

添付 1 (NO₂ 死亡者の再計算)

1 NO₂による死亡者の訂正

- (1) 甲A 1 1では、NO₂による死亡者を年間 10.2 人と計算していたが、年間 2.3 人に訂正する。その結果、仙台 P S 稼働による追加死亡者の総数は、添付 2 の虚血性心疾患を心肺疾患に統合したことによる影響も含めると、年間 9.7 人に減少する。
- (2) ただし、上記結果は、NO₂の閾値を 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と設定した場合であり、最新の研究結果によると、閾値は 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を下回るとされているので、追加死亡者の減少はより小幅になると考えられる。

2 NO₂による死亡者の再計算方法について

- (1) 甲A 1 1は、日本の全ての都市部の NO₂濃度は、WHO (2013) が閾値としている年平均 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ よりも大きいという仮定のもとで推算した。また、都市部の定義、位置、面積などに関しては、下記の世界全体を都市部と非都市部に分けている米航空宇宙局 NASA の SEDAC のデータベース (GRUMP) を使用した。

この仮定に関しては、内山専門委員から、「現在の宮城県の NO₂濃度は 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ よりも小さい地域が多い」「人口分布や幹線道路との関係は？」等の指摘があったので、原告は以下のような再計算 (感度分析) を行なった。

- (2) まず、国立環境研究所のデータベースから、最新のデータである 2016 年度の宮城県の 40 の観測局 (一般局と自排局の合計) の観測値を確認した (図 1)。その結果、一般局は 1 か所、自排局は 5 か所が年平均 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えていた。

Annual mean NO₂ levels and population density, persons/km²

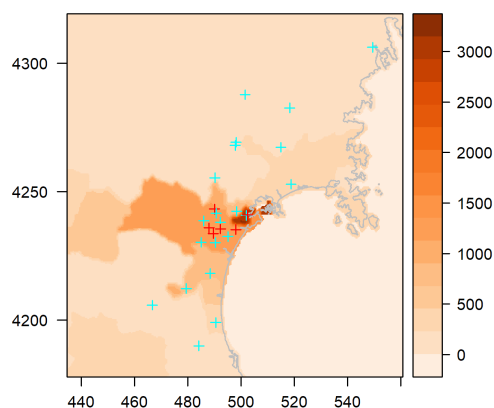


図1 宮城県における観測局の年間 NO₂ 濃度（観測値）および人口密度
 注：左縦軸と横軸は地図座標，右横軸は人口密度（km²），赤い十字の印が 20μg/m³ を超えた観測局，青い十字の印が 20μg/m³ を超えていない観測局。

(3) 次に，宮城県内の観測局の NO₂ 濃度（観測値）及び人口密度との関係を見たところ，図2のとおりであり，NO₂ 濃度と人口密度との間には相関関係があることが確認された。

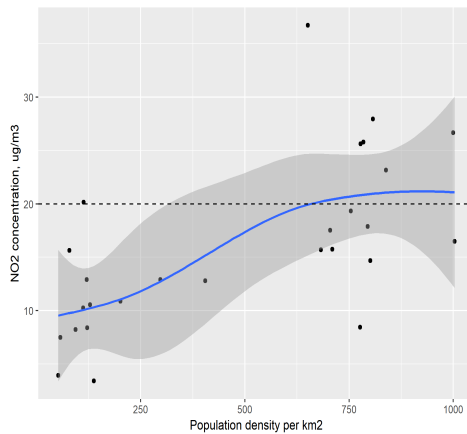


図2 宮城県における観測局の NO₂ 濃度（観測値）および人口密度
 注：左縦軸は NO₂ 濃度，横軸は人口密度，黒点は観測局

さらに，世界の道路に関する地図情報データベースを用いて，宮城県における観測局の NO₂ 濃度（観測値）および幹線道路との距離との間にも相関関係があることが明らかになった（図3）。

