

ディーゼル車運行規制は大気汚染 を改善させたのか¹

関西学院大学
西立野研究会
都市・交通分科会

宇原綾菜
木村拓也
竹中翔己
藤田優人
和田智菜未

2020 年 11 月

¹ 本稿は、2020 年 12 月 19 日、20 日に開催される ISFJ 日本政策学生会議「政策フォーラム 2020」のために作成したものである。本稿にあり得る誤り、主張の一切の責任はいうまでもなく筆者たち個人に帰するものである。

要約

本稿は、大気汚染を改善させるため、ディーゼル車によって排出される大気汚染物質の削減を目指し、大気汚染によって健康被害で苦しむ人が生まれないような社会を実現させるための一手として政策提言を行うものである。現在、世界では依然として大気汚染が人々の健康を害していると問題になっている。これまでの日本社会においても尼崎大気汚染公害訴訟に代表されるように、大気汚染による健康被害が訴えられてきた。この状況を打開するために行われてきた様々な政策の内、2003年10月1日施行の一都三県条例が大気汚染にもたらした影響を分析し、最適な自動車排出ガス規制はどのようなものであるかという議論を深めたいと考えている。

現状分析では、ディーゼル排ガスに関する基本情報や日本においてディーゼル排ガスが問題となった経緯、またどのような推移を経て現在どのような汚染状況にあるのかを示す。また、日本において行われてきた自動車排出ガス規制の全体像を示し、本稿で扱う一都三県条例の特徴をまとめた。日本における浮遊粒子状物質(以下、SPM という。)濃度は段階を踏んで減少しており、2018年には日本中の自動車排出ガス測定局(以下、自排局という。)の環境基準達成割合が100%に達するまで改善されていることが分かった。また、その過程で一都三県条例の対象地域と非対象地域において自排局のSPM濃度の年平均値の1999年から2008年の変化率の平均値がそれぞれ-35.4%、-23.9%であったことから一都三県条例の効果があったと考えられる。しかし、政策以外の変数がSPM濃度に与えた影響を考慮できていないため、政策効果による影響がどれほどのものであったか分からないという問題点がある。そのため、より正確な一都三県条例の評価を行うことを目指して、自排局に観測局を絞り時別値のパネルデータで実証分析を行なった。

先行研究では、形式の異なる運行規制や日本で行われた自動車排出ガス規制に関する研究を取り上げた。Wolff (2014)は、排出基準を設けて行う運行規制がPM₁₀の濃度を約9%減少させ、政策効果を金銭換算すると10億円ほど便益が費用を上回ることが明らかとなった。一方で、Davis (2008)は、メキシコでナンバープレートを基に行う運行規制が中古車の購入を促し、かえって大気汚染物質の排出を促したことを明らかにした。また、Carrillo et al (2016)は、エクアドルでナンバープレートを基に行う運行規制が一酸化炭素の濃度を約9%~11%の範囲で減少させたことを明らかにしたが、その効果は永続的なものではないだろうとしている。そして、Nishitateno and Burke (2020)は、日本で行われた車種規制が二酸化窒素の濃度を3~6%減少させたことを明らかにしたが最適な手法については議論の余地があるとしている。これらの研究から、運行規制が必ずしも大気汚染を改善させるとは限らないこと、自動車排出ガス規制においてどの手法が最適であるのかについて議論の余地があることが示唆される。そのため、我々は一都三県条例について分析を深めることで自動車排出ガス規制のあり方に一石を投じることが出来るのではないかと考える。

先行研究を踏まえて、本稿ではより正確な実証分析を行うために時別値のパネルデータを用いる。また、観測局数の少なさやバラツキの大きさが問題視されるため観測局を自排局に絞り 100 を超える観測局のデータを扱うこととした。

分析では、関東一都三県によるディーゼル車走行規制の効果を様々な視点から検証するために推計モデルを 4 つ使用して差の差分分析を行う。分析の介入群にはディーゼル車規制対象地域である関東一都三県、対照群には条例非対象地域でなおかつ 1999 年～2008 年で共通する自動車排出ガス測定局を持つ 14 府県を設定する。4 つの分析のうち基本となる推計モデルとして目的変数を自然対数表示した SPM 濃度とし、説明変数に複数のダミー変数と気象変数などを設定し、単体規制、固定効果の影響を考慮した推計モデルを設定する。この基本となる推計モデルの分析結果ではディーゼル車走行規制の政策効果として介入群は対照群より 10%ほど多く SPM 濃度を低下させるということが明らかになった。2 つ目の推計モデルでは関東一都三県の近隣県へのスピルオーバー効果を測定した。スピルオーバー効果とは本来意図した範疇を超えて政策効果が拡散することである。本分析では茨城県、群馬県、栃木県、山梨県でスピルオーバー効果を分析する。スピルオーバー効果が確認された場合、本来の政策評価を過小評価している可能性が出てくる。分析の結果、約 12%のスピルオーバー効果が見られ、これを考慮し再度推計モデル①を分析しなおしたところ、政策効果は当初の 10%から 13%に上がった。この 13%という結果が真の政策効果であるといえる。3 つ目の推計モデルでは関東一都三県の中で政策効果にどのような違いがあるのか検証した。前述の推計モデルでスピルオーバー効果が確認されたため、スピルオーバー効果がある 4 県を対照群から除いて分析を行った。その結果、東京都の約 16%という政策効果が最も大きく、その他 3 県とも政策効果は約 12%と 3 県の間にはあまり政策効果に違いは見られなかった。4 つ目の推計モデルでは年ごとの政策効果の違いを比較する。筆者らは政策導入当初が最も政策効果が大きく、その後徐々に減少していくという推移を予想した。分析の結果、政策導入当初は大きな政策効果を示し、その後徐々に政策効果は小さくなっていったが、予想に反して 2006 年 10 月からの 1 年間で突如政策効果が大きくなり、その 1 年が最も大きな政策効果を示す予想外の結果となった。

政策提言では、分析結果から一都三県条例が大気汚染を大幅に改善させたことが分かったため、成功要因を追求することとした。先行研究と日本における自動車排出ガス規制を比較した結果、「段階的な規制であったこと」「単体規制、車種規制と併用したこと」「厳重な取り締まりを行ったこと」の三点が主な要因であると考えられる。昭和 48 年から 50 年以上にわたって単体規制を行ってきたことで日本国内で運行する自動車の排出ガスが年々向上していったことや NOx・PM 法と併用することで使用過程車の排出するガスが改善されないことに対処できたこと、自動車 G メンやダイレクトメールによる周知を行ったことで 2003 年の規制導入時からの累計適合者割合は平成 31 年 3 月末時点で 90%を上回ることが出来たことから先行研究で起こっていた問題点を解決できていたと考えたため以上の三点に着目した。しかし、費用便益の観点から評価出来ていないため、最適な運行規制については議論の余地があると考えられる。

目次

第1章 現状分析・問題意識

- 第1節 ディーゼル排ガス問題の概要
 - 第1項 SPM とは
 - 第2項 日本におけるディーゼル排ガス問題
 - 第3項 日本における SPM 濃度の推移
- 第2節 日本におけるディーゼル排ガス対策
 - 第1項 ディーゼル排ガス規制の種類
 - 第2項 運行規制の詳細
- 第3節 問題意識

第2章 先行研究及び本稿の位置づけ

- 第1節 先行研究
 - 第1項 海外の先行研究
 - 第2項 日本の先行研究
- 第2節 本稿の位置づけ

第3章 理論・分析

- 第1節 分析概要とデータ概要
- 第2節 推計モデル
 - 第1項 基本となる分析
 - 第2項 関東一都三県間での政策効果の比較
 - 第3項 年ごとの政策効果の分析
 - 第4項 スピルオーバー効果の分析
- 第3節 分析結果
 - 第1項 推計モデル①の分析結果
 - 第2項 推計モデル②の分析結果
 - 第3項 推計モデル③の分析結果
 - 第4項 推計モデル④の分析結果
 - 第5項 分析のまとめ

第4章 政策提言

- 第1節 政策提言
 - 第1項 政策提言の方向性
 - 第2項 政策提言
- 第2節 本政策提言の課題と対応策

参考文献・データ出典

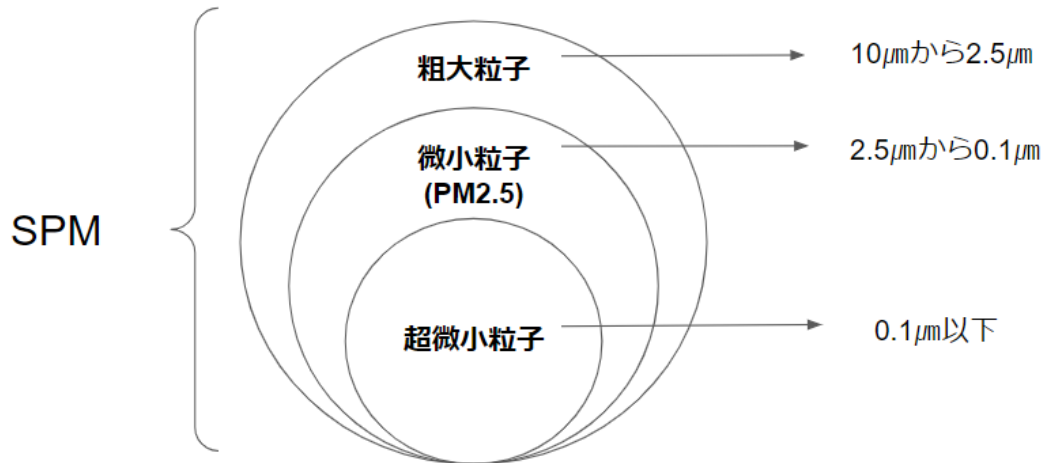
第1章 現状分析・問題意識

第1節 ディーゼル排ガス問題の概要

第1項 SPM とは

ディーゼル車はガソリンエンジンとは異なる燃焼方式を採用しており、それ故により多くの排気ガスを発生させる。ディーゼル車排ガスは窒素酸化物（以下、 NO_x という。）などのガス状物質とススのような粒子状物質に分けられる。以下の図1のように粒子状物質のうち、大気中に浮遊する粒径が $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下のものを SPM と呼ぶ。ガソリン車は CO_2 を排出するが、浮遊粒子状物質はほとんど排出しない。一方、ディーゼル車は浮遊粒子状物質を排出するが、 CO_2 排出量はガソリン車よりも少ない。ディーゼル排ガスの悪質性は、この SPM にある。

図1 浮遊粒子状物質の定義



環境省(2008)「微小粒子状物質健康影響評価検討会報告書」より作成

次に、この SPM にはどのような有害性があるのか、人体に悪影響を及ぼすメカニズムと共に述べる。SPM は人体に肺がんや循環器系疾患などさまざまなリスクをもたらすことがわかっている。その中でも、気管支疾患（ぜんそく）に焦点を当て、人体への悪影響を紹介する。ぜんそくは、アレルギー物質であるアレルゲンが体内に侵入したとき、それを排除する機能を持つ抗体が過剰に分泌されることで発症する。SPM は抗体の分泌や機能を調整する T-reg 細胞の働きを直接的に阻害する作用を持っているので、間接的にぜんそくを助長してしまうことになる。これが SPM がぜんそくを引き起こすメカニズムである。実際に、1989 年、国立環境研究所がアレルゲンと SPM を注入する実験群マウスと、対照群のマウスを準備して SPM とぜんそくの関係性を調べた実験が存在する。この実験により、アレルゲンと

