

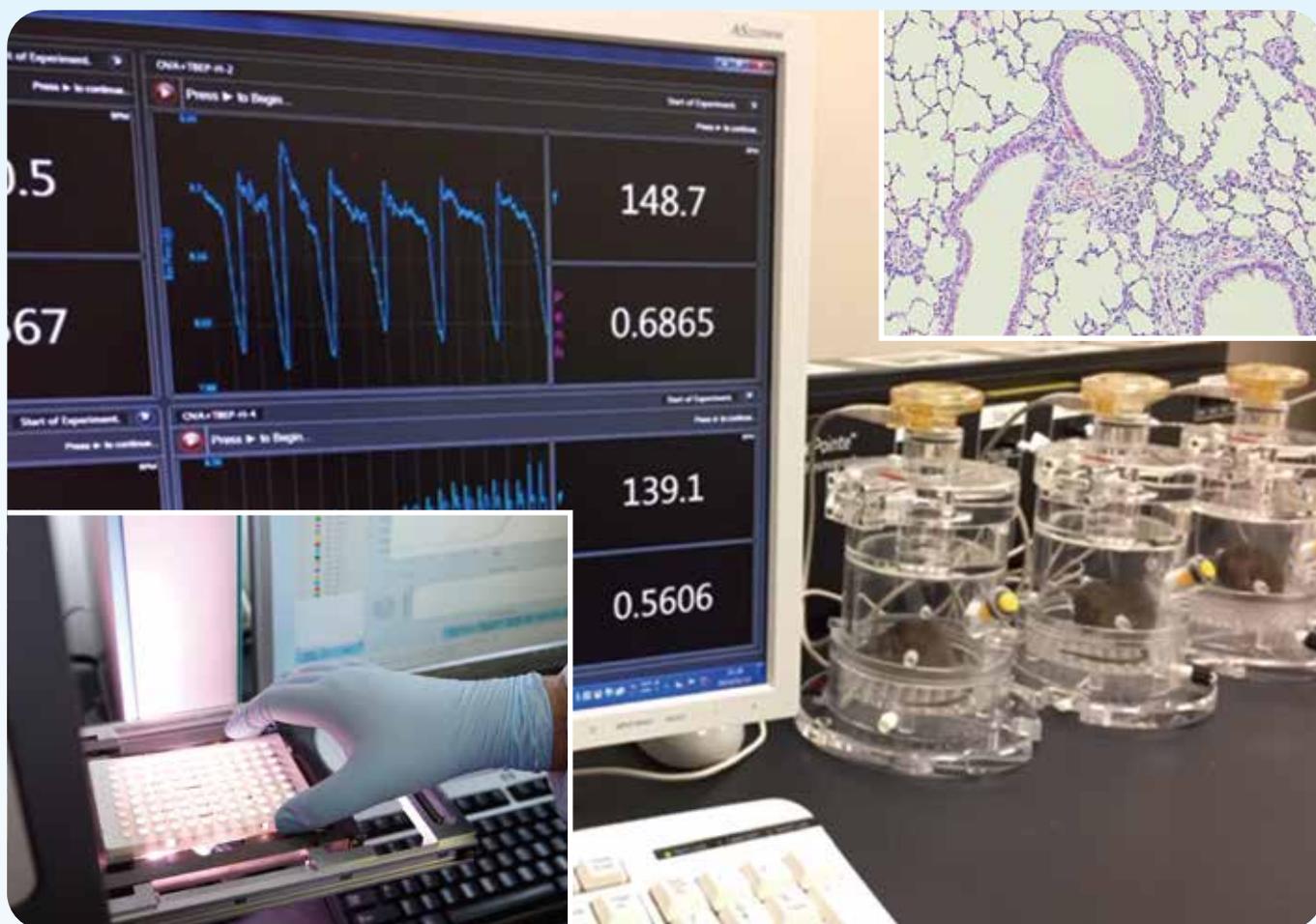
国立環境研究所 ニュース

Vol.37

No.6

平成31年(2019)2月

National Institute for Environmental Studies



左下:遺伝子発現量の測定(リアルタイムPCR法)、中央:呼吸機能の解析、右上:肺炎症の病理組織像

特集 | 化学物質が小児・将来世代に与える 健康影響の評価とメカニズムの解析

健康を取り巻く環境の変化から化学物質の問題を考える | 2

化学物質が小児・将来世代に与える健康影響のメカニズム解明と評価手法の確立に向けて | 3

環境化学物質曝露と行動の発達 | 5

妊娠期ヒ素曝露が次世代および生殖細胞に及ぼす影響の解析 | 8

健康影響評価における化学物質の低用量曝露の重要性 | 11

国連気候変動枠組条約(UNFCCC)第24回締約国会議(COP24)／
京都議定書第14回締約国会合(CMP14)／
パリ協定第1回締約国会合第3部(CMA1-3)参加報告 | 15

平成31年度政府予算案における国立環境研究所関係予算の概要 | 18

健康を取り巻く環境の変化から化学物質の問題を考える

小池英子

私達を取り巻く環境は、健康に様々な影響をもたらしています。世界保健機関（WHO）が2016年に発表した *Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks*（健康的な環境による疾患の予防：環境リスクによる疾病負担の世界的評価）では、世界における全死亡の23%は環境に起因すること、また、大気・水・土壌汚染、化学物質、気候変動、紫外線等の環境要因が100以上の疾病に関係していることが示されています。具体的には、室内空気汚染や大気汚染、受動喫煙と呼吸器感染や喘息との関連性、化学物質と神経障害との関連性などが挙げられています。すなわち、環境を改善することで健康リスクを低減できることが示唆されています。

健康リスクの観点から、環境問題の歴史を見てみると、国内では1950～1960年代にかけて、いわゆる4大公害（水俣病、新潟水俣病、イタイイタイ病、四日市ぜんそく）をはじめ、全国各地で深刻な公害問題が発生しました。このような状況を受け、1970年代にかけて、公害対策に関する法律が整備され、対策が進められました。その後、1990年代には、ダイオキシンの問題から化学物質の環境ホルモン作用（内分泌かく乱）が指摘され、小児・次世代への影響や超微量成分の健康影響に関心が持たれるようになりました。歴史的な公害は、局所的かつ特定の原因物質による高濃度汚染であり、現在も一部課題が残されているものの、甚大な環境汚染の多くは規制により解消されてきました。しかし、近年新たな問題として、地球規模の環境変化や越境汚染、年々増加する多種多様な化学物質の開発・使用に起因する影響が注目されています。

ここで、現代の生活環境中に存在する化学物質について考えてみたいと思います。屋外では、黄砂に付着した汚染物質や自動車・工場からの排気（PM_{2.5}などの粒子状物質やガス状の大気汚染物質）、工場や家庭からの排水、廃棄物の保管・処理・リサイクル過程で放出される化学物質などがあり、これらは、空気・水・土壌・動植物を介してヒトへ移行します。

屋内では、建材や家具などに使用される塗料や接着剤；食品に含まれる添加物や農薬；食品容器中の可塑剤；殺虫剤；燃焼器具や喫煙による粒子状物質や酸化化合物；家電、電子機器に使用されている難燃剤などが挙げられます。これらは、製品から空気中への放出またはハウスダストへの付着を介してヒトへ移行します。このように、私たちは呼吸や食事、接触などにより化学物質に日々曝露されているわけです。

近年、生活習慣病やがん、アレルギー疾患、精神・神経疾患などが増加していますが、健康にみられるこれらの変化には、ライフスタイルや化学物質曝露の問題を含めた環境要因の複合的な影響が関与していると考えられます。化学物質が私達の生活を豊かにしているのも事実ですが、その一方でリスクも存在します。特に、環境要因に対して脆弱な妊娠期や有病者、小児、高齢者においては、低濃度でも健康障害を引き起こすおそれがあります。また、内分泌かく乱作用を示す化学物質は、単純な量-反応関係で毒性を測ることができません。以上のことから、感受性や低用量曝露影響も勘案した健康リスク評価が求められています。

本特集の「研究プログラムの紹介」では、化学物質の健康リスクの課題に実験的アプローチで挑戦する「化学物質の小児・将来世代に与える健康影響評価研究プロジェクト」の概要とそれを構成する3つのサブテーマについて紹介します。そして「研究ノート」では、本プロジェクトで現在進行中の研究について、サブテーマ2から「環境化学物質曝露と行動の発達」、サブテーマ3から「妊娠期ヒ素曝露が次世代および生殖細胞に及ぼす影響の解析」に関する成果を紹介します。さらに、「環境問題基礎知識」では、サブテーマ1で取り組んでいる低用量曝露影響の問題について、「健康影響評価における化学物質の低用量曝露の重要性」を解説するとともに、研究成果の一例も紹介します。

