質濃度の将来予測をするにあたっては、米国及び欧州ともにシミュレーション解析を行っていた。そのため、諸外国の有望な対策についてシミュレーションによる対策効果の試算の可能性について、委員にヒアリングを行う。

III 研究結果

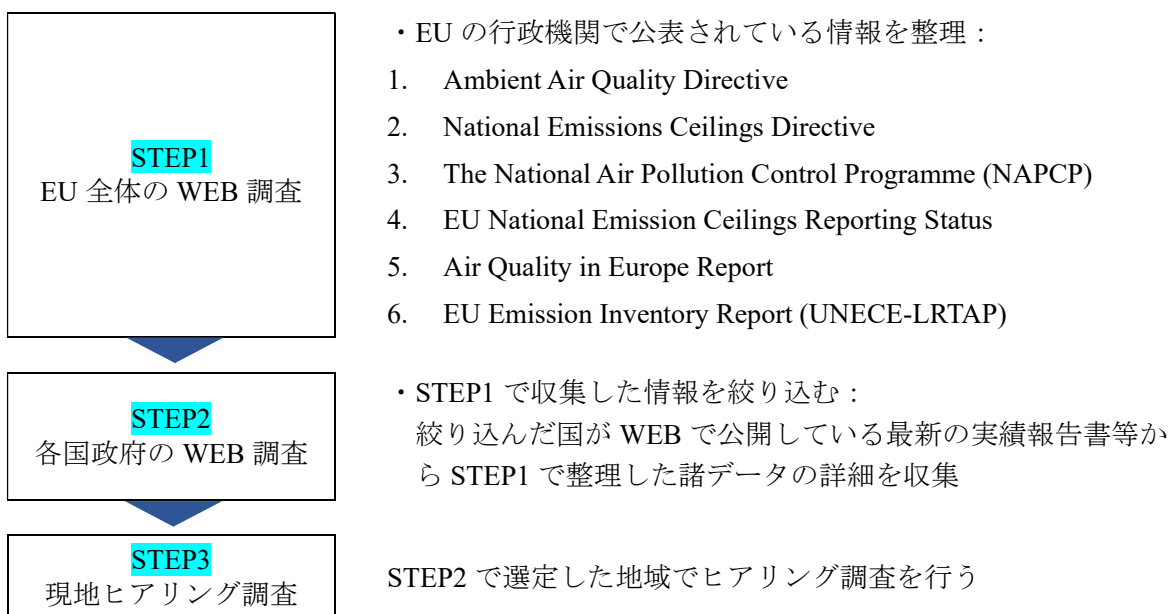
1. 欧州における大気保全施策の概要

1.1 調査方法

EU における大気保全施策の実態を明らかにするため、EU の行政機関の大気保全施策に関する情報源から調べた。

欧州加盟国は、環境大気質指令に基づき、汚染物質が EU の濃度上限値を超過している地域に対して大気環境質計画（air quality plans）を策定するとともに、加盟国は「国家大気汚染規制プログラム（National Air Pollution Control Program）」を計画し、対策を実施している。これを踏まえ本研究では、まず STEP1 として、EU の行政機関が公表している情報から欧州全体の法規制を把握し、加盟国が WEB で公表している情報から各国の計画やプログラムを調査した。次いで、STEP2 として、各国の計画やプログラムから、オゾン対策が充実している諸国（ドイツ、オーストリア）や、対策がなされてもオゾン濃度が下がらないイタリアを選定し、各国が公表している資料を基に、発生源別対策や将来予測等について詳細に整理することとした。さらに、既存の公開情報で把握できる事項には限界があることから、欧州委員会ならびに STEP2 で詳細調査を行った諸国を対象にヒアリング調査を行うこととした（STEP3）。

調査のステップを以下に示す。なお、前述のとおり、STEP3 は 2021 年度に実施する。

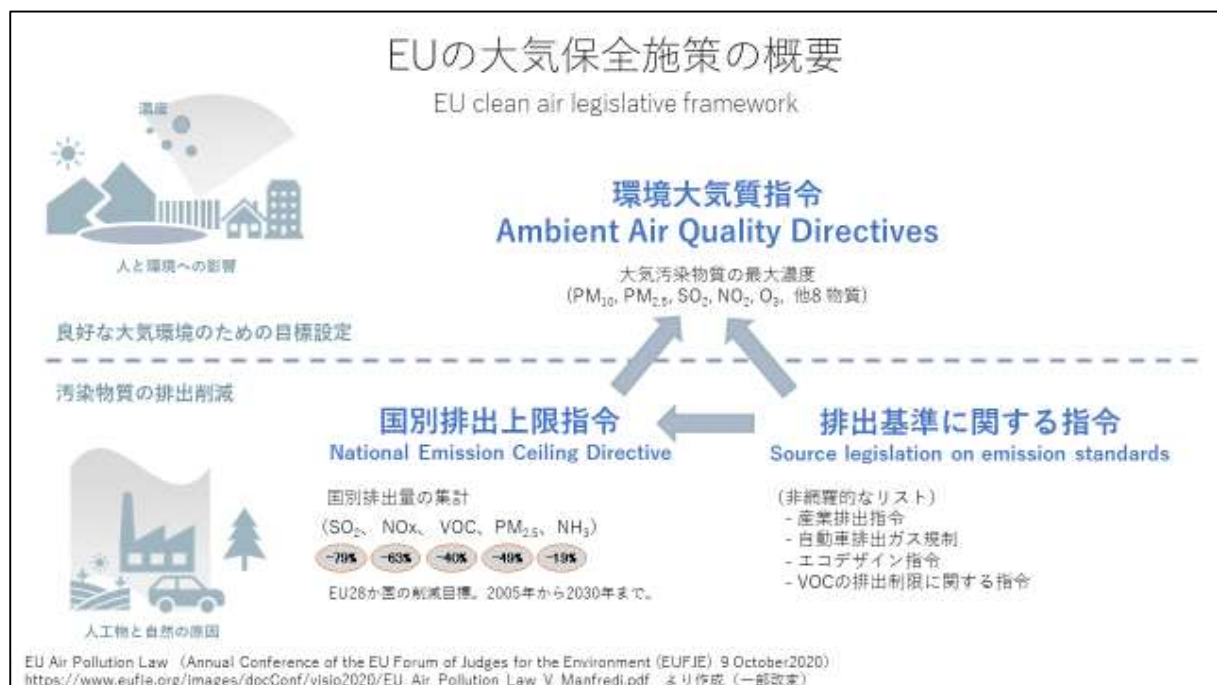


1.2 欧州の大気保全施策の概要

1.2.1 欧州の大気保全施策の指令の概要

欧州全体における大気保全施策は、欧州委員会（European Commission：以下「EC」と言う。）の管轄になっており、その法規制は、環境大気質指令（Ambient Air Quality Directive, 2008/50/EC）、国別排出上限指令（NEC 指令: National Emissions Ceilings Directive, 2016/2284/EU）、産業排出指令（IED 指令：Industrial Emissions Directive, 2010/75/EU）などの発生源別排出基準に関する指令で構成されている。

環境大気質指令では、大気環境基準が定められている。NEC 指令では、大気環境基準を達成するため、大気汚染物質（NO_x、VOC、PM_{2.5}、SO₂、NH₃）の排出量上限値を国別に設定する。さらに、これらの排出上限値を超えないようにするため、IED 指令等の発生源別排出基準に関する指令により発生源の規制を行っている。それぞれの指令に基づき加盟国は国内対策に取り組む。



1.2.2 指令の経緯

1996 年 11 月に大気環境に対する初めての指令（法的手段）として「大気質枠組み指令（Air Quality Framework Directive, 96/62/EC）」が施行された。その後、当指令の下で各対象物質の大気環境基準を設定するための第 1～第 4 の孫指令（daughter directives）が策定された。第 1 孫指令（First Daughter Directive, 1999/30/EC）は、SO₂、窒素酸化物、粒子状物質、鉛に関する環境基準を規定した。第 2 孫指令（Second Daughter Directive, 2000/69/EC）はベンゼンと CO に関する環境基準を規定した。第 3 孫指令（Third Daughter Directive, 2002/3/EC）はオゾンに関する環境基準を規定し、オゾン及びその前駆物質である VOC のモニタリングを要求することになった。第 4 孫指令（Fourth Daughter Directive, 2004/107/EC）は、大気中のヒ素、カドミウム、水銀、ニッケル、および多環芳香族炭化水素に関する環境基準を規定している。その後、2008 年に、「大気質枠組み指令」と「第 1～第 3 孫指令」が「環境大気質指令（Ambient Air Quality Directive, 2008/50/EC）」に統合された。

2011 年から 2013 年にかけて、大気汚染は改善しているものの、依然として喘息、呼吸器疾患、早期死亡を大気汚染が引き起こしているとし、欧州の大気政策を見直し「大気浄化政策パッケージ（Clean Air Policy Package）」を採択した。パッケージの一部として、加盟国に対する「Clean Air Program」を提案し、2030 年までの達成目標を示し、その立法手段として、「国別排出上限指令（NEC 指令: National Emission Ceilings Directive, 2016/2284/EU）」を 2016 年 12 月 31 日に発効した。

国際的には、大気汚染物質の排出削減は、長距離越境大気汚染条約（LRTAP）によっても取り組まれている。2012 年に、酸性化、富栄養化、地表オゾン濃度低減に関する議定書（ヨーテボリ議定書）が改正された。締約国は、VOC の排出を削減することを公約するだけでなく、義務を有する。

1.2.3 環境大気質指令 (Ambient Air Quality Directive, 2008/50/EC)

2008 年に「大気質枠組み指令」と「第 1～第 3 孫指令」が「環境大気質指令 (Ambient Air Quality Directive, 2008/50/EC)」に統合された。第 4 孫指令 (Fourth Daughter Directive, 2004/107/EC) は、大気中のヒ素、カドミウム、ニッケル、および多環芳香族炭化水素に関する環境基準を規定している。これら 2 つの指令による大気環境の基準値 (Limit value)、目標値 (Target value)、情報閾値 (Information threshold)、警戒閾値 (Alert threshold) は以下の表で示される。

表 1 EU における健康を守るための大気環境基準

物質	平均期間	濃度	注釈
PM ₁₀	1 日	基準値 : 50 µg/m ³	年間 35 日を超えないこと
	年間	基準値 : 40 µg/m ³	
PM _{2.5}	年間	基準値 : 25 µg/m ³	
		曝露濃度義務: 20 µg/m ³	平均曝露指数 (AEI ^(a)) 2015 年 (2013-2015 平均)
		国の曝露削減目標: 0-20%削減	削減割合は当初 AEI ^(a) による
O ₃	日最大 8 時間値	目標値 : 120 µg/m ³	3 年平均で年間 25 日を超えないこと ※120 µg/m ³ は換算すると 0.056 ppm (わが国における O _x の環境基準 0.06 ppm と同等)
		長期目標値 : 120 µg/m ³	
	1 時間	情報閾値 : 180 µg/m ³ 警戒閾値 : 240 µg/m ³	
NO ₂	1 時間	基準値 : 200 µg/m ³	年間 18 時間を超えないこと
		警戒閾値 : 400 µg/m ³	100km ² または地域全体で連続 3 時間以上測定すること
	年間	基準値 : 40 µg/m ³	
BaP	年間	目標値 : 1 ng/m ³	PM ₁₀ 含有量で測定
SO ₂	1 時間	基準値 : 350 µg/m ³	年間 24 時間を超えないこと
		警戒閾値 : 500 µg/m ³	100km ² または地域全体で連続 3 時間以上測定すること
	1 日	基準値 : 125 µg/m ³	年間 3 日を超えないこと
CO	日最大 8 時間値	基準値 : 10 mg/m ³	
C ₆ H ₆	年間	基準値 : 5 µg/m ³	
Pb	年間	基準値 : 0.5 µg/m ³	PM ₁₀ 含有量で測定
As	年間	目標値 : 6 ng/m ³	PM ₁₀ 含有量で測定
Cd	年間	目標値 : 5 ng/m ³	PM ₁₀ 含有量で測定
Ni	年間	目標値 : 20 ng/m ³	PM ₁₀ 含有量で測定

(a) 平均曝露指数 (AEI) : 国ごとに都市のバックグラウンド地点での 3 年平均を評価

出所 : Air Quality in Europe – 2019 Report

また、当該指令により、植生保護のための目標濃度を表 2 で示すように設定している。さらに、LRTAP は森林保護に影響を与え得る濃度レベルを定義している。

表 2 植生保護のための環境基準

物質	平均期間	濃度	注釈
O ₃	AOT40 ^(a)	目標値：18,000 µg/m ³ ・hours	5 年平均
	5～7 月の積算	長期目標値：6,000 µg/m ³ ・hours	
	AOT40 ^(a) 4～9 月の積算	森林保護のクリティカルレベル： 10,000 µg/m ³ ・hours	LRTAP で定義
NO _x	年間	植生保護のクリティカルレベル：30 µg/m ³	
SO ₂	冬季	植生保護のクリティカルレベル：20 µg/m ³	10 月 1 日～3 月 31 日
	年間	植生保護のクリティカルレベル：20 µg/m ³	

(a) AOT40：O₃ への累積曝露を示す指標。8～20 時に閾値 40 ppb を超えたオゾン濃度の積算値。
出所：Air Quality in Europe – 2019 Report

表 3 環境大気質指令の管理指標

管理指標	説明
基準値 Limit value	“基準値”とは、人の健康及び環境全体への悪影響を回避、防止、または低減することを目的とした、科学的知識に基づき定められたレベルを意味し、一定の期間内に達成し、その達成後はそれを超えてはならない値である。
目標値 Target value	“目標値”とは、人の健康及び環境全体への有害な影響を回避、防止、または低減することを目的として定められたレベルを意味し、特定の期間に可能な限り達成するための値である。
情報閾値 Information threshold	“情報閾値”とは、特に感受性の高い集団が短期曝露により健康リスクがあり、即時かつ適切な情報提供が必要なレベルを意味する。
警戒閾値 Alert threshold	“警戒閾値”とは、その値を超えると、短期曝露により人口集団全体に健康リスクがあり、直ちに措置を講じなければならないレベルを意味する。
長期目標値 Long-term objective	“長期目標値”とは、人の健康及び環境への効果的な保護を提供することを目的とし、長期的に達成されなければならないレベルを意味する（適切な対策によって達成できない場合を除く）。
曝露濃度義務 Exposure concentration obligation	“曝露濃度義務”とは、人の健康への有害影響を低減することを目的として、平均曝露指標に基づき定められた、一定期間内に達成されるレベルを意味する。
国の曝露削減目標 National exposure reduction target	“国の曝露削減目標”とは、人の健康への有害影響を削減することを目的として、参照年について設定された加盟国の国民の平均曝露量の削減量（パーセンテージ）を意味し、特定の期間に可能な限り達成するための値である。

また、環境大気質指令では、指定された地域における大気状態のモニタリング及びアセスメントの最低必要要件を規定している。

1.2.4 国別排出上限指令(NEC 指令: National Emissions Ceilings Directive, 2016/2284/EU)

2011 年から 2013 年にかけて、EC は欧州連合（EU）の大気政策を見直し、その結果、「大気浄化政策パッケージ（Clean Air Policy Package）」が採択された。パッケージの一部として、EC は加盟国に対する「大気浄化プログラム(Clean Air Program)」を提案し、その立法手段として、「国別排出上限指令 (NEC 指令: National Emission Ceilings Directive, 2016/2284/EU)」を 2016 年 12 月 31 日に発効した。なお、発効から 2018 年 7 月 1 日までは、各国が国内の法律に組み込む期間となった。

NEC 指令は、大気オゾン汚染や酸性化の原因となる 5 つの汚染物質（NO_x、VOC、PM_{2.5}、SO₂、NH₃）の国別削減コミットメントを設定する。なお、この指令では EU 全体及び加盟国がヨーテボリ議定書に基づいてこれらの削減コミットメントを 10 年ごとに見直すことになっている。2019 年以降は、新しい排出削減コミットメントが 2020 年から 2029 年に適用され、2030 年以降に新しいコミットメントが適用される予定である。

NEC 指令に関する欧州全体の報告書が毎年発表されており、直近では 2019 年 6 月¹及び 2020 年 6 月²に公表された。同報告書では、NEC 指令の下で 2010 年に設定した 2019 年末まで適用される排出上限の達成状況が示されている。2020 年レポートでは加盟国 28 か国の 2018 年の達成状況について、NO_x は 28 か国が、NMVOC は 27 か国が達成したことが報告された（非達成 1 か国はチェコ）。一方、2030 年時点の排出削減コミットメントの達成に当たっては、NO_x は 28 か国全ての国が、NMVOC は 19 か国が現状の排出量よりさらに削減しなければならないことが報告された。

¹ NEC Directive reporting status 2019

<https://www.eea.europa.eu/publications/nec-directive-reporting-status-2019>

² NEC Directive reporting status 2020

<https://www.eea.europa.eu/publications/national-emission-reduction-commitments-directive>

国名	NOx										NMVOC									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
EU28か国(英国含む)	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
オーストリア	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ベルギー	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ブルガリア	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
クロアチア	—	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓		—	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	
キプロス	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
チェコ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		×	×	×	×	×	×	×	×	×	
デンマーク	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓		×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
エストニア	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
フィンランド	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
フランス	×	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ドイツ	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ギリシャ	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ハンガリー	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
アイルランド	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
イタリア	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ラトビア	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
リトアニア	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ルクセンブルク	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
マルタ	×	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
オランダ	×	×	×	×	×	×	✓	✓	✓		×	×	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	
ポーランド	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ポルトガル	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ルーマニア	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
スロバキア	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
スロベニア	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
スペイン	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
スウェーデン	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
イギリス	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
基準超過 ×	13	8	7	2	1	1	0	0	0		6	2	1	2	1	1	1	1	1	
基準以下 ✓	14	19	20	25	27	27	28	28	28		21	25	26	25	27	27	27	27	27	

出所：NEC Directive reporting status 2020 より環境情報科学センター作成

国名	2020					2030				
	NH3	NM VOC	NOx	PM2.5	SO2	NH3	NM VOC	NOx	PM2.5	SO2
オーストリア	○	✓	✓	✓	✓	●	✓	●	●	✓
ベルギー	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	●	○	✓
ブルガリア	✓	○	✓	●	✓	○	●	●	●	✓
クロアチア	✓	✓	✓	✓	✓	○	●	●	●	○
キプロス	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●
チェコ	✓	○	✓	●	✓	●	●	●	●	●
デンマーク	●	✓	○	●	✓	●	✓	●	●	○
エストニア	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	●
フィンランド	○	✓	✓	○	✓	○	○	●	○	✓
フランス	○	✓	○	✓	✓	●	○	●	●	●
ドイツ	○	✓	●	✓	✓	●	✓	●	●	●
ギリシャ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	●	○	✓
ハンガリー	○	✓	✓	●	✓	●	●	●	●	●
アイルランド	○	●	○	✓	✓	○	●	●	○	●
イタリア	✓	✓	✓	✓	✓	○	●	●	●	✓
ラトビア	○	✓	○	✓	✓	○	●	○	●	✓
リトアニア	●	○	●	✓	○	●	●	●	✓	●
ルクセンブルク	✓	✓	✓	✓	✓	●	✓	●	✓	✓
マルタ	✓	●	○	✓	✓	✓	●	●	✓	✓
オランダ	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	●	✓	✓
ポーランド	✓	●	●	○	○	✓	●	●	●	●
ポルトガル	✓	✓	✓	✓	✓	○	●	●	●	●
ルーマニア	✓	✓	●	●	✓	●	●	●	●	●
スロバキア	✓	✓	✓	✓	✓	●	✓	●	✓	●
スロベニア	✓	✓	✓	○	✓	○	●	●	●	●
スペイン	○	✓	✓	○	✓	●	●	●	●	●
スウェーデン	○	✓	○	✓	✓	○	✓	●	✓	✓
イギリス	○	✓	○	●	✓	●	○	●	●	●

現在の排出量が、排出削減のコミットメントを下回っている



現在のレベルから10%未満の排出削減が必要



現在のレベルから10%～30%の排出削減が必要



現在のレベルから30%～50%の排出削減が必要



現在のレベルから50%以上の排出削減が必要



出所：NEC Directive reporting status 2020 より環境情報科学センター作成

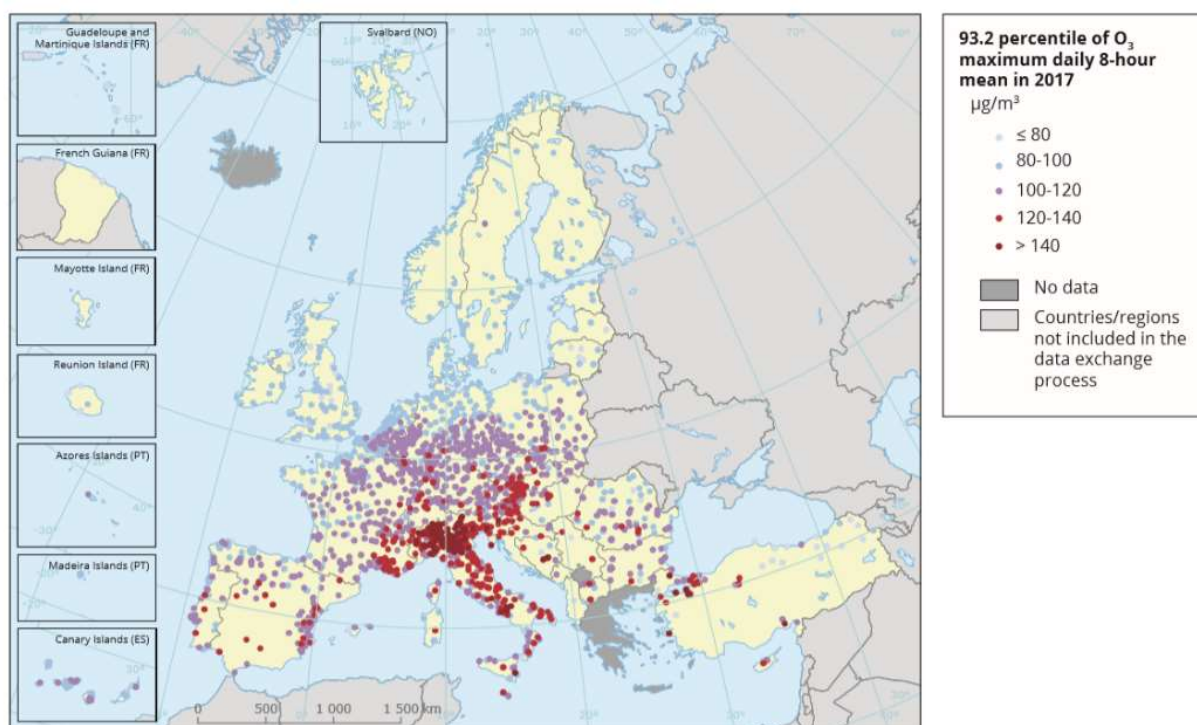
2. 欧州の大気汚染状況

2.1 オゾン濃度

2.1.1 オゾンの大気濃度

EU におけるオゾンの日最大 8 時間値の 93.2 パーセンタイル値（2017 年）を以下の図に示す。EU の環境基準は、目標値（Target value）の $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える日が 3 年平均で年間 25 日を超えないこととされている。そのため 365 日のうち 26 番目に高い値が 93.2 パーセンタイルに相当する。目標値（Target value）は 1 年間で評価するものでなく、3 年間で評価することに留意する必要がある。

最も濃度が高く記録されたのは、イタリアの北部地域などであった。



注記：2017 年観測されたオゾン濃度である。日最大 8 時間値の 93.2 パーセンタイル値（年間 365 日のうち 26 番目に高い値であるオゾン濃度目標値 Target value に相当）を示す。有効データが 75% 以上得られた測定局のみを示す。

出所：Air Quality in Europe 2019 Report, p.36

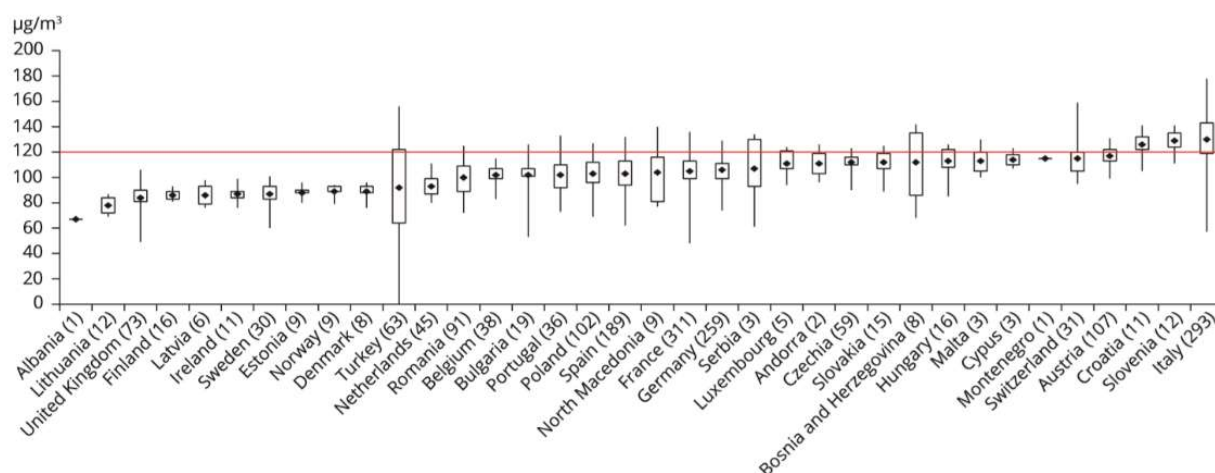
図 2 EU におけるオゾン濃度（2017 年）³

³ European Environment Agency (2019). Air quality in Europe - 2019 report. p.36
© European Environment Agency, 2019 (<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019>).

2.1.2 国別のオゾンの大気濃度と目標値

EU 全体で定めるオゾン濃度目標値と 2017 年のオゾン濃度の比較は以下の図で示す。長方形はオゾン濃度の 8 時間値の 25 パーセンタイルと 75 パーセンタイルを示し、平均値はドットで示す。

EU 加盟国の 17 か国及び EU 非加盟国の 6 か国⁴ の計 23 カ国において、環境基準目標値を非達成である局があった（O₃ の目標値を 25 回以上上回る濃度を登録）ことが報告された。これらのピークオゾンエピソード（peak ozone episodes）の原因は、前駆物質の人為的排出であるが、気象条件も強く関連しており、暖かく停滞した高気圧によって促進される⁵。例えば、オゾンの前駆物質である NO_x 及び VOC（NMVOC）の排出量が最も多い国はドイツであるが（詳細は後述）、オゾン濃度は中位である。



注記：図は各国ごとに日最大 8 時間値の 93.2 パーセンタイル値（年間 365 日のうち 26 番目に高い値であるオゾン濃度目標値 Target value に相当）の範囲を示す。国名の後ろの数字は各国のモニタリング局の数を示す。それらの測定局の最小値と最大値の範囲を線で示し、平均値はドットで示す。長方形は 25、75 パーセンタイル値を示す。赤いラインは EU の目標値（Target value）を示す。目標値（Target value）は 1 年間で評価するものでなく、3 年間で評価することに留意する。

出所：Air Quality in Europe 2019 Report, p.36.

図 3 オゾン濃度目標値に対する国別の測定局数を考慮したオゾン濃度（2017 年）

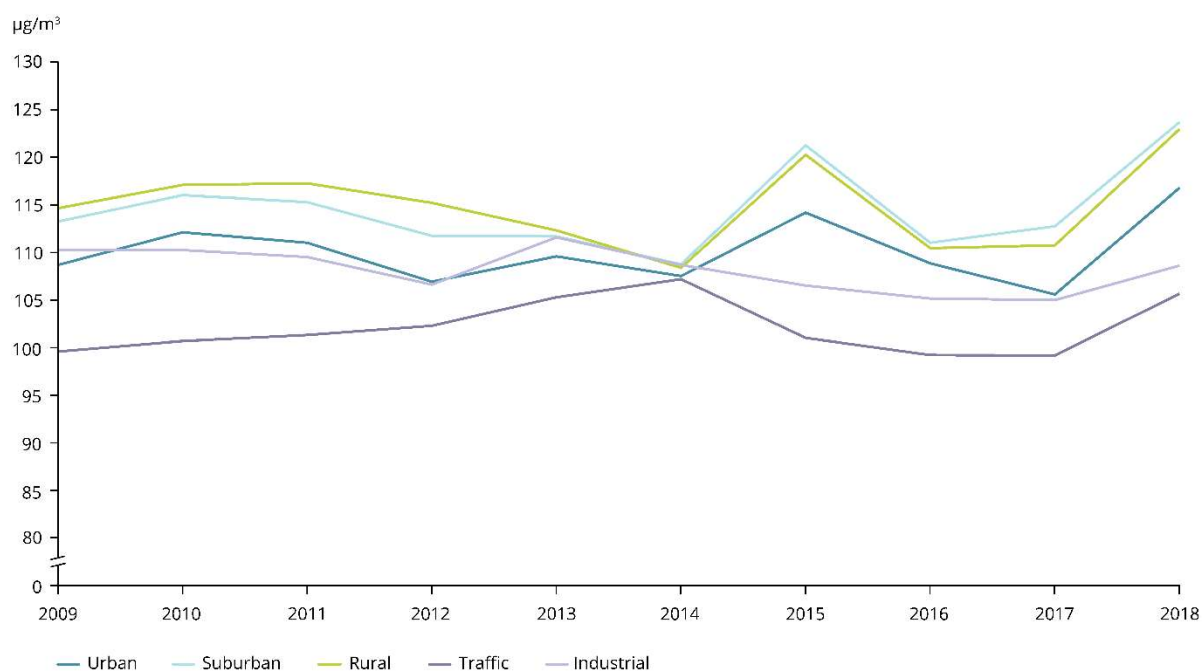
⁴ トルコ、北マケドニア、アンドラ、セルビア、ボスニア・ヘルツェゴビナ、スイス

⁵ Air quality in Europe 2019 report, p.36

2.1.3 オゾン濃度の経年変化⁶

EU における日最大 8 時間値の 93.2 パーセンタイルのオゾン濃度の経年変化を下図に示す。測定局の属性別に、Urban (都市部)、Suburban (郊外部)、Rural (農村部)、Traffic (沿道部)、Industrial (工業部) 別に示されている。2009 年から 2018 年の期間に、経年変化の増減傾向は明確に見られず、年によるばらつきが大きい。経年変化を測定局別にみると、95%の測定局で有意な増減傾向がみられない。5%の測定局は、統計的に有意な増減傾向がみられたが、増加と減少の測定局は同程度が存在する。

後述するとおり、オゾンの前駆物質である NO_x の EU 域内における排出量は 2010 年から 2017 年の期間に約 20%削減 (9515 Gg→7532 Gg) され、同様に NMVOC の排出量は約 13%削減 (7993 Gg→6964 Gg) されているが、オゾン濃度の経年的な傾向とは整合しない。



注記：日最大 8 時間値の 93.2 パーセンタイル値（年間 365 日のうち 26 番目に高い値であるオゾン濃度目標値 Target value に相当）を示す。

出所：Air Quality in Europe 2020 Report, p.66

図 4 日最大 8 時間値の 93.2 パーセンタイルのオゾン濃度の経年変化

⁶ European Environment Agency (2020). Air quality in Europe - 2020 report. p.66
© European Environment Agency, 2020 (<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>).

2.1.4 オゾン前駆物質の排出量

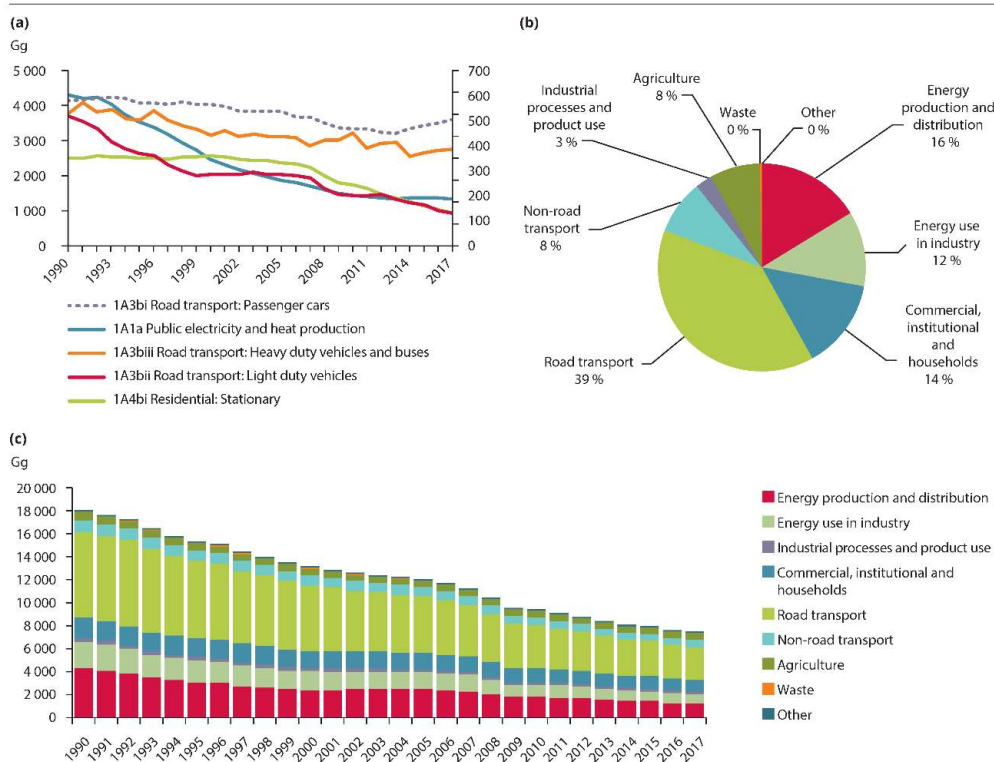
(1) NO_x 排出量の変遷

1990 年から 2017 年の間に、NO_x 排出量は 58%削減された。

図 5 の Figure (a)は、5つの主要な NO_x 発生源カテゴリーの経年変化を示す。その中でも削減率が大きかった排出源として、エネルギー分野が 74.2%削減（分類'1A1a', Public electricity and heat production）、移動発生源の自動車（分類'1A3bi', Road transport: Passenger cars）が 68.5%削減（分類'1A3bii', Road transport: Heavy duty vehicles and buses）、移動発生源の Heavy duty vehicle（大型車）が 61.7%削減（分類'1A3biii', Heavy duty vehicles and buses）であった。

図 5 の Figure (b) は、各セクターの排出量の割合を示す。移動発生源からの削減は、欧州排出ガス規制（いわゆる Euro1～6）と、触媒等による排気ガス浄化技術による寄与が大きい。しかし、2017 年時点においても、NO_x 発生源の 39%を移動発生源が占め、最も大きい割合となっている。エネルギー分野においては、燃焼改良技術（低 NO_x バーナなど）、選択接触還元法（SCR : Selective Catalytic Reduction）や無触媒選択還元法（SNCR : Selective Non-Catalytic Reduction）などの排ガス除去技術、石炭からガスへの燃料転換による対策が NO_x 排出量を低減させてきた。

Figure 3.5 NO_x emissions in the EU: (a) trend in emissions from the five most important key categories, 1990-2017; (b) share by sector group, 2017; (c) sectoral trends in emissions



Note: In Figure 3.5(a), the right-hand axis shows values for '1A3bii — Road transport: Light duty vehicles' and '1A4bi — Residential: Stationary'.

図 5 EU 加盟国における NO_x 排出量の変遷⁷

⁷ European Environment Agency (2019). European Union emission inventory report 1990-2017 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP). p.40. © EEA, Copenhagen, 2019 (<https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-emissions-inventory-report-2017>).

表 4 EU 加盟国における NOx 排出量の変遷⁸

Member State	NOx (Gg)												Change (%)		Share in EU-28 (%)	
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	1990-2017	2016-2017	1990	2017
Austria	219	199	214	238	183	173	168	169	160	156	151	145	-34	-4.4	1.2	1.9
Belgium	410	381	344	318	246	229	215	208	198	198	186	176	-57	-5.3	2.3	2.3
Adjusted data*					184	167	155	146	137	139	186	176		-5.3		
Bulgaria	302	196	154	191	148	165	152	137	146	147	141	103	-66	-27.3	1.7	1.4
Croatia	110	81	88	87	71	67	62	61	57	57	56	55	-50	-2.4	0.6	0.7
Cyprus	17	19	21	21	19	21	22	16	17	15	15	15	-13	-0.6	0.1	0.2
Czechia	729	370	280	276	232	220	207	191	184	176	167	163	-78	-2.3	4.0	2.2
Denmark	303	291	227	206	150	141	130	125	116	114	115	112	-63	-2.5	1.7	1.5
Estonia	79	48	45	42	43	41	38	37	37	33	32	33	-58	2.6	0.4	0.4
Finland	306	273	241	208	187	171	161	158	151	139	134	130	-58	-3.3	1.7	1.7
France	1969	1791	1618	1420	1077	1020	991	980	909	884	843	807	-59	-4.2	10.9	10.7
Adjusted data*					937	875	844	820	749	728	698	807		15.7		
Germany	2889	2181	1945	1584	1356	1340	1307	1309	1273	1250	1224	1188	-59	-3.0	16.0	15.8
Adjusted data*					1068	1039	1008	1004	975	968	973	968		-0.5		
Greece	316	321	354	405	318	295	244	242	236	233	230	250	-21	8.3	1.8	3.3
Hungary	242	188	185	176	145	135	127	125	123	124	117	119	-51	2.1	1.3	1.6
Ireland	169	169	177	170	117	105	108	109	109	112	112	110	-35	-1.7	0.9	1.5
Italy	2063	1939	1487	1280	967	929	871	818	800	775	751	709	-66	-5.6	11.5	9.4
Latvia	95	50	40	42	41	38	38	38	38	38	37	37	-61	2.3	0.5	0.5
Lithuania	138	66	56	62	59	56	58	57	57	58	58	53	-61	-7.1	0.8	0.7
Luxembourg	41	35	41	55	34	34	31	28	26	22	20	18	-56	-10.0	0.2	0.2
Adjusted data*					30	30	27	23	21	18	16	14		-11.1		
Malta	7.4	8.9	8.8	9.9	8.6	8.5	9	7.4	7.3	6.3	5.7	5.3	-28	-6.8	0.0	0.1
Netherlands	657	557	465	408	333	317	302	292	272	273	258	252	-62	-2.4	3.6	3.3
Poland	1090	1053	852	869	888	872	836	796	747	725	742	804	-26	8.3	6.1	10.7
Portugal	251	286	285	268	192	176	164	161	158	162	156	159	-37	2.0	1.4	2.1
Romania	484	349	280	326	241	252	250	229	225	225	221	232	-52	4.9	2.7	3.1
Slovakia	159	114	107	103	85	77	75	73	73	72	67	66	-59	-1.5	0.9	0.9
Slovenia	71	71	59	55	48	48	46	44	39	35	36	35	-51	-3.5	0.4	0.5
Spain	1344	1372	1356	1364	921	904	870	757	774	777	741	739	-45	-0.3	7.5	9.8
Adjusted data*					774	767	746	642	665	677	655	665		1.6		
Sweden	281	250	216	184	157	149	141	138	137	132	128	124	-56	-3.2	1.6	1.6
United Kingd	3269	2655	2051	1777	1250	1161	1185	1125	1054	1018	928	893	-73	-3.7	18.2	11.9
Adjusted data*					1148		1086									
EU-28 ^(a)	18007	15315	13195	12146	9515	9144	8808	8431	8122	7956	7672	7532	-58	-1.8	100	100

Notes: (a) Sum of national totals as reported by Member States.

