

持続可能な航空燃料の導入を見据えた航空機排出ガスの大気環境への影響評価

研究開発の背景

世界的な航空機需要については、COVID-19の影響によりかなり落ち込んだところであるが、その後需要が急回復し、COVID-19以前の成長曲線に近づくと試算されている。また、航空機由来の排出ガスについては、国際民間航空機関（ICAO）において、航空機由来の排出ガスに含まれる超微小粒子状物質（UFP：100nm以下）が健康に及ぼす可能性を指摘し、ICAOによる粒子排出規制が2020年以降の製造エンジンから適用されている。

現在、航空機分野においては、気候変動対策の観点から、CO2排出削減効果が高い「持続可能な航空燃料（SAF）」に対する期待が国際的にも高まっており、我が国でも導入促進が進んでいるところである。

航空機分野の規制においては国際的な枠組みが非常に重要であり、我が国も国際動向に遅れることなく、UFPを含む航空機由来の排出ガスに関して、大気汚染対策と気候変動対策の両方の観点から評価を実施できるよう取り組む必要がある。

図.COVID-19後の国際的な航空機利用客予測

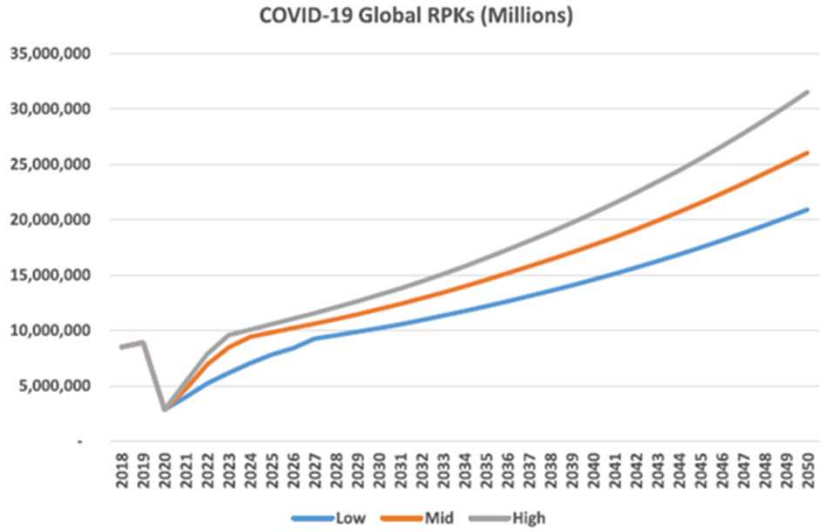
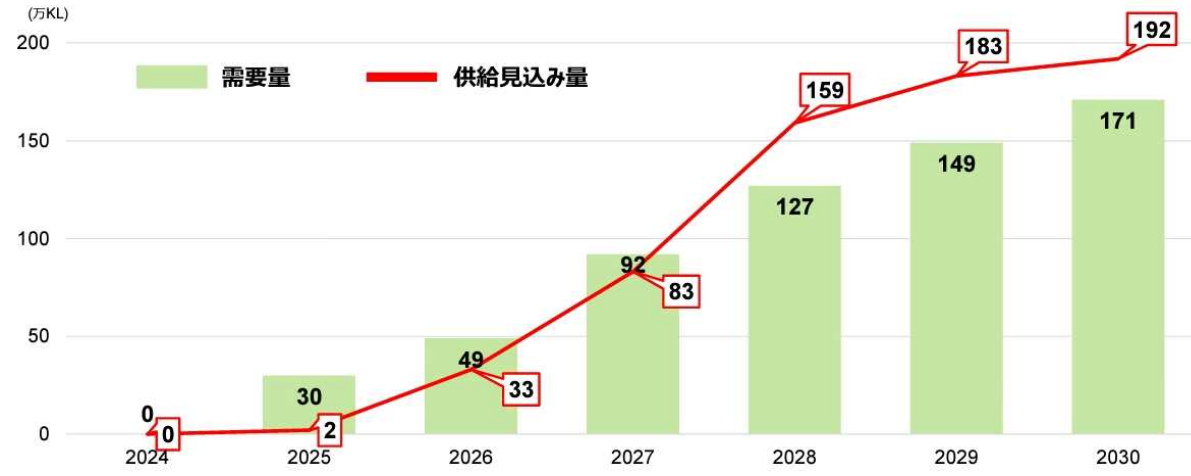


