

土壤動物を指標とした植生管理と生物多様性の関係

—大分大学構内における土壤動物を用いた自然の豊かさ評価—

永野昌博・後藤砂紀

Relationship between Soil Macrofaunal Diversity and
Vegetation Management on the Campus of Oita University

NAGANO, Masahiro and GOTO, Saki

大分大学教育福祉科学部研究紀要 第34巻第1号

2012年4月 別刷

Reprinted From

THE RESEARCH BULLETIN OF THE FACULTY OF

EDUCATION AND WELFARE SCIENCE,

OITA UNIVERSITY

Vol. 34, No. 1, April 2012

OITA, JAPAN

土壌動物を指標とした植生管理と生物多様性の関係

—大分大学構内における土壌動物を用いた自然の豊かさ評価—

永野昌博*・後藤砂紀**

【要旨】 大分大学旦野原キャンパスは多くの緑に囲まれているが、森林の管理放棄や過度の人為的干渉など様々な環境変化がみられる。このような環境の変化に伴う生物多様性の変化を明らかにするため、土壌環境調査と土壌動物群集を指標とした自然の豊かさ評価を植生管理の異なる5地点で行った。結果、自然の豊かさ指数は、裸地、草地、植栽林、雑木林、竹林の昇順となり、竹林が最も自然度が高いと評価された。この指数の変化は、土壌硬度と負の相関、リターの厚さと正の相関がみられた。これらのことから、土壌中の生物多様性を保全するためには、土壌が硬く踏み固められないようにする工夫、刈り草やリターを取り除かない配慮が有効であると考えられた。

【キーワード】 土壌動物 植生管理 生物多様性 環境教育 生物指標

はじめに

森を歩く足の下には、数万から数十万匹もの土壌動物が暮らしており（青木，1983）、それらは落葉や糞などの動植物の遺体や排泄物の物理的分解の多くを担っている（金子，2007）。土壌動物は、まさに陸上生態系の物質循環の要であり、土をつくり、水を貯え、植物を育て、人類を含む多くの生物の健全な生活を保全している（永野・澤島，2009）。しかし、それらは土の中で暮らしているため人目に触れることが少なく、また、多くの土壌動物はヒトの肉眼での認識が困難なほど小さいため、その存在や役割を意識する機会は少ない（新島・伊藤，1996）。

土壌動物は、小さいが故あらゆる環境で生息することを可能としており、岩ばかりの高山の山頂、砂ばかりの海岸、はたまたコンクリートで固められた都会のビルの屋上であっても、見る目をもってすれば、その姿に出会える（青木，2000）。あらゆる環境に生息している土壌動物であるが、詳しく見ると、その種類は環境によって異なり、ブナの原生林にしか生息しない種、ススキ草原にしか生息しない種、海岸の岩場にしか生息しない種、また、幅広い環境に生息できる種とさまざまである（青木，1973）。このような土壌動物の幅広い分布、種の多様性の高さ、種ごとに異なる生息環境などは、環境を指標する生物群として優れた特性と評価されている（青木，1995）。

平成23年10月31日受理

*ながの・まさひろ 大分大学教育福祉科学部生物学教室（生態学）

**ごとう・さき 大分大学教育福祉科学部人間福祉科学課程生活環境福祉コース環境分野

環境を指標する生物には植物もある。植物も上記同様の特性を備えており、かつ、肉眼で見え、動かないという調査上の利点もあり、環境アセスメントなどにおける調査事例も多い（池上ら、2011）。また、小中学校における理科、総合的な学習の時間などにおける環境調べや環境と生物の関わりなどにおいても植物や地上の昆虫を扱った授業内容が多く、土壌動物を扱った内容は極めて少ない（福田、2006）。しかし、生態系を正しく理解するためには、生産者や消費者だけでなく、分解者についての理解も必要である。また、同じスギの林でも土壌動物の組成、多様性が大きく異なることがある（Fukuyama & Ito, 1992; Watanabe, 1973）。これは、植物と土壌動物の環境への反応速度や反応する環境因子が異なるためであり、この理由からも、正しく生態系の状態を理解するためには植物や特定の化学物質や特定の環境因子だけに偏らない幅広い調査の実施が望まれる（青木、1995）。

