

令和2年度成果報告書

令和2年度光化学オキシダント対策についての海外
の状況把握業務

令和3年3月

経済産業省 産業技術環境局 環境管理推進室

委託先： 株式会社三菱総合研究所

目次

1. 本調査の目的・方針	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の目的	1
1.3 調査内容	1
2. 0xに係る環境基準及び排出基準の情報収集及び比較・検討	2
2.1 環境基準及び排出基準の情報収集及び比較	2
2.1.1 米国、欧州、中国及び日本の0xの環境基準、VOC及びNOxの排出基準の把握	2
2.1.2 0x環境基準の統計学的考察による適切な条件での比較	80
2.1.3 排出基準の規制体系考察による適切な条件での比較	84
2.2 自主的取組等の情報収集	94
2.2.1 日本、米国、欧州、中国におけるVOC排出抑制のための自主的取組の把握	94
2.2.2 米国、欧州、中国の植物由来VOC (BVOC: Biogenic VOC) への対策の把握	107
2.2.3 米国、欧州、中国及び日本のVOC対策の比較・考察	113
2.3 各国の0x濃度との比較等	115
2.3.2 各国の0x濃度の把握	118
2.3.3 各国のVOC排出状況	133
2.3.4 各国のNOx排出状況	144
2.4 各国における0xの環境基準、VOC及びNOx排出基準達成状況の整理	161
2.4.1 0x環境基準達成状況の整理	161
2.4.2 VOC環境基準の達成状況の整理	162
2.4.3 NOx環境基準の達成状況の整理	163
3. 調査結果のまとめ	165
3.1 対策全体の比較	165
3.2 0xの環境基準及び達成状況	167
3.3 VOC及びNOxの排出に関する目標値と達成状況	169
3.4 まとめ	172

表目次

表 2-1	米国の O ₃ 環境基準.....	2
表 2-2	米国の O ₃ 環境基準 (NAAQS) の変遷.....	3
表 2-3	NSPS が規制する VOC 固定排出源.....	5
表 2-4	NSPS での VOC 規制例 (2).....	6
表 2-5	NESHAP での規制対象業種と VOC.....	8
表 2-6	米国の NO ₂ 環境基準.....	9
表 2-7	米国の NO ₂ 環境基準 (NAAQS) の変遷.....	10
表 2-8	酸性雨プログラム (ARP) による NO _x 排出上限値.....	10
表 2-9	NO _x 年間取引制度の州排出割当、保証水準、排出実績 (2018 年)	12
表 2-10	NO _x 夏季グループ 1 取引制度の州排出割当、保証水準、排出実績 (2018 年)	12
表 2-11	NO _x 夏季グループ 2 取引制度の州排出割当、保証水準、排出実績 (2018 年)	13
表 2-12	各プログラムの州排出割当、保証水準、排出実績の合計 (2017 年及び 2018 年)	13
表 2-13	NSPS が規制する NO _x 固定排出源.....	15
表 2-14	電力会社発電ユニット (ボイラ) における窒素酸化物 (NO _x) の排出基準.....	15
表 2-15	固定式燃焼タービンにおける窒素酸化物 (NO _x) の排出基準.....	16
表 2-16	LDV, LDT, 及び MDPV の NMOG+NO _x 基準 (FTP)	16
表 2-17	LDV, LDT, 及び MDPV の NMOG+NO _x 基準 (SFTP)	17
表 2-18	健康を守るための O ₃ の大気質基準 (EU)	18
表 2-19	植物を守るための O ₃ の大気質基準 (EU)	18
表 2-20	健康を守るための多環芳香族炭化水素の大気質基準 (EU)	19
表 2-21	健康を守るためのベンゼンの大気質基準 (EU)	19
表 2-22	NM VOC の排出上限値 (EU 合計)	19
表 2-23	EU のガソリンの貯蔵及びターミナルからガソリンスタンドまでの流通による VOC の放出抑制に関する VOC 排出規制.....	20
表 2-24	溶剤の閾値・排出限界値 (排ガス排出限界値は、273.15K の温度、101.3kPa の圧力にて計算、EU)	22
表 2-25	EU 自動車排ガス規制 (Euro standards) の適用開始時期.....	25
表 2-26	EU 自動車排ガス規制の NMHC 制限値 (Euro6)	26
表 2-27	EU の健康を守るための NO ₂ の大気質基準値.....	27
表 2-28	NO _x の排出上限値 (EU 合計)	27
表 2-29	固形或いは液体燃料利用燃焼施設 (ガスタービンとガスエンジンは除く) の NO _x 排出上限値 (EU) (2014 年 1 月 7 日までに操業開始施設)	29
表 2-30	固形或いは液体燃料利用燃焼施設 (ガスタービンとガスエンジンは除く) の NO _x 排出上限値 (EU) (2016 年 1 月 1 日以降操業開始施設)	30
表 2-31	ガス燃焼による燃焼施設の NO _x 排出上限値 (EU)	30
表 2-32	廃棄物焼却施設の 1 日の NO _x 平均排出上限値 (EU)	31
表 2-33	廃棄物焼却施設の 30 分間の NO _x 平均排出上限値 (EU)	31

表 2-34	セメントキルン混焼焼却施設の NO _x 総排出上限値 (EU)	31
表 2-35	1 日平均固形燃料 (バイオマスを除く) 向け NO _x 排出上限値 (酸素含有量 6%) (EU)	32
表 2-36	1 日平均バイオマス向け NO _x 排出上限値 (酸素含有量 6%) (EU)	32
表 2-37	1 日平均液体燃料向け NO _x 排出上限値 (酸素含有量 3%) (EU)	32
表 2-38	1 日平均固形燃料 (バイオマスを除く) 向け NO _x 排出上限値 (ガスタービンとガスエンジンは除く、酸素含有量 6%) (EU)	33
表 2-39	1 日平均バイオマス向け NO _x 排出上限値 (ガスタービンとガスエンジンは除く、酸素含有量 6%) (EU)	33
表 2-40	1 日平均液体燃料向け NO _x 排出上限値 (ガスタービンとガスエンジンは除く、酸素含有量 3%) (EU)	33
表 2-41	EU 自動車排ガス規制の NO _x 制限値	34
表 2-42	英国の大気質戦略に基づく健康を守るための大気質基準 (O ₃)	34
表 2-43	英国の大気質戦略に基づく植物を守るための大気質基準 (O ₃)	35
表 2-44	健康を守るための多環芳香族炭化水素の大気質基準 (英国)	35
表 2-45	健康を守るためのベンゼンの大気質基準 (英国)	35
表 2-46	健康を守るための 1, 3-ブタジエンの大気質基準 (英国)	35
表 2-47	EU 国別排出上限値指令 (NECD) に基づく英国の NMVOC 排出上限	35
表 2-48	英国の VOC 製品規制 (装飾塗装例)	36
表 2-49	英国の VOC 製品規制 (車両補修製品塗装例)	37
表 2-50	EU の健康を守るための NO ₂ の大気質基準値	37
表 2-51	EU 国別排出上限値指令 (NECD) に基づく英国の NO _x 排出上限	38
表 2-52	EU 国別排出上限値指令 (NECD) に基づくドイツの NMVOC 排出上限	39
表 2-53	ドイツ (EU) の大気質の環境基準 (NO ₂)	39
表 2-54	ドイツの NO _x 排出上限と削減コミットメント	40
表 2-55	EU 国別排出上限値指令 (NECD) に基づくドイツの NO _x 排出上限	40
表 2-56	O ₃ の大気汚染物濃度制限値 (中国)	41
表 2-57	ベンゾピレン (BaP) の大気汚染物濃度制限値 (中国)	41
表 2-58	車両塗料用の水性コーティング中の揮発性有機化合物 (VOC) の含有量の要件 (中国)	42
表 2-59	車両塗料用の溶媒ベースコーティング中の揮発性有機化合物 (VOC) の含有量の要件 (中国)	43
表 2-60	車両塗料用の輻射硬化性コーティング中の揮発性有機化合物 (VOC) の含有量の要件 (中国)	44
表 2-61	木製品用塗料の水性壁コーティングにおける有害物質の制限に関する要件 (抜粋) (中国)	44
表 2-62	建築用壁面塗料の水性壁コーティングにおける有害物質の制限に関する要件 (抜粋) (中国)	46
表 2-63	建築用壁面塗料の装飾ボードコーティング中の有害物質制限に関する要件 (抜粋) (中国)	47
表 2-64	工業用保護塗料の水性コーティング中の揮発性有機化合物 (VOC) 含有量の要件 (中国)	48

表 2-65	工業用保護塗料の溶媒ベースコーティング中の揮発性有機化合物 (VOC) の含有量の要件 (中国)	49
表 2-66	工業用保護塗料の無溶媒コーティング中の揮発性有機化合物 (VOC) の含有量の要件 (中国)	50
表 2-67	工業用保護塗料の輻射硬化性コーティング中の揮発性有機化合物 (VOC) の含有量の要件 (中国)	50
表 2-68	溶剤接着剤の VOC 制限値 (中国)	51
表 2-69	水性接着剤の VOC 制限値 (中国)	51
表 2-70	バルク接着剤の VOC 制限値 (中国)	51
表 2-71	インクの揮発性有機化合物 (VOC) の含有量の要件 (中国)	52
表 2-72	洗浄剤中の揮発性有機化合物の含有量制限要件 (中国)	52
表 2-73	水性塗料有害物質含有量制限値 (中国)	54
表 2-74	北京市の印刷生産活動における VOC 排出濃度制限値	55
表 2-75	北京市の印刷業の不規則な排出モニタリング場所における濃度制限値	55
表 2-76	北京市の印刷インク VOC 含有量制限値	55
表 2-77	北京自動車製造塗装工程塗装面積単位当たり VOC 排出量制限値	56
表 2-78	北京自動車製造塗装工程大気汚染物排出濃度制限値	56
表 2-79	北京自動車製造塗装工程の不規則な排出モニタリング場所における濃度制限値	56
表 2-80	北京自動車製造塗装工程塗料 VOC 含有量制限値	57
表 2-81	上海印刷活動における大気汚染物排出濃度と速度制限値	57
表 2-82	上海印刷企業施設境界線地域大気汚染物濃度制限値	57
表 2-83	上海印刷インク VOC 含有量制限値	58
表 2-84	上海自動車製造業塗装工程塗装面積単位当たり VOC 排出量制限値	58
表 2-85	上海自動車塗装工程における大気汚染物排出濃度と速度制限値	58
表 2-86	上海自動車塗装工程企業施設境界線地域大気汚染物濃度制限値	58
表 2-87	重慶包装印刷企業排ガス管大気汚染物排出制限値 (第 1 段階 ¹)	59
表 2-88	重慶包装印刷企業排ガス管大気汚染物排出制限値 (第 2 段階 ¹)	59
表 2-89	重慶包装印刷業の不規則な排出モニタリング場所における濃度制限値	60
表 2-90	重慶包装印刷業企業施設境界線地域大気汚染物濃度制限値	60
表 2-91	重慶自動車塗装既設企業の第 1 段階 ¹ に適用する大気汚染物排出制限値 (生産設備または作業場の排ガス管)	60
表 2-92	重慶自動車塗装新設企業・既設企業の第 2 段階 ¹ に適用する大気汚染物排出制限値 (生産設備または作業場の排ガス管)	61
表 2-93	重慶自動車塗装企業大気汚染物の不規則な排出モニタリング場所における排出濃度制限値	61
表 2-94	重慶自動車塗装単位面積当たりの VOC 排出総量制限値	61
表 2-95	広東印刷業排ガス管 VOC 排出制限値	62
表 2-96	広東印刷業の不規則な排出モニタリング場所における濃度制限値	62
表 2-97	広東印刷インク VOC 最高含有量制限値	62
表 2-98	広東家具製造業排ガス管 VOC 排出制限値	63
表 2-99	広東自動車塗装面積単位当たり VOC 排出量制限値	63

表 2-100	広東自動車塗装企業排ガス管 VOC 排出制限値	64
表 2-101	広東自動車塗装企業大気汚染物未組織排出濃度制限値	64
表 2-102	自動車の NMHC 排出制限値 (中国)	64
表 2-103	NO 及び NO ₂ の大気汚染物濃度制限値 (中国)	65
表 2-104	火力発電所の NO _x 排出濃度制限値 (中国)	66
表 2-105	火力発電所以外のボイラの NO _x 排出濃度制限値 (中国)	66
表 2-106	石油精製工業の NO _x 排出濃度制限値 (中国)	67
表 2-107	石油化学工業の NO _x 排出濃度制限値 (中国)	67
表 2-108	コークス製錬化学工業の NO _x 排出濃度制限値 (中国)	67
表 2-109	圧延鋼工業の NO _x 排出濃度制限値 (中国)	68
表 2-110	電池工業の NO _x 排出濃度制限値 (中国)	68
表 2-111	北京工業炉・キルン主要大気汚染物排出濃度・速度制限値 (NO _x)	68
表 2-112	北京生産プロセス排ガスとその他排ガスの大気汚染物排出濃度・速度制限値 (NO _x)	69
表 2-113	上海主要大気汚染物排出濃度・速度制限値 (NO _x)	69
表 2-114	上海印刷業主要大気汚染物排出濃度・速度制限値 (NO _x)	69
表 2-115	重慶主要大気汚染物排出濃度・速度制限値 (NO _x)	69
表 2-116	自動車の NO _x 排出制限値 (中国)	70
表 2-117	0 _x の環境基準 (日本)	70
表 2-118	ベンゼン等による大気の汚染に係る環境基準 (日本)	71
表 2-119	揮発性有機化合物 (VOC) の排出基準 (日本)	72
表 2-120	規制対象となる揮発性有機化合物排出施設及び排出基準 (日本)	72
表 2-121	ベンゼンに係る指定物質排出施設と指定物質抑制基準の対応 (日本)	73
表 2-122	トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンに係る指定物質排出施設と指定物質抑制基準の対応 (日本)	74
表 2-123	ガソリン・LPG 車の排出ガス規制値 (日本)	74
表 2-124	ディーゼル車の排出ガス規制値 (日本)	75
表 2-125	大気環境配慮型 SS (e→AS) 認定制度の認定ランク	75
表 2-126	大気に関する環境基準 (二酸化窒素) の達成期間等	76
表 2-127	NO _x の排出基準 (日本)	76
表 2-128	ガソリン・LPG 車の NO _x の排出ガス規制値 (日本)	78
表 2-129	ディーゼル車の NO _x の排出ガス規制値 (日本)	79
表 2-130	各都府県対策地域内自動車 NO _x 排出量	80
表 2-131	各国の O ₃ 環境基準の比較	82
表 2-132	各国の O ₃ 環境基準の比較 (1 時間値を回帰式を用い 8 時間値に換算)	84
表 2-133	各国における VOC の定義の比較	85
表 2-134	各国の VOC 排出量及び排出量目標の比較	85
表 2-135	各国の VOC 排出基準体系の比較	86
表 2-136	各国の NO _x 大気質規準の比較	88
表 2-137	各国の NO _x 排出量規準の比較	89
表 2-138	各国の NO _x 排出規準体系の比較	89
表 2-139	各国のオフセット印刷についての VOC 排出基準 (換算前)	91

表 2-140	EUにおけるオフセット印刷についての VOC 排出基準の ppmC への換算	91
表 2-141	中国におけるオフセット印刷についての VOC 排出基準の ppmC への換算	92
表 2-142	各国における VOC オフセット印刷についての排出基準の比較（換算値）	92
表 2-143	各国の天然ガスを燃料とするガスタービンについての NO _x 排出基準の比較（換算値）	93
表 2-144	国別・地域別手法の整理	95
表 2-145	KWS2000 で特定された VOC 排出源	98
表 2-146	KSW2000 での排出源毎の VOC 排出量	99
表 2-147	ガソリン流通業とその周辺業種での具体的取組	100
表 2-148	VOC 及び SVOC の含有率上限値	102
表 2-149	自主的取組参加業界団体等	106
表 2-150	種の名称と BVOC 排出程度等の属性	108
表 2-151	BVOC 各種の年間平均排出量（2016）	111
表 2-152	VOC 排出抑制のための自主的取組の米国、欧州、中国及び日本の比較	113
表 2-153	植物由来 VOC への対策の米国、欧州、中国及び日本の比較	114
表 2-154	米国国内の O ₃ 濃度の推移	119
表 2-155	米国 都市別 O ₃ 濃度の推移（ppm）	121
表 2-156	EU 全体の 2017 年 O ₃ 濃度の推定年間平均値	124
表 2-157	EU の 2019 年 O ₃ の 1 日の最大 8 時間平均濃度の 93.15percentile 値（background）	124
表 2-158	ドイツの 2019 年 O ₃ の 1 日の最大 8 時間平均濃度の 93.15percentile 値（background）	130
表 2-159	ドイツの 2019 年 O ₃ の 1 日の最大 8 時間濃度の 93.15percentile 値（industrial）	130
表 2-160	中国における O ₃ 大気汚染の経年推移（重点区域都市平均）	131
表 2-161	光化学オキシダント（昼間の日最高 1 時間値）の年平均値の推移（日本）	132
表 2-162	VOC の排出実績	134
表 2-163	VOC の排出実績（「山火事」を含む分類）	134
表 2-164	NM VOC の排出実績（EU 合計）	135
表 2-165	2018 年の排出量と比較した 2020 年及び 2030 年の NM VOC の排出削減コミットメントの達成予測（英国）	136
表 2-166	英国の NM VOC 排出実績	137
表 2-167	英国の農業を除いた NM VOC 排出実績（参考）	137
表 2-168	2018 年の排出量と比較した 2020 年及び 2030 年での NM VOC の排出削減コミットメントの達成予測（ドイツ）	138
表 2-169	ドイツの NM VOC 排出実績	139
表 2-170	ドイツの農業を除いた NM VOC 排出実績	139
表 2-171	青空保護戦勝利（青空保衛戦）3 年行動計画の VOC 削減目標と達成状況（中国）	139
表 2-172	天津、瀋陽とその他典型的な大気汚染都市の VOC 濃度比較	140
表 2-173	発生源品目別 VOC 排出量（推計）	142

表 2-174	NMHC の午前 6 時～9 時における 3 時間平均値の年平均値の推移（日本）	144
表 2-175	米国の NO _x の排出実績	145
表 2-176	米国国内の NO ₂ 濃度の推移	146
表 2-177	NO _x の排出実績（EU 合計）	146
表 2-178	EU 全体の NO ₂ 濃度の平均値	148
表 2-179	2018 年の排出量と比較した 2020 年及び 2030 年での NO _x の排出削減コミットメントの達成予測（英国）	148
表 2-180	英国の NO _x 排出実績	149
表 2-181	英国の農業を除いた NO _x 排出実績（参考）	149
表 2-182	英国の NO ₂ 濃度（年平均値）推移	151
表 2-183	2018 年の排出量と比較した 2020 年及び 2030 年での NO _x の排出削減コミットメントの達成予測（ドイツ）	152
表 2-184	ドイツの NO _x 排出実績	152
表 2-185	ドイツの農業を除いた NO _x 排出実績	153
表 2-186	ドイツの NO _x 濃度推移	154
表 2-187	青空保護戦勝利（青空保衛戦）3 年行動計画の NO _x 削減目標と達成状況（中国）	154
表 2-188	中国の NO _x 排出実績	155
表 2-189	浙江省青空保護戦勝利（青空保衛戦）3 年行動計画の NO _x 削減目標と達成状況	155
表 2-190	陝西省青空保護戦勝利（青空保衛戦）3 年行動計画の NO _x 削減目標と達成状況	155
表 2-191	中国の NO ₂ 平均濃度	156
表 2-192	NO _x 排出量（施設種別）推移（日本）	157
表 2-193	NO ₂ 及び NO の年平均値の推移（一般局）（日本）	159
表 2-194	NO ₂ 及び NO の年平均値の推移（自排局）（日本）	160
表 2-195	調査対象国・地域の O _x 濃度と日本の測定値の比較	161
表 2-196	各国の VOC 排出量及び排出量目標の比較（再掲）	162
表 2-197	各国の NO _x 排出量及び排出量目標の比較	163
表 2-198	各国の NO _x 濃度（年間平均値）及び NO _x 濃度目標の比較	164
表 3-1	米国、欧州、中国、日本での O _x 対策全体の比較	166
表 3-2	米国、欧州、中国、日本での O _x の環境基準及び達成状況の比較	167
表 3-3	調査対象国・地域の O _x 濃度と日本の測定値の比較（再掲）	168
表 3-4	米国、欧州、中国、日本での VOC 及び NO _x の排出に関する目標値と達成状況の比較	169
表 3-5	各国の VOC 排出量及び排出量目標の比較（再掲）	170
表 3-6	各国の NO _x 濃度（年間平均値）及び NO _x 濃度目標の比較（再掲）	171

目次

図 2-1	CSAPR 対象州.....	14
図 2-2	自動車 NO _x ・PM 法の施行状況（自動車 NO _x 排出総量削減）.....	80
図 2-3	日本における O _x の 1 時間値の最高値と O _x の 8 時間値の日最高値との関係.....	83
図 2-4	自主的取組に関しての各主体の役割.....	105
図 2-5	事業者による自主的取組のフォローアップ結果 VOC 排出量推移.....	105
図 2-6	シナリオによる 2001 年から 2016 年までの中国における年間 BVOC 排出量.....	111
図 2-7	中国の BVOC 総排出量の地域分布.....	111
図 2-8	中国における植物機能タイプ別 BVOC の排出率の年次変化.....	112
図 2-9	Jungfraujoch と Hohenpeissenberg でのバックグラウンド O ₃ 濃度の長期的な傾向.....	115
図 2-10	2010～2014 年の平均で、O ₃ 濃度レベルが 70 ppb（米国の制限値）を超える 1 年あたりの日数の分布.....	116
図 2-11	冬季（上段）及び夏季（下段）の O ₃ 分布（2010-2014）.....	118
図 2-12	欧州モニタリング評価プログラム (EMEP) の 55 の地方モニタリングサイトにおける O ₃ 濃度の年平均（黒）とピーク（赤）の中央値の推移。.....	118
図 2-13	米国国内の O ₃ 濃度（ppm）の推移.....	119
図 2-14	米国国内の O ₃ の環境基準に対する比率の推移.....	119
図 2-15	米国 都市別 O ₃ 濃度の推移（ppm）.....	120
図 2-16	2017 年の目標値と各国の観測所の数及び O ₃ 濃度.....	123
図 2-17	EU の O ₃ 濃度の推定年間平均値と MDA8 の長期傾向.....	125
図 2-18	英国の都市部、農村部の O _x 濃度推移（8 時間値）.....	126
図 2-19	英国都市部の O ₃ 濃度が人間の健康に影響を与える可能性のある平均時間数の年間傾向.....	127
図 2-20	英国農村部の O ₃ 濃度が人間の健康に影響を与える可能性のある平均時間数の年間傾向.....	127
図 2-21	英国の O ₃ 濃度の月変動（2019 年、8 時間値）.....	128
図 2-22	ドイツの O ₃ 濃度の年変動（8 時間値月平均値）.....	129
図 2-23	ドイツの健康保護の長期目標（平均 8 時間値の最大値 > 120 μg/m ³ ）を超えた日の空間分布.....	130
図 2-24	中国における O ₃ 大気汚染の経年推移（重点区域都市平均）.....	131
図 2-25	光化学オキシダント（昼間の日最高 1 時間値）の年平均値の推移（日本）.....	132
図 2-26	光化学オキシダント濃度の長期的な改善傾向を評価するための指標（8 時間値の日最高値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年平均値）を用いた域内最高値の経年変化（日本）.....	133
図 2-27	VOC の排出実績（「山火事」を含む分類）.....	134
図 2-28	NM VOC の排出実績（EU 合計）.....	135
図 2-29	英国の NM VOC 排出実績.....	137
図 2-30	英国の NM VOC 排出実績（参考）.....	138
図 2-31	ドイツの NM VOC 排出実績.....	139

図 2-32	発生源品目別 VOC 排出量 (推計)	142
図 2-33	移動発生源の発生源別 THC 排出量 (2018 年)	143
図 2-34	NMHC の午前 6 時～9 時における 3 時間平均値の年平均値の推移 (日本)	143
図 2-35	米国の NO _x の排出実績	144
図 2-36	米国国内の NO ₂ の濃度 (ppb) の推移	145
図 2-37	NO _x の排出実績 (EU 合計)	146
図 2-38	制限値と各国の NO _x 濃度 (2017 年) の関係	147
図 2-39	英国の NO _x 排出実績	149
図 2-40	英国の NO _x 排出実績 (参考)	150
図 2-41	英国の NO ₂ 濃度 (年平均値) 推移	150
図 2-42	ドイツの NO _x 排出実績	152
図 2-43	ドイツの NO _x 濃度推移	153
図 2-44	中国の NO _x 排出実績	155
図 2-45	NO _x 排出量 (施設種別) 推移 (日本)	156
図 2-46	業種別の NO _x 排出量内訳 (総排出量 : 220, 602 千 m ³ N/年) (平成 29 年度速報値)	157
図 2-47	施設種別の NO _x 排出量内訳 (総排出量 : 92, 400 千 m ³ N/年) (平成 29 年度速報値)	158
図 2-48	移動発生源の発生源別 NO _x 排出量 (2018 年)	158
図 2-49	NO ₂ 及び NO の年平均値の推移 (一般局) (日本)	159
図 2-50	NO ₂ 及び NO の年平均値の推移 (自排局) (日本)	159

略称の一覧

本報告書では、以下のとおり略称の統一を図る。

本報告書での表記	正式名称・意味等
ATG	Alternative Control Techniques
AQMD	Air Quality Management District
ARP	Acid Rain Program
BAT	Best Available Technique
BEIS	Biogenic Emission Inventory System
BELD	Biogenic Emissions Landcover Database
BImSchV	the Bundes-Immisionsschutzgesetzes Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen
BREFs	Best Available Techniques Reference Document
BVOC	Biogenic Volatile Organic Compounds
CAA	Clean Air Act
CAFE	Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe
CAMS	Copernicus Atmosphere Monitoring Service
CCGT	Combined Cycle Gas Turbine
CDQ	Coke Dry Quenching
CLMS	Copernicus Land Monitoring Service
CLRTAP	Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution
COVID-19	coronavirus disease 2019
CSAPR	Cross-State Air Pollution Rule
CTG	Control Techniques Guidelines
Defra	Department for Environment, Food & Rural Affairs
EAET	National Annual Emissions Trend
EEA	European Economic Area
EEA	European Environment Agency
EC	European Committee
EMEP	European Monitoring and Evaluation Program
EWDB	Eastwide Forest Inventory and Analysis Database
EIP	Economic Incentive Program
EIPPCB	European Integrated Pollution Prevention & Control Bureau

本報告書での表記	正式名称・意味等
EPA	Environmental Protection Agency
EROS	Earth Resources Observation and Science
EZ	Ministerie van Economische Zaken
FEM	Federal Equivalent Method
FOCWA	Nederlandse Vereniging van Ondernemers in het Carrosseriebedrijf
FRM	Federal Reference Method
FTP	Federal Test Procedure
GAW	Global Atmosphere Watch
GIS	Geographic Information System
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
gvw	gross vehicle weight
HC	hydrocarbon
IED	Industrial Emissions Directive
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JRC	Joint Research Center
KWS2000	Koolwaterstoffen 2000
LAI	Leaf Area Index
LCVs	Light Commercial Vehicles
LDAR	leak detection and repair
LDV	Light-Duty Vehicle
MACC	Monitoring Atmospheric Composition and Climate
MDPV	Medium-Duty Passenger Vehicles
MEGAN	the Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature
MERRA	the Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards
NECD	National Emission Ceiling Directive
NEDC	New European Driving Cycle
NESHAPs	National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants
NMHC	Non-Methane hydrocarbons
NMOG	Non-Methane Organic Gases

本報告書での表記	正式名称・意味等
NMP	Vierde Nationaal Milieubeleidsplan
NMVOC	Non-Methane Volatile Organic Compounds
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NSPS	New Source Performance Standard
OMI	Ozone Monitoring Instrument
OTC	Ozone Transport Commission
PAHs	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
PM	Particular Matter
psia	pounds per square inch absolute
RDE	Real Driving Emissions
PRTR	Pollutant Release and Transfer Register
PVD	polyvinyl chloride
SCAQMD	South Coast Air Quality Management District
SFTP	Supplemental Federal Test Procedure
SIP	State Implementation Plan
SOCMI	Synthetic Organic Chemical Manufacturing Industry
SVOC	Semi-VOC
TDI	Tolylene diisocyanate
THC	total hydrocarbon
TOAR	Tropospheric Ozone Assessment Report
USGS	U.S. Geological Survey's
UV	ultraviolet
VMEPs	Voluntary Mobile Source Emission Reduction Programs
VOC	Volatile Organic Compounds
VOTOB	Vereniging van Onafhankelijke Tankopslagbedrijven
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
VVVF	Vereniging van Verf- en drukinktfabrikanten
VVVH	Vereniging van Verfgroothandelaren
WHTC	Worldwide Harmonized Transient Cycle
WLTC	Worldwide-harmonized Light vehicles Test Cycle
WLTP	Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure

本報告書での表記	正式名称・意味等
WMO	World Meteorological Organization
WWTF	Wiener Wissenschafts-, Forschungs- und Technologiefonds

要約

平成 18 年 4 月に大気汚染防止法（昭和 43 年法律第 97 号）が改正され、揮発性有機化合物（VOC）について、法規制と産業界による自主的取組の両輪（ベストミックス）による排出削減により、平成 22 年度における VOC 排出量は、当初の目標（平成 22 年度までに平成 12 年度比で 3 割程度削減）を超える 4 割以上の排出削減を達成した。平成 23 年度以降は、少なくとも平成 22 年度比で悪化しないよう VOC 排出抑制のための自主的取組を継続している。直近の平成 30 年度実績では、平成 22 年度に比べて約 3 割削減する等、更なる VOC 排出削減に貢献した。

これにより、光化学オキシダント注意報等の発令延べ日数の減少傾向や、新指標に基づく長期的な改善傾向が示唆される等、自主的取組は大気環境の改善にも一定の効果があったものと推測されるが、我が国大気環境中の光化学オキシダント（Ox）濃度の環境基準達成状況は極めて低い水準で推移している。

以上の状況を踏まえ、今後の施策の参考とするため、海外特に米国、欧州及び中国の Ox 対策を把握し、日本の対策と比較を行った。

米国、欧州及び中国における Ox 濃度の低減対策について、Ox の環境基準、VOC 及び窒素酸化物（NOx）の排出基準の設定状況、それ以外の Ox 対策として政府が推進する取組について整理し、我が国の取り組みとの比較を行った。

各国における Ox の環境基準、VOC 及び NOx の排出基準について情報を収集し、日本と比較を行った。

各国の Ox 濃度の低減対策として、日本で実施している VOC の排出抑制に係る自主的取組と同様の対策の有無及び具体的な内容についての情報収集を行った。植物由来 VOC への対策についての情報収集を行った。

各国とも、VOC 及び窒素酸化物の排出削減に関しては排出削減目標を達成しているが、Ox の環境基準への達成状況は未達成となっている。各国の Ox 濃度比較については、日本の濃度が他国に比べ高いということはない。

Ox 発生抑制については、前駆物質である NOx 及び VOC 排出削減のみでは必ずしも有効でないことが確認された。

研究レベルではあるが自然由来 VOC が大気中の VOC の中で看過できない比率を占めていることも判明している。一部の国では、植物由来 VOC（BVOC）の削減のため都市植栽ガイドラインを整備している事例も見られた。

大気中の Ox 濃度の変動要因は、NOx 及び VOC の固定発生源や移動発生源からの排出の他に、BVOC を含む自然由来発生源、大気環境、NO タイトレーション（titration）効果¹や気流による越境等、複雑な要因が絡んでいると言われてきた。Ox 濃度の変動要因の解明については、更なる科学的知見の蓄積と分析が必要である。

¹ NO が O₃ と反応し NO₂ と O₂ になるため O₃ を減少させる効果。

1. 本調査の目的・方針

1.1 調査の背景

揮発性有機化合物（VOC）については、法規制と産業界による自主的取組により排出抑制を実施。近年では平成12年度比の約半分までVOC排出量を削減している。

一方、光化学オキシダント注意報等の発令延べ日数の減少傾向や、新指標に基づく長期的な改善傾向が示唆されるなど、自主的取組は大気環境の改善にも一定の効果があったものと推測されるが、我が国大気環境中の光化学オキシダント（Ox）濃度の環境基準達成状況は極めて低い水準で推移している。

以上の状況を踏まえ、今後の施策の参考とするため、海外の情報を収集し、日本の対策と比較する必要がある。

1.2 調査の目的

米国、欧州及び中国におけるOx濃度の低減対策について、日本の対策と比較を行う。具体的には、Oxの環境基準、VOC及び窒素酸化物（NOx）の排出基準の設定状況、それ以外のOx対策として政府が推進する取組について整理し、個々を比較するとともに、全体としての対策の強弱を比較し、考察を行うことを目的とした。

1.3 調査内容

Oxに係る環境基準及び排出基準の情報収集及び比較・検討を行うことを目的とした。以下の3項目について調査検討を行った。

①環境基準及び排出基準の情報収集及び比較

米国、欧州、中国及び日本のOxの環境基準、Oxの前駆物質と考えられているVOC及びNOxの排出基準の情報を収集整理した。

Oxの環境基準は採用単位系や採用数値（1時間値、8時間値）が国により異なるため、適切な条件での比較を行った。

VOC及びNOxの排出基準の規制体系が国により異なるため、環境規制値の比較が可能か規制体系について考察を行い、適切な条件での比較を行った。

②自主的取組等の情報収集

米国、欧州、中国において、日本で実施しているVOCの排出抑制に係る自主的取組と同様の対策の有無及びある場合はその内容について情報を収集した。

米国、欧州、中国において、植物由来VOCへの対策の情報を収集した。①の調査結果を踏まえ、米国、欧州、中国及び日本のVOC対策について比較を行った。

③各国のOx濃度との比較等

各国におけるOxの測定濃度を調査し、日本のOx測定濃度と適切な条件での比較を行った。各国におけるOxの環境基準、VOC及びNOxの排出基準達成状況の整理を行い、検討を行った。

2. 0xに係る環境基準及び排出基準の情報収集及び比較・検討

2.1 環境基準及び排出基準の情報収集及び比較

2.1.1 米国、欧州、中国及び日本の0xの環境基準、VOC及びNOxの排出基準の把握

(1) 米国

1) O₃の環境基準

米国では、大気浄化法（CAA：Clean Air Act）の1970年の改正時に、「米国大気質基準（NAAQS：National Ambient Air Quality Standards）」を環境基準として定めることになった。この法令には、一次基準と二次基準が存在する。一次基準は、人々の健康を守るための基準であり、十分に余裕のある安全が見込まれることが要求される。二次基準は、植物や建造物、気候へのダメージを含む、広義の福祉を守るための基準である。

現時点のO₃環境基準（NAAQS2015年改正値）は0.070ppmで、年間4番目に高い日中8時間濃度の3年間の加重平均値である。

表 2-1 米国のO₃環境基準

基準汚染物質	一次基準／二次基準	平均化時間	基準値
O ₃	一次・二次	8時間	0.070 ppm

注1) 基準値は、年間4番目に高い日中8時間濃度の3年間の加重平均。

注2) 一次基準は、人々の健康を守るための基準であり、十分に余裕のある安全が見込まれることが要求される。二次基準は、植物や建造物、気候へのダメージを含む、広義の福祉を守るための基準である。一次基準と二次基準の基準値は同一の値となっている。

出所) <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>

大気浄化法第109節(d)は、EPAに5年ごとに基準値(NAAQS)をレビューすることを義務付けている。しかしながら、この5年ごとのレビューは実務上行われていないことが多々あり、EPAにNAAQSのレビューを実施、または完遂することを要求する訴訟がたびたび起きている。訴訟例としては、EPAが2013年3月の締め切りまでに2008年のO₃についてのNAAQSのレビューを完遂しなかったことに対して、2013年6月にSierra club（自然保護団体）と他3つの環境団体が起こした訴訟がある。訴訟の結果、裁判所はEPAに、2014年12月1日までにNAAQSに対する変更を提案することと2015年10月1日までにレビューを完遂し、刊行物の改訂版を出すことを命じた。

1979年制定当初の環境基準は1時間値であったが、1997年に8時間値に変更となり環境基準自体も徐々に厳しくなる傾向にある。

O₃のNAAQSの歴史と改定について下表に示す。

表 2-2 米国の O₃ 環境基準 (NAAQS) の変遷

改正年	ppm	時間値	備考
1971	0.08*	1 時間値	1 年に 1 時間以上超えない
1979	0.12	1 時間値	超える日が 1 年に 1 日を超えない
1997	0.08	8 時間値	年間 4 番目に高い日中 8 時間濃度の 3 年間の加重平均が基準値を超えない
2008	0.075	8 時間値	
2015	0.070	8 時間値	

出所) <https://www.epa.gov/ozone-pollution/table-historical-ozone-national-ambient-air-quality-standards-naaqs> 2020 年 10 月閲覧

2) VOC 排出規制

a. VOC の定義

VOC については、以下と定義している²。

屋内 VOC : 温度と圧力の通常の屋内大気条件下で蒸発することを可能にする組成の有機化合物

屋外 VOC : 一酸化炭素、二酸化炭素、炭酸、金属炭化物または炭酸塩、及び炭酸アンモニウムを除く、大気中の光化学反応に関与する炭素の任意の化合物。但し、EPA によって光化学反応性が無視できると指定されているものを除く。

屋内 VOC に関しては、US EPA は、幅広い消費者製品の VOC 規制を義務付ける消費者製品の国家揮発性有機化合物排出基準を制定している³。EPA は芳香剤、布地保護剤、ヘアスプレー、殺虫剤等の VOC を含む家庭用品も規制の対象としている⁴。同様の規制は各州においても設けられており、州によっては連邦よりも厳格な規制を敷いている⁵。

屋外 VOC について EPA は、一般的な定義として VOC は光化学反応を生じさせるあらゆる炭素化合物であるとしているが⁶、地表 O₃ 形成への寄与はごくわずかであると考えられる化

² <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds> 2020 年 11 月閲覧

³ <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-1998-09-11/pdf/98-22660.pdf> 2020 年 11 月閲覧

⁴ 40 CFR Ch. I, Subpart C-National Volatile Organic Compound Emission, Standards for Consumer Products:

<https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2015-title40-vol6/pdf/CFR-2015-title40-vol6-part59-subpartC.pdf> 2020 年 11 月閲覧

⁵ 例えばヘアスプレーなどについては、EPA が VOC の重量比 80% を上限としているが、カリフォルニアをはじめ 8 つの州では 55% となっている (' Summary of State and Federal VOC Limitations for Institutional and Consumer Products' , ISSA:

https://www.issa.com/wp-content/uploads/voclimitssummary1_22_18-1.pdf)。

⁶ 40 CFR 51.100 - Definitions:

<https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2003-title40-vol12/pdf/CFR-2003-title40-vol12-sec51-100.pdf> 2020 年 10 月閲覧。

合物は規制対象から除かれている⁷。EPA の ‘ Complete List of VOC Exemption Rules ’ を見ると、1971 年にメタンが除外されたのをはじめ、直近の 5 年間でも (HF0-1336mzz-Z 等) 3 つの物質が除外されている。

なお、以下に述べる固定排出源や移動排出源について、州によっては連邦よりも厳格な規制を敷いている。

b. VOC 排出量削減目標

米国には、米国全土に対する VOC 排出量目標は見当たらない。

c. 有害大気汚染物質の固定排出源に対する規制

1990 年改正 CAA 第 112 条は、同法制定以来、初めて主要排出源 (Major sources) 等の排出源のための VOC 等有害大気汚染物質の技術的基準の設定を求めた規定である。主要排出源とは、年間 10 トン以上の有害大気汚染物質または 25 トン以上の有害汚染物質を組み合わせたものを排出するか、そのおそれのある固定発生源或いはそのグループとして定義され、地域発生源 (Area sources) とは主要発生源以外のものをいう⁸。また、同第 112 条には有害大気汚染物質のリストが掲げられており、掲載されている物質は 1990 年以来定期的な見直しの結果修正が加えられ、当初の 189 種類から現在は 187 種類となっている⁹。

「新規発生源基準 (New Source Performance Standards: NSPS)」及び「有害大気汚染物質のための全国基準 (National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: NESHAP)」の設定は 1970 年改正 CAA で規定されていたが、これらにより特定の排出源がそれぞれの規制の対象となった¹⁰。

・ NSPS による規制

NSPS は、特定の排出源分類に係わる新規、変更、及び再構築された施設に適用され、それらの施設は規制の適合性を実証するための「初期動作試験 (initial performance test)」を受けなければならない。継続的な適合性を実証するための排出モニタリングが行われる排出源もある。とりわけ主要排出源は州により最低 2 年に 1 回の完全適合性のための評価を受けることとなっている¹¹。

⁷ EPA, ‘Complete List of VOC Exemption Rules’ :

<https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/complete-list-voc-exemption-rules> 2020 年 10 月閲覧。

⁸ EPA, ‘Summary of the Clean Air Act’ :

<https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act> 2020 年 10 月閲覧。

⁹ EPA, ‘Initial List of Hazardous Air Pollutants with Modifications’ :

<https://www.epa.gov/haps/initial-list-hazardous-air-pollutants-modifications> 2020 年 10 月閲覧。

¹⁰ EPA, ‘Evolution of the Clean Air Act’ :

<https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/evolution-clean-air-act> 2020 年 10 月閲覧。

¹¹ EPA, ‘Demonstrating Compliance with New Source Performance Standards and State Implementation Plans’ :

<https://www.epa.gov/compliance/demonstrating-compliance-new-source-performance-standards-and-state-implementation-plans> 2020 年 10 月閲覧。

NSPS は VOC の固定排出源として、自動車及び小型トラックの表面コーティング (Auto and Light Duty Truck Surface Coating) 等のコーティング業種、地方自治体の固形廃棄物埋め立て地 (Municipal Solid Waste Landfills)、石油精製所 (Petroleum Refineries) 等の石油関連施設、合成有機化学品製造業 (SOCMI) 等の 31 件を規制している。

表 2-3 NSPS が規制する VOC 固定排出源

1	自動車及び小型トラックの表面コーティング
2	飲料缶表面コーティング
3	バルク・ガソリンターミナル
4	フレキシブルビニールとウレタンのコーティングと印刷
5	グラフィックアート業界-出版物グラビア印刷
6	大型家電表面コーティング
7	磁気テープ製造
8	金属コイル表面コーティング
9	金属製家具の表面コーティング
10	地方自治体の固形廃棄物埋め立て地
11	石油及びガスの生産、輸送、及び流通
12	陸上天然ガスプラント-VOC 機器のリーク
13	石油ドライクリーニング
14	石油精製所
15	石油精製所-廃水システム
16	石油精製設備のリーク
17	業務用機械用プラスチック部品 (表面コーティング)
18	基板のポリマーコーティング
19	ポリマー製造業
20	感圧テープとラベルの表面コーティング
21	ゴムタイヤ製造
22	合成有機化学品製造業 (SOCMI) : 空気酸化ユニットプロセス
23	合成有機化学品製造業 (SOCMI) : 蒸留
24	合成有機化学品製造業 (SOCMI) : 機器のリーク
25	合成有機化学品製造業 (SOCMI) : リアクタープロセス
26	固定式火花点火内燃機関
27	合成繊維の生産
28	石油貯蔵容器を含む揮発性有機液体貯蔵容器
29	石油貯蔵容器を含む揮発性有機液体貯蔵容器-1978-1984
30	石油貯蔵容器を含む揮発性有機液体貯蔵容器-1973-1978
31	ウールグラスファイバー断熱材製造

注) 28 「石油貯蔵容器を含む揮発性有機液体貯蔵容器」は EPA が改正提案中。

<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/volatile-organic-liquid-storage-vessels-including-petroleum-storage>

出所) EPA, 'New Source Performance Standards' :

<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/new-source-performance-standards> 2020 年 10 月閲覧。

上表の内、主な項目についてその規制の内容を下表に示す。

表 2-4 NSPS での VOC 規制例(2)

業種	適用対象	基準の内容
自動車及び小型トラックの表面コーティング	1979年10月5日より後で建設・改造・改修された施設	プライムコート (EDP) : (注1) (1)固形物回転率 (RT) ≥ 0.16 であれば使用されたコーティング用固形物 1 L 当たり 0.17kg (2) $0.040 \leq RT < 0.160$ であれば使用されたコーティング用固形物 1 L 当たり $0.17 \times 350^{(0.160-RT)}$ kg (3) $RT < 0.040$ であれば排出制限なし。 プライムコート (非 EDP) : 使用されたコーティング用固形物 1 L 当たり 0.17kg ガイドコート : 使用されたコーティング用固形物 1 L 当たり 1.40kg トップコート : 使用されたコーティング用固形物 1 L 当たり 1.47kg
バルク・ガソリンターミナル	1980年12月17日より後で建設・改造・改修された施設であり、1日当たり7万5,700Lの処理能力のあるもの。	蒸気回収システムから排出される総有機化合物は注入ガソリン 1 L 当たり 35mg 以下
フレキシブルビニールとウレタンのコーティングと印刷	1983年1月18日より後で建設・改造・改修された施設。	(1)加重平均 VOC 含有量がインク固形分 1 キログラムあたり 1.0 キログラム VOC 未満のインクを使用 (2)関係施設からの大気への VOC 排出を 85%削減
グラフィックアート業界-出版物グラビア印刷	1980年10月28日より後で建設・改造・改修された施設	VOC 溶液及び当該施設で使用された水 (注 2) の全質量の 16%超の VOC。
大型家電表面コーティング	900g/L	大型家電表面コーティング
金属コイル表面コーティング	28kg/L (排出制御装置を使用しない場合) 0.14kg/L (排出制御装置を継続的に使用する場合)	金属コイル表面コーティング

<p>石油貯蔵容器を含む揮発性有機液体貯蔵容器-1973-1978 (Subpart K)</p>	<p>容量が 151,416L (4 万 ガロン) 超かつ 246,052 (6 万 5 千ガロン) 以下であり、1974 年 3 月 8 日より後で 1978 年 5 月 19 日より前に建設・改造・改修された貯蔵容器。</p> <p>容量が 246,052L (6 万 5 千ガロン) 超であり、1973 年 6 月 11 日より後で 1978 年 5 月 19 日より前に建設・改造・改修された貯蔵容器。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 液体の真蒸気圧が 78mmHg (1.5psia) 以上 570mmHg (11.1psia) 以下であれば、浮き屋根、蒸気回収システムまたはそれらと同等のものを装着 液体の真蒸気圧が 570mmHg (11.1psia) 超であれば、蒸気回収システムまたはそれと同等のものを装着
<p>石油貯蔵容器を含む揮発性有機液体貯蔵容器-1978-1984 (Subpart Ka)</p>	<p>容量が 151,416L (4 万 ガロン) 超であり、1978 年 5 月 18 日より前に建設・改造・改修された貯蔵容器。</p>	<p>液体の真蒸気圧が 10.3kPa (1.5psia) (注 3) 以上かつ 76.6 kPa(11.1 psia)以下の貯蔵容器は以下のうちいずれか1つを装着。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) ポンツーン型または二重デッキ型の外部浮き屋根 (2) 内部フローティング型の固定屋根 (3) 全ての VOC を回収する蒸気回収システム (4) 上記のものと同等のシステム <p>液体の真蒸気圧が 76.6 kPa (11.1 psia)超の貯蔵容器は蒸気回収システムを装備し、大気への排出を質量比 95%削減。</p>
<p>石油貯蔵容器を含む揮発性有機液体貯蔵容器-1978-1984 (Subpart Kb) (</p>	<p>容量が 75 m³以上であり、1984 年 7 月 23 日より後で建設された揮発性有機液体 (VOL)の貯蔵容器。</p>	<p>容量が 151 m³以上であり、最大真蒸気圧が 5.2kPa 以上かつ 76.6kPa 未満の貯蔵容器または、容量が 75 m³以上 151 m³未満であり、最大真蒸気圧が 27.6kPa 以上かつ 76.6kPa 未満の貯蔵容器には、§ 60.112b(a) (1)～(4)に定めるもののうちの1つを装備。</p> <p>§ 60.112b(a) (3) : 以下の仕様を満たす閉鎖メントシステム及び制御装置</p> <ol style="list-style-type: none"> (i)バックグラウンドでの測定器の指示値が 500 ppm 未満となるよう、VOC 揮発物及びガスを回収 (ii)制御装置により 95%以上の VOC 排出量を削減

注 1) 電着 (EDP) とは、自動車または小型トラックの車体を塗装材が充填されたタンクに沈め、電界を使用して塗装材を車体に蒸着するプライムコート塗布する方法。

注 2) 水は水性インクに含まれる水等。

注 3) psia : 重量ポンド毎平方インチ。

出所) EPA, New Source Performance Standards:

<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/new-source-performance-standards> より三菱総合研究所作成。2020 年 11 月閲覧。

・ NESHAP による規制

NSPS 対象施設と同様、NESHAP 対象施設に対しても初期動作試験は継続的モニタリングが行われるが、EPA は特に査察において報告書と記録の確認や施設に精通した施設職員へのイ

ンタビュー等を行うとしている¹²。

NESHAP は主要排出源としてフェロアロイ生産、産業用、商業用、企業向けボイラ及びプロセスヒーター、鉄鋼鑄造の3つの業種を掲げ、35の業種が地域発生源とされている。表に主要発生源とその規制対象となっているVOCを示す。

表 2-5 NESHAP での規制対象業種と VOC

業種	規制対象 VOC
フェロアロイ生産	ホルムアルデヒド
産業用、商業用、企業向けボイラ及びプロセスヒーター	一酸化炭素（代替的有機有害排出物質）
鉄鋼鑄造	アセトフェノン、ベンゼン、クメン、ホルムアルデヒド、メタノール、ナフタレン、フェノール

出所) EPA, ‘National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP)’ :

<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/national-emission-standards-hazardous-air-pollutants-neshap-9> 2020年10月閲覧。

・その他の規制

連邦規則によらない規制としては、「管理技術ガイドライン (Control Techniques Guidelines: CTG)」、「代替的管理技術 (Alternative Control Techniques: ATG)」によるもの¹³もあり、例えばオフセット・リトグラフ印刷に関するCTG¹⁴は、全体で6.8 kg/日のVOCを排出する施設を対象としている。各州はこのCTGに基づき州独自の規制を定めている。例えば、EPAの‘Control Techniques Guidelines for Offset Lithographic Printing and Letterpress Printing’ではヒートセット・リトグラフ・オフセット印刷の乾燥での排出制御装置出口濃度には20ppm(ヘキサン換算)が推奨されているところ¹⁵、デラウェア州は20ppm(メタン換算)を採用している¹⁶。

州よりもさらに細分化された郡 (county) 等の行政主体にも、独自の規制を有するものも

¹² EPA, ‘National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants Compliance Monitoring’ :

<https://www.epa.gov/compliance/national-emission-standards-hazardous-air-pollutants-compliance-monitoring> 2020年10月閲覧。

¹³ EPA, ‘Clean Air Act Guidelines and Standards for Solvent Use and Surface Coating Industry’ :

<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/clean-air-act-guidelines-and-standards-solvent-use-and-surface> 2020年10月閲覧。

¹⁴ EPA, ‘Control Techniques Guidelines for Offset Lithographic Printing and Letterpress Printing’ :

https://www3.epa.gov/airquality/ctg_act/200609_voc_epa453_r-06-002_litho_letterpress_printing.pdf 2020年10月閲覧。

¹⁵ EPA, ‘Control Techniques Guidelines for Offset Lithographic Printing and Letterpress Printing’ ,

P14。 2020年10月閲覧。

¹⁶ State of Delaware, Delaware Regulations : Administrative Code Title 7 Natural Resources and Environmental Control 1124 Control of Volatile Organic Compound Emissions:

<https://regulations.delaware.gov/AdminCode/title7/1000/1100/Split1124/1124-46.shtml> 2020年10月閲覧。

ある¹⁷。例えばカリフォルニア州の「大気質管理局（Air Quality Management District: AQMD）」のうち「南岸大気管理局（South Coast Air Quality Management District: SCAQMD）」は（自動車塗装を含む）金属塗装につき、大気汚染防止装置を装備する場合、その装置が排出する VOC は 5ppmC 以下となるよう求めている¹⁸。

d. 移動発生源に対する規制

「自動車による大気汚染の管理：Tier3 自動車の排出量と燃料基準」により、NMOG（non-methane organic gases：非メタン有機ガス）+NO_xの規制値を決めている。（以下、NO_x排出規制参照）

3) NO_x 排出規制

・大気質基準

NAAQS で定められる NO_x の環境基準には、一次及び二次基準である年平均値と、1 時間値に由来する 98 パーセンタイルの 3 年平均値がある。後者は以下の NO₂ 環境基準（NAAQS）の変遷で述べるように、2010 年から導入された。

表 2-6 米国の NO₂ 環境基準

基準汚染物質	一次基準／二次基準	平均化時間	基準値
二酸化窒素 (NO ₂)	一次及び二次 ^{注1}	1 年	0.053ppm ^{注2}
	一次	1 時間	0.100ppm ^{注3}

注 1) 一次基準は、喘息患者、子供、高齢者等の「敏感な」集団の健康を保護することを含む、公衆衛生の保護を目的とする基準。二次基準は、視界の低下や動物、作物、植生、建物への損傷に対する保護を含む、公共の福祉保護を目的とする基準。

注 2) 年間平均値。

注 3) 一次基準は、1 日での 1 時間値の最高濃度の 98 パーセンタイル値の 3 年平均値。

出所) <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>

NO_x の環境基準も他の基準値と同様、定期的な見直しを経て現在に至っている。その主な変遷としては 2010 年の 1 時間値の導入である。これは EPA による見直しの際、NO₂ への短期暴露による呼吸器疾患への影響に関する当時の疫学的研究に基づき新たに加えられたものである¹⁹。この追加に伴い、EPA は幹線道路沿い及び地域全体をカバーする広域的な測定ネットワークの要件を定めた²⁰。

¹⁷ 例えば、EPA, ‘Control Techniques Guidelines for Miscellaneous Metal and Plastic Parts Coatings’ : <http://www.aqmd.gov/docs/default-source/rule-book/reg-xi/r1107.pdf> 2020 年 10 月閲覧。

¹⁸ SCAQMD, ‘RULE 1107. COATING OF METAL PARTS AND PRODUCTS’ :

<http://www.aqmd.gov/docs/default-source/rule-book/reg-xi/r1107.pdf> 2020 年 10 月閲覧。

¹⁹ 香川順「米国の二酸化窒素 (NO₂) の新しい 1 時間値の一次基準」大気環境学雑誌 第 45 巻第 4 号 (2010) p179 https://www.jstage.jst.go.jp/article/taiki/45/4/45_4_175/_pdf 2020 年 10 月閲覧。

²⁰ USEPA, 2010 Primary National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) for Nitrogen Dioxide,

表 2-7 米国の NO₂ 環境基準 (NAAQS) の変遷

改正年	ppm	年平均/時間値	備考
1971	0.053	年平均値	—
2010	0.100	時間値	疫学的研究に基づく見直しによる追加

出所) Ozone Pollution・EPA

<https://www.epa.gov/ozone-pollution/table-historical-ozone-national-ambient-air-quality-standards-naaqs> 2020年10月閲覧

・総量規制

米国には、米国全土に対する NO_x 排出量目標は見当たらない。

[酸性雨プログラム]

EPAの酸性雨プログラム(The Acid Rain Program:ARP)は1990年改正大気浄化法(CAA)に基づき、酸性雨の前駆物質である SO₂ と NO_x の排出削減を電力業界等に求めるものである。とりわけ発電由来の NO_x の約 90%は石炭火力発電によるものとされる。NO_x については SO₂ と同様、2期(フェーズⅠ及びフェーズⅡ)に分けて1996年と2000年に開始された。

フェーズⅠでは接線方向炊きボイラ(tangentially fired boiler)または乾式炉壁面バーナー燃焼ボイラ(dry bottom wall-fired boiler)のグループ1に対し、フェーズⅡではグループ1に加え湿式炉壁面バーナー燃焼ボイラ(wet bottom wall-fired boiler)、サイクロン・ボイラ、セルバーナーを利用したボイラ、垂直方向炊きバーナー燃焼ボイラ等を対象として、それぞれ年間40万トン(フェーズⅠ)と117万トンの削減を目指し排出上限値が設けられた。表2-9には、フェーズⅡの排出上限値を掲げる。

表 2-8 酸性雨プログラム(ARP)による NO_x 排出上限値

ボイラの型式	ボイラの数	フェーズⅡ排出上限値
乾式炉壁面バーナー燃焼	308	0.46 lb/mmBtu
接線方向炊き	299	0.40 lb/mmBtu
セルバーナー	36	0.68 lb/mmBtu
サイクロン(155MWe超)	55	0.86 lb/mmBtu
湿式炉(65MWe超)	26	0.84 lb/mmBtu
垂直方向炊き	28	0.80 lb/mmBtu

注) lb: ポンド

出所) EPA, Phase II of the Acid Rain Program:

<https://www.epa.gov/airmarkets/phase-ii-acid-rain-program>, 2020年11月閲覧。

67112 Federal Register / Vol. 61, No. 245 / Thursday, December 19, 1996 / Rules and Regulations:

<https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-1996-12-19/pdf/96-31839.pdf#page=51> 2020年11月閲覧。

[州横断型大気汚染規制(Cross-State Air Pollution Rule: CSAPR)]

EPAは2011年7月6日、州の境界を越えて他の風下にある州の大気質に影響を与える風上州からの大気汚染に対処するため、州間大気汚染規則(CSAPR)を最終決定し、2015年1

https://19january2017snapshot.epa.gov/no2-pollution/2010-primary-national-ambient-air-quality-standards-naaqs-nitrogen-dioxide_.html 2020年10月閲覧。

月から施行されている。規制対象物質は二酸化硫黄 (SO₂) と窒素酸化物 (NO_x) である。この規則は、米国の東半分の特定州が、州の境界を越えて風下の州の大気汚染に寄与する発電所の排出量を削減することで大気質を改善しようとするものである²¹。

CSAPR の下では、NO_x 排出量の規制対象となる期間が 5 月 1 日から 9 月 30 日までの夏季 (Ozone season)²²になるものと、通年となるものがあり、それぞれ州によって異なる。さらに夏季については適用される基準が 1997 年 NAAQS の O₃ 基準と 2008 年 NAAQS の O₃ 基準の 2 種類があり²³、通年のものについては 1997 年 NAAQS の (年間) PM2.5 基準と 2006 年 NAAQS の (24 時間) PM2.5 基準の 2 種類が適用される²⁴ (一年中のものでは SO_x の排出量も規制される)。

排出量の規制は、具体的には EPA が各州に割り当てる州排出割当 (state budget) とその州に認められる変動限界値 (variability limit)²⁵の和である保証水準 (assurance level) を上限としてなされる。州はさらに排出源にこの排出権 (allowance) を割り当て、州の上限を超過した場合、原因となった発生源はその超過分を市場から調達しなければならない。

なお、通年のものについては「NO_x 年間取引制度 (CSAPR annual trading program)」(以下「年間取引」)、夏季の 1997 年 NAAQS の O₃ 基準が適用されるものは「NO_x 夏季グループ 1 取引制度 (CSAPR NO_x ozone season Group 1 trading program)」(以下「O₃1」)、同じく 2008 年 NAAQS の O₃ 基準が適用されるものは「NO_x 夏季グループ 2 取引制度 (CSAPR NO_x ozone season Group 2 trading program)」(以下「O₃2」)として分類されており、それぞれについて州排出割当と変動限界値が割り当てられる²⁶。

²¹ EPA, ‘Overview of the Cross-State Air Pollution Rule (CSAPR)’ :

<https://www.epa.gov/csapr/overview-cross-state-air-pollution-rule-csapr> 2020 年 10 月閲覧。

²² E-CFR, Title 40: Protection of Environment, PART 51-REQUIREMENTS FOR PREPARATION, ADOPTION, AND SUBMITTAL OF IMPLEMENTATION PLANS, Subpart G-Control Strategy:

https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?node=se40.2.51_1121&rgn=div8 2020 年 10 月閲覧。

²³ 1997 年 NAAQS の O₃ 基準は、3 年平均で、年間で 4 番目に高い 1 日の 8 時間値の濃度が 0.08ppm を超えないこと。2008 年 NAAQS の O₃ 基準は、3 年平均で、年間で 4 番目に高い 1 日の 8 時間値の濃度が 0.075ppm を超えないこと。

(<https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/table-historical-ozone-national-ambient-air-quality-standards-naaqs> 2020 年 10 月閲覧)。

²⁴ 1997 年 NAAQS の (年間) PM2.5 基準は 3 年平均の年間算術平均値が 15.0 μg/m³ を超えないこと。2006 年 NAAQS の (24 時間) PM2.5 基準は 24 時間値の 3 年平均値の 98 パーセントイル値が 35 μg/m³ を超えないこと。

(<https://www.epa.gov/pm-pollution/table-historical-particulate-matter-pm-national-ambient-air-quality-standards-naaqs> 2020 年 10 月閲覧)。

²⁵ 州内の集団排出量が、各州で必要な排出削減が達成されることを保証しながら、発電単位 (EGU) の運転の変動性を説明するため、特定の規制期間内にその州の排出割当のレベルを超える可能性がある量を決めたもの。‘The Clean Air Act’ s Good Neighbor Provision: Overview of Interstate Air Pollution Control’, Congressional Research Service, August 30, 2018:

<https://fas.org/sgp/crs/misc/R45299.pdf> 2020 年 11 月閲覧。

²⁶ 米国の中部大西洋岸及び北東部地域を対象とする O₃ 輸送委員会 (OTC: Ozone Transport Commission) によって確立された NO_x 取引プログラム。

https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/cair09_ecm_analyses.pdf 2020 年 11 月閲覧。

表 2-9 NOx 年間取引制度の州排出割当、保証水準、排出実績 (2018 年)

州	州排出割当 (トン)	保証水準 (トン)	2018 年 排出実績 (トン)	1997 年 NAAQS の (年間) PM2.5 基準適用	2008 年 NAAQS の (24 時間) PM2.5 基準適用
アラバマ	71,962	84,915	24,470	●	●
ジョージア	53,738	63,411	25,615	●	●
イリノイ	47,872	56,489	32,070	●	●
インディアナ	108,424	127,940	61,515	●	●
アイオワ	37,498	44,248	24,219	●	●
カンザス	31,354	36,998	13,978		●
ケンタッキー	77,238	91,141	47,399	●	●
メリーランド	16,574	19,557	6,642	●	●
ミシガン	63,040	74,387	39,280	●	●
ミネソタ	29,572	34,895	17,657		●
ミズーリ	48,743	57,517	50,370	●	●
ネブラスカ	30,039	35,446	21,920		●
ニュージャージー	7,945	9,375	3,270		●
ニューヨーク	21,722	25,632	9,539	●	●
ノースカロライナ	41,553	49,033	34,555	●	●
オハイオ	90,258	106,504	50,553	●	●
ペンシルバニア	119,194	140,649	33,140	●	●
サウスカロライナ	32,498	38,348	12,019	●	
テネシー	19,337	22,818	9,162	●	●
ヴァージニア	33,242	39,226	16,130		●
ウェストヴァージニア	54,582	64,407	40,549	●	●
ウイスコンシン	32,871	38,788	15,426	●	●
合計	1,069,256	1,261,722	589,478		

注) 排出実績は 2019 年 5 月 30 日現在の値。

出所) EPA, CSAPR Assurance Provision: <https://www.epa.gov/csapr/csapr-assurance-provision>,
States that are Affected by the Cross-State Air Pollution Rule (CSAPR):

<https://www.epa.gov/csapr/states-are-affected-cross-state-air-pollution-rule-csapr> より三菱
総合研究所作成。2020 年 11 月閲覧。

表 2-10 NOx 夏季グループ 1 取引制度の州排出割当、保証水準、排出実績 (2018 年)

州	州排出割当 (トン)	保証水準 (トン)	2018 年排出実績 (トン)
ジョージア	24,041	29,090	7,084

注) 排出実績は 2019 年 5 月 30 日現在の値。

出所) EPA, CSAPR Assurance Provision: <https://www.epa.gov/csapr/csapr-assurance-provision> 2020
年 11 月閲覧。

