

研究開発の背景

人の生体試料を分析するヒューマンバイオモニタリング（以下、HBMという）は、人への化学物質のばく露実態を把握する上で重要な手法である。

一方、生体試料中には体内に取り込まれたばく露物質の代謝物も含まれるが、結果を化学物質管理に活用するには、ばく露物質の把握も重要である。また、限られた試料量と一度の分析でより多くの物質をモニターする手法やばく露物質を総体として捉える手法の開発が望まれ、さらに測定結果を解析するためのツール（データベース）の整備などが必要となっている。

本研究では、これらの課題の解決を目指す。

研究開発の成果

- ・ HBMに係る網羅的分析手法とその測定条件
- ・ 測定物質からばく露物質を推測するツール（データベース化が望ましい）

研究開発成果の活用方法

一般的な国民の化学物質へのばく露量を把握するための「化学物質の人へのばく露量モニタリング調査」は、現在、本調査に向けた検討を行っている。

本研究の成果を導入することで、より広範囲な化学物質のばく露量の把握が可能となることが期待される。

マイクロプラスチックの吸入曝露による生体影響を評価する手法の構築に関する研究

研究開発の背景

- 海洋・水環境中のみならず**大気環境中におけるマイクロプラスチック**の環境汚染が懸念。
 - 生体影響についての科学的知見の集約・評価も課題とされている。
 - 吸入曝露による生体影響は、変性や劣化によっても変化することが示唆されており、**素材の種類、サイズ、劣化等**を考慮した評価が必要とされている。
- ▼
- 多様なマイクロプラスチックのすべての要素について**吸入曝露試験**を実施するには技術的・費用的制約があるため、**効率的・体系的な評価手法**を構築する必要がある。

研究開発の成果

- マイクロプラスチックの様々な要素（素材の種類、サイズ、劣化等）の吸入曝露・生体影響を**効率的・体系的に評価できる手法**を構築する。
- ▼
- 吸入曝露試験を実施し、慢性的な吸入曝露の生体影響を評価する。

研究開発成果の活用方法

- マイクロプラスチックの吸入曝露・生体影響評価の基盤。
- マイクロプラスチックの有害性評価、大気環境管理体系・化学物質管理体系・新たな枠組みの検討。
- プラスチック汚染に関する国際会議等へのプレゼンス向上への貢献、マイクロプラスチック汚染対策の国際的な推進への貢献。

担当課室

水・大気環境局 環境管理課

研究開発の背景

- 大気汚染物質による健康影響や環境影響に係る科学的知見は**増加**する一方。
 - 環境目標値を検討するために収集・整理が必要な文献は年々**増加**。
 - 必要な文献のみを**効率的・選択的に収集・整理**することが必要。
- ▼
- **人工知能（AI）等のデジタル技術**を活用した文献スクリーニング・レビューツールの開発が期待されている。

研究開発の成果

- **人工知能（AI）・大気汚染物質・レギュラトリーサイエンスの専門家**からなる研究体制による、**国内における環境目標値の設定の経緯や運用体制により調和した支援ツール・スキーム**の新たな開発
- 少量の人間の判断情報（エキスパートジャッジ）から**逐次更新的にフィードバックしながら学習を深めていくアルゴリズムの研究、モデルの開発**

研究開発成果の活用方法

- 限られた人的資源・時間的制約の下で**迅速・効率的**な環境目標値の設定に貢献。
- 環境目標値の決定プロセスや精査した論文情報がデータとして積み上がることで**後の検討を効率的に進め**られるようにする。
- **他の環境施策分野にも適用可能な拡張性**を持たせることを期待。

研究開発の背景

- 2009年にPM2.5の大気環境基準を設定した際、今後取り組むべき調査研究の一つとして「**PM2.5の成分濃度の異なる様々な地域を対象とした成分組成の相違に着目した疫学研究**」が挙げられた
 - 環境基準設定以降、PM2.5総質量濃度及び構成成分に関する測定データが蓄積され、それらを活用した疫学研究により、PM2.5総質量濃度と健康リスクの関係についての知見は充実しつつある
- ▼
- PM2.5構成成分の違いによる健康リスクとの関係については十分とはいえず、**PM2.5構成成分と健康リスクの関連性についての疫学知見の充実**を図る必要がある。

研究開発の成果

- 国や地方公共団体で測定しているPM2.5構成成分の測定データ等を活用し、**地域別・発生源別のPM2.5構成成分**と総質量濃度を推定するアルゴリズムを開発
- それを用いて既存の疫学研究のデータと組み合わせることにより、**PM2.5のどの構成成分が健康影響を生じさせているのかに関する疫学研究**

研究開発成果の活用方法

- PM2.5大気環境基準の見直しを検討するにあたっての基盤的知見のひとつとして活用
- PM2.5の地域別の発生源対策に、健康影響の観点から有効な知見を提供、効率的な濃度低減に貢献
- 日本から発信した知見として国際社会での環境対策にも応用可能な成果の提供

担当課室

水・大気環境局 環境管理課

化学物質リスクの多様化にも対応した持続的な環境監視に資するダイオキシン類分析法の開発

研究開発の背景

- 環境中の化学物質リスクの多様化を受けた**環境監視における効率化や情報の利活用**が課題
(「今後の水・大気環境行政の在り方について (意見具申)」)
- **ダイオキシン類**調査測定マニュアルは2000年当初以来大きく変わっておらず、他の監視項目に比べて大幅に**時間、労力、コスト**等がかかり、**限られたリソースを圧迫する**要因の1つ
- ヘリウムや測定機器 (HRGCMS) そのものの**安定調達が近年困難**となり、革新的な測定方法の開発は喫緊の課題
- なお、現在もダイオキシン類の環境基準や排出基準の超過が報告され、依然として**環境監視・管理の重要度は高い**

研究開発の成果

- 必要な精度を維持しつつ、とくに課題となっている試料採取・前処理・測定法における**所要時間・労力・コスト・資源**のいずれかもしくは複数の要素を**半分程度**まで引き下げる方法の開発
- 公定法の改良を明確な目標として見据え、複数試験所間比較など分析法の**標準化**に必要な検討
- 併せて、同時にダイオキシン類以外の**複数の化学物質情報の取得と解析**が可能な方法の検討

研究開発成果の活用方法

- **費用・時間対効果の最大化**と媒体横断的な適用を考慮した時宜にかなうダイオキシン分析マニュアルの作成・改訂に活用
- ▼
- 自治体や分析機関における多様化する環境化学物質の測定のための余力を生み出し、**環境監視・リスク管理の多面的・網羅的な対応**に寄与する
 - 新たな**懸念物質の発見と早期調査**に貢献する

