HUMANS ARE KEPT ALIVE BY THE ENVIRONMENT
AND PROTECT THE LIVING ENVIRONMENT

人は環境に生かされ、
暮らしは人から生まれる。

環境工学コース

京都大学工学部 地球工学科

Faculty of Engineering
Undergraduate School of Global Engineering
Kyoto University

LABORATORY

研究室

京都大学の研究室と教員は大学院あるいは研究所に所属しています。環境工学コースはそれらの中から特に環境工学に関連が強い研究室によって成立っています。具体的には工学研究科都市環境工学専攻、地球環境学堂、エネルギー科学研究科、環境安全保健機構、工学研究科附属流域圏総合環境質研究センター、複合原子力科学研究所に所属する14の研究室と38名の教員で構成されています。

下水汚泥焼却施設（左）における粒径別微小粒子の挙動調査（右）

環境デザイン工学　桂キャンパス

廃棄物の再資源・エネルギー化技術および処理・処分プロセスにおける有害物質の制御技術を研究しています。

環境保全工学　吉田キャンパス

フィールド調査やシミュレーションを通じて、資源採取・生産・使用・廃棄・リサイクルの全ライフサイクルにわたる環境負荷を解析し、循環型社会の構築を目指した社会システムの提案をしています。

中国深圳市のごみ埋め立て地での調査

環境リスク工学　桂キャンパス

放射性物質や重金属などの有害物質が、人や生態系に及ぼすリスクとそのプロセスの解明、リスクを低減する提案を、調査・実験・シミュレーションにより行います。

マレーシアの幼稚園砂場で
重金属の摂取量を調査

放射能環境動態　複合原子力科学研究所

放射性物質、重金属などの環境中で分解されにくい物質の土壌や地下水環境中での動態や、汚染された土壌・水環境の修復方法を明らかにします。

福島県の環境中放射性物質を
可搬型 Ge 半導体検出器で測定

放射性廃棄物管理　複合原子力科学研究所

放射性廃棄物の処理、処分の安全性の評価やその方法の開発、原子力施設の廃止に伴う諸問題の解決に向けた研究を行っています。

東北地方の林における土壌に
堆積した放射性物質の調査

安全衛生工学　吉田キャンパス

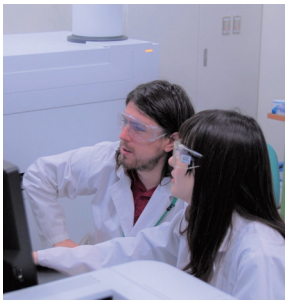
職場で扱う化学物質やナノマテリアルの曝露評価に関する研究を行っています。現場調査や分析、推算によるリスク評価を通じて、安全な職場を提供する新技術を探求しています。

中国・敦煌における黄砂のサンプリング

エネルギー環境学　吉田キャンパス

人間活動などに伴い発生する有害大気汚染物質や黄砂が環境や人の健康に与える影響を評価するために、フィールド観測や模擬大気環境下における実験、モデルによるシミュレーションなどを行っています。

資源性・有害性
ライフサイクル
廃棄物
リスク
環境動態
放射性物質
管理
労働


精密質量分析計による変換物質の特定

オゾン・紫外線による下水処理装置

中国における下水処理調査

琵琶湖沿岸域の水生植物群落の再生

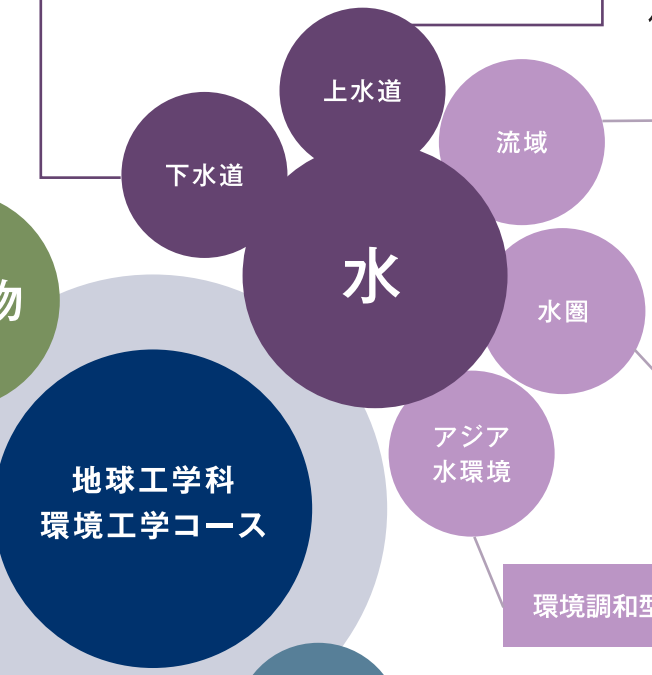
水環境工学　桂キャンパス

省エネルギー・省資源、創エネルギー・資源回収型廃水処理システムの構築を目指し、要素技術の開発や評価に関する研究を実施するとともに、持続可能な社会実現の提案を行います。

都市衛生工学　桂キャンパス

水道システム全体の持続的再構築を目指した配水管内環境の管理の高度化、また、安全で快適な水道水供給のため、最新の質量分析機器等による変換過程を考慮した化学物質管理手法の構築、浄水プロセスでの病原微生物の不活化機構に関する研究を行っています。

ベトナムの河川での水質調査



環境質管理　流域圏総合環境質研究センター

自然由来で汚濁を引き起こす物質や、人が活動をする上でつくりだす汚染物質の発生機構や環境中の運命、それらが生態系に及ぼす影響について研究しています。

環境質予見　流域圏総合環境質研究センター

水環境中に存在する微量汚染物質や病原微生物の実態を調査・解析・評価し、健全な都市・水循環系を構築するために必要なモニタリングや下水道・再利用などの技術開発を行っています。

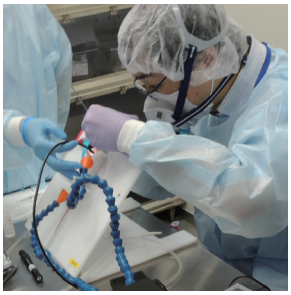
環境調和型産業論　吉田キャンパス

水質分析・水処理技術、微量汚染物質の分析・処理技術、衛星・土地利用データ解析技術等を駆使し、水環境の保全・管理、物質の循環利用の促進に関して、現場主義の調査・実験とモデル化解析による実用的・実践的な研究を展開しています。

環境衛生学　桂キャンパス

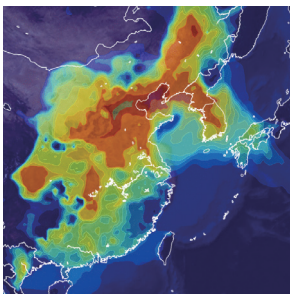
環境中に放出された化学物質や粒子状物質による、人体への影響について評価を行い、人が健康に生活できる環境の提案をします。

ネパールでのトイレなどの衛生調査


マウスを用いたPM2.5曝露実験

大気・熱環境工学　桂キャンパス

地球温暖化抑制に向けて、地球全体を対象とした社会・経済モデルや気候モデルを駆使して、将来のエネルギーシステム、農業システム、土地利用、水需要と温室効果ガス排出削減策の推計を行い、経済と環境が両立する将来像を中長期的にデザインしています。研究成果は国際的な制度、日本およびアジア周辺諸国の地球環境政策策定へ貢献しています。


東アジア地域における
PM2.5 のシミュレーション結果

環境デザイン工学講座
Environmental Design Engineering

●教授 高岡 昌輝
● Prof. Masaki Takaoka

●准教授 大下 和徹
● Assoc. Prof. Kazuyuki Oshita

■ 循環型社会における廃棄物の有効利用及び適切な管理を目指して

廃棄物は集積された貴重な資源です。再資源化、エネルギー回収を図り、同時に環境汚染やリスクを最小化することが求められます。本研究室は、物質やエネルギーの動態を解析し、循環・代謝機能を担う技術社会システムや環境プラントの計画、設計、制御等について研究し、最適な循環・代謝システムをデザインすることを目指します。

研 究 概 要

脱炭素社会・地域循環共生圏の実現に向けた廃棄物・資源循環システムの構築

脱炭素社会・地域循環共生圏の実現に向けて、廃棄物・資源循環分野では、個別の処理技術の変革及びリサイクル・処理システムの再構築といった抜本的なアプローチを考えなければ、今世紀半ばでの CO_2 排出実質ゼロを達成することは困難です。また、廃棄物はエネルギー・資源の塊であり、各地域においてエネルギー・資源供給拠点となり得ます。用いる技術・システムは自然条件、経済条件等の制約条件が異なることからそれぞれの国・地域に応じて様々な検討を行い、今後の道筋を見つける必要があります。

本研究では、脱炭素社会・地域循環共生圏の実現に向けた廃棄物・資源循環技術の開発を行い、動脈・静脈を連携させた持続可能な新たな技術社会システムを提案することを目指します。

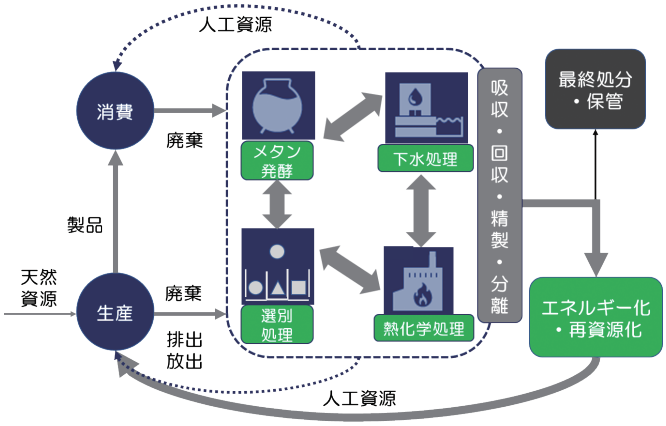


図 1　廃棄物・資源循環システムフロー

革新的技術を用いたバイオマス及び廃棄物からのエネルギー回収プロセスの構築

湿潤廃棄物として、下水汚泥や家畜糞尿は、我が国で最も多く発生する産業廃棄物ですが、カーボンニュートラルなバイオマスとして位置づけられています。また、同じバイオマスとして、近年光合成により油分を高収率で蓄積する微細藻類が注目されています。これらは高含水であり、燃料として利用するには、省エネルギーな脱水および油分の抽出と、その高効率化が重要です。

そこで、本研究室では液化ジメチルエーテル（液化 DME）を用いた溶媒抽出による、新しい下水汚泥、家畜糞尿の脱水、微細藻類からの油分抽出プロセスを提案しています（図 2）。この方法では、常温で対象物の脱水、および油分抽出が可能となること、溶媒としての液化 DME が繰り返し利用できることが、最大の利点であり、本プロセスの構築を目指しています。

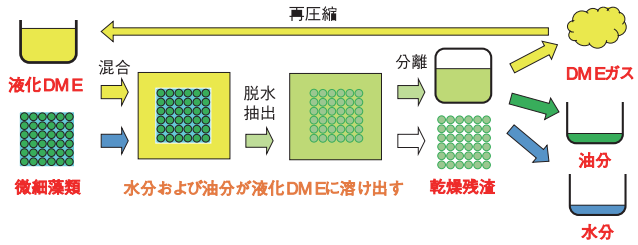


図 2　液化 DME を用いた微細藻類からの油分抽出フロー

健全な都市代謝と長期安全を確保する廃棄物処理・管理技術システムの開発

廃棄物には、マイクロプラスチック、残留性有機汚染物質、有害金属、放射性物質などが含まれる場合があります。適正な処理・処分を行わない場合、人々の健康及び環境へのリスクとなります。

