

資料編

目次

1	米国	資料 1
1-1	米国における光化学オキシダント対策のフレームワーク	資料 1
1-2	米国におけるオゾンの環境基準と達成状況	資料 6
1-3	米国の州等における特徴的な枠組や取組	資料 10
1-3-1	ワシントン DC	資料 10
1-3-2	カリフォルニア州	資料 11
1-3-3	ニューヨーク州	資料 15
2	欧州	資料 18
2-1	欧州における光化学オキシダント対策のフレームワーク	資料 18
2-2	欧州におけるオゾンの環境基準と達成状況	資料 20
2-3	EU 加盟国における特徴的な枠組や取組	資料 30
2-3-1	ドイツ	資料 30
2-3-2	オーストリア	資料 36
2-3-3	イタリア	資料 38
3	中国・韓国	資料 41
3-1	中国	資料 41
3-2	韓国	資料 44
4	欧州ヒアリング結果	資料 47
4-1	ドイツ環境省	資料 47
4-2	欧州委員会	資料 55
5	検討会委員の意見・指摘事項	資料 64
6	研究動向文献レビュー	資料 69

資料目次

資料 1-1-①	大気浄化法（CAA）の概要	資料 1
資料 1-1-②	規制対象物質に関する大気環境基準（NAAQS）の概要	資料 1
資料 1-1-③	州実施計画（SIP）の概要	資料 1
資料 1-1-④	NAAQS 達成地域と未達成地域の指定	資料 2
資料 1-1-⑤	NAAQS 達成地域に求められる要件	資料 3
資料 1-1-⑥	NAAQS 未達成地域に求められる要件	資料 4
資料 1-1-⑦	オゾン未達成地域に対する要件	資料 4
資料 1-2-①	米国における PM _{2.5} およびオゾンに関する環境基準の推移	資料 6
資料 1-2-②	米国におけるオゾンの環境基準の見直しプロセス	資料 6
資料 1-2-③	米国におけるオゾンの大気環境濃度の推移	資料 7
資料 1-2-④	米国におけるオゾンの環境基準未達成地域	資料 7
資料 1-3-1-①	ワシントン DC におけるオゾンの 2015 年環境基準達成状況	資料 9
資料 1-3-1-②	ワシントン首都圏政府調整協議会の設置	資料 9
資料 1-3-1-③	Ozone Transport Commission (OTC) による取組み	資料 10
資料 1-3-2-①	カリフォルニア州におけるオゾンの 2015 年環境基準達成状況	資料 11
資料 1-3-2-②	カリフォルニア州における SIP 作成の観点	資料 11
資料 1-3-2-③	カリフォルニア州の対策と予想排出削減量	資料 12
資料 1-3-2-④	カリフォルニア州におけるインセンティブプログラムの予算額の推移	資料 13
資料 1-3-2-⑤	カリフォルニア州におけるオンロード小型車向け ZEV 規制	資料 14
資料 1-3-3-①	ニューヨーク州におけるオゾンの 2015 年環境基準達成状況	資料 15
資料 1-3-3-②	ニューヨーク州の対策と予想排出削減量	資料 15
資料 1-3-3-③	PlaNYC の概要（ニューヨーク市）	資料 16
資料 1-3-3-④	NYCCAS 及びクリーンに燃焼する暖房用燃料の利用促進	資料 17
資料 2-1-①	欧州の大気保全施策の概要	資料 18
資料 2-1-②	環境大気質指令（AAQ）	資料 18
資料 2-1-③	国別排出上限指令（NEC 指令）	資料 19
資料 2-1-④	国家大気汚染規制プログラム（NAPCP）	資料 19
資料 2-2-①	欧州におけるオゾンの環境基準	資料 20
資料 2-2-②	NO _x 及び NMVOC の達成状況	資料 22
資料 2-2-③	欧州におけるオゾンの大気濃度	資料 24
資料 2-2-④	国別のオゾンの大気濃度と目標値	資料 25
資料 2-2-⑤	オゾン濃度の経年変化	資料 25
資料 2-2-⑥	欧州におけるオゾン前駆物質の排出量	資料 26
資料 2-3-1-①	ドイツのオゾン及び PM _{2.5} 対策	資料 30
資料 2-3-1-②	ドイツにおける大気汚染排出削減年次推移	資料 31
資料 2-3-1-③	ドイツにおける排出予測とオゾン濃度推計	資料 32
資料 2-3-1-④	ドイツにおける WM (With measure) シナリオ	資料 33
資料 2-3-2-①	オーストリアにおける排出削減コミットメント	資料 36
資料 2-3-2-②	オーストリアにおける NO _x 及び NMVOC 排出量と削減目標	資料 37

資料 2-3-3-① イタリアにおけるオゾン濃度の状況.....	資料 38
資料 2-3-3-② イタリアにおける排出削減コミットメント.....	資料 38
資料 2-3-3-③ イタリアにおけるオゾン対策	資料 39
資料 2-3-3-④ イタリアにおける WAM シナリオによるオゾン濃度予測.....	資料 39
資料 3-1-① 中国におけるオゾン濃度の状況	資料 41
資料 3-1-② 北京市におけるオゾン濃度の状況	資料 42
資料 3-1-③ 中国における環境基準	資料 42
資料 3-1-④ 中国における VOC 管理強化の動向	資料 43
資料 3-2-① 韓国の大気保全施策	資料 44
資料 3-2-② 韓国の環境基準.....	資料 44
資料 3-2-③ 韓国におけるオゾンの年平均濃度の空間分布.....	資料 45
資料 3-2-③ 韓国の首都圏におけるオゾン濃度	資料 46
資料 3-2-④ 韓国における VOCs の削減目標	資料 47
資料 4-① ドイツ環境省ヒアリング結果	資料 48
資料 4-② 欧州委員会ヒアリング結果	資料 55
資料 5-① 検討会委員の意見・指摘事項	資料 64
資料 6-① 検索データベース、検索キーワード、検索性数.....	資料 69
資料 6-② 日本の知見（日文）	資料 69
資料 6-③ 日本の知見（英文）	資料 71
資料 6-④ 米国の知見.....	資料 72
資料 6-⑤ 欧州の知見.....	資料 75
資料 6-⑥ 参考文献一覧.....	資料 76

1 米国

1-1 米国における光化学オキシダント対策のフレームワーク

資料 1-1-① 大気浄化法 (CAA) の概要

米国における大気保全施策の根拠法は、大気浄化法 (CAA) である¹。同法は、国民の健康と公共の福祉を守るため、米国全土における固定汚染源及び移動汚染源からの大気汚染物質の排出規制を目的とした連邦法²であり、1963 年に制定された。

CAA は、米国環境保護庁 (US EPA) に全国大気環境基準 (NAAQS) を設定する権限を付与し、州・地方政府には、州実施計画 (SIP) など NAAQS を達成するために必要な措置を講じることを義務付けることにより、米国における大気質管理の基本的な枠組みを提供している。

資料 1-1-② 規制対象物質に関する大気環境基準 (NAAQS) の概要

CAA は、基準大気汚染物質 (Criteria Pollutants)、有害大気汚染物質、酸性雨の 3 つをその規制対象としている。この内、CAA は、基準大気汚染物質として、オゾン、一酸化炭素 (CO)、鉛、二酸化窒素 (NO₂)、粒子状物質 (PM₁₀、PM_{2.5})、二酸化硫黄 (SO₂) の 6 物質を規定している。

また、CAA は、上記基準大気汚染物質を国民の健康と福祉を害する物質として、EPA に、全国大気環境基準 (NAAQS) を定めることを義務付けている。NAAQS は、大気中における上記汚染物質の最大許容濃度限度を数値により示したものであり、一種規制 (Primary Standards) 及び第二種規制 (Secondary Standards) の 2 つの基準に分類されている。

第一種規制は国民の健康保護、特にぜん息者、子ども、年配者など環境影響を受けやすい人々の健康を守る目的で、第二種規制は視界、動物や作物、植生や建造物などの公共の福祉を保護する目的で定められている³。EPA は、5 年ごとに基準大気汚染物質の健康影響など示す科学データを見直し、NAAQS の変更について検討することを義務付けられている⁴。

資料 1-1-③ 州実施計画 (SIP) の概要

CAA は、州に対して、管轄圏内における NAAQS の維持、達成を目的とした州実施計画 (SIP) ⁵ の策定を義務付けている。SIP は、NAAQS 第一種規制、第二種規制それぞれを達成するための実施 (Implementation)、維持 (Maintenance)、執行 (Enforcement) について定めなければならない。SIP

¹ EPA. Clean Air Act Text. Retrieved on May 24, 2019 from <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-text>. CAA に加え、連邦規則集 (CFR) 第 40 環境保護 (Title 40 Protection of Environment)、第一章 C 節 (大気対策)、U 節 (大気汚染抑制) それぞれに大気浄化法 (Clean Air Act) の関連する規定、ガイダンス等が定められている。連邦規則集 (CFR) 第 40 環境保護は、米国環境保護庁 (EPA) が管理する規則を集めたものである。Government Publishing Office. Electronic Code of Federal Regulations. Title 40: Protection of Environment. Retrieved on September 4, 2019 from <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?gp=1&SID=a29d7f5f3855f62c6787673513bb9555&h=L&mc=true&tpl=/ecfrbrowse/Title40/40chapter1.tpl>.

² EPA. Summary of the Clean Air Act. 42 U.S.C. § 7401 et seq. (1970). Retrieved on May 24, 2019 from <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act>.

³ 42 U.S.C. § 7409. (a) (b). Retrieved on May 23, 2019 from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapl-partA-sec7409.htm>.

⁴ 42 U.S.C. § 7409 (d). Retrieved on May 23, 2019 from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapl-partA-sec7409.htm>.

⁵ 42 U.S.C. § 7410. State implementation plans for national primary and secondary ambient air quality standards. Retrieved on May 29, 2019 from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapl-partA-sec7410.htm>.

に定めなければいけない項目としては、執行可能な排出制限及び管理措置、NAAQS 遵守・達成のスケジュール、大気環境を監視する手続き、執行措置などがある。

州は SIP を EPA に提出しなければならず、EPA は法定期限内に、州により提出された SIP について承認、不承認の判断をしなければならない。当該 SIP が、EPA による承認を得た場合、連邦法になり、州法及び連邦法において法的拘束力を有することになる⁶。他方、不承認となった場合、EPA は、州に対して連邦実施計画（Federal Implementation Plan）を課することができる⁷。

本研究では、米国 50 州（および首都ワシントン）の環境部局の公式 WEB サイトにアクセスし、オゾン（1997、2008、2015 年）および PM_{2.5}（1997、2006、2012 年）の各基準年度の環境基準未達成州における以下の SIP を入手した。

表 1 米国 50 州及び首都ワシントンの SIP 入手結果

	Ozone			PM _{2.5}		
	1997	2008	2015	1997	2006	2012
1 Alabama	○			○	○	
2 Alaska					●	
3 Arizona	○	●	○		●	
4 Arkansas	○	●	●*		●*	
5 California	●	●	○	●	○	●
6 Colorado	●	○	○			
7 Connecticut	●	●	●	●	●	
8 Delaware	●	○	○	●	●	
9 Florida						
10 Georgia	○	○	○	○		
11 Hawaii						
12 Idaho			●*		○	●
13 Illinois	○	●	●	●		
14 Indiana	●*	●	●	●	●*	●*
15 Iowa						
16 Kansas						
17 Kentucky	○	●*	●	○		●*
18 Louisiana						
19 Maine	○					
20 Maryland	●	●	○	○		●*
21 Massachusetts	●	●	●*	●*		●*
22 Michigan	○		●	●	○	
23 Minnesota						
24 Mississippi	○	○				
25 Missouri	○	○	○	○		
26 Montana				○		
27 Nebraska						
28 Nevada	●*	●*	○	●*	●*	
29 New Hampshire	○	●*	●*			●*
30 New Jersey	●	●	●	●	●	
31 New Mexico			○			
32 New York	●	●	●	●	●	●*
33 North Carolina		●*		○		
34 North Dakota						
35 Ohio	●*	●	●	●	●	●
36 Oklahoma						
37 Oregon					○	
38 Pennsylvania	○	○	○	○	○	○
39 Rhode Island	○				●*	
40 South Carolina	●	●				
41 South Dakota						
42 Tennessee	○	○		○	○	
43 Texas	●	○	○	●*	●*	
44 Utah			○		○	
45 Vermont						
46 Virginia	○	○	○	○		
47 Washington					○	
48 West Virginia	○	●*	●*	○	○	
49 Wisconsin	○	●	○		●	
50 Wyoming		○				
51 Washington DC	●	●	○	●		

○: 未達成地域だがSIP入手できず
●: 未達成地域、SIP入手
●*: 達成地域だがSIP入手

資料 1-1-④ NAAQS 達成地域と未達成地域の指定

EPA は、大気管理地域（Air Quality Control Regions: 以下「AQCR」）⁸における基準大気汚染物質の大気濃度が NAAQS を達成しているか否かについて評価しなければならない。EPA による評価は、各 AQCR における大気モニタリング機関から得られたデータに基づいて行われ、基準値を達成している地域を達成地域（attainment area）に、基準値を達成していない地域を未達成地域（non-attainment areas）に指定する⁹。この他、CAA は判断するためのデータが不足している地

⁶ 42 U.S.C. § 7413. Federal enforcement. Retrieved on May 23, 2019 from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapl-partA-sec7413.htm>.

⁷ 42 U.S.C. § 7410. State implementation plans for national primary and secondary ambient air quality standards Retrieved on May 23, 2019 from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapl-partA-sec7410.htm>.

⁸ 42 U.S.C § 7407. Air quality control regions. Retrieved on May 27, 2019 from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapl-partA-sec7407.htm>.

⁹ 42 U.S.C. § 7407. Air quality control regions (d). Retrieved on May 27, 2019 from

域を分類不可地域（**unclassifiable areas**）と規定しており、同地域に対しては達成地域と同様の義務（**obligation**）が科される¹⁰。

また、CAA は、大気汚染物質の発生源を大きく 2 つのカテゴリーに分けている。1 つは、「固定発生源（**stationary sources**）」¹¹で、工場、発電所、焼却場などが対象となっている。2 つ目は「移動発生源（**mobile sources**）」であり、自動車、航空機等からの動力源の排出を規制対象としている。CAA は、大気汚染物質発生源の分類、及び基準達成地域・未達成地域の地域分類により、規制方法及びその程度を定めている。

なお、州実施計画（SIP）では、大気汚染物質排出源が、①Point Sources、②Nonpoint Sources（または Area Sources）、③On-road Mobile Sources、④Non-road Mobile Sources の 4 つに分類されており、各汚染源の定義が、米国連邦規則第 40 巻パート 51「**REQUIREMENTS FOR PREPARATION, ADOPTION, AND SUBMITTAL OF IMPLEMENTATION PLANS**」¹²に規定されている。

同連邦規則によると、①Point Sources は大規模な固定発生源（**stationary**）とし、②Nonpoint Sources を特定の固定排出源または移動排出源のいずれにも属さない排出源（例：パン屋、プリンターなど）としている。③On-road Mobile Sources は、道路や高速道路において、人々や所有物を運ぶために使用される車両（道路を通行する車両）と定義している。④Non-road Mobile Sources は、ノンロード・エンジン（道路を通行する車両以外で使用されているエンジン）の車両（例：飛行機、機関車、建設・農業用機械など）と定義している。

資料 1-1-⑤ NAAQS 達成地域に求められる要件

基準達成地域に対しては、大気質基準を達成していることから、現状維持及び環境に大きな影響を与える大規模な汚染発生源の進出を防止することが、CAA により求められている。

具体的には、各州の管轄地域における基準大気汚染物質が NAAQS を超えることを防ぐため、重大な悪化防止許可プログラム（**Prevention of Significant Deterioration (PSD) permit program**）¹³ に規定されている措置等を、同地域の SIP に適用させることを義務付けている。同プログラムは、工場や発電所などの大規模固定発生源（**major sources**）をその規制対象としており、大規模汚染源が新規に設置又は改造される場合、建設前に許可（**permits**）を得ることを要件としている。

許可にあたっては、先ず、最善の利用可能な排出抑制技術（**Best Available Control Technology: BACT**）¹⁴の採用を求めている。BACT は、利用可能な手法及び技術を通じて各基準大気汚染物質を最大限

<https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapI-partA-sec7407.htm>.

¹⁰ EPA. The Clean Air Act in a Nutshell: How it works. Retrieved on May 27, 2019 from https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/caa_nutshell.pdf.

¹¹ 42 U.S.C. § 7602. Definitions (z). Retrieved May 27, 2019 from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapIII-sec7602.htm>.

¹² 40 CFR 51 – REQUIREMENTS FOR PREPARATION, ADOPTION, AND SUBMITTAL OF IMPLEMENTATION PLANS. Retrieved on June 20, 2019 from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2012-title40-vol2/pdf/CFR-2012-title40-vol2-part51.pdf>.

¹³ 42 U.S.C. Part C– Prevention of Significant Deterioration of Air Quality. Retrieved on May 27, 2019 from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapI-partC.htm>. EPA. New Source Review (NSR) Permitting: Prevention of Significant Deterioration Basic Information. Retrieved on May 27, 2019 from <https://www.epa.gov/nsr/prevention-significant-deterioration-basic-information>.

¹⁴ 42 U.S.C. Part C. § 7479. Definitions (3). Retrieved on May 28, 2019 from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapI-partC-subparti-sec7479.htm>.

に削除することを求めると同時に、それが、エネルギー、環境、経済の影響を考慮したものであることを求めている。

また、基準達成地域を、重大な汚染を許可しない地域（クラスⅠ）と、ある程度の汚染を許容できる地域（クラスⅡ）の 2 つに分類し、各地域における基準汚染物質の許容可能な汚染増加分（Increments）を設定し、この枠を超えた場合は、新規施設の設置を許可しないものとする規制が設けられている。

その他 PSD 許可プログラムには、大気質分析（Air Quality Analysis）を実施することが規定されている。大気質分析の主な目的は、管轄地域内における大規模汚染源から NAAQS や許容可能な汚染増加値を超えるような排出行為がなされないことを証明することである。加えて、大気拡散モデルに基づく大気濃度予測を義務付けている。

資料 1-1-⑥ NAAQS 未達成地域に求められる要件

CAA は、NAAQS 基準未達成地域に対して、SIP 策定に関する一般要件を定めている¹⁵。加えて、各規制対象物質に関するより詳細な SIP 策定要件も定めており、一般要件に代わり、各規制対象物質に関する詳細要件が科される場合がある。

一般要件において、新しい又は改訂された基準未達成地域に指定された州は、指定された日より、通常 3 年以内に SIP を提出しなければならない。州は、提出した SIP において、可及的速やかに（as expeditiously as practicable）基準を達成することを証明しなければならない。

また、州は、未達成地域に指定された日より 5 年以内に、NAAQS を達成しなければならない。他方、EPA が汚染状況の深刻度及び対応策の有効性を鑑み、達成時期の延長が必要であると認める場合、5 年から最大 10 年の猶予が与えられる¹⁶。

オゾン未達成地域に対しては、基準値達成期限が汚染状況の深刻度に応じて基準達成期限が決められており、Marginal 地域が 3 年、Moderate 地域が 6 年、Serious 地域が 9 年、Severe 地域が 15 年、Extreme 地域が 20 年と規定されている。

資料 1-1-⑦ オゾン未達成地域に対する要件

① Marginal Areas :

- ・ 全大気汚染物質排出インベントリー（3 年ごとに更新されたデータ）
- ・ 1.1 から 1 までのオフセット（既存固定汚染源の揮発性有機化合物の排出量を、同地域における新規固定汚染源の排出量より 10% 多く削減する）
- ・ 年間 100 トン以上排出する汚染源に対する合理的に利用可能な管理技術（Reasonably Available Control Technology: RACT）の適用。対象汚染起源については、1990 年以前に EPA が control technique guidelines¹⁷対象とした 9 産業に属するものとする。

¹⁵ 42 U.S.C. § 7502. Nonattainment plan provisions in general. Retrieved on September 4, 2019 from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapl-partD-subpart1-sec7502.htm>.

¹⁶ 42 U.S.C. § 7502. Nonattainment plan provisions in general (2) Attainment dates for nonattainment areas. Retrieved on September 4, 2019 from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapl-partD-subpart1-sec7502.htm>.

¹⁷ § 7511b. Federal ozone measures (a) Control techniques guidelines for VOC sources. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/USCODE-2013-title42/html/USCODE-2013-title42-chap85-subchapl-partD-subpart2-sec7511b.htm>.