表 2-11 NOx 夏季グループ 2 取引制度の州排出割当、保証水準、排出実績 (2018 年)

州	州排出割当 (トン)	保証水準 (トン)	2018 年排出実績 (トン)
アラバマ	13,211	15,985	11,302
アーカンザス	9,210	11,144	10,955
イリノイ	14,601	17,667	14,959
インディアナ	23,303	28,197	21,965
アイオワ	11,272	13,639	10,390
カンザス	8,027	9,713	6,820
ケンタッキー	21,115	25,549	20,817
ルイジアナ	18,639	22,553	14,881
メリーランド	3,828	4,632	2,573
ミシガン	17,023	20,598	17,791
ミシシッピ	6,315	7,641	7,360
ミズーリ	15,780	19,094	15,398
ニュージャージー	2,062	2,495	1,498
ニューヨーク	5,135	6,213	4,618
オハイオ	19,522	23,622	17,389
オクラホマ	11,641	14,086	11,936
ペンシルバニア	17,952	21,722	12,547
テネシー	7,736	9,361	4,191
テキサス	52,301	63,284	51,676
ヴァージニア	9,223	11,160	7,420
ウェストヴァージニア	17,815	21,556	16,455
ウィスコンシン	7,915	9,577	6,751

注) 排出実績は 2019 年 5 月 30 日現在の値。

出所) EPA, CSAPR Assurance Provision: <https://www.epa.gov/csapr/csapr-assurance-provision> 2020 年 11 月閲覧。

表 2-12 各プログラムの州排出割当、保証水準、排出実績の合計 (2017 年及び 2018 年)

単位 (トン)

	2017 年			2018 年					
	州排出割当	保証水準	排出実績	州排出割当	対前年比 (%)	保証水準	対前年比 (%)	排出実績	対前年比 (%)
年間計	1,069,256	1,261,722	585,929	1,069,256	0.00	1,261,722	0.00	589,478	0.61
O ₃ S1 計	24,041	29,090	9,611	24,041	0.00	29,090	0.00	7,084	-26.29
O ₃ S2 計	316,464	382,921	294,494	313,626	-0.90	379,487	-0.90	289,692	-1.63
総計	1,409,761	1,673,733	890,034	1,406,923	-0.20	1,670,299	-0.21	886,254	-0.42

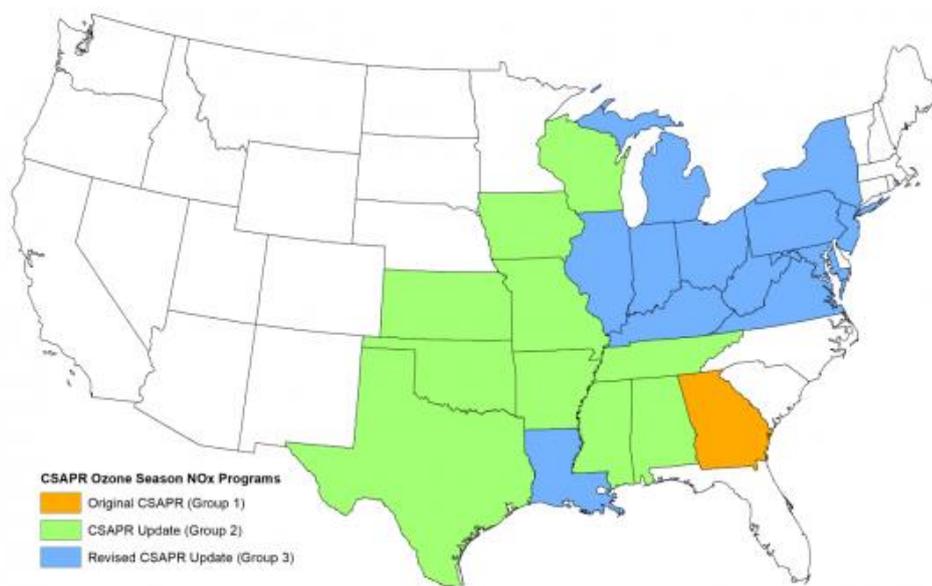
注) 排出実績は 2019 年 5 月 30 日現在の値。

出所) EPA, CSAPR Assurance Provision: <https://www.epa.gov/csapr/csapr-assurance-provision> 2020 年 11 月閲覧。

2018年は2017年に対し、年間取引、 O_3 1とも州排出割当、保証水準は据え置かれ、 O_3 2が1%弱の微減となった。排出実績では年間取引が微増、 O_3 2は微減した一方、 O_3 1（ジョージア州のみが参加）は26%以上と大幅に減少している。

2020年10月15日、EPAは、 O_3 のNAAQSに対する21州の未解決の州間汚染輸送に関する義務に対処するため、改正された州間大気汚染規則（CSAPR）の更新を提案した。2021年の夏季（ozone season）から、提案された規制では12州の発電所から NO_x の追加的な排出削減が必要となる²⁷。

ちなみに、米国は1982年、1997年「長距離越境大気汚染条約（Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution（CLRTAP）」）に加入し、その下にある NO_x の排出削減を定めた「改正ヨーテボリ（ゴセンバーグ）議定書（amended Gothenburg Protocol）」を2017年に批准している²⁸。また隣国のカナダとは1991年、地表 O_3 と微小粒子状物質（PM）削減のための「大気質協定（United States-Canada Air Quality Agreement）」を締結している²⁹。但し、明示的な NO_x の排出削減値は見当たらない。



Cross-State Air Pollution Rule Regions

出所) EPA, ‘Revised Cross-State Air Pollution Rule Update’ :

<https://www.epa.gov/csapr/revised-cross-state-air-pollution-rule-update> 2020年10月閲覧。

図 2-1 CSAPR 対象州

²⁷ EPA, ‘Revised Cross-State Air Pollution Rule Update’ :

<https://www.epa.gov/csapr/revised-cross-state-air-pollution-rule-update> 2020年10月閲覧。

²⁸ Department of State, Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution:

<https://www.state.gov/key-topics-office-of-environmental-quality-and-transboundary-issues/convention-on-long-range-transboundary-air-pollution/> 2020年11月閲覧。

²⁹ Department of State, U.S. Canada Air Quality Agreement (AQA):

<https://www.state.gov/key-topics-office-of-environmental-quality-and-transboundary-issues/u-s-canada-air-quality-agreement-aqa> 2020年11月閲覧。/, EPA, U.S.-Canada Air Quality Agreement: <https://www.epa.gov/airmarkets/us-canada-air-quality-agreement> 2020年11月閲覧。

・固定発生源

NSPS が規制する NOx の固定発生源は 9 件あり、発電等の燃焼装置、硝酸プラント、セメント製造業、硫酸プラントが対象となっている。

表 2-13 NSPS が規制する NOx 固定排出源

1	電力会社発電ユニット (ボイラ)
2	商工業用企業向け蒸気発生ユニット
3	硝酸プラント
4	ポルトランドセメント製造業
5	固定燃焼タービン
6	固定圧縮点火内燃機関
7	固定ガスタービン
8	固定式火花点火内燃機関
9	硫酸プラント

出所) EPA, 'New Source Performance Standards' :

<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/new-source-performance-standards> 2020 年 10 月閲覧。

上表の内、1. 電力会社発電ユニット (ボイラ) 及び 5. 固定燃焼タービンについて排出基準を以下にまとめる。

表 2-14 電力会社発電ユニット (ボイラ) における窒素酸化物 (NOx) の排出基準

燃料種	入熱の排出上限	
	ng/J	ポンド /MMBtu
ガス状燃料 :	210	0.5
石炭由来燃料		
その他の燃料	86	0.2
液状燃料 :		
石炭由来燃料	210	0.5
シェールオイル	210	0.5
その他の燃料	130	0.3
固体燃料 :	210	0.5
石炭由来燃料		
重量で 25% 超の石炭くずを含む燃料	注(1)	注(1)
褐炭がノースダコタ州、サウスダコタ州、またはモンタナ州で採掘されたもので、スラグトップ (融灰式灰取り出し) 炉で燃焼される場合、重量で 25% 超のその褐炭を含む燃料 注(2)	340	0.8
340 ng/J の入熱排出制限の対象とならない褐炭を重量で 25% 超含む燃料	260	0.6
亜瀝青炭	210	0.5
瀝青炭	260	0.6
無煙炭	260	0.6
その他の燃料	260	0.6

注(1) NOx 基準及び NOx 監視義務の免除。

注(2) 重量で 25% 未満の亜炭を含む燃料は割り当ての対象とならないが、その割合は主要な燃料の割合に追加される。

出所) EPA, ‘New Source Performance Standards’ :
<https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/new-source-performance-standards> 2020年
 10月閲覧。

表 2-15 固定式燃焼タービンにおける窒素酸化物 (NO_x) の排出基準

タービンのタイプ				基準値 [ppm]
使用燃料	設備容量	新設/既設	用途	
天然ガス	15MW 以下	新設	発電	42
			機械駆動	100
	15MW 超 250MW 以下	既設	-	150
			新設	-
	250MW 超	既設	-	42
-			-	15
天然ガス以外	15MW 以下	新設	発電	96
			機械駆動	150
	15MW 超 250MW 以下	既設	-	150
			新設	-
	250MW 超	既設	-	96
-			-	42

出所) Federal Register ' 40 CFR Part 60 [EPA-HQ-OAR-2004-0490, FRL-8033-4] :
<https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2006-07-06/pdf/06-5945.pdf> 及び ‘Standards of Performance for Stationary Gas Turbines; Standards of Performance for Stationary Combustion Turbines; Proposed Rule: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2012-08-29/pdf/2012-20524.pdf>’
 (2020年10月閲覧) より三菱総合研究所作成。

・移動排出源

2014年4月、EPAは自動車が大気質と公衆衛生に与える影響に対処するための包括的なアプローチの一部として「自動車による大気汚染の管理: Tier3 自動車の排出量と燃料基準 (Control of Air Pollution From Motor Vehicles: Tier 3 Motor Vehicle Emission and Fuel Standards)」を公表した。

公表された NMOG+NO_x 基準を、連邦試験手続き別に下表に示す。

表 2-16 LDV, LDT, 及び MDPV の NMOG+NO_x 基準 (FTP)

(単位: mg/マイル)

型式年	2017 ^a	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025 以降
LDV/LDT1 ^b	86	79	72	65	58	51	44	37	30
LDT2, 3, 4 及び MDPV	101	92	83	74	65	56	47	38	30

注) a. 車両総重量評価が 6,000 ポンド超の LDV 及び LDT 並びに MDPV には 2018 型式年から適用。b. これらの基準は 15 万マイル走行可能車 (useful life) に適用。

NMOG (non-methane organic gases) : 非メタン有機ガス

LDV (light-duty vehicle) : 乗用車

LDT (light-duty trucks) : 軽トラック 1. 2. 3. 4 は車両重量分類。

MDPV (Medium-Duty Passenger Vehicles) : 車両総重量評価が 1 万ポンド未満であり、人の輸送に用いられるもの。

FTP (Federal Test Procedure) : 通常運転シミュレーションによる連邦試験手続き

出所) EPA, ‘Regulations to Reduce Mobile Source Pollution’ :

<https://www.epa.gov/mobile-source-pollution/regulations-reduce-mobile-source-pollution>
2020 年 10 月閲覧。

表 2-17 LDV, LDT, 及び MDPV の NMOG+NO_x 基準 (SFTP)

(単位 : mg/マイル)

型式年	2017 ^a	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025 以降
NMOG + NO _x	103	97	90	83	77	70	63	57	50

注)

NMOG (non-methane organic gases) : 非メタン有機ガス

LDV (light-duty vehicle) : 乗用車

LDT (light-duty trucks) : 軽トラック

MDPV (Medium-Duty Passenger Vehicles) : 車両総重量評価が 1 万ポンド未満であり、人の輸送に用いられるもの。

SFTP (Supplemental Federal Test Procedure) : 高温下、高速度、急ブレーキ等を含む補完的シミュレーションによる連邦試験手続き。

出所) EPA, ‘Regulations to Reduce Mobile Source Pollution’ :

<https://www.epa.gov/mobile-source-pollution/regulations-reduce-mobile-source-pollution>
2020 年 10 月閲覧。

また、連邦の基準とは別に、カリフォルニア州の基準を採用する州も増加しつつある³⁰。

・州実施計画 (SIP)

CAA 第 110 条は州に対し、NAAQS の実施、達成、維持、及び施行を規定する州実施計画 (SIP: State Implementation Plan) の提出を求めている。

EPA は州が交付した排出許可 (air permit) の審査を通じて SIP の順守状況を監視している。また、EPA は排出許可の規定に違反する発生源等に執行措置をとることもある。

³⁰ Maryland Department of the Environment, ‘States Adopting California’s Clean Cars Standards’ : <https://mde.maryland.gov/programs/air/mobilesources/pages/states.aspx> 2020 年 10 月閲覧。

(2) 欧州

1) EU

a. O₃の環境基準

1996年の大気質枠組み指令(Air Quality Framework Directive 96/62/EC)において、環境大気質のモニタリング、評価、管理方法の原則が定められた。幅広い汚染物質の大気質環境基準や特定の汚染物質の制限値については、この指令とその後採択された下記の4つの娘指令にて定められた。O₃については、第3娘指令(3rd Daughter Directive 2002/3/EC)で定められた。2005年に採択された大気質枠組み指令と1~3番目の娘指令を統合した、新大気質指令(Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe (CAFE) Directive (2008/50/EC))が、2008年に採択された。

新大気質指令(2008/50/EC)の健康を守るための大気質基準では、O₃の環境基準(目標値)が定められている。目標値の他に長期目標、情報閾値、警戒閾値³¹が定められている。

表 2-18 健康を守るためのO₃の大気質基準 (EU)

目標、制限値等	平均期間	適合期限	コメント
目標値: 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	毎日8時間平均値の最大値	2010年1月1日	平均3年間で環境基準を超える日が25日/年以下
長期目標: 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	毎日8時間平均値の最大値	定めず	—
情報閾値: 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1時間	定めず	—
警戒閾値: 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1時間	定めず	—

出所) 3rd Daughter Directive 2002/3/EC、EU指令「新大気質指令(2008/50/EC)」:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0003&from=EN>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=EN> 2020年9月閲覧

表 2-19 植物を守るためのO₃の大気質基準 (EU)

目標、制限値等	平均期間	適合期限	コメント
目標値: 平均 18,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$	5年以上	2010年1月1日	5-6月の1時間値から計算されたAOT40
長期目標: 6,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$	5年以上	定めず	5-6月の1時間値から計算されたAOT40

注) AOT40: 中央ヨーロッパ標準時の8:00から20:00の間に測定された1時間の値で、指定された期間における80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40億分の1)を超える時間ごとの濃度と80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ との差の合計。

出所) 3rd Daughter Directive 2002/3/EC、EU指令「新大気質指令(2008/50/EC)」:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0003&from=EN>

³¹ 長期目標: 暴露に比例する手段を用いずに人と環境に効果的な防護を目的とした長期の目標、情報閾値: 特に影響を受けやすい人への短時間暴露による健康リスクがある場合の閾値、警戒閾値: すべての人に対して短時間暴露による健康リスクがあり即時に措置が取られるべき閾値。

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=EN> 2020年9月閲覧

b. VOC 排出基準

・大気質基準

新大気質指令では、健康への影響という観点から、多環芳香族炭化水素(PAHs:Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)、ベンゼンについての大気質基準がある。多環芳香族炭化水素、ベンゼンはVOCに分類される。

表 2-20 健康を守るための多環芳香族炭化水素の大気質基準 (EU)

目標、制限値等	適合期限	コメント
上限値: 1.0 ng/m ³	2012年12月31日	ベンゾ[a]ピレンの濃度

出所) <https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm> 2020年10月閲覧

表 2-21 健康を守るためのベンゼンの大気質基準 (EU)

目標、制限値等	適合期限	コメント
上限値: 5 µg/m ³	2001年1月1日	—

出所) <https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm> 2020年10月閲覧

・国別排出基準に関する規制

EUの国別排出基準に関する規制では、2001年に発効された国別排出上限指令(National Emissions Ceiling Directive(2001/81/EC))がある。この指令では4種類の物質(SO₂、NO_x、NMVOC、NH₃)について、加盟国に対して国別の排出削減義務を定めている。2016年12月31日には、この指令に代わる新しい国別排出上限指令(National Emissions Ceiling Directive(2016/2284/EU))が発効された。

2020年、2030年の削減義務を定めるとともに、以前の国別排出上限指令で定められた2010年の排出上限については、確実に2019年末まで適用されるようにすることが定められている。EU大気質指令で制定されている大気質計画の成功実現に寄与すべき国別大気汚染規制プログラム(National Air Pollution Control Programs)を2019年までに作成することを加盟国に義務付けている。

この指令が完全に実施されるようになれば、大気汚染による健康への悪影響(呼吸器系疾病、早期死亡)が、2030年までに約50%(対2005年比)削減すると見込まれる。

表 2-22 NMVOCの排出上限値 (EU合計)

(単位: Gg)

2010-2013 ^{*27} 各国	2014-2019 ^{*28} 各国	2020-2029 ^{*28} 各国	2030 ^{*28} 各国
8848	8938	6401.51	5334.59

出所) https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/eu-progress-in-meeting-its-1#tab-chart_4
<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/nec-directive-reporting-status-2019> 2020年9月閲覧

・固定発生源に関する規制

ガソリンの貯蔵及びターミナルからガソリンスタンドまでの流通によるVOCの放出抑制に関する理事会指令(94/63/EC)が1994年施行され、この指令は、2003年9月29日の欧州

議会及び議会の規制 (EC) No 1882/2003 L 284、欧州議会及び議会の 2008 年 10 月 22 日の規制 (EC) No 1137/2008 L 311、2018 年 5 月 30 日の欧州議会及び議会の決定 (EU) 2018/853 L 150、2019 年 6 月 20 日の欧州議会及び議会の規制 (EU) 2019/1243 L 150 により更新されている³²。

表 2-23 EU のガソリンの貯蔵及びターミナルからガソリンスタンドまでの流通による VOC の放出抑制に関する VOC 排出規制

概要	対象施設	規制数値
<p>O₃削減を目的に、添加物の如何を問わず、27.6 キロパスカルのリード蒸気圧を有し、LPG を除き自動車の燃料として使用することが意図される全ての石油派生品について、①ターミナルにおけるガソリン貯蔵施設の設計、操作、②ターミナルにおける移動容器への積み込み/積み下ろし作業、③移動容器の設計操作、④ガソリンスタンドにおける貯蔵設備への積み込み作業について、設備基準、性能基準、作業条件基準等を規定。</p>	<p>油槽所、給油所</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵施設での積載及び保管に起因するガソリンの年間損失の合計を、取り扱い年間最大量の目標重量値である 0.01 重量 (w/w) % 未満に設計。 ・移動容器の積み下ろしに起因するガソリンの年間損失の合計を、取り扱い年間最大量の目標基準値である 0.005w/w% 未満に設計。 ・地上のタンクの外壁と屋根は、全放射熱反射率が 70% 以上の色で塗装。 ・外部フローティングルーフを備えたタンクは、タンク壁とフローティングルーフの外周との間の環状スペースを覆うプライマリシールと、プライマリシールの上に取り付けられたセカンダリシールを装備。真空/圧力逃がし弁のみを備えた固定屋根タンク) と比較して、95% 以上の蒸気の全体的な封じ込めを達成するように設計。 ・既存の固定屋根タンクは、蒸気制御なしの同等の固定屋根タンクと比較して、90% 以上の蒸気の全体的な封じ込めを達成するように設計。 ・上記回収装置の蒸気回収からの排気ガス中蒸気の平均濃度上限は 1 時間あたり 35g/N m³。※英国は 1993 年 1 月 1 日より前に設置された蒸気回収装置について猶予 (各国の法制化が求められる期日 (1995 年 12 月 31 日) から 9 年、任意の 1 時間について、50 g/N m³ を上限)。

出所) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:01994L0063-20190726> 2020 年 9 月閲覧

EU では、2011 年 1 月 6 日に発効された産業排出指令 (Industrial Emissions Directive 2010/75/EU) により、大規模産業からの汚染物質排出が規制されている。この指令は、揮発性有機化合物 (VOC) 溶剤指令 (Volatile Organic Compound (VOC) Solvents Directive 1999/13/EC) を含め 7 つの指令を見直し統合している。

大気汚染物質の排出、排水の排出及び廃棄物の発生による欧州の汚染のかなりの部分が産業生産プロセスで占められている。産業排出指令の目指すところは、EU 全体の有害な産業排出物を削減することにより (特に利用可能な最善の手法 (Best Available Techniques、以下 BAT) のより良い活用を通じ)、人間の健康と環境全体を高い水準で保護することにある。産業排出指令は 産業設備からの汚染物質排出を規制する EU の主要手段である。

³² 出所) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:01994L0063-20190726> 2020 年 9 月閲覧

産業排出指令の付属書 VII には、有機溶剤（VOC）を使用する施設・産業活動に関する技術面での規定がある。この付属書に含まれる産業活動は 1) 接着剤の塗装、2) 車両、金属・プラスチック・木材の表面、繊維、織物、フィルム・紙の表面の塗装、3) コイルの塗装、4) ドライクリーニング、5) 靴製造、6) 塗料用複数成分化学品、ワニス、インク、接着剤の製造、7) 薬品製造、8) 印刷、9) 天然・合成ゴムの最終製品への変換工程、10) 表面洗浄、11) 植物性油・動物性油脂の抽出、植物油精製、12) 車両塗り替え工程、13) コイル塗装、14) 木材の含浸、15) 木材・プラスチックのラミネート加工である。溶剤を使用する産業活動ごとに、年間使用量の閾値、排ガス中の排出上限値（濃度基準）、揮散排出値（溶剤投入量に対して揮散させても良い VOC の割合）、総排出限界値を規定している。

「揮発性有機化合物（VOC）」とは、101.3 kPa の標準圧力で測定した初期沸点が 250℃以下の任意の有機化合物と定義されている³³。

³³ 1999/13 / EC の修正である欧州議会及び理事会の指令 2004/42 / CE で定義されている。
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32004L0042> 2020 年 9 月閲覧

表 2-24 溶剤の閾値・排出限界値（排ガス排出限界値は、273.15K の温度、101.3kPa の圧力にて計算、EU）

	作業 (溶剤消費閾値 (トン/年))	溶剤 消費閾値 (トン/年)	排ガス排出 限界値 (mgC/N m ³)	揮散排出値 (溶剤投入量 に対する%)		総排出限界値		特記事項
				新規 施設	既存 施設	新規施設	既存施設	
1	熱処理オフセット輪転 印刷 (>15)	15-25 >25	100 20	30 ⁽¹⁾ 30 ⁽¹⁾		—		⁽¹⁾ 最終製品中の残留溶剤は揮散排出の一部とみなさない。
2	出版物用輪転グラビア (>25)		75	10	15	—		
3	他の輪転グラビア、フレキシング ラフィー、回転スクリーン印刷、 ラミネート化 またはワニスの塗装の設備 (> 15) 繊維/ボール紙用回転スクリー ン印刷 (>30)	15-25 >25 >30 ⁽¹⁾	100 100 100	25 20 20		—		⁽¹⁾ 繊維・ボール紙への回転スクリーン印刷での閾値。
4	下記 1. 2. の化合物を使う表面洗 浄 1. 危険有害性情報の H コード (H340、H350、H350i、H360D、 または H360F) が割り当てられて いる、或いは必要である VOC (>1) 2. 危険有害性情報の H コード (H341、または H351) が割り当 てられている、或いは必要であ るハロゲン系 VOC を使用する表 面洗浄 (>1)	1-5 >5	20 ⁽¹⁾ 20 ⁽¹⁾	15 10		—		⁽¹⁾ 限界値は、全炭素でなく化合物質量 (mg/N m ³)。
5	上記以外の表面洗浄 (>2)	2-10 >10	75 ⁽¹⁾ 75 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾ 15 ⁽¹⁾		—		⁽¹⁾ 使用する全ての洗浄物質の平均有機溶剤含有量が重量 で 30%を超えないことを管轄当局に実証する施設はこの限 界値の適用除外となる。
6	車両の塗装 (<15)・塗り替え	>0.5	50 ⁽¹⁾	25		—		⁽¹⁾ 15 分間平均の測定に基づき、付属書 VII の Part 1 Point 2 に従い順守しなければいけない。
7	コイル塗装 (>25)		50 ⁽¹⁾	5	10	—		⁽¹⁾ 回収された溶剤が再利用可能な技術を使う施設対する 排出限界は 150 である。

	作業 (溶剤消費閾値 (トン/年))	溶剤 消費閾値 (トン/年)	排ガス排出 限界値 (mgC/N m ³)	揮散排出値 (溶剤投入量 に対する%)		総排出限界値		特記事項
				新規 施設	既存 施設	新規施設	既存施設	
8	金属、プラスチック、繊維 ⁽⁵⁾ 、 織物、フィルム、紙を含む塗装 (>5)	5-15 >15	100 ⁽¹⁾⁽⁴⁾ 50/75 ⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾	25 ⁽¹⁾ 20 ⁽¹⁾				(1) 排出限界値は閉鎖条件下で 行われる塗料の塗布・乾燥 工程に適用される。 (2) 排出限界値 (50) は乾燥工程に、(75) は塗料の塗布工 程に適用される。 (3) 回収された溶剤が再利用できる技術を使う繊維の塗装 施設に対しては、塗料の塗装と乾燥工程を合わせた排出限 界値 (150) である。 (4) 閉鎖条件下で行うことができない塗装作業 (船舶建造、 航空 機塗装等) は、第 59 条 3 項に従い、これらの値の適 用から除外される。 (5) 繊維への回転スクリーン印刷 は作業番号 3 で取り扱 う。
9	巻きワイヤの塗装 (>5)	—	—	—		10g/kg ⁽¹⁾ 5g/kg ⁽²⁾	(1) ワイヤの平均直径 0.1mm 以下の施設に適用する。 (2) その他の施設に適用する。	
10	木質表面の塗装 (>15)	15-25 >25	100 ⁽¹⁾ 50/75 ⁽²⁾	25 20		—	(1) 排出限界は閉鎖条件下で行われる塗料の塗布・乾燥工 程 に適用される。 (2) 排出限界値 (50) は乾燥工程に、(75) は塗料の塗布工 程に適用される。	
11	ドライクリーニング	—	—	—		20g/kg ⁽¹⁾⁽²⁾	(1) 洗浄・乾燥される製品のキロ当たり排出溶剤質量で表 記。 (2) 付属書 VII の Part 4 Point 2 は適用されない。	
12	木材の含浸 (>25)	>25	100 ⁽¹⁾	45		11kg/ m ³	(1) クレオソートの含浸に対しては、排出限界値は適用され ない。	
13	皮革コーティング (>10)	10-25 >25 >10 ⁽¹⁾	—	—		85g/ m ³ 75g/ m ³ 150g/ m ³	排出限界値は製造品の m ² 当たりの排出溶剤 (g) で表記。 (1) 調度品・小型の消費財 (バッグ、ベルト、財布等) とし て使用する特定の皮革製品における皮革コーティング	
14	靴製造 (>5)	—	—	—		25g/ 足	総排出限界値は靴の生産完成品 1 足当たりの排出溶剤 (g) で表記。	
15	木材・プラスチックのラミネー ト加工 (>5)	—	—	—		30g/ m ³	—	

	作業 (溶剤消費閾値 (トン/年))	溶剤 消費閾値 (トン/年)	排ガス排出 限界値 (mgC/N m ³)	揮散排出値 (溶剤投入量 に対する%)		総排出限界値		特記事項
				新規 施設	既存 施設	新規施設	既存施設	
16	接着剤塗装 (>5)	5-15 >15	50 ⁽¹⁾ 50 ⁽¹⁾	25 20		—		⁽¹⁾ 回収された溶剤が再利用可能な技術を使う場合、排ガス排出限界は150である。
17	塗料用複数成分化学品、ワニス、 インク、接着剤の製造 (>100)	100-1000 >1000	150 150	5 3		投入した溶剤の5% 投入した溶剤の3%		揮散排出値は、密封容器中の塗料用複数成分化学品の一部として販売される溶剤は対象としない。
18	天然・合成ゴムの最終製品への 変換工程 (>15)	—	20 ⁽¹⁾	25 ⁽²⁾		投入した溶剤の25%		⁽¹⁾ 回収された溶剤が再利用可能な技術を使う場合、排ガス排出限界は150である。 ⁽²⁾ 揮散排出値は、密封容器中の製品或いは複数成分化学品の一部として販売される溶剤は対象としない。
19	植物性油・動物性油脂の抽出、 植物油精製 (>10)	—	—	—		動物性油脂: 1.5kg/トン トウモロコシ: 3kg/トン 菜種: 1kg/トン ひまわりの種: 1kg/トン 大豆(通常圧搾): 0.8kg/トン 大豆(白色フレーク): 1.2kg/トン それ以外の種・植物性物質: 3kg/トン ⁽¹⁾ 、1.5kg/トン ⁽²⁾ 、4kg/トン ⁽³⁾		⁽¹⁾ 個々の種とそれ以外の植物性物質を加工する施設向けの総排出限界値は、利用可能な最善の技術を適用し、管轄当局により個別に設定されなければならない。 ⁽²⁾ 脱ガム(油からガムを除去)以外の全ての分別に適用される。 ⁽³⁾ 脱ガムに適用される。
20	薬品製造 (>50)	—	20 ⁽¹⁾	5 ⁽²⁾	15 ⁽²⁾	投入した溶剤の5%	投入した溶剤の15%	⁽¹⁾ 回収された溶剤が再利用可能な技術を使う場合、排ガス排出限界は150である。 ⁽²⁾ 揮散排出値は、密封容器中の製品或いは複数成分化学品の一部として販売される溶剤は対象としない。

出所) DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018年11月27日閲覧

・移動発生源に関する規制

EU で自動車排ガス規制が始まったのは、1970 年であるが、大気質改善のため、EU 規模での最初の EU 基準 (Euro 1) が導入されたのは 1992 年である。EU と EEA (欧州経済地域) で販売される新車の軽量自動車 (乗用車・軽量商用車) の排ガス許容制限値を定めており、主に窒素酸化物 (NO_x)、一酸化炭素 (CO)、炭化水素 (HC)、微小粒子状物質 (PM) 等の有害物質の排出削減を目的としている。

Euro 1 以降、Euro 2, Euro 3/4, Euro 5/6 と連番の EU 指令が改正・発効され、段々、厳しい制限値となっている。例えば、Euro 4 では、Euro 3 に対してほぼ半減、続く、Euro 5 でも、PM、NO_x の制限値は引き続き大幅に削減している。

なお、Euro 6 に関しては、測定方法の変更・追加により、Euro 6b (NEDC (New European Driving Cycle) 測定)、Euro 6c (WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) 測定)、Euro 6d-TEMP (RDE (実走行時排ガス: Real Driving Emissions) 測定での 2019 年までの制限値)、Euro 6d (RDE (Real Driving Emissions) 測定での 2020 年以降の制限値) がある。測定方法の変更である Euro 6b, 6c 間では制限値に変更はない。

一方、2017 年に新たに追加された、公道における実走行時の排ガスの測定試験 (RDE) を実施する測定による NO_x 排出量の制限値に関しては、2019 年までの暫定値の Euro 6d-TEMP では、試験室での台上試験の 2.1 倍まで認められている。2020 年以降の Euro 6d ではこの規制が強化され、試験室での台上試験の 1.5 倍までとなっている。³⁴ RDE 測定導入の背景は、台上試験と公道実走行試験での NO_x 排出量の測定値に乖離 (特にディーゼル車) が判明したことである。そのため、2017 年 9 月に新たに公道実走行試験での排出量を規制する RDE 測定に基づく規制が導入された。

表 2-25 EU 自動車排ガス規制 (Euro standards) の適用開始時期

規制名称	大分類 (カテゴリ)	小分類 (クラス)	新型モデル (型式認証)	全モデル (初期登録)
Euro 1	M (乗用車) *1		1992 年 7 月	1993 年 1 月
	N ₁ (上記に含まれない乗用車、 最大質量*3.5 トン以下の軽量 商用車)	—	1993 年 10 月	1994 年 10 月
Euro 2	M (乗用車) *1		1996 年 1 月	1997 年 1 月
	N ₁ (上記に含まれない乗用車、 最大質量*3.5 トン以下の軽量 商用車)	C1 (RM*4 ≤ 1250kg)	1997 年 1 月	1997 年 10 月
		C2 (1250kg < RM*4 ≤ 1700kg)	1998 年 1 月	1998 年 10 月
		C3 (1700kg < RM*4)	1998 年 1 月	1999 年 10 月
Euro 3	M (乗用車) *2		2000 年 1 月	2001 年 1 月
	N ₁ (上記に含まれない乗用車、 最大質量*3.5 トン以下の軽量)	C1 (RM*4 ≤ 1305kg)	2000 年 1 月	2001 年 1 月

³⁴ Freet Europe、Taxation and legislation、Europe、Features、2018 年 4 月 24 日掲載記事、「Do you know your Euro 6 from your 6c and 6d-TEMP?」、
<https://www.fleeteurope.com/en/taxation-and-legislation/europe/features/do-you-know-your-euro-6-your-6c-and-6d-temp>、2018 年 12 月 6 日取得

規制名称	大分類 (カテゴリ)	小分類 (クラス)	新型モデル (型式認証)	全モデル (初期登録)		
	商用車)	C2 (1305kg<RM*4 ≤1760kg)	2001年1月	2002年1月		
		C3 (1760kg <RM*4)	2001年1月	2002年1月		
Euro 4	M (乗用車) *2		2005年1月	2006年1月		
	N ₁ (上記に含まれない乗用車、最大質量*3.5 トン以下の軽量商用車)	C1 (RM*4 ≤1305kg)	2005年1月	2006年1月		
		C2 (1305kg<RM*4 ≤1760kg)	2006年1月	2007年1月		
		C3 (1760kg <RM*4)	2006年1月	2007年1月		
Euro 5	M (乗用車) *2		2009年9月	2011年1月		
Euro 6	N ₁ (上記に含まれない乗用車、最大質量*3.5 トン以下の軽量商用車)		2014年9月	2015年9月		
Euro 6d-TEMP			N ₂ (最大質量*3.5 トンを超え 12 トン以下の軽量商用車)		2017年9月	2019年9月
Euro 6d			2020年1月	2021年1月		

注) *1 運転手を含めて6人以上乗れる乗用車、及び2500kgを超える乗用車は除く。

*2 2500kgを超える乗用車は除く。

*3 メーカーとして技術的に許可できる最大可能積載質量 (DIRECTIVE 2007/46/EC、付属書I、2.8項)

*4 RM: 参考質量 (Reference Mass)

出所) Delphi ホームページ、2016/2017 Worldwide Emissions Standards Passenger Cars and Light Duty、
<https://www.delphi.com/sites/default/files/inline-files/delphi-worldwide-emissions-standards-passenger-cars-light-duty-2016-7.pdf>、2018年12月10日取得

REGULATION (EC) No 715/2007 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 20 June 2007 on type approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information (Text with EEA relevance) 、

<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:171:0001:0016:EN:PDF>、2018年12月10日取得

COUNCIL DIRECTIVE of 6 February 1970 on the approximation of the laws of the Member States relating to the type-approval of motor vehicles and their trailers (70/156/EEC)、

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31970L0156&from=EN>、2018年12月10日取得

FOURIN 世界自動車技術調査月報 No. 26、2016年5月、

<http://www.fourin.jp/pdf/info/multi/2030GlobalAutomotiveIndustry/sample01.pdf>、2018年12月10日取得

排出規準は、NMHC (非メタン炭化水素) ³⁵として Euro 5 から設定されている。光化学大気汚染対策として取り扱われるが、VOC と NMHC は定義が異なることに留意する必要がある。

以下に、EU 自動車排ガス規制の NMHC 制限値を示す。

表 2-26 EU 自動車排ガス規制の NMHC 制限値 (Euro6)

³⁵ NMHC (非メタン炭化水素) は、トルエン、キシレン、エチレン、酢酸エチル、ベンゼン、プロピレン等であり、VOC に含まれるテトラクロロエチレン、イソプロピルアルコール等は含まない。

<https://exterior-paint.net/nmhc/> 2020年10月閲覧。

(単位：mg/km)

LDVs、LCVs Class 1		LCVs Class 2		LCVs Class 3	
ガソリン	ディーゼル	ガソリン	ディーゼル	ガソリン	ディーゼル
68	—	90	—	108	—

注) LCVs : Light Commercial Vehicles、LDVs : light duty vehicles、Class1 : ≤1305kg、Class2 : 1305-1760 kg、Class3 : > 1760 kg

出所)

https://theicct.org/sites/default/files/publications/Post_Euro6_standards_report_20191003.pdf 2020年10月閲覧

c. NO_x 排出基準

・大気質基準

NO₂の大気質基準について新大気質指令(Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe (CAFE) Directive (2008/50/EC))に基づく大気質枠組み指令(Air Quality Framework Directive (1996/62/EC))後、1st Daughter Directive (1999/30/EC)³⁶で制限値が定められ、現在まで規定された規制値に変更はない。

表 2-27 EU の健康を守るための NO₂ の大気質基準値

平均期間	目標、制限値等	適合期限	備考
1 時間	制限値: 200 μg/m ³	2010 年 1 月 1 日	年間 18 回を超えないこと
年間	制限値: 40 μg/m ³	2010 年 1 月 1 日	—

出所) 新大気質指令(Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe (CAFE) Directive (2008/50/EC))
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=EN> 2020年9月閲覧

・EU の国別排出上限指令

VOC と同様、EU の国別排出上限指令(National Emissions Ceiling Directive (2016/2284/EU))では、NO_x の排出上限値も定められている。

表 2-28 NO_x の排出上限値 (EU 合計)

(単位：Gg)

2010-2013 ^{*27} カ*国	2014-2019 ^{*28} カ*国	2020-2029 ^{*28} カ*国	2030 ^{*28} カ*国
9,003	9,090	6,782.21	4,326.58

出所) https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/eu-progress-in-meeting-its-1#tab-chart_4
<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/nec-directive-reporting-status-2019> 2020年9月閲覧

・固定発生源に関する規制

EU では、2011 年 1 月 6 日に発効された産業排出指令(Industrial Emissions Directive

³⁶ 出所)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0030&qid=1540282779612&from=EN> 2020年9月閲覧

2010/75/EU) により、大規模産業からの汚染物質排出が規制されている。産業排出指令の目指すところは、EU 全体の有害な産業排出物を削減することにより（特に利用可能な最善の手法(Best Available Techniques、以下 BAT)のより良い活用を通じ)、人間の健康と環境全体を高い水準で保護することにある。産業排出指令は 産業設備からの汚染物質排出を規制する EU の主要手段である。

これに伴い、産業排出指令の付属書 I のリストに記載されている産業活動を行う約 5 万の施設は、EU 加盟国当局から付与された許可証に従い操業することが義務付けられている。この許可証には産業排出指令の原則及び条項に従い設定された条件が含まれている必要がある。

産業排出指令では、特定の産業活動、すなわち燃焼施設、廃棄物焼却・共同焼却施設、溶剤を使った活動や二酸化チタンの生産について、選択された汚染物質に対する EU 規模での排出上限値を設定している。

排出基準を含む操業許可条件に関しては、利用可能な最善の技術（Best Available Techniques(BAT)）を基にしている。BAT と BAT 関連の環境性能を EU 加盟国、産業界、環境組織間で情報交換し、欧州委員会内に設置された European IPPC Bureau (EIPPCB) が「BAT 参照文書（Best Available Techniques Reference Document (BREFs)）の作成、公開をしている。32 種類の産業で BREFs は作成されているが、そのうち、すでに発行済みは 14 種類、採択済み文書は 10 種類である。

この指令によれば、BREFs に示された BAT の結論（BAT Conclusions）の記述を踏まえた排出上限値を設定する必要はある一方、例外措置もあり、管轄当局が産業施設の操業許可条件を設定する際に、考慮する必要があるという位置付けとなっている。例えば、管轄当局に、あまり厳しくない排出上限値を設定する柔軟性を、特定の場合のみ認めている。それが可能になるのは、地理的立地や地域の環境条件或いは設備の技術的特性により、BAT Conclusions で示された排出レベルの達成が、環境上のベネフィットに比べ不釣り合いに高いコストに繋がると見なされた場合である。その場合、所管官庁はそのような逸脱を認めるための正当性を文書に記す必要がある。さらに大規模燃焼プラントに関する産業排出指令の第 III 章には、ある種の柔軟性を持たせるための手段が含まれている。³⁷

産業排出指令の付属書 I には、適用対象となる活動分類、付属書 II には、大気汚染に関する該当物質のリストがある。適用対象となる活動は、1) エネルギー産業、2) 金属製造・加工、3) 鉱物産業、4) 化学産業、5) 廃棄物管理、6) その他の活動であるが、さらに、各々の活動の中に適用対象となる活動分類が示されている。ア) 燃焼施設、イ) 廃棄物焼却・共同焼却施設、ウ) 溶剤を使った活動に関する排出上限値を設定している。

³⁷ DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018 年 11 月 5 日取得

European Commission, Environment, Industry, Industrial emissions, Directive, The Industrial Emissions Directive、<http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/ied/legislation.htm>、2018 年 11 月 5 日取得

EIPPCB(European IPPC Bureau Reference documents under the IPPC Directive and the IED)、<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>、2018 年 11 月 5 日取得

但し、中規模（1～50 MW）の新規及び既存の燃焼施設に関しては、2015年に採択された別のEU指令（EU Medium Combustion Directive 2015/2193/EU）が適用される。この指令では、一酸化窒素に特定の排出上限値を設定している。排出上限値の適用期限は、施設の規模により異なる。5～50 MWの既存施設では2025年、1～5 MWの既存施設では2030年、新規施設では、この指令発効から2年の移行期間経過後である。また、一部の施設（地域の暖房システム、主燃料としてバイオマスを燃焼する施設、小型隔離システム内の施設、国内のガス輸送システムに関連する施設）では、2030年までの適合期限の延長が許可されることがある。³⁸

・燃焼施設のNO_x排出上限値

2013年1月7日以前に許可された、或いは記入済み申請書を提出し、2014年1月7日までに操業開始した施設についての燃焼施設のNO_x排出上限値は、以下のように設定されている。

表 2-29 固形或いは液体燃料利用燃焼施設（ガスタービンとガスエンジンは除く）のNO_x排出上限値（EU）（2014年1月7日までに操業開始施設）

（単位：mg/N m³）

総定格熱入力(MW)	石炭、褐炭、他の固形燃料	バイオマス・泥炭	液体燃料
50-100	300(450) ^{*1}	300	450
100-300	200	250	200 ^{*2}
>300	200	200	150 ^{*2}

注) ^{*1} 微粉褐炭燃焼の場合

^{*2} 2002年11月27日以前に許可された、或いは記入済み申請書を提出し、2003年11月27日までに操業開始した総定格熱入力が500MW以下の燃焼施設における自家消費向け原油精製の蒸留、変換の残留物燃焼では、450mg/N m³となる。

出所) DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018年11月5日閲覧

大規模燃焼施設指令 2001/80/EC 第4条第4項により例外を認められ、2016年1月1日以降操業している施設、前表で取り上げられていない施設についての燃焼施設のNO_x排出上限値は、以下のように設定されている。

³⁸ European Council、2015年11月10日付プレスリリース「Medium combustion plants: New rules on emissions adopted」、2018年12月3日閲覧

表 2-30 固形或いは液体燃料利用燃焼施設（ガスタービンとガスエンジンは除く）の NO_x 排出上限値（EU）（2016 年 1 月 1 日以降操業開始施設）

（単位：mg/N m³）

総定格熱入力(MW)	石炭、褐炭、他の固形燃料	バイオマス・泥炭	液体燃料
50-100	300(400) * ¹	300	300
100-300	200	200	150
>300	150 (200) * ¹	150	100

注) *¹ 微粉褐炭燃焼の場合

出所) DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018 年 11 月 5 日閲覧

ガス燃焼による燃焼施設の NO_x 排出上限値は、操業開始時期にかかわらず以下に定められている。

表 2-31 ガス燃焼による燃焼施設の NO_x 排出上限値（EU）

（単位：mg/N m³）

対象燃焼施設	NO _x
燃焼施設（ガスタービンとガスエンジンは除く）	100
ガスタービン（CCGT を含む）	50* ¹
ガスエンジン	75

注) *¹ 単一サイクルガスタービンで、ISO 基準で決められた 35%を超える効率がある場合、NO_x 排出上限値は $50 \times \eta / 35$ となる。（ η は ISO 基準の負荷条件で%表示したガスタービン効率である。）

出所) DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018 年 11 月 15 日閲覧

・廃棄物焼却施設の NO_x 排出上限値

排出上限値は、排ガスの水蒸気含有量を補正した後、273.15K の温度、101.3kPa の圧力にて計算する。これらの排出上限値は、排ガス中の 11%の酸素含有量で標準化されている。（但し、廃棄物枠組み指令（DIRECTIVE 2008/98/EC）の第 3 条 3 項で定義されている鉱油の「廃油」³⁹の燃焼の場合で、排ガス中の 3%の酸素含有量での標準化の際は除く。）

³⁹ この指令での「廃油」の意味は、使用済みの燃焼エンジンオイル、ギアボックスオイル、潤滑油、タービン用オイル、油圧オイル等、本来意図する用途に合わなくなってしまった鉱油、合成潤滑油、あるいは工業油である。DIRECTIVE 2008/98/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance)

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>、2018 年 11 月 15 日取得

表 2-32 廃棄物焼却施設の 1 日の NOx 平均排出上限値 (EU)

(単位: mg/m³)

廃棄物焼却施設規模	上限値
一酸化窒素 (NO)、二酸化窒素 (NO ₂) (毎時 6 トンを超える通常処理能力のある既存廃棄物焼却施設、或いは新規廃棄物焼却施設)	200
一酸化窒素 (NO)、二酸化窒素 (NO ₂) (毎時 6 トン以下の通常処理能力のある既存廃棄物焼却施設)	400

出所) DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018 年 11 月 15 日閲覧

表 2-33 廃棄物焼却施設の 30 分間の NOx 平均排出上限値 (EU)

(単位: mg/N m³)

廃棄物焼却施設規模	上限値	97%上限値
一酸化窒素 (NO)、二酸化窒素 (NO ₂) (毎時 6 トンを超える通常処理能力のある既存廃棄物焼却施設、或いは新規廃棄物焼却施設)	400	200

注) 右の欄は、30 分間の平均排出値の 97%に課せられた排出上限値

出所) DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018 年 11 月 15 日閲覧

・ 廃棄物混焼焼却施設の NOx 排出上限値

セメントキルン混焼焼却向け特別規定があり、セメントキルン混焼焼却施設の NOx 総排出上限値 (EU) が以下に設定されている。

表 2-34 セメントキルン混焼焼却施設の NOx 総排出上限値 (EU)

(単位: mg/N m³)

対象物質	平均期間	総排出上限値
窒素酸化物 (NO _x)	1 日	500 ^{*3}

注) ^{*1} カドミウムとその化合物 (Cd) 単独でなく、タリウムとその化合物 (Tl) の合計値。

^{*2} 鉛とその化合物 (Pb) 単独でなく、アンチモンとその化合物 (Sb)、ヒ素とその化合物 (As)、クロムとその化合物 (Cr)、コバルトとその化合物 (Co)、銅とその化合物 (Cu)、マンガンとその化合物 (Mn)、ニッケルとその化合物 (Ni)、バナジウムとその化合物 (V) の合計値。

^{*3} ロータリーキルン向けの NOx 排出上限値に関して、800 mg/N m³未満の総排出上限値であれば、管轄当局は 2016 年 1 月 1 日までは例外を認めることができる。

出所) DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018 年 11 月 15 日閲覧

固形燃料 (バイオマスを除く) 向け NOx 排出上限値 (酸素含有量 6%) (EU) は、以下に設定されている。

表 2-35 1日平均固形燃料（バイオマスを除く）向け NO_x 排出上限値（酸素含有量 6%）（EU）
（単位：mg/N m³）

対象物質	<50 MWth	50 - 100 MWth	100 - 300 MWth	>300 MWth
NO _x	-	400	200	200

出所) DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018年11月15日閲覧

バイオマス向け NO_x 排出上限値（酸素含有量 6%）（EU）は、以下に設定されている。

表 2-36 1日平均バイオマス向け NO_x 排出上限値（酸素含有量 6%）（EU）
（単位：mg/N m³）

対象物質	<50 MWth	50 - 100 MWth	100 - 300 MWth	>300 MWth
NO _x	-	350	300	200

出所) DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018年11月15日閲覧

液体燃料向け NO_x 排出上限値（酸素含有量 3%）（EU）は、以下に設定されている。

表 2-37 1日平均液体燃料向け NO_x 排出上限値（酸素含有量 3%）（EU）
（単位：mg/N m³）

対象物質	<50 MWth	50 - 100 MWth	100 - 300 MWth	>300 MWth
NO _x	-	400	200	200

注) 100 - 300MWth で線形減少

出所) DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018年11月15日閲覧

(A) 「2013年1月7日以前に許可された、或いは記入済み申請書を提出し2014年1月7日までに操業開始した施設、大規模燃焼施設指令 2001/80/EC 第4条第4項により例外を認められ2016年1月1日以降操業している施設」の2016年1月1日からの排出上限値、(B) 「上記で取り上げられていない施設の2013年1月7日からの排出上限値」を比較すると、同じ、或いは、(A)が(B)より高い数値である。

表 2-38 1日平均固形燃料（バイオマスを除く）向け NO_x 排出上限値（ガスタービンとガスエンジンは除く、酸素含有量 6%）（EU）

（単位：mg/N m³）

対象物質	<50 MWth		50 - 100 MWth		100 - 300 MWth		>300 MWth	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
NO _x	-	-	300 (400)* ²	300 (250)* ¹	200	200	200	200 (150)* ⁵

注) 泥炭、粉褐炭、泥炭（流動層燃焼の場合を除く）、循環または加圧流動層燃焼、或いは全ての流動層燃焼向け泥炭燃焼の場合

出所) DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018年11月15日閲覧

表 2-39 1日平均バイオマス向け NO_x 排出上限値（ガスタービンとガスエンジンは除く、酸素含有量 6%）（EU）

（単位：mg/N m³）

対象物質	<50 MWth		50 - 100 MWth		100 - 300 MWth		>300 MWth	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
NO _x	-	-	300	250	250	200	200	150

出所) DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018年11月15日閲覧

表 2-40 1日平均液体燃料向け NO_x 排出上限値（ガスタービンとガスエンジンは除く、酸素含有量 3%）（EU）

（単位：mg/N m³）

対象物質	<50 MWth		50 - 100 MWth		100 - 300 MWth		>300 MWth	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
NO _x	-	-	400	300	200	150	150	100

注) 100 - 300MWth で線形減少

出所) DIRECTIVE 2010/75/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (Recast) (Text with EEA relevance)、

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN>、2018年11月15日閲覧

・移動発生源に関する規制

排出規準は、NO_x として Euro3 から設定されている。以下に、EU 自動車排ガス規制の NO_x 制限値を示す。

表 2-41 EU 自動車排ガス規制の NOx 制限値

(単位：mg/km)

LDVs、LCVs Class1		LCVs Class2		LCVs Class3	
ガソリン	ディーゼル	ガソリン	ディーゼル	ガソリン	ディーゼル
60	80	75	105	82	125

注) LCVs : Light Commercial Vehicles、LDVs : light duty vehicles

注) Class1 : ≤1305kg、Class2 : 1305-1760 kg、Class3 : > 1760 kg

出所)

https://theicct.org/sites/default/files/publications/Post_Euro6_standards_report_20191003.pdf 2020年10月閲覧

2) 英国

英国では、大気質の制限値を満たす責任は、スコットランド、ウェールズ、北アイルランドの国家行政に委ねられている。環境食糧農村地域省 (Defra) 長官は、英国の制限値を満たす責任があり、環境食糧農村地域省は、英国全体の評価と大気質計画を調整する。

英国政府と権限委譲された行政機関は、1995年環境法に基づいて、国の大気質戦略を作成することを義務付けられおり、2007年に最後のレビューが行われ公開された。この戦略は、英国の大気質目標を設定し、大気質問題の規模と性質によって、国、地域、地方レベルでの行動が必要になる可能性があることを認識している。

1995年環境法のパートIV及び環境(北アイルランド)命令2002のパートIIは、英国の地方自治体に、その地域の大気質をレビューし、改善が必要な場合は大気質管理地域を指定することを義務付けている。大気質管理区域が指定されている場合、地方自治体もその目的のための規則に規定されている戦略の目的に向けて取り組む必要がある。次に、汚染削減対策を説明する大気質行動計画を実施する必要がある。これらの計画は、地域レベルでの大気質限界値の達成に貢献する⁴⁰。

a. O₃の環境基準

英国の大気質戦略には、限界値と目標値が含まれている。限界値は、超えてはならないとされており、個々の汚染物質に対して設定され、濃度値、それが測定される平均時間、年間に許容される超過の数、及びそれが達成されなければならない日付で構成されている。

EU大気質基準値は、毎日8時間で最大120 µg/m³で3年通して平均で年間25日を超えないこととなっているが、英国の大気質基準はこれより厳しくなっている。

表 2-42 英国の大気質戦略に基づく健康を守るための大気質基準 (O₃)

目標	達成日 (そしてその後維持される日)
8時間平均値で、100 µg / m ³ を年に10回以上超えない。	2005年12月31日

出所) 大気質戦略の国家大気質目標 <https://uk-air.defra.gov.uk/air-pollution/uk-eu-limits> 2020年10月閲覧

⁴⁰ <https://uk-air.defra.gov.uk/air-pollution/uk-eu-policy-context> 2020年10月閲覧。

表 2-43 英国の大気質戦略に基づく植物を守るための大気質基準 (O₃)

目標	達成日 (そしてその後維持される日)
目標値: 平均 18,000 µg/m ³ ·h 5-6月の1時間値から計算された AOT40	2010年1月1日

出所) 大気質戦略の国家大気質目標 <https://uk-air.defra.gov.uk/air-pollution/uk-eu-limits> 2020年10月閲覧

b. VOC 排出基準

・大気質基準

英国の大気質戦略では、健康への影響という観点から、多環芳香族炭化水素(PAHs : Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)、ベンゼン、1,3-ブタジエンについての大気質基準がある。多環芳香族炭化水素、ベンゼン、1,3-ブタジエンは VOC に分類される。1,3-ブタジエンは EU 新大気質指令の大気質基準はない。

表 2-44 健康を守るための多環芳香族炭化水素の大気質基準 (英国)

目標、制限値等	適合期限	コメント
上限値: 0.25ng/m ³	2012年12月31日	年間平均値、ベンゾ[a]ピレンの濃度

出所) https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/Air_Quality_Objectives_Update.pdf 2020年10月閲覧

表 2-45 健康を守るためのベンゼンの大気質基準 (英国)

対象エリア	目標、制限値等	適合期限	コメント
UK	上限値: 16.25µg/m ³	2003年12月31日	年間移動平均値
England and Wales	上限値: 5µg/m ³	2010年12月31日	年間平均値
Scotland, Northern Ireland	上限値: 3.25µg/m ³	2010年12月31日	年間移動平均値

出所) https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/Air_Quality_Objectives_Update.pdf 2020年10月閲覧

表 2-46 健康を守るための1,3-ブタジエンの大気質基準 (英国)

目標、制限値等	適合期限	コメント
上限値: 2.25µg/m ³	2003年12月31日	年間移動平均値

出所) https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/Air_Quality_Objectives_Update.pdf 2020年10月閲覧

・国別排出基準に関する規制

EU 国別排出上限値指令 (NECD) に基づく英国の NMVOC 排出上限を以下に示す。

表 2-47 EU 国別排出上限値指令 (NECD) に基づく英国の NMVOC 排出上限

(単位: Gg)

2010年	2020年	2030年
1,200	732	657

出所)

<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/n>

・固定発生源に関する規制

英国のガソリンの貯蔵及びターミナルからガソリンスタンドまでの流通による VOC の放出抑制については、EU 理事会指令(94/63/EC)に準じており、蒸気を回収して VOC の排出を最小限に抑えるために、ガソリンの保管と流通への規制がある。欧州離脱後も、欧州議会の規則 (EU) 2019/1243 によって修正され法定文書で規制している⁴¹。

英国では、VOC 製品規制⁴²があり、塗料及び補助製品の VOC 含有量は、「塗料、ワニス、及び車両補修製品規制 2012」によって規制されている。これは、EU の塗料製品指令（指令 2004/42/ CE の置き換えである。これは装飾及び車両補修部門を網羅している。製品の VOC 含有量は、関連する製品カテゴリに適用される VOC 制限を超えないことが要求され、ラベルには、実際の製品の VOC 含有量表示とカテゴリの制限を記載する必要がある。

EU の特定の産業活動における VOC の排出を制限する産業排出指令（IED-Directive 2010/75/EU）の置き換えで、環境許可（イングランド及びウェールズ）規則 2010 SI 675 によって制定された。

VOC 製品規制の例を下表に示す。

表 2-48 英国の VOC 製品規制（装飾塗装例）

製品サブカテゴリ	タイプ ^{注1}	現在の制限(2010年1月1日に導入) (g/l)
内壁マット壁と天井 (光沢≤25@ 60°)	WB	30
	SB	30
内壁光沢壁と天井 (光沢> 25 @ 60°)	WB	100
	SB	100
鉱物基質の外壁	WB	40
	SB	430
木材及び金属用の内外装トリム及びクラッディング塗装	WB	130
	SB	300
不透明なウッドステインを含む、内部/外部トリムワニス及びウッドステイン	WB	130
	SB	400
内外装のミニマルビルドウッドステイン	WB	130
	SB	700
プライマー	WB	30
	SB	350
結合プライマー	WB	30
	SB	750
ワンパックパフォーマンスコーティング	WB	140
	SB	500

⁴¹ STATUTORY INSTRUMENTS 2020 No. 603 The Environment (Amendment etc.) (EU Exit) (Amendment) (England and Wales) Regulations 2020 <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2020/603/introduction/made> 2020年11月閲覧

⁴² <https://www.coatings.org.uk/vocproductregulations.aspx> 2020年10月閲覧

床等の特定の最終用途向けの 2 パック反応性性能コーティング	WB	140
	SB	500
マルチカラーコーティング	WB	100
	SB	100
装飾効果コーティング	WB	200
	SB	200

注 1) WB : 水を使用して粘度を調整する水性塗料、SB : 有機溶剤を使用して粘度を調整する溶剤型塗料
出所) <https://www.coatings.org.uk/vocproductregulations.aspx> 2020 年 10 月閲覧

表 2-49 英国の VOC 製品規制 (車両補修製品塗装例)

製品サブカテゴリ	コーティング	現在の制限値 : 200 (g/l)
準備とクリーニング	準備	850
	プレクリーナー	200
ボディフィラー/ストッパー	各種	250
プライマー	表面/フィラー及び一般 (金属) プライマー	540
	プライマー洗浄	780
トップコート	各種	420
特別仕上げ	各種	840

出所) <https://www.coatings.org.uk/vocproductregulations.aspx> 2020 年 10 月閲覧

・移動発生源に対する規制

EU 自動車排ガス規制の NMVOC 制限値に準じていると考えられる⁴³。

c. NOx 排出基準

・大気質基準

英国の大気質戦略では、NOx については NO₂ が対象物質になっており、NO₂ の大気質基準値は、EU 新大気質指令と同じである。

表 2-50 EU の健康を守るための NO₂ の大気質基準値

平均期間	目標、制限値等	適合期限	備考
1 時間	制限値: 200 µg/ m ³ *NO _x 含む	2010 年 1 月 1 日	年間 18 回を超えないこと
年間	制限値: 40 µg/ m ³	2010 年 1 月 1 日	—

出所) https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/Air_Quality_Objectives_Update.pdf 2020 年 10 月参照

43

https://consult.defra.gov.uk/airquality/air-quality-plan-for-tackling-nitrogen-dioxide/supporting_documents/Draft%20Revised%20AQ%20Plan.pdf, (付注 38 と同じ)

https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat09/2006240803_Non_Methane_Volatile_Organic_Compounds_in_the_UK.pdf 2020 年 11 月閲覧。

- ・ EU の国別排出上限指令

EU 国別排出上限値指令 (NECD) に基づく英国の NO_x 排出上限を以下に示す。

表 2-51 EU 国別排出上限値指令 (NECD) に基づく英国の NO_x 排出上限

(単位: Gg)

2010 年	2020 年	2030 年
1167	784	470

出所)

<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/national-emission-reduction-commitments-directive> 2020 年 10 月閲覧

- ・ 固定発生源に関する規制

EU 産業排出指令に準じていると考えられる⁴⁴。

- ・ 移動発生源に関する規制

EU 自動車排ガス規制の NO_x 制限値に準じていると考えられる⁴⁵。

3) ドイツ

a. O_x の環境基準

ドイツ: 連邦排出防止法 (大気質基準及び排出上限に関する連邦強制監督法、連邦排出防止法の実施に関する第 39 条例 (大気質基準及び最大排出量に関する条例 39. BImSchV: the Bundes-Immissionsschutzgesetzes Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen) で EU 指令「新大気質指令 (2008/50/EG)」を国内法化している⁴⁶。

健康を守るための O₃ の大気質基準 (EU) と同じ環境基準が定められている。

b. VOC 排出基準

- ・ VOC の定義

「揮発性有機化合物」(NMVOC = 非メタン揮発性有機化合物) は、天然起源または人間の活動によって引き起こされ、日光の窒素酸化物と反応することによって光化学酸化剤を生成できるメタンを除く全ての有機化合物で、人間の活動によって引き起こされる NMVOC のみを対象としている。

⁴⁴

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/221044/pb13898-epr-guidance-part-a-130222.pdf 2020 年 11 月閲覧。

⁴⁵

https://consult.defra.gov.uk/airquality/air-quality-plan-for-tackling-nitrogen-dioxide/supporting_documents/Draft%20Revised%20AQ%20Plan.pdf 2020 年 11 月閲覧。

⁴⁶ https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_39/BJNR106510010.html 2020 年 11 月閲覧。

・ EU の国別排出上限指令

EU 国別排出上限値指令（NECD）」に基づくドイツの NMVOC 排出上限を以下に示す。

表 2-52 EU 国別排出上限値指令（NECD）」に基づくドイツの NMVOC 排出上限

(単位：Gg)

2010 年	2020 年	2030 年
995	1,029	852

出所) 平成 30 年度主要国の大気環境分野における環境規制等動向把握及び我が国の大気環境改善技術等の海外展開に係る検討業務 三菱総合研究所及び
<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/national-emission-reduction-commitments-directive> 2020 年 10 月閲覧

・ 固定発生源に関する規制

EU 産業排出指令に準じていると考えられる⁴⁷。

・ 移動発生源の関する規制

EU 自動車排ガス規制の NMHC 限值に準じていると考えられる⁴⁸。

c. NO_x 排出基準

・ 大気質基準

ドイツには他の EU 加盟国同様、EU の大気質指令⁴⁹で定める大気質の環境基準が適用される。下表のとおり、1 時間値と年平均値とによって構成されている。

表 2-53 ドイツ (EU) の大気質の環境基準 (NO₂)

1 時間値	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: 暦年で 18 回を超えないこと
年平均値	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

出所) DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=en>,
 European Environment Authority, Air quality standards:
<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-concentrations/air-quality-standards>,
 Umweltbundesamt, Stickstoffdioxid-Belastung: Hintergrund zu EU-Grenzwerten für NO₂:
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft> 2020 年 11 月閲覧。

⁴⁷ <https://www.bmu.de/gesetz/richtlinie-201075eu-ueber-industrieemissionen/> 2020 年 11 月閲覧。

⁴⁸

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsstandards/pkw-leichte-nutzfahrzeuge#die-europaische-abgas-gesetzgebung>
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0715&from=de> 2020 年 11 月閲覧。

⁴⁹ DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=en>

・EUの国別排出上限指令

ドイツは1999年国連欧州経済委員会「ヨーテボリ議定書 (Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone (Gothenburg Protocol))」⁵⁰に加盟し(2004年批准)、これにより2010年以降、NOxの排出量は108万1,000トンを超えないこととされた。さらに同議定書の2012年の改訂により、2020年までに2005年⁵¹比で39%の削減が義務付けられた。

