aff

［あふ］

agriculture forestry fisheries

2021
DECEMBER
通巻612号
12

農山漁村発 再生可能エネルギー

農林水産省

自然の恵みを活かす！

再生可能エネルギーを知る

暖かな太陽の光や爽やかな風、雄大な河川。そして、農畜産業や豊かな森林に由来する生物資源。私たちの身の回りにあるこうした資源はいずれは枯渇する恐れのある化石燃料とは異なり、自然の中で絶えず補充され、温室効果ガスを増加させない、「再生可能エネルギー」のエネルギー源として期待されています。今回は、再生可能エネルギーの特徴や可能性に迫ります。

農山漁村は再生可能エネルギーの宝庫！

再生可能エネルギーとは、絶えることなく補充される自然のサイクルに由来するエネルギーのことをいい、太陽や水、風、地熱、そして農林漁業に由来する生物資源などからつくられるエネルギーのことをいいます。豊かな自然資源が豊富な農山漁村は、再生可能エネルギーの宝庫といえます。イラストを通して、具体例をみていきましょう。

農山漁村での再生可能エネルギーの活用

畜産バイオマス発電

畜産や酪農を行う過程で発生する家畜排せつ物。これらを、微生物の力で発酵させて発生する「バイオガス」を燃料として、発電を行うことができます。

木質バイオマス発電

林業や木材の加工を行う過程で発生する間伐材や未利用木材。こうした木質資源を収集、破砕してつくる「木材チップ」を燃料として発電を行うことができます。

小水力発電

農業を行う上で欠かせない農業用ダムや農業用水路。こうした農業水利施設では、流れる水の水位差を活用して、小規模な水力発電を行うことができます。

営農型太陽光発電

農業を行って作物を生産しながら農地の上には太陽光パネルを設置し、降り注ぐ太陽光を活用して発電を行います。

再生可能エネルギーを導入して地域を豊かに

再生可能エネルギーで発電した電気は、政府の定める一定価格で一定期間、電力会社が買い取ることを保証する「固定価格買取制度」を利用し、売電収入を得ることができます。しかし、農山漁村で再生可能エネルギーを導入した場合、こうした収入面でのメリットのほかにもさまざまなメリットをもたらし、地域の活性化につながることが期待されます。

1.地域の雇用創出

発電設備の維持管理や周辺事業での雇用が生まれます。木質バイオマスを例にとれば、燃料となる木材の収集やチップへの加工など、関連産業への雇用につながり、その地域の活性化につながります。

2.災害時の電力供給

自然災害により大規模電源による電力の供給ができなくなっても、太陽光発電を非常用電源とすることで、地域の公共施設などに必要なエネルギーを供給することが可能となります。

3.農林漁業の課題の解決

畜産の過程で発生する家畜排せつ物を燃料としたバイオマス発電により、悪臭などの課題の解決にもつながります。また間伐材を木質バイオマス発電に活用することで、森林の整備や林業の振興にもつながります。

4.農林漁業のコスト削減

例えば水力発電であれば、発電で得られた収入を農業水利施設などの維持管理費として活用したり、バイオマス発電であれば、発電の際に生じた熱を施設園芸や養殖施設で活用することで暖房費を削減するなど、農林漁業におけるコストの削減につなげることができます。

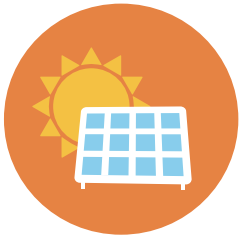
再生可能エネルギーの種類

太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、水力発電、地熱発電、熱利用など、さまざまな再生可能なエネルギーがあります。今回はその中でも、特に農林漁業との関わりが大きい3種についてご紹介します。

1 バイオマス発電

2 水力発電

3 太陽光発電

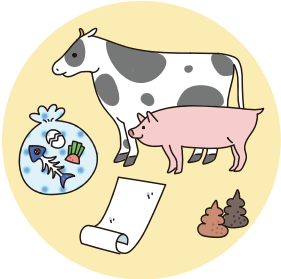


1 バイオマス発電

メタン発酵施設（廃棄物系バイオマス発電施設）（写真提供：農研機構）

バイオマスとは、「バイオ」(生物資源)と「マス」(量）を合わせた造語です。「再生可能な、生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの」と定義されます。バイオマス発電は、動植物に由来する有機物である資源（化石資源を除く）を燃料として直接燃やしたり、バイオガス化（メタンガス化）したりすることで発電する方法です。

バイオマスの種類



❶廃棄物系バイオマス

家畜排せつ物や食品廃棄物、廃木材、下水汚泥、水産物の加工過程で出る水産残さなど、通常であれば廃棄物としてコストをかけて処理されるものがあてはまります。

❷未利用バイオマス

稲わら、もみ殻などの農作物の非食用部や、果樹の剪定で生じる剪定枝、さらに森林の間伐の際に出る間伐材や台風で倒れた被害木など、未利用の資源があてはまります。

❸資源作物

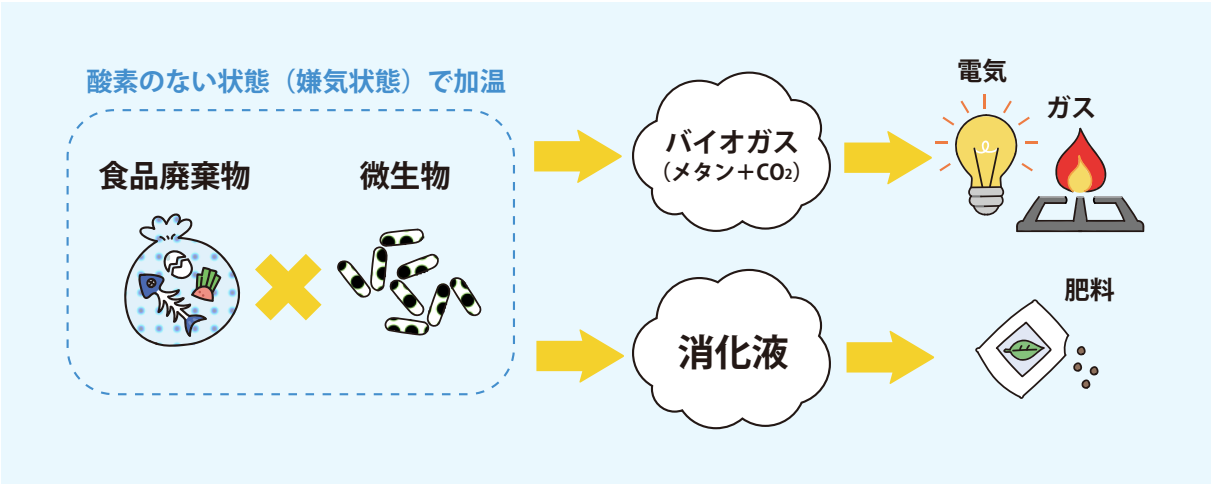
サトウキビなどの糖質資源、コメやトウモロコシなどのでんぷん資源、ナタネなどの油脂資源、ミドリムシなどの微細藻類などがあります。

バイオマスの活用方法

食品廃棄物（野菜残渣）（写真提供：農研機構）

バイオマスから電気、熱といったエネルギーを得るための方法は、バイオマスの種類によってもさまざまです。ここでは、私たちの日常生活で最も身近なバイオマスである食品廃棄物からエネルギーを得る方法を見ていきましょう。

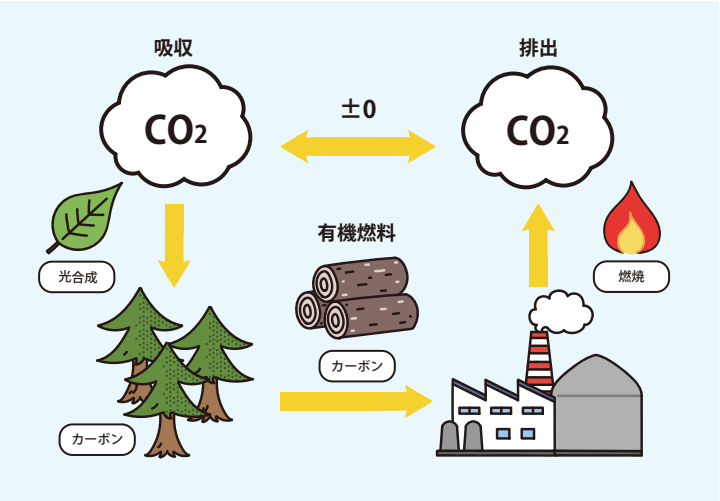
メタン発酵のプロセス



食品廃棄物は、「メタン発酵」という方法でエネルギー利用することができます。
これは、原料となる食品廃棄物を無酸素の状態（嫌気状態）で温めることで微生物が有機物を分解し、「バイオガス」を発生させる方法です。バイオガスに含まれるメタンは燃えやすく、電気や熱などのエネルギーとして利用できます。また、原料からバイオガスを除いた後に残る「消化液」は、肥料として農業に活用することもできます。

カーボンニュートラル

バイオマスは、燃やしてもCO_2の増減に影響を与えない「カーボンニュートラル」という特徴があります。植物は燃やすとCO_2が発生しますが、植物の成長過程でCO_2を吸収するので、ライフサイクル全体でみるとCO_2の排出と吸収は実質ゼロになります。



近年では、それが概念化され、CO_2の増減に影響を与えない性質や、二酸化炭素の排出量と吸収量のバランスが優れている状態を表す際にも、「カーボンニュートラル」と表現されます。具体的には、CO_2排出量を削減するための植林や再生可能エネルギーの導入など、人間活動におけるCO_2排出量を相殺することもカーボンニュートラルと呼ばれています。

バイオマス発電の利点と課題

稲わら（未利用バイオマス）（写真提供：農研機構）

バイオマス発電は、農林水産業で発生する生物資源を活用するため、太陽光発電のように天候に左右されることなく安定した発電をすることができ、発電量をコントロールしやすいのが利点です。一方で、バイオマス発電の原料は農山漁村の中に「広く薄く」存在していることから、原料の効率的な収集と運搬の仕組みを地域の中で確立することが課題となります。

