

干潟に設置した逆さ竹林礁による昇温抑制効果

浜野龍夫^{1†}, 柳井芳水¹, 早杉 啓², 渡邊敏晃³

Inhibition of the temperature rise by using bamboo shading reefs on a tidal flat

Tatsuo Hamano^{1†}, Yoshimi Yanai¹, Kei Hayasugi² and Toshiaki Watanabe³

Abstract : Bamboo reefs of ca. 2 m bamboos with branches were set upside-down on a tidal flat in the western part of the Seto Inland Sea on May 27, 2006. The mud temperature, the water temperature in tidepools, and the air temperature were observed as 15 minute intervals at 7 stations of the bamboo reef area during a spring low tide, on August 10. Temperatures between 2 stations under the shade of bamboo branches and 5 stations on the tidal flat without shade were compared for the maximum temperature at the surface, at a depth 1 cm in mud and in tidepools. Then, the temperature of the bamboo shaded stations was 33.4°C, 32.4°C, and 33.2°C, and the exposed stations was 36.7°C, 36.7°C, and 38.0°C, respectively. Especially, the difference between the shaded and the exposed stations was 6.3°C in water temperature of the tidepool at 14 : 30 (the shaded was 31.6°C ; the exposed was 37.9°C).

Key words : Temperature ; Artificial reefs ; Tidal flat ; Bamboo

緒 言

干潟は、海洋環境の中で最も生物生産量が多く、水産生物の生息場、再生の場として重要な機能を果たしていることが知られている^{1,2)}。しかし、近年の人為活動による二酸化炭素等の放出により、温室効果が進行し、地球環境は温暖化している³⁾。この地球温暖化に伴い、日本の年平均気温は、様々な変動を繰り返しながらも長期的に上昇傾向にあり、統計を取り始めた1898年以降、100年あたり約1.06°Cの割合で上昇している⁴⁾。日本近海の海面水温度は、数年周期の短い変動を繰り返しながら、1980年代以降、確実に上昇しており、干潟の底質温度は干出時に最高に暖められ、冠水すると海水に放熱して海水温に近づくので、干潟の底質温度も年々上昇していると考えられる⁵⁾。すでに、有明海の干潟では、今から約30年前の1976年7月26日の時点で、干出時間5時間40分の場所で、気温が最高33.2°Cのとき、干潟の表層（深さ-2 cm）では37.2°C、底層（深さ

-6 cm）では35.1°C、潮溜まりでは39.1°Cを記録したという報告がある⁶⁾。このように過酷な温度条件にあった干潟は、わずかに高温ヘシフトすれば、生物層が大きく変化する可能性があり、夏の干出時の干潟温度の上昇は、干潟を利用する生物の生理生態に大きく関わり、ひいては漁業資源・海洋生態系に大きく影響すると考えられる。

そこで、筆者らは、干潟温度上昇の対策として「逆さ竹林礁」を提案した⁷⁾。この礁は、陸上で問題になっているモウソウチクを利用したものである。西日本の里山地域では、竹林の分布の拡大が多く観察されている。そのほとんどがモウソウチクで、近年、竹材の代替資材の普及やタケノコ輸入の増加のために、竹の利用が進まず放置される場合が多い。そして、里山全体の人手離れ、樹木との競合による優位性、林床や周辺での極相構成樹種の欠如といった要因が、分布拡大を助長させている⁸⁾。水産大学校のある山口県においても竹林面積は全国第4位と広く⁹⁾、このような問題を抱えている。逆さ竹林礁は、特殊金属杭を使っ

2007年12月5日受付。Received December 5, 2007.

1 水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University)

2 (株)新笠戸ドック (Shin Kasado Dockyard Co., Ltd., Kudamatsu, Yamaguchi 744-0001, Japan)

3 水産大学校海洋機械工学科 (Department of Ocean Mechanical Engineering, National Fisheries University)

† 別刷り請求先 (corresponding author) : hamanot@fish-u.ac.jp

て干潟に竹(モウソウチク)を枝付きのまま逆さまに立てて、水産資源の増殖を図るものである。この逆さ竹林礁の生物増殖機能を究明し検証することができれば、伐竹後の処理に大変な労力を必要とするモウソウチク上部の枝付き部分について、その有効活用が可能になるため、上記の様々な問題解決に寄与できる。

筆者らは、山口県の瀬戸内海沿岸の干潟に実際に逆さ竹林礁を設置した。本研究では、逆さ竹林礁による昇温抑制効果を明らかにするため、夏の大潮干潮時に、逆さ竹林礁および周辺の干潟域で、経時的に温度を測定した。

材料と方法

逆さ竹林礁の設置

瀬戸内海の西部に面した山口県平生町にある水産大学校田名臨海実験実習場に隣接する干潟で実験を行った (Fig. 1)。干潟は砂泥質で、毎月の大潮干出時には沖へ50m程干出し、干潟表面には、直径5 cmから最大2 mの大小さまざまな水深5 cmまでの浅い潮溜まりが形成される。この干潟に、枝付きのモウソウチクとそれを支持するために開発された鋼製杭(ファームパイル, (株)新笠戸ドック社製)を用いて、逆さ竹林礁を設置した。使用したモウソウチクは、平生町内の竹林から、所有者の許可を得て、2006年4月から5月の間に切り出したものである。1~2年生の竹

