

浜名湖養鰻業における太陽熱利用の可能性

静岡理工科大学 理工学部建築学科 石川研究室

指導教員：准教授 石川 春乃

参加学生：植木皓聖、太田 空、島林直輝、須山颯太

1 要約

全国でも有数の日照率を誇る浜松市は、再生可能エネルギー導入をエネルギー政策の軸に置き、特に太陽光発電で高い目標を実現してきた。2050年に向けた脱炭素社会の実現には、地域特性を生かした再生可能エネルギー活用がかかせないが、浜松市においては、未利用エネルギーの導入検討や再エネ未導入の業種分野への展開が求められている。本研究では、まだ導入検討が少ない太陽熱エネルギーに着目し、地場特産の浜名湖養鰻業における太陽熱利用の可能性を探ることを目的に、事業のエネルギー消費の現状把握と導入提案を行った。

浜名湖の養鰻事業者 T 養魚場を具体例に養鰻池施設を調査し、年間熱源別エネルギー消費を確認すると、重油が年間消費の78%を占めた。また、11池の運用のばらつきに伴う消費量の月変動が非常に大きい。

実態把握を受けて、熱源を太陽熱利用に変更した場合の試算を行った。事業者のハウス屋根南面ほぼ全面のハイブリッドパネル設置によって現況の重油利用をすべて代替でき、年間CO2排出量をほぼゼロに抑制できる。しかし、熱源利用の月変動のため、創成したエネルギーのうち、消費は半分に留まり、ほぼ消費と同量の余剰を生じる。この月変動を受けて、熱消費の月平均値で試算すると、ハウス全体の1/3の面積で現況の重油と電力合計の6割を創出エネルギーで賄うが、この場合も消費の半分程度の余剰を生じる。

現在、養鰻事業者の再生可能エネルギー活用の具体例は殆ど無いが、導入に関する認識は決して低くない。ヒアリングでは、本業への影響の大きさ、非常時対応などの不安材料が課題として浮き彫りになった。今年、組合が用意した実証実験池を活用し、事業者に加え、専門技術と知見をもつ関係者によって具体的な課題を共有し検討を重ねることが、浜名湖養鰻業における再生可能エネルギー導入及び活用拡大に最も効率的と考える。

今回の研究で実施を予定していた行政や事業者と連携体制を構築するまでに至らなかったが、意識共有は図れた。本研究がきっかけとなり、プロジェクト創設の機運を高められれば幸いである。

2 研究の目的

浜松市は、全国でも再生可能エネルギー活用の先進自治体であり、更に野心的な将来推計値実現を目指している。一方で、地場一次産業の養鰻業における再生可能エネルギー利用は、進んでいない。本研究では、静岡県の地域特性に即した再生可能エネルギー利用のうち、現在殆ど未利用である太陽熱エネルギーに着目し、浜名湖養鰻業の脱炭素型エネルギー利用への転換意識向上を目的に、エネルギー消費の現状把握と再生可能エネルギー導入の提案を行う。

3 研究の内容

【到達目標】 以下の3点の達成を目指す。

- 養鰻事業のエネルギー消費実態を把握する
- 養鰻事業者等1次産業従事者の再生可能エネルギー活用実態を把握する
- 再生可能エネルギー活用（特に熱利用）について行政や事業者と連携体制を構築する

【実施計画】 以下に行った調査等の実施方法を示す。

1) 養鰻事業のエネルギー消費実態調査

浜名湖養鰻事業者（浜松市西区）の養鰻池を具体例とし、ウナギ養殖の工程と養殖環境維持のための動力・熱源等のエネルギー消費状況を把握する。通常期の養鰻池は地下水5℃を用いるが、冬期は適水温30℃まで重油焚ボイラーで加温している。この熱源利用と養鰻池のウナギ飼

育環境について、詳細値を取得し把握を行う。

2) 再生可能エネルギー導入による試算検討

現状把握にて得た現況エネルギー消費量から、太陽熱・太陽光など再生可能エネルギーへの転換を図った場合の試算を行う。

3) 養鰻事業者の再生可能エネルギー活用実態ヒアリング調査

養鰻池の維持管理方法は事業者の判断により大きく異なる。熱源は、大規模災害の非常時利用可能である重油ボイラー方式が多く選択されている。浜名湖周辺及び静岡県下の事業者団体に、現在の熱源利用に関する実態、また再生可能エネルギー利用に関する意識調査を行う。