したがって、それぞれの成分や元素に応じた廃棄物処理・管理技術の開発が必要です。技術を適用する場を考慮すると、技術の組合せや連携などのシステム構築も必要となります。本研究では、有害物質を長期的に安全に管理するための要素技術（分解、除去、不溶化、固型化、埋立処分等）を反応機構に基づき開発・評価を行うとともに、リスク、コストを考慮した技術システムの構築を目指した研究を行っています（図 3 は水銀の例）。

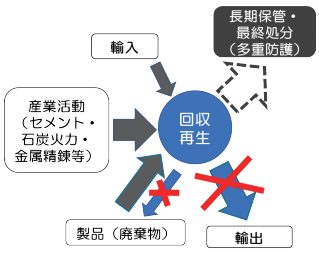


図 3　水銀および水銀廃棄物の今後の管理の流れ

研 究 室

スタッフ・学生含め、人数が多くにぎやかな研究室です。留学生も多く在籍しています。ひとりの学生にひとつのテーマを掲げており、研究の多様性が豊かです。研究のアプローチ方法は主に実験やフィールド調査に基づきますが、シミュレーション評価などの計算をする場合もあります。主な就職先は、プラントメーカー、電力・ガス・電機、国家・地方公務員、コンサルタント会社、大学・研究機関などです。

研究室見学の際の連絡先：
大下准教授　桂キャンパスCクラスター 1-3-463 号室
075-383-3336, oshita@epsehost.env.kyoto-u.ac.jp
研究室 URL：http://epsehost.env.kyoto-u.ac.jp/

環境衛生学講座
Environmental Health

●教授 松田　知成
● Prof. Tomonari Matsuda

●准教授 浅利　美鈴
● Assoc. Prof. Misuzu Asari

●講師 山本　浩平
● Lecturer Kouhei Yamamoto

●助教 本田 晶子
● Asst. Prof. Akiko Honda

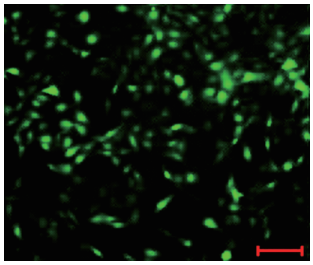
■ 環境からの健康リスクの低減を求めて

現代社会の都市化、産業化、複雑化等に伴い、環境汚染とその自然、社会及びヒトへの影響が危惧されています。環境汚染のヒトに対する健康リスクを評価するためには、ヒトをとりまく環境影響因子とその相互関係について十分な情報を収集し、現状の曝露量の推定、および、その影響について量的な関係や発現機構を研究することが重要です。環境衛生学講座では、上記のような研究により健康リスクを総合的に評価する手法を確立し、人の健康被害を未然に防止し、さらに人の健康を維持増進することを目標としています。

研 究 概 要

大気汚染物質による健康影響に関する研究

大気汚染物質には種々の成分が含まれますが、健康影響を規定する要因は明らかにされていません。一方、大気汚染物質の健康影響は、疫学的にも実験的にもアレルギー疾患や呼吸器疾患を有する集団に発現しやすいことが知られています。そこで、PM2.5 などの微小粒子・エアロゾル、黄砂、及びそれらに含まれる芳香族炭化水素や金属などの大気汚染物質構成成分の健康影響について、呼吸器系、免疫・アレルギー系を中心に実験的に評価するとともに、影響発現機構を明らかにします。


気道上皮細胞が酸化ストレスを受けている様子

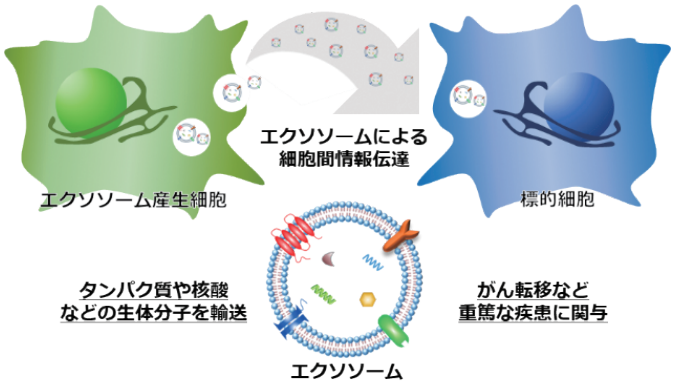
環境化学物質の健康影響に関する研究

環境中の化学物質は日々増加し、生活空間にも普遍的に存在しています。高毒性物質の大量曝露による健康影響発現の危惧は減じていますが、低毒性物質の微量曝露による健康影響は未だ明らかにされていません。可塑剤を始め、消費者製品等の身の回りの環境化学物質の健康影響を、培養細胞や動物を用いて実験的に評価します。また、影響発現機構の解明をめざします。

（左）アトピー性皮膚炎モデルの作成（右）アトピー性皮膚炎症状

エクソソームに着目した健康影響発現メカニズムの解明に関する研究

大気汚染物質や化学物質が呼吸器系や免疫・アレルギー系などに影響与え、種々の疾患を誘発、あるいは悪化させる詳細なメカニズムについては未だ不明な点が多いのが現状です。そこで、タンパク質や核酸、糖鎖などの生体分子や、細胞から分泌されるナノ微粒子であるエクソソームなどに着目することで、大気汚染物質や化学物質の健康影響のメカニズムを「分子」のスケールから解き明かしていきます。



エクソソームによる生体分子の細胞間輸送の概略図

健康影響の低減をめざす環境医工学的研究

環境汚染物質の健康影響を低減するためには、発生源に対する対策と共に発生後の環境医工学的対策も有効と考えられます。一般環境に存在し、近年その健康影響が大きな社会問題となっている花粉等のアレルゲンや環境汚染物質を対象とし、環境医工学的にその影響を低減する試みについて検討します。

研 究 室

研究室のホームページはこちら。
日本と世界をリードする研究を
行っています。

研究室見学 連絡先：staff@health.env.kyoto-u.ac.jp

水環境工学分野
Water Quality Engineering

●教授 藤原 拓
● Prof. Taku Fujiwara

●准教授 日髙 平
● Assoc. Prof. Taira Hidaka

●助教 野村 洋平
● Asst. Prof Youhei Nomura

■ 健全な水環境の創出と持続可能な地域の創造を目指して

下水道は、浸水防除、公衆衛生の向上、水質保全の観点で重要な役割を果たしてきましたが、近年はこれに加えて、下水管渠を通じて収集される資源を回収し、下水処理場を地域活性化の拠点、エネルギー拠点へと進化させることが期待されています。本研究室では、下水道を教育・研究の中心に据え、健全な水環境の創出と持続可能な地域の創造を目指した研究に取り組んでいます。フィールド調査、実験、計算機シミュレーションを組み合わせ、反応機構の解析や物質収支の議論を行うことにより、未知な現象の解明とその基礎原理に基づく水処理技術の確立を目指します。また、基礎研究からスケールアップによる実用化までをシームレスに進めることにより、学術の発展に加えて持続可能な社会の実現に直接貢献したいと考えています。

研 究 概 要

脱炭素社会に貢献し、付加価値を生み出す未来の下水道システムの構築

下水処理場をエネルギー供給拠点へと転換するため、下水中の資源を徹底活用して価値を生み出す新規概念の下水処理システムの構築を目指します。高効率固液分離槽と正浸透（FO）処理槽により有機物濃縮と下水処理を同時に実現し、濃縮有機物はメタン発酵槽によりエネルギーへと転換します (図 1、写真 1)。メタン発酵に関しては、再生可能エネルギー由来の水素をメタンに変換する技術開発にも取り組み、既存下水処理場のエネルギー拠点化にも貢献します (写真 2)。既存下水処理場からの温室効果ガス発生機構の解明と対策技術の開発等の一連の研究により、脱炭素社会に貢献する下水道の実現を目指します。さらに、下水処理水を活用した大型藻類の培養技術を確立し (写真 3)、蓄積される多糖を基点とした化成品の製造など、付加価値を生むシステムの構築にも取り組みます。

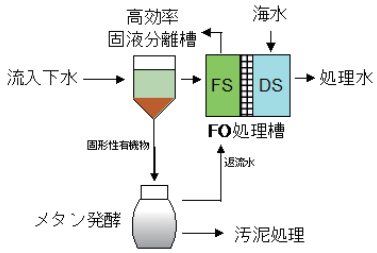


図 1　創エネ型下水処理システム

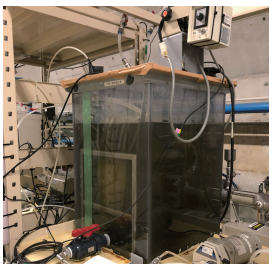


写真 1　正浸透装置

写真 2　メタン発酵リアクター

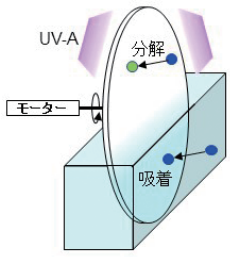
写真 3　大型藻類 (*U. meridionalis*)

汚水処理施設と農業の連携による地域資源循環システムの構築

水・エネルギー・食料は人間の生存に不可欠な資源であり、各々の相互関係を考慮した地域資源循環システムを構築する必要があります。中小都市における汚水処理施設と農業の連携は、水・エネルギー・食料連環の観点から重要であり、廃水・廃棄物の質を考慮したカスケード型資源循環システムによる価値の創出を目指しています。また、乳酸発酵・光合成細菌・藻類培養などを組み合わせた小規模廃水処理・メタン発酵技術を開発し、メタン発酵を核にバイオマス資源活用の最適化を図るとともに発酵残渣の肥料価値向上を試みます。さらに、メタン発酵により発生する熱および二酸化炭素を施設園芸ハウスで利用するシステムの検討を行い、地域における価値創造の観点から適切な下水処理場および施設園芸ハウスの配置を検討します。

物理・化学的水処理機構の解明と技術開発

公共の上下水処理において、濃度が極低いにも関わらず、異臭味（上水）、ヒトへの健康影響（上下水）、放流先の水生生態系（下水）への影響が懸念される化学物質や病原微生物の存在が指摘されています。これらの中には、従来の生物反応を活用した処理法では除去しえないものも存在し、紫外線やオゾン、光触媒、吸着材などを用いた物理・化学的な水処理に期待が寄せられています。これらの処理方法の最適な設計や運転のために、実証的検討および理論的解析の両面からのアプローチで研究を行っています。特に、除去対象物質と生成抑制対象物質のバランスの達成、共存物質としての有機物の反応性評価および有機物の処理性能への影響、省エネルギー性に焦点を当てています。さらに、酸化チタン／高シリカ型ゼオライト複合シートを活用した新規の促進酸化処理装置の開発にも取り組んでいます（図 2）。



