

論文

土壌物理の視点からみたイカリモンハンミョウ幼虫の生息環境

百瀬 年彦*

要 旨

石川県にはイカリモンハンミョウが生息する砂浜海岸がある。彼らが一生を過ごし、いのちをつなぐ、地域のお宝ともいえる砂浜である。成虫が見られるのは夏の2か月程度で、残りの期間の多くを幼虫で過ごす。幼虫は、砂浜に縦穴を掘り、そこに身を隠して頭上に獲物が来るのをじっと待つ。そこは餌生物が多いという利点があるものの、捕食するには巢穴入口が開いていることが必要で、その条件を満たすには地表水分という物理的要素が関わっている。砂が乾きすぎたり湿りすぎたりすれば、巢穴開口を維持することは難しい。さまざまな天候条件下で地表水分はどのように変動するのだろうか。本研究では、幼虫巢穴周りの地表水分が安定的であることを明らかにする。

キーワード：イカリモンハンミョウ／砂浜海岸／地表水分／地下水位／保水性

はじめに

本州唯一とされるイカリモンハンミョウ(図1)の生息地、羽咋海岸は約3 kmの砂浜海岸であり、そこを河口とする甘田川によって2地区に分けられる。甘田北と甘田南である(図2)。甘田北の砂浜地形は、幅が狭く傾斜が急であり、甘田南の砂浜地形は、幅が広く傾斜もゆるやかであることが特徴的である(上田, 2016)。また、2009-2015年における成虫個体数調査では、甘田北では成虫個体はほとんど見られず、甘田南では毎年目撃されている(上田・酒井, 2016)。こうした調査結果から、イカリモンハンミョウの生息地適性には、砂浜地形が関与する可能性が見えてきた。しかし、ここで生じる疑問は、砂浜地形と生息地適性との関連である。なぜ、幅が広く平坦な砂浜は生息地に適していて、幅が狭く急傾斜の砂浜は適していないのだろうか。

