

Contents

❖ 若手研究者インタビュー	1・2・3	❖ スタッフ紹介	4
❖ 活動報告	4	❖ 編集後記	4

▶ 若手研究者インタビュー

自然と共生できる技術で川や海の環境を改善

広島大学 大学院先進理工系科学研究科 助教 ^{なかした}中下 ^{しんや}慎也 先生

専門分野：海岸工学

経歴：

2006年4月－2008年3月

広島大学 大学院工学研究院 社会基盤環境工学専攻博士課程前期 修了

2008年4月－2011年3月

広島大学 大学院工学研究院 社会基盤環境工学専攻博士課程後期 修了 博士(工学)

2011年4月－現在

広島大学 大学院先進理工系科学研究科 社会基盤環境工学プログラム 助教



—先生は瀬戸内海各所で、海の環境を良くするための実証研究に取り組んでおられますね。

所属は海岸工学研究室ですが、研究のフィールドは海も川もあります。広島県内ですと、学生のころからずっと一級河川の太田川で調査しています。太田川は放水路と5つの市内派川に分かれており、広島駅から歩いてすぐのところには猿猴川が流れています。あの辺りは海の水が出たり入ったりしていて、水位が低くなると川底にヘドロがたくさんたまっているのがわかります。なぜそんなにヘドロが溜まっているのかというと、高度成長期ごろから堆積した泥が今もなくなっていないからです。このヘドロを減らして、昔のように人が泳げるようなきれいな川にすることが、私の研究の目標です。

—わっ、先生がヘドロに埋もれているお写真はインパクトがありますね！ところで、そもそも専門家の知見からみてヘドロとは何でしょうか。

あらたまって言われると説明が難しいのですが、河川や海の底質に沈殿した、有機物を多く含む泥です。その泥中では酸素が不足しているため、有機物の分解に伴って悪臭(硫化水素)が発生します。ヘドロの成分は場所によっても違いますし、実際分かっていません。ヘドロにはいろんなものが含まれていて、例えば、硫黄が様々な形で有機物とくっついた化合物になっていることもありますし、物質ごとに分解しやすさも異なります。私たちの研究室では様々な分析手法を使って、ヘドロの特性や成分の解明にも取り組んでいます。社会基盤の分野は現場に行かないと何が問題になっているのか、現象が分からないことが多いです。環境をキーワードに、科学の知見と現場の環境をつなげる研究は、社会基盤の教員が得意とするところです。



太田川のヘドロに埋もれた中下先生(右)



石炭灰造粒物を用いた人工基盤で繁殖したアマモ

—ヘドロが溜まってしまう原因は何でしょうか。

皆さんが海辺に聞いてイメージするのは海水浴場などだと思いますが、基本的に海水浴場があるところは埋め立てもされていませんし、底質環境は悪くないのでヘドロはありません。一方で、沿岸に工場が建ち並ぶ、コンクリートの垂直護岸で区切られた河口付近はヘドロが溜まっています。我々はその理由として河口付近の合流式下水処理場から海に流された未処理下水が原因だと考えています。下水処理場にも種類があって、雨水と汚水を一緒に流す合流式下水道と、雨水と汚水を別々に流す分流式下水道があります。昔造られたものは造設費用の面から合流式にすることが多かったんです。すると、雨がたくさん降ると下水処理場に流れ込む雨水が多すぎて、汚水が少なくとも容量がオーバーしてしまいます。薄まっていますが、処理しきれない汚水を川や海に流さざるを得ないことがあり、それがヘドロの一番の要因ではないかと考えています。広島湾自体が瀬戸内海でも奥の方にあって水が交換しにくいので、残念ながら環境が悪化しやすい状況です。

—川や海の底をさらってヘドロを別の場所に持っていくことはできないでしょうか。

はい、浚渫(しゅんせつ)が一番簡単な解決方法ですが、専用の船を使うのでお金がかかりますし、さらったヘドロをどこに持っていかという問題もあります。私たちの研究室ではそれ以外の方法、例えばヘドロを巻き上がりやすくして広く分散させる方法を検討しています。ヘドロの大きな問題として、ねとねとしていてなかなか動かないというのがあります。海中に漂っているものが沈殿して同じ場所にずっと堆積すると、自然浄化で処理しきれなくなってしまうので溜まっていきます。ヘドロが水の流れによって巻き上がることで周囲にうまく拡がれば、カニなどの生物が食べて浄化してくれます。私たちが解決に向けたキーワードだと考えているのは泥に付着しているイオンです。最近の研究で、カルシウムイオンな

