

## 温暖化に伴う 富有柿栽培適地マップの作成

岐阜大学 高等研究院地域環境変動適応研究センター 教授 やまだ くにお 山田 邦夫  
岐阜大学 応用生物科学部 教授



図1 色づいた柿(左)と  
色づきの悪い柿(右)

富有柿の産地である岐阜県本巣市や瑞穂市などの気候は、元来柿の栽培に適していました。しかし、最近は柿生産者から「残暑が厳しい年は柿の色づきが悪くなる(図1)」といった声が聞かれるようになってきています。私たちは主に気温と土壌条件に着目して、富有柿の栽培適地のポテンシャルマップ(適性度合いを可視化した地図)を作成しました。現状の柿栽培地域(図2・3の緑色で表示)は、気候条件・土壌条件ともに適性が高いエリア(図2・3の赤色が濃い地域)であることが確認されました(図2)。しかし、気象庁気象研究所の気候モデル(MRI-CGCM3)を用いて2040年頃の気象条件を予測して同様の栽培適地ポテンシャルマップを作成してみると、現在の富有柿栽培地の大部分が栽培適地から外れてくる可能性が高いという結果となりました(図3)。その主な原因としては、年平均気温や9月平均気温が適地条件から外れていくことが挙げられます。特に9月の平均気温上昇については、果皮における色素(カロテノイド)生合成に影響を与え、果実着色不良リスクを増大させる要因でもあるという結果が他の研究からも示唆されています。

これらの柿の品質に関わるリスクを低減させるためには、富有柿以外の気候変動に適した品種の栽培、栽培体系や選果基準の見直し、果実加工品など収穫物の多様な活用方法の検討などが考えられますが、その他にも柿に代わる栽培品目への転換も適応策の一つとして挙げられます。私たちの研究室では、柿からの転換品目として想定される亜熱帯果樹(アボカドなど)について、岐阜県での産地化を目指してさまざまな研究を岐阜県農業技術センターと共同で開始しています。

今回の研究結果は、富有柿を用いて岐阜県を例に将来予測を行っていますが、これは岐阜県内だけの問題ではなく、全国的な柿生産に当てはまる問題だと私は考えています。また、温暖化や降水量の変化などといった気候変動の影響は、果実着色だけでなく病害虫の発生程度や果実の食味にも変化をもたらします。今後は、温暖化の影響を十分に見極めた上でさまざまな対策を講じていく必要があるといえます。

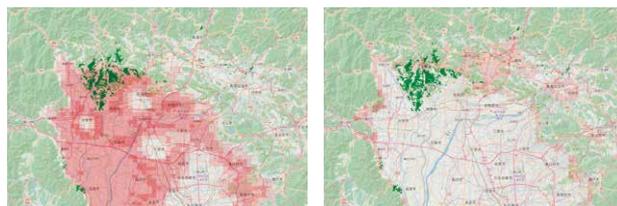
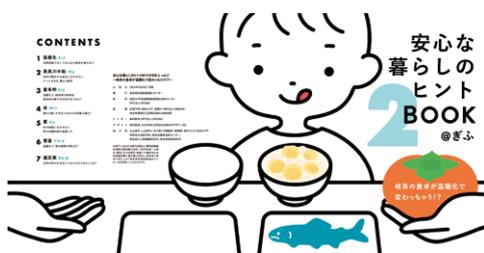


図2 2000年代の栽培適地マップ 図3 2040年代の栽培適地マップ

### 安心な暮らしのヒントBOOK@ぎふ

岐阜県気候変動適応センターでは、温暖化による自然の恵みへの影響をテーマに冊子を作りました。岐阜県が誇る長良川の鮎や、特産品の富有柿や栗、主食の米といった身近な食材のほか、森林率が日本で2番目に高い岐阜県だからこそ考えたい森の雪害について、岐阜県気候変動適応センターでの共同研究などの成果をまとめています。

▶ 安心な暮らしのヒントBOOK@ぎふ  
[https://www1.gifu-u.ac.jp/~gu\\_rarc/document/anshinkurashi\\_hintbook2.pdf](https://www1.gifu-u.ac.jp/~gu_rarc/document/anshinkurashi_hintbook2.pdf)



## 山田先生に お話を伺いました

Q 栽培適地マップの作成と将来予測は有用なツールだと感じます。他の種へのマップの利用は可能でしょうか？

A 可能です。今回の富有柿栽培適地マップの作成の過程では、年平均気温、9月平均気温、10月平均気温の3つの変数を用いて評価しました。他の果物や作物においても、着目する現象と、その現象を引き起こす気候条件を把握することができれば、十分に応用することができます。

Q 着色不良などで規格外になった富有柿を活用するために何か工夫されていることはあるのでしょうか？

A 着色不良で選果基準に落ちてしまった柿でも糖度が劣っているとは限りません。そのため、味を活かした柿酢や珈琲などの加工品としての活用がされています。このような取組はフードロスの削減につながっています。

Q 富有柿からの転換品目として想定される亜熱帯果樹の特徴を教えてください。

A 富有柿に代わる岐阜県の特産品としては、スーパーで常時販売されており、国内での生産が少ない食材を考慮しました。候補として挙げられた、バナナ、アボカド、グレープフルーツ、レモンの中で岐阜の気候に適應できる可能性の高いアボカドに着目して現在研究を進めています。

Q 地域と連携しながら研究を行う中で、難しいと感じることや、新たに気づく視点などはありますか？

A 純粋なサイエンスとして得られた結果が、必ずしも生産者にとって有益な情報とはならない時があります。その場合は、研究成果の伝え方を工夫する必要があります。新たに気づく視点もたくさんあります。地域と連携する研究においては、いかに現場で研究成果を活用してもらうかが重要になります。生産者をはじめとする地域の人の意見を取り入れることで、これまでに進めていた研究テーマがより現実に沿ったものに柔軟にシフトすることがあります。

Q 岐阜県で富有柿以外に温暖化の影響を受けている特産物はありますか？

A 秋の名産である栗や高山市の桃の栽培においても温暖化の影響が見受けられています。栗は温暖化により生育速度に変化が起きることが予想されるため、シミュレーションによる収穫時期の変化予測や需要が高まる時期に収穫できる他品種の栽培が検討されています。桃の栽培では温暖化により春先に木が枯れる凍害

が発生しています。これは、冬の終わりに暖かい日が続くことで春と勘違いして活動を始めた木が、再び気温が低下した際に寒さでやられてしまうためです。この対策としては耐寒性の強い台木を用いた栽培が進められています。また、長良川の水温上昇によってアユの餌である藻が育たなくなり、産卵時期がずれるなどの問題も生じています。このように、富有柿だけでなく多くの農作物や動植物に温暖化の影響が出ています。地域の人の意見を取り入れることで、これまでに進めていた研究テーマがより現実に沿ったものに柔軟にシフトすることがあります。

### 「インタビューした学生の感想」

気候変動による柿の着色不良に対して、他の品種や、柿に変わる栽培品目の研究などによって対応していることを知り、これから進んでいく温暖化への取組を知ることができました。また、生産者の声を聞いたり、研究の情報を伝えたりする難しさやそこから得られる気づきといった、農業との関わりがある研究をしている視点での話も興味深かったです。

