

東京農業大学・東京情報大学の最新情報をお届けする

新・実学ジャーナル

April+May
2020
No.166

4+5



▶ **研究&教育 最前線**

カラフルザリガニを作出

東京農業大学 教授 武田 晃治

▶ **ZOOM UP**

森田教授に日本農学賞

東京農大農学部デザイン農学科

▶ **復興から地域創生へ** 東京農大東日本支援プロジェクト

▶ **東京農業大学の知恵と経験がそろろう「農」の蔵**

学校法人東京農業大学



研究&教育 最前線

The front line of
research
and education



東京農業大学

教授 武田晃治

ただだ・こうじ/1976年神奈川県生まれ。東京農業大学大学院農学研究科農芸化学専攻博士後期課程修了。東京農業大学大学院農学研究科環境共生学専攻 東京農業大学教職課程(理科教育研究室)教授。博士(農芸化学)

- 専門分野:生化学、酵素学、理科教材研究
- 主な研究テーマ:生物色素の教材化に関する研究

カラフルザリガニを作出

教材、有用資源として幅広い可能性

黄色、オレンジ、ピンク、青など鮮やかな色のザリガニがいる。こんなカラフルなザリガニを見たら、その瞬間、なぜこんな色をしているのだろうと疑問を持つだろう。種明かしをすると、これらは元々、白色のザリガニに黄色や赤色などのカロテノイド色素を含む餌を与えて、発色させたものである。科学教育用教材として作出したザリガニだが、食用のほか殻も食品添加物などへの利用も可能な有用資源で、地場産業振興の資材など、幅広い活用策を探っている。

学校教材として開発

私たちの研究グループ(東京農大教職課程の緩和 真奈美助教と實野雅助教、生命科学部分子微生物学科の内野昌孝教授、地域環境科学部地域創成科学科の竹内将俊教授)、国際食料情報学部国際食農科学科の古庄律教授は、東京農大の大学戦略プロジェクトとして、生物の物質機能に着目した農学(Agriculture)を基盤とするSTEM教育プログラムの開発に取り組んできた。STEM教育とは、子どものうちからロボットやITなどの科学技術に触れさせて学ぶ教育法のこと、東京農大版A-STEM

Mの開発を目指した。子どもたちの興味を引き付けるためには、ストーリー性のある授業と色など見た目の変化が重要である。そこで、子どもたちにとって身近な「生物の色」をテーマに、まず生物の色の要因物質とその機能がわかっている物質が、体色に表れている生物を検討した。

まず着目したのは、身近な食材でもあるサケだ。サケの獲れる地域では、環境教育や地域文化の関わりとしてサケを学校教育に取り入れている。だが、サケの色に着目した科学的な教材は見当たらなかった。

食物連鎖を通じた色素の蓄積

普段、食材として目にするサケやイクラはオレンジ色をしているが、サケが元々、白身魚であることを知る人は少ない。サケはオレンジ色のカロテノイド色素であるアスタキサンチンを自ら合成できない。ではなぜ、サケやイクラはオレンジ色なのか? それはサケの生態による。サケは川で生まれ、海を回遊し、また生まれた川に戻ることはよく知られている。川で生まれ、海に降りるまではサケの身は白いが、海を回遊中にサケの身はオレンジ色に変化する。これは、サケが回遊中に食べる餌に起因している。餌に含まれる植物プランクトン、動物プランクトンが、オレンジ色の元となるアスタキサンチンを作り出し、それを最終的にサケが食べることでサケの筋肉に沈着していくのである。

アスタキサンチンは抗酸化物質としても知られており、サケが川を遡上する際の激しい運動で産生される活性酸素による生体成分の酸化を防ぎ、またイクラの中にある遺伝子を紫外線と酸素から出る活性酸素から守っている。人はこの抗酸化作用に着目し、化粧品やサプリメントなど有用物質として利用している。

生体内に特定の物質が蓄積する現象は、一般的にはマイクロプラスチックやメチル水銀など負の側面の例が多く取り上げられている。しかし、アスタキサンチンは有用な機能が多く、サケの生態(食物連鎖)をテーマとした科学的な実験教材の開発を企画した。

サケの食物連鎖上の生物として、植物プランクト

ン（ハマトコッカス藻）、動物プランクトン（オキアミ）、サケから、それぞれ色素を抽出し、色素がどのように食物連鎖上で代謝されているのかを色素の分離により観察・実験できる教材開発に取り組んだ。色素の分離実験教材はできたが、サケ科のニジマスを用いて体色変化を実際に実験・観察する飼育システムの開発は難航した。そこで、サケと同じような現象を観察できる子どもたちに身近な生物の検討に移った。

