

□ 参考) 農学部広報誌「弥生」掲載記事まとめ

農学生命科学研究科所属教員が行っている研究のうち、主にアカデミックな研究を説明した記事

「Yayoi Highlight」 (2018年度以降掲載分 [No.66-78])

記事タイトルおよび執筆者所属(執筆当時)【学部の専修、大学院の専攻、附属施設】	
※[No.XX]は「弥生」掲載号になります。	
ゲノムと水産と予測 [No.78] 【附属：水産実験所】	P.1
「ワンヘルス」アプローチで動物の感染症に挑む [No.77] 【学部：獣医学専修、大学院：獣医学専攻】	P.2
拡張する目で農業生産を支援 [No.76] 【附属：生態調和農学機構】	P.3
昆虫に垣間見る共生社会 [No.75] 【学部：応用生物学専修、大学院：生産・環境生物学専攻】	P.4
演習林のGXへの挑戦 [No.74] 【附属：演習林】	P.5
福島から始まる復興農学 [No.73] 【学部：国際開発農学専修、大学院：農学国際専攻】	P.6
なぜ景観をまもるのか ～景観に対する問いと向き合う～ [No.72] 【学部：森林生物科学専修・森林環境資源科学専修、大学院：森林科学専攻】	P.7
コロナウイルスとは何か [No.71] 【学部：獣医学専修、大学院：獣医学専攻】	P.8
鉄で土を肥やす！低窒素農業 [No.70] 【学部：生命化学・工学専修、大学院：応用生命化学専攻】	P.9
森林と気候の未来を読む [No.69] 【学部：森林生物科学専修・森林環境資源科学専修、大学院：森林科学専攻】	P.10
生態系を守るために、その価値を知る [No.68] 【学部：国際開発農学専修、大学院：農学国際専攻】	P.11
生命を導く匂いの価値を測る [No.67] 【学部：生命化学・工学専修、大学院：応用生命化学専攻】	P.12
花咲爺さん計画 [No.66] 【学部：応用生物学専修、大学院：生産・環境生物学専攻】	P.13

○農学部広報誌「弥生」HP

<https://www.a.u-tokyo.ac.jp/pr-yayoi/>

バックナンバー目次(各号ごとの目次およびPDFリンク)はこちら

https://www.a.u-tokyo.ac.jp/pr-yayoi/pr-yayoi_backnumber.html



「活かす」

農学が長年取り組んできた課題は、人類を養うためにいかに良質な食料を増やすかでした。農学において「活かす」とは、人類の生存を支えてくれる動物や植物を選択的に「生かす」ことだったと言えます。この育種の活動において、良い形質の親同士を交雑し、生まれたより望ましい形質をもつ子を選抜します。人類の長い歴史の中で数えきれないほどの在野の実務家が、経験に基づいた取り組みを積み重ねました。

その後、遺伝学に基づいた育種が展開しますが、近代的な育種においても長らくは、良い形質をもったものの選択を形態や収量などの表現型の情報を手掛かりにしていた。今では全ゲノム解析が様々な生物を対象に行われて、目的とする形質と遺伝子とを紐づける遺伝モデルなども利用できるようになり、ゲノム情報を「活かす」育種も行われるようになっていきます。また表現型の情報は、かつては観測技法の限界から粗いものにとどまっていたのが、今では情報技術の進歩によって精密なデータで構成されつつあります。生命科学と情報科学の発達は、かつて手探りだった育種をエビデンスに基づく取り組みへと導いています。

一方、農畜水産物や食品の品質情報も科学的により正確に把握できるようになりましたが、それが消費者の選択をどのように左右するか評価する研究も進み、これらの情報を「活かす」ことで望ましい育種方針や生産振興計画へフィードバックさせる可能性が広がっています。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長

中嶋 康博

「もはや日本は水産後進国」と言ったのは、2015年の農林水産大臣でした。これが本当かどうかはともかく、今、「養殖先進国」といったとき、そこに日本が入っていないことは事実のようです。私たちは、ゲノム情報と予測科学を活用して、世界を再び牽引できるような研究成果をあげることを目指しています。



附属水産実験所

きくち きよし

菊池 潔 教授

ゲノムと水産と予測

Genomes,
Fish and
Prediction

水産と言えば「鄙びた漁港」を連想する人が多いと思います。しかし、世界全体でみると、養殖産業の成長率は非常に高く（日本は一人負けと言われています）（図1）、欧州などにある海外の養殖先進諸国では、生物系・環境系・工学系・情報系の研究者が、その産業発展に貢献すべくしのぎを削っています。

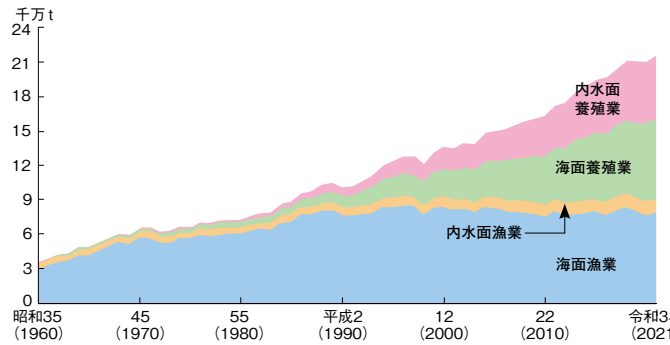
こういった動きの中で、一部の学者が注目しているのが「ゲノム情報を利用した予測学」です。これは「進化を予測する学問」と言いかえ

てもよいかもしれません。例えば、ゲノム情報を利用して「少ない餌で早く育つ集団」を人工的に進化させることができれば、その成果は産業の発展にも環境負荷の低減にも寄与します。また、この考え方を天然の集団に適用すれば、温暖化が進んだときに絶滅しやすい地域集団はどれか？といった問いにも答えられそうです。

水産実験所も、この「ゲノム情報を利用した予測学」に取り組んでいます。当実験所では、20年ほど前から魚類の全ゲノム解析を行っていたという背景もあり、今では、1年間に3,000個体程度のゲノム情報を取得することが普通になっています。この数はまだまだ少ないとも言えるのですが、そこから出てくる情報量はすでに膨大です。

最近まで力をいれていたのは「魚介類の性決定遺伝子を利用した雌雄予測」でした（図2）。しかし、介類はともかく魚類については、性決定の遺伝基盤が比較的単純であることがわかってきて、このテーマは山場をこえた感があります。いま力をいれつつあるのは、「成長」や「環境変動への耐性」といった複雑な遺伝基盤をもつ形質の研究です。

世界の各地で、養殖された温水性海産魚介類があたりまえのように口にされていますが、これらを飼育できるようになったのは20世紀半ば以降のことで、その飼育技術の多くが日本で確立されました。これらの技術的遺産をも取り込んで、魚介類集団の遺伝的变化をより正確に予測し、それを自在にあやつれる系を構築したいと考えています。



資料：FAO「Fishstat (Global capture production, Global aquaculture production)」(日本以外)及び農林水産省「漁業・養殖業生産統計」(日本)に基づき水産庁で作成

図1 世界で拡大・高度化する養殖産業

養殖生産の急激な増加をあらわす。縦軸は生産量を、横軸は年をします。令和4年度水産白書のp.149より転載。

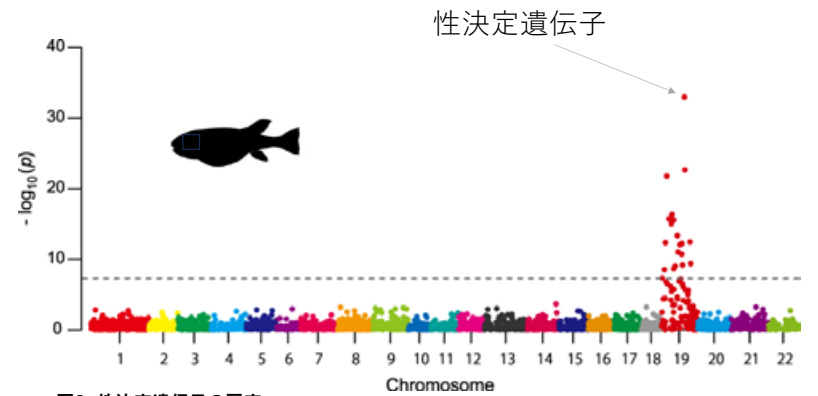


図2 性決定遺伝子の同定

456尾のトラフグからゲノム配列情報(約3,000個の遺伝子座)を取得した後、雌雄間の比較を行い、性決定遺伝子の位置を決定した。縦軸は性と遺伝子座の関連の強さを、横軸は各遺伝子座の染色体上の位置をします。

教えて！Q&A

■ ゲノム情報を利用した予測学

本稿では、専門用語である「ゲノム予測」に加え、ゲノム情報を利用した予測一般も含める意図でこの言葉を用いました。なお、「ゲノム予測」とは、多数個体から取得したゲノム情報と表現型情報を用いて遺伝モデル(回帰式)を作成し、これをもとに別の個体の遺伝的能力を予測することです。

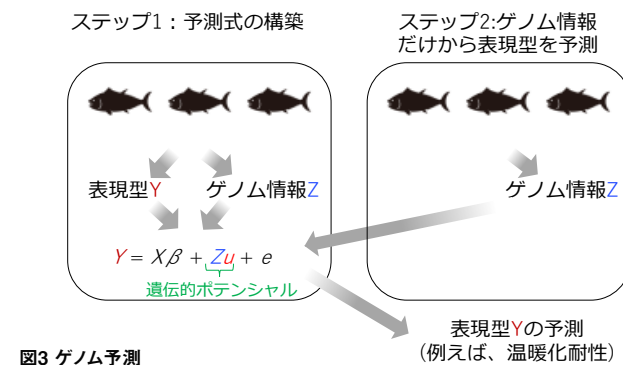


図3 ゲノム予測

■ 温水性海産魚介類

本稿では、暖流系の海域に生息する魚介類を総称する意味で、この言葉を用いました。代表的な例は、ブリ類やタイ類。その養殖技術の多くは日本で確立されています。一方、西洋で開発された養殖魚の代表であるサケ類は冷水性魚類です。

図4 ブリ類御三家

上からカンパチ、ヒラマサ、ブリ。シーボルトの日本動物誌より転載。



共存する

人類は生物種としてこの数世紀で驚異的に増えました。その成長は、食料や生活資材の供給源としての動植物との共存によって支えられています。

人類は長い歴史の中で野生種を選抜・馴化・品種改良して栽培化や家畜化に成功しました。それが人類の定住化を促し、そして文明化を導いたという説があります。その中で家畜化の一形態であるペットは古代から存在し、人間と動物との温かい関係性が指摘されています。その一方で家畜と共存することには感染症との闘いをもたらす厳しい側面もあったと言われています。

共存と言ってもその相手になったのは人類にとって都合のよい動植物に偏っています。たとえば穀類の栽培面積では小麦、トウモロコシ、稲が、家畜の飼養頭羽数では牛、羊、ヤギ、豚、そして鶏が圧倒的です。長い年月をかけて選択されてきましたが、近代農学によってさらなる選りすぐりの改良を施されて、ますます個体数を増やすことになり、グローバル社会で爆発的に増加した人類の食を支えてきました。生物としての生存戦略からすると、人類との共存は大成功だと言うことになるでしょう。

ただ、人類と共存した動植物の拡大は、その他の生物の生存を制約し、生物多様性・生態系保全に脅威をもたらしています。われわれは20世紀の最後の数十年にこのことへ強い懸念を覚え始めました。地球の有限性への認識もあまって、現代の農学の視座を大きく変えることになり、新たな共存の姿が模索されているのです。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部部長

中嶋 康博

ワンヘルス (One Health) とは、3つの健康、すなわち人・動物・環境の健康は相互に密接に関連しているため、それらを総合的に良い状態にすることが真の健康である、という概念です。

地球上の多様な生物との関係の中で生かされる人類という視点を忘れず、動物の感染症に挑みます。

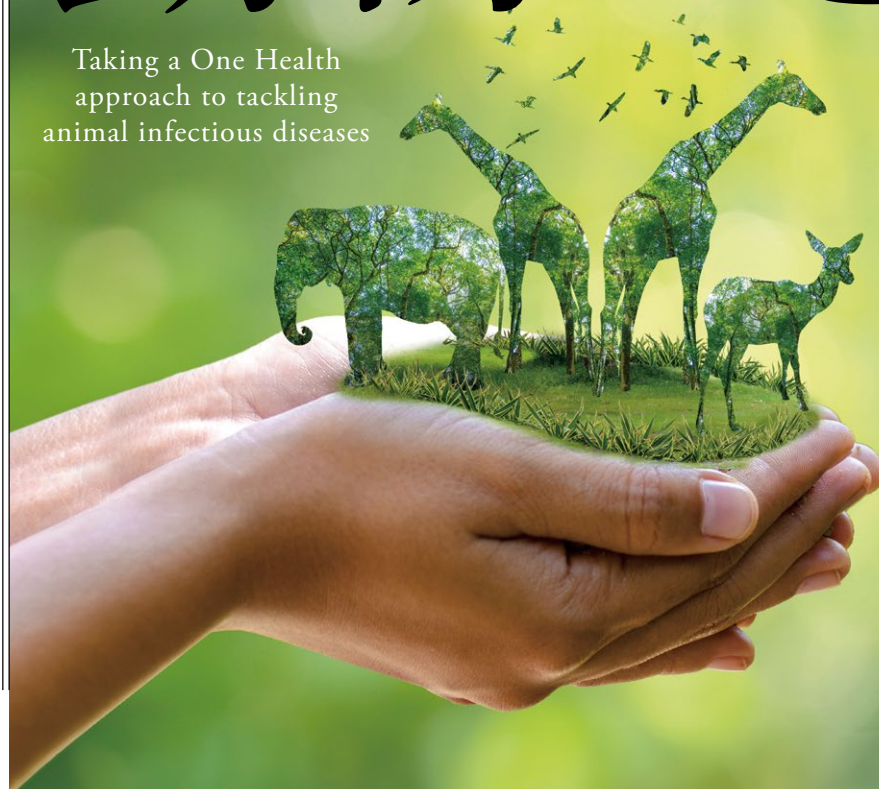


獣医学専攻 感染制御学研究室
(OSG 国際防疫獣医学 特任教授)