⁸ European Union emission inventory report 1990-2017, p.39

(2) NMVOC 排出量の変遷

1990 年から 2017 年の間に、NMVOC 排出量は 61%削減された。

図 6 の Figure (a)は、5つの主要な NMVOC 発生源カテゴリーの経年変化を示す。中でも削減率が大きかった排出源として、塗装が 58.3%削減（分類'2D3d', Coating applications）であった。一方、食品業が 6.5%増加（分類'2H2', Food and beverages industry）であった。

図 6 の Figure (b) は、各セクターの排出量の割合を示す。NMVOC の主要発生源は、産業が 48%、商業が 17%、農業が 16%、移動発生源が 8%の順となっている。

国別では、2017 年の NMVOC の最大の排出国はドイツ、その次にイタリアとイギリスであった。EU の総排出量は 2016 年から 2017 年にかけて初めて増加した⁹。

Figure 3.6 NMVOC emissions in the EU: (a) trend in emissions from the five most important key categories, 1990-2017; (b) share by sector group, 2017; (c) sectoral trends in emissions

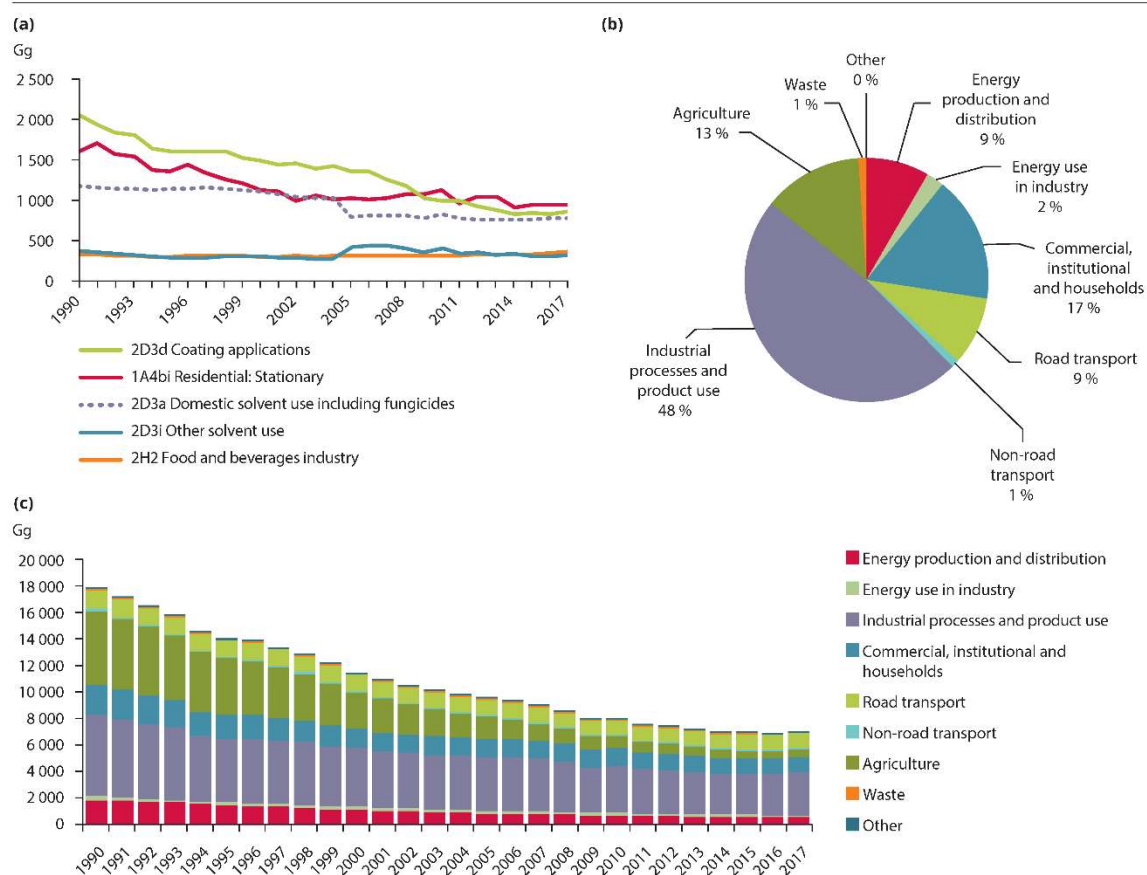


図 6 EU 加盟国における NMVOC 排出量の変遷¹⁰

⁹ National Emission Ceiling Directive reporting status 2019, p.4

¹⁰ European Union emission inventory report 1990-2017, p.42

表 5 EU 加盟国における NMVOC 排出量の変遷¹¹

Member State	NMVOCs (Gg)												Change (%)		Share in EU-28 (%)							
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	1990-2017	2016-2017	1990	2017						
Austria	324	237	180	156	137	131	129	133	120	124	122	120	-63	-1.7	1.8	1.7						
Belgium	326	273	212	172	138	126	123	120	114	111	111	109	-67	-1.3	1.8	1.6						
Adjusted data*	138														0.0							
Bulgaria	557	152	107	94	87	87	85	78	77	79	80	77	-86	-3.1	3.1	1.1						
Croatia	178	124	104	116	90	84	78	73	67	68	68	63	-64	-7.1	1.0	0.9						
Cyprus	18	18	18	22	20	14	14	12.9	11.7	12.1	12.4	12.3	-31	-0.4	0.1	0.2						
Czechia	509	356	287	252	241	230	224	221	214	212	207	207	-59	0.3	2.9	3.0						
Denmark	190	191	169	143	122	115	112	112	104	107	103	102	-46	-0.9	1.1	1.5						
Adjusted data*	86												80	76	76	68	71	67	66		-2.1	
Estonia	65	41	37	32	23	23	23	22	22	22	22	22	-66	3.4	0.4	0.3						
Finland	230	202	177	145	114	105	102	97	94	89	90	88	-62	-1.7	1.3	1.3						
France	2466	2068	1644	1175	817	736	700	685	661	632	619	612	-75	-1.2	13.8	8.8						
Germany	3440	2066	1638	1349	1257	1148	1146	1102	1069	1042	1043	1069	-69	2.5	19.3	15.3						
Adjusted data*	1056												947	942	894	858	835	839	866		3.3	
Greece	260	244	247	230	178	167	166	158	156	157	147	148	-43	0.9	1.5	2.1						
Hungary	302	212	197	172	146	150	152	151	141	144	142	142	-53	-0.4	1.7	2.0						
Adjusted data*	121												125	127	126	116	118	116	115		-0.2	
Ireland	143	136	122	120	110	107	108	111	107	107	109	113	-21	4.4	0.8	1.6						
Italy	2002	2035	1602	1348	1124	1033	1024	996	932	915	899	935	-53	4.0	11.2	13.5						
Latvia	80	59	49	48	40	41	42	41	42	40	38	38	-52	-0.4	0.4	0.5						
Lithuania	116	75	63	62	55	53	53	50	49	47	46	46	-61	-1.6	0.7	0.7						
Luxembourg	27	20	16	15	11	11	12	12	11	11	12	12	-54	4.1	0.1	0.2						
Adjusted data*	8.2												8.3	8.8	8.8	7.9	8.1	8.3	8.7		5.1	
Malta	1.5	1.7	3.6	3.7	3.4	3.2	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	83	1.5	0.0	0.0						
Netherlands	604	432	333	266	268	265	261	257	245	253	251	252	-58	0.5	3.4	3.6						
Poland	706	825	732	721	712	694	676	633	631	641	674	691	-2	2.5	4.0	9.9						
Portugal	256	249	249	210	178	169	166	165	170	170	167	168	-35	0.6	1.4	2.4						
Romania	346	238	266	320	261	257	255	246	242	237	237	240	-31	1.4	1.9	3.4						
Slovakia	305	203	168	151	133	127	125	107	89	97	95	89	-71	-6.3	1.7	1.3						
Slovenia	64	62	52	45	37	35	33	33	30	30	30	30	-54	-0.8	0.4	0.4						
Spain	1004	951	942	802	630	606	583	564	569	588	603	618	-38	2.4	5.6	8.9						
Sweden	359	268	224	209	181	174	164	160	156	154	145	147	-59	1.6	2.0	2.1						
United Kingdom	2964	2315	1635	1179	880	861	845	818	813	815	801	809	-73	1.0	16.6	11.6						
EU-28 ^(a)	17842	14055	11476	9560	7993	7553	7403	7162	6939	6905	6876	6964	-61	1.3	100	100						

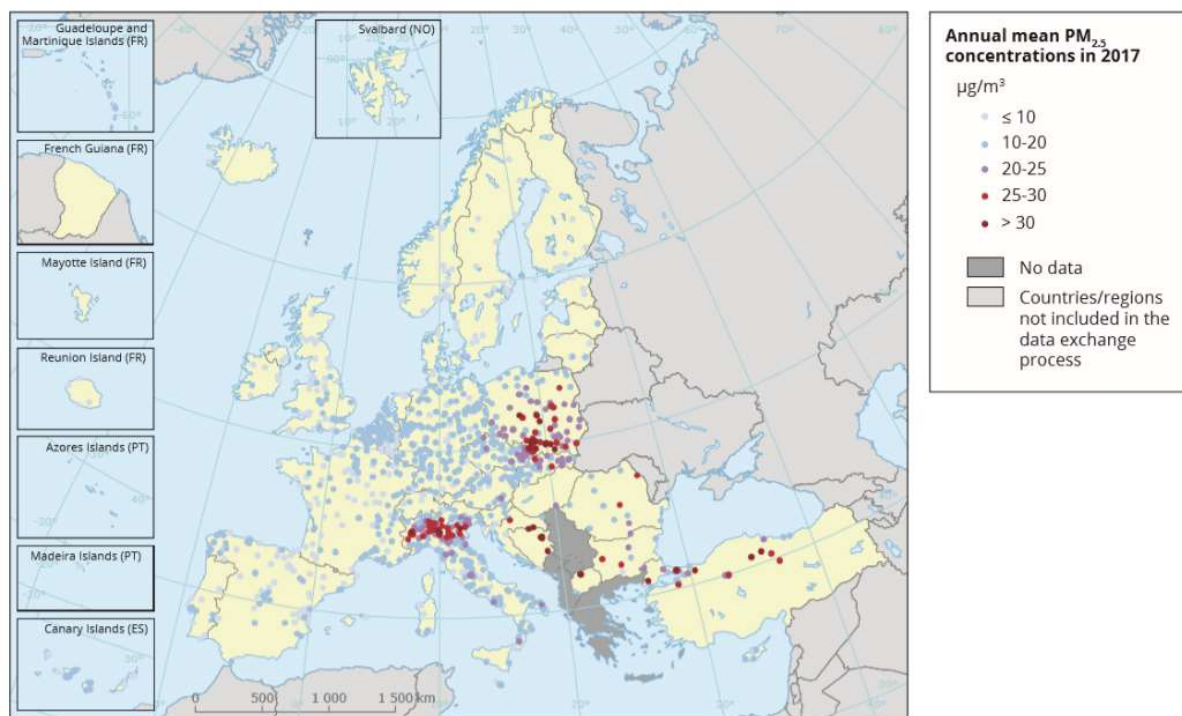
Notes: (a) Sum of national totals as reported by Member States.

¹¹ European Union emission inventory report 1990-2017, p.41

2.2 PM_{2.5} の大気濃度

2.2.1 国別の PM_{2.5} 大気濃度と EU 目標値

EU 全体の地理的分布でみると、地中海沿岸地域、東欧諸国において基準値（Limit value）を超過したことが分かる¹²。



注記：2017 年観測された PM_{2.5} 濃度である。有効データが 75%以上得られた測定局のみを示す。
出所：Air Quality in Europe 2019 Report, p.30

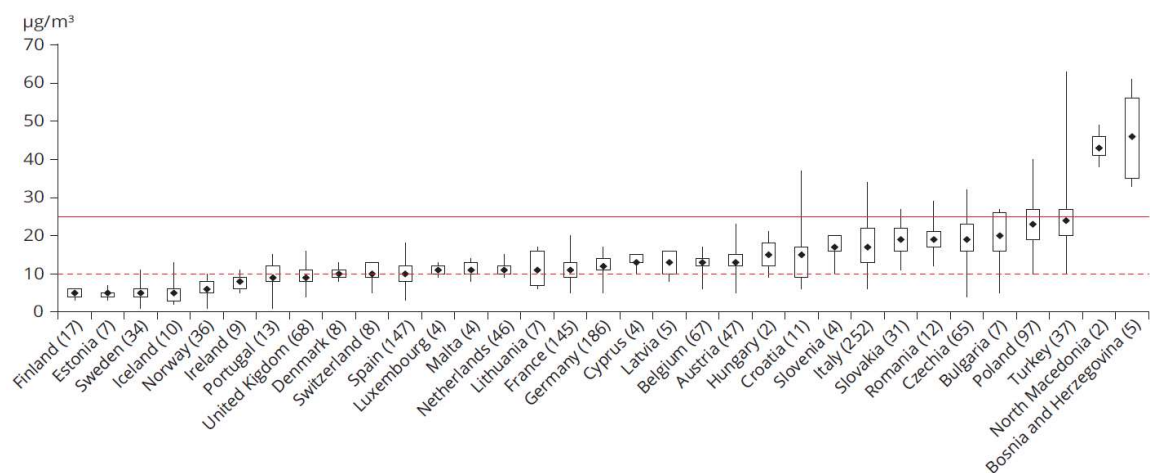
図 7 EU における PM_{2.5} 濃度（2017 年）

EU 全体で定める PM_{2.5} 濃度目標値と 2017 年の PM_{2.5} 濃度の比較は以下の図で示される。

2017 年は、ボスニア・ヘルツェゴヴィナ、北マケドニア、トルコ、ポーランド、ブルガリア、チェコ、ルーマニア、スロバキア、イタリア、クロアチアの 10 か国において基準値（limit value）を超過したことが報告された¹³。

¹² Air quality in Europe – 2019 report, p.30

¹³ Air quality in Europe – 2019 report, p.29



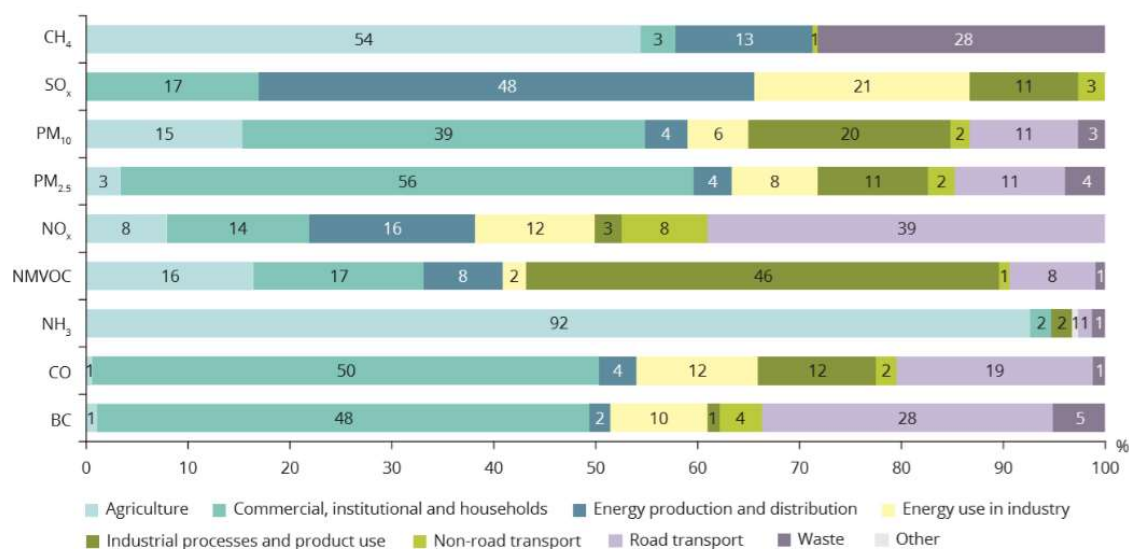
注記：図は各国ごとに年平均値の範囲を示す。国名の後ろの数字は各国のモニタリング局の数を示す。それらの測定局の最小値と最大値の範囲を線で示し、平均値はドットで示す。長方形は 25、75 パーセンタイル値を示す。赤いラインは EU の基準値 (Limit value) を示す。赤い点線は WHO のガイドライン値を示す。

出所：Air Quality in Europe 2019 Report, p.30

図 8 PM_{2.5} 濃度目標値に対する国別の測定局数を考慮した PM_{2.5} 濃度 (2017 年)

2.2.1 発生源

2017 年の主要な発生源 (分野別) の PM_{2.5}、NO_x 及び NMVOCs 合計排出量への寄与割合が以下のとおり報告されている。



Notes: Only sectors contributing more than 0.5 % of the total emissions of each pollutant were considered.
When the sum of all contributions is either 99 or 101, it is due to rounding of the numbers.

Sources: EEA, 2019e, 2019f.

出所：Air Quality in Europe 2019 report, p.24

図 9 EU における主要な発生源 (2017 年)

3. 欧州の対策

3.1 欧州の汚染源別対策・指令

欧州の汚染源別対策として、現在有効な法規制である Directive（指令）¹⁴及び Regulation（規則）¹⁵ を整理した。具体的な対策・指令として、1) オンロード排出源対策、2) ノンロード排出源対策、3) 産業施設からの排出対策、4) エネルギー使用に係る排出対策、5) 塗料からの排出対策、6) 海洋輸送からの排出対策、7) 農業からの排出対策について、以下に記述する。

3.1.1 オンロード排出源対策¹⁶

自動車、バン、トラック、バスの型式認証制度に関する法的枠組みとして採用されている。自動車排出ガス規制は、小型車の場合はアラビア数字（Euro1～6）で、大型車（トラック、バス）の場合はローマ数字（Euro I～VI）で指定される。最新の規格は、小型車用の Euro 6、大型車用の EuroVI である。

○Directive 2007/46/EC :

自動車、バン、トラック、バスの型式認証制度に関する法的枠組みを提供。

○Regulation 715/2007 :

Euro 5 と Euro 6 の自動車排出ガス規制。Euro6 では、NOx の排出基準を 0.08 g/km としている（日本の「ポスト新長期規制」と同じ）。

○Regulation 692/2008 :

小型乗用車および商用車（Euro5 及び Euro 6）からの排出に関する自動車の型式認証、および車両の修理およびメンテナンス情報へのアクセスに関する規則。

○Regulation 595/2009

Heavy-duty vehicle（大型車）に対する自動車排出ガス規制。

○Regulation 582/2011

Heavy-duty vehicle（大型車）からの排出規制を規定（Euro VI）。

EU は、継続的な排出基準により、PM 及びその他の汚染物質（HC や CO など）の排出量が大幅に減少した。一方、1991 年における Euro 基準の導入以降、道路輸送からの NOx 排出量、特に NO₂ 排出量は、期待されていたほど削減できていない。これは、実際の運転環境における排出量が、型式認証試験で測定された排出量よりも多いからである。特に、ディーゼル車の NOx 排出量に乖離があることが判明し、2017 年 1 月から RDE 試験（Real-Driving Emissions test procedure）が導入された。

¹⁴ Directive（指令）：EU 加盟国間での規制内容の統一を目的とする法令。原則として EU 加盟国へは直接適用されず、国内法への置き換えが必要である。制定した EEC（欧州経済共同体）、EC（欧州共同体）、EU（欧州連合）、と年の組合せ等で法令番号がつけられている。

¹⁵ Regulation（規制）：EU 加盟国の法令を統一するために制定される法令。EU 域内の国、企業等を直接規制する。

¹⁶ European Commission. Air pollution from the main sources - Air emissions from road vehicles. Retrieved from <https://ec.europa.eu/environment/air/sources/road.htm>.

○Regulations 2017/1151 (Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure) 及び 2018/1832 (Real-Driving Emissions 4)

車両型式認証のための新しい試験手順を作成し、独立した認証ラボによる試験を含む実際の運転環境におけるテストを可能とするもの。

○Quality of Petrol and Diesel Fuels Directive (98/70/EC) ¹⁷

本指令は、亜鉛ガソリンの禁止、ディーゼル燃料の硫黄含有量の制限など、オンロード及びノンロード移動排出源により使用されるガソリン及びディーゼルの仕様を定めている。燃料供給者は、2010年の化石燃料ベースラインと比較して、2020年までに燃料またはエネルギー起源のライフサイクル温室効果ガス排出量を2020年までに6%削減する必要がある。

また、以下は、特に NMVOC 対策をねらいとした指令である¹⁸。

○The Stage I Petrol Vapour Recovery Directive (1994/63/EC) :

石油貯蔵ターミナルに保管されているガソリンから排出される VOC、及びガソリンスタンドへの配送の際に排出される VOC の排出防止を目的としている。同 Directive は、貯蔵ターミナルからの VOC 排出削減措置を講じることも求めており、具体的には、浮き屋根の設置、反射コーティングの導入を求めている。

○The Stage II Petro Vapour Recovery Directive (2009/126/EC) :

給油所において、車両の燃料補給中に大気中に排出されるガソリン蒸気を確実に回収することを目的としている。この指令に基づいて使用されるシステムの蒸気回収の最低レベルは85%でなければならない。

3.1.2 ノンロード排出源対策¹⁹

ノンロード移動機械 (Non-Road Mobile Machinery: NRMM) は、小型の携帯機器 (植木用の電気バリカン、芝刈り機 (grass trimmer)、チェーンソーなど)、建設機械や発電機、鉄道車両、機関車、内陸水路船 (inland waterway vessels) を含み、それら機械に搭載されている燃焼エンジンが規制対象とされている。

○Regulation (EU) 2016/1628: NRMM Regulation

NRMM 規制は、様々な出力範囲及びアプリケーション (機械・車両) に対する NRMM エンジンの排出制限を設定し、エンジンの型式認証を取得するためにエンジンメーカーが従わなければならない手順を規定している。これは、EU 市場において、自社エンジンを販売するための前提条件となっている。

¹⁷ Directive 98/70/EC on the quality of petrol and diesel fuel. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=legissum:l28077>.

¹⁸ Air quality in Europe -2013 report.

¹⁹ Air pollution from the main sources - Air emissions from non-road mobile machinery. Retrieved from https://ec.europa.eu/environment/air/sources/non_road.htm.

3.1.3 産業施設からの排出対策²⁰

産業施設は、主要大気汚染物質の総排出量のかなりのシェアを占めており、水や土壌への汚染物質の排出、廃棄物の排出、エネルギーの使用など、環境への影響が大きい。そのため、産業施設の環境への影響は、EU 全体の法律の対象となっており、主として、以下の法律が現在適用されている。

○Directive 2010/75/EU on industrial emissions (IED、EU 産業排出指令)

産業施設からの排出に関連する既存の 7 つの指令を 1 つに統合することを目的とした指令である。既存の 7 つの指令は、統合的汚染防止管理指令 (IPPC 指令: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Directive²¹)、Large Combustion Plant (LCP) Directive、Waste Incineration Directive、Solvents Emissions Directive²²の 4 つ、および二酸化チタン (titanium dioxide)に関する 3 つの指令である²³。産業排出指令は、大規模産業設備の排出許可の要件を設け、生産設備や洗浄装置に対して「利用可能な最良の技術 (Best available techniques: BAT)」の導入を求めている。BAT は、コスト及びメリットを考慮して、高レベルの環境保護を実現するための最も効果的な手法を指す。

○Best Available Techniques Reference Documents (BREFs)

BREFs は、EU 産業排出指令第 13 条に従い作成された文書である²⁴。BREFs では BAT の検討と導入に関する実際の経験がまとめられており、規制当局が許可条件に関する決定を行う際に参照する情報を提供するものである。文書は、特に、適用された技術、現在の排出量と消費レベル、BAT を決定するために考慮された技術などについて説明している。

○Directive (EU) 2015/2193 on medium combustion plants (MCPD)

MCPD は、定格熱入力 が 1~50MWt の産業施設からの SO₂、NO_x、ダストの排出を規制するものである。

○Directive 1994/63/EC 及び Directive 2009/126/EC on petrol storage & distribution

これらの関連指令は、ガソリンの保管と流通に対策を課すことにより、大気への揮発性有機化合物排出を削減することを目的としている。

○Regulation 166/2006 on the European Pollutant Release and Transfer Register

いわゆる PRTR 制度である。EU ではこの制度により約 30,000 の産業施設が情報を登録し、汚染物質及び廃棄物排出量などに関する情報が開示される。

²⁰ Industrial Emissions: Prevention and control of industrial emissions. Retrieved from <https://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/index.htm>.

²¹ Integrated Pollution Prevention and Control (IPCC) Directive: IPCC Directive は、エネルギー生産、金属生産、鉱物産業、化学産業、廃棄物管理等に従事するプラントを含むほぼ全ての産業プラントを規制対象としている。

²² Solvents Emissions Directive: 溶剤の使用を規制し、有機溶剤を使用した際に排出される VOC 量を制限することを目的とする。同 Directive が規制している有機溶剤の用途は、接着剤コーティングおよびその他コーティングに関する活動、ドライクリーニング、ニス、接着剤、インク、医薬品の製造、印刷、表面クリーニング、車両補修、木材への使用である。

²³ Air quality in Europe -2013 report.

²⁴ EU Best Available Techniques reference documents. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/themes/air/links/guidance-and-tools/eu-best-available-technology-reference>.

3.1.4 エネルギー使用（家庭・産業施設）に係る排出対策²⁵

エネルギー使用（産業および家庭用燃焼を含む）は、昔から大気汚染の主要な原因となっていた。しかし、EU 産業排出指令とその他指令に基づく大規模設備からの排出制限、また、特定の液体燃料の硫黄含有量に関する指令（Directive on the Sulphur Content of Certain Liquid Fuels）に基づく燃料品質基準の強化により、排出量は大幅に削減された。市場原理とエネルギー政策によって引き起こされた、エネルギー使用量の削減とクリーン燃料へのシフトは、技術主導の排出削減を促進している。

エネルギー使用による大気汚染物質の排出は、微粒子と地上オゾンの大気質基準の超過の原因となっている。特に都市部においては、移動発生源からの排出削減により、中規模の燃焼設備と都市部の家庭用暖房による大気汚染への寄与の割合が増加する傾向にある。

2013 年に EC が採択した大気清浄化政策パッケージ（Clean Policy Package）では、エネルギー使用分野において大幅な排出削減の可能性を示している。その削減対策は、前項の「産業施設からの排出対策」に加えて、Ecodesign Directive（エコデザイン指令）、気候変動およびエネルギー政策など、さまざまな補完的な国家政策などを厳密に実施することで可能となる。

○Directive 2009/125/EC: Ecodesign Directive（エコデザイン指令）²⁶

この指令は、家電製品、情報通信技術及びエンジニアリングに関する製品の環境パフォーマンスを改善するための事項を、EU 全体の一貫した規則として、規定するものである。また、本指令は、これら製品のエネルギー効率に関する最低限の必須要件を定めており、製品の品質及び環境保護の改善に役立てることを目的としている。

3.1.5 塗料からの排出対策²⁷

装飾用塗料、ワニス（varnishes）、自動車補修製品への有機溶剤の使用による VOC の排出制限に関する指令（Directive 2004/42/EC）、及び Paints Directive（改正 Directive 1999/13/EC）は、装飾塗料および自動車補修製品からの VOC 排出による環境への悪影響を防止することを目的としている。

Paint Directive は、排出量制限を目的として装飾塗料及び車両補修製品に含まれる最大 VOC 含有量を設定している。Paints Directive の対象製品は、建物、建物の装飾品・金具、および建物に関連する構造物、そして車両補修用の製品に使用する塗料である。

3.1.6 海洋輸送からの排出対策²⁸

2005 年、ヨーロッパ周辺海域（バルト海、北海、大西洋の北東部、地中海、黒海）では、海上輸送を起源とする SO₂ 排出量が 170 万 t、NO_x が 280 万 t、PM_{2.5} 等の粒子物質が 19.5 千 t と推定された。海上輸送からの大気汚染物質排出削減に向けた EU の取り組みを以下に整理する。

²⁵ Air pollution from the main sources - Air emissions from energy and industrial sources. Retrieved from <https://ec.europa.eu/environment/air/sources/energy.htm>.

²⁶ Ecodesign Directive. Retrieved from https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/ecodesign_en.

²⁷ The Paints Directive. Retrieved from https://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/stationary/paints/paints_legis.htm.

²⁸ Air pollution from the main sources / Air emissions from maritime transport. Retrieved from <https://ec.europa.eu/environment/air/sources/maritime.htm>.

EU 加盟国は、2015 年より、バルト海、北海、イギリス海峡を運行する船舶に対して、硫黄含有量 0.10%以下の燃料を使用することを義務付けている。これは、マルポール条約 (the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) に規定されている硫黄酸化物排出規制海域 (Sulphur Emission Control Areas、以下 SECA) 要件に基づくもので、同条約の下でこれら海域を SECA として指定することにより、国際法として適用されている。加えて、EU 加盟国は、2020 年より、SECA を除く全ての EU 海域内を運行する船舶が使用する燃料の硫黄含有量を 0.5%以下に制限している。同様の要件は船舶燃料油硫黄分規制 (the Global Sulphur Cap) と呼ばれ、マルポール条約の管理機関である国際海事機関 (International Maritime Organization、以下 IMO) により 2016 年 10 月に採択され、世界規模で実施されている。このような船舶が使用する燃料油中の硫黄含有量規制は、EU 2016/802 指令²⁹に基づいている。

また、IMO は、2016 年 10 月、バルト海、及び北海を窒素酸化物排出規制海域 (NOx Emission Control Areas、以下 NECA) に指定した。2021 年 1 月より、同海域を通過する全ての船舶は、マルポール条約に規定されているエンジンからの NOx 排出量基準を遵守しなければならない。具体的には、NOx の排出量規制を目的としたいわゆる Tier III (3 次規制) に従うことが求められており、NOx 排出量を 2004 年の Tier II (2 次規制) と比較して約 70%削減することを目指すものである。

3.1.7 農業からの排出対策

農業は、アンモニア (NH₃) の主要発生源であり、EU におけるアンモニア排出量の 90%以上を占めている。EU におけるアンモニア排出量は、1990 年以降 25%削減されたが、2014 年から 2017 年の間、2.2%増加した³⁰。加えて、農業部門は、NMVOC (13%)、NOx (8%)、PM₁₀ (15%) の排出に寄与している³¹。

現在、EU 加盟国を対象とした、農業部門からの大気汚染物質排出を広範囲に規制する指令・規制はない。

また、複数の EU 加盟国は、クリーンテクノロジーを活用した農業を推し進めている。EU は、これら国々の優良事例を他加盟国に共有することにより、農業部門からの大気汚染物質排出を削減したいと考えている³²。

²⁹ Directive (EU) 2016/802 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016 relating to a reduction in the sulphur content of certain liquid fuels. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2016/802/oj>.

³⁰ European Union emission inventory report 1990-2017. Pp.102-103. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-emissions-inventory-report-2017>.

³¹ Air pollution from the main sources / Air emissions from agriculture. Retrieved from <https://ec.europa.eu/environment/air/sources/agriculture.htm>.

³² Air pollution from the main sources / Air emissions from agriculture. Retrieved from <https://ec.europa.eu/environment/air/sources/agriculture.htm>.

4. 欧州各国の大気汚染規制プログラム（National Air Pollution Control Program）

4.1. 調査方法

4.1.1 大気環境質計画及び対策

環境大気質指令（EU、2004、2008）に基づき、加盟国は、汚染物質が EU の濃度上限値を超過している地域に対して大気環境質計画（air quality plans）を策定し実施することが定められている。

4.1.2 国家大気汚染規制プログラム

NEC 指令に基づき、加盟国は「国家大気汚染規制プログラム（National Air Pollution Control Program、以下 NAPCP）」の計画、採択、実施をしなければならない³³。プログラムは 4 年ごとに更新し、NEC 指令の対象物質に関する年間排出インベントリを毎年更新し、場合により、選定された物質の排出将来推計も報告しなければならない。全国大気汚染規制プログラムに関する国内排出インベントリなどの報告書や最新情報は公開することになっている。

NAPCP は、NEC 指令に基づき、EU 加盟国が 2020 年と 2030 年の排出削減コミットメントを確実に満たすための主要な手段である。最初のプログラムの締め切りは 2019 年 4 月 1 日であり、2020 年から新たなプログラム実行期間が開始した（2030 年まで）。EC（European Commission）は、指令の要件に照らして、2020 年から 2030 年までの排出削減コミットメントの達成可能性と排出削減の経緯を含め、NAPCP を評価することになる。

4.1.3 詳細調査の対象国の選定

各 EU 諸国の NAPCP（2019 年 4 月 1 日提出締切）を調査した結果、オゾン対策が充実していたのは、ドイツ及びオーストリアであった。しかしながら、ドイツ、オーストリアのオゾン濃度は、2010 年～2017 年の期間において目標値内に収まっていない。また、オゾン濃度が高い国は、地理的に地中海沿岸にあるイタリアで、オゾン濃度は目標値を超過したままである。

したがって、EU 全体でオゾン対策が継続的に行われていることを前提として、オゾン対策を NAPCP で積極的に検討しているドイツ、オーストリア、対策がなされてもオゾン濃度が下がらないイタリアを詳細調査の対象として選定した。

以上の 3 国に関して NAPCP などの国内対策の内容をまとめるとともに、各国の発生源別対策、将来予測等について、各国の資料に基づき 4.2 以降に整理した。

表 6 詳細調査の対象国

国	英語版あり	対策メニュー	対策効果に関する情報
ドイツ	○	◎	◎
オーストリア	○	◎	◎
イタリア	○	▲	▲

³³ NEC Directive reporting status 2019, p.7

4.2. ドイツのオゾン及び PM_{2.5} 対策

ドイツでは、オゾン前駆物質である NO_x 及び NMVOC について、2005 年を基準に 2020 年～2029 年の 10 年間でそれぞれ、39%及び 13%の削減目標が設定されている。また、PM_{2.5} に関しては、10 年間で 26%削減、2030 年以降も含めた 20 年間で 43%削減を目指している。

また、現在、多くの都市部では依然として窒素酸化物の濃度が高すぎることから、それによる大気汚染への対策が政策の最優先とされている。ドイツ政府及び各州の地域管轄局から実施されている対策の目的は、EU が示す二酸化窒素の年間上限値を可能な限り下回ることである³⁴。

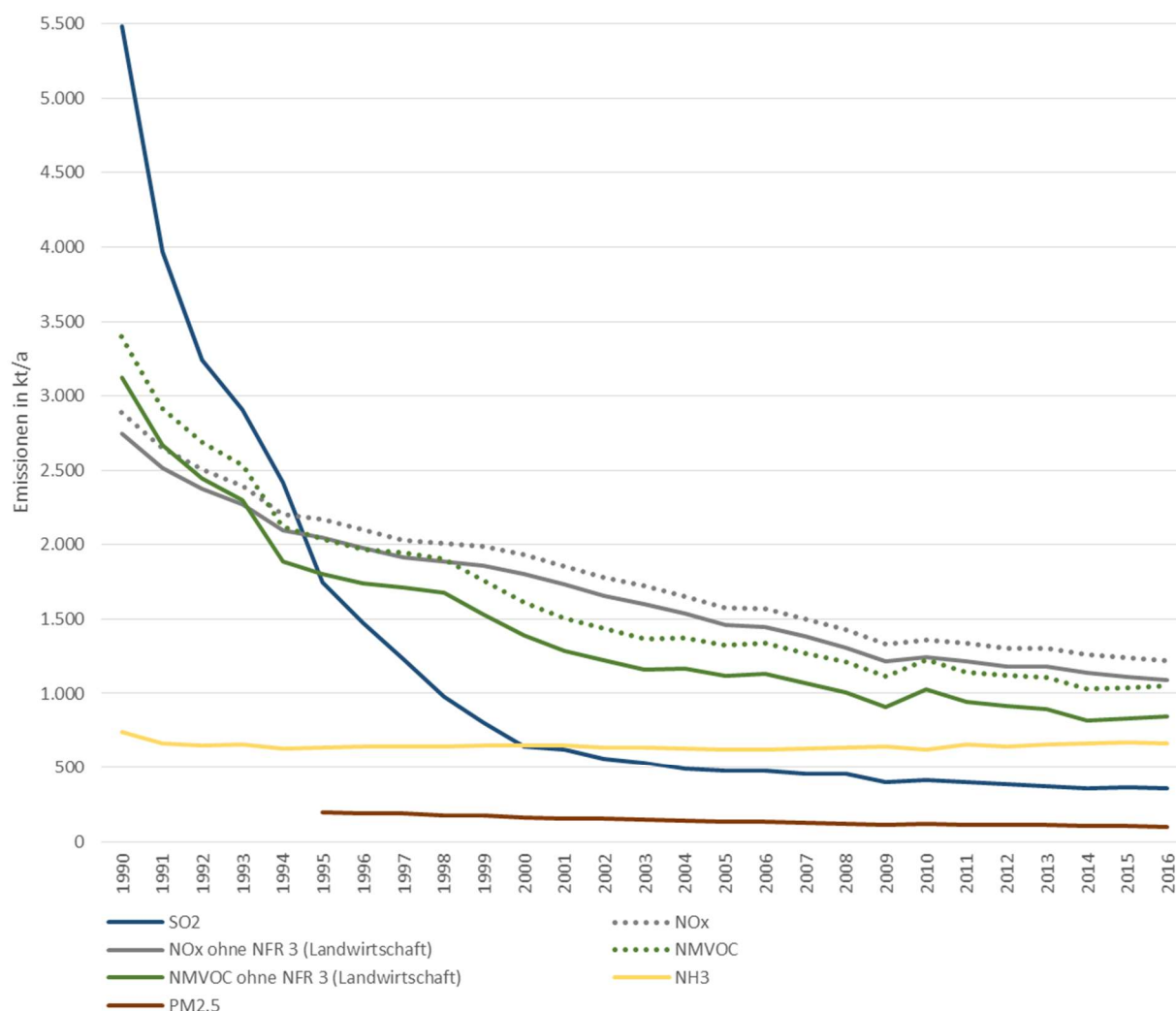
表 7 政策の優先順位及び他の関連する政策領域で設定された優先順位との関係

排出削減量コミットメント (2005 年基準)	SO ₂	NO _x	NMVOCs	NH ₃	PM _{2.5}
2020–2029	–21 %	–39 %	–13 %	–5%	–26%
2030 以降	–58 %	–65 %	–28 %	–29 %	–43 %
国政策の優先順位 (EU または国内の大気基準との関係)	ドイツにおいては、さらなる大気汚染物質の排出削減を目標とする。粒子状物質については、大気環境基準をほぼ達成している。現在の課題は、NO ₂ による大気汚染で、都市部で依然として高濃度である。ドイツ政府や自治体が導入する対策の目的は、NO ₂ の年間基準をできるだけ早期に達成することである。				
気候変動やエネルギー政策 関連	ドイツ政府の気候変動政策は、温室効果ガスの排出量を、2030 年までに 1990 年排出レベルから少なくとも 55%削減することである。国際的な気候変動防止の観点から、ドイツはパリ協定の意欲的・効果的な実施をコミットしている。				
NO _x 削減アクションプログラム	ドイツ政府の最初の NO _x Report ³⁵ に基づいて、BMU（ドイツ環境保護省）は、NO _x 削減のアクションプログラムの作成を行っている。				
排出削減の優先順位 (分野別)	工業: 石炭による発電の段階的廃止 輸送部門:ディーゼルバス、運送車両、自治体所有の大型車両 (Heavy-duty vehicle) の改良 農業: 肥料、農業、家畜に関する法律				

また、1990 年から 2016 年の間の削減量を以下の図に示す。オゾンの前駆物質である NO_x および NMVOC が 5 割以上減少し、対策の効果がみられる。

³⁴ Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (2019). National Air Pollution Control Programme of the Federal Republic of Germany (ENGLISH). p.19 (<https://ec.europa.eu/environment/air/reduction/NAPCP.htm>).

