



講演 2

ヒトと生き物の 安全・安心のために

環境リスク・健康領域 領域長

山本 裕史

目次

経歴と自己紹介

これまでの有害化学物質の問題

環境ホルモン（内分泌かく乱化学物質）

ダイオキシン類

リスク評価の考え方

現在・これからの有害化学物質の問題

大規模災害・事故

海洋プラスチックごみ

PFASと化学物質の多品種化

生物多様性とワンヘルス、ウェルビーイング

まとめと今後の方向性

経歴と自己紹介

1997年 京都大学大学院 修士課程修了

「変異原性物質の下水処理場での動態評価」

2002年 米国・テキサス大学大学院 Ph.D.

「環境ホルモン物質の生物取り込みと環境中動態に対する溶存有機物の影響」

2002年 国立環境研究所 環境ホルモン・ダイオキシン研究プロジェクト
非常勤博士研究員

2004年 徳島大学 助手・同准教授 「医薬品、農薬ほか微量化学物質の生態リスク」

2016年 国立環境研究所 環境リスク・健康研究センター 生態毒性研究室長

「水生生物への有害性の要因解析・複数化学物質の影響評価」

2019年 同 副センター長 「生態毒性試験法の開発」・「プラスチックの生態影響」

2024年 環境リスク・健康領域 領域長

国内随一の環境研究設備、国内外の
化学物質評価・管理に直接貢献

東京大学大学院創成科学研究科 客員教授

化学物質のリスク評価と管理に関する各種検討会に委員として参加

これまでの有害化学物質の問題

媒体 \ 年代	1960-70年代	1980-1990年代	2000-現在	現在-2050
水質	水俣病 (メチル水銀) イタイイタイ病 (カドミウム)	泡立った河川 (界面活性剤)	変異原性物質、 環境ホルモン、医薬品 (薬剤耐性など)	PFAS
大気質 (谷本氏の講演)	四日市ぜんそく (硫黄酸化物、 窒素酸化物)	粒子状物質 (PM2.5ほか)	赤潮や貧酸素水塊 (栄養塩など)	ダイオキシン 海洋プラスチック
土壌・底質	酸性雨・オゾン層や温暖化などの気候変動			
	鉍山・製錬場 (重金属)、石油ほか化石燃料の汚染			

本日の主題



環境省HP「水俣病の教訓と日本の水銀対策」より



環境省HP「水環境行政の歴史」より

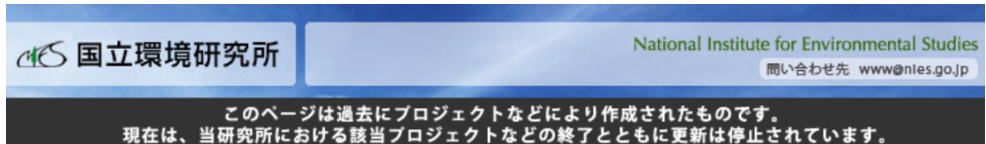
化学物質の使用・廃棄後にヒトと生き物への有害な影響
 発生源や原因、影響がより広範囲に、複雑な混合物に変化

環境ホルモン（内分泌かく乱化学物質）

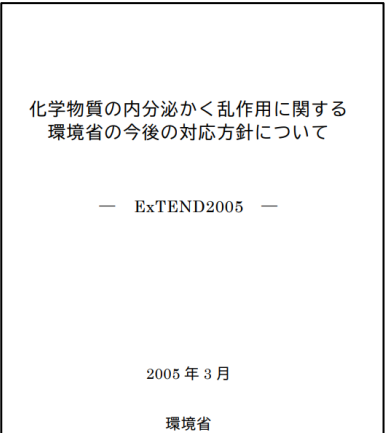
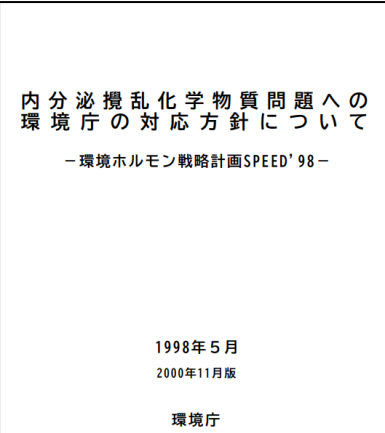
1996年のシーア・コルボーン氏によるOur Stolen Future（邦題「奪われし未来」）の発刊
化学物質（天然ホルモンや医薬品を含む）が体内のホルモンのはたらき（内分泌系）をかく乱（オスのメス化など）することが大きな問題に