は が たけし
芳賀 猛 教授

ワンヘルス アプローチで 動物の感染症に挑む

Taking a One Health
approach to tackling
animal infectious diseases



動物と人の医学を一体と捉える「ワンメディスン」という考え方があります。近代病理学の父、ウィルヒョウは、既に19世紀「対象は異なっても、そこから得られる経験は、あらゆる医学の基本をなす」と言っています。これを感染症にあてはめてみましょう。

がんの一部は、感染症によることが知られています。人では子宮頸がんの原因が特定の型のパピローマウイルス (PV) であると判明し、予防ワクチンが実用化されていますが、それ以前に、様々な動物のPV研究がありました。ワタオノウサギという動物のイボから発見されたPVが、動物で実験的にがんをつくることは90年も前に報告されています。動物のがんにも多様なPVが関与すると考えられますが、詳細は未だに不明です。近年、犬猫等でも長寿化に伴いがんが増えています。我々は動物PVの多様性解析や病態解明、さらに制御の研究を行っています。

一方で、20世紀末、新たな動物由来 (人獣共通) 感染症が相次ぎました。背景に環境破壊とグローバル化が指摘され、人類への警鐘と言われました。奥地の開発で、未知の野生動物の病原体に遭遇し、地域の感染症が

グローバルに広まってしまふ。ここには人間活動が大きく関わっています。こうしたことから、動物や生態系、環境の健康が人間の健康に繋がることが強調され、21世紀には「ワンヘルス」の概念が提唱されました。

動物の感染症は、家畜の損失が食料の安定供給を脅かしたり、畜産物に残存する病原体が感染源となることから、発生地域の畜産物の移動・輸出ができなくなる等、経済にも打撃を与えます。人は他の命をいただいて生かされる存在です。増加する人口を支える食料、グローバル化で蔓延する感染症、これらの課題解決には、地球規模で専門分野横断的なアプローチが求められます。「ワンヘルス」を念頭に、獣医学の視点から、レギュラトリーサイエンス (解説欄参照) に繋がる研究を推進し、多様な動物の感染症対策に取り組んでいきます。

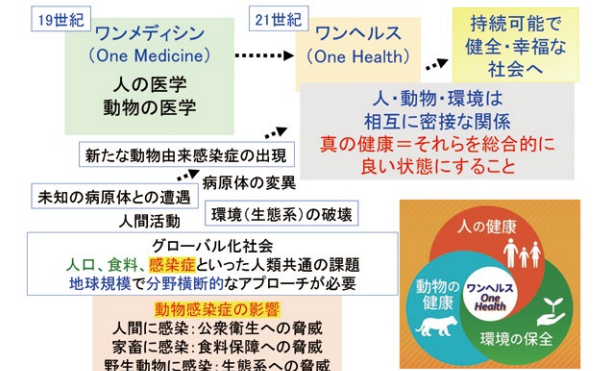


図1 ワンメディスンからワンヘルスへ
環境破壊やグローバル化で新たな動物由来感染症が目立され、19世紀に提唱された「ワンメディスン」から、さらに生態系や環境の健全な状態が重要との認識が広がり、「ワンヘルス」が提唱されました。

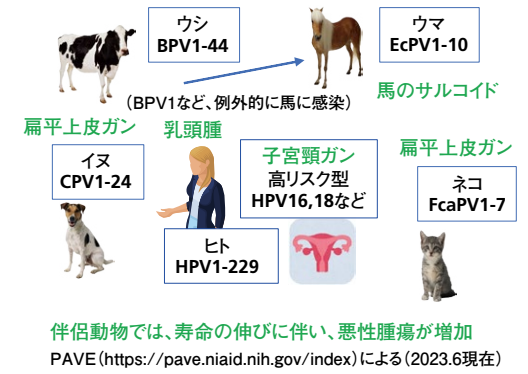


図2 パピローマウイルス (PV) の多様性
ヒトや各種動物には、それぞれ特異的なPVが存在し、腫瘍に関与していると考えられます。我々は、分子疫学的研究から、これまで新型の動物PVをいくつも発見し、PV関連疾病の病態解明と予防を目指します。

教えて! Q&A

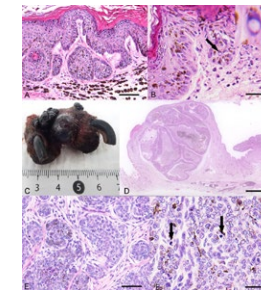
■ パピローマウイルス (Papillomavirus)

皮膚や粘膜に感染して乳頭腫 (papilla 乳頭+oma 腫瘍) と呼ばれる良性腫瘍 (イボ) や悪性腫瘍 (がん) を引き起こすウイルス。人では高リスク型と呼ばれる一部の型のヒトパピローマウイルスが子宮頸がんの原因として知られます。犬や猫、牛や馬など、それぞれの動物種に特異的なウイルスがあり、例えばイヌパピローマウイルスは犬にしか感染せず、現在1型から24型まで多様な型が知られていますが、未知の型も多く存在すると考えられ、その病態への関与等、詳細は不明です。

図3 イヌパピローマウイルスによる犬の悪性腫瘍 (がん)
[獣医病理学研究室 チェンバズ助教 提供]

■ レギュラトリーサイエンス (Regulatory Science)

科学技術の成果を人と社会に役立てることを目的に、根拠に基づいた確かな予測、評価、判断を行い、科学技術の成果を人と社会との調和の上で最も望ましい姿に調整するための科学。別の言い方をすれば、科学的知見と、行政措置などの規制との間の橋渡しとなる科学です。獣医領域の感染症制御には、レギュラトリーサイエンスを念頭に、技術開発のみならず、人文社会学や政治経済学的なアプローチから、効果的な制御法の提言を行ったり、啓発活動を行うことも重要です。



■ 越境性動物疾病 (Transboundary Animal Disease: TAD)

国境を越えて蔓延し、発生国の経済、貿易、および食料の安全保障に関わる重要性を持ち、かつ、その防疫には多国間の協力が必要となる動物の感染症を指します。豚熱 (豚コレラ) や、豚熱と症状は類似するものの全く別のウイルスで起こるアフリカ豚熱 (アフリカ豚コレラ) といったブタやイノシシの病気は、人には感染しませんが、甚大な被害をもたらす越境性動物疾病です。また口蹄疫や高病原性鳥インフルエンザも代表的な越境性動物疾病です。

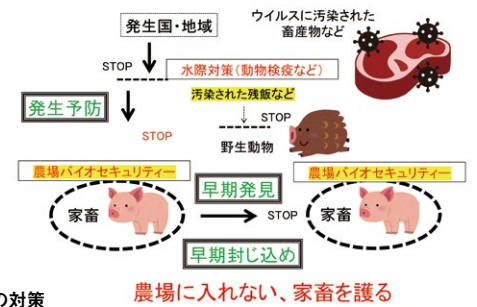


図4 越境性動物疾病の対策

詳しくはこちら、<http://www.vm.a.u-tokyo.ac.jp/kansen/index.html>

http://www.academy-nougaku.jp/pdf/bulletin036/bulletin036_07_haga.pdf

協働する

農学生命科学研究科・農学部には、さまざまな対象の研究に独自の切り口で取り組んでいる多くの研究者や学生がいます。対象とする専門分野が多岐にわたると同時に、自身の研究に集中するあまり、構成員が相互の活動を知る機会はいまだあまりありませんでした。

地球的課題の解決を迫られている現在、私たち農学に携わる人々に対する期待は高まっています。地域創生やグリーントランスフォーメーションは、ひとつの専門分野のイノベーションによって解決できるような課題ではありません。今こそ多様なバックグラウンドを持つ私たちの得意分野を持ち寄り、協働して課題解決に貢献すべき時だと思っています。

社会的課題の解決は、アカデミア内の協働だけでは達成できないでしょう。行政や生活者、企業、NPOなど社会のさまざまなステークホルダーと積極的に協働することによって、新たな視点が見いだされることが期待されます。参加する人々の相互理解と信頼によって協働の成果は生まれます。新型コロナウイルス感染症による混乱は、落ち着きを見せ始めたようです。さあ、いつもの居場所を飛び出して、多様なバックグラウンドを持つ人々と課題解決に向けた語り合いを始めましょう。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長
堤 伸浩

農作物観察は栽培管理の基本です。私たちは工学・情報科学と農学・植物科学を融合して、作物を見る人の目を拡張し凌駕することで作物育種や栽培管理技術にイノベーションを起こすための研究をしています。



附属生態調和農学機構
かく い
郭 威 准教授

拡張する目で 農業生産を支援

Supporting agricultural production with human eye augmentation



生産性と持続性の両立が求められる21世紀のスマートな農業生産には、革新的な育種開発と栽培管理技術の高度化が必須となります。その中で、植物の表現型と遺伝子型と環境との関係を理解し、モデル化することが重要となります。モデル化により、数十年の経験を蓄積してきたベテラン、さらにはそれ以上の目で観察、判断しているように、求められる作物品種育成の効率化や、さまざまな環境下での作物栽培管理の最適化をして収量や品質向上、環境負荷低減などを支援することができると期待されています。

モデル化には、大量の植物表現型情報の蓄積が必須です。しかし、表現型の計測（フェノタイピング）は、その多くを時間も労力もかかる人手観測で行っています。そこで私たちは、ドローンやロボットといった機械の「目」をもたすことを通して、効率や精度について人間の目を遙かに凌駕するフェノタイピング方法

の研究開発を行ってきました。

ドローンを飛行させ、鳥の視点で圃場を見下ろした画像を撮影し、そして圃場の三次元再構築、デジタル化、画像解析など作業（図1）を行うことで、人間の目を一気に拡張できます。たとえばソルガムの育種圃場（図2）について1,440個に分けた小試験区（長さ5メートル）の収量性を比較するために、各試験区の穂数を人力で調査するには、かなり時間がかかりますが、ドローン穂数調査手法を利用すると、数十分の飛行と数時間の画像解析で調査が完了します。また、モモ果樹園（図3）をドローンによる三次元測量することで、収量や品質を向上させるための整枝や剪定のための複雑な技術指導を、新規就農者にも効率的かつ効果的に行えるようになります。これは、これまでのような紙媒体の果樹栽培指導指針だけでは困難なことでした。

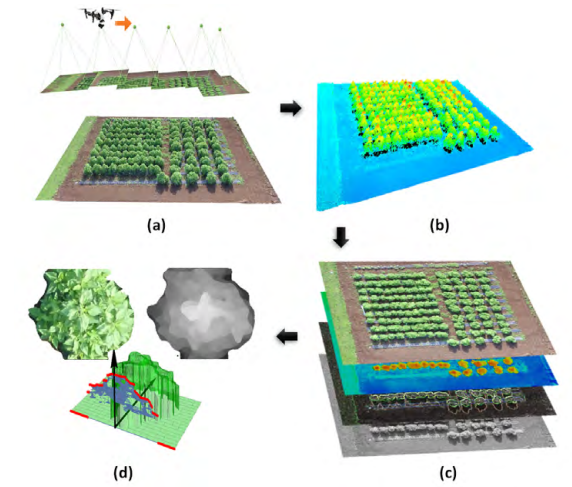


図1 ドローンフェノタイピングの流れ
(a): 飛行と写真撮影 (b): 圃場三次元再構築
(c): マッピングとデジタル化 (d): さまざまな表現型をAI画像解析による算出

私たちの研究室では、このような工学・情報科学と農学・植物科学を統合した植物フェノクスと呼ばれる分野横断型研究を、画像データ利用を中心に行っています。将来、さまざまな「目」を創出することで人間の目を拡張し、賢い農業生産の実現を支えていこうと考えています。

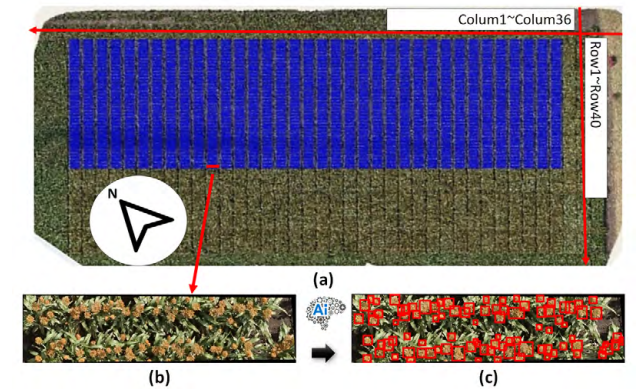


図2 ソルガム育種におけるドローン穂数調査
(a): ドローン空撮画像から作成された圃場全体図(1,440小試験区)
(b): 1,440小試験区の一つ(赤い四角、長さ5メートル)を拡大した様子
(c): 深層学習による小試験区内の穂検出と計数の様子

教えて！Q&A

■ スマート農業

農林水産省の定義によりますと、「ロボット、AI（人工知能）、IoT（センシング技術）など先端技術を活用する農業」のことです。データ駆動型農業とも呼びます。詳細は<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/>を参照。

■ 植物フェノミクス

植物のさまざまな表現型（草姿、果実や葉の形状・色彩、根の形態、収量、食味、植物体の生育・生理状態など）の計測や解析・評価を行う学際的な研究分野で、遺伝型（ジェノタイプ）について研究するゲノミクスと対をなしています。表現型を計測・解析・評価することをフェノタイピングと呼びます。

