

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

March  
2020  
No.165

3



▶ **研究&教育 最前線**

匂いセンサ昆虫開発へ

東京農業大学 准教授 櫻井 健志

▶ **ZOOM UP**

東京農大の強みを披露

革新的技術研究成果報告会を開催

▶ **復興から地域創生へ** 東京農大東日本支援プロジェクト

私の宝もの My Treasure

家畜人工授精師免許証 岩田 尚孝

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

### 准教授 櫻井健志

さくらい・たけし/1976年広島県生まれ。京都大学大学院農学研究科博士課程修了。東京農業大学農学部デザイン農学科(生物機能開発学研究室)准教授。博士(農学)。

- 専門分野: 分子遺伝学
- 主な研究テーマ: 昆虫の嗅覚受容メカニズムを利用した匂いセンサの開発
- 主な著書等: 昆虫の脳をつくる他

# 匂いセンサ昆虫開発へ

## カイコガの超高感度フェロモン検出能力を利用

近年、私たちの生活の安全・安心や快適さの向上、危機安全管理の観点から、環境中のごく微量の匂い物質を瞬時に検出する技術への社会的ニーズが高まっている。匂いを手がかりにした被災地での救助活動、空港での麻薬などの検査、爆発物や地雷の検知、病気診断など、幅広い活用が期待されている。多様なニーズに応えるため、工学的な匂いセンサの開発が進められ、一部は実用化されている。しかしこれらのセンサは、感度が十分でなく、検出できる匂い物質が限定され、検出に長時間を要するなどの課題がある。このため、生物の優れた匂い検出能力を匂いセンサに応用する試みが進められている。私は特に嗅覚の発達している昆虫の匂い受容メカニズムを利用したバイオセンサの開発を進めている。

### 匂いを受容するメカニズム

昆虫は多くの生命活動に匂いの情報を利用していている。匂い物質を高感度かつリアルタイムに検出するメカニズムを備えており、きわめて多様な匂い物質を検出することができる。頭部の触角上(図1-A)にある嗅覚受容子と呼ばれる突起状の構造の内部(図1-B)には嗅覚受容細胞(図1-C)があり、この細胞で発現する嗅覚受容体のタンパク質によって、匂い物質は検出される。種ごとに匂い物質に対して異なる

結合性を示す嗅覚受容体を数10〜300種類もち、この受容体を利用して微量の匂い物質を識別している。検出したい匂い物質に結合性を示す嗅覚受容体の機能を利用することで、匂いセンサを開発できると考えられる。

### カイコガのフェロモン受容系を利用

国内外の複数のグループが昆虫の嗅覚受容体を利用してセンサ開発を進めている。例えば、培養細胞などの細胞膜上で嗅覚受容体を発現することで、

細胞自体を特定の匂い物質に反応する匂いセンサとして利用する方法、また嗅覚受容体を人工膜に埋め込み匂いセンサとして利用する方法などだ。私は

カイコガがもつ匂い源探知能力と多様な昆虫の嗅覚受容体を用いた匂いセンサの開発を進めている。

ガ類の一

種で、絹の生産でも有名なカイコガ(*Bombix mori*)のオスは、同種のメスの放出するフェロモンの匂い(ボンピコール)をきわめて鋭敏に検出する能力をもつ。その感度は昆虫の中でも卓越しており、わずかなボンピコールでも触角にあるボンピコール受容細胞が受容すると、すぐに匂いの発生源の探索を始め、探知