2 水力発電（小水力発電）

山梨県韮崎市の徳島堰入戸野発電所（写真提供：全国小水力利用推進協議会）

水力発電は水の位置エネルギーを利用し発電する方法です。このため、十分な水位差と流量が存在する地域が小水力発電の候補地となります。大きなダムを利用するイメージがありますが、近年は中小水力発電施設の建設が活発化しており、農業用水や上下水道を利用する場合もあります。主に1,000kW未満の水力発電を小水力発電として取り扱っています。水位差と流量が必要となるため設置できる地点は限られますが、太陽光や風力と異なり、天候に左右されず、昼夜、年間をとおして安定した発電を行うことができるという長所があります。

農業用水を活用した発電事例

青森県十和田市の稲生川（いなおいがわ）小水力発電所

青森県十和田市のほか1市4町にまたがる三本木原台地は、稲作を中心として同県でも有数の農業地帯です。この地域の農業を支える三本木幹線用水路にある、総水位差9.1mの急流工を活用して小水力発電を行っています。発電により得られた収入を活用して農業水利施設の維持管理や修繕を行っており、地域の農業を支えています。

農業用ダムを活用した発電事例

愛媛県西条市の志河川（しこがわ）ダム発電所

瀬戸内海に面した愛媛県西条市の道前平野にある志河川ダムは、年間降水量が少ない同地域の農業を支えてきました。ダムからの放流水（水位差約25.0m）を活用して小水力発電を行っています。発電で得られた収益は、土地改良区が管理している農業水利施設の維持管理費に活用され、負担軽減に役立っています。

日本の農業と小水力発電

水力発電は高い山々や高低差の大きい河川が多い日本に向いている発電方法です。特に小水力発電は、稲作のための農業用水路が整備されているわが国に適しています。上記の事例のように、小水力発電で得られた収益は、農業水利施設の維持管理費などに活用することで、地域の農業の持続的な発展に利用することができます。

3 太陽光発電（営農型太陽光発電）

静岡県の茶畑で行われた、営農型太陽光発電の実証試験風景（写真提供：静岡県）

営農型太陽光発電とは、農地で農業生産を行いながら、支柱を立てて上部に太陽光パネルを設置することで発電も行う仕組みです。発電によって得られた電気を売ることで収入を得たり、農機具や施設園芸の電源として利用するなど、農業経営のさらなる改善が期待されます。実施にあたっては、太陽光パネルを支える支柱の基礎部分について、農地法に基づく一時転用許可が必要になります。また、毎年農業委員会に、一時転用許可期間中の農作物の生育の状況を報告することになります。なお、作物の種類や生育環境によっては、収量や品質の低下が発生することもあるため、栽培する作物や遮光率は慎重に検討することが必要です。

営農型太陽光発電での高収益農業の実証試験（静岡県）

営農型太陽光発電設備を設置した茶畑（写真提供：静岡県）

営農型太陽光発電設備の設置が進む一方、発電設備の設置が作物の収量や品質に及ぼす影響に関する情報はまだまだ少ないのが現状です。そこで静岡県では、同県の特産物の中でも、生育特性などから営農型太陽光発電での栽培に適していると考えられる茶、ブルーベリー、キウイフルーツについて、発電設備の下での収量、品質および作業環境などへの影響を調査しました。

発電設備下での農機具の使用状況
左：トラクタ 右：ロボット芝刈機（電動：太陽光発電の電力を使用）（写真提供：静岡県）

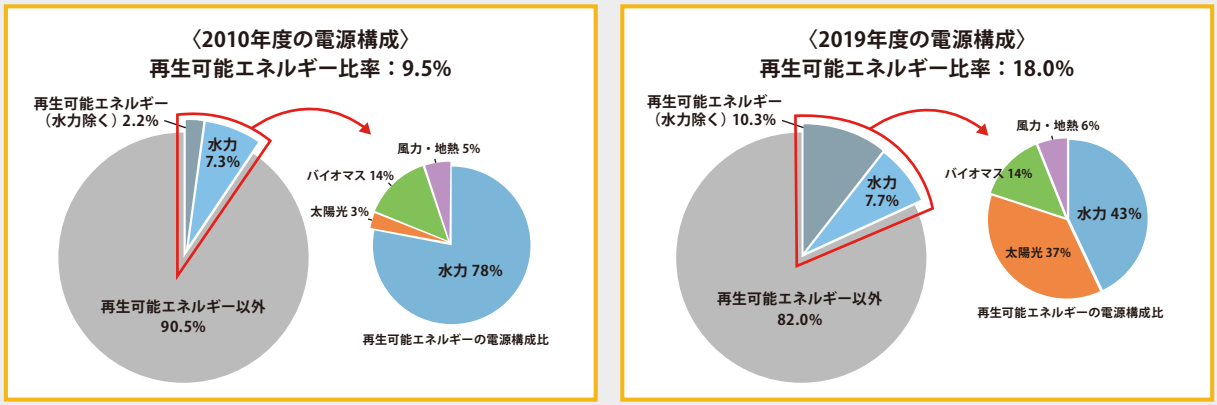
営農型太陽光発電と農作物との実証結果

ブルーベリーとキウイフルーツでは、遮光率が30%程度において、また茶では遮光率が50%程度でも、開花や収穫の時期に変動があるものの、収量や品質への影響はないことが明らかになりました。
また設備の設置によって日陰ができ、特に夏場の作業環境が改善されたこと、茶では、凍霜害が発生しにくくなったり、キウイフルーツでは、風雨に当たりにくくなったことで果実軟腐病や傷、汚れ果が減少するなど、発電機を設置したことによる効果も見られたそうです。

営農型太陽光発電で生産されたブルーベリーとキウイフルーツ（写真提供：静岡県）

一方で、支柱の配置や間隔を作業の際に支障がないように設計したり、品目によっては枝がパネルを覆うことで発電の効率が低下しないよう、管理を徹底することが必要であることなども明らかになりました。

再生可能エネルギーの現状と展望



出典：資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」

2019年度の発電電力全体に占める再生可能エネルギーの割合は、2010年度の9.5%から18%へと大きく上昇しており、2030年度には36%から38%へを目指し、さらなる普及が期待されます。今後、農山漁村への再生可能エネルギーのさらなる導入にあたっては、地域の農林漁業の発展や、国土の保全機能などの農山漁村が持つ重要な機能の発揮に支障をきたさないよう、地域の方々の理解も得ながらその導入を進めていくことが重要です。

今回教えてくれたのは・・・

（国研）農業・食品産業技術総合研究機構（農村工学研究部門）

我が国の農業と食品産業の発展のため、基礎から応用まで幅広い分野で研究開発を行う機関。全国各地に研究拠点を配置して研究活動を行う。

静岡県 経済産業部 農業局農業戦略課

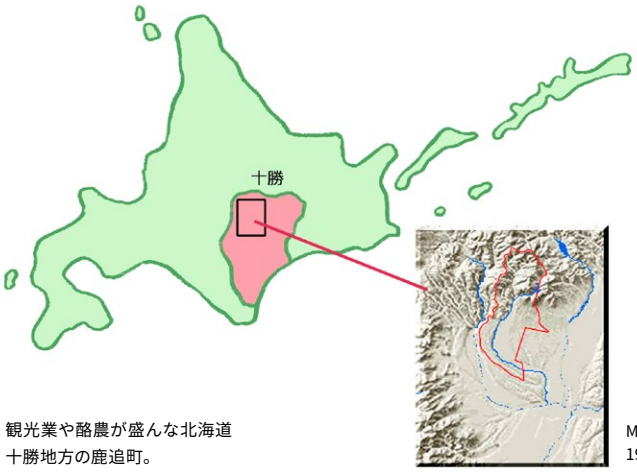
静岡県の農業の達成すべき目標を明確化し、目標の達成を管理するとともに、革新的技術の開発の支援や現場実装の促進、新たな農業技術の速やかな普及を通じて、同県の農業の振興に取り組む。

バイオマス発電で実現！

エネルギーの地産地消で まちを元気に！

近年、地域の特性を生かしたエネルギー源を効率的に活用し、その地域で必要なエネルギーをまかなう「エネルギーの地産地消」に向けた取り組みが注目を集めています。こうした取り組みは、非常時のエネルギーの確保や地球温暖化対策、さらには地域活性化など、さまざまな面での効果が期待されています。今回は、エネルギーの地産地消に向けて先進的な取り組みを行っている、北海道鹿追町の取り組みに迫ります。

自然豊かな酪農のまち、北海道鹿追町



観光業や酪農が盛んな北海道十勝地方の鹿追町。

MAP FAN（c）
1999 INCREMENT P CORP.

