沖縄水海技セ事報　79，47－50（2024）

【研究報告】

養殖ヒトエグサの生産性と成長に及ぼす水温の影響

上原匡人*，又吉直樹[1]，仲村英樹[1]

Effects of water temperature on the productivity and growth of cultured *Monostroma nitidum*

Masato UEHARA*, Naoki MATAYOSHI[1], Hideki NAKAMURA[1]

養殖ヒトエグサの生産性に及ぼす育苗期の環境要因（水温，降水量，日照時間）の影響をランダムフォレスト法により調べた．ヒトエグサの生産性は，育苗期の水温と最も関連があり，水温が高いほど低下した．次に，養殖環境下で 148 日間にわたり藻体長と水温を測定し，成長特性を調べた．その結果，ヒトエグサは，種付けを開始して 40 日を越えると藻体長 0.3 cm の幼体が確認され，その後，水温が 20℃まで降下した頃から急速に成長し始め，約 120 日で藻体長 9.2 cm に達した．以降，藻体の成長は停滞して約 150 日で収穫された．2017 年度の成長特性を，暖冬であった 2016 年度と比較したところ，後者が低成長であった．これらは，本種の成長が，20℃以下の低水温で促進されるものの，その期間が短いと成長停滞が起こり，生産性が低下することを示唆している．

ヒトエグサ *Monostoroma nitidum* は，モズク類（モズク *Nemacystus decipiens* とオキナワモズク *Cladosiphon okamuranus*）やクビレズタ *Caulerpa lentillifera* に次ぐ沖縄県の重要な海藻養殖対象種で，県内では“あーさ”の方言名で親しまれている．本県では，サンゴ礁地形を生かして礁池内の最も岸側で養殖が行われており，100 トン前後の生産量で推移している．

養殖環境下でのヒトエグサの成長については，今帰仁村運天地先での報告がある（瀬底，1969）．この報告によれば，県内では 12 月下旬から 1 月中旬かけて，水温が 20℃以下となる時期に，藻体が急速に成長することが示されているが，その後約 50 年間，本種の成長に関する調査・研究はほとんど行われていない．近年は，冬季の水温が例年よりも高く推移する年もあり，“ドタ腐れ”と呼ばれる病害が発生するだけでなく，地域によっては藻体の成長不良も確認されている（上原，未発表）．

そこで，著者らは，養殖ヒトエグサの成長に及ぼす環境要因の影響を明らかにすることを目的とし，2016 年度に予備調査を開始した（上原・又吉，2018）．今年度も，引き続き調査を行ったので，その結果を報告する．

なお，近年の分子遺伝学的研究によれば，本県で養殖されているヒトエグサは，ヒロハノヒトエグ *M. latissimum*，ヒトエグサ *M. nitidum*，もしくはこれら 2 種の自然交雑種の可能性も示唆される（Felix et al., 2015）．しかし，本県では未だ分類学的再検討が行われていないことから，本報告では，吉田ら（2015）に従いヒトエグサ *M. nitidum* として扱った．

材料及び方法

（1）統計情報に基づく要因解析

生産性と環境要因（水温，降水量，日照時間）との関係を調べるため，恩納村漁業協同組合（以下，恩納村漁協）における一人あたりの生産量を算出した．水温は，養殖現場における実測値が数年分の集積しかないため，第 11 管海上保安本部のホームページ上で公表されているデータ（ http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN11/suion/top_temp.htm）を用いた．また，降水量と日照時間は，気象庁のホームページ上で公開されている名護市のデータを用いた（http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php）．いずれも 1993～2016 年の 23 年分を対象とした．

（2）藻体長と水温の測定

成長に関する調査は，恩納村屋嘉田のアーサ養殖場において行った．2017 年 10 月 3～4 日（旧暦の 8 月 15 日頃）に張り出した網を対象に，藻体長を計測した．計測は，原則として 4～7 日間隔で行い，ノギス（ミツトヨ社製）を使用した．藻体長の計測方法は，上原・又吉（2018）に従った．

藻体の成長に及ぼす水温の影響を調べるために，養殖場に HOBO ペンダントロガー（Onset 社製 水中用温度計測ロガー）を設置し，収穫後に回収した．また，参考値として同ロガーで照度の情報も記録した．水温データは，気象庁が公表する統計（場所別・時間別の予測潮位表 http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/tide/suisan/index.php）と現場状況から，干出時刻を推定し，この間の水温データを除いて 1 日あたりの平均を算出した．

