
要 約

1. は じ め に

オゾンは酸素原子 3 つで分子を構成する、分子量 48 の気体である。自然界に広く存在し、特に地上 10 km から 50 km 付近に相当する成層圏には、オゾン濃度が極大を示す層が維持されており、一般的に「オゾン層」と呼ばれている。成層圏オゾンは、太陽光による大気中酸素およびオゾンの光化学平衡により生成・維持され、短波長紫外領域（UV-B）の太陽光線を吸収して成層圏を温めている。一方、対流圏にもオゾンは存在する。その供給源の一つとなっているのは、大気循環に伴う成層圏オゾンの流入であるが、一部の UV-B が成層圏を通過して対流圏内で起こす光化学反応による生成も大きな要因となっている。対流圏における光化学反応は、人為的に多量に排出されている窒素酸化物（NO_x）や揮発性有機化合物（VOC）を含む複雑な反応系を構成する。このようなオゾンの生成に関わる NO_x や VOC をオゾンの前駆物質（単に前駆物質）と呼び、この前駆物質のように発生源より直接排出される物質から大気中での反応により生成される物質を二次生成物質と呼ぶ。オゾンは粒子状物質（PM）と並んで二次生成物質の代表的存在である。

日本では、光化学大気汚染の規制対象物質を光化学オキシダント（Ox*）としているが、オゾンがその大部分を占める。Ox の環境基準は 1973 年に制定され、「1 時間値が 0.06 ppm 以下であること」（環境庁告示第 25 号）とされたものが 2009 年現在まで変更なく使用されている。また、行政区域ごとに Ox 濃度の時間的推移を見て発令される「光化学オキシダント注意報」の目安は 0.12 ppm、さらに警報の目安は 0.24 ppm とされている。図 1 に Ox 昼間（5～20 時）平均濃度と環境基準や注意報発令レベルの超過確率の経年変化について示した。平均濃度、60 ppb 超過確率ともに増加傾向にある。

オゾン曝露によるヒト健康や植物への直接的な影響が危惧されていることから、対流圏オゾンの詳細リスク評価書を策定する。まず、オゾンの前駆物質の排出インベントリの推定、リスク評価用次世代大気モデル（大気モデル）による現況のオゾン濃度の推定、ヒトや植物に対する有害性評価

* Ox にはオキシダントの意味もあるが、本評価書では光化学オキシダントに限定して用いる。

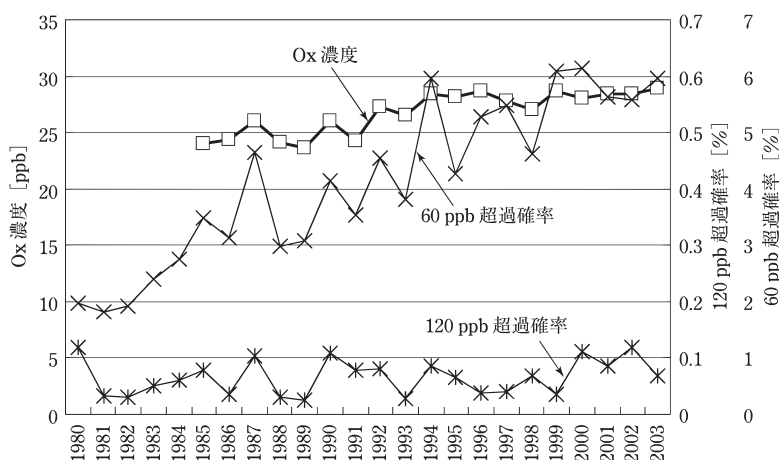


図1 Ox 濃度と参照値の超過確率の経年変化

に取り組み、ヒトやイネに対するリスク評価を行う。次にオゾンやPMの大気中濃度の削減を目的に設定されたVOC排出抑制対策に関する費用対効果を推定する。このために、前駆物質の将来の排出インベントリの推定、大気モデルを用いた排出削減効果の予測、およびVOC排出抑制対策費用の推定を行う。これらの曝露評価、リスク評価などの対象地域は関東地方とし、対象年度は2002年度とした。

