



環境省

---

# 光化学オキシダントの健康影響に係る科学的知見 の収集・整理結果の概要について

---

令和4年5月23日  
環境省 水・大気環境局

# 光化学オキシダントの健康影響を調査した文献の種類と数

## ● 対象物質（光化学オキシダントの成分）

- ・ オゾン
- ・ パーオキシアセチルナイトレート（PAN）

## ● 研究手法（研究分野）

疫学研究	大気環境のモニタリング濃度（日最高1時間値、日最高8時間値、年平均値、夏季の平均値等）と一般集団や患者集団等における健康事象との関連を調査。
人志願者実験	調査に同意した志願者（健康又は喘息等の疾患を有する）にオゾン等を設定濃度で短時間曝露し健康影響を調査。
動物実験	マウス・ラット・サル等の哺乳類にオゾン等を設定濃度で曝露し健康影響を調査。

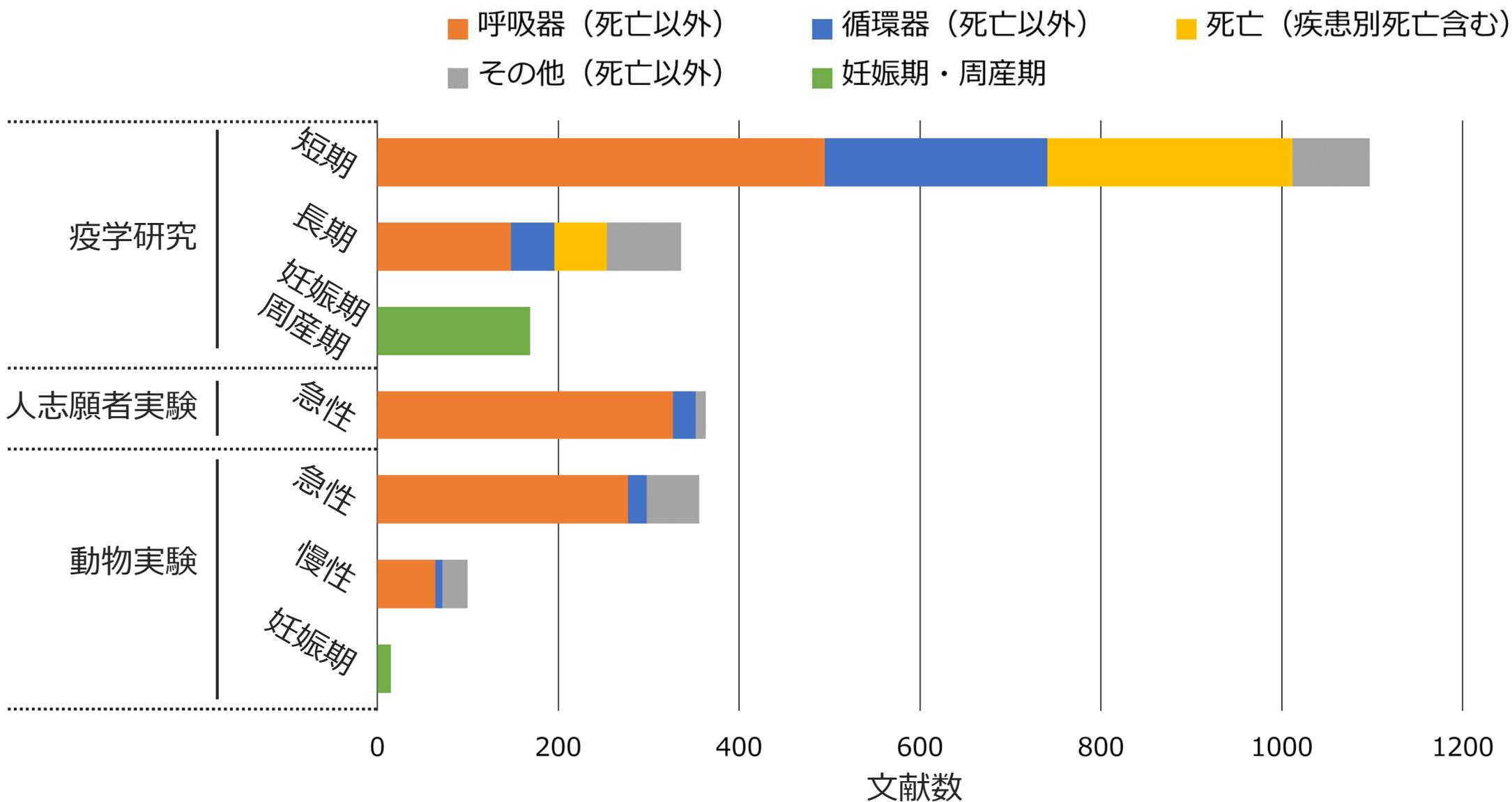
## ● 対象物質、研究手法（研究分野）別 文献数

	疫学研究	人志願者実験	動物実験
オゾン	1465	358	460
PAN	1	13	7

## ● 研究手法（研究分野）ごとの曝露期間の分類

疫学研究	<ul style="list-style-type: none"><li>• 短期：数時間や数日の平均大気汚染物質濃度と健康影響との関連を解析した研究</li><li>• 長期：1か月よりも長い時間の平均大気汚染物質濃度と健康影響との関連を解析した研究</li><li>• 妊娠期・周産期：妊娠期・周産期における平均大気汚染物質濃度と健康影響との関連を解析した研究</li></ul>
人志願者実験	<ul style="list-style-type: none"><li>• 急性：数時間から数日間の曝露による健康影響を解析したもの</li></ul>
動物実験	<ul style="list-style-type: none"><li>• 急性：数時間から数日間の曝露による健康影響を解析したもの</li><li>• 慢性：数週間から1か月以上の期間での曝露による健康影響を解析したもの</li><li>• 妊娠期：妊娠期間中の曝露による健康影響を解析したもの</li></ul>

# オゾンの健康影響を調査した文献の内訳



注釈：複数の影響を評価している知見については各影響で集計

# オゾンの短期（急性）曝露影響 ～呼吸器影響（1）～

## ● 疫学

	呼吸機能	症状
曝露	日単位濃度指標値（日最高1時間値、日最高8時間値等）	
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>呼吸機能の指標（FEV1、PEF等）の変化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>呼吸器系症状の有無の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>