EUレベルにおいては、EU指令2001/81/ECにより2010年以降NOxの排出量は105万1,000トンを上限とされ、2016年の同指令の改正⁵²により、2020年から2029年までは2005年比で39%、2030年以降は同じく65%削減することとされた。

表 2-54 ドイツのNOx 排出上限と削減コミットメント

	排出上限	削減率 (2005年比)
ゴートンブルク議定書	2010年以降108万1,000トン	2020年までに39%
EU指令2001/81/EC EU指令2016/2284	2010年以降105万1,000トン	2020年～2029年：39% 2030年以降：65%

出所) Umweltbundesamt, ‘Stickstoffoxid-Emissionen’ :

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/stickstoffoxid-emissionen#entwicklung-seit-1990>, 2020年11月閲覧。

UNECE, ‘Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone’ :

http://www.unece.org/env/lrtap/multi_h1.html 及び ‘Annex II’ :

http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2017/AIR/Gothenburg_Protocol/Annex_II_and_III_updated_clean.pdf 2020年11月閲覧。

THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, ‘DIRECTIVE 2001/81/EC’ :

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0081&from=DE> 及

び ‘DIRECTIVE (EU) 2016/2284’ :

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L2284&from=EN> 2020年11月閲覧。

以上を整理し下表に示す。

表 2-55 EU国別排出上限値指令 (NECD)」に基づくドイツのNOx 排出上限

(単位: Gg)

2010年	2020年	2030年
1,051	929	533

出所)

<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/national-emission-reduction-commitments-directive> 2020年10月閲覧。

⁵⁰ <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2013/air/eb/ECE.EB.AIR.114.ENG.pdf>

⁵¹ 2005年の排出量は146万4,000トン(議定書付属書II :

http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2017/AIR/Gothenburg_Protocol/Annex_II_and_III_updated_clean.pdf)。

⁵² DIRECTIVE (EU) 2016/2284:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L2284&from=EN>

- ・固定発生源に関する規制
EU 産業排出指令に準じていると考えられる⁵³。

- ・移動発生源の関する規制
EU 自動車排ガス規制の NOx 制限値に準じていると考えられる⁵⁴。

(3) 中国

1) O₃ の環境基準

中国の O₃ の環境基準は、環境空気質量基準（GB3095-2012）で設定されている。

表 2-56 O₃ の大気汚染物濃度制限値（中国）

（単位：μg/m³）

	1 級	2 級
一日最大 8 時間平均	100	100
1 時間平均	160	200

注) 一類エリアには一級濃度制限値を適用、二類エリアには二級濃度制限値を適用する。一類エリアは自然保護区、景勝地区及びその他特殊な保護が必要とされる地区である。二類エリアは居住区、商業・交通・住民の混合地区、文化地区、工業及び農村地区である。
出所) 環境空気質量基準（GB3095-2012）より三菱総合研究所作成。

2) VOC 排出基準

- ・大気質基準

WHO による VOC の分類に属するベンゾピレン (BaP) のみ、環境空気質量基準 (GB3095-2012) で設定されている。

表 2-57 ベンゾピレン (BaP) の大気汚染物濃度制限値（中国）

（単位：μg/m³）

	1 級	2 級
年平均	0.001	0.001
24 時間平均	0.0025	0.0025

注) 一類エリアには一級濃度制限値を適用、二類エリアには二級濃度制限値を適用する。一類エリアは自然保護区、景勝地区及びその他特殊な保護が必要とされる地区である。二類エリアは居住区、商業・交通・住民の混合地区、文化地区、工業及び農村地区である。
出所) 環境空気質量基準（GB3095-2012）より三菱総合研究所作成。

⁵³ <https://www.bmu.de/gesetz/richtlinie-201075eu-ueber-industrieemissionen/> 2020 年 11 月閲覧。

⁵⁴

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsstandards/pkw-leichte-nutzfahrzeuge#die-europaische-abgas-gesetzgebung>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0715&from=de> 2020 年 11 月閲覧。

・ VOC 排出量目標

青空保護戦勝利（青空保衛戦）3年行動計画、2018-2020年により排出量目標は2020年で2015年比15%低減である。但し、2015年VOC排出量実績は見当たらなかった。

・ 固定発生源に関する規制

a) 国家標準（GB）

揮発性有機化合物については、中国の国家標準（GB）が、初めて2020年3月4日に、製品に含有されるVOC等の有害物質の制限量に関する7件の国家強制標準（GB規格）を発行し、2020年12月1日から適用が開始される。⁵⁵

GB 24409-2020（車両塗料用の有害物質の制限量）でVOCの規制値が設定されている。⁵⁶塗料を下塗り、トップコート等の用途、水性、油性等に区分して規制値が設定されている。

表 2-58 車両塗料用の水性コーティング中の揮発性有機化合物（VOC）の含有量の要件（中国）

製品カテゴリ	製品タイプ	限界値/ (g/L)	
車のオリジナルペイント（乗用車、トラック）	電気泳動プライマー	≦250	
	ミドルコート	≦350	
	ベースカラーペイント	≦530	
	ナチュラルトップコート	≦420	
車のオリジナルペイント[客車（自動車）]	電気泳動プライマー	≦250	
	その他のプライマー	≦420	
	ミドルコート	≦300	
	ベースカラーペイント	≦420	
	ナチュラルトップコート	≦420	
	ワニス	≦420	
車の修理コーティング	ベースカラーペイント	≦420	
	ナチュラルトップコート	≦420	
鉄道輸送車両のコーティング [EMU (Electric Multiple Unit)、客車（鉄道車両）、都市鉄道輸送車両、牽引機関車]	プライマー	≦250	
	ミドルコート	≦300	
	ベースカラーペイント	≦420	
	ナチュラルトップコート	≦420	
	ワニス	≦420	
鉄道輸送車両コーティング（貨車）	プライマー	≦250	
	トップコート	≦420	
自動車及び鉄道輸送車両の部品のコーティング	外装プラスチック部品	プライマー	≦450
		ペイント	≦530
	金属部品	プライマー	≦350
		ペイント	≦480
		ワニス	≦420
	インテリア	プライマー	≦450
ベースカラーペイント		≦530	

⁵⁵ <https://www.tkk-lab.jp/post/reach20200826> 2020年10月閲覧

⁵⁶ https://members.wto.org/crnattachments/2019/TBT/CHN/19_5661_00_x.pdf 2020年10月閲覧

		ナチュラルト ップコート	≦420
		ワニス	≦420
その他の車両（特殊運転車両、低 速車両、トレーラー、オートバイ、 電気自転車、自転車車両等）とそ の部品	プライマー		≦420
	ベースカラーペイント		≦420
	ナチュラルト ップコート		≦420
	ワニス		≦420

出所) GB 24409-2020 (車両塗料用の有害物質の制限量) より三菱総合研究所作成。

表 2-59 車両塗料用の溶媒ベースコーティング中の揮発性有機化合物 (VOC) の含有量の要件 (中国)

製品カテゴリ	製品タイプ		限界値/ (g/L)	
車のオリジナルペイント (乗用車)	ミドルコート		≦530	
	ベースカラーペイント		≦750	
	ナチュラルト ップコート		≦550	
	ワニス	1成分	≦550	
		2成分	≦500	
車のオリジナルペイント [客車 (自動車)]	プライマー	1成分	≦700	
		2成分	≦540	
	ミドルコート		≦500	
	ベースカラ ーペイント	ソリッドカラーペイント		≦680
		エフェクト顔 料ペイント	高装飾	≦840
			その他	≦750
	ナチュラルト ップコート		≦550	
	ワニス		≦500	
自動車オリジナルペイン ト【乗用車 (自動車)】	プライマー		≦540	
	ミドルコート		≦540	
	ベースカラーペイント		≦770	
	ナチュラルト ップコート		≦550	
	ワニス		≦480	
車の修理コーティング	プライマー		≦580	
	ミドルコート		≦560	
	ベースカラーペイント		≦770	
	ナチュラルト ップコート		≦580	
	ワニス		≦480	
鉄道輸送車両塗装 [EMU (Electric Multiple Unit)、客車 (鉄道車両)、 都市鉄道輸送車両、牽引機 関車]	プライマー		≦540	
	ミドルコート		≦540	
	ベースカラーペイント		≦770	
	ナチュラルト ップコート		≦550	
	ワニス		≦560	
鉄道輸送車両コーティン グ (貨車)	プライマー		≦540	
	トップコート		≦550	
自動車及び鉄道車両 (トラ ックを除く) の部品及びコン ポーネントのコーティ ング	外装プラス チック部品	プライマー	≦700	
		ペイント	≦770	
		ワニス	≦560	
	金属部品	プライマー	≦670	
		ペイント	≦680	

		エフェクト顔料ペイント		≦750
		ワニス	1成分	≦580
			2成分	≦480
	インテリア	プライマー		≦670
		ペイント		≦770
		ワニス		≦560
その他の車両（特殊運転車両、低速車両、トレーラー、オートバイ、電気自転車、自転車車両等）とその部品	プライマー		≦540	
	ミドルコート		≦540	
	ベースカラーペイント		≦770	
	ナチュラルトップコート		≦580	
	ワニス		≦560	

出所) GB 24409-2020 (車両塗料用の有害物質の制限量) より三菱総合研究所作成。

表 2-60 車両塗料用の輻射硬化性コーティング中の揮発性有機化合物 (VOC) の含有量の要件 (中国)

製品カテゴリ	製品タイプ	限界値/ (g/L)
水性	スプレー	≦400
	その他	≦150
非水性	スプレー	≦550
	その他	≦200

出所) GB 24409-2020 (車両塗料用の有害物質の制限量) より三菱総合研究所作成。

GB 18581-2020 (木製品用塗料の有害物質の制限量) で VOC の規制値が設定されている。⁵⁷ 水性塗料、油性塗料、UV 硬化塗料等の使用方法別に区分して規制値が設定されている。

表 2-61 木製品用塗料の水性壁コーティングにおける有害物質の制限に関する要件 (抜粋) (中国)

項目	制限値									
	溶剤コーティング				水性コーティング		輻射コーティング		パウダーコーティング	
	ポリウレタン	ニト ロ タ イ ブ (工 場 塗 装 用 限 定)	アル キ ド	不飽 和ポ リエ ステ ル	ペイ ント	ワニ ス	水性	非水 性		
揮発性有機化合物 (VOC) 含有量	コーティング (g / L) ≦	トップコート [光沢 (60°) ≥80]: 550	700	450	420	250	300	250	420	-
		トップコート [光沢 (60°) <80]: 650								

⁵⁷ https://members.wto.org/crnattachments/2019/TBT/CHN/19_5662_00_x.pdf 2020年10月閲覧

	下塗り								
溶剤型パテ g/L ≤	400			300	-	-			
水性及び輻射 硬化性パテ g /kg ≤	-				60	60			
ホルムアルデヒド含有量/(mg/kg) ≤	-				100	100			-
グリコールエーテルとエーテルエ ステルの総含有量/(mg/kg) ≤ (グ リコールメチルエーテル、グリコ ールメチルエーテルアセテート、 グリコールエチルエーテル、グリ コールエチルエーテルアセテ ート、グリコールジメチルエーテル に限定、エチレングリコールジエ チルエーテル、ジエチレングリコ ールジメチルエーテル、トリエチ レングリコールジメチルエーテ ル)	300								
ベンゼン含有量/% ≤	0.1				-	-			0.1
トルエンとキシレン (エチルベン ゼンを含む) の総含有量/% ≤	20	20	5	10	-	-	5		-
ベンゼンシリーズの総含有量/(mg /kg) ≤ [ベンゼン、トルエン、キ シレン (エチルベンゼンを含む) に限定]	-				250	250		-	-
遊離ジイソシアネートの総含有量 a /% ≤ [制限されたトルエンジイ ソシアネート (TDI)、ヘキサメチ レンジイソシアネート (HDI)]	0.2	-			-	-			-
メタノール含有量/%	-	0.3	-	-	-	-	0.3		-
多環式芳香族炭化水素の総含有量 / (mg / kg) ≤ (ナフタレンとア ントラセンに限定)	200				-	-	200		-
ハロゲン化炭化水素の総含有量 /% ≤ (塩化メチレン、クロロホル ム、四塩化炭素、1,1-ジクロロエ タン、1,2-ジクロロエタン、1,1,1- トリクロロエタン、1,1,2-に限定 トリクロロエタン、1,2-ジクロロ プロパン、1,2,3-トリクロロプロ パン、トリクロロエチレン、テト ラククロロエチレン)	0.1				-	-			0.1
フタレート の総含有量/% ≤ [フ タレートジブチル (DBP)、フタレ ートブチルベンジル (BBP)、フタ レートジイソオクチル (DEHP)、フ	-	0.2	-	-	-	-			-

タレートジオクチル (DNOP)、フタレートに限定 ジイソノニルホルメート (DINP)、ジイソデシルフタレート (DIDP)]							
アルキルフェノールポリオキシエチレンエーテルの総含有量/ (mg / kg) ≤ {限定オクチルフェノールポリオキシエチレンエーテル [C ₈ H ₁₇ -C ₆ H ₄ - (OC ₂ H ₄) n OH、略して OP nEO] 及びノニルフェノールポリオキシエチレンエーテル [C ₉ H ₁₉ -C ₆ H ₄ - (OC ₂ H ₄) nOH、NPNEO と呼ばれる]、n=2~16}	-	1000	1000	-	-		

注) a: 例えば、ポリウレタンコーティングやパテが希釈率を指定している場合、または2つ以上の成分で構成されている場合は、硬化剤（遊離ジイソシアネートプレポリマーを含む）の含有量を最初に測定してから、製品の記載された構造状態に従って、混合後の塗料の含有量を計算。シンナーの使用量が一定の範囲内であれば、施工中の製品の施工比率で指定された最小希釈率で算出し、硬化剤の使用量が一定の範囲内である場合は、施工中の製品の構成で算出。

出所) GB 18581-2020 (木製品用塗料の有害物質の制限量) より三菱総合研究所作成。

GB 18582-2020 (建築用壁面塗料の有害物質の制限量) で VOC の規制値が設定されている。

58

表 2-62 建築用壁面塗料の水性壁コーティングにおける有害物質の制限に関する要件 (抜粋) (中国)

項目	制限値			
	内壁塗装 ^a	外壁塗装 ^a		パテ ^b
		効果顔料を含む	他の種類	
揮発性有機化合物 (VOC) 含有量 ≤	80 (g/L)	120 (g/L)	100 (g/L)	10 (g/kg)
ホルムアルデヒド含有量/ (mg/kg) ≤	50			
ベンゼンシリーズの総含有量/ (mg/ kg) ≤ [ベンゼン、トルエン、キシレン (エチルベンゼンを含む) に限定]	100			
アルキルフェノールポリオキシエチレンエーテルの総含有量/ (mg/kg) ≤ {限定オクチルフェノールポリオキシエチレンエーテル [C ₈ H ₁₇ -C ₆ H ₄ - (OC ₂ H ₄) nOH、略語 OPnEO] 及びノニルフェノールポリオキシエチレンエーテル [C ₉ H ₁₉ -C ₆ H ₄ - (OC ₂ H ₄) nOH、略して NPNEO]、n = 2~16} (内壁塗装と外壁塗装に限定)	1000			
フタレートの総含有量/% ≤ (フタル酸ジメ	0.1			

⁵⁸ <http://c.gb688.cn/bzgk/gb/showGb?type=download&hcno=5B1B0772FFEDFF08DD2B525F95B99528> 2020年10月閲覧

チル、フタル酸ジエチル、フタレートに限定、ジ-n-プロピルホルメート、ジイソプロピルフタレート、ジフタレート、N-ブチルエステル、フタル酸ジイソブチル) (内壁塗料と外壁塗料に限定)	
---	--

注) a: コーティング製品の全てのアイテムについて、希釈率は考慮されていない。b: ペーストパテと水で希釈した粉末パテの全てのアイテムは、希釈率を考慮していない。粉末パテ (水のみで希釈した粉末パテを除く) 粉末について直接テストされる鉛と可溶性重金属の合計品目を除いて、残りの品目は粉末と水、水、の建設比率に基づく。接着剤等の他の液体を混合してからテストする。測定での施行比率が一定の範囲内である場合は、水や接着剤等の最小量に基づく必要がある。最大量の液体と混合した後にテストする。

出所) GB 18582-2020 (建築用壁面塗料の有害物質の制限量) より三菱総合研究所作成。

表 2-63 建築用壁面塗料の装飾ボードコーティング中の有害物質制限に関する要件(抜粋)
(中国)

項目	制限値				
	水性装飾ボードコーティング ^a		溶剤ベースの装飾ボードコーティング ^b		
	合成樹脂 エマルジョン	他の種類	ペイント	ワニス	エフェクト 顔料ペイント
揮発性有機化合物 (VOC) 含有量 (g/L) ≤	120	250	580	600	760
ホルムアルデヒド含有量/ (mg/kg) (水分制限) ≤	50				
グリコールエーテルとエーテルエステルの総含有量/ (mg / kg) ≤ (エチレングリコールメチルエーテル、エチレングリコールメチルエーテルアセテートに限定、アルコールエチルエーテル、エチレングリコールエチルエーテルアセテート、エチレングリコールジメチルエーテル、エチレングリコールジエチルエーテル、ジエチレングリコールジメチルエーテル、トリエチレングリコール、ジメチルエーテル)	300				
ハロゲン化炭化水素の総含有量/% ≤ (ジクロロメタン、クロロホルム、四塩化炭素、1,1-に限定、ジクロロエタン、1,2-ジクロロエタン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、1,2-ジクロロプロパン、1,2,3-トリクロロプロパン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン) (溶媒タイプのみ)	0.1				
ベンゼン含有量/% (溶媒タイプに限定) ≤	0.3				
トルエンとキシレン (エチルベンゼンを含む) の総含有量/% ≤ (溶媒のみ)	20				

注) a: 水性装飾板コーティング製品の全ての品目について、希釈率は考慮されていない。b: 製品指定の施工状態で、配合比に従って混合して測定する。複数成分の特定の成分が特定の範囲で使用される

場合、製品に応じて適用する必要がある。測定の施行比率は、指定された最大比率で混合した後に決定する。

出所) GB 18582-2020 (建築用壁面塗料の有害物質の制限量) より三菱総合研究所作成。

GB 30981-2020 (工業用保護塗料の有害物質の制限量) で VOC の規制値が設定されている。⁵⁹⁾塗料を下塗り、トップコート等の用途、水性、油性等に区分して規制値が設定されている。

表 2-64 工業用保護塗料の水性コーティング中の揮発性有機化合物(VOC)含有量の要件(中国)

製品カテゴリ		主な製品タイプ	限界値/ (g/L)		
機械コーティング	建設機械及び農業機械コーティング(コンポーネントコーティングを含む)	プライマー	≦300		
		ミドルコート	≦300		
		トップコート	≦420		
		ワニス	≦420		
	港湾機械及び化学機械コーティング(コンポーネントコーティングを含む)	ラッカー系プライマー	≦300		
		プライマー	≦250		
		ミドルコート	≦250		
		トップコート	≦300		
	その他	ワニス	≦300		
		プライマー	≦250		
		ミドルコート	≦200		
		トップコート	≦300		
建物や構造物の保護コーティング	金属基板防食コーティング	1成分	アルキドペイント	≦350	
			その他	プライマー	≦300
				トップコート	≦300
				エフェクト顔料ペイント	≦420
		2成分	ラッカー系プライマー	≦300	
			プライマー	≦250	
			ミドルコート	≦250	
			トップコート	≦250	
	エフェクト顔料ペイント	エフェクト顔料ペイント	≦420		
		コンクリート保護コーティング	シーリングプライマー	≦300	
			プライマー	≦250	
			ミドルコート	≦250	
	トップコート		≦300		
	その他	その他	≦300		
コンテナコーティング		ラッカー系プライマー	≦300		
		プライマー	≦350		
		ミドルコート	≦250		
		トップコート	≦300		
	包装コーティング	不燃コーティング	プライマー	≦480	
ミドルコート			≦350		
トップコート			≦300		

⁵⁹⁾ https://members.wto.org/crnattachments/2019/TBT/CHN/19_5664_00_x.pdf 2020年10月閲覧

	その他	ローラーコーティング (シート)	≦480
		スプレー	≦400
プロファイルコーティング (金属 基板カーテンウォールパネルコー ーティングを含む)		電気泳動コーティング	≦250
		フッ素樹脂コーティング	≦350
		その他	≦420
電子及び電気コーティング		プライマー	≦420
		ペイント	≦420
		ワニス	≦420

出所) GB 30981-2020 (工業用保護塗料の有害物質の制限量) より三菱総合研究所作成。

表 2-65 工業用保護塗料の溶媒ベースコーティング中の揮発性有機化合物 (VOC) の含有量の要件 (中国)

製品カテゴリ		主な製品タイプ		限界値/ (g/L)
機械コー ーティング	建設機械及び農業機 械コーティング (コン ポーネントコーティ ングを含む)	プライマー		≦540
		ミドルコート		≦540
		トップコート		≦550
		ワニス		≦550
	港湾機械及び化学機 械コーティング (コン ポーネントコーティ ングを含む)	ラッカー系プライマー		≦550
		プライマー	無機	≦600
			その他	≦550
		ミドルコート		≦550
		トップコート		≦500
		ワニス		≦500
	特殊コーティング (耐熱コーティ ング等)		≦650	
	その他	プライマー		≦480
		ミドルコート		≦480
		トップコート		≦550
ワニス		≦550		
建物や構 造物の保 護コーテ ィング	金属基板防食コーテ ィング	ラッカー系プ ライマー	無機	≦720
			有機	≦650
		無機亜鉛プライマー		≦600
		一液コーティング		≦630
		二液コーティ ング	プライマー	≦500
			ミドルコート	≦550
			トップコート	≦550
	ワニス		≦580	
	コンクリート保護コ ーティング	シーリングプライマー		≦700
		プライマー		≦540
		ミドルコート		≦540
		トップコート		≦550
	特殊コーティング (耐熱コーティング、耐薬品コーティ ング、ジョイントペイント等)		≦650	
その他		≦550		
コンテナコーティング	ラッカー系プライマー		≦650	
	プライマー		≦520	
	ミドルコート		≦500	

		トップコート		≦500
プレコー トコイル コーティ ング	フッ素樹脂コーティング			≦780
	その他	プライマー		≦650
		バックペイント		≦700
		トップコート		≦600
		ワニス		≦600
包装コー ティング	不燃コーティング			≦420
	その他	ローラーコー ティング	コイル	≦780
			シート	≦680
		スプレー		≦750
	フッ素樹脂コーティング			≦780
	その他	プライマー		≦520
		ペイント		≦600
		ワニス		≦550
電子及び電気コーティング		プライマー		≦600
		トップコート		≦700
		ワニス		≦650

出所) GB 30981-2020 (工業用保護塗料の有害物質の制限値) より三菱総合研究所作成。

表 2-66 工業用保護塗料の無溶媒コーティング中の揮発性有機化合物 (VOC) の含有量の要件 (中国)

項目	限界値/ (g/L)
揮発性有機化合物 (VOC) 含有量	≦100

出所) GB 30981-2020 (工業用保護塗料の有害物質の制限値) より三菱総合研究所作成。

表 2-67 工業用保護塗料の輻射硬化性コーティング中の揮発性有機化合物 (VOC) の含有量の要件 (中国)

製品カテゴリ	製品タイプ	限界値/ (g/L)
水性	スプレー	≦400
	その他	≦150
非水性	スプレー	≦550
	その他	≦200

出所) GB 30981-2020 (工業用保護塗料の有害物質の制限値) より三菱総合研究所作成。

GB 33372-2020 (接着剤の揮発性有機化合物 (VOC) の制限値)⁶⁰で VOC の規制値が設定されている。

⁶⁰ https://members.wto.org/crnattachments/2019/TBT/CHN/19_5663_00_x.pdf 2020年10月閲覧

表 2-68 溶剤接着剤の VOC 制限値 (中国)

項目		指標				
		ネオプレン ゴム	SBS ラバー	ポリウレタ ン	アクリル	その他
VOC g/L ≦	建築用	650	550	500	510	500
	室内装飾用	600	500	400	510	450
	靴やバッグ用	600	500	400	—	400
	木工・家具用	600	500	400	510	400
	組み立て用途	600	550	250	510	250
	包装用	600	500	400	510	500
	特殊用	850	—	—	—	—
	その他	600	500	250	510	250

注 1) SBS はスチレン-ブタジエン-スチレンブロック共重合体。

注 2) 特殊とは、現場での緊急修理。

出所) GB 33372-2020 (接着剤の揮発性有機化合物 (VOC) の制限値) より三菱総合研究所作成。

表 2-69 水性接着剤の VOC 制限値 (中国)

項目		指標						
		ポリ酢 酸ビニ ル	ポリビ ニルア ルコー ル	ゴム	ポリウ レタン	VAE	アクリ ル	その他
VOC g/L ≦	建築用	100	100	150	100	50	100	50
	室内装飾用	50	50	100	50	50	50	50
	靴やバッグ用	50	—	100	50	50	100	50
	木工・家具用	50	—	100	50	50	100	50
	輸送用	50	—	50	50	50	50	50
	組み立て用	100	—	100	50	50	50	50
	包装用	50	—	50	50	50	50	50
	その他	50	50	50	50	50	50	50

注) VAE とは、酢酸ビニル-エチレンコポリマーエマルジョン。

出所) GB 33372-2020 (接着剤の揮発性有機化合物 (VOC) の制限値) より三菱総合研究所作成。

表 2-70 バルク接着剤の VOC 制限値 (中国)

項目		指標								
		シリコ ーン	MS	ポリウ レタン	ポリサ ルファ イド	アクリ ル	エポキ シ樹脂	α - シ アノア クリレ ート	熱可塑 性	その他
VOC g/L ≦	建築用	100	100	50	50	—	100	20	50	50
	室内装飾用	100	50	50	50	—	50	20	50	50
	靴やバッグ用	—	50	50	—	—	—	20	50	50
	衛生材料、衣類、 繊維加工	—	50	50	—	—	—	—	50	50
	紙の処理と製本	—	50	50	—	—	—	—	50	50
	輸送用	100	100	50	50	200	100	20	50	50
	組み立て用	100	100	50	50	200	100	20	50	50
	包装用	100	50	50	—	—	—	—	50	50
	その他	100	50	50	50	200	50	20	50	50

注 1) MS とは修飾シランポリマー。

注2) 熱可塑性とは、熱可塑性ポリオレフィンまたは熱可塑性ゴム。
出所) GB 33372-2020 (接着剤の揮発性有機化合物 (VOC) の制限量) より三菱総合研究所作成。

GB 38507-2020 (インク中の揮発性有機化合物 (VOC) 含有量の制限)⁶¹で VOC の規制値が設定されている。

表 2-71 インクの揮発性有機化合物 (VOC) の含有量の要件 (中国)

インク種類		揮発性有機化合物 (VOC) の制限値 %	
溶剤インク	グラビアインク	≤75	
	Flexo 印刷インク	≤75	
	インクジェット印刷インク	≤95	
	スクリーン印刷インク	≤75	
水性インク	グラビアインク	吸収性基質	≤15
		非吸収性基質	≤30
	フレキシソ印刷インク	吸収性基質	≤5
		非吸収性基質	≤25
	インクジェット印刷インク	≤30	
	スクリーン印刷インク	≤30	
オフセット印刷インク	オフセット印刷インク	≤3	
	コールドセットロータリーインク	≤3	
	サーモセットロータリーインク	≤10	
熱硬化インク	オフセット印刷インク	≤2	
	フレキシソ印刷インク	≤5	
	スクリーン印刷インク	≤5	
	インクジェット印刷インク	≤10	
	グラビアインク	≤10	
グラビアインク (電子彫刻)		≤20	

出所) GB 38507-2020 (インク中の揮発性有機化合物 (VOC) 含有量の制限) より三菱総合研究所作成。

GB38508-2020 (洗浄剤中の揮発性有機化合物の含有量制限) で VOC の規制値が設定されている。⁶²特定の揮発性有害物質としてホルムアルデヒドがあり、基準が厳しくなっている。

表 2-72 洗浄剤中の揮発性有機化合物の含有量制限要件 (中国)

項目		制限
揮発性有機化合物 (VOC) g/kg		500
特定の揮発性有害物質	ホルムアルデヒド g/kg	0.5
	ベンゼン系列 (ベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼン) の合計 g/kg	0.3
	塩素化炭化水素シリーズ (ジクロロメタン、トリクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン) 単一物質及び総 g/kg	100

⁶¹ <http://openstd.samr.gov.cn/bzgk/gb/newGbInfo?heno=BEC525CEF58A6B3D25D125E166BDD515>
2020年10月閲覧

⁶² https://members.wto.org/crnattachments/2019/TBT/CHN/19_5658_00_x.pdf 2020年10月閲覧

2020年6月30日に中国生態環境部は、「揮発性有機化合物(VOC) 実用管理手引き(揮発性有機物治理実用手冊)」等3冊の電子書籍をホームページ上に掲載している。⁶³「手引き」では、VOC物質に関する概念、定義、管理、生産プロセスでの注意点、現場検査のポイント等の情報が開設されている。

b) 主要産業における揮発性有機物の包括的な管理プログラムの発行に関する通知

2019年6月26日に生態環境部は、「主要産業における揮発性有機物の包括的な管理プログラムの発行に関する通知」⁶⁴を発出した。2020年までに、VOC汚染防止及び管理システムを確立及び改善し、主要分野及び主要産業におけるVOCの処理で大きな成果を達成する。「第13次5カ年計画」で決定されたVOC排出量を10%削減するという目標を達成し、環境を促進するために温室効果ガス排出量を調整して管理し、空気の質は改善するとしている。

排気ガスの回収率向上を目的として、業種にかかわらず局所ガス回収フードの場合、ガス回収フードの開口面から最も遠い敷地内位置でのVOCを0.3m/s以上の風速で制御する必要があるとし、業界で要求されている規則がある場合は、これに従うとしている。

2020年6月30日に中国生態環境部は、ガイドによる基準として、「揮発性有機化合物(VOC) 実用管理手引き」、「揮発性有機化合物ガバナンス実践マニュアル」、「主要産業及び企業向け揮発性有機化合物オンサイト検査ガイド」、「O₃と揮発性有機化合物の包括的管理に関する質疑応答」をホームページに掲載した。

「主要産業における揮発性有機物の包括的な管理プログラムの発行に関する通知(2019年6月26日)」では、国家標準にあるような制限値はないが、①石油化学産業、②化学産業、③業用コーティングVOCの包括的処理。自動車、家具、コンテナ、電子製品、建設機械等の業界でVOCの管理を強化する主要分野、④包装及び印刷業界におけるVOCの包括的な管理。プラスチック製の柔軟な包装や印刷、缶の印刷等のVOCの処理促進、⑤石油の貯蔵、輸送、販売におけるVOCの包括的な管理、⑥工業団地及び工業団地におけるVOCの包括的な管理についての取組の詳細が定められている。

例えば石油化学産業におけるVOCの包括的な管理の場合、石油精製及び有機化学物質、合成樹脂、合成繊維、及び合成ゴム産業におけるVOCを制御するための取り組みを強化するとしている。貯蔵タンク、有機液体の取り扱い、プロセス排ガス等の排出源VOCの処理を強化し排出量を安定化することに重点を置き、重要な分野では、排出源管理のため、VOC焼却処理装置の点滅ライトの消灯を禁止し、ビデオ監視デバイスを導入するとしている。灯油とディーゼルのオンライン管理も行い、VOCを含む廃液とスラグの管理や低VOC含有量のコーティングによる防水、防錆コーティングの採用言及している。「石油化学企業における漏れの検出と修理のガイドライン」に従いLDAR(leak detection and repair)を進め監視を強化するとしている。

⁶³ http://www.mee.gov.cn/ywgz/dqhjbh/dqgdhjhjgl/202006/t20200630_786614.shtml 2020年10月閲覧

⁶⁴ http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/201907/t20190703_708395.html 2020年10月閲覧。

c) 業種標準

環境保護に係る個別分野の業種標準（HJ）では、「環境標識製品の技術要件：水性塗料」（HJ/T201-2005）と「車内揮発性有機物質とアルデヒドケトン類物質のサンプリングと測定方法」（HJ/T400-2007）の2つがある。前者によると、各種水性塗料製品におけるVOC含有量の制限値は以下のとおり設定されている。

表 2-73 水性塗料有害物質含有量制限値（中国）

製品概要	内壁塗料	外壁塗料	壁用プライマー	水性ウッドラッカー、水性防錆コーティング、水性防水コーティング等	パテ（粉、クリーム）
揮発性有機化合物含有量（VOC）制限値	80g/L 以下	150g/L 以下	80g/L 以下	250g/L 以下	10g/kg 以下
ハロゲン化炭化水素（ジクロロメタンで計算）（mg/kg）	500 以下				
ベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼンの総量（mg/kg）	500 以下				
ホルムアルデヒド（mg/kg）	100 以下				

出所「環境標識製品の技術要件：水性塗料」（HJ/T201-2005）により三菱総合研究所作成

上記制限値に対する測定の方法について以下のような規定が記載されている。

- ① フタル酸エステル類とグリコールエーテル類が添加された製品に対し、現場測定方式の採用が必須。
- ② 製品中のVOC含有量測定は付録で記載されたガスクロマトグラフィー法により実施。
- ③ 製品中のホルムアルデヒド含有量測定は付録で記載されたアセチルアセトン分光光度法により実施。
- ④ 製品中のベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼン含有量測定は付録で記載されたガスクロマトグラフィー法により実施。
- ⑤ 製品中のハロゲン化炭化水素含有量測定は付録で記載されたガスクロマトグラフィー法により実施。

d) 地方標準（DB）

GB に先駆けていくつかの主要省・市の特定業種における揮発性有機化合物排出規制の地方標準（DB）で特定業種について排出基準や含有量制限値が制定されている。

【北京市】

北京市の印刷生産活動における VOC 関連の規制は「印刷業揮発性有機物排出基準」(DB 11/ 1201-2015) に制定されている。VOC 排出濃度制限値、北京印刷業未組織⁶⁵排出モニタリング場所における濃度制限値及び北京印刷インク VOC 含有量制限値を以下に示す。

表 2-74 北京市の印刷生産活動における VOC 排出濃度制限値
(単位：mg/m³)

汚染物項目	第1段階	第2段階
ベンゼン	0.5	0.5
トルエンとキシレン合計	15	10
非メタン全炭化水素	50	30

注) 第1段階：2015年7月1日~2016年12月31日の時期、第2段階：2017/1/1以降。

出所) 北京市「印刷業揮発性有機物排出基準」(DB 11/ 1201-2015) より三菱総合研究所作成

表 2-75 北京市の印刷業の不規則な排出モニタリング場所における濃度制限値
(単位：mg/m³)

モニタリング場所	ベンゼン		トルエンとキシレン合計		非メタン全炭化水素	
	第1段階	第2段階	第1段階	第2段階	第1段階	第2段階
工場敷地境界線	0.1	0.1	0.5	0.2	2.0	1.0
印刷生産現場	0.1	0.1	2.0	1.0	6.0	3.0

注) 1. 「不規則な排出」：排ガス管を経由しない大気汚染物質の不規則な排出を指す。(以下同様)

2. 第1段階：2015年7月1日~2016年12月31日の時期、第2段階：2017/1/1以降。

出所) 北京市「印刷業揮発性有機物排出基準」(DB 11/ 1201-2015) により三菱総合研究所作成

表 2-76 北京市の印刷インク VOC 含有量制限値

印刷インキ種類		含有量制限値 (%)
オフセット印刷インキ	熱硬化	10
	リーフレット、冷硬化	3
レタープレス印刷インキ		30
グラビア印刷インキ		

出所) 北京市「印刷業揮発性有機物排出基準」(DB 11/ 1201-2015) より三菱総合研究所作成

北京市の自動車塗装工程における VOC 関連の規制は「自動車完成車製造業（塗装工程）大気汚染物排出基準」(DB11/ 1227-2015) に制定されている。北京自動車製造塗装工程塗装面積単位当たり VOC 排出量制限値、北京自動車製造塗装工程大気汚染物排出濃度制限値、北京自動車製造塗装工程未組織排出モニタリング場所における濃度制限値及び北京自動車製造塗装工程塗料 VOC 含有量制限値を表 2-78 に示す。

⁶⁵ 不規則な排出モニタリング場所。

表 2-77 北京自動車製造塗装工程塗装面積単位当たり VOC 排出量制限値
(単位：mg/m²)

車種	第1段階	第2段階	備考
乗用車	45	20	GB/T 15089 で規定された M1 類
トラック運転室	55	35	GB/T 15089 で規定された N2、N3類
バス	150	80	GB/T 15089 で規定された M2、M3類

注 1) 第 1 段階：本基準実施日～2017 年 8 月 31 日、第 2 段階：2017 年 9 月 1 日以降。
 注 2) M1、M2、m³、N1、N2、N3 類の定義は国家標準「自動車及びトレーラーの分類」(GB/T15089) に従う。
 M1＝運転席を含めた座席が 9 席を超えない乗用車。
 M2＝運転席を含めた座席が 9 席を超え、最大設計総重量が 5,000kg 以下の乗用車。
 m³＝運転席を含めた座席が 9 席を超え、最大設計総重量が 5,000kg を超える乗用車。
 N1＝最大設計総重量が 3,500kg 以下のトラック。
 N2＝最大設計総重量が 3,500kg 超、12,000kg 以下のトラック。
 N3＝最大設計総重量が 12,000kg 超のトラック。
 出所) 北京市「自動車完成車製造業(塗装工程)大気汚染物排出基準」(DB11/1227-2015) より三菱総合研究所作成

表 2-78 北京自動車製造塗装工程大気汚染物排出濃度制限値
(単位：mg/m³)

汚染物項目	第1段階	第2段階	モニタリング場所
ベンゼン	1.0	0.5	作業場又は生産施設の排ガス管
ベンゼン系汚染物	20	10	
非メタン全炭化水素	30	25	
粒子物	20	10	

注) 第 1 段階：本基準実施日～2017 年 8 月 31 日、第 2 段階：2017 年 9 月 1 日以降。
 出所) 北京市「自動車完成車製造業(塗装工程)大気汚染物排出基準」(DB11/1227-2015) より三菱総合研究所作成

表 2-79 北京自動車製造塗装工程の不規則な排出モニタリング場所における濃度制限値
(単位：mg/m³)

モニタリング場所	ベンゼン	ベンゼン系汚染物	非メタン全炭化水素	粒子物
中塗り室 ペイント塗り室 カバー塗り室 修復塗り室	0.5	2.0	5.0	-
PVC、シーラント等のコーティングライン	0.1	1.0	2.0	-
研削生産ライン	-	-	-	3.0

出所) 北京市「自動車完成車製造業(塗装工程)大気汚染物排出基準」(DB11/1227-2015) より三菱総合研究所作成

表 2-80 北京自動車製造塗装工程塗料 VOC 含有量制限値
(単位：g/L)

塗料種類	第1段階	第2段階
プライマー	50	50
中塗り	560	100
ソリッドカラープライマー、 フラッシュプライマー	650	200
ワニス	560	480
天然トップコート	580	500

注) 第1段階：本基準実施日～2017年8月31日、第2段階：2017年9月1日以降。

出所) 北京市「自動車完成車製造業(塗装工程)大気汚染物排出基準」(DB11/1227-2015)より三菱総合研究所作成

【上海市】

上海市の印刷生産活動におけるVOC関連の規制は「印刷業大気汚染物排出基準」(DB 31/872-2015)に制定されている。上海印刷活動における大気汚染物排出濃度と速度制限値、上海印刷企業施設境界線地域大気汚染物濃度制限値及び上海印刷インク VOC 含有量制限値を表 2-82 に示す。

表 2-81 上海印刷活動における大気汚染物排出濃度と速度制限値

汚染物	最高許容排出濃度(mg/m ³)	最高許容排出速度(kg/h)	汚染排出モニタリング場所
ベンゼン	1	0.03	作業場又は生産施設の排 ガス管
トルエン	3	0.1	
キシレン	12	0.4	
非メタン全炭化水素 (NMHC)	50	1.5	
粒子物	20	0.45	

出所) 上海市「印刷業大気汚染物排出基準」(DB 31/872-2015)より三菱総合研究所作成

表 2-82 上海印刷企業施設境界線地域大気汚染物濃度制限値

汚染物	制限値 (mg/m ³)
ベンゼン	0.1
トルエン	0.2
キシレン	0.2
非メタン全炭化水素 (NMHC)	4.0

出所) 上海市「印刷業大気汚染物排出基準」(DB 31/872-2015)より三菱総合研究所作成

表 2-83 上海印刷インク VOC 含有量制限値

印刷インキ種類		含有量制限値 (g/kg)
リソグラフィー印刷 インキ(放射線硬化 インキ除外)	熱硬化ロータリーインキ	300
	スズ印刷インキ	700
	リーフレット、コールドセットインキ	150
フレキシソインキ	水性インキ	200
	溶剤系インキ	500
グラビアインキ	水性インキ	300
	溶剤系インキ	800

出所) 上海市「印刷業大気汚染物排出基準」(DB 31/872-2015) より三菱総合研究所作成

上海市の自動車塗装工程における VOC 関連の規制は「自動車製造業(塗装)大気汚染物排出基準」(DB31/ 859-2014) に制定されている。上海自動車製造業塗装工程塗装面積単位当たり VOC 排出量制限値、上海自動車塗装工程における大気汚染物排出濃度と速度制限値及び上海自動車塗装工程企業施設境界線地域大気汚染物濃度制限値を表 2-85 に示す。

表 2-84 上海自動車製造業塗装工程塗装面積単位当たり VOC 排出量制限値

車種	塗装面積単位当たり VOCs 排出量制限値 (g/m ²)		備考
乗用車	35		GB/T 15089 で規定された M1 類
バス	生産量 > 2000 台	150	GB/T 15089 で規定された M2、M3 類
	生産量 ≤ 2000 台	210	

注 2) M1、M2、m³ 類の定義は国家標準「自動車及びトレーラーの分類」(GB/T15089) に従う。

M1=運転席を含めた座席が 9 席を超えない乗用車。

M2=運転席を含めた座席が 9 席を超え、最大設計総重量が 5,000kg 以下の乗用車。

m³=運転席を含めた座席が 9 席を超え、最大設計総重量が 5,000kg を超える乗用車。

出所) 上海市「自動車製造業(塗装)大気汚染物排出基準」(DB31/ 859-2014) より三菱総合研究所作成

表 2-85 上海自動車塗装工程における大気汚染物排出濃度と速度制限値

汚染物	最高許容排出濃度(mg/m ³)	最高許容排出速度(kg/h)	汚染排出モーション場所
ベンゼン	1	0.6	作業場又は生産施設の排 ガス管
トルエン	3	1.2	
キシレン	12	4.5	
ベンゼン系物質	21	8.0	
非メタン全炭化水素 (NMHC)	30	32	
粒子物	20	8.0	

出所) 上海市「自動車製造業(塗装)大気汚染物排出基準」(DB31/ 859-2014) より三菱総合研究所作成

表 2-86 上海自動車塗装工程企業施設境界線地域大気汚染物濃度制限値

汚染物	制限値 (mg/m ³)
ベンゼン	0.1
トルエン	0.2
キシレン	0.2

出所) 上海市「自動車製造業(塗装)大気汚染物排出基準」(DB31/859-2014)より三菱総合研究所作成

【重慶市】

重慶市の包装印刷活動におけるVOC関連の規制は「包装印刷業大気汚染物排出基準」(DB 50/758-2017)に制定されている。重慶包装印刷企業排ガス管大気汚染物排出制限値(第1段階)、重慶包装印刷企業排ガス管大気汚染物排出制限値(第2段階)、重慶包装印刷業未組織排出モニタリング場所における濃度制限値及び重慶包装印刷業企業施設境界線地域大気汚染物濃度制限値を表2-88に示す。

表 2-87 重慶包装印刷企業排ガス管大気汚染物排出制限値(第1段階¹⁾)

汚染物	最高許容排出濃度 (mg/m ³)		最高許容排出速度 ³ (kg/h)	
	市街地	その他地域	市街地	その他地域
ベンゼン	6	6	0.5	0.5
トルエンとキシレン合計	70	80	4.1	4.1
非メタン全炭化水素	100	120	10	10
全VOCs ²	120	140	14	14
粒子物	50	100	1.6	3.2
窒素酸化物 ⁴	200	300	-	-

注1) 本基準実施日から2018年6月30日までの期間。

注2) 選択的な指標。

注3) 非メタン全炭化水素全体の除去率が90%以上が前提。

注4) 燃焼類処理施設に限る。

出所) 重慶市「包装印刷業大気汚染物排出基準」(DB 50/758-2017)より三菱総合研究所作成

表 2-88 重慶包装印刷企業排ガス管大気汚染物排出制限値(第2段階¹⁾)

汚染物	最高許容排出濃度 (mg/m ³)		最高許容排出速度 ³ (kg/h)	
	市街地	その他地域	市街地	その他地域
ベンゼン	1	1	0.36	0.4
トルエンとキシレン合計	15	18	1.6	1.9
非メタン全炭化水素	60	80	4.3	5.1
全VOCs ²	80	100	5.7	7.2
粒子物	50	100	1.6	3.2
窒素酸化物 ⁴	200	300	-	-

注1) 2018年7月1日以降

注2) 選択的な指標。

注3) 非メタン全炭化水素全体の除去率が90%以上が前提。

注4) 燃焼類処理施設に限る。

出所) 重慶市「包装印刷業大気汚染物排出基準」(DB 50/758-2017)より三菱総合研究所作成

表 2-89 重慶包装印刷業の不規則な排出モニタリング場所における濃度制限値

(単位：mg/m³)

モニタリング場所	ベンゼン	トルエンとキシレン合計	非メタン全炭化水素	全VOCs ¹
印刷生産作業場	0.1	2.0	6.0	8.0

注 1) 選択的な指標。

出所) 重慶市「包装印刷業大気汚染物排出基準」(DB 50/758-2017) より三菱総合研究所作成

表 2-90 重慶包装印刷業企業施設境界線地域大気汚染物濃度制限値

(単位：mg/m³)

モニタリング場所	ベンゼン	トルエンとキシレン合計	非メタン全炭化水素	全VOCs ¹
企業施設境界線地域	0.1	0.8	4.0	6.0

注 1) 選択的な指標。

出所) 重慶市「包装印刷業大気汚染物排出基準」(DB 50/758-2017) より三菱総合研究所作成

重慶市の自動車塗装工程における VOC 関連の規制は「自動車製造表面塗装大気汚染物排出基準」(DB 50/ 577-2015) に制定されている。重慶自動車塗装既設企業の第 1 段階に適用する大気汚染物排出制限値 (生産設備または作業場の排ガス管)、重慶自動車塗装新設企業・既設企業の第 2 段階に適用する大気汚染物排出制限値(生産設備または作業場の排ガス管)、重慶自動車塗装企業大気汚染物未組織排出濃度制限値及び重慶自動車塗装単位面積当たりの VOC 排出総量制限値を表 2-92~95 に示す。

表 2-91 重慶自動車塗装既設企業の第 1 段階¹に適用する大気汚染物排出制限値 (生産設備または作業場の排ガス管)

汚染物項目	排出濃度制限値 (mg/m ³)		排ガス管高さ別大気汚染物許容排出速度 (kg/h)						
			15m		30m		60m		
	市街地	その他地域	市街地	その他地域	市街地	その他地域	市街地	その他地域	
ベンゼン	1	1	0.4	0.4	2.4	2.6	8.0	9.0	
トルエンとキシレン合計	40	45	3.2	3.5	19.2	21.1	64.0	72.0	
ベンゼン系物質	乾燥室	45	50	4.0	4.4	24.0	26.4	80.0	90.0
	その他	75	90						
全VOCs	乾燥室	60	80	8.0	8.8	48.0	52.8	160.0	180.0
	その他	150	150						
非メタン全炭化水素	120	120	7.7	8.5	41	45.1	139.3	156.7	
粒子物 ²	20	50	0.8	1.5	3.9	7.6	16.7	33.4	
二酸化硫黄 ³	200	300	-						
窒素酸化物 ³	200	300	-						

注 1) 本基準実施日より 2016 年 6 月 30 日までの期間。

注 2) スプレーブースに適用する。

注 3) 燃焼類処理施設にのみ適用する。

出所) 重慶市「自動車製造表面塗装大気汚染物排出基準」(DB 50/ 577-2015) より三菱総合研究所作成

表 2-92 重慶自動車塗装新設企業・既設企業の第2段階¹に適用する大気汚染物排出制限値
(生産設備または作業場の排ガス管)

汚染物項目	排出濃度制限値 (mg/m ³)		排ガス管高さ別大気汚染物許容排出速度 (kg/h)						
			15m		30m		60m		
	市街地	その他地域	市街地	その他地域	市街地	その他地域	市街地	その他地域	
ベンゼン	1	1	0.2	0.3	1.2	1.6	2.8	3.1	
トルエンとキシレン合計	18	21	1.6	1.8	9.6	10.6	18.8	24.4	
ベンゼン系物質	乾燥室	45	50	2.4	2.6	12.0	15.6	23.5	30.6
	その他	75	90						
全VOCs	乾燥室	60	80	3.9	4.7	24.0	31.2	50.0	54.0
	その他	150	150						
非メタン全炭化水素	120	120	3.6	4.3	20.5	22.5	44.3	47.8	
粒子物 ²	20	50	0.8	1.5	3.9	7.6	16.7	33.4	
窒素酸化物 ³	200	300	—						

注 1) 2016年7月1日以降。

注 2) スプレーブースに適用する。

注 3) 燃焼類処理施設にのみ適用する。

出所) 重慶市「自動車製造表面塗装大気汚染物排出基準」(DB 50/ 577-2015) より三菱総合研究所作成

表 2-93 重慶自動車塗装企業大気汚染物の不規則な排出モニタリング場所における排出濃度制限値

汚染物項目	濃度制限値 (mg/m ³)	モニタリング場所
ベンゼン	0.1	施設境界線外最高濃度
トルエン	0.6	
キシレン	0.2	
ベンゼン系物質	1.0	
全VOCs	2.0	
非メタン全炭化水素	2.0	

出所) 重慶市「自動車製造表面塗装大気汚染物排出基準」(DB 50/ 577-2015) より三菱総合研究所作成

表 2-94 重慶自動車塗装単位面積当たりの VOC 排出総量制限値

車種	VOCs排出総量制限値 (g/m ³)				備考
	市街地		その他地域		
	第1段階	第2段階	第1段階	第2段階	
乗用車	60	35	60	40	GB/T 15089 で規定された M1 類車
トラック運転室	75	55	85	65	GB/T 15089 で規定された N2、N3類運転室
トラック・バン	90	70	120	90	GB/T 15089 で規定された N2、N3類車
バス	290	150	290	210	GB/T 15089 で規定された M2、M3類車

注 1) 第 1 段階：本基準実施日より 2016 年 6 月 30 日までの期間、第 2 段階：2016 年 7 月 1 日以降。

注 2) M1、M2、m³、N1、N2、N3 類の定義は国家標準「自動車及びトレーラーの分類」(GB/T15089) に従う。

M1=運転席を含めた座席が 9 席を超えない乗用車。

M2=運転席を含めた座席が 9 席を超え、最大設計総重量が 5,000kg 以下の乗用車。

m³=運転席を含めた座席が 9 席を超え、最大設計総重量が 5,000kg を超える乗用車。

N1=最大設計総重量が 3,500kg 以下のトラック。

N2=最大設計総重量が 3,500kg 超、12,000kg 以下のトラック。

N3=最大設計総重量が 12,000kg 超のトラック。

出所) 重慶市「自動車製造表面塗装大気汚染物排出基準」(DB 50/ 577-2015) より三菱総合研究所作成

【広東省】

広東省の包装印刷活動における VOC 関連の規制は「包装印刷業揮発性有機化合物排出基準」(DB44/ 815-2010) に制定されている。広東印刷業排ガス管 VOC 排出制限値、広東印刷業未組織排出モニタリング場所における濃度制限値及び広東印刷インク VOC 最高含有量制限値を表 2-96～98 に示す。

表 2-95 広東印刷業排ガス管 VOC 排出制限値

印刷方式	汚染物	最高許容排出濃度 (mg/m ³)		最高許容排出速度 (kg/h)	
		第1段階 ¹	第2段階 ²	第1段階	第2段階
リトグラフ印刷 (金属、陶磁、ガラス等の基材除外)、フレキソ印刷	ベンゼン	1	1	0.4	0.4
	トルエンとキシレン合計 ³	30	15	1.8	1.6
	全VOCs	120	80	5.4	5.1
ブラビア、レタープレス、ワイヤーメッシュ、リトグラフ印刷 (金属、陶磁、ガラス等の基材)	ベンゼン	1	1	0.4	0.4
	トルエンとキシレン合計	30	15	1.8	1.6
	全VOCs	180	120	5.4	5.1

注 1) 本基準実施日より 2012 年 12 月 31 日までの時期。

注 2) 2013 年 1 月 1 日以降。

注 3) キシレンの排出速度は 1.0kg/h 以下とする。

出所) 広東省「包装印刷業揮発性有機化合物排出基準」(DB44/ 815-2010) より三菱総合研究所作成

表 2-96 広東印刷業の不規則な排出モニタリング場所における濃度制限値
(単位: mg/m³)

ベンゼン	トルエン	キシレン	全VOCs
0.1	0.6	0.2	2.0

出所) 広東省「包装印刷業揮発性有機化合物排出基準」(DB44/ 815-2010) より三菱総合研究所作成

表 2-97 広東印刷インク VOC 最高含有量制限値

(単位: g/L)

印刷インキ種類	第1段階 ¹	第2段階 ²
気密性基材用フレキソインキ	-	300
通気性基材用フレキソインキ	225	225
気密性基材用リトグラフインキ	-	700
通気性基材用リトグラフインキ (熱硬化性インキ除外)	300	300
レタープレスインキ	300	300

注 1) 本基準実施日より 2012 年 12 月 31 日までの時期。

注 2) 2013 年 1 月 1 日以降。

出所) 広東省「包装印刷業揮発性有機化合物排出基準」(DB44/ 815-2010) より三菱総合研究所作成

広東省の家具生産活動における VOC 関連の規制は「家具製造業揮発性有機化合物排出基準」(DB 44/814-2010) に制定されている。広東家具製造業排ガス管 VOC 排出制限値を表 2-99 に示す。

表 2-98 広東家具製造業排ガス管 VOC 排出制限値

汚染物	最高許容排出濃度 (mg/m ³)		最高許容排出速度 (kg/h)	
	第1段階 ¹	第2段階 ²	第1段階	第2段階
ベンゼン	1	1	0.4	0.4
トルエンとキシレン合計 ³	30	15	1.8	1.6
全VOCs	120	80	5.4	5.1

注 1) 本基準実施日より 2012 年 12 月 31 日までの時期。

注 2) 2013 年 1 月 1 日以降。

注 3) キシレンの排出速度は 1.0kg/h 以下とする。

出所) 広東省「包装印刷業揮発性有機化合物排出基準」(DB44/815-2010) より三菱総合研究所作成

広東省の自動車塗装工程における VOC 関連の規制は「表面塗装（自動車製造業）揮発性有機化合物排出基準」(DB44/816-2010) に制定されている。広東自動車塗装面積単位当たり VOC 排出量制限値、広東自動車塗装企業排ガス管 VOC 排出制限値及び広東自動車塗装企業大気汚染物未組織排出濃度制限値を表 2-100 に示す。

表 2-99 広東自動車塗装面積単位当たり VOC 排出量制限値

車種	塗装面積単位当たり VOCs 排出量 制限値 (g/m ²)		備考
	第1段階	第2段階	
乗用車	40	20	GB/T 15089 で規定された M1 類車
トラック運転室	75	55	GB/T 15089 で規定された N2、N3 類運転室
トラック・バン	90	70	GB/T 15089 で規定された N2、N3 類車
バス	225	150	GB/T 15089 で規定された M2、M3 類車

注 1) 第 1 段階：本基準実施日より 2012 年 12 月 31 日までの時期、第 2 段階：2013 年 1 月 1 日以降。

注 2) M1、M2、m³、N1、N2、N3 類の定義は国家標準「自動車及びトレーラーの分類」(GB/T15089) に従う。

M1=運転席を含めた座席が 9 席を超えない乗用車。

M2=運転席を含めた座席が 9 席を超え、最大設計総重量が 5,000kg 以下の乗用車。

m³=運転席を含めた座席が 9 席を超え、最大設計総重量が 5,000kg を超える乗用車。

N1=最大設計総重量が 3,500kg 以下のトラック。

N2=最大設計総重量が 3,500kg 超、12,000kg 以下のトラック。

N3=最大設計総重量が 12,000kg 超のトラック。

出所) 広東省「表面塗装（自動車製造業）揮発性有機化合物排出基準」(DB44/816-2010) より三菱総合研究所作成

表 2-100 広東自動車塗装企業排ガス管 VOC 排出制限値

汚染物	排ガス管排出濃度制限値 (mg/m ³)		排ガス管高さ別大気汚染物許容排出速度 (kg/h)					
			15m		30m		60m	
	第1段階 ¹	第2段階 ²	第1段階	第2段階	第1段階	第2段階	第1段階	第2段階
ベンゼン	1.0	1.0	0.3	0.2	1.6	1.0	3.2	1.9
トルエンとキシレン合計 ³	30.0	18.0	2.4	1.4	12.8	7.7	25.6	15.4
ベンゼン系物質 ³	100.0	60.0	3.0	2.4	16.0	9.6	32.0	19.2
全VOCs	150.0	90.0	4.6	2.8	25.0	15.0	50.0	30.0

注1) 第1段階：本基準実施日より2012年12月31日までの時期。

注2) 第2段階：2013年1月1日以降。

注3) ベンゼン系物質は単環式芳香族炭化水素中のトルエン、キシレン、トリメチルベンゼンの合計を指す。

トルエンとキシレン合計及びベンゼン系物質中キシレンの排出速度はGB16297所定キシレン最高許容排出速度の制限値を超えてはいけない。高さ15m、30m、60mの排ガス管における排出速度はそれぞれ1.0kg/h、6.9kg/h、27kg/hを超えてはいけず、その他高さの排ガス管におけるキシレン排出速度制限値は補間法により計算する。

出所) 広東省「表面塗装（自動車製造業）揮発性有機化合物排出基準」（DB44/816-2010）より三菱総合研究所作成

表 2-101 広東自動車塗装企業大気汚染物未組織排出濃度制限値

汚染物	濃度制限値 (mg/m ³)
ベンゼン	0.1
トルエン	0.6
キシレン	0.2
トリメチルベンゼン	0.2
全VOCs	2.0

出所) 広東省「表面塗装（自動車製造業）揮発性有機化合物排出基準」（DB44/816-2010）より三菱総合研究所作成

e) 移動発生源に関する規制

移動発生源である自動車については、段階毎に規制値が厳しくなっているが、最新のNMHCの排出規制については、「小型自動車汚染物排出制限値及び測定方法」（中国第VI段階）（GB18352.6-2016）という国家標準で設定されている。

表 2-102 自動車のNMHC排出制限値（中国）

（単位：g/km）

類別	級別	基準質量 (RM) (kg)	制限値	
			6a	6b
第1類		全部	0.098	0.035
第2類	I	RM ≤ 1305	0.068	0.035
	II	1305 < RM ≤ 1760	0.090	0.045
	III	1760 < RM	0.108	0.050

注1) 第1類：運転手席を含めて座席が6席を超えず、かつ最大総質量2,500kg以下のM1類車

第2類：本基準適用範囲内、第1類車以外の全ての小型自動車

小型自動車：最大総質量3,500kg以下のM1、M2とN1類自動車

M1 類車：運転席を含めた座席が 9 席を超えない乗用車

M2 類車：運転席を含めた座席が 9 席を超え、最大設計総重量が 5,000kg 以下の乗用車

N1 類車：最大設計総重量が 3,500kg 以下のトラック

注 2) 3. 6a 段階は第 5 から第 6 段階の過渡的な段階であり、制限値の適用はガス燃料車には 2019 年 7 月 1 日、その他燃料車のうち、都市部車両には 2020 年 7 月 1 日、その他全ての車両には 2021 年 7 月 1 日からそれぞれ始まる。

6b 段階は本格的な第 6 段階であり、制限値の適用はガス燃料車には 2021 年 1 月 1 日、その他全ての車両には 2023 年 7 月 1 日からそれぞれ始まる。

出所)「小型自動車汚染物排出制限値及び測定方法」(中国第 VI 段階)(GB 18352.6-2016)により三菱総合研究所作成

https://www.mittelstandswiki.de/wissen/Gastbeitrag:Emissionsstandards_in_China 2020 年 10 月閲覧

3) NOx 排出基準

・大気質基準

中国の NOx 及び NO₂ の環境基準は、国家標準である環境空気質量基準 (GB3095-2012) で設定されている。NOx については窒素酸化物 (NO、NO₂) を測定している。

表 2-103 NO 及び NO₂ の大気汚染物濃度制限値 (中国)

(単位: µg/m³)

NOx (NO、NO ₂)	1 級	2 級
年平均	50	50
24 時間平均	100	100
1 時間平均	250	250
NO ₂	1 級	2 級
年平均	40	40
24 時間平均	80	80
1 時間平均	200	200

注) 一類エリアには一級濃度制限値を適用、二類エリアには二級濃度制限値を適用する。一類エリアは自然保護区、景勝地区及びその他特殊な保護が必要とされる地区である。二類エリアは居住区、商業・交通・住民の混合地区、文化地区、工業及び農村地区である。

出所) 環境空気質量基準 (GB3095-2012) より三菱総合研究所作成。

・固定発生源に関する規制

大気汚染物質排出基準は 1973 年に開始され、現在、大気汚染物質排出の主要な発生源を網羅している。

苛性ソーダ及び塩化ポリビニル産業、無機化学産業、石油化学産業、石油精製産業、火葬場、銅・アルミニウム・鉛。亜鉛産業、合成樹脂産業、ボイラ、バッテリー業界、セメント産業、レンガ及びタイル産業、電子ガラス産業、鉄鋼圧延業、製鉄業、鉄鋼焼結及びペレット産業、火力発電所、板ガラス産業を網羅している⁶⁶。

【火力発電所】

火力発電所の NOx 煙排出濃度制限値については、国家標準である「火力発電所大気汚染物

⁶⁶ <https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqgdwrywrwpfbz/> 2020 年 11 月閲覧

排出基準」(GB13223-2011、2012年に施行)で設定されている。

火力発電所の汚染排出基準について特筆すべきは、「超低排出」(中国語:超低排放)と「近ゼロ排出」(中国語:近零排放)という言葉である。両者の意味は同様ではあるが、前者は政府文献で使用される公式用語、後者は主に業界で使用されている非公式用語である。火力発電所の石炭ボイラにおける窒素酸化物の排出濃度制限値は 50mg/ m³以下に抑えることがその定義である。これらの制限値はGB13223-2011の基準より50%低下することとなった。

表 2-104 火力発電所の NOx 排出濃度制限値 (中国)

(単位: mg/m³)

燃料とカロリー転換施設 類型	適用条件	制限値	特別制限値 ^{注3)}	汚染物質モニ タリング場所
石炭を燃料とするボイラ	全ボイラとガスター ビン	100 200 ^{注2)}	100	煙突または煙 道
石油を燃料とするボイラ またはタービン	新設ボイラ	100	100	
	既設ボイラ	200		
	ガスタービン	120	120	
ガスを燃料とするボイラ またはタービン	天然ガスボイラ	100	100	
	その他ガスボイラ	200		
	天然ガスタービン	50	50	
	その他ガスタービン	120		

注1) NOx 排出濃度制限値とあるが、計測は NO₂ で計測。

注2) W型炎ハースを採用する火力発電所ボイラ、既設循環流動床火力発電所ボイラ、及び2003年12月31日以前に建設され、または環境影響アセスメント報告書が承認された火力発電所ボイラには当該制限値が適用される。