SPM が体内の抗体を増加させ、ぜんそくの指標である好酸球が気管支からあふれ出していたのである。この実験により、SPM はぜんそくに起因していることが証明された。また、後に排ガス中の SPM 濃度を变化させた実験を行ったところ、SPM 濃度と反応関係の比例も確認された。よって、この SPM の排出量を削減することが大気汚染における重要な課題であるといえる。

また、以下の図 2 より、自排局における SPM 発生源別寄与濃度割合のうち、43.0%が自動車の排気ガスによるものであることが分かる。先程の表でも示した通り、SPM はガソリン車からはほとんど排出されないため、この自動車の排気ガスはすべてディーゼル車から排出されたものである(図 3)。

図 2 SPM 発生源別寄与濃度割合

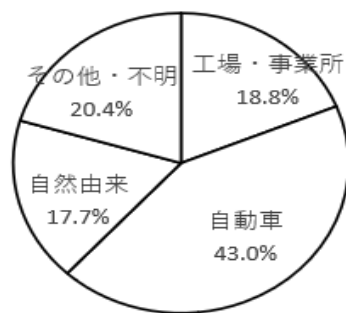
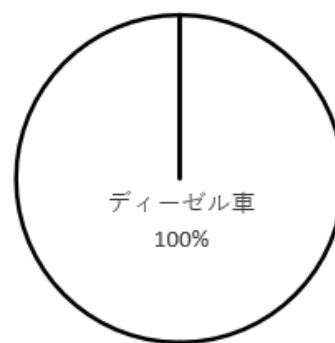


図 3 自動車からの車種別 SPM 発生総量



国土交通省道路局「幹線道路沿道の大気の現状について」より筆者作成

国土交通省道路局「幹線道路沿道の大気の現状について」より筆者作成

第 2 項 日本におけるディーゼル排ガス問題

(1) ディーゼル車増加の背景

1960 年代の日本は高度経済成長期を迎えており、自動車の数は急速に増加した。しかし 1973 年と 1979 年の 2 度にわたるオイルショックにより原油の価格が高騰してしまい、より安い自動車が求められるようになった。そこで、原油ではなく軽油を燃料とするディーゼル車が急速に増加し、1997 年には全体の約 18% を占める車両がディーゼル車となった。特にトラックやバスのような大型車は 1980 年代に急速にディーゼル化が進んでいる。これはディーゼルエンジンがガソリンエンジンよりも馬力が強く、大型の車体を動かすのに最適であることやガソリンよりも燃費の良い軽油を用いることで長距離を移動するためのコストを削減できることが要因である。そして、2005 年にはトラック総数の 85% がディーゼル車になっており、現在では 90% 以上にまでその数値は上昇している。

(2) ディーゼル排ガスに関する訴訟

急速な工業化、経済発展に伴い公害が問題となり企業や国が訴えられた例は数多くある。工場から排出された汚染物質による人体への影響や騒音問題が大きな問題となった。自動車排ガスによる汚染物質が原因となった訴訟がある。工場と自動車排ガスの複合大気汚染被害の国内初の大規模な訴訟となった西淀川公害訴訟が1978年に始まった。その後も複合大気汚染による呼吸器系疾患患者と遺族が過去の責任に対する損害賠償、一定基準以上のSPMや有害物質排出差し止めを求めて工場を持つ企業、インフラ整備に伴い交通量増加による排ガス増加のため国と道路公団に責任を求め提訴した川崎公害訴訟、尼崎大気汚染公害訴訟、名古屋大気汚染公害訴訟などが起こる。また、ディーゼル車数増加に伴う呼吸器系疾患患者とその遺族が汚染物質差し止め、救済制度、賠償金を求めディーゼル車製造企業、国、東京都、首都高速道路公団を訴えた東京大気汚染公害訴訟も始まった。自動車排ガス問題を含む公害問題での被害、訴訟は各地で見られ、当時大きな問題となった。

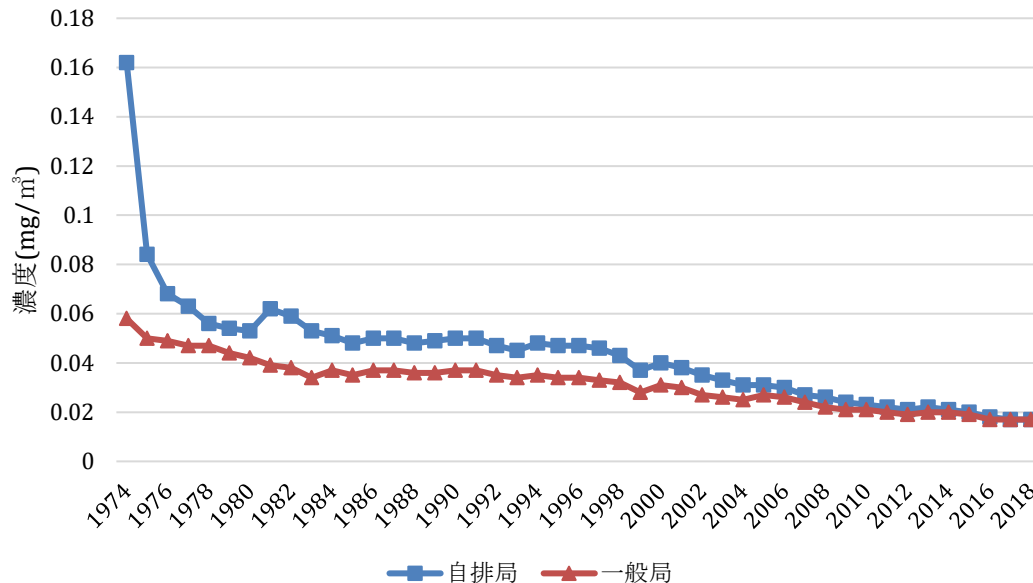
西淀川公害訴訟では企業からの賠償金は支払われた。しかし、原告側が要求していた自動車排ガスの差し止め請求に関しての言及はなく、沿線環境改善が命じられそのまま和解に至った。川崎公害訴訟においても基準値以上のSPM差し止め請求を求めるも認められないまま終わる結果になった。

他の裁判の判決結果においても複合汚染物質による公害問題裁判では賠償金のみが認められ、自動車排ガス量削減は車線数減少などの措置にとどまっていたが、1988年に始まった尼崎大気汚染公害訴訟ではディーゼル車の排出する微粒子と健康被害の直接的な関係が認められ、全国初となる一定濃度以上のSPM排出差し止めが認められた判決となった(川名、2001)。尼崎は戦前から工業化が進み、戦後も工業地域として栄え続けたが、主燃料が石油へと変わった1960年ごろから汚染物質が原因とされる呼吸器系疾患患者が増えるようになった。1970年代には国道43号線と阪神高速道路からの自動車排ガスも加わった複合大気汚染による被害が進み、それに伴い公害認定患者とその遺族らが工場側と道路側を提訴した(環境再生保全機構、2020)。判決によって工場をもつ企業側に賠償金支払い命令が与えられ対策条件付きで和解が成立するも、道路を管理する国と阪神高速道路公団側の責任については認められず国、道路公団の責任を求め裁判が長期化した。最終的には原告側の求めている基準値よりはるかに高い基準となったが汚染物質差し止め請求が認められた。その後、裁判長期化による原告側の高齢化などの問題から和解することとなった。尼崎大気汚染公害訴訟は最終的には和解したが、差し止め請求が認められたことは国内中に大きな影響を与え、他の裁判の判決でも差し止め請求が命じられるようになった。名古屋南部大気汚染公害訴訟においても排ガスによる人体への影響が認められ基準値以上のSPM排出差し止めが命じられた。東京大気汚染公害訴訟ではSPM差し止め請求は棄却され、自動車メーカーの責任は認められなかったが最終的に解決金を支払う結果になった。環境対策をより徹底することが命じられ、公害予防事業に多く拠出されることが決まるなど、自動車メーカーが患者支援制度を設けるなどの活動が今でも続いている。

第3項 日本における SPM 濃度の推移

実際に、日本において SPM 濃度はどのような変遷を辿ってきたのかを以下の図 4 にまとめた。

図 4 浮遊粒子状物質 (SPM) 濃度の年平均値の推移



環境省のデータより筆者作成

1974 年には $0.162\text{mg}/\text{m}^3$ であった SPM 濃度の年平均値は、2000 年には $0.04\text{mg}/\text{m}^3$ まで減少し、直近の 2018 年には $0.017\text{mg}/\text{m}^3$ となっており 1974 年に比べ約 10 分の 1 まで減少していることが分かる。このことから SPM 濃度は長期的には減少傾向にあると言える。

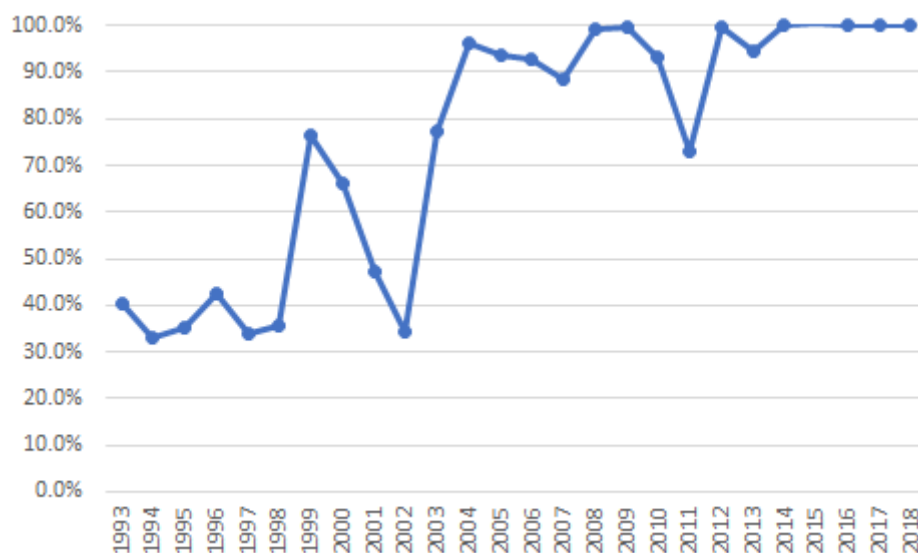
より具体的にみていくと、SPM 濃度の推移は大きく 4 段階に分けられる。まず、1974 年から 1980 年にかけて $0.109\text{mg}/\text{m}^3$ の大幅な減少 (1 年当たり約 $0.018\text{mg}/\text{m}^3$ の減少) が見られる。次に、1980 年から 2000 年にかけては $0.013\text{mg}/\text{m}^3$ の減少 (1 年当たり約 $0.00065\text{mg}/\text{m}^3$ の減少) であり概ね横ばいである。そして、2000 年から 2009 年にかけては $0.016\text{mg}/\text{m}^3$ の減少 (1 年当たり $0.0018\text{mg}/\text{m}^3$ の減少) であり緩やかな減少が見られる。最後に、2009 年から 2018 年にかけては $0.007\text{mg}/\text{m}^3$ の減少 (1 年当たり $0.00078\text{mg}/\text{m}^3$ の減少) であり概ね横ばいである。