② Moderate Areas :

- ・ Marginal areas に課せられている全要件を満たしていること
- ・ 6 年以内に VOX 排出量を 15%削減
- ・ 基本車両点検整備プログラムの適用
- ・ 年間 100 トン以上排出する汚染源に対する RACT の適用。対象汚染起源については、control technique guidelines 対象とした 9 産業を含むすべての産業に属するものとする
- ・ 月 1 万ガロン以上販売する給油所における蒸気回収
- ・ 1.15 から 1 までのオフセット

③ Serious Areas :

- ・ Moderate Areas に課せられている全要件を満たしていること
- ・ RACT 適用を目的として、VOC を排出する主要汚染物質を 100 トンから 50 トンに引下げ
- ・ 6 年以内に VOC 排出量の 15%削減を達成した後、7～9 年目にかけて、毎年 3%VOC の排出を削減する
- ・ モニタリングの改善
- ・ より強化された車両点検整備プログラムの適用
- ・ クリーン代替燃料使用の要求
- ・ 1.2 から 1 までのオフセット
- ・ 当該地域が、要件として定められている VOC 削減値を達成できない場合の代替計画の適用

④ Severe Areas :

- ・ Serious Areas に課せられている全要件を満たしていること
- ・ RACT 適用を目的として、VOC を排出する主要汚染物質を 50 トンから 25 トンに引下げ
- ・ より詳細な交通管理対策の適用
- ・ 改良ガソリンプログラムの実施
- ・ 1.3 から 1 までのオフセット
- ・ 当該地域が、要件として定められている VOC 削減値を達成できない場合、罰金として 1 トン当たり 5,000 ドルの支払い

⑤ Extreme Areas :

- ・ Severe Areas に課せられている全要件を満たしていること
- ・ RACT 適用を目的として、VOC を排出する主要汚染物質を 25 トンから 10 トンに引下げ
- ・ NOx を年間 25 トン排出するボイラーに対するクリーン燃料の使用、及び最新の管理対策の実施を要件化
- ・ 1.5 から 1 までのオフセット

1-2 米国におけるオゾンの環境基準と達成状況

資料 1-2-① 米国における PM_{2.5}およびオゾンに関する環境基準の推移

表 2 PM_{2.5} 大気質環境基準 (NAAQS) 推移¹⁸

基準年	第1種規制/第2種規制	評価基準	評価基準値	備考
1997	第1種規制・第2種規制 共通	24時間値	65 µg/m ³	3年間の平均が98パーセントイルを超えない
		年平均値	15 µg/m ³	3年間の年平均値
2006	第1種規制・第2種規制 共通	24時間値	35 µg/m ³	3年間の平均が98パーセントイルを超えない
		年平均値	15 µg/m ³	3年間の年平均値
2012	第1種規制	年平均値	12 µg/m ³	3年間の年平均値
	第2種規制	年平均値	15 µg/m ³	3年間の年平均値
	第1種規制・第2種規制 共通	24時間値	35 µg/m ³	3年間の平均が98パーセントイルを超えない

表 3 オゾン大気質環境基準 (NAAQS) 推移¹⁹

基準年	第1種規制/第2種規制	指標物質	評価基準	評価基準値	備考
1997	第1種規制/第2種規制	O ₃	8時間	0.08 ppm	3年間平均で、1日8時間あたりの年間最大濃度4位が基準値を超えない
2008	第1種規制/第2種規制	O ₃	8時間	0.075 ppm	3年間平均で、1日8時間あたりの年間最大濃度4位が基準値を超えない
2015	第1種規制/第2種規制	O ₃	8時間	0.070 ppm	3年間平均で、1日8時間あたりの年間最大濃度4位が基準値を超えない

資料 1-2-② 米国におけるオゾンの環境基準の見直しプロセス

表 4 米国におけるオゾンの環境基準の見直しプロセス (2015 年見直し時) ²⁰

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

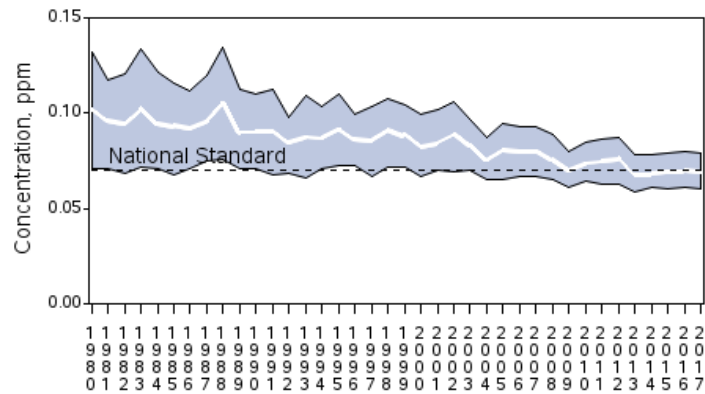
¹⁸ EPA. Table of Historical Particulate Matter (PM) National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). Retrieved on June 19, 2019 from <https://www.epa.gov/pm-pollution/table-historical-particulate-matter-pm-national-ambient-air-quality-standards-naaqs>.

¹⁹ EPA. Table of Historical Ozone National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). <https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/table-historical-ozone-national-ambient-air-quality-standards-naaqs>. EPA. 2015 National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) for Ozone. Retrieved on June 19, 2019 from <https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/2015-national-ambient-air-quality-standards-naaqs-ozone>.

²⁰ EPA 公式 WEB サイト「Ozone Quality Standard Review」の情報から整理 (<https://www.epa.gov/naaqs/ozone-o3-air-quality-standards>)

資料 1-2-③ 米国におけるオゾンの大気環境濃度の推移

Ozone Air Quality, 1980 - 2017
(Annual 4th Maximum of Daily Max 8-Hour Average)
National Trend based on 200 Sites



1980 to 2017 : 32% decrease in National Average

図 1 米国におけるオゾンの大気環境濃度の推移

出所：EPA. National Trends in Ozone Levels.

<https://www.epa.gov/air-trends/ozone-trends#oznat>

資料 1-2-④ 米国におけるオゾンの環境基準未達成地域

■1997 年基準未達成地域

※未達成地域は下図で色付けされた地域。地域の中で一部だけ色付けされた地域は、その地域が未達成であることを示す（以下、同様）。

8-Hour Ozone Nonattainment Areas (1997 Standard - Revoked)

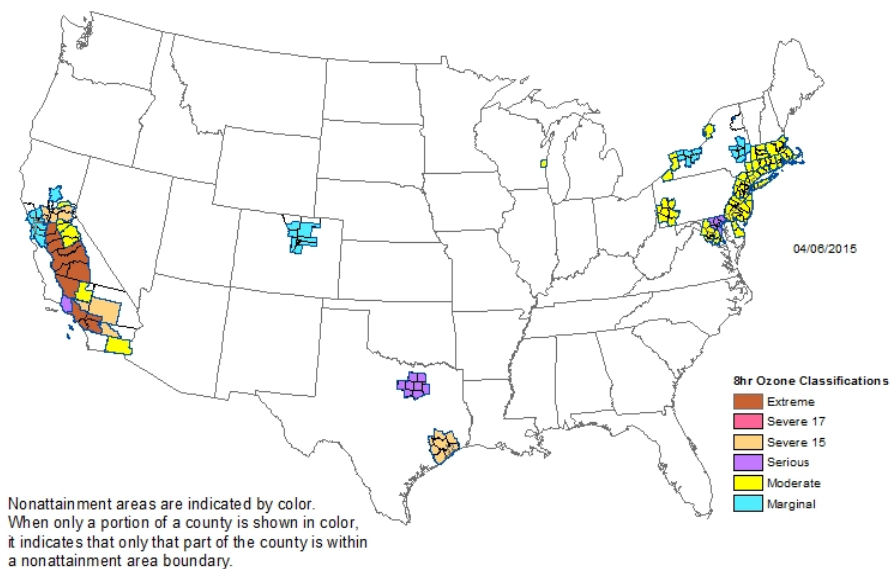


図 2 1997 年基準値のオゾン未達成地域の分類

出所：EPA. Ozone Nonattainment Areas (1997 Standard-Revoked)

<https://www3.epa.gov/airquality/greenbook/map8hr.html>

■2008 年基準未達成地域

8-Hour Ozone Nonattainment Areas (2008 Standard)

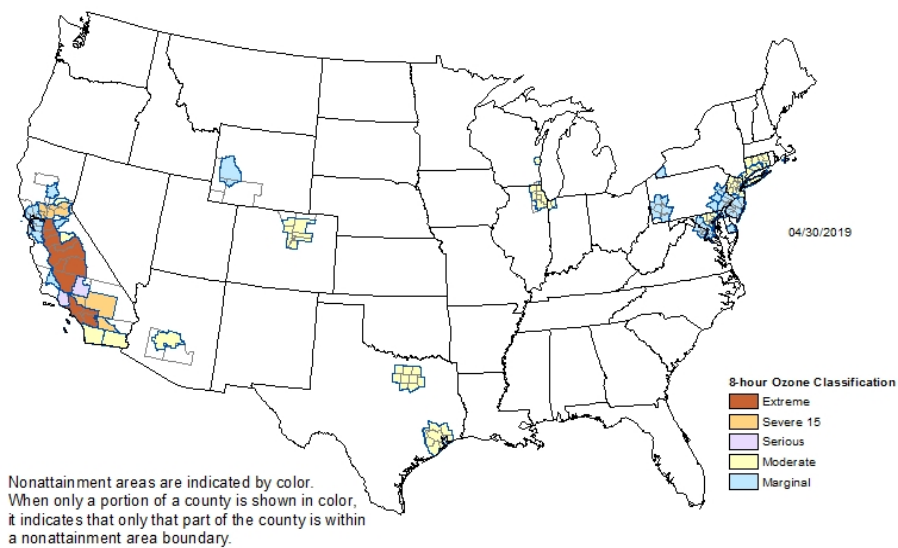


図3 2008 年基準値のオゾン未達成地域の分類

出所：EPA. 8-Hour Ozone Nonattainment Areas (2008 Standard)

https://www3.epa.gov/airquality/greenbook/map8hr_2008.html

■2015 年基準未達成地域

8-Hour Ozone Nonattainment Areas (2015 Standard)

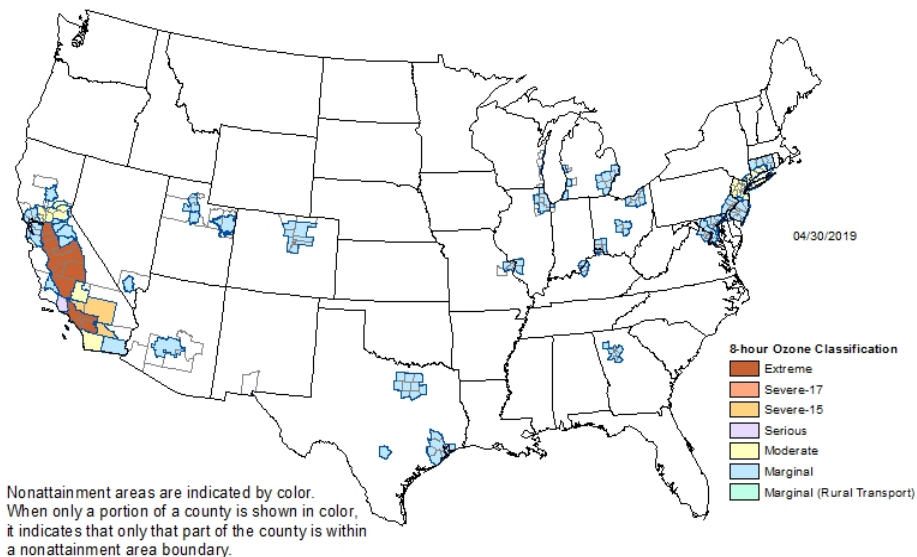


図4 2015 年基準値のオゾン未達成地域の分類

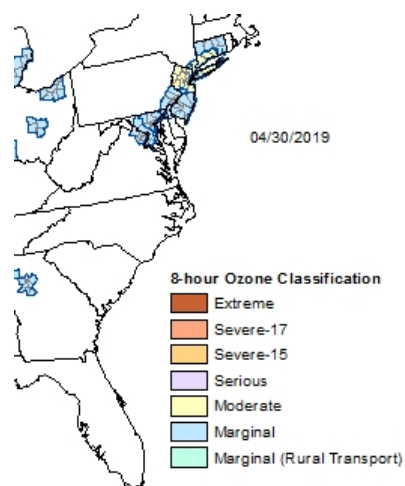
出所：EPA. 8-Hour Ozone Nonattainment Areas (2015 Standard)

https://www3.epa.gov/airquality/greenbook/map8hr_2015.html

1-3 米国の州等における特徴的な枠組や取組

1-3-1 ワシントン DC

資料 1-3-1-① ワシントン DC におけるオゾンの 2015 年環境基準達成状況



出所：EPA. 8-Hour Ozone Nonattainment Areas (2015 Standard)

https://www3.epa.gov/airquality/greenbook/map8hr_2015.html

図 5 ワシントン DC におけるオゾンの 2015 年環境基準達成状況

資料 1-3-1-② ワシントン首都圏政府調整協議会の設置

ワシントン首都圏政府調整協議会（Metropolitan Washington Council of Government : MWCG）は、Washington DC、Maryland 州、Virginia 州、これら 3 つの州の地域の汚染対策を行っている。



図 6 Washington DC-MD-VA Nonattainment Area Ozone Monitoring Sites²¹

²¹ Maintenance Plan for the Washington DC-MD-VA 2008 Ozone NAAQS Marginal Nonattainment Area. Metropolitan Washington Council of Governments (2017).

<https://www.mwcog.org/documents/2017/09/18/washington-dc-md-va-2008-ozone-naaqs-marginal-nonattainment-area--redesignation-request-and-maintenance-plan-air-quality-air-quality-conformity-ozone/>

資料 1-3-1-③ Ozone Transport Commission (OTC) による取組み

1 つの州だけでは、オゾン対策はできないため、他の州と協力して、「Ozone Transport Commission (OTC)」という複数の州からなる委員会がある。複数の州がお互いにオゾン濃度に影響しあっているため、複数の州から資金を集めて、この取組みを行っている。

【OTC の役割】

- ・ 光化学的モデリングによる推計を実施
- ・ 対策コストを評価
- ・ 委員会に企業から代表が参加し、州の取組に対して、企業がどれくらい取組めるかをディスカッションし、SIP の計画を行う。

Ozone Transport Commission (OTC) のメンバー

Connecticut
Delaware
District of Columbia
Maine
Maryland
Massachusetts
New Hampshire
New Jersey
New York
Pennsylvania
Rhode Island
Vermont
Virginia
U.S. Environmental Protection Agency



出所 : <https://otcair.org/about.asp>

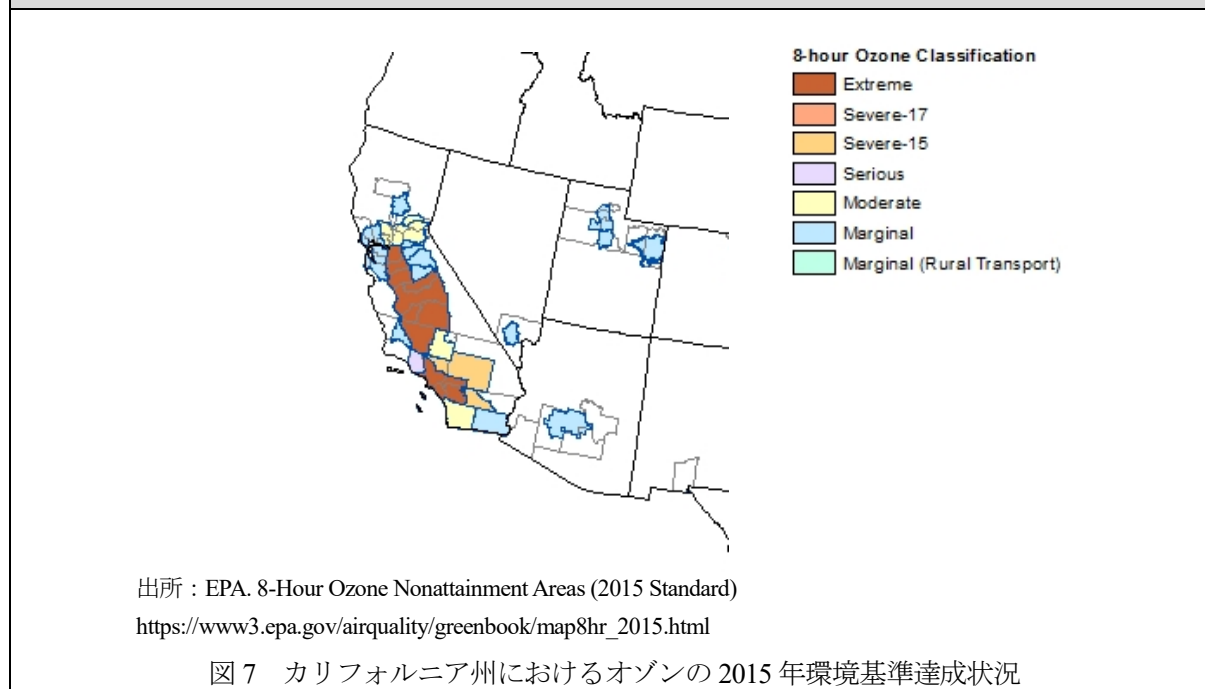
- ・ OTC では、光化学モデリングを担当していて、どれぐらい前駆物質を削減したら、オゾンがどれぐらい減るかをモデル推計する。SIP を作成するときに、インベントリを、スタート時点の年と、達成基準見込みの年、中間の年（計画通りにならなかった時）を作成しなければならない。
- ・ 光化学モデルは、それぞれの州ではなく、OTC が実施する。各州は、スタッフなどのリソースがないので、光化学モデルを OCT で実施した後、それぞれの州で、SIP に記述する。

【OTC におけるステークホルダーとのコミュニケーション】

OTC では、ステークホルダー（企業等）から自主的取り組みについて報告や、OTC からの提案についての意見 Statement をステークホルダーから受けたり、ステークホルダーと常にコミュニケーションを行っている。

1-3-2 カリフォルニア州

資料 1-3-2-① カリフォルニア州におけるオゾンの 2015 年環境基準達成状況



資料 1-3-2-② カリフォルニア州における SIP 作成の観点

カリフォルニア州では、CARB (California Air Resources Board) とローカル自治体が、SIP 策定の責任を有する。SIP を作成するにあたっては、表 2 に示す 4 つの観点(① Air Quality monitoring、(2) Emission inventory、(3) Air quality modeling、(4) Control strategy) から分析し、科学的・総合的に対策の立案を行っている。(California Air Resources Board, 2017) (California Air Resources Board, 2018)

表 5 SIP 作成のための 4 つの観点 (カリフォルニア州)

	4 つの観点	目的
①	Air Quality monitoring 大気環境モニタリング	・汚染の原因や汚染の状態を知る ・大気環境対策の有効性を評価する
②	Emission inventory 発生源インベントリ	・発生源の割合を把握し、定期的に更新する ・発生源を数百に分類 ・どの発生源からの削減が期待できるか、将来予測を行う
③	Air quality modeling 大気環境モデル	・どの物質を削減すべきか、どの前駆物質を削減すべきか、を把握するため大気環境モデルによる予測を行う
④	Control strategy 規制の戦略	・経済的、技術的、将来的に実践・持続可能性を考慮し、市民、企業、科学者、他国など様々な関係者を巻き込んで規制を検討する ・Cost-Effective, Long-Investment の観点から検討を行う ・規制の種類：①規制、②インセンティブ、③自主的取り組み、がある。

出所：米国都市ヒアリングをもとに CEIS 作成 (2019 報告書、p113)

資料 1-3-2-③ カリフォルニア州の対策と予想排出削減量

カリフォルニア州政府がオゾンおよび PM_{2.5} 排出量削減のために実施する対策は、カリフォルニア州の州対策実施計画 (State Implementation Plan : SIP) 「Revised Proposed 2016 State Strategy for the State Implementation Plan」(2017 年作成) に示されている。

カリフォルニア州では、CARB が SIP を作成しており、技術的な実行性、コストパフォーマンス、将来性等を考慮した包括的な戦略であるとしている。

カリフォルニア州の SIP では、大気中のオゾンと PM_{2.5} の削減を目指しており、2017 年版の SIP では主に自動車や船舶等の移動排出源 (Mobile Source) からの排出、消費財の製造過程における排出 (Consumer Products) からの削減に向けて記述されている。

表 6 SIP 対策による州全体の予想排出削減量

提案された対策	2015年			2031年		
	NOx	ROG*2	PM2.5	NOx	ROG*2	PM2.5
オンロード小型車(On-Road Light Duty)*1						
排出インベントリ	209	303	19	51	128	20
各対策による排出削減予値						
電気自動車・ゼロエミッション技術の利用	Advanced Clean Cars 2			2	1	<0.1
使用車両のクリーン排出機能検査	Lower In-Use Emission Performance Assessment			未定量化	未定量化	未定量化
ゼロエミッション技術の使用車両への適用及びゼロエミッション車両の普及	Further Deployment of Clean Technologies			5	16	0.1
カテゴリでの総削減量				7	17	0.1
オンロード大型車(On-Road Heavy-Duty)*1						
排出インベントリ	506	44	12	170	15	6
各対策による排出削減予値						
使用車両のクリーン排出機能検査	Lower In-Use Emission Performance Level			未定量化	未定量化	<0.1
NOx排出量削減エンジン技術の導入(カリフォルニア)	Low-NOx Engine Standard - California Action			24	--	--
NOx排出量削減エンジン技術の導入(連邦)	Low-NOx Engine Standard - Federal Action			28	--	--
中型車及び大型車対象温室効果ガス排出削減技術の導入	Medium and Heavy-Duty GHG Phase 2			未定量化	未定量化	未定量化
公共交通機関におけるクリーン技術の導入	Innovative Clean Transit			0.5	<0.1	<0.1
大型車へのNOx及び温室効果ガス排出削減技術の導入	Last Mile Delivery			1	<0.1	<0.1
認証システムを通じた次世代トラックバス技術促進	Innovative Technology Certification Flexibility			未定量化	未定量化	未定量化
空港シャトルバスへのNOx及び温室効果ガス排出削減技術の導入	Zero-Emission Airport Shuttle Buses			未定量化	未定量化	未定量化
ゼロ排出エンジンの普及を目的としたインセンティブ・プログラム	Incentive Funding to Achieve Further Emission Reductions from On-Road Heavy-Duty Vehicles			3	0.4	--
オンロード大型車を対象としたNOxのさらなる排出削減を目的としたインセンティブ・プログラム	Further Deployment of Cleaner Technologies: On-Road Heavy-Duty Vehicles			11	1	--
カテゴリでの総削減量				68	2	<0.1
オフロード国外排出源(Off-Road Federal and International Sources)*1						
排出インベントリ	336	44	12	420	56	14
各対策による排出削減予値						
鉄道を対象とした排出量規制	More Stringent national Locomotive Emission Standards			0	0.4	<0.1
船舶を対象とした排出量規制	Tier 4 Vessel Standards			未定量化	未定量化	未定量化
船舶を対象としたクリーン技術導入インセンティブ・プログラム	Incentive Low Emission Efficient Ship Visits			未定量化	未定量化	未定量化
カリフォルニア州の港に寄港する船舶への排出量規制	A-Berth Regulation Amendments			2	0.1	<0.1
船舶、鉄道、航空機へのクリーン技術導入の普及	Further Deployment of Cleaner Technologies			54	0.3	未定量化
カテゴリでの総削減量				65	1	<0.1
オフロード機器(Off-Road Equipment)*1						
排出インベントリ	351	304	20	193	200	10
各対策による排出削減予値						
フォークリフトへのゼロ排出技術導入	Zero-Emission Off-Road Forklift Regulation Phase 1			2	0.2	<0.1
非貨物のオフロード機器に対するゼロ排出技術の導入	Zero-Emission Off-Road Emission Reduction Assessment			未定量化	未定量化	未定量化
作業現場等におけるゼロ排出車等の推進	Zero-Emission Off-Road Worksite Emission Reduction Assessment			未定量化	未定量化	未定量化
空港の地上支援機器(GSE)に対するゼロ排出技術導入の推進	Zero-Emission Airport Ground Support Equipment			<0.1	0.1	<0.1
住宅用及び商業用小型オフロードエンジン(SORE)に対するゼロ排出技術の導入及び排出規制の強化	Small Off-Road Engines			4	36	<0.1
輸送用冷凍ユニット(TRU)へのゼロ排出技術の導入・排出規制	Transport Refrigeration Units Used for Cold Storage			未定量化	未定量化	未定量化
ディーゼル燃料排出規制	Low-Emission Diesel Requirement			4	未定量化	0.5
コネクテッドカー及び自律走行車両使用による使用効率の向上・作業現場の効率化	Further Deployment of Cleaner Technologies			18	20	未定量化
カテゴリでの総削減量				65	56	0.5
消費者製品(Consumer Products)*1						
排出インベントリ	--	204	--	--	231	--
各対策による排出削減予値						
消費者製品からのROG排出規制	Consumer Products Program			--	8~10	--
カテゴリでの総削減量				--	8~10	--
推定総排出削減量				168	84-86	0.6

出所: California Environmental Protection Agency Air Resources Board. Revised Proposed 2016 State Strategy for the State Implementation Plan. 2017.

