

論文

沖縄市と名護市の腐肉食性甲虫群集とその季節消長^{*1}上田明良^{*2}・刀禰浩一^{*3}・佐野正和^{*3,4}

上田明良・刀禰浩一・佐野正和：沖縄市と名護市の腐肉食性甲虫群集とその季節消長 九州森林研究 69：53－57，2016 腐肉食性甲虫（腐肉食性のシテムシ科とコガネムシ上科食糞群）は、脊椎動物死骸の分解およびハエ類発生の抑制効果といった生態系サービスをもつ重要なグループである。また、腐肉食性甲虫は森林環境の有力な指標種として熱帯・温帯地域で知られているが、亜熱帯での調査例は少ない。そこで、亜熱帯にあたる沖縄県沖縄市と名護市の様々な環境下で、魚肉ベイトのビットフォールトラップを設置し、環境と腐肉食性甲虫群集の関係およびその季節消長を調査した。その結果、健全な二次林ではオキナワエンマコガネが、強く攪乱された二次林ではムラサキエンマコガネが主要種となり、草地では腐肉食性甲虫がほとんど捕獲されなかったことから、腐肉食性甲虫の種構成と捕獲数が草地を含む森林とその周辺の環境の指標となる可能性が示唆された。また、沖縄島の腐肉食性甲虫の主要種として知られているネパールモンシテムシが、いずれの調査地でも捕獲されなかった。季節消長では、オキナワエンマコガネが年2山型で、他は1山型であった。

キーワード：亜熱帯、沖縄島、コガネムシ上科食糞群、シテムシ科、糞虫

I. はじめに

生物多様性のモニタリングは、持続可能な森林管理において重要視されており、そのプロセスとして、指標の選択、指標を用いた測定手法の開発、モニタリング結果の解析と利用を行う必要性があげられている（岡部・小川，2011）。そして、昆虫群集を森林環境の指標として用いる研究が様々なグループを用いて行われている。熱帯地域では、一般に糞虫と呼ばれるコガネムシ上科食糞群（coprophagous group of Scarabaeoidea）に属する種の多くが、糞食または腐肉食およびその両方で、草地を含む森林とその周辺の環境の質や施業等による環境変化を表すすぐれた指標種であることが知られている（Davis *et al.*, 2001; McGeoch *et al.*, 2002; Aguilar-Amuchastegui and Henebry, 2007; Nichols and Gardner, 2011; Ueda *et al.*, 2015）。温帯地域では、シテムシ科の種の多くが腐肉食で、草地を含む森林とその周辺の環境の質や環境変化に敏感に反応することが知られている（伊藤・青木，1983; Katakura and Ueno, 1985; Katakura *et al.*, 1986; Ohkawara *et al.*, 1998; Trumbo and Bloch, 2000; Gibbs and Stanton, 2001; 鈴木，2001; Nagano and Suzuki, 2003; Wolf and Gibbs, 2004; Sugiura *et al.*, 2013）。ところが、熱帯と温帯の移行帯にあたる亜熱帯地域では、シテムシや糞虫の森林環境に対する指標性を評価する研究がわずかで（Davis *et al.*, 1999; Lopes *et al.*, 2011; Viegas *et al.*, 2014）、我が国では報告がない。

また、我が国のほとんどの地域は温帯に属し、シテムシと糞虫が冬期ほとんど活動しないことや、ヨツボシモンシテムシのように夏期の高温に弱い種では活動期のピークが春と秋の2山型になることが知られている（Nagano and Suzuki, 2003）。ところが、

亜熱帯地域である南西諸島では、シテムシや糞虫の季節消長は知られていない。

そこで、本研究では、亜熱帯地域にあたる沖縄島（沖縄本島）において、草地を含む様々な森林環境下で腐肉食性のシテムシと糞虫（以下腐肉食性甲虫と略す）を捕獲し、腐肉食性甲虫群集の森林環境に対する指標性を評価した。また、1年間通して捕獲することで季節消長を明らかにした。