また、1974 年から 2018 年にかけての SPM 濃度の減少値は自排局において $0.145\text{mg}/\text{m}^3$ であり、一般環境大気測定局 (以下、一般局という。) において $0.041\text{mg}/\text{m}^3$ であることから、自排局の方が大幅に減少していることが分かる。このように、道路に近いところに設置されている自排局の SPM 濃度の減少幅が一般局

に比べてかなり大きいことから、ディーゼル排ガスに対する規制が有効であると推測される。

次に、SPM 濃度の環境基準値を達成している自排局の割合の推移をみていく。以下の図 5 より、1998 年から 1999 年と 2002 年から 2003 年にかけて環境基準を達成した測定局の割合が急増していることが分かる。具体的には、1993 年から 1998 年までの達成率を平均すると、約 36.8%であるのに対して、1999 年から 2003 年までの達成率の平均は約 60.2%である。また、2004 年から直近の 2018 年までの達成率の平均は約 95.3%となっており、ほとんどの自排局において環境基準が達成されるまで改善されていることが分かる。これらの変化は東京都が実施したディーゼル車 NO 作戦(1999 年)や一都三県条例(2003 年)の施行時期と一致するため、国や自治体の取り組みの効果があつたのではないかという仮説が成り立つ。

図 5 SPM 濃度の自排局における環境基準達成局の割合の推移



環境省のデータより筆者作成

このように、国や自治体の取り組みが功を奏したのか、SPM 濃度は年々減少しており、環境基準値を達成している自排局の測定局割合も大幅に増加しているというのが近年の日本の SPM による大気汚染の状況である。

第2節 日本におけるディーゼル排ガス対策

第1項 ディーゼル排ガス規制の種類

これまでに述べてきたような大気汚染、健康被害の状況を踏まえて、国や自治体はディーゼル車排ガス削減のために様々な自動車排出ガス規制を行ってきた。日本の自動車排出ガス規制は、1966年(昭和41年)のガソリン車に対する一酸化炭素(CO)濃度規制に始まり、1973年(昭和48年)には、一酸化炭素(CO)、炭化水素(HC)、窒素酸化物(NOx)に対する重量規制が適用された(一般財団法人日本自動車研究所、2014)。

現在、日本国内で行われている自動車排出ガス規制の手法は、a). 単体規制、b). 車種規制、c). 運行規制と呼ばれる3種に大別される。(表1、2、3)

表1 単体規制によるディーゼル中量車(GVW1.7t~3.5t(新短期規制までは2.5t)以下のトラック・バス)へのSPM濃度の排出基準の推移

	短期規制	長期規制	新短期規制	新長期規制	ポスト新長期規制
PM 排出基準	0.43g/km	0.18(0.09)	0.12(0.06)	0.020(0.015)	0.009(0.007)
適用開始時期(新型車)	H5.10.1	H9.10.1(MT車に限る) H10.10.1(AT車に限る)	H15.10.1	H17.10.1	H21.10.1

※平成12年10月1日から認証基準値()内数値が定められた
国土交通省「新車に対する排出ガス規制について」より筆者作成

表2 単体規制によるディーゼル重量車{GVW3.5t(新短期規制までは2.5t)を超えるトラック・バス}へのSPM濃度の排出基準の推移

	短期規制	長期規制	新短期規制	新長期規制	ポスト新長期規制
PM 排出基準(g/kWh)	0.96	0.49(0.25)	0.35(0.18)	0.036(0.027)	0.013(0.010)
適用開始時期(新型車)	H6.10.1	H9.10.1	H15.10.1	H17.10.1	H21.10.1

※平成12年10月1日から認証基準値()内数値が定められた
国土交通省「新車に対する排出ガス規制について」より筆者作成

表 3 日本で行われている車種規制と運行規制の特徴

	車種規制(自動車 NOx・PM 法)	運行規制(一都三県条例)
対 策 地 域	8 都府県 埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、愛知県、三重県、大阪府及び兵庫県の一部の地域	一都三県 埼玉県、千葉県、東京都(離島を除く)、神奈川県の全域
施 行 年 月 日	平成 14 年 10 月 1 日	平成 15 年 10 月 1 日
規 制 対 象 物 質	窒素酸化物(NOx)、粒子状物質(PM)	粒子状物質(PM)
規 制 内 容	新規登録：平成 14 年 10 月から 使用過程車：平成 15 年 10 月から 排出ガス基準に適合しない車は、 対策地域内では、車検に通らない。	条例で定める粒子状物質(PM)排出基準を満たさないディーゼル車(乗用車除く)は、対象地域内全域での運行が禁止されている
対 象 自 動 車	対象地域内に使用の本拠の位置がある自動車	対象地域内を運行する自動車
対 象 車 種	・ディーゼル乗用車 ・トラック、バス、特種(乗用車ベースはディーゼル車のみ) ※燃料の種類は問わない	乗用車を除くディーゼル車 ・ディーゼルのトラック ・ディーゼルのバス ・特種自動車 (乗用車ベースのものを除く)
規 制 値	NOx 長期規制値並 PM 3.5 トン超：長期規制値並 3.5 トン以下：新短期規制の 1/2	NOx 規制なし PM 長期規制並(ただし、東京・埼玉は平成 18 年 4 月から新短期規制並)

猶 予 期間	原則として初度登録から車種に応じ 8~12 年間 (初度登録時期に応じてさらに平成 15 年 9 月から平成 17 年 9 月までの準備期間)	新車登録(初度登録)から 7 年間
規 制 へ の 対応	基本的に買い替え	買い替えまたは後付け装置
規 制 の 担 保 手 段	車検	都県職員(自動車 G メン)による立入検査や路上検査
罰則	6 か月以下の懲役または 30 万円以下の罰金	・ 使用者または運転者 違反車両の運行禁止命令を行う。 命令違反については、50 万円以下の罰金を行う。 ・ 荷主 荷物の受託者に、条例を遵守する自動車を使用する義務がある。 義務違反をした場合には、勧告や荷主の氏名公表を行う。

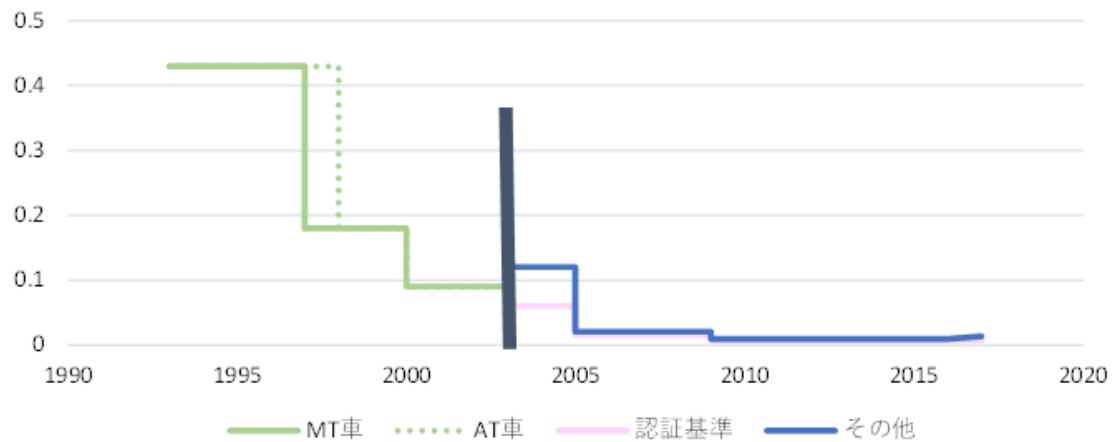
環境省(2005)『自動車 NOx・PM 法の手引き』より筆者作成

a). 単体規制

一定の走行条件下で測定された排気ガス濃度が基準を満たしていない車両の新車登録をさせないことにより、基準を満たす排出ガス性能を持つ車両のみを製造・輸入・販売させる規制手法である。新車登録時のみに適用され、中古車および使用過程車には適用されない。狭義の自動車排出ガス規制はこの手法による規制を指す。道路運送車両法に基づく道路運送車両の保安基準による規制がこれにあたる。米国のマスキー法もこの手法をとる(一般財団法人日本自動車研究所、2014)。

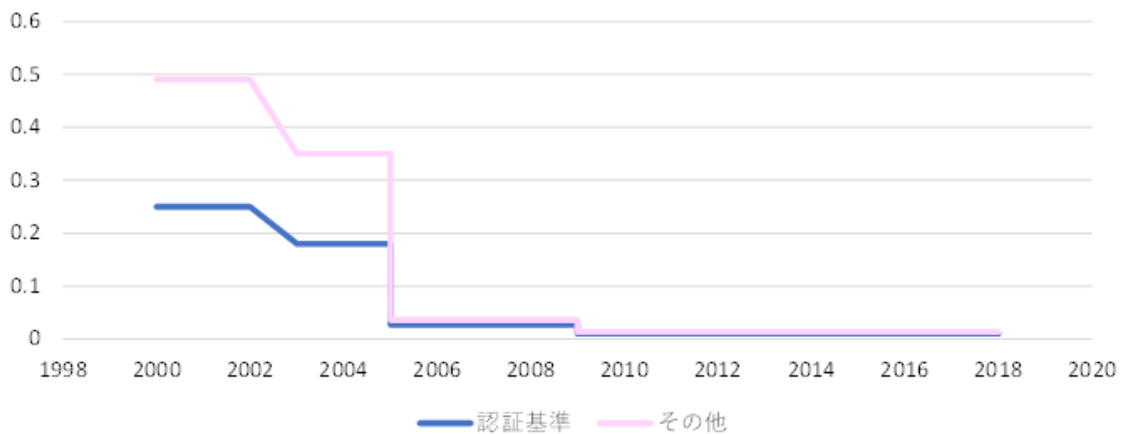
SPM 濃度を削減するために行われてきた規制における排出基準は、短期規制、長期規制、新短期規制、新長期規制、ポスト新長期規制という流れで少しずつ強化されてきた。視覚的に分かりやすくしたものが以下の図 6、7 である。

図 6 ディーゼル中量車に対する SPM 濃度の排出基準の推移



国土交通省「新車に対する排出ガス規制について」より筆者作成

図 7 ディーゼル重量車に対する SPM 濃度の排出基準の推移



国土交通省「新車に対する排出ガス規制について」より筆者作成

b). 車種規制

一定の走行条件下で測定された排気ガス濃度が基準を満たしていない車両の新規登録、移転登録および継続登録をさせないことにより、基準を満たさない車両を排除する規制手法である。中古車および使用過程車も対象となるため、単体規制よりも新車代替が促進される。自動車 NOx・PM 法による規制がこれにあたる（一般財団法人日本自動車研究所、2014）。

1993 年に制定された日本の環境政策の根幹となる環境基本法では、大気汚染の原因となる物質に関して、人の健康を保護する上で維持することが望ましい基準を環境基準と称して定めている。環境基本法では、SPM の環境基準は「1 時間値の

1 日平均値が $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1 時間値が $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること」(環境省, 2009)とされているが、先述の尼崎大気汚染公害訴訟のようにその基準が守られていない事例が数多く存在している。そうした問題を背景に、政府は自動車排出ガスによる大気汚染を食い止めるべく特定の対策地域において車種規制を行う $\text{NO}_x \cdot \text{PM}$ 法を制定した。