2. 有害性評価

2.1 ヒ ト

ヒトがオゾンの曝露を受けた場合には、呼吸器系に対する炎症性変化が生じることが曝露試験などから明らかとなっている。オゾン0.08 ppmを健康人ならびに喘息患者に3時間吸入曝露した場合には、健康人、喘息患者ともに肺に対する影響はないとの報告(Frampton *et al.* 1995)、0.1 ppmの2時間曝露では健康男性ボランティアに対して有害影響はないとの報告(Von Nieding *et al.* 1979)、また健康人に0.25 ppmを2時間吸入曝露した場合に呼吸機能に対する影響はないとの報告(Hackney *et al.* 1975)もあることから、0.08 ppmの2～3時間吸入曝露を無毒性量(無有害影響濃度, No Observed Adverse Effect Level: NOAEL)とみなすことが妥当であると考えられる。したがって、「1時間値」を設定する必要性は低く、0.08 ppmの6.6時間曝露試験によりFEV₁の低下が認められた報告(Horstman *et al.* 1990, Adams 2006)を考慮し、「2～3時間値」や「6.6時間値」よりも長く、一般的に曝露指標としてよく用いられている「8時間値」を設定することが適切であると考えられる。大気中のオゾン濃度は昼間に上昇することが知られており、特に昼間8時間値(10～18時)が重要と考えられる。以下の換算を行うことで、本評価書では昼間8時間値0.07 ppmを採用した。まず、呼吸器系への影響のNOAELとみなした2～3時間の0.08 ppmの吸入曝露を2時間値0.08 ppmと仮定した。次にモニタリングデータの解析から得た換算係数を用いて、この2時間値0.08 ppmを8時間値0.06763 ppmへ変換した。さらに有効数字を考慮し、小数点以下2桁(8時間値0.07

ppm) に丸めた。

また、非事故日死亡率の上昇に関してもオゾン曝露との関連性を否定できない。従来の評価では情報量が十分ではないとされていたが (US EPA 1997, WHO-ROE 2000), 近年の評価では疫学調査の充実に理由にオゾンによる非事故日死亡率の上昇があると判断されている (US EPA 2006, WHO 2005)。本評価書では、最新の疫学調査、特にメタアナリシス研究とマルチシティ研究に着目し、非事故日死亡率、呼吸器系日死亡率や循環器系日死亡率等についてまとめた。呼吸器系日死亡率や循環器系日死亡率については情報量が少なく、やや根拠が弱いものの、オゾン濃度の上昇により各死亡率が増加する可能性があることが示唆された。一方、非事故日死亡率では多くの調査・報告がなされており、それによるとオゾン濃度の上昇と非事故日死亡率の上昇の間に関連性があり、さらに交絡因子の調整後でもこの関係は統計的に有意であった。このように既存評価の結論を否定する情報は得られなかった。以上のことから、エンドポイントの一つとして非事故日死亡率の上昇を評価すべきと判断した。なお、非事故日死亡率の上昇は、腫瘍死や交通事故死亡などの死亡における損失余命年数が 10 年以上であることと比較すると、その損失余命年数が数日から数年である可能性があり、リスクは相対的に小さい。これらのことを考慮し、本評価書での表記を、非事故日死亡率の上昇とせず、余命短縮リスクとした。

シングルシティ研究を集めて行われたメタアナリシス研究により推定された余命短縮リスクの増加率はマルチシティ研究の結果から得られた値よりも高く、これは有意差のみられた結果が公表されやすいとされる出版バイアスが存在する可能性を示唆している。したがって、曝露反応関係の評価する上で、メタアナリシス研究による結果よりもマルチシティ研究による結果を重要視すべきである。2004～2007 年のマルチシティ研究による余命短縮リスクの増加に関する曝露反応関係は、環境省 (2007) を除き 8 時間値 10 ppb 増加あたり 0.20～0.33 % の増加と非常に近い数値であった。本評価書では、環境省 (2007) の調査結果がこれまでの知見と異なるラグ 4 日目で最高値となり、その解釈が困難なこと、調査対象が全年齢ではなく 65 歳以上の結果であり、このような高齢者を高感受性集団とすることに結論が出ておらず、その解釈が困難であること、対象人数がマルチシティ研究の中では相対的に少ないこと、対象年数がマルチシティ研究の中で相対的に短いこと等の不確実性を考慮して採用を見合わせ、対象都市が広範囲であること、対象人数が最も多く、また対象期間が最も長いことから、現在の知見では最も不確実性が低いと考えられる Bell ら (2006) の米国の解析結果 24 時間値 10 ppb 増加あたり 0.32 % (95 % 信頼区間 (CI) : 0.17～0.46) の増加を変換した 8 時間値 10 ppb 増加あたり 0.20 % (95 % CI : 0.11～0.29 %) の増加を採用した。

2.2 イ ネ

イネに対して、葉における褐変症状のような可視被害、また生育影響や収量影響が認められるが、可視被害、生育影響が直接的に収量影響と関連しないと考えられていること、農作物として収量影響が重要なことから、本評価書ではリスク評価のエンドポイントとして収量減少影響 (減収量) を採用した。

国内品種を対象とした調査結果をまとめると、オゾンによる収量減少影響に対して重要なイネの

生育ステージは、幼穂発育期から登熟期であり、この結果はコムギの結果から指摘されている内容と矛盾しない。コムギの曝露反応関係より設定された、ヨーロッパで用いられている AOT40 (閾値である 40 ppb を超える 1 時間値の閾値超過分の累積濃度 [ppb・h]) の積算期間は、対象植物によって地域別に設定され、運用されている。これを参考として、本評価書では関東地方におけるイネの生育ステージを考慮し、曝露指標の積算、平均期間を 6 月 20 日から 10 月 10 日とした。

