

令和元年度

東紀州サテライト東紀州産業振興学舎

地域連携事業報告書

No.	区分	タイトル	主担当者	主対応者・地域	頁
1	農業	紀南地域におけるアテモヤ栽培環境の計測	坂井 勝	三重県	1
2	農業	地域振興をもたらす農作物の特定のための消費者需要研究：アテモヤを事例として	中島亨	三重県	3
3	林業	尾鷲ヒノキ製品の環境影響評価による付加価値の創出	淵上佑樹	尾鷲市	5
4	林業	森林資源調査の効率化による木材生産コストの圧縮化技術について	松村直人	尾鷲市	6
5	林業	針葉樹（スギ・ヒノキ）から黄葉樹（イチョウ葉）に植替えに応じた発酵イチョウ葉茶の機能性の解明	西尾昌洋	大台町	9
6	林業	野地木材工業（株）における熊野地域木質バイオマス事業に関する共同研究	坂本竜彦	熊野市、野地木材工業（株）	13
7	林業	みえの林産物を活用した香りビジネスへの取組み	中井毅尚	大台町	14
8	水産業	尾鷲沿岸海水による養殖クビレズタからの機能性成分の生産技術開発	岡崎文美	尾鷲市	15
9	水産業	ブラックタイガーの国内種苗生産に向けた調査研究	筒井直昭	尾鷲市	17
10	学生支援	地域拠点サテライト東紀州サテライト（天満荘）における天満学生プロジェクトの実施	山本康介	尾鷲市、天満浦百人会	19

令和2年(2020)4月

三重大学東紀州サテライト  
産業振興学舎

詳細は下記よりダウンロード下さい。

三重大学地域拠点サテライト <http://www.rscn.mie-u.ac.jp/>

令和元年度活動報告 <http://satellite-work.sporr.mie-u.ac.jp/2019>

## 令和元年度東紀州サテライト東紀州産業振興学舎地域連携事業報告書

課題名: 紀南地域におけるアテモヤ栽培環境の計測に関する事業

相手先: 三重県農業研究所紀南果樹研究室

担当者氏名: 坂井 勝

三重県の紀南地域では、地球温暖化により気温が上昇しても育つバンレイシ科の亜熱帯性果樹のアテモヤの生産に力を入れている。栽培は温室内で行われ、特に冬期に適切な栽培環境管理が必要である。本事業ではアテモヤ栽培ハウス内の温湿度や土壌水分量・地温といった栽培環境のモニタリングを行い、安定栽培・品質向上といった生産体制の確立に資するデータの集積を目的とした。

観測は、南牟婁郡御浜町の三重県農業研究所果樹研究室内のアテモヤ栽培ハウス内で行った。2019年8月23日に、高さ20cmに温湿度計(VP-4, METER社)、ハウス内上部に全天日射計(PYR, METER社)、深さ10cm深と20cm深に土壌水分・地温センサー(5TE, METER社、図1)、深さ10cm深に水ポテンシャルセンサー(MPS6, METER社、図1)を設置し、データロガー(Em50, METER社、図2)を用いて1時間間隔で自動計測を行った。また、11月27日に小型温湿度計(サーモリーフ, 大成ファインケミカル社、図3)をハウス入り口付近、中央、奥の3カ所にそれぞれ高さ2mの果樹棚に設置し、1時間間隔で自動計測を行った。

図4に11/27以降のアテモヤ栽培ハウスの環境データを示す。ここで、ハウス外部の日最高・最低気温(図4a)、およびハウス外部の日射量(図4d)は、農研機構メッシュ農業気象データシステムを利用した、果樹研究所(北緯33.855, 東経136.039)の地点データである。本観測期間では、外部気温が0°Cを下回ることにはなかった。ハウス内部の日射量は外部に比べ全期間で小さく、ハウスの放射透過率は0.3~0.6程度であることが分かった。ハウス内の果樹棚付近(2m高)の室温は、平均で10~15°C程度で推移し、気温が低い日においても最低温度5°C以上が保たれ(図4b, c)、適度な温度が維持されたと考えられる。また、ハウスの入り口、中央、奥において、果樹棚付近の温度に違いは見られなかった。ハウス内の相対湿度は、12月下旬から2月上旬にかけて、日中の短い時間以外は、100%に近い高い湿度であった(図4e, f)。また、ハウス奥側は換気扇のある入り口付近に比べ、高い湿度を示していた。

図5にハウス内の土壌水分量(体積含水率: 土体積当たりの水分体積)、水ポテンシャル、地温を示す。スプリンクラーによる灌水量が少なくなる10月以降、土壌水分量は比較的低い値で一定であった。ハウス内の湿度の高さ、および低い水ポテンシャルからも、葉からの蒸散にともなう根の吸水が抑制されていると考えられる。地温は室温に比べ日変化が小さく、冬期でも10~15°Cに維持されていた。

今年度は暖冬であったが、今後も栽培環境データを継続して観測し、作物栽培データと共にデータを蓄積していく予定である。



図1 土壌センサー



図2 データロガー



図3 サーモリーフ温湿度計

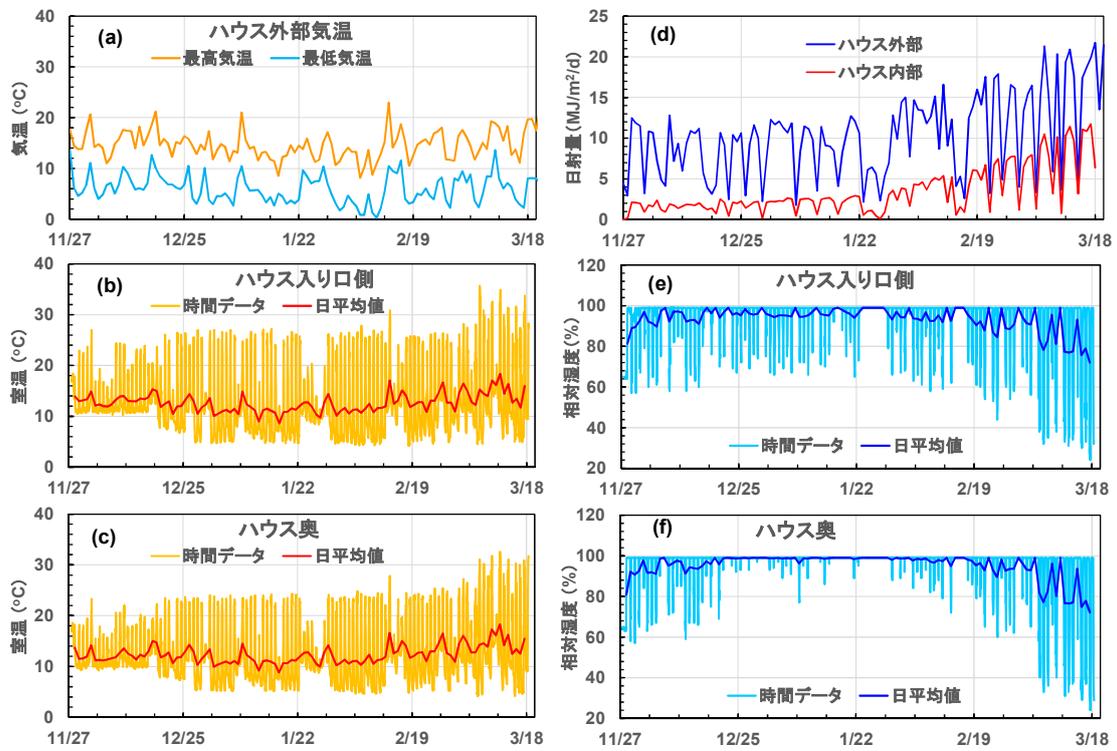


図4 栽培ハウスの環境データ(a:ハウス外部の日最高・最低気温, b,c: ハウス内温度, d:ハウス内外の日射量, e,f:ハウス内相対湿度)

