平成 27 年度
揮発性有機化合物（VOC）排出インベントリ作成等に関する調査業務

報 告 書

平成 28 年 3 月

株式会社 環境計画研究所

は じ め に

平成 16 年 5 月、大気汚染防止法の一部を改正する法律が公布され、規制と自主的取組の適切な組み合わせ（ベストミックス）により、VOC 排出量の削減が進められた。

平成 18 年 3 月 30 日に中央環境審議会大気環境部会の揮発性有機化合物排出抑制専門委員会が取りまとめた「揮発性有機化合物の排出抑制に係る自主的取組のあり方について」においては、VOC 排出抑制対策の進捗状況（法規制及び自主的取組の効果）の把握を目的として、「VOC 排出インベントリの整備・更新」の必要性が指摘された。

このため環境省は、平成 18 年度から平成 26 年度の「揮発性有機化合物の排出インベントリ作成等に関する調査」（以下、「既存調査」という。）において、平成 12 年度、平成 17 年度～平成 25 年度の VOC の排出量を調査し、発生源品目別等の排出量の推計を実施してきた。

本年度の調査は「揮発性有機化合物（VOC）排出インベントリ検討会」（委員長：浦野紘平 有限会社環境資源システム総合研究所 代表取締役所長）（以下「検討会」という。）を設置し、平成 26 年度の VOC 排出抑制対策の進捗状況の把握を行った。

検討会では、学識経験者、自治体、業界団体からの委員の参画を得て、平成 27 年 12 月より 3 回にわたり議論を重ね、各委員や関係業界団体から最新の情報等を得ることにより、既存インベントリの改善・検証に努めた。

今後、中央環境審議会大気・騒音振動部会の関連会合や都道府県等において、大気汚染防止法に基づく VOC の排出抑制対策の進捗状況の把握等に VOC 排出インベントリが広く活用されることが期待される。

なお、本調査の実施にあたって検討会にご参画いただいた委員各位、ヒアリング調査に御協力いただいた業界団体、事業者各位に厚くお礼を申し上げる次第である。

平成 28 年 3 月

株式会社 環境計画研究所

Studies to develop the national emissions inventory for volatile organic compounds (VOC),

FY 2015

- Summary -

1. Background

Towards improved air quality of suspended particulate matter and photochemical oxidant, Japan takes measures to suppress VOC emissions from stationary sources, of which the basic approach is an optimum combination of regulatory and voluntary measures (a best-mix method). In order to assess the progress of these measures, the emissions of VOCs from stationary sources have been estimated and compiled into the national "emissions inventory for VOC" every year.

2. Methodologies

Emissions are estimated mainly through (i) multiplying the shipping volume of VOC-containing products (e.g. paints) by emission rates, or (ii) summing up the VOC emissions reported in the voluntary plans related to VOC reduction which are implemented by industry organizations. These methods are designed to estimate the overall emissions from stationary sources.

3. Result

The estimated emissions from FY 2000 to FY 2014 are shown below. While the VOC measures have aimed to reduce the emissions in FY 2010 by 44% from the reference year, i.e. FY 2000, the estimated emissions in FY 2014 reduced by 50% from FY 2000. A verification using the monitoring results from the general monitoring points over the country has suggested that these estimates are generally valid.

(Notes)

1. FY 2000 is designated as the reference year, when quantitatively assessing the VOC suppression measures.
2. Unintentionally created VOCs from combustion, and VOCs from mobile and natural sources are not included.

平成 27 年度揮発性有機化合物（VOC）排出インベントリ検討会
委員名簿

（敬称略;50 音順）

氏 名	所 属	役 職
石井 健三	一般社団法人 日本印刷産業連合会	環境安全部 部長
◎ 浦野 紘平	有限会社環境資源システム総合研究所	代表取締役所長
遠藤 小太郎	一般社団法人 産業環境管理協会	人材育成・出版センター所長
小川 慎太郎	日本接着剤工業会	環境安全委員
小野 雅啓	日本クリーニング環境保全センター	クリーニング綜合研究所 所長
桐明 公男	一般社団法人 日本造船工業会	常務理事
鈴木 譲	一般社団法人 日本塗料工業会	技術部長
高橋 輝行	東京都 環境局 環境改善部	化学物質対策課長
南齋 規介	国立研究開発法人 国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター	国際資源循環研究室長
浜井 満彦	一般社団法人 日本自動車工業会	工場環境部会 化学物質管理分科会 分科会長
前野 純一	日本産業洗浄協議会	事業推進委員会 委員長
山口 広美	一般社団法人 日本化学工業協会	環境安全部 部長

◎:委員長

目　　次

第1章 調査の概要 1
１－１ 背景と目的 1
１－２ 調査の内容 1
１－３ 調査の方法 4
1-3-1 検討会の設置・運営 4
1-3-2 ヒアリング調査の実施 4
第2章 優先課題の検討 6
２－１ 成分不明の VOC 排出量に係る検討 6
2-1-1 石油系混合溶剤の成分分析による平均組成の更新 6
2-1-2 PM2.5 及び光化学オキシダント生成能に関する文献調査 13
2-1-3 VOC 排出インベントリにおける VOC 成分の分類の見直し 25
２－２ 燃料（蒸発ガス）に係る推計方法の検討 45
2-2-1 燃料（蒸発ガス）に係る推計方法の見直しの経緯 45
2-2-2 燃料（蒸発ガス）の概要 48
2-2-3 燃料（蒸発ガス）に係る推計精度向上のための課題 49
2-2-4 推計方法の課題に係る指摘事項 56
2-2-5 推計精度向上に向けた課題と対応方針 60
第3章 VOC 排出インベントリ推計の計算 62
３－１ VOC 排出インベントリ・発生源品目別計算式 62
第4章 VOC 排出量の推計方法 76
４－１ 推計方法の概要等 76
4-1-1 推計方法の概要 76
4-1-2 推計結果の集計方法 81
4-1-3 推計における有効桁数の取り扱い 81
4-1-4 過年度排出量の遡及修正 81
4-1-5 データ等の収集結果 83
４－２ 製造関連 86
4-2-1 化学品（小分類コード 101） 86
4-2-2 食料品等（発酵）（小分類コード 102） 100
4-2-3 コークス（小分類コード 103） 105
4-2-4 天然ガス（小分類コード 104） 107
４－３ 貯蔵・出荷 110
4-3-1 燃料（蒸発ガス）（小分類コード 201） 110
4-3-2 原油（蒸発ガス）（小分類コード 203） 126
４－４ 使用（溶剤）（溶剤（調合品）の使用） 128

4-4-1 塗料（小分類コード 311） 128
4-4-2 印刷インキ（小分類コード 312） 137
4-4-3 接着剤（ラミネート用を除く）（小分類コード 313） 152
4-4-4 粘着剤・剥離剤（小分類コード 314） 173
4-4-5 ラミネート用接着剤（小分類コード 315） 180
4-4-6 農薬・殺虫剤等（補助剤）（小分類コード 316） 184
4-4-7 漁網防汚剤（小分類コード 317） 188
４－５ 使用（溶剤）（溶剤（非調合品）の使用） 190
4-5-1 ゴム溶剤（小分類コード 322） 190
4-5-2 コンバーティング溶剤（小分類コード 323） 198
4-5-3 コーティング溶剤（小分類コード 324） 201
4-5-4 合成皮革溶剤（小分類コード 325） 205
4-5-5 アスファルト溶剤（小分類コード 326） 207
4-5-6 光沢加工剤（小分類コード 327） 209
4-5-7 マーキング剤（小分類コード 328） 211
４－６ 溶剤使用（洗浄・除去） 213
4-6-1 工業用洗浄剤（小分類コード 331） 213
4-6-2 ドライクリーニング溶剤（小分類コード 332） 225
4-6-3 塗膜剥離剤（リムーバー）（小分類コード 333） 232
4-6-4 製造機器類洗浄用シンナー（小分類コード 334） 236
4-6-5 表面処理剤（フラックス等）（小分類コード 335） 243
４－７ 溶剤使用（その他） 246
4-7-1 試薬（小分類コード 341） 246
４－８ 溶剤以外の使用（原料） 254
4-8-1 原油（精製時の蒸発）（小分類 411） 254
４－９ 溶剤以外の使用（有効成分・噴射剤等） 256
4-9-1 プラスチック発泡剤（小分類コード 421） 256
4-9-2 滅菌・殺菌・消毒剤（小分類コード 422） 258
4-9-3 くん蒸剤（小分類コード 423） 262
4-9-4 湿し水（小分類コード 424） 265
第5章 VOC 排出量の推計結果と変動要因分析 267
５－１ 発生源品目別 VOC 排出量の推計結果と変動要因分析 267
５－２ 物質別 VOC 排出量の推計結果 270
５－３ 業種別 VOC 排出量の推計結果 273
５－４ 都道府県別 VOC 排出量の推計結果と変動要因分析 275
５－５ 全国 VOC 排出量の変動状況 285
第6章 VOC 排出インベントリ作成のまとめと今後の課題 287
６－１ 本調査において検討した主な内容 287

６－２ VOC 排出インベントリにおける今後の課題と対応方針 288

第1章　調査の概要

１－１ 背景と目的

我が国における揮発性有機化合物（VOC）の排出については、平成 12 年度における発生源別排出量が「排出インベントリ」として取りまとめられるとともに、その後の検討によって大気汚染防止法の一部改正が行われ、VOC 排出抑制対策が盛り込まれた。改正大気汚染防止法では、規制及び事業者の自主的取組を適切に組み合わせて、VOC の排出抑制が進められることとなり、平成 22 年度までに平成 12 年度比で固定発生源における VOC 排出量を 3 割程度削減することを目標として定めた。

平成 18 年度から平成 26 年度の「揮発性有機化合物（VOC）排出インベントリ作成等に関する調査」（以下、「既存調査」という。）では、平成 12 年度、平成 17 年度～平成 25 年度の 10 年間について、推計の不確実性の解消を図りつつ、発生源品目別等の排出量推計を実施してきた。目標年度であった平成 22 年度の VOC 排出インベントリ・データでは平成 12 年度比で 44％削減している。

平成 27 年度調査においては、既存調査における課題点の解決を図るとともに、推計精度の更なる向上を図り、平成26年度における発生源品目別・業種別・都道府県別等のVOC排出量の推計を行った。

１－２ 調査の内容

本年度の調査においては、これまでの検討において今後の検討課題とされた計 11 項目（表1-1、表1-2）のうち、表1-1 の「①成分不明の VOC 排出量について」と、表1-2 の「②燃料（蒸発ガス）」に係る問題を優先課題として取り上げ、これらの課題を中心に検討を進めた。

表1-1　VOC 排出インベントリにおける主な課題（全体）

項目		内　　容
①	成分不明の VOC 排出量について	・ オキシダント生成能は、物質によって大きな差があるが、現状のインベントリでは3割以上が「成分不明」となっている。 ・ 平成 26 年度調査にて細分化方法を提案し、検討会の承認を得たが、一部データの代表性や信頼性について課題とされた。
②	経年変化の要因分析について	規制がかかることにより、物質の使用量が激減する可能性があるため、経年変化の要因を分析する際は、それらの動向についても留意する。
③	都道府県別配分について	都道府県別の排出量推計の方法については、これを活用する自治体もあると考えられるため、検討する機会を設ける必要がある。

注1：平成 26 年度業務報告書の内容を一部加筆修正して示す。
注2：平成 27 年度業務の優先課題と考えられるものを網掛けで示す。

表1-2 VOC 排出インベントリにおける主な課題（発生源品目別）

項目		内　　容
①	食料品等（発酵） （コード：102、以下同様）	・ パン、酒類の排出係数に関する国内データが把握できない。 ・ パンの都道府県別の生産に関するデータが得られない。 スピリッツ類のエチルアルコール含有率は 40%という標準含有率が使われているが、アルコール度数に減少傾向があるとされており、実態が反映されていない可能性がある。
②	燃料（蒸発ガス） （201）	・ 給油所から排出される VOC の推計方法について、夏場の VOC 排出抑制を図るため、ガソリンの蒸気圧を低く抑える取り組みが実施されているが、現状の推計方法には反映されていない。 ・ H22 推計以降、条例により、地下タンクへの受け入れ時に発生する VOC の回収を義務付けている自治体については、蒸気回収装置の設置率を 100%と仮定して VOC 排出量を推計しているが、施設の規模等によっては、規制対象外となる施設も考えられるため、実態と乖離している可能性がある。
③	印刷インキ （312）	印刷インキのうち、グラビアインキについては取組の状況（水性化等）が把握できていない。
④	接着剤 （313）	新たに特定された物質は単年度のデータであるため、過去にどのような推移をしてきたのかは今後、日本接着剤工業会からのデータ提供等を受けながら遡及修正の可能性を検討する。
⑤	農薬・殺虫剤等(補助剤) （316）	PRTR 対象外のアルコール系の農薬・殺虫剤についての推計方法の検討が必要である。
⑥	ゴム溶剤 （322）	ゴム溶剤の VOC 成分の構成比は、昭和 60 年の業界団体の調査に基づいており、平成 12 年度から物質構成の変化がないと仮定して推計しているが、最近のゴム溶剤の VOC 成分と同様の構成なのか確認できていない。
⑦	製造機器類洗浄用 シンナー （334）	・ 製造機器類洗浄用シンナーの排出量は約3万トンあるが、その VOC 成分を特定するためのデータが得られていない。 都条例データを用いた排出係数は仮定が多く、洗浄用シンナーの近年の使用においては低 VOC のものを利用していると考えられるため、実態に即していない可能性がある。
⑧	表面処理剤 （フラックス等） （335）	表面処理剤（フラックス等）の排出量推計は、平成 18 年度に環境省が実施した「有機溶剤等の国内出荷量に係る調査」のデータに依存しており、それ以降のデータ更新ができてない。

注1：平成 26 年度業務報告書の内容を一部加筆修正して示す。
注2：平成 27 年度業務の優先課題と考えられるものを網掛けで示す。

本年度の調査で対象とする優先課題は、それぞれ表1-3 に示す点を主な論点として議論した。

表1-3　本年度の優先課題ごとの主な論点

項目		主な論点
表1-1 ①	成分不明のVOC 排出量について	● 石油系混合溶剤の成分分析による平均組成の更新 ● PM2.5 及び光化学オキシダント生成能 ● VOC 排出インベントリにおけるVOC 成分の分類の見直し
表1-2 ②	燃料(蒸発ガス)（201）	● 給油ロスによるVOC 排出係数の算出方法の見直し ● 燃料蒸発ガスの推計方法に係る主な課題と対応方針