国内品種 (コシヒカリ, 日本晴, 中生新千本) を対象としたオゾン曝露試験 (オープントップチャンバー試験と空気浄化チャンバー試験) の結果と試験の行われた圃場に最も近接な常時監視測定局の Ox 測定結果を用いて複数の曝露指標の検討を行ったところ, AOT30, AOT20 や AOT40 等の AOTx 指標において決定係数が最も高かった。本評価書では、曝露指標として AOT30 を代表として用い、他の評価との比較、および曝露反応関係の不確実性の考慮のため AOT40 と 7 時間値 (M7) も併せて評価に用いることとした。なお、ヨーロッパなどで用いられている AOT40 の設定時の検討でも、コムギの曝露反応関係に基づく AOT30 の決定係数は 0.91, 以下同様に、AOT40 では 0.91, AOT50 では 0.88, AOT60 では 0.79 とあり、イネと同様にこれら指標間に本質的な差があったわけではない。

以上の解析から得られた曝露反応関係式は、

$$RY = 1.006 - 4.092 \times 10^{-6} \times AOT30, \quad r = -0.908$$

である。ここで RY は相対収量、 $AOT30$ の単位は ppb・h である。

本評価書ではイネにおいて収量影響があると判断する値を 5% 減収とし、オゾンによるイネへの収量減少影響を保護するための参照値として AOT30 の 14 ppm・h (13,722 ppb・h を丸めた) を採用した。ただし、この解析には、品種間差が考慮されていないことに留意すべきである。また、30 ppb 以下のオゾン濃度がイネに対して有害でないことを意味しない。

3. 前駆物質の環境排出量推定

リスク評価の対象年である 2002 年度について、モデルによる大気中濃度など曝露指標の分布推定に必要な NOx, VOCs, CO の排出量分布を 3 次メッシュ (約 1 km×1 km) の解像度で推定した。この推定には基本として既存の排出量データベースにおける推定方法を採用したが、以下の改変を行って精緻化しているところに特徴がある。

- ・固定蒸発発生源 (事業所) からの NMVOC (Non-Methane Volatile Organic Compounds, 非メタン揮発性有機化合物) 排出量を最新の知見を取り入れて補正
- ・植物起源 NMVOC 排出量推定に、日本に生息する植物の排出係数に関する最新の情報を反映

推定結果は、全国総計では、NOx は約 240 万 t, NMVOC は約 500 万 t となった。NOx では移動発生源が主たる発生源であり全体の 60% を占めた。NMVOC では植物起源発生源が主たる発生源であり、全体の 66% を占めた。人為起源 NMVOC の中では固定蒸発発生源が主たる発生源であるが (人為起源全体の 67%), 移動発生源も人為起源全体の 30% であり、無視できる量ではなかった。本推計値を既存の排出量データベースで採用されている方法による推定結果と比較した結果、

特に違いが大きいのは植物起源 NMVOC 排出量であり、本推計の植物起源 NMVOC 排出量は既存の排出量データベースで採用されている方法で推計した場合の人為・植物起源をあわせた合計 NMVOC 排出量と同程度であった。

4. 曝露指標分布の推定

室内発生源、主として空気清浄機からのオゾン発生による室内濃度への寄与を検討したところ、室内濃度は重要度が低いことが示唆された。すなわち、モンテカルロ・シミュレーションによると、空気清浄機を設置した世帯を含む関東地方の全世帯の室内 8 時間値（10～18 時）の平均値は 10.6 ppb で、70 ppb を超過する確率は 0.00 % と推定され、一方、室内発生源がないと仮定した室内 8 時間値の平均値は 7.9 ppb であり、70 ppb を超過する確率は 0.00 % と推定され、両者ともほぼ同じであった。室内発生源を含めた解析においても室内濃度が大気中濃度に比べて無視できるレベルであることから、本評価書では、屋外での曝露が重要だと仮定し、大気中濃度を曝露濃度とした。なお、室内発生源を空気清浄機のみとしたのは、一般世帯における空気清浄機の普及率が高いこと、空気清浄機からのオゾンの発生が既知であったこと、空気清浄機の利用している一般世帯では 24 時間稼働していることが多いというアンケート結果があったこと、他の発生源、例えば複写機（家庭用の複合機を除く）やレーザープリンター等は一般世帯での普及率が低いと考えられたことによる。

