

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.832

March 2015

港湾構造物に優占する侵略的外来種 ムラサキイガイの糞の形態的特徴

秋山 吉寛・井芹 絵里奈・岡田 知也

Morphological features of fecal pellets in the invasive alien species *Mytilus galloprovincialis*
(Bivalvia: Mytilidae) which predominates in the fauna on an embankment in Tokyo Bay.

Yoshihiro B. AKIYAMA, Erina ISERI, Tomonari OKADA

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

港湾構造物に優占する侵略的外来種ムラサキイガイの糞の形態的特徴

秋山吉寛*・井芹絵里奈*・岡田知也**

要 旨

侵略的な外来生物であるムラサキイガイは国内の港湾構造物表面に付着し、その遺骸に加えて多量の糞が底面上に堆積することによって、底質の悪化、底層水の貧酸素化、および生物群集組成の変化を引き起こす。その対策をしていくためには、ムラサキイガイの糞の環境への影響を定量的に把握する必要がある。しかし、実海域において懸濁態有機物の中からムラサキイガイの糞を定量的に測定する方法は無く、底質環境への影響の定量的評価は行われていない。そこで本研究では、ムラサキイガイの底質環境への影響の定量評価に向けて、ムラサキイガイの糞の形態的特徴を用いて懸濁態有機物の中からムラサキイガイの糞を判別する手法を開発することを目的とする。

東京港内で採集した20個体のムラサキイガイから計60個の糞を採取して実体顕微鏡で観察した。糞の特徴として、定量的な2項目（糞の長さ、糞の最大幅）と、定性的な10項目（輪郭に関する6項目：形が細長、形が扁平、幅が均一、縁付近が不透明、長軸中心線付近が不透明、全体が不透明。彫刻に関する4項目：縦筋がある、縁に横筋模様がある、長軸中心線付近に横筋模様がある、長軸中心線付近に穴がある）を調べた。また、ムラサキイガイの糞の形態的特徴が、種特異的であるかについて、他の海洋生物の糞の形態に関する情報を収集し検討した。

全てのムラサキイガイの糞に共通する特徴は形が細長であり、90%以上の糞に該当するその他の特徴は、幅が均一、形が扁平、縦筋がある、の3点だった。これら4点の特徴をすべて備えた糞の割合は全体の86.7%だった。これら4点の特徴を持つ糞を排泄する海産無脊椎動物種は6種確認されたが、ムラサキイガイと同所的に生息する種はムラサキイガイほど優占しないため、ムラサキイガイの糞の量の推定に際し、大きな誤差要因とはならないと考えられた。したがって、上記の4点の形態的特徴に基づくことによって、懸濁態有機物の中からムラサキイガイの糞を視覚的に高確率で判別できると考えられる。

キーワード：糞，糞形状，付着生物，ムラサキイガイ，翼形亜綱

*沿岸海洋・防災研究部海洋環境研究室研究官

**沿岸海洋・防災研究部海洋環境研究室長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所
電話：0468-44-5023 Fax：0468-44-1145 e-mail: akiyama-y92y2@mlit.go.jp

Morphological features of fecal pellets in the invasive alien species *Mytilus galloprovincialis* (Bivalvia: Mytilidae) which predominates in the fauna on an embankment in Tokyo Bay.

Yoshihiro B. AKIYAMA*

Erina ISERI*

Tomonari OKADA**

Synopsis

The invasive alien marine mussel *Mytilus galloprovincialis* attaches to the surfaces of port structures and deposits a substantial amount of its fecal pellets and mortal remains, causing deterioration of the sediment environment, hypoxia in bottom water and changes in the biological community. It is therefore necessary to quantitatively understand the effect of the fecal pellets on environments in order to consider countermeasures against these negative impacts. However, there is no method of quantitatively measuring mussel feces in situ. The present study aims to develop a method of distinguishing the mussel feces from other suspended organic matter based on the morphological characteristics of the feces, in order to quantitatively assess the effects of the mussel on sediment environments.

Sixty fecal pellets were collected from 20 individual mussels in Tokyo port and examined under a stereomicroscope. As characteristics of the pellets, two quantitative factors (maximum length and maximum width) and ten qualitative factors (six factors for outline: elongated shape, compressed shape, even width, opaqueness around the margin, opaqueness around the center and overall opaqueness; four factors for sculpture: longitudinal line, transverse clefts in the marginal area, transverse clefts in the central area and a hole in the central area) were examined. Morphological features of fecal pellets shed by various marine invertebrates were researched by searching the literature to verify whether common morphological characteristics of *M. galloprovincialis* feces are species-specific.

All fecal pellets of the mussels were elongated and over 90% of the pellets had the three morphological characteristics: even width, compressed shape and longitudinal line. A high percentage (86.7 %) of the fecal pellets had these four characteristics in common. Fecal pellets of seven marine invertebrates have these characteristics, however, their feces may not cause serious errors in estimating the volume of *M. galloprovincialis* feces because the seven species are less dominant than the mussel in most cases. We conclude that fecal pellets of the mussels could be distinguished morphologically from other suspended organic matter with high probability by visually checking the four characteristics.

Key Words : fecal pellets, fecal morphology, periphyton, Mediterranean mussel, Pteriomorpha

* Researcher of Marine Environment Division, Coastal, Marine and Prevention Department

** Head of Marine Environment Division, Coastal, Marine and Disaster Prevention Department

3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone : +81-46-844-5023 Fax : +81-46-844-1145 e-mail:akiyama-y92y2@mlit.go.jp

目 次

1. はじめに	1
2. 方法	2
2.1 貝の採集と観察	2
2.2 ムラサキイガイの糞と他種の海洋生物の糞の形態的比較	3
3. 結果	3
3.1 実験に用いた貝のサイズと重量	3
3.2 ムラサキイガイの糞の形態的特徴	3
3.3 ムラサキイガイの糞と他種の海洋生物の糞の形態比較	4
4. 考察	8
5. おわりに	8
参考文献	9
付録	12

1. はじめに

国内の富栄養化した海域の護岸や防波堤等の港湾構造物の直立壁面部の中潮帯及び低潮帯には、ムラサキイガイ *Mytilus galloprovincialis* が高密度に付着していることが多い（梶原，1994）。ムラサキイガイの原産地は地中海及び東大西洋沿岸であるが（Branch and Steffani, 2004），日本国内では1920年代頃から確認されるようになり，その後全国で見られるようになった（大谷，2002）。

ムラサキイガイは生態系に強い影響を及ぼすため，外来生物法で要注意外来生物に指定されており（環境省自然環境局），世界の侵略的外来種ワースト100（Lowe et al., 2000）や，日本の侵略的外来種ワースト100（村上・鷺谷，2002）にも選定されている。ムラサキイガイの高密度の密生は生物相に影響を与えるだけでなく，多量の排泄物や遺骸の堆積が底質を悪化させ，ひいては海域環境の悪化を引き起こすことが指摘されている（矢持ら，1995；Stenton-Dozey et al., 2001；Jovanovic et al., 2009）。

ムラサキイガイの排泄物や遺骸等の有機物が大量に海底に堆積すると，有機物の増加，有機物の分解に伴う酸素消費が引き起こす底層水の貧酸素化，底質中の還元性硫化物の増加，好気性生物の生息場としての質の低下，及び生物の種組成と栄養群の変化等が起こる（Rhoads and Germano 1986；Stenton-Dozey et al., 2001）。既に富栄養化や富栄養化に伴う貧酸素化が問題となっている水域においては，ムラサキイガイの排泄物や遺骸による有機物の堆積の促進は，海域の富栄養化をさらに増長させることになる。

閉鎖性が強く流速や波浪の弱い水域では，生物の排泄物や遺骸は生息域の直下に堆積しやすい（矢持ら，1995；Giles and Pilditch, 2004）。Zúñiga et al. (2014) は平均流速 5 cm s^{-1} ，年間生産量約 187 kg m^{-2} のムラサキイガイの養殖場における懸濁物質の堆積速度が，対照区の6－7倍に達することを明らかにしている。この流速 (5 cm s^{-1}) は，京浜運河の流速の中央値 2.55 cm s^{-1} （佐藤ら（2007）より算出）や清水港水深0.5 mの平均流速 2.5 cm s^{-1} 及び水深4.0 mの平均流速 1.61 cm s^{-1} （Sato et al. 2006）と比べて速く，神戸港沖合約5 kmの海底面上1 mの流速の中央値 5.35 cm s^{-1} （宮本ら（1986）による1985年10月から1986年2月までの測定値に基づきより算出）と同程度であり，比較的に閉鎖性が高い港湾部の流況はムラサキイガイの排泄物や遺骸を堆積させるのに十分な条件であることを示している。

排泄物の粒径は排泄物を構成する粒子の粒径よりも大きいいため，排泄物の沈降速度は排泄物を構成する粒子よ

り速い（Haven and Morales-Alamo, 1968；McCall, 1979）。

水中における粒子の沈降速度は粒子の大きさの他に，形，表面積，比重によって異なる（Smayda 1969；Fowler and Small 1972；Ladle et al. 1987；Butler and Dam 1994；Viitasalo et al. 1999；Giles and Pilditch 2004；Callier et al. 2006）。ムラサキイガイに取り込まれ，大きな粒子となった排泄物は，生息域の直下もしくはその周辺の海底に堆積し易い。片岡ら（1998）によると，デトライタスの沈降速度は $0.000375 \text{ cm s}^{-1}$ である。排泄物の沈降速度はムラサキイガイの近縁種であるヨーロッパイガイ *Mytilus edulis*（殻長3－7 cm）の糞で $0.27\text{--}1.81 \text{ cm s}^{-1}$ （Callier et al., 2006），モエギイガイ *Perna canaliculus*（殻長2.73－11.41 cm）の糞で $0.2\text{--}4.5 \text{ cm s}^{-1}$ ，モエギイガイの擬糞で $0.1\text{--}4.0 \text{ cm s}^{-1}$ （Giles and Pilditch, 2004），カキ類の糞で $2\text{--}3 \text{ cm s}^{-1}$ （片岡ら，1998）である。

ムラサキイガイの遺骸及び排泄物の底質への影響を定量的に評価するためには，それぞれの堆積物量を定量的に測定する必要がある。ムラサキイガイの脱落による底質への影響は，野外調査を含めて研究されている（梶原ら，1978；矢持ら，1995；三好ら2009；森ら，2010）。一方，排泄物に関する研究は人工飼育下で多く行われているものの（楠木，1970；Zúñiga et al., 2014），野外での研究例は少ない。野外で行われた研究の多くは，実験区と対照区の全沈降物の比較による検証のみである（Jovanovic et al., 2009；Zúñiga et al., 2014）。この沈降物の中には水中の懸濁物質，および他の生物種の遺骸や排泄物も含まれており，ムラサキイガイの排泄物量を定量的に正確に評価されたとは言い難い。

ムラサキイガイの排泄物には糞と擬糞がある。糞は餌として摂餌された粒子が消化管を通り排泄されたものであるが，擬糞は食物として利用できないものを，消化管に取り込まれることなくまとめて排出された塊である（八杉ら，1996）。擬糞はしばしば不定形である（Giles and Pilditch, 2004；Alexander et al., 2008；Nagasoe et al., 2011）。糞は擬糞よりも沈降速度が速い傾向にあるため（Giles and Pilditch, 2004），糞の方がより局所的に堆積すると考えられる。さらに，約6か月間（10月－翌年4月）の排泄量は擬糞よりも糞の方が多い（楠木，1970）。そのため，底質の悪化には，擬糞よりも糞の方がより大きく寄与すると考え，本研究では糞に着目することとした。

実海域において，様々な物質を含む沈降物（図－1）の中から，ムラサキイガイの糞の量を定量的に測定するためには，ムラサキイガイの糞を抽出するための技術が必要である。動物の糞は個々の種ごとに特徴的な形態をしており（Wotton and Malmqvist, 2001），糞の形態に基づ

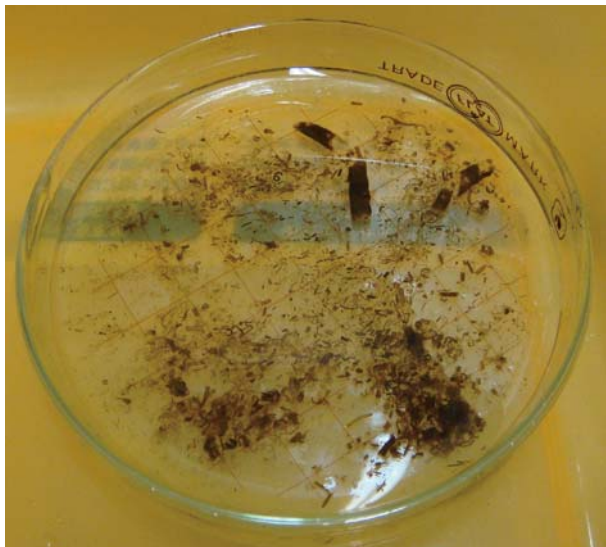


図-1 東京湾沿岸のムラサキガイ生息域から得られた沈降物。シャーレ底面の格子は1辺1cm

くグループ分けが試みられている (Manning and Kumpf, 1959; Arakawa, 1970)。ムラサキガイの糞は断面の形が特徴的なW型をしており (Arakawa, 1970)、形態に基づいてムラサキガイの糞を判断できる可能性がある。このことから著者は、まずムラサキガイの糞の形態を明らかにし、その形態に基づいて糞を堆積物の中から判別する方法を考えた。

そこで本研究では、ムラサキガイによる底質環境への影響の定量評価に向けて、糞の影響を定量的に評価することを可能とするために、ムラサキガイの糞の形態的特徴を用いて懸濁物の中からムラサキガイの糞を判別する手法を開発することを目的とする。

2. 方法

2.1 貝の採集と観察

2014年6月24日に東京港内において様々な大きさのムラサキガイ20個体を採集した。これらの貝は現地の海水と共にクーラーボックスへ入れ、その日のうちに当研究所まで運んだ。貝は目合い約1mmの袋状のネットの中へ入れ、当研究所内の護岸（久里浜湾）からロープで吊るし、干潮時にネット部が干出しない深さで2日間蓄養した。その後、貝を回収し、当研究室において1.5Lの久里浜湾の海水（塩分29.8）を満たし、エアレーションしたプラスチック製の容器の中へ貝を1個体ずつ収容した。これらの容器内の海水の水温は21–22°Cに保った。貝を観察し、糞を発見したら駒込ピペットを用いて1個分ずつ糞を吸引し、シャーレへ移した。糞は1個体の貝

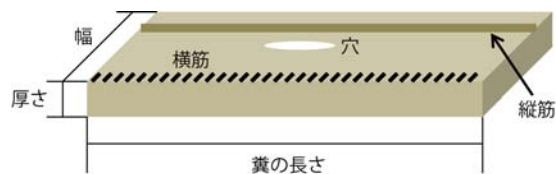


図-2 ムラサキガイの糞の形態的特徴を示した模式図。

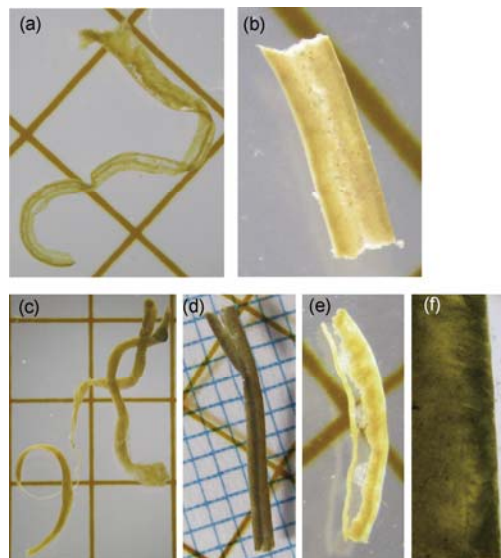


図-3 ムラサキガイの糞の各形態的特徴。(a) 形が扁平で縦筋がある、(b) 幅が均一で縁付近が不透明、(c) 幅が不均一、(d) 全体が不透明。縦筋がある、(e) 長軸中心線付近が不透明。長軸中心線付近に穴がある、(f) 縁に横筋がある。

につき3個ずつ採取した。得られた糞はスケールと共にデジタルカメラ (Optio W30, Olympus) で撮影した。小さな糞の場合は、実体顕微鏡 (SZX16, Olympus) の接眼レンズにデジタルカメラを接して、7–50倍に拡大した像を撮影した。糞の形態は先述の実体顕微鏡を用いて7–50倍で観察した。水温 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ の海水中では、ムラサキガイの糞が微生物に分解されることによって、排泄から8時間以内で糞の構成成分は大きく変化する (Fabiano et al., 1994)。そのため、すべての糞に関する観察と記録は、排泄後7時間以内に完了させた。

糞の形態に関する記録は、2種の定量的な因子（糞の縦の長さ（以下、糞の長さとする）、糞の最大幅）と、10種の定性的な因子（輪郭に関する6項目の特徴：形が細長、形が扁平、幅が均一（幅が顕著に変化せず比較的均一であるか）、縁付近が不透明、長軸中心線付近が不透明、全体が不透明；彫刻に関する4項目の特徴（縦筋がある、縁に横筋模様がある、長軸中心線付近に横筋模様がある、長軸中心線付近に穴がある）について行った