II. 調査地と方法

調査は、沖縄島の沖縄市と名護市で行った。沖縄市嶽山原（たきやまばる）調査地は同市の最北端にあたるイタジイ（スタジイ：*Castanopsis sieboldii*）を中心とした二次林が多い起伏のある地域で、二次林内の谷（TF1）、尾根（TF2）、林道沿い（TF3）の3カ所に調査プロットを設けた。沖縄市倉敷ダム調査地は嶽山原調査地から南へ約4km下流にあり、二次林と草地からなる比較的平坦な地域で、二次林内に2カ所（KF1, KF2）、草地内に2カ所（KG1, KG2）、調査プロットを設けた。名護市字名護調査地は沖縄県農業研究センター名護支所構内のリュウキュウマツ（*Pinus luchuensis*）を中心とした二次林と実験農場からなる地域で、林縁から約20m二次林内に入った2カ所（NF1, NF2）に調査プロットを設けた。各調査プロットの位置および林況データ等を表-1に示した。林況データは、2014年8月11, 12日に昆虫捕獲トラップ設置場所（後述）を中心とした10m四方内の胸高直径（DBH）5cm以上の樹木を測定して求めた。各調査プロットの植生については、陰樹であるイタジイが多いTF1とTF2を「健全二次林」、陽樹であるリュウキュウマツ

*1 Ueda, A., Tone, K. and Sano, M.: Assemblages of carrion beetles (Silphidae and coprophagous group of Scarabaeoidea) in Okinawa City and Nago City and their seasonal changes.

*2 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Center, For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862, Japan.

*3 沖縄市立郷土博物館 Okinawa Municipal Museum, Okinawa 904-0031, Japan.

*4 現住所：農研機構野菜茶業研究所金谷茶業研究拠点 Present address: Kanaya Tea Res. St., NARO Inst. Veg. & Tea Sci., Shimada 428-8501, Japan.

表-1. 各調査プロットの位置, 植生, 胸高直径 (DBH) 5cm 以上の樹木による林況データ, 開空度および下層植生の被度

調査地	調査プロット	緯度・経度と標高	植生	樹種数	平均DBH (cm)	最大DBH (cm)	樹木密度 (本/ha)	胸高断面積 (BA) 合計 (m ² /ha)	BA 優占1-3位樹種* または森林までの最短距離	開空度 (%)	被度
沖縄市 嶽山原	TF1	N26° 24' 49 E127° 47' 22 128m asl.	健全 二次林	9	12.7	32.7	1900	34.5	イタジイ (69.9) コバンモチ (11.5) ヤマビワ (6.0)	6.3	1
	TF2	N26° 24' 46 E127° 47' 23 137m asl.	健全 二次林	4	17.9	44.6	1000	38.4	イタジイ (81.8) シバニッケイ (13.1) コバンモチ (3.3)	18.5	1
	TF3	N26° 24' 44 E127° 47' 31 116m asl.	強攪乱 二次林	7	10.1	30.4	1400	16.4	リュウキュウマツ (66.7) ハゼノキ (19.3) シバニッケイ (3.5)	17.3	1
沖縄市 倉敷 ダム	KF1	N26° 23' 35 E127° 48' 28 83m asl.	強攪乱 二次林	9	10.5	18.8	2500	24.5	カクレミノ (24.7) リュウキュウマツ (24.5) ヒメユズリハ (20.0)	4.3	1
	KF2	N26° 23' 10 E127° 48' 11 84m asl.	強攪乱 二次林	8	11.9	31.0	3400	47.8	イジュ (50.9) ホルトノキ (15.8) ヒメユズリハ (12.1)	7.8	1
	KG1	N26° 23' 28 E127° 48' 26 78m asl.	草地	0	-	-	0	0	95m	83.0	5
	KG2	N26° 23' 14 E127° 48' 08 86m asl.	草地	0	-	-	0	0	48m	68.3	5
名護市 字名護	NF1	N26° 36' 58 E127° 59' 21 40m asl.	弱攪乱 二次林	4	19.3	30.4	800	28.5	イイギリ (49.2) イジュ (44.3) トキワガキ (5.2)	6.4	2
	NF2	N26° 37' 22 E127° 59' 01 40m asl.	弱攪乱 二次林	9	15.2	43.4	1500	42.1	イジュ (39.0) リュウキュウマツ (35.2) タブノキ (8.3)	3.4	1

*括弧内は各樹種の BA が BA 合計に占める割合 (%)

