

沖洲海岸におけるルイスハンミョウ幼虫の 生息物理条件調査

INVESTIGATION OF HABITAT CONDITION OF
CICINDELA LEWISI JUVENILES AT OKINOSU BEACH, FORCUSED ON
LITTORAL LANDFORM, TEMPERATURE AND MOISTURE

中村聡志¹・中川康之²・桑江朝比呂³

Satoshi NAKAMURA, Yasuyuki NAKAGAWA and Tomohiro KUWAE

¹正会員 工修 港湾空港技術研究所 海洋・水工部 底質環境研究室長
(〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

²正会員 工修 港湾空港技術研究所 海洋・水工部 主任研究官

³正会員 農博 港湾空港技術研究所 海洋・水工部 主任研究官

Littoral landform, temperature and moisture condition are studied in relation to the habitat of *Cicindela lewisi* juveniles at Okinosu beach, Tokushima prefecture, where artificial beach is planned for alternate its habitat. This paper describes environmental condition of existing juveniles habitat which locate narrow line near the coastline of HWL, and proposes required environmental targets to make alternate habitat in the artificial beach and key terms of reference to confirm juveniles ecesis in the process of adaptive management.

Key Words : Littoral environment, *Cicindela lewisi*, juveniles habitat, adaptive management

1. はじめに

徳島県沖洲海岸では、マリニピア沖洲第1期事業によって生じた人工島背後のトンボロ地形が预期せずして既存護岸と人工島との間の水路部分に後浜植生から静穏な干潟海浜へと続くルイスハンミョウの生息に適した環境を誕生させ、沿岸域に残された数少ない生息地の一つとなっている。ルイスハンミョウは、コウチュウ目ハンミョウ科ハンミョウ属に属し、瀬戸内および九州沿岸の干潟が出現する海岸に生息している。成虫は海浜部を移動しながら小さな昆虫などを捕食し、幼虫は海浜に巣坑を作り徘徊生物を待ち伏せて捕食する¹⁾(図-1)。生息域として、干潟海岸の減少により絶滅の危機が増大している種(環境庁レッドリスト絶滅危惧Ⅱ類)となっている。マリニピア沖洲第2期事業では、この生息地を保全した上で、生息地を模倣した新たな人工海浜を近隣に造り、ルイスハンミョウの自然移入や人為移入による定着を確認した後に、現存生息地の整備を行うことが計画されている²⁾。この計画の中で、現存するルイスハンミョウ生息地を模倣する技術、移入定着を確認する技術、が事業成功の鍵となるであろう。しかしながら、ルイスハンミョウの生息に

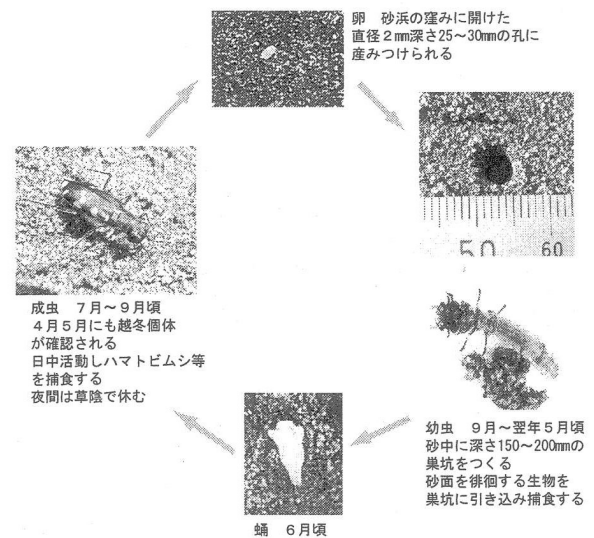


図-1 ルイスハンミョウ生活史

適した条件(特に産卵~幼虫期の生息場所)についての知見は少なく、事前調査によって模倣すべき生息環境を明らかにし、海浜造成の目標を絞込むことが必要である。また、移入定着判定についても生態を十分に考慮した調査とする必要がある。本調査で

は模倣すべき生息適地が持つ地形的特徴、底質の構成、底質の水分・温度などの物理環境を現地調査によって明らかにする。さらに、新たな人工海浜が満たすべき地形・底質環境の目標設定を行い、ルイスハンミョウ人為移入開始時および定着確認調査時に重要となる環境条件調査項目の絞込みと調査方法および事業への調査結果の反映手法を提案する³⁾。