１－３ 調査の方法

1-3-1 検討会の設置・運営

「１－２ 調査の内容」を検討するために揮発性有機化合物（VOC）排出インベントリ検討会を表1-4 のとおり開催した。

昨年度から引き続き実施し、第 28 回からの開催である。検討会委員名簿は本書の冒頭に示す。

表1-4 揮発性有機化合物排出インベントリ検討会の開催状況

検討会	開催日時	議事
第 28 回 （H27 年度 第 1 回）	H27.12.8（火） 10:00～12:00	● 平成 27 年度 VOC 排出インベントリ検討会の進め方 ● 「成分不明」の VOC 排出量の細分化に向けた対応方針 ● 燃料（蒸発ガス）の推計精度向上に向けた対応方針
第 29 回 （H27 年度 第 2 回）	H28.2.15（月） 10:00～12:00	● 第 28 回検討会における主な指摘事項への対応状況・方針 ● 石油系混合溶剤の成分分析による平均組成の更新 ● 燃料（蒸発ガス）の推計精度向上のための推計方法の見直し ● VOC 排出インベントリにおけるVOC 成分の分類の見直し方法
第 30 回 （H27 年度 第 3 回）	H28.3.15（火） 15:00～17:00	● 石油系混合溶剤の成分分析による平均組成の更新 ● 平成 26 年度 VOC 排出量の推計結果等

1-3-2 ヒアリング調査の実施

昨年度に引き続き、VOC 排出インベントリの推計における問題点の抽出や、推計を行うためのデータの収集等を目的にヒアリング調査を実施した（表1-5）。

また、本年度の調査においては、石油系混合溶剤の成分分析による平均組成の更新や、燃料（蒸発ガス）の推計方法の見直しに必要な情報の収集等を目的としたヒアリング調査も実施した（表1-5）。なお、成分分析による平均組成の更新に関するヒアリング調査の詳細については「２－１－１ 石油系混合溶剤の成分分析による平均組成の更新」に示す。

表1-5　本調査で実施したヒアリング概要

テーマ	概要
発生源品目別推計の調査 (業界団体等へのヒアリング)	● 自主行動計画や各種統計データ、推計方法について業界団体にヒアリング調査を実施した。 ・日本接着剤工業会 ・(一社) 日本印刷産業連合会 ・日本クリーニング環境保全センター ・(一社) 日本塗料工業会 ・全日本光沢化工紙協同組合連合会 ・メチルブロマイド工業会 ・日本ポリエチレンラミネート製品工業会 など
石油系混合溶剤の成分分析による平均組成の更新に必要となる情報の収集	● 石油系混合溶剤の参入企業・製品や国内シェア等の流通実態に関する情報の収集等を目的としてヒアリング調査を実施した。 ・石油系混合溶剤の製造・販売事業者 ・日本クリーニング環境保全センター ・日本産業機械工業会 ・一般社団法人　日本塗料工業会 ※詳細は「2－1－1石油系混合溶剤の成分分析による平均組成の更新」に示す。
燃料(蒸発ガス)の推計方法の見直しに係る情報収集	● 燃料(蒸発ガス)に係る推計精度向上に向けた知見、データ等を収集するため、ヒアリング調査を実施した。 ・石油連盟 ・日本ガソリン計量機工業会

第2章優先課題の検討

2－1 成分不明の VOC 排出量に係る検討

2-1-1 石油系混合溶剤の成分分析による平均組成の更新

昨年度の検討会において、東京都が2007年に実施した石油系混合溶剤の成分分析調査[1]（以下「2007 年成分分析調査」という。）で報告された石油系混合溶剤の用途別平均組成等を使用した成分不明の VOC 排出量の細分化の方法を提案した。

その結果、2007 年成分分析調査から約 10 年経過しているため、近年の状況を踏まえてデータ更新の必要性を検証する必要があるとの指摘を受けた。

本年度の調査では用途別平均組成の更新の可能性や方法を検討することを目的とし、石油系混合溶剤の流通実態について最新の情報を収集し、主要な石油系混合溶剤について試行的に成分分析を実施した。

なお、本年度の調査では、石油系混合溶剤の中でも使用量が比較的多く、用途がドライクリーニングに限られる（主要な製品を選定しやすい）といった理由により、まずはクリーニングソルベント（工業ガソリン 5 号）を対象として成分分析を実施した。

(1) 情報収集の結果及び試料選定

成分分析を行うクリーニングソルベント（工業ガソリン 5 号）を選定するにあたり、クリーニングソルベントの製造事業者（石油元売及びその関連会社）、同販売事業者、及び関連業界団体に対してヒアリング調査を行った。ヒアリング調査の概要を表2-1 に示す。なお、本年度のヒアリング調査では来年度以降の成分分析を見据えて、クリーニングソルベント以外に塗料、印刷インキ、接着剤、ゴム溶剤で使用されている石油系混合溶剤（工業ガソリン 2 号等）についても併せて情報収集を行った。

表2-1 本調査で実施したヒアリング調査の概要（1／2）

項目	概要
実施期間	平成 27 年 12 月 17 日（木）～平成 28 年 3 月 3 日（木）
調査対象	＜石油系混合溶剤の製造・販売事業者＞ ● 石油系混合溶剤の製造事業者（石油元売及びその関連会社） 6 社 ● 石油系混合溶剤（クリーニングソルベント）の販売会社 1 社

注：クリーニングソルベント以外の石油系混合溶剤についてもヒアリングを実施した。

[1] 石油系混合溶剤の成分組成調査（東京都環境科学研究所年報 2007）

表2-1　本調査で実施したヒアリング調査の概要（2／2）

項目	概要
調査対象 （つづき）	＜石油系混合溶剤のユーザー側の業界団体＞ ● 日本クリーニング環境保全センター ● 日本産業機械工業会（兼、ドライクリーニング機の製造事業者） ● 一般社団法人　日本塗料工業会（※塗料で使用される石油系混合溶剤に関して）
調査方法	● 石油系混合溶剤の製造・販売事業者に対しては直接面接によるヒアリングを基本とし、一部の調査対象については電話、及び電子メールを使用した。 ● 石油系混合溶剤のユーザー側の業界団体については電話によるヒアリングを実施した。
質問・確認事項	● 石油系混合溶剤の参入企業及び製品（国内市場） ● 石油系混合溶剤の国内販売量及び国内シェア ● 石油系混合溶剤の組成の年変化及び季節変化 ● 石油系混合溶剤の組成の変化に関係する取り組み ● ブレンドメーカー[注2]の有無及び市場への寄与 ● 石油系混合溶剤の組成に関するデータの提供依頼 ● 成分分析に使用するサンプルの提供依頼、等 ※調査対象によっては質問・確認事項が異なる。

注 1：クリーニングソルベント以外の石油系混合溶剤についてもヒアリングを実施した。
注 2：ブレンドメーカーとは、石油元売（及び関連会社）から石油系混合溶剤や単一成分溶剤を調達してブレンドし、ユーザーに販売する事業者を意味する。

ヒアリング調査を行った結果、クリーニングソルベントについては国内で 10 製品が流通していることが確認された。また、ヒアリング調査の結果に基づきクリーニングソルベントの国内シェアを推計した（表2-2）。なお、国内シェアの推計に際しては、確度の高い情報が得られた 2 製品については、それぞれシェア 50%、及び 20%とし、その他の製品については残りの 30%を均等配分した。

本年度は製造事業者からサンプル提供を受けることができた 7 製品について成分分析を実施した。7 製品には国内に流通する代表的なクリーニングソルベント製品（製品 No.1 及び 2）も含まれる。

なお、石油元売から複数の溶剤を調達してブレンドした製品をユーザーに販売するブレンドメーカーの情報については、石油元売及びその関連会社へのヒアリング調査では把握することができなかった。

表2-2 クリーニングソルベントの国内シェアの推計結果

製品 No.	国内シェア
1	50%
2	20%
3	4%
4	4%
5	4%
6	4%
7	4%
8	4%
9	4%
10	4%
合計	100%
合計 (No.1～7)	89%

注:網掛は今年度の調査で成分分析を実施しなかった製品

(2) 分析方法

本年度の石油系混合溶剤の成分分析は、JIS K2536-2[2]に準拠した方法で GC-FID による全成分分析を実施した。本年度の調査、及び 2007 年成分分析調査における分析方法の概要を表2-3 に示す。

2007 年成分分析調査の GC-FID の定量範囲が 0.5 容量%(クロマトグラム合計面積に対するピーク面積の割合)であるのに対して、今年度の分析調査の定量範囲は JIS K2536-2 に準拠した値である 0.1 容量%以上とした。

2007 年成分分析調査において定量範囲を 0.5 容量%とした理由について、当該調査の担当者にヒアリングを行ったところ、「全体の 7～8 割の成分を特定できることを目安とした」ということであった。

なお、GC-FID 分析で同定できなかった物質は、GC-MS 分析を行うことで補足的に把握できる可能性があるが、先行して製品 No.1 の成分分析を実施した結果、GC-FID による成分分析だけでも 9 割以上の組成を把握することができたため、本年度の調査では成分分析を行う製品数を増やすことを優先し、GC-FID 分析のみを実施した。

[2] JIS K2536-2(石油製品-成分試験方法 第 2 部:ガスクロマトグラフによる全成分分析の求め方)

表2-3 石油系混合溶剤の成分分析方法の比較

項目	本年度の調査	（参考） 2007 年成分分析調査[注1]
分析方法	・GC-FID 分析	・GC-FID 分析 ・GC-MS 分析
GC-FID の定量範囲 （クロマトグラム合計面積に対するピーク面積の割合）	0.1 容量%以上 （JIS K2536-2 に準拠した値）	0.5 容量%以上
GC-FID 分析で用いる装置	Agilent Technologies 社 「GC6890N」	Agilent Technologies 社 「GC6890」
GC-FID 分析の同定方法	ライブラリ検索 （Agilent Technologies 社 「EZDHA ソフト」使用）	標準物質による （SUPELCO 社 PIANO キット[注2]使用）

注1：「石油系混合溶剤の成分組成調査（東京都環境科学研究所年報 2007）」
注2：SUPELCO 社 PIANO キットの内容は以下のとおり
①直鎖アルカン C5～C15 の 11 種混合品
②側鎖アルカン C5～C9 の 37 種混合品
③ナフテン 30 種混合品
④アルケン C4～C10 の 25 種混合品
⑤芳香族炭化水素類の 37 種混合品

成分分析の方法に関連する用語の解説を表2-4 に示す。

表2-4 成分分析の方法に関連する用語の解説

用語	解説
ガスクロマトグラフィー	気体又は揮発性の高い物質を同定し、その濃度を測定するための分析手法のこと。試料中の成分が「カラム」と呼ばれる装置で分離され、成分ごとの濃度が測定される仕組みになっている。
ガスクロマトグラフ（GC） （いわゆるガスクロ）	ガスクロマトグラフィーで使われる分析装置のことで、キャリアーガスボンベやカラム、検出器などから構成されている。 GC は混合物の分離能力に優れているが、定性能力は高くない。
GC-FID	検出器として水素炎イオン化検出器（FID；flame ionization detector）を用いたガスクロマトグラフ（GC）のことで、有機化合物（炭化水素等）の分析に用いられる。
GC-MS （いわゆるガスマス）	ガスクロマトグラフ（GC）と質量分析計（MS；mass spectrometer）を一体化させた分析装置のこと。MS 部で質量スペクトルを測定することによって物質を同定し、ガスクロマトグラフ（GC）の定性能力の低さを補う形になっている。

(3) 分析結果

本年度の調査では国内に流通しているクリーニングソルベント 7 製品について成分分析を実施したが、これら製品のサンプル提供を受けた事業者（石油元売及びその関連会社）に対して、成分分析結果の確認を依頼したところ、複数の事業者から芳香族成分の組成が高いとの指摘を受けた。

事業者の HP 及びカタログを確認したところ、成分分析を実施した 7 製品のうち 5 製品については芳香族の含有率が 0.1%未満（以下）、もしくは 0.3%未満と示されているが、これら 5 検体の成分分析結果を確認すると芳香族成分の組成は 7～9%程度であった。

これらの製品を製造する事業者 1 社（石油元売）に対して追加でヒアリング調査を行ったところ、クリーニングソルベント製品を製造する際に水素化処理を行って芳香族を減らしていることが確認された。また、HP に掲載している芳香族の含有率は各種芳香族の合計含有率であり、自社で開発した吸光分析をベースとした分析法により芳香族の含有率を把握していることが確認された。

(4) 次年度以降の方針

① 芳香族の組成に関する検証

次年度以降の調査では、クリーニングソルベントの製造事業者が分析した芳香族の組成と、今年度の成分分析の結果に差が生じた原因を明らかにすることを最優先課題とする。

そのため、その他の製造事業者に対しても追加でヒアリング調査を行い、芳香族の分析方法等、原因の特定につながるような情報の収集に努める。

また、GC-FID よりも定性精度に優れる GC-MS を用いて、今年度の成分分析で検出された芳香族成分（原則として多く含まれている物質）の再分析を行い、GC-FID による全成分分析の定性精度について検証を行う。

なお、本年度の GC-FID による成分分析ではライブラリ検索により物質の同定を行っているため、ライブラリに登録されていない芳香族以外の物質（例えばシクロアルカン）を芳香族とみなしている可能性が考えられる。そのため、GC-MS よる検証分析ではライブラリ検索ではなく標準物質を使用して物質の同定を行う。

② 成分分析に係る追加調査等

今年度に実施したクリーニングソルベント 7 製品の分析結果を基に、表2-5 に示す項目について追加調査等を行う。

表2-5 成分分析に係る追加調査

項目	内容
GC-MS による補足的な分析に係る検討	GC-FID による全成分分析で把握された組成の割合等の情報から GC-MS による補足的な分析の必要性に係る検討。
検体の追加に係る検討	分析した検体間の組成のばらつきや、分析した検体（製品）の合計シェア等に基づき、成分分析を行う検体の追加について検討
2007 年成分分析結果との比較	・東京都の成分分析結果との比較を行う。 ・東京都の成分分析結果でのみ把握された組成であって、その組成の含有率が大きい場合は、平均組成を算出する際に東京都の分析結果を補正して活用することを検討する。
SDS との比較	成分分析を行った石油系混合溶剤の SDS と、成分分析結果を比較し、整合が取れているか確認。

③ 平均組成の算出方法

石油系混合溶剤の用途別・溶剤種別の平均組成は、下記に示す式に従い、成分分析により得られた組成（重量%）及び国内シェア（%）を用いて加重平均により算出する。

ただし、今年度のクリーニングソルベント 7 製品の成分分析結果を用いて実際に平均組成を算出する過程で、必要に応じて算出方法についての検討を行う。

石油系混合溶剤の用途別・溶剤種別の平均組成
＝ Σ（国内シェア（%）×組成（重量%））
÷ 成分分析を実施した製品のシェアの合計値（%）

④ クリーニングソルベント以外の溶剤に関する成分分析

＜溶剤の種類ごとの代表的な製品の選定＞

業界関係者に対して追加的なヒアリングを行い、クリーニングソルベント以外の石油系混合溶剤の流通実態に関する追加的な情報収集を行う。それらのヒアリング結果を踏まえ、以下のような石油系混合溶剤について、それぞれ「代表的な製品」を数種類程度選定する。

- 工業ガソリン2号（ゴム揮発油） ・・・ 必要に応じて用途別
- 工業ガソリン4号（ミネラルスピリット） ・・・ 必要に応じて用途別
- 印刷インキ用高沸点溶剤
- ソルベントナフサ ・・・ 必要に応じて用途別

また、溶剤の種類ごとの代表的な製品の選定に当たっては、石油元売から複数の溶剤を調達してブレンドし、ユーザーに販売するブレンドメーカーの存在に留意し、石油系混合溶剤の「ブレンド製品」を成分分析の対象にする必要性等も検討すると共に、石油系混合溶剤の組成の年変化や季節変化にも留意する。