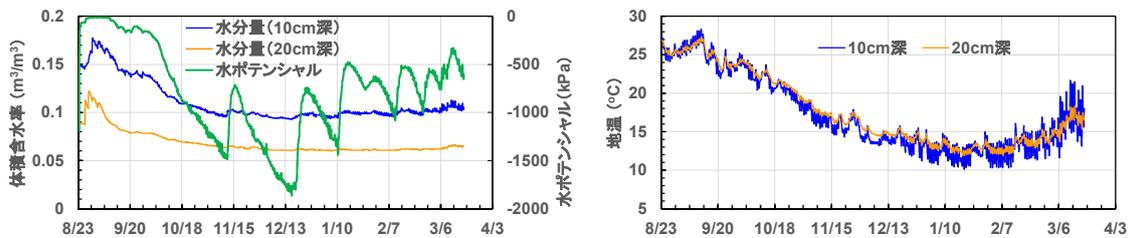


図5 栽培ハウスの土壌水分量, 土壌水ポテンシャル, および地温変化

## 令和元年度東紀州サテライト東紀州産業振興学舎地域連携事業報告書

課題名:

地域振興をもたらす農作物の特定のための消費者需要研究:アテモヤを事例として

相手先:三重県農業研究所 紀南果樹研究室

担当者氏名:中島 亨

本事業では、農業研究所紀南果樹研究室によって三重県に導入されたアテモヤを対象とし、その消費者評価に関する経済実験ならびに計量経済分析を実施した。アテモヤはバンレイシ科の亜熱帯性果樹で、チェリモヤとバンレイシの交雑種である。糖度が高く、クリーミーでジューシーな果物で、いわゆる高級フルーツに位置付けられる一方で、ミネラルやビタミン等を豊富に含む高栄養果実であり、その生育過程では農薬使用量を低減することが可能であるなど、健康的で環境に優しい側面を持っている。アテモヤに対する知名度は高いとは言えないが、こうしたアテモヤの特徴や食味が消費者に十分認知されれば新規需要を喚起する可能性があり、ひいては三重県農業の活性化や、地域振興に一定の役割を果たす可能性もある。そこで本研究は、三重大学新たな需要を喚起する循環型農業リサーチセンターの研究テーマのひとつとして、現時点でのアテモヤの消費者評価と、付加価値向上のための方策を明らかにすることを目的とした。

消費者評価のデータは、2019年11月に三重大学の事務職員を対象として、オークション実験を含むアンケート調査を行うことで収集し(下図)、182の有効回答を得た。本研究では、アテモヤの消費者評価をより厳密に明らかにするため、アテモヤの試食を行った上で、支払いをともなうオークション実験を実施した。オークション実験では、アテモヤに対する最大評価金額(支払意思額)をオークション法により尋ね、仮想バイアスを除去するため、回答者には実際にアテモヤを購入してもらった。

実験結果から、アテモヤに対する平均支払意思額は、実際の小売価格の4割程度であることが明らかになった。しかしながら、栄養に富む果物であることを具体的に示した情報や、環境保全型の生育が可能であることを具体的に示した情報を追加することで、支払意思額は有意に上昇することが示された。また、回帰分析の結果から、消費者の個人属性や日頃の食料消費行動等により、支払意思額が変化することが判明した。具体的には、女性よりも男性の方が、また、年齢の若い人や収入の多い人の方が、アテモヤに対する支払意思額が高くなることが示された。また、アテモヤを知っている人の方が、知らない人よりも支払意思額が高くなったほか、目新しいものや話題性のあるもの入手しようとしたり、食品の特売情報をチェックする人、食品関連イベントがあれば行きたいと思っている人など、購買行動において積極的な人ほどアテモヤに対する支払意思額が高くなった。さらに、環境問題に関心がある人ほど、支払意思額が高くなる傾向が見られた。これらの分析結果から、幅広い層のアテモヤに対する需要を拡大する上では、販売価格の低下が必要と考えられる一方で、健康によく環境に優しいことを示す情報を提供するような販売戦略を

採用したり、上記のような支払意思額が高くなる人々に対する販売促進を強化することで、販売収入が増加する可能性があることが示唆される。



図 アテモヤの試食とアンケート調査の様子

# 令和元年度東紀州サテライト東紀州産業振興学舎地域連携事業報告書

課題名: 尾鷲ヒノキ製品の環境影響評価による付加価値の創出に関する事業

相手先: 三重県林業研究所、三重県尾鷲農林水産事務所

担当者氏名: 瀧上佑樹, 沼本晋也, 中井毅尚

東紀州地域は日本でも有数のヒノキの優良木の産地であるが、住宅着工件数の減少や住宅の建築様式の変化などにより「高品質な木材を建築に使用する」機会が社会から失われていく中で、既存の販路に加えて新製品の開発や新たな付加価値の創出などによって新たな需要を獲得する必要に迫られている。本研究事業は尾鷲ヒノキ製品の新たな付加価値を創出することを目的に、同製品の利用が地球環境問題に対してどのような影響を与えるか（環境負荷をどの程度削減できるか）を定量的に評価する。

環境影響の定量的な評価手法として、ライフサイクルアセスメント（LCA）を用いて、尾鷲ヒノキ製品のライフサイクルから発生する温室効果ガス排出量の定量化を行った。2019年度は東紀州地域の6社の製材所とその取引先を中心にヒアリング調査を行い、LCAに必要なデータの回収を行った。対象とした製材所はいずれも、尾鷲ヒノキの原木を製材し、住宅の造作材や家具用材などの高品質・高価値な製品として販売している。

分析の結果、温室効果ガス排出量は原木生産から製材加工までのプロセスにおいて、平均値で  $78\text{kg-CO}_2\text{e}/\text{m}^3$  であることがわかった。これは同様に調査した三重県内の他地域の製材所が製造する製品と比べて低い値であった（図1）。要因として、製材・加工の工程が少ないこと、人工乾燥材の比率が低いことが挙げられた。また、尾鷲ヒノキから高品質・高価値な製品を製材する場合、熟練者が丸太1本1本の特徴を見極め加工方法を判断する必要があるため、一般的な製材所と比べて加工ラインが自動化されていないことも要因であった。このような尾鷲ヒノキを扱う製材所に共通する特徴が、製品の低い温室効果ガス排出量として現れることが明らかとなった。

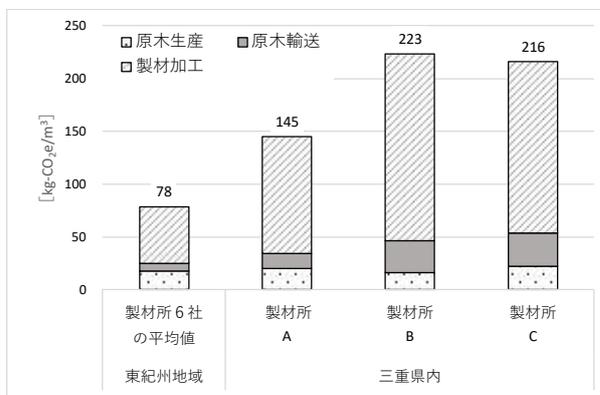


図: 木材製品  $1\text{m}^3$  あたりの温室効果ガス排出量



写真: ヒアリング調査の様子

## 令和元年度東紀州サテライト東紀州産業振興学舎地域連携事業報告書

事業名: 東紀州地場産業の振興・創成支援事業

相手先: 尾鷲市役所水産農林課市有林係

課題名: 森林資源調査の効率化による木材生産コストの圧縮化技術について

担当者氏名: 松村直人、吉井達樹(三重大学)

### 1. 課題概要

森林の主間伐施業を実施する前には、通常、収穫調査と呼ばれる森林資源調査を行い、予想される総収穫材積の推定、生産される木材丸太のサイズ、規格、品質の想定を行い、伐採、搬出、運搬などに関わる総生産コストの見積と収入予測によって、採算性を判定する。この判断によって、実際に主伐、間伐を行うかが決定される。

