

ワカメ異常冷水対策マニュアル

平成 18 年 12 月

(平成 31 年 2 月一部修正)

岩 手 県

目 次

1	はじめに	1
2	異常冷水発生による問題と原因	2
	(1) 生長の遅れと品質低下	2
	(2) 褐変	4
3	注意報と警報	6
	(1) 異常冷水注意報・警報	6
	(2) 発令区域	6
	(3) 注意報・警報発令時の対応	6
	(4) 情報連絡体制	7
4	異常冷水発生時の品質管理対策	8
	(1) 生長不良について	8
	(2) 褐変について	8
	ア 刈取適期の遵守	8
	イ 加工条件の遵守	8

付録

- 1 湯通し塩蔵ワカメの加工（ワカメ養殖ハンドブック抜粋）
- 2 ワカメの pH の測定方法

1 はじめに

三陸沖合には、親潮、黒潮、津軽暖流が分布しており、季節毎、年毎に大きく変動しています。

異常冷水現象は、親潮系冷水の南偏、沿岸親潮の強勢、津軽暖流の弱勢、冬季の低温傾向等が直接の原因と考えられていますが、その背景には地球規模の気候変動が関係しているとされており、数年～10年位に一度の割合で発生しています。平成18年冬～春季に見られた異常冷水の長期接岸は、昭和59年の発生以来22年ぶりに見られた現象で、ワカメ養殖では生育不良や製品の品質低下などの被害が発生しました。

このため、異常冷水接岸にかかる情報を関係者が共有し、迅速かつ適切な対応を図ることによって、異常冷水による産業的な影響を最小限に喰いとめていくことが求められています。本マニュアルは、現状下において想定される範囲での対応等について示したものです。

なお、本マニュアルでは、沿岸で5℃以下の水温が2週間以上継続した場合を異常冷水発生と定義します。

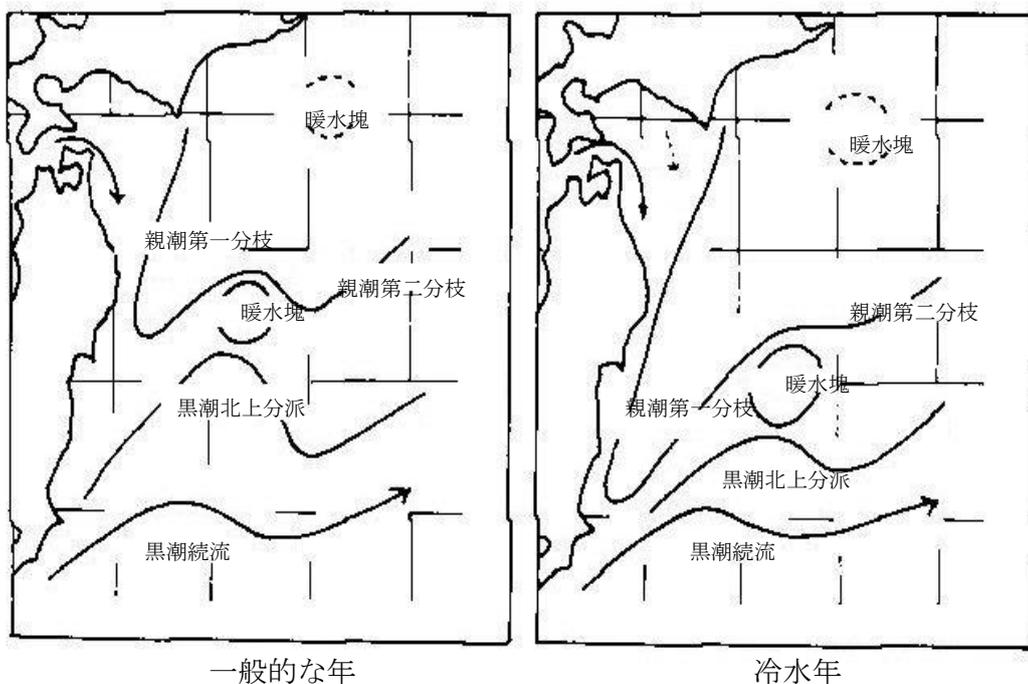


図1 一般的な年と冷水年の冬から春にかけての水塊配置模式図

2 異常冷水発生による問題と原因

ワカメ養殖期間中に異常冷水が発生すると収穫が遅れるだけでなく、海藻の「色落ち」や製品の「褐変」といった現象が見られます。

(1) 生長の遅れと品質低下

3月下旬に異常冷水発生を確認した昭和59年（発生前）と平成10年から17年までの平均値（通常年）の葉長の経時変化を図2に示しました。

このように、異常冷水発生年の養殖ワカメの生長は遅れることが示され、これはワカメ生理活性の低下に起因していると推測されます。

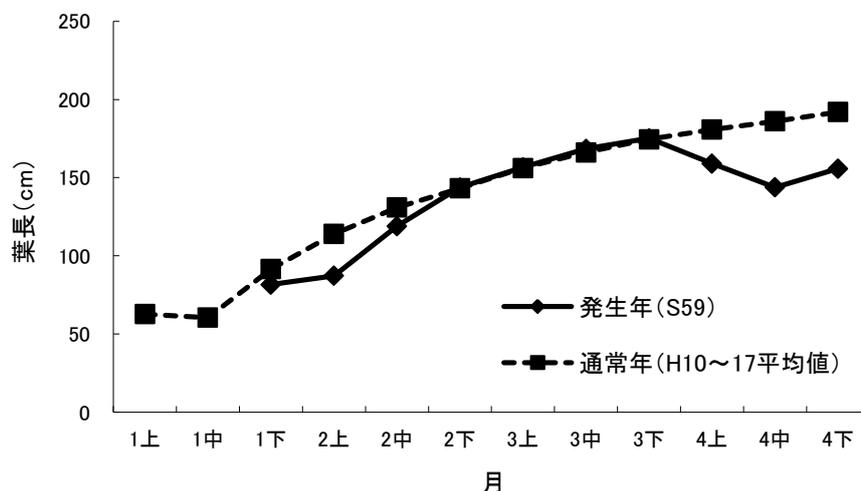


図2 吉里吉里地区におけるワカメ葉長

異常冷水発生は、ワカメ生理活性を低下させると推測され、これに起因して「葉が薄い」ワカメや、生長バランスの悪さによると考えられる中肋部分の「うねり」及び葉体の「しわ」といった様々な品質低下、「軟腐性あなあき症」や「斑点性先腐れ症」等の病害が起こることがあります。

