

ウニの陸上養殖 マニュアル（案）

令和5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	1
01	概要	1
02	養殖の流れ	3
第 2 章	ウニの入手	4
01	ウニの採取方法	4
02	運搬方法	4
03	採取時期	5
第 3 章	半循環型養殖の養殖事例	6
01	設備	6
02	条件（半循環型養殖 田代島）	8
03	作業（半循環型養殖 田代島）	9
04	作業時間	13
第 4 章	かけ流し養殖の養殖事例	14
01	設備	14
02	条件（かけ流し 田代島）	16
03	作業（かけ流し 田代島）	17
第 5 章	閉鎖循環型の養殖事例	20
01	設備	20
02	条件（閉鎖循環型 宮城大学）	22
03	作業（閉鎖循環型 宮城大学）	23
04	作業時間	26
第 6 章	年間スケジュール	27
第 7 章	屋上緑化を組み合わせた屋内温熱環境改善手法（伊吹 竜太）	28
01	概要	28
02	方法	28
03	設備	28
04	条件・作業	30
05	シート施工および屋根面緑化による遮熱効果	32
06	屋根面栽培の品目による生育の様子	32
第 8 章	流通体制構築に関する可能性調査	33
第 9 章	再生可能エネルギーの活用	35
01	エネルギーの発電量	35
02	収支計算	36
03	採算性の確保へ向けた取り組み	35

養殖方法

01 | 概要

ウニの陸上養殖については、半循環型、かけ流し型、閉鎖循環型がある。半循環式、かけ流し型は、特に海水が手に入りやすい沿岸域では管理が容易で、閉鎖循環型は、水温コントロールによる冬場の出荷が可能となっている。そのため、本調査では地下海水を用いたかけ流し型養殖、半循環型養殖、閉鎖循環型養殖を比較した。

具体的には、半循環型、かけ流し型については、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で宮城県漁協石巻地区支所の協力のもと養殖試験を行った。また、閉鎖型については、宮城大学内でろ過システムを導入し必要に応じて換水を設置し、同期間養殖を行った。

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。

● 半循環型養殖

半循環型養殖とは、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。冬場は飼育水温を上げるため、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、半循環型とする。



● 地下海水を用いたかけ流し型養殖

かけ流し型養殖とは、常に新しい飼育海水をいれて飼育するものである。そのため、海水が常に手に入る環境がなければ、この手法をとることはできない。

仁斗田漁港内では地下海水が手に入る環境がある。地下海水は天然海水よりも安定した水温を得ることができる可能性があり、地下海水をかけ流すことで冬場も海水温より高い水温で飼育可能である。

【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

● 閉鎖循環型養殖

閉鎖循環型養殖とは、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

2

ウニの入手

磯焼け対策で駆除されたウニを対象とした。運搬にあたっては、ウニを傷つけないことに留意する必要がある

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採用した。1基にキタムラサキウニ200個体を収容した。養殖環境に合わせながら、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、ウニが排泄物と接触しないように、カゴの底が水底より10cmほど上になるように設置した。

田代島では、岸壁から海底に設置したポンプを通した海水を簡易ろ過し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。地下海水を用いたかけ流し型では、地下海水をポンプアップして飼育水として用いた。水量は33.7L/分とした。

宮城大学では、砂ろ過海水（国立研究開発法人 水産研究・教育機構塩釜庁舎による提供）を飼育水として用いた。

注意事項

堆積した糞からは、ウニの生育に悪影響を与えるアンモニア態窒素やカビが発生するため、ウニの排泄物とウニとの距離が近いとウニがへい死する恐れがある。

堆積した糞→



4

ウニ養殖開始

ウニは、8区画にそれぞれ25個収容した。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2～3カ月間の養殖期間を設定した。

5

ウニの出荷

ウニの入手

01 | ウニの採取方法

ポイント

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



・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。

・ウニの採取に際しては、採取後のウニの取り扱いに最も気を付けるべきで、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。



・また、ウニの大きさについては、殻径が大きいものは年齢が高く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3～6 cm）を対象とした方が短期での身入り向上が期待できる。