大気中の反応過程を考慮できる非定常型グリッドモデルを骨格とするリスク評価用次世代大気モデルを開発し、リスク評価で必要となる関東地方の 2002 年度における大気中濃度など曝露指標の分布推定を 5×5 km の解像度で行った。推定した指標は、ヒト健康影響リスク評価用として、オゾン 8 時間値（10～18 時）のオゾンシーズン（4～9 月）平均値、オゾンシーズンにおいてオゾン 8 時間値が 70 ppb を超過する確率、イネの減収量評価用として、6 月 20 日～10 月 10 日の期間の 7～21 時における AOT30、AOT40、M7（9～16 時）平均値である。開発したモデルの現況再現性を評価した結果、これらの曝露指標のうち、オゾンシーズンにおいてオゾン 8 時間値が 70 ppb を超過する確率を除くすべての曝露指標は概ねファクター 2 以内の精度で再現され（推定値が実測値の 1/2～2 倍の範囲内に入る）、これらの指標については、本モデルの結果を用いたリスク評価が十分な精度で行えると考えられた。一方、オゾンシーズンにおいてオゾン 8 時間値が 70 ppb を超過する確率は、概してファクター 2 以内での再現が満たされていないため、モデル結果のみをリスク評価に用いるのは困難であると判断した。そのため、この曝露指標については、実測値の補間に基づいた分布推定も併せて行った。曝露指標分布推定結果は、いずれの曝露指標についても、いずれの方法による結果でも、東京都心部で低く、郊外部で高いという特徴があった。

5. 実大気におけるオゾンの前駆物質に対する依存性と リスク評価用次世代大気モデルによる推定の妥当性評価

2006 年夏季の午後に関東地方の複数地点で全硝酸濃度を観測し、オゾン/全硝酸濃度比を算出す

ることにより、気温・日射量が高く、高濃度オゾンが生成するような気象条件におけるオゾン濃度の前駆物質排出量に対する依存性（律速状態）を調べ、東京都23区内や埼玉県南部ではVOC律速（オゾン濃度がVOC排出量の削減で減少するが、NO_x排出量の削減で増加する状態）、東京都と埼玉県の内陸部ではNO_x律速（オゾン濃度がNO_x排出量の削減で減少するが、VOC排出量の削減では減少しない状態）と判定した。この結果は、平日・日曜日間のオゾン濃度の差異から判定されるオゾン濃度の前駆物質排出量に対する依存性とも整合しており、信頼性は高いと判断された。この考察を基に、光化学指標（オゾン/全硝酸濃度比）を実測値とモデル推定値間で比較することにより、モデル大気の状態が現実と同様なものになっているのかの考察を行った。その結果、本評価書で更新した排出量を用いた場合のモデル大気では律速状態がほぼ妥当に表現されていることがわかった。この検討を基に、排出削減対策の評価で用いる曝露指標の変化量は、本評価書で更新した排出量をベースとして入力したリスク評価用次世代大気モデルで推定することにした。

6. 本評価書における結論

6.1 ヒト健康影響に関するリスク評価

表1に本評価書で用いたエンドポイント等をまとめた。エンドポイントと参照値は、呼吸器系に対する影響のNOAELとみなした2～3時間値0.08ppmを、2時間値と仮定して8時間値へ変換した0.07ppmである。また、本評価書ではエンドポイントとして余命短縮リスクによる過剰死亡件数も採用した。曝露反応関係としてBellら（2006）によって報告された24時間値10ppb増加あたり0.32%（95%CI：0.17～0.46）の増加から変換された8時間値10ppb増加あたり0.20%（95%CI：0.11～0.29%）の増加を用いた。

表1 本評価書のエンドポイント

	エンドポイント ¹⁾	備 考
呼吸器系に対する影響	参照値：0.07 ppm（8時間値）	2～3時間値データを2時間値と仮定し、8時間値へ換算
余命短縮リスク（日死亡率の上昇）	8時間値10ppb増加あたり0.20%の増加（95%CI：0.11～0.29%）	マルシシティ研究より（Bell <i>et al.</i> 2006）

1) 平均化時間は日最高8時間値（固定の場合は10～18時）。

まず、呼吸器系に対する影響をエンドポイントとしたリスク評価を行った。参照値は、昼間8時間値（10～18時）70ppbを採用し、曝露濃度は大気中濃度のモニタリングデータを使用した。その結果、70ppb超過確率は埼玉県と群馬県の県境付近から群馬県の中央部にかけて高く、中でも群馬県の中央部では30%を超えることが確認され、ヒト健康への影響が特に懸念された（図2）。10%超過確率を基準として解析したところ、曝露人口は18.9百万人（昼間人口）と評価された。ここで用いた参照値の導出根拠はボランティアによる吸入試験である。したがって、大気中濃度を曝露濃度と仮定することは、曝露濃度が高く推定されることから、リスクを過大評価する可能性があることに注意が必要であるが、参照値を1度超過したことを「オゾンによる懸念すべきリスクがある」

