

## バイオ技術特集

当社ではバイオ技術を用いて、電力設備の発電支障回避や補修費用等のコストダウン、電気事業と農水産業との共生を目指した技術開発に取り組んでいます。また、生物多様性条約の目的の一つである「生物の多様性の保全」に繋がる各種工事に伴う環境修復や生態系の保全に向けた技術開発も行っています。ここでは、これまでに取り組んできた代表的な技術を紹介します。

### 電力設備の補修費用削減に向けて

#### 1 付着生物の出現期を調べる

火力発電所では冷却水として海水を使っているため、水路壁などに多くの海生生物が付着し、発電支障の原因となります。現在、火力発電所の復水器や冷却水冷却器では付着生物対策としてボール洗浄や塩素注入等が行われていますが、付着生物の出現時期に合わせて最適な運用ができればコストを低減できる可能性があります。

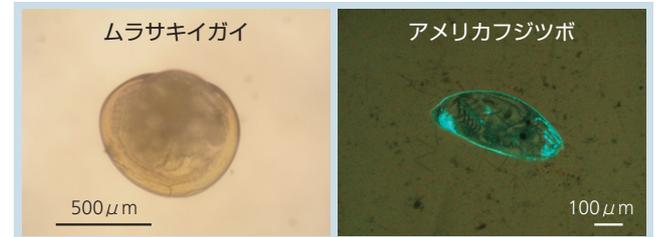
そこで、付着生物の幼生を指標とし、火力発電所が多く立地する伊勢湾奥部での付着生物の出現期を調査しました。また、将来的には発電所でも幼生を確認できるようにするため、幼生の簡易検出法として2種の方法を試行し、その実現性を評価しました。

#### (1) 付着生物幼生の出現時期調査

知多火力発電所取水口を調査地点とし、平成20年7月～平成21年8月の間、月1回の頻度にて付着生物幼生の採集を行い、外部形態識別法、自家蛍光パターン識別法により付着生物幼生を計数しました(第1図)。

その結果、夏～秋はミドリイガイとフジツボ類、冬～春

はムラサキイガイと、季節により出現種が交替することがわかりました(第2図)。したがって、両者が入れ替わる5月と12月～1月に付着生物の出現が最小となり、ボール洗浄回数や塩素注入量を低減できると考えられました。

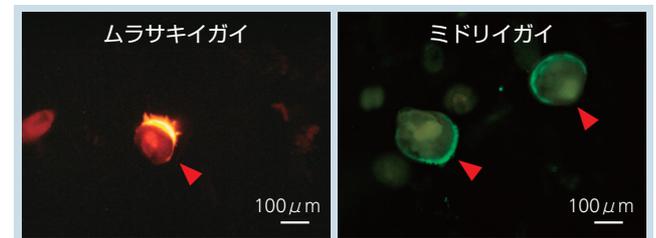


第1図 付着生物幼生の観察例  
(左:外部形態識別法、右:自家蛍光パターン識別法)