1998年の環境庁（当時）によるSPEED'98,
国立環境研究所では環境ホルモン・ダイオキシン研究プロジェクトが発足（現状の把握、影響の解明など）

2005年のExTEND2005, その後のEXTEND2010, 2016, 2022（化学物質の内分泌かく乱作用に関する今後の対応）



2001年竣工の環境ホルモン研究棟（現 環境リスク研究棟）



環境省HPより

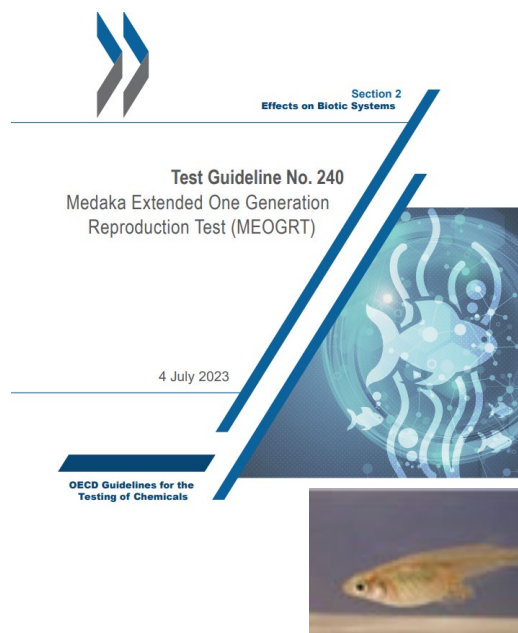


国立環境研究所HPより

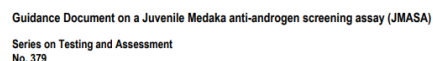
環境ホルモンの検出試験法の開発

経済協力開発機構(OECD)がテストガイドライン(TG)などを発行して国際標準化した試験法や評価枠組みを策定し、欧米などで規制強化が進む

国立環境研究所では環境省のEXTENDの一環で、メダカやミジンコを用いた試験法を開発・整備

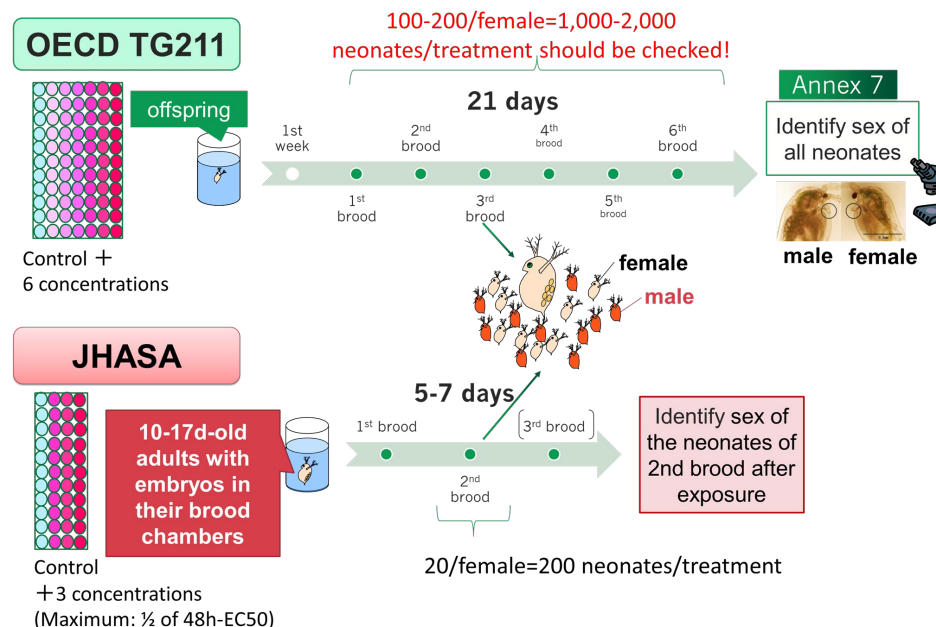


2015年に採択、2023年に改定したメダカ拡張一世代繁殖試験(MEOGRT, OECD TG240)



2023年に採択された幼若メダカ抗アンドロゲン検出試験(JMASA)のガイダンス文書

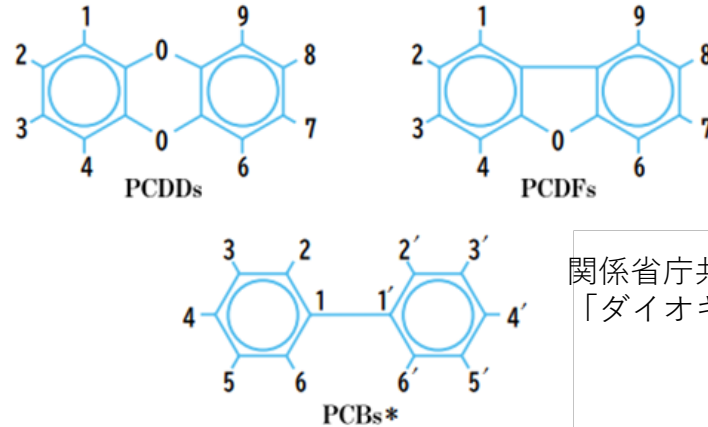
JT03523609 OECD HPより



2015年に採択されたOECD TG211 Annex 7と、2024年に採択された幼若ホルモン活性スクリーニング試験(JHASA, OECD TG番号未定)

ダイオキシン類

イタリア・セベソの農薬工場爆発事故(1976年) で家畜の大量死と奇形出産率の増加など
 モルモットなどへの**強い毒性** 【図1 ダイオキシン類の構造図】



塩素の数と位置が異なるPCDD75種、
 PCDF135種、コプラナーPCB29種
 の**計239種**の同族体

関係省庁共通パンフレット
 「ダイオキシン」(2010)より

ごみの焼却だけでなく、農薬の不純物として環境中に拡散、主に食品としてばく露（中西準子、「環境リスク学」ほか）

1998年のWHOの基準値強化：耐容一日摂取量(TDI)を10 → 1~4 pg/kg体重/日

ごみ焼却場の改良や規制の強化、**国立環境研究所ほかでの分析手法の開発、
 影響の解明、基準値の設定（複雑な化学物質群をまとめて評価・管理）が進展**

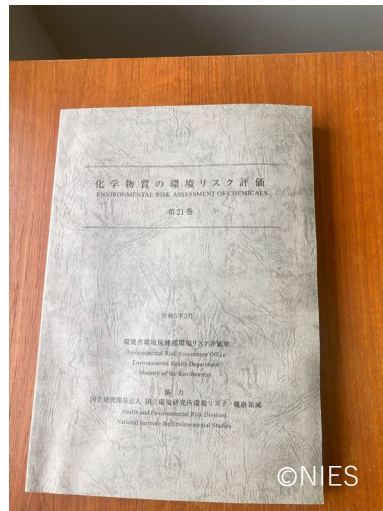
リスク評価の導入

2001年の国立環境研究所に化学物質環境リスク研究センター設立

「リスク」 = 「有害性の強さ」 × 「摂取量の期待値」

有害性（毒性）の強さではなく、ばく露（どれだけ摂取するか）とを組み合わせる確率論的に評価する「リスク」の概念を利用した評価

「化学物質の環境リスク評価」の発刊、化学物質審査規制法（工業化学物質）や農薬取締法、環境基準値設定などに「リスク評価」の概念が順次導入



「化学物質の環境リスク評価」（通称：グレー本）
第1巻は2002年、最新は第22巻
<https://www.env.go.jp/chemi/risk/>
にオンライン版が公開

現在・これからの有害化学物質の問題

大規模災害と事故に伴う問題

1995年の阪神大震災、2011年の東日本大震災（震災廃棄物や放射性物質の問題など）

熊本、能登などその後も多くの地震に伴う災害
気候変動に伴う水害の頻発化・甚大化

災害による直接の人的被害に加えて、ごみやし尿、化学物質などによるヒトや生き物への影響
工場などでの火事・爆発、化学物質等の漏洩事故

→ **国立環境研究所では**、地方環境研究所などと協力して災害・事故時の
化学物質の漏洩を想定した机上演習



福島地域協働研究拠点
「災害環境研究の今」第4号
表紙から
<https://www.nies.go.jp/fukushima/saigai-update.html>



