

研 究 分 野	4 養殖業の早期再開へ向けた養殖用種苗の確保支援と適正養殖管理	部 名	増養殖部
研 究 課 題 名	(3) 海藻類養殖における病虫害発生機構に関する研究		
予 算 区 分	県単（養殖業振興事業費）		
試験研究実施年度・研究期間	平成 23 年度～25 年度		
担 当	(主) 堀越 健、山口正希		
協 力 ・ 分 担 関 係	田老町漁協、新おおつち漁協、各広域振興局水産部普及チーム、岩手県養殖わかめ対策協議会		

<目的>

ワカメ、コンブは本県を代表する養殖種目である。これらの養殖種は、病虫害の発生や生理活性の低下等により減産や品質低下など大きな被害を及ぼす年があるものの、有効な防除手段が確立されていない状況にある。そこで、多種多様な病虫害の発生機構や診断基準を明らかにして、養殖生産の安定化に資する。

<試験研究方法>

1 養殖ワカメの性状調査

県産ワカメの藻体群としての生長や形態的特徴等を把握するため、宮古市田老町真崎地先（以下、田老という。）において平成 25 年 2 月上旬から 5 月上旬、大槌町吉里吉里地先（以下、吉里吉里という。）においては 3 月上旬から 5 月上旬にわたり、隔週で性状調査を実施した。具体的には、養殖綱 1 m に着生している養殖ワカメを全量採取し、本数及び全重量を測定後、その中から大型藻体 30 個体を抽出して各部位ごとに測定した。

なお、本来であれば 1 月から 4 月下旬まで調査を実施するところ、平成 23 年 3 月 11 日に発生した「東日本大震災津波」により養殖施設が被災し、その後の復旧・復興の最中であることもあって、吉里吉里は平成 24 年が欠測になる等、平成 23 年以降の本来期間実施が困難な状況にある。

2 養殖ワカメの病虫害発生状況調査

県内の一部の漁場でエフェロータ・ギガンティア（スイクダムシ）が発生したとの情報があり、4 月上旬～中旬に持ち込まれた県内 4 漁場（A～D）の生ワカメ藻体 46 本について、各藻体の裂葉片側を部位別に先端部、中央部、基部（元葉付近）として、葉体をそれぞれ 1 枚切り取り、さらに、切り取った葉体の中肋（中芯）側、中央側、葉先側から 1 cm² を 1 片として切り取り（図 1）、1 本あたり 9 片を検鏡した。

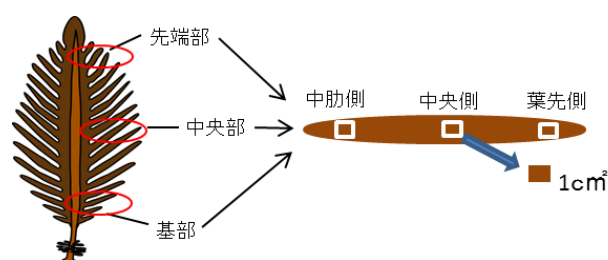


図 1 サンプル切り取り部位

葉体上の付着物の確認を容易にするため、切り取った葉体をメチレンブルー溶液に 1 分程度浸してから実体顕微鏡にて、葉体の表裏面（計 2 cm²）に付着した虫体数を計数し、葉体 1 cm²あたりの付着数を算出した。

また、平成 25 年 5 月上旬に、再度持ち込まれた漁場 C の生ワカメ藻体 5 本及び県内漁場 E の塩蔵ボイル加工されたワカメ藻体 5 本について同様の方法で付着数を確認した。

<結果の概要・要約>

1 養殖ワカメの性状調査

田老の測定結果を図 2 に、吉里吉里の測定結果を図 3 に示す。

平均葉長は、調査開始時（田老：2 月 6 日、吉里吉里：3 月 5 日）には田老は 91.0 cm、吉里吉里は 137.0 cm で、両漁場とも平成 22 年産を下回っていたが、その後順調に推移し、調査終了時（田老：4 月 16 日、吉里

吉里：5月2日）には、田老は平成22年産並み、吉里吉里は平成22年産を上回った。

平均葉重は、調査開始時には、田老 37.2g、吉里吉里 147.0g で、平成 22 年産をそれぞれ下回った。調査終了時には、田老は 547.1g で平成 22 年産を下回り、吉里吉里は 712.9g で平成 22 年産を上回った。

平均葉厚は、調査開始時は、田老は 0.25 mm、吉里吉里は 0.30 mm であった。調査終了時は、田老は 0.28 mm、吉里吉里は 0.36 mm であった。

平均葉幅は、調査開始時は田老は 46.7 cm、吉里吉里は 69.9 cm で、平成 22 年産をそれぞれ下回った。調査終了時には、田老は 118.9 cm、吉里吉里は 118.0 cm で平成 22 年産をそれぞれ上回った。

芽株の平均重量は、田老は調査開始時には欠測で 2 月 19 日の調査で 3.4g、吉里吉里は調査開始時に 4.7g であった。調査終了時には、田老 40.8g で平成 22 年産を下回り、吉里吉里は 3 月中には平成 22 年産を下回っていたが、調査終了時は 77.8g で平成 22 年産を上回った。

養殖網 1m 当たりの生産量は、調査開始時には田老は 3.3kg/m、吉里吉里は 8.5kg/m で、それぞれ平成 22 年産を下回った。その後、生産量は順調に増加し、調査終了時には田老は 42.5kg/m で平成 22 年産を上回り、吉里吉里は 39.4kg/m で平成 22 年産並みに回復した。

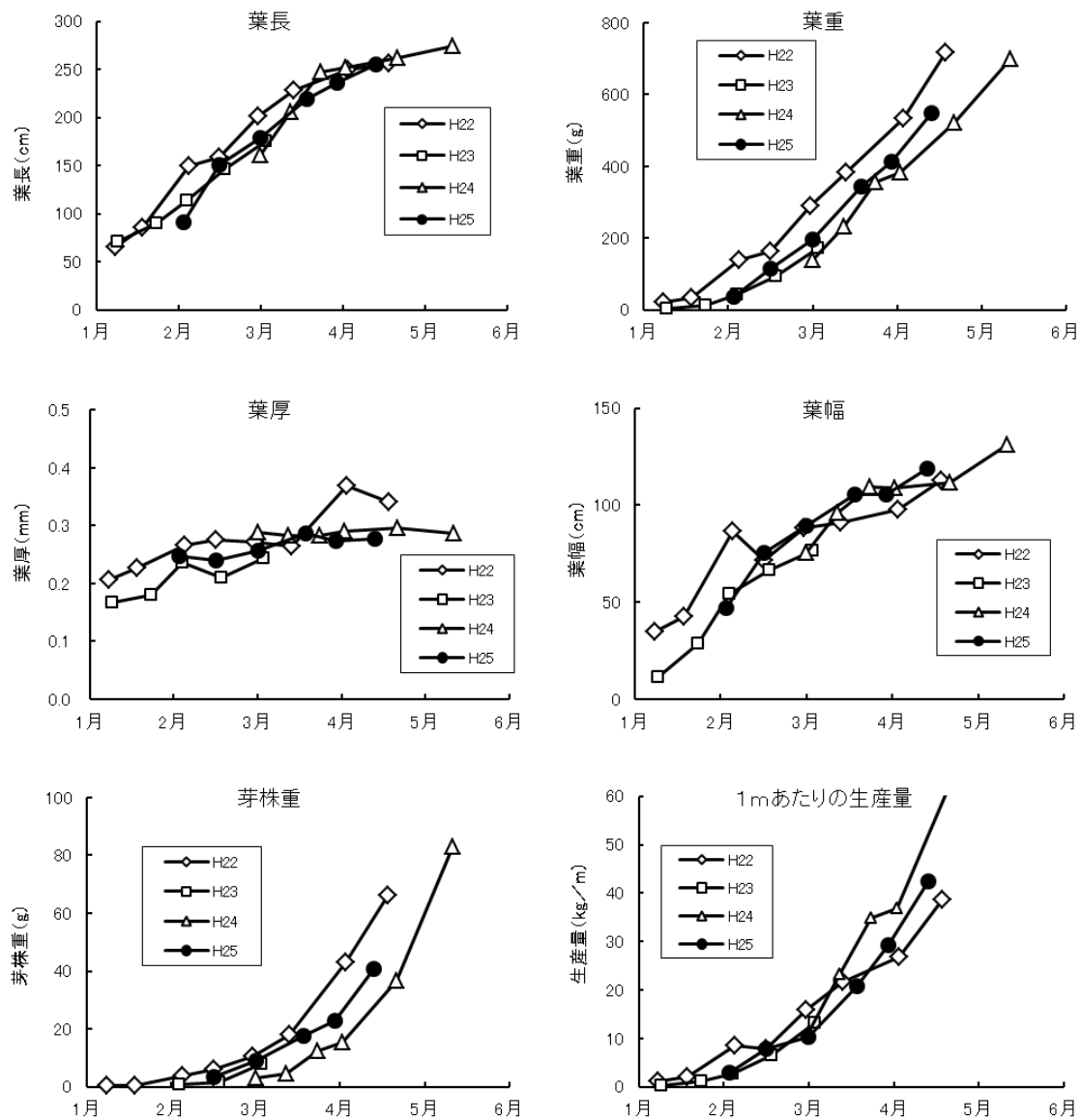


図2 調査定点における養殖ワカメの生育状況（田老）

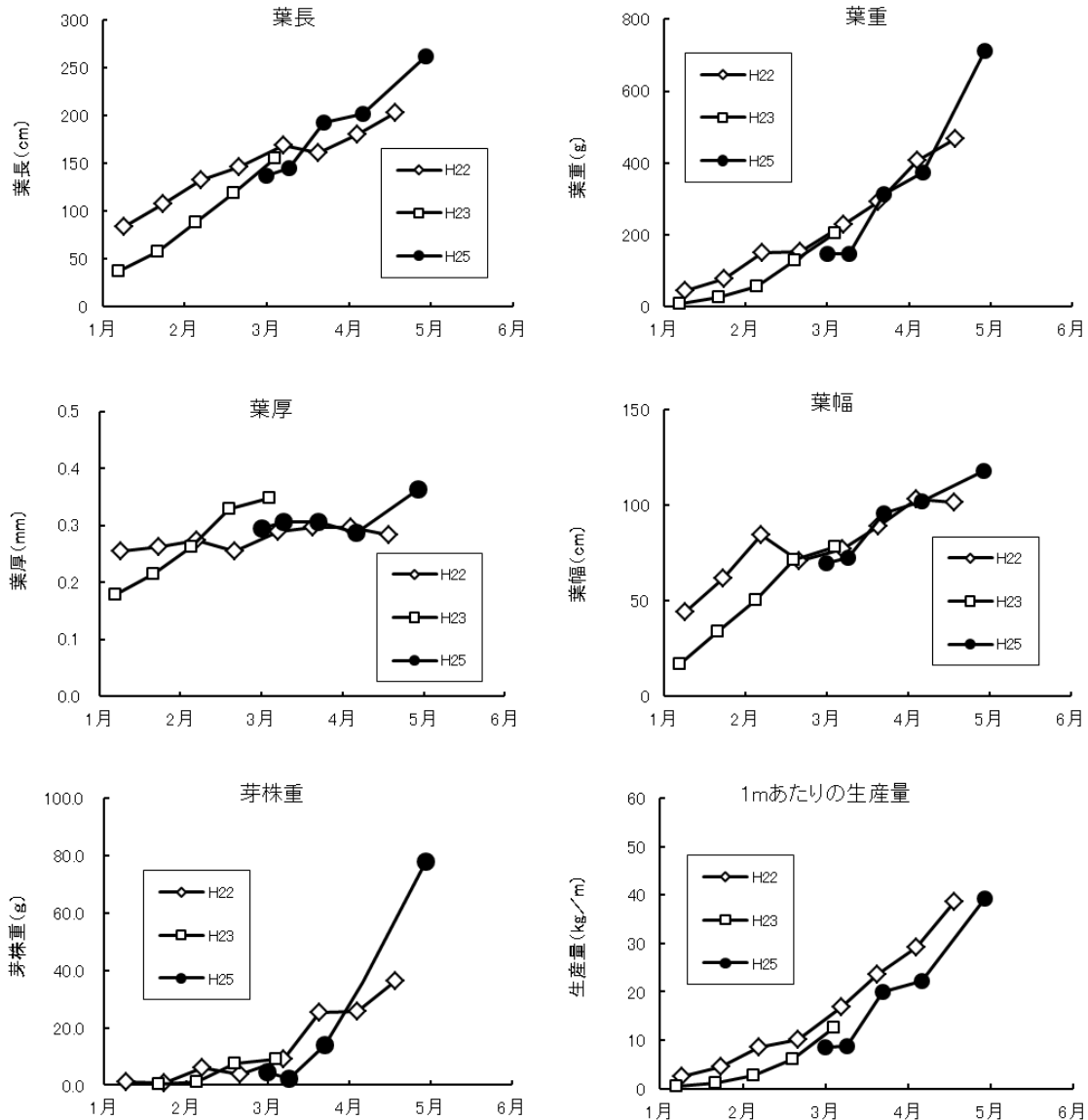


図3 調査定点における養殖ワカメの生育状況 (吉里吉里)

2 養殖ワカメの病虫害発生状況調査

漁場A～Fにおける検鏡結果の一覧を表1に示す。

4月中にエフェロータ・ギガンティアが発生したとの情報に基づき持ち込まれたA～Dの漁場については、エフェロータ・ギガンティアの付着はなく、アクティネータ・コリーニ (ツリガネムシ) の付着もほとんど見られなかった。

5月上旬に確認した漁場C及びEについては、アクティネータ・コリーニが多数付着していた。

5月上旬に確認した漁場Cにおける葉体の虫体付着数を図4に、漁場Eにおける葉体の虫体付着数を図5に示す。

漁場Cでは、4月上旬に確認したサンプルからアクティネータ・コリーニの付着は見られなかったが4月中旬のサンプルでは、先端部中肋

表1 持ち込みワカメ検鏡結果一覧

月日	漁場名	葉体本数	検鏡結果
4月3日	A	6	スイクダ等付着なし。
4月5日	C	5	エフェロータ・ギミバラと思われる柄 3個体。
4月5日	C	5	スイクダ等付着なし。
4月5日	C	5	スイクダ等付着なし。
4月5日	D	2	スイクダ等付着なし。
4月5日	D	3	スイクダ等付着なし。
4月5日	D	2	ツリガネムシ2個体。
4月9日	B	3	スイクダ等付着なし。
4月9日	D	3	スイクダ等付着なし。
4月11日	C	3	黄白色の変色 (珪藻)。
4月16日	C	4	スイクダ等付着なし。
4月16日	C	5	先端部中肋側及び先端からツリガネムシ各1個体。
5月2日	C	5	ツリガネムシ多数付着。
5月2日	E	5 (塩蔵加工)	ツリガネムシ多数付着。

側及び先端からアクティネータ・コリーニ各 1 個体を確認した。付着部位は先端部のみで中央部、基部では付着はなかった。5 月上旬に確認したサンプルでは、アクティネータ・コリーニの葉体部位別付着数（図 4）は、先端部の中肋側で最大 271 個/cm²であった。

漁場 E では、持ち込まれたサンプル 5 本全てに付着しており、付着部位は、先端部、中央部および基部であったが、先端部、中央部で多数付着しており、基部は僅かであった。

葉体部位別の付着数（図 5）は、先端部の葉先側で最大 620 個/cm²であった。付着が僅かであった基部側では、最大で葉先側が 3 個/cm²であった。

アクティネータ・コリーニの付着は、漁場 C では 4 月上旬から中旬にかけて付着が始まり、5 月上旬にかけて増加したものと推察された。葉体の部位別の付着は、昨年同様に、先端部で多く確認され、元葉付近の基部では僅かな確認か、または確認されなかった。このことから先枯れ等が進行した先端部から付着しやすいのではないかと推察された。

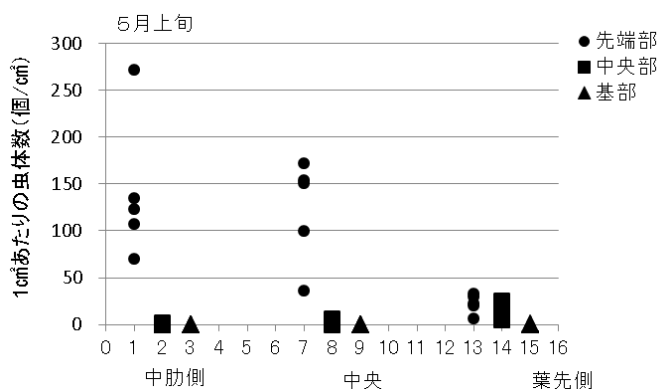


図 4 葉体部位別の虫体付着数（漁場 C）

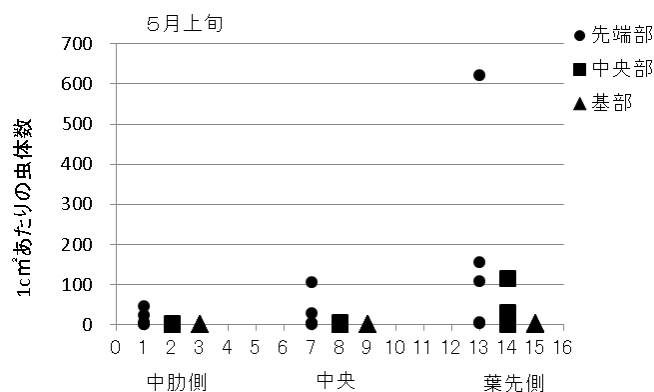


図 5 葉体部位別の虫体付着数（漁場 E）

<今後の問題点>

- 1 養殖ワカメに発生する多種多様な病虫害についての発生機構が解明されていない。
- 2 スイクダムシの生態を把握するための飼育技術が確立されていない。

<次年度の具体的計画>

東日本大震災津波により養殖施設が壊滅的な被害を受けたため、復興の状況にあわせながら病虫害の発生状況を把握する。

<結果の発表・活用状況等>

- 1 浅海増養殖技術検討会
- 2 わかめ養殖組合代表者研修会
- 3 岩手県養殖わかめ対策協議会
- 4 水産技術センター出前フォーラム

研 究 分 野	4 養殖業の早期再開へ向けた養殖用種苗の確保と 適正養殖管理	部名	企画指導部
研 究 課 題 名	(4) ワカメ等の大規模海藻養殖の効率化システムの実証研究 ①ワカメ自動間引き装置の開発		
予 算 区 分	国庫（先端技術展開事業費）		
試験研究実施年度・研究期間	平成 24 年度～平成 29 年度		
担 当	(主) 遠藤 裕樹 (副) 田中 一志		
協 力 ・ 分 担 関 係	石村工業株式会社、釜石湾漁業協同組合		

<目的>

本県のワカメ養殖業者は、零細な個人経営体が大半を占めることに加え、高齢化や後継者不足が深刻な問題となっており、経営体数は年々減少傾向にある。さらに、東日本大震災津波の影響により、この減少がますます加速することが懸念される。

経営体数が減少する中で、ワカメ養殖の生産システムは従来と変わらず、今後も生産を維持していくためには、生産工程を効率化、省力化するシステムの開発が不可欠である。

養殖ワカメ生産工程のひとつである間引き作業においては、厳冬期の1月から2月に行われることから、これまでもワカメ養殖業者の大きな負担となっている。

本課題では、ワカメ養殖の生産量を維持・増大させるための省力化システム開発の一環として、ワカメ自動間引き装置の開発、実証を行い、生産性の向上を図るものである。

<試験研究方法>

1 装置の製作

石村工業株式会社により、装置を設計・製作し、間引き作業時期にワカメ養殖漁場において装置の作動状態を確認した。

2 装置を用いた間引きと手作業による間引きの比較

釜石湾内の2箇所のワカメ養殖漁場（内湾性：白浜沖漁場 外洋性：白崎漁場）において、装置の有効性を検証するための試験を行った。

それぞれの漁場において、①装置を用いた間引きをする装置間引き区、②従来の手作業による間引きをする手刈り間引き区、③手を加えない無調整区を設定し、間引き作業にかかる時間及び作業後におけるワカメの着生・生長について比較した。

(1) 作業時間の比較

間引きに係る作業時間を比較。

(2) ワカメの着生状況の比較

間引き作業前後及び収穫時の着生の状況を比較。

<結果の概要・要約>

1 装置の製作（図1、写真1）

養殖桁に平行に張ったロープ（仮桁）を巻き取りリールで巻き取ることにより、2台のスリッ台に沿わせた養殖桁が移動し、後部のスリッ台に取り付けた刈り取り刃で養殖桁に着生するワカメの一部が自動的に刈り取られる仕組みとした。ワカメ養殖桁を安全に送り出し、かつ、刈り取り刃がよりの確に養殖桁にあたるよう吟味した。

スリッ台はステンレス製の箱型で、2種類製作した（スリッ台①、②）。2回目に製作した②は①よ

りも小さく軽量化し、運搬及び取り付けしやすいものにした。

スリップ台の中央部分は養殖桁が通るV字状の溝とし、刈り取り刃は刃の先端部分を鉛直下向きにした形で取り付け、養殖桁の側部を刈り取る構造とした。

巻き取りリールは、既存のネットホーラーに取り付けた。ON-OFF の操作を足元でできるフットスイッチを装着することにより作業性が高まった。

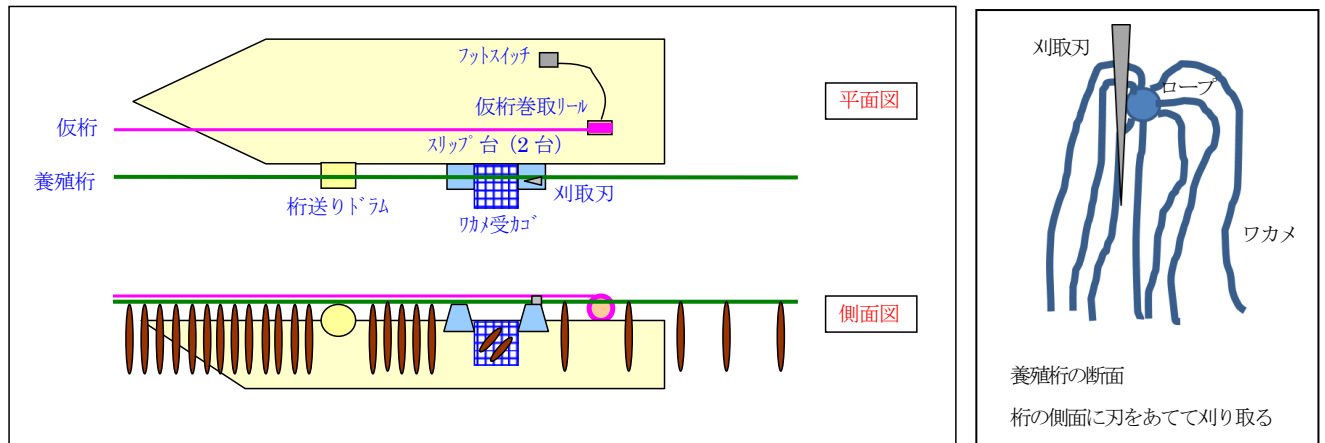


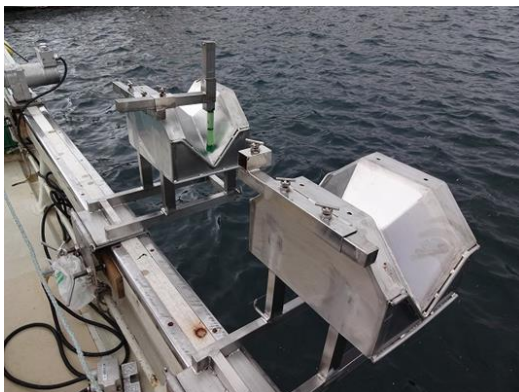
図1 ワカメ自動間引き装置の模式図



スリップ台①



スリップ台②（スリップ台①を小型化）



スリップ台と刈り取り刃



装置による間引き

写真1 ワカメ自動間引き装置

2 装置を用いた間引きと、従来の手作業による間引きの比較

(1) 作業時間の比較

間引きにかかる作業時間を計測し、養殖桁 100mあたりの間引き作業時間を求めた（図 2）。

作業時間は、外洋の白崎漁場（H26. 1. 28）で装置による間引きは 73 分/100m・1 人、手作業による間引きでは 122 分/100m・1 人であった。

