



ウニの陸上養殖 マニュアル（案）

令和4年3月

宮城大学 片山研究室
石巻市 産業部 水産課

はじめに

01 | 目的

低コストで採算性が確保された陸上養殖の実現に向け、市内における再生可能エネルギーを活用した陸上養殖について調査・実証試験を行い、その調査結果を地元事業者に周知することにより、市内における陸上養殖事業の実現、事業者の所得向上、担い手や雇用の確保、水産加工業者への加工原料の安定供給、本市水産業の地域経済の安定化・活性化を目指すことを目的としています。

ランニングコストが高いことなどが課題となっている陸上養殖について、低コストで採算性が確保された陸上養殖の実現を目指しています。モデルケースとしてウニを対象として、再生可能エネルギーを活用した陸上養殖の調査・実証試験を行い、市内において陸上養殖事業の実現が可能となる仕組みを作っていきます。



目次

第1章	養殖方法	4
	01 概要	
	02 養殖の流れ	
第2章	ウニの入手	6
	01 ウニの採取	
	02 運搬方法	
	03 採取時期	
第3章	養殖事例（半循環式養殖）	8
	01 設備	
	02 条件（田代島）	
	03 作業	
	04 作業時間	
第4章	養殖事例（閉鎖循環式養殖）	15
	01 設備	
	02 条件（宮城大学）	
	03 作業	
	04 作業時間	
第5章	年間スケジュール	19
第6章	流通体制構築に関する可能性調査	20
第7章	再生可能エネルギーの活用	21
	01 エネルギーの発電量	
	02 収支計算	

養殖方法

01 | 概要

ウニの陸上養殖については、沿岸域（海水が手に入りやすい地域）では、管理が容易な半循環型養殖が最も有効であると考えられます。一方で、ウニ養殖で求められる冬場のウニの出荷のためには、水温コントロールが求められます。そのため、本調査では半循環型養殖と閉鎖循環型養殖とを比較しました。

具体的には、本市田代島の仁斗田漁港背後の宮城県漁協石巻地区支所所有の施設に、半循環式の陸上養殖設備を設置し、宮城県漁協石巻地区支所の協力のもと養殖試験を行います。また、比較対象用として、宮城大学内に閉鎖循環式の陸上養殖設備（ろ過システムを導入し必要に応じて換水）を設置し、同期間養殖を行いました。

本書では実証試験・調査結果を踏まえ、出荷可能なレベルまでの事業採算性のある陸上養殖方法の一例を提示します。

半循環式養殖とは、飼育水の一部は新たな飼育水をいれて飼育するものである。

仁斗田漁港内においては、海水をポンプアップし、飼育水を得ている。夏場はかけ流しで飼育を行う。冬場は飼育水温をあげるため、ヒーターを設置し、飼育海水を循環して飼育を行う。定期的な換水を行うため、半循環式とする。



【調査試験実施場所概要】

田代島仁斗田漁港内
住所：宮城県石巻市田代浜仁斗田

閉鎖循環式養殖とは、掃除や蒸発分以外は新たな飼育水は入れずに飼育水はポンプなどで循環しながら使用するものである。

宮城大学においてはろ過槽を設置し、水質浄化することで飼育水の環境を保った。加えて、定期的にウニの糞の掃除を行い、その際に排出される飼育水を新しい海水と入れ替えている。



【調査試験実施場所概要】

宮城大学
住所：宮城県黒川郡大和町学苑1番地1

1

設備・設置機器の整備

→第3章記載

2

ウニの入手

磯焼け対策で駆除されたウニを対象とする。ウニを傷つけないよう養殖場へ運搬する。→第2章記載

3

養殖環境の整備

本試験では、710L水槽を5基連結したものを1ユニットとした養殖システムを作成。1基にキタムラサキウニを200個体を収容した。（養殖環境に合わせて要調整）水槽内には、ウニの収容量を増やすためウニ籠で8区画に分割し、カゴの底が水底より10cmほど上になるように設置した。ウニが排泄物と接触しないための工夫ともなる。

半循環式である田代島では海水を海からポンプアップして飼育水として用いた。今回は岸壁からポンプを海底に設置した。ろ過されていない海水であるため、簡易ろ過した後、飼育水として用いた。

閉鎖循環式である宮城大学では、飼育水は国立研究開発法人 水産研究・教育機構塩釜庁舎より砂ろ過海水を提供して頂いた。

*** 注意事項**

堆積した糞からは、ウニの生育に影響を与えるアンモニア態窒素やカビが発生する。そのため、ウニの排泄物とウニとの距離が近いとウニの死亡の原因となってしまう。



堆積した糞→

4

ウニ養殖開始

採取したウニは速やかに養殖水槽へ移動させた。ウニカゴは8区画に分かれているため、各区25個となるようにウニを収容した。本試験での餌条件は第3章以降に記載する。ウニの身入り向上には餌のタンパク含有量が高いものが良いとされており、餌の選択にはタンパク含有量を指標とすると良い。しかし、苦味を向上させてしまうとの報告もあることから、身入り向上と味上げ期とを分けて養殖すると良いとされている。本試験では2カ月から3カ月間の養殖期間を設定した。