(微小) 粒子状物質(PM2.5など) の健康影響

最近は自動車排ガス規制や中国での対策技術などで改善しつつある

東南アジアなどの途上国では依然として大きな課題

国立環境研究所では細胞曝露や吸入曝露の装置を利用した**ヒト健康影響**評価など安全確保プロジェクト(2016-2020年) はじめ多くの実績あり

最近は**大気中のマイクロ・ナノプラスチック、タイヤおよびブレーキの摩耗片**が話題に



ディーゼルエンジン



細胞曝露装置

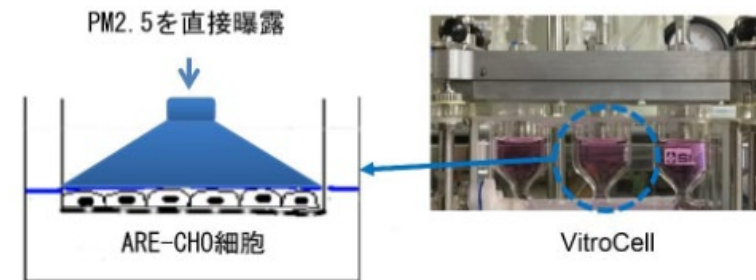


図 2-6-7 ディーゼルエンジンと気液界面曝露装置

国立環境研究所
安全確保研究プロジェクト (2016-2020)研究報告書
SR-145より

海洋プラスチックごみの問題

プラスチック使用量の増加に伴い、2050年に魚の重さと同じになる（World Economic Forum, 2016）との予測もある

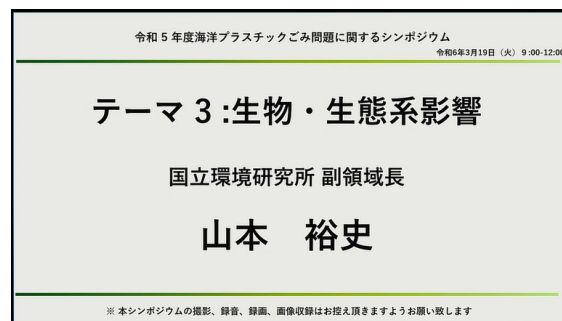
漂流・漂着ごみの大部分を占めるプラスチック

マイクロプラスチック(5 mm未満)の生物・生態系影響が懸念



環境省が一般向け「令和5年度海洋プラスチックごみ問題に関するシンポジウム」を開催
その様子はYouTubeで公開

「テーマ3：生物・生態系影響」
について講演

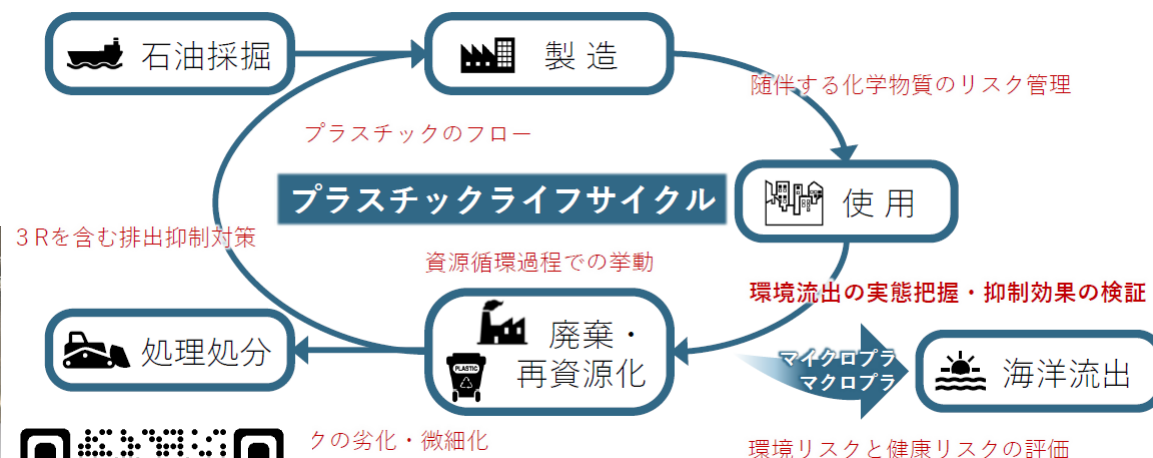


<https://youtu.be/d07tGUlgtys?list=PL9Gx55DGS7x6pvIpdsLDoia2etr4A6ns->

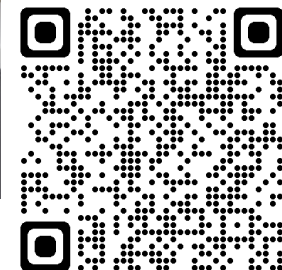
海洋プラスチックに関する国立環境研究所の研究(1)