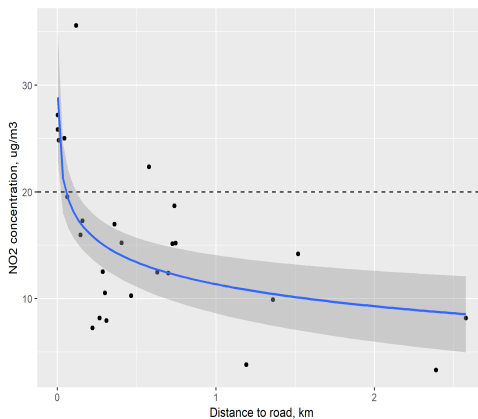


図3 宮城県における観測局の NO₂ 濃度（観測値）および幹線道路との距離
 注：左縦軸は NO₂ 濃度，横軸は幹線道路との距離，黒点は観測局

(4) 前出の各測定局における NO₂ 濃度は、一点における濃度である。しかし、NO₂ 濃度による死亡者数を計算するためには、細かいメッシュ毎に分析可能な二次元 (Spatial : 空間) の NO₂ 濃度マップが必要である。

したがって、本再計算では、前述の考察から相関関係があると考えられる人口密度、5km 以内の人口密度、最も近い幹線道路との距離、土地利用形態 (都市型と田舎型)、5km 以内でも都市型の土地利用形態の割合などを独立変数とした線形回帰分析を行い、人口密度や幹線道路からの距離を考慮した仙台 P S 付近の NO₂ 濃度マップ (メッシュ : 100m × 100m) を作成した (図 4)。

Average NO₂ levels predicted with spatial model, ug/m3

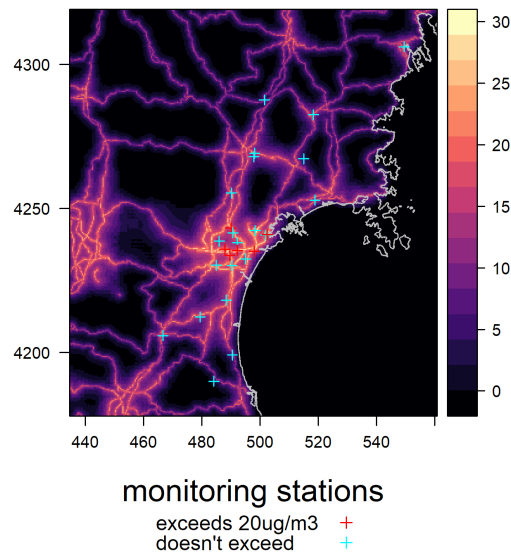


図 4 宮城県における NO₂ 濃度 (モデル予測値)

注 : 左縦軸と横軸は地図座標, 右横軸は NO₂ 濃度, 地図上の線は幹線道路¹

(5) なお、近年、欧米諸国では、様々な情報を地理的位置に基づいて統合・管理し、情報を地理的に視覚化・解析する環境をもたらす地理情報システム (Geographic Information System : GIS) を用いた疫学研究が盛んに行われている。

日本でも、GIS 情報と一般測定局の大気汚染濃度を組み合わせ、本再計算で用いた回帰分析と同様の手法である土地利用回帰分析 (LUR:

¹ 幹線道路の存在は、世界の道路に関する地図情報データベース gROADS v1 dataset を用いている。<http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/groads-global-roads-open-access-v1/data-download>

Land Use Regression) 方法を用いて、NO₂およびSPMの細かいメッシュでの濃度マップを作成した研究結果²が存在する。

GIS情報からは、道路形態や交通密度等の交通量データが得られるので、交通量は大気汚染曝露に近似すると仮定することで、間接的に個人レベルの大気汚染曝露量を割りあて、疫学研究に応用することが可能となっている。例えば、日本では、2013年に岡山大学の頼藤らが個人のNO₂曝露と心肺疾患・肺がん死亡との正の相関関係を報告している(Yorifuji et al.2013)。