■ モデル化

現在と過去の作物表現型（例えば収量）、及びその作物と関連する環境（気象、土壌、微生物など）、遺伝子データを大量に蓄積し、そのデータを用いて作物将来の表現型を予測するモデルを作成することです。モデルが完成したら、データに基づく農作業の自動化、最適化によるスマートな農業生産の実現を期待できます。



図4 拡張する目で植物をフェノタイピング、モデル化するイメージ

詳しくはこちら、<https://lab.fieldphenomics.com/>

共生する

地球上のすべての生物は細菌、古細菌、真核生物にグループ分けされる。私たちヒトは、数十兆個の細胞核を有する細胞で構成されており、真核生物の一員である。

真核生物は、私たちの祖先である古細菌が好気呼吸をする細菌を細胞内に共生させ、ミトコンドリアを獲得することで成立した。酸素呼吸によってエネルギーを獲得するようになった真核生物のある種が、さらに光合成細菌を細胞内に共生させることで、太陽光のエネルギーを利用して空気中の二酸化炭素から有機物を合成する生物が生まれた。葉緑体を持つ植物である。今から10億年～20億年前の出来事である。これらの進化的イベントは、生物によってもたらされた地球環境の変化が原動力となったと考えられている。

生物学が対象とする共生は、双方が利益を得る相利共生ばかりではない。片側が搾取する寄生や、双方が損をする競争なども共生として捉えられる。競争も進化の原動力となる。「鏡の国のアリス」に登場する「赤の女王」のことは『その場にとどまるためには、全力で走り続けなければならない。』が競争と進化の関係を例えているので、「赤の女王仮説」と呼ばれている。すべての生物種と地球環境は相互に影響を与えながら、全力で走り続けて変化し続けてきた。しかしながら、これらはすべて進化的スケールの時間軸で起こったことである。私たち人間の活動が、この100年ほどで他の生物種や地球環境に与えている影響は、「赤の女王」が期待しているものではない。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長

堤 伸浩

昆虫の病気や病原体を研究する学問領域を昆虫病理学といいます。農学部3年生の「昆虫病理学」の講義で出会って以来30年間、昆虫とその病原体の神秘に魅せられています。細胞から生態系に至るまで、いろいろなレベルでの共生社会を垣間見ることができます。



生産・環境生物学専攻
昆虫遺伝研究室
かつ ま すむ
勝間 進教授



昆虫に垣間見る共生社会

身近な共生から人間活動を考える

共生とは、異なる種の生物が細胞、個体、生態系といったレベルに関わらず同所的に存在することです。相利共生や寄生などがよく知られていますが、共生の種類には明確な境界はなく、環境や時期によって関係性が変化する場合があります。さらに、人間が観察できる利害関係は限定されているため、実際の関係性を正確に捉えられていない場合もあります。

私は昆虫に感染する微生物を研究していますが、その中でも魅せられているのがバキュロウイルスとボルバキアです。バキュロウイルスは主にチョウやガに感染するウイルスで、宿主幼虫の行動を制御して寄主植物のてっぺんに昇らせ、死亡後に体を溶かすことからゾンビウイルスと言われています(図1)。この恐ろしいウイルスも生態系の中では宿主昆虫の密度を下げることに貢献しており、「森を守るウイルス」としても有名です。一方、ボルバキアは昆虫の細胞の中に存在する細胞内共生細菌であり、昆虫の

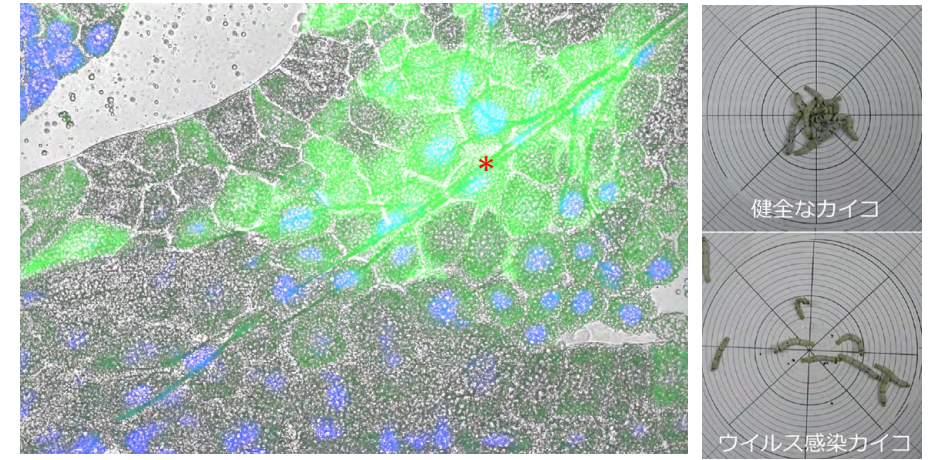


図1. バキュロウイルスによる宿主行動操作

バキュロウイルスは自然界では経口感染によって伝播し、消化管から侵入した後は酸素運搬組織である気管(※で示しています)を利用して全身に広がっていきます(左図で緑色がウイルス感染細胞を表しており、気管に沿って感染が広がっていることがわかります)。全身感染後に宿主の行動が活性化され、健全な状態だとあまり動かないカイコも活発に動くようになります(右図)。

性を操作することが知られています。私の研究対象はトウモロコシの害虫として悪名高きアワノメイガに共生する「オス殺し」ボルバキアです(図2)。このボルバキアに感染したメスが健全なオスと交配すると、後代ではオスは致死し、メスだけになってしまいます。こんな病原体がいたらメスだけになって、この種は途絶えてしまうのでは、と考えるのが普通でしょう。実際、絶滅しか

けた例も知られていますが、大抵の場合は生態系の中では絶妙にバランスがとられているようです。

小さな昆虫と同じように、私たち人間の活動も多様な共生者とのバランスの中に成り立っています。地球という巨大な共生システムの一員であることを忘れずに活動していくことが大事なことは間違いありません。



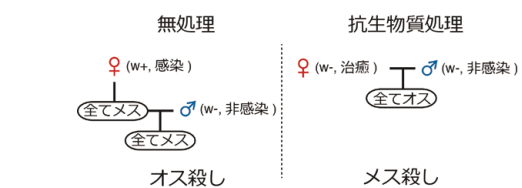
図2. アワノメイガに共生するオス殺しボルバキア

トウモロコシの害虫であるアワノメイガ(左写真)には、オス殺しを引き起こすボルバキアが共生している場合があります。ボルバキアはアワノメイガ細胞の細胞質に存在し、宿主の性決定経路に干渉することでオス殺しを引き起こすことがわかっています(右写真で緑色は細胞核、赤色は細胞質に存在するボルバキアを示しています)。左写真はProc Jpn Acad, Ser B 94 (2018)の図を日本学士院の許可を得て改変したもの。右写真は松田(今井)典子博士の提供による。

教えて！Q&A

■ ボルバキアによるオス殺し

ボルバキアは昆虫の60%以上に感染していると考えられており、その宿主制御の巧みさも相まって「最も成功した寄生者」と言われています。ボルバキアは、「オス殺し」、「遺伝的オスのメス化」、「単為発生」、「細胞質不適合」という4種類の性・生殖操作を行います。オス殺しボルバキアに感染した昆虫を抗生物質処理すると、通常、非感染の場合と同じように性比が1:1に回復します。しかし、オス殺しボルバキアに感染したアワノメイガ類では、ボルバキアを除去すると感染時とは逆のメス殺しが生じます。これは、100年以上の持続感染により、宿主の性決定機構がボルバキアに依存してしまったためであると考えられています。



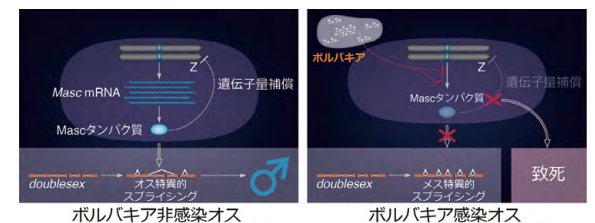
ボルバキアの共生によるアワノメイガ類のオス殺し。
wはボルバキア非感染、w+はボルバキア感染個体を示す。

■ ボルバキアによる感染病の防除

蚊はさまざまなウイルスやマラリア原虫など、多くの病原体を運ぶベクターとして知られており、病気の蔓延を防ぐ一手として蚊の防除が行われてきました。最近の研究で、ショウジョウバエ由来のボルバキアを人為的に感染させた蚊は、病原体の媒介能力が極度に低下することが判明しています。この現象を利用して、ボルバキア感染蚊を野外に放し、感染症の蔓延防止の試みが世界中で行われています。

■ オス殺しのメカニズム

カイコの性決定機構の研究から、カイコのオス化因子Mascはオス化だけではなく、遺伝子量補償にも関与していることがわかっています(弥生65農学最前線参照)。Masc遺伝子を破壊するとオス化できなくなり、遺伝子量補償の破綻によりオスが致死します。ボルバキアはこのMascを無効化することにより、チョウ目昆虫においてオス殺しを実行します。



ボルバキアによるオス殺しのメカニズム。図はProc Jpn Acad, Ser B 94 (2018)の図を日本学士院の許可を得て改変したものである。

GXする

“気候変動に関する政府間パネル(IPCC)”は、2021年の報告書において地球温暖化の原因が人間活動による温室効果ガスの排出にあると結論した。気候変動の影響はすでに世界中で観測され、地球環境がすでに危機的状況にあることを多くの人が実感している。化石燃料の使用が温室効果ガスの主な排出源と考えられ、風力や太陽光、バイオマスなどの再生可能エネルギーへの転換が急がれている。GX(グリーントランスフォーメーション)は、温室効果ガスの排出を伴わない社会構造に変革することを意味する。

植物は二酸化炭素を光のエネルギーで有機物に変換し植物体や土壌中に貯留することができるため、二酸化炭素の削減に寄与する。しかしながら、作物や家畜の生産過程では多くの温室効果ガスが排出されている。その一方で、日本では膨大な量の食料が廃棄され続けている。このように農林水産業はGXに正と負の両面で関わっており、GXは現代の農学の最大のミッションとなっている。

世の中はグリーン社会を実現させるために、イノベーションにより産業構造を転換させ経済成長することを目指している。そもそも私たちが直面している危機は、地球環境が有限であるにもかかわらず、無限の成長を目指したことに起因しているのではなかったか。私たちは、成長と拡大を前提とした考えを変革すべき時代を生きているように思う。GXとは産業構造の転換ではなく私たちの心の転換かもしれない。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長

堤 伸浩

Yayoi Highlight

農学生命科学研究科の附属施設である演習林は、「科学と社会をつなぐ森」として、「100年を超える長期データの蓄積」「地域社会と連携した教育研究の実践」といった強みを活かし、持続可能な木材生産の研究などを通じて東京大学のGXへ挑戦します。

附属演習林
企画部

くらじ こういちろう

蔵治 光一郎教授



演習林のGXへの挑戦

森林の持続的な利用を通じた化石資源依存社会の変革を目指して



北海道演習林の「樹海」
写真の森は一見手つかずのようですが、実は何度も伐採されています。毎年2万㎡以上の木材を生産し、再生可能な資源として利用しながら、森林の環境保全機能を発揮させるための長期森林管理実験に取り組んでいます。

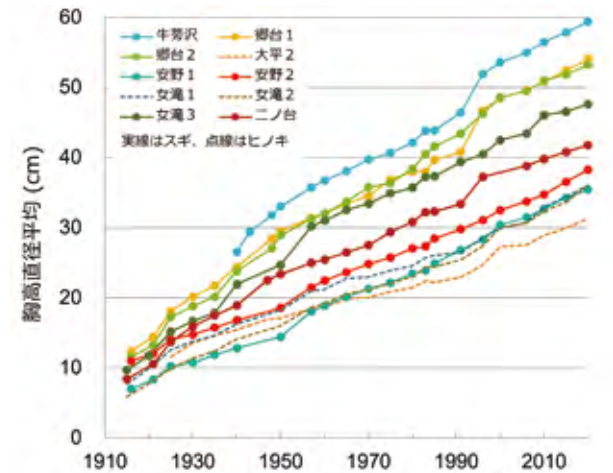
森林資源は、時代や地域を問わず広汎に利用された「再生可能な自然資源」であり、その用途は大きく燃料材と用材に分けられます。戦前までの木材生産量は、燃料材が用材を上回っており、燃料材は家庭用及び産業用(製糸、製茶、製陶、精錬など)に使われ、用材は建築、土木、家具、建具、日用雑貨、鋁業、運輸、通信、電力、車両、船舶、パルプ、包装、合板、単板などの用途に使われてきました。その後、燃料材は化石燃料に代替され、用材もコンクリート、金属、樹脂などの安価で丈夫な資材で代替されてきました。これらの代替資材は製造過程で多量の二酸化炭素を排出し、地球環境へ負荷をかけているため、脱炭素社会を目指すGXでは、森林資源の持続的利用への回帰が求められています。現代日本のエネルギーや資材の使用量は戦前とは比較にならないほど大きいため、森林資源の取

り扱いを誤ると、炭素を貯蔵している土壌が流亡したり崩れたりして森林資源の再生が難しくなる恐れもあります。

このような時代の流れを見据え、農学生命科学研究科の附属施設である演習林では、持続可能な木材生産の研究、今後増加していく高齢人工林の炭素吸収量の研究、奥地の人工林を天然林に転換する研究、スギやヒノキに代わる早生樹の造林に関する研究、病虫獣害の対策