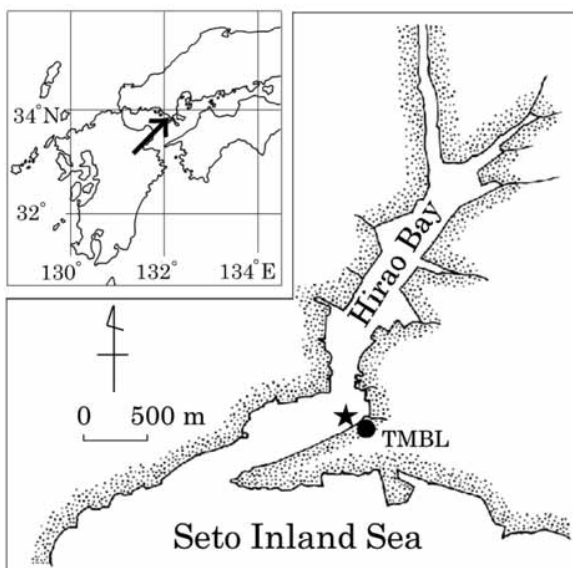


Fig. 1. Study area and location in Hirao Bay. Star denotes the experimental site on the tidal flat. TMBL: Tana Marine Biological Laboratory of National Fisheries University.

は強度が弱いので、3年生以上のものを選んで切り倒し、主幹の直径が2~5 cmのものを枝付きのまま2 mの長さに切断して使用した。また、枝付き竹は、鋼製杭に設置しやすいように幹の先端部分の枝を切り落とし、竹枝が多く張り出して日陰が大きくなるように2本を一組として使い、幹同士を上下1カ所ずつ、ナイロン66製の結束バンド (TRCV-550W, トラスコ中山(株)社製)で固定した。

2006年4月25日の大潮干潮時に、鋼製杭を干潟の+40cm (基準水面:CDL)の付近に、漁業関係者等と協力して人力で打ち込んだ後、5月27日に、結束バンドで結束した枝付き竹を、鋼製杭のリング部分に一組ずつ上下逆さまに差し込み、さらに、結束バンドを使って杭と固定した。

竹の配列

竹の配列を変えた3タイプの礁を設置し、それぞれ2礁ずつ、合計6礁の逆さ竹林礁を設置した。1礁あたり鋼製杭は16本で、竹は32本を使用した。杭の配列は、A1:1 m格子タイプ(1 m間隔で縦横4杭ずつ)、A2:2 m格子タイプ(2 m間隔で縦横4杭ずつ)、A3:1 m正方形タイプ(正方形の辺の周囲を取り囲むように1 m間隔で設置したもの)である。また、各2礁のうち1礁の下部には建材ブロック(39cm×19cm×10cm)を敷いた。B1:1 m格子タイプ(A1)の下に120枚、B2:2 m格子タイプ(A2)の下に207枚、B3:1 m正方形タイプ(A3)の下に75枚、を設置した (Fig. 2)。建材ブロックは、日中に隠れ場を必要とするマナマコ等の増殖を考えて設置しており、これらの効果については次報で報告する。

1 m格子タイプ(A1, B1)は、隣り合う杭の竹枝同士が互いに強く重なり合うので、礁内に人が出入りすることは可能ではあるが、非常に困難であった。2 m格子タイプ(A2, B2)は、隣り合う杭の竹枝同士が重ならないので、礁内への人の出入りは容易であった。一方、1 m正方形タイプ(A3, B3)は、隣り合う杭の竹枝同士は重なり合うものの、内側には竹が覆わない約9 m²の裸地ができた。

なお、以上の6つの礁については、礁中央が+40cm (CDL)の位置にあるようにし、ランダムに配置した (Fig. 3)。また、各礁の間は4 m以上離れた。

温度測定

温度測定には、水銀棒状温度計(精度0.1℃)を用いた。干潟の温度が1年間で最も上昇すると考えられた8月の大潮干潮時である2006年8月10日の日中に、3タイプ(A1

