

(公財) 農学会・日本農学アカデミー共同主催
公開シンポジウム

講演要旨

「食料は足りるのか 2」 －生産を支える新技術－

平成 29 年 3 月 11 日(土) 13 時～

東京大学弥生講堂

■プログラム

総合司会		(公財) 農学会 常務理事	丹下 健
13:00～13:05	開会挨拶	(公財) 農学会 会長	長澤 寛道
13:05～13:40	「コメの多収：限界への挑戦」		
	農研機構中央農業研究センター水田利用研究領域北陸作物栽培グループ長		吉永 悟志
13:40～14:15	「用途に合わせたコムギの品種改良」		
	農研機構次世代作物開発研究センター麦研究領域長		小田 俊介
14:15～14:50	「放射能汚染から作物の安全を考える」		
	東京大学大学院農学生命科学研究科食の安全研究センター特任教授		中西 友子
14:50～15:05	・・・・ 休憩（15分）・・・・		
15:05～15:40	「ICT・ロボットによる食料生産のイノベーション」		
	北海道大学大学院農学研究院環境資源学専攻 教授		野口 伸
15:40～16:15	「世界の水産養殖産業大躍進とその基盤技術」		
	東京大学大学院農学生命科学研究科附属水産実験所 准教授		菊池 潔
16:15～16:25	・・・・ 休憩（10分）・・・・		
16:25～17:25	総合討論		
	司会進行：(公財) 農学会 理事・農研機構副理事長		佐々木昭博
	パネリスト：上記講演者5名		
17:25～17:30	閉会挨拶	日本農学アカデミー 会長	古在 豊樹

目 次

開催趣旨	1
(公財) 農学会会長 長澤 寛道	
コメの多収：限界への挑戦	2
農研機構 中央農業研究センター 吉永 悟志	
用途に合わせたコムギの品種改良	4
農研機構 次世代作物開発研究センター 麦研究領域 小田 俊介	
放射能汚染から作物の安全を考える	6
東京大学大学院農学生命科学研究科 中西 友子	
I C T・ロボットによる食料生産のイノベーション	8
北海道大学大学院農学研究院 野口 伸	
世界の水産養殖産業大躍進とその基盤技術	10
東京大学大学院農学生命科学研究科附属水産実験所 菊池 潔	
講演者プロフィール	12

シンポジウム開催の趣旨

世界の食料事情が将来どのようなようになっていくかは非常に関心の高い話題です。昨年のシンポジウムでは、「食料は足りるのか」というタイトルで世界の食料需給を概括的に展望し、水資源、土壌資源、作物育種、水産資源について現状分析し、国際的資源管理を展望しました。

世界の人口は現在 73 億人、2050 年に 90 億人に達すると予想されています。昨年は「食料は足りるのか」という問いに対して、生産物をうまく分配さえできれば、人口は増加しても飢えを解消できるくらいの生産が可能であろうとの見方が大勢を占めたように思います。これは技術の進歩が前提です。分配の問題は政治や国際関係が大きな比重を占めますが、多くの食料を外国に頼っている日本では、世界の情勢いかんでどのような危機的な状況に陥らないとも限りません。国内自給率を高める必要性を誰しも考えるところです。

日本という国はもともと農業で成り立っていましたが、明治以来、特に戦後の急速な工業化や効率重視によって、農業は軽視されてきました。しかし、その中でも農業を支える技術者たちの地道な努力によって、農業生産が支えられてきました。また、今後も継続的な努力と新しい技術が必要とされます。

今回のシンポジウムでは、昨年のシンポジウムを引き継ぎ、日本における近未来の社会情勢を踏まえつつ、また多様な要求に対して食料生産を支える様々な技術の現状と将来について話題提供し、理解を深めることを意図しています。したがって、話題は日本国内のことが中心になります。主要作物であるコメについて農研機構の吉永悟志先生に、麦について農研機構の小田俊介先生に、また本日は 3.11 東日本大震災からちょうど 6 年目に当たりますので、その観点から東京大学の中西友子先生に、今後期待される ICT・ロボット技術の活用について北海道大学の野口伸先生に、水産養殖について東京大学水産実験所の菊池潔先生にご講演いただき、最後に総合討論を行います。

「衣食足りて礼節を知る」と言われるように、食料はまずは量を確保することが重要ですが、現代においてはただ量的に足りればよいというのではなく、安全なそして栄養学的に満たされ、それによって健康な毎日が保証されるものでなければなりません。また、将来にわたってその状態が持続できるものでなくてはなりません。これまでに蓄積されてきた日本の農業技術あるいは農学が食料生産に貢献することを期待しています。

