
事例紹介

沖縄島ヤンバル西銘岳のイタジイ林における

ミミズ類の生息状況と土性

春木雅寛¹・尾形綾子²・中須賀常雄²

¹北海道大学総合博物館資料部, ²NPO法人 亜熱帯林研究会

Earthworm conditions and soil properties in natural *Castanopsis sieboldii* subsp. *luchuensis* stands in the Mt. Nishimedake area, Okinawa Islands

Masahiro HARUKI¹, Ayako OGATA², Tsuneo NAKASUGA²

¹The Hokkaido University Museum, Hokkaido University ²The Sub-Tropical Forest Association

要約

沖縄島北部ヤンバルの西銘岳（標高 420.1m）上部のイタジイ天然林において、尾根上部の凸形緩斜面に 15m×15m の Plot 1 調査区（標高 390m）、谷頭の凹形緩斜面に 20m×20m の Plot 2 調査区（標高 365m）を設定しミミズの生息深度と個体数の季節性、サイズ、ミミズの糞 cast を含む火山灰テフラ土壤の理化学性について 1998 年-2000 年の調査結果を示し若干の説明を加えた。ミミズはフトミミズ属の 3 種がみられたが、種の同定が困難なため 3 種を一括して調査した。成体数と未成熟な幼体数を合わせた個体数は表層 0-10cm までは 90% を越えるほど集中し季節を問わずみられた。孵化は秋に多かった。月別ミミズ個体数は環帯をもつ成体数に比べ幼体（未成熟）個体数がほぼ 2/3 と多くを占めていた。最大月の個体数は 9 月 200、2 月 152 個体/m² で、最少月の個体数は 7 月、1 月の 48 個体/m² で調査区により異なった。林床表層のミミズ糞塊（cast）や A₀ 層、土壌深度 0-10cm の A 層は有機物量、全窒素量、全炭素量、無機態窒素量などが多く、ミミズの活動・生活圏となっていた。また、交換性陽イオン（Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺）も全体的には A 層で多く B 層で減少し C 層で増加していることからミネラル分は A 層から溶脱し C 層に蓄積しているとみられる。

キーワード：イタジイ林，沖縄島，テフラ，ミミズ，ヤンバル

はじめに

沖縄島北部のヤンバル地域は奄美大島、西表島とともに世界自然遺産に登録され様々な保全保護施策が講じられている。ヤンバル地域の代表的な森林植生はイタジイ林で種々の動植物からなる森林生態系を形成している。地表より上方にある動植物に比べて地中に棲むミミズなど土壌動物は調査が困難であり不明なことが多い。ミミズは土壌の理化学性の向上に関与し、森林生態系の維持と発達に重要な役割を果たしていることが知られている（中村,1996）。本報のミミズもまたその一つでフトミミズ属の判別は外見で出来るが、それでも 1 個体ずつ体内の解剖をしなければ種レベルへの到達は困難であった。石塚（2001）

によってその後ミミズ体内の腸盲囊の形態による判別法が提唱されたが、個体毎の体内の解剖は欠かせず、著者らの調査時点では種の同定は困難であった。

著者の一人尾形 (2001) は 2 年間、ヤンバルのイタジイ林に足を運び季節毎のミミズの個体数やサイズ、成体と幼体の数についての調査を行い、生息地の土壌を採取した後、理化学性を春木とともに調べ、中須賀との議論を通してミミズ生態の一端を明らかにしようと研究を行った。ヤンバルでのフィールド調査は新種ミミズの Azama and Ishizuka (2018) や土壌についての農林省林業試験場編集 (1978)、植物体養分の Xu et al.(2000)を除いてほとんどなく、著者らは事例研究として報告し今後この方面の研究者の参考に供したいと考えた。

調査地

調査地は沖縄北部の西銘岳 (26° 49' N, 128° 16' E, 標高 420.1m) の頂上に近い尾根から延びる南東部斜面で広くイタジイ (*Castanopsis sieboldii* subsp. *luchuensis*) を主とする亜熱帯性照葉樹林が分布する (図