に関する研究、森林の緑のダム機能に関する研究、小規模で循環型の森林利用を核とした癒しの森づくりに関する研究などを、北海道から愛知県に至る7か所の演習林で進めています。「長期にわたる過去のデータを蓄積している」「地域社会と連携して教育研究を推進している」ことが演習林の強みであり、「森林の

炭素固定モニタリング技術や炭素固定を促進する森林管理技術の開発」「脱炭素社会に必要な分野横断型人材育成」「演習林を活用した東大の脱炭素化の推進」「地域の脱炭素化の計画策定へ向けた協創」などの形で東京大学のGXへ森林・林業・林産業分野として挑戦することを構想しております。



スギ・ヒノキを植林した後105年継続して測定した直径成長

スギやヒノキの人工林は高齢化によって炭素吸収量が頭打ちになると言われてきましたが、千葉演習林で105年にわたりデータを取り続けた結果、高齢林も旺盛に成長を続けており、炭素吸収量も頭打ちにならないことを示しています。

教えて! Q&A

■ 生態水文学研究所

製陶業の燃料材として過剰利用され、ハゲ山になってしまった愛知県瀬戸市・犬山市近郊の丘陵地を森林に再生する研究拠点として1922年に設置されました。森林の緑のダム機能の研究のため、森林に再生していく過程と、森林から流出する水や土砂を100年近くにわたりモニタリングしており、災害をもたらすような大雨時の洪水や渇水時の水資源、水質と森林の関係について研究しています。



山地河川から流れ出る水の量をモニタリングする白坂量水堰(増水時の様子)

■ 富士癒しの森研究所

森林には、私たちの心に安らぎを与えたり、リフレッシュを促したりする作用があります。森林のそのような側面に焦点を当てているのが、富士癒しの森研究所です。この研究所は、富士山麓の山中湖畔に位置する演習林を舞台に、どのような森林がどのような癒しをもたらすのか、また、森の恵みを薪や木材として暮らしの中に取り込むことで、「癒しの森」が自律的に維持されていく仕組みを、地域社会と連携して模索しています。



癒しの森プロジェクトの概念図

■ 樹芸研究所

かつて人は樹の様々な性質を熟知しており、樹に親しみ、樹を暮らしに役立て、樹を育んできました。「樹芸」とはそれらを包括する概念です。それらは安価に大量生産して大量に消費する仕組みに乗せにくく、多くが経済原理によって消滅しつつあります。アブラギリの桐油や駿河炭は実例です。日本林業も経済原理によって弱っています。樹芸研が取り組む早生樹ユーカリは、高生産性によって林業の経済性を高める狙いがあります。70種もの適応試験の知見から有望種を絞り込み、林業的生産性を確認するため種ごとに約100個体からなる新たな造林試験を行っています。

(左) 収穫したニホンアブラギリはゆっくりに乾燥したのち駿河炭に
(右) 植栽から8年経過したEucalyptus saligna (中央に人がいます)

詳しくはこちら、 <https://www.uf.a.u-tokyo.ac.jp/>

よみがえる

東京オリンピックが閉幕し、終戦の日を迎えた。新型コロナウイルスの感染が急激に拡がっている最中である。日本は太平洋戦争による災禍からよみがえり、めざましい経済発展を遂げ先進国の一翼を担っていると多くの国民は考えてきた。しかしながら、さまざまな側面でそれが後退したか、そもそもそれは幻影であったのではないか。

オリンピックそのものが内包する矛盾は脇に置くと、日本でオリンピックが開催されたことによって、この国の本質が日中戦争から太平洋戦争に突き進んでいた頃と大きくは変わっていないことに気づかされた。

成長を前提とする資本主義が行き詰ると、成長の伸びしろを惨事や祝祭に求めることがある。原子力発電所の事故によって打撃を受けた福島は、惨事資本主義的な力によって少なからず翻弄され、さらに復興五輪のかけ声のもと祝祭資本主義の材料として利用された。農学を実学と定義するのであれば、健全な一次産業を復興発展させるだけでなく、それぞれの地域の特性に応じて、コミュニティや伝統、文化、景観などを最大限尊重することが農学には求められている。

人口減少によって衰退している地域は数多い。これらの地域では、災害と同様の社会破壊がじわじわと起こっている。地域と地球をよみがえらせるには、いたずらに経済的成長を求めることから決別する必要がある。私たちが目指すべき豊かさは別の地平にある。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長

堤 伸浩

原発事故から10年が経ちました。東京大学大学院農学生命科学研究科では事故当初から各分野の研究者が福島の農業問題に関わってきました。こうした取り組みは復興知として集積され、現場の課題を解決するための古くて新しい農学としてよみがえろうとしています。



農学国際専攻
国際情報農学研究室
みぞぐち まさる
溝口 勝教授

福島から始まる復興農学

Resilience Agronomy starting from Fukushima



新しい農学に向けて始動した農学部の学生と教員による初の現地訪問

2012年10月に東大農学部の学生と教員が福島県飯館村を初めて訪問し、農家から放射性セシウムによって汚染された農地の説明を聞きました。いまはここで純米酒「不死鳥の如く」の酒米がICTを活用した方法で栽培されています。

<https://youtu.be/e-pzCQgvL5A> 東大TV：飯館村に通いつづけて8年半・大学と現場をつなぐ農学教育



日本の農業技術は江戸から明治にかけて篤農家によって作られてきました。一方、日本の近代的農学は1884年の日本獣医学会と1887年の農学会から始まりました。しかし駒場農学校を卒業した横井時敬先生は西洋科学を学んだ当時の農学者が現場を見ずに事にあたろうとしているのを見て講演会の席で「農学栄えて農業滅ぶ」と揶揄した*といわれています。

2011年3月、東日本大震災による津波によって東北地方沿岸部が壊滅的な被害を受け、そして原発事故によって福島県浜通り地域は放射能で汚染されました。1986年のチェルノブイリ事故では石棺処理で幕引きされましたが、福島では地域をよみがえらせる人類初のチャレンジが続いています。研究者が福島に足を運

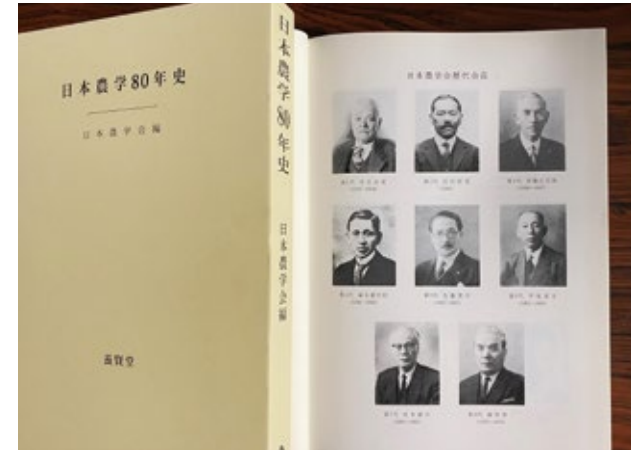
び、専門知を駆使した試みは「復興知」として集積されつつあります。そして復興庁はこうした復興知を世界に向けて発信する試みも含め、創造的復興の中核となる国際教育研究拠点を作ろうとしています。

農村は食料生産と生活環境の場で、農学はそこに住む人々と創る総合的な学問です。科学論文では過去の文献を検索して自分の研究分野の新規性を主張しますが、

福島には原発事故に由来する新しい課題が至るところに転がっています。「農業のことは農民に聞け」も横井先生の言葉です。避難指示が解除された地域には逆境に負けない現代の篤農家が戻っています。教員と学生が現場に行き、篤農家と対話すれば課題が見え、江戸時代から続く伝統的な堆肥づくりに最先端

のテクノロジーを組み合わせることで除染で失われた地力を回復するなどの研究テーマが生まれます。農学は総合的な科学技術の集大成です。細分化されていた農学がいま復興という目標を掲げて福島から不死鳥の如くよみがえろうとしています。

※田付貞洋・生井兵治(2018)．農学とは何か，朝倉書店，p.3



1929年に始まった日本農学会の歴代会長

1929年までに設立された農学関連の16学会を束ねて誕生した日本農学会は今では研究分野の細分化により50以上の学会で構成され、そこに今年復興農学会も加わりました。日本農学会編(2009)．日本農学80年史，養賢堂

教えて！Q&A

■復興知

2011年の原発事故以降に全国の大学等が福島の現場に入って得た福島復興に資する「知」。大学等の組織的な教育研究活動を支援し、大学間や研究者間の相互交流とネットワークづくりを推進するために、2018年に文部科学省が「大学等の「復興知」を活用した福島イノベーション・コースト構想促進事業」を立ち上げた際に使われた用語。東京大学ではこの事業に採択された部局の研究者が連携して、2020年4月から駒場の学生を対象に福島復興知学講義を開講しています。

https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpab201901/1420047_009.pdf



(文部科学白書2018 p.73)

■国際教育研究拠点

福島の創造的復興に不可欠な研究および人材育成を行い、その経験や成果等を世界に発信・共有するとともに、そこから得られる知をもとに日本の産業競争力の強化とイノベーションの創出を目指すための教育と研究の拠点。復興庁が2021年度内に基本構想を策定する予定。5つの重点分野の1つとして農林水産分野があり、東大農学生命科学研究科の研究者の参画も期待されています。

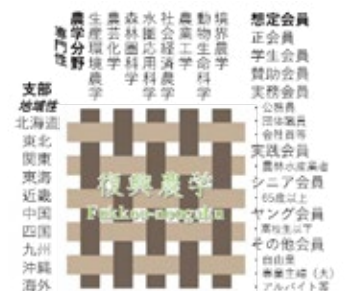
<https://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-21/20210202160535.html>



■復興農学会

国内外における自然災害・原子力災害等からの復旧・復興から得た農学・農林水産業分野における知見・技術を、広く国内外に発信していく学術的な非営利組織。2020年6月に設立されました。専門性という縦糸で発展してきた農学分野を、地域性という横糸でつなぎ、現場の声に耳を傾けながら専門家が一緒になって地域と農業の復興を果たし、日本および世界の農業・食料生産の持続的発展へと展開することを目指しています。

<http://fukkou-nougaku.com/>



詳しくはこちら、<http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/edrp/fukushima/201017.html>



「愉しむ」

幼少の頃、私はこの号で紹介されているマウスと同じことを経験した。当時、地方の家庭では、チーズはまだ馴染みのある食べ物ではなかったと思う。大手乳業メーカーの扇形のチーズを叔母に手渡されて初めて口にしたとき、その匂いと食感の異常に衝撃を受けた。その後しばらくは決してチーズに手をのばすことはなかった。ところが、当時放映されていた「トムとジェリー」に触発されて、もう一度体験してみたいという思いに駆られ、恐る恐る食べてみた。あ〜ら不思議。これがウマイ。その後チーズは私の好物となり、飲食店でもチーズを注文することが多い。強烈な匂いのウォッシュタイプが好みである。

かすかな匂いから、過去に経験したさまざまな情景を突如として思い出すことがある。そのときの部屋の様子や街並みなど、光の加減や色などとともに意外なほどはっきりとイメージできる。匂いの記憶が景観や感情とむすびついて、しっかりと脳の中に染みついているのだと思い知らされる。

匂いや味、景観など私たちが五感で得た刺激は、感情と複雑に絡み合いながら記憶され、私たちの心を豊かにしてくれる。私たちが研究の対象としている食料や環境は、人間の心にも深く関わりながらやがて愉しみをかたちづくる。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長
堀 伸浩

Yayoi Highlight

気候変動と自然災害との関係が指摘され、生物多様性の重要性とその価値が認識、共有されている現代社会においては、環境保全がなぜ必要かという問いはもはや意味を持たない。その一方で、環境の一側面とも言える景観については、“なぜ景観をまもる必要があるのか?”という問いが成立する。



農学生命科学研究科 森林科学専攻
森林風致計画学研究室
やまもと きよたつ
山本清龍 准教授

なぜ景観をまもるのか

～景観に対する問いと向き合う～

富山県砺波平野の散居村景観

富山県の砺波平野の散居村住居を取り囲み、防風、防雪の機能を持つ屋敷林は失われつつある。窓やサッシの性能の向上により、屋敷林が果たす役割への期待が相対的に低下し、2004年の台風被害を契機に屋敷林景観が急激に変容している。

都市を例にとると近代は新陳代謝の繰り返しである。常に再開発事業や駅の改良工事などが行われ、完成された同じ姿の都市をみることは叶わない。東大キャンパスもしかりであり、管見の限り、この約四半世紀は整備、改修、新築の工事の連続である。それゆえ、景観が変化し続けるという前提を許容しつつ景観をまもることを論じなければならず、このあたりが難しい。

近世以前は自然への畏敬、伝統的慣習によって無意識に秩序をとまなげて景観が形成された時代がある。瓦、板、茅で葺かれる屋根、石、土、泥で築かれる壁、塀など、一定範囲の地域で同じ素材が用いられ、おのずと個々の景観要素の類似性は高まり、地域として統一された景観パターンが形成されたのである。黒石市中町の商家町、沖縄県竹富島の赤瓦の集落、同じ色の屋根が美しく並ぶベルギーのブ

リュージュのまちなみにある種の感動を覚えるのはそうした無意識の集合による秩序にある。

近代に入ると景観要素となる個々の素材の強度が向上し、かつてなかった高層建築の出現など形態、色彩の多様化が進展する。さらに、情報、物質、技術の流動化、広域化も手伝って、私たちは優れた、あるいは費用対効果の高い素材、工法を選択できるようになった。こうして、異なる個性を持っていたはずの場所で同じモノが見られるようになり、全体として均質化がもたらされた。

近年は、自然エネルギーへの回帰と並行して巨大な風車が立ち並ぶ海、山を目にするようになり、新しい景観が立ち現れるようになった。ヒューマンスケールを超えた景観、自然との調和が欠如した景観などと批判を加えることも可能であるが、見方を変えれば新しい景観、風