平成 29 年 3 月 11 日
(公財) 農学会会長 長澤寛道

コメの多収:限界への挑戦

吉永 悟志

農研機構 中央農業研究センター

1. 水稲多収栽培の背景

2011年に70億に達した世界人口は2040年頃には90億人に達することが予想されているが、耕作地の拡大による食料生産の伸びは期待できない状況になっている。また、近年の温暖化傾向の中で、異常気象による世界的な食料生産の不安定化も懸念されている。一方、国内では、主食用米の需要が減退する中で、家庭用から業務用へのシフト、パンや麺用の米粉への利用など、消費の多様化が進むとともに、世界的な日本食ブームに対応して輸出の増加も見込まれている。このような状況で、単収を高めることによる生産コスト低減の重要性が増し、これに対応して多様な多収品種が育成されてきている。このように、世界的な食糧安全保障への貢献も含め、水稲の多収研究は重要な研究課題となっている。

2. 我が国の単収と多収事例

我が国の水稲の単収は全国平均で約530 kg/10aであるが、この単収が300～400 kg/10aであった1950年代から1960年代に1000 kg/10aを超える多収が達成されている。これは多収を競った表彰事業「米作日本一」におけるもので、日本一の20年間の平均値でも900 kg/10aを越えている。このような多収は、当時の篤農家が高い栽培技術によって実現したもので、品種よりは栽培技術の貢献により達成された記録と考えられる。その後、農業分野での機械化が進むとともに、作業性や品質が重視される時代となり、当時のような篤農家の技術は適用が困難になっている。一方、我が国で育成されてきている多収品種の収量性は時代とともに向上しており、近年育成の多収品種では、適地適作であれば、肥料を増やすことで、現地圃場で800～900 kg/10a、試験場レベルで1000 kg/10aを越える事例も珍しくない状況にある(試験場での最高収量は1173 kg/10a)。例えば、2008年に品種登録された多収品種「北陸193号」は、同年にバイオエタノール用として新潟県内の農家344戸、合計301 haで栽培され、半数以上の生産者が800 kg/10a以上の収量を達成し、1000 kg/10a超の事例も15件に達した事例がある。

3. 世界の多収事例とその条件

海外における多収の報告事例では、中国の雲南において1500 kg/10a、エジプトのナイルデルタでは1200 kg/10a、オーストラリアでのコシヒカリの栽培により1000 kg/10aの収量が得られている。また、アメリカの稲作の平均収量はアーカンソー州で600 kg/10a、カリフォルニア州で750 kg/10aに達するなど、我が国の単収(530 kg/10a)を大きく上回っている。これらの事例は、いずれも生育期間中の日射量が豊富な条件で、19～26 MJ/m²/日となっており、我が国の水稲の生育期間の平均日射量の15～17 MJ/m²/日と比較すると20～60%高い条件となっている(例:東京都心の8月の単収日射量は15.3 MJ/m²/日)。このことを考慮すると、我が国では気象条件でのハンデを背負いながら、品種や栽培

技術を駆使して多収を達成しているといえる。

4. 近年育成の多収品種の特徴

近年育成されている多収品種は多様な品種を交配して育成されており、普通品種と比べると遺伝背景も多様である。いわゆるアジア稲は日本型、インド型に分けられるが、多収品種の多くは両者の遺伝子を組み合わせることで多収を達成しており、ここでは、その都合により、日本型多収品種、インド型多収品種に大別することとする。北海道や東北では低温に強い日本型品種で多収が達成され、関東以西では、インド型品種の収量が日本型に優っている。いずれの場合も、収量ポテンシャルの指標である「シンク容量」(籾の数や籾の大きさで決まる)を拡大する能力が普通品種と異なる。多収品種は、同一条件でも普通品種と比較してシンク容量が約20~40%程度増大し、最大では1100~1200 g/m²に達する。特に、日本型多収品種でシンク生産能力が高い。一方、シンクにデンプンを詰める「登熟」については、普通品種ではシンク容量が増大するに伴って登熟が低下することでシンク容量の増加効果が「相殺」されるが、多収品種では、特にインド型品種の登熟能力が日本型品種と比較して高く、シンク容量が1100 g/m²を越える条件でも90%程度の登熟を維持して、1000 kg/10aを越える収量性が達成されている。なお、多収品種の登熟適温は普通品種と比較して高いため、品種のポテンシャルを発揮させるためには、これを考慮した作期や品種の選定が重要となる。