FIGURE 1-1: COVID-19 Global Passenger Forecast Scenarios

図. 2030年までのSAFの利用量・供給量の見通し等について (2023年5月時点)



【出典】経済産業省「持続可能な航空燃料（SAF）の導入促進に向けた施策の方向性について（中間取りまとめ（案））」

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/saf/pdf/003_07_00.pdf

持続可能な航空燃料の導入を見据えた航空機排出ガスの大気環境への影響評価

研究開発の成果

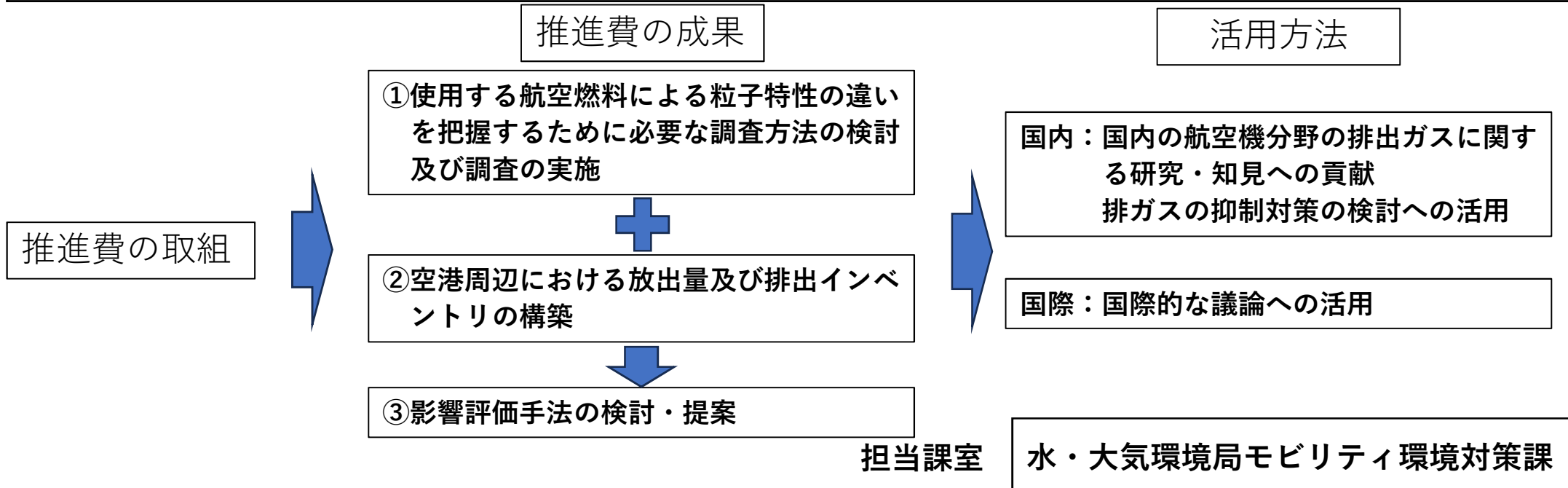
航空機由来の排出ガスに関する以下の調査等を行う。

- ① SAFも製造方法が複数あり、排出ガスの構成が異なることが予想されることから、使用する航空燃料による粒子特性の違いを把握するために必要な調査方法の検討及び調査の実施
- ② 影響評価を実施するにあたり、基礎となる空港周辺における放出量及び分布（排出インベントリ）の構築
- ③ 上記の結果や既往の知見に基づき、代表的な空港における大気汚染対策と気候変動対策の両方の観点から最適な評価方法の検討・提案

研究開発成果の活用方法

国内においては、大気環境への影響を把握するための標準的な排出インベントリを構築し、インベントリのデータを国土交通省や空港管理者・航空会社等の関係者と共有することにより、排出ガスの抑制対策を検討する際に活用されることを想定している。

また、国際的な観点では、ICAOやその関係機関で行われる航空機に係る国際的な規制の議論に対し、気候変動対策に留まらず、大気汚染対策も視野に入れた知見提供を行うことで、航空機分野での我が国の貢献に繋がる。