地球温暖化は、気候の変化だけではなく、私たちの食にも大きく関わっていることが分かり、深刻な影響があるということが分かりました。私たちがこの問題について理解すること、生産者や消費者のニーズを考えた新たな特産品を生産することなど、対策の必要性を感じました。環境問題を自分たちに身近なこととして捉え、これからの私たちの行動につなげていくことが大切であると考えます。

左から/ 王愛里(名古屋大学理学研究科博士前期課程1年)  
平田万結(岐阜大学地域科学部2年)  
柴山晴香(岐阜大学地域科学部2年)  
山田邦夫先生  
桑原佑騎(岐阜大学自然科学技術研究科修士課程2年)  
森田有優奈(岐阜大学自然科学技術研究科修士課程2年)



# 薬剤耐性とワンヘルスアプローチの実践 ～途上国の市販食肉の調査～

岐阜大学 医学系研究科 感染症寄附講座 特任教授 <sup>てつか</sup> <sup>のぶき</sup> 手塚 宣行

細菌に使用する抗微生物薬を抗菌薬といいます。抗菌薬は人間だけでなく畜産業、水産業、農業など幅広い分野で用いられています。抗菌薬が使用されると、抗菌薬の効く菌はいなくなり、「薬剤耐性」(英語でAntimicrobial Resistanceといい、AMRと略されます) をもった細菌が生き残り、皮膚や消化管にいる細菌が薬剤耐性菌に置き換わってしまいます。2013年AMRに起因する死亡者数は低く見積もって世界で70万人とされていますが、何も対策を講じない場合、2050年には世界で1000万人の死亡が想定され、がんによる死亡者数を超える、とした報告があります。このような状況を踏まえて、国際社会全体でAMRに関する取組が進められてきました。

AMRが問題になるのはヒトだけではなくありません。家畜に抗菌薬を使うと、薬剤耐性菌が食肉などを通じて消費者に広がってしまったりすることがあります。薬剤耐性菌

はヒトや動物、環境を通じて世間に広がります。このように人の健康を守るために動物や環境にも目を配って取り組もうという考え方をワンヘルスといいます。未来に使える抗菌薬を残すため、世界各国でAMRへの対策に取り組んでいます。ヒト以外の分野はまだ研究が十分には進んでおらず、幅広い取組を通じた対策が求められます。このようにAMR対策はまさにワンヘルスの考え方で取り組む必要があります。

食肉を通じて薬剤耐性菌が消費者に広がるのは大きな問題です。では発展途上国での現状はどうなっているのでしょうか。私たちは薬剤耐性菌による感染症治療の最後の切札とされているコリスチンという抗菌薬に対する耐性菌について、市販食肉とその汚染源となる家畜に焦点をあてて、現地の研究者と一緒に研究を進めています。



図1. 道路沿いのマーケットの様子

右手前のケージ内で鶏を売っていました。この道路沿いには多くのお店がありました。多くは簡素な作りの屋台の様なものでした。



図2. ガーナで市販されている食肉の例

市場では生きたままの鶏が販売されている所があります。この鶏を購入し、実際に現地の方々が食べる部分の表面に付着している細菌の薬剤耐性について研究しています。



図3. 購入した鶏が屠畜されている様子

市場で選んだ鶏は、その場で屠畜されるのが一般的です。これは実際に購入した鶏が屠畜されている様子です。その場で沸かしているお湯をかけながら、羽を一通り取り除いたのちに、ビニール袋に入れて手渡されます。この鶏も、現地の研究室に持ち帰り、実際に現地の方々が食べる部分の表面に付着している細菌を採取しました。

🗣️ 学生が教員に  
インタビュー

手塚先生に  
お話を伺いました

Q AMRへの対策とはどのようなものがあるのでしょうか？

A 日本の薬剤耐性対策アクションプランにおいて、「普及・啓発」「動向調査・監視」「感染予防・管理」「抗微生物剤の適正使用」「研究開発・創薬」「国際協力」の6つが挙げられています。「動向調査・監視」は、ヒトだけでなく、畜産業、水産業、農業など幅広く用いられており、その中でも我々は、食肉等に着目して研究を進めています。

Q 日本よりも発展途上国でAMRが広がりやすいのは、生活環境によるものなのでしょうか？

A 生活環境という面もありますが、それ以外にもさまざまな要因があります。上下水道の整備は生活環境に関わる要因の1つです。その他にも、医療機関や保健機関の検査機能が不十分であることから薬剤耐性菌の発生状況を把握することが難しいこと、抗菌薬の使用状況に関するデータの精度が低いこと、医療アクセスへの制限のため薬が乱用されやすいこと等があります。どういうときに抗菌薬が必要なかを知らずに抗菌薬を使うことで、環境に抗菌薬が排出され、薬剤耐性菌が増えてしまいます。

Q 家畜にも抗菌薬が使用されるとのことですが、発展途上国では薬が高いイメージがありました。抗菌薬は家畜にも使われるくらい安価なものなのでしょうか？

A 薬の種類によりますが、発売から年数の経った薬は比較的安い傾向にあります。また、本当に治療に必要な薬剤に関しては価格調整が行われ、先進国に比べて、安価で卸されています。家畜に対する抗菌薬は、病気予防に加え、成長を促す添加物として各国で一般的に使用されてきました（飼料の一部くらいの値段という事です）。動物に抗菌薬を投与すれば、薬剤耐性菌が発生することは多くの事例で確認されており、世界的に家畜に対する抗菌薬の使用制限などの対策が進められています。

Q 生きたままの鶏が路上販売されていると聞きました。家畜が生きたままの状態です路上販売される理由として何が挙げられますか？

A 精肉して販売するコストがとても高いことが挙げられます。発展途上国では冷蔵設備にコストをかけることができないため、家畜の路上販売が日常的に行われています。また精肉処理の衛生管理など十分ではなく、食肉自体の汚染も心配されます。

Q 発展途上国の農作物についても薬剤耐性の問題と同じことがいえますか？

A 同じようなことがいえます。農作物では抗菌薬に加え、真菌（カビ）による感染が問題となることから抗真菌薬の過剰な使用も将来的に問題となることが予想されています。

Q 教育の現場でAMRについて伝えるとなるとどういったことができそうですか？

A 感染症対策や医薬品の適正使用について中学校・高校の学習指導要領に記載され、保健教育の一環として推進が図られています。高校生を対象とした教育資料も作られており、教員向けの学習指導案も用意されているため、専門知識のない教員でも授業を進めることができます。



「インタビューした学生の感想」

AMRが近い将来、多数の死者を出すような大きな社会問題となることを聞いて驚き、今後取り組んでいくべき重要な課題であることを強く感じました。日本の衛生管理や医療、水道設備はしっかりしており、安全な国であると感じました。しかし、そのような比較的安全な国に住んでいても、周りには多くの微生物が存在しているので、気を付けていきたいと思いました。その一例として、私たち自身、薬剤や病気に対する知識があまりなかったため、これを機に少しずつ知識を深めていくことで、間違った対処をしないようにしていきたいと思いました。また、今後AMRに関する教育、普及活動を促進するには、何ができるのかを考えていきたいと思いました。

左から/ 藤井大輝(岐阜大学教育学部2年)  
小嶋文太(岐阜大学地域科学部3年)  
手塚宣行先生  
片山義章(岐阜大学工学部3年)  
田中ひなた(岐阜大学応用生物科学部3年)