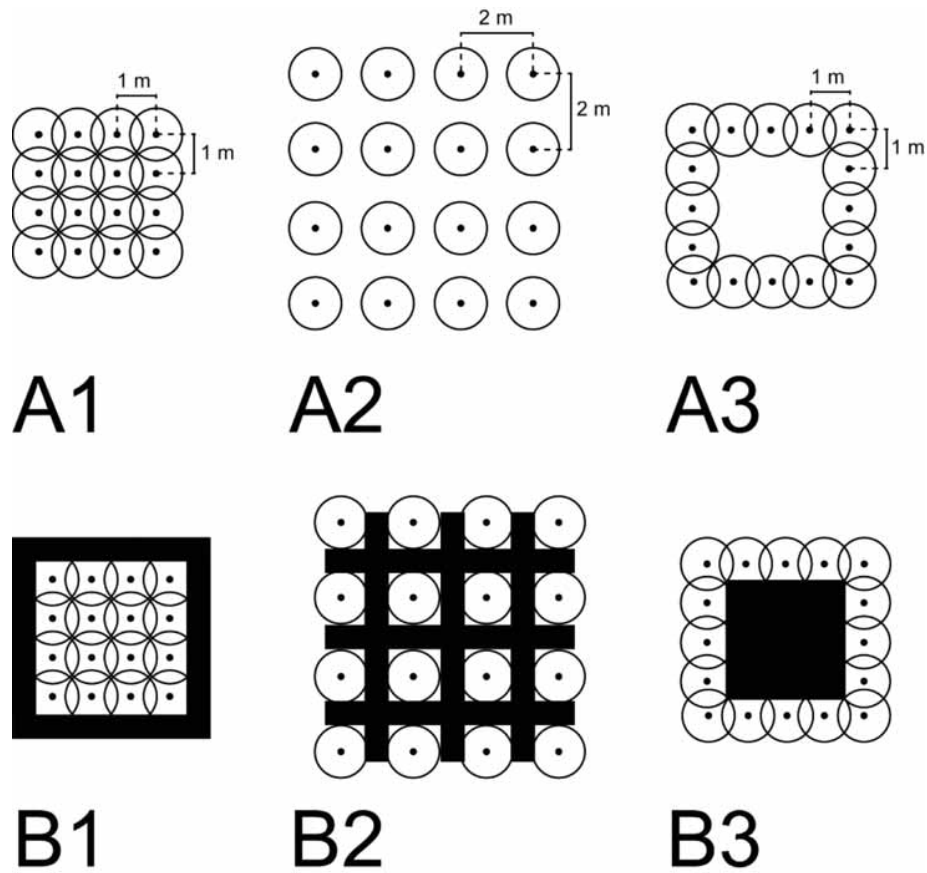


Fig. 2. Arrangement of bamboo reefs. Dots indicate steel piles with bamboos. Open circles denote the range covered with the branch of bamboos. Black areas of B are covered with concrete blocks. A1, 1 m-grid type; A2, 2 m-grid type; A3, 1 m-square type. B1, B2 and B3 are equal to A1, A2 and A3 with concrete blocks, respectively.

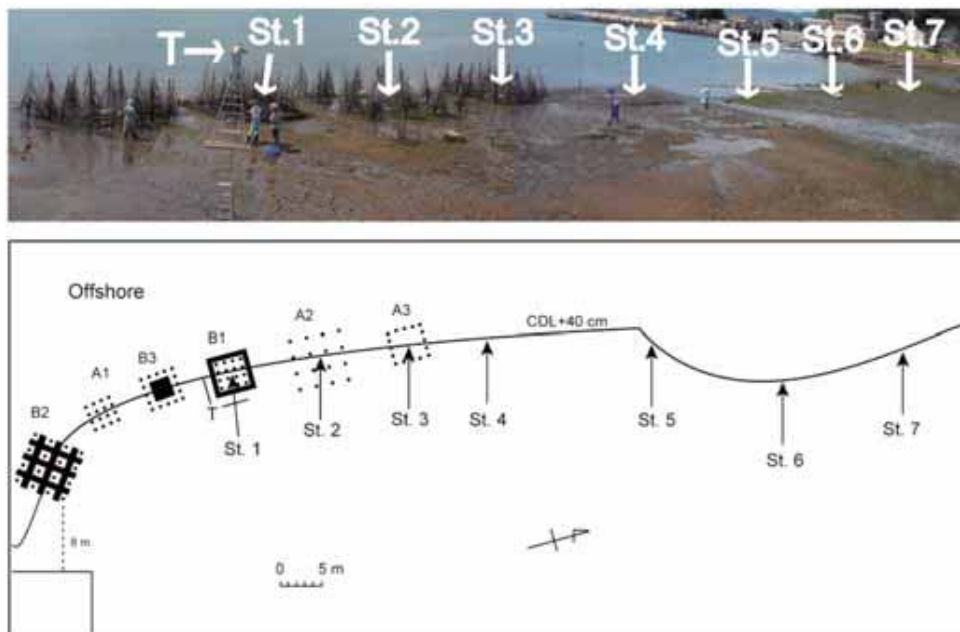


Fig. 3. Location of monitoring stations 1-7 on the experimental tidal flat. T, Thermography.

とB1, A2とB2, A3とB3)の礁から1つずつを選び, その中心部の3定点(St. 1~3), および, 周縁の干潟域4定点(St. 4~7)の合計7定点で連続観測を行った(Fig. 3)。なお, 逆さ竹林礁の下部に設置した建材ブロックの有無は, 測定点の温度には影響しないと考えた。これらの定点は, いずれも+40cm(CDL)の高さにあり, 底質は中粒砂と粗粒砂が優占し, 中央粒径値は, 0.47~0.90 mmの場所である。St. 1(1m格子タイプ, B1)とSt. 2(2m格子タイプ, A2)の温度は, 竹の枝で日陰となっている場所を選び, 礁の中央部分で測定した。St. 3(1m正方形タイプ, A3)の温度は, 竹の枝によって日陰が作られていない礁中央の裸地で測定をした。各定点で, 干潟の表面から高さ+1mの場所の気温(以下,+1mと略す), 干潟表面の気温(以下, 干潟直上と略す), 干潟表面から深さ-1cmの泥温(以下, -1cmと略す), 同じく-5cmの泥温(以下, -5cmと略す), 干潟表面にある潮溜まりの水温(以下, 潮溜まりと略す)の5項目を測定した。なお, 潮溜まりは, 直径約30cmで水深が約4cmのものを選んだ。各定点に1人ずつ測定者を配置し, 15分ごとに温度を測定した。竹による日陰がない場所での温度の測定時には, 測定者自身が体で直射日光を遮光して日陰を作り, また, 泥温の測定時には, 干潟に温度計を差し込んだ。さらに, サーマグラフィ(TVS-120, 日本アビオニクス(株) 社製)を使って, 逆さ竹林礁の内側の日陰になる部分と外側の直射日光を受け続ける干潟域で温度分布の撮影をした。サーモグラフィの撮影は, 撮影している場所が特定されやすいように, 建材ブロックが入るようにし, St. 1(1m格子タイプ, B1)で行った。

これらの温度測定は, すべての測定場所が完全に干出している間の14時15分から16時30分の間実施した。その間の潮位は+36cm~+10cm~+30cmと変化し, 最干潮は15時22分であった。干出前後の冠水時の水温の測定には, デジタル水質計(YS185, 精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, メリディアンインストルメンツファーマーイースト(株) 社製)を使用した。St. 1のやや沖合に立てた杭の+40cm(CDL)の位置にセンサー部分を取り付け, 当日の8時から17時の毎正時の温度を記録した。

気象観測

温度の測定とともに気象観測も行った。風向と風速は, 太田式ハンド風向風速計を使い, 直射日光の状況は目視で観測した。直射日光の有無は, 太陽が雲に遮られるかどうかで判断した。