＜成分分析の実施＞

溶剤の種類ごとに選定された代表的な製品（溶剤の種類ごとに数種類程度）について、平成 27 年度と同様の方法（GC-FID を基本とし、GC-MS による補足的な分析を検討）で成分分析を実施し、成分情報の蓄積を進める。

＜平均組成の算出＞

製品ごとの組成のばらつきや、捕捉できたシェア等を考慮して十分な成分情報が蓄積されたと判断した場合に用途別平均組成を算出し、データの更新について検討を行う。

⑤　VOC 排出インベントリへの反映

検討会の場でデータを更新しても問題ないと判断された石油系混合溶剤の平均組成については、順次VOC排出インベントリへの反映を行う。なお、当面は推計対象年度のデータの更新を目指すこととし、過年度のデータの更新方法については今後の課題とする。

2-1-2 PM2.5 及び光化学オキシダント生成能に関する文献調査

VOC は光化学オキシダントの他に、PM2.5 の原因物質となる可能性が示唆されており、光化学オキシダントと共通する課題が多いことから、平成 27 年3月に中環審大気・騒音振動部会微小粒子状物質等専門委員会がとりまとめた「微小粒子状物質の国内における排出抑制策の在り方について（中間とりまとめ）」において、VOC 排出抑制に関する課題が示された。

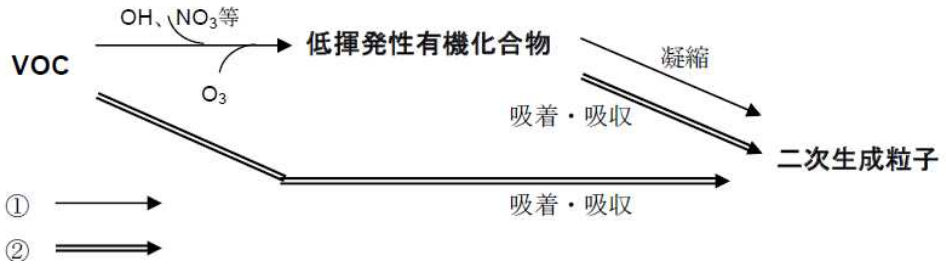
このような背景から、本年度の調査では PM2.5 や光化学オキシダントの高濃度要因の解明や対策を検討する際の基礎資料として活用することを目的として、PM2.5 及び光化学オキシダント生成能に関する文献調査を実施した。以下、文献調査の結果を示す。

(1) PM2.5 の生成過程

大気中の VOC は、主に以下の過程によって二次生成粒子を生成する（図 2-1）。

① VOC が大気中で OH ラジカル、オゾン等と化学反応し、揮発性の低い有機化合物を生成する。それらがそのまま凝縮するか、大気中にある既存の微小粒子を核として凝縮し、粒子を生成する。

② VOC そのもの又は①の反応により生成した物質が既存の微小粒子に吸着・吸収され、粒子上または粒子中で化学反応を起こし、揮発性の低い有機化合物を生成することにより粒子を生成する。

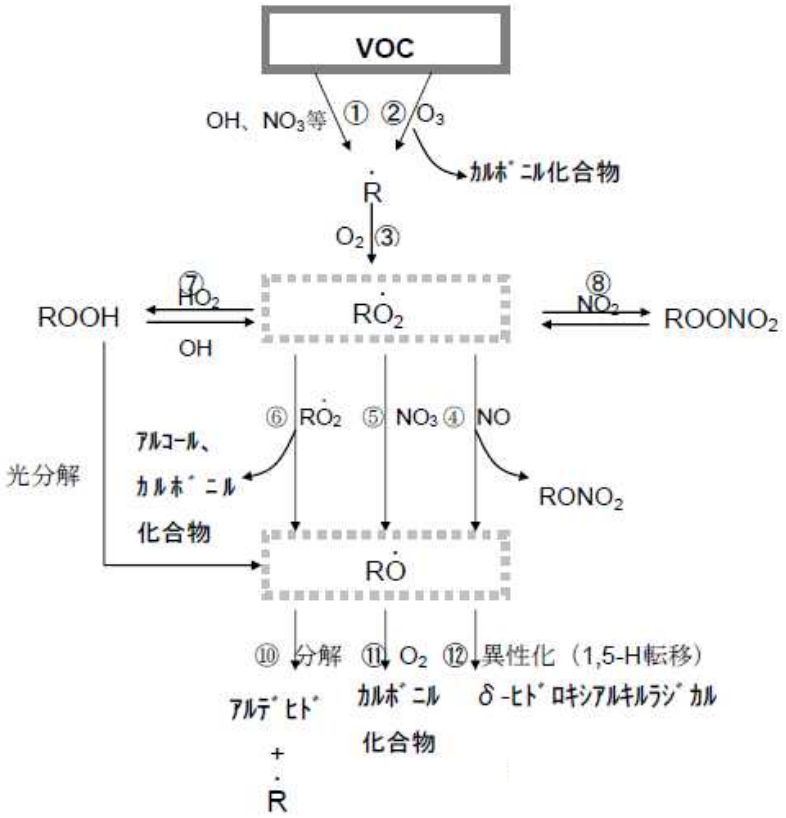


出典：環境省ウェブページ：関係資料「SPM とオキシダントの生成メカニズム」
（https://www.env.go.jp/air/osen/voc/materials/101.pdf），閲覧日時： 2016 年 3 月 9 日.

図 2-1 VOC から二次生成粒子が生成するメカニズム

VOC は大気中で OH ラジカルとの反応によりアルキルペルオキシラジカル（RO_2）を生成し、後続の NO や RO_2 等との反応によりカルボニル化合物等を生成する（図2-2）。

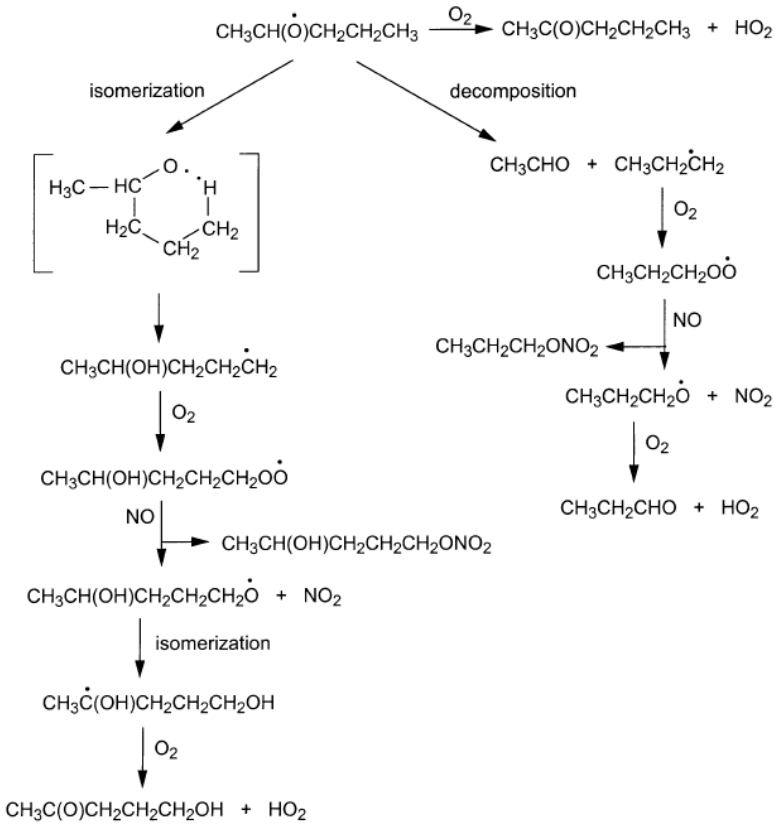
VOC の大気中での化学反応の具体例として、エチルプロピルエーテルの反応機構を示す（図2-3）。図に示すとおり、生成物は複数種類ある。大気中の NO、NO_2 等の濃度比や、前駆体炭化水素の構造によって優勢となる反応機構が異なり、その結果生成物の構造が変化する。



反応	反応物	被反応物	生成物
①	VOC	OH ラジカル等	アルキルラジカル（R）
②	VOC （二重結合を持つもの）	O_3	カルボニル化合物、光エネルギービラジカル、R 等
③	R	O_2	アルキルペルオキシラジカル（RO_2）
④	RO_2	NO	アルキルナイトレート（$RONO_2$） アルコキシラジカル（RO）
⑤		NO_3 ラジカル	RO
⑥		RO_2	アルコール、カルボニル化合物 RO
⑦		HO_2	ヒドロペルオキシド（ROOH）
⑧		NO_2	アルキルペルオキシナイトレート（$ROONO_2$）
⑨	ROOH	光分解	RO
⑩	RO	分解	アルデヒド、R
⑪		O_2	カルボニル化合物
⑫		異性化	δ-ヒドロキシアルキルラジカル

出典：三菱化学安全科学研究所(2002) 平成13年度環境省委託業務報告書『炭化水素類に係る科学的基礎情報調査』

図2-2 大気中での VOC の化学反応の例



出典： Atkinson, Roger, and Janet Arey. "Atmospheric degradation of volatile organic compounds." Chemical reviews 103.12 (2003): 4605-4638.

図2-3 エチルプロピルエーテルの大気中での化学反応

大気中の VOC やそれらの大気中での反応生成物は、浮遊する粒子上へ吸着・吸収される。吸着・吸収された VOC 等は、粒子上または粒子中で化学反応を起こし、反応前の物質より低い蒸気圧を持つ物質に変化するものもある。その結果、粒子上・粒子中の前駆体物質（VOC）が減少するため、さらに大気中の VOC が粒子上・粒子中へ吸着・吸収を起こし、二次生成粒子を成長させる。吸着又は吸収された VOC 等は、粒子中で重合し、反応前の物質より高分子化するものもある。

（ⅱ）で生成した物質の構造によって、粒子上や粒子中で起きる化学反応の速度や反応機構が異なるため、粒子の成長速度が異なる。

(2) 光化学オキシダントの生成過程

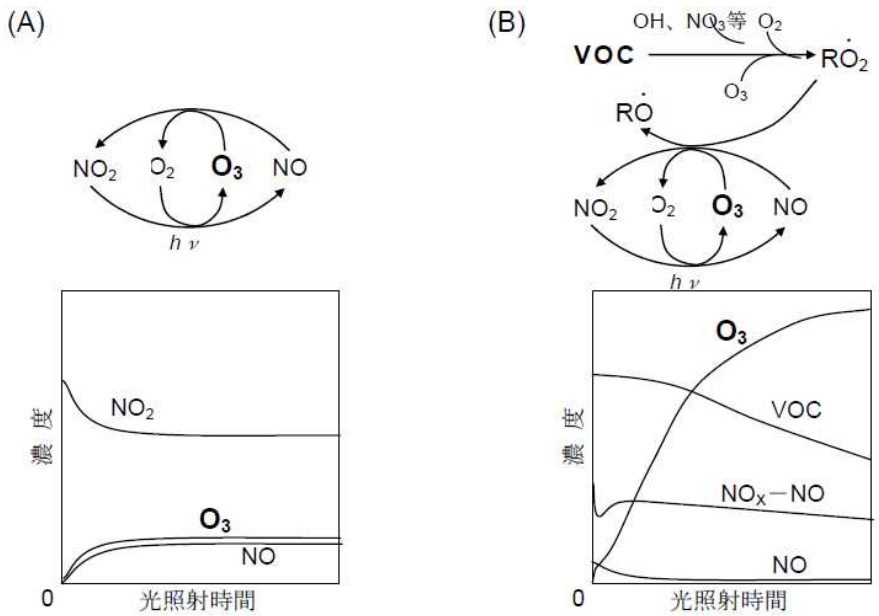
光化学オキシダントとは、①オゾン（O_3）、②ペルオキシアセチルナイトレート（PAN、$RC(O)O_2NO_2$）、アルデヒド（RCHO）類の総称であり、その大部分がオゾンである。これらは、大気中の VOC と窒素酸化物の混合系が太陽光（特に紫外線）の照射によって化学反応を起こして生成する。

（ⅱ）VOC の光化学オキシダント生成過程への関与

① オゾンの生成機構

二酸化窒素（NO_2）は太陽光の照射により一酸化窒素（NO）と原子状酸素（O）に分解される。生成した O はすみやかに酸素（O_2）と反応してオゾン（O_3）を生成する。その後、O_3 は NO と反応して NO_2 と O_2 を生成する。大気中に VOC が存在しない場合は、これらの反応が平衡状態になるため、NO、NO_2 及び O_3 はある一定濃度になる（図2-4(A)）。

しかし大気中に VOC が存在する場合、VOC が OH ラジカルや O_3 等と反応してアルキルペルオキシラジカル（RO_2）を生成する。この RO_2 が NO と反応してアルコキシラジカル（RO）となる反応と、O_3 が NO と反応して NO_2 となる反応が競合するため、図2-4(A)の平衡がずれ、O_3 濃度がより高い状態で平衡となる（図2-4(B)）。



出典：環境省ウェブページ：関係資料「SPM とオキシダントの生成メカニズム」

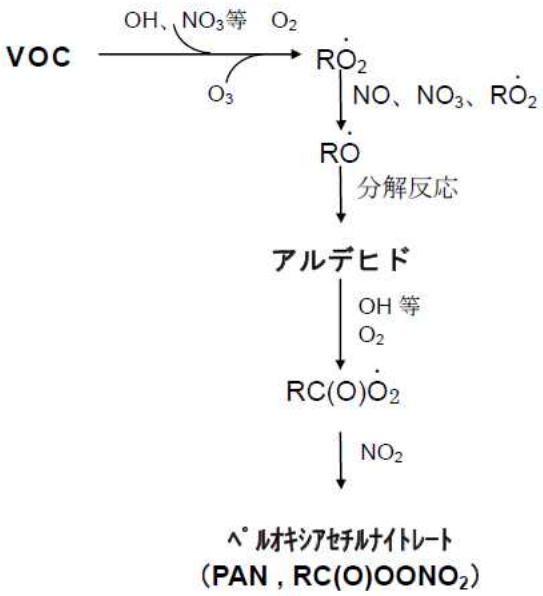
（https://www.env.go.jp/air/osen/voc/materials/101.pdf），閲覧日時： 2016 年 3 月 9 日 7:00 頃.

図2-4 オゾン生成への VOC の関与

② アルデヒド・PAN の生成機構

RO_2 は図2-5 に示す後続反応により、ペルオキシアセチルナイトレート(PAN)を生成する。(ア)で生成したアルキルペルオキシラジカル(RO_2)は、NO、NO_3、RO_2 と反応してアルコキシラジカル(RO)となる。RO は分解反応によってアルデヒド(RCHO)等を生成する(図2-5 上段)。

アルデヒドは、OH ラジカル、O_2 との反応によりアシルペルオキシラジカル($RC(O)O_2$)を生成し、さらに NO_2 と反応することでペルオキシアセチルナイトレート(PAN、$RC(O)OONO_2$)を生成する(図2-5 下段)。



出典: 三菱化学安全科学研究所(2002) 平成13年度環境省委託業務報告書『炭化水素類に係る科学的基礎情報調査』

図2-5 アルデヒド、ペルオキシアセチルナイトレート(PAN)生成への VOC の関与

【参考】

- 環境省ウェブページ:関係資料「SPM とオキシダントの生成メカニズム」(https://www.env.go.jp/air/osen/voc/materials/101.pdf),閲覧日時: 2016 年 3 月 9 日 7:00 頃.
- Atkinson, Roger, and Janet Arey. "Atmospheric degradation of volatile organic compounds." Chemical reviews 103.12 (2003): 4605-4638.