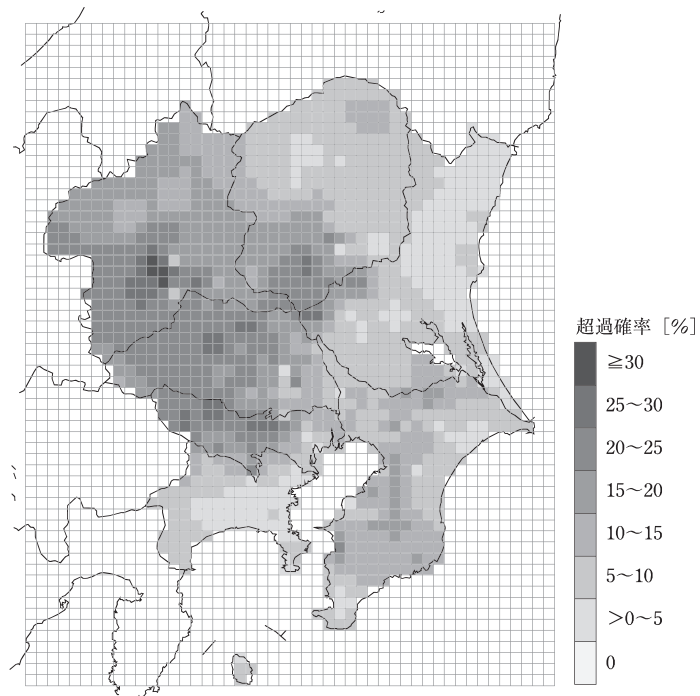


図2 昼間8時間値（10～18時）が70 ppbを超過する確率

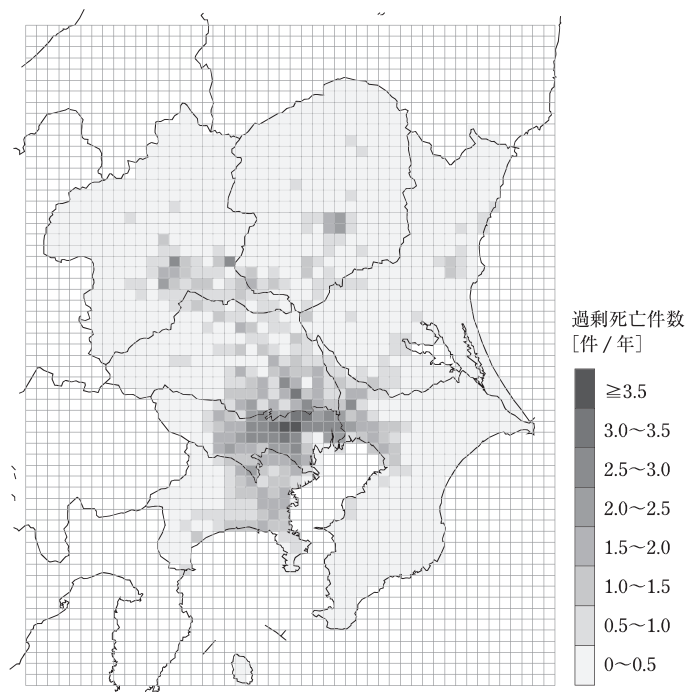


図3 余命短縮リスクによる過剰死亡件数の推定結果

と判断するならば、関東地方のほぼ全域でオゾンによる懸念すべきリスクがあると判断する状況である。

次に、余命短縮リスクによる過剰死亡件数を評価した。曝露反応関係として疫学調査から導出された 8 時間値 10 ppb 増加あたり 0.20 % (95 %CI : 0.11~0.29 %) の増加を採用し、曝露濃度は大気モデルによる推定値を用い、2002 年の非事故死亡者数をベースラインとして解析した。この推計結果では、余命短縮リスクによる過剰死亡件数が大気中濃度だけでなくベースラインの死亡者数と関連することから、東京都の中央部で高い傾向がみられ、参照値の超過確率の高い地域とは地理的分布が異なっていた (図 3)。関東地方での年間の余命短縮リスクによる過剰死亡件数は 520 件/年 (95 %CI : 290~760 件/年) と推定された。なお、余命短縮リスクにおける曝露反応関係は疫学調査・報告より導出されていることから曝露量は大気中オゾン濃度であり、超過確率による評価時とは異なり、過大評価の可能性は小さい。

以上のことから、現状の大気中オゾン濃度はヒトに対して健康影響が生じるレベルであると考えられ、健康影響リスクの低減施策を早急に検討し、実施すべきであると判断した。

6.2 イネの収量減少影響の評価

イネの減収率、減収量の評価を行った。一般的に減収率、減収量は、例えば、AOT30、AOT40、M7 のような曝露指標が異なる曝露反応関係を用いることで、推定結果が異なることが知られている。本評価書では、複数の曝露指標を用いた定量的評価を行い、総合的なリスクの判定を行うこととした。評価に用いた曝露指標は 3 つで、まず本評価書で代表として選択した AOTx から AOT30 を採用し、次にヨーロッパで曝露指標として使用頻度の高い AOT40、最後にイネの曝露反応関係が提案されている M7 である。なお、曝露濃度は大気モデルによる推定結果を採用し、その空間解像度は 5 km とした。