教材カラフルザリガニの作出

注目したのはアメリカザリガニである。外来種のアメリカザリガニは赤い色をしており、その要因物質はサケと同じアスタキサンチンである。ところが、最初から赤い色をしているアメリカザリガニを用いては、餌による体色変化は観察しにくい。そこで着目したのが、白色のアメリカザリガニである。白色ザリガニは、サケ同様にアスタキサンチンを自ら合成することができず、遺伝的にも固定されている。白色ザリガニにアスタキサンチンを含む餌を毎日与えたところ、体色が青色に変化する個体を見つけた（図1）。その脱皮殻をゆでると何とピンク色に変化した。これは生きたエビを天ぷらなどで揚げると赤くなる現象と同じである。

分子レベルでの実験として脱皮殻から色素を抽出することで、餌由来の色素がどのように変化したのかを観察する実験教材を作出することができた。

次に、この現象を青以外の他の色で観察することはできないかと考えた。研究開始当時、ザリガニを黄色にする技術は知られていた。そこで色々な色素を



図1 カラフルザリガニ

試した結果、最終的に黄色以外にオレンジ、ピンク、青、緑など、色素を混ぜ合わせることで色とりどりのカラフルザリガニの作出に成功した。

教材から地域振興の資材へ

アメリカザリガニは、要注意外来生物としてあまり良いイメージは持たれていないが、小学校では生き物の飼育・観察の教材として昔から扱われており、子どもたちにとっては親しい生き物だ。また、日本にはウシガエルの餌として輸入されたが、アメリカ南部の郷土料理の人気食材となつているなど、食用にする国も少なくない。同様の事例は、ブラックバスなど他の外来種においてもみられる。アメリカザリガニも適切な管理の下で有用資源としての活用策を検討すべきではないか。2030年前後には、食料危機から世界的なタンパク質不足が顕在化する2030年

プロテインクライシス問題が指摘されている。アメリカザリガニがこうした食料問題解決に資するのではないかと考えた。

作出したカラフルザリガニは身だけでなく殻も含めて丸ごと食べられるが、殻は肥料や食品添加物など、捨てるものがない（ゼロミッション）資源としても活用できる（図2）。この有用資源に抗酸化機能や栄養価などの付加価値を高めた安心安全の美味しいカラフルザリガニを作出すれば、食用・農業用資源として地場産業にも活用できるのではないかと。

そうした狙いから、東京農業大学農生命科学研究所の木村俊昭教授、農学部動物科学科の高橋信之教授、美谷島克宏教授、地域環境科学部地域創成科学科の宮林茂幸教授らとともに、それぞれの専門性を生かした研究を進めている。今後、研究で得られた知見を、自治体等と連携協定を結ぶなどして、SDGs

に関する環境・科学・食育、生命倫理の教育活動や地場産業振興などの社会貢献のために、応用、展開していき

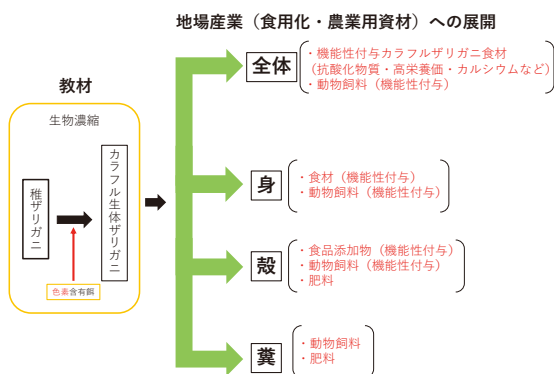


図2 ザリガニの利用展開図

森田教授に日本農学賞

東京農大農学部デザイン農学科

「多くの巡り合わせに感謝します」

2020年度の日本農学賞/読売農学賞を東京農業大学農学部デザイン農学科の森田茂紀教授が受賞した。日本農学賞は農学分野で最も権威のある学術賞で、作物の根に焦点を当てた多年にわたる先駆的研究が評価された。「多くの巡り合わせに導かれたことに感謝しています」と喜びを語った。