図5は、この本再計算で作成したNO₂濃度マップにおいては、予測値と観測値との整合性が高く、予測精度が高いことを示している。

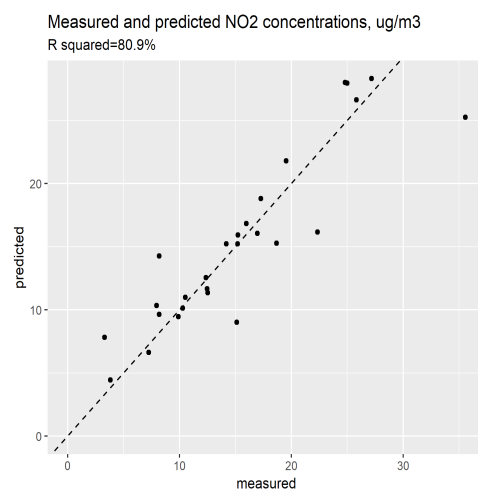


図5 宮城県におけるNO₂濃度(観測値とモデル予測値)

注:縦軸はモデル予測値,横軸は観測値,黒点は観測局

なお、NO₂濃度に関しては、Larkin et al. (2017)³が世界全体のNO₂濃度マップ(メッシュ:100mx100m)を、前述の土地利用回帰分析(LUR)方法を用いて作成したデータを公開している。

²・花岡航己・中井里史(2016)「GISを用いた大気汚染物質曝露評価モデル LUR (Land Use Regression)の日本への適用:横浜市におけるNOXのLURモデルの構築」2016年大気環境学会抄録
<http://risk.kan.ynu.ac.jp/publish/2016%E5%A4%A7%E6%B0%97%E7%92%B0%E5%A2%83%E5%AD%A6%E4%BC%9A%E5%A6%99%E9%8C%B2.%E8%8A%B1%E5%B2%A1.pdf>

・福尾彩ほか(2017)「SPM汚染に関する疫学調査のためのLand Use Regression (LUR)曝露評価モデル構築」2017年大気環境学会抄録
<http://risk.kan.ynu.ac.jp/publish/2017%E5%B9%B4%E5%A4%A7%E6%B0%97%E7%92%B0%E5%A2%83%E5%AD%A6%E4%BC%9A%E8%A6%81%E6%97%A8%EF%BC%88%E7%A6%8F%E5%B0%BE%EF%BC%89.pdf>

³・Andrew Larkin, Jeffrey A. Geddes, Randall V. Martin, Qingyang Xiao, Yang Liu, Julian D. Marshall, Michael Brauer, and Perry Hystad (2017) “Global Land Use Regression Model for Nitrogen Dioxide Air Pollution”, Environmental Science & Technology, 51 (12), 6957-6964. DOI: 10.1021/acs.est.7b01148
<https://open.library.emory.edu/publications/emory:t0jf8/pdf/>

図6は、仙台P S付近における実際の観測値と、この Larkin et al.(2017)による NO₂ 濃度マップとの関係を示すものである。これより、Larkin et al.(2017)による予測値と観測値との整合性が高いことが確認され、同時に、Larkin et al. (2017) と本再計算で作成した NO₂ 濃度マップとの整合性が高いことも示している。