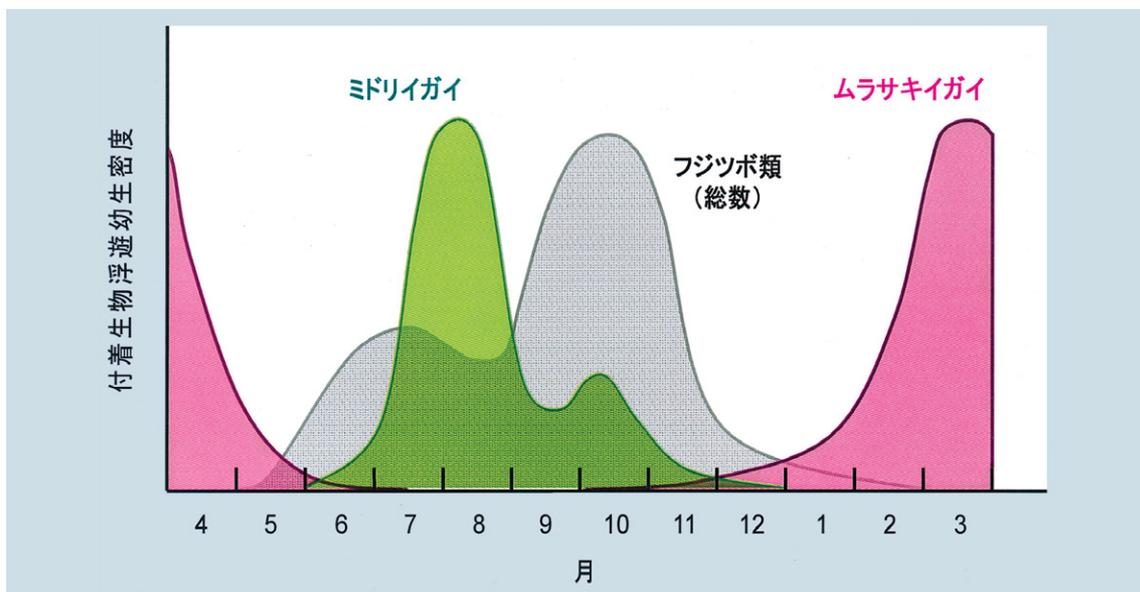
#### (2) 簡易検出法の検討

付着生物幼生の簡易検出技術の実現性を検討するため、近年新たな検出法として注目されている免疫抗体法およびリアルタイムPCR法の2つに注目し、これらによる観察を行い、従来法による結果と比較しました(第3図)。

その結果、免疫抗体法ではミドリイガイで、リアルタイムPCR法ではフジツボ類幼生(キプリス幼生)で他より検出数が多くなるなど、ともに改善点が見られましたが、全体的な変動傾向は従来法と一致しており、どちらも将来、有望な簡易検出法になりえると考えられました。



第3図 簡易検出法(免疫抗体法)による観察例



第2図 伊勢湾奥部における付着生物幼生の出現模式図

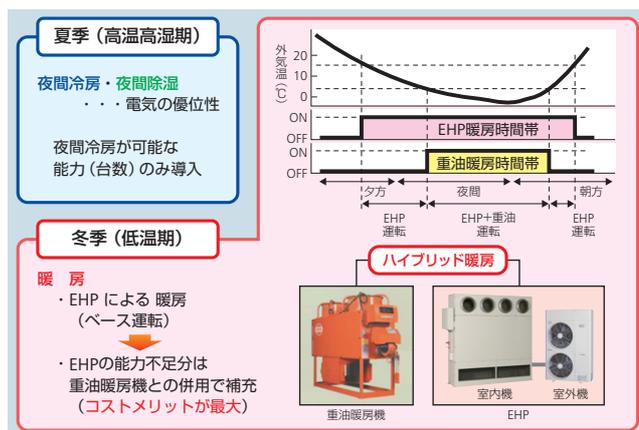
## 農水産業との共生を目指して

### 1 温室栽培へのヒートポンプ適用技術の開発

今日の農業における温室栽培では、夏季温室内の高温化による収量・品質の低下と、重油価格の高騰による冬季の暖房コストの増大が深刻な問題となっています。そこで当社では、これらの課題の解決と農業分野における電力需要造成を図るため、電気利用機器である電気式ヒートポンプ(以下「EHP」という。)に着目し、EHPの周年的な適用による作物の収量増加と品質向上を図る栽培技術を開発しています。対象作物として、中部地方での生産が盛んな花きおよび野菜の中から、冷房ニーズがあり、燃料用重油の消費量が多いバラとトマトを選定しました。なお、本研究は静岡県農林技術研究所と空調メーカー一等との共同研究で推進してきました。

#### (1) 有効なEHPの利用方法の検討

本研究で提案した温室でのEHPの有効利用方法を第4図に示します。この方法では、まず、高温期の夜間冷房に必要な台数(能力)分のEHPを設置します。つぎに、低温期には設置したEHPを暖房運転に切換え、外気温が低下して目的とする暖房温度を維持できなくなった時点で既設の重油式暖房機を併用運転して不足熱量を補います(ハイブリッド暖房)。さらに、高温期にはEHPの優位性でもある除湿にも活用します。ハイブリッド暖房によって、初期設備コストと契約電力の増加を抑えられるうえ、EHPの優先利用によりEHPの年間稼働時間が長くなるため、エネルギー単価の高い重油の消費量が減り、年間暖房コストの低減が可能となります。