本稿を通して、私達を取り巻く生活環境中にはいかに様々な化学物質が存在しているか、また健康と

の関わりについて理解を深めていただき、化学物質の問題について考える機会になれば幸いです。

(こいけ えいこ、環境リスク・健康研究センター
病態分子解析研究室 室長)

執筆者プロフィール：

最近、自身の「健康」についても考えさせられることが多くなりました。楽しみである食事は制限したくないので、運動を日課にと思ってはいるものの、なかなか難しく、通っているホットヨガのチケット消化に日々追われています。



【研究プログラムの紹介：「安全確保研究プログラム」から】

化学物質が小児・将来世代に与える健康影響のメカニズム解明と評価手法の確立に向けて

小池英子

近年の健康にみられる変化として、生活習慣病やがん、アレルギー疾患、精神・神経疾患等の増加が挙げられますが、子どもに関わる変化についても、早産や性比の変化、不妊などの妊娠・生殖関連に加えて、免疫・アレルギー疾患や代謝・内分泌系疾患、精神神経発達障害などが増加しています(図1)。病気の発症や進展は、「遺伝要因(対象者の遺伝的背景)」だけでなく、「環境要因」により大きな影響を受けます。これより健康の変化は、遺伝要因と環境要因の複合的な影響の結果と考えられますが、急に起きるものではない遺伝子の変化に対し、時代とともに急速に変化してきた環境要因の寄与は大きいといえます。特に胎児期～小児期の発達期におけ

る感受性は高く、この時期に曝露された環境要因によってその後の免疫系や神経系などに影響を及ぼす可能性が指摘されており(図1)、「子どもの健康と環境に関する全国調査(エコチル調査)」でも注目されています。

環境が健康に与える影響は複雑化しており、単純に評価することは難しく、この問題に対する各国の政策対応も十分とはいえないのが現状です。その中に、多種多様な化学物質の開発・使用に起因する蓄積性の高い物質の影響や内分泌かく乱物質などによる低用量曝露影響の問題があります。化学物質の健康影響を迅速に予測し対策につなげるためには、疫学的な知見に加えて実験的な検証による地道なデータの積み重ねが重要です。さらにそのデータを詳細に解析し、病態メカニズムの解明および有用な影響評価指標の抽出を行うことで、短期曝露実験から長期曝露影響の予測や実験動物または培養細胞を用いた実験からヒトへの外挿へと評価手法を発展させていく必要があります。

今回紹介する「安全確保研究プログラム」のプロジェクト1では、化学物質の小児・将来世代に与える健康影響について、生体高次機能(免疫系、代謝・内分泌系、脳神経系等)や将来世代に影響が及ぶ多世代・継世代影響に関する実験的研究を展開することにより、「環境研究・環境技術開発の推進戦略について(平成27年8月中央環境審議会答申)」で重点

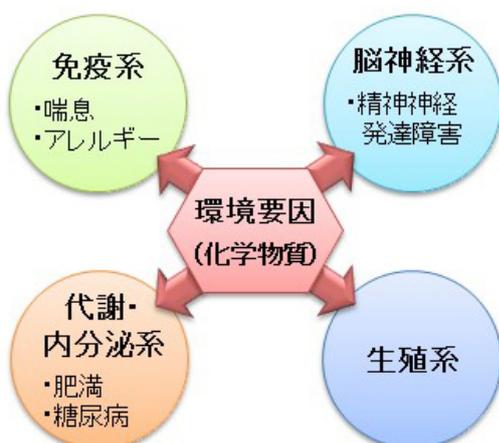


図1 子どもの健康にかかわる変化と環境要因

特集 化学物質が小児・将来世代に与える健康影響の評価とメカニズムの解析

課題となっている安全確保領域の「化学物質の生体高次機能や継世代影響へのリスク評価・管理」に資する知見を創出することを目標としています。本プロジェクトは、環境リスク・健康研究センターを中心に、環境計測研究センター、生物・生態系環境研究センターのメンバーで、(1) 免疫・代謝疾患に与える影響とメカニズムの解明、(2) 発達期の脳に与える影響評価手法の開発、(3) 多世代・継世代影響とメカニズムの解析の3つの課題に取り組んでいます(図2)。次に、それぞれの研究概要を紹介します。

【サブテーマ 1：化学物質曝露が免疫・代謝疾患に与える影響とメカニズムの解明】

ここでは、近年増加しているアレルギー疾患や生活習慣病に注目し、胎児期～小児期における化学物質の低用量曝露がこれらの疾患に与える影響の検出とメカニズムの解明をめざしています。病気の発症・進展には、生体システム(免疫系、代謝・内分泌系、脳神経系等)や臓器間・細胞間の相互作用が重要な役割を果たしていることから、化学物質がこれらをかき乱すことにより病態を悪化させる可能性があります。そこで、本研究では、標的臓器や標的細胞に限定した従来の評価に留まらず、例えば、免疫疾患であるアレルギー動物モデルにおいて神経

系の変化も解析するなど、生体システムの相互作用や化学物質の体内動態との関連性にも注目しています。現在、実環境中における化学物質の曝露量・曝露形態を考慮した影響について、小児期～成人期曝露あるいは胎児期～乳児期曝露による影響の検出とメカニズムの解明を進めています。本研究は、化学物質管理において新たな課題となっている「低用量曝露影響」を視野に入れたリスク評価に役立つことができると考えています。

【サブテーマ 2：化学物質曝露が発達期の脳に与える影響評価手法の開発】

ここでは、近年増加している精神神経発達障害に注目し、化学物質曝露が発達期の脳に与える影響評価手法の開発をめざしています。本研究では、化学物質が脳の発達に及ぼす影響を評価するため、「動物モデル」と「細胞・胚モデル」を用いた実験に取り組んでいます。現在、動物実験では遺伝子改変技術等による動物モデルの作製および新規行動試験法の確立や体内動態とバイオマーカーの解析手法の確立に向けて検討を進めています。また、ES細胞(胚性幹細胞)等の培養細胞や鳥類胚を用いた脳神経系影響評価の代替法の確立に向けた検討も進めています。本研究のめざす化学物質曝露と「子どもの行動異常」

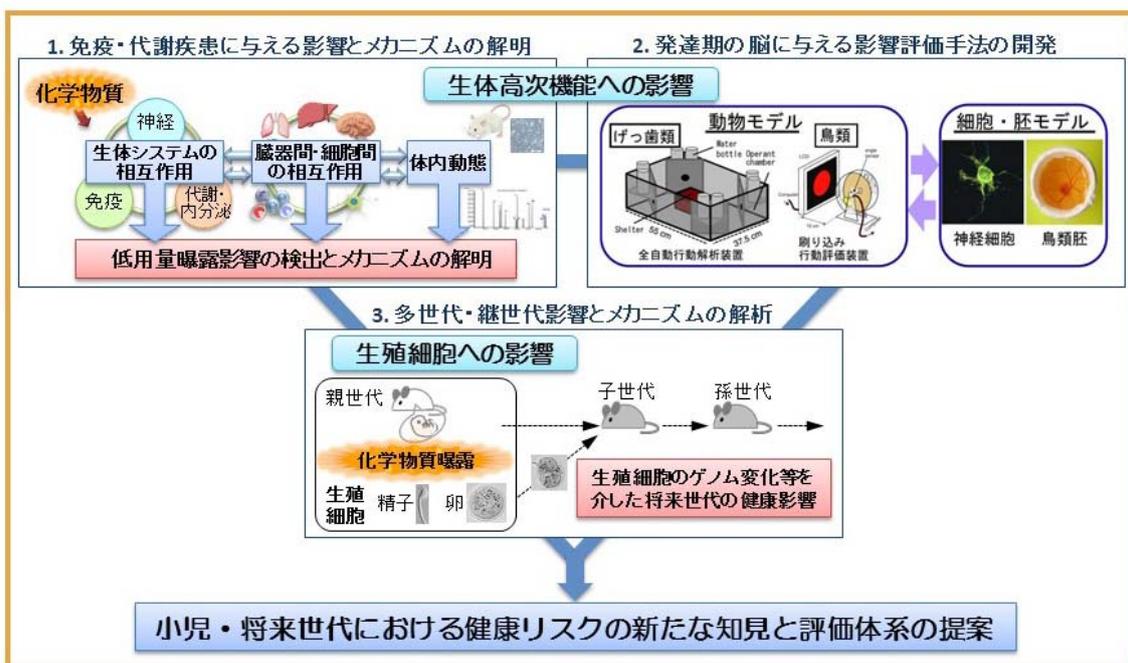


図2 化学物質の小児・将来世代に与える健康影響評価研究プロジェクトの構成

との関係性および行動異常と体内動態との因果関係の提示や代替法の開発は、疫学調査に有用な情報を提供するとともに迅速なリスク評価に活用できると考えています。

【サブテーマ 3：化学物質曝露の多世代・継世代影響とメカニズムの解析】

ここでは、生殖細胞のゲノム機能解析法を構築し、化学物質曝露による多世代・継世代影響とそのメカニズムの解明をめざしています。多世代・継世代影響とは、化学物質に曝露された親世代から、直接曝露を受けていない子どもや孫、それ以降の世代に影響が及ぶことを意味しています。近年、化学物質によるこれらの影響が懸念されていますが、その実体とメカニズムはほとんど未解明というのが現状です。多世代・継世代影響の原因としては、生殖細胞のエピジェネティック変化と *de novo* 突然変異の2つの機構が候補として挙げられます。エピジェネティック変化は、DNA のメチル化やヒストンの化学修飾など、DNA の塩基配列の変化によらない遺伝子発現や表現型の変化であり、生殖細胞の *de novo* 突然変異は、一般的な突然変異とは異なり、次の世代以降に引き継がれる変異を意味しています。本研究では、