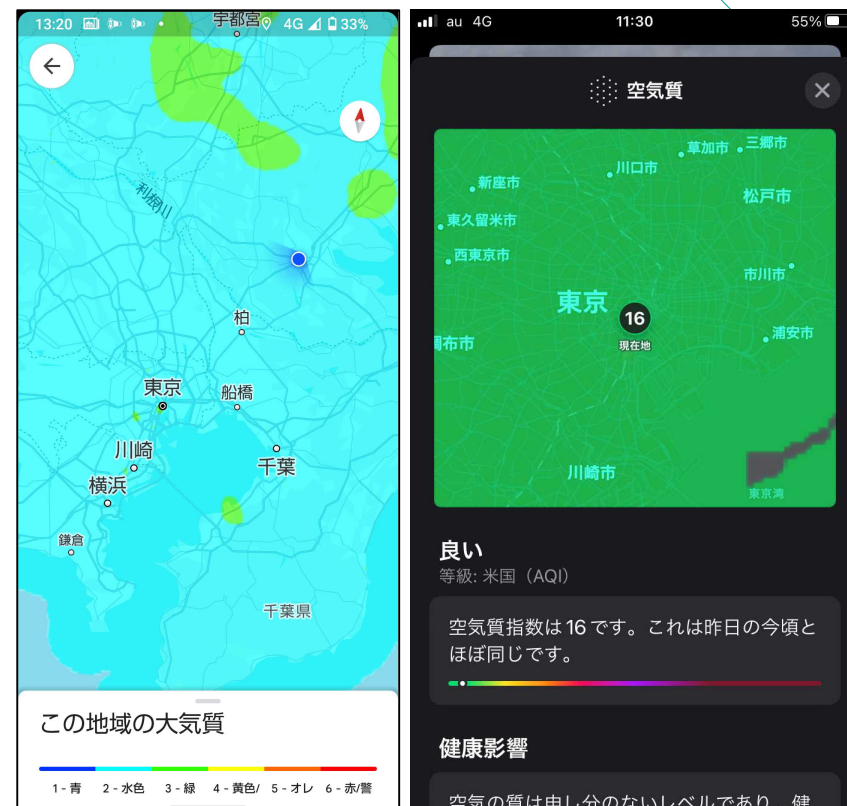
日本版大気質指数（AQI）の検討

研究開発の背景

AQI（Air Quality Index）は世界各国で使用されている大気汚染の度合を示す数値指標であり、近年ではスマートフォンの地図アプリにもAQIが自動的に表示される等、大気汚染の状況を手軽に認知するための手段として注目を集めている。

一方で大気汚染物質の測定方法が国によって異なるのと同様に、AQIも国によって算出方法が異なっている。現時点で、我が国ではAQIは採用していないため、国内外の研究者や個人が独自にAQIを算出、公開している事例に対して、その情報の正確性を担保できず、また、知見を持たない国民に誤解を与えることが懸念される。このため、環境省としては、「日本版AQI」を示すことで大気常時監視のデータを国民に対してより身近に示すことが必要と考えている。

左：Androidでの表示例
右：iPhoneでの表示例



研究開発の成果

- 健康影響に基づいたAQIの算出方法の検討
一般的に、AQIは数値指標だけでなく、「0～50は緑、51～100は黄、101～150は橙……」というような段階評価を設けており、それらは健康影響を元に設定されている。日本版AQIを設定する場合、現在の常時監視測定局のデータからどのような指標の組合せとできるかについて知見を求めたい。

研究開発成果の活用方法

- 環境省大気汚染物質広域監視システム「そらまめくん」等を通じた、日本版AQIのリアルタイムの公表。（研究終了時にすぐに「そらまめくん」に反映する訳ではないが、将来的に表示機能を持たせる可能性はある。また、本研究の成果でAQIの環境基準を設定するということはない。）
- 情報化社会が進む中で、国民に対しより分かりやすく、かつ身近な大気汚染についての指標を示すことによる、国民の安全・安心に資するコミュニケーション・周知への活用。

担当課室

水・大気環境局 環境管理課 環境汚染対策室 大気環境対策班
水・大気環境局 環境管理課 大気環境基準班

植物由来の揮発性有機化合物(BVOC)の環境大気中における動態把握

研究開発の背景

環境基準達成率が0%に近い状態が長年続いている光化学オキシダントの原因物質のひとつである揮発性有機化合物(VOC)は、主な排出源となる産業界の自主的取組によって排出量を減少させてきた。一方で、光化学オキシダントの環境基準の達成状況が改善しない理由のひとつとして、地球温暖化による「植物由来のVOC」(BVOC)の増加があるといわれており、これ以上人為発生のVOCの排出削減に注力する必要がないのではとの声も挙がっている。

環境省としては、引き続きVOC排出削減の取組を進めるに当たり、オゾンの生成に対するBVOCの影響について把握する必要があると考えている。

研究開発の成果

- ・ 環境大気中におけるBVOCの生成量と動態の解明
- ・ BVOCのオゾン生成への寄与の解明（特に、光化学オキシダント注意報の発令が多い地域。）
- ・ 地球温暖化が進行する中での将来的なBVOC及び人為発生のVOCによるオゾン生成への寄与の影響評価

研究開発成果の活用方法

- ・ 植物起源、人為発生起源のVOCがそれぞれどの程度、オゾン生成に対して寄与しているのかを明らかにすることで、人為発生起源のVOC削減対策の根拠とする。

担当課室

水・大気環境局 環境管理課 環境汚染対策室 大気環境対策班

内分泌かく乱作用に係る影響指向型解析手法の確立に向けた研究

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影響指向型解析手法の開発に向けて、

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)の環境水への活用や適用範囲に関する知見

高分解能質量分析装置等を活用した、内分泌かく乱物質に特化したライブラリーの構築や多成分一斉分析手法の開発

に関する研究成果を求めます。

これらの研究を通じ、次のような成果を期待します。

- ・内分泌かく乱作用が懸念される地点の把握
- ・同作用への寄与が大きい物質の把握
- ・同作用に関する未知・未同定物質の候補の抽出等

環境中の医薬品が魚類の行動、繁殖等に及ぼす影響の評価手法に関する研究

背景

- ・第六次環境基本計画において、「環境中に存在する医薬品等(PPCPs)の環境リスク評価」について言及。
- ・医薬品は構造や作用が多岐にわたり、魚類の行動や繁殖に影響を及ぼすものがあるが、既存の国際標準試験法では的確に把握することができない。
- ・このような影響を効果的かつ効率的に把握するため、新たな試験評価法の開発が必要。
- ・推進費研究「5-2204 魚類に対する環境医薬品の影響評価法開発に関する研究」により、基礎的な知見が得られつつある。

成果の活用方法

- ・環境省で進めている医薬品等の環境リスク評価の中で直ちに活用し、行動等に対する影響を含める形で評価を進めていく。
- ・本研究を通じて有望な試験評価手法が確立できる見通しがたった場合は、OECDテストガイドラインプログラムへの情報提供やプロジェクト提案を行う。

求める研究開発の成果

- 医薬品が魚類の行動や繁殖に及ぼす影響を把握するための評価手法を、定型的な試験法として提案することを到達目標とします。
- 影響が生ずるメカニズムの理解に基づいた試験評価手法を提案することを求めます。
- これに向け、以下のような成果を挙げることを期待します。

- ・ 医薬品が魚類に及ぼす影響について、医薬品受容遺伝子と応答遺伝子のレベルで作用機序を解明する。医薬品原体だけでなく代謝物も考慮する。
- ・ 低濃度長期暴露による生物影響について、表現型への影響も含め作用機序を解明する。
- ・ 国際標準試験法の構築を視野に入れて、試験手順を定型化し、妥当性の確認を進める。

研究開発の背景

水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直し

令和3年10月 大腸菌群数 → 大腸菌数に改正

よりの的確にふん便汚染を示す指標として大腸菌群数から大腸菌数に見直し

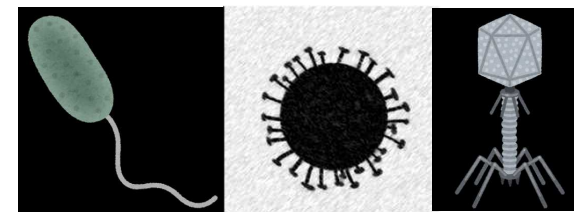


しかしながら

水系感染症を引き起こす病原体は、浄水・下水処理プロセスでの除去性や塩素による消毒耐性、環境水中での挙動が指標微生物（大腸菌）とは異なるものが存在しており、ふん便汚染を的確に捉えるため、大腸菌数以外の新たな衛生指標が必要

(引用：水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて（第2次答申）（令和3年7月19日）)