ルイスハンミョウ幼虫巣坑位置調査結果および海浜断面測量結果から、地形変化が生じやすい波あたりの強い外海に面した砂浜はルイスハンミョウ幼虫の生息に適さず、波穏やかな内海となった砂浜干潟の広い潮間帯、特にH.W.L. 付近の勾配が緩い安定した地形が幼虫の生息に適することがわかった。また、底質の粒度組成・含水比・含有塩分濃度分析結果から、粘土シルト分が4～8%の砂質土で有機質は少なく、含水比6～8%で淡水を適度に保持する底質条件が巣坑の形成と生息に必要なことがわかった。地中温度および含水比の観測から、摂餌活動や休止中の砂中空間は満潮時の地中浸潤面より浅く、かつ、日照や気温変化による温度や含水比変化の少ない場所に限定されると推定された。ルイスハンミョウ生息調査および既存資料の分析から、成虫は対象区域内で40個体程度、幼虫は50巣坑程度生息していることがわかった。

これら条件みたと空間を海浜造成であらかじめ設計施工することは難しく、整備段階での生息条件モニタリング調査と適切な手直しが重要となる。そこで、海岸整備の実施に際して、事前調査結果に基づいて目標された環境条件が実際に整備されているかを長期的なモニタリングによって把握・評価し、より望ましい環境になるよう事業修正をおこなう順応的管理による段階的整備手法を適用する必要性を示し、評価項目として、重視すべき環境条件として、水域の静穏度・地盤高と海浜勾配、底質、海浜植生分布、飼料生物量を挙げ、海浜施工中および施工後1年間は2ヶ月に1回程度、その後は年2回を基本

として調査を行うことを提案した。調査結果によって環境条件整備が不十分であると評価された場合の措置案と措置を講じる上で重要な「ルイスハンミョウの定着を阻害している因子を取り除き、自然定着を促す」考え方を示した。

2. 現地調査の方法

現地調査は、図-2に示す徳島県沖洲海岸のマリンピア人工島背後に形成されたトンボロ地形周辺において春季(2004/4/30)、夏季(7/29)、秋季(10/2)、冬季(12/4)に表-1に示す項目を実施した。トンボロ地形は十分に発達し人工島背後まで到達しているため、小型船のための航路浚渫によって北側外海と通じているが、その幅は狭く外海の波からは隔離されている。また、南側は人工島連絡道路下に配置された狭い水路によって南側の海域と接続され、静穏な水域となっている。

表-1 現地調査項目と実施時期

	春季	夏季	秋季	冬季
幼虫巣坑位置	○	○	○	○
断面地形測量	○		○	
底質採取分析	○			○
温度含水変化	温度			○

幼虫巣坑調査では、直径5mm程度の開口した巣坑を調査範囲内で目視確認した後、巣坑の位置および地盤高を記録した。なお、対象範囲にはルイスハンミョウよりも小型のエリザハンミョウも生息しており、直径3mm以下の巣坑については両種の判別がつ

