

生体環境インタラクション～生物とエクスポソームの相互作用の解明～

趣旨

- ヒトを含めた生物は、生涯を通じてエクスポソーム※に暴露されている。近年、エクスポソームの一部は、生態系やヒトの健康に、世代を超えた未知のリスクをもたらす可能性が明らかになりつつある。
- 今後は、複数の環境因子が様々な時間軸で生物に及ぼす作用を解明することが課題であり、関連する分野の融合により研究を進めることが不可欠である。
- **本目標は、健康寿命の延伸や持続可能な社会の実現に向けて、生物がエクスポソームを通じて環境と相互に影響し合うメカニズムを解明しつつ、世代を超えた健康影響や適応の評価を進めることを目的とする。**

※エクスポソーム:生物がライフコースを通じて曝露されるものを全て含む概念。本目標では、化学物質、栄養、気候変動、生活環境などが含まれることを想定。

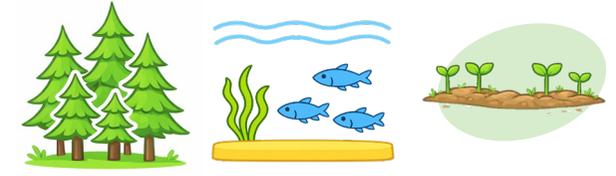


- GOAL
- 達成目標
- 1 エクスポソームを測定・可視化する技術の開発
 - 2 生物により環境にもたらされる変化が生態系に与える影響の解明
 - 3 生物のライフコースにおけるエクスポソームの影響の解明
 - 4 健康リスク因子の同定と制御

想定される出口

環境因子の測定・分析技術開発

生態系の多様性保全・安全で安定した食料供給維持



栄養学・予防医学・創薬・オーダーメイド医療



One Healthの観点から、ヒト・動植物・環境の健康が一体的に守られた、持続可能な社会の実現

令和8年度戦略目標

1. 目標名

生体環境インタラクション～生物とエクスポソームの相互作用の解明～

2. 概要

ヒトを含む生物は、多様な環境因子であるエクスポソームに曝露されている。一方、生物は代謝産物やヒトの産業活動等を通じて、外界である環境に影響を与えている。近年、このような生物と環境の双方向的な関係において、生態系やヒトの健康に重要な影響を及ぼす因子の存在が明らかになりつつある。

本戦略目標は、生物とエクスポソームとの相互作用を多階層で解明し、世代を超えた健康影響や生物の適応、生物活動による生態系影響に関する知見の創出を目指す。さらに、健康リスクの低減、生態系の保全や安全で安定した食料供給等に資する介入・制御の可能性を検討する。これらの取組を通じて、健康寿命の延伸と持続可能な社会の実現に貢献する。

3. 趣旨

ヒトを含めた生物は、エクスポソーム（※1）の影響を受ける。エクスポソームは、生物の健康に対して有益な場合がある一方で、有害な影響を及ぼす可能性も有している。特に一部の因子は、慢性疾患の発症リスクを高める要因となりうることや、ヒトの生殖システムを通じて次世代へ影響をもたらす可能性が指摘されている。少子高齢化と人口減少が進む我が国において、エクスポソームが生物に与える影響と因果関係を解明し、そのリスクを低減・制御する技術の開発に取り組む意義は大きい。また、現代のヒトの産業活動、生活様式や土地利用の変化は、新規化学物質の環境中への放出、気候変動などを通じて、生態系およびヒトの健康に未知のリスクをもたらしている。近年注目されている One Health（※2）の考え方に基づけば、ヒトの健康は動植物や環境の健康と密接に関連しており、生物が環境に影響を与えるメカニズムも同時に解明する必要がある。

従来の研究は、単一因子に対する生体応答の關係に着目するものが主であり、複数の環境因子が同時に作用する「カクテル効果」や、食物連鎖を介した生物濃縮、低濃度での長期曝露、さらには世代を超えた影響を十分に捉えることは困難であった。しかし、近年の観測技術の進化、計算資源の充実、AI やモデリング手法の進歩により、あらゆる環境因子が複合的に、世代を超えて生物に影響するメカニズムの解明に挑戦する土壌ができつつある。他方、ヒトのエクスポソームを網羅的に測定することは未だ困難であり、世代時間の短いモデル生物を用いた基礎的な研究を行い、異分野融合研究を通じて、種を超えたメカニズムを解明していくことも重要である。

国際的には、米国において AI やビッグデータを活用したエクスポソーム研究が重点化され、欧州でも Horizon Europe を中心に研究が推進されているなど、研究開発競争が激化している。

一方、我が国は、充実した経世代コホートやバイオリソース、それらを基盤とした解析研究等の研究ナレッジを有する。また、戦略的創造研究推進事業の下で研究開発された我が国発の魚類の検出技術が環境 DNA 解析研究において国際的に広く活用されているなど、環境科学でも独自の研究基盤を有している。

本戦略目標は、エクスポソームを中核に据え、生物とエクスポソームが分子・細胞・個体・生態系の各階層で相互に影響し合うメカニズムを解明しつつ、世代を超えた健康影響や適応の評価を進めることで、健康寿命の延伸と持続可能な社会の実現に貢献することを目的とする。