根のデザイン

——研究業績のタイトルは「根のデザイン——根学の確立と応用展開」となっている。根のデザインとは？

根が土の中から水や養分を吸収していることは、よく知られている。だが、いつ、どこに、どれくらいの根があり、どのように働いているかについては、定量的研究が少なかった。そこで、標準的な調査方法を考案しながら研究を進め、データを相互に比べられるようにした。これが、根を科学する土台となる「根のデザイン」という新しい考え方につながった。

——研究が大きく進むきっかけは、農家やNPOの気づきだった。

調査で訪れた庄内の農家から教えられた。収量が多く、品質の高い、食味の良いイネの葉先には、朝、大きい水滴がつくという。夜の間に根が吸い上げた水が乾いたイネを潤し、それでも余った水分が葉先に押し出され、水滴がつく。ならば、水滴の量を調べれば、根の活力の指標になると考えた。「稲のことは稲に聞け、農業のことは農民に聞け」という東京農大初代学長の横井時敬先生の教えにつながっていることに、後から気がついた。水田のイネを水面から10cmの高さで切り取り、切り口に綿を乗せてラップでくるみ、輪ゴムで留める。1時間後に綿に含まれている水分量を測るという調査を続けた。その結果、根の活力は、穂が出始める頃から急速に低下していくことが分かった。特に穂が実る時期に、根の活力低下、す

なわち根の老化を遅らせることができれば、収量増につながれると考えた。

仲の良いNPOの乾燥地における活動が、これらの研究を体系化するヒントとなった。どのような根をつくれればよいかという達成目標の設定、どのようにすればその根を作れるのかという制御技術の開発との組合せ、その基盤となる調査・評価方法、この3つからなる「根のデザイン」というアイデアにつながった。

研究成果を現場に戻したいと考え、メキシコやサウジアラビアの沙漠での水不足対策に関わったり、福島県浪江町でバイオ燃料の原料作物を導入するプロジェクトを立ち上げた。「根のデザイン」の社会実装を目指している。

生物学から農学部へ

——農学部を志望した理由は？

高校時代に学校（横浜市の聖光学院）で見た岩



森田教授



日本農学賞受賞の楯。
『はなさか翁さん』をイメージしている。

波映画の「もんしろちょう」で、モンシロチョウの雄が間違えることなく雌を見分ける仕組みを明らかにしていくプロセスを知り、大学ではこんな面白い研究をして生きていけるならいいな、その後は母校の先生になりたいと考えていた。東大は3年進級時に学部学科が決まるが、実は農学とは何か、ほとんど知らなかった。分子生物学やウイルス学を学ぼうと思って、農学部農業生物学を選択した。

そこで、水稲根研究のパイオニアである川田信一郎教授に出会う。夏休みの農家実習の懇親会で、川田先生からいきなり「オレの子分になれ」と指名され、川田先生の栽培研究室に入った。これが、根に関心を持つきっかけとなった。この出会いがなければ分子生物学を目指していただろう。

東大から東京農大へ

——大学院に進み、その後、東大で助手、助教、教授となったが、2014年に60歳定年を選択し、東京農大農学部教授に着任した。

18歳から60歳まで42年間も東大にいたので、さすがにマンネリ化したからである。遅ればせながら、実学を目指す東京農大で学生との交流を目指して公募に応募し、採用となった。

日本農学賞の業績評価は、学術的業績にとどまらず、新しい学術分野の確立・体系化や海外交流の促進などを含めた、研究者としての活動全体が対象になる。そのため、何十年もの積み重ねが必要で、受賞者はどうしても年配者が多い。

推薦段階でまだ5年しか東京農大にいなかったが、東大名誉教授ではなく、あくまで東京農大教授として受賞したことをみてほしい。東京農大で学生と作った業績が含まれているということである。そのことを知った卒業生がお祝いのメールを送ってくれた。東京農大の学生や卒業生が我がこととして喜んでくれたことが、うれしい。

農学部改組に参画

——東京農大農学部は2018年、それまでの3学科を、農学科、動物科学科、生物資源開発学科、デザイン農学科の4学科に再編する改組を行った。この改組に、構想段階から関わった。

東京農大に来てすぐ、1年生必修の「農学原論」を担当した。農学とは何かを考えるのは学部生以来のことで、農学に今、何が求められているかを改めて考える機会になった。榎本武揚先生や横井時敬先生の業績や提言を確認し、東京農大が教育指針とする「実学主義」をどう現代的に実現するかを考えた。