景の獲得でもあり、いずれ日本らしい景観として評価され定着するかもしれない。

歴史的に見れば、景観、風景の喪失と獲得はこれまでずっと行ってきた私たち人間の営為でもあり、それゆえに、なぜ景観をまもる必要があるのかという問いに答えを見出すのは難しいのである。解答するためのキーワードには、郷愁、地域への愛着、帰属意識などがあるが、これからも社会的な価値意識を参照しつつ論じ考察していく必要がある。



新陳代謝する都市景観

神田川、聖橋、お茶の水橋、茗溪通りに囲まれたJR御茶ノ水駅はその地形的条件の不利によりリニアフリーの整備が遅れていたことから駅前広場の整備とあわせて全面的に造り替えられようとしている。

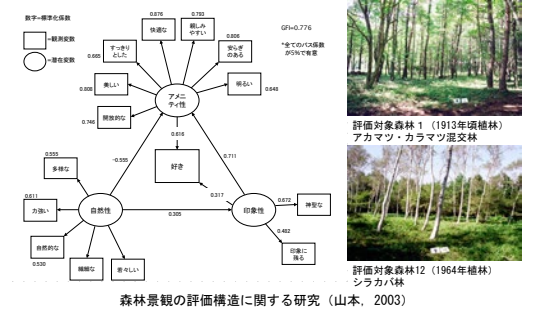
教えて！Q&A

■「景観と風景」

景観は人間をとりまく環境のながめであり、視覚的特性を指す用語である。風景が美醜や快・不快など人間的文化的要素を含めた総合的主観的概念であるのに対し、景観は客観的分析的概念であるが、今日では景観の概念が拡大し広い意味で使用されている。たとえば、他の言葉との組み合わせとして景観解析がある一方で風景解析の呼称は見あたらず、専門用語としては使い分けられている。しかし、日常的には使い分けはなされておらず、どちらの語を用いてもよい場合が多い。

■「景観の評価」

景観はさきめて主観的な概念であるが、景観に対する人の評価にある程度の傾向を読み取ることができる。東京大学と東邦大学の学生68人に行った16の森林景観の評価実験の結果から、人は自然性や印象性によってではなくアメニティ性(快適性)によって森林景観の好ましさを評価していることが分かる。人に好まれる森林景観を整備するためには地面の雑草を刈り払い、枝打ちと間伐を行うことで見通しの良さと明るさを確保することが重要である。



■「景観をまもる手法としてのゾーニング」

都市の景観だけでなく、国立公園等の自然風景地の代表的な管理手法にゾーニングがある。ゾーニングとは公園計画や都市計画、建築計画等において、一つの空間全体を機能、用途、法的規制などを指標としていくつかの小部分に分ける作業または過程を言う。とくに、風景計画では、対象地域をその景観特性を表す指標によって小地区に区分することを指す。たとえば富士山では、ゾーニングによっておよそ五合目以上が特別保護地区に指定されており、風景の保護を図るため厳しい規制が行われている。



富士山吉田口五合目(富士山で登山の起点となるのが五合目である。富士山信仰ではおよそ五合目以上は聖域とされ、自然公園法の下では特別保護地区に指定されている。近年の課題として富士山保全協力金の徴収率の伸び悩みなどがある。)

詳しくはこちら、<https://www.fuuchi.fr.a.u-tokyo.ac.jp>

闘う

緊急事態宣言中の5月5日、力石徹を名乗る贈り主から名古屋市の子童施設へマスクやおもちゃなどが届けられた。力石徹は有名なボクシング漫画「あしたのジョー」の登場人物である。添えられた手紙には「俺のアップでコロナをダウンさせてやる!」と書かれていたそうだ。

ボクシングの闘いでは勝敗は明白である。感染症との闘いではどうだろう。天然痘との闘いでは、幸運にも効果が絶大であったワクチンを手中にして人類は勝利し、天然痘を撲滅したことになる。しかし、インフルエンザや麻疹などの例からも明らかなように、多くの感染症との闘いでは完全な勝利は望めない。共倒れになるか、お互いに折り合いをつけて共存するかのいずれかであろう。グローバル化の進んだ現代社会では、共倒れは種の絶滅を意味する。そうだとすれば、折り合いをつけて共存するしかない。

本号INFORMATIONにあるように、昨年度末からすべての教職員と学生は、新型コロナウイルス感染拡大防止のために、さまざまな形で対応してきた。これらは新型コロナウイルスと共存するための闘いであることを、あらためて認識するべきであろう。許容されるリスクの範囲で、われわれの活動をどのように高めていくのかという課題と闘っているのだ。

「あしたのジョー」の力石徹は、主人公である矢吹丈との宿命の一戦で壮絶な闘いの末にアップで勝利するが、試合終了直後に絶命する。名古屋市の力石徹氏はなぜ矢吹丈を名乗らなかったのか、お話をうかがってみたい。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長

堤 伸浩

Yayoi Highlight

コロナウイルスはニドウイルス目に属するウイルスで、長い1本鎖RNAをゲノムとして持っています。ヒトや動物に感染する多数のコロナウイルスが知られていますが、基本的にコロナウイルスはそれぞれの種に特異的であり、種を越えて感染することは稀です。私たちは新型コロナウイルスと近縁であるマウスコロナウイルス（マウス肝炎ウイルス）を用いて、コロナ禍に打ち勝つ術を探求しています。



獣医学専攻実験動物学研究室

きゅう わ しげる

久和 茂 教授

コロナウイルスとは何か

What is coronavirus?

マウス肝炎ウイルスの感染による多核巨細胞形成

マウス肝炎ウイルスが細胞に感染すると複数の細胞が融合し、多核巨細胞を形成します。新型コロナウイルスも同様に巨細胞を形成することが報告されています (<https://www.niid.go.jp/niid/ja/basic-science/virology/9369-2020-virology-s1.html>)。

2019年中国武漢市で発生したとされる新型コロナウイルス感染症のパンデミックによって、世界は一新されたといっても過言ではありません。街行く人々はみなマスクをし、ソーシャルディスタンスを気にかけています。また、巷ではウィズコロナ時代の社会に対する提言が溢れています。

コロナウイルスは二重脂質膜のエンベロープを持つウイルスで、約30kbの長い1本鎖プラスセンスRNAをゲノムとして持っています。動物に感染する多数のコロナウイルスが知られており、獣医学領域ではきわめて重要なウイルスです。私が研究しているマウス肝炎ウイルスはマウスに感染するコロナウイルスです。

今回のウイルスに「新型」という修飾語が付いていますが、ヒトに感染するコロナウイルスも昔から知られていました。風邪の原因の10～30%

はコロナウイルスであるといわれています。従来のコロナウイルスによる風邪は重症化することがありませんでした。しかし、例外があり、2002-2003年に流行したSARS（重症急性呼吸器症候群）や今も散発的に発生がみられるMERS（中東呼吸器症候群）はコロナウイルスによるヒトの重篤な病気です。

新型コロナウイルスは不明な点が多く、いろいろな角度からの研究が必要だといわれています。しかし、新型コロナウイルスは厳密な取り扱い

いが求められ、実験できる施設も限られています。一方、マウス肝炎ウイルスはヒトには感染せず、新型コロナウイルスの代替ウイルスとして通常の実験室で使用可能です。私たちはマウス肝炎ウイルスを用いてコロナウイルスが宿主の免疫機構から逃れるメカニズムについて研究するとともに、コロナウイルスの効率的な不活化法についても検討しています。これらの研究を通じて、コロナ禍の社会に役立ちたいと考えています。



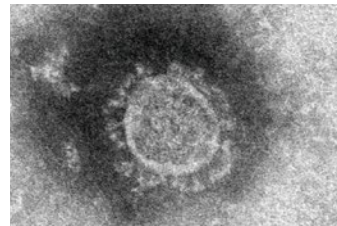
国際ニドウイルスシンポジウムでの集合写真

世界中のコロナウイルス研究者が集まる国際シンポジウムが約3年毎に開催されています。これは2011年に米国シカゴで開催された時のものです。15回目のシンポジウムが今年開催される予定でしたが、順延となりました。今こそ、世界中の研究者が力を合わせて立ち向かわなければなりません。

教えて！Q&A

■ コロナウイルス

ウイルスは他の生物の細胞（宿主）を利用して自己を複製させる、極微小な感染性の構造体で、その内部に遺伝情報をコードするゲノムを持っています。ウイルスによって形は異なり、コロナウイルスはその形態がコロナ（太陽の光冠）に似ているため、コロナウイルスとよばれています。コロナウイルスなどの1本鎖RNAウイルスは変異しやすく、病原性などの性質も変わりやすいと考えられています（国立感染症研究所提供の新型コロナウイルスの写真）。



■ 新型コロナウイルスはどこから来た？

新型コロナウイルス（英語の正式名称は、SARS-CoV-2）はコウモリ由来ではないかといわれています。それは、コウモリから見つかったコロナウイルスのゲノムの塩基配列と新型コロナウイルスのゲノムの塩基配列がもっとも似ているからです。ただし、コウモリからヒトへ直接来たのではなく、中間に別の動物が介在していたのではないかとみられています。



■ 感染成立の3要因と感染防止対策

感染症は病原体、感染経路、宿主の3つの要因が揃ってはじめて成立します。新型コロナウイルス感染症（COVID-19）を例にとれば、病原体は新型コロナウイルスで、宿主はヒトです。新型コロナウイルスは接触感染、飛沫感染、あるいはエアロゾル感染（空中に漂っている飛沫核を吸い込むことによる感染）によって感染するといわれています。手洗いやマスクの着用は感染経路の遮断に有効ですので、励行をお勧めします。

詳しくはこちら、<http://www.vm.a.u-tokyo.ac.jp/jitsudo/index.html>

「殖える」

生物は繁殖によって個体数を殖やすことができます。自然界では、環境からの資源供給や他の生物種との競合や捕食によって、生物種ごとの個体数は一定のバランスを保って維持されています。狩猟採集生活をしていた人類もまた、自然界の持つ奇跡的な予定調和の中で生きていました。今からおよそ1万年前に、人類は生物の殖える能力を人為的に制御し効率的に殖やす技術を獲得しました。農耕牧畜の始まりです。私たちは、生物が本質的に持つ「殖える」性質を利用して、食料や繊維、燃料などを安定して調達することができるようになり、豊かな生活を獲得しました。

農林水畜産業はとても長い歴史を持ち、これまでに多くの技術革新がありました。近年では、地球の環境収容力を超えた生産に対する危機感から、生産、加工、流通、消費のすべてのステージで持続可能性を達成することが求められ、多くの解決すべき新たな課題が提示されています。

本号では、「殖える」を鍵に三つの研究を紹介しています。最初は、土の中で生きている鉄還元菌の話題です。この細菌は空気中の窒素を植物が利用可能な形で土壌に取り込む能力を持つことが明らかになりました。この細菌の利用により、化学肥料の使用を低減させることが期待されます。次の話題は腫瘍です。細胞の持つ殖える能力は、きわめて厳格に制御されて私たちの体を形作ります。この制御が少しでも崩れると腫瘍化し、場合によっては個体の死を招くことになります。人間の経済活動が、地球の腫瘍化を起こさないよう願うばかりです。最後は、水素細菌の話題です。この細菌は、水素ガスから得られるエネルギーを利用して増殖しています。燃料電池のような仕組みを、ある種の生物が備えていたことに驚きを感じます。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長
堤 伸浩

Yayoi Highlight

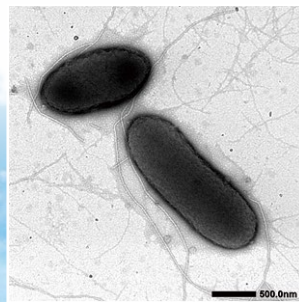
「稲は地力^{ちりよく}でとる」と言われ、水田土壌には稲が吸収する窒素養分を殖やす仕組みが存在しています。私達は「鉄還元窒素固定菌」がその立役者であることを発見し、窒素肥料を減らした環境調和型の農業に応用する研究を開始しました。



応用生命化学専攻
土壌圏科学研究室
妹尾 啓史 教授

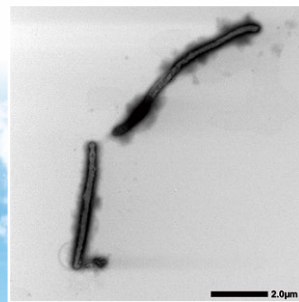
鉄で土を肥やす！ 低窒素農業

Low-nitrogen agriculture with iron-boosted soil fertility



水田土壌から分離した鉄還元窒素固定菌

ジオモナス属(左)とアナロミキソバクター属(右、伊藤英臣博士提供)。この微生物は酸素の無い条件で、酸素の代わりに鉄を呼吸に用いて生育します。

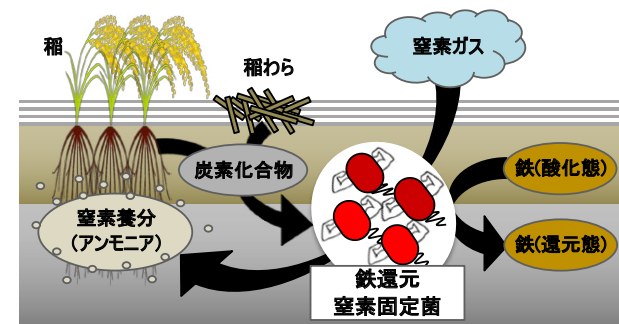


「麦は肥料で、稲は地力でとる」と古くから言われています。畑では窒素肥料を撒かないと作物がよく育たないのに対して、水田における稲の生育は土そのものが持っている窒素養分の供給力(地力窒素)に大きく支えられているのです。地力窒素の維持に貢献しているのが、土壌中に生息する微生物の行う窒素変換反応(窒素固定)です。この反応により、空気中の窒素ガスが土壌中でアンモニア態窒素に変換され、稲などの植物が窒素養分として根から吸収できるようになります。