(図-2, 図-3)。

糞の長さとは最大幅は、先述した糞の画像から Imagej (NIH, Bethesda, MD) を用いて測定した。長さを測定する際、長さの基準として2種類の格子を利用した。一方の格子は1辺5 mm, 他方の格子は1辺1 mmである(付録の写真を参照)。付録には格子の表示されていない写真があるが、糞の形態測定用に別途撮影した写真がある。糞の縦の長さとは最大幅を測定するためには、糞の縦方向(糞の長さを測定する方向)と、幅方向(糞の幅を測定する方向)を識別できなくてはならない。著者らは糞の縦方向と横方向を、糞の端の輪郭で判断した。縦方向の場合、両辺の輪郭は粗く、凹凸が目立つ。一方、幅方向の場合は両辺の輪郭がなめらかで、凹凸は目立たない。一部の糞では、糞の縦方向の一端に多数の生きた線虫が含まれていたが(ID18-1の糞、付録を参照)、一例しか確認できなかったため、糞の縦方向と横方向を判断する材料とするのは困難であると考えられた。

実験に用いた貝の殻長はノギスを用いて0.1 mmの精度で測定し、殻表面の水分を拭き取った後、電子天秤(UX220H, Shimadzu)で湿重量を計った。

2.2 ムラサキイガイの糞と他種の海洋生物の糞の形態的比較

堆積物や懸濁物質の中には様々な海洋生物種の糞が混在する。そのため、ムラサキイガイの糞と形態の類似した糞を排泄する生物が調査海域に分布していた場合、この生物の糞を誤ってムラサキイガイの糞として分別することにより、ムラサキイガイの糞による底質環境への影響を過大に評価することになる。そのため、様々な海洋生物の糞が、ムラサキイガイの糞に共通する形態的特徴を備えているかについて、貝類を中心に調べた。

各種海洋生物の糞に関する情報は文献から収集し、3.2節で得られたムラサキイガイの糞に共通する形態的特徴を各種海洋生物の糞が持つかについて調べた。

3. 結果

3.1 実験に用いた貝のサイズと重量

実験に用いた20個体のムラサキイガイの殻長及び湿重量の頻度分布を図-4に示す。殻長の範囲は6.1–86.4 mmであり、殻長の中央値及び四分位範囲は32.75 mmと20.95–58.80 mmだった。一方、湿重量の範囲は0.026–54.92 gであり、湿重量の中央値と四分位範囲は3.53 gと0.89–20.74 gだった。

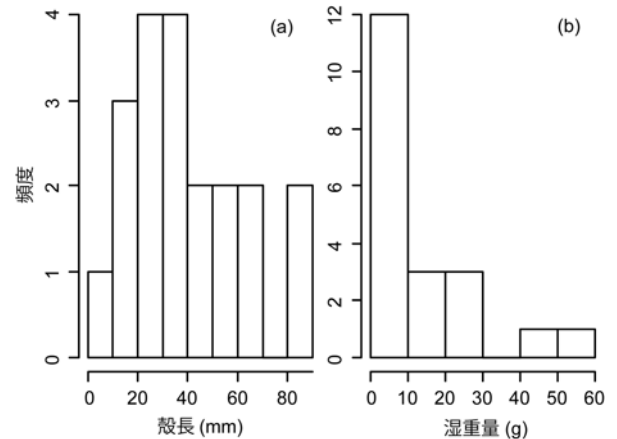


図-4 実験に用いたムラサキイガイの(a)殻長及び(b)湿重量の頻度分布。

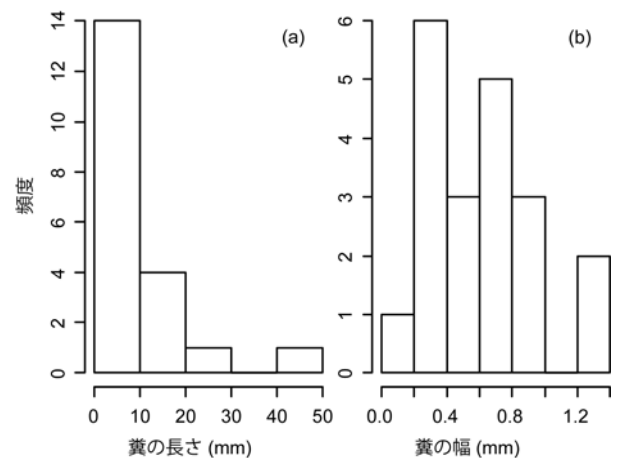


図-5 ムラサキイガイの(a)糞の長さ及び(b)糞の幅の頻度分布。

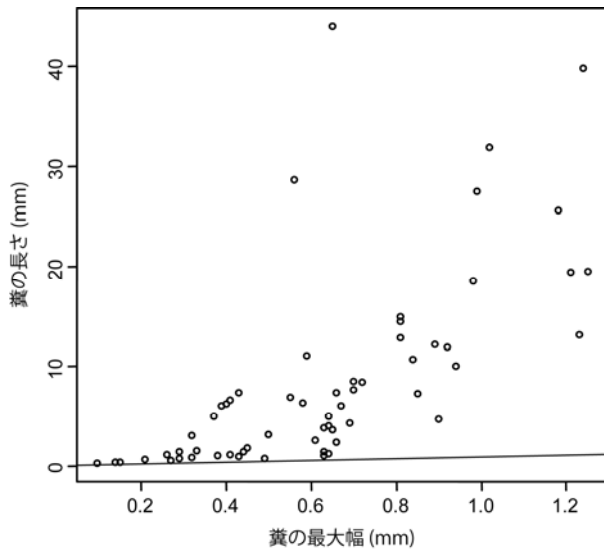
3.2 ムラサキイガイの糞の形態的特徴

得られたムラサキイガイの糞60個すべての画像を付録に示す。糞の形態は多様であり、連続した1本の糞であっても、途中から形態的特徴の変化する糞も見られた。

糞の形態的特徴10種のうち、すべての糞に共通していたのは形が細長いことであった。

測定した60個の糞の長さとは幅の頻度分布を図-5に示す。糞の長さの範囲は0.22–44.03 mmであり、糞の長さの中央値と四分位範囲はそれぞれ5.44 mmと1.38–11.2 mmだった。同じ糞を測定して得た長さとは幅の値を比較した場合、糞の長さは常に幅よりも長かった(図-6)。この結果は、観察したすべての糞が細長かったことを示している。

その他の形態的特徴の中で、全ての糞の90%以上に共通していた特徴は、幅が均一、形が扁平、縦筋があることの3点であった。この3点と形が細長を加えた4点の形態



図－6 ムラサキイガイの糞の長さと幅の関係．直線は糞の長さと最大幅が等しい時の点の集合．

的特徴をすべて備えた糞の割合は、全体の 86.7% (52/60 個体) だった．いずれか 3 点の特徴を備えた糞の割合は 93.3% (56/60 個体) ， いずれか 2 点の特徴を備えた糞の割合は 100% (60/60 個体) だった（表－1 を参照）．

3.3 ムラサキイガイの糞と他種の海洋生物の糞の形態比較

8網73種の海洋生物の糞の形態に関する情報を入手した．これらのうち、前節で得られたムラサキイガイの糞に共通する4種の特徴（1. 形が細長、2. 幅が均一、3. 形が扁平、4. 縦筋がある）を全て備えた糞を排泄する生物種は6種（マメガキ、アメリカイリエヒバリガイ、*Brachidontes modiolus*、ヨーロッパイガイ、*Isognomon alata*、*I. radiata*）確認され、すべて翼形亜綱に属する二枚貝類だった（表－2）．表－2の*Arca imbricata*から*Isognomon radiatus*までの範囲はすべて翼形亜綱の貝であり、翼形亜綱に属していても、ムラサキイガイとは異なる形態の糞を排泄する種も確認された．

マメガキはネズミノテ科（Plicatulidae）、アメリカイリエヒバリガイ、*Brachidontes modiolus*、ヨーロッパイガイはイガイ科（Mytilidae）、*Isognomon alata*と*I. radiata*はウグイスガイ科（Pteriidae）にそれぞれ属す．イガイ科では、同じ科に属していても、ムラサキイガイとは異なる形態の糞を排泄する種（カリブヒバリガイ、モエギイガイ）も確認された．

表-1 ムラサキイガイの糞の形態に関する基礎データ

貝本体に関する情報			糞に関する情報														
個体ID	殻長 (mm)	湿重量 (g)	糞ID	長さ (mm)	最大幅 (mm)	細長	形が 扁平	形が 均一	幅が	縁付近	長軸中心線 付近が肉厚	全体が肉厚	全体が 肉厚	縦筋が ある	縁に横筋模 様がある	長軸中心線付近に 横筋模様がある	長軸中心線付近に 近に穴がある
1	86.4	54.916	1	6.3	0.6	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1
			2	11.9	0.9	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0		
			3	9.9	0.9	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0		
2	83.2	48.851	1	19.5	1.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
			2	31.9	1.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
			3	25.6	1.2	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	
3	12.7	0.237	1	0.5	0.3	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
			2	0.6	0.2	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	
			3	0.7	0.3	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	
4	20.5	0.911	1	1.1	0.4	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
			2	0.7	0.5	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	
			3	0.9	0.4	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	
5	65.4	29.844	1	13.1	1.2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
			2	19.4	1.2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
			3	39.8	1.2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	
6	67.7	29.109	1	12.9	0.8	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
			2	28.7	0.6	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	
			3	12.1	0.9	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	
7	58.8	24.506	1	7.6	0.7	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
			2	6.0	0.7	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	
			3	10.6	0.8	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	
8	58.8	19.487	1	44.0	0.7	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
			2	18.5	1.0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	
			3	8.4	0.7	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
9	44.3	11.288	1	27.5	1.0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0
			2	4.6	0.9	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	
			3	4.2	0.7	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
10	49.8	13.62	1	15.0	0.8	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
			2	14.5	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
			3	7.2	0.9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1

表-1 (続き)

貝本体に関する情報			糞に関する情報													
個体ID	殻長 (mm)	湿重量 (g)	糞ID	長さ (mm)	最大幅 (mm)	形が 細長	形が 扁平	幅が 均一	縁が一 が肉厚	長軸中心線 付近が肉厚	長軸中心線 全体が肉厚	全体が 肉厚	縦筋が ある	縁に横筋模 様がある	長軸中心線付近に 横筋模様がある	長軸中心線付 近に穴がある
11	35.8	4.536	1	6.9	0.6	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
			2	7.3	0.4	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	
			3	7.3	0.7	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	
12	33.0	3.643	1	8.5	0.7	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
			2	4.9	0.6	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
			3	11.0	0.6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
13	32.5	2.875	1	6.0	0.4	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
			2	3.1	0.5	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	
			3	6.6	0.4	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	
14	32.0	3.415	1	4.9	0.4	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1
			2	3.8	0.6	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	
			3	4.0	0.6	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	
15	29.7	2.796	1	1.2	0.6	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
			2	1.0	0.6	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	
			3	1.4	0.6	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	
16	14.6	0.352	1	1.5	0.3	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
			2	0.8	0.3	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	
			3	1.1	0.3	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	
17	28.0	2.012	1	2.3	0.7	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0
			2	2.5	0.6	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
			3	3.6	0.7	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	
18	21.1	0.845	1	3.0	0.3	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
			2	6.2	0.4	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	
			3	1.8	0.5	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	
19	6.1	0.026	1	0.2	0.1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
			2	0.4	0.2	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
			3	0.3	0.1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
20	19.7	0.615	1	1.0	0.4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
			2	1.4	0.4	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
			3	1.4	0.3	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	

表-2 様々な海洋生物の糞の形態的特徴. ○は該当する特徴あり, ×は該当する特徴なし, ?は該当する特徴の有無が不明であったことをそれぞれ示す. ムラサキガイと共通する特徴を持つ糞を排泄する種は背景を灰色で表示.

綱	学名	和名	細長い	幅は均一	扁平	縦筋	参考文
多板	<i>Stenoplax (Stenoplax) floridana</i>	和名なし	○	○	×	×	2)
	<i>Acanthopleura granulata</i>	和名なし	×	×	×	×	2)
	<i>Pronucula tenuis</i>	和名なし	○	○	×	○	1)
二枚貝	<i>Nuculana minuta</i>	ホッキョクシワロウバイ	○	○	×	○	1)
	<i>Arca imbricata</i>	和名なし	○	○	○	×	2)
	<i>Plicatula gibbosa</i>	マメガキ	○	○	○	○	2)
	<i>Euvola ziczac</i>	イナズマイタヤ	×	×	×	×	2)
	<i>Mimachlamys varia</i>	フランスニシキ	○	○	×	○	1)
	<i>Lima lima</i>	ホンミノガイ	○	×	×	×	2)
	<i>Brachidontes exustus</i>	アメリカイリエヒバリガイ	○	○	○	○	2)
	<i>Brachidontes modiolus</i>	和名なし	○	○	○	○	2)
	<i>Modiolus americanus</i>	カリブヒバリガイ	×	○	○	○	2)
	<i>Mytilus edulis</i>	ヨーロッパイガイ	○	○	○	○	1)
	<i>Perna canaliculus</i>	モエギイガイ	○	○	×	○	4)
	<i>Isognomon alata</i>	和名なし	○	○	○	○	2)
	<i>Isognomon radiatus</i>	和名なし	○	○	○	○	2)
	<i>Mya truncata</i>	エゾオノガイ	○	○	?	×	1)
	<i>Americardia media</i>	フロリダハナザル	○	×	×	×	2)
	<i>Donax variabilis</i>	コチョウナミノコ	?	×	×	×	2)
	<i>Abra alba</i>	和名なし	○	○	×	×	1)
	<i>Abra nitida</i>	和名なし	○	×	×	×	1)
	<i>Tellina donacina</i>	ナミノコザクラ	○	○	×	×	1)
	<i>Polymesoda floridana</i>	フロリダイリエシジミ	×	×	×	○	2)
腹足	<i>Chione cancellata</i>	ウチムラサキカノコアサリ	○	×	×	×	2)
	<i>Lampanella minima</i>	和名なし	○	×	×	×	2)
	<i>Cerithium eburneum</i>	ユキゲカニモリ	×	×	?	×	2)
	<i>Cerithium litteratum</i>	ハナヤカニモリ	○	×	○	×	2)
	<i>Modulus modulus</i>	和名なし	○	×	○	×	2)
	<i>Angiola lineata</i>	カリブヨコスジタマキビモドキ	×	×	×	×	2)
	<i>Littoraria angulifera</i>	アメリカウラウズタマキビ	○	?	?	×	2)
	<i>Strombus gigas</i>	ピンクガイ	○	×	?	×	2)
	<i>Melongena corona</i>	カンムリボラ	○	×	?	×	2)
	<i>Stramonita rustica</i>	サビレイシ	×	×	×	×	2)
	<i>Crassispira ostrearum</i>	和名なし	○	×	×	×	2)
	<i>Siphonaria alternata</i>	和名なし	○	×	?	×	2)
	<i>Onchidella floridana</i>	和名なし	×	×	×	×	2)
	<i>Melampus coffea</i>	コフェウスシノミ	○	○	×	×	2)
	<i>Nerita fulgurans</i>	アンチルアマガイ	○	○	×	×	2)
	<i>Nerita tessellata</i>	イチマツアマガイ	○	?	×	×	2)
	<i>Nerita versicolor</i>	サラサアマガイ	○	○	○	×	2)
	<i>Patella vulgata</i>	セイヨウカサガイ	○	○	×	×	1)
	<i>Emarginula fissura</i>	和名なし	○	○	○	×	1)
	<i>Gibbula magus</i>	アカクルマチグサ	○	○	×	○	1)
	<i>Calliostoma jujubinum</i>	ナツメエビス	○	○	×	×	2)
	<i>Lithopoma americanum</i>	アメリカサザエ	○	?	×	○	2)
	<i>Lithopoma phoebium</i>	和名なし	○	○	?	×	2)
	<i>Turbo castanea</i>	クリイロサザエ	○	○	×	○	2)
	<i>Eurythoe complanata</i>	ハナオレウミケムシ	?	○	×	○	2)
	<i>Protula tubularia</i>	ナガレカンザシゴカイ	○	○	×	×	3)
	<i>Potamilla leptochaeta</i>	ドロケヤリ	○	○	×	×	3)
	<i>Cirriformia tentaculata</i>	ミズヒキゴカイ	○	○	×	×	3)
	<i>Cirratulus</i> sp.	和名なし	○	○, ×	×	×	3)
	<i>Arenicola cristata</i>	和名なし	○	○	×	×	3)
	<i>Notomastus</i> sp.	和名なし	○	×	×	×	3)
	<i>Ikedosome gogoshimense</i>	ゴゴシマユムシ	○	×	×	×	3)
	<i>Siphonosome cumanense</i>	スジホシムシモドキ	○	○	×	×	3)
	<i>Striatobalanus amaryllis</i>	サクラフジツボ	○	○	×	×	3)
	<i>Amphibalanus venustus</i>	アカシマフジツボ	?	×	×	×	2)