国内におけるPM2.5曝露と神経系疾患等との関連性に関する研究

研究開発の背景

- WHOを始め、**微小粒子状物質（PM2.5）のガイドライン値の見直し**が世界的に進められている
- ▼
- PM2.5の健康影響はその構成成分により異なるため、健康影響に関する**我が国における知見の蓄積**が求められる（平成21年 中央環境審議会答申）
 - 特に、米国環境保護庁で新たなエンドポイントとして指摘されている、**神経系疾患（アルツハイマー病、パーキンソン病、うつ病等）**や**がん**との関連性に係る我が国における科学的知見の蓄積が求められる

研究開発の成果

- 国内地域におけるPM2.5が各種の神経系疾患やがんの発症に与える影響を、**疫学や毒性学等**の観点から評価した成果
 - ✓ PM2.5の**構成成分**
 - ✓ **季節性**
 - ✓ **地域性**

研究開発成果の活用方法

- PM2.5の健康影響についての**様々なエンドポイント**を対象とした**新たな科学的知見の蓄積**
- ▼
- 我が国において**PM2.5の環境基準の再評価**を行う場合に重要な科学的基盤となる

研究開発の背景

- 水・大気環境局に設置した「PFAS に対する総合戦略検討専門家会議」において指摘されているように有機フッ素化合物群（PFAS）については、**物質の性状等に応じた合理的なリスク管理**の実現に向けた検討が必要だが、個別の**有害性に関する知見が不足ないし存在していないもの**が多く、更なる科学的知見等の充実が求められる。
- ▼
- 毒性プロファイルが類似する物質群を**物質群として評価する手法等**を活用し、**PFASの包括的な健康影響評価**に係る科学的知見を集積していく必要がある。

研究開発の成果

- 多数存在するPFASについて、**物質群としてのリスク評価の実現**に向けて
 - ✓ トキシコゲノミクス手法等による毒性の作用機序に立脚した知見
 - ✓ ワクチン効果の低減等に係る有害性評価や In vitro手法を用いた網羅的な評価

研究開発成果の活用方法

- 当該**物質群を対象とするリスク評価**
- ▼
- リスク管理を行う優先度の高いPFAS範囲の明確化や基準値の設定等、**PFASに係るリスク管理方策の導入**に向けた基盤的知見となる

34. 内分泌かく乱作用に係る影響指向型解析手法の確立

背景

- ・「化学物質の内分泌かく乱作用に関する今後の対応－EXTEND 2022－」に至るプログラムの下で、個々の化学物質に着目した試験・評価を実施。
- ・内分泌かく乱作用に着目して環境中に存在する原因物質を確認することは実施していない。
- ・同プログラムにおける活用に向けて、未知の物質を効果的に同定する手法を確立する必要。
- ・EXTEND2022本文において、「本プログラムの中で未だカバーしていない課題について、…環境側からのアプローチとしての影響指向型解析等を試みる…。」と言及。

成果の活用方法

- ・未知・未同定の物質を見出す手法としてEXTEND 2022の枠組みに組み込み、個々の物質に着目した試験・評価の体系と相補的に運用。
- ・本研究によって作用が確認された物質は、EXTEND 2022の下で試験・評価等の必要性を検討。

求める研究開発の成果

環境水中の内分泌かく乱作用に係る原因物質の同定を目的として、

遺伝子導入生物等を用いる生物試験法、ハイスループットのin vitro手法やin silico手法などの新たな評価手法(New Approach Methodologies = NAMs)のような影響評価手法

近年発展が目覚ましい高分解能質量分析装置や、マルチターゲット分析システム等の分析手法

の両者を組み合わせた影響指向型解析手法の開発を求めます。

上記手法の開発検討を通じて、環境中に存在する女性ホルモン様作用や(抗)男性ホルモン様作用に関する未知・未同定物質の候補を見出すことを期待します。

35. 作用、構造等が類似する複数物質の健康リスク評価に関する実践的研究

背景

- ・人は環境中に存在する多数の化学物質に同時に曝露されている。
- ・単一物質に着目したリスク評価のみでは、必ずしも十分ではない。
- ・複数物質の同時曝露に基づくリスクの評価(いわゆる「複合影響評価」)には課題が多く、手法の定式化は進んでいない。
- ・複合影響評価については、WHO/IPCSによる段階的評価枠組みやOECDガイダンスが提示されているが、健康リスク評価を具体的に進めるための手法等は未確立。