1)。Plot 1、Plot 2 調査区は上層ではイタジイが優勢で、十分うっ閉しており、イタジイの他にはイスノキ、オキナワウラジロガシ、イジュ、タブノキ、エゴノキなどが混生し、下層はクロヘゴなどシダ類が優勢だがタケ類のリュウキュウチクもみられる。林内はかなり鬱閉し薄暗い。Plot 1、Plot 2 はそれぞれ最大樹高 15m、18m、最大胸高直径 38.3cm、61.8cm で、胸高断面積比は 0.53、0.77 とかなり密な林分といえた。東本 (1999) によれば 1997-98 年調査による両調査区のリター

フォール量はそれぞれ Plot 1 が 4.56 t/ha/y、Plot 2 が 4.13 t/ha/y で、そのうち葉がそれぞれ 65%、61% と過半を占めた。リターフォール量は春は 3 月から増加し 4 月に大きなピークをもち、秋は 11 月にその半分程度の小さなピークをもつ。近在するヤンバルの最高峰与那覇岳の平年雨量は 3444mm である。沖縄島北部の岩盤地質は国頭累帯に属し、千枚岩、粘板岩を主とする名護層や砂岩、頁岩を主とする嘉陽層から構成され、土壌は赤黄色土壌とされている (沖縄県教育委員会,1975)。

調査方法とミミズ、土壌について

伊江林道から西銘岳頂上にのびる林内歩道沿いで、尾根上部の凸形緩斜面に 15m×15m の Plot 1 調査区 (標高 390m)、谷頭の凹形緩斜面に 20m×20m の Plot 2 調査区 (標高 365 m) を設定した。2 つの調査区は直線距離で約 265m 離れている。調査区内は樹高 2m 以上の樹木個体の樹種、胸高直径、樹高を測定した。

ミミズの生息状況については各調査区に 10m×10m のサブ Plot を 2 コ設定し、2000 年 (平成 12 年) 1 月から 12 月まで毎月、その中にそれぞれ 25cm×25cm の小方形区各 4 コ

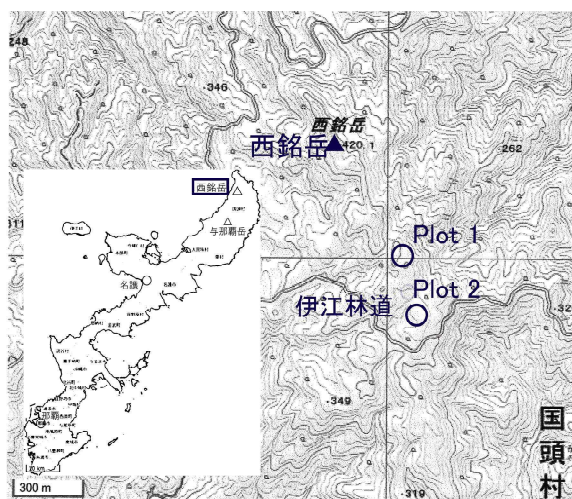


図 1 調査地位置図

を任意の場所に設けて、ミミズが生息している深さまで、深さ 5cm ごとに区分して土壌を実験室に持ち帰り、ハンドソーティング法により注意深くミミズを取り出し、個体数、体長、体幅、生重量、体色、環帯（注；個体が性的に成熟すると頭部に近い数個の体節が、帯状に体壁が膨らむ表徴）の有無などを測定記録した。個体数は 4 小方形区合計値を 1m²あたりに換算した。なお、6 月と 8 月は欠測である。

ミミズ類の世界的な分布や特徴などは中村（1996）に詳しいが、日本全土にまたがる大きな属であるフトミミズ属はこれまで種レベルの分類同定は困難とされてきた。石塚（2001）は約 20 年間、東京全域で 13,500 個体を対象として検討した結果、それまで重要視されていなかった体内の腸盲嚢が重要であることを明確にし、形態の異なる腸盲嚢 4 型での分類法を提案した。フトミミズ属は日本全国の全体的な種数はつかめていなかったが、石塚によって沖縄県での分布は 24 種とされた。またヤンバルは近年フトミミズ属の新種が記載されるなど注目されるようになった（Azama and Ishizuka,2018）。