※1 エクスポソーム：生物がライフコースを通じて曝露されるものを全て含む概念。本戦略目標では、化学物質、栄養、気候変動、生活環境などが含まれることを想定している。

※2 One Health：ヒトと動物、それを取り巻く環境（生態系）は、相互に密接に関係していると包括的に捉え、ヒトと動物の健康と環境の保全を担う関係者が緊密な協力関係を構築し、分野横断的な課題の解決に取り組むという考え方。

4. 達成目標

本戦略目標では、多様なエクスポソームと生物との相互作用およびそのメカニズムを、分子レベルから個体・種、さらには生態系レベルまで統合的に解明することを目指す。具体的には、以下の達成を目指す。

(1) エクスポソームを測定・可視化する技術の開発

環境中のナノスケール粒子や化学物質等が、生体内に取り込まれ、作用し、蓄積・代謝・排泄され、さらには世代を超えて残存・影響する過程を分子レベルで精緻に計測・モニタリングする技術を開発する。

(2) 生物により環境にもたらされる変化が生態系に与える影響の解明

生物が環境中に放出する物質や、ヒトの産業活動や生活様式の変化による新規汚染物質等、ヒトを含む生物により環境にもたらされる変化が、生態系の構造や機能にどのような影響を及ぼすかを解明する。

(3) 生物のライフコースにおけるエクスポソームの影響の解明

エクスポソームが生物の個体、組織、細胞、分子ネットワークにどのような変化をもたらし、生物がどのように適応するのか、またそれらがどのように世代を超えた影響をもたらすのか、そのメカニズムを解明する。ヒトパンゲノムの公表に象徴されるように、ゲノム解析は急速に進展している一方、環境因子がエピゲノム等を介して世代を超えた表現型多様性を生み出す仕組みは未解明の部分が多い。

(4) 健康リスク因子の同定と制御

バイオバンク等を活用したマルチオミックス解析等による、健康リスクに関連する遺伝的要因・環境要因の同定や、iPS 細胞・オルガノイド、モデル生物等を用いた基礎研究、AI を用いた構造推定やシミュレーションを組み合わせ、生体への影響の大きさや因果関係を検証し、真に介入が必要な因子を特定し、さらには制御する技術を開発する。

5. 見据えるべき将来の社会像

4. 「達成目標」の実現を通じ、エクスポソームと生物の相互作用を多階層で理解することで、生命科学分野を横断する新たな科学的知見を創出する。得られた知見をもとに、生態系の多様性保全や、安全で安定した食料供給、さらにはヒトの well-being に資する、栄養学・予防医学の発展、創薬やオーダーメイド医療につながる研究開発を目指す。さらに、ヒト・動植物・環境の健康を一体的に守る One Health の観点から、持続可能な社会の実現に貢献することが期待される。

6. 参考

6-1. 国内外の研究動向

(国内動向)

AMED 革新的先端研究開発支援事業「全ライフコースを対象とした個体の機能低下機構の解明」(平成 29 年度～令和 6 年度)、「健康・医療の向上に向けた早期ライフステージにおける生命現象の解明」(令和元年度～令和 8 年度)、「根本的な老化メカニズムの理解と破綻に伴う疾患機序解明」(令和 4 年度～令和 11 年度)、「ストレスへの応答と疾病発症に至るメカニズムの解明」(令和 5 年度～令和 12 年度)では、ヒトにおけるストレス応答やライフコースに沿った生命現象の理解を深化させる研究が推進されている。また、JST 戦略的創造研究推進事業・CREST「細胞外微粒子に起因する生命現象の解明とその制御に向けた基盤技術の創出」(平成 29 年度～令和 7 年度)、さきがけ「生体における微粒子の機能と制御」(平成 29 年度～令和 4 年度)では、細胞外微粒子の高度な検出・解析技術開発や、生体応答機序の解明等に関する研究が推進されてきた。さらに、科学研究費助成事業 学術変革領域研究 (A)「動的な生殖ライフスパン—変動する生殖細胞の機能と次世代へのリスク—」(令和 5 年度～令和 9 年度)、新学術領域研究(研究領域提案型)「代謝アダプテーションのトランスオミクス解析」(平成 29 年度～令和 3 年度)、「遺伝子制御の基盤となるクロマチンポテンシャル」(平成 30 年度～令和 4 年度)では、ライフ時間に沿った生殖細胞の変化や、エピゲノムによる遺伝子発現制御機構、環境変化に応じた代謝の調節機構などが研究されてきた。また、国立環境研究所の包括環境リスク研究プログラム(令和 3 年度～令和 7 年度)においては、化学物質等の包括的なリスク評価・管理の推進に係る研究が推進されている。これらの事業で生まれた成果を生かし、さらに本戦略目標では、エクスポソームに着目して、ヒトに限らない様々な生物のライフコースにおける影響を解析することで、新たな知見を創出する。

(国外動向)