注3) 特別制限値は重点地区に適用される。特別制限値を執行する具体的な地域範囲・実施時間は国務院環境保護行政主管部が規定する。

出所)「火力発電所大気汚染物排出基準」(GB13223-2011)により三菱総合研究所作成

【一般ボイラ】

火力発電所以外の業種における一般ボイラの NOx の排出規準については「ボイラ大気汚染物排出基準」(GB13271-2014)という国家標準で設定されている。

表 2-105 火力発電所以外のボイラの NOx 排出濃度制限値 (中国)

(単位: mg/m³)

適用条件	制限値			汚染物質モニ タリング場所
	石炭ボイラ	石油ボイラ	ガスボイラ	
新設ボイラ	400	400	400	煙突または煙 道
既設ボイラ	300	250	200	
特別制限値 ^{注2)}	200	200	150	

注1) 適用地域範囲と実施時期は国務院環境保護主管部門または省レベル人民政府が別途規定する。

注2) 広西壮族自治区、重慶市、四川省と貴州省内石炭ボイラには当該制限値が適用される。

出所)「ボイラ大気汚染物排出基準」(GB13271-2014)により三菱総合研究所作成

【石油精製工業】

石油精製工業における NOx の排出基準については「石油精製工業汚染物排出基準」(GB 31570-2015)という国家標準で設定されている。

表 2-106 石油精製工業の NOx 排出濃度制限値 (中国)

(単位: mg/m³)

適用条件	制限値	汚染物質モニタリング場所
プロセス加熱炉	150 180 ^{注2)}	作業場または生産施設の 排ガス管
接触分解触媒再生排ガス ^{注1)}	200	

注 1) 再生排ガス汚染物濃度の最大値は表中制限値の 2 倍を超えず、かつ毎回持続時間は 1 時間以下とする。

注 2) 炉床温度 $\geq 850^{\circ}\text{C}$ のプロセス加熱炉に適用する。

出所「石油精製工業汚染物排出基準」(GB 31570-2015) により三菱総合研究所作成

【石油化学工業】

石油化学工業における NOx の排出基準については「石油化学工業汚染物排出基準」(GB 31571-2015) という国家標準で設定されている。

表 2-107 石油化学工業の NOx 排出濃度制限値 (中国)

(単位: mg/m³)

適用条件	制限値	汚染物質モニタリング場所
プロセス加熱炉	150 180 ^{注1)}	作業場または生産施設の 排ガス管

注 1) 炉床温度 $\geq 850^{\circ}\text{C}$ のプロセス加熱炉に適用する。

出所「石油化学工業汚染物排出基準」(GB 31571-2015) により三菱総合研究所作成

【コークス製錬化学工業】

コークス製錬化学工業における NOx の排出基準については「コークス製錬化学工業汚染物排出基準」(GB 16171-2012) という国家標準で設定されている。

表 2-108 コークス製錬化学工業の NOx 排出濃度制限値 (中国)

(単位: mg/m³)

適用条件	制限値			汚染物質モニタリング場所
	2012年9月30日までに設立された 既存企業		2012年10月1 日以降の新設 企業	
	2012/10/1~ 2014/12/31	2015/1/1~	2012/10/1~	
コークス炉煙突	800 ^{注1)} 240	500 ^{注1)} 200		作業場または 生産施設の排ガ ス管
粗ベンゼン管炉、半コークス乾燥、アンモ ニア分解炉等燃料用コークス炉ガスの設備	240	200		

注 1) CDQ (Coke Dry Quenching): コークス乾式消火設備。

出所「コークス製錬化学工業汚染物排出基準」(GB 16171-2012) により三菱総合研究所作成

【圧延鋼工業】

圧延鋼工業における NOx の排出基準については「圧延鋼工業大気汚染物排出基準」(GB 28665-2012) という国家標準で設定されている。

表 2-109 圧延鋼工業の NOx 排出濃度制限値 (中国)

(単位: mg/m³)

適用条件	制限値		
	2012年9月30日までに設立された既存企業		2012年10月1日以降の新設企業
	2012/10/1~2014/12/31	2015/1/1~	2012/10/1~
熱処理炉	350	300	

注1) 窒素酸化物は NO₂ で表示。

出所) 「圧延鋼工業大気汚染物排出基準」(GB 28665-2012) により三菱総合研究所作成

【電池工業】

電池工業における NOx の排出基準については「電池工業汚染物排出基準」(GB 30484-2013) という国家標準で設定されている。

表 2-110 電池工業の NOx 排出濃度制限値 (中国)

(単位: mg/m³)

適用条件	制限値		
	2014年2月28日までに設立された既存企業		2014年3月1日以降の新設企業
	2014/7/1~2015/12/31	2016/1/1~	2012/10/1~
太陽光電池	50	30	

出所) 「電池工業汚染物排出基準」(GB 30484-2013) により三菱総合研究所作成

主要省・市の大気汚染物総合排出規制に係る地方標準 (DB) が、一部の主要省・市において、大気汚染物総合排出規制に係る国家標準に追加という形で定められており、排出基準は国家標準 (GB) に比べ厳しい。

【北京市】

北京市の「大気汚染物総合排出基準」(DB11/ 501-2017) では、日本の K 値規制に似た排ガス管高さ別大気汚染物許容排出速度による排出基準が設定されている。

北京工業炉・キルン及び生産プロセス排ガスとその他排ガス主要大気汚染物の排出濃度・速度制限値の内 NOx について以下に示す。

表 2-111 北京工業炉・キルン主要大気汚染物排出濃度・速度制限値 (NOx)

実施段階	大気汚染物排出許容濃度 (mg/m ³)	排ガス管高さ別大気汚染物許容排出速度 (kg/h)				
		15m	20m	30m	40m	50m
第1段階	—	—	—	—	—	—
第2段階	100	0.43	0.72	2.4	4.3	6.6

注) 第1段階=本基準実施日2017年3月1日から同年12月31日まで; 第2段階=2018年1月1日以降
出所) 北京「大気汚染物総合排出基準」(DB11/ 501-2017) により三菱総合研究所作成

表 2-112 北京生産プロセス排ガスとその他排ガスの大気汚染物排出濃度・速度制限値 (NOx)

大気汚染物排出許容濃度 (mg/m ³)		排ガス管高さ別大気汚染物許容排出速度 (kg/h)					施設境界線地域未組織排出モニタリング場所濃度制限値 (mg/m ³)
第1段階	第2段階	15m	20m	30m	40m	50m	
200	100	0.43	0.72	2.4	4.3	6.6	0.12

注) 第1段階=本基準実施日 2017年3月1日から同年12月31日まで; 第2段階=2018年1月1日以降
 出所) 北京「大気汚染物総合排出基準」(DB11/501-2017)により三菱総合研究所作成

【上海市】

上海市の「大気汚染物総合排出基準」(DB31/933-2015)では、国家標準(「環境空気質量基準」(GB3095-2012))に比べ、窒素酸化物の排出基準が、その原因により分けられて制定されている。

表 2-113 上海主要大気汚染物排出濃度・速度制限値 (NOx)

汚染物質項目	適用範囲	大気汚染物排出許最高容濃度 (mg/m ³)	大気汚染物排出最高許容速度 (kg/h)
窒素酸化物 (NO ₂ で計測)	窒素肥料、爆薬及びアンモニア調製	300	0.47
	排ガス熱酸化処理装置	150	—
	その他汚染源	200	0.47

上海市では、印刷業について「印刷業大気汚染物排出基準」(DB 31/872-2015)により排出基準が設定されている。

表 2-114 上海印刷業主要大気汚染物排出濃度・速度制限値 (NOx)

汚染物質項目	適用範囲	大気汚染物排出許最高容濃度 (mg/m ³)	大気汚染物排出最高許容速度 (kg/h)
窒素酸化物 (NO ₂ で計測)	窒素肥料、爆薬及びアンモニア調製	300	0.47
	排ガス熱酸化処理装置	150	—
	その他汚染源	200	0.47

【重慶市】

重慶市の「大気汚染物総合排出基準」(DB 50/418-2016)では、国家標準(「環境空気質量基準」(GB3095-2012))に比べ、窒素酸化物の排出基準がエリア別に制定されている。

表 2-115 重慶主要大気汚染物排出濃度・速度制限値 (NOx)

大気汚染物排出許最高容濃度 (mg/m ³)		排ガス管高さ別大気汚染物許容排出速度 (kg/h)					不規則な排出モニタリングスポット濃度制限値 (mg/m ³)
		15m	20m	30m	40m	50m	
市街地	200	0.3	0.5	1.2	2.2	3.7	0.12
影響地域	300~240	0.5	1	2.4	4.3	7.1	
その他地域	1400~240	0.77	1.3	4.4	7.5	12	

・移動発生源に関する規制

ディーゼル車、大型ディーゼル車、モペット、船舶用エンジン、オートバイ、オフロードディーゼル車、小型自動車、三輪車及び低速トラック用ディーゼルエンジン車等に対する規制がある⁶⁷。

移動発生源である自動車については、段階毎に規制値が厳しくなっているが、最新のNOxの排出規制については、「小型自動車汚染物排出制限値及び測定方法」（中国第VI段階）（GB 18352.6-2016）という国家標準で設定されている。

表 2-116 自動車のNOx 排出制限値（中国）

（単位：g/km）

類別	級別	基準質量 (RM) (kg)	制限値	
			6a	6b
第1類		全部	0.060	0.035
第2類	I	RM ≤ 1305	0.060	0.035
	II	1305 < RM ≤ 1760	0.075	0.045
	III	1760 < RM	0.082	0.050

注1) 第1類：運転手席を含めて座席が6席を超えず、かつ最大総質量2,500kg以下のM1類車

第2類：本基準適用範囲内、第1類車以外の全ての小型自動車

小型自動車：最大総質量3,500kg以下のM1、M2とN1類自動車

M1類車：運転席を含めた座席が9席を超えない乗用車

M2類車：運転席を含めた座席が9席を超え、最大設計総重量が5,000kg以下の乗用車

N1類車：最大設計総重量が3,500kg以下のトラック

注2) 3. 6a段階は第5から第6段階の過渡的な段階であり、制限値の適用はガス燃料車には2019年7月1日、その他燃料車のうち、都市部車両には2020年7月1日、その他全ての車両には2021年7月1日からそれぞれ始まる。

6b段階は本格的な第6段階であり、制限値の適用はガス燃料車には2021年1月1日、その他全ての車両には2023年7月1日からそれぞれ始まる。

出所) 「小型自動車汚染物排出制限値及び測定方法」（中国第VI段階）（GB 18352.6-2016）により三菱総合研究所作成

(4) 日本

1) 0xの環境基準

光化学オキシダントについては、「大気汚染に係る環境基準」において、「維持されまたは早期に達成されるよう努めるものとする。」とされている。

表 2-117 0xの環境基準（日本）

光化学オキシダント (0x)	環境基準告示
1時間値が0.06ppm以下であること。	1973 (S48) 5.8告示

出所) 環境基準告示より三菱総合研究所作成 「大気汚染に係る環境基準」

<https://www.env.go.jp/kijun/taiki.html> 2019年10月1日閲覧

⁶⁷ <https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/dqhjbh/dqdywrwpfbz/index.shtml> 2011年11月閲覧。

2) VOC 排出基準

VOC の定義は、大気汚染防止法上「大気中に排出され、または飛散した時に気体である有機化合物(浮遊粒子状物質及びオキシダントの生成の原因とならない物質として大気汚染防止法施行規則第 2 条の 2 で定める物質(メタン、ハイドロクロロフルオロカーボン等)を除く。)」としている。その他、直接健康障害を引き起こすもの(労安法規制、有害大気汚染物質、PRTR 対象)とも一部重複している。⁶⁸

a) 大気質基準

環境基本法第 16 条第 1 項の規定では、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン及びジクロロメタン(以下「ベンゼン等」という。)による大気の汚染に係る環境上の条件につき人の健康を保護する上で維持することが望ましい基準(以下「環境基準」という。)を定めている。

ベンゼン等による大気の汚染に係る環境基準は、継続的に摂取される場合には人の健康を損なうおそれがある物質に係るものであることにかんがみ、将来にわたって人の健康に係る被害が未然に防止されるようにすることを旨として、その維持または早期達成に努めるものとしている。

表 2-118 ベンゼン等による大気の汚染に係る環境基準(日本)

物質	環境上の条件	測定方法
ベンゼン	1 年平均値が 0.003mg/m ³ 以下であること。	キャニスター若しくは捕集管により採取した試料をガスクロマトグラフ質量分析計により測定する方法またはこれと同等以上の性能を有すると認められる方法
トリクロロエチレン	1 年平均値が 0.13mg/m ³ 以下であること。	キャニスター若しくは捕集管により採取した試料をガスクロマトグラフ質量分析計により測定する方法またはこれと同等以上の性能を有すると認められる方法
テトラクロロエチレン	1 年平均値が 0.2mg/m ³ 以下であること。	キャニスター若しくは捕集管により採取した試料をガスクロマトグラフ質量分析計により測定する方法またはこれと同等以上の性能を有すると認められる方法
ジクロロメタン	1 年平均値が 0.15mg/m ³ 以下であること。	キャニスター若しくは捕集管により採取した試料をガスクロマトグラフ質量分析計により測定する方法またはこれと同等以上の性能を有すると認められる方法

出所) 環境省「ベンゼン等による大気の汚染に係る環境基準について」

https://www.env.go.jp/ki_jun/taiki3.html 2019 年 10 月 1 日閲覧

b) VOC 排出量目標

中央環境審議会意見具申(平成 16 年 2 月)によると、固定蒸発発生源対策として平成 22 年度までに平成 12 年度比で 3 割程度の削減となっている。日本の排出量目標は、排出イン

⁶⁸ https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/sangyo_kankyo/pdf/002_01_00.pdf
2020 年 11 月閲覧

ベントリデータの値に対し設定され、移動発生源の THC データは考慮されていない。排出インベントリデータを用いて、VOC 排出量目標を算出すると、平成 12 年度インベントリデータ 1,405,058t/y×0.7=98.4 万 t/y となる。

c) 排出基準

・固定排出源

揮発性有機化合物 (VOC) については、2004 年に規制が導入され、排出基準の見直しは行われていない。

表 2-119 揮発性有機化合物 (VOC) の排出基準 (日本)

物質名	排出基準
揮発性有機化合物 (VOC)	施設ごとの排出基準 400~60,000ppmC (2004 年設定)

注) ppmC : 炭素換算の容量比百万分率

出所) 環境省資料より三菱総合研究所作成 環境省 「揮発性有機化合物 (VOC) の排出抑制制度の概要」

<http://www.env.go.jp/air/osen/voc/seido/001.pdf> 2018 年 11 月 8 日閲覧

上表の詳細 (規制対象となる揮発性有機化合物排出施設及び排出基準) を以下に示す。

表 2-120 規制対象となる揮発性有機化合物排出施設及び排出基準 (日本)

揮発性有機化合物排出施設	規模要件	排出基準	
揮発性有機化合物を溶剤として使用する化学製品の製造の用に供する乾燥施設	送風機の送風能力が 3,000 m ³ /時以上のもの	600ppmC	
塗装施設 (吹付塗装に限る。)	排風機の排風能力が 100,000 m ³ /時以上のもの	自動車の製造の用に供するもの	既設 700ppmC 新設 400ppmC
		その他のもの	700ppmC
塗装の用に供する乾燥施設 (吹付塗装及び電着塗装に係るものを除く。)	送風機の送風能力が 10,000 m ³ /時以上のもの	木材・木製品 (家具を含む。) の製造の用に供するもの	1,000ppmC
		その他のもの	600ppmC
印刷回路用銅張積層板、粘着テープ・粘着シート、はく離紙または包装材料 (合成樹脂を積層するものに限る。) の製造に係る接着の用に供する乾燥施設	送風機の送風能力が 5,000 m ³ /時以上のもの	1,400ppmC	
接着の用に供する乾燥施設 (前項に掲げるもの及び木材・木製品 (家具を含む。) の製造の用に供するものを除く。)	送風機の送風能力が 15,000 m ³ /時以上のもの	1,400ppmC	
印刷の用に供する乾燥施設 (オフセット輪転印刷に係るものに限る。)	送風機の送風能力が 7,000 m ³ /時以上のもの	400ppmC	
印刷の用に供する乾燥施設 (グラビア印刷に係るものに限る。)	送風機の送風能力が 27,000 m ³ /時以上のもの	700ppmC	
工業製品の洗浄施設 (乾燥施設を含む。)	洗浄剤が空気に接する面の面積が 5 m ² 以上のもの	400ppmC	
ガソリン、原油、ナフサその他の温度 37.8 度において蒸気圧が 20 キロパスカ	1,000k1 以上のもの (但し、既設の貯蔵タンク	60,000ppmC	

揮発性有機化合物排出施設	規模要件	排出基準
ルを超える揮発性有機化合物の貯蔵タンク（密閉式及び浮屋根式（内部浮屋根式を含む。）のものを除く。）	は、容量が2,000kl以上のもので、排出基準を適用する。）	

注)「送風機の送風能力」が規模の指標となっている施設で、送風機がない場合は、排風機の排風能力を規模の指標とする。

注)「乾燥施設」はVOCを蒸発させるためのもの、「洗浄施設」はVOCを洗浄剤として用いるものに限る。

注)「ppmC」とは、排出濃度を示す単位で、炭素換算の容量比百万分率である。

出所) 大気汚染防止法施行規則（省令）平成 17 年 5 月、6 月改正

VOCの内、ベンゼン及びトリクロロエチレンについては、指定物質排出施設が政令で指定され、指定物質抑制基準が告示で設定されている。

表 2-121 ベンゼンに係る指定物質排出施設と指定物質抑制基準の対応（日本）

指定物質排出施設（政令で指定）	指定物質抑制基準（告示で設定）の概要
一 ベンゼン（濃度が体積百分率60パーセント以上のものに限る。以下同じ。）を蒸発させるための乾燥施設であって、送風機の送風能力が1時間当たり1,000立方メートル以上のもの	溶媒として使用したベンゼンを蒸発させるためのものに限定。 既設：200 mg/m ³ N(排ガス量 1,000 m ³ /h 以上 3,000 m ³ /h 未満) 100 mg/m ³ N(排ガス量 3,000 m ³ /h 以上) 新設：100 mg/m ³ N(排ガス量 1,000 m ³ /h 以上 3,000 m ³ /h 未満) 50 mg/m ³ N(排ガス量 3,000 m ³ /h 以上)
二 原料の処理能力が1日当たり20トン以上のコークス炉	装炭時の装炭口からの排出ガスで装炭車集じん機の排出口から排出されるものに対して適用。 既設：100 mg/m ³ N(特殊構造炉の適用除外あり) 新設：100 mg/m ³ N
三 ベンゼンの回収の用に供する蒸留施設（常圧蒸留施設を除く。）	溶媒として使用したベンゼンの回収の用に供するものに限定。 既設：200 mg/m ³ N(排ガス量 1,000 m ³ /h 以上) 新設：100 mg/m ³ N(排ガス量 1,000 m ³ /h 以上)
四 ベンゼンの製造の用に供する脱アルキル反応施設（密閉式のものを除く。）	フレアスタックで処理するものを除外。 既設：100 mg/m ³ N 新設：50 mg/m ³ N
五 ベンゼンの貯蔵タンクであって、容量が500キロリットル以上のもの	浮屋根式のものを除外。また、基準はベンゼンの注入時の排出ガスに対して適用。 既設：1,500 mg/m ³ N(容量 1,000 kl 以上) 新設：600 mg/m ³ N
六 ベンゼンを原料として使用する反応施設であって、ベンゼンの処理能力が1時間当たり1トン以上のもの（密閉式のものを除く。）	フレアスタックで処理するものを除外。 既設：200 mg/m ³ N(排ガス量 1,000 m ³ /h 以上 3,000 m ³ /h 未満) 100 mg/m ³ N(排ガス量 3,000 m ³ /h 以上) 新設：100 mg/m ³ N(排ガス量 1,000 m ³ /h 以上 3,000 m ³ /h 未満) 50 mg/m ³ N(排ガス量 3,000 m ³ /h 以上)

出所) 環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/air/osen/law/t-kise-5.html> 2019年2月5日閲覧

表 2-122 トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンに係る指定物質排出施設と指定物質抑制基準の対応（日本）

指定物質排出施設（政令で指定）	指定物質抑制基準（告示で設定）の概要
七 トリクロロエチレンまたはテトラクロロエチレン（以下「トリクロロエチレン等」という。）を蒸発させるための乾燥施設であって、送風機の送風能力が1時間当たり1,000立方メートル以上のもの	溶媒として使用したトリクロロエチレン等を蒸発させるためのものに限定。 既設：500 mg/m ³ N 新設：300 mg/m ³ N
八 トリクロロエチレン等の混合施設であって混合槽の容量が5キロリットル以上のもの（密閉式のものを除く。）	溶媒としてトリクロロエチレン等を使用するものに限定。 既設：500 mg/m ³ N 新設：300 mg/m ³ N
九 トリクロロエチレン等の精製または回収の用に供する蒸留施設（密閉式のものを除く。）	トリクロロエチレン等の精製の用に供するもの及び原料として使用したトリクロロエチレン等の回収の用に供するものに限定。 既設：300 mg/m ³ N 新設：150 mg/m ³ N
十 トリクロロエチレン等による洗浄施設（次号に掲げるものを除く。）であって、トリクロロエチレン等が空気に接する面の面積が3平方メートル以上のもの	既設：500 mg/m ³ N 新設：300 mg/m ³ N
十一 テトラクロロエチレンによるドライクリーニング機であって、処理能力が1回当たり30キログラム以上のもの	密閉式のもの除外。 既設：500 mg/m ³ N 新設：300 mg/m ³ N

出所) 環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/air/osen/law/t-kise-5.html> 2019年2月5日閲覧

・移動排出源

移動発生源の内、ガソリン・LPG車の排出ガス規制値及びディーゼル車の排出ガス規制値を以下に示す。新長期規制（2005年）からNMHCの規制値が導入された。

表 2-123 ガソリン・LPG車の排出ガス規制値（日本）

車両区分	規制年	試験モード	NMHC ^{注2)}	
乗用車	平成30年	WLTC ^{注1)} (g/km)	0.10	
トラック・バス	軽自動車	平成31年	WLTC (g/km)	0.10
	軽量車	平成30年	WLTC (g/km)	0.10
	中量車	平成31年	WLTC (g/km)	0.15
	重量車	平成17年	JE05モード (g/kWh)	0.23

注1) WLTCを冷機状態のみにおいて測定した値に対し適用。

注2) 規制値は、型式あたりの平均値を示す。

出所) 環境省 自動車排出ガス規制値から作成

https://www.env.go.jp/air/car/gas_kisei/gas_kisei.pdf 2020年10月閲覧

表 2-124 ディーゼル車の排出ガス規制値（日本）

車両区分		規制年	試験モード	NMHC 注2)
乗用車		平成 30 年	WLTC 注1) (g/km)	0.024
トラック・バス	軽量車(gvw≤1.7t)	平成 30 年	WLTC (g/km)	0.024
	中量車(1.7t<gvw ≤ 3.5t)	平成 31 年	WLTC (g/km)	0.024
	重量車(3.5t<gvw)	平成 28 年注4)	WHTC 注3) 及び WHSC (g/kWh)	0.17

注 1) WLTC を冷機状態のみにおいて測定した値に対し適用。

注 2) 規制値は、型式あたりの平均値を示す。

注 3) WHTC を冷機状態において測定した値に 0.14 を乗じた値と WHTC モードを暖機状態において測定した値に 0.86 を乗じた値との和で算出される値に対し適用。

注 4) トラックについては平成 29 年、GVW3.5t 超 7.5t 以下の車両については平成 30 年から適用

注 5) gvw (gross vehicle weight) : 車両総重量

出所) 環境省 自動車排出ガス規制値から作成

https://www.env.go.jp/air/car/gas_kisei/gas_kisei.pdf 2020 年 10 月閲覧

d) 大気環境配慮型 SS (e→AS) 認定制度

燃料蒸発ガスの排出を抑制する取り組みをしているガソリンスタンド (SS) (燃料蒸発ガスを回収する機能を有する計量機を設置したガソリンスタンド) を、環境省及び資源エネルギー庁が e→AS として認定する制度を平成 30 年 7 月から開始している。

給油所全体の燃料蒸発ガス回収率に応じて以下の 4 段階の認定が行われる。

表 2-125 大気環境配慮型 SS (e→AS) 認定制度の認定ランク

ランク	概要
ランク S	回収率 95%以上の SS
ランク A	回収率 75%以上の SS
ランク B	回収率 50%以上の SS
ランク C	回収率 50%未満の SS (1 機でも導入すれば取得可能)

出所) 環境省 大気環境配慮型 SS (e→AS) 認定制度について <https://www.env.go.jp/air/osen/voc/e-as/> 2020 年 10 月閲覧

3) NOx 排出基準

a) 環境基準

現在、我が国では大気に関する環境基準として、「大気汚染に係る環境基準」(二酸化いおう、一酸化炭素、浮遊粒子状物質、二酸化窒素、光化学オキシダント)、「有害大気汚染物質 (ベンゼン等) に係る環境基準」(ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン)、「微小粒子状物質に係る環境基準」(微小粒子状物質) が設定されている⁶⁹。なお、環境基準は「工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活していない地域または場所については、適用しない。」とされている。

⁶⁹ ダイオキシン類に係る環境基準はここでは対象としていない。大気や室内空気には「指針値」があるがこれも対象としていない。

環境基準の達成期間等に関しても併せて示されており、二酸化窒素については下表のとおりである。

表 2-126 大気に関する環境基準（二酸化窒素）の達成期間等

分類	達成期間等
二酸化窒素に係る環境基準	1 1時間値の1日平均値が0.06ppmを超える地域にあっては、1時間値の1日平均値0.06ppmが達成されるよう努めるものとし、その達成期間は原則として7年以内とする。 2 1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内にある地域にあっては、原則として、このゾーン内において、現状程度の水準を維持し、またはこれを大きく上回ることをとらないよう努めるものとする。 3 環境基準を維持し、または達成するため、個別発生源に対する排出規制のほか、各種の施策を総合的かつ有効適切に講ずるものとする。

出所) 環境省「環境基準」<http://www.env.go.jp/kijun/taiki1.html> 2019年10月1日閲覧

b) 排出規制

・固定発生源

施設・規模ごとに排出基準が異なり、60～1,200ppmの範囲にあることとされている(1971(S46)厚生省・通商産業省令第1号「大気汚染防止法施行規則」。最終更新:2016(H28)環境省令第22号)。

以下にNO_xの排出基準を示す。

表 2-127 NO_xの排出基準(日本)

施設種類	規模	排出基準(ppm)	
ボイラ	ガス専焼ボイラ	4万m ³ N以上	60～100
		4万m ³ N未満	130～150
	重油専焼及びガス液体混焼ボイラ	20万m ³ N以上	130～150
		4～20万m ³ N	150
		1～4万m ³ N	150
	石炭燃焼ボイラ	1万m ³ N未満	180
		20万m ³ N以上	200～250
		4～20万m ³ N	250～320
	ガス発生炉及び加熱炉	4万m ³ N未満	250～350
ガス発生炉		150	
加熱炉		150	
焙焼炉、焼結炉、か焼炉	焙焼炉	4万m ³ N以上	220
		4万m ³ N未満	220
	フェロマンガン製造用焼結炉	220	
	その他の焼結炉	—	220
	か焼炉	4万m ³ N以上	200
		4万m ³ N未満	—
溶鋳炉転炉平炉	溶鋳炉のうち高炉	100	
	その他の溶鋳炉	100	
	転炉	—	
	平炉	4万m ³ N以上	—

		4 万 m ³ N 未満	—	
金属溶解炉		4 万 m ³ N 以上	180	
		4 万 m ³ N 未満		
金属加熱炉		4 万 m ³ N 以上	100～180	
		4 万 m ³ N 未満	150～180	
石油加熱炉		4 万 m ³ N 以上	100	
		4 万 m ³ N 未満	130～180	
触媒再生塔、燃焼炉	触媒再生塔		250	
	硫黄回収燃焼炉		250	
窯業用焼成炉、熔融炉	石灰焼成炉のうち土中釜		250	
	その他の石灰焼成炉		250	
	セメントの製造用焼成炉		250～350	
	耐火レンガ等の製造用 焼成炉	4 万 m ³ N 以上	400	
		4 万 m ³ N 未満		
	その他の焼成炉	4 万 m ³ N 以上	180	
		4 万 m ³ N 未満		
	板ガラスまたはガラス 繊維製品 製造用熔融炉	4 万 m ³ N 以上	360	
		4 万 m ³ N 未満		
	光学ガラス、電気ガラス またはフリットの製造 用熔融炉	4 万 m ³ N 以上	800	
4 万 m ³ N 未満				
その他の熔融炉	4 万 m ³ N 以上	180～450		
	4 万 m ³ N 未満			
反応炉及び直火炉		4 万 m ³ N 以上	180	
		4 万 m ³ N 未満		
乾燥炉	骨材乾燥炉		230	
	その他の乾燥炉	4 万 m ³ N 以上	230	
4 万 m ³ N 未満				
廃棄物焼却炉		4 t 以上	250～700	
		2～4 t		
		2 t 未満		
銅、鉛、亜鉛用各種炉	銅、鉛または亜鉛の精錬 用焙焼炉	4 万 m ³ N 以上		
		4 万 m ³ N 未満		
	銅、鉛または亜鉛の精錬用焼結炉（特別排出基準で ばいじんが 0.1g/m ³ N）			220
	銅、鉛または亜鉛の精錬用焼結炉（特別排出基準で ばいじんが 0.08g/m ³ N）			100～450
	銅、鉛または亜鉛の精錬 用溶解炉	4 万 m ³ N 以上	180～330	
		4 万 m ³ N 未満		
銅、鉛または亜鉛の精錬 用乾燥炉	4 万 m ³ N 以上	180		
	4 万 m ³ N 未満			
活性炭製造用反応炉			180	
燐鉱石処理施設	リン等製造用焼成炉		180	
	リン等製造用溶解炉		600	
トリポリ燐酸ナトリウ ム製造用施設	トリポリ燐酸ナトリウム製造用乾燥炉		180	
	トリポリ燐酸ナトリウム製造用焼成炉		180	

鉛の2次精錬用溶解炉		4万m ³ N以上	180
		4万m ³ N未満	
鉛蓄電池製造用溶解炉		4万m ³ N以上	180
		4万m ³ N未満	
鉛系顔料製造用施設	鉛系顔料製造用溶解炉	4万m ³ N以上	180
		4万m ³ N未満	
	鉛系顔料製造用反射炉		180
	鉛系顔料製造用反応炉		180
コークス炉			170
ガスタービン			70
ディーゼル機関			950~1200
ガス機関			600
ガソリン機関			600

出所) 環境省 「ばいじんとNOxの排出基準値一覧」

<https://www.env.go.jp/air/osen/law/t-kise-6.html> 2019年10月1日閲覧

e-Gov 「大気汚染防止法施行規則」別表第三の二

https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=346M50000500001

2019年10月2日閲覧

・移動排出源

大気汚染防止法及び同法施行令により環境大臣が自動車排出ガス量の許容限度を設定し、その許容限度を国土交通大臣が道路運送車両法の保安基準で確保する仕組みで、ガソリン・LPG車、ディーゼル車、二輪車の3つの種別に応じて、試験モードや規制対象成分、規制年度、規制値が定められている。

移動発生源の内、ガソリン・LPG車の排出ガス規制値及びディーゼル車の排出ガス規制値を以下に示す。規制当初の53年規制(1987年)からNOxの規制値が導入された。

表 2-128 ガソリン・LPG車のNOxの排出ガス規制値(日本)

車両区分		規制年	試験モード	NOx ^{注2)}
乗用車		平成30年	WLTC ^{注1)} (g/km)	0.05
トラック・バス	軽自動車	平成31年	WLTC(g/km)	0.05
	軽量車	平成30年	WLTC(g/km)	0.05
	中量車	平成31年	WLTC(g/km)	0.07
	重量車	平成17年	JE05モード(g/kWh)	0.7

注1) WLTC(世界統一試験サイクル)モードを冷機状態のみにおいて測定した値に対し適用。

注2) 規制値は、型式あたりの平均値を示す。

出所) 環境省 自動車排出ガス規制値から作成

https://www.env.go.jp/air/car/gas_kisei/gas_kisei.pdf 2020年10月閲覧

表 2-129 ディーゼル車の NO_x の排出ガス規制値（日本）

車両区分		規制年	試験モード	NO _x 注2)
乗用車		平成 30 年	WLTC 注1) (g/km)	0.15
トラック・バス	軽量車(gvw≤1.7t)	平成 30 年	WLTC (g/km)	0.15
	中量車(1.7t<gvw ≤ 3.5t)	平成 31 年	WLTC (g/km)	0.24
	重量車(3.5t<gvw)	平成 28 年注4)	WHTC 注3) 及び WHSC (g/kWh)	0.4

注 1) WLTC（世界統一試験サイクル）モードを冷機状態のみにおいて測定した値に対し適用。

注 2) 規制値は、型式あたりの平均値を示す。

注 3) WHTC を冷機状態において測定した値に 0.14 を乗じた値と WHTC モードを暖機状態において測定した値に 0.86 を乗じた値との和で算出される値に対し適用。

注 4) トラックについては平成 29 年、gvw3.5t 超 7.5t 以下の車両については平成 30 年から適用

注 5) gvw (gross vehicle weight) : 車両総重量

出所) 環境省 自動車排出ガス規制値から作成

https://www.env.go.jp/air/car/gas_kisei/gas_kisei.pdf 2020 年 10 月閲覧

・移動発生源の自動車 NO_x・PM 法による総量規制

大気汚染防止法に基づく従来の対策だけでは環境基準の達成が困難であると認められる大都市地域において、自動車から排出される窒素酸化物の総量削減を図るため、「自動車から排出される窒素酸化物の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法」（平成 4 年法律第 70 号。以下「自動車 NO_x 法」という。）が制定された（平成 4 年 12 月施行）。平成 12 年 12 月の中央環境審議会答申「今後の自動車排出ガス総合対策のあり方について」（以下「12 年答申」という。）において、窒素酸化物対策の強化、対象物質への粒子状物質の追加等が提言され、それを受けて自動車 NO_x 法が改正され、「自動車から排出される窒素酸化物及び粒子状物質の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法」（以下「自動車 NO_x・PM 法」という。）が平成 14 年 5 月に施行された。局地汚染対策（重点対策地区制度）及び流入車対策（周辺地域内自動車に関する措置）を内容とする自動車 NO_x・PM 法の改正がなされ、平成 20 年 1 月に施行された。「平成 32 年度までに対策地域において二酸化窒素及び浮遊粒子状物質に係る大気環境基準を確保する」ことを目標として平成 23 年 3 月に総量削減基本方針（NO_x・PM 法に基づき国が定めた「自動車排出窒素酸化物及び自動車排出粒子状物質の総量の削減に関する基本方針」）が改正された。

平成 23 年 3 月に改正した総量削減基本方針に基づき、自動車 NO_x・PM 法に定める対策地域（以下「対策地域」という。）のある 8 都府県が法に基づく総量削減計画を策定し、平成 32 年度の最終目標年度に向けて、総量削減の施策を実施している。

表 2-130 各都府県対策地域内自動車 NOx 排出量

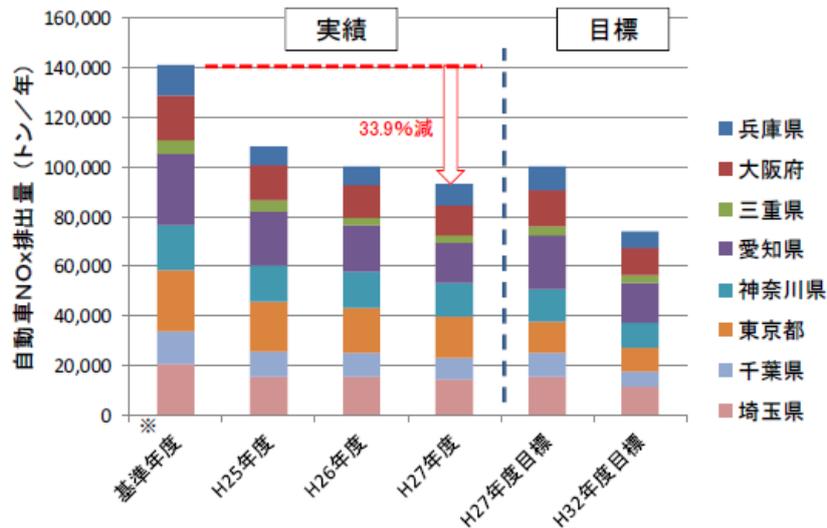
	基準年度排出量 ^{注)} (トン/年)	H32 目標 (トン/年)	H27 目標 (トン/年)	H27 排出量 (トン/年)
埼玉県	20,821	11,639	15,545	14,716
千葉県	12,926	5,939	9,579	8,714
東京都	24,500	9,900	12,700	16,600
神奈川県	18,100	9,900	13,100	13,200
愛知県	29,031	16,117	21,482	16,522
三重県	5,233	2,787	3,756	2,773
大阪府	18,130	11,220	14,420	12,280
兵庫県	12,470	6,556	9,390	8,522

注) 基準年度：東京都は平成 22 年度、他は平成 21 年度

出所) 環境省 自動車排出窒素酸化物及び自動車排出粒子状物質の総量の削減に関する基本方針（自動車 NOx・PM 総量削減基本方針）の中間レビューの結果について 平成 29 年 3 月 30 日

<https://www.env.go.jp/press/103897.html>

<https://www.env.go.jp/press/Reference-%EF%BC%92.pdf> 2020 年 10 月閲覧



出所) 自動車 NOx・PM 総量削減基本方針の中間目標達成状況、施策の進捗状況及び今後の取組について (概要) <https://www.env.go.jp/press/Reference-1-1.pdf> 2020 年 10 月閲覧

図 2-2 自動車 NOx・PM 法の施行状況 (自動車 NOx 排出総量削減)

2.1.2 0x 環境基準の統計学的考察による適切な条件での比較

(1) 0x 環境基準の統計学的考察

1) 米国

環境基準は、年間 4 番目に高い日中 8 時間濃度の 3 年間の加重平均値が 0.070ppm (150.0µg/m³) である。

測定対象物質は、O₃ を対象としている。測定は、連邦参照法 (FRM: Federal Reference Method) と連邦等価法 (FEM: Federal Equivalent Method) がある。FRM は、乾燥気相中での O₃ とエチレンの化学発光反応を測定するエチレン化学発光法で、FEM は紫外線吸収法 (UV

法) であり、 O_3 を測定するために最も広く使用されている方法は、UV 法である。新しく改良された FRM 及び FEM の比較では、良好な測定結果の一致を示している。⁷⁰

測定方法は、日最大 8 時間平均値を日別に作成、年間 4 番目に高い日最大 8 時間平均値を年別に計算、この計算値の 3 年平均値を用いる。この値が、基準値 0.07ppm ($150.0\mu\text{g}/\text{m}^3$) を超えた場合未達となる。

2) 欧州

環境基準は、1 日最大 8 時間平均値で $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、平均 3 年間で環境基準を超える日が 25 日/年以下となっている。

測定対象物質は、 O_3 を対象としている。 O_3 を測定するために最も広く使用されている方法は、UV 法である。⁷¹

測定方法は、前日 16:00 に測定開始、1 時間ごとのデータを測定、8 時間の移動平均データを計算する。任意の 1 日の最初の計算期間は、前日の 17:00 からその日の 01:00 までの期間になり、最後の計算期間は、その日の 16:00 から 24:00 までの期間になる。この値が、基準値 $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた場合未達となる。平均 3 年間で環境基準を超える日が 25 日/年以下となっているが、連続した年次データを確保できない場合、人間の健康を保護するための目標値：1 年間の有効なデータ、植生保護の目標値：3 年間の有効なデータを用いてよいことになっている。

3) 中国

環境基準は、一日最大 8 時間平均値が $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。1 時間平均値が $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 級：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) 及び $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2 級：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) である。

測定対象物質は、 O_3 を対象としている。大気環境の O_3 測定方法については、環境保護部の業界基準 (HJ590) に定められており、手分析手法では UV 法を用いている。

測定方法については、8 時間平均値の算出において、8 時間毎に 6 時間以上の平均濃度値データがある必要も規定されている。この値が、基準値 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた場合未達となる。

以上は、環境空気質量基準 (GB3095-2012) で定められている。

4) 日本

環境基準は、1 時間値が 0.06ppm ($128.6\mu\text{g}/\text{m}^3$) である。

測定対象物質は、 O_3 を対象としている。2000 年代初期に吸光光度法 (KI 法) から UV 法へ測定器更新が進み、測定対象物質が O_3 に限定され O_3 校正手段が統一化された経緯がある。吸光光度法 (KI 法) は、 O_3 以外の中性ヨウ化カリウム水溶液からヨウ素を遊離する酸化性物質もカウントし、その校正法も自治体の裁量に任せられていたため、過去データと現在の

⁷⁰ https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NERL&dirEntryId=311830 2020 年 11 月閲覧。

⁷¹ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/measurement-methods-used-for-pm10> 2020 年 11 月閲覧。

データでは過去データの方が測定対象が多い分、値が大きくデータの連続性という意味では課題がある。現時点は規制上 O_x が測定対象物質となっているが、UV 法で測定対象物質が O_3 に限定されるため、実際の対象物質は O_3 で問題ないと考えられる。

測定方法については、昼間（5時から20時までの時間帯）の1時間値は6時から20時までの1時間値を使っている。1度でも基準値（1時間値が 0.06ppm ($128.6\mu\text{g}/\text{m}^3$)) を超過すると未達となる。この条件は厳しいと考えられるが、仮に米国の環境基準および測定方法を適用して検証した結果、2018年度の環境基準達成率は3%と低い結果が出たとの報告がある⁷²。

以上を下表に取りまとめる。

表 2-131 各国の O_3 環境基準の比較

	環境基準	測定対象	測定方法	備考
米国	0.07ppm ($150.0\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O_3	年間4番目に高い日中8時間濃度の3年間の加重平均値	—
欧州	$120\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.056ppm)	O_3	1日最大8時間平均値で $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満であり、平均3年間で環境基準を超える日が25日/年以下	連続した年次データを確保できない場合は1年間のデータも可。 英国は「8時間平均値で、 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ を年に10回以上超えない。」とEUより厳しい基準値。
中国	$100\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.047ppm)	O_3	一日最大8時間平均値	8時間毎に6以上のデータが必要
日本	0.06ppm ($128.6\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O_x (O_3)	1時間値の最大値。昼間（5時から20時までの時間帯）を測定。	規制上 O_x が測定対象物質となっており過去には O_x を測定していたが、現在は、測定手法上 O_3 を測定。

注) () 内数値は換算値。 O_3 の場合標準状態で $0.01\text{ppm}=21.42857\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

環境基準の数値のみでの比較を行うと、米国>日本>欧州>中国の順となるが、米国については「年間4番目に高い日中8時間濃度の3年間の加重平均値」となっており、日本については8時間平均値ではなく1時間平均値の数値となっている。

米国については、測定のオリジナルデータが開示されていないため、これ以上の検証は難しいが、日本の1時間平均値と8時間平均値の関係について検証する。

平成25年度に取りまとめられた「光化学オキシダント調査検討会報告書（平成26年3月）」において、日本の1時間平均値と8時間平均値の関係について検討が行われ、光化学オキシダントの長期トレンドを評価するための指標として「日最高8時間平均値の年間99%値の3年平均値」を活用することが提案された。⁷³

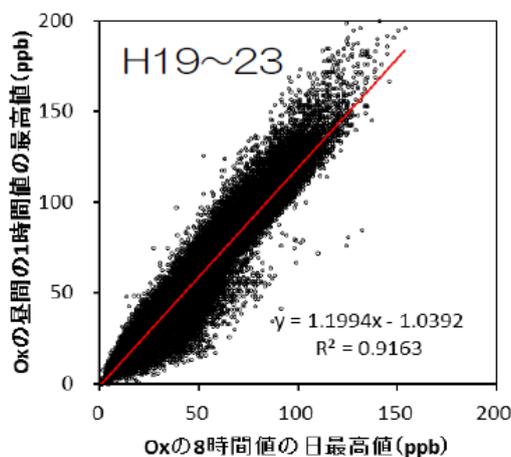
平成25年度「平成25年度第2回 光化学オキシダント調査検討会」資料1-4データの多

⁷² 米国 EPA 基準を適用した我が国における光化学オキシダントの全国動態 早崎将光 JARI Research Journal 2019 0604 http://www.jari.or.jp/Portals/0/resource/JRJ_q/JRJ20190604_q.pdf 2020年11月閲覧

⁷³ 環境省「光化学オキシダント調査検討会報告書（概要）」
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/105403.pdf> 2020年11月閲覧

角的解析（1時間値と8時間値の関係）⁷⁴より、日本におけるOxの1時間値の最高値とOxの8時間値の日最高値との関係を示す一次回帰式が得られている。

$$\text{Oxの1時間値の最高値 (ppb)} = 1.1994 \times \text{Oxの8時間値の日最高値 (ppb)} - 1.0392$$



注) 測定地域は埼玉県

出所) 環境省「平成25年度第2回 光化学オキシダント調査検討会」資料1-4 データの多角的解析（1時間値と8時間値の関係） https://www.env.go.jp/air/osen/pc_oxidant/conf/chosa/h25_02.html
2020年11月閲覧

図 2-3 日本におけるOxの1時間値の最高値とOxの8時間値の日最高値との関係

昼間濃度が高くなる事例では、8時間値が1時間値を上回ることが考えにくいですが、夜間濃度が高くなる事例では、8時間値が1時間値を上回ることがあるという結論が得られている。

(2) 環境基準の統計学的考察による適切な条件での比較

上記回帰式を用いた比較表を以下に示す。

⁷⁴ 環境省「平成25年度第2回 光化学オキシダント調査検討会」資料1-4 データの多角的解析（1時間値と8時間値の関係） https://www.env.go.jp/air/osen/pc_oxidant/conf/chosa/h25_02.html 2020年11月閲覧

表 2-132 各国の O₃ 環境基準の比較 (1 時間値を回帰式を用い 8 時間値に換算)

	環境基準	測定対象	測定方法	備考
米国	0.07ppm (150.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃	年間 4 番目に高い日中 8 時間濃度の 3 年間の加重平均値	—
欧州	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.056ppm)	O ₃	1 日最大 8 時間平均値で 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満であり、平均 3 年間で環境基準を超える日が 25 日/年以下	連続した年次データを確保できない場合は 1 年間のデータも可。 英国は「8 時間平均値で、100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を年に 10 回以上超えない。」と EU より厳しい基準値。
中国	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.047ppm)	O ₃	一日最大 8 時間平均値	8 時間毎に 6 以上のデータが必要
日本	0.071ppm (152.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O _x (O ₃)	1 時間値の最大値を 8 時間値に換算。 昼間 (5 時から 20 時までの時間帯) を測定。	規制上 O _x が測定対象物質となっており過去には O _x を測定していたが、現在は、測定手法上 O ₃ を測定。

注) 平成 25 年度「平成 25 年度第 2 回 光化学オキシダント調査検討会」資料 1-4 データの多角的解析 (1 時間値と 8 時間値の関係) より、一次回帰式 (O_x の 1 時間値の日最高値 (ppb) = 1.1994 × O_x の 8 時間値の日最高値 (ppb) - 1.0392) を用いて日本における O_x の 1 時間値の日最高値を O_x の 8 時間値の日最高値に換算。

以上より、各国の環境基準を 8 時間値にそろえた場合、日本 ≒ 米国 > 欧州 > 中国の順となるが、米国については「年間 4 番目に高い日中 8 時間濃度の 3 年間の加重平均値」を用いていること等、測定値の取り扱いが各国で異なることに留意する必要がある。

2.1.3 排出基準の規制体系考察による適切な条件での比較

(1) 排出基準の規制体系考察

VOC 大気質基準については、各論で記載しているが光化学反応による O_x 生成ではなく、人の健康を損なうおそれがある物質に係る規準であることから比較による検証を行わない。

1) VOC 排出基準

・VOC の定義

各国において、VOC の定義が異なり、規制対象物質が国によって異なることから、規制値の比較に限界があることに留意が必要である。

表 2-133 各国における VOC の定義の比較

VOC の定義	
米国 ^{注1}	屋内 VOC : 温度と圧力の通常の屋内大気条件下で蒸発することを可能にする組成の有機化合物 屋外 VOC : 一酸化炭素、二酸化炭素、炭酸、金属炭化物または炭酸塩、及び炭酸アンモニウムを除く、大気中の光化学反応に関与する炭素の任意の化合物。但し、EPA によって光化学反応性が無視できると指定されているものを除く。
欧州	101.3kPa の標準圧力で測定された 250° C 以下の初期沸点を持つ有機化合物。
中国	非メタン炭化水素 (アルカン、アルケン、アルキン、芳香族炭化水素等)、酸素化有機化合物 (アルデヒド、ケトン、アルコール、エーテル等)、塩素含有有機物等、大気中の光化学反応に関与する揮発性有機化合物、窒素含有有機化合物、硫黄含有有機化合物等。
日本	大気汚染防止法上「大気中に排出され、または飛散した時に気体である有機化合物(浮遊粒子状物質及びオキシダントの生成の原因とならない物質として大気汚染防止法施行規則第2条の2で定める物質(メタン、ハイドロクロロフルオロカーボン等)を除く。)」としている。その他、直接健康障害を引き起こすもの(労安法規制、有害大気汚染物質、PRTR 対象)とも一部重複している。

注 1) 屋内 VOC は比較対象としないが、定義であるので記載している。

<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds>
2020 年 11 月閲覧

出所) [https://www.chemsafetypro.com/Topics/VOC/What_Are_Volatile_Organic_Compounds_\(VOC\)_and_Overview_of_Global_VOC_Regulations.html](https://www.chemsafetypro.com/Topics/VOC/What_Are_Volatile_Organic_Compounds_(VOC)_and_Overview_of_Global_VOC_Regulations.html) 2020 年 11 月閲覧

・排出基準

各国の VOC 排出量目標を以下に示す。米国は具体的な VOC 排出量目標は無く、中国は排出量実績値が不明なため、具体的な VOC 排出量目標値が不明となっている。

表 2-134 各国の VOC 排出量及び排出量目標の比較

地域	排出量	排出量目標	目標達成度	備考	
米国	1,264 万 t/y (2017 年) ^{注1}	—	—	2015 年比では 8% 低減。	
欧州	570 万 t/y (2017 年) NMVOC ^{注3)}	893.8 万 t/y	目標比 36% 低減 (達成)	国別排出上限指令付属書排出上限値 893.8 万 t/y (2014-2019 年)。2015 年比では 0.8% 増加。	
	英国	70.3 万 t/y (2018 年) NMVOC	120.0 万 t/y	目標比 41% 低減 (達成)	国別排出上限指令付属書排出上限値 120.0 万 t/y (2010-2019 年)。2015 年比では 0.6% 増加。
	ドイツ	80.5 万 t/y (2018 年) NMVOC	99.5 万 t/y	目標比 19% 低減 (達成)	国別排出上限指令付属書排出上限値 99.5 万 t/y (2010-2019 年)。2015 年比では 2% 低減。
中国	—	2015 年比 15% 削減	—	目標は 2020 年で 2015 年比 15% 低減 (青空保護戦勝利(青空保衛戦)3 年行動計画、2018-2020 年)。	
日本	64.2 万 t/y (2018 年度) NMVOC、固定発生源 8.2 万 t/y (2018 年度) THC、移動発生源	98.4 万 t/y ^{注4)}	目標比 35% 低減 (達成)	平成 22 年度までに平成 12 年度比で 3 割程度の削減。(中央環境審議会意見具申(平成 16 年 2 月))	

- 注1) 米国排出量は、山火事を含まない値。山火事を含むと 1,722 万 t/y (2017 年)。
 注2) EU は Gg/y 表記であるため、1Gg/y=0.1 万 t/y と換算。
 注3) 欧州、英国、ドイツの排出量は、肥料または農業の農業土壌からの排出量を除く。
 注4) 日本の排出目標は、排出インベントリデータ (上段) の値に対し設定され、移動発生源の THC データは考慮されていない。平成 12 年度インベントリデータ 1,405,058t/y×0.7=98.4 万 t/y とした。
 出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

・排出基準体系の比較

各国の VOC 排出基準の比較を以下に示す。各国とも、印刷・塗装等発生源別の排出規制や自動車の NMHC の排出規制がある。中国については、2020 年に国家標準 (GB) が定められ、一部の発生源にとどまっておらず、ガソリン流通における VOC 規制については、各国と異なり見当たらない。

表 2-135 各国の VOC 排出基準体系の比較

VOC の排出規制の範囲	
米国	<p>新規発生源基準 (NSPS) では、1:自動車及び小型トラックの表面コーティング 2:飲料缶表面コーティング、3:バルク・ガソリンターミナル、4:フレキシブルビニールとウレタンのコーティングと印刷、5:グラフィックアート業界-出版物グラフィック印刷、6:大型家電表面コーティング、7:磁気テープ製造、8:金属コイル表面コーティング、9:金属製家具の表面コーティング、10:地方自治体の固形廃棄物埋め立て地、11:石油及びガスの生産、輸送、及び流通、12:陸上天然ガスプラント-VOC 機器のリーク、13:石油ドライクリーニング、14:石油精製所、15:石油精製所-廃水システム、16:石油精製設備のリーク、17:業務用機械用プラスチック部品 (表面コーティング)、18:基板のポリマーコーティング、19:ポリマー製造業、20:感圧テープとラベルの表面コーティング、21:ゴムタイヤ製造、22:合成有機化学品製造業 (SOCMI):空気酸化ユニットプロセス、23:合成有機化学品製造業 (SOCMI):蒸留、24:合成有機化学品製造業 (SOCMI):機器のリーク、25:合成有機化学品製造業 (SOCMI):リアクタープロセス、26:固定式火花点火内燃機関、27:合成繊維の生産、28:石油貯蔵容器を含む揮発性有機液体貯蔵容器、29:石油貯蔵容器を含む揮発性有機液体貯蔵容器-1978-1984、30:石油貯蔵容器を含む揮発性有機液体貯蔵容器-1973-1978、31:ウールグラスファイバー断熱材製造の規制がある。</p> <p>US EPA は、幅広い消費者製品の VOC 規制を義務付ける消費者製品の国家揮発性有機化合物排出基準を制定している。</p> <p>有害大気汚染物質のための全国基準 (NESHAP) では主要排出源としてフェロアロイ生産、産業用、商業用、企業向けボイラ及びプロセスヒーター、鉄鋼鑄造の 3 つの業種を掲げ、35 の業種が地域発生源とされ、主要発生源とその規制対象となっている物質が定められている。</p> <p>カリフォルニアを含むいくつかの州では、消費者製品の独自の VOC 含有量規制があり、これらの制限は EPA の規制よりも厳しい場合がある。</p> <p>「自動車による大気汚染の管理:Tier3 自動車の排出量と燃料基準」により、NMOC (non-methane organic gases:非メタン有機ガス) +NO_x の規制値を決めている。</p>
欧州	<p>ガソリンの貯蔵及びターミナルからガソリンスタンドまでの流通による VOC の放出抑制に関する理事会指令 (94/63/EC) による規制がある。</p> <p>産業排出指令 (2010/75/EU) の付属書 VII により、1)接着剤の塗装、2)車両、金属・プラスチック・木材の表面、繊維、織物、フィルム・紙の表面の塗装、3)コイルの塗装、4)ドライクリーニング、5)靴製造、6)塗料用複数成分化学品、ワニス、インク、接着剤の製造、7)薬品製造、8)印刷、9)天然・合成ゴムの最終製品への変換工程、10)表面洗浄、11)植物性油・動物性油脂の抽出、植物油精製、12)車両塗り替え工程、13)コイル塗装、14)木材の含浸、15)木材・プラスチックのラミネート加工での VOC 最大含有量等が定められている。</p> <p>EU 自動車排ガス規制 (Euro standards) として、NMHC (非メタン炭化水素) の規制が Euro 5 から設定されている。</p>

中国	<p>中国の国家標準 (GB) として初めて製品に含有される VOC 等の有害物質の制限量に関する 7 件の国家強制標準 (GB 規格) が発行され 2020 年 12 月 1 日から適用が開始される。7 件の GB では、車両塗料用、木製品用塗料、建築用壁面塗料、工業用保護塗料、接着剤、インク、洗浄剤中の揮発性有機化合物の含有量制限値が決められている。</p> <p>GB のような数値基準はないが、「主要産業における揮発性有機物の包括的な管理プログラムの発行に関する通知 (2019 年 6 月 26 日)」により主要産業に対する規則が定められ、ガイドによる基準として、「揮発性有機化合物 (VOC) 実用管理手引き」、「揮発性有機化合物ガバナンス実践マニュアル」、「主要産業及び企業向け揮発性有機化合物オンサイト検査ガイド」がある。主要産業には、石油化学産業、化学産業、工業用コーティング業、包装及び印刷業、石油の貯蔵・輸送・販売業が含まれる。</p> <p>その他、GB に先駆けていくつかの主要省・市の特定業種における揮発性有機化合物排出規制の地方標準 (DB) で特定業種について排出基準や含有量制限値が制定されている。</p> <p>「小型自動車汚染物排出制限値及び測定方法」(中国第 VI 段階) (GB 18352.6-2016) で自動車の NMHC の排出規制が決められている。</p>
日本	<p>大気汚染防止法施行規則 (省令) により、揮発性有機化合物を溶剤として使用する化学製品の製造の用に供する乾燥施設、塗装施設 (吹付塗装)、印刷回路用銅張積層板、粘着テープ・粘着シート、はく離紙または包装材料 (合成樹脂を積層するもの) の製造に係る接着の用に供する乾燥施設、接着の用に供する乾燥施設、印刷の用に供する乾燥施設 (オフセット輪転印刷に係るもの)、印刷の用に供する乾燥施設 (グラビア印刷に係るもの)、工業製品の洗浄施設 (乾燥施設を含む。)、ガソリン、原油、ナフサその他の温度 37.8 度において蒸気圧が 20 キロパスカルを超える揮発性有機化合物の貯蔵タンク (密閉式及び浮屋根式 (内部浮屋根式を含む。)) のものを除く。) について規模要件を定め排出基準が決められている。</p> <p>自動車排ガス規制では、新長期規制 (2005 年) から NMHC の規制値が定められている。</p> <p>大気環境配慮型 SS (e→AS) 認定制度により、燃料蒸発ガスの排出を抑制する取り組みをしているガソリンスタンドを認定している。</p>

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

2) NOx 排出基準

・大気質規準

各国の NOx 大気質基準の比較を以下に示す。

表 2-136 各国の NOx 大気質規準の比較

地域	環境基準		測定対象	測定方法	備考
米国	53ppb (0.053ppm、109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		NO ₂	年間平均値	一次基準（喘息患者、子供、高齢者等の「敏感な」集団の健康を保護する）の値
	100ppb (0.100ppm、2059 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)			日中1時間の最大濃度の98パーセントイル値の3年平均値	一次基準及び二次基準（視界の低下や動物、作物、植生、建物への損傷に対する保護を含む、公共の福祉保護）の値
欧州	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.019ppm)		NO ₂	年間平均値	—
	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.097ppm)			1時間平均値	年間18回を超えないこと
英国	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.019ppm)		NO ₂	年間平均値	—
	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.097ppm)			1時間平均値	年間18回を超えないこと
ドイツ	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.019ppm)		NO ₂	年間平均値	—
	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.097ppm)			1時間平均値	年間18回を超えないこと
中国 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1級	50	NO _x (NO+NO ₂)	年平均	1級：自然保護区、景勝地区及びその他特別な保護が必要とされる地区 2級：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
		100		24時間平均	
		250		1時間平均	
	2級	40 (0.019ppm)	NO ₂	年平均	
		80 (0.039ppm)		24時間平均	
		200 (0.097pp)		1時間平均	
日本	0.06ppm (123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		NO ₂	1時間値の1日平均値	—

注1) 英国、ドイツはEUに準じる。

注2) 中国の1級、2級は同じ値。

注3) 中国のNO_xについては、NO、NO₂の構成比が不明のためppm換算できない。

注4) ()内数値は換算値。NO₂の場合標準状態で0.01ppm= 20.53571 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

以上より、年間平均値で比較すると、各国の大気質の環境基準は、日本>米国>欧州≒中国の順となり、欧州及び中国は日本及び米国に比べ厳しい環境基準が設定されている。

・排出量規準

各国のNO_x排出基準の比較を以下に示す。

表 2-137 各国の NOx 排出量規準の比較

地域	排出基準	備考
米国	—	酸性雨プログラムによる発生熱量あたりの NOx 上限値、州横断型大気汚染規制(Cross-State Air Pollution Rule: CSAPR)による特定州の州排出割当量はあるが、米国全体での排出基準は見当たらない。
欧州	9,090Gg/y (909.0 万 t/y)	EU の国別排出上限指令 (NECD) の 2014-2019 年 (28 か国) の目標値。2020-2029 年 (28 か国) の目標値は、6,782.21 Gg/y、2030 年 (28 か国) の目標値は、4,326.58Gg/y。
英国	1,167Gg/y (116.7 万 t/y)	EU の国別排出上限指令 (NECD) の 2010 年以降の目標値。2020 年以降の目標値は、784 Gg/y、2030 年以降の目標値は、470Gg/y。
ドイツ	1,051 Gg/y (105.1 万 t/y)	EU の国別排出上限指令 (NECD) の 2010 年以降の目標値。2020 年以降の目標値は、929 Gg/y、2030 年以降の目標値は、533Gg/y。
中国	1,851 万 t/y	目標は 2020 年で 2015 年比 15%低減 (青空保護戦勝利 (青空保衛戦) 3 年行動計画、2018-2020 年)。
日本	—	「自動車から排出される窒素酸化物の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法」により特定県について自動車 NOx 排出総量目標が設定されているが、日本全体での排出基準は見当たらない。

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

・排出基準体系の比較

固定発生源の NOx 排出基準は、米国はプラント種類別、欧州は産業別、中国は産業別、日本は燃焼設備別に体系化されている。移動発生源の NOx 排出基準は、米国は独自に移動発生源の排出基準を定め、NMOG (non-methane organic gases : 非メタン有機ガス) +NOx の規制値がある。欧州は、EU 自動車排ガス規制を定め、NOx 排出規準がある。中国は EU 自動車排ガス規制に準じている。日本は、独自に移動発生源の排出基準を定めている。

各国の NOx 排出基準体系の比較を以下に示す。

表 2-138 各国の NOx 排出規準体系の比較

地域	各国の NOx 排出規準の範囲の比較
米国	新規発生源基準 (NSPS) では、規制する NOx の固定発生源は 9 件あり、発電等の燃焼装置、硝酸プラント、セメント製造業、硫酸プラントが対象となっている。 移動発生源の排出基準「自動車による大気汚染の管理 : Tier3 自動車の排出量と燃料基準」により、NMOG (non-methane organic gases : 非メタン有機ガス) +NOx の規制値を決めている。連邦の基準とは別に、カリフォルニア州の基準を採用する州も増加しつつある
欧州	固定発生源の規制として、産業排出指令の付属書 I には、適用対象となる活動分類、1) エネルギー産業、2) 金属製造・加工、3) 鉱物産業、4) 化学産業、5) 廃棄物管理、6) その他の活動があり、ア) 燃焼施設、イ) 廃棄物焼却・共同焼却施設、ウ) 溶剤を使った活動に関する排出上限値を設定している。付属書 II には、大気汚染に関する該当物質のリストがある。但し、中規模 (1~50 MW) の新規及び既存の燃焼施設に関しては、2015 年に採択された別の EU 指令 (EU Medium Combustion Directive 2015/2193/EU) が適用される。 移動発生源に関する規制として、EU 自動車排ガス規制 Euro3 から NOx 排出規準が設定されている。
中国	固定発生源の規制として、苛性ソーダ及び塩化ポリビニル産業、無機化学産業、石油化学産業、石油精製産業、火葬場、銅・アルミニウム・鉛。亜鉛産業、合成樹脂産業、ボイラ、バッテリー