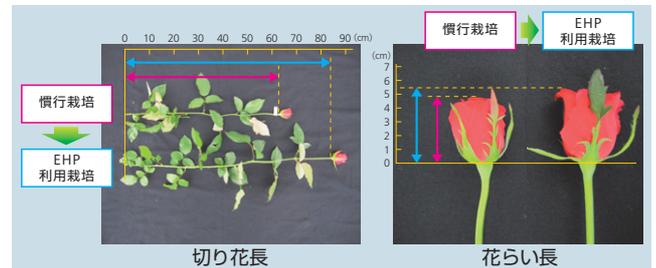


第4図 温室栽培へのEHPの有効利用方法の提案

#### (2) バラ栽培へのEHP適用

高温期(8~9月)のバラ栽培に夜間冷房(約20℃)を目的としてEHPを適用すると、第5図に示すように、バラ切り花長と花らい長(花の大きさ)を増加させる品質向上の効果が確認されました。その結果、年間の切り花収量を約2割増加させる見込みが得られました。

一方、冬季暖房(18℃)時においては、EHPと既設の重油式暖房機との併用によって、年間暖房コストを従来よりも約2割削減(重油価格70円/L)できることを実証しました。



第5図 夜間冷房栽培の効果

#### (3) トマト栽培へのEHP適用

夏秋季のトマト栽培は、高温高湿条件によって安定生産が困難という問題があります。そこで、トマト栽培(8月定植、10~12月収穫)に夜間冷房(8~9月、20℃)と夜間除湿(10~12月、相対湿度80%以下)を目的としてEHPを適用すると、果実に亀裂が入る裂果等の異常果実の発生率を6分の1以下に抑制する効果が認められ、販売可能な正常果実の収量が2倍以上に増加しました。本栽培試験結果から、トマト栽培においては、温度管理のみならず湿度管理も重要であることが明らかとなりました。なお、第6図は夜間除湿時の栽培試験状況とトマト果実を示しています。



第6図 夜間除湿時の栽培試験状況とトマト果実

#### (4) 温室栽培へのEHPの適用拡大に向けて

温室栽培でのEHP利用は、冬季における重油暖房機の代替機器として、温暖地域の暖房温度の高い作物から導入が始まっています。しかし、EHPのさらなる適用拡大のためには、寒冷地域での適用に対応したEHPの開発はもちろんのこと、作物の収量増加と品質向上に対する冷房と除湿の効果をさらに検証し、EHPの周年利用を推奨していく必要があります。そこで当社では、周年を通じて作物にできる限り適した栽培環境条件を実現するEHPの開発と利用方法の確立について、今後も継続して実施する予定です。

## 2 ハタケシメジの安定栽培に関する技術開発

食用キノコの多くは、室内で空調機器を使用して、周年栽培されることから、農業分野でも電力需要が多い作物です。食用キノコの中でもハタケシメジは、歯ごたえや形が良いため、他のキノコと比較して販売単価が高いキノコです。

しかし、生産現場で形の悪いキノコが発生したり、収穫時期がばらついてしまうなどの不具合が確認され、生産量が伸び悩んでいる状況です。

このため、安定生産が可能なハタケシメジの優良菌株を選抜し、生産者に研究成果を活用いただくことで、地域のハタケシメジ生産の活性化と電力需要の維持を図ることを目的に取り組みました。

なお、本研究は三重大学、三重県林業研究所との共同研究で推進しました。

### (1) ハタケシメジの優良菌糸の選抜

形態異常が発生したハタケシメジをシャーレで培養した結果、菌糸の増殖状況が不均一になり(第7図)、ハタケシメジの菌株に遺伝子レベルの変異が発生していることがわかりました。

このため、菌糸を酵素で分解する細胞選抜法を用いて試験を行った結果、均一に増殖する菌糸を得ることに成功しました。



第7図 ハタケシメジの菌糸培養結果 (正常菌株と形態異常菌株の比較)