私達は土壌で活発に機能している微生物群を網羅的に調べる最新の手法を用いて、水田土壌で窒素固定を行っている微生物を調

べました。その結果、水田土壌に多く存在する「鉄還元菌」が窒素固定に大きく寄与している可能性を見出しました。そして、各地の水田土壌から鉄還元菌を分離して、それらが実際に窒素固定を行うことも確かめました(鉄還元窒素固定菌)。これは、水田土壌の窒素固定微生物に関する従来の定説を覆す新発見です。

私達はこの新知見を応用し、鉄還元菌による窒素固定を強化して水田土壌中の窒素養分を殖やす研究を行っています。鉄還元窒素固定菌の生育に必要な鉄を水田土壌に添加すると土壌の窒素固定活性が高まることを実験室内で確認し、現在は各地の水田で圃場試験を進めています。新潟県十日町市の水田では、鉄を含む資材を土壌に施用することによって玄米の収量が約10%増加しました。



水田土壌における鉄還元菌による窒素固定

鉄還元窒素固定菌は水稻根の分泌物や稲わらの分解物を養分とし、土壌中の鉄を呼吸に用いて窒素ガスをアンモニア態窒素に変換します。これによって土壌の窒素養分を殖やすことに貢献しています。

また、鉄資材を施用した中国広東省の水田では、窒素肥料を従来の60%に減らしても玄米収量が維持されました。

現代の農業には窒素肥料が欠かせませんが、大量の窒素施肥は環境に悪影響を与えるほか、肥料製造・使用時にも多くの化石エネルギーを消費し、地球温暖化の原因となります。私達の研究成果は、窒素肥料を低減した持続的かつ環境調和型の農業(低窒素農業)の実現につながると期待されます。

教えて! Q&A

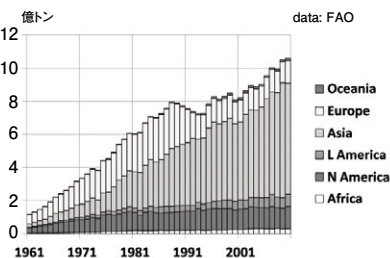
■ 水田の優れた特徴

世界の主要穀物栽培面積の約1/4、日本では約4/5が水田です。水田は畑と比較して、連作障害が起こらない、植物の養分として重要なリン酸の欠乏が起こりにくい、地下水汚染を招く硝酸態窒素の溶脱が少ない、温室効果ガスである一酸化二窒素ガスの発生が少ないなどの利点を持っています。これは、水稻栽培期間の多くの間、土壌が水に覆われて酸素の少ない状態になっていることに由来しています。

■ 窒素肥料

窒素は植物の多量必須元素の一つです。持続的な作物生産のためには土壌に窒素養分を補給する必要があり、人類はさまざまな工夫を行ってきました。化学肥料の発明・利用はその一つで、世界の作物生産は化学肥料の使用により飛躍的に向上し、多くの人口を養えるようになりました。しかし近年、世界の窒素肥料の消費量が急激に増加しており(図)、窒素による環境汚染(地下水汚染、水系の富栄養化、温室効果ガス発生、陸上生態系の窒素循環の攪乱など)や肥料の製造・運搬・散布による化石エネルギーの消費が問題になっています。窒素肥料を減らした作物生産はこれからの農業の重要な課題です。

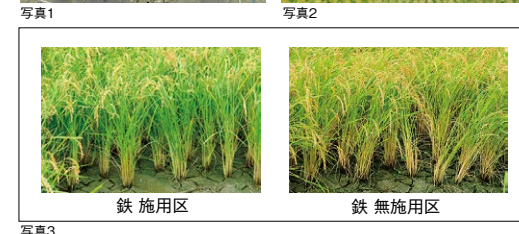
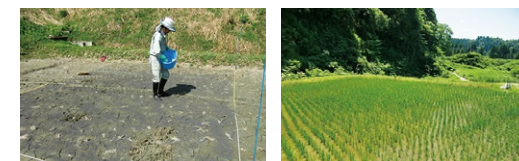
世界の窒素肥料消費量の推移



「人類は食料危機を乗り越えたのか?」ICA-RUS プロジェクト/国立環境研究所主催 食料問題セミナー報告」より引用

■ 鉄資材施用試験

田植え前、水田に水を入れる前に土壌の表面に鉄資材を撒きます(写真1)。数日後、水を入れて代かきをし、田植えをして稲を栽培します(写真2)。鉄還元窒素固定菌は、鉄を呼吸に使って生育し、窒素固定を行います。収穫期に比べると、鉄資材を施用した区の稲は施用していない区の稲よりも緑が濃く、窒素養分を多く吸収したと考えられ、玄米収量も10%増加しました(写真3)。鉄は一度施用すればその効果は半永久的に続くと考えられます。



詳しくはこちら、 <http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/soil-cosmology/>

読む

私が学生だった頃、多くの研究室で遺伝子の本体であるDNAの塩基配列を読むことが可能となりました。当時は放射性同位元素で標識したDNA断片をゲルで分離し、X線フィルムに感光させて得られるひとつひとつのシグナルを目で追いながらATGCの文字に置き換えて読み取っていました。1回の反応で読むことができるのはせいぜい数十文字程度にすぎず、これを繰り返しながら数千文字からなるひとつの遺伝子の情報を1年以上かけて読み解いた時には、大きな達成感がありました。今日ではDNAの塩基配列解析技術は飛躍的に向上し、数万个の遺伝子から構成されるひとつの生物のすべての遺伝情報を、数日のうちに数万円程度で読むことができるようになりました。人間業では対処できないほどの膨大な量のデータが簡単に入手できるようになり、当時では想像もできなかったような手法で遺伝学の研究が進められています。

検出機器や情報機器の進歩により、サイエンスの多くの分野で同様のことが進んでいます。対処しきれない量のデータを獲得した人間は、データの関連性を人工知能によってモデル化し予測することを可能にしました。データを生産しながら強化学習したAI囲碁プログラムAlphaGoがプロ棋士に勝利したことは、時代の変化を象徴するトピックでした。

世はまさにデータ駆動型に移行しようとしています。データをもとに、計算機が先を読むという時代になりつつあります。ところが、人工知能が導き出すモデルはブラックボックスのままです。人類が抱える課題の解決のためには、モデルの奥に隠されたメカニズムを知ることが重要です。データ科学を駆使しながら本質を見抜くことのできる人材が求められているのだと感じています。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長

堤 伸浩

気候が悪化すると森林は減びます。森林が減びると気候はさらに悪化します。悪化した気候の下では森林は二度と回復しません。気候の安定化装置として働いている森林を守るということは、私たち人類の未来を守るということなのです。



森林科学専攻
森林理水及び砂防工学教室
くまがい ともおみ
熊谷 朝臣教授

森林と気候の未来を読む

Imagine the future of forests and climate

教えて！Q&A

■ 地表面のエネルギー収支

地表面への太陽放射(短波放射)は地表面の反射特性にしたがって上に反射します。大気からは赤外放射(長波放射)が地表に向かい、地表面も長波放射を返します。それぞれの収支を短波放射収支、長波放射収支として、これらの和が、地表面で熱を必要とする活動に使えるエネルギーである純放射です。

[短波放射収支]+[長波放射収支]=[使えるエネルギー：純放射]

森林があると短波放射も長波放射の収支も大きくなり純放射が大きくなります。純放射は、地表面で起きる水の蒸発に使われるエネルギー(潜熱)、地表近くの空気を暖めたり冷やしたりして、その空気に乗って運ばれるエネルギー(顕熱)、そして地中に一旦蓄えられるエネルギー(地中貯熱)に分配されます。

[純放射]=[潜熱]+[顕熱]+[地中貯熱]

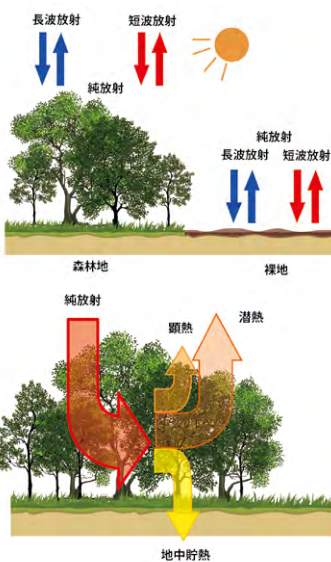
森林があると、蒸発散により潜熱への配分が増えて顕熱が減り、結果として、暑熱環境が緩和されたり、大きいスケールでは、大気の大気対流が弱くなったりします。

■ 蒸発散

植物は光合成のために二酸化炭素を葉の内部に取り入れようと気孔を開きます。すると、大気の乾燥具合に応じて葉から気孔を通して水蒸気が出ていきます。これを蒸散と呼びます。また、植物、特に大きな体を持つ樹木は、雨が降ったとき、雨のある割合は葉や枝、幹に当たり、そのまま蒸発して大気に戻って行きます。これと蒸散と合わせて蒸発散と呼びます。森林では、蒸発散が降雨量の50%を超えることは珍しいことはありません。

■ 地球システムモデル

地球全体の気候・陸域・海洋の相互作用やフィードバックをシミュレートし、温暖化進行による気候変化のような未来の地球の姿を予測するために用いられます。森林変化モデルのような陸上生態系モデルは地球システムモデルの重要な部品です。



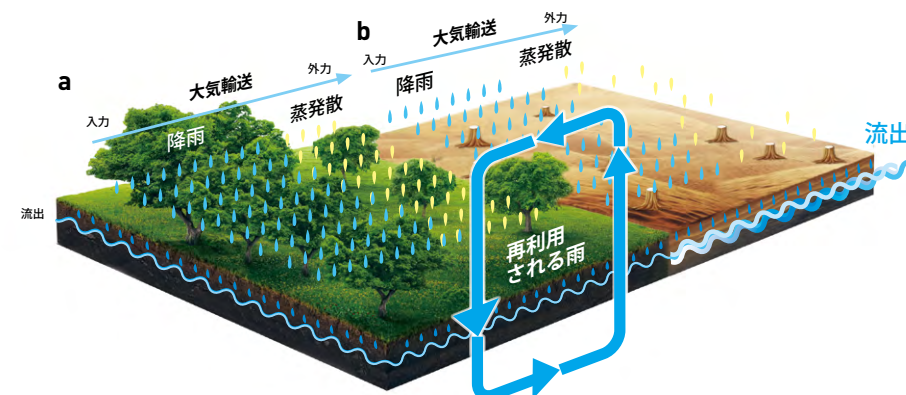
温暖化とそれに伴う気候変化の最大の元凶は、大気中に残る二酸化炭素です。この10年来の研究で、森林の二酸化炭素吸収能力と温暖化抑制能力は、これまで考えられてきたよりも遥かに高いこと、そして、まだ地球上には南アメリカの総面積の約半分という広大な面積の森林回復の余地があることが明らかになりました。

近年の気候変化による熱波と干ばつは、世界中で森林衰退と樹木大量枯死を引き起こしています。森林が失われると、地表面のエネルギー・水収支が大きく変わり、その地域だけでなく地球スケールの気候まで変わります。こうした森林喪失が導く気候悪化は、さらなる森林破壊を生み、ますますの気候悪化を導きます。また、森林回復が不可能になることで気候悪化が不可逆となります。私たちは、この気候悪化の悪循環を断ち切るために、森林を守り育まなければなりません。その戦略を考えること、それ

が私の研究者としての使命だと考えています。

まず、森林の気候安定化装置としての能力を知る必要があります。私たちは、森林の減少が国レベルの広域の降水量を減らすことを実際のデータとコンピュータシミュレーションの両方から確認しました。また、気候変化に対する森林の弱さ・強さを知る必要があります。そのために、森林の環境への反応、例えば、一枚の葉の光合成速度から森林生態系全体の二酸化炭素

の動きにいたるような計測を重ね、気候変化に対して森林が変わっていく様子を再現・予測するシミュレーションモデルを実測に基づいて開発しました。最終的に、森林の変化と気候変化の相互の関わり合いを知るために、森林変化モデルを地球システムモデルに組込んだ大規模なシミュレーション～森林と気候の未来を読み解くこと～の実行を計画しています。私たち人類の未来を守るために。



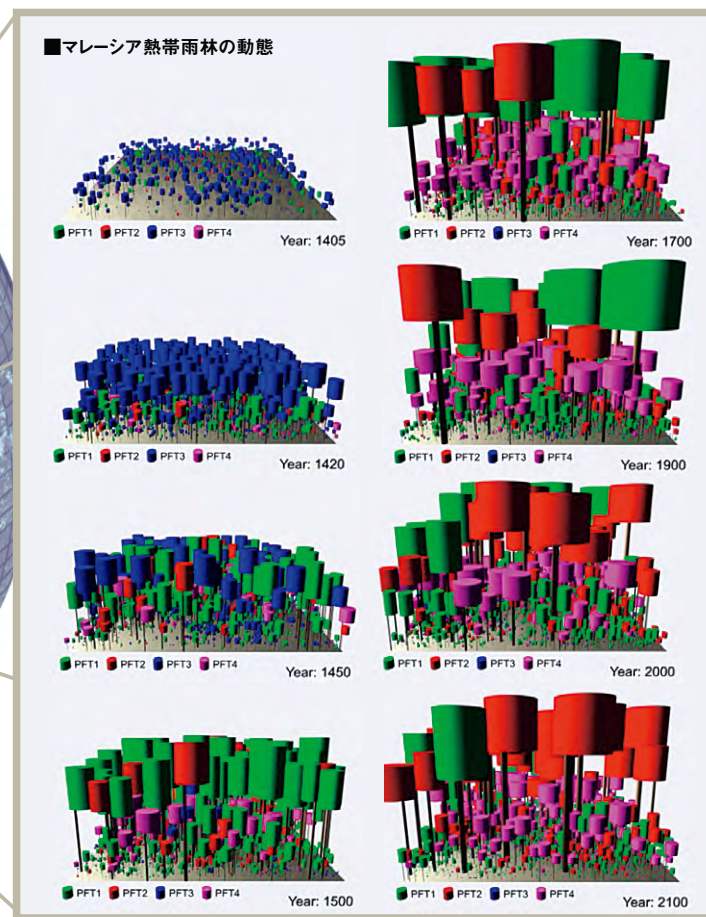
森林が失われたとき地表での水収支はどう変わるか? (Aragão, 2012, Nature 489, 217を改変)