5. さらなる多収を目指して

現状の収量ポテンシャルの向上方策を大別すると、シンク容量の増加あるいは登熟向上のどちらかあるいは両方が必要となる。さらに分けると、シンク容量については、「籾数の増加」と「粒重(籾殻の大きさ)の増加」、登熟については、「光合成能の向上」と「転流の促進」となる。近年、収量性に関わる遺伝解析が行われるなかで、籾数増加や籾の大型化に有効な遺伝子の特定やマーカーの開発が進んでおり、シンク容量の増大のための改良は比較的容易になっている。これに対し、登熟に関与する形質については、効果の大きい遺伝子座の特定は少ない状況にある。長期的には、トウモロコシのようなC4植物の光合成能をC3植物である稲に導入することで、バイオマスを飛躍的に高められる可能性があるが、短期的には現有のインド型品種の高い登熟能力に関与する形質を登熟性の点でインド型に劣る日本型品種に導入していくことが有効となる。また、低温耐性が低いため、作付け時期や地域が限定されるインド型品種の耐冷性を付与することで安定生産につなげることが重要となる。なお、生産現場では収量のみならず、耐病性、耐虫性、用途に応じた品質など、多様な形質が必要となる。農研機構では、全国各地で900 kg/10a以上の収量性、耐病虫性、業務・加工向けの品質等を兼ね備えた品種の育成と栽培技術の確立を目指した研究に取り組んでいる。

<用語解説>

*単位：面積当たり収量は「10a」当たり「kg」で表示 (kg/10a、10a=1000 m²)。

*収量は粗玄米重で表示 (平年収量は精玄米重)。籾重データは玄米重に換算。

*シンク容量 (g/m²)：デンプンの容れ物の大きさ。籾の数 (粒/m²) ×玄米一粒重(g)

*登熟：籾にデンプンが詰まる程度、登熟期は出穂から成熟期までの期間。

用途に合わせたコムギの品種改良

小田 俊介

農研機構 次世代作物開発研究センター 麦研究領域

小麦粉はパン、中華めん、日本うどん等多様な用途に利用されているが、この用途は主に小麦に特有のタンパク質「グルテン」の量と質で決まる。グルテンの量（＝タンパク質含量）は気候、土壌、栽培法等の影響を大きく受けるが、質は遺伝的に決まっている部分が多い。そのため、遺伝的に決まるグルテンの質は品種開発（育種）の寄与が大きい。

他国のコムギ生産地と異なり、日本はコムギの収穫時期が梅雨の時期と重なっている。そのため、梅雨の多湿によって発生する穂発芽や赤かび病に抵抗性を持ったコムギ品種を栽培する必要がある、重要な育種目標となっている。

国内のコムギ育種は、民間の種苗会社等ではなく、主に公設研究機関で行われているため、育種目標は農業政策に沿ったものになる。その農業政策の元となるのが「食料・農業・農村基本計画」である。「食料・農業・農村基本計画」とは、「食料・農業・農村基本法」に基づいて、食料・農業・農村に関して政府が中長期的に取り組むべき方針を定めたもので、情勢変化等を踏まえて概ね5年ごとに変更されている。2015年3月に新しい「食料・農業・農村基本計画」が閣議決定され、その中では食料自給率の目標が設定されている。それは、供給熱量ベースで39%（平成25年度）という先進国のなかでは低い食料自給率を、10年後の平成37年度に45%に引き上げるというものであり、それに伴うコムギの生産努力目標は、81万トン（平成25年度）から95万トン（平成37年度）に増産することとなっている。この国産コムギの増産を達成するための方策を考える場合、まずコムギの用途別の自給率を考慮することが重要である。コムギ全体の自給率は約13%だが、用途ごとに大きな違いがある。日本めん用では約60%と高い値だが、他方パン用、その他めん用（中華めん、即席麺等）、菓子用では、2.6%、5.7%、13.9%と低い値である。従って、国産コムギの増産にはこれら自給率の低い用途に適したコムギ品種を開発し、栽培面積を増やすことが必要である。

このような状況を背景に、育種目標では従来からの日本めん用に加えて、パン・中華めん用にも力点が置かれるようになった。そして、1997年以降の20年間で品種登録された51品種（中間母本、大学育成等を除く）の内21品種がパン・中華めん用コムギである。