研究開発の成果



ふん便汚染等をよりの的確に捉えることを目的に、

- ①大腸菌と環境中の挙動が異なる細菌・原虫・ウイルス等の微生物に有効な指標微生物の選定や環境基準の新たな枠組みの提案
- ②環境基準として地方自治体での測定を見据えた調査手法の開発
水道水の安全確保の観点からも参考となる指標となることを期待

研究開発成果の活用方法

水環境中に潜んでいる衛生面でのリスクについて、
新たな衛生指標を確立を目指すと共に、
安全安心な水環境の確保を図る

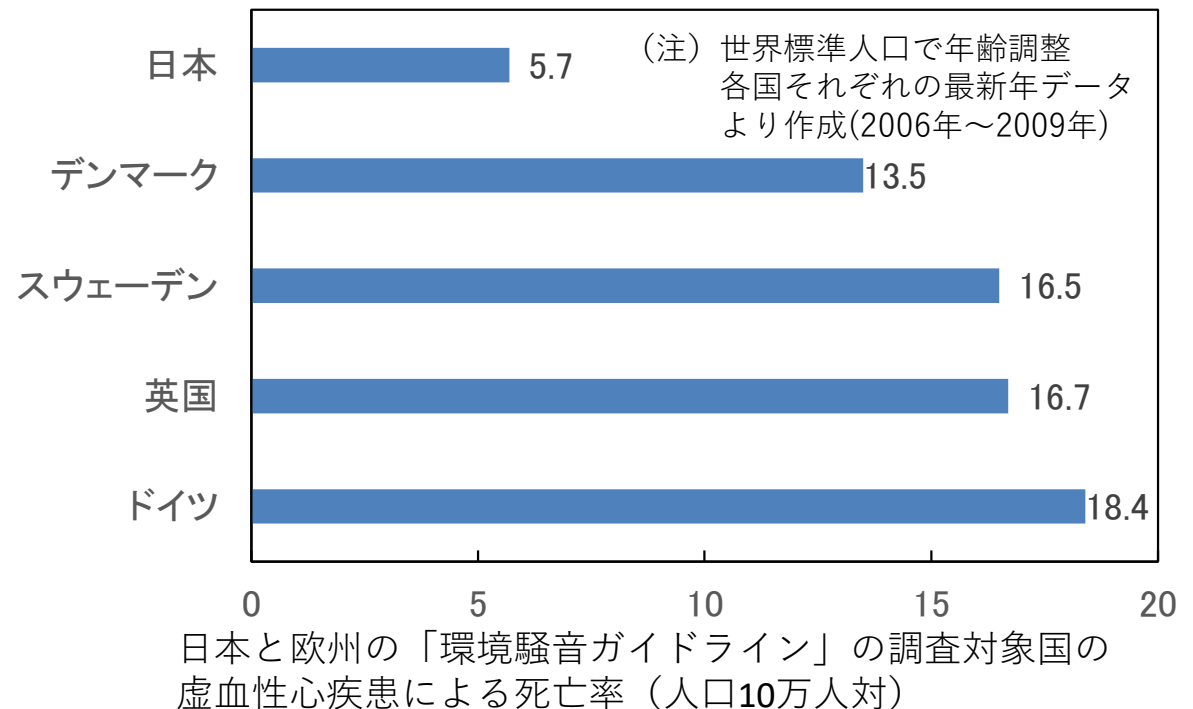
我が国における騒音と人の健康影響に係る疫学的解析

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



我が国における騒音と人の健康影響に係る疫学的解析

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

我が国における夜間の騒音暴露の睡眠影響に係る生理指標を活用した解析

研究開発の背景

- WHO欧州地域事務局が公表した「環境騒音ガイドライン」の航空機騒音についてのガイドライン値
 - 日中の影響に鑑みた時間帯補正等価騒音レベル (L_{den})
 - 睡眠影響に鑑みた夜間の等価騒音レベル (L_{night})
- また、環境騒音による夜間の睡眠影響の評価指標
 - 夜間の等価騒音レベル (L_{night})
 - 騒音レベルの最大値 (L_{max})上記がデファクトスタンダードとなっている
- 我が国独自の知見を収集する必要がある。

研究開発の成果

- ✓ WHOガイドライン値は、自己申告の質問紙調査を実施した研究のメタ分析結果に基づいている
 - ✓ 近年進歩しているウェアラブルな睡眠記録ツールを活用し、航空機騒音の発生状況と生理指標の対応関係を記録
- ▼
- ✓ 自己申告では調査が難しかった睡眠構造に関する情報を得られる可能性
 - ✓ 慢性的な騒音暴露と睡眠影響の発生を結びつける病態生理学的なメカニズムの解明に貢献
 - ✓ 睡眠影響に係る生理指標の評価手法の開発等が期待できる

我が国における夜間の騒音暴露の睡眠影響に係る生理指標を活用した解析

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、睡眠影響、会話妨害、不快感をきたさないことを基本として設定
- 本研究を通じて、夜間の騒音暴露の睡眠影響に関する新しい知見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、重要な知見としての活用が期待される。

現行の大気汚染物質モニタリングを補完する新たな測定手法及びセンサーの開発

研究開発の背景

大気汚染防止法の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視（以下「大気常時監視という。」）については、全国の拠点に測定局舎を建設し、測定機器を設置し、昭和40年代後半から継続して実施しているが、現在では、簡易測定器の登場や、衛星による観測など、既存の測定局と比較しても設置場所を選ばないという利点を持った測定手法も開発されている。また、このような技術開発の現状だけではなく、大気環境行政に携わる人材不足や技術者の育成、大気環境監視局の維持管理の費用負担等の課題と併せると、大気常時監視体制のあり方を考える時期にきていると言える。

研究開発の成果

現状の測定体制を補完するために、以下の2つについて成果を求める。

- ① 設置や運用のコストを抑えたPM2.5濃度測定技術の開発と、従来の測定機器との整合性を担保する精度管理等の手法。
- ② ①の測定結果に加えて、シミュレーションや機械学習等を用いたり、衛星等の他の観測データと連携したりなど、SPMやPM2.5の濃度を測定している測定局のデータに気候や周辺状況の情報を反映することで、周辺地域のPM2.5濃度をリアルタイムに推定する手法の開発。

研究開発成果の活用方法

- ・ 現在PM2.5計を設置できていない地域において、①の技術を活用した測定機を数多く設置することにより、より正確なPM2.5濃度を把握する。
- ・ ②の技術を大気汚染物質広域監視システム（そらまめくん）に活用し、我が国のPM2.5濃度を即時的かつ網羅的に国民に情報提供する。
- ・ さらに、①②の技術を踏まえた上で、我が国の将来の効率的な大気常時監視の在り方についての検討材料とする

注：ここで言う「補完」について

環境省として、現行の常時監視測定機を本研究成果のセンサーに完全に置き換えることは考えていない。できるだけコストをかけずに、かつ、現在より正確性が高くなるようなPM2.5濃度情報を提供できるよう、現行の測定機と併用できるセンサーの開発、及びその運用方法を求めている。（例として、現行のPM2.5計を維持しつつ、物理的にPM2.5計の新規設置が難しい測定局に新たなセンサーを設置することで、地理的により小さなメッシュでPM2.5濃度をリアルタイムにマッピングする等。）

担当課室

水・大気環境局 環境管理課 環境汚染対策室 大気環境対策班
水・大気環境局 環境管理課 総括班

車種・音源別に把握できる騒音モニタリングシステムと予測モデルの開発と検証

【背景】

- ・自動車単体騒音への累次の規制強化の一方、環境基準未達成地域や苦情も依然存在
- ・脱炭素社会実現へ向けた自動車の電動化等の社会変化は自動車交通騒音へも影響する可能性
- ・自動車単体騒音の道路交通騒音への影響が不明確