大分大学は、「豊かな自然の中で未知の事を学ぶ楽しさを」をキャッチフレーズとしており、約 65ha ある旦野原キャンパス内には広く緑地が存在する（大分大学、2011）。しかし、構内の生物相に関する知見は僅かであり（永野・蔵淵、2011）、現在の自然状態が質的に豊かかどうかは疑問が持たれる。また、調査事例はないもの、一見して、構内の森は、かつてはクヌギ *Quercus acutissima* Carruth. やコナラ *Quercus serrata* Murray などの落葉樹が優占する典型的な暖温帯の里山林であったと思われる。しかし、現在は、大学校舎、駐車場、植栽林やシバ草地などかつての里山とは異なる様々な人為的環境が多くの面積を占めている。また一方では、里山林の管理放棄により、モウソウチク *Phyllostachys edulis* (Carrière) Houz. や常緑樹が高木層にまで侵入、優占したり、低木層にヤブツバキ *Camellia japonica* L., スズタケ *Sasa borealis* (Hack.) Makino et Shibata が生い茂ったりと、かつての人と自然が共生していた里山の生態系は、大きく変化・消失しつつある。

これらを背景とし、本研究では、大分大学旦野原キャンパス内の人為的な植生管理方法の違いに着目し、それによる土の硬さや落ち葉の量などの土壌環境、ならびに土壌動物群集を調べることによって、それらの因果関係を明らかにすることを目的と定めた。さらに、本構内の生態系の現状、生物多様性のホットスポットを明らかにすることで、今後の本構内の生物多様性に配慮した植生等の管理手法、ならびに、本構内の自然環境を活用した環境教育等のカリキュラム開発をしていくための基礎資料の作成も目的として本研究を実施した。

方法

調査地・調査日時

本調査は、大分県大分市旦野原に位置する大分大学旦野原キャンパス内で実施した。旦野原キャンパスの敷地は 646,253 m²あり、中央に配置された建物群とグラウンドを取り囲むように森林が残されている。また、建物間にもサクラ *Cerasus x yedoensis* (Matsum.) A.V.Vassil., クスノキ *Cinnamomum camphora* (L.) J.Presl などの樹木が広く植栽されており、構内の緑地面積は 300,000 m²を超える。

本構内の植生管理状況は、建物周辺の植栽林および草地は年 2 回から 3 回の草刈が行われているが、刈られた草の大部分は回収されることなく、その場に置かれたままとっている。樹木の管理は植栽林においても定期的には実施されておらず、通行に障害が起きたり、枯れて倒れそうな状態となると随時枝もしくは幹から伐採されている。それ以外の林野地に関してはほ

とんど管理されていないため、草地はススキ *Miscanthus sinensis* Andersson やセイタカアワダチソウ *Solidago altissima* L. (北米原産外来種) などの高茎草本やヤブツバキやヌルデ *Rhus javanica* L. var. *chinensis* (Mill.) T.Yamaz.などの低木が繁茂している。林地は植生からかつては人が管理していたクヌギ・コナラを優占種とする里山林であったと推察されるが、現在は、シイ類・カシ類などの常緑樹が林冠の大部分を占めていたり、モウソウチクがクヌギ林の内部まで侵入していたり、また、低木が鬱蒼と茂っていたりと荒れた状態を呈している。