5

ウニの出荷

→養殖ウニへの期待：第6章記載

ウニの入手

01 | ウニの採取方法

POINT

①カゴによる採取

②ダイバー等による手づかみ採取

管足をなるべく傷つけないように採取することが可能

③カギ竿による採取

管足を傷つけやすくその後の生残に影響を与える可能性あり

・ウニの畜養には①、②の方法が良い。管足をなるべく傷つけないように採取することがポイントである。

・ウニの採取に最も気を付けるべきは、採取後のウニの取り扱いである。ウニを空気にさらす時間を最小限にすることが重要である。船上にタンクを用意し、水揚げ後すぐにタンク内へ収容することで、その後の生残を90%以上にすることができる。カゴなどに入れ、空気に晒したまま船から揚げ水槽へ移動した場合は、水槽へ移動後に棘が徐々に抜け始め、1週間後には8割以上死亡する場合がある。移動後にはすぐに死亡しないが、空気に晒す行動が最もウニにダメージを与えると考えられる。

・養殖に用いるウニだが、殻径が大きいものは年齢が高いこともあり、生殖巣の発達が悪い可能性が高い。そのため、殻径が小さいもの（約3~5cm）を対象として養殖した方が短期での身入り向上を目指すことが出来る



02 | 運搬方法

POINT

運搬中も海水にウニをいれた状態にする必要がある。

少量の運搬であれば、市販の発泡スチロール箱容器に海水をいれ、エアレーションをすることで運搬可能。

本事業においては、タンクをトラックに置き、その中に海水を入れ、エアレーションをした状態で運搬した。酸素不足もウニに大きなダメージを与えるため、エアレーションを使用することは重要である。また、運搬後にウニをタンクから水槽へ移動する際に、直接タンクへ入れると、ウニ管足がタンク壁面にしっかりと張り付いているため管足を傷つけてしまい、ウニがダメージを受けてしまうので注意が必要。



03 | 採取時期

*注意事項

宮城県におけるウニの漁期は3月～9月であるが、抱卵放精しやすい8月、9月での採取は少しの刺激で抱卵放精しやすいため採取後の取り扱いに気を付ける必要がある。

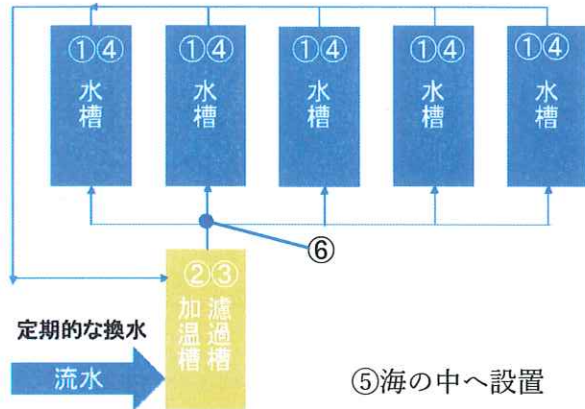
採取時期は漁期が定められている場合は、漁期内で漁獲することが求められる。また、卵放精することで飼育水の水質が悪化し、ウニが死亡しやすいため、海水の入手量が限られる場所での飼育においては、できるだけ8、9月は避けるべきである。



半循環式養殖の養殖事例

01 | 設備

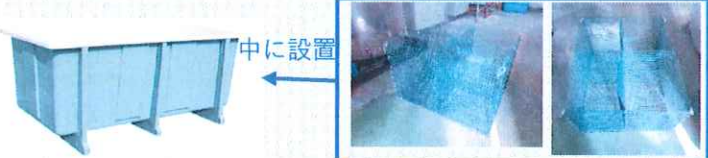


● 平面図・機器設置場所



● 写真



設置機器

	機器名	数量	説明
①	ウニ水槽 (710L)	5	<ul style="list-style-type: none"> 各水槽にはウニの接着可能面積を増やすため4区に分けた飼育カゴ (76×66×46cm) 2個を設置 
②	加温水槽 (2 t)	1	<ul style="list-style-type: none"> 加温システム。冬場の水温に応じて加温。 半循環にすることで効率的なシステムを構築。
③	チタンヒーター	1	
④	エアレーション	1	
⑤	汲み上げポンプ	1	<ul style="list-style-type: none"> 海水の汲み上げに利用 
⑥	循環用ポンプ	1	<ul style="list-style-type: none"> ろ過, 加温水槽からの水槽循環に利用。

02 | 条件 (田代島)

① 餌について

乾燥ワカメ、塩蔵ワカメ、乾燥コンブ、野菜残渣など

☆冷凍保存の場合

必要量を海水で解凍した後、各水槽へ給餌する。(解凍時にタンパク質などが溶出している可能性がある。)