自動車単体騒音

内燃車



モーター由来の騒音

電動車



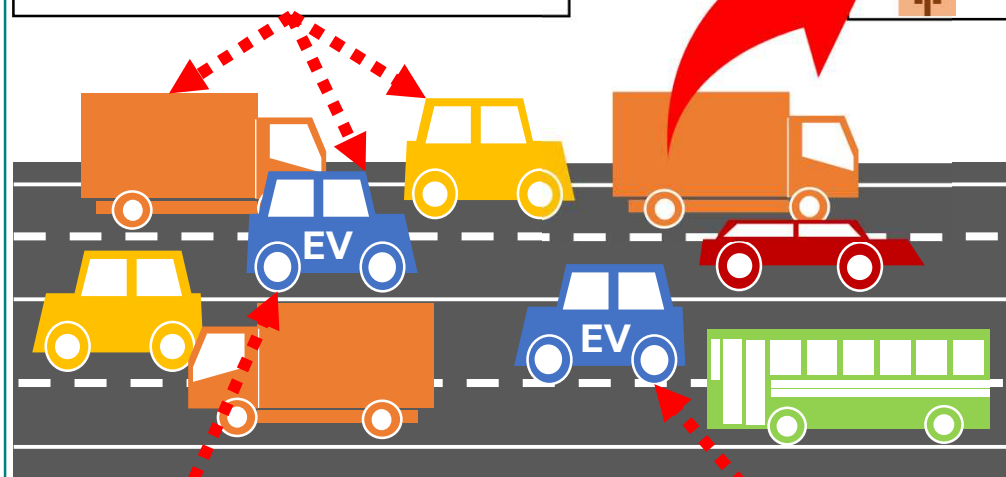
道路交通騒音

多様な車種が混在

上下線で車種比率や車速、交通量が異なる

道路交通騒音

車両ごとに音源寄与率等が異なる



タイヤ騒音変化

タイヤ騒音への路面影響

担当課室

水・大気環境局 モビリティ環境対策課

車種・音源別に把握できる騒音モニタリングシステムと予測モデルの開発と検証

【研究開発の成果とその活用方法】

- 自動車交通騒音モニタリングシステム開発
 - 環境基準未達成地域等における定量的な要因分析、効果的な対策立案
- 道路交通騒音予測モデル構築
 - 新たに立案する自動車単体騒音低減対策が道路交通騒音に与える効果を高精度で予測
- 上記結果を中央環境審議会や国際基準見直し（WP29）における議論にて活用

求める研究開発の成果

成果の活用

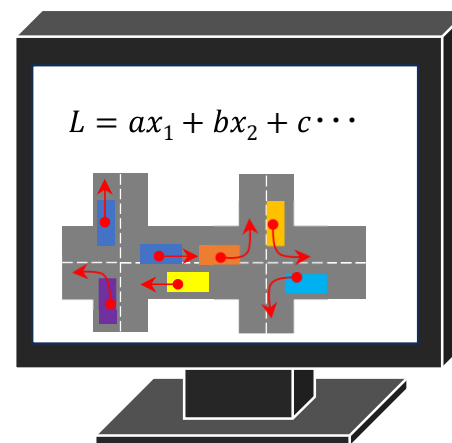
① 道路交通騒音モニタリングシステム開発



② 道路交通騒音の要因分析



③ 予測モデル構築



④ 規制値議論へのデータ提供・提案等

【アウトプット活用】

- 中央環境審議会
- 国際議論(UNECE WP.29)

【アウトカム】

- 道路交通騒音対策
- 騒音苦情の低減
- 脱炭素社会へ向けた統合的向上

担当課室

水・大気環境局 モビリティ環境対策課

衛星観測による大気汚染物質の測定・解析技術の高度化

研究開発の背景

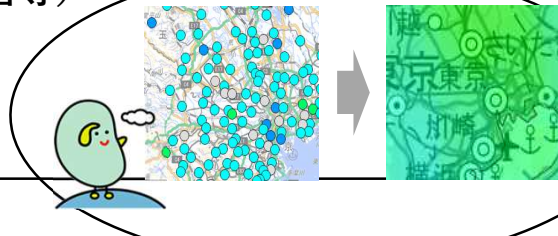
我が国の大気常時監視測定局は都心部を中心に設置されてきたが、国内の排出源対策が進むにつれ、相対的に**越境汚染や自然由来の物質の即時的な動態把握**が重要視されつつある。また、大気汚染物質に関する排出インベントリについても、即時性、正確性の充実化が求められている。

これらを解決する手法として、衛星観測の活用による発生源や越境大気汚染の網羅的な把握が挙げられる。今年7月に行われた**第11回大気汚染に関する日中韓三カ国政策対話(TPDAP)**においても、**3カ国共通の課題として衛星観測の活用の必要性について議論**され、また、今後の取組として、大気環境のモニタリングの効率化・モデリングの精緻化等に地上観測と衛星観測を相補的に活用することについて共通の認識を得た。

研究開発の成果

衛星観測により得られた大気汚染物質のカラムデータを、地上観測データやこれまでの知見に基づいて開発した排出インベントリや大気化学シミュレーション等と融合させることにより、下記の成果を求める。

- ①衛星観測データによる大気汚染物質の地表面濃度や越境大気汚染物質濃度の推定
- ②大気汚染物質の排出量や発生源情報について、高速で、空間分解能的に高精度な推定（例えば、WRF-CMAQとの結合によるモデリングの改善等）



研究開発成果の活用方法

- ①大気汚染物質の地表面濃度を高確度・高密度で推定することで、**常時監視測定局がない地域における大気汚染物質の影響（例えば、山間部のデータ予測を活用したオゾンによる植物影響など）**を把握し、**大気環境のさらなる清浄化**を目指す。
- ②大気汚染物質に関する**排出インベントリの速報性・正確性の向上、充実化**を目指すとともに、アジア等の他国の排出インベントリの検証を行う。
- ③排出源の把握や、越境大気汚染物質の把握により、環境省**大気汚染物質広域監視システム（そらまめくん）等の利便性の改善**（予報の提供や、マップ上への可視化の改善等）を行う。

※この行政ニーズは、環境省として、現在の大気常時監視測定局・体制を衛星観測に完全に置き換えることを目指すものではない。

担当課室

水・大気環境局 環境管理課 環境汚染対策室 大気環境対策班
水・大気環境局 環境管理課 国際班

1. 研究開発の背景・必要性

○国際的な窒素管理の動き

2019年、2022年の国連環境総会(UNEA)決議を受け、過剰なレベルの栄養素、特に**窒素**及びリンは、水、土壌、大気質、生物多様性、生態系の機能等に影響を及ぼすことに留意し、加盟国に対し、2030年までに、そしてそれ以降も、廃棄窒素（窒素の生産と消費に伴って環境に出ていく反応性窒素や、資源として活用されずに大気中に戻る不活性なN₂）を世界的に顕著に削減するための行動を加速させることや、**国家行動計画**の情報を共有することが奨励された。

⇒我が国では、**第六次環境基本計画（2024年5月閣議決定）**に基づき、**「持続可能な窒素管理に関する行動計画」**を、**2024年夏頃に策定予定。（8月16日時点）**

➤行動計画第3章第8節「窒素管理に関する科学技術の進展」において、**反応性窒素が環境中に排出される前の回収と有効利用する技術開発を促進する**としており、水・大気それぞれの分野において、持続可能な窒素管理の視点から、反応性窒素による汚染の拡大防止と、回収・再利用技術の分野を推進する。