(3) PM2.5 及び光化学オキシダント生成能に係る指標

① SOA 生成収率

二次生成エアロゾル（Secondary Organic Aerosols、以下「SOA」）の生成収率は、単位 VOC 消費量あたりの SOA 生成量として定義され、物質（VOC）別の SOA 生成しやすさを示す指標として用いられる。

式Ⅰ：

$$Y = \frac{M_0}{\Delta VOC} = \frac{M_0}{([VOC]_0 - [VOC])}$$

凡例：

M_0：エアロゾル濃度（μg/m³）

ΔVOC：光化学反応による VOC 消費量（ppb）

エアロゾル濃度と VOC の消費量は、スモッグチャンバー内で各物質（VOC）の光化学反応による粒子生成実験を行い、測定した結果を用いる。

（参考）チャンバー試験の概要

●スモッグチャンバーの構造

スモッグチャンバーは、大気化学の研究を目的とする環境チャンバーである。気圧、気温、湿度、照射光スペクトル、光量などを制御できる。反応容器、空気精製器、試薬注入器、ランプ、排気システム、および温度制御システムなどから構成される。スモッグチャンバーの例を図2-6 に示す。

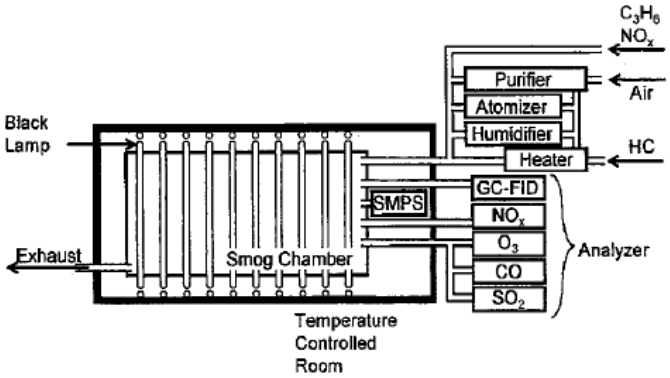


Fig. 1. Schematic of experiment.

出典： Takekawa, Hideto, Hiroaki Minoura, and Satoshi Yamazaki. "Temperature dependence of secondary organic aerosol formation by photo-oxidation of hydrocarbons." Atmospheric Environment 37.24 (2003): 3413-3424.

図2-6 スモッグチャンバーの構造の一例

●チャンバーによる収率測定実験の概要

反応容器に対象物質（VOC）、および一酸化窒素、OH ラジカル源となる物質（H_2O_2、CH_3NO_2、HONO 等）、エアロゾルの成長核となる微粒子等を注入し、光を照射することで、1で示した光化学反応を起こし、VOC からエアロゾルを生成する。

反応開始から一定時間経過後のエアロゾル濃度（$\mu g/m^3$）を走査型モビリティ粒子計測器（SMPS）、VOC 濃度をガスクロマトグラフ水素炎イオン化検出器（GC-FID）で測定し、SOA 収率を求める。

② MIR、POCP の概要

各物質（VOC）のオゾン生成しやすさを表すために、単位前駆体物質（VOC）消費量あたりのオゾン生成量を意味する指標が用いられている。

VOC 対策に活用されている指標として、Maximum Increment Reactivity（MIR）と Photochemical Ozone Creation Potential（POCP）の2種類が挙げられる。いずれも光化学反応モデルを含む大気モデルを用い、実際の状況を反映した VOC・NOx 等の初期濃度と排出量、および気象条件（風向風速、日射量、境界層高度等）を設定してオゾン生成量をシミュレーションすることにより算出される。それぞれの指標ではシミュレーションの際考慮する空間的な範囲が異なり、前者は対象地域内で排出された VOC が、対象地域内の大気中で光化学反応を起こした際のオゾン生成を考慮しており、後者は対象地域内だけでなく対象地域外で発生し、移流により対象地域内に運ばれてくる VOC、およびそれらが運ばれてくる過程で生成したオゾンも考慮している。

＜最大増加反応性（MIR ,Maximum Incremental Reactivity）＞

●定義

SAPRC を用いて、基本ケースのシミュレーションと、基本ケースから VOC 排出量をわずかに増加させたケースのシミュレーションを行い、それぞれオゾン存在量の最大値を計算する。増加させた VOC 排出量あたりの、オゾン存在量の増加量が MIR として定義される。

式Ⅱ：

$$\mathrm{MIR} = \frac{\text{オゾン増加量(mg)}}{\text{VOC 増加量(mg)}}$$

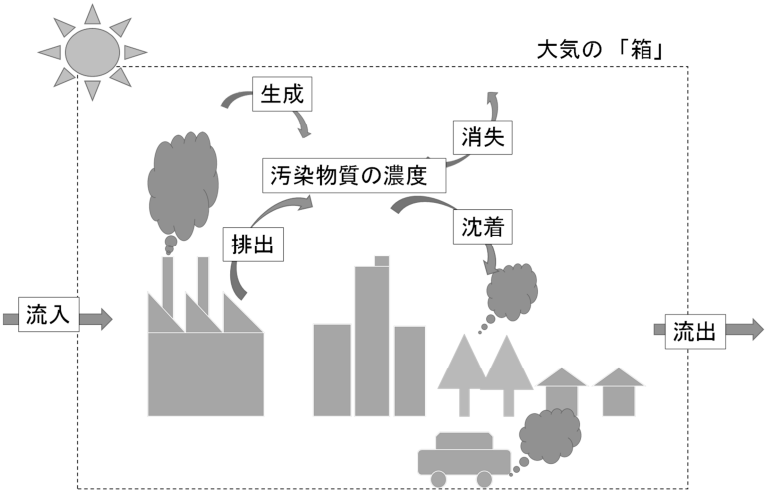
●シミュレーションの概要

SAPRC は光化学反応モデルを含むボックスモデルであり、アメリカでは州内で発生した VOC による州内の大気環境中オゾン生成量を評価する際に用いられる。

① 計算領域内の地域における実態を反映した VOC・NOx の初期濃度および排出量、オゾンを生成しやすい気象条件（風向風速、日射量）を基本ケースとして設定し、それらの条件下で1日に大気中で起きた化学反応を計算・統合し、オゾン濃度の最高値（1時間値）を得る。
② 基本ケースから対象物質（VOC）の排出量をわずかに増加させた際のシミュレーションを行い、オゾン濃度の最高値を計算する。
③ ①と②の最高オゾン濃度の差を算出する。
④ ①～③を様々な VOC/NOx 比を設定して行い、最高オゾン濃度の差が最大となったケースのオゾン存在量を VOC 排出増加量で除したものが MIR である。

（参考）ボックスモデルの概要

ボックスモデルは、特定の地域の大気中汚染物質濃度をシミュレーションするモデルであり、地域内の排出量、特定の気象条件を想定した場合に、化学反応による生成と消失、地域内の排出、移流による流入・流出等を考慮すると、大気中の汚染物質濃度はどの程度になるかを計算するものである。



出典： D.J.ジェイコブ『大気化学入門』（近藤豊訳）.東京大学出版会 を参考に作成。

図2-7 ボックスモデルのイメージ図

③光化学的オゾン生成能（POCP , Photochemical Ozone Creation Potential）

●定義

光化学的オゾン生成能は、Photochemical Trajectory Model を用い、基本ケースのシミュレーションと、基本ケースから VOC 排出量をわずかに増加させたケースのシミュレーションを行い、それぞれオゾン存在量の最大値を計算する。基本ケースから増加させた VOC 排出量あたりの、オゾン存在量の基本ケースからの増加分を標準化した値が POCP として定義される。

式Ⅲ:

$$\mathrm{POCP} = \frac{\text{VOC 排出によるオゾン生成量}\left(\frac{\mu g}{m^3}\right)}{\text{一定時間内の VOC 排出量}\left(\frac{\mu g}{m^3}\right)} \div \frac{\text{エチレン排出によるオゾン生成量}(\mu g/m^3)}{\text{一定時間内のエチレン排出量}(\mu g/m^3)}$$

●シミュレーションの概要

Photochemical Trajectory Model は光化学反応モデルを含むラグランジュ形式のボックスモデルであり、空気塊内の VOC・NOx 等初期濃度、空気塊が動く軌道および計算領域中の VOC・NOx 等の排出量分布、ベースライン濃度、日射量、風向風速、境界層高度などを設定し、移動過程における空気塊内のオゾン濃度を計算するものである。ヨーロッパにおいて、越境汚染と長距離輸送によるエージングの影響を考慮して、オゾン対策を行うために用いられる。

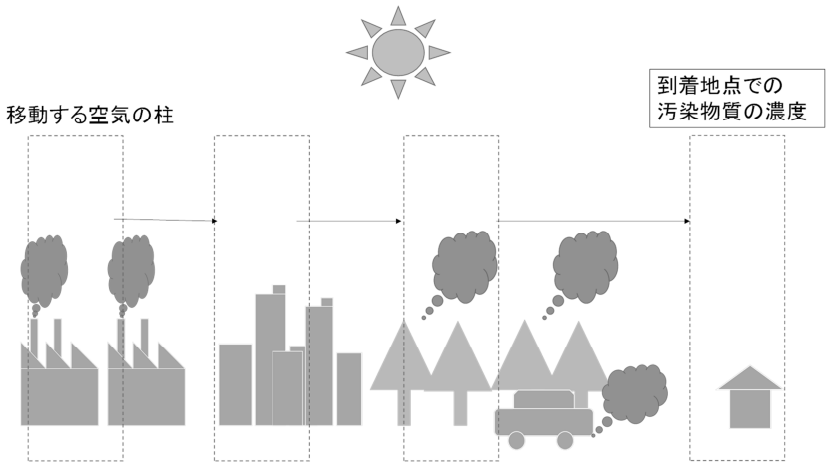
⇒計算領域内の地域における実態を反映した VOC・NOx の初期濃度および排出量、オゾンを生成しやすい気象条件(風向風速、日射量)およびオゾン高濃度日に高頻度で起こる気塊の移動経路等を基本ケースの計算条件として設定し、数日間に気塊中で起きた化学反応を計算・統合して、移動経路の終点における気塊中のオゾン濃度を得る。

⇒気塊の軌道において対象物質(VOC)の排出量を基本ケースからわずかに増加させた場合の計算を行い、移動経路の終点における気塊中のオゾン濃度を得る。

⇒(イ)の結果と(ア)の結果の差をとり、式Ⅲにより標準化して POCP を得る。

(参考)ラグランジュ形式のボックスモデルの概要

ラグランジュ形式のボックスモデルは移動する大気の柱を仮定し、その柱内の汚染物質濃度をシミュレーションするモデルである。特定の大気の柱が移動する経路、軌道上での排出量、軌道上の気象条件を想定した場合に、移動する過程で起きる柱内での排出、化学反応による生成や消失等を考慮すると、ある地点に到達した時の柱内の汚染物質濃度がどの程度になるかを計算する。



出典: D.J.ジェイコブ『大気化学入門』(近藤豊訳).東京大学出版会 を参考に作成。

図2-8 ラグランジュ形式のボックスモデルのイメージ図

(4) PM2.5 及び光化学オキシダント生成能

①PM2.5 生成能（SOA 生成収率）

SOA 生成収率の文献調査により、前駆体物質（VOC）の構造の違いによってSOA 収率には傾向があることがわかった。調査結果のまとめを表2-6 に示す。また、出典とした文献の一覧を表2-7 に示す。

表2-6 前駆体物質（VOC）の構造別 SOA 収率の傾向

No.	化学構造	構造の違いによる SOA 収率の違い	出典
①	単環芳香族炭化水素	高濃度 NOx 条件下 メチル置換が多いほど収率が低下する。 低濃度 NOx 条件下 キシレン ＞ ベンゼン ＞ トルエン	1-1 1-2 1-4
②	多環芳香族炭化水素	高濃度および低濃度 NOx 条件下 ナフタレン ＞ 1-メチルナフタレン ＞ 2-メチルナフタレン メチル置換があると収率が低下する。	1-3
③	アルカン	高濃度 NOx 条件下 分子量が大きいほど収率が上がる。 環状 ＞ 直鎖 ＞ 分岐 低濃度 NOx 条件下 環状 ＞ 直鎖 ＝ 分岐	1-5 1-8
④	ジエン	高濃度 NOx 条件下 ● OH 等による酸化生成物が α メチル置換アルデヒドとなるジエン ＞ OH 等による酸化生成物が β メチル置換アルデヒドとなるジエン ● OH 等による酸化生成物が β OH 置換アルデヒドになるジエン ＞ OH 等による酸化生成物が α OH 置換アルデヒドになるジエン	1-6 1-7
⑤	炭素数が同じで置換基が異なる場合	高濃度 NOx 条件下 アルカン ＞ アルデヒド ＞ ケトン	1-8

注：下線が引いてある箇所は、物質間で SOA 収率に差が出る原因について出典中で化学反応機構による説明がされているもの。

表2-7 SOA 収率の出典

番号	出典	
1-1	Nakao et al.	Atmos. Chem. Phys., 11, 10649-10660 (2011).
1-2	Ng et al.	Atmos. Chem. Phys., 7, 3909-3922 (2007).
1-3	Chan et al.	Atmos. Chem. Phys., 9, 3049-3060 (2009).
1-4	Takekawa et al.	Atmos. Environ., 37, 3413-3424 (2003).
1-5	Loza et al.	Atmos. Chem. Phys., 14, 1423-1439 (2014).
1-6	Sato et al.	Atmos. Chem. Phys., 11, 7301-7317 (2011).
1-7	Chan et al.	Atmos. Chem. Phys., 10, 7169-7188 (2010a).
1-8	H. J. Chacon-Madrid and N. M. Donahue	Atmos. Chem. Phys., 11, 10553-10563 (2011).
1-9	Sato, K., et al.	Atmos. Chem. Phys., 12.10 (2012): 4667-4682.