☆乾燥保存の場合

淡水に浸し、戻した後に各水槽へ給餌する。塩蔵保存の場合 塩分を取り除いた後に各水槽へ給餌する。



② ウニの種類について

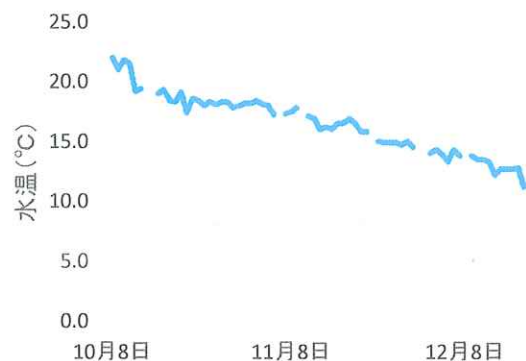
サイズは5～6 cm

ウニは磯焼け対策として地先で除去した痩せウニを利用。

③ 水について

地先からポンプによりくみ上げた海水を飼育水として使用。

夏季はかけ流し、冬季は半循環に変更して約18°Cに加温する。かけ流しでの飼育の場合、海水の温度・外気温の影響を受ける。かけ流しで行った本飼育期間中(12月まで)の水温は図に示す通りである。



* 注意事項

海面から直接取水する場合、水槽の水位が不安定となることによるウニの死滅を防ぐため、海水くみ上げポンプは潮位の影響を避けるため水深深く設置することが望まれる。

④ 換水について

ろ過水槽から各水槽へ7.5 L/分天然海水を入水する。飼育水は710 L水槽に約500 Lとなるように設置しており、1日で約3・4回転する

⑤ 密度管理

710 L水槽に対して200個体

⑥ 照度

自然光条件

03 | 作業

● 毎日の作業

水槽の状態チェック

へい死個体のチェック

水質のチェック

給餌

換水、底そうじ（週2回程度）

水槽の状態チェック

①給水口から水は出ているか、エアレーション動作異常がないか

*注意事項

- ・給水、エアレーション動作異常の場合
ろ過槽内のポンプの動力源や動作確認エアレーション動力源またはエア漏れがないか確認

②水温、溶存酸素濃度(DO値)、塩分が正常値であるか

<水温・DO・塩分の適値>

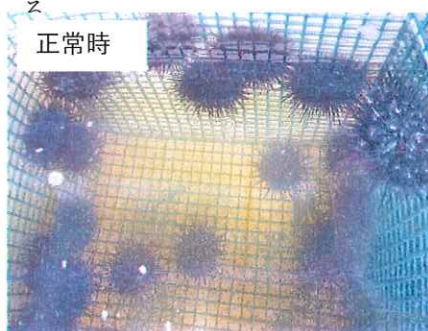
- 水温：25℃以上になると摂餌量が減り死亡が増える。16～20℃ぐらいに保つと良い
- DO：6mg/L以上に保つこと。それ以下になると酸欠により死亡個体が増える。
- 塩分：32～34が良い。生海水を使用する場合は、降雨の影響などにより塩分が低い時があるため大雨が続いた際は、こまめにチェックが必要。

*注意事項

- ・上記の条件が良いと考えられるが、この範囲であっても水質が短時間で変化することはウニへのストレスとなるため、水換えの前後での水質の変化（特に水温変化）は気を付ける必要がある。
- ・水温、DO値が異常値の場合
測定機器が汚れている場合は汚れを取り除く。汚れを除去しても正常値にならない場合は別の測定機でも計測する。

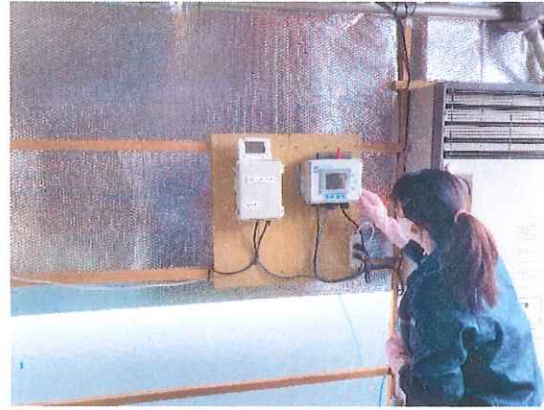
③水の濁りや悪臭、水漏れはないか

いつも以上に濁る場合は弱っている個体や死亡個体がいる可能性が高いため、しっかりウニの様子を観察すること。死亡個体が多数発生すると赤味を帯びた飼育水とな



*** 注意事項**

- ・水の濁り、悪臭の場合
濁りや悪臭の原因(へい死個体や糞、飼料の腐敗の可能性大)を取り除き、換水と掃除を行う。定期的に底の糞は網などにより除去し、水質悪化を防ぐ