○国内における現行の課題

【大気分野】 今後、気候変動対策として増加が期待される、燃料や水素キャリア等のアンモニア利用施設において、未燃アンモニアの排出が懸念されている。

【水分野】 暫定排水基準が適用されている一部の工業・畜産業の施設周辺の河川、湖沼、地下水において、アンモニア性窒素や硝酸性窒素の環境基準の超過が見られる。

2. 求める研究開発の成果

アンモニアや硝酸性窒素等の反応性窒素が、環境中に排出される前に回収し有効利用できる技術の開発

例えば下記のような施設又は業種において当該技術の実装に向けたモデルを提案すること。

【大気分野】 燃料や水素キャリア等の用途でのアンモニア利用施設

【水分野】 貴金属製造・再生業、モリブテン化合物製造業、畜産農業等の硝酸性窒素等の暫定排水基準が適用されている業種

※なお、既存設備において、現在導入済みの技術と比較して、エネルギー消費量をさらに削減できることが望ましい。

3. 研究開発成果の活用方法

【大気分野】

燃料アンモニアの利用について、本技術の導入により、既存施設における燃料アンモニアの利用による気候変動緩和策の推進と、反応性窒素の排出抑制の両立を進める。

【水分野】

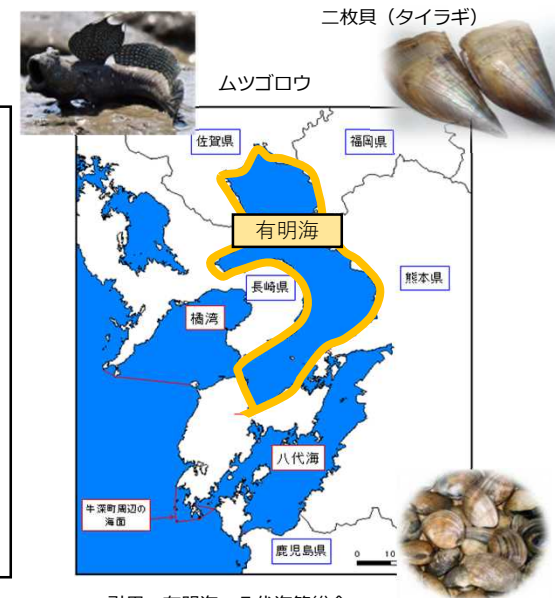
暫定排水基準が適用されている業種の排水過程において、本技術の導入によりアンモニア性窒素及び硝酸性窒素の回収を行うことを可能とし、一般排水基準への移行を進める。

また、本技術で回収したアンモニアの再利用先の検討等を進めることで、資源循環と水環境管理との統合的取組の推進を図るとともに、排水処理分野における温室効果ガス排出量の削減に向けた施策へ活用する。

有明海における干潟生態系の保全・再生のための新たなモニタリングシステムの構築

研究開発の背景・必要性

- 広大な干潟を有する有明海では、大雨による底質等物理環境への影響が示唆
- 有明海が直面する二枚貝減少等の課題に対応し、**有明海の再生に向け有効な再生方策を実現**するためには、**未解明な干潟の物理環境（濁度や粒度・塩分等）の変化が、生態系に及ぼす影響のメカニズム解明**が必要
- 広域な現地調査が困難な干潟において、干潟の機能評価を可能とする**新たなモニタリングシステムが必要**



引用：有明海・八代海等総合調査評価委員会資料

二枚貝（アサリ）

研究開発の成果

- 以下の①～③の要件を備えた、干潟の機能評価を行うための新たなモニタリングシステムを構築
- ① 豪雨等により有明海の干潟に流入する**土砂・陸水**（淡水）の**移流・拡散状況**及び**土砂堆積量**の定量的な把握を可能とすること
- ② 有明海の干潟に広域的・空間的に生息している底生微細藻類などの**基礎生産者**及び二次生産者である**ベントス**を定量的に把握すること
- ③ ①、②の変化及びその関係性を時空間的に把握することで、**豪雨等による干潟や干潟生態系への影響を評価**すること

研究開発成果の活用方法

- 有明海・八代海等総合調査評価委員会が再生に係る評価を実施するにあたり、**豪雨等による干潟生態系への影響の検討**に活用
- 有明海で関係機関が実施する**再生方策に係る事業の適地検討**に活用
- 科学的基盤に基づいた**より効率的・効果的な取組**につなげる

閉鎖性海域（瀬戸内海、伊勢湾等）における海域の栄養塩類等の環境動態の評価

研究開発の背景・必要性

- 総量規制制度の対象水域である瀬戸内海、伊勢湾等では、**栄養塩類の不足**に起因する**基礎生産力低下による生物多様性・生産性への影響**が指摘
- しかし、**栄養塩類と海域の生物多様性・生産性の関係は未解明**な部分が多く、**栄養塩類等の物質循環が健全な生態系の確保**につながっているか不明
- より高度な海域環境管理のため、**海域中と生物間の移行、窒素・リンの無機態、有機態の形態の違いも考慮した環境動態の把握**が必要

研究開発の成果

- 海域ごとの**溶存態無機窒素・リンの環境動態の把握**と海域ごとの特性を踏まえた**水産資源への影響**を考慮した**望ましい溶存態無機窒素・リンの環境動態の解明**
- 海域ごとの**生物多様性・生産性低下**の解決に資する**栄養塩類以外の要因の解明**

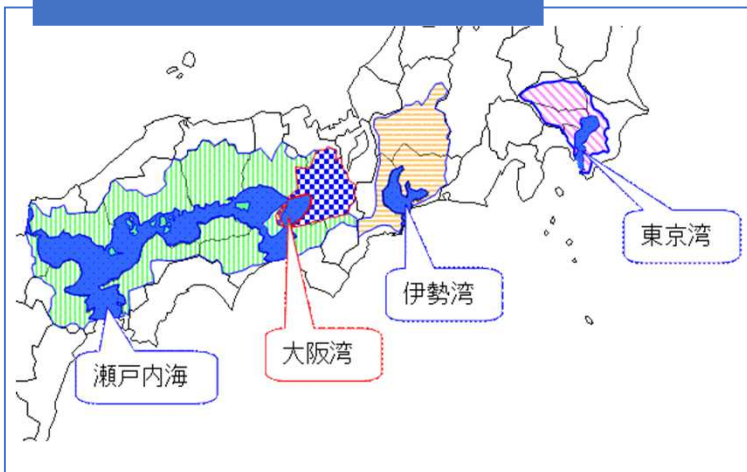
研究開発成果の活用方法

- 栄養塩類の不足が指摘されている海域への**栄養塩類供給**の際、**より効率的かつ効果的な供給**が可能
- 過剰な栄養塩類供給の抑制ひいては**栄養塩類供給に起因する環境悪化の未然防止**につながる**ことが期待**

水質総量削減制度の概要

- 排水基準のみによっては環境基準の達成が困難である、人口・産業が集中する広域的な閉鎖性海域について、**汚濁負荷量（＝排出濃度×排水量）**を削減する制度。
- 令和6年度を目標年度とする**第9次総量削減基本方針**を令和4年1月に策定。これに基づき、20都府県において、令和4年秋に総量削減計画を策定。
- 指定項目：COD（化学的酸素要求量）、窒素、りん

対象海域と対象地域 (20都府県の関係地域)



第9次水質総量削減

指定水域における水環境の現状

- **全般的な水質は改善**。窒素・りんの環境基準は高い達成率。
- しかし、湾奥部などで、水質汚濁が依然として課題。
- 水域により**栄養塩類の不足による水産資源への悪影響**の指摘あり。