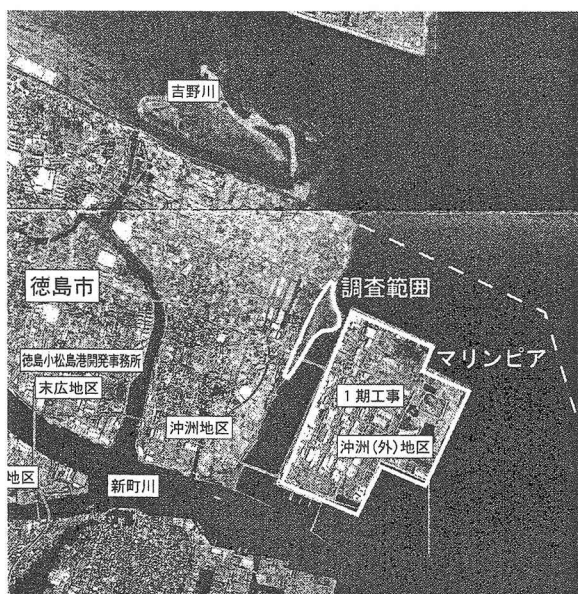


図-2 沖洲海岸調査範囲

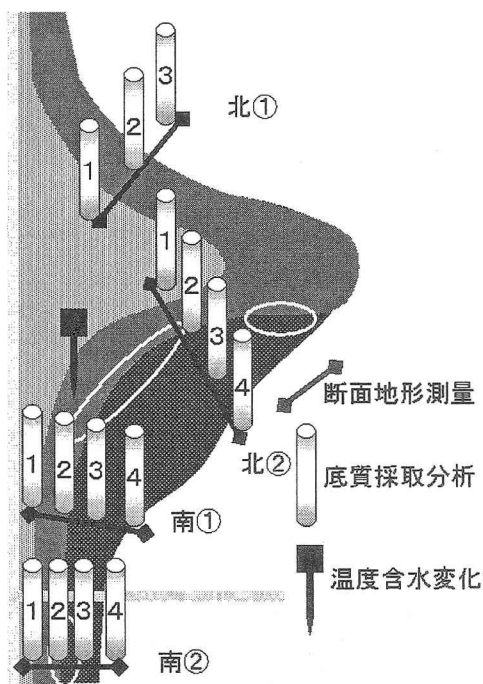


図-3 調査位置と幼虫生息域の概略図

かないことから、直径5mm程度の巣坑のみを調査対象とした。断面地形測量では、マリンピア人工島背後のトンボロ地形周辺に北①(植生なし、波の遡上があり急勾配)、北②(植生あり、高潮位汀線付近がなだらかで広い)、南①(植生あり、高潮位汀線付近が急勾配)、南②(植生が乏しく、転石が混じる)の4つの測線を設定し(図-3)、植生域から干潮時汀線位置まで1m間隔で地形測量を実施した。測線の位置は春季調査での巣坑目視調査の後、巣坑の分布状況および地形・底質の状況を加味して決定した。底質採取分析は、春季調査では上記4測線上の後浜植生近く、巣坑がある地盤高、地形の変曲点、汀線位置で、直径40mmの亚克力パイプを使って300mm程度の深さまで柱状採取した後、約30mm毎に層状に分割・密封し、採取試料とした。持ち帰った採取試料の一部を用いて、すぐに含水比を測定し、含水比計測後の乾燥試料に蒸留水を加え攪拌した後、上澄み液の塩分濃度から底質中の塩分量を算定した。残りの採取試料で粒度組成・強熱減量粒度の分析を行った。冬季調査では、巣坑が高密度に分布する場所近くと汀線位置で満潮・干潮時に春季と同様の方法で採取し、含水比と塩分量のみを測定した。地中温度の鉛直分布および含水比分布の時間変化観測では、巣坑が高密度に分布する場所近くに地温分布計および土壤水分分布計、日照日射計、温度湿度計等を設置して1昼夜連続観測を行った。土壤水分量については底質採取分析の含水比分析結果を用いてキャリブレーションを行った。

3. 現地調査の結果

幼虫巣坑位置調査で確認された巣坑地盤高を図-4に示す。春季調査では、測線北②から南①にかけての広く干潟地形の広がった海岸の概ね満潮時汀線に沿って、幼虫巣坑58坑(●)を確認した。測線北①のある外海に直接面した海岸では巣坑は確認されなかった。測線南②の海岸では徳島県が行っている幼虫移植実験範囲を除いては、巣坑が確認されなかった。秋季調査では、測線北②から南①の海岸で18坑(○)、春季調査では確認されなかった砂洲先端の干潟側に29坑(△)、南②の海岸で3坑(□)の幼虫巣坑

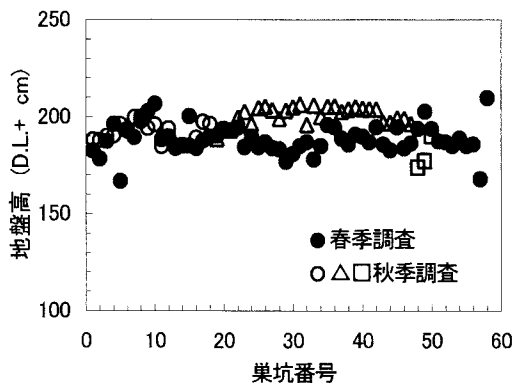


図-4 幼虫巣坑の地盤高

が確認された。夏季調査では、坑径3mm以下の巣坑は多数確認されたが坑径5mm程度のものは確認されなかった。冬季調査では、巣坑は確認できなかった。成長段階、あるいは、気温や降雨などの条件によって、幼虫巣坑が開口していないことも考えられる。