曝露指標の地理的分布は、ヒトのリスク評価で用いた 8 時間値と同様に、埼玉県から群馬県にかけて高く、参照値として提案した AOT30 として 14 ppm・h を超過するグリッドセルは計算対象グリッドセル 1,289 メッシュ中 1,028 メッシュであった。AOT30、AOT40、M7 を指標とした曝露反応関係式に基づく、関東地方の平均減収率は 6.32~9.22 % であった。図 4 にグリッドセルあたりの減収量の地理的分布を示した。2002 年度の生産量に基づく関東地方の減収量は 10~15 万 t であり、240~352 億円の損失と推定された。

推定された減収率、減収量は、曝露指標 (AOT30、AOT40、M7) によって異なるものの、総合的には、オゾン曝露によりイネの収量が減少することが示された。以上のことから、現状の大気中オゾン濃度はイネに対して収量影響が生じるレベルであると判定した。

6.3 排出抑制対策の効果と費用

ヒトとイネを対象とした定量的なリスク推定においてオゾン曝露による懸念すべきリスクがあると判断されたことから、大気中のオゾン濃度を低減し、リスクを削減する方が好ましいと考えられる。実際に、オゾン濃度の低減を目的とした VOC 削減に関する政策が実行されており、本評価書で

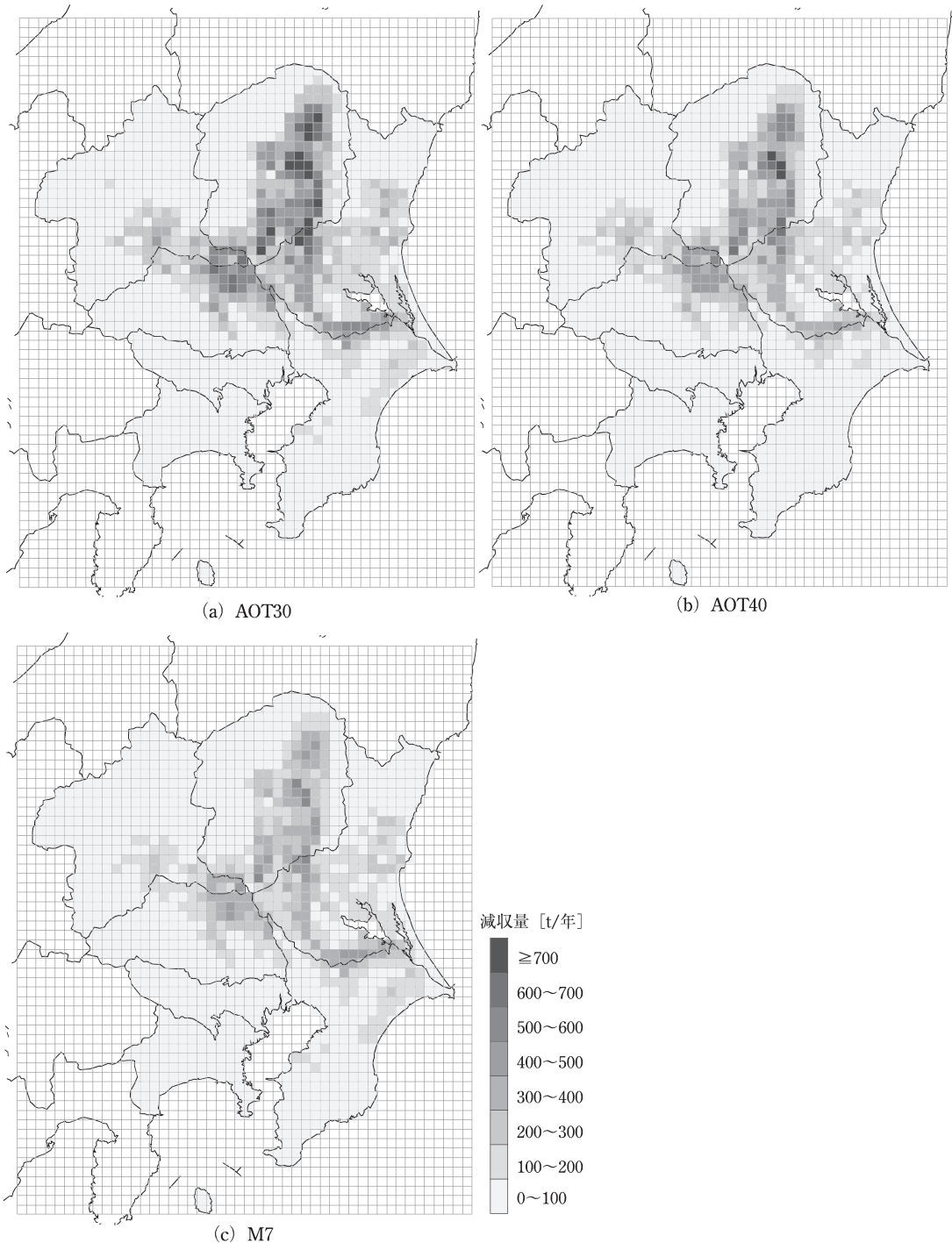


図4 2002年度における関東地方のイネのグリッドセルあたりの減収量

は具体的な事例として、事業所における VOC 削減施策の費用対効果についての評価を行った。

オゾン濃度の低減を目的の一つとした VOC 排出抑制対策（排出濃度規制と自主的取組）により、VOC 排出量は明らかに減少している。近年のヒアリング調査では、2000 年度から 2005 年度の 5 年