近年のゲノム情報の進歩には目を見張るものがある。ゲノム配列解読技術の進歩により、イネをはじめとしてオオムギ、ダイズ、トウモロコシ、トマト等でゲノム配列の解読が終了している。コムギも日本を含む国際コムギゲノム解読コンソーシアムが国際協調により各国が染色体を分担してゲノム解読を行っている。このゲノム情報の直接的な利用の一つが品種開発におけるDNAマーカー選抜であ

る。品種開発の基本は、交配等により変異を拡大し、その中から求める形質（例えば高品質、病害抵抗性等）を持ったものを選抜し、新たな品種を作り出すことである。この求める形質を持ったものの選抜は、従来は圃場での調査（例えば病害抵抗性の圃場での抵抗性の調査）や収穫物の調査（例えばパン適性を評価する官能試験）など表現型により行ってきた。しかし、DNA マーカー選抜では、求める形質を持ったものを遺伝子レベル（遺伝子型）で選抜することが出来る。DNA マーカー選抜の利点は①個体では評価・選抜が難しい形質でも、個体で DNA マーカーの有無を判断できることから、選抜の信頼性が高い。②作物の生育の全ての段階で DNA の抽出が可能なので、植物が大きくなると調べることが出来ない形質でも、種子や幼植物で選抜が出来る。③複数の DNA マーカーを用いて、同時に異なる形質（例えば病害抵抗性とパン適性）を選抜することができ、選抜に要する労力を軽減できる。

コムギの品種開発での DNA マーカーの利用法は大きく2つに分けられる。1つ目は集団育種法などの通常育種での利用である。2つ目は戻し交配育種法での利用である。1つ目の例としては、近年開発されたパン用小麦品種がパンの膨らみを支配する高分子量グルテニンの DNA マーカー選抜で開発されたことがあげられる。特に2005年以降に品種登録されたパン・中華めん用13品種に限定すると、8品種で DNA マーカーが利用されている。また、2つ目の DNA マーカー利用の例として、山口県で奨励品種に採用された「せときらら」がある。

パスタは(普通)コムギからではなくデュラムコムギから作られている。(普通)コムギは、4倍体のデュラムコムギと2倍体のタルホコムギが交雑して誕生した作物である。デュラムコムギは(普通)コムギより穂発芽や赤かび病抵抗性が弱いため、これまで国内ではデュラムコムギは栽培されていなかった。しかし、日本でも比較的乾燥している瀬戸内海地域で栽培が可能な「セトデュール」が日本初のデュラムコムギとして育成された。

従来は日本ではめん用コムギしか栽培出来ないと考えられてきた。しかし、品種開発によりパン・中華めん用品種も栽培出来るようになっている。さらに、デュラムコムギも国内で栽培可能な品種が登場した。しかし、パン・中華めん用コムギ品種とデュラムコムギは、品質は輸入品と比べると劣っており、栽培性（収量、穂発芽抵抗性、赤かび病抵抗性）国内のめん用コムギと比べると劣っている。今後はこの劣っている点の改良が課題である。

放射能汚染から作物の安全を考える

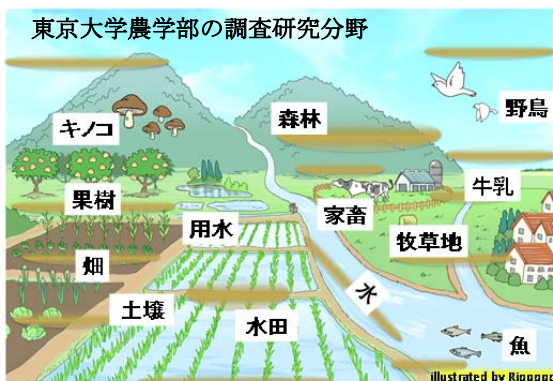
中西 友子

東京大学大学院農学生命科学研究科

福島原発事故から5年が経過し、農業においては農地にカリウム施肥を施すことにより、農作物へのセシウムの移行が格段に抑えられるようになった。まず、コメについてであるが、福島県で毎年生産される1000万袋以上にのぼるコメについて全袋調査を実施し、100Bq/kgという基準値を超えた袋の数は、2012年に71袋、2013年に28袋だったのが2014年には2袋となり、2015年以降には基準値を超えるコメの生産は0となった。2014年に放射能が検出された2袋は何も処置を施さない農地で自家米として生産したものであった。他の農作物についても、出荷される全ての品種について放射能のモニタリング調査が行われており、市場には基準値を超えた農作物は出回っていない状況となっている。

放射能汚染については航空機などによる上空からの調査測定が定期的に行われてきているものの、汚染地域の8割が森林も含め農業関連地であることから、まだ地上に降り注いだフォールアウトの動態については農学面からあまり解明されていないことが多い。