内湾の白浜沖漁場の 1 回目（H26. 2. 6）は、装置による間引きは 36 分/100m・1 人、手作業による間引きは 100 分/100m・1 人であり、2 回目（H26. 2. 28）は、装置による間引きは 48 分/100m・1 人、手作業による間引きは 180 分/100m・1 人であった。特に 2 回目の手作業による間引き時間が長かったのは、ワカメが大きく生長していたことによるものと考えられた。

装置による間引き作業により、最大で 26.7%まで時間短縮されることを確認した（図 2）。

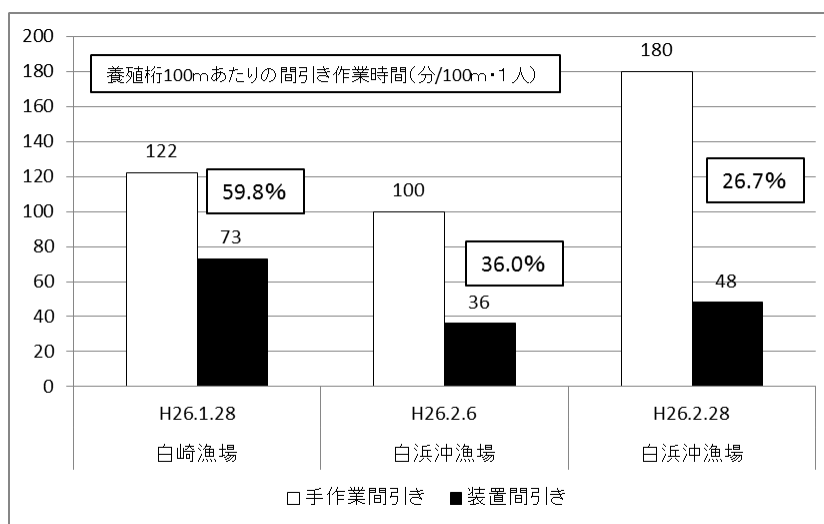


図 2 間引き方法別作業時間

(2) ワカメの着生状況の比較

試験漁場のワカメ養殖桁 1mあたりの着生量は、白崎漁場においては装置間引き区で手刈り間引き区に比べて、ワカメの重量の減りよりも本数の減りが大きく、白浜沖漁場においては装置間引き区で手刈り間引き区に比べて、ワカメの本数の減りよりも重量の減りが大きい傾向が見られた。白浜沖漁場の装置間引き区は全体的なボリューム（重量）としては減っているものの、手刈り間引き区よりも小型のワカメが桁に残っていた。最終の重量では、白崎漁場では無調整区、白浜沖漁場では手刈り区の値が高かった（図 3）。

着生ワカメ 1 本あたりの最終の平均の大きさは、全長、全重、葉重とも白崎漁場では装置間引き区、白浜沖漁場では手刈り間引き区の値が高かった（図 4）。

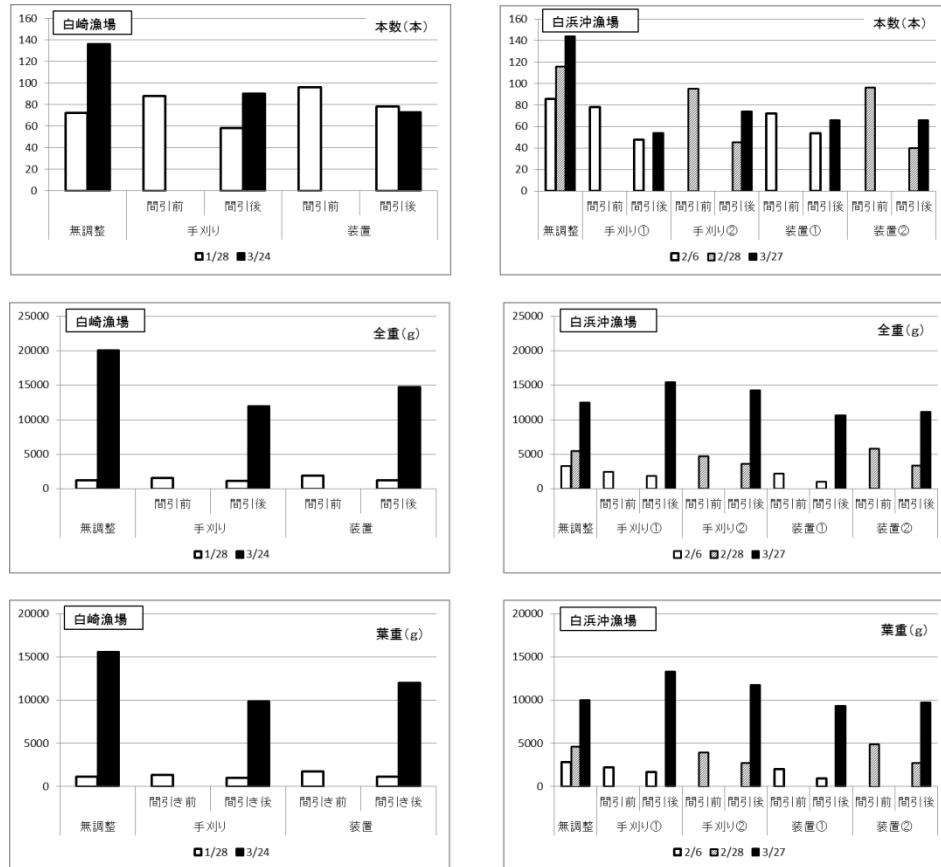


図3 ワカメ養殖桁1m当たりの着生量 (上:本数、中:全重、下:葉重)

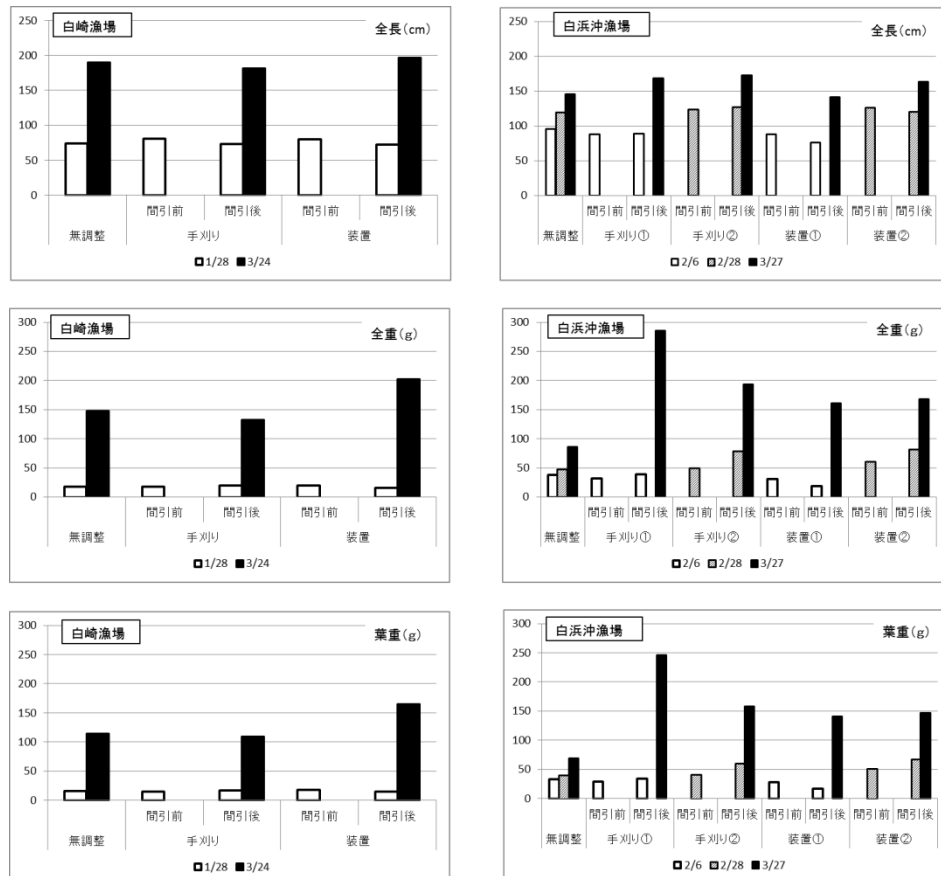


図4 着生ワカメ1本あたりの平均の大きさ (上:全長、中:葉長、下:葉重)

＜今後の問題点＞

- ・装置の刈り取り刃の部分がむき出しになっているので、安全対策が必要。
- ・養殖桁を送る際、桁に付属している浮玉やおもりを安全にかわす工夫が必要。

＜次年度の具体的計画＞

- ・装置運用時における安全性を確保するための検討。
- ・波浪条件の厳しい外洋に面した漁場などでも安全に使用できるようにするため、船体を安定させるための方法の検討。
- ・今後、装置を普及させていくための「ワカメ自動間引き装置運用マニュアル」を作成。

＜結果の発表・活用状況等＞

釜石湾漁業協同組合へ報告。
先端技術展開事業推進会議で報告。

研 究 分 野	4 養殖業の早期再開へ向けた養殖用種 苗の確保と適正養殖管理	部 名	企画指導部
研 究 課 題 名	(4) ワカメ等の大規模海藻養殖の効率化システムの実証研究 ②ワカメ刈取り装置開発試験		
予 算 区 分	国庫（先端技術展開事業費）		
試験研究実施年度・研究期間	平成 24～29 年度		
担 当	(主) 田中 一志 (副) 遠藤 裕樹		
協 力 ・ 分 担 関 係	石村工業株式会社、(独) 水産総合研究センター水産工学研究所		

<目的>

三陸地域のワカメ養殖の生産体系は零細経営が多く、収穫から加工工程に短期集中する典型的な労働集約型の作業形態となっており、かつ、養殖業者の減少や高齢化が進行している。さらに、東日本大震災津波により行使者数は被災前の 76%程度に留まっており、今後も養殖業者の減少が懸念される。将来にわたって養殖生産量を確保していくため省力化や省エネルギー化を図る必要がある。

そこで、定置船を利用した大規模ワカメ刈取り装置による省力化や省エネルギー化を検討した。

<試験研究方法>

株式会社石村工業により、新おおつち漁業協同組合所属定置漁船にワカメ刈取り装置を取り付けた。

新おおつち漁業協同組合では、同船を用い 3 月 10 日から 4 月 11 日まで、同漁協のワカメ養殖施設（船越湾）でワカメの刈取りを行ったので、この間の各種データ（刈取り量、燃油消費量、各種作業に要した時間）を調べたほか、作業性等について乗組員から聞き取った。各種作業に要した時間については、3 月 18 日に同船に乗船し、目視で調査した。

定置船の燃油消費量については、機関室に燃油流量計を設置し、計測した（図 1）。

また調査結果を、平成 25 年春期（釜石湾漁業協同組合所属定置船・釜石湾内にある養殖施設）の結果と比較した。



（水産工学研究所 長谷川氏の資料から抜粋）

図 1 機関室に設置した燃料流量計

<結果の概要・要約>

ワカメ刈取り装置の配置状況を図 2 に、各装置等の設置状況を図 3 に示す。装置は、株式会社石村工業が取り付けた。

作業員の配置状況を図 4 及び図 5 に示す。3 月 10 日から 4 月 11 日までの 17 日間の刈取り量を図 6 に示す。1 日あたりの刈取り量は 2.7 t から 4.3 t で平均刈取り量は約 3.4 t であった。3 月 18 日の主な作業の流れを表

1に、刈取り結果を表2に示す。

200mシングル養殖桁2本を刈り取るのに要した時間は、平成26年春期の定置船の方が平成25年春期の定置船に比べ若干長かった。これは、平成25年春期の船は、養殖桁を左右の舷に引き込むが（2桁同時処理）、平成26年春期の定置船は右舷にしか引き込めないためと考えられた。



図2 刈取り装置の設置状況

括弧書き部分は、もともと定置船が備えていた装置



船首ローラー



魚槽後部ローラー



桁掃除装置



船尾ローラー

図3 各装置等の設置状況

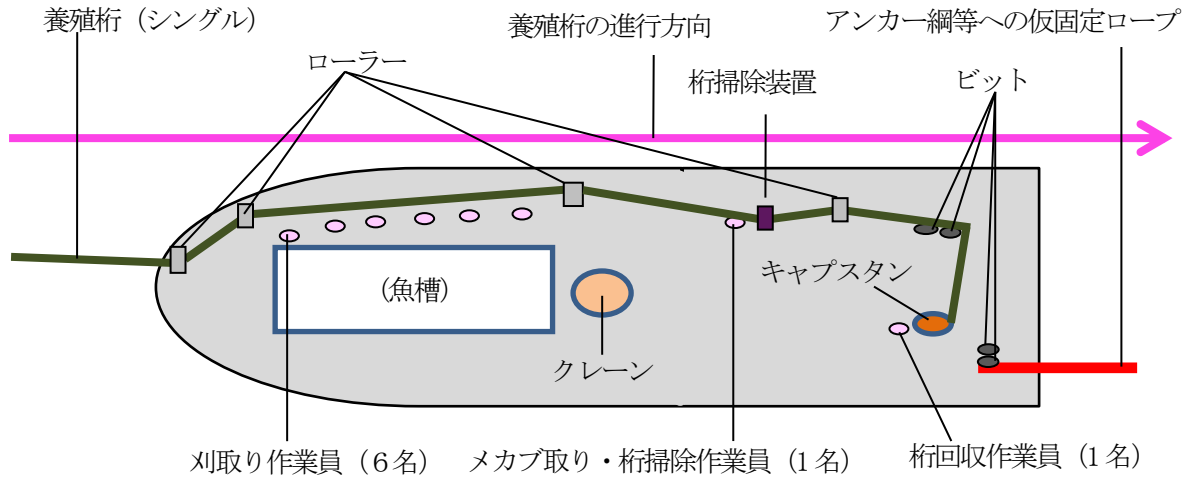


図4 平成 26 年春期定置船の刈取り装置と作業員の配置図

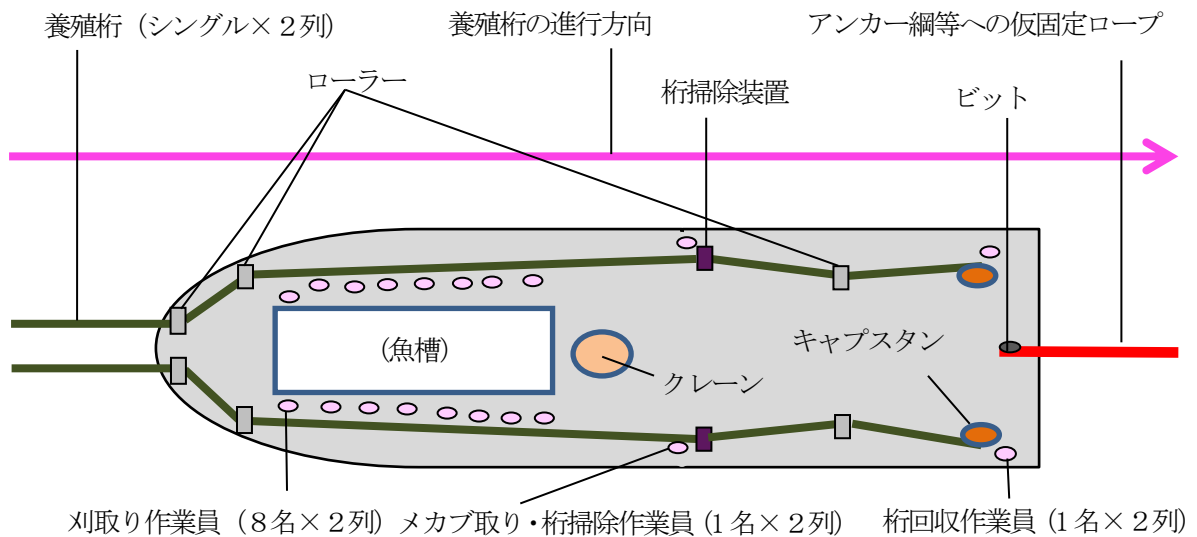


図5 平成 25 年春期定置船の刈取り装置と作業員の配置図

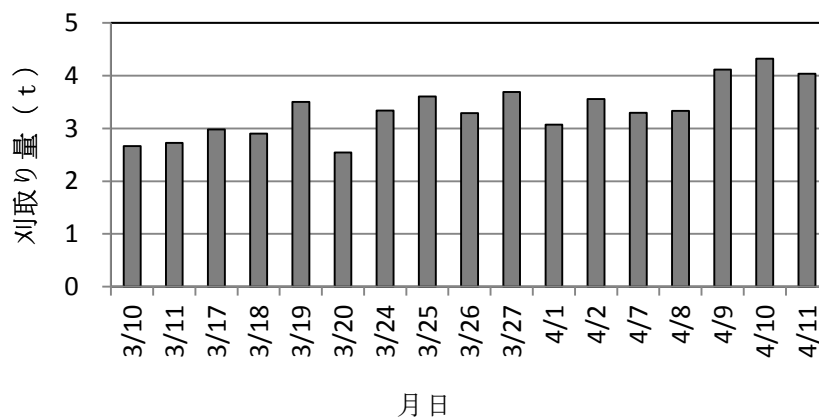


図6 平成 26 年春期定置船による刈取り量

表1 主な作業の流れ（平成 26 年 3 月 18 日）

時刻	作業内容
3:49	吉里吉里漁港から養殖施設に向け出港
4:02	1本目の養殖桁(200mシングル)に到着
4:03	養殖桁の引き揚げを開始(養殖桁を棹鉤で引き揚げ)
4:07	引き揚げた養殖桁の各装置へのセットを完了、刈取り作業を開始
6:00	アンカー縄と養殖桁終点の結束を解消
6:06	アンカー縄と船尾ビットの結束を解放(1本目の養殖桁にかかる諸作業を終了) 2本目の養殖桁に向け、移動開始
6:09	2本目の養殖桁(200mシングル)に到着、養殖桁起点の引き揚げ開始
6:11	引き揚げた養殖桁の各装置へのセットを完了、刈取り作業を開始
7:39	刈取り作業終了
7:42	養殖桁終点とアンカー縄の結束を解消
7:47	アンカー縄と船尾ビットの結束を解消 吉里吉里漁港に向け帰港開始 メカブについての茎の除去作業(船長と親方以外)
8:03	吉里吉里漁港に帰港

表2 刈取り結果

	H26 年 3 月 18 日 (新おおつち漁協)	H25 年 4 月 11 日 (釜石湾漁協)	
	定置船	定置船 (+補助船外機船)	養殖船
トン数	14 t	17 t	0.6 t
作業員数	8 人	20 人+2 人 (船外機船)	2 人
一度に甲板上に引き込める養殖桁数	1 桁	2 桁	1 桁
刈取りワカメの収容方法	魚槽上の蓋を常に開放し、刈取りワカメを収容	刈取り時、魚槽上の蓋を閉鎖し、その上に刈り取ったワカメを集積する金属枠を搭載。枠内にワカメが一定量集積するたびに刈取りを中断し、魚槽の蓋を開けて収容	甲板上的の万 丈籠等に収容
船外機船の補助の有無	無	有 (1 隻 (2 人))	無
200mシングル養殖桁 2 本を刈り取るのに要した時間 ※1	3.8 時間	3.3 時間	-
刈取り量/(人・時) ※2	96kg	55kg	93kg

※1 出港から帰港までの時間のうち、港から養殖桁までの移動時間を除いた時間。

定置船の場合は、海上での養殖桁の掃除や回収に要した時間も含む（養殖船は漁期終了後に改めて養殖桁を回収して桁掃除を行う）。

※2 スソ刈りは未実施

しかし、刈取り量/(人・時)は、平成 26 年春期の定置船の方が、平成 25 年春期の定置船を大幅に上回った。作業性等について乗組員等から聞き取った結果、平成 26 年の定置船が以下の長所を有すためと考えられた。-

○定置船上の作業員を半分以下に抑え、効率化を図ったこと。

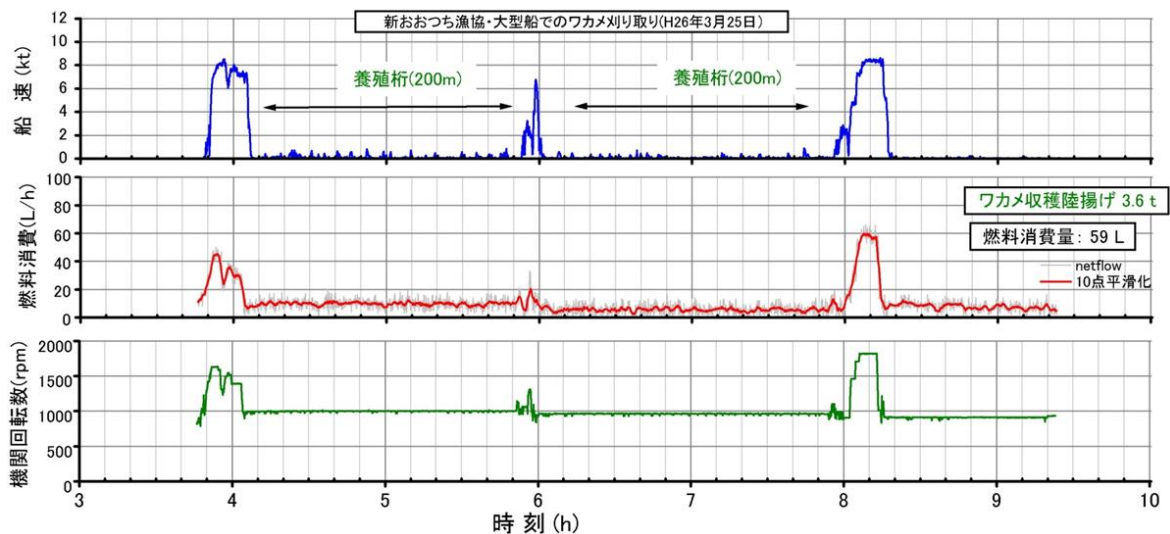
- 甲板の位置が低いため、船外機船を使う必要がなかったこと。
- 魚槽の蓋を常時開放し、刈取りワカメを直接魚倉に収容したこと。
- 片舷のみで養殖桁を扱うので、クレーンによる養殖桁の高さ調整を十分に行え、作業が楽であったこと（定置船にクレーンは一台しか設置していない）。
- 片舷のみで養殖桁を扱うので、両舷の刈取り速度を調整する必要がないこと。

また、平成 26 年春期の定置船の刈取り量/（人・時）は、平成 25 年春期の養殖船も上回った。養殖船の値には、養殖桁の掃除や回収に要した時間を含んでいないことから、平成 26 年春期の定置船は養殖船に比べ刈取り効率が高いと考えられた。

なお乗組員等の聞き取りから、次のような定置船を使用することの利点があげられた。

- 通常の養殖船で刈り取るよりも楽な姿勢で作業できること。
- 養殖船では操業しにくい波が荒い日でも操業できること。
- ワカメの刈取りと養殖桁の掃除・回収を同時に行えること。
- ワカメの刈取り漁期は、定置網漁業の休漁期なので、定置船の有効活用にもつながること。