*1 2031 年値は、現在実施されている排出抑制措置による排出削減量を反映した排出量

*2 ROG: Reactive Organic Gas (反応性有機ガス)

資料 1-3-2-④ カリフォルニア州におけるインセンティブプログラムの予算額の推移

カリフォルニア州では市民を対象としたインセンティブプログラムを非常に重要な対策と位置付けており、インセンティブプログラムの予算額が非常に大きい。

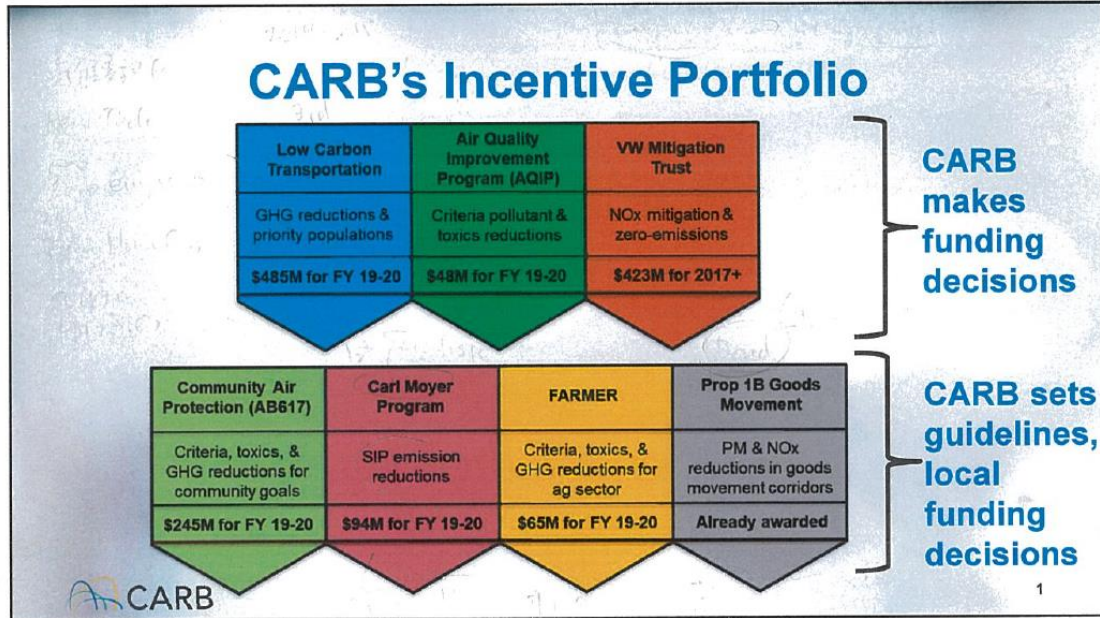


図 8 カリフォルニア州におけるインセンティブプログラム²²

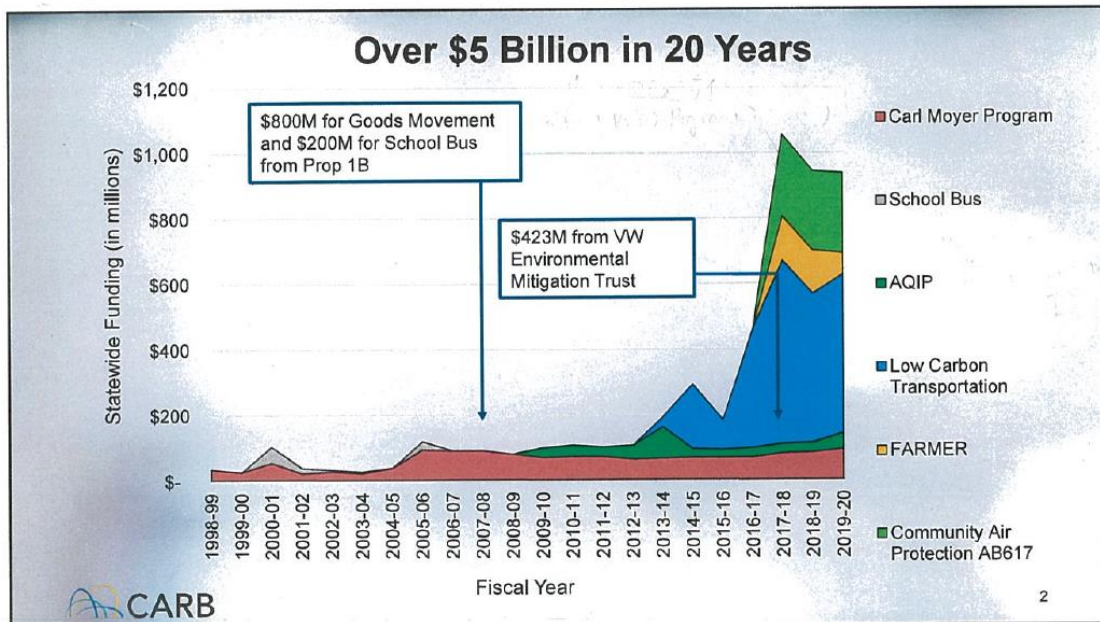


図 9 カリフォルニア州におけるインセンティブプログラムの予算額の推移²³

²² 米国都市ヒアリングにおける California Air Resources Board 提供資料

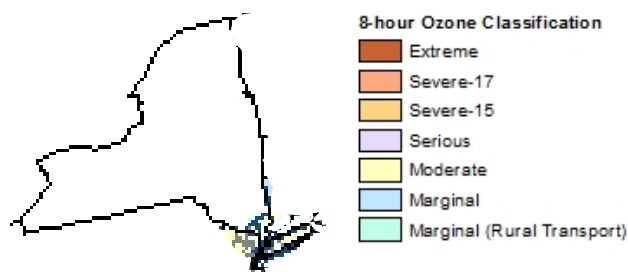
²³ 同

資料 1-3-2-⑤ カリフォルニア州におけるオンロード小型車向け ZEV 規制

カリフォルニア州において、特に注目されている対策として、オンロード小型車向け「ゼロエミッションビークル（ZEV）規制」（Zero Emission Vehicle Regulation、以下「ZEV 規制」）が挙げられる。ZEV 規制は、自動車メーカーに対して、ZEV の具体的な年間販売台数を要求することにより、州の長期的な排出削減目標を達成するように設計されている。自動車メーカーは、カリフォルニア州における自動車販売台数に基づいて、各年における ZEV の製造台数が要求される。要求される製造台数はクレジット率（percent credits）で示され、2018 年では 4.5%、2025 年までに 22%と設定されている。

1-3-3 ニューヨーク州

資料 1-3-3-① ニューヨーク州におけるオゾンの 2015 年環境基準達成状況



出所：EPA. 8-Hour Ozone Nonattainment Areas (2015 Standard)

https://www3.epa.gov/airquality/greenbook/map8hr_2015.html

図 10 ニューヨーク州におけるオゾンの 2015 年環境基準達成状況

資料 1-3-3-② ニューヨーク州の対策と予想排出削減量

ニューヨーク州におけるオゾン排出量削減対策は、「New York State Implementation Plan for the 2008 Ozone National Standards」に示されている。同 SIP は、2012 年 7 月、EPA がニューヨーク州を含む the New York-Northern New Jersey-Long Island 地域（以下、「ニューヨーク未達成地域」）を 2008 年オゾン基準値未達成地域（marginal）に指定したことを受け、作成されたものである。

表 7 1997 年基準 SIP および 2008 年基準 SIP に記載されているオゾン対策

各排出源に対する対策		1997 年基準 SIP	2008 年基準 SIP
固定排出源対策			
建設・産業用メンテナンス塗料の VOC 排出量削減規定	Part 205: Architectural and Industrial Maintenance (AIM) Coatings	○	○
大規模固定排出源に対する NOx 及び VOC 排出量削減措置の適用	Subpart 212-3: Reasonably Available Control Technology for Major Facilities		○
アスファルト製造工場への NOx 排出量削減規定	Subpart 212-4: Control of Nitrogen Oxides for Hot Mix Asphalt Production Plants		○
ポルトランド・ガラス工場に対する排出量削減措置	Part 220: Portland Cement Plants (220-1) and Glass Plants (220-2)		○
VOC を含む溶剤による金属表面処理ガイドライン	Part 226: Solvent Metal Cleaning Processes	○	○
大規模施設に対する NOx 排出規制及削減措置適用	227-2: Reasonably Available Control Technology (RACT) for Major Sources of Oxides of Nitrogen (NOx)	○	○
塗料に含まれる VOC 量の制限	Subpart 228-1: Surface Coating Processes	○	○
接着剤、シーリング材、下塗材に含まれる VOC 量の制限	Subpart 228-2: Commercial and Industrial Adhesives, Sealants and Primers		○
石油貯蔵関連施設に対する VOC 排出制限	Part 229: Petroleum and Volatile Organic Liquid Storage and Transfer	○	○
ガソリンスタンドへの蒸気回収システム等の導入	Part 230: Gasoline Dispensing Sites and Transport Vehicles	○	○
大規模固定排出源への新規発生源審査等	Part 231: New Source Review for New and Modified Facilities	○	○
医薬品及び化粧品製造工場から排出される VOC 量の制限	Part 233: Pharmaceutical and Cosmetic Manufacturing Processes	○	○
出版物等の印刷を通じた VOC 排出量の管理、制限	Part 234: Graphic Arts	○	○
排出管理技術導入による VOC、NOx 等の排出制限	Maximum Achievable Control Technology: MACT	○	○
消費者製品、市販用製品に含まれる VOC 量規制	Part 235: Consumer Products	○	○
携帯用燃料容器からの VOC 蒸発抑制措置の適用	Part 239: Portable Fuel Container Spillage Control		○
舗装用カッターバックアスファルトおよびアスファルト乳剤の使用制限	Part 241: Asphalt Pavement and Asphalt-Based Surface Coating		○
1962～1977 年に操業開始した固定排出源に対する NOx 排出量制限	Part 249: Best Available Retrofit Technology (BART)		○

移動排出源対策			
自動車からのオゾン前駆物質排出規制	Part 217 Motor Vehicle Emissions	○	
所領点検整備プログラムの実施	Subpart 217-6: Motor Vehicle Enhanced Inspection and Maintenance Program		○
ニューヨークで販売される車両へのカリフォルニア排出基準の適用	Part 218: Emission Standards for Motor Vehicles and Motor Vehicle Engines	○	○
自動車に対する自動車用燃料発揮性及びロード蒸気圧の制限	Part 225-3: Fuel Consumption and Use - Gasoline	○	○
改良ガソリンの販売促進	Federal Reformulated Gasoline - Phase I and II	○	○
重畳車を対象としたNOx排出量規制	Federal Highway Diesel Fuel (with State Backstop) and Heavy Duty Highway Diesel Emissions Standards		○
個人所有船を対象としたNOx等排出規制	Part 210: Emissions and Labeling Requirements for Personal Watercraft Engines		○
非ディーゼルエンジン(建設、産業・空港)を対象としたNOx及びPM排出量規制	Federal Non-Highway Diesel Fuel and Emissions Standards		○

出所: New York State Implementation Plan for Ozone (8-Hour NAAQS): Attainment Demonstration for New York Metro Area (Final Proposed Version)、New York State Implementation Plan for the 2008 Ozone National Ambient Air Quality Standard (Final Proposed Version)を基に CEIS 作成

資料 1-3-3-③ PlaNYC の概要 (ニューヨーク市)

ニューヨーク市は、2007 年に発表した持続可能な発展のための包括的計画 (以下、PlaNYC) ²⁴において、大気状況の改善 (Improve Air Quality) を目標の 1 つとして掲げている。また、PlaNYC では、大気環境計画 (Our plan for air quality) を策定し、PM_{2.5}、SO₂、NO_x、VOCs 排出削減を達成するための 14 の対策を挙げている²⁵。

大気環境計画 (Our plan for air quality) :

- 移動排出源からの排出削減
 1. ニューヨーク市交通計画への理解促進
 2. 個人所有車両で使用する燃料効率の向上
 3. タクシー、ブラックカー (リムジン等)、レンタル車両からの排出削減
 4. 市の投資、インセンティブによるディーゼル車両からの排出削減 (買い替え、改良、クリーンエネルギー)
 5. スクールバスからの排出削減
- 他の移動排出源からの排出削減
 6. フェリーの改良及びよりクリーン燃料の使用促進
 7. ポートオーソリティー (港湾管理委員会) と協力し、港湾施設からの排出を削減
 8. 建設車両からの排出の削減
- 建物からの排出削減
 9. ニューヨーク市エネルギー計画への理解促進 (エネルギー消費削減、及びよりクリーンなエネルギー供給によって、エネルギーに関連した排出を削減)
 10. よりクリーンに燃焼する暖房用燃料の使用促進
- 自然を利用した大気環境改善策
 11. ニューヨーク市オープンスペース計画への理解促進 (植林の加速による大気汚染物質の除去)
 12. パークランドにおける森林再生に向けた取り組み
 13. 市内各地 (講演、歩道、私有・公共土地、学校など) における植林の増大
- 課題の範囲に対する理解
 14. ニューヨーク市における共同大気環境調査の立ち上げ

²⁴ The City of New York. PlaNYC: A Greener, Greater New York. Retrieved on September 6, 2019 from http://www.nyc.gov/html/planyc/downloads/pdf/publications/full_report_2007.pdf.

²⁵ 前掲書、p.121.

資料 1-3-3-④ NYCCAS 及びクリーンに燃焼する暖房用燃料の利用促進

PlaNYC を踏まえた大気管理対策に加え、ニューヨーク市は、ニューヨーク市立大学と共同で、2008 年より、New York City Community Air Survey (NYCCAS) ²⁶を実施している。NYCCAS は、同市における大気汚染状況のモニタリング、大気汚染問題の特定及び対策の実施を目的として行われている。

ニューヨーク市は、2009 年 NYCCAS 冬季報告を発表し、浮遊粒子状物質及び二酸化硫黄 (SO₂) の排出要因が、建物で使用される暖房用燃料の燃焼によるものであるとの報告を行った²⁷。ニューヨーク市の建物では、4 号、6 号暖房燃料を燃焼させており、これらは暖房燃料の中で最も汚染物質を多く含む燃料であり、他の利用可能な暖房用燃料よりも硫黄、ニッケルなど汚染物質の含有量が高いものである。

同報告を受け、ニューヨーク市議会は、2010 年に、4 号暖房燃料硫黄含量を 50%削減する法律²⁸を可決し、ニューヨーク市環境保護局は、2011 年に、建物の管理者に対して、4 号、6 号暖房燃料から、よりクリーンな燃料への切り替えを求める規則²⁹を公布した。

また、ニューヨーク市は、2012 年に「NYC Clean Heat」プログラムを立ち上げ、建物で使用される暖房用燃料を、入手できる最もクリーンな燃料、又は代替エネルギーに変更するための支援を行った³⁰。同プログラムは、2015 年に「NYC Retrofit Accelerator」プログラムに移行された。同プログラムは、ニューヨーク市が、一元的にビル所有者及び建設会社に対して、エネルギー・水利用効率向上、建物のエネルギー利用規制等に関するアドバイス、支援を行うことを目的としたプログラムである³¹。

こうした取り組みの結果、2008～2014 年までに冬季 SO₂ 平均排出量が 68%削減され、PM_{2.5} 年間平均削減量 16%を達成している³²。

²⁶ New York City Department of Health and Mental Hygiene. New York City Community Air Survey. Retrieved on September 6, 2019 from <https://www1.nyc.gov/site/doh/data/data-publications/air-quality-nyc-community-air-survey.page>.

²⁷ New York City Department of Health and Mental Hygiene. The New York City Community Air Survey: Results form Winter Monitoring 2008-2009. Retrieved on September 6, 2019 from <https://www1.nyc.gov/assets/doh/downloads/pdf/environmental/comm-air-survey-winter08-09.pdf>.

²⁸ The City of New York. A local law to amend the administrative code of the city of New York, in relation to the use of clean heating oil in New York City. Retrieved on September 6, 2019 from <http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/air/ll43.pdf>.

²⁹ New York City Department of Environmental Protection. Promulgation of Amendments to Chapter 2 of Title 15 of the Rules of the City of New York Rules Governing the Emissions from the Use of #4 and #6 Fuel Oil in Heat and Hot Water Boilers and Burners. Retrieved on September 6, 2019 from http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/air/heating_oil_rule.pdf.

³⁰ New York City. NYC Clean Heat. Retrieved on September 6, 2019 from <https://www.nyccleanheat.org/content/what-nyc-clean-heat>.

³¹ New York City. NYC Retrofit Accelerator. Retrieved on September 6, 2019 from <https://retrofitaccelerator.cityofnewyork.us/>.

³² New York City. The New York City Community Air Survey: Neighborhood Air Quality 2008-2014. Retrieved on September 6, 2019 from <https://www1.nyc.gov/assets/doh/downloads/pdf/environmental/comm-air-survey-08-14.pdf>.