資源循環領域、地方環境研究所との共同研究などで資源採取から製造・使用・廃棄、リサイクル、処理処分までの流れの解析

- 河川や海域での動態
 - 劣化・微細化
 - 標準品の作成
- などの研究を実施中

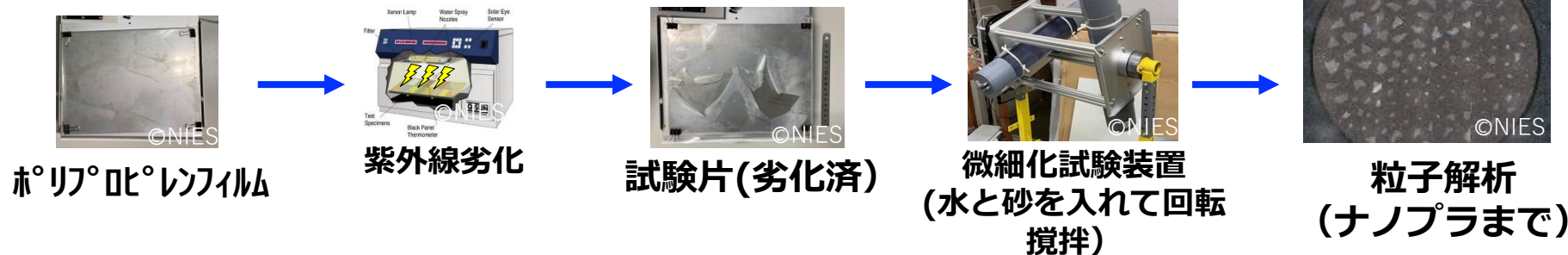


環境省ガイドラインに基づく電子動画マニュアル作成



福岡県での調査

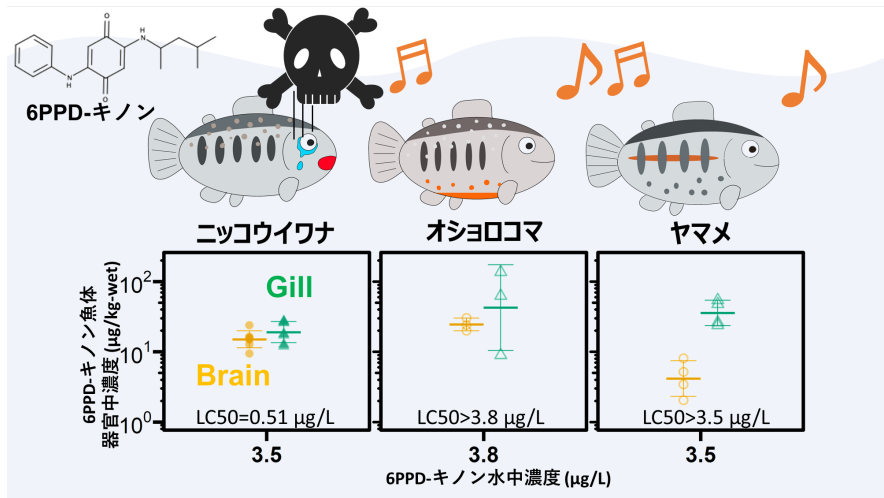
微細化試験の流れ



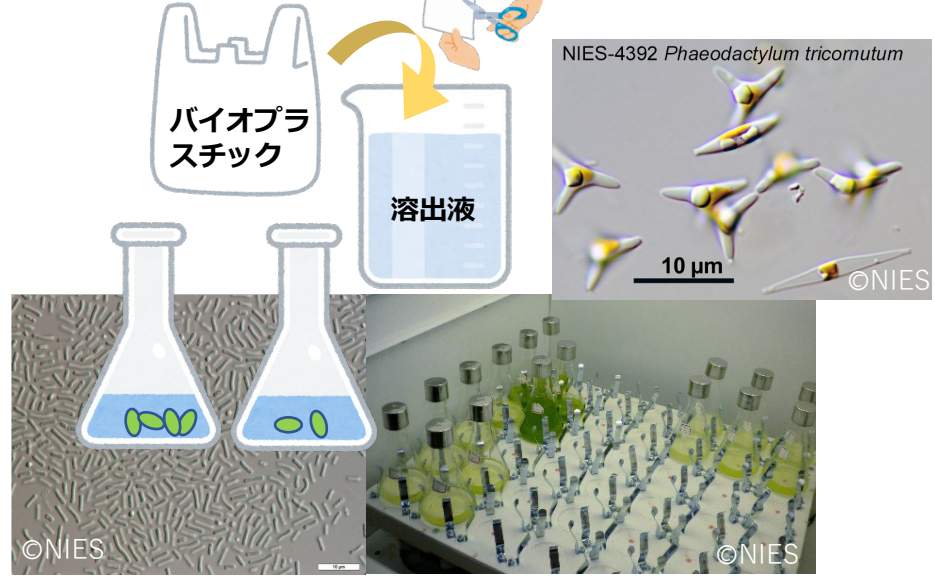
海洋プラスチックに関する国立環境研究所の研究(2)

環境リスク・健康領域では、
ヒトや生き物に対する影響に関する研究を実施中

- ヒト：吸入曝露や細胞曝露試験による免疫や発達神経毒性の評価
- 生き物：プラスチック粒子の海産藻類や甲殻類への影響評価
- タイヤの添加剤やバイオプラスチック溶出液の評価



2020年7月以降、無料で配布されるレジ袋はバイオマス25%以上もしくは生分解性プラスチック



開発した藻類や甲殻類を用いた試験法でマイクロプラスチックや溶出物の毒性を検出

タイヤの酸化防止剤6-PPDキノンの毒性はサケ科の一部にのみ
Hiki, Yamamoto et al. (ES&T Letter, 2022)

PFASの問題

PFASは正式には、パーフルオロおよびポリフルオロアルキル化合物のことで、パーフルオロ基やポリフルオロ基を含む5000物質以上の物質群

撥水剤、泡消火剤などに広く利用されているものの、免疫毒性、発がん性、肝毒性、甲状腺ホルモン、生殖毒性など様々な有害性が懸念されている



国際的な規制状況

- POPs条約 (赤枠) : PFOS, PFOA, PFHxS
- ✓ POPRC 検討中 長鎖PFCA (下線)
- 化審法 第一種特定化学物質 : PFOS, PFOA

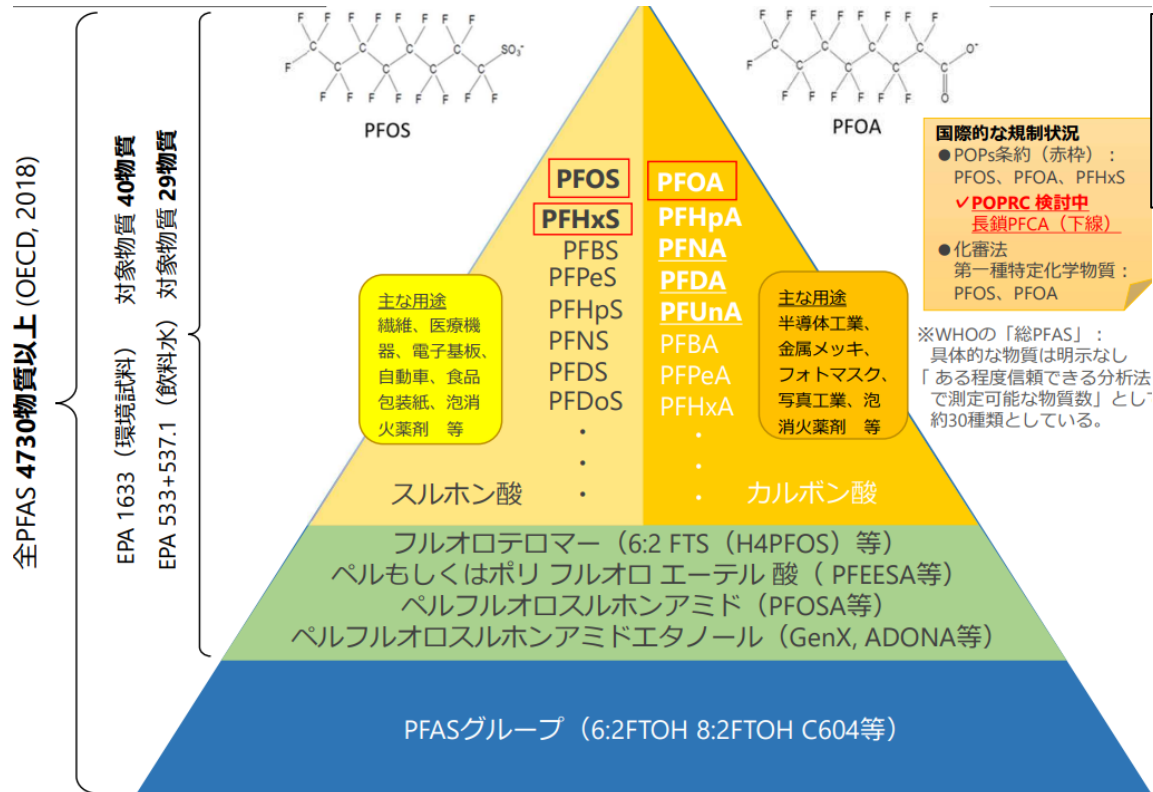
※WHOの「総PFAS」:
具体的な物質は明示なし
「ある程度信頼できる分析法で測定可能な物質数」として約30種類としている。

パーフルオロオクタンスルホン酸(PFOS)やパーフルオロオクタニカルボン酸(PFOA)は、ストックホルム条約 (残留性有機汚染物質: POPs) に指定済で、製造・輸入は禁止

2002年頃に都市河川などからの検出、近年は沖縄や首都圏の米軍基地近隣での河川・地下水などからの検出

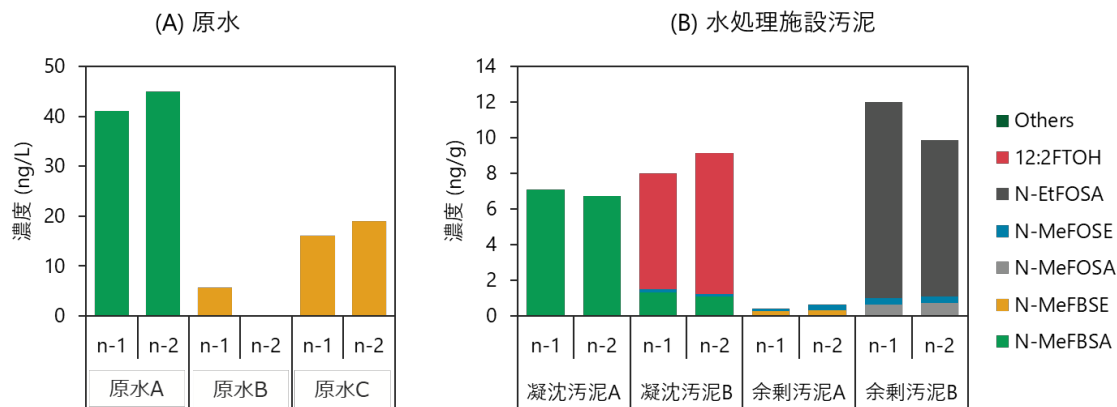
日本では暫定基準 (50 ng/L)
米国では4 ng/L (検出されないこと) を目指すという規制強化が進んでおり、懸念が広がる