本調査では、昨年度に続き、普及型 Unmanned Aerial Vehicle (UAV)を用いた収穫調査における応用可能性の検討を行った。昨年度の調査では、UAV によって試算上 90%以上森林調査のコストを圧縮可能なことが示された。本調査では、UAV を活用した森林調査の精度向上と、皆伐後の造林計画支援の可能性等を新たに検討した。対象地は、三重県尾鷲市市有林のヒノキ人工林で、皆伐が予定されていた林分を対象に、皆伐の前後で調査を行った。

### 2. 成果① 航空レーザーを併用した新手法の開発による樹高計測精度の向上

#### (ア) 調査手法

本調査では、普及型 UAV として DJI 社 Phantom4 Pro を使用した。森林の上空 100～150m を飛行させ、撮影範囲が連続するように撮影を行った。空中写真から Structure from Motion (SfM)を用いて、林冠の 3 次元位置を復元し、航空レーザーから取得された地表面の高さの情報から差分を取ることで、樹高を算出した。

UAV の空撮写真を用いて SfM 処理を行う場合、再現される 3 次元的位置情報は空撮写真に記録されている GNSS の位置情報に依存する。しかし、UAV の GNSS による単独測位は精度が低く、一般的には再現されたモデルに Grand Control Point(GCP) とよばれる正しい座標をもった点を 3～16 点程度与えて、位置情報を補正する。しかし、GCP は現場で高精度な測位機器を用いて測量される必要があり、森林を対象とした場合は、適用できる状況が限られている。本調査では尾鷲地域で既に整備されている航空レーザーの測量データ(地表面の高さを取得したものと同様)を用いて位置情報の補正を行うことで、GCP を必要とせず UAV の空撮写真だけで正しい座標をもった林冠のモデルを構成することを検討した。

#### (イ) 結果と考察

UAV の推定結果と地上調査において超音波計測機(VertexⅢ)を用いて計測した樹高測定結果を比較する(図-1)。地上での計測結果を真値とした場合の二乗平均平方根誤差は 0.70m、平均誤差は 0.40m となった。また、相対的な誤差量を表す二乗平均平方根誤差率は 3.3%となった。前年度の結果である二乗平均平方根誤差 1.82m、二乗平均平方根誤差率

8.5%と比較して、1m、5ポイント程度の精度向上が認められた。前年度では、航空写真を用いてGCPを設定し解析を行っており、本年度の航空レーザーのデータを用いた手法によって正しい位置合わせが行われた結果、精度が向上したと思われる。二乗平均平方根誤差0.70mは、UAVを用いた先行研究(1)の樹高計測の二乗平均平方根誤差1.58mなどと比較しても、精度が十分高かった。地形が急峻かつ林冠が完全に閉鎖した林分で同様の成果を得られたことによって、尾鷲地域における人工林においても、UAVによって低コスト手法で正確な計測が可能ということが示された。尾鷲地域では、既に航空レーザーのデータが整備されており、基盤となる情報は利用可能な状態である。一方、森林の状態は経時変化するため、基盤となる航空レーザーの情報とUAVを利用する安価かつ調査の自由度が高い手法を組み合わせることで、効率的な森林調査が実現されることが期待できる。

今後の課題は、UAVから単木の材積を誤差率10%程度に正確に推定する推定式の改良である。一般に、材積は樹高と胸高直径の二変数から算出されるが、UAVの場合胸高直径を計測することはできない。胸高直径の代わりに樹冠に関わる情報を説明変数として用いることが検討できるが、十分な精度を示す推定式は未開発な状況である。三重県では既に樹冠幅と樹高による胸高直径の推定式(2、3)が開発されているが、本対象地においてUAVからの計測に適用した場合、平均二乗誤差率が18%程度と計測精度は十分ではなかった。また、胸高直径の推定を樹高のみで行った場合は、二乗平均平方根誤差率が14%と樹冠幅を加えた場合より小さくなった。開発された推定式が地上調査によって調製されており、立木密度が高く樹冠が閉鎖した尾鷲のヒノキ人工林では十分に適合しなかったと考えられる。今後UAVからの計測に適した推定式を開発することが望まれる。

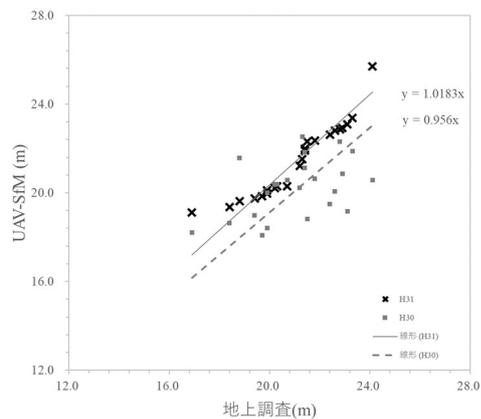


図 1 UAVによる単木毎の樹高推定精度

### 3. 成果② 皆伐後の現況把握

#### (ア) 調査手法

収穫調査に加えて、皆伐後の調査から皆伐地の現況を把握することを目的に、UAVによる空撮写真から皆伐地の情報を抽出した。UAVから取得された連続空撮写真からSfM処理に

よって、立木が存在しない領域を抽出し、皆伐地の面積や境界の情報を抽出した。また 3 次元情報を得た後、空撮写真をオルソ化(正射影化)し、GIS 上で皆伐地の境界を表現した。

#### (イ) 結果と考察

取得されたオルソ写真を図-2に示す。オルソ写真に重ね合わせて、SfM で抽出した境界が橙色で表現されている。オルソ写真から、皆伐地の境界が明瞭である。現地での測量を省略し、UAV の撮影だけで現況を正確に把握できるため、皆伐後の林分現況を低コストに評価することができる。また、推定される皆伐地の面積をもとに造林費用の正確な見積もりも可能である。SfM で処理を行うことで、地形の情報も得られているので、面積単位による見積りに加えて、傾斜など作業負荷を考慮した新しい見積書を作成することも期待できる。

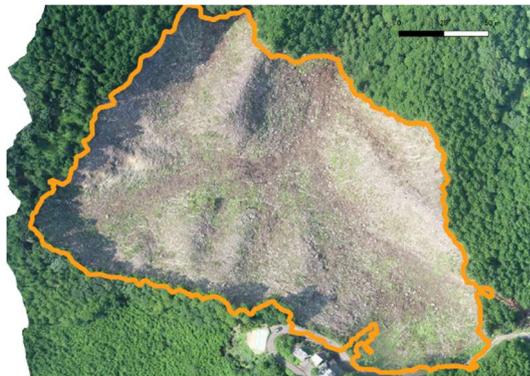


図 2 伐採後のオルソ写真

#### 4. 今後の課題と展望

森林資源調査に対して、UAV と SfM を組み合わせた手法の有効性が示された。計測精度については、今後も調査を継続することでデータを蓄積し、推定手法を改良していくことが必要である。UAV は航空レーザーと比較して、低コストかつ計測の時期を自由に設定ができるため、林業家や森林組合といった地域の森林管理を直接担う立場の人間が活用しやすい。今後は、実際の森林資源情報のニーズを把握し、これまでの調査手法では把握できなかった情報を UAV によって抽出することで、有利販売や適正な見積作業などにより、林業収益が改善されることを期待する。

#### 5. 引用文献

- (1) 廣瀬裕基・沼本晋也・松村直人(2017) UAV を用いた空撮による森林資源情報の把握 : 三重大学平倉演習林の事例. 中森研 65:87-90.
- (2) 島田博匡(2010)三重県のスギ・ヒノキ人工林における長伐期施業に対応した林分収穫表の作成. 三重県林業研究所研究報告 2:1-17.
- (3) 島田博匡(2011)三重県の高齢人工林における胸高直径,樹高,樹冠幅の関係. 三重県林業研究所研究報告 3:19-26.