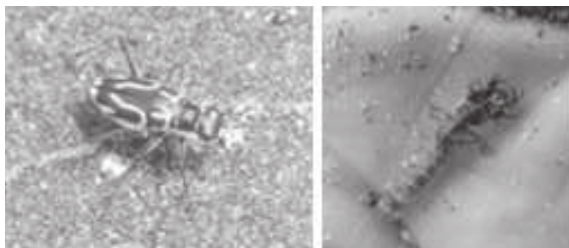


図1 イカリモンハンミョウ

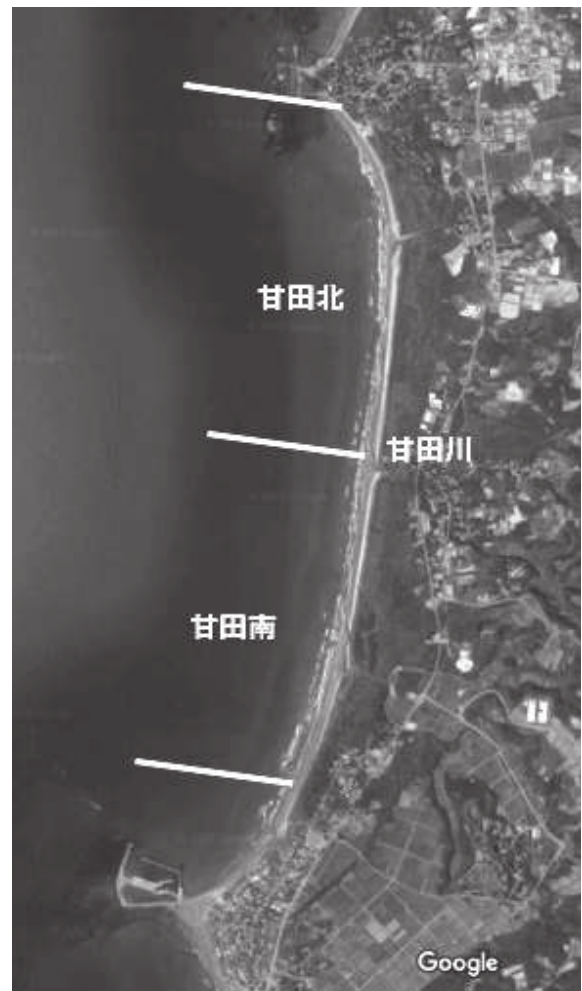


図2 羽咋海岸

* 石川県立大学 生物資源環境学部 環境科学科

イカリモンハンミョウは、幼虫期を砂浜の地中で過ごす。1～2年かけて1齢から3齢に成長し、5月下旬から7月下旬に蛹化、6月下旬から8月下旬に成虫となり地表にあらわれ、繁殖行動を行い、砂中に卵を生みつけて生涯を終える。孵化した幼虫は鉛直方向に巣穴を掘り、そこを住処にする。幼虫期も成虫期も、ハマトビムシなどの小型動物を餌にする。成虫は歩行性で広範囲を機敏に動き回り採餌する。一方、幼虫は巣穴に身を隠し、頭を少し出して周囲を伺いつつ餌が通りかかるのを待ち伏せて、一気に飛び掛かって捕食する（市川, 2012; 宮川, 2015; 上田, 2016）。このため、幼虫が捕食を行うには、巣穴が開口状態であることが必要となる。巣穴入口が塞がっていれば、周囲を観察することも、餌に飛び掛かることも難しい。

巣穴開口には、地表水分が極めて重要な要素となる。砂は乾きすぎたり湿りすぎたりすれば崩れやすく、巣穴開口を維持することは難しい。そのような場所に生息する幼虫は、塞がった巣穴の中で飢餓に耐えるしかない。もしくは、住処を変えるため砂浜を彷徨うことになるであろう。

自然界では晴天が続いたり、雨天が続いたりすることもある。さまざまな天候条件下で、巣穴開口を維持する水分条件であるためには、地表面と地下水面の距離（地下水深さ）が重要な要素となる。地下水が浅ければ降雨時に地下水が上昇して水没する危険性が出てくるし、逆に、地下水が深ければ晴天時に地表は乾燥してしまう。

甘田南の砂浜地形は、平坦で幅が広い。幼虫巣穴が確認できる場所は、地下水深さが60cm程度であることを確認した。この距離が適度であるならば、巣穴の開口状態を維持できる水分条件が面的に広がっている可能性がある。一方、甘田北の砂浜地形は、幅が狭く傾斜が大きい。汀線に近いところでは地下水は浅く、標高の高いところで地下水は深くなることを確認した。つまり、甘田北で地下水深さが60cmという場所は限定的であり、甘田北の大部分では地表水分が天候によって大きく変動する可能性がある。このため、砂浜地形は、地表水分の変動に影響を与え、巣穴開口の維持しやすさを左右し、幼虫の生育に大きな影響力を持つのではないだろうか。

そこで本研究では、羽咋海岸の砂を用いて、巣穴の開口状態を維持できる水分条件を明らかにし、地下水深さの異なる条件下で、天候によって変動する地表水分を連続的に測定する。そして得

られた結果から、イカリモンハンミョウ幼虫の生育にとって好ましい砂浜を考察する。

試料および実験方法

(1) 土の物理性

羽咋海岸の甘田南（生息地）において表層30cm程度から砂を採取し、水道水でよく洗浄し、炉乾させたものを用いた。中野ら（1995）および宮崎・西村（2011）の手順を参考にしつつ、粒度は篩分析で、土粒子密度はピクノメータ法で、保水性は吸引法（脱水過程）で、透水性は定水位透水試験で、それぞれ測定した。また電子顕微鏡による表面観察も行い、その表面形状の特徴を明らかにするため、日本の標準砂である豊浦砂を比較試料とした。豊浦砂は石英鉱物が主体であり、粒径が細かく均一であることに特徴がある（三浦ら, 1989; Tarnawski et al., 2009）。