02 | 運搬方法

ポイント

運搬中も海水にウニをいれた状態にする必要が。

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。

・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である。

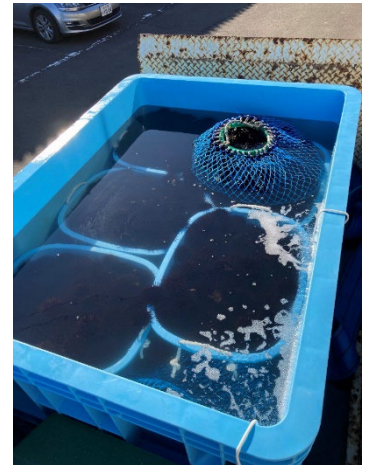


03 | 採取時期

注意事項

宮城県における天然ウニの漁期は 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。

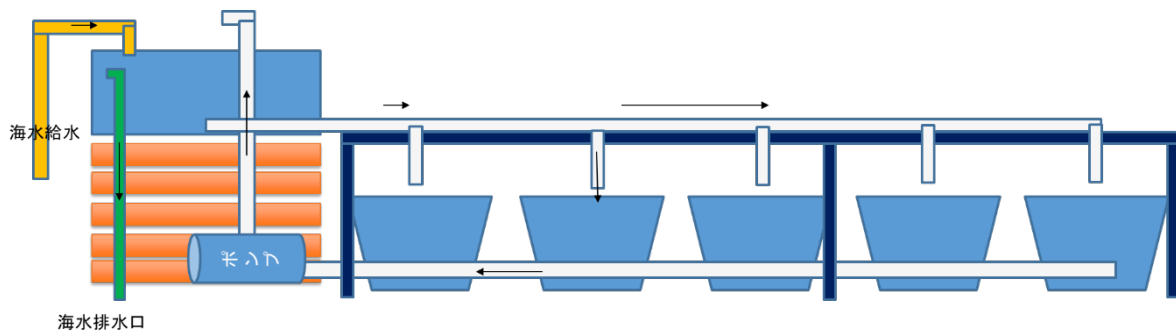
- 採取時期が定められている場合は、期間内で漁獲することが求められる。また、卵放精することで飼育水の水質が悪化し、ウニが死亡しやすいため、海水の入手量が限られる場所での飼育においては、できるだけ 8、9 月は避けるべきである。



半循環型養殖の養殖事例

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（76×66×46 cm）2 個を設置 <div>   </div>
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	<ul style="list-style-type: none"> 安永エアポンプ株式会社 AP-60G を設置 
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（半循環型養殖 田代島）

①餌について

乾燥ワカメ、塩蔵ワカメ、乾燥コンブなど

☆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 3～6 cm.

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℃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 7.5L / 分天然海水を入水する。飼育水は 710L 水槽に約 500L 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

710L 水槽に対して 200 個体

⑥照度

自然光条件

03 | 作業（半循環型養殖 田代島）

● 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
	底そうじ（月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ー漏れがないか確認

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。

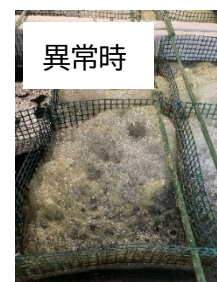
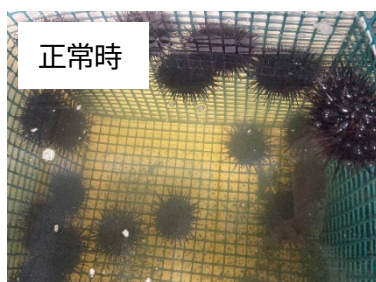
塩分：32～34 が良い。生海水を使用する場合は、降雨の影響などにより塩分が低い時があるため大雨が続いた際は、こまめにチェックが必要。

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大きく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る。



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

へい死していなくと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

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

- 給餌量を記録

定期的なそうじ(月 2 回程度)

【定期的な掃除】

- 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

注意事項

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)



【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
①	②	③	④	⑤

2. 残渣の有無 *大、中、小で記入

①	②	③	④	⑤
①	②	③	④	⑤

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. 水槽掃除

水質の汚れ具合

水底の汚れ		大	中	小
泡		有	無	

*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

開始時間		終了時間	
------	--	------	--

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。

■日々の作業 (水槽の状態・へい死個体・水質チェック、給餌)	➡	合計
平均 18 時間程度		
■換水作業、底そうじ		
平均 4 時間程度		平均 22 時間

【内訳】

	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

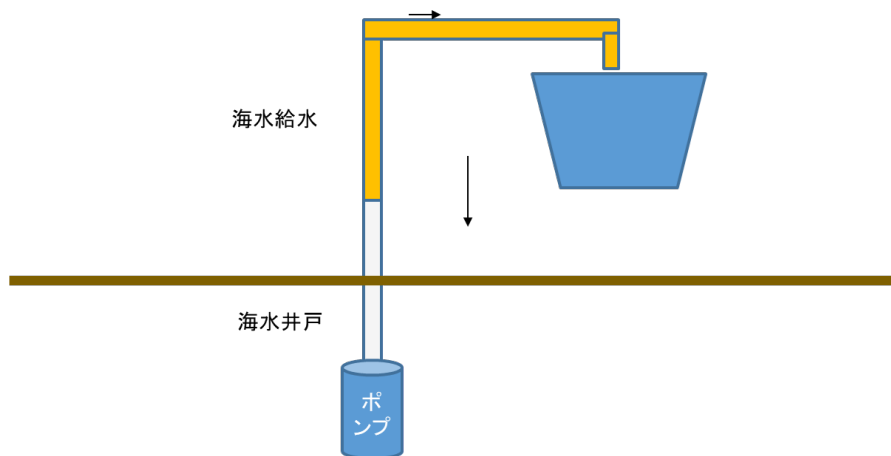
1 回の作業時間としては平均 40 分程度となる。この作業はほぼ毎日行うものであるが、1～2 日程度であれば短期間に集中しない限りは、作業の間隔を開けることも可能である。