# 「カーボンニュートラル」とC<sub>1</sub>微生物の細胞機能 —「環境循環型メタノール」の有効活用に向けたC<sub>1</sub>微生物の分子育種—

岐阜大学 応用生物科学部 教授 なかがわ 中川 ともゆき 智行

日本政府は2050年までに脱炭素社会を実現し、温室効果ガスの排出を実質ゼロにする「2050年カーボンニュートラル宣言」を発表しました。現在、その国家方針に沿って、さまざまな研究プロジェクトが推進されています。二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を炭素資源として有効利用する「カーボンリサイクル技術」もその一つであり、燃料や化成品の原料として利用できるメタノールをCO<sub>2</sub>から合成する技術が盛んに研究されています。CO<sub>2</sub>から合成されるメタノールは「環境循環型メタノール」と呼ばれており、これらメタノールをさまざまな分野で有効活用できれば、まさに日本政府が目指す「カーボンニュートラル」に大きく貢献することができます。

私たちの研究グループではこの「カーボンニュートラル」に貢献すべく、メタノールを食べることのできる特殊な微生物「C<sub>1</sub>微生物」の能力を活用して「環境循環型メタノール」からさまざまな有用化学物質を生産できる発酵生産系の開発を目指しています。メタノールはすべての生物にとって強い

毒性を示す化学物質で、私たちヒトは10mLほどで失明し、致死量は30～100mLほどとされています。これはメタノールを食べる「C<sub>1</sub>微生物」も例外ではなく、彼らもメタノール濃度が高い環境ではその毒性に晒されてしまうと、全く生育することができません。私たちは、より高いメタノール耐性能力とメタノール代謝能力を付与することで、「C<sub>1</sub>微生物」がもっと効率良くメタノールから有用物質を発酵生産できるようになるのではと考え、彼らのメタノール代謝制御やメタノール耐性の分子機構を遺伝子レベルで解析し、その知見を基に新たな能力を遺伝子工学的に付与した「スーパーC<sub>1</sub>微生物」を分子育種しようとしています。最終的には、このスーパーC<sub>1</sub>微生物のメタノール代謝系を最大限に活用し、バイオテクノロジー技術を駆使することで「環境循環型メタノール」から私たちが生活で利用するさまざまな化学物質を効率的に高生産できる技術の提供を目標として、日々、研究を進めています。

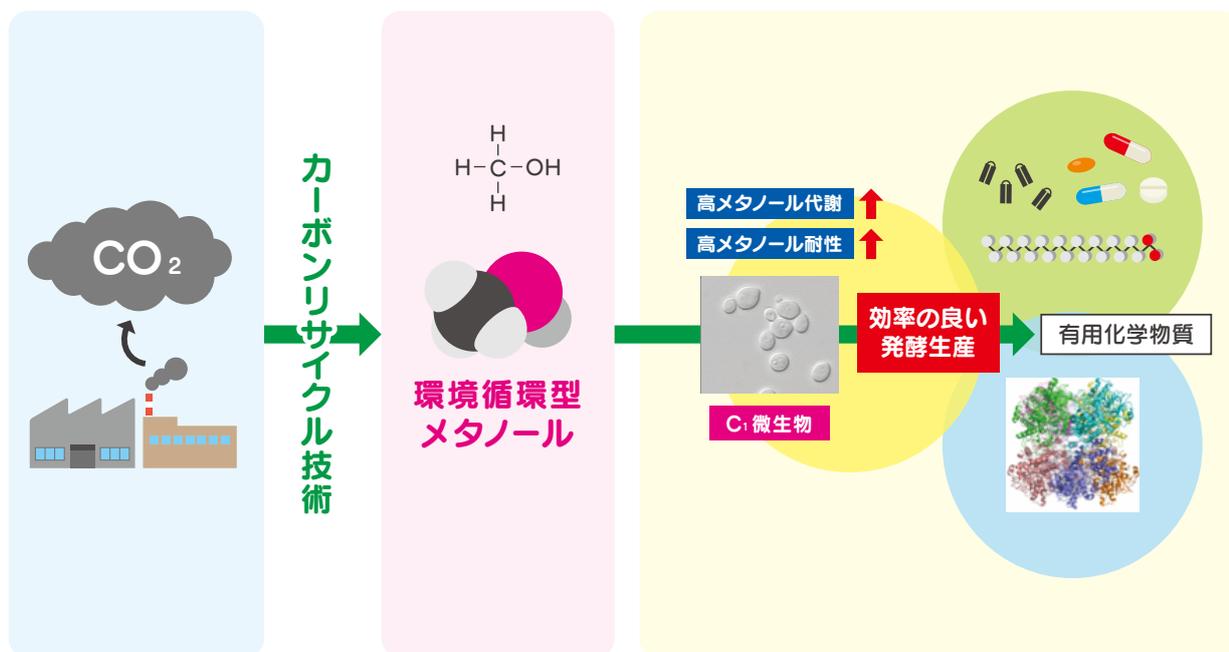


図1. C<sub>1</sub>微生物による環境循環型メタノールからの発酵生産系のイメージ

学生が教員にインタビュー

中川先生に  
お話を伺いました

Q なぜC<sub>1</sub>微生物を利用して環境循環型メタノールからさまざまな有用物質を生産する研究を始めたのですか。

A C<sub>1</sub>微生物との出会いは修士論文のテーマでした。メタノールを食べる酵母の分類を主に研究していたのですが、それよりもC<sub>1</sub>微生物の働きそのものについて詳しく調べたいと思いました。そこで、細菌も含めたC<sub>1</sub>微生物を利用した、メタノールからの物質生産の研究を始めました。さらに近年、カーボンニュートラルが日本全体としての目標となったため、より充実した研究になるよう、環境循環型メタノールの有効活用を目指すことにしました。

Q 「C<sub>1</sub>微生物」は自然界のどこからメタノールを得ているのですか。

A 植物から放出されるメタノールを得て活動しています。そのため、C<sub>1</sub>微生物は植物の葉や根に多数存在しており、C<sub>1</sub>微生物の存在が植物の育成を助けることも分かっています。

Q C<sub>1</sub>微生物による目標産物について教えてください。

A 最終産物は決まっていますが、代謝経路の解明に関する研究を通して、バイオプラスチックの原料の一種である乳酸や脂肪酸などが生産できることが分かってきました。C<sub>1</sub>微生物を物質生産のための工場とみなした場合、メタノール耐性が低いほど、生産効率が悪くなります。そのため、多様な物質生産に対応できるよう、「スーパー C<sub>1</sub>微生物」の分子育種に取り組んでいます。

Q 「スーパー C<sub>1</sub>微生物」の現状と目標について教えてください。

A 通常、メタノールを分解するC<sub>1</sub>微生物は、メタノールの濃度が3%までであれば2日程度で生育しますが、約5%になると培養時間が1週間以上かかります。現状ではメタノールが約8%の環境下でもC<sub>1</sub>微生物の生育は可能になっています。今後「スーパー C<sub>1</sub>微生物」のメタノール耐性を10%に向上させることを最終目標にしています。

Q 発酵生産は有機合成と比べてどのような利点がありますか。

A 発酵生産は微生物がもつ酵素によって物質を選択的に生産することが可能です。微生物は大量培養が可能で、生育スピードも早く、遺伝子組換え体の作製も容易です。有機合成に有利な点もありますが、カーボンニュートラルに寄り添い、かつ効率よく有用な物質に変換するには発酵生産の方が適していると考えています。