この重要な2つの機構に着目した解析を行うことにより、生殖細胞を介する多世代・継世代影響のメカニズムの解明と評価法の構築を行います。現在、生殖細胞のゲノム解析法の確立や化学物質曝露でみられる肝腫瘍の増加に関連するエピジェネティック変化に注目した多世代影響経路の探索を進めています。本研究は、これまで解析できなかった多世代・継世代影響に関するリスク評価に活用できると考えています。

最後に本プロジェクトから期待される成果をまとめますと、実環境における化学物質の曝露量・曝露形態を反映した生体高次機能への影響およびメカニズムの解明や、生体システムおよび体内動態を考慮した影響評価の提案、有害性を迅速かつ簡便に評価可能な代替法の構築、多世代・継世代影響のメカニズムの解明と評価法の構築が挙げられます。本研究により、疾患の予防やリスク低減、エコチル調査を念頭においた疫学調査に有用な知見を提供するとともに、化学物質の健康リスク評価に資する新たな影響評価体系を提案し、小児・将来世代の健康保全につながる化学物質管理に貢献したいと考えております。
(こいけ えいこ、環境リスク・健康研究センター 病態分子解析研究室 室長)

【研究ノート】

環境化学物質曝露と行動の発達

前川文彦

環境要因に起因して精神疾患発症率が増加している可能性が危惧されており、その原因の一部は有害化学物質の曝露影響を反映しているのではないかと考えられています。特に胎児期や新生児期等、発達期の子供の脳は環境要因に感受性が高く、有害な化学物質曝露が子供の脳の発達に影響を与えないように注意深く監視していく必要があります。そこで私達は胎仔期～幼仔期の動物モデルに対して化学物質曝露を行って後発的行動異常を検出することで、行動発達への有害性を評価できる手法の確立と有害影響の指標となる脳の生理的・構造的変化の発見を目

指して研究を行っています。これまでに金属、農薬、難燃剤等から特定の物質をピックアップし、各々の化学物質を発達期曝露することによって生じる行動異常や脳の機能・構造変化の評価を行ってきました。

金属に関してはヒ素を標的物質として検討を行いました。森永ヒ素ミルク事件（1955年にヒ素が混入した粉ミルクを飲用した乳幼児に重篤な影響が出た事件）の後遺症として脳・神経系への重篤な影響が知られているようにヒ素曝露は一時的であっても永続的な神経毒性を示すことが知られています。環境からの影響としては東南・東アジアを中心とした

特集 化学物質が小児・将来世代に与える健康影響の評価とメカニズムの解析

国・地域で飲水や食物摂取を介して土壌に含まれるヒ素に曝露されることで神経発達に阻害されるという疫学調査が多数報告されています。発達期のヒ素曝露がどのような行動影響を誘導するか明らかにするため、妊娠中期～後期（妊娠 8～18 日目）の雌マウスに亜ヒ酸ナトリウム 85 ppm が含まれた飲水を与える亜ヒ酸ナトリウム曝露群と、亜ヒ酸ナトリウムを含まない水を与える対照群を作製し、各々の母体から産まれた仔が成長した後、行動異常を検討しました。行動実験には全自動行動記録装置 IntelliCage（図 1）を使用し、ヒト発達障害において影響が報告されている脳機能の一つである行動柔軟性に影響が現れるか検討しました。IntelliCage を用いた行動柔軟性試験は、1. 学習獲得期と 2. 反転課題期の 2 つのフェーズから構成される試験です。まず学習獲得期においては報酬となる水が飲める場所を覚えさせる空間学習を施しました。学習を成立させた後の反転課題期においては、水が飲める場所を変更し新規の飲水場所を再学習させることで環境変化への適応力を評価しました。その結果、学習獲得期においては対照群と亜ヒ酸ナトリウム曝露群との間で学習成績に違いは認められず、どちらの群も同程度に水を飲める場所を学習することができたため、空間学習行動自体にはヒ素曝露の影響は無いことが分かりました。一方、反転課題期においては再学習開始直後の成績が対照群と比較して亜ヒ酸ナトリウ

ム曝露群で統計学的に有意に低下することから、胎仔期ヒ素曝露が行動柔軟性に影響を及ぼすことが明らかになりました。このような行動柔軟性への影響は雌雄ともに認められました。また行動柔軟性に関与することが知られている前辺縁皮質と呼ばれる大脳皮質内の領域に存在する神経細胞の神経突起の長さを群間で比較したところ、亜ヒ酸ナトリウム曝露群において神経突起の長さが統計学的に有意に減少していたため、この領域の神経細胞に対する直接的なヒ素作用が行動柔軟性低下に結びついていると考えられています。

農薬に関しては昆虫のニコチン性アセチルコリン受容体に働いて殺虫作用を示すネオニコチノイド系農薬に着目して発達期曝露影響を検討しました。ネオニコチノイドは哺乳類のニコチン性アセチルコリン受容体には作用しないためヒトへの安全性が高いと考えられてきましたが、近年細胞レベルの実験により哺乳類の神経細胞の活性化作用を有するとの報告もなされており、更なるヒト健康への影響の検討が必要です。ネオニコチノイドの一種であるアセタミプリドを妊娠中期から授乳期（妊娠 6 日目～出産後 21 日目）まで、妊娠マウスに一日体重 kg 当たり 10mg あるいは 1mg 投与する群（高用量群、低用量群）と、溶媒のみを投与した対照群の 3 群を作製し、成長後の行動影響を検討しました。まず IntelliCage を用いて行動柔軟性への影響を評価しましたが雌雄ともに 3 群間で違いは認められませんでした。次に行動柔軟性以外の精神神経発達に着目し、攻撃行動試験、性行動試験、明暗箱試験（図 2）を用いて評

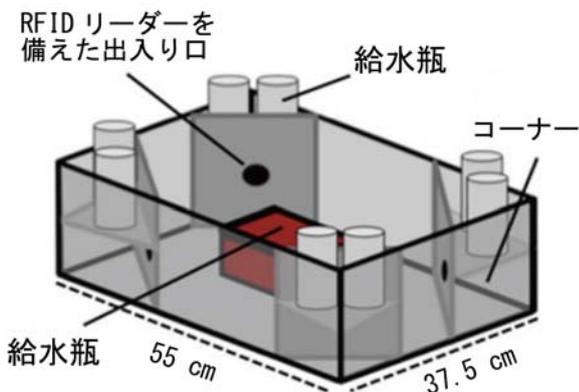


図 1 IntelliCage の模式図

4 隅にコーナーと呼ばれる三角形の小部屋が存在し、コーナーに入ることで給水瓶から飲水が可能となる。コーナーの出入口には RFID リーダーと呼ばれるセンサーがついており、マウスの皮下に埋め込んだチップ（RFID）を読み込むことで、どの個体がどのコーナーを探索したか全自動で記録できる。

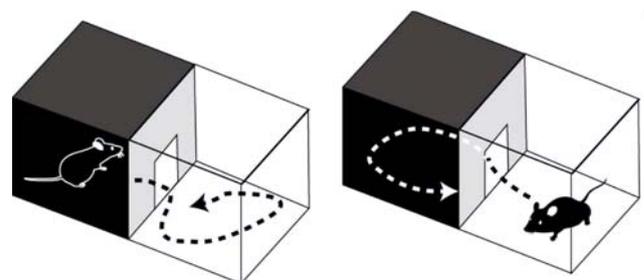


図 2 明暗箱試験の概要

暗箱と明箱が通路で接続されて自由に往来できる明暗箱にマウスを入れて 10 分間行動観察します。マウスは暗いところを好むので、暗箱の滞在時間が対照群より長いとより不安を感じていると解釈できます。逆に明箱の滞在時間が対照群より長いと本来不安を感じるべきところに不安を感じず衝動的に出ていってしまっていると解釈できます。