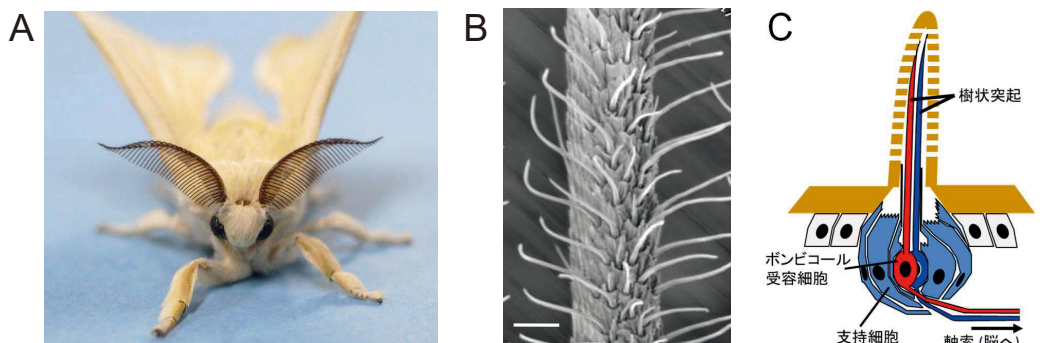


図1 オスカイコガのフェロモン受容システム

する。交尾相手となるメスを探索する行動で、この行動を検出した匂い物質を探知するように改変できれば、様々な匂いを高感度に検出し、その発生源を探知する匂いセンサとしてカイコガを利用できる可能性がある。

それでは、カイコガのオスはなぜボンビコールだけにしか行動を起こさないのだろうか？ その秘密は嗅覚受容体にある。カイコガのオスの触角にはボンビコールだけに特異的に反応する嗅覚受容細胞（以下、ボンビコール受容細胞）があり、この細胞が匂い物質を受容すると、その情報が脳で処理をされ匂い源を探索する行動を起こす。その時、ボンビコール受容細胞では、ボンビコールだけに特異的に結合するBmOR1と呼ばれる嗅覚受容体が発現している。つまり、カイコガのオスがボンビコールだけに匂い源探索行動を起こすのは、ボンビコール受容細胞で発現する嗅覚受容体 BmOR1 がボンビコールだけに特異的に結合するからであると考えられる。

私たちは、このメカニズムに着目して、遺伝子工学技術を用い検出ターゲットとする匂い物質に結合する嗅覚受容体をボンビコール受容細胞に導入したカイコガを作り出す方法を確立した。この操作をしたカイコガのオスのボンビコール受容細胞は検出ターゲットの匂い物質に対して反応するようになる。その反応はボンビコールの情報として脳で処理されるので、本来匂い源探索行動を起こさない匂い物質を探索する匂いセンサ昆虫として利用できるようになるという仕組みだ（図2）。