(2) 巣穴の開口状態を維持する水分範囲

100cm³の円筒容器に海岸砂を充填し（乾燥密度1.39 g/cm³、乾燥から飽和まで広範囲にわたる9つの試料を用意した。水分調整には、2種類の方法を用いた。低水分域（乾燥～体積含水率0.05 m³/m³）については、Hiraiwa・Kasubuchi（2000）およびMomose・Kasubuchi（2002）の手法に従った。乾燥砂と水をビニル袋に入れて混合し、それを円筒容器に充填した。充填する際には、4層に分けてアクリル棒で突き固めつつ、所定の乾燥密度にした。高水分域については、長谷川（1998）の手法を参考にした。乾燥砂を円筒容器に充填し、その容器側面を金属棒で叩きつつ振動を加えて所定の乾燥密度にして、その後、円筒容器の底面を水に浸して毛管飽和試料をつくり、吸引法装置を用いて、異なる吸引圧をかけて水分調整を行った。すべての試料に対して、ボール盤を用いて鉛直方向に直径3mm深さ4cmの穴を開けた後、試料上部に蓋をして蒸発による水分損失を抑えつつ放置した。24時間後その穴が維持されているかどうかを確認した。

(3) 地下水深さと地表水分との関係

幼虫巣穴が確認できたところの地下水深さが60cmあったため、この実験では、吸引法を用いて地下水深さを30cm、60cm、90cmに設定した（図3）。100cm³の円筒容器に海岸砂を充填し（乾燥密度1.39 g/cm³）、毛管飽和させた試料を吸引法装置に設置した。装置にはメンブレンフィルター

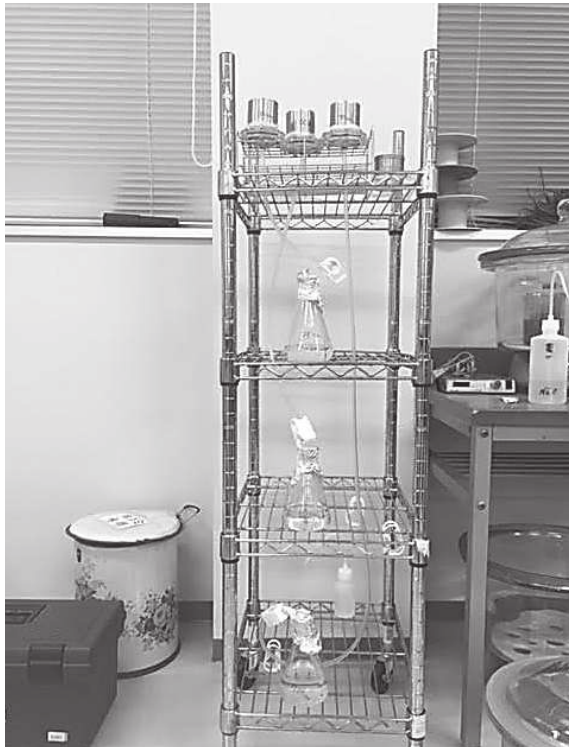


図3 吸引法の実験装置

(孔径 $0.1 \mu\text{m}$) を用いて水の連続性を保った。地下水深さ(自由水面)を 30cm 、 60cm 、 90cm に設定し、室内で平衡状態に達したことを確認後、装置ごと石川県立大学の環境科学科棟屋上に設置した。2015年11月10日から26日までの間、1日に2回程度、円筒容器の質量測定を行い、その値から体積含水率を求め、同様に、三角フラスコの質量測定から地下水量を求めた。尚、この期間中の水面蒸発量は最大で 2.3mm/day であった。

さらに強い蒸発条件下での地表水分を測定するため、室内で同様の実験も行った。上記装置を室内に入れて、試料に扇風機をあてて、水面蒸発量 5mm/day の条件下を作り出した。

結果および考察

(1) 土の物理性

海岸砂の物理的性質を表1に、粒度分布を図4に、水分特性曲線を図5に示す。電顕写真を図6に示す。

海岸砂は、 $0.11 - 0.25\text{mm}$ の粒径が主体(95%)で中央粒径が 0.18mm の細砂であるという特色を持つ。こうした特色は、全国的にも珍しく、全国各地の多くの砂浜を調査した日本砂浜紀行(江川, 2002)のデータによれば、細砂が95%以上となる砂浜は、能登はんみょう海岸に近い千里浜(石川県)以外には、九十九里浜(千葉県)と小倉ヶ