定置船の燃油消費量の計測状況を、図 7 に示す。ワカメ 1 t の収穫に費やされた燃油量（A 重油）は、18.5L/t であった。一方、同漁場で並行して行っていた新おおつち漁協所属の養殖船（ガソリン）では、16.1L/t であった。ガソリン単価が約 159 円/L で A 重油単価が約 102 円/L であり（平成 25 年度岩手県単価契約額釜石市内平均値）、ガソリン単価は A 重油単価の約 1.5 倍であること、養殖船は刈取り期終了後に、桁掃除や回収のために再度養殖施設に向かわねばならないことから、定置船を用いた刈取りの方がコストを削減できる可能性が高いと考えられた。



（水産工学研究所 長谷川氏の資料から抜粋）

図 7 平成 26 年春期定置船の船速と燃油消費量等の推移（H26. 3. 25）

<今後の問題点>

次のとおり、問題点を改善する余地がある。

- 養殖桁をスムーズに引き込むために、刈取り装置の配置を直線化することが必要。
- 成長したワカメをスムーズに引き込むため、ガイド長を拡張することが必要。
- ローラー部分を滑り台式にして低くするか、ガイド部分をローラー状にするなどし、ガイドへのワカメの絡まりを防ぐことが必要。
- 作業効率を高めるため、養殖桁の結び方を工夫することが必要。
- 仮付浮き球の取り外し作業の際に、刈取り作業が中断するので、船外機船により仮付浮き球を外す方が、効

率が良くなる可能性が高い。

＜次年度の具体的計画＞

刈取り装置等の改善
マニュアルの作成

＜結果の発表・活用状況等＞

「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」天然資源への影響を軽減した持続的な漁業・養殖業生産システムの実用化・実証試験推進会議で報告

研 究 分 野	4 養殖業の早期再開へ向けた養殖用種 苗の確保と適正養殖管理	部 名	企画指導部
研 究 課 題 名	(4) ワカメ等の大規模海藻養殖の効率化システムの実証研究 ③ボイル加工試験		
予 算 区 分	国庫 (先端技術展開事業費)		
試験研究実施年度・研究期間	平成 24～29 年度		
担 当	(主) 田中 一志 (副) 遠藤 裕樹		
協 力 ・ 分 担 関 係	国立大学法人岩手大学工学部、(独) 水産総合研究センター水産工学研究所		

<目的>

三陸地域のワカメ養殖の生産体系は零細経営が多く、収穫から加工工程に短期集中する典型的な労働集約型の作業形態となっており、かつ、養殖業者の減少、高齢化が進行している。さらに、東日本大震災津波により、行使者数は被災前の 76%程度に留まっており、今後も養殖業者の減少が懸念されるため、将来にわたって養殖生産量を確保していくため、生産量の増大、製品の品質向上、生産コストの削減により、それぞれの技術や資産に応じた持続的な安定収入を得る取り組みが必要である。

本試験では、ワカメボイル釜壁面を断熱材で覆うことで、加温過程及び操業時における省エネ化、生産コストの削減を検討した。

<試験研究方法>

水産技術センター施設内で、本県で一般的に使用されているワカメボイル釜に海水約 630L を満たし、試験を実施した。

ボイル釜壁面を覆う断熱材として、グラスウールとベニヤ合板の 2 種類を使用して、ボイル釜内の温度変化や燃油消費量等について、断熱材を使わなかった場合と比較した (図 1)。

グラスウールは建築用の断熱材として広く使用されている素材であり保温性に優れるものの、ワカメ製品への混入の恐れがある。一方、ベニヤ合板は材料費が安価で自己施工も容易である利点があるので、この 2 種類を選定した。



図 1 断熱材を貼り付けたボイル釜

ア ボイル釜運転時における赤外線カメラによる観察

断熱材 (グラスウール、ベニヤ合板) で壁面を覆った場合と覆わなかった場合について、赤外線カメラを用い、壁面温度を調べた。

イ 加温時の断熱材による効果把握試験

断熱材 (グラスウール) で壁面を覆った場合と覆わなかった場合について、ボイル釜が設定温度 (ワカ

メ漁家の設定温度である 90℃) で停止するまでのボイル内水温や消費燃油量等の推移を計測した。

ウ 加熱後の保温性試験

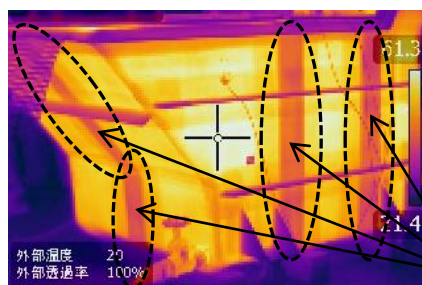
ボイル釜の水温を 80℃まで加温し、その後のボイル釜内水温 (ボイル釜中央水面下 15cm) 水温低下状況についてベニヤ合板で覆った場合と覆わなかった場合について比較した。

<結果の概要・要約>

ア ボイル釜運転時における赤外線カメラによる観察

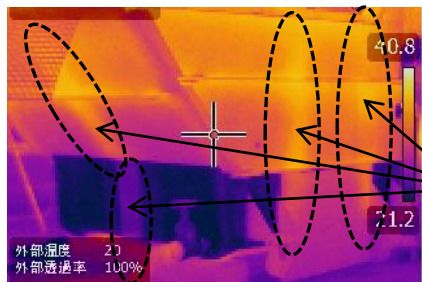
ボイル釜運転時における表面温度の状況を図 1 に示す。断熱材で覆った壁面は、壁面温度が低く、熱損失が小さいものと考えられた。

また、水槽壁面の垂直方向の補強部分 (ベニヤ合板が内蔵され厚みを有す) は、熱損失が小さいものと考えられた。



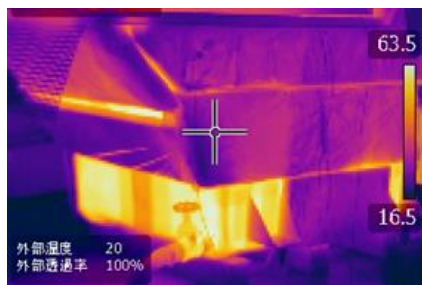
断熱材無

- ・全体的に温度が上昇しており熱損失が大きいことを示している。
- ・垂直方向の補強部分の熱損失が小さいことを示している。



断熱材有 (ベニヤ合板)

- ・全般的に温度が低く、熱損失が小さいことを示している。
- ・保温効果はベニヤ合板と水槽壁面との間の空気層も影響していると考えられる。補強部分とベニヤ合板が接する箇所は保温効果が低いことを示している。



断熱材有 (グラスウール)

- ・被覆部は温度が低く、熱損失が小さいことを示している。

図 1 赤外線カメラによる表面温度 (側壁の温度分布 薄色 (高温) ⇔ 濃色 (低温))

イ 加温時の断熱材による効果把握試験

計測結果を、表 1、図 2、図 3 に示す。断熱材の有無による省エネ効果は、判然としなかった。

海水量 (熱容量と比例) が多く、壁面放熱量に差が出る前に設定温度に達するため、加温時には断熱材の効果はあまりないと考えられた。

表1 加温時の断熱材効果

	1回目	2回目	3回目
断熱材(グラスウール)の有無	無	有	無
蓋の有無	有	有	有
開始時刻	11時57分	14時30分	16時48分
ボイル釜稼動時間(分)	33.50	33.67	34.33
消費燃料(ℓ)	8.18	8.31	8.46
ボイル内初期水温(℃)	17.3	15.8	13.6
ボイル内到達水温(加温終了時の水温)	93.0	92.4	92.4
燃料1ℓあたりの上昇水温(℃)	9.25	9.22	9.32
1秒間あたりの上昇水温(℃)	2.26	2.29	2.35

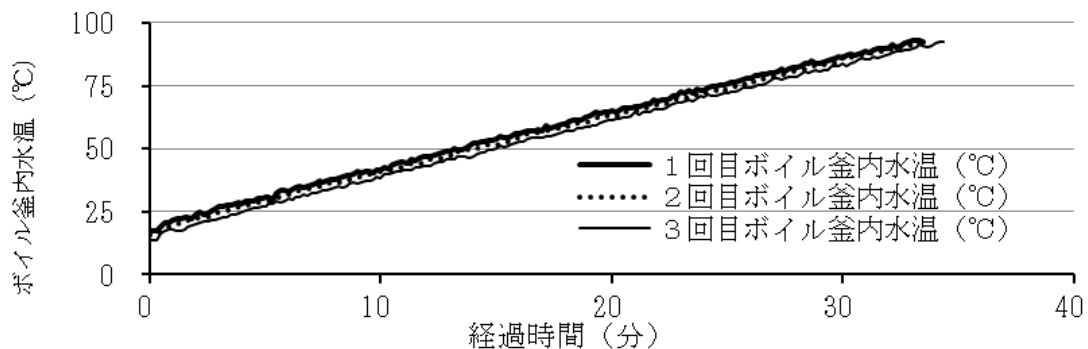


図3 ボイル釜内水温の計測結果

ウ 加熱後の保温性試験

試験結果を図3に示す。設定温度までの加温過程では、各条件間の温度差は判然としなかったが、5時間半後のボイル釜内水温は、断熱材で覆った場合の方が4℃ほど高く、保温効果が認められた。

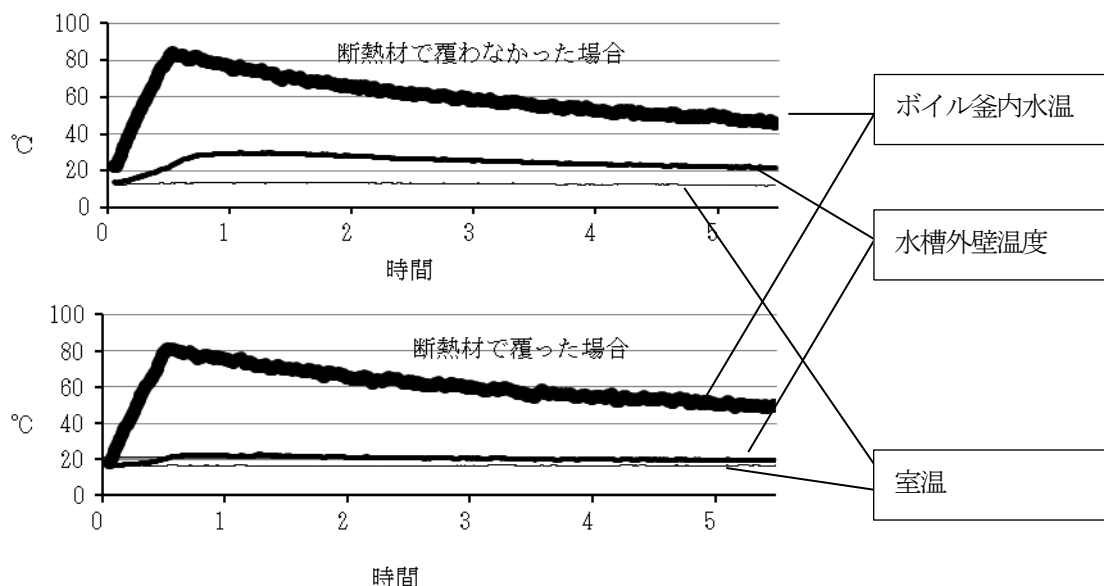


図4 加熱後の保温性試験の計測結果

<今後の問題点>

本試験は、屋内で行ったことなどにより、実際の作業条件とは異なる部分がある。屋外で行うなど、条件をより実際の作業に近づける必要がある。

＜次年度の具体的計画＞

本試験は岩手大学が主体となって実施しており、次年度からは岩手大学釜石サテライト屋外に 2 基の水槽を設け試験を行う予定。当センターでは、ワカメサンプルの提供など必要に応じ作業を支援する見込み。

＜結果の発表・活用状況等＞

- ・「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」天然資源への影響を軽減した持続的な漁業・養殖業生産システムの実用化・実証試験推進会議で報告
- ・日本機械学会東北支部第 50 回秋季講演会にて発表

研 究 分 野	4 養殖業の早期再開へ向けた養殖用種苗の確保と 適正養殖管理	部名	企画指導部
研 究 課 題 名	(4) ワカメ等の大規模海藻養殖の効率化システムの実証研究 ④コンブ乾燥施設の省エネルギー化		
予 算 区 分	国庫（先端技術展開事業費）		
試験研究実施年度・研究期間	平成 24 年度～平成 29 年度		
担 当	(主) 遠藤 裕樹 (副) 田中 一志		
協 力 ・ 分 担 関 係	(独) 水産総合研究センター水産工学研究所、重茂漁業協同組合		

<目的>

県内では乾燥コンブ生産の際に、漁家が所有する施設で乾燥作業が行われ、専用の乾燥機が用いられているが、近年の燃油高騰により、乾燥機の燃油使用量の軽減がこれまで課題となっていた。

また、東日本大震災津波により、多くの個人施設が被災したため、重茂漁業協同組合では共同利用のコンブ乾燥施設を整備し、平成 25 年度の乾燥コンブ生産時から施設の運用を開始したところであるが、これまで個人施設でコンブ乾燥を行っていた生産者は、新設されたばかりの施設で試行錯誤しながら作業を行っており、早期に効率的な施設の運用方法を確認しなければならない状況にある。

そこで今回、新設された施設でのコンブ乾燥作業の実態を把握するとともに、今後作業の効率化、省エネルギー化の方策を提示するための知見を得るものである。

<試験研究方法>

重茂漁業協同組合で整備した共同利用コンブ乾燥施設のうち、里地区の施設を使用している生産者を対象に調査を実施した。

乾燥施設の構造を把握し、コンブ乾燥作業が行われる 6 月下旬から 7 月下旬にかけて、施設の運用実態を調査するとともに、乾燥作業時における室内の温湿度分布の把握及び燃油消費量の計測を行い、今後乾燥作業の効率化を図るための問題点を整理した。

1 乾燥施設の構造

重茂漁業協同組合より施設図面を入手し、施設の規模、機器類の配置等について把握。

2 施設の運用

コンブ乾燥作業に立会し、施設の運用、機器の作動等について調査。

3 乾燥室内の温湿度計測

熱電対温度計及び温湿度データロガーを用いて、乾燥作業中の室内の温度、湿度の変化を経時的に計測。

4 燃油消費量計測

乾燥機と燃油タンクの間に燃油流量計を設置して、乾燥作業中に消費される燃油量を計測。

<結果の概要・要約>

1 乾燥施設の構造（写真 1、図 1）

重茂漁業協同組合のコンブ乾燥共同利用施設は、補助事業を活用し、平成 24 年度末までに合計 7 棟（里地区 3 棟、音部地区 1 棟、千鶏地区 2 棟、石浜地区 1 棟）整備された。

共同施設 1 棟あたりコンブを乾燥させる乾燥室と倉庫が 2 組ずつあり、2 つの漁家が同時に使用することが可能である。乾燥室の大きさは、幅 9.04m、奥行き 5.40m、高さ 5m であった。

乾燥室の奥には壁を隔てて機械室があり、間熱式乾燥機（㈱寺島商会製 マリンドライ）が 2 台設置されている。床面付近の壁の奥から手前の入り口側に向かって温風を吹き出す構造となっている。

乾燥機の吹き出し口上部には、乾燥室内の高温になった空気を再び乾燥機の吸気口に誘導し、循環させ

るための吸気窓が2箇所あり、自在に開閉できる。

湿気を排出する換気扇は天井付近の壁に4台、室内の空気を循環させる天井扇（ファン）は4台それぞれ設置されている。

そのほか、乾燥室の開口部として、シャッターで開閉する入り口、大小4つの窓がある。



写真1 共同利用のコンブ乾燥施設（外観、乾燥室内部、間熱式乾燥機）

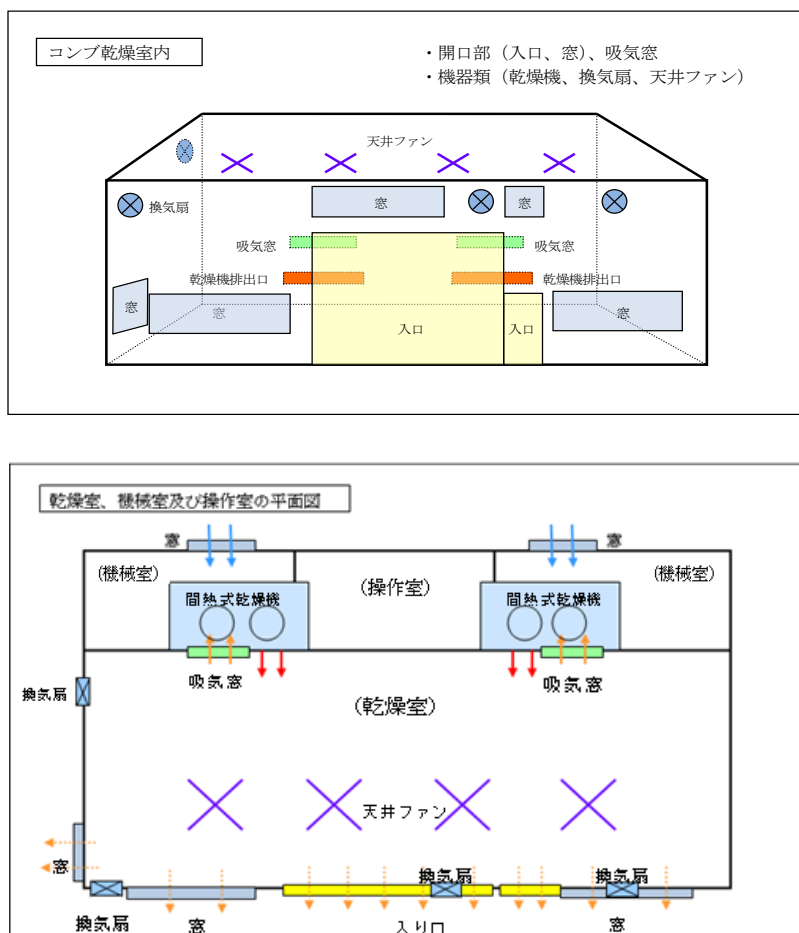


図1 乾燥室、機械室の模式図

2 乾燥室の運用

調査を実施した漁家における平成 25 年度の乾燥作業は、6 月下旬から 7 月下旬までの間で、ほぼ毎日行われていた。乾燥の方法はコンブを天井付近から縦に吊るす、いわゆる「棒干し」と呼ばれる方式であった。乾燥室に収容するコンブの量は、地区内でも最大級であり、1 回あたり最大 1,500 本（1.5～2 トン）程度であった。

午前中に生のコンブを乾燥室内に収容、吊るす作業が終了した後、昼前には乾燥機を始動させ、設定温度 70℃で 9 時間作動させていた。

期間中は、ほぼ同じサイクルで作業が行われていた（写真 2）。



写真 2 共同利用乾燥施設の運用（コンブ搬入、吊り下げ、乾燥、梱包）

乾燥機始動後 3～4 時間は入り口のシャッターを全開、換気扇及び天井ファンを全て稼働させ、積極的に室内の湿気を排出させる。3～4 時間経過しある程度コンブが乾燥した後、室内で貼り付きあったコンブ同士をはがす作業を行うとともに入り口を閉鎖、乾燥機排出口の上部にある吸気窓を開放し、高温になった空気を乾燥機の吸気口に誘導する（図 2）。

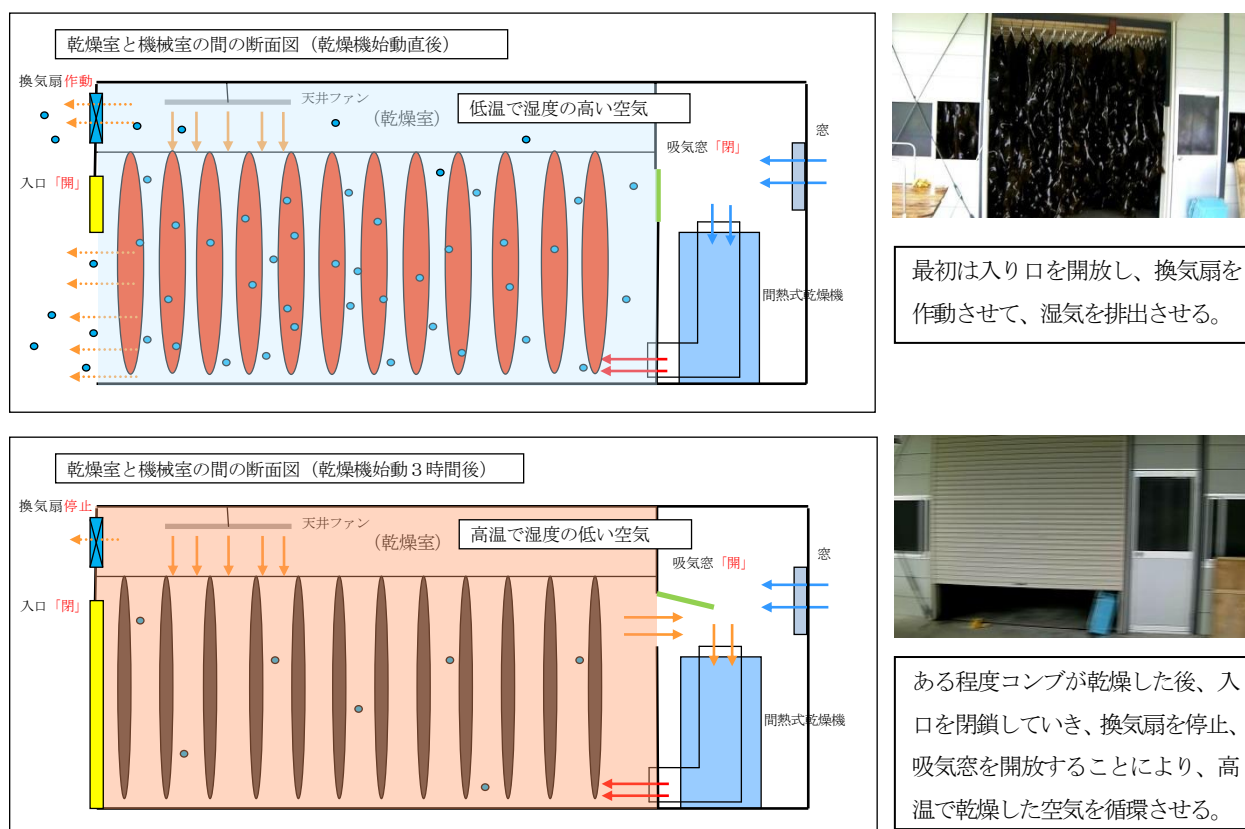


図 2 乾燥作業時の施設内の模式図（乾燥初期、乾燥中～後期）

3 乾燥室内の温湿度計測

できるだけ湿気を排出するために、乾燥直後から入り口を大きく開放していることや、天井付近の換気扇を作動させていることなどから、乾燥機で上昇させた空気の熱も同時に排出されることが影響して、乾燥機の設定温度を 70℃にしているにもかかわらず、乾燥機作動から室内温度の上昇が緩慢で、3～4 時間後でも 40℃前後であった（図 3）。

また、乾燥室手前入り口側と奥の隅に計測点（床からの高さはそれぞれ 0.5m、3.0m）を設けて比較したところ、温度の差はほとんどなかったが、湿度で差がみられ、入り口側付近の湿度の低下が若干遅く、コンブの乾きも遅い状況がみられた（図 4）。

4 燃油消費量の計測

間熱式乾燥機に用いる燃油は A 重油で、燃油流量計を設置（写真）して計測を行ったところ、1 回当たりのコンブ乾燥での消費量は、200 リットル以上であった（図 5）。