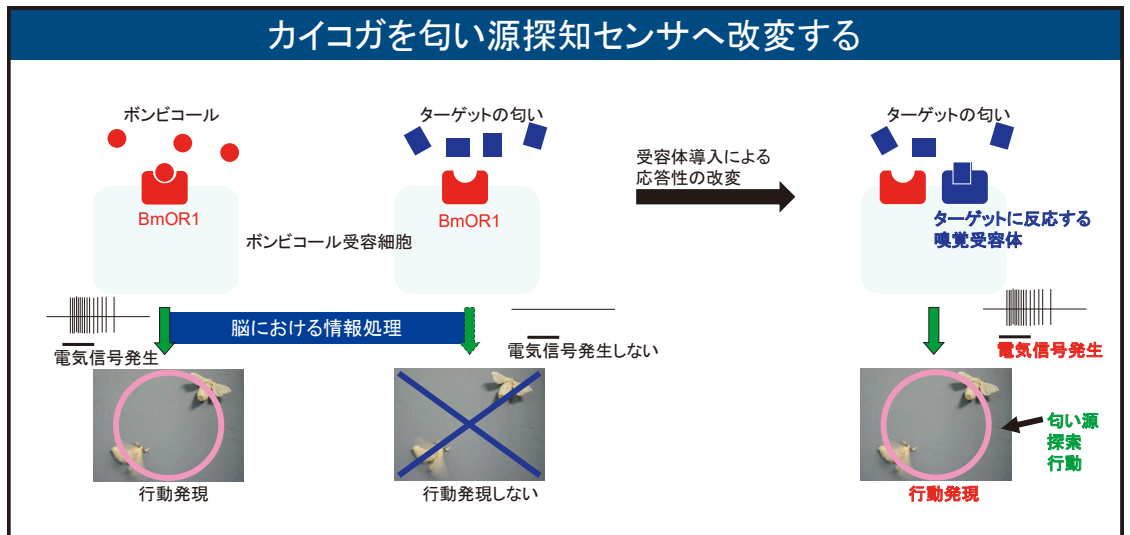


図2 匂いセンサカイコガのコンセプト図

### コナガに反応するカイコガ

この概念に基づき、遺伝子組換え技術を利用して元々カイコガが反応しないコナガのフェロモンを検出するセンサ昆虫を作り出した。コナガはアブラナ科の

植物を食い荒らす農業害虫で、世界での被害額は年間約5億ドルと言われている。コナガのフェロモンに特異的に反応する嗅覚受容体を持つカイコガは、ボンビコールを受容した時と同じ匂い源探索行動を起こし、コナガのフェロモンやコナガのメスを探知することがわかった。このセンサ昆虫が実用化すれば、コナガの発生時期や発生場所を素早く知ること、害虫被害の縮小や最小限の農業散布で防除可能な環境に優しい農業の実現にもつながる。この他にも、水道水や飲料に混入し問題となることもある三大カビ臭の一つであるジエオスミンの受容体を導入することで、微量のジエオスミンを探知するカビ臭センサ昆虫を作り出すことにも成功している。

### 幅広い匂いに対応するセンサ開発も

カイコガをさまざまな匂い物質に対する匂いセンサへと改変する技術開発は現在、実験室内の閉じた環境での原理検証と性能試験を実施している段階である。今後は、実用化に向け野外での検証も含めた、より複雑な匂い環境下での性能試験を進めていく予定だ。また、この手法では、カイコガが探知できるターゲットの匂い物質の種類や、ターゲットに対する特異性は導入する嗅覚受容体の特性によって決まる。昆虫は進化の過程でさまざまな環境への適応能力を獲得し、多様な匂い物質を検出する嗅覚受容体をもつと考えられる。今後、より多くの嗅覚受容体の特性が明らかになれば、幅広い匂い物質を対象とした匂いセンサの開発が可能になるだろう。医療、安全・危機管理、環境モニタリングなど社会のさまざまな場面での利用につなげていきたい。

# 東京農大の強みを披露

## 革新的技術研究成果報告会を開催

### 東京農大総合研究所

東京農業大学総合研究所の革新的技術成果報告会がこのほど、東京都千代田区の丸ビルホールで開かれた。140人を超す一般からの参加があり、総合研究所による学内研究プロジェクト64本の中から「学部長主導型研究プロジェクト」3課題と「ロシアウラジオストクにおけるイチゴ栽培へのチャレンジ」など個別研究5課題が発表された。

総合研究所は東京農大で進められる全ての研究を把握し、さまざまな研究イベントを立ち上げるほか、東京農大の特色・強みを引き出した研究を推進することで社会貢献することを目指している。また、学外への発信や共同・受託研究の窓口となるほか、知的財産保護や各種補助金申請の手続きなども担当している。発表会は幅広い分野の研究成果を、広く一般の人に紹介する機会を作るために開催しており、3回目の今回は、2019年12月18日に開かれた。

#### アザラシとどう付き合うか

学部長主導型研究プロジェクトではまず、生物産業学部（北海道オホーツクキャンパス）の小林万里・海洋水産学科教授が「地域主体のアザラシの循環型順応的管理システムの構築を目指して」を発表した。

漁業は北海道の基盤産業だが、近年、アザラシが定置網内のサケを食い荒らす漁業被害が多発し、被害額は毎年4億円以上となっている。「海の害獣」と位置づけられるようになったアザラシの個体数をどう調整するかが課題となっている。一方、アザラシの生息地は羅臼昆布や日高昆布など有名な昆布藻場とほぼ一致しており、アザラシの糞尿が昆布の栄養になっていく可能性がある。そうならば、アザラシは単なる害獣ではなくなる。これを判断するために、昆布の繁茂量が異なる複数の区画から海水を採取し、アザラシ由来の環境DNA量を月ごとに分析し、さらに昆布に含まれ