対策のポイント

- 窒素、りんについては、**全対象海域で更なる削減はせず**。
CODについては、**東京湾・伊勢湾で生活系の削減を強化**。

今後の取組

- 次期に向けて、**指定水域全体の総量削減から水域の状況に応じた水質管理へ規制の枠組みの転換**のための検討。

水質の有機汚濁物質の生成・分解機構の解明等及び生活環境の保全に関する水質指標に関する研究

研究開発の背景

閉鎖性水域では、公共用水域における水質の改善のため陸域からの有機汚濁物質の流入負荷削減対策に取り組んでいるにもかかわらずCODの環境基準を達成できない例など、水質汚濁の実態と環境基準の順守により期待されていた効果に矛盾が生じている。特に、水域で測定されるCODの多くの部分は、水域の酸素を消費しない難分解性有機物であり、有機汚濁指標としての評価が難しい。また、「今後の水・大気環境行政の在り方について」等では「CODの有機物指標としての妥当性の検証が必要」などの指摘がなされている。

このため、有機汚濁の原因となる水中での酸素消費の動向を調査・把握し、水質の有機汚濁と利水障害の関係性を検討することが必要である。

研究開発の成果

- 複数の地形条件の閉鎖性水域（海域、湖沼）で発生する有機汚濁物質の起源、成分、動態、生成・分解の機構等の解明を行う。
- 滞留時間等の水域の特性、季節や気象条件も踏まえて定量的かつ簡易に酸素消費量を測定・解析し有機汚濁指標と貧酸素などの酸素消費に関する障害の関連性・評価を行う。

上記の研究を踏まえ、貧酸素水塊等酸素消費に関する障害の発生と有機汚濁の状況・条件の関連性が的確に把握できるCOD以外の指標、評価方法につながることを期待する。

研究開発成果の活用方法

既存の環境基準を達成させるためのこれまでの規制一辺倒の施策を改め、栄養塩類の順応的な供給により、貧栄養状態による水生生物への影響で苦慮している地域ニーズに応えることができると同時に生物多様性の向上に繋がる可能性がある。また負荷削減のために投じていたエネルギーや資本の投入の効率化を図ることができ、地球温暖化対策や自治体の費用負担の軽減に貢献する。

研究開発の背景

中環審大気・騒音振動部会及び水環境・土壌農薬部会の合同部会が令和5年6月にとりまとめた「今後の水・大気環境行政の在り方について（意見具申）」において、従来の化学物質等の規制による環境規制のみならず、「水・大気環境政策により持続可能な社会を構築し次世代に引き継ぐためには、良好な環境を目指すとともに、人がその良好な環境とふれあい、良好な環境を持続可能なかたちで利用することによって、人々の満足度（ウェルビーイング）の向上や個人と地域がともに活力に満ちた状態の実現を目指す考え方が重要である。」としている。加えて、令和6年6月に閣議決定された「第六次環境基本計画」において、目指すべき社会として「ウェルビーイング／高い生活の質」が位置づけられた。

研究開発の成果

生理データなどの研究や既存の関連する技術や研究の状況を踏まえ、ウェアラブルデバイス等を活用した良好な環境の評価方法の確立（新規技術の開発も含む）と指標化を行う。具体的には、ウェルビーイングを向上させるという視点で、良好な環境を「客観的に」評価できる技術・評価指標を開発し、評価方法・マニュアルを作成する。

開発した指標等を用いて、地域の“良好な環境”の状況を可視化し、地域PRにつながる仕組みの構築につなげる。

研究開発成果の活用方法

客観的な評価結果を地域振興の施策や環境整備の施策への活用が可能となる。

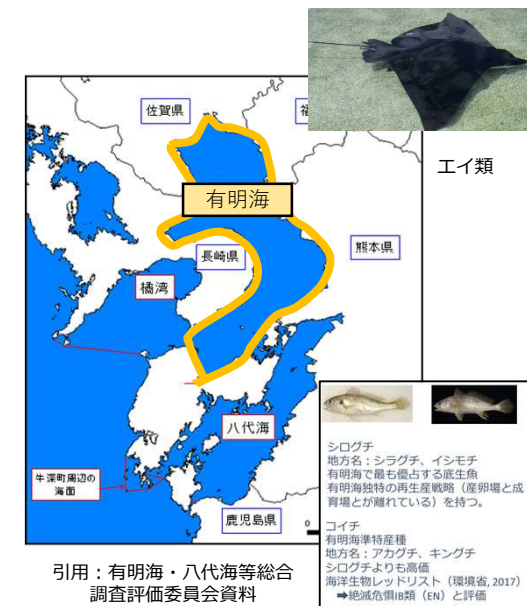
各地域の現状の「良好な環境」の特徴を評価できるだけでなく、地域の持つ複数の環境の相補的な組み合わせによるさらなる価値の創出、観光需要の創出につながることを期待される。

良好ではないと考えられる環境や都市部の環境の評価にも応用することで、「良好な環境」へと改善するための施策検討など、幅広い活用が可能となる。

ネイチャーポジティブ達成のための有明海干潟生態系の研究

研究開発の背景・必要性

- 国内有数の閉鎖性海域である有明海では、従来の水質改善と二枚貝の増養殖のみに焦点を当てた干潟管理のみではなく、生態系全体の構造や機能に基づいた再生方策の一層の実施が必要
- しかし、サメ・エイ類等の高次捕食者が干潟生態系構造に与える影響等などの生態系の構造や機能に関する知見が十分でないことから、それらに関する研究の充実が求められる



研究開発の成果

- 高次捕食者やキーストーン種の繁殖・成育場等の解明により、生態系機能回復のため重点的に保全すべき種及び場を特定
- 生物多様性の保全と水産資源の回復の両立を図ることを目標に、高次捕食者やキーストーン種の保全・管理による「生態系機能の活用」をベースとした有明海生態系の姿の具体化

研究開発成果の活用方法

- 有明海で関係機関が実施する再生方策において、生態系機能を活用した水産資源の回復と生物多様性の保全との両立が図られたより効果的な取組につなげる
- ネイチャーポジティブアプローチへの転換など、人と自然との共生に向けた生態系保全の基盤となることが期待される

研究開発の背景

<黄砂の発生源・経済影響等の知見、予測が不足している>

黄砂は、年単位の発生量の予測が難しく、地球温暖化の影響による発生量の増加が危惧されている。また、黄砂が濃度上昇の一因となっているPM2.5については、WHOのAir Quality Guideline が公表される等、世界的により低い濃度を目指す動きにあり、我が国としても更なる対策を検討するところであるが、国内の排出源対策の進展に対し、越境大気汚染対策に関しては、その飛来量や経済影響等の定量的把握が不十分である。

<国際的にも黄砂の飛来量抑制が求められている>

2024年の第9回日中韓サミット共同宣言において、「「三か国+X協力」の枠組みを通じて、東アジア地域における黄砂の削減についてモンゴルと協調する」ことが宣言される等、東アジア全体での黄砂対策が推進されている中で、黄砂の影響や発生源対策の実証成果を定量的に把握することを通じ、黄砂の飛来量を抑制し、経済被害を減少させることが求められている。

研究開発の成果

①黄砂の数値シミュレーションモデルの性能向上により、**飛来地域の予測（特に1ヶ月～数ヶ月先）を行えるようにする**。また、黄砂発生量とその経済的損失の相関関係評価を行うことにより**黄砂被害を定量的に把握**出来るようにする。

②人工衛星データ等を活用し、乾燥地の土地状態の変化を捉えるとともに、**黄砂発生源スポット等、優先的に対策を行うことが効果的な地域を選定する手法を開発**する。

③黄砂発生源スポットにおいて、生態系に配慮した**効果的な乾燥地対策方法の実証**を行うとともに、既存の取組も含め、その**効果（生態系サービスの回復を含む）を長期的に定量的に把握**する。

研究開発成果の活用方法

①研究で得られた黄砂飛来地域と飛来量の予測情報を迅速に公開することで、**国民生活の改善・健康維持に寄与**する。また、国内のPM2.5濃度に対する黄砂の寄与度合いの評価に活用する。さらに、**黄砂到来量の削減及び黄砂による経済被害減少に資する政策に反映**する。