成果の活用方法

- ・環境省において作成予定の「化学物質の複合影響評価に関するガイダンス(仮称)」に反映。
- ・環境行政の下で実施する健康リスク評価(化学物質の環境リスク初期評価、有害大気汚染物質の健康リスク評価等)に反映。

求める研究開発の成果

- 検討対象物質群(構造、作用等が類似するもの)として、環境経由で同時に曝露され人に対する健康リスクが高いことが見込まれるなど、環境行政にとって健康リスク評価の必要性が高いと考えられる物質群を取り上げることが求めます。
- 同物質群を対象として、以下の成果を求めます。

- ★ 実現可能な複合影響評価に関する手法を開発(有害性評価及び曝露評価(実験的手法も含みうる)並びにリスク判定(risk characterization)をカバー)
- ★ この手法を用いて、環境行政の下での評価の実践を念頭に置いて健康リスク評価結果を提案。

- ☞ 本**実践的研究**は、評価のための個別の科学的ツールの開発を求めるものではありません。
「手法の科学的裏付けや得られるデータに限界がある中で、いかに評価を進めるか」という視点の下での手法、考え方等が、具体的な物質群の評価を通じて提示されることが重要です。

研究開発の背景

光化学オキシダント（Ox）については、環境基準達成率が著しく低い状態が長年継続している。前駆物質に共通点が多い微小粒子状物質（PM2.5）は諸外国で基準の見直しが検討されている等、国際的にさらなる濃度低減が求められている。これらの前駆物質である炭化水素（HC）は総排出量も大気中の濃度も減少しているが、一方で **Ox 濃度が減っていないこと、及び既知の化学反応だけでは Ox や PM2.5 の濃度の観測値とシミュレーションによる予測値が一致しないこと**から、Ox及びPM2.5濃度のさらなる低減対策の検討のためには、Ox、PM2.5、HCの相互反応や詳細な動態解明が必要である。

研究開発の成果

- ① Ox、PM2.5、HC及びその他のOxの前駆物質について、未知の反応機構を解明する。
- ② ①で解明した反応機構を既存の大気環境シミュレーションソフトウェアに反映することで、大気汚染物質濃度の予測精度を向上させる。
- ③ ②の結果から Ox、PM2.5の濃度を予測するとともに、それぞれに対する HCの影響を解明する。HCによる影響についてはHCの成分毎に求める。

研究開発成果の活用方法

- Ox生成に対するPM2.5、HCの影響を Ox前駆物質の効果的な削減方法の立案に活用することで、Ox濃度（特に日最高濃度）の低減及び環境基準達成率の向上を目指す。
- より効果的なOx濃度対策の立案に活用するため、成分毎に求めたHCによるOx生成への影響を元に、現在のHCの常時監視について再検討するための基礎資料とする。
- Ox、PM2.5、HCの濃度は日本よりも中国や韓国にて高い傾向にあるため、日中韓三カ国政策対話、アジア太平洋のパートナーシップ活動等にて、成果の国際的な発信を行うことで、アジアにおける大気環境改善を推進するとともに、日本国内へ越境する大気汚染の低減を目指す。

研究開発の背景

- 自動車単体騒音については、これまで小型車・大型車の車種を問わず、累次の規制強化が行われてきた一方で、いまだ環境基準が未達成の地域もある状況を鑑みると実環境における自動車の詳細な音源寄与度を把握し分析することにより継続的に将来的な課題を抽出し検討する必要がある。

研究開発の成果

- 各地域によって特徴が異なる事情を踏まえ、それぞれの地域における自動車の車種比率、車種分類、車速等の情報とそれと同期した騒音値の道路交通騒音データ取得・蓄積する手法（システム等）の開発。
- 蓄積したデータ等に基づき、騒音源の要因及び車両や路面の状態も考慮した自動車騒音の各音源の寄与率を把握、分析。



研究開発成果の活用方法

- 中央環境審議会における自動車単体騒音のあり方に関する円滑な審議への活用。
- 自動車に関する国連規則の制定、改正議論において、日本の道路交通騒音状況や分析結果を活用。

デジタル社会を見据えた新たな大気・排ガス中の大気汚染物質の測定方法の確立

研究開発の背景

(現行)

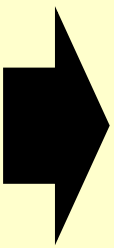
(今後)

排出ガスや大気環境中の大気汚染物質の測定

- ・国が大気汚染防止法の施行規則や告示等により規定
- ・物質ごとに適宜見直し

<課題>

- ・測定方法が開発されず長期に渡り見直しされていない物質がある
- ・採取・分析で手作業が多い



デジタル社会の実現

災害発生等に伴う緊急対応の増加

分析用ヘリウムガスの供給不足

...