また、ワカメの生長に欠かせない栄養塩（硝酸態窒素）が急激に減少したり、短い期間で増減を繰り返したりする場合、養殖中のワカメ葉体の色調が悪くなるいわゆる「色落ち」といった現象が起こることが確認されています。

栄養塩は、1月から3月にかけて最も多くなり、100～150 $\mu\text{g/L}$ 前後で推移します。ところが、異常冷水発生の状態では、200 $\mu\text{g/L}$ 前後からそれ以上と非常に多くなります。異常冷水の元になる親潮は、水温が低

いことはもちろんですが、栄養塩類を豊富に含みます。異常冷水のときは、親潮系の水が栄養塩の少ない津軽暖水や岸近くの水と混ざることなく、接岸したり、湾内に流れ込むため、栄養塩の値が高くなります。その逆に、冷水の勢いが弱くなり離岸すると、栄養塩は急激に減少して通常の年と同じ位か、それ以下まで低下します。

この冷水の離岸が春に近い時期に起こると、栄養塩が通常年よりも豊富な状態で水温が上昇に転じるため、植物プランクトンの大発生（ブルーミング）が起こりやすくなります。爆発的に増殖する植物プランクトンは、栄養塩を急激に消費するため、さらに栄養塩が減少します。平成18年の3月下旬ごろには、まさにこのような状態となりました（図3～5）。

4月になって栄養塩は回復傾向となったように見えますが、実は短期間で栄養塩の増加と減少が繰り返されています。

5℃以下の水温が長く続いたこと、冷水状態から回復したときの栄養塩の減少幅が大きかったこと、短期間で栄養塩の増加と減少が繰り返されたことなどから、ワカメの生理活性の低下が著しく、ワカメの色落ちにつながったと考えられます。

色落ちしたワカメは健康状態も悪く、正常な生長はできない状態にあるため、品質低下につながります。

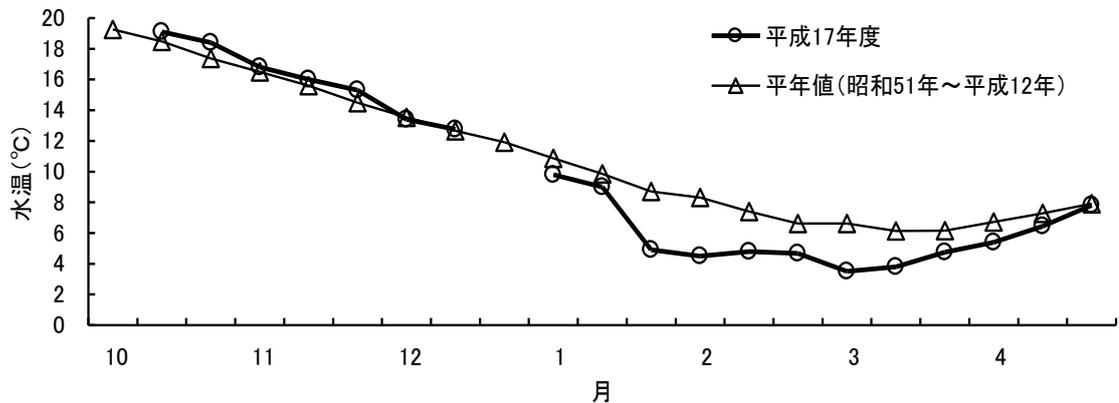


図3 船越湾吉里吉里定点Aの表面(0m)における水温の変動

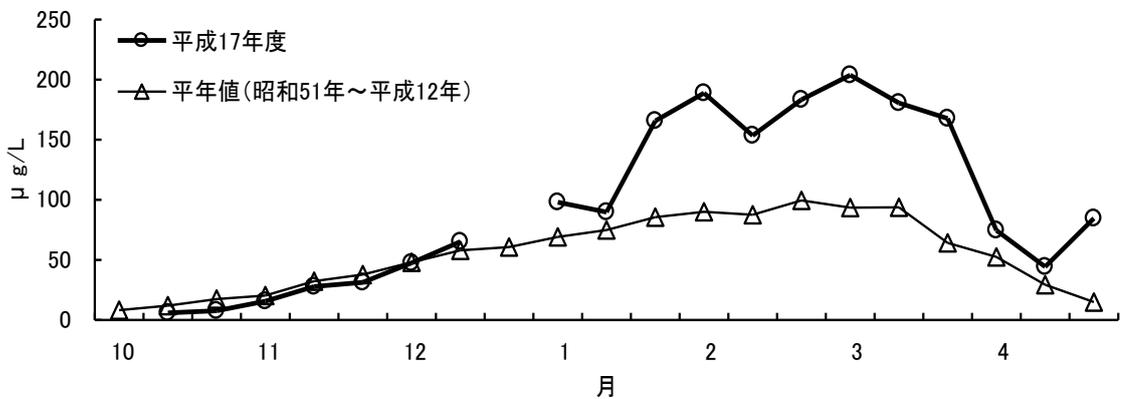


図4 船越湾吉里吉里定点Aの表面(0m)における栄養塩(硝酸態窒素)の変動

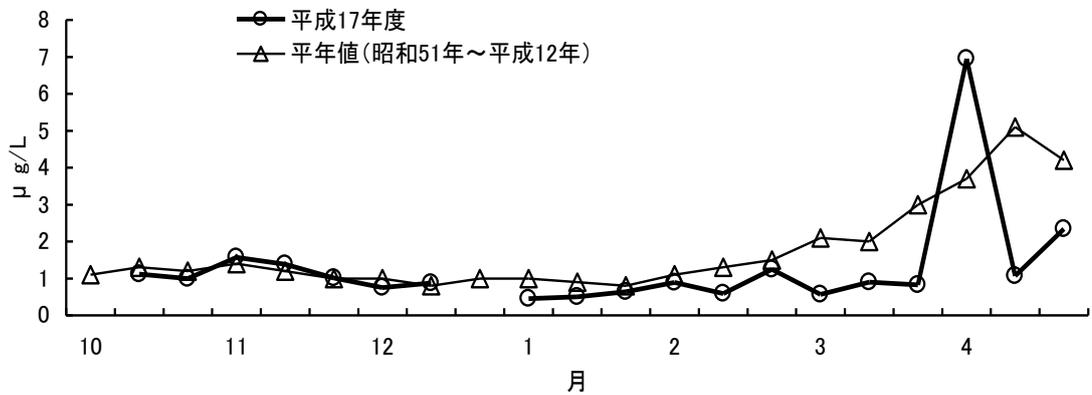


図5 船越湾吉里吉里定点Aの表面(0m)におけるクロロフィルaの変動

(2) 褐変

湯通し塩蔵ワカメの褐変は、原藻の pH が低くなる（酸性の度合いが強くなる）ことにより生じます。これは、pH の低下によってワカメの緑色を示す葉緑素（クロロフィル）の分解が起こりやすくなり、褐色を示す成分（フェオフィチンやフェオホルバイド）に変化することが原因とさ

れています。

ワカメ原藻の pH は、ワカメの生長や老化と関連性があり、通常年においては図6に示すとおり、ワカメの生長とともに徐々に低下し、漁期後半になると pH は 5.8 以下になる傾向を示します。

異常冷水が発生した年では、図7に見られるとおり、pH の低下が著しく3月の漁期前半でも pH が 5.8 以下になる場合があることから、注意が必要です。

また、通常年においても、ワカメの生長が遅い年の刈り取りは遅れがちとなり、結果として pH の低い原藻を多く収穫することになる恐れがありますので注意が必要です。

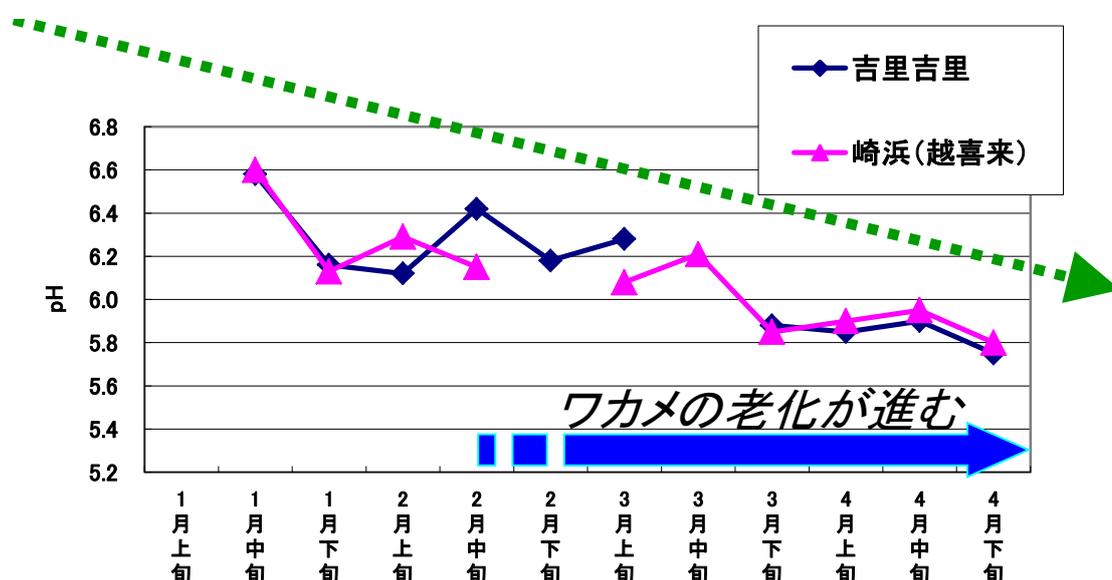


図6 時期による生ワカメのpHの変動(平成5年、1993年)

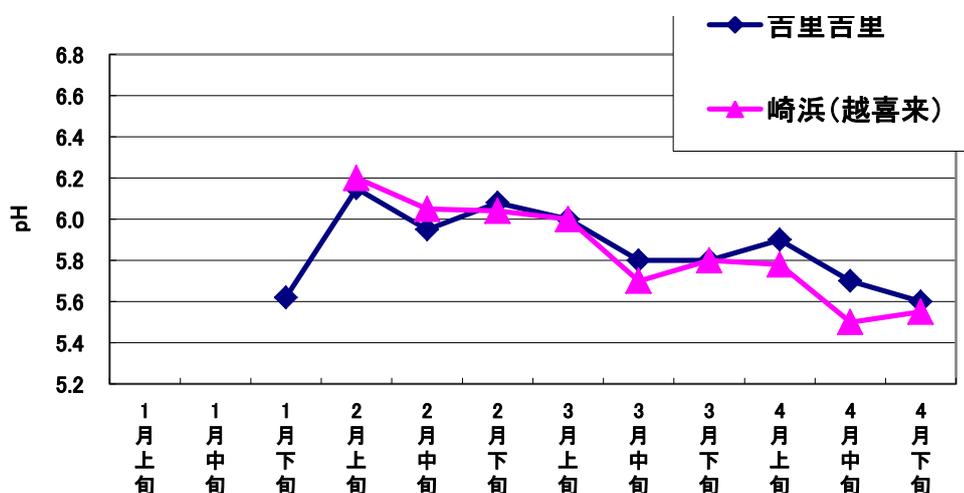


図7 冷水時における生ワカメのpHの変動(昭和59年、1984年)

3 注意報と警報

水産技術センターでは、海況、定点観測等に基づいて冷水に関する情報を発信するとともに、異常冷水接岸のおそれがあると認められるときには、注意報・警報を発令して注意を喚起します。

(1) 異常冷水注意報・警報

ア 異常冷水注意報

5℃以下の水帯が、距岸2マイルに接近し、接岸のおそれがあるときに発令します。

イ 異常冷水警報

5℃以下の水帯が、一部接岸したと認めるときに発令します。

(2) 発令区域

注意報・警報は次の4区域に区分して発令します。

久慈地域、宮古地域、釜石地域、大船渡地域（水産部、水産振興センターの区域）

(3) 注意報・警報発令時の漁協等の対応

ア 漁業者に注意を喚起し、漁場をこまめに観察して状況の変化を監視するとともに、異常があれば漁協に報告するよう呼びかけてください。

イ 漁場ごとに1箇所以上の定点を設けて、定期的（最低でも1週間に一度）に調査を実施し、水温や生育等の状況について監視を行ってください。この調査は、ワカメの収穫や加工等の生産計画を判断する上で重要な調査となります。

○調査項目

- ・海水温、栄養塩（ワカメ漁場栄養塩調査に準じる）
- ・ワカメの生育状況
- ・ワカメ葉体のpH（特に、警報発令時：測定方法は付録参照）

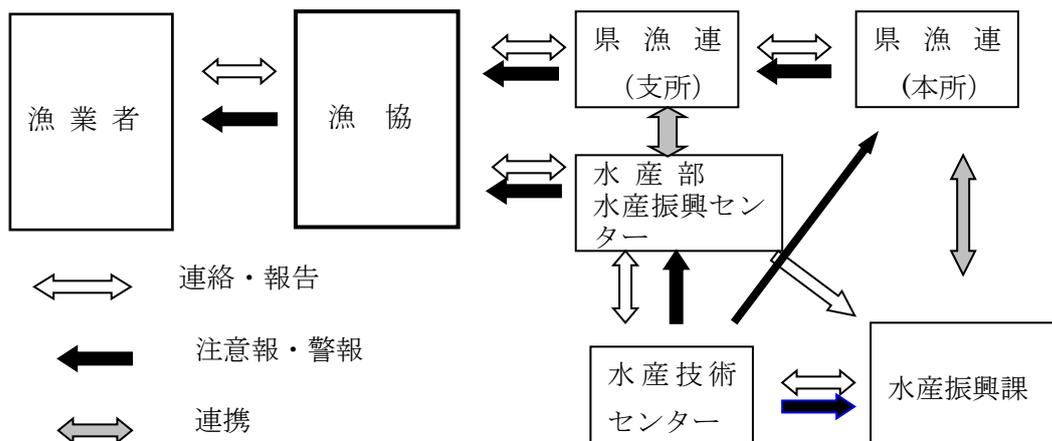
など

ウ 警報発令時におけるワカメの収穫に際しては、本書「4 異常冷水発生時の品質管理対策」に従って適切に行われるよう、漁業者を指導してください。

エ 漁業者から寄せられた漁場の異常に関する情報および調査の結果などは、速やかに「(4) 情報連絡体制」に基づいて各機関に報告してください。

(4) 情報連絡体制

各機関は、下図の経路で情報を伝達して共有し、連携して漁場環境や生育状況等の調査を行い、対応策を協議します。



4 異常冷水発生時の品質管理対策

(1) 生長不良について

現在のところ、異常冷水による生育不良を改善する有効な手段はありません。このことから、ワカメの生育状況や水温、栄養塩等の漁場環境に常に注意を払い、時機を逸しないように収穫することが大切です。

よって、警報時に漁協等が行う調査情報の経過や自漁場の状況などを見ながら生産計画を立てるなど、状況が悪い中でも最善を尽くしていく必要があります。

また、刈取りを判断する上で、ワカメ葉体の pH が重要な要素となります。

(2) 褐変について

ア 刈取適期の遵守

異常冷水の接岸時においては、生長不良による品質低下のほかに、ワカメ葉体の pH の低下によって、加工時や保管時に変色する可能性が高くなります。

このため、ワカメ葉体の pH の動向に注意を払い、pH 5.8 を目安として生長が伴わなくても刈り取るといった思い切った判断が必要です。

また、異常冷水の接岸がない通常年においても、4月の漁期終盤には葉体の老化等により pH は低下しますので、同様に pH の動向を見極めて適切に収穫することが大切です。

イ 加工条件の遵守

異常冷水時における湯通し塩蔵ワカメの加工については、原藻の pH の低下によって褐変する可能性（pH が低い原藻は加工後の製品の pH も低い）が高くなることから、特に次の点に留意し、通常時より入念な加工に心がける必要があります。

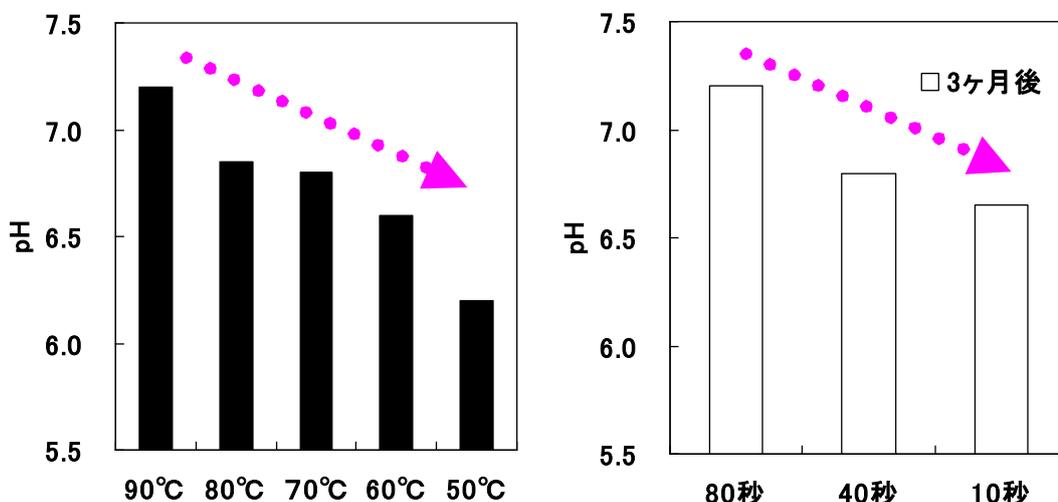
① 原藻の選別

生長不良等によって品質が低下したものや pH の低いものは、選別して除外します。

② 湯通し温度及び時間

湯通しの温度や時間の違いによる塩蔵ワカメ製品の pH の変化について図8に示しました。これによると、温度が高く、時間が長いほど製品の pH が高く保たれる（褐変し難い）ことが分ります。

- 加熱温度：連続加工においても製造中の湯温が常に90℃以上になるようにします。このためボイル釜の能力に応じバーナーのサーモスタットを設定し、投入直後でも80℃以上を確保できるよう原藻の投入量を加減するとともに、湯通し中は温度計とタイマーにより計測確認をしながら、細心の注意を払って作業をします。
- 加熱時間：通常より長めの60秒程度とします。



湯通し温度低い ⇒ pHが低い 湯通し時間短い ⇒ pHが低い

図8 湯通し温度と時間による塩蔵ワカメ製品のpHの変化

③ 湯通し用水の交換

湯通し加工中における湯の pH の低下状況及び湯の pH 低下による製品の pH への影響について図9及び図10に示しました。

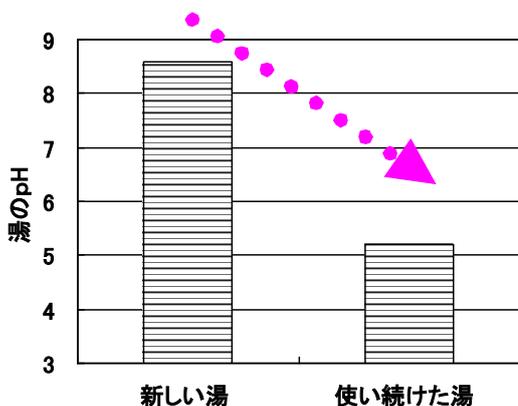


図9 湯のpHの変化

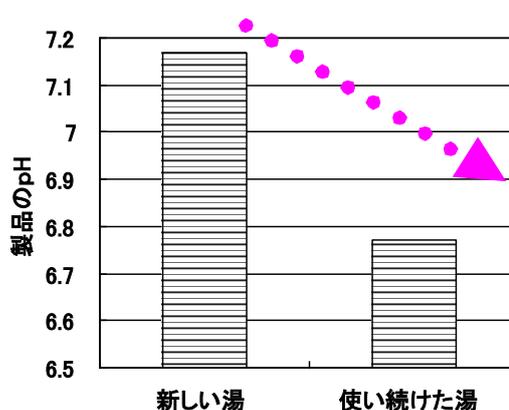
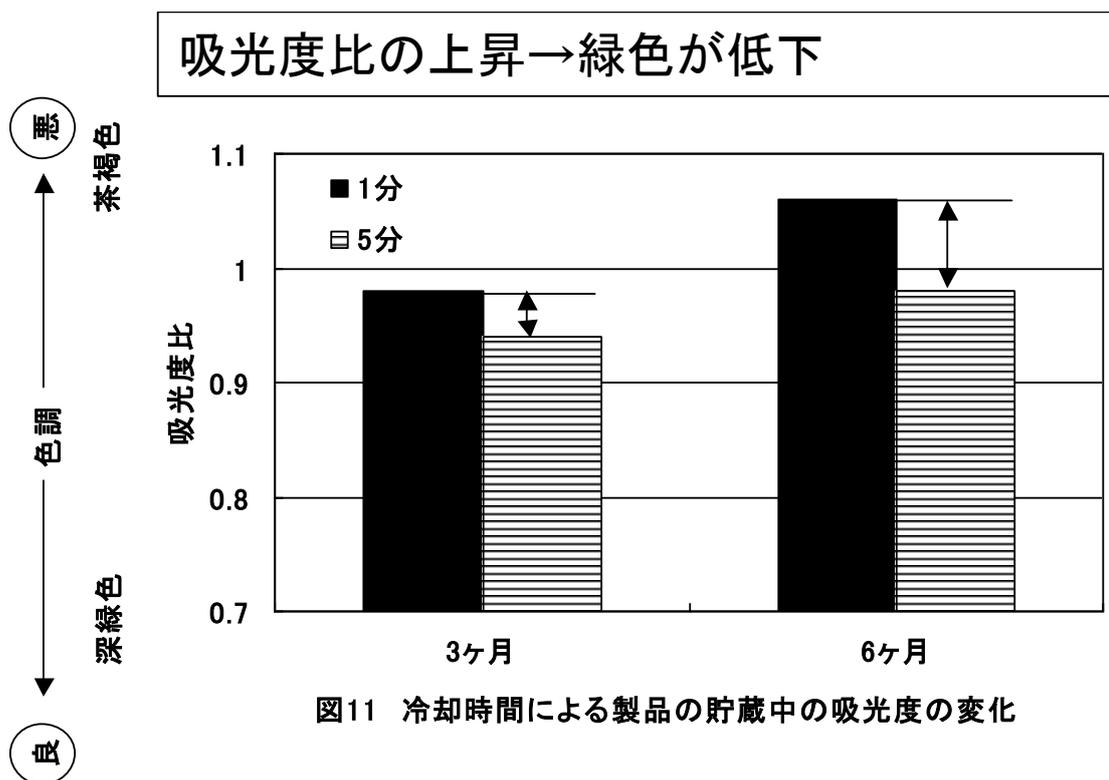


図10 湯のpHの低下による製品のpHへの影響

湯の pH は、湯通し作業をする中でワカメから滲出した酸性成分により次第に低下します。酸性化した湯を使い続けると製品の pH に影響し、貯蔵中に褐変等を生じさせます。このため、一定量のワカメを湯通ししたならば、新しい湯に交換するなど注意が必要です。また、湯通し中に湯の pH を時々測定し、湯の色等の状況により pH の値がどのようなになるかを知っておくことも大事です（市販の pH 試験紙で容易に測定できます）。

④ 冷却

冷却時間による製品貯蔵中の吸光度（これが高いと緑色が低下）の変化を図 11 に示しました。



冷却は品質を保持する上で重要な工程で、冷却時間が短いと製品の貯蔵中における緑色色素の分解（褐変）が早くなります。このため、冷却時間は長めに5分以上とるようにします。また、冷却は素早く行うことが肝要で、湯槽のウインチを揚げ、湯切りを十分に行い、速や

かに冷却水槽に投入して時間を計測しながら冷却かく拌します。

⑤ 脱水

脱水は、湯通し塩蔵わかめ検査規格である水分が60%以下になるよう十分な圧力をかけて短時間で行います。

⑥ 保管

保管は、クロロフィルの光による分解を防ぐため、直射日光を避け、乾燥しないようビニール袋に入れて冷暗所で行います。

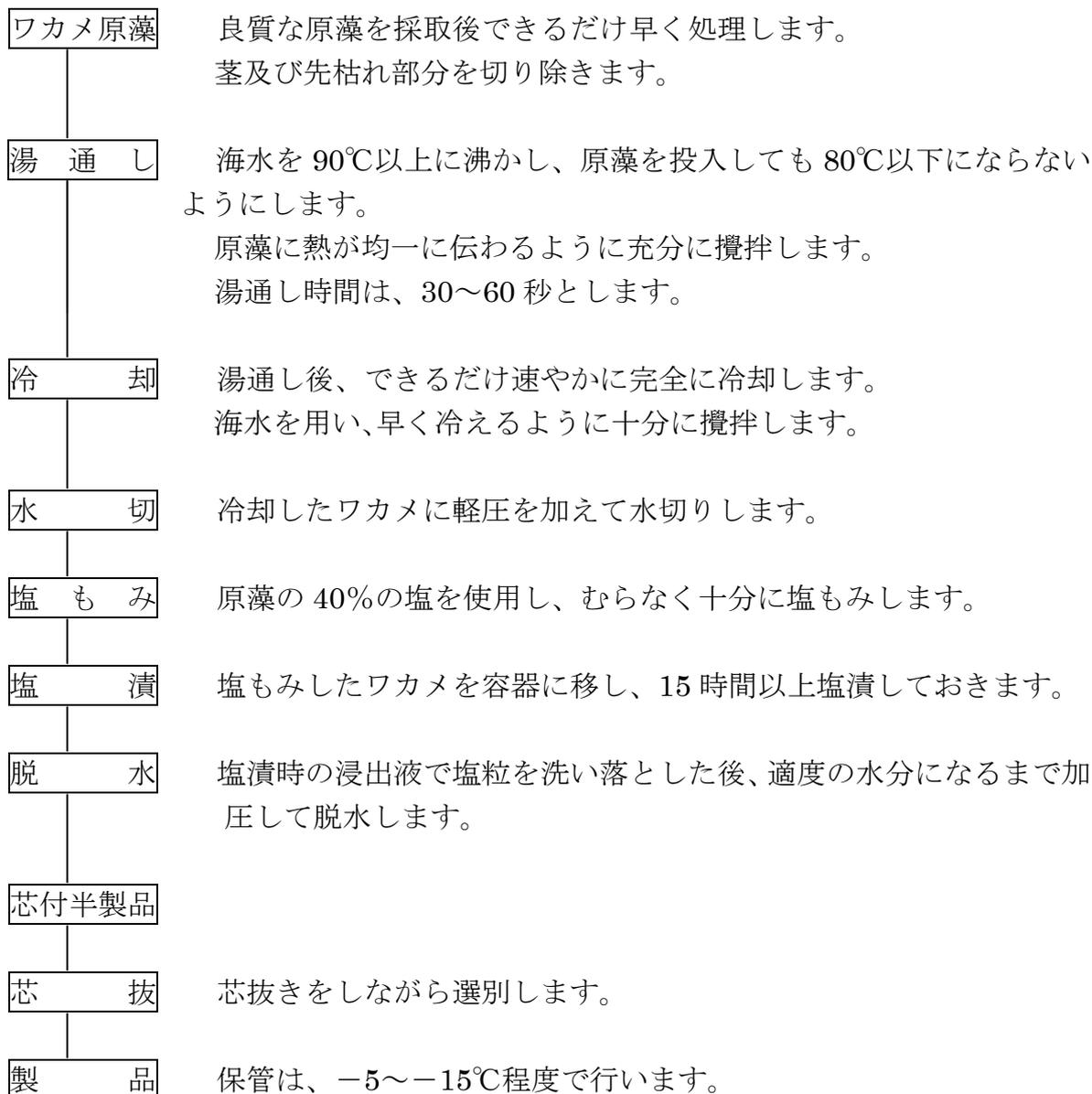
⑦ 衛生管理

貯蔵中の pH の低下は、塩分を好む細菌がつくる酸性成分の作用によることも考えられることから、製造過程において微生物が製品に付着して増殖しないよう、使用器具を清潔に保つとともに製品の常温放置はしないように注意が必要です。

また、異常冷水の接岸がない通常年においても、4月の漁期終盤には葉体の老化等により pH が低下しますので、同様に最善の注意を払って加工処理することが大切です。

湯通し塩蔵ワカメの加工（ワカメ養殖ハンドブック抜粋）

1 加工工程



- ※ 煮釜に投入するワカメは、用水の温度が 80℃以下に下がらずかつ十分に攪拌できる量とします。
- ※ 湯通し用水に浮かんだ泡はこまめにすくい取ります。
- ※ 水温計を用いて確実に温度管理しましょう。
- ※ 原藻の大小によって湯通し時間を 30～60 秒の間で加減します。

2 加工における留意点

(1) 湯通し

湯通しの目的は、

保存性を良くするためにワカメの自己消化酵素の働きを止める

ことです。

湯通しするとワカメは緑色に変化します。酵素の働きを止めるためには湯通し時間を長くすればよいのですが、色素の項で述べるように色素の破壊が進んでワカメの色調が悪くなり、商品価値を失います。

- ☆ 加熱時間 保存性の観点からは、長い方がよい
 色調の観点からは、短い方がよい

この相反する加熱条件を満足させるために、厳しい加熱管理を行う必要があります（80℃以上の温度で30～60秒）。

- ☆ 湯通しの程度と湯通し塩蔵わかめの色調との関係

加熱の程度	加工直後の色調	長期保管後の色調
過度	不良（煮過ぎ）	それ以上変化しない
適度	良好	それ以上変化しない
不足	良好	劣化の可能性が大きい

(2) 湯通し用水 ～～～海水が最適～～～

普通、緑色野菜を色良くゆでるために食塩を加えますが、色、味の点から2%程度の食塩濃度が良いとされています。ワカメについては塩味がついても問題がないので3.5%の塩分を持っている海水が湯通し用水として最適です。真水で湯通しすると色素が破壊され、緑色が薄くなるとされています。

- ☆ 湯通し用水の交換

ワカメには種々の酸性成分が含まれており、これが製品のクロロフィルを破壊する原因のひとつになっています。この酸性成分は、湯通しの際に一部が溶け出してワカメから除かれます。湯通し用水に移った酸性成分のうち揮発性のものは湯の表面から湯気といっしょに蒸発します。したがって、この蒸発を妨げないために煮釜に蓋をしないこと、こまめに湯の表面の泡を取り除くことが必要です。一方、不揮発性の酸は、湯通し用水中に蓄積してその酸性をだんだん強くします。湯通し用水の酸性が強くなることによってクロロフィルが破壊されやすくなり、ワカメからの酸も溶け出しにくくなってさらに品質を劣化させる原因になりますので、濁りが甚だしくなった湯通し用水は交換する必要があります。

(3) 冷却

湯通し後のワカメはできるだけ短時間のうちに冷却水の温度まで冷やす必要があります。冷却に時間がかかると加熱が続いているのと同じ状態となり、煮過ぎの状態になってしまいます。湯通し時間が長くても 60 秒であるのに対して、冷却は、よく攪拌してもそれ以上の時間を要します。従って、湯通し塩蔵わかめの処理速度は湯通しではなく冷却に要する時間に合わせる必要があります。

(4) 原藻の取り扱い

収穫した原藻は、できるだけ速やかに処理しなければなりません。万一作業上の手順でやむを得ず保管する場合には次のことに十分注意を払う必要があります。

- ① 日光に当てない
- ② 真水と接触させない
- ③ 温度が高くなるようにする
- ④ ワカメは、生きているということを忘れずに

(5) 製造データの記録

人間の勘は、体調など種々条件によって狂うことが多いので、温度計（水銀計は使用しないこと）、時計、ボーマの比重計、塩分計、秤などの測定器具を使用します。

さらに、その日の処理量、全体の所要時間、原藻を収穫してから処理が行われるまでの時間などを記録しておきます。

これらの測定と記録によって自分の処理条件をしっかりと把握することができます。また、これらの記録は後日製品の仕上がり等との関連を検討するデータとなり、それ以後の処理条件改善の基礎となります。

(6) 均一な処理

できるだけ最良の方法で均一な処理をするようにこころがけます。大量処理の場合、どうしても細部まで注意が行き届きにくくなりますが、基本的な条件を満たすよう最善の努力をすべきです。そのためにも計器による測定が必要です。

(7) 製品の温度変化を避ける

湯通し塩蔵ワカメの品質を良好に保つためには、低温でしかも温度の変動がないようにしなければなりません。例えば、芯抜きの際に明るいところや温度の高いところに長時間放置しておくといったことは、絶対に避けなければなりません。

(8) ワカメは食品です。衛生管理をしっかりと。

食品に関するニュースがいろいろ報道されています。夏に生ウニによる食中毒

が発生した例もあります。こうした食中毒はワカメでも発生する可能性があります。特に、湯通し塩蔵ワカメは、水戻し後にそのままサラダ等として生食する場合があります。私たちが製造したワカメがそのまま消費者の口に入ることを念頭に置いて、施設や器具、機材等ワカメ加工に使用する全ての物を衛生的に管理することが大切です。

芯抜き作業では、帽子・マスク等を使用し、髪の毛等の異物が混入しないように細心の注意を払うことが大切です。また、作業場の温度もあまり高いのは好ましくありません。迅速処理を徹底し、すぐに冷蔵保管庫等に戻すことが必要です。

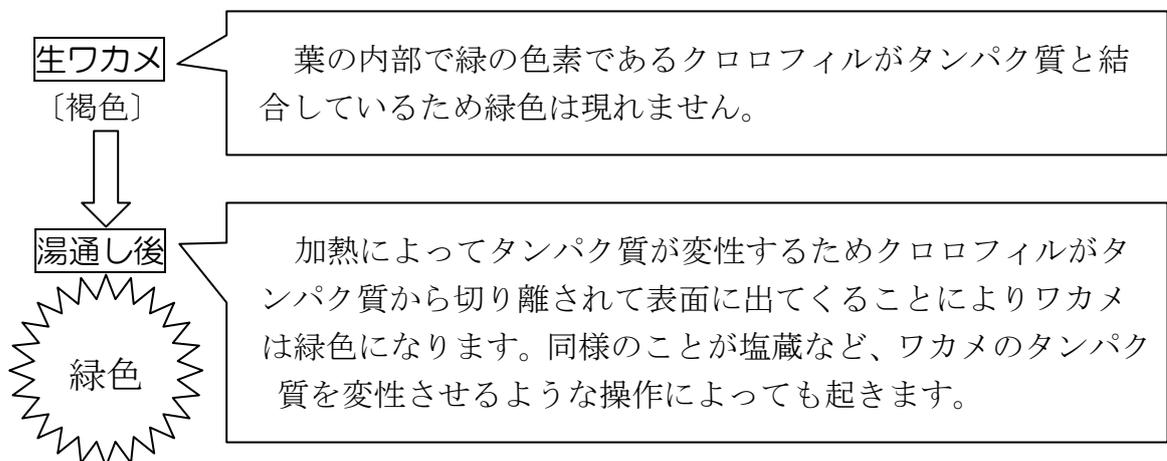
以上のことをしっかりと実行するためには、ワカメの湯通し塩蔵加工に従事するすべての人がワカメ加工に関する基礎知識（何のために湯通しをするのか、どんなことで色が悪くなるのか等）を身につけて仕事にあたる必要があります。

3 ワカメの色素

ワカメには、種々の色素が含まれていますが、特に重要なものがクロロフィル（葉緑素）です。この色素は、生育中には光のエネルギーを利用して炭酸ガスや水などから葉体を作るための有機物の合成という大変重要な役割を持っています。したがって色落ちしたワカメは、単に色調が悪いだけでなく健康状態も悪く、正常な生長ができない状態にあるということが出来ます。また、湯通し塩蔵ワカメの緑色の素であり、商品価値を左右するものです。

このクロロフィルは、非常にデリケートで、熱、光、酸等によって破壊されやすく、そうなった場合には、湯通し塩蔵ワカメの緑色が消失して褐色になってしまいます。

☆ ワカメを湯通しすると褐色から緑色に変わる訳



ワカメのpHの測定方法

I 使用する器具

pH メーター

精製水（洗淨びん入）

校正液（pH6.86, pH4.01）

※冷蔵庫保存

※事前にポリ製容器（100ml）に入れておく。

※攪拌機を用いる場合には容器の中に磁石の付いている回転子を入れて保管する。

カップ

スプーン（かき混ぜ棒）

フードミキサー（カップミキサー）

まな板、包丁

攪拌機および回転子

II 準備

- ① pH メーターの電源を入れます。30 分位電源を入れたままにしておいてから、測定します。
- ② 標準液（pH4.01、6.86）を冷蔵庫から出して、室温になるようにしておきます。
- ③ 電源を入れて、30 分程度経過したら、精製水が入った洗淨びんを使って、電極を水で洗い流します。ティッシュペーパーで電極の濡れを拭きます。
- ④ 測定はそれぞれの標準液（pH4.01、6.86）に pH メーターの電極をつけて計測 2 点校正します。

※攪拌機がある場合には、適度に攪拌させながら校正します。

Ⅲ 試料の調製

- ① 試料は十分成長したワカメ 10 本から、最大葉長の葉体を両側 2 片（計 20 片）を切り取ります。

※葉体の先が枯れている場合は、先端から 2cm 以上離れた部分を切り取ります。

- ② 葉体を包丁で細かく刻み、葉体重量に対して 9 倍量の精製水を加えた後、さらにミキサーで 30 秒程度細切攪拌して試験液を作成します。試験液は pH 測定用のビーカーに移しておきます。

※刻んだワカメ 5g の場合、水 45g を洗淨びん等で加えます。

- ③ 試験液が均一となり安定的な pH 値が得られるよう攪拌機を用います。pH メーターの電極を先端から 3～4 cm 程度試験液に浸したのち、回転子を入れて、攪拌機の回転数を調整し適度に攪拌しながら測定します。このとき、電極が回転子に接触し破損しないよう適度に電極の位置をずらします。測定値の変化があまり無くなったら、数字を読み取り、pH 値とします（攪拌機を用いる場合、2 分間位で値はほぼ一定になります）。

※攪拌機が無い場合には、きれいなスプーンなどで攪拌しながら測定します（電極の破損には十分注意しましょう）。

- ④ 測定終了後、pH 電極を精製水できれいに洗い流したあと、精製水に浸しておきます。

※長期間使用しない場合には、精製水が蒸発しますので、2 週間毎に精製水を保管容器に補充します。

※電極の内部液（3.33mol/L KCl 溶液、冷蔵保管）は、2～3 ヶ月に一度は交換します。キャップをはずし、電極内部の液を捨て、新しい内部電極液をスポイトで入れ、再びキャップを取り付けます。

わかめボイル加工時のpH調査票

調査月日	年	月	日	場所	対象者
------	---	---	---	----	-----

1 装備の状況	ボイル釜の用水量	バーナーの能力	冷却水槽の大きさ	冷却水量

2 原藻処理状況	原藻のpH	1回の原藻湯通し量	原藻の総処理量

3 ボイル用水のpHの推移

回数	時刻		湯の温度		pH		適用(水色、足し水など)
	開始	終了	開始時	投入直後	開始時	終了時	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							

4 冷却の状況

回数	時刻		冷却水の温度		冷却後ワカメの		適用
	開始	終了	開始時	投入直後	温度	pH	