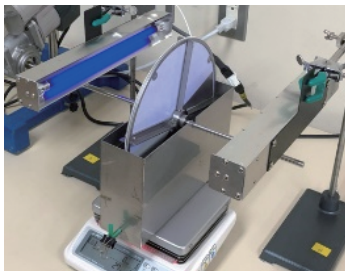


図 2　回転円板型促進酸化装置

研 究 室

連絡先：桂キャンパス C クラスター
C1-2 棟 221 ～ 223･228 室　電話 075-383-3348 ～ 3350
・藤原拓 fujiwara.taku.3v@kyoto-u.ac.jp
・日髙平 hidaka.taira.4e@kyoto-u.ac.jp
・野村洋平 nomura.yohei.3r@kyoto-u.ac.jp

研究室 HP：https://water.env.kyoto-u.ac.jp

環境リスク工学分野
Environmental Risk Analysis

●教授 米田 稔
●Prof. Minoru Yoneda

●准教授 島田 洋子
● Assoc. Prof. Yoko Shimada

●助教 五味 良太
● Asst. Prof. Ryota Gomi

■ 様々な環境汚染物質がもたらす環境リスクの解析と評価を目指して

科学技術の進歩とともに人工化学物質、重金属、放射性物質等、様々な物質が環境中に排出され、長期的かつ広範囲に環境汚染を引き起こし、環境リスク（人の健康、生活、経済・社会システム、生態系への悪影響）がもたらされています。当研究室では、都市レベルから地球規模での環境中に放出される様々な有害化学物質による環境汚染について、フィールド調査よる実データの収集、実験、数値シミュレーションを組み合わせて、その環境中（大気、水、土壌）の動態、人間への移行経路と曝露量、健康へのリスクを解析して、環境リスクを評価しています。さらに、工学的なアプローチに加え、社会科学的なアプローチも取り入れて、環境リスク低減のためにはどのような手段が効果的であるかを明らかにしようとしています。

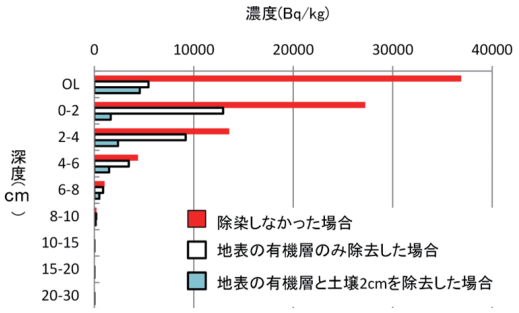
研 究 概 要

土壌汚染のリスク評価

福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質の森林域での動態解析と除染評価

2011 年 3 月 11 日の福島第一原子力発電所事故により放出された放射性物質によって汚染された地域での環境再生、復興を迅速に進めるためには、森林除染による空間線量低減をはかる必要があります。本研究では、森林土壌や森林生態系における放射性物質の動態を解析し、森林に囲まれた平地における森林からの空間線量と森林除染による空間線量率の低減を定量的に計算できるモデルを構築してシミュレーションを実施し、森林での最適除染評価手法の提案を目指しています。

森林土壌の採取



除染レベルに対応した 10 年後の ^{137}Cs の地中分布シミュレーション結果

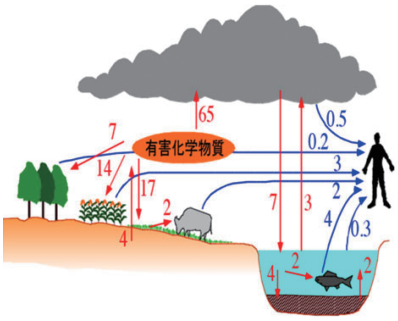
ライフスタイルを考慮した環境汚染の健康リスク評価

福島第一原発事故被災地域への帰還では、公衆被ばく線量限度 1mSv/ 年より被ばく量が多くなるため帰還をためらう人が多く、生涯被ばくリスクを住民のライフスタイルの多様性を考慮して定量的に提示することが必要とされています。また、避難生活や被ばくを避けるための生活行動は生活習慣病やストレス等の健康影響を及ぼします。本研究では、性・年齢等によって分類された住民集団の多様性と生活時間や住居形態などのライフスタイルの違いを考慮した被ばく量評価手法開発に取り組んでいます。

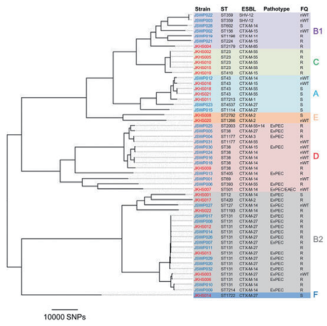
様々な環境汚染のリスク評価
水環境中の大腸菌の起源や薬剤耐性菌の存在形態の遺伝子レベルでの解析

本研究室では、従来の方法では把握できなかった汚染現象や、新たな汚染物質の環境中での存在形態や汚染の状況を、新しい研究アプローチにより把握し、多種多様な微量環境汚染物質による環境汚染のリスク評価を試みています。

特に、DNA 配列解析といった分子生物学的な手法（バイオインフォマティクス）を用いて、大腸菌による環境水の汚染実態を把握しその起源を特定する方法や、自然環境中の薬剤耐性菌の存在や動態を解析しています。



環境汚染リスクモデルの作成



薬剤耐性菌の系統解析

研 究 室

研究室見学大歓迎です！気軽に連絡してくだい！！

研究室の場所：桂キャンパス C クラスター C1-3 棟 4 階
米田教授（yoneda@risk.env.kyoto-u.ac.jp）
島田准教授（shimada@risk.env.kyoto-u.ac.jp）
五味助教（gomi@risk.env.kyoto-u.ac.jp）

大気熱環境工学分野
Atmospheric and thermal environmental Engineering

●教授 藤森 真一郎
● Prof. Shinichiro Fujimori
● Twitter @sfujimori1122

●助教 大城 賢
● Asst. Prof. Ken Oshiro

ホームページ

■ 地球環境問題の解決方法を評価する統合評価モデルの開発とその応用

地球温暖化や大気汚染、食糧問題、水資源問題など地球規模の環境問題の影響やその解決方法を評価するためには、工学だけでなく、社会・人文科学にわたる知識と情報を有機的に組み合わせる必要があります。広い視野に立って関連情報を整理し、それらの間に存在するメカニズムのモデル化や、定量的な検討、将来推計および対策の立案などに関する研究を行っています。特に今や脱炭素はあらゆる企業で求められています。脱炭素の基礎的・専門的な知識、社会全体を俯瞰的に見るマクロな視点、環境・エネルギーに関連する高度なデータ解析能力が身につき、多様な就職先で活躍できる人材を輩出しています。

研 究 概 要

統合評価モデルを用いた世界・主要国の温室効果ガス排出量見通しと削減費用の算定

2030 年から 2100 年といった短中長期に及ぶグローバルの温室効果ガス削減に関する研究を中心に行います。**エネルギーや経済を詳細に扱ったモデルを用いた解析**を中心として、政策提言、及び関連する科学的知見の創出を行います。

エネルギーシステムをモデル化し、脱炭素化への道筋とそれに関連する情報を社会・政策決定者へ示します。例えば、太陽光やバイオマスエネルギーはいつ、どの程度、どの地域で導入が必要で、そのための費用はいくらでしょうか？我々の省エネなどの取り組みは効果がどれくらいあるのでしょうか？そんな問いに答えます。

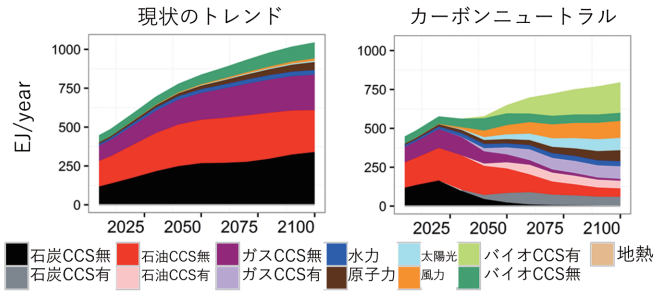


図 1　将来のエネルギーシステムのシミュレーション例

気候変動対策と大気汚染

社会システムの脱炭素化は大気汚染を軽減し、人間社会や生態系に様々な便益をもたらすとされています。しかし、それがどの程度なのか、温室効果ガスゼロエミッション目標を満たすような大規模な排出削減を行った時にどこまで便益があるのかはわかっていません。本テーマでは、大気汚染物質の拡散計算を行い、その結果から健康、農業等への影響を推計し、温室効果ガス削減政策の策定へ貢献を行います。

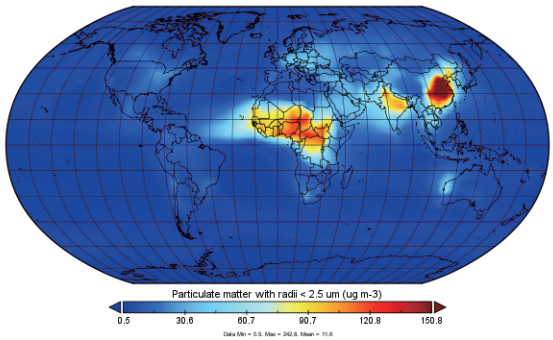


図 2 2015 年 1 月の PM2.5 の濃度

持続可能な開発目標の定量化、様々な部門への波及効果の推計

持続可能な開発目標 (SDGs) は貧困、飢餓、水資源や経済、気候変動など 2030 年における様々な分野の開発に関する目標を設定しており、これらのうち環境に深く関連する項目を取り上げ、2030 年に留まらず 2050 年、2100 年までを見通した開発に関する目標を検討します。気候変動だけでなく**複数の環境分野にまたがる分析**を行います。特に、食料・農業・飢餓、貧困と格差等の人間社会の根本に迫る社会経済的な事象のモデリングとシミュレーション分析を行います。

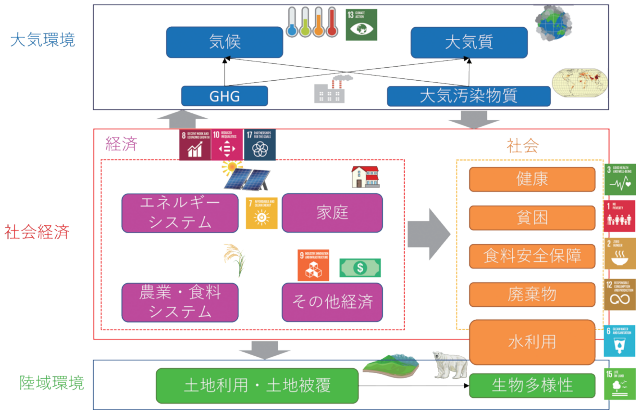
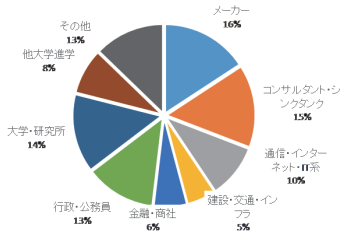


図 3　統合評価モデル全体像と SDG の関連

研 究 室

研究は計算機を用いたシミュレーションやデータ解析が中心です。1 人 1 台のノート PC が支給され、計算量が多い人はスパコンを使うこともあります。



配属後すぐに基礎知識・技能習得のためのゼミを実施するなど丁寧な指導を心がけています。

実験による拘束時間はないので、自分で時間を管理したい人に向いている研究室です。就職先は① IT 系（IT 技術が身につく）、環境コンサル（システム全体を捉える俯瞰的な視野と分析能力がつく）が多いこと、②メーカーから金融まで幅広い分野へ進んでいること、が研究室の特徴です。