（3）データ処理および統計解析

*E-mail： ueharmst@pref.okinawa.lg.jp　水産海洋技術センター普及班（現所属：恩納村漁業協同組合）
[1] 恩納村漁業協同組合

各測定日における藻体長の比較は，Tukey の HSD 検定を行った．また，各環境要因（3 変数）については，育苗期のうち急速に成長するとされる 12～1 月（瀬底，1969）の平均値を求め，各変数の重要度をランダムフォレスト（RF）法（Breiman, 2001）により解析した．このとき，回帰木は 50,000 本とした．さらに，一人あたりの生産量と各環境要因との相関について，Spearman の順位相関係数（r_s）により評価した．

以上の解析には，R ver.3.0.2（R core Team, 2013）を用いたが，本研究では，ヒトエグサに及ぼす水温の影響を検討することが主目的なため，個人の経営状況の特定に繋がる「一人あたりの生産量」の詳細値については，数値の公表を差し控えた．

結　果

（1）生産性と環境要因の関係

RF 法による変数の重要度を計算した結果，一人あたりの生産量に最も影響を及ぼす要因は「水温」で，次いで「降水量」，「日照時間」の順となった（図 1）．

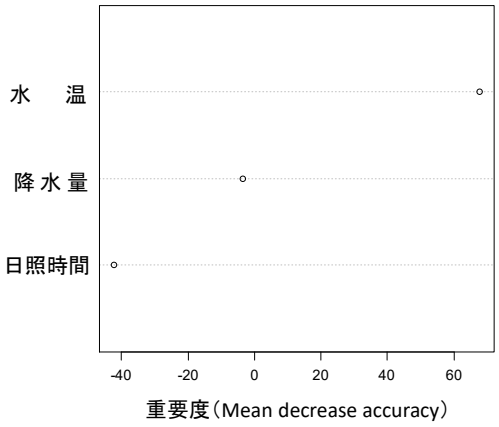

図 1　ランダムフォレスト法によって算出された育苗期における各変数（環境要因）の重要度．

そこで，水温との関係について，詳細な検討を行った（図 2）．一人あたりの生産量は，育苗期の水温が高いほど有意に低い値を示したが（Spearman の順位相関係数：r_s=−0.532，p<0.01），閏年による明瞭な違いや関係性は認められなかった．

（2）養殖場における水温と照度の推移

恩納村屋嘉田潟原の養殖場における水温と照度の推移を図 3 に示す．旧暦の 8 月 15 日前後（新暦の 10 月 4 日前後）に種付けを行って以降，水温は減少傾向を示し，12 月～翌年 2 月末までの 3 か月間概ね 20℃以下で推移した．照度は，種付け以降，12 月～翌年 1 月の一部を除いて，10,000 lux 以下で推移した．

（3）養殖ヒトエグサの成長

養殖場に張り出した網は，30 日頃から色付き始め，40 日を越えると藻体長 0.3 cm の幼体を確認することができた．その後，水温が 20℃前後となった 60 日頃から急速に成長し始め（図 4 ; Tukey の HSD 検定，いずれも p<0.001），種付けを開始してから 4 カ月後（123 日後）には，9.2 cm に達した．以降，成長は緩やかとなり，張り出してから 148 日で収穫された．