十勝平野の北西部に位置する人口約5,200人の北海道鹿追町。日本最大の国立公園である大雪山国立公園の山麓に位置しており、同公園内の然別（しかりべつ）湖には年間約80万人の観光客が訪れます。基幹産業は第一次産業で特に酪農が盛んです。生乳の生産量は年間約10万tをほこり、十勝地方でもトップクラスの生産量です。

鹿追町内の乳牛の育成牧場の様子。

大雪山国立公園の山麓に位置する然別湖。

そんな同町は、ある問題を抱えていました。それは、市街地と牧場が近く、家畜排せつ物の臭いが市街地を覆っていたこと。せっかくの景色なのに窓を開けて楽しめない、洗濯物を外で干せないなど、20年ほど前から住民や観光客からの声も数多く寄せられるように。そこで、こうした問題の解決に向けて、地域の酪農家のほか、米や野菜の生産を行う耕種農家を交えて検討委員会を発足。環境先進国であるドイツでの処理方法の視察なども行い、検討を重ねてきました。そして、2004年に、乳牛の排せつ物を発酵させてバイオガスを発生させ、発電や燃料の生産などを行う「環境保全センター」の建設が決定しました。

地域の理解を目指して

鹿追町の市街地の様子。

センターの建設にあたり、市街地の臭いを改善するためには、市街地に近い14戸の酪農家の方々の理解を得て、センターの利用に参加して頂く必要がありました。しかし、センターの利用費は酪農家の方々に負担してもらう必要があったため、市街地に近いというだけで費用を負担することに対し、難色を示す方々も少なくありませんでした。そこで、町では定期的に酪農家の方々との話し合いの場を設け、丁寧な説明を続けてきました。

鹿追町内の乳牛たちの様子。

鹿追町のじゃがいも畑の様子。

酪農家の方が自分で処理する場合にも処理施設や機械設備、そして労働力が必要であることを改めて理解して頂くとともに、費用は負担して頂くことになるが、施設の補修などについては町が責任をもって実施することを約束。また実際のメタン発酵施設の見学など、バイオガスプラントへの理解を深める機会も設けながら、施設の利用に参加頂けるよう協議を進めてきました。それでも最後まで施設利用に消極的な方もいましたが、施設稼働後は、誰一人抜けることなく現在まで利用を継続して頂いているそうです。

消化液を貯留槽から散布車両へ。

消化液の圃場への散布の様子。

また、家畜排せつ物をメタン発酵し、バイオガスを得たあとには「消化液」という液が残ります。消化液は、水処理をするとコストが掛かりますが、肥料成分が含まれていることから、畑や水田に散布すれば液肥として活用でき、処理費用もかかりません。このため、消化液を、米や野菜を育てる耕種農家の方々に肥料として活用して頂くことも重要な課題でした。しかし、それまで畑や水田への消化液の散布は行われてこなかったためその活用方法や効果について理解して頂く必要がありました。そこで、帯広畜産大学のバイオガスプラントの消化液を活用した散布試験や、北海道農業改良普及センター、JAの協力のもと、消化液を活用した場合の作物の収量変化に関する調査を実施。それらの調査結果をもとに、化学肥料の代替として活用できることを説明し、普及に努めました。

家畜排せつ物を酪農家から収集、運搬するアームロール車。

中鹿追バイオガスプラントのメタン発酵槽（円柱型）。

こうした粘り強い活動により、地域の方々の理解と協力を得て、2007年10月に「鹿追町環境保全センター 中鹿追バイオガスプラント」として運転を開始。ここでは、家畜排せつ物や地域の生ゴミを加温し、微生物の力でメタン発酵させることで発生したバイオガスを利用して発電したり、精製して燃料としたりするなど、さまざまな用途で活用しています。

メタン発酵の仕組みを知りたい方はこちらの記事で紹介しています。

▶自然の恵みを活かす！再生可能エネルギーを知る

バイオガスプラントの稼働による効果

2007年に稼働を開始した1基目となる中鹿追バイオガスプラントの全景。

中鹿追バイオガスプラントは、1日に約135t、乳牛約1,300頭分の排せつ物を処理する能力があります。プラントの稼働により、市街地では悪臭の問題がなくなったほか、酪農家、耕種農家それぞれに大きなメリットが生まれました。

酪農家は、排せつ物を専用のコンテナに詰めておくだけでトラックが回収して処理してくれるようになったことで、これまで排せつ物処理に費やしてきた労力や時間を別のことに向けられるようになりました。同町の乳牛の飼養頭数もプラントが稼働した2007年度は1,154頭でしたが、6年後には1,402頭にまで増えました。

鹿追町で収穫されたじゃがいも。

鹿追町の小麦畑。

また、耕種農家は、化学肥料を減らして消化液を活用することにより肥料にかかるコストを抑えることに成功しました。たとえば、ある農家では消化液導入前には年間約250万円かかっていた肥料代を導入後は約190万円まで抑えることができたのです。もちろん、消化液のメリットは価格が安いというだけではありません。家畜の排せつ物の中には雑草の種子が含まれていますが、発酵処理が行われている消化液では、雑草の種子などが全て死滅しています。そのため、安心して畑や水田に散布できるという声も聞かれています。

そして2016年には2基目となる「瓜幕（うりまく）バイオガスプラント」が稼働開始。1基目の中鹿追バイオガスプラントに比べて処理能力と発電能力は約2.5倍以上となり、1基目での経験を活かした各種改良が施されています。

2016年に稼働を開始した2基目となる瓜幕バイオガスプラントの全景。

エネルギーの地産地消で「一石五鳥」！

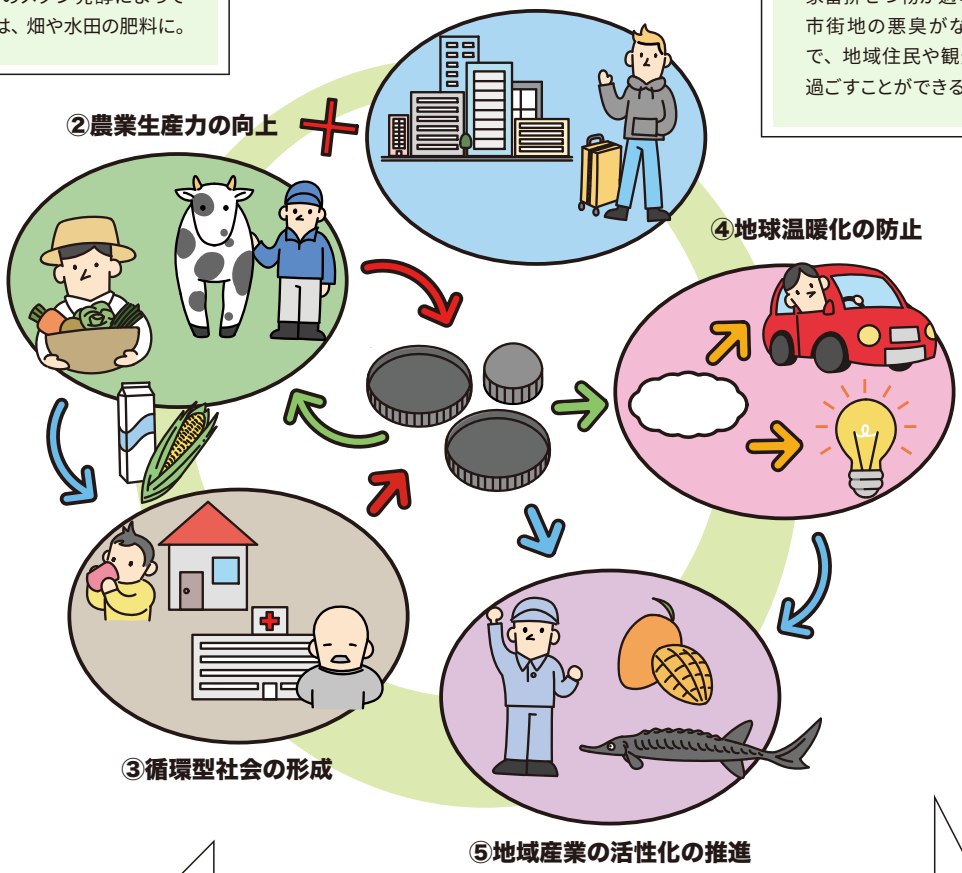
家畜排せつ物を利用して、エネルギーの地産地消を行う鹿追町の取り組みにより、地域には「一石五鳥」のメリットがあったそうです。各カテゴリをクリックして、どのようなメリットがあったのか、見てみましょう。

②農業生産力の向上

家畜排せつ物のメタン発酵によって生じた消化液は、畑や水田の肥料に。

①環境と改善

家畜排せつ物が適切に処理され、市街地の悪臭がなくなったことで、地域住民や観光客が快適に過ごすことができるように。



③循環型社会の形成

家畜排せつ物だけでなく、家庭や公共施設で出る生ごみもエネルギー源に。生産されたエネルギーは、地域で活用されます。

⑤地域産業の活性化の推進

発電の際に生じる余剰熱を活用して新たな産業をスタート。地域活性化や雇用の創出にも役立っています。

④地球温暖化の防止

バイオガスを利用して発電したり、精製して車両燃料や都市ガスに利用。地球温暖化の防止にも役立ちます。

余剰熱を活用した新たな産業をスタート

発電の際には、発電機本体の温度が上昇することで、熱が発生します。この熱は、発酵槽の加温等に利用していますが、余剰熱は「蓄熱槽」に貯蔵し、新たな産業の創出に向け、有効活用しています。今鹿追町が力を入れているのが、マンゴーのハウス栽培とチョウザメの養殖です。

マンゴーのハウス栽培

12月に店頭に並ぶマンゴー「白銀の太陽」。

一般的には暑い季節が旬のマンゴー。しかし、鹿追町では、バイオガスプラントの余剰熱でハウスを加温し、天然のマンゴーが手に入らなくなる12月に収穫して出荷します。東京の百貨店などで「白銀の太陽」というブランド名で販売されています。また、鹿追町農村青年会が代表者、町が構成員となり、「郷土を想う青年の夢 鹿追マンゴープロジェクトコンソーシアム」を設立し、さらなる振興を図っています。

マンゴーの栽培ハウス内で防草シートを敷設している様子。

＼ 現場の方に伺いました！ ／

鹿追町マンゴーコンソーシアム会長

植田 憲明さん

「白銀の太陽」は、できるだけ長期間樹上で実らせているため、熟したとろけ落ちるような食感が自慢です。日本で唯一、真冬に天然の国産マンゴーを出荷できるのは鹿追町のバイオガスプラントの余剰熱と雪氷熱エネルギーがあるからこそ。バイオガスプラントを中心に「ゼロカーボンシティ」を推進する鹿追町は、十勝で唯一ジオパークにも認定された自然豊かで魅力的な町。マンゴーの生産を通じて、鹿追町の収益にもっと貢献したいですね。

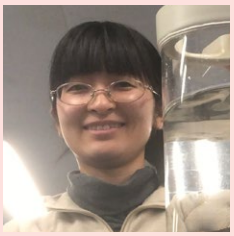
チョウザメの養殖

チョウザメ試験飼育の様子。

世界三大珍味のひとつ、キャビアの産みの親であるチョウザメは、淡水でも飼育することが可能で、生育には水温15度から20度が最も適しています。そのため、プラントの余剰熱を活用して水槽の水を加温することで、チョウザメの養殖を実現しています。現在0歳から11歳まで約8,000匹を飼育中で、鹿追町産のキャビアの商品化を目指しています。身は白身で淡白な味わいが特徴で刺し身や天ぷら、寿司のネタなどとして町内の飲食店で提供しています。