間で17.4～22.0％の削減が認められた。

このVOC排出抑制対策の28技術（直接燃焼装置，触媒燃焼装置等）ごとに対策費用を推計し，2010年までの総費用の割引現在価値を算出したところ，5,000億円となった。同時にこれらの技術の導入による2010年までの排出削減量の割引現在価値を見積もったところ，210万tであった。これらの値から，「1t排出削減費用」は，平均約23万円となった。これまで報告されている自主行動計画から1t排出削減費用を計算すると約13万円であったこと，費用を過大に見積もる方向で計算されていることを考慮すると比較的妥当な推定結果であったといえる。

直接大気中へ排出されるような物質であるならば，排出量の削減にともなって大気中濃度も低下するが，二次生成物質の代表的な存在であるオゾンは，単純に前駆物質であるVOC排出量を削減しても大気中濃度が低下しない可能性がある。本評価書では複数の2010年の排出量を策定し，VOC排出抑制対策を実行する場合としない場合の大気中濃度を予測した。これによると，VOC排出抑制対策を実行した場合の方が，オゾン濃度は低下する傾向が強いという結果が得られた。しかしながら，そのオゾン濃度低減効果は低く，8時間値の平均値の濃度変化では－1ppb程度であった。この結果は，不確実性を考慮し，幅を持って設定した基本排出量*によっても異ならず，比較的不確実性が低いと考えられる。VOC排出抑制対策を実行した場合の余命短縮リスクの削減による余命獲得件数は74件/年である（図5）。

一方，NO_x，VOC排出量削減の政策を実行しない，すなわち現況（2002年度）との比較では，いずれの2010年排出量でも都心部でオゾン濃度が上昇し，周辺部で濃度が低下するという現象が

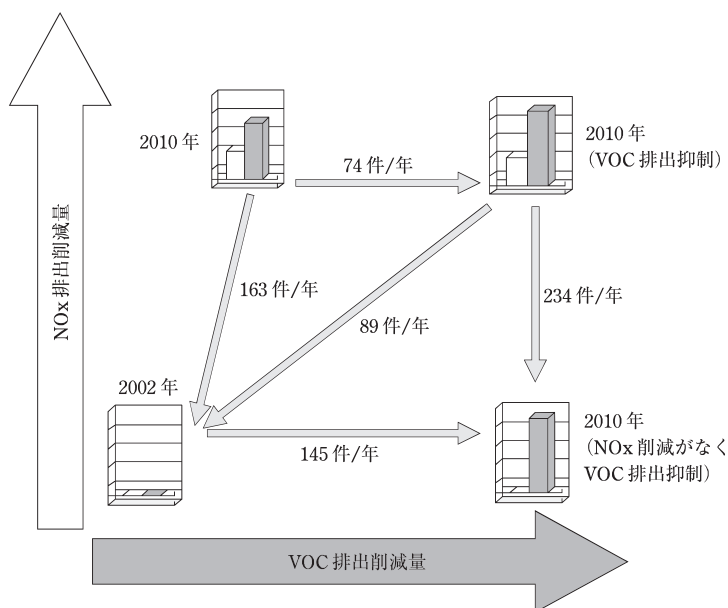


図5 VOC排出抑制対策による余命獲得件数

* 基本排出量とは，VOC排出抑制による対策以外の部分の排出量を指し，例えば，自動車起源のVOCやNO_x，事業所起源のNO_x排出量などである。

予測された。この都心部で濃度が上昇するという現象は、VOC 律速が支配的な都心部において、VOC 排出抑制によるオゾン濃度の低下影響とある特定の濃度範囲の NO_x については NO_x 排出削減によりオゾン濃度の上昇をもたらす影響のうち、NO_x 排出削減によるオゾン濃度の上昇影響の寄与が大きく、結果的にオゾン濃度の上昇となったものと思われる。関東地方では都心部に人口が集中しており、ヒト健康影響リスクを低減させるためには、都心部のオゾン濃度が非常に重要な位置を占める。実際、オゾン曝露による関東地方全体の余命短縮リスクの増加による余命獲得件数は－89 件/年と推定された（図 5）。したがって、オゾンのヒト健康影響リスクのみを考えるのであれば、都心部の NO_x 排出削減は行わない方がよいという結論が得られることになる。