価を行い、社会性や情動性への影響を探索しました。その結果、雄マウス選択的に攻撃行動や性行動が低用量群で統計的に有意に上昇することが明らかとなりました。また、低用量群・高用量群ともに雄で統計学的に有意に不安反応が異常に低下することも明らかとなりました(図3)。数多くの先行研究でニコチンの神経毒性影響は雄で顕著に現れることが報告されており、原因としてニコチンが作用するニコチン性アセチルコリン受容体やコリン作動性神経系の性差が関与している可能性が示唆されています。今回の研究でもネオニコチノイドの発達期曝露影響が雄でのみ認められたのは、脳の構造・機能的な性差に起因する可能性があります。また、ニコチン曝露が衝動性増加に関与することを示す先行研究も数多く知られており、ネオニコチノイド曝露により認められた複数の行動変化が起こった原因として衝動性増加に関わる神経回路が強く影響を受けている可能性があります。

最後に難燃剤に関してはエストロゲン様活性を示すリン系難燃剤について評価を行いました。難燃剤の中には発達期曝露により甲状腺ホルモン作用や性ステロイドホルモン作用をかく乱することで脳の正常な発達を阻害する物質が存在することが報告されています。近年、細胞レベルの研究からリン酸トリス(2,6-ジメチルフェニル)(2,6-TDMPP)と呼ばれる物質が α 型エストロゲン受容体と呼ばれるタンパク質に結合することで内分泌かく乱作用を示す可能

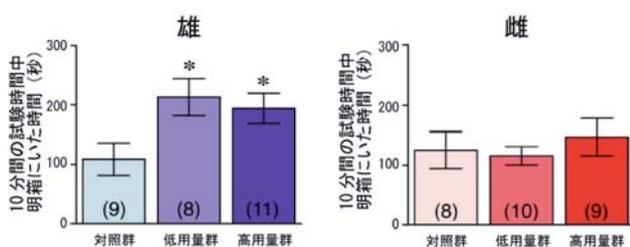


図3 明暗箱試験における明箱滞在時間への影響

雄選択的に明箱における滞在時間がアセタミプリド低用量群・高用量群で対照群より統計的に有意に長くなっていました。* $p < 0.05$ vs 対照群 (統計手法: 分散分析及びフィッシャーのPLSD法)、()内は試験した匹数

性が報告されており、胎児期・新生児期に曝露されることで性分化異常が誘導される可能性が懸念されています。そこで、脳の性が決定する時期である妊娠14日目～出生後9日目までのマウスに出生前は母体に、出生後は新生仔に直接2,6-TDMPPを投与した群(2,6-TDMPP群)を作製し、溶媒のみを投与する対照群や、代表的なエストロゲンであるエストラジオールを投与する陽性対照群と比較しました。その結果、2,6-TDMPP群では思春期の早発、性成熟後の雌性行動の低下、性周期異常等、雌の生殖生理・行動に強く影響が現れました。また、それらの影響は陽性対照群でも同様に確認されました。加えて、脳の性分化の指標となることが知られている、雌雄で細胞数や神経核容量が異なる性的二型核について検討した結果、2,6-TDMPP群および陽性対照群の雌において対照群と比較して統計的に有意に性的二型核の雄性化が認められました。これらの結果から2,6-TDMPPはエストロゲン様の内分泌かく乱作用を示し、雌で特に強く影響が現れることが明らかになりました。

金属、農薬、難燃剤を評価して行動影響を比較した私達の研究を俯瞰すると、化学物質種に応じて影響が現れる動物モデルの性や行動指標がそれぞれ異なることがご理解いただけると思います。このことは、即ち、化学物質影響の検討を行う動物モデルの性や行動評価指標が適切なものでないと影響を見逃してしまう可能性があるということです。今後も、検討すべき化学物質に対応した適切な影響指標の探索を続け、効果的かつ取りこぼしが少ない化学物質影響評価の体制を構築する一助となればと考えています。

(まえかわ ふみひこ、環境リスク・健康研究センター 生体影響評価研究室 主任研究員)

執筆者プロフィール:

今年3月の東京マラソン2019に茨城県の準エリート枠で出させていただけることになったので昨年の夏は酷暑の中でも走り込みました。温暖化を身に沁みて感じた夏になりました。



【研究ノート】

妊娠期ヒ素曝露が次世代および生殖細胞に及ぼす影響の解析

鈴木 武 博

はじめに

有害物質に脆弱と考えられる胎児期や乳幼児期における環境化学物質曝露は、すぐには顕在化しない様々な後発的影響を誘導することが懸念されています。さらに、化学物質曝露が次世代やさらにそれ以降の世代にまでも健康に影響を及ぼすという多世代・継世代影響の可能性が指摘されていますが、その詳細はほとんど明らかになっていません。安全確保研究プログラムの「化学物質の小児・将来世代に与える健康影響評価研究プロジェクト」のサブテーマ3では、生殖細胞やエピジェネティック修飾変化に着目し、無機ヒ素による次世代影響経路の探索を目的に実験動物や細胞株を用いて研究を行っています。本稿では、私たちの研究によって明らかになった無機ヒ素の次世代影響の事例を紹介し、現在行っている生殖細胞に着目した研究をご紹介します。

動物実験による妊娠期無機ヒ素曝露の次世代影響

(1) 成長後の肝腫瘍の増加

無機ヒ素（ヒ素）汚染は、中国、インド、バングラデシュなどの世界各国で、地質から井戸水等への混入を介して深刻な健康被害をもたらし、大きな環境問題となっています。ヒ素の長期摂取により慢性炎症をはじめ、最悪の場合発がんにいたることがヒトを対象とした疫学研究により報告されています。さらに、妊娠期や乳幼児期のヒ素曝露によって成人後に膀胱、肺、肝臓などにがんが発症することが疫学研究により報告されています。動物実験においては、アメリカの研究グループが、オスが肝腫瘍を発症しやすいマウス（C3H マウス）を用いた実験系を報告しました。妊娠 8～18 日目の 10 日間のみ、母親に 85 ppm の無機ヒ素を含む水を自由摂取させると、産まれたオスの子（子世代、first filial generation (F1)）が 74 週齢で肝腫瘍を高率に発症するというもので

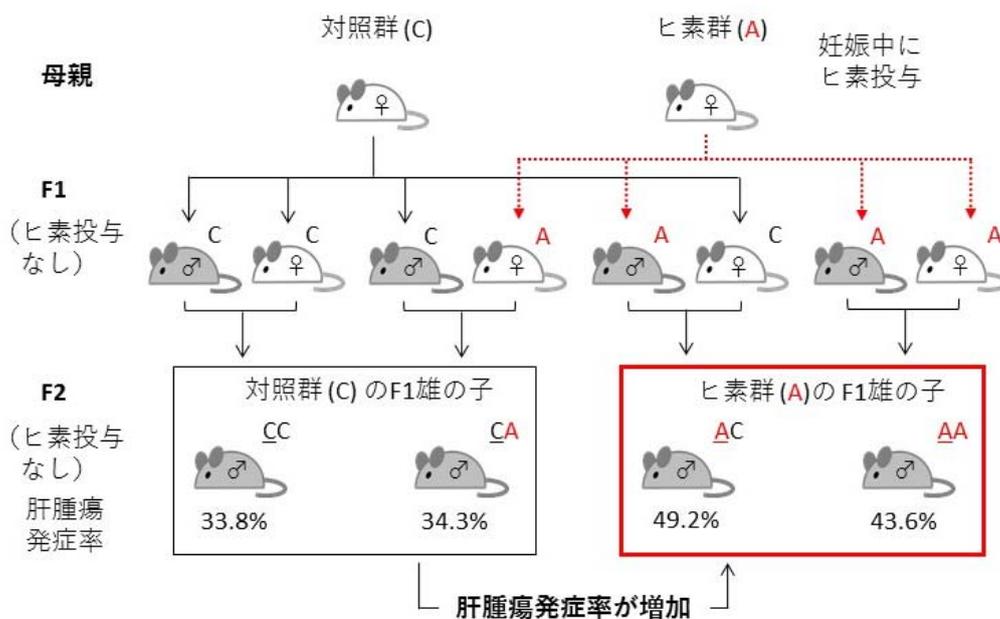


図 1 妊娠期ヒ素曝露による子世代、孫世代での成長後の肝腫瘍増加

母親マウスの妊娠中のみ 85 ppm のヒ素を飲水投与すると、産まれた子世代 (F1)、孫世代 (F2) のオスが 74 週齢ほどで対照群と比較して肝腫瘍を高率に発症することがわかりました。母親から産まれた F1 を対照群とヒ素群のオスとメスでそれぞれ交配させると、F2 世代の影響は、F1 のオスがヒ素に曝露されていると現れることがわかりました。