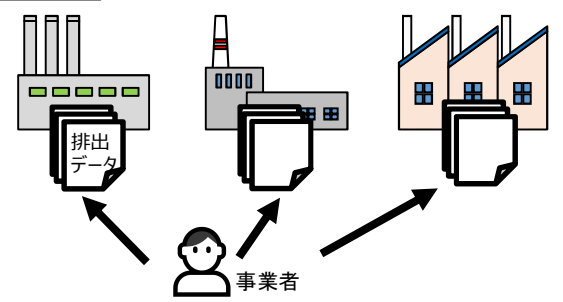
デジタル管理行政を見据えた新たな測定方法の確立が必要

※分析を取り巻く社会情勢が変化

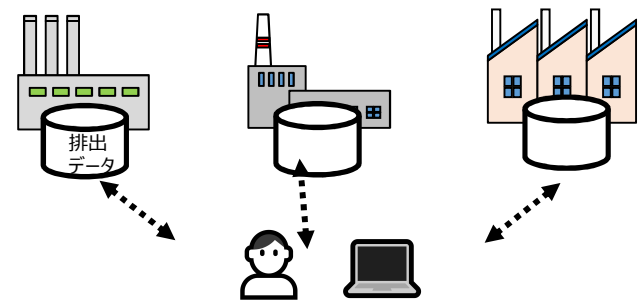
環境DX (デジタル管理行政) の例

現状 測定を実施し、結果確認・記録の保存

デジタル化 オンラインを活用した業務効率化



人力による測定の実施



常時監視等の技術を導入

担当課室 水・大気環境局環境管理課環境汚染対策室

デジタル社会を見据えた新たな大気・排ガス中の大気汚染物質の測定方法の確立

求める研究開発の成果

- 人が介在しない自動測定・連続測定に資する測定技術
- 災害時等に活用できる電源確保が不要な測定技術
- 複数の物質を同時に測定が可能な方法の開発



研究開発成果の活用方法

排出ガスや大気環境中の測定方法などを定める大気汚染防止法や告示、マニュアル等へ反映



- デジタル社会等の実現や災害時における体制の強化に貢献
- 測定の自動化に伴うコスト削減・作業効率化に貢献



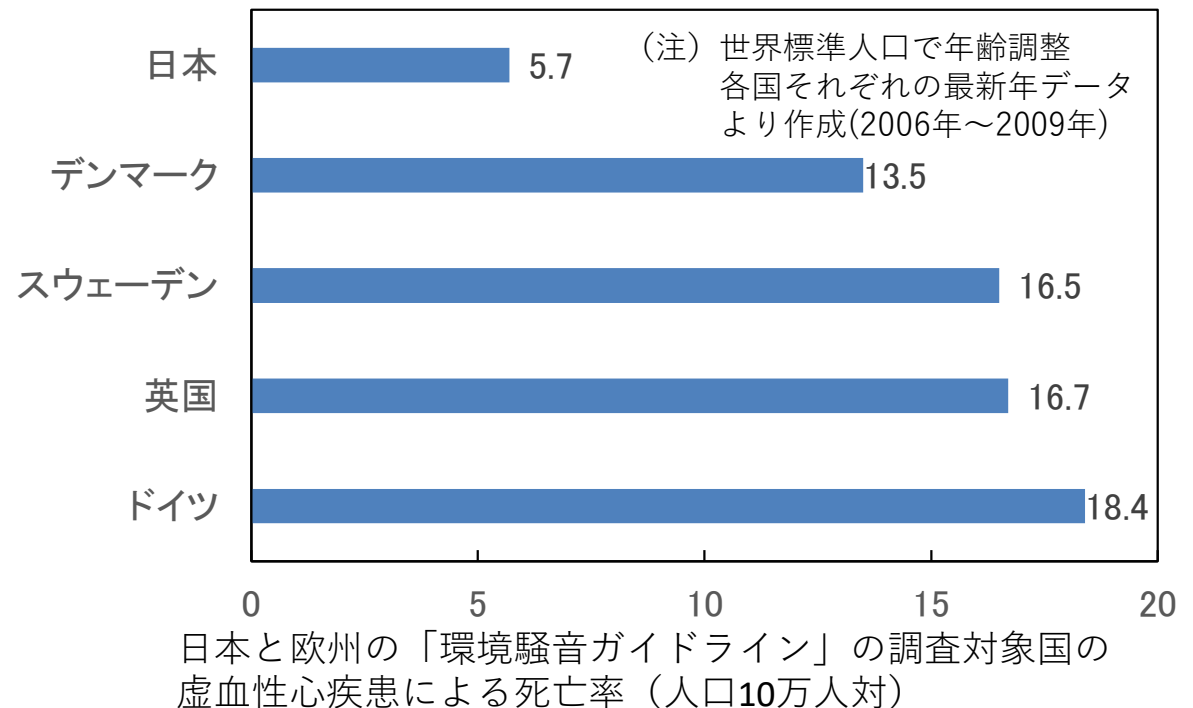
求める研究開発例のイメージ（可搬型FTIR、小型VOC計等）
https://www.nies.go.jp/res_project/s17/reportmeeting.html