³⁵ <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-internationales/nachhaltige-entwicklung/stickstoffminderung/>; retrieved on 28.09.2018



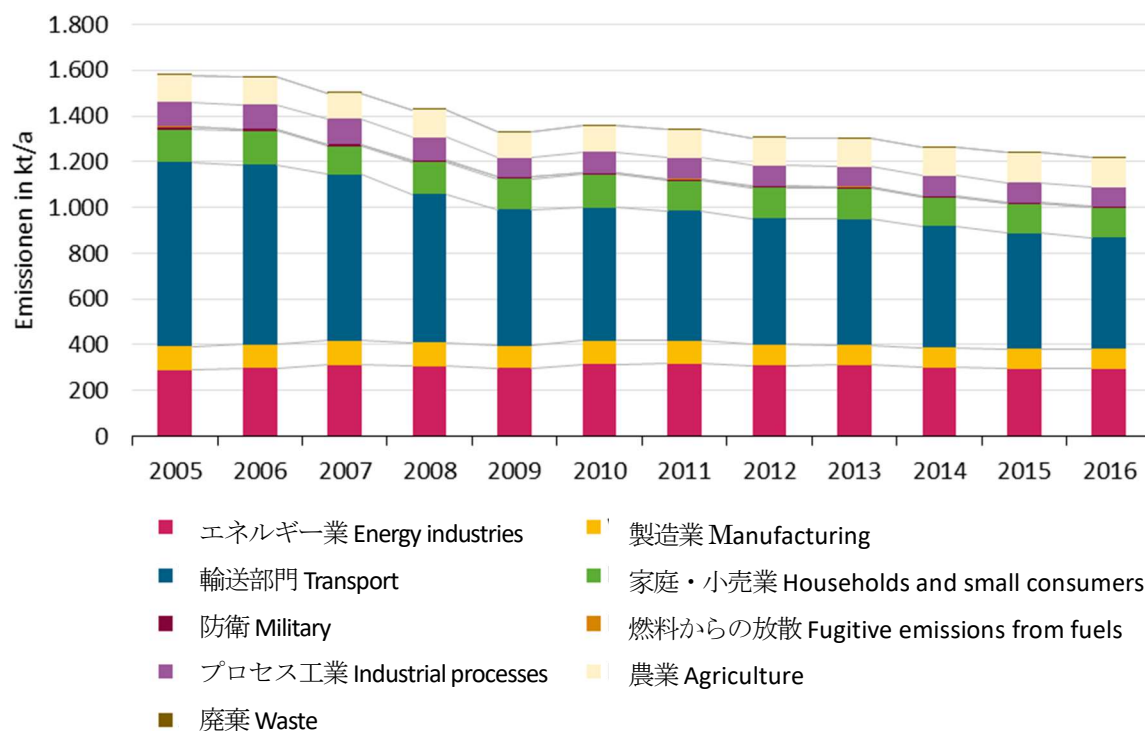
出所：ドイツ NAPCP 2019, p.22

図 10 ドイツにおける大気汚染排出削減年次推移（1990~2016）

4.2.1 NOx 排出の削減対策

ドイツにおける NOx 排出の主な発生源は輸送部門（transport）である。輸送部門は 2005 年の NOx 総排出量の 51%、2016 年の 40%を占めており、輸送部門の排出量の割合はこの期間で大幅に減少した。輸送部門の主な排出源はオンロード輸送（on-road transport）であり、その中では heavy-duty vehicles（大型車両）と Diesel Cars（ディーゼル車）が主となっている。次に NOx 排出量が多いのは、エネルギー業（2005: 18%、2016: 24%）、家庭・小売業（2005: 9%、2016: 11%）、農業（2005: 8%、2016: 10%）、プロセス工業 Industrial processes（2005: 7%、2016: 7%）、製造業 Manufacturing industry（2005: 7%、2016: 7%）である。

2005 年から 2016 年の間に、ドイツ全体の NOx 排出量は 23%削減した。これは、360kt 以上の削減に相当する。



出所：ドイツ NAPCP 2019, p.26

図 11 ドイツにおける NOx 排出量の年次推移（2005-2016）

エネルギー業：

エネルギー業では、2005－2016 年の期間に NOx 排出量がわずかに増加した。その理由として、発電施設において、バイオマスやバイオガス燃料の利用が増加したためと考えられている。

農業：

農業では、2005－2016 年の期間に NOx 排出量が約 8kt 増加した。主として、発酵による土壌からの放出である。なお、NEC 指令では農業からの NOx 排出は規制の対象となっていない。

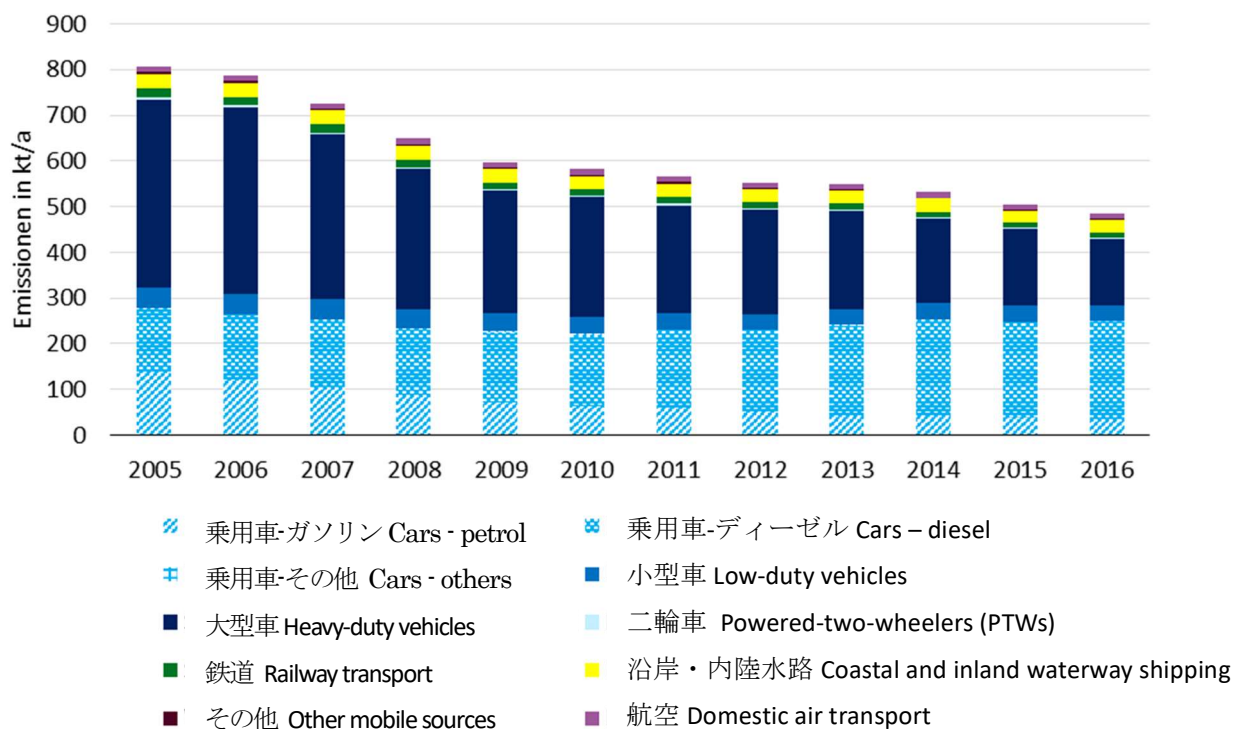
輸送部門：

NOx 削減量が最も大きかったのは輸送部門で、その削減量は 320 kt 以上である。そのうち Heavy-duty vehicle（大型車）の削減量が一番大きい。Heavy-duty vehicle（大型車）の走行距離は増加したものの、NOx 排出量は約 270 kt 減少した。ドイツでは 2005 年 1 月 1 日に汚染物質に応じてクラス分けされたトラック料金 (lorry toll) が導入された。また、2008 年以降に導入された環境ゾーンが現在 58 の都市で反映されている。これらの対策は、低公害車両技術の需要をもたらし、大型車の NOx 排出量削減を促している。

Cars（乗用車）からの NOx 排出量は、2005 年から 2016 年の期間に約 28 kt 減少した。この期間に Cars-Diesel（乗用車-ディーゼル）の割合が増加したため、Cars-Diesel（乗用車-ディーゼル）

の走行距離は増加した一方、Cars-petrol（乗用車-ガソリン）の走行距離は減少した。対策としては、排出規制の継続的な強化、多くの都市で導入された環境ゾーン、2009年に実行された古い車両の廃棄インセンティブにより車両の更新（renewal）を促したことが挙げられる。

鉄道輸送からのNO_x排出量は、2005年から2016年の期間にほぼ10 kt減少した。沿岸・内陸水路の輸送は、ほぼ2 kt減少した。これらの削減も排出規制の強化により達成された。

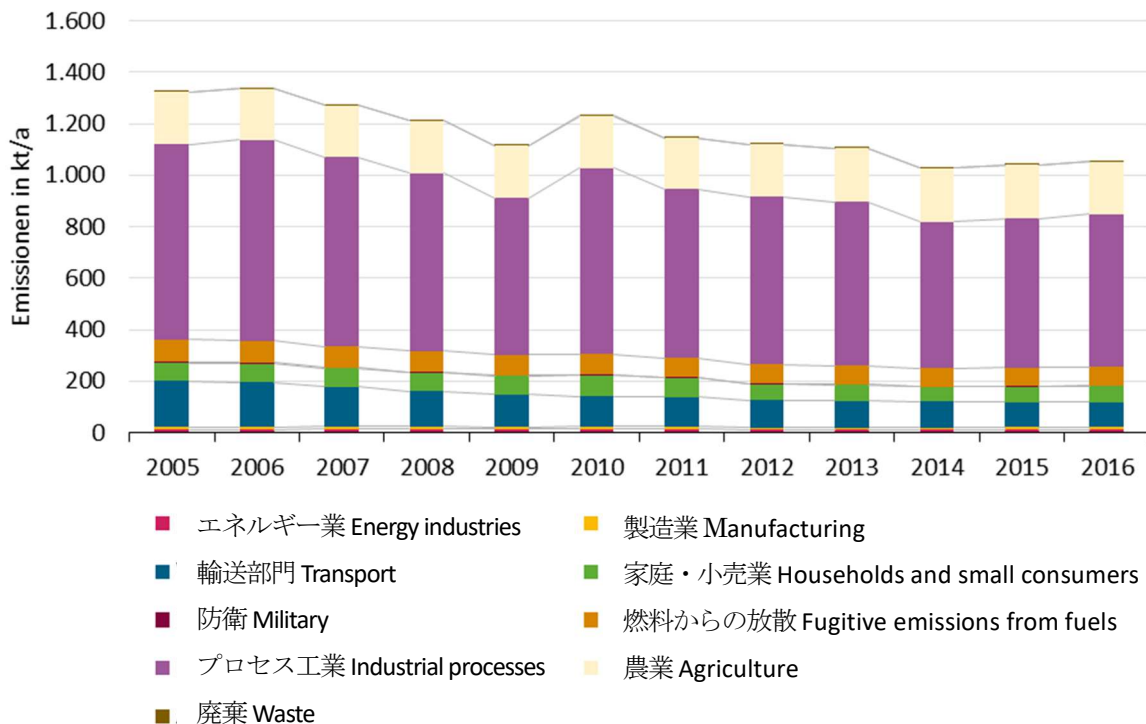


出所：ドイツ NAPCP 2019, p.28

図 12 ドイツにおける輸送部門のNO_x排出量年次推移（2005年～2016年）

4.2.2 NMVOC 排出の削減対策

ドイツのNMVOC排出量の主な発生源は、2005年は57%、2016年は56%が産業プロセスであり、主に溶剤である。その他のNMVOC発生源は、農業（2005：15%、2016：19%）、輸送（2005：13%、2016：9%）、燃料からの一時的放出（fugitive emissions、2005：7%、2016：7%）、および家庭と小規模消費者（2005：5%、2016：6%）である。



出所：ドイツ NAPCP 2019, p.30

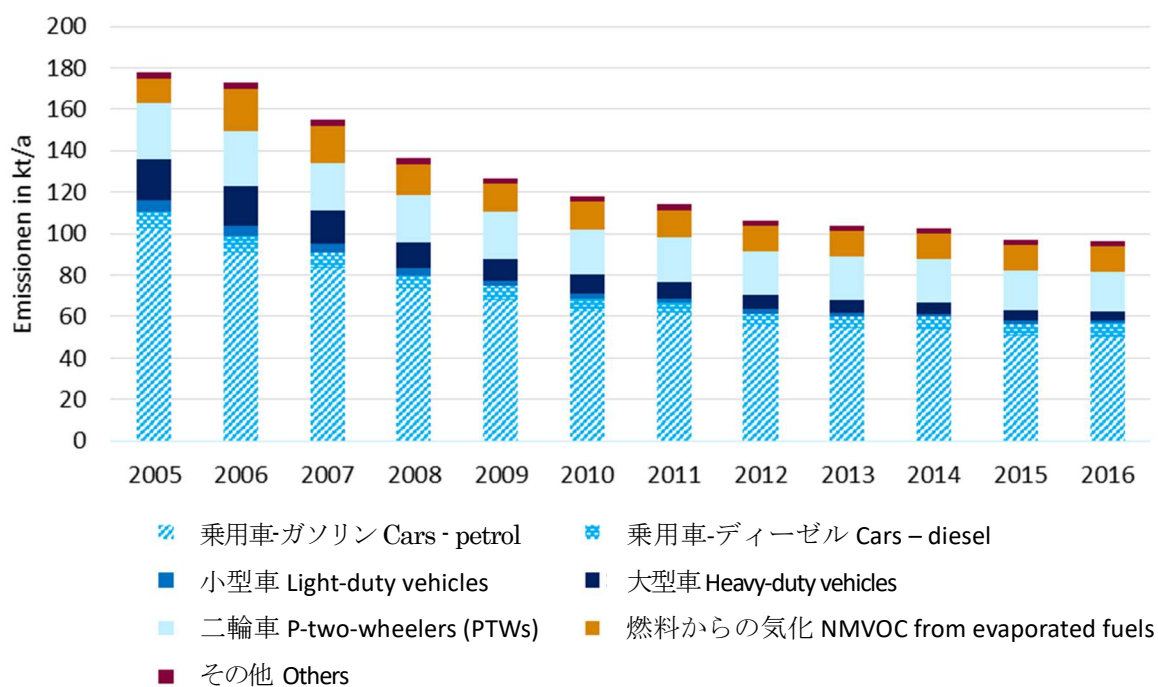
図 13 ドイツにおける NMVOC 排出量年次推移（2005～2016）

2005 年から 2016 年の期間に、合計の NMVOC 排出量は 20%以上削減され、これは 271 kt 以上に相当する。

輸送部門：車両の技術的發展の推進とディーゼル車切り替えの促進

最も主要な削減は、主に輸送部門（road transport）によるものである（約 81 kt の削減）。NMVOC 排出量は主にガソリン車とバイクによるものだが、触媒コンバーター（自動車の排出ガス中の有害成分を、触媒を使って低減する装置）の技術的な開発により、とりわけガソリン車では、大幅な NMVOC 削減が達成された。ドイツにおける車両総数のうち、ガソリン車の割合とその走行距離は断続的に減少し、ディーゼル車の割合とその走行距離は増加し続けている。

また、車両タンクからの気化（vaporization from vehicle tank）は NMVOC 排出のもう 1 つの重要な発生源である。技術的な改善の促進により、燃料システムの密閉を強化し、タンクに活性炭フィルターを設置したため、車両のタンクからの蒸発により放出された NMVOC の量は過去数年間でわずかに減少した、その傾向を図 14 で示す。



出所：ドイツ NAPCP 2019, p.31

図 14 ドイツにおける輸送部門の NMVOC 排出量年次推移（2005～2016）

プロセス工業：

プロセス工業からの NMVOC の排出は、2005 年から 2016 年の期間に約 166 kt 削減した。この削減は、ほぼ 100%が溶剤と生産工程からの排出削減によるものである。

生産工程からの排出規制には、次のものがある。

- 1) The Solvent Emission Directive (1999) (※2010 年に EU 産業排出指令に統合された)
- 2) The DECOPAINT Directive (2004)

The Solvent Emission Directive を組み込んだことにより、EU 産業排出指令には、生産工程での有機溶剤に関する規制が盛り込まれた。DECOPAINT Directive は、建築資材（ドア、窓、階段、暖房器具など）のコーティングに関する規制である。

燃料からの放散：

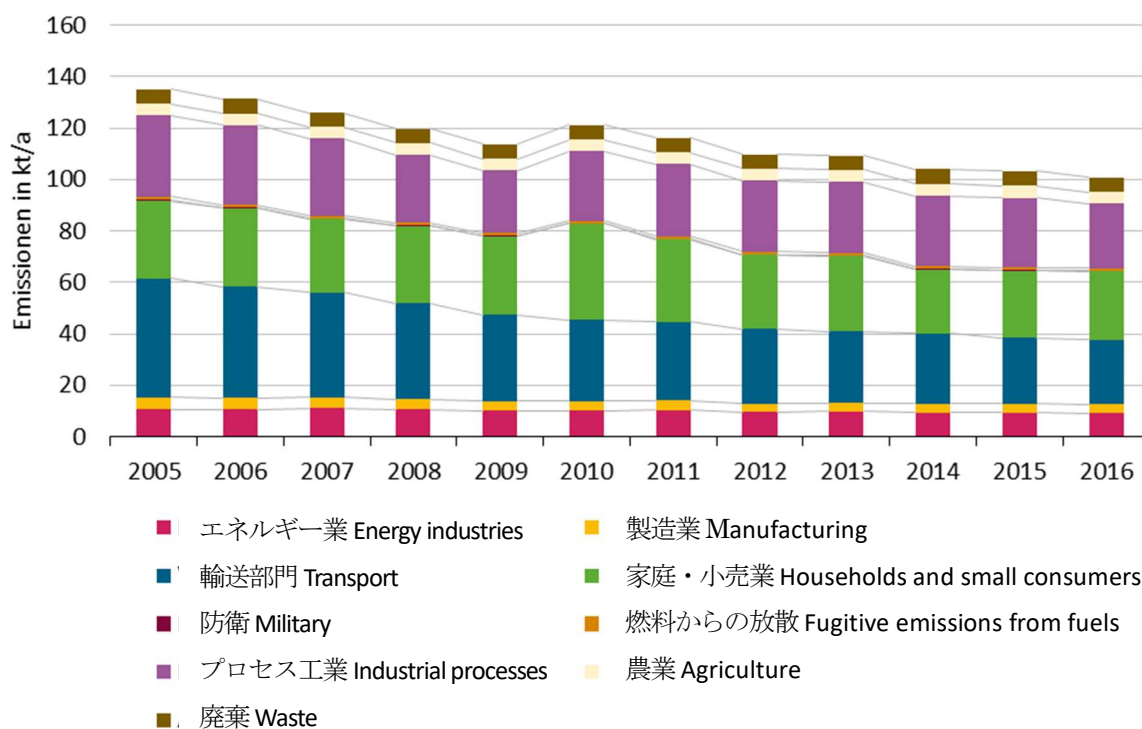
燃料からの放散は、2005～2016 年に年間約 14 kt である。

農業：

農業からの排出量は年間約 204 kt で推移している。施肥 (fertilizer management、主に家畜から) からの排出が大多数を占め、穀物生産からも排出がある。前述の通り、農業からの排出は、NEC 指令の規制対象となっていない。

4.2.3 ドイツの対策と排出削減量(PM_{2.5})

ドイツにおける一次生成 PM_{2.5} 排出量を、図 15 で示す。主な発生源は輸送部門（総排出量の割合：2005 年：34%、2016 年：25%）、プロセス工業（2005：23%、2016：25%）、および家庭・小売業 (small consumers)（2005：22%、2016：26%）である。その他の関連する排出源として、エネルギー業（2005：8%、2016：9%）、廃棄（2005：4%、2016：6%）、農業（2005：3%、2016：5%）および 製造業（2005：3%、2016：4%）が挙げられる。



出所：ドイツ NAPCP 2019, p.35

図 15 ドイツにおける PM_{2.5} 排出量年次推移（2005~2016）

また、ドイツにおける PM_{2.5} の直接排出量（direct emissions）の合計は、2005 年から 2016 年の期間に約 25%減少した（約 34 kt に相当）。大幅に削減されたのは主に輸送部門で、2005 年から 2016 年の期間に、輸送部門全体で一次 PM_{2.5} 排出量が 21 kt 削減し、道路輸送のみでも約 17 kt 削減された。PM_{2.5} の排出（exhaust emissions）は、主にディーゼル車（自動車、軽自動車、大型車）から発生するものだが、タイヤやブレーキパッドの摩耗や路面摩耗による排出も見られる。PM_{2.5} の総合排出量削減を図 16 で示す。

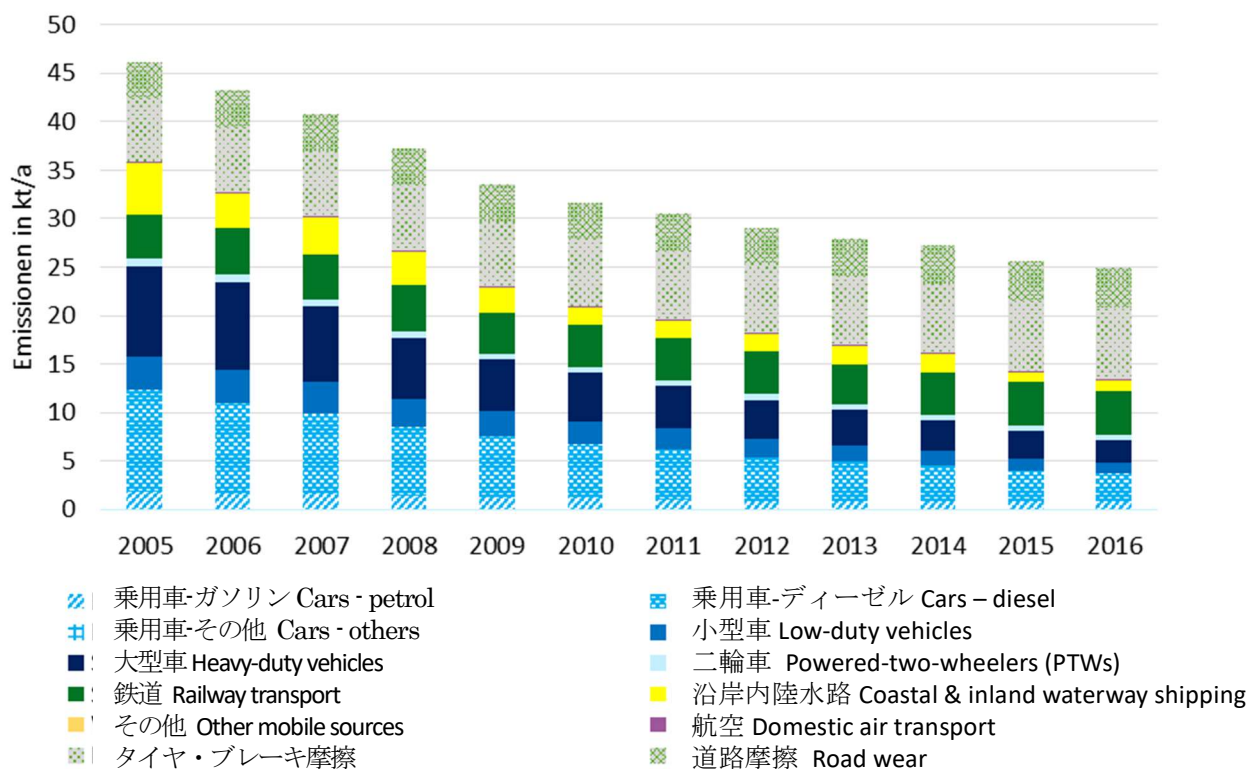


図 16 ドイツにおける輸送部門の PM_{2.5} 排出量年次推移（2005～2016）

また、PM_{2.5}削減を促している対策は以下のとおり報告されている。

EU 大気質指令の継続的な国内担保：

自動車、軽自動車、大型車の排出量を制限する EU 大気質指令が国内で強化されたこと、その結果として自動車の技術開発 (modernization) が促されたことにより、自動車からの PM_{2.5} 排出量は減少してきている。一方で、摩耗による PM_{2.5} 排出量は自動車全般の走行距離 (milage) の増加により、増加傾向にある。

船舶に対する排出上限の設定：

沿岸および内陸水路輸送からの PM_{2.5} 排出量は、船舶の排出制限の実施により、近年減少している。

4.2.4 オゾン前駆物質削減対策によるオゾン濃度への影響

ドイツにおけるオゾン濃度は、その前駆物質である NO_x、NMVOC、メタン (CH₄)、および一酸化炭素 (CO) の排出量の全体的な減少傾向を反映していない。

オゾン濃度は小規模な地域差よりも、オゾンの生成と生成能の低下に寄与する光化学反応により、強い日変動と年変動の影響を受ける。このことから、オゾン濃度測定所で観測される濃度に地域差はほとんどない。ただし、道路に近い観測地点だけは、特にオゾンの生成能低下につなが

る高 NOx 排出の影響を受けることで、農村部の観測地点に比べて濃度が低いことが報告される。

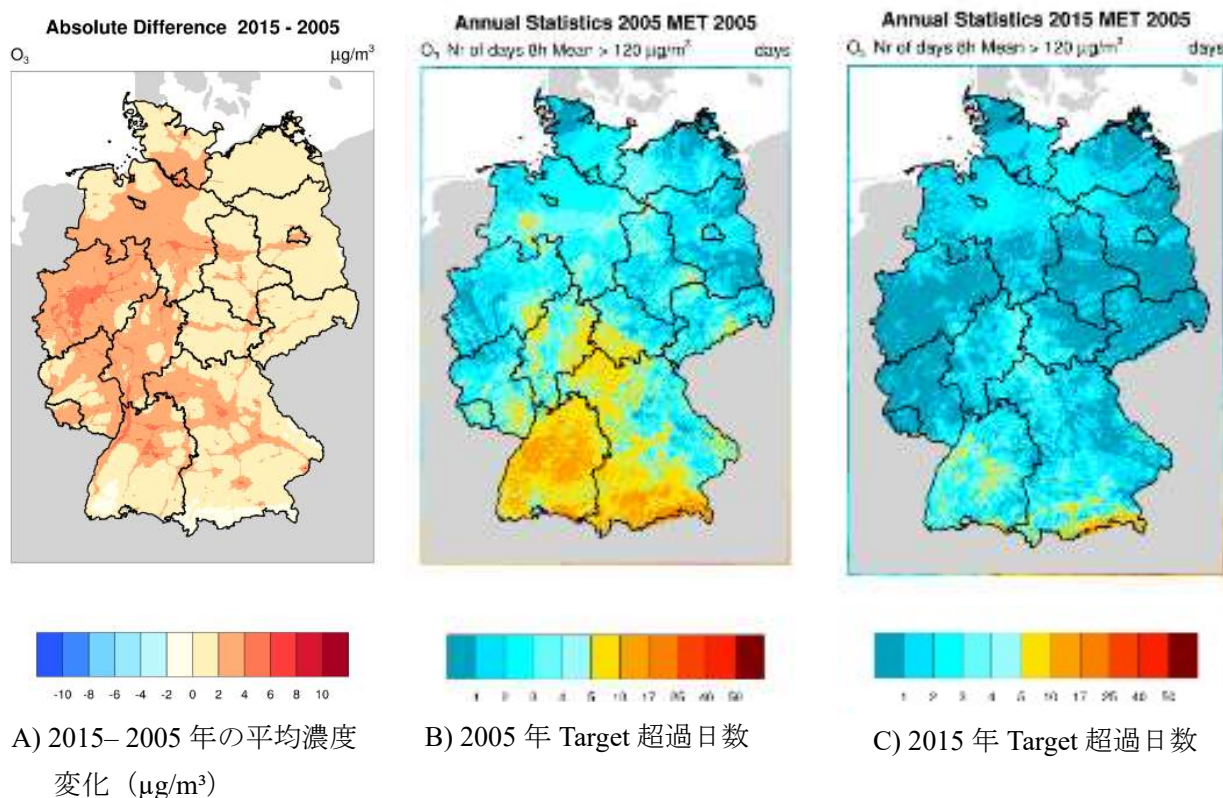
日最高 8 時間値が $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の濃度を超えた場合の、年間の平均日数を見た時、気象による年変動を考慮しても、2005 年以降、わずかな変化しか見られない。EU の環境大気質指令 2008/50/EC により、長期目標として、年間を通じてこの濃度値を超えないことが義務とされている。ドイツでは、1990 年代以降、EU 環境大気質指令の濃度上限値の超過状況がほとんど変わっていないものの、測定されたピーク濃度の減少が報告されている。この傾向は、NEC 指令の規定で 2005 年から 2015 年までのインベントリの改善のため実施された、2005 年および 2015 年の大気拡散モデルの結果によっても確認されている。

上記を踏まえ、ドイツでは、オゾン濃度を効果的に削減するには、オゾン前駆物質全般の排出量のさらなる削減対策が必要と報告されている。

4.2.5 排出予測とオゾン濃度推計

4.2.5.1 2005 年～2015 年

ドイツでは、化学輸送モデル (EURAD³⁶) を用いて、2015 年と 2005 年のオゾン濃度推計を行っている。気象の影響を除外した場合、オゾン濃度の高濃度エピソードはまれになった (下図 B、C)、オゾン濃度の平均はドイツ全体で増加した。 (下図 A)。このオゾン濃度の平均値の増加は、前駆物質排出量の欧州全体と世界的な傾向に基づくものであり、ドイツからの排出によるものではない。



出所：ドイツ NAPCP 2019, p.64-65

図 17 気象条件を同一にしたモデルによる O₃ 濃度の推計

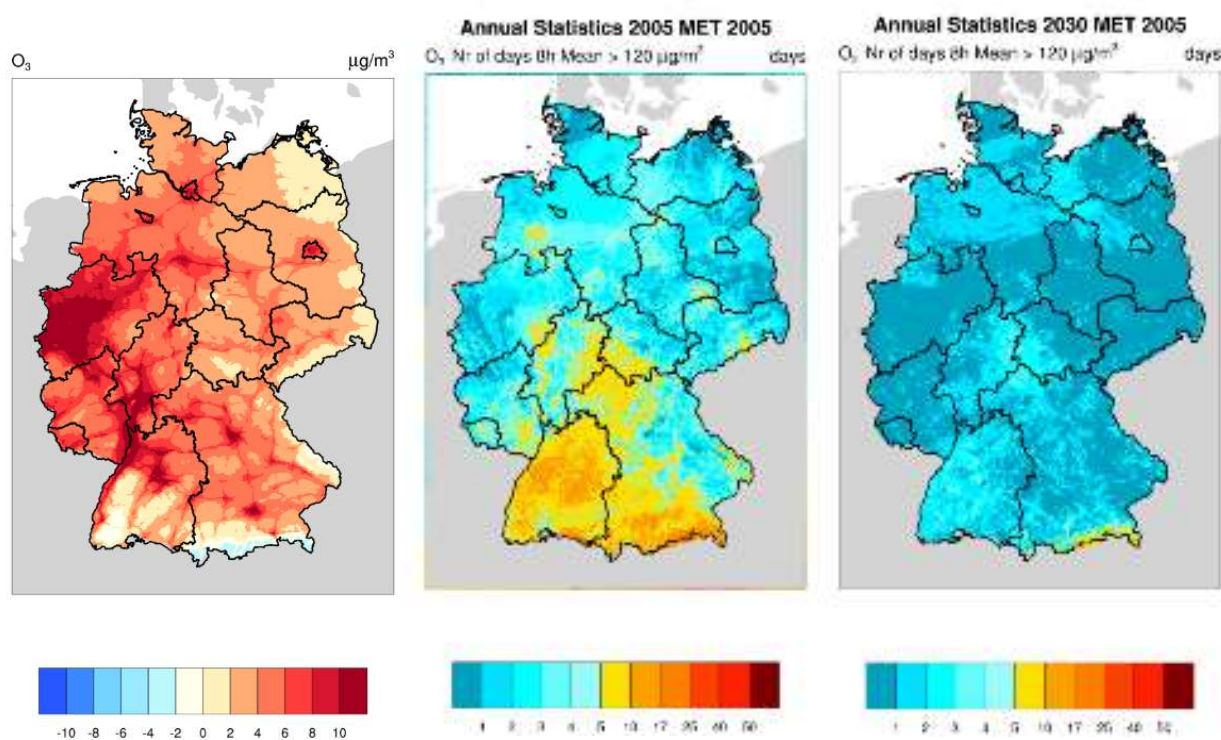
³⁶ EURAD: Chemical transport model of the Rhenish Institute for Environmental Research

4.2.5.2 2030 年の予測 (WM シナリオ)

WM (With measure) シナリオは、2016 年 7 月 31 日までに採用された対策で、気候変動対策を含むものである。大気汚染物質削減に関する主な対策として、以下が挙げられる。

- a) Lignite – standby mode
- b) 炭素取引
- c) 建設部門における再生可能エネルギーのインセンティブプログラム
- d) エネルギー効率の高い改修のための KfW プログラム
- e) 省エネ規制
- f) 中小企業向けのエネルギーコンサルタント

2005 年と 2030 年の WM シナリオのオゾン濃度の年平均値は、都市圏で最大 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 増加することを示した (下図 A)。ただし、高濃度ピークの日数は減少した (下図 B、C)。ピーク濃度の低下は、オゾン前駆物質の排出量の減少に起因するもので、年平均濃度の増加は、 NO_x 排出量の減少によるものとモデルにより推計された。



A) 2030–2005 年の平均濃度
変化 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

B) 2005 年 Target 超過日数

C) 2030 年 Target 超過日数

出所：ドイツ NAPCP 2019, p.86-87

図 18 気象条件を同一にしたモデルによる O_3 濃度の推計 (2030 年 WM シナリオ)

表 8 WM シナリオの NO_x 排出予測³⁷

排出源		NO _x (NO ₂ 換算)			
		2005	予測		
			2020	2025	2030
			kt	kt	kt
1. エネルギー源 Energy		1 353.0	791.5	637.5	516.3
A. 燃料 Fuel combustion activities		1 351.9	790.5	636.4	515.2
1 エネルギー業 Energy industries		289.1	260.8	256.5	219.5
2 製造業 Manufacturing industries		103.3	73.0	65.5	60.2
3 輸送部門 Transport		806.5	352.5	224.6	157.7
うち、道路		738.1	302.6	179.2	117.6
4 その他		142.0	99.7	85.7	74.1
うち、小売り、商取引、サービス		34.6	27.2	23 522.7	20.6
うち、住宅		67.2	49.6	44.5	41.1
5 軍事他		11.0	4.5	4.0	3.7
B. 燃料からの揮発 Fugitive emissions from fuels		1.2	1.1	1.1	1.1
1 固形燃料 Solid fuels		0.6	0.7	0.7	0.7
2 石油・ガス Oil and gas		0.5	0.4	0.4	0.4
2 プロセス工業 Industrial processes		106.3	87.5	86.4	84.0
A. 資源製造 Mineral Products		44.8	31.4	31.2	30.6
B. 化学工業 Chemical industry		29.6	29.8	29.6	28.9
C. 鉄鋼業 Production of metal		27.9	22.2	21.6	20.5
D. 非エネルギー製品の使用 Use of non-energy products		0.9	0.6	0.6	0.6
G. 他の製造業 Other production manufacturing and use		0.5	0.4	0.4	0.4
H. 他の製造業（製紙、飲料など）		2.7	3.0	3.0	3.0
I. 木工業 Wood-processing industry					
L. 原材料の管理 Handling of bulk materials					
3 農業 Agriculture		118.0	128.1	128.3	128.3
B. 堆肥管理 Manure management (stabling and storage)		2.1	2.0	2.0	2.0
D. 農業土壌 Agricultural soils (fertilizer spreading)		115.8	126.0	126.2	126.2
I. プラントからの発酵残留物の貯蔵 Storage of fermentation residues from energy plants		0.1	0.2	0.2	0.1
5 廃棄 Waste and wastewater treatment		0.3	0.6	0.6	0.6
B. バイオ Biowaste treatment					
C. 焼却施設 Waste incineration		0.3	0.6	0.6	0.6
報告が義務付けられている排出源グループの全国合計 National total of source groups for which reporting is obligatory		1577	1008	853	729
削減量の評価		NO _x (NO ₂ 換算) without NFR 3			
		2005	予測		
			2020	2025	2030
WM シナリオ合計	kt	1459	882	726	603
NEC 指令コミットメントの削減量	%		-39 %	-52 %	-65 %
WM シナリオの削減量	%		-40 %	-50 %	-59 %

³⁷ ドイツ NAPCP 2019, p.74

表 9 WM シナリオの NMVOC 排出予測³⁸

排出源		NMVOCs			
		2005	予測		
			2020	2025	2030
			kt	kt	kt
1. エネルギー源 Energy		361.1	221.6	203.9	188.9
A. 燃料 Fuel combustion activities		274.8	148.4	130.7	115.6
1 エネルギー業 Energy industries		11.3	10.2	10.2	8.6
2 製造業 Manufacturing industries		10.3	6.6	6.5	5.9
3 輸送部門 Transport		177.7	74.6	63.2	53.3
うち、道路		174.6	72.5	61.1	51.3
4 その他		71.6	54.8	49.0	46.2
うち、小売り、商取引、サービス		4.5	2.7	2.0	1.6
うち、住宅		42.6	47.8	43.3	41.3
5 軍事他		3.8	2.1	1.8	1.6
B. 燃料からの揮発 Fugitive emissions from fuels		86.3	73.3	73.3	73.3
1 固形燃料 Solid fuels		3.0	3.4	3.4	3.4
2 石油・ガス Oil and gas		83.3	69.8	69.8	69.8
2 プロセス工業 Industrial processes		758.6	580.9	582.3	595.3
A. 資源製造 Mineral Products		2.5	2.6	2.6	2.6
B. 化学工業 Chemical industry		5.4	5.1	5.1	5.1
C. 鉄鋼業 Production of metal		5.4	5.0	4.9	4.7
D. 非エネルギー製品の使用 Use of non-energy products		720.4	543.3	544.8	558.1
G. 他の製造業 Other production manufacturing and use		2.6	2.3	2.3	2.3
H. 他の製造業（製紙、飲料など）		16.3	18.5	18.5	18.5
I. 木工業 Wood-processing industry		5.9	4.1	4.1	4.1
3 農業 Agriculture		203.1	206.7	204.6	202.5
B. 堆肥管理 Manure management (stabling and storage)		193.9	195.9	193.8	191.6
D. 農業土壌 Agricultural soils (fertilizer spreading)		9.2	10.8	10.8	10.9
5 廃棄 Waste and wastewater treatment		0.2	0.2	0.2	0.2
C. 焼却施設 Waste incineration		0.0	0.0	0.0	0.0
D. 排水処理施設 Wastewater treatment		0.1	0.1	0.1	0.1
報告が義務付けられている排出源グループの全国合計 National total of source groups for which reporting is obligatory		1324	1009	991	987
削減量評価		NMVOC without NFR 3			
		2005	予測		
			2020	2025	2030
			kt	kt	kt
WM シナリオ合計	kt	1121	803	787	785
NEC 指令コミットメントの削減量	%		-13%	-21%	-28%
WM シナリオの削減量	%		-28%	-30%	-30%

³⁸ ドイツ NAPCP 2019, p.75.