インタビューした  
学生の感想



今回のインタビューで印象に残ったのは微生物の持つ影響力の大きさです。例えば、葉の上に生息する微生物がメタノールを分解することで他の生物が森林で生息できているかもしれないというお話を聞き、生態系を安定させているのは動植物だけではないと知りました。また、微生物は有機合成で少量しか作れない化合物を大量に生産することが可能で、人々の暮らしに役立っていることを学びました。これから自然や産業についての環境問題を考えるとき、微生物という視点を生かしてみようと思いました。

微生物を利用することで「カーボンニュートラル」に貢献できるという視点が衝撃的でした。インタビュー前は、二酸化炭素をいかに削減し、回収する方法を考えていました。しかし、二酸化炭素をメタノールという他の物質に変換するという一工程を経ることで、新しい解決策が生まれることを知り、視野を広くすることの大切さも学びました。

前列左から/石原彩香(名古屋大学農学部2年)  
榊原優花(岐阜大学自然科学技術研究科修士課程1年)  
加賀貴美子(岐阜大学工学部3年)  
CAO SHANSHAN (岐阜大学応用生物科学部2年)  
大江史花(名古屋大学生命農学研究科博士後期課程2年)  
後列左から/中村拓海(名古屋大学農学部3年)  
中川智行先生  
堀部真生(岐阜大学応用生物科学部2年)  
片山義章(岐阜大学工学部3年)



# 樹木と土壌が相互に影響しあって作り出す 土壌劣化ベクトル

名古屋大学 生命農学研究科 准教授 <sup>たにかわ</sup> 谷川 <sup>とうこ</sup> 東子

歩くことのできない植物は、「葉」や「細根」を毎年のように生産し土壌に還すことで、土壌の性質を変えることができます。これらの枯れた「葉」や「細根」は、微生物により分解され、その一部は土壌有機物となります。この土壌有機物は、土壌中を流れる水に乗って逃げていく養分を捕捉する、水を貯えるなどさまざまな機能を持ち、植物の生育のみならず、私たちの穏やかな生活をも下支えています。

そこで私たちは、わが国において人工林の7割を占める樹種であるスギとヒノキが、土壌の性質をどのように変えていくかを調査しました。スギ林では、「もともと肥沃な土壌は時間と共にますます肥沃に、もともと痩せていた土壌はますます痩せるという2方向性」が、ヒノキ林では、「もともとの性質にかかわらず、時間と共に土壌が痩せていく現象」が見つかりました(図1)。また、痩せ土壌では、養分を吸収しようと木々が頑張るのか、樹種による違いはあれど「細根総量が増える」「養水分吸収に特化した寿命の短い細根が増える」といった細根の反応が見られました。さらに痩せ土壌では、「土壌有機物の分解が進み、その養分保持機能の一部は、土壌有機物量の割に低く抑えられている(図2)」、「土壌に棲息する線虫(生態系を整える性格をもつ生物群)の組成も変化し

ている」などの現象も見つかりました。

「枯死根の増加」が土壌に与える影響はどんなもの? という糸口からこれらの現象を理解しようとした実験(スギ・ヒノキ対象)では、1)細根が分解されるとき葉の場合より多くの酸が土壌にまき散らされること、2)窒素が早々に分解中の細根から抜けること、3)細根は葉ほど微生物を養わないこと、4)葉と細根が養う微生物群は分解が進むにつれどんどん異なったものになること、という葉と細根の本質的な違いが示されました。これらのいくつかは、痩せ土壌で見られた「土壌有機物の分解促進」や「土壌酸性化の促進」といった土壌劣化ベクトルの発生に関与していると考えられました。

いま世界では、土壌劣化が食・水・エネルギーの安全を脅かすことが懸念されています。私たちの一連の研究は、「樹木と土壌の相互作用への理解」が土壌の保全に必要であることを示しました。人間が土壌劣化を緩和しながら持続的に森林をマネジメントしていくためには、もともと痩せている土地に何を植えたら良いのか、これ以上痩せさせないための工夫にはどのようなものがありうるのかを模索する必要があります、と私たちは考えています。

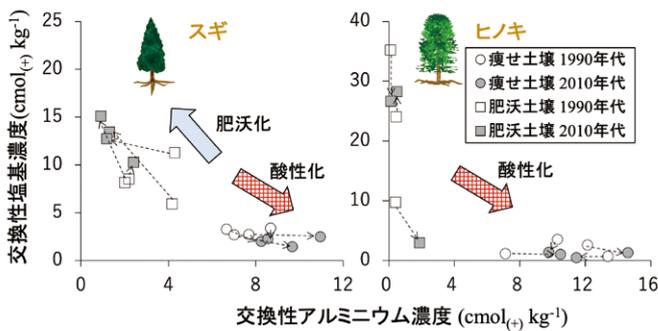


図1. スギ・ヒノキ林における20年間の土壌肥沃化・酸性化ベクトル (Tanikawa et al. 2014 For Ecol Managを改変)

横軸の値が高いほど土壌は痩せて酸性化が進んでおり、縦軸の値が高いほど土壌は肥沃であることを示します。スギ林では、もともと肥沃な土壌はますます肥沃に、痩せて酸性化した土壌はますます痩せて酸性化が進行する2方向性が見られました。

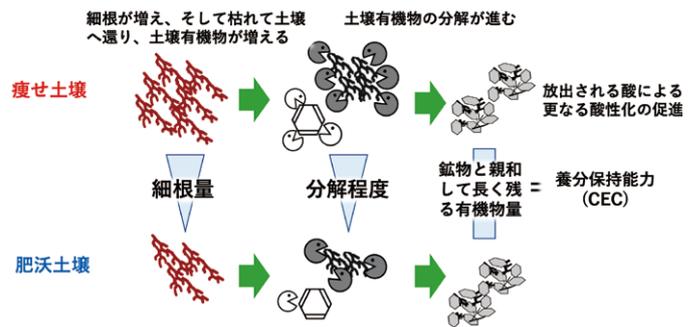


図2. スギ林の痩せ土壌・肥沃土壌における有機物の動態 (Hayashi et al. 2023 Plant Soilを改変)

痩せ土壌では、土壌有機物の給源である枯死根が多いと推定される割には、土壌酸性化により微生物活性が刺激されるためか、有機物分解が進行し、土壌の重要な機能である「養分保持機能」が上がりませんでした。

🔍 学生が教員に インタビュー

谷川先生に お話を伺いました

Q 谷川先生が森林土壌の研究を始めたきっかけは何でしょうか？

A 実は、はじめから森林土壌や落ち根を研究対象にしていた訳ではあ



りません。卒論は発展途上国における薪と森林の関係についての研究でしたが、いきなり途上国といってもできることは限られることから国内に目を向け、人工林における土壌の酸性度に注目するようになりました。研究の対象は変わっていききましたが、小さい頃から一貫して、「森林を守りたいという気持ち」が研究の動機の根底にあったと思います。