研究開発の背景・必要性

- 平成30年にWHO欧州地域事務局が公表した「環境騒音ガイドライン」では、欧州での調査研究データを基に、騒音暴露が虚血性心疾患を含む健康影響を引き起こす可能性を指摘するとともに、この観点も含めた検討を通じてガイドライン値を設定している。
- 我が国においても同様の観点を含めた検討を行うに当たり、虚血性心疾患を含む疾病の発症率の違いや人種差（遺伝要因）等を鑑みると騒音暴露量と発症率の関係が欧州での調査結果とは異なる可能性があることから、我が国における調査データが必要である。

我が国と欧州の虚血性心疾患の死亡率

「環境騒音ガイドライン」の調査対象国（引用されている個別論文の調査区域）の虚血性心疾患による死亡率（世界標準人口で年齢調整）は13.5～18.4であり、日本の5.7と比較して2.4～3.2倍の死亡率となっている



研究開発の成果

- 疫学的手法等を用いて、騒音の暴露状況と日本人の虚血性心疾患を含む健康影響の関連性について定量的に解析し、評価を行う。
- その際、例えば、交通量データ等を用いて特定地点の過去の騒音暴露量を推計するツールを開発した上で既存コホート調査と連携する等により、3年間でまとまった成果を得ることが期待される。

研究開発成果の活用方法

- 我が国における騒音に係る環境基準は生活環境保全上の観点から、睡眠障害、会話妨害、不快感などをきたさないことを基本として設定されている。
- 本研究を通して、騒音暴露による虚血性心疾患を含む健康影響の可能性が示唆された場合には、騒音に係る環境基準の再評価を検討する際に、重要な知見として活用されることが期待される。

欧州のコホート研究における騒音と疾病の関係性

対象地域	デンマークのコペンハーゲン及びオーフス地域
対象者	50～64歳の地域住民の約16万人のうち5.7万人の居住する住民
期間	1988年から2006年まで追跡
騒音暴露種類	道路交通騒音
調査方法	暴露評価：ノイズマップが適用され、詳細な暴露評価が行われている。
結果概要	追跡期間中に1,600例の虚血性心疾患の発症が登録された。道路交通騒音が10dB上がるごとに虚血性心疾患発症リスクが12%高くなる（ハザード比1.12（95%信頼区間1.02-1.22））ことが報告された。診断日を含むその年の騒音暴露と診断日前の5年前の騒音暴露で検討したが、発症リスクは同じであった。
備考	交絡要因（暴露要因と疾病の両方に関係のある要因）の影響についても考慮しており、統計学的に調整している。 交絡要因：年齢、喫煙状況、喫煙本数、喫煙期間、飲酒量、体格（BMI）、運動頻度、教育歴、対象地域レベルでの鉄道からの騒音、大気汚染状況など

研究開発の背景

- マイクロプラスチック（MP）に係る科学的知見の集積は**海洋中MP**を中心に進められてきた
 - ✓ 「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」
 - ✓ プラスチック汚染に関する国際文書（条約）の策定に向けた政府間交渉委員会
 - 海洋中のみならず**大気中にもMPが存在し**、大気を介した海洋-陸域間のMP輸送が指摘されている
- ▼
- **大気中MPの実態、大気を介した媒体横断的なMPの循環**に関する知見は乏しく、その充実が必要