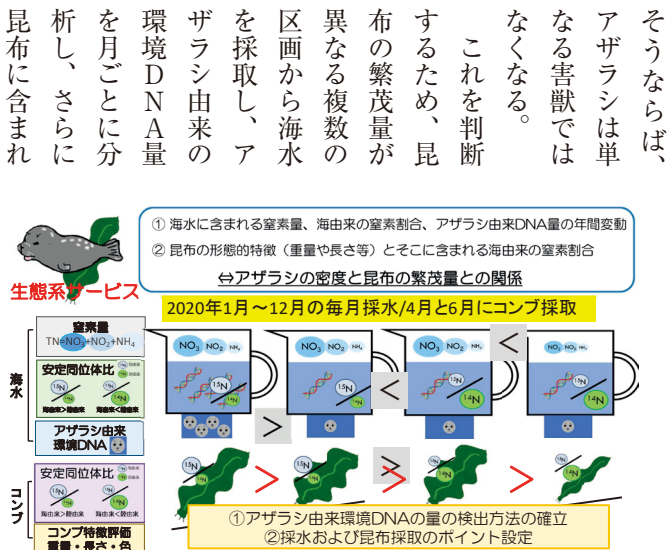


図1 アザラシの密度と昆布の繁茂量との関係

る窒素が海由来か陸由来かを分析する研究を進めている。また、廃棄物となっているアザラシの脂肪などの有効利用の可能性を探るため、不飽和脂肪酸の割合などを分析するとともに、抗炎症作用や血管拡張機能の有無も検証している。

そうした研究の結果を踏まえ、生態系の中でのアザラシの役割を明らかにし、アザラシを循環的に管理するシステムの構築をめざしている。

#### 玄米成分豊かな栄養強化米の開発

続いて応用生物科学部の鈴木司・農芸化学科助教が「『農大発・栄養強化米』による栄養代謝改善と高付加価値化の検証」を発表した。

生体を構成するミネラルのうち鉄、マンガン、亜鉛、銅などの微量必須ミネラルは、欠乏しやすく、途上国の子どもや女性に微量栄養素欠乏症が蔓延している。また先進国では、肥満や脂質異常症などの生活習慣病が問題になっている。一方、玄米に含まれる微量必須ミネラル、ビタミン、ポリフェノールなどの成分はこうした症状の改善に効果があることが、先行研究によって明らかになっている。

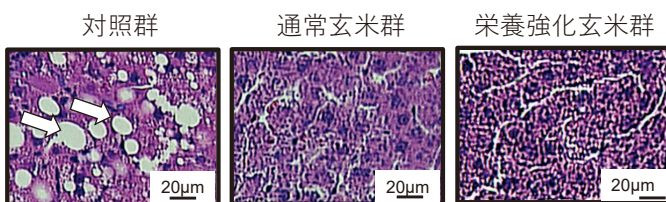


図2 肝臓の組織染色画像（矢印は脂肪滴を示す）  
栄養強化玄米は通常玄米と同程度に脂肪滴を抑制した。

この玄米成分を豊富に蓄える栄養強化米の新品種の開発と実用化を目指している。  
鉄、マンガンなどを通常の数倍〜十数倍高く蓄積する有望なイネ系統の品種を作り出し、さらにこのイネ系統をポリフェノールなどの栄養価が高い黒米とかけ合わせることで、微量ミネラルだけでなく、さまざまな栄養・有用成分を豊富に含み、かつ食味に優れた品種への改良を進めている。また、農大ブランド米として推進するために発酵・加工技術を用いた商品の開発も行っている。

### バイオプラスチックで環境汚染にストップ

生命科学部からは分子生命科学の廣江綾香助教らが「バイオプラスチックの用途開発〜循環型社会を目指して〜」を発表した。  
ポリ袋やプラスチック製ストローなどの廃棄物が微小のプラスチックとなり特に海洋環境で大きな問題になっている。植物が原料で使用後は土に還るバイオプラスチックは、環境調和型の材料として注



図3 稲わらからバイオプラスチックができるまで

目されている。

これまでに微生物から抽出・精製する新規バイオプラスチック合成法を開発した。これをフィルム、成形体、繊維、微粒子など様々な加工形成し、可能性を探った結果、食品容器、釣り糸・縫合糸などの利用が期待できることが分かった。一方、

課題発表終了後の情報交換会では、2018年度を終了年度とする「農大ブランド」による地方創生を目指した6次産業化プロジェクトによって、開発された「農大和牛」の試食会も開かれた。

「農大和牛」は、霜降り肉で評価される黒毛和種の卵に、脂肪分が少なく赤身肉が美味しい褐毛和種の精子を体外受精させ、培養発育後に凍結した胚をホルスタイン1頭に2個移植して双子を生ませた。1頭は牧草中心の餌を、もう1頭には輸入穀物が中心の餌を与えて育てた。