$\text{NO}_x \cdot \text{PM}$ 法は 1992 年の制定当初は自動車 NO_x 法として NO_x のみが規制対象物質であったが、尼崎大気汚染公害訴訟で PM の人体に及ぼす健康被害が明らかになったこともあり、2002 年からは規制対象物質に PM も加えられ $\text{NO}_x \cdot \text{PM}$ 法として新たに自動車排ガス規制が開始された。 $\text{NO}_x \cdot \text{PM}$ 法は排出基準に適合しない自動車について対策地域内で新規登録、継続検査を不可能とする車種規制である。また、 $\text{NO}_x \cdot \text{PM}$ 法は「新車に対する排出ガス規制」とは異なるものであり、新車に対する排出ガス規制の基準値が強化されても $\text{NO}_x \cdot \text{PM}$ 法の基準は強化されない。排出基準を超える車両は車種ごとに定められた猶予期間終了後は低公害車両(自動車排出する排気ガスに大気汚染物質が少ない、または汚染物質を排出しない車両)に買い替えるか、政府の定める $\text{NO}_x \cdot \text{PM}$ 排出低減装置を車両に装着しなければならない。 $\text{NO}_x \cdot \text{PM}$ 排出低減装置を装着した場合、車両を買い替える必要なく継続して車両を使用できる。

対策地域は大きく分けると東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県で構成される首都圏、大阪・兵庫地域、愛知・三重地域の 3 つに分けられ、それぞれ一部地域を除いて対策地域とされている。対象自動車は対策地域内に使用の本拠地を置く自動車とされている。規制対象車種と対象車種のナンバープレートの分類番号は下の表 4 のとおりである。

表 4 NO_x・PM 法の規制対象車種とそのナンバープレート

車種	ナンバープレートの分類 番号
普通トラック	1、10~19、100~199
小型トラック	4、40~49、400~499 6、60~69、600~699
大型バス(定員 30 人以上)	2、20~29、200~299
マイクロバス(定員 11 人以上 30 人未満)	2、20~29、200~299 (一部 5、50~59、 500~599、 7、70~79、700~799)
特種自動車(トラック、バス、ディーゼル乗用車をベース としたものに限る)	8、80~89、800~899
ディーゼル乗用車(定員 11 人未満)	3、30~39、300~399 5、50~59、500~599 7、70~79、700~799

環境省「動車 NO_x・PM 法の手引きパンフレット」より筆者作成

また、NO_x 及び PM の排出基準は下の表 5 の様に燃料、車両重量ごとに異なっている。

表 5 NO_x・PM の定める NO_x 及び PM の排出基準

ディーゼル乗用車	NO _x :0.48g/km PM:0.055g/km
バス・トラック等(ディーゼル車、ガソリン車、LPG 車)	
GVW(車両重量)≥1.7t 以下	NO _x :0.48g/km PM: 0.055g/km
1.7t<GVW≤2.5t	NO _x :0.63g/km PM:0.06g/km
2.5t<GVW≤3.5t	NO _x :5.9g/kWh PM:0.175g/kWh
3.5t<GVW	NO _x :5.9g/kWh PM:0.49g/kWh

環境省 「自動車 NO_x・PM 法の手引きパンフレット」より筆者作成

以上のような内容で NO_x・PM 法は制定されているが、NO_x・PM 法には対策地域外からの流入車を規制できないという穴がある。首都圏ではその穴を埋めるべく独自の条例が施行されることとなった。

c). 運行規制

車種、用途、燃料種、排出ガス性能その他について要件を定めて車両の運行を制限し、排出ガス性能の劣る車両の流入阻止や渋滞緩和を図り沿道の大気汚染を防止する規制手法である。埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、大阪府、兵庫県等の各地方自治体のディーゼル車規制条例によるディーゼル規制や尾瀬、乗鞍スカイライン、上高地などで自然保護のために行われるマイカー規制がこれにあたる(一般財団法人日本自動車研究所、2014)。

本研究では、この内の運行規制である一都三県条例に焦点を当て、その効果について分析する。

第2項 運行規制の詳細

石原知事就任後から一都三県条例が開始されるまでの期間に東京都が行ってきたディーゼル車対策を時系列でまとめたものが以下の表6である。このように、石原知事就任後ディーゼル車対策が急進的に進められてきた。

表6 東京都におけるディーゼル車排ガス対策年表

時期	出来事
1999年8月27日	ディーゼルNO作戦開始
1999年12月28日	石油連盟に軽油硫黄分の早期低減要請
2000年7月17日	DPF実証試験結果公表
2000年12月22日	環境確保条例制定
2001年7月26日	第1回粒子状物質減少装置指定審査会
2001年11月22日	都内に低硫黄軽油早期供給の決定
2003年4月1日	石油連盟が全国で低硫黄軽油販売開始
2003年10月1日	一都三県でディーゼル車走行規制開始

東京都環境局(2018)より筆者作成

また、下表7のように一都三県において条例が制定された時期は異なるが、規制の運用開始日は同一の平成15年10月1日であった。

表7 首都圏におけるディーゼル車対策条例

	制定年月日	条例名	規制運用開始日
東京都	H12年12月12日	都民の健康と安全を確保する条例(東京都環境確保条例)	H15年10月1日
埼玉県	H13年7月17日	埼玉県生活環境保全条例	
千葉県	H14年3月26日	千葉県ディーゼル自動車から排出される粒子状物質の排出の抑制に関する条例	

神奈川県	H14 年 10 月 11 日	神奈川県生活環境の保全等に関する条例	
------	--------------------	--------------------	--

*埼玉県、東京都では平成 18 年 4 月から規制が強化されている。
千葉県「令和元年版千葉県環境白書」より筆者作成

NOx・PM 法の穴を埋めるべく、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県の一都三県では 2003 年 10 月 1 日より独自のディーゼル車運行規制を開始した。規制の内容は SPM の基準を満たさないディーゼル車(乗用車を除く)の条例対象地域内の走行を禁止するというものである。NOx・PM 法と違いディーゼル車だけを規制し尚且つ規制対象物質も SPM に限られている。対象地域には東京都(島部を除く)、神奈川県、埼玉県、千葉県の全域が含まれている。対象車種は下の表 8 の通りである。

表 8 ディーゼル車運行規制対象車種

車種	ナンバープレートの分類番号
貨物自動車	1、10~19、100~199 4、40~49、400~499 6、60~69、600~699
乗合自動車(定員 11 人以上)	2、20~29、200~299 (一部 5~、7~)
特種自動車	8、80~89、800~899

東京都環境局「ディーゼル車規制の内容」より筆者作成

条例対象型式は①記号のない昭和 54 年頃までに製造された車両②U、W、S、P、N、K、KA、KB、KC③KE、KF、KG、KJ、KK、KL、HA、HB、HC、HE、HF、HM である。ただし、③の車両には一部基準に適合している車両がある。

ディーゼル車運行規制の PM 排出基準値は国の定める「新車に対する排出ガス規制」の長期規制と同じ基準が設定されている。下の表 9 がその基準である。

表 9 ディーゼル車運行規制の PM 規制基準

車両(車両重量)	PM 規制値
ディーゼル軽量車 (GVW<=1.7t)	0.08g/km
ディーゼル中量車	0.09g/km

(1.7t≦GVW<2.5t)	
ディーゼル重量車 (2.5t<GVW)	0.25g/kWh

国土交通省「自動車の排出ガス規制(新車)」より作成

規制の対象者は自動車の購入、配置、整備など自動車の運行に関わる全ての権限を持つ地位にある運行責任者である。規制への対応としては NOx・PM 法と同じように、低公害車両への買い替えか、各都県知事指定の DPF (PM 減少装置) の車両への装着のどちらかを選択しなければならない。DPF を装着したら規制対象車両であっても規制地域内を走行可能である。また、東京都と千葉県では運送事業を含む中小企業者(個人を含む)や民間バス事業者などに対して補助金提供や融資あっせんを行い、低公害車への買い替えを推奨している。

猶予期間は初年度登録から 7 年間とされており、条例に違反した場合は運行責任者への運行禁止命令、50 万円以下の罰金他、荷主に対しても運行責任者へ適合車使用指示を怠った場合条例違反者として氏名公表などの罰則が課せられる。

しかし、罰則が設定されていても必ずしも遵守されとは限らない。Zhong et al (2017) によると、北京で行われたナンバープレートの最後の数字に基づいて 1 週間のうち 1 平日の走行を禁じた走行規制において、2008 年の導入当初は違反者に課される罰金 100 元が 1 日に 2 回までの条件付きであったこともあり、支払いのリスクを厭わず違反を行うものが現れたとされている。その事態をうけ、2011 年から、行政はこのペナルティを 3 時間ごとに 100 元に変更し厳罰化された結果、対象の大気汚染物質の削減に成功した。北京の事例のように規制の対象者がコンプライアンスを遵守しないことも考えられる。

下表 10 より、ほとんどの対象車がこの条例を遵守しようと努めていたことが分かる。そのため、条例が遵守されておらず効果がないという批判は本規制においては棄却される。

表 10 平成 15 年からの累積適合車割合

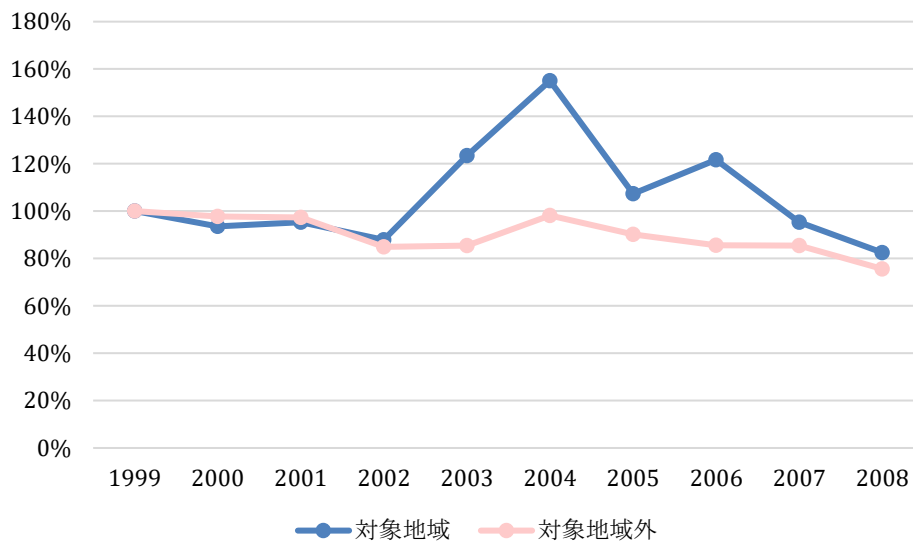
	埼玉県	東京都	神奈川県	千葉県
累計確認台数	267,845	49,982	165,244	128,751
累計適合車率	94.2%	97.7%	98.7%	90.4%

最終計測時期	平成31年3月末	令和2年3月末	平成31年3月末	令和2年3月末
--------	----------	---------	----------	---------