	<p>業界、セメント産業、レンガ及びタイル産業、電子ガラス産業、鉄鋼圧延業、製鉄業、鉄鋼焼結及びペレット産業、火力発電所、板ガラス産業を網羅している。</p> <p>移動発生源に関する規制として、ディーゼル車、大型ディーゼル車、モペット、船舶用エンジン、オートバイ、オフロードディーゼル車、小型自動車、三輪車及び低速トラック用ディーゼルエンジン車等に対する規制がある</p>
日本	<p>固定発生源の規制として、燃焼設備別に、ボイラ、ガス発生炉及び加熱炉、焙焼炉、焼結炉、か焼炉、溶鉱炉、転炉、平炉、金属溶解炉、金属加熱炉、石油加熱炉、触媒再生塔・燃焼炉、窯業用焼成炉・溶融炉、反応炉及び直火炉、乾燥炉、廃棄物焼却炉、銅・鉛・亜鉛用各種炉、活性炭製造用反応炉、燐鉱石処理施設、トリポリリン酸ナトリウム製造用施設、鉛の2次精錬用溶解炉、鉛蓄電池製造用溶解炉、鉛系顔料製造用施設、コークス炉、ガスタービン、ディーゼル機関、ガス機関、ガソリン機関を網羅している。</p> <p>移動発生源に関する規制は、ガソリン・LPG車、ディーゼル車、二輪車の3つの種別に応じて、規制値が定められている。</p>

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

(2) 排出基準の規制体系考察による適切な条件での比較

代表的な排出業種・施設・規模等を念頭に置いて一定条件下での排出基準を抽出して、横並びで比較を行った。

1) VOC 排出基準

横並びでの比較を行うため、オフセット印刷についてのVOC排出基準の比較を行った。米国連邦基準では、VOC排出基準（放出限界値）規制値は無いが、デラウェア州については存在するため、これを代替した。中国の国家標準（GB）では、VOC含有量の制限値しかないため、北京市の印刷生産活動におけるVOC関連の規制「印刷業揮発性有機物排出基準」（DB 11/1201-2015）を比較対象とした。

表 2-139 各国のオフセット印刷についての VOC 排出基準（換算前）

地域	排出基準（放出限界値）		単位	備考
米国	乾燥機排出口濃度	20	ppm	連邦規則によらない規制、「管理技術ガイドライン」による州独自の規制。 メタン換算の値。ヒートセット・リトグラフ・オフセット印刷での排ガス排出限界値。 デラウェア州の排出限界値。施設全体での VOC 総排出量が 6.8 kg/日以上の施設。
欧州	溶剤消費閾値 15-25t/y	100	mgC/N	産業排出指令の付属書 VII。熱処理オフセット輪転印刷の排ガス排出限界値。
	溶剤消費閾値 >25t/y	20	m ³	
中国	ベンゼン	0.5	mg/m ³	国家標準（GB）での排出規準は無いため、北京市「印刷業揮発性有機物排出基準」（DB11/1201-2015）を比較対象とした。排出基準は、第 2 段階：2017/1/1 以降の値。
	ベンゼンとトルエンの合計	10		
	非メタン全炭化水素	30		
日本	400		ppmC	大気汚染防止法施行規則（省令）平成 17 年 5 月、6 月改正。 印刷の用に供する乾燥施設（オフセット輪転印刷に係るものに限る。）。 「乾燥施設」は VOC を蒸発させるためのもの。 送風機の送風能力が 7,000 m ³ /時以上のもの。

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

・ ppm⇒ppmC の換算

ppmC は、排出ガス 1 立方メートル当たりの炭素の量に換算した VOC の量（立法センチメートル）、ppmC=ppm×物質の中の炭素の数となる。トルエン（C₆H₅-CH₃）濃度 100ppm のガスを ppmC であらわすと 100ppm×トルエンの炭素 C の数 7 = 700ppmC となる。

米国はメタン換算値であるため、ppm 値、ppmC 値は変わらない。

表 2-140 EU におけるオフセット印刷についての VOC 排出基準の ppmC への換算

ヒートセットオフセット印刷			
換算		mgC/N m ³	ppmC(換算値)
欧州	溶剤消費閾値 15-25t/y	100	187
	溶剤消費閾値 >25t/y	20	37

出所) 中央環境審議会大気環境部会揮発性有機化合物排出抑制専門委員会（第 2 回）平成 16 年 12 月 14 日
参考資料 3 <https://www.env.go.jp/council/former2013/07air/y074-02/ref03.pdf> 2020 年 11 月閲覧

・ mg/m³⇒ppmC の換算

mg/m³を ppm へ換算するには下式を用いる。

$$\text{ppm} = \text{mg/m}^3 \times 22.4 / \text{分子量} \times (273 \text{ (K)} + t^\circ\text{C}) / 273 \times 1013 \text{hPa} / \text{気圧 (hPa)}$$

ppm を ppmC へ換算するには下式を用いる。

$$\text{ppmC} = \text{ppm} \times \text{物質の中の炭素の数}$$

以上の換算方法を用いて

表 2-141 中国におけるオフセット印刷についての VOC 排出基準の ppmC への換算

ヒートセットオフセット印刷					
換算		mgC/N m ³	ppm	ppmC(換算値)	備考
中国	ベンゼン (C ₆ H ₆)	0.5	0.01434	0.086	標準状態での換算とした。 ベンゼンとトルエンの構成比は不明なため 0.5 : 9.5 とした。
	ベンゼンとトルエン (C ₆ H ₅ -CH ₃) の合計	10	2.45	16.3	

注) ベンゼン 0.5 mgC/N m³=0.01434ppm=0.086ppmC、トルエン 9.5 mgC/N m³=2.31053ppm=16.174 ppmC、
ベンゼンとトルエンの構成比 0.5mgC/N m³ : 9.5mgC/N m³での ppmC は 0.086+16.174ppmC

以上より規制値を比較可能とした表を以下に示す。

表 2-142 各国における VOC オフセット印刷についての排出基準の比較 (換算値)

地域	排出基準 (放出限界値)	単位	備考
米国	乾燥機排出口濃度	20 ppmC	ヒートセット・リトグラフ・オフセット印刷での排ガス排出限界値。デラウェア州の値。全体で 16.8kg/d の VOC を輩出する施設。
欧州	溶剤消費閾値 15-25t/y	187 ppmC	産業排出指令の付属書 VII。熱処理オフセット輪転印刷の排ガス排出限界値。
	溶剤消費閾値 >25t/y	37 ppmC	
中国	ベンゼン	0.086 ppmC	国家標準 (GB) での排出基準は無いため、北京市「印刷業揮発性有機物排出基準」(DB11/1201-2015) を比較対象とした。排出基準は、第 2 段階 : 2017/1/1 以降の値。
	ベンゼンとトルエンの合計	16.3 ppmC	
日本		400 ppmC	大気汚染防止法施行規則 (省令) 平成 17 年 5 月、6 月改正。 印刷の用に供する乾燥施設 (オフセット輪転印刷に係るものに限る。) 「乾燥施設」は VOC を蒸発させるためのもの。 送風機の送風能力が 7,000 m ³ /時以上のもの。

注) 中国 VOC 排出基準には、非メタン全炭化水素 : 30mg/m³があるが、物質組成が不明のため考慮していない。

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

VOC の排出基準については、日本 > 欧州 > 米国 > 中国の順となり、中国が最も厳しい排出基準となっている。

2) NOx 排出基準

横並びでの比較を行うため、天然ガスを燃料とするガスタービンについての NOx 排出基準の比較を行った。

表 2-143 各国の天然ガスを燃料とするガスタービンについての NOx 排出基準の比較(換算値)

地域	排出基準 (放出限界値)	単位	備考
米国	42 (86.25 mg/m ³)	ppm	NSPS の規制。設備容量・新設/既設・用途により区分されているが、一般的な 15MW 超 250MW 以下・既設とした。
欧州	50 (24.35ppm)	mg/N m ³	産業排出指令の付属書 I。CCGT を含む。一定以上高効率の場合、放出限界値は高くなる。
中国	制限値	50 mg/m ³	「火力発電所大気汚染物排出基準」 (GB13223-2011)
	特別制限値 (重点地区)		
日本	70 (143.75mg/m ³)	ppm	大気汚染防止法施行規則 (省令) 平成 28 年改正。

注) NOx は、NO₂、NO 等の構成比が不明なため標準状態 NO₂ として換算。() 内は換算値。NO₂ の場合標準状態で 0.01ppm= 20.53571 μg/m³。

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

NOx の排出基準については、日本>米国>欧州=中国の順となり、欧州、中国が最も厳しい排出基準となっている。

2.2 自主的取組等の情報収集

本項では、日本、米国、欧州、中国について、VOC 排出抑制のための自主的取組及び植物由来 VOC (BVOC: Biogenic VOC) への対策について調査を行った。

2.2.1 日本、米国、欧州、中国における VOC 排出抑制のための自主的取組の把握

(1) VOC 排出抑制のための自主的取組の海外調査方針

自主的取組手法は、環境政策の手法のひとつである。事業者等が自らの行動に一定の努力目標を設けて対策を実施する自主的な環境保全取組を言う。実施状況の公表や行政主体等による関与等のチェック手段の確保が望ましいといわれている。

具体的な例としては、経済団体連合会の地球温暖化対策、個別企業の環境行動計画等があげられる。

環境政策の手法には、他に直接規制的手法、経済的手法、枠組み規制的手法（直接的に具体的行為の禁止や制限、義務付けをするのではなく、到達目標や一定の手順や手続きを踏むことを義務付けること等によって目的を達成しようとするものがある。例としては、PRTR 法による届け出制度、大気汚染防止法による有害大気汚染物質の規制等）、情報的手法（環境報告書、環境ラベル、LCA 等）等がある⁷⁵。

- 調査項目「①環境基準及び排出基準の情報収集及び比較」⁷⁶においては、表 2-145 における「直接規制的手法の具体内容を整理するが、調査の実施にあたっては、手法全般の有無（及び概要）を把握する。
- その上で、調査項目「②自主的取組等の情報収集」⁷⁷においては、自主的取組のうち、プレッジ・アンド・レビュー（Pledge and Review）、アグリーメント等を対象とし調査する。
- その他の手法（経済的手法、枠組み規制的手法、情報的手法等）があれば、調査項目「①環境基準及び排出基準の情報収集及び比較」の調査の実施にあたって併せてその概要を確認する。（植物由来 VOC 対策の有無・内容の把握を含む）

⁷⁵ 出所) EIC ネット「自主的取組手法」などより抜粋

(<http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&ecoword=%BC%AB%BC%E7%7C%5AA%BC%E8%7C%8BC%EA%CB%A1>、
<http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&ecoword=%BE%F0%CA%F3%5AA%BC%EA%CB%A1>、
<http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&ecoword=%CF%7C%8C%8B%5AC%0%A9%5AA%BC%EA%CB%A1> 最終閲覧日：2020年9月23日)

⁷⁶ 2.1 環境基準及び排出基準の情報収集及び比較 参照

⁷⁷ 2.2 自主的取組等の情報収集 参照

表 2-144 国別・地域別手法の整理

手法	該当の有無 (※国名を記載)	備考	整理方法
自主的取組	○	概要を記載。 「直接規制的手法の対象外の事業者について業界団体ごとに実施」等。	事業者等が自らの行動に一定の努力目標を設けて対策を実施する自主的な環境保全取組を言う。実施状況の公表や行政主体等による関与等のチェック手段の確保が望ましいといわれている。 具体的な例としては、経済団体連合会の地球温暖化対策、個別企業の環境行動計画等があげられる。 本調査においては、
直接規制的手法	○	概要を記載。 「一定規模以上の事業所が対象」等	調査項目①にて詳細を調査
経済的手法	—	—	—
枠組み規制的手法	—	—	直接的に具体的行為の禁止や制限、義務付けをするのではなく、到達目標や一定の手順や手続きを踏むことを義務付けること等によって目的を達成しようとするもの。例としては、PRTR法による届け出制度、大気汚染防止法による有害大気汚染物質の規制等
情報的手法	—	—	環境報告書、環境ラベル、LCA等。 植物油インク等の環境ラベルの表示はある。

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

(2) VOC 排出抑制のための自主的取組の把握

1) 米国

米国には大気浄化法 (CAA) の下での各州による州実施計画 (SIP) の策定において、固定・移動排出源による自主的排出削減を求める仕組みが織り込まれている。

a) 固定発生源

固定発生源のための自主的取組として「固定発生源の自主的措置 (Stationary Source Voluntary Measures)」⁷⁸では、現在、大気浄化法 (CAA) によっては規制されていない小規模・地域排出源 (area sources) が対象となっている。その背景には様々な管理技術を用い

⁷⁸ EPA, Incorporating Voluntary Stationary Source Emission Reduction Programs Into State Implementation Plans:

https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-02/documents/emerging_vol_measures.pdf 及びEPA, Memorandum:

https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-02/documents/voluntary_stationary_source.pdf 2021年1月参照。

でも全国一般大気質基準（NAAQS）が未達成な地域があり、追加的に革新的な削減措置が求められていたということがある。自主的措置は伝統的な指揮統制型（command and control）措置を代替する、新たな費用対効果を見込んだ措置として注目された。自主的な措置制度に参加したとしても、個別の排出源は直接的なメリットを得る訳ではないが、排出源の側として大気質の改善に与ること、州や大気質の改善に貢献した他の排出源からの認知が得られるであろうことがインセンティブとされる⁷⁹。

また、自主的措置には排出削減量が数量化できること、既存の SIP から求められ想定されるものではないこと、自主的措置は排出源に強制力をもつものではないが、州は SIP における排出削減を保証する責任を負うこと、SIP の改訂等により他の措置に置き換えられない限りは永続的なものであること等が自主的措置の要件とされる。

この政策の下では、州は以下のような排出源に適用される自主的措置により、排出削減効果が得られるとされる。

- ・ 建物、構造物、施設または設備等、固定排出源の中にある固定排出源または点源
- ・ 規模が小さく数が多すぎるため個別に固定排出源インベントリに加えることができないもの。

なお、自主的措置による排出源の例としては、以下等が掲げられている。

- ・ 夏季（ozone season）には VOC を多く放出する製品を販売しないことに合意している小売業
- ・ VOC を多く放出する塗料の使用を減らすか、高濃度の O₃ が予想される日には塗装を行わないといった消費者向け制度（Ozon Action Days）
- ・ 消費者と工業の両方により、VOC を多く放出する化学薬品を使用するメンテナンスの回数の削減

b) 移動発生源

移動発生源のための自主的取組として、EPA は固定発生源同様、大気浄化法（CAA）に基づく「自主的移動発生源排出削減制度（Voluntary Mobile Source Emission Reduction Programs（VMEPs）」を設けている。これ以上は技術的に排出削減が困難と考えられる場合の排出削減に伴う技術改良のための費用増加や、技術改良が実際に走行している車両全体に浸透するまでの時間を考慮すると、移動発生源による大気汚染を削減するための補完的・代替的な方法が必要であることがその背景にある。制度の要件は固定発生源のそれとほぼ同じであるが、VMEPs では CAA に規定される「経済インセンティブ制度（Economic Incentive Program（EIP）」⁸⁰との関連で、州が EIP の下で VMEPs の承認を求めるのであれば EPA はこれに協力するとしている⁸¹。

⁷⁹ Memorandum, P1。

https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-02/documents/voluntary_stationary_source.pdf
2021年1月参照。

⁸⁰ マーケットベースのインセンティブなどを排出源に提供することにより、大気質の目標を達成する規制プログラム <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/eipfin.pdf> 2021年1月参照。

⁸¹ EIP には自主的な行動に依存するものもあることを想定している。Memorandum, P18。

VMEPs の一時的、季節的または継続的な例として以下等が挙げられている。

- ・ 従業員輸送管理制度
通勤や移動のためのバンや乗用車の相乗り、バスの借り上げ、徒歩、往復運行等。
- ・ 勤務時間の変更
通勤ピーク時間に通勤できる柔軟性を従業員に与える、テレワーク、フレックスタイム制、勤務時間のシフト等。
- ・ 地域ライドシェア・インセンティブ
ライドシェア・サービスのマーケティング、電子化した相乗りマッチング等、通勤者に一人乗りの車に代わるものを利用するよう奨励するもの。
- ・ 駐車場マネジメント
乗用車やバンの相乗りのための優遇的な駐車場や優遇的な駐車場料金、通勤用利用を抑制する料金構造等。
- ・ イベント期間中の輸送需要マネジメント
1 回限り、定期・不定期に発生する（運動イベント、フェスティバル、主要な娯楽公演等）イベント期間中の輸送需要のマネジメントであり、駐車場の管理、交通機関やシャトルサービスに接続する駐車場、効率的な経路選定、広報及び通信システム等。

2) 欧州

・ オランダ

欧州各国を幅広く探索した結果、自主的取組について過去事例ではあるがオランダの事例が見いだされた。

オランダでは 1989 年から 2000 年にかけて、「VOC 排出抑制戦略 (Bestrijdingsstrategie voor de emissies van vluchtige organische stoffen)」の下での電力と農業を除く固定排出源からの VOC 排出削減を目的とした官民合同プロジェクト「炭化水素 2000 (Koolwaterstoffen 2000 (KWS2000))」が実施された。KWS2000 は (当時の) 住宅・国土計画・環境省 (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM))、経済省 (Ministerie van Economische Zaken (EZ))、地方政府、自治体及び業界団体等によって準備され、商工業界との密接な協議によって策定されたものであり、そこでの合意内容は第 1 回国家環境政策計画 (Nationaal MilieubeleidsPlan) での実施項目とされた。VOC の排出量を 2000 年までに 1981 年比で 50%削減することを目的としたこのプロジェクトは、オランダでの政府と業界団体との間での合意アプローチに基づく環境協定 (milieuconvenanten)⁸²によるものの先駆けであった。

https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-02/documents/voluntary_stationary_source.pdf

2021 年 1 月参照。

⁸² ただし、KWS2000 では、例えば個別の企業の中に「独立タンク貯蔵業協会 (Vereniging van Onafhankelijke Tankopslagbedrijven: VOTOB)」の協定に加わらない企業があった (KWS2000 Eindrapportage, P36) ように、協定への参加には任意性が認められる。

a) KWS2000 での VOC 排出源と措置

KWS2000 では、以下の 16 業種が VOC 排出源として特定された。

表 2-145 KWS2000 で特定された VOC 排出源

1) 塗装業	9) 印刷及び包装印刷業
2) 洗浄・脱脂業	10) 木材防腐業
3) 精製及びターミナル業	11) ゴム及びプラスチック製造業
4) ガソリン流通業	12) 大豆及び油糧種子 (Adipose Seeds) 加工業
5) ガソリンスタンド業	13) 繊維製造業
6) 貯蔵及び移送業	14) 自動車小売業
7) 化学品製造業	15) 花き類染色 (Flower Dyeing) 業
8) 家計・企業・産業用品製造業 (HIIP)	16) その他の排出源

出所) Informatiecentrum Milieuvergunningen, 'KWS2000 Eindrapportage' :

<https://rwsenvironment.eu/publish/pages/126131/eindrapportage2000.pdf> (2020 年 11 月閲覧)。

取組の実施には補助金がいれた取組もある。例えば 1995 年においては、以下の事業への補助がなされている⁸³。

- タンク貯蔵設備からのはしけへの積み込み及び (VOTOB 協定提携) 積み替え事業者のための移動式蒸気処理システムの開発のための実現可能性調査
- 低濃度及び高流量の点源からの化学品工業における排出対策
- PVC 加工業における水性インクと仕上げへの切り替え
- 包装印刷業での溶剤回収実証事業
- スクリーン印刷機での水性または UV インクへの切り替え
- 水洗浄システムへの切り替えのための実証事業
- 「新しい坑井」のためのプロジェクト：製鉄所と型枠油

補助の上限額については、実現可能性調査は最大 10 万ギルダー、研究開発事業は同じく 15 万ギルダー、実証事業については 20 万ギルダーを超えないこととなっていた。

b) 排出源毎の VOC 排出量

上述の排出源としての各業種の取り組みにより、2000 年においては削減率の大小に散らばりはあるものの 3 分の 2 近い業種が目標値に近い VOC の排出削減を果たし、全体としても目標の 1981 年比 50% 減が実現された。

⁸³ Staatscourant van het Koninkrijk der Nederlanden, Vaststelling programma's en beschikbare bedragen Bijdragenbesluit milieugerichte technologie (<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-1995-57-p7-SC2199.html>) に拠る。

表 2-146 KSW2000 での排出源毎の VOC 排出量

単位 (1,000 トン)

排出源	1981年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2000年 ^{注1}	2000年 ^{注2}
塗装	84	76	73.1	72.2	62.9	62.7	55.7	47.7	49.1	48.7	56.5	35.3
洗浄及び脱脂	8	5.1	4.5	4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	2.4	1.2
石油精製及びターミナル	19.4	13.6	12.8	11.6	11.1	10.2	10.1	6.5	7.4	7	7	6.3
ガソリン流通	8.6	5.9	5.3	3.7	2	2	1.8	1	1	1	0.8	0.8
貯蔵及び移送業	6.4	7.9	4.2	4.4	4.7	4.9	4.3	4.1	3.6	3.1	2.4	2.4
化学品工業	39	21.8	20.6	18.9	16.9	14.8	12.4	10.8	12.8	11.1	14.3	9.2
家計・企業・産業用品製造業	25	19.7	19.8	19.1	19.8	20.9	21.1	20.5	19.9	19.4	19.2	16.9
印刷業 ^{注3}	17.1	15.2	14.9	14.6	14.4	14.1	13.5	12.8	12.2	11.6	6.4	6.4
木材防腐業	7.6	1.5	1.5	1.5	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
ゴム及びプラスチック製造業	4.8	5.2	4.8	4.8	4.6	4.1	3.4	2.7	1.9	1.6	2.75	2.55
大豆及び油糧種子加工業	4.2	3.4	3	3.6	3.4	3.2	3.1	3.8	3.3	3.3	2.9	2.9
繊維製造業	2.3	1.5	1.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
自動車小売業	0.3	0.2	0.2	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0
花き類染色業	0	1.3	0.9	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8	0.1
その他の排出源 ^{注4}	29.4	22.8	21.9	20.5	19.5	18.7	16.8	15.4	14.7	14.1	14.1	14.1
VOC 合計	266	211	198	188	172	167	153	135	135	128	133	101

注 1) 全ての確定措置 (zekere maatregelen) を実行した後の 2000 年における推定排出量

注 2) 目標値: 全ての確定的措置と条件付き措置 (voorwaardelijke maatregelen) を実行した後の 2000 年における推定排出量

注 3) この排出源には何らの措置も策定されなかった。2000 年目標 (注 1 参照) と 2000 年目標値は 2000 年における自律的排出量に等しい。

注 4) 1993 年、1994 年、1995 年、1997 年、1998 年及び 1999 年の値は外挿推計による。

出所) Informatiecentrum Milieuvergunningen, 'KWS2000 Eindrapportage', tabel 3.1 より三菱総合研究所作成 (2020 年 11 月閲覧)。

c) 排出削減のための具体的取組

以下には、これら各業種での具体的な取組のいくつかを示す。まず、約 90% の削減となったガソリン流通業を始め、その周辺の業種である精製及び原油ターミナル、精製、ガソリン流通網では、固定屋根式タンクでの浮き屋根式の採用、一層シールの改善、蒸気回収等の措置が講じられることで、措置が実施されない場合の排出量との比較で最大 87% の VOC 排出削減が達成されたほか、概ね 8 割前後の削減となった。

表 2-147 ガソリン流通業とその周辺業種での具体的取組

排出源	排出の原因となる事業活動	措置	措置が実施されない場合の排出量 (kt)	推定排出量 (kt)	実排出量 (kt)	排出削減率
精製及び原油ターミナル	ガソリンを除く固定屋根式タンクでの蒸気圧 1kPa 超の貯蔵液体	貯蔵温度での蒸気圧 1kPa 超の液体を貯蔵するタンクでの、内部浮き屋根式または同様の対策による固定式屋根での充満及び浸透による漏出の 70~90%削減	8.1	1.8	1.7	79%
	ガソリンを除く浮き屋根式タンクでの蒸気圧 1kPa 超の貯蔵液体	屋根の外周の最低 95%において亀裂の幅が 3.2mm を超えないよう一層シールを取り換えるか二層シールを採用				
精製	ナフサ、ガソリン成分及び原油等揮発性液体のはしけへの積み込み	蒸気処理装置 (VTU) を備えた足場に原油、ナフサ等の揮発性液体をはしけに積み込むことによって放出される蒸気の一貫性を十分に考慮した) 凝縮または他の形態の回収或いは破壊 (例えば、ガソリン規制の下でVTU が義務付けられている足場)。	3.2	0.3	0.6	81%
	海洋船舶への揮発性液体の積み込み	揮発性液体を海洋船舶に積み込むことで放出される蒸気の一貫性を十分に考慮した) 凝縮または他の形態の回収または破壊				
	ケロシンとガソリンを除く、原油、ナフサ等の揮発性液体のタンクローリーとボイラローリーへの積み込み	タンクローリー及びボイラローリーに原油、ナフサ等の揮発性液体を充填することによって放出される蒸気の一貫性を十分に考慮した) 凝縮または他の形態の回収または破壊				
	揮発性液体の製造、混合、貯蔵及び移送	ポンプ、シール、タンク洗浄等の拡散排出源での集中的なモニタリングと保守制度の策定と実施	5.2	4.2	4.7	9%
ガソリン流通網	タンクローリーとボイラローリーへの充填	ガソリン貯蔵施設でのタンクローリーの積み込みにより放出された蒸気の一貫性を考慮した) 凝縮またはその他の方法での回復または破壊	7.9	0.8	1.0	87%
	石油貯蔵施設での貯蔵	ガソリン貯蔵用のタンクに内部型浮き屋根または同様の設備を用いることによる固定屋根タンクの充填排出量及び浸透排出量の削減				
ガソリンスタ	地下ガソリン貯蔵タンクへの充填	地下のガソリン貯蔵タンクの充填中に蒸気回収導管を用いることで、放出されたガソリン蒸気を充	10	1.6	2.1	79%

ンド注 2		填中のタンクローリーに回収				
	自動車のガソリンタンクへの充填	放出されたガソリン蒸気がガソリン貯蔵タンクに戻されるよう充填ホースの蒸気回収導管を用い、自動車のガソリンタンクへの充填中のガソリン蒸気排出と漏出を制御				
貯蔵と移送注3	ガソリンを除く蒸気圧1 kPa 超の液体の貯蔵	固定屋根式タンクからの排出と充填時の排出に関するより効率的なシールの適用と、いくつかの対策に分けることができる対策を通じ、排出量の削減を達成	8.1	2.4	3.1	62%

注 1) 項目の説明

排出源：排出抑制戦略（1992-2000）または HIIP のための改訂排出抑制戦略で定義された排出源

排出の原因となる事業活動：特定の措置が適用される事業活動

措置が無い場合の排出量：対応する措置が実施されない状況での 2000 年の推計値

推定排出量：対応する措置が実際に実施された状況での 2000 年の推計値

実排出量：KWS2000 の排出分類での排出量に関する 2000 年のモニタリング結果

排出削減率：措置が実施されない状況と比較した、2000 年において達成された実際の排出量の割合（%）。

注 2) 第三者へのガソリンの販売を目的としない道路交通に関する自動車用ガソリンスタンドであり、1995 年 7 月 1 日より前にガソリンスタンドが設立された場合はガソリンの処理量が年間 500 m³ を超えるもの。

注 3) 独立タンク貯蔵業協会（VOTOB）とは、大気中への排出のアプローチに関する協定が合意された。貯蔵容量を賃貸する VOTOB 以外のメンバーとは、この協定に基づいて合意が得られた。

出所) Informatiecentrum Milieuevergunningen, ‘KWS2000 Eindrapportage’, Annex 1, Overview of Emission Trends and Implementation degree on 31-12-2000 より三菱総合研究所作成（2020 年 11 月閲覧）。

このような装置や設備といったハードウェアによる課題解決の他、塗装業ではそれと異なる取組も行われた。塗装業全体としては塗料に含まれる溶剤からの VOC 排出を減らすため、塗料市場での低溶剤塗料の浸透をとるべき措置としていた。こうしたところ、自動車整備業協会（Nederlandse Vereniging van Ondernemers in het Carrosseriebedrijf: FOCWA）は塗料印刷インク製造業協会（Vereniging van Verf- en drukinktfabrikanten: VVVF）、塗料卸売業協会（Vereniging van Verfgroothandelaren: VVH）と 1998 年、低溶剤塗料の普及のための協定を結んでいる⁸⁴。こうした取組もあり、自動車修理業での低溶剤塗料の市場シェアは 1996 年の 7% から 2000 年は 24% にまで上昇した⁸⁵。これは、市場を通じた VOC 排出削減のため、塗料の需要側と供給側の業界団体の双方が自主的かつ主体的に連携した事例として見ることができる。

なお、上述のとおり一定の成果を上げた KWS2000 であったが、プロジェクトへの評価にはいくつかの課題も示され、以後の第 4 回国家環境政策計画（NMP4）では協定の扱いに対する

⁸⁴ European Commission, ‘Reducing VOC emissions from the Vehicle Refinishing Sector Final Report’ : https://ec.europa.eu/environment/archives/air/pdf/paint_solvents/2002_08_reducing_voc_emissions.pdf

⁸⁵ 低溶剤塗料の普及には、この協定他 FOCWA による独自の取組みと労働安全や環境関連法制が主要な役割を担ったとされる（KWS2000 Eindrapportage, P31）。

修正も加えられた点には留意を要する⁸⁶。

・EU

1992年に創設されたEUでの一定の要件を満たした製品・サービスを認証するエコラベル(EU Ecolabel)制度⁸⁷は、その対象製品にVOC及び準揮発性有機化合物(Semi-VOC; SVOC)⁸⁸を含有する塗料及びニスも含んでいる。個別の用途毎に製品にはそれぞれ含有率上限値(g/L)が定められており、これらの要件を満たす製品の製造者、輸入者及びサービス・プロバイダー等が認証のための申請を行うことができる⁸⁹。

表 2-148 VOC 及び SVOC の含有率上限値

製品用途の内容	VOC 含有率上限値 (水分を含む g/L)	SVOC 含有率上限値 (水分を含む g/L)
a. 内装用艶消し壁及び天井(入射角 60 度で反射率 25 以下)の塗装	10	30 ⁽¹⁾ /40 ⁽²⁾
b. 内装用艶有り壁及び天井(入射角 60 度で反射率 25 超)	40	30 ⁽¹⁾ /40 ⁽²⁾
c. 鉱物下地の外壁の塗装	25	40
d. 木材と金属用の内装/外装トリム及び被覆塗料	80	50 ⁽¹⁾ /60 ⁽²⁾
e. 内装トリムワニス及び半透明ウッドステインを含むウッドステイン(woodstain: 木材着色剤)	65	30
f. 外装トリムワニス及び半透明ウッドステインを含むウッドステイン	75	60
g. 内装及び外装用最小ビルド・ウッドステイン(minimal build woodstains)注 2)	50	30 ⁽¹⁾ /40 ⁽²⁾
h. プライマー	15	30 ⁽¹⁾ /40 ⁽²⁾
i. 結合プライマー	15	30 ⁽¹⁾ /40 ⁽²⁾

⁸⁶ ‘KWS2000’ではプロジェクトを振り返り、以下のように述べられている。まず、合意アプローチ自体は有効に機能したとしながら、結果のモニタリングが障害となり、この点で合意は不十分であったとされる。プロジェクトの初期は比較的単純かつ曖昧な措置の適用には合意アプローチは優れた結果を生んだが、最後の数年は新規の措置のための合意は困難に見舞われ、政府はKWS2000を同様のものとしては延長しないとする決定に至った。第4回国家環境政策計画(NMP4)ではこれらを踏まえ、協定と監督は、当事者が互いに進捗状況をより効率的に説明できるようになることが求められた。これは参加者のコミットメント、合意の説明責任、結果のモニタリング、及び合意の実施を履行させる可能性に関する要件が伴うことを意味する(KWS2000 Eindrapportage, PP. 4-5)。

⁸⁷ EU, EU Ecolabel: https://ec.europa.eu/environment/ecolabel/index_en.htm 2020年12月閲覧。

⁸⁸ 「準揮発性有機化合物(SVOC)」とは、沸点が250°Cを超え、キャピラリカラム(1)でn-テトラデカン(C14H30)との間の保持範囲で溶出する有機化合物を意味する(EU, 2014/312/EU: Commission Decision of 28 May 2014: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014D0312&from=EN> 2020年12月閲覧)。

⁸⁹ EU, Eco Label User Manual:

https://ec.europa.eu/environment/ecolabel/documents/User_Manual_paints_varnishes.pdf 2020年12月閲覧。

j. 一剤式塗装	80	50 ⁽¹⁾ /60 ⁽²⁾
k. 床等特定の最終用途のための二剤式塗装	80	50 ⁽¹⁾ /60 ⁽²⁾
l. 装飾塗装	80	50 ⁽¹⁾ /60 ⁽²⁾
m. 防錆塗料	80	60

注 1) (1) 室内用白色塗料及びワニス、(2) 室内用着色塗料/室外用塗料及びワニス。VOC の成分は含有物または原材料に基づく計算または ISO 11890-2 で与えられる方法を用いるか、或いは VOC 含有率が 1.0g/L 未満の製品には代替的に ISO 17895 で与えられる方法での計算によって決定されるものとする。SVOC の成分は ISO 11890-2 で与えられる方法を用いて決定されるものとする。試験は「基準ユーザーマニュアル (Criteria User Manual)」で特定された分析システムを用いて実施されなければならない。室内と室外の両方で使用される製品の場合は、室内塗料のための最も厳格な SVOC 上限値が優先するものとする。

注 2) 「最小ビルド・ウッドステイン」とは、EN 927-1:1996 に従い、ISO 2808: 1997, method 5A に従った試験により 5 μ m 未満の平均的な厚さのウッドステインをいう (EU, 'DIRECTIVE 2004/42/CE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 April 2004' :

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0042&from=EN>)。

出所) EU, 'EU Ecolabel Paints and Varnishes (indoor and outdoor) User Manual' :

https://ec.europa.eu/environment/ecolabel/documents/User_Manual_paints_varnishes.pdf,

EU, 'DIRECTIVE 2004/42/EC' :

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02004L0042-20190726&from=EN>
N 2020 年 12 月閲覧。

3) 中国

生態環境部は、「主要産業における揮発性有機物の包括的な管理プログラムの発行に関する通知 (2019 年 6 月 26 日)」⁹⁰を発出した。

「II 章：主要目標 4 項：洗練された管理と制御の詳細な実装」において、「One Plant、One Policy (一工場一策：汚染物質が大量に排出される工場に専門的な技術サポートを提供し、実行可能な汚染管理計画を策定させる)」システムを実装させ、地方政府の支援・指導を強化するとしている。これは、全ての地域において、企業へのサポートとガイダンスを強化し、専門家を組織して、地域の汚染物質が大量に排出される企業に専門的な技術サポートを提供し、厳密に管理し、企業に実行可能な汚染管理計画を策定させる。原材料と補助材料の代替を明確にし、プロセスを改善し、工場エリア内の排出制御、排ガス収集、汚染防止施設の建設及びその他のプロセス全体の排出削減要件、投資コストと排出削減のメリットの測定、及び企業が包括的な VOC 管理を効果的に実行するための技術サービスを提供する。重点地域の VOC 排出量の多い企業をまとめて、「One Plant、One Policy」計画を 2020 年 6 月末までに策定させ、後処理評価作業をやがて実施し、各地域が発行する補助金政策は排出削減効果と密接に関連させるとしている。

「V 章：実装と保証 4 項：監督と法執行の強化」で中央政府の監視について記載されている。

- ・ 許可が無い、認定されていない、戦術的管理要件を満たさず不適切な排出している企業

⁹⁰ http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/201907/t20190703_708395.html 2020 年 10 月閲覧。

は、日時連続ペナルティ、押収、生産制限、生産停止等の手段を総合的に適用し、法律に従って厳しく処罰し定期的に社会に開示する。

- ・ 環境保護施設の改ざんや不正停止等の法律違反を調査し、法律に従って関係者を調査・起訴する。
- ・ 環境保護サービス市場秩序を標準化し、VOC 処理施設の建設、運用、及び保守の不規則性を取り締まる。
- ・ 低価格での落札の混乱を抑え、複数の対策を講じること。共同責任による懲戒や処分を強化し、建設プロジェクトの質が低く、環境保護施設の運用及び管理レベルが低く、不正行為をしている環境保護会社を、国家信用情報共有プラットフォームの共同罰対象のリストに含め、「全国企業信用情報広報制度」等のウェブサイトに掲載する。
- ・ 排出源が特定されない VOC の検査、排ガスの収集、及び汚染防止施設の運用に焦点を当て、主要産業での法執行措置を実施する。プラントエリアの排出源が特定されない排出物の濃度を監視することにより、企業の包括的な管理効果を監視する。
- ・ 技術トレーニングと法執行能力の構築を強化する。法執行要員向けトレーニングを行いポータブル VOC 高速検出器、VOC リーク検出器、熱式風速計、石油とガスの回収 3 つの検出器等を備えた法執行機器のレベル向上を行う。

自主的取り組み事例の探索を行ったが、主要産業における揮発性有機物の包括的な管理プログラムの発行に関する通知に見られる規制とその強制も踏まえ、中国においては、規制対応が主となり自主的取り組み事例は見いだせないとの判断に至った。

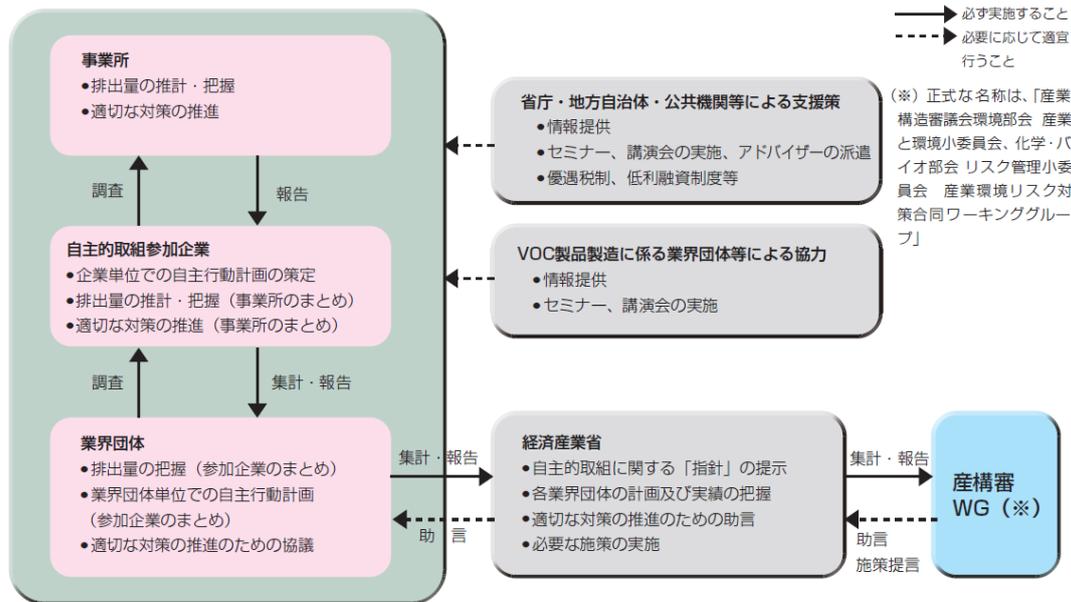
4) 日本

平成 16 年 5 月の大気汚染防止法の改正により、平成 18 年 4 月 1 日から揮発性有機化合物 (VOC) の排出規制が実施され、法規制と自主的取組の双方を適切に組み合わせて、VOC の大気排出量を平成 12 年度の大気排出量を基準にして、平成 22 年度までに 3 割程度削減することが目標となった。またそれ以降の目標設定は見当たらない。

自主的取組は、平成 8 年の大気汚染防止法改正の際、「有害大気汚染物質 (12 物質) の自主管理」としてスタートし、70 以上の業界団体が参加して、平成 9~11 年度の第 1 期、平成 13~15 年度の第 2 期ともに、目標の平均 30%削減を上回る排出削減実績を達成した。

自主的取組については、「大気汚染防止法の一部を改正する法律の施行について (平成 17 年 6 月 17 日)」によると、一律の規制ではなく、事業の実態を踏まえた事業者の創意工夫と自発性が最大限発揮される自主的取組により効果的な排出抑制を図るとしている。業界団体が策定する自主行動計画への企業の自主的な参加等、実情に応じた適切な対策を講じることとなり、業界団体等が策定する自主行動計画にて目標を設定する。

VOC 排出削減の自主的取組に関して、企業からの実績報告は、取りまとめの業界団体を通じて経済産業省に報告され、それを産構審 WG にて検証する仕組みになっている。



出所) VOC 排出抑制の手引き—自主的取組の普及・促進に向けて— 経済産業省 社団法人産業環境管理協会

図 2-4 自主的取組に関する各主体の役割



出所) 第9回 産業構造審議会 産業技術環境分科会 産業環境対策小委員会 (2021年2月8日) 資料

図 2-5 事業者による自主的取組のフォローアップ結果 VOC 排出量推移

令和1年度実績では、41の業界団体等（電機・電子業界は4団体合同で提出）、20,100社以上の企業等が取組を報告している。自主的取組参加業界団体等を下表に示す。

表 2-149 自主的取組参加業界団体等

VOC自主的取組の参加業界団体等			
日本ガス協会 (9)	線材製品協会 (8)	ドラム缶工業会 (11)	日本ゴム工業会 (34)
日本染色協会 (19)	日本伸銅協会 (7)	軽金属製品協会 (3)	日本自動車車体整備協同組合連合会 (321)
日本製紙連合会 (45)	全国鍍金工業組合連合会 (110)	日本プラスチック工業連盟 (20)	日本粘着テープ工業会 (12)
日本鉄鋼連盟 (75)	日本電線工業会 (115)	日本オフィス家具協会 (23)	全国楽器協会 (2)
電機・電子4団体 (96) 電子情報技術産業協会 情報通信ネットワーク産業協会 ビオマス機械情報システム産業協会 日本電機工業会	日本アルミニウム協会 (9)	日本表面処理機材工業会 (23)	日本釣用品工業会 (19)
	日本建材・住宅設備産業協会 (32)	日本自動車車体工業会 (197)	日本金属ハウスメア工業組合 (48)
	天然ガス鉱業会 (4)	日本接着剤工業会 (83)	日本金属洋食器工業組合 (38)
日本塗料工業会 (78)	石油連盟 (15)	プレハブ建築協会 (7)	日本ガス石油機器工業会 (72)
日本自動車部品工業会 (72)	日本化学工業協会 (68)	印刷インキ工業連合会 (40)	全国石油商業組合連合会 (13,756)
日本自動車工業会 (16)	日本印刷産業連合会 (4,557)	日本工業塗装協同組合連合会 (70)	
VOC自主的取組支援団体等			
産業環境管理協会 (19)	日本産業洗浄協議会		

注) () 内は、参加企業数

出所) 第9回 産業構造審議会 産業技術環境分科会 産業環境対策小委員会 (2021年2月8日) 資料

2.2.2 米国、欧州、中国の植物由来 VOC (BVOC: Biogenic VOC) への対策の把握

人為的排出 VOC と異なり規制対象が特定されないため、欧州、中国、日本とも規制や対策は見当たらなかった。米国では、唯一カリフォルニア州サクラメントで都市植生戦略の検討事例が見いだされた。

米国、欧州、中国、日本とも、大気環境観測（観測対象には自然由来 VOC の中に植物由来 VOC が含まれる）や BVOC を含むインベントリの開発は見出される。

(1) 米国

・ BVOC の観測

米国地質調査所 (USGS: U. S. Geological Survey's) の地球資源観測システム (EROS: Earth Resources Observation and Science) データセンター (EDC) の 1 km に分類された土地被覆データは、地理情報システム (GIS: Geographic Information System) を使用して他の土地利用データと組み合わせられ、生物起源の土地被覆データベース (BELD: Biogenic Emissions Landcover Database) が作成されている。土地被覆データは、米国本土の生体排出量を推定するために使用される。これらの排出量には、植生からの揮発性有機化合物 (VOC) の排出量と、土壌からの一酸化窒素 (NO) の排出量が含まれる。EDC データは主に米国西部で使用され、米国農務省の農業センサスや米国森林局の東部森林インベントリ及び分析データベース (EWDB: Eastwide Forest Inventory and Analysis Database) 等の他のソースは米国東部で使用されている。排出係数は特定の作物や樹木属によって大幅に異なり、EDC スキームの混合分類は、実際の作物/属の混合を常に正確に反映しているとは限らない。但し、衛星から得られた植生指数やその他の土地被覆特性の将来使用は、生物起源の排出モデルの重要な要因である葉面積指数 (LAI: Leaf Area Index) の地理的分布と季節変動を理解するのに役立つ可能性がある⁹¹。

生物起源の排出源インベントリとして、以下がある。これらのインベントリは、光化学グリッドモデルへの入力値として用いられる。⁹²

- ・ BEIS (Biogenic Emission Inventory System)
- ・ BELD3 (Biogenic Emissions Landuse Database, version 3)
- ・ BELD4.1 (Biogenic Emissions Landuse Database, version 4.1).

・ BVOC 対策

2016 年 7 月に EPA が公表した「道路周辺大気改善のための道路脇植生壁構築についての推奨事項 (Recommendations for Constructing Roadside Vegetation Barriers to Improve

⁹¹

https://www.researchgate.net/publication/315050643_United_States_Land_Use_Inventory_for_Estimating_Biogenic_Ozone_Precursor_Emissions 2020 年 11 月閲覧。

⁹² <https://www.epa.gov/air-emissions-modeling/biogenic-emission-sources> 2020 年 12 月閲覧。

Near-Road Air Quality)」⁹³は、排気ガス等に由来する大気汚染物質への曝露による人体の健康影響を軽減する方策の1つとして、実例を示しつつ道路周辺での植生を推奨したものである。ここでは、植生による大気質の改善の他、景観の向上や暑熱の緩和等の便益に触れつつも、それによる意図しない結果が生じないように配慮すべきとし、具体的には O₃ 生成に寄与する VOC を排出する種の植生は避けるべきであるとしている。

カリフォルニア州サクラメント市大気質管理局 (Sacramento Metropolitan Air Quality Management District: Sac Metro Air District)) が 2020 年 5 月に公表した「道路周辺大気質改善のための修景ガイダンス (Landscaping Guidance for Improving Air Quality Near Roadways)」⁹⁴は EPA の推奨事項を参照しつつ、一部の種の植物が地表 O₃ 生成に寄与する生物起源揮発性有機化合物 (BVOC) を排出するため、それらへの留意を促している。同ガイドラインに付属する資料集 (Resources) には個別の樹木種の名称と BVOC 排出程度等の属性が記された表が掲げられており、BVOC の排出量が低い (Low) か中程度 (Medium) の種を選ぶように記されている。

表 2-150 種の名称と BVOC 排出程度等の属性

Common Name	Scientific Name	Family	Type	Height	Crown Diameter	Foliage Density	CA Native	Allergen**	BVOC ***	Notes
Australian Willow	Geijera parviflora	Rutaceae	Tree	20'	15'	Low	No	Low	Medium	White flowers. Older trees take on weeping form.
Austrian Black Pine	Pinus nigra	Pinaceae	Tree	45'	25'	Medium	No	---	Medium	Dense structure with dark-green needles.
Bronze Loquat	Eriobotrya deflexa	Rosaceae	Tree	15'	15'	Low	No	Low	High	Fragrant white flowers. Sensitive to frost.
California Bay Laurel	Umbellularia californica	Lauraceae	Tree	45'	30'	Medium	Yes	---	Medium	Fragrant leaves, small flowers, and fruit.
California Inoense Cedar	Calocedrus decurrens	Cupressaceae	Tree	70'	20'	High	Yes	High	Medium	Fragrant needles, lower branches absent when mature.
Camphor	Cinnamomum camphora	Lauraceae	Tree	50'	30'	Medium	No	---	High	Fragrant leaves and dark berries.
Canary Island Pine	Pinus canariensis	Pinaceae	Tree	65'	30'	High	No	High	Medium	Dark reddish bark and needles.
Carob Tree	Ceratonia siliqua	Fabaceae	Tree	35'	30'	Medium	No	---	Low	Large, seeded pods and dark green leathery leaves. Deep, infrequent irrigation required. Male flowers may give distasteful odor.
Catalina Cherry	Prunus ilicifolia ssp. lyonii	Rosaceae	Tree	20'	15'	Medium	Yes	---	---	Upright form and white flowers. Edible, large seeded fruit.
Cork Oak	Quercus suber	Fagaceae	Tree	60'	30'	Medium	No	Low	High	Cork-like bark. Acoms.
Deodar Cedar	Cedrus deodara	Pinaceae	Tree	65'	30'	High	No	High	High	Silver-gray needles, airy structure when fully mature.
Drooping She-Oak	Allocasuarina verticillata	Casuarinaceae	Tree	20'	15'	High	No	High	---	Needles. Can have sparse foliage.

出所) Sac Metro Air District, 'Landscaping Guidance for Improving Air Quality Near Roadways' : <http://www.airquality.org/LandUseTransportation/Documents/LandscapingGuidanceforImprovingAirQualityNearRoadwaysMay2020V2.pdf#search=BVOC> (2020 年 12 月閲覧)

⁹³ この推奨事項は複数の想定に用いることのできる一般的な検討として記されたものであり、特定の立地や高速道路用地または都市公園内での植生などに求められる許可要件に対応するものではないとしている (https://cfpub.epa.gov/si/si_public_file_download.cfm?p_download_id=528612&Lab=NRMRL)。

⁹⁴

<http://www.airquality.org/LandUseTransportation/Documents/LandscapingGuidanceforImprovingAirQualityNearRoadwaysMay2020V2.pdf#search=BVOC>

(2) 欧州

・BVOC の観測

欧州では、Copernicus という地球を監視するためのヨーロッパのプログラム⁹⁵があり、コペルニクス土地監視サービス (CLMS : Copernicus Land Monitoring Service) は、2011 年以来、欧州環境機関 (EEA : European Environment Agency) と合同調査センター (JRC : Joint Research Centre) によって共同で実施されている。同プログラムの前は、環境と安全のためのグローバルモニタリング (GMES : Global Monitoring for Environment and Security) プログラムで、同プログラムの MACC (Monitoring Atmospheric Composition and Climate) ⁹⁶において、自然からのガスとエアロゾルの放出モデル (MEGANv2.1) と、研究と応用のための現代の遡及的分析 (MERRA) の気象分野を使用して、利用可能な生体揮発性有機化合物 (BVOC) のグローバル放出データセット (MEGAN-MACC、1980 年から 2010 年の期間の月次ベース) が作成された。同モデルでは、イソプレン (70%)、モノテルペン (11%)、メタノール (6%)、アセトン (3%)、セスキテルペン (2.5%) 等からなる 760 Tg (C) (テラグラム・カーボン) /y の平均年間総 BVOC 排出量を推定した。

BVOC のインベントリについては、EMEP/EEA 大気汚染物質排出インベントリガイドブック (旧 EMEP CORINAIR 排出インベントリガイドブック) で整備されている⁹⁷。

長距離越域大気汚染条約 (CLRTAP : Convention on Long-range Transboundary Air Pollution.) に基づくプログラムとして、EMEP (European Monitoring and Evaluation Program) ⁹⁸があり、O₃ については、MSC-W (Meteorological-West) ⁹⁹において最新のモデル推計結果を公表している。

・BVOC 対策

BVOC データに基づく植物由来 VOC の対策は見当たらない。

ウィーン科学技術基金 (WWTF、プロジェクト番号 : ESR17-027) により、異なる都市樹種による O₃ の吸収と干ばつと塩分ストレスの VOC 生成への影響について、都市樹種の BVOC の研究¹⁰⁰がなされている。結論としては、以下が挙げられた。

- ・将来重要になる可能性のある都市樹種について、枯死を引き起こす可能性のある暑さや乾燥に対する一般的な反応について評価する必要がある。
- ・都市の大気質は、気候、人為的排出、都市構造、植生 (街路樹や公園の木の分布) と反応を考慮した統合分析で調査する必要がある。
- ・現在は、粗い解像度と気候と植生のフィードバックの欠如が課題であるが、新しい開発

⁹⁵ <https://www.eea.europa.eu/about-us/who/copernicus-1> 2020 年 11 月閲覧。

⁹⁶

<https://www.eea.europa.eu/themes/air/links/data-sources/macc-monitoring-atmospheric-composition-and> 2020 年 11 月閲覧。

⁹⁷ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook - European Environment Agency (europa.eu) 2020 年 12 月閲覧。

⁹⁸ <https://www.emep.int/> 2020 年 12 月閲覧

⁹⁹ https://www.emep.int/mscw/mscw_moddata.html 2020 年 12 月閲覧

¹⁰⁰ この論文は、2019 年 8 月に *Frontiers in Forests and Global Change* に投稿された。

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2019.00050/full> 2020 年 12 月閲覧。

は有望である。

- ・既存の樹木分布のインベントリは、空間的なモデリングアプローチを評価するために不可欠である。

研究論文「熱波時のベルリンにおける植生排出の大気質への影響」¹⁰¹では、都市植生が大気汚染除去・減少と BVOC の増加による大気汚染増加の 2 種類の役割があり、NO_x、VOC、PM の人為的供給源の削減とともに都市植林の検討も必要であるとしている。

英国 環境・食料・農村地域省 (DEFRA: Department for Environment Food and Rural Affairs) では、大気質専門家グループによる都市の大気汚染に対する植生の影響レポート (2018)¹⁰² を公開しており、この中で、BVOC についても研究されており、オーク、アスペン、ヤナギの種は BVOC を最も多く放出する種であると推定されているため植栽を避ける必要があるとしている。

(3) 中国

- ・ BVOC の観測

中国での植物由来 VOC 対策事例は見いだせない。研究事例の 1 例¹⁰³を紹介する。

衛星観測により、2001 年から 2016 年の中国の総 BVOC 排出量に対する土地被覆の変化の影響を評価し、総 BVOC 排出量が 1.09%/y 増加 (イソプレン: 1.35%/y、モノテルペン 1.25%/y、セスキテルペン 1.43%/y それぞれ増加) の有意な傾向が見られた。地域規模でかなりの不均一性が観察され、秦嶺山脈と中国南部で BVOC 排出の増加傾向が最も高く、2 地域における 2016 年の BVOC 排出量は、2001 年と比較してそれぞれ 61.89% と 67.64% 増加した。評価方法は、衛星ベースの O₃ 監視装置 (OMI) の長期 HCHO (ホルムアルデヒド) 垂直カラム (VC) 観測値¹⁰⁴を、夏のイソプレン放出の推定値と比較することによる。植生被覆率が高い地域で統計的に有意な正の相関係数を示した。これは、長年の中国緑化政策の影響も示唆されている。

中国では人為的発生源が約 63% の NMVOC 排出量を占めているが、BVOC の継続的な増加は、人為的排出量を削減するための継続的な取り組みとともに、中国の O₃ 汚染を管理する政策を立てる際に BVOC を考慮することの重要性を示唆している。

¹⁰¹ <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.6b06514> 2020 年 12 月閲覧

¹⁰²

https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat09/1807251306_180509_Effects_of_vegetation_on_urban_air_pollution_v12_final.pdf 2020 年 12 月閲覧。

¹⁰³ Land cover change dominates decadal trends of biogenic volatile organic compound (BVOC) emission in China : 16 March 2020 <https://acp.copernicus.org/preprints/acp-2020-28/acp-2020-28.pdf> 2020 年 11 月閲覧。

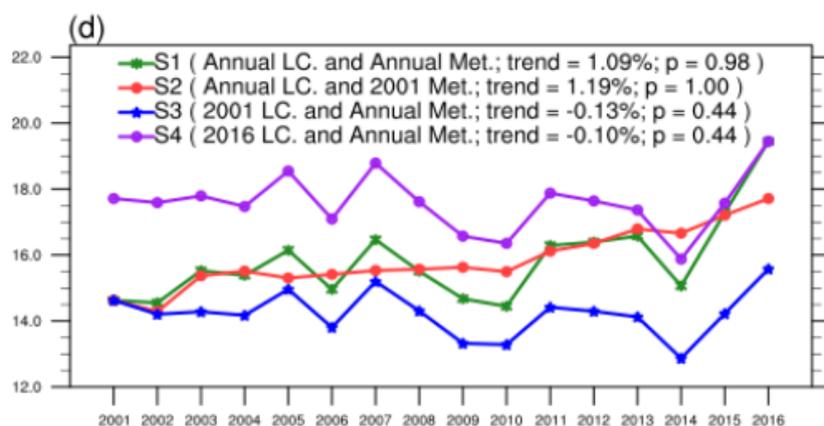
¹⁰⁴ 衛星によってイソプレンの主要な反応生成物であるホルムアルデヒドを観測し、イソプレンのグローバルな発生分布の解析に使われている。

表 2-151 BVOC 各種の年間平均排出量 (2016)

物質	排出量 (T (テラ) g/y)
Isoprene	7.56 (±0.74)
Monoterpenes	1.37 (±0.12)
Sesquiterpenes	0.16 (±0.02)
Other VOCs	6.73 (±0.46)
Total BVOCs	15.82 (±1.29)

注) 毎年更新される土地被覆パラメーターと気象条件の両方を踏まえた標準シナリオ (S1) の場合
出所) Land cover change dominates decadal trends of biogenic volatile organic compound (BVOC)
emission in China : 16 March 2020

<https://acp.copernicus.org/preprints/acp-2020-28/acp-2020-28.pdf> 2020 年 11 月閲覧。

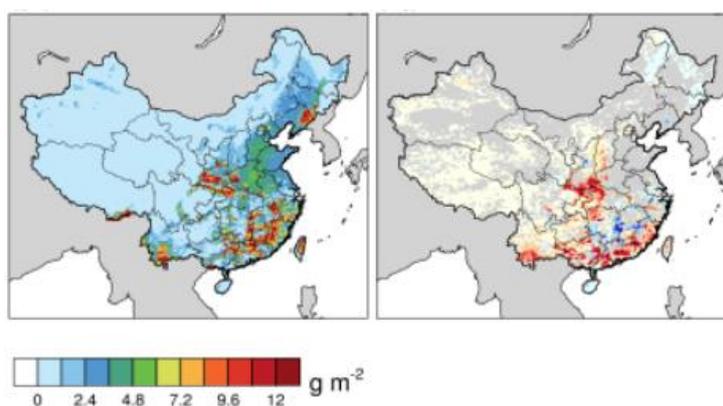


注) 毎年更新される土地被覆パラメーターと気象条件の両方を踏まえた標準シナリオは S1。

出所) Land cover change dominates decadal trends of biogenic volatile organic compound (BVOC)
emission in China : 16 March 2020

<https://acp.copernicus.org/preprints/acp-2020-28/acp-2020-28.pdf> 2020 年 11 月閲覧。

図 2-6 シナリオによる 2001 年から 2016 年までの中国における年間 BVOC 排出量

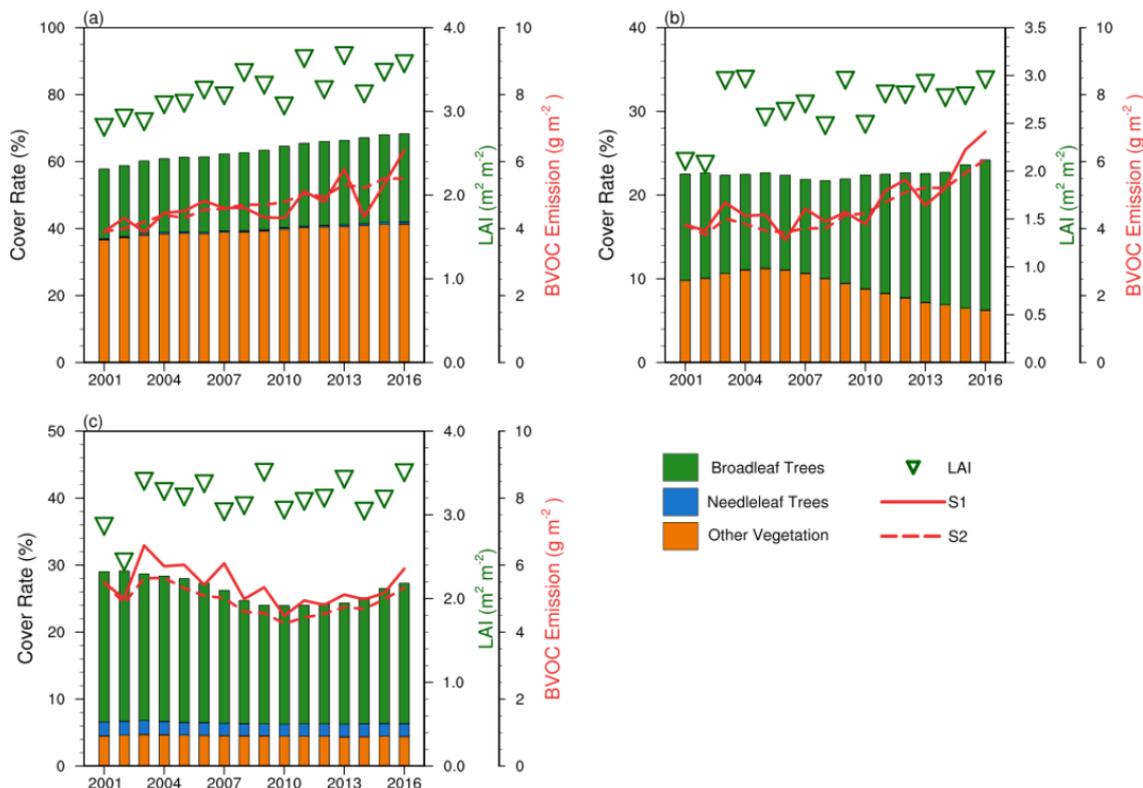


注) 右は 2001 年、左は 2016 年の年間平均。Mann-Kendall 検定を使用してフィルタリング。

出所) Land cover change dominates decadal trends of biogenic volatile organic compound (BVOC)
emission in China : 16 March 2020

<https://acp.copernicus.org/preprints/acp-2020-28/acp-2020-28.pdf> 2020 年 11 月閲覧。

図 2-7 中国の BVOC 総排出量の地域分布



注) 実線と破線は、それぞれ S1 と S2 の総 BVOC の平均放出流量率。LAI: 葉面積指数 (MEGAN (欧州の自然からのガスとエアロゾルの放出モデル) により葉の量と葉の年齢を定義)。(a) 秦嶺山、(b) 中国南部、(c) 江西省と湖南省の国境。

出所) Land cover change dominates decadal trends of biogenic volatile organic compound (BVOC) emission in China : 16 March 2020

<https://acp.copernicus.org/preprints/acp-2020-28/acp-2020-28.pdf> 2020年11月閲覧。

図 2-8 中国における植物機能タイプ別 BVOC の排出率の年次変化

・ BVOC 対策

BVOC データに基づく植物由来 VOC の対策は見当たらない。

(4) 日本

・ BVOC の観測

日本では、大学、環境省、国立環境研究所、産業技術総合研究所、自治体（東京都、埼玉県、川崎市、石油産業活性化センター等で、放出メカニズム、大気濃度変動、放出量、反応生成物等に関する研究が行われてきた。また、光化学オキシダントのシミュレーションにおいても植物起源 VOC の影響が考慮されている。そのため植物からの VOC 放出量インベントリの構築も行われてきている。最近では、日本での植物由来 VOC 対策事例は見いだせない。

環境省「光化学オキシダント調査検討会 報告書 (平成 29 年 3 月) 光化学オキシダント調査検討会」報告書では、MEGAN (樹種による基礎放出量の違いや気温や日射量による BVOC 排出量の変動は考慮) で推計された BVOC 排出量を 1/2 倍及び 2 倍にしたケースでシミュレーションが行われており、前駆物質 (VOC、NO_x) の排出量削減の感度解析結果に及ぼす影響を確認した。BVOC 排出量 2 倍ケースでは 0_x 前駆物質の削減効果は、BVOC 排出量 1 倍ケースと比較して VOC のみを削減した場合、0_x 濃度があまり低下しなくなり、NO_x も併せて削減

した場合、 O_x 濃度がより低下する。一方、BVOC 排出量 2 倍ケースでは山間部を中心に NMHC 濃度が約 1.5 倍増加することも確認された。同報告書では、今後の O_3 対策を検討するうえでは日本国内の BVOC 排出量の実態把握、BVOC 排出インベントリの精緻化が望まれるとの結論を得た。