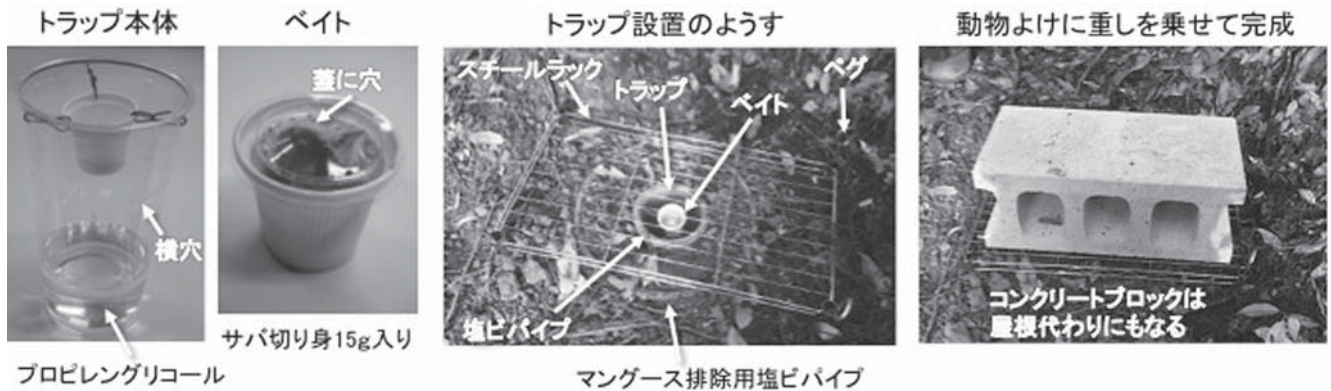


図-1. トラップの形状と設置状況

の林に多い, リュウキュウマツ, イイギリ (*Idesia polycarpa*), イジュ (*Schima liukuensis*), カクレミノ (*Dendropanax trifidus*) (沖縄生物教育研究会, 2012) が占める割合が高い二次林を「攪乱二次林」とし, そのうち平均 DBH が 15 cm 以上の NF 1 と NF 2 を「弱攪乱二次林」, 10~12 cm の TF 3, KF 1 と KF 2 を「強攪乱二次林」とした。また, 下層植生の繁茂状況を調査する目的で, 各トラップ設置場所のまわり約 2 × 2 m の下層植生の地表面の被覆度 (被度) を 7 つに分類した。すなわち, 全く下層植生がない場合は 0, わずかな植生があるが被覆率 1% 未満の場合 0.5, 被覆率約 1~10% で 1, 約 10~25% で 2, 約 25

~50% で 3, 約 50~75% で 4, 約 75% 以上で 5 とした。また, 樹冠の開空度を調査する目的で, 両日の曇天時に, 各トラップ設置場所の真上の高さ 1.2 m 地点で全天空写真を撮影した。撮影にはデジタルカメラ (Nikon Coolpix 4500) と魚眼レンズ (Nikon FC-E 8) を, 開空度の解析には LIA 32 ver.0.378 (山本, 2008) を用いた。

腐肉食性甲虫の捕獲にはサバ切り身をベイトとしたピットフォールトラップを用いた (上田, 2015)。このトラップを 1 つ設置するだけで, 全主要種の捕獲と比較に耐えうる大まかな群集構造の把握が可能であることが知られている (上田, 2015)。そ

表-2. 各調査プロットにおける種別捕獲数, 種類および総捕獲数

種名	嶽山原二次林			倉敷ダム二次林		倉敷ダム草地		名護市二次林	
	TF1	TF2	TF3	KF1	KF2	KG1	KG2	NF1	NF2
ベッコウヒラタシデムシ <i>Calosiphia brunneicollis</i>	1	1	3	0	0	0	0	0	1
マツダコブスジコガネ <i>Trox matsudai</i>	0	0	1	0	1	0	0	1	0
マチトリアツバコガネ <i>Phaeochrous emarginatus</i>	501	2	5	0	0	3	0	0	0
オキナワエンマコガネ <i>Onthophagus itoi</i>	1531	310	654	1	0	0	0	131	64
ムラサキエンマコガネ <i>Onthophagus murasakianus</i>	15	9	51	22	596	0	7	12	22
マルエンマコガネ <i>Onthophagus viduus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2
種数	4	4	5	2	2	1	1	3	4
総捕獲数	2048	322	714	23	597	3	7	144	89