研究室見学の希望は以下にメールをして下さい。
桂キャンパス C クラスター C1 棟 -361 号室 (藤森)
E-mail：contact@athehost.env.kyoto-u.ac.jp
HP：https://www.athehost.env.kyoto-u.ac.jp/

都市衛生工学分野
Urban Sanitary Engineering

●教授 伊藤 禎彦
● Prof. Sadahiko Itoh

●助教 中西 智宏
● Asst. Prof. Tomohiro Nakanishi

●助教 安井 碧
● Asst. Prof. Midori Yasui

■ 水供給問題を通じ，生(いのち)を衛(まも)る「衛生」理念の実現へ向けて

上水道や飲み水に関連するさまざまな研究を行っている研究室です。図に対象領域を示しますが、水源水質に関すること、浄水処理技術や飲料水としての安全確保に関すること、配水システムにおける諸課題、水が消費された後の市民とのコミュニケーションなど多岐にわたります。究極的には、水供給を題材として扱いつつ、環境工学の根幹である「衛生」理念の実現を目指します。

研 究 概 要

小規模水供給システムにおける衛生問題と管理手法の構築

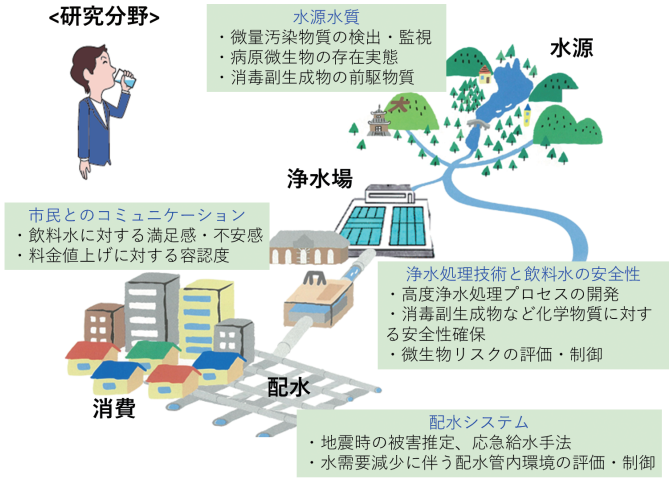
人口減少の進行に伴って、小規模な水供給施設に焦点を当てる重要度が高まっています。地元管理されている小規模施設では浄水処理や消毒が十分でない場合も少なくないのです。本研究では、水質に関する限定的な情報の下で、安全な飲料水をいかに確保すればよいか、そのアプローチ方法を提示することを目指します。さらに、原水の種類、浄水処理の方法、消毒方法に照らして、必要な水質測定項目や頻度について検討し、小規模水道に対する現実的な水質管理方法を提示します。

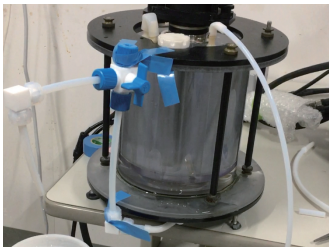
左：原水の例
右：小規模な浄水処理装置の例 (左右とも静岡県浜松市内)

水道システムにおける病原微生物の監視と制御

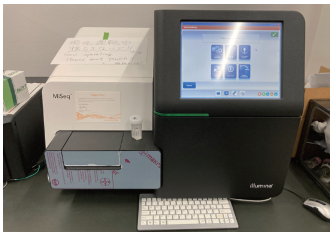
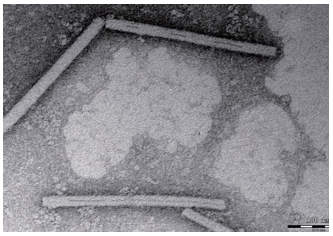
水道水の微生物的な安全性を確保するためには塩素消毒のみに頼るのではなく、水源～給水栓までの水道システム全体における微生物の存在実態や挙動を理解することが重要です。当研究室では、水源における病原細菌や原虫による汚染状況を最新の遺伝子解析技術や定量機器を駆使して明らかにしています。また、オゾンや粒状活性炭を用いた高度浄水処理プロセスにおける微生物の除去・不活化の様子を実際の浄水場で確認することで、より安全で効率的な浄水処理の方法について考えています。給配水システムを対象とした研究では、レジオネラ属菌のような日和見感染菌が給水設備の中で再増殖する様子を実験室で再現し、感染リスクを低減できるような制御手法を確立することに取り組んでいます。

水処理工程において腸管系ウイルスは特に除去の難しい微生物とみなされています。それぞれの処理工程でどれぐらいのウイルスが除去されているのか把握する必要がありますが、腸管系ウイルスは濃度が低く定量が難しいため、代替できる指標ウイルスを除去率の算出に用いることが検討され、トウガラシ微斑ウイルスなどが注目を集めています。適切な指標ウイルスを提案するための研究にも取り組んでいます。





左：琵琶湖での採水の様子
右：給配水管内部の環境を模擬できる実験装置

左：微生物の塩基配列を一気に取得可能な超並列シーケンサー
右：トウガラシ微斑ウイルス　(Colson et al. 2010 より)

研 究 室

◆ 興味のある人は気軽に連絡してください。

伊藤教授 (itoh.sadahiko.4u@kyoto-u.ac.jp)
中西助教 (nakanishi.tomohiro.8r@kyoto-u.ac.jp)
安井助教 (yasui.midori.5f@kyoto-u.ac.jp)

←研究室 HP はこちら

環境質管理分野
Research Center for Environmental Quality Management

●教授【兼任】松田 知成
● Prof. Tomonari Matsuda

●助教 竹内 悠
● Asst. Prof. H. TAKEUCHI

■ 環境の質に関するサイエンスを極め環境管理に役立てる。

水環境問題や化学物質汚染問題など、環境の質に関連する諸問題を解決するため、分子レベルのミクロな視点と流域レベルのマクロな視点からのメカニズム研究を推進し、新たな原理を探求するとともに、環境質管理手法の提言を行い、社会に貢献します。

研究概要

アジア型の統合的流域管理 ―アジアの英知による実現へ―

地球上の淡水の９割以上は湖沼・河川にあり、多くの重要な価値を持っています。飲料や灌漑用水のような資源供給、洪水調整や汚染浄化のような調整機能、美しい景観の提供のような文化性などが挙げられ、これらは「生態系サービス」という言葉で表現されます。流域環境の悪化が進むことにより、その最終末端である湖沼・河川の様々な機能が損なわれてしまいます。

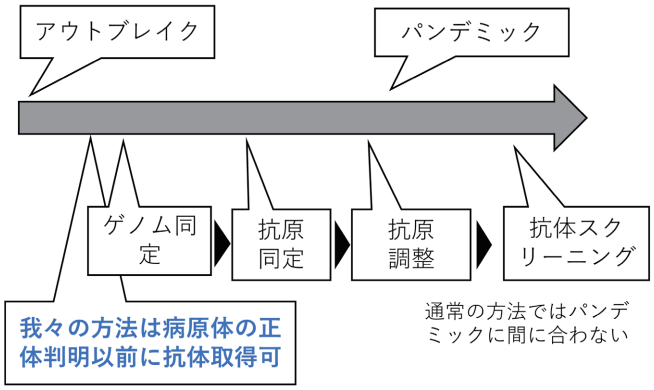
環境工学分野の新チャレンジとして、国内のみならずモンスーンアジア諸国の流域に着目して、現地の大学・研究機関と共同で、健全な流域のあり方を検討します。気候変動を含めた将来状況を踏まえて、シミュレーションにより水量・水質を予測し、流域利用の背景にある文化や歴史も考慮した上で、持続的・効果的なアジア型の水環境保全対策を目指します。

発癌の分子疫学研究
―DNA 損傷や突然変異から癌の原因を突き止める―

今までに様々な発がん物質が知られていますが、これらがどの程度実際の発がんに寄与しているのかは明らかではありません。発がん物質の多くは、細胞の DNA を損傷し、突然変異を誘発します。発癌に関連する複数の遺伝子に突然変異が蓄積することにより、癌が生じます。発がん物質が引き起こす DNA 損傷や突然変異には、物質固有のパターンが現れます。このパターンを解析することにより癌の原因を明らかにする研究を展開しています。

新興感染症のリスク管理 ―生命科学的アプローチ―

今回の新型コロナウイルス感染症の経験から、我々の社会はつくづく新興感染症に脆弱であると思い知らされました。我々の研究室では患者の血液の遺伝子解析をするだけで、感染症に対する抗体を取得する技術を開発しており、これは理論的には正体不明の病原体にも適用できます。次にアウトブレイクする感染症に備えて、この技術の実用化研究を進めています。



研究室

当研究室は、工学研究科附属 流域圏総合環境質研究センターにあります。研究センターは大津市にあり、最寄り駅は JR または京津線膳所駅。繁華街にあり交通は非常に便利です。いつでも見学歓迎します。

松田教授（matsuda.tomonari.8z@kyoto-u.ac.jp）
竹内助教（takeuchi.haruka.6m@kyoto-u.ac.jp）

環境質予見分野
Research Center for Environmental Quality Management

●教授 西村 文武
● Prof. F. NISHIMURA

■ 環境質の向上と評価、環境汚染の防止と修復のために

人間活動から排出される化学物質や病原微生物の、下水道や水環境中での挙動と、人や水生生態系への影響についての研究を行っています。フィールド調査とプラントなどでの実験を基盤とし、機器分析やバイオアッセイなどの生物学的評価手法を用い、汚染実態把握、対策技術や管理手法を開発します。琵琶湖･淀川水系の上流に位置し、実下水処理場に隣接する流域圏総合環境質研究センターの恵まれた研究環境で、最先端の研究を行います。

特定研究員 3 名、博士研究員 1 名、研究支援推進員 1 名、技術補佐員等 5 名、博士 3 名、修士 11 名、研究生 1 名（2022 年 4 月現在）

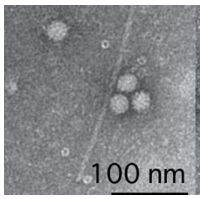
研 究 概 要

流域の環境管理に関する研究を行っています。具体的には、環境モニタリングと、排水処理に関するテーマを基盤として基礎研究から応用研究を実施しています。個々の詳細を以下に示します。

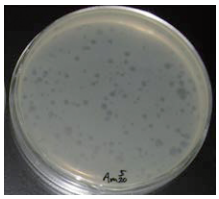
環境モニタリングに関する研究

ウイルスや薬剤耐性菌、化学物質のリスクの水環境中での動態把握と管理手法の提案

水環境に存在する病原微生物、特にウイルスは細菌に比べ生残性や消毒耐性が高く、薬剤耐性細菌とともに先進国でも制御が必要と認識されています。本研究では、琵琶湖・淀川流域を対象として、病原微生物汚染の実態を把握し、次世代シーケンサ等を用いた遺伝子解析により、流域の汚染源を究明します。病原微生物の環境基準設定や代替消毒技術の開発、予見手法や監視技術の開発により、効果的な流域管理・衛生学的安全性の高い水環境確保に貢献します。