### (2) 生産設備での栽培試験

松阪飯南森林組合(松阪市飯高町)の協力を得て、生産設備において、選抜したハタケシメジの菌株を用いた栽培試験を行いました。

この結果、選抜した菌株では、キノコの形も良く、キノコ収量についても122g/ビンと既存株よりも高くなり、実用化が可能な菌株であることを確認しました(第8図)。

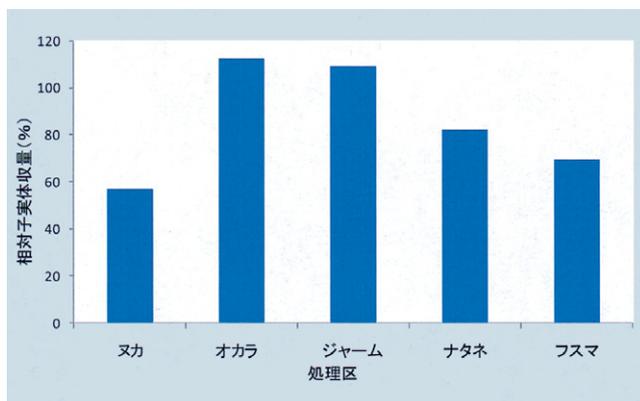


第8図 選抜した菌株の生産設備での栽培試験状況 (左2列が既存菌株、右2列が選抜菌株)

### (3) 低コスト資材を用いた栽培試験

ハタケシメジの培地に使用しているビール粕の飼料需要が高まり価格が上昇したため、三重県内で安定して入手できる培地資材を用いて栽培試験を行いました。

ビール粕の代わりにオカラやジャーム(トウモロコシの絞り粕)を使用した培地で良好な収量を得ることができたことから、ハタケシメジ栽培の安定化と培地コストの低減を図ることが可能となりました。



第9図 培地別の相対子実体収量 (既存培地のキノコ収量を100%とした場合の各培地の収量)

### (4) 今後の展開

平成22年度から三重県内のハタケシメジ生産者のキノコ生産設備において、選抜した優良菌株を用いた栽培を実施しています。

また、より多くのキノコ生産現場で優良菌株や培地資材の成果を導入にさせていただくため、ハタケシメジ生産者(「ハタケシメジネットワークみえ」)や農業電化関係者への発表を行っています。

### 3 甘い香りの花「アロمام」開発で地域農業を支援

中部地域はキクの生産が盛んに行われ、特に愛知県は、全国一の生産地となっています。また、その約半分は電照栽培で周年生産されていて、夜間に電気を使っているなど、さまざまな課題を抱えています。しかし近年、他県の生産量や輸入量の増加により、愛知県の生産量は減少傾向にあることから、地域農業の活性化につなげ、施設栽培における電力需要の維持を図るため、付加価値の高い新しいキクの研究開発に取り組んできました。

#### (1) 研究概要

「アロمام」は、従来のキクとキク属野生種を人工交配し、試験管での人工増殖と屋外での栽培試験を繰り返して育成しました。姿と香気が従来のキクと大きく異なる特徴を有しており、栽培農家や市場関係者から商品化の要望を受けたため、市場価値を高めることを目的に付加価値の評価を行ってきました。

##### ① 香りの評価

一般的なキク(仏事等に用いられる白い輪ぎく)の香りには、キクを表す「chrysanthe-」という名前を含む物質が主要成分となり独特な香りを呈しています。一方、「アロمام」は梅やアーモンドの花に含まれるbenzaldehydeやヒヤシンスの香りであるphenylacetaldehydeが主要成分です。従来のキクに特徴的な成分は1/5以下で、全く検出されない系統もあり、一方、甘さを感じる成分は多いもので45%も含まれています。

第1表 アロمامの香り成分

成分	含有量			
	キクの種類 従来のキク 白輪ギク	品種A	品種B	品種C
従来のキクに特徴的な成分の合計	8.04	1.63	0.00	0.00
甘さを感じる主な成分の合計	1.67	12.0	45.2	33.5