チョウザメの稚魚と飼育を担当する同町商工観光課の鈴木綾さん。

＼ 現場の方に伺いました！ ／



鹿追町商工観光課
鈴木 綾さん

品質の良いキャビアや魚肉を生産するためには、チョウザメの生育ステージに合わせて水温や密度、エサの種類や量などを細かく調整する必要があります。そのため、日々、試行錯誤を繰り返しながら鹿追流の飼育環境づくりに取り組んでいます。鹿追町が環境に配慮した町づくりを目指すのは、豊かな自然こそが町の最大の魅力だからです。そんな鹿追町の魅力をより多くの人に知っていただくために、鹿追産の美味しいキャビアと魚肉をどんどん出荷していきたいですね。

地産地消型水素社会を目指して

鹿追町では現在、家畜排せつ物由来のバイオガスから水素を製造する実証実験にも取り組んでいます。水素は、バイオガスから抽出したメタンガスと水蒸気を反応させて作ります。バイオガスから水素を製造する場合には発電よりも多少ロスが多くなるものの、将来を見据えると、バイオガスの新たな活用先として、水素の可能性は大きいのだとか。水素は貯蔵しておいて必要な時に使えるという利便性があり、水素ステーション、燃料電池自動車の活用など実証実験を重ねて水素サプライチェーンを実現し、再生可能エネルギーのさらなる分散化や非常用電源の確保などにつなげていきます。

バイオガスを原料とする水素の製造、貯蔵、輸送、利用までを一貫して行う「しかおい水素ファーム」。

製造した水素をエネルギーとして走行する燃料電池自動車。

鹿追町が目指す未来

鹿追町は2050年までにカーボンニュートラルの実現を目指すゼロカーボンシティを宣言しています。その核となるのが、これまで紹介してきたバイオガスプラントです。鹿追町で稼働している2つのバイオガスプラントの1日の処理能力は、約345tで乳牛約4,300頭分にのぼります。しかし、これは鹿追町で飼育されている乳牛のわずか3割に過ぎません。今後は全ての牛の排せつ物を処理できる3つ目のバイオプラントを完成させ、ゼロカーボンへと近づけていくこと。それが現在の鹿追町の目標です。

今回教えてくれたのは・・・

北海道鹿追町 農業振興課 環境保全センター担当課長

城石 賢一さん

同町の農業振興課、商工観光課等勤務後、平成19年より集中型バイオガスプラントを核とする鹿追町環境保全センターの運営管理を担当。

バイオマス産業都市を関係7府省で支援し、地域活性化へ繋げます

今回紹介した北海道鹿追町（十勝地域）は平成25年度にバイオマス産業都市に選定された地域のひとつです。バイオマス産業都市とは、地域のバイオマスを活用した産業創出と地域循環型のエネルギーの強化を実現し、環境にやさしく災害に強いまち・むらづくりを目指す地域です。平成25年度から、関係7府省（内閣府、総務省、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省）が共同で選定しており、農林水産省では家畜排せつ物や農作物残渣などのバイオマスを活用した産業の創出にチャレンジしている地域に対し、さまざまな形で支援を行います。

バイオマス産業都市について
詳しく知りたい方はこちら

再生可能エネルギーで目指す

持続可能な農業 ～営農型 太陽光発電編～

温室効果ガス削減目標として2050年にカーボンニュートラルを実現することが世界的に取り上げられている中、日本でもさまざまな企業が再生可能エネルギーの導入による省エネルギー実現に向けた取り組みを行っています。今回は、営農型太陽光発電を活用して、農作業の効率化や災害に強い地域づくりを目指す企業の取り組みに迫ります。

持続可能な農業を目指して 営農型太陽光発電を導入

千葉大学発のベンチャー企業であり、営農型太陽光発電に向けた様々な取り組みを行なっている「千葉エコ・エネルギー（株)」では、日本の農業に直接投入されるエネルギー資源の94.1%は化石燃料であると試算しています。世界的な脱化石燃料の流れの中で、農業においてもエネルギーシフトは急務ととらえ、「農業を化石燃料から解放する」ことを目指した活動をしています。今回は同社の代表取締役社長・馬上丈司さんに、現在の取り組み内容や課題、今後目指すべき姿について伺いました。

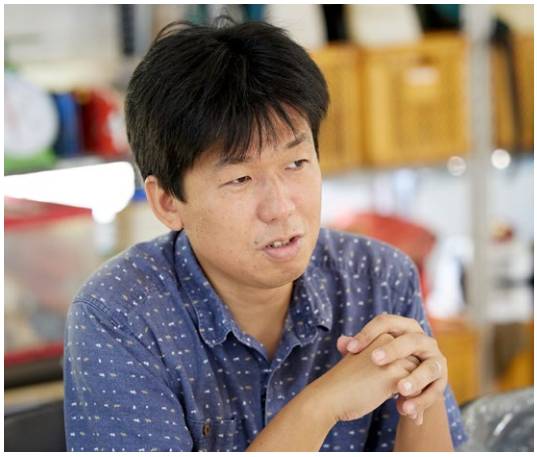
Q1 御社で行なっている営農型太陽光発電の特徴について教えてください。

A1 一般的に営農型太陽光発電は、農業と発電事業を同時に行うことを指します。弊社で行う営農型太陽光発電の特徴は、自社で発電した電力を電動農機具や施設の電力に活用したり、災害時には発電した電力を地域の方々に供給できるような体制づくりを行ったりするなど、発電した電力を農業や地域の中で最大限活用するために利用していることがあげられます。

充電バッテリー式の遠隔操縦型作業機。

Q2 再生可能エネルギーに関する事業を立ち上げたきっかけを教えてください。

A2 大学でエネルギー政策を学んでいたのですが、大学院の博士課程を修了予定の年に東日本大震災が起きました。そのときに起きた原発事故が、再生可能エネルギーの事業に取り組むきっかけになりました。あの事故が起きる前は2030年には日本の電気の50%が原発で担われるという計画でしたが、事故をきっかけに各地域が細々とやってきた再生可能エネルギーの市場が、大きく動き出したという印象です。
また、国内で化石燃料が確保できないのに、日本がエネルギー資源を化石燃料に頼り切っていることにリスクを感じていたのも確かです。国外に頼りきっている分、石油や天然ガスの取引価格が高騰したときには消費者の生活にダイレクトに響きますよね。日本で完結するエネルギーをと考えると、やはり今後は再生可能エネルギーが重要だと思ったんです。



千葉大学の講師を務めながら事業を立ちあげた、馬上社長。

Q3 再生可能エネルギーと、農業という組み合わせに目をつけたのはなぜですか？

A3 水力発電、バイオマス発電などもそうですが、再生可能エネルギーは、自然資源が豊富なところで生み出されます。そのため都会ではなく、そのエネルギー資源があるところで事業をした方が良いな、と。最初はエネルギーのことしか考えていませんでしたが、とあるいちご生産者の方と出会ったときに、重油を炊いてハウス栽培をしているのをみて、とてもおいしい農産物を生産しているのに、これで良いのか？と感じてしまったんです。莫大な量の化石燃料を使っている農業に触れたことがきっかけで、農地で太陽光発電を行い、再生可能エネルギーを生産し、それを農業に活用できるならばベストなのでは？と考えています。

収穫された農作物は、千葉県内のスーパーや飲食店に。

耕作面積が約1haの千葉市の大木戸アグリ・エナジー 1号機。

太陽光パネルの影の下で、本当に作物が育つのか?十分な収入は得られるのか?ということを疑問に思い、それならばまず自分たちでやってみようということで、コンサルタントとしてではなく、自分たちで農業経営を行うことにしました。設計のコンセプトを考え始めたのは、2015年の夏でしたが、2018年3月に現在の形が地元である千葉市で実現しました。

パネルの下でも農業機械を使用した作業ができる。

千葉エコ・エネルギー (株)の農場では、20代のスタッフが多く活躍している。

Q4 栽培する品目については、どのような工夫をしていますか?

A4 今年の8月から9月にはレタス、キャベツ、ナスが収穫の時期を迎えましたし、10月から11月はサツマイモや里芋、ショウガの収穫もしています。また、今はミニ白菜や、地元の伝統野菜の「土気からし菜」も育ちはじめていますので、年明けには収穫時期を迎える予定です。年間を通して旬の野菜が収穫できるように工夫をしています。

秋には生姜の収穫期も迎えた。

10月中旬には、都内の企業関係者などを招いて、芋掘りイベントも実施。

Q5 現在力を入れている取り組みについて教えて下さい。

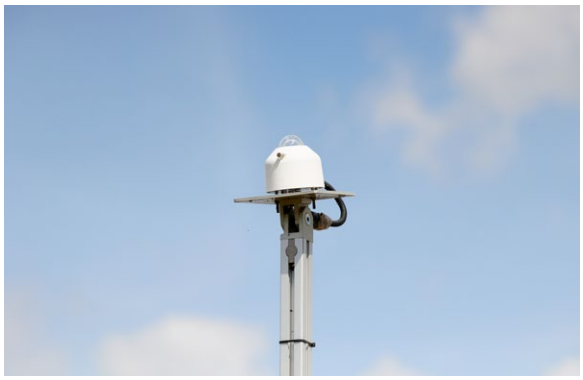
A5 営農型太陽光発電を活用することで、災害時に農村地域で電力の供給や移動手段を確保できるようにするための取り組みをはじめています。これは、令和元年房総半島台風により、千葉県各地で大きな被害を受け、私たちの地域でも8日間の停電に見舞われた経験がきっかけとなっています。当時保有していた発電設備は売電専用であったため、非常時に電気を取り出せない設計となっており、地域住民の力になれないことをもどかしく感じました。このため、エネルギーの自家消費や地域の中での消費ができるような発電設備を導入し、電気自動車などに使用しています。例えば今は、農場で発電されたエネルギーを社用の超小型EV（電気自動車）や、PHEV（プラグインハイブリッド：電気自動車とハイブリッド車の両方の機能を持つ次世代型自動車）に使っていますが、災害時にはこの自動車にポータブル蓄電池を積んで地域を回り、住民の方々の役に立てたら良いですね。