ノロウイルス
国立感染研究所
宇田川悦子博士提供

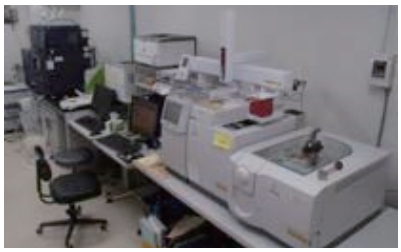


大腸菌ファージの測定

次世代シーケンサーを用いた微生物の大規模で詳細な解析

化学分析とバイオアッセイを組み合わせた水環境中の化学物質の評価に関する研究

残留医薬品による水環境汚染が国内外で数多く報告されています。医薬品は、生体内で特異的な生理活性を発揮するようにデザインされているため、ヒトを含む生態系への悪影響が懸念されています。増加し続ける医薬品に対し、生理活性を包括的に測定できる *in vitro* バイオアッセイと高分解能質量分析計による分析を組み合わせ、水環境中の医薬品の生理活性の実態把握や水生生物への影響を解明します。さらに、各種の下水処理技術の適用で、生理活性をどの程度まで削減すれば安全であるか提示することも目指します。



高感度分析装置 (奥 : LC-MS/MS、手前 : GC-MS/MS)

超高感度分析装置 (LC-QTof-MS)

排水処理に関する研究

下水処理の高度化と再生水の利用に関する研究

持続可能な水資源確保、環境管理、脱炭素社会構築を含むエネルギー管理の視点から、水の再利用の研究の必要性は世界的に高まっています。本研究では、MF、UF、NF、RO などの有機･無機膜や、オゾン･UV・光触媒などの酸化技術、MBR などの生物処理を組み合わせた水再生技術を実験室スケールで検証し、再生水の水質やリスクを評価し、その安全性と処理エネルギーやコスト削減の研究を行います。また国内外の研究機関等と共同研究し、ISO 規格化や国内外の再生水利用の社会実装、国連持続可能開発目標（SDGs）の実現に貢献します。

流域の重要管理点からの薬剤耐性菌・耐性遺伝子・微量有害化学物質の処理特性に関する研究

下水・廃水処理では、現在、省エネルギーやエネルギー回収が着目されていますが、同時に公衆衛生が確実に達成されなければなりません。脱炭素社会の構築と共に、薬剤耐性微生物や遺伝子の制御が喫緊の課題として認識されています。特にわが国では高齢化社会の進行とともに薬剤がより多く使用され、また世界に目を向けると畜産事業の効率化のために抗生剤が多く使用されており、流域における抗生剤や薬剤耐性微生物の挙動実態把握と効果的な制御が希求されています。

本研究では、省エネルギーや資源回収を図りつつ、同時に化学物質や微生物による健康リスク・生態系保全へのリスクの低減を目指す廃水処理システムの構築を目指します。

沖縄県糸満市農業用再生水実証施設

オゾン＋紫外線処理装置

下水再生水を用いた糸満市での野菜栽培

研 究 室

問い合わせ先：西村教授 nishimura.fumitake.3n@kyoto-u.ac.jp
環境質予見分野がある流域圏総合環境質研究センターのホームページはこちら
https://www.eqc.kyoto-u.ac.jp/index.html

環境保全工学分野（環境安全保健機構環境管理部門）
Environmental Preservation Engineering

●教授 平井 康宏
● Prof. Yasuhiro Hirai

●准教授 矢野 順也
● Assoc. Prof. Junya Yano

■ 廃棄物から社会を視る、その知見を循環型社会形成へ

廃棄物から社会を視ることは、循環型社会形成への知見を与えてくれます。廃棄物の適正管理技術や化学物質の環境動態との関連を持たせながら、主に物質循環のシステム解析や循環型社会形成モデルに関する研究をしています。また、京都大学の環境管理を担当しており、教育研究の環境保全やキャンパスサステナビリティの研究にも取り組んでいます。

研 究 概 要

循環型社会形成に向けた GHG 排出勘定とライフサイクル分析

社会経済活動における素材や製品の生産・使用・廃棄の実態をマテリアルフロー分析（MFA）により把握し、そのフローに伴う環境負荷をライフサイクルアセスメント（LCA）により定量化することで、循環型社会形成や脱炭素社会移行に資する基礎情報を提供するとともに、各種資源化・処理方式の評価を行っています。具体的には、家電製品や自動車などの長期耐久財のフロー・ストック・寿命推定、バイオマスプラスチックの普及による環境負荷削減効果の評価、プラスチックや木質材料などの化石由来炭素割合の推定による廃棄物焼却由来の温室効果ガス排出インベントリの精緻化、カーボンニュートラルを見据えた素材産業の生産技術変化を踏まえた廃棄物処理・リサイクル工程からの GHG 排出量を算定するボトムアップ型のモデル群の開発などに取り組んでいます。

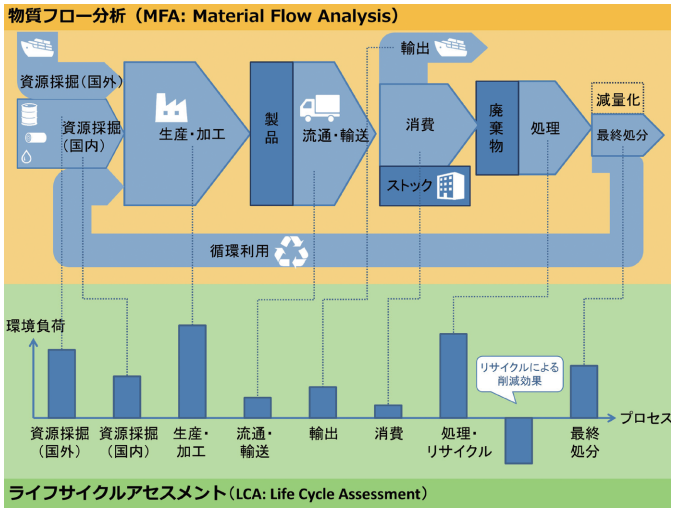


図 1　マテリアルフロー分析とライフサイクルアセスメントのイメージ

循環型社会形成と化学物質制御のシステム解析

循環型社会において化学物質のリスクを管理するには、資源化行程を含む化学物質のライフサイクルの各工程からの環境排出や、自然環境における化学物質の挙動を把握することが必須です。そこで、化学物質やその含有製品のフロー解析に基づく排出インベントリの推定や、環境動態モデルを用いた環境中濃度や曝露量の予測、観測データとの比較検証や統計解析を行っています。ポリ塩化ビフェニルや短鎖塩素化パラフィンなどの残留性有機汚染物質や、水銀・鉛などの重金属類を対象としています。

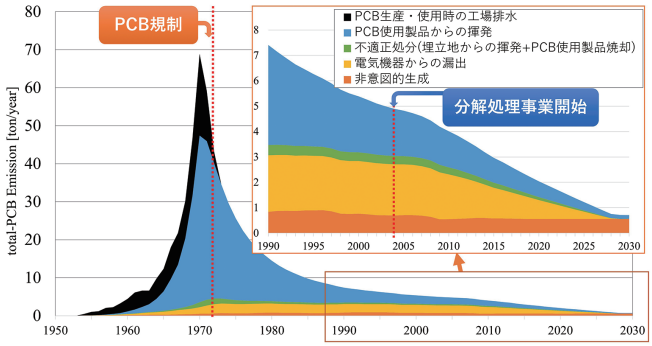


図 2　PCB 規制・分解処理事業を経た総 PCB 排出量推移

市民のライフスタイルと環境政策効果に関する研究

図 3　家庭ごみ細組成調査による手つかず食品

天然資源の消費抑制と環境負荷の低減を原則とした循環型社会の構築に向けた社会応用を図る際には、人や企業の行動が重要であり、実証確認をベースに社会行動モデルを構築、施策効果を評価して、制度設計に活用することが求められます。具体的には、ごみ組成調査を通じてレジ袋等のプラスチックごみや食品ロスなどの組成や排出量を明らかにすることで、環境政策の効果を評価します。また、細組成データやネットアンケート等を活用し、市民の分別・排出行動とごみ細組成・分別率等との関連性を紐解き、効果的な環境政策について検討します。

教育研究の環境保全とキャンパスサステナビリティ

教育研究環境における廃液・排水、廃棄物、エネルギーや温室効果ガスに関する基礎研究を行うことにより、その環境マネジメントシステム構築やサステナブルキャンパス実現を促進する研究を行っています。具体的には、入口側の化学物質や資源・エネルギー消費量、出口側の実験排水分析データや廃棄物、温室効果ガス排出量のデータ解析等を行います。

研 究 室

＜メンバー＞研究員 1 名、修士 4 名、学部 2 名
＜進路＞国・地方公務員 2 割、プラントメーカー・コンサルタント 4 割、その他民間企業 4 割
見学等は下記のメールアドレスにご連絡ください。
＜連絡先＞
吉田キャンパス総合研究 2 号館東側 2 階・1 階・地階
yano@eprc.kyoto-u.ac.jp（矢野）

安全衛生工学分野
Occupational Safety and Health Engineering

●教授 橋本 訓
● Prof. Satoshi HASHIMOTO

●教授 松井 康人
● Prof. Yasuto MATSUI

■ 安全で安心な職場を支える新技術を探求する

わが国では 1972 年に、職場環境を健全なものとする法令が体系化され、環境安全衛生管理を担う専門職制度も整備されてきました。一方で、職場で扱う有害物質の多様化や、労働者の勤務形態、エネルギー管理は時代と共に変化を続けています。研究室では、先端技術を駆使した調査と、得られた結果に基づく仮説の検証、推算による改善策の提案を通じて、持続可能で安全な、環境調和型職場を提供する新技術を探求し、社会に貢献します。

研 究 概 要

職場環境の定量的評価とエビデンスに基づいた改善措置

化学物質や粒子状物質など、職場環境におけるあらゆるリスクの程度を科学的に評価し、そのエビデンスに基づき優先順位を決定し、対策を講じることが求められています。

そのために、実際の労働現場で調査（図 1）を実施したり、ヒトの呼吸器における吸入モデルを作成したり、過去の事故情報を統計的に解析したりすることで、新たな評価技術の探求や、改善策の提案を行います。

安全で安心な職場環境を形成するため、「計画－実施－評価－改善」の一連を、自身で管理できるエキスパートを養成します。

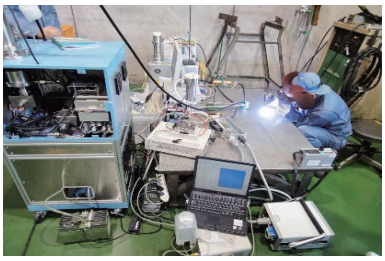


図 1　溶接中の粒子状物質の計測

生物学的指標を活用した有害物質の曝露評価

ヒトへの有害物質の曝露量を、血液や尿、毛髪などを計測することで推定することができます。これらのバイオマーカーは、曝露量を反映するのみならず、疾患などの影響量を現す際にも利用されています。

ヒトへの影響が明確なアクリルアミドやアルデヒド類は、血中のたんぱく質や DNA と結合すると考えられており、累積的な曝露指標の定量評価（図 2）が期待されています。