湿った空気がやってきて雨を降らせず。そこに(a)森林があると、雨の大部分は蒸発散で大気に戻り、湿った空気はそのまま別の場所に行き、そこでも雨を降らすでしょう。雨と蒸発散の差し引きである流出は、それほど大きくはなりません。(b)森林が無ければ、蒸発散も少ないですから別の場所に行く空気は乾燥して、そこでの雨は減るでしょう。流出も大きくなり、時に洪水を引き起こすこともあります。



森林変化モデルと地球システムモデル

森林変化モデルによる、さら地(西暦1400年)から西暦2100年までのマレーシア熱帯雨林の動態のシミュレーション結果。色の違いは機能別に分けた樹種の違い(PFT1～4)を表しています。このような森林変化モデルが地球システムモデルの中に陸上生態系モデルとして組み込まれて、森林と気候との関係を地球レベルで調べることができます。



「守る」

現存する動植物は、気候変動や外敵から身を守りながら、何億年という長期にわたって、進化しながら世代を繋げてきています。種子散布などの繁殖の際にしか移動できない植物も、身を守る様々な仕組みを有しています。その一つに動的抵抗性があります。例えば、病原菌の侵入や食害時の昆虫の唾液に反応して、遺伝子発現が誘導され抗菌物質や毒性物質が産生されることが知られています。抗菌物質等は光合成産物や養分を使って作られますので、常時、身体中に蓄積しておくよりも、必要な時に、必要な器官に蓄積させる方が、低コストで防御できるというメリットがあります。また40年近く前の学生時代のことで、いもち病抵抗性のイネは、病原菌の感染を受けた細胞が速やかに壊死する過敏反応を示し、病原菌が増殖・拡大できないという講義を聞きました。細胞の抵抗性を弱めることが個体の抵抗性を強めることになるという話は、私にとって新鮮な驚きでした。

植物にとって体内の水分を失うことは、枯死する危険性が高まることになります。雨の少ない環境に生育する植物は、蒸散による水蒸気の出口である葉の増加を抑制して、土壌から水を集める根系を発達させるという、乾燥環境に適応した形態を示します。

気候が変わったときに、動物は新しい場所に速やかに移動することが可能ですが、植物の移動には長い時間がかかります。温暖化による気候変動は、異常気象の頻発だけではなく、北上してきた新たな病原菌や昆虫に植物は加害されることになります。生態系の健全性を維持していくためには、すこしでも環境変化を遅くすることが求められます。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長

丹下 健

人間は太古から自然と共に生きてきました。現代でも自然の恵みを持続可能な形で活用することが国際的な課題になっています。課題を達成するため、自然現象の解明や技術開発を通じて、農学は社会に対して様々な貢献をしてきました。この中で私は、人間の側にスポットライトを当てた研究をしています。特に、自然の恵みやその土地の社会を維持しながら、同時に収益性の高い農林水産ビジネスを成立させるためには何が重要かを追求しています。



農学国際専攻
国際水産開発学研究室
やぎのぶゆき
八木 信行教授

農林水産省世界農業遺産等専門家会議委員、
日本学術会議連携会員なども務める

生態系を守るために、 その価値を知る

We need to understand the value of ecosystem and share
the common goal toward its conservation.

人間は海のどこに価値を感じるのでしょうか？

これが分かれば海洋を保全する戦略が立てやすくなります。そこで私たちは、大規模なオンライン調査を実施し、日本人が海について、(1) 人間の食料を得る場所としての価値、(2) 二酸化炭素を吸収する機能などを持つ場所としての価値、(3) 人間にレクリエーションの機会や、祭礼文化などを維持する機会をもたす場所としての価値の3つを認識していることを明らかにしました。そして日本人は3つめの文化的な価値を保全することを最も重視し、次に食料生産の場所としての価値を重視していることも分かりました。現代の日本人は、食料は海外からも調達が可能である一方で、レクリエーションや祭礼などは海辺でしかできないものがあることが背景にあると思われます。

それでは、漁獲された食料としての魚の価値を、人間はどう決めているのでしょうか？

教科書には需要と供給のバランスで商品の値段は決まると書いてあります。しかし遠隔地に点在する多数の漁港で水揚げされる水産物

の価格はもっと複雑な要因が影響しているでしょう。これを解明するため、私たちは日本の20カ所以上の漁港で水揚げされた魚の浜値（水揚げ場所での値段）を統計的に分析しました。その結果、同じ日に同じ魚が1つの漁港に100キロ以上まわって水揚げされたときは値段が中くらいの水準で安定する一方で、10キロ程度以下の少量しか水揚げされなかったときは、希少価値が出て極端に高くなるときもあれば、逆に半端な商品として敬遠され極端に安くなるときもあり、値段が安定しないことが分かりました。

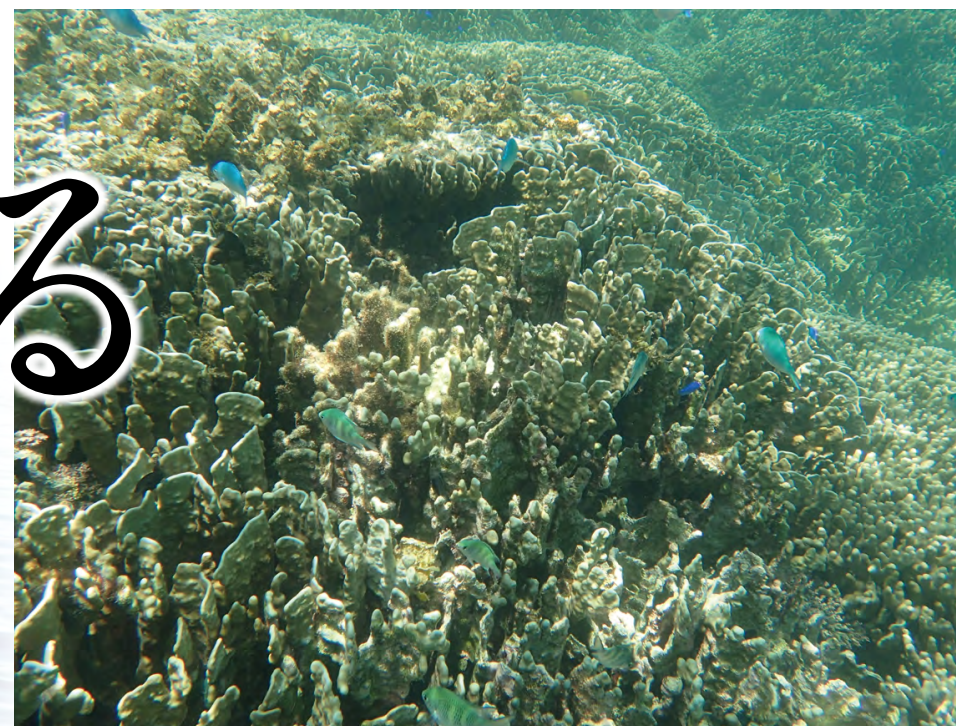
生態系を守るためには、関係者の協力が必要です。これには漁業や農業の従事者だけでなく、消費者や政府、更には近隣諸国など多様な主体による協力が求められます。協力を持続させ

るためには、生態系の価値感を関係者が共有することが大切です。国連食糧農業機関（FAO）でも世界農業遺産を認定し、人間が生態系を保全する伝統的な農業や漁業の取組みを肯定的に評価しています。私たちは、多様な価値を人間がどう認識しているのかを研究し、生態系の保全に向けた人間の協力を持続させることに寄与したいと考えています。



鹿児島県の漁港に水揚げされるカツオ(筆者撮影)

日本漁業は、多数の漁業者が多様な魚種を対象として操業していることが特徴です。水揚げされた魚は、1日の水揚げだけでなく鮮度や旬など多くの要因で価値が決まります。きれいな海という産地もブランドになります。価格形成メカニズムの分析は奥が深い研究になります。



石垣島に存在する世界最大級のアオサンゴ群落(筆者撮影)

サンゴ礁は、魚の産卵場や稚魚の生育場としての機能だけでなく、ダイビングなどの観光資源としても活用されています。本文でいう文化的な価値を有する生態系の例です。

導く

繁殖行動としてカイコ蛾の雌は、非常に低濃度で作用する性フェロモンと呼ばれる化学物質（生理活性物質）を体外に分泌して雄を引き寄せることが知られています。フェロモンには、アリが巣から餌の在り処までの経路を仲間に知らせる道標フェロモンや外敵の存在を仲間に知らせる警報フェロモンなどが知られています。植物では、北米原産で要注意外来生物に指定されているセイタカアワダチソウが、根から他の植物の成長を抑制する化学物質を分泌して他の植物を駆逐し分布を拡大していることが明らかになっています。この作用はアレロパシー（他感作用）と呼ばれています。このように生物が体外に分泌した化学物質を介して同種や他種の行動や状態を誘導する行為をケミカルコミュニケーションと呼んでいます。ケミカルコミュニケーションは、それぞれの種が生き残るための社会的行動を可能とする重要な仕組みです。

生物のケミカルコミュニケーションの農業への応用として、人工的に合成した性フェロモンを使って害虫を誘引して捕捉・殺虫したり、繁殖行動を攪乱したりすることによる害虫防除の研究が進められています。この方法は、害虫の個体数の増加を抑制することを目指したもので、殺虫剤のような即効性はありません。しかし性フェロモンは目的の害虫だけに効果があり、薬剤抵抗性が高まることがないという特長があります。生物がもつ自然界の仕組みを利用した防虫や除草の方法を開発して殺虫剤や除草剤の使用量を減らすことは、農業の生態系への負荷を減らすことに繋がります。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長

丹下 健

動物にとって嗅覚は、獲物、天敵、異性など、生きて子孫を残すための情報を感知するために重要な感覚です。ヒトも香りで料理の美味しさや季節感を感じます。私たちは、生態環境で匂いやフェロモンが紡ぎ出す動物間コミュニケーションを理解し、ヒト社会での香りの有効利用を目指した基礎研究をしています。



応用生命化学専攻
生物化学研究室
とうはら かずしげ
東原 和成教授



教えて! Q&A

香害

2000年代半ば頃、香りの強い柔軟剤が普及したときに、その強い香りで不快になったり頭痛や吐き気などの症状がでるなど、苦情が殺到した。そのとき、香りによる害ということで「公害」をもじって新しくできた言葉。現在では、原因は嗅覚ではなくて痛み的一种であることがわかっていて。香りの感じ方には個人差が大きくあることから、私たちは、遺伝型、食環境、経験などの情報をもとに、機械学習やAIを使ってテーラーメイド的に香りを提供できるような技術の開発を目指している。

フェロモン(Pheromone)

ギリシャ語の「Phero: 運ぶ」と「mone: ホルモン」が合体した言葉で、「ある個体が発して、同種の他個体において、特定の行動の誘発や生理的な変化を引き起こす物質」と定義される。1959年にドイツのノーベル賞学者が、カイコ蛾で異性を引き寄せる物質を発見した時に作られた言葉。私たちは2010年にマウスの涙に性行動を制御するフェロモンがあることを発見して話題になった。フェロモンは、害虫や害獣などの動物の行動を操作するのに役立つ。



私たちの研究室の初代教授は、ビタミンB1を発見した鈴木梅太郎先生です。当時のサンプルが入っている箱を開けると、ビタミンB1の分解物の匂いが漂います。その瞬間、脳の中に様々な情景と想いが巡り、記憶と情動の中枢が刺激されます。匂いの嗅覚信号は、視聴覚と違って、脳の辺縁系にいち早く到達するからです。また美味しく食べれるのも季節感を感じるのも香りがあるからです。ところが、一般市民にアンケートをとると、五感の中で最初に失ってもいい感覚は断トツで嗅覚です。

一方で、見る・聞くの視聴覚の次のサービス標的として香りが注目されています。しかし、嗅覚の個人差が大きいのと、効果のエビデンスが弱いのがネックになっています。また、「香害」などの新しい問題の解決も求められています。私たちは、美味しさにおける香りの効果を評価する、臭気に対するストレスを数値化する、香りが心に及ぼす影響を測る、患者さんの嗅覚特性を評価するなど、匂いをポジティブに有効活用するための様々な課題にチャレンジして

います。例えば最近では、脳波を指標に、ヒトがある匂いに対して持っている価値や記憶を測ることができるになっています。

ヒト以外の動物の世界ではどうでしょうか。多くの動物では、生まれて養育され、思春期を迎え、発情し、交尾をして子孫を残す、という一生の全ての時期の行動が、匂いやフェロモンで制御されています。また、生態系において食べるか食べられるかの駆け引きは、捕食者と被食

者が発する体臭が決めてとなります。このように、嗅覚は、多くの動物にとっての生命線です。また、動物だけでなく植物同士も匂いで会話をしています。私たちは、生物間の化学信号を同定して、感知・信号処理の仕組みを明らかにすることによって、地球上の多様な生命体の共進化の根底に迫ると共に、ヒト社会で必要とされる動物制御技術の開発に貢献したいと思っています。