東京大学大学院農学生命科学研究科では、事故直後から、東京の弥生キャンパス内の研究室と、圃場・牧場・演習林などの附属施設に所属する大勢の教員が協力してグループを作り、これまで馴染が薄かった異分野の研究者が共同で復興支援のための研究を開始した。フォールアウト動態の対象は環境そのものであり、ひとつの専門からだけでは議論できないことが多い。例えば農地については、土壌、作物育種、水利など複数の専門家が集まって初めてフォールアウト動態の全体像が少しずつ判ってくるのである。研究科で取り組んでいる研究プロジェクトは、土壌・水・植物・魚類・野生生物・家畜など多岐に渡っており、福島県農業総合センターとの農作物についての共同研究を始めとして、地域のNPOなどの組織や個別の農家の方たちとも一緒になった研究も進めている。これらの多分野に渡る農学分野での系統だった放射能汚染研究の取組は他にあまり例を見ないだろう。



東京大学農学部における震災復興支援への取組み

農学生命科学研究科

(1) 高放射能の農畜水産物産業への影響

① 作物・穀物	演習林	応用生命化学・工学
② 家畜・畜産物	牧場	生産・環境生物
③ 土壌・微生物	生体調和農学機構	獣医学
④ 魚介類、海水	(圃場)	応用動物科学
⑤ 放射線測定	水産実験所	森林化学
⑥ 科学コミュニケーション他	食の安全センター	生物環境工学
	放射性同位元素施設	生物材料科学
		水圏生物科学

(2) 被災地農業回復についての研究開発

① 作物生産・土壌学 ② バイオマス生産

食の安全面から考えると事故により飛散してきた放射性核種がどのように動き、どのように農産物に取り込まれて人間が摂取するのか、という放射性核種の動態が最も重要な課題のひとつである。そこで、私共は全国に広がる演習林や牧場などの附属施設をはじめ、福島県の市町村との協力の下、放射性核種の動態を調査してきている。例えば、土壌中の放射性セシウムは殆ど動かず、現在の下降速度は1-2 mm/年であり、その移動速度はチェルノブイリ事故ならびに1960年代の米・ソによる核実験でグローバルフォールアウトとして飛散した放射性核種の移動距離と同等である。そして土壌中ではその殆どが粘土または有機物に強く吸着されており、生育する作物は、例外的な場合を除き、カリウムが不足しない状況下では放射性セシウムを殆ど吸収することができないことなどが判ってきている。家畜を対象とした研究では、母体からミルクへの放射能の移行をはじめ、動物体内の放射性核種の分布など畜産業の基礎となるデータが得られてきている。

森林では、常緑樹の葉に降って付着した放射性核種は、年を経ると共に地面に落下し、その落ち葉が分解されると放射性核種は土壌に吸着され動かなくなった。樹木中には幹表面から付着した放射性セシウムが入り込み、新しく生育する組織に極僅かずつではあるが移行することなどが判ってきている。特にキノコについては、今回の事故による放射能のみならず、1960年代の核実験時に降ってきた放射性セシウムも測定されてきている。森林から流れ出る水では、毎年、蓄積された放射性核種の約千分の1が水流に伴って流出するが、粘土などの微量浮遊物をろ過すると、水そのものには放射能が殆ど検出されないことが判った。

また、魚介類ではどのように魚が放射性セシウムを体外に排出するのかについても研究が行われ、汚染された魚肉を用いた食品加工過程では放射能の残存率が5%以下になることなどが判ってきている。さらに野生動物では鳥の現地調査も展開され、事故当時には高い放射能が測定された羽が翌年には生え変わり殆ど放射能が検出されなくなった。ダイズやイネの放射性核種の吸収メカニズムについては実験室でも詳細な研究が進んでいる。また、農地の除染については費用のかからない有効な除染法が実行され営農再開に向けて現地の農家の人達との協力が進んでいる。

放射能汚染が時間の経過と共にどう動いていくか、そこで育つ作物や動物への影響はどう変化していくのかなど、現場に根ざした放射能汚染の実態や汚染原因を科学的に知った上で、より有効で効果的な対策を考え、食の安全を図っていくことが必要だろう。