摂取（吸入）、代謝、排泄までをトレースし、生物学的指標の探索と、より精密な曝露評価を研究しています。

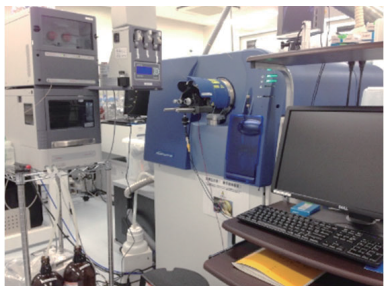


図 2　質量分析による指標の定量

ナノマテリアル・粒子状物質の曝露評価手法の確立

酸化チタンやカーボンナノチューブなどのナノマテリアルが、すでに市場に出回っています。有害性についての検証が進んでいる一方で、これら材料を使った製品から、ヒトにどれほど曝露があるのかについては、知見が足りていません。

チャンバーを用いた 1 粒子追跡システム（図 3）を開発することで、国際標準としての曝露評価手法を提案しています。

図 3　ナノ材料の曝露評価システム

電力の需給調整を通じた系統内における電力使用量の最小化

太陽光発電施設（PV、図 4）などのエネルギーリソースを、高度なエネルギーマネジメント技術により統合制御し、あたかも発電所（バーチャルパワープラント）のように機能させることで、電力の需給調整に活用する実証を行っています。

図 4　本学に設置されている PV

研 究 室

実験を中心に、共用利用施設や他学部での観察・計測、フィールドでの調査、院生室での統計処理やシミュレーションなど、アクティブな活動をチームで進めます。ON/OFF のメリハリがあるのも、それが要因かもしれません。社会に出る前に、働く環境について考えてみませんか？

matsui.yasuto.6r@kyoto-u.ac.jp、075-753-3308
吉田キャンパス・楽友会館別館（←吉田寮の南側です）

複合原子力科学研究所・放射能環境動態工学分野
Environmental Radionuclide Science & Engineering

●准教授 藤川 陽子
● Assoc. Prof. Yoko Fujikawa　協力企業 4 社

■ 放射能等の汚染物質の環境動態・安全評価・環境浄化の研究

本研究室では放射性物質・放射線を利用して、放射性廃棄物の地中処分に係る地質環境中の放射性物質の動態や汚染された環境の浄化方法についての基礎研究を行っています。またえられた研究の成果を社会に還元するため、表流水や地下水・土壌・焼却灰等の浄化のパイロットプラントの建設にも取り組んでいます。

研 究 概 要

特に地水圏環境を中心に、放射性・非放射性の汚染物質の動態と環境修復の技術を研究してきました。具体的には、(1) 土壌や岩石（地質媒体）・水・植物などの環境要素間での汚染物質の移行を解明する室内試験、(2) 汚染物質の濃度や化学的存在形態の分析技術開発、(3) 放射性セシウム、ウラン、プルトニウムの野外環境分布調査、(4) 水や土壌の汚染の原位置除去技術開発、(5) 汚染物質移行モデルや環境データの統計学的解析技術の開発、を国内外で展開しています。

放射性物質を含む廃棄物の処分

地球温暖化の影響が各地で顕在化してきました。またロシアのウクライナ侵攻に伴いエネルギーの安全保障も注目を集めています。その中で、低炭素で地政学的影響を受けにくい原子力が再び脚光を浴びています。一方、原子力を利用すれば、様々な放射性核種を含む廃棄物が発生します。

これらの廃棄物の処分は、地中埋設が基本方策です。長半減期の核種を高濃度に含む高レベル放射性廃棄物については 300 m以深の地層に埋設処分されますが（特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律）、処分地は定まっていません。また、福島第一原発事故に伴い発生した、放射性セシウムを含む焼却灰や除去土壌の一部は、2045 年までに福島県外で最終処分されることになっていますが（中間貯蔵・環境安全事業株式会社法第 3 条）、これも処分地は定まっていない状況です。

研究室では廃棄物処分場から地下水中へと放射性物質が長期にわたり移動する過程を室内実験や数学モデル、数値シミュレーションで追跡するとともに、国外の専門家とも協力し、海外での処分の状況やアセスメントについても調査してきました（図 1）. また、福島第一原発事故後の廃棄物の減容のために、東北の現地自治体等と協力しセシウムを含む焼却灰の除染の現場試験を七次にわたり行ってきました。

さらに実際に放射性物質を日本の地下環境に埋設しても安全が確保できることを実フィールドで示すことが必要と考えました。そこで 2018 年度から、福島第一原発事故以来、低濃度ながら放射性セシウムを含むようになったゴミ焼却灰を実際に受け入れている最終処分場 5 か所で浸出水と周辺地下水の調査を続けています。調査でえられた地下水位や地質ボーリングデータの情報を整理して地下水流動の数値シミュレーションを実施するとともに、浸出水や地下水試料の放射能分析及び化学的な成分分析から得られたビッグデータを機械学習によるパターン認識技術等を援用し整理してきました（図 2）。これらの結果から我が国の処分場で放射性セシウムを含む廃棄物を安全に埋設する方策が明らかになりつつあります。

2020 年度からは、Chernobyl 原発周辺地域における地下水の放射性セシウム汚染状況の調査を推進しています（図 3）。ロシアの侵攻により 2022 年度の調査がやや停滞していますが、調査再開に備え可搬型装置での元素分析法開発を行いつつ、ウクライナの環境復旧のためのプロジェクトも立ち上げていく予定です。

アジア途上国の環境問題に対応する技術開発

アジアの大河流域で地下水中に多く存在し、何百万人もの人々に健康被害をもたらしている砒素を鉄バクテリア生物濾過法により除去する技術開発を実施しました。ベトナム現地での長期現場試験の結果、実プラントが現地で稼働しました（図 4）。また、やはりアジア地域の地下水に多いアンモニアのアナモックス法による処理のため、ベトナムでの処理試験を行いました。次世代シークエンサー解析により鉄バクテリア法処理した地下水のアナモックス処理という独自な系での微生物の菌叢を解明しました。

現在は、企業と協力して土壌浸透法を利用した水循環型の水洗トイレの開発研究を進めているところです。

図 1.　Sweden における処分場調査

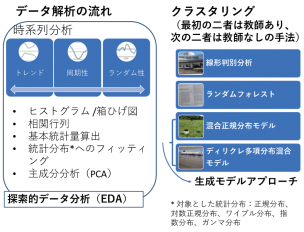


図 2.　大規模環境データの統計解析手順

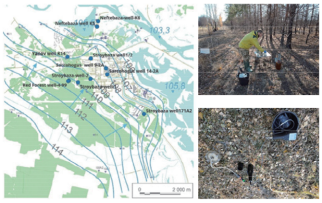


図 3.　ウクライナの観測井位置と採水風景

図 4.　ベトナムに設置した水処理施設

研 究 室

連絡先 fujikawa@rri.kyoto-u.ac.jp; tel 072-451-2447

放射性廃棄物管理分野
Radioactive Waste Management

●准教授 福谷 哲
● Assoc. Prof. Satoshi Fukutani

●助教 池上 麻衣子
● Asst. Prof. Maiko Ikegami

●助教 芝原 雄司
●Asst. Prof. Yuji Shibahara

■ 原子力利用に伴い発生する問題を解決し、環境を保全する

発電用原子炉をはじめとして原子力を安全かつ継続的に利用するためには、原子力施設から発生する放射性廃棄物の問題を解決していくことが必要不可欠です。本研究分野では、この放射性廃棄物を安全に管理し、環境を保全することを中心テーマに研究を進めています。また、原子力施設由来の環境中放射性物質の挙動解明、除染に関する研究も行っています。

研 究 概 要

原子力施設由来の放射能汚染に対する除染・浄化、環境中挙動に関する研究

東京電力福島第一原子力発電所の事故により Cs-137 をはじめとする放射性物質によって環境が大規模に汚染されました。環境修復に向けて、本研究分野では除染および土壌系・水系の浄化に関して、効率的な除染モデルの検討などを行っています。また、核分裂生成物である Sr-90、燃料成分である U、Pu などを環境試料から検出し、その同位体比を精密に測定して環境中放射性元素の由来の解明にも取り組んでいます。また、「汚染水」を対象に効率よく処理するための前処理に関する研究も開始しました。

この他、過去に研究実績のほとんどない放射性 Te について、土壌中挙動、植物移行に関する研究も行っています。

有害汚染物質の環境中における動態とその評価

環境中に放出された汚染物質は、大気や水、土壌に移行し、地表付近に保持された物質は、その後ゆっくりと土壌中を下方へ移動します。この時の水分や物質の挙動を詳細に追跡することによって、有害物質の移動や土壌への収着機構を解明し、環境や人間への影響を評価することが可能であると考えられています。特に土壌中での物質移動に影響を与える重要な要因の一つである存在形態に着目し、その定性・定量方法の開発を試みています。また、各種実験結果をモデリングし、数学モデルによる計算結果と実測値を比較検討することにより、土壌中での有害汚染物質の動的挙動を予測するモデルの構築を試みています。

一方、放射性核種を対象としたものでは、海洋中に排出された核種と海洋中浮遊物との収脱着機構を実験的に解明し、放射性核種の海洋中挙動のモデル化に資する研究を行っています。

汚染元素の挙動に関する研究では、微量元素の測定が重要になってきますが、京都大学研究用原子炉（KUR）を用いた放射化分析という手法で微量元素分析を行っています。

KUR を用いた微量元素分析
(KUR で見られるチェレンコフ光)

原子力施設の事故に伴う放射能汚染と災害評価に関する研究

原子力発電所などの原子力施設において放射能放出を伴う事故が発生した場合の環境影響を、様々な放射能放出モード、気象条件下でシミュレーションし、周辺地域での放射能汚染や被ばく線量の評価を行っています。また、チェルノブイリ原発事故や東海村 JCO 臨界事故など、実際に起きた原子力施設の事故例について、既存のデータを詳細に再検討しながら、未解明な問題点を明らかにし、放射能汚染や被ばく線量などの新たな解析を行って、災害規模の独自な評価を試みています。また広島・長崎への原子爆弾の投下に伴う放射性降下物の拡散状況等に関する研究 (厚労省「原子爆弾の投下に伴う気象シミュレーションモデルの構築及び放射性降下物の拡散状況の分析等に関する調査研究」) にも参画し活動を開始しています。

研 究 室

研究室・実験室は複合原子力科学研究所@大阪府熊取町にあります。研究室や原子炉の見学希望は福谷まで。

fukutani.satoshi.6m@kyoto-u.ac.jp,
072-451-2381

脱炭素工学研究講座
Neutral Emission Technology Laboratory

●教授 高岡 昌輝
● Prof. Masaki Takaoka

●特定准教授 原田 浩希
● Specific Assoc. Prof. Hiroki Harada

●特定助教 Sylwia Oleszek
● Specific Asst. Prof. Sylwia Oleszek

■ カーボンニュートラル社会の実現を目指して

2050 年までに温室効果ガスの排出を実質ゼロにする脱炭素社会の構築を実現するためには，これまでの技術の改良や進化だけでは達成することが困難であり，抜本的な見直しから新規のアイデアを創出し，飛躍的な成長を遂げなくてはならなりません。本講座では，廃棄物資源循環分野の中でも特に熱化学変換プロセスに着目し既存技術を大きく見直して，高効率にエネルギーや資源を回収する革新的な研究開発に挑み，社会実装を目指して推進しています。