表-2 (つづき)

綱	学名	和名	細長い	幅は均一	扁平	縦筋	参考文献
軟甲	<i>Clibanarius tricolor</i>	ヤドカリ類の1種	○	○	×	×	2)
	<i>Galathea squamifera</i>	和名なし	○	○	×	○	1)
	<i>Callinectes</i> sp.	アオガニの近縁種	○	×	○	×	2)
ウニ	<i>Temnopleurus toreumaticus</i>	サンショウウニ	○, ×	○, ×	×	×	3)
	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	バフンウニ	○, ×	○, ×	×	○, ×	3)
	<i>Heliocidaris crassispina</i>	ムラサキウニ	×	×	×	×	3)
	<i>Echinocardium cordatum</i>	オカメブンブク	○, ×	×	×	×	3)
ナマコ	<i>Holothuria (Panninogothuria) forskali</i>	和名なし	○	○	?	×	1)
	<i>Apostichopus japonicus</i>	マナマコ	○	○	×	×	3)
ホヤ	<i>Ciona intestinalis</i>	カタユウレイボヤ	○	○	×	○	3)
	<i>Ascidia ahodori</i>	ナツメボヤ	○	○	×	○	3)
	<i>Styela canopus</i>	フタスジボヤ	○	○	×	×	3)
	<i>Styela clava</i>	エボヤ	○	○	×	○	3)
	<i>Styela plicata</i>	シロボヤ	○	○	×	×	3)
	<i>Halocynthia roretzi</i>	マボヤ	○	○	×	×	3)

参考文献：1) Moore (1939); 2) Manning and Kumpf (1959); 3) Arakawa (1971); 4) Giles and Pilditch (2004)

4. 考察

60個のムラサキイガイの糞のうち、90%以上の糞で観察された形態的特徴は、1. 形が細長、2. 幅が均一、3. 形が扁平、4. 縦筋がある、の4点だった。これらの特徴をすべて備えていたムラサキイガイの糞の割合は、全体の86.7%だった。よって、上記4点の形態的特徴に基づく判別によって、高い割合でムラサキイガイの糞を抽出することができると考えられる。また、これらの特徴は7-50倍の実体顕微鏡を用いて容易に観察できるため、実用性の高い判別法であると考えられる。

Giles and Pilditch (2004)及びLiutkus et al. (2012)によると、一部のイガイ科貝類の糞の形態は成長と共に変化するとされている。東京湾で確認される着底後の貝の殻長の範囲である約0.2-77.7 mm (坂口・梶原, 1988; 上野ら, 2001) のうち、本研究で扱ったムラサキイガイの殻長の範囲 (殻長6.1-86.4 mm) は、一部の小さな貝を含んでいないが、東京湾で確認されている殻長の範囲 (0.2-86.4 mm) の93%をカバーしていた。この範囲において、上記4点の特徴は共通していたことから、成長度合に関わらず、上記4点の特徴は判別に適すると考えられる。

ムラサキイガイと類似した形態の糞を排泄する貝類は翼形亜綱のイガイ科、ウグイスガイ科、ネズミノテ科のいずれかに属していた。この亜綱に属する貝類の多くは足糸やセメント質を分泌して岸壁や岩の表面等の固い基質に付着する (佐々木, 2010)。そのため、このグループの中にはムラサキイガイと同様に護岸表面に付着するものが含まれる。例えば東京湾では翼形亜綱に属する7種の二枚貝 (フネガイ科のカリガネエガイ、イタボガキ

科のマガキ、イガイ科のミドリイガイ、コウロエンカワヒバリガイ、ヒバリガイ、ホトトギスガイ、及びウグイスガイ科のアコヤガイ) が確認されており (西, 2005; 東京都環境局, 2012; 横浜市, 2010; 上村ら, 2011; 柚原ら, 2013; 横浜市, 2014)、これらの種はムラサキイガイと同様、護岸、岩礫、浮標等の基質に付着する (Firth et al., 2011; Miyazaki et al., 1999; 堀越・岡本, 2007; 横浜市, 2014)。これら7種のうち、アコヤガイを除く6種はムラサキイガイと同所的に分布することがある (堀越・岡本, 2007; 横浜市, 2014)。

よって、ムラサキイガイの糞の量を測定する際には、対象水域において、これら6種の生息状況 (生息の有無、生息量) を確認しておく必要がある。しかし一方で、既往の調査結果 (上村ら, 2011; 横浜市, 2014) によって、ムラサキイガイはこれらの種よりもしばしば優占することが報告されており、これらの種の同所的生息は、それ程大きな過大評価の原因にはならないと考える。

5. おわりに

港湾構造物の直立面に優占し生態系に強い影響を及ぼす侵略的外来生物種ムラサキイガイの糞による底質環境への影響を把握するためには、ムラサキイガイの糞を定量的に把握する必要がある。懸濁物中の糞の量を定量的に測定することを可能とするために、ムラサキイガイの糞の形態的特徴を用いて堆積物の中からムラサキイガイの糞を判別する手法を検討した。その結果、多くのムラサキイガイの糞に共通する4種の形態的特徴 (形が細長、幅が均一、形が扁平、縦筋がある) を明らかにした。また、既往研究からこれら4点の特徴を持つ糞を排泄する海

産無脊椎動物種は7種確認されたが、ムラサキイガイと同所的に生息する種はムラサキイガイほど優占しないため、ムラサキイガイの糞の量の推定に際し、大きな誤差要因とはならないと考えられた。これらのことから、これら4点の形態的特徴に基づくことによって、懸濁物の中からムラサキイガイの糞を視覚的に高確率で判別できることが示された。

今後はこの判別方法を用いて、実海域における調査を実施し、港湾域におけるムラサキイガイの影響を、既往の遺骸のみの考慮ではなく、糞までも考慮して定量的に評価する予定である。

(2015年2月16日受付)

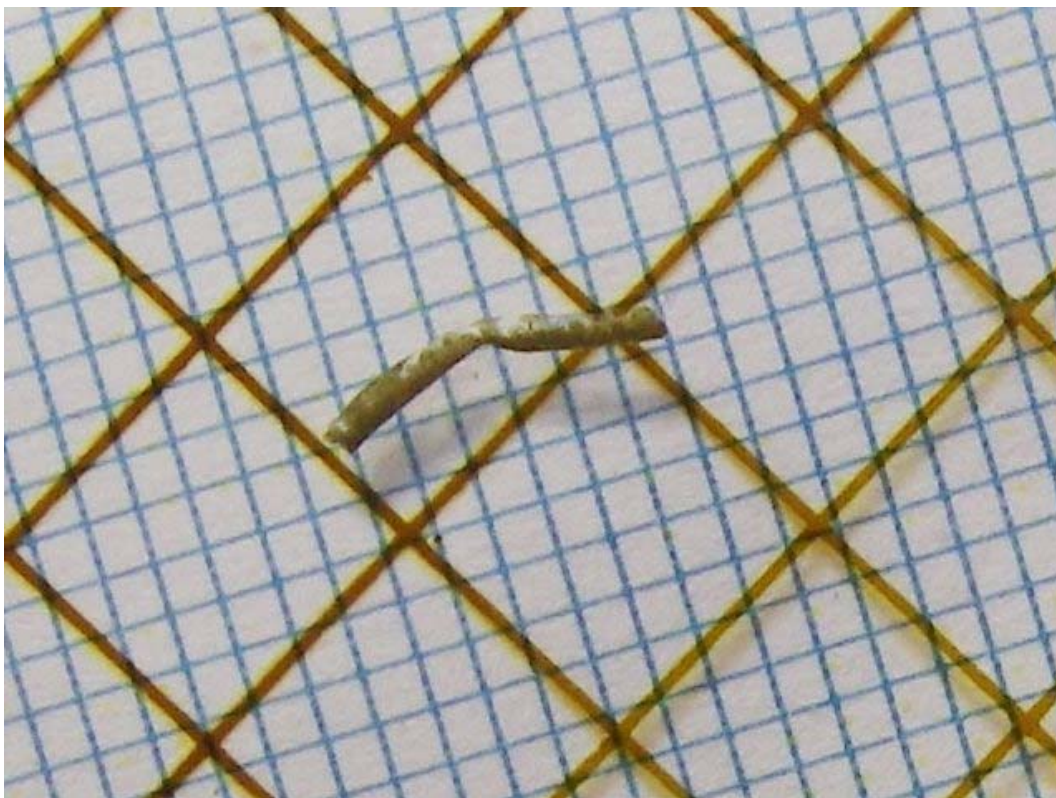
参考文献

- 上野大介・高橋真・田辺信介・池田久美子・小山次朗・山田久 (2001) : 季節、サイズおよび生息深度によるムラサキイガイ中有機塩素化合物蓄積濃度の変動, 日本水産学会誌, Vol. 67, No. 5, pp. 887-893.
- 大谷道夫 (2002) : 日本における移入付着動物の出現状況, 最近の動向, *Sessile Org.*, Vol. 19, No. 2, pp. 69-92.
- 梶原武 (1994) : 横浜港における潮間帯付着生物の種類組成と現存量, 付着生物研究, Vol. 11, No. 1, pp. 1-9.
- 梶原武・浦吉徳・伊藤信夫 (1978) : 東京湾の潮間帯におけるムラサキイガイの付着, 生長および死亡について, 日本水産学会誌, Vol. 44, No. 9, pp. 949-953.
- 片岡真二・田中昌宏・小林英一・小島洋・BOKHORST, M. (1998) : 大船渡湾における流況・水質の現状再現と養殖カキの役割について, 海岸工学論文集, Vol. 45, 1006-1010.
- 上村了美・吉田潤・岡田知也・古川恵太 (2011) : 港湾構造物に生息する付着生物群集の全国比較, 国土技術政策総合研究所研究報告, No. 44, 55pp.
- 環境省自然環境局 : 外来生物法 要注意外来生物リスト, (<http://www.env.go.jp/nature/intro/1outline/caution/>), 平成26年11月現在.
- 楠木豊 (1970) : カキ及び付着生物の排泄物量について, 水産増殖, Vol. 18, No. 1, 45-51.
- 坂口勇・梶原武 (1998) : ムラサキイガイの付着生態, 付着生物研究, Vol. 7, No. 1/2, pp. 23-29.
- 佐々木猛智 (2010) : 貝類学, 東京大学出版会, 382pp.
- 佐藤千鶴・古川恵太・中山恵介 (2007) : 芝浦運河 海の顔・川の顔調査, 海洋開発論文集, Vol. 23, pp. 763-768.
- 東京都環境局 (2012) : 平成22年度水生生物調査結果報告書 (東京都内湾), 東京都環境局,
- 西栄二郎 (2005) : 神奈川近海の移入海産動物の分布について, *Actinia*, Vol. 16, pp. 25-29.
- 村上興正・鷺谷いづみ (2002) : 外来種ハンドブック, 地人書館, 389pp.
- 堀越彩香・岡本研 (2007) : 東京湾における灯浮標上の付着生物群集の現状, *Sessile Org.*, Vol. 24, No. 1, pp. 21-32.
- 宮本六男・福手勤・笹島隆彦・川瀬洋・小松憲三 (1986) : 大阪湾における底質の移動に関する現地観測について, 海岸工学講演会論文集, Vol. 33, pp. 327-331.
- 三好真千・上月康則・山中亮一・山口暢洋・坂下広大・田中千裕・山口奈津美 (2009) : 港湾構造物壁面からのムラサキイガイ脱落と塩分・水温変化に関する研究, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol. B2-65, No. 1, pp. 1246-1250.
- 森友佑・上月康則・三好真千・石田達憲・山中亮一 (2010) : ムラサキイガイの群集内構造と脱落過程に関する一考察, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol. 66, No. 1, pp. 681-685.
- 八杉龍一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆 (1996) : 生物学辞典 第4版, 岩波書店, 2027pp.
- 矢持進・有山啓之・日下部敬之・佐野雅基・鍋島靖信・睦谷一馬・唐沢恒夫 (1995) : 人工護岸構造物の優占生物が大阪湾沿岸域の富栄養化に及ぼす影響 1. 垂直護岸でのムラサキイガイの成長と脱落, 海の研究, Vol. 4, No. 1, pp. 9-18.
- 柚原剛・多留聖典・風呂田利夫 (2013) : 東京湾希少性ベントス種保全における人工水路内小規模干潟の重要性, 日本ベントス学会誌, Vol. 68, pp. 16-27.
- 横浜市 (2010) : 横浜の川と海の生物 (第12報・海域編), (<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/mamoru/kenkyu/shiryu/pub/d0011/>)
- 横浜市 (2014) : 横浜の川と海の生物 (第13報・海域編), (<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/mamoru/kenkyu/shiryu/pub/d0017/>)
- ALEXANDER, J. A., STOECKER, D. K., MERITT, D. W., ALEXANDER, S. T., PADELETTI, A., JOHNS, D., VAN HEUKELEM, L. and GLIBERT, P. M. (2008): Differential production of feces and pseudofeces by the oyster *Crassostrea ariakensis* when exposed to diets containing harmful dinoflagellate and raphidophyte species. *J. Shellfish Res.*, Vol. 27, No. 3, pp. 567-579.
- ARAKAWA, K. Y. (1970): Scatological studies of the *Bivalvia* (Mollusca). *Adv. Mar. Biol.*, Vol. 8, pp. 37-436.