参考文献等

- 1) 中西友子、土壌汚染、NHK ブックス(2013)
- 2) Agricultural Implications of Fukushima Nuclear Accident, Nakanishi, T.M. and Tanoi, K. eds., Springer (2013)
<http://link.springer.com/book/10.1007/978-4-431-54328-2/page/1>
- 3) Agricultural Implications of Fukushima Nuclear Accident The First Three Years, Nakanishi, T.M. and Tanoi, K. eds., Springer (2016)
<http://link.springer.com/book/10.1007/978-4-431-55828-6>
- 4) 放射能の農畜水産物等への影響についての研究報告会(2011~2016)
<http://www.a.u-tokyo.ac.jp/rpjt/index.html>
- 5) 東京大学大学院農学生命科学研究科の専攻を越えた教育プロジェクト
<http://www.agc.a.u-tokyo.ac.jp/wp/fg6/>

ICT・ロボットによる食料生産のイノベーション

野口 伸

北海道大学大学院農学研究院

日本農業の労働力不足は深刻である。他方、農業経営改善のために1戸あたりの耕作面積は増加している。今後日本農業の持続性を確保するためには、農産物の格段の品質向上と生産コスト削減が不可欠であり、ICTやロボットへの期待が高まっている。安定した食料生産を達成するためには、現状では人間の「経験」と「勘」に基礎をおいた栽培技術が必要であり、ここに新規就農が増加しない理由の一つがある。日本農業を再生するためにはICTを高度に活用して作物栽培のノウハウがない未熟練者でも一定の生産性を確保できる営農支援システムの開発が急務である。また、ロボットをはじめ超省力技術も日本農業を持続的に発展させる上で必須となる。一方、世界に目を転じると世界人口は2010年で70億人、2030年には84億人になり、その時の食料需要は現在の50%増との推計があり、今後世界の食料の需給バランスは崩れ、食料不足になるとされる(世界食糧サミット、2008年6月)。さらに農業の労働力不足は先進諸国・新興国でも共通である。農業従事者の減少、特に技術を有した人材の不足が問題になっており、国際的に農機のロボット化はニーズが高い。現在ロボット農機は米国・欧州など世界各国の産学において開発中である。

ICT 農業

1980年代後半に空間情報に基づいて精密な農業生産を行う精密農業(Precision Agriculture: PA)という技術概念が提唱され、21世紀に必要な生産技術として世界中で研究開発が始まった。PAの革新的な点は圃場の土壌、作物生育、収量などの空間情報がコンピュータのスクリーンに描画され、そのデータに基づいて営農計画が立てられるようになったことである。圃場の詳細情報は施肥設計など作業計画の適正化にも有効であり、PAが所期の目標を達成すれば、資材投入の最適化が計られ、資材費削減とともに土地生産性も向上する。また、農薬の過剰投入を抑えることができるので、農産物の安全性、農地環境の保全にも寄与する。すなわち、PAの重要な機能は圃場環境や作物生育の空間情報化にあり、このPAの適用範囲を圃場スケールから地域スケールまで拡張することで、

- ・ 高齢化、減少する熟練農家の知識・知恵をデータで継承
- ・ 生産現場と加工・流通分野との連携を通して6次産業化を促進

に資する技術に発展する。上記の効果を生むためには『フィールドデータの観測・収集』→『フィールドデータの通信・蓄積』→『営農支援情報の抽出・利活用』のプロセスが必要である。特に農家が作業に関する意思決定をする上での必須情報である「気象情報」、「土壌情報」、「作物生

育情報」、「生産履歴情報」、「農作業情報」の低コストで効率的な収集技術がポイントとなる。さらに、これら農業情報は通年で毎年取得される時空間データとなるため膨大なデータ（ビッグデータ）である。このビッグデータから「営農ノウハウ」を抽出することは可能であり、この「営農ノウハウ」によって土地生産性と収益の増加が期待される。情報を地域の農家に配信することで、新規就農者への円滑な技術伝承、また大規模農業経営に対しては生産プロセスのPDCAによる工程管理が実現し、農産物生産の低コスト化と品質の高位安定化が可能になる。

ロボット農業

無人で動く機械が労働力不足の問題解決に多大に貢献することは明らかであるが、いまだ世界的に実用化していない。その理由はロボットの安全性の確保にある。ロボットを安全に使用できる方策には、ロボットが作業している圃場に人が入れないようにすることに加え、作業者がロボット作業を監視することである。たとえば有人のトラクタがロボットトラクタに随伴して協調作業を行う、もしくは人が圃場隅で除草などの軽作業をしながらロボット作業を監視する、などが安全なロボット使用法であろう。現在、農林水産省はこのロボット作業の目視監視を前提とした「ロボット農機の安全性確保ガイドライン」を検討中で本年3月末に策定される予定である。その次に社会実装されるロボット技術が完全無人システムである。地域内の分散圃場で複数のロボットに同時作業させうるシステムで、ロボット管制室にいる人が複数台のロボットを管理する。大区画の畑においては耕うん、整地、代かきなどの夜間作業もできる。ただし現状ではロボット作業の遠隔監視に適した電波利用法が確立していないため、完全無人システムの実現には、まだ数年かかる見込みである。日本政府はこの遠隔監視ロボットシステムについて2020年までの社会実装を目指している。現状では道路交通法の制約から公道をまたぐ圃場間移動ができない。この圃場間移動の制限が効率的に完全無人システムを運用できない課題でもある。