土壌については最初に両調査区で表層から深さ約 60cm の土壌断面を観察記載した。層厚、根系の深さや土性の記載を行い、後述するミミズ類調査の試料採取とは別に、地表からの様々な深さで土壌サンプルを採取し、粗粒のデジタル顕微鏡観察を行った。テフラ（tephra、ギリシア語の“灰”の意味で地学用語。軽石、火山灰、火砕流などの総称。）認定の方法は、東(2017)の粗粒選別水洗法による。採取した 100 g 程度の土試料を水道水で洗い、粗粒を選別し、乾燥後、デジタル顕微鏡で観察し、パミス（pumice 軽石）と火山ガラス（volcanic glass）を検出した試料をテフラと認定した。パミスは通称の軽石で、噴出したマグマが強度に発泡した物質である。火山ガラスは高温のマグマが急速に冷却した非晶質の物質である。アッシュ（volcanic ash）は通称一括りに火山灰といわれ、微粒および超微粒物質は粗粒選別水洗時の濁り成分である。これにより調査 Plot の深さ 60cm までには図 2 に示したように全てテフラから成り立っており、土壌断面の C 層はテフラそのものであって、A 層、B 層は有機物の混合により出来上がったものとみられた。テフラには、起源は不明だが火山のマグマ噴出物であることを示すビー玉状の豆石も散在していた（図 2）。

土壌の理化学性調査は、2000 年 10 月と 12 月、2001 年 1 月に調査 Plot 1 と Plot 2 においてそれぞれ任意の場所に 50cm×50cm の面積で各 4 個の試坑を掘り、土壌断面の A 層は深さ 0-5cm、B 層は深さ 20-30cm、C 層は深さ 40-50cm で土壌試料を約 100 g ずつ採取し、4℃以下のクーラーボックスに入れて実験室に持ち帰った。ミミズの糞塊（キャスト cast）は A 層の上にミミズによって排出された粒状の糞塊で 1cm 前後の厚さで堆積しており、これも試料として採取した。

土壌試料の理化学性測定は定法に沿って行った（土壌標準分析・測定法委員会編, 1986）。含水比は（生土重-絶乾土重）×100/絶乾土重（%）で表した。試料土壌の全炭素量、全窒素量を CN コーダ（Yanaco MT1600）で測定し、土壌試料の絶乾重量に対する%で示した。有機物量を指標するといわれる灼熱減量は 100℃のオーブンで 24 時間乾燥させた絶乾土をマッフル炉を用いて 450℃で 4 時間灼熱し、（絶乾土重量-灼熱後の重量）×100/絶乾土重量（%）で表した。

pH（H₂O）は乾土換算で 1:2.5（生土:蒸留水）とし、ガラス電極 pH 計で測定した。無機態窒素は硝酸態窒素（亜硝酸態窒素を含む）およびアンモニア態窒素（NH₄⁺-N）について分析した。未風乾土を 2N の KCl 溶液中で 1 時間振とうして抽出し、硝酸態窒素（NO₃⁻-N）

は銅・カドミウム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法で、アンモニア態窒素は吸光光度法で測定した。測定にはブランルーベ社のオートアナライザ II を用いた。

可給態リン酸 (P_2O_5) は、トルオーグ法で風乾土を硫酸抽出液中で 30 分間振とうして浸出し、吸光光度法で測定した。交換性陽イオン (Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+) は簡易法・バッチ法を用い、風乾土を pH7.0 の 1N 酢酸アンモニウム液、および塩化ストロンチウム溶液中で 1 時間振とうして浸出し原子吸光光度計で測定した。