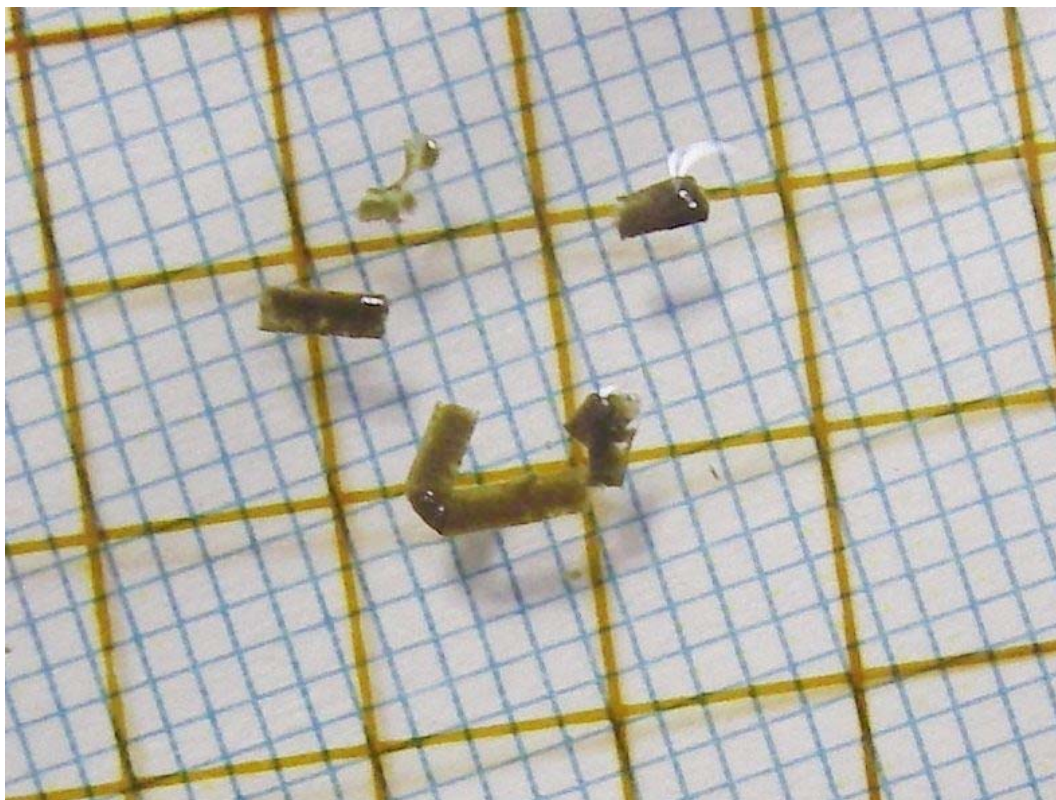
- ARAKAWA, K. Y. (1971): Studies on the faecal pellets of marine invertebrates (excluding molluscs) I. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, Vol. 19, No. 4, pp. 231-241.
- BATES, D., MAECHLER, M., BOLKER, B. and WALKER, S. (1993): *lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4*. R package version 1.0-6.
(<http://CRAN.R-project.org/package=lme4>)
- BRANCH, G. M. and STEFFANI, C. N. (2004): Can we predict the effects of alien species? A case-history of the invasion of South Africa by *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, Vol. 300, pp. 189-215.
- BUTLER, M. and DAM, H. G. (1994): Production rates and characteristics of fecal pellets of the copepod *Acartia tonsa* under simulated phytoplankton bloom conditions: Implications for vertical fluxes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol. 114, pp. 81-91.
- CALLIER, M. D., WEISE, A. M., MCKINDSEY, W. and DESROSIERS, G. (2006): Sedimentation rates in a suspended mussel farm (Great-Entry Lagoon, Canada): biodeposit production and dispersion, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol. 322, pp. 129-141.
- FABIANO, M., DANOVARO, R., OLIVARI, E. and MISIC, C. (1994): Decomposition of faecal matter and somatic tissue of *Mytilus galloprovincialis*: changes in organic matter composition and microbial succession. *Mar. Biol.*, Vol. 119, pp. 375-384.
- FIRTH, L. B., KNIGHTS, A. M. and BELL, S. S. (2011): Air temperature and winter mortality: Implications for the persistence of the invasive mussel, *Perna viridis* in the intertidal zone of the south-eastern United States. *J. Ex. Mar. Biol. Ecol.*, Vol. 400, pp. 250-256.
- FOWLER, S. W. and SMALL, L. F. (1972): Sinking rates of euphausiid fecal pellets. *Limnol. Oceanogr.* Vol. 17, pp. 293-296.
- GILES, H. and PILDITCH, C. A. (2004): Effects of diet on sinking rates and erosion thresholds of mussel *Perna canaliculus* biodeposits, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol. 282, pp. 205-219.
- HAVEN, D. S. and MORALES-ALAMO, R. (1968): Occurrence and transport of faecal pellets in suspension in a tidal estuary, *Sediment Geol.*, Vol. 2, pp. 125-140.
- HERVE, M. (2014): *RVAideMemoire: Diverse basic statistical and graphical functions*. R package version 0.9-40.
(<http://CRAN.R-project.org/package=RVAideMemoire>)
- JOVANOVIĆ, V., KOZUKI, Y., YAMANAKA, R., MIYOSHI, M. and OTANI, S. (2009): Depositional role of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) attached to quaywalls in Amagasaki port, Osaka Bay, *J. Coast. Zones Stud.*, Vol. 21, No. 4, pp. 97-111.
- LADLE, M., WELTON, J. S. and BELL, M. C. (1987): Sinking rates and physical properties of faecal pellets of freshwater invertebrates of the genera *Simulium* and *Gammarus*. *Arch. Hydrobiol.* Vol. 108, pp. 411-424.
- LIUTKUS, M., ROBINSON, S., MACDONALD, B. and REID, G. (2012): Quantifying the effects of diet and mussel size on the biophysical properties of the blue mussel, *Mytilus* spp., feces egested under simulated IMTA conditions, *J. Shellfish Res.*, Vol. 31, pp. 69-77.
- LOWE, S., BROWNE, M., BOUDJELAS, S., and DE POORTER, M. (2000): *100 of the World's Worst Invasive Alien Species A Selection from the Global Invasive Species Database*, IUCN, 12p.
- MANNING, R. B. and KUMPF, H. E. (1959): Preliminary investigation of the fecal pellets of certain invertebrates of the south Florida area, *Bull. Mar. Sci. Gulf Caribbean*, Vol. 9, No. 3, pp. 291-309.
- MCCALL, P. L. (1979): The effects of deposit feeding oligochaetes on particle size and settling velocity of Lake Erie sediments, *J. Sediment Petrol.*, Vol. 49, pp. 813-818.
- MIYAZAKI, T., GOTO, K., KOBAYASHI, T., KAGEYAMA, T. and MIYATA, M. (1999): Mass mortalities associated with a virus disease in Japanese pearl oysters *Pinctada fucata martensii*. *Dis. Aquat. Organ.*, Vol. 37, pp. 1-12.
- MOORE, H. B. (1939): Faecal pellets in relation to marine deposits. In: TRASK, P. D. (Ed.), *Recent Marine Sediments, a Symposium*. Am. Assoc. Petroleum Geologists, Spec. Publ., No. 4 (reprint 1955), pp. 516-524.
- NAGASOE, S., YURIMOTO, T., SUZUKI, K., MAENO, Y. and KIMOTO, K. (2011): Effects of hydrogen sulfide on the feeding activity of Manila clam *Ruditapes philippinarum*. *Aquat. Biol.*, Vol. 13, pp. 293-302.
- R CORE TEAM (2013): *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
(<http://www.R-project.org/>)
- RHOADS, D. C. and GERMANO, J. D. (1986): Interpreting

- long-term changes in benthic community structure: a new protocol. *Hydrobiologia*, Vol. 142, pp. 291-308.
- SATO, Y., FUKUE, M., YASUDA, K., KITA, K., SAWAMOTO, S. and MIYATA, Y. (2006): Seawater quality, suspended solids, and settling particles in the wood pool area of Shimizu Port, Japan, *J. ASTM Int.*, Vol. 3, No. 7, 19-31.
- SMAYDA, T. J. (1969): Some measurements of the sinking rate of fecal pellets. *Limnol. Oceanogr.* Vol. 14, pp. 621-625.
- STENTON-DOZEY, J., PROBYN, T. and BUSBY, A. (2001): Impact of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) raft-culture on benthic macrofauna, in situ oxygen uptake, and nutrient fluxes in Saldanha Bay, South Africa, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Vol. 58, pp. 1-11.
- VIITASALO, M., ROSENBERG, R., HEISKANEN, A.-S. and KOSKI, M. (1999): Sedimentation of copepod fecal material in the coastal northern Baltic Sea: Where did all the pellets go? *Limnol. Oceanogr.* Vol. 44, 1388-1399.
- WOTTON, R. S. and MALMQVIST, B. (2001): Feces in aquatic ecosystems, *Bioscience*, Vol. 51, No. 7, pp. 537-544.
- ZÚÑIGA, D., CASTRO, C. G., AGUITAR, E., LABARTA, U., FIGUEIRAS, F. G. and FERNÁNDEZ-REIRIZ, M. J. (2014): Biodeposit contribution to natural sedimentation in a suspended *Mytilus galloprovincialis* Lmk mussel farm in a Galician Ría (NW Iberian Peninsula), *Aquaculture*, Vol. 432, pp. 311-320.

付録 観察したムラサキイガイの糞. マス目は褐色が1辺5mm, 水色が1辺1mm.