結果

観測を行った8月10日の満潮は, 8時56分で潮位313cmとなった。各定点は, 14時00分に干出し始め, 15時22分に最干潮となり, 16時42分に冠水し始めた。その後, 再び21時57分に満潮を迎え, 潮位352cmとなった。干潟全体の干出時間は, 4時間42分であった。この日の柳井市(調査地の隣の市)の最高気温は 34.0°C , 平均気温は 28.8°C であった¹⁰⁾。実験を行った干潟は, 観測中はほぼ晴れていたが, 時折太陽が雲に隠れ, 日差しが遮られることがあった。また, 南方からの風が常にあり, $0.5\sim 4.0\text{m/s}$ の風速を記録した。干潟の冠水時の水温は, 干出に向かうに伴い徐々に上昇し, 干出前の13時00分に 30.6°C となった。

Fig. 4に+1mにおける気温の連続観測結果を示す。干出直後の7定点の気温は, $29.4\sim 32.8^{\circ}\text{C}$ であった。その後, 直射日光を受ける5定点(St. 3~7)の気温は, $31.1\sim 33.2^{\circ}\text{C}$ の間を推移した。しかし, 竹の枝下で日陰となっているSt. 1では, 干出直後の 32.4°C から 29.4°C へと低下し, St. 2でも15時に 29.3°C への一過性の低下が見られた。

Fig. 5に干潟直上における気温の連続観測結果を示す。干出直後の気温は, 直射日光を受ける5定点(St. 3~7)で $33.9\sim 36.7^{\circ}\text{C}$ であったが, 竹の枝下で日陰となっている2定点(St. 1, 2)では 31.8°C , 32.4°C であった。直射日光を受ける5定点(St. 3~6)では, $31.5\sim 36.3^{\circ}\text{C}$ の間を変動し, 日陰となっている2定点では, $30.3\sim 33.4^{\circ}\text{C}$ の間で変動した。15時30分のSt. 5, 6の観測を除き, 直射日光を受ける5定点よりも日陰になっている2定点の方が,

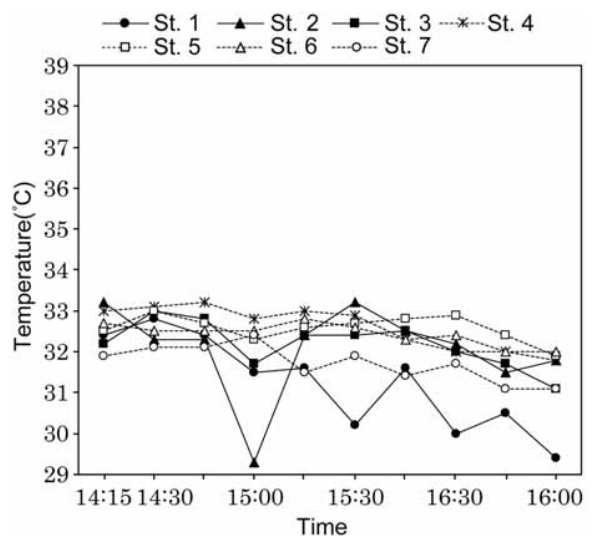


Fig. 4. Changes of the temperature at 1 m above the sediment surface on the tidal flat.

気温も低かった。

Fig. 6 に底土中-1 cmにおける泥温の連続観測結果を示す。干出直後の泥温は、直射日光を受ける5定点で34.6~36.7℃と高かったが、日陰となっている2定点では32.5℃、31.7℃と低かった。直射日光を受ける5定点の温度は、32.7~36.7℃の間で推移したが、日陰の2定点では、30.5~32.6℃の間を推移し、常時、日陰の温度が低かった。

Fig. 7 に底土中-5 cmにおける泥温の連続観測結果を示す。干出直後の泥温は、直射日光を受ける5定点で31.8~33.5℃であったが、日陰となる2定点で31.6℃、31.5℃であった。その後の観測中、直射日光を受ける5定点の温度

は、32.0~34.3℃の間で推移したが、日陰の2定点では、30.7~32.4℃の間を推移し、常時、日陰の温度が低かった。

Fig. 8 に潮溜まりにおける水温の連続観測結果を示す。干出直後の水温は、直射日光を受ける5定点では、35℃以上で、35.5~38.0℃と高く、日陰となっている2定点では33.0℃、32.4℃であった。直射日光を受ける5定点の温度は、32.2~34.3℃の間を推移したが、日陰の2定点では、30.6~33.2℃の間を推移し、常時、日陰の温度が低かった。

干出時に竹枝の下で日陰ができる礁内の2定点 (St. 1, 2) と、直射日光を受け続ける5定点 (St. 3~7) の2つのグループに分け、グループ内の観測期間中の平均温度

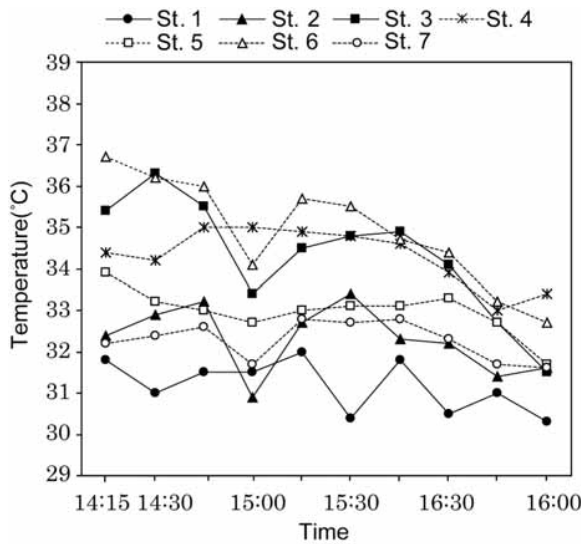


Fig. 5. Changes of the surface temperature of the tidal flat.