へい死個体のチェック

- ①へい死個体を発見したら速やかに取り除く
- ②記録シートへ区画ごとにへい死個体数を記入

*** 注意事項**

へい死していなくても棘抜けがある個体や衰弱している個体も取り除く



水質のチェック

- ①水の濁り、泡の有無、臭いを確認
- ②水温、塩分濃度、Do値の測定
- ③残餌量の確認
- ④記録シートへ記入

*** 注意事項**

水質悪化の主な原因はへい死個体や飼料の腐敗によるものが多いので、へい死個体のチェックや残餌量の確認は確実に行う



給餌

- ①飼料の準備
 - ・乾燥ワカメ、塩蔵ワカメ：5分程度水戻し、水切り
- ②水戻し処理後の乾燥ワカメ、塩蔵ワカメを計量
- ③計量した飼料を各水槽の各区画へ給餌
 - ・1日の摂餌量は体重の5~10%
 - ・各区画へ全体に散るように入れる
- ④給餌量を記録

* 注意事項
各飼料残餌量が多いと水質悪化の原因になるので、給餌量は調整が必要



換水、底そうじ（週2回程度）

換水

- 週2回程度行う
- ①エアレーションを水槽から出す
- ②水槽壁面の汚れをスポンジで落とす
- ③底の汚れが巻き上がらないようにサイフォンで汚れを吸引
- ④全体の汚れ、水質悪化の原因を除去できたら引き上げる
- ⑤エアーストーンの汚れをブラシ等で除去し水槽へ戻す
- ⑥換水（水槽の50%程度）
- ⑦換水量を記録

* 注意事項
換水量は水質の状況によって調整する
水槽の底だけでなく飼育カゴの汚れの掃除も行う（2カ月に1回程度）



底そうじ

- 2日に1回程度行う
- ・底そうじ用そうじ機（宮城大学で開発途中：別予算）で糞などの汚れを吸引、
海水はろ過タンクを通して水槽へ戻す

【飼育記録表（例）】

日付		天気		開始時間		終了時間		担当者
----	--	----	--	------	--	------	--	-----

1. ウニ死亡個体数 *死亡個体数を記入

①	②	③	④	⑤										
壺飼														
<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>			<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>			<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>			<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>			<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>		

2. 残渣の有無 *大、中、小で記入

①	②	③	④	⑤										
<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>			<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>			<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>			<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>			<table border="1" style="width: 100%; height: 40px;"><tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr></table>		

3. 水質チェック

水温		塩分		DO	
----	--	----	--	----	--

3. 給餌量 *秤での計測値を記入

①	②	③	④	⑤

4. 水質掃除

水質の汚れ具合					*掃除を行った日のみ掃除を開始した時間から終了した時間を記入	
水底の汚れ		大	中	小	開始時間	終了時間
泡		有	無			

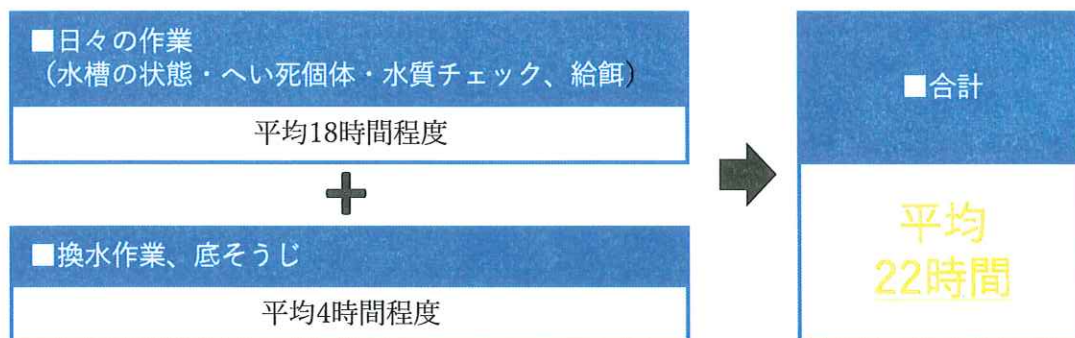
5. その他

ポンプの異常	有	無
エアレーション	有	無

気付いたこと

04 | 作業時間

養殖作業に要する1月分の時間を以下の表に取りまとめました。



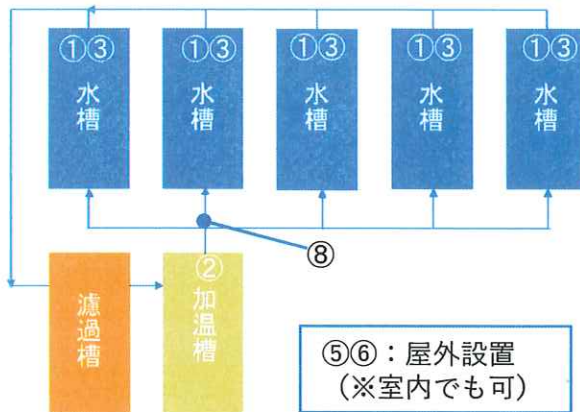
	田代島		
	通常作業	掃除	合計
11月	20時間	4時間	24時間
12月	15時間	5時間	20時間
平均	18時間	4時間	22時間