環境省「PFASに対する総合戦略検討専門家会議」資料のうち「PFASの全体像」より



PFASに関する国立環境研究所の研究

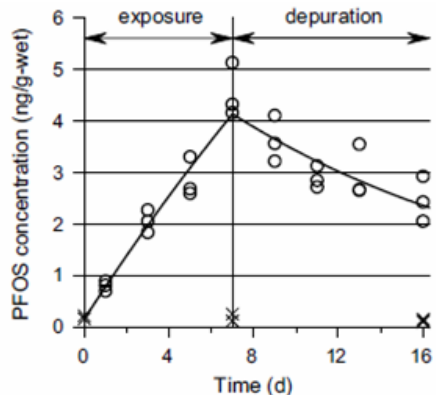
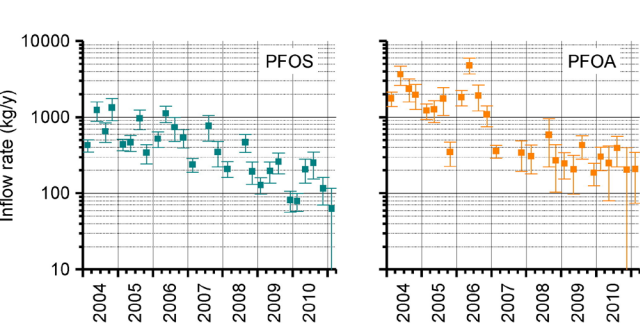
スルホン酸やカルボン酸だけでなく、アルコール基・エーテル基、スルホンアミド基などを持つ多種多様な代替品に急速に移行しており、これらの分析が難しい化学物質の分析手法の開発を実施中



免疫毒性や発達神経毒性などのヒト健康影響評価を実施中

魚類など生き物への取り込みや環境動態の予測モデルの作成についても実施中

分析が困難な揮発性PFASの処理原水や汚泥からの検出



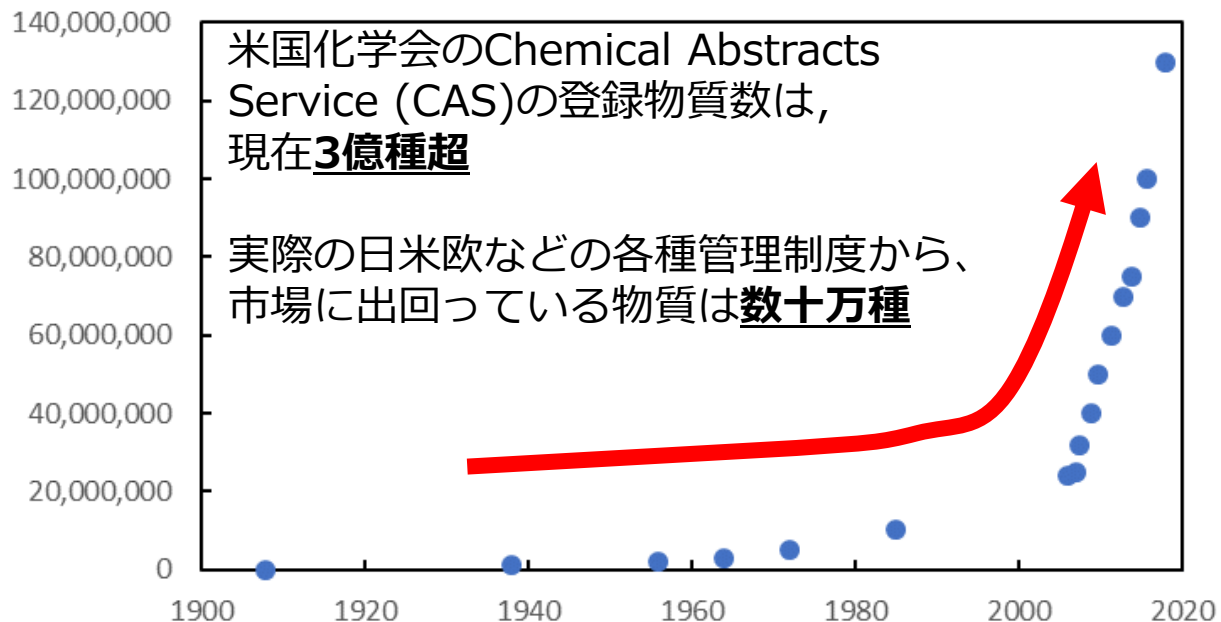
PFOSやPFOAの東京湾への流出量推定や、PFASの魚類やゴカイへ取り込み効率の実測と物性による予測手法の検討

Sakurai et al. (Sci Total Environ, 2016)

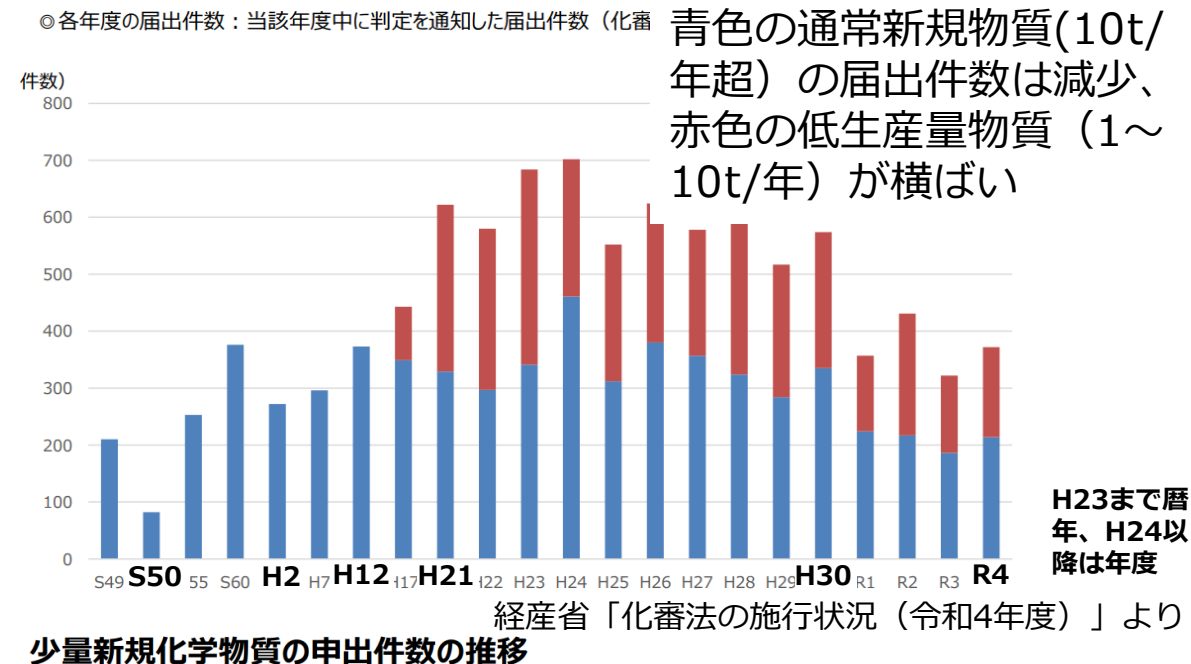
Sakurai et al. (Bull Environ Conatam Toxicol, 2017)