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。

かけ流し養殖の養殖事例

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 (71OL)	1	<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 (76×66×46 cm) 2 個を設置 <div>   </div>
④	エアレーション	1	<ul style="list-style-type: none"> REI-SEA エアポンプ APN-110R 
⑤	汲み上げポンプ	1	<ul style="list-style-type: none"> 地下海水の汲み上げに利用 

02 | 条件（かけ流し 田代島）

① 餌について

塩蔵ワカメなど

☆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。



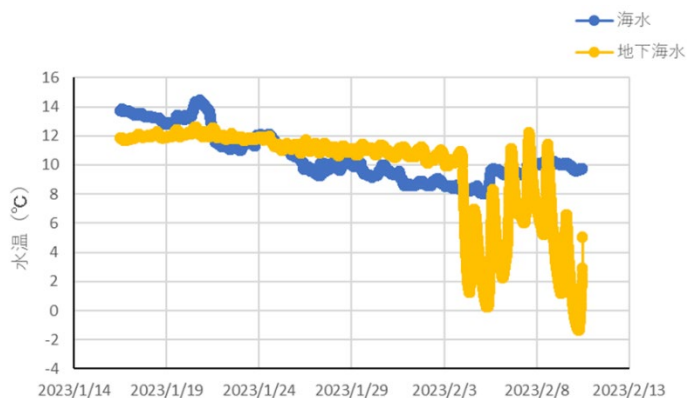
② ウニの種類について

サイズは3～6cm。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

地下海水を汲み上げ飼育水として使用。

地下海水は天然海水よりも水温の変化がなく冬季においても安定した水温を得られる可能性がある（右図黄色）。



注意事項

大潮時の最干潮時に井戸の水位が低下することがあり、水位の低下による温度変化が大きい結果となった。地下海水の水位がどのように変化するか事前に確認し、対応する必要がある。

④ 換水について

ろ過水槽から各水槽へ33.7L/分地下海水を入水する。飼育水は710L水槽に約500L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

710L水槽に対して200個体

⑥ 照度

自然光条件

03 | 作業（かけ流し 田代島）

● 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
	底そうじ（月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ー漏れがないか確認

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。

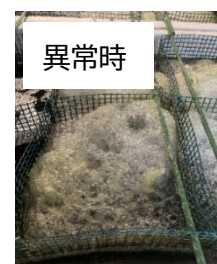
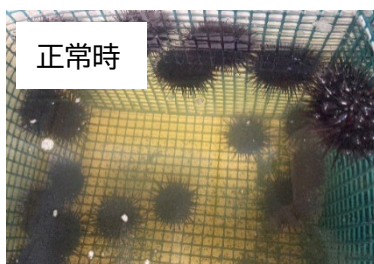
塩分：32～34 が良い。生海水を使用する場合は、降雨の影響などにより塩分が低い時があるため大雨が続いた際は、こまめにチェックが必要。

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大きく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る。



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

へい死していなくと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を行う



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

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

- 給餌量を記録

定期的なそうじ(月2回程度)

【定期的な掃除】

- 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

注意事項

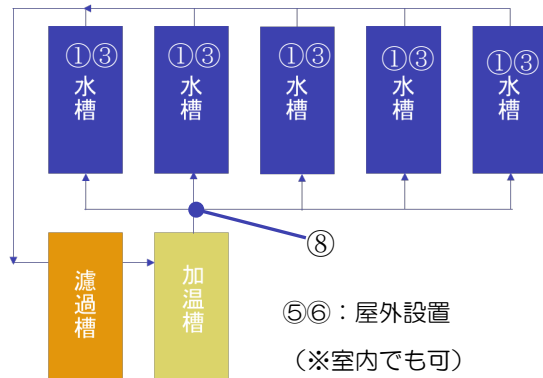
水槽の底だけでなく飼育カゴの汚れの掃除も行う(2カ月に1回程度)



閉鎖循環型の養殖事例

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（76×66×46 cm）2個を設置 
②	チタンヒーター	1	
③	エアレーション	2	<ul style="list-style-type: none"> ・安永エアポンプ株式会社 AP-60G を設置 
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。 

	機器名	数量	説明
⑤	冷却装置	1	
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 105 cm×63 cm×170 cm(H) ・ 構成概要🔗 <hr/> <p>i.ろ過水槽 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イ3段付</p> <p>ii.旋回流装置 寸法：90 mm×167 mm 材質：アクリル製 構成：本体ケーシング コック</p> <p>iii.電動式ポンプ 流量：510L/h 能力：8.5L/min×0.1MPa 以上</p> <p>iv.制御盤 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</p> <p>v.フレーム 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。</p> 
⑦	水質管理システム	1	
⑧	ポンプ	1	