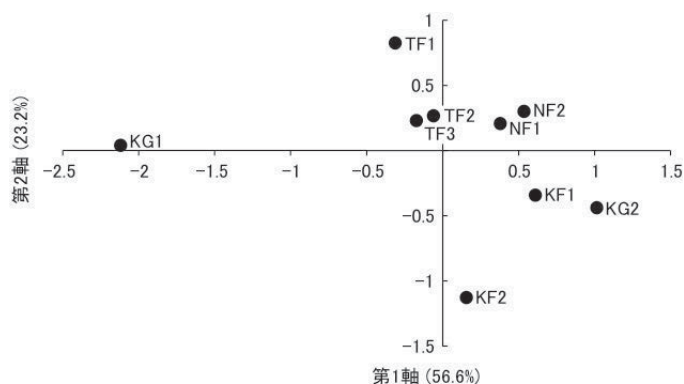


図-2. 各調査プロットの群集の類似度を用いたNMSによる序列化の結果

ここで、各調査プロットに1トラップとした。トラップ設置場所には、長さ20 cmに切った内径94 mm、外径114 mmの塩ビパイプを、片方の切り口が地表面になるように埋めておいた(図-1)。トラップには口径95 mm、高さ170 mmの透明プラスチックカップ(旭化成 BIP-720 D)を用いた(図-1)。排水のためにカップの上から50 mmの側面に2 mm径の穴を4カ所開けた。カップには殺虫と防腐を目的に、プロピレングリコール原液を約100 ml入れた(図-1)。ベイトの受け皿として、カップの上から5 mmの側面に1.5 mm径の穴を3カ所開け、同じ穴を3カ所開けた白色の小型プラスチックカップ(口径42 mm、高さ35 mm)を針金で吊した(図-1)。ベイトにはサバ切り身15 gを用い、これを同じ白色小型カップに詰め、臭いを出すために1 mm径の穴を25カ所開けた透明プラスチック製の蓋をして、トラップに吊した同じカップに差し入れたものをピットフォールトラップとして用いた(図-1)。また、トラップを差し入れるためにあらかじめ埋めておいた塩ビパイプのさらに外側に、おそらくマンガースによると思われるトラップへの地表面横側からの攻撃を防ぐ目的で、長さ12 cmに切った内径250 mm、外径266 mmの塩ビパイプを埋めた(図-1)。トラップの上には、動物と雨よけのために45 × 25 × 2 cmのスチールラック(ダイソー、ジョイントラック No. 27)をかぶせ、四隅をスチールベグで固定し、その上にさらに39 × 19 × 15 cmのコンクリートブロックを乗せた(図-1)。

沖縄市では2013年10月21日に、名護市では2014年4月14日に調査を開始し、その後約2ヶ月毎に捕獲虫の回収とベイトの

交換を行い、それぞれ約1年後の2014年10月14日と2015年4月15日に調査を終了した。

各調査プロットにおける腐肉食性甲虫の群集構造を比較するために、各種の捕獲数とSørensenの類似度指数を用いた非計量多次元尺度構成法(nonmetric multidimensional scaling; 以下NMS)による座標付けを行った(McCune and Grace, 2002)。ただし、後述するように、総捕獲数が調査プロット間で大きく異なっていたことから、解析には各捕獲数の平方根を用いた(McCune and Grace, 2002)。これらの計算にはPC-ORD ver. 6.15 (MjM Software Design, 2014)を用いた。また、群集構造に影響を与える要因を解析する目的で、NMS解析で得られた各調査プロットの各軸上の値と林況データおよび捕獲データの関係性を直線回帰で解析した。但し、後述するように捕獲数がわずかで、1種しか捕獲されなかった草地のデータは解析から除外した。この計算にはJMP 8 (SAS Institute, 2009)を用いた。