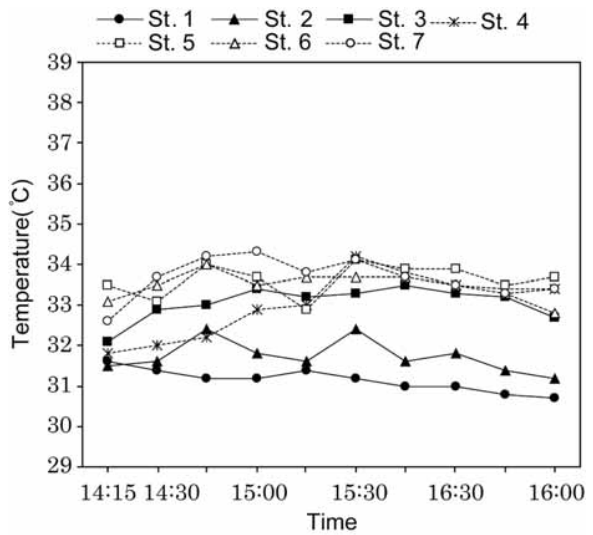


Fig. 7. Changes of the temperature at the depth of 5 cm in the tidal flat.

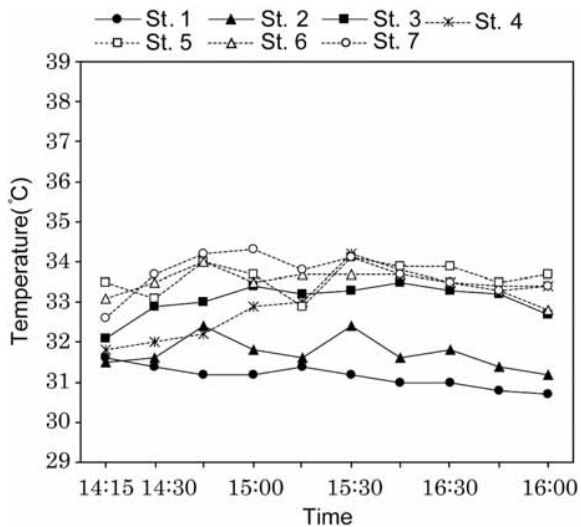


Fig. 6. Changes of the temperature at the depth of 1 cm in the tidal flat.

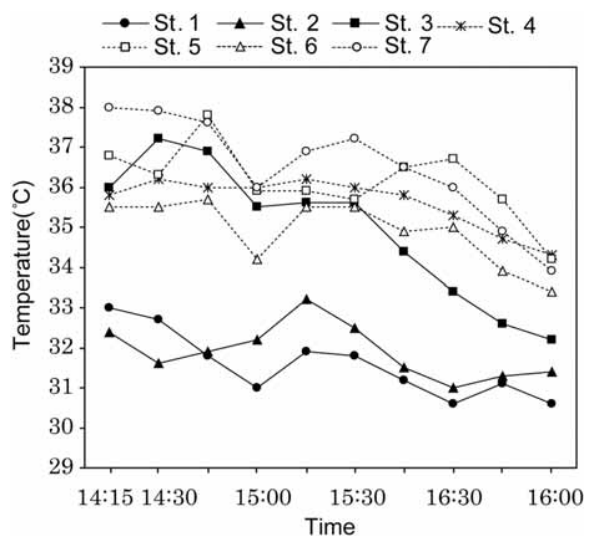


Fig. 8. Changes of the water temperature in tidepools on the tidal flat.

とグループ内の最高温度を比較すると、どの測定項目も前者の方が低かった (Fig. 9)。平均温度の温度差は、+1 m、干潟直上、-1 cm、-5 cm、潮溜まりの順にそれぞれ、0.6℃、2.0℃、3.3℃、1.9℃、3.8℃であった。また、最高温度の差は、それぞれ、0℃、3.3℃、4.1℃、1.9℃、4.8℃であった。同一時刻で最も温度差が生じた測定部位は、14時30分の潮溜まりで、直射日光を受けるSt. 7では37.9℃であったのに対し、竹枝で日陰となるSt. 2では31.6℃で、6.3℃もの差を記録した。St. 3は、4 m四方の縁辺に竹を配置

した礁中央の裸地であり、その裸地での測定値は、礁外のSt. 4～7に近い値であった。

サーモグラフィーは、直射日光を受け続ける建材ブロックや礁外の干潟で35℃程度を示していたが、竹のある礁内の底土表面では30℃前後を示していた。特に、竹枝自身やそれによって強く日陰となる場所は、より低い温度を示していた。さらに、建材ブロックの下方にも温度の低い場所ができることも判明した (Fig.10)。

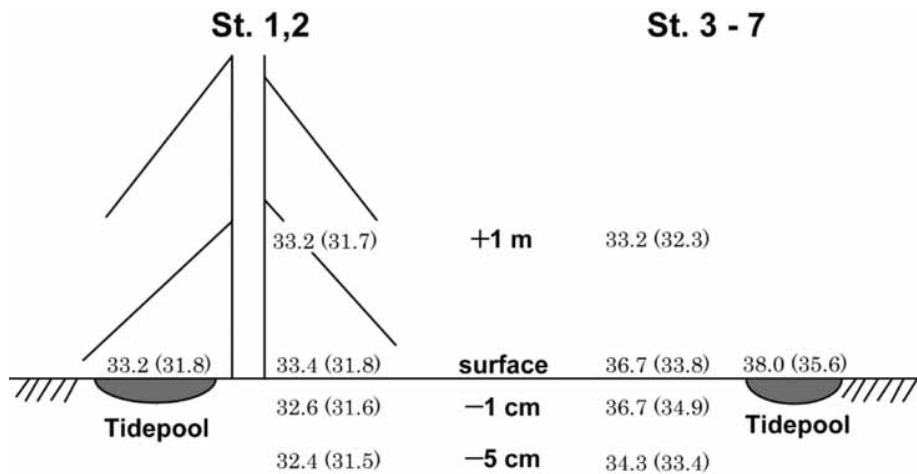


Fig. 9. Schematic figure of the maximum (average) temperature during low tide, 14:15–16:30, on August 10, 2006.