2 欧州

2-1 欧州における光化学オキシダント対策のフレームワーク

資料 2-1-① 欧州の大気保全施策の概要

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。

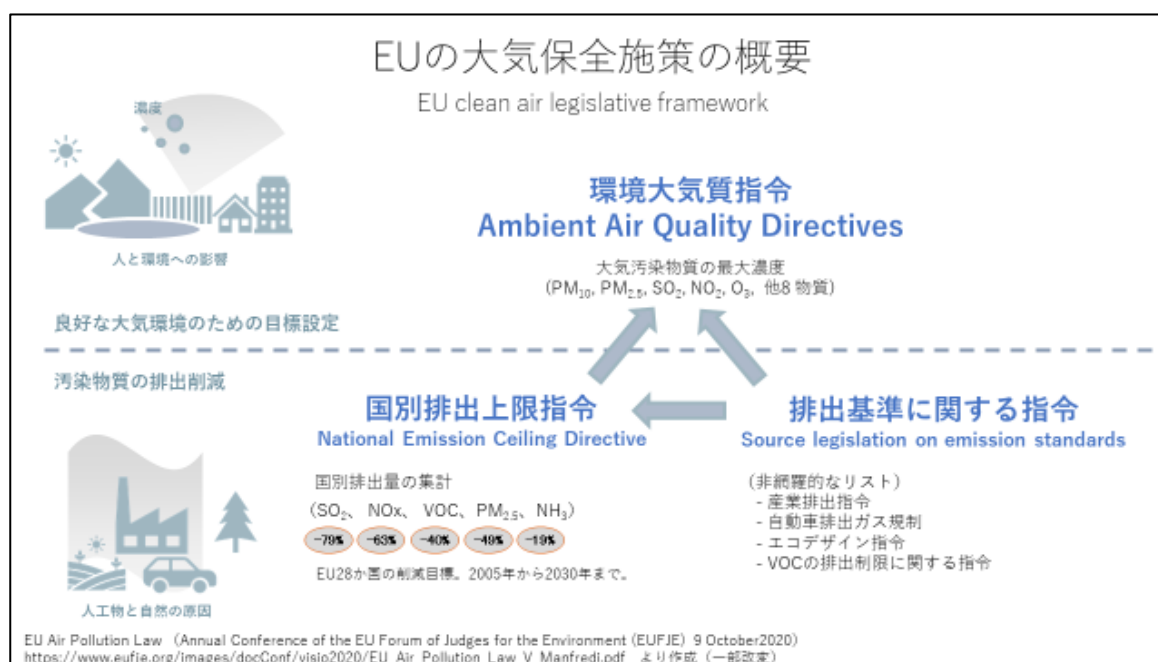


図 11 EU の大気保全施策の概要

資料 2-1-② 環境大気質指令（Ambient Air Quality Directive, 2008/50/EC）

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。

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。

また、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。

資料 2-1-③ 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。

資料 2-1-④ 国家大気汚染規制プログラム (National Air Pollution Control Program: NAPCP)

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。

³³ NEC Directive reporting status 2019, p.7

2-2 欧州におけるオゾンの環境基準と達成状況

資料 2-2-① 欧州におけるオゾンの環境基準

欧州における環境基準は、健康を守るためのものと植生保護のものがそれぞれ定められている。健康を守るための大気環境基準におけるオゾンの目標値 (Target value) は、 $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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。目標値を 3 年間で評価することに留意する必要がある。

<健康を守るための大気環境基準>

表 8 欧州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 : $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	年間 35 日を超えないこと
	年間	基準値 : $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
PM _{2.5}	年間	基準値 : $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
		曝露濃度義務: $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	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 : $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	3 年平均で年間 25 日を超えないこと ※ $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 : $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
	1 時間	情報閾値 : $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 警戒閾値 : $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
NO ₂	1 時間	基準値 : $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 警戒閾値 : $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$	年間 18 時間を超えないこと 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 : $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
BaP	年間	目標値 : $1 \text{ ng}/\text{m}^3$	PM ₁₀ 含有量で測定
SO ₂	1 時間	基準値 : $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 警戒閾値 : $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$	年間 24 時間を超えないこと 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 : $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$	年間 3 日を超えないこと
CO	日最大 8 時間値	基準値 : $10 \text{ mg}/\text{m}^3$	
C ₆ H ₆	年間	基準値 : $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Pb	年間	基準値 : $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	PM ₁₀ 含有量で測定
As	年間	目標値 : $6 \text{ ng}/\text{m}^3$	PM ₁₀ 含有量で測定
Cd	年間	目標値 : $5 \text{ ng}/\text{m}^3$	PM ₁₀ 含有量で測定
Ni	年間	目標値 : $20 \text{ ng}/\text{m}^3$	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

＜植生保護のための環境基準＞

表 9 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)	森林保護のクリティカルレベル： 10,000 µg/m ³ ・hours	LRTAP で定義
	4～9 月の積算		
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 10 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。

資料 2-2-② NOx 及び NMVOC の達成状況

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³⁴及び 2020 年 6 月³⁵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、NOx 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）。

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

図 12 加盟国における NOx 及び NMVOC の達成状況（2011-2018）

³⁴ NEC Directive reporting status 2019

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

³⁵ NEC Directive reporting status 2020

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

同報告書では、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。

国名	2020					2030				
	NH ₃	NMVOC	NO _x	PM _{2.5}	SO ₂	NH ₃	NMVOC	NO _x	PM _{2.5}	SO ₂
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 ●

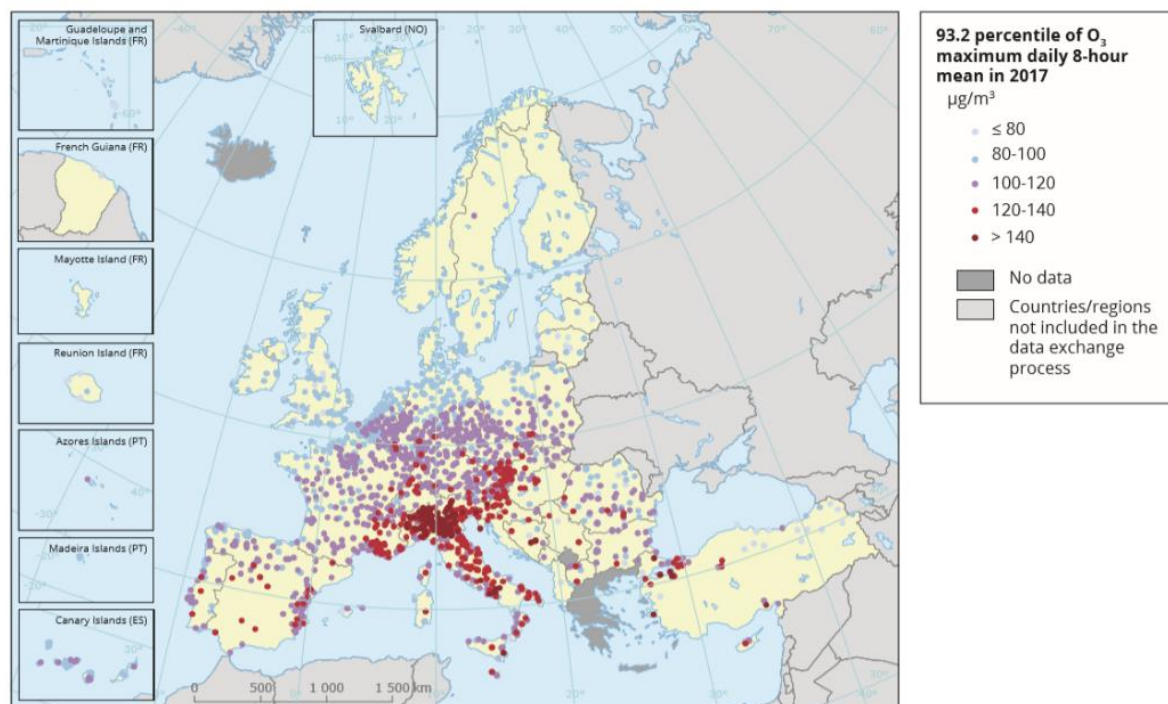
現在のレベルから50%以上の排出削減が必要 ●

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

図 13 加盟国における排出削減コミットメントの達成見込み

資料 2-2-③ 欧州におけるオゾンの大気濃度

欧州の環境基準（健康を守るためのもの）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。欧州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。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

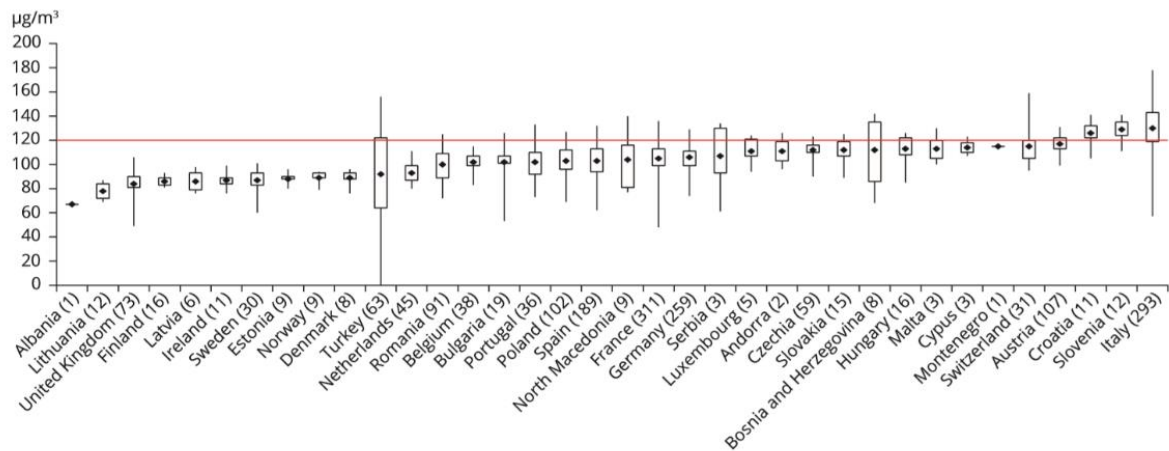
図 14 EU におけるオゾン濃度（2017 年）³⁶

³⁶ 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>).

資料 2-2-④ 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を以下の図で示す。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。



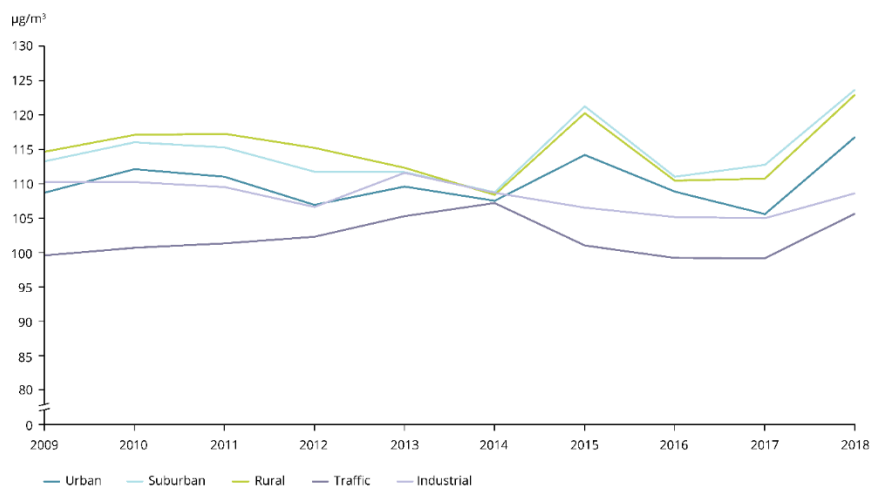
注記: 図は各国ごとに日最大 8 時間値の 93.2 パーセンタイル値(年間 365 日のうち 26 番目に高い値であるオゾン濃度目標値 Target value に相当)の範囲を示す。国名の後ろの数字は各国のモニタリング局の数を示す。それらの測定局の最小値と最大値の範囲を線で示し、平均値はドットで示す。長方形は 25、75 パーセンタイル値を示す。赤いラインは EU の目標値(Target value)を示す。目標値(Target value)は 1 年間で評価するものでなく、3 年間で評価することに留意する。

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

図 15 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)

資料 2-2-⑤ オゾン濃度の経年変化

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。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。



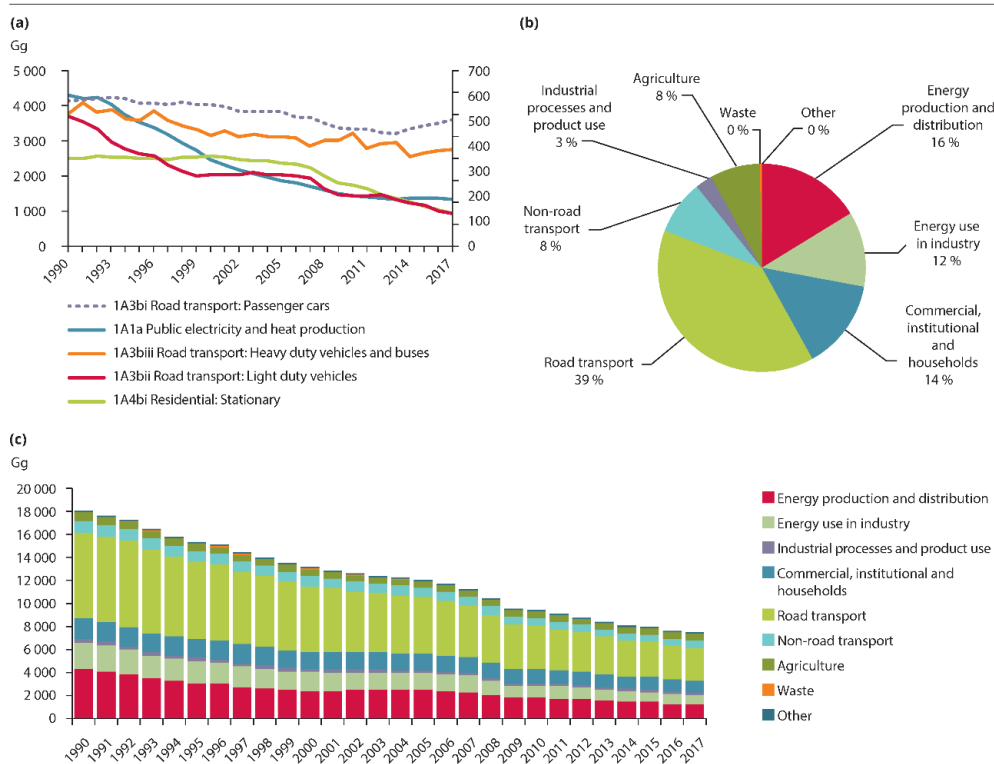
注記: 日最大 8 時間値の 93.2 パーセンタイル値(年間 365 日のうち 26 番目に高い値であるオゾン濃度目標値 Target value に相当)を示す。

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

図 16 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

■NO_x 排出量の変遷

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 17 EU 加盟国における NO_x 排出量の変遷³⁷

³⁷ 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 11 EU 加盟国における NOx 排出量の変遷³⁸

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	202017	
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.

³⁸ European Union emission inventory report 1990-2017, p.39

■NOx 排出量の変遷

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

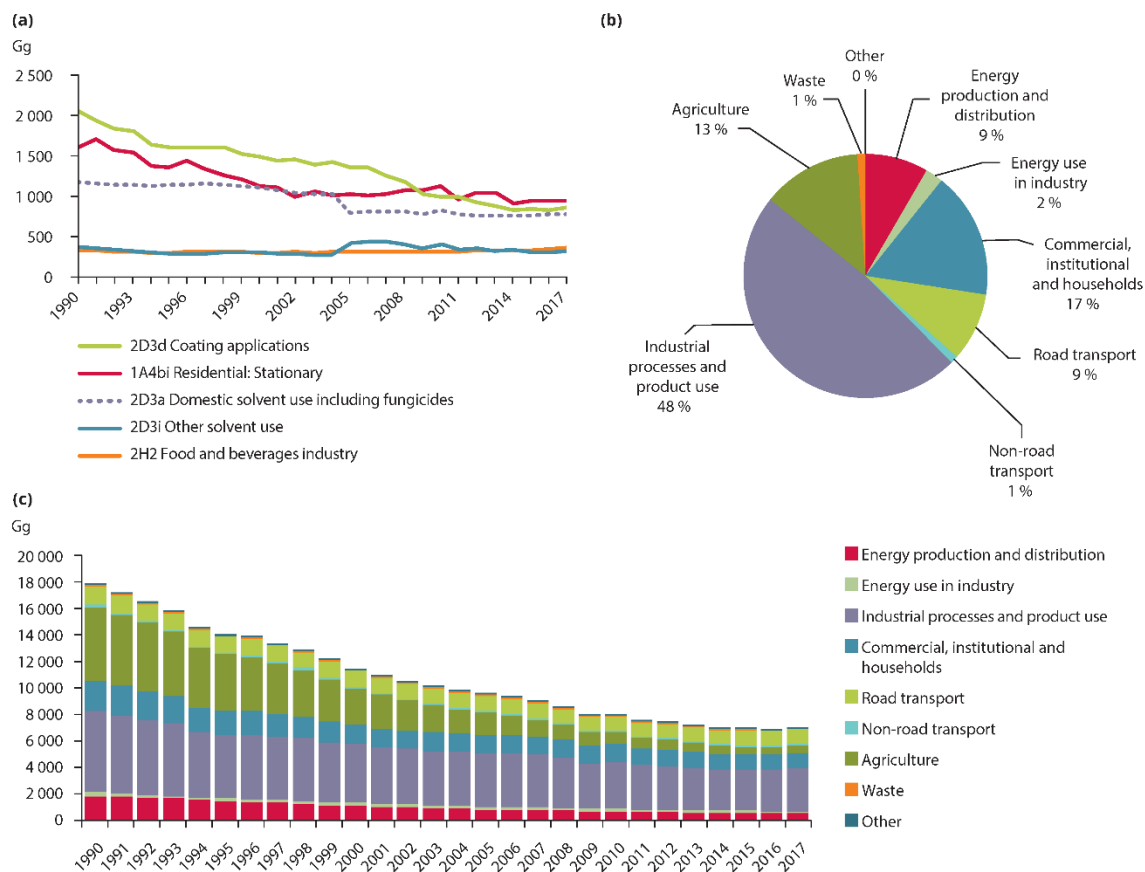


図 18 EU 加盟国における NMVOC 排出量の変遷³⁹

³⁹ European Union emission inventory report 1990-2017, p.42

表 12 EU 加盟国における NMVOC 排出量の変遷⁴⁰

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.

⁴⁰ European Union emission inventory report 1990-2017, p.41

2-3 EU加盟国における特徴的な枠組や取組

2-3-1 ドイツ

資料 2-3-1-① 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⁴¹。

表 13 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⁴²

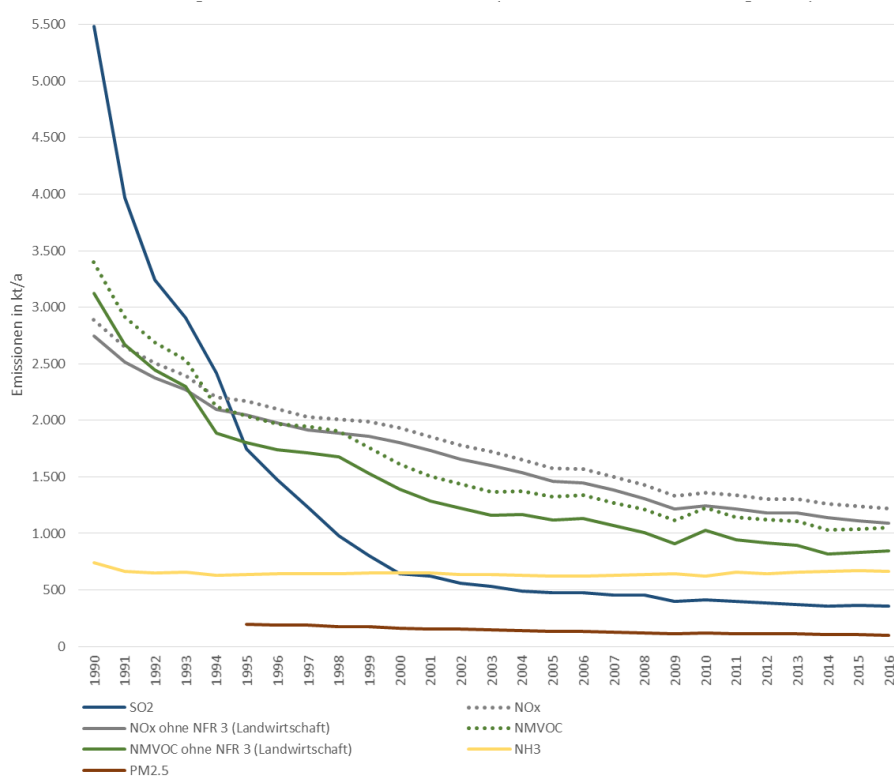
排出削減量コミットメント (2005年基準)	SO ₂	NO _x	NMVOCs	NH ₃	PM _{2.5}
2020–2029	–21 %	–39 %	–13 %	–5%	–26%
2030 以降	–58 %	–65 %	–28 %	–29 %	–43 %
国政策の優先順位 (EU または国内の大気基準との関係)	ドイツにおいては、さらなる大気汚染物質の排出削減を目標とする。粒子状物質については、大気環境基準をほぼ達成している。現在の課題は、NO ₂ による大気汚染で、都市部で依然として高濃度である。ドイツ政府や自治体が導入する対策の目的は、NO ₂ の年間基準をできるだけ早期に達成することである。				
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 ⁴³ 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				

⁴¹ 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>).

⁴² 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>).