表1 海岸砂の物理的性質

中央粒径 (mm)	0.18
土粒子密度 (g/cm^3)	2.64
透水係数 (cm/s)	2.1×10^{-2}

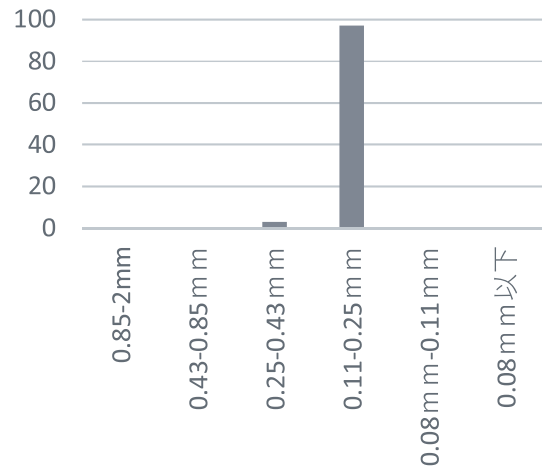


図4 海岸砂の粒度分布

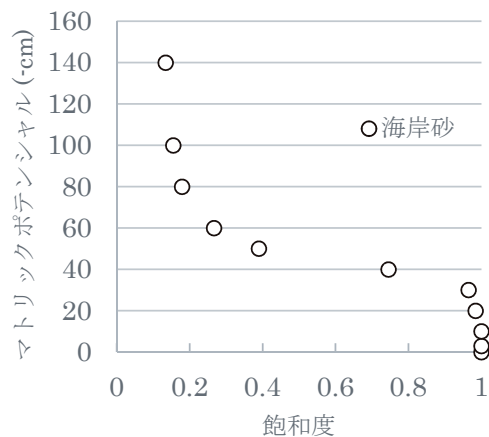


図5 水分特性曲線

浜(宮崎県)しかない。もう1つの特色は、表面形状にみられる(図6)。豊浦砂と比較して、海岸砂は微細な凹凸を持つ粒子が多い。イカリモンハンミョウが生息する砂浜は、粒径が細かく均一で、かつ微細な凹凸を持つ砂から形成されている。

(2) 巣穴の開口状態を維持する水分範囲

直径 3mm 深さ 4cm の穴が維持できる体積含水率は $0.05 - 0.45$ であった。この値は飽和度 $0.11 - 0.96$ に相当する。この海岸砂は、広範囲にわたる水分条件で巣穴開口を維持できることが明らかとなった。