その結果、農学は持続的社會を構築し、その向

こうにある人類の幸福の実現に大きく貢献する学問と規定し、そのための研究を「農学2.0」と名付けた。農業生産の支援に特化した伝統的な農学「農学1.0」が進化していることを強調したい。また、その研究成果を学生への教育に反映させる内容を「農学リテラシー」とした。いずれも私の造語で、個人的に商標登録した。

押せば伸びる東京農大生

——東京農大の学生と大学の印象は？

東京農大の学生は指示すると素直に行動に移る（東大生は理屈をこねて動かない）。反論してこないのは物足りないが、フットワークはいい。だから、現場を見て、現物に触れると、勘のいい学生は分かってくる。つまり、うまく背中を押してあげれば伸びる学生が少なくない。その証拠に、東京農大に来てからの6年間に、毎年平均10人強の卒論生を指導して、多くの学会発表をさせ、多くの論文や本を書かせてきた。その一部が、日本農学賞の対象業績となっている。

素直でいい子ばかりだが、それでいいのか気にかかる。だから、学生にはせめて本を読んで、考えろ、疑えと繰り返している。森田ゼミのモットーは、あいさつ・義理人情、フットワーク、ハウレンソウ（報告・連絡・相談）の三つ。これを身に着ければ卒業して社会で即戦力となる。大学で身につけた知識で生きていけるほど、世の中は甘くない。必要なのは、どうやって勉強していくか、そのための方法を東京農大で学ぶことだ。

復興から地域創生へ

東京農大東日本支援プロジェクト

相馬市報告会 下

東日本大震災で大きな被害を受けた福島県相馬市を中心とした一帯で、東京農業大学が取り組んでいる復興支援事業「東日本支援プロジェクト」の活動内容を地元住民らに説明する報告会が1月12日、相馬市で開かれた。前号に続き、報告された研究成果の内容を紹介する。
(東京農業大学客員教授・鈴木敬吾)

身近な虫たちで環境調査を

国際食料情報学部国際農業開発学科の足達太郎教授は「農村空間の環境回復」を報告した。

昆虫類やクモ類などの節足動物は、種と食性が多様で数も多い。森林内に生息する節足動物を指標として、野生動物のフンや遺体、植物の落葉などを食べる腐食者(クロバエ、ゴミムシ、シヨウジョウバエ、ミミズなど)や、これを捕らえて食べる捕食者(造網性および徘徊性クモ類など)に含まれる放射性物質の濃度を測定することによって、森林内の放射性物質の濃度や分布を推定する手法の確立を目指している。

飯館村で採集したサンプルの放射性セシウム濃度

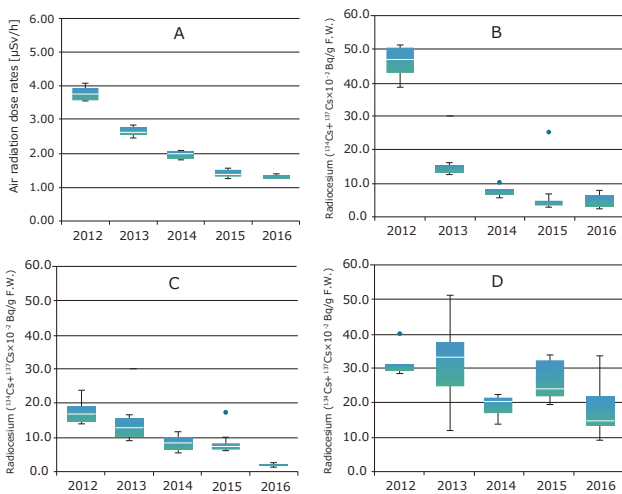


図1 福島県飯館村における空間放射線量率(A)とコバネイナゴ(B)、エンマコオロギ(C)、ジョロウグモ(D)における放射線セシウム濃度の推移

Tanaka S, Adati T, et al. (2020) In: Fukumoto M (ed.), *Low-Dose Radiation Effects on Animals and Ecosystems*, Springer, pp. 43-52

を測定すると、コバネイナゴ、エンマコオロギは年々低下しているが、ジョロウグモに低下傾向は見られなかった(図1)。このことから、バッタ類やコオロギ類のような植食性や雑食性の節足動物では、農地周辺の除染などにより放射性セシウム濃度が低下したのに対し、除染されない山林で繁殖する腐食性昆虫を餌とする造網性クモ類では低下しなかったと推測される。また、森林内と川岸で採集したサンプルを比較すると、森林内の方が川岸よりも濃度が高く、放射性物質の残存量を反映していると考えられる。