どの陽イオンの吸着が多い泥ほど堆積しにくいことが分かってきました。陽イオンが溶出しやすい材料を底質に敷くと、陽イオンがヘドロにくっついて泥が巻き上がりやすくなります。有望な材料として、地元の電力会社と協力して、火力発電所で石炭を燃やした後に残る石炭灰をセメントで固めて粒状にした石炭灰造粒物を使って実証試験を進めています。

一福山内港や海田湾でも底質環境の改善効果が見られたとの成果が挙がっていますね。

石炭灰造粒物は5ミリ～1センチ程度の粒のため隙間ができ、堆積泥の取り込みや基盤の透水性が向上します。さらに、透水性の向上による酸素の供給や硫化水素の吸着によって泥の還元化を抑制できます。石炭灰造粒物と礫（小石）と砂で泥の巻き上がりやすさを比較した実験結果より、石炭灰造粒物の中にたまった泥は巻き上がりやすいという新たな効果が分かりました。そのメカニズムは、石炭灰造粒物から溶け出した陽イオンが泥に付着した結果、泥が動きやすくなっているためです。海水はナトリウムとカルシウム、マグネシウム、カリウムが多く含まれていて、中でもナトリウムが一番多いのですが、ナトリウムが泥にたくさん付着すると含水比が低く、逆にカルシウムがたくさん付着すると含水比が高くなります。つまり、塩（NaCl）を多く吸着した泥は含水比が低くなりますので、この仕組みを使って泥の体積を減らす（減容化）ことができますし、カルシウムを多く吸着した泥は含水比が高くなって巻き上がりやすくなるのではないかと考えています。その証拠に、太田川でも、海水の流入によって塩分濃度が高いところと低いところでは泥の溜まりやすさが違います。

石炭灰造粒物は、CO₂を吸収・固定するブルーカーボン生態系であるアマモ場の再生にも貢献することが分かってきました。アマモはどこの海にも生えている海藻ですが、沿岸域の埋立などに伴ってアマモが生息できる砂浜が減っています。アマモ場に魚が卵を産んで稚魚が育ち、その結果海が豊かになりますので、アマモ場の再生は漁業にも貢献できます。

一ヘドロの問題は複合的な要因があると思いますが、根本的な解決策はないのでしょうか。

高度成長期に比べると下水道の整備も進んでいて、川や海に流れてくる汚水の量は減っています。ただ、昔から溜まっていたヘドロがなくなることが大きな問題なので、ヘドロの流動性を高めて一か所に堆積させないようにして、自然本来の浄化能力で分解できるような場をつくるのが重要です。科学的な理論に基づいた対策ですぐに問題が解決できるかというと、必ずしもそうではありません。悪臭をなくすためには、原理的には硫化水素が出るようなpHやORP（酸化還元電位）の条件を改善すればいいのですが、現場で実証する場合は、広大な川や海で実施するにはコストの問題もありますし、関係各所の了承を得る必要もあります。

一研究の知見を現場に適用するにはどうしたらいいのでしょうか。

減容化技術はヘドロだけでなく、下水汚泥にも適用できるかもしれません。下水汚泥は海に埋め立てて最終処分しますが、含水率を減らすことができれば運搬費用が相当削減できると思います。もちろんプレスや遠心分離といった物理的な方法で含水率を低くすることもできますが、大きな施設が必要になりますからお金がかかります。減容化には今のところ塩が一番いいことが分かっていますので、海水を混入することで減容化できれば一番簡単ですね。今は実験室レベルでの原理検証の段階なので、基本的には海の泥を使っていますが、今後下水汚泥などにも適用してみたいと思っています。メカニズムから考えると、下水汚泥の体積を減らすことも、逆に増やすこともできるかもしれないので、汚泥処理業者にそうしたニーズがあれば協力できるかもしれません。また、これまでは石炭灰を中心に研究してきましたが、石炭灰以外の有望な材料があれば、私たちの知見や分析・測定装置で環境改善効果やそのメカニズムを調べることができます。

一社会基盤という分野にあまり馴染みがない読者の方に、その魅力を伝えてください。

社会基盤の分野は、現地で起きている現象によって困っている市民の方たちの問題を、私たち研究者の知識や技術で解決するような研究が多いです。例えば、京橋川の川辺にあるオープンカフェの方から市役所に「川の悪臭で商売にならない」という相談があって研究が始まったことがありました。漁協の方からは、養殖場の牡蠣がたくさん死んでいるので海を改善してほしいといった要望もありました。そうした相談を受けて現地調査に行っても、要因は一つではないことが多いので、まずは室内実験や現地調査で科学的知見を自然の環境にフィードバックできるよう頑張っています。アサリ場の再生にも取り組んでいて、漁師さんがこれまで勤と経験に頼ってやってきたことを、実際のデータと照らし合わせて、科学的根拠に基づいて説明できるようにしたいと思っています。私たちの研究室では、構造物だけでなく自然を主に相手にしています。構造物は自由自在に材料を造ったり設計したりできますが、川や海を人間がコントロールするのは限界にきているところがあります。できるだけ自然と共生して、自然の力を使って環境を良くするような技術の開発をこれからも続けていきたいですね。

