

「日本における環境対策費用便益分析の飛躍的普及に向けた研究開発」成果報告書 (概要版)

国立研究開発法人産業技術総合研究所

井上和也

【研究の背景と目的】

わが国では、長年にわたる排出削減対策等の努力により、近年では排出物質による発生源周辺で起こる激甚な大気汚染（公害）はほとんどみられなくなった。一方、オゾン、PM2.5等、排出物質から大気中での複雑な反応を経て生成される物質（2次生成物質）による2次大気汚染は依然として深刻である。OECD（2016, the Economic Consequences of Air Pollution）によると、2010年時点においても、オゾン・PM2.5により日本国内で年間6万人（全世界では300万人）が早期に死亡しているとされている。2次大気汚染は、低濃度で広範囲に広がるため被害が顕在化しにくい、発生源や原因物質の特定が困難である、などの特徴があるため、その管理にあたっては、過去の公害対策とは異なり、被害量を定量的に把握するとともに、種々の対策オプションにつき、その費用と対策によって得られる効果を比較したうえで実施する対策を決定する、すなわち、費用効果・便益分析に基づく化学物質管理が有効と考えられる。

本研究では、日本において実施例が極めて少ない、環境対策に係る費用効果・便益分析、および、それに基づく適切な化学物質管理を飛躍的に普及させることを最終目標として、そのために重要と考えられる、1）シミュレーションによる2次生成物質の濃度低減効果推定の高精度化手法の開発、および、2）2次生成物質の濃度低減効果を入力値として、ヒト健康・農作物収量への影響の低減効果やその金銭価値（便益）を出力するツール（以下、「便益評価システム」と呼ぶ）の開発を行うことを目的として研究を行った。ここで、1）の手法については、近年入手性・利便性が著しく向上した大気微量成分の衛星観測データより「光化学指標」と呼ばれるオゾンの前駆物質に対する感度状態を保有する指標値を算出し、その値に基づいて入力する排出量等を補正したシミュレーションを実施することにより2次生成物質の濃度低減効果推定を高精度化するというものである。

【主要な研究成果】

1. シミュレーションによる2次生成物質の濃度低減効果推定の高精度化手法の開発について

・オゾン濃度低減効果について、衛星観測データの光化学指標（具体的にはホルムアルデヒド/二酸化窒素気柱密度比）値に基づく推定方法のポテンシャルを検討するため、同手法とシミュレーションによる推定結果を相互に比較し、空間的な分布や経年変化の定性的な傾向がきわめてよく一致することを世界で初めて示した。この研究成果は、2018年10月に

香川県高松市で開催された大気化学分野で最も権威ある国際会議（IGAC Science Conference）において数少ない口頭発表枠に選出されたり、2018 年 9 月の大気環境学会他複数の講演会において講演依頼を受けたりするなど、国内外から大きな関心を得ている。

・上記の通り衛星観測データの光化学指標値に基づくオゾン濃度低減効果推定の有効性が示されたので、実際に、衛星観測データによるホルムアルデヒド/二酸化窒素気柱密度比と同シミュレーションによる推計値の比から不確実性の高い植物起源 VOC 排出量を補正することによりシミュレーション結果を更新する手法を開発し、実際にその手法を用いれば各物質の排出削減によるオゾン濃度低減効果の推定精度が向上することを明らかにした（図 1 に NO_x 排出削減によるオゾン濃度低減効果推定の場合の例を示した）。

衛星観測データに基づく結果

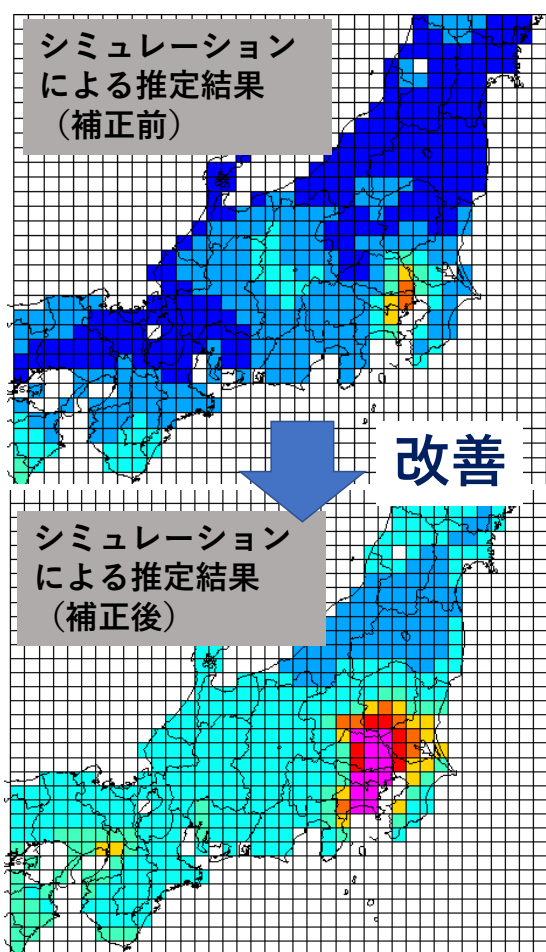
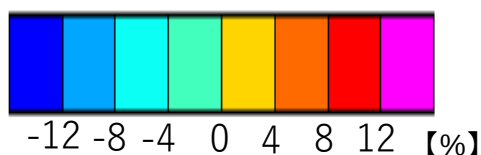
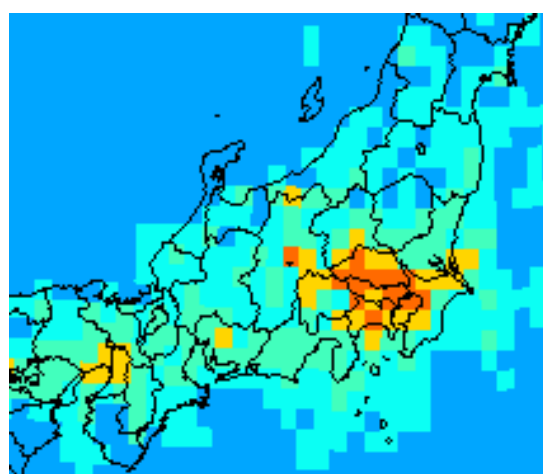