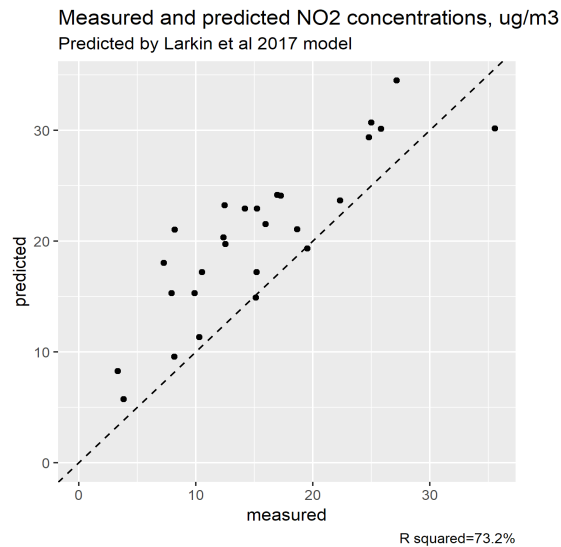


図6 宮城県における NO₂ 濃度（観測値と Larkin et al.2017⁴による予測値）

注：縦軸はモデル予測値，横軸は観測値，黒点は観測局

- (6) これをもとに、NO₂ 濃度が、WHO が閾値とする 20 μ g/m³ よりも大きい地域の人口と濃度上昇量を明らかにし、死亡者数を再計算したところ、NO₂ による死亡者数は年間 10.2 人から年間 2.3 人に減少した。

ただし、本推算によると、一般局の中野測定局近くでは、約 4500 人が NO₂ 濃度 20 μ g/m³ 以上の地域に居住しており、この地域の住民は、NO₂ による健康被害をより切実に感じている。

⁴ 若干、予測値が観測値よりも高く出ている理由として、Larkin et al.2017 が 2011 年の観測データを用いていることが考えられる。

3 NO₂の閾値設定に関する最新の研究知見について

前出の再計算は、WHO（2013）が指針とした20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ がNO₂による健康被害の閾値として正しいと仮定した場合のものである。

しかし、この20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ という数値に対しては再検討される必要があるとも考えられる。なぜならば、このWHO（2013）の指針は、2006年にオスロで実施された疫学調査⁵の結果によるものにすぎないからである。

他方で、Naess et al.（2007）の後に発表された多くの疫学研究は、NO₂の閾値は、20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ より小さい可能性があることを示している。例えば、本推算において、NO₂の相対危険の引用元である論文⁶は、メタ分析の結果として20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下の濃度の各地域（例：オスロ、静岡、ストックホルムなど）で実施された疫学研究が列挙されている。

具体的には、オスロと静岡の疫学調査では20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下、ストックホルムでの疫学調査では10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下、他の地域では10-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と、20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下の濃度でも被害が発生することが示されている。また、このうちの日本の静岡県での疫学調査⁷は、日本でのNO₂に関する長期曝露の疫学研究としては唯一のものであり、NO₂濃度が10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下でも心肺疾患による死亡等の被害があることを示している。

すなわち、より新しくかつ日本で行われた疫学調査の結果を重視する場合、NO₂による健康被害の閾値は20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ よりも低いと考えることは十分に可能である。

したがって、例えば閾値を10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、NO₂のベースライン濃度を2016年の観測値とした場合、前述のモデル計算によると、NO₂による死亡者数は10%減少し、全体の年間死亡者数は19.2人から18.2人に減少することどまるので、訂正後の9.7人の追加死亡者数は、保守的な数値といえる。

以上

⁵・Naess O, Nafstad P, Aamodt G, Claussen B, Rosland P. (2007) “Relation between concentration of air pollution and cause-specific mortality: four-year exposures to nitrogen dioxide and particulate matter pollutants in 470 neighborhoods in Oslo, Norway”, 2007 Feb 15;165(4):435-43. Epub 2006, Nov 29.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17135427>

⁶・Hoek G., Krishnan R., Beelen R., Peters A., Ostro B., Brunekreef B. and Kaufman J. (2013) “Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review”, Environmental Health, 12:43

<https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-12-43>

⁷・Yorifuji T, Kashima S, Tsuda T, Ishikawa-Takata K, Ohta T, Tsuruta K, Doi H. (2013) “Long-term exposure to traffic-related air pollution and the risk of death from hemorrhagic stroke and lung cancer in Shizuoka, Japan”, Sci Total Environ. 2013 Jan 15;443:397-402.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23208275>