## 令和元年度東紀州サテライト東紀州産業振興学舎地域連携事業報告書

課題名：針葉樹（スギ・ヒノキ）から黄葉樹（イチョウ葉）に植替えに応じた

発酵イチョウ葉茶の機能性の解明

相手先：三重県大台町

担当者氏名：西尾昌洋，栗谷健志

針葉樹（スギ・ヒノキ）から広葉樹（一部針葉樹：Ginkgo biloba, イチョウ）への植替えが進んでおり、林業において広葉樹または針葉樹（イチョウ）に植替えることで広葉樹は茶等を販売でき、一定の収入が確保できる。スギ・ヒノキは、数十年の世話をした樹木として大きくなってから市場に出し、林業を本業としていては海外の木材と比較し採算が取れない。そこでスギ・ヒノキと同時にイチョウなどの黄葉樹を植えてイチョウ葉を用いて発酵茶にすることで副収入が期待できる。大台町では、イチョウの植替えを25年前より行ってきており、現在銀杏の生産も行っている。

茶は食品であるので薬効とは表記できないが、その服用にて、血糖値上昇抑制効果に焦点を当ててこの事業の目的とする。血糖値上昇抑制効果は、イチョウ葉中の成分分析を行い、葉茶の有効成分同定して保証出来たら、発酵イチョウ葉茶での地域振興を出来る。平成30年度東紀州産業振興学舎地域連携事業にて広葉樹茶の抗骨粗鬆症効果を報告において、イロハモミジ茶の抗骨粗鬆症効果があり論文報告をしている（Journal of Medicinal Food, 22(4): 365-373, 2019）。

本事業の目的は、発酵イチョウ葉茶を使いフラボノイド類・テルペノイド類の薬効に血糖値上昇抑制作用の有無を検討し、かつギンコール酸をゼロに近い濃度にして健康表示食品にすることを第一に考えている。

血糖値上昇抑制機能を持つことが統計学的に有意でないとき、ギンコール酸含有量（0.6 µg 未満）であることを明らかにして、発酵イチョウ葉茶を市場に上げて林業者の副収入源として地域振興に寄与できることを示したい。

私達は、平成30年度東紀州産業振興学舎地域連携事業にて広葉樹葉茶の抗骨粗鬆症効果を報告していたが、イロハモミジ茶の抗骨粗鬆症効果を見出し論文報告をした。しかし、食品として販売するには食歴が無いことを国から指摘を受け、その健康表示食品に至らなかった。そこで食歴のあるイチョウに着目し、発酵イチョウ葉茶にて機能性表示食品での販売を考案した。イチョウは大台町役場ですでに25年間以上の針葉樹からの植替えに用いていたことから、イチョウ葉も比較的容易に得られ易い点も重要である。一方、対象とするイチョウ葉は黄葉前がいいのか黄葉後がいいのか、生葉と発酵でどのように成分が異なるのかなど検討項目が非常に多くなった。これは、イチョウ葉の採取しやすさのみならず、加工しやすさや用いる機械の空き状況を考慮したためである。

5月に大台町にて採取された生葉 514 g を凍結乾燥させて 116 g 得た（黄葉前イチヨウ生葉）。5月に 1300 g のイチヨウ生葉より作成されたイチヨウ発酵茶葉 220 g を用いた（黄葉前イチヨウ発酵茶葉）。この際は、一般的に発酵茶葉製法を参考に、採取した葉を水洗し、手揉み・発酵後に乾燥させた。

11月に大台町にて採取された生葉 1045 g を凍結乾燥させて 303 g を得た。（黄葉後イチヨウ生葉）。11月に 1000 g, 1200 g, 700 g のイチヨウ生葉より作成されたイチヨウ発酵茶葉 296 g, 287 g, 200 g を用いた（黄葉後イチヨウ発酵茶葉-1, -2, -3）。この時の発酵茶葉はそれぞれ発酵過程がわずかに異なっており、黄葉後発酵茶葉-1 はフライパンによる加熱、-2 は蒸し器による 4 分加熱、-3 は蒸し器による 30 分加熱となっている（図 1）。加熱条件を変えることで葉が柔らかくなり、手もみ発酵がより進行しやすくなった。

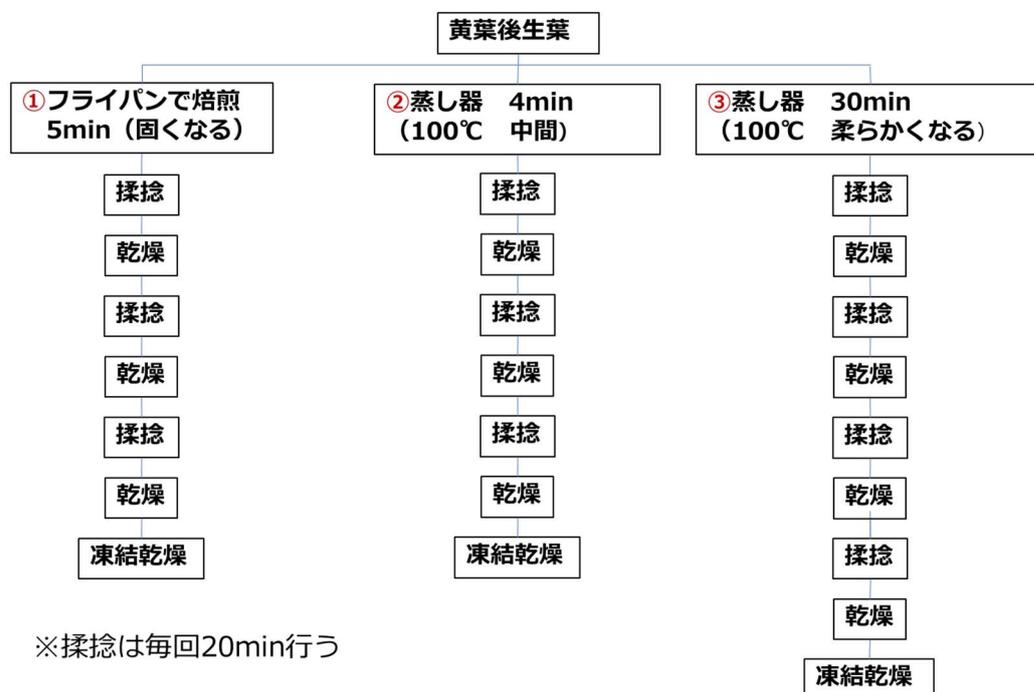


図 1. 黄葉後イチヨウ葉の発酵方法

このようにして作成されたイチヨウ茶葉に関して、宮川森林組合と大台町役場と三重大学大学院生物資源学研究科栄養化学の栗谷・西尾の3者にて、発酵イチヨウ茶の試飲を行い、特に黄葉後イチヨウ発酵茶葉が香りも比較的に良く苦味もマイルドであることを確認した。

これらのイチヨウ茶葉全てを対象とし、以下の手順で抽出を行った（図 2）。黄葉前のサンプルそれぞれ 5 g から 200 mL の熱水により成分を抽出（85℃, 3分または 10分）し、生イチヨウ茶熱水抽出物（0.73 g）および発酵イチヨウ茶熱水抽出物（1.85 g）を得た。また、全成分を抽出する目的でメタノール（MeOH）を用いて抽出（室温, 24時間）を行い、生イチヨウ茶 MeOH 抽出物（0.98 g）、発酵イチヨウ茶 MeOH 抽出物（1.51 g）を得

た。また、黄葉後のサンプルそれぞれ 5 g から 200 mL の熱水により成分を抽出 (85°C, 3 分) し、生イチョウ葉熱水抽出物 (0.93 g) および発酵イチョウ茶葉熱水抽出物 ( 1.23 g, 1.20 g, 1.19 g) を得た。また、MeOH を用いて抽出 (室温, 24 時間) を行い、黄葉後生イチョウ葉 MeOH 抽出物 ( 0.96 g) , 発酵イチョウ茶葉 MeOH 抽出物 ( 1.31 g, 1.20 g, 1.15 g) を得た。