研究開発の成果

- ✓ 一般環境大気中・推定発生源近傍大気中の、MPの濃度・種類・粒径・形状等の**実態把握**
- ✓ MPの**分離技術**や**測定手法**
- ✓ 大気を介した海洋-陸域間の**媒体横断的な循環過程**

+

いずれかもしくは複数

- ✓ MPの**変質過程**や**微細化過程**の解明

▼

あればさらに望ましい

- 大気中MPの**発生源推定**
- **排出インベントリ**の推計
- **人への曝露シナリオ**の推計

につながることを期待

研究開発成果の活用方法

<期待される活用>

- ✓ 国際会議等における我が国からの積極的な**発信・共有**
- ✓ プラスチック汚染に関する国際文書（条約）への貢献
- ✓ MP汚染対策の**世界的な推進**への貢献
- ✓ **MPの発生抑制や削減対策等**、国内政策立案に資する基盤的知見

▼

得られた成果を国民に広く発信

- ✓ 「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」の実現に向けた**プラスチック削減に対する国民の機運醸成**

担当課室

水・大気環境局 環境管理課・環境汚染対策室

植物に対する光化学オキシダント（オゾン）の定量的リスク評価等に関する研究

研究開発の背景

- 光化学オキシダント（Ox）については、健康影響に基づく環境基準を設定し、排出抑制対策を進めてきたが、依然として**環境基準達成率は低い**
 - 加えて、Oxの主成分であるオゾン（O₃）は**植物の生育を阻害し、温室効果を持つ**
- ▼
- 「光化学オキシダント対策ワーキングプラン」及び「今後の水・大気環境行政の在り方について（意見具申）」では、**植物への影響も勘案した総合的な取組み**が求められている

研究開発の成果

- 植物影響の曝露-反応関係（**定量的ハザード評価**）
 - ✓ 感受性に影響を与える要因の不確実性を克服
 - ✓ 国内の植物種への影響
 - O₃実測データが乏しい山間部・高地・農村部地域のO₃濃度・曝露量の推計手法（**曝露評価**）
- 上記2つを基本とする
- ▼
- 定量的ハザード評価 × 曝露評価 に基づく、植物影響についてのリスク評価（**定量的リスク評価**）
- 漸進的に取り組む

研究開発成果の活用方法

- 植物影響を勘案した**環境基準**の検討
 - **濃度低減対策**に係る検討の科学的基盤を得る
- ▼
- 「光化学オキシダント対策ワーキングプラン」の推進
 - 大気環境改善施策と気候変動緩和施策の**コベネフィットアプローチ**の推進

担当課室

水・大気環境局 環境管理課・環境汚染対策室

PFAS全体の存在状況の把握に向けた分析手法等の開発

研究開発の背景

- PFOS・PFOAについては、既に自治体によるモニタリングやばく露防止の取組が進められてきた。
 - 本年1月、環境省に「PFASに対する総合戦略検討専門家会議」を設置。専門家会議において、PFOS、PFOA以外のPFAS（1万種類以上存在）についても、更なる科学的知見の充実が必要と指摘。
- ▼
- 1万種類以上存在するPFAS全体の存在状況を個別の物質毎に調査することは困難であり、環境中のPFAS全体を**総合的・俯瞰的に把握する分析手法**の開発が求められる。

研究開発の成果

- ✓ 環境中における総合的・俯瞰的な存在状況を**効率的・合理的**に把握する分析手法の開発
 - ✓ 効率的でコストを抑えた調査を進めるための**分析手法体系・実施フロー**等の構築
 - ✓ 排出シナリオ等に基づく合理的な**モニタリング地点の選定方法**の提案
 - ✓ 分析結果の有効な活用方策の提案
- ▼
- ✓ **国内環境中のPFASの存在状況を把握**するための中長期的なシナリオ

研究開発成果の活用方法

- PFASの環境中での**存在状況調査**への活用
 - 国内環境中のPFASの**全体像の把握**に活用
- ▼
- PFAS全体を**総合的・俯瞰的に把握**したうえでの**総合的な対応**を検討する重要な基盤的知見

担当課室

水・大気環境局 環境管理課

PFAS全体の存在状況の把握に向けた分析手法等の開発

PFAS等の測定方法の比較 (PFASに対する今後の対応の方向性 参考資料4別添4より抜粋 (令和5年7月))