結果と考察

1. 林床のミミズ類の生息状況

フトミミズ属 (*Pheretima*) は体節の特徴から明らかで 3 種類のみが生息していたことが確認できたが、本調査では種類分けはあまりに困難なため行われなかった。6 月と 8 月は欠測だが月別の成体、幼体別個体数は Plot 別に示すと表 1 のとおりであった。成体と幼体を合計した個体数をみると年間を通して生息しているが月別に変化を示し、7 月に少なく秋にかけて増加しているようで、9 月は Plot 1 で 800 個体/ m^2 、Plot 2 で 528 個体/ m^2 に達していた。次に各 Plot の 1 月から 12 月までの各深度別の個体数割合 (%) は表 2 の通りで、深さ 0-5cm に最も多く、5-10cm を合わせると深さ 0-10cm にほとんど 90% 以上がみられた。10-30cm では若干数みられたただけであったが、土壌断面調査の際には深さ 40-50cm にも 1 個体みられた。なお、個体生重量は毎月の調査で変わってくるものであるが成体で 0.1~0.6g と幅があり、未成熟の幼体では 0.05~0.25g で重量では成体と重なる場合があった。どの月もミミズは幼体が大半を占め、成体は全体の 3 割程度であった。

表 1 Plot 別の月別成体、幼体個体数/ m^2

Plot 番号	Plot 1			Plot 2			
	月/成・幼体別	成体数	幼体数	合計	成体数	幼体数	合計
	1月	40	80	120	0	48	48
	2月	28	64	92	32	116	148
	3月	40	120	160	32	56	88
	4月	32	96	128	24	80	104
	5月	20	140	160	16	40	56
	7月	20	28	48	24	40	64
	9月	32	168	200	24	108	132
	10月	16	60	76	60	72	132
	11月	28	64	92	48	52	100
	12月	20	32	52	36	48	84

また、ミミズの体長と個体生重量の関係は図示しなかったが、おおよそ 10cm の体長で生重量 0.5 g であり、サイズの大きな個体は 9 月、11 月、12 月などにみられ体長 17cm、生重量 3 g を越える個体も稀にみられた。全体として体長 15cm を越える個体はそれほど多くはなかった。西銘岳付近の奥観測所の気温、与那覇岳の降水量の 2000 年調査時のデ

表 2 土壌深度別個体数の割合 (%)

土壌深度/Plot	Plot 1	Plot 2
0-5cm	82.1	80.6
5-10	9.6	16.5
10-15	4.1	2.4
15-20	2.3	0.5
20-25	0.9	0.0
25-30	0.9	0.0

一タによれば月平均気温 14~26°C、月別降水量 110~800mm で極端な乾燥月はなかったことから、地表下に棲むミミズの乾燥影響による生重量の減少はなかったとみられる。

2. 土壌の理化学性

次に Plot 1、Plot 2 の林床における各深度の土壌試料および林内各所の法面などをみると、C 層は軽石や細粒の礫がまれにみられるが、カベ状の埴質壤土であった。硬さは軟からやや堅で岩石の風化物ではなく、東 (2017) により洗水によって残った土壌試料の粗粒をデジタル顕微鏡で観察すると、微砂 (silt シルト) や粘土を多く含む厚く堆積した火山灰で、これに軽石や火山ガラスの他にビー玉状の豆石も混在したテフラであった (図 2)。この火山灰テフラは層状に厚く堆積しており、5m 以上の厚さであり、土壌表層も 60cm 以上の深部もテフラから成り立っていて、落葉落枝など有機物がミミズや土壌微生物で分解されてテフラと交じり合って土壌が生成されたとみられる。ミミズによる土壌微生物の活動を促進する効果は噴火後 20 年余を経て樹高 15m のドロノキ林が再生された有珠山での実証的な実験でも知られている (Yamaguchi・Haruki, 2003)。また今回調査区内でみられた豆石は火山爆発時のマグマ噴出物として出現するものであり、伊江林道沿い法面各所や西銘岳の山麓下部の与那の琉球大学演習林事務所付近、与那覇岳登山道入り口付近の高さ 5m