02 | 条件(閉鎖循環型 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、パプリカなど	
☆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。	
☆パプリカの葉について	
パプリカ廃棄葉の食いつきは非常によく、一方でパプリカの未熟な実も与えたが、実は食いつきが悪かったため、葉のみ給餌した。	
② ウニの種類について	
サイズは 3～6 cm。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型	
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 水温変化を防ぐためにも室内循環型の場合は施設の断熱対策をしっかりと行う必要がある	
⑦ 飼育日数	
1 クール 3 ヶ月程度 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 カ月を要する	
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(閉鎖循環型 宮城大学)

● 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ー漏れがないか確認

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大きく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る。



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

へい死していなくと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

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

- 給餌量を記録

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）



【底掃除】

□ 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

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。

■日々の作業 (水槽の状態・へい死個体・水質チェック、給餌)	▶	合計
平均 22 時間程度		
■換水作業、底そうじ		平均 36 時間
平均 15 時間程度		

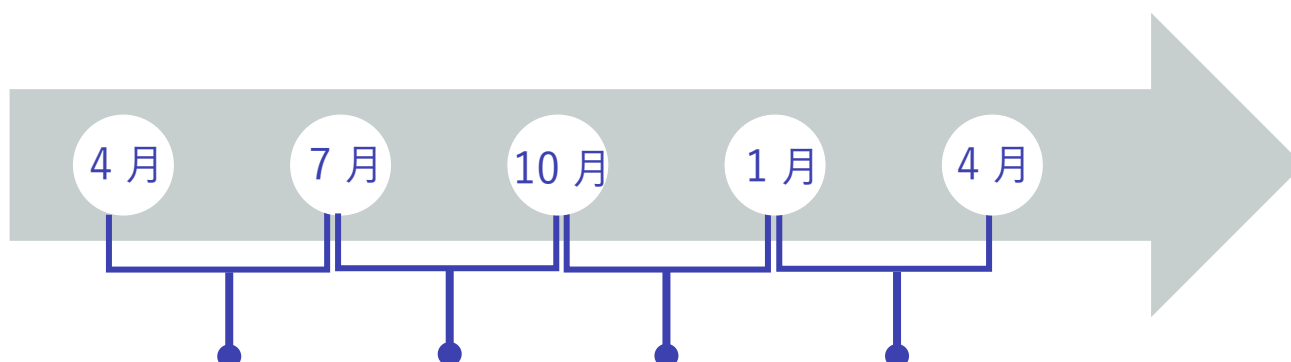
【内訳】

	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



第1クール 第2クール 第3クール 第4クール

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 RO2) 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。

屋上緑化を組み合わせた屋内温熱環境改善手法

01 | 概要

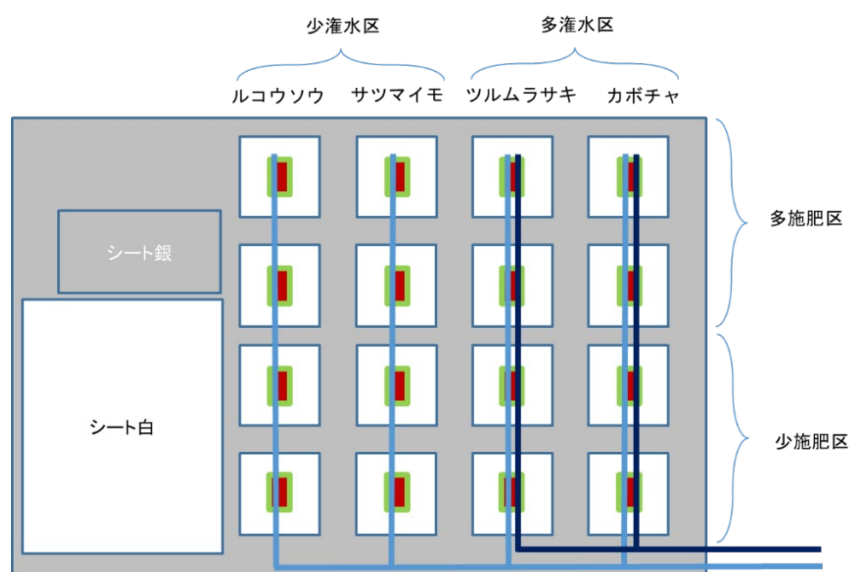
屋内環境で養殖を実施する場合、夏場や冬場の冷暖房を行うことができる。一方で、気象条件が厳しい厳冬期や猛暑日における防寒や遮熱対策が求められる。冷暖房利用を前提として建てられた施設では断熱材の施工がなされているが、無施工の既存施設を利用する場合は対策が必要と考えられる。ウニの養殖に関する研究で明らかになっているように、ウニが葉菜などの野菜類を好む特徴を考慮すると、野菜の栽培によって飼料が供給できる。また、都市部では屋上緑化技術によって熱負荷の軽減が図られており、このような技術を参考にして屋根部での栽培を行うことで屋根部への日射を軽減させ、夏季の熱負荷軽減につながると考えられた。また、養殖施設の屋根に太陽光等の再生可能エネルギーを設置した際に併用することで、更なる電気利用量の削減が見込まれることから、並行して検討を行うこととした。養殖施設屋根面で実施した遮熱も考慮した植物栽培試験を事例として紹介する。