埼玉県、東京都、神奈川県、千葉県公表の検査結果より筆者作成

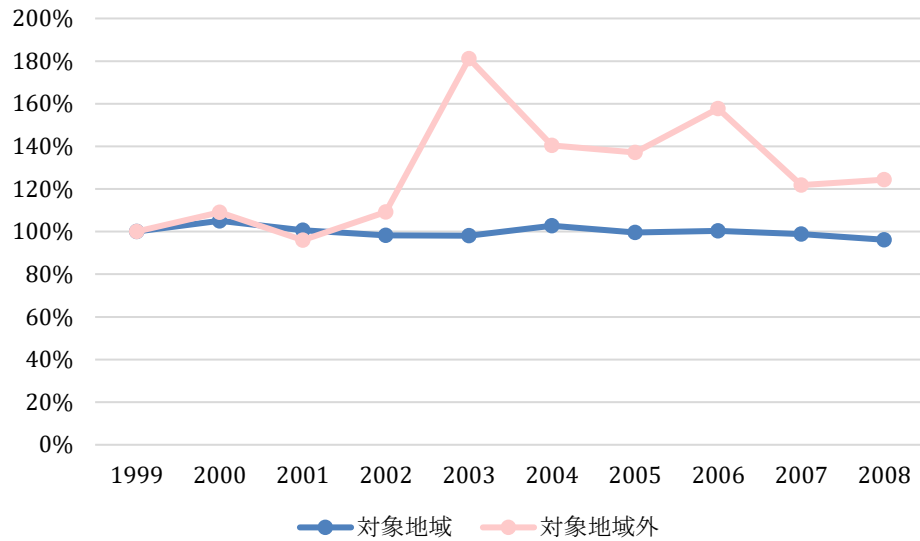
また、この運行規制に対しての事業者や市民の反応を以下の図8、9、10から読み取ることができる。図8、9より規制対象地域において貨物車と乗合車の新車登録台数は規制開始の2003年に2002年から約150～200%増加していることから多くの事業者が規制に対して新車への買い替えを行ったと考えられる(図8、9)。また、図10より乗用車の新車登録台数が2003年を境に急激に増加していないことから、先ほど述べた貨物車と乗合車の新車登録台数の増加が車への需要の増加や景気の向上によるものではないと考えることができる。

図8 1999年を基準年とした貨物車の新車登録台数の推移



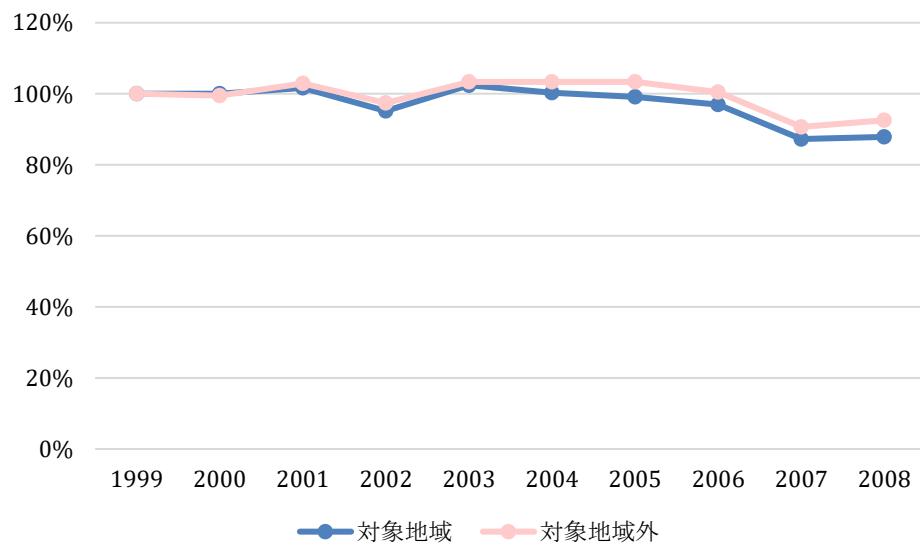
一般財団法人自動車検査登録情報協会「自動車保有車両数統計書」より筆者作成

図 9 1999 年を基準年とした乗合車の新車登録台数の推移



一般財団法人自動車検査登録情報協会「自動車保有車両数統計書」より筆者作成

図 10 1999 年を基準年とした乗用車の新車登録台数の推移



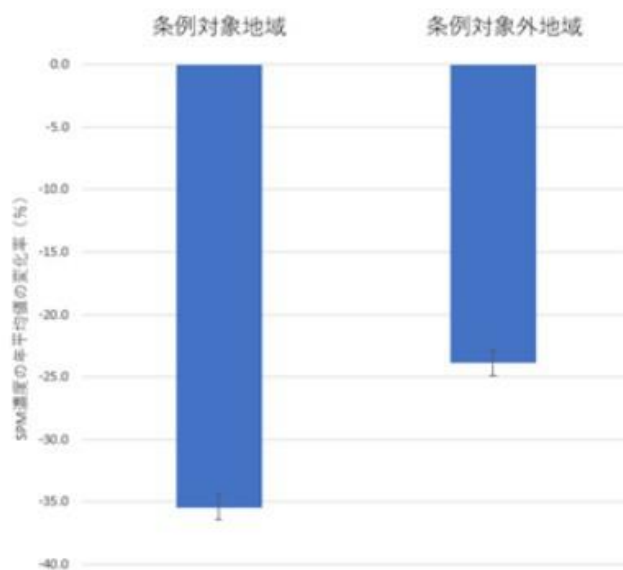
一般財団法人自動車検査登録情報協会「自動車保有車両数統計書」より筆者作成

以上のことから、一都三県条例によるディーゼル車運行規制は既存の単体規制・車種規制の穴を埋め、対象地域における大気汚染の改善に大きな影響を及ぼしたのではないかと考えられる。

第3節 問題意識

このようにして施行された一都三県条例がSPM濃度の減少に与える影響はどれほどのものであったのか。条例実施前の1999年から実施後の2008年までの条例対象地域と対象外地域における自排局のSPM濃度の年平均値の変化率を比較したのが以下の図11である。

図11 自排局のSPM濃度(mg/m^3)年平均値の1999年から2008年の変化率の条例対象地域及び対象外地域ごとの平均値の比較



国立環境研究所のデータより筆者作成

条例対象地域の変化率の平均値は-35.4%、標準誤差が1.41であるのに対して、条例対象外地域の変化率の平均値は-23.9%、標準誤差が2.72であった。条例対象地域の方が条例対象外地域に比べて変化率が11.5%大きいため、条例の効果があったように思われる。しかし、この分析は単純に介入群と対照群の年平均値の変化率を比較しただけのものであり、政策効果以外の変数を全く考慮していない。このことから、必ずしも走行規制が大気汚染物質の濃度を改善するとは限らないといえる。そのため、図11の結果が条例の効果によって起こった改善であると断定するのは尚早であるといえる。そのため、本研究では一都三県条例の導入がSPM濃度の減少に与えた影響を、時別値のパネルデータを用いて差の差分分析を行い分析する。また、分析結果をもとに、先行研究で扱った諸外国の規制と単純比較し、本当に有意義な規制の在り方について検証していく。

第2章 先行研究及び本稿の位置づけ

第1節 先行研究

第1項 海外の先行研究

(1) Low Emission Zone についての研究

大気汚染物質による健康被害の対策として、世界中では様々な大気汚染物質排出削減政策が導入されている。排出基準を設けて行う運行規制の効果に関しては以下のドイツの研究が存在する。

Wolff(2014)は、Low Emission Zone(以下、LEZ という。)という運行規制の導入が、日平均の PM_{10} の濃度についてどれほどの効果を及ぼしてのかについて検証した。LEZ では段階ごとに PM_{10} の排出基準を設け、基準よりも排出量が少ない車は基準ごとに「red」「yellow」「green」のステッカーを購入し、車に貼ることで大気汚染物質の排出レベルが証明される。定められた排出基準以下のクリーンな車のみがLEZ内を走行することを許される。ドイツにおける大気汚染物質の測定を行う観測局は、日本と同様に一般局と自排局に分かれているため、より正確な観測値が得られると考えられる。2005年1月から2008年10月までの測定値を、LEZ対象地域と対象外地域に分類して差の差分分析を行った結果、LEZは全体的に PM_{10} の濃度を約9%減少させることができることが分かった。また、LEZは自動車の買い替えやディーゼル微粒子捕集フィルター(以下、DPF という。)装着のインセンティブとなり、よりクリーンな「green」ステッカーの基準を満たす車両へのアップグレードを促した。LEZの効果として健康にもたらされる便益は、車両のアップグレードやDPFの装着にかかった費用よりもはるかに大きく、金銭換算すると10億円ほど大きいことが判明した。

(2) ナンバープレートに基づいた運転制限についての研究

ナンバープレートに記載されてある数字を用いて行う運行規制の効果に関しては、以下の3つの研究が存在する。

Zhong et al(2017)は、2008年に北京で導入された運行規制政策が大気汚染にもたらした影響について研究した。中国では、「4」は不吉な数字としてみなされており、ナンバープレートでは回避される傾向が高い風潮がある中、ナンバープレートの最後の数字に基づいて、1週間のうち1平日の車の走行が禁止される政策が導入された(例：月曜日は「1」、「6」)。これは、「4」の車が制限された日は、より多くの車が路上を走行することを意味しており、筆者らは、これらの日による走行車数の差異に注目した。北京の都市部と農村部の27か所に設置された観測局の測定値を使用し、重回帰分析を行った。その結果、「4」の車が制限され

た日はその他の日に比べ、NO_x と CO がそれぞれ約 14%と約 24%高かったことが明らかとなった。

Davis(2008)は、メキシコシティで導入された運行規制 Hoy No Circula(以下、HNC という。)が大気質に及ぼす影響について研究した。HNC の内容としては、北京の政策とほぼ同様で、ナンバープレートの最後の数字に基づいて1週間のうち1平日の走行を禁じるという形式をとっている。データは1986年に都市環境庁がメキシコシティ全体に設置した6つの監視ステーションから得られる、一酸化炭素、二酸化炭素、オゾン、窒素参加化物、二酸化硫黄の5つの大気汚染物質の測定値である。導入時期である1989年をカットオフ点とし、事前と事後での観測値の変化で政策の介入効果を図る回帰不連続デザイン法で分析を行った。その結果、規制により大気汚染が改善されたというデータは得られなかった。さらに、その原因を探るための追加の検証から、ガソリンの売り上げの増加や全体的な登録車両と新車販売の増加を示すデータが得られた。増加車両の内訳のほとんどが中古車で構成されていたため、ガソリンの売り上げの増加と併せて大気汚染物質の排出も助長された。

Carrillo et al(2016)は、エクアドルの首都キトで実施された交通規制 The Pico y Place program(以下、PyP という。)による大気汚染の改善効果を研究した。PyP は車両番号の最後の桁によって、曜日ごとに特定の車両の交通制限を行う政策である。この政策は交通量の多い市の中心部に限定し、ピーク時間のみに実施されている。キト市内には全8か所に大気汚染物質濃度の観測局がある。PyP の対象地域から3か所、対象外地域から2か所のデータを抽出し、変化率について差の差分析を行った。その結果、一酸化炭素の周辺濃度は時間的観点、空間的観点からの分析を踏まえると、PyP が2010年に導入されて以来全体で9%から11%の範囲で減少していたことが明らかとなり、PyP の導入により車両から排出される大気汚染物質の削減に成功したことを示している。しかし、この制限を回避するために世帯が新規車両を購入することが予想されるため効果は短命であるとされている。