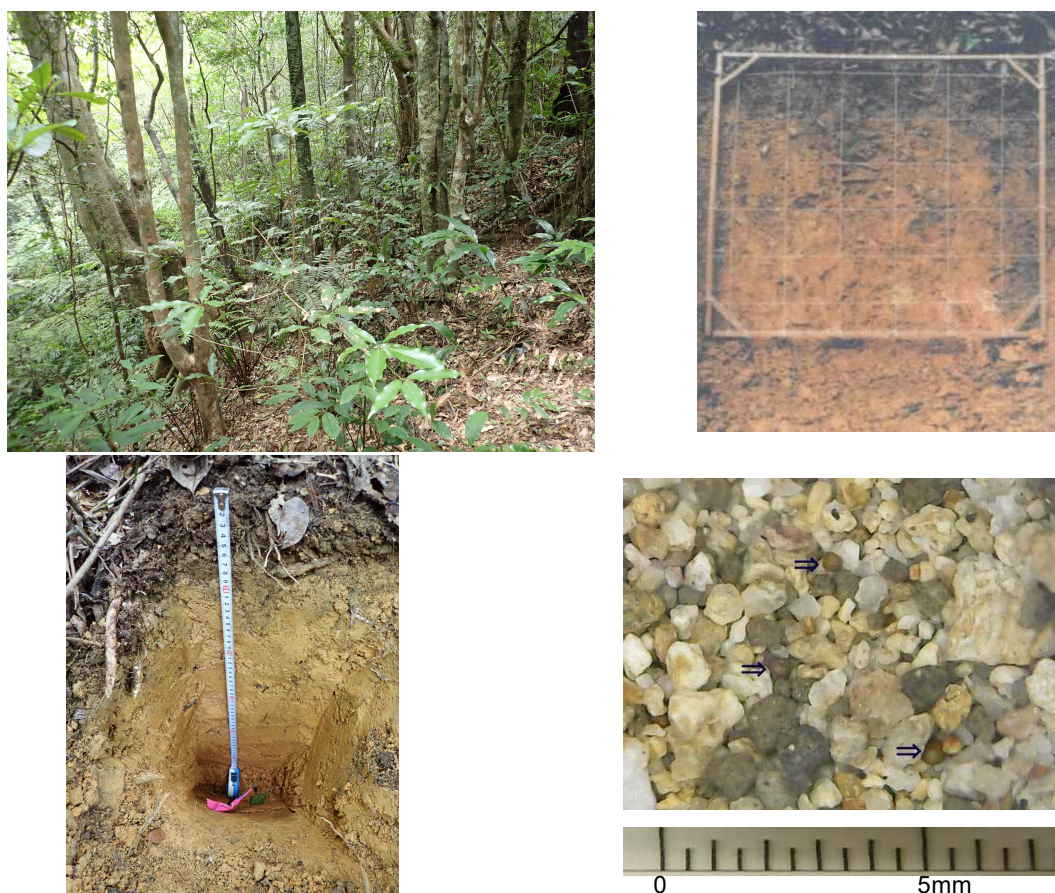


図2 Plot 2 の林相 (左上) と土壌の様子。 右上はPlot 1 の土壌断面で木枠は60cm 四方、左下はPlot 2 周辺の土壌断面。右下はPlot 2 の深度 0-5cm の土壌から約 100g を 300cc のビーカー (左) に取り分け、水道水を入れて赤色の粘土、微砂を除いていき、残った粗粒を乾かしデジタル顕微鏡写真で観察した。ほとんど軽石、火山ガラスからなり、マグマ噴火の際に出現する矢印 (⇒) の豆石も散在している。(2021.9.7 採取)。

を越える法面各所でも観察され、農林省林業試験場編集（1978）によるヤンバルの牛首山の調査で火山ガラスの堆積が示されたように、テフラがヤンバル一帯を覆っているとみられた（春木ほか,2019）。次に土壤調査試料の理化学性分析結果を述べる。

