

題目 緊急事態宣言による大気汚染緩和
一日々の NO₂衛星データからのエビデンス

九州大学 学生会員 小田原聡
九州大学 兪 善彬
九州大学 正会員 馬奈木俊介

1. 目的

窒素酸化物(NO_x=NO+NO₂)は代表的な大気汚染物質の1つであり戦後から現代にかけて社会問題となってきた。NO₂は主に燃焼過程(自動車、発電所、工場など)で排出され、経済活動と有意な相関関係にある。2020年は新型コロナウイルスの感染拡大により政府は緊急事態宣言を発表し、経済活動の停止を図った。Liu et al (2020)や Foster et al. (2020)によると中国ではロックダウンにより NO₂濃度が大きく減少したことが分かっている。NO₂の排気量が減少すると呼吸器系疾患などに苦しむ人々が減少すると考えられる。Chauhan ら(2003)は NO₂濃度の減少は喘息患者の死亡率を減少させたことを述べているほか、Duan ら(2019)は NO₂による大気汚染と心疾患による死亡率は有意な相関があることを述べている。今回の研究では緊急事態宣言に着目し、NO₂衛星データを用いて東京、大阪、福岡、長崎における NO₂ TVCD の傾向を調べる。これに続いて NO₂ TVCD と呼吸器疾患や心血管疾患の死亡率データの関係を分析し、緊急事態宣言下での NO₂の変動がもたらす健康価値を算出することを目的とする。

2. 内容

2.1 データ

本研究では NASA TROPOMI からの日々の NO₂ TVCD 衛星データを使用した。対象都市は東京、大阪、福岡、長崎の4都市でデータは2015年1月1日から2020年10月31日までのものを用いた。著者らは TROPOMI について品質保証値が0.5より大きな観測値のみを使用した。呼吸器疾患や心血管疾患の死亡率については世界保健機関(WHO)発表の「Probability of dying between age 30 and exact age 70 from any of cardiovascular disease, cancer, diabetes, or chronic respiratory disease(心血管疾患、癌、糖尿病、慢性呼吸

器疾患による30歳から70歳までの死亡率)を使用した。また各都市の月間の支出金額のデータは家計調査のものを用いた。さらに今回は2020年に着目しているため新型コロナウイルスによる死亡者の影響を加味して厚生労働省が発表している日ごとの死亡者数のデータを使用した。また各都市の緊急事態宣言期間、教育委員会が発表した公立学校の閉鎖期間を調べた。

2.2 分析手法

まず回帰分析により時点 t における都市 i の NO₂ TVCD と緊急事態宣言期間及び学校閉鎖期間の関係を分析する。

$$NO_{2it} = \alpha_1 Emergency_{it} + \alpha_2 School\ closure_{it} + \mathbf{X}_{it}\alpha_3' + \xi_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

NO_{2it} は NO₂ TVCD であり、Emergency_{it} は緊急事態宣言期間のダミー変数、School closure_{it} は学校閉鎖期間のダミー変数である。NO₂ TVCD は気温や降水量による影響を大きく受けるため、これを制御するコントロール変数ベクトルとして \mathbf{X}_{it} 、時間固定効果 ξ_t を式に組み込んで分析した。

次に時点 t 、都市 i における心血管疾患や呼吸器疾患による死亡率と NO₂ TVCD の関係を分析する。

$$P_{it} = \alpha_4 \widehat{NO}_{2it} + \mathbf{X}_{it}\alpha_5' + \xi_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

P_{it} は心血管疾患や呼吸器疾患による死亡率であり、 \widehat{NO}_{2it} は(1)式により得られた NO₂ TVCD の予測値である。 \mathbf{X}_{it} はコントロール変数ベクトルであり、都市による違いを制御するために都市ごとの支出、また季節性による違いを制御するために季節ダミー変数を組み込んでいる。 ξ_t は(1)式と同じく時間固定効果である。

次に NO₂の低減によりどれだけの健康利益をもたらしたかを表す指標として Value of Statistical Life (以下 VSL) を算出した。VSL は1人あたりの生命の価値を経済的に表したものである。まず NO₂の増減による呼