##### ② 環境浄化能力の評価

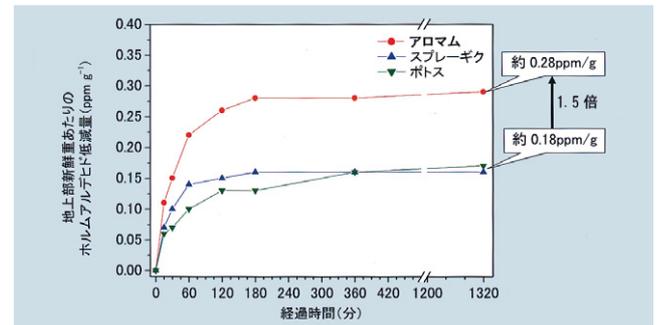
###### a. 二酸化窒素の吸収能力

NO<sub>2</sub>濃度0.1ppmで曝露した場合のNO<sub>2</sub>吸収能力を他の植物と比較した結果、アロمامはキク科ひまわりと相当のNO<sub>2</sub>吸収能力を有していることがわかりました。例えば、鉢花として利用した場合を想定し、密閉した室内のNO<sub>2</sub>吸収量を試算した結果、喘息患者に発作を誘発する可能性のある濃度の室内を1日で十分浄化できることとなります。

###### b. ホルムアルデヒドの吸収能力

密閉式チャンバーを用いホルムアルデヒド除去能力を評価した結果、植物重量あたりの吸収能力は、能力が高いといわれているポトスと市販スプレーギクが同程度

の能力を示し、アロمامシリーズは両者の2倍の速さでホルムアルデヒドを吸収することがわかりました。



第10図 アロمامの環境浄化能力(ホルムアルデヒド)

#### (2) 地域産業への活用

「アロمام」は、切花栽培あるいは鉢花栽培として、当社管内の生産者と利用許諾契約を締結し、平成22年8月末から全国へ出荷されています。花は嗜好品であり流行にも左右されることから、長く当地域の産業に貢献できるように出荷量の調整を行いながらも適宜産地を拡大しています。



第11図 アロمامの栽培

また、地元企業と協力して香りを利用した商品への活用も進んでいます。香気分析結果をもとに香りを再現し、これまでに、当社のオール電化のアプローチ品としたアロمامソープや、室内用フレグランス(あおやまルームフレグランスミスト)が製品化されています。(日本メナード化粧品株式会社で製造)



第12図 アロمامソープ

以上のように、開発したキクは単なる花としてだけでなく資源としての利用も期待でき、今後も広く地域に活用していただけるよう、系統の保存と活用先の検討を行っていきます。

## 環境の保全に向けて

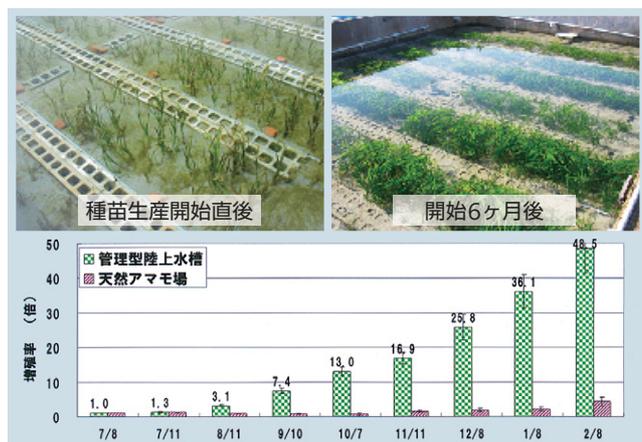
### 1 アマモの種苗生産と移植による藻場造成

内湾砂泥域に生息する代表的な海草であるアマモ場は海の生態系を支える重要な役割を担っています。しかし、このアマモ場は、高度成長期以降、埋め立て等により急激に減少しています。