⁴³ 2020 報告書(p.33)

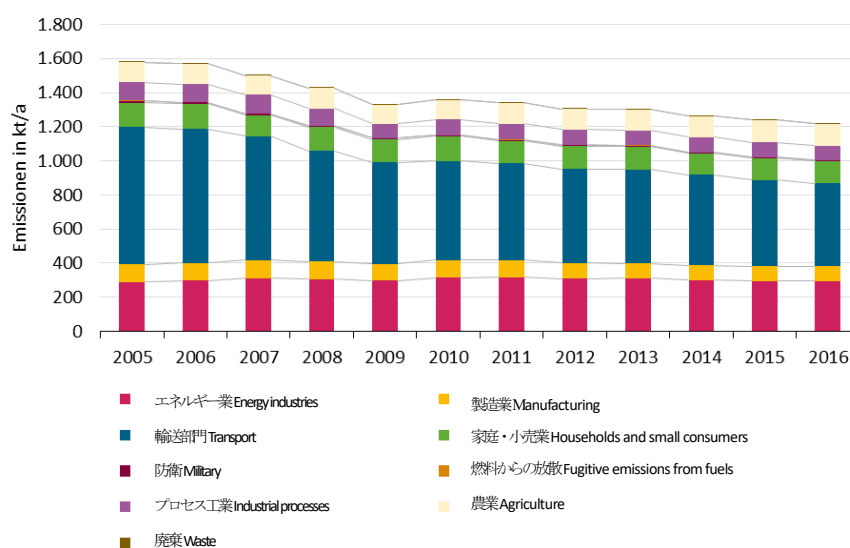
■大気汚染排出削減年次推移（1990~2016）



出所：ドイツ NAPCP 2019, p.22

図 19 ドイツにおける大気汚染排出削減年次推移（1990~2016）

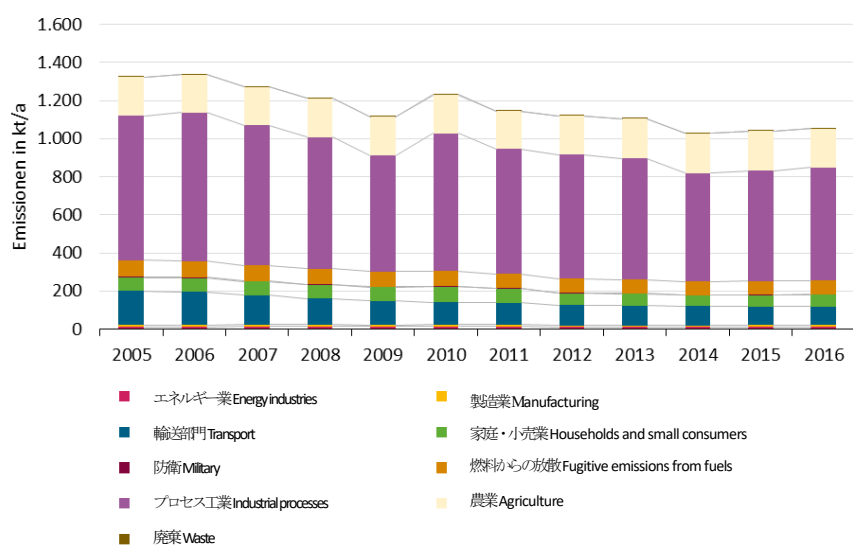
■発生源別 NOx 排出量の年次推移（2005-2016）



出所:ドイツ NAPCP 2019, p.26

図 20 ドイツにおける NOx 排出量の年次推移（2005-2016）

■発生源別 NMVOC 排出量の年次推移（2005-2016）

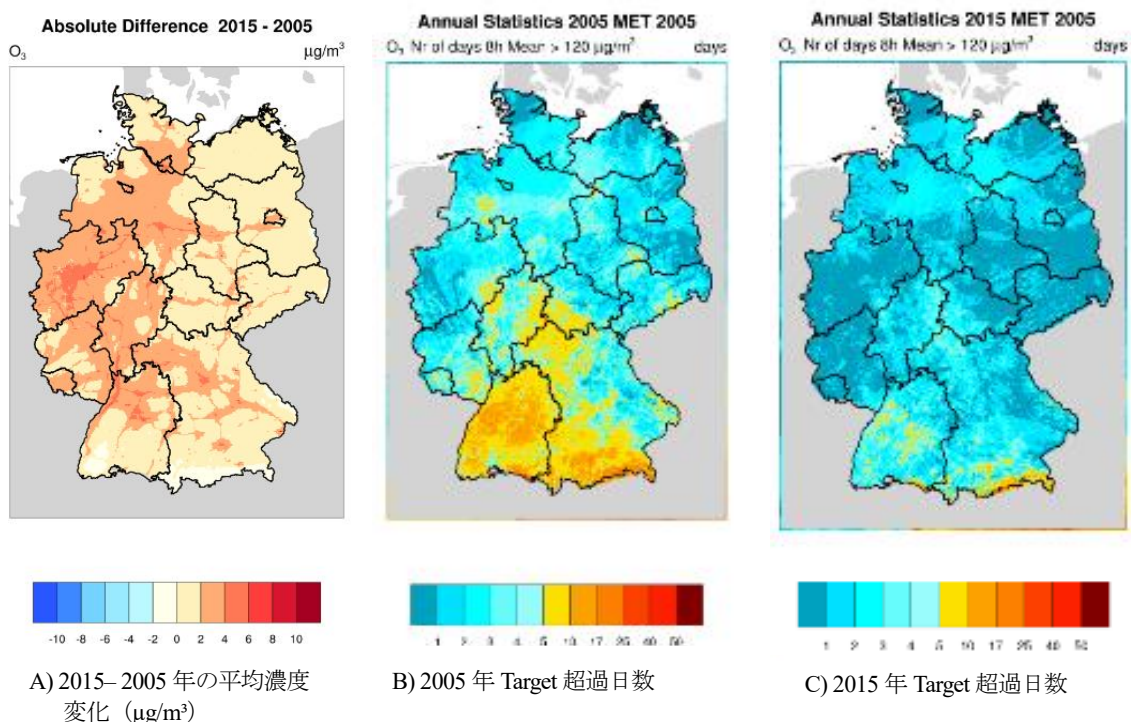


出所:ドイツ NAPCP 2019, p.30

図 21 ドイツにおける NMVOC 排出量年次推移（2005～2016）

資料 2-3-1-③ ドイツにおける排出予測とオゾン濃度推計

ドイツでは、化学輸送モデル（EURAD⁴⁴）を用いて、2015 年と 2005 年のオゾン濃度推計を行っている。



出所：ドイツ NAPCP 2019, p.64-65

図 22 気象条件を同一にしたモデルによる O₃ 濃度の推計

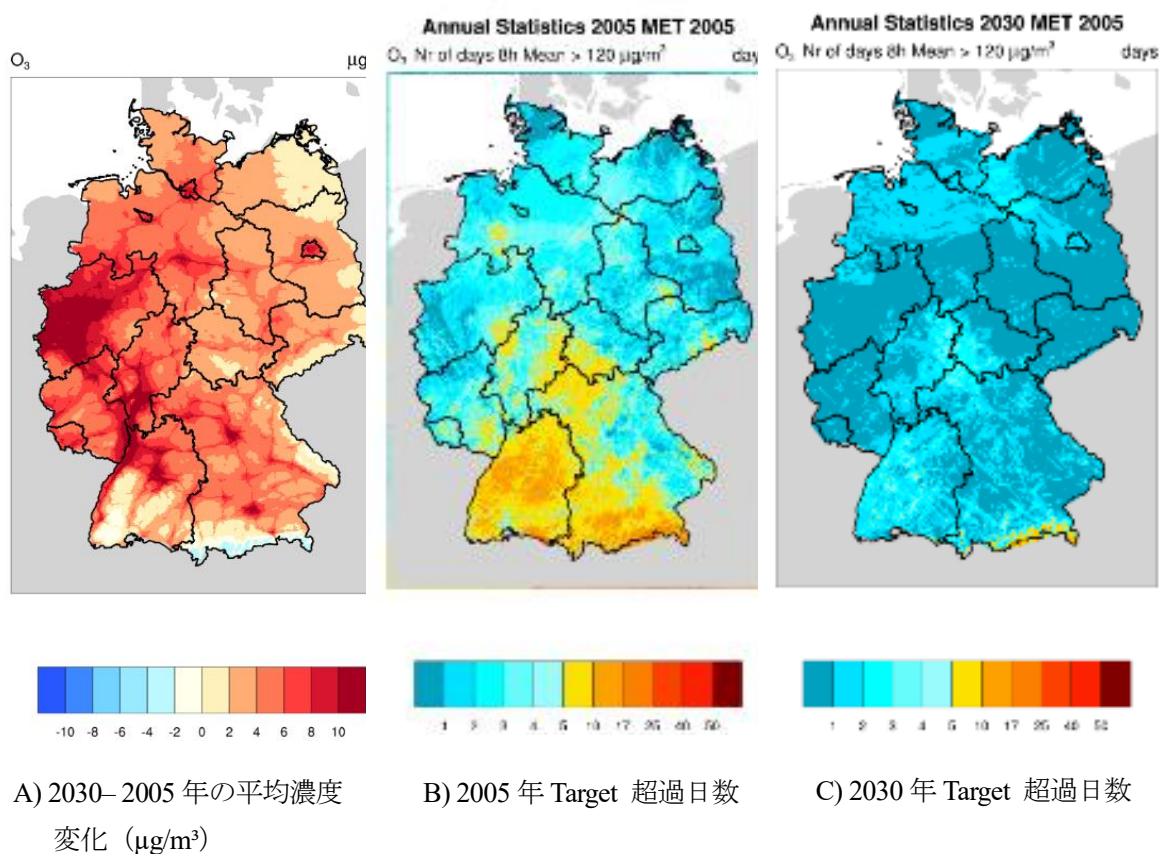
⁴⁴ EURAD: Chemical transport model of the Rhenish Institute for Environmental Research

資料 2-3-1-④ ドイツにおける WM (With measure) 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。ドイツにおけ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) 褐炭 (lignite) 発電の休止
- 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

ドイツにおける 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、NOx 排出量の減少によるものとモデルにより推計された。



出所：ドイツ NAPCP 2019, p.86-87

図 23 気象条件を同一にしたモデルによる O₃ 濃度の推計 (2030 年 WM シナリオ)

表 14 WM シナリオの NO_x 排出予測⁴⁵

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 %

⁴⁵ ドイツ NAPCP 2019, p.74

表 15 WM シナリオの NMVOC 排出予測⁴⁶

排出源		NMVOCs			
		2005	予測		
			2020	2025	2030
		kt	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
			2020	2025	2030
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%

⁴⁶ ドイツ NAPCP 2019, p.75.

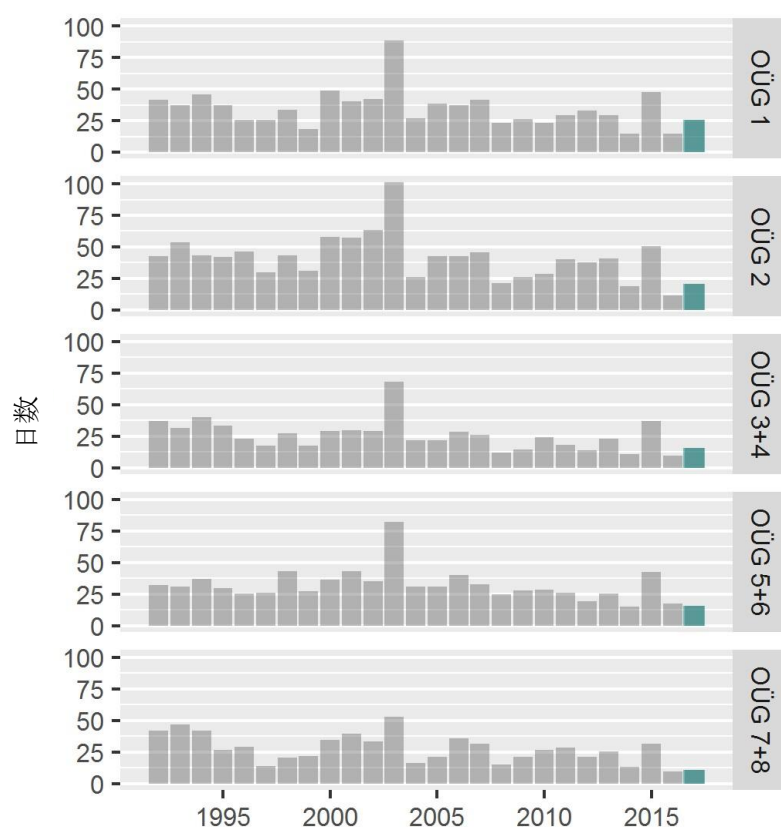
2-3-2 オーストリア

資料 2-3-2-① オーストリアにおける排出削減コミットメント

表 16 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 2005 from 2020	Reduction compared to base year 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%

オゾンの情報閾値 (Information threshold, 180 µg/m³) の超過状況



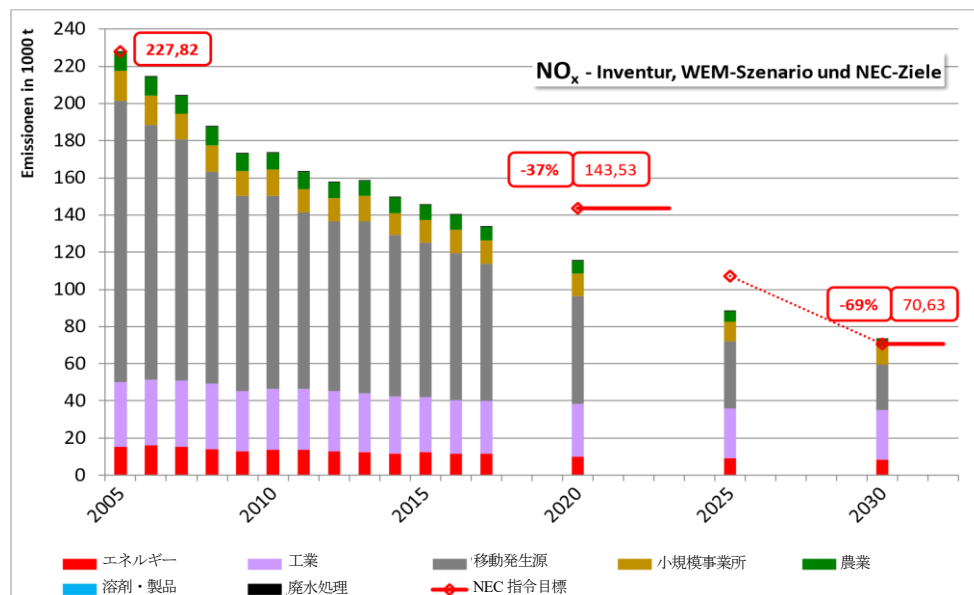
※OÜG : オゾン観測エリア

出所 : オーストリア NAPCP 2019, p.54⁴⁷

図 24 オゾン濃度 (8 時間値) が 120 µg/m³ を超えた年間日数 (1992–2017 年)

⁴⁷ 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>).

■NO_x 排出量と削減目標



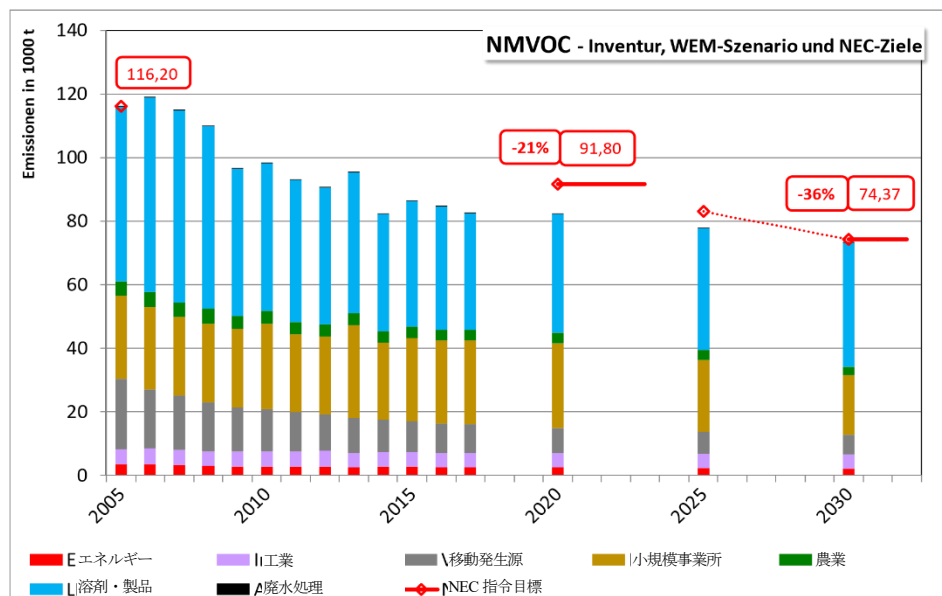
※排出インベントリ(2005-2017) and WEM シナリオ(from 2020)

※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 25 NO_x 排出量と削減目標

■NMVOC 排出量と削減目標



※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 26 NMVOC 排出量と削減目標

2-3-3 イタリア

資料 2-3-3-① イタリアにおけるオゾン濃度の状況

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。

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。



図27 イタリアにおけるオゾン濃度測定値 (2017) ⁴⁸

資料 2-3-3-② イタリアにおける排出削減コミットメント

表 17 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%
NMVOC	35%	46%
NH ₃	5%	16%
PM _{2.5}	10%	40%

⁴⁸ 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)

資料 2-3-3-③ イタリアにおけるオゾン対策

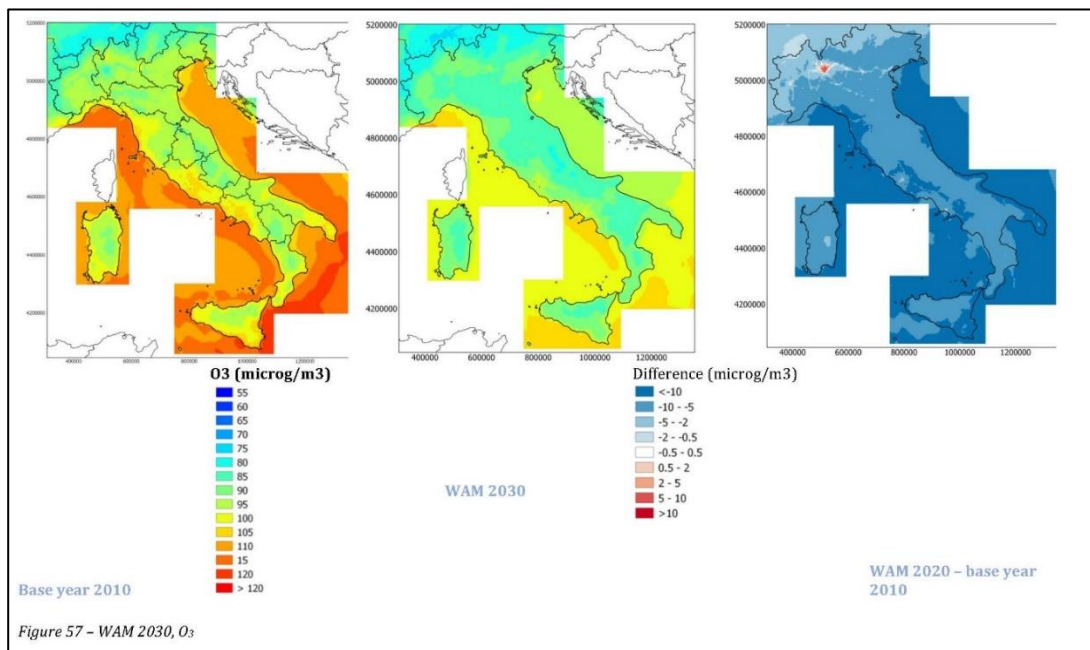
NAPCP においては、オゾン対策に特化した取組みの記載は見られなかった。

イタリアでは、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。

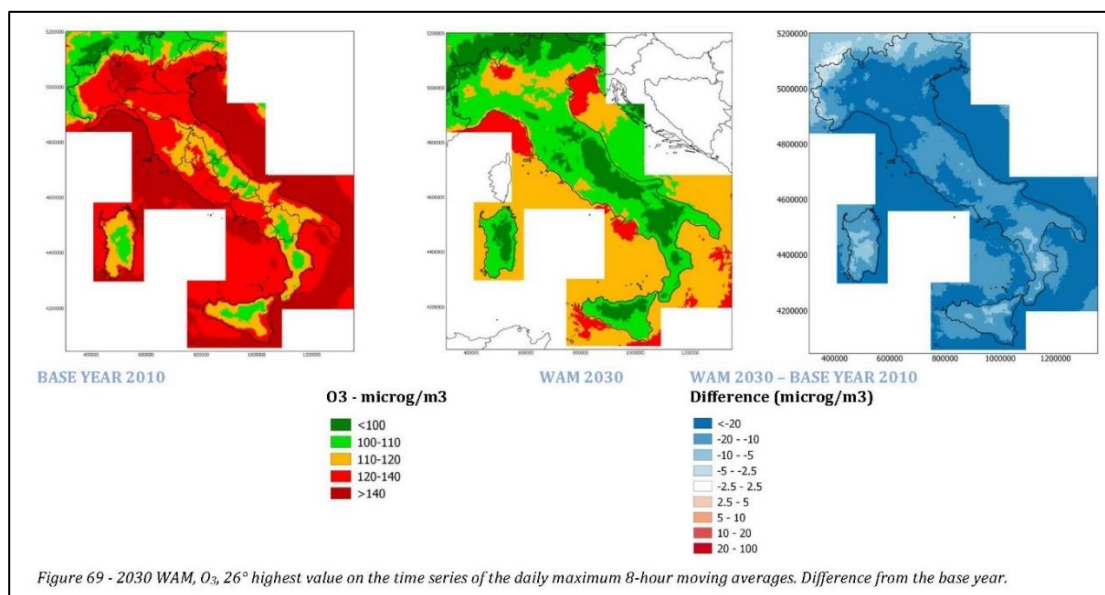
資料 2-3-3-④ イタリアにおける WAM シナリオによるオゾン濃度予測



※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 28 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

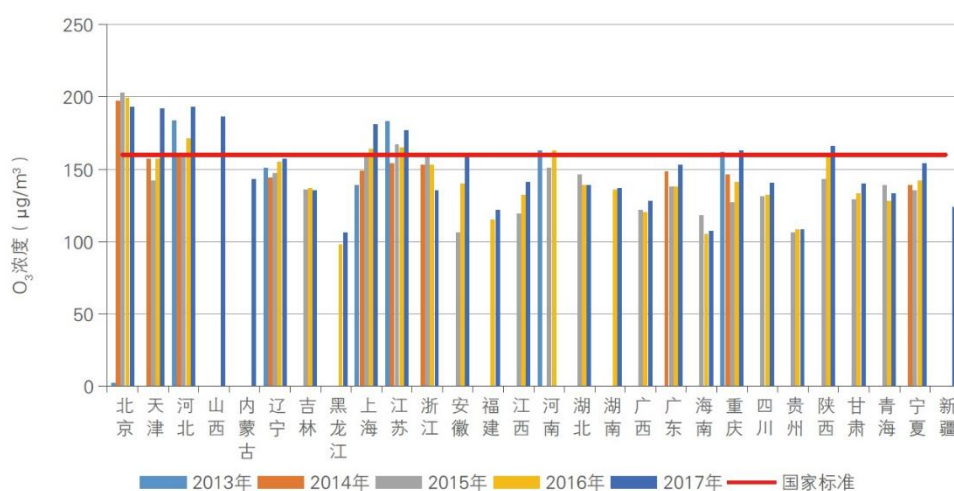
図 29 2030 年 WAM シナリオ予測、オゾン濃度（日最大 8 時間値の年間 26 番目に高い値）