②光化学オキシダント生成能

光化学オキシダント生成能の調査結果を表2-8 に示す。また、出典とした文献の一覧を表2-9 に示す。

表2-8 各地域における物質別オゾン生成能（1／2）

物質名	オゾン生成能（MIR）		オゾン生成能（POCP）			
	アメリカ	日本（関東・関西平均）	イギリス	中国（広州）	スウェーデン西岸	
	MIR（SAPRC-11）	MIR（SAPRC-99）	POCP	POCP	POCP As max. diff.	POCP 0-4 days
エタン	0.28	0.3	8	9	17.3	12.6
プロパン	0.49	-	14	13	60.4	50.3
n-ブタン	1.15	1.25	31	30	55.4	46.7
イソブタン	1.23	1.29	28	28	33.1	41.1
n-ペンタン	1.31	1.4	40	32	61.2	29.8
イソペンタン	1.45	-	34	35	36	31.4
n-ヘキサン	1.24	1.21	40	36	78.4	45.2
シクロヘキサン	1.25	1.42	28	38	-	-
2-メチルペンタン	1.50	-	41	38	71.2	52.9
3-メチルペンタン	1.80	-	43	45	64.7	40.9
n-ヘプタン	1.07	-	35	40	79.1	51.8
オクタン	0.90	-	34	34	69.8	46.1
ノナン	0.78	-	34	36	63.3	35.1
デカン	0.68	0.46	36	43	71.9	42.2
ウンデカン	0.61	0.32	36	42	66.2	38.6
ドデカン	0.55	-	33	43	57.6	31.1
エチレン	9.00	-	100	100	100	100
プロペン	11.66	-	117	160	73.4	59.9
1-ブテン	9.73	-	104	102	79.9	49.5
cis-2-ブテン	14.24	13	113	216	-	-
trans-2-ブテン	15.16	13.28	116	229	-	-
1-ペンテン	7.21	-	95	84	72.7	42.4
2-メチル-2-ブテン	14.08	-	82	202	93.5	45.3
イソプレン	10.61	-	114	171	53.2	58.3
ベンゼン	1.43	-	10	3	31.7	40.2
トルエン	5.3	4.66	44	36	44.6	47
エチルベンゼン	4.12	-	46	34	53.2	50.4
m-キシレン	10.37	11.71	86	111	58.3	47.4
o-キシレン	8.73	7.45	78	91	42.4	16.7
p-キシレン	7.21	4.04	72	88	61.2	47.2
n-プロピルベンゼン	2.84	-	38	23	51.1	45.4
クメン	3.63	-	32	24	51.1	52.3
m-エチルトルエン	8.41	-	78	85	62.6	40.1
o-エチルトルエン	6.75	-	73	68	59.7	40.8
p-エチルトルエン	5.6	-	63	59	62.6	44.3
1,2,3-トリメチルベンゼン	11.41	-	105	165	69.8	29.2
1,2,4-トリメチルベンゼン	9.35	-	110	179	68.3	33
1,3,5-トリメチルベンゼン	10.87	12.54	107	197	69.1	33

注：アメリカの MIR の数値において網掛けがある箇所は、SAPRC-11 において値が更新された物質。網掛けのない箇所は、SAPRC-07 の値を最新版として示している。

表2-8 各地域における物質別オゾン生成能(2／2)

物質名	オゾン生成能(MIR)		オゾン生成能(POCP)			
	アメリカ	日本 (関東・関西平均)	イギリス	中国 (広州)	スウェーデン西岸	
	MIR (SAPRC-11)	MIR (SAPRC-99)	POCP	POCP	POCP As max. diff.	POCP 0-4 days
ホルムアルデヒド	9.46	-	46	67	42.4	26.1
メタノール	0.67	1.1	13	11	16.5	21.3
アセトアルデヒド	6.54	-	55	116	53.2	18.6
エタノール	1.53	-	34	34	44.6	22.5
エチレンオキシド	0.04	0.045	-	1	-	-
アクロレイン	7.45	-	54	30	120.1	82.3
プロパナール	7.08	-	72	74	65.5	17
アセトン	0.36	0.5	6	8	17.3	12.4
イソプロピルアルコール	0.61	0.47	18	21	17.3	20.3
酢酸メチル	0.07	-	7	5	5.8	6.7
2-メチルプロパナール	5.25	-	50	58	58.3	30
ブタナール	5.97	-	70	63	64	17.1
メチルエチルケトン	1.48	2.1	32	28	38.8	17.8
イソブタノール	2.51	-	36	38	38.8	25.5
ブタノール	2.88	-	52	43	65.5	21.4
ギ酸メチル	0.07	0.067	3	2	-	-
酢酸エチル	0.63	0.6	19	17	29.5	29.4
ペンタナール	5.08	-	71	79	61.2	32.1
酢酸ブチル	0.83	-	26	22	43.9	32
酢酸 *tert*-ブチル	0.18	0.2	-	4	-	-
クロロメタン	0.04	0.036	1	-	-	-
ジクロロメタン	0.04	0.07	3	3	2.2	2.3
クロロホルム	0.02	0.038	0	1	0.7	0.4
1,2-ジクロロエタン	0.21	0.106	-	4	-	-
1,1,2-トリクロロエタン	0.09	0.064	-	3	-	-
トリクロロエチレン	0.64	0.59	29	23	8.6	11.1
トリクロロエタン	0.00	-	-1	1	0.7	6.2
テトラクロロエチレン	0.03	0.046	1	2	1.4	1.4

注:アメリカの MIR の数値において網掛けがある箇所は、SAPRC-11 において値が更新された物質。網掛けのない箇所は、SAPRC-07 の値を最新版として示している。

表2-9 オゾン生成能の出典

番号	出典	
2-1	中央環境審議会大気環境部会 揮発性有機化合物測定方法専門委員会第4回 (平成17年1月25日(火)13:30～15:25) 配付資料3－2 VOC のオゾン生成能調査	
2-2	Carter, William PL	California Air Resources Board, Research Division, 2007.
2-3	Derwent, R. G., et al.	Environmental science & policy 10.5 (2007): 445-453
2-4	Cheng, H. R., et al.	Atmospheric Environment 44.34 (2010): 4199-4208.
2-5	Andersson, et al.	Journal of the Air & Waste Management Association 42.9 (1992): 1152-1158.

2-1-3 VOC 排出インベントリにおける VOC 成分の分類の見直し

(1) 見直しの経緯

① 見直しの契機

昨年度の検討会において工業ガソリン４号（ミネラルスピリット）といった石油系混合溶剤等の成分別のVOC排出量を推計する方法を検討した。その結果、主な混合溶剤の種類ごとに、VOC成分への細分化比率（＝VOC 成分別の構成比）を設定することができた（表 2-10）。

しかし、表 2-10 に示すとおり、新たに把握されたVOC成分には、過年度のVOC排出インベントリに含まれていなかったものが多数存在しており、数多くの VOC 成分に新たにコード番号を付与する必要が生じた。

表 2-10 石油系混合溶剤の VOC 成分別構成比（例）

混合溶剤の種類		VOC 成分別の構成比		
物質詳細コード	物質詳細名	物質詳細コード	物質詳細名	構成比
10002	工業ガソリン2号（ゴム揮発油）	1005	n-ヘキサン	4.2%
		1007	シクロヘキサン	15.1%
		1008	ヘプタン	11.9%
		110002	オクタン	0.7%
		110017	2,4-ジメチルペンタン	0.7%
		110022	3-メチルヘキサン	5.4%
		110032	メチルシクロヘキサン	12.2%
		110033	メチルシクロペンタン	14.2%
		110049	2-メチルヘキサン	6.6%
			1,1-ジメチルシクロペンタン	0.6%
			シス-1,3-ジメチルシクロペンタン	3.9%
			トランス-1,3-ジメチルシクロペンタン	2.6%
			トランス-1,2-ジメチルシクロペンタン	3.4%
			エチルシクロペンタン	5.5%
		1100	その他（炭化水素系）	12.9%
		合　計		100.0%
10004	工業ガソリン4号（ミネラルスピリット）	1002	キシレン	0.6%
		1004	1,3,5-トリメチルベンゼン	8.1%
		110009	1,2,4-トリメチルベンゼン	8.8%
			ノナン	5.7%
			3-メチルオクタン	0.2%
			デカン	9.9%
			2-メチルノナン	1.6%
			3-メチルノナン	1.8%
			ジメチルオクタン類	0.4%
			C10 アルカン	5.5%
			・・・	・・・
			C11 アロマティック	0.2%
		1100	その他（炭化水素系）	19.2%
		合　計		100.0%

注1：過年度の VOC 排出インベントリで扱われていなかった VOC 成分は、「物質詳細コード」の欄を空欄とした。
注2：過年度の VOC 排出インベントリでは、「物質詳細コード」と称して桁数の異なったコード番号（本表では 4 桁～6 桁）が混在している場合があるが、ここではそのままの表記とした。
注3：工業ガソリン4号（ミネラルスピリット）は VOC 成分の数が多いため、一部を「・・・」との表記で省略した。

② 全面的な見直しが必要と判断した理由

数多くの VOC 成分に新たにコード番号を付与するためには、コード番号の付け方に「何らかのルール」が必要と考えられる。そのコード番号に関するルールは、過年度に作成された VOC 排出インベントリにおけるコード番号の付与と整合が取れている必要があるが、そこでのコード番号の付け方に関するルールが不明確である。

また、炭化水素系等の VOC 成分には以下のようなコード番号（物質詳細コード）が付与されているが（表 2-11）、網掛けで示す部分は実質的に使われておらず（常に"00"であるため）、6 桁ものコード番号を付与する必然性に乏しく、コード番号として冗長な形となっている。

表 2-11 過年度の VOC 排出インベントリにおける物質コード付与の例

物質グループ		物質詳細コード	物質名
大分類	小分類		
1 炭化水素系	ア 主な物質	100100	トルエン
		100200	キシレン
		100300	エチルベンゼン
		100400	1,3,5-トリメチルベンゼン
		・・・	・・・
		100800	n-ヘプタン
	イ その他の物質	110002	オクタン
		110005	ベンゼン
		110006	スチレン
		110007	イソプロピルベンゼン
		・・・	・・・
		110053	2-メチル-1-ペンテン
		110000	その他（炭化水素系）
2 アルコール系	ア 主な物質	200100	メチルアルコール
		200200	エチルアルコール
		200300	イソプロピルアルコール
		200400	n-ブチルアルコール
		200500	iso-ブチルアルコール
	イ その他の物質	210002	n-プロピルアルコール
		210004	ブタノール
		210005	プロピルアルコール
		210006	2-アミノエタノール
		・・・	・・・
		210009	フェノール
		210008	その他（アルコール系）

注1：過年度の VOC 排出インベントリの中で「小分類」という表記や区分はないが、ここでは初年度の VOC 排出インベントリ（平成 12・17 年度）の記述（https://www.env.go.jp/air/osen/voc/inventory/rep_h1903/01main.pdf）から読み取った内容として表記した。

注2：本表に示す小分類は、それぞれ以下のものに対応している。

ア（主な物質）：初年度の VOC 排出インベントリで「主な推計対象物質」として列挙された物質（「その他の●●系」に該当するものを除く。）

イ（その他の物質）：各大分類に属する VOC 成分で、上記の「主な物質」に該当しないもの（翌年度以降の VOC 排出インベントリで VOC 成分として把握された物質）

注3：物質グループ内の物質数が多い場合は、途中の物質を「・・・」と表記して省略した。

注4：物質コードの中で、実質的に使われていないと考えられる（＝常に"00"と表記されている）部分を網掛けで示す。

注5：本表では炭化水素系とアルコール系のみ例示したが、他の大分類でも概ね同様の状況にある。

実際に付与された物質コードを見る限り、これらのコード番号は各大分類の中で以下のような方法で付与されたものと考えられる（表 2-12）。初年度の VOC 排出インベントリ（H12・H17）は、「主な物質」だけが特記された形で作成されており、その後に新たな物質を追加するのに伴って「物質詳細コード」が追加され、主な物質については物質コードと物質詳細コードが混在する形となった。

表 2-12 過年度の VOC 排出インベントリにおける物質コードの付け方（原則）

小分類	物質詳細コードの付け方（原則）
ア　主な物質	● 大分類の番号を 1000 倍した値（炭化水素系なら”1000”）を基本となる数とする。 ● その基本となる数に対し、この物質グループ（小分類）中の n 番目の VOC 成分は n を加えた数（概ね 4 桁のコード番号）を物質コードとする。 ● その物質コードの末尾に”00”を追加した番号を物質詳細コードとする。 ※小分類の中の順番をどう決めたのかは不明
イ　その他の物質	● 大分類の番号を 100000 倍した値（炭化水素系なら”100000”）に、さらに 10000 を加えた値（炭化水素系なら”110000”）を基本となる数とする。 ● その基本となる数に対し、この物質グループ（小分類）中の n 番目の VOC 成分は n を加えた数（概ね 6 桁のコード番号）を物質詳細コードとする。 ※小分類の中の順番をどう決めたのかは不明 ※この「その他の物質」には、概ね4桁で表記される「物質コード」は存在しない。

注1：過年度の VOC 排出インベントリの中で「基本となる数」という定義や表記はないが、ここでは便宜的にそのように定義（かつ表記）した。

注2：本表に示す形で「物質コード」と「物質詳細コード」が定義されているが、過年度の VOC 排出インベントリでは以下のような使われ方も存在しており、表記が統一されていない。

例1：4桁のコード番号だが「物質詳細コード」と表記
例2：6桁のコード番号だが「物質コード」と表記
例3：6桁のコード番号を単に「コード」と表記
例4：4桁と6桁のコード番号が混在したものを「物質詳細コード」と表記

さらに、過年度の VOC 排出インベントリの物質コード等には以下のような問題もあると考えられるため（表 2-13）、石油系混合溶剤の細分化（＝多数の VOC 成分に新たなコード番号を付与）と同時にこれらの問題を解決し、合理的な物質コードに改めることが必要と考えられる。

表 2-13 過年度の VOC 排出インベントリにおける物質コード等に係るその他の問題

問題の区分	具体的な問題の例
物質グループの分け方	（ア）物質グループは階層構造になっておらず、その結果として、同じグループ内の物質の順番に明確な規則性が見られなくなっていること （イ）物質グループ内に「小分類」が存在しているが、「当初からあった物質」と「後から追加された物質」で分けるのは、分け方として合理的ではないこと
物質番号付与の方法	（ア）同じ物質で物質コードと物質詳細コードが存在しており、それらの使い分けのルールが存在しないまま両者が混在していること （イ）コード番号が複雑なため（2 種類の番号が存在／桁数が多い）、結果的に計算ミスや記載ミスが数多く発生してきたこと

(2) 見直しに向けた基本的な方針

過年度の VOC 排出インベントリには前記のような問題があるため、今後作成する VOC 排出インベントリでは以下に示す考え方で物質（VOC 成分）の分類やコード番号付与を行い、VOC 成分別の排出量を合理的に示す形に改めることとした。

このような形で物質を分類し、コード番号付与のルールを明確化すれば、今後新たな物質を追加する必要が生じたとしても、コード番号の桁数を増加させることなく（又は2種類のコード番号を併用することなく）新たなコード番号の付与が可能になると考えられる。

表 2-14 物質グループ等の名称の見直し

問題点		見直しの方法（具体例）
①	「炭化水素系」や「ハロゲン系」で共に「系」と呼ばれているが、「系」の意味が曖昧である。	例1：「炭化水素系」→「炭化水素類」 例2：「ハロゲン系」→「含ハロゲン化合物」
②	「溶剤」とは用途を示すときの表現なので、物質の分類として使うのは不適当である。	「その他の単体溶剤」→「その他の純物質」 「石油系混合溶剤」→「石油系混合溶剤等の混合物」 ※「その他の物質」としなかったのは、別掲する「混合物」と対比するため
③	以下のような物質名の表記が混在しており、表記が統一されていない。 例1：n-ブタン／イソブタン 例2：ブタノール／n-ブチルアルコール	以下のような表記に改める。 例1：n-ブタン → ノルマル-ブタン 例2：cis-2-ブテン → シス-2-ブテン 例3：ブタノール → ブチルアルコール