1回の作業時間としては平均40分程度となる。この作業はほぼ毎日行うものであるが、1～2日程度であれば短期間に集中しない限りは、作業の間隔を開けることも可能である。掃除作業はウニの生育が進むにつれ多くはなるものの、月に2～4回、1回1時間程度である場合が多い。

閉鎖循環式の養殖事例

01 | 設備




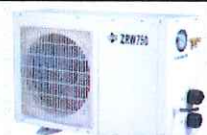
● 平面図・機器設置場所





● 写真



設置機器

	機器名	数量	説明
①	ウニ水槽 (710L)	5	<ul style="list-style-type: none"> 各水槽にはウニの接着可能面積を増やすため4区に分けた飼育カゴ (76×66×46cm) 2個を設置 
②	チタンヒーター	1	
③	エアレーション	2	
④	殺菌灯	1	<ul style="list-style-type: none"> 紫外線で飼育水に混入する菌の増殖を抑制・除菌し、飼育水の安定効果を図る。 UVランプは高純度オゾンレス石英ランプを使用。 <small>紫外線で飼育水の菌の増殖を抑制・除菌</small> 
⑤	冷却装置	1	

	機器名	数量	説明
⑥	ろ過タンク	1	<ul style="list-style-type: none"> ・ 泡沫式多層ろ過システム(屋内仕様) ・ アクアインパルス社製 ・ 外形寸法 幅105cm×63cm×170cm(H) ・ 構成概要 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> i.ろ過水槽 <ul style="list-style-type: none"> 容量：保有水量0.4m³ (※530mm×750mm×90mm(H)) 材質：樹脂製(PVC) 構成：海水用水槽, 内部ろ材設置用トレー 3段付 ii.旋回流装置 <ul style="list-style-type: none"> 寸法：90mm×167mm 材質：アクリル製 構成：本体ケーシング コック iii.電動式ポンプ <ul style="list-style-type: none"> 流量：510L/h 能力：8.5L/min×0.1MPa以上 iv.制御盤 <ul style="list-style-type: none"> 制御方式：シーケンス スケジューラー機能： 週間スケジュール運転 インターバル運転 制御：ろ過水槽水位検知によるポンプ 運転 緊急停止 V.フレーム <ul style="list-style-type: none"> 材質：SS400(鉄) 防錆：溶融亜鉛メッキ 金物：ステンレス鋼 樹脂 SS400(鉄)を主材料とする。 
⑦	水質管理システム	1	
⑧	ポンプ	1	

02 | 条件 (宮城大学)

① 餌について

乾燥ワカメ、塩蔵ワカメ、乾燥コンブ、野菜残渣など

☆冷凍保存の場合

必要量を海水で解凍した後、各水槽へ給餌する。(解凍時にタンパク質などが溶出している可能性がある。)

☆乾燥保存の場合

淡水に浸し、戻した後に各水槽へ給餌する。塩蔵保存の場合 塩分を取り除いた後に各水槽へ給餌する。



② ウニの種類について

サイズは5～6 cm

ウニは磯焼け対策として地先で除去した痩せウニを利用

③ 水について

天然ろ過海水の閉鎖循環式

④ 換水について

ろ過水槽から各水槽へ1.8 L/分天然海水を入水する。飼育水は710 L水槽に約500 Lとなるように設置しており、1日で約1回転する

⑤ 密度管理

710 L水槽に対して200個体

⑥ 室温

水温は基本的にヒーターでの管理が望ましい

ろ過水槽の設置が屋外となる場合には、泡沫ろ過時に急激に水温が低下するため、室内温度を高め、室内の暖気をろ過水槽へ送り出すことで、水温の低下を防ぐ必要がある

⑦ 飼育日数

1クール3ヵ月程度

身入りが出荷レベルである12%に達するのは、冬季の場合は最低2ヵ月を要する

⑧ その他

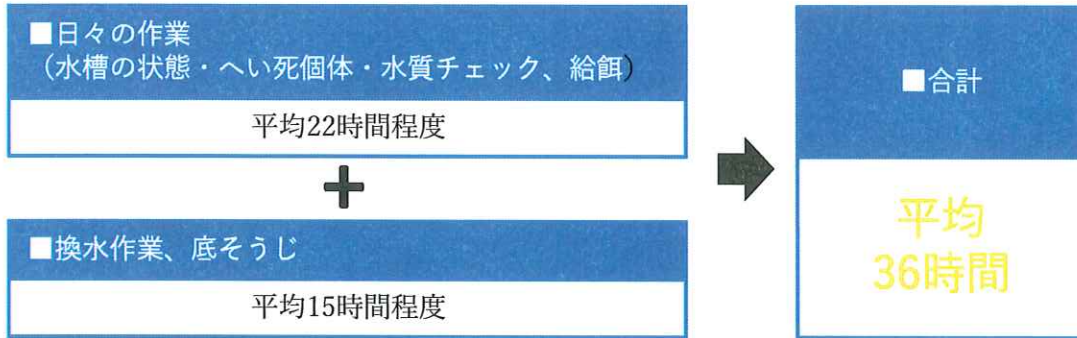
IoT技術を用いたモニタリングシステムは水温・塩分計およびDO計を設置した。DO計については、週1度程度のセンサー部分の掃除が不可欠であった。飼育水の状況により清掃回数は異なるが、閉鎖循環で海藻を餌として用いた場合、週1度の掃除が必要であった。DOセンサーを定期的に掃除しない場合、正確なデータを取ることができない。DOの数値が下がるため、アラームが鳴り続ける。