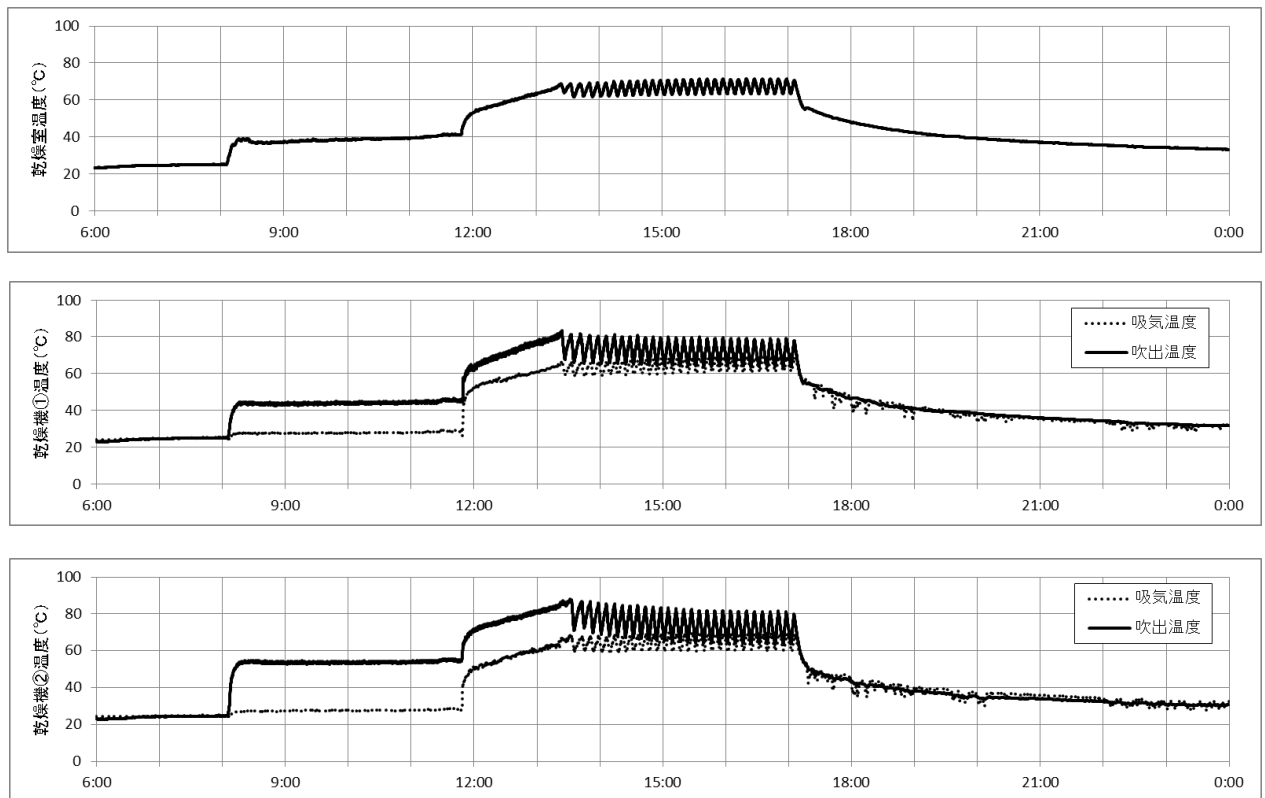


図3 乾燥室内温度（上）と乾燥機温度（中、下）の変化（H25.7.9）

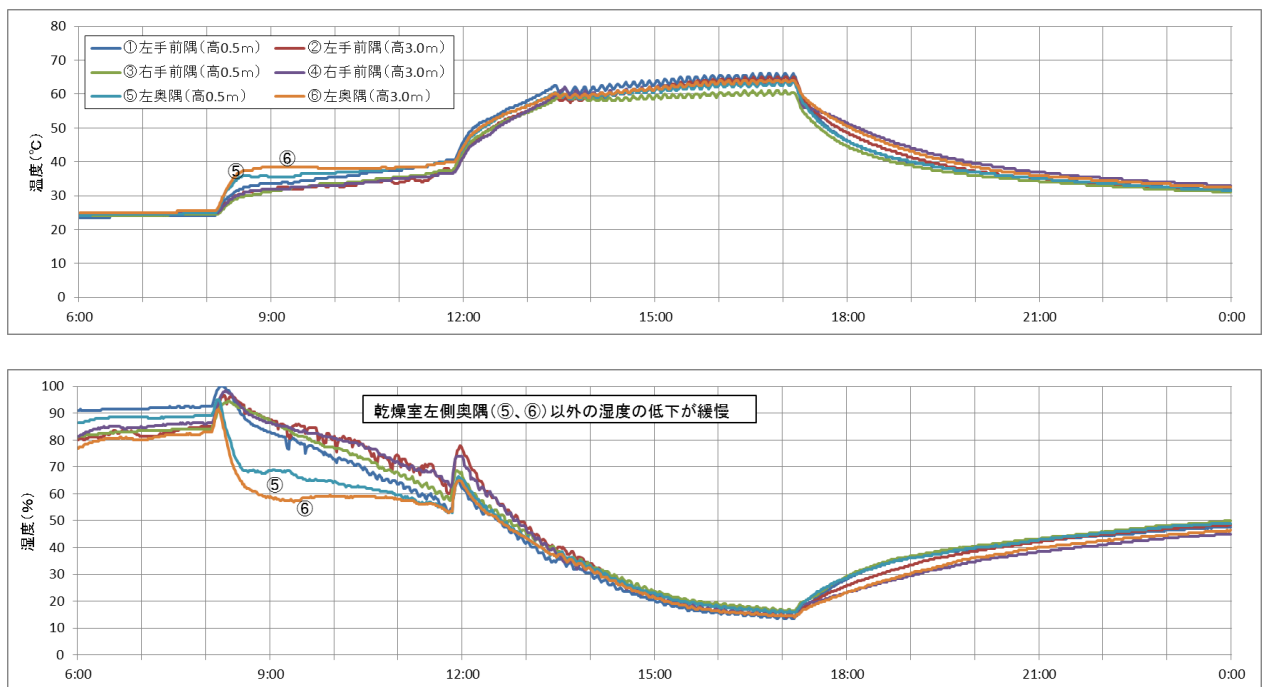


図4 乾燥室内の温度及び湿度変化の比較（H25.7.9）

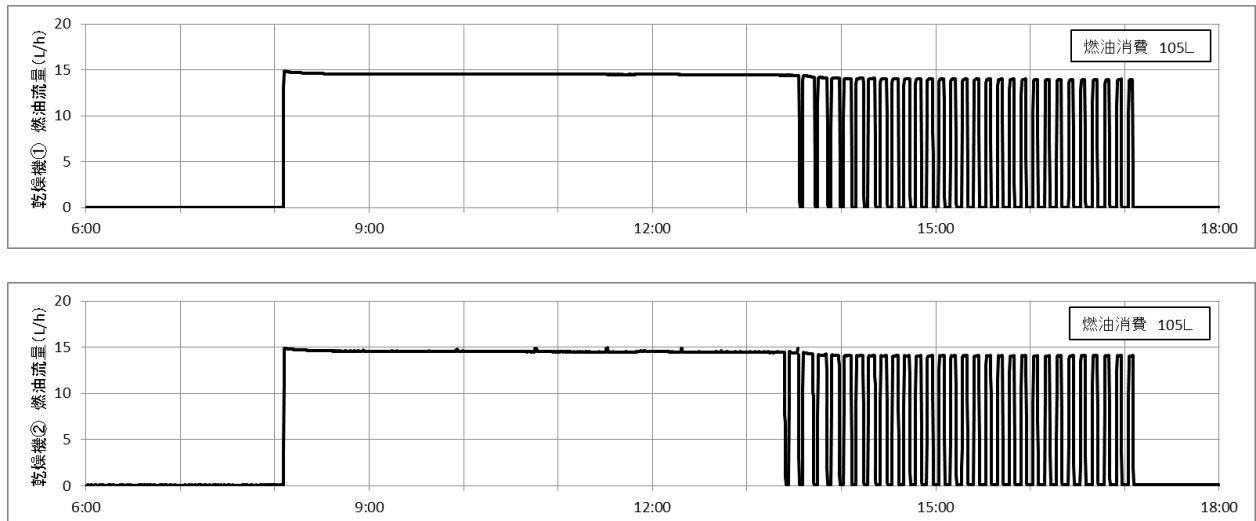


図5 燃油流量の変化 (H25. 7. 9)

＜今後の問題点＞

- ・コンブの乾燥においては、室内の温度を上昇させながら湿気を効率的に排出させることが理想であり、そのためには、現在天井付近に設置されている換気扇を床面付近に移設して運用することや、入り口の開閉のタイミングを工夫するなど、乾燥機で上昇させた熱を極力逃がさずに湿気を排出させる対策を検討する必要がある。
- ・室内の床面隅などでは特に湿気が滞留しがちになるので、できるだけ室内の空気が均一になるよう、天井ファンや乾燥機の吹き出し口に角度をつけるなどして、室内に満遍なく空気の流れができるように工夫する必要がある。
- ・更に、乾燥室にコンブを収容する前に、葉体に付着している水分をできるだけ除去することや、室内に収容するコンブの量を検討することなども対策として考えられる。

＜次年度の具体的計画＞

換気扇の設置位置の変更など、施設や機器の運用を改善することによるコンブ乾燥の効率化を検討する。

＜結果の発表・活用状況等＞

- ・重茂漁業協同組合管内の生産者を対象として、調査結果を報告
- ・水産技術センター出前フォーラムで報告
- ・先端技術展開事業推進会議で報告

研 究 分 野	5 県産水産物の品質優位性の証明等による市場流通の支援	部 名	利用加工部
研 究 課 題 名	(1) 県産水産物の非破壊迅速品質評価技術の実証 ① 生鮮水産物、冷凍水産物の鮮度、成分の把握		
予 算 区 分	国庫（先端技術展開事業費）		
試験研究実施年度・研究期間	平成 24～26 年度		
担 当	(主) 藤嶋敦 (副) 上田智広		
協 力 ・ 分 担 関 係	(独) 水産総合研究センター中央水産研究所、大船渡魚市場(株)、大船渡湾冷凍加工業協同組合、(有)三陸とれたて市場、大和製衡(株)		

＜目的＞

魚の品質を評価する場合、鮮度と脂質含量は重要な評価項目であり、魚市場等では鮮度指標であるK値と脂質含量を簡単に迅速に測定できる非破壊評価の測定装置が求められている。しかし、既存の測定装置は高額であることなどから、普及するには至っていない。このため、中央水研、大和製衡(株)などが安価に市販することを目指し、魚体の電気インピーダンスからK値と脂質含量等を推定する魚用品質状態判別装置を開発した。当センターではこの装置のプロトタイプを用い、本県で漁獲されるカツオ、ブリおよびサケのK値と脂質含量の推定精度について検討した。

＜試験研究方法＞

供試魚は、釜石魚市場に水揚げされたブリ 50 個体とサケ 48 個体および大船渡魚市場に水揚げされたカツオ 32 個体を用いた。ブリは水揚げから 4 日以内、サケは 3 日以内、カツオは 5 日以内に測定した。

インピーダンスは、魚用品質状態判別装置のプロトタイプ（非売品、大和製衡株式会社、図 1）により、交流電流を 2、5、20、50、100kHz の各周波数で通電しインピーダンスを測定した。測定部位は魚体左側の尾叉長の中央で背鰭と体側の間 45°（図 2）の表皮で、水分を拭き取ってから装置を当ててインピーダンスを測定した。測定は 5 回行い上限値と下限値を除いた 3 点の平均値を用いた。



図 1 魚用品質状態判別装置

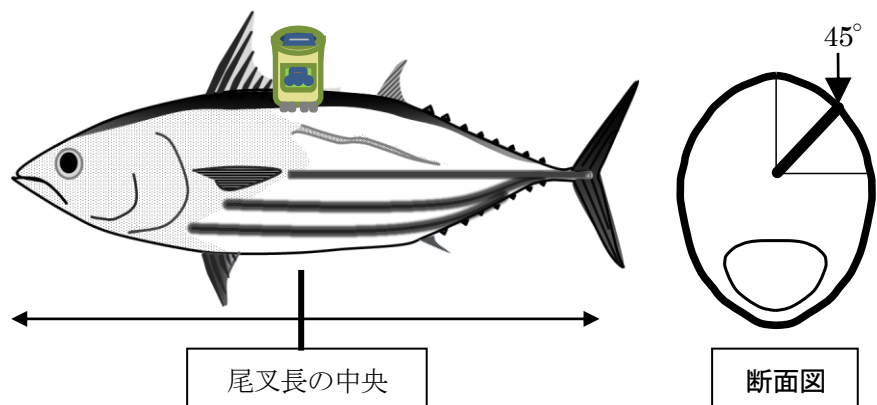


図 2 カツオを例とした測定部位

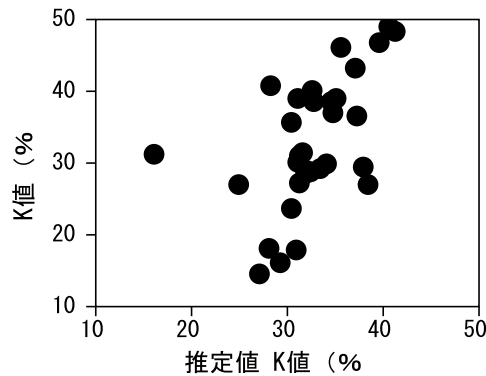
K 値は、魚体左側の背肉中央部の普通肉を採取して HPLC 法により ATP 関連化合物を測定し K 値を算出した。脂質含量は、魚体右側の背肉中央部を測定器接触部位と同じ 6 cm 幅の魚肉を採取して、ソックスレー法により粗脂肪を抽出し脂質含量の割合を算出した。

得られたデータは、K 値と脂質含量を目的変数、各周波数のインピーダンスと各周波数インピーダンスの比および肥満度（ $(\text{体重}/\text{尾叉長}^3) \times 1,000$ ）を説明変数として回帰分析を行った。

＜結果の概要・要約＞

1 K 値の推定

カツオはインピーダンス比（2kHz/50kHz）を説明変数とする回帰式が得られたが、推定精度は低かった。ブリとサケでは有意な回帰式は得られなかった。

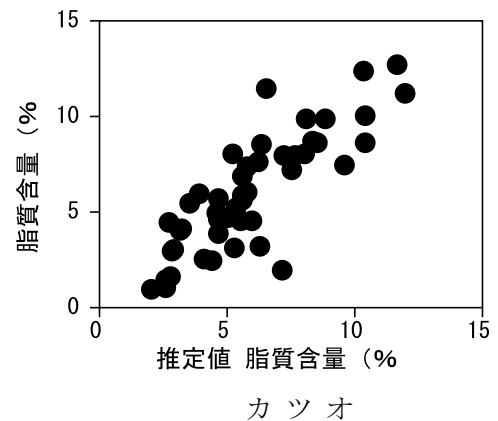
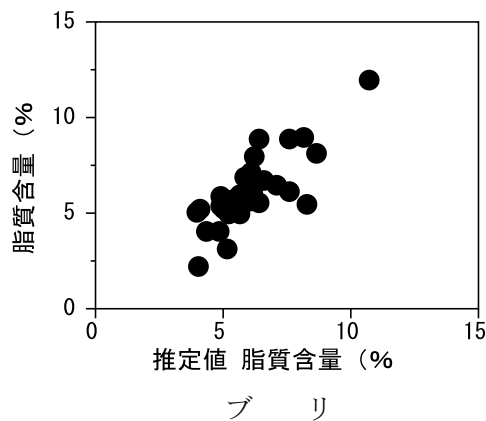


$$K\text{値} = -13.319 \times 2\text{kHz}/50\text{kHz} + 51.897 \quad (r = 0.538)$$

図3 K 値の推定 (カツオ)

2 脂質含量の推定

ブリは肥満度と100 kHz インピーダンスを説明変数とする重回帰式の推定精度が高く、カツオでは100 kHz インピーダンスを説明変数とする回帰式の推定精度が高かった(図4)。なお、サケでは有意な回帰式は得られなかった。



$$\begin{aligned} \text{脂肪含量} &= 1.037 \times \text{肥満度} + 0.053 \times 100\text{kHz} - 17.133 \quad (r = 0.830) \\ \text{脂肪含量} &= 0.045 \times 100\text{kHz} + 1.668 \quad (r = 0.799) \end{aligned}$$

図4 脂質含量の推定 (ブリ、カツオ)

＜今後の問題点＞

3 魚種のK 値とサケの脂質含量の推定精度が低い。

＜次年度の具体的計画＞

次年度は、ブリとカツオの脂質含量の課題に重点を移し、データを蓄積して推定精度の向上と得られた回帰式（検量線）の検証を行う。

＜結果の発表・活用状況等＞

「地域資源を活用した省エネ・省コスト・高付加価値型の水産業・水産加工業の実用化・実証研究」研究成果報告書（平成 25 年度）、(独)水産総合研究センター中央水産研究所

研 究 分 野	5 県産水産物の品質優位性の証明等 による市場流通の支援	部 名	利用加工部
研 究 課 題 名	(1) 県産水産物の非破壊迅速品質評価技術の実証 (2) マイクロ波照射センシングによる塩蔵海藻製品の 非破壊含水率測定技術		
予 算 区 分	受託 (利用試験費)		
試験研究実施年度・研究期間	平成 24～25 年度		
担 当	(主) 及川 和志		
協 力 ・ 分 担 関 係	JST 科学技術振興機構・復興促進センター盛岡事務所、重茂漁業協同組合、 マイクロメジャー (株)、地独) 岩手県工業技術センター、 岩手県漁業協同組合連合会 (アドバイザー参加)		

<目的>

本県沿岸で生産される養殖ワカメは、大半が「湯通し」と「塩漬け」が施された塩蔵加工製品として流通しており、その品質を保存性良く維持するためには製品の水分と塩分を適切に管理することが重要である。

しかしながら、従来の品質管理手法 (目視や官能による出荷製品の等級格付け) のみでは十分とは言えず、また、迅速な測定結果が得られる分析手法が不足している為に、出荷流通時など、製品の全数を対象とした成分の規格管理は実現できていない。

そこで、海藻類、特に塩蔵加工されたワカメ (製造仕掛品、箱入り最終製品) に含まれる水分等を迅速かつ簡便に判定し得る新たな分析手法として、木材用水分計で実用化が進むマイクロ波 (図1) センシング技術を応用した海藻成分用プロトタイプ装置の開発を行い、高濃度な塩分が含まれる被測定試料の含水率を精度良く測定できる最適なセンシング条件を検討するとともに、養殖ワカメ等、海藻加工分野における製造・流通管理手法としての技術的基盤の構築を目的とする。

<試験研究方法>

木材の含水率測定に活用されているマイクロ波式水分計 (写真1) の構成を基に、新たに作成した試料特性研究用の装置と測定用治具により (写真2)、塩蔵ワカメの水分測定に適した装置構成を抽出した (図2、3)。

さらに、ワカメ試料の不均質性による測定精度の低下を念頭に、乾燥カットワカメと塩水による均質な試料モデル (図4) を作成することで測定データの再現性を確保し、これにより塩蔵ワカメの規格箱入り製品に対応した水分率測定装置の試作開発を実施した (写真3)。

測定対象とする塩蔵ワカメ製品 (15kg容規格箱入り) の水分率測定に対応するため、周波数2.4GHzのマイクロ波送受信回路を採用した対向型接触プローブ式水分計 (藻体単位での抜き取り検査用) 1機種、同じく対向型ホーンアンテナと移送コンベアー装置を組み合わせたフリースペース式水分計 (製品箱単位もしくは製品箱からの一部抜き取り検査用) 2機種を新たに開発し、それぞれについて従来法 (加熱式水分計) での成分分析結果と対比させて装置測定値の相関性と装置性能 (測定精度、再現性) を検討した。

<結果の概要・要約>

本事業で試作開発したフリースペース型 (ホーンアンテナ型送受信系) 非接触式マイクロ波水分計 (写真4) を用いた検討により、湯通し塩蔵ワカメに含まれる水分 (塩水分) 率に対しても、従来法で得られる水分率の測定値に一定の相関性が得られることを初めて見いだした。

定容積に占める塩水分の量的変化に応じて得られる測定値は、塩水量が5kgまでの範囲で直線的に変化しており (図5)、その範囲内であれば、予め作成した検量線データ (図6) を基にして製品中の水分 (塩水分) を非破壊で精度良く推定できると考えられる (表1参照)。この際、マイクロ波の照射角は、試料に対して45℃程度に傾斜させることで、測定レンジ内の精度が向上すると考えられる。

なお、残念ながら、実際に流通する 15kg 入りの湯通し塩蔵ワカメ製品に対しては開発したプロトタイプ装置の測定レンジを超えるため、水分量を推定する為には試料厚を 1/3 程度まで薄くする必要がある。

湯通し塩蔵ワカメは、マイクロ波による水分率測定で実用化が先行している木材と比べ、重量あたりに占める水分量が数倍多く含まれ、また、水分によるマイクロ波の減衰に影響が大きい塩分が高濃度に含まれていることから、木材用水分計では十分に対応し得る製品寸法であっても、湯通し塩蔵ワカメでは測定レンジを超えているとの結果は納得できる結論である。

今回、試作したプロトタイプの非破壊式検査装置は、参画機関が有する現状の技術の組み合わせの中で湯通し塩蔵ワカメの製品寸法と内容量に最大限適する周波数を選択したマイクロ波送受信装置で構築されたものであり、内容量が 5kg までであれば水分率を適切に推定可能（測定レンジ内に収まる）とする当該分野では初となる成果も得られており、本事業での取り組みでは事業目標が概ね達成されたと考えている。

＜今後の問題点＞

マイクロ波による水分率測定を、これまでは困難と考えられていた高濃度の塩分を含む海藻加工品に対しても適用できるとの画期的な技術的知見を得ることができたが、海藻製品の規格寸法・内容量に対応した非破壊測定を実現するまでには、マイクロ波照射系の大幅な小型化・高指向性を高度に両立させる必要があるなど、既存シーズを超えた新たな技術開発が必要である。

これまでの研究と装置開発から、①マイクロ波の周波数は 800MHz 付近まで下げつつ、②マイクロ波照射面積が製品箱を超えない範囲に収まる指向性に優れた小型のセンサー（ホーン型のアンテナなど）といった 2 条件が満たされたマイクロ波送受信系を開発する必要性が指摘されている（表 2）。

＜次年度の具体的計画＞

本事業は、平成 24 年度から平成 25 年度末までの 2 カ年で実施を計画するものであり、受託研究事業としての研究開発については何れの参画機関も計画通り完了し、独）JST 科学技術振興機構に対する報告を行った。

最終目標である（海藻・湯通し塩蔵ワカメ）製品に対する非破壊検査装置の実用化については、将来的な研究と技術開発の進展によって実現が可能であると考えられるが、本事業の実施によって新たに抽出された技術的課題を直ちに解決できるとの見通しは得られていない為、海藻製品を対象とする非破壊品質検査装置の検査装置の開発については、次年度以降の継続を行わず、中断とする。

＜結果の発表・活用状況等＞

本事業で取り組んだ海藻製品を対象とした非破壊品質検査装置の開発については、県政番組「いわて希望の一步」（放送日：平成 26 年 4 月 21 日～26 日）において、ワカメ産地の復興に向けた取り組みとして、独）JST 科学技術振興機構・盛岡復興事務所、および、研究課題を統括する重茂漁業協同組合とともに、水産技術センター担当者に対する取材内容が紹介された。