知見数	118報	96報

## ● 人志願者実験

	呼吸機能	症状	気道反応性
曝露	曝露時間（数時間の単回または反復曝露）×曝露濃度×分時換気量（安静、運動）の組み合わせ		
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>指標（FEV1、FVC等）のレベルないし清浄空気曝露時からの変化量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自覚症状を訴える被験者数等について、清浄空気曝露時との比較</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指標（一定の気道収縮の誘発に必要なメサコリン濃度等）のレベルないし清浄空気曝露時からの変化量</li> </ul>
知見数	263報		50報

# オゾンの短期（急性）曝露影響 ～呼吸器影響（2）～

## ● 疫学

	炎症	呼吸器系疾患による入院/受診
曝露	日単位濃度指標値（日最高1時間値、日最高8時間値等）	
影響と結果の表現	・呼吸器の炎症性指標（FeNO等）の変化	・入院/受診件数の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合
知見数	43報	296報

## ● 人志願者実験

	炎症、肺損傷、酸化ストレス、生体防御反応等
曝露	曝露時間（数時間の単回または反復曝露）×曝露濃度×分時換気量（安静、運動）の組み合わせ
影響と結果の表現	・各種指標（BALF中好中球数等）のレベルないし清浄空気曝露時からの変化量
知見数	135報

# オゾンの短期（急性）曝露影響 ～循環器影響・その他影響～

## ● 疫学

	循環器機能・症状	循環器系疾患による 入院/受診	その他影響
曝露	日単位濃度指標値（日最高1時間値、日最高8時間値等）		
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>循環器機能の指標（心拍変動、血圧等）等の変化</li> <li>心筋梗塞・脳卒中の発症等の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>入院/受診件数の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>免疫影響、代謝影響、遺伝子傷害性等に関する指標の変化との関係</li> <li>入院/受診件数の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>
知見数	86報	161報	87報