本調査地は、図 1 に示した大分大学旦野原キャンパスの北西部で、経済学部棟を中点とした直径 400mの範囲内の植生管理の異なる 5 地点 (裸地 (図 1-A), 草地 (図 1-B), 植栽林 (図 1-C), 雑木林 (図 1-D), 竹林 (図 1-E)) に調査プロットを設けた。これらの植生等は表 1 に示した。裸地 (図 1-A, 図 2) は、ラグビー場の脇で、ここには、高木, 亜高木, 低木はなく、部分的にシバ *Zoysia japonica* Steud., アキメヒシバ *Digitaria violascens* Link, ギョウギシバ *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (アフリカ原産外来種), カゼクサ *Eragrostis ferruginea* (Thunb.) P.Beauv.などの数種の丈の低い草本が生育するのみで、森林からの距離も 20m以上離れていた (競技や練習に影響がないようにピ



図 1 調査地
(Google earth ver. 6 のオルソ画像を使用)



図 2 調査地 A で植生調査用プロットを作成している様子



図 3 調査地 B でリターサンプリングの様子



図 4 調査地 C



図 5 調査地 D



図 6 調査地 E



図 7 ハンドソーティング調査の様子

表1 各調査地の植生

「高さ(m)」 《本数》 【被度(%)】 〔優占種〕	裸地	草地	植栽林	雑木林	竹林
高木	—	—	—	「10」《8》【65】 〔コナラ〕	「15」《95》【85】 〔モウソウチク〕
亜高木	—	—	「8」《6》【70】 〔ヤマモモ, イチヨウ〕	「6」《9》【75】 〔ヤブツバキ, アラカ シ, モウソウチク〕	「6」《15》【30】 〔ヤブツバキ〕
低木	—	—	「2」《6》【15】 〔ヤブツバキ〕	「2」《21》【30】 〔ヤブツバキ〕	「2」《21》【35】 〔ヤブツバキ〕
草本	「0.1」【60】 〔アキメヒシバ, シ バ, ギョウギシバ, カゼクサ〕	「0.2」【95】 〔メリケンカルカヤ, ススキ, シマスズメ ノヒエ, キンエノコロ〕	「0.1」【80】 〔ツククサ, チヂミザ サ, シロバナタンポ ポ, スズタケ〕	「0.1」【5】 〔スズタケ, ヤブツバ キ〕	「0.2」【10】 〔シュンラン, ツルア リドオシ〕

* ‘—’は調査対象植物が存在しなかったことを示す。 * 草本の《本数》は調査対象から外した。

ツチから数メートル離れた隅の部分でのみ調査を実施)。草地(図1-B, 図3)は、守衛所前の草地で、C地点の植栽林に面している。ここは、景観保持のため年3回程度の草刈が行われており、高木、亜高木、低木は生育しておらず、全面的にメリケンカルカヤ *Andropogon virginicus* L. (北米原産外来種)、キンエノコロ *Setaria pumila* (Poir.) Roem. et Schult., シマスズメノヒエ *Paspalum dilatatum* Poir. (南米原産外来種)、ススキなどの草本が広がっていた。事務局管理棟前の植栽林(図1-C, 図4)は10mを超す高木はないが、植栽されたヤマモモ *Morella rubra* Lour.が亜高木層を形成していた。低木層は自然に生育したと思われるヤブツバキがみられた。林床は明るくチヂミザサ *Opilismenus undulatifolius* (Ard.) Roem. et Schult.やシロバナタンポポ *Taraxacum albidum* Dahlst., スズタケ *Sasa borealis* (Hack.) Makino et Shibataなどがみられ、その被度も80%と高かった(表1)。雑木林(図1-D, 図5)はコナラが高木層を占めていたが、長い期間人の管理が途絶えており、亜高木層にはアラカシ *Quercus glauca* Thunb., ヤブツバキ, モウソウチクが、低木層にはヤブツバキが多くみられた。雑木林の林床は暗く、草本層の被度は5%程度しかなく、その種もスズタケ, ヤブツバキなどの幼木といった耐陰性の強い種のみしかみられなかった。竹林(図1-E, 図6)は、かつては人が管理していたと思われるが、現在は一切の管理がされておらず、100 m²に15mを超すモウソウチクが95本も生えており、亜高木層、低木層にはヤブツバキが多く見られ、林床は暗く、ほとんど草本はシュンラン *Cymbidium goeringii* (Rehb.f.) Rehb.f.やツルアリドオシ *Mitchella undulata* Siebold et Zucc.など耐陰性の強い種が僅かに生育するのみであった。