試食会では2頭の肉をローストビーフにして提供、違いを味わってもらった。牧草食を食べた人は「味がすっきりしてたくさん食べられそう」「脂のしつこさがなく、さっぱりしている」などの感想。穀物食を食べた人は「サシが入っているので脂っこい」「牧草食より中途半端な気がする」などの感想を語っていた。

担当した農学部動物科学科の岩田尚孝教授は「黒毛和牛は霜降り偏重の肉質重視の

## 「農大和牛」初めて披露

### 健康的な赤身に適度なサシが大好評



左が牧草食(510キログラム)、右が穀物食(830キログラム)



穀物食まちこ(左)と牧草食やよい(右)

この素材が生態系に与える影響を調べる必要もあり、池、川、海から回収した水試料に素材をさらし微生物の変動などを調べる環境影響調査とマウスの受精卵を用いた生体への影響調査も行った。その結果、病原微生物の増加はなく、卵子の生育も良好だった。

ため、特定の血統に人気が集まって子牛の価格が高騰し、肥育農家の経営を圧迫している。国産飼料で育てた、健康的な赤身と適度な脂身、やわらかさを持った国産和牛肉の需要もあると考えた。食べてみると、牧草食の肉は脂が少なく、草のきつい風味はなく、たくさん食べられる肉に仕上がっていた。関心を持つレストランや肉店の開拓など流通の整備をした上で商品化を進めていきたい」と語っていた。

## 復興から地域創生へ

# 東京農大 東日本支援プロジェクト

## 相馬で研究成果発表会 上



参加者は116人で昨年度よりも多くの相馬市民が訪れた。

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開かれた。参加者たちはメモを取ったり、プロジェクトで映し出される動画に身を乗り出して見入るなど、熱心な姿が目立った。二回に分けて報告する。

(東京農業大学客員教授・鈴木敬吾)

### 「東京農大の適切なアドバイスを」



山本副学長

報告会は1月12日、相馬市のJ A ふくしま未来相馬中村営農センターで開かれた。まず主催者を代表して東京農大の山本祐

司副学長があいさつ。「3月で震災発生から9年を迎える。発生2か月後の5月にスタートさせたこの東日本支援プロジェクトも、復興から地域創生へと取り組みを変えていく時期に来ている。東京農大は研究教育の指針として実学主義を掲げている。現場が抱える問題を、地域のみなさんと一緒に解決を図っていく。時間はかかるかもしれないが、着実に成果をあげていきたい」と決意を語った。また来賓の立谷秀清・相馬市長は「東京農大の幅広い指導を受けて、ここまで何とかやってこれた。将来の農業のあり方を考えると、やはり専門の東京農大のみなさんの適切なアドバイスがこれまで以上に欠かせない。引き続き支援をお願いしたい」とあいさつした。



立谷相馬市長

### 森林の新陳代謝活性化を

研究成果発表では、まず、地域環境科学部森林総

合科学科の上原巖教授が「森林環境の変化」を報告した。福島県の森林は東京電力福島第1原子力発電所の事故以来、放射線量が高いことが報告されている。しかし、その実情は十分に説明されていない部分も多く、地元住民から精査を求める要望が高い。このため南相馬市を中心とした森林に2011年より定点観測地を設け、放射性物質の測定を継続してきた。

その結果、落葉や落枝の層に含まれる放射性物質のセシウム134・137の検出量は減少してきており、落葉、落枝の分解で放射性物質が土壌に移ってきている(図1)。また、自然の広葉樹、針葉樹の種子から発芽した実生では、セシウム134・137が共に検出されない個体も増加していた。森林からの流出水からも放射性物質は検出されなかった。

さらに、スギ林で15%、30%、50%の3段階の間伐を実施し、間伐後の相対照度を比較したところ、50%間伐が有効で、下層植生の繁茂も促進した。今後は、相対照度30%を目標にした森林保育を継続し、スギと自然発生したコナラ、クロモジ、アオダモなどの有用