Ⅲ. 結果と考察

全体で6種3,947個体の腐肉食性甲虫が捕獲された(表-2)。種数は、嶽山原二次林で最も多く、次に名護市二次林、倉敷ダム二次林の順で、倉敷ダム草地ではそれぞれ1種だけであった(表-2)。総捕獲数も、倉敷ダム二次林のKF2が3番目に多かったことを除けば、同様であった(表-2)。オキナワエンマコガネ(*Onthophagus itoi*)は健全二次林で多く、特に谷にあたるTF1で多かった(表-2)。強攪乱二次林であるTF3でも多数捕獲された(表-2)が、これはTF3が健全二次林と連続した林縁であるためと考えられた。本種は、弱攪乱二次林である名護市二次林でも捕獲数が比較的多かった(表-2)。これに対し、ムラサキエンマコガネ(*Onthophagus murasakianus*)は強攪乱二次林である倉敷ダムのKF2で非常に多く、同じ強攪乱二次林である嶽山原のTF3で二番目に多かった(表-2)。また、倉敷ダム強攪乱二次林のKF1では捕獲数は少なかったがムラサキエンマコガネが捕獲の大半を占めた(表-2)。フチトリアツバコガネ(*Phaeochrous emarginatus*)はオキナワエンマコガネと同様にTF1で非常に多く、嶽山原のTF2とTF3でも捕獲されたが、倉敷ダムの草地であるKG3でも3個体捕獲された(表-2)。以上の結果から、オキナワエンマコガネは健全二次林に、ムラサキエンマコガネが強攪乱二次林に多いことが示唆された。また、沖縄島では、草地性の腐肉食性甲虫はいないことが示唆された。

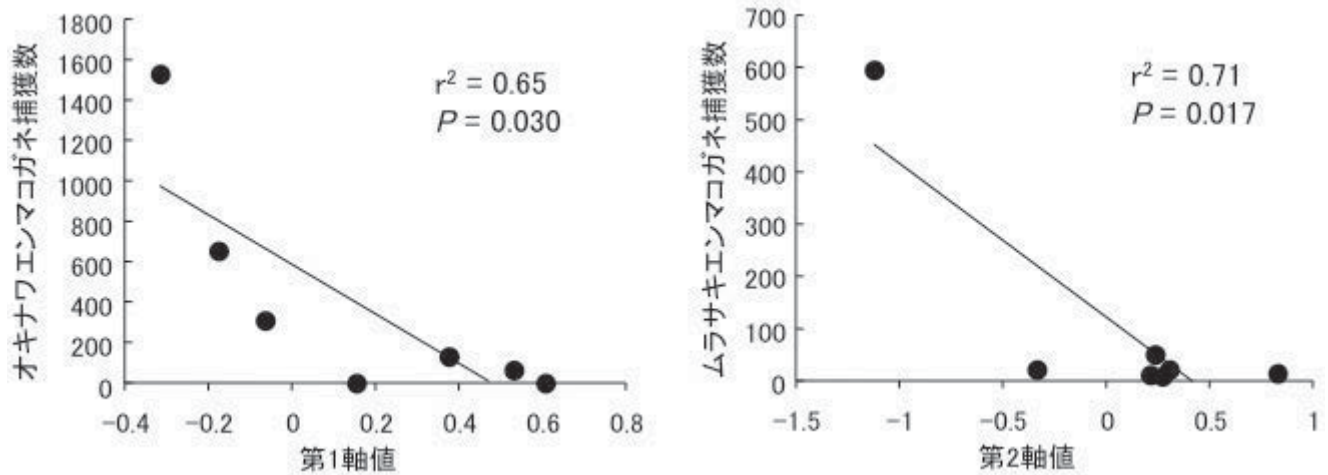


図-3. NMSによる草地プロット (KG1とKG2) を除く各調査プロットの第1軸値とオキナワエンマコガネ捕獲数の関係 (左図) および第2軸値とムラサキエンマコガネ捕獲数の関係 (右図)