す。私たちはこの実験系を使用して、妊娠期ヒ素曝露群（ヒ素群）と妊娠期にヒ素曝露をしていない群（対照群）で比較し、確かにヒ素群 F1 のオスで肝腫瘍の発症率が増加することを確認しました。さらに検討を重ねたところ、非常に興味深いことに、その次の世代（孫世代、F2）でも、オスが 74 週齢ほどで肝腫瘍を高率に発症することを明らかにしました（図 1）。F2 に続く影響は、母親か父親かどちらに由来するかを明らかにするため組み合わせ交配実験をおこなった結果、父親に由来することがわかりました。つまり、F1 のオスが妊娠期にヒ素曝露されていると、F2 でも肝腫瘍が増加することが明らかになりました。以上の結果から、妊娠期ヒ素曝露による成長後の肝腫瘍増加は、子世代のみならず孫世代までも続き、それは子世代のオス経由で起こることがわかりました（図 1）。

(2) 培養シャーレに接着する肝細胞数の減少

私たちは、妊娠期ヒ素曝露による成長後の肝腫瘍の増加以外の「新たなヒ素の次世代影響の探索」も行っています。肝臓での腫瘍の増加という次世代影響が明らかになったので、新たなヒ素の次世代影響

も肝臓で見つかる可能性が高いと考え、肝臓の大部分を占める肝実質細胞（肝細胞）に着目することにしました。肝臓から単離した肝細胞をシャーレで培養して、肝腫瘍の増加に関連する遺伝子発現などを検討する予定でしたが、妊娠期にヒ素曝露をうけた F1 の肝細胞は、対照群の肝細胞と比較して培養シャーレに接着する細胞数が減少するという予想しなかった現象が見つかりました（図 2）。この新しい現象も、肝腫瘍増加と同様に F1 オスのみならず F2 オスの肝細胞でも観測されたため、孫世代まで続く妊娠期ヒ素曝露の影響と考えられます。しかし、現在のところ、この現象が肝腫瘍の増加に関連するのかどうかは明らかになっていません。

妊娠期ヒ素曝露による精子形成に関与する遺伝子発現量の変化

ヒ素は発がんのみならず、さまざまな健康被害をもたらします。生殖毒性については、ヒ素曝露により自然流産、死産、早産のリスク、出生児体重の低下など、主に女性での影響が報告されています。最近、疫学研究により、精子の質の低下など男性の生殖細胞へのヒ素曝露の影響が報告されました。しか

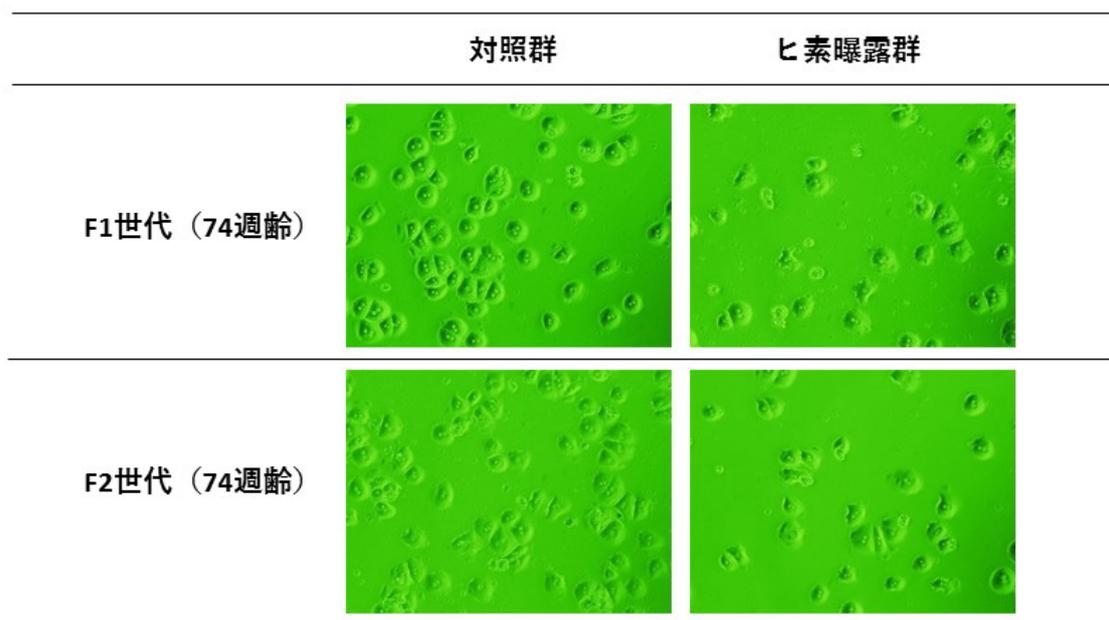


図 2 妊娠期無機ヒ素曝露による肝細胞の培養シャーレへの接着能の変化

妊娠中のみ 85 ppm のヒ素を飲水投与した母親マウスから産まれた子世代（F1）、孫世代（F2）のオスの肝細胞を培養すると、培養シャーレに接着する肝細胞の数が減少することがわかりました。写真中の丸形がディッシュに接着した肝細胞を示しています。

特集 化学物質が小児・将来世代に与える健康影響の評価とメカニズムの解析

しながら、男性生殖細胞における疫学研究はヒ素を直接摂取した直接曝露の影響であり、妊娠中に母親がヒ素に曝露された場合の影響については明らかになっていません。そこで、妊娠中にヒ素曝露した F1 オスと妊娠中にヒ素曝露をしていない F1 オスで、生殖細胞である精子を生産する精巣における遺伝子発現量の変化を調べました。リアルタイム PCR という遺伝子発現量を測定する方法で解析した結果、精子形成に関与する Gametogenetin (Ggn) というタンパク質のグループの中で Ggnbp1 (Ggn binding protein 1) という遺伝子がヒ素群の精巣で増加していることがわかりました。F1 が産まれてからの週齢で Ggnbp1 の遺伝子発現量を比較すると、Ggnbp1 は高齢期では変化がなく、若齢期で増加していることもわかりました(図 3)。

Ggnbp1 が増加するとミトコンドリアがバラバラに断片化され、活性酸素種が増加することが報告されています。活性酸素種は、生体にとって有害な作用である酸化ストレスの主な原因物質の一つです。しかし、生体には、活性酸素種が蓄積しないように、活性酸素種を除去する酵素が備わっています。その中の 1 つである Mth1 という酵素の遺伝子発現量を調べたところ、遺伝子発現量がヒ素群の精巣で増加していました。つまり、Ggnbp1 が精巣内ミトコンド

リアの活性酸素種を増加させ、Mth1 がその除去に関与している可能性が考えられました。

Ggnbp1 や Mth1 の遺伝子発現量が変化したヒ素群の精巣で作られた精子にはどのような影響があるのでしょうか。私たちは高純度に抽出した F1 精子の RNA および DNA を用いエピジェネティック変化の検討を開始しています。エピジェネティック変化とは、DNA メチル化や、マイクロ RNA を含む非翻訳性 RNA など、遺伝子の配列情報の変化を伴わずに遺伝子発現量を変化させるメカニズムです(詳しくは、国立環境研究所ニュース 34 巻 3 号や環境儀 NO.59 をご覧ください)。具体的な検討としては、精子の RNA を用いたマイクロ RNA の解析、精子の DNA を用いた Reduced representation of bisulfite sequence (RRBS) という次世代シーケンサーを使用するメチル化解析をおこなっています。その結果、ヒ素群の F1 精子で、マイクロ RNA 発現量や DNA メチル化変化がおこなっていることがわかってきました。妊娠中ヒ素曝露による精巣における Ggnbp1 による活性酸素種の増加が F1 精子のエピジェネティック変化に関与している可能性について、今後さらに検討をしていきます。

おわりに

本稿では、私たちが明らかにした妊娠中ヒ素曝露により子世代 (F1) のみならず孫世代 (F2) まで続く 2 つの現象 ((1) 肝腫瘍の増加と (2) 培養シャーレに接着する肝細胞数の接着能の減少) と、F1 オスの精巣および精子における研究についてご紹介しました。これらの研究の関連性について、(1) と (2) については前述していますが、精巣および精子の研究についてもお互いに関連しているかどうかかわかっていません。F1 精子でのエピジェネティック変化が、F2 における成長後の肝腫瘍の増加あるいは F2 における肝細胞の接着能の低下にどのように関係するのか、また、肝細胞の接着能の低下は肝腫瘍の増加にどのように関連するのか、さらに検討を続けていく予定です。ごく最近になり、非翻訳性 RNA の中でもマイクロ RNA とは異なる tRNA-derived RNA fragments (tRFs) が注目されています。tRFs は精子中に入って親から子に親の性質を伝える作用があると報告されています。今後は、このような新規性分子も取り

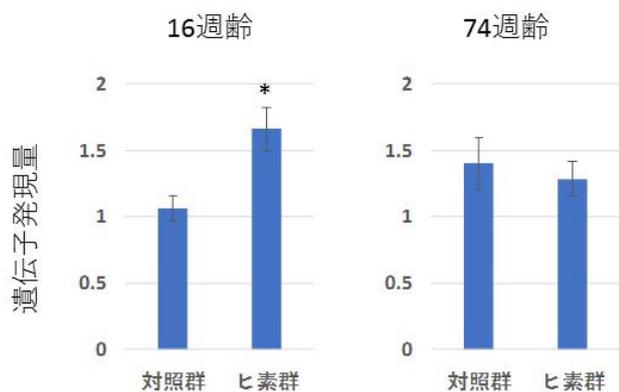


図 3 妊娠中ヒ素曝露による子世代マウスの精巣における Ggnbp1 の遺伝子発現量変化

Ggnbp1 の遺伝子発現量をリアルタイム PCR で測定した結果、ヒ素群の精巣で増加しました。また、Ggnbp1 の遺伝子発現量の増加は、74 週齢 (高齢期) ではみられなかったため、若齢期で変化することがわかりました。*は有意水準を 0.05 に設定した場合に統計的有意差があることを示しています。

入れながら研究をすすめていきたいと考えています。
(すずき たけひろ、環境リスク・健康研究センター
病態分子解析研究室 主任研究員)

執筆者プロフィール：

超インドア派ですが、先日、ハーフマラソン大会に参加して 5 キロの部を走ってきました。思いのほか気持ちよかったです。健康のためにもジョギングを始めようと思い、靴やウエアなどを揃えました。3 日坊主にならないようにしたいと思っています。



【環境問題基礎知識】

健康影響評価における化学物質の低用量曝露の重要性

柳 澤 利 枝

はじめに

我々が日々生活している環境中には多種多様な化学物質が存在しています。利便性や機能性を向上するために開発された様々な化学物質は、我々の生活に多くの恩恵を与えてくれる一方、人々の健康や生態系に対して何らかの悪影響を及ぼす可能性が否定できません。こうしたことから、化学物質の生体に対する毒性の有無について調べる必要があります。ここでは、化学物質の毒性評価において、その重要性が指摘されている低用量曝露について解説したいと思います。

従来毒性試験における問題点

「すべての物質は毒である。用量によって毒になる。」。スイス人科学者パラケルスス(1493~1541)の言葉です。つまり、化学物質に対する生体反応は、用量が増えれば増えるほどその作用や有害性が強くなる、という考え方であり、現在の毒性学及びリスク評価の基本概念となっています。一般的な化学物質の毒性試験では、マウスやラットなどの実験動物を用い、一定期間に低用量から高用量まで一定の範囲内で設定した用量の化学物質を投与し、有害な影響が認められなかった最大の用量を無毒性量(No Observed Adverse Effect Level : NOAEL)としています。また、ある濃度で生体反応が起こり始める用量は閾値と呼ばれ、NOAEL とほぼ同義で使われます。この値は、生物種、曝露期間(時間)、曝露時期、対

象とする指標等により異なります。この NOAEL に十分な安全係数を適用して算出された数値が耐容一日摂取量(TDI: Tolerable Daily Intake)であり、ヒトがある物質を生涯にわたって毎日摂取した際に、健康に悪影響を及ぼすおそれがないと推定される一日当たりの曝露量となります。これらの数値は、実験動物に投与した用量と生体反応の間に直線的な用量-反応関係があることを前提としています(図 1)。しかし、化学物質の中には必ずしも直線的な用量-反応関係を示さない物質が存在することが分かり、この原則に疑問が呈されています。例えば、図 2 に示すように、ある化学物質は、低用量と高用量で生体反応を示しますが、中間の用量では作用しない、

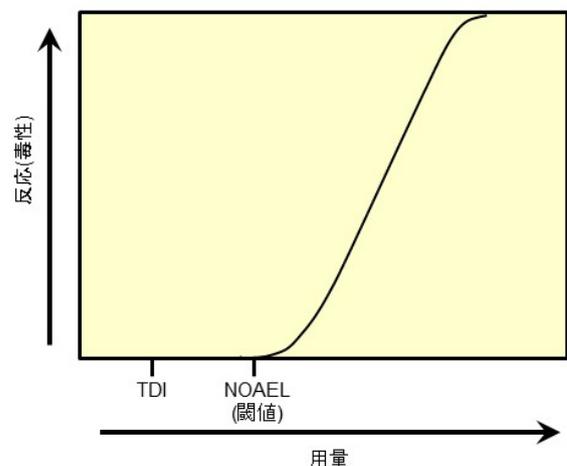


図 1 一般的な用量-反応曲線

TDI: Tolerable Daily Intake, NOAEL: No Observed Adverse

特集 化学物質が小児・将来世代に与える健康影響の評価とメカニズムの解析

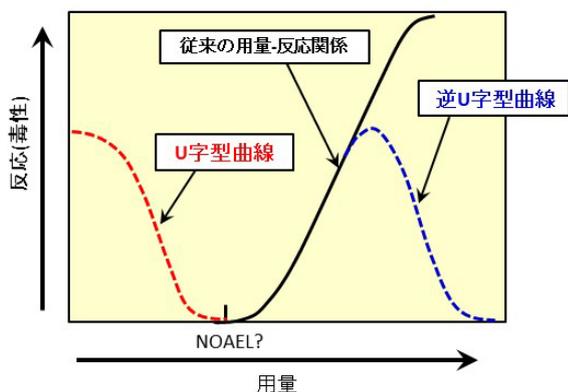


図2 一般的な用量-反応関係を示さない場合

あるいは無視できるレベルの作用しか示さない場合があります(U字型曲線)。また、別の化学物質では、中間用量の範囲にピークがある逆U字型曲線を形成する場合があります。特に、U字型の反応曲線の場合は、NOAEL とされた用量より低い用量でも影響が検出される可能性があります。このような非単調な用量-反応を示す場合は、高用量で検出された影響から低用量での影響を推定ができなくなり、NOAEL よりも低い用量での影響を確認しなければその化学物質の毒性を正確に評価できないということになります。さらに重要なこととして、化学物質の低用量による影響は単に高用量で起こる影響を少なくしたものではなく、高用量では検出されないような毒性が検出されることが多いとも言われています。このような作用を示す化学物質には、内分泌かく乱作用を有する物質が多く、農薬、ダイオキシン類、ポリ塩化ビフェニル類(PCB類)、ビスフェノールA(BPA)等で報告されています。こうした化学物質の特性を考慮すると、高用量での影響だけではなく NOAEL よりもさらに低い用量、特にヒトが実際の環境中において曝露され得るレベルの低用量も含めた毒性評価を行うことが重要だと考えられます。

化学物質に対する感受性の違い

ここまで化学物質の曝露用量による生体反応の違いについて説明してきましたが、では曝露される側はどうでしょうか。年齢、性別、既往歴、遺伝的背景、衣食住環境、衛生環境等、個人によってその状況は様々です。言い換えれば、化学物質に対する反応性も異なることが十分考えられます。特に、胎児、

乳幼児、高齢者、有患者は化学物質への曝露を含む環境の変化に脆弱であり、その影響を強く受ける可能性があります(高感受性)。しかし、先に述べた従来の一般的な毒性試験では、こうした感受性の違いについては考慮されていないため、NOAEL よりも低い用量で影響が出る可能性が否定できません。最近、こうした感受性要因を考慮したリスク評価の重要性も指摘されています。

このような背景から、我々は、環境中で曝露され得るような低用量を含めた化学物質の影響評価を行っています。特に、化学物質に対する感受性の違いも考慮し、近年急増しているアレルギー疾患や生活習慣病への影響に関する研究を進めています。

ビスフェノールA(BPA)の経気道曝露がアレルギー性喘息に及ぼす影響

一例として、我々がを行っている研究成果の一部をご紹介します。対象とした化学物質はBPAです。BPAは、主にポリカーボネート、エポキシ樹脂と呼ばれるプラスチックの原料として使用されています。ポリカーボネートは、電気機器、自動車・機械部品、食器・容器に、エポキシ樹脂は、金属の防蝕塗装、電気・電子部品、土木・接着材として汎用されています。環境省の報告によると、NOAELは0.5 mg/kg体重/日、TDIは0.05 mg/kg体重/日と設定されており、BPAが体内に取り込まれる主な経路としては、食物などに由来する経口的な摂取です。経口による一日予測最大曝露量は0.09 µg/kg体重/日とされており、前述のTDI値と比べてもはるかに低い数値です。BPAの生体影響としては、性ホルモンであるエストロゲンとの構造の類似性から、エストロゲンの代わりに受容体に結合し、内分泌かく乱作用を示すことが知られており、その作用は低用量の曝露でも検出されるという報告もあります。そこで我々は、実環境レベルの低用量のBPA曝露が与える影響について、マウスのアレルギー性喘息モデルを用いて検討することにしました。

実験方法は、まず、マウスの気管内にアレルギー(アレルギー反応をひき起こす原因物質。この実験では卵白を構成する主要タンパクであるオブアルブミンという物質を用いています。)を直接反復投与することにより、ヒトのアレルギー性喘息に近い症状

を起こすモデル動物を作製します。このモデル動物にBPAを混ぜた餌を与え、アレルギーによって引き起こされる肺の炎症や抗体産生、所属リンパ節への影響など、喘息に関わる指標を調べました。BPAの曝露量は、前述の一日予測最大曝露量0.09 µg/kg体重/日相当（摂餌量より換算）を低用量群として、その10倍と100倍の3用量としました。中用量、高用量（0.9 µg、9 µg/kg体重/日/kg）もTDI値より低い値となります。その結果、BPAの経口曝露により、アレルギー単独と比べてリンパ球を始めとした炎症細胞が肺により多く集まり（図3）、アレルギー疾患

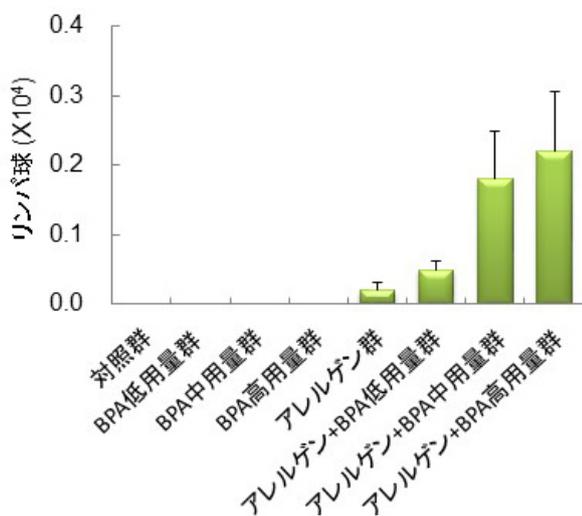


図3 肺に集積したリンパ球の数

アレルギーを投与するとリンパ球等の炎症細胞が増えますが、BPAを曝露すると、さらに細胞数が増加する（炎症が悪化する）ことが分かりました。

において炎症を亢進する作用をもつタンパクの産生や、オブアルブミンに対して特異的に反応する抗体の産生も増加していました。さらに、リンパ節細胞の活性化と増殖能の亢進が認められました。この喘息症状の悪化は、特にBPAの中用量群と高用量群でより顕著でしたが、一日予測最大曝露量相当の低用量群でも亢進する傾向を認めました。一方、このようなBPAの影響は、アレルギーがない状態では起こらなかったことから、アレルギー性喘息という病態がある場合、すなわち、化学物質の曝露など環境要因の変化に対して感受性が高い場合にその影響が増幅される可能性を示す結果でした。

化学物質の低用量曝露の重要性は以前から指摘されてきましたが、まだ十分な検討がなされているとは言い難いのが現状です。今後は、新たな毒性試験法や適切なエンドポイントの選択などを検討することにより、人々の健康維持や安全管理により有用なリスク評価に繋げていく必要があると考えられます。（やなぎさわ りえ、環境リスク・健康研究センター 病態分子解析研究室 主任研究員）

執筆者プロフィール：

先日、タイのバンコクに学会で訪れた折、学会の中でも話題として取り上げられていた都市大気汚染の問題を体感し、数十年前に日本が直面していた環境問題を思い返す機会になりました。



木漏れ日便り

まだまだ寒い2月でも、早春の花が季節の歩みを知らせてくれます。足元の日溜まりではオオイヌノフグリ（写真1）やヒメオドリコソウ（写真2）、ホトケノザ（写真3）などの小さな花が咲いています。



植栽の梅（写真4）は、早いものは1月中から咲き始めます。梅にはよくメジロがやってきます（写真5）。花の蜜が目当てで、枝から枝へと飛び移って食事をしています（写真6）。



桜というとソメイヨシノが思い浮かびますが、構内にはほかにもいろいろな品種が植えられています。早いものではソメイヨシノよりも1ヶ月近く早く、3月初旬から咲き始めます（写真7）。そこにやってくるヒヨドリは、やはり花の蜜が目当てです（写真8）。食事の顔をよく見ると、くちばしの付け根のあたりに黄色い花粉をつけています（写真9）。



最後に私事で恐縮ですが、この欄を担当していた竹中は定年退職のため、今回は最後の掲載となります。しろうと写真を並べた不定期掲載の埋め草記事でしたが、身近な自然に目を向けるきっかけにさせていただけたなら幸いです。これまでおつきあいいただき、ありがとうございました。

（竹中明夫）

【行事報告】

国連気候変動枠組条約（UNFCCC）第24回締約国会議（COP24）／ 京都議定書第14回締約国会合（CMP14）／ パリ協定第1回締約国会合第3部（CMA1-3）参加報告

衛星観測センター 松永恒雄・厩 世娟
社会環境システム研究センター 藤野純一
気候変動適応センター 行木美弥・岡和孝

はじめに

2018年12月2～14日にかけて、ポーランドのカトヴィツェで、表題の3会合ならびにこれらの補助機関会合が開催されました。COP24ではパリ協定を実施するために必要な細則、COP23で設立された「タラノア対話」の総括、途上国への資金的支援等について議論されました。国立環境研究所（以下、NIES）からは、本報告著者を含め総勢5名が参加し、サイドイベント等で数多くの研究成果を発信しました。以下、同会議でのNIESの活動を紹介いたします。

(1) 衛星観測に関する研究事業関連

衛星観測センターでは温室効果ガス観測技術衛星（いぶき、GOSAT）シリーズを中心とする「衛星観測に関する研究事業」を推進していますが、その一環としてCOP24においてさまざまな広報活動を行いました。

12月5日（水）には日本パビリオンにおいて「衛星による温室効果ガス観測：衛星はパリ協定にどのように貢献するか？」と題したサイドイベントを開催しました。本イベントではGOSATをはじめとする温室効果ガスを観測する衛星のデータを今後どのようにパリ協定に生かしていくかについて、衛星／モデル／インベントリ／行政の各分野の専門家をお招きして、現状のレビューと議論を行いました。イベント後も含めて多くの方々と意見交換をすることができました。

展示については例年出展を希望する機関が多く複数機関の合同展示が事務局より強く推奨されているため、COP24ではNIESとバングラデシュ環境省との合同ブースを出しました（写真1）。

さらに事務局に提供したGOSATのデータやGOSAT-2の打上げの様子をまとめたビデオがCOP24会場内のフードコートに設置された大型環状ディスプレイなどに時折上映される（写真2）など、COP24の会期中、多くの方にGOSATとGOSAT-2を知っていただくことができました。なおこのビデオはYouTubeの「国立環境研究所動画チャンネル」でもご覧いただけます。



写真1 NIES とバングラデシュ環境省との合同展示ブースの様子。上から吊ってある7つの球には2009～2015年のGOSATによる二酸化炭素濃度データが貼り付けてある。毎年徐々に濃度が高くなっている様子がわかる。



写真2 COP24会場内のフードコートに設置された大型環状ディスプレイで上映されたGOSATの二酸化炭素データ。

(2) 低炭素研究関連

2005年にモントリオールで開催された COP11 以来、低炭素社会シナリオに関する成果発表を行ってきました。近年では特にアジアの都市における低炭素社会シナリオの開発およびその実施の具体例の紹介に焦点をあて、交渉の後押しを行ってきました。今回の COP24 では、1 週目金曜日（12 月 7 日）に日本パビリオンにて「脱炭素に向けた都市の挑戦：アジア都市における低炭素実行計画策定状況」と題したサイドイベントを行いました。環境省の事業として行っているアジア都市の低炭素シナリオ構築支援の一環として、フィリピン最大の都市であるケソン市の低炭素都市シナリオを公表し、11月に実施したベトナム・ハイフォン市における低炭素都市シナリオ策定から建築物の低炭素化に関する研修の様子を共有しました。また、10 年来の協力関係にあるマレーシア工科大学との連携で進めているイスカンダル開発地域や首都のクアラルンプール市を対象とした取り組み、そして京都市発祥の環境教育プログラムがイスカンダル開発地域をはじめマレーシアの小学校に展開している様子を共有しました（写真 3）。2 週目火曜日（12 月 11 日）は、地球環境戦略研究機関（IGES）およびマレーシア工科大学と UNFCCC 公式サイドイベント「都市の優れた取り組み：日中韓脱炭素共同気候研究イニシャティブ」を共催し、日中韓の大臣、自治体関係者、研究者らが日中韓およびアジアにおける都市の取り組みについて共有しました（写真 4）。



写真 3 12 月 7 日サイドイベントのパネルディスカッションの様子(左から筆者(藤野)、マレーシア工科大学 Ho 教授、クアラルンプール Mahadi 局長、京都市 下間 地球環境・エネルギー担当局長)



写真 4 日本および韓国の環境大臣（左から 5 番目と 4 番目）と先進的な取り組みをしている自治体職員や研究者ら（12 月 11 日サイドイベント、筆者（藤野）は左端）

(3) 気候変動適応関連（アジア太平洋気候変動適応情報プラットフォーム（AP-PLAT））

COP22 において、環境省は適応計画で謳われる国際協力・貢献の推進を実施するため、アジア太平洋域での適応推進を目的とした情報基盤 AP-PLAT を 2020 年までに構築することを発表しました。これを受け、NIES では「アジア太平洋気候変動適応情報プラットフォーム」（AP-PLAT）の立ち上げに向けた準備を進めています。COP23 では AP-PLAT のデモサイトを紹介しました。今回の COP24 のサイドイベントにおいては、行木気候変動適応センター副センター長が AP-PLAT の進展状況について報告するとともに（写真 5）、情報プラットフォームの在り方等を話題に関係者によるパネルディスカッションが行われました（写真 6）。

今回、COP24 で紹介した AP-PLAT デモサイトでは、Web-GIS への新たなデータの実装や適応資金メカニズム情報の追加等、COP23 から大きく進展した点に焦点をあて報告を行いました。その後、国連環境計画アジア太平洋地域事務所（UNEP ROAP）、インドネシア国家開発計画庁（BAPPENAS）、タイ環境天然資源省（MONRE）、アジア

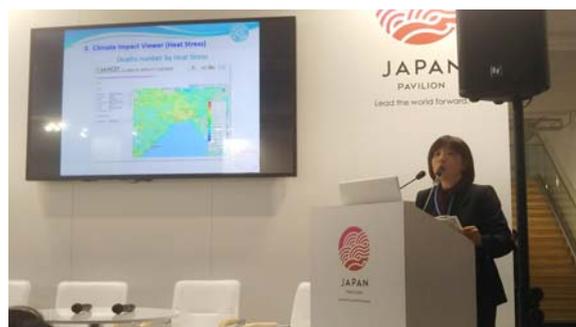


写真 5 行木気候変動適応センター副センター長による AP-PLAT の紹介



写真6 サイドイベントのパネリストら（高橋地球環境審議官(右から3人目)と行木気候変動適応センター副センター長(右から2人目)）

と協力して AP-PLAT に有益な知見や情報を整備し、アジア太平洋諸国とともに当該地域における適応取組を支援していくことを目指します。

(4) ウェブサイト

COP24 の会議の内容に関しては、社会環境システム研究センターのホームページ (http://www.nies.go.jp/social/topics_cop24.html) でも取り上げています。また、地球環境研究センターニュースでも取り上げられる予定です (<http://www.cger.nies.go.jp/cgernews/>)。ぜひ一度アクセスしてみてください。

新刊紹介

国立環境研究所プロジェクト報告 第133号

「未規制燃焼由来粒子状物質の動態解明と毒性評価 平成27～29年度」

本報告書は、野焼き由来の微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の動態を解明し、その毒性を評価するために実施した研究について取りまとめたものです。本研究により、大気中の粒子濃度に対して野焼きの寄与が無視できないことや、麦や稲の燃焼で生成する微小粒子状物質は、その毒性が大気中の微小粒子状物質と同程度もしくはそれ以上であることが示唆されました。また、野焼き発生件数の推定やシミュレーションによる影響評価も行えるようになりました。

○<http://www.nies.go.jp/kanko/tokubetu/setsume/sr-133-2018b.html>



災害廃棄物に関する研修ガイドブック3

国立環境研究所災害環境マネジメント戦略推進オフィスでは、災害廃棄物分野の人材育成に取り組もうとする自治体を支援するため、「災害廃棄物に関する研修ガイドブック」シリーズを作成・公開しています。この度、新たに「対応型図上演習編」を公開しました。

対応型図上演習とは、模擬的な災害状況に身を置き、その中で発生する様々な課題に机上で対応していくタイプの図上演習です。特に災害のイメージを醸成するうえで有効な手法と考えられており、都道府県を中心に、全国の廃棄物担当部局での実施例が増えています。ガイドブックでは、災害廃棄物対策として対応型図上演習を実施する意義、効果的に設計・実施するための手順や留意点等について、イラスト入りで分かりやすく解説しています。広くご活用いただけると幸いです。

○<http://dwasteinfo.nies.go.jp/cd/index.html>



平成31年度政府予算案における 国立環境研究所関係予算の概要

企画部企画室

平成31年度政府予算案においては、運営費交付金166億6千万円、施設整備費補助金3億3千万円が計上されました。平成31年度の運営費交付金は全体として昨年度より24.6%の大幅増となっています。

研究所の運営費交付金の業務費は、第4期中長期計画期間（平成28年度～32年度）中に用いる算定ルールにより毎年度一定の割合で削減が求められていますが、29年度、30年度については、気候変動適応研究など新規研究ニーズの増大に対応した増加が認められてきています。

一方、平成31年度においては、予算の組替えによる増加が大きな要因となっています。具体的には、昨年12月1日に気候変動適応法（平成30年法律第50号）が施行されたことに伴い、環境省からの委託費であった気候変動適応情報プラットフォームの経費が運営費交付金化されたこと、また、平成22年度にスタートしたエコチル調査が分析・研究に重点を置いたフェーズに移行していく中で、予算を国環研に集約した上で、各ユニットセンターに重点的に配分ができる仕組みとなるよう、環境省予算のうちユニットセンター委託費分が運営費交付金に移行され、委託業務に対応する人件費を含めて計上されたことなどがあげられます。また、衛星観測経費については、昨年10月にGOSAT-2の打ち上げが無事成功しましたが、その後継機となるGOSAT-3の開発経費等が新規に計上されました。

施設整備費補助金については、電気設備の中央監視設備の更新工事、老朽化した配管の更新工事の補助のための経費が引き続き計上されています。

平成31年度は、第4期中長期計画の4年目にあたります。環境政策への貢献を担う研究機関として、また、国内外の環境研究の中核的研究機関として、新たに国環研の業務に追加された気候変動適応業務の推進をはじめ、今期の目標達成はもとより、次期中長期計画も視野に入れつつ、さらなる研究展開を図っていきます。

編 集 後 記

最近、科学コミュニケーションの専門家のインタビュー記事を読む機会がありました。めざましい成果を挙げた研究者が、その研究の意義と魅力を専門家でない方にわかりやすく伝えることは、科学にとっても社会にとっても非常に有意義で幸せなことだと感じました。翻って自分とはというと、専門家向けの研究論文執筆の段階で脂汗を流している状況であり、自分の研

究を一般向けに紹介するときには読者を迷子にするような文章を書いていることを改めて反省しました。また、編集の立場からも、その研究分野の土地勘のない方を迷子にさせないためにはどのような工夫や配慮を筆者に依頼すれば良いのかを考えていきたいと思います。

(M.K.)

国立環境研究所ニュース Vol. 37 No. 6（平成31年2月発行）

編 集 国立環境研究所 編集分科会
ニュース編集小委員会

発 行 国立研究開発法人 国立環境研究所
〒305-8506 茨城県つくば市小野川16番2

問合せ先 国立環境研究所情報企画室 pub@nies.go.jp

●バックナンバーは、ホームページからご覧になれます。
<http://www.nies.go.jp/kanko/news/>

無断転載を禁じます



この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。