周波数	名称	名称	名称
3 kHz			
30 kHz	VLF	超長波	
300 kHz	LF	長 波	
3 MHz	MF	中 波	
30 MHz	HF	短 波	
300 MHz	VHF	超短波	
3 GHz	UHF	極超短波	225 MHz Pバンド
30 GHz	SHF		390 MHz Lバンド
300 GHz	EHF		1.55 GHz Sバンド
3 THz			5.2 GHz Xバンド
		マイクロ波	11 GHz Kバンド
			33 GHz Qバンド
			55 GHz
		準ミリ波	
		ミリ波	
		サブミリ波	

図1 電磁波 (3kHz~3THz) におけるマイクロ波帯の定義



写真1 木材用水分計製品の事例

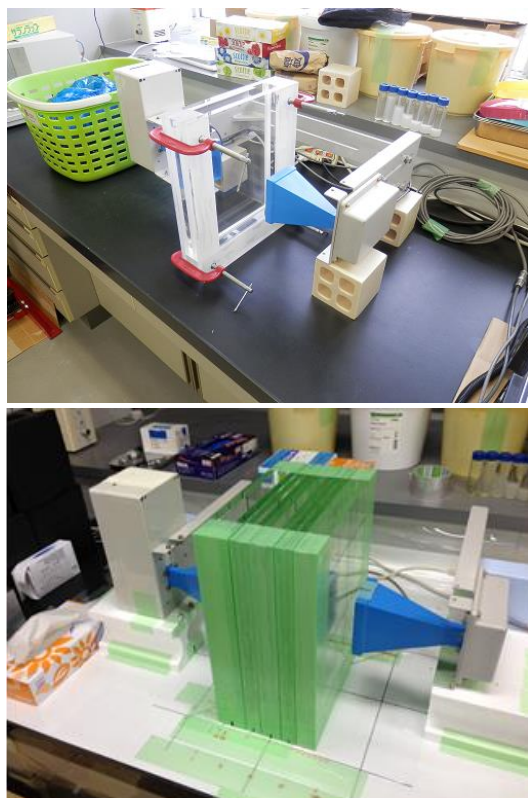


写真2 研究用のマイクロ波式水分計

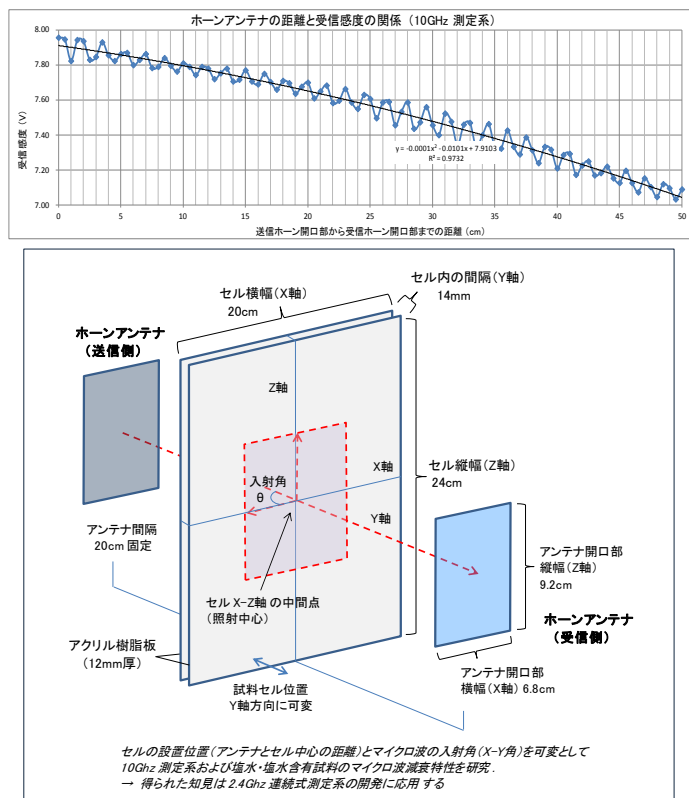


図2 アクリル製試料セルを用いた測定系

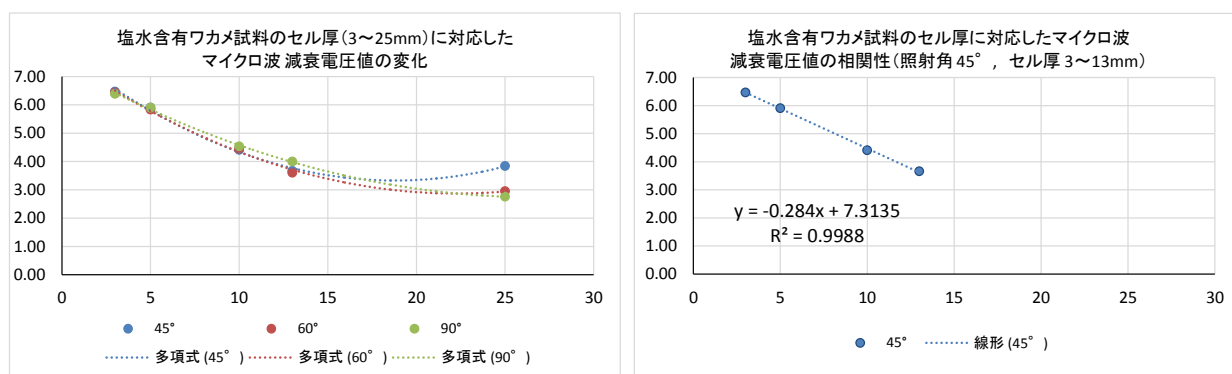


図3 塩水を含むワカメ試料の厚さ[横軸, 単位(mm)]と減衰電圧[縦軸, 単位(mV)]との相関性
(周波数 10GHz を用いた研究用水分計における最大試料厚に関する評価)

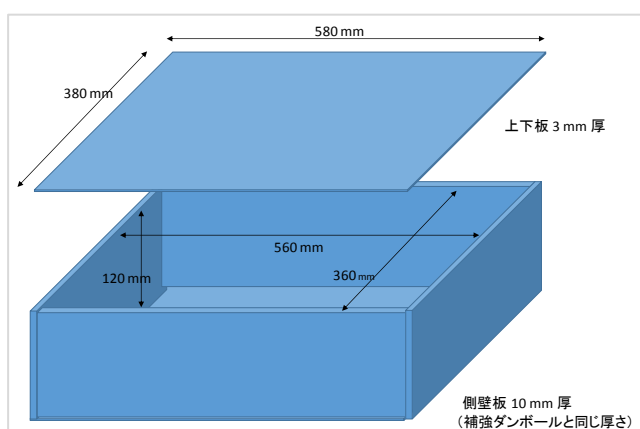


図4 塩蔵ワカメ製品箱を模した定容積試料セル



写真3 試料セルへの試料充填例(乾燥カットワカメ)



写真4 コンベアーによる搬送機構を備えた湯通し塩蔵ワカメ製品用マイクロ波水分計のプロトタイプ

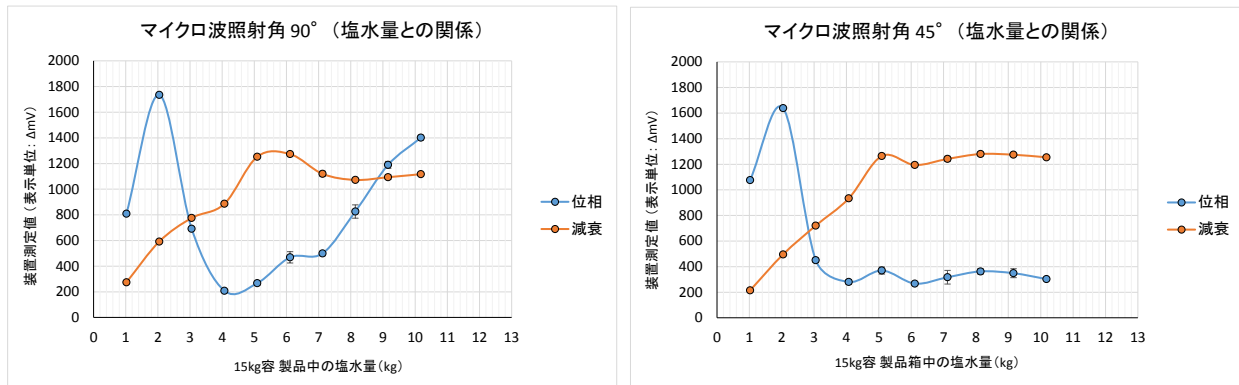


図5 製品検査用マイクロ波水分計（プロトタイプ）により得られる湯通し塩蔵ワカメ試料の測定例

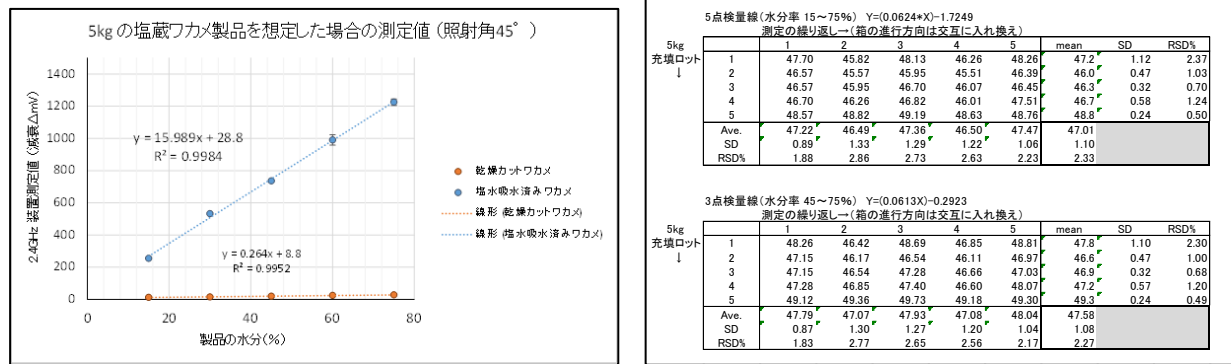
表1 製品充填量を 1/3 の 5kg に限定した場合の
の試料測定精度の検証（容積は製品と同じ）図6 製品用検査装置の水分測定用検量線
(測定レンジ内である製品重量 5kg での換算式)

表2 本事業で実施した湯通し塩蔵ワカメ製品用水分測定装置（マイクロ波式）に対する実用性評価

本事業で開発した試作装置 (塩蔵海藻の水分率測定装置)	海藻(塩蔵ワカメ)加工の分野で想定される使用用途	見出される改善課題
接触式プローブ型試作機	①工程での抜き取り成分検査	・湯通し塩蔵ワカメの中芯に含まれる水分率の差異を1%未満で判別可能とする精度の向上に期待。 ・水分率と同時に試料中の対水塩濃度(塩水濃度)を測定可能とする性能の付与。 ・当初、塩水濃度測定に活用が期待された反射型プローブは、高濃度の塩分を含む試料に気泡を除いた状態で接触させる必要があり、試作段階でのデータの再現性と対腐食性の確保に難があったため採用できず。
フリースペース型試作機Ⅰ (周波数10GHz、小型・試験用)	①試料特性に関する評価	・新たな素材を対象にしたマイクロ波計測系の開発では複数(2~3程度)の周波数帯を用いて比較することで、試料に最適な装置構成(試料厚、照射条件や成分(水分)測定の実用レンジを推定できるため、新規素材を対象とした装置開発の標準手法としてマニュアル化が望める。
	②工程での抜き取り成分検査	・工程での抜き取り検査用にフリースペース型マイクロ波水分計の活用は現実的ではなく、検討は継続せず。
フリースペース型試作機Ⅱ (周波数2.4GHz、コンペアー付・大型・実用型プロトタイプ)	③製品の抜き取り成分検査	・周波数10GHzの水分計システムは小型であるが高額(2.4GHzの数倍、約1000万円)。 ・セルへの試料充填方法の簡易化や試料前処理による均質化などに改善が必要。
	①製品の抜き取り成分検査	・周波数2.4GHzの水分計システムは大型であり設置場所等に一定の制限が生じる。 ・セルを5kgの試料に最適化し、試料厚を一定(4cm)にコントロールできる容量とすれば、塩蔵製品の測定における作業の簡易化と測定精度の向上が進むものと期待される。
フリースペース型試作機Ⅱ (周波数2.4GHz、コンペアー付・大型・実用型プロトタイプ)	②製品の非破壊・全数検査	・今回の知見より、周波数を現状の2.4GHzから約1/3である800MHzまで下げれば海藻製品の水分率も測定レンジに入ると期待できる。 ・一方、マイクロ波周波数800MHzは照射面積が製品表面積を大幅に超えるため、感度や精度の安定的な確保が難しいと予測される。 ・800MHz帯の測定系開発は完全に新規であるため、研究開発費は数千万円レベルが見込まれるが、木材等の他分野で利用が見込めないため、装置開発後のコスト低減が難しい。

研 究 分 野	5 県産水産物の品質優位性の証明等 による市場流通の支援	部 名	利用加工部
研 究 課 題 名	(2) 震災後ワカメの加工特性と製品品質調査 ①定点採取ワカメ藻体の漁期中 pH および色調に関する調査		
予 算 区 分	県単 (利用試験費)		
試験研究実施年度・研究期間	平成 23～25 年度		
担 当	(主) 及川 和志 (副) 藤嶋 敦、菊池 達也		
協 力 ・ 分 担 関 係	全国漁業協同組合連合会 (東北事業所)、岩手県漁業協同組合連合会、 田老町漁業協同組合、岩手県水産技術センター増養殖部		

<目的>

養殖ワカメ生産は、震災から2年となる平成25年産漁期(平成24年度)を迎え、湯通し塩蔵加工品(全漁連共販製品)の出荷も各地漁協で再開されており、漁協や漁業者の経済的復旧が進むものと期待されている。

ただし、加工品においては、加工環境の本格的復旧に数年程度を要すると考えられるため、流通から二次加工の段階で発生する品質劣化(保存性に起因するクレーム)が増加するとの懸念があり、養殖生産量の回復に併せて加工製品の品質確保と改善対策を進める必要がある。

そこで、従前より継続実施している素材特性に関する調査に加え、適切な加工流通条件を明確化する調査研究、流通製品の品質状況の把握、県漁連・各地漁協の品質管理に対する技術的支援等を複合的に実施し、ワカメを中心とした本県産海藻加工品の品質安定化と産地ブランドの復興に寄与することを目的とする。

<試験研究方法>

(2)-1. 定点採取ワカメ藻体の漁期中 pH および色調に関する調査(平成25年産・平成24年度漁期)

- ① 岩手漁連北部支所管内の定点1ヶ所より、平成25年2月19日から4月16日までの期間中、約2週間隔で採取された生ワカメ藻体(採取日ごと約300本)について、水技センター・増養殖部が生状調査に用いる最大長側からの30本を除いた残りの藻体から pH 等の分析用試料として9本を抽出し、このうちの3本に対して原藻部位ごと(全長に対する上部1/3, 中央1/3, 下部1/3の区画に位置する側葉および下部1/2の中芯)の pH 測定を行った。
- ② 同様に、岩手漁連南部支所管内の定点1ヶ所より、平成25年3月5日から5月2日までの期間中、約10日間隔で採取された生ワカメ藻体(採取日ごと約300本)について、水技センター・増養殖部が生状調査に用いる最大長側からの30本を除いた残りの藻体から pH 等の分析用試料として9本を抽出し、このうちの3本に対して pH 測定を用いた。(4月9日の測定日を除き、全長に対する中央1/3区画に位置する側葉と下部1/2区画の中芯について測定を実施。)
- ③ 上記、①②の分析用試料として採取された藻体9本のうち、pH 測定に用いた以外の3本について原藻の部位別に(上部1/3, 中央1/3, 下部1/3の区画に位置する側葉、および、下部1/2に位置する中肋)表面の色彩値を測色した(コニカミノルタ製、色彩色差計 CR-400 による C 光源-反射光測色, 10mm マスク.)。加えて、同一の試料について、標準的な処理条件で湯通し処理(藻体に対して10倍量以上の温海水(90℃)中で1分間の浸漬加熱後、海水で直ちに藻体を冷却)、生の藻体と同様に色彩値を測色した。

<結果の概要・要約>

- ① 北部定点における生ワカメ藻体の pH 推移(表1)は、前年度と同様、藻体の著しい酸性化は養殖ワカメ漁期の後期においても認められず、品質上の問題が生じ得るとされる pH 5.6 を下回る状況は見られず、平成24年産漁期における北部定点のワカメ藻体は概ね良好な品質であったと推察される。ただし、湯通し塩蔵加工後の品質変化については、原藻の品質(酸性度など)のみに起因せず、湯通し塩蔵加工時の処理条件によっても大きく影響を受けるため、出荷・流通後の変色等が生じた製品については加工条件の管

理状況に遡って原因の調査、推定を行い、適切な加工条件の周知・指導を実施することが重要となる。

- ② 南部定点における生ワカメ藻体の pH 推移（表 2）は、養殖ワカメ漁期の後期にかけて藻体中央から下側の区画において、やや酸性化の傾向を認めた。これまでに実施したワカメ藻体の pH 調査では、藻体の老化および養殖海域の海況（水温、栄養塩濃度）の変動等によって、生長点を含む藻体全長の下側 1/3 区画において、側葉および中芯の酸性化が進み易いことを確認していることから、当該定点における漁期中～後半時期の海水温の低下や栄養塩濃度による影響が現れたものと考えられる。

ただし、定点試料で観察された pH は、品質上の問題が生じ得るとされる pH 5.6 を下回る状況ではなく、また、後述する原藻の色彩値調査でも“色落ち”に相当する品質低下は認められなかったことから、適切な条件下で加工された湯通し塩蔵ワカメ製品においては、一定の品質が維持されたものと推察される。

- ③ 定点試料の品質状況を評価する指標として、化学的な指標である pH の測定のみでは不足であり、流通段階の原藻や湯通し塩蔵加工製品の品質は「色調」によって判断されることから、色彩色差計による測色値データを取得し、管理上の基準値として活用する事を検討すべきである。よって、養殖ワカメ生産の最盛期である 4 月上旬の定点試料に対して測色値を取得し、当該漁期における標準的なワカメ試料（生の原藻、および、湯通し処理した原藻）の測色値として取りまとめた（表 3, 4）。

＜今後の問題点＞

現在、定点を設けた養殖ワカメ生状調査に付随して実施している藻体の pH 調査は、あくまでも採取から加工直前におけるワカメ藻体の品質を考慮する上での指標である。ワカメ藻体の pH は、湯通し塩蔵加工の条件次第で大きく変化し得るため、生原藻の pH で出荷製品の品質を論じる事には無理がある。したがって、引き続き、ワカメの加工条件と製品 pH との関係を明確化する調査研究を進める必要がある。

また、ワカメの品質は色調の良否が最も重要とされていることから、客観性・汎用性に優れた数値評価手法として測色計による色彩値の取得と基準値の設定等についての研究開発をさらに進める必要がある。今年度の実施項目に加えた定点試料に対する測色では、原藻に対する湯通し加熱処理によって生じる色調の褐色から濃緑色への変化を、色彩色差計による測色値（a*, b*, a*/b*）からも把握できており、有用性が伺える。

＜次年度の具体的計画＞

平成 26 年産漁期（平成 25 年度）についても、岩手漁連北部支所管内 1 定点、南部支所管内 1 定点の計 2 定点からの試料採取を継続し、漁期中の生ワカメ藻体 pH の推移を調査する予定。

＜結果の発表・活用状況等＞

定点観測地点における平成 25 年産漁期中の生ワカメ原藻 pH の推移については 浅海増養殖技術検討会、ワカメ養殖代表者研修会でプレゼンテーション、配布資料によって主要な情報を周知している。

表 1 平成 25 年 2 月～4 月の北部定点におけるワカメ藻体の pH 推移

	2月19日	3月5日	3月22日	4月2日	4月16日	－
側葉・藻体全長の上側 1/3 区分	6.90	6.89	6.85	6.35	6.72	－
側葉・ " 中央 1/3 区分	6.53	6.50	6.32	5.90	6.24	－
側葉・ " 下側 1/3 区分	6.26	6.25	6.26	6.03	5.75	－
中肋・藻体全長の上側 1/2 区分	－	－	－	－	－	－
中肋・ " 下側 1/2 区分	6.22	6.37	6.31	6.13	6.19	－

（生の藻体 n=3 の pH 平均）

表2 平成 25 年 3 月～5 月の南部定点におけるワカメ藻体の pH 推移

	3月5日	3月13日	3月22日	4月9日	4月16日	5月2日
側葉・藻体全長の上側 1/3 区分	－	－	－	6.34	－	－
側葉・ 〃 中央 1/3 区分	6.11	5.91	6.04	5.90	5.76	5.73
側葉・ 〃 下側 1/3 区分	－	－	－	5.66	－	－
中肋・藻体全長の上側 1/2 区分	－	－	－	－	－	－
中肋・ 〃 下側 1/2 区分	6.37	6.12	6.30	6.11	5.94	5.85

(生の藻体 n=3 の pH 平均)

表3 平成 25 年 4 月上旬 (4 月 2 日) の北部定点におけるワカメ藻体の色調

a. 原藻の色彩値

	L*		a*		b*		a*/b*	
	芯寄り	葉央	芯寄り	葉央	芯寄り	葉央	芯寄り	葉央
藻体全長の上側 1/3 区分	29.63	28.33	8.34	8.50	25.60	24.16	0.326	0.354
〃 中央 1/3 区分	32.61	28.78	8.15	8.48	30.17	25.87	0.271	0.330
〃 下側 1/3 区分	33.01	35.66	8.17	8.08	34.10	39.49	0.242	0.213
中肋 (中芯部分)								
藻体全長の上側 1/2 区分	20.32		2.83		9.94		0.278	
〃 下側 1/2 区分	21.50		3.56		14.11		0.252	
下根部・元茎を除く全長	190.67	(cm)						

b. 湯通し後の色彩値

	L*		a*		b*		a*/b*	
	芯寄り	葉央	芯寄り	葉央	芯寄り	葉央	芯寄り	葉央
藻体全長の上側 1/3 区分	24.89	25.57	-9.38	-8.82	22.71	21.26	-0.415	-0.412
〃 中央 1/3 区分	30.53	27.62	-11.15	-11.24	25.54	25.61	-0.438	-0.441
〃 下側 1/3 区分	31.59	30.41	-13.36	-12.47	32.61	29.80	-0.410	-0.419
中肋 (中芯部分)								
藻体全長の上側 1/2 区分	24.58		-7.64		14.97		-0.516	
〃 下側 1/2 区分	27.54		-9.50		19.64		-0.489	

(L*a*b* 表色系による測色, 値は藻体 n=3 の平均)

表4 平成 25 年 4 月上旬 (4 月 9 日) の南部定点におけるワカメ藻体の色調

a. 原藻の色彩値

	L*		a*		b*		a*/b*	
	芯寄り	葉央	芯寄り	葉央	芯寄り	葉央	芯寄り	葉央
藻体全長の上側 1/3 区分	26.69	27.18	8.33	8.44	21.85	20.49	0.405	0.428
〃 中央 1/3 区分	31.87	27.13	8.07	8.44	29.58	24.43	0.278	0.351
〃 下側 1/3 区分	28.62	31.17	7.59	8.59	24.94	30.41	0.319	0.283
中肋 (中芯部分)								
藻体全長の上側 1/2 区分	23.12		3.49		12.98		0.276	
〃 下側 1/2 区分	18.62		2.54		11.63		0.218	
下根部・元茎を除く全長	175.33	(cm)						

b. 湯通し後の色彩値

	L*		a*		b*		a*/b*	
	芯寄り	葉央	芯寄り	葉央	芯寄り	葉央	芯寄り	葉央
藻体全長の上側 1/3 区分	25.74	25.20	-8.41	-7.29	20.15	17.45	-0.418	-0.417
〃 中央 1/3 区分	28.50	25.42	-9.40	-9.86	20.44	21.67	-0.460	-0.455
〃 下側 1/3 区分	32.60	29.65	-13.34	-12.01	33.58	28.56	-0.399	-0.424
中肋 (中芯部分)								
藻体全長の上側 1/2 区分	23.75		-6.70		13.49		-0.496	
〃 下側 1/2 区分	27.46		-11.12		22.50		-0.494	