▶ 若手研究者インタビュー

機械の制御から人の感性制御まで

広島大学 大学院先進理工系科学研究科 助教 きのした 木下 たくや 拓矢 先生

専門分野：制御工学

経歴：2013年4月～2015年3月

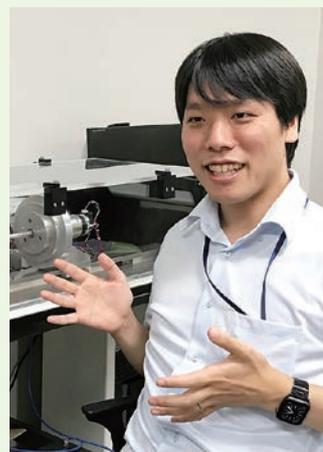
広島大学 大学院工学研究科 システムサイバネティクス専攻博士課程前期 修了
2015年4月～2017年3月

広島大学 大学院工学研究科 システムサイバネティクス専攻博士課程後期 修了
博士(工学)

2017年4月～2018年3月 日本学術振興会 特別研究員 (PD)

2018年4月～現在

広島大学 大学院先進理工系科学研究科 電気システム制御プログラム 助教



一先生のご専門は制御工学ですね。制御プログラムの設計は、数式がたくさん出てきて難しそうです。

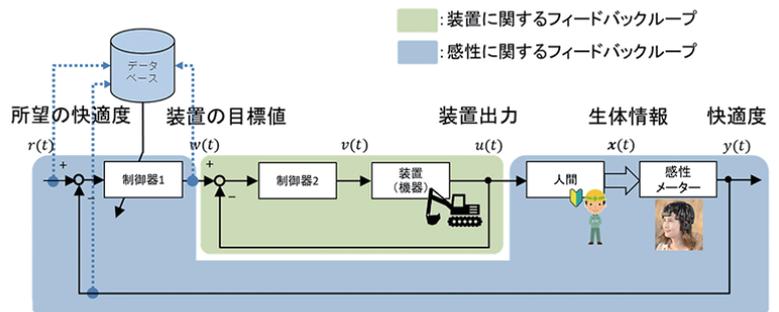
制御技術は生活の身近なところで使われています。身近な例でいえば、お好み焼き屋の鉄板に制御器（コントローラ）がついており、適切に温度制御することで美味しいお好み焼きが焼けます。制御器のスイッチを入れるとすぐ鉄板が熱くなり、お好み焼きを焼いている間は一定の温度に保つような制御プログラムになっています。産業分野の場合、例えば、石油化学プラントは、あらゆる箇所に制御技術が導入されています。化学製品を製造する際の温度制御が一定でない場合、製品の品質が低下する可能性があります。ところが、制御プログラムを数行変えるだけで効率が上がり、規模にもよりますが、年間コストを数百万～数億円削減できる可能性を秘めています。こうして目に見えない部分で大きな付加価値を与えているのが制御です。

一最近取り組まれている研究について教えてください。

感性 COI 拠点*のプロジェクトに関わっています。

この拠点では、医系科学研究科の先生を中心に、人の感性を脳情報として読み取り、感性の「見える化」を図る技術を開発しています。拠点で開発した、リアルタイムで脳波値を補正して感情を評価する「感性メーター」を用いると、人の感情を定量化することができます。

制御を導入することで、センサーで測定可能な物理量、つまり温度や圧力、回転数などは制御できますが、近年までは、人の感情である、例えば、「快」や「不快」を計測することは困難であり、それを制御する研究はありませんでした。したがって、私たちの研究室の制御工学の知見と、感性 COI 拠点とのコラボレーションで、感性メーターを制御系に組み込むことにより、人の感情を制御できる可能性が見えてきました。