研 究 概 要

熱分解によるエネルギー・資源の高効率回収

熱分解とは，無酸素あるいは低酸素下で廃棄物に熱を加えることによって固体内で熱分解が起こり，揮発分（ガス，タール）とチャーになる反応を指します。ガスについてはクリーニングを経れば合成ガスとして用途が広がります。発電による電力への変換に加えて，ガスのままケミカルリサイクルの原料として利用することも考えられます。チャーについても，燃料利用に加えて，資材利用や炭素固定としての価値にも期待が広がります。

本研究では，熱分解ガス化・炭化についての基礎的研究を行うとともに、社会実装に向けた取り組みも展開します。

図 1　熱分解によって拡がる廃棄物処理の脱炭素化

都市ごみ焼却プロセスの脱炭素化

脱炭素社会の構築に向けては、焼却施設の排ガス等の CO_2 活用，運転効率向上，発電効率向上，回収エネルギー利用の高度化・効率化、そしてより CO_2 回収を前提とした焼却技術への進化が求められています。

本講座では，効率的な CO_2 回収・利用を可能とするために，焼却処理のシステム，プロセスを抜本的に見直す研究開発に取り組んでいます。回収した CO_2 の利用用途の観点も考慮して様々回収技術とのマッチングを検討するとともに，新しいプロセスにおいて想定される排ガス組成や，新規の技術的課題の抽出を行って最終的なプロセスの確立を目指しています。

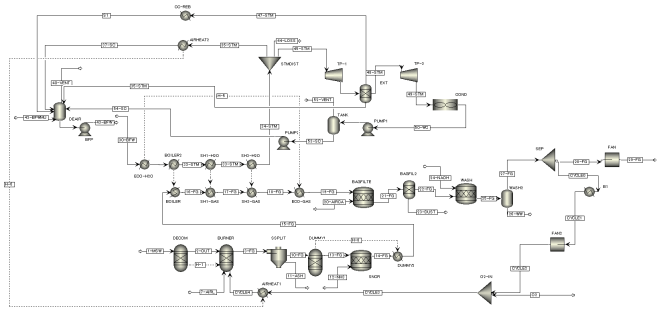


図 2　脱炭素を志向したごみ焼却プロセスの計算モデルの例

図 3　すべての基本となるラボ試験装置の例

研 究 室

- 当研究室は日立造船株式会社との産学共同講座です。
- 教授は環境デザイン工学講座を兼任し、特定准教授は民間企業からの出向者です。
- 企業の研究リソースも活用して、ラボスケールからより大きなスケールの試験研究を幅広く展開しています。
- 実験も計算もあらゆる高度な手段、アプローチにより研究を進めています。
- 大きく分けて 3 つの研究テーマを推進しており、4 回生が 3 名、修士 1 回生が 1 名、社会人博士コースが 1 名の合計 5 名の学生が携わっています。
- いずれの研究テーマも脱炭素社会構築を志向するもので、非常に高いハードルにチャレンジしています。

研究室見学の際の連絡先：
原田特定准教授　桂キャンパスＣクラスター 1-3-182 号室
075-383-3417, harada.hiroki.3s@kyoto-u.ac.jp

環境調和型産業論分野
Environmentally-friendly Industries for Sustainable Development

●教授 越後 信哉
●Prof. Shinya ECHIGO

●准教授 田中 周平
●Assoc. Prof. Shuhei TANAKA

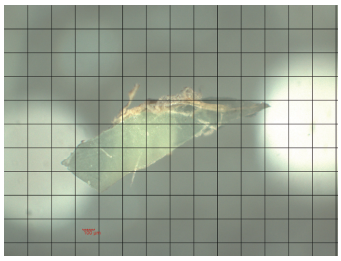
■ 地球親和型の技術開発およびその展開

地球文明の持続性を達成するためには，産業形態を環境調和型に変換する必要がある。本分野では，水質分析・水処理技術，微量汚染物質の分析・処理技術，データ解析技術等を駆使し，水環境の保全･管理，物質の循環利用の促進，省エネルギー産業の構築等を考究する。さらに，現場主義の調査･実験とモデル解析による実用的・実践的な研究を展開する。

研 究 概 要

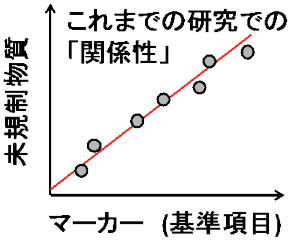
環境中で劣化したプラスチックがさらに微小化し生物細胞内に到達しているのか？

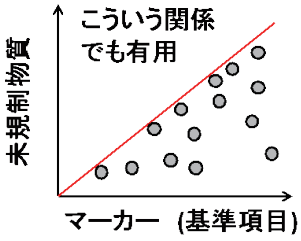
容器包装等のプラスチックは環境中で劣化、微小化し、マイクロプラスチック（数μm～5mm）となる。近年、多くの研究者が環境中の 10 μm レベルの MPs の分析法の開発を行っている。本研究では環境中のさらに微小なナノプラスチックの分析方法を開発する。劣化プラスチックの粒径が 5 μm よりも小さくなった場合、気管、気管支を通り 1.1 μm よりも小さくなると肺胞にまで到達する。もしそのサイズで存在していた場合、発がん性などが懸念される微量化学物質を数百万倍という高濃度で吸着し細胞内に輸送していることになる。さらに 20nm より小さくなると生物細胞膜を透過する可能性が高い。本研究では「環境中で劣化したプラスチックがさらに微小化し、生物細胞内に到達しているのか？」というプラスチック問題の核心に迫る分析方法と試験系を確立する。対象生物は、イタセンバラを含むタナゴ類やイソギンチャクとし、屋外調査、室内実験とともにタイ王国の珊瑚礁もフィールドとする。日常生活を便利にしている物質の環境中での分布と生物影響に関する研究を環境工学の視点から展開する。



既存水質基準項目の新規有害物質のマーカーとしての妥当性評価

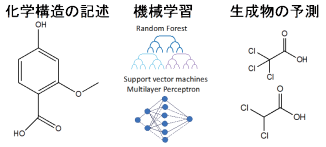
水道水には様々な化学物質が混入しうるが、日々新たな毒性情報が提供される中で、すべての有害物質を常時モニタリングすることは不可能であり、測定しなくても多様な化学物質の濃度が十分に低いことを確認する仕組みが求められている。本研究では、健康影響が懸念される化学物質のうち、塩素処理副生成物を取り上げ、現行の基準項目や処理条件と新規有害物質との関連を調べ、新規有害物質のマーカーとしての現行の基準項目妥当性を評価する。具体的には、文献や国内の水道事業体の蓄積してきたデータを統合し、現行の基準項目が他の化学物質の目安として使えるか、データサイエンスの技法を駆使して議論する。





消毒副生成物の化学情報学

塩素処理やオゾン処理は、膜処理等の分離技術とは異なり廃棄物や廃液が発生しない利点がある一方で、異なる化合物（消毒副生成物）が生成する。消毒副生成物の問題は長らく水質化学の中心的課題であり、現在でもそうである。この問題の難しさは原水中の溶存有機物の複雑さに起因するが、個別物質と酸化剤の反応に関する知見を積み上げることで全体像を理解可能と考える。本研究では、様々な化合物の副生成物生成ポテンシャルのデータベースに計算化学・データサイエンス的手法を適用し、反応論的情報も援用して計算機上である化合物が酸化処理によって対象とした副生成物に変換されるか判定する方法を構築する。



土壌・水系における有機フッ素化合物類に関する挙動予測手法と効率的除去技術の開発

私たちの身の回りには人工的に作り出された有機化合物があふれている。本テーマでは、遺伝子損傷性が強く疑われているペルフルオロ化合物類（PFASs）の 600 種類以上の前駆体を対象に、特定排出源であるフッ素化学工場からの排水および排気を通じた環境中への拡散防止技術を開発する。特に、沖縄県の軍事施設からの流出に着目し、北谷浄水場と協力し発生源を追跡するとともに、適切な処理方法の開発を行う。空港周辺、軍事施設周辺、大規模火災現場等から排水された PFOS, PFOA および前駆体の一部は、土壌に蓄積すると予想される。PFOS 系汚染土壌の代表として沖縄県の米軍嘉手納空軍基地周辺土壌を、PFOA 系汚染土壌の代表として大阪府フッ素化学工場周辺を対象に土壌のコアサンプリングを行い、汚染状況の鉛直分布を明らかにする。環境浄化法、土壌浄化法を環境工学の視点から展開する。

研 究 室

見学や相談を希望される方は、下記まで。
echigo.shinya.6u@kyoto-u.ac.jp　075-753-5151
t-shuhei@eden.env.kyoto-u.ac.jp　075-753-5171
吉田キャンパス・総合研究 3 号館（←中央食堂の北側 ,155 の 2F）

エネルギー環境学分野
Energy and Environment

●教授 亀田 貴之
● Prof. Takayuki Kameda

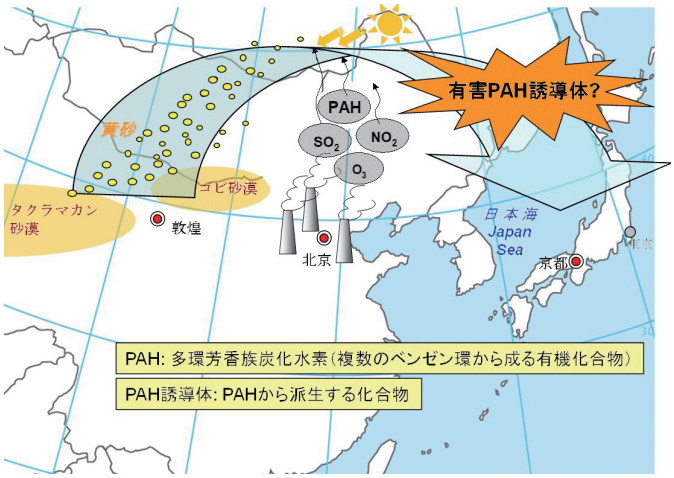
■ 大気環境科学に基づく人間活動の環境影響評価

エネルギー環境学分野では，大気汚染物質が人の健康や社会，地球環境等に与える負荷を評価するために，フィールド観測や模擬大気環境下における実験，環境モデルを用いた解析などを行い，$PM_{2.5}$ に代表される大気微粒子（エアロゾル）等の環境中における動態を包括的に理解するとともに，安全・安心な社会の実現に貢献することを目指しています．

研 究 概 要

大気エアロゾルの性状特性と変質過程の解明及び発生源推定

アジアでは，急速な経済発展に伴い増加している化石燃料燃焼由来の人為起源粒子に加え，バイオマス燃焼による有機炭素粒子や黄砂などの自然起源粒子が発生しており，それらは変質を受けながら拡散・輸送されていきます．これらの汚染物質は局地的な気候変動やヒトの健康に影響をもたらすことから，その性状（組成，光学特性など）や変質過程を明らかにするための観測・室内実験，統計モデルによる発生源推定を行っています．例えば，化石燃料の燃焼により生成する多環芳香族炭化水素（Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAH）は黄砂粒子に付着すると，有害な化合物（PAH 誘導体）へ速やかに化学変化することがわかりました．実際の環境大気における PAH や PAH 誘導体濃度を計測するとともに，スモッグチャンバーなどを用いた室内反応実験を行い，大気内反応による PAH 誘導体の生成機構等について研究しています．