春季と秋季の調査結果から幼虫巣坑位置の地盤高は、概ね小松島港朔望平均満潮位HWL=187cm付近に集中していることがわかる。また、秋季調査結果から巣坑周辺の環境によって地盤高が5cm程度異なることがわかる。さらに、春季58坑(●)と秋季18坑(○)の巣坑地盤高を比較すると、秋季の巣坑地盤高は春季より6cm程度高い場所に位置し、秋季調査で新たに確認された砂洲端部の29坑(△)を加えると秋季の巣坑地盤高は春季より5~10cm高い場所に位置する。

秋季調査で新たに巣坑が砂洲端に確認された理由の一つとして、春季には浜崖となっており生息に適

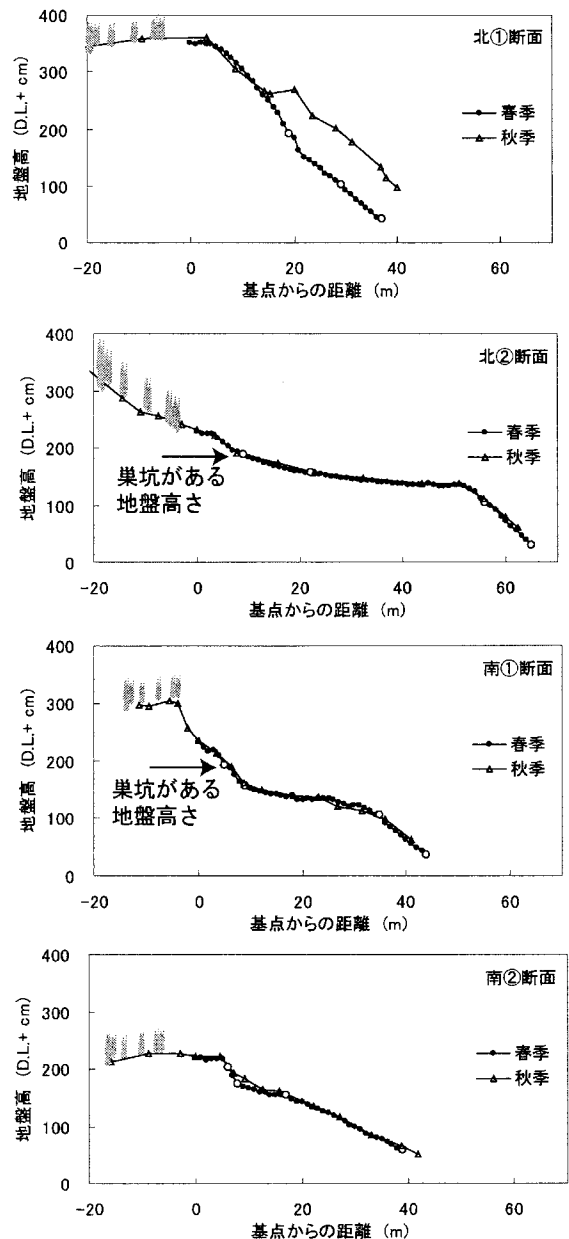


図-5 断面地形測量結果

さない場所であったが、雨水等による侵食によって浜崖が後退し、緩やかな勾配の海浜になったことが考えられる。季節によって巣坑地盤高が異なる理由として、カニ類の採取漁によって生息域および潮間帯の地盤が掘り返されることによって巣坑が破壊される人為要因や、季節による平均高潮位の変動にあわせて幼虫が巣坑の位置を移動させる、あるいは、適切な位置に生息した幼虫のみが生存しているなどの自然要因が考えられる。いずれにしても、幼虫巣坑位置は沿岸域の極めて限られた場所にあり、外的攪乱を受けやすい位置にあることがわかる。

断面地形測量調査の結果を図-5に示す。図中には春季調査の底質採取位置(○)をあわせて示す。波あたりの強い外海に面した砂浜上に設定した測線北①では、干潮位高さから後浜頂部あるいはバーム頂まで約1/13の緩やかな勾配となっている。一方、外海からの波の影響を直接受けない他の測線北②、南①では、干潮位高さLWL=14cmから平均潮位高さMWL=110cmまでは同様の勾配となっているけれども、平均潮位高さから満潮位高さまで約1/80の緩やかな勾配、満潮位高さから植生域まで約1/20勾配となっている。測線南②では、緩やかな勾配斜面はわずかに形成されている。測線北①では、春季と秋季の断面を比較して、汀線域で地盤高D.L.+268cmまで砂の堆積が生じている。夏季～秋季の間に受けたしけ時の波の遡上によって、バーム地形が発達したものと考えられる。この発達したバーム地形は、冬季調査時にも確認することができた。測線北②、南①では、夏季～秋季の間にほとんど地形変化は生じていない。測線南②では満潮位高さに堆積が生じている。幼虫巣坑の多く確認された測線北②の満潮位高さ周辺の地形は緩い勾配が維持され、自然要因による地形変化が生じにくい場所であることがわかる。