03 | 作業

半循環式養殖と同様である。

04 | 作業時間

養殖作業に要する1月分の時間を以下の表に取りまとめました。

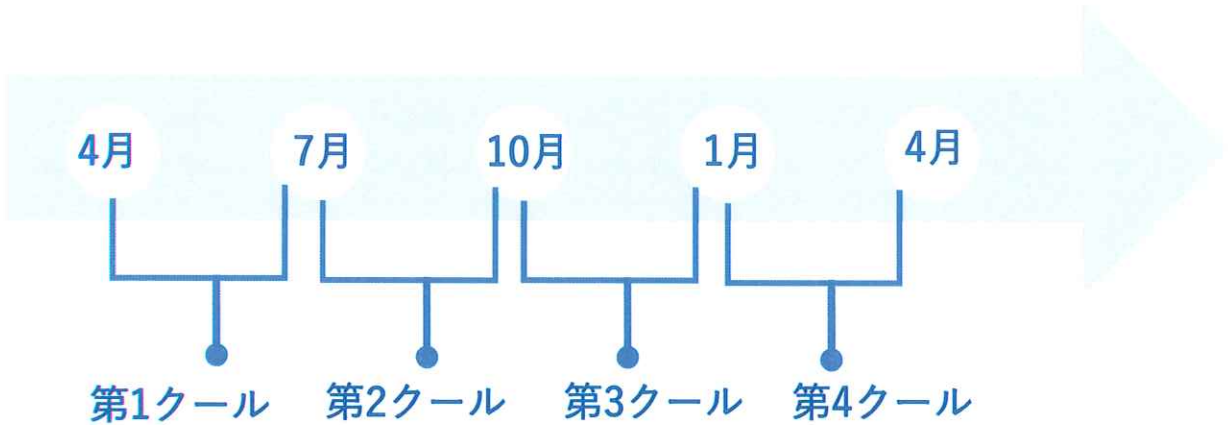


	宮城大学		
	通常作業	換水作業	合計
11月	17時間	19時間	35時間
12月	24時間	15時間	39時間
1月	24時間	12時間	36時間
平均	22時間	15時間	36時間

1回の通常作業は平均50分程度となる。ほぼ毎日行うものであるが、1～2日程度であれば短期間に集中しない限りは、作業の間隔を開けることも可能である。

週2回の換水作業は水量にもよって変動はあるものの1回1～2時間程度となる。

年間スケジュール



磯焼けの原因となっている異常繁殖するウニの駆除の時期を、宮城県藻場ビジョンR02)を参考に年4回(4月、7月、10月、1月)とし、採取(駆除)～養殖～出荷の期間を3ヵ月とした基本工程(クール)を設定し、これを年4回、回すことを想定する。

ウニの価格は年末～年始にかけて高騰することが予測されるため、その時期に出荷できるよう養殖開始時期、出荷時期を調整する。

流通体制構築に関する可能性調査

①商品の質： 歩留まりの変動が少なく、安定した品質が求められる

天然ウニの収穫では同じ浜でも品質のバラつきがあり歩留りも変動することから、養殖ウニがこの欠点を補うことができれば、冷凍ウニや輸入モノに代わって安定した供給を担うことが期待される。また、味、色味、形が整っているものは付加価値が高くなる。

②提供時期： 特に年末年始、年間通して需要あり

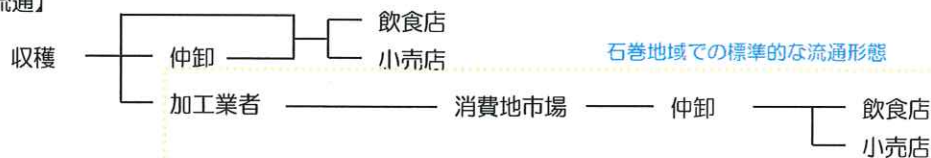
天然ウニは気象状況や開口日等により入荷時期が限られることから、年間を通した需要に対しては冷凍ウニや輸入モノに頼っているのが現状である。気象状況や時期に左右されない養殖ウニが、年間需要に対応できると期待される。