4.3 オーストリアのオゾン及び PM_{2.5} 対策

4.3.1. 大気汚染対策ポリシー Air pollution control policy

大気汚染対策は、オーストリアの政策に重要な役割を果たしてきた。1980 年代には、土壌の酸性化や森林減少が問題化していた。EU の規制に先行して、貿易・通商および産業規制法 (Trade, Commerce and Industry Regulation Act, Gewerbeordnung³⁹) やボイラーシステムの大気汚染防止法 (Air Pollution Control Act for Boiler Plants, Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen⁴⁰) など法規制が早期に整備された。1990 年代には、地上のオゾンが問題化した。1992 年にオゾン (Ozongesetz) を制定し、オゾン前駆物質を削減する対策を実施した。

排出規制を、貿易・通商および産業規制法と化学物質法 (Chemikaliengesetz⁴¹) により全国の多くの産業に適用した。排出量を削減するために重要な原則は、最先端の技術を常に利用することとしてきた。

その後、EU の環境大気質指令 (2008/50/EC) は、オーストリア国内法である大気汚染防止法 (Air pollution control act, Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L)⁴²) に反映された。同様に EU での規制の増加に伴い、これら EU の規制の国内法への反映が不可欠となった。国内法への反映の際、規制が事業の競争力に影響を与える分野では、EU で公平な競争の場を維持することを考慮するとされている。

大気環境改善は、2017 年から 2022 年の政府プログラムの一部である。さらに、政府プログラムは、国連の持続可能な開発目標 (SDGs) の重要性に言及し、都市の大気環境の改善を、SDGs の目標 11 (Sustainable, Safe and Inclusive Cities & Communities) の施策として位置付けている。

表 10 オーストリアにおける NEC 指令に基づく排出削減コミットメント

Air pollutant	Reduction compared to base year	Reduction compared to base year
	2005 from 2020	2005 from 2030
Sulphur dioxide (SO ₂)	26%	41%
Nitrogen oxides (NO _x)	37%	69%
Non-methane volatile organic compounds (NMVOC)	21%	36%
Ammonia (NH ₃)	1%	12%
Fine particulate matter (PM _{2.5})	20%	46%

4.3.2 オゾンの対策 Improvement of air quality (Ozone)

環境大気質指令が基準として示すオゾンの情報閾値 (Information threshold, 180 µg/m³) の超過状況は、真夏の気象パターンに大きく依存している。情報閾値超過の最大数は 2003 年に観察され (平均 4.43 日/測定局)、2016 年に最小数 (0.03 日/測定局) であった。長期的には、情報閾値を超える頻度は、不規則であるが、減少する傾向を示している。1990 年からオーストリアでの測定のための最初の 10 年間の 1 観測地点あたりの平均超過日数は 1.4 日であるが、直近 10 年間では

³⁹ BGBl. No 399/1988

⁴⁰ BGBl. No 380/1988

⁴¹ BGBl. I No 53/1997

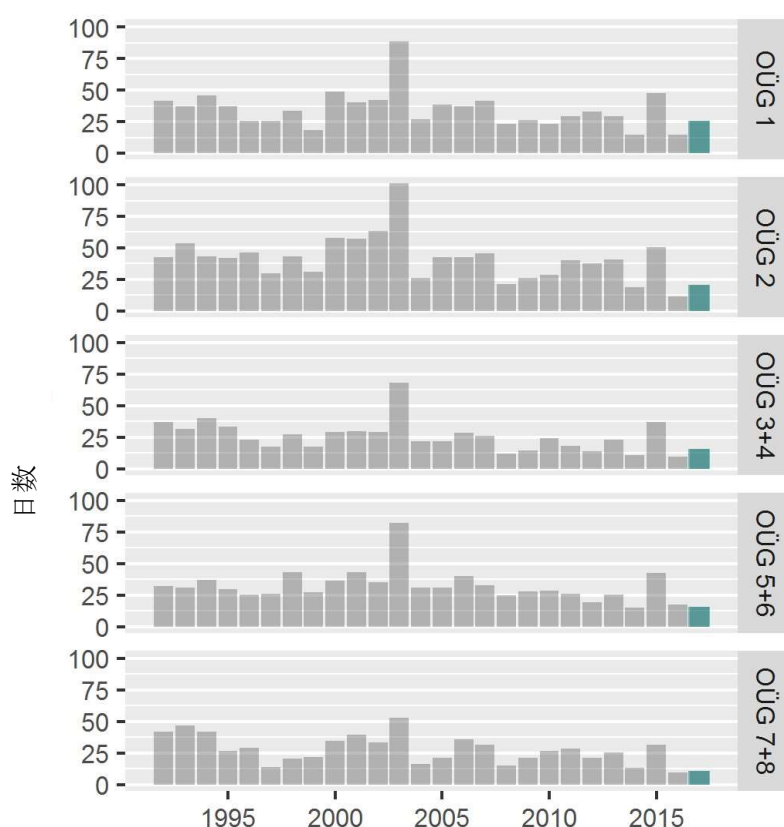
⁴² BGBl. I No 115/1997, BGBl. I No 73/2018 改正

0.3 日である。情報閾値を超過する地理的領域は大幅に小さくなっている。NMVOC と NO_x の排出量の削減が、情報閾値超過の頻度の減少に寄与していると考ええる。環境大気質指令に示された警戒閾値（alert threshold、240 µg/m³）を超える頻度も、過去 25 年間で減少傾向にある。

健康を守るためのオゾン濃度目標値（Target value、120 µg/m³）を超える頻度は、過去 25 年間で減少傾向にあるが、非常に不規則である（図 19 参照）。

オーストリアにおけるオゾンの傾向は、ヨーロッパ全体の状況とほぼ同様である。情報閾値を超える頻度、健康を守るための目標値は、上記で述べたように長期的にはわずかに減少している。ヨーロッパの都市監視サイトのオゾン濃度の年平均値は、長期的にはわずかに上昇しているが、農村部のバックグラウンド濃度はわずかに減少している。

最新の研究では、ヨーロッパにおける前駆物質 NO_x と NMVOC の排出削減によって、潜在的なオゾン形成量が減少すると報告されている。都市におけるオゾン濃度が増加する要因としては、NO_x 排出削減の結果として NO による O₃ 分解（タイトレーション効果）削減による可能性がある。気候変動による気温上昇は、オゾンの平均濃度を増加させる要因となりうる。



※OÜG：オゾン観測エリア

出所：オーストリア NAPCP 2019, p.54⁴³

図 19 オゾン濃度（8 時間値）が 120 µg/m³ を超えた年間日数（1992–2017 年）

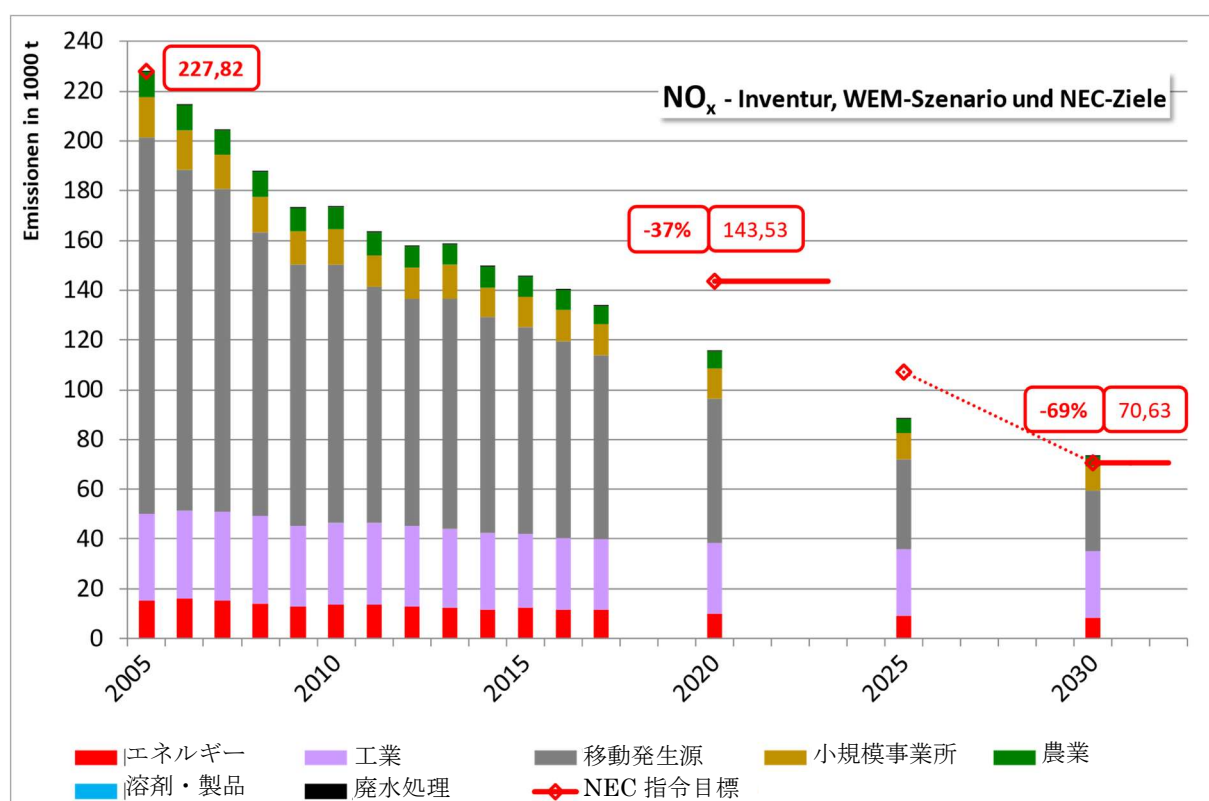
⁴³ Federal Ministry of Sustainability and Tourism (2019) 2019 National Air Pollution Control Programme Annex (ENGLISH). p.54. (<https://ec.europa.eu/environment/air/reduction/NAPCP.htm>).

4.3.3. NO_x

NO_x 排出量は、2005 年に 228 kton/年から、2017 年に 134 kton/年と 41%削減した。主要な対策は移動発生源の排出規制である。排出規制は Euro 1 が 1992 年に適用開始されて以降、直近では Euro 6d TEMP が 2017 年に適用開始された（表 11）。

将来推計シナリオでは、NO_x 排出量が 2017 年から 2030 年に 45%減少することを示した。移動発生源、エネルギー、小規模事業所、農業での排出削減が主な要因である。移動発生源の削減量の約 3 分の 2 は、ディーゼル車や Heavy-duty vehicle（大型車）からの排出の改善と、電気自動車の普及によるものである。小規模事業所と農業における排出削減は、低排出な暖房設備や機器の普及によるものである。エネルギーでの排出削減は、石炭、石油の消費の減少による。

シナリオは、2005 年基準と比較して、2020 年までに 49%削減、2030 年までに 68%削減を示している。



※排出インベントリ(2005–2017) and WEM シナリオ(from 2020)

※赤字は基準年の排出量と削減目標

出所：オーストリア NAPCP 2019, p.59

図 20 NO_x 排出量と削減目標

表 11 EURO 1 ～ EURO 6d-TEMP ディーゼル車 (diesel cars) の排出規制

Standard	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5a	Euro 5b	Euro 6b	Euro 6d TEMP
Time of introduction of new types	1992/07	1996/01	2000/01	2005/01	2009/09	2011/09	2014/09	2017/09
Time of introduction of new vehicles	1993/01	1996/01	2001/01	2006/01	2011/01	2013/01	2015/09	2019/09
Test cycle/test method	NEDC							WLTP
CO *	2720	1000	640	500				
(HC + NO _x) *	970	700/900 ¹	560	300	230	170		
NO _x *	-		500	250	180	80		
PM ¹ (Particulate matter) *	140	80/100 ¹	50	25	5	4.5		
PN ¹ (Particle number) **	-					6*10 ¹¹		
* in [mg/km] ** per km ¹ with direct injection								

出所：オーストリア NAPCP 2019, p.91

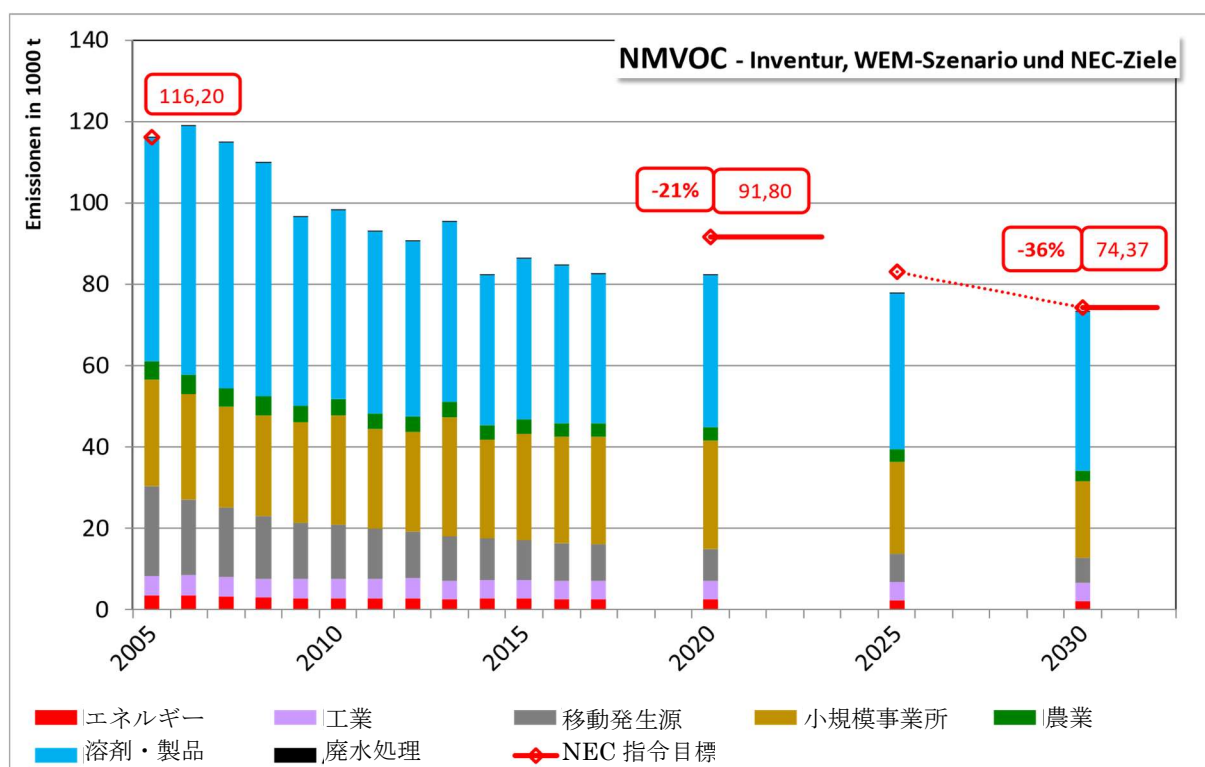
4.3.4. NMVOC

NMVOC 排出量は、2005 年（116 kton/年）から 2017 年（83 kton）にかけて 29%削減した。主要な対策は、「移動発生源」の排出規制、および「溶剤・製品」への IED（2010/75/EU）による印刷業や塗装業などの排出規制である。

将来推計シナリオでは、NMVOC 排出量が 2017 年から 2030 年にかけて 11%削減することを示した。主要な削減は、小規模消費部門である。対策としては、建築物に低排出または排出フリーの暖房システムやボイラーを設置する、古いガソリン車の減少により移動発生源からの排出量を減少させるといったことが挙げられている。

溶剤の使用に関しては、推計モデルでは、2017 年から 2030 年にかけて排出量が微増することが示されている（年間約 0.5%）。現在、溶剤含有製品の使用（塗料およびワニスを除く）の制限はない。また、溶剤の産業用途での使用に関しては、長期間制限が適用されてきたため、将来緩和される可能性は想定していない。しかし、経済成長と人口増加により、溶剤使用量は増加すると予想されており、溶剤使用による排出量の増加が予測されている。

基準年の 2005 年と比較すると、シナリオでは 2020 年までに 29%、2030 年までに 37%の排出削減が示されている。2030 年の目標は、達成が見込まれている。



※排出インベントリ(2005–2017) and WEM シナリオ(from 2020)

※赤字は基準年の排出量と削減目標

出所：オーストリア NAPCP 2019, p.60

図 21 NMVOC 排出量と削減目標

4.3.5. オゾン濃度の将来予測

オーストリアにおけるオゾンの傾向はヨーロッパ全体の状況とほぼ同様であることから、オーストリアの NAPCP におけるオゾン濃度の将来予測として、以下のとおり、ヨーロッパ全体での濃度について言及している。

欧州では、前駆物質である NO_x と NMVOC の排出量が欧州全体で減少しているため、短期のオゾンピーク濃度は近年減少している。この傾向は今後数年間続くと見込まれる。

一方、長期のオゾン濃度は、欧州では、近年わずかな減少が観察されている。どのような要因が長期オゾン濃度の増加・減少傾向に有効に働くかは、依然として研究の対象である。

欧州の NO_x と NMVOC の排出削減の影響は、気候変動による気温の上昇、世界的な CH₄ 排出の増加、東アジアでのオゾン生成の増加などによって相殺されている。

4.4 イタリアのオゾン及びPM_{2.5}対策

4.4.1 オゾン濃度

2017年にオゾン濃度目標値（Target value $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を、331測定局のうち222測定局（67%）で25日以上超過した（下図参照）。高濃度値は、主にイタリア北部で記録された。

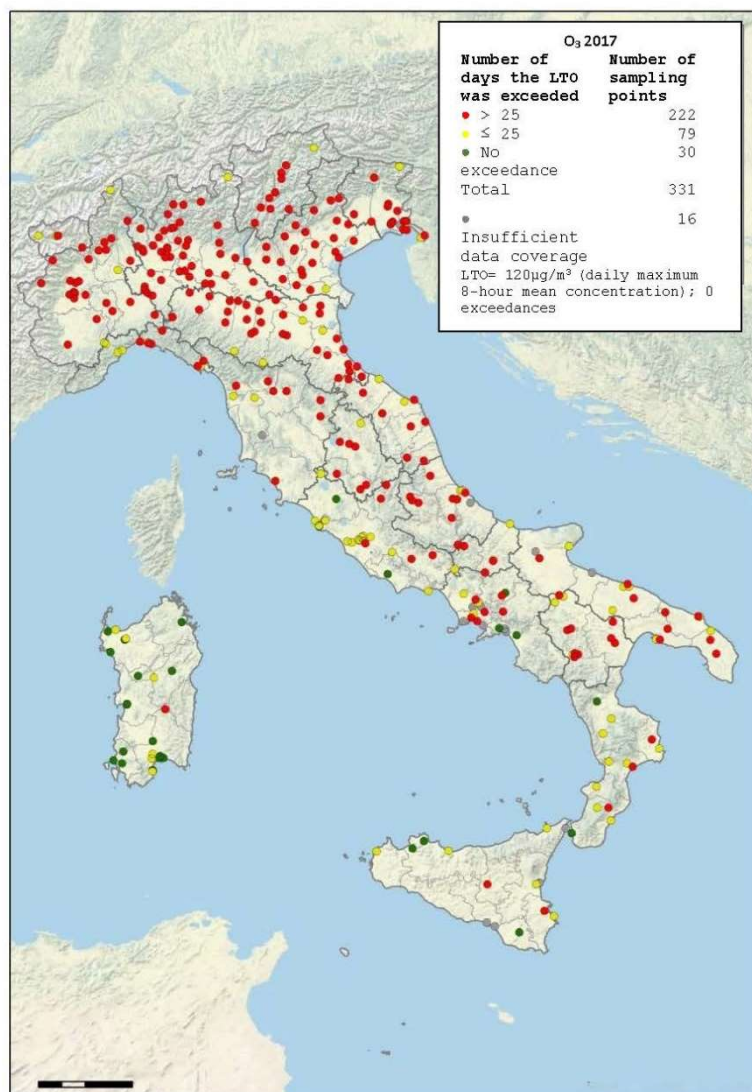


図 22 イタリアにおけるオゾン濃度測定値（2017）⁴⁴

2008～2017年の経年的な統計解析結果では、オゾン濃度は、ほぼすべての測定局（116局のうち100局）で統計的に有意な平均値の変化が観察されていなかった。唯一の重要な変化は、夏の数か月のピーク値のわずかな減少であった。

⁴⁴ 出所：Ministry of the Environment, Land and Sea (2019). National Air Pollution Control Programme, 2019, Italy (ENGLISH). p.27 (https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/reduction_napcp/IT%20Final%20NAPCP%2022Sept21%20EN.pdf). (Italian National Institute for Environmental Protection and Research 作成)

4.4.2 オゾン対策

イタリアの NAPCP における大気汚染対策の取組みに関する記述を以下に示す。なお、オゾン対策に特化した取組みの記載は見られなかった。

大気汚染濃度の基準値 (Limit Value) や目標値 (Target Value) を遵守し、大気汚染物質発生量を削減するために、地域の大気質計画および国レベルで推進されている地域間協定の下で講じられた措置は、特に以下の分野で講じられている。

- ・発電および産業活動
- ・都市部における移動発生源
- ・家庭の燃焼設備

特に、ポー川流域地域の大気質が非常に悪い状態が続いていることを考慮して、2013 年以降、大気質を改善するための協定が、環境省、インフラ・運輸省、経済開発省、保健省、農業政策省、ポー川流域の 8 つの自治体によって締結されている。この協定は、現在大気汚染の要因と考えられる移動発生源、家庭用バイオマス暖房、農業に焦点を当てている。移動発生源に関しては、Euro5 基準までのエンジン搭載車の大都市中心部での運転禁止である。家庭用バイオマス暖房に関しては、環境性能基準を満たしていないバイオマスストーブの使用禁止、農業で発生した刈り株の燃焼の禁止、および家庭用ストーブでの高品質ペレットの強制使用がある。

イタリアにおける NEC 指令に基づく排出削減コミットメントを表 12 に示す。

将来の排出量削減とその効果である濃度予測は、①現状対策シナリオ (WM: With measures) と②追加対策シナリオ (WAM: With additional measures) の 2 つのシナリオで実施されている。

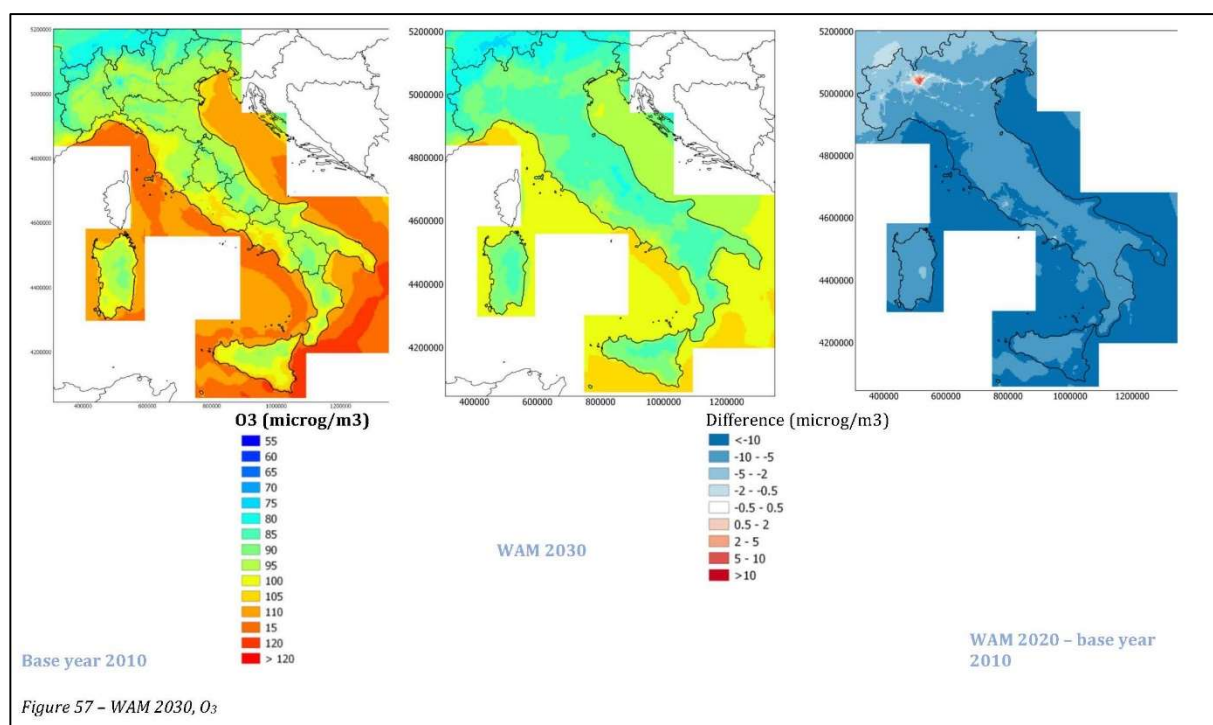
WMシナリオは、2015年までに導入された規制・対策のみである。それに加えて、WAM シナリオは、2020年までに再生可能エネルギー、エネルギー効率、Green House Gas 排出目標を達成するシナリオである。WAMシナリオの概略は、2025年までに発電における石炭の使用を段階的に廃止すること、発電における再生可能エネルギー使用のシェアが55%に到達すること、約500万台の電気自動車の普及、メタンを動力源とする貨物輸送の普及、温室効果ガス排出量を2005年レベルと比較して33%削減することである。WAMシナリオにおける、2030年のオゾン濃度の推計値を図23、24に示した。

オゾン濃度は、二次拡散汚染物質として空間的・時間的スケールが大きいと、非常に均一な分布を示した。高濃度オゾンは、農村地域でみられた。農村地域は、NO_xの排出源がなく、NOタイトレーション効果によるオゾン除去がない。特に、沿岸部は、海風の結果として、海上 (O₃を消費する供給源が不足していることからO₃が蓄積するため、O₃濃度が特に高い) から陸地へ輸送され最大値を示した。

2030年にはオゾン濃度は全国で同程度の濃度削減が推計されたが、これはWAMシナリオにおける海洋燃料の重油をガスに置き換える対策による。海上の大部分で $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える削減に達した。逆に、濃度が高くなる影響が大都市 (ミラノ) で推計された。これは、大幅なNO₂濃度の削減によって、O₃の化学的反応による削減の可能性が減少することによる。

表 11 イタリアにおける NEC 指令に基づく排出削減コミットメント

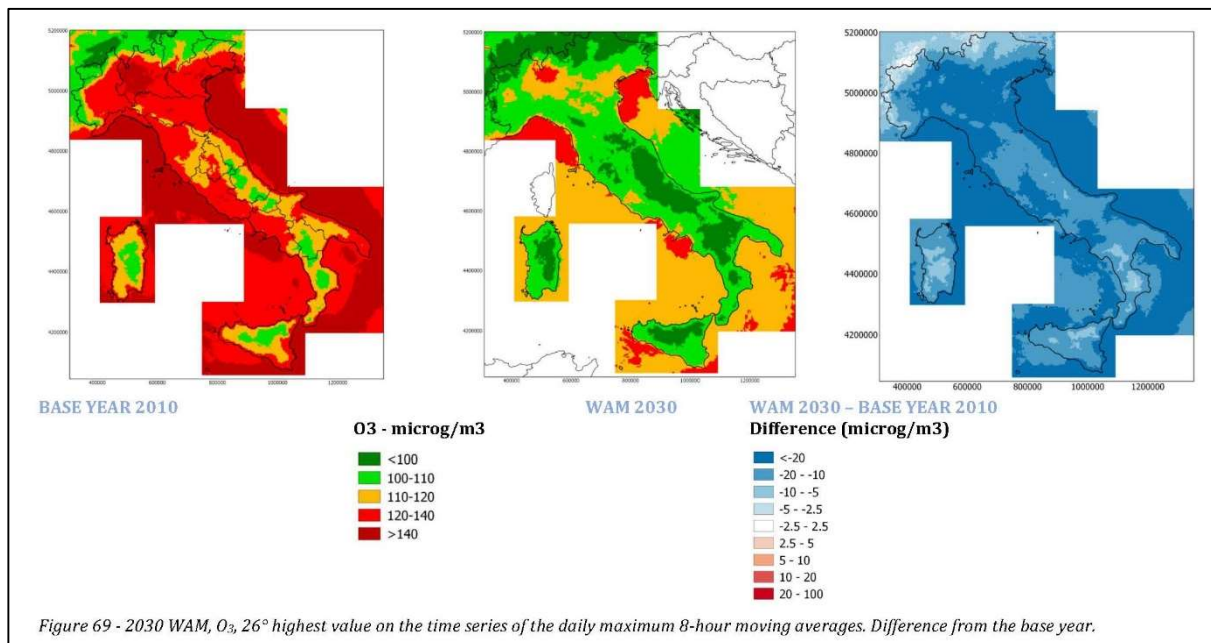
Air pollutant	Reduction compared to base year 2005 from 2020	Reduction compared to base year 2005 from 2030
SO ₂	35%	71%
NO _x	40%	65%
NM VOC	35%	46%
NH ₃	5%	16%
PM _{2.5}	10%	40%



※2010年（左）、2030年（中央）、2030-2010年の濃度変化（右）

出所：イタリア NAPCP 2019, p.81

図 23 2030年WAMシナリオ予測、オゾン濃度（年平均値）



※2010年（左）、2030年（中央）、2030-2010年の濃度変化（右）

出所：イタリア NAPCP 2019, p.95

図 24 2030 年 WAM シナリオ予測、オゾン濃度（日最大 8 時間値の年間 26 番目に高い値）

5. 中国の対策実態

5.1. 中国の大気保全施策の概要

5.1.1 調査方法

中国における大気保全施策の実態を明らかにするため、中国の行政機関や、その他研究機関の大気保全施策に関する情報源等から調べた。以下のステップで調査を行い、中国全体の施策に関する情報を体系的に整理した。

ステップ 1	中国の行政機関、研究機関、研究者等で公表されている情報を整理 1. 中华人民共和国生态环境部 中華人民共和國生態環境部 ⁴⁵ 2. 中国环境科学研究院 中国環境科学研究所 ⁴⁶ 3. 北京市生态环境局 北京市生態環境局 ⁴⁷ 4. 清华大学环境学院 環境管理と政策研究所 清華大學環境學院 ⁴⁸ 環境管理と政策研究所 5. 中关村创蓝清洁空气产业联盟 中関村創藍清潔空氣產業聯盟 ⁴⁹
ステップ 2	収集した情報を絞り込む

5.1.2 2つの行動計画

通常、中国では、政府・党中央が策定する「国民経済と社会発展 5 カ年計画」（十二次 2011-2015、十三次 2016-2020）に基づき施策が実施されるが、2013 年 1 月に、中国大陸で観測史上最悪といわれる大気汚染が発生したことを受け、《大气污染防治行动计划（2013～2017 年）》（大気汚染防治行動計画）を策定し、対策を実施した。5 年間で大気汚染が大幅な改善を見た。

現在は、当初の十三次 5 カ年計画の区切りに合わせるために、《打赢蓝天保卫战三年行动计划（2018～2020 年）》（青空保護勝利戦 3 年行動計画）（2018-2020）を実行中である。

⁴⁵ 中华人民共和国生态环境部 中華人民共和國生態環境部 <http://www.mee.gov.cn/>

⁴⁶ 中国环境科学研究院 中国環境科学研究所 <http://www.craes.cn/>

⁴⁷ 北京市生态环境局 北京市生態環境局 <http://sthjj.beijing.gov.cn/>

⁴⁸ 清华大学环境学院 清華大學環境學院 <http://www.env.tsinghua.edu.cn/>

⁴⁹ 中关村创蓝清洁空气产业联盟 中関村創藍清潔空氣產業聯盟 <http://www.cleanairchina.org/>

5.1.2.1 《大气污染防治行动计划（2013～2017年）》（大気污染防治行動計画）概要と成果

(1) 概要

2013年9月12日、国務院⁵⁰は、《大气污染防治行动计划》⁵¹（大気污染防治行動計画⁵²）を発表した（公布日は9月10日付）。略称は“大気十条”で、10章35項目からなる⁵³。

具体的な目標として、①2017年に全国の地級以上の都市⁵⁴のPM₁₀濃度を2012年比10%以上低減させること、②京津冀、長三角、珠三角などの地域⁵⁵のPM_{2.5}濃度をそれぞれ25%、20%、15%前後低減させること。③北京市のPM_{2.5}の年間平均濃度を60μg/m³前後にすることが掲げられた。

この目標達成のために、石炭ボイラーなどの施設やVOCなどの汚染物質の規制強化、移動源汚染対策として燃料油品質の改善や老朽車の廃車、高汚染・高エネルギー消費業種の生産設備増強の抑制、旧式生産設備廃棄の加速や過剰生産能力の圧縮、石炭消費総量の抑制とクリーンエネルギー（天然ガス、水力、地熱、風力、太陽エネルギー、バイオマスなど）の利用加速、環境管理の強化、環境コストの価格転嫁などの市場メカニズムの活用、大気汚染防止法改正など法制度の整備、地域協力メカニズムの構築、地域環境対策を統一計画するなどの具体策が列記されている。

10 章	35 項目
1. 総合対策を強化し、汚染物質の排出を減らす	(1) 工業企業大気汚染総合対策の強化 (2) 面源汚染対策の徹底 (3) 移動源汚染対策の強化
2. 産業構造を調整・最適化し、産業転換アップグレードを推進する	(4) 高汚染・高エネルギー消費業種の生産設備増強の厳格規制 (5) 旧式生産設備廃棄の加速 (6) 過剰生産能力の圧縮 (7) 生産能力が大幅に過剰な業種で規則に違反して建設中のプロジェクトを断固停止
3. 企業の技術改造を加速し、科学技術イノベーション能力を高める	(8) 科学技術研究開発と普及の強化 (9) クリーナープロダクションの全面的推進 (10) 循環経済の強力発展 (11) 省エネ環境保護産業の強力育成
4. エネルギー構造調整を加速し、クリーンエネルギー	(12) 石炭消費総量の抑制 (13) クリーンエネルギー代替利用の加速

⁵⁰ 中国の行政法規は国務院（日本の内閣に相当）が制定する。国務院の下に、各部・委員会（日本で言うところの各省庁）の中央政府機関がある。部門規則は各部・委員会（例えば生態環境部等）が、その所轄領域について制定する。

⁵¹ 大气污染防治行动计划 http://www.gov.cn/zwjk/2013-09/12/content_2486773.htm

⁵² 大気污染防治行動計画 東京財団 日本語訳版
<https://www.env.go.jp/air/osen/pm/conf/conf02-00/ref03.pdf>

⁵³ 公表された大気十条—中国の「大気汚染防止行動計画」の本文及び概要— 東京財団研究員 染野憲治
<https://www.tkfd.or.jp/research/detail.php?id=1739>

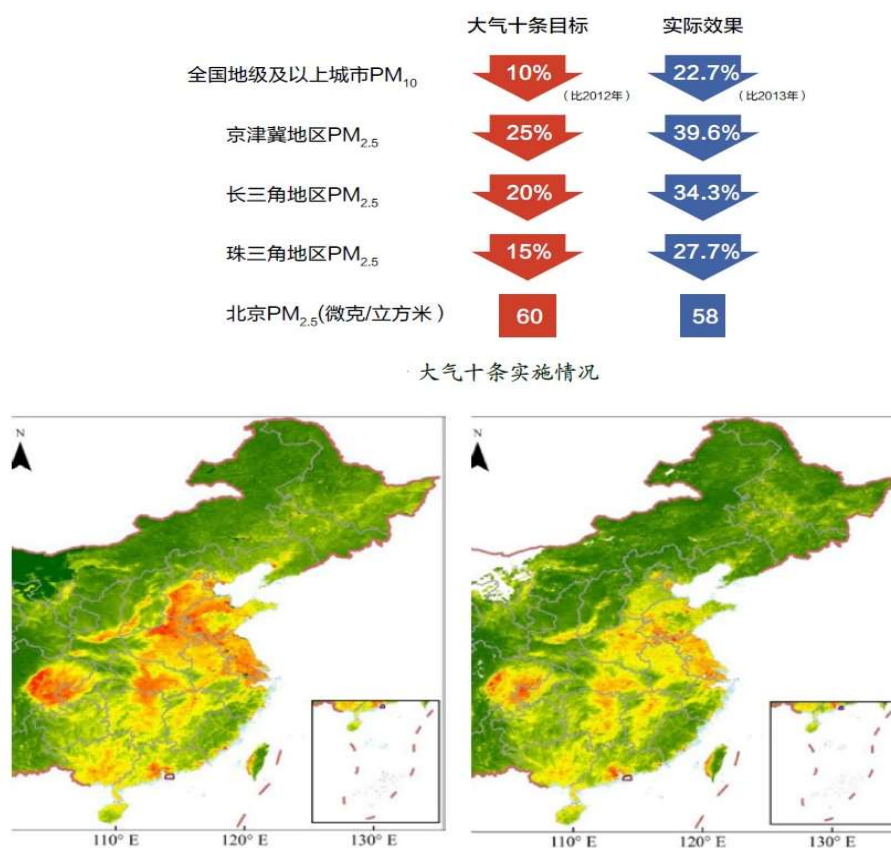
⁵⁴ 中国の行政区分は省級、地級、県級、郷級の4つからなり、地級の行政単位には地級市、自治州、地区などがある。地級市より大きな都市には、副省級市や直轄市がある。

⁵⁵ 章末に地区別省別都市名を示した。京津冀（jīng jīn jì、けいしんき）は、北京・天津・河北省の総称。長三角（cháng sān jiǎo、ちょうさんかく）は、長江=揚子江の「三角州」の略で、揚子江デルタ地帯の意味。上海、江蘇省、浙江省、安徽省の複数都市からなる。珠三角（zhū sān jiǎo、しゅさんかく）は珠江河口の広州、香港、深圳市、東莞市、マカオを結ぶ三角地帯を中心とする地域。

一供給を増やす	(14) 石炭クリーン利用の推進 (15) エネルギー使用効率の向上
5. 省エネ環境保護市場参入条件を厳格化し、産業の空間配置を最適化する	(16) 産業配置の調整 (17) 省エネ環境保護指標の拘束力の強化 (18) 空間構造の最適化
6. 市場メカニズムの作用を発揮させ、環境経済政策を改善する	(19) 市場メカニズム調整作用の発揮 (20) 価格徴税政策の改善 (21) 投融資ルート of 拡張
7. 法令体系を整備し、厳格に法に従って監督管理する	(22) 法律、命令、基準の改善 (23) 環境監督管理能力の向上 (24) 環境保護取締の強化 (25) 環境情報公開の実行
8. 地域協力メカニズムを構築し、地域環境対策を統一計画する	(26) 地域協力メカニズムの構築 (27) 目標任務の分解 (28) 厳格な責任追及
9. 監視・早期警報・緊急対応体系を構築し、重汚染天気に適切に対応する	(29) 監視・早期警報体系の構築 (30) 緊急対応計画の制定 (31) 速やかな緊急対応措置
10. 政府企業の社会的責任を明確にし、全人民を環境保護に動員する	(32) 地方政府の指揮命令責任の明確化 (33) 官庁間の協調連動の強化 (34) 企業の対策強化 (35) 社会参加の広範な動員

(2) 成果

「中国环境空气质量管理评估报告(2018)」(中关村创蓝清洁空气产业联盟, 2018年11月)⁵⁶(中国環境空氣質量評価報告 2018)に成果がまとめられている。2013年から2017年にかけて、中国の大気質は大幅に改善され、“大気十条”の目標は完全に達成された。全国地級及びそれ以上の都市では、PM₁₀は2013年比で22.7%減少した。京津冀、長三角、珠三角の重点区域のPM_{2.5}は、2013年比39.6%、34.3%、27.7%減少した。珠三角区域のPM_{2.5}平均濃度は3年連続で標準⁵⁷を達成した。北京市のPM_{2.5}は、2013年89.5 μg/m³から2017年58 μg/m³まで減少した。2013年は、74都市のうち空気質量の標準を達成したのは、海口、舟山、拉薩の3都市のみであったが、2017年には全国338の地級及びそれ以上の都市において、99都市が標準を達成し、29.3%を占めた。



出所：中国環境空氣質量評価報告 2018, p. 4

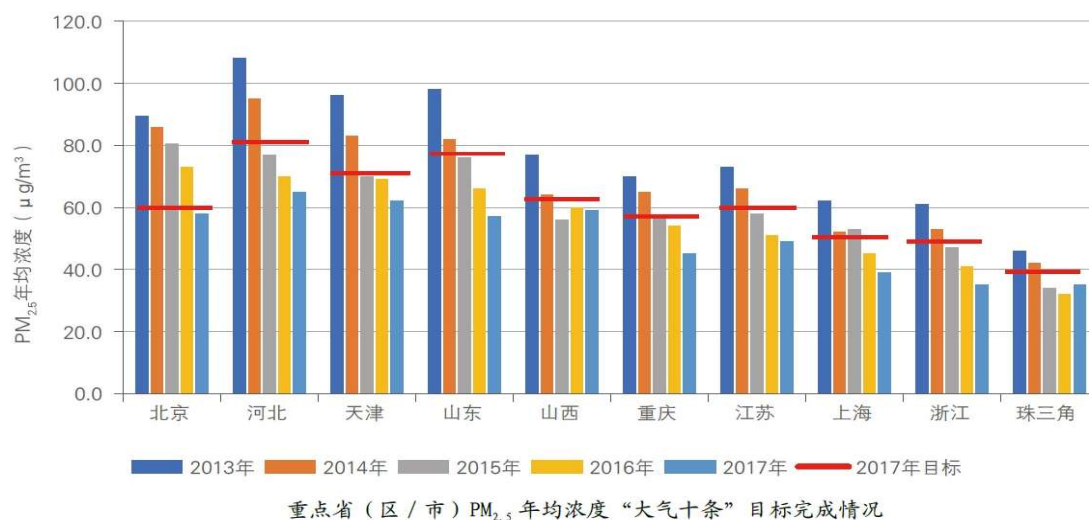
図 25 “大気十条”の実施状況（上）と PM_{2.5}濃度（左下：2013年、右下：2017年）

⁵⁶ 中关村创蓝清洁空气产业联盟（2018）.“中国环境空气质量管理评估报告（2018）”.中关村创蓝清洁空气产业联盟，北京，中国. <http://www.cleanairchina.org/file/loadFile/209.html>.