将来の電源開発においてアマモ場を埋め立てる場合には修復が必要となるため、内湾の海域環境修復を目的としたアマモ場造成技術の開発を実施しました。

#### (1) アマモ種苗の大量生産技術の開発

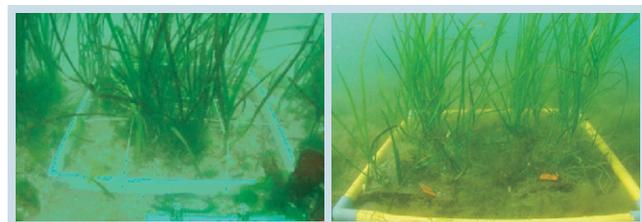
アマモが地下茎の分株によって増殖することに着目し、海水を掛け流しできる陸上水槽を用いて水温や光環境、附着生物除去等、アマモの生育環境を適正にコントロールすることにより、6ヶ月で30倍以上に増殖させることが可能となりました(第13図)。本技術は、種苗生産に用いる親株の採取が少量で済むため、親株採取による既存の天然アマモ場へのダメージを最小限に抑えることが可能です。



第13図 陸上水槽によるアマモの種苗生産と増殖率

#### (2) 海域への種苗移植技術の開発

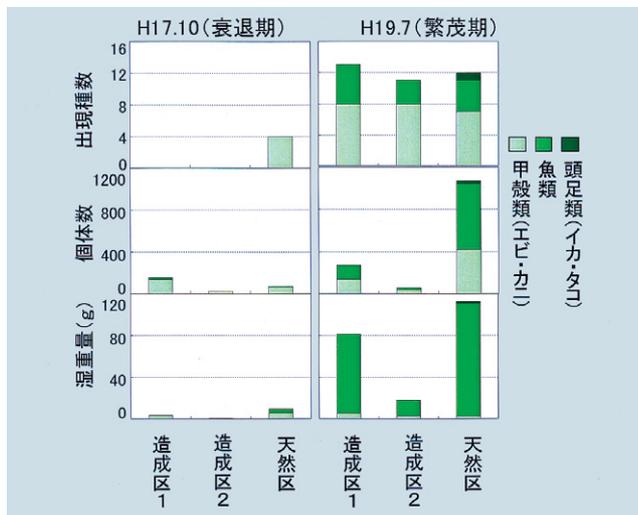
平成11年から15年に三河湾で、平成15年から19年に英虞湾で種苗移植に取り組みました。前述の生産した種苗を用い、ヤシノミ繊維マットに根を張らせた大型のアマモ株を移植することで波浪等により流出することなく確実に海底に定着・拡大させることが可能となりました(第14図)。本技術は、種苗移植の時点から即時的にアマモ場の機能が発揮できることが特徴であります。



第14図 海域への移植状況 (写真左:三河湾、右:英虞湾)

### (3) アマモ場の機能の検証(H17~H19)

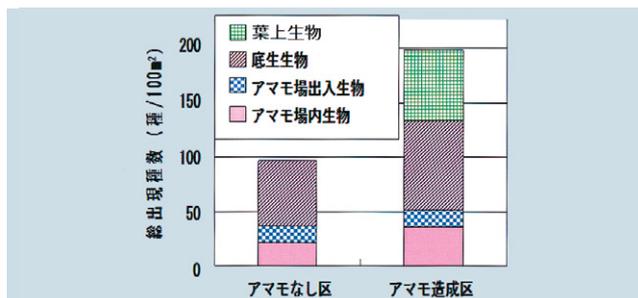
英虞湾での研究に合わせた生物調査の結果、アマモの繁茂期には衰退期に比べ生物の種類数、個体数などが増加し、多様な生物の生息環境を提供していることを検証しました(第15図)。



第15図 生物調査結果(英虞湾)

#### (4) 研究の成果

平成20年から21年にかけて三重県が実証機関となり、津市御殿場海岸で行った「環境省 環境技術実証事業」に当社の開発した「アマモ種苗の大量生産と種苗移植によるアマモ場造成技術」が採用され、この方式で造成したアマモ場の生物調査の結果、アマモ場を造成することでアマモの無い場所に比べ生物の種数が倍増し、生物生息環境改善効果が実証されました(第16図)。



第16図 生物調査結果(津市御殿場海岸)