蓄電池から社用のPHEVや超小型EV車に充電。

6時間程度の自家消費電源からの充電で走る超小型EV車。

Q6 今後力を入れていきたいことについて教えて下さい。

A6 現在も自家発電のエネルギーは電動農機具への充電に充てていますが、今後はよりスマート農業を意識した活動もできればと思っています。今は日射計を使って日射量を測っていますが、ゆくゆくは光のほかに、風や土に含まれる水分や作物の生育状態などのデータを集めて分析し、その情報を農家の方が使うタブレットなどに流して、このエリアでは今この作業をすべき、とAIが教えてくれるものなどを導入していけたらいいですね。農業って、どうしても若い人たちがとっつきにくいイメージがあると思うのですが、農作業をするときに荷物をもって後ろをついてくるロボットや、遠隔操作ができる草刈り機などの技術に、見たり触れたりする機会を増やすことで、「農業ってかっこいい」と思われるところまでもっていければな、と。営農型太陽光発電がきっかけで農業に興味をもつ人たちが増えたらいいなと思っています。



日射計を利用して、作物の成長も管理できる。

売電用の設備。パネルごとに作られたエネルギーを表示している。

今回教えてくれたのは・・・

千葉エコ・エネルギー(株)
代表取締役社長
馬上 丈司さん

千葉エコ・エネルギー(株)

再生可能エネルギーで目指す

持続可能な農業 ～木質バイオマス発電編～

近年、私たちは、地球温暖化に伴う平均気温の上昇や、気候変動などの課題に直面しており、農林水産業の現場でも、生産への影響が危惧されています。今後、将来にわたって持続的に農林水産業を発展させ、食料の安定的な供給を確保するためには、より環境負荷の少ない手法を積極的に導入していくことが重要です。今回は、地域の木材を活用した木質バイオマス発電による施設園芸の取り組みに迫ります。

木質バイオマス発電で施設園芸のエネルギーを供給

「晴れの国」と呼ばれるほど天候に恵まれた岡山県。瀬戸内海に面した笠岡市の広大な干拓地において、2019年より、最先端のテクノロジーが詰まった国内最大級のハウス型農園「サラファーム笠岡」が稼働し、巨大な半閉鎖型施設（グリーンハウス）3棟で野菜の栽培が行われています。施設を運営している(株)サラの最高執行責任者の佐野さんに同社の取り組みについてお話を伺いました。

国内最大級のハウス型農園サラファーム笠岡の全景。

Q1 サラファーム笠岡の特徴について教えて下さい。

A1 巨大な半閉鎖型施設（グリーンハウス）3棟で野菜の生産を行っています。最大の特徴は、施設に併設する木質バイオマス発電所で、施設の運営に必要となるエネルギーのほとんどを賄っていることです。特に、電気だけでなく、発電工程でつくられる蒸気や、排出されるCO_2も浄化して作物の栽培に活用する仕組みが一番の特徴だと思います。また、余った電力の一部は中国電力を通じて、市内の公共施設などで活用されています。発電所の建設にあたって、すでにバイオマス発電と施設園芸を組み合わせている海外の農園にも視察に行きました。日本でも同じようにできるはずだと考えましたが、海外の仕組みを日本でそのまま使うには課題が多く、エネルギー供給設備はメーカーと協力して、一から開発しました。

メキシコのパプリカ菜園（ジオポニカ）を視察した際、現地のスタッフと一緒に。

Q2 再生可能エネルギーを活用した施設園芸をはじめたきっかけを教えてください。

A2 事業を始めたきっかけは、2011年の東日本大震災です。当時、私は食品メーカーに在籍しており、震災直後から数年かけて東北各地を周り、被災状況や農地の復興状況を見てきました。その過程で、復興を後押しするような、農業のイノベーションについても考えるようになりました。そして、震災から5年がたった2016年、私が65歳の時に「新しい農業のモデルを作ろう!」とチャレンジを決意しました。ちょうどその頃は、原子力に依存する日本の電力構成を、再生可能エネルギー中心に変えていこうという政策面での機運も高まったタイミングでした。

(株)サラ 最高執行責任者の佐野さん。

Q3 栽培している野菜の品目について教えて下さい。

A3 弊社では、パプリカ、トマト、レタスの3品目を栽培しており、サラダなど生で食べるとそれぞれの野菜の美味しさをダイレクトに感じることができます。1品目でなく、3品目を並行して栽培しているのは、環境の変化などに対するリスクヘッジのため。災害や急激な環境変化があってひとつの品目が育てられなくなっても、残りの作物で経営を支えることができると考えています。

肉厚でみずみずしい「瀬戸内パプリカ」。

そのままで甘い味わいを楽しめる「フルーツパプリカ」。

皮が柔らかく果肉を楽しむ「プラムトマト」。

1度に3種が楽しめるレタスのセット「サラトリオ」。

Q4 発電燃料として活用する木材について、教えて下さい。

A4 木質バイオマス発電の元となる燃料は、国内外の木材チップなどです。50%以上が地元岡山県産の木材チップ、それ以外は大阪府、徳島県産の木材チップとマレーシアから輸入するパームヤシ殻で構成されています。木材チップは、その製造方法や形状から、切削チップと破砕チップの2種類があります。

切削チップの多くは、岡山県内の針葉樹(スギ、ヒノキ)を使用します。県内の製材所で樹木を加工し、残りの廃材は刻んでチップにし、同じく廃材として出た樹皮と混合して燃料に使用します。

破砕チップは広葉樹を使用します。山林開発時の伐採材や、街路樹などを伐採・剪定した際に出た枝などを細かく割いて使用します。こちらは県外産のものも使用しており、加工されたチップの状態で発電施設に運びます。

針葉樹を使用した切削チップ。

広葉樹を使用した破砕チップ。

Q5 木材チップからどのようにしてエネルギーを生産しているのですか？

A5 エネルギーの生産は24時間、365日ノンストップで稼働する木質バイオマス発電所で行います。その工程は、1.燃料の投入、2.蒸気の発生、3.タービンを回して発電 という3つのステップで行います。まず、燃料となる木材チップを保管庫から発電所へ大型ホイルローダーで運び、投入口へ投入します。その後コンベアーでボイラー（高さ42m）の上部へと運ばれて700°Cの炎の中へ落とされ、炉床に落ちる前にそのほとんどが燃え尽きます。ボイラーの周囲には水管が張り巡らされており、700°Cの高温で管の中の水が沸騰し続け、蒸気が吹き上がります。この蒸気を動力としてタービンを回すことで発電します。また、蒸気の一部は、グリーンハウスの冷暖房にも使用されます。

木質バイオマス発電所の様子。

Q6 発電した電力はどのように利用しているのですか？

A6 生産された電力の一部がグリーンハウスに利用されています。グリーンハウス内に風を送り込むファンや室内灯の稼働、培地で使用する養液の循環、天窓の開閉など、栽培から収穫まで全てのプロセスで使用されています。収穫された野菜をパッキングエリアまで運ぶ際の運搬車両も電気で稼働。人手がかからず、空気を汚すこともありません。

また、発電所の建設・運営のコストを賄うためには、農業以外にも安定した収入が欠かせません。発電された電気の多くは中国電力へ販売され、市内の保育園・幼稚園・公立小学校などで利用されるなど、エネルギーの地産地消が行われています。

収穫された野菜をパッキングエリアまで運ぶ自動運搬台車。

高所作業に使用する昇降台車。

Q7 発電の工程で発生するCO_2や蒸気はどのように活用しているのですか？

A7 発電工程で発生する蒸気を利用してハウス内の冷暖房を賄っています。施設園芸では、冷暖房におけるエネルギー消費が大きな割合を占めています。発電した電気で冷暖房を作動させるよりも、電気を起こす前の蒸気を直接利用する方が、エネルギー効率が良く、無駄がありません。冬は蒸気をお湯としてためて暖房に、夏は蒸気を動力とする冷凍機で冷水を作り、冷房として活用します。また、発電の最後に出るCO_2の約3割は、浄化されて外気よりもクリーンな状態でグリーンハウスに送風されます。CO_2は、植物が成長するのに欠かせない要素。ハウスで栽培している野菜は、浄化された高濃度のCO_2と明るい陽射しの力で、健やかに成長します。

グリーンハウスで育つトマト。

グリーンハウスで育つレタス。

Q8 これから農業を志す若い方々に向けて、メッセージをお願いします。

A8 私たちは、「農業の未来を変える新たな挑戦を行っている」という自負はありますが、これが唯一の正解ではなく、もっと多様性があっていいと思います。これから農業への参入を考えている若い方々には、独自の発想でどんどんチャレンジして欲しいですね。

私は、物事にチャレンジするうえで、大切だと考えていることが3つあります。1つ目は、オリジナリティ。自ら生み出す商品やサービスに独自性を持たせ、人とは違う価値を目指してほしいですね。2つ目は、国際感覚。世界の農業はどんどん進歩していると思います。世界中に広く目を向けて、多くの経験を積むことが大切だと感じています。3つ目は、ITリテラシー。システムを使いこなして、情報を正確につかむことが、これからの農業を前に進めるエンジンになるのではないでしょうか。

一言で農業といっても、本当に幅広い分野がありますから、その中で自分が何を目指していきたいのかを見極めることも重要です。

時には間違いや失敗をすることもあると思いますが、若いうちは、それを過度に恐れないでほしい。やってダメなら変えればいいのだから、ひるまずにチャレンジしてほしいですね。

同社では、木質バイオマス発電の他にも、環境に配慮したさまざまな取り組みを行っています。そのひとつが、野菜のパッケージです。野菜のパッケージには、植物由来のプラスチックや石油を使用しない水性インク(バイオマスインク)、森林を守るFSC(R)認証の段ボールなど、環境に配慮したエコパッケージを積極的に採用しています。