表 2-15 物質グループの再編成

問題点		見直しの方法（具体例）
①	物質グループが 10 区分になっており、その結果として物質コードが最大 5 桁（物質詳細コードが最大 7 桁）まで増える要因の一つになっている。	以下の物質を「その他の含酸素化合物類」として一つのグループとし、全体を 9 区分とする。 ・エーテル類 ・グリコールエーテル類 ・フェノール類 ・アルデヒド類 ・その他の含酸素化合物 ※別掲する理由によりグリコール類は含まれない。
②	● 同じグループ内に多くの物質が含まれるが（特に炭化水素類）、その順番に明確な規則性が見られない。 ● 物質によってオキシダント生成能等に大きな差があるが、物質の順番がその差を反映したものになっていない。	上記①に示す 9 区分を「大分類」とし、それぞれの物質グループを「小分類」に細分化する。 ＜炭化水素類の細分化の例＞ アルカン（パラフィン系） アルケン（オレフィン系） シクロアルカン（ナフテン系） ・・・

表 2-16 別の物質グループへの移動

	問題点	見直しの方法（具体例）
①	一般的にフェノール類は「アルコール類」の一部とは分類されない。	● フェノールとクレゾールの2物質をアルコール類から除外 ● 上記2物質は「その他の含酸素化合物類」（→表 2-14）に移動
②	グリコールは「2価アルコール」に該当するにも関わらず、アルコール類から独立して扱われている。（しかも1物質だけで）	エチレングリコールを「グリコール類」から「アルコール類」に移動 ※グリコール類という物質グループは廃止
③	「その他の純物質」には雑多なものが混在しており、このままでは小分類の設定が困難である。	● ホルムアルデヒドは「その他の含酸素化合物」という物質グループに移動 ● 「その他の純物質」にあった残りの物質は「含●●物質」という小分類名とする。 ※ホルムアルデヒドを「含酸素化合物」として「その他の純物質」に残すことはできない（他にも多数あるため）。
④	2-アミノエタノールが「アルコール類」に分類されているが、この物質だけ分子構造として窒素を含有しており、他のアルコール類と比べ異質なものである。 ※化学構造による分類よりも、「含●●化合物」に該当するか否かが他では優先されている。	2-アミノエタノールを「含窒素化合物」というグループに移動
⑤	天然ガス成分（エタン、プロパン、ブタン等）は純物質ではないが「炭化水素系」と同じ物質グループに属している。 ※化学構造による分類よりも、「純物質／混合物」による分類が他では優先されている。	天然ガス成分（エタン、プロパン、ブタン等）は「石油系混合溶剤等の混合物」というグループに移動

表 2-17 コード番号の付け方の見直し

	問題点	見直しの方法（具体例）
①	● VOC 排出インベントリには約 160 物質(※)が含まれるが、それらに最大 7 桁のコード番号を付与するのは冗長である。 ※石油系混合溶剤等の成分の細分化をした場合 ● 「物質コード」と「物質詳細コード」という2種類のコード番号が使われていて、複雑化する要因になっている。	● すべての物質は、それが属する物質グループの小分類コード（→下記②で別掲）で始まる物質コードとする。 ● すべての物質を 5 桁の物質コードで表記する。 ● 物質コードは1種類とし、複数のコード番号を混在させない。
②	過年度の VOC 排出インベントリにおける物質コードは、最初の1桁目(※)を除き、その付与の方法に明確な規則性が見られない。 ※「石油系混合溶剤」と「特定できない物質」の場合は、以下の通り読み替える。 「最初の1桁目」 → 「最初の 2 桁目」	● 物質グループの大分類（→表 2-15）ごとに、それぞれ 1 桁の大分類コードを付与する。 ● 物質グループの小分類（→表 2-15）ごとに、それぞれ 2 桁の小分類コードを付与する。 物質コードの 3～5 桁目についても、可能な限り「付与のルール」を明確化させる。 ＜例＞
③	過年度の VOC 排出インベントリにおける物質コードは、小分類の中では実質的な「通し番号」となっており、コード番号の付与に関するルールが存在していないと考えられる。	・ 3～4 桁目は炭素数とする（例：ノルマル－ヘキサンなら 3～桁目は”06”） ・ 3～4 桁目が同じ物質の中で、構造が単純なものから順に 5 桁目を付与する（通し番号として）。 ※これらは「原則」であって例外もある。 ※「構造が単純」か否かは主観的に判定する。

(3) 今後の VOC 排出インベントリにおける物質の分類方法

前記のような見直しの方針に従い、さらに過年度の VOC 排出インベントリに含まれている物質の種類なども勘案して、以下のような形で物質（VOC 成分）を分類し、新たな物質コードを設定した。なお、新たな分類方法、物質コードについては次年度（平成 27 年度排出量）以降の VOC 排出インベントリにおいて適用する。

また、物質別の排出量推計結果を活用する際の利便性を考慮し、次年度以降の VOC 排出インベントリの報告書には、新たに設置した物質コードと CAS ナンバーの対応表を追加する。

① 物質グループの設定

物質グループの大分類として 9 グループを設定した上で、それぞれに複数の小分類を設定し、2 桁の小分類コードを付与する形とした。各大分類における小分類設定の考え方は表 2-18 に示すとおりであり、それに従って設定された物質グループを表 2-19 に示す。

表 2-18 今後の VOC 排出インベントリにおける物質グループ設定の考え方

大分類コード	大分類名	小分類設定の考え方（理由等）
1	炭化水素類	(ア) 炭化水素類には「アルカン」といった一般的な分類方法が存在しており、それに従うのが分かりやすい。 (イ) 予備的な情報収集により、オキシダント生成能には「二重結合の有無」が重要との知見が得られているため、小分類でそれが区別されていることが望ましい。
2	エステル類	(ア) 炭化水素類と同様に二重結合の有無（飽和／不飽和）で分けるのが望ましい。 (イ) 炭化水素類の小分類との整合も考慮し、「鎖状」と「環状」に分けるのが望ましい。
3	ケトン類	（エステル類と同様）
4	アルコール類	(ア) 不飽和アルコールや環状アルコールは、あまり使用や排出が想定されない（例：ベンジルアルコールは排出量が推計されていない）。 (イ) 分類方法として「第●級」というものがあるが、多価アルコールも存在しているため、物質自体を単純に「第●級アルコール」と分類するのは困難。 (ウ) アルコール類の分類として「1価」、「2価」といった分け方であれば、物質自体の分類として使うことが可能
5	その他の含酸素化合物類	分子構造に基づく一般的な分類方法（例：エーテル類）が存在しており、それに従うのが分かりやすい。
6	含ハロゲン化合物	(ア) ハロゲンとして複数の物質が存在しているため、それらを区別するのが基本と考えられる。 (イ) 含塩素化合物の数が特に多いため、これはさらに二重結合の有無でも分けることが望ましい。
7	その他の純物質	該当する物質数は多くないので、含ハロゲン化合物との整合も考慮して「含●●化合物」として分類するのが自然である。
8	石油系混合溶剤等の混合物	一般的な分類名が存在しているものは、可能な限りその分類名に従うのが分かりやすい。
9	特定できない物質	小分類として細分化するのは困難である。

表 2-19 今後の VOC 排出インベントリにおける物質グループの設定

大分類コード	大分類名	小分類コード	小分類名
1	炭化水素類	11	アルカン（パラフィン系）
		12	アルケン（オレフィン系）
		13	シクロアルカン（ナフテン系）
		14	シクロアルケン
		16	芳香族
		19	その他の炭化水素類
2	エステル類	21	鎖状エステル（飽和）
		22	鎖状エステル（不飽和）
		23	環状エステル（飽和）
		24	環状エステル（不飽和）
		29	その他のエステル類
3	ケトン類	31	鎖状ケトン（飽和）
		32	鎖状ケトン（不飽和）
		33	環状ケトン（飽和）
		34	環状ケトン（不飽和）
		39	その他のケトン類
4	アルコール類	41	1価アルコール
		42	2価アルコール（グリコール）
		43	3価アルコール
		49	その他のアルコール類
5	その他の含酸素化合物	51	エーテル類
		52	グリコールエーテル類
		53	フェノール類
		54	アルデヒド類
		59	その他の含酸素化合物
6	含ハロゲン化合物	61	含フッ素化合物
		62	含塩素化合物（飽和）
		63	含塩素化合物（不飽和）
		64	含塩素化合物（その他）
		65	含臭素化合物
		69	その他の含ハロゲン化合物
7	その他の純物質	71	含窒素化合物
		72	含硫黄化合物
		79	その他の純物質
8	石油系混合溶剤等の混合物	81	工業ガソリン
		82	規格の定まった混合物（別掲以外）
		83	類似の構造を持つ物質の混合物（別掲以外）
		89	その他の混合物
9	特定できない物質	90	特定できない物質

注1：各大分類の末尾にある「その他の●●」は、小分類コードの2桁目を”9”で統一した。
注2：炭化水素類とエステル類、ケトン類の場合、二重結合のあるもの小分類コードの2桁目が偶数になるよう設定した（したがって、小分類コードの”15”は欠番とした）。

② 物質グループ内での物質コード設定のルール（原則）

前記のような形で物質グループ（小分類）に分けて2桁の小分類コードを付与した後、それぞれの物質グループ内で、さらに以下のような考え方に従って物質コードを付与し、小分類コードを含め 4 桁の物質コードとして付与することとした。

表 2-20 小分類の中での物質コード付与の原則（その1：炭化水素類）

小分類コード	小分類名	物質コード（3～5 桁目）付与の原則
11	アルカン（パラフィン系）	● 3～4 桁目は炭素数とする（例：炭素数が 6 なら”06”）。 ● 3～4 桁目が同じ物質の中で、分子構造としての枝分かれの有無（数）やその結合位置などを考慮して、単純な物質から順に5桁目を付与する（通し番号）。 ＜例＞ 11-031 プロパン ← C_3H_8 11-041 ノルマル-ブタン ← C_4H_{10}（枝分かれなし） 11-042 イソブタン ← CH（CH3）$_3$
12	アルケン（オレフィン系）	「11：アルカン（パラフィン系）」と同じ ＜例＞ 12-041 1-ブテン ← CH_2=$CHCH_2CH_3$ 12-042 シス-2-ブテン ← CH_3CH=$CHCH_3$ 12-043 トランス-2-ブテン ← CH_3CH=$CHCH_3$（トランス体）
13	シクロアルカン（ナフテン系）	「11：アルカン（パラフィン系）」と同じ ＜例＞ 13-051 シクロペンタン ← C_5H_{10} 13-061 シクロヘキサン ← C_6H_{12}（枝分かれなし） 13-062 メチルシクロペンタン ← $CH_3C_5H_9$
14	シクロアルケン	「11：アルカン（パラフィン系）」と同じ ＜例＞ 14-051 シクロペンテン ← C_5H_8
16	芳香族	● 3～4 桁目は炭素数（ベンゼン環を含む）（例：トルエンは”07”）。 ● 3～4 桁目が同じ物質の中で、官能基の種類や数、その結合位置などを考慮して、単純な物質から順に 5 桁目を付与する（通し番号）。 ＜例＞ 16-081 キシレン ← C_6H_4（CH3）$_2$ 16-082 エチルベンゼン ← $C_6H_5CH_2$ CH_3 16-083 スチレン ← C_6H_5CH =CH_2 ※ここではベンゼン環（炭素数 6）を含む炭素数を示す。
19	その他の炭化水素類	● どうしても他に分類できない炭化水素類に限って”19”という小分類コードを設定する。 ● 付与の方法は具体的な事例が出てきてから検討する。

注1：物質コードの中で炭素数を表す部分を網掛けで示す。
注2：各分類に共通するルールとして、以下のような細則も設ける。
細則① 炭素数の指定ができない場合 → 3～4 桁目は”00”
細則② 小分類の中の物質の指定ができない場合 → 5 桁目は”0”
細則③ 小分類の中で「その他」に相当する物質の場合 → 5 桁目は“9”

表 2-21 小分類の中での物質コード付与の原則(その 2:エステル類)

小分類コード	小分類名	物質コード(3～5 桁目)付与の原則
21	鎖状エステル(飽和)	● 3～4 桁目は炭素数とする。 ● 3～4 桁目が同じ物質の中で、エステルを構成する酸(カルボン酸等)の種類に応じて、主要なものから順に 5 桁目を付与する(通し番号) ＜例＞ 21-041 酢酸エチル ← $CH_3COOCH_2CH_3$ 21-051 乳酸エチル ← $CH_3CH(OH)COOCH_2CH_3$ 21-061 酢酸ブチル ← $CH_3COO(CH_2)_3CH_3$
22	鎖状エステル(不飽和)	「21:鎖状エステル(飽和)」と同じ ＜例＞ 22-041 酢酸ビニル ← $CH_3COOCH=CH_2$
23	環状エステル(飽和)	基本的には「21:鎖状エステル(飽和)」と同じ。 ※但し、今のところ具体例なし
24	環状エステル(不飽和)	基本的には「21:鎖状エステル(飽和)」と同じ。 ※但し、今のところ具体例なし
29	その他のエステル類	● どうしても他に分類できないエステル類に限って”29”という小分類コードを設定する。 ● 付与の方法は具体的な事例が出てきてから検討する。

注:物質コードの中で炭素数を表す部分を網掛けで示す。

表 2-22 小分類の中での物質コード付与の原則(その 3:ケトン類)

小分類コード	小分類名	物質コード(3～5 桁目)付与の原則
31	鎖状ケトン(飽和)	● 3～4 桁目は炭素数とする。 ● 3～4 桁目が同じ物質の中で、分子構造としての枝分かれの有無(数)やその結合位置などを考慮して、単純な物質から順に 5 桁目を付与する(通し番号)。 ＜例＞ 31-031 アセトン ← $(CH_3)_2CO$ 31-041 メチルエチルケトン ← $CH_3COC_2H_5$ 31-061 メチルイソブチルケトン ← $CH_3COCH_2CH(CH_3)_2$
32	鎖状ケトン(不飽和)	基本的には「31 :鎖状ケトン(飽和)」と同じ。 ※但し、今のところ具体例なし
33	環状ケトン(飽和)	「31:鎖状ケトン(飽和)」と同じ。 ＜例＞ 33-061 シクロヘキサノン ← $C_6H_{10}O$
34	環状ケトン(不飽和)	「31:鎖状ケトン(飽和)」と同じ。 ＜例＞ 34-091 イソホロン ← $COCHC(CH_3)CH_2C(CH_3)_2CH_2$
39	その他のケトン類	● どうしても他に分類できないケトン類に限って”39”という小分類コードを設定する。 ● 付与の方法は具体的な事例が出てきてから検討する。

注:物質コードの中で炭素数を表す部分を網掛けで示す。

表 2-23 小分類の中での物質コード付与の原則(その 4:アルコール類)