ID1-1 の糞



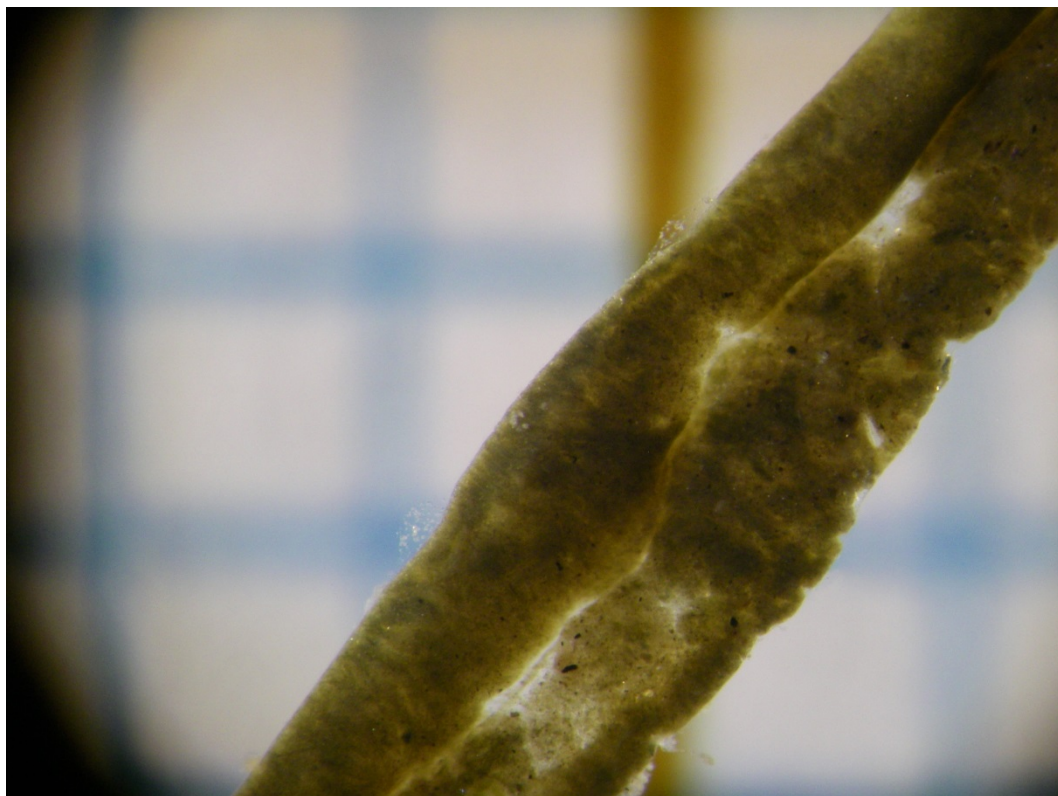
ID1-2 の糞



ID1-3 の糞



ID2-1 の糞



ID2-1 の糞（一部を拡大）



ID2-2 の糞



ID2-3 の糞



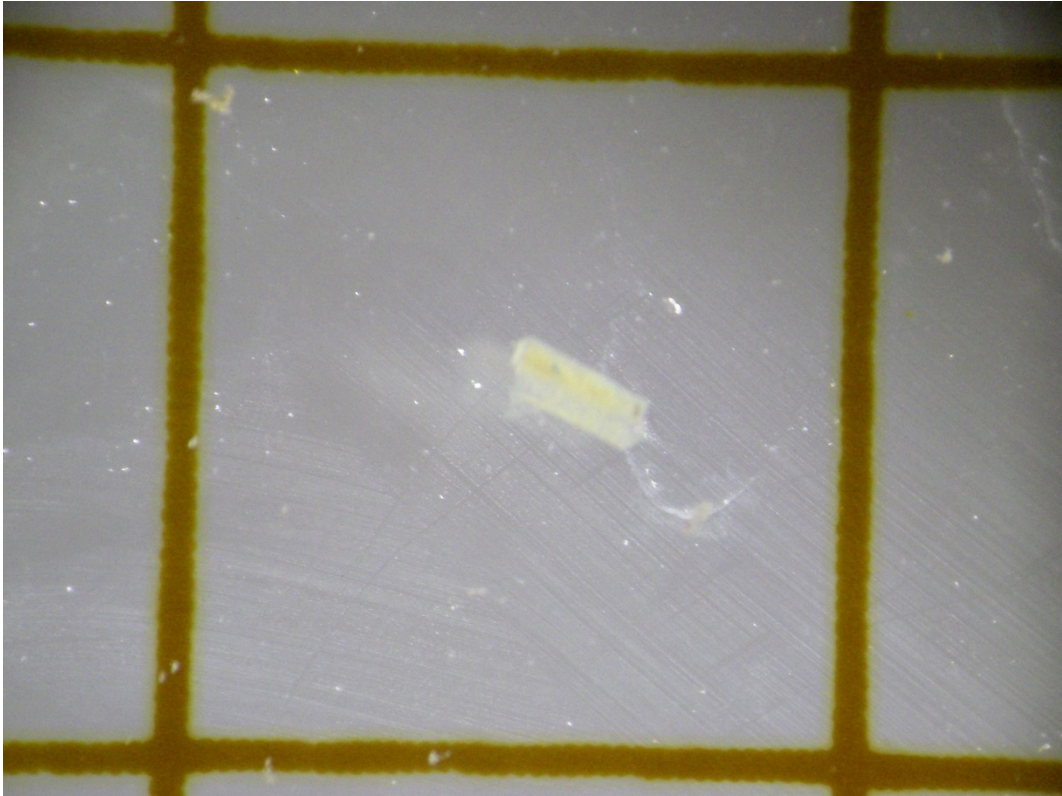
ID3-1 の糞



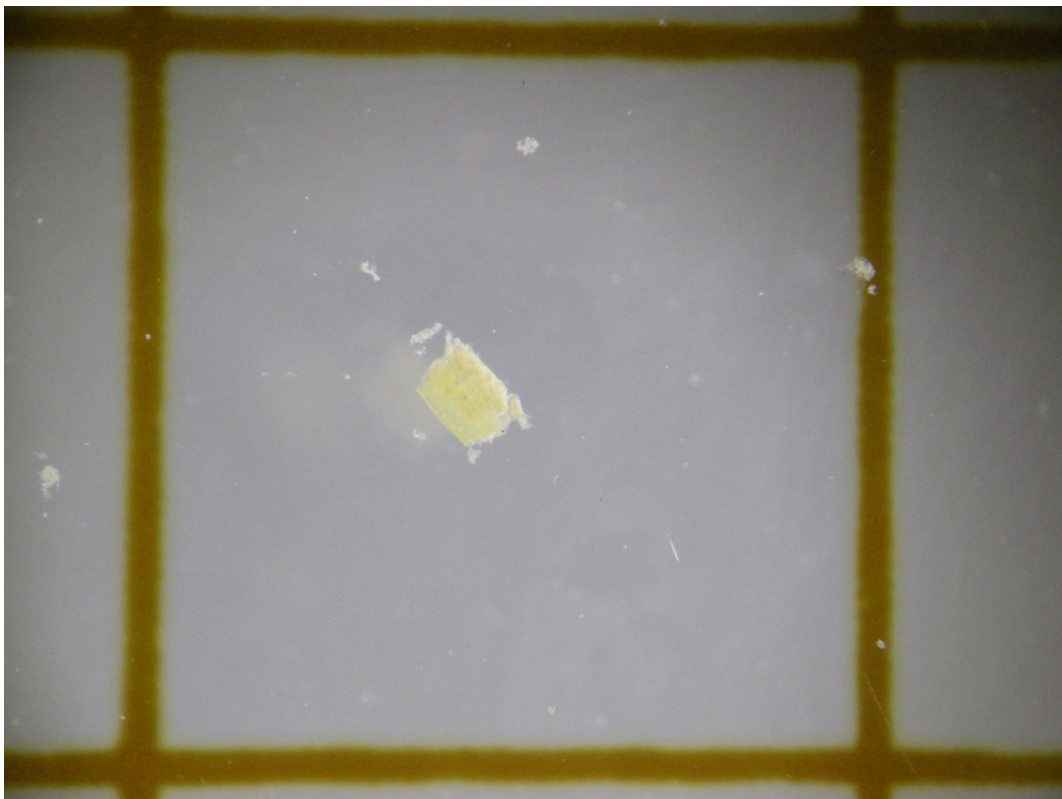
ID3-2 の糞



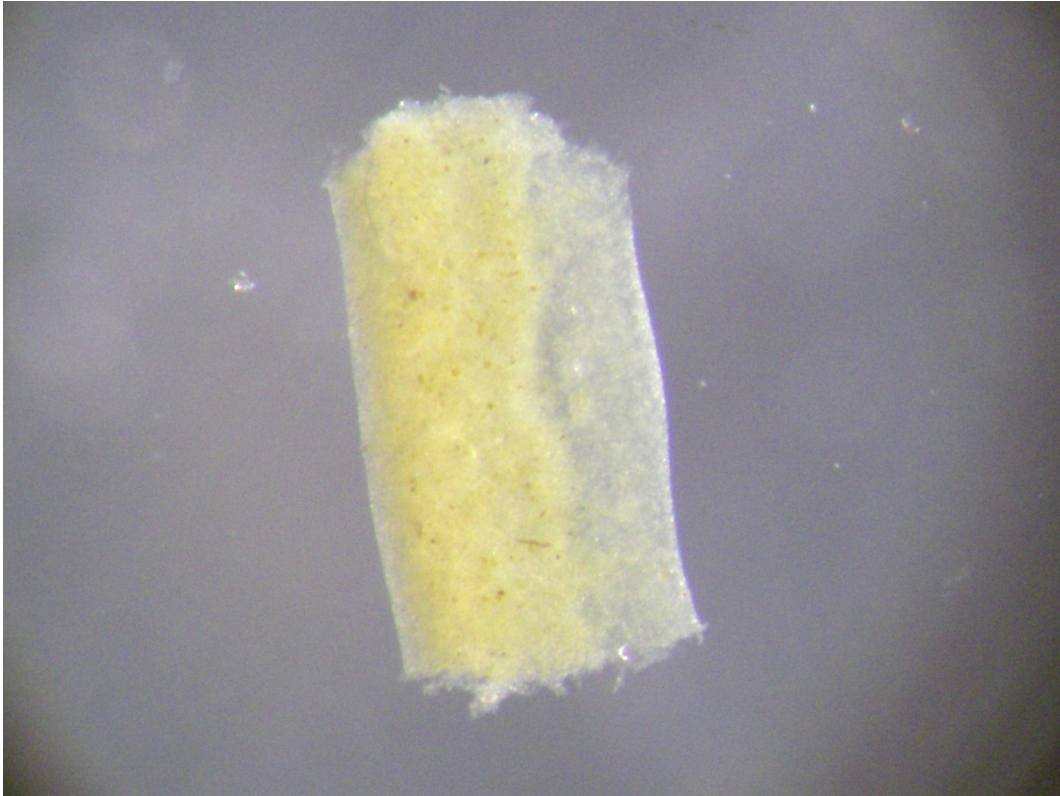
ID3-3 の糞



ID4-1 の糞



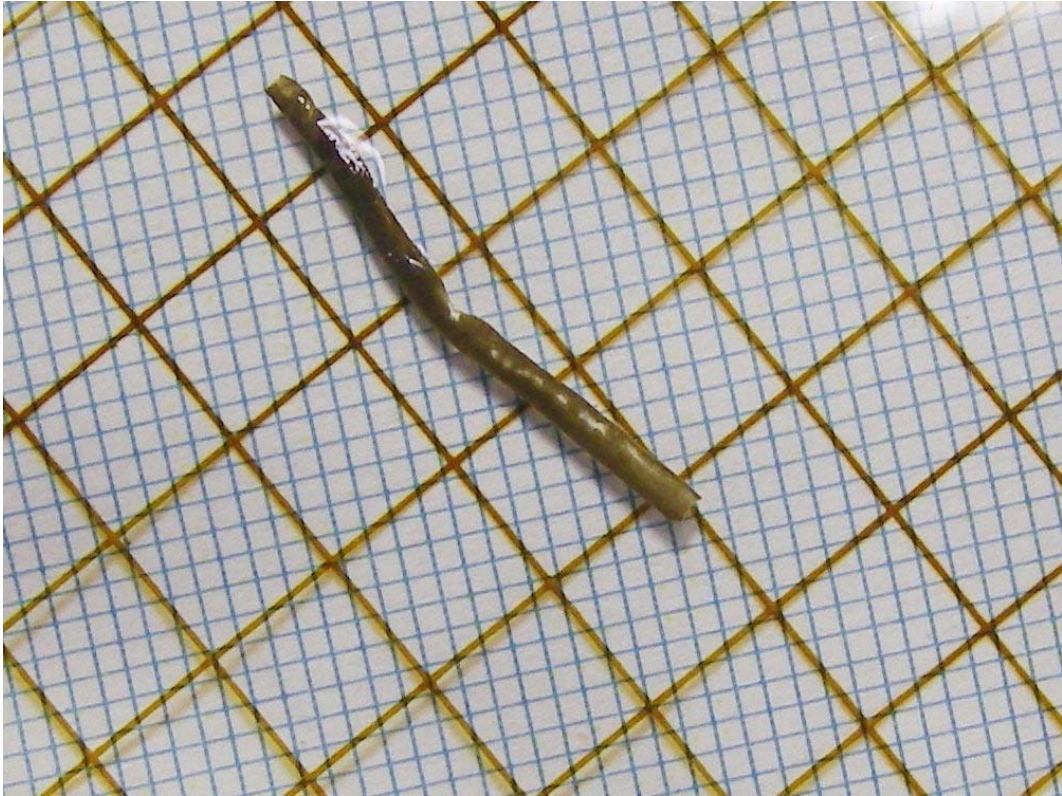
ID4-2 の糞



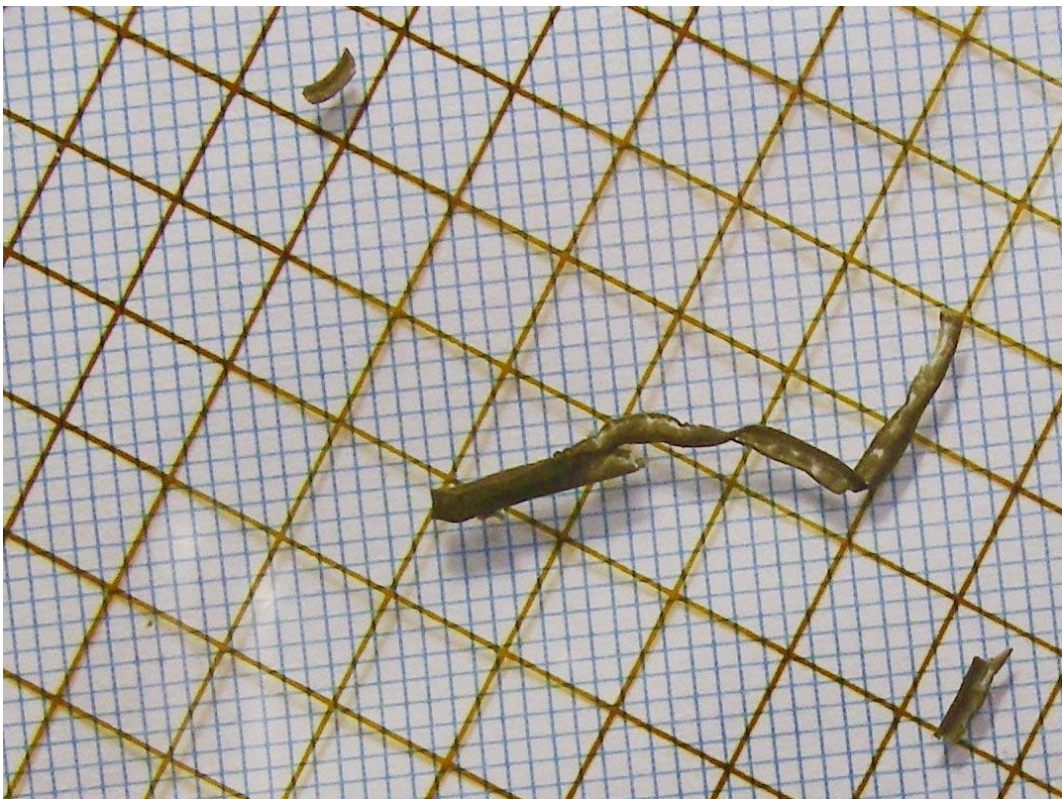
ID4-3 の糞



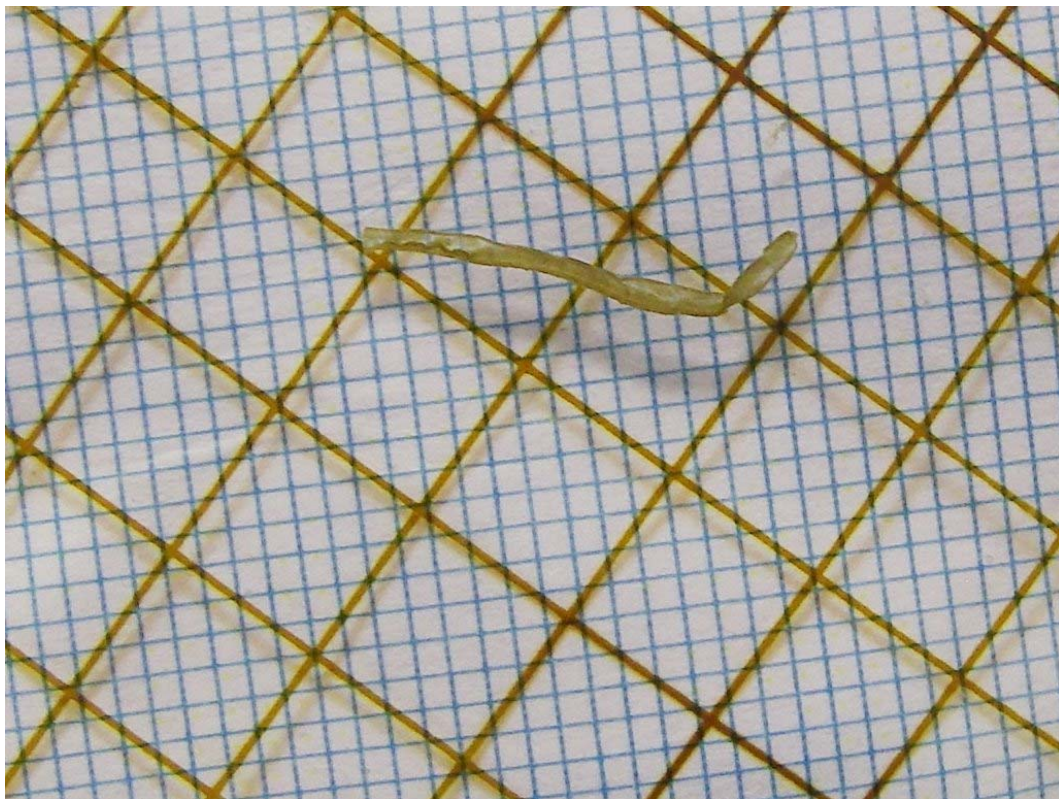
ID5-1 の糞



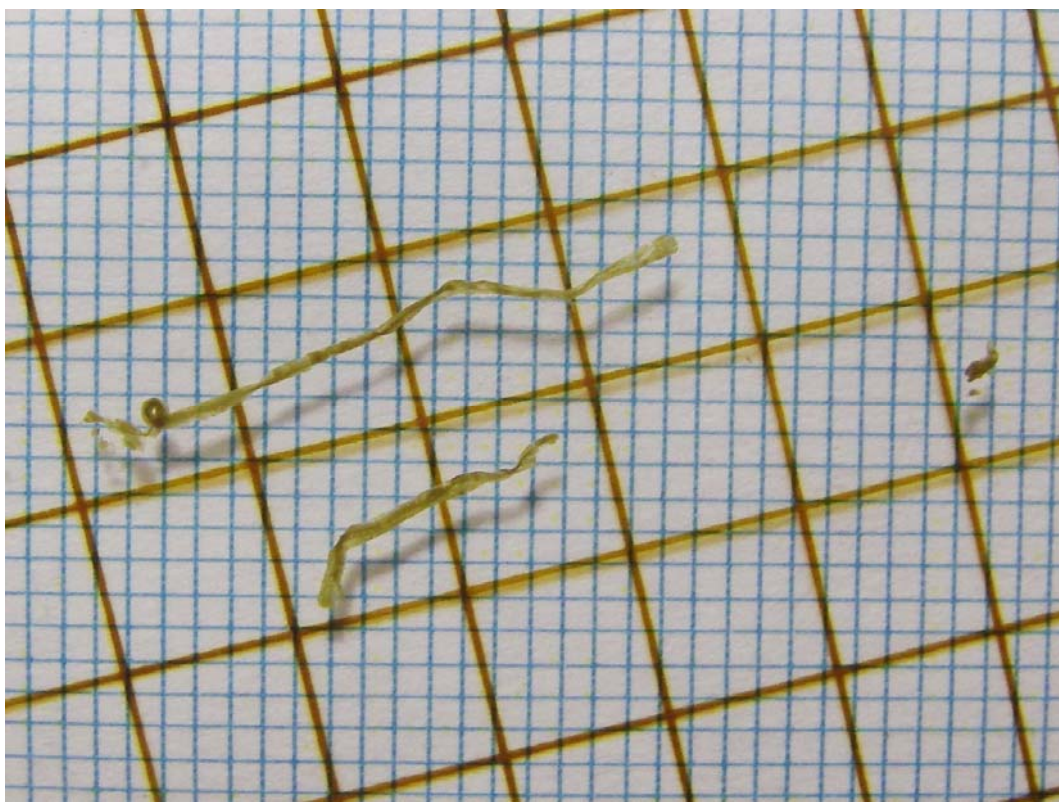
ID5-2 の糞