底質採取試料の粒度分析の結果、測線南②で礫分がある以外は、4測線いずれの柱状採取地点の粒度組成も砂分が90%以上で残りは粘土・シルト分で場所による底質の差異は無いことがわかった。採取した底質の含水比と塩分濃度については、4測線の満

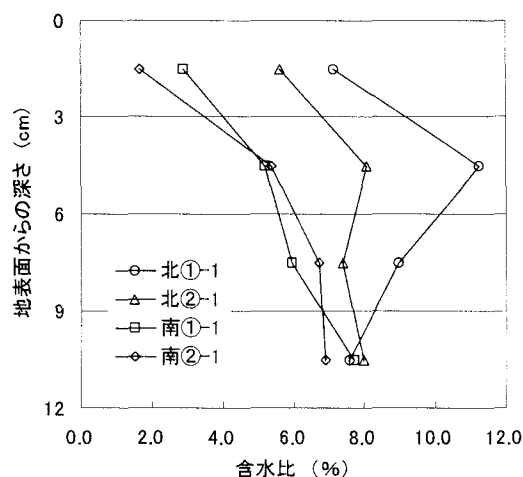


図-6 満潮位地盤の含水比鉛直分布

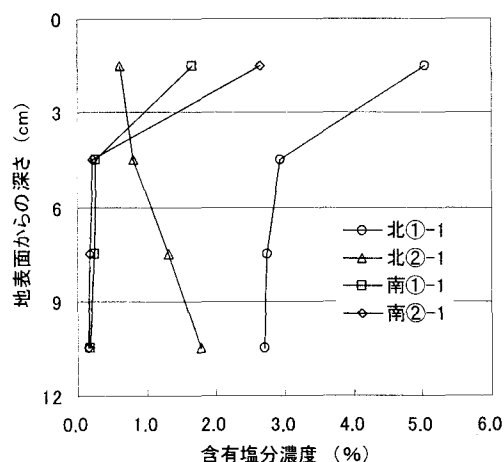


図-7 満潮位地盤の含有塩分濃度鉛直分布

潮位地盤における含水比の鉛直分布(図-6)は、測線北①の3~6cmの含水比が若干高いけれども、地中から表層に向かって含水比8%~2%に低下しており、幼虫が生息していない場所と生息している場所との間に大きな差異はない。しかしながら、含有塩分濃度の鉛直分布(図-7)から、測線北①の底質中の水分は海水であるが、生息場所の塩分濃度は低く、淡水が含まれており、両者には違いがあることがわかる。なお、含塩分濃度は、底質中に含まれる水にすべての塩分が溶けた状態での塩分濃度を示しているため、表層での間隙水の蒸発が起きている場合には、海水濃度約3%より高い値を示す。