第2項 日本の先行研究

また、日本国内に目を向けてみると、NO_x・PM 法や一都三県条例についての文献も存在する。

Nishitateno and Burke(2020)は、日本の大気汚染物質の観測局において1981年1月から2015年12月の期間で、地理的な車種規制である自動車 NO_x・PM 法が大気汚染の改善にもたらした影響について研究した。自動車 NO_x・PM 法は、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のことを指し、排ガスの基準値が NO_x、PM とともに定められており、これに適合しない車両は対象地域内で車検を通すことが出来なくなるという車種規制である。225の観測局のパネルデータを差の差分析した結果、車種規制は月次の NO₂ 濃度を約3%から6%減少させ、都市部における大気汚染を改善した。また、この大気汚染の改善が、ぜんそくによる死亡率を下げることにより推計約1億400万米ドルの便益があるとしている。そして、特定の地域に制限を行う車種規制

としてこの自動車 NO_x・PM 法が最適な手法であるかについては議論の余地があると締めくくっている。

また、高井ら(2004)は、首都圏における一都三県条例と NO_x・PM 法の NO_x と PM の排出削減効果について検証した。車両構成比や国土交通省国土技術政策総合政策所が定める「自動車排出係数の算定根拠」から、年次ごとに想定される排出量を推計し、比較検証を行った。すると、一都三県条例については、短期での大幅な低減効果を出し、NO_x・PM 法については、長期的な視野に立つと低減効果がみられたという結果が得られた。

第2節 本稿の位置づけ

日本を含む各国では、大気汚染物質の削減を目指す政策が導入されており、効果が証明されたケースもあれば、メキシコシティの事例のように逆効果をもたらしたケースも存在する。以上のような研究から、規制の導入が確実に効果をもたらすとは言い切れず、規制ごとに効果が変わってくることが証明された。各国で導入された規制政策は、発展途上国を中心に、ナンバープレートの最後の数字をもとに運転制限を設ける規制やドイツの LEZ、日本国内でも NO_x・PM 法や一都三県条例など、政策にも数多くの種類が存在し、内容によってはその効果も変わってくると考えられる。そのため、我々が焦点を当てている一都三県条例についても細かく分析する必要がある。

また、Zhong et al(2017)や Davis(2008)の研究で使用された大気汚染物質測定局のデータは、北京市内の都市部と農村部の両方から採取したデータやメキシコシティ市内に均一に設置された測定局のデータなどを使用している。都市部と農村部では、交通量に歴然とした差があり、市内の交通量も測定所のように均一であるとは限らない。以上の点から、我々の研究では、大気汚染物質の測定値データを収集する際は、より正確な測定地データを得るために、車道の近くに存在する測定所が好ましいと考えた。そのため、自排局のデータのみを使用する。また、収集するデータ数や期間も他の先行研究に比べると比較的多い。

以上の点を本稿の新規性とする。我々の研究では、一都三県条例の導入が SPM 濃度を減少させたと仮定し、双方の関連性について実証分析していく。そして、さらに大気汚染を改善させるための有効な政策提言を行う。

第3章 理論・分析

第1節 分析概要とデータ概要

本稿では関東一都三県によるディーゼル車運行規制の効果を様々な視点から検証するために推計モデルは目的別に4つ作成し、各推計モデルで差の差分析を行う。分析の介入群は東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県の一都三県、対照群には条例非対象地域かつ1999年～2008年で共通する自排局を持つ14府県を用いる。介入群、対照群の内訳は下記の表11、本分析で使用する変数の定義は表12のとおりである。

表11 介入群と対照群の分類

介入群	東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県
対照群	宮城県、茨城県、栃木県、群馬県、山梨県、京都府、奈良県、和歌山県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、福岡県

表12 各変数の定義と予想符号

変数	定義
<i>lnSPM</i>	SPM濃度(自然対数表示)
<i>Treated</i>	介入群=1、対照群=0
<i>Post</i>	2003年10月1日1時から=1、 2003年9月30日24時まで=0
<i>Weekend</i>	土日=1、その他=0
<i>Holiday</i>	平日の祝日=1
<i>Temperture</i>	気温(度)
<i>Precipitation</i>	降水量(ミリメートル)
<i>Wind</i>	風速(メートル/秒)
<i>Air pressure</i>	現地気圧(ヘクトパスカル)
<i>Humidity</i>	相対湿度(パーセント)

SPM 濃度のデータ出典は国立環境研究所「大気環境月間値・年間値のデータダウンロード」、気象変数のデータ出典は気象庁 HP「過去の気象データ・ダウンロード」である。ダミー変数は全て筆者が作成した。

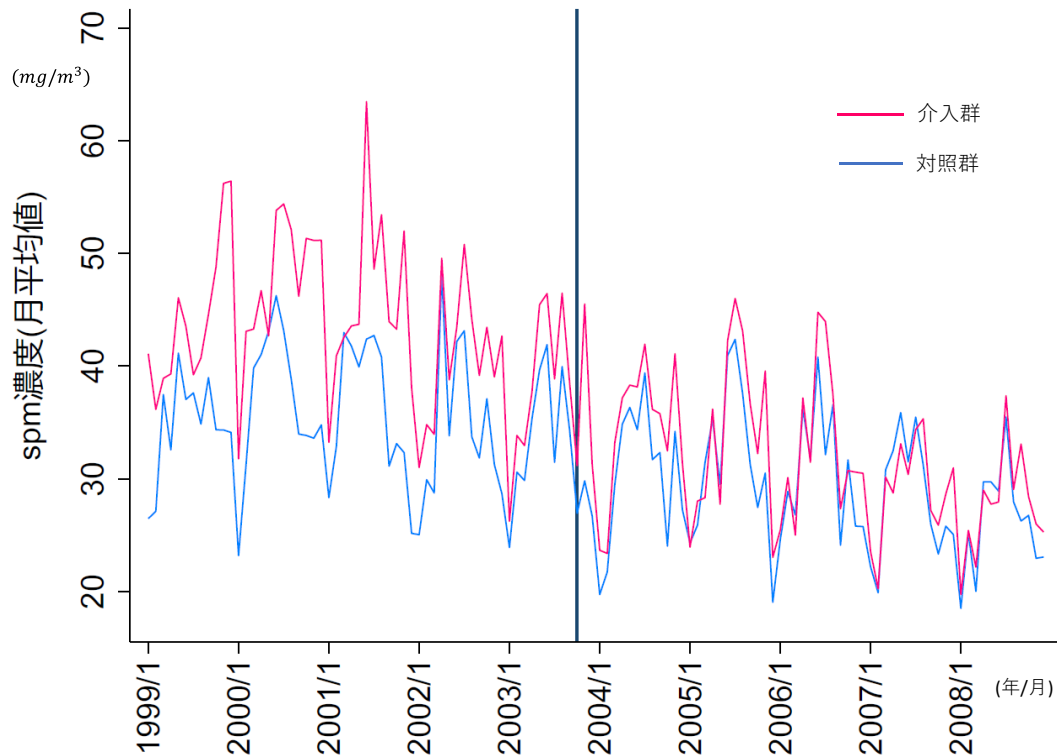
各変数の政策導入前後の平均値は表13のとおりである。before はディーゼル車走行規制導入前を、after は規制導入後を表している。

表 13 各変数の政策導入前後の平均値

変数	介入群平均値		対照群平均値	
	before	after	before	after
SPM	43.50457	31.81804	35.25244	29.35931
weekend	0.2867095	0.2871078	0.2862281	0.2858386
holiday	0.0515539	0.0545211	0.0515182	0.0541447
気温	15.99306	15.79052	15.99048	15.67583
降水量(ミリメートル)	0.1760298	0.1795868	0.1607472	0.1551686
風速(メートル/秒)	3.226927	3.137588	2.706112	2.702745
現地気圧(ヘクトパスカル)	1005.339	1005.419	1008.542	1007.323
相対湿度(パーセント)	66.41431	65.25343	67.4114	66.27946

SPM 濃度の平均値は before では介入群約 $43\text{mg}/\text{m}^3$ 、対照群約 $35\text{mg}/\text{m}^3$ と介入群の方が約 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 大きい。しかし、after では介入群約 $31\text{mg}/\text{m}^3$ 、対照群 $29\text{mg}/\text{m}^3$ とその差は約 $2\text{mg}/\text{m}^3$ にまで小さくなっている。SPM 濃度の平均値の推移を図に表したのが図 12 である。

図 12 SPM 濃度の推移



国立環境研究所のデータより筆者作成

図 12 の中央付近の黒い縦線はディーゼル車走行規制の導入時期を表している。政策導入前は介入群と対照群の間に大きな差があったが、導入後はその差がほとんどなくなっている。

第 2 節 推計モデル

第1項 基本となる分析

推計モデル①

$$\begin{aligned} \ln \text{SPM}_{i,t} = & \beta_0 + \beta_1 \text{Treated}_i + \beta_2 \text{Post}_t + \beta_3 \text{Treated}_i \times \text{Post}_t + \beta_4 \text{Weekend}_t + \beta_5 \text{Holiday}_t \\ & + \beta_6 \text{Temperature}_{i,t} + \beta_7 \text{Precipitation}_{i,t} + \beta_8 \text{Wind}_{i,t} + \beta_9 \text{Air pressure}_{i,t} \\ & + \beta_{10} \text{Humidity}_{i,t} + \text{Yearmonth}_{i,t} + \text{Measurement}_i + \varepsilon_{i,t} \end{aligned}$$

本稿の分析において推計モデル①は複数ある推計モデルの基本となる計算式である。 i は都道府県を、 t は時間を表す。推計モデル①は目的変数を自然対数表示

した SPM 濃度とし、説明変数として政策ダミー、時間ダミー、気象変数、休日ダミー、祝日ダミーを使い、単体規制を取り除くために年月次ダミー (Yearmonth) を、測定局ごとの固定効果を取り除くために測定局ダミー (Measurement) を追加で組み込んだ推計モデルである。

後述する推計モデルにおいて目的変数、気象変数、各種ダミー変数の定義は推計モデル①と同様のものとする (一部推計モデルでは政策ダミーの介入群、対照群を変更する)。重回帰分析を用いた差の差分分析では政策ダミーと時間ダミーのクロス項の係数が政策効果を表す。クロス項の係数がマイナスであると介入群では対照群より多く SPM 濃度が低下したということを意味し、関東一都三県でのディーゼル車走行規制には大気汚染改善効果があったことが証明される。

第 2 項 スピルオーバー効果の分析

推計モデル②

$$\ln \text{SPM}_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \text{Treated_spill}_i + \beta_2 \text{Post}_t + \beta_3 \text{Treated_spill}_i \times \text{Post}_t + \beta_4 \text{Weekend}_t + \beta_5 \text{Holiday}_t + \beta_6 \text{Temperature}_{i,t} + \beta_7 \text{Precipitation}_{i,t} + \beta_8 \text{Wind}_{i,t} + \beta_9 \text{Air pressure}_{i,t} + \beta_{10} \text{Humidity}_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

推計モデル②はディーゼル車走行規制のスピルオーバー効果を分析するための推計モデルである。スピルオーバー効果とは漏れるという意味の spillover という単語を使った現象で、その効果が本来意図した範囲を超えて拡散することを意味する。推計モデル②では、介入群を関東一都三県の近隣に位置する茨城県、群馬県、栃木県、山梨県とし、それらの 4 県が政策ダミー (Treated_spill) において 1 をとる。対照群は 14 府県から茨城県、群馬県、栃木県、山梨県を抜いた 10 府県とする。スピルオーバー効果が見られる場合、推計モデル①の分析結果は政策を過少評価している可能性があるため、対照群から一都三県の近隣 4 県を対照群から除いて再度推計モデル①の分析を行う。