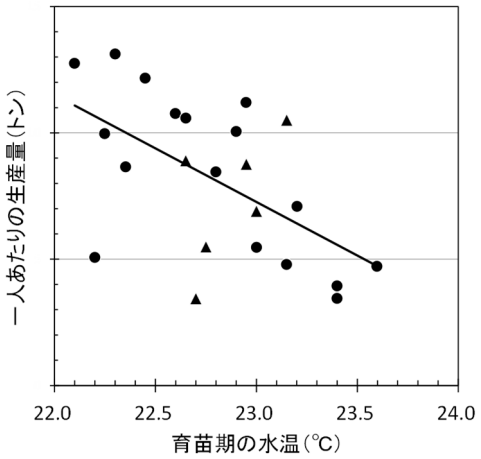

図 2　一人あたりのヒトエグサ生産量と育苗期の水温との関係．▲は閏年を示す．

考　察

RF 法による解析から，ヒトエグサの生産性は，育苗期の水温と最も関連があり，水温が高いほど、低下することが明らかとなった．そこで，2017 年度の成長を，水温が約 20℃へ降下するタイミングが遅かった 2016 年度の結果（上原・又吉，2018）と比較した．両年度間で藻体の成長は明瞭に異なり，2016 年度が低成長であった．一方，育苗期における平均水温は，2016 年度が高く（2016 年度 21.8℃ vs. 2017 年度 19.2℃），水温 20℃以下の期間は，2016 年度が 2017 年度の半分程度であった．このように，暖冬の場合，ヒトエグサは，成長停滞が起こることが示された．さらに，2016 年度のように，冬季の高水温が長く続いた場合には，タルケイソウ属 *Melosira* などの珪藻が寄生する“ドタ腐れ”も発生し，藻体が葉先から切れるなどの被害も散見された（図 6）．実際に，北部海域では，2016 年度は養殖場の 87.5%でドタ腐れが確認されたが，2017 年度は 12.5%であった（上原，未発表）．以上から，暖冬時のヒトエグサの生産減は，藻体自体の生理生態や他の藻類との競合など複合的な要因に起因している可能性が示唆された．

現在，沖縄県のヒトエグサ養殖は，天然採苗に依存し，天然環境下で育苗管理を行っている．このため，天候や海域環境に左右されやすく，温暖化による影響が指摘される中，養殖現場では，これまでの方法では安定的な生産が困難になっていくという見解もある．とはいえ，現在の養殖技術では，生産者が可能な対策として，被害の軽減に取り組むことは可能である．

本種は乾燥（干出）に強いため，長時間の干出（網の高張り）が“ドタ腐れ”改善の有効な対策法の一つである．すなわち，暖冬が予測される場合には，適切な育苗管理を行うことで，被害の軽減を図ることが可能となろう．その

ため養殖場の水温動向を注視し，適切な育苗管理を行うことが重要となる．

謝　辞

本研究を進めるにあたり，沖縄県水産課の岸本和雄主幹，沖縄県水産海洋技術センターの岩井憲司主任研究員，恩納村漁業協同組合の比嘉義視参事，同組合アーサ生産部会の登川朝夫氏，瀬良垣有夫氏には，有益な助言と激励を頂いた．記して謝意を表する．

文　献

Breiman L., 2001: Random forests. Mach. Learn. 45, 5–32.

Felix B., Satoshi K. and Kazuo O., 2015: Phylogeographic assessment of panmictic *Monostroma* species from Kuroshio Coast, Japan, reveals sympatric speciation, J. Appl. Phycol. 27, 1725–1735.

R Core Team, 2013: R: a language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria.

瀬底正武，1969：沖縄におけるヒトエグサ（*Monostroma*）の増殖に関する研究–I　遊走子の放出時期と葉体の生長．昭和 45 年度琉球水産研究所事業報告書，73–77.

上原匡人，又吉直樹，2018：養殖ヒトエグサの成長（漁業公害対策指導事業）．平成 28 年度水産業改良普及事業活動実績報告書，102–105.

吉田忠生, 鈴木雅大, 吉永一男, 2015：日本産海藻目録 (2015 年改訂版)．藻類．63，129-189.

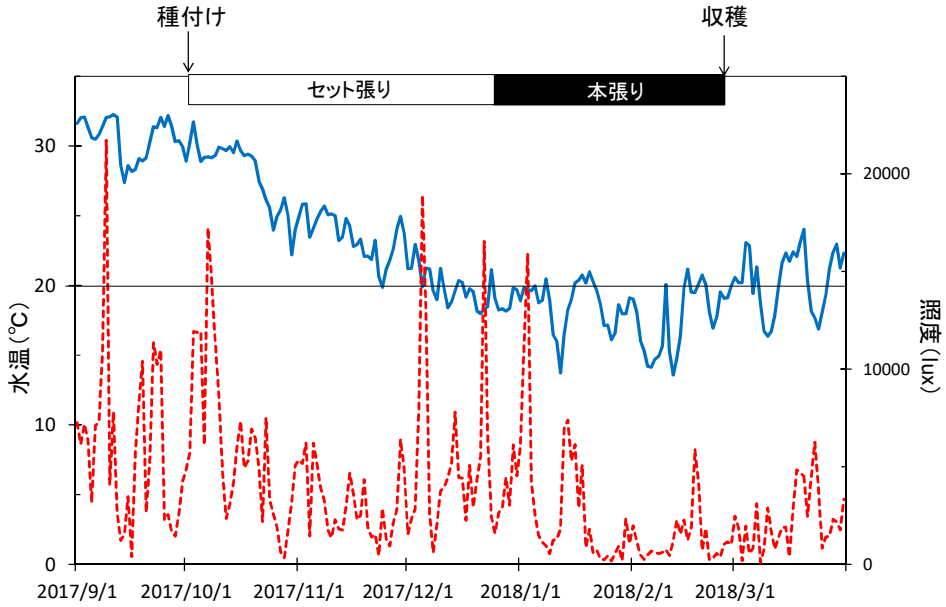

図 3　恩納村屋嘉田潟原のヒトエグサ養殖場における水温（実線）と照度（破線）の推移.