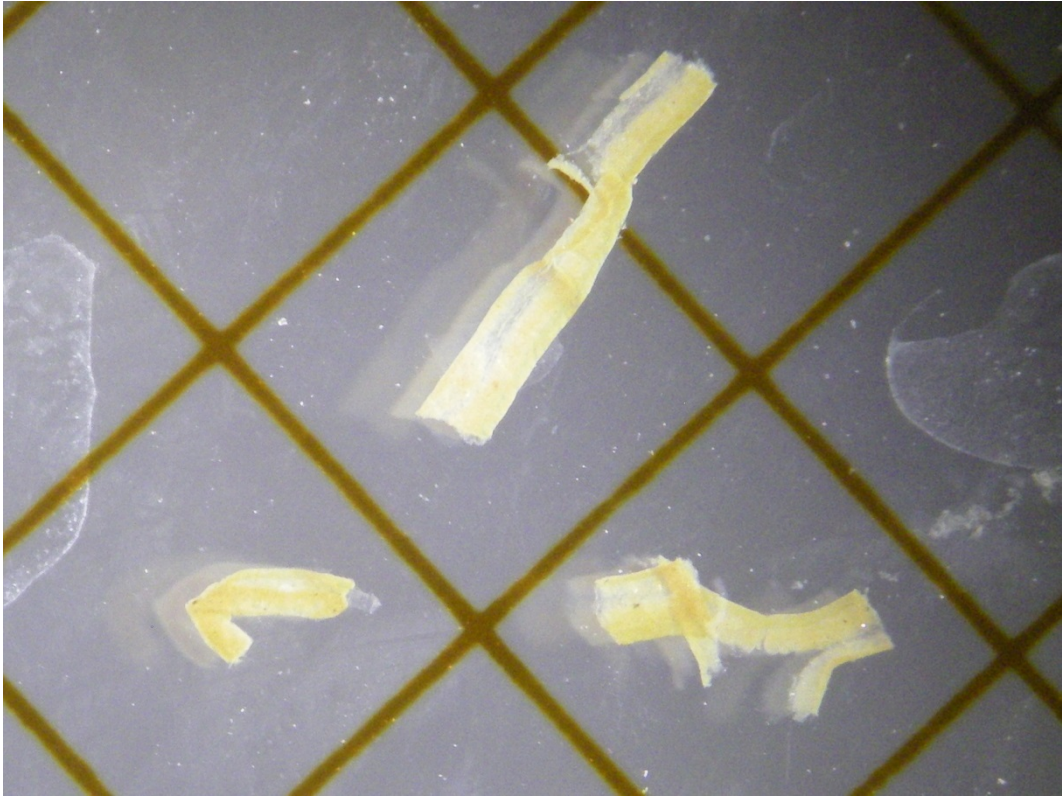
ID5-3 の糞



ID6-1 の糞



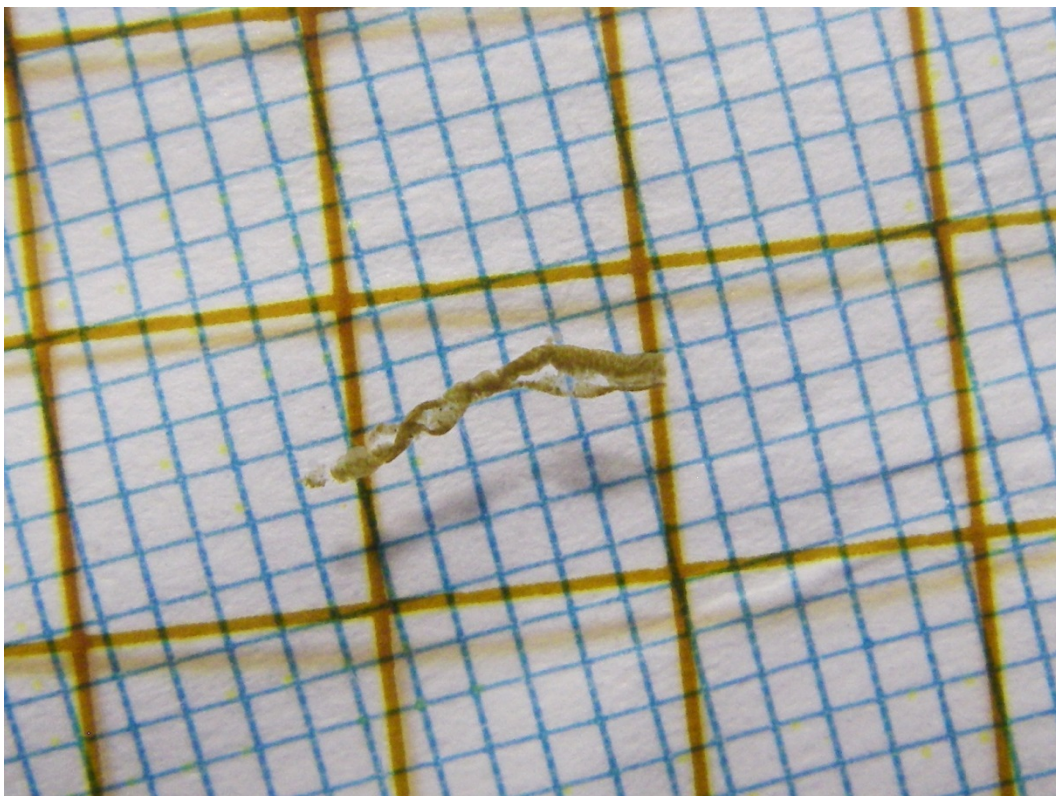
ID6-2 の糞



ID6-3 の糞



ID7-1 の糞



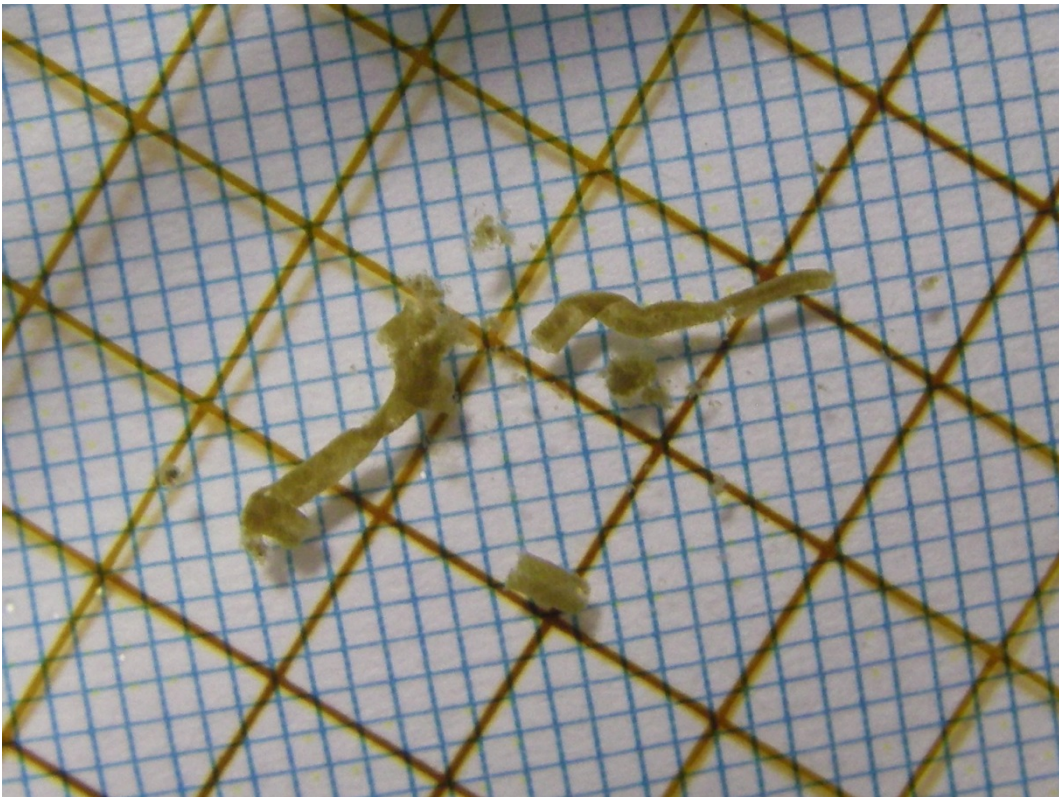
ID7-2 の糞



ID7-3 の糞



ID8-1 の糞



ID8-2 の糞



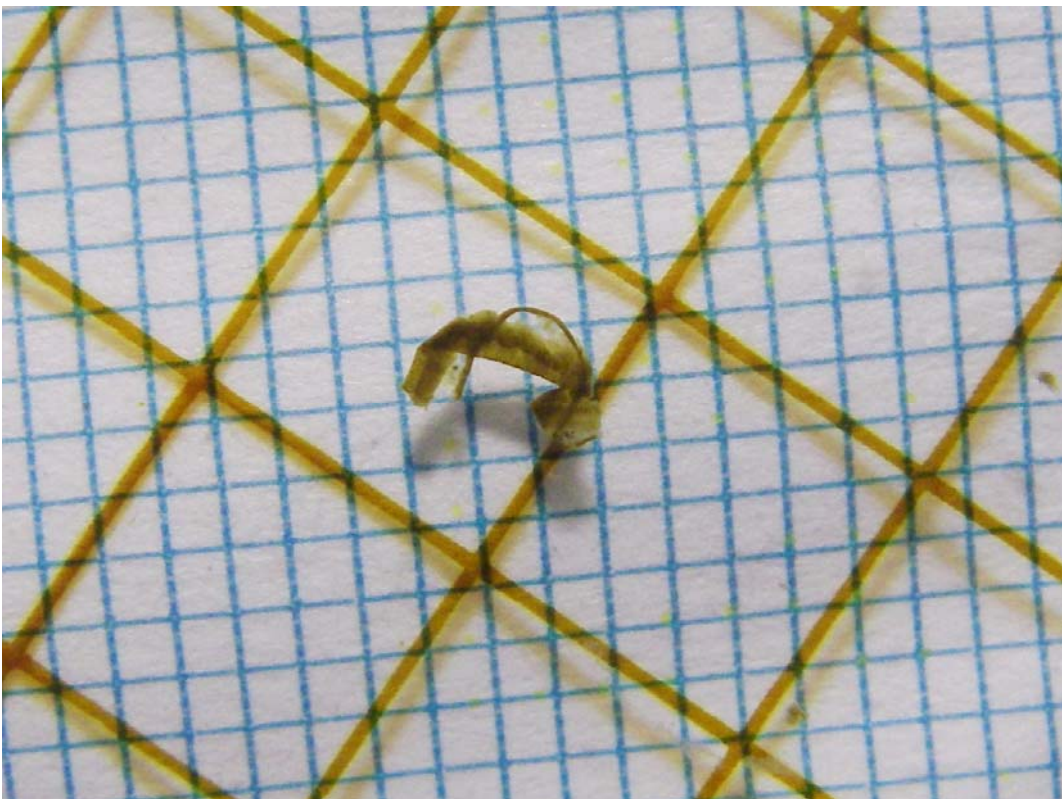
ID8-3 の糞



ID9-1 の糞



ID9-2 の糞



ID9-3 の糞



ID10-1 の糞



ID10-2 の糞



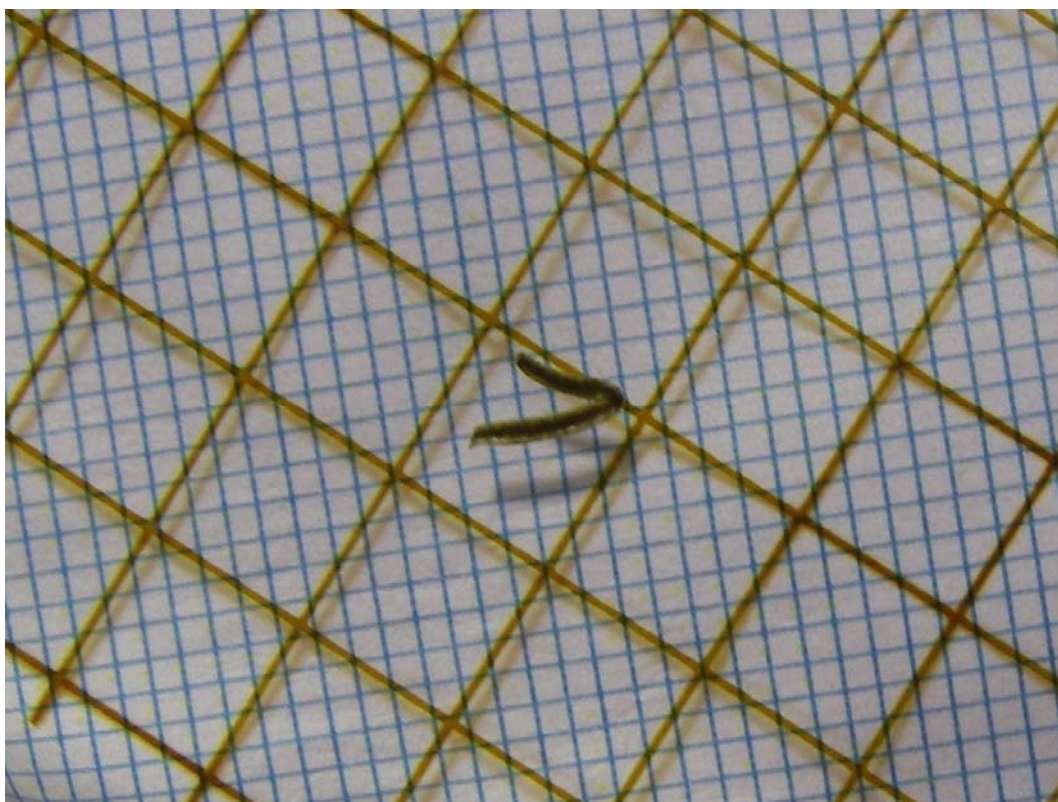
ID10-3 の糞



ID11-1 の糞



ID11-2 の糞



ID11-3 の糞



ID12-1 の糞



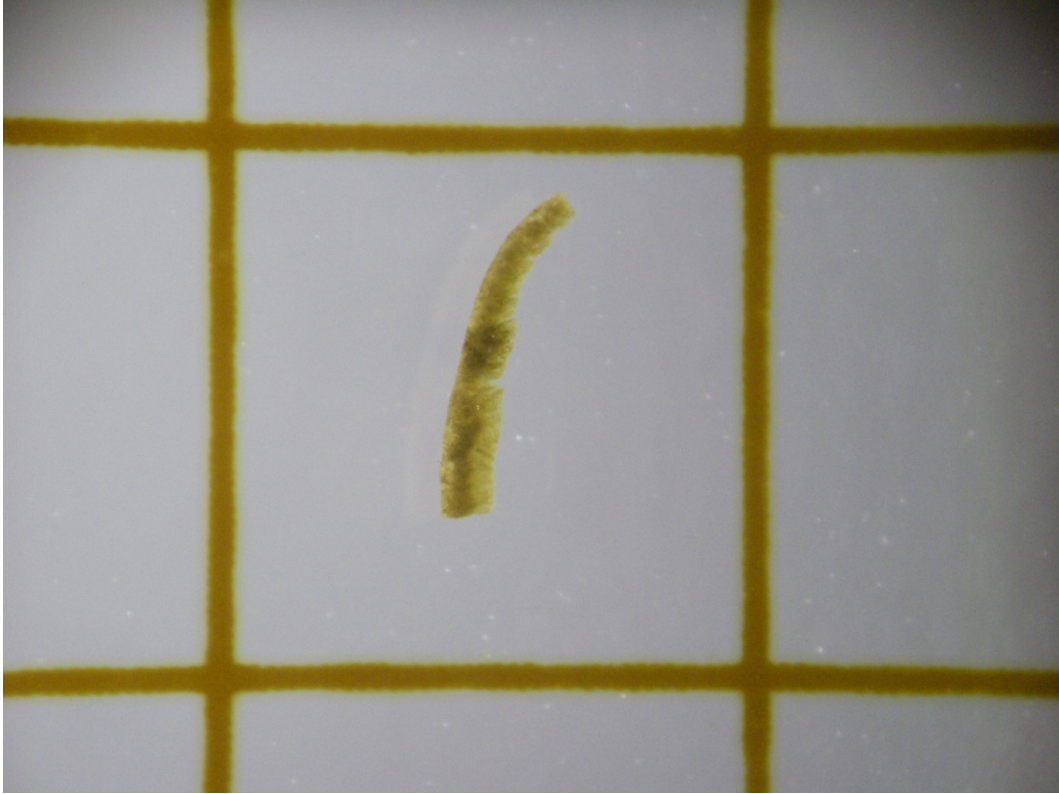
ID12-2 の糞



ID12-3 の糞



ID13-1 の糞