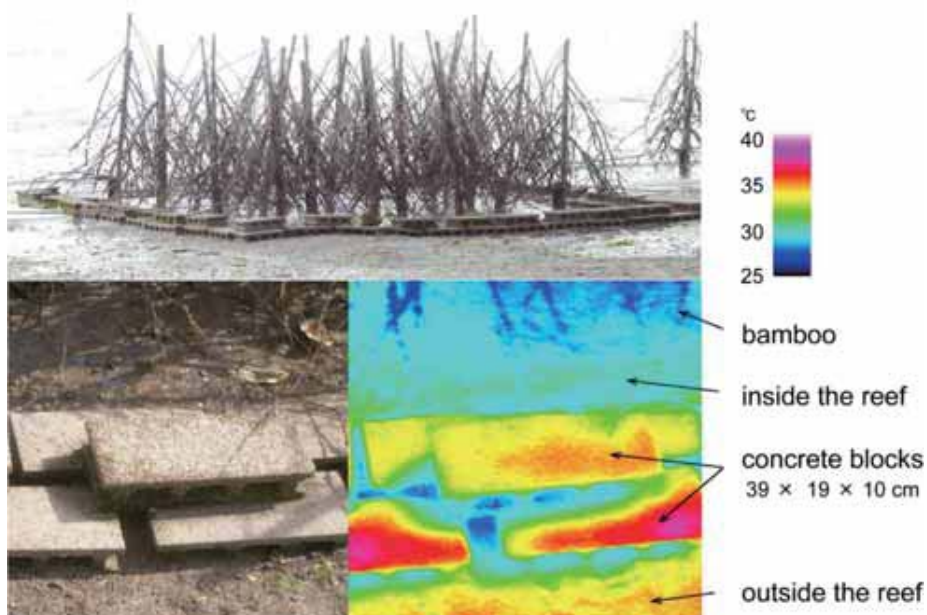


Fig.10. Temperatures inside and outside the bamboo reef recorded with the thermography.

考 察

本結果で示したとおり、逆さ竹林礁がつくる日陰そのものが干潟表面や泥中の温度を下げることで実証できた。本研究を行った山口県瀬戸内海側では、アサリ *Ruditapes philippinarum*、クルマエビ *Marsupenaeus japonicus*、ガザミ *Portunus trituberculatus*、マナマコ *Apostichopus japonicus* などの干潟を利用する生物が漁獲されてきた¹⁾。また、この干潟及び周辺海域は、これらの生物（アサリを除く）の漁場となっている（山口県漁業協同組合田布施支店および平生町支店 私信）。ここで、アサリ、クルマエビ、ガザミ、マナマコの温度耐性を比較してみる。

アサリの高温に対する実験は多くなされている。殻長1.6~5.0mmの稚貝は、37.5℃と40℃の間に急激な稚仔の限界があり、35秒内外で斃死する¹²⁾。殻長0.21~0.32mmの着底初期のアサリは、水温40℃では1時間、37℃では5時間、35~36℃では15時間以内で全滅し、殻長0.70~1.40mmのアサリは、40℃では3~4時間、37℃では8時間で全滅したという¹³⁾。また、倉茂¹⁴⁾は、アサリは水温40℃では4時間、37.5℃では8時間、35℃では16時間で半数以上が斃死し、地温38.5℃では数時間後に斃死が始まり、39~39.5℃では2時間で全滅したと報告している。山口県瀬戸内海でのアサリの産卵時期は、春と秋の2回あると考えられており、近年の放流調査では春から秋にかけて長期間成熟している状況も観察されている¹⁵⁾。また、山口県大海湾のアサリは、秋に産卵し、春から夏にかけて5~6mmまで成長し、その後、定着すると考えられている¹⁶⁾。また、波浪による地盤の流動が激しい場所ではアサリは継続して生息することはできない¹³⁾。山口県大海湾のアサリ稚貝の減耗、移動は波浪の影響によるものであると考えられている¹⁷⁾。

クルマエビは、体長6mm頃から浅海域へ来遊して干潟や内湾の汀線付近に定着する。山口県水産課¹⁸⁾によると、この大きさの個体は、5月から9月に標識放流したものが再捕されている。また、体長30mm以下の個体は、昼間でもしばしば砂から出て摂餌活動することがあり、温度に対する耐性の上限は、38℃であるという。

瀬戸内海におけるガザミの天然稚ガニの出現時期は6月から9月で、盛期は7月頃である。甲幅4~7mmの前期稚ガニ期は、浮遊生活から底棲生活への過渡期にあたるが、甲幅9~25mmの後期稚ガニ期になると行動が敏捷になり、ほとんどの個体が潜砂ようになる。稚ガニは水温が33℃を超えると行動が異常に活発となり、38℃以上になると横転する個体がみられ、40℃までに全ての個体が死亡するという¹⁹⁾。