Q 細根は土壌を育てるとい点からみると、葉に比べて劣っているように感じたのですが、土壌養分の吸収以外にどのような役割があるのでしょうか。

A スギ・ヒノキの「細根」と「葉」は土壌において、別々の役割を果たしているようです。「落ち葉」は微生物により速く分解され、その過程で微生物の種類は増えるので、まるで「落ち葉」は「ゆりかご」のようです。一方、「細根」は「落ち葉」とは別の微生物によって分解され、その過程でアンモニウムイオンや硝酸イオンを放出するため、周囲の植物や微生物を養う「肥料」のようです。「細根」は土壌とのからみが良いことから、太い根と土壌の密着性を上げることに役立ち、木が倒れないように支えることにも貢献します。

Q 針葉樹林の針広混交林化は土壌酸性化防止の観点では有効でしょうか？

A 今まさに研究中です。昔はいろいろな樹種が育つ森林の中から有用な樹木を伐採して使う収奪的林業が行われていましたが、江戸時代頃から植林が本格化し始め、使いやすい樹種だけを育てる森を増やしてきました。“もともと樹種数が少ない森”が成立する冷涼な地域はとまかく、そうでない地域で樹種数の少ない森を作ることにより、物質循環に不利な点は生じないのかを知りたいと思っています。実際、私たちの研究では、「ヒノキ林の土壌は、炭素濃度が際立って低いわけではないが、20年前より炭素濃度が低くなった（炭素貯留機能が劣る）」という結果が得られています。

Q 地球温暖化は土壌微生物にどのような影響を与えていますか？

A 地球温暖化によるためか、中高緯度に位置する日本も平均気温が徐々に上昇しています。針葉樹林は温帯にもありますが、比較的寒冷な地域に多く存在しており、温暖化が針葉樹林の樹種構成や土壌微生物の組成に

どのように影響を与えるかは興味深いテーマです。10年や100年といった長期的なスパンで土壌の変化を調査することが非常に重要と考えています。

Q 土壌の酸性化には、温暖化による微生物の活発化などの影響も考えられますが、細根はどれくらい影響を与えているのでしょうか。

A 一連の土壌調査では、「もともと土壌の酸性度が高い森林」と「低い森林」を近い場所でセットで見つけ、気候条件や樹齢などの条件をできるだけ揃えて比較しています。その上で、土壌の酸性度によって土壌養分や微生物組成に違いが出ているため、細根の動きが土壌生態系に与える影響は無視できないと考えています。

「インタビューした学生の感想」

少し複雑な内容であるにも関わらず、学生にもわかりやすく説明していただいたことで、非常に興味深く聞き入ることができました。

土壌微生物や線虫、菌根菌といった、土壌に住むさまざまな生物はpHの変化に大きな影響を受けることなどから、細根の動きによる土壌の酸性化は、土壌の生態系に何らかの影響を与える可能性があることを知りました。しかし、土壌や植物などの関係は複雑であり、現状わかっていないことも多いです。今後いかにして解明されていくのか楽しみだと感じました。

また、実際細根などが長期的に土壌生態系に対してどのような影響を与えるのかはまだわかっていませんが、半世紀以上にわたって調査を続けることも重要、という先生の見解は非常に印象に残るものでした。

- 前列左から/中島菜里(名古屋大学農学部2年)  
谷川東子先生  
田中ひなた(岐阜大学応用生物科学部3年)  
後列左から/王泊鈞(名古屋大学環境学研究所博士前期課程2年)  
中村拓海(名古屋大学農学部3年)  
丹羽航大(岐阜大学応用生物科学部4年)  
堀部真生(岐阜大学応用生物科学部2年)



# 環境経済学で消費者の受容性を考える

名古屋大学 環境学研究科 准教授 <sup>なかの</sup> <sup>まきこ</sup> 中野 牧子

私の専門分野は環境経済学です。環境経済学は、経済学の考え方をを用いて環境問題の原因や対策を考える分野です。生産を行う企業や、消費を行う消費者、そして政府が実施する政策によって環境は影響を受けます。それらを包括的に分析するため、環境経済学は幅広いテーマを扱います。

私は、特に企業の環境問題への取組、なかでもイノベーションを促進する要因に関する研究を行っています。イノベーションを促進するために重要な要因の一つは、開発される製品や技術に需要があることです。需要があると研究開発が進みます。このため、私は新しい製品や技術に対する需要に関する研究もを行っています(図1)。

食品分野におけるイノベーションの一例として代替肉が挙げられます。畜産は家畜の消化器から発生するメタンなどのために、気候変動に与える影響が大きいといわれています。そこで、近年、食肉の消費を減らすものとして、大豆などを用いた代替肉が注目を集めています。しかし、まだ広く普及しているとはいえないため、これらに対する消費者の受

容性についての研究を行っています。

また、今日、企業が取り組まなくてはいけない問題は環境問題だけではなくありません。そこで、企業のさまざまな取組を消費者がどうとらえているかについての研究も行いました。その結果、消費者は企業の環境問題への取組だけでなく、ワークライフバランスの実現等の労働に関する取組も評価していることが明らかになりました(表1)。これからの企業は、環境問題も含め、その他の社会問題にも取り組んでいくことが求められるのです。

消費者による受容性を考える際に私が重視しているのは、多様な価値観の存在です。データ処理をして、平均的な結果を見るだけだと、それは把握できません。消費者の価値観はますます多様化していますので、今後は、そのような多様な価値観を把握し、イノベーションや製品開発に反映していくことが必要だと考えています。そこには、環境問題以外のテーマも絡んでくると思われますので、それらも考慮する必要があります。

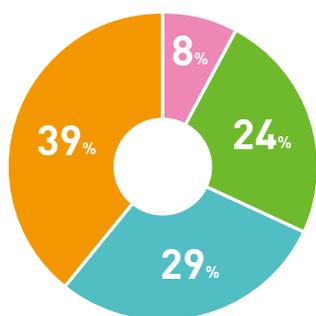


図1. 製品を購入する際の意識

注)「企業行動の評価に関するアンケート」(2015年2月に筆者らが実施 回答者数633人)において、「製品を購入する」ということは、その製品への支持を表明し、その製品を作っている企業にお金を支払うことでその企業の活動を支援するという側面があります。あなたはこのことを意識したことがありますか)に対する回答を集計したものの。

取組	順位
製品の安全性に配慮し、不具合・欠陥が判明した場合は速やかにリコールする	1
海外で事業活動を実施する場合にも、日本における場合と同様に、水・大気・土壌中への環境汚染を予防し、現地の人達への健康被害が発生しないように努めるとともに、現地の生物多様性を損なわないよう配慮している	2
自らの製品・サービスについて事実即した情報を提供し、虚偽または誤解を招く情報提供を行わない	3
業務上収集した消費者の個人情報は適切に扱い、消費者のプライバシーを保護している	4
職場の安全衛生に配慮している	5
労働時間・休暇等に配慮することで、過度な長時間労働を是正し、働きがいのある人間らしい労働条件を従業員に提供するとともに、家庭における従業員の責任を尊重することでワークライフバランスに配慮している	6
製造工程及び製品設計において廃棄物を削減するよう努めている	7
製造工程及び製品設計において省エネルギーに努めている	8
製品設計や職場環境において障がいのある人、けがをしている人等にも配慮したバリアフリーを促進している	9
非正規雇用労働者の賃金上昇や、正規雇用労働者への転換に積極的に取り組んでいる	10