吸器疾患や心疾患患者の死亡率を算出する。

$$P_{it}' = P_{it} \cdot \Delta NO_{2it} \cdot e^{\alpha_4} \quad (3)$$

ここで ΔNO_{2it} は NO_2 濃度の変化率であり α_4 は(2)式より分析した値である。

続いて時点 t における都市 i の VSL の合計である Total VSL(以下 TVSL)の変化量を算出し、 NO_2 TVCD の変化によりどれだけ健康利益があったか計算する。

$$\Delta Total VSL_{it} = Population_i \cdot A \cdot (P_{it}' - Death_{it}) \quad (4)$$

$Population_i$ は各都市の人口であり、 A は日本人の VSL が 738.7 million USD(World Bank より)として計算した。 $Death_{it}$ はコロナウイルスによる死亡者を都市 i の人口で除したもので先述のとおりコロナウイルスによる死亡者を考慮するために変数として加えた。

3. 結果

表-1: α_1 および α_2

	緊急事態宣言期間	学校閉鎖期間
東京	-8.48%** (0.0220)	3.90%** (0.175)
大阪	-7.41%** (0.0205)	4.35%** (0.0164)
福岡	0.37% (0.0180)	-0.81% (0.0140)
長崎	-2.53% (0.0177)	-0.96% (0.0152)
全体	-2.65%** (0.0115)	-0.03% (0.00976)

**は 10%有意水準で有意を示す。

表 1 に(1)式の回帰結果を示す。東京と大阪では緊急事態宣言期間に NO_2 TVCD が 7~8%減少し、学校閉鎖期間には 4%前後増加したことが分かった。また三大都市圏に含まれない福岡、長崎では有意な結果は得られなかった。(2)式における推計結果は $\alpha_4=0.0493$ であった。これにより NO_2 TVCD が 1%上昇すると死亡率は 4.93%上昇することが分かった。TVSL の算出では緊急事態宣言期間である 5 月と 1 月、および 10 月と 5 月を比較した。(表-2 参照) どの都市も 5 月は 1 月に比べ大きく TVSL が上昇した。これは緊急事態宣言期間に NO_2 が減少したことで呼吸器疾患や心疾患患者の死

亡率が低減したためだと考えられる。また(1)で有意な結果を得た東京、大阪では 10 月の TVSL は 5 月比でマイナスの結果を得た。これは NO_2 の増加によって呼吸器疾患や心疾患患者死亡率が上昇したためだと考えられる。

表-2:緊急事態宣言前後での各都市の TVSL(億)

	2020年5月(1月比)	2020年10月(5月比)
東京	691.03	-131.68
大阪	599.27	-38.77
福岡	298.70	34.03
長崎	116.15	-23.16
合計	1705.15	-159.58

4. 結論

結果から緊急事態宣言の発表によって NO_2 濃度が減少し大きな健康的利益をもたらしていることが明らかになった。東京や大阪で健康利益が大きかったのは、人口が大きく大都市であるほど緊急事態宣言の発表によって交通量の減少や経済活動停止の影響が大きかったためだと考えられる。10 月が 5 月比で TVSL が減少傾向だったことは緊急事態宣言の解除により交通量や経済活動が活発になったことが原因だと考えられる。また本研究ではコロナウイルスによる死亡者のデータも用いて分析したが、これを考慮してもプラスの健康利益であり NO_2 TVCD の低減が人間の健康に大きな影響を及ぼすことを示唆している。

参考文献

1. Chauhan AJ et al, Personal exposure to nitrogen dioxide (NO_2) and the severity of virus-induced asthma in children, The Lancet (2003). Volume 361, Issue 9373, Pages 1939-1944.
2. Duan, Yanran et al. Season and temperature modify the short-term effect of nitrogen dioxide on cardiovascular mortality: a time-series study, The Lancet (2019). Volume 394, S57
3. Farboodi, M.; Jarosch, G. & Shimer, R. Internal and external effects of social distancing in a pandemic. NBER Program(s) (2020): Economic Fluctuations and Growth.
4. Liu, F. et al. Abrupt decline in tropospheric nitrogen dioxide over China after the outbreak of COVID-19. Science Advance (2020). Volume 6, Issue 28, eabc29992.