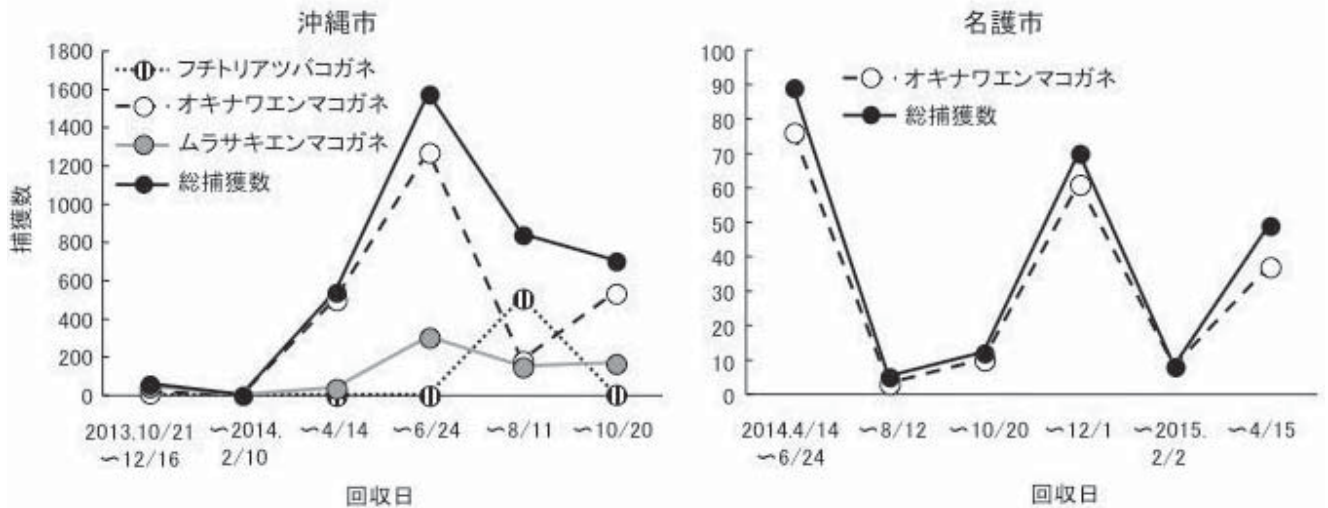


図-4. 沖繩市 (左図) と名護市 (右図) の各回収日における総捕獲数および主要種捕獲数の変化

NMSによる群集構造解析では、Final stressが7.5で、信頼できる結果が得られた (McCune and Grace, 2002)。本研究の調査プロットのなかで、健全二次林に多いオキナワエンマコガネが最も多く捕獲されたTF1の座標を起点とすると、同じ健全二次林であるTF2と強攪乱二次林であるが健全二次林と連続しているTF3の座標がTF1に最も近く、弱攪乱二次林である名護市のNF1とNF2が次に近く、強攪乱である倉敷ダムのKF1とKF2はTF1から離れていた (図-2)。また、草地内調査プロットであるKG1とKG2は寄与率の高い第1軸値がTF1から大きく離れていた (図-2)。森林内調査プロットの各軸値と捕獲データおよび林況データの直線回帰分析では、第1軸値に対して、オキナワエンマコガネ捕獲数が有意かつ最も相関係数が高く (図-3)、他に総捕獲数とも有意な関係がみられた ($r^2 = 0.64, P = 0.032$) が、これら以外は有意ではなかった ($P > 0.05$)。第2軸値に対しては、ムラサキエンマコガネ捕獲数が有意かつ最も相関係数が高く (図-3)、他に樹木密度とも有意な関係がみられた ($r^2 = 0.57, P = 0.049$) が、これら以外は有意ではなかった ($P > 0.05$)。これらの結果から、腐肉食性甲虫の群集構造は調査

地点またはその周辺の森林の攪乱程度に対して明確に反応することが示唆された。しかし、第2軸値と樹木密度の関係を除いて、林況データ、開空度や被度との相関はなかったことから、群集は今回調査した林況データ等では示せない森林の質に反応していると考えられる。今後、この点について明らかにしていく必要がある。

今回の調査では、沖縄島に分布する腐肉食性甲虫であるネパールモンシテムシ (*Nicrophorus nepalensis*) (上野ほか, 1985) が全く捕獲されなかった。本種は、他のモンシテムシ属 (*Nicrophorus*) の種と同様に小動物の死骸をそのまま土中に埋めて繁殖用の餌としていると考えられる。筆者らは、マングース (フイリマングース: *Herpestes auro-punctatus*) がほとんど分布していない国頭村の森林内に設けた18カ所の調査プロットの全てで本種を多数捕獲している (上田, 未発表)。本研究の沖縄市での調査は、当初2013年8月に開始したが、マングースによると考えられるトラップの破壊を受けた。試行錯誤の末、屋根としてコンクリートブロックを用いることで上からの、2重の塩ビパイプを用いることで横からの攻撃を防げることがわかり、ようやく

く10月から破壊を免れて調査できるようになった。しかし、沖縄市と名護市の林内のトラップは、動物による横からの土堀りにより、外側の塩ビパイプの一部がほとんどの回収時に露わになっていて、その都度土を戻した。おそらく、マングースによる執拗な攻撃を受けていたと考えられる。このような死骸臭に対する執拗な行動から、筆者らは、沖縄市と名護市でネパールモンシテムシが欠如しているのは、マングースとの小動物死骸をめぐる競争によってネパールモンシテムシが地域絶滅していると予想している。今後、両者の分布と密度を調べることで、マングースによるネパールモンシテムシの競争排除を明らかにしていく必要がある。