⁵⁷ 大気汚染に係る環境基準のことを、中国では「環境空氣質量標準」と呼び、国家標準（GB）で定めている。

(3) PM_{2.5}

“大気十条” 期間（2013～2017 年）、中国の粒子状物質濃度は大幅に減少した。PM_{2.5} 重点管理区域の北京、天津、河北、山東、山西、上海、江蘇、浙江、珠三角、重慶、内モンゴの 11 省（区/市）の全てが“大気十条”の削減目標を達成した。そのうち、珠三角地区と浙江省の PM_{2.5} 年平均値濃度は、国家二級標準⁵⁸を既に下回った。珠三角地区 9 都市中、7 都市で 2017 年の PM_{2.5} 年平均値濃度は 2016 年からわずかにリバウンドしたが、地域全体の濃度は依然として国家二級標準よりも低い。



出所：中国環境空気質量評価報告 2018, p.5

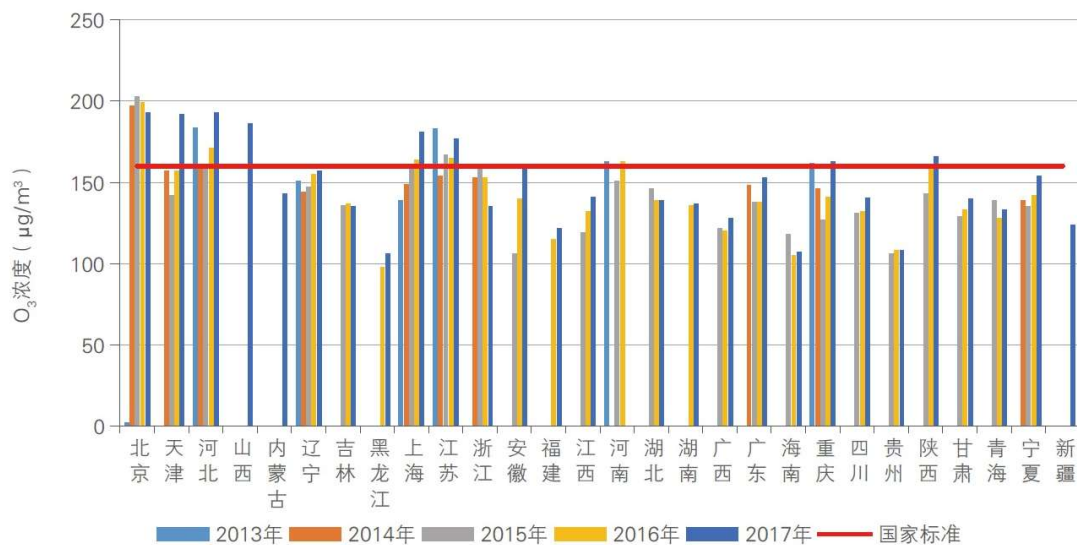
図 26 重点省（区/市）PM_{2.5} 年平均濃度 “大気十条” 目標達成状況（内モンゴを除く）

(4) オゾン

28 省（区/市）の 2013～2017 年の O₃（日最大 8 時間平均 90% 値）濃度変化を図 27 に示す。大多数の省（区/市）で O₃ 濃度が上昇傾向にある。2017 年は 27 省（市）で O₃ 濃度の公表があり、北京など 8 省（市）で O₃ 濃度が国家標準より高く、そのうち、北京と河北省は国家標準を超過する比率が最高で、20.6% に達した。上述の 27 省（区/市）中、24 省（区/市）は 2016 年と 2017 年の両年のデータがあるが、19 省（区/市）で O₃ 濃度が 2016 年より上昇し、天津、河北、遼寧、黒竜江、上海、江蘇、安徽、福建、江西、湖南、広西、広東、海南、重慶、四川、陝西、甘肅、青海、寧夏のうち、天津の上昇幅が最大で 22.3% であった。

2015 年から、O₃ は京津冀地区で PM_{2.5} に次ぐ主要汚染物質となった。図 28 は 2014～2017 年京津冀地区及び周辺 6 省（区/市）中、データが得られた 18 地級及びそれ以上の都市の O₃ 濃度（日最大 8 時間平均 90% 値）の変化状況である。図から分かるのは、O₃ 汚染は総体的に緩慢な上昇傾向を示しており、特に 2017 年はその上昇が明らかであった。

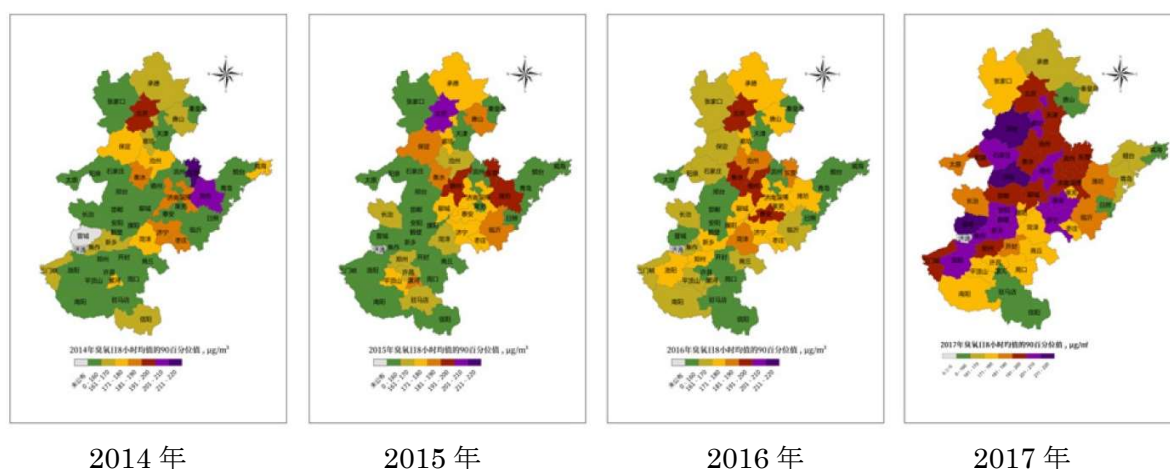
⁵⁸ 中国の環境空気質量標準は、第一エリア（自然保護区、景勝地区及びその他特殊な保護が必要とされる地区）の一級標準と、第二エリア（居住区、商業・交通・住民の混合地区、文化地区、工業及び農村地区）の二級標準からなる



2013-2017 年 27 个省（区 / 市）O₃ 日最大 8 小时平均第 90 百分位数浓度变化

出所：中国環境空氣質量評価報告 2018, p.12

図 27 2013-2017 年 28 省（区/市）O₃ 日最大 8 時間平均 90% 値濃度变化



2014 年

2015 年

2016 年

2017 年

※地図の北部は北京市、天津市と周囲の河北省各市、中部は山東省と山西省（太原市など一部分）各市、南部は河南省各市

出所：中国環境空氣質量評価報告 2018, p.13

図 28 2014-2017 京津冀及び周辺地区各地級以上都市 O₃ 濃度変化図

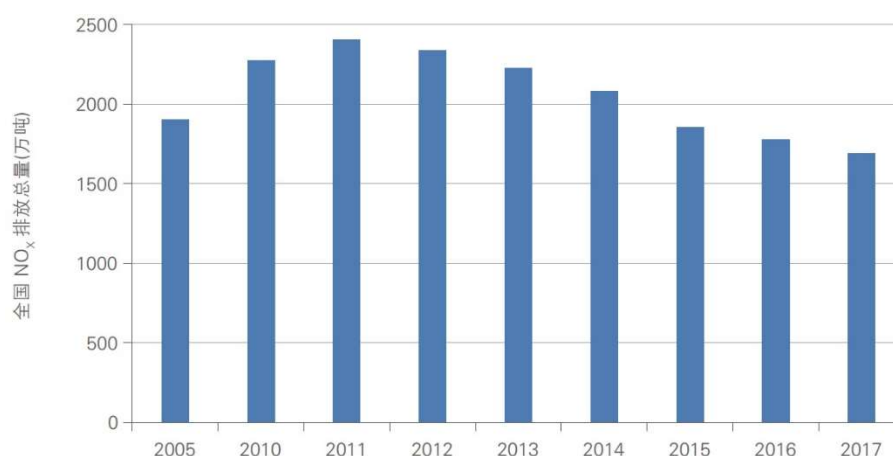
(5) 汚染物質排出抑制の進展

1) NO_x 排出規制

近年、中国は NO_x 排出規制を徐々に重視してきた。NO_x 総量規制は十二次 5 カ年計画 (2011-2015) に始まり、SO₂ の排出規制より遅かったが、各省（区/ 市）は NO_x 排出規制方

面で、いくつかの結果を達成した。図 29 は 2005～2017 年の中国の NO_x 排出総量変化状況で、総排出量は 2011 年をピークに減少傾向にある。2017 年の全国 NO_x 排出総量は 1690.7 万トンで、2011 年のピーク時から 29.7%減少した。2013～2017 年の、全国 NO_x 排出総量は明らかに下降し、2017 年は 2013 年比 24.1%下降した。

近年、中国の NO_x 防止抑制の焦点は、固定発生源から移動発生源に徐々に移行し、車両排出規制は徐々に厳しくなっている。2017 年以降、中国の全ての小型ガソリン車は、欧州の排ガス基準をベースにした第五段階の自動車排ガス標準（国五標準）の執行を始めた。2011 年に実施された国四標準と比べ、NO_x 排出規制値は 80mg/km から 60 mg/km に削減された。2020 年に小型ガソリン車に最も厳しい中国独自の国六 a 標準が執行された。2023 年には国六 b 段階の標準を実施予定で、NO_x 排出規制値は 35mg/km となる。中国の主要都市は、国六 b 標準を 4 年前倒して 2019 年 7 月 1 日から適用を開始した。



出所：中国環境空気質量評価報告 2018, p.19

図 29 2005-2017 年全国 NO_x 排出総量(万トン)の変化

2) VOC 規制

PM_{2.5} と O₃ を汚染物質とする複合汚染状況下で、VOC は PM_{2.5} と O₃ を形成する重要な前駆物質である。近年、中国は SO₂、NO_x、及び粒子状物質については、排出の抑制に大きな成果を上げたが、VOC 対策は比較的遅れていた。大気環境への VOC の影響がますます顕著になるにつれて、中国は近年、関連する政策を徐々に導入し、VOC の管理を強化し始めた。

2010 年、《关于推进大气污染防治联防联控工作改善区域空气质量的指导意见》が發布され、初めて、VOC は大気汚染の共同防止・共同抑制の重点汚染物質と見なされ、VOC の防止と抑制が提案された。2015 年 8 月に公布された新しい大気法には、監視範囲に初めて VOC が含まれ、VOC 対策への法的根拠を提供した。十三次 5 カ年計画の期間に、中国は VOC 汚染防止を包括的に開始し始めた。2016 年 7 月、《重点行业挥发性有机物削减行动计划》が公布され、2018 年までに、工業産業の VOC 排出量を 2015 年比 330 万トン以上削減すると表明した。2017 年 9 月、《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》が公布され、2020 年までに VOC の総排出量を 10%削減すると提案した。同時に、VOC の防止管理の重点地域（関連する 16 省市）、重点産

業と重点汚染物質と併せて、各地域に VOC 防止管理の実施計画を策定するよう求めた。《重点行业挥发性有机物削减行动计划》、《石化行业 VOCs 综合整治方案》、《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》等これらの重要文書が中央レベルから発布されることにより、中国の VOC 防止管理が始まった。現在、各地方政府から政策と標準が公布されているが、2016 年末時点で 40 を超える都市が VOC に関連する改善計画を公布実施した。中国各地における VOC 政策の導入により、VOC が中国の大気汚染防止管理の主要な指標の 1 つとなった。

表 12 VOC 規制のタイムライン

2015 年 8 月	新しい大気法に、監視範囲に初めて VOC が含まれ、VOC 対策への法的根拠を提供。
2016 年 7 月	《重点行业挥发性有机物削减行动计划》が公布。2018 年までに、工業産業の VOC 排出量を 2015 年比 330 万トン以上削減すると表明。
2017 年 9 月	《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》が公布され、2020 年までに VOC の総排出量を 10%削減すると提案。同時に、VOC の防止管理の重点地域（関連する 16 省市）、重点産業と重点汚染物質と併せて、各地域に VOC 防止管理の実施計画を策定するよう要請。

5.1.2.2. 《打赢蓝天保卫战三年行动计划（2018～2020 年）》⁵⁹（青空保護勝利戦 3 年行動計画⁶⁰）概要

《打赢蓝天保卫战三年行动计划》は、3 年の努力を経て、主要大気汚染物質排出総量の大幅削減と、温室効果ガスの排出の同時削減を目指す。略称は“3 年行動計画”で、10 章 39 項目からなる。

具体的な目標として、3 年行動計画では 5 ヶ年計画の目標と整合を取って同じ目標となった。①2020 年までに SO₂ 及び NO_x の排出総量を 2015 年比でそれぞれ 15%以上低減、②2020 年までに PM_{2.5} 環境基準未達成の地級以上の都市の濃度を 2015 年比で 18%以上低減、③地級以上の都市の大気質の優良日数比率を 80%に達成させる、④重度以上の汚染の日数比率を 2015 年比で 25%以上低減することが掲げられている。新たに注目すべき点としては、目標に「3 年間の努力を経て、主要大気汚染物質の排出総量を大幅に削減し、そのコベネフィット効果として温室効果ガスの排出量を削減する」という文言が加えられた。2018 年 3 月の中央政府の機構再編により新たに誕生した生態環境部が気候変動対策を全面的に所管することになり、中国政府がようやく温室効果ガス削減に取り組むこととなった。

この目標達成のために「散・乱・汚」企業⁶¹の総合的是正整備の実施を強化、鉄鋼業界の超低排出を実現するための改造を加速、北方地域のクリーン暖房実施を効果的に推進、石炭焚きボイラーの総合的改善措置を実施、石炭火力発電所の低排出を実現するための改造を推進、グリーン交通実現のために道路輸送を減らし鉄道貨物輸送の比率を高める、燃料油品質のグレードアップを加速、露天掘り鉱山の総合整備対策を推進、黄砂に対する総合対策を強化、重点地域の秋冬季

⁵⁹ http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-07/03/content_5303158.htm

⁶⁰ https://www.iges.or.jp/jp/china-city/pdf/trend_pdf/20180627.pdf
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2018/07/34762ce051a27167.html>

⁶¹ 「散・乱・汚」企業とは、（散）産業政策と現地の発展計画に合致しておらず、（乱）関連手続きを経ていない、（汚）安定的に排出基準を満たしていない環境汚染企業を指す。

の汚染物質の排出を大幅に低下させる、重点業界において VOC 特別是正整備計画を実施、区域間大気汚染防止協力メカニズムを構築し指導グループによる統一的指導を実施、重大プロジェクト建設などの重要事項や重度汚染の緊急時には区域間で連動して対応するなどの具体策が列記されている。

(1) 10 章 39 項目の概要

10 章	39 項目
1. 総体的要求	(1) 指導思想 (2) 目標と指標 (3) 重点区域の範囲
2. 産業構造の調整・最適化を図り、産業のグリーン発展を推進する	(4) 産業配置の最適化 (5) 「二高」(高い汚染物質排出、高いエネルギー消費の資源消費型産業) 業種の生産能力の増加を厳格に抑制する (6) 「散・乱・汚」企業の総合的是正整備の実施を強化する (7) 工業汚染対策を深化させる (8) グリーン・環境産業の育成に大いに力を入れる
3. エネルギー構造調整を加速し、クリーン・低炭素・高効率のエネルギー体系を構築する	(9) 北方地域のクリーン暖房実施を効果的に推進する (10) 重点区域の石炭消費総量規制を引き続き実施する (11) 石炭焚きボイラーの総合的改善措置を実施する (12) エネルギー利用効率を高める (13) クリーンエネルギーと新エネルギーの開発を加速する
4. 輸送構造を積極的に調整し、グリーン交通体系を発展させる	(14) 貨物輸送構造調整の最適化を図る (15) 車・船構造のグレードアップを加速する。新エネルギー自動車の利用を普及する (16) 燃料油品質のグレードアップを加速する (17) 移動発生源汚染の予防と処理を強化する
5. 用地構造の最適化調整を実施し、面源汚染対策を推進する	(18) 防風・砂丘固定のための造林などの緑化事業を実施する (19) 露天掘り鉱山の総合整備対策を推進する (20) 飛散粉塵の総合対策を強化する (21) 農作物残茎の再生利用及びアンモニア排出抑制を強化する
6. 重大特別行動を実施し、汚染物質の排出を大幅に低下させる	(22) 重点区域の秋冬季大気汚染対策を実施する (23) ディーゼルトラック汚染対策を実施する (24) 工業窯炉是正整備特別行動を実施する (25) VOC 特別是正整備計画を実施する
7. 区域間合同予防制御を強化し、気象による高濃度事象に効果的に対処する	(26) 区域間大気汚染防止協力メカニズムを構築し、改善する (27) 気象による高濃度事象への緊急対応の連携を強化する (28) 緊急対応削減措置をしっかりと実施する
8. 法律法規体系を一層整備し、環境経済政策を改善する	(29) 法律法規基準体系を一層整備する、 (30) 投融資のチャンネルを拡大する、 (31) 経済政策による支援を強化する
9. 基礎的能力の建設を強化し、環境法執行と査察を厳格化する	(32) 環境測定監視ネットワークを改善する、 (33) 科学技術による基礎的サポートを強化する、 (34) 環境法執行を強化する、 (35) 環境保護査察を一層深化させる
10. 各方面の責任履行を明確にし、全社会の広範な参与を誘導する	(36) 組織的指導を強化する、 (37) 考課と問責を厳格化する、 (38) 環境情報公開を強化する、 (39) 全国民参加の体制を構築する

5.1.3 オゾン濃度削減のための VOC 対策強化

《大气污染防治行动计划》（2013～2017 年）で PM、SO₂、NO_x の排出削減に注力し、確実に成果を挙げた中国は、今後 O₃ の濃度削減を目標とし、その原因となる VOC の排出削減に注力し始めた。

《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（2018～2020 年）では、VOC に関して、項目(7)(25)(29)(32)(33)(34)で取り上げている。具体的には、VOC を環境保護税の徴収範囲に組み入れることの検討、汚染排出許可管理条例の制定などが挙げられている。

2019 年 6 月に、生態環境部が《重点行业挥发性有机物综合治理方案》⁶²（重点業界における揮発性有機化合物の総合対策方案）を公布し、2020 年までに VOC 汚染防止管理システムを確立させ、重点地域や重点業界内で VOC 対策の成果を出すことを目指した。重点地域については、京津冀とその周辺地域、長江デルタ、汾渭平原の 3 大地域を指定し、より厳格な対応を求めた。重点業界については、石油化学、化学工業、工業塗装、包装印刷、石油製品貯蔵・運輸販売、工業園區と産業園區とし、総合的な対策を取るよう求めた。さらに、VOC 製品の品質基準と VOC の業界排出基準制度を改正、地方がより厳格な地方排出基準を制定することを奨励し、無組織排出⁶³などを重点的に検査することを求めた。

さらに、2020 年 6 月には《2020 年挥发性有机物治理攻坚方案》⁶⁴（2020 年揮発性有機物を管理するための攻略方案）を公布した。①京津冀および周辺地域、②長江デルタ地区、③汾渭平原、④江蘇省、安徽省、山東省、河南省の省境などの汚染防止地区の夏季（6～9 月）優良天気日数を、平均で前年同期比 11 日間増加させることを目標とし、VOC 管理強化のために地区ごとに重点的取締対象業種を指定した。発生源となる原料の代替を推進し、製薬・塗料・インク・接着剤などの業界排出基準と VOC 無組織排出制御基準を実施し、無組織排出の制御を強化した。政府の財政支援の度合いを大きくし、中央大気汚染防止特別資金、各省の環境保護特別資金は VOC 汚染防止に重点的に充てられた。

⁶² http://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk03/201907/t20190703_708395.html
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2019/07/49ffd5459c5bca69.html>

⁶³ 大気汚染物質などが特定の排気筒を通らずに排出される行為。

⁶⁴ http://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk03/202006/t20200624_785827.html
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2020/07/a2bd4b9e40793d57.html>

5.1.4 次の十四次 5 ヶ年計画（2021-2025 年）や将来に向けて

2020 年 5 月 26 日、生態環境部と環境科学研究院との間で、次の十四次 5 ヶ年計画（2021-2025 年）編制に向け、オゾン汚染の原因と予防制御について話し合いが持たれた⁶⁵。生態環境部が 5 つの要求を示した。

- ① オゾンの重要な前駆物質である VOC と NO_x 排出源に関する研究を強化し、さまざまな都市におけるオゾン汚染への移動源、固定源、生活源の寄与率を調べ、VOC と NO_x の共同削減を促進する。
- ② オゾンのモニタリングを強化し、VOC 排出とオゾンの発生規律、遷移規律を見つける。
- ③ 気象条件がオゾン汚染形成に与える影響を深く分析し、オゾンの予測精度を向上させる。
- ④ 地方のオゾン汚染を抑制するために科学技術利用を強化し、「一市一策」⁶⁶の政策を堅持する。地方のニーズに焦点を当て、地方及び企業がオゾンと VOC 対策の減排タスクが実現できるように専門家グループが導き、支援する。
- ⑤ PM_{2.5} とオゾン汚染の同時防止対策の研究⁶⁷を行い、十四次 5 ヶ年計画における環境空気質の目標を確定させ、タスクを決定するための参考資料を提供する。

なお、エネルギー構造の大幅クリーン化、発電構成、冬季の暖房、自動車業界の省エネ・新エネルギー車へのシフト、工業源 VOC 汚染防止、移動源汚染防止（排ガス規制、燃料クリーン化）などは《2030 中国清潔空気市場展望》（中关村創藍清潔空気産業聯盟, 2018 年 4 月）⁶⁸

（2030 中国清潔空気市場展望）に概要がまとめられている。工業和信息化部と中国汽車工程学会は、2020 年 10 月 27 日に《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》⁶⁹（省エネ・新エネルギー車両技術ロードマップ 2.0）を発表し、2035 年に新車販売のすべてを電気自動車（EV）などの新エネルギー車（NEV）やハイブリッド車（HV）にする方針を明らかにした。

⁶⁵ http://www.craes.cn/xxgk/zhxw/202005/t20200529_781742.shtml

⁶⁶ 「一市一策」とは、市政府レベルで当該エリアに存在する化学工業企業の「安全生産」、「環境保護」、「省エネ」問題を改善し、企業の淘汰とグレードアップを実施するための具体策を制定すること。

参考：早急な対応が求められる環境問題および安全生産問題 ―近年の動向と注意事項―
2018 年 3 月日本貿易振興機構（ジェトロ）海外調査部 中国北アジア課（p11）

https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/5d81856217ac4363/20170114.pdf

⁶⁷ 我国 PM_{2.5} と臭気汚染協同控制策略研究 环境科学研究 Vol.32, No.10（2019 年 10 月）

http://www.hjkxyj.org.cn/hjkxyj/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20191017&flag=1

⁶⁸ <http://www.cleanairchina.org/file/loadFile/190.html>

⁶⁹ <http://360xjj.com/storage/file/202010/1603938334424.pdf>

5.2. 中国の大気汚染状況

5.2.1 環境空気質量標準

環境空気質量標準（GB3095-2012）の汚染物質 6 項目の濃度制限値は以下のとおり⁷⁰。一級は自然保護区、景勝地区及びその他特殊な保護が必要とされる地区、二級は居住区、商業・交通・住民の混合地区、文化地区、工業及び農村地区に適用される。

表 13 環境空気汚染物基本項目濃度制限値

汚染物項目	平均時間	濃度制限値		単位
		一級	二級	
SO ₂	年平均	20	60	μg/m ³
	24 時間平均	50	150	
	1 時間平均	150	500	
NO ₂	年平均	40	40	
	24 時間平均	80	80	
	1 時間平均	200	200	
CO	24 時間平均	4	4	mg/m ³
	1 時間平均	10	10	
O ₃	1 日最大 8 時間平均	100	160	μg/m ³
	1 時間平均	160	200	
PM ₁₀	年平均	40	70	
	24 時間平均	50	150	
PM _{2.5}	年平均	15	35	
	24 時間平均	35	75	

2014 年 1 月から、O₃ の日最大 8 時間濃度の統計方法は、《环境空气质量评价技术规范（试行）》（HJ663-2013）⁷¹による。

5.2.2 オゾンの空間分布と時間変化規律⁷²

中国の 338 都市に設置された 1,144 の監測ステーションにおける O₃ 濃度データ分析結果（2016～2018 年）から、オゾンの空間分布と時間変化を見ると、中国北部、黄淮（こうわい、黄河と淮河にはさまれた地域）、長江の中流や下流などの人口密集地域で、O₃ 濃度が最も高くなっている。2016 年と 2018 年の経年比較では、中国北部、黄淮、珠江デルタなどの地域で O₃ 濃度は大幅な増加傾向を示している。遼寧、海南、西南、西北地域では減少傾向であった。

（※著作権の関係上、図表は割愛。詳細は下記文献を参照のこと。）

⁷⁰ 2020 年 4 月全国城市空气质量报告 中国环境监测总站より環境情報科学センター作成
<http://www.mee.gov.cn/hjzl/dqhj/cskqzlzkyb/202005/P020200526319448154824.pdf>

⁷¹ <http://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/jcffbz/201309/W020131105548549111863.pdf>

⁷² 全国 338 都市の 1144 監測ステーションの O₃ 濃度データ分析結果
 2016～2018 年中国城市臭氧浓度时空聚集变化规律
 周明卫, 康平*, 汪可, 张小玲, 胡成媛（成都信息工程大学大气科学学院, 高原大气与环境四川省重点实验室, 四川 成都 610225） 中国环境科学 2020, 40(5): 1963～1974

5.3. 北京市の大気保全施策と大気汚染状況

夏期のオゾン濃度が中国内で高く、《大气污染防治行动计划（2013～2017年）》（大気汚染防治行動計画）によるPM_{2.5}汚染対策で一番の成果を上げた京津冀地区の北京市を取り上げる。

5.3.1. 北京市の大気保全施策^{73 74 75}

北京市では2013～2017年に《北京市2013-2017年清潔空気行動計画》（大気清浄行動計画）という5カ年行動計画を実施した。2018年9月《北京市打贏藍天保衛戰三年行動計劃》（北京市青空保護戰に勝利するための三年行動計画）が公布され、実施中である。NO_xとVOCを2015年比で30%以上削減すること、重汚染天気日数比率を2015年比で25%以上減らすことを提起している。また、2020年2月には《北京市污染防治攻坚战2020年行動計劃》（北京市汚染防止攻略戰2020年行動計画）⁷⁶が公布された。

《北京市污染防治攻坚战2020年行動計劃》（北京市汚染防止攻略戰2020年行動計画）は、八章36重点任务からなる（下記は抜粋）。

一、 空氣質量目標

- ・ 各区におけるPM_{2.5}年平均値濃度、三年スライド平均濃度⁷⁷を引き続き減少させる。

二、 精細化対策モデル区の創建

- ・ ビッグデータ等の技術を駆使して都市管理能力を向上させる。
- ・ 道路清掃により、道路の残留粉塵量を10g/m²以下とする。
- ・ 渋滞の解消、ディーゼル車の管理強化、路上検査と企業への立入検査。
- ・ 飲食業の油煙整治。
- ・ 東城、西城、通州区は率先してモデル区の創建作業を展開。

三、 移動源からの低排出化推進

- ・ 車両電動化の推進。
- ・ 新車の排出規制として2020年1月から全ての軽自動車と大型ディーゼル車に中国独自の国六b標準を実施する。
- ・ 車両排出ガス監視の強化として、北京市境界入口、市内主要道路で150万台以上の大型ディーゼル車の検査を行う。
- ・ 工業団地や、貨物ターミナル、バスターミナルなど車両が集中する重点場所や、物流貨物運送、鉱業企業、長距離バス、環境衛生、郵政、旅行、修理企業に抜打ち立入検査を行う。

四、 揚塵管理の精細化

⁷³ 北京の大気汚染の現状と原因分析 https://spc.jst.go.jp/hottopics/1407/r1407_peng2.html

⁷⁴ 中国大気環境改善のための都市間連携協力 中央・地方政府の政策動向の実態把握（2018年3月～2019年2月）【地方政府の政策動向】

https://www.iges.or.jp/jp/china-city/pdf/document/2018_nenpou/3_tihoutoshinoseisakudoukou.pdf

⁷⁵ 中央・地方政府の政策動向の実態把握（政策モニタリングレポート）【2019年3月～2020年2月】

<https://www.iges.or.jp/jp/china-city/pdf/document/2019-monitoring-report.pdf>

⁷⁶ <http://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/sthjlyzswg/wrfzgiz/1707129/index.html>

<http://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/zfxxgk43/fdzdgknr2/zcjd41/1713374/index.html>

⁷⁷ 2019年行動計画から年度目標の評価に使われることになった。主要大気汚染物質濃度の下降幅が縮小傾向にある中で、三年間のスライド平均濃度を使って、気象要素の影響を中和し、人的努力が空気の品質改善に貢献しているかをみる。

- ・ 降塵量及び粗粒子状物質の定量評価メカニズムを実施する。
- ・ 各区の降塵量を 6 トン/km²・月程度に抑える。

五、生産生活排出の減量化推進

- ・ VOC 対策を重点とし、全過程の管理を強化する。
- ・ 生産面では主要な石油化学業界の重点企業の VOC 管理を徹底し、排出量は 2017 年度比 30%以上削減、VOC 等の特徴的汚染物質の環境濃度は 2018 年度比 10%以上削減する。
- ・ 工業塗装、家具製造等の重点業界企業で「一廠一策（いっしょういっさく）」（政府が企業ごとに設けた規制措置）を実施する。
- ・ 一般製造業及び汚染企業 90 社の調整退出。
- ・ 生活方面では、広報ガイドを強化し、無公害を奨励する。
- ・ 高排出車の淘汰奨励、生産・流通・使用の各段階で建設塗料と接着剤の抜き取り検査を強化、自動車修理企業では塗装ブースの改造を行う。

六、エネルギー消費のクリーン化を推進

- ・ クリーンな暖房設備を運用。
- ・ 企業の石炭の違法使用及び販売を厳しく取り締まり“無石炭化”する。

七、空気重汚染対策を強化、区域の連携と管理を強化

- ・ 重汚染時の対応準備として、緊急排出削減リストを更新、分類、管理する。
- ・ 重汚染時には、監督、検査、法執行を強化し、「一廠一策」などの様々な排出削減対策を実施する。
- ・ 房山、大興、通州等区と近隣の省市は関係地域の共同法執行、検査を行い、またがる区域の大気環境問題を解決する。

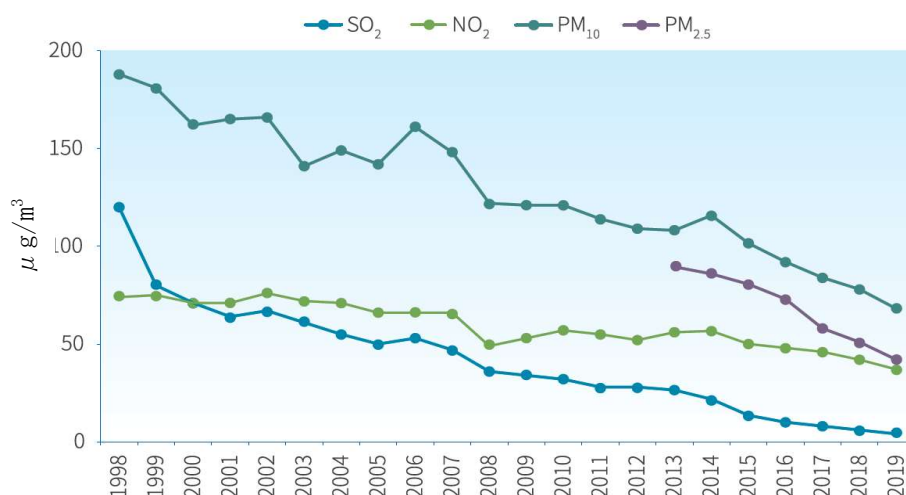
八、基礎サポート能力の強化

- ・ VOC、NOX 及び NH₃ 等重点汚染源の同時管理技術の研究。
- ・ 主要な汚染源や工業団地での VOC のオンラインモニタリング、移動モニタリング、携帯型検査測定等の技術による監視の促進。精確な環境法執行の実施。

5.3.2 北京市の大気環境濃度⁷⁸

主要汚染物質の大気環境濃度の推移

2019年のPM_{2.5}年平均濃度は42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、国家二級標準(35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を20%超過した。SO₂年平均濃度は4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、国家二級標準(60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を達成している。NO₂年平均濃度は37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、国家二級標準(40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を達成した。PM₁₀年平均濃度は68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、国家二級標準(70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を達成した。COの24時間平均95%値は1.4 mg/m^3 で、国家二級標準(4 mg/m^3)を達成している。O₃の日最大8時間平均90%値は191 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、国家二級標準(160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を19.4%超過した。O₃の超標日は4～10月に出現し、主に春夏の午後から夕方にかけてである。



出所：2019 北京市生態環境状況公報

図 30 1998-2019 年大気汚染物質濃度の経年変化

O₃の日最大8時間平均90%値の推移(2013～2019年の各年北京市生態環境状況公報から)は下表のとおりである。2017年以降は、微減でほぼ変化はない。

表 14 北京市の O₃ 日最大 8 時間平均 90% 値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) の経年変化

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
183.4	197.2	202.6	199	193	192	191

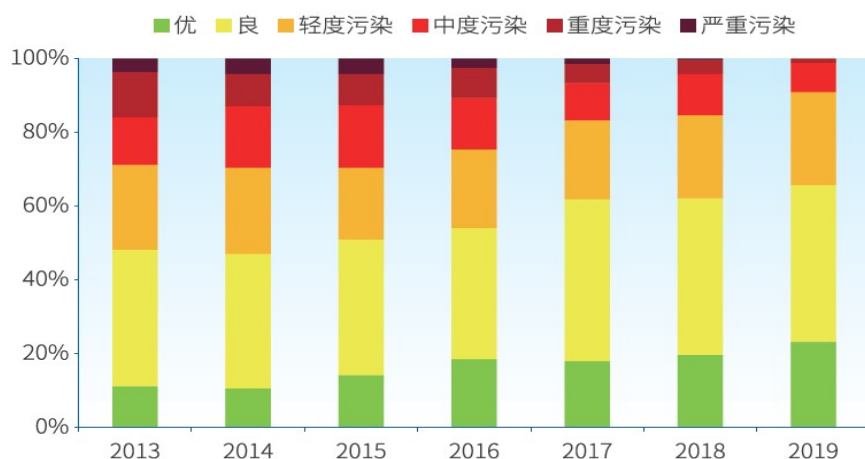
出所：北京市生態環境状況公報 (2013～2019)

5.3.3 AQI による大気環境の評価⁵⁰

2019年、大気質が基準を達成した(優と良)日数は240日、達成率は65.8%で、2013年より64日増加した。重汚染(重度と嚴重汚染)日数は4日で、2013年より54日減少した。初めて嚴重汚染日が年間を通じてなかった。

⁷⁸ 2019 北京市生態環境状況公報

<http://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/sthjlyzgw/1718880/1718881/1718882/1791057/2020051111183160595.pdf>

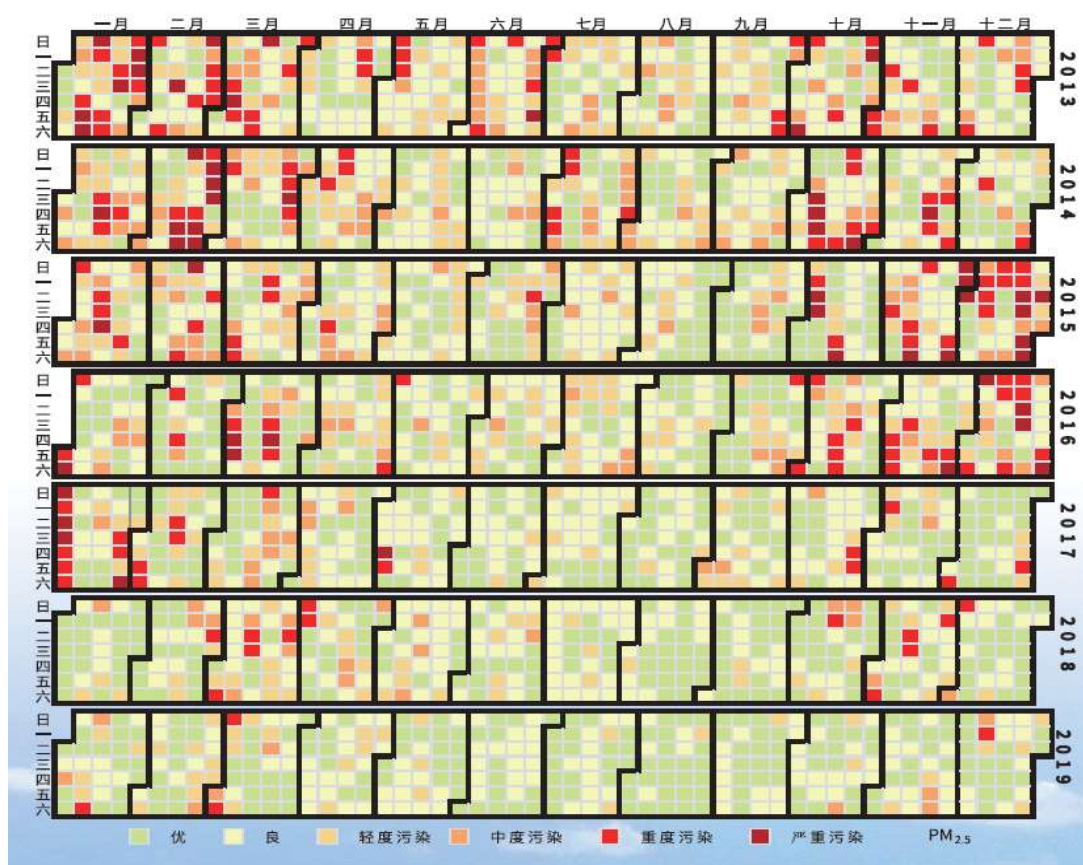


出所：2019 北京市生態環境狀況公報

図 31 2013-2019 年大気質量級別比率図

出所：2019 北京市生態環境狀況公報

図 32 は、2013～2019 年 PM_{2.5} の IAQI を汚染レベルごとに色分けした日歴図である。年間を通じて PM_{2.5} の汚染レベルが軽減しているのが視覚的に分かる。



出所：2019 北京市生態環境狀況公報

図 32 2013～2019 年 PM_{2.5} 濃度の日別 IAQI

2013～2017 年における、北京市の郊外と都市部の汚染レベルごとの O_3 -1h 時間数と O_3 -8h 日数⁷⁹を見ると、2017 年は郊外における O_3 -8h 重度、嚴重汚染日数が増加した。郊外の O_3 -8h 中度汚染以上の日数が増加傾向である。

(※著作権の関係上、図表は割愛。詳細は下記文献を参照のこと。)

5.3.4 空間分布状況⁸⁰

北京市の大気質は南北差があり、北部、西北部の生態系保全区は他地域よりもすぐれているが、南部地域と北部地域の差は年々縮小している。2019年、各区 $PM_{2.5}$ 年平均濃度値の範囲は $34 \sim 46 \mu g/m^3$ で、国家二級標準を達成した。各区 SO_2 年平均濃度値の範囲は $3 \sim 5 \mu g/m^3$ で、国家二級標準を達成した。各区 NO_2 年平均濃度値の範囲は $22 \sim 42 \mu g/m^3$ で、15区（含北京經濟技術開發区）で国家二級標準を達成した。各区 PM_{10} 年平均濃度値の範囲は $53 \sim 79 \mu g/m^3$ で、10区で国家二級標準を達成した。

(※著作権の関係上、図表は割愛。詳細は下記文献を参照のこと。)

また、北京市の O_3 の空間分布については、北京市臭氧的时空分布特征（环境科学 2014 年 12 月）⁸⁰に 2013 年の分布図が掲載されている。北部の山間部の濃度が年間を通じて高い。

(※著作権の関係上、図表は割愛。詳細は下記文献を参照のこと。)

⁷⁹ 北京臭氧污染特征及污染气象条件分析 三峡生态环境监测 2019 年 9 月

⁸⁰ <http://www.hjkx.ac.cn/hjkx/ch/html/20141205.htm>

6. 韓国の対策実態

6.1. 韓国の大気保全施策の概要

6.1.1 調査方法

韓国における大気保全施策の実態を明らかにするため、韓国の行政機関や、その他研究機関の大気保全施策に関する情報源等から調べた。以下のステップで調査を行い、韓国全体の施策に関する情報を体系的に整理した。

ステップ 1	韓国の行政機関で公表されている情報を整理 1. 환경부 環境部 ⁸¹ 2. 국립환경과학원 国立環境科学院 ⁸² 3. 한국환경공단 韓国環境公団 (KECO) ⁸³ 4. 한국환경정책·평가연구원 韓国環境政策・評価研究院 ⁸⁴ 5. 국가미세먼지정보센터 国家粒子状物質情報センター ⁸⁵ 6. 서울특별시 (대기환경정보)) ソウル特別市 (大気環境情報) ⁸⁶ 7. 서울연구원 ソウル研究院 ⁸⁷
ステップ 2	収集した情報を絞り込む

6.1.2 韓国の大気保全施策

1990 年に、「環境保全法」が廃止され、新たに「環境政策基本法」、「大気環境保全法」など重要 6 法律が制定された。これとは別に、大気汚染の深刻な首都圏（ソウル特別市、仁川（インチョン）広域市及び京畿道（キョンギド））の大気汚染対策に係る特別法として、「首都圏大気環境改善に関する特別法」が制定された（2003 年 12 月公布、2005 年 1 月施行）。

首都圏では、《수도권 대기환경관리기본계획》（2005-2014）首都圏大気環境管理基本計画（2005-2014 年）が実行され、現在は、《제 2 차 수도권 대기환경관리기본계획》（2015-2024）《정계획》第 2 次首都圏大気環境管理基本計画（2015-2024 年）の修正計画を実行中である。

6.1.2.1 粒子状物質対策

韓国では 2018 年 1 月～3 月と、2019 年 1 月～3 月に PM_{2.5} の高濃度日が出現し、市民からの原因究明と対策の要望が高まった。対策強化を図ることを目的として、2018 年 8 月、「粒子状物質の低減及び管理に関する特別法」が制定された（2019 年 2 月施行）。

2019 年 11 月、《미세먼지 관리 종합계획》(2020～2024) PM_{2.5} 管理総合計画(2020～2024)が公開され、現在実行中である。国内排出削減は四つの分野からなる⁸⁸。

以下、各分野における取組を示す。

⁸¹ <https://me.go.kr/>

⁸² <https://www.nier.go.kr/>

⁸³ <http://www.airkorea.or.kr/>

⁸⁴ <https://www.kei.re.kr/>

⁸⁵ <https://airemiss.nier.go.kr/>

⁸⁶ <https://cleanair.seoul.go.kr/>

⁸⁷ <http://www.si.re.kr/>

⁸⁸ 大気汚染対策に係る日中韓政策レポート 環境省水・大気環境局大気環境課
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/114245.pdf>

(1) 産業分野

産業分野では大規模汚染源が集中する地域を排出管理対象とするよう、対象が拡大された。2020 年 4 月から排出上限制度を全土に拡大し、現在のソウル首都圏から、他の地域も対象とされている（ソウル首都圏、中部、南東部及び南部地域）。排出上限制度が対象とする大気汚染物質の種類も拡大された。2020 年 4 月から、TMS 装置を設置した 625 事業所からリアルタイムで測定データが送信され（現在は年 1 回の公表）、施設からの違法排出を常時監視するため、ドローンや移動式測定車両等の最先端技術を活用することとなった。さらに、産業界の負荷を緩和するため、小規模事業者には防止装置設置費に対する資金支援等のサポートが促進されることとなった。

(2) 交通分野

交通分野の施策として早期廃車への補助金支給や取得・保有税の引き上げ等、古いディーゼル車に関する税制見直しを行った。ディーゼル燃料に対する税金の段階的引き上げによって、ディーゼル車の新車購入は抑制されるようになる。2020 年からは、自動車メーカーにおいて低排出車両販売目標が義務化され、電気自動車や水素自動車の充電ステーションが顕著に増加する（2025 年までに、1 万 5000 台の急速充電機及び 450 か所の水素補給所）ことが見込まれている。

船舶用燃料の使用基準が段階的に厳しくなり、大規模港湾付近では低速ゾーンが指定された。建設機械及び農業用機械からの排出基準は、2020 年までに EU と同レベルに強化されることとなった。

(3) 発電分野

発電分野に対する計画には、国家エネルギーミックスをより持続可能なものとするため、稼働中の石炭火力発電所からの排出の集中管理や、エネルギー構造における石炭火力発電所のシェアの低下が含まれた。石炭火力発電所の暫定停止期間は、これまでは 3 月から 6 月であったが、より頻繁に高濃度エピソードが起こる 12 月から 3 月に再調整されることとなった。