③提供価格： 天然ウニが獲れない時期であれば、高値での取引が予想される

養殖ウニは出荷日を調整できるため、旬の時期でも時化などを見計らって計画的に出荷することができれば、取引価格の上昇が期待できる。殻ウニは400円/個、板ウニであれば市場で、シーズン内7,000～10,000円/250g、シーズン外20,000円/250gで取引される場合がある。

④販売ルート： 市場外流通が一般的

【市場外流通】



⑤イメージ戦略： 経費の低減、偏見の払拭が必要

今後養殖ウニを広めていくためには、経費の低減のほか、他の魚種でも見られるような養殖物への偏見の払拭など、イメージも重要なポイントとなる。

⑥販売先： 国内、海外からも需要あり

天然ウニの全国的な旬の分散傾向を考慮すると、養殖ウニは仙台や石巻を中心とした近郊市場で優位性がでてくると思われる。石巻市内であれば、生産地である田代島や中心市街地での飲食店において、磯焼け対策として陸上養殖したウニを地元の名産とした集客、地域活性化策としての取組も期待される。また、ウニは海外の量販店からのニーズもあり、海外市場を視野に入れた生産も検討する必要がある。

■養殖ウニへの意見（第1回試食会からの意見）

- ・冬の時期のウニとしては味が濃く、クリーミー。
- ・やや苦味が強く、旨味が弱い。給餌方法の改良により改善を期待したい。
- ・天然と比べ色合いは多少見劣りするものの、しっかりと原型を保っている。
- ・値段にもよるが、ミョウバン未使用でさらなる品質改善があれば是非食べたい。
- ・天然ウニが市場に出回らない時期に生ウニを流通できるのは画期的。

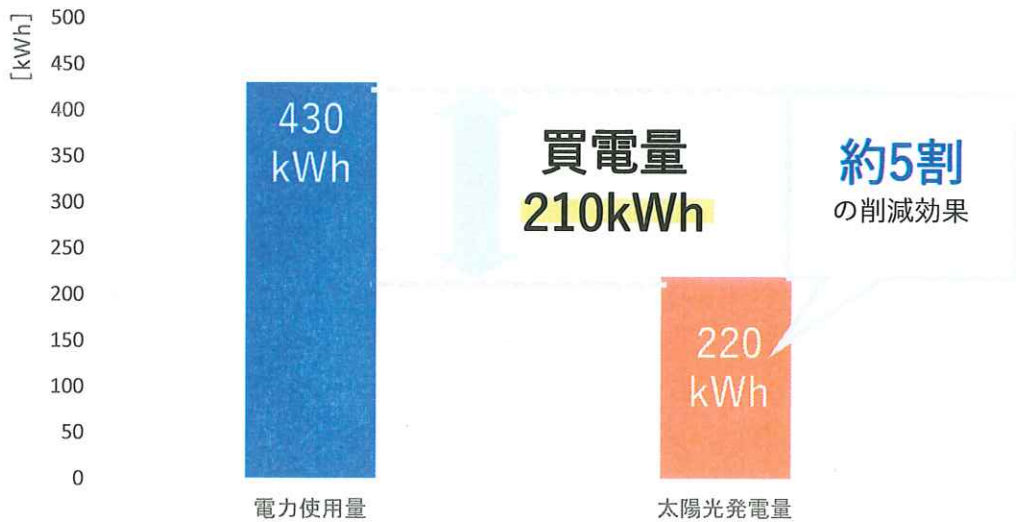
再生可能エネルギーの活用

01 | エネルギーの発電量

計測期間における電力使用量の実績と仮想的に太陽光発電を設置した場合の発電量を以下に示す。今回の実験条件に対しては、2kW程度の太陽光発電を設置することにより、晴天の日中は養殖に必要な電力を賄えると考えられる。



上記の発電量・電力使用量を一カ月換算し、仮想の太陽光発電設備で発電した電力によって削減可能な電気料金を試算する。



仮想の太陽光発電設備による再生可能エネルギーを用いることで削減可能な電気料金
年間73,000円

<電気料金単価>

- 低圧 従量電灯Cを想定 (契約容量6 kVA~50 kVA)
- 基本料金 330円/kVA ※今回は試算に含めない
- 最初の120 kWhまで 18.58円/kWh
- 120 kWhをこえ300 kWhまで 25.33円/kWh
- 300 kWhをこえる 29.28円/kWh

02 | 収支計算

事業者がウニの養殖を始めるにあたり、どれくらいの費用がかかり、どれくらい規模から採算性の確保が可能となるか、実験と同様の条件下で試算する。また、再エネ設備導入補助率、再エネ導入による電気代金削減効果、ウニの売上単価について感度分析を行った。本マニュアルには、代表的な一例を示す。