表1. 購入の際にプラスに評価される可能性のある取組

注)「企業行動の評価に関するアンケート」(同上)において明らかとなった「その取組を行っている企業の製品を購入したい」と思わせる上位10の取組。

🔍 学生が教員にインタビュー

中野先生に  
お話を伺いました

Q 環境経済学の研究をしようと思ったきっかけは何ですか？

A 環境問題は人間の行動によって発生し、人間の行動は  
お金の影響されることも多いと考えています。経済学を  
学び、お金の流れを変えることで環境問題を改善できる  
可能性があると考え、経済学のアプローチを用いて環  
境問題の研究をしようと思いました。

Q 環境経済学の考え方をういて原因や対策を考えるとい  
うのは、具体的にどのようなものですか。

A 一例として、炭素税を導入することで、環境に悪いも  
のの価格を高くすることが挙げられます。これによって  
人の行動が環境にやさしい方向に変化すると考えられま  
すが、副作用についても考慮する必要があります。

Q 消費者の多様な価値観を、どのように把握していますか？

A 計量経済学はデータを用いて平均的な傾向を把握しま  
すが、平均から離れている観測値もあります。その離れ  
具合の大きさを推定したり、アンケート調査で得られた  
消費者のデータをいくつかのグループに分けて、そのグ  
ループごとの傾向を調べたりしています。

Q 中野先生の研究キーワードである企業の環境問題への  
取組として挙げられる「イノベーション」とは新製品や新  
技術の開発に限られたものでしょうか？

A 広く捉えています。イノベーションは広く新製品の開発  
や導入が挙げられますが、全く新しいものだけでなく、  
これまでより少し工夫して改善させるものも含まれます。  
また、製品だけでなく生産プロセスのイノベーションも  
あります。

Q 研究を通して得られたデータから、それぞれの要因が  
直接消費者から起因したものが環境に影響を受けたも  
のかどうかを区別することはありますか？

A 消費者が購入するかどうかはさまざまな要因が影響し  
ています。製品そのものの機能や価格に加え、環境ラ  
ベルの有無、周りに購入している人がいるかどうか、  
食品の場合は添加物の有無や、味、栄養、おいそう  
に見えるかなどが挙げられます。アンケート調査などを  
通してこれらのデータを入手し、モデルに入れることで、  
各要因の影響を区別して捉えます。

Q 産業の転換を求められる代替肉は、消費  
者からの受容だけではなく、産業からも  
受容されるでしょうか。

A 単位量あたりの畜産（特に牛肉）の温室効  
果ガス排出量は大豆よりもかなり大きい  
です。また、飼料の生産に土地や水も必

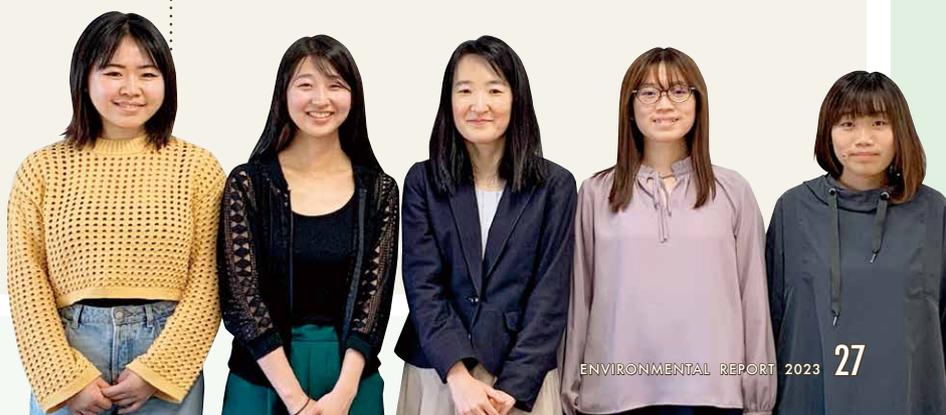
要とします。したがってある程度の産業転換が起こると  
考えられます。例えば脱炭素の潮流のなかで石油産業  
が再生可能エネルギーの分野に参入している例もあり  
ます。市場での需要がある場合には産業も受容すると  
考えられます。また、時間をかけて転換していく過程で  
は畜産農家への補償なども必要になるかもしれません。



「インタビューした学生の感想」

中野先生へのインタビューを通して、環境問題の  
解決に経済学的なアプローチを用いることでより  
多くの人の行動の変化を促す、あるいは政策へ影  
響を与えられる可能性があることが分かりました。  
一方で中野先生は消費者を対象とした調査もされ  
ており、消費行動に影響を与える要因は価格だけ  
ではないことも説明していただきました。  
世界の平均気温の上昇を「1.5℃に抑える」という  
目標達成のためにはさらなる脱炭素が必要ですが、  
経済学的なアプローチで各産業が連鎖的に  
転換していくだけでなく、消費者として何を選  
ぶかを大切にしていきたいと感じました。

左から/ 中田未貴(名古屋大学環境学研究科博士前期課程2年)  
平春来里(名古屋大学環境学研究科博士後期課程2年)  
中野牧子先生  
柴山晴香(岐阜大学地域科学部2年)  
平田万結(岐阜大学地域科学部2年)



# 海洋環境保全の基盤となる生物多様性の把握と将来課題

名古屋大学 理学研究科附属臨海実験所 講師 自見 直人<sup>じみ なおと</sup>

近年は海洋プラスチックが大きく問題として取り上げられ、さまざまな生物に対しての影響が報告されています。ゴミ問題や資源開発による生息環境破壊等、人間活動が生物に与える影響は海でも無視できないものになってきました。人間が社会活動を続けていく上で他生物と共生していくためにも、できるだけ生物に影響を与えないように生物の増減の継続的な観察が必須です。そのためにはまずどこに、どんな生物がいて、どのような生き方をしているのか、を把握する必要があります。もし今まで知られていない生物が採れた場合は、新種として記載し名前をつけます。

私達の研究は海に潜ったり、漁師さんと一緒に船に乗ったりして生物を採ってくる場所から始まります。実際に海の中で今まで見たことのない生物を発見した時はアドレナリン全開になる大変嬉しい瞬間です。生物を実験室に持ち帰り光学顕微鏡や走査型電子顕微鏡で観察し形態情報を得たり、遺伝子配列の解析を行ったりすることで他種との類縁関係を推察します。今まで記載されている生物は180万種以上世界に存在し、それらと比較し一致しない場合新種になります。深い海で未知の生物を探し、過去の論文と付き合わせてそれが何であるか探るのはインディージョーン

ズの冒険と探求のような楽しいものです。私はこれまで50種以上の新種を発見・記載してきました。

生物の多様性の把握を進める過程で多くのこともわかってきています。絶滅が危惧される生物の選定は陸上生物では進んでいますが、海洋生物においては進んでいません。その原因の一つに種同定の難しさがあげられます。私達は種同定が簡便になるように図鑑の作成や絶滅危惧種リストの作成なども行っています。

近年海洋プラスチックの付着生物についても観察する機会が多いですが、他国からどんぶらこと浮遊するプラスチックと一緒に海洋生物が本来の生息域とは異なる海域まで流れ着いている事例が見られます。水産物の売買に伴う非意図的な移入等、人間の社会活動で生物の分布範囲が変わってしまい外来種を作り出してしまうことはこれまでもありましたが、海洋プラスチック問題でも同じことを繰り返さないようにしなければなりません。日本の種多様性を把握し本来の生物の分布範囲を明らかにすることでモニタリングの基盤を作り、侵入種が見つかった時に早急な対応をとることができるのです。