またさらに、暫定停止及び発電上限規制の対象となっている石炭火力発電所の適用範囲を、安定的な電力供給を犠牲にしないレベルへと拡大する。6 か所の老朽化した発電所は 2021 年までに恒久的に閉鎖されることとなり、これまで計画していた 2022 年より 1 年前倒しとなった。さらに政府は恒久閉鎖の対象設備をレビューすることとした。

(4) 農業及び日常生活環境

農業及び日常生活環境向けの施策として農業残渣の違法焼却を防止し、またこうした廃棄物を回収・分別するためのインフラを確保するため、査察を増加させることとなった。

さらに、農業分野からのアンモニア排出を低減するため、2021 年までに悪臭基準を更新すると同時に、自主管理を推奨するための行動を実践することとした。

VOCs のより厳格な管理のため、現在ソウル首都圏が対象地域となっている蒸気回収装置のとりつけ義務を、すべての大気管理ゾーン（ソウル首都圏、中部、南東部、南部地域）に拡大することとなった。

ビジョン及び重点課題

ビジョン	澄んだきれいな空気、PM _{2.5} の心配のない大韓民国
目標	2016年比 PM _{2.5} 平均濃度35%以上低減 ※全国 PM _{2.5} 年平均濃度：'16年 26μg/m ³ → '24年 16μg/m ³

分野		15大重点推進課題
国内 排出 削減	・ 産業部門	① 排出総量制全国拡大 ② 事業所チェック、取締まり強化
	・ 輸送部門	③ 老朽軽油車削減強化、低公害車普及拡大 ④ 船舶及び港湾管理基準強化 ⑤ 老朽建設機械の管理強化
	・ 発電部門	⑥ 石炭発電微細粉塵低減 ⑦ 環境にやさしいエネルギー転換（中長期）
	・ 農業・生活部門	⑧ 畜産環境管理強化 ⑨ 低 NOx ボイラー普及拡大
国民 健康	・ 国民健康保護	⑩ 微細粉塵濃度の季節管理 制 導 入 ⑪ 室内空気質管理強化
国際 協力	・ 東アジアの大気協力	⑫ 東アジアの微細粉塵低減条約推進（中長期） ⑬ 実体的協力事業の拡大
基盤 疎通	・ 科学的アプローチ、実践 ・ 国民参加、疎通	⑭ 微細粉塵解決 多省庁技術開発事業 ⑮ 参加と熟議を通じた社会的合意導出

※削減潜在量、費用効果性、他政策との連携性、社会的影響などについて
分析・評価を行い、15大重点推進課題を選定

図 33 《미세먼지 관리 종합계획》(2020~2024) PM_{2.5}管理総合計画(2020~2024)⁸⁹

⁸⁹ 미세먼지 관리 종합계획(2020~2024) 微細粉塵管理総合計画(2020~2024)
http://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?menuId=10262&seq=7399

6.1.2.2 オゾン対策から、PM・オゾン統合管理戦略へ

(1) オゾン対策

2014 年 12 月に、国立環境科学院では《오존 종합대책 수립마련 기획연구》オゾン総合対策確立準備企画研究⁹⁰なる報告書を、韓国大気環境学会の研究者グループを通じてまとめた。長期的なオゾン管理対策の策定のために現状を分析し、オゾン総合対策確立のための R&D 研究計画を提言している。この報告書は 2 回のワークショップや書面による諮問により作成され、その詳細は下記のとおりである。

1) 現状分析

- ・国内外のオゾンに関連する管理政策と研究の現状分析
- ・オゾン前駆物質インベントリ構築の現状と排出特性
- ・光化学物質モニタリングの現状と問題点導出
- ・長期的なオゾン管理対策作りのための現状分析

2) オゾン総合対策確率のための長期 R&D 研究計画

- ・オゾンの変化推移と今後の展望と管理対策
- ・米国などの先進国の管理対策と今後の国内オゾン管理対策
- ・オゾンの危険性と生態系への影響
- ・オゾンの管理と予測のための前駆物質インベントリ算出
- ・オゾンの管理と予測のための光化学反応と挙動の研究方向
- ・オゾン高濃度発生に及ぼす主原因分析
- ・国内オゾン予報の現状と課題
- ・第 2 次首都圏大気環境管理基本計画と自治体施行計画の推進状況
- ・オゾンとリスク物質管理対策
- ・科学的なオゾン低減対策作りのための研究計画
- ・都心と地域のオゾンを管理するための対策を提案

(2) オゾン総合対策を実施するための中長期の計画

現在は、表 15 に示す第 2 次首都圏大気環境管理基本計画（2015-2024）が進められている。第 2 次計画では、オゾンと PM_{2.5} の目標値が追加され、基本方向として①人体リスク管理、②生活周辺の汚染源の管理、③予防管理政策の強化、④科学的基盤の強化が示されている。

⁹⁰ 오존 종합대책 수립마련 기획연구 오ゾン総合対策確立準備企画研究（2014.12）
<https://ecolibrary.me.go.kr/nier/#/search/detail/5590741>

表 15 第2次首都圏大気環境管理基本計画（2015-2024）（環境部、2013）

	1次計画	2次計画
期間	2005 ~ 2014	2015 ~ 2024
目標	PM ₁₀ : 40 µg/m ³ NO ₂ : 22 ppbv	PM ₁₀ : 30 µg/m ³ NO ₂ : 21 ppbv
成果	可視性 12.3 km(2004)– 14.7 km(2012) PM ₁₀ : 59 µg/m ³ (2004)–41µg/m ³ (2012)	
現況/ 追加項目	NO ₂ : 30 ppbv(2012) →14年 目標達成 困難 O ₃ : 2005年から増加	O ₃ : 60 ppbv PM _{2.5} : 20 µg/m ³
限界/ 基本方向	O ₃ & PM _{2.5} 欠落→ 人体危害性対策 不十分 生活汚染源の管理不十分 → VOCs ホットスポット 管理不十分 科学的基盤の不足 - 生物燃焼 生活排出等(CAPSS補完) - 測定網の拡充&測定項目の追加& 長期研究	人体リスク管理・重点 (O ₃ &PM _{2.5}) 生活周辺の汚染源の管理 予防管理政策の強化 科学的基盤の強化
対策	自動車管理 排出施設管理 面汚染源管理(緑地造成)	自動車管理 排出施設管理 生活汚染源管理 科学的基盤対策管理
ビジョン	晴れた日に南山から仁川の沖合を見られる ように	澄んだ空気と健康 100 歳時代の実現

(3) 首都圏の汚染物質排出量見通しとオゾン濃度の展望

現在実行中の、《제 2 차 수도권 대기환경관리기본계획》(2015-2024) 《정 계획》 2020. 4. 3. 第2次首都圏大気環境管理基本計画（2015-2024 年）修正計画（2020 年 4 月）⁹¹より、首都圏の汚染物質別の排出量見通しを示す。

排出量の見通しは、2016 年を基準に、追加の対策がないと仮定した場合、2024 年までの主要な産業部門の排出量の増加や人口の増加などの影響により、SO_x 13.5%増、VOCs 7.1%増となっている。産業と生活部門の排出量の増加に対し、老朽車の新車代替効果により応じ、PM_{2.5}（1次排出）11.7%減、PM₁₀1.5%減、NO_x20.1%減の見通しとなっている。

オゾン生成を誘発する NO_x と VOCs は追加対策がない場合、2024 年にはそれぞれ 64,417 トン

⁹¹ 제 2 차 수도권 대기환경관리기본계획(2015-2024) 정 계획 2020. 4. 3.

第2次首都圏大気環境管理基本計画（2015-2024 年）修正計画（2020 年 4 月）

<http://me.go.kr/home/file/readDownloadFile.do?sessionId=TSaXzg5FsDflm+Y+8maqHYX.mehome1?fileId=193860&fileSeq=4>

減（20.1%減）と 20,888 トン増（7.1%増）の見通しである。

O₃ 濃度（8 時間平均）は、2016 年の 0.073 ppm に対して、2024 年には 0.077 ppm と、小幅増加と予想された。O₃ 濃度は、圏域内 NO_x と VOCs の排出量レベル、気象条件などの影響を受けることが見込まれている。

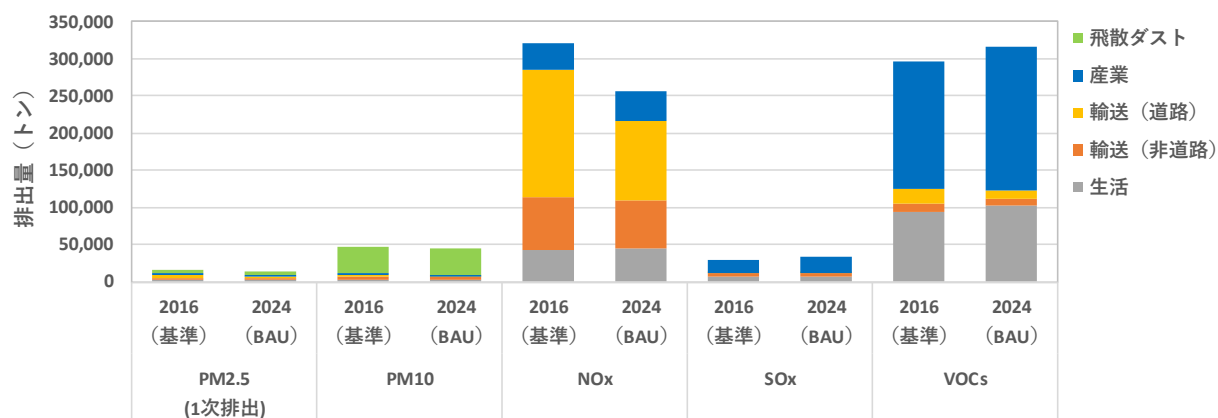


図 34 首都圏の汚染物質別の排出量見通し（単位：トン）

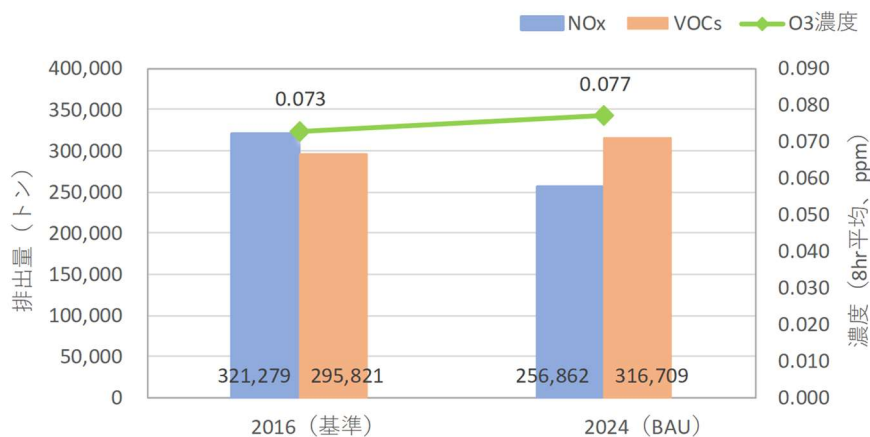


図 35 首都圏 O₃ 濃度の展望

(4) 修正計画（計画期間：2020 年～2024 年の 5 年間）

表 16 に修正計画の大気改善目標（圏域内平均濃度）を示す。修正計画における 2024 年までの目標は、予想排出量比 PM₁₀ 41%、PM_{2.5} 37%、NO₂ 16%、O₃ 22%削減である。

また、表 17 に修正計画の対策別削減量を考慮した排出源別排出許容総量を示す。

表 16 首都圏大気改善目標（圏域内平均濃度）

区分	PM _{2.5} (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)
‘24年 大気質見通し	27	51	0.025	0.077
首都圏大気改善目標 (低減率)	17 (37%)	30 (41%)	0.021 (16%)	0.060 (22%)
大気環境基準	15	50	0.030	0.060

※PM_{2.5}、PM₁₀、NO₂ は年平均濃度、O₃ は 8 時間平均濃度

表 17 排出源別排出量の見通しと排出許容総量（単位：トン）

区分			PM _{2.5}	PM ₁₀	NOx	SOx	VOCs
24年 排出見通し	計		13,897	45,773	256,862	34,059	316,709
	産業		1,980	2,852	41,472	21,792	193,205
	輸送	計	4,201	4,566	169,634	5,036	20,090
		道路	1,021	1,110	106,998	99	11,527
		非道路	3,180	3,456	62,636	4,937	8,563
	生活		7,716	38,355	45,756	7,231	103,414
排出 許容総量 (削減率)	計		11,124 (20%)	35,068 (23%)	216,997 (16%)	23,400 (31%)	293,932 (7%)
	産業*		1,361 (31%)	1,978 (31%)	37,883 (9%)	15,118 (31%)	193,000 (0.106%)
	輸送	計	3,150 (25%)	3,424 (25%)	138,678 (18%)	1,051 (79%)	16,785 (16%)
		道路	319 (69%)	347 (69%)	81,473 (24%)	86 (13%)	9,319 (19%)
		非道路	2,831 (11%)	3,077 (11%)	57,205 (9%)	965 (80%)	7,466 (13%)
	生活		6,613 (14%)	29,666 (23%)	40,436 (12%)	7,231 (0.003%)	84,147 (19%)

*総量管理事業部門、政府の予備分 NO_x1,358 トン、SO_x324 トンを含む総量

(5) 分野別の主要な推進対策

修正計画のV章には、分野別の主要な推進対策がまとめられており、ここではその項目と目標削減率を示す。

○1 道路移動污染源管理対策

1-1 老朽軽油車退出加速

1-2 低公害車の普及拡大

1-3 交通需要管理の強化

(目標：PM_{2.5} 69%、PM₁₀ 69%、NO_x の 24%、SO_x13%、VOCs19%削減)

○2 非道路移動污染源管理対策

2-1 建設・農業機械管理強化

2-2 船舶・港湾排出源の集中管理

2-3 空港大気の水質の管理

(目標：PM_{2.5} 11%、PM₁₀ 11%、NO_x9%、SO_x80%、VOCs13%削減)

○3 排出施設管理対策

3-1 大気汚染物質総量管理の強化

3-2 事業所の排出基準および監視の強化

3-3 石炭火力発電所の排出削減

(目標：PM_{2.5} 31%、PM₁₀ 31%、NO_x9%、SO_x31%、VOCs0.1%削減)

○4 生活汚染源管理対策

4-1 生活周辺排出源の管理強化

4-2 生活周辺微細粉塵の管理を強化

(目標：PM_{2.5} 14%、PM₁₀ 23%、NO_x の 12%、SO_x0.003%、VOCs19%削減)

○5 政策基盤の強化と国民疎通・参加の拡大

(6) 揮発性有機化合物（VOCs）対策

2024 年排出量見通し比で 7%削減を目標とする。対策別の削減目標量を表 18 に示す。

表 18 排出量見通しと対策別削減目標量（VOCs）

（単位：トン）

区分		2020	2021	2022	2023	2024
排出量見通し		309,589	311,669	313,745	315,446	316,709
削減後の排出量		289,617	290,418	291,278	293,075	293,932
総削減量		19,972	21,251	22,467	22,371	22,777
産業	老朽石炭火力発電所の稼働停止と上限の制約	10	10	10	10	10
	事業所の排出許容基準を強化し、NOx 排出管理を強化	175	180	185	190	195
	排出施設合計	185	190	195	200	205
道路	老朽軽油車の早期廃車	715	1,165	1,614	1,169	989
	中大型車 貨物車の早期廃車拡大	13	26	39	26	13
	老朽軽油車運行制限	191	203	203	12	-
	エコカーの普及拡大	41	113	204	292	376
	公共機関エコカー義務購入割合アップ	1	2	3	3	3
	水素、電気バス、電気トラック普及拡大	6	10	19	28	38
	子供の通学車LPG 車 切り換え	-0.2	-0.3	-0.4	-1	-1
	1 トン貨物車LPG 車買い替え支援 ¹⁾	2	3	5	6	8
	新車の排出許容基準を強化	24	48	73	100	127
	二輪車の排出許容基準を強化	213	327	427	511	580
	電気二輪車の普及拡大	1	2	3	4	6
	自動車環境等級制の導入	49	42	35	30	26
	LPG 車の規制緩和	9	17	26	35	43
	道路合計	1,265	1,958	2,651	2,215	2,208
非道路	老朽化建設機械PM・NOx 同時低減装置と DPF 取付	126	156	186	89	89
	老朽化建設機械のエンジン交換	189	380	575	771	967
	農業機械の早期廃車	0.1	1	1	2	2
	農業機械煤煙低減装置（DPF）取付支援	-	0.3	2	3	5
	船舶陸上電源供給施設の拡充	4	12	23	25	34
	非道路合計	319	549	787	890	1,097
生活	焼肉レストラン防止施設の設置	10	13	17	17	17
	塗料VOCs 含量の制限と水性塗料を使用拡大	17,259	17,607	17,883	18,115	18,316
	ガソリンスタンド油蒸気の管理	934	934	934	934	934
	生活合計	18,203	18,554	18,834	19,066	19,267

1) 軽油車のLPG 車切り替えに伴うVOC の排出量の増加（排出係数の差）

6.2. 韓国の大気汚染状況

6.2.1 環境基準

環境基準は、《환경정책기본법⁹²⁾》（環境政策基本法）に定められている。表 19 に国とソウル市の大気環境基準⁹³⁾を示す。

2018 年 3 月に環境政策基本法施行令が改正・施行され、PM_{2.5}の環境基準が、これまでの年平均値 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ から、年平均値 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に強化された。

表 19 韓国及びソウル市の一般環境大気的环境基準

項目	単位	区分	国家基準	ソウル市基準	測定方法
超微細粉塵(PM _{2.5})	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	年間平均	15	15	重量濃度法又はこれに準ずる 自動測定法
		24 時間平均値	35	35	
微細粉塵(PM ₁₀)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	年間平均	50	50	ベータ線吸収法 (β -Ray Absorption Method)
		24 時間平均値	100	100	
オゾン(O ₃)	ppm	8 時間平均値	0.06	0.06	紫外線光度法 (U.V Photometric Method)
		1 時間平均値	0.1	0.1	
二酸化窒素(NO ₂)	ppm	年間平均	0.03	0.03	化学発光法 (Chemiluminescent Method)
		24 時間平均値	0.06	0.06	
		1 時間平均値	0.1	0.1	
一酸化炭素(CO)	ppm	8 時間平均値	9	9	非分散赤外線分析法 (Non-Dispersive Infrared Method)
		1 時間平均値	25	25	
二酸化硫黄(SO ₂)	ppm	年間平均	0.02	0.01	紫外線蛍光法 (Pulse U.V. Fluorescence Method)
		24 時間平均値	0.05	0.04	
		1 時間平均値	0.15	0.12	

備考

◆ソウル基準

- ・1 時間、8 時間、24 時間の平均値は、年間 3 回以上、その基準を超えてはならない。
- ・微細粉塵は、粒子の大きさが 10 μm 以下の粉塵をいう。

◆国の基準

- ・国の基準の 1 時間平均値は 999 千分位数の値がその基準を超えてはならず、8 時間と 24 時間の平均値は、99 百分位数の値がそれぞれの基準を超えてはならない。

※超微細粉塵環境基準（国とソウル市の基準）は、2018 年から適用

- ・環境政策基本法施行令第 2 条

⁹²⁾ 환경정책기본법（環境政策基本法）

<http://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%ED%99%98%EA%B2%BD%EC%A0%95%EC%B1%85%EA%B8%B0%EB%B3%B8%EB%B2%95>

⁹³⁾ <https://cleanair.seoul.go.kr/2020/information/info2>

6.2.2 首都圏の大気環境濃度

韓国の首都圏（ソウル市、仁川市、京畿道）における大気汚染濃度の経年推移を示す。

(1) オゾン (O₃)⁹⁴

ソウル市は 87ppb (2010) →87ppb (2014) →95ppb (2018) と推移しており、京畿道とともにやや増加傾向である。2018 年は、首都圏全地域において環境基準（8 時間平均 60ppb 以下）が未達成である。

表 20 年度別オゾン汚染濃度（単位：ppb）

地域別	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'24 (目標)
ソウル	- (17)	- (18)	- (18)	- (19)	- (21)	87 (19)	79 (19)	82 (21)	85 (22)	87 (23)	76 (22)	87 (24)	90 (25)	95 (23)	60
仁川	- (22)	- (20)	- (22)	- (24)	- (24)	74 (21)	78 (22)	79 (24)	86 (25)	83 (26)	77 (25)	85 (25)	78 (26)	80 (25)	60
京畿	- (19)	- (19)	- (20)	- (20)	- (22)	87 (20)	84 (21)	84 (23)	88 (23)	88 (25)	84 (25)	92 (25)	93 (25)	97 (24)	70

※ 1.第2次首都圏大気環境管理基本計画策定時に示された大気汚染物質の排出量

(CAPSS)基準年度(2010年度)から表記

2. () は年間平均汚染濃度

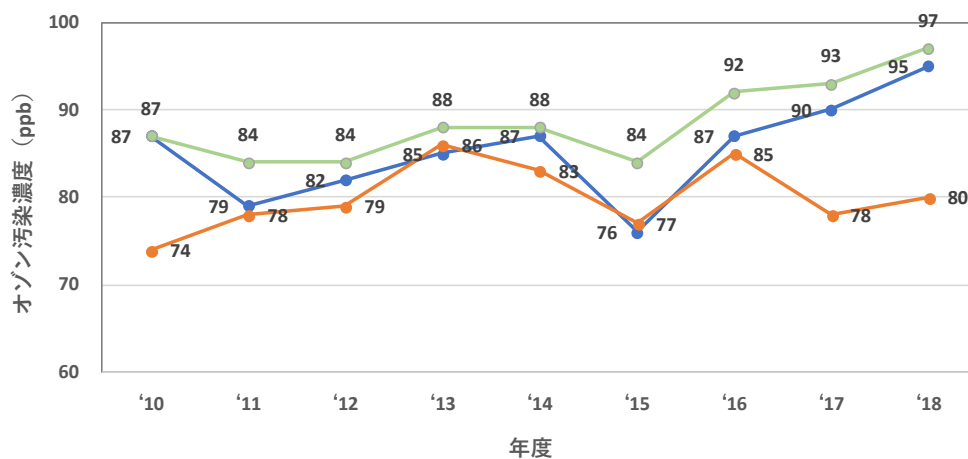


図 36 オゾン汚染濃度 経年推移（8 時間値）

⁹⁴ 제 2 차 수도권 대기환경관리기본계획(2015-2024) 정계획 2020. 4. 3.

第2次首都圏大気環境管理基本計画（2015-2024 年）修正計画（2020 年 4 月）

<http://me.go.kr/home/file/readDownloadFile.do?sessionId=TSaXzg5FsDflm+Y+8maqHYX.mehome1?fileId=193860&fileSeq=4>

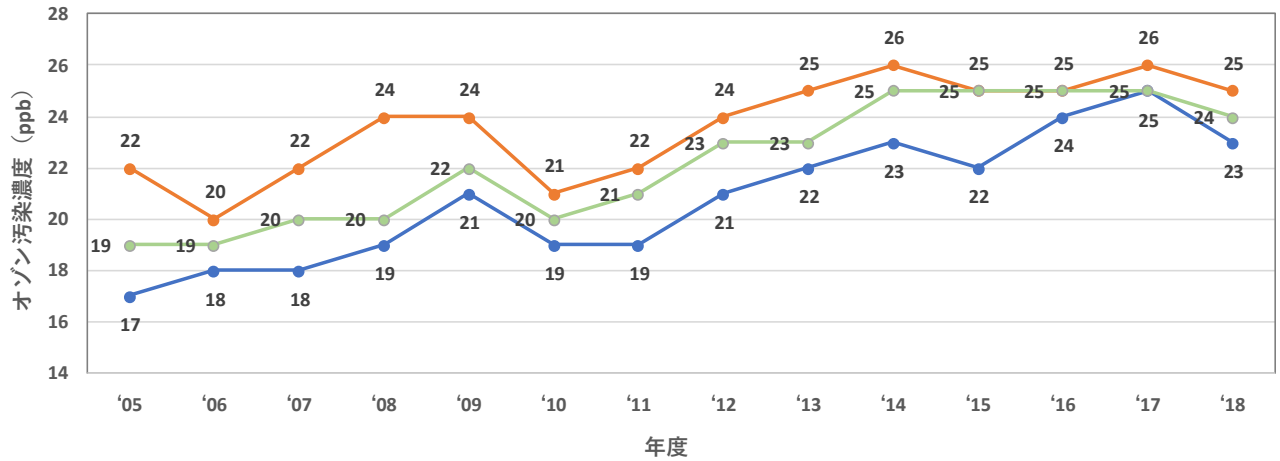


図 37 オゾン汚染濃度 経年推移 (年平均)

(2) PM_{2.5}

2016 年以降減少傾向を示しているが、首都圏全地域が環境基準（年平均 $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下、黄砂を除く）を超えた*。2016 年以降 24 時間平均値基準（ $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）の超過日数は減少傾向（ソウル市：2016／73 日－2017／64 日－2018／61 日）である。

*環境基準の強化（2018.5.28）：年平均 $25 \rightarrow 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、24 時間平均 $50 \rightarrow 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$

表 21 年度別 PM_{2.5} 濃度の改善推移（単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

地域別	'15		'16		'17		'18		'21 (目標)
	年平均 濃度	24 時間 基準 ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 平均 超過 日数	年平均 濃度	24 時間 基準 ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 平均 超過 日数	年平均 濃度	24 時間 基準 ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 平均 超過 日数	年平均 濃度	24 時間 基準 ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 平均 超過 日数	
ソウル	23(23)	44日	26(26)	73日	25(25)	64日	23(23)	61日	20
仁川	29(28)	99日	26(26)	77日	25(25)	65日	22(22)	49日	20
京畿	26(25)	75日	28(28)	86日	27(27)	88日	25(25)	74日	20

※（ ）は黄砂除く汚染、PM_{2.5}は'15 年度から測定中

(3) PM₁₀

ソウル市は 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2005) → 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014) → 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2018) で改善傾向が続いており、2018 年において 3 市・道の地域別平均は、環境基準を達成*した。

*ソウル 25 測定所のうち 25 カ所 (100%)、仁川 15 測定所のうち 15 カ所 (100%)、京畿大気管理ステーション 28 測定所のうち 27 カ所 (96%) が環境基準 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) を達成。

表 22 年度別 PM₁₀ 濃度の改善推移 (単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

地域別	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'24 (目標)
改善目標 (ソウル基準)	-	-	60	-	55	-	50	-	-	40	-	-	-	-	
ソウル	58	60	58	53	54 (51)	49 (47)	47 (44)	41 (41)	45 (44)	46 (44)	45 (41)	48 (47)	44 (42)	40 (39)	30
仁川	61	68	61	56	60 (57)	55 (53)	55 (51)	47 (47)	49 (49)	49 (47)	53 (48)	49 (48)	46 (44)	40 (39)	36
京畿	64	66	63	58	60 (58)	58 (56)	56 (53)	49 (49)	54 (54)	54 (53)	53 (49)	53 (52)	51 (50)	44 (43)	37

※()は黄砂除外汚染濃度

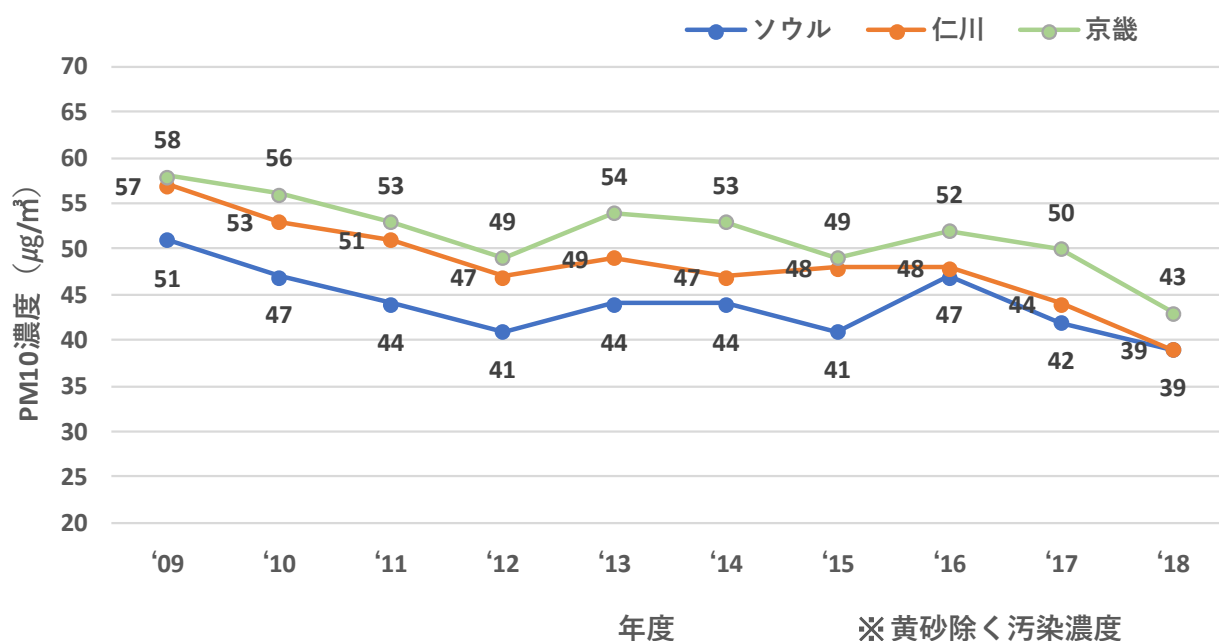


図 38 PM₁₀ 汚染濃度 経年推移

(4) NO₂

ソウル市は 34ppb (2005) → 33ppb (2014) → 28ppb (2018) と継続的な改善傾向を示しており、2018 年には首都圏全地域が環境基準を達成*した。

*ソウル 25 測定所のうち、17 カ所 (68%)、仁川 15 測定所のうち 12 カ所 (80%)、京畿大気管理ステーション 28 測定所のうち 24 カ所 (86%) で環境基準 (30ppb 以下) を達成。

表 23 年度別 NO₂ 濃度の改善推移（単位：ppb）

地域別	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'24 (目標)
改善目標 (ソウル基準)	-	-	35	-	32	-	28	-	-	22	-	-	-	-	
ソウル	34	36	38	38	35	34	33	30	33	33	32	31	30	28	21
仁川	25	29	31	30	30	30	30	27	28	28	26	25	24	25	20
京畿	30	31	31	31	30	30	30	28	29	29	29	27	27	25	20

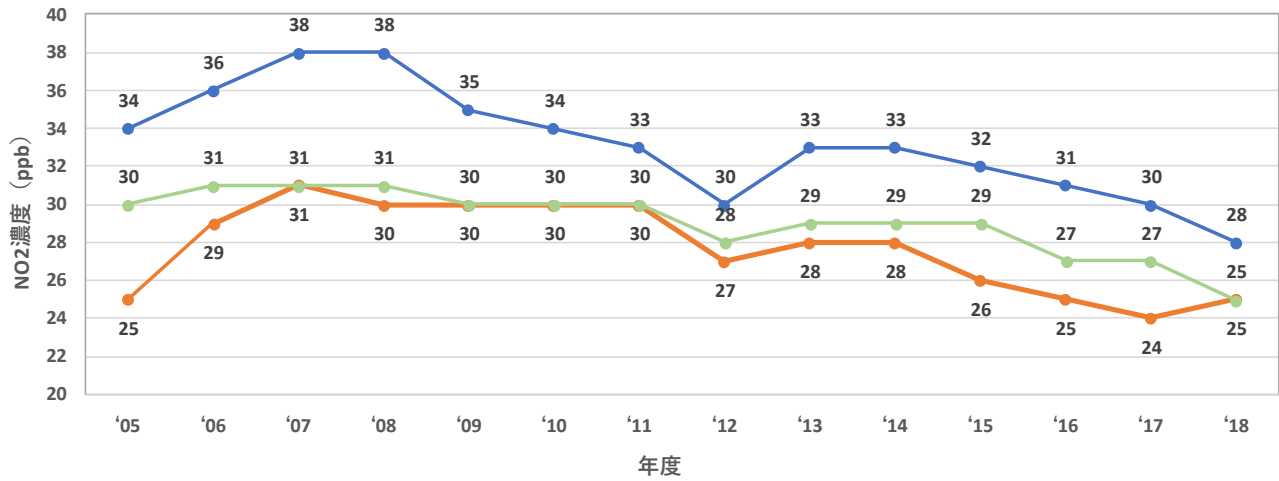
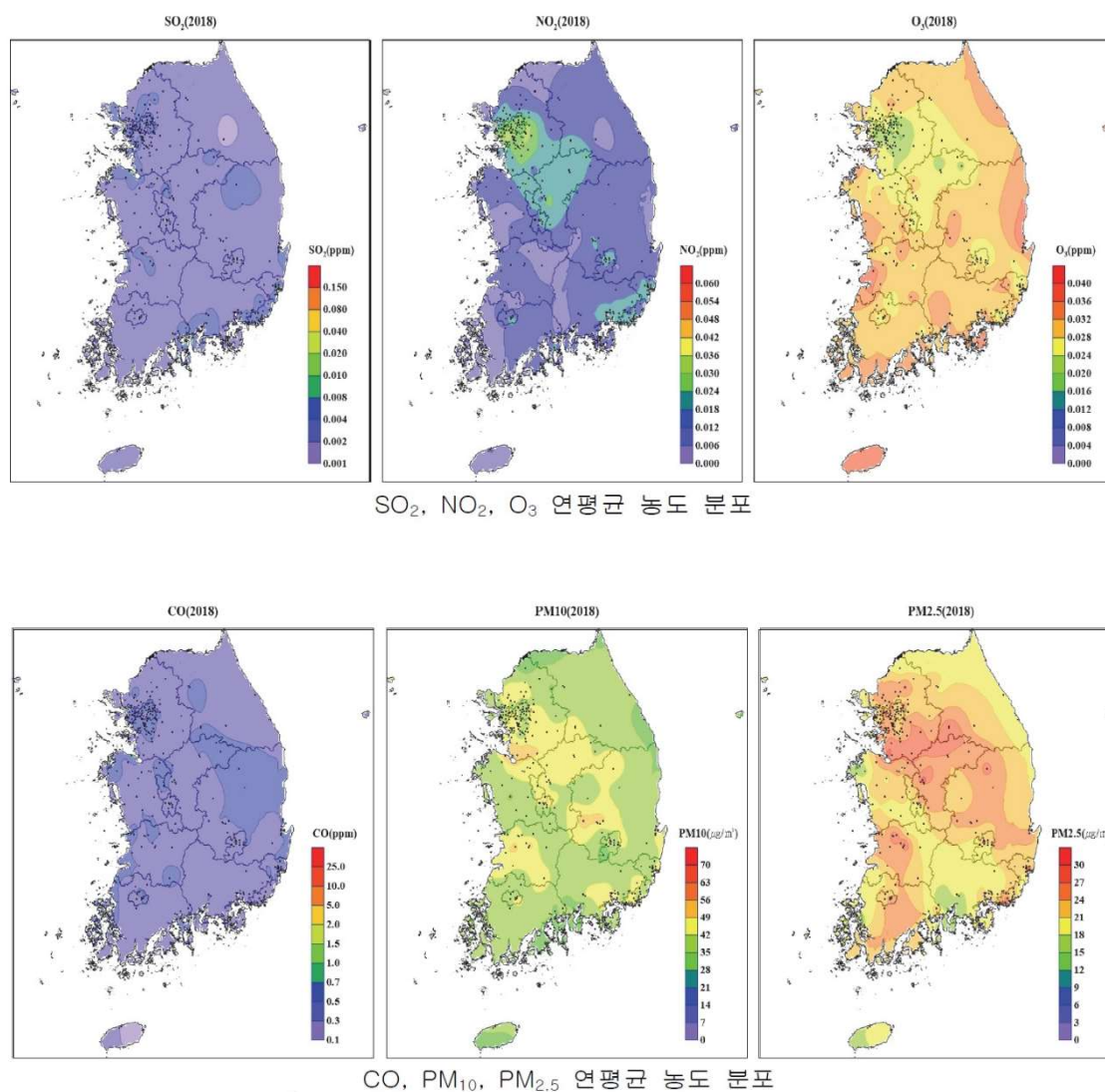


図 39 NO₂ 汚染濃度 経年推移

6.2.3 空間分布状況⁹⁵

全国の大気汚染物質の年平均濃度の空間分布を調べた結果、SO₂の場合、忠南、麗水、光陽、蔚山など工業団地と産業団地の地域は、比較的高い濃度レベルを示している。NO₂は首都圏、O₃は海岸を中心に高い汚染度を示している。PM₁₀とPM_{2.5}は京畿南部、中部内陸、全羅道（湖南）の地域が他の地域よりも相対的に高い汚染度を示した。COは濃度レベルが低く地域の汚染度の差が認められなかった。



出所：《대기환경연보》(2018), p.20. (大気環境年表(2018))

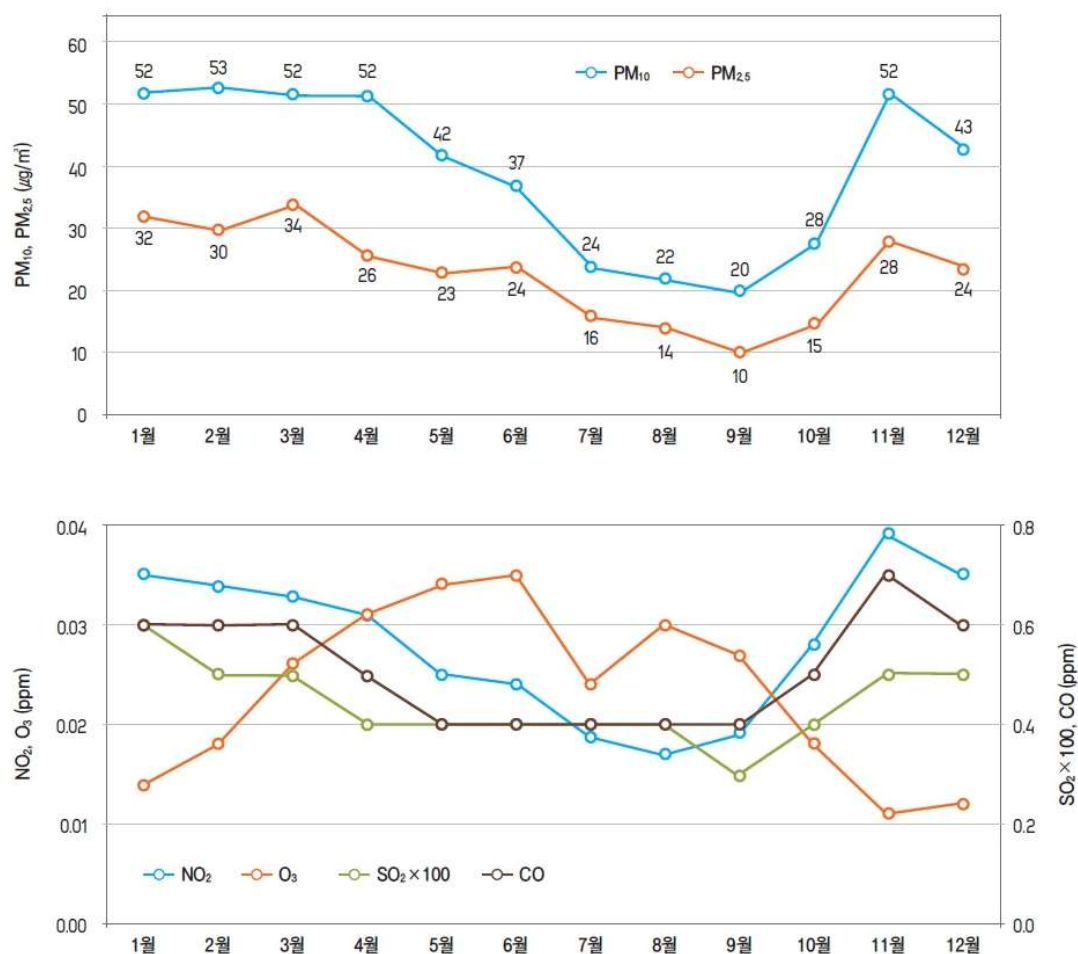
図 40 SO₂、NO₂、O₃、CO、PM₁₀、PM_{2.5} 年平均値濃度 空間分布図

⁹⁵ 국립환경과학원 (2019). 대기환경연보 (2018). (<https://library.me.go.kr/#/search/detail/5683728>).