図 1：NO_x 排出量 30%削減による午後 2 時におけるオゾン濃度（2005 年 7、8 月の平均値）の相対変化推定結果。補正前のシミュレーションでは衛星観測データに基づく結果よりも低減効果が過大に推定されている領域（濃い青色の領域）が多いが（右上の図）、補正後のシミュレーションではそれが大幅に改善されている（右下の図）。

・ PM2.5 については、文献レビューにより、 $(\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+ \cdot 2 \times \text{SO}_4^{2-}) / (\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-)$ とし

で計算される Gas Ratio や $(\text{NH}_3 + \text{NO}_3) / (\text{HNO}_3 + \text{NO}_3)$ として計算される調整済み GR などの指標を用いれば、オゾンのシミュレーション結果を更新したのと同様な手法を用いてシミュレーションに濃度低減効果推定を精緻化できる可能性を見出した。

2. 便益評価システムの開発について

- ・文献レビューおよび米国で既開発の同種ツールである Environmental Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP) の開発者からの情報収集の結果を受け、用量反応関係式やヒト健康影響の金銭価値等、本ツールでの計算に用いる推計式やパラメータのデフォルト値を決定した。

- ・ペーラインの各要因による死亡者数・各農作物の収量など本ツールで使用するレセプターに関する各種統計データを、3 次メッシュ単位 (約 $1 \times 1 \text{ km}^2$) に加工して整備した。

- ・上記 2 項目で得たデータ、計算式、パラメータ値を本ツールに内蔵することにより、シミュレーションによる対策前後の 2 次生成物質濃度推定結果を入力値として、ヒト健康・農作物収量への影響の低減効果とその金銭価値 (便益) をエクセル上で推定可能なツールのプロトタイプ (試作品) を構築した (図 2)。なお、本ツールには、ユーザのさらなる利便性を考慮するため、シミュレーション結果を入力しなくても、対象とする発生源部門とその排出削減量だけを入力すれば便益まで算出可能な簡易解析機能も実装している。ただし、簡易解析機能については現段階ではオゾン濃度減少による便益推定についてのみ適用可能であり、その計算式も過去に我々が実施したシミュレーション結果に基づいて行われるようになっているため、今後、本研究で得られた上記 1. の成果を反映した更新が必要と考える。

【今後の課題】

- ・PM2.5 についてオゾンの場合と同様に衛星観測データを利用してシミュレーションによる濃度低減効果推定を精緻化する手法の開発を進める。

- ・便益評価システムの簡易解析機能におけるオゾン濃度低減便益の算出式を、今回の研究成果を基に再シミュレーションを行い更新するとともに、対象地方 (今年度成果では関東地方のみ)、対象発生源部門 (今年度成果では移動発生源の自動車、固定蒸発発生源の化学工業、石油製品・石炭製品製造業、プラスチック製品製造業、金属製品製造業、の 5 部門のみ) を拡充させる。また、PM2.5 の濃度低減便益を算出する簡易計算式を構築し、PM2.5 についても簡易解析機能を実装する。

- ・構築した便益評価システムのプロトタイプを実際にユーザにお見せしたり、使用していただいたりすることにより、ユーザの需要をさらに分析したうえで、便益評価システムに実装する機能やアウトプット項目等を最終的に決定するとともに、必要に応じ、用量反応関係式や各パラメータのデフォルト値を再検討したうえで、便益評価システムの公開版を完成させる。

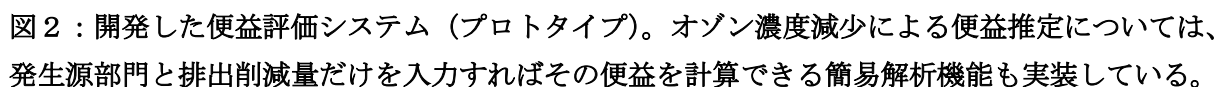


図2：開発した便益評価システム（プロトタイプ）。オゾン濃度減少による便益推定については、発生源部門と排出削減量だけを入力すればその便益を計算できる簡易解析機能も実装している。