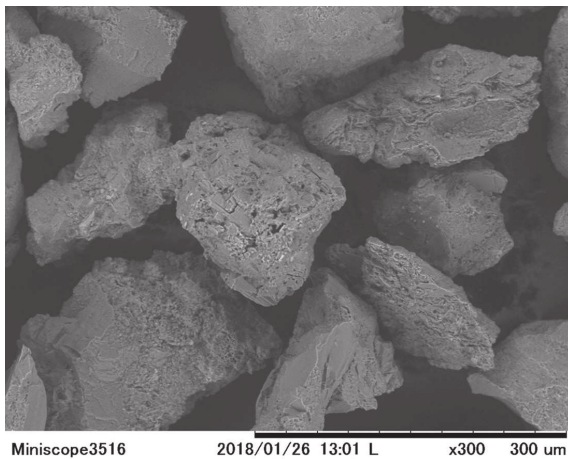


図 6 (a) 海岸砂

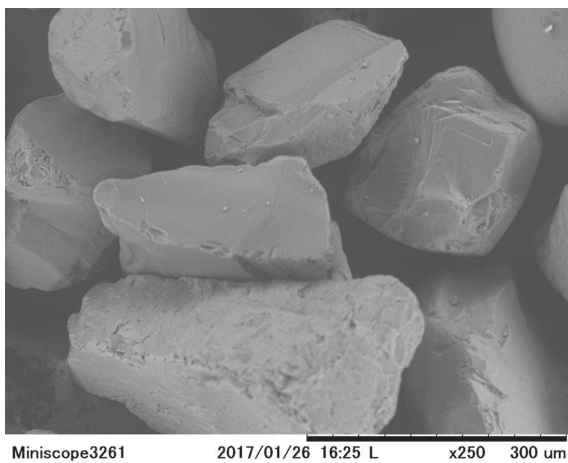


図 6 (b) 豊浦砂

(3) 地下水深さと地表水分との関係

野外実験の結果を図 7 (a) (b) に、実験期間中の気象観測データを図 8 に示す。気象観測データは、石川県立大学附属農場のものを用いた。

まず、実験開始後の 4 日間に着目する。この期間は晴天日が続いた。地下水深さ 30cm については、地表水分はほとんど変化していない。これは地表からの蒸発速度と地下水の毛管上昇速度とが釣り合っていたためである。一方、地下水深さ 60cm と 90cm については、地表水分は減少傾向にある。この減少は蒸発速度が毛管上昇速度を上回ったことに起因する。特に地下水深さ 90cm の試料は、巣穴開口状態を維持できる体積含水率の下限値 (0.05) にまで減少した。

降雨があると、どの地下水深さの試料も地表水分は増加し、地下水量も増加した。特に 30cm の試料は、日雨量 20mm 程度であっても巣穴の開口状態の上限値 (0.45) を上回ることもあった。この試料は、平衡状態の体積含水率が約 0.40 で、

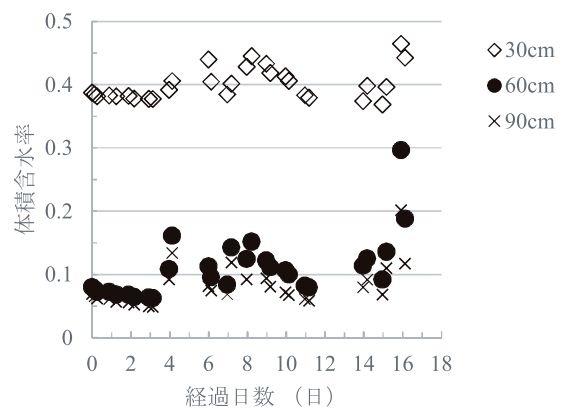


図 7 (a) 体積含水率の経時変化

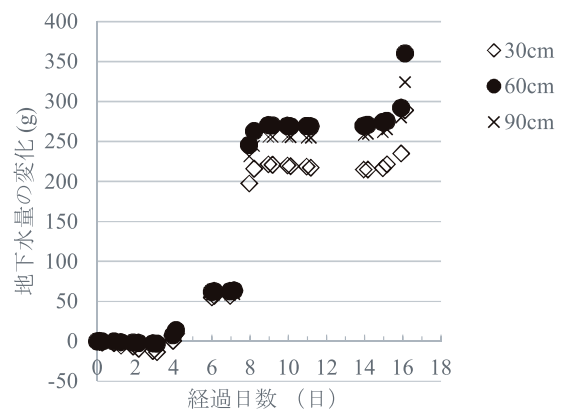


図 7 (b) 地下水量の経時変化

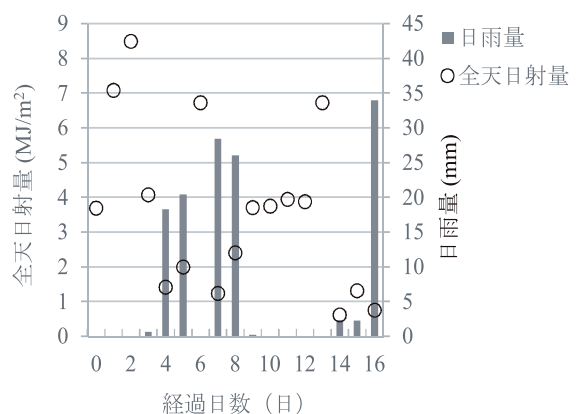


図 8 気象観測データ

ももとの水分量が高いことに加え、湿潤現象(土の中の下向きの水移動)の駆動力となる前進毛管圧(宮崎ら, 2005; 長谷川, 2013)が小さいために地表に水が溜まりやすいことが理由として考えられる。地下水深さ 60cm と 90cm の試料は、上限値 (0.45) を上回ることはなかった。