化学物質の少量多品種化

Number of CAS Registered Substances

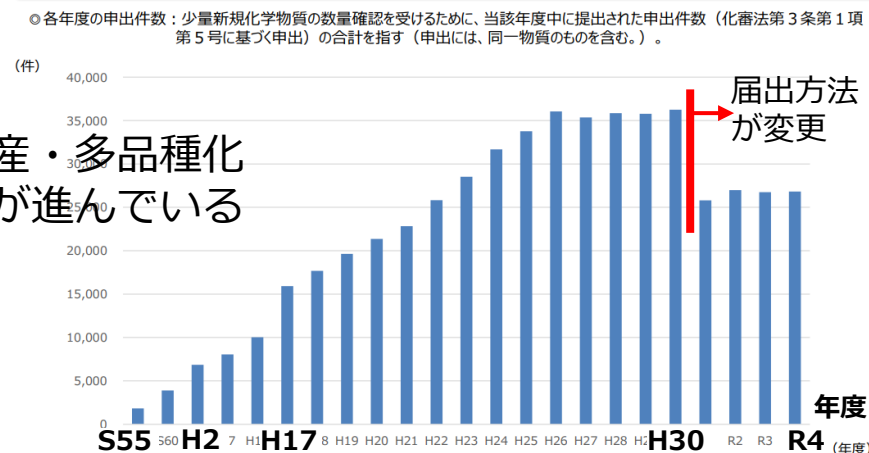


新規化学物質の届出件数の推移



通常新規化学物質(10t/年超)では、分解性、蓄積性に加え、ヒト健康（**げっ歯類を用いた試験**）、変異原性試験に加え、**生き物への影響評価**が必要

少量生産・多品種化の傾向が進んでいる



化学物質の安全性評価の対象となる生き物



通常は、藻類（一次生産者・植物）、ミジンコ（一次消費者、無脊椎動物）、魚類（二次消費者、脊椎動物）の試験の提出が必要

近年は農薬のうち、殺虫剤についてはミジンコに加えて水生昆虫（ユスリカなど）を、除草剤については緑藻に加えて水生植物（ウキクサなど）を用いた評価が国際的には一般的で、日本も導入済（現在、底生生物種について検討中）



現在、農薬は国内外で八手を用いた各種受粉昆虫への有害影響評価が導入済

多様な生き物の安全・安心や生物多様性はこれで確保できるのか？

→ 国立環境研究所では、底生生物や海産・汽水生物などを用いた試験法の提案、種の感受性分布(SSD)を考慮した安全性評価など

生物多様性に関する国立環境研究所の取り組み

ネイチャーポジティブ（自然再興：自然を回復軌道に乗せるため、生物多様性の損失を止め、反転させること）や**30by30**（2030年までに陸と海の30%以上を健全な生態系へ）を達成するための**自然共生サイト**として、2023年10月に国立環境研究所(5.1 ha)も登録



30by30

30by30とは

自然共生サイト

30by30アライアンス



つくば生きもの緑地 in 国立環境研究所

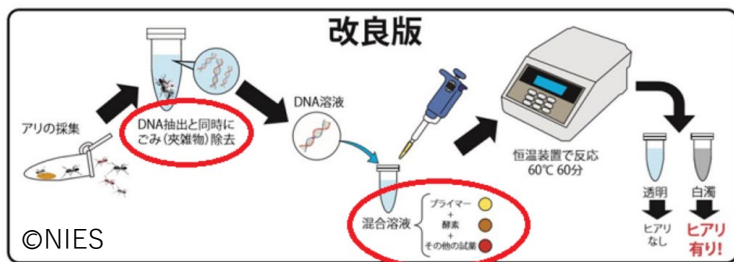
【場所・面積】 つくば市、5.1ha

【申請者】 国立研究開発法人国立環境研究所

 詳細はこちら [PDF: 710KB]

環境省・自然環境局・生物多様性センター
「30by30」より

2023年4月に「**要緊急対処特定外来生物**」に指定された**ヒアリ**の検出キット開発などの外来生物種問題への対応



LAMP式ヒアリ検出キット

人口減社会や鳥獣対策などの課題がある中で、行動変容などを促して生物多様性の保全や生態系サービスの持続的利用を目指す取り組みを実施中

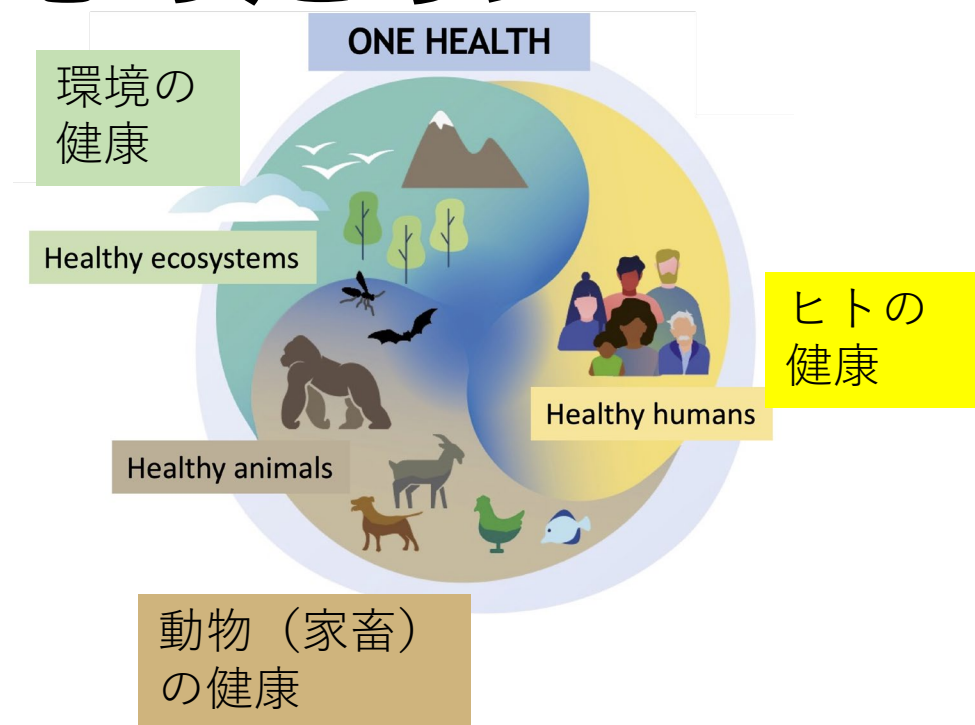
ヒトと生き物の安全・安心のために

新型コロナや新型インフルエンザなど人獣共通感染症が多く知られるようになり、ワンヘルス(One Health)と呼ばれる、ヒト、動物（主に家畜）、環境（生態系）の健康のいずれも重要であるとの考え方が広く普及