6.2.4 ソウル市の月別汚染濃度分析⁹⁶

月平均値の変化を見ると、オゾンを除いた 5 つの汚染物質（PM₁₀、PM_{2.5}、NO₂、SO₂、CO）の濃度は、冬と春に高く、夏と秋に低い。冬と春に暖房のための燃料使用量が多く、西風により流入される国外の汚染物質の影響を大きく受けるのに対し、夏と秋には、降水量が多い上、東風の頻度が高く、大気拡散が円滑のためと考えられる。

これに対しオゾンは、他の項目とは異なり、春から増加し、6月に最高値を見せ、7月には梅雨などの影響で減少し、8月に増加した後、減少を続け、冬の11～1月に最も低い濃度を示している。



出所：《서울특별시보건환경연구원》（2019）
（2018 年ソウル大気質評価報告書（2019 年）, p.32

図 41 2018 年 月別濃度変化

⁹⁶ 서울특별시보건환경연구원 (2019). 2018 년 서울 대기질 평가보고서.
<http://cleanair.seoul.go.kr/2020/board/download?fileType=FILE&bbsSeq=917>

7. 米国におけるオゾン環境基準の見直しについて（追加調査）

7.1 背景

将来的に日本においても環境基準値の見直しが必要となる可能性を踏まえ、米国における環境基準（NAAQS: National Ambient Air Quality Standards）の見直しプロセスや基準変更の根拠等を把握した。本調査では、昨年度の研究で得られた環境基準の見直しに関する情報を再整理するとともに、さらに政府機関 EPA の公表資料から文献調査を行った。

7.2 調査方法

昨年度行った米国調査の中から大気環境基準の改正に関連する情報を抽出し、再整理した。また、最新のオゾン基準改正の記録を調査するため、EPA 公式 WEB サイト「Ozone Quality Standard Review」⁹⁷から情報収集を行った。特に WEB サイト中の「Federal Register」から、2015 年の環境基準の見直しの記録について具体的なプロセスについて情報を入手しとりまとめた。

7.3 調査結果

7.3.1 2015 年のオゾン環境基準の見直しプロセス

米国における大気環境基準には、ヒトへの健康影響に基づく第一種規制（primary standard）と、公共福祉への影響（植生関連の被害防止）に基づく第二種規制（secondary standard）があり、オゾンでは、2015 年 12 月 28 日において、第一種規制および第二種規制を 0.075 ppm から 0.070 ppm に引き下げ、その指標となるオゾン濃度基準（1 年間のうち上位 4 番目の日の 8 時間平均値を 3 年間平均）を継続することとした。

大気浄化法（CAA : The Clean Air Act）のセクション 108 及び 109 により、CAA は EPA に対し、大気環境基準の基になる科学根拠及び大気環境基準そのものの定期的な見直しを求めることが定められている。

同法に従い、2008 年、EPA は、オゾンの第一種規制及び第二種規制をいずれも 0.075ppm の 8 時間平均に見直しを行った。この見直しに対し、ミシシッピ州等が、基準値を見直すよう EPA を訴える訴訟を行った。裁判所は、EPA による第一種規制の見直しを支持し、第二種規制については、基準値を見直すべきとの原告側の主張を支持した。その理由として、裁判所は、EPA は、「公共の福祉を保護するため」にはどのレベルの保護が必要であるかを明示（特定）できておらず、第二種規制に関する EPA の説明は大気浄化法に違反しているため、と述べた⁹⁸。

そのため、次の見直し時期である 2015 年に向けて、EPA は改めてこのオゾンの健康や公共福祉への影響に関する科学的根拠を集め、以下のスケジュールで見直しの準備・コメント期間・最終規則策定（final rulemaking）に取り組んだ。

⁹⁷ <https://www.epa.gov/naaqs/ozone-o3-air-quality-standards>

⁹⁸ <https://law.justia.com/cases/federal/appellate-courts/cadc/08-1200/08-1200-2013-07-23.html>

年月日	アクション
2009 年 ～2014 年	・ 2008 年後の入手可能な、オゾンによる健康及び福祉への影響についての最新科学知見の情報収集及び分析を行う。 ・ 見直しに必要な 3 つの評価書の作成に取り組む 1) 総合科学的評価 (Integrated Science Assessment) 2) 健康及び公共福祉へのリスク及びばく露評価 (Health and Welfare Risk and Exposure Assessment) 3) 政策評価 (Policy Assessment)
2014 年 12 月	EPA は第一種規制及び第二種規制のオゾンの環境基準の見直し案を公表し、3 か月のコメント提出期間を設ける。また、3 回に分けて各地での公聴会を設ける (ワシントン DC、テキサス州、カリフォルニア州)
2015 年 3 月 ～	公衆からのコメント及び大気浄化科学諮問委員会 (CASAC: Clean Air Scientific Advisory Committee) からの助言を踏まえ、EPA は最終規則 (final rulemaking) を策定。 CASAC の EPA への提言の中には、基準濃度の許容範囲 (range that CASAC advised the Agency to consider) が含まれる。
2015 年 10 月	EPA による最終規則の公表

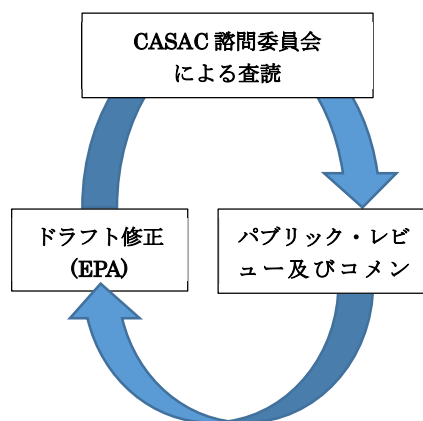


図 42 米国におけるオゾンの環境基準の見直しのプロセス

7.3.2 基準見直しプロセスにおける科学根拠の立ち位置について

2015 年の見直しは、オゾンに関する広範囲な新たな科学的証拠の統合的評価に基づいている。また、現行の環境基準を継続した場合、その他の環境基準を継続した場合それぞれに懸念される公的リスクに関して、定量的にリスク評価を行い、その結果も反映している。

2015 年の第一種規制の見直しにおいては、国民の健康に被害を引き起こすことが示されている濃度をはるかに下回り、かつ、十分な安全マージンを維持する環境基準を確保する方針／目標が見られる。EPA では、0.070 ppm の新環境基準は、主に以下の科学的根拠に基づいたとしてい

る⁹⁹。

1	基準の見直し案 (0.070ppm) は、肺機能の低下と呼吸器症状の増加の有害な組み合わせを引き起こすことが示されている曝露濃度 (0.072ppm) をはるかに下回る。
2	基準の見直し案 (0.070ppm) は、このオゾン曝露濃度の繰り返す発生がなくなる。健康被害の可能性(リスク)は曝露の発生頻度とともに増加するため、重要な点である。
3	基準の見直し案 (0.070ppm) は、 <u>一部の人に肺機能低下や気道炎症を引き起こす可能性のある低曝露濃度 (0.060 ppm) を避けることにより</u> 、子どもや喘息持ちの人を含む人口の大多数の健康を保護できる。
4	基準の見直し案 (0.070ppm) は、 <u>オゾンによって誘発される肺機能低下のリスク、およびオゾン関連による入院、救急受診および死亡のリスクが大幅に減少する</u> 。さらに、第一種規制の見直し案 (0.070ppm) は、 <u>CASAC が EPA に提言した基準濃度の範囲内</u> にある。

一方、第二種規制については公共福祉への影響（植生関連の被害防止を強化）等の観点から見直しが行われた。EPA では、木の苗の成長に対するオゾンの影響を評価し、公共福祉への影響を推定、第二種規制の見直しについて判断した。

1	現在入手可能な（オゾン濃度による）福祉への被害の証拠
2	基準の見直し案で提案すべき適切な程度（加減）の公共福祉保護
3	基準の見直し案で発生する可能性がある季節的な累積曝露（seasonal cumulative exposures）に関する現在入手可能な大気質情報 ¹⁰⁰

7.4 まとめ

米国 CAA で行われるオゾン環境基準の見直しは、1) 包括的な最新の科学的根拠の評価、2) 現行の環境基準、新しい環境基準を継続した場合を比較する定量的リスク評価、3) 大気浄化科学諮問委員会(CASAC) の提言及び報告書の査読、及び 4) 様々な地域での公聴会、パブリックコメントの受付の 4 つの要素によって行われる。科学的根拠を基礎にしつつ、それぞれの社会的立場を代表するステークホルダーからの指摘を包括的に考慮するプロセスとなっている。

⁹⁹ Environment Protection Agency (2015). "National Ambient Air Quality Standards for Ozone," Federal Register / Vol.80, No.206, October 26, 2015. p.65294
(<https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2015-10-26/pdf/2015-26594.pdf>)

¹⁰⁰ Federal Register (2015), p.65369

8. 日本の対策実態に関するレビュー

8.1. 目的

諸外国の光化学オキシダント対策について、わが国の地方公共団体への適応可能性について検討するためには、現在各地方公共団体や国で行われている光化学オキシダント対策のメニューを把握する必要がある。また、現地ヒアリングの際に円滑に情報交換するためにも、日本で行われている対策の情報の整理が必要である。研究③日本の対策実態に関するレビューでは、これらの情報を整理・レビューする。

8.2. 調査対象・方法

情報源のリサーチ対象としては、

- ・環境省 光化学オキシダント対策に関する報告書・委員会資料等

→環境省の光化学オキシダント対策まとめページにある資料を収集する。また、体系的整理する情報源として、環境白書を参考とする。

- ・各地方公共団体の環境基本計画、環境白書、光化学オキシダント対策に関する報告書・委員会資料等、地方公共団体環境研究機関等が発行する年報等

→光化学オキシダント濃度が注意報レベルより高くなる日数の多い傾向が見られる表 24 に示す対象地方公共団体の HP から、公害防止計画、環境基本計画、環境白書を検索するとともに、「光化学オキシダント」「対策」のキーワードでサイト内検索した。

(市区町村に関しては独自の対策の実施可能性を考え、政令指定都市かつ地方環境研究所を有する市区町村に絞って調査)

表 24 対象地方公共団体

地方	都道府県	政令指定都市かつ地方環境研究所を持つ地方公共団体 (環境展望台 地方環境研究所一覧より)
関東	東京都	
	神奈川県	・横浜市 ・川崎市
	埼玉県	・さいたま市
	千葉県	・千葉市
中京	愛知県	・名古屋市
	三重県	
関西	大阪府	・大阪市 ・堺市
	京都府	・京都市
	兵庫県	・神戸市
山陰	岡山県	
	鳥取県	
九州	福岡県	・福岡市

調査対象の地方公共団体でそれぞれ、どのような対策が実施されているか整理した。

8.3. レビュー結果

8.3.1. 環境省公表の収集資料の概要

環境省公表の収集資料とその概要について、以下の表に整理した。

表 25 環境省公表の収集資料とその概要

資料 番号	収集資料タイトル	概要
①	令和元年度環境白書	光化学オキシダントの対策が体系的にまとめられている。
②	光化学オキシダント・対 流圏オゾン検討会報告書 中間報告（平成 19 年 12 月）	・光化学オキシダント・対流圏オゾン汚染の状況 ・光化学オキシダント・対流圏オゾン濃度の上昇トレンドの要因等 ・今後の課題 がまとめられている。
③	光化学オキシダント調査 検討会 報告書 ～ 光化学オキシダント の解析と対策へ向けた指 標提言～（平成 26 年 3 月 光化学オキシダント調査 検討会）	・光化学オキシダントと前駆物質の経年変化の概要 ・モニタリングデータを用いた解析の概要と条件設定 ・モニタリングデータを用いた解析結果 ・光化学オキシダントの環境改善効果を適切に示す指標の検討 がまとめられている。
④	VOC 削減による大気汚 染改善効果に関するレビ ュー （公益社団法人 大気環 境学会 H28 年度光化学 オキシダント等に関する 文献等調査業務研究会）	VOC 排出量の変化による光化学 Ox 及び PM _{2.5} の感度、特に国内都市域における VOC 削減による光化学オキシダント等の効果に関係する最近 10 年間程度の公開資料を中心にレビューし、「VOC の排出抑制対策による光化学オキシダントと PM _{2.5} の低減効果」についてとりまとめている。
⑤	光化学オキシダント調査 検討会 報告書（平成 29 年 3 月 光化学オキシダント調査 検討会）	「前駆物質排出量の変化」、「越境大気汚染の増加」、「NO _x タイトレーション効果の低下」について、それぞれの寄与の程度を、シミュレーションモデルを用いて明らかにすること、及び、構築したシミュレーションモデルを用いて、これまでの光化学オキシダント対策の効果検証や、前駆物質排出量削減の感度解析等から、今後のさらなる Ox 濃度低減対策に資する知見を得ること、を目的として、モデルシミュレーションの構築、解析結果についてとりまとめている。

光化学オキシダントの対策メニューについて記載が見受けられたのは、①令和元年度環境白書と、③光化学オキシダント調査検討会 報告書～ 光化学オキシダントの解析と対策へ向けた指標提言～（平成 26 年 3 月 光化学オキシダント調査検討会）であった。以下に対策メニューについてまとめた。

8.3.2. 国における対策メニュー

国における光化学オキシダント対策について、以下にまとめた。

表 26 国における光化学オキシダント対策一覧

固定発生源対策	総量規制	
移動発生源対策	自動車単体対策と燃料対策	
	大都市地域における自動車排出ガス対策	
	低公害車の普及促進	
	交通流対策	交通流の分散・円滑化施策
		交通量の抑制・低減施策
	船舶・航空機・建設機械の排出ガス対策	
普及啓発施策		
VOC 対策		
監視・観測、調査研究		

詳細を以下に記す。

(1) 固定発生源対策

＜ばい煙に係る固定発生源対策＞

大気汚染防止法に基づき、ばい煙（NO_x、硫黄酸化物（SO_x）、ばいじん等）を排出する施設について排出基準を定めて規制等を行うとともに、施設単位の排出基準では良好な大気環境の確保が困難な地域においては、工場又は事業場の単位で NO_x 及び SO_x の総量規制を行っている。

(2) 移動発生源対策

運輸・交通分野における環境保全対策については、自動車一台ごとの排出ガス規制の強化を着実に実施した。また、自動車から排出される窒素酸化物及び粒子状物質の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法（平成 4 年法律第 70 号。以下「自動車 NO_x・PM 法」という。）に基づき、自動車からの NO_x 及び粒子状物質（PM）の排出量の削減に向けた施策を実施している。

1) 自動車単体対策と燃料対策

自動車の排出ガス及び燃料については、大気汚染防止法に基づき逐次規制を強化してきている。2018 年 6 月には、「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について（第十三次答申）」

（2017 年 5 月）に基づいて、二輪自動車等の排出ガス低減対策等に係る告示を改正した。公道を走行しない特殊自動車（以下「オフロード特殊自動車」という。）については、特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律（平成 17 年法律第 51 号。以下「オフロード法」という。）に基づき、2006 年 10 月から使用規制を開始し、逐次規制を強化している。また、排出ガス基準に適合するオフロード特殊自動車等への買換えが円滑に進むよう、政府系金融機関

による低利融資を講じている。

2) 大都市地域における自動車排出ガス対策

自動車交通が集中する大都市地域の大气汚染状況に対応するため、自動車 NOx・PM 法に基づき大都市地域（埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、愛知県、三重県、大阪府及び兵庫県）において各都府県が「総量削減計画」を策定し、自動車からの NOx 及び PM の排出量の削減に向けた施策を計画的に進めている。また、事業者による排出抑制のための措置の推進等に取り組んでいる。

3) 低公害車の普及促進

2030 年までに、新車販売に占める次世代自動車の割合を 5 割～7 割にするとの目標に基づき、次世代自動車等の普及に取り組んだ結果、2017 年度における新車販売に占める次世代自動車の割合は、約 36.4%となった。低公害車の普及を促す施策として、車両導入に対する各種補助、自動車税・軽自動車税の軽減措置及び自動車重量税・自動車取得税の免除・軽減措置等の税制上の特例措置並びに政府系金融機関による低利融資を講じている。

低公害車普及のためのインフラ整備については、国による設置費用の一部補助、燃料等供給設備に係る固定資産税の軽減措置等の税制上の特例措置を実施している。

4) 交通流対策

（ア）交通流の分散・円滑化施策

道路交通情報通信システム（VICS）の情報提供エリアの更なる拡大を図るとともに、ETC2.0 サービスや高度化光ビーコン等を活用し、道路交通情報の内容・精度の改善・充実に努めたほか、信号機の改良、公共車両優先システム（PTPS）の整備、総合的な駐車対策等により、環境改善を図っている。

また、環境ロードプライシング施策を試行し、住宅地域の沿道環境の改善を図っている。

（イ）交通量の抑制・低減施策

交通に関わる多様な主体で構成される協議会による都市・地域総合交通戦略の策定及びそれに基づく公共交通機関の利用促進等への取組を支援している。また、交通需要マネジメント施策の推進により、地域における自動車交通需要の調整を図っている。

5) 船舶・航空機・建設機械の排出ガス対策

船舶からの排出ガスについては、IMO（国際海事機関）の排出基準を踏まえ、海洋汚染等防止法により、NOx、燃料油中硫黄分濃度等について規制されている。航空機からの排出ガスについては、国際民間航空機関（ICAO）の排出基準を踏まえ、航空法（昭和 27 年法律第 231 号）により、炭化水素（HC）、CO、NOx 等について規制されている。建設機械からの排出ガスについては、オフロード法に基づき 2006 年 10 月から順次使用規制を開始し、2011 年及び 2014 年に規制を順次強化するとともに、「建設業に係る特定特殊自動車排出ガスの排出の抑制を図るための指針」に基づき NOx、PM など大気汚染物質の排出抑制に取り組みを行っている。オフロード法の対象外機種（可搬型発動発電機や小型の建設機械等）についても、

「排出ガス対策型建設機械の普及促進に関する規程」等により、排出ガス対策型建設機械の普及を図っている。さらに、融資制度により、これらの建設機械を取得しようとする中小企業等を支援している。

6) 普及啓発施策等

2018年6月に東京都内で開催された「エコライフフェア」において、次世代自動車の展示等により普及啓発を図った。また、警察庁、経済産業省、国土交通省及び環境省から成るエコドライブ普及連絡会では、行楽シーズンであり自動車に乗る機会が多くなる11月を「エコドライブ推進月間」とし、シンポジウムや全国各地でイベント開催するなどの普及啓発活動を行った。あわせて、「エコドライブ10のすすめ」の普及・推進に努めている。

(3) VOC 対策

VOCの排出抑制対策は、法規制と自主的取組のベストミックスにより実施しており、2017年度の総排出量は2000年度に対し5割以上削減された。VOCの一種である燃料蒸発ガスを回収する機能を有する給油機（Stage2）の普及促進のため、当該給油機を導入している給油所を大気環境配慮型SS（e→AS イーアス）として認定する制度を2018年2月に創設し、2019年3月末までに238件の給油所を認定している。

(4) 監視・観測、調査研究

<大気汚染物質の監視体制>

大気汚染の状況を全国的な視野で把握するとともに、大気保全施策の推進等に必要な基礎資料を得るため、大気汚染防止法に基づき、国設大気環境測定所（9か所）、国設自動車交通環境測定所（9か所）及び都道府県等が設置する一般局、自排局において、大気の大気汚染状況の常時監視を実施している。測定データ（速報値）や都道府県等が発令した光化学オキシダント注意報等発令情報について、環境省では「大気汚染物質広域監視システム（そらまめ君）」によりリアルタイムに収集し、インターネット及び携帯電話用サイトで情報提供している。

また、気象庁では光化学スモッグに関連する気象状態を都道府県等に通報し、光化学スモッグの発生しやすい気象状態が予想される場合にはスモッグ気象情報や全般スモッグ気象情報を発表して国民へ周知している。

国及び都道府県等では季節ごとのPM_{2.5}成分の測定を行っている。また、国において、全国10か所でPM_{2.5}成分の連続測定、全国5か所でPM_{2.5}の原因物質であるVOCの連続測定を行っている。

これらの測定データをもとに、国内の発生源寄与割合や大陸からの越境汚染による影響など、PM_{2.5}による汚染の原因解明や効果的な対策の実施に向けた検討を進めている。気象庁では光化学スモッグに関連する気象状態を都道府県等に通報し、光化学スモッグの発生しやすい気象状態が予想される場合にはスモッグ気象情報や全般スモッグ気象情報を発表して国民へ周知している。

また、前駆物質の濃度に影響する主な対策を以下の表にまとめる。

表 27 前駆体物質の濃度に影響する主な対策

自動車	自動車 NOx・PM 法		車種規制
	単 体 規 制	ガソリン車	段階的に規制強化
		ディーゼル車	段階的に規制強化
		オフロード特殊車規制	
VOC 規制（大気汚染防止法）			

「光化学オキシダント調査検討会 報告書 ～光化学オキシダントの解析と対策へ向けた指標の提言～」平成 26 年 3 月 光化学オキシダント調査検討会 p.11 表 2-2 を基に作成

※用語注釈

車種規制：一定の走行条件下で測定された排気ガス濃度が基準を満たしていない車両の新規登録、移転登録及び継続登録をさせないことにより、基準を満たさない車両を排除する規制手法

単体規制：一定の走行条件下で測定された排気ガス濃度が基準を満たしていない車両の新車登録をさせないことにより、基準を満たす排ガス性能を持つ車両のみを製造・輸入・販売させる規制手法

(参考) 光化学オキシダントに関する国の検討状況について

1. 光化学オキシダント・対流圏オゾン検討会（2007 年度）

本検討会は、以下に示す状況を踏まえ、光化学オキシダント及び対流圏オゾンの濃度レベルの上昇要因を明らかにすることを目的として検討を行った。

- ・わが国における光化学オキシダントの濃度レベルが上昇傾向にあり、光化学オキシダント注意報の発令地域も広域化していること。
- ・光化学オキシダントの年平均値が、全国平均値でこの 20 年間に約 5ppb 上昇するとともに、2007 年には新潟県及び大分県で史上初めて注意報が発令され、同年の注意報発令地域は 28 都府県で過去最多となったこと。
- ・また、対流圏オゾン濃度も、北緯 20 度～60 度において半球規模で高くなっていること。
- ・光化学オキシダント及び対流圏オゾンの濃度が、近年上昇している要因として、大陸間や大陸内における輸送、前駆物質の排出量の変化、気象状況の影響等が指摘されているが、それらの寄与が明確にされていないこと。

本検討会では、光化学オキシダント及び対流圏オゾン等に関して、既存の科学的知見について収集整理し、今後必要とされる調査研究や対策等を検討した結果を 2007 年 12 月に報告書にとりまとめた。同報告書では、光化学オキシダント対策を更に効果的・効率的に実施していくため、下記の取組みが促進される必要があることを示している¹⁰¹（一部抜粋）。

（1）調査研究・モニタリングの一層の推進

①調査研究

- ・わが国の光化学オキシダント濃度の上昇、光化学オキシダント注意報の発令地域の広域化について、地域ごとのより詳細な要因分析を実施する。
- ・大都市圏における夏季の光化学オキシダント濃度の上昇について、詳細な要因分析を実施する。

②モニタリング等

- ・今後の対策検討・効果検証及び長期的トレンドのより正確な把握のため、光化学オキシダントをより高い精度で測定するための方策を検討する。また、VOC のリアルタイム測定やアルデヒド類等、知見が不足している項目の観測データの収集を進める。
- ・住民や地方自治体に対して、光化学オキシダントのモニタリングデータや濃度予測を、分かりやすく情報提供を行うシステムの改良を進める。

（2）国内における削減対策等の更なる推進

①削減対策

- ・平成 22 年度までに、固定発生源からの VOC 排出量を平成 12 年度比で 3 割程度抑制することを目標とした対策が現在進められており、この対策を着実に実施する。

¹⁰¹ 光化学オキシダント・対流圏オゾン検討会報告書中間報告（2007 年 12 月、光化学オキシダント・対流圏オゾン検討会）

http://www.env.go.jp/air/osen/pc_oxidant/conf/ir/full.pdf

- ・ 地域ごとの調査や高精度の化学輸送モデルによる解析等を踏まえ、科学的根拠に基づくより効果的な対策のあり方を検討する。

②排出インベントリ

- ・ 人為起源と自然起源の双方について、NO_x 及び VOC に係る排出インベントリを整備・更新する。
- ・ VOC は物質により反応性が異なるため、削減効果をシミュレーションで検証する上で不可欠な VOC 組成の把握に努める。特に VOC の組成別排出インベントリを観測データによって検証する。

(3) 国際的な取組の推進

- ・ 本件の国際的な重要性を東アジア近隣諸国において共有するため、政府間での政策対話が進められており、光化学オキシダント対策に関する日中韓の大臣合意に基づき、オゾン汚染メカニズムの解明や共通理解の形成に資するよう、既存の調査結果の共有など科学的な研究について国際協力を推進する。さらに、光化学オキシダントの測定に関する能力開発、人材育成など、一層の協力を推進する。
- ・ 各国国内の大気汚染問題の改善のためにも、大気保全対策に関する近隣諸国との協力を推進する。
- ・ 特に、発生源対策として大気汚染物質と温室効果ガスを一体的に削減するコベネフィット対策を活用することによる近隣諸国との協力を推進する。

2. 光化学オキシダント調査検討会（2011 年度）

2006 年 4 月から大気汚染防止法改正施行による VOC 排出抑制制度が開始され、VOC の排出量及び大気中濃度が現実には減少したにもかかわらず、対策をたてるにあたって行われたモデル計算による期待に反して、光化学オキシダント汚染に顕著な改善は見られなかった。本検討会は、こうした状況を受けて、今後有効な光化学オキシダント対策を立案するためにはどのような調査研究のあり方が必要かをとりまとめることを目的に設置された。

光化学オキシダントに代表される二次汚染物質による大気汚染には、大気輸送と化学反応が結合した複雑な過程が含まれ、学問的にも特に大気化学の分野で盛んに研究が行われている。こうした最先端の研究の成果を行政施策の立案に生かして行くことの重要性が指摘されていることを踏まえ、2012 年 3 月、光化学オキシダント汚染の現状と今後の調査研究のあり方についての提言を報告書¹⁰²にまとめた。

3. 光化学オキシダント調査検討会（2012 年度～2013 年度）

上記の 2012 年 3 月に公表された報告書において提言された「今後の調査研究のあり方」を受けて、特にその中の「モニタリングデータの多角的解析」について、2 年間にわたって検討した。

各種の環境対策により近年わが国の NO_x、VOC の大気濃度が低減しているにも係わらず、

¹⁰² 光化学オキシダント調査検討会報告書 ―今後の対策を見すえた調査研究のあり方について―（2012 年 3 月、光化学オキシダント調査検討会）

http://www.env.go.jp/air/osen/pc_oxidant/conf/chosa/rep201203/01.pdf

O₃ (Ox) の平均濃度が増加し続けているという矛盾を踏まえ、常時監視局観測データの解析からその要因を明らかにした。また、オキシダントに関する環境改善効果を適切に示すための統計的に堅牢な指標として、日最高 8 時間平均値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年平均値を用いることを提言した¹⁰³。

4. 光化学オキシダント調査検討会（2014 年度～2016 年度）

引き続き平成 2014～2016 年度に設置された本検討会では、NO_x、VOC の大気濃度が低減しているにも係わらず、O₃ (Ox) の平均濃度が増加し続けている要因を化学輸送モデルによるシミュレーション計算から裏付け、今後 NO_x、VOC の排出をさらにどの位削減すれば、O₃ (Ox) の抑制がもたらされるかについてシミュレーションによる感度解析を行い、将来のオキシダント削減戦略に対するガイドラインを提供する事を目的に検討を行った。

現状で最善と思われるモデルの一つを用いてわが国のオキシダント汚染の現状を解析し、今後の NO_x、VOC 削減の感度を明らかにするとともに、モデルシミュレーションを用いた光化学オキシダント抑止戦略をより効果的なものにするための今後の調査研究のあり方についての提言をまとめた¹⁰⁴。

¹⁰³ 光化学オキシダント調査検討会 報告書～光化学オキシダントの解析と対策へ向けた指標の提言～（2014 年 3 月、光化学オキシダント調査検討会）

http://www.env.go.jp/air/osen/pc_oxidant/conf/chosa/h25_rep-1.pdf

¹⁰⁴ 光化学オキシダント調査検討会報告書（2017 年 3 月、光化学オキシダント調査検討会）

<http://www.env.go.jp/air/osen/oxidant/report-201703p.pdf>

8.3.3. 地方公共団体における対策メニュー

収集した資料より地方公共団体の実施している光化学オキシダント対策に資するメニューを国と同様のメニュー、地方公共団体独自のメニューに分け、表にまとめた。

なお、各地方公共団体の対策メニューは、今回の調査手法で抽出できた対策であり、すべての対策を抽出できていない可能性があることに留意する必要がある。

表 28 地方公共団体における光化学オキシダント対策メニュー
(国の対策メニュー、独自メニュー別)

国の対策メニュー (再掲)	固定発生源対策		総量規制	
	移動発生源対策	自動車単体対策と燃料対策		
		大都市地域における自動車排出ガス対策		
		低公害車の普及促進		
		交通流対策	交通流の分散・円滑化施策	
			交通量の抑制・低減施策	
		船舶・航空機・建設機械の排ガス対策		
		普及啓発施策		
	VOC 対策			
	監視・観測、調査研究			
地方公共団体の独自 メニュー	固定発生源対策			
	移動発生源対策			
	VOC 対策			
	高濃度・緊急時対策			
	調査・監視等			

地方公共団体の独自メニューを以下に列挙する。() 内の地方公共団体名は例示。

(1) 固定発生源対策

- ・工場・事業場に対する規制指導と認定機器の普及拡大（東京都、千葉県）
- ・事業者への技術支援（東京都）
- ・事業場と公害防止協定の締結（千葉県、福岡県）
- ・自主測定結果の提出を求め排出状況を把握（福岡県）
- ・群小発生源対策として地域冷暖房システムの導入促進（大阪府）
- ・低 NOx ボイラーの普及促進（大阪府）
- ・事業者の自主的取り組みの促進（川崎市、千葉市、大阪府）
- ・独自指導要領に基づく指導基準の遵守徹底（愛知県、大阪市）

(2) 移動発生源対策

- ・港整備による貨物輸送の船舶利用への転換（福岡県）
- ・グリーン配送の促進（愛知県、大阪市、神戸市）

(3) VOC 対策

- ・各種セミナーの開催（東京都、埼玉県）
- ・業種別技術ガイドの配布（東京都）
- ・アドバイザーの派遣（東京都）
- ・事業者の自主的取り組みの促進（神奈川県、埼玉県、千葉県、千葉市、大阪府、福岡県）
- ・独自規制制度等（東京都、大阪府）
- ・低 VOC 商品の選択促進（東京都、千葉県）
- ・ORVR（車搭載型燃料供給時蒸気回収装置）車の導入を国等へ要望するなどのガスリン蒸発ガス対策（東京都、神奈川県）

(4) 高濃度・緊急時対策

- ・注意報発令やそれに伴う削減要請等予報制度の導入（三重県、大阪府）

(5) 調査・監視等

- ・植物起源 VOC 調査（東京都）
- ・排出インベントリの再整備（東京都）
- ・大気汚染常時監視システムの適切な運営管理

9. 諸外国における光化学オキシダントの対策に関する研究動向文献レビュー

9.1. 目的

本章では、「各対策の科学的根拠」や「まだ対策に至っていないが今度、導入が期待される対策」についての知見を得るため、諸外国の光化学オキシダント対策に関する研究論文を収集して文献レビューを行い、最新の研究動向を把握することを目的とする。

9.2. 文献検索・収集・選定の方法

わが国および諸外国の O_x 対策に関する研究論文を収集し、各地域の研究動向（各対策の効果、各対策の科学的根拠、対策に係る最新の研究動向）に関する情報として整理する。

日本語の文献を収集するため、文献検索データベースとして JDream III（JSTPlus（1981-））を用いて、キーワードは「光化学オキシダント」と「対策」に関する用語を掛け合わせて行った。

英語の文献は、文献データベース “Web of Science” を用いて、キーワードを『("ozone" OR "oxidant") AND ("measure" OR "control") AND ("air quality" OR ("air pollution"))』とし、最新の研究動向を調査する目的から、出版日の検索条件として、『2000-2019』としたところ、1,979 件が抽出された（2020 年 12 月 9 日現在）。文献数が非常に多いため、米国、欧州、日本の文献の絞り込みを行った。欧米の文献については、米国と欧州の大気汚染対策による効果に焦点を当てるため、米国は「SIP」、欧州は「Directive」をキーワードに追加して、絞り込みを行った。日本の文献は、検索条件に著者の所属が「日本」であることを追加して絞り込みを行った（65 件）。

上記の文献検索で抽出された文献についてタイトルとアブストラクトを読み込み、本調査の目的にかなう文献を抽出した。

表 29 検索データベース、検索キーワード、検索性数

	検索データベース	検索キーワード	検索性数
米国	Web of Science	("ozone" OR "oxidant") AND (strategy or control) AND ("air quality" OR "air pollution") AND 2010-2019 AND (SIP or "State Implementation Plan")	14 件
欧州	Web of Science	("ozone" OR "oxidant") AND (strategy or control) AND ("air quality" OR "air pollution") AND 2010-2019 AND Directive	16 件
日本	JDreamIII (JSTPlus (1981-))	((光化学汚染物質/AL+ オキシダント【環境】/AL+ 光化学オキシダント/AL) *対策/AL) * (PY>=2010)	161 件
	Web of Science	("ozone" OR "oxidant") AND (strategy or control) AND ("air quality" OR "air pollution") AND 2010-2019	65 件(著者の所属が日本)

9.3. 結果

タイトルとアブストラクトを読み込み、本調査の目的にかなう文献を抽出した結果、日本 20 件（日文 15 件、英文 5 件）、米国 14 件、欧州 8 件であった。各文献の主要な知見を以下に示した。

表 30 日本の知見（日文） ※No は参考文献番号

No	文献タイトル	著者、年	主な知見
1)	光化学オキシダント低減に有効な自動車発生源対策とは～その現在・過去・未来～	井上和也、2018	自動車等の NOx 排出削減によるオゾン低減効果が年々大きくなりつつあることが、シミュレーションと衛星観測データの 2 つの手法から推定された。
2)	広島県における光化学オキシダントのシミュレーションとその低減対策―地球温暖化対策に則して―	中谷郁夫、他、2017	広島県における将来的な CO ₂ 削減の仮想指針に即した場合の NOx 排出量の変動を検討し、光化学オキシダント濃度のシミュレーションを実施した。Ox の有効な対策は、同県内でも地域ごとに異なった。
3)	工場内で利用可能な VOC 局所対策手法の開発	米持真一、他、2017	中小企業の自主的取組支援を目的とした印刷・塗装工場でインクや溶剤を拭き取った後の廃ウエス入れの VOC 低減対策を検討した。
4)		米持真一、他、2013	
5)	環境レセプターに応じた光化学オゾン削減対策の検討	中川雄貴、他、2017	VOC・NOx 削減によるオゾン濃度の変化を大気化学輸送モデルにより予測し、オゾン濃度（人口荷重平均値）は増加、オゾン濃度（イネ収穫荷重平均値）は減少することが予測された。
6)	燃料蒸発ガス対策と光化学オキシダントへの影響評価	森川多津子、他、2016	燃焼蒸発ガス対策による効果を VOC 排出インベントリと CMAQ により評価した。Ox 濃度の低減に向けては、燃焼蒸発ガス対策にとどまらず、総合的な VOC 排出低減策が求められていると報告した。
7)	横浜市における光化学オキシダント濃度の発生源寄与解析と対策効果のシミュレーション	糸川景子、他、2014	シミュレーションを実施し、有効な対策を検討した。高濃度の時間帯に対しては対策がある程度の効果（オゾン濃度の低下）があることが示された。なお、低濃度の時間帯には効果はみられなかった。
8)	揮発性有機化合物（VOC）排出抑制の取組みに関する最近の動きについて―産業構造審議会産業環境対策小委員会における検	橋森武志、2014	VOC を排出する固定発生源等に対して、VOC 排出抑制の取組に関する最近の動向について概説した。

	討と VOC 排出抑制セミナー等の再開についてー		
9)	VOC など臭気対策の最新動向 VOC 排出削減の取り組み成果と今後の展開	遠藤小太郎、2013	法規制と自主的取組を組み合わせた平成 22 年度までの VOC 対策抑制の実績を総括し、その後の検討の経緯を整理した。
10)	関東地域における揮発性有機化合物 (VOC) 排出量の変化と光化学オキシダント生成の関係について	星純也、他、2013	関東地域における VOC 対策による削減量を推定した。さらに、VOC 排出量の削減が大気中の Ox 生成へ与える影響を検討するため、VOC 排出量変化と 120ppb 超過積算濃度変化との関係を解析した。
11)	オゾン濃度にみられる VOC 固定発生源制御の効果	北田敏廣、2013	NOx の排出源対策が先行し、遅れて VOC の固定発生源他紙悪が行われたことから、オキシダント濃度が一時高くなった側面があることを示した。
12)	埼玉県内の光化学オキシダント濃度に与える NOx-VOC 排出量削減効果の検討 (第 2 報)	大島慎也、他、2013	埼玉県の Ox 高濃度事例には、埼玉県南部から高濃度となる南関東型と埼玉県北部から高濃度となる北関東型の 2 つがあり、削減効果に相違があると考えられた。
13)	大阪府における大気中揮発性有機化合物 (VOC) 濃度とオゾン生成への寄与について	中戸靖子、他、2012	大阪府における大気中 VOC 濃度について測定を実施し、結果に基づいて最大オゾン推計濃度の算出を行った。推計濃度の経年変化では、トルエン、キシレン類濃度減少に伴い推計濃度が減少している傾向がみられ、これらの排出削減対策が Ox 対策に有効である可能性が示唆された。
14)	溶剤吸着燃焼システムの開発 (第 1 報)	周藤雅美、他、2012	活性炭吸着式 VOC 排ガス処理装置に、燃焼装置を付加した新たな VOC 排ガス処理装置の性能及び省エネ性を確認した。
15)	揮発性有機化合物排出規制の効果に関する調査	荒川涼、他、2012	栃木県内における大気中 VOC 濃度は近年減少してきており、14 時における光化学オキシダント濃度も減少傾向がみられ、VOC 排出規制効果が現れていた。
16)	揮発性有機化合物排出規制の効果に関する調査	荒川涼、他、2010	
17)	VOC など臭気対策の最新動向 印刷産業の VOC 排出抑制対策	油井喜春、2011	印刷業界の VOC 排出抑制対策のこれまでの取組みと今後の課題について概説した。

表 31 日本の知見 (英文) ※No は参考文献番号

No	文献タイトル	著者、年	主な知見
18)	Air pollution trends in Japan	Wakamatsu	大気汚染物質濃度 (Ox を含む) のトレンドと対

	between 1970 and 2012 and impact of urban air pollution countermeasures.	S, et al, 2013	策の効果について概説した。
19)	Tailpipe VOC Emissions from Late Model Gasoline Passenger Vehicles in the Japanese Market.	Hata H, et al, 2019	日本におけるガソリン車からの VOC 排出量を計測し、VOC 排出量のトレンドを考察した。
20)	Modeling study on the spatial variation of the sensitivity of photochemical ozone concentrations and population exposure to VOC emission reductions in Japan.	Inoue K, et al, 2019	VOC 排出削減による光化学オキシダント濃度の空間変動を推計した。その結果、全国規模の削減対策よりも地域的な削減対策を考慮すべきであると提言している。
21)	Process analysis of ozone formation under different weather conditions over the Kanto region of Japan using the MM5/CMAQ modelling system.	Khiem M, et al, 2010	MM5/CMAQ モデルを用いて、関東における夏季(2005 年 8 月)のオゾン濃度は、気象パターンによる影響が大きいことを示した。
22)	Japan's policy to reduce emissions of volatile organic compounds: factors that facilitate industry participation in voluntary actions.	Matsumoto N, et al, 2015	VOC を削減する policy mix (規制、インセンティブ、自主規制、市場圧力など)に関する文献の多くは欧米諸国である。日本での化学工業と印刷業の Policy Mix 事例を調査し、欧米諸国の文献の理論とどの程度一致するかを調査した。

- ・ 日本の文献 22 件の内訳は、Ox 濃度推計や Ox 観測値による対策評価が 15 件、産業界のこれまでの取組の総論が 3 件、VOC 対策技術開発が 3 件、Policy Mix に関する文献 1 件であった。
- ・ Ox 濃度推計や Ox 観測値による対策評価 15 件の対象地域は、全国規模の対策に加えて、関東地方、栃木県、埼玉県、横浜市、大阪府、広島県など地域ごとにも検討していた。
- ・ 産業界のこれまでの取組の総論 3 件をまとめると以下のとおりである。2006 年の改正大気汚染防止法の施行に基づき、その後 5 年間、法規制と自主的取組を組み合わせた施策手法によって、2010 年末までに日本全体で固定発生源からの VOC 排出量を 2000 年比で約 3 割削減するという目標が掲げられた。この期間の排出量は、2000 年比で約 44%削減となり目標を達成した。一方、光化学オキシダント注意報レベル非超過の測定局の割合は、2000 年以降 10 年間で 5～6 割の間で横ばいのままであった。産業界にとっては、VOC 処理装置等の導入や稼働による使用エネルギーの増大等、経済的な負担は大きく、法の施行は時期尚早ではなかったかと指摘している。