室内実験の結果を図 9 (a) (b) に示す。どの

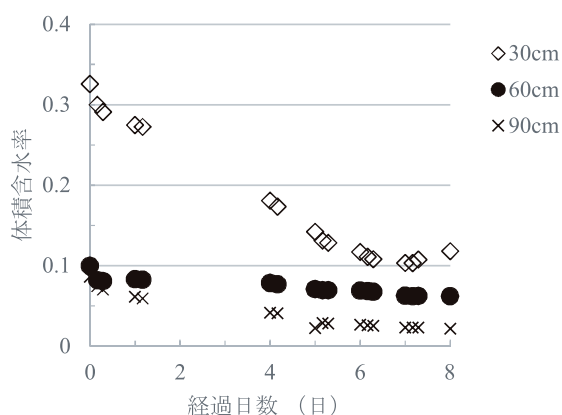


図9 (a) 体積含水率の経時変化

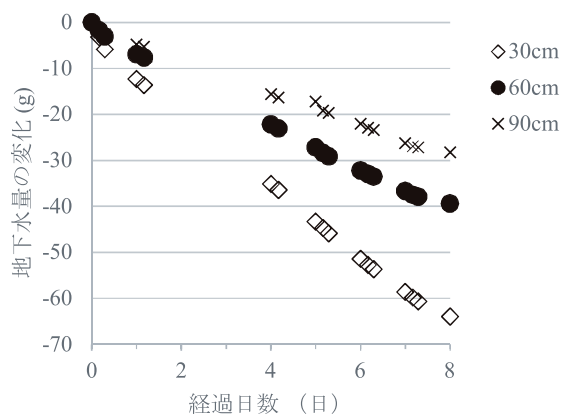


図9 (b) 地下水量の経時変化

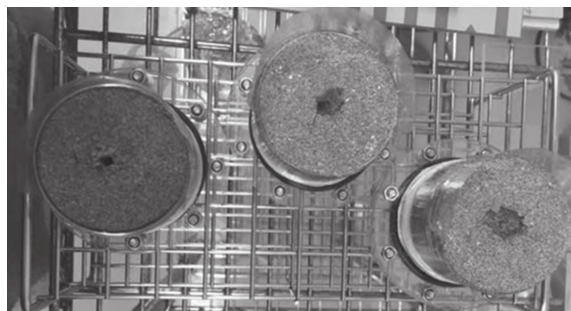


図10 室内実験終了時の写真
(左から地下水30cm、60cm、90cm)

地下水位の試料も地表水分は減少し、8日後には体積含水率は、地下水深さ30cm、60cm、90cmに対して、0.11、0.06、0.02になった。水面蒸発量5mm/dayという極めて高い蒸発強度条件下を7日間続けても、地下水深さ30cmと60cmの試料は、巣穴開口状態を維持できる水分範囲であった。ただし、地下水深さ60cmの試料は、巣穴の開口状態は維持できていないことを目視で確認している(図10)。測定される体積含水率は、容器全体の平均値であり、表層と下層の水分量の違い

を評価できない。つまり、蒸発過程で試料内の鉛直方向に水分分布が形成され、試料の表層部分が体積含水率0.05を下回ったために巣穴は崩れたと考えられた。一方、地下水深さ90cmの試料は巣穴開口状態を維持できる体積含水率の下限値(0.05)を下回った。

まとめ

イカリモンハンミョウが生息する砂浜は、粒径が細かく均一で、かつ微細な凹凸を持つ砂から形成されていること、また直径3mmの穴の開口状態を維持できる地表水分は、体積含水率0.05～0.45の範囲であることを明らかにした。この範囲内の地表水分であれば、幼虫は捕食行動が可能になると考えられる。地下水深さを30cm、60cm、90cmに設定し、野外と室内で地表水分を連続的に測定した。その結果、地下水深さ60cmの条件がより長い時間にわたって巣穴開口状態を維持できることが明らかとなった。