今回教えてくれたのは・・・

(株)サラ 取締役/最高執行責任者 COO

佐野 泰三さん

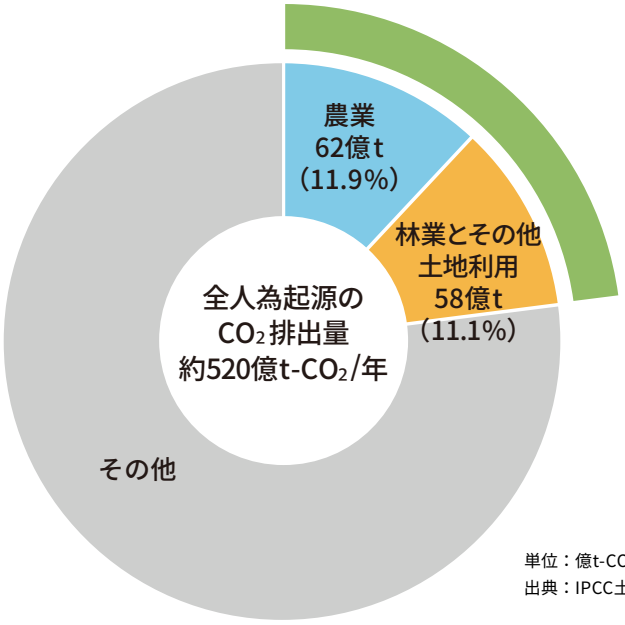
カゴメ(株)勤務、カゴメUSA代表を経て、1998年より大規模施設でのトマト事業を指揮。2016年、カゴメ退任後にサラの事業に専念。

「人との出会いに支えられ、チャレンジを続けてきた」と話す佐野さん。どこよりも美味しい野菜を届けるために、「品質第一、鮮度優先！」をモットーに、常に手間を惜しまない。

持続可能な農林水産業を目指して!
～みどりの食料システム戦略の挑戦～

農業や林業は、自然と調和しながら行う生産活動です。しかし、世界中の温室効果ガスのおよそ4分の1が農業や林業由来であることを知っていましたか?

世界の農林業由来の温室効果ガス排出量



単位：億t-CO_2換算（2007年から2016年平均）
出典：IPCC土地関係報告書（2019年）

日本国内では、農林水産業における温室効果ガス排出量の約3分の1を農業機械や施設園芸などにおける、燃料の燃焼によるCO_2の排出が占めています。今回の特集で紹介した、農業における再生可能エネルギーの導入は、こうした課題の解決の糸口のひとつとなります。

イノベーションで目指す持続的な農林水産業

このように、今後は農林水産業においても、より環境への負荷が小さい手法を積極的に導入することで、「生産力」と「持続性」を両立させることが重要です。そこで鍵となるのが、「イノベーション」。前回の特集で紹介した、営農型太陽光発電で発電した電力を電動農機具の充電に活用したり、今回の特集で紹介した、施設園芸のエネルギーを木質バイオマス発電で調達する取り組みのように、さまざまな技術を積極的に取り入れていくことが求められます。

営農型太陽光発電を農業に活用している事例は、右記QRコード先の記事で紹介しています。

▶再生可能エネルギーで目指す持続可能な農業～営農型太陽光発電編～

農林水産省では、食料・農林水産業の生産力の向上と持続性の両立をイノベーションで実現するための新たな政策方針として、令和3年5月に「みどりの食料システム戦略」を策定しました。SDGsや環境を重視する動きは、今後、国内外でさらに加速していくと見込まれています。我が国の食料・農林水産業においても、こうした流れに的確に対応し、持続可能な食料システムの構築を目指していきます。

みどりの食料システム戦略について、さらに詳しく知りたい方は右記 QRコード先で紹介しています。

▶みどりの食料システム戦略トップページ

第15回

＼特産食材の華麗（カレー）なリレー／

旬を食べるカレー旅

47都道府県の特産食材と、それらを組み合わせた絶品カレーレシピを、旬に合わせて紹介します。

＼教えてくれるのは／

Makoさん
（アイデア料理研究家）

フードクリエイター、栄養士、フードコーディネーターの資格を持つ、アイデア料理研究家。著書に「家政婦Makoのずぼら冷凍レシピ」（マガジンハウス）などがある。

今週は

ハタハタと春菊（菊菜）の しょっつる鍋風カレー

使用する特産物は

秋田県 **ハタハタ** × 大阪府 **春菊（菊菜）**

秋田県

ハタハタ

秋田県で古くから親しまれ、県の魚としても知られるハタハタ。同県での漁期は、11月後半から12月にかけてのごくわずかな期間です。うろこがなく、火の通りもよいため、加熱すると骨と身が簡単に離れる、食べやすい魚です。独特の粘りやプチプチとした食感の卵「ブリコ」を抱えたメスは、オスよりひと回り大きく人気があります。深海魚であるハタハタが、産卵のために沿岸に現れた時に漁獲します。ハタハタなどの魚に塩を加えて熟成させて作る魚醤“しょっつる”は天然の旨み成分による芳醇な味と香りが特徴で、しょっつる鍋などさまざまな秋田料理に使われています。

大阪府

春菊（菊菜）

全国でも有数の春菊の出荷量を誇る大阪府。特に南西部の泉州エリアは府内最大の産地として知られています。春菊の種類は、葉の大きさや切れ込み方によって、大葉種、中葉種、小葉種に大別され、さらに中葉種は株の形状により株立ち型と株張り型に分けられます。関西では、生育しても茎が立たず、株が横に張って生育する株張り中葉が主に出回り、菊の葉に似ていることから「菊菜（きくな）」とも呼ばれています。葉の緑色が濃く、ツヤがあり、香りの強いものが新鮮な証拠。葉先を乾燥させないよう湿らせた新聞紙で包み、保存するのがおすすめです。

素材の
うま味を生かした、
しょっつる鍋風カレー

淡白な味わいのハタハタと香り豊かな春菊、そして秋田県の伝統的な調味料であるしょっつる、それぞれの風味を生かした鍋風カレー。独特の香りとほのかな苦味の春菊は、あっさりした鍋風カレーの中で良いアクセントになります。お好みのきのこや白菜などを加えて、アレンジするのもおすすめです。

材料を
そろえよう

ハタハタはブリコを抱えたメスを使うと、卵の食感も楽しめます

ハタハタから出る出汁や、しょっつるの風味を生かすため、調味料は極力シンプルに。

材料（2人前）

ハタハタ	大2匹（小6匹）
春菊（菊菜）	1束
長ねぎ	2分の1本
しいたけ	4個
Ⓐしょっつる（ナンプラーでも代用可）	大さじ1
Ⓐ白だし	大さじ1
Ⓐみりん	大さじ1
Ⓐカレー粉	大さじ2分の1
水	400㎖

つくって
みよう

ハタハタはサイズによって下処理を変えましょう

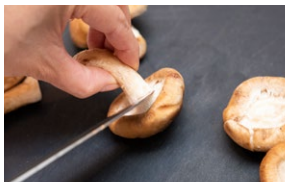
ハタハタはうろこがないので、下処理が簡単です。
小さめのサイズであれば内臓だけ取り除いて、そのまま鍋に入れます。

1 ハタハタは、頭を落として、内臓を取り除く。（小さなサイズのハタハタは、頭を落とさず使っても良い）

2 春菊（菊菜）は、食べやすい大きさのざく切りにする。

3 長ねぎは1cm幅の斜め切りにする。

4 しいたけは石づきを取り除く。



5 鍋に水とⒶの調味料をすべて入れ、1から4を加える。

6 沸騰したら蓋をして、弱火で5分ほど煮る。

完成！

動画でもチェック！

より詳しい説明や、おいしく作るポイントは動画をチェック！

応援します 国際果実野菜年 2021

農林水産省
「国際果実野菜年2021」公式HP

第16回

＼特産食材の華麗（カレー）なリレー／

旬を食べるカレー旅

47都道府県の特産食材と、それらを組み合わせた絶品カレーレシピを、旬に合わせて紹介します。

＼教えてくれるのは／

Makoさん
（アイデア料理研究家）

フードクリエイター、栄養士、フードコーディネーターの資格を持つ、アイデア料理研究家。著書に「家政婦Makoのずぼら冷凍レシピ」（マガジンハウス）などがある。

今週は

かぶ と マグロ の クリーミーマヨカレー

使用する特産物は

埼玉県 **かぶ** × 神奈川県 **マグロ**

埼玉県

かぶ

埼玉県は全国有数のかぶの産地。中でも、川越市や富士見市など入間地区の生産量は県全体の半分以上にもなります。さらさらとした火山灰土質の畑では、みずみずしく甘いかぶが育ち、ハウス栽培も一般化している現在は、一年を通して美味しいかぶが出荷されています。肌がキメ細かく、つやとハリがあり、茎がしっかりとしていて、葉の緑色が濃いものを選ぶのがおすすめ。保存する際は、根と葉は切り分けて、ビニール袋に入れて野菜室で保存しましょう。

神奈川県

マグロ

神奈川県の三浦半島南端にある三崎漁港は、全国有数のマグロの水揚げを誇る漁港であり、中でもメバチマグロの水揚げ量は全国指折りです。釣り上げられたマグロはすぐに船上でエラと内臓を取り除き、海水できれいに水洗いしてから、−60℃で急速凍結して保存され、獲れた時の鮮度が保持されています。このように保存された冷凍マグロは、平成30年竣工の三浦市低温卸売市場より首都圏を中心に、毎日400本から1,000本が出荷されています。

冬にぴったり！濃厚なクリーミーマヨカレー

みずみずしいかぶと、うま味たっぷりのマグロをまとめるのは、豆乳ベースのカレークリーム。辛みもなく、シチューのようなやさしい味わいなので、小さなお子さまにもぴったりです。かぶは火を通しすぎずに仕上げると、噛んだときに野菜の甘みが口中に広がります。