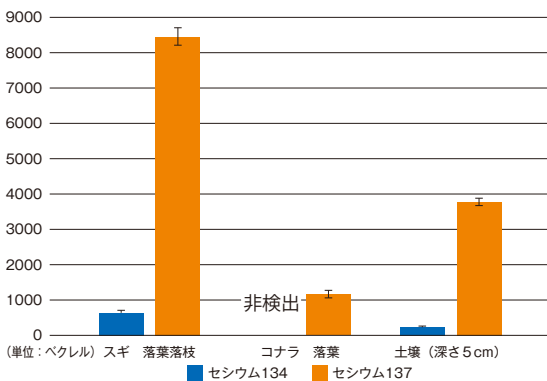


図1 サンプルの放射線量 (12月4日現在)

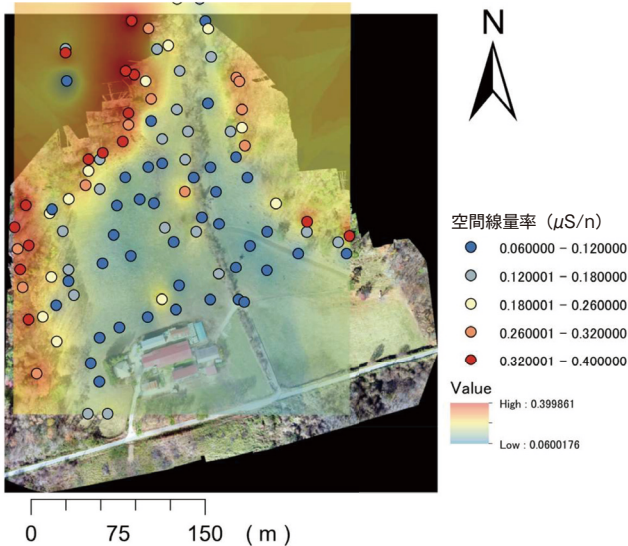


図2 UAVによる空間線量率マップ

広葉樹を育成させる「針・広混交林」化を進め、森林自体の新陳代謝を活性化させていくことが期待される。

### 空間線量率を可視化

続いて地域環境科学部生産環境工学科の中島亭准教授が「森林・農地境界領域の環境回復」を報告した。

原発事故以降、相馬市では汚染状況重点調査地域の住宅、公共施設、道路、農地のほぼすべてで放射性物質の除染が完了した。しかし福島県の面積の70%を占める森林は、ほとんど除染されていないため、未除染の森林と境界を接する除染済み農地・放牧地への放射性物質の流失が心配されている。相馬

市山間部の急傾斜の放牧地での土壌調査によると、一部の除染済み地点で放射性セシウムの濃度が高い地点があった。境界から遠くなるに従い、濃度が増していることから、土壌や落葉などに付着した放射性物質が降雨などで下方に流出した可能性がある。

また土壌サンプリングによる放射性セシウム濃度の測定には時間や労力、予算がかかるため、UAV（ドローン）を使い空間的な分布を把握する研究に取り組んだ。10分程度の対象地で、まず地对空高度を上げながら空間線量率の測定を行い、距離減衰率を求めた。その後地对空高度30mで空間線量率の測定を行った。オルソ画像上に、補正した空間線量率の空間データを重ねて、マップを作成した(図2)。

その結果、対象地の空間線量率の「見える化」が出来た。

### 下水汚泥を肥料に活用

応用生物科学部農芸化学科の大島宏行助教は「地域資源を活用した農地の環境回復」を報告した。

相馬市沿岸部の水田は津波で大量の土砂が流入し、この農地復興が大きな課題だった。流入土砂と作土(元の土壌)と混層して雨水で除塩し、土壌酸性化対策として製鋼スラグを施用する「相馬農大方式」を実施し、予定水田の大半が復旧した。現在はブロックローテーションで水稲とダイズを栽培する農地も多い。

こうした農地では、混層の影響で土壌が再び酸性化することも予想されたため、土壌を調査したところ、肥よく度が大きく低下していることが分かった。

そこで、地域資源として有効利用が求められている乾燥汚泥を肥料として水稲やダイズ栽培に利用することを検討した。乾燥汚泥は下水処理場で発生する汚泥を脱水乾燥させ、小さく成形したもので、窒素やリン酸成分を多く含んでいる。水稲のポット栽培によるリン酸の効果を検証した結果、相馬市乾燥汚泥は化学肥料と同等の効果を示す可能性が高いことが分かった(図3)。また乾燥汚泥中の窒素を水田で効率的に利用するには、根腐れによる生育への影響が出ることから、施用量と施用時期の検討を進める必要があることが分かった。