ID13-2 の糞



ID13-3 の糞



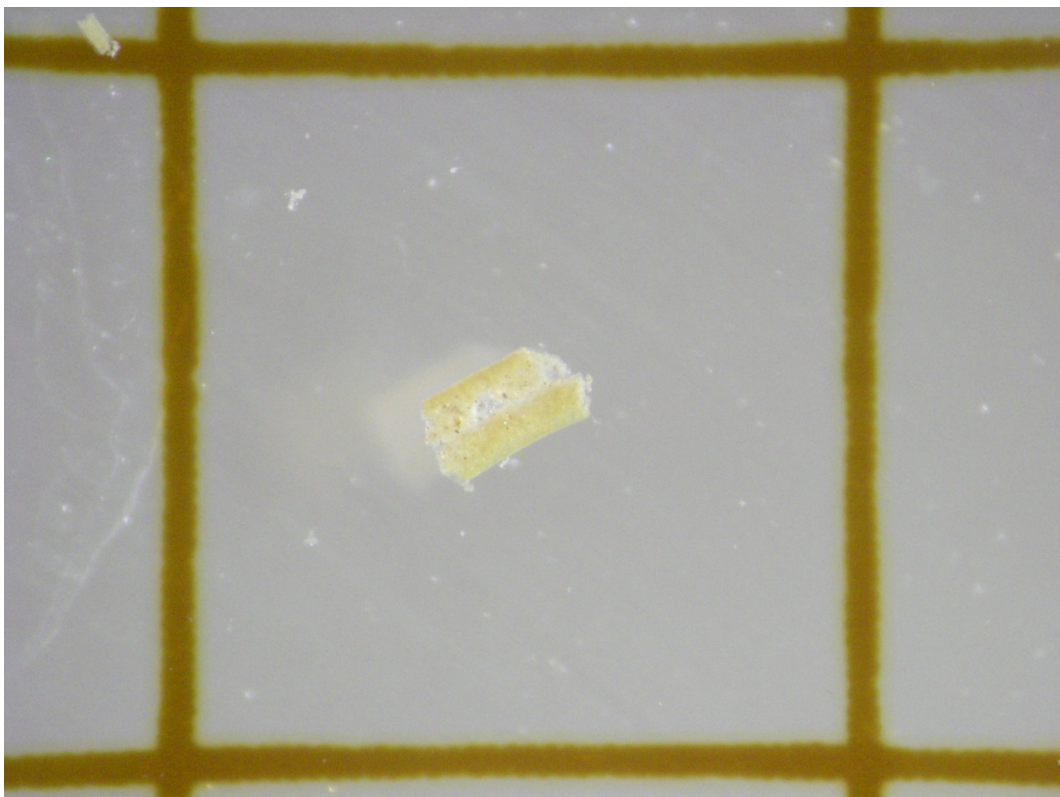
ID14-1 の糞



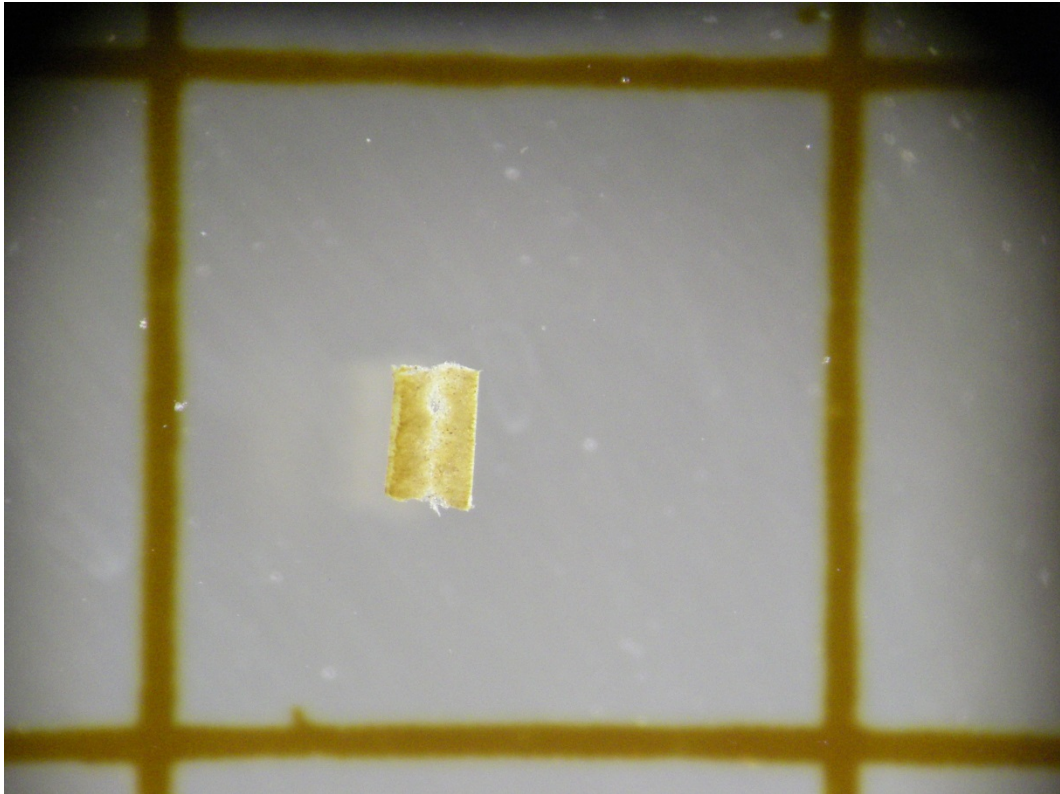
ID14-2 の糞



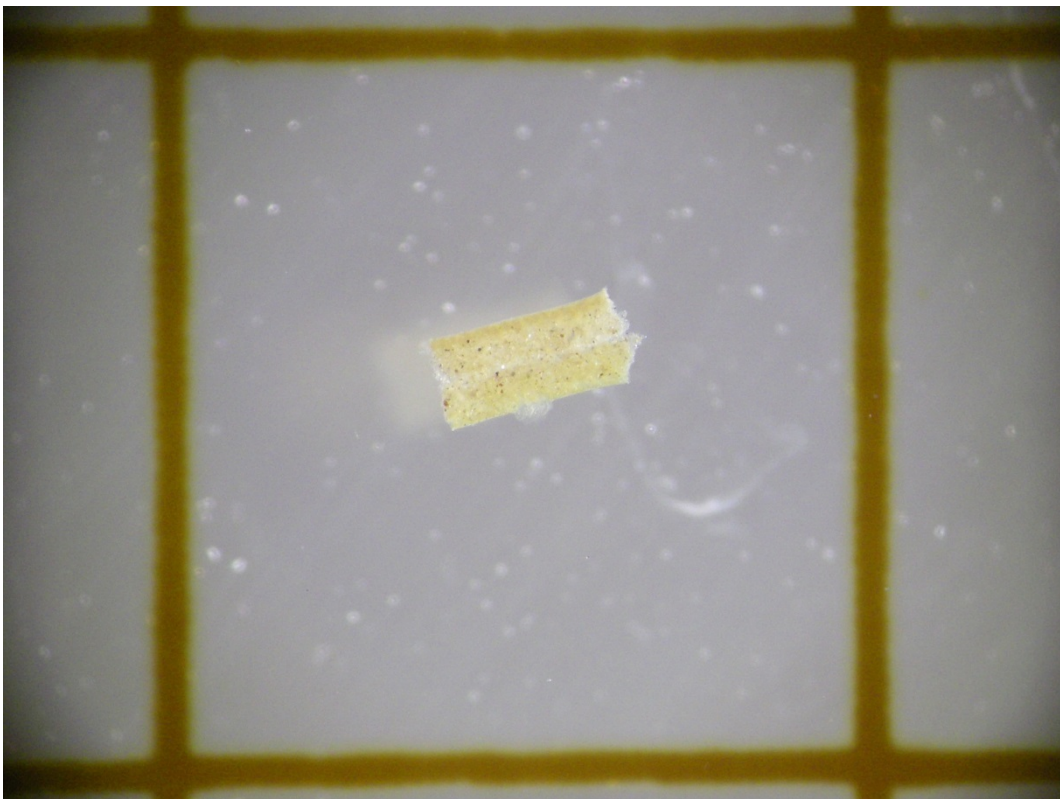
ID14-3 の糞



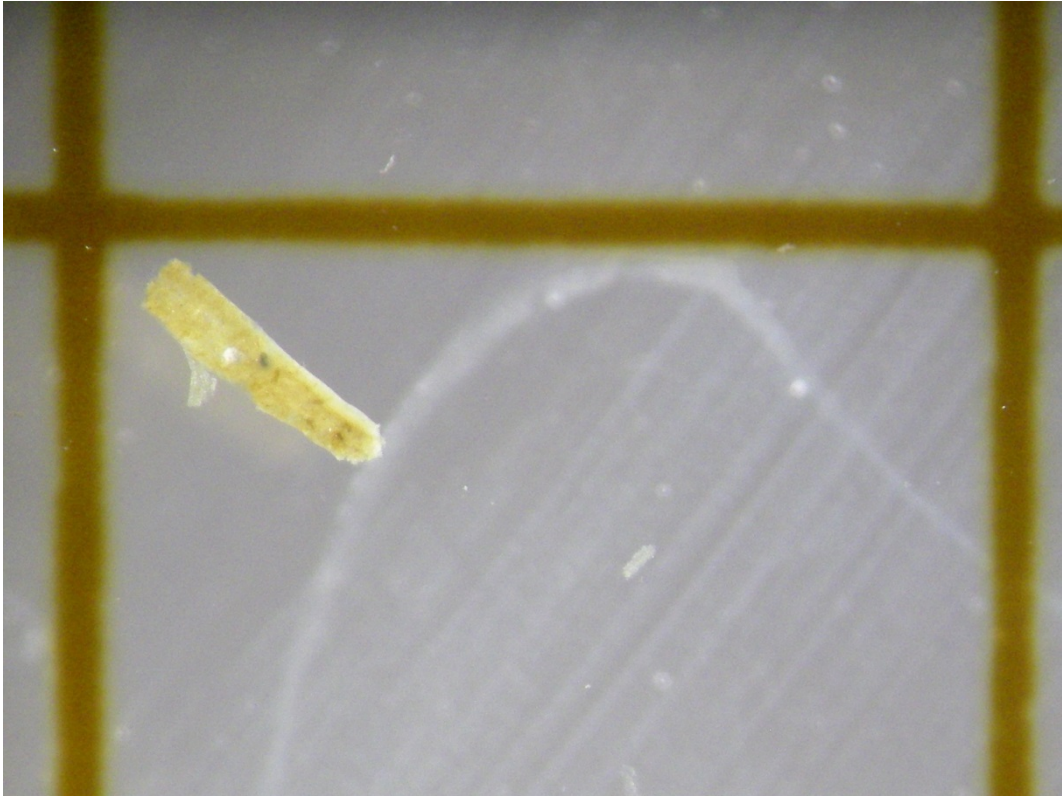
ID15-1 の糞



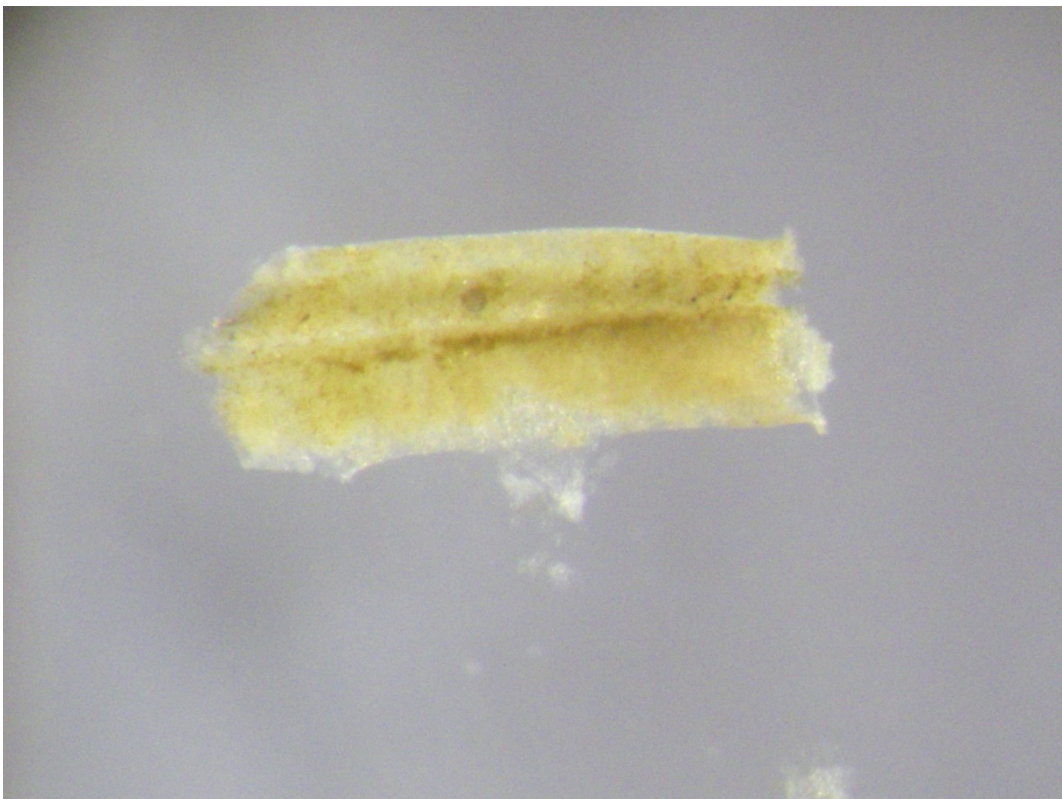
ID15-2 の糞



ID15-3 の糞



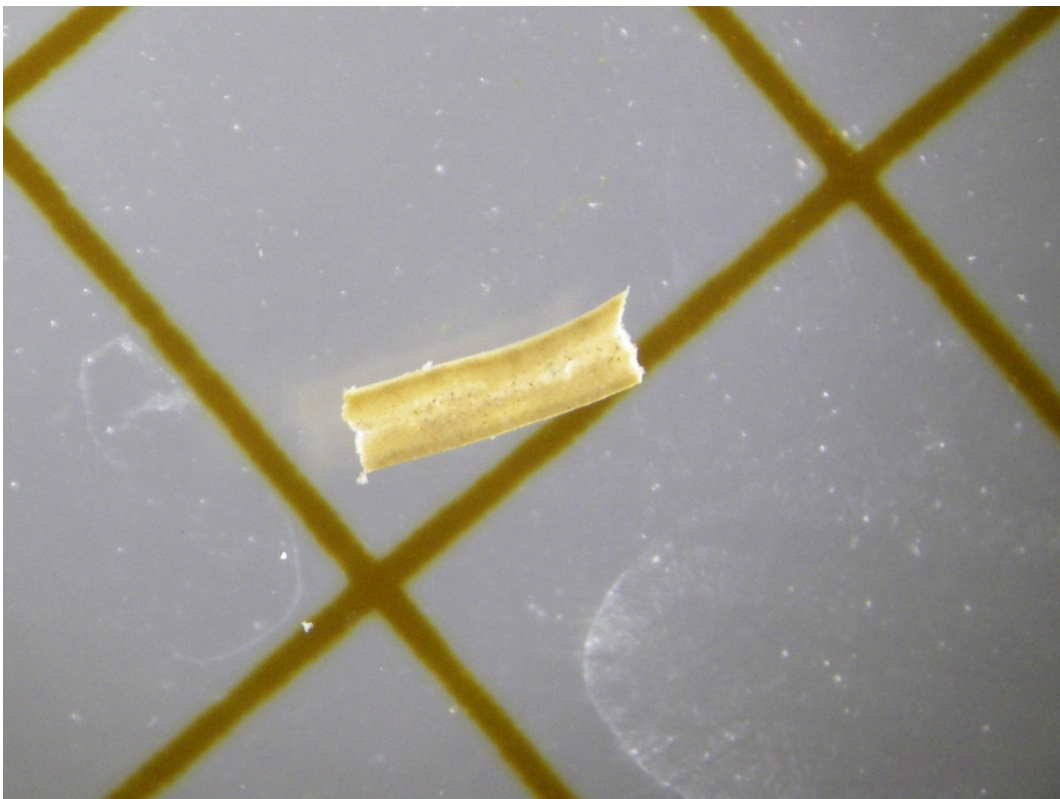
ID16-1 の糞



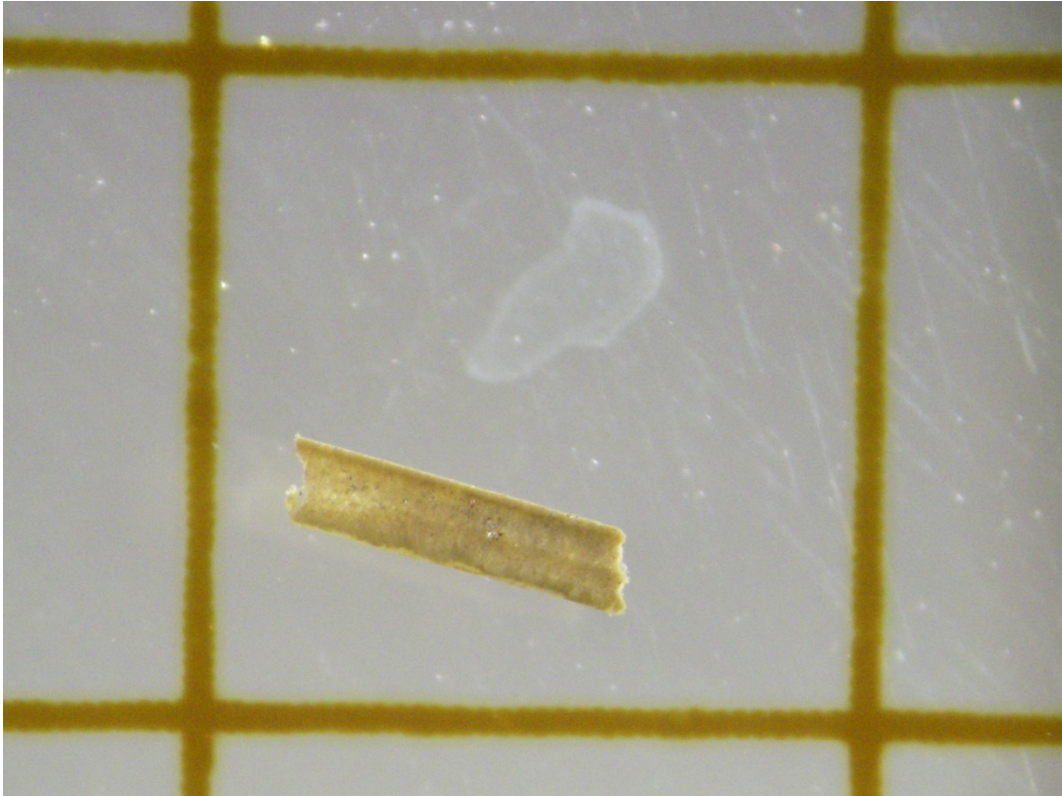
ID16-2 の糞



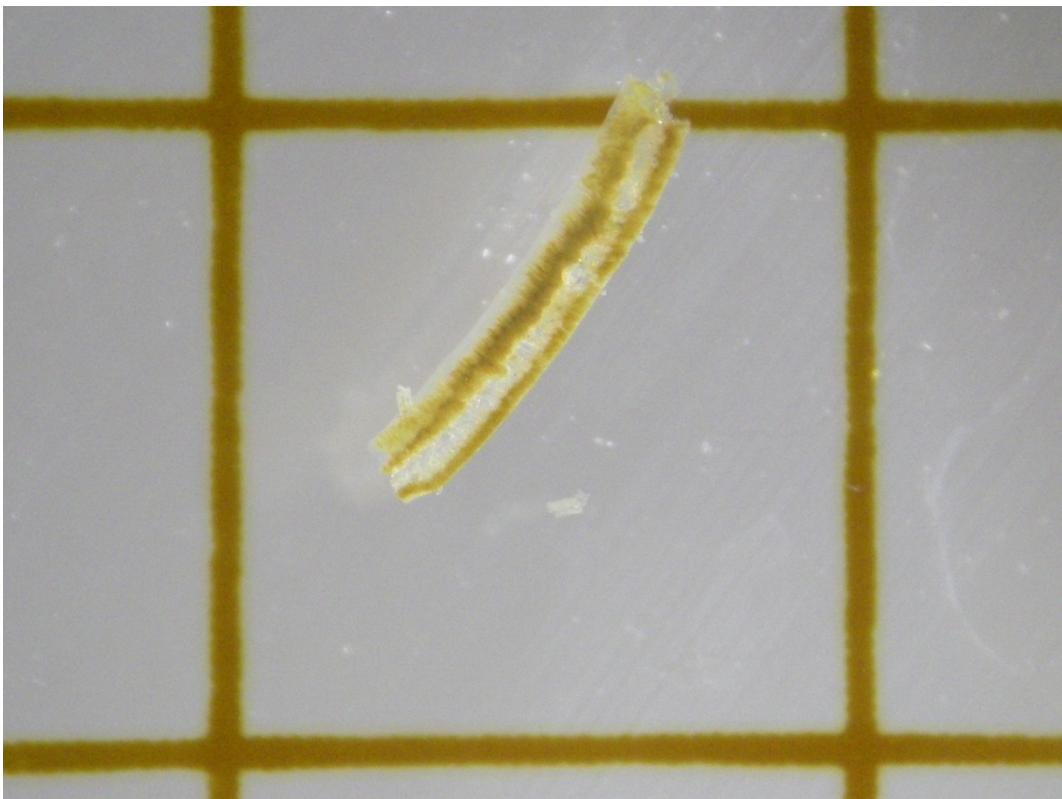
ID16-3 の糞



ID17-1 の糞



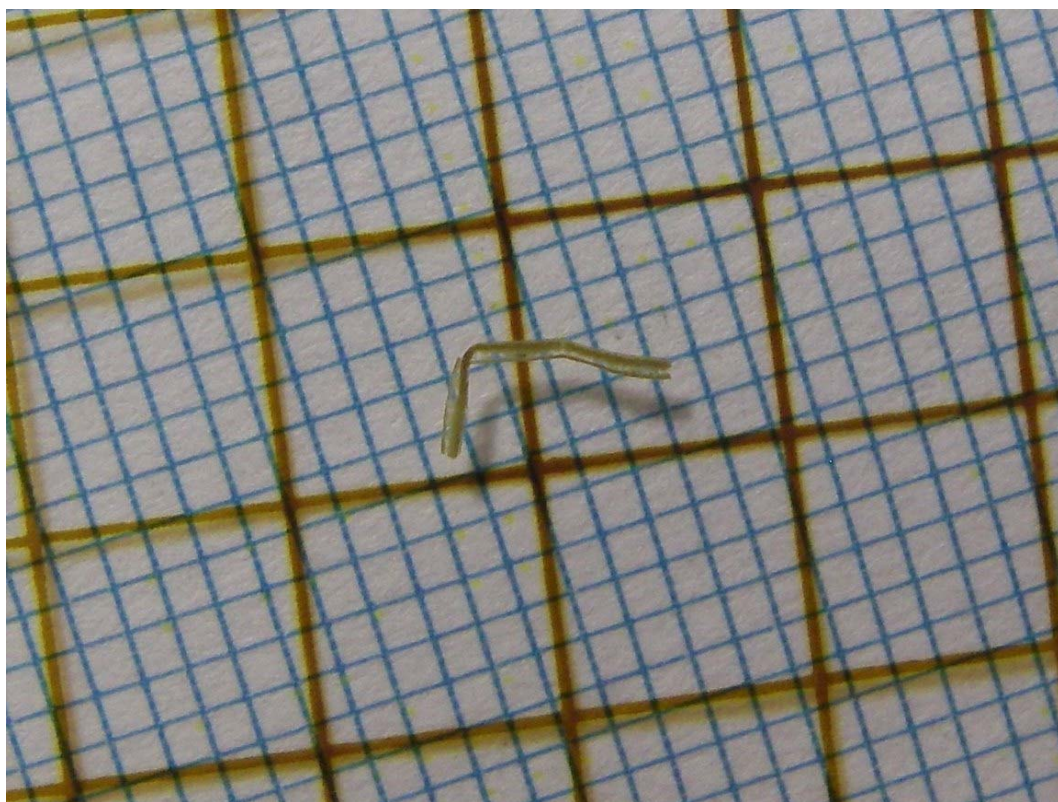