加えて、VOC 排出量削減のみ行われ、NO_x 排出量の削減が行われなかった場合についての大気中濃度を予測し、リスク削減効果について検討した。この結果、NO_x、VOC 排出量削減の政策を実行しない、すなわち現況（2002 年度）との比較では、余命短縮リスクによる余命獲得件数は、NO_x 排出量削減が行われた場合、－89 件（－49～－129 件）であったが、NO_x 排出量削減が行われなかった場合、145 件（80～210）と推定された（図 5）。リスク推定に不確実性があるものの、予測条件の差が NO_x 排出量の違いだけであることから、このケースでも NO_x 排出量削減が VOC 排出量削減の効果を打ち消す効果を持っていたことを示唆している。

排出抑制対策に関する費用対効果を検討すると、効果を 1t 削減としたときの費用は約 23 万円であった。毒性の強弱を考えなければ、有害大気汚染物質の自主管理計画対象物質の 1t 排出削減費用 21～130 万円と比較して、高額ではない。また、農作物の減収影響リスクの削減分を費用から差し引いて算出した余命短縮リスクによる余命獲得 1 件費用は 2～5 億円程度であった。この数字は、獲得余命年数が 10 年以上（発がんによる死亡リスクや自動車事故リスク）であれば、高くない。しかし、本評価書で評価したエンドポイントは、短期曝露による日死亡率の上昇であるため、損失余命年数はこれよりも小さい可能性が高い。

ただし、本評価書では、呼吸器系に対する影響やそれによる入院件数の増加、また、農作物の可視被害に関しての評価を行っていないことから、費用対効果がその分、過小評価となっていることも確かである。これらの評価を行うことで、より適切な評価が行えるものと期待される。

6.4 今後のオゾン低減施策に関する提案

大気モデルによる評価、およびモニタリングデータによる評価において、参照値である 70 ppb を超える確率が 30 % と推定される領域が存在し、超過確率が 10 % 以上と推定される領域では関東地方の総人口の 48 % が居住していることが明らかとなった。また、余命短縮リスクにおける過剰死亡件数は 520 件/年（95 % CI：290～760 件/年）と推定され、いずれの評価においてもヒトへの健康影響が認められる。さらに、イネの減収量が 10～15 万 t/年と推定され、イネへの収量減少影響に関しても認められる。早急にオゾン濃度低減対策を検討し、実施すべきである。しかしながら、オゾンの前駆物質の排出量を単純に削減することがオゾン濃度の低減に直結しないことは、本評価書における 2010 年度の将来予測により明らかであった。また、現在行われている VOC 排出抑制対策は、NO_x 排出量削減の効果によりオゾン濃度の低減割合が低くなり、費用対効果が良くないこと

も本評価書で示した。

これらには2つの重要な示唆が含まれる。一つ目はオゾン生成速度を支配している前駆物質がVOCであるのか、NO_xであるのかを把握する、すなわちVOC律速とNO_x律速を判定することがリスク削減政策の提案には必要であること、二つ目は、VOCとNO_xの排出量の削減、または増加によるリスクの変化、および同じ二次生成物質であるPM等のリスクの変化を勘案し、リスク削減効果を判定する必要があることである。

前者については、それらに特に着目した解析を行い、オゾン濃度の前駆物質排出量に対する依存性を判定できる光化学指標として大気中の全硝酸濃度を把握することが重要であることを示したが、本評価書では十分なモニタリングデータを用いることができず、リスク削減政策の検討を行うまでに至らなかった。政策決定のためには、広範囲で、かつ継続した光化学指標の測定網の整備を行い、大気モデルによる空間補間手法と併せて、律速状態の判定を行うことが必要である。

後者については、人口の多い、したがってヒト健康影響リスクの削減効果が期待できる都心部はVOC律速が支配的である可能性が高いことから、関東地方のオゾン濃度の低減によるヒト健康影響リスクの削減にはNO_x排出削減対策の休止が有効である可能性がある。しかしながら、オゾン曝露によるヒト健康影響リスクが減少したとしてもNO_xによるヒト健康影響リスクが増加するかもしれない、これが真のヒト健康影響リスクの削減に結びつくかどうかは明らかでない。本評価書はオゾンのリスク評価を目的として策定したことから、NO_xによるヒト健康影響リスクは評価対象外であった。このため、オゾンによるヒト健康影響リスクとNO_xによるヒト健康影響リスクの比較を行えなかった。リスク削減効果を検討するため、総合的な影響(VOC、アルデヒド、パーオキシアセチルナイトレイト、NO_xおよびPMによるリスク変化の推定を含む)の解析評価、その裏付けとしてのより確度の高いモデルの開発が必要である。これらを実行することで、総合的なリスク削減、すなわち費用対効果に優れた選択肢についての議論が行える環境が整備されるものと期待される。