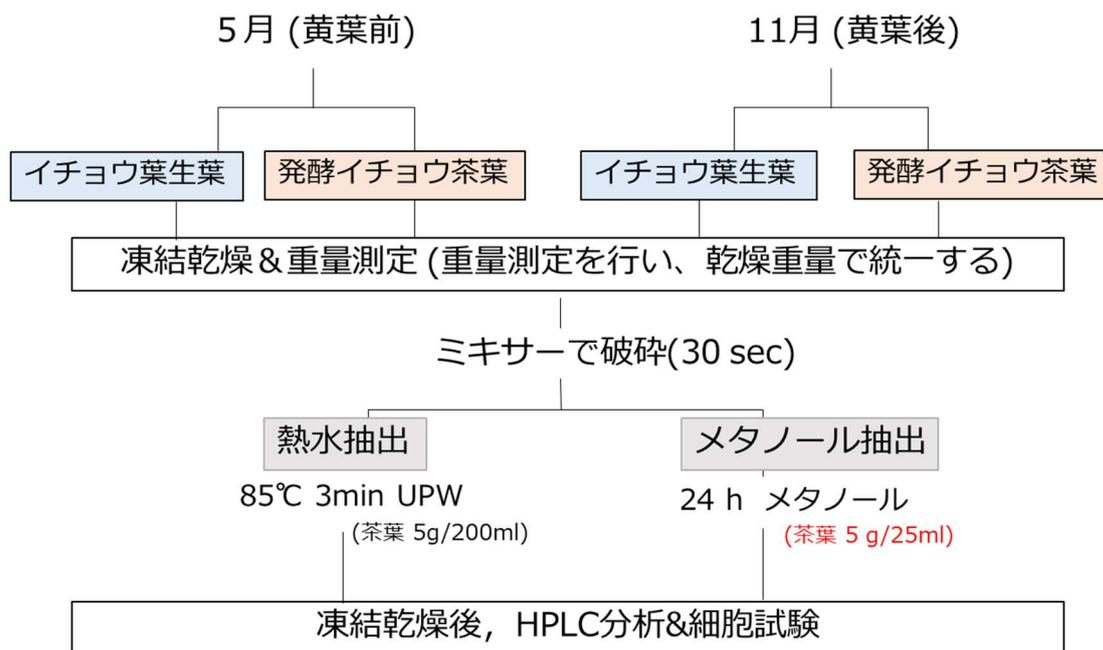
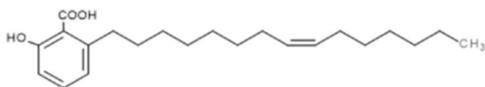


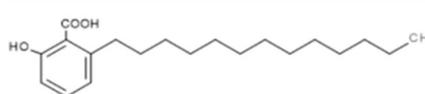
図 2. イチョウ葉からの成分抽出方法

イチョウ葉に含まれる成分に関して、フラボノイド類とテルペノイド類が主要な機能性成分として含まれていることは広く知られている。また、イチョウ葉中にはアレルギーを引き起こす物質としてギンコール酸が含まれていることも知られており、ギンコール酸の 1 日当たりの最大摂取量は 0.6  $\mu\text{g}$  と定められている (図 3)。よって、本方法で得られたイチョウ茶葉抽出物中のギンコール酸および主要有効成分量の分析を行った。

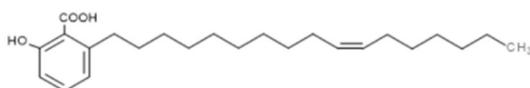
Ginkgolic acid 15:1



Ginkgolic acid 13:0



Ginkgolic acid 17:1



Ginkgolic acid 15:0

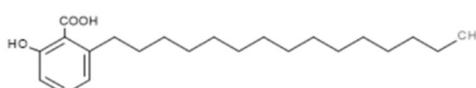


図 3. ギンコール酸 構造式

上記に記したイチョウ茶葉抽出物サンプルをそれぞれ 50 mg/ml の濃度で MeOH に溶解し調製した。これらを超純水で平衡化した ODS column (Cosmosil 5C<sub>18</sub>-AR II, 4.6mm×150mm) に、10 μl アプライした。溶媒は、A 液は超純水+0.1%TFA, B 液はメタノール+0.1%TFA, D 液はメタノールとした。プログラムは、アプライ後の 15 分間は A 液で満たしておき、次の 30 分間で A 液から B 液に 100%置換した。次の 15 分間は B 液で満たしたままで、その後 15 分間かけて B 液から A 液に置換し、最後に 5 分かけて A 液を流した。測定波長は論文を参考に 310 nm で行った。

上述の条件にてギンコール酸、フラボノイド類、テルペノイド類の濃度を検討した結果、本研究で用いたイチョウ生葉および発酵イチョウ茶は、熱水抽出条件下においてはギンコール酸が含まれていないことが明らかとなった。一方、有効成分と予想していたフラボノイド類やテルペノイド類も検出できず、検出条件や抽出条件を再検討する必要がある。また、これらが発酵茶葉中で配糖体や重合体などの別の形で存在している可能性があるほか、上述以外の有効成分と思しきピークが多数検出されたことから、機能性の探索の前に成分分析の観点からさらなる検討が必要だと結論付けた。

当初は、各成分を分取し酵素および細胞実験において高血糖抑制効果の有効成分が含まれているかを検討する予定であった。しかし、茶葉の発酵方法の検討、抽出、分析を行うことにより重要性があると判断し、まずはそこに重きを置いた検討を行ってきた。今後、機能性表示食品の申請・認可に必要な知見を得るため、糖代謝に着目した酵素試験、細胞試験を行い、その結果を踏まえて動物試験（成分投与試験）に取り組みたいと考えている。

来年度には、イチョウ茶を新芽の時に採取し、イチョウ茶にするときにイチョウ葉の葉脈が作業を遅延する原因であり、新芽でやることで葉脈がまだ柔らかくかつ密でないことより、緑茶生産をしている農家でも作業を委託できる。産業化を考えると黄葉後にするよりも新芽の方が下草が生い茂る前で容易であることが考えられる。三重県農業研究所大台試験場においてイチョウ茶葉から茶の生産をして、産業化の一手手前までする予定である。

## 令和元年度東紀州サテライト東紀州産業振興学舎地域連携事業報告書

課題名:野地木材工業(株)における熊野地域木質バイオマス事業に関する  
共同研究

相手先:野地木材工業株式会社

担当者氏名:坂本竜彦、山本康介

野地木材工業株式会社は熊野市の中心的な製材所で、年間約 12,000 m<sup>3</sup> の原木丸太を仕入れ、加工している。製材時に発生する背板や端材はその 4 割にもなり、製紙用チップや堆肥(バーク)に加工・販売される以外は、ごく一部を自社ボイラーの熱源に使用している以外は焼却処分している。また一方で、木質バイオマス発電設備等への木質チップ供給事業は熊野地域全体で数年前から検討しており、昨今では新宮市や尾鷲市での木質バイオマス発電事業の実施が現実味を帯びてきている。本研究は、製材所より発生する木質バイオマスの量や、原木市場で取引される原木丸太のうち安価に(木質バイオマスチップ原料としての丸太価格の前後で)取引される材の量を調査し、熊野地域における木質バイオマス原料の賦存量を推定することにより、木質チップ生産事業のための基礎データを得るために実施した。2019 年度は、熊野原木市場および尾鷲原木市場における取引単価 8,000 円/m<sup>3</sup> 以下の原木量を網羅的に調査し、熊野地域で年間約 4,300 m<sup>3</sup>、尾鷲地域で年間約 1,200 m<sup>3</sup> が取引されたこと、変動はあるものの毎月発生していたことなどを見出した。共同研究の成果は、原著論文として日本エネルギー学会誌に掲載予定(添付資料参照)。

投稿論文情報:

著者:山本康介\*1、朝尾高明\*2、野地正洋\*3、坂本竜彦\*4, 5,

題目:「持続可能なエネルギー資源として国産木質バイオマスの利活用を促進するための三重県南部の原木市場における原木材積評価の課題」

所属:<sup>1</sup> 三重大学地域拠点サテライト, <sup>2</sup> 熊野原木市場協同組合, <sup>3</sup> 野地木材工業株式会社, <sup>4</sup> 三重大学大学院・生物資源学研究科, <sup>5</sup> 三重大学地域創生戦略企画室