02 | 方法

①単純なシートでの遮光、②比較的小水量で実施できるプランターでの屋上緑化を検討した。また、本施設の鉄製の折板屋根は十分な強度を有しており、複数のプランター（幅 30cm×長さ 65cm サイズ）の設置と作業者の歩行が可能である。このような施設の屋根部で飼料の候補となる野菜等の栽培を実施し、適した植物種の同定や有効性を検討した。

03 | 設備


●平面図



●写真



【設置設備】

	機器名	説明
①	シート	<p>屋根にホワイトシート（白色のブルーシート、1.8m×1.8m）を敷設した上にプランター（幅 0.4m×奥行 0.7m×深さ 0.3m）を設置。金属屋根面は日射下において高温となる。ホワイトシートの敷設によって、屋根面への日射の照射を反射すると共に、繁茂し始めの植物を高温面から避ける。また、葉裏への照射による光合成の促進、病害虫の被害を避けるなどの効果が期待できる。一方で、風の影響によってホワイトシートがめくれ上がり、プランターの落下の危険性が想定される。屋根部への固定が必須と考えられ、折板屋根を梁に固定するためのルーフボルトと、ホワイトシートのハトメを細径（直径 3mm）のロープで結び、両者を固定した。</p> 
②	プランター	<p>ホワイトシートの上に、プランターを設置した。プランターも風の影響を受けて、移動や屋根からの落下を避ける必要があり、ホワイトシート同様にロープなどで屋根部に固定した。</p>

① 栽培品目

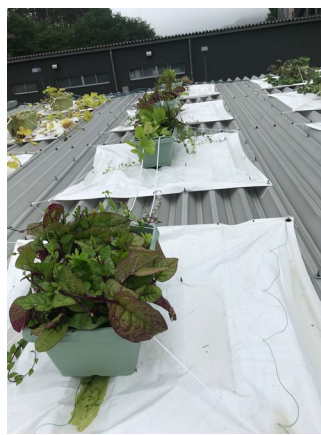
夏季高温下での生育が期待できるツル性野菜（カボチャ、ツルムラサキ、サツマイモ）と花卉（ルコウソウ）について栽培を実施

② プランターへの定植と移設

苗は種からの育苗および苗の購入によって準備した。ツルムラサキおよびルコウソウは種より、カボチャとサツマイモは購入苗を用いた。ツルムラサキとルコウソウは4月中旬からプランターに播種して育て、購入苗はホームセンターで販売される時期（5月上～中旬）に入手しプランターに定植した。この時期に屋根へ移設することは低温な外気に曝されることが生育不良に影響すると懸念され温室で生育させたのちに屋根上へと移設した。



(a)カボチャ



(b)ツルムラサキ



(c) サツマイモ



(d) ルコウソウ

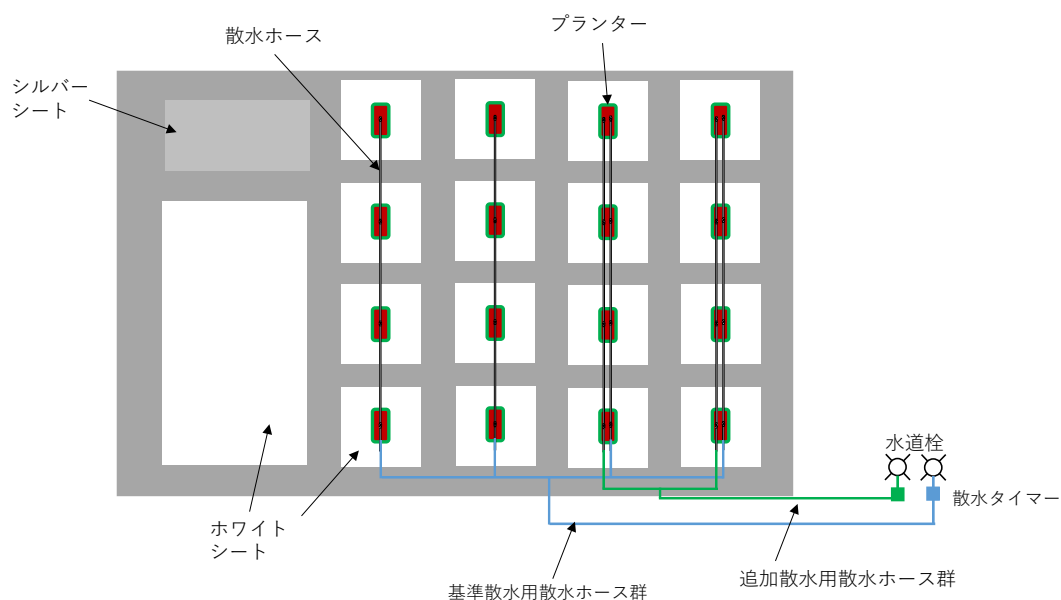
栽培した野菜類

注意事項

屋根上へのプランターの移設作業においては、重量があるプランターを安全に高所へ移設するために高所作業台車を用いる必要があったこと、また移設時の葉や茎へのダメージが発生したことについて、改善が必要と考えている。屋根上でプランターに培地を詰めた上で定植作業を行うことを検討している。その場合は軽量培地（ヤシガラや籾殻燐炭の混合割合の多い培地）の利用、苗の保温施工（マルチ、トンネルの利用など）を併用し、低温条件時期の栽培を乗り切ることが求められる