昆虫類やクモ類は人間生活の中で身近な生き物であり、今後は地元住民の方たちにも参加してもらい、研究を進めていきたい。こうした研究によって、安全かつ簡便に放射性物質の残存状況を把握し、里山資源の活用を再開する見通しが明らかになるだろう。

野生動物をどうコントロールするか

地域環境科学部森林総合科学科の山崎晃司教授は「野生動物の今」を報告した。

森林は市街地や農地と違って放射性物質の除染が難しく、現在も人の活動が制限されている。このため野生動物が数と分布を増加していることが想像され、今後の里山地域の復興にブレーキをかける心配がある。現況を把握するため阿武隈山地北部の約800平方キロの森林を5キロ四方に区切り、センサーカメラとクマの体毛を採取するための仕掛けを各32台設置した(図2)。

カメラにはイノシシ、サル、カモシカなど11種が計378回撮影された(2018年度統計)(図3)。ツキノワグマは、これまでに南相馬市(2018年)および

	総撮影回数 (回)
イノシシ	142
ニホンザル	70
ニホンカモシカ	65
ニホンテン	44
アライグマ	20
ハクビシン	17
ニホンノウサギ	10
ニホンアナグマ	4
タヌキ	4
アカギツネ	1
ツキノワグマ	1



図3 撮影された中大型哺乳類のリスト

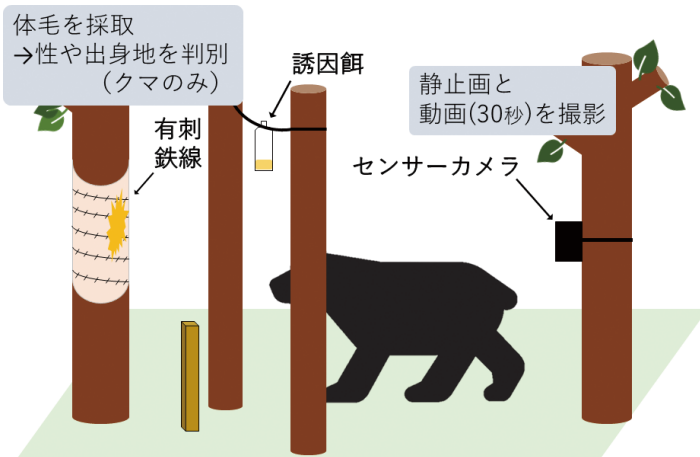


図2 センサーカメラと遺伝サンプルトラップの設置方法

国際食料情報学部国際バイオビジネス学科の半杭真一准教授は「経営分野の研究と人材育成」を報告した。

近年注目されている農産物直売所で、消費者がどのように購買意思を決めていくのかを知るため、視野の映像と視点の動きを記録するアイカメラを7人の女性に装着してもらい、農産物のハクサイと加工品の総菜を買ってもらった調査をした(図4)。その記録をもとに、その時、何を考えていたかを語ってもらうことで、意思決定の過程を分析した。その結果、農産物では検討されることが多い価格が加工品では考慮されないこともあるなど、意思決定が異なることが分かった。また、商品の量目やPOP広告や配置など、改善を求める意見も多かった。

消費者は何を見ているか

相馬市(2019年)の2カ所で撮影できている。ペットなどから野生化したアライグマ、ハクビシンもいた。撮影が多かったイノシシ、サル、カモシカは、帰還困難区域内での撮影が多く、特にイノシシが目立った。撮影頭数は帰還困難区域内でイノシシが多かったのに対し、サルは少なかった。サルは帰還困難区域外で復興が進んだ農地などに依存した生活を始めており、イノシシは帰還困難区域内の耕作放棄地などを利用して個体数を増やしていると推測される。どちらも農作物被害を引き起こすため、帰還困難区域の内外で効果的な捕獲事業を展開する必要がある。