調査日は、2011年の8月23日と24日の2日間に渡って実施した。8月23日はヤマモモ植栽林(C地点)の1地点を、8月24日はラグビー場草地(A地点)、守衛所前草地(B地点)、実験研究棟前コナラ林(D地点)、実験研究棟奥の竹林(E地点)の4地点を調査した。

調査方法

本調査は、永野・澤島(2009)のハンドソーティング法を用いた。この方法は、青木(1989)を改良したもので、青木(1989)が一定面積(50cm×50cmの正方形枠)内の大型土壌動物を全て採集する方法に対して、永野・澤島(2009)は、植生等が同一である区域(通常は10m×10mぐらいの範囲)のあらゆる環境から採集することを許す代わりに時間制限を設けるというものである。それ以外に関しては、青木(1989)の方法と同様に土壌を直径30cm, 網目6mm

のふるいに入れ、それを白色のビニールシートの上で振るい、そのビニールシート上の土壌動物を肉眼で見つけ、ピンセットもしくは吸虫管で採集し(図7)、80%エチルアルコールに入れて固定した。分類基準や各生物群の配点等については青木(1989)の土壌動物を用いた自然の豊かさ指数の算出方法を用いた。この指数は、調査時に採集した土壌動物の点数(評点)を加算することで求める。対象となる土壌動物は、表2に示されている32の動物群に限られており、調査時にそれ以外の動物を採集してもそれは指数計算の対象外となる。また、点数の加算は1動物群につき1回のみとなっており、クモを100匹捕まえても得点は1点にしかない。同様に、ムネアカオオアリ、クロオオアリ、サムライアリと3種のアリを採取しても‘アリ’としての1点のみしか加算されない。各動物群の点数(評点)は、その環境適度や分布特性によって、5点、3点、1点のいずれかが決められており、5点グループの多くは森林内部などの環境変動が少ない場所(いい環境)でのみ生息しているグループで、1点グループはいい環境から環境変動の激しい悪い環境まで幅広く生息しているグループで、3点グループはその中間的な環境適応能力をもつグループである。

土壌動物の同定法は、著者の永野が講義の中で調査者に伝えた。そのため、多くは調査者自身が同定を行ったが、同定困難な動物に関しては全て永野が同定した。本調査は、2人もしくは3人の班を計3班設けて行った。1調査地点につき1班1回の土壌動物を用いた自然の豊かさ指数の調査を行ったため、各調査地点とも土壌動物調査のサンプル数は3である。

環境に関する調査は、土壌硬度、土壌pH、土壌含水率、リター(落ち葉)の厚さ、リターの重量、植生の6項目について行った。土壌硬度は、山中式の標準土壌硬度計(株式会社藤原製作所製)を使って実施した。土壌pHは、野外用pH測定機(株式会社竹村製作所製eco tester PH-1)を用いて野外で測定した。土壌含水率は、リターを取り除いた地表に5cm×5cm×5cmの鋼鉄製の採土管を木槌を使って打ち込み、125cm³の定量土壌を採取し、それを研究室に持ち帰り、そのままの重量(湿重)を測定した後、恒温乾燥機で72時間60℃で乾燥させ、乾燥後の重量(乾重)を測定し、その湿重と乾重の差分により値を求めた。リターの厚さは、定規を調査地内の任意の土壌に垂直に差し込み、リター層の表面と腐植層の表面の間の距離を測定した。リターの重量は25cm²の方形枠を任意の場所に置き、その枠内の全てのリターを採取し、それを研究室の恒温乾燥機で72時間60℃で乾燥させた後の重量を測定した。土壌硬度は各調査地内の6点でサンプリングを実施し、土壌pH、土壌含水率、リターの厚さ、リター重量のサンプリングは3点で行った。同調査におけるサンプリング地点はそれぞれ3m以上の間隔を空けた。植生調査(表1)は、各調査地に縦横10m×10mの正方形のプロットを1つ設けて、その中の高木(樹高10m以上)、亜高木(樹高10m未満、5m以上)、低木(樹高5m未満1m以上)の本数(実測)とそれぞれの樹高(目測)を調べた。また、同プロット内の高木、亜高木、低木と草本(草丈1m未満)の被度(目測)とそれぞれの階層の代表的な種についても記録した。植物の学名は、米倉・梶尾(2003)を参考にした。