イカリモンハンミョウ生息地である甘田南において、幼虫巣穴を確認した場所の地下水深さは約60cmであった。まさに、イカリモンハンミョウ幼虫は、巣穴の開口状態を維持しやすいところに住んでいるのである。また、甘田南の砂浜地形は平坦で幅が広い。幼虫巣穴の開口状態を維持しやすい地表水分条件が面的に広がっていると考えられる。一方、甘田北(非生息地)の砂浜地形は幅が狭く傾斜がきつい。汀線に近いところでは地下水は浅く、汀線から離れた標高の高いところでは地下水は深い。つまり、地下水深さが60cmという場所は、非常に限られた範囲となる。

幅が広く平坦で、かつ適度な地下水深さを持つ砂浜環境は、巣穴開口を維持しやすく、幼虫の生育に好ましいと考えられる。こうした砂浜環境を維持するためには、海岸砂の物理的性質や地下水深さなど、地表水分に関わる要素を経時的に測定し、データを蓄積していくことが大切な課題になる。

謝辞

本研究を進めるうえで、中西麻綾氏、谷内拓海氏、中村京之郎氏、水田陽斗氏、田野信博氏、上田哲行氏、長野峻介氏、安中武幸氏からご協力やご意見をいただきました。記して深く感謝申し上げます。

引用文献

- 市川広幸. 2012. 羽咋海岸におけるイカリモンハンミョウ幼虫の生息適地消失原因. 石川県立大学 卒業論文.
- 上田哲行. 2016. イカリモンハンミョウをまもるために. 石川の自然まるかじり. 東海大学出版部. 55-62.
- 上田哲行・酒井亮輝. 2016. 羽咋海岸におけるイカリモンハンミョウの個体数と分布の変動. 平成27年度生物多様性保全推進支援事業イカリモンハンミョウ保護対策協議会報告書.
- 江川善則. 2003. 日本砂浜紀行—砂データ付. 日本図書刊行会. 1-160.
- 中野政詩・宮崎毅・塩沢昌・西村拓. 1995. 土壤物理環境測定法. 東京大学出版会.
- 長谷川周一. 1998. メンブレン吸引法. 土壤の物理性. 51-52.
- 長谷川周一. 2013. 土と農地. 養賢堂. 13-29.
- 三浦均也・松本吉英・長谷川敬寿・土岐祥介. 1989. 砂の物理的性質に及ぼす粒子形状および粒度分布の影響. 北海道大学工学部研究報告. 148: 17-30.
- 宮川泰平. 2015. 希少種イカリモンハンミョウの保護のための生態学的研究. 石川県立大学大学院 修士論文.
- 宮崎毅・長谷川周一・粕渕辰昭. 2005. 土壤物理学. 朝倉書店. 31-53.
- 宮崎毅・西村拓. 2011. 土壤物理実験法. 東京大学出版会.
- Hiraiwa, Y.・Kasubuchi, T. 2000. Temperature Dependence of thermal conductivity of soil over a wide range of temperature (5-75 °C). European Journal of Soil Science. 51: 211 - 218.
- Tarnawski, V., Momose, T., Leong, W.H., Boversecchi, G., Coppa, P. 2009. Thermal conductivity of standard sands. Part I. Dry-state conditions. International Journal of Thermophysics. 2009. 30: 949-968.
- Momose, T.・Kasubuchi, T. 2002. Effect of reduced air pressure on soil thermal conductivity over a wide range of water content and temperature. European Journal of Soil Science. 53: 599-606.

A suitable habitat for Ikarimon tiger beetle larvae from the viewpoint of Soil Physics

Momose, Toshihiko (Department of Environmental Sciences,
Ishikawa Prefectural University)

Abstract

A sand beach in Hakui, Ishikawa is a habitat of a threatened coastal tiger beetle species: Ikarimon tiger beetle. The tiger beetles spend their lifetime there, sustaining their lives to the next generation. The adults appear on the beach for two months in summer, and the other period is mostly a larval stage. The larvae have individual burrows in the sand, hiding themselves there for hunting. When finding a prey approaching, the predator pounces it on the surface. This hunting style requires to keep the burrow mouth open; therefore, the water content of the surface layer can be an influential factor for the larval growth. This study reveals the change in the water content on the beach surface under different ground water levels and various weather conditions, considering a suitable habitat for the larval growth.

Keywords: Ikarimon tiger beetle / sand beach / water content of the surface layer / groundwater level / water retention