第 3 項 関東 1 都 3 県間での政策効果の比較

推計モデル③

$$\ln \text{SPM}_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \text{Treated_east}_i + \beta_2 \text{Post}_t + \beta_3 \text{Treated_east}_i \times \text{Post}_t + \beta_4 \text{Weekend}_t + \beta_5 \text{Holiday}_t + \beta_6 \text{Temperature}_{i,t} + \beta_7 \text{Precipitation}_{i,t} + \beta_8 \text{Wind}_{i,t} + \beta_9 \text{Air pressure}_{i,t} + \beta_{10} \text{Humidity}_{i,t} + \text{Yearmonth}_{i,t} + \text{Measurement}_i + \varepsilon_{i,t}$$

推計モデル③ではディーゼル車走行規制が行われた関東一都三県の中で、政策効果の出方にどのような違いがあるか明確にすることを目的とする。政策ダミー (Treated_east) で 1 をとる介入群を一都三県の中から 1 回の分析につき 1 都また

は1県のみ設定し、対照群と比較する差の差分析を行う。スピルオーバー効果を取り除くため、対照群14府県から茨城県、群馬県、栃木県、山梨県を抜いて分析を行う。この分析を、介入群を東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県に入れ替えて計4回行い、政策効果の違いを測定する。

第4項 年ごとの政策効果の分析

推計モデル④

$$\begin{aligned} \ln SP_{i,t} = & \beta_0 + \beta_1 Treated_i \times Post_{2003.10} + \beta_2 Treated_i \times Post_{2004.10} \\ & + \beta_3 Treated_i \times Post_{2005.10} + \beta_4 Treated_i \times Post_{2006.10} + \beta_5 Temperature_{i,t} \\ & + \beta_6 Precipitation_{i,t} + \beta_7 Wind_{i,t} + \beta_8 Air\ pressure_{i,t} + \beta_9 Humidity_{i,t} \\ & + Yearmonth_{i,t} + Measurement_i + \varepsilon_{i,t} \end{aligned}$$

推計モデル④では複数の時間ダミー(Post)を使って特定の期間ごとの政策効果を分析する。期間別時間ダミー(Post)の定義は表14の通りである。

表14 期間別時間ダミーの定義

期間別時間ダミー	期間
$Post_{2003.10}$	2003年10月1日~2004年9月30日
$Post_{2004.10}$	2004年10月1日~2005年9月30日
$Post_{2005.10}$	2005年10月1日~2006年9月30日
$Post_{2006.10}$	2006年10月1日~2007年9月30日

筆者らはディーゼル車走行規制が導入された当初である $Post_{2003.10}$ が最も政策効果が大きく、その後は規制対象車が減っていき政策効果は徐々に小さくなっていると予測している。

第3節 分析結果

第1項 推計モデル①の分析結果

推計モデル①の分析結果は表 15 のようになった。

表 15 推計モデル①分析結果

<i>lnSPM</i>	係数	標準誤差
Treated	0.2628885***	0.0085341
Post	-1.170094***	0.0033594
Treated×Post	-0.1009008***	0.0008202
Weekend	-0.0759253***	0.0004189
Holiday	-0.1399383***	0.0008571
Temperature	0.0487749***	0.0000598
Precipitation	-0.0294244***	0.0001778
Wind	-0.0622125***	0.0001135
Air pressure	0.0076785***	0.0000343
Humidity	0.0064335***	0.0000135
_cons	-5.061914***	0.0350901
***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1		

推計モデル①の分析結果を見ると介入群は対照群より約 26%SPM 濃度が高いことが分かる。そして Treated×Post の係数を見ると介入群ではディーゼル車走行規制導入後は対照群より約 10%多く SPM 濃度が低下したことが分かった。Post の係数を見ると時間の経過とともに大きく SPM 濃度が低下していることが読み取れる。Weekend、Holiday とも負の符号をとっていることから、休日や祝日は SPM 濃度が下がる傾向があることがわかる。このことから休日、祝日にはトラックやバスの走行量が減っているということではないかと考えられる。気象変数で正の符号をとったのは Temperature と Air pressure、Humidity で、負の符号をとったのは Precipitation と Wind、定数項であった。降水量が多いと SPM は地面に落ちてしまい観測されず、風の強いところでは SPM が他所へ流されてしまうため負の符号をとったと考えられる。それに対して天候が良好な場合は SPM が正常に観測されるため気温や気圧は正の符号を撮ったのだと考えられる。

第 2 項 推計モデル②の分析結果

推計モデル②の分析結果は表 16 のとおりである

表 16 推計モデル②分析結果

<i>lnSPM</i>	係数	標準誤差
Treated_spill	-2.233145	134.6921
Post	-0.450336	73.14505
Treated_spill × Post	-0.1236546***	0.0015576
Weekend	-0.0704934***	0.0006973
Holiday	-0.1214362***	0.0014262
Temperature	0.0485117***	0.0000999
Precipitation	-0.0213811***	0.0003152
Wind	-0.0499535***	0.0001982
Air pressure	0.0109797***	0.0000622
Humidity	0.0046761***	0.0000249
_cons	-8.483382***	0.0638934
***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1		

推計モデル②の分析結果から茨城県、栃木県、群馬県、山梨県ではその他の対照群と比較して 12%多く SPM 濃度が削減されておりディーゼル車走行規制にはスピルオーバー効果があることが判明した。ディーゼル車走行規にスピルオーバー効果があるとなると推計モデル①の対照群に茨城県、栃木県、群馬県、山梨県の 4 県が含まれていると政策が過小評価されている可能性があり、推計モデル①の分析結果が正確な政策効果とは言えなくなる。そこで、対照群からスピルオーバーが見られた 4 県を抜いて再度推計モデル①の分析を行った。その分析結果が表 17 である。

表 17 スピルオーバーを抜いた分析結果

<i>lnSPM</i>	係数	標準誤差
Treated	0.2777845***	0.0085036
Post	-1.134775***	0.003499
Treated × Post	-0.1327029***	0.0008987
Weekend	-0.0791529***	0.0004414
Holiday	-0.1449585***	0.0009031
Temperature	0.047702***	0.0000636
Precipitation	-0.0298086***	0.0001865
Wind	-0.0622081***	0.0001182
Air pressure	0.0071638***	0.0000363
Humidity	0.0063459***	0.0000141
_cons	-4.540131***	0.0371511

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1

スピルオーバー効果を抜いた分析の結果、ディーゼル車走行規制には条例非対象地域に比べて約 13%多く SPM 濃度を低下させる効果があり、最初の推計モデル①の分析結果と比較するとスピルオーバー効果によって約 3%も政策を過小評価していたことが分かった。この-13%という数字が真のディーゼル車走行規制の政策効果であると言える。

第3項 推計モデル③の分析結果

推計モデル③の分析結果は表18～表21のとおりである

表18 東京都のみ介入群にした分析結果

<i>lnSPM</i>	係数	標準誤差
Treated_east	-0.0824133	40.96361
Post	0.2896294	53.12706
Treated×Post	-0.1600038***	0.001119
Weekend	-0.086864***	0.0005965
Holiday	-0.1484453***	0.0012195
Temperture	0.0482314***	0.0000877
Precipitation	-0.0217989***	0.0002539
Wind	-0.0625874***	0.0001668
Air pressure	0.0082826***	0.0000514
Humidity	0.0048471***	0.0000198
_cons	-5.644174***	0.0525876
***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1		

表19 神奈川県のみ介入群にした分析結果

<i>lnSPM</i>	係数	標準誤差
Treated_east	-0.1539194	40.30772
Post	0.1354878	65.85418
Treated×Post	-0.1199383***	0.001183
Weekend	-0.0797409***	0.0006249
Holiday	-0.1383804***	0.0012784
Temperture	0.0474561***	0.0000925
Precipitation	-0.0244831***	0.0002686
Wind	-0.0590596***	0.0001685
Air pressure	0.0081843***	0.0000546
Humidity	0.0049454***	0.0000213
_cons	-5.540399***	0.0559193
***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1		

表 20 埼玉県のみを介入群にした分析結果

<i>lnSPM</i>	係数	標準誤差
Treated_east	0.2735838	92.5914
Post	-0.0852516***	0.0052485
Treated×Post	-0.1211591***	0.0014381
Weekend	-0.0796218***	0.0007067
Holiday	-0.1386655***	0.0014458
Temperture	0.0431229***	0.0001003
Precipitation	-0.0277379***	0.0003182
Wind	-0.0505491***	0.0002172
Air pressure	0.0093283***	0.0000625
Humidity	0.0051616***	0.0000241
_cons	-6.761809***	0.0640557

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1

表 21 千葉県のみを介入群にした分析結果

<i>lnSPM</i>	係数	標準誤差
Treated_east	0.3849936***	0.0045887
Post	-0.927599***	0.0053004
Treated×Post	-0.1218138***	0.0013129
Weekend	-0.0689881***	0.0006714
Holiday	-0.1264134***	0.0013739
Temperture	0.0466862***	0.0000982
Precipitation	-0.02417***	0.0003014
Wind	-0.0497774***	0.0001628
Air pressure	0.007068***	0.0000595
Humidity	0.0043871***	0.0000223
_cons	-4.43263***	0.0609324

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1

これらの分析結果を比較すると東京が最も政策効果が大きく、対照群と比較して約 16%多く SPM 濃度を低下させた。東京都以外の 3 県は約 12%とあまり差が見られず、政策効果が平均的に発生していることが分かった。

第3項 推計モデル④の分析結果

推計モデル④の分析結果は表 22 のとおりである。

表 22 推計モデル④分析結果

<i>lnSPM</i>	係数	標準誤差
2003/10/1～2004/9/30	-0.4872228***	0.0030648
2004/10/1～2005/9/30	-0.2145382***	0.003063
2005/10/1～2006/9/30	-0.139608	39.92025
2006/10/1～2007/9/30	-0.647193***	0.003058
Weekend	-0.0759482***	0.0004191
Holiday	-0.1399723***	0.0008575
Temperature	0.0488004***	0.0000599
Precipitation	-0.0295046***	0.0001779
Wind	-0.0621428***	0.0001135
Air pressure	0.0077095***	0.0000343
Humidity	0.0064497***	0.0000135
_cons	-5.057973***	0.0351074
***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1		

ディーゼル車走行規制が導入された当初は介入群の SPM 濃度は対照群と比べて約 48%多く低下、そして次の 1 年間では対照群より約 21%多く低下、続く翌年は 13%多く低下とここまでは筆者らの予測通りに SPM 濃度の低下率は小さくなっていったが、2006 年 10 月からの 1 年間では規制導入当初より対照群と比較して大きい SPM 濃度低下率が測定された。考えられる理由としては東京都と埼玉県が規制の基準を強化したことが挙げられる。ディーゼル車走行規制は国の自動車排出ガス規制の新短期規制の基準で規制されている。しかし東京都と埼玉県は 2006 年 4 月から規制の基準を新長期規制へと強化した。それによって PM の排出基準値は認証基準で 0.06g/km から 0.015g/km へと規制強化された。2006 年 10 月から 1 年間での政策効果が大きいのはこの規制強化が影響していると考えられる。

第6項 分析のまとめ

ディーゼル車走行規制には近隣県へのスピルオーバー効果があり、スピルオーバー効果を取り除いて政策効果を測定した結果、ディーゼル車走行規制によって介入群では対照群より約 13%多く SPM 濃度が低下したことが明らかになった。規制対象地域ごとの政策効果を比較すると、東京都が最も大きな政策効果を出しており、他 3 県には大きな差は見られなかった。年ごとの政策効果を分析した結果、2003 年 10 月の規制導入当初は大きな政策効果が生まれ、その後徐々に政策効果は