(L*a*b* 表色系による測色, 値は藻体 n=3 の平均)

研 究 分 野	5 県産水産物の品質優位性の証明等 による市場流通の支援	部 名	利用加工部
研 究 課 題 名	(2) 震災後ワカメの加工特性と製品品質調査 ② 湯通し塩蔵条件による藻体 pH および色調変化に関する検討		
予 算 区 分	県単 (利用試験費)		
試験研究実施年度・研究期間	平成 23～25 年度		
担 当	(主) 及川 和志 (副) 菊池 達也		
協 力 ・ 分 担 関 係	全国漁業協同組合連合会東北事業所、岩手県漁業協同組合連合会 各地漁業協同組合		

<目的>

養殖ワカメ生産の湯通し塩蔵加工については、従前より県漁連による製造要領での明示ほか、加工研修等における調査研究成果の提示等によって周知されてきたが、震災後は、加工環境の変化に応じた加工条件の管理指導が十分に行えていない状況があり、加工条件に起因する製品出荷後の品質変化（保存性に起因するクレーム）の増加が懸念される。そこで、従前から実施しているワカメの素材特性に関する調査に加え、適切な加工条件の抽出に係る調査研究をあらためて実施し、県漁連・各地漁協による品質管理指導に資する技術的知見を得ることを目的とする。

本課題では、湯通し塩蔵加工の主要な管理ポイントである「湯通し処理の温度」と「塩漬け状態（塩水の飽和度）」について条件を変えた加工を行い、藻体 pH への影響、および、保存中の色調変化への影響を検討した。

<試験研究方法>

(2)-2. 湯通し塩蔵条件による藻体 pH および色調変化に関する検討

平成 23 年 4 月上旬に県漁連南部支所管内のワカメ養殖組合で養殖生産されたワカメ原藻（計 50kg、下根および元茎を除く全長の平均 140cm）を入手し、先枯れ部位等の不要部を切除の後、湿重量 10kg を 1 試験区として 100L の温海水にて 1 分間の湯通し処理を実施し、冷却後に並塩を加塩して一昼夜漬け込み後、加圧脱水したものを試験用の試料（湯通し塩蔵ワカメ）とした。試験区ごとに調整した試料は乗法によって pH および色調を測色（L*a*b*表色系）した他、試料は真空包装の後、5℃もしくは 20℃の暗所下で最大 6 か月間保蔵した際の色調を測定した。試験区は、① 湯通し温度適切（湯温を 85℃で維持つつ 1 分間処理）、加塩量適切（藻体の重量比 4 割の塩添加）、②湯通し温度不適切（湯温を 75℃で維持つつ 1 分間処理）、加塩量適切（藻体の重量比 4 割の塩添加）、③ 湯通し温度適切（湯温を 85℃で維持つつ 1 分間処理）、加塩量不適切（藻体の重量比 2.5 割の塩添加）の計 3 区を設けて試験を実施した。なお、分析では試験区あたり n=3 で実施して平均値を得た。

<結果の概要・要約>

ワカメ原藻の湯通し処理温度と製品（湯通し塩蔵ワカメ）の pH との関係については十分な知見が不足していたが、本検討により、湯通し温度で製品の pH が大きく異なる事が明確となり（図 1、試験区①vs②）、湯通し時の温度不足は製品 pH が酸性寄りとなるため保蔵期間中の色調変化にも影響が大きいと考えられる。なお、塩漬け工程での加塩量の適否（図 1、試験区①vs③）については、製品の pH に対する影響は認められなかった。

次いで、試料の湯通し温度と塩漬け状態が、製品色調の変化（クロロフィルの退色による変色）に差異を与えるかを検討する為、5℃もしくは 20℃の異なる温度で最大 6 か月まで保蔵した際の色調を観察した。一般的に、湯通し塩蔵ワカメの保蔵時における変色クレーム事案では、中芯を抜かない状態の芯付き製品において、その芯部分もしくは芯近傍での色調変化が問題になる事が多いが、本検討でも、保存後の色調変化は中芯部分が著しく、試験区ごとの加工条件の違いでもその程度は異なっていた（写真 1、図 2）。

保蔵試験時の温度は、5℃を冷蔵下の保蔵を、20℃が室温下の保蔵を加速的な評価を念頭に設定したものであるが、試験区毎の色調変化は、湯通し温度・加塩処理ともに適切な試験区①が最も進み難く、次いで、加塩処

理のみ不適切な試験区③が試験区①よりやや進み易く、一方、湯通し温度・加塩処理ともに不適切である試験区②は保蔵中の色調変化が最も進み易い事が明らかとなった。

ワカメの湯通し塩蔵加工における適正条件の徹底は、製品品質を高く保つ上で最も重要な管理事項であるが、今回の検討によっても、湯通し温度の適正化（80～85℃付近を維持する）と加塩処理の確実な実施（藻体中の水分に塩分が飽和する量）が特に重要である事を認識できる。

＜今後の問題点＞

例年、新年度のワカメ漁期を迎えるのに先立って、県漁連・各地漁協等の主催でワカメ湯通し塩蔵加工に関する周知・指導が企画され、水産技術センターでは、その都度、製造要領と研究成果を基にした適切な加工条件を提示している。一方、製品出荷後の変色など、品質劣化によるクレーム等が発生した場合には、原因をワカメ養殖時の海況や原藻の pH（酸性度）に求める傾向が、生産者サイドのみならず、指導者サイドにも根強く有り、現場レベルでの加工方法の適否についての情報収集や検証を軽視する傾向を強く危惧する。

ワカメ等の褐藻では、湯通しや加塩による加工処理で藻体に含まれる水溶性成分の溶出、低減が進む事もあり、製品の品質を維持する上では「適切な加工処理」の実施状況を製品単位で把握・追跡・検証できる体制や手法が必要であり、品質を左右するのは人為的要因の「加工処理」であるとの認識に基づいた管理・指導の徹底が産地ブランドの復興における優先事項であると考ええる。

＜次年度の具体的計画＞

ワカメの湯通し塩蔵における加工条件と藻体（製品）部位別の pH および色調に関する検討は、震災直後の製品安定化に寄与する知見の取得および情報周知の目的は達成された。よって、次年度の継続計画は予定しない。

ただし、湯通し塩蔵ワカメの加工においては、新たな加工機材等の普及等に伴って解決すべき技術的課題が今後も生じると考えられる為、漁連・漁協および生産者サイドの要望に応じて、随時、解決に取り組む。

＜結果の発表・活用状況等＞

本報告に示した調査結果の一部は、平成 25 年産漁期（平成 25 年 3 月～）に先立って実施された各種研修会における講演課題内で提示し、ワカメ養殖生産者、県漁連嘱託検査員、漁協・漁連職員等に周知済み。

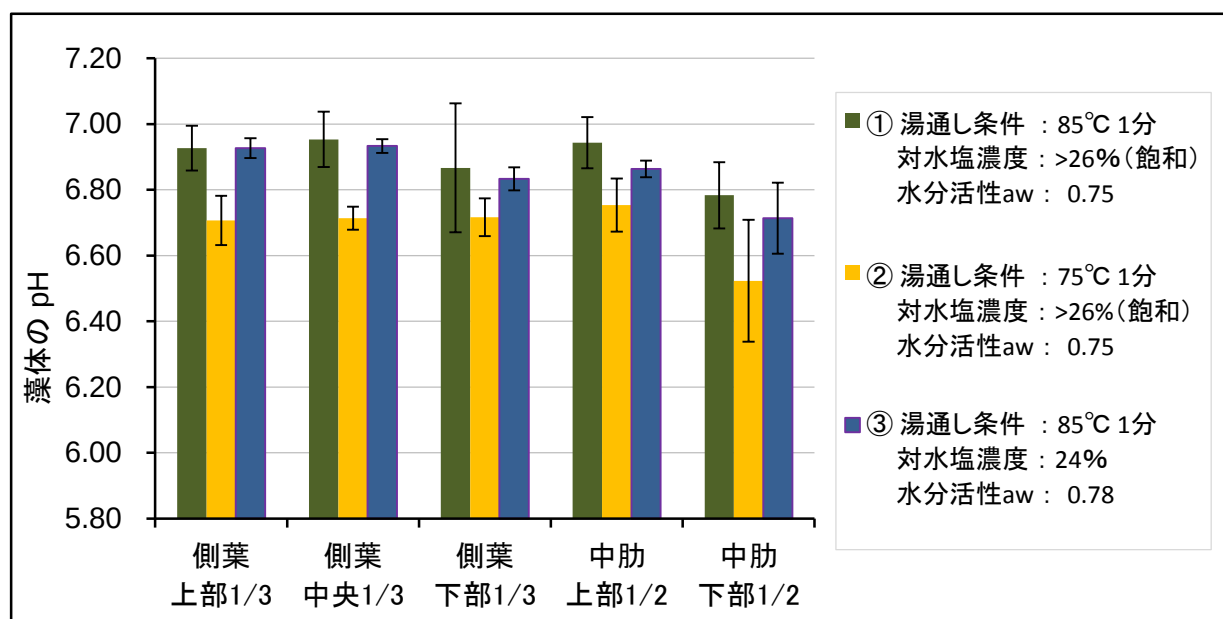


図1 湯通し温度および塩漬け状態の異なる湯通し塩蔵ワカメ試料の部位別 pH

+ 20℃の過酷条件で保存した湯通し塩蔵ワカメ中芯（暗所・真空包装下）



中芯①

中芯②

中芯③

中芯①

湯通し: 85℃ 1分

対水塩濃度: >26% (飽和)

水分活性 a_w : 0.75

中芯②

湯通し: 75℃ 1分

対水塩濃度: >26% (飽和)

水分活性 a_w : 0.75

中芯③

湯通し: 85℃ 1分

対水塩濃度: 24% (塩甘)

水分活性 a_w : 0.78

写真1 暗所の保存温度 20℃で3 か月経過後の試料（中芯）の外観

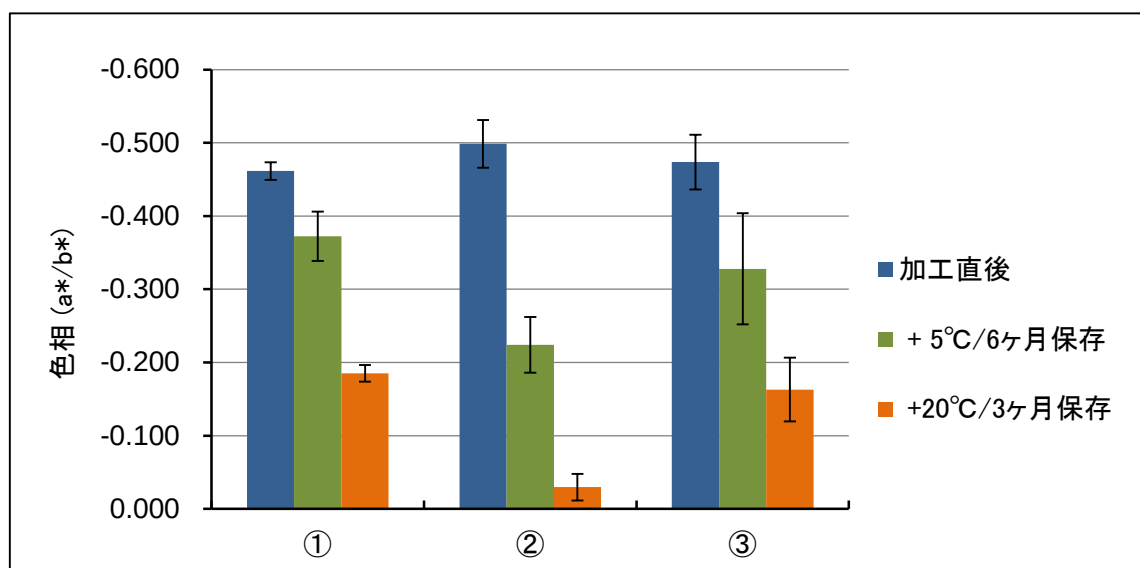


図2 暗所下に異なる温度で長期保蔵した各試験区試料（①～③の中芯部分）の色調変化

研 究 分 野	5 県産水産物の品質優位性の証明等 による市場流通の支援	部 名	利用加工部
研 究 課 題 名	(2) 震災後ワカメの加工特性と製品品質調査 ③ ワカメ湯通し後の異なる塩漬処理方法の特性に関する検証		
予 算 区 分	県単 (利用試験費)		
試験研究実施年度・研究期間	平成 23～25 年度		
担 当	(主) 及川 和志 (副) 藤嶋 敦、菊池 達也		
協 力 ・ 分 担 関 係	全国漁業協同組合連合会東北事業所、岩手県漁業協同組合連合会 各地漁業協同組合、岩手県水産技術センター 企画指導部・増養殖部		

<目的>

養殖ワカメ生産の湯通し塩蔵加工については、従前より県漁連による製造要領での明示ほか、加工研修等における調査研究成果の提示等によって周知されてきたが、震災後は、加工環境の変化に応じた加工条件の管理指導が十分に行えていない状況があり、加工条件に起因する製品出荷後の品質変化（保存性に起因するクレーム）の増加が懸念される。そこで、従前から実施しているワカメの素材特性に関する調査に加え、適切な加工条件の抽出に係る調査研究をあらためて実施し、県漁連・各地漁協による品質管理指導に資する技術的知見を得ることを目的とする。

本課題では、品質保持に影響が大きい塩漬工程の処理条件等に関する知見を整理することを目的として、従来法（塩絡め塩蔵）と高速法（塩漬装置による塩蔵）の塩漬け特性について検証を行い、また、飽和塩水型塩漬装置を使用する生産者において散見される塩甘製品の発生原因について明確にするため、装置付属のマニュアル条件下での複数回・連続使用に伴う品質（塩漬け状態）の推移についての知見を得たので報告する。

<試験研究方法>

(2)-3. ワカメ湯通し後の異なる塩漬処理方法の特性に関する検証

(2)-3-a. 従来法の塩絡め浸漬によるワカメ塩漬け法の特性

湯通し塩蔵ワカメの加工は、従来からの塩漬け方法として、ドラム型ミキサー（写真 1）に湯通し冷却後のワカメ藻体とその重量比 35～40%の並塩（もしくは天日塩）を投入した後、数分間（5 分以上）ドラムの回転による塩の擦り込みを行い、その後、別に用意された浸漬用タンクに複数回分が合わせて投入される事で、最終的には約 1t ごとに 1 昼夜 16 時間以上の塩漬けを行う手順が一般的である（漁連による加工要領と同じ）。

検討では、タンク浸漬経過中（0～24hr）のワカメ藻体への塩分の浸透度を確認するため、継時的に塩漬け中のワカメ藻体をサンプリングし、藻体 100g あたりの水分量と塩分量を定量し、塩水量（水分と塩分の合計）およびサンプル中の水分に対する塩分の飽和度として対水塩濃度（%）を算出した（n=3 で実施）。

なお、藻体表面への塩結晶の付着による成分定量への影響を除くため、成分分析に用いた試料は飽和塩水（塩濃度 26%の塩水）で表面を洗った後、直ちにペーパータオルで付着水を除き、試料とした。

(2)-3-b. 省力化機器として普及される飽和塩水攪拌型装置によるワカメ塩漬け法の特性

近年、当センターの研究により、従来の塩絡め浸漬法に変わるワカメ加工省力化機器として飽和攪拌型塩漬装置（一般呼称名：高速塩漬装置、写真 2）が開発され、普及が進んできている所であるが、震災以降は津波によって流出や故障した従来機材からの切り替えもあり、本県のワカメ湯通し塩蔵加工者の半数を超える割合まで急速に普及が進んできている。その一方、ワカメ塩蔵の基本原理や装置の使用条件に関する研究・理解の不足、不適切な使用条件での作業などを背景に、本来の性能が発揮されずに多数の製品に塩漬け不良が生じた事例が確認されるなど、適切な使用条件の確立と情報周知については対応が必要な状況である（平成 24 年度年報告に調査の一部を掲載済み）。

検討では、装置開発者によって作成された装置添付の使用マニュアルに従って実施し、装置タンクの水量（海水）1t に対して並塩 25kg 容を 16 袋投入して調製した飽和塩水に、湯通し冷却後のワカメ藻体を青網袋に 20kg

単位で充填後、計 400kg を装置に投入して、処理開始から 75 分まで攪拌・浸漬を行った。途中経過でのワカメ藻体への塩の浸透度を把握するため、塩絡め方法に対する検討と同様に、一定の時間ごとに塩漬け中のワカメ藻体をサンプリングし、成分の定量、および、対水塩濃度（%）を算出した。

(2)-3-c. 飽和塩水攪拌装置を使用した製品での塩漬不良の発生に関する検証

震災から 1 年後に再開された本県産養殖ワカメの湯通し塩蔵加工品については、全漁連共販入札会へ出荷された製品を対象として、品質状況のサンプリング調査（平成 24 年度調査研究で実施・年報に概要記載済み、平成 25 年度は県漁連の独自調査として分析を支援）を実施したところであるが、飽和塩水型攪拌装置を使用する生産者の製品に高率で塩不足（塩甘）の製品が確認されている。

考えられる原因は複数あり、装置処理での必要量に対する塩の投入量不足、装置攪拌処理時の回転数や処理時間の不足、充填用網袋へのワカメ充填量の過剰など、装置マニュアルに示されている処理条件からの逸脱が強く疑われたが、装置使用上の管理点である装置塩水の濃度は作業開始の都度、確認しても常に飽和状態の 26.3%付近であるとの指摘、また、一連の装置処理が終了した際の水抜き時に装置タンクの底部には塩の結晶が残っているのも確認しているなどの話があり、複数の装置使用者からの聞き取り情報のみでは原因を追究し、効果的な対策を講じるのは非常に困難であると思われた。

しかしながら、装置の使用状況を調査する過程で、①装置使用者はマニュアルに記載の処理時間の中でもなるべく短い時間設定を好んでいること、②従来の塩絡め法に比べて装置処理に必要な塩量は、準備段階に調製する塩水の分、過剰（高コスト）に塩を使用していると感じていること、③その一方、マニュアルに示されているワカメ藻体の投入量に合わせて別途投入する追加塩の分量は、それ自体ではワカメの完全な塩漬けには不十分な設計であることについては認識が全くされていないこと、④さらに、装置の繰り返し使用時には飽和塩水内に残存する塩結晶の残量が重要であるが、その確認方法は塩の結晶が手に当たれば良いとする程度の曖昧なものであること、⑤加えて、新たに普及されている目明きの広い大型網袋（塩結晶が容易に通る網目）の使用時には、処理後の藻体に塩の結晶が付着するため、装置塩水に塩の結晶が残らない状態まで加塩量を減らす変更が望まれており、また、藻体への塩結晶の付着によって塩漬けが完全に達成されたとの誤解が助長されている、など、問題解決の鍵になるとと思われる複数の情報が得られた。

そこで、上記の情報に基づいて、飽和塩水型塩漬装置で多発している塩漬不良の発生原因を「連続使用下（装置準備後、数日間、複数回のバッチ処理を繰り返す塩漬作業）における追加投入塩の不足」によるものと仮定し、県内で飽和塩水型装置を使用して湯通し塩蔵ワカメを加工している漁業者のご協力により、実際の作業現場からのサンプリング調査による検証を実施した。

サンプリングは、平成 24 年 3 月下旬、マニュアルに示された作業条件によって連続 3 日間（計 14 バッチ）のバッチ処理の都度、塩漬けたワカメ藻体を採取（n=3）し、成分（水分、塩分）の定量と水分活性の測定、および、対水塩濃度（%）の算出を行った。

この際の装置使用条件は、飽和塩水の調製用海水 1t、塩水調整用並塩 400kg（25kg×16 袋）、攪拌モーター・インバーター設定 29Hz、ワカメ投入量 500kg（1 袋あたり藻体 25kg 計量詰め×20 袋）、ワカメ藻体 100kg に対する追加塩の投入量は 25kg（1 バッチあたり 125kg（並塩 5 袋））であり、装置導入時のマニュアル記載条件に従って作業が進められた。なお、装置処理のバッチ回数が増すにつれ、装置内塩水に残る塩結晶が少なくなるが、従前の指導の通り、処理開始前の装置タンク塩水に塩結晶が確認できない場合に、さらに並塩を 25kg（1 袋）加えた後、塩水濃度が飽和であることを塩分計で確認した後に、塩漬け作業を再開することとした。

<結果の概要・要約>

(2)-3-a. 従来法の塩絡め浸漬によるワカメ塩漬け法の特徴

一般に、刈取り後の生ワカメは、湯通し処理により色揚げ（葉緑素のクロロフィルの遊離による色調の褐色から濃緑色への変化）が施されたワカメ原藻は、冷海水で直ちに冷却された後、数時間以内には加塩処理を行われ、翌日には一定期間の流通に耐え得る保存性（濃緑色の色調の維持、微生物に因る腐敗の防止）が付与さ

れた“半製品”として出荷される。塩漬けは、微生物に因る腐敗の防止が主な目的ではあるが、長期間に渡る冷蔵（冷凍）保蔵下での色調の維持・安定化にも寄与しており、品質の維持においては重要な管理点である。

塩絡め方式での塩漬けでは、品質保持の観点から、岩手県漁連による製造要領（指針）においても藻体重量の4割に相当する加塩の下、浸漬時間を16時間以上とすることが示されており、漁協・行政ともに、同一の条件で漁業者への加工指導を行ってきた。

今回、塩絡め法での加塩浸漬後のワカメ藻体（の水分への）塩分の浸透を、基本的な加工条件下の下、継時的なサンプリングによる成分分析を行って確認したが（図1）、対水塩濃度のグラフが示す通り、浸漬開始から約10時間で藻体中に生じた塩水の濃度が飽和の26%に達していることから、浸漬時間16hr以上とする指導はその他の変動要因を加味しても妥当であると考えられる。

(2)-3-b. 省力化機器として普及される飽和塩水攪拌型装置によるワカメ塩漬け法の特徴

飽和塩水攪拌型塩漬装置については装置の研究開発時にワカメおよびコンブに対する塩漬けの特性に関する一定の検討がなされ、その結果を基にしたマニュアルが配布されてきたが、藻体中の塩水濃度（の飽和度）に着目した塩漬けの継時的推移に関する知見が不足しており、基本的なマニュアル条件に従ったワカメ塩漬け処理の下、あらためて継時的なサンプリングによる成分分析を行ってその特性を確認した（図2）。

飽和塩水攪拌型装置を使用した塩漬け処理は、約1時間の処理内でワカメ藻体への塩漬けを完了させられることが特徴とされているが、図2のグラフ（図2右）が示す通り、藻体100gあたりの水分量、塩分量は処理時間30分以降にはほぼ一定となる。一見すると、マニュアルに示された標準的な処理時間45分（条件によっては60分間まで延長）は妥当な設定とも捉えられるが、新たに判断指標に加えた対水塩濃度（藻体中の塩水の濃度、最大濃度は飽和塩水に等しい26.3%）に着目すると、処理時間45分では対水塩濃度は25%を下回っており、処理60分～75分で25%程度となることから、マニュアルに示された標準的な処理時間45分では装置による塩漬け処理で藻体中に生成した塩水は完全な飽和状態には至っていないと考えられた。

従来型塩絡め法での塩漬けでは一昼夜の浸漬で藻体中の塩水濃度が26%に達することを確認できており（図1）、ワカメ藻体に生じる塩水の最大濃度は飽和濃度に等しいと断定できるが、短時間の処理を特徴とする飽和塩水型攪拌装置では藻体への塩分浸透に若干の余地が残り、この点が、従来型塩絡め法と塩漬装置法で製造された製品の品質の差異につながっていると思われる。

ただし、飽和塩水攪拌型装置で加工される塩蔵ワカメにおいても、その対水塩濃度が25%以上を達成できていれば十分な塩漬け状態と判断できるため、今後の装置使用では時間設定を最低60分として塩漬け作業を行うことで、良質な製品を製造するとの目的は達成できるものと考ええる。

よって、以降の加工指導および装置使用マニュアルに関する見直しに於いては、装置処理の時間については60分を標準とし、必要に応じて10分程度の時間延長を推奨するのが望ましい。

(2)-3-c. 飽和塩水攪拌装置を使用した製品での塩漬不良の発生に関する検証

昨年度実施および平成25年度も引き続き調査を実施している県漁連共販入札会出荷製品に対するサンプル調査では、対水塩濃度が24%を下回る塩の甘い製品が認められており、対策が必要となっている。

飽和塩水型攪拌装置法では、飽和濃度よりも若干薄いものの、現状のマニュアル条件下でも製品の対水塩濃度は約25%になることから、飽和塩水攪拌装置を用いた製品の塩不足についても、何らかの作業要因によってワカメに対して必要な加塩量が不足しているために生じていると推測される。

そこで、実際の加工における使用実態である複数回のバッチ処理単位でのサンプリング調査による検証を実施した結果、マニュアルに従った作業を行っていても、複数回のバッチ処理を行う環境下では製品の塩漬け状態が甘くなる場合がある事が確認された（図3）。

検証の際は、湯通し冷却後されたワカメ藻体の重量を計測し、装置準備段階で調製された飽和塩水（海水1t＋並塩400kg）とは別に、1バッチ500kgのワカメ処理量あたり並塩100kgが加えられており、マニュアルに従った作業を行っているが、装置タンク内の攪拌浸漬用飽和塩水については再調製せずに使用し、その塩水の濃度が飽和を下回った（あるいは残存する塩結晶が無くなった）バッチ処理の開始時点で、追加の塩として1

回あたり 25kg 程度の並塩が別に加えられている。(今回実施した計 14 バッチの連続処理中には、第 10 回および第 13 回のバッチ処理前に追加塩が加えられている。)

図 3 に示した連続処理過程での藻体の塩漬け状態を表すデータ(藻体水分と塩分の分析に基づく対水食塩濃度%)から、装置での塩漬け処理が作業 2 日目の、第 6 回バッチ以降より藻体の対水塩濃度が 24% から下回るように薄くなり、第 9 回目バッチでは 23% まで大幅に低下している。これは、塩水の飽和濃度 26% を完全な塩漬け状態とした場合の約 87% の塩漬け状態であり、製品出荷後の保存性にも影響が生じ得る状態である。

また、装置タンク塩水の飽和塩水濃度を保つために並塩が追加投入された第 10 回、および、第 13 回バッチの以降においても、処理後のワカメ藻体の対水塩濃度は低いままであり、一旦、装置内の塩量に不足が生じた場合には、25kg 程度の追加塩のみでは不足であることも示唆される。

装置タンクの飽和塩水については複数回のバッチ処理で使い回す事が一般的であり、装置タンクの塩水調製にかかるコストの面からも、最大 3 日目までとして加工指導上も許容されていたものであるが、連続したバッチ処置の過程で生じ得る製品の塩漬け不良の可能性については十分な検討がなされておらず、マニュアルの内容にも連続使用に関する配慮が不足していたものと考えられる。

考えられる原因としては、①現状の装置マニュアルに示されるワカメ藻体 100kg に対する投入塩 25kg の割合では装置タンク塩水の連続使用時(特に 2 日目以降)に徐々に塩が不足する、②装置の管理手法としている装置タンク塩水の濃度測定(および目視等によるタンク内の塩結晶の確認)のみでは、実際のワカメ藻体の塩漬け状態を担保・確認できていない、③さらに、装置塩水が薄くなった際に追加する塩の投入量もワカメ藻体の塩漬けを達成するほど十分ではない、などが挙げられ、この点を考慮に入れたマニュアルの修正が必要であると考えられた。

＜今後の問題点＞

上記の検証により、飽和塩水攪拌型装置でのワカメ塩漬け特性が明らかになり、添付のマニュアルに準拠した処置条件で塩漬けを行っていれば、製品の対水塩濃度(塩漬け品質)は 25% 程度になるものと考えられていたが、装置の連続使用環境下では、対水塩濃度が 24% を下回る可能性があるため、早急にマニュアルの修正を行う必要がある。

また、飽和塩水型塩漬け装置の使用方法については、その原理を含め、生産者サイドの理解度を高める必要があるため、情報周知や現地加工指導等については継続して実施する必要がある。

＜次年度の具体的計画＞

飽和塩水攪拌型装置の使用に関しては、別途、マニュアルの修正等を進めているところであり、修正版のマニュアル条件に基づいた加工方法の周知、講習を、県漁連、各地漁協との連携の下、ワカメ刈取り時期に実施する。

＜結果の発表・活用状況等＞

調査結果は、岩手漁連に対して報告の後、平成 25 年産漁期(平成 25 年 3 月～)に先立って実施された各種研修会における講演課題内で提示し、ワカメ養殖生産者、県漁連嘱託検査員、漁協・漁連職員等に周知済み。

加えて、岩手漁連広報誌「ぎょれん 2 月号」の水産技術センター報告において調査結果を掲載済み。



写真1 従来法に用いられる塩漬け用ミキサー

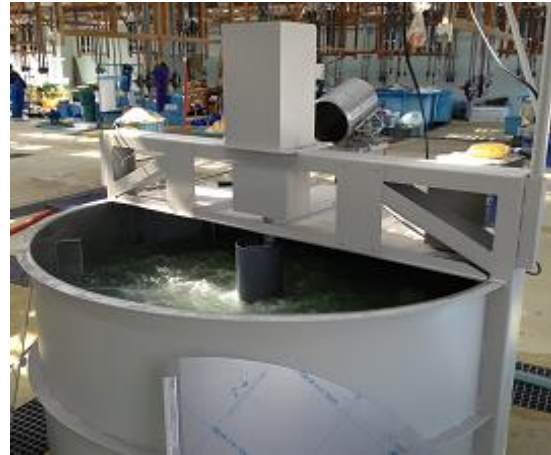


写真2 飽和塩水攪拌型塩漬装置

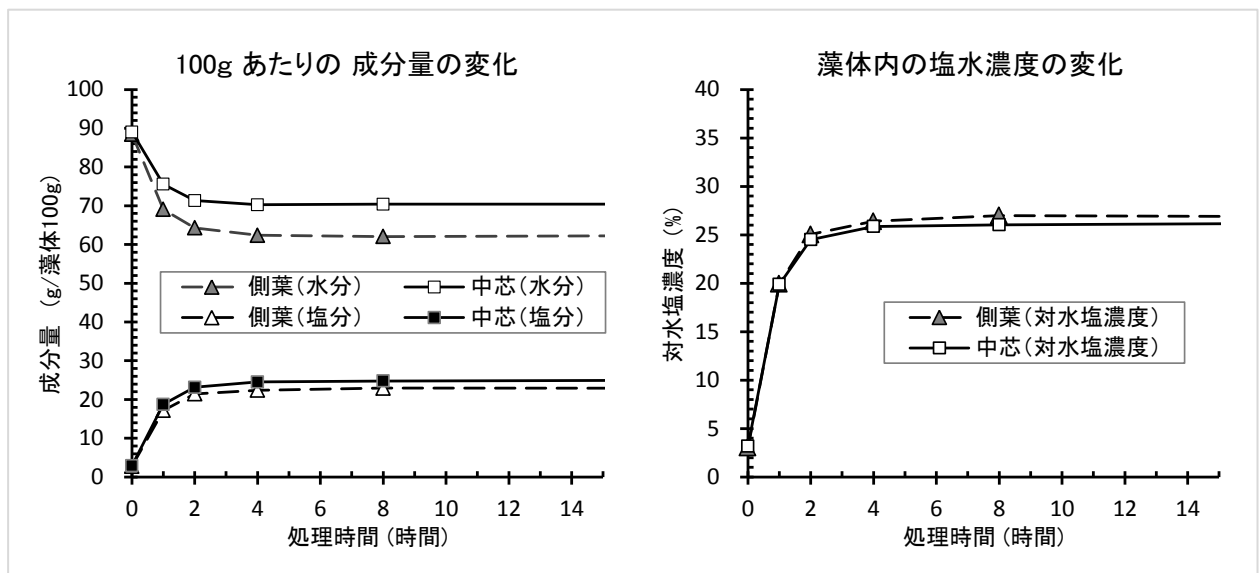


図1 従来型塩絡め法によるワカメ藻体への塩漬け特性

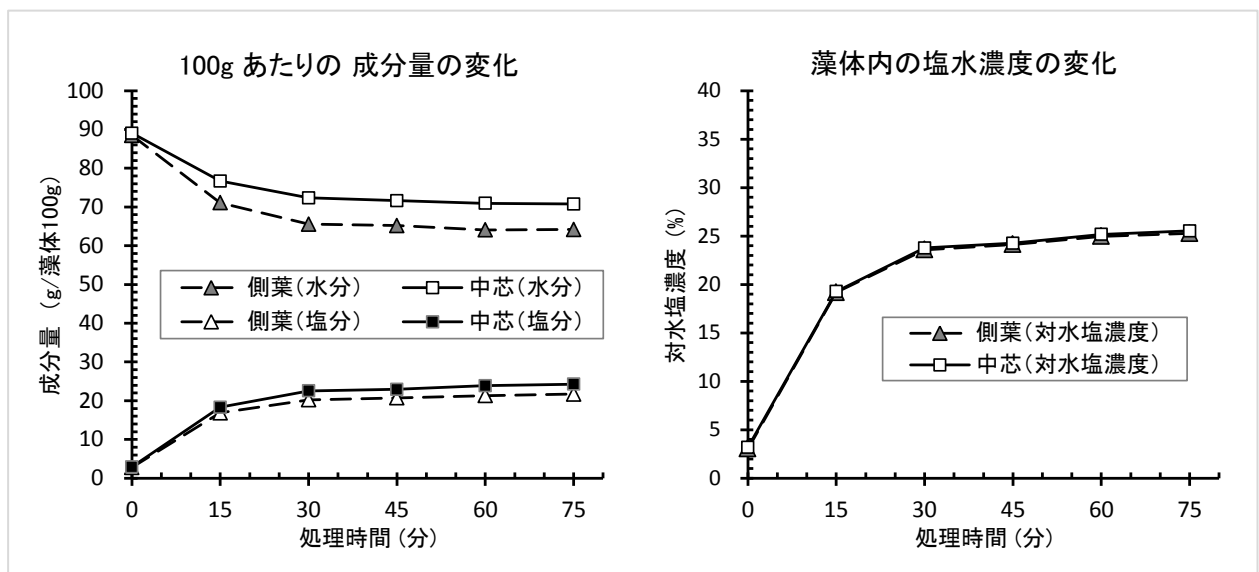


図2 飽和塩水攪拌型塩漬法によるワカメ藻体への塩漬け特性

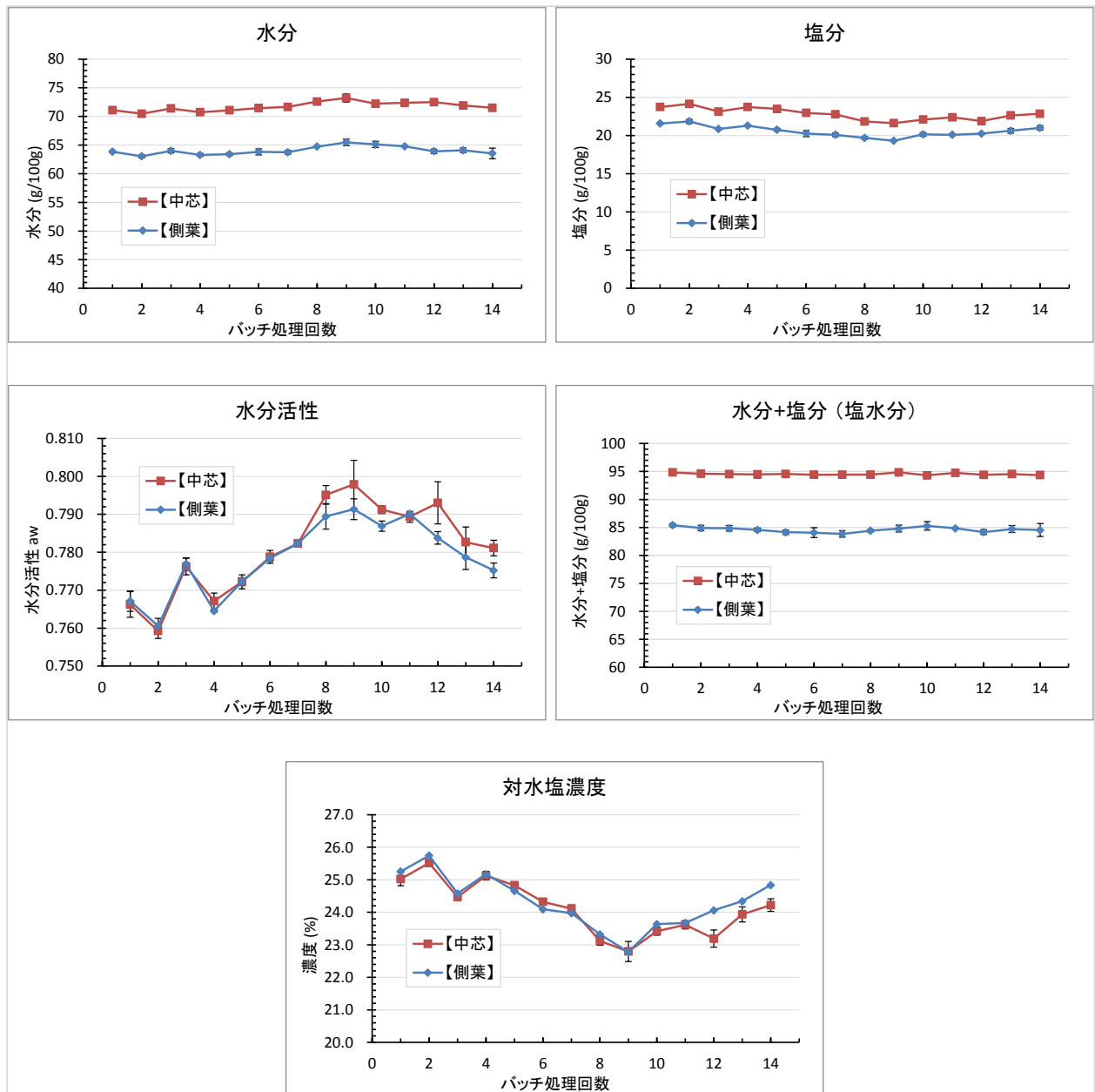


図3 飽和塩水型塩漬装置を用いた複数回の塩漬け処理で認められるワカメ藻体成分の差異

研 究 分 野	5 県産水産物の品質優位性の証明等 による市場流通の支援	部 名	利用加工部
研 究 課 題 名	(2) 震災後ワカメの加工特性と製品品質調査 ④ 飽和塩水型塩漬装置に適する網袋と推奨使用条件の指定		
予 算 区 分	県単 (利用試験費)		
試験研究実施年度・研究期間	平成 23～25 年度		
担 当	(主) 及川 和志 (副) 藤嶋 敦、菊池 達也		
協 力 ・ 分 担 関 係	全国漁業協同組合連合会東北事業所、岩手県漁業協同組合連合会 各地漁業協同組合、岩手県水産技術センター 企画指導部・増養殖部		

<目的>

養殖ワカメ生産の湯通し塩蔵加工については、従前より県漁連による製造要領での明示ほか、加工研修等における調査研究成果の提示等によって周知されてきたが、震災後は、加工環境の変化に応じた加工条件の管理指導が十分に行えていない状況があり、加工条件に起因する製品出荷後の品質変化（保存性に起因するクレーム）の増加が懸念される。そこで、従前から実施しているワカメの素材特性に関する調査に加え、適切な加工条件の抽出に係る調査研究をあらためて実施し、県漁連・各地漁協による品質管理指導に資する技術的知見を得ることを目的とする。

本課題では、前項、研究課題(2)-3 の実施で明らかにしたワカメ湯通し塩蔵加工における塩漬け処理方法の特性に関する知見、および、本研究課題において実施する補足的な検討を基に、ワカメ湯通し塩蔵加工に用いられる飽和塩水型塩漬装置の推奨使用条件を新たに提示することを目的とし、品質に優れた三陸産湯通し塩蔵ワカメ製品の安定的な流通の促進を図る。

<試験研究方法>

(2)-4. 飽和塩水型塩漬装置に適する網袋と推奨使用条件の指定

(2)-4-a. 飽和塩水攪拌型塩漬装置に適する網袋の検討

飽和塩水攪拌型塩漬装置に使用されるワカメ充填用の網袋については、性能の確保に必要な一定の目安が開発者より示されていた事実を確認できるが、これまでに開発機関である水産技術センターとしての明確な仕様の提示は行っておらず、複数の材質、形状（寸法）、網目サイズ（目空き寸法）等、仕様の異なる複数タイプの網袋が供給元業者や漁協の単位で用いられているのが現状である。

これらの塩漬装置用網袋は、飽和塩水内でワカメ藻体を強制的に攪拌することで短時間に塩分を浸透させるとする装置の原理上、必要不可欠なものであり、①装置攪拌部へのワカメ藻体の巻き込みによる品質低下や装置故障の防止、②ワカメ藻体を一定量単位で投入・回収する作業を容易にする、③装置タンク内の飽和塩水内に常に残る塩の結晶からワカメ藻体を分離する、等が機能として挙げられるものであるが、製品の品質維持の観点では、藻体への塩分の浸透を妨げず、一方では、飽和塩水（実際は塩の結晶が残る過飽和塩水）に含まれる塩の結晶を藻体に付着させない等、相反した技術的課題に対応できる性能が求められるものであり、十分な検証が行われずに現場導入された網袋製品の普及が進む場合は、装置本来の性能が発揮できない恐れがある。

したがって、装置の適切な使用条件の周知・徹底に先立ち、使用する網袋の仕様を明確にする事が重要であると考えられることから、本検討では、装置開発当初から塩漬け装置に用いられてきた青色網袋の他、最近になって現場普及が進められてきている2種類の網袋（白網袋、目明きの広い袋と狭い袋）について、同じ条件下でワカメの塩漬処理に使用し、藻体に付着する塩結晶の有無と、塩漬け状態の確認を併せて行った。

この際の装置使用条件は、飽和塩水の調製用海水 1t、塩水調整用並塩 400kg（25kg×16 袋）、攪拌モーター・インバーター設定 29Hz、ワカメ投入量 500kg（1 袋あたり藻体 25kg 計量詰め×20 袋）、ワカメ藻体 100kg に対する追加塩の投入量は 25kg（1 バッチあたり 125kg（並塩 5 袋））であり、処理時間は 60 分とした。塩漬けし

たワカメ藻体を採取 (n=3) し、網袋内部の藻体への塩結晶の有無を確認後、加圧脱水処理を行った後、成分 (水分、塩分) の定量と水分活性の測定、および、対水塩濃度 (%) の算出を行った。

(2)-4-b. 飽和塩水攪拌型塩漬装置に適する網袋の仕様の指定

前段で実施した飽和塩水攪拌型塩漬装置に用いられている網袋の比較検討の結果を受け、また、加工作業時の実態に即した利便性等も考慮の上、装置に適した網袋の仕様を選定した。

網袋の仕様を決定するに当たっては、上記に記載の機能面を確保し、藻体への塩分の浸透を妨げず、かつ、飽和塩水 (実際は塩の結晶が残る過飽和塩水) に含まれる塩の結晶を藻体に付着させない性能の確保を重視し、また、耐久性や万が一の網袋破損時における製品への混入の可能性も加味して、材質や色調についても仕様に加える事とした。

(2)-4-c. 飽和塩水攪拌型塩漬装置の推奨使用条件の提示

ワカメの湯通し塩蔵加工品において、その製品の品質 (塩漬け状態) は、ワカメ藻体内の水分に対する塩の溶解度がほぼ飽和しているか否かで判定でき、成分分析によって定量された水分量と塩分量から算出される対水塩濃度 (%) [濃度 = 塩分 ÷ (塩分 + 水分) × 100] が 24~26.3% (飽和) の範囲内であれば、ワカメには十分な塩が漬かっていると判断ができる。このことから、従来型の塩絡め法においては、添加された塩は一昼夜の浸漬時間で藻体由来の水分に溶け切るため、仮に塩甘 (対水塩濃度が 24%を下回るもの) な製品が生じた場合は、その原因として加塩量の不足を指摘できる。

一方、飽和塩水型塩漬装置では、飽和塩水のタンクにワカメ藻体と追加の塩を投入し、過飽和の塩水状態を維持したまま約 1 時間で塩漬けが完了できるとされ、1 回の塩漬処理が終了した直後の装置タンク内 (塩水) には塩の結晶も十分に残っていることから、マニュアルに従った作業を繰り返していれば塩の甘い製品は生じないと考えられてきた。

しかし、研究課題 (2)-3 での検証が示す通り、現場での作業実態である飽和塩水を一定期間使い続ける連続処理の条件下では使用者が意図しないままに塩の甘い製品を生じる場合があると確認されており、また、装置の使用において製品の塩漬け状態を左右する因子が複数ある (原藻の投入量、塩の投入量、処理時間、攪拌機の回転数、網袋の仕様、飽和塩水中に残存する塩結晶の量など) ため、装置に用いられるマニュアルにおいても、塩漬けの安定化を前提とした適切な条件をあらためて抽出し、標準的な作業指針として指導普及に用いる必要があると思われる。

特に、飽和塩水型塩漬装置の販売時には、“塩漬け処理後のワカメ藻体への塩結晶の付着が無く、塩払いが不要になる”とした誇張的な売り込みも行われたことから、装置を導入した一部の生産者では藻体への塩の付着が発生しないことが重視されており、塩の結晶が容易に通る目空きの広い網袋を使用しながらも、塩結晶の藻体への付着を防ぐ目的で装置に加える塩量を減らしているなど、実際に製品の品質 (保存性) を損なうレベルまで装置の使用条件が独自に変更されている事例も確認されていることから、水産技術センターとしては県下統一の装置使用条件を提示することは、問題発生時の早期対策と改善にもつながるものと期待される。

そこで、次年度にあたる平成 26 年産 (平成 25 年度) ワカメ漁期に先立って、平成 25 年産漁期中に実施した調査・検討を基にした新たな飽和塩水攪拌型塩漬装置のマニュアルに相当する「水産技術センター推奨使用条件」を作成した。

<結果の概要・要約>

(2)-4-a. 飽和塩水攪拌型塩漬装置に適する網袋の検討

飽和塩水攪拌型塩漬装置に使用される既存のワカメ充填用の網袋 (写真 1) について、同一の塩漬け処理条件下でテストを実施し、藻体に付着する塩結晶の有無と、塩漬け状態の確認を行った。その結果、何れの網袋の使用においても初回の装置処理では藻体への塩分浸透は十分に達成されている事が確認でき、網袋内への塩水の透過性がやや劣ると考えられた細目の網袋においても、藻体の対水食塩濃度が 25%を超えており、実用に適すると考えられた (図 1)。