測線北①に沿って柱状採取した3点と測線北②に沿った4点の底質含水比の鉛直分布および含有塩分濃度の鉛直分布を図-8に示す。横軸に採取位置の

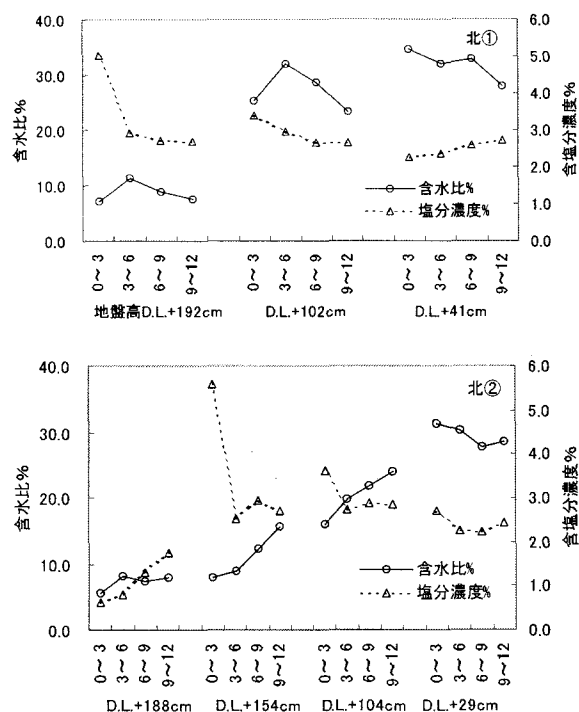


図-8 測線北①と北②の含水比・塩分濃度

地盤高さと地表面からの採取層深さを示してある。測線北①では、柱状採取毎の含水比および含有塩分濃度の鉛直分布はほぼ一様であるが、D.L. +102cmとD.L. +192cmの間で急激に含水比が低下する。一方、測線北②では、柱状採取毎に含水比と含有塩分濃度が地表に向かって小さくなる鉛直分布となっており、また、低地盤から高地盤に向かって徐々に含水比と塩分濃度が小さくなっている。

これらのことから、北①の海岸は、波の遡上により直接海水の浸入があり、高地盤の底質中にも海水のみが存在しているが、北②の海岸は波の遡上ではなく、潮汐による海水の緩やかな浸入と淡水の浸潤によって底質中の水分に塩分濃度の鉛直勾配が生じていると考えられる。調査した砂洲地形は護岸前面に生じたものであり、小川や排水溝等の淡水を供給するものがないことから、測線北②の塩分濃度の低下は、植生に貯留された雨水の浸潤によるものと考えられ、新たな海浜を造成して幼虫に適した生息環境を整えるには、淡水貯留場としての植生の大きさも重要であると思われる。

土壌水分分布計による連続観測結果(図-9)から幼虫生息域の地表面含水比は、上げ潮時には潮位変化に連動して増加するけれども、下げ潮時には引き潮とともに減少し、最干潮時以降も減少し続け、次の満潮の2時間前頃に最低値を示す。地表面下20cm(地盤高約180cm)と地表面下30cm(地盤高170cm)の含水比は潮位変化の影響を受ける。地表から25cm深までの底質中水には海水に比して低い濃度の塩分が含まれる。また、地表面下40cm程度には地下水面が存在し、地表面下50cm(地盤高150cm)の含水比は飽和した状態の27%で一定しており、地表面下10cm(地盤高約190cm)の含水比については、期間中は10%程度で一定していることがわかった。

図-10に地温分布の冬季の日変化を示す。表層地温の日変化は、5℃~20℃あり、日没後表面温度は急激に低下する。表面から20cm以深では比較的昼夜の温度変化は少ない。40cm以深では地下水中に没しており日変化はほとんどない。

温度と幼虫の活動についての資料はないが、一般的に甲虫の活動適切温度といわれている13℃~35℃の範囲を幼虫の生息可能温度とすると、地表面下20cmより深い場所が適地となる。しかしながら、含

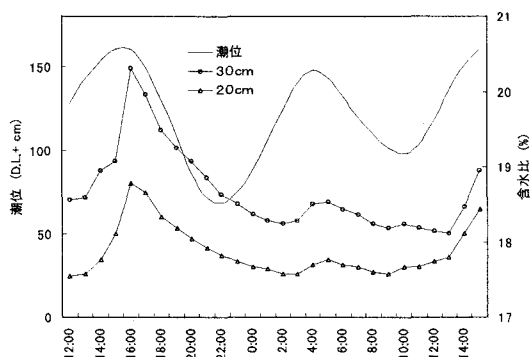


図-9 潮位変化と含水比の変動

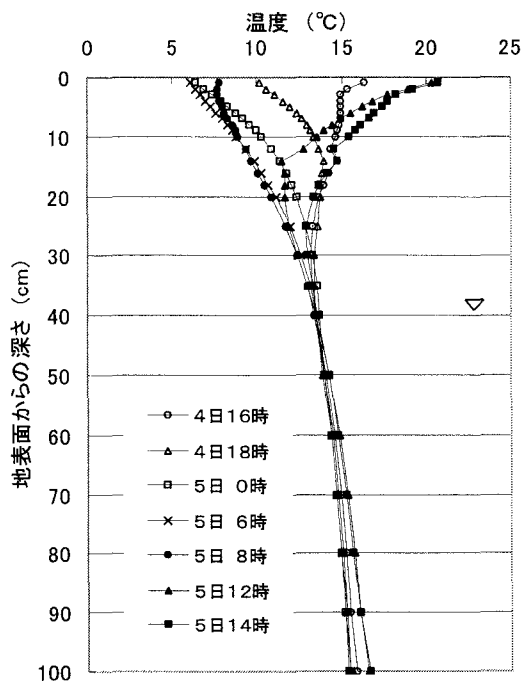


図-10 地温分布の時間変化

水比の鉛直分布からわかるように20cm以深は潮位変化によって含水比が増減し、含水比が高すぎれば巣坑壁の形状を維持できなくなる。このことから、幼虫の生息域は鉛直方向にも極めて限られた深さに限定されると思われる。