③ 散水

夏季日中の晴天日において、プランター内の土壌水分が不足しやすく、作業頻度も考慮して、自動散水設備を設置した。地上付近の水道蛇口に散水タイマーを設置し、ホースで屋根部まで水を供給し、各プランターの上にミストノズルを設けた。要求水分量の多いカボチャとツルムラサキは灌水量を多くするため、追加散水用ホースおよびミストノズルを設置した。基準散水用は朝に散水を実施し、追加散水用は夕方に散水し、いずれも 30 分間の散水を実施した。

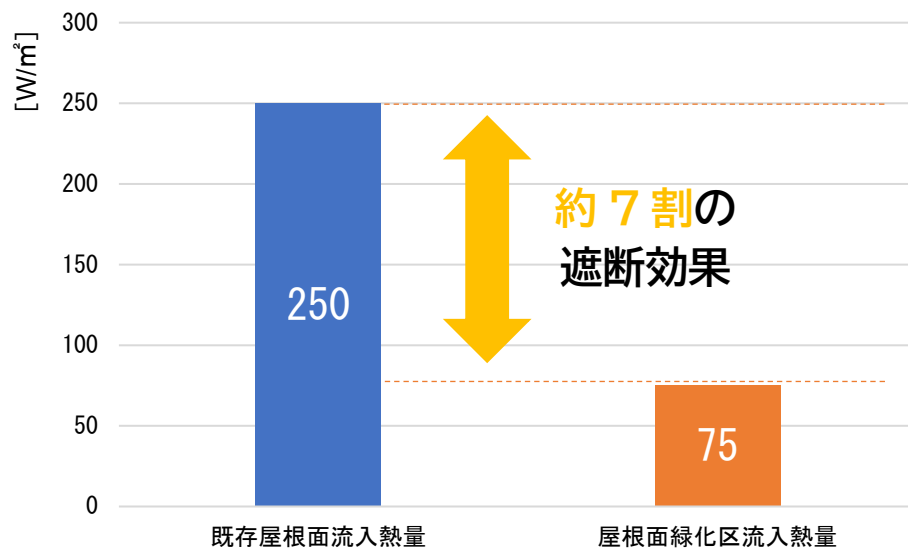


④ 施肥

施肥は栽培する植物の特性に応じて選定する必要がある。施用について、今回は蛇口にホースを直結して、水道圧を利用して屋根部へと水を供給したため、あらかじめ散水に肥料成分を含ませるような利用が出来なかった。水道水+緩効性の置き肥を利用した。

05 | シート施工および屋根面緑化による遮熱効果

シート及びプランターの設置により天井面の温度低下をサーモグラフィーにて確認した。



屋根面緑化による熱の遮断率
約 7 割を遮断することができる

06 | 屋根面栽培の品目による生育の様子

屋根面栽培で使用した品目の特徴をまとめる。

品目	特徴
カボチャ	早期（7月）にツルの生育が進み、遮熱効果が高いと考えられる。雨天に伴って一部カビの発生等が見られた。8月の猛暑以降、実成りが悪くなった。
ツルムラサキ	今回の品目の中では最も安定して成長。茎径が太く繁茂具合も良好。
サツマイモ	散水量も少なく、唯一施肥量を抑えた方が生育が良く、管理が楽に思われる。
ルコウソウ	施肥量が多いほど成長が良い

流通体制構築に関する可能性調査

① 色味:赤とオレンジが協調された色味が最も美味しそうに見える

ウニの色味が、赤とオレンジを強調したもの、オレンジと茶を強調したもの、赤を強調、茶を強調したものの順とに美味しそうであると評価された。

② 味:餌による調整が可能。養殖ウニならではの風味の評価が高く、販売対象に合わせた味の調整ができるとなおい

パプリカの葉を餌として与えた養殖ウニは、ウニ特有の生臭さが軽減され、植物系の爽やかさが一味違った味わいを生み、養殖ならではの魅力となっているとの意見が多かった。天然ウニとの差別化を図り、独自の価値を生み出していくうえで、餌による味の調整は大変有効であると考えられる。また、ウニが苦手な人や子どもでも美味しく食べることができたという意見もあったことから、売り先を意識した味の調整も有効である。

③ 歩留まり: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

④ 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。

⑤ 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。むき身のウニは、シーズン内で 15,000～20,000 円/kg、シーズン外 38,000 円/kg 程度で取引される場合がある。