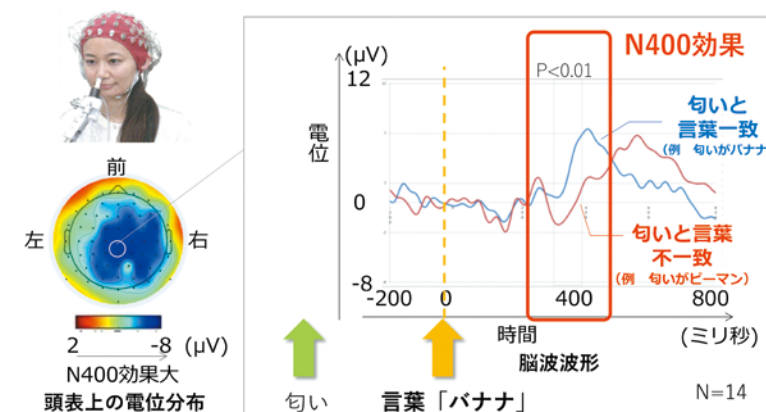


図1 嗅いだ匂いとその意味記憶との一致度を脳波で測る
意味記憶と一致しなかったとき、刺激後400 msec付近にネガティブにでるN400という脳波信号がある。それを指標に、ヒトがその匂いに対して持つ意味記憶を評価することができる(岡本特任准教授グループ)。

脳機能計測

人間の脳の活動を非侵襲的に測定する方法で、脳の電気信号を捉える脳波測定法、血中ヘモグロビンの動態変化で神経活動の発火を測る機能的磁気共鳴画像法(fMRI)や近赤外光イメージング法(NIRS)などがある。近年、脳の活動パターンから、目で見ただけの、聞いたりしたことをデコード(復元)することができるようになっている。私たちは、現在、匂いのデコーディングに挑戦している。

また、MRI, PET, CTなどの脳イメージング技術は、臨床医療現場で汎用されている。

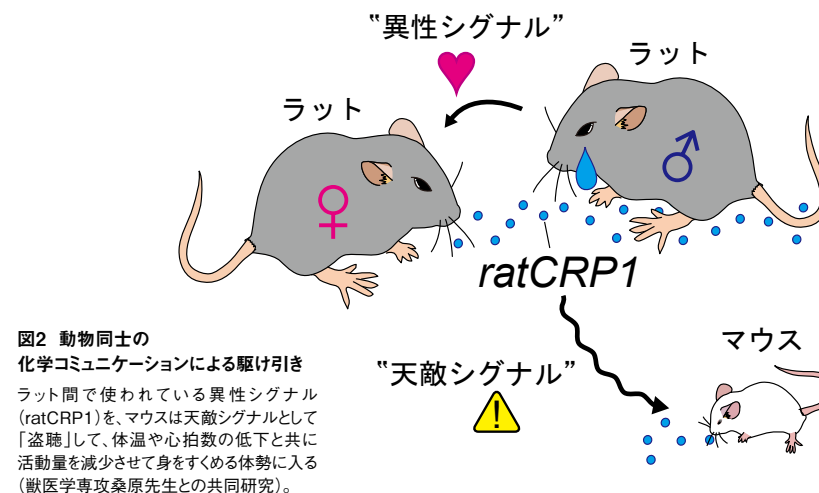
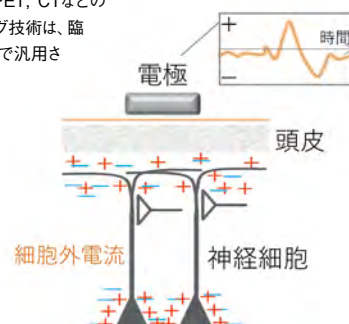


図2 動物同士の化学コミュニケーションによる駆け引き
ラット間で使われている異性シグナル(ratCRP1)を、マウスは天敵シグナルとして「盗聴」して、体温や心拍数の低下と共に活動量を減少させて身をすくめる体勢に入る(獣医学専攻桑原先生との共同研究)。

詳しくは、東京大学 大学院農学生命科学研究科 応用生命化学専攻
<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/biological-chemistry/>

咲かす

植物は、決まった季節に芽吹き、花を咲かせ、葉を落とすなどの季節現象を示します。春に花を咲かせる植物もあれば、夏や秋、冬の植物もあります。寒い冬のある地域に生育する樹木は、寒くなる前に冬芽を形成して低温や凍結に対する芽の耐性を高め、冬を迎える準備をします。植物が季節の移り変わりを感知する情報の一つに日長があり、例えばこれから寒くなることを日長が短くなること、実際には夜が長くなることから情報を得ています。

花卉栽培では日長と花芽分化の関係を利用して、葉を造る芽から花になる芽が発生する花芽分化の時期を、自然条件よりも早めたり遅らせたりすることによって開花時期の調節が行われています。ある時間よりも日長が短くなる（夜の時間が長くなる）と花芽分化が誘導される短日植物であるキクの栽培では、夜中に照明を点灯させて暗期を中断して連続暗期の長さを短くして花芽分化を遅らせたり、夕方から覆いをかけて暗黒にし、連続暗期を長くして花芽分化を早めたりする操作が行われています。

日長の変化と気温の変化との関係は緯度によって異なり、例えば同じ樹種でも生育地の緯度が高いほどより長い日長で冬芽形成が誘導される傾向があり、生育地の環境への遺伝的適応が認められています。近年、温暖化に代表される気候変動が顕在化し、季節外れの高温や低温が観測されることが頻繁になってきました。温暖化しても日長の季節変化は変わりません。自然植生にどのような影響が生じるのが危惧されます。



東京大学大学院農学生命科学研究科長・農学部長

丹下 健

イネの開花期の研究を始めて、二十年が経つ。やればやるほど、複雑な仕組みが見えてくる。キリがない。そこで、発想を変えてみた。「咲く」仕組みを知るのではなく、「咲かす」工夫をすることにしたのである。Analyze（分解する・分析する）から、Synthesize（合成する・創り出す）への転換。それが、花咲爺さん計画である。

農学生命科学研究科
生産・環境生物学 育種学研究室
いざわ たけし

井澤 毅教授



教えて！Q&A

光周性

多くの生き物は、一年の中で最適な時期に生殖活動を行うように、季節変化を予測する能力を持つ。その予測能力の中で、年次変動のない環境変化である日長の変化を認識できる能力を光周性と呼ぶ。植物や鳥類での研究が盛んであり、概日時計と光信号伝達系の相互作用により日長を認識していることが遺伝子レベルで明らかになっている。イネは、短日植物であり、日長が短い栽培環境で花芽形成が誘導される。

プラントアクティベーター農薬

特定の遺伝子の働きを誘導することで、植物がもつ内在性の耐病性機構を活性化する作用機作を持つ特殊な農薬。イネの農薬で言えば、オリゼメートやルーチンという商品名で、市販されている。今回の研究では、これらの農薬で活性化を受ける遺伝子を、遺伝子発現を網羅的に解析する手法（いわゆる、トランスクリプトーム解析）で特定し、遺伝子の働き方を調整する領域のDNA配列をHd3aフロリゲン遺伝子に融合することで、農薬で活性化されるフロリゲン遺伝子を創出した。

フロリゲン（花芽形成ホルモン）

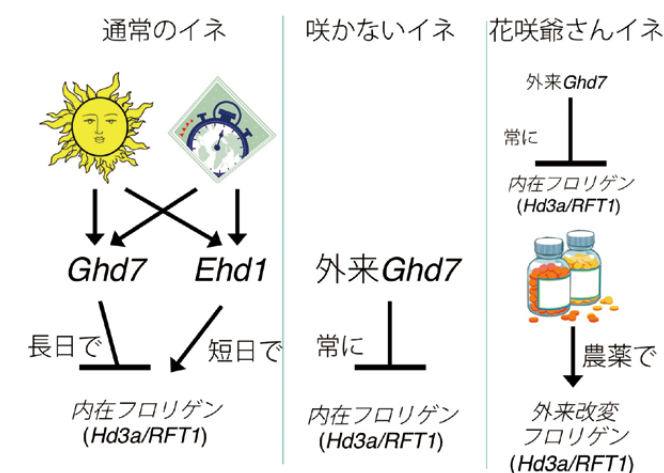
約80年前の接ぎ木実験等から、植物の花を咲かせるホルモン（生体内を移動する化学物質）の存在が提唱され、フロリゲンと命名された。そして、2007年に、日本やドイツの研究者により、それが、約175アミノ酸からなる小さいタンパク質をコードする遺伝子が正体であることが明らかとなった。フロリゲンは、植物が日長の変化を認識することで、葉の維管束領域で転写・翻訳され、維管束を通過して、茎の先端に運ばれる。そこで、花芽形成遺伝子をONにすることで、花芽形成を起こす。イネでは、Hd3aやRFT1と呼ばれる。

作物の開花期は、収穫のタイミングだけでなく、果実・実生の収量や品質に大きな影響を与える重要な農業形質である。花が咲く時期は、その環境応答性を含め、遺伝子の働きで決まるので、一旦、特定の品種を栽培し始めると、あとは、おてんとうさまに任せて、花が咲くの待つことになる。そこで、我々は、栽培開始後であっても、栽培する側が希望する時期に開花する作物を創出できないかと考えた。これができれば、全く新しい能力を持った作物を生み出したことになる。バイオマスや収量や品質の調整を栽培地に合わせて最適化することができるのだ。育種選抜から、栽培地に合った開花遺伝子の組み合わせを選ぶという縛りを取り除くことだってできる。

イネは、短日植物であり、通常は、日長による開花期の制御を受けている。つまり、いずれは咲く運命を背負っているのである。そこで、開花期を自由に設定するために、まず、咲かないイネ

を作成した。花芽形成を抑える遺伝子を強力に働かせたのである。できたイネ系統は、株分岐で維持しているが5年間以上、一度も咲いていない。その上で、フロリゲン（花芽形成ホルモン）遺伝子を、人為的な刺激で発現誘導できる遺伝子を作り出し、それも、イネに導入した。人為的な刺激は、特定の遺伝子を誘導できる

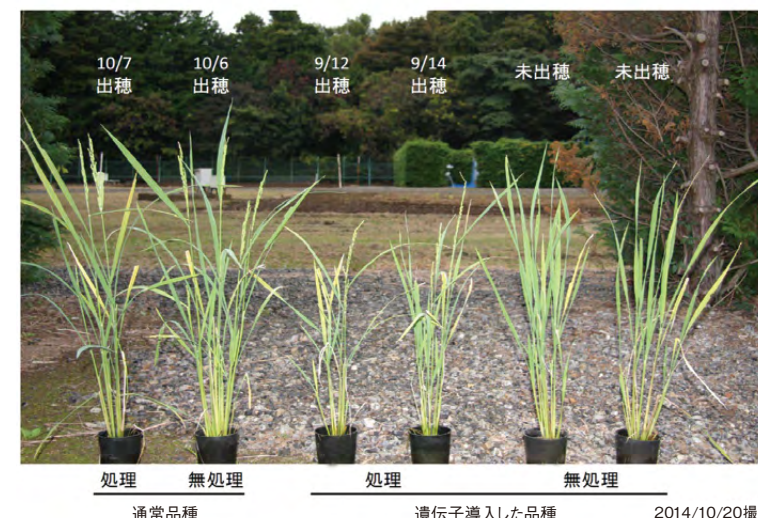
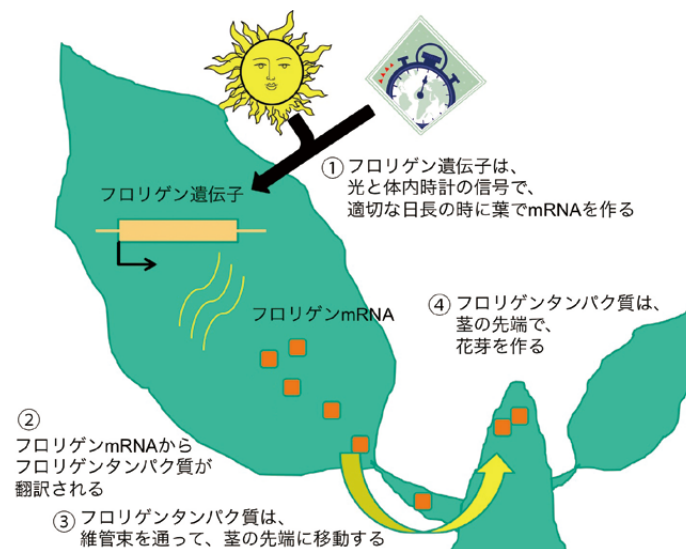
コストを考えてのことである。これらの工夫によって、農薬刺激により花芽形成時期を自由に誘導できるイネを生み出すことに成功したのである。ポット栽培ではあるが、野外での開花誘導も確認した。次は、水田環境での栽培試験を実施したいと考えている。一緒に研究を進めてくれる若手研究者や、社会実装に向けての共同研究先を募集中である！

図1
「花咲爺さん計画」のアイデア

左) 通常のイネは、短日でEhd1が発現し、Hd3a/RFT1を誘導する。長日で、Ghd7が発現し、Hd3a/RFT1を抑制する。中) Ghd7を強力に常に働かせることで、内在性のHd3aを抑え込む。咲かないイネができる。右) 内在性のHd3aを抑えつつ、プラントアクティベーターで誘導がかかる人工Hd3aを創出し、導入。農薬刺激で花が咲くイネができる。

Plan of
Hanasaka Jiisan

花咲爺さん計画。

図2 野外でのポット栽培実験
比較対照：出穂 誘導個体：出穂 非誘導個体：未出穂