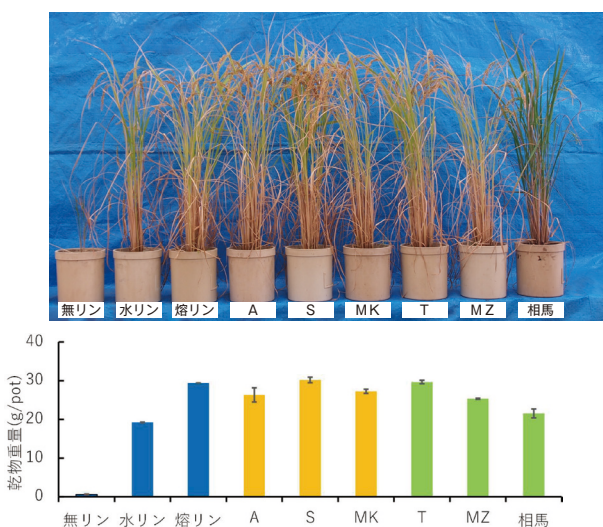


図3 化学肥料・汚泥堆肥・乾燥汚泥の比較  
相馬市で作られた乾燥汚泥肥料は化学肥料と同等の生育を示している。

※報告会後半は次号(4+5月号166号)にて掲載

私の宝もの  
My Treasure

第17回

# 家畜人工授精師免許証

東京農業大学 教授 岩田尚孝

いわた・ひさたか / 1968年兵庫県生まれ。京都大学大学院農学研究科博士前期課程修了。農学博士。東京農業大学農学部動物科学科教授。専門は家畜繁殖学。

若い頃はまじめだったんですね。流れに逆らわないという意味ですが。

大学院を終えて神戸市の職員になりました。国家公務員1種(現総合職)にも合格しましたが、霞が関を見に行っ  
て、電車の殺人的な混雑を初めて体験し「こりゃかなわん」と思ったのです。ところが、神戸市で衛生監視員  
になるつもりでいたら、人事に呼び出され、「遺伝子の研究やってたんやから、農政局に行っ」てと言われ、さ  
らに農政局からいきなり市立農業公園を運営する外郭団体に出向でした。そこで、70~80頭の牛の世話をする  
ことになりました。畜産学科出身ですが、牛には触るのは初めてです。グラウンドみたいな広い飼育場で、毎  
朝5時から糞を一輪車に入れて掃除し、食肉処理場からもらってきた牛の卵子で受精卵を作り、県内の酪農家  
に受精卵を移植して回りました。正月に休めたのは12年間で  
1度だけでした。

ただし、引っかかることがありました。受精卵の証明印は  
作業に関わっていない部局の獣医のものです。自分のハンコ  
を押したいと思いました。獣医でなければ家畜人工授精師の  
資格が必要です。ほぼ1カ月の講座受講が必要で、上司に  
かけあい、1998年と2000年の2回受講して、人工授精と受  
精卵移植の資格を取りました。

ところが、農政事務所の係長に異動し、現場を離れてしま  
います。お役所仕事に疑問を感じていた時、東京農大の教  
員公募を見ると、必要資格に「人工授精師」とあるじゃない  
ですか。これだ!と応募したら、採用してもらえたんです。

現在は厚木キャンパスで、人工授精師に必要な講座を神奈  
川県との共催で開講し、主に実家が畜産農家の学生が受講  
しています。また、脂のサシが美味しい黒毛和種と赤身が  
美味しい<sup>あかけ</sup>褐毛和種をかけ合わせた「農大和牛」の肉を発表  
したところ、大きな反響がありました。研究棟の一角が「受  
精所」に指定される予定で、そうなれば、「農大和牛」の受  
精卵を、農大OBの酪農家にわけて生産頭数を増やしてい  
くことも可能です。授精師の資格はいろいろお役  
にたっていると思いますよ。

(まとめ・東京農大客員教授、鈴木敬吾)



▶ 家畜人工授精師の免許。農政局外郭団体勤務時  
代、わからないことがあった時は、論文を読み  
ながら人工授精の研究に取り組んでいた。

東京農業大学の沿革

## 榎本武揚と横井時敬

創設者は、明治の英雄榎本武揚だ。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、評議員として企画したのが、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