材料をそろえよう

かぶは、葉も一緒に使います

かぶに葉がついている場合は、小口切りにした小量を調味料を入れるタイミングで加えると彩り良く仕上がります。
全て入れると多いので、残ったものは汁物に入れるなどして活用するのがおすすめです。

材料（2人前）

かぶ	小4個	サラダ油	小さじ1	Ⓐオイスターソース	大さじ2分の1
マグロ（柵）	100〜150g	Ⓐマヨネーズ	大さじ3	Ⓐ鶏がらスープの素	大さじ2分の1
片栗粉	大さじ1	Ⓐカレー粉	大さじ1	豆乳	200㎖
塩胡椒	少々	Ⓐみりん	大さじ1		

つくってみよう

かぶやマグロの食感を生かすため、煮込み過ぎないのがポイント！

マグロは片栗粉をまぶすことで、ぱさつかずジューシーな食感に仕上がります。
マヨネーズを入れるとまろやかな味わいになり、更にオイスターソースと鶏がらスープの素でコクを出します。

1 かぶは一口大に切り、葉も食べやすい長さに刻む。

2 マグロを一口大に切る。

3 2に塩胡椒をして片栗粉をまぶす。

4 Ⓐの調味料を混ぜ合わせる。

5 フライパンにサラダ油をひき中火で1と3を焼き、片面に焼き色がついたら、ひっくり返してから蓋をして、弱火でもう5分蒸し焼きにする。

6 5に刻んだかぶの葉、4と豆乳を加えて、混ぜながらひと煮立ちさせる。

完成！

動画でもチェック！

より詳しい説明や、おいしく作るポイントは動画をチェック！

国際果実野菜年2021

農林水産省
「国際果実野菜年2021」公式HP

第13回 発掘！凄モノ情報局

大学農系学部に潜入！

大学の農系学部が研究・開発した製品と、その製品化までの道のりを紹介します。

内水面養殖と海面養殖を組み合わせて育てる

宮崎大学の循環型養殖サクラマス

宮崎県では以前からヤマメの内水面（河川）養殖が行われていましたが、冬季の低水温による成長停滞が大きな問題となっていました。そこで宮崎大学の内田勝久教授はこの問題の解決に向けて、冬季でも温暖な宮崎県沿岸域の海面でヤマメの養殖を行うための研究を開始。2012年から続けられた研究により、内水面養殖と海面養殖を組み合わせた“循環型養殖技術”が確立されました。今回はこの養殖技術が開発されるまでの道のりと、その研究から誕生したサクラマスを紹介します。

淡水で育てられたヤマメが海水で生存できる可能性は!?

サクラマスは、実は淡水魚のヤマメと同種の魚です。春になり温かくなると、海へ降って冷たい北の海を回遊する習性のある“降海型”のものはサクラマス、そのまま河川に留まる“陸封型”のものはヤマメと呼ばれ、九州に生息するヤマメは降海する習性がなく、全て陸封型です。

宮崎県の五ヶ瀬町では昭和の頃から内水面でヤマメの養殖が行われており、2007年には宮崎県水産物ブランド認証品第6号"五ヶ瀬やまめ"として認証されました。

その五ヶ瀬町の養殖ヤマメが、冬の極端な低水温にさらされると成長が停滞してしまうという問題について、内田教授が宮崎県の水産試験場から相談されたことがきっかけとなり、2012年には宮崎大学でサクラマスの養殖の研究がスタートします。

問題を解決するため同教授が考えたのは、冬季でもヤマメの養殖に適した14℃～19℃の水温を保つ宮崎県沿岸域での海面養殖。この養殖に適した温度の海水を利用すれば、冬季のヤマメの成長停滞の問題解決につながるかもしれないと考えたそうです。

しかし、五ヶ瀬町で育てられているヤマメはそれまで淡水で育てられているため、一度も海水を経験したことがありません。果たして、五ヶ瀬町のヤマメは海水に適応できるのでしょうか？

ヤマメの海水での飼育試験

通常、海に降る準備が整ったヤマメは体を銀白色化させます。この現象を銀化（ぎんけ）と呼びます。内田教授は、まず五ヶ瀬町の養殖場に銀化する個体がいるかを確認する調査に取り掛かりました。すると、決して数は多くないものの、初秋になり水温低下と短日化が進んだ頃、わずかに体を銀白色化させている個体を発見することができました。

次に行ったのは、わずかに銀化したヤマメと、銀化していないヤマメを2つのグループに分け、海水で飼育するという試験。銀化していないヤマメは、2日もすると全て死滅してしまいましたが、わずかに銀化したヤマメは数日間、希釈した濃度50%の海水から70%の海水へ徐々に塩分濃度の高い海水に馴らした後、濃度100%の海水で飼育すると約8割が生存しました。

その結果から、内田教授はわずかにでも銀化した個体であれば、海面養殖が可能なヤマメ種苗であると判断しました。

非銀化ヤマメ（上）と銀化ヤマメ（下）

降海性のあるサクラマスの習性を再現した“循環型養殖技術”を確立

海の養殖場。

山の養殖場。

2013年の12月には、海水に馴らした銀化個体1万匹を宮崎県沿岸へと運び、翌2014年の4月中旬まで約8千匹の海面養殖に成功。その間にヤマメの体重は最大で約10倍に増え、巨大化することも判明しました。
春先からは、海で育てたヤマメ（＝サクラマス）を内水面へ移し、半年間成熟させ、採卵し、その後、孵化した仔魚を1年間内水面の生け簀で飼育。再び12月から4月の期間は海へ移して海面養殖で大きく成長させるということを繰り返し、内水面養殖と海面養殖を組み合わせてサクラマスを育む“循環型養殖技術”を確立させました。

内水面で育てた養殖ヤマメ（上）と海面養殖を組み合わせて育てたサクラマス（下）の大きさの比較

生産性が増大！循環型養殖サクラマスの特徴

循環型養殖サクラマス。

このような養殖技術により育てられた循環型養殖サクラマスには、天然のサクラマスや養殖ヤマメと比べて以下のような特徴があります。

1 生食が可能

天然のサクラマスはアニサキスの幼体が潜んでいる可能性が高いオキアミを餌としているため、寄生虫の問題から生食することができません。一方、養殖のサクラマスは人工飼料を餌としているため寄生虫がつくリスクがほとんどなく、刺身や寿司ネタとして生食利用することが可能です。

循環型養殖サクラマスの刺身。

2 可食部の生産性が向上

淡水から海水に移したヤマメは、最大約10倍ものサイズに成長。また、卵巣も発達するため、イクラの数も約7倍に増加。魚肉、魚卵ともに生産性が格段に向上します。

3 イクラが黄金色

鮭類の身やイクラが赤いのはアスタキサンチンという赤い色素を含んだ甲殻類（オキアミなど）を餌にしているからです。しかし養殖サクラマスはアスタキサンチンを含まない人工飼料で育つため、赤い色素の影響を受けず、イクラは黄金色となります。

イクラの採卵作業。

4 DHAやEPAが増加

内水面で養殖したヤマメと比較し、DHAやEPAといった不飽和脂肪酸の含有量の増加が魚肉の解析結果から確認されています。

養殖技術を実用化させるために宮崎大学発のベンチャー企業(株)Smoltを発足

サクラマスの循環型養殖技術を事業へと成長させたのが、内田教授の研究室に所属する大学院生の上野賢さんです。
九州の水産業では、温暖な海で育つブリやカンパチの養殖が盛んです。しかし、冬場は海面養殖のシーズンではないため、「生け簀が空いて生産性が下がる」、「養殖されている魚が同時期に一斉に出荷されるため、ブリやカンパチが市場に溢れて値崩れが起こりやすい」といった課題を抱えています。
そこで、すでに確立されていたサクラマスの循環型養殖が、これらの課題の解決策となり得るのではないかと上野さんは考えたそうです。

水産業の二毛作で生産性UP

ブリやカンパチの養殖場は、冬場になると生け簀が空いてしまいます。そこで、その間を利用してサクラマスを海面養殖すれば、一年を通して魚を生産することができ、出荷する回数も増えて利益を生み出す機会も増やすことができるのです。そういった複合的な漁業の仕組みができれば、地域の活性化に繋がることも期待できます。
そうした可能性をもとに上野さんはサクラマス養殖の事業計画を練り、同大学と宮崎銀行が開催するビジネスプランコンテストに応募。見事、宮崎大学長賞を受賞し2017年には宮崎大学発のベンチャー企業(株)Smoltの起業を決意しました。

付加価値の高いサクラマスの加工食品を開発

現在、(株)Smoltではサクラマスの養殖の他、加工品の開発にも取り組んでいます。看板商品には「つきみいくら」や、鮨店とコラボレーションした「桜葉締め」があります。

黄金色が美しい「つきみいくら」

循環型養殖で育てたサクラマスから採卵したイクラを、新鮮なまま出汁でやさしく味付け。

旨味引き出す「桜葉締め」

サクラマスの身を桜の葉で締めることで、ほんのりと桜が薫り、サクラマスの旨味がより引き立ちます。

＼学生の声！／

宮崎大学大学院 農学研究科 農学専攻 海洋生物環境科学コース 水圏生物生理学研究室

山徳 知夏さん

温暖な宮崎県沿岸で養殖できるヤマメ種苗の中から、さらに高水温に強い個体をつくりだすことを目標とした“選抜育種”の研究を行なっています。また、(株)Smoltで採卵作業や商品開発のための試食なども手伝わせていただくなかで、水産食品の魅力をより身近に感じることができたことから、将来は水産食品の商品開発に携わる仕事をしたいと考えています。

今後の展望

今後の研究の目標のひとつとして、内田教授は、より高温の海水でも生存できる個体を作ることを挙げています。現在は海水温が19度以下にならないと銀化ヤマメを海の生け簀に入れることはできません。海面養殖の最終段階で、急な海水の温度上昇がおこれば、十分な出荷サイズに満たない個体を含め、養殖魚を慌てて出荷しなければならないリスクも生じます。しかし、これまでより数度高い水温で生存できる銀化種苗を作ることができれば、海面養殖期間の拡大や、出荷の時期をある程度コントロールすることが可能になります。