含水比；cast から B 層へ 1/4 程度と減少したが、C 層は若干減少した程度で Plot 1、Plot 2 の間に有意な差はみられなかった。

pH (H₂O)；Plot 1、Plot 2 の間に有意な差はみられなかった。両 Plot とも cast が 5.75、5.97 で最も高く、A 層で下がり C 層でやや増加した。交換性陽イオンの Ca²⁺ など塩基が上層から下層の C 層へと溶脱していることに起因している可能性がある。

灼熱減量；土壤の深度別の灼熱減量は A 層より下部の B 層や C 層は激減し 7-8% 程度であった。ミミズの糞（cast, キャスト）は 38-33% と最も高い値を示した。

全炭素；全炭素量（Total C）は A₀ 層で約 50% であった。A 層では約 10% だが、B 層では 3%、C 層では 2% と減少した。

全窒素；全窒素量（Total N）は A₀ 層で 1.5-1.6% であった。A 層では 0.7-0.8%、B 層では 0.2-0.3% へと減少した。

CN 比（C/N）；全炭素量と全窒素量の比である C/N 比は A₀ 層で約 31 とかなり高い。A 層で 15 と半減し、B、C 層で 12~15 と微生物の活動に適するといわれる 10 前後にかなり近づいた。

アンモニア態窒素（NH₄⁺-N）；cast の 180、276mg/kg（乾土）から A 層へと大きく減少し、さらに B 層、C 層と減少し 22-23mg/kg（乾土）となるが、それでも北海道中央部の野幌に残る樹高 20-30m の天然生針葉樹林、落葉広葉樹林の無機態窒素量に比べ 2 倍以上と多かった（三好ほか,2010）。

表 3 土壤分析結果一覧

測定項目	Plot/層など	A ₀ 層	Cast	A層	B層	C層
含水比(%)	Plot 1	121.30(88.61)	269.02(14.20)	127.51(20.49)	48.13(2.72)	37.92(0.95)
	Plot 2	119.99(97.69)	190.57(68.65)	107.02*	50.86*	38.87*
pH(H ₂ O)	Plot 1		5.75(0.37)	4.77(0.23)	4.73*	4.97*
	Plot 2		5.97(0.43)	4.58*	4.97*	5.11*
灼熱減量(%)	Plot 1		38.37(8.24)	24.32(4.37)	12.25(2.56)	8.37(2.57)
	Plot 2		33.49(11.90)	21.81(5.49)	13.50(0.25)	10.52(0.17)
Total C (%)	Plot 1	50.00(1.05)	25.13(2.93)	10.95(1.09)	4.32(0.92)	2.15(0.89)
	Plot 2	49.35(1.73)	30.30(4.62)	9.63(2.96)	4.75(0.36)	3.27(0.28)
Total N (%)	Plot 1	1.62(0.23)	1.27(0.14)	0.73(0.03)	0.33(0.07)	0.18(0.08)
	Plot 2	1.56(0.09)	1.35(0.22)	0.65(0.18)	0.32(0.04)	0.22(0.03)
C/N 比	Plot 1	31.47(5.02)	19.97(3.27)	14.82(0.72)	13.20(0.60)	11.79(0.57)
	Plot 2	31.67(2.77)	22.58(2.01)	14.81(0.57)	14.88(0.80)	15.20(1.33)
NH ₄ ⁺ -N (mg/kg 乾土)	Plot 1		180.17(69.03)	56.83(28.19)	26.40(2.83)	23.55(4.10)
	Plot 2		276.47(60.03)	36.72(5.94)	28.13(3.28)	22.85(3.82)
NO ₃ ⁻ -N (mg/kg 乾土)	Plot 1		13.74(10.61)	16.01(8.10)	12.77(0.30)	11.25(7.54)
	Plot 2		9.84(2.52)	15.09(7.56)	12.59(6.74)	6.52(3.61)
P ₂ O ₅ (mg/kg 乾土)	Plot 1		8.16(1.13)	8.68(1.30)	5.62(0.33)	5.54(0.52)
	Plot 2		8.72(1.07)	6.06(0.72)	5.38(0.66)	5.62(1.24)