投稿先: Journal of the Japan Institute of Energy , 99, 182-189(2020)

要旨: 持続可能な再生可能エネルギー原料として、国内木質バイオマス利用の促進は重要である。木質バイオマス材は重量取引が一般的であるが、用材向け原木は体積による取引が行われてきた。用材向け原木の価格が低迷している昨今、市場にてバイオマス材として原木を競り落とす動きも見られ、低価格帯の原木を市場取引した場合に、利用者が不利益を被る状況が生じていると推測された。そこで、三重県南部の原木市場における原木材積の過小評価とその課題について検討した。原木丸太を測定した結果、すべての原木丸太の長さが過小評価されており、また、原木丸太の測定値に基づきスマリアン式によって求めた材積は、実際の取引材積の 1.116 倍から 1.444 倍であった。

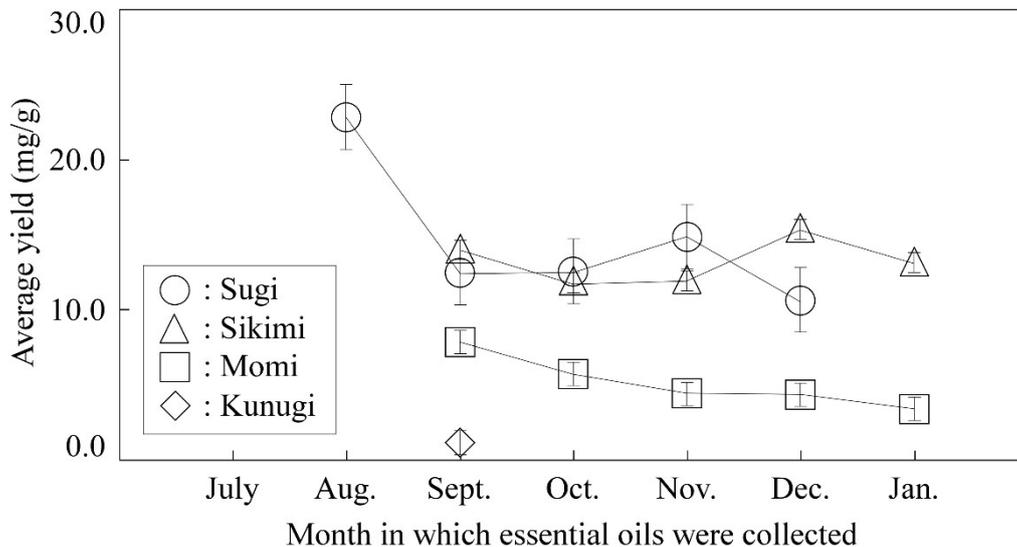
## 令和元年度東紀州サテライト東紀州産業振興学舎地域連携事業報告書

課題名：みえの林産物を活用した香りビジネスへの取組み

相手先：宮川森林組合・林業振興課・中須 真史

担当者氏名：中井 毅尚

植物の一つの成分である抽出成分は、アルコールや水などの溶媒で抽出される成分である。木本植物においてセルロース・ヘミセルロース・リグニンの三大成分が高分子であるのに対して、抽出成分は分子量が高々1000程度の低分子であり、含まれている量も少量であるが、個々の木本植物を特徴づける鍵物質と言われている。グルコースを出発物質としていくつかの生合成過程を経て多種類の抽出成分が二次代謝産物として生成される。抽出成分の中でも沸点が低く揮発性が高い物質を精油(Essential Oil)と呼び、木本植物では葉にもっとも多く含まれている場合が多い。本事業では、常緑針葉樹(モミ・スギ)、常緑広葉樹(シキミ)、および落葉広葉樹(クヌギ・フサザクラ)の5種類の葉から常圧水蒸気蒸留法によって精油の抽出を行った。その結果、フサザクラの葉からは芳香蒸留水は獲得できたが精油を抽出することができず、加えてクヌギも精油は抽出できたもののその量は非常に僅かであった。その他の3樹種については精油を抽出することができた。スギとモミは冬に向かって精油量が減少する傾向があり、シキミは季節変動が少なく、測定期間中ほぼ安定していることが分かった。また、成分分析をした結果、モミ： $\alpha$ ピネン・カンフェン、スギ：カウレン・サビネン・ $\alpha$ エレモール・ $\alpha$ ピネン、シキミ： $z$ -メチルシンナメート・ユーカリプトール(シネオール)、クヌギ：ペンタデカンが多く検出された。次年度以降はこれらの結果を基に精油の香り・作用を活かした商品開発につなげたいと考えている。



## 図. 精油の季節変動

### 令和元年度東紀州サテライト東紀州産業振興学舎地域連携事業報告書

課題名: 尾鷲沿岸海水による養殖クビレズタからの機能性成分の生産技術開発

相手先: 尾鷲商工会議所・株式会社養殖屋

(尾鷲市・三重県水産研究所 尾鷲水産研究室・中部電力株式会社)

担当者氏名: 岡崎 文美

### 背景および目的

クビレズタは熱帯性の緑藻であり、“ウミブドウ”という商品名で流通している沖縄県の特産品である。食感に特徴がある低カロリー食材として需要が伸びており、近年その機能性についても注目されている有望な海藻資源である。尾鷲市においては、バイオマス発電所の排熱を利用した低コスト加温海水を活用することを想定し、周年生産によるクビレズタ陸上養殖事業の可能性が検討されている。そこで本研究では、尾鷲沿岸海水により養殖されたクビレズタの“非可食部”から“機能性成分”を生産する新たな技術の開発を行うことを目的とした(図1)。既知機能性成分としてタウリンが知られているが、新たに海藻特有の希少機能性オリゴ糖である“ $\beta$ -1,3-キシロオリゴ糖”に着目した。



図1. 尾鷲沿岸海水によるクビレズタ養殖および機能性成分の生産技術開発

$\beta$ -1,3-キシロオリゴ糖は、クビレズタなどの海藻の細胞壁構成多糖である $\beta$ -1,3-キシランを加水分解して得られるオリゴ糖である。陸上植物に含まれる $\beta$ -1,4-キシランは直鎖上の平面構造であるが、 $\beta$ -1,3-キシランは構成単糖であるキシロースが $\beta$ -1,3結合することにより生じる“捻じれ”に起因する立体構造を有する。海藻細胞壁においては3本のキシロース鎖が螺旋状に絡みあう“トリプルヘリックス構造”という特異な高次構造を形成しているとされている。このため、 $\beta$ -1,3-キ

シロオリゴ糖の構造機能相関に関する研究が進められており、これまでに、 $\beta$ -1,3-キシロオリゴ糖がヒト乳癌細胞 MCF-7 に対して濃度依存的にアポトーシスを引き起こし、癌細胞の増殖を抑制するほか、免疫賦活活性を有することが報告されている(Biosci. Biotechnol. Biochem. 2012. 76, 1032-1034, Biosci. Biotechnol. Biochem. 2012. 76, 501-505)。そこで本研究では、養殖場において廃棄されている低品質なクビレズタおよび匍匐部を原料とした“ $\beta$ -1,3-キシロオリゴ糖”生産の可能性について検討した。

### **実施内容および成果概要**

$\beta$ -1,3-キシロオリゴ糖の生産には、高効率な  $\beta$ -1,3-キシラン加水分解酵素 ( $\beta$ -1,3-キシラナーゼ) が必須である。我々は、これまでに、超好熱性海洋細菌から高効率な耐熱性  $\beta$ -1,3-キシラナーゼを見出し、その性質を明らかにしてきた (Appl. Microbiol. Biotechnol., 2013 97, 6749-6757.)。

本研究では、まず大腸菌によるタンパク質発現系を用いた超好熱性海洋細菌由来の耐熱性  $\beta$ -1,3-キシラナーゼの大量生産系を構築した。その結果、耐熱性  $\beta$ -1,3-キシラナーゼは、大腸菌体内に可溶性タンパク質として生産され、大腸菌培養液 1 L から約 140 mg の精製酵素を得た。調製した酵素の至適反応温度は 80°C 付近であり、触媒効率および安定性が高いため、本開発段階における酵素生産性としては十分であることが考えられた。