一不快に感じている人を、快適に感じることができるとはいいですか。

その実現を目指し、現在、研究を進めております。例えば、ある人がある状態を不快に感じているのであれば、この「不快」の感情を感性メーターで数値化して、「快」に向かうよう機器を制御します。具体例を挙げますと、自動車の運転席のシートに設置したセンサーで圧力分布を計測したり、カメラで運転手の表情を観察したりすることで快適度を数値化し、それをフィードバックすることで、快適度が高くなるよう自動車の加速度を制御するなどです。製品デザインのように目に見える、かつ時間が経っても変わらない静的な要素だけでなく、自動車の乗り心地のように、時々刻々変化する要素によっても人の感情は影響を受けるため、それをどのように制御するかがチャレンジな研究内容となっています。

感性 COI 拠点に参画している建機メーカーと取り組んでいるのは、オペレーターの方が油圧ショベルをより快適に操作できる制御プログラムの開発です。油圧ショベルは一台数千円するような高価なものなので、オーダーメイドでつくることはできません。しかし、オペレーターには個人差がありますから、熟練者であれば少しのレバー操作でも素早く応答してほしい、非熟練者であればゆっくり応答してほしい、といった好みがあります。それをソフトウェアにおけるプログラミングで、熟練者であっても非熟練者であっても、同じレベルで快適に操作できるように機器を制御することが「感性フィードバック制御」の目的です。

一感性メーターでその人の感情を評価して制御に反映させるのですね。

制御技術は産業革命の時代からありますが、一般的な研究対象としては、図の緑色のループとなります。例えば、**制御器2**を適切に設定することで、蒸気機関の回転数を一定に保つことはできます。ただし、そこに人が介入している場合、操作している人がどのように感じているか、つまり青色のループは一切考慮されていませんでした。

感性メーターには人の感情を数値化する技術であるため、**制御器1**は感性メーターのデータを受け取り、データベースに格納されているデータを参考に、その人の現在の快適度に応じた装置の目標値（速さ、トルクなど）を設定します。コントローラが2つあることによって、時々刻々と変わる人の感情を反映して装置の目標値を設定し、それを実現するように制御していきます。

一研究で最も苦労するポイントは何ですか。

「人」を数式で表現すること（モデル化）ができないので、そこをどうとらえるかが課題となっております。今取り組んでいる研究では脳波を主に参照します。人の動きや感情をつかさどる指令はすべて脳から出ているため、まずは脳波との関係を解明することを目指しています。ただ、脳波計のデータは不規則かつノイズが多く、 $y=ax$ のように数式で表現できる次元ではありません。それをコントローラに反映させる理論が、データベース駆動型制御です。

人の感性を制御するアプローチは2つあります。一つは、人の完璧なモデルはつくれませんが、特徴をとらえた近似モデルをつくる方法です。ただし、数式化した場合、どうしても誤差を含んでしまいますので、人の特性を正しく表現できない場合があります。一方で、データベース駆動型制御であれば、装置出力とそれに対応する脳波計のデータをデータベースに蓄積していき、制御対象の人に近いデータをデータベースから選択して目標値を自動的に設定しますので、数式化することによる誤差は生じません。運転中や操作中に脳波を測ることは難しいため、製品に実装する際は、脈拍や顔面血流量、発汗量などのデータを参照することを想定しています。

一データベースはどのようなものが理想ですか。

データはたくさんあることが望ましいです。

新入社員の A さんが油圧ショベルを操作する場合を考えてみます。新入社員ですから A さん専用のデータベースはありません。ですが、A さんのデータが、データベースに取られている2年前の新入社員 B さんのデータと似ていれば、コントローラが B さんのデータを参照して自動でチューニングしてくれます。さらに、A さんのデータを社員証の ID と連動させてデータベースに蓄積していき、A さんが操作する際は A さん専用の機体がバーチャルで出来上がるのが理想です。同じ人でもその日の気分や体調によって操作のしやすさが変わりますし、雨が降った次の日は土の状態がぬかるんで滑りやすくなりますから、天候によっても機体特性を変えなければいけません。

とはいえ、人のデータはもちろん、機械のデータを取るのも時間と手間がかかります。したがって、オフラインで疑似的にデータ数を増やすことが可能な、予測データを用いたデータベース駆動型制御系の研究も進めています。一方で、取得したデータを蓄積していくと膨大になりますから、冗長なデータは削除していく必要があります。データベースをやみくもに大きくしても処理速度が遅くなるだけですから、「スリム化」が必要です。私はデータを「たらしめる」技術に加えて、類似データなど、削除すべきデータを自動で判断して、必要な知識だけを残し、より賢いデータベースを構築するプログラムの開発にも取り組んでいます。