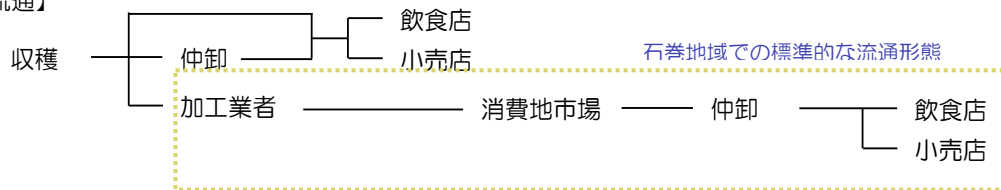
一方で宮城県産のウニは相場よりも、安く取引される傾向にあるため、今後は養殖ウニのブランド化に向けたイメージ戦略等も併せ、宮城県産ウニの取引価格の底上げを目指していく必要がある。

⑥ 販売形態:板ウニでの出荷を望む声が多い

板ウニとしての出荷を望む声が多かった。そのほかに、加工品として塩ウニなどでの提供を希望する声もあった。

⑦ 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: 宮城県産ウニの価格の底上げと、石巻ブランドのアピールも重要

宮城県産のウニは全国平均に比べ、低価格での取引が常態化している。このような現状を打破していくきっかけとして、養殖ウニの周知やブランド化は重要となってくる。養殖ウニを広めていくためには、経費の低減のほか、他産地との差別化などが必要となり、差別化を図る上では、ストーリーだけでなく餌等による栄養成分も重要な要素となる。

石巻市の企業である株式会社デ・リーフデで生産するパプリカの廃棄物をウニに与え養殖したところ、養殖ウニならではの風味が美味しいと試食会での評判も非常に良いものであった。今後は養殖ウニ独自の路線を開拓してくとともに、餌によるブランドイメージの定着を図り、宮城県のウニの地位向上と合わせて地域の活性化策として取り組んでいく必要がある。

⑥ 販売先: 輸入ウニに代わる存在として、国内企業や海外企業からも需要あり

先行きの見通しが立たない輸入ウニへの不安感から、一年通して安定的に供給が可能となる養殖ウニへの関心は国内企業、卸、商社、飲食店と各分野からも興味・関心が高くなっている。年間通してウニ丼を提供している県内飲食店や水産加工業者、県外の卸売市場関係者からも取引要望の声が上がっている。さらに、日本のみならず、日本の農林水産物を取り扱う専門小売店等からも引き合いがあり、海外市場を視野に入れた生産も期待される。

一方、ロットの確保の観点から、事業規模に合わせた事業展開を図っていく必要がある。

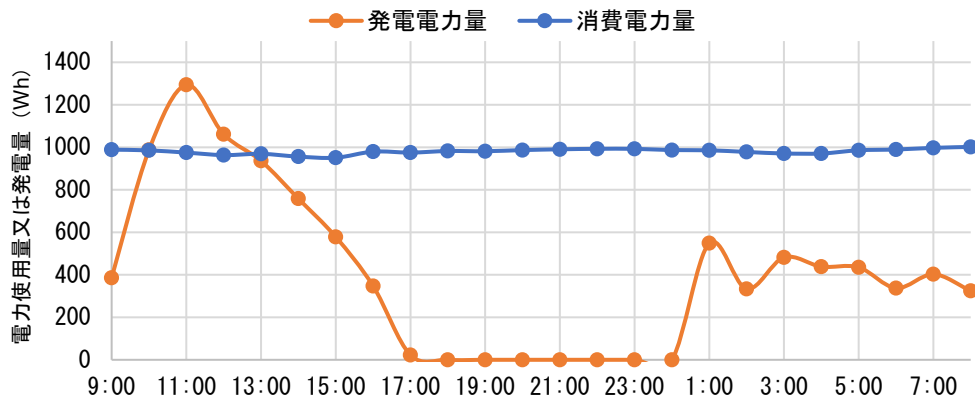
⑥ 取引可能期間: 塩水パックの状態で冷蔵約 3 日程度

塩水パックに加工した場合、冷蔵状態であれば約 3 日程度は味、色味の品質を保つことが可能なため、現状の条件下であっても県内のみならず、関東圏への流通も可能であると考えられる。それ以降は、身溶けなどが発生する可能性が高くなる。