次いで、生産された耐熱性  $\beta$ -1,3-キシラナーゼを用いて、クビレズタ藻体からの  $\beta$ -1,3-キシロオリゴ糖の生産を試みた。クビレズタ藻体を乾燥し、次いで粉碎した藻体を原料として、耐熱性  $\beta$ -1,3-キシラナーゼを 80°C で作用させた。反応生成物を薄層クロマトグラフィーにより解析したところ、重合度 2~4 を中心とする  $\beta$ -1,3-キシロオリゴ糖の生成が確認された。なお、前処理として、熱水処理 (121°C, 20 分) およびアルカリ処理を検討したが、未処理試験区との顕著な差は見られなかった。そのため、生産コストの観点から、乾燥粉碎したクビレズタ藻体からオリゴ糖を生産することが最適と考えられた。藻体 5 mg に、耐熱性酵素 10Unit を 24h 作用させた時の  $\beta$ -1,3-キシロオリゴ糖の収率は約 20% であった。今後、セルラーゼなどの酵素との組み合わせによる糖化効率の向上を検討することにより、さらなる生産効率の向上が可能と考えられた。

以上、本研究では、バイオマス発電所の排熱利用を想定した“超好熱性海洋菌由来の耐熱性酵素”を用いた高温バイオプロセスを設計し、本年度はその概念実証に取り組んだ。その結果、遺伝子工学技術による効率的な耐熱性  $\beta$ -1,3-キシラナーゼ生産系を構築し、クビレズタ藻体を原料とする  $\beta$ -1,3-キシロオリゴ糖生産が可能であることを明らかにした。 $\beta$ -1,3-キシロオリゴ糖は、クビレズタの細胞壁構成多糖である  $\beta$ -1,3-キシランを加水分解して得られる自然界にほとんど存在しない希少オリゴ糖であり、これまでに生産手法が確立されていない。そのため、本研究の成果として、低環境負荷かつ高効率な生産手法が示されたことにより、新規機能性オリゴ糖として  $\beta$ -1,3-キシロオリゴ糖による新たな市場を創造できる可能性が高まったと言える。将来的に、これら高付加価値機能性成分を機能性食品および化粧品などへ市場展開することにより、尾鷲市におけるクビレズタ養殖事業全体の収益が拡大し、事業化の可能性が高まることが期待できる。

## 令和元年度東紀州サテライト東紀州産業振興学舎地域連携事業報告書

課題名：ブラックタイガーの国内種苗生産に向けた調査研究

担当者氏名：筒井直昭

おわせ SEA プロジェクトでは、木質バイオマス発電所の排熱を利用したエビ類の陸上養殖を検討しており、その生産対象の一つとしてウシエビ(ブラックタイガー、*Penaeus monodon*)が候補に挙がっている。本種は国内において生きえびとしての流通がほぼないことから、希少性の観点からは有望と考えられる。その一方で、希少性が高いということは国内において種苗を生産している企業や公設試験場がない、すなわち種苗を安定して供給する体制がないことを意味している。そこで本課題では、安心して安全なブラックタイガー養殖事業を立ち上げるため、国産種苗の生産技術の確立に必要な基礎的調査や研究を行った。

### 1) 国内の漁獲地の調査

国内において、ウシエビは静岡県と高知県においてごく僅かであるが毎年漁獲されることが分かった。今季の漁期は、前者が10月から11月中旬まで、後者が11月から12月下旬までであった。体重は雄が55-70g、雌が55-115gであった(図1)。卵巣の発達度の指標として用いられている生殖腺重量比(体重に対する卵巣重量の割合)は、5個体平均で0.75%となり、いずれも未成熟と判断された。また、交尾の形跡は確認されなかった。



図1 漁獲された雌のウシエビ

### 2) 漁獲物のウイルス保有状況

日本および東南アジアのエビ養殖で最も脅威となっているホワイトスポット病のウイルスをリアルタイムPCR法によって検出する体制を構築し、漁獲されたうちの17個体についてウイルス保有状況を調べた。体液中の血球細胞から抽出したDNAをサンプルとして用いた解析の結果、2個体から10ngのDNA中に10コピー未満のウイルスDNAが検出された。その他の個体では検出限界以下であった。外見的にホワイトスポット病の症状を呈する個体はみられなかった。

### 3) 長期飼育試験

漁獲された個体の飼育試験を、二重底、砂利敷き、下面給水-上面排水とした200 L 容量の循環式水槽(図 2)を用いて23°Cの人工海水中で行った。搬入後から2週間程度はゴカイ給餌、その後はクルマエビ用配合飼料との混合給餌を行うことにより、いずれの個体も1か月以内には配合飼料のみでの飼育が可能になることが分かった。15個体を5か月飼育し、その間の斃死は雄雌1尾ずつであった。このうちの雌個体(4か月飼育後に斃死)について解剖を行ったところ、生殖腺重量比は1.60%であった(図 3)。このことから、今回の飼育条件下で緩慢ながらも卵巣の発達が進んだと考えられた。今回の飼育試験期間内に交尾は観察されなかった。

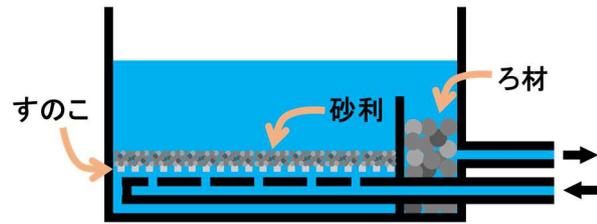


図 2 飼育水槽の模式図

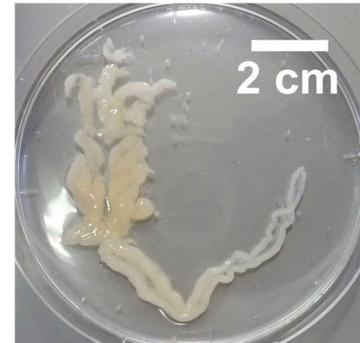


図 3 摘出後の卵巣

以上の試験結果から、1)人工海水を用いた循環式水槽による飼育でも卵巣が発達する可能性があること、2)ホワイトスポット病ウィルスを保有すると考えられる個体が天然に一定割合存在することが示された。FAOの資料によると、ウシエビの親として適した大きさは、雄で100 g以上、雌で200 g以上である。今後はウシエビを交尾に適した大きさまで育てることのできる飼育密度や環境ならびに餌条件についての検討が必要である。また、ウィルスDNA量については用いたPCR系の検出下限に近い値であることから、保有個体がすぐに発症へ至る可能性は低いと予想される。しかしながらウィルスの増加は宿主の健康状態にも依存し、これを悪化させる要因として水質の悪化や高密度での飼育などが挙げられる。ウィルスの増加や他の個体への伝播状況についても今後注視していくことが必要である。検討すべき事項は多いものの、いずれも本課題で導出した飼育条件を基に展開していくことが可能と考えられる。

## 令和元年度東紀州サテライト東紀州産業振興学舎地域連携事業報告書

課題名：地域拠点サテライト東紀州サテライト(天満荘)における天満学生プロジェクトの実施

相手先：天満浦百人会他

担当者氏名：山本康介、坂本竜彦

東紀州サテライトの諸活動を展開するにあたり、尾鷲市の東紀州サテライト東紀州産業振興学舎(天満荘)を活動拠点としている。本事業では、天満荘を拠点とした諸活動のうち、学生が参加する事業に対し、以下の通り幅広く支援した。