小さくなっていったが、2006 年 10 月からの 1 年間では最も大きな政策効果が出た。これは 2006 年 4 月に東京都と埼玉県がディーゼル車走行規制の規制基準を強化したためだと考えられる。

第4章 政策提言

第1節 政策提言

第1項 政策提言の方向性

我々の研究では、一都三県条例の導入が介入群のSPM濃度に及ぼした影響について、対照群と比較して分析を行った。その結果、単体規制や測定局ごとの固定効果を除いた純粋な一都三県条例の効果として、SPM濃度が10%低下したことが実証された。また、規制対象地域である一都三県における便益が隣接県へと波及し外部経済効果を生んだ(=スピルオーバー効果)ことが分かった。そのため、政策効果を過小評価していたことになっていたため、スピルオーバー効果についても分析を行ったところ、一都三県におけるSPM濃度が13%低下していたことが実証された。複数の時間ダミーを用いて、特定の期間ごとの政策効果を分析した結果、数年の短期的な効果ではなく、長期的な効果が見込まれた。ディーゼル車排ガスに対する規制は様々あるなかで今回の一都三県条例による運行規制が最適な規制の形であったのかについて議論を深める必要があると我々は考える。

第2項 政策提言

諸外国で行われた規制の効果についての既存の研究は、運行規制が負の影響を与え、大気汚染の削減に成功していないことを示しているものが存在する。Davis(2008)では1989年からメキシコシティで行われた交通規制HNCが大気質を改善したということは実証されず、反対に規制を回避するための追加車両の購入が促進されたことにより、大気質に悪影響を与えている可能性を示唆している。また、Carrillo et al(2016)では、キットで行われた交通制限であるPyPの効果は一時的に見られるも、HNCと同様に追加車両の購入を促し、短期的な効果しか発揮しないことが示されている。Zhong et al(2017)は、北京での運転制限に対し、厳罰化されるまで人々はコンプライアンスを逸脱する行動をとった。ではなぜ諸外国では規制が短期的な効果しか発揮されない中、日本の一都三県条例はSPM削減に対し長期にわたって効果的であったのか。我々は、主な要因は「段階的な規制」「単体規制、車種規制との併用」「厳重な取り締まり」の三点であると考え

・段階的な規制

日本では、車種別の発生源対策として自動車排ガスに含まれる大気汚染物質について、昭和48年から自動車1台ごとの排出規制を開始し、年々強化してきた。(単体規制)

- ・単体規制と NOx・PM 法の併用

単体規制とは、排ガス濃度の基準値を満たしていない車両の新車登録をさせないことにより、基準を満たす性能を持つ車両のみを製造・輸入・販売させる規制手法である。NOx・PM 法は、排気ガス濃度が基準値を満たしていない車両の新規登録、移転登録および継続登録をさせない規制手法である。これらの規制手法の併用により、一定の排気ガスの基準値を満たさない車種は走行を禁じられ、クリーンな車種のみが消費者のもとに届くようになった。また、中古車を購入する代替法への移行を防ぐことが可能となる。

- ・厳重な取り締まり

「違反ディーゼル車一掃作戦」とは一都三県条例の導入 1 年前を迎え、規制をスムーズかつ効果的に実施するために行われたディーゼル車を使う事業者や荷主となる事業者への条例遵守を求める働きかけである。内容は 20 台以上を使用する事業者への自動車 G メンによる立ち入り指導、都内の全ディーゼル車所有者にダイレクトメールを送付、全国 100 の荷主団体を個別訪問、会報誌や説明会などによる規制内容の周知、全国の手続き企業 200 社への規制対応状況アンケートなどである。また違反車両は首都高速や一般道に設置されたカメラによる取り締まりや自動車 G メンによる路上取り締まりなどにより減った。これにより 2003 年からの累積適合車割合は一都三県すべてで 90% を上回っており、違反車を減少させることに成功している。

以上の点から、我々の政策提言としては、これまで日本が段階的に行ってきた単体規制や NOx・PM 法などの政策の強みと違反を厳重に対策するための取り締まり政策を生かした規制の導入を政策提言とする。

第 2 節 本政策提言の課題と対応策

本政策提言の課題として、費用便益分析を行えておらず経済上の観点から政策の評価を行えていない点が挙げられる。

稲舘ら(2008)によると、一都三県条例に対する費用便益分析を行ったところ、運行規制による規制対象車から新車への買い替え行動によって負の純便益が約 260 億から約 700 億円にまで達することが明らかとなっている。本規制においては新車登録から 7 年とされていた猶予年数 13 から 15 年にしたケースを想定した場合のみ純便益が正の値をとる可能性があるとしている。また、15 年に延長した場合には 1 億円程度の純便益が発生することが実証されている。このことから、経済上の観点からは一都三県条例が最適な運行規制であるとは言い難い。よって、費用便益分析に基づいた経済上の観点からの政策評価を今後のさらなる研究における課題としたい。

先行研究・参考文献

インターネット情報：

- ・独立行政法人環境再生保全機構「浮遊粒子状物質 (SPM) の概要、年平均値の推移」https://www.erca.go.jp/yobou/taiki/taisaku/02_02_06.html 2020 年 6 月 2 日 データ取得
- ・東京都環境局「ディーゼル車 NO 作戦 (第 1 段階)」https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/vehicle/air_pollution/diesel/plan/details/no_operation_03.html 2020 年 6 月 2 日 データ取得
- ・国土交通道路省「幹線道路沿道の大気の現状について (平成 13 年度)」https://www.mlit.go.jp/road/ir/hyouka/plcy/kankyo/genjo/evmt_a.html 2020 年 6 月 4 日 データ取得
- ・東京都環境局「ディーゼル車 NO 作戦 (第 1 段階)」https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/vehicle/air_pollution/diesel/plan/details/no_operation_03.html 2020 年 8 月 23 日 データ取得
- ・東京都環境局「ディーゼル車 NO 作戦 (第 2 段階)」https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/vehicle/air_pollution/diesel/plan/details/no_operation_04.html 2020 年 8 月 23 日 データ取得
- ・東京都環境局「ディーゼル車 NO 作戦とは」https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/vehicle/air_pollution/diesel/plan/details/no_operation_02.html#:~:text=%E3%83%87%E3%82%A3%E3%83%BC%E3%82%BC%E3%83%AB%E8%BB%8A%E4%BD%9C%E6%88%A6%EF%BC%88%E5%B9%B3%E6%88%90,%E8%A6%81%E5%9B%A0%E3%81%AB%E3%81%AA%E3%81%A3%E3%81%A6%E3%81%84%E3%81%BE%E3%81%99%E3%80%82 2020 年 8 月 24 日 データ取得
- ・国土交通省「新車に対する排ガス規制について (ディーゼル中量車)」<https://www.mlit.go.jp/common/001185078.pdf> 2020 年 7 月 16 日 データ取得
- ・国土交通省「自動車 NO_x・PM 法の車種規制について」<https://www.env.go.jp/air/car/pamph/all.pdf> 2020 年 7 月 16 日 データ取得
- ・九都市あおぞらネットワーク「自動車排ガス対策 (単体規制)」<http://www.9taiki.jp/about/pollution/initiatives.html> 2020 年 7 月 18 日 データ取得
- ・東京都環境局「東京都のディーゼル車対策年表」https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/vehicle/air_pollution/diesel/history.html 2020 年 7 月 20 日 データ取得
- ・千葉県「令和元年版千葉県環境白書」<https://www.pref.chiba.lg.jp/kansei/kankyohakusho/r01.html> 2020 年 7 月 29 日 データ取得

- ・ 埼玉県「ディーゼル車規制に係る検査結果について」
<http://www.pref.saitama.lg.jp/a0504/diesel-kensa.html> 2020年8月29日
データ取得
- ・ 東京都「平成31年度 違反ディーゼル車取り締まりの状況」
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/vehicle/air_pollution/diesel/index.files/H31torishimari.pdf 2020年8月29日 データ取得
- ・ 神奈川県「検査の結果」
<http://www.pref.kanagawa.jp/docs/pf7/diesel/kensa.html> 2020年8月29日
データ取得
- ・ 国土交通省「数字で見る自動車」
https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_frl_000045.html 2020年9月18日
データ取得
- ・ 国土交通省「低炭素型ディーゼルトラック普及加速化事業」
https://www.env.go.jp/guide/budget/h29/h29-beppyu/2_b026.pdf 2020年
9月6日 データ取得

単行書：

- ・ 川名英之（2001）『ディーゼル車公害』緑風出版
- ・ 杉本裕明（2016）『ディーゼル車に未来はあるか - 排ガス偽装とPM2.5の脅威 - 』岩波書店

先行研究：

- ・ Hendrik Wolff（2014）, “KEEP YOUR CLUNKER IN THE SUBURB: LOW-EMISSION ZONES AND ADOPTION OF GREEN VEHICLES” The Economic Journal, Volume 124
- ・ Lucas W. Davis（2008）, “The Effect of Driving Restrictions on Air Quality in Mexico City” Journal of Political Economy, The University of Chicago Press, pp. 38-81
- ・ Markus Gehrsitz（2017）, “The effect of low emission zones on air pollution and infant health” Journal of Environmental Economics and Management, pp. 121-144
- ・ Nan Zhong, Jing Cao, Yuzhu Wang（2017）, “Traffic Congestion, Ambient Air Pollution, and Health: Evidence from Driving Restrictions in Beijing” Journal of the Association of Environmental and Resource Economists, 4, 3, pp. 821-856
- ・ Paul E. Carrillo, Arun S. Malik, Yiseon Yoo（2016）, “Driving restrictions that work? Quito’s Pico y Placa Program” Canadian Journal of Economics

・ Nishitateno Shuhei and Paul J. Burke (2020), “HAVE VEHICLE REGISTRATION RESTRICTIONS IMPROVED URBAN AIR QUALITY IN JAPAN?” Contemporary Economic Policy, Volume 38, Issue 3

引用文献：

- ・ 国土交通省交通局「幹線道路沿道の大気の現況について(平成 13 年度)」
https://www.mlit.go.jp/road/ir/hyouka/plcy/kankyo/genjo/evmt_a.html
2020 年 6 月 25 日 データ取得
- ・ 環境庁「大気汚染状況」)
<http://www.env.go.jp/air/osen/index.html> 2020 年 7 月 28 日 データ取得
- ・ 一般財団法人日本自動車研究所「自動車排ガス対策関係のガイドライン」
<https://www.env.go.jp/en/water/wq/ine/pdf/tool/guideline-mobile%20sources-jp.pdf> 2020 年 9 月 10 日 データ取得

データ出典：

- ・ 気象庁 HP「過去の気象データ・ダウンロード」(2000 年 1 月 1 日 1 時～2006 年 12 月 31 日 24 時分)
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>
- ・ 国立環境研究所「大気環境月間値・年間値のデータダウンロード」(2000 年 1 月 1 日 1 時 ～ 2007 年 1 月 1 日 0 時 分)
https://www.nies.go.jp/igreen/td_down.html
- ・ 一般財団法人自動車検査登録情報協会「自動車保有車両数統計書」(1999 年～2007 年分) <https://www.airia.or.jp/>