米国においては、National Institutes of Health (NIH)による All of Us プログラム(平成

27 年～)を通じて、遺伝子、環境、生活習慣の個人差を考慮した病気の治療と予防に関する研究等への関心が高まっている。また、令和 8 年の NIH 予算においては、「ヒトの健康に対する環境影響のマッピング」が重点領域に盛り込まれ、「AI やビッグデータを活用したエクスポソームに関する研究」が推進される見込みである。欧州においても、Horizon による「The European Human Exposome Network」(令和 2 年～令和 7 年)などにより、本領域の研究が推進されている。

6-2. 検討の経緯

「戦略目標の策定の指針」(令和元年 7 月科学技術・学術審議会基礎研究振興部会決定)に基づき、以下のとおり検討を行った。

1. 我が国あるいは世界の基礎研究を始めとした研究動向について、科学計量学的手法を用いた論文分析や科学技術振興機構(JST)研究開発戦略センター(CRDS)の有する知見、科学技術・学術政策研究所(NISTEP)の各種調査結果、JSTの有する過去の研究領域の評価結果や事業運営から得られた知見等を収集・蓄積し、研究動向を俯瞰した。
2. 上記情報収集の結果及び有識者へのヒアリング等を参考にして分析を進めた結果、我が国の強みを生かしつつ、異分野融合によりトップサイエンスを生み出しながら、かつ社会的課題の解決に資する研究を推進することが重要であるとの認識を得て、注目すべき研究動向「生体環境インタラクション～生物とエクスポソームの相互作用の解明～」を特定した。
3. 令和 7 年 11 月に、文部科学省と JST は共催で、注目すべき研究動向「生体環境インタラクション～生物とエクスポソームの相互作用の解明～」に関係する産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、
 - (1) 分野融合を進めつつ、どのようにトップサイエンスを生み出すか。
 - (2) 本戦略目標の全体として達成されうるサイエンスメリットは何か。この戦略目標の出口としてどのようなものが考えられるか。

等について議論を行い、ワークショップにおける議論や有識者ヒアリング等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

6-3. 閣議決定文書等における関係記載

「第 6 期科学技術・イノベーション基本計画」(令和 3 年 3 月 26 日閣議決定)

第 1 章基本的な考え方

3. Society 5.0 という未来社会の実現

(1) 我が国が目指す社会(Society 5.0)

① 国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会

(略) 環境問題については、人間活動の増大が、地球環境へ大きな負荷をかけており、気候変動問

題や海洋プラスチックごみ問題、生物多様性の損失などの様々な形で地球環境の危機をもたらしている。今を生きる現世代のニーズを満たしつつ、将来の世代が豊かに生きていける社会を実現するためには、食品ロス問題をはじめとする従来型の大量生産・大量消費・大量廃棄の経済・社会システムや日常生活を見直し、少子高齢化や経済・社会の変化に対応した社会保障制度等の国内における課題の解決に向け、環境、経済、社会を調和させながら変革させていくことが不可欠となっている。

「健康・医療戦略」（令和7年2月18日閣議決定）

II 現状と課題

2. 1 健康・医療をめぐる我が国の現状

（我が国の疾病構造）

（略）予防については、二次予防（疾病の早期発見、早期治療）、三次予防（疾病が発症した後、必要な治療を受け、機能の維持・回復を図るとともに再発・合併症を予防すること）にとどまらず、一次予防（生活習慣を改善して健康を増進し、生活習慣病等を予防するなど、病気の原因をもとから絶つ予防のこと。この他、環境における危険因子の削減を目指す健康保護、病気の発生の予防を目指す疾病予防がある。）にも併せて取り組むべきであることが指摘されている。

7. その他

本戦略目標を達成するためには、非常に多種多様であり、かつ長い時間軸において変化するエクスポソームを測定し解析する上で、従来の方法論にとらわれない新しい発想に基づく研究の推進が不可欠である。そのためには、生命科学、医学、薬学、環境科学、農学、獣医学、工学、物質・材料科学、情報科学、分析学、社会科学等の多様な分野が相互に連携し、それぞれの知見や技術を単に持ち寄るにとどまらず、各分野の研究手法、評価軸を含めたより本質的なレベルでの融合を図ることが重要である。新しい科学的価値の創出と社会的課題の解決に資することを常に意識しながら、柔軟かつ戦略的に研究体制を構築していく必要がある。

また、本戦略目標に基づき創出される知見や技術は、栄養学、予防医学、創薬、オーダーメイド医療、環境保全、農業・食料供給システム、さらには都市設計や社会インフラの在り方にまで波及する可能性を有している。一方で、エクスポソーム研究の進展は、個人の健康リスクの可視化や世代を超えた影響の評価につながることから、倫理的・法的・社会的課題（ELSI）や責任ある研究・イノベーション（RRI）の観点から初期段階から踏まえつつ、社会との対話と双方向のコミュニケーションを継続的に行うことが不可欠である。研究成果の社会実装を見据えつつも、短期的な出口に過度に拘泥することなく、自由な発想に基づく基礎研究と、将来的な応用展開を視野に入れた研究の双方をバランスよく推進していく姿勢が求められる。