表 32 米国の知見 ※No は参考文献番号

No	Article Title	著者、年	概要
23)	Effects of the NOx SIP Call program on ozone levels in New York	Aleksic N, et al, 2013	【NOx SIP call の対策効果】 ニューヨーク州が2003年から実施したNOx SIP Call のO3レベルへの効果を調査した。1995～2002年と比較して2003～2012年では、気温32℃以上の日数はほぼ同じであったが、オゾンの日最大8時間値は低下した。オゾン生成の減少によって引き起こされ、NOx排出削減プログラムの有効性を示した。
24)	Efficacy of recent state implementation plans for 8-hour ozone	Pegues AH, et al, 2012	【SIP効果】 1997年基準未達成時に策定した20のSIPをレビューした。 3地域は非達成の予測であったが2009年までに達成が観察された。5地域は達成の予測であったが達成しなかった。 州レベルの対策がこれらの改善にどの程度貢献したかは不明である。オゾン前駆物質の削減の大部分が、州の規制からではなく、連邦政府の措置から生じたと考えられた。
25)	An urban-forest control measure for ozone in the Sacramento, CA Federal Non-Attainment Area (SFNA)	Taha H, 2016	【Forest control measures】 カルフォルニア州サクラメント地域（SFNA）で8時間オゾン基準を維持するための手段として、生体揮発性有機化合物（BVOC）の高排出量を徐々に低排出種に置き換える都市森林戦略（Urban-forest control measure）が検討されている。結果は、都市の木の組合せを変えることで大気質を改善できることを示した。
26)	Reforestation as a novel abatement and compliance measure for ground-level ozone	Kroeger T, et al, 2014	【Forest control measures】 O3削減の目的で都市周辺の再植林を使用することの費用効果を検討した。架空の405 ha のテキサス州での植林で 30年間にO3が 310 ton、NO ₂ が 58 ton 除去されると推計された。費用対効果は、土地取得コストが発生しない場合、従来と比べて遜色がなかった。O3の形成が主にNOxに支配されている場合は、都市周辺の森林再生の検討の必要性を示唆した。
27)	The tree BVOC index	Simpson JR, et al, 2011	【Forest control measures】 都市の木は、大気質の改善などの利点を生み出す。一部の種から放出される生体揮発性有機化合物（BVOC）は、オゾン前駆物質である。将来の植栽で排出量の少ない種の混合に移行した結果として、BVOC排出量の変化が計算される。カルフォルニア州サクラメント地域で開発した排出削減量を計算するためのツール（Tree BVOC Index）について概説する。
28)	A mixed integer programming model for National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) attainment strategy analysis	Macpherson AJ, et al, 2017	【Ox濃度推計モデル】 歴史的に、ほとんどの州は独立してSIPを策定してきた。しかし、O3などの対策で複数の州が協力することは、汚染防止の効率が高まる可能性がある。排出対策を検討するのに役立つ数理計画モデルを提示している。

29)	Reconciling NOx emissions reductions and ozone trends in the US, 2002-2006	Zhou W, et al, 2013	【Ox濃度推計モデル】 排出量等の変化に応じて大気汚染物質濃度の変化を再現するモデル能力の動的評価を目的とした。 NOx SIP Call と移動発生源対策により2002～2006年米国東部でNOx排出量が大幅に削減された後、CMAQモデルによりO3濃度の変化を推計した。
30)	Dynamic evaluation of CMAQ part II: Evaluation of relative response factor metrics for ozone attainment demonstrations	Foley KM, et al, 2015	【Ox濃度推計モデル】 EPAのガイダンス文書は、EPAの2007年ガイダンス文書では、大気質モデルが大気質の変化を表す能力を評価するための動的評価を推奨している。EPAの NOx SIP Call を特徴とする期間である2002年から2005年までのオゾン濃度の変化を、場所特有のRelative response factor (RRF) の計算を通じて、予測した結果、うまく設計されていることを示した。
31)	Dynamic evaluation of CMAQ part I: Separating the effects of changing emissions and changing meteorology on ozone levels between 2002 and 2005 in the eastern US	Foley KM, et al, 2015	【Ox濃度推計モデル】 EPAのNOx SIP Callを特徴とする期間である2002年から2005年までのオゾン濃度の変化を予測して、CMAQモデルの動的能力を評価した。気象の影響を取り除くことによって、過去に遡って排出規制の影響を定量化することは、排出規制の効果を政策立案者に伝えるための貴重なアプローチとなり得る。
32)	Overview of the SHARP campaign: Motivation, design, and major outcomes	Olague EP, et al, 2014	ヒューストン大気ラジカル前駆物質研究(SHARP: The Study of Houston Atmospheric Radical Precursors) について概説する。 SHARPは、ヒューストンのオゾン非達成地域のSIP策定に関連するフィールドキャンペーンである。
33)	Impacts of interstate transport of pollutants on high ozone events over the Mid-Atlantic United States	Liao KJ, et al, 2014	米国中部大西洋岸の4つのオゾン非到達地域 (Baltimore, Philadelphia-Wilmington-Atlantic City, Pittsburgh-Beaver Valley and Washington, DC) におけるピークオゾン形成に対するNOxとVOC排出の州間輸送の影響を定量化した。その結果、発電所とそれ以外の排出源に対して、ピークオゾンレベルの応答が異なる可能性があることを示した。従って、対策の策定は、発電所とそれ以外の排出源の2つの管理カテゴリーとする必要がある。
34)	An extended approach to calculate the ozone relative response factors used in the attainment demonstration for the National Ambient Air Quality Standards	Kulkarni S, et al, 2014	EPAは相対反応係数(RRF) を計算するための指針を提供した。本報告ではband-RRF と呼ぶ概念について述べ、これは各種のオゾン混合比における異なるモデル応答を考慮した。最初にモデリングシステム、参照年の1時間オゾンの設計値の計算、RRFの計算方法、band-RRF概念のPM_{2.5}への拡張について述べた。 ※モデルには不確実性があるため、EPAでは将来のDesign Valueの予測に相対反応係数 (relative response factor, RRF) を用いることを推奨している。RRFはモデルによる将来の予測値と基準年における予測値の比であり、これを基準年のDesign Valueに乘じることにより、将来におけるDesign Valueが求められる。

35)	Application of the Kolmogorov-Zurbenko filter and the decoupled direct 3D method for the dynamic evaluation of a regional air quality model	Kang DW, et al, 2013	【NOx SIP call の対策効果】 NOx SIP Call の期間である2002年と2005年大気汚染物質の時系列濃度を、Kolmogorov-Zurbenko (KZ) フィルターを用いて、影響を与えるさまざまな要因に、スペクトル分解を行った。 ※KZフィルター：より良好な周波数特性を得るため、単純移動平均（平均）を数回繰り返すこと。
36)	Changes in the frequency and return level of high ozone pollution events over the eastern United States following emission controls	Rieder HE, et al, 2013	【O3高濃度出現頻度の定量化手法としての極値理論】 O3 の低減対策効果を定量化するために、1988-1998年から1999-2009年までの米国東部における夏季のO3高濃度の頻度とreturn level（再現レベル）を分析した。極値理論（EVT）を日最大8時間値に適用した。1999-2009年には、ほぼすべての測定局の1年間のreturn levelが100 ppbを大幅に下回り、5年間のreturn levelが110ppbを大幅に下回った。米国東部のO3汚染の減少は、NOx SIP call後に最大となった。極値理論は、O3高濃度汚染の頻度を定量化するための有用なアプローチとなる可能性がある。 ※1年間の再現レベルは1年間に平均1度現れる値と解釈できる。

- 米国の知見 14 件のテーマは、Ox 濃度推計モデルが 4 件（うち 3 件は動的評価に関するもの）、森林制御対策（Forest control measures）が 3 件、2003 年に実施した NOx SIP call の対策効果が 2 件、1997 年基準未達成時に策定した 20 州の SIP のレビューが 1 件、米国中部大西洋岸の州間移流の影響分析が 1 件、ヒューストンの対策概説が 1 件、相対反応係数（RRF: Relative Response Factor）が 1 件、O3 高濃度出現頻度の定量化手法としての極値理論（EVT: Extreme Value Theory）が 1 件であった。以下、特徴的な知見について示す。
- 1997 年基準未達成時に策定した 20 州の SIP のレビューでは、オゾン前駆物質の削減の大部分が、州独自の規制からではなく、米国連邦政府の対策から生じたと考えられた。州独自の対策がどの程度改善に貢献したかは不明と報告されている。
- 2003 年に実施した NOx SIP Call の対策効果を評価した研究では、ニューヨーク州を対象に、オゾンの日最大 8 時間値は低下したことを報告した。著者らはオゾン生成の減少が引き起こされ、NOx 排出削減プログラムの有効性を示した。

- ・ 森林制御対策（Forest control measures）が 3 件と多かった。地域別の内訳は、カルフォルニア州サクラメント 2 件とテキサス州 1 件であった。自然由来の VOC 発生の対策をしなければ環境基準を達成できない事情と、広大な土地を有するという州の特徴を表している。

種別	BVOC 排出量 (g-C/tree/day)
<i>Lagerstroemia indica</i> サルスベリ	0.00
<i>Zelkova serrata</i> ケヤキ	0.00
<i>Acer macrophyllum</i> ヒロハカエデ	0.20
<i>Quercus rubra</i> アカガシワ	1.01
<i>Acer buergerianum</i> トウカエデ	0.02
<i>Pistacia chinensis</i> カイノキ	0.54

表 33 欧州の知見 ※No は参考文献番号

No	Article Title	著者、年	概要
37)	Ozone source apportionment during peak summer events over southwestern Europe	Pay MT, et al, 2019	【スペイン】移流するO₃が イベリア半島の地上O₃濃度への最大の入力であり、オゾン濃度目標値 (Target value) を超えた期間では、日平均O₃濃度の46～68%を占めることを初めて示した。 地上O₃濃度は、対流圏に存在するオゾンの垂直方向拡散による影響が大きいことを示した。
38)	Impacts of air pollution on human and ecosystem health, and implications for the National Emission Ceilings Directive: Insights from Italy	De Marco A, et al, 2019	【イタリア】 NEC指令による、イタリアの大気汚染対策と生態系への影響を要約した。
39)	National emission ceilings in Portugal-trends, compliance and projections	Ferreira J, et al, 2017	【ポルトガル】 ポルトガルにおける、NEC指令による大気汚染物質濃度 (NO_x, SO₂, NH₃, NMVOC, PM_{2.5}) の動向と、2030年の見通しを分析した。
40)	Spatiotemporal trends in ground-level ozone concentrations and metrics in France over the time period 1999-2012	Sicard P, et al, 2016	【フランス】 フランスのO₃バックグラウンド濃度は、特に寒冷期に、都市部の76% (+ 0.14 ppb) で上昇している。この上昇は、長距離移流によるO₃増加と、局所的なNO_x排出量の減少によるNOによるO₃タイトレーション低下に起因する可能性がある。O₃高濃度の出現頻度が、観測地点の67%で大幅に減少したことは、NO_xと1990年代初頭以降のEU-28諸国におけるNO_xとVOC排出量削減によるものと考えられる。
41)	Is the ozone climate penalty robust in Europe?	Colette A, et al, 2015	【Ozone Climate Penalty】 地球温暖化によるオゾン濃度上昇 (“Ozone Climate penalty”と呼ぶ) が、2071-2100 年には 0.99-1.50 ppb (daily maximum) 夏季に上昇すると推計した。
42)	Analysis of the effectiveness of the NEC Directive on the tropospheric ozone levels in Portugal	Barros N, et al, 2015	【ポルトガル】 NEC指令の有効性を確認するため、1990年から2011年のオゾン前駆物質の年間排出量 (NO_x, NMVOC) と年間大気濃度 (NO_xとO₃) を分析した。 オゾン前駆物質の排出量を削減したにもかかわらず、オゾン平均濃度が2003年から2007年の間に大幅に増加した。Information threshold (180 μg/m³) 超過数は減少した。 メイスヘッドのオゾン濃度の分析が示唆するように、メソスケールのオゾン生成および/または長距離移流も重要な役割を果たす可能性がある。とりわけ、オゾン化学バランスにおける非線形相互作用のために、NEC指令は、それを単なるガイドライン値と見なすのではなく、NO_x / NMVOC比を尊重して排出量の削減を課すべきである。ポルトガルのような沿岸国ではメソスケールの循環がこの種の現象において決定的な役割を果たす。

43)	Model calculations of the effects of present and future emissions of air pollutants from shipping in the Baltic Sea and the North Sea	Jonson JE, et al, 2015	【バルト海・北海の船舶】WHOがオゾンの健康影響の指標として、SOMO35 (sum of the daily maximum of 8h running average of ozone over 35 ppb) を提唱している。大気汚染物質濃度 (SOMO35 を含む) への船舶からの寄与をモデルにより評価した。オランダ、ベルギー付近の海域では船舶から排出されるNOxのタイトレーション効果によりSOMO35が低下し、その他の海域ではSOMO35の増加に寄与した。
44)	Hydrocarbon emission fingerprints from contemporary vehicle/engine technologies with conventional and new fuels	Montero L, et al, 2010	【移動発生源からの炭化水素の排出対策】European Commission Ozone Directive に規定されている29種の炭化水素の排出を、移動発生源の車種・燃料別に、評価した。

- ・ 欧州 8 件の内訳は、ポルトガル 2 件、スペイン、イタリア、フランス、Ozone Climate Penalty、船舶の対策、移動発生源からの炭化水素の排出対策が各 1 件であった。オゾン濃度は、地中海沿岸国で高いため、研究対象地域も地中海沿岸国が占めていた。
- ・ ポルトガル、スペイン、イタリア、フランスの各研究報告に共通している点は、EU 諸国の前駆物質削減対策には限界があり、移流（長距離移動や対流圏の垂直拡散）による影響が大きいことを指摘している。
- ・ Sicard P, et al (2016) の報告では、フランスの O₃ バックグラウンド濃度は、特に寒冷期に、都市部の 76% (+ 0.14 ppb) で上昇している。この上昇は、長距離移流による O₃ 増加と、局所的な NO_x 排出量の減少による NO による O₃ タイトレーション低下に起因する可能性がある。一方、O₃ 高濃度の出現頻度が、観測地点の 67% で大幅に減少したことは、NO_x と 1990 年代初頭以降の EU-28 諸国における NO_x と VOC 排出量削減によるものと考えたと報告している。
- ・ Barros N, et al (2015) の報告では、ポルトガルの NEC 指令の有効性を確認するため、1990 年から 2011 年のオゾン前駆物質の年間排出量 (NO_x、NMVOC) と年間大気濃度 (NO_x と O₃) を分析した。オゾン前駆物質の排出量を削減し、Information threshold (180 μ g/m³ = 90 ppb) を超過した日数は減少した。しかしながら、オゾン平均濃度は 2003 年から 2007 年の間に大幅に増加した。英国の最西端のバックグラウンドオゾン濃度も増加傾向にあり、長距離移流やメソスケール（中距離）のオゾン生成が重要なポイントである可能性がある。とりわけ、オゾン生成は非線形の化学反応であるため、NEC 指令は単なるガイドライン値とするのではなく、NO_x/NMVOC 比に着目して排出量の削減を課すべきである。ポルトガルのような沿岸国ではメソスケールの循環がこの種の現象において決定的な役割を果たすと報告している。

- ・ Pay MT, et al (2019)の報告では、イベリア半島（スペイン）の地上 O₃濃度に最も影響するのは、移流する O₃であり、オゾン濃度目標値（Target value）を超えた期間では、日平均 O₃濃度の 46～68%を占めることを初めて示した。地上 O₃濃度は、対流圏に存在するオゾンの垂直方向拡散による影響が大きいことを報告している。

【参考文献】

- 1) 井上和也：光化学オキシダント低減に有効な自動車発生源対策とは～その現在・過去・未来～，大気環境学会年会講演要旨集 59, pp.150-151 (2018)
- 2) 中谷郁夫，竹田一彦，佐久川弘：広島県における光化学オキシダントのシミュレーションとその低減対策－地球温暖化対策に則して－，人間と環境, 43, 1, pp.14-23 (2017)
- 3) 米持真一，梅沢夏実，佐坂公規，信太省吾，名古屋俊士，吉野正洋，et al.：工場内で利用可能な VOC 局所対策手法の開発，埼玉県環境科学国際センター報, 17, pp.76-81 (2017)
- 4) 米持真一，梅沢夏実，佐坂公規，立川和宏，信太省吾，名古屋俊士，et al.：工場内で利用可能な VOC 局所対策手法の開発，埼玉県環境科学国際センター報 13, pp.117 (2013)
- 5) 雄. 中川，和. 井上，賢. 戸野倉：環境レセプターに応じた光化学オゾン削減対策の検討，大気環境学会年会講演要旨集 58, pp.323 (2017)
- 6) 森川多津子，木村真，伊藤晃佳：燃料蒸発ガス対策と光化学オキシダントへの影響評価，大気環境学会年会講演要旨集 57, pp.172 (2016)
- 7) 糸山景子，岡部葵，尾形和彦，西沢利治，藤原禅：横浜市における光化学オキシダント濃度の発生源寄与解析と対策効果のシミュレーション，大気環境学会年会講演要旨集 55, pp.454 (2014)
- 8) 橋森武志：揮発性有機化合物(VOC)排出抑制の取組に関する最近の動きについて-産業構造審議会産業環境対策小委員会における検討と VOC 排出抑制セミナー等の再開について，環境管理, 50, 7, pp.52-57 (2014)
- 9) 遠藤小太郎：VOC など臭気対策の最新動向 VOC 排出削減の取組成果と今後の展開，産業と環境, 42, 12, pp.33-37 (2013)
- 10) 星純也，石井康一郎：関東地域における揮発性有機化合物（VOC）排出量の変化と光化学オキシダント生成の関係について，大気環境学会誌, 48, 5, pp.215-222 (2013)
- 11) 北田敏廣：オゾン濃度に見られる VOC 固定発生源制御の効果，大気環境学会年会講演要旨集 54, pp.418 (2013)
- 12) 大島慎也，森康彰，河見博文：埼玉県内の光化学オキシダント濃度に与える NO_x-VOC 排出量削減効果の検討(第 2 報)，大気環境学会年会講演要旨集 54, pp.401 (2013)
- 13) 中戸靖子，宮本弘子，西村理恵，上田真彩子：大阪府における大気中揮発性有機化合物(VOC)濃度とオゾン生成への寄与について，大阪府環境農林水産総合研究所研究報告, 5, pp.13-18 (2012)
- 14) 周藤雅美，釜野博臣，松岡彰夫：溶剤吸着燃焼システムの開発(第 1 報)，クリモト技報, 61, pp.48-51 (2012)
- 15) 荒川涼，金田治彦，石原島栄二：揮発性有機化合物排出規制の効果に関する調査，栃木県公衆衛生学会抄録集 50, pp.169-171 (2012)
- 16) 荒川涼，金田治彦，石原島栄二：揮発性有機化合物排出規制の効果に関する調査，栃木県保健環境センター年報, 16, pp.59-64 (2010)
- 17) 油井喜春：印刷産業の VOC 排出抑制対策（VOC など臭気対策の最新動向），産業と環境, 40, 12,

- pp.73-76 (2011)
- 18) S. Wakamatsu, T. Morikawa, A. Ito : Air Pollution Trends in Japan between 1970 and 2012 and Impact of Urban Air Pollution Countermeasures, *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 7, 4, pp.177-190 (2013)
 - 19) H. Hata, M. Okada, C. Funakubo, J. Hoshi : Tailpipe VOC Emissions from Late Model Gasoline Passenger Vehicles in the Japanese Market, *Atmosphere*, 10, 10 (2019)
 - 20) K. Inoue, K. Tonokura, H. Yamada : Modeling study on the spatial variation of the sensitivity of photochemical ozone concentrations and population exposure to VOC emission reductions in Japan, *Air Quality Atmosphere and Health*, 12, 9, pp.1035-1047 (2019)
 - 21) M. Khiem, R. Ooka, H. Hayami, H. Yoshikado, H. Huang, Y. Kawamoto : Process analysis of ozone formation under different weather conditions over the Kanto region of Japan using the MM5/CMAQ modelling system, *Atmospheric Environment*, 44, 35, pp.4463-4473 (2010)
 - 22) N. Matsumoto, M. Elder, A. Ogihara : Japan's policy to reduce emissions of volatile organic compounds: factors that facilitate industry participation in voluntary actions, *Journal of Cleaner Production*, 108, pp.931-943 (2015)
 - 23) N. Aleksic, J.Y. Ku, L. Sedefian : Effects of the NO_x SIP Call program on ozone levels in New York, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 63, 11, pp.1335-1342 (2013)
 - 24) A.H. Pegues, D.S. Cohan, A. Digar, C. Douglass, R.S. Wilson : Efficacy of recent state implementation plans for 8-hour ozone, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 62, 2, pp.252-261 (2012)
 - 25) H. Taha, J. Wilkinson, R. Bornstein, Q.F. Xiao, G. Mcpherson, J. Simpson, et al. : An urban-forest control measure for ozone in the Sacramento, CA Federal Non-Attainment Area (SFNA), *Sustainable Cities and Society*, 21, pp.51-65 (2016)
 - 26) T. Kroeger, F.J. Escobedo, J.L. Hernandez, S. Varela, S. Delphin, J.R.B. Fisher, et al. : Reforestation as a novel abatement and compliance measure for ground-level ozone, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111, 40, pp.E4204-E4213 (2014)
 - 27) J.R. Simpson, E.G. Mcpherson : The tree BVOC index, *Environmental Pollution*, 159, 8-9, pp.2088-2093 (2011)
 - 28) A.J. Macpherson, H. Simon, R. Langdon, D. Misenheimer : A mixed integer programming model for National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) attainment strategy analysis, *Environmental Modelling & Software*, 91, pp.13-27 (2017)
 - 29) W. Zhou, D.S. Cohan, S.L. Napelenok : Reconciling NO_x emissions reductions and ozone trends in the US, 2002-2006, *Atmospheric Environment*, 70, pp.236-244 (2013)
 - 30) K.M. Foley, P. Dolwick, C. Hogrefe, H. Simon, B. Timin, N. Possiel : Dynamic evaluation of CMAQ part II: Evaluation of relative response factor metrics for ozone attainment demonstrations, *Atmospheric Environment*, 103, pp.188-195 (2015)
 - 31) K.M. Foley, C. Hogrefe, G. Pouliot, N. Possiel, S.J. Roselle, H. Simon, et al. : Dynamic evaluation of CMAQ part I: Separating the effects of changing emissions and changing meteorology on ozone levels between 2002 and 2005 in the eastern US, *Atmospheric*

- Environment, 103, pp.247-255 (2015)
- 32) E.P. Olaguer, C.E. Kolb, B. Lefer, B. Rappenglueck, R.Y. Zhang, J.P. Pinto : Overview of the SHARP campaign: Motivation, design, and major outcomes, *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 119, 5, pp.2597-2610 (2014)
 - 33) K.J. Liao, X.T. Hou, D.R. Baker : Impacts of interstate transport of pollutants on high ozone events over the Mid-Atlantic United States, *Atmospheric Environment*, 84, pp.100-112 (2014)
 - 34) S. Kulkarni, A.P. Kaduwela, J.C. Avise, J.A. Damassa, D. Chau : An extended approach to calculate the ozone relative response factors used in the attainment demonstration for the National Ambient Air Quality Standards, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 64, 10, pp.1204-1213 (2014)
 - 35) D.W. Kang, C. Hogrefe, K.L. Foley, S.L. Napelenok, R. Mathur, S.T. Rao : Application of the Kolmogorov-Zurbenko filter and the decoupled direct 3D method for the dynamic evaluation of a regional air quality model, *Atmospheric Environment*, 80, pp.58-69 (2013)
 - 36) H.E. Rieder, A.M. Fiore, L.M. Polvani, J.F. Lamarque, Y. Fang : Changes in the frequency and return level of high ozone pollution events over the eastern United States following emission controls, *Environmental Research Letters*, 8, 1 (2013)
 - 37) M.T. Pay, G. Gangoiti, M. Guevara, S. Napelenok, X. Querol, O. Jorba, et al. : Ozone source apportionment during peak summer events over southwestern Europe, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 8, pp.5467-5494 (2019)
 - 38) A. De Marco, C. Proietti, A. Anav, L. Ciancarella, I. D'elia, S. Fares, et al. : Impacts of air pollution on human and ecosystem health, and implications for the National Emission Ceilings Directive: Insights from Italy, *Environment International*, 125, pp.320-333 (2019)
 - 39) J. Ferreira, J. Leitao, A. Monteiro, M. Lopes, A.I. Miranda : National emission ceilings in Portugal-trends, compliance and projections, *Air Quality Atmosphere and Health*, 10, 9, pp.1089-1096 (2017)
 - 40) P. Sicard, R. Serra, P. Rossello : Spatiotemporal trends in ground-level ozone concentrations and metrics in France over the time period 1999-2012, *Environmental Research*, 149, pp.122-144 (2016)
 - 41) A. Colette, C. Andersson, A. Baklanov, B. Bessagnet, J. Brandt, J.H. Christensen, et al. : Is the ozone climate penalty robust in Europe?, *Environmental Research Letters*, 10, 8 (2015)
 - 42) N. Barros, T. Fontes, M.P. Silva, M.C. Manso, A.C. Carvalho : Analysis of the effectiveness of the NEC Directive on the tropospheric ozone levels in Portugal, *Atmospheric Environment*, 106, pp.80-91 (2015)
 - 43) J.E. Jonson, J.P. Jalkanen, L. Johansson, M. Gauss, H. Van Der Gon : Model calculations of the effects of present and future emissions of air pollutants from shipping in the Baltic Sea and the North Sea, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, 2, pp.783-798 (2015)
 - 44) L. Montero, M. Duane, U. Manfredi, C. Astorga, G. Martini, M. Carriero, et al. : Hydrocarbon emission fingerprints from contemporary vehicle/engine technologies with conventional and new fuels, *Atmospheric Environment*, 44, 18, pp.2167-2175 (2010)

10. 検討会の開催

本研究の実施にあたっては、成果のとりまとめの方向性や地方公共団体への適用可能性等について、専門的見地から助言をいただくため、専門家による検討委員会を組織した。2019 年度は 2019 年 9 月 10 日（第 1 回）、2020 年 2 月 12 日（第 2 回）に開催した。

2020 年度は 2021 年 1 月 25 日（第 3 回）に開催した。第 3 回検討会では、わが国におけるオキシダント対策への適用可能性について検討するために必要な情報として、今年度の調査で得られた欧州、中国、韓国における光化学オキシダント対策に関する情報を共有した。以下に示す意見をいただき、報告書への反映を行うとともに、残された課題は来年度の課題とした。

テーマ	指摘事項
欧州の調査	・ 長距離越境大気汚染条約 (LRAP)、ヨーテボリ議定書、インベントリの枠組みは日本にない仕組みである。この点をもう少し詳しく記述していただく方がよい。 ・ NMVOC で、農業からの排出が結構の割合があるが、どのような排出源なのか分かれば教えて欲しい。日本では農業からの排出があまりでてこない。日本で抜けているのであれば、見ておかなければならない。 ・ 日本と欧州でインベントリの相違は、把握しておいた方がよい。インベントリが違うのであれば、相違がある中でどういう対策をおこなってきたか参考になる。日本のインベントリで抜けており海外で重要であるとされているのであれば、一つの結論になる。 ・ 長期対策のところで、大気汚染対策と統合的アプローチは、具体的にどんなアプローチがあるのか調べていただきたい。その方向で対応することとなると思われるため有用である。 ・ VOC と NOx の比率が重要で、その比率によっては、NOx を削減してもオゾン生成が増えてしまう。NOx と VOC の比率を考えながら対策する必要がある。各国の対策の中で、そういった NOx と VOC の比率に関する事項がでてきていないようであるが何か理由があるのか。 ・ イタリアでオゾン濃度が高いことを初めて知ったが、どうしてイタリアで高いのか知りたい。 ・ 温暖化対策との Win-Win は、日本国内でも言われていることであり、そのような観点は持っている。脱炭素対策は、同時に NOx を削減する対策になる。実際、削減が進んでいくと期待している。一方で、オゾン濃度が減少することにつながらない。そこをどう対策していくかが重要ポイントと考える。 ・ 欧州では、国が小さいので越境汚染がある。国の対策だけでは限界がある部分がある。各国が越境汚染をどう考えているのか。越境の寄与が大きいと国内対策をしても難しいし、判断をどうしているかを情報として入手していただくとうり。
まとめ	・ 日本の地方公共団体へ適用することが目的であるので、その点に焦点をあてるべきである。国の対策と自治体の対策の違い、すみ分けなどについて含められるとよい。

【まとめ】

1. 欧州の対策実態のまとめ

本研究は、諸外国における光化学オキシダント対策について、日本の地方公共団体への適用可能性を検討することが目的である。第1回検討会における議論から、欧米の対策メニューを調査するだけでなく、どのような過程で米国の州実施計画（SIP：State Implementation Plan）やEUの国家大気汚染規制プログラム（NAPCP：National Air Pollution Control Program）を作成することになったのかを調査することが（自治体、国、企業の役割等）、日本で実際に対策を適用する上で重要であるとの判断に至った。

欧州の調査で得られた NAPCP の作成過程をまとめると以下のとおりである。

- 欧州における大気保全施策の法規制は、環境大気質指令（Ambient Air Quality Directive）、国別排出上限指令（NEC 指令：National Emissions Ceilings Directive）、産業排出指令（IED 指令：Industrial Emissions Directive）などの発生源別排出基準に関する指令で構成されている。
- NEC 指令の下、EU 加盟国はオゾンや酸性雨の原因となる大気汚染物質の国別削減コミットメントを設定する。EU 加盟国は、そのコミットメントを達成するための NAPCP の計画、採択、実施をしなければならない。NAPCP は4年ごとに更新される。2020年～2030年までの排出削減コミットメントを満たすためのプログラムが2019年4月を期限として加盟国から提出された。
- 各国の NAPCP を調査した結果、2005年基準年からの排出削減量を2030年まで推計を行っていた。排出量削減コミットメントの達成可能性は、①現状対策シナリオ（WM：With measures）と②追加対策シナリオ（WAM：With additional Measures）の2つのシナリオで実施されていた。

また、各国の NAPCP の特徴は以下のとおりである。

- ドイツでは、現状対策シナリオで、2030年にOx年平均値は大都市で $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ （5 ppb）増加するが、高濃度ピーク日数は減少するとの予測となっていた。
- イタリアにおける追加対策シナリオの概略は、2025年までに石炭の発電を段階的に廃止すること、再生可能エネルギーの発電をシェア55%に引き上げること、約500万台の電気自動車の普及、メタンを動力源とする貨物輸送の普及、温室効果ガス排出量を2005年比で33%削減することである。
- EU の対策メニューのポリシーは、大気保全政策とエネルギー政策の一貫性の観点から温室効果ガスを排出削減する Win-Win 対策（win-win solution）に主軸を置いていた。

2. 中国・韓国の対策実態のまとめ

- 中国では SO₂、NO_x、及び粒子状物質については、排出削減に大きな成果を上げたが、VOC 対策は比較的遅れていた。2015 年 8 月に公布された新しい大気法には、監視範囲に初めて VOC が含まれ、VOC 対策への法的根拠を提供した。

《打赢蓝天保卫战三年行动计划》(2018~2020 年)(青空保護勝利戦 3 年行動計画 2018~2020)では、VOC を環境保護税の徴収範囲に組み入れることの検討、汚染排出許可管理条例の制定などが挙げられている。

2019 年 6 月に、《重点行业挥发性有机物综合治理方案》(指定重点地域における重点産業 VOC 汚染物質管理方案)を公布し、指定重点地域を対象に、VOC 排出に関する排出管理(測定、記録、データ共有)を第一ステップとして求めることを定めている。さらに、2020 年 6 月に《2020 年挥发性有机物治理攻坚方案》(VOC を管理するための攻略方案)を公布した。

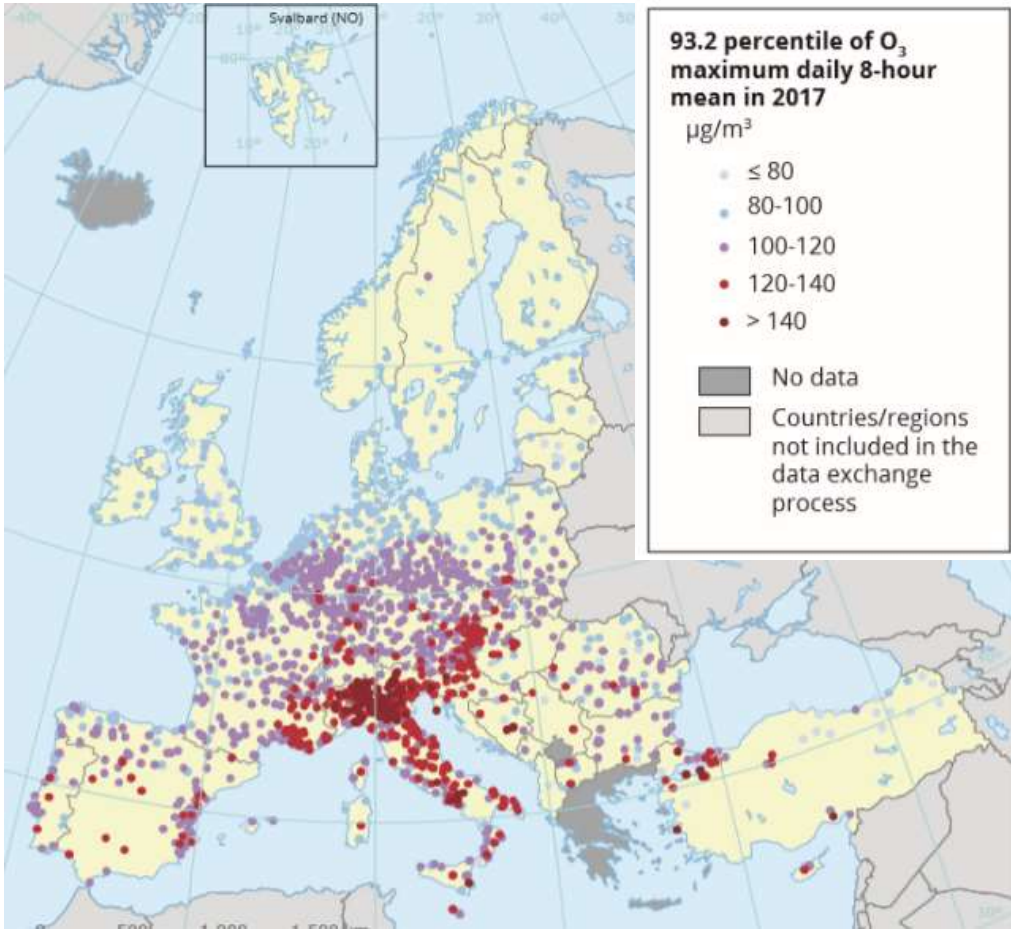
- 韓国では、2014 年 12 月に、国立環境科学院が「オゾン総合対策確立準備企画研究」なる報告書を、韓国大気環境学会の研究者グループを通じてまとめた。長期的なオゾン管理対策作りのために現状を分析し、オゾン総合対策確立のための R&D 研究計画を提言している。2020 年 4 月、オゾン総合対策を実施するための中長期の計画として「第 2 次首都圏大気環境管理基本計画(2015-2024)の修正計画」が提示された。2020~2024 年までの VOCs 削減量は、2016 年を基準に VOCs を 7%減としており、発生源別の削減目標量を公表している。

3. 研究動向文献レビューのまとめ

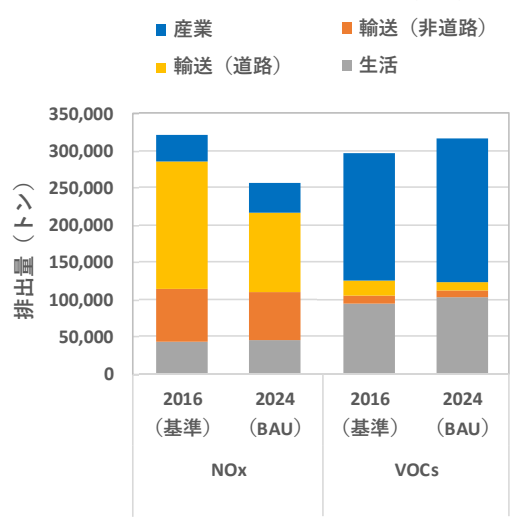
米国 14 件、欧州 8 件をレビュー対象とした。

- 米国の研究では、Ox 濃度推計モデルの動的評価に関する研究が 3 件あった。
- 森林制御対策 (Forest control measures) が 3 件と多かった。自然由来の VOC 発生の対策をしなければ環境基準を達成できない事情と、広大な土地を有するという州の特徴を表している。
- 1997 年基準未達成時に策定した 20 州の SIP のレビューでは、オゾン前駆物質の削減の大部分が、州独自の規制からではなく、米国連邦政府の対策から生じたと考えられた。州独自の対策がどの程度改善に貢献したかは不明と報告されている。
- 2003 年に実施した NO_x SIP Call の対策効果を評価した研究では、ニューヨーク州を対象に、オゾンの日最大 8 時間値が低下したことを報告した。
- 欧州の 5 件の研究報告 (ポルトガル、スペイン、イタリア、フランス) で共通していた点は、EU 諸国の前駆物質削減対策では限界があり、移流 (長距離移動や対流圏の垂直拡散) による影響が大きいことを指摘している。

表 34 調査対象地域のまとめ

	EU 全体
大気汚染 の状況	 93.2 percentile of O₃ maximum daily 8-hour mean in 2017 µg/m³ ● ≤ 80 ● 80-100 ● 100-120 ● 120-140 ● > 140 ■ No data ■ Countries/regions not included in the data exchange process オゾン濃度（日最大 8 時間値の 93.2 パーセントイル）は、地中海沿岸部で高濃度。
発生源・ 要因	西地中海地域のオゾン高濃度出現は、都市と農村で頻繁に観察され、都市で排出された前駆物質が、太陽放射と海風循環により都市部から農村地域に輸送されるメカニズムである。地域における前駆物質の排出と地域輸送が要因となっている。
取組状況	EU では、NEC 指令によって、EU 加盟国は大気汚染規制プログラム（NAPCP）を策定する。2020 年～2030 年までの排出削減コミットメントを満たすためのプログラムが 2019 年 4 月を期限として各 EU 加盟国から提出された。
対策の 特徴	EU は、Directive（指令）や Regulation（規制）に基づき、新技術の導入やエネルギー消費の削減など長期的な対策を実施。 EU の Directive や Regulation の方針として、大気保全政策とエネルギー政策の一貫性の観点から、省エネルギー・温室効果ガスの排出を削減する Win-Win Solution に主軸を置いている。
越境汚染	欧州最西端でのオゾンバックグラウンド濃度が増加していることから、移流（長距離輸送や垂直拡散）による影響が大きいことを指摘している。NO_x と NMVOC を削減しても、気候変動による気温上昇、東アジアでのオゾン生成の増加、世界的なメタン排出増加によって、相殺される。

	ドイツ	オーストリア	イタリア
大気汚染 の状況	<EU 全体参照>	<EU 全体参照>	<EU 全体参照> オゾンは 2 次拡散汚染物質として空間的・時間的スケールが大きい、イタリア全国で均一な濃度分布を示す。海上に蓄積された O ₃ が陸地に輸送される沿岸部においてオゾン濃度が最大。
排出量等	NO _x と NMVOC の排出量は EU 全体の 15.8%、15.3%を占め、どちらも最大排出国である。NO _x は 40%が移動発生源。NMVOC 排出量は 56%が産業プロセスである。	NO _x と NMVOC の排出量は EU 全体の 1.9%、1.7%を占める。ドイツ、イタリアと比べて排出量が少ない。	NMVOC 排出量は EU 全体の 13.5%を占め 2 番目の排出国である。NO _x 排出量は EU 全体の 9.4%を占め第 5 位である。
取組状況	NO _x 、NMVOC とともに、移動発生源の対策が最も大きい。環境ゾーンや古い車両の廃棄インセンティブにより、車両の更新が行われた。	1980～90 年代は、EU の規制に先行して、酸性雨やオゾン濃度対策を実施し、EU の大気汚染対策に先進的な役割を果たしてきた。 NO _x は移動発生源、NMVOC は移動発生源、印刷、塗装の排出規制が主要な対策である。	以下の分野で対策措置を講じている。 ・発電および産業活動 ・都市部の移動発生源 ・家庭の燃焼設備。 特に大気汚染が著しいポー川流域地域で協定を締結して上記対策を進めている。
対策の特徴			
越境汚染	<EU 全体参照>	<EU 全体参照>	<EU 全体参照>

	中国	韓国
大気汚染 の状況	2017 年では、27 省(市)のうち、北京など 8 省(市)で国家基準（日最大 8 時間値の 90%値 160ppb）を非達成。	2010～2018 年では、全首都圏 3 地域が、環境基準（8 時間値 60 ppb）を非達成。
発生源・ 要因	VOC や NO _x 排出量の統計データが公表されていないため、現時点で発生源・要因の説明することが困難である。	 ■ 産業 ■ 輸送（非道路） ■ 輸送（道路） ■ 生活 排出量（トン） 350,000 300,000 250,000 200,000 150,000 100,000 50,000 0 2016 (基準) 2024 (BAU) 2016 (基準) 2024 (BAU) NO_x VOCs
取組状況	2015 年 8 月に新しい大気法に初めて VOC が含まれた。VOC の排出削減に注力し始めたばかりである。	2024 年までに VOCs 排出量を、2016 年基準で 7%減を目標とする。
対策の 特徴	VOC の排出管理が開始されたところである。	2020～2024 年までの対策メニュー別の削減目標量を公表している。（移動発生源 19%削減、ノンロード 13%削減、生活汚染減 19%削減）
越境汚染	情報なし	情報なし