結果

調査地点ごとの出現動物群を表2に示す。表2の1から3の数値は出現頻度を示し、‘1’は3つの班で調査したうち1つの班でしか採集できなかったことを、‘3’は全ての班で採集されたことを表している。図8は、表2のデータから採集された合計動物群数とそのグループ組成

表 2 各調査地の出現種群

生物名	調査地					
	裸地	草地	植栽林	雑木林	竹林	
5点グループ	ザトウムシ				1	
	オオムカデ			2	1	
	貝・ナメクジ		1		1	
	ヤスデ		3	2	1	3
	ジムカデ					
	アリヅカムシ		1		1	2
	コムカデ				1	2
	ヨコエビ					
	イシノミ					2
	ヒメフナムシ				3	3
3点グループ	カニムシ		1			
	ミミズ	1		1	1	1
	ナガコムシ					
	アザミウマ		1			
	イシムカデ		2	3	2	2
	シロアリ			2	1	
	ハサミムシ	1	2		1	
	ガの幼虫	2	2	2		
	ワラジムシ		3	2	3	2
	ゴミムシ		1		2	1
ゾウムシ					1	
甲虫	2	1	1	3	2	
甲虫の幼虫	2	2	2	3	2	
カメムシ	3	1	2	1	3	
1点グループ	ヒメミミズ	1		3	3	1
	ダンゴムシ	1	2	3	2	
	クモ	3	3	3	3	3
	ダニ	2	1	2	3	3
	トビムシ	2	3	3	3	3
	アリ	3	3	3	3	3
	ハネカクシ	2	1	2	3	2
ハエの幼虫	1		3	2	2	

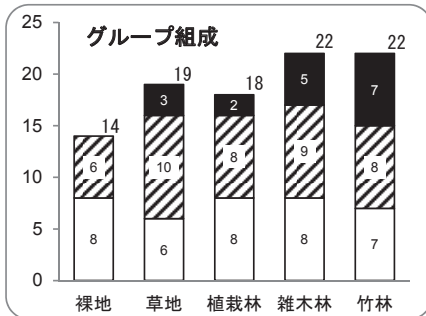


図 8 各調査地の種組成

■…5点, □…3点, □…1点のグループ
棒上の数値は各調査地の合計種群数, 棒中の数値は各グループの種群数.