中間育成中のマナマコの飼育水温が、梅雨期から夏期の高水温になると全滅したり、成長が遅くなったりする²⁰⁻²²⁾。町田・大慶²³⁾の報告では、ほぼ止水状態である飼育水の温度が30℃以上であることが続いたとき、中間育成中の体長5mm以上のマナマコの生残率は極めて低かったという。また、飼育水の平均水温が平年より2℃高めに推移し、最高水温が30℃を超えることがあると、マナマコの成長および歩留まりは低くなる^{24,25)}。ここで実験した干潟周辺海域の自然海水温で飼育された0歳の稚マナマコは夏眠しない（Yamana *et al.*, 未発表）ため、30℃を超える温度下で成育するのは難しいかもしれない。

また、アサリ²⁶⁾、クルマエビ²⁷⁾、ガザミ²⁸⁾、マナマコ²⁹⁾の稚仔の高温耐性に関する既往知見をTable 1にまとめると、これら生物の致死温度あるいは生存可能上限温度は、34~39℃である。海洋の干満時の温度変化は、干潟の深さ約10cmまでに影響を与える³⁰⁾というが、干潟の生物は高温を回避するために潜砂することがあり、たとえば、干潟表面の微小藻類を食べる小型の巻貝類であるイツマデガイ科の *Hydrobia ulvae* は、昼間の干出時には2, 3mm潜砂し、シオマネキ属 *Uca* のカニ類は、地下水位までに達している涼しい巣穴に頻繁に移動する³¹⁾。一方、山本ら^{32,33)}は、夏季日中の干出時の干潟は、急激に地温が上昇し、表面は37℃を越え、このとき、深く潜ることのできる個体は高温層を回避できるが、浅い層に生息する個体は、生理障害を起こし斃死することを指摘している。ここで扱った生物の稚仔も高温を回避するために潜砂するであろうが、それが表層から1cm程度の潜砂であれば、本実験で観測されたような35℃以上の温度環境は、これらの生物に対し、致命的な

Table 1. High temperature resistance of *Ruditapes philippinarum*, *Marsupenaeus japonicus*, *Portunus trituberculatus* and *Apostichopus japonicus*

Scientific name	Japanese name	Resistance of high temperature	Reference
<i>Ruditapes philippinarum</i> (SL11.4mm)	ASARI	Beginning of death: 35℃	26
<i>Marsupenaeus japonicus</i> (TL20-30mm)	KURUMAEBI	Beginning of death: 34℃	27
<i>Portunus trituberculatus</i> (CW4.0-7.0mm)	GAZAMI	Upper limit for existence: 38-39℃	28
<i>Apostichopus japonicus</i> (TL0.3-1.0mm)	MANAMAKO	Upper limit for existence: 35℃	29

影響を与えうると考えられる。特に、直射日光の当たる定点では、35℃を越える非常に高温になる時間帯があったが、この時間帯に日陰になる定点では、31.1~33.2℃であった (Fig. 5, 6, 8)。この温度範囲であれば、上記生物は致死を回避できると考えられる。したがって、逆さ竹林礁によって温度の低い部分をつくり出すことは、夏場の高温ピーク時に干潟生物が生残する場を増やす効果があると期待できる。

この逆さ竹林礁による昇温抑制効果は、竹枝が直射日光を遮ることが主因と考えられるが、竹自身や竹枝に多数付着しているシロスジフジツボ *Balanus albicostatus* などの付着生物により保水した水分が蒸発の際に周囲から気化熱を奪うことや、水分が枝を伝って干潟表面へ供給されることも昇温抑制の一因として考えられるであろう。なお、+1 m や干潟直上の気温は変動が大きかった (Fig. 4, Fig. 5) が、これは、風による影響が大きいためと考えられ、気化熱によって逆さ竹林礁の周縁の気温の冷却効果も期待できるのではなかろうか。また、逆さ竹林礁を設置してから約2ヶ月経った竹枝には、すでにシロスジフジツボが多数密生しており、設置前は断面が約3 mm だった枝が、約20 mm の太さとなった (Fig. 11)。このように竹枝が太くなった逆さ竹林礁は、設置当初よりも広い面積に日陰を作ることができ、より一層の昇温抑制効果があると思われる。

逆さ竹林礁の昇温効果を期待する場合、温度ピークを回避する数ヶ月前から設置するとより効果的であると考えられる。また、St. 1 と St. 2 の各測定項目の観測期間中の平均温度を比較すると、0.1~0.6℃、いずれの項目も St. 1 の方が低くなっており、干潟表面に切れることなく陰を落

とすことができる1 m格子タイプで配置すれば、より昇温抑制効果があると考えられる。今後は、生物自体をモニタリングすることで、逆さ竹林礁による生物増殖効果を明らかにし、ここで判明した昇温抑制効果と考え合わせた上で礁の設置方法について検討を行う必要がある。

謝 辞

竹林礁の設置は、山口県漁業協同組合田布施支店および平生町支店、平生町役場、山口県柳井水産事務所、(株)新笠戸ドック産機部の皆様にご助力いただいた。竹の切り出しは、山口県菊川竹林ボランティアのみなさんにご指導いただいた。また、水産大学の三木浩一氏 (田名臨海実験実習場) や水産動物学研究室の学生のみなさんには、竹の切り出しから調査に至る全てにご尽力を賜った。山口県産業技術センターの山田誠治氏にはサーモグラフィーによる撮影と画像処理をお願いした。以上の諸氏に心からお礼を申し上げる。

本研究の一部は、平成18年度水産大学校内競争資金および平成19年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業委託事業「乾燥ナマコ輸出のための計画的生産技術の開発」により実施した。

文 献

- 1) 菊池泰二：干潟生態系の特性とその環境保全の意義。日生態会誌, 43, 223-235 (1993)
- 2) 山下弘文：どうして干潟を守らねばならぬか。海洋と