注；() 内は標準偏差で以下の表でも同じ。* は試料が 1 点のみ。空白はデータなし。

硝酸態窒素 (NO₃⁻-N) ; アンモニア態窒素が土壤微生物による硝化作用により生成されるもので、下層にも溶脱されているようであるが、さらに詳しい調査が必要といえよう。

可給態リン酸 (P₂O₅) ; Plot 1、Plot 2 の間に有意な差はみられなかった。両 Plot とも cast が 8.16、8.72mg/kg (乾土) であるが B 層、C 層でも 5.4-5.6mg/kg (乾土) と一定程度を保っていた。

交換性陽イオンは表 4 のとおりであった。土壤中で量的に多く、かつ土壤反応に影響を及ぼすのは Mg²⁺、Ca²⁺、K⁺、Na⁺ で pH に深く関係する。

Mg²⁺ マグネシウムイオン ; Plot 1、Plot 2 の間に有意な差はみられなかった。ともに cast から下層に向かって減少し、A 層と B、C 層の間には 1% の有意な差がみられたが、B 層と C 層は 1me/100g 前後で有意な差はみられなかった。

Ca²⁺ カルシウムイオン ; cast から A 層へと激減したが、B 層でかなり増加し C 層は 17~

表 4 交換性陽イオン量

陽イオン(me/100g)	Plot	Cast	A層	B層	C層
Mg ²⁺ マグネシウム	Plot 1	8.93(0.51)	3.97(1.57)	0.91(0.35)	0.73(0.28)
	Plot 2	8.74(0.89)	2.86(1.35)	1.03(0.22)	0.98(0.57)
Ca ²⁺ カルシウム	Plot 1	20.90(11.97)	12.05(17.06)	20.31(23.00)	21.00(22.59)
	Plot 2	40.67(4.32)	2.52(1.46)	16.68(29.24)	17.26(30.59)
K ⁺ カリウム	Plot 1	3.95(0.28)	4.73(0.17)	4.52(0.33)	4.32(0.79)
	Plot 2	5.51(0.99)	4.39(0.30)	4.31(0.73)	4.14(0.45)
Na ⁺ ナトリウム	Plot 1	0.90(0.35)	1.70(0.78)	1.51(0.90)	1.64(0.98)
	Plot 2	3.88(1.32)	0.82(0.20)	1.51(1.27)	1.64(1.42)

表 5 林況・林床・ミミズ類の生息状況カード

位置		1/2.5万地形図 楚洲	
西銘岳の緯度、経度		26°48' 24.02" N, 128°16' 21.31" E	
西銘岳の海拔高(m)		420.1	
項目 \ Plot No.	Plot 1	Plot 2	
調査地の地形	尾根型緩斜面	沢型緩斜面	
土性 (A-B-C層)	埴質壤土-埴土-埴質壤土	埴土-埴土-埴質壤土	
土色 (A-B-C層)	7.5YR4/3-7.5YR5/8-5YR6/8	10YR4/3-10YR6/8-7.5YR6/8	
調査区面積	15m×15m	20m×20m	
主要樹種	イタジイ	イタジイ	
林床優占種	クロヘゴ	クロヘゴ	
調査区内樹木個体数	85	104	
最大樹高(m)	15	18	
最大胸高直径(cm)	38.3	61.8	
胸高断面積合計(m ² /ha)	76.5	52.8	
出現種数			
木本類	34	49	
草本類	4	7	
シダ類	6	11	
年間リター量(t/ha)	7.1	6.7	
リター供給の特徴	年間供給	年間供給	
主なミミズ類	フトミミズ属	フトミミズ属	
ミミズの生息土壤深度	0-20cm	0-30cm	