## ● 人志願者実験

	循環器機能	その他影響
曝露	曝露時間（数時間の単回または反復曝露）×曝露濃度×分時換気量（安静、運動）の組み合わせ	
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>指標のレベル（血圧、心拍等）ないし清浄空気曝露時からの変化量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>代謝、遺伝子傷害性等に関する指標のレベルないし清浄空気曝露時からの変化量</li> </ul>
知見数	25報	11報

# オゾンの短期曝露影響 ～死亡～

## ● 疫学

	全死亡・非事故死亡	呼吸器疾患死亡	循環器疾患死亡	その他疾患による死亡
曝露	日単位濃度指標値（日最高1時間値、日最高8時間値等）			
影響と結果の表現	• 単一都市から大規模複数都市における各死因による死亡数との関係について単位濃度当たりの相対リスクの増加割合、またその結果のメタ解析による統合			
知見数	270報	138報	162報	9報

# オゾンの長期曝露影響 ～呼吸器影響・循環器影響・その他影響～

## ● 疫学

	呼吸機能	呼吸器症状	呼吸器炎症	呼吸器系疾患による入院/受診
曝露	日単位濃度指標値の長期間平均値（日最高8時間値の年平均値 や単なる年平均値等）			
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>呼吸機能の指標（FEV1、FVC等）の変化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>呼吸器系症状や喘息等の有病率、発症等の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>炎症性指標（FeNO等）の単位濃度当たりの変化</li> <li>有病率等の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>入院/受診件数の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>
知見数	47報	75報	10報	31報

	脳血管疾患・心血管疾患	循環器指標	循環器系疾患による入院/受診	その他影響
曝露	日単位濃度指標値の長期間平均値（日最高8時間値の年平均値 や単なる年平均値等）			
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>脳血管疾患、心血管疾患等の疾患の有病率、発症の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>血圧及び各種血中成分の単位濃度当たりの変化</li> <li>頸動脈プラーク形成等の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>入院/受診件数の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>免疫疾患、代謝疾患、神経系疾患、がん、うつ病等のその他疾患の発症、有病率の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> <li>体重変化や代謝関連バイオマーカー等の変化との関係</li> </ul>
知見数	38報		11報	82報

# オゾンの長期曝露影響 ～死亡～

## ● 疫学

	全死亡・非事故死亡	呼吸器疾患死亡	循環器疾患死亡	その他疾患による死亡
曝露	日単位濃度指標値の長期間平均値（日最高8時間値の年平均値 や単なる年平均値等）			
影響と結果の表現	・コホート研究等における各死因による死亡数との関係について単位濃度当たりの相対リスクの増加割合、またその結果のメタ解析による統合			
知見数	58報	29報	33報	4報

# オゾンの妊娠期・周産期・乳児期曝露の影響

## ● 疫学

	死産・流産・乳幼児死亡	呼吸機能	呼吸器症状・入院	出生体重・早産
曝露	日単位濃度指標値またはその妊娠期間中平均値、出生後の長期平均値			
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>小児の呼吸機能の変化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新生児等の入院、喘鳴等の症状の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低出生体重、早産の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> <li>出生体重や妊娠期間の変化</li> </ul>
知見数	25報	1報	13報	62報

	先天性形態異常	発達影響	母体への影響	その他
曝露	日単位濃度指標値またはその妊娠期間中平均値、出生後の長期平均値			
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>先天性心疾患や口唇口蓋裂等の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自閉スペクトラム症等の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>子癇前症等の疾患、母体の心血管イベントの相対リスクの増加割合</li> <li>母体の血圧や血中バイオマーカー等の変化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>小児の血圧や血中バイオマーカー等の変化</li> <li>小児の疾患発症の単位濃度当たりの相対リスクの増加割合</li> </ul>
知見数	20報	9報	31報	15報

# オゾンの急性曝露影響

## ● 動物実験

	呼吸器影響	循環器影響	神経系・行動影響
曝露	曝露時間（数時間の単回または反復曝露）×曝露濃度の組み合わせ		
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 上皮傷害、上皮繊毛喪失、粘液細胞化生</li> <li>• 炎症・酸化ストレスマーカーおよび関連細胞数の変化</li> <li>• 呼吸数・換気量の変化、気道反応性の変化</li> <li>• 肺泡マクロファージの貪食能低下、肺クリアランス、抗原提示活性の変化</li> <li>• 上記の関連分子及び遺伝子の発現の変化</li> </ul> についての清浄空気曝露群との比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 心拍数、心拍変動、血圧の変化</li> <li>• 血圧関連生理活性物質の変化</li> </ul> についての清浄空気曝露群との比較	中枢神経系における <ul style="list-style-type: none"> <li>• 炎症及び酸化関連分子の変化</li> <li>• 神経細胞の活性化、変性</li> <li>• 学習・記憶試験成績の低下</li> </ul> についての清浄空気曝露群との比較
知見数	276報	21報	22報

	代謝影響	遺伝子傷害性	その他の影響
曝露	曝露時間（数時間の単回または反復曝露）×曝露濃度の組み合わせ		
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 血糖値、中性脂肪、コレステロール及び関連ホルモンの変化</li> <li>• 耐糖能異常、インスリン抵抗性の変化</li> <li>• 上記の関連分子及び遺伝子の発現変化</li> </ul> についての清浄空気曝露群との比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DNAの切断や損傷</li> </ul> についての清浄空気曝露群との比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 皮膚の抗酸化物質の変化、創傷治癒の遅延、など</li> </ul> についての清浄空気曝露群との比較
知見数	9報	7報	21報

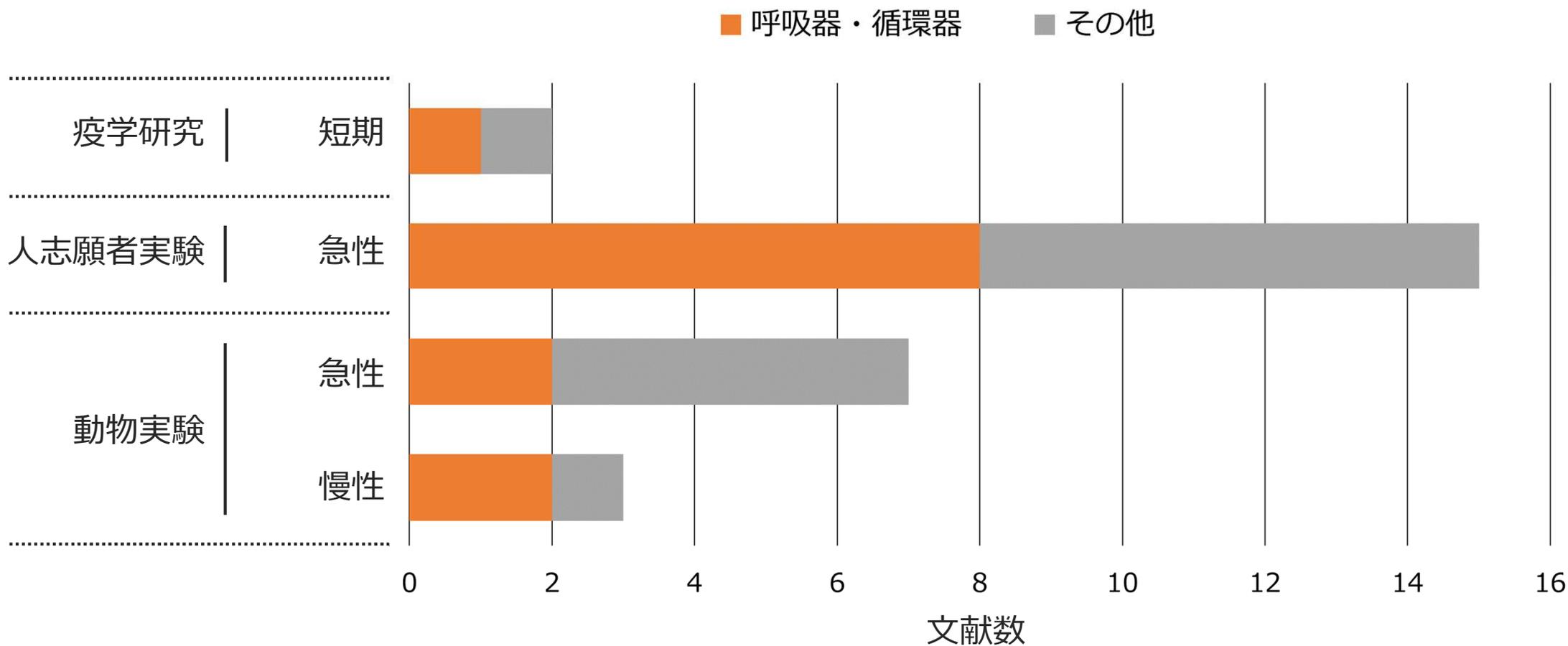
# オゾンの慢性曝露・妊娠期曝露影響

## ● 動物実験

	呼吸器影響	循環器影響	神経系・行動影響
曝露	曝露時間（数時間の反復曝露）×曝露濃度の組み合わせ		
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>上皮基底膜肥厚化、扁平上皮化生、若齢期曝露による気道分岐や直径の変化</li> <li>炎症・酸化ストレスマーカーおよび関連細胞数の変化</li> <li>呼吸数・換気量の変化、気道反応性の変化</li> <li>肺クリアランス、抗原提示活性の変化</li> <li>上記の関連分子及び遺伝子の発現の変化</li> </ul> についての清浄空気曝露群との比較	・心拍数、心拍変動の変化 についての清浄空気曝露群との比較	中枢神経系における ・炎症及び酸化関連分子の変化 ・神経細胞の活性化、神経細胞数の変化 ・学習・記憶試験成績の低下 についての清浄空気曝露群との比較
知見数	65報	8報	18報

	代謝影響	変異原性・発がん	妊娠期曝露影響
曝露	曝露時間（数時間の反復曝露）×曝露濃度の組み合わせ		曝露時間（妊娠期間中の単回または反復曝露）×曝露濃度の組み合わせ
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>高血糖、耐糖能異常、糖代謝ホルモンの変化</li> </ul> についての清浄空気曝露群との比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>遺伝子変異・発がん</li> </ul> についての清浄空気曝露群との比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>親動物における血糖値、遊離脂肪酸の変化、精子数、産子数の変化</li> <li>胎児及び出生仔の発達</li> </ul> の変化 についての清浄空気曝露群との比較
知見数	3報	6報	15報

# PANの健康影響に関する文献数の内訳



注釈：複数のエンドポイントについて評価している知見については各エンドポイントで集計

## ● 疫学

	呼吸器	その他
曝露	日単位濃度指標値（日最高1時間値）	
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>自己申告症状（胸部不快感）、呼吸機能（FEV1等）との関連</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自己申告症状（目の刺激、全般的気分）との関連を調査</li> </ul>
知見数	1報	1報

## ● 人志願者実験

	呼吸器・循環器	その他
曝露	曝露時間（数時間の単回または反復曝露）×曝露濃度×分時換気量（安静、運動）の組み合わせ	曝露時間（数時間の単回または反復曝露間）×曝露濃度の組み合わせ
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>指標（酸素摂取量、最大有酸素運動能力、FEV1、FVC等）のレベルないし清浄空気曝露時からの変化量</li> <li>自覚症状を訴える被験者数等について、清浄空気曝露時との比較</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自覚症状（目の刺激）を訴える被験者数やその程度等について、清浄空気曝露時との比較</li> </ul>
知見数	8報	7報

## ● 動物実験（急性）

	呼吸器	その他
曝露	曝露時間（数時間の単回または反復曝露）×曝露濃度の組み合わせ	
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炎症</li> <li>・細菌感染性肺炎・気管支炎及びそれによる死亡</li> </ul> についての清浄空気曝露群との比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>・死亡、DNA損傷・遺伝子変異、活動強度</li> </ul> についての清浄空気曝露群との比較
知見数	2報	5報

## ● 動物実験（慢性）

	呼吸器	その他
曝露	曝露時間（数時間の反復曝露）×曝露濃度の組み合わせ	
影響と結果の表現	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炎症、上皮過形成</li> <li>・細菌感染性肺炎・気管支炎及びそれによる死亡</li> </ul> についての清浄空気曝露群との比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>・行動異常、成長遅延、血中成分の変化</li> </ul> についての清浄空気曝露群との比較
知見数	2報	1報