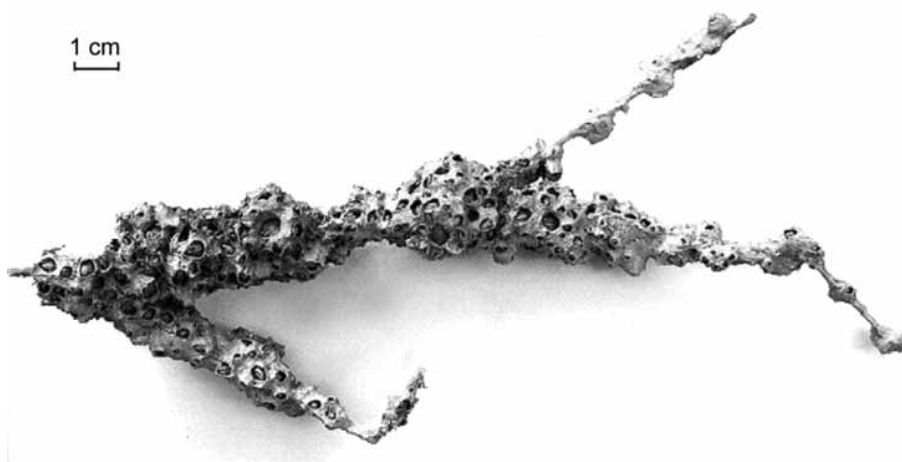


Fig. 11. A branch of the bamboo reef covered with the barnacle *Balanus albicostatus*.

- 生物, 22, 354-359 (2000)
- 3) IPCC: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom (2007)
- 4) 気象庁: 異常気象レポート2005.
http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/climate_change/, 2007年12月5日
- 5) 野原精一・井上智美: 干潟と地球温暖化. 地球環境, 11, 245-254 (2006)
- 6) 熊本県: 大規模増殖場開発事業調査総合報告書. 玉名地区, 一アサリ一, 水産庁 (1979)
- 7) 浜野龍夫: 漁場環境を考える一幼生を集めて落とす. 日本水産資源保護協会月報, 489, 4-7 (2006)
- 8) 鳥居厚志: 周辺二次林に侵入拡大する存在としての竹林. 日緑工誌, 28, 412-416 (2003)
- 9) 林野庁統計資料: 森林・林業統計要覧2005. 林野弘済会 (林野庁編), 東京 (2005)
- 10) 気象庁: 過去の気象データ検索.
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2007年6月28日
- 11) 山口県農林統計協会: 第53次山口農林水産統計年報(平成17~18). 中国四国農政事務所 (2007)
- 12) 吉田 裕: 浅海産有用二枚貝の稚仔の研究. 農水講研報, 3, 34-54 (1953)
- 13) 池松 弥, 松本 直: 沈着初期アサリの低比重並びに高温に対する抵抗力. 有明海研究報告, 3, 16-23 (1956)
- 14) 倉茂英次郎: アサリの生態, 特に環境要素について (松本文夫編). 水産学集成, 東京大学出版会, 東京, 611-655 (1957)
- 15) 山口県: 山口県瀬戸内海アサリ資源回復計画. 山口県, 1-13 (2006)
- 16) 山口県水産課: 山口県のアサリ漁業. 山口県水産課, 1-60 (1981)
- 17) 山口県: 大規模増殖場造成事業調査総合報告書. 大海湾地区, 一アサリ一, 水産庁 (1979)
- 18) 山口県水産課: VI クルマエビ. 栽培漁業のてびき, (社) 山口県漁村振興協議会, 107-145 (1987)
- 19) 山口県水産課: VII ガザミ. 栽培漁業のてびき, (社) 山口県漁村振興協議会, 147-173 (1987)
- 20) 柳澤豊重, 本田是人: 平成3年度地域特産種増殖技術開発事業報告書. 棘皮類, 愛知県, 1-33 (1992)
- 21) 小川 浩: 平成4年度地域特産種増殖技術開発報告書. 棘皮類, 大分県, 1-18 (1993)
- 22) 松野 進: 平成8年度地域特産種量産放流技術開発事業報告書. 棘皮類, 山口県, 1-13 (1997)
- 23) 町田洋一, 大慶則之: 平成6年度地域特産種量産放流技術開発事業報告書. 棘皮類, 石川県, 1-10 (1995)
- 24) 岸岡正伸: 平成6年度地域特産種量産放流技術開発事業報告書. 棘皮類, 山口県, 1-16 (1995)
- 25) 松野 進: 地域特産種量産放流技術開発事業総括報告書. 棘皮類, 山口県, 1-23 (1998)
- 26) 磯野良介, 喜田 潤, 岸田智穂: アサリの成長と酸素消費量におよぼす高温の影響. 日水誌, 64, 373-376 (1998)
- 27) 石岡宏子: クルマエビ人工種苗の生理生態に関する研究. 南西水研報, 6, 59-84 (1973)
- 28) 水産生物と温排水研究協議会: 水生生物と温排水. 日本水産資源保護協会, 東京 (1973)
- 29) 小林 信, 石田雅彦: 稚ナマコの減耗要因に関する二・三の実験. 栽培漁業技術開発研究, 13, 41-48 (1984)
- 30) 鷺見栄一: 干潟における底質温度変動. 公害, 25(4), 61-70 (1990)
- 31) Reise K: Experiments on tidal flats. Tidal flat ecology, Springer-Verlage, Berlin Heidelberg (1985)
- 32) 山本正昭, 萩野静也, 石田 宏: アサリ漁場造成計画のための物理環境調査. 水工研報, 16, 1-28 (1995)
- 33) 山本正昭: アサリ漁場内の底質環境とその特性. 水工研報別冊, 3, 17-25 (2005)