②TEMMAなどで成果を公表し、**黄砂発生源国の対策技術の改善・開発を側面支援**する。特に、砂漠化対処条約（UNCCD）に基づき、日本は被影響国・地域に対して支援義務を負っており、発生源の砂漠化対策に関する調査研究は、日本の比較優位を誇れる分野である。

③飛来がもたらす潜在的で未解明な環境問題に対応できる体制を整備することで、地球環境問題へのフィードフォワード的対応が可能となる。

良好な環境の創出に寄与する土壌の公益的機能 (炭素貯留、水涵養、土壌生態系等)に関する モニタリング・評価手法の開発

研究開発の背景

- 土壌環境行政はこれまで汚染対策に注力してきたところ
- 第六次環境基本計画には、**土壌が有する炭素貯留、水源の涵養といった環境上の多様な公益的機能をより良い地域づくり等に活用する旨が新たに掲げられた。**
- 一方、**地域における土地利用の変化に伴う脱炭素、水循環、生態系等への影響を横断的・多面的に評価するための方法論は確立しておらず、土壌の公益的機能を活用する政策をエビデンスに基づいて展開するには、これらの複合的な影響や土地の利用方法の変化に伴う影響を考慮したモニタリング・評価手法が必要。**

○ 第六次環境基本計画（令和6年5月21日閣議決定）（抜粋）

第2部 環境政策の具体的な展開 第3章 個別分野の重点的施策の展開

4 環境リスクの管理等 (1) 水・大気・土壌の環境保全 ② 気候変動、生物多様性、循環型社会等への対応

～～さらに、ネイチャーポジティブの実現に向け、良好な環境の創出等を通じて自然を活用した解決策（NbS）を推進するなど、水、土壌環境においても生物多様性の保全の強化に資する施策や、自然環境や生物多様性を活用した施策の強化を講じる。**土壌が有する炭素貯留、水源の涵養といった環境上の多様な公益的機能に関して、市街地等も対象にしつつ、より良い地域づくり等に活用しやすい形での情報の収集、整理等を図る。**

第3部 環境保全施策の体系 第1章 環境問題の各分野に係る施策

4 水環境、土壌環境、海洋環境、大気環境の保全・再生に関する取組 (7) 良好な環境の創出

第2部第3章4(1)③に掲げる施策を推進するとともに、**土壌が有する炭素貯留、水源の涵養といった環境上の多様な公益的機能に関して、市街地等も対象にしつつ、より良い地域づくり等に活用しやすい形での情報の収集、整理等を図る。**