・ BVOC 対策

BVOC データに基づく植物由来 VOC の対策は見当たらない。

2.2.3 米国、欧州、中国及び日本の VOC 対策の比較・考察

各国の VOC 排出削減の自主的取組及び植物由来 VOC への対策の比較を行う。

(1) VOC 排出抑制のための自主的取組の米国、欧州、中国及び日本の比較

中国を除き、米国、欧州では、規制による削減の補完的方法として、独自の自主的取組が見られる。

表 2-152 VOC 排出抑制のための自主的取組の米国、欧州、中国及び日本の比較

	プログラム名称/実施主体	概要
米国	「固定発生源の自主的措置 (Stationary Source Voluntary Measures)」/大気清浄法 (CAA) によっては規制されていない小規模・地域排出源	<ul style="list-style-type: none"> ・州は州実施計画 (SIP) において、企業 (固定排出源) による自主的な排出削減についての実施方法を規定することとされている。 ・大気清浄法 (CAA) で規制されていない小規模排出源が対象。 ・自主的措置は強制力はない。
	「自主的移動発生源排出削減制度 (Voluntary Mobile Source Emission Reduction Programs (VMEPs))」/企業	<ul style="list-style-type: none"> ・EPA が固定発生源同様、大気浄化法 (CAA) に基づく VMEPs を設けている。 ・従業員輸送管理制度 (通勤や移動のためのバンや乗用車の相乗り、バスの借り上げ等)、勤務時間変更 (テレワーク、勤務時間のシフト等)、地域ライドシェア・インセンティブ等 (通勤者に一人乗り車に代わる利用を奨励) 等。
欧州	エコラベル (EU Ecolabel) 制度/製品の製造者、輸入者及びサービス・プロバイダー	<ul style="list-style-type: none"> ・一定の要件を満たした製品・サービスを認証 (個別の製品にはそれぞれ含有上限値 (g/L)) ・製品の製造者、輸入者及びサービス・プロバイダー等が認証申請
	オランダ「炭化水素 2000 (Koolwaterstoffen 2000 (KWS2000))」/地方政府、自治体及び業界団体	<ul style="list-style-type: none"> ・EU の国別排出上限指令 (各国の排出上限値を規定) の達成方法は、各国に一任。 ・オランダには、日本と同様の取り組み (KWS2000) があつた。 ・KWS2000 は、「VOC 排出抑制戦略」の下での電力と農業を除く固定排出源からの VOC 排出削減を目的とした官民合同プロジェクト (1989-2000)。当時の住宅・国土計画・環境省 (VROM)、経済省 (EZ)、地方政府、自治体及び業界団体等によって準備され、事業者等との密接な協議によって策定された。
中国	見当たらない。	<p>(参考)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「主要産業における揮発性有機物の包括的な管理プログラムの発行に関する通知 (2019 年 6 月 26 日)」において、汚染物質が大量に排出される企業に専門的な技術サポートを提供し、実行可能な汚染管理計画を策定させる。重点地域の VOC 排出量の多い企業を組織して、「One Plant, One Policy」計画を 2020 年 6 月末までに策定させ実行させるとしている。
日本	自主的取組/経済産業省、業	<ul style="list-style-type: none"> ・事業の実態を踏まえた事業者の創意工夫と自発性が最大限発揮さ

	界団体	れる自主的取組により効果的な排出抑制を図る。 ・業界団体が策定する自主行動計画（目標）への企業の自主的な参加等、実情に応じ適切な対策を講じる。業界団体等が策定する自主行動計画にて目標を設定。
--	-----	--

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

(2) 植物由来 VOC への対策の米国、欧州、中国及び日本の比較

植物由来 VOC への対策については、欧州、米国、日本では植物由来 VOC インベントリ作成や同インベントリを使った O₃ のモデルによるシミュレーションの取組の研究事例はあるものの、各国とも施策として実施された植物由来 VOC への対策は見出されなかった。米国では環境省が道路脇植生壁構築について推奨事項として BVOC 排出種の植生を避けるとしており、カリフォルニア州サクラメント市でも同様のガイドラインがある。英国では英国 環境・食料・農村地域省の気質専門家グループによる都市の大気汚染に対する植生の影響レポート（2018）を公開しており、この中で、BVOC を最も多く放出する種の植栽を避ける必要があるとしている。

植物由来 VOC への対策の状況を下表にまとめる。

表 2-153 植物由来 VOC への対策の米国、欧州、中国及び日本の比較

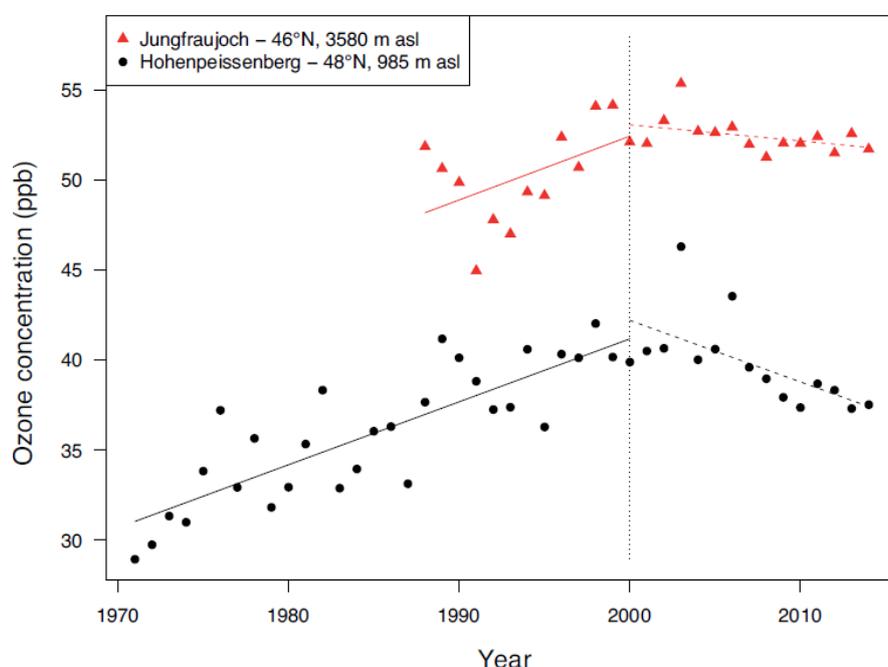
	植物由来 VOC の作成、O ₃ シミュレーションの取組等	VOC 対策の有無、ある場合はその取り組み
米国	BVOC インベントリ（BEIS、BELD3、BELD4.1）が開発整備され、O ₃ のモデルシミュレーションが行われている。	<ul style="list-style-type: none"> ・EPA が「道路周辺大気改善のための道路脇植生壁構築についての推奨事項」を公表し、BVOC 排出種の植生を避けるようにしている。カリフォルニア州サクラメント市も個別の種の属性を示した同様の趣旨のガイドラインを作成している。
欧州	BVOC のインベントリとして、EMEP/EEA 大気汚染物質排出インベントリガイドブックが整備されており、については、MSC-W で O ₃ の最新のモデル推計結果がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・英国 環境・食料・農村地域省で、大気質専門家グループによる都市の大気汚染に対する植生の影響レポート（2018）を公開しており、この中で、BVOC を最も多く放出する種の植栽を避ける必要があるとしている。 ・熱波時のベルリンにおける植生による VOC 排出の大気質への影響の研究があり都市植林の検討に言及している。 ・ウィーン科学技術基金により、異なる都市樹種による O₃ の吸収と干ばつと塩分ストレスの VOC 生成への影響について、都市樹種の BVOC の研究がある。
中国	欧州の植物由来インベントリを用い、衛星観測により BVOC 排出量の分析研究がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・実施された対策は見出されない。 ・左記の研究では、中国の O₃ 汚染を管理する政策を立てる際に BVOC を考慮することの重要性を示唆している。
日本	大学、環境省、国立環境研究所、産業技術総合研究所、自治体（東京都、埼玉県、川崎市）、石油産業活性化センター等で BVOC の影響評価といった研究がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・光化学オキシダント調査検討会」で取りまとめられ今後の O₃ 対策を検討するうえでは日本国内の BVOC 排出量の実態把握、BVOC 排出インベントリの精緻化が望まれるとしている。

2.3 各国のO₃濃度との比較等

(1) 対流圏O₃の増減傾向

対流圏O₃観測は、国際協力による大規模で十分に調整されたネットワークに進化し、オゾンゾンデ、航空機ベースの測定、及び全球衛星観測によって補完されているが、地表O₃観測はまだ不十分である。

ヨーロッパと北アメリカの大気質規制と汚染緩和措置は、大気質に著しくプラスの影響を及ぼした。2000年以降、ヨーロッパの対流圏O₃を反映する表面O₃バックグラウンドの平均濃度とピーク濃度の両方が横ばいになり、20世紀を通じて増加した後、一部の場所で減少し始めた。



注1) バックグラウンド濃度レベルの変化を特定するには、地域の排出量に直接影響されない場所での体系的な長期測定が必要。

注2) ホーエンパイセンベルク（ドイツ、48° N 985 asl）、ユングフラウヨッホ（スイス、46° N 3580m asl）の観測基地は、全球大気監視計画で、対流圏O₃評価報告書にデータを提供。

注3) O₃濃度レベルは、標高とともに増加するため、ホーエンパイセンベルクよりもユングフラウヨッホの方が高い

出所) WMO REACTIVE GASES BULLETIN, No. 2 October 2018

図 2-9 Jungfraujoch と Hohenpeissenberg でのバックグラウンドO₃濃度の長期的な傾向

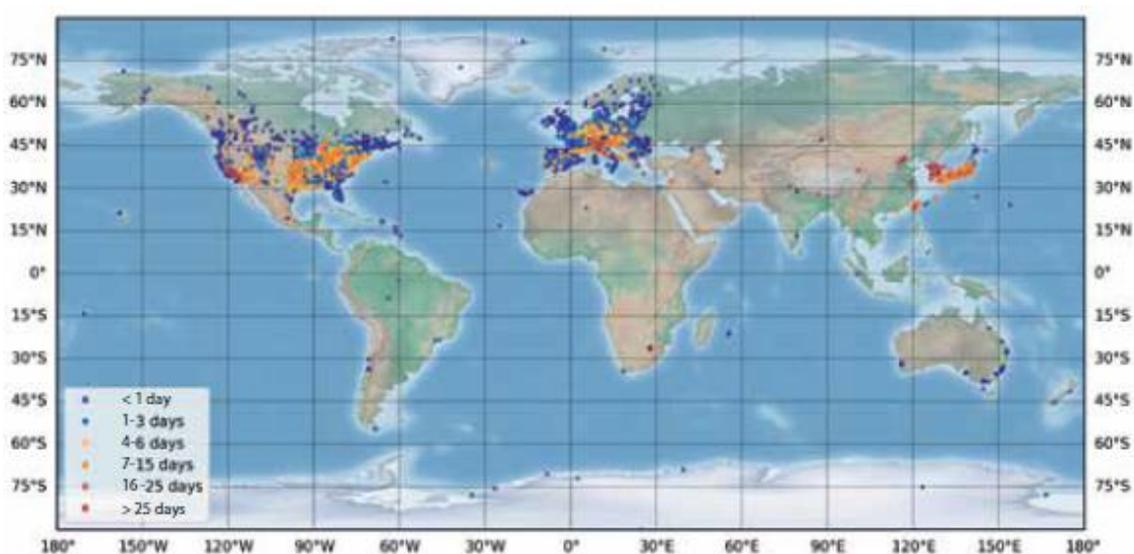
(2) 地表O₃の増減傾向

高地でのバックグラウンドO₃濃度の観測とは対照的に、東アジアのいくつかの利用可能な地上局では、2000年以降、地表O₃の継続的な増加が観察されている。さらに、O₃とその化学前駆物質の大気輸送により、一部の地表サイトが北米の西海岸でも継続的な増加を示している。

健康と植生への深刻な O_3 の影響は世界の多くの地域であまり一般的ではなくなっているが、バックグラウンドの O_3 濃度によって引き起こされる長期的な影響は依然として懸念されている。

高ピークの短期 O_3 曝露は、非都市サイトよりも都市サイトでより頻繁であり、測定が可能な地域の中で、夏季のピーク短期暴露値は、東アジア、南ヨーロッパ、及び北アメリカの西海岸で最も高くなっている。他の地域のピーク O_3 濃度の評価は、データが不足という制約がある。

対流圏 O_3 評価レポート (TOAR : Tropospheric Ozone Assessment Report) ¹⁰⁵によると、測定ステーションの密度は地域によって大きく異なり測定制約があるが、一般に、 O_3 値 (平均、2010~14年) が最も高いのは、北半球の中緯度の米国南部、地中海沿岸、インド北部、中国北部、中国西部と東部、韓国と日本であった。一方、 O_3 値 (平均、2010~14年) が低いのは、オーストラリア、ニュージーランド、南アメリカの南部、並びにヨーロッパ、カナダ、及び米国の北部の一部にある。



出所) WMO REACTIVE GASES BULLETIN, No. 2 October 2018

図 2-10 2010~2014年の平均で、 O_3 濃度レベルが70 ppb (米国の制限値)を超える1年あたりの日数の分布

季節別に見た利用可能な全ての非都市観測サイトでの日中平均表面 O_3 モル分率を以下に示す。

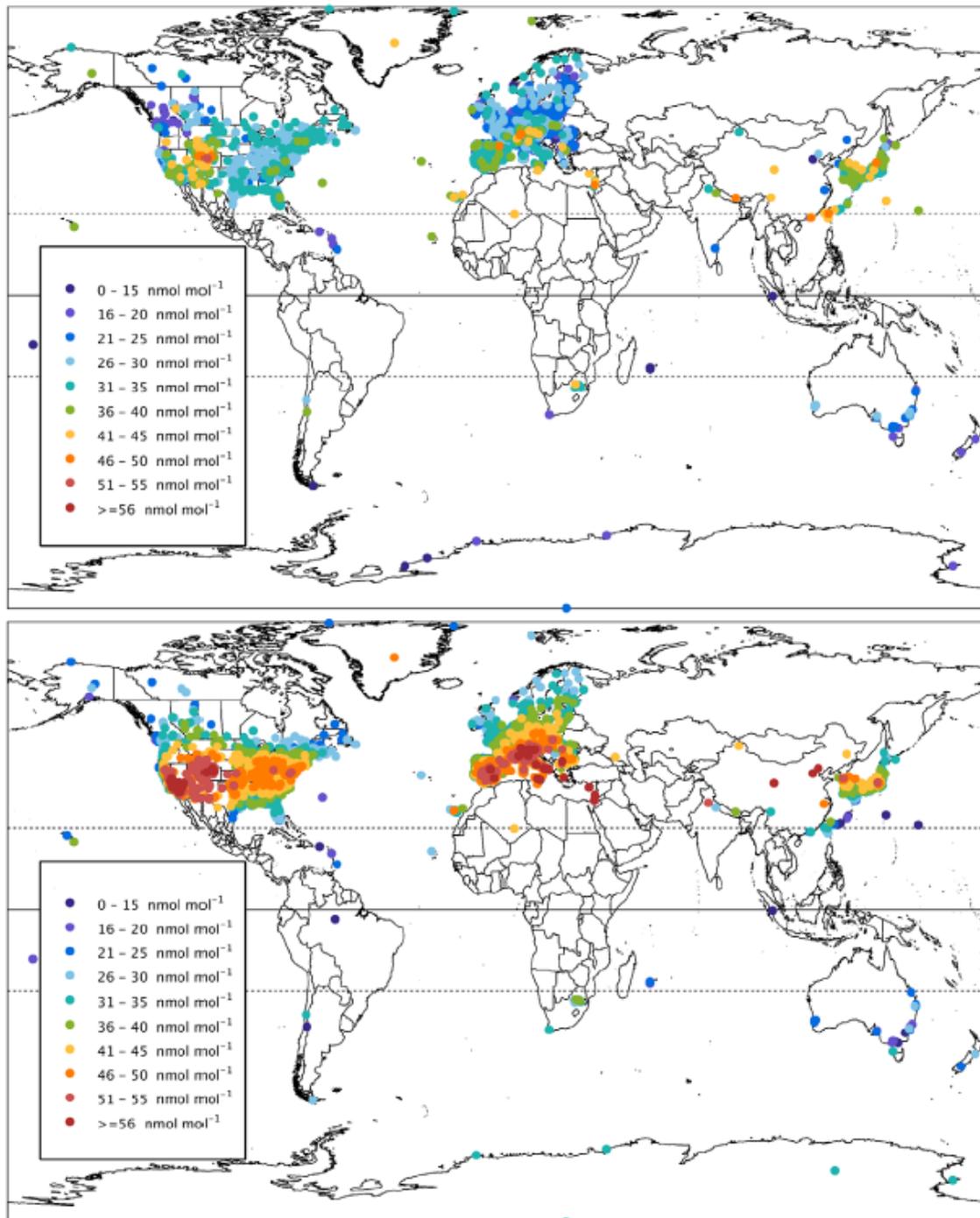
北半球冬では、高 O_3 ($> 40 \text{ nmol mol}^{-1}$ (ppb)) エリアは、主に高地に限定され米国西部、西ヨーロッパ (アルプス、アペニン、ピレネー)、日本中部、中国中部、ヒマラヤ、グリーンランド、アルジェリア南部、イザーニャ (カナリア諸島) となっている。 O_3 値は標高が低くなるにつれ値は小さくなり、標高の低い地域での高 O_3 値の観測は、カナダ西部、カリフォルニア南部、ユタ州北東部 (石油と天然ガスの採掘が激しい地域)、イスラエル、地中海

¹⁰⁵ 対流圏 O_3 評価レポート : 現在の対流圏 O_3 分布と植生に関連する傾向 研究記事 | 2018年6月28日
<https://online.ucpress.edu/elementa/article/doi/10.1525/elementa.302/112843/Tropospheric-Ozone-Assessment-Report-Present-day> 2020年11月閲覧。

島嶼部、及び韓国、日本、香港、台湾の近くの島/沿岸地域に限定される。

北半球夏では、高 O_3 値 ($> 50 \text{ nmol mol}^{-1}$ (ppb)) は、主に米国西部、南ヨーロッパ、中国、韓国、及び日本で、高地と低地の両方で北部の中緯度に集中している。

南半球の O_3 濃度は、観測点がまばらであるため評価が困難であるが、南アフリカの高地のみが 40 nmol mol^{-1} を超えていた。



注) 12月、1月、2月の2,702の非都市表面サイト(上)と6月、7月、8月の3,136の非都市サイト(下)での世界の日中平均 O_3 (nmol mol^{-1}) 2010-2014年。

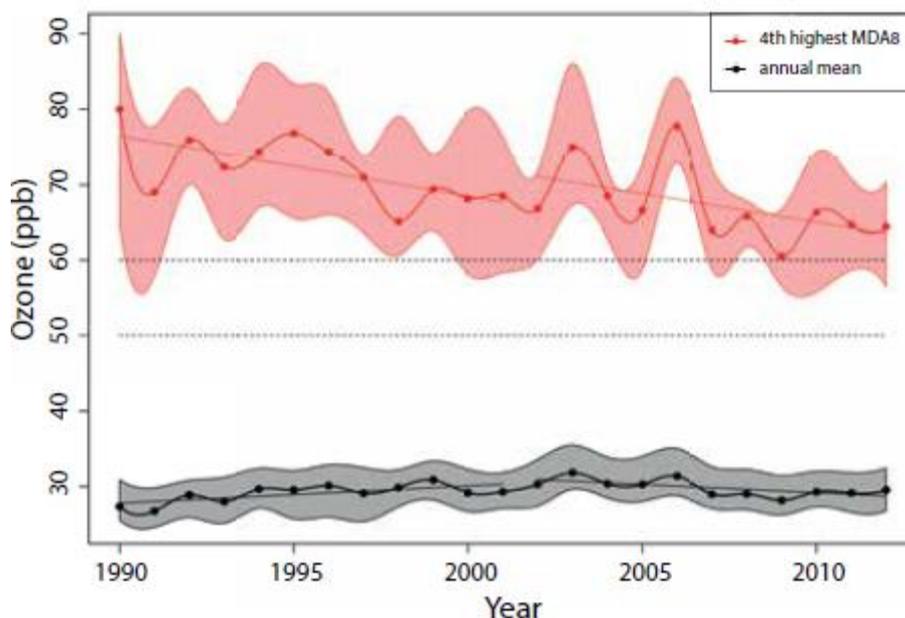
出所) 対流圏 O_3 評価レポート: 気候と全球大気化学モデルの評価に関連する対流圏 O_3 の現在の分布と傾向
研究記事 | 2018年5月10日

<https://online.ucpress.edu/elementa/article/doi/10.1525/elementa.291/112811/Tropospheric>

図 2-11 冬季（上段）及び夏季（下段）の O₃ 分布（2010-2014）

1990年代以降、人為起源の O₃ 前駆物質の排出量は、北米とヨーロッパで徐々に減少し、東アジアで増加した。ピーク O₃ 濃度の人体への曝露は、ヨーロッパと北アメリカで減少し、東アジアで増加した。2011年の中国排出規制措置は、O₃ の傾向に顕著な影響を与えるにはあまりにも最近のものであると考えられている。O₃ 前駆物質の人為的排出とは別に、気候変動に関連する気象学の変化も O₃ 分布に影響を与える可能性があると考えられている。

ヨーロッパ中の多くの場所で、1990年以降、年平均が減少していない場合でも、ピーク O₃ 濃度は明確な減少傾向を示しており、O₃ への人間の曝露を個別に調査する必要がある。



注) 1日の最大8時間平均 (MDA8) は、8時間の移動平均の4番目に高い1日の最大値。破線は、WHOの大気質ガイドライン (50 ppb) と欧州連合の長期目標。太い線はネットワーク全体の年間中央値であり、影付きの領域の下限/上限は25パーセンタイルと75パーセンタイル値。

出所) WMO REACTIVE GASES BULLETIN, No. 2 October 2018

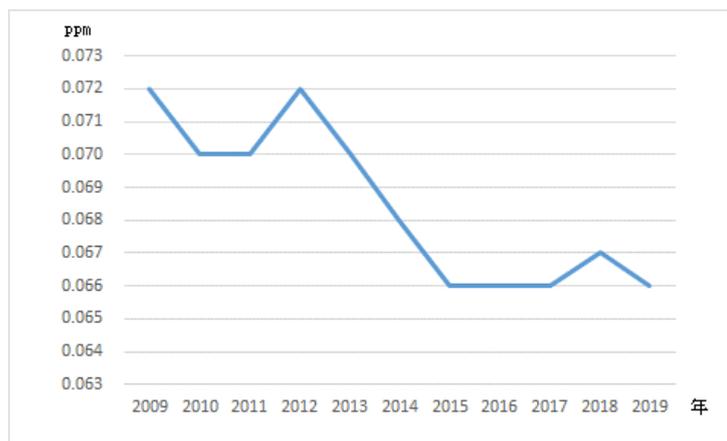
図 2-12 欧州モニタリング評価プログラム (EMEP) の55の地方モニタリングサイトにおける O₃ 濃度の年平均 (黒) とピーク (赤) の中央値の推移。

2003年と2006年の高 O₃ 濃度は、ヨーロッパ熱波に関連している。O₃ 曝露が最も高い場所と時期は対流圏 O₃ の変動性も影響を与えていると考えられている。

2.3.2 各国の O_x 濃度の把握

(1) 米国

米国国内における過去10年間における O₃ 濃度の減少傾向について図 2-13 に示した。同濃度は2012年に一時増加に転じたものの以降は減少を続け、2015年以降は 0.07ppm 近傍を推移している。



注) 濃度は全国測定地点の平均値を3カ年移動平均した値。

出所) 米国 EPA ホームページ (<https://gispub.epa.gov/air/trendsreport/2018/#highlights> : 2020年10月閲覧)

図 2-13 米国国内の O₃ 濃度 (ppm) の推移

図 2-1 の値は表 2-30 のとおりである。

表 2-154 米国国内の O₃ 濃度の推移

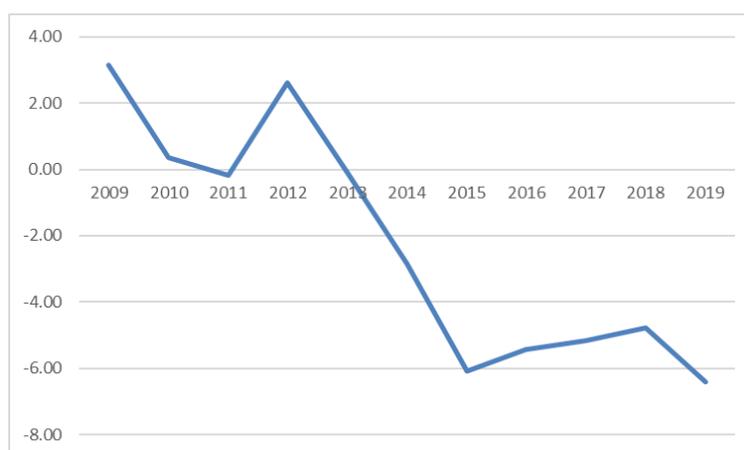
単位 (ppm)

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0.072	0.070	0.070	0.072	0.070	0.068	0.066	0.066	0.066	0.067	0.066

注) 濃度は全国測定地点の平均値を3カ年移動平均した値。

出所) 米国 EPA ホームページ (<https://gispub.epa.gov/air/trendsreport/2018/#highlights> : 2020年10月閲覧)。

この推移を図 2-2 に示す O₃ の環境基準である 0.07ppm との比率で見てゆくと、濃度の水準と同様減少の傾向を示している。但し、継続的に環境基準を下回ったのは 2013 年以降となっている。



出所) 米国 EPA ホームページ掲載データより三菱総合研究所作成

(<https://www.epa.gov/air-trends/air-quality-cities-and-counties> 掲載のファイル「Air Quality Trends by City, 1990-2019 (XLSX)」: 2020年10月閲覧)

図 2-14 米国国内の O₃ の環境基準に対する比率の推移

米国における 179 ヶ所の O₃ 観測地点の 1990～2019 年までの日最大値 8 時間値の 4 番目に大きな値 (Fourth highest daily maximum 8-hour concentration) の推移を 179 ヶ所のうち 2019 年値が上位 10 ヶ所を選定し図 2-3 に示した。

上位 10 ヶ所のうち 6 ヶ所がカリフォルニア州 (図中凡例の「CA」) であり、カリフォルニア州における O₃ 濃度が高くなっていると言える。

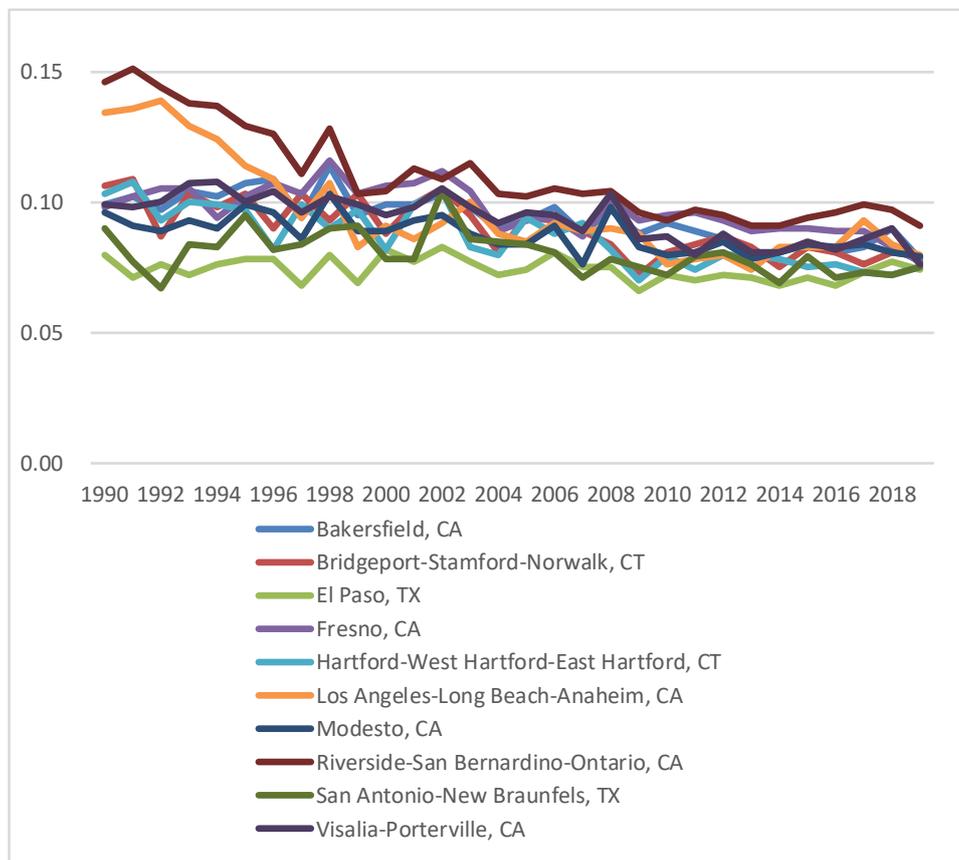


図 2-15 米国 都市別 O₃ 濃度の推移 (ppm)

注) 各年の値は、8 時間値の日最大値の 4 番目に大きな値。

出所) 米国 EPA ホームページ掲載データより三菱総合研究所作成

(<https://www.epa.gov/air-trends/air-quality-cities-and-counties> 掲載のファイル「Air Quality Trends by City, 1990-2019 (XLSX)」: 2020 年 9 月閲覧)

各都市の値は、下表のとおりである。

表 2-155 米国 都市別 O₃ 濃度の推移 (ppm)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Bakersfield, CA	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.09	0.11	0.10
Bridgeport-Stamford-Norwalk, CT	0.11	0.11	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10
El Paso, TX	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07
Fresno, CA	0.10	0.10	0.11	0.11	0.09	0.10	0.11	0.10	0.12	0.10
Hartford-West Hartford-East Hartford, CT	0.10	0.11	0.09	0.10	0.10	0.10	0.08	0.10	0.09	0.10
Los Angeles-Long Beach-Anaheim, CA	0.13	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.09	0.11	0.08
Modesto, CA	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09
Riverside-San Bernardino-Ontario, CA	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.11	0.13	0.10
San Antonio-New Braunfels, TX	0.09	0.08	0.07	0.08	0.08	0.10	0.08	0.08	0.09	0.09
Visalia-Porterville, CA	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bakersfield, CA	0.10	0.10	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09
Bridgeport-Stamford-Norwalk, CT	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.07
El Paso, TX	0.08	0.11	0.11	0.10	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07
Fresno, CA	0.11	0.10	0.10	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09
Hartford-West Hartford-East Hartford, CT	0.08	0.09	0.09	0.10	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.07
Los Angeles-Long Beach-Anaheim, CA	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Modesto, CA	0.09	0.11	0.11	0.12	0.08	0.08	0.09	0.08	0.10	0.08
Riverside-San Bernardino-Ontario, CA	0.10	0.08	0.10	0.09	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.10
San Antonio-New Braunfels, TX	0.08	0.10	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08
Visalia-Porterville, CA	0.10	0.00	0.00	0.00	0.09	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bakersfield, CA	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08

Bridgeport-Stamford-Norwalk, CT	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
El Paso, TX	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07
Fresno, CA	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08
Hartford-West Hartford-East Hartford, CT	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
Los Angeles-Long Beach-Anaheim, CA	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08
Modesto, CA	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Riverside-San Bernardino-Ontario, CA	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09
San Antonio-New Braunfels, TX	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08
Visalia-Porterville, CA	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08

注) 各年の値は、8時間値の日最大値の4番目に大きな値。

出所) 米国EPAホームページ掲載データより三菱総合研究所作成

(<https://www.epa.gov/air-trends/air-quality-cities-and-counties> 掲載のファイル「Air Quality Trends by City, 1990-2019 (XLSX)」: 2020年9月閲覧)

2018年4月現在、EPAによると、2015年O₃基準を達成した郡(County)の数に基づく基準達成率は85%であった¹⁰⁶。未達成(nonattainment)の郡(インディアン居留地を含む)は209あり、郡が所在する単一の州としてはカリフォルニア州の33か所が最も多く、全体の15.8%を占める。これら33の郡には、未達成の程度が最も厳しく評価される「極めて重大(Extreme)」の郡が2か所、またそれよりも2段階低い「深刻(Serious)」¹⁰⁷の郡が2か所あった。さらに、上述の州横断型大気汚染規制(CSAPR)によりNO_x排出規制の対象となる東部の諸州、すなわちジョージア州、イリノイ州、インディアナ州、ケンタッキー州、メリーランド州、ミシガン州、ミズーリ州、ニュージャージー州、ニューヨーク州、オハイオ州、ペンシルバニア州、テキサス州、ヴァージニア州、ウィスコンシン州での未達成の郡数は合計で116か所であり、全体の半数を超える55.5%に上る。このように、米国でのO₃基準達成率を評価する際は州や地域ごとの事情を考慮する必要がある。

(2) 欧州

2017年のO₃のデータは、EEA-39諸国(ギリシャ、アイスランド、コソボ、リヒテンシュタインを除く全て)とアンドラの35か国の1,903ステーションから報告された。17の加盟

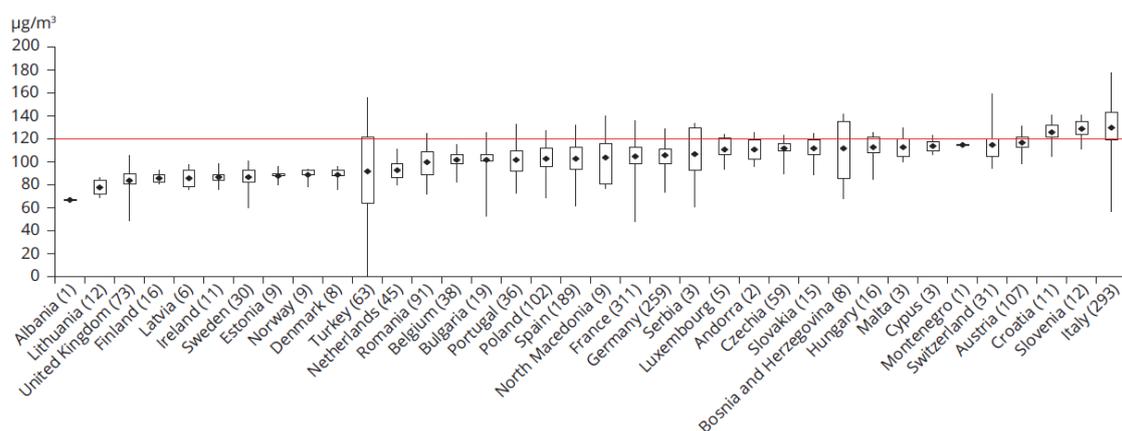
¹⁰⁶ EPA, 'Fact Sheet - Final Area Designations for the National Ambient Air Quality Standards for Ozone Established in 2015':

https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-04/documents/placeholder_0.pdf 2020年9月閲覧

¹⁰⁷ 「極めて重大」の郡を含む地域(area)は、未達成地域の指定が有効となった日から20年以内、「深刻」については同じく9年以内に基準を達成するよう求められる。

国及びその他の6つの報告国は、 O_3 目標値を超える濃度を25回以上記録した。合計で、 O_3 を報告する全てのステーションの20%、最小データカバレッジは75%で、2017年の人間の健康の保護に関する目標値を超える濃度を示した。合計で、2017年に報告された全ての観測所の5% (97) と497の農村のバックグラウンド観測所の9つだけが、人間の健康保護のために設定された O_3 のWHO AQG値 (8時間平均 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 未満の値であった。

各報告国の最も人口の多い都市の O_3 バックグラウンド濃度に関する情報を図2-16に示す。欧州の O_3 の環境基準は $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ である。



注) グラフは、国ごとに、毎日の最大8時間平均濃度値の93.2パーセンタイルに基づく。これは、稼働中の8時間平均の26番目に高い最大値に対応。各国について、考慮された観測点の数 (括弧内)、及びその観測点で記録された最低値、最高値、平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) が示す。四角形は25パーセンタイルと75パーセンタイルを示す。ステーションの25%では、レベルは低いパーセンタイルを下回っている。ステーションの25%では、濃度は上位パーセンタイルを超えている。EU指令によって設定された目標値の閾値を、横線で示す。目標値の法的定義は、1年だけでなく3年の平均も考慮していることに注意。国の状況は考慮される観測点の数に依存する。

出所) Air quality in Europe - 2019 report - DevelopmentAid

https://www.developmentaid.org/api/frontend/cms/uploadedImages/2019/10/Air-quality-in-europe_2019-final.pdf 2020年9月閲覧

図 2-16 2017年の目標値と各国の観測所の数及び O_3 濃度

O_3 濃度のピークは、気象条件と強く関連しており、暖かくて停滞する高圧状態で発生する。通常夏に発生し、前駆物質 (窒素酸化物、 NO_x 、及び揮発性有機化合物、VOC) の人為的放出によって引き起こされる。2017年は最も暖かい年である2016年よりも涼しかったが、2017年は記録的な3つの最も暖かい年の1つであり、エルニーニョイベントの影響を受けなかった最も暖かい年であった。平均して、ヨーロッパ全体で2017年はその時点まで5番目に暖かい年であった (WMO、2018年)。

1990年以降、 O_3 濃度のピークは、年の初め、つまり春と初夏にシフトした。これは、主に7月と8月のピーク O_3 濃度の低下が原因であった。

2017年、Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS、2018) は、2017年の最悪の O_3 ピークは6月19日から22日と5月27日から30日までの発生と推定した。これは、春に見られる最高気温の異常があった2017年の気象特性と一致した。交通と産業の排出量は、これらの O_3 ピークの主な原因と見なされた。

日本・米国・欧州との比較のため、2017年 O_3 濃度の欧州連合全体で平均された大気質指

標の推定年間平均値を下表に示す。

表 2-156 EU 全体の 2017 年 O₃ 濃度の推定年間平均値

単位：μg/m³

推定年間平均値	最大値
34	42

注) 推定年間平均値 background の値

出所) https://emep.int/publ/reports/2020/Country_Reports/report_EU.pdf。2020 年 9 月閲覧
EU 大気質統計¹⁰⁸で EU の 2019 年 O₃ の 93.15percentile 値(background)を下表に示す。

表 2-157 EU の 2019 年 O₃ の 1 日の最大 8 時間平均濃度の 93.15percentile 値 (background)

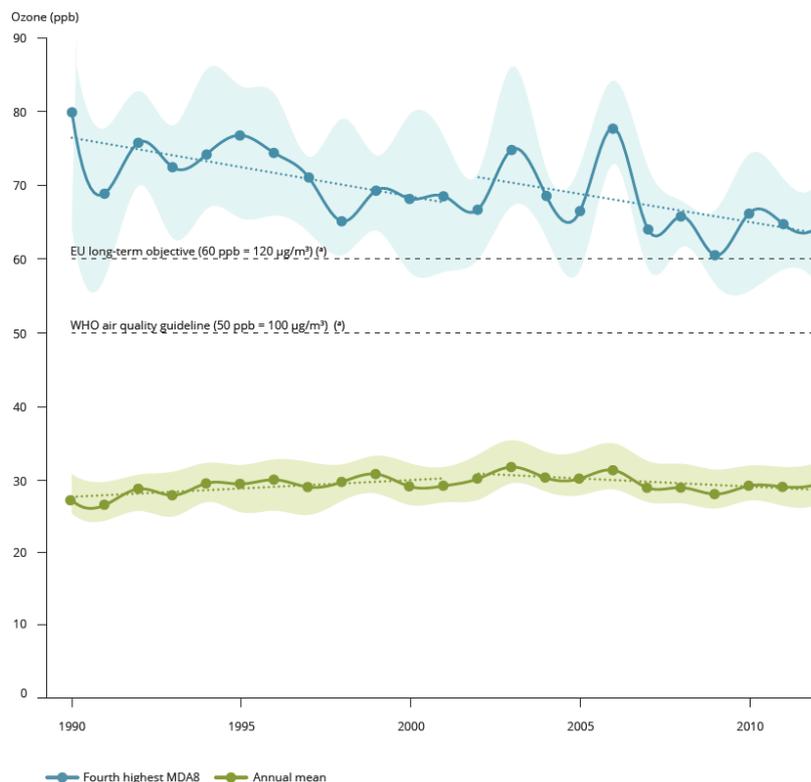
単位：μg/m³

地方部	都市部
60.5-171.9	35.0-194.2

注) background の値

出所) 大気質統計-欧州環境庁より検索。

O₃ 濃度の長期傾向を以下に示す。



注) 上が MDAS (Mean values of the daily maximum 8h average) : 8 時間移動平均の 4 番目に高い 1 日最大値、下が平均値。

¹⁰⁸ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-quality-statistics>
<https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer/#>

出所) Air quality in Europe – 2018 report EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) , 2016.

図 2-17 EU の O₃ 濃度の推定年間平均値と MDA8 の長期傾向

EU-28 では 2000 年から 2016 年の間に O₃ 前駆物質の排出量 (NO と VOC) が約 40% 減少したという事実にもかかわらず、ほとんどの O₃ 指標で同様の傾向は見られていない。1990 年から 2012 年の期間の年平均は横ばいとなっている (EMEP : European Monitoring and Evaluation Programme、2016 年)。8 時間移動平均の 4 番目に高い 1 日最大値 (4 番目に高い MDA8 : Mean values of the daily maximum 8h average) は減少傾向となっている。

最近状況¹⁰⁹では、2017 年から 2019 年の同時期と比較して、2020 年の封鎖中に、都市測定基地局での毎日の O₃ 平均濃度は、ニースで 24%、ローマで 14%、トリノで 27%、バレンシアで 2.4%、武漢で 36% 増加した。この O₃ 濃度の増加は、NO による O₃ 滴定の低下につながる NO_x 排出量の前例のない減少によって主に説明される。NO₂ の大幅な削減平均濃度は全てのヨーロッパの都市で観察された。武漢 (57%) に匹敵する都市測定基地局で約 53%、道路測定基地局で約 65% はさらに減少し、ヨーロッパ全体の都市測定基地局では約 63%、道路測定基地局では約 78% 減少した。

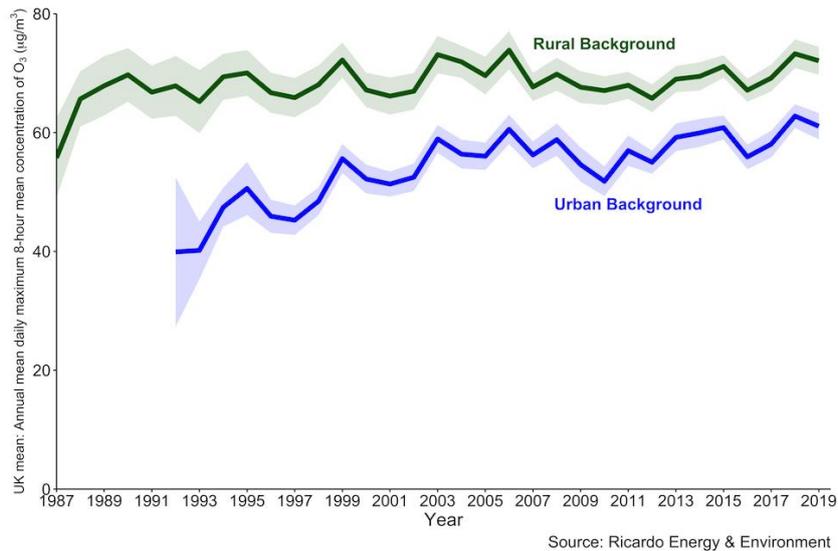
1) 英国

英国では、モデル検討において、都市部で NO₂ 濃度は減少し、O₃ 濃度は増加する可能性があるほか、O₃ が長距離移動し、元の汚染源から遠く離れて高濃度に到達する可能性もあるため、他の前駆汚染物質の排出量推定や濃度の測定のみでは、O₃ への潜在的な曝露を評価するには不十分であると考えられている。O₃ 濃度の測定は、英国における O₃ 汚染を評価する唯一の方法の 1 つとなっている。

英国では、EU 指令に基づき、大気質基準規則 (2010) において、目標値であるが、O₃ の 8 時間濃度の 3 年平均が 120 µg/m³ を超える日数が 1 年あたり 25 日以内という目標が設定されている。

1 日の最大 8 時間濃度の年間平均を示し、年間データ収集率が 75% 以上の全てのサイトにわたって平均された O₃ データ推移を示す。影付きの領域は、都市部 (青) と農村部 (緑) の年間平均濃度の 95% 信頼区間を表している。

¹⁰⁹ 「COVID-19 ロックダウン中の都市における O₃ 汚染の拡大」 Science of The Total Environment 735 巻、2020 年 9 月 15 日、<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972033059X> 2020 年 9 月閲覧



出所) <https://www.gov.uk/government/publications/air-quality-statistics/concentrations-of-ozone>
2020年8月閲覧

図 2-18 英国の都市部、農村部の O₃ 濃度推移 (8 時間値)

a. 都市部の O₃ 濃度

都市の O₃ 濃度は長期的な増加を示すが、過去 10 年間は安定している。

1 日の最大 8 時間平均濃度は、1992 年以降増加傾向を示した。但し、2019 年の値 (61.1 µg/m³) は、2018 年の値 (62.8 µg/m³) からほぼ変化はない (統計的有意性は無い)。

1992 年から 2000 年代半ばにかけて、都市部の O₃ 濃度は増加した。これは、都市部での O₃ の形成を阻害する可能性のある窒素酸化物排出が英国とヨーロッパで減少したことが原因であった可能性がある。

濃度は 2000 年代半ば以降変動しており、高 O₃ 濃度に関連する暑い夏の気象条件発生の変動により、年々の変動が予想される。

O₃ の最高濃度は 2019 年と 2018 年に記録され、特に春と夏の暑く晴れた年に多くの O₃ が生成されると考えられている。

b. 農村部の O₃ 濃度

農村部の O₃ 濃度は明確な長期的傾向を示していない。

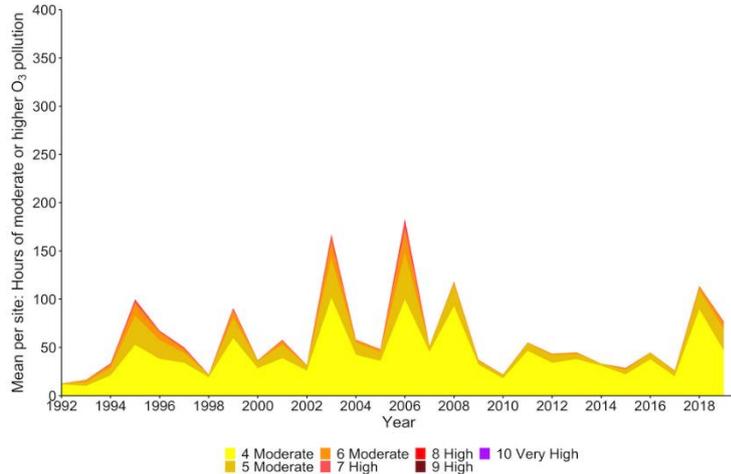
1 日の平均最大 8 時間濃度は、1987 年の時系列の開始以降変動し、2019 年には 72.1 µg / m³ であった。但し、2019 年の濃度は、2018 年の濃度 73.3 µg / m³ から変化していない (統計的有意性は無い)。高 O₃ 濃度に関連する暑い夏の気象条件発生の変動により、年々の変動が予想され、濃度の将来の傾向は、O₃ 前駆物質の地球規模の排出に依存する可能性があると考えられている。

c. 濃度が人間の健康に影響を与える可能性のある平均時間数の年間傾向

O₃ の場合、最新の 8 時間の移動平均濃度が 100 µg / m³ を超えると、「中程度」の大気汚染 (大気汚染の健康への影響に対して脆弱な市民による行動が必要) となる。色分けされたカ

テゴリは、大気質指数のカテゴリに関連している。

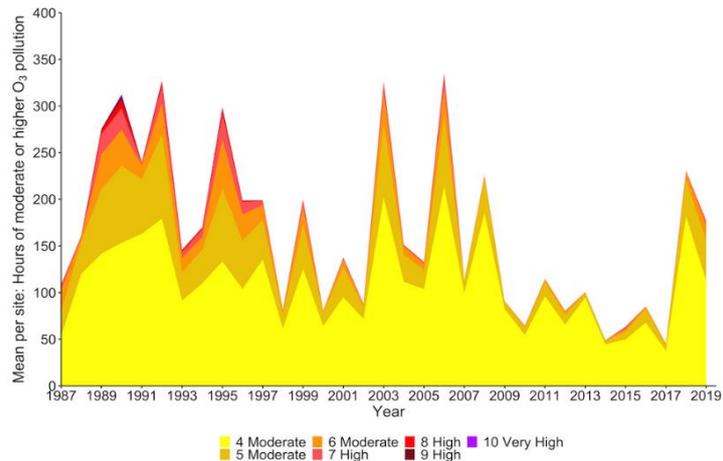
Band	Index	Ozone
		Running 8 hourly mean µg/m ³
LOW	1	0-33
	2	34-66
	3	67-100
MODERATE	4	101-120
	5	121-140
	6	141-160
HIGH	7	161-187
	8	188-213
	9	214-240
VERY HIGH	10	241 or more



出所) <https://www.gov.uk/government/publications/air-quality-statistics/concentrations-of-ozone>
2020年8月閲覧

図 2-19 英国都市部の O₃ 濃度が人間の健康に影響を与える可能性のある平均時間数の年間傾向

Band	Index	Ozone
		Running 8 hourly mean µg/m ³
LOW	1	0-33
	2	34-66
	3	67-100
MODERATE	4	101-120
	5	121-140
	6	141-160
HIGH	7	161-187
	8	188-213
	9	214-240
VERY HIGH	10	241 or more



出所) <https://www.gov.uk/government/publications/air-quality-statistics/concentrations-of-ozone>
2020年8月閲覧

図 2-20 英国農村部の O₃ 濃度が人間の健康に影響を与える可能性のある平均時間数の年間傾向

2018年から2019年の間に農村部と都市部の過去8時間の平均 O₃ 濃度が 100 µg/ m³を超えた時間数が減少した。但し、2018年の農村部と都市部の両方で 100 µg/ m³を超える時間数は、過去10年間で最も高く、2019年が2番目に高い。

農村部では、O₃濃度が 100 µg/ m³を超えた平均時間数は2019年の230.4と比較して176.7、都市部の比較可能な数値は、2018年の113.9時間と比較して、2019年は76.8時間となった。

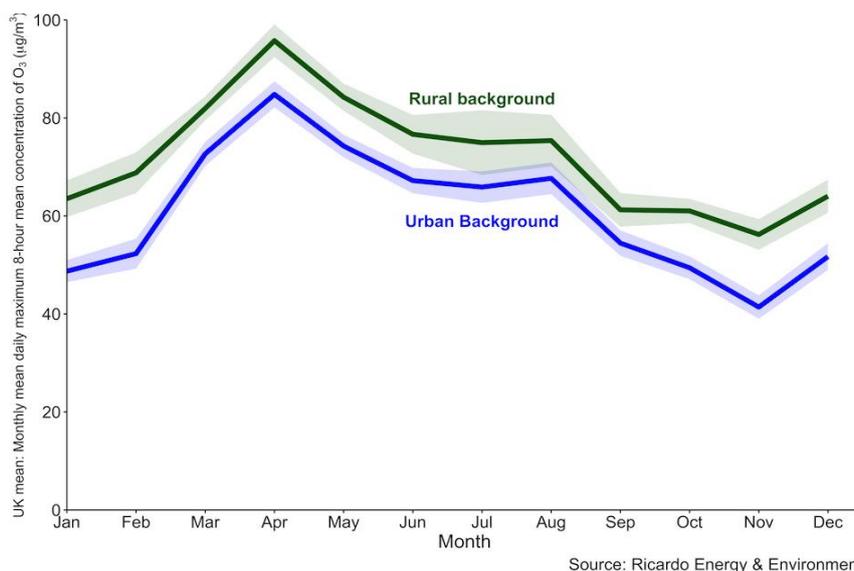
農村部の全体的な傾向は、汚染の長期的な減少で、同じことが都市部にも当てはまるがその減少は都市部の程度よりは低い。汚染の長期的な減少は、O₃の形成につながる物質(VOC、窒素酸化物等)の地球規模での排出量の減少によるものと考えられている。

O₃濃度は天候の影響を強く受けており、2003年、2006年、2018年、2019年の暑い夏等、

時間やピークの変動が大きくなる。これは、気象の影響と汚染物質排出量の変化の影響を区別するために長い期間のモニタリングが必要であるとしている。

d. O₃ 濃度の月変動

2019年の1日の最大8時間濃度の年間平均を示し、年間データ収集が75%以上の全てのサイトにわたって平均されたO₃データ推移を示す。網掛け部分は、都市部（青）と農村部（緑）の月平均濃度の95%信頼区間を示す。



出所) <https://www.gov.uk/government/publications/air-quality-statistics/concentrations-of-ozone>
2020年8月閲覧

図 2-21 英国のO₃濃度の月変動（2019年、8時間値）

2) ドイツ

成層圏で形成されたO₃（短波長紫外線によるO₂分子の光解離によってO₃生成）は拡散により対流圏に輸送され、表面付近の濃度は約5~10 ppb（自然なバックグラウンド濃度）となる。対流圏には、短波長紫外線が無いと成層圏と異なり短波長紫外線によるO₂分子の光解離によってO₃生成は起きない。

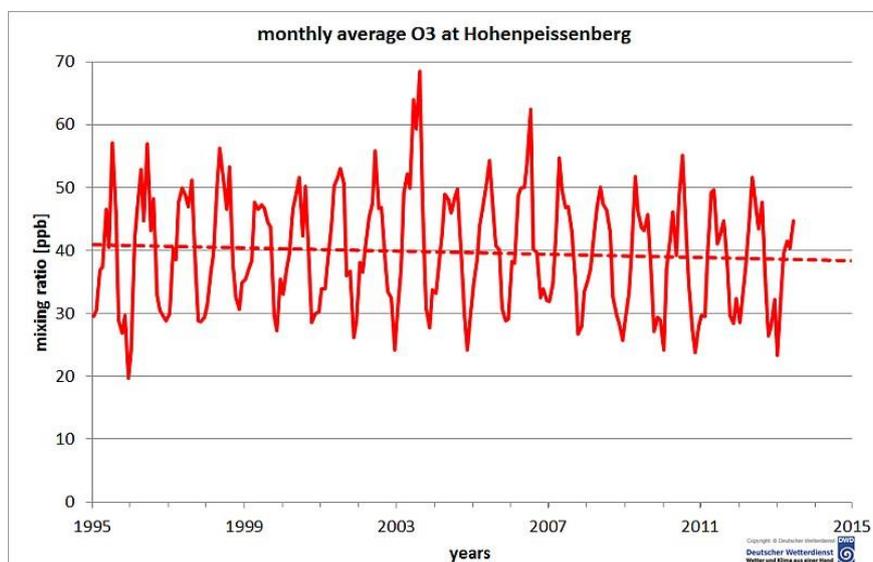
地表では、炭化水素と窒素酸化物が関与する複雑なメカニズムに従ってO₃が生成され、高放射（夏）の日や人為的汚染の影響を受けた大気の高効率なトレーサーとして自然なバックグラウンド濃度との総和としてO₃が観測されている。

ホーエンパイセンベルク気象台で、地表O₃と枠組みで1995年からGAW(Global Atmosphere Watch¹¹⁰)の枠組みで1971年から測定されている。

分布の高濃度へのシフトが観察された年があるが、過去18年間に最大O₃混合比で増加しないか、わずかしかなら増加しないことを示した。2013年までの過去10年間は、平均値の増減

¹¹⁰ 世界気象機関（WMO: World Meteorological Organization）のプログラムで、地球規模での大気の大気組成の測定、評価を整理している。

傾向は見られなかった。植物に有害であると疑われる 40 ppb (EU 指令) を超える濃度で O₃ が観察されており、農業及び林業における植物の損傷及び経済的損失に関して留意が必要としている。



出所) ドイツ気象局 (Deutscher Wetterdienst) ホームページ

https://www.dwd.de/EN/research/observing_atmosphere/composition_atmosphere/trace_gases/content_nav/o3_node.html 2020年9月閲覧

図 2-22 ドイツの O₃ 濃度の年変動 (8 時間値月平均値)

直近の情報¹¹¹では、ドイツ連邦環境庁 (UBA : Umwelt Bundesamt) によると過去 20 年間と比較すると、2019 年は O₃ 汚染のある平均的な年であった。但し、2019 年 7 月の終わりの日には、摂氏 40 度以上の異常に高い気温が発生したため、情報とアラームの閾値 (180 または 240 µg /m³) に多数の超過が発生し、最大値が 300 µg /m³ を超えた。さらに、健康を守るという長期目標 (平均 8 時間値で最大値 120 µg /m³¹¹²) については、前年と同様に、1 ステーションあたり超過日数平均 24 日間で、260 の全てのステーションで 120 µg /m³ を超えた。WHO が平均 8 時間値で 100 µg /m³ を超えないようにするという勧告に至っていない。強い日光に曝されると、O₃ は主に窒素酸化物と揮発性有機化合物の前駆物質汚染物質からの複雑な反応によって形成される。主に交通部門による窒素酸化物と塗料やワニス等の溶剤、接着剤、洗浄剤の使用による揮発性有機物質に由来する。しかし、多くの植物種はまた、揮発性有機化合物 (生物起源 VOC 及び BVOC) を、人為的排出に加えて、O₃ 形成の前駆物質として供給する。O₃ 形成への BVOC 影響の程度は、植物の気温や害虫の侵入等の他の要因とともに、気温と植物への水の供給に大きく影響される。水の供給が十分な場合、摂氏 30 度を超える高温は BVOC 排出量の急激な増加につながり、O₃ 形成の増加に寄与する。連邦環境庁

¹¹¹ ドイツ連邦環境庁 (UBA : Umwelt Bundesamt) プレスリリース

<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/luftqualitaet-2019-no2-rueckgang-setzt-sich-fort> 2020年9月閲覧

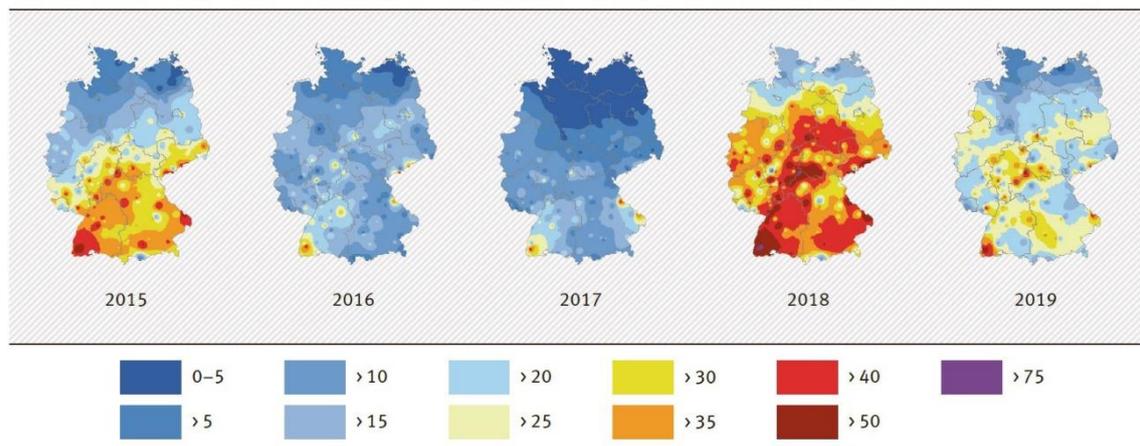
¹¹² 2010年の目標は、1日の最高8時間濃度が1年25日を超えて(平均3年間)120 µg /m³の値を超えないようにすること (EU 指令 2002/3 / EC 及び 2008/50 / EG)

長官ダークメスナーは、「気候変動の過程で、今後、暑い天気の期間が頻繁に発生し、O₃のピークが高くなる可能性がある。O₃による健康リスクを低減するために、人工 O₃ 前駆物質の排出を大幅に削減する必要がある。」とコメントした。

Räumliche Verteilung der Überschreitungstage des Langfristziels zum Schutz der Gesundheit

(Zahl der Tage mit maximalen 8-Stundenmittelwerten > 120 µg/m³)

Zeitraum 2015 bis 2019, erstellt aus Stationsmesswerten und geostatistischem Interpolationsverfahren



Quelle: Umweltbundesamt 2020

出所) <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/air-quality-2019> 2020年3月公表。2020年9月閲覧。

図 2-23 ドイツの健康保護の長期目標（平均8時間値の最大値 > 120 µg/m³）を超えた日の空間分布

日本・米国・欧州との比較のため、EU大気質統計でドイツの2019年O₃の93.15percentile値（background）を下表に示す。

表 2-158 ドイツの2019年O₃の1日の最大8時間平均濃度の93.15percentile値（background）

単位：µg/m³

地方部	都市部
97.55-139.58	98.05-130.11

注) backgroundの値

出所) 大気質統計-欧州環境庁より検索。

参考情報としてドイツの2019年O₃の93.15percentile値（industrial）の値を下表に示す。

表 2-159 ドイツの2019年O₃の1日の最大8時間濃度の93.15percentile値(industrial)

単位：µg/m³

地方部	都市部
109.48-120.74	111.229-121.181

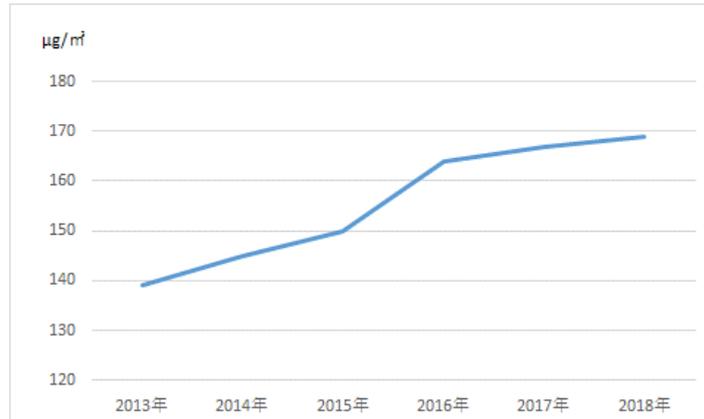
注) industrialの値

出所) 大気質統計-欧州環境庁より検索。

(3) 中国

大気汚染行動計画（2013年）以降、74都市での大気質レベルは改善しているとされているが、PM2.5、PM10については減少傾向にあるもののO₃については増加傾向にある。O₃はNO_xやVOCがその前駆物質として関連性があると同時に、太陽光の照射強度や温度とも関連性が高い。

過去においては大気中の粒子物濃度が高かったため、O₃の濃度が比較的低かったが、近年の大気環境対策の成果として粒子物濃度が低下したが、太陽光照射強度の上昇につれてO₃の濃度が却って高くなってきた。今後のO₃対策は主にNO_xとVOCに絞る必要があると清華大学環境学院の段雷教授が指摘している¹¹³。



出所) 平成30年度主要国の大気環境分野における環境規制等動向把握及び我が国の大気環境改善技術等の海外展開に係る検討業務 三菱総合研究所 及び中国環境状況公報（2013～2019）より三菱総合研究所作成、原典は以下を参照。

<https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/202006/P020200602509464172096.pdf> 2020年9月閲覧

図 2-24 中国におけるO₃大気汚染の経年推移（重点区域都市平均）

表 2-160 中国におけるO₃大気汚染の経年推移（重点区域都市平均）

（単位：µg/m³）

	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
O ₃ 年間平均濃度	139	145	150	164	167	169

出所) 平成30年度主要国の大気環境分野における環境規制等動向把握及び我が国の大気環境改善技術等の海外展開に係る検討業務 三菱総合研究所 及び中国環境状況公報（2013～2019）より三菱総合研究所作成、原典は以下を参照。

<https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/202006/P020200602509464172096.pdf> 2020年9月閲覧