3 中国・韓国

3-1 中国

資料 3-1-① 中国におけるオゾン濃度の状況

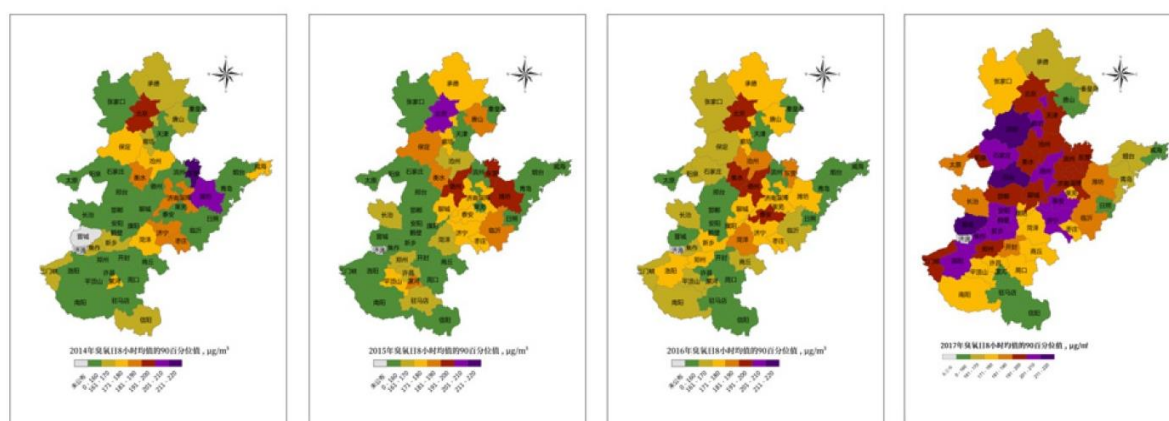
中国では、2013 年 1 月に、中国大陸で観測史上最悪といわれる大気汚染が発生したことを受け、《大气污染防治行动计划（2013～2017 年）》（大気汚染防治行動計画）を策定し、5 年間で大気汚染が大幅な改善を見た。ただし、28 省（区/市）の 2013～2017 年の O_3 （日最大 8 時間平均 90% 値）の濃度変化をみると、大多数の省（区/市）で O_3 濃度が上昇傾向にある。



2013-2017 年 27 个省（区 / 市） O_3 日最大 8 小时平均第 90 百分位数浓度变化

出所：中国環境空気質量評価報告 2018, p.12

図 30 2013-2017 年 28 省（区/市） O_3 日最大 8 時間平均 90% 値濃度変化



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：中国環境空気質量評価報告 2018, p.13

図 31 2014-2017 京津冀及び周辺地区各地級以上都市 O_3 濃度変化図

資料 3-1-② 北京市におけるオゾン濃度の状況

北京市は夏期のオゾン濃度が中国内で高く、2013～2017 年に《北京市 2013-2017 年清洁空气行动计划》（大気清浄行動計画）という 5 カ年行動計画を実施している。同市における O₃ の日最大 8 時間平均 90%値の推移は下表のとおりであり、2017 年以降、微減でほぼ変化はない。

表 18 北京市の O₃ 日最大 8 時間平均 90%値（μg/m³）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）

資料 3-1-③ 中国における環境基準

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⁴⁹。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 19 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）⁵⁰による。

⁴⁹ 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>

⁵⁰ <http://www.mee.gov.cn/ywggz/fgbz/bz/bzwb/jcffbz/201309/W020131105548549111863.pdf>

資料 3-1-④ 中国における VOC 管理強化の動向

2010 年、《关于推进大气污染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發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 20 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。
2019 年 6 月	生態環境部が《重点行业挥发性有机物综合治理方案》 ⁵¹ （重点業界における揮発性有機化合物の総合対策方案）が公布。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す。
2020 年 6 月	《2020 年挥发性有机物治理攻坚方案》 ⁵² （2020 年揮発性有機物を管理するための攻略方案）が公布。①京津冀および周辺地域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。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。中央大気汚染防止特別資金、各省の環境保護特別資金を VOC 汚染防止に重点化。

⁵¹ http://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk/xxgk03/201907/t20190703_708395.html
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2019/07/49ffd5459c5bca69.html>

⁵² http://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk/xxgk03/202006/t20200624_785827.html
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2020/07/a2bd4b9e40793d57.html>

3-2 韓国

資料 3-2-① 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 6 つの主要な法律が制定された。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（2003 年 12 月公布、2005 年 1 月施行）、首都圏大気環境管理基本計画（2005-2014 年）が実行された。現在は、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。第 2 次計画では、オゾンと PM_{2.5} の目標値が追加されている。

また、2014 年 12 月に、国立環境科学院が公表した「オゾン総合対策確立準備企画研究報告書」において、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。

資料 3-2-② 韓国の環境基準

韓国の環境基準は、環境政策基本法⁵³に定められている。次表に国、及び大気汚染の深刻なソウル市で設定されている大気環境基準⁵⁴を示す。

表 21 韓国及びソウル市の一般環境大気の大気環境基準

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})	μg/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)	μg/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	

国の基準：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。

ソウル市の基準：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。

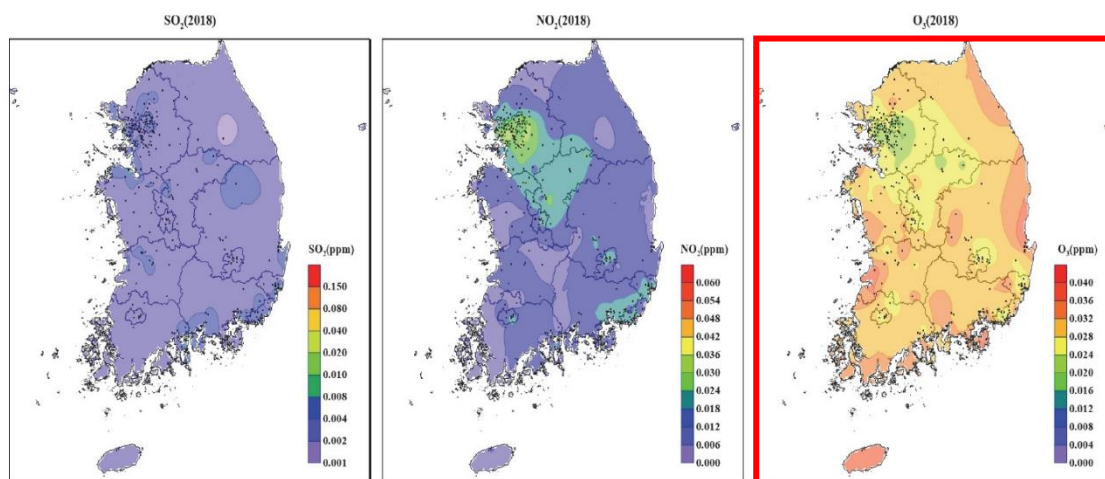
⁵³ 환경정책기본법(環境政策基本法)

<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>

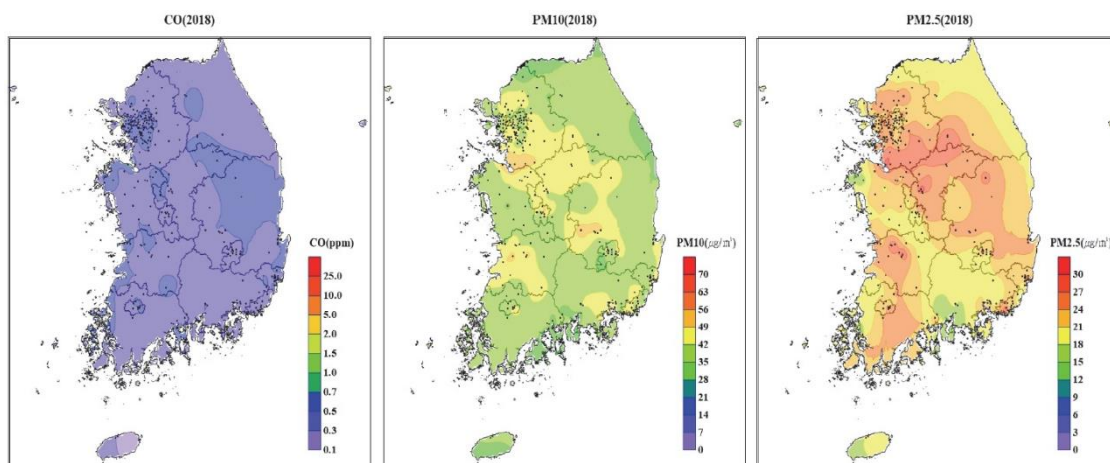
⁵⁴ <https://cleanair.seoul.go.kr/2020/information/info2>

資料 3-2-③ 韓国におけるオゾンの年平均濃度の空間分布

韓国における大気汚染物質の年平均濃度の空間分布をみると、 O_3 は海岸を中心に高い汚染度を示している。



SO_2 , NO_2 , O_3 연평균 농도 분포



CO , PM_{10} , $PM_{2.5}$ 연평균 농도 분포

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

図 32 SO_2 , NO_2 , O_3 , CO , PM_{10} , $PM_{2.5}$ 年平均値濃度 空間分布図

資料 3-2-③ 韓国の首都圏におけるオゾン濃度

韓国の首都圏（ソウル市、仁川市、京畿道）におけるオゾン濃度の経年推移を示す。
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 22 年度別オゾン汚染濃度（単位：ppb）⁵⁵

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

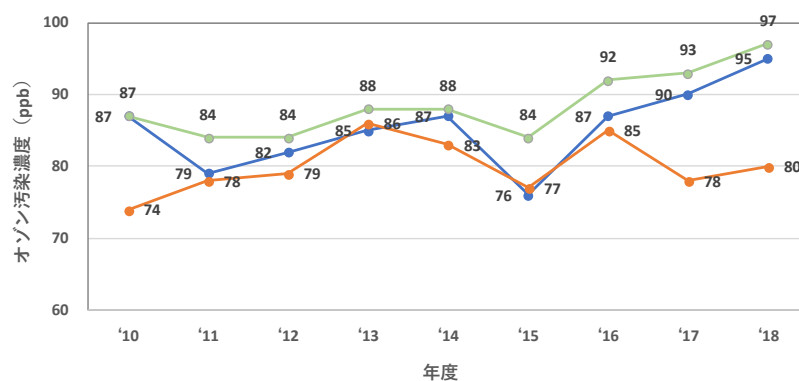


図 33 オゾン汚染濃度 経年推移（8 時間値）

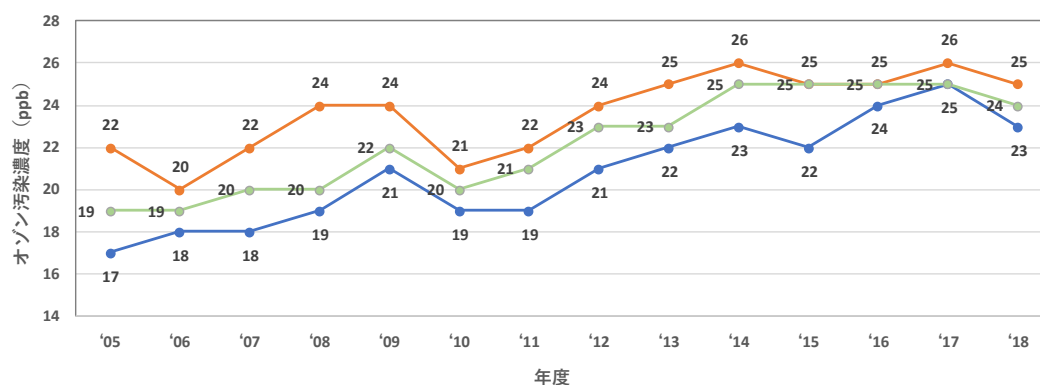


図 34 オゾン汚染濃度 経年推移（年平均）

⁵⁵ 제2 차 수도권 대기환경관리기본계획(2015-2024) 정책계획 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;jsessionid=TSaXzg5FsDflm+Y+8maqHYX.mehome1?fileId=193860&fileSeq=4>

資料 3-2-④ 韓国における VOCs の削減目標

第2次首都圏大気環境管理基本計画修正計画（2020年4月）⁵⁶における対策別の VOCs の削減目標量を次表に示す。2024年排出量見通し比で7%削減を目標としている。

表 23 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）

⁵⁶ 제2차 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;jsessionid=TSaXzg5FsDflm+Y+8maqHYX.mehome1?fileId=193860&fileSeq=4>

4 欧州ヒアリング結果

4-1 ドイツ環境省

資料 4-① ドイツ環境省ヒアリング結果

I 実施概要

- | | |
|--|---|
| ■実施日時：2021 年 10 月 13 日（水） | 17:00～19:00（日本時間）
10:00～12:00（ドイツ時間） |
| ■実施方法：WEB 会議システムによる | |
| ■ヒアリング対象者：
Marcel Langner
所 属：ドイツ環境・自然保護・建設・原子炉安全省（BMUB）大気環境管理ユニット
役 職：Head of Unit | |
| ■参加者：
茶谷聡先生（国立環境研究所）
蓮沼、大島、渋谷、会津（環境情報科学センター）
金本氏（オブザーバー：環境再生保全機構）
西部氏（通訳） | |

II ヒアリング結果

1. 国別排出上限指令（NEC: National Emissions Ceilings Directive）について

※国別排出上限指令（NEC Directive）では、大気汚染物質（NO_x、VOC、PM_{2.5}、SO₂、NH₃）の排出量上限値が国別に設定されている。これを踏まえ、ドイツの排出量上限値の考え方について尋ねた。

（1）ドイツの排出量上限値はどのように設定され、EU と合意されているか

- この質問に対しては排出量上限値ではなく、削減コミットメントについて回答するのが適切と考える。特段の規制、例えば産業、工場の規制、自動車に係る規制というものがあればそれによって上限値が定められるが、今回の指令では若干複雑となっており、相対的な排出削減コミットメントが定められている。
- 相対的な排出削減となっている理由を説明する。古いバージョンの NEC 指令では国別の排出量について絶対値が決められていたが、新しい NEC 指令では相対的な排出削減という考え方に置き換わっている。
 - たとえば古い指令でドイツに課されたのは1年あたり 550 キロトンであった。
 - 放出係数や排出係数が変わったり、汚泥からの排出が加えられたことなどにより経時的に数字が変わることとなった。
 - そのため 2020 年と 2030 年の目標を、絶対値による排出量から相対的な排出削減に変

わることとなった。すなわち、2005 年比での相対的排出削減をコミットメントすることとなった。

→ このため、質問の「上限値」を「排出削減コミットメント」に置き換えて回答したい。

- EU との合意形成については、加盟国それぞれの国会と欧州委員会からの合意をとりつけなければならないと、EU 法において規定されている。

(2) 削減値の根拠となるモデルについて

- 削減値の根拠を説明すると、欧州の研究機関でゲインズというモデルを用いて値が計算されている。

→ 削減の目標はヘルスケアであり、すなわち粒子によってもたらされる健康影響をどのくらい減らすことができるかが主なターゲットである。

→ 2030 年には 2005 年比で約 50%削減するというのが大きな目標となっている。

- ゲインズモデルの中には、対策コストの要素も入っている。

→ モデルを回すことにより、目標を達成するために最も費用対効果が高い方法が算出できるようになっている。この結果に基づいて加盟国各国の排出削減コミットメントが決まってくる。

- このため排出削減値はモデルを使った科学的手法に基づく値となっているが、加盟国ではゲインズモデルによる排出削減値を国会にかけ、それにより加盟国それぞれの見解も加味されることになる。その結果が新しい指令に示された排出削減コミットメントとなっている。

→ このような過程を踏んでいるので、すべての加盟国から合意を取り付けたものとなっている。

- (茶谷先生より質問) 日本では、モデルを使って計算してもその結果を(行政サイドに)受け入れられないことがある。欧州各国の人はゲインズモデルを信頼して受け入れているのか。

→ 長距離越境大気汚染条約に関連してタスクフォースが設定され、かなりの科学的ディスカッションが行われた。このタスクフォースの中で十分ディスカッションがなされたことから各国に受け入れられている。

→ ゲインズモデルは欧州レベルで使われており、加盟国レベルで使われるものではない。加盟国はそれぞれ自国のツールを使っている。ドイツでもゲインズモデルとは別のツールを使っているが、ゲインズモデルの研究機関と協議して、それぞれのツールがどう違うのか、どういうアプローチがあるのかを協議している。

(2) 各国は、排出削減コミットメントをどこまで守らなければならないのか。あるいは、排出削減コミットメントを達成できない場合、どのようなペナルティがあるのか

- コミットメントであるから、例外なく各国はこれを遵守しなければならない。

- もしも遵守されなかったら、EC は違反手順の措置をとり当該国にペナルティを課すことになる。これが NEC 指令と他の枠組みとの違いである。

→ たとえば長距離越境汚染条約では、コミットメントを達成できなくてもペナルティはなく、批准国に対し何の措置もとられない。

- 加盟国それぞれにコミットメントを出す仕組みが定められたこと自体もポイントであるが、プロセス全体も重要である。

- 加盟国でありながら国別大気汚染規制プログラム (NAPCP) 通りの結果を出さなかったら、これに対し欧州委員会はペナルティを課すことができる。
- また、加盟国が適切な措置をとっていない場合、EU から報告書が出され、ペナルティの対象となる。

(3) 排出削減コミットメントを守るための対策の費用はどのような予算で行われているか (各国の予算か、共通の予算があるのか、EU から何らかの支援があるのか等)

- NEC 指令に基づく対策について EU は予算を持っておらず、対策に係る措置はそれぞれの加盟国が責任をもって行う。
 - ただし、対策に関する知識の交換、たとえば排出インベントリの作成の一部については、EU からファンドが出る可能性はある。EU からのファンドは知識移転のみに限られている。
- ドイツでは特別予算が組まれており、ちょうどインベントリに関する作業と、NAPCP (National Air Pollution Control Program) 作成が終わったばかりである。
- NAPCP に示された対策の実施に関する予算は特段なく、関連セクションがその予算の中で必要な対策を行っていくことになる。
 - たとえば農業部門の対策であれば、農業関連の部署がそれぞれの予算で対策を行っていくことになる。

2. 国別大気汚染規制プログラム (NAPCP) について

※日本の大気汚染対策の枠組みを検討するため、各国の計画である NAPCP を対策につなげる枠組みについて尋ねた。

(1) NAPCP の計画から対策までのフレームワーク

- NAPCP の作成方法は加盟国各国に任されている。ドイツでは連邦環境省が素案を作成している。
 - NAPCP の中核は排出予測である。排出予測ではすべての削減措置が取られた場合の排出をベースラインプロジェクトとしている。
 - また、NAPCP は各セクターが持っている様々な予測やプログラムを基盤としている。
 - 重要なのはエネルギーに関する要素である。ドイツでは 2020 年までに原子力発電を段階的に廃止し、石炭による発電を 2038 年までに段階的に廃止することを決めている。こうしたエネルギーミックスの要素も NAPCP に反映している。石油、ガス、石炭の使用率 (アクティビティレート) が反映されたものとなっている。
- 大気汚染物質の排出シナリオは、こうしたエネルギーに関する使用率を掛け合わせたものとなっており、同時に各セクターの排出係数も用いている。
 - その結果出てきたのが現状対策シナリオ (With measure scenario) であり、それをもとに達成できたかできなかったのかを評価していくこととなる。
 - もしも現状対策シナリオで達成できなかったときは、追加的な措置を検証しなければならないことになる。たとえば、農業部門の研究機関でアンモニア削減にかかる計算を行うことになる。

- 素案作成から EC への提出までの流れを整理すると、環境省が NAPCP の素案を作成→関係省庁で協議しドラフトを作成→パブコメ→業界から意見→草案→連邦政府の合意→ECに提出ということである。
 - 環境省が作成した NAPCP の素案に対し、関係省庁間での協議、すり合わせが行われる。交通所管部署、経済所管部署、農業所管部署、環境省といった関係省庁が一堂に会して、国としてコミットメントを満たすために必要な措置を選んでいくこととなる。
- 留意すべきは NAPCP の中には対策実施のスキームはないという点である。対策は別の文書を設定し、その中でいかに対策していくかを決めなければならない。
- もう一つ重要な点は、2年おきに排出予測の見直しを行いアップデートすることである。アップデートによりコミットメントの達成ができないことが判明したら、新たな NAPCP の策定が求められることになる。

(2) NAPCP の法的拘束力について

- NAPCP に記載されている措置・対策に法的拘束力はない。
 - NAPCP が策定されたからといって、そこに記載されている措置・対策が自動的に実施されるわけではない。措置・対策を行うためには、別の法的プロセスを整えることが必要である。
 - NAPCP は連邦レベルの計画であり、一方、対策のほとんどは州レベルで行っていくものである。このため、別途、州が措置・対策を推進するための法的プロセスが必要となる。
 - NAPCP に示された措置・対策の推進は、法的プロセスにより決定（可決）されなければならない。もしも可決されなかった場合は、連邦レベルで代替策を検討することとなる。

3. オゾン・オゾン前駆物質インベントリについて

※0x は 2 次汚染物質であり、前駆物質の排出インベントリを作成することが重要であることから、ドイツにおけるインベントリについて尋ねた。

(1) ドイツのインベントリを作成している主体はどこか。また、インベントリの作成に係る費用の財源はなにか。

- オゾン前駆物質に係るインベントリはなく、ドイツ環境省が計算した大気汚染物質に係るインベントリが存在する。

(2) ドイツのインベントリでは、BVOC (Biogenic VOC) の排出量を予測しているか。0x 濃度への寄与がどれぐらいか予測しているか。ドイツでは BVOC に対する対策（森林制御対策 Forest control measures など）に取組んでいるか。