一いろんなデータを集めることで制御技術の可能性は無限に広がりますね。

純粋な制御系の設計には材料費は不要です。プログラムを数行変えるだけでパフォーマンスが劇的に向上しますが、その数行を変えるためには知識が必要です。多くの企業にはハードウェア、ソフトウェアそれぞれの開発を担当する部署がありますが、理想的には制御部門はどちらの知識も有していることが望ましいです。制御に対するニーズは今後高まるかと思っておりますので、まずは、数行のプログラムの可能性に期待して、技術相談をしてくださる企業が増えると幸いです。

今後、IoT や AI の技術が進展して、データの取得や活用が一層進んでいくと思います。新しいハードが世の中に出てくると、それを制御する技術も必要になります。その技術を先行して確立させることが私たちの役割となります。

*精神的価値が成長する感性イノベーション拠点。広島大学 COI 中核拠点、光創起 COI-S(サテライト)拠点、生理学研究所 COI-S 拠点で構成する。文部科学省が平成25年度に開始した「革新的イノベーション創出プログラム (COI STREAM)」を基にした JST のセンター・オブ・イノベーション (COI) プログラムに採択された。最先端の脳科学、光技術、情報通信技術を駆使して、感性 (感情・知覚など) の可視化、人と人、人とモノを感性で繋ぐ Brain Emotion Interface (BEI) の開発などに取り組む。広島大学が中核機関となり、多くの企業や大学が参画してコンソーシアムを形成している。

一本日は貴重なお話を聴かせていただき、ありがとうございました。



フェニックス協力会総会を開催しました

広島大学フェニックス協力会は8月7日（金）、広島市のリーガロイヤルホテル広島にて総会を開催しました。委任状提出を含め、過半数を上回る102の会員企業および団体にご参加いただき、総会の議決は有効なものとなりました。

本年度の総会は会長の越智光夫広島大学学長の挨拶に続き、活動報告、予算承認といった例年通りの審議事項に加え、新型コロナウイルス感染拡大の影響を踏まえた本年度年会費の免除についても審議し、賛成多数により可決承認されました。

総会に続いて開催した特別講演では、広島大学より、高田（たかた）十志和（としかず）先進理工系科学研究科長に「産学連携の形とフルーツ」と題して、広島大学の大学院再編についてのご紹介や、ご自身の研究シーズが企業ニーズとマッチし新規事業に至った成功例から見た産学連携のあるべき姿についてわかりやすくご講演いただき、約70名の参加者が熱心に聴き入っておられました。

今回は開催にあたり、新型コロナウイルス対策として、体調に関するアンケートや検温にご協力いただき、お陰をもちまして無事盛会に終了することができました。

本総会にご参加いただいた皆様方にはあらためて感謝申し上げます。



■ スタッフ紹介 no.25

倉本 康弘 Yasuhiro Kuramoto

担当業務：知的財産

職歴等：1984年広島大学修士課程修了、
外資系製薬企業、国内製薬企業勤務、
薬学博士

ひとこと：

はじめまして。本年5月に知財マネージャーとして着任いたしました倉本です。

40年ほど前、私は広島大学で6年間薬学を学びました。当時、学生生活の舞台は狭い千田キャンパス（ご存知の方いらっしゃいますか）と霞キャンパスだったので、広い東広島キャンパスで思索に耽り研究生活を過ごせる研究者・学生をうらやましく感じています。昼休みにキャンパスを散歩していますが、緑が多く、すぐ近くで鳥が鳴いている環境の良

さにも驚いています。

大学卒業後二つの製薬企業で計36年間創薬研究に携わり、カルバペネム系抗菌剤とキノロン系抗菌剤の2剤を創製、30件近くの特許出願を行いました。その経験を通して、特許権を確実に得ることの重要性、そして発明を具体化する（新薬として承認される）までの困難さを実感しました。

この経験を基に、知財マネージャーとして、二つの事に努めてまいります。第一は大学内の発明をできるだけ発掘し知的財産とする事、第二は、企業様との共同研究を通じて社会実装を実現する事です。大学・企業双方のお役に立ちたいと考えております。どうぞよろしくお願い申し上げます。

《問い合わせ先》

TEL：082-424-5590

E-mail：ykuramo6@hiroshima-u.ac.jp

編集後記

去る8月7日に当会の総会が無事終了いたしました。本年度は新型コロナウイルス感染拡大の影響を踏まえ、年会費を免除させていただくことになりました。毎年多くの会員の皆さまにご参加いただいていたブラッシュアップセミナー（旧イノベーション研修プログラム）につきましては、オンライン開催の準備を進めております。例年通り盛りだくさんとはまいりませんが、「新しい生活様式」を実践しながら、有益なサービスをご提供できるよう努めてまいります。オンラインでの講演会開催等、ご要望がございましたらどんどんお寄せください。（E.S）