捕獲消長については、総捕獲数が沖縄市では6月回収がピークの1山型、名護市が6月と12月回収がピークの2山型であった(図-4)。これは、名護市では、2山型であるオキナワエンマコガネがほとんどであったのに対し、沖縄市では8月回収に捕獲が集中したフチトリアツバコガネが、オキナワエンマコガネの減少数を上回ったため生じたものであった(図-4)。南ブラジルの亜熱帯林では、総捕獲数は1山型で、オキナワエンマコガネのような2山型の種はいないことが知られている(Hernández and Vaz-de-Mello, 2009)。ムラサキエンマコガネは6月回収がピークの増減が小さい捕獲消長を示した(図-4)。今回の調査では2月回収時にほとんど捕獲されなかった(図-4)が、国頭村では冬期に多いネパールモンシテムシを2月回収でも捕獲している(上田, 未発表)。今後、今回得られた種以外の捕獲消長を明らかにし、他の亜熱帯地域での結果と比較していく必要がある。

IV. 謝辞

本研究では、沖縄県森林資源研究センターの新垣拓也氏、沖縄県環境科学センターの古堅公氏、元沖縄県環境科学センターの工藤孝美氏と浅井信行氏に調査の助力を、倉敷ダム管理事務所と沖縄県農業研究センター名護支所には、調査地の提供をいただいた。ここに深謝する。なお、本研究の一部は沖縄振興特別推進市町村交付金(事業名:地域自然環境調査事業)による支援を受けた。

引用文献

Aguilar-Amuchastegui N and Henebry GM (2007) For Ecol Manage 253: 56-67.

- Davis AJ *et al.* (2001) J Appl Ecol 38: 593-616.
 Davis ALV *et al.* (1999) J Biogeog 26: 1039-105.
 Gibbs JP and Stanton EJ (2001) Ecol Appl 11: 79-85.
 Hernández MIM and Vaz-de-Mello FZ (2009) Revista Blasil Entomol 53: 607-613.
 伊藤正宏・青木淳一 (1983) 横浜国大環境研紀要 9: 183-196.
 Katakura H and Ueno R (1985) Jap J Ecol 35: 461-468.
 Katakura H *et al.* (1986) Bul Col Exp For Hokkaido Univ 43: 43-55.
 Lopes J *et al.* (2011) Zoologia 28: 72-79.
 McCune B and Grace JB (2002) Analysis of ecological communities, 300 pp, MjM Software Design, Gleneden Beach.
 McGeoch MA *et al.* (2002) J Appl Ecol 39: 661-672.
 MjM Software Design (2011) PC-ORD ver 6.07, Gleneden Beach.
 Nagano M and Suzuki S (2003) Edaphologia 73: 1-9.
 Nichols ES and Gardner TA (2011) In: Ecology and evolution of dung beetles. Simmons LW and Ridsdill-Smith TJ (eds). Wiley-Blackwell, West Sussex, 267-291.
 Ohkawara K *et al.* (1998) Entomol Sci 1: 551-559.
 岡部貴美子・小川みふゆ (2011) 森林総研報 10: 231-250
 沖縄県生物教育研究会 (2012) フィールドガイド沖縄の生きものたち改訂版, 287 pp, 新星出版, 那覇.
 SAS Institute (2009) JMP 8 ver 8.0.1. SAS Institute, Cary.
 Sugiura S *et al.* (2013) Biol Conserv 159: 206-213.
 鈴木誠治 (2001) New Entomol 50: 51-54.
 Trumbo ST and Bloch PL (2000) J Insect Conserv 4: 245-252
 上田明良 (2015) 森林総研報 14: 1-14.
 Ueda A *et al.* (2015) J Insect Conserv 19: 765-780.
 上野俊一ほか (1985) 原色日本甲虫図鑑 (II), 514 pp, 保育社, 大阪.
 Viegas G *et al.* (2014) Ecol Indic 36: 703-710.
 Wolf JM and Gibbs JP (2004) Urban Ecosys 7: 371-384.
 山本一清 (2008) LIA 32 ver. 0.378.
 URL: http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~shinkan/LIA_32/
 (2015年10月26日受付; 2015年12月21日受理)