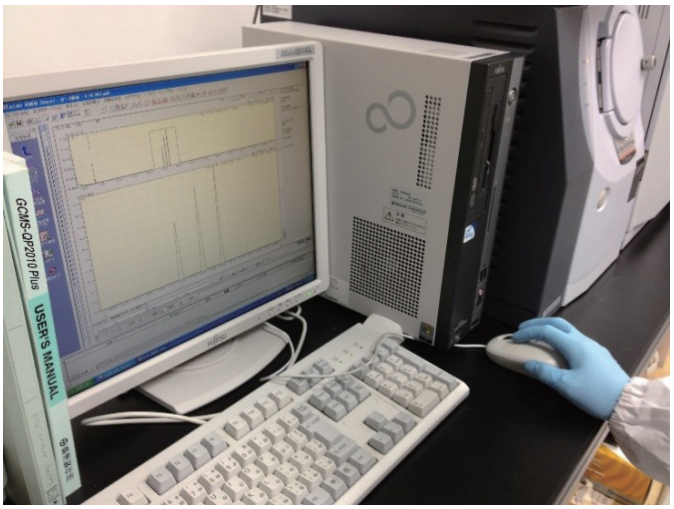
黄砂表面における有害 PAH 誘導体生成のイメージ図

酸化能を指標とした大気エアロゾルの生体影響評価

生体内で活性酸素種（Reactive Oxygen Species; ROS）が過剰に生成すると蛋白質や DNA が酸化・損傷され，その結果さまざまな疾患を引き起こすと考えられていますが，大気粒子中には ROS の過剰生成をもたらす化学物質が数多く含まれています．そこで我々は，大気粒子や大気粒子中に含まれる化学物質の ROS 生成能を，ジチオスレイトール（Dithiothreitol; DTT）との反応の速さ（酸化能）をもとに評価する，"DTT アッセイ " という手法を用いて明らかにしようとしています．

大気エアロゾル中有害化学物質の新規測定法開発

大気粒子に含まれる有害化学物質の多くは濃度が極めて低く，その存在量や環境中の振る舞いを明らかにするためには，それらを高感度・高精度で測定する手法の確立が重要となります．そこで我々は，高速液体クロマトグラフィ（HPLC）やガスクロマトグラフー質量分析装置（GC-MS）などを利用した大気粒子中有害化学物質の新規測定法開発に取り組んでいます．



GC-MS による大気粒子中有害化学物質の測定

環境モデルを用いた大気環境の管理・影響評価手法の開発

大気質（化学輸送）モデルや大気圏・水圏・地圏中の環境動態をモデル化した多媒体モデルなどの環境モデルを援用して，都市域からアジア域における $PM_{2.5}$，オキシダント，重金属などの環境負荷物質の動態解析と環境影響評価を行っています．また，広域における環境汚染物質分布推定手法の一つである，空間統計学に基づく環境汚染物質の濃度分布予測モデルの開発を行い，これを用いた環境汚染現象の空間スケール（空間代表性）に関する検討も行っています．今後の発展としては，これらの数理モデルを統合することにより，大気を中心とした環境管理・環境影響評価手法の確立を目指していきます．

研 究 室

研究室訪問連絡先：下記 e-mail アドレス宛へ事前に連絡のこと
亀田 tkameda@energy.kyoto-u.ac.jp
研究室 HP：http://aerosol.energy.kyoto-u.ac.jp/

CONCEPT

暮らしを支え、環境と調和する

断水や停電で、水道やお風呂、トイレが使えなくなった経験があると思います。もし、地震などの災害で、この状況が長期間に及んだとしたらどんな生活になるのか、想像してみて下さい。飲み水は出ませんし、トイレも流せません。もちろん、お風呂にも入れず、家庭ごみは溜まる一方で、またたく間に人々の生活は停止します。空気も水も同じです。“あたりまえ”と思っていることが実は高度な技術によって支えられていることに気付かされます。人は森や海、川などの環境と共に生きており、これに逆らって生きることはできません。一方で、豊かで快適な暮らしを営むためには、人が環境を守りつつ、暮らしも創っていく必要があります。

人は環境に生かされ、暮らしは人から生まれる。

地球工学科・環境工学コースでは、私たちの暮らしを、人々の環境を支えるエキスパートを世界に送り出します。人と地球の“あたりまえ”を創る、それが私たちの使命です。

RESEARCH

環境インフラ整備と環境対策の先駆者

地球工学科・環境工学コースは、明治時代からわが国における上水道や下水道、廃棄物施設の整備を担い続けてきました。近年は、より高度な上下水処理法や廃棄物の処理技術、施設の維持に関する研究を行い、人体に有害な物質の発生や影響のメカニズムの研究をリードしています。水問題や廃棄物問題は、その地域に特有であるため、世界各地での現場調査やインフラ整備も行っています。

また、大気や水・土壌環境問題に対し、技術的な面からのみではなく、法令、制度などの仕組みづくりにも貢献してきています。さらに、地球温暖化問題、3R* 問題および放射性廃棄物問題についてもこれらの問題が顕在化した当初から本格的に取り組んでおり、国や地域の政策決定にも係わるなど、わが国のみならず世界で最も優れた教育・研究環境を備えています。

＊3R：Reduce（排出の抑制）、Reuse（再使用）、Recycle（再生利用）の 3 つの「R」

HISTORY

沿革

地球工学科は、京都帝国大学が創立した明治 30 年（1897）に土木工学教室として設立されており、京都大学で最も歴史と伝統のある学科です。その中でも環境工学コースの前身である衛生工学科は、大学設置時から設立されていた同学科第三講座（衛生工学）を拡充し昭和 33 年（1958）に発足しました。いのち（生）をまも（衛）るをモットーに、環境インフラの整備や公害の解決など、人々の豊かな生活を支える学問として発展し、わが国のみならず世界からも高い評価を得ています。

1897 年　京都帝国大学創立と同時に理工科大学が開設され、土木工学科第三講座（衛生工学）設置
1947 年　京都帝国大学を京都大学と改称
1953 年　京都大学大学院工学研究科設置
1958 年　土木工学科を母体に衛生工学科設置
1963 年　京都大学原子炉実験所（現 複合原子力科学研究所、大阪府泉南郡熊取町）開設にあたり研究室を配置する
1977 年　京都大学環境保全センター（現 環境安全保健機構、吉田キャンパス）開設にあたり研究室を配置する
1985 年　京都大学工学部附属環境微量汚染制御実験施設（現 流域圏総合環境質研究センター、滋賀県大津市）を開設し研究室を配置する
1996 年　衛生工学科など 4 学科を地球工学科に改組する。エネルギー科学研究科設置にあたり研究室を配置する
2002 年　地球環境学大学院（地球環境学堂・学舎、吉田キャンパス）設置にあたり研究室を配置する
2003 年　都市環境工学専攻の発足
2005 年　環境工学コースの学外拠点として中国深圳に京都大学－清華大学環境技術共同研究・教育センターを設置
2008 年　環境工学コースの学外拠点としてベトナム、マレーシアに海外拠点を設置
2018 年　衛生工学科創立60周年記念事業を実施

COURSE

コース紹介

未来の環境づくりに取り組む環境工学コース

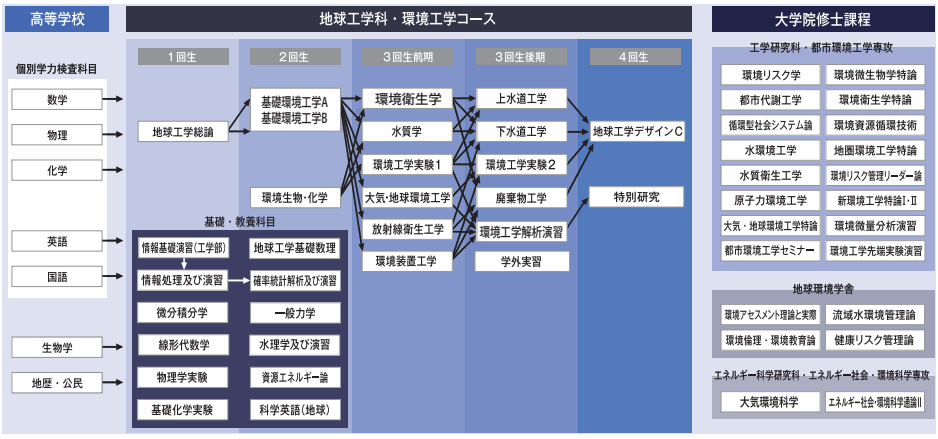
地球工学科・環境工学コースは、人々が豊かで快適な生活を営むため、地域・地球の環境整備に関する研究・教育を行うコースです。
地球工学科には１８５名が入学し、１～２回生で基礎科目を学習し、３回生から環境工学、土木工学、資源工学、国際コースの４コースに分かれ、専門科目を学びます。このうち環境工学コースの定員は３８名です。環境工学コースで学びたいと思う人は、まず工学部地球工学科を受験して下さい。また、高等専門学校からの編入試験で入学した人は、地球工学科２回生へ編入することになります。
環境工学コースを卒業した人のほとんどは、京都大学内の大学院である工学研究科・都市環境工学専攻、地球環境学舎およびエネルギー科学研究科に進学します。

CURRICULUM

カリキュラム紹介

１回生および２回生では、教養科目と工学の基礎科目を履修します。これらの科目は京都大学の学部あるいは地球工学科全学生に向けて開講されており、高等学校で学んだ科目や入学試験科目で学んだ知識をさらに深めます。

３回生および４回生では、環境工学に関わる専門科目、実験・演習科目があり、環境インフラ施設の整備や環境問題に対処するための技術や知識を習得します。



３回生の選択科目には学外実習（インターンシップ）があり、企業や中央省庁・自治体、NGOなどで実務を体験することができます。４回生の科目には、各人別々のテーマの特別研究（卒業研究）があります。特別研究では成果を学士論文としてまとめることで、学士（工学）の学位を取得します。

世界に羽ばたく！

京都大学地球工学科は、大学専門別の世界ランキングで13位（QS World University Rankings）とされています。京都大学の世界ランキングは35位ですから、その中でも地球工学科は特に優れた教育・研究活動を行っていることを示しています（2018年）。

中国、ベトナム、マレーシア、タイに環境工学コースの海外拠点を設置しており、現地でのインターンシップや特別研究を実施しています。海外からの短期交流学生の研修や海外大学との勉強会なども、積極的に行っています。海外の教職員・学生と切磋琢磨して国際感覚を養いながら、世界に羽ばたく教育・研究環境を構築しています。

京都の人気観光スポットのひとつ、南禅寺の境内にある赤レンガ造りの水路閣。この風情溢れる水路橋は、本学科で教鞭を執っていた田辺朔郎が造っている。今も名所として人々に愛され続けているのは、技術の高さだけではなく、「環境との調和」を当時から考え、それを景観に反映したからです。快適性だけでなく、豊かな暮らしを支える。そんなロマンと志を持った皆さんをお待ちしています。

京都大学工学部地球工学科環境工学コース

〒606-8501
京都市左京区吉田本町 京都大学工学部地球工学科事務室
TEL: 075-753-5150
E-mail kouhou@env.kyoto-u.ac.jp
URL http://www.s-ge.t.kyoto-u.ac.jp/env