・天満甘夏プロジェクト：天満浦百人会が管理する甘夏果樹園の管理および収穫物の6次産業利用について学生らとともに考え、実行する活動。

2019年

4月17日 学生10名で甘夏収穫＋加工品製造体験実施。

7月1日 甘夏加工品の販売体験(図1)。



図1 学生3名による甘夏加工品の販売体験

※本予算ほか、NPO 法人天満浦百人会との共同研究費用で実施。

・天狗倉山まるごとプロジェクト:天満の北、尾鷲市と紀北町の境に位置する天狗倉山の魅力再発見・磨き上げ・維持管理等を目的としたプロジェクト。

2019年

7月14日 三重大学サークルがプロジェクト作成のパンフレットを用いてツアー実施。

7月20日 方位盤の修復完了(去年度からの事業)。

8月18日 三重大生2名含むプロジェクトメンバーで方位盤の山頂への設置(図2)。岩屋堂お参り、周辺整備等。

9月29日 世界遺産「紀伊山地の霊場と参詣道」と磐座信仰シンポジウム・エクスカーションツアー受け入れ。

2020年

3月12日 長楽院付近の雑木除去等周辺整備。

※毎月18日に岩屋堂お参りと周辺整備実施、その他、ツアー受け入れ等多数。三重大学生が参加した行事のみ記載。本予算のほか、天狗倉山まるごとプロジェクト予算、尾鷲観光物産協会との共同研究費用で実施。



図2 三重大学生による方位盤修復と天狗倉山山頂への再設置

・地域セミナー「よるしゃべ」:天満荘および熊野市で8回の一般開放セミナーを実施した。

2019年

7月1日実施テーマ「“森の国”のこどもたちに伝えたいこと」(尾鷲)

話題提供者

三重大学地域拠点サテライト東紀州サテライト 山本康介

小山ハウス 森田渉

7月22日実施テーマ「I・J・U なオンナたち」(熊野)

話題提供者

三重大学大学院生物資源学研究科・地域創生戦略企画室 坂本竜彦

東紀州にI・J・U ターンした女性たち

8月26日実施テーマ「リテラシーとは？天気とは？海気とは？」(図3)

話題提供者

海洋ジャーナリスト・JRCA 理事・海洋緑化協会キャプテン 内田正洋

三重大学大学院生物資源学研究科 西井和晃



図3 8月26日実施よるしゃべの様子

9月11日実施テーマ「教授と東紀州の高校生でしゃべくらナイト！」(熊野)

話題提供者

三重大学大学院生物資源学研究科・地域創生戦略企画室 坂本竜彦  
東紀州の高校生

10月23日実施テーマ「教授と東紀州の高校生でしゃべくらナイト！第2弾」(熊野)

話題提供者

三重大学大学院生物資源学研究科・地域創生戦略企画室 坂本竜彦  
東紀州の高校生

10月29日実施テーマ第1部「頑張らない」(尾鷲)

話題提供者

尾鷲海上保安部 部長 松浦あずさ

第2部「体感・実感、尾鷲～自然環境リテラシー学」(尾鷲)

話題提供者

三重大学大学院生物資源学研究科・地域創生戦略企画室 坂本竜彦  
三重大学公認サークル「自然環境誌テラシークラブ」学生

11月25日実施テーマ「防災対策のための健脚づくり～ゴムバンドによる健脚運動～」(尾鷲)

話題提供者

三重大学大学院医学系研究科看護学専攻老年看護学分野 磯野勅子

2020年

2月21日実施テーマ「南海トラフ地震の津波から命を守るために」(尾鷲)

第1部 尾鷲の防災意識調査

話題提供者

三重大学生物資源学部 4年 畑中麻緒「減災・早期復興のカギは地域の“つながり”」

三重大学地域創生戦略企画室 研究支援員 山村水帆「防災とは、今をよりよく生きること」

第2部 具体的な避難を考えるワークショップ

話題提供者

三重大学大学院生物資源学研究科・地域創生戦略企画室 坂本竜彦「防災情報可視化による地域防災力強化」

三重大学生物資源学部 3年 伊藤寛高「“超リアル避難マップ”で検証！マイベスト避難ルート」

・自然環境リテラシー学実習：三重県の豊かな自然を題材に、自然環境に対するリテラシーを身につけ、それらと向き合うリーダーを育成する実習を実施した(図4)。

※本予算のほか、多数の予算で実施。詳細は別紙「2019年度自然環境リテラシ

「学実習実施レポート」を参照。



図4 自然環境リテラシー学実習の様子

・熊野木育プロジェクト:熊野地域における林業・木材産業の未来に資する木育、森林教育等の実施。

2019年

4月10日 熊野木育会議の実施。

5月14日 熊野木育会議の実施。

5月26日 オール No. 1 熊野フェスタでの活動(図5)

熊野の木でカホンづくり体験、簡易版セーザイゲーム等の実施、活動内容の周知。



図5 オール No. 1 熊野フェスタでの活動

6月19日 熊野木育会議の実施。

7月10日 熊野木育会議の実施。

7月27日 教育学部平山教授を招いての木育勉強会およびワークショップの開催。

8月9日 大阪東成区での SDGs イベントでのセーザイゲーム実施。

8月25日 木本高校百周年記念製作事業デモンストレーションの実施(図6)。2020年度に三重県立木本高等学校が百周年を迎えるにあたり、木本高校の総合学科2年生約80名と、総合学習の時間を用いて木育事業を実施。学校林での間伐見学、製材に関する講義、記念製作授業およびドローンによる記念撮影(新型コロナの影響で次年度へ延期)。



図6 木本高校百周年記念製作・学校林のヒノキを使った巨大ピクセルアートのデモンストレーション

- 9月12日 熊野木育会議の実施。
- 10月28日 熊野木育会議の実施。
- 11月7日 熊野木育会議の実施。
- 12月16日 学校林間伐見学の実施(図7)。



図7 木本高校学校林での百周年記念製作原料原木の利用間伐作業とそれを見学する生徒たちおよび作業の説明を行う三重くまの森林組合職員  
2020年

1月9日 木本高校総合学科2年生に対する林業に関する出前講義。

1月16日 百周年記念製作作業(図8)。



図8 木本高校百周年記念製作の作業を行う木本高校総合学科2年生の生徒たち

- 1月23日 百周年記念製作作業。
- 1月30日 百周年記念製作作業。
- 2月10日 百周年記念製作作業。
- 2月13日 百周年記念製作作業。
- 2月20日 百周年記念製作作業。

※新型コロナの影響によりドローン撮影等は来年度に延期。本予算のほか、熊野林星会予算、木本高校予算、木本高校同窓会予算、三重大学地域貢献事業支援等で実施。

・僕らの遊び場づくり～山育・木育・おわせ行く～:尾鷲市私有林を児童・大学生らの手で遊び場に作り上げ一般公開を目指す取り組み。

2019年

- 6月20日 宮之上小学校児童らの林内体験授業実施。
- 7月4日 宮之上小学校児童らの丸太切り体験授業を小学校で実施。
- 8月27日 宮之上小学校児童らと自然環境リテラシー学実習受講者の林内体験授業実施。
- 9月12日 宮之上小学校児童らの林内体験授業実施。
- 12月27日 三重大学生による林内整備作業実施。

2020年

- 2月20日 宮之上小学校児童らおよび三重大学生らによる林内整備授業実施。
- 3月12日 林内整備実施(新型コロナの影響により、最小人数、学生および児童参加なしでの実施。)

※本予算のほか、年度の前半は安藤財団2019年度自然体験活動支援事業 第18回トム・ソーヤースクール企画コンテストおよび小川耕太郎&百合子社からの寄付金で、後半は三重県緑化推進協会平成31年度「森とのふれあい促進事業」の助成で実施。

※安藤財団2019年度自然体験活動支援事業 第18回トム・ソーヤースクール企画コンテスト 推奨モデル特別賞受賞([http://www.ando-zaidan.jp/html/tom\\_nr2019.pdf](http://www.ando-zaidan.jp/html/tom_nr2019.pdf))

・熊野サミット:熊野地域で活動する諸大学の合同報告会等の実施。

2020年

11月22日 東紀州サテライト教育学舎での高校生と大学生の交流イベント実施  
(図9)

11月23日 熊野サミット実施。



図9 熊野サミットプレイベントとしての地元高校生と大学生との交流イベント



図10 熊野市文化交流センターでの熊野サミット2019の実施