- ドイツには BVOC のインベントリはないが、大気汚染に関するドイツ環境省のモデルが存在し、その中で BVOC もサイエンティフィックに推計できるようになっている。
- 地球温暖化ガス・インベントリの中にメタンに係るインベントリが入っている。
 - 別途、大気汚染指令があつて、加盟国として、その指令に示された有機前駆物質につ

いて実測している。

(3) ドイツでは、人為起源 (AVOC: Anthropogenic VOC) による未把握の VOC の排出量がどれくらいあるか。未把握の VOC について検討しているがあるか。

- 自分たちのインベントリには既知のソースからの排出データをすべて盛り込んでおり、未知のソースから排出されたデータは知り得ない。
 - 新たな知見によりこれまでわからなかったソースが把握できれば、それを含めることもありうる。
- また、様々なソースからインベントリの正しさを確認できるようになっている。たとえばリモートセンシングを用いてインベントリを検証することが可能であり、これによりインベントリを評価している。
- もうひとつインベントリの評価手法としては、モデルを走らせて、そのアウトカムと実測値を比較するという方法がある。これによりソースがもれていないか確認できる。
- ドイツだけに限定していたら、モデルから正しいアウトカムは得られないであろう。このため、グローバルデータを盛り込むようにしている。
 - たとえばメタンは国レベルの情報収集では不足、グローバルな視点での情報が必要である。メタンは全球レベルで影響を及ぼす前駆物質である。米国起源のメタン、欧州起源のメタンといった情報も反映している。このようにグローバルな前駆物質も収集している。
 - メタンはオゾンの前駆物質として過小評価されているのではないかと。オゾンの観点から見たメタンの重要性を見逃してはならない。排出削減コミットメントにメタンを入れるべきではないかという協議が行われている。
 - メタンとブラックカーボンをインベントリに入れるよう議論しているところである。
- 日本ではメタンに関する議論は行われているか。
 - (茶谷先生) 状況はドイツと同じで、温室効果ガスとして扱われている。短寿命気候汚染物質 (Short Lived Climate Pollutants : SLCP) として日本でも環境省で議論されている。

(4) O_x 濃度の環境基準達成状況について

- 法的拘束力のある制限値により NO_x の削減は非常に成功した。
 - 以前は、EUR05 カーのほうが NO_x 排出量が多いということもあって若干の改善しかみられなかったが、ここ 5 年は非常に改善されている。
 - 対策として、車向けのソフトウェアの改新、一定の車種については運転禁止などが行われた。
- NO_x の排出削減については特に圧力はかかっている。ただし、新たな NEC 指令からの若干の圧力はある。
 - 現在、大気質指令について新たな改定が検討されているが、その際、最近発表された世界保健機関 (WHO) のガイドラインを受けて、さらに基準値が引き下げられる可能性がある。
- オゾンの状況は、年間平均値は若干ながら増えている。基準値未満であれば特段の措置が

求められることはない。リージョンレベルの分布について変化があるかもしれない。

→ 人里離れたところ、特に標高が高いところで増えている。都市部は増えていない。

- 植生への影響も忘れてはならない。現在、植生への影響をどのようなマトリクスを使えば測定できるかについての協議が行われている。

→ 特に、今使われている AOT (Aerosol Optical Thickness) アプローチ⁵⁷がオゾンの植生に与える影響が正しく把握できるかについて議論されている。

(5) 各国が作成したインベントリの信頼性について

- ジュネーブ条約や長距離越境大気汚染条約の下、品質管理が行われている。

→ 各国のインベントリがスタンダードに達しているか、レビューアが各国のインベントリを検証している。

→ レビューアはすべてのセクターを網羅しているか確認している。

4. 対策実施における役割分担について

※光化学オキシダント対策における日本の国と地域との役割分担のあり方について検討するため、光化学オキシダント対策における EU と各国の関係、国と地域の関係を尋ねた。

- 法制度的には大気汚染管理は連邦政府が責任を負うこととなっている。

- 州でも一部責任を負う部分があるが、対策を市町村に任せている場合もあれば、州で対策に関与している場合もある。

- このシステムはあるホットスポットで高い濃度を示す古典的な汚染物質にはよく機能するやり方だと考えている。しかし、オゾン対策のアクションはない。

→ オゾンには基準値はなく、しかも現状では情報閾値（即時かつ適切な情報提供が必要なレベル）未満なので、対策は要さない。市町村でも州でも連邦政府でも措置の必要がない状況にある。

→ オゾンは、州単位で見た場合に高い場合はあるが、高いピークが見られるホットスポットはない。

5. 現在の対策実施に係る課題等について

※ガソリン車全廃・脱炭素化が進む中で、光化学オキシダント対策のあり方をどのように考えているかを尋ねた。

- （ガソリン車全廃・脱炭素化の流れが）オゾンにどのようなインパクトを与えるかの検証は国レベルではない。

- ブリッジテクノロジーとして再生エネルギーに切り替え、石炭は使わないようにする、ガスを使って発電するようにする、バイオマスを使用する。そういった過程でメタン対策も行っていく。

⁵⁷ 大気エアゾルを定量的に解析するため、衛星データから推定されるエアロゾル光学的厚さを利用する手法。

（参考）大陸からの越境大気汚染飛来把握のための MODIS データ利用法（日本リモートセンシング学会誌、2013, 33, 298-306）

- 現在の最大のフォーカスは粒子由来の汚染であり、オゾンでは2番手である。対策のキャパシティができれば、その段階でオゾン対策を進めるというスタンスである。オゾン濃度に対するリサーチも若干にとどまっており、多くはない。

6. 越境汚染対策について

※近隣国からの越境汚染に対して、どのように対処しているか（発生源特定、寄与評価、対策）を尋ねた。

- 加盟国が作成している排出削減コミットメントの中に、越境汚染のセクションがある。
 - 北米と中央アジアの影響も考慮されている。
- また、大気汚染条約が越境汚染の予防に役に立っている。
- NAPCP の施策の中に二国間協議も位置付けられており、近隣国間で協議が行われている。過去ドイツではポーランドやチェコと二国間協議を行ってきた。
 - ドイツから隣国の石炭業界に財政的支援を提供したということもあった。

7. 対策におけるオゾン感度レジーム (ozone formation regime) について

※光化学オキシダント対策においては、VOC と NO_x の比率が重要であり、その比率によっては、NO_x を削減してもオゾン生成が増えてしまうことがある。このことから、NO_x と VOC の比率を考えながら対策をする必要がある。ドイツの取組みではそのような NO_x と VOC の比率、オゾン感度レジームが考慮されているかについて尋ねた。

- オゾン感度レジームについては何も考慮していない。
 - その理由として、オゾンには基準値がなく目標値だけだからである。

以上

4-2 欧州委員会

資料 4-② 欧州委員会ヒアリング結果

I 実施概要

■実施日時：11月8日（月） 18:00～20:00（日本時間）
10:00～12:00（EU）

■実施方法：WEB 会議システムによる

■ヒアリング対象者：

Viviane Andre

所 属：欧州委員会環境局大気浄化ユニット

役 職：Team leader

Thomas Henrichs

所 属：欧州委員会環境局大気浄化ユニット

役 職：Deputy Head of the Clean Air Unit

■参加者：

茶谷聡先生（国立環境研究所）

蓮沼、大島、渋谷、会津（環境情報科学センター）

藤岡氏（通訳）

II ヒアリング結果

1. 欧州の大気質およびより清浄な空気（CAFE）指令（2008/50/EC）について

※最初に、欧州の大気質指令（Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe（CAFE）Directive（2008/50/EC））に定められた大気質基準の見直しプロセスについて尋ねた。

（1）オゾンの大気質基準（目標値、情報閾値、警報閾値）の見直し・改訂のプロセス

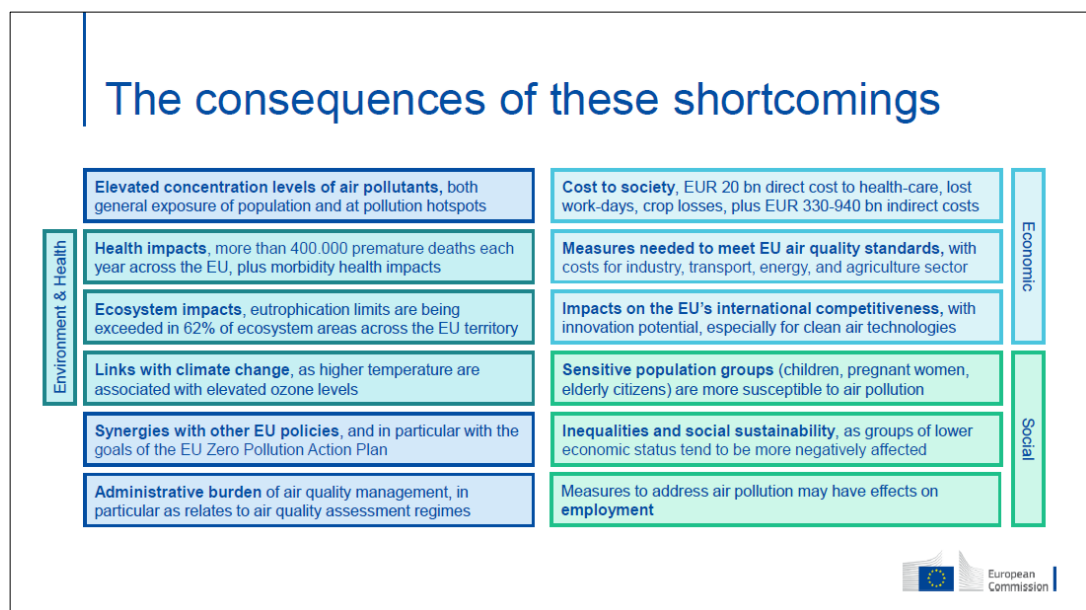
- （以下、Henrichs）非常に複雑で長いプロセスであるが、要約して回答する。
- 最初にプロセスについてであるが、2008年に施行された指令について Fitness check というものを通じて評価が行われて 2019 年に結果が公表された。
 - このプロセスでは、何がうまくいって、うまくいかなかったのかを評価した。評価対象は 10-20 年の期間に行われた対策の効果である。
 - なぜ 10-20 年かというと、2008 年の指令は前にあった指令の後継で、その要素は前の指令とほぼ同じだからである。そのため 10-20 年前にさかのぼって評価した。
- この Fitness check の結果を公表し、大気質指令に基づくこれまでの EU における大気質管理体制について評価し、評価結果を 7 つの教訓としてまとめた。
- 以上のステップを踏まえて基準の見直し作業に取り掛かった。見直しの結果、3 つの政策分野で今後さらなる向上が必要なことがわかった。
 - 1 点目は大気質指令をもっと WHO の勧告に近づけること、整合性を図ることが必要で

あることである。

- 2 番目の分野は立法枠組みに関わるものである、すなわち、どうやってこの指令を実施するのかということである。たとえばどのように罰則を行うのか、削減のための障壁がある場合はどのような施策が必要なのか、どのような情報が必要か特定する。
- 3 番目は、どのようにモニタリングするのか、それをどのようにモデル化するのか、そして、どのように大気に関する計画づくりをしていくのかである。
- 3つの分野はそれぞれ密接に関係する。たとえば基準はどこでどのように測定するかによっても変わってくる。
- 資料のリンクをチャットで送る。リンク先にあるのは、レビューや見直しのプロセス全体を説明したサイトである。先ほど示したスライドもそのサイトに行けば入手できる。プロセスの全体像をつかむのに役に立つであろう。
- 見直しのプロセスにおいては、様々なソリューションが用いられ、シナリオやオプションが作られる。我々はシナリオやオプションの一つひとつを評価する。
 - たとえば、コストはどのくらいかかるのか、ベネフィットは（資金以外も含む）どうかを評価していく。
- 各政策分野において様々なソリューションを出す。そのソリューションを低い・中位・高いという三つのレベルに分けていく。
 - それぞれのシナリオについてどのような結果が出てくるのかというものを計算する。2030 年までに達成すべき目標と、2050 年までに達成すべき目標は区別している。目標が意味するところは違っているので、分ける必要がある。

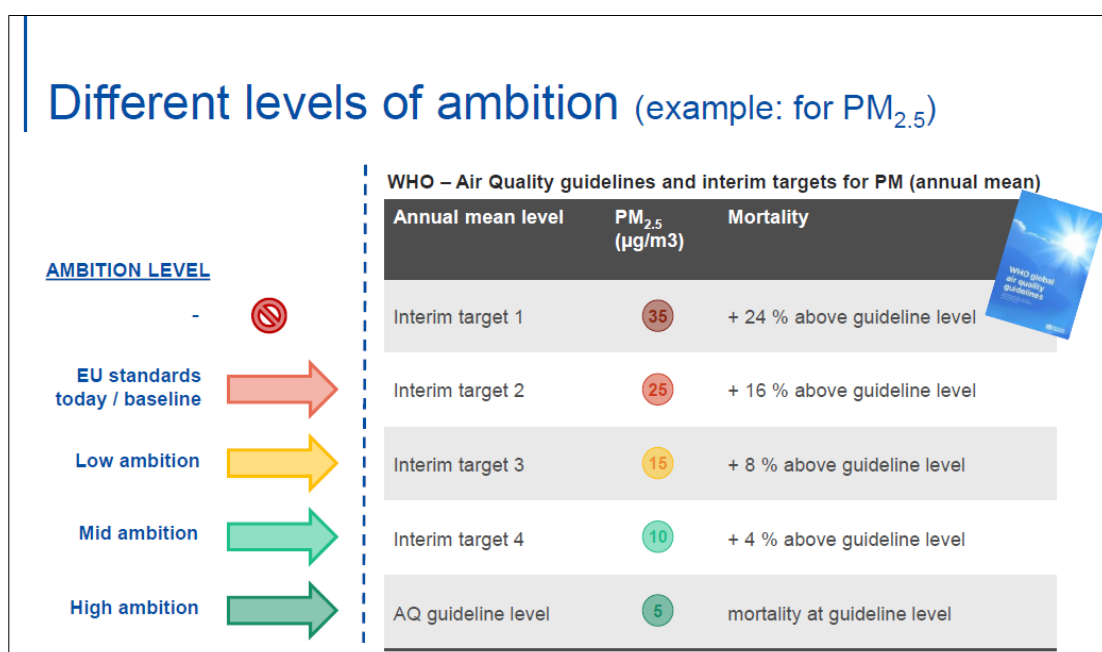
（2）大気質基準の見直し・改定の際の考慮事項

- （以下、Henrichs）見直しにおいて我々はどの側面を重視しているのか。12 の側面ないしは指標というものが用意されている。これらはそれぞれのオプションにおいてどのような結果がもたらされるかを考えるものである。



- 12 の指標について説明する。

- 最初の指標は濃度レベルそのものである。それぞれのオプションをとった場合にどのくらいの汚染レベルになるかを予測するものである。
 - 指標 2～4 は環境および人の健康への影響であり、あるオプションをとった場合に人間の健康にどのような影響があるか、生態系への影響はどうか、あるいは気候変動との相互作用はどうかといったものを評価する。
 - 指標 5～7 は経済的な指標である。大気汚染そのものの費用がどのくらいになるのか、大気汚染をなくすための施策にどのくらいのコストがかかるのか、そのコストが EU の競争力を維持するものとどのくらい合致するかを評価する。
 - 指標 8～10 は社会的な指標である。あるオプションを実施した場合、それが社会にどのような影響を与えるか。例えば、社会の中で脆弱な立場におかれた集団にどのくらいの影響があるか、社会の不平等に対しどのような影響をもたらすのか、そして雇用にどのような影響をもたらすのか、という観点から見ていく。
 - 指標 11、12 は EU の他の政策とどのような関係があるか。それを実施した場合に、行政にどのような負担が生じるのかということを見ていく。
- 以上がプロセスの概要であるが、基準そのものの考え方については、WHO の健康に対する勧告をオプションに当てはめたときにどうなるのかということ、三つのレベル（低い・中位・高い）で見ていく。（スライドは）PM_{2.5} の例であるが、オゾンの場合も大体同じである。



(3) CAFE 指令においてオゾンの規制値が定められていない理由

- （以下、Henrichs）私がユニットに入る前の話なので、推測でお話します。上限値と目標値の違いは、要するに定義の違いである。NO₂ には上限値が定められているのにオゾンには定められていないのは、おそらく当局がオゾンを規制するにあたって完全にコントロールするような施策を持ち得ていないためではないか。念のため言うと目標値も拘束力を持つが、地理的な違いや気象の違いなどがあって、上限値を定めることができなかったのではないかな。
- オゾンには上限値がないからといって、加盟国が厳しい措置を取る必要がないという意味で

はない。定義が異なるということである。

○ただし、オゾンに関する基準の見直しに当たって、今後も上限値を定めないとは言えない。現在も検討中である。

○（CEIS）WHO から 2021 年 9 月に厳しいレコメンデーションが出た。これを踏まえて大気質指令を見直すという動きはあるのか。

→（Henrichs）簡単に答えれば、その通りである。すでに我々は、WHO のレコメンデーションに完全に合致したという想定でのシナリオも分析している。スライドの濃い緑のところである。薄い緑のところは、WHO のレコメンデーションに部分的にしか合致していないという想定でのシナリオである。こういった分析を他の物質でも行っている。

What the AQGs provide...						
Summary of recommended AQG levels and interim targets						
Pollutant	Averaging time	IT1	IT2	IT3	IT4	AQG level
PM _{2.5} , µg/m ³	Annual	35	25	15	10	5
PM _{2.5} , µg/m ³	24-hour ^a	75	50	37.5	25	15
PM ₁₀ , µg/m ³	Annual	70	50	30	20	15
PM ₁₀ , µg/m ³	24-hour ^a	150	100	75	50	45
O ₃ , µg/m ³	Peak season ^b	100	70	–	–	60
O ₃ , µg/m ³	8-hour ^a	160	120	–	–	100
NO ₂ , µg/m ³	Annual	40	30	20	–	10
NO ₂ , µg/m ³	24-hour ^a	120	50	–	–	25
SO ₂ , µg/m ³	24-hour ^a	125	50	–	–	40
CO, mg/m ³	24-hour ^a	7	–	–	–	4



World Health Organization
Regional Office for Europe

Air quality guideline levels for both long- and short-term exposure in relation to critical health outcomes.

Interim targets to guide reduction efforts for the achievement of the air quality guideline levels.

Good practice statements in the management of certain types of particulate matter for which evidence is insufficient to derive quantitative air quality guideline levels, but points to their health relevance.