特に、病院や畜産、水産などで大量に投与される抗生物質は、薬剤耐性(AMR)を増加させ、2013年当時の予測では2050年にAMRによる死者がガンを超えるというものもあるなど、抗生物質とAMRの動態把握や管理は重要

国立環境研究所でも、野生の鳥インフルエンザの実態調査、AMRの環境動態解析などを実施中

抗生物質等の医薬品の環境中動態や水中の生き物への影響評価についても実施中



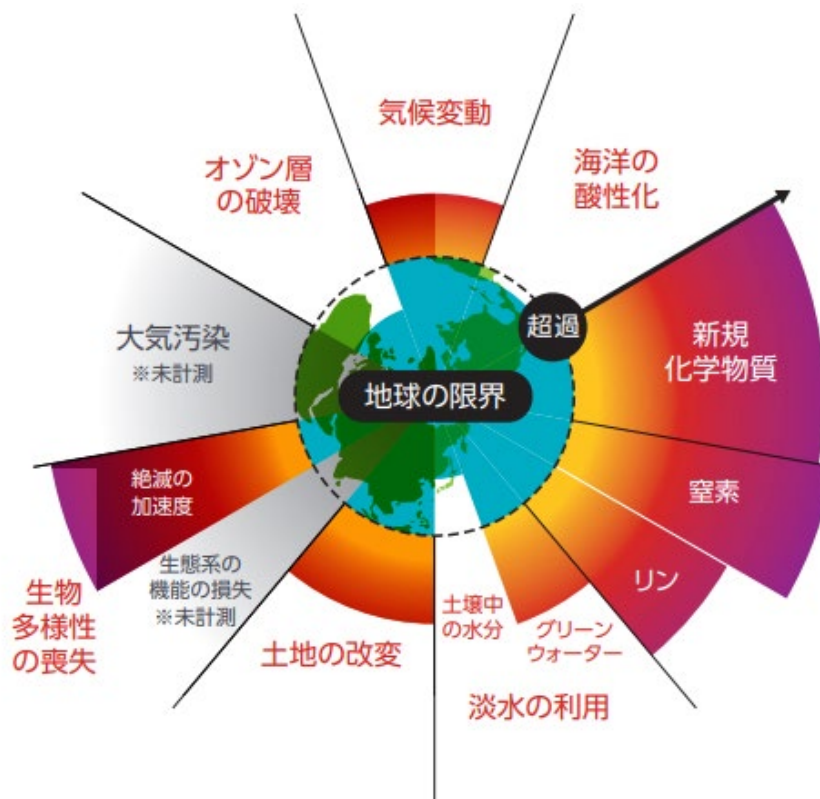
WHO One Health HPより

高い生活の質（ウェルビーイングへ）

令和6年からの水道水質の環境省移管に伴い、**国立環境研究所**でもこれまでの安全・安心の確保だけでなく、ヒトと生き物の**高い生活の質を実感できる安全・安心、かつ、健康で心豊かな暮らしの実現（ウェルビーイング）**に向けた研究へ

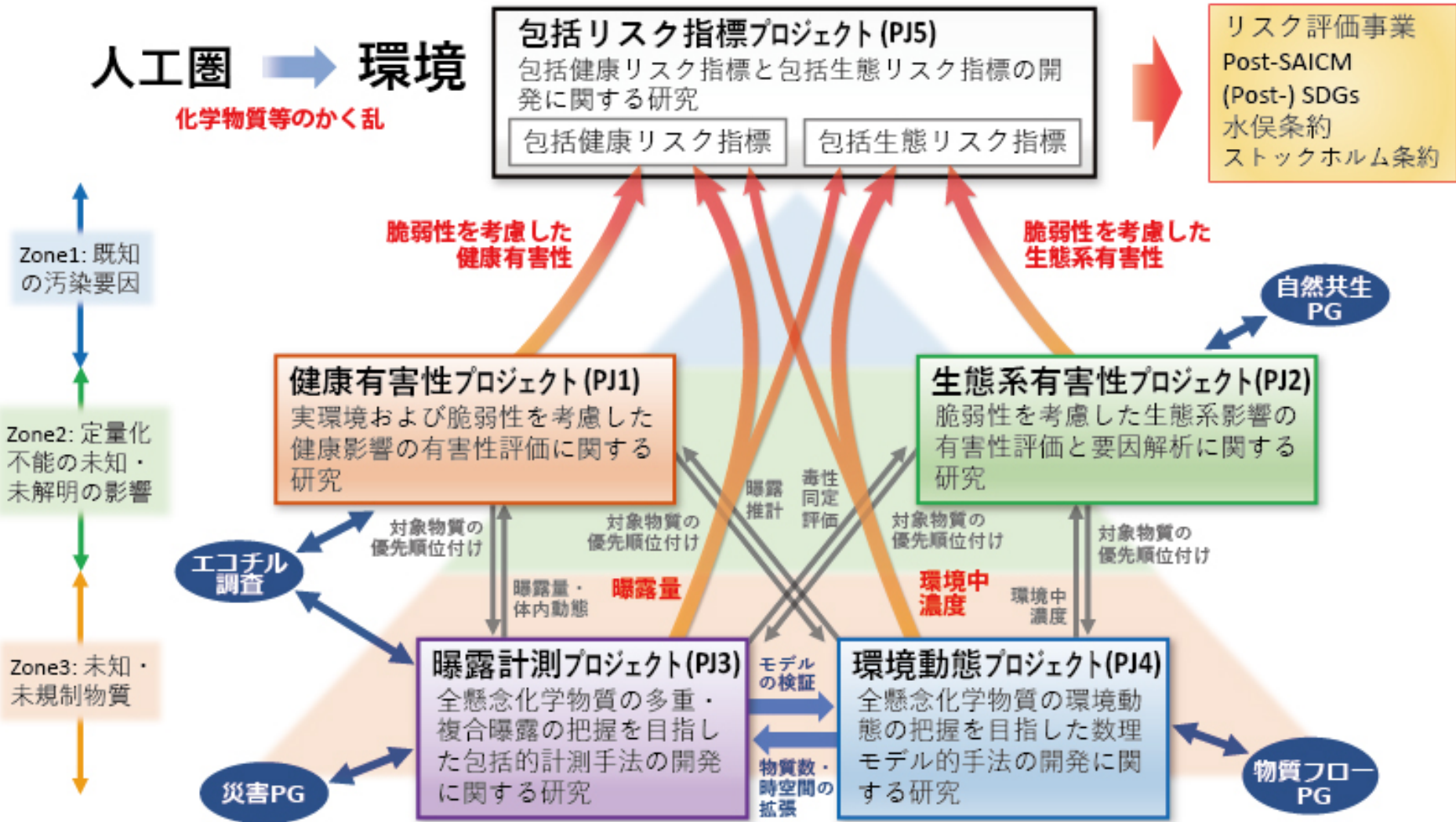
依然として**プラネタリーバウンダリー（地球の限界）**の中でも、**新規化学物質や栄養塩（窒素・リン）、生物多様性が大きな原因**