4) 浜松市や市内関係者との連携体制構築のための準備

再生可能エネルギー導入にむけて、関係者との連携体制を構築し、浜松市エネルギー政策の産官学協議会にて太陽熱利用モデル検討プロジェクトを立ち上げる準備を行う。

4 研究の成果

(1) 当初の計画と実施評価

当初、実施計画の4項目を以下の工程で計画していた。(4)以外の工程は、コロナ対策を講じながら、ほぼ予定通りに進捗した。

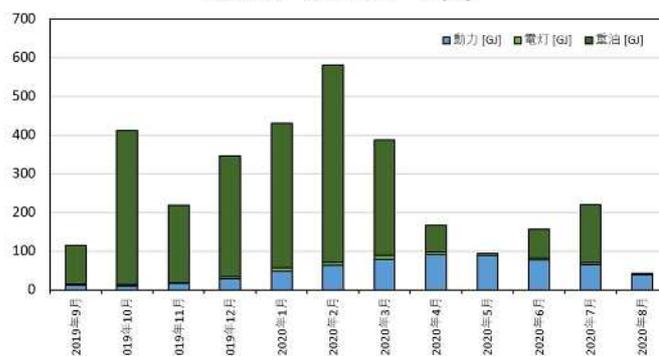
	6-8月	9-11月	12-2月	評価
1) エネ消費実態調査	○	○	○	A (予定通り)
2) 再エネ導入試算検討	試算	→ → →	結果まとめ	A (予定通り)
3) 事業者再エネ活用ヒア調査	○	○		B (一部修正)
4) 関係者連携体制構築準備	準備打合せ	打合せ	成果発表	B (一部修正)

(2) 実際の内容

1) 養鰻事業のエネルギー消費実態調査

浜名湖の養鰻事業者 T 養魚場を具体例に、養鰻池施設を調査した。浜松市西区の T 養鰻場では、200 m²を単位として大小 11 池、約 4500 m²の養鰻池を擁している。8 割が従来型の土槽で、井戸水を原水として用い、個体調整用池以外はすべて上部にハウスを建てている。それぞれの管理池は、池のウナギ生育にあわせて酸素取入の水車を常に回し、水温 30 度に保つ加温を重油ボイラーで行っている。池水の適度な清浄度を保つため、池水の汚濁防止の清掃に水の入替・或いは池替に専用ポンプを用いる。管理池の稼働はまちまちで、稼働日数も利用時期も変動幅が大きく、年平均稼働率は 65% 程度である。図に 2019 年 9 月から 1 年間の熱源別一次エネルギー消費量を示す。池運用のばらつきに伴い、エネルギー消費量の月変動が大きい。冬期の池加温のための重油消費が多く、利用最大は 2 月で 580GJ/月、うち重油による消費が 508GJ/月であった。電力消費は繁忙期の 2 月から 7 月にかけて約 90GJ/月であった。

熱源消費一次エネルギー量[GJ]



2) 再生可能エネルギー導入による試算検討

実態把握を受けて、熱源を太陽熱利用に変更した場合の試算を行う。電力消費も相当分あることから、太陽熱利用を主とした太陽光発電併用ハイブリッドタイプの機器を実装する想定とし、以下の3案の試算を行う。NEDO プロジェクト開発の高効率熱電ハイブリッド太陽電池モジュール（発電効率 15.5%、集熱効率 62.5%、総和 78.0%）^{注1}の性能で想定し、太陽熱集熱量と太陽光発電量の算出式は、NEDO の調査資料^{注2}を参照した。日射量は NEDO の MONSOLA-11 ^{注3}浜松市の日射量データを用い、方位南面にハウス屋根形状の 30 度勾配として求めている。

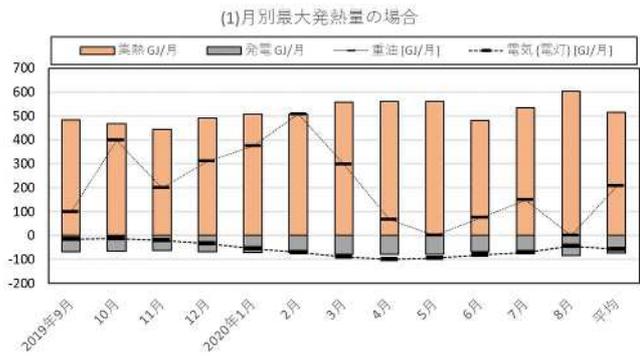
① 重油最大利用月の消費量を太陽熱利用に代替（想定機パネル 2, 230 m²搭載想定）

現況利用エネルギー 3, 168GJ に対し、太陽光熱利用で 7132. 7GJ 生産するが、3, 106GJ を利用し 3, 965 GJ が余剰生産量となる。従来の重油利用は 0、電力利用は 61 GJ に減じ、CO₂ 排出量は

現況の 1.33%となる。重油利用の月変動が大きいいため、利用最大の 2 月に全量太陽熱利用に代替すると、年間通じて消費するエネルギー量を超える廃棄量を生じる。この生産余剰分に対する対策が必要である。

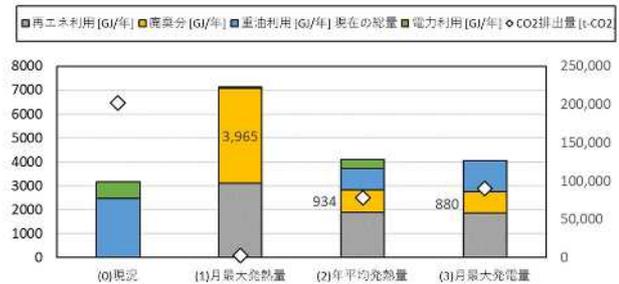
② 重油利用年平均消費量を太陽熱利用に代替（想定機パネル 895 m²搭載想定）

現況利用エネルギー3,168GJに対し、太陽光熱利用で4,101 GJ生産するが、1,903 GJを利用し933 GJが余剰生産量となる。従来の重油利用は896 GJ（36%）、電力利用は368 GJ（53%）に減じるが、CO2排出量は現況の38.7%である。重油利用の年平均を太陽熱で賄える案であるが、月変動に応じた廃棄量が生じる一方、従来型の熱源利用と混在し、利用側の運用上システム制御などの導入と組み合わせる必要がある。



③ 電力最大利用月の消費量を太陽熱併用太陽光発電に代替（想定機パネル 595 m²搭載想定）

現況利用エネルギー3,168GJに対し、太陽光熱利用で4,047 GJ生産、1,864 GJを利用し879 GJが余剰生産量となる。従来の重油利用は1,303 GJ（52%）と半分に、電力利用は0に、CO2排出量は現況の44.7%とほぼ半量になる。電力利用月最大をこのハイブリッド機での太陽光発電で賄う案である。月別変動の加温熱源ほど変動が大きい電力量を代替し、併用する太陽熱利用で設置相当の熱源利用が可能である。②案に比し、廃棄量は下回ったが、CO2排出量は上回った。



3) 養鰻事業者の再生可能エネルギー活用実態ヒアリング調査

養鰻事業者が全国的に減少する中、浜名湖周辺では長く従事してきた中小事業者が従来方法で継続している。従事者高齢化、後継者不足、脱炭素社会への取組、養鰻業技術の革新など、様々な課題を抱えている。静岡県下の養鰻業事業者や組合に、再生可能エネルギーの活用実態についてヒアリング調査を行った。

- ・ T養魚場（浜名湖養魚漁業協同組合理事）（静岡県浜松市西区）

「養鰻では池の『水の力を強く』することが重要であり、そのための細心の注意を払った設備運用は命綱である。再生可能エネルギーの利用についての社会的意義は十分に承知しているが、自然災害や機器不具合など非常時の安心できる対応が見通せない限り、導入検討も安易にはできない。一方、技術革新により他県の養鰻業の大規模化・工業化が加速している。浜名湖畔の従来型養鰻技術を更新し、組合全体で共有していく必要性を強く感じている。」

- ・ 浜名湖養魚漁業協同組合（静岡県浜松市）

「この数年、浜松の気象条件の変化も著しく、燃料高騰や後継者不足等、事業者の廃業が多い。今後の業態保全のためにも、事業者単位での運営による個別方式から、地域の組合事業者で情報共有するチーム方式に移行し、組合がその核となった展開を構想している。再生可能エネルギーの導入検討もこの情報共有したい事案のひとつである。具体検討の第一歩として、実証実験を共有できる池を今年用意した。組合員が技術や知見を共有できる実験を行っていきたい。」

- ・ 静岡うなぎ漁業協同組合（静岡県榛原郡吉田町）

「養鰻池の熱源等に再生可能エネルギーを活用している組合員は無い。導入成果が見通せない再生可能エネルギーの導入検討より、現在システムの機器効率を上げる検討をしてもらいたい。」

- ・ 浜松市エネルギー政策課（静岡県浜松市中区）

「市のエネルギー政策の主軸として、太陽光発電を推進し実現してきた。が、一次産業への再生可能エネルギー導入や太陽熱利用の検討はまだ十分でない。今後、再生可能エネルギー導入可能

量をより多く見込むため、多様なエネルギー活用の裾野を広げ、一次産業での利用拡大を検討していきたい。」

4) 浜松市や市内関係者との連携体制構築のための準備

1) 養鰻事業者のエネルギー消費実態の把握と 3) 関係者現状ヒアリングを行い、それらをふまえて連携体制の構築準備を行う予定であった。浜松市エネルギー政策課の支援も了承を得ていた。今年期間内に連携体制を構築するまでに至っていないが、ヒアリングを通じて、関係者との現状把握や意識共有は図れた。

(3) 実績・成果と課題

- ・ 浜名湖の養鰻事業者 T 養魚場の年間エネルギー消費量は 2019 年年間実績 3,168 GJ/年で、このうち池加温用ボイラーの重油が 2,483 GJ/年と全体の 78 %を占めた。
- ・ 養鰻事業のエネルギー消費は、電気・重油共に季節変動幅が大きい。月別に試算すると、重油最大利用月は 2 月で、508 GJ/月を利用し、月平均 207 GJ/月の 2.5 倍に上る。
- ・ 同養魚場の熱源を太陽熱集熱・光発電ハイブリッドタイプに全面代替すると、従来の重油・電力利用はほぼゼロになり、CO2 排出量は現況の 1.33%となる。が、重油利用の月変動のため、年間消費エネルギー量を超える廃棄量を生じる。この生産余剰分に対する対策が必要である。
- ・ 同養魚場の熱源の月平均量程度をこのハイブリッドタイプで代替すると、従来の重油・電力利用はほぼ半分程度となり、CO2 排出量は現況の 40%程度となる。この案の検討には、生産余剰分に対する対策とあわせて、従来熱源の見直し等、更なるシステム検討が求められる。
- ・ 関係者のヒアリングを経て、問題意識の共有は図れた。今後、行政（浜松市）や関係者との連携体制構築のための準備を具体化する準備は整った。組合は、エネルギー事業者の技術検討や実証実験などを実施し、組合員を主導して、様々な導入案の可能性を継続して検討できればよいと考える。

(4) 今後の改善点や対策

- ・ 養鰻事業では、エネルギー消費量の月別変動が大きい。年間エネルギー創出量に加え、月別変動に対応したエネルギー供給の制御、特に創出エネ余剰量の活用を検討する必要がある。
- ・ 今後も、エネルギー消費量や CO2 排出量の算定など、脱炭素にむけた事業効果をみるための基準値算定については、大学研究室との連携で推移を示すことが効率化につながる。
- ・ 事業者関係者の懸念材料のひとつは、機器故障や災害時等の非常時対策であった。今回の検討では網羅できていないため、実証実験なども踏まえた今後の検討が必要である。このためにも、事業者を含むエネルギー技術者等の横断的な検討が求められる。

5 課題提出者・地域への提言

浜名湖養鰻事業者の皆様へ 皆様が再生可能エネルギー導入に関して知りたいことは、再エネ導入量や CO2 削減量の試算よりまず最初に、**養鰻事業本体への具体的な影響度を見極めること**でした。平常時の細やかな池環境の調整だけではなく、機器故障などの緊急時、そして災害発生等の非常時に、納得のゆく準備に確信が持てなければ、次の段階である運用効率化、熱源の変換検討、効果検証などに進めないということが、ヒアリングを通じて良く分かりました。であるならば、今年組合が準備された実験池を活用し、まずは影響度を見極めるところから、専門技術者や私達大学も含めた検討会をはじめてみては如何でしょうか。今後の実証実験によって、地域特性に適した再生可能エネルギー導入が事業自体に資することを組合員同士で共有し、組合員だけでなく幅広い関係者によって、地域の脱炭素に向けた取り組みを進めて頂ければと考えます。

6 課題提出者・地域からの評価

本研究については、以下の方々に多大なるご協力とご支援を頂いた。今後、成果報告を行い、評価を頂く予定である。

- ・ 株式会社丸徳養魚場 代表取締役/徳増源登様（浜名湖養魚漁業協同組合理事）
- ・ 浜名湖養魚漁業協同組合 販売部 部長/小川博之様
- ・ 浜松市 産業部エネルギー政策課 課長/山田英二様、課長補佐/森隆仁様、内山輝義様