小分類コード	小分類名	物質コード(3～5 桁目)付与の原則
41	1価アルコール	● 3～4 桁目は炭素数とする。 ● 3～4 桁目が同じ物質の中で、分子構造としての枝分かれの有無(数)やその結合位置などを考慮して、単純な物質から順に 5 桁目を付与する(通し番号)。 ＜例＞ 41-021 エチルアルコール ← CH_3CH_2OH 41-031 ノルマル-プロピルアルコール ← $CH_3(CH_2)_2OH$ 41-032 イソ-プロピルアルコール ← $CH_3CH(OH)CH_3$
42	2価アルコール(グリコール)	「41:1価アルコール」と同じ。 ＜例＞ 42-021 エチレングリコール ← $C_2H_4(OH)_2$
43	3価アルコール	基本的には「41:1価アルコール」と同じ。 ※但し、今のところ具体例なし
49	その他のアルコール類	● どうしても他に分類できないアルコール類に限って”49”という小分類コードを設定する。 ● 付与の方法は具体的な事例が出てきてから検討する。

注:物質コードの中で炭素数を表す部分を網掛けで示す。

表 2-24 小分類の中での物質コード付与の原則(その 5:その他の含酸素化合物)

小分類コード	小分類名	物質コード(3～5 桁目)付与の原則
51	エーテル類	● 3～4 桁目は炭素数とする。 ● 3～4 桁目が同じ物質の中で、単純な物質から順に 5 桁目を付与する(通し番号)。 ＜例＞ 51-021 エチレンオキシド ← C_2H_4O 51-061 ETBE(エチルターシャリ-ブチルエーテル) ← $C_2H_5OC(CH_3)_3$
52	グリコールエーテル類	「51:エーテル類」と同じ。 ＜例＞ 52-051 プロピレングリコールジメチルエーテル ← $CH_3OCH_2CH(CH_3)OCH_3$ 52-052 酢酸 2-メトキシエチル ← $CH_3COO(CH_2)_2OCH_3$
53	フェノール類	● 3～4 桁目は(ベンゼン環を含む)とする(原則)。 ● 3～4 目が同じ物質の中で、官能基の種類、数、結合位置等を考慮して、単純な物質から順に 5 桁目を付与(通し番号)。 ＜例＞ 53-061 フェノール ← C_6H_5OH 53-071 クレゾール ← $C_6H_4(OH)CH_3$
54	アルデヒド類	● 3～4 桁目は炭素数とする。 ● 3～4 桁目が同じ物質の中で、単純な物質から順に 5 桁目を付与する(通し番号)。 ＜例＞ 54-011 ホルムアルデヒド ← HCHO
59	その他の含酸素化合物	基本的には「54:アルデヒド類」と同じ。 ※但し、今のところ具体例なし

注:物質コードの中で炭素数を表す部分を網掛けで示す。

表 2-25 小分類の中での物質コード付与の原則(その 6:含ハロゲン化合物)

小分類コード	小分類名	物質コード(3～5 桁目)付与の原則
61	含フッ素化合物	● 3～4 桁目は炭素数とする。 ● 炭素数が確定しない場合は、3～4 桁目を”99”とする。 ● 3～4 桁目が同じ物質の中で、ハロゲン原子の数等を考慮して、単純な物質から順に 5 桁目を付与(通し番号)。 ＜例＞ 61-021 テトラフルオロエチレン ← CF_2=CF_2 61-001 HFC 系の工業用洗浄剤 ← 炭素数=不明
62	含塩素化合物(飽和)	「61:含フッ素化合物」と同じ。 ＜例＞ 62-011 クロロメタン ← CH_3Cl 62-012 ジクロロメタン ← CH_2Cl_2
63	含塩素化合物(不飽和)	「61:含フッ素化合物」と同じ。 ＜例＞ 63-023 トリクロロエチレン ← $ClCH$=CCl_2 63-024 テトラクロロエチレン ← CCl_2=CCl_2
64	含塩素化合物(その他)	「61:含フッ素化合物」と同じ。 ＜例＞ 64-001 ジクロロメタン／トリクロロエチレン／テトラクロロエチレン以外の塩素系化合物 ← 炭素数=不明
65	含臭素化合物	「61:含フッ素化合物」と同じ。 ＜例＞ 65-011 臭化メチル ← CH_3Br 65-031 N-ブロモプロパン ← $CH_3(CH_2)2Br$
69	その他の含ハロゲン化合物	基本的には「61:含フッ素化合物」と同じ。 ※但し、今のところ具体例なし

注:物質コードの中で炭素数を表す部分を網掛けで示す。

表 2-26 小分類の中での物質コード付与の原則(その 7:その他の純物質)

小分類コード	小分類名	物質コード(3～5 桁目)付与の原則
71	含窒素化合物	● 3～4 桁目は炭素数とする。 ● 3～4 桁目が同じ物質の中で、窒素原子の数等を考慮して、単純な物質から順に 5 桁目を付与(通し番号)。 ＜例＞ 71-021 2-アミノエタノール ← $NH_2(CH_2)_2OH$ 71-031 アクリロニトリル ← CH_2=CH-C≡N
72	含硫黄化合物	概ね「71:含窒素化合物」と同じ(「窒素」を「硫黄」と読み替える)。 ＜例＞ 72-011 二硫化炭素 ← CS_2
79	その他の純物質	概ね「71:含窒素化合物」と同じ。 ※但し、今のところ具体例なし

注:物質コードの中で炭素数を表す部分を網掛けで示す。

表 2-27 小分類の中での物質コード付与の原則(その 8:石油系混合溶剤等の混合物)

小分類コード	小分類名	物質コード(3～5 桁目)付与の原則
81	工業ガソリン	● 3～4 桁目は常に”00” ● 5 桁目は「工業ガソリン●号」の号数と同じ数とする。 ＜例＞ 81-002 工業ガソリン 2 号 ← 炭素数=不明(号数=2) ※号数に応じた番号の部分を網掛けで示す。
82	規格の定まった混合物 (別掲以外)	● 3～4 桁目は常に”00” ● 使われる頻度等を考慮して 5 桁目の数を設定する。 ＜例＞ 82-001 ソルベントナフサ(コールタールナフサ)
83	類似の構造を持つ物質の混合物 (別掲以外)	「82:規格の定まった混合物(別掲以外)」と同じ。 ＜例＞ 83-001 ノルマル-パラフィン系
89	その他の混合物	「82:規格の定まった混合物(別掲以外)」と同じ。 ＜例＞ 89-002 シンナー等の混合溶剤

注:物質コードの中で炭素数を表す部分を網掛けで示す。

表 2-28 小分類の中での物質コード付与の原則(その 9:特定できない物質)

小分類コード	小分類名	物質コード(3～5 桁目)付与の原則
90	特定できない物質	原則として分類なし(3～4 桁目は常に”00”) ＜例＞ 90-000 特定できない物質

注:物質コードの中で炭素数を表す部分を網掛けで示す。

以上のような方法で物質を分類して物質コードを付与すると、次年度以降の VOC 排出インベントリにおける物質グループと物質コードは以下に示すとおりとなる(表 2-29)。

表 2-29 では、参考として本年度(平成 26 年度排出量)の VOC 排出インベントリまで使用するコード番号も示している。その欄で「物質コード」と「物質詳細コード」が共に空欄となっている物質は、石油系混合溶剤等の VOC 成分への細分化に伴って新たに把握されると見込まれる物質である。

表 2-29 今後の VOC 排出インベントリにおける物質グループと物質コード（案）（1／7）

新たな物質グループ				VOC 成分		（参考1）炭素数	（参考2）従来のコード番号注	
大分類コード	大分類名	小分類コード	小分類名	物質コード	物質名		物質コード	物質詳細コード
1	炭化水素類	11	アルカン（パラフィン系）	11-03-1	プロパン	3		110045
				11-04-1	ノルマル-ブタン	4		110026
				11-04-2	イソブタン	4		110031
				11-05-1	ノルマル-ペンタン	5		110028
				11-05-2	イソペンタン	5		110041
				11-06-1	ノルマル-ヘキサン	6	1005	100500
				11-06-2	ヘキサン	6		110034
				11-06-3	2-メチルペンタン	6		110021
				11-06-4	3-メチルペンタン	6		110044
				11-06-5	2,2-ジメチルブタン	6		110014
				11-06-6	2,3-ジメチルブタン	6		110016
				11-07-1	ノルマル-ヘプタン	7	1008	100800
				11-07-2	ヘプタン	7		
				11-07-3	2-メチルヘキサン	7		110049
				11-07-4	3-メチルヘキサン	7		110022
				11-07-5	2,4-ジメチルペンタン	7		110017
				11-08-1	オクタン	8		110002
				11-08-2	3-メチルヘプタン	8		110023
				11-08-3	2,2,4-トリメチルペンタン	8		110013
				11-08-4	2,3,4-トリメチルペンタン	8		110015
				11-09-1	ノナン	9		
				11-09-2	2-メチルオクタン	9		
				11-09-3	3-メチルオクタン	9		
				11-09-4	3,4-ジメチルヘプタン	9		
				11-10-1	デカン	10		
				11-10-2	2-メチルノナン	10		
				11-10-3	3-メチルノナン	10		
				11-10-4	ジメチルオクタン類	10		
				11-10-9	C10 アルカン	10		

注：本年度（平成 26 年度排出量）の VOC 排出インベントリまで使用するコード番号。

表 2-29 今後の VOC 排出インベントリにおける物質グループと物質コード（案）（2／7）

新たな物質グループ				VOC 成分		（参考1）炭素数	（参考2）従来のコード番号注	
大分類コード	大分類名	小分類コード	小分類名	物質コード	物質名		物質コード	物質詳細コード
1	炭化水素類（続き）	11	アルカン（パラフィン系）（続き）	11-11-1	ウンデカン	11		
				11-11-9	C11 アルカン	11		
				11-12-1	ドデカン	12		
				11-13-1	トリデカン	13		
				11-14-1	テトラデカン	14		
				11-14-9	C14 アルカン	14		
				11-15-1	ペンタデカン	15		
				11-15-9	C15 アルカン	15		
		12	アルケン（オレフィン系）	12-04-1	1-ブテン	4		110042
				12-04-2	シス-2-ブテン	4		110024
				12-04-3	トランス-2-ブテン	4		110029
				12-04-4	イソブテン	4		110043
				12-05-1	1-ペンテン	5		110047
				12-05-2	シス-2-ペンテン	5		110025
				12-05-3	トランス-2-ペンテン	5		110030
				12-05-4	2-メチル-1-ブテン	5		110019
				12-05-5	2-メチル-2-ブテン	5		110020
				12-05-6	3-メチル-1-ブテン	5		110048
				12-05-7	2-メチル-1,3-ブタジエン	5		110018
				12-06-1	1-ヘキセン	6		110011
				12-06-2	トランス-2-ヘキセン	6		110052
				12-06-3	2-メチル-1-ペンテン	6		110053
				12-06-4	シス-3-メチル-2-ペンテン	6		110050
				12-07-1	1-ヘプテン	7		110012
				12-10-9	C10 アルケン	10		
				12-11-9	C11 アルケン	11		
				12-13-9	C13 アルケン	13		
				12-14-9	C14 アルケン	14		
				12-15-9	C15 アルケン	15		
				12-16-9	C16 アルケン	16		

注：本年度（平成 26 年度排出量）の VOC 排出インベントリまで使用するコード番号。

表 2-29 今後の VOC 排出インベントリにおける物質グループと物質コード（案）（3／7）

新たな物質グループ				VOC 成分		（参考1）炭素数	（参考2）従来のコード番号注	
大分類コード	大分類名	小分類コード	小分類名	物質コード	物質名		物質コード	物質詳細コード
1	炭化水素類（続き）	13	シクロアルカン（ナフテン系）	13-05-1	シクロペンタン	5		110046
				13-06-1	シクロヘキサン	6	1007	100700
				13-06-2	メチルシクロペンタン	6		110033
				13-07-1	メチルシクロヘキサン	7		110032
				13-07-2	エチルシクロペンタン	7		
				13-07-3	1,1-ジメチルシクロペンタン	7		
				13-07-4	シス-1,3-ジメチルシクロペンタン	7		
				13-07-5	トランス-1,2-ジメチルシクロペンタン	7		
				13-07-6	トランス-1,3-ジメチルシクロペンタン	7		
				13-08-9	C8 シクロアルカン	8		
				13-09-1	ノルマル-ブチルシクロペンタン	9		
				13-09-9	C9 シクロアルカン	9		
				13-10-9	C10 シクロアルカン	10		
				13-13-9	C13 シクロアルカン	13		
				13-14-9	C14 シクロアルカン	14		
				13-15-9	C15 シクロアルカン	15		
		14	シクロアルケン	14-05-1	シクロペンテン	5		110051
		16	芳香族	16-06-1	ベンゼン	6		110005
				16-07-1	トルエン	7	1001	100100
				16-08-1	キシレン	8	1002	100200
				16-08-2	エチルベンゼン	8	1003	100300
				16-08-3	スチレン	8		110006
				16-09-1	1,2,3-トリメチルベンゼン	9		110008
				16-09-2	1,2,4-トリメチルベンゼン	9		110009
				16-09-3	1,3,5-トリメチルベンゼン	9	1004	100400
				16-09-4	メチルエチルベンゼン類	9		
				16-09-5	ノルマル-プロピルベンゼン	9		110027
				16-09-6	イソプロピルベンゼン（クメン）	9		110007

注：本年度（平成 26 年度排出量）の VOC 排出インベントリまで使用するコード番号。

表 2-29 今後の VOC 排出インベントリにおける物質グループと物質コード（案）（4／7）

新たな物質グループ				VOC 成分		（参考1）炭素数	（参考2）従来のコード番号注	
大分類コード	大分類名	小分類コード	小分類名	物質コード	物質名		物質コード	物質詳細コード
1	炭化水素類（続き）	16	芳香族（続き）	16-10-1	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	10		
				16-10-2	ジメチルエチルベンゼン類	10		
				16-10-3	メチルプロピルベンゼン類	10		
				16-10-4	1,4-ジエチルベンゼン	10		110010
				16-10-5	ノルマル-ブチルベンゼン	10		
				16-10-9	C10 アロマティック	10		
				16-11-9	C11 アロマティック	11		
				16-12-9	C12 アロマティック	12		
		19	その他の炭化水素類	19-00-0	その他（炭化水素系）		1100	110000
2	エステル類	21	鎖状エステル（飽和）	21-03-1	酢酸メチル	3		
				21-04-1	酢酸エチル	4	4001	400100
				21-05-1	乳酸エチル	5		410010
				21-05-2	酢酸ノルマルプロピル	5		410003
				21-06-1	酢酸ブチル	6	4002	
				21-06-2	酢酸イソブチル	6		410004
		22	鎖状エステル（不飽和）	22-04-1	酢酸ビニル	4		410011
		29	その他のエステル類	29-00-0	その他（エステル系）		4100	410000
3	ケトン類	31	鎖状ケトン（飽和）	31-03-1	アセトン	3	3001	300100
				31-04-1	メチルエチルケトン	4	3002	300200
				31-06-1	メチルイソブチルケトン	6	3003	300300
		33	環状ケトン（飽和）	33-06-1	シクロヘキサノン	6		310001
		34	環状ケトン（不飽和）	34-09-1	イソホロン	9		310006
		39	その他のケトン類	39-00-0	その他（ケトン系）		3100	310000