→（CEIS）日本ではオゾンの環境基準は 40 年前から見直しが行われていない。欧米の状況から日本でも見直しの時期に来ているのではないかというのを、研究の結果の一つとして提案しようと考えている。

2. 国内排出量上限指令（NEC : 2016/2284/EU）

※NEC 指令では、大気汚染物質（NO_x、VOC、PM_{2.5}、SO₂、NH₃）の排出上限値が国ごとに定められている。加盟国の排出上限値がどのように設定され、合意されているのかを尋ねた。

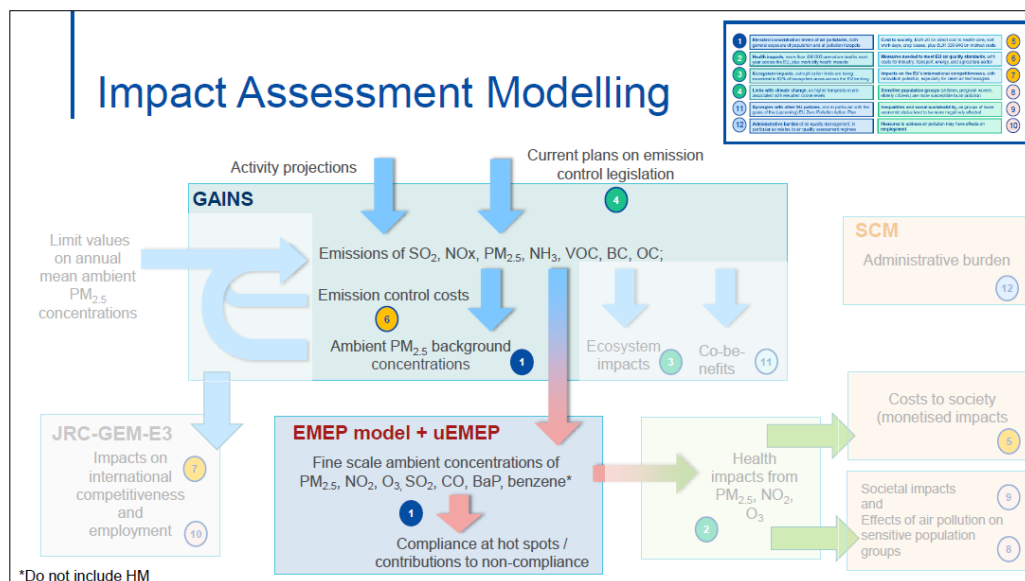
○（以下、Andre）まず国別の排出削減の上限は、2005 年比で 2030 年において人体への影響を 50%減らすために加盟国別に設定されている。人体への影響は、たとえば早期死亡率を減らしていくというものである。これで EU 全体のゴールを定めて、これを加盟国ごとに割り振っていくことになる。

○人体への影響を 50%減らすのが全体目標であるが、我々はゲインズモデルでモデリングを行い、各国ごと、各汚染物質ごとに排出を削減していくときのコスト効果がどの程度になるのかを計算している。

○しかし、モデリングによる結果の数値がそのまま欧州委員会からの提案になったわけではなく、一部の国、一部の汚染物質ではモデリングの結果の数字ではなく、調整が行われた。交渉・調整のうえで上限値が決まっている。スライドは指令の中にかかっているものである。

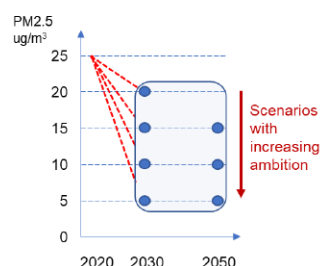
2029年までのレベルについては、改定されたヨーテボリ議定書に基づいて行われており、50%削減は2030年以降の目標となっている。

- モデルは公表されているので、皆さんも使うことができる。



Method/Approach

Develop several cost-effective policy scenarios with different ambition levels
(considering both concentration level and time of attainment)



- Key tools/models: GAINS, EMEP, uEMEP
- GAINS check feasibility at background locations and provide quantification of emissions and costs at MS level
- GAINS emissions used in EMEP/uEMEP models to estimate concentration of all pollutants
- When attainment not feasible, additional analysis with GAINS and uEMEP to identify local source contributions

- (CEIS) NEC 指令で罰則はあるのか。ある場合、どのような罰則になるのか。
- (Andre) NEC 指令はつい最近施行されたものであり、来年の 2022 年において初めて、加盟国が指令を準拠しているのかを評価することとなる。
 - 加盟国は施策が施行されてから 2 年後にインベントリを提出することになる。指令は 2020 年に施行されたので、2022 年が最初のインシャル・インベントリの提出となる。このため指令に対する違反を特定したり、ましてや罰則を与えることはなかったが、来年以降は違反や非遵守を特定していくことになる。
 - EU の立法枠組みに沿うと、罰則を与えるのは最後の最後的手段となる。そこに至るまでに遵守を求めていくステップがある。このため罰則に至る前に様々なかたちで施策をとるような圧力がかかる。欧州委員会から圧力がかかるだけでなく、加盟国内においてもステークホルダーから圧力がかかることになる。

3. 対策実施におけるステークホルダーの役割

※光化学オキシダント対策を実施する上で、各ステークホルダー、すなわち EU、加盟国、自治体、企業がどのような役割を果たしているのかを尋ねた。

- (以下、Henrichs) まずは EU における様々な大気汚染に関する施策がどのように互いに作用しあっているかを説明したい。
- 先ほども説明したように、大気質指令では濃度そのものを扱う。また、各国がどのような汚染レベルにあるのか。そして、各国の汚染の主たる排出源、たとえば車、エネルギー等といった様々なソースを特定していく。
- スライドのように各加盟国は 3 つのレベルの指令すべてを実施していく責任がある。そのため、主たるステークホルダーは加盟国であるということになる。
- 国として大気質指令に盛り込まれた目標を達成するにあたっては、実際には地方政府（自治体）に仕事を任せてもらうことになる。地方政府が目標を達成していくためには、まずは国レベルで排出が削減されていくということと、その国の周辺国でも排出が削減されているということが必要となってくる。越境汚染の問題があるからである。各地方政府は国全体が施策をとるということによってはじめて、地域の目標を達成するための施策を実施することができる。
- 目標について加盟国との合意を得たら、EU には三つの役割がある。
 - 最初の役割は、そのような施策の実施を支援していくこと、たとえば資金的な支援を行う。
 - 2 番目の役割は加盟国が指令を実施していけるように、罰則に至る前に、実施についてチェックを行う。もしも施策が行われていなければ違反に関するプログラムを始動する。
 - 3 番目の役割は各国、各自治体同士が優良事例を交換し、互いに学び合うことができるようなプロセスをファシリテートする。ただし、施策実施の責任は加盟国にある。



4. オゾン (03) とオゾン前駆物質のインベントリについて

(1) インベントリの作成について

- (以下、Andre) 加盟国は毎年 EU 委員会にインベントリを報告することになっている。NEC

指令にある5つの物質に関するインベントリである。オゾン対策にとって非常に重要な物質であるNOx、VOCについてのインベントリが加盟国から報告されている。

- メタンについても報告されているが、それは大気汚染に関する指令ではなく、気候に関する指令に基づいて報告することとなっている。加盟各国が報告の責任を負っており、そのための資金も加盟国が負担することとなっている。
- ただし、EUは報告の質を改善することをねらいとしたキャパシティ・ビルディング（能力向上）のプロジェクトを提供している。
- 27加盟国すべてのインベントリが提出されたら、EU環境庁が集約してEUのインベントリとして整理する。

(2) EUのオゾン前駆物質の全体的な排出量インベントリの作成者

- 私からはこの質問に答えることができないが、ジョイントリサーチセンターが答えられるのでは。担当者を紹介する。

(3) 生物由来の揮発性有機化合物の排出量とその酸化物濃度への寄与の推定

- (2)に同じ。

5. オゾン感度レジーム

オゾン対策を行う上でのオゾン感度レジームへの考慮について尋ねた。

- (以下、Henrichs) 法律の中にはオゾン感度レジームは考慮されていない。しかし、実際に各地域の管理戦略を成功させるにはもちろんレジームを考慮する必要がある。
- オゾン対策はVOCを中心に据えてみるべきと考えている。ただし、NOxは削減しなくてもよいということではなく、大気汚染対策の施策を実施する中で両方同時に下げていかなければならない。
 - VOCを削減するためにNOxは削減しないというトレードオフはない。すなわち、あるシナリオにおいてVOCとNOxの削減の両方を目指していく。

6. その他

(1) 「Win-Win ソリューション」について

- (CEIS) EUが考える「Win-Win ソリューション」は、IPCC第4次報告書の言う、環境汚染対策を通じて気候変動緩和を図る「コベネフィット型環境汚染対策」と同じ考え方ということでしょうか。何か違いはあるか。
- (Andre) 同じである。「Win-Win ソリューション」は、大気汚染と気候変動の両方にベネフィットを及ぼす対策のことをいう。エネルギー効率を高めることにより、温室効果ガスの排出を削減し、同時に大気汚染物質も削減することができる。また非燃焼型の再生可能エネルギー(太陽光、風力、地熱など)の導入をもっと強化することを通じて、「Win-Win ソリューション」を推進していく。
- ただし、ひとつだけ明らかにトレードオフが存在するところがある。それがバイオエネルギーである。
 - バイオエネルギーはゼロカーボンとよく言われているが、様々なPMを発生させて大気

汚染を悪化させる場合がある。

- (CEIS) 「Win-Win ソリューション」は、目標値の達成にどのくらい貢献していると考えているか。
- (Andre) 脱炭素化の動きは大気を正常化することに役立つ。我々がまとめた Clean Air Outlook report でもそういった例を分析している。
 - 特に都市部の大気正常化の施策は同時に気候変動対策にも役立つと考える。たとえば、都市部における運輸セクターの電化、建物の断熱といったものも、大気汚染対策と気候変動対策との二つに効果がある。
- (CEIS) 「win-win ソリューション」を推進する上での課題はあるか。
- (Andre) 課題として強調したいのは、気候変動対策の側で、コベネフィットになるという視点が足りないのではないかとということである。
 - 大気汚染防止対策は気候変動対策にも役立つということを、気候変動対策側に知ってもらいたい。
 - 気候変動に携わる人たちが、炭化水素を使い続けることが健康への影響があることを念頭に置いているならば、もっと早く、より容易に脱炭素化の施策を進められるであろう。脱炭素化のためにとる施策のコストが小さくできる。
- (Henrichs) 気候変動対策は長期的な影響を及ぼすもので、大気汚染対策は短期的な結果をもたらすものである。この二つを合わせることでより効果的な施策をうてるのではないか。
- (Henrichs) 「Win-Win ソリューション」は時間的なタイムフレームの違いだけではない。メタンは明確に気候変動に関係しているし、大気汚染にも関係している。メタンの排出を減らすことは winwin ソリューションの大変よい事例になるのではないか。
 - 気候変動対策を進める人と大気汚染対策を進める人がもっと意識を共有することが必要である。
 - 気候変動対策にとって、大気汚染防止にとってよいだけでなく、この問題は北半球全体の問題でもあるので、欧州だけでなく、さらに欧州を超えたもっと大きな地域にとってもよい取組みと考える。

(2) 短寿命気候汚染物質について

- (CEIS) 短寿命気候汚染物質への EU のコミットメントは具体的にどのようなものか。
- (Andre) 短寿命気候汚染物質は別の部署が扱っているので、担当の部署を紹介する。EU はブラックカーボンへの対策はかなり深く関与している。NEC 指令にも入っているし、加盟国はインベントリを報告しなければならない。
 - ブラックカーボンの問題は特に北極圏地域にとって重要であり、EU というよりは国際的な問題である。
 - メタンについては、EU レベルでのメタン戦略が作られている。COP26 でも出ているが、メタン排出削減の枠組みがあり、EU は参画している。今後 EU としては、よりよいメタンのモニタリングできるような提案を考えている。これはエネルギーセクターのメタン排出に関するモニタリングについてである。

(3) ガソリン車の全廃と脱炭素化の影響

- (Andre) 今は予測値のようなものは持ち合わせていないが、これも影響評価の過程で扱うことになる。
- (Andre) ちょうどこの夏 EC から 55%削減の目標について発表し、モデル化の作業が行われている。主に PM による早期死亡率を下げるというものであるが、オゾンについても AAQ の指定を見直す中で考えられ、3 番目の Clean Air Outlook report の中に盛り込まれていくことになる。

(4) 新しい NEC 指令における削減率

- (茶谷先生) 健康影響を半分にすることが新しい NEC 指令の目標ということだが、その削減率を見るとかなり厳しいものとなっており、それが達成されたら、環境基準よりもかなり低い濃度になるのではないかという印象を持った。NEC 指定を決めるにあたって、どのような考え方で環境基準より下げることとしたのか。
- (Andre) 50%の健康影響の削減は政策的な決定であり、それはコスト効果分析を基にしている。NEC 指令においてはバックグラウンド濃度の削減を規定している。大気質指令ではホットスポットについて扱っているが、NEC 指令ではホットスポットについてはそんなに強くはない。ただこの二つの指令が乖離しているというわけではなく、同じゴールに向かって違う地点から向かっているというように理解していただきたい。
- (Henrichs) そもそも大気に関する基準を設けているのは健康や環境への影響を減らすことが目的である。
 - 基準を守ることが目標ではなくて、健康や環境への影響を減らすことが目標である。これを強調する理由は、大気質指令の基準を下回るような濃度レベルであっても、WHO の勧告を下回るものであっても、健康にはマイナスの影響があるからである。濃度を下げられるのであれば下げる。
 - ある基準に対して下回った、上回ったという白黒ははっきりしたものではなく、徐々に削減を進めるグレーな状況が続けていく。NEC 指令がすべて遵守されたとしても、2030 年には、一部の地域では WHO の勧告水準を上回ってしまうと予測している。
 - しかし NEC 指令は野心的なものであり、(加盟国の) すべての地域で基準を達成していくことを目指している。

以上

5 検討会委員の意見・指摘事項

資料 5-① 検討会委員の意見・指摘事項

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。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た。

表 24 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 委員構成

氏名（五十音順）	所属・職名
板野 泰之	大阪市立環境科学研究センター 研究主任
茶谷 聡	国立研究開発法人国立環境研究所 地域環境保全領域 主任研究員
長谷川就一	埼玉県環境科学国際センター 大気環境担当 専門研究員
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 環境資源研究科 副参事研究員
山神真紀子	名古屋市環境科学調査センター 環境科学室 主任研究員

（１）開催概要

3年間の研究期間中、検討会を計5回開催した。また、検討会以外に適宜メールにより助言をいただいた。

表 245 開催概要

開催日時	検討事項
令和元年9月10日（火） 15:00～17:00	○米国ヒアリングの方針・必要な質問項目について ○わが国の地方自治体への適用可能性の検討に関して留意すべき事項について
令和2年2月12日（水） 13:00～15:00	○令和元年度の成果のとりまとめについて ○わが国の地方自治体におけるオキシダント対策の検討スキームについて
令和3年1月25日（月） 13:00～15:00	○欧州・中国・韓国における対策の適用可能性について ○最新の研究動向について
令和3年7月28日（水） 16:00～18:00	○欧州ヒアリングの方針・必要な質問項目について ○適用可能性のとりまとめ方（分類方法等）について
令和3年12月17日（金） 15:00～17:00	○諸外国における対策の枠組みや取組みの分類（導入が考えられるもの、参考とする知見等）について ○成果のとりまとめ（適用可能性の考察）について

(2) 検討会委員の意見・指摘事項

■令和元年度

①米国ヒアリングの方針・必要な質問項目について

- 日本には、排出インベントリ、シミュレーション、評価をどうするかという課題がある。それらを実施するための環境を整理し、何を構築すれば対策メニューを行うことができるかという情報をヒアリングから得られるとよい。
- SIP を作るときに州が単独で作るか、国が関与して作るかを現地調査で詳しく調べるのが重要である。
- (研究成果の) 最終的な成果として、(アメリカの仕組みや対策を) 今の日本のやり方に当てはめないといけない。そのためには、アメリカで実施されている対策と日本での現状のギャップを埋めないといけない。
- アメリカでは SIP を立てる義務があつて、基準を達成するまで実施すべきだが、日本にはまったくそういう概念がないので、どのようにアメリカのやり方を本研究の最終的な出口(成果)に結び付けるか。日本にも SIP を取りいれるべきという提案もありうるが、それは長期間の検討が必要となる提案になるので、より現実的な提案も必要かもしれない。
- 米国の SIP の中でどれだけレジームを考慮しているのか。

②わが国の地方自治体への適用可能性の検討に関して留意すべき事項について

- 日本の VOC 対策では、作業者の健康保護のために事業者に対策を勧めている。汚染対策としてやると、事業者を理解してもらいづらい。日本で対策をやるとすると、まずはやりやすいところからやらないといけないのではないか。
- 行政が新しい対策の実施を説明するには、それなりにロジックがないといけない。アメリカはどうしているか。
- アメリカでは自分の自治体以外の対策のための予算をどのように説明付けているのか。これは、今後の自治体間の連携を考える時に重要な情報になる。アメリカではそれをどうクリアしているか。
- 対策に対する予算はどのような考え方か。行政の予算から捻出しているのか、事業者が対策にお金を使わなければならないのか。

■令和2年度

①欧州・中国・韓国における対策の適用可能性について

- 欧州における長距離越境大気汚染条約(LRTAP)、ヨーテボリ議定書、排出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。
- (欧州では) 農業からの NMVOC の排出が結構の割合であるが、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出てこない。日本のデータにおいて(欧州のような)排出源が抜けているのであれば、見ておかなければならない。

- 日本と欧州の排出インベントリの相違について把握しておいた方がよい。排出インベントリが違うのであれば、相違がある中で、どういう対策を行ってきたかが参考になる。日本の排出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排出源があれば、その排出源に対する対策が本研究の一つの結論になる。
- 長期対策のところ、大気汚染対策と他の対策との統合的アプローチには、具体的にどんな取組みがあるのかを調べていただきたい。将来的にその方向（統合的アプローチ）で対応することになると思われるため、具体的な取組みの情報は有用である。
- 光化学オキシダント対策は、NO_x と VOC の比率が重要で、その比率によっては、NO_x を削減してもオゾン生成が増えてしまう。NO_x と VOC の比率を考えながら対策する必要がある。一方で、各国の対策の中には、そういった NO_x と VOC の比率に関する考え方が出てきていないようである。何か理由があるのか調べてほしい。
- 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、そのような観点はわが国でも持っている。脱炭素対策は、同時に NO_x 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、（脱炭素対策は）オゾン濃度が減少することにはつながらない。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。そのあたりについてどう判断しているか、情報を入手してほしい。

■令和3年度

①欧州ヒアリングの方針・必要な質問項目について

- 欧州各国はどこまで EU の指令を遵守する必要があるか、また、指令を守るための対策に関する予算はどうなっているか調べてほしい。
- 光化学オキシダント対策において、EU ⇔ 各国 ⇔ 地域（地方公共団体）の役割分担の仕組みはどうなっているか調べてほしい。
- 欧州ヒアリングで入手する情報を通じて、欧州の仕組みと、日本の国 ⇔ 都道府県・地域（地方公共団体）の役割分担の仕組みを比較できるようにするとよい。
- BVOC は国内外で問題となっているが、欧州の調査結果には BVOC 対策に関する記載がない。欧州で BVOC 対策がどうなっているか調べてほしい。日本では自主的取組で半分まで VOC を減らしているが光化学オキシダントが改善していない状況である。BVOC の寄与が課題である場合、本調査研究でどのように提言していくか検討が必要である。
- 欧州では、未把握の VOC 排出がどのくらいあるかを検討しているか調べてほしい。
- 欧州では、ガソリン車全廃・脱炭素の動きの中で、光化学オキシダント対策をどう考えているか。
- EU においては、NO_x や VOC の削減状況に比べて、O_x は高いレベルなのか下がってきているのかの整理が必要である。

- 欧州では排出者への規制はあるか。規制を踏まえ、各国が排出インベントリづくりに取り組んでいるとしたら、誰がどういった予算でインベントリを作成しているか調べてほしい。

②適用可能性のとりまとめ方（分類方法等）について

- わが国では、前駆物質である NO_x と VOC について、NO₂ は環境基準を達成しているため、これ以上削減させるような行政施策は難しいのではないかと。
- 同様に、わが国では、VOC 排出量も過去に比べて半減させた状況からこれ以上の取り組みは難しいのではないかと。
- 日本の環境基準は健康影響が基となっている。EU の環境基準は何に基づいて作られているか。米国では、最新の科学知見により環境基準を3年で見直しており、第一種規制（健康影響）と第二種規制の考え方がある。
- 本調査研究で新たな指標を提言する場合は、国から新指標が出たばかりであることを考慮すべきである。
- 欧米の自主的取組の中に、わが国が学ぶべきこと、導入すべきこととして参考となるものはないか。欧米諸国で地域独自の取組で効果をあげているようなものがあれば、法律や規制がなくてもわが国でも実施できるのではないかと。
- 今後、脱炭素化の進展により NO_x が激減するであろうことを考慮する必要がある。
- 大気汚染対策について、アメリカでは（効果の）見込みを立ててから対策を実施している。対策は科学的根拠が重要である。
- 欧米の仕組み（国 ⇄ 州、EU ⇄ 各国）をわが国に活用できるかどうか検討する。
- 光化学オキシダント対策を行う根拠づくりは国が主導すべきではないか。わが国の地方公共団体には対策を行う根拠はない。
- 地方公共団体には目標達成の見返りが必要ではないか。
- わが国が学ぶべきこと、導入すべきこととして、米国に、地域を超えて連携する仕組みがあることは参考となる。
- わが国では、都道府県からのボトムアップにより（地方公共団体間の）連携を進めることは難しいと考える。地域連携により対策を進める場合、国が連携の音頭を取ることを期待する。

③諸外国における対策の枠組みや取組みの分類（導入が考えられるもの、参考とする知見等）について

- 海外の枠組や取組をわが国の地方公共団体に導入させる場合、法制度の整備や見直しや必要となることが考えられる。本研究の成果物では、対策の適用可能性の検討にとどめ、法制度上の課題については考慮していないことを必ず示す必要がある。
- 欧州では国別に削減目標を出しているが、この仕組みをわが国に適用することは難しい。都道府県単位で削減目標を出すならば、対策の予算が必要となる。一方、自治体ではこれ以上実施できる対策はない状況にある。
- 米国では州ごとに SIP を作成し、それに基づき対策を実施しているが、発生源は自治体単位では閉じられない。また、SIP の仕組みを日本版にカスタマイズするためには法改正が必要である。

- 米国では各州が、欧州では各国が排出インベントリを作成しているが、日本では国が都道府県別に整備するとよいのではないか。ただし、国が作成している現在の排出インベントリは都道府県では使いにくい面があるため改良が必要である。

④考察について

※報告書の 2.2 考察（報告書 p19～24）について、検討会委員に確認をいただき、適宜助言をいただいた。

6 研究動向文献レビュー

資料 6-① 検索データベース、検索キーワード、検索件数

表 26 検索データベース、検索キーワード、検索件数

	検索データベース	検索キーワード	検索件数
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)

資料 6-② 日本の知見 (日文)

表 27 日本の知見 (日文)

※No は資料 6-⑥参考文献の番号

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 NO _x 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 NO _x 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。O _x 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・NO _x 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。O _x 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討と VOC 排出抑制セミナー等の再開について―	橋森武志、2014	VOC を排出する固定発生源等に対して、VOC 排出抑制の取組みに関する最近の動向について概説した。
9)	VOC など臭気対策の最新動向 VOC 排出削減の取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り組みと今後の課題について概説した。

資料 6-③ 日本の知見（英文）

表 28 日本の知見（英文）

※No は資料 6-⑥参考文献の番号

No	文献タイトル	著者、年	主な知見
18)	Air pollution trends in Japan between 1970 and 2012 and impact of urban air pollution countermeasures.	Wakamatsu S, et al, 2013	大気汚染物質濃度(Ox を含む)のトレンドと対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。

表 29 米国の知見

※No は資料 6-⑥参考文献の番号

No	Article Title	著者、年	概要
23)	Effects of the NO _x SIP Call program on ozone levels in New York	Aleksic N, et al, 2013	【NO _x SIP call の対策効果】ニューヨーク州が2003年から実施したNO _x SIP Call のO ₃ 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、NO _x 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】O ₃ 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O ₃ 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。O ₃ の形成が主にNO _x 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、汚染防止の効率が上がる可能性がある。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。
--	--	--	--

資料 6-⑤ 欧州の知見

表 30 欧州の知見

※No は資料 6-⑥参考文献の番号

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NO_x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。

資料 6-⑥ 参考文献一覧

- 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. Leita, 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)