今後はクマを学術捕獲(生け捕り)し、行動情報を得るための衛星首輪とカメラ、空間線量の計測機器を装着してから森に放すことを計画している。

この後、東京農大国際食料情報学部国際バイオビジネス学科3年生が、地元産ダイズを利用した商品企画のアイデアを発表した。昨年夏に相馬市の農業法人、飯豊ファームを見学し、生産・加工する乾燥ダイズを原料にした商品を企画し5年後に売り上げ1億円を目指す計画立案の課題が出され、グループで取り組んでいた。事前に7グループから絞られた4グループが発表した。豆みそにフキノトウなどを入れたおかずみそ、粉末入浴剤、チューブ型容器に入れたダイズバターなどのアイデアの中から、報告会参加者の投票の結果、イタリア料理のパスタの一種、ニョッキに粉末ダイズを使う「SOY(ソイ)ニョッキ」が1位に選ばれた。飯豊ファーム代表の竹澤一敏さんは「ダイズをどう商品化するかは長年の課題になっていた。今の若者たちがどういう考え方をしているのかがよく分かり、大変参考になった。商品化を急ぎたい」と語っていた。

東京農大生が地元産ダイズで商品企画

また、浜通り地方の農業経営者や将来の農業経営者になりうる人材を育成するため、高校生を対象にした「東京農大サマースクール」と農業者を対象にした「もう一歩踏み出すための農業経営セミナー」を実施した。



図4 アイカメラによる視野の映像。+のマークが視点の動きを示す。

東京農業大学の 知恵と経験がそろった「農」の蔵

全国の卒業生が集う場所へ



「農」の蔵の外観

学校法人東京農業大学は、昨年（2019年）4月、株式会社小田急電鉄が建設した複合施設「世田谷代田キャンパス」に、一般の方を対象とした公開講座「東京農大オープンカレッジ」、東京農大のオリジナル商品を販売するアンテナショップ「農」の蔵を開設した。（開設時の記事については、2019年6月号NODAIに掲載）

本施設1階に設けたアンテナショップ「農」の蔵は、卒業生が製造を手掛けた商品として、約20種類の味噌や季節ごとに替わる30種の日本酒、15種のワインを取り揃えている。味噌や醤油を製造している卒業生は主に、当時、全国の大学で唯一の「醸造」の名をもつ高等教育機関であった醸造科学科出身が多く、在学中に得た知見を、それぞれの地でいかしている。



黒豆やのどぐろなどを使用した特徴のある味噌も置いている

昨年は、薔薇の品種である「プリンセス・ミチコ」の花から花酵母を分離することに成功し、この花酵母を使用し卒業生7蔵から日本酒が販売された。花酵母は、東京農大の中田久保名誉教授が、長年の研究の結果、自然界から新しい清酒酵母を分離する方法を確立したことにより、生まれたものである。

2年目を迎える「農」の蔵は、東京農業大学の教育理念「実学主義」を体現した場所として、今後も展開していく。



店内の様子
季節に応じた商品が並び、訪れるたびに新しい発見がある

東京農業大学の沿革

榎本武揚と横井時敬

創設者は、明治の英傑榎本武揚だ。明治政府で通信相、農商務相、文相、外相などの要職を歴任した榎本は、1891（明治24）年、東京に「私立育英塾」を設立した。その農業科が東京農学校、東京高等農学校と名を替えつつ、拡充の歴史を歩み、今日の東京農業大学となる。東京農学校時代の1895（明治28）年、評議員として参画したのが、明治農学の第一人者横井時敬だった。「人物を畑に還す」「稲のことは稲にきけ、農業のことは農民にきけ」と唱えて、「実学」による教育の礎を築き、東京農業大学の初代学長を務めた。本学の「生みの親」は榎本、「育ての親」は横井である。

高等教育から初等教育まで

東京農業大学は、農学部、応用生物科学部、生命科学部、地域環境科学部、国際食料情報学部、生物産業学部の6学部23学科からなり、大学院は2研究科20専攻体制が整っている。世田谷・厚木、北海道オホーツク（網走）の3キャンパスに約13,000人が学んでいる。学校法人東京農業大学の傘下には、東京情報大学（千葉）があり、総合情報学部、看護学部の2学部2学科と大学院1研究科に約2,000人が学ぶ。また、併設校として農大一高／中等部（東京）、同二高（群馬）、同三高／附属中学（埼玉）がある。2019年4月、東京農業大学稲花小学校が世田谷に開校。

2020 東京農大創立129年

学校法人東京農業大学

- ◆東京農業大学
- ◆東京情報大学
- ◆東京農業大学第一高等学校
- ◆東京農業大学第二高等学校
- ◆東京農業大学第三高等学校
- ◆東京農業大学第一高等学校中等部
- ◆東京農業大学第三高等学校附属中学校
- ◆東京農業大学稲花小学校