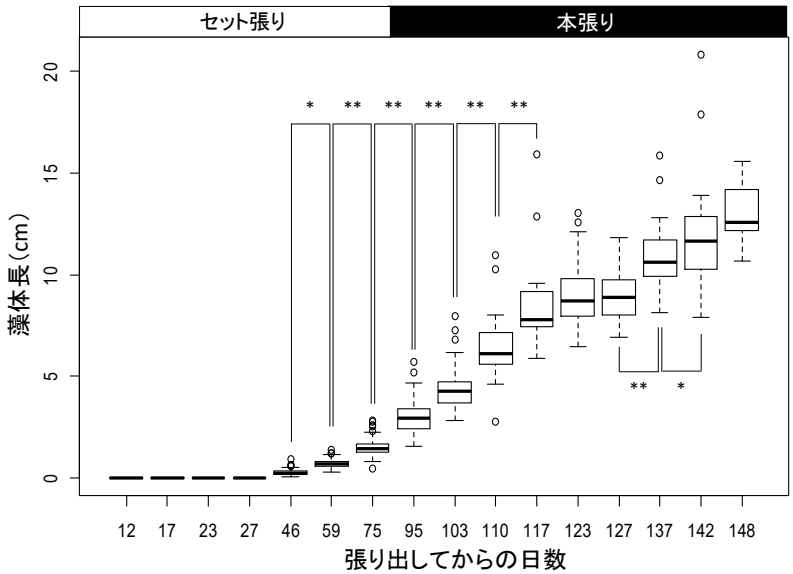

図 4　恩納村屋嘉田潟原におけるヒトエグサの成長（Tukey の HSD 検定；* $p < 0.05$，** $p < 0.001$）．データのばらつきを可視化するために，箱ひげ図を用いた．箱は四分位範囲を，箱内の線は中央値を．ひげは最大値と最小値を，○は外れ値を示す.

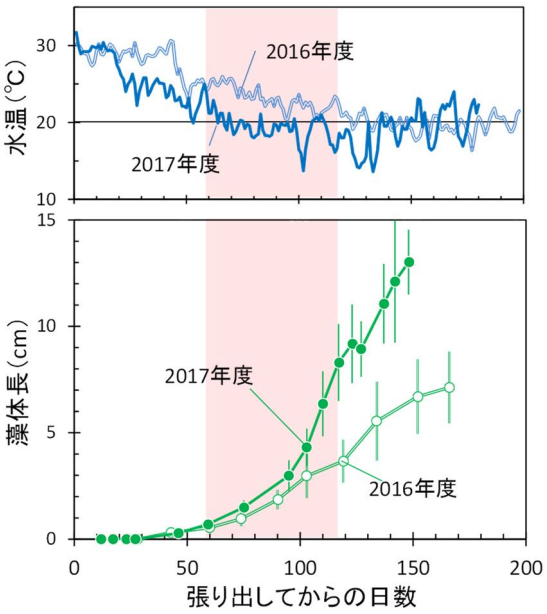

図 5　ヒトエグサ養殖場における水温（上）とヒトエグサ藻体長（下）の推移．●及び○は藻体長の平均値を，■は育苗期を，バーは標準偏差を示し，両年度ともに旧歴の 8 月 15 日頃に天然採苗（種付け）を行っている．

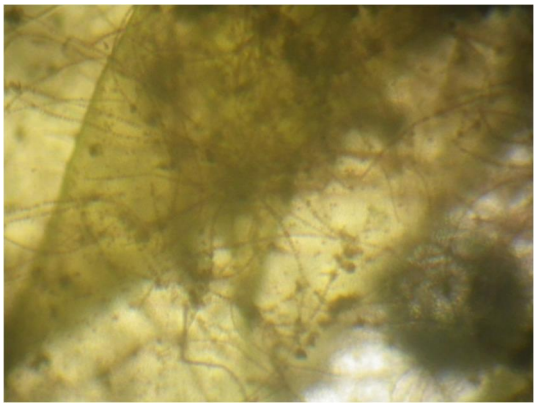

図 6　2016 年度に発生した「ドタ腐れ」の様子．藻体にタルケイソウ属（*Melosira* spp.）が寄生していることが分かる．