(4) 日本

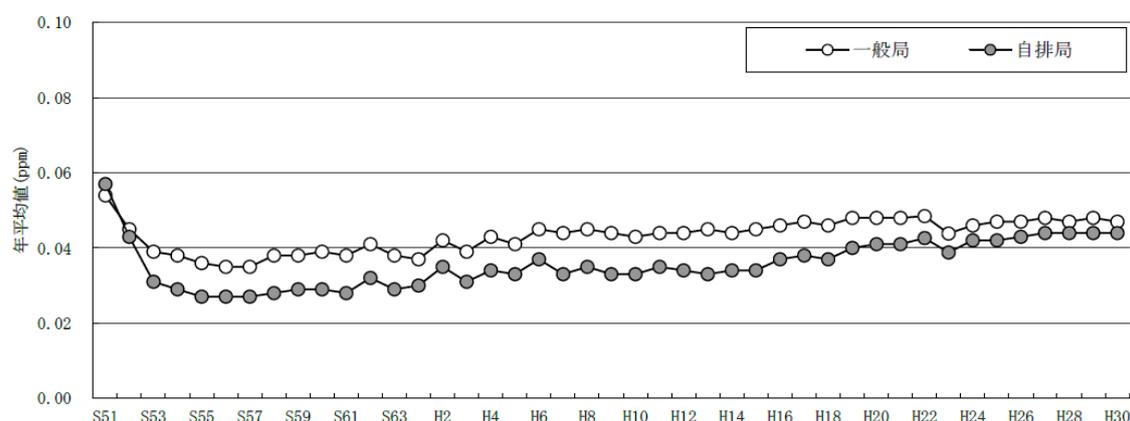
2020年（令和2年）3月27日に環境省より報道発表された「平成30年度 大気汚染状況

¹¹³ 平成30年度主要国の大気環境分野における環境規制等動向把握及び我が国の大気環境改善技術等の海外展開に係る検討業務での三菱総合研究所による現地インタビュー結果。

について」¹¹⁴によると、測定結果の概要のうち「光化学オキシダント (O_x)」については以下のとおり。なお、光化学オキシダントの環境基準は「1 時間値が 0.06ppm 以下であること。」である。

環境基準達成率は、一般局で 0.1%、自排局で 0% (平成 29 年度 一般局 : 0%、自排局 : 0%) であり、達成状況は依然として極めて低い水準となっている。また、昼間 (5 時～20 時) の日最高 1 時間値の年平均の日最高 1 時間値の年平均値については、近年、一般局、自排局ともにほぼ横ばいで推移している。

光化学オキシダントの濃度に関連する情報としては、2018 年度データでは、昼間の測定時間を濃度レベル別の割合で見ると、1 時間値が 0.06ppm 以下の割合は 93.6% (一般局)¹¹⁵ である。



出所) 環境省 報道発表資料「平成 30 年度 大気汚染状況について」令和 2 年 3 月 27 日

(<http://www.env.go.jp/press/107878.html> 2020 年 9 月閲覧)

図 2-25 光化学オキシダント (昼間の日最高 1 時間値) の年平均値の推移 (日本)

表 2-161 光化学オキシダント (昼間の日最高 1 時間値) の年平均値の推移 (日本)

(単位 : ppm)

1989 年	1990 年	1991 年	1992 年	1993 年	1994 年	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年
0.037	0.042	0.039	0.043	0.041	0.045	0.044	0.045	0.044	0.043
0.030	0.035	0.031	0.034	0.033	0.037	0.033	0.035	0.033	0.033
1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
0.044	0.044	0.045	0.044	0.045	0.046	0.047	0.046	0.048	0.048
0.035	0.034	0.033	0.034	0.034	0.037	0.038	0.037	0.040	0.041
2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
0.048	0.048	0.048	0.044	0.046	0.047	0.047	0.048	0.047	0.048
0.041	0.041	0.043	0.039	0.042	0.042	0.043	0.044	0.044	0.044

注) 上段が一般局、下段が自排局

出所) 環境省 報道発表資料「平成 30 年度 大気汚染状況について」令和 2 年 3 月 27 日

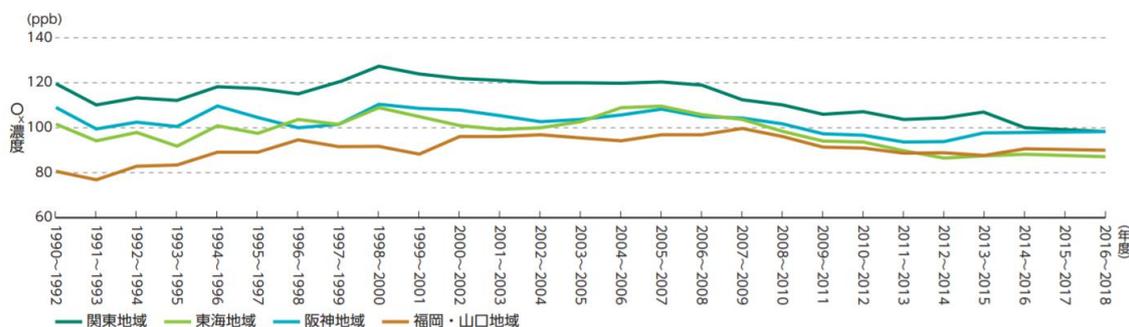
(<http://www.env.go.jp/press/107878.html> 2020 年 9 月閲覧)

¹¹⁴ 環境省 報道発表資料「平成 30 年度 大気汚染状況について」令和 2 年 3 月 27 日

(<http://www.env.go.jp/press/107878.html> 2020 年 9 月閲覧)

¹¹⁵ 環境省「令和 2 年版 環境・循環型社会・生物多様性白書 (PDF 版)」令和 2 年 6 月 12 日閣議決定、p. 265、http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r02/pdf/2_4.pdf 2020 年 9 月閲覧

光化学オキシダント濃度の長期的な改善傾向を評価するための指標(光化学オキシダント濃度 8 時間値の日最高値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年平均値) を用いて、注意報発令レベルの超過割合が多い地域である関東地域や阪神地域等の域内最高値の経年変化をみると、平成 2006～2008 年度頃から域内最高値は低下傾向で、近年ではほぼ横ばいで推移している。



資料：環境省「平成30年度大気汚染状況について（報道発表資料）」

出所) 環境省「令和 2 年版 環境・循環型社会・生物多様性白書 (PDF 版)」令和 2 年 6 月 12 日閣議決定、p. 266、http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r02/pdf/2_4.pdf 最終閲覧日：2020 年 9 月 16 日
 図 2-26 光化学オキシダント濃度の長期的な改善傾向を評価するための指標 (8 時間値の日最高値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年平均値) を用いた域内最高値の経年変化 (日本)

光化学オキシダント注意報等の発令状況は、発令都道府県数が 19 都府県、発令延べ日数が 80 日であり、平成 29 年 (18 都府県、87 日) と比較して、発令延べ日数が減少した。3 年移動平均値によって注意報等の発令状況の経年変化をみると、発令延べ日数は近年ほぼ横ばいで推移している。

2.3.3 各国の VOC 排出状況

(1) 米国

米国全体での VOC 排出削減目標は見当たらない。

米国の VOC 排出量は、EPA, ‘National Annual Emissions Trend (EAET)’ によると 2010 年以来緩やかな減少を示して推移していたが、2017 年は「その他」の排出源からの排出増加により全体としても増加に転じた。EAET の「山火事 (Wildfire)」を排出源の 1 つとした他の分類から同じ期間での推移を見ると、「山火事」が全体の押し上げに貢献していることが見て取れる¹¹⁶。

¹¹⁶ NOAA, “Wildfire Temperatures Key to Understanding Smoke Impacts” によれば、「揮発性有機化合物 (VOC) は、山火事の複雑な化学作用によって生成される排出物の 1 つ (Volatile organic compounds, or VOCs, are one component of emissions produced by the complex chemistry of a wildfire.)」とされる

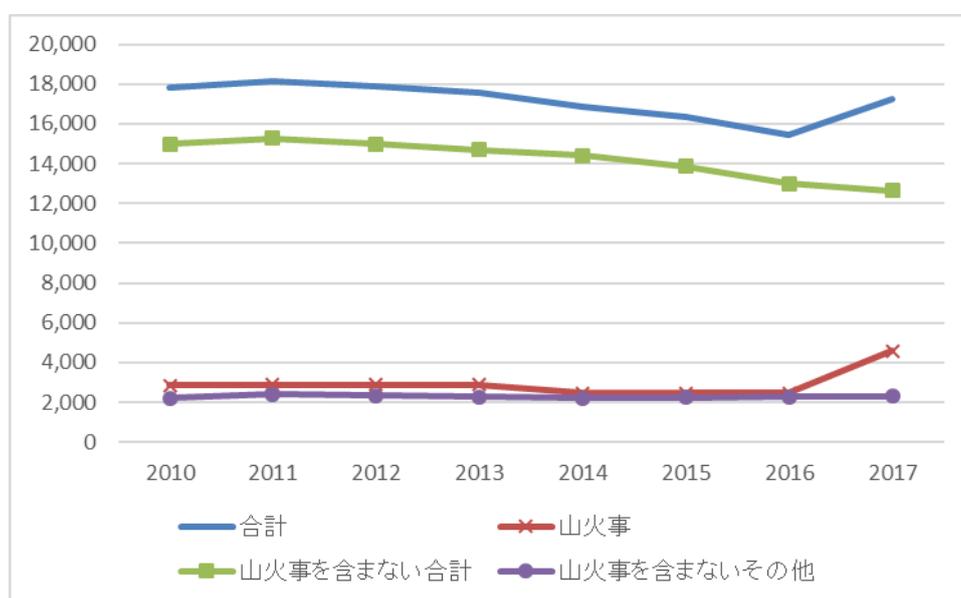
(<https://research.noaa.gov/News/ArtMID/451/ArticleID/2373/Wildfire-Temperatures-Key-to-Better-Understanding-Smoke-Impacts> 2020 年 11 月閲覧)。

表 2-162 VOC の排出実績

(単位：1,000t)

排出源	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
固定燃料燃焼	605	628	592	556	519	515	510	505
工業その他プロセス	7,107	7,207	7,323	7,440	7,557	7,299	7,041	6,784
運輸	5,061	5,029	4,732	4,435	4,138	3,812	3,167	3,040
その他	5,062	5,290	5,225	5,159	4,669	4,705	4,741	6,888
合計	17,835	18,154	17,872	17,590	16,883	16,330	15,459	17,218

出所) EPA, Air Emissions Inventories, 'National Annual Emissions Trend',
https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-04/national_tier1_caps.xlsx 2020年11月閲覧



出所) EPA, Air Emissions Inventories, 'National Annual Emissions Trend',
https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-04/national_tier1_caps.xlsx 2020年11月閲覧

表 2-163 VOC の排出実績 (「山火事」を含む分類)

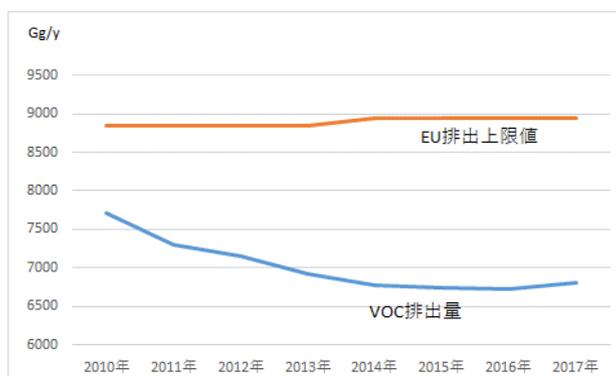
(単位：1,000t)

排出源	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
山火事	2,847	2,891	2,891	2,891	2,466	2,466	2,466	4,578
山火事を含まない合計	14,988	15,263	14,981	14,699	14,416	13,864	12,992	12,640
山火事を含まないその他	2,216	2,399	2,334	2,268	2,202	2,238	2,274	2,310
合計	17,835	18,154	17,872	17,590	16,883	16,330	15,459	17,218

出所) EPA, Air Emissions Inventories, 'National Annual Emissions Trend',
https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-04/national_tier1_caps.xlsx 2020年11月閲覧

(2) 欧州

EU の VOC の排出実績を下表に示す。2017 年度データは、2016 年比 1.3%増で 6,808Gg/y である。



出所) https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/eu-progress-in-meeting-its-1#tab-chart_4
<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/nec-directive-reporting-status-2019> 2020 年 9 月閲覧 より作成

図 2-28 NMVOC の排出実績 (EU 合計)

表 2-164 NMVOC の排出実績 (EU 合計)

(単位 : Gg)

2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
6656	6237	6096	5858	5698	5646	5615	5696
1061	1057	1056	1065	1078	1094	1106	1112
7717	7294	7152	6923	6776	6740	6721	6808
付属書排出上限値 : 8848				付属書排出上限値 : 8938			

注) 中段は肥料または農業の農業土壌からの排出量 (外数)、下段は合計。

出所) https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/eu-progress-in-meeting-its-1#tab-chart_4
<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/nec-directive-reporting-status-2019> 2020 年 9 月閲覧

国別排出上限指令 (2016/2284/EU) により、2010 年に施行された排出上限 (2001 年 NEC 指令に基づいて制定) が 2019 年末まで適用され、その結果が総括された。

NMVOC の排出実績は、2017 年に、1 つの加盟国 (オランダ) が上限を 37% 超えた。2017 年の NMVOC の最大排出国はドイツで、イタリア、英国がそれに続いた。2016 年から 2017 年の間に、13 の加盟国が NMVOC の排出削減を報告した。対照的に、EU の総排出量は 2016 年から 2017 年に初めて 0.5% 増加した。EU が 2030 年の排出削減の約束を達成するためには、2017 年の排出量から必要な削減率は、13% としている。

付属書排出上限値は、2020 年で 5,925Gg/y、2030 年で 4,937Gg/y に設定されている。

1) 英国

EU 国別排出上限指令において、英国の VOC の排出上限は 1,200 Gg (2010 年) である。

英国の VOC の排出実績は、2013 年以降、明確な低減傾向は示していないが、EU 国別排出上限値 (2010 年 1,200 Gg) 以下となっている。2020 年 (732Gg) 及び 2030 年 (657 Gg) の排出削減コミットメントを満たすために 2018 年の排出量 (804Gg) と比較した場合を以下に

示す。

表 2-165 2018 年の排出量と比較した 2020 年及び 2030 年の NMVOC の排出削減コミットメントの達成予測 (英国)

2020	2030
2020 コミットメントの-4%で達成予定	2030 コミットメントの7%超過で削減が必要

出所) <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/national-emission-reduction-commitments-directive> 2020 年 10 月閲覧

NFR セクター 3B 及び 3D により、2020 年の上限は、農業排出量を除く総排出量に適用される。

英国の NMVOC 排出量は、1970 年から 66%減少し、2018 年には 80.4 万トンになった。2017 年から 2018 年の間に 1.6%の排出量が増加した。多くの排出源 (家庭用溶剤を含む) からの排出量使用は数年間安定しているが、石油及びガス設備でのベント及びフレアリングに関連する管理者報告の排出量が最近増加している。

NMVOC 排出量は 1990 年にピークに達し、その後 1990 年から 2009 年の間に年平均 5.9%減少した。これは主に、道路輸送の排出基準の改善と産業プロセスに適用されるより厳しい制限による。それ以降、毎年平均してわずか 1.1%の減少している。

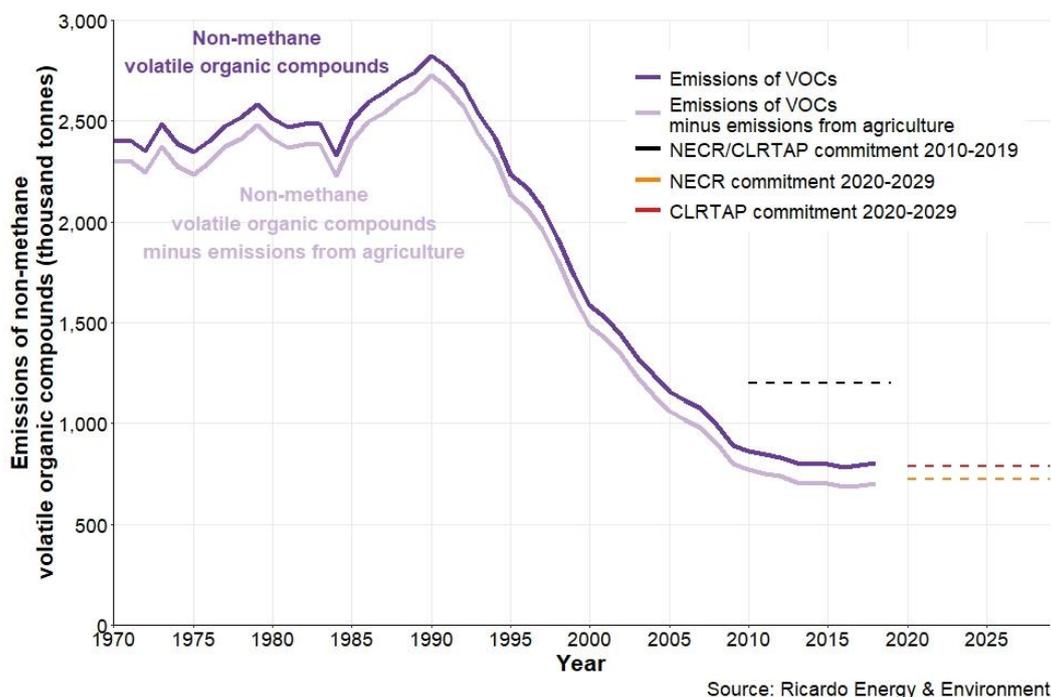
英国における、2010 年から 2018 年までの期間の NMVOC 排出量は、排出上限 (1,200 Gg (2010 年)) を満たしている。

道路輸送は 1990 年代初頭の NMVOC の重要な発生源であり、1990 年の NMVOC 総排出量 (835,000 トン) の 30%を占めていた。より厳しい排出基準により、2018 年の道路輸送の寄与は排出量のわずか 3.5% (28 千トン) に減少した。

一時的な排出量も大幅に減少したが、2018 年にはまだ排出量の 18%を占めている。石炭の採掘と石油の生産の減少 (より良い排出管理と相まって) は、この分野からの長期的な排出削減の原因となっている。直近の数年間で、上流のガス及び石油設備管理者は、以前よりもベント及びフレアリングからの排出量が多いと報告している。

工業用と家庭用の溶剤使用の傾向には違いがあり、溶剤の使用による排出量も大幅に減少している。業界に課せられたより厳しい排出制限により、溶剤 (特にコーティング用途) 及び化学物質の生産からの排出量が 1990 年の 687 千トンから 2018 年には 166 千トンに大幅に減少した。溶剤の国内使用は人口増加に伴い徐々に増加し、2018 年の排出量の 19%を占めた。

食品及び飲料業界からの排出量も、長期的には徐々に増加している。このセクターの NMVOC の排出量は、主にスコッチウイスキーの製造、パン焼き、動物飼料の製造によるものであり、排出量の傾向はこれらの産業の成長を反映している。



注) 凡例、CLRTAP：長距離越境大気汚染に関する改正条約

出所) <https://www.gov.uk/government/publications/emissions-of-air-pollutants/emissions-of-air-pollutants-in-the-uk-1970-to-2018-non-methane-volatile-organic-compounds-nmvocs> 2020年10月閲覧

図 2-29 英国のNMVOC 排出実績

表 2-166 英国のNMVOC 排出実績

(単位：Gg)

2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
1,158	1,113	1,071	991	890	864	846
2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
831	802	797	796	781	791	804

出所) <https://www.gov.uk/government/publications/emissions-of-air-pollutants/emissions-of-air-pollutants-in-the-uk-1970-to-2018-non-methane-volatile-organic-compounds-nmvocs> (2020年10月閲覧) より作成

表 2-167 英国の農業を除いたNMVOC 排出実績 (参考)

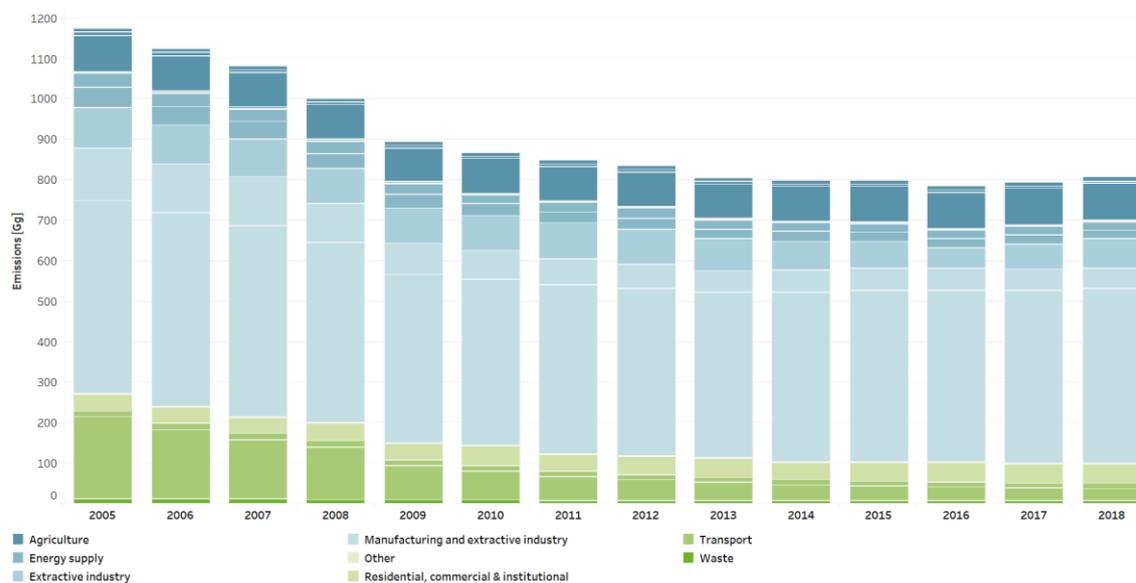
(単位：Gg)

2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
1,060	1,017	976	898	798	770	752
2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
738	707	700	699	683	690	703

出所) <https://www.gov.uk/government/publications/emissions-of-air-pollutants/emissions-of-air-pollutants-in-the-uk-1970-to-2018-non-methane-volatile-organic-compounds-nmvocs> (2020年10月閲覧) より作成

EU 国別排出上限指令 (2016/2284/EU) により、2010年に施行された排出上限 (2001年NEC指令に基づいて制定) が2019年末まで適用され、その結果が総括されEEAに報告され

た最新の大気汚染物質排出インベントリがデータベースとして公開されている。
同データベースより、得られた情報を参考情報として示す。



出所) <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/necd-directive-data-viewer-3> より作成
図 2-30 英国の NMVOC 排出実績 (参考)

2) ドイツ

国別排出上限指令 (2016/2284/EU)により、2010 年に施行された排出上限 (2001 年 NEC 指令に基づいて制定) が 2019 年末まで適用され、その結果が総括され EEA に報告された最新の大気汚染物質排出インベントリがデータベースとして公開されている。

EU 国別排出上限指令において、ドイツの VOC の排出上限は 995 Gg (2010 年) である。

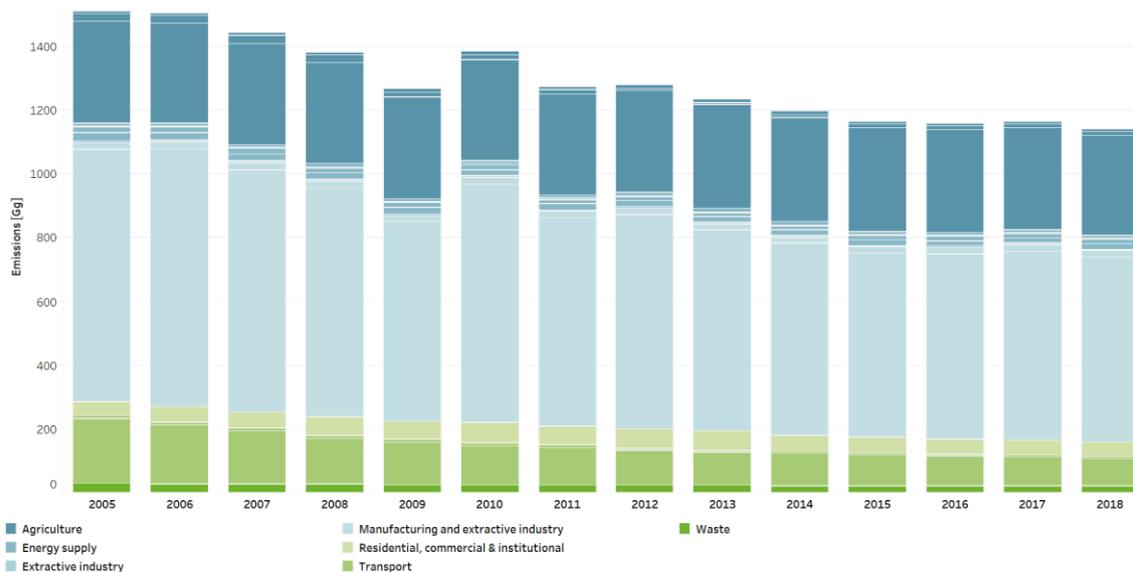
ドイツの VOC の農業を除いた排出実績は、緩やかな低減傾向は示すものの EU 国別排出上限を超過している。

2020 年 (1,029Gg) 及び 2030 年 (852 Gg) の排出削減コミットメントを満たすために 2018 年の排出量 (816Gg) と比較した場合を以下に示す。

表 2-168 2018 年の排出量と比較した 2020 年及び 2030 年での NMVOC の排出削減コミットメントの達成予測 (ドイツ)

2020	2030
2020 コミットメントの-26%で達成予定	2030 コミットメントの-4%で達成予定

出所) <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/national-emission-reduction-commitments-directive> 2020 年 10 月閲覧



出所) <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/necd-directive-data-viewer-3> より作成
 図 2-31 ドイツの NMVOC 排出実績

表 2-169 ドイツの NMVOC 排出実績

(単位 : Gg)

2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
1,512	1,507	1,444	1,382	1,267	1,384	1,273
2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
1,279	1,235	1,196	1,166	1,160	1,165	1,140

出所) <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/necd-directive-data-viewer-3> より作成

表 2-170 ドイツの農業を除いた NMVOC 排出実績

(単位 : Gg)

2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
1,159	1,159	1,092	1,032	922	1,011	933
2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
942	892	850	819	816	824	805

出所) <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/necd-directive-data-viewer-3> より作成

(3) 中国

1) 排出量

2018 年から実施されている国家プロジェクト「青空保護戦勝利（青空保衛戦）3 年行動計画（2018-2020）」で VOC 削減目標が掲げられているが期待目標となっており、計測データも存在せず、定量的な評価はなされていない。

表 2-171 青空保護戦勝利（青空保衛戦）3 年行動計画の VOC 削減目標と達成状況（中国）

目標	達成状況(2018 年時点)
2015 年比 15%低減	—

出所) 目標値は『青空保護戦勝利（青空保衛戦）3 年行動計画（2018-2020）』、目標達成状況は『中国環境

中国でのVOC排出量実績データは見当たらない。2005年全国印刷業インク使用過程から排出されたVOCは38.8万トン、対策が採られていなかった前提での2009年における印刷業のVOC排出量は89.5万トンと推定されている¹¹⁷。2002年全国ガソリンスタンドVOC排出量は 187.6×10^3 tで、対策を採らない場合は2030年に $1,196 \times 10^3$ tに達すると推定されている¹¹⁸。

2) 大気質

中国では大気質中VOCに関する統計データは存在しない。

大気中VOCについて、統計ではなく研究論文ベースであるが、測定事例がある。VOCについては、台湾、大阪に比べ、天津、瀋陽については低い値となっている。

天津、瀋陽とその他典型的な大気汚染都市のVOC濃度比較を表2-70に示す。

表 2-172 天津、瀋陽とその他典型的な大気汚染都市のVOC濃度比較

城市	総VOCs濃度年均值 (μ g/m ³)	ベンゼン系VOCs濃度年均值 (μ g/m ³)	自動車保有量(万台)	標本採取年(年)	データソース
シカゴ	129.7	32.8		1989	注1
ハンバーグ	179.9	80.9		1988	同上
シドニー	279.9	81.6		1982	同上
ウィーン	283.2	120.3		1990	同上
アトランタ	332.3	149.4		1991	同上
大阪	501.2	215.4		1993	同上
台湾	547.4	160.5	670 (2007)	2003	同上
天津	356.2	46.8	156 (2009)	2009~2010	本研究
瀋陽	413.1	38.0	84.65 (2009)	2009~2010	本研究

注1) Hsieh Chu Chin, Tsai Jiun Hong. VOC concentration characteristics in Seuthem

出所)「我が国北方都市大気中VOCの組成と分布特徴」(「中国環境科学」2012年第32期)

(著者: 南開大学国家環境保護都市空気粒子物汚染対策重点実験室 曹文文、韓斌、王秀艷、白志鵬; 昆明理工大学環境科学工程学院 史建武; 遼寧省環境監督実験中心 彭躍、仇偉光、趙麗絹)

(4) 日本

1) 排出量

平成18年3月の中央環境審議会 大気環境部会報告「揮発性有機化合物の排出抑制に係

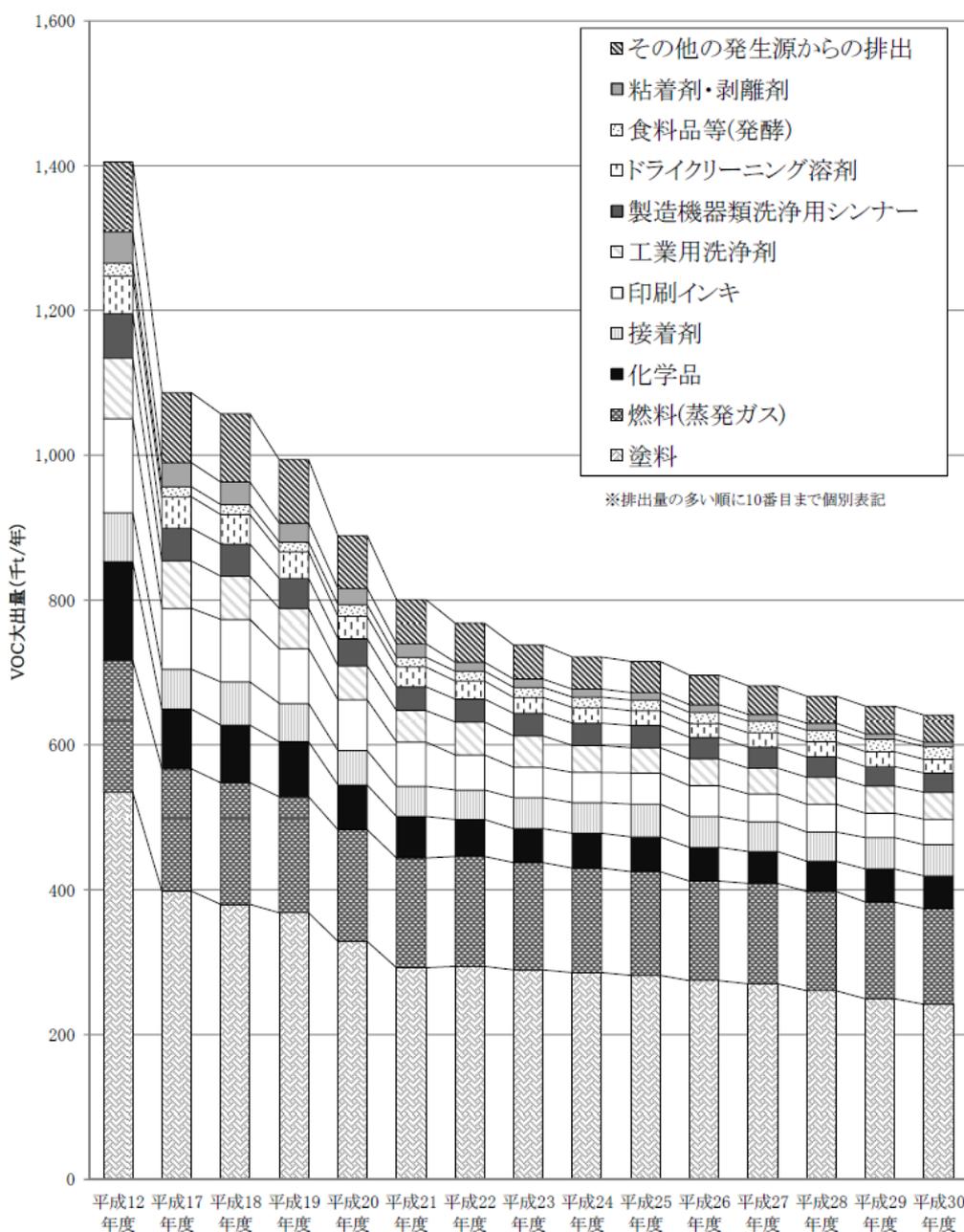
¹¹⁷ 出所)「我国印刷業VOCs汚染状況と制御対策」(「包装工程」2012年2月号、著者: 楊利嫻、黃萍、趙建国、葉代啓、黃碧純、吳軍良)

¹¹⁸ 出所)「我が国北方都市大気中VOCの組成と分布特徴」(「中国環境科学」2012年第32期)

(著者: 南開大学国家環境保護都市空気粒子物汚染対策重点実験室 曹文文、韓斌、王秀艷、白志鵬; 昆明理工大学環境科学工程学院 史建武; 遼寧省環境監督実験中心 彭躍、仇偉光、趙麗絹)

る自主的取組のあり方について」において、「VOC 排出抑制対策の進捗状況を把握するため、VOC 排出インベントリの整備・更新を行う必要がある」とされ、環境省で揮発性有機化合物 (VOC) 排出インベントリ検討会が設置され、年度ごとの VOC 排出量を「排出インベントリ」として作成している。

VOC の排出抑制は、排出規制と自主的取組を適切に組み合わせて行う（大気汚染防止法第 17 条の 3）こととされており、平成 22 年度までに平成 12 年度比で 3 割程度の削減を目指す（中央環境審議会意見具申（平成 16 年 2 月））という目標が設定された。平成 30 年度の VOC 排出量の平成 12 年度比削減率は 54% で「3 割程度の削減」という目標は達成され、さらに削減傾向にある。平成 30 年度の VOC 排出量（641,520t/y）の内、塗料、燃料（蒸発ガス）が、242,071t/y（全体の 38%）、131,194t/y（全体の 20%）と大きな比率を占めている。



出所) 揮発性有機化合物 (VOC) 排出インベントリについて 令和 2 年 3 月 揮発性有機化合物 (VOC) 排

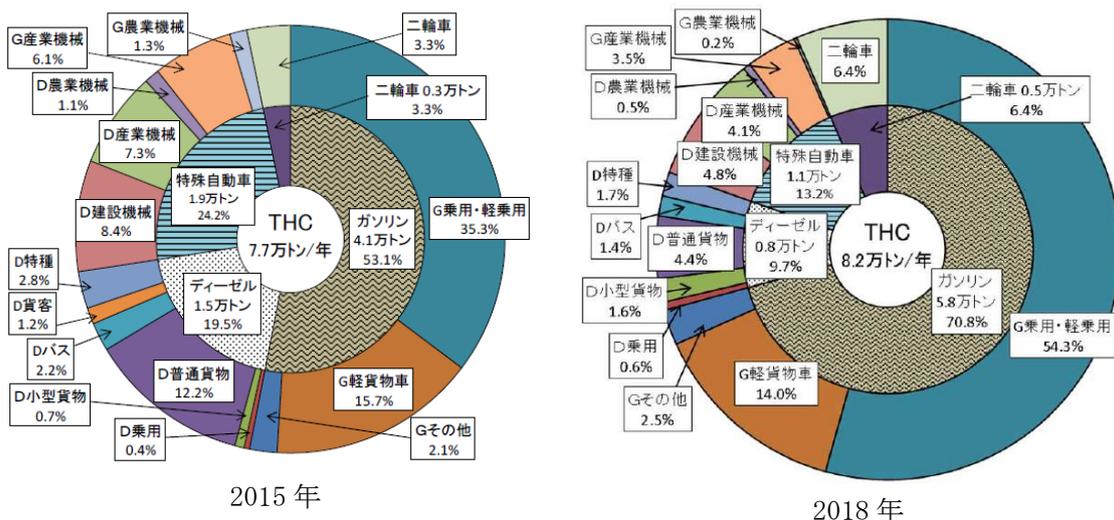
表 2-173 発生源品目別 VOC 排出量 (推計)

発生源品目コード	発生源品目	VOC排出量 (t/年)															
		平成12年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	
101	化学品	136,229	82,232	79,544	76,006	61,741	57,182	51,019	46,976	47,990	48,025	46,511	44,355	41,632	45,507	45,127	
102	食品等(発酵)	18,075	13,774	13,535	13,156	15,960	13,355	13,852	14,048	14,224	14,575	15,245	15,905	16,014	16,855	17,428	
103	コークス	317	179	164	166	144	120	125	132	167	144	123	120	116	107	90	
104	天然ガス	1,611	836	825	1,999	2,760	2,560	2,514	794	653	607	728	463	496	1,463	1,463	
201	燃料(蒸発ガス)	182,077	169,040	167,905	160,041	154,250	151,868	151,478	148,100	144,314	143,350	137,570	138,583	137,098	133,872	131,914	
203	原油(蒸発ガス)	993	830	818	737	768	721	581	484	429	421	427	414	376	376	376	
311	塗料	534,672	398,203	379,924	368,422	328,754	292,224	294,460	289,499	285,652	281,746	274,476	270,193	260,473	249,370	242,071	
312	印刷インキ	129,909	84,290	86,554	75,877	70,214	60,865	48,732	42,020	41,612	42,911	42,792	38,470	38,507	33,527	35,248	
313	接着剤	68,027	55,041	59,698	52,838	47,500	41,853	40,819	42,658	42,683	45,219	42,432	41,050	40,668	43,392	43,139	
314	粘着剤・剥離剤	43,373	33,252	31,133	26,439	22,548	18,513	12,193	11,312	11,080	10,681	10,672	9,593	9,718	7,790	6,368	
315	ミネート用接着剤	22,191	26,945	25,460	24,174	16,752	13,823	11,014	9,124	8,888	9,306	8,883	8,161	7,504	7,680	7,470	
316	農薬・殺虫剤等(補助剤)	3,390	2,825	2,704	2,728	2,667	2,489	1,974	1,941	1,736	1,607	1,750	1,665	1,562	1,542	1,518	
317	漁網防汚剤	1,854	4,261	4,355	4,207	4,106	3,835	4,006	3,985	4,151	4,255	4,117	4,672	4,438	4,458	4,373	
322	ゴム溶剤	25,841	21,875	21,051	19,508	16,321	12,960	13,674	12,201	10,414	9,756	9,311	8,634	8,461	8,162	7,979	
323	コンパレーティング溶剤	11,839	9,818	11,110	9,235	8,647	6,886	5,304	5,067	4,232	3,778	3,545	3,581	3,556	3,903	3,369	
324	コーティング溶剤	2,690	13,912	13,322	12,806	9,705	8,402	7,092	6,166	6,047	6,257	6,044	5,675	5,332	5,425	5,314	
325	合成皮革溶剤	1,703	2,948	3,523	3,510	2,485	1,440	535	690	1,434	1,680	1,359	1,156	1,077	954	848	
326	アスファルト溶剤	402	204	190	234	150	145	126	108	104	99	110	104	109	95	93	
327	光沢加工剤	763	465	419	349	279	210	201	192	184	175	175	175	175	175	175	
328	マーキング剤	195	126	127	122	112	94	86	79	67	64	68	62	60	60	62	
331	工業用洗浄剤	83,531	65,434	59,736	55,481	46,692	43,438	45,148	43,413	37,200	34,997	36,998	35,397	37,144	37,615	37,316	
332	ドライクリーニング溶剤	51,537	43,440	40,711	36,744	31,266	27,436	24,663	21,931	21,890	20,398	19,199	20,004	20,838	20,724	19,095	
333	塗膜剥離剤(リムーバー)	7,060	1,540	1,312	1,064	1,201	935	1,467	1,067	1,165	1,008	890	853	931	1,234	1,136	
334	製造機器類洗浄用シンナー	61,622	45,161	44,316	41,550	37,335	33,027	31,925	30,944	30,566	30,494	29,663	28,868	28,024	26,817	26,496	
335	表面処理剤(フラックス等)	923	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	620	
341	紙薬	1,241	1,615	1,726	772	710	898	1,060	997	722	511	711	925	660	489	804	
411	原油(精製時の蒸発)	86	86	83	82	79	74	74	70	70	71	67	67	68	66	63	
421	プラスチック発泡剤	3,353	2,337	2,018	1,653	1,626	1,225	1,194	1,290	1,215	1,096	984	890	804	787	877	
422	滅菌・殺菌・消毒剤	434	434	511	509	281	178	160	112	109	89	90	95	58	115	116	
423	くん蒸剤	3,692	1,244	1,108	947	827	670	689	624	603	528	489	386	326	326	313	
424	湿し水	5,429	3,578	2,899	2,151	2,541	2,662	1,702	1,526	1,251	762	507	442	489	144	258	
	合計	1,405,058	1,086,545	1,057,401	994,128	889,039	800,706	768,486	738,171	721,472	715,222	696,554	681,578	667,337	653,640	641,520	
	削減率(平成12年度比)	-	23%	25%	29%	37%	43%	45%	47%	49%	49%	50%	51%	53%	53%	54%	

注1:「削減率(平成12年度比)」は、対象年度(例:平成30年度)の排出量に対する対平成12年度比(例:1-H30/H12)を示す。
 注2:推計に使用する統計データの更新に伴い、「燃料(蒸発ガス)(発生源品目コード201)」の平成24~29年度のVOC排出量、及び「工業用洗浄剤(発生源品目コード331)」の平成29年度のVOC排出量を遡及修正した。
 注3:「湿し水(発生源品目コード424)」については、今年度に推計方法の見直しが行われた。また、見直し後の推計方法を使用して平成12年度まで遡及修正を行った。

出所)揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリについて 令和2年3月 揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリ検討会 <https://www.env.go.jp/air/osen/voc/inventory.html> 2020年10月閲覧

移動発生源については、自動車燃料消費量調査等に基づき、二輪車の排出原単位の設定、特殊自動車の排出量の算定、旅行速度の設定等2018年度推計が実施されている。移動発生源のTHC排出量は8.2万t/y(2018年)となっている。

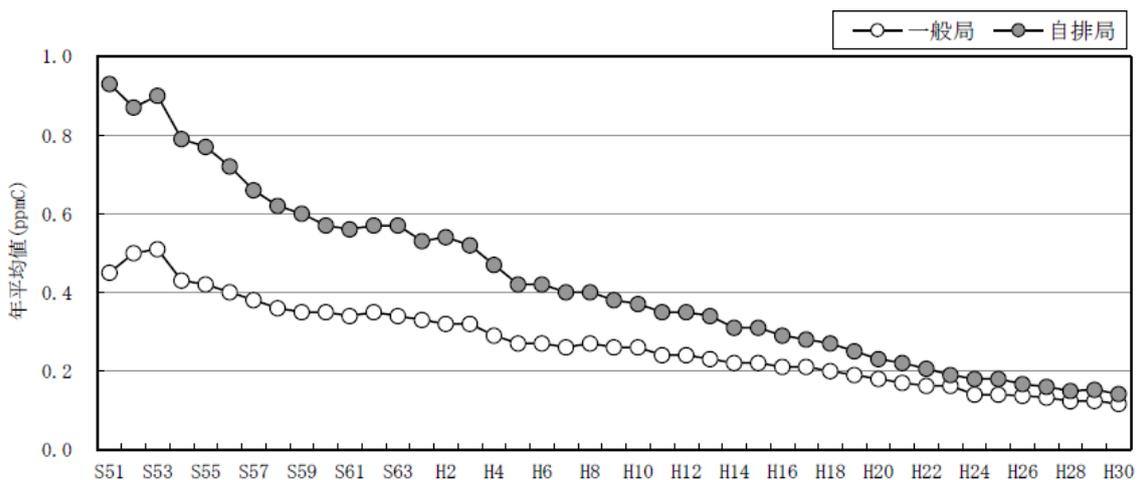


出所) 中央環境審議会大気・騒音振動部会自動車排出ガス専門委員会「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について(第十四次報告)(案)」に対する意見の募集(パブリックコメント)について 平成20年6月18日 環境省 <https://www.env.go.jp/press/108112.html> 2020年10月閲覧、2015年データ：今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について(第十三次報告) 環境省 <https://www.env.go.jp/press/files/jp/105504.pdf> 2020年10月閲覧
 図 2-33 移動発生源の発生源別 THC 排出量 (2018年)

2) 大気質

光化学オキシダントの原因物質の一つである非メタン炭化水素(全炭化水素から光化学反応性を無視できるメタンを除いたもの)に環境基準はないが、中央公害審議会大気部会炭化水素に係る環境基準専門委員会(昭和51年7月30日)の大気環境指針は「午前6時～9時の3時間平均値が0.20～0.31ppmC以下」となっている。

非メタン炭化水素の午前6時～9時における3時間平均値の年平均値については、一般局で0.12ppmC、自排局で0.14ppmCであり、近年、一般局、自排局ともに緩やかな低下傾向がみられる。



出所) 環境省 報道発表資料「平成30年度大気汚染状況について」令和2年3月27日 (<http://www.env.go.jp/press/107878.html> 2020年9月閲覧)
 図 2-34 NMHCの午前6時～9時における3時間平均値の年平均値の推移(日本)

表 2-174 NMHC の午前 6 時～9 時における 3 時間平均値の年平均値の推移（日本）

（単位：ppmC）

	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61	S62	S63	H1	H2
一般局	0.45	0.50	0.51	0.43	0.42	0.40	0.38	0.36	0.35	0.35	0.34	0.35	0.34	0.33	0.32
自排局	0.93	0.87	0.90	0.79	0.77	0.72	0.66	0.62	0.60	0.57	0.56	0.57	0.57	0.53	0.54
	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17
一般局	0.32	0.29	0.27	0.27	0.26	0.27	0.26	0.26	0.24	0.24	0.23	0.22	0.22	0.21	0.21
自排局	0.52	0.47	0.42	0.42	0.40	0.40	0.38	0.37	0.35	0.35	0.34	0.31	0.31	0.29	0.28
	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30		
一般局	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12		
自排局	0.27	0.25	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14		

出所) 環境省 報道発表資料「平成 30 年度 大気汚染状況について」令和 2 年 3 月 27 日
 (<http://www.env.go.jp/press/107878.html> 2020 年 9 月閲覧)

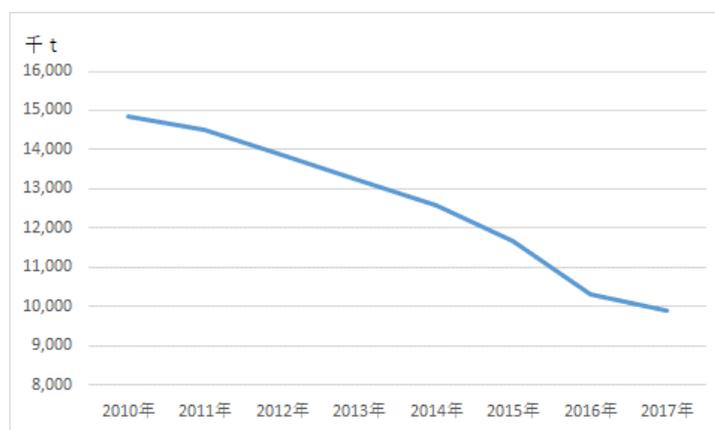
2.3.4 各国の NOx 排出状況

(1) 米国

1) 排出量

米国全体での NOx 排出削減目標は見当たらない。

EPA, EAET によると、NOx の排出量は「運輸」及び「固定燃料燃焼」からの排出が持続的に減少しており、2010 年と比較すると 2019 年ではそれぞれ 38.0%減、37.1%減とほぼ 4 割の減少となっている。これらにより全体としても安定的に減少し、同じく 33.3%の減少となった。



出所) EPA, Air Emissions Inventories, ‘National Annual Emissions Trend’, より作成。
https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-04/national_tier1_caps.xlsx 2020 年 11 月閲覧。

図 2-35 米国の NOx の排出実績

表 2-175 米国の NOx の排出実績

(単位：1,000t)

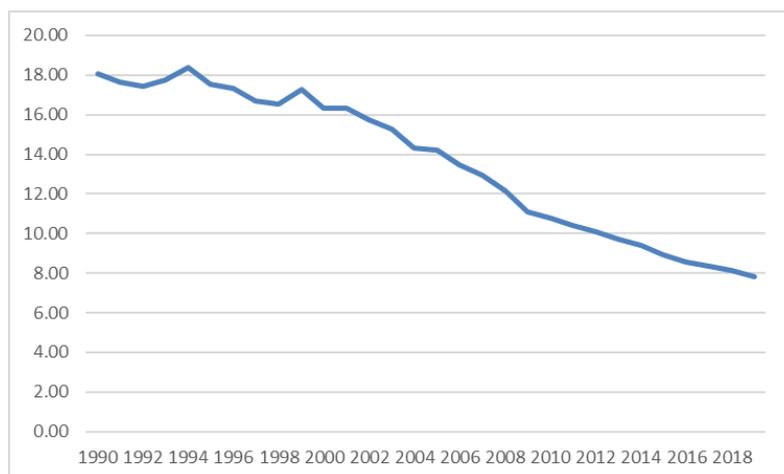
排出源	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
固定燃料燃焼	4,328	3,904	3,735	3,567	3,455	3,198	2,941	2,685
工業その他プロセス	1,207	1,264	1,270	1,276	1,282	1,234	1,186	1,139
運輸	9,017	8,952	8,487	8,023	7,559	6,954	5,879	5,675
その他	295	399	386	373	294	296	297	409
総計	14,846	14,519	13,879	13,239	12,589	11,682	10,304	9,907

出所) EPA, Air Emissions Inventories, ‘National Annual Emissions Trend’,
https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-04/national_tier1_caps.xlsx 2020年11月閲覧。

2) 大気質

NAAQS で定められる NOx の環境基準には、0.053ppm (年平均値)、0.100ppm (1時間値に由来する 98 パーセンタイルの 3 年平均値) がある。

光化学オキシダントの原因物質の 1 つである NOx の濃度は 1990 年以來、2000 年代を迎えるまでは若干の増減があったものの減少の傾向にあり、2000 年以降はその傾向がより顕著となっている。



注) 濃度 (ppb) は年平均値

出所) 米国 EPA ホームページ掲載データより三菱総合研究所作成

<https://www.epa.gov/air-trends/air-quality-cities-and-counties> 掲載のファイル「Air Quality Trends by City, 1990-2019 (XLSX)」: 2020年10月閲覧

図 2-36 米国内の NO₂ の濃度 (ppb) の推移

表 2-176 米国国内の NO₂ 濃度の推移

(単位：ppb)

1990年	1991年	1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年
18.08	17.64	17.44	17.75	18.39	17.56	17.31	16.69	16.53	17.25
2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
16.31	16.31	15.76	15.27	14.31	14.24	13.49	12.95	12.15	11.10
2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
10.76	10.42	10.12	9.75	9.42	8.93	8.54	8.34	8.12	7.80

注) 濃度は年平均値

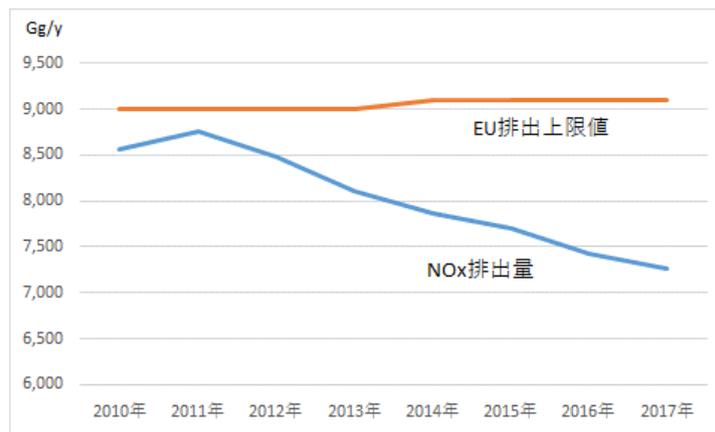
出所) 米国 EPA ホームページ掲載データより三菱総合研究所作成

<https://www.epa.gov/air-trends/air-quality-cities-and-counties> 掲載のファイル「Air Quality Trends by City, 1990-2019 (XLSX)」: 2020年10月閲覧

(2) 欧州

・排出量

EU の NO_x の排出実績を下表に示す。2017 年度データは、2016 年比 2.2%削減で 7,268Gg/y である。



出所) https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/eu-progress-in-meeting-its-1#tab-chart_4
<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/nec-directive-reporting-status-2019> 2020年9月閲覧 より作成。

図 2-37 NO_x の排出実績 (EU 合計)

表 2-177 NO_x の排出実績 (EU 合計)

(単位：Gg)

2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
8,067	8,252	7,974	7,587	7,332	7,161	6,883	6,711
500	510	509	524	538	546	545	557
8,567	8,762	8,483	8,111	7,870	7,707	7,428	7,268
付属書排出上限値：9,003				付属書排出上限値：9,090			

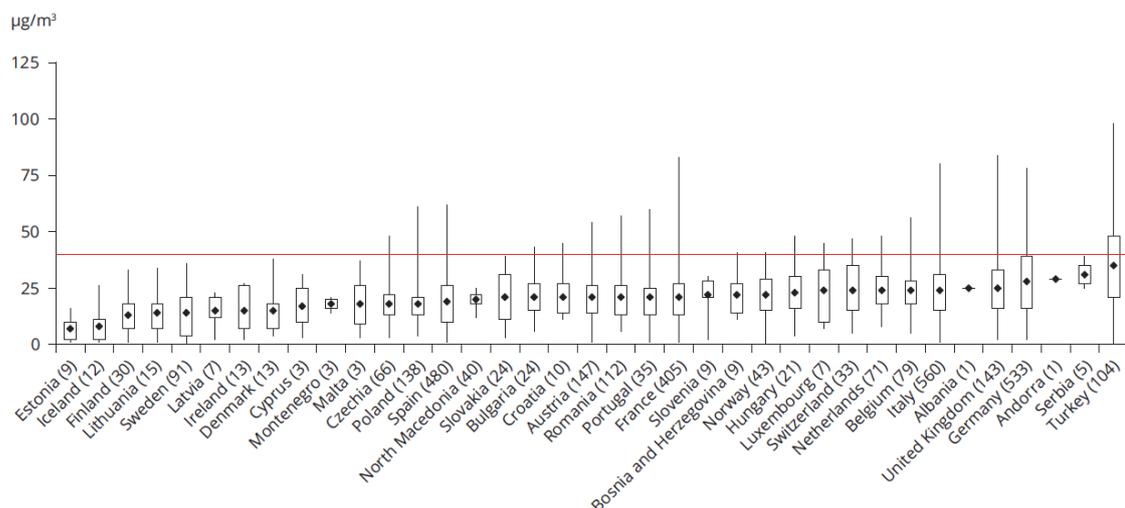
注1) 中段は肥料または農業の農業土壌からの排出量 (外数)。下段は合計。

出所) https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/eu-progress-in-meeting-its-1#tab-chart_4
<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/>

国別排出上限指令（2016/2284/EU）により、2010年に施行された排出上限（2001年NEC指令に基づいて制定）が2019年末まで適用され、その結果が総括された。

2016年以降、全ての加盟国はNOx排出上限を守っており。絶対量では、2017年のNOxの最大排出源はドイツであり、英国とフランスがそれに続いた。2016年から2017年の間に、21の加盟国がNOxの排出削減を報告した。EUの総排出量の総削減量は2016年から2017年の間に2.2%に達し、2005年以降全体で38%削減された。EUが2030年の排出削減の約束を達成するためには、2017年の排出量から必要な削減率は、40%程度としている。

EEA-39諸国（ギリシャ、コソボ、リヒテンシュタインを除く）とアンドラは2017年にNO₂データを提出し、年間制限値は3260ステーション、時間制限値は3078ステーションの有効データの75%以上を網羅している。EU加盟国のうち16か国と他の4つの報告国は、年間制限値（及び同一のWHO AQG値）を超える濃度を記録した。以下に、制限値（40 µg/m³）と各国のNOx濃度（2017年）の関係を示す。



注) グラフは、年平均濃度値に基づいている。国ごとに、検討されたステーションの数（括弧内）と、そのステーションで記録された最低値、最高値、平均値（µg/m³）を示す。長方形は、25パーセンタイルと75パーセンタイルを示す。EU法によって設定された制限値（WHO AQGによって設定された制限値と同じ）を、水平線で示す。

出所) Air quality in Europe - 2019 report

図 2-38 制限値と各国のNOx濃度(2017年)の関係

付属書排出上限値は、2020年で6,496 Gg/y、2030年で4144 Gg/yに設定されている。

・大気質

大気質については、人口加重濃度として表される年平均（µg/m³）及びSOM035（µg/m³・日）は、ETC/ACM（2019）及びその中の参考文献に記載されている方法論に従って、モニタリングステーションのデータ以外のデータも用いて算出される。

EU全体のNO₂濃度の平均値を以下に示す。

表 2-178 EU 全体の NO₂ 濃度の平均値

単位：μg/m³

2015 年	2017 年
18.8	16.3

注) Air quality in Europe – 2018 report 及び Air quality in Europe – 2019 report より三菱総合研究所作成

1) 英国

・排出量

EU 国別排出上限指令において、英国の NO_x の排出上限は 1,167 Gg である。

英国の NO_x の排出実績は、低減傾向は示し 2014 年以降 EU 国別排出上限値 1,167Gg (2010-2019 年) 以下となっている。

2020 年 (784Gg) 及び 2030 年 (470 Gg) の排出削減コミットメントを満たすために 2018 年の排出量 (823Gg) と比較した場合を以下に示す。

表 2-179 2018 年の排出量と比較した 2020 年及び 2030 年での NO_x の排出削減コミットメントの達成予測 (英国)

2020	2030
2020 コミットメントの 2%超過で削減が必要	2030 コミットメントの 41%超過で削減が必要

出所) <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/national-emission-reduction-commitments-directive> 2020 年 10 月閲覧

NFR セクター 3B 及び 3D により、2020 年の上限は、農業排出量を除く総排出量に適用される。

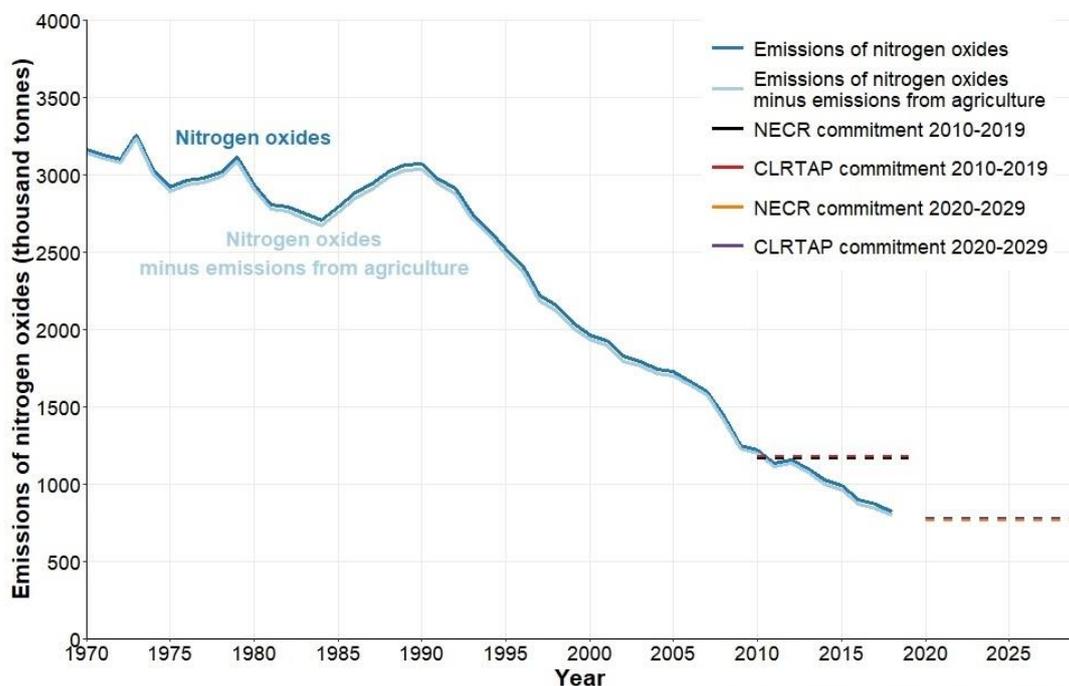
窒素酸化物の排出量は、1970 年から 74%減少し、2018 年には 823 千 t になった。2017 年から 2018 年の間に 5.4%の減少があった。1990 年から 2018 年の間に年平均 4.6%減少した。これは、発電所での石炭使用量の減少と道路輸送の近代化によって推進された。

2018 年データは、2010 年に英国が 2010 年から 2019 年に適用される窒素酸化物の現在の排出上限 (1,167 Gg) を遵守した。2018 年に英国は、窒素酸化物の国内総排出量の調整を申請し、National Emission Ceilings Directive 及び 2012 年の CLRTAP の改正で承認された。科学的知識に従って更新された改善された排出インベントリ手法を適用した結果、コミットメントの不履行が生じた場合、調整が承認される。

道路交通の増加により、1984 年から 1989 年の間に窒素酸化物 (NO_x) の排出量が急増した。触媒コンバーターの導入とより厳しい排出規制により、1990 年以降の NO_x 排出量は減少傾向にある。2018 年の英国では、道路輸送が窒素酸化物の排出量の 31%を占め、その他の輸送形態 (航空、鉄道、海運) が 14%を占めた。道路輸送では、古い車両がより厳しい排出基準を満たす新しい車両に置き換えられたため、道路輸送からの排出量は減少傾向にある。道路輸送からの年間排出量は 2005 年から 2018 年の間に 54%減少し、他の輸送形態では同期間に年間排出量が 32%減少した。

発電所や産業用燃焼プラントからの排出量は大幅に減少した。これは、天然ガスや再生可能エネルギー源を優先して石炭や石油の使用をやめるといった長期的な傾向を反映している。

エネルギー産業からの年間排出量は、石炭火力発電所の閉鎖またはバイオマス燃料への転換により、2012年から2018年の間に55%減少した。



Source: Ricardo Energy & Environment

注) 凡例、CLRTAP：長距離越境大気汚染に関する改正条約

出所) <https://www.gov.uk/government/publications/emissions-of-air-pollutants/annual-emissions-of-nitrogen-oxides-in-the-uk-1970-2018> 2020年10月閲覧

図 2-39 英国の NO_x 排出実績

表 2-180 英国の NO_x 排出実績

(単位：Gg)

2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
1,728	1,666	1,600	1,440	1,252	1,223	1,136
2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
1,160	1,101	1,029	992	898	870	823

出所) <https://www.gov.uk/government/publications/emissions-of-air-pollutants/annual-emissions-of-nitrogen-oxides-in-the-uk-1970-2018> (2020年10月閲覧) より作成

表 2-181 英国の農業を除いた NO_x 排出実績 (参考)

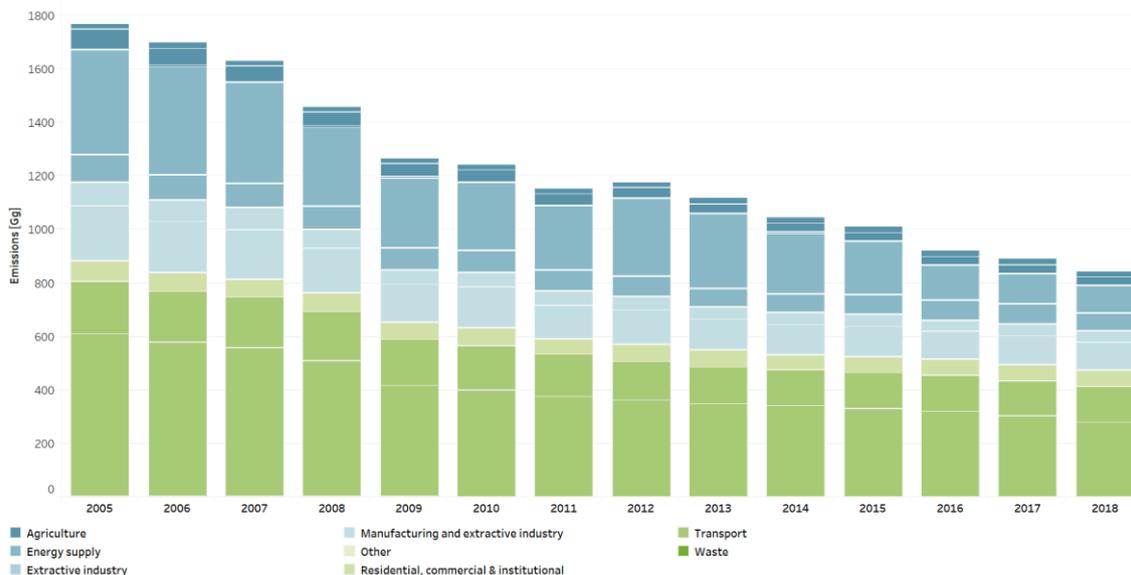
(単位：Gg)