注：本年度（平成 26 年度排出量）の VOC 排出インベントリまで使用するコード番号。

表 2-29 今後の VOC 排出インベントリにおける物質グループと物質コード(案)(5／7)

新たな物質グループ				VOC 成分		(参考1) 炭素数	(参考2) 従来のコード番号注	
大分類コード	大分類名	小分類コード	小分類名	物質コード	物質名		物質コード	物質詳細コード
4	アルコール類	41	1価アルコール	41-01-1	メチルアルコール	1	2001	200100
				41-02-1	エチルアルコール	2	2002	200200
				41-03-1	ノルマル-プロピルアルコール	3		210002
				41-03-2	イソプロピルアルコール	3	2003	200300
				41-03-3	プロピルアルコール	3		210005
				41-04-1	ノルマル-ブチルアルコール	4		200400
				41-04-2	イソブチルアルコール	4	2005	200500
				41-04-3	ブタノール	4		210004
		42	2価アルコール(グリコール)	42-02-1	エチレングリコール	2	5001	500100
		49	その他のアルコール類	49-00-0	その他(アルコール系)		2100	210000
5	その他の含酸素化合物	51	エーテル類	51-02-1	エチレンオキシド	2		610011
				51-06-1	ETBE(エチルターシャリ-ブチルエーテル)	6	6005	600500
		52	グリコールエーテル類	52-04-1	エチレングリコールモノエチルエーテル	4		
				52-04-2	プロピレングリコールモノメチルエーテル	4	6004	600400
				52-05-1	プロピレングリコールジメチルエーテル	5		610003
				52-05-2	酢酸 2-メトキシエチル	5		
				52-06-1	エチレングリコールモノブチルエーテル(ブチルセロソルブ)	6	6003	600300
				52-06-2	ジエチレングリコールモノエチルエーテル	6		610013
				52-06-3	酢酸 2-エトキシエチル	6		
				52-08-1	ジエチレングリコールモノブチルエーテル	8		610012
		53	フェノール類	53-06-1	フェノール	6		210009
				53-07-1	クレゾール	7		210007
		54	アルデヒド類	54-01-1	ホルムアルデヒド	1		910002
		59	その他の含酸素化合物	59-00-0	その他(エーテル系／グリコールエーテル系)		6100	610000
6	含ハロゲン化合物	61	含フッ素化合物	61-02-1	テトラフルオロエチレン	2		810010
				61-00-1	HFC 系の工業用洗浄剤			810013
				61-00-2	その他のフッ素系工業用洗浄溶剤			810014

注:本年度(平成 26 年度排出量)の VOC 排出インベントリまで使用するコード番号。

表 2-29 今後の VOC 排出インベントリにおける物質グループと物質コード（案）（6／7）

新たな物質グループ				VOC 成分		（参考1）炭素数	（参考2）従来のコード番号[注]	
大分類コード	大分類名	小分類コード	小分類名	物質コード	物質名		物質コード	物質詳細コード
6	含ハロゲン化合物（続き）	62	含塩素化合物（飽和）	62-01-1	クロロメタン	1	8001	810007
				62-01-2	ジクロロメタン	1		800100
				62-01-3	クロロホルム	1		800200
				62-02-1	クロロエタン	2		810011
				62-02-2	1,2-ジクロロエタン	2		810008
				62-02-3	トリクロロエタン（構造不明）	2		810018
		63	含塩素化合物（不飽和）	63-02-1	クロロエチレン	2	8003	810009
				63-02-3	トリクロロエチレン	2		800300
				63-02-4	テトラクロロエチレン	2		800400
		64	含塩素化合物（その他）	64-00-1	ジクロロメタン／トリクロロエチレン／テトラクロロエチレン以外の塩素系化合物			810012
		65	含臭素化合物	65-01-1	臭化メチル	1		810017
				65-03-1	N-ブロモプロパン	3		810015
7	その他の純物質	71	含窒素化合物	71-02-1	2-アミノエタノール	2	9004	210006
				71-03-1	アクリロニトリル	3		910004
				71-03-2	N,N-ジメチルホルムアミド	3		900400
				71-05-1	N-メチル-2-ピロリドン	5		900200
		72	含硫黄化合物	72-01-1	二硫化炭素	1		910003
		79	その他の純物質	79-00-1	その他の純物質			

注：本年度（平成 26 年度排出量）の VOC 排出インベントリまで使用するコード番号。

表 2-29 今後の VOC 排出インベントリにおける物質グループと物質コード（案）（7／7）

新たな物質グループ				VOC 成分		（参考1）炭素数	（参考2）従来のコード番号注	
大分類コード	大分類名	小分類コード	小分類名	物質コード	物質名		物質コード	物質詳細コード
8	石油系混合溶剤等の混合物	81	工業ガソリン	81-00-2	工業ガソリン2号（ゴム揮発油）		10002	1000200
				81-00-4	工業ガソリン4号（ミネラルスピリット）		10004	1000400
				81-00-5	工業ガソリン5号（クリーニングソルベント）		10005	1000500
		82	規格の定まった混合物（別掲以外）	82-00-1	ソルベントナフサ（コールタールナフサ）		10009	1000900
				82-00-2	印刷インキ用高沸点溶剤		10010	1001000
				82-00-3	灯油等			1110004
				82-00-4	ナフサ			1110007
		83	類似の構造を持つ物質の混合物	83-00-1	ノルマル-パラフィン系			1010001
				83-00-2	イソパラフィン系			1010002
				83-00-3	ナフテン系			1010005
				83-00-4	天然ガス成分（エタン、プロパン、ブタン等）			110035
				83-00-5	炭素数が 4～8 までの鎖状炭化水素			1110002
		89	その他の混合物	89-00-1	ノルマル-パラフィン系／イソパラフィン系／ナフテン系以外の炭化水素溶剤			1110003
				89-00-2	シンナー等の混合溶剤			1110006
				89-00-3	その他（石油系混合溶剤）		10100	1010000
9	特定できない物質	90	特定できない物質	90-00-0	特定できない物質		99101	9910100

注：本年度（平成 26 年度排出量）の VOC 排出インベントリまで使用するコード番号。

２－２ 燃料（蒸発ガス）に係る推計方法の検討

2-2-1 燃料（蒸発ガス）に係る推計方法の見直しの経緯

(1) 燃料（蒸発ガス）に係る推計方法の主な課題

燃料（蒸発ガス）に係るVOC排出量は、塗料に次ぐ2番目に大きい発生源品目であり、インベントリ全体の約 20%（H26 排出量）を占めているが、その推計精度の向上を図るには以下に示すような課題がある。特に、現状の推計方法は気温とガソリン販売量に比例する方法であり、ガソリンの蒸気圧の変化を考慮していないため、夏場にガソリンの蒸気圧を抑えるといった取組（対策）の効果が反映されていないといった課題があった。

＜今年度調査開始時点の燃料（蒸発ガス）に係る主な課題＞

- 受入ロス、給油ロスの排出係数について、昭和50年の資源エネルギー庁の実験結果から推定した式を用いているが、この式では蒸気圧を考慮していない。また、当時（40年前）は鉛やブタンをガソリンに入れており、現在とは性状が異なる。
- 上記に関連して、ガソリンの夏用・冬用の販売状況（販売される時期・地域）に関する情報が不足している。
- 蒸気回収装置の設置率について、平成 23 年度に PRTR 届出データから推計した値から設置率 100%に変更されたが、妥当性について更なる検討が必要である。

(2) 交通安全環境研究所等による実験結果について

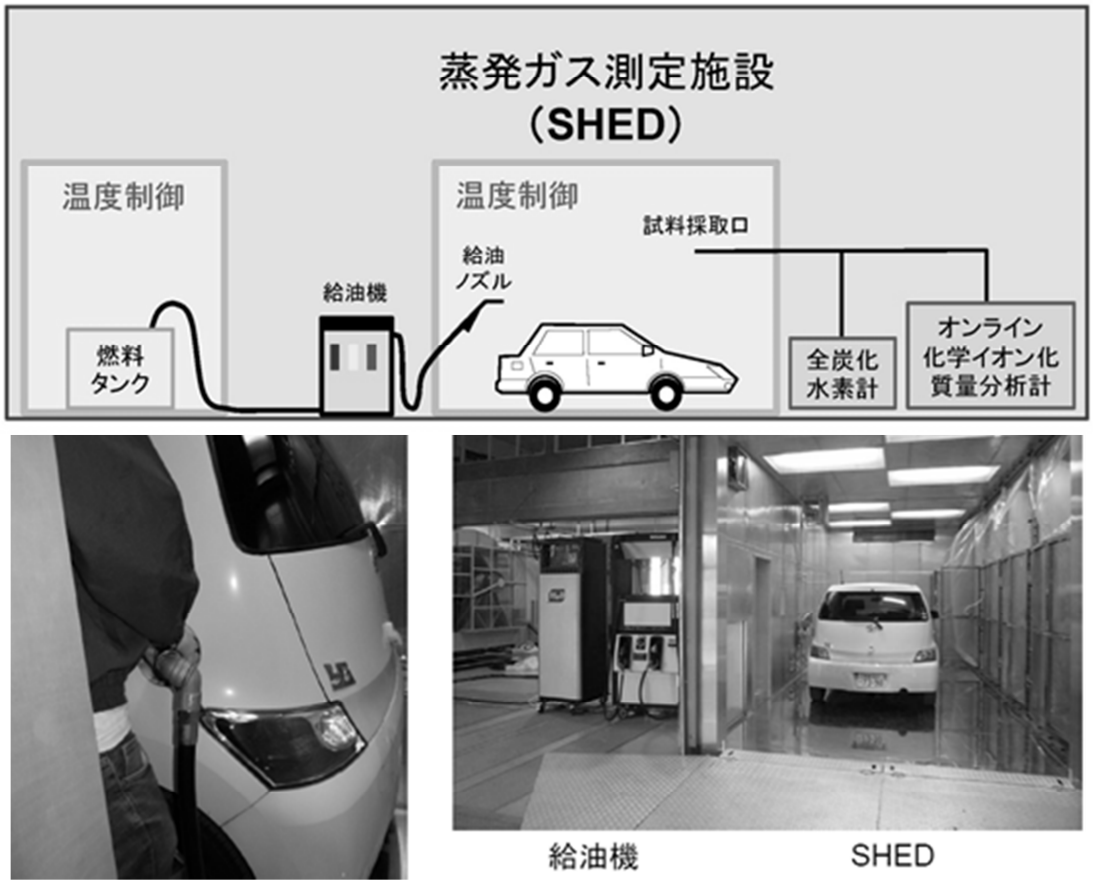
前述したガソリンの蒸気圧を考慮していないといった課題について、2015 年に発表された交通安全環境研究所および国立環境研究所の研究成果[3]によると、特定の条件下ではあるが、燃料蒸発ガスの実験結果はアメリカ合衆国環境保護庁（USEPA：United States Environmental Protection Agency）が示す自動車給油時の燃料蒸発ガスの予測式「MOVES2010」（以下、「MOVES」という）による予測結果と近い値となった（図 2-9、図 2-10）（※）。

※ 実験結果の MOVES2010 による再現性の検証方法については、今年度の検討会において課題があることが指摘された。指摘事項については、巻末の参考資料2参照。

3 Hiroyuki Yamada, Satoshi Inomata, Hiroshi Tanimoto, Refueling emissions from cars in Japan: Compositions, temperature dependence and effect of vapor liquefied collection system, Atmospheric Environment, 120, 455 – 462, 2015.

＜交通安全環境研究所等における実験結果に関する留意事項＞

- 蒸気圧の低い試験用燃料（58kPa）を用いた実験結果であること。
  - 蒸気圧を振っていないため、MOVES 式における蒸気圧の係数の日本車への適用性について確認されていない。
- 車両タンク内燃料温度と給油燃料温度を同じ（温度差なし）とした場合の実験結果であること。
  - 温度差を振っていないため、MOVES 式における温度差の係数の日本車への適用性について確認されていない。
- 実験結果が MOVES 式の計算結果と近い値になったことの検証方法の確認が必要。
  - 特に給油燃料温度と温度差との関係式の取り扱いについての整理が必要。
- 1 車のみの実験結果であり、車種・年代等によって異なる可能性があること。



出典：国立環境研究所 HP（2015.02.07 アクセス） https://www.nies.go.jp/whatsnew/2015/20151111/20151111.html
出典：揮発性有機化合物（VOC）排出インベントリ（第 28 回）検討会資料 3-2

図 2-9 交通安全環境研究所等における実験施設の概略図

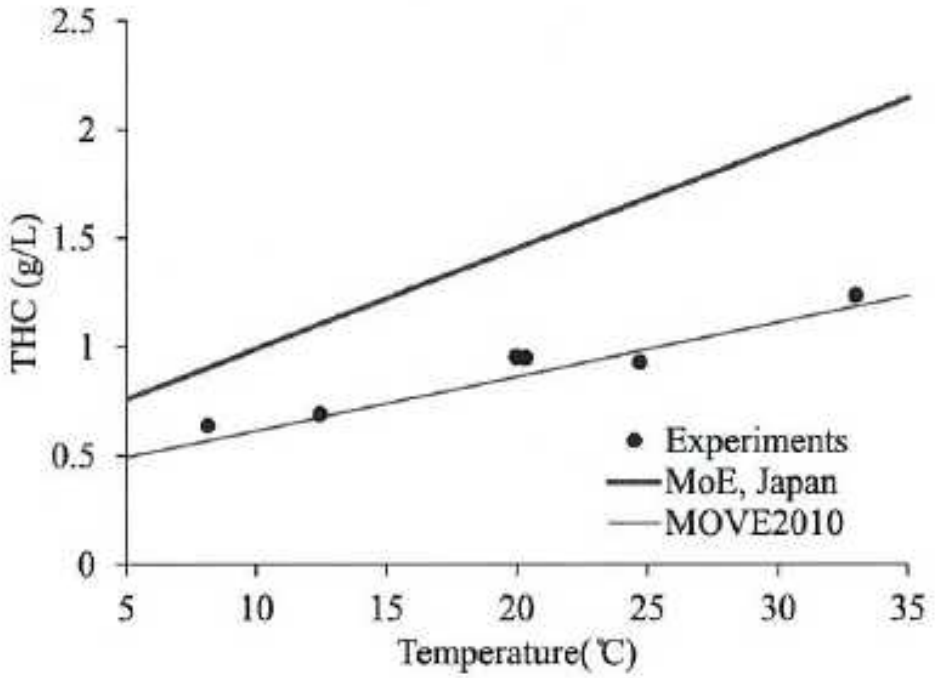


Fig. 4. Experimental and estimated results of uncontrolled refueling emissions (Ministry of Environment, Japan, 2014; US Environmental Protection Agency, 2012a).

出典:Hiroyuki Yamada, Satoshi Inomata, Hiroshi Tanimoto, Refueling emissions from cars in Japan: Compositions, temperature dependence and effect of vapor liquefied collection system, Atmospheric Environment, 120, 455-462, 2015.

図 2-10 交通安全環境研究所における実験結果