図1 さまざまな海洋生物達  
ほとんどが未記載種(新種候補)



図2 海に潜って生物を採集



図3 菅島にある名古屋大学大学院理学研究科附属臨海実験所

学生が教員に  
インタビュー

自見先生に  
お話を伺いました

Q プラスチックに付着して、生物が本来の生息地とは異なる地域に流れ着くことがあるということですが、どんな生物が付着しているのでしょうか。



A 流れてきた場所に生息している生物の種類やプラスチックの表面のくっつき易さなどによりますが、貝や藻類などがプラスチックに付着して流れています。付着して流れてしまった生物は、本来の分布域から外れ、定着し、外来種となってしまうこともあります。

Q 菅島特有の環境や生物の特徴はありますか。

A 菅島は木曾三川からの栄養に富んだ淡水と、太平洋からの黒潮がちょうどぶつかるところに位置します。そのため、多様な生物が生息しています。さらに、菅島は伊勢湾にあるので、周辺では内湾の生物が見られますが、少し沖に出れば外湾の生物が見られるのも良いところです。

Q 新種ではないかと疑うきっかけは何でしょうか。

A 誰しも分類を始めた頃は時間が掛かります。実験室に持ち帰り観察して、そこで初めて新種と分かる時もあります。私は高校生の頃からゴカイを見続けているので、頭の中に今まで見た文献情報が蓄積されて、潜って見つけた時に「これは新種だ!」と分かるようになりました。ただ、新種であると証明するには、1700年代後半からの論文すべてと比較しなければいけません。特徴の記載が曖昧な場合はタイプ標本(論文を書くときに使われた標本)を調べますが、消失していることも多いので、その場合はタイプ産地(タイプ標本の産地)を訪れます。私も修士の時にそのためだけにイギリスに行きました。このように新種記載までに膨大な時間を要することもあります。

Q 生物を分類することは、環境を守ることにどのように関わっているのでしょうか。

A 私が研究しているゴカイは、分類が難しく、世界でも研究者が数人しかいません。そのため、どの種が絶滅の危機にあるのか、そもそもどのような種が存在しているのかすら分かっていません。このような生物を守るためには、まずは現状を知ることが必要です。生物の保全のために、基盤を作ることが分類学の役割ではないかと考えています。その一環として、鳥羽市のレッドデータブック作成にも携わりました。

Q 鳥羽市の海のレッドデータブックにゴカイの情報を載せるにあたって、どのようなことをされましたか。

A 鳥羽市のレッドデータブックを作るのは今回が初めての試みだったので、今失われつつある環境とそれぞれのゴカイの生態とを照らし合わせ、注意すべき種を実験的にピックアップしました。これからは、これを基盤としてそれぞれのゴカイをモニタリングしていきます。

Q ゴカイの種類は地域によってどれほどの違いがあるのですか。

A 種によって異なります。日本からオーストラリアにまで広く生息する種もいれば、狭い範囲にしか生息しない種もあります。この違いは、生まれてから定着するまでの幼生の時期に海中を漂う時間の長さによって生じます。漂う時間が長いほど、長距離を移動し、分布域が広がるのです。また、外湾と内湾でも種は異なってきます。

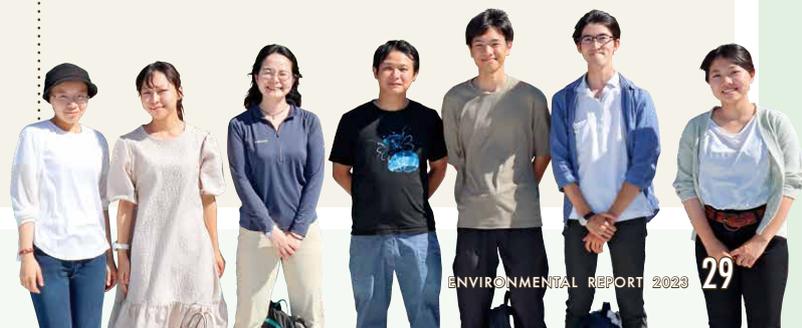
Q 海洋生物に興味のある若者へのアドバイスはありますか。

A 「自分で気付くという快樂」を知ると面白くなります。高校生の頃、私は自分が海洋生物に詳しいと思っていました。しかし、自分が読んだ図鑑では見たことがない生き物(ゴカイ)と出会い、本にも載っていない生物がいることに気づき、海洋生物への興味が深くなりました。

「インタビューした学生の感想」

臨海実験所には分野の異なる研究室があり、日頃から議論や共同研究をしているそうです。アイデアが生まれやすい素晴らしい環境だと思いました。個人的に自見先生の驚異的な論文執筆スピードが非常に気になったので、その秘訣を聞いたところ、(1)暇さえあれば書く、(2)完璧を求めない、(3)指導教員を捕まえて添削してもらう、ということでした。早速、自分の論文執筆に活かしたいと思います。

左から/ 石原彩香(名古屋大学農学部2年)  
中島茉莉(名古屋大学農学部2年)  
大江史花(名古屋大学生命農学研究科博士後期課程2年)  
自見直人先生  
堀部真生(岐阜大学応用生物科学部2年)  
中藤駿(岐阜大学自然科学技術研究科修士課程2年)  
田中ひなた(岐阜大学応用生物科学部3年)



# 脱炭素社会におけるスマートシティと再生可能エネルギー施設の計画

名古屋大学 環境学研究科 准教授 <sup>みやわき まさる</sup> 宮脇 勝

いわゆる「スマート化」は、携帯電話から始まり、エネルギー分野で「スマートグリッド」と呼ばれる、最適化を図る電力網が普及します。次に情報通信技術（ICT）が活用され、防災、健康、安全、教育、自動走行、金融などの分野においてイノベーションが起こります。これらの「スマートシティ」は、都市部において脱炭素社会を構築するための現時点での唯一の方法であると言っても過言ではありません。しかし、スマートシティとは技術中心ではなく、人と人のつながり、健康、教育など「幸福」のためのスマート化を重要視しています(図1)。

一方で、スマートシティがどういう姿になるのか、例えば名古屋大学のキャンパスでスマート化が行われると、地域の人の理解が進むでしょう。私自身は、20年前にスマートシティの話千葉県柏の葉エリアで議論し、建設する仕事に携わっていました。柏の葉は今ではアジアを代表するスマートシティで知られています。なぜ柏の葉で実現できたかということ、2つの大学がそばにあって、新しいまちづくりしよう!と行って、リードしたからです。大学が、県や市の行政を動かしていきました。民間の開発企業もスマート技術を導入し、国際的なまちをつくって交流を進めました。それまでできなかった意識の壁を超えるために、「公学民」連携のアーバンデザインセンターが、まちづくりのお手本を見せたのです。