途上国の問題解決とともに、水環境管理や、PFAS、殺生物剤、医薬品などの化学物質などのヒトや生き物への影響を**包括的に評価・管理**することが重要



環境省HP「令和5年度
環境・循環型社会・生物
多様性白書」より

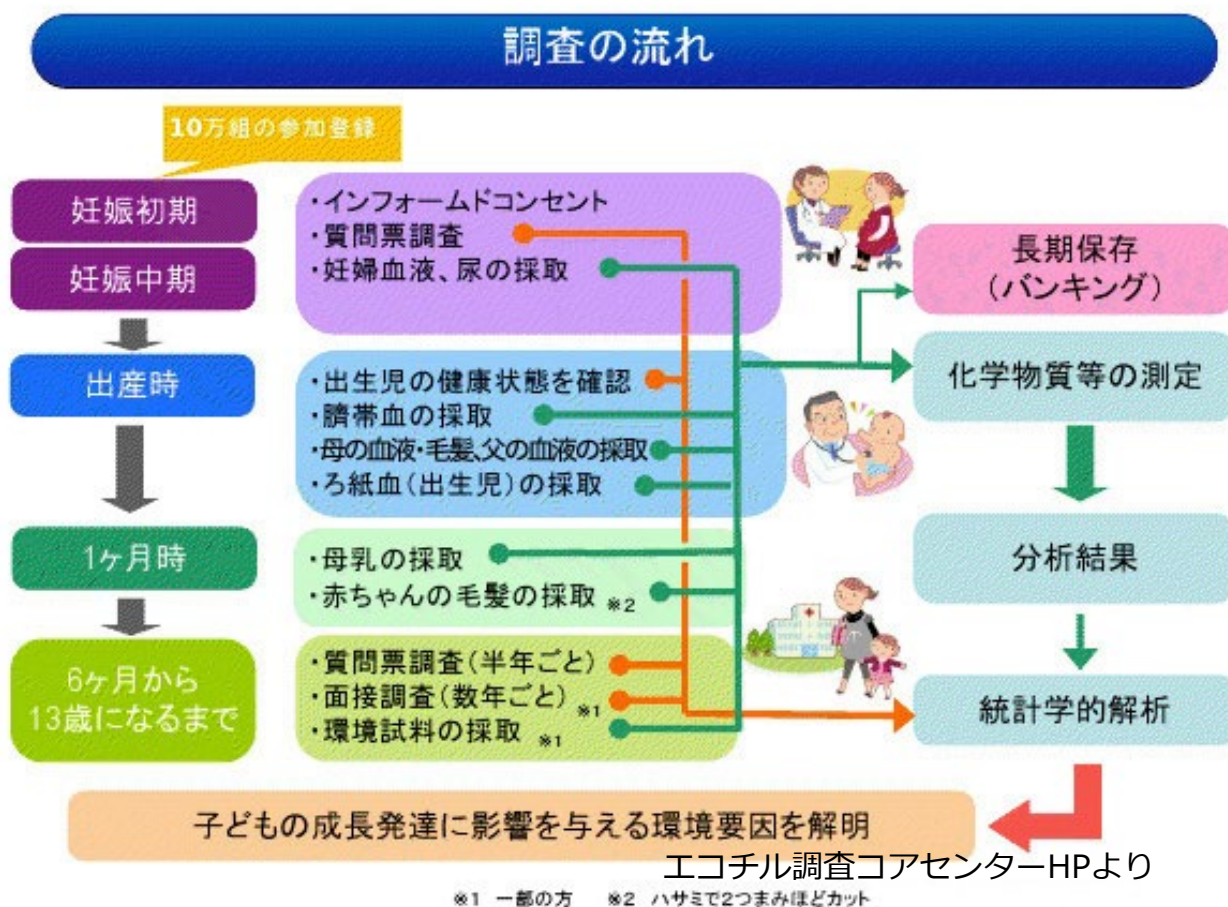
包括環境リスク研究プログラムの概要



国立環境研究所では、包括環境リスク研究プログラム（2021-2025年）を実施中
既知の汚染要因による影響だけでなく、**定量化が難しい未解明のヒト・生き物への影響**や、**未知・未規制の物質**に焦点を当て、それらを**包括して指標化（見える化）**することを目指す研究

子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）

国立環境研究所では、2011年より10万組の子どもたちとそこご両親に参加していただく大規模な疫学調査「子どもの健康と環境に関する全国調査（エコチル調査）」を実施して、化学物質やストレス要因と疾患・健康状態との関係を調べてきた



血液、尿、毛髪、乳歯などの化学物質濃度と疾患や健康状態などとの関連性が明らかに

13歳以降の延長が決定し、今後は「化学物質のヒトへの安全・安心」だけでなく、高い生活の質（ウェルビーイング）と化学物質やストレス要因の因果関係との紐づけが重要

まとめ

- **大規模災害・事故**： 災害・事故の予測は難しいが化学物質の漏洩によるヒトと生き物へのリスクの予測は重要
- **海洋プラスチック**： 世界中で研究者が注目しているが、ナノサイズや溶出物などの動態やヒト・生き物への影響研究はこれから
- **PFASと化学物質の多品種化**： 多種多様な物質の包括的な環境動態、ヒト・生き物への影響評価が重要
- **生物多様性とワンヘルス、ウェルビーイング**： 化学物質以外にも外来種や場の保全など多くの課題があり、ヒトだけでなく生き物への安全・安心を包括的に考えることが結局はヒトの生活の質の向上に繋がる

今後の方向性：皆さんに伝えたいこと

化学物質の開発、製造、使用、移動、廃棄（ライフサイクル）の全ての過程で、ヒトや生き物に対してどの程度の有害影響があるのか、個別の分析や評価だけでなく、影響ベースで把握（化学物質の生き物を使った包括的評価・分析など）し、そのリスクを効率的に低減することが課題

内分泌かく乱、発達神経、免疫などの伝達化学物質が関与する影響と化学物質の評価・管理は今後さらに重要に（国立環境研究所、自分にしかできない研究を）

欧州などと同様に、化学物質のライフサイクル全体でのヒトや生き物への影響について生産者が責任を持ち、そのコストを消費者が支払う「拡大生産者責任」を導入することで、未然防止による効率的な評価・管理が望ましい

新たな化学物質の世界的な枠組み(GFC)や国連で検討中のプラスチック条約、科学政策パネルの設立、化学物質のヒトや生き物への安全性評価の国際標準化などで国内だけでなく世界をリードしたい