参照：https://www.env.go.jp/council/02policy/41124_00012.html

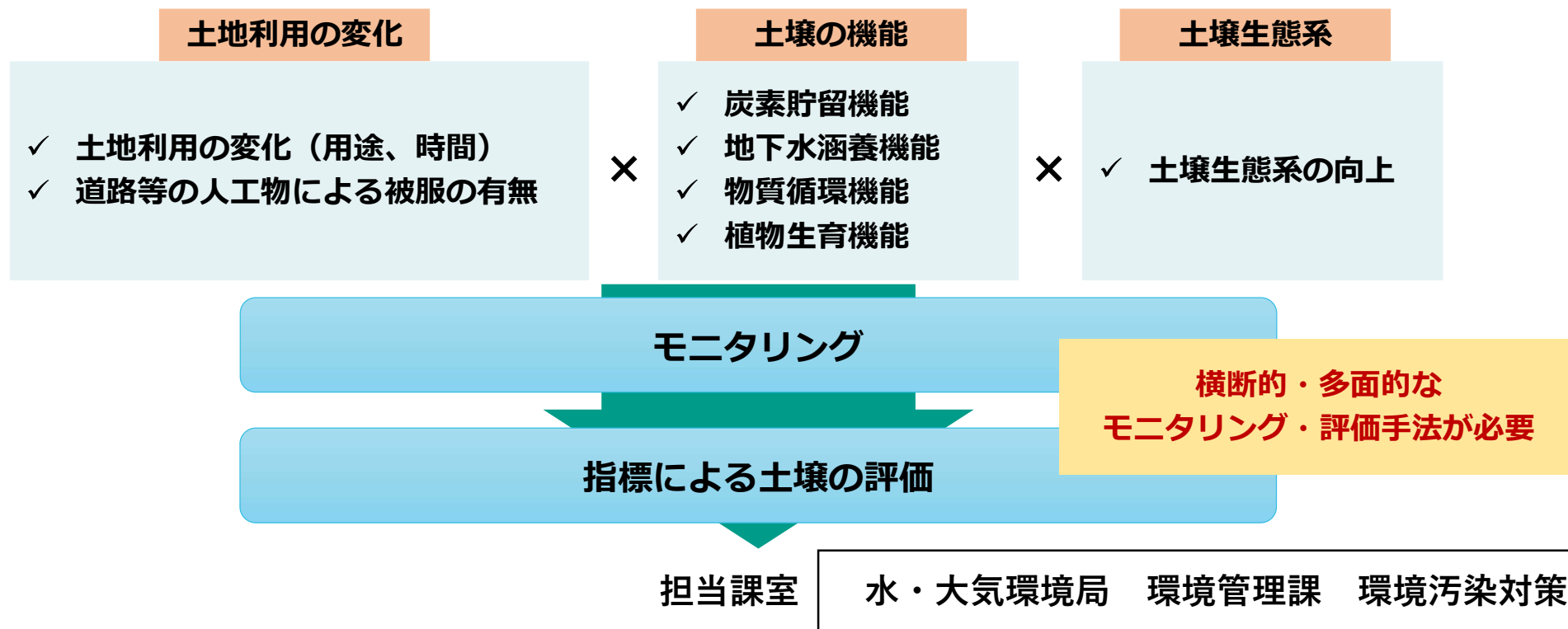
担当課室

水・大気環境局 環境管理課 環境汚染対策室

良好な環境の創出に寄与する土壌の公益的機能 (炭素貯留、水涵養、土壌生態系等)に関する モニタリング・評価手法の開発

研究開発の成果

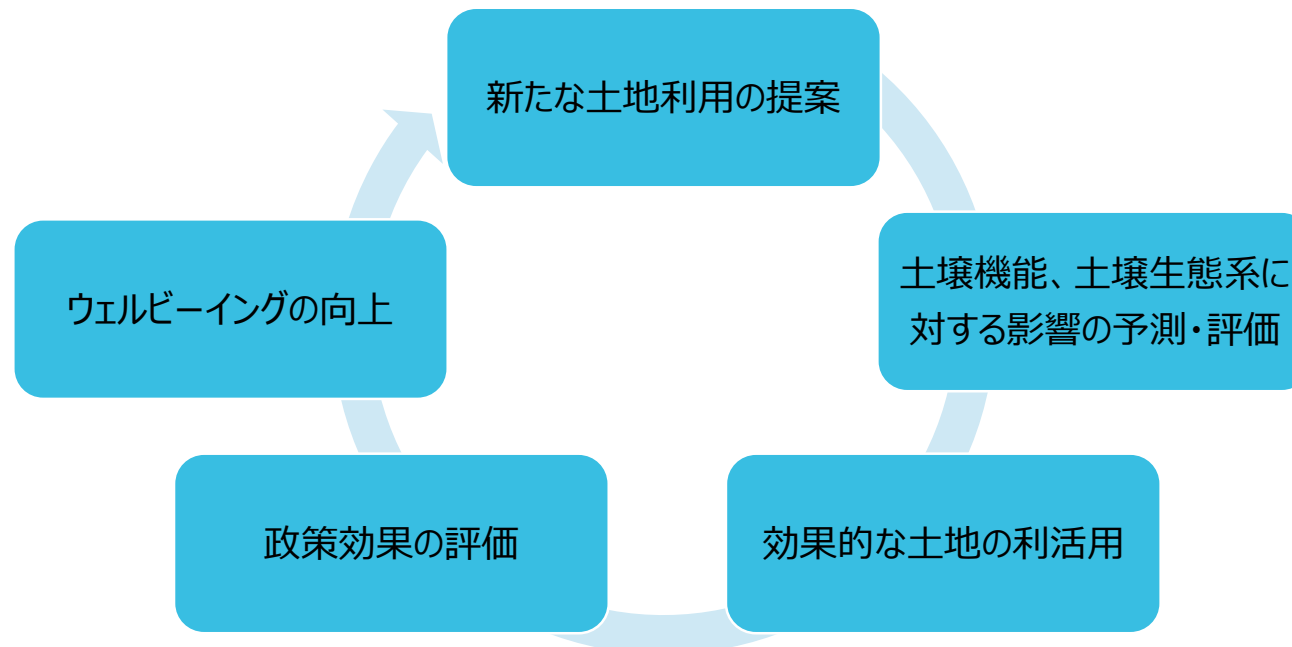
- 土壌に係る指標の選定及びモニタリングの方法並びに指標の評価手法を開発し、地域における土地利用の変化に伴う土壌の公益的機能を横断的・多面的にモニタリング・評価するための方法論を見出す。
- ※ 横断的・多面的なモニタリング・評価に活用する要素手法を検討する研究であっても応募しうる。例えば、土地利用の方法の差異や道路等の人工物による被覆の有無による影響を、土壌の炭素貯留機能等に関する指標から評価する研究が想定しうる。
- ※ 研究手法は、化学的・生物学的な手法に限らず、国土情報等を用いたシミュレーションや社会経済学的手法等であっても応募しうる。



良好な環境の創出に寄与する土壌の公益的機能 (炭素貯留、水涵養、土壌生態系等)に関する モニタリング・評価手法の開発

研究開発成果の活用方法

- 本研究で開発する土壌の公益的機能に関するモニタリング・評価手法は、例えば、以下の政策への活用を想定する。
 - **土地利用の変化が土壌の公益的機能や土壌生態系に与える影響の予測・評価**
 - **地域における土壌の公益的機能と土壌生態系の価値を維持・向上しながら土地利用するための手法・政策の提案と政策効果の評価**
 - 脱炭素、水循環、生態系の保全、防災・減災をはじめ土壌の公益的機能に関する指標・目標の相関性を踏まえた**土壌環境政策をめぐる効果的な横断的連携によるウェルビーイングの向上**



担当課室

水・大気環境局 環境管理課 環境汚染対策室

閉鎖性水域における底層溶存酸素の改善に向けた要因解明及び効果的な対策に関する研究

研究開発の背景

平成28年に魚類等の生育・生息を保全するための指標として生活環境の保全に関する環境基準に底層DOを追加した。閉鎖性水域では様々な要因により底層DOが低下しやすくなる特徴を有しており、水質改善策の検討がなされているが、効果的な改善策や貧酸素水塊発生要因の定量的評価方法が未確立である。このため、底層DOの低下の要因の解析を必要がある。また、貧酸素水塊の発生を抑制するため、栄養塩の流入負荷削減や浚渫・覆砂等の効果を継続的に把握・影響評価を行うための底質の簡便なモニタリング手法を開発することで貧酸素水塊の形成メカニズムの解明や効果的な水質改善方策を検討する必要がある。

研究開発の成果

環境基準の達成に向けた低コストかつ効果的な水質改善方策の検討につながる成果が得られるよう、以下について検討を行う。

- 簡便なモニタリングが可能な底層DO消費速度測定法や栄養塩類の溶出に関する測定法の開発を複数の閉鎖性水域を対象にして行い、底質改善対策効果評価手法を構築する。
- 陸域負荷・底質・その他の水温上昇等の要因のうち底層DO低下に関与する因子の抽出手法を確立する。
- 我が国の代表的な閉鎖性水域における貧酸素水塊の発生状況や底質を含めた閉鎖性水域の物質循環メカニズムを比較・類型化を行う。

研究開発成果の活用方法

各水域において底層DOが低下しやすくなる場所を特定し、当該地点の状況に応じて効果的な底層DOの改善策を選択することができる。さらには、その改善策を踏まえて底層DOの類型指定を行った水域における目標値の達成率と達成期間の検討に活用を行い、底層環境の改善に大きく貢献する。

水道水源から蛇口の水までのPFASの一体的なリスク管理やモニタリング戦略に関する研究

研究開発の背景

- 水源から蛇口の水まで**一体的なリスク管理**（「今後の水・大気環境行政の在り方について（意見具申）」）
- 水道水質を含めた**一体的なモニタリング**（「PFASに関する今後の対応の方向性」）
- 水道水源・流域環境において**存在実態の多いPFAS**に関する知見
- PFASの**物性・実測値・排出シナリオ**等を踏まえた**モデル予測・ばく露状況の評価**
- 給水供給段階での処理技術に加えて、**水道水源側の対応に重きを置いたモニタリング手法**や**リスク評価管理手法**

研究開発の成果

- 水道水源におけるPFAS（未規制PFASのうちPMT物質等を含む）の排出シナリオ、存在実態及び環境動態を把握するための、**物性を考慮したモデル**等に関する研究
- 水道水源における現在および将来の排出予測、モニタリングに基づく**効率的な管理手法**の提案
- 水道水源から蛇口の水まで**一体的なリスク評価管理手法**の提案（ばく露低減策、将来的なリスク管理を含む）

研究開発成果の活用方法

- 水道水源から蛇口の水までの**一体的かつ効率的なモニタリング体制**、**リスク管理体制**の構築
 - 水道事業体における**水道水質のPFAS対策**への貢献
- ▼
- 一体的なリスク管理により、国民の**安全・安心**をより高める**リスクコミュニケーション**への情報提供としての貢献

PFASの物性に基づくモデル予測等を用いた土壌・地下水等における挙動解明と対策技術

研究開発の背景

- PFASの物性、実測値、排出シナリオ等を踏まえた**モデル予測**、様々な環境媒体からのばく露状況の評価、**対策技術**が必要
 - とくに土壌・地下水については、地域ごとに異なる複数の**土質・土性・特色**をもつ土壌、地盤環境中の**地下水流向の複雑さ**、PFOS・PFOA・PFHxSをはじめとするPFASの**物性（土壌への吸着性・地下水への溶解性）**の要素があり、他の環境媒体に比べて挙動解明の難易度は高い
- ▼
- **長期に渡って留まりやすい媒体である土壌・地下水中**の存在実態の把握やそれをふまえた対策技術についての研究が急務

研究開発の成果

- 複数の土壌における**PFASの物性・挙動**の解明（ラボスケール）
- 実サイトにおける地盤構造、地下水流向・地下水網をふまえた**挙動・動態の解明**（実地スケール）
- 実測値（濃度分布・面的拡がり）、排出源・排出シナリオ等を踏まえた土壌・地下水中における**モデル予測、媒体間移動を含めたばく露状況の評価**（モデル・シミュレーション）
- 土壌・地下水中のPFASの存在状況、土地利用、水道水源との位置関係、ばく露状況を考慮し、コスト・ベネフィットやライフサイクルの観点をふまえた**対策技術や浄化技術の開発**（技術開発）

研究開発成果の活用方法

- PFAS存在実態・挙動をふまえた**地域における包括的・総合的なPFAS対策取組み**への貢献
 - 地下水を取水源とする水道事業体における**水道水質のPFAS対策**への貢献
- ▼
- 信頼性の高い科学的知見に基づいた**地域におけるリスクコミュニケーション**への貢献