●試算条件

	種目		金額	補足
支出	イニシャルコスト	養殖設備	140.0万	減価償却10年
		再エネ設備	50.0万	減価償却10年
	ランニングコスト	人件費	52.8万	
		電気代（再エネ導入）	7.8万	1ユニットにつき2kWの太陽光発電を用いる
		電気代（再エネ未導入）	15.1万	
		水道代	-	海水利用
		餌代	-	廃棄海藻利用
		ウニ収穫費	-	補助金を活用
		建築費	-	補助金を活用
加工費	76.2万	出荷形態は板ウニを想定のため		
収入		108.8万	1ユニット（200個/槽×5槽×0.8（歩留り））×4クール×身重量10g/個×板ウニ売価8500円/250g	

※1ユニットは、200匹×5槽=1000匹のウニの養殖を指す。
 ※1ユニット増加ごとに、設備費は×0.3で増加していく。

●収支計算

条件：再エネ導入あり、再エネ設備導入補助0%

売上	千円	1088	2176	3264	4352	5440	6528	7616
ユニット数	個	1	2	3	4	5	6	7
販売数	千個	3	6	10	13	16	19	22
→kg換算	kg	32	64	96	128	160	192	224
単価	千円/kg	34	34	34	34	34	34	34
費用	千円	1557	2542	3526	4510	5495	6479	7463
人件費(養殖)	千円	528	581	634	686	739	792	845
一人当たりの人件費	千円	528	528	528	528	528	528	528
割増係数	割	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
電気代	千円	78	156	234	312	389	467	545
料金	千円	151	151	151	151	151	151	151
ユニット数	個	1	2	3	4	5	6	7
再エネ削減効果	千円	73	73	73	73	73	73	73
ユニット数	個	1	2	3	4	5	6	7
減価償却	千円	190	282	374	466	558	650	742
再エネ導入設備費	千円	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
再エネ導入設備費増加係数		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
1ユニットの設備費	千円	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0	140.0
ユニット設備費増加係数	倍	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8
加工費	千円	762	1523	2285	3046	3808	4570	5331
加工量	kg	32	64	96	128	160	192	224
一人当たりの人件費	千円/kg	10	10	10	10	10	10	10
その他諸経費(加工工場の電気代等。設備費は除外)	千円/kg	14	14	14	14	14	14	14
利益	千円	-469	-386	-262	-158	-55	49	153

【感度分析】

売値単価（千円/kg）、再エネ削減効果（千円/年）の変動を考慮

3ユニット 収益シミュレーション		再エネによる削減効果(千円/年)				
		0	20	46	60	80
売上単価 (千円/kg)	40	-308.84	-248.84	-170.84	-128.84	-68.84
	36	-424.04	-364.04	-286.04	-244.04	-184.04
	34	-481.64	-421.64	-343.64	-301.64	-241.64
	32	-539.24	-479.24	-401.24	-359.24	-299.24
	30	-596.84	-536.84	-458.84	-416.84	-356.84
	28	-654.44	-594.44	-516.44	-474.44	-414.44
	26	-712.04	-652.04	-574.04	-532.04	-472.04

4ユニット 収益シミュレーション		再エネによる削減効果(千円/年)				
		0	20	46	60	80
売上単価 (千円/kg)	40	-220.72	-140.72	-36.72	19.28	99.28
	36	-374.32	-294.32	-190.32	-134.32	-54.32
	34	-451.12	-371.12	-267.12	-211.12	-131.12
	32	-527.92	-447.92	-343.92	-287.92	-207.92
	30	-604.72	-524.72	-420.72	-364.72	-284.72
	28	-681.52	-601.52	-497.52	-441.52	-361.52
	26	-758.32	-678.32	-574.32	-518.32	-438.32

5ユニット 収益シミュレーション		再エネによる削減効果(千円/年)				
		0	20	46	60	80
売上単価 (千円/kg)	40	-132.6	-32.6	97.4	167.4	267.4
	36	-324.6	-224.6	-94.6	-24.6	75.4
	34	-420.6	-320.6	-190.6	-120.6	-20.6
	32	-516.6	-416.6	-286.6	-216.6	-116.6
	30	-612.6	-512.6	-382.6	-312.6	-212.6
	28	-708.6	-608.6	-478.6	-408.6	-308.6
	26	-804.6	-704.6	-574.6	-504.6	-404.6

再エネを導入した場合、試験条件下では再エネ導入補助率0%以上で**6ユニット以上**養殖を行うと採算性の確保が可能となる。また、感度分析の結果を見ると、売上単価及び再エネによる削減効果によっては、さらに小規模でも採算性の確保も可能になる。

採算性の確保へ向けた取り組み

支出で大きな比重を占めるのが人件費と電気代であり、経費削減の可能性はある。人件費を抑えるためには、IoT機器の活用や一定以上の規模を確保する必要があるため、再生可能エネルギーなどによる電気代の削減がポイントになる。
また、今回の計算では板ウニでの出荷を想定していたが、需要に応じて出荷形態の調整を行えば、さらに少ないユニット数での採算性が確保できる可能性もある。