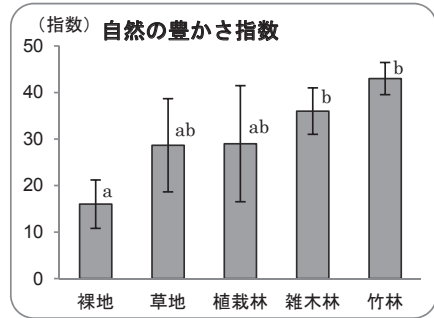


図 9 各調査地の自然の豊かさ指数

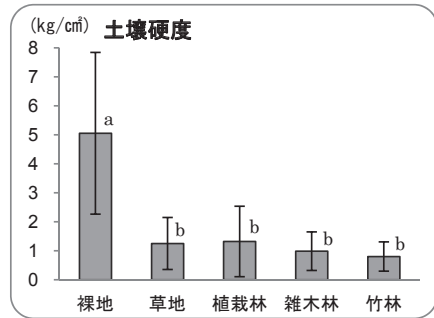


図 10 各調査地の土壤硬度

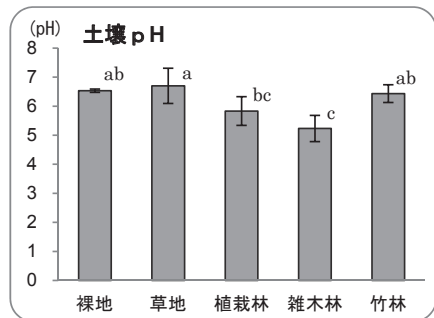


図 11 各調査地の土壤 pH

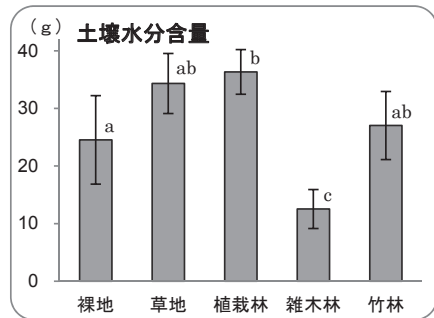


図 12 各調査地の土壤水分含量

をグラフ化したものである（出現頻度は反映していない）。これら表1と図8における特徴として、裸地では5点グループは1群も採集されず、1点グループは全8群が採集されている。草地では、5点グループのナメクジ、ヤスデ、アリヅカムシ、また、3点グループの中でも森林性のカニムシなどが確認され、植栽林よりも多くの種群が生息していた。草地でのこれらの種群はいずれも草刈後に草が積み上げられた場所から特異的に採集された。植栽林では、5点グループが2群、3点グループが8群、1点グループが全8群と5点グループ種群の出現が少なく、1点グループの出現が多かった。雑木林と竹林では、他の調査に比べて5点グループの種群が多く出現していた。

図9は、3つの班の自然の豊かさ指数の平均値を示している。図中のエラーバーは標準偏差を表し、ローマ文字は多重比較検定（Fisher's PLSD法）による危険率5%の有意差判定の結果であり、異なるローマ文字が記載されている場合はそれらの調査地間で有意な差があることを示している（図10から図14のエラーバーとローマ文字も同様）。

図9の通り、自然の豊かさ指数は、裸地<草地<植栽林<雑木林<竹林となり、裸地が最も低く、竹林が最も高い値を示した。草地と植栽林の間では班ごとの評点のばらつきが大きいこともあり、これらの地点は、いずれの地点とも有意差はなかったが、'裸地と雑木林 ($P<0.05$)'、'裸地と竹林 ($P<0.01$)'の間においては有意差が検出された。

土壌硬度の結果を図10に示す。平均値においては、裸地>植栽林>草地>雑木林>竹林となり、草地と植栽林以外においては、自然の豊かさ指数と逆の配列となった。裸地の土壌硬度は他の4地点よりも倍以上高い値を示し、多重比較検定においても他の4地点との間で $P<0.01$ の有意差が得られた。裸地以外の4地点間の差は小さく、これらの間には有意差はみられなかった。自然の豊かさ指数と土壌硬度の関係をピアソンの相関係数を用いて検証したところ、 $P<0.05$ の有意な負の相関が得られた。

土壌pHの結果を図11に示す。雑木林が裸地、草地、竹林との間で、また、植栽林が裸地との間で有意な差が検出されたが ($P<0.05$)、自然の豊かさ指数との間には有意な相関はみられなかった（ピアソンの相関係数、 $P>0.5$ ）。

125 cm³あたりの土壌水分含量を図12に示す。雑木林だけがこの値が低く、雑木林は他の全4地点との間で有意差が得られた ($P<0.05$)。自然の豊かさ指数との相関は検出されなかった（ピアソンの相関係数、 $P>0.5$ ）。

リターの厚さの結果を図13に示す。裸地<草地<植栽林<雑木林<竹林という自然の豊かさと同じ順序で、リターの厚さが増加する結果となった。このリターの厚さと自然の豊かさ指