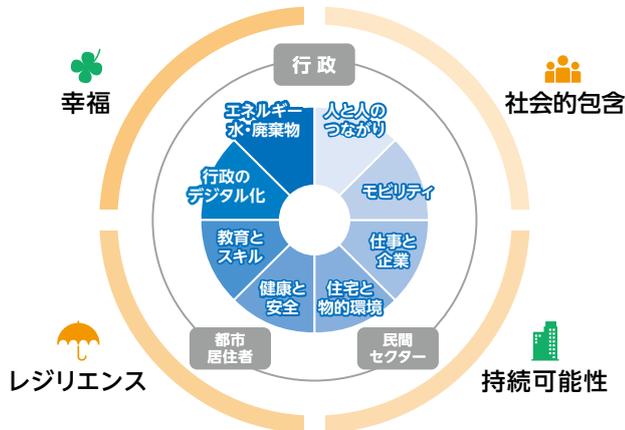


図1. 経済協力開発機構(OECD)のスマートシティのフレームワーク(2020年)。

人と人のつながり、健康、教育、物的環境、行政など、すべての分野のスマート化のねらいを、幸福、社会的包含(市民の参加)、持続可能性(SDGs)、レジリエンスに定めています。

[出典：OECD, MEASURING SMART CITIES' PERFORMANCE, <https://www.oecd.org/cfe/cities/Smart-cities-measurement-framework-scoping.pdf>]

最近では、新型コロナウイルス感染症が世界中に広がった結果として、オンラインにより、否応なしに教育のデジタル化が全世界で普及しました。リアル空間と仮想空間のデジタルと、両方使うことのメリットが自然に理解できました。この間に移動制限があったことで、普段の健康のために近隣を歩くことの重要性が知られ、海外では車道を、歩道と自転車道に変える都市計画が実現しました。私の研究室では、名古屋大学のキャンパス内の歩道がどれだけ健康的であるかをデータ評価することで、スマートキャンパスの構築に役立てることを考えました(図2)。

これらすべてがスマートシティの考え方です。SDGsもスマートシティで実現できるという期待があります。これは2025年の大阪・関西万博の主なテーマですので、さまざまな国の提案を見ることで、日本のスマート化はもっと多彩になるでしょう。

一方、太陽光や風力による発電を支援することも不可欠です。もっと積極的に導入する必要がありますが、都市部での義務付けはもちろん、非都市部の自然景観の保護も重要ですので、計画学を使って、森や海の景観保護と再生可能エネルギーの両立を研究しています。

日本ではすぐに進まない地域が多いですが、国際的な動向を見て、可能性や方向性を知って、社会の変化に適切に対応することが大切になります。

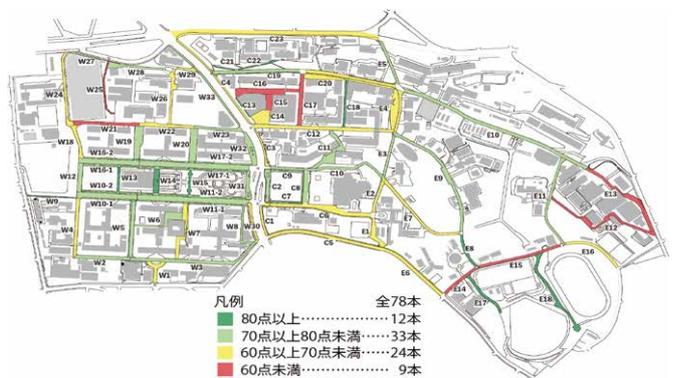


図2. スマートキャンパスの参考となる名古屋大学東山キャンパスのヘルシーストリート・デザイン評価の採点結果。

健康な歩行環境を考えたとき、緑色が濃いほど健康度が高く、赤色になるほど歩きづらい道が調査分析されています。

[出典：森琢人 2022年度名古屋大学卒業論文]

### 学生が教員にインタビュー

## 宮脇先生に話を伺いました

Q スマートシティが日本ですぐに進まない地域が多いのは、何がハードルになっているからなのでしょう。



A スマート化は、技術者が多く関わるため、ICTなど技術重視の発想になりがちで住民にはメリットが伝わりにくいことが挙げられます。まちづくりではみんなの意見を出して、客観的にデータに基づいて方向性を確認していくのが理想的です。データがあれば市民でもいろんな意思決定ができますが、せっかく蓄積したデータを公開したくないとオープンデータ化が進まないことも1つの要因でしょう。加えて、責任者だけに任せれば良いという考え方も、進まない要因です。少しずつ重要性を伝える、一旦やってみる、この繰り返しによって進むのではないかと思います。

Q 環境に配慮した街をつくることによって僕たちが得られる利益とはどのようなものなのでしょうか。

A 一番は「幸せ」です。まちづくりをそこに暮らす人々が一体になって行い、積極的な議論を通してずっと住み続けたいと思う街とはどのようなものかを考えることで、今まで気づかなかった自分たちの街の良さ・美しさ・価値が見えてきます。それらを住民が共有し、持続することが「幸せ」であり、まちづくりの重要な役割なのです。また、環境に配慮した街で暮らすことで「健康」でいられることもまちづくりによって得られる利益と言えるでしょう。

Q 名古屋大学駅1番出口から全学教育棟までの道は、水はけが悪くて雨の日は歩きにくいと感じています。ヘルシーストリート・デザイン評価では水はけの良さも反映されているのでしょうか。

A 歩道の評価項目は駐車・駐輪、植栽、段差、ベンチ、日陰など34項目あります。水はけの良さは含まれていませんが、これも歩きやすさの重要な指標になると思います。近年、私たちの分野では「グリーンインフラ」が注目されています。集中豪雨の対策として、排水設備を大きくする対応がよく取られます。これだけに頼らず、雨水を地盤に浸透させたり、地表面に流したりなど、自然の地形を生かして設計を行おうとする考え方です。建設中の東海国立大学機構プラットフォーム（仮称）も、大屋根に降った水を周辺の並木に流す計画になっており、小さなグリーンインフラとして早速取り入れています。

Q キャンパスをスマートシティ化のリビングラボとして活用することが重要であると考えています。岐阜大学のような郊外型キャンパスでも実現は可能でしょうか。

A もちろん可能です。多くの人が自分たちにはできないと思い込んでいます。柏の葉では、メリットやできる論理を提示することで、「やってみたい」「自分たちにもできるんだ」という気持ちを引き出しました。それぞれの大学の得意な分野から、できることから始めてみれば良いと思います。その際、キャンパスの特徴・特性を生かしながら、何をすれば学生や教職員が幸せになれるのかを中心にすえて進めていくことが大切だと思います。最も重要なのは、1つ実現できれば、次もやってみようとして続けてやってみることです。

「インタビューした学生の感想」

スマートシティは、脱炭素社会の構築だけでなく、その街に生きる人々に寄り添った買いまちづくりを目指しているのだと学びました。日本では進まないスマートシティが欧米ではコロナ禍を契機に次々と実現していること、これから先、そうした情報を取り入れて日本国内ではどのようなまちづくりを進めていく必要があるのか、お話を伺うことができて良かったです。また、ヘルシーストリート・デザイン評価に基づいて大学キャンパスを歩いてみると、健康に歩くためのさまざまな要素を実感することができ、いつも利用している道も見方が大きく変わりました。

左から/ 石原彩香(名古屋大学農学部2年)  
川瀬菊清貴(名古屋大学農学部1年)  
宮脇勝先生  
中藤駿(岐阜大学自然科学技術研究科修士課程2年)  
山中健生(岐阜大学応用生物科学部2年)