ただし、網袋の目空きが広い青網粗目袋（写真 1-①）と白網粗目袋（写真 1-③）では、塩漬後のワカメ藻体表面に網目を通過した塩結晶（装置飽和塩水中の残存塩結晶）が多量に付着しており（写真 2）、製品化時に塩払いの作業が必要になる点で粗目の網袋は推奨できないと思われる。

(2)-4-b. 飽和塩水攪拌型塩漬装置に適する網袋の仕様の指定

前段で実施した飽和塩水攪拌型塩漬装置に用いられている網袋の比較検討の結果より、網袋は装置塩水中の残存塩を通さないものが好ましいことから、細目の網を使用したものを選定する事とした（表 1）。

また、加工作業時の実態に即し、一定量のワカメ充填による計量作業の安定化についても考慮し、網袋の形状（寸法）についても統一を図り、加えて、網袋の長期使用時に発生し得る繊維断片のワカメ製品への混入の際にも判別容易な白色のポリエステル繊維で作られた網袋を仕様に含めた。

なお、網袋仕様の指定については今後の指針とするものであり、既に現場に導入・使用されている網袋については直ちに更新を強制するものではなく、劣化時の更新時に改めることで現場周知を進めることとした。

(2)-4-c. 飽和塩水攪拌型塩漬装置の推奨使用条件の提示

飽和塩水攪拌型塩漬装置の使用条件については、装置が水産技術センター開発の省力化機器として普及が進められて来たものであるが、従来の塩蔵法との比較でも同等以上の安定性で塩漬処理が行える事が現場普及を進める上での前提であることが県漁連ほか漁業者サイドの認識であることから、塩漬処理の一層の安定化に必要な装置使用条件については可能な限り速やかに改善を図り、情報を周知する必要があった。

本課題を含む東日本大震災以後の復旧支援事業の過程で、ワカメ湯通し塩蔵加工における品質課題の解決に必要な調査・検証の作業は一定の成果を得られたことから、知見に基づき、飽和塩水攪拌型塩漬装置に係る「水産技術センター推奨条件」を新たに作成（表 2）、平成 25 年 11 月より関係機関への周知を開始した。

<今後の問題点>

本課題で作成し、平成 26 年産の養殖ワカメ漁期からの使用を念頭においた「水産技術センター推奨条件」については、以後、安易な修正を行わず、装置に関連した課題の発生時には県漁連・各地漁協担当者との意見調整の下、技術的課題に対応する試験研究の実施、および、改善対策の周知によって県下統一的な使用方法としての普及が必要である。また、販売業者が配布する装置マニュアルについても、推奨条件に基づいた早急な改修が望まれる。

<次年度の具体的計画>

本小課題について継続実施の予定はなし。（小課題の実施目標を達成したため）

<結果の発表・活用状況等>

新たに作成した飽和塩水攪拌型塩漬装置の「水産技術センター推奨使用条件」については、A4 版 1 枚に印刷・ラミネート加工した現場参照用マニュアルとして、県漁連より各地漁協、ワカメ生産者に対して計 600 枚を配布して周知済み。また、水産技術センター公式ホームページ上において、ダウンロード配布可能な参照資料として掲示を実施している（<http://www2.pref.iwate.jp/~hp5507/sokuhoumokuji.htm>）。

このほか、平成 25 年産漁期（平成 25 年 3 月～）に先立って実施された各種研修会における講演課題内で提示し、ワカメ養殖生産者、県漁連嘱託検査員、漁協・漁連職員等に周知した他、岩手漁連広報誌「ぎょれん 2 月号」の水産技術センター報告において同様の内容を掲載済みである。



写真1 網袋の仕様検討に用いた既存の網袋
(右から ①青網粗目 ②白網細目 ③白網粗目)



写真2 粗目網袋で生じる藻体への塩付着
(細目網袋では塩の結晶は付着しない)

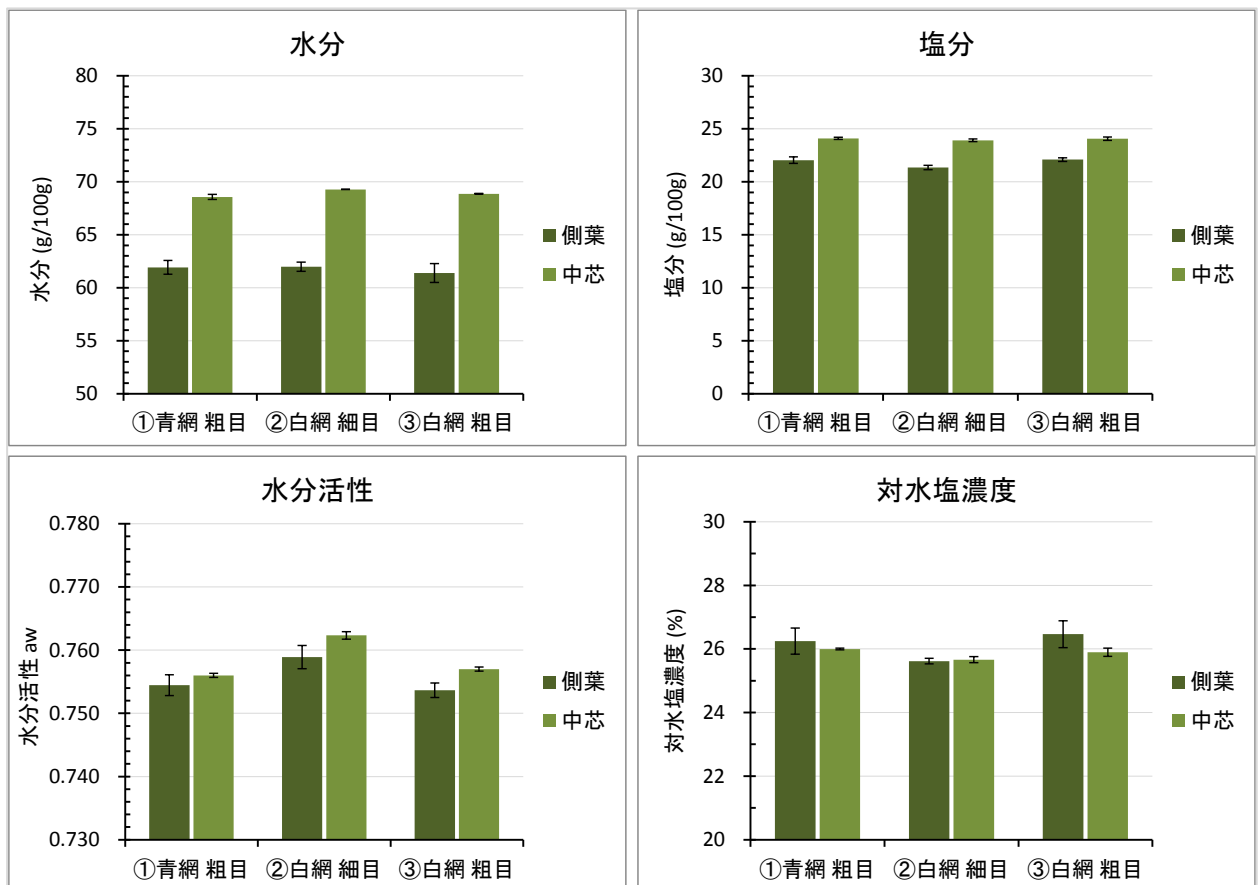


図1 飽和塩水攪拌型塩漬装置に適する網袋の検討で得られたサンプルの分析結果

表 1 飽和塩水攪拌型塩漬装置に使用する網袋の仕様

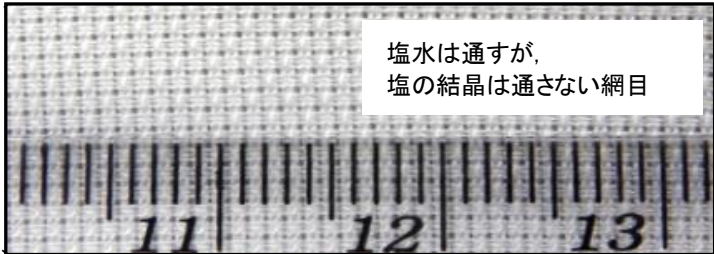
	① 寸法
	網袋への投入量を一定にするため、寸法は 縦 90cm×幅 45cm に同等。
	② 網目
	0.2～0.3mm 程度の「目空き」がある。
	③ 材質
	ポリエステル等の化学繊維(白色)。
	④ 性能
	塩漬で、塩の結晶が藻体に付着しない。 藻体の対水塩濃度が 25%以上になる。
 塩水は通すが、塩の結晶は通さない網目	
* 装置用網袋を開発する場合は県漁連と水技セに事前相談し、現場普及の前に、開発者の負担で性能試験を実施すること。	

表 2 飽和塩水攪拌型塩漬装置の作業前準備と塩漬け作業時の設定
(塩水準備は初回の塩漬作業の前に実施する)

【塩水準備】	① 装置タンクに真水を張る。 [深さ 30cm (約 1t)]
	② 飽和塩水用の塩を投入。 [25kg×15袋 (375kg)]
	③ 30分攪拌後、塩水の飽和(濃度 26.3%)を確認。
【塩漬作業】	① 塩漬する藻体を計量する。 ・一袋あたり湯通し冷却した藻体 25kg を詰める。
	② 装置タンクへ藻体と塩を投入。 ・1回の 処理量は 400～525kg まで (600kg 不可)。 ・藻体 75kg に対する塩の投入量は 25kg (1袋)。
	③ 装置設定の確認および運転。 ・モーターの回転設定 [インバーター設定: 29Hz] ・1回の処理時間 [60分 (10分程度の延長は可)]

研 究 分 野	6 産地ならではの加工技術開発による 水産加工業の支援	部 名	利用加工部
研 究 課 題 名	(1) 県産水産物を用いた高付加価値型食品製造技術開発		
予 算 区 分	国庫（先端技術展開事業費）		
試験研究実施年度・研究期間	平成 24～30 年度		
担 当	(主) 上田智広 (副) 藤島 敦		
協 力 ・ 分 担 関 係	東京海洋大学、水産大学校、(株)フロンティアエンジニアリング		

<目的>

高齢者に多い嚥下困難者を対象とした食品の開発に向けて、ソフト感を得るための加工素材開発を行う。

<試験研究方法>

イカ 3 種（アメリカオオアカイカ、紫イカ、スルメイカ）の外套膜の原料（ベタ）に、3%の食塩を加えて塩播したすり身を、モノーポンプにより幅 5 cm×高さ 5 mmの配管出口へ連続的に押出成型しながら、ベルトコンベア式通電加熱装置で加熱して試作品を得た（図 1）。試作品は直径 5 mmの球形プランジャーを用いて、突き刺した時の破断強度を測定した。



図 1 イカソフト化食品の製造の様子（左からすり身調製、通電加熱装置、連続成形）

<結果の概要・要約>

イカ 3 種（アメリカオオアカイカ、紫イカ、スルメイカ）について、それぞれ水分量を 85%程度に調製して得た試作品の破断強度を比較すると、紫イカ、スルメイカに比べてアメリカオオアカイカが 0.7N と最も柔らかかった。さらに 88.2%まで加水して調製した試作品では 0.6N まで破断強度が低下した。試作品からの離水も起こっておらず、咽喉越しのよいソハンペンに類似した柔らかい食感を有する試作品ができた（図 2，3）。



図 2 通電加熱後の試作品
（アメリカオオアカイカ）

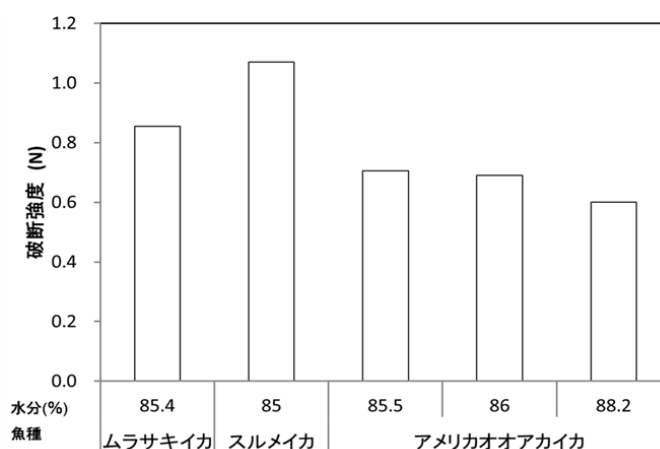


図 3 各種イカ肉から通電加熱して成形した試作品の破断強度

＜今後の問題点＞

ソフト感のある加工素材開発は、製品の性状は多種多様であることから、対象とする客層や目標とする品質レベルを明確にし、実際の用途や製造設備に応じた細かい条件設定が必要になる。

＜次年度の具体的計画＞

現場の企業と連携した取り組みを行い、新製品開発に繋げる。併せてサケ等の他の素材についても、通電加熱技術の利用を視野に入れて、導入済の包餡機等も活用しながら、高齢者にも対応した食品開発を進めていく。

＜結果の発表・活用状況等＞

特になし

研 究 分 野	6 産地ならではの加工技術開発による 水産加工業の支援	部 名	利用加工部
研 究 課 題 名	(2) 通電加熱技術の実用化研究		
予 算 区 分	国庫（先端技術展開事業費）		
試験研究実施年度・研究期間	平成 24～30 年度		
担 当	(主) 上田 智広 (副) 藤島 敦		
協 力 ・ 分 担 関 係	東京海洋大学、水産大学校、(株)フロンティアエンジニアリング		

<目的>

生食用魚介類であるイクラの保存性向上のため、温度制御能に優れた通電加熱技術により、加熱変性や品質低下を起こさず最大限殺菌効果が得られるように、加熱処理条件の検討を行う。

<試験研究方法>

10 cm角形アクリル水槽に入れた 4%食塩水中に生イクラを浸漬して、45～75℃の範囲で各 10℃間隔に設定し、設定温度に達するまで加熱処理を行った。その後 5℃で貯蔵して品質の変化を確認した。

<結果の概要・要約>

生イクラを各温度で通電加熱後、貯蔵中の菌数の変化を測定したところ、処理温度が 55℃以上になると貯蔵中の一般細菌数の増加が抑えられていた。BPG 培地で検出された低温細菌においては、検出限界以下となるのは 65～75℃の範囲であったが同様の傾向であった(表)。貯蔵期間が経過した 9 日目では、特に処理温度が 65℃以下で食感や風味が変化し嗜好性が低下した(図 1)。食感の変化に対応して、卵膜硬化に関する破断強度の増加が認められた(図 2)

ベルトコンベア式通電処理装置でイクラの加熱試験を行ったところ、食塊の一部分に加熱変性が起こった。対象物の加熱による温度斑 が大きいと思われ、特に生食製品においては精密な温度コントロールが重要である。

表 生イクラを通電加熱したときの処理温度が冷蔵貯蔵中の生菌数に与える影響

培養法	通電加熱 処理温度	サケ個体No.					cfu/g
		A	B	C	D	E	
標準 寒天培地 (35℃培養)	未加熱	<200	4.2×10^5	6.2×10^3	2.6×10^5	<200	
	45℃	<200	2.1×10^3	1.6×10^3	2.7×10^5	<200	
	55℃	<200	<200	<200	<200	<200	
	65℃	<200	<200	<200	<200	<200	
	75℃	<200	<200	<200	<200	<200	
BPG 寒天培地 (20℃培養)	未加熱	7.5×10^5	1.5×10^6	5.0×10^5	4.6×10^5	8.5×10^5	
	45℃	2.3×10^4	2.0×10^4	7.1×10^2	2.3×10^5	2.8×10^5	
	55℃	<200	1.9×10^3	7.1×10^3	<200	1.3×10^3	
	65℃	<200	<200	<200	2.2×10^3	1.4×10^3	
	75℃	<200	<200	<200	<200	<200	

5℃, 9日貯蔵後測定

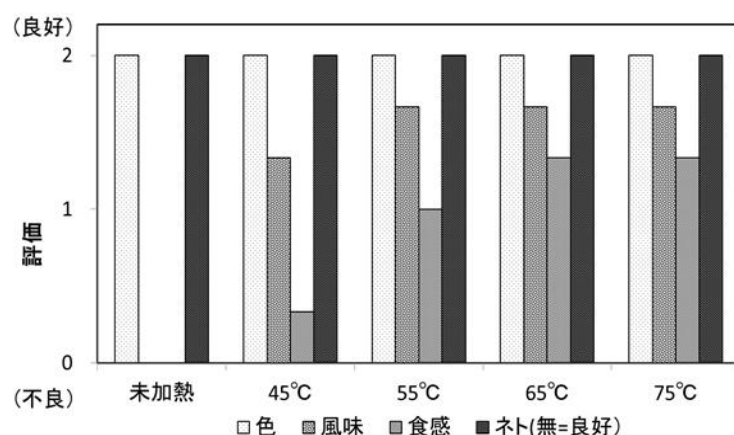


図1 各温度で通電加熱した生イクラを貯蔵した時の官能評価結果 (5℃, 9日間貯蔵)

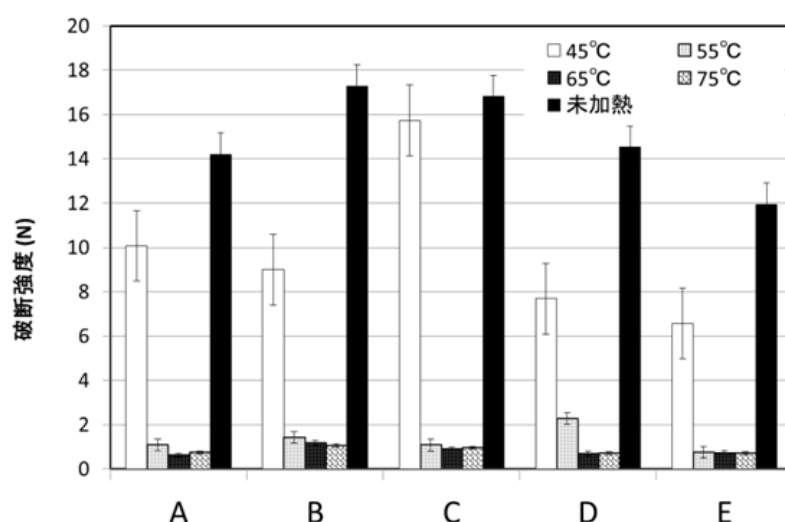


図2 各温度で通電加熱した生イクラを貯蔵した時の破断強度の差異 (5℃, 9日間貯蔵)

A～E はサケ個体別

<今後の問題点>

通電加熱処理後、品質を大きく損ねる可能性がある冷凍貯蔵中の酸化について防止と工場の生産規模に合致した生産システム化が必要。

<次年度の具体的計画>

品質を大きく損ねる可能性がある冷凍貯蔵中の酸化防止する手段が必要であるため、酸化防止剤や包装内の窒素置換等について検討する

加熱斑を防ぐことに留意して、ベルトコンベア方式を含めた精密温度制御が可能な連続製造方式について検討する。

<結果の発表・活用状況等>

- ・通電加熱セミナー(7月11日, 岩手水産技術センター)
- ・「通電加熱による水産食品の加熱と殺菌」(水産学シリーズ) p.89-97 恒星社厚生閣

研 究 分 野	6 産地ならではの加工技術開発による 水産加工業の支援	部 名	利用加工部
研 究 課 題 名	(3) 短期蓄養による漁獲物の付加価値向上技術の開発 (ウニ・サバ等)		
予 算 区 分	国庫 (先端技術展開事業費)		
試験研究実施年度・研究期間	平成 24～30 年度		
担 当	(主) 上田 智広 (副) 藤島 敦		
協 力 ・ 分 担 関 係	東京海洋大学、水産大学校		

<目的>

ウニの美味しい食べ頃の出荷期間を、需要の高まる 9 月上旬まで 2 週間延長 (18%延長) できる蓄養条件を解明する。

<試験研究方法>

釜石湾口深部 (水深 35m) の低温水域にバスケットにウニを入れて飼育した。定期的に引き上げて採取し、身入りや成熟度合を確認するとともに、官能試験を行ってウニの蓄養による効果を評価した。なお、対象として、5、15℃に調温した海水を用いて陸上水槽で蓄養したウニと比較した。

<結果の概要・要約>

釜石湾口海域での蓄養試験では、ウニを漁獲後蓄養するバスケットに移して収容する際に管足が傷害を受けて斃死することが懸念されていたが、蓄養実験期間に斃死はほとんどなく順調に推移した。垂下縄の長さを 35m、垂下縄の間隔を 40m としたため、時化による縄の絡みはなく生物調査を進めることができた。水深 35m は表面水温と比べて 5℃程度水温が低いが、8 月上旬以降、放卵放精して組織が液状化、ぜい弱化するウニの個体が多くなり、8 月下旬には多くのウニが放卵放精する状況にあり、現在のところ 8 月下旬が出荷時期の限界にあたると考えられた (図 1)。海域に比べて水温 10℃で陸上水槽を用いて蓄養した場合は、成熟の遅れは明確であったが、9 月に入ると多くの個体が放卵放精した。5℃では試験期間中成熟が進んでいない個体も見られたが、身入りの割合は少なかった (図 2)。蓄養期間が進むにしたがって成熟が進むが、ウニは官能的には甘味や濃厚さが少なく、鹹味が増加する個体が増加した。

<今後の問題点>

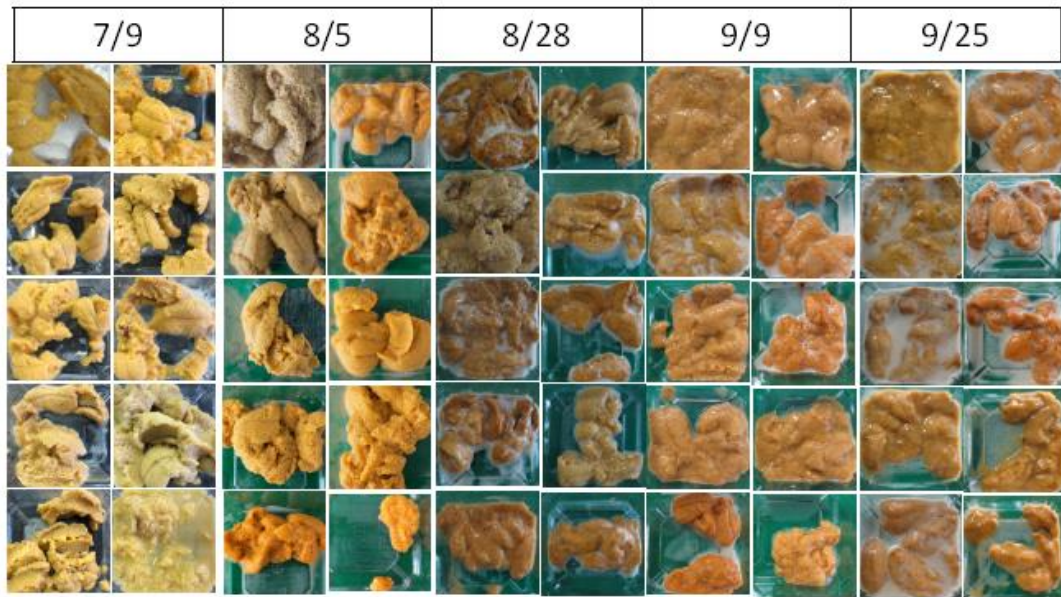
給餌する試験区を増やして、無給餌の影響が検討する必要がある。

<次年度の具体的計画>

ウニの蓄養開始時が漁期の後半に遅れたことから、早期に生育温度を低下させた場合について検討する。また、蓄養期間中にウニは濃厚さや甘味が失われたことから、投餌がウニの味覚へ与える影響について調べる。

<結果の発表・活用状況等>

漁業者交流会 (1 月 23 日、岩手県久慈市)



8月下旬で半数以上が成熟

図1 蓄養したウニのむき身の写真（海面）