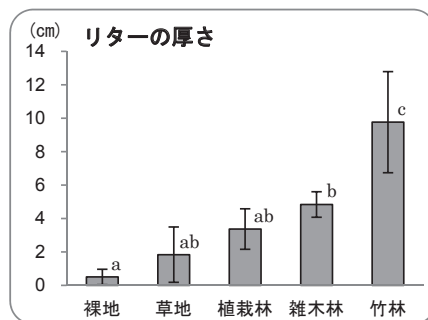


図13 各調査地のリターの厚さ

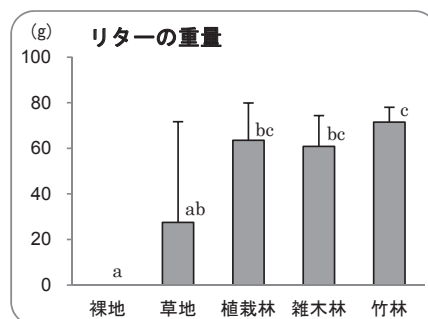


図14 各調査地のリター重量

数との間には正の相関がみられた（ピアソンの相関係数， $P<0.05$ ）。また，最もリターが厚かった竹林は，他の4地点全ての間で有意差（ $P<0.01$ ）がみられた。雑木林と裸地との間にも有意な差が検出された（ $P<0.05$ ）。

リターの重量は，草地のデータのばらつきが非常に大きく，最小値（1.5 g）と最大値（78.5 g）は，50倍以上の差がみられた。また，リターの厚さとは異なり，植栽林が雑木林よりも高い値を示した（図12）。しかし，全体的にはリター重量と自然の豊かさ指数と近似の傾向を示し，両者の間には正の有意な相関が得られた（ピアソンの相関係数， $P<0.001$ ）。

考察

本調査における自然の豊かさ指数の平均値は，図8に示したように，裸地が16.0点，草地が28.7点，植栽林が29.0点，雑木林が36.0点，竹林が43.0点であった。青木（2005）では，道路の植え込みのような環境が15点から20点，公園・校庭のような環境が25点から35点，若い雑木林や人工林のような環境が35点から45点，自然が良く保たれた自然林や社寺林のような環境が60点から75点の値になると述べている。これを基準とすると，本調査地の裸地は道路の植え込み環境と同等の点数となり，草地と植栽林は公園・校庭と同等の点数となり，これらについては，青木（2005）と適合しているといえよう。しかし，雑木林と竹林は共に若い雑木林や人工林の値の範囲となった。本調査地の雑木林も竹林も40年以上は経過した若くない林である。また，一般的な人工林の樹種であるスギやヒノキも存在してない。本調査地の雑木林と竹林の自然の豊かさ指数の結果が，一般的なそれよりも低い要因が枝打ちや下草刈りなどの里山管理がされていないためなのか，青木（2005）の指摘のように自然が良く保たれた状態に至っていないためなのかは本調査からは解明できなかった。

自然の豊かさ指数は，裸地<草地<植栽林<雑木林<竹林となった（図9）。この結果は，著者らにとっていくつか意外な結果であった。荒れた竹林は生物多様性が低くなることが知られているため（鈴木，2010），本調査では雑木林よりも値が下回ると推測していたのだが，本結果の通り，竹林が最も評点が高くなった。このような結果の要因として考えられるのが，土壌硬度，リターの厚さである。土壌硬度は，自然の豊かさ指数とは逆の順番に（図10），リターの厚さは，自然の豊かさ指数と同様の順番となり（図13），また，これらの関係には有意な相関が検出されたことから，これらの環境要因が自然の豊かさ指数を大きく左右していると考えられる。もう一つ，本調査結果が予測に反していたこととして，草地の自然の豊かさ指数が高い値を示したことである。予測では，裸地に近い値を示すと思っていたが，植栽林と並ぶ値であり（図9），出現グループ数においては，植栽林よりも高い値を示した（図8）。このように草地で高い自然の豊かさ指数が得られた要因は，本草地では草刈後の草を持ち出さずに，いