

## 学会参加報告

### 第 59 回ヨーロッパ毒性学会参加報告

文責：戸高恵美子（予防医学センター教授）

日時：2025 年 9 月 14～17 日

場所：ギリシャ、アテネ

方式：対面（オンライン参加無し）

参加者：2025 名（9 月 13 日までの登録者数）

2026 年の開催：第 60 回の記念すべき学会はオーストリアのウィーンで開催予定

<https://www.eurotox2026.com/>



会場となった「メガロン・アテネ国際会議場」正面玄関

2025 年のヨーロッパ毒性学会はギリシャの首都アテネでの開催でした。気候変動の影響で夏の間アテネ近郊で山火事が長く続き、どうなるか心配しましたが、火事は消し止められ、無事に開催の運びとなりました。

会場は「メガロン・アテネ国際会議場」という大きな会議場で、大小いくつもの会議場、講義室などを使ってシンポジウム、研究発表などが行われました。

初日夕方 5 時からのオープニングセレモニーでは、大会長の Aristides Tsatsakis (アリストイデス・ツアツアキス)・クレタ大学医学部教授があいさつされました。法医学の先生で、毒性学についても長年研究をされており、内分泌搅乱物質（かつて環境ホルモンと呼ばれていた物質）などの低濃度化学物質の複合影響などの論文があります。日常生活の中に、低濃

度ですが無数に存在する化学物質の人体影響について、妊娠中から老年期に至るまで曝露し続けるその影響を科学者は研究し続けなければならない、とのお話しにまったく同感です。

また、ごあいさつの中で、「古代ギリシャ文明は、すべてのヨーロッパ文明の基礎になっている」とおっしゃった言葉が印象に残りました。たしかに、ヨーロッパの言語の語源の多くがギリシャ語由来ですし、「知」の象徴としてのフクロウとか、薬や医学の象徴としての「蛇」とか、本屋さんなどのギリシャの神殿風のアイコンなど、どれも古代ギリシャ文明が起源です。以前、カナダに留学していた頃、たくさんのギリシャ系の友人たちがいたのですが、そういえば彼ら、彼女らは自分たちのギリシャという文化的背景をとても誇りに思っていました。今さらながら、「なるほど」とうなづきました。

以下、印象に残った発表を簡単に紹介します。なお、学会発表の抄録は学会ホームページで公開されていますので、ご興味があればぜひ見てみてください。

<https://www.eurotox2025.com/>

### 環境汚染物質への曝露とテロメア長

セッション1 「Exposomics and telomeres (生涯曝露とテロメア長)」に参加しました。テロメアは、染色体の末端にあって染色体を保護する役割を持つとされています（ウィキペディア）。テロメアが長い、短い、という現象がどういう意味を持つのか、また、化学物質への曝露によってテロメア長がどうなるのかなど様々な面で注目され研究が進んでいます。ちなみに、ウィキペディアによれば、このテロメアも、ギリシャ語のテロス（末端）とメロス（部分）という言葉から作られたとのこと。科学用語も多くがギリシャ語由来です。

セッションでは、化学物質への曝露により腸内細菌が乱され、それがテロメア長にも影響して老化やさまざまな疾患に関係しているのではないか (S01-02, The Role of the Microbiome in Regulating Telomerase Activity: A New frontier in cellular aging and health, Biazzo)、とかアルコールとたばこの摂取が重なるとテロメア長が短くなって老化が進むのではないか (S01-03, The Impact of lifestyle on telomere length: Exploring the effects of smoking, vaping and alcohol consumption, Vlasceanu)、などの発表がありました。

### 環境汚染物質と脳神経疾患との関係

口頭発表では、OS01-6 「Understanding the Impacts of Inhaled Particulate Matter on the Blood-Brain Barrier (微小粒子の経呼吸曝露の血液脳関門への影響について), Ellington ら」

の発表を興味深く聞きました。脳には、他の場所から細胞や病原体などが簡単に入らないようにする仕組み「血液脳関門 (BBB)」があります（日本脳科学関連学会連合の HP より）。しかし、環境汚染物質の中には、この硬い BBB を弱らせ、脳内への侵入を許す物質があるのです。この発表では、大気汚染物質が血液に取り込まれ、それが BBB を突破して脳内に侵入し、酸化ストレスや炎症状態を生じさせ、脳神経疾患の原因となるのではないか、と推測し、さらなる研究が必要であるとしていました。以前から、大気汚染物質が認知症やパーキンソン病などの脳神経疾患に関連しているのではないか、という研究発表は聞いていましたので、なぜそのようなことが起こるのか非常に興味がありました。このような研究がさらに進むと、原因がわかりそこから予防が可能になるのではないかと期待しています。

環境汚染物質による脳神経疾患への影響については、OS01-7「Ochratoxin A and its possible role in Parkinson's Disease: a computational study spotlighting the potential mechanisms of action」（オクラトキシン A がパーキンソン病発症に係る可能性：その潜在的な作用に焦点を当てたコンピューターによる計算），Pedroni ら」も興味深かったです。オクラトキシン A は多くの穀物や飲料に存在するカビの一種で、動物では腎臓、肝臓毒性が報告されており、発がん性もあります。そのため、コーデックス委員会では、小麦、大麦、ライ麦について規制値を設けています（厚労省のウェブサイト「食品中のオクラトキシン A の規格基準の設定について」より）。そのオクラトキシン A が、パーキンソン病にも関連しているのではないか、ということが最近指摘されているのだそうです。この発表の研究者らは、コンピューターとマシンラーニングの手法を使って、オクラトキシン A とその代謝物が、すでに確立されているパーキンソン病発症に至る経緯と似たような作用をするらしいことを見出したことに新規性があります。世界中で高齢化が進み、脳神経疾患の患者は増加の一途をたどっています。老化以外に、環境中のさまざまな物質がこれらの疾患の原因となっている可能性があります。私は父がアルツハイマー型認知症を 70 代後半で発症し、次第に悪化するのを見ていたので、他人事ではありません。

ポスター発表では、P8 「環境毒性学」、P16 「腸内細菌と毒性学」、P20 「マイクロプラスチック (MP)」、P21 「複合毒性学」、P25 「PFAS」 のセッションを中心に見て回りました。

## 環境毒性学

プラスチックは、紫外線によって劣化し、環境中で分解してやっかいな汚染物質になるのが近年問題になっています。その対策として、生分解性プラスチック（ビオプラスチック）といって、環境中で分解して有機物になるプラスチックに代替えする動きがあります。P8-9 の発表「Are all plastics equal? Effects of conventional and biobased microplastics chronic dietary exposure on *Sparus aurata* brain health and behaviour」（すべてのプラスチックは同じ

なのか？従来のプラスチック由来のマイクロプラスチックとビオプラスチック由来のマイクロプラスチックの餌経由曝露が魚の脳と行動に与える影響について), Gomes ら」は、その「環境によりやさしい」とされているプラスチックが実は魚に行動異常を起こさせるのではないか、また、魚の皮膚にある抗酸化作用を阻害するのではないか、などと報告するもので、ビオプラスチックの環境毒性についてもっと研究する必要がある、と結論していました。環境汚染物質対策にはいつもこの「良かれと思ってやったことが実は良くない」ということが起こる可能性があるので注意が必要です。とはいっても、何もしないで放置しておくわけにもいかないので、常に研究をすることが大切です。

## 腸内細菌と毒性学

P16-3 の発表「The interplay between workplace pollutants and gut microbiota: Occupational health perspectives (職場の汚染物質と腸内細菌叢の相互作用：労働衛生の観点から), Fenga ら」は、腸内細菌叢と労働環境との関係を明らかにしようとする非常にダイナミックな研究です。腸内細菌は身体内外から様々な影響を受けていると考えられますが、この研究は、仕事上曝露する汚染物質が体内に取り込まれ、それが腸内細菌に影響を与え、結果として健康影響を受けているかもしれない、という労働衛生上の仮説を検証するものです。労働で曝露する可能性のある汚染物質としては、たとえば農業なら農薬や抗菌剤など、自動車産業だったらペイントや重金属など、病院だったらさまざまな消毒剤、薬剤が考えられます。仕事上曝露する汚染物質は、避けようと思っても避けられない性質のものが多いと思うので、その影響はもっと真剣に考慮されるべきだと私は考えています。

## マイクロプラスチック

P20-4 の発表「Impact of microplastic exposure during pregnancy on placental gene expression in CD1 mice (妊娠中のマイクロプラスチック曝露が CD1 マウスの胎盤遺伝子発現に与える影響), Daniel ら」は、マウスを使って妊娠中のマイクロプラスチック曝露による胎盤の遺伝子発現への影響を調べた研究です。2021 年に、イタリアのグループが「Plasticenta (プラスチックと胎盤という言葉を合わせた造語)：ヒトの胎盤から初めてマイクロプラスチックを検出した」という論文を発表しました (Ragusa ら、Environment International, 2021)。その後、さまざまなヒトの臓器からマイクロプラスチックが検出されたという報告が続いている。これらがどのような健康影響を与えていたのかですが、ヒトの場合はとても評価が難しいのです。今回のポスター発表では、妊娠中の母マウスにマイクロプラスチックを餌に混ぜて食べさせたグループと対照群との間で、胎仔の成長に違いは見られませんでした。一方で、胎盤組織の遺伝子発現に変化が見られたとのことで、この変化が胎盤の機能や次世代の長期の健康や発達に影響しているのではないか、もっと調べる

必要がある、と提言していました。プラスチックなしに現代の便利で健康的な生活はありえませんが、負の側面についても研究し続けることが大切です。

## 複合毒性

P21-21 「Exposure to endocrine disruptors exacerbates osteoarthritic pain and inflammatory responses in a sex-dependent manner (内分泌かく乱物質への曝露は性別に依存して変形性関節症の痛みと炎症反応を悪化させる), Herardot ら」は、内分泌かく乱物質（かつて「環境ホルモン」と呼ばれていた物質群）への複合曝露により膝関節症を発症するのではないか、そしてそれには男女差があるのではないか、という非常に興味深い研究発表でした。膝関節症は、高齢化や肥満の人の増加とは関係なく世界的に増加の一歩をたどっているところで、その原因として、日常的に複合曝露する化学物質、中でも内分泌かく乱物質があるのではないか、というのが仮説です。これはネズミを使った実験ですので、ヒトへの影響はわかりませんが、汚染物質の健康影響に性差があることはしばしば報告されるので、非常に興味深く拝見しました。

## PFAS 類（有機フッ素化合物）

PFAS 類による環境汚染が最近しばしば聞かれるようになりました。PFAS 類はその構造の違いにより数千から数万種類が製造されていると言われています。大変便利な特性を持っており、身の周りの様々な消費財に使われており、もはや PFAS なしの現代生活は考えられません。食品包装材、調理器具、テキスタイルなどなど、調べれば調べるほどこんなに身の周りにあふれているのかと驚かされます。たとえば、私が子どもの頃のハンバーガーなどの食品包装用紙は、油や水分がすぐ染みてしまい、食べ終わる頃には包装紙が破れて手がべとべとになったのですが、今はそんな包装紙はありません。以前に比べればきれいに、スマートに食べられるようになりました。これは、撥水・撥油作用のある PFAS 類を紙の表面に加工してあるからです。しかし、そのような食品包装やパッケージにある PFAS 類は、中身の食品に溶け出す可能性があり、それを人は食べながら、飲みながら体内に取り込んでいるかもしれません。

当然水や土壤、空気中に遍在しており、食品中にも存在するので完全に避けることは不可能と言えます。では、どの食品中に、より高濃度に含まれているのでしょうか。私たちのグループもそれを調べているのですが、学会でもいくつかの国で調べられていました。

まず、ポーランドのグループ(P25-02, PFAS in Polish food of animal origin – dietary exposure

assessment, (ポーランドの動物由来食品中の PFAS – 食事曝露評価), Mikolajczyk ら) は、ポーランド国内の魚、肉、卵、牛乳の食品 150 種類を集めて中に含まれる PFAS 類の中から PFOS、PFOA、PFNA、PFHxS を分析・測定しました。今回の研究では食品中の濃度は健康に影響を与えるような高濃度ではなかった、とのことです。ただし、今回は農場や屠畜場で得られた肉などを分析したので、消費者の口に入るまでの移動の過程で汚染される可能性のある食品パッケージや原料加工の過程での汚染が考慮されていないので、今後はそこにも注目する必要がある、と結論しました。PFAS 類と一言で言っても、数万種類環境中に存在するだろうと言われていて、今回対象としたのは中でも濃度が比較的高いのではないか、と言われている物質を測定したのです。測定にはお金がかかるので、すべてを明らかにすることはできないということを忘れないことが大切です。

上記のポーランドのグループは、食品パッケージや加工の過程での汚染について調べる必要がある、と結論していますが、これを調べたのがノルウェーのグループ (P25-04, Risk assessments of five PFAS migrating from food contact materials of paper and board collected on the Norwegian market, (ノルウェーの市場で収集された紙と板状の食品接触材料から移行する 5 種類の PFAS のリスク評価), Steffensen ら) です。ノルウェーの食品安全局が、30 種類の食品包装材料を調べた結果が報告されました。対象となったのは、ストロー、マフィン型、ピザの段ボール紙容器、電子レンジで作るポップコーンの袋、食品に直接触れる紙などの皿やボウルです。対象となった PFAS 類は、PFOA、PFBA (パーフルオロブタン酸)、PFHxA (パーフルオロヘキサン酸)、PFPeA (パーフルオロペンタン酸), 6:2 FTOH (6:2 フッ素テロマーアルコール) の 5 種類です。また、PFOA の毒性を「1」としてその相対的な毒性を評価する「相対効力係数 (Relative Potency Factor = RPF)」についても評価されました。

PFAS 類と一口に言っても、毎年新しい種類がうみだされています。ある PFAS のリスクが報告されるようになると代替えの新しい PFAS 類が使われるようになるので、安全性を検査する方も大変です。この研究では、紙のストロー 3 種類から複数の PFAS 類が検出され、その内一種類からは PFOA と PFHxS の合計濃度がある程度リスクのあるレベル、もう一種類のストローからは PFOA 単体と PFOA と PFHxS の合計濃度がリスクのあるレベルで検出されました。さらに、マフィンの紙カップ容器と電子レンジでポップコーンを作る袋容器からは 6:2 FTOH が RPF による評価で懸念のある濃度で検出されました。結論として、PFOA, PFBA, PFHxA に比べると、PFPeA や 6:2FTOH などについてのリスクに関するデータが少ないのでリスク評価がまだできない、とのことでした。

これからもより便利で安価で効率の良い化学物質が毎年作り出されると思いますが、そのリスク評価は後手になります。本当に食品容器や人が曝露するものに使われてよいの

か、もっと慎重に評価した方が良いのではないか、と思いました。

PFASについては、さらにスペインから、ヒトのバイオモニタリングの結果が発表されました (P25-13, Comparison of aggregate exposure to PFAS from diet and environment sources with Spanish human biomonitoring data, (食事および環境からの PFASへの総曝露量とスペインのヒトバイオモニタリングデータの比較) Dominguez-Morueco ら)。この発表では、ヒトは PFAS 類に様々な経路 (経口、経皮、経呼吸) で曝露しており、PFAS 類のリスク評価には、PFAS 類を「Aggregate exposure (総合曝露)=AE」で評価する必要があり、AE こそが、ヒトへの健康影響をより良く理解し総合的なヒトの曝露を削減するためのより効果的な規制を作成する上でのカギとなる、としています。スペインには、BIOAMBIENT.ES という、就労者 (18-65 歳) を対象にした研究があるそうで、毎年職場で行われる健康診断で採血した血液サンプルから PFAS 類(PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA, PFDA, N-MeFOSAA) を分析しました (n=1936)。また、もう一つ、思春期の人たち (13-16 歳) を対象にした研究 (Spanish Biomonitoring in Adolescents =BEA) もあるそうで、ここでは 299 名を対象に、血中の PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA, PFDA, PFPeA, PFHxA, PF-HpA, PFuDA, PFDoDA, PFBS, PFHpS が調べられました。同時に、参加者には社会経済的な状況、生活様式、食事に関するアンケートが実施され、モンテカルロ法という方法で曝露源が推測されました。

最後に、今回の学会でとても印象に残ったドイツの研究を紹介します。P25-22, Human health risk assessment of per- and polyfluoroalkyl substances in hen's eggs from the German market (ドイツの市場で売られている鶏卵中の PFAS 類のヒト健康リスク評価) , Sommerkorn ら) です。EFSA(ヨーロッパ食品安全機関)は、卵と卵を使った食品が、ヨーロッパの中では食品由来の PFAS の主な汚染源であると発表しました。ではどの卵でも同じなのか、ニワトリが卵を産む環境によって違いはあるのかを調べるのがこの研究の目的でした。ドイツは環境意識の高い人が多く、消費財にも環境負荷のレベルが記されているものがあります。スーパーにはたくさんの種類のオーガニック食品、野菜、加工食品が売られており、健康のためにより高いお金を払ってそれらを買っている人も多くいます。卵は栄養価が高く多くの人が日常的に食べるので、それらによる PFAS 曝露がどの程度なのか、興味深く研究者のお話を聞きました。一般的なケージ飼いのニワトリと、放し飼いで餌にも配慮したニワトリと、オーガニックで育てた卵の 3 種類を比較すると、意外なことに放し飼いの卵の中の PFAS 類が最も高く、この卵を普段から食べていると、PFAS 類の「耐用週間摂取量 (TWI)」を超てしまうのだそうです。逆に、ケージ飼いのニワトリの卵だと長期間摂取しても TWI は超えないのだそうで、ここにも「良かれと思ってしたことが…」という結果になる可能性が示されていました。原因として、放し飼いの鶏は餌と一緒に土を食べるからではないか、とのことでした。どの土壌も汚染されているのです。ただし、この研究は

あくまで PFAS 類についてのことでのことで、たとえば農薬、抗菌剤などは対象としていないので、注意が必要です。また、日本では卵の PFAS 濃度が特に高いということはないそうですので、ご安心ください。

### 学会に参加して

ヨーロッパ毒性学会に参加し、日本でもしばしば話題になる PFAS の健康影響の発表が多いと感じました。他には、高齢化社会を反映して環境汚染物質による認知症やパーキンソン病など脳神経系の疾患への影響などが多く見られました。

### アテネの楽しみ

ギリシャ料理は日本ではありませんが、実はとてもおいしく、日本人の口に合います。スブラキという肉の串焼きについては知っている人も増えてきました。他にも地中海らしい、海の幸、野菜、チーズを使ったいろいろなお料理があります。長い間トルコに征服されていたので、トルコ料理と似ているお料理も数多くあります。ギリシャ各地で古代遺跡が見られますし、タクシーの運転手さんいわく、「ギリシャに来て島に行かなかったらギリシャに来たとは言わない」とのことですので、次回は観光で、島巡りでもしてみたいです。私が訪問した時は夏時間で、十分明るく、夏の日差しが強く感じられました。ぜひ一度訪れてみてください。



タコのグリル



グラタンのようなお料理

最後になりましたが、今回の学会発表を支援してくださった株式会社山田養蜂場様に厚く

御礼申し上げます。