本実証により、環境省から技術固有の実証番号とロゴマーク(第17図)の交付を受けました。

第17図 環境技術実証事業ロゴマーク

## 2 バイオテレメトリー： 河川にすむ魚の行動を徹底追跡

河川には、川と海とを行き来する様々な生物が生息していますが、河川にダムや堰を有する当社にとって、生物が河川内を自由に行き来できる「河川の連続性の確保」は重要な課題であり、このためには対象生物の生態把握が必要です。対象生物に発信器を取り付けて行動を調査するバイオテレメトリーは、陸上動物では広く用いられています。また、欧米の大規模河川では水生生物の生態調査の一手法として確立されつつありますが、本手法の国内の小規模河川・小型魚類への適用について検討を行いました。

### (1) 発信器装着方法の検討

外科手術により供試魚の腹腔内に発信器を挿入する内部装着と、背部に背負わせる外部装着について飼育試験により検討を行い、供試魚の生残率、発信器の脱落率の観点から評価しました(第18図)。その結果、内部装着が優れていることが明らかになりました。



第18図 内部装着(左)と外部装着(右)

### (2) 河川での生態調査と従来法との比較

河川で捕獲した魚類について、バイオテレメトリーによって行動を調査するとともに、従来法との比較を試みました。従来法とは標識再捕法で、これは採捕した供試魚に標識をつけて放流し、その供試魚を再捕することで魚類の行動範囲を調査する方法です。

バイオテレメトリーでの調査結果と従来法との調査結果を比較したところ、両者の行動範囲等に違いが認められなかったことから、バイオテレメトリーを用いても、少なくとも従来法と同等の調査が可能であることが示されました。なお、標識再捕法では標識魚の放流地点と再捕地点のデータしか得られませんが、バイオテレメトリーではその途中の行動まで明らかにでき、詳細な行動の把握が可能となるため、有効性の高い技術と言えます。

### (3) 連続測定技術の開発

河川内に恒常的にアンテナを設置し、長期間連続して調査する手法について検討を行いました。アンテナの種類と、それぞれの設置間隔、得られたデータの解析方法を工夫することにより連続的な測定が可能となり、これまで調査が困難であった夜間の行動についても明らかにできるようになりました(第19図)。



第19図 試験に用いたアンテナ各種

### (4) 大規模河川での調査技術の開発

通常、電波によって信号をやり取りする発信器の場合、電波法の規制を受けます。電波法の規制を受けないレベルにまで発信強度を下げた場合、通信可能距離は数十メートルとなります。よって、川幅の広い地点では信号を受信できない場合がありますが、様々なケーブルをアンテナとして活用し、その設置方法を検討することで、川幅100m以上の地点でも受信が可能となりました。これにより、河川の上流から中・下流域まで調査が可能となりました(第20図)。



第20図 ケーブルを用いた受信試験

### (5) 研究の成果

本研究により得られた技術は、グループ会社の(株)テクノ中部で事業化し、社外からのニーズに対応できる体制としました。同社は平成17年に、(独)農業工学研究所よりニゴロブナ行動調査業務を受託しました(第21図左)。本業務では、琵琶湖周辺の水田に通じる農業用排水路に設けられた簡易魚道周辺でのニゴロブナの行動解析を目的としましたが、バイオテレメトリーを適用することにより、魚道周辺でのニゴロブナの挙動や昼夜の行動の違いなど、一定の成果が得られました。

また、平成19、20年には、国土交通省から、和歌山県紀の川(第21図右)の中下流域における河川魚類の行動追跡調査を受託しました。



第21図 ニゴロブナ(左)と和歌山県紀の川(右)

水生生物を対象としたバイオテレメトリーは、国内での実施例が少ない新しい技術と言えますが、本研究により河川魚類の詳細な生態調査が可能となりました。今後、これらの技術を生態の把握が十分なされていない希少な水生生物に適応すれば、学術的にも貴重な知見を得ることができ、その保護・増殖に大きく貢献できると考えられます。今後、社内外の幅広いニーズに対応することで、生物多様性の保全に貢献していきたいと考えています。