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代農林水産業創造技術」

現在、土地利用型農業のICTとロボットによるスマート化の技術開発は内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代農林水産業創造技術」において進めている。SIPでは①メッシュ農業気象データと気象対応型栽培技術、②人工衛星や低層リモートセンシングによる空間情報の効率的収集と活用技術、③自動給排水システムによる圃場水管理の省力化技術、④ロボットなど自動化・知能化された機械による超省力作業技術、⑤多数の圃場を省力的に管理するための「多圃場営農管理システム」の開発が行われている。①～⑤からなる統合した営農管理システムを目指す国家プロジェクトは世界的にもまれで、最先端のスマート農業技術パッケージの創出が期待されている。他方、経済産業省設置研究会の試算では2020年におけるアジア・オセアニア地域の準天頂衛星システムを利用したIT農業技術の経済拡大効果は約5000億円と見積もられており、SIP開発技術の海外展開も進めていく考えである。

世界の水産養殖産業大躍進とその基盤技術

菊池 潔

東京大学大学院農学生命科学研究科附属水産実験所准教授

世界レベルでみると、近年、養殖でつくられた水産物の量が激増しています。これにともない、養殖ものに対する見方や養殖産業の経済的立ち位置も変化しつつあります。養殖技術の革新もおきています。本講演では、こういった諸変化について紹介したいと思います。

養殖でつくられた水産物の急増

ここ数十年の世界の漁業生産量をながめてみると、ふたつの大きな特徴を見てとることができます。ひとつめは、驚くほどの速度で漁業生産量（養殖量と漁獲量の合計）が増加しつつづけていることです。ふたつめは、その増加の大部分は養殖量の増加だということです。最近ではついに養殖量が漁獲量を越えてしまいました。つまり世界では、これまで魚を食べなかつた人々が魚を食べはじめ、その魚は海や川から獲られたものではなく、養殖によってつくられているということを意味しています。

海外の養殖産業が日本におよぼした影響

いくら世界の養殖生産量が激増しようが、世界の魚食文化をリードしている（と多くの人にはなんとなく思っている）日本には関係ないことと思うかもしれません。しかし、アトランティックサーモンという北欧で家畜化（家魚化）された養殖魚が高級食材として日本を含む世界の食卓を席卷したことは、日本の魚食文化に不可逆的な影響を与えた—と思います。これまでも「おいしくつくられた養殖魚のほうが、天然漁獲魚より高級なこともある」という考え方は少しずつ浸透してきてきたようですが、100%養殖魚であるアトランティックサーモンが寿司屋に並ぶ光景は、日本の人々の考え方を一挙に変えてしまったのではないのでしょうか。また、水産は衰退産業などと言われることもあった中、アトランティックサーモン産業の例にみられるように、養殖業が就業者に高額かつ安定した所得をもたらす巨大成長産業になり得ることに驚いた人も少なくないはずです。養殖産業を見る目も、ずいぶんと変わったと思います。

養殖魚の新しい捉え方

スーパーなどで売られている魚介類は主に、「養殖もの」と「天然もの」にわけられます。これまでは人が育てた「養殖もの」はまがいもの、海や川から漁獲された「天然もの」は

本物と考えることが多かったかと思います。しかしアトランティックサーモンなどの影響もあり、最近、この考え方・捉え方は変化しつつあります。つまり「養殖もの」と「天然もの」には、それぞれ異なった価値があると捉えられるようになってきたのです。この捉え方の変化は、ブタやウシといった陸上家畜類を人がどう捉えてきたかということと対比させてみると、理解しやすいかもしれません。

野生のイノシシを家畜化することで、ブタがつくられたことは良く知られています。しかし、森で獲られたイノシシが本物で、飼育されたブタはまがいものだと考える人はあまりいないでしょう。同様の変化が、いま水産物の捉え方において進行しつつあるようです。ブタの家畜化は遠い過去に長い時間をかけて進んだ出来事ですが、養殖魚の家畜化（家魚化）は、いま現在、最新の技術によって急速に進行している最中です。われわれはまさに今、養殖魚の捉え方について歴史的転換期に立っているという人もいます。