4. おわりに

ルイスハンミョウ幼虫巣坑位置調査結果および海浜断面測量結果から、幼虫巣坑は朔望平均満潮位地盤の浜幅が広い場所に限られ、満潮位汀線に沿って帯状に分布している。波あたりの強い外海に面した海浜は、波の遡上により地形変化が生じやすく、巣坑を長期間維持する場所として適さないこと、また、こうした海浜は勾配が急になることから、巣坑維持に適した地盤高の砂浜幅が十分に確保されないためと考えられる。一方、砂洲の発達によって波穏やかな内海となった砂浜は、主に潮汐によって広い潮間帯、特にH.W.L.付近の勾配が緩い特徴を持つ安定した地形が形成されることから、幼虫の生息場を新たに造るためには、前面水域の静穏度をいかに確保するかが重要となる。

底質の粒度組成分析結果から、調査範囲のいずれの場所も粘土・シルト分が10%以下の砂質土で有機質は少なく、粒度組成だけの条件からは幼虫生息適地と不適地との間に差異はなく、新たな人工海浜造成のために現在幼虫が生息していない場所の底質を人工海浜の養浜材として使っても問題はないと考えられる。

幼虫生息適地と不適地を規定するのは、地形形状によって生じる底質中の含水比・含有塩分濃度の分

布であり、含水比6～8%で淡水を適度に保持する底質条件が幼虫巣坑の維持と幼虫生息に適することがわかった。このことから、淡水の流入のない人工海浜では、後浜の植生による淡水貯留能力が重要になると考えられる。地中温度および含水比の観測から、摂餌活動や休止中の生命維持のために砂中で生息できる空間は満潮時の地中浸潤面（地表下約50cm）より浅く、かつ、日照や気温変化による温度や含水比変化の少ない深さ（地表下約20cm）より深い場所に限られると考えられる。これら条件みたま空間を海浜造成によってあらかじめ設計施工することは現状では難しく、整備段階での生息条件モニタリング調査と適切な手直しが重要となる。

海岸整備の実施に際して、事前調査結果に基づいて予測された環境条件が実際に整備されているかを把握・評価するための環境条件項目として、水域の静穏度・地盤高と海浜勾配、底質、海浜植生分布、飼料生物量を重視すべきである。また、長期的なモニタリングによって、その環境条件を把握・評価し、より望ましい効果が発揮されるよう事業修正をおこなう順応的管理による段階的整備手法を適用する必要がある。人工海浜整備実施段階時のモニタリング工程としては、海浜整備施工中および施工後1年間は2ヶ月に1回程度、その後は年2回を基本として調査を行う必要がある。また、調査結果によってその

環境条件整備が不十分であると評価された場合には、ルイスハンミョウの定着を阻害している因子を取り除かない限り、一時的にはルイスハンミョウの成虫あるいは幼虫が人工海浜に移入したとしても定着は望めないため、自然定着を促すための環境条件整備措置を行うことが必要であり、その措置方法を予め用意しておく必要がある。

謝辞：沖洲海岸におけるルイスハンミョウ幼虫の生息条件調査は、徳島県からの受託研究の一部として実施されました。調査に際しては徳島県県土整備部港湾空港整備局港湾開発課にご配慮いただきました。現地観測には港湾空港技術研究所海洋・水工部漂砂研究室ならびに沿岸生態研究室の方々に協力いただきました。ここに記して感謝します。

参考文献

- 1) 徳島県：沖洲流通港湾第2期推進事業（第3分割）ールイスハンミョウ調査ー報告書，平成9年3月。
- 2) 徳島県：マリンピア沖洲第2期事業に係るルイスハンミョウ関連調査 調査概要及び今後の課題・方針，平成14年7月
- 3) 徳島県：マリンピア沖洲第2期事業における人工海浜等の計画・設計に関する調査・研究，平成16年1月。