注 ; 土色は農林省農林水産技術会議事務局監修(1967)による。毎木調査結果と出現種数、リター量は東本(1999)による。調査区内樹木個体数は胸高直径>6cmの個体である。

21me/100g で B、C 層の間では有意な差はみられなかった。

K⁺カリウムイオン；cast と下層の A、B、C 層の間には有意な差はみられず 4～6me/100g であった。

Na⁺ナトリウムイオン；ばらつきはあるが B 層から C 層で少し増加し、1.6me/100g であった。

今回調査を行ったイタジイ林の林況とミミズの生息状況の概要は表 5 のとおりであった。

謝辞

1997-1998 年に現地で毎月の落葉リター調査を行ない、優れた修士論文を著した東本理佳子氏の基礎調査がなければ本論文をまとめることができなかった。まず同氏に深く敬意を表したい。西銘岳のイタジイ林の林相調査や毎月のミミズ生育状況調査に際して骨身を惜しまず協力して下さった 1999-2000 年調査当時の琉球大学大学院農学研究科森林生産環境学専攻の院生諸氏に深く感謝申し上げる次第である。最後に本原稿作成にあたり丁寧なご指摘をいただいた査読者の方々に厚くお礼申し上げます。

引用文献

Azama Yasufumi and Ishizuka Kotaro (2018) Three new earthworm species of the genus *Amyntas* (family Megascolecidae) from northern mountainous part of Okinawajima Island, Japan. *Edaphologia*, **103**: 25–32.

土壤標準分析・測定法委員会編 (1986) 土壤標準分析・測定法. 354pp, 博友社, 東京.

春木雅寛・東 三郎・上野和昌・中須賀常雄 (2019) テフラと沖縄本島の土壤、樹林. 平成 30 年度亜熱帯森林・林業研究会研究発表論文集, 12-20.

東本理佳子 (1999) 西銘岳における常緑広葉樹林の林分構造および主要樹木の樹種特性—落葉量の比較から—. 琉球大学大学院農学研究科修士論文 (平成 10 年度). 48pp.

東 三郎 (2017) 林床テフラ考. 77pp. (電子書籍) テフラリンサークル. 札幌.

石塚小太郎 (2001) 日本産フトミミズ属 (Genus *Pheretima* s.lat.) の分類学的研究. 成蹊大学一般研究報告, **33**,3, 1-125.

三好裕司・春木雅寛・荻原 裕 (2010) 野幌国有林の代表的な林分における土壤の化学性. 日林北支論, **58**, 67-70.

中村方子 (1996) ミミズのいる地球-大陸移動の生き証人-. 207pp. 中公新書 1298, 東京.

農林省農林水産技術会議事務局 監修(1967) 新版標準土色帖. 13pp+12 図版.

農林省林業試験場編集 (1978) 林野土壤層断面図集 3. 38pp. 日本林業技術協会, 東京.

尾形綾子 (2001) 沖縄島北部の森林におけるミミズの生態学的研究. 琉球大学大学院農学研究科修士論文 (平成 12 年度). 56pp.

沖縄県教育委員会 (1975) 沖縄県天然記念物調査シリーズ第 3 集)「与那覇岳周辺のイタジイ林について」. 29pp.

Yamaguchi Takashi and Haruki Masahiro (2003) Developing soil from nutrient-poor volcanic ash using earthworms and leaf litter. *J. Jpn. Soc. Reveget. Tec.*, **28**(3): 417-425,

Xu et al.(2000) Ecological studies on subtropical evergreen broad-leaved forest in Okinawa,Japan: litter production and nutrient input. *J. Forest Research*, **5**(3), 151-156.

令和5年度 亜熱帯森林・林業研究会研究発表論文集

令和6年3月発行

発行 亜熱帯森林・林業研究会

〒905-0012 沖縄県名護市字名護 4605-5
沖縄県農林水産部森林資源研究センター内
TEL:0980-52-2091 FAX:0980-53-3305