	AOF	EOF	TOP Assay	LC-MS/MS法
測定方法概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 液体マトリックス中の吸着可能な有機フッ素 (AOF: Adsorbable Organic Fluoride) を測定 ● 活性炭カラム等に吸着させた対象を燃焼イオンクロマトグラフィー(CIC)で測定 ● 測定結果は試料中のフッ化物(F-)濃度となる 	<ul style="list-style-type: none"> ● 土壌や堆積物などの固体マトリックスや液体マトリックス中の抽出可能な有機フッ素 (EOF: Extractable Organic Fluorine) を測定 ● 固相抽出カートリッジ等で抽出した対象をCICで測定 ● 測定結果は試料中のフッ化物(F-)濃度となる 	<ul style="list-style-type: none"> ● PFAA前駆体化合物 (TOP: Total Oxidizable Precursor) を測定 ● 酸化分解によりPFCAやPFSA等の前駆体化合物をPFCA等に変換、LC-MS/MSでPFCA等としての測定 ● 酸化分解前後で差分を取ることで前駆体化合物全体の定量は可能だが個々の物質の評価はできない 	<ul style="list-style-type: none"> ● 個々のPFCAやPFSAを測定 ● 固相抽出カートリッジで抽出したPFCAやPFSA等をLC-MS/MSで測定 ● 個々のPFCAやPFSA等の定量評価が可能だが標準物質等測定メソッドが整っているものしか評価できない
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ● 比較的容易、低コスト ● 有機フッ素の種類を特定できないがスクリーニング手段となり得る 	<ul style="list-style-type: none"> ● 比較的容易、低コスト ● 有機フッ素の種類を特定できないがスクリーニング手段となり得る 	<ul style="list-style-type: none"> ● 比較的煩雑、高コスト ● 前駆体化合物の総量を評価可能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 比較的煩雑、高コスト ● 標準物質が必要になるが個々の物質の濃度を高感度で測定可能
定量性	<ul style="list-style-type: none"> ● MDL: 2.4 $\mu\text{g-F/L}$ (EPA 1621) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Reporting limits: 13~151 ng-F/L (3研究機関) 	(すべての試料で完全な酸化反応を達成することは困難であり、酸化分解率等により変動する)	<ul style="list-style-type: none"> ● LCMRL: 0.53~6.3 ng/L (EPA 537.1)
分析規格例	<ul style="list-style-type: none"> ● EPA 1621 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> ● ISO 21675 ● EPA 533, EPA 537.1 等

- PFAS全体の存在状況を合理的に把握するため、**上記以外の測定方法の提案**や、**複数の測定方法の併用**可。
- 本研究開発においては、PFASの有害性に係る成果は求めないが、**得られる分析結果の有効な活用方策**が提案されることが望ましい。

水域の生活環境動植物への農薬慢性影響評価に係る底質でのばく露評価手法の開発

研究開発の背景

- 環境中に長期にわたり残留する農薬においては、**底質に吸着して存在するものが多いと考えられる。**
- 欧州や米国では、水生生物に対する農薬の影響評価に際して、急性影響のみならず、必要な場合には慢性影響評価を行う仕組みを既に導入している。

第五次環境基本計画（平成30年4月17日閣議決定、抜粋）

○農薬の生態影響の改善

農薬については、国民の生活環境の保全に寄与する観点から、従来の水産動植物への急性影響に関するリスク評価に加え、**新たに長期ばく露による影響や水産動植物以外の生物を対象としたリスク評価手法を確立し、農薬登録制度における生態影響評価の改善を図る。**

求める成果

- 農薬の底質等における残留・流出等について、環境媒体中濃度の予測式や実測等による濃度把握方法、底質中に残留する農薬の状態（底質に吸着等）
 - 底生生物へのばく露経路を踏まえた、行政等が活用可能なばく露評価手法
- ★急性影響評価の予測式はTier性になっていることにご留意いただきたい。

成果の活用方法

- 水域の生活環境動植物に対して、底質に存在する農薬のリスクについても適切に評価することを目的とし、底質中に存在する**農薬の予測濃度の算出やリスク評価手法の確立**に活用
- 農薬の有効成分の特性を踏まえた評価上の注意点の把握や、優先度の高い農薬の選定に活用