生け簀で泳ぐ養殖ヤマメ。

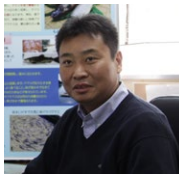
また、日本沿岸の海水温は年々上昇傾向にあり、冷水性の魚であるサケ・マスの養殖の生産性が下がることが危惧されています。近年のそういった気候変動も見据え、高温に強い種苗の開発が進められています。さらに生産性と収益性向上のため、AIやIoTなどの技術を導入したスマート養殖をパッケージ化させ、地元の水産業を盛り上げていくことも、近い将来に向けて掲げるビジョンです。

そして(株)Smoltの上野さんは、まずは九州でのサクラマスの認知度を上げるためのブランディング活動を積極的に進めていきたいと語ります。循環型養殖サクラマスが商品価値の高い魚として市場が開拓されていけば、生産者が利益を得られる仕組みが整えられ、結果として生産者の増加にもつながります。

宮崎大学 木花キャンパス

宮崎市学園木花台西1丁目1番地

今回 教えてくれたのは・・・



宮崎大学
農学部 フィールド科学
教育研究センター
内田 勝久 教授

和歌山県出身。東京大学大学院ではサケの回遊と環境適応の研究を行う。博士課程終了後、ハワイ大学、(国研) 理化学研究所で研究員を務め、新潟大学での教員歴を経て、2016年に宮崎大学教授に就任。サケ・マス類の生理学が専門で、温暖な九州エリアでサクラマスの循環型養殖システムの開発に挑戦。

(株)Smolt 代表取締役
上野 賢 さん

宮崎大学で培われたサクラマスの循環型養殖の研究成果を引き継ぎ、大学発のベンチャー企業として(株)Smoltを設立。サクラマスをおいしく育て、より多くの人にその魅力を届けることを目標に、養殖の事業レベルでの生産体制の整備や、魚のプロモーション、ブランディング、商品開発などに日々取り組んでいる。

第14回 発掘！凄モノ情報局

大学農系学部に潜入！

大学の農系学部が研究・開発した製品と、その製品化までの道のりを紹介します。

新しい養殖魚の開発による産業創出

愛媛大学の「媛スマ」完全養殖システム

スマとは小型のマグロ類で、熱帯、亜熱帯域の太平洋沿岸に広く分布する南方系の魚類です。天然のスマは水揚げ量が極めて少なく、大都市の市場にはほとんど出荷されないため「幻の魚」として注目されてきました。愛媛大学は愛媛県や地元の生産者と協力して、それまで養殖や飼育の実績がほとんどなかったスマの完全養殖に成功。きめ細かな脂がのり、なめらかな口当たりが特徴のスマの完全養殖までの道のりを、同大学の松原孝博教授に伺いました。

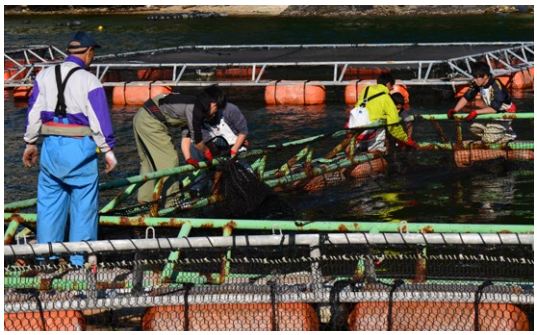
安定した漁業経営のために、「スマ」の完全養殖をめざした研究がスタート

松原教授が所属する愛媛大学の南予水産研究センターは、主に養殖業の発展に役立つ研究を推進し、それらの研究成果に基づいて、地域水産業の振興に貢献することを目指して2008年に愛媛県愛南町に設立されました。設立後にまず同センターが行ったことは、地域の水産業に関わる人々へのヒアリングです。すると、地域が抱える問題が見えてきました。西日本から九州にかけてはマダイやブリ類の養殖場が多く、ときに過剰生産になることがあり、価格の変動が起こりやすく、安定した収益を得るのが難しいという問題があることが分かったのです。そこで漁業経営を安定させるために考えられたのが、新しい養殖魚の開発でした。

まず候補に挙がったのが、世界中で好まれているクロマグロ。しかし、クロマグロの養殖には大規模な施設、資本や人員が必要となります。地域の水産業者のほとんどは小規模、若しくは中規模のため、クロマグロの養殖は現実的ではありません。そこで次に注目したのが、スマでした。「スマはクロマグロに比べて小型で養殖施設を管理しやすく、成長も速いので、収益性の高い養殖魚となる可能性に惹かれました。また、国際的な漁獲規制が強化されているクロマグロと並ぶマグロ味の魚として期待が持てました」と同教授。

愛媛県と愛南町をはじめ南予地域の各自治体、水産関係団体との連携のもと、稚魚から育てる一般的な養殖ではなく、卵からふ化させて育てる「完全養殖」をめざして研究が本格的にスタートしたのは2013年のことでした。

大量生産を実現した「スマ」の完全養殖システム



スマの生け簀。

スマは南方の海で育つ魚のため、試験養殖は年間を通して比較的暖かい愛南町沿岸の海でスタートしました。

愛媛県沿岸で天然のスマが産卵する時期は通常7月から8月ですが、そこから稚魚を育てようとすると海水温が下がって成長が停滞し、1kg程度までしか成長しないまま冬を迎えることになります。また、1kg程度の小型のスマは低水温に弱く、冬場に死亡する個体が増えるという問題がありました。

そこで、6月には稚魚を海の生け簀で育てられるように、通常よりも2ヵ月ほど早く産卵を促す種苗生産の技術を開発することで、冬までに出荷サイズの2kgに達する効率的な養殖サイクルを構築しました。2016年にはこのサイクルでの完全養殖に成功し、量産への道を開いたのです。

優良個体の選抜「次世代育種システム」

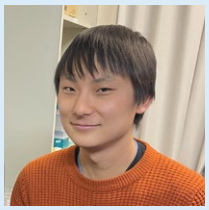
スマの稚魚。

そして次の目標は、出荷時のサイズや味など、品質にばらつきのあったスマを、安定した品質で生産すること。そのために、「スマ次世代育種システム」の開発に取り組みました。
まず高成長や低温耐性といった優れた形質を持つスマを選抜することからはじまりました。「地元の生産業者さんなどに協力してもらい、愛媛県水産研究センターと共同で作った完全養殖の2,000匹を超える稚魚のなかから優れた形質のスマを数回にわけて選んでいき、更にその中から非常に高成長だったスマを50匹ほど選びます。それを親にしてまた卵を産ませるという研究が選抜育種です」と同教授。また、市場に水揚げされた養殖スマの中で特に大きな個体の生殖腺を凍結保存し、それを魚類の借腹技術により、優秀な子孫を大量生産するというシステムの開発を進めています。まだ実証試験が始まったばかりですが、成長が早い個体だけでなく、“おいしい” という特徴をもつスマを育種して養殖が可能になるよう、既に研究が進められています。

愛媛県産の養殖スマ「媛スマ」とは？

2019年には愛媛県産の養殖スマの総称を「媛スマ」としてブランド化し、本格的な販売を開始。完全養殖されたスマは、通年きめ細かな脂がのりおいしいと注目を集めています。まだ希少な高級魚ですが、都市部のデパートやスーパー、料亭などを中心に出荷されています。

＼学生の声！／



愛媛大学 農学研究科 食料生産学専攻 水圏生産学コース

賀屋 啓太さん

借腹生産技術に不可欠な不妊化魚の作出と、生殖細胞を移植した魚の解析に関する研究をしています。また、大学に通いながら、愛南町役場でアコヤ貝に関する業務にも携わっています。水産業に新たな改革やイノベーションを生み出すため、様々なデータを積み重ねて、そこから新たな発見や気づきを導き出すということを学ばせていただいていますが、将来はその経験を活かし、水産業に新たなモノ・コトの可能性を切り拓いていきたいと考えています。

媛スマの認知拡大へ向けた取り組み

シーフードショー出展の様子。

愛媛大学は愛媛県、漁協などとの産官学連携で、養殖スマの生産・流通体制の構築や需要創出に向けたPR活動も精力的に行っています。
その中で大学としては、メディアからの取材を積極的に受け、研究内容を発信していくこと、そしてシーフードショーといった水産業のイベントへ出展し、媛スマの美味しさを多くの方に知ってもらう活動を行っています。

スマ養殖の今後

日齢15日のスマ稚魚の腹部を解剖すると多数のマダイ孵化仔魚（銀色の目）が出てくる。

今後は、現在のスマ養殖の規模を拡大し、安定して出荷するためにも、より大量の種苗が必要とされています。しかし、スマを大量生産するには、それだけエサのコストもかかってしまいます。
スマは肉食の魚であるため、稚魚の時期に他魚種の仔魚をエサとして与えなければなりません。スマの稚魚1匹を育てるのには、例えばマダイであれば約7,000尾の仔魚がエサとして必要になるといわれています。しかし、それは非常にコストパフォーマンスが悪いため、できるだけ仔魚をエサとしない種苗生産に切り替える必要があります。そこで、愛媛大学では現在、エサ用孵化仔魚に代わる栄養価が高い人工餌料や、魚のミンチに代わる水質を悪化させない人工餌料の開発を目指しています。将来的には、開発した技術を他の魚種にも応用して、地域を超えて養殖業の発展に貢献したい、という目標を掲げています。

愛媛大学南予水産研究センター

愛媛県南宇和郡愛南町内泊25-1

今回 教えてくれたのは・・・

愛媛大学
南予水産研究センター
松原 孝博 教授

水産学博士。専門は水産増養殖学。サケマス類の卵を保護している体腔液の研究で博士号取得。（独法）水産総合研究センター北海道区水産研究所（現在の（国研）水産研究･教育機構 北海道区水産研究所）でマツカワの増殖などの研究に携わり、2009年から愛媛大学に着任。
2012年から後藤理恵准教授と共にスマの完全養殖の研究を開始した。