2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
1,699	1,639	1,574	1,414	1,226	1,197	1,110
2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
1,134	1,075	1002	966	871	843	796

出所) <https://www.gov.uk/government/publications/emissions-of-air-pollutants/annual-emissions-of-nitrogen-oxides-in-the-uk-1970-2018> (2020年10月閲覧) より作成

国別排出上限指令 (2016/2284/EU) により、2010年に施行された排出上限 (2001年 NEC 指令に基づいて制定) が 2019年末まで適用され、その結果が総括され EEA に報告された最

新の大気汚染物質排出インベントリがデータベースとして公開されている。
同データベースより、得られた情報を参考情報として示す。

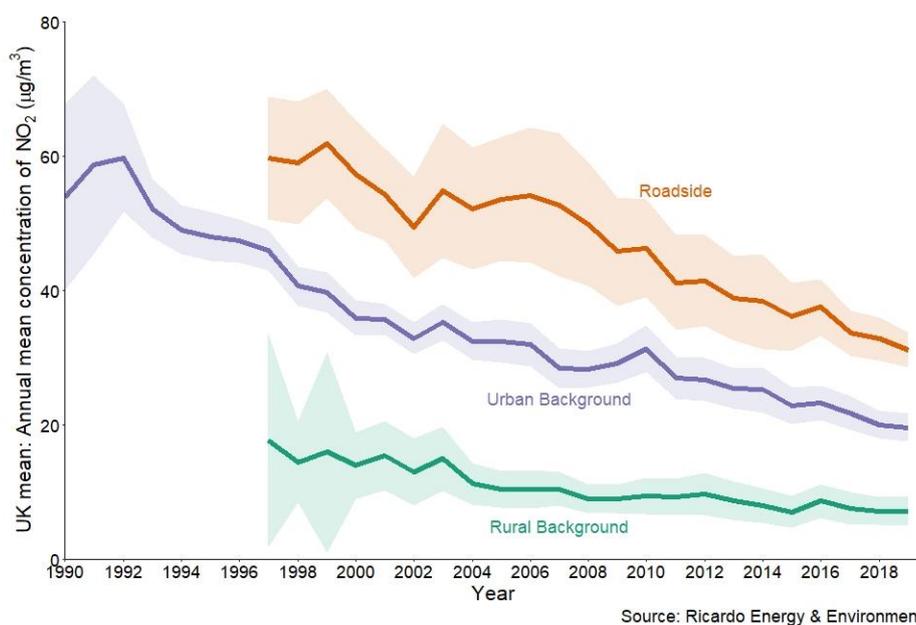


出所) <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/necd-directive-data-viewer-3> (2020年10月閲覧) より作成

図 2-40 英国の NO_x 排出実績 (参考)

・大気質

NO₂ 濃度データは、年間 75%以上のデータ把握ができたサイトの年間平均値である。影付きの領域は、沿道 (赤)、都市のバックグラウンド (青)、及び地方のバックグラウンド (緑) の年間平均濃度の 95%信頼区間を表している。モニタリングサイトの数が増加し、NO₂ のモニタリングサイトでの年間平均値の変動が減少するため、間隔は年を経るにつれて狭くなる。



Source: Ricardo Energy & Environment

出所) <https://www.gov.uk/government/publications/air-quality-statistics/nitrogen-dioxide> 2020年10月閲覧

図 2-41 英国の NO₂ 濃度 (年平均値) 推移

表 2-182 英国の NO₂ 濃度（年平均値）推移（単位：μg/m³）

2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
54.2	52.7	49.9	45.8	46.2	41.2	41.4
31.9	28.4	28.2	29.2	31.3	26.9	26.7
10.4	10.5	9.0	9.0	9.4	9.2	9.7
2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
38.9	38.4	36.1	37.5	33.7	32.8	31.1
25.4	25.2	22.8	23.3	21.7	20.0	19.6
8.7	8.0	7.0	8.7	7.6	7.1	7.2

注) 上段：沿道、中段：都市バックグラウンド、下段：地方バックグラウンド

出所) <https://www.gov.uk/government/publications/air-quality-statistics/nitrogen-dioxide> 2020 年 10 月閲覧より作成

都市のバックグラウンド NO₂ 濃度（年平均値）は、長期的に減少傾向にある。1992 年から 2002 年までの間、急激に減少した。この減少は、英国中のほとんどの監視サイトで観察され、英国とヨーロッパでの同時期の窒素酸化物の排出量の大幅な減少の結果である可能性がある。2002 年から 2006 年の間は、年間平均濃度は明確な傾向なしに変動し、これは英国中のほとんどの監視サイトで観察された。英国とヨーロッパでの窒素酸化物排出量はこの期間中も減少傾向にあったが、変動は発電所での石炭の使用量増加、及び新しいディーゼル車（ガソリン同等物よりも窒素酸化物の排出量が多い）の増加と一致した。2006 年から 2019 年までの間、濃度が低下傾向にあり、この減少は英国中のほとんどのモニタリングサイトで観察された。英国とヨーロッパでの NO₂ の排出量は、より厳しい自動車の排出基準や、特に英国で発電が石炭の使用から遠ざかるにつれて減少したと考えられる。

沿道の NO₂ 汚染は長期的に減少しており、2000 年代のほとんどの間安定した。2019 年の年間平均 NO₂ 濃度は、都市の背景サイトと比較して道路脇のサイトで高い。これは、沿道濃度の約 80% が地元の道路輸送から道路輸送 NO₂ 排出が原因であると考えられる。2000 年代のほとんどの間、年間平均 NO₂ 濃度は安定していたが、同等の石油燃料車と比較してはるかに多くの窒素酸化物を排出するディーゼル車が増加と、他の排出源からの排出削減で相殺されたと考えられる。2007 年から 2019 年までの間、年間平均濃度は低下傾向にあり、この減少は英国中のほとんどの長期監視サイトで観察された。より厳しい排出基準の対象となる新しい輸送車両の導入が原因と考えられている。

地方のバックグラウンド NO₂ 濃度は、時間の経過とともに徐々に減少し低濃度となっている。1997 年の観測開始以来、年間平均濃度は急速に減少した。この減少は、英国中のほとんどの監視サイトで観察された。これは、英国とヨーロッパで同時期に窒素酸化物の排出量が大幅に削減された結果であると考えられている。

2) ドイツ

・排出量

国別排出上限指令（2016/2284/EU）により、2010 年に施行された排出上限（2001 年 NEC 指令に基づいて制定）が 2019 年末まで適用され、その結果が総括され EEA に報告された最新の大気汚染物質排出インベントリがデータベースとして公開されている。

EU 国別排出上限指令において、ドイツの NOx の排出上限は 1,051 Gg (2010-2019 年) である。

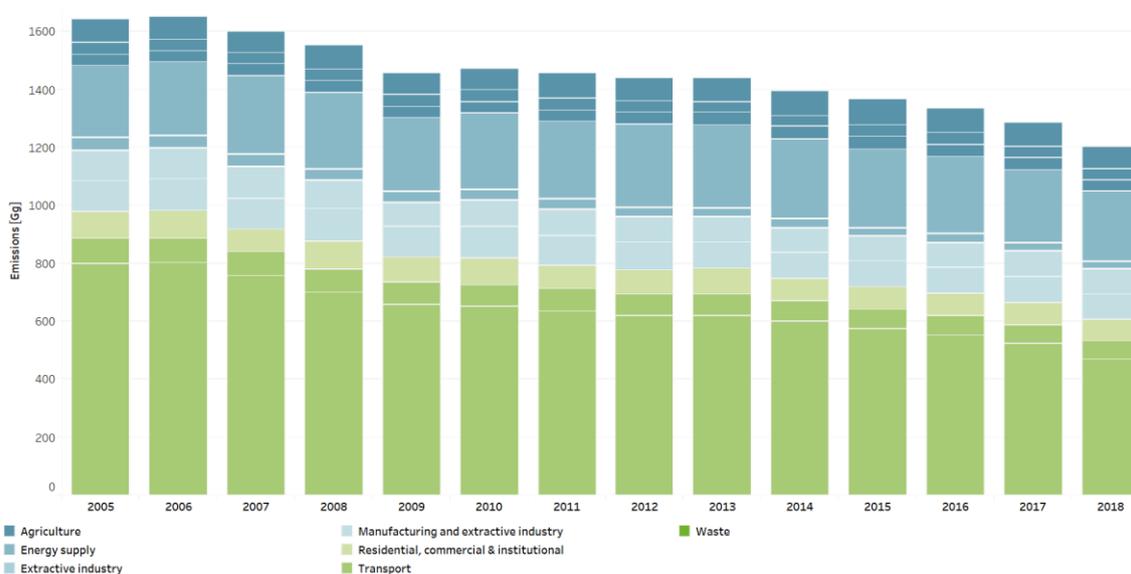
ドイツの NOx の農業を除いた排出実績は、緩やかな低減傾向を示すものの EU 国別排出上限を超過している。

2020 年 (929Gg) 及び 2030 年 (533 Gg) の排出削減コミットメントを満たすために 2018 年の排出量(909Gg)と比較した場合を以下に示す。

表 2-183 2018 年の排出量と比較した 2020 年及び 2030 年での NOx の排出削減コミットメントの達成予測 (ドイツ)

2020	2030
2020 コミットメントの 14%超過で削減が必要	2030 コミットメントの 51%超過で削減が必要

出所 <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/national-emission-ceilings/national-emission-reduction-commitments-directive> 2020 年 10 月閲覧



出所) <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/necd-directive-data-viewer-3> (2020 年 10 月閲覧) より作成

図 2-42 ドイツの NOx 排出実績

表 2-184 ドイツの NOx 排出実績

(単位: 1,000t)

2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年
1,640.62	1,651.88	1,600.84	1,551.78	1,455.30	1,472.83	1,454.68
2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
1,438.21	1,438.28	1,392.70	1,364.08	1,333.10	1,283.88	1,197.59

出所) Umweltbundesamt, Emissionen von Luftschadstoffen, Emissionsentwicklung 1990 - 2018 für klassische Luftschadstoffe

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2019_12_19_em_entwicklung_in_d_trendtabelle_luft_v1.0.xlsx 2020 年 11 月閲覧。

表 2-185 ドイツの農業を除いた NOx 排出実績

(単位：1,000t)

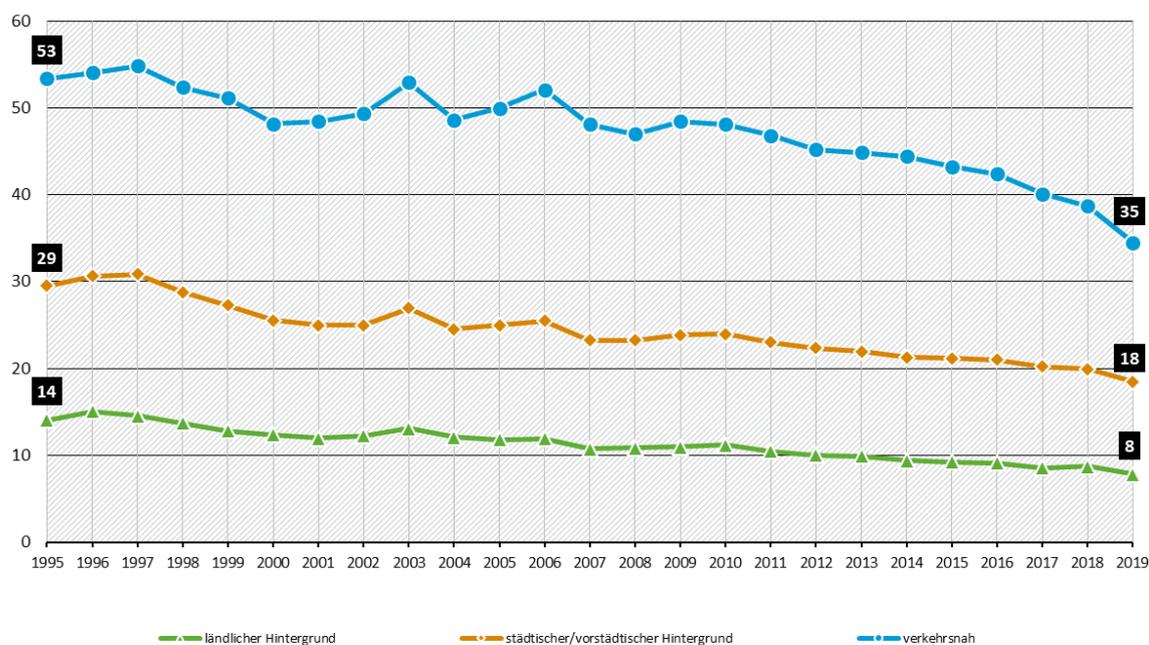
2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
1,521.27	1,532.20	1,486.94	1,429.07	1,341.28	1,356.96	1,328.47
2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
1,316.33	1,313.62	1,265.83	1,231.10	1,204.86	1,158.28	1,078.95

出所) Umweltbundesamt, Emissionen von Luftschadstoffen, Emissionsentwicklung 1990 - 2018 für klassische Luftschadstoffe
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2019_12_19_em_entwicklung_in_d_trendtabelle_luft_v1.0.xlsx 2020年11月閲覧。

・大気質

ドイツには他の EU 加盟国同様、EU の大気質指令¹¹⁹で定める大気質の環境基準が適用され NO₂ の基準は年平均値 40 μg/m³、1 時間値 200 μg/m³：暦年で 18 回を超えないことである。

1995 年から 2019 年までの NO₂ の濃度（年平均値）の推移を見ると、沿道（青色の線）、都市部（橙の線）、農村部（緑の線）ともに緩やかに低下しているが、沿道での濃度は依然として三者の中で最も高く、40 μg/m³を下回ったのは 2018 年になってからである。



注) 青色の線：沿道、橙の線：都市部、緑の線：農村部

出所) Umweltbundesamt ' Stickstoffdioxid-Belastung', Diagramm als Excel mit Daten:

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/stickstoffdioxid-belastung#belastung-durch-stickstoffdioxid> 2020年11月閲覧。

図 2-43 ドイツの NOx 濃度推移

¹¹⁹ DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=en> 2020年11月閲覧

表 2-186 ドイツの NOx 濃度推移

(単位 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
沿道	50	52	48	47	48	48
都市部	25	25	23	23	24	24
農村	12	12	11	11	11	11
年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
沿道	47	45	45	44	43	42
都市部	23	22	22	21	21	21
農村	10	10	10	9	9	9
年	2017年	2018年	2019年			
沿道	40	39	35			
都市部	20	20	18			
農村	9	9	8			

出所) Umweltbundesamt 'Stickstoffdioxid-Belastung', Diagramm als Excel mit Daten:

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/stickstoffdioxid-belastung#belastung-durch-stickstoffdioxid> 2020年11月閲覧。

(3) 中国

1) 排出量

2013年から実施された国家プロジェクト「大気汚染防止行動計画（大気十条）（2013—2017）」で掲げる NOx 削減目標は、2017年時点で達成された。

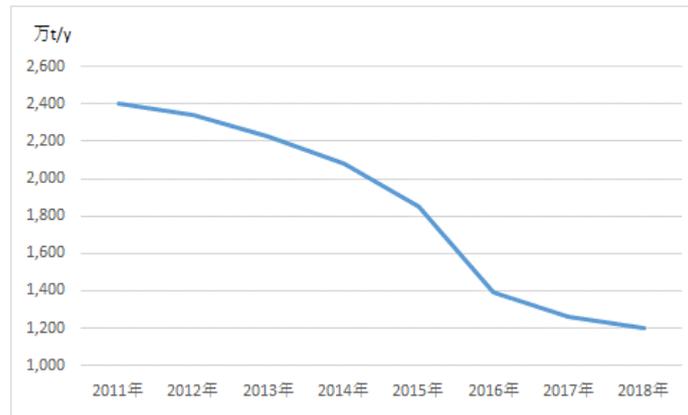
2018年から実施されている国家プロジェクト「青空保護戦勝利（青空保衛戦）3年行動計画（2018—2020）」で掲げる NOx 削減目標は、2018年に達成された。

表 2-187 青空保護戦勝利（青空保衛戦）3年行動計画の NOx 削減目標と達成状況（中国）

目標	達成状況(2018年時点)
2015年比15%低減	1,851万トン→1,197万トン、22%低減（達成）

出所) 目標値は『青空保護戦勝利（青空保衛戦）3年行動計画（2018～2020）』、目標達成状況は『中国環境状況公報（2018年度）』より作成

中国の NOx の排出実績を下表に示す。



出所) 2019年中国統計年鑑より三菱総合研究所作成

図 2-44 中国のNOx 排出実績

表 2-188 中国のNOx 排出実績

(単位: 万 t)

2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
2,404	2,338	2,227	2,078	1,851	1,394	1,259	1,197

出所) 2019年中国統計年鑑より三菱総合研究所作成

一方、各省/直轄市は、各自の大気汚染状況を踏まえ、『青空保護戦勝利（青空保衛戦）3年行動計画（2018～2020）』の国家目標を前提に、行動計画も公布、実施したが、一部の省/直轄市では2018年時点で未達成となった。

浙江省青空保護戦勝利（青空保衛戦）3年行動計画（2018～2020）のNOx削減目標と達成状況を以下に示す。

表 2-189 浙江省青空保護戦勝利（青空保衛戦）3年行動計画のNOx削減目標と達成状況

目標	達成状況(2018年時点)
2015年比17%低減	9.9%(2017vs2015) (未達成)

出所) 令和元年度中国及びインドにおける大気環境規制等動向 令和2年3月 株式会社野村総合研究所

陝西省青空保護戦勝利（青空保衛戦）3年行動計画（2018～2020）のNOx削減目標と達成状況を以下に示す。

表 2-190 陝西省青空保護戦勝利（青空保衛戦）3年行動計画のNOx削減目標と達成状況

目標	達成状況(2018年時点)
2015年比18%低減	10.2%(2018vs2015) (未達成)

出所) 令和元年度中国及びインドにおける大気環境規制等動向 令和2年3月 株式会社野村総合研究所

2) 大気質

中国のNOx及びNO₂の環境基準は、国家標準である環境空気質量基準（GB3095-2012）で設定されている。制限値は、NO₂で年平均値40 μg/m³、NOxで50 μg/m³である。

中国のNO₂の平均濃度を下表に示す。

表 2-191 中国のNO₂平均濃度

(単位: μg/m³)

2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年
35	35	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	30	30	31	29
—	—	44	42	39	39	40	—

注) 上段は113重点都市平均、中段は338都市平均、下段は74都市平均

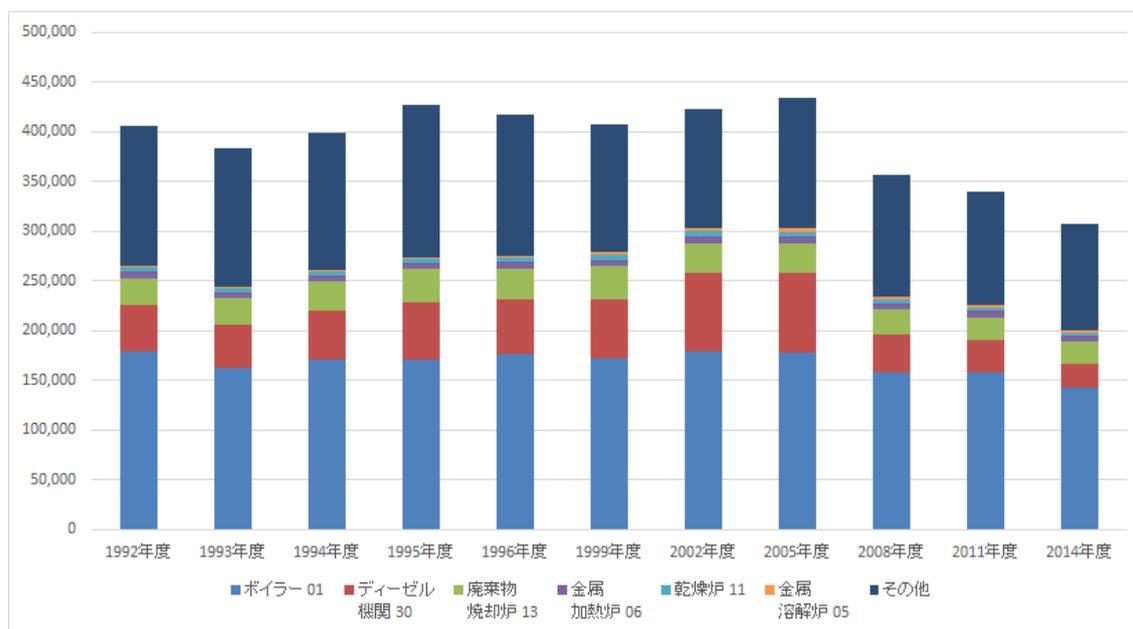
出所) 「全国環境統計公報」(2006~2015各年)、「中国環境状況公報」(2013-2017各年)及び「中国環境統計年鑑2019年版」より三菱総合研究所作成

(4) 日本

1) 排出量

・固定発生源

環境省は、大気環境の保全を目的に、ばい煙発生施設の排出規制制度の見直し検討等に必要の基礎資料、及び気候変動枠組み条約及び京都議定書に基づく温室効果ガスの排出・吸収の目録(インベントリ)の作成を目的に大気汚染物質排出量総合調査を最近では3年に1度実施しており、最新の調査は、調査対象期間:平成29年4月1日~平成30年3月31日で、平成30年9月3日(月)~11月2日(金)に実施された。



出所) 環境省 環境統計集(平成29年度版)より作成

<https://www.env.go.jp/doc/toukei/contents/tblldata/h29/2017-6.html> 2020年10月閲覧

図 2-45 NOx 排出量(施設種別)推移(日本)

表 2-192 NOx 排出量（施設種別）推移（日本）

（単位：千 m^3 N/年）

	ボイラ	ディーゼル機関	廃棄物焼却炉	金属加熱炉	乾燥炉	金属溶解炉	その他	合計
1992年度	178,664	46,517	27,388	6,616	4,738	1,446	140,097	405,466
1993年度	162,873	42,550	27,306	6,227	3,923	1,266	139,691	383,836
1994年度	170,399	50,249	28,358	6,629	3,605	1,101	138,895	399,236
1995年度	171,148	56,881	33,630	6,418	4,359	1,289	153,658	427,383
1996年度	176,218	55,494	30,488	6,499	4,631	1,191	142,210	416,731
1999年度	171,696	59,823	33,321	6,312	5,805	1,573	129,179	407,709
2002年度	179,687	78,613	29,522	6,747	5,236	3,473	119,942	423,220
2005年度	177,218	80,612	29,842	6,556	5,168	3,342	130,745	433,483
2008年度	158,760	36,984	25,373	5,878	3,825	3,323	121,868	356,011
2011年度	158,112	32,379	22,552	6,491	3,567	1,960	114,057	339,118
2014年度	143,121	22,983	23,526	4,914	3,578	1,689	107,531	307,342

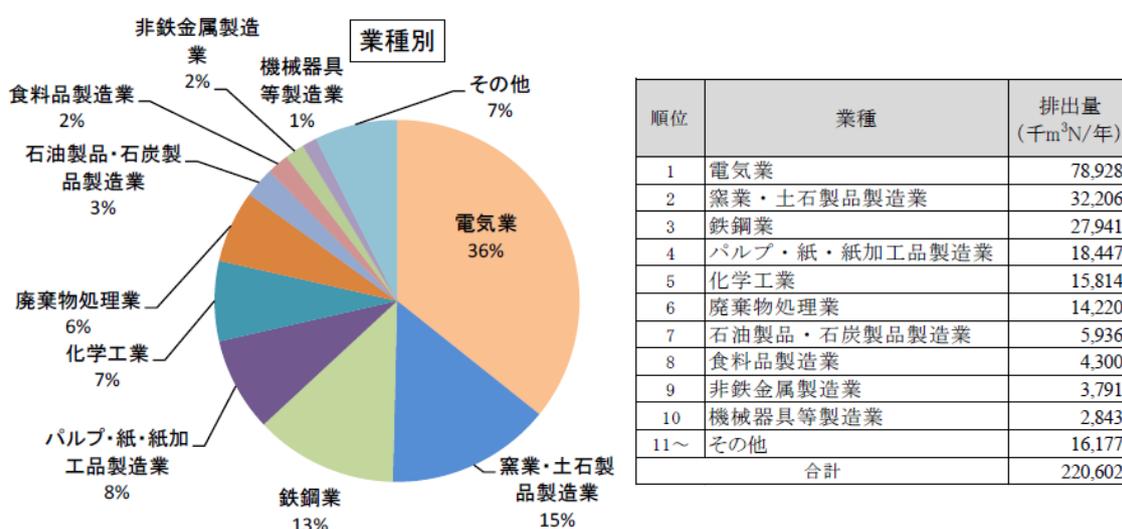
注 1) 1994 年度の数值は抽出調査の結果。

注 2) 平成 9・10・12・13・15・16・18・19・21・22・24・25 年度は調査未実施。

出所) 環境省 環境統計集（平成 29 年度版）より作成

<https://www.env.go.jp/doc/toukei/contents/tblldata/h29/2017-6.html> 2020 年 10 月閲覧

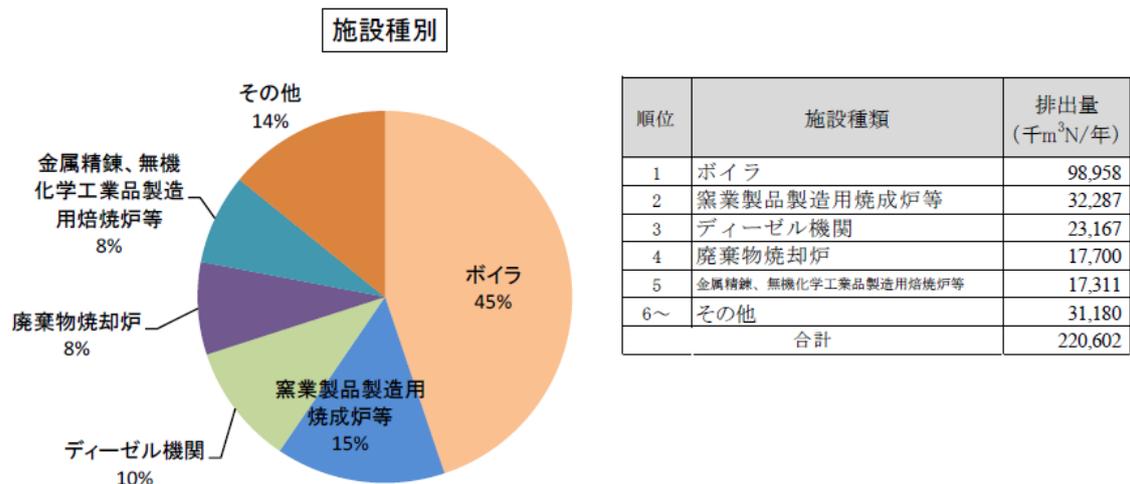
大気汚染物質排出量総合調査（平成 29 年（2017 年）度速報値）より、NOx 排出量合計値はさらに減少した。合計 220,602 千 m^3 N/年はトン換算すると、453,023t/y となる。



出所) 大気汚染物質排出量総合調査（平成 29 年（2017 年）度実績 速報値）環境省

<https://www.env.go.jp/air/h30-1.pdf> 2020 年 10 月閲覧

図 2-46 業種別の NOx 排出量内訳（総排出量：220,602 千 m^3 N/年）（平成 29 年度速報値）



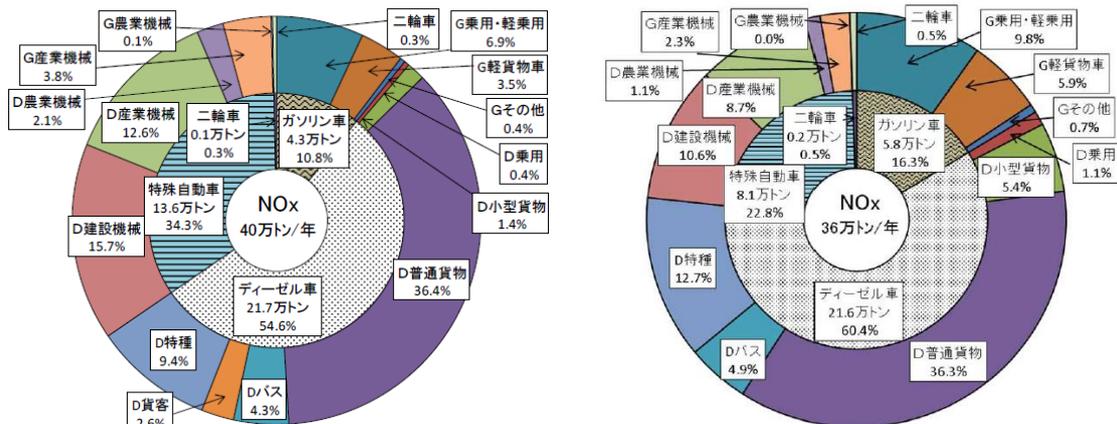
出所) 大気汚染物質排出量総合調査 (平成 29 年度実績 速報値) 環境省

<https://www.env.go.jp/air/h30-1.pdf> 2020 年 10 月閲覧

図 2-47 施設種別の NOx 排出量内訳 (総排出量 : 92,400 千 m³ N/年) (平成 29 年度速報値)

・移動発生源

自動車燃料消費量調査等に基づき、二輪車の排出原単位の設定、特殊自動車の排出量の算定、旅行速度の設定等 2018 年度推計が実施されている。移動発生源の NOx 排出量は 36 万 t/y (2018 年) となっている。



出所) 2018 年データ : 中央環境審議会大気・騒音振動部会自動車排出ガス専門委員会「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について(第十四次報告)(案)」に対する意見の募集 (パブリックコメント) について 平成 2 年 6 月 18 日 環境省 <https://www.env.go.jp/press/108112.html> 2020 年 10 月閲覧、2015 年データ : 今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について (第十三次報告) 環境省 <https://www.env.go.jp/press/files/jp/105504.pdf> 2020 年 10 月閲覧

図 2-48 移動発生源の発生源別 NOx 排出量 (2018 年)

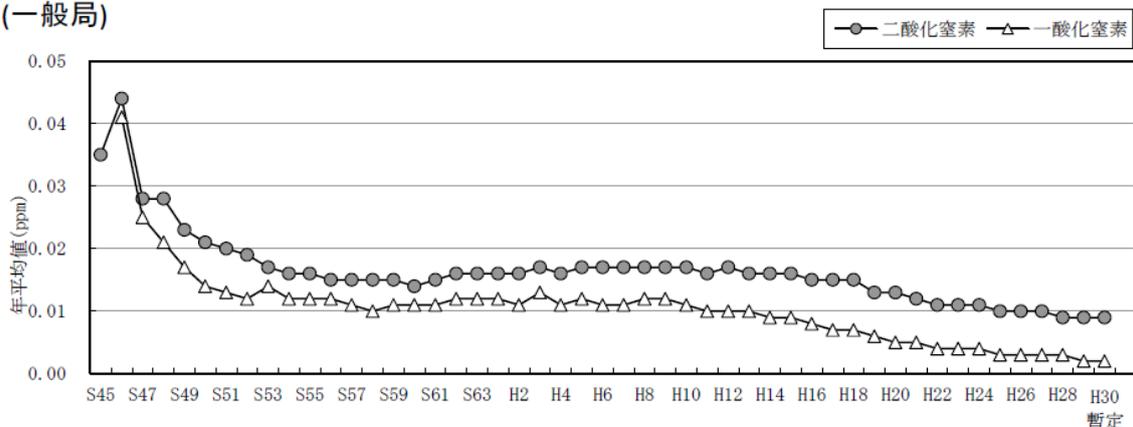
2) 大気質

NO₂の大気環境基準は、1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内またはそれ以下であることとされている。

平成 29 年度の二酸化窒素 (NO₂) の環境基準達成率は、一般局で 100%、自排局で 99.7% であった。一般局では平成 18 年以降 全ての有効測定局で環境基準を達成し、自排局では

近年達成率はほぼ横ばいで、高い水準で推移している。

(一般局)



出所) 環境省 報道発表資料「平成 30 年度 大気汚染状況について」令和 2 年 3 月 27 日
(<http://www.env.go.jp/press/107878.html> 2020 年 9 月閲覧)

図 2-49 NO₂ 及び NO の年平均値の推移 (一般局) (日本)

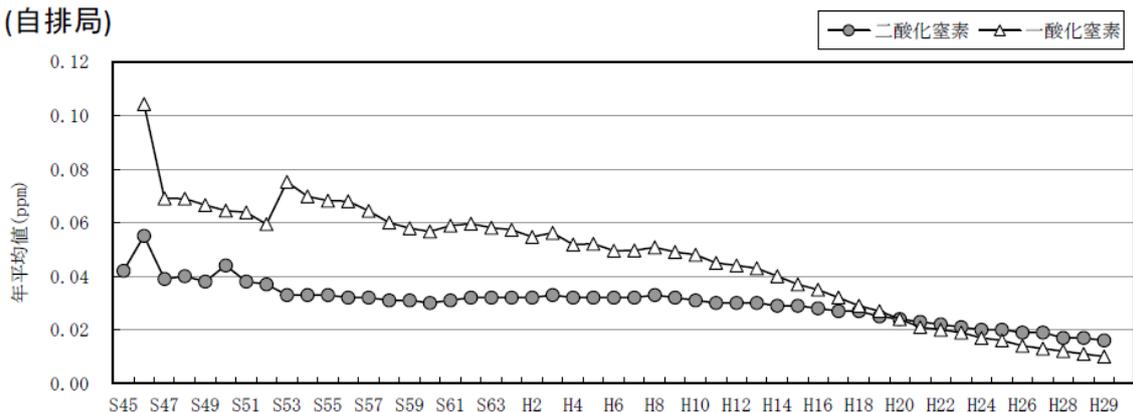
表 2-193 NO₂ 及び NO の年平均値の推移 (一般局) (日本)

(単位 : ppm)

	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61
二酸化窒素	0.035	0.044	0.028	0.028	0.023	0.021	0.020	0.019	0.017	0.016	0.016	0.015	0.015	0.015	0.015	0.014	0.015
一酸化窒素	-	0.041	0.025	0.021	0.017	0.014	0.013	0.012	0.014	0.012	0.012	0.012	0.011	0.010	0.011	0.011	0.011
	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
二酸化窒素	0.016	0.016	0.016	0.016	0.017	0.016	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.016	0.017	0.016	0.016	0.016
一酸化窒素	0.012	0.012	0.012	0.011	0.013	0.011	0.012	0.011	0.011	0.012	0.012	0.011	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009
	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30		
二酸化窒素	0.015	0.015	0.015	0.013	0.013	0.012	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009		
一酸化窒素	0.008	0.007	0.007	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002		

出所) 環境省 報道発表資料「平成 30 年度 大気汚染状況について」令和 2 年 3 月 27 日
(<http://www.env.go.jp/press/107878.html> 2020 年 9 月閲覧)

(自排局)



出所) 環境省 報道発表資料「平成 30 年度 大気汚染状況について」令和 2 年 3 月 27 日
(<http://www.env.go.jp/press/107878.html> 2020 年 9 月閲覧)

図 2-50 NO₂ 及び NO の年平均値の推移 (自排局) (日本)

表 2-194 NO₂ 及び NO の年平均値の推移（自排局）（日本）

（単位：ppm）

	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53	S54	S55	S56	S57	S58	S59	S60	S61
二酸化窒素	0.042	0.055	0.039	0.040	0.038	0.044	0.038	0.037	0.033	0.033	0.033	0.032	0.032	0.031	0.031	0.030	0.031
一酸化窒素	-	0.104	0.069	0.069	0.067	0.065	0.064	0.059	0.075	0.070	0.068	0.068	0.064	0.060	0.058	0.057	0.059
	S62	S63	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15
二酸化窒素	0.032	0.032	0.032	0.032	0.033	0.032	0.032	0.032	0.032	0.033	0.032	0.031	0.030	0.030	0.030	0.029	0.029
一酸化窒素	0.060	0.058	0.057	0.055	0.056	0.052	0.052	0.050	0.050	0.051	0.049	0.048	0.045	0.044	0.043	0.040	0.037
	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30		
二酸化窒素	0.028	0.027	0.027	0.025	0.024	0.023	0.022	0.021	0.020	0.020	0.019	0.019	0.017	0.017	0.016		
一酸化窒素	0.035	0.032	0.029	0.027	0.024	0.021	0.020	0.019	0.017	0.016	0.014	0.013	0.012	0.011	0.010		

出所) 環境省 報道発表資料「平成 30 年度 大気汚染状況について」令和 2 年 3 月 27 日

(<http://www.env.go.jp/press/107878.html> 2020 年 9 月閲覧)

2.4 各国におけるOxの環境基準、VOC及びNOx排出基準達成状況の整理

2.4.1 O_x環境基準達成状況の整理

本項においては、「2.3.2 各国のO_x濃度の把握」に示した調査結果を直接的に（単位換算等はせずに）整理する。この整理により、国・地域間の比較のために必要な単位換算等を明らかにし、次項「2.4 各国におけるO_xの環境基準、VOC及びNO_xの排出基準の達成状況の整理」において、単位換算等を行い国・地域間のO_x濃度を比較する。

表 2-195 調査対象国・地域のO_x濃度と日本の測定値の比較

国・地域	O _x 濃度の測定値		備考
	測定値	測定条件	
米国	0.066ppm (141.4µg/m ³) 未達成：EPAによると、2015年O ₃ 基準を達成した郡(County)の数に基づく基準達成率(2018年)は85%。	測定対象：O ₃ 2019年 全国測定地点の平均値を3カ年移動平均した値	環境基準は、0.070ppm(150.0µg/m ³)以下。年間4番目に高い日中8時間濃度の3年間の加重平均。地域によりO ₃ 濃度は異なる。
欧州	34µg/m ³ (0.016ppm) 未達成：17の加盟国及び6つの報告国は、O ₃ 目標値を超える濃度を25回以上記録。	測定対象：O ₃ 2017年 EU全体のO ₃ 濃度の推定年間平均値	環境基準は、120µg/m ³ 以下。1日最大8時間平均値。平均3年間で25日/年を超えないこと。最大値は41µg/m ³ であった(2017年)。
英国	61.1µg/m ³ (0.029ppm) 未達成：2018年の農村部と都市部の両方で100µg/m ³ を超える時間数は、過去10年間で最も高く、2019年が2番目に高い。	測定対象：O ₃ 2019年 1日の最大8時間平均値。	環境基準は、100µg/m ³ 以下。都市部のO ₃ 濃度は直近10年間、安定。農村部のO ₃ 濃度は都市部より大きく明確な傾向を示さない。72.1µg/m ³ (2019)。
ドイツ	98.05-130.11µg/m ³ (0.046ppm-0.061ppm) 未達成：260全ての観測ステーションにおいて環境基準を超過した。(2019年)	測定対象：O ₃ 2019年 都市部の1日の最大8時間平均値の93.15 percentile値。	環境基準はEUと同じ。
中国	167µg/m ³ (0.078ppm) 未達成	測定対象：O ₃ 2019年 重点区域都市の年間平均濃度	環境基準は、二級濃度制限の1日最大8時間平均値100µg/m ³ 以下。PM2.5、PM10は減少傾向にあるがO ₃ は増加傾向。
日本	一般局：0.048ppm(102.9µg/m ³) (8時間値換算値は0.057ppm)(2018年) 自排局：0.044ppm(94.3µg/m ³) (8時間値換算値は	測定対象：O _x 昼間の日最高1時間値の年平均値	環境基準は、1時間値が0.06ppm(128.6µg/m ³)以下。

国・地域	O _x 濃度の測定値		備考
	測定値	測定条件	
	0.052ppm) (2018年) 未達成：環境基準達成率は一般局 0.1%、自排局 0%と極めて低い水準。		

注1) 米国と日本は、ppm 表記であるため、O₃ 標準状態 (0°C、1 気圧) 0.070 ppm→150 μg/m³等に換算。

<https://www.gastec.co.jp/technology/knowledge/concentration/> 2020年11月閲覧

注2) 日本はオキシダント濃度で O₃ 濃度でないことに注意。

2.4.2 VOC 環境基準の達成状況の整理

データ採取可能な直近の各国の VOC 排出量及び排出量目標の比較を下表に示す。

表 2-196 各国の VOC 排出量及び排出量目標の比較 (再掲)

地域	排出量	排出量目標	目標達成度	備考
米国	1,264 万 t/y (2017 年) 注1	—	—	2015 年比では 8%低減。
欧州	570 万 t/y (2017 年) NMVOC 注3)	893.8 万 t/y	目標比 36%低減 (達成)	国別排出上限指令付属書排出上限値 893.8 万 t/y (2014-2019 年)。2015 年比では 0.8%増加。
英国	70.3 万 t/y (2018 年) NMVOC	120.0 万 t/y	目標比 41%低減 (達成)	国別排出上限指令付属書排出上限値 120.0 万 t/y (2010-2019 年)。2015 年比では 0.6%増加。
ドイツ	80.5 万 t/y (2018 年) NMVOC	99.5 万 t/y	目標比 19%低減 (達成)	国別排出上限指令付属書排出上限値 99.5 万 t/y (2010-2019 年)。2015 年比では 2%低減。
中国	—	2015 年比 15%削減	—	目標は 2020 年で 2015 年比 15%低減 (青空保護戦勝利(青空保衛戦)3 年行動計画、2018-2020 年)。
日本	64.2 万 t/y (2018 年度) NMVOC、固定発生源 8.2 万 t/y (2018 年度) THC、移動発生源	98.4 万 t/y 注4)	目標比 35%低減 (達成)	平成 22 年度までに平成 12 年度比で 3 割程度の削減。(中央環境審議会意見具申 (平成 16 年 2 月))

注1) 米国排出量は、山火事を含まない値。山火事を含むと 1,722 万 t/y (2017 年)。

注2) EU は Gg/y 表記であるため、1Gg/y=0.1 万 t/y と換算。

注3) 欧州、英国、ドイツの排出量は、肥料または農業の農業土壌からの排出量を除く。

注4) 日本の排出目標は、排出インベントリデータ (上段) の値に対し設定され、移動発生源の THC データは考慮されていない。平成 12 年度インベントリデータ 1,405,058t/y×0.7=98.4 万 t/y とした。

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

2.4.3 NO_x 環境基準の達成状況の整理

(1) NO_x 排出量

データ採取可能な直近の各国の NO_x 排出量及び排出量目標の比較を下表に示す。

表 2-197 各国の NO_x 排出量及び排出量目標の比較

地域	排出量	排出量目標	目標達成度	備考
米国	990.7 万 t/y (2017 年)	全米での目標は無し	—	2015 年比では 15% 低減。
欧州	727 万 t/y (2017 年)	909.0 万 t/y	目標比 23% 低減 (達成)	国別排出上限指令付属書排出上限値 909.0 万 t/y (2014-2019 年)。2015 年比では 6% 低減。
英国	82.3 万 t/y (2018 年)	116.7 万 t/y	目標比 29% 低減 (達成)	国別排出上限指令付属書排出上限値 116.7 万 t/y (2010-2019 年)。2015 年比では 6% 低減。
ドイツ	119.8 万 t/y (2018 年)	105.1 万 t/y	目標比 1% 超過 (未達成)	国別排出上限指令付属書排出上限値 105.1 万 t/y (2010-2019 年)。2015 年比では 12% 低減。
中国	1,197 万 t/y (2018 年度)	1,851 万 t/y	目標比 22% 低減 (達成)	目標は 2020 年で 2015 年比 15% 低減 (青空保護戦勝利(青空保衛戦)3 年行動計画、2018-2020 年)。2015 年比では 22% 低減。
日本	移動発生源 : 36 万 t/y (2018 年度) + 固定発生源 : 45 万 t/y (2017 年度) = 81 万 t/y	無し	—	移動発生源 : 40 万 t/y (2015 年度) + 固定発生源 : 63 万 t/y (2014 年度) ^{注3} = 103 万 t/y ¹ と比較すると、21% 削減。

注 1) EU は Gg/y 表記であるため、1Gg/y=0.1 万 t/y と換算。

注 2) 米国では、米国全体の排出量目標は見当たらない。CSAPR で東部州を中心とする一部の州で排出上限が定められている。

注 3) 2015 年度データは存在しない。307,342 千 m³ N/年=631,149t/y と換算。

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

欧州の国別排出上限指令付属書排出上限値は、2020 年で 649.6 万 t/y、2030 年で 414.4 万 t/y と設定され、2019 年までの付属書排出上限値 909.0 万 t/y に比べさらに小さくなり厳しい目標が設定されている。

(2) NO_x 濃度

データ採取可能な直近の各国の NO_x 濃度及び NO_x 濃度目標の比較を下表に示す。

表 2-198 各国の NOx 濃度 (年間平均値) 及び NOx 濃度目標の比較

地域	濃度	制限値	目標達成度	備考
米国 ^{注1)}	16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2019 年) 年平均値	109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 年平均値 NO ₂ の値	目標比 85% 低減 (達成)	NAAQS で定める NOx の環境基準、年平均値が 0.053ppm (109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 以下。 2015 年比 13% 低減。
欧州	16.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2017 年) 年平均値	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 年平均値 NO ₂ の値	目標比 59% 低減 (達成)	濃度は年間平均値で NO ₂ +NO _x の値。EU 新大気質指令制限値 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (年平均値)。 2015 年比 13% 低減。
	英国 19.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2019 年) 都市バックグラウンド NO ₂ 年平均値	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 年平均値 NO ₂ の値	目標比 51% 低減 (達成)	濃度は年間平均値で NO ₂ の値。EU 新大気質指令制限値に倣い 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (年平均値)。 2015 年比 14% 低減。
	ドイツ 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2019 年) 都市バックグラウンド NO ₂ 年平均値	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 年平均値 NO ₂ の値	目標比 55% 低減 (達成)	濃度は年間平均値で NO ₂ の値。EU 新大気質指令制限値に倣い 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (年平均値)。 都市バックグラウンドで 2015 年比 12.9% 低減。
中国	29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2019 年) 338 都市平均、NO ₂ 年平均値	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 年平均値 NO ₂ の値	目標比 28% 低減 (達成)	環境空気質量基準 (GB3095-2012) の NO ₂ 制限値 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。 338 都市平均で 2015 年比 3% 低減。
日本 ^{注2)}	18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2018 年) 一般局、NO ₂ 年平均値	123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 時間値の 1 日平均値 NO ₂ の値	目標比 85% 低減 (達成)	大気汚染に係る環境基準、1 時間値の 1 日平均値が 0.06ppm (123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 以下。 一般局で 2015 年比 10% 低減。

注 1) 米国は 7.80ppb→0.0078ppm→16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、0.053 ppm→109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に換算。

注 2) 日本は、ppm 表記であるため、NOx 標準状態 (0°C、1 気圧) 0.009 ppm→18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、0.06 ppm→123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に換算。<https://www.gastec.co.jp/technology/knowledge/concentration/> 2020 年 11 月閲覧
出所) 各種資料より三菱総合研究所作成。ドイツ:

Umweltbundesamt 'Stickstoffdioxid-Belastung', Diagramm als Excel mit Daten:

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/stickstoffdioxid-belastung#belastung-durch-stickstoffdioxid>

3. 調査結果のまとめ

3.1 対策全体の比較

0x 対策について、各国を比較すると環境基準は、中国、欧州、米国、日本の順に厳しい。環境基準の運用状況は、米国が州ごとに達成・未達成を判断、EU が加盟国毎に達成・未達成を判断、中国及び日本は、全国レベルで達成・未達成を判断している。

VOC 排出基準（放出限界値）については、米国では排出基準の設定の有無は州により異なり、基準値設定州の排出基準は欧州より厳しい。欧州では、排出基準は日本より厳しく日本と同様、排出量目標を設定している。中国では、排出基準は4地域比較で最も厳しく、排出量目標を設定している。日本では、排出基準は4地域比較で最も緩いが、排出量目標を設定している。

VOC 対策について、米国、欧州（オランダ）、日本については、規制と自主的取組のセットで対応している。但し、オランダの取組については過去事例である。EU では、VOC 対策として、製品の製造者、輸入者及びサービス・プロバイダーの申請に任せるエコラベル（EU Ecolabel）制度がある。中国では、規制強化、監視強化により対応しており、自主的取組は見られなかった。

NOx 排出規制については、NOx 排出規準については、日本より米国の方が厳しく、欧州及び中国は米国よりも更に厳しい。米国では、欧州より緩い大気質目標があり、特定州で排出量目標がある。欧州では、米国より厳しい大気質目標があり、排出量目標もある。中国については、欧州と同じ値の大気質目標があり、排出量目標もある。日本では、4地域比較で最も緩い値の大気質目標となっており、特定県で移動発生源の総量規制がある。

表 3-1 米国、欧州、中国、日本での O_x 対策全体の比較

地域	O _x 環境基準	排出基準 (放出限界値)		自主的取組 (VOC)	
		VOC ※オフセット印刷の場合	N _O x ※天然ガスタービンの場合		
米国	<u>0.070ppm</u> /150.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 州ごとに達成・未達成を判断	20ppmC <u>20ppm</u> ※デラウェア州の値		42ppm	SIP (州実施計画) において、企業 (固定発生源) による自主的な排出削減についての実施方法を規定。排出規制の対象外である小規模排出源に対応。EPA が固定発生源同様、大気浄化法 (CAA) に基づく「自主的移動発生源排出削減制度 (VMEPs)」を設けている。
欧州	<u>0.056ppm</u> /120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 加盟国毎に達成・未達成を判断	溶剤消費閾値 15-25t/y	187ppmC <u>100mgC/N m³</u>	24.35ppm <u>50mg/N m³</u>	EU の国別排出上限指令 (各国の排出上限値を規定) の達成方法は各国に一任。EU では、一定の要件を満たした製品・サービスを認証するエコラベル (EU Ecolabel) 制度がある。オランダでは、欧州版自主的取組 (KWS2000) があった。
		溶剤消費閾値 >25t/y	37ppmC <u>20mgC/N m³</u>		
中国	<u>0.047ppm</u> /100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 全国レベルで達成・未達成を判断	ベンゼン	0.086ppmC <u>0.5mg/m³</u>	24.35ppm <u>50mg/N m³</u>	見当たらない。
		ベンゼンとトルエン	16.3ppmC <u>10mg/m³</u>		
日本	0.071ppm 1 時間値の最大値を 8 時間値に換算。全国レベルで達成・未達成を判断	400ppmC		70ppm	業界団体が策定する自主行動計画への企業の自主的な参加等、実情に応じた適切な対策を講じる。

注) 下線が基準値、下線なしは比較のため単位換算した値
出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

植物由来 VOC 対策については、各国とも施策として実施された植物由来 VOC への対策は見出されず、一部の国では、レポートやガイドラインの推奨事項として BVOC 排出種の植生を避けるといった記述がある。

3.2 0x の環境基準及び達成状況

各国とも大部分は環境基準未達となっている。

環境基準の数値については、ppm⇔ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、1時間値⇒8時間値の換算を実施し、換算後の環境基準の数値のみでの比較を行うと、日本>米国>欧州>中国の順となるが、各国で測定値の取り扱い方法が異なる点に留意が必要である。

表 3-2 米国、欧州、中国、日本での 0x の環境基準及び達成状況の比較

	0x 環境基準 ※下線が基準値、下線なしは比較のため単位換算した値	達成状況	備考
米国	0.070ppm/150.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ・O ₃ 濃度：年間4番目に高い日中8時間濃度の3年間の加重平均値	部分未達成 ・2015年 O ₃ 基準を達成した郡(County)の数に基づく基準達成率は85%	—
欧州	0.056ppm/120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ・O ₃ 濃度：1日最大8時間平均値で120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満であり、平均3年間で環境基準を超える日が25日/年以下	部分未達成 ・17の加盟国及び6つの報告国は、O ₃ 目標値を超える濃度を25回以上記録	連続した年次データを確保できない場合は1年間のデータも可
中国	0.047ppm/100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ・O ₃ 濃度：一日最大8時間平均値	未達成 ・実測値は167 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	8時間毎に6以上のデータが必要
日本	0.06ppm/128.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ・Ox/O ₃ 濃度：1時間値の最大値。昼間(5時から20時までの時間帯)を測定 0.071ppm ・1時間値の最大値を8時間値に換算	大部分は未達成 ・環境基準達成率は一般局0.1%、自排局0%	規制上 0x が測定対象物質となり過去には 0x を測定していたが、現在は、測定手法上 O ₃ を測定。

出所) 各国規制官庁のウェブサイト等に基づき作成

参考情報として、0x 濃度の測定値を含む表を以下に示す。

表 3-3 調査対象国・地域の O_x 濃度と日本の測定値の比較（再掲）

国・地域	O _x 濃度の測定値		備考
	測定値	測定条件	
米国	0.066ppm (141.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 未達成：EPAによると、2015年 O ₃ 基準を達成した郡 (County) の数に基づく基準達成率(2018年)は85%。	測定対象：O ₃ 2019年 全国測定地点の平均値を3カ年移動平均した値	環境基準は、0.070ppm (150.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)以下。年間4番目に高い日中8時間濃度の3年間の加重平均。 地域により O ₃ 濃度は異なる。
欧州	34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.016ppm) 未達成：17の加盟国及び6つの報告国は、O ₃ 目標値を超える濃度を25回以上記録。	測定対象：O ₃ 2017年 EU全体の O ₃ 濃度の推定年間平均値	環境基準は、120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下。 1日最大8時間平均値。平均3年間で25日/年を超えないこと。 最大値は41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった(2017年)。
英国	61.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.029ppm) 未達成：2018年の農村部と都市部の両方で100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える時間数は、過去10年間で最も高く、2019年が2番目に高い。	測定対象：O ₃ 2019年 1日の最大8時間平均値。	環境基準は、100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下。 都市部の O ₃ 濃度は直近10年間、安定。 農村部の O ₃ 濃度は都市部より大きく明確な傾向を示さない。72.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2019)。
ドイツ	98.05-130.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.046ppm-0.061ppm) 未達成：260全ての観測ステーションにおいて環境基準を超過した。(2019年)	測定対象：O ₃ 2019年 都市部の1日の最大8時間平均値の93.15 percentile 値。	環境基準はEUと同じ。
中国	167 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.078ppm) 未達成	測定対象：O ₃ 2019年 重点区域都市の年間平均濃度	環境基準は、二級濃度制限の1日最大8時間平均値100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下。 PM2.5、PM10は減少傾向にあるが O ₃ は増加傾向。
日本	一般局：0.048ppm (102.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (8時間値換算値は0.057ppm) (2018年) 自排局：0.044ppm (94.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (8時間値換算値は0.052ppm) (2018年) 未達成：環境基準達成率は一般局0.1%、自排局0%と極めて低い水準。	測定対象：O _x 昼間の日最高1時間値の年平均値	環境基準は、1時間値が0.06ppm (128.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)以下。

注1) 米国と日本は、ppm表記であるため、O₃標準状態(0°C、1気圧)0.070ppm→150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 等に換算。

<https://www.gastec.co.jp/technology/knowledge/concentration/> 2020年11月閲覧

注2) 日本はオキシダント濃度で O₃濃度でないことに注意。

3.3 VOC 及び NOx の排出に関する目標値と達成状況

VOC の排出量目標が設定されている国については達成している。NOx の大気質目標は全ての国で達成している。NOx の排出量目標が設定されている国については、全て NOx 排出量は低減傾向を示しており、概ね目標を達成している。

表 3-4 米国、欧州、中国、日本での VOC 及び NOx の排出に関する目標値と達成状況の比較

地域	VOC		NOx			
	排出量目標	達成状況	大気質目標	達成状況	排出量目標	達成状況
米国	—	— ・2015 年比で 8%低減	109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^{注4)} ・年平均値 NO ₂ の値	達成 ・目標比 85% 低減	—	—
欧州	893.8 万 t/y ^{注1,2)}	達成 ・目標比 36% 低減	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ・年平均値 NO ₂ の値	達成 ・目標比 59% 低減	909.0 万 t/y ^{注1)}	達成 ・目標比 23% 低減
英国	120.0 万 t/y ^{注2)}	達成 ・目標比 41% 低減	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ・年平均値 NO ₂ の値	達成 ・目標比 51% 低減	116.7 万 t/y	達成 ・目標比 29% 低減
ドイツ	99.5 万 t/y ^{注2)}	達成 ・目標比 19% 低減	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ・年平均値 NO ₂ の値	達成 ・目標比 55% 低減	105.1 万 t/y	未達成 ・目標比 1% 超過
中国	2015 年比 15%減	不明	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ・年平均値 NO ₂ の値	達成 ・目標比 28% 低減	1,573 万 t/y	達成 ・目標比 22% 低減
日本	98.4 万 t/y ^{注3)}	達成 ・目標比 35% 低減	123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^{注5)} ・1 時間値の 1 日平均値 NO ₂ の値	達成 ・目標比 85% 低減	—	—

注 1) EU は Gg/y 表記であるため、1Gg/y=0.1 万 t/y と換算。

注 2) 欧州、英国、ドイツの排出量は、肥料または農業の農業土壌からの排出量を除く。

注 3) 日本の排出目標は、排出インベントリデータ（上段）の値に対し設定され、移動発生源の THC データは考慮されていない。平成 12 年度インベントリデータ 1,405,058t/y×0.7=98.4 万 t/y とした。

注 4) 7.80ppb→16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、0.053 ppm→109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に換算。

注 5) ppm 表記であるため、NOx 標準状態（0℃、1 気圧）0.009 ppm→18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、0.06 ppm→123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に換算。

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

参考情報として、各国の VOC 及び NOx の排出状況について、比較可能な値として VOC は排出量を、NOx は大気質濃度を下表に示す。

表 3-5 各国の VOC 排出量及び排出量目標の比較（再掲）

地域	排出量	排出量目標	目標達成度	備考
米国	1,264 万 t/y (2017 年) 注1	—	—	2015 年比では 8%低減。
欧州	570 万 t/y (2017 年) NMVOC 注3)	893.8 万 t/y	目標比 36%低減 (達成)	国別排出上限指令付属書排出上限値 893.8 万 t/y (2014-2019 年)。2015 年比では 0.8%増加。
英国	70.3 万 t/y (2018 年) NMVOC	120.0 万 t/y	目標比 41%低減 (達成)	国別排出上限指令付属書排出上限値 120.0 万 t/y (2010-2019 年)。2015 年比では 0.6%増加。
ドイツ	80.5 万 t/y (2018 年) NMVOC	99.5 万 t/y	目標比 19%低減 (達成)	国別排出上限指令付属書排出上限値 99.5 万 t/y (2010-2019 年)。2015 年比では 2%低減。
中国	—	2015 年比 15%削減	—	目標は 2020 年で 2015 年比 15%低減 (青空保護戦勝利(青空保衛戦)3 年行動計画、2018-2020 年)。
日本	64.2 万 t/y (2018 年度) NMVOC、固定発生源 8.2 万 t/y (2018 年度) THC、移動発生源	98.4 万 t/y 注4)	目標比 35%低減 (達成)	平成 22 年度までに平成 12 年度比で 3 割程度の削減。(中央環境審議会意見具申(平成 16 年 2 月))

注 1) 米国排出量は、山火事を含まない値。山火事を含むと 1,722 万 t/y (2017 年)。

注 2) EU は Gg/y 表記であるため、1Gg/y=0.1 万 t/y と換算。

注 3) 欧州、英国、ドイツの排出量は、肥料または農業の農業土壌からの排出量を除く。

注 4) 日本の排出目標は、排出インベントリデータ (上段) の値に対し設定され、移動発生源の THC データは考慮されていない。平成 12 年度インベントリデータ 1,405,058t/y×0.7=98.4 万 t/y とした。

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

表 3-6 各国の NOx 濃度（年間平均値）及び NOx 濃度目標の比較（再掲）

地域	濃度	大気質目標	目標達成度	備考
米国 ^{注1)}	16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2019年) 年平均値	109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 年平均値 NO ₂ の値	目標比 85% 低減（達成）	NAAQS で定める NOx の環境基準、年平均値が 0.053ppm (109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 以下。 2015 年比 13%低減。
欧州	16.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2017年) 年平均値	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 年平均値 NO ₂ の値	目標比 59% 低減（達成）	濃度は年間平均値で NO ₂ +NO _x の値。EU 新大気質指令制限値 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （年平均値）。 2015 年比 13%低減。
英国	19.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2019年) 都市バックグラウンド NO ₂ 年平均値	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 年平均値 NO ₂ の値	目標比 51% 低減（達成）	濃度は年間平均値で NO ₂ の値。EU 新大気質指令制限値に倣い、40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （年平均値）。 2015 年比 14%低減。
ドイツ	18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2019年) 都市バックグラウンド NO ₂ 年平均値	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 年平均値 NO ₂ の値	目標比 55% 低減（達成）	濃度は年間平均値で NO ₂ の値。EU 新大気質指令制限値に倣い、40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ （年平均値）。 都市バックグラウンドで 2015 年比 12.9%低減。
中国	29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2019年) 338 都市平均、NO ₂ 年平均値	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 年平均値 NO ₂ の値	目標比 28% 低減（達成）	環境空気質量基準（GB3095-2012）の NO ₂ 制限値 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。 338 都市平均で 2015 年比 3%低減。
日本 ^{注2)}	18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2018年) 一般局、NO ₂ 年平均値	123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 時間値の 1 日平均値 NO ₂ の値	目標比 85% 低減（達成）	大気汚染に係る環境基準、1 時間値の 1 日平均値が 0.06ppm (123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 以下。 一般局で 2015 年比 10%低減。

注 1) 米国は 7.80ppb→0.0078ppm→16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、0.053 ppm→109 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に換算。

注 2) 日本は、ppm 表記であるため、NOx 標準状態（0℃、1 気圧）0.009 ppm→18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、0.06 ppm→123 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に換算。<https://www.gastec.co.jp/technology/knowledge/concentration/> 2020 年 11 月閲覧
出所) 各種資料より三菱総合研究所作成。ドイツ：

Umweltbundesamt' Stickstoffdioxid-Belastung', Diagramm als Excel mit Daten:

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/stickstoffdioxid-belastung#belastung-durch-stickstoffdioxid>

3.4 まとめ

米国、欧州及び中国における O_x 濃度の低減対策について、日本の対策と比較を行った。具体的には、 O_x の環境基準、 O_x 発生の前駆物質とされる VOC 及び窒素酸化物 (NO_x) の排出基準の設定状況について整理した。さらに、各国の NO_x 及び VOC 排出削減の自主的取組を含む取組状況や達成状況についても整理を行った。

各国とも、VOC 及び窒素酸化物の排出削減に関しては排出削減目標を達成しているが、 O_x の環境基準への達成状況は未達成となっている。各国の O_x 濃度比較については、日本の濃度が他国に比べ高いということはない。

O_x 発生抑制については、前駆物質である NO_x 及び VOC 排出削減のみでは必ずしも有効でないことが確認された。

研究レベルではあるが自然由来 VOC が大気中の VOC の中で看過できない比率を占めていることも判明している。一部の国では、植物由来 VOC (BVOC) の削減のため都市植栽ガイドラインを整備している事例も見られた。

大気中の O_x 濃度の変動要因は、 NO_x 及び VOC の固定発生源や移動発生源からの排出の他に、BVOC を含む自然由来発生源、大気環境、NO タイトレーション (titration) 効果¹²⁰や気流による越境等、複雑な要因が絡んでいると言われてきた。 O_x 濃度の変動要因の解明については、更なる科学的知見の蓄積と分析が必要である。

¹²⁰ NO が O_3 と反応し NO_2 と O_2 になるため O_3 を減少させる効果。