ID17-2 の糞



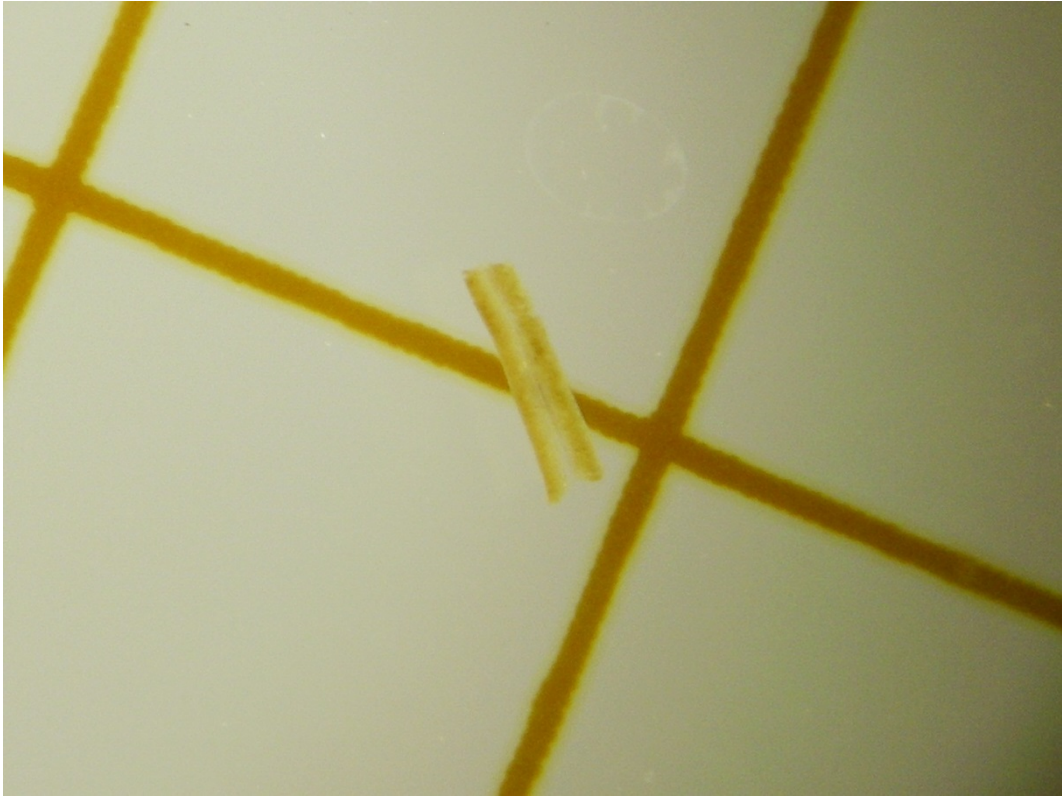
ID17-3 の糞



ID18-1 の糞



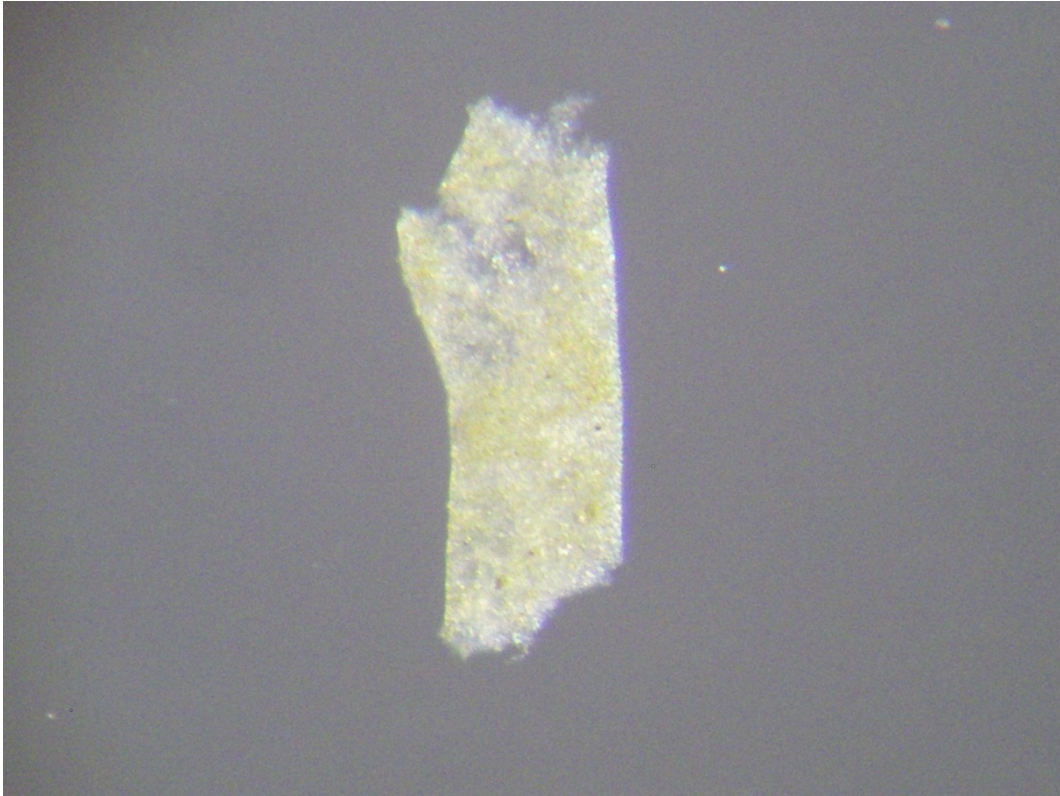
ID18-2 の糞



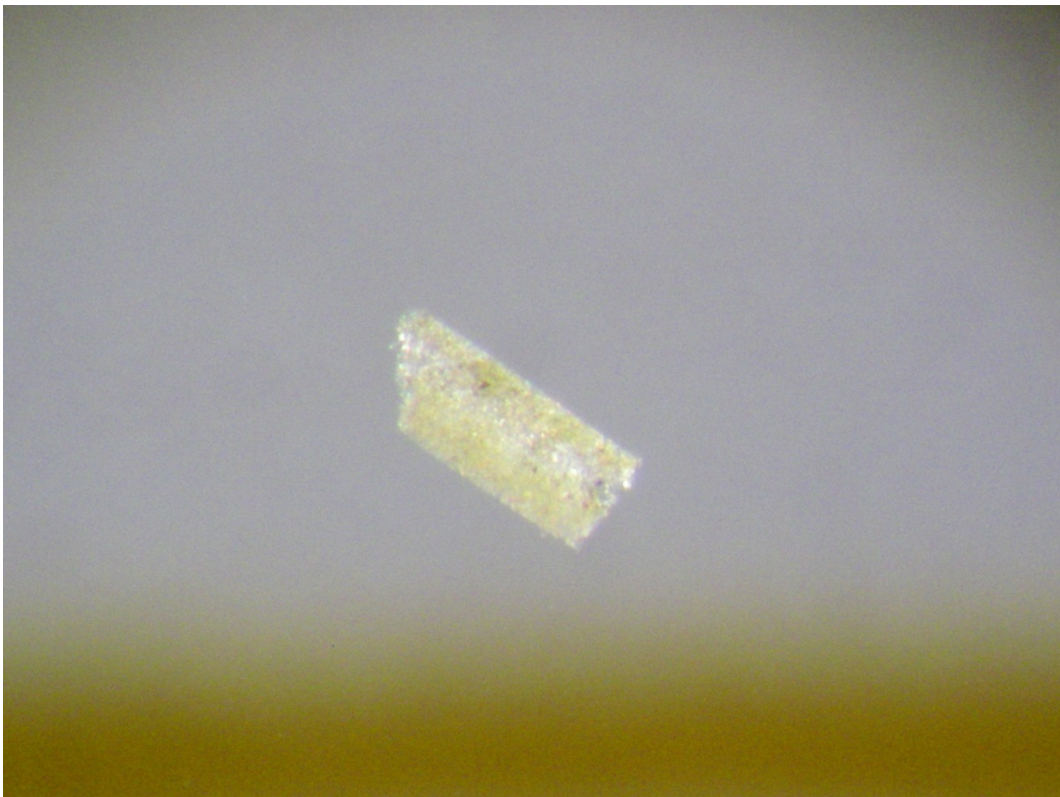
ID18-3 の糞



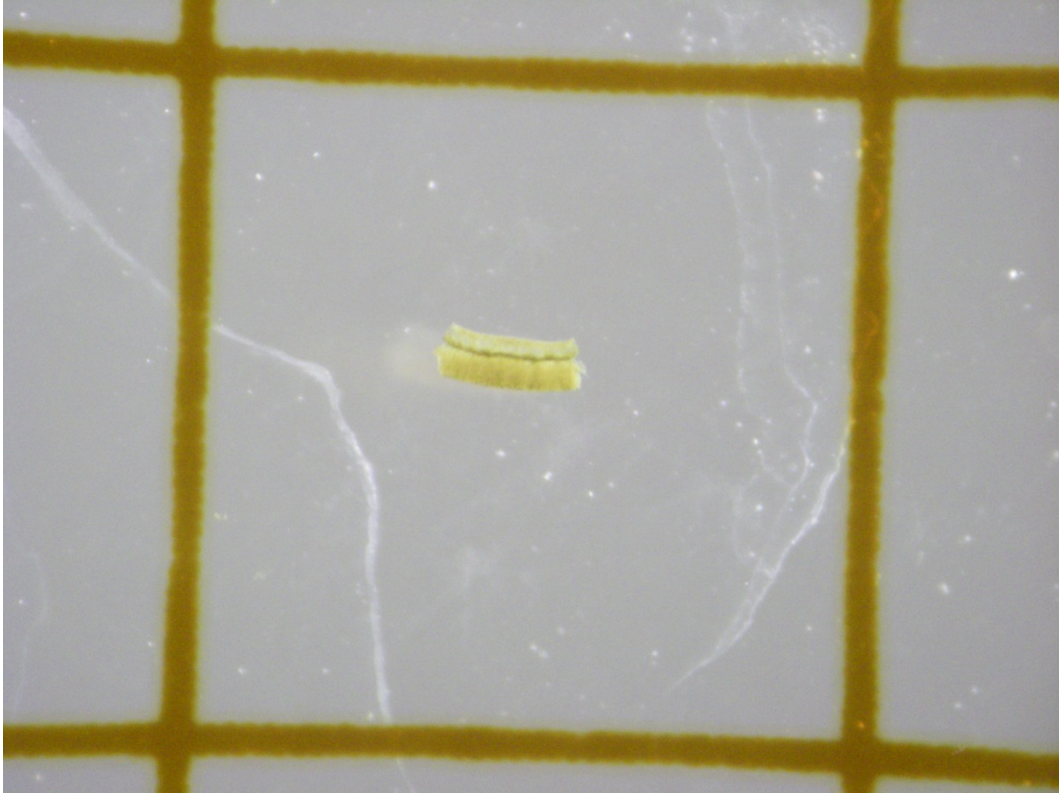
ID19-1 の糞



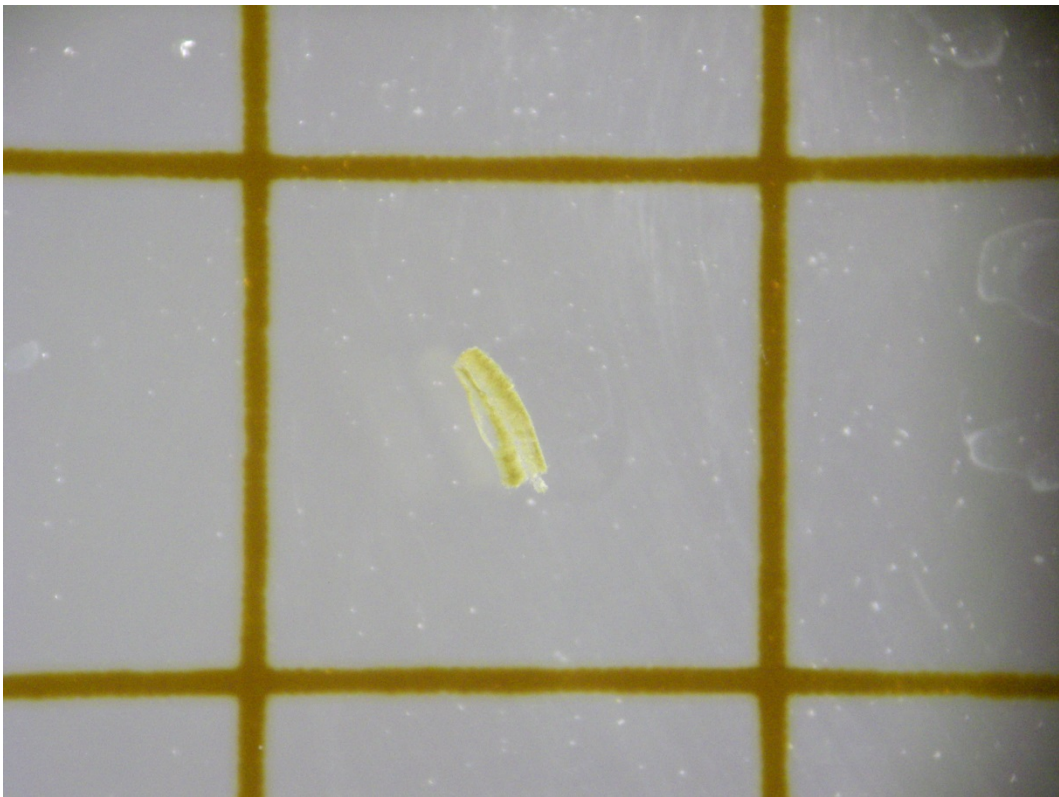
ID19-2 の糞



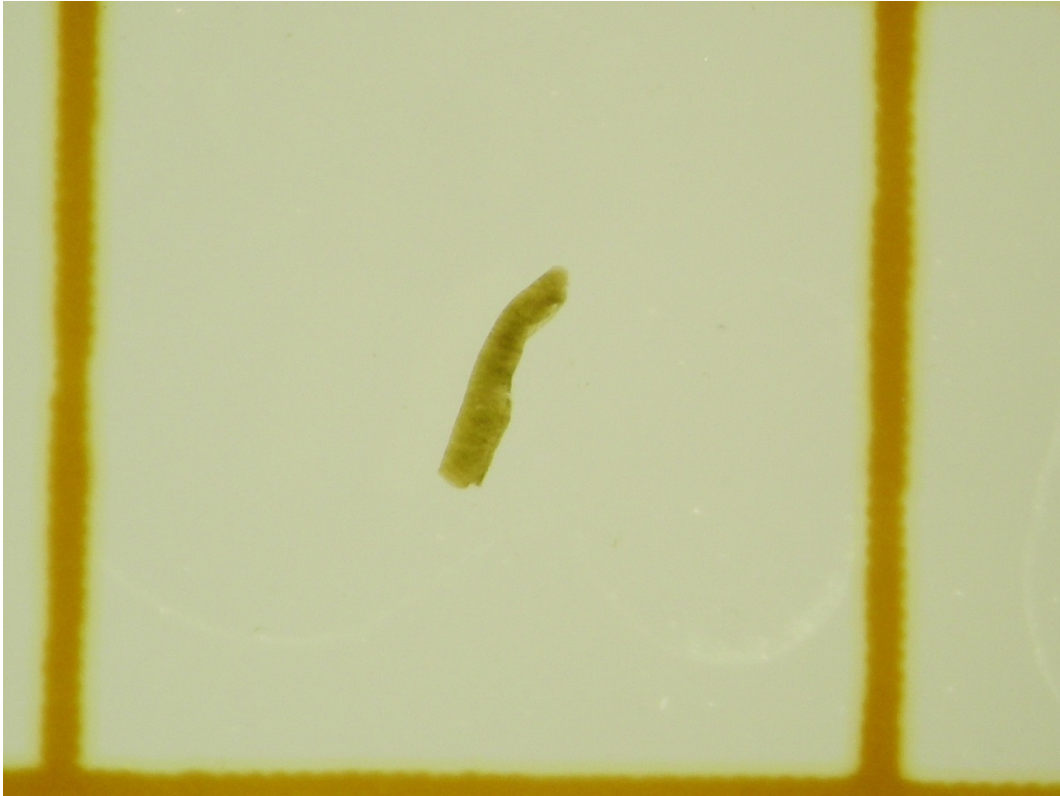
ID19-3 の糞



ID20-1 の糞



ID20-2 の糞



ID20-3 の糞

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 832 March 2015

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5018