最新の技術

アトランティックサーモンは完全に家畜化（家魚化）されています。これをつくりだした技術は、欧州水産業のメインストリーム技術のひとつとなりつつあるようですが、実は、そのかなりの部分について日本は立ち遅れていると言わざるをえません。かつて日本は水産先進国を自認していたようですが、これは実に残念な状況です。もっとも、水産養殖を支える技術は多岐にわたります。水産学者たちは、「いかにさかなに子供を産ませるか」、「いかにさかなを大きく育てるか」、「いかにさかなの健康をたもつか」といったことを念頭に、様々な技術を開発してきました。日本の学者がその発展に大きく貢献した技術もたくさんあります。近年の水産養殖発展の鍵となっている古典的技術と最新技術のいくつかを、欧州のそれを含めて紹介します。

講演者プロフィール

敬称略・講演順

【吉永 悟志（よしなが さとし）】

1963年埼玉県生まれ。1989年京都大学農学研究科修士課程卒。農学博士。1989年農林水産省入省、四国農業試験場、九州農業試験場、東北農業研究センター、作物研究所を経て、2012年より農研機構中央農業研究センター北陸作物栽培グループ長。これまでに「水稻直播栽培の生産性向上」、「転換畑大豆作の安定化技術」、「水稻多収品種の特性解明」等の研究に従事するとともに、短期でのアフリカ、アジア、ヨーロッパの稲作の調査等に参画。アフリカ稲作振興国内支援委員会委員、水稻の作柄に関する委員会委員。2004年日本作物学会技術賞、2009年日本作物学会論文賞等。

【小田 俊介（おだ しゅんすけ）】

1983年東京大学農学部農業生物学科卒業後、同年農林水産省農業研究センター（現在次世代作物開発研究センター）入省。1992年から農業生物資源研究所、1996年から国際農林水産業研究センター沖縄支所、1999年から栃木県農業試験場栃木分場、2001年から農林水産省農林水産技術会議事務局、2003年から九州沖縄農業研究センター筑後研究拠点、2009年から作物研究所を経て、2016年4月から国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）次世代作物開発研究センター 麦研究領域 研究領域長。1993年10月東京大学にて博士号（農学）取得。

【中西 友子（なかにし ともこ）】

1950年金沢生まれ。1978年東京大学理学系研究科化学専門課程博士課程修了。理学博士。日本ゼオン(株)などを経て1987年東京大学農学部助手。同助教授を経て2001年同教授。東京大学総長補佐、東京大学環境安全本部本部長、日本学術会議会員、ユネスコ国内委員、文部科学省参与、科学技術学術審議会委員、文化審議会委員などを経て現在、東京大学名誉教授、日本放射化学会会長、日本工学アカデミー副会長、スウェーデン王立工学アカデミー会員、内閣府原子力委員会委員などを務める。猿橋賞、原子力学会貢献賞、日本放射化学会賞、ヘベシー賞、フランス国家功労勲章など受賞。近年の著書に『土壌汚染』NHKブックス(2013)がある。

【野口 伸（のぐち のぼる）】

1961年北海道三笠市生まれ、下関市育ち。1990年北海道大学大学院農学研究科農業工学専攻博士後期課程修了。農学博士。同年北海道大学農学部助手として採用。1997年同助教授、2004年同教授、現在に至るまで農業工学に関する研究開発及び教育活動に従事。専門は農業情報工学、農業ロボット工学。日本生物環境工学会会長、日本学術会議 食料科学委員会委員長、同農業情報システム学学科会委員長、農林水産省 スマート農業の実現に向け

た研究会委員、国際自動制御連合(IFAC)技術委員会「Control in Agriculture」委員長、国際農業工学会(CIGR)セクションⅢ「Plant Protection」幹事等を歴任。現在日本生物環境工学会理事長、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代農林水産業創造技術」プログラムディレクター。

【菊池 潔 (きくち きよし)】

1996年 日本学術振興会特別研究員、1997年 東京大学大学院農学生命科学研究科助手、1999年 オレゴン大学神経科学研究所客員研究員、2001年 東京大学退職、オレゴン大学神経科学研究所研究員、2002年 東京大学大学院農学生命科学研究科附属水産実験所助手を経て2013年より、東京大学大学院農学生命科学研究科附属水産実験所准教授。研究分野：魚類遺伝学。