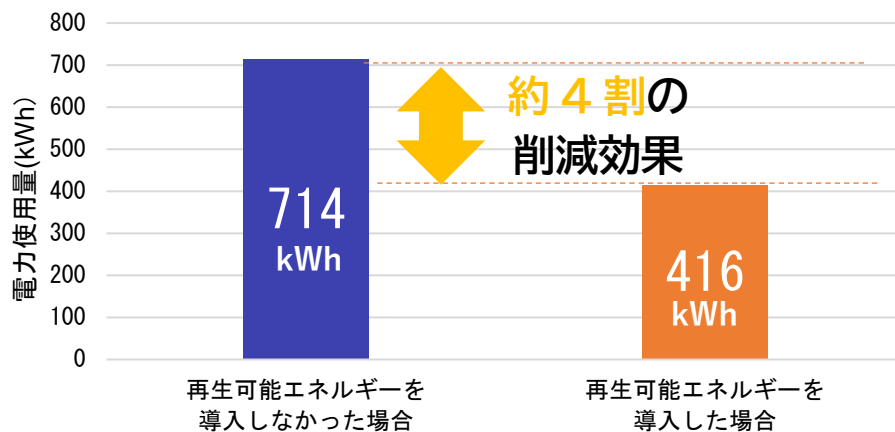
再生可能エネルギーの活用

01 | エネルギーの発電量

12月の電気使用量の実績と、太陽光パネル(160W~200W)と小型風力発電(最大400W~1kW)のセットを5基、3.2kWh蓄電池3基を備えた風力太陽光ハイブリッド発電システムの測定データを下記に示す。1ユニット当たりの消費電力量が冬季の最も使用電力量が多い時期で、1日約23kWhであるのに対し、再生可能エネルギーによる積算発電量は9.6kWhとなる。これを1カ月当たりに換算すると、消費電力量が約714kWhであるのに対し、発電量は298kWhが期待される。理想的に蓄電池を用いて夜間や晴れの日以外の電力供給ができたと仮定すると、買電量は約416kWhとなる。また、設置面積は約2倍程度に拡大した場合には、養殖水槽1ユニット分ほぼすべての消費電力量を再生可能エネルギーで賄うことも可能となる。



発電量・電力使用量を一カ月換算し、削減可能な電気料金を試算した。



仮定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

削減可能なランニングコスト

1カ月約 **8,725 円**

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、どれくらいの規模で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。

なお、以降は令和3年度のデータをもとに試算したものである。令和4年度においては、社会情勢等から電力利用料金の変動が大きく流動的であったことから再検討を実施しないこととした。

●試算条件【1ユニット】

	種目			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
		施設費	-	既存施設の有効活用
	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】2kW の太陽光発電を用いる
			(再エネ未導入) 15.1 万	
		水道代	-	海水を使用
		餌代	-	廃棄海藻やパプリカを使用
		原材料費 (ウニ)	-	補助金（水産多面的機能発揮事業により駆除されたもの）を活用
		加工費	76.2 万	出荷形態は板ウニを想定
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 の増加で設定

※養殖に必要な人件費は 1 時間当たり 2000 円と仮定し、月 22 時間稼働×12 カ月分を想定した。1 ユニット増加ごとの割増係数は 0.1 で設定

※加工費は加工人件費（売値の 3 割を想定）にその他諸経費（売値の 4 割を想定）の合計値で設定

●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	-366	-262	-158	-55	49	153

【感度分析】

売値単価（千円/kg）と、再エネ削減効果（千円/年）のみの変動

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)					
		-262	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)					
		-158	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)					
		-55	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、本ケースでは 6ユニット以上で行うと採算性の確保が可能となる。

03 | 採算性の確保へ向けた取り組み

まず、支出においては、特に大きな比重を占めるのが人件費と電気代である。

【人件費】

IoT 機器の活用や養殖規模の拡大による生産性向上が可能である。一方で、漁業地域で小規模で実施する場合、地域や漁協等と連携することも有用ではないかと考えられる。

【電気代】

再生可能エネルギーの導入が有効である。また、太陽光パネルのみで養殖に要する消費電力量すべてを賄おうとした場合、それなりの規模でパネル設置が必要であるため、太陽光パネルの上空を活用した小型風力発電などと併用することも有用である。現時点では検討段階の要素のため、今後はこれらの併用システムの最適化が課題となる。

【水道費】

使用する水は、海水である。海水の取水が容易な海沿いもしくは、漁港や既存の海水取水施設の活用により、コストを低減することが可能である。

【餌代】

本ケースでは、地域で廃棄される海藻やパブリカの葉等を活用し、コストを圧縮した。加えて、地域資源を活用することが商品価値向上につながることも視野に入れておく必要がある。

【原材料費】

本ケースでは、水産多面的機能発揮対策事業で駆除廃棄される海藻やパブリカの葉等を活用し、コストを圧縮した。加えて、地域資源を活用することが商品価値向上につながることも視野に入れておく必要がある。

【加工費】

本ケースでは、板ウニへの加工を外注することを想定しているが、事業形態を加工業者への出荷とするか、殻付きで市場への出荷とするか等で異なってくる。さらに、事業主体に加工技術を有している者が参画しているかどうかでも、本コストの評価は大きく異なってくる。

【イニシャルコスト】

基本的に、施設設備整備費であることから、既存施設の有効活用の可能性が高く、行政の支援が受けられやすいコストである。

次に、収入においては、どういった事業形態で展開するのか、戦略を練った上で決定する必要がある。

例えば、流通面では、養殖ウニであっても独特な風味や、年中通しての提供が可能な点などについて、飲食店、水産加工業者や卸売市場関係者からの需要は非常に高い。その一方で、現在の宮城県産のウニは全国の取引平均額よりも低価格での取り扱いが常態化しているため、他産地との差別化を図っていく必要がある。

最後に、ランニングコスト、イニシャルコストの各種目については、各地域の特性を活かしながら、最適な手法での導入が望まれるとともに、収入の検討にあたっては、販路等の流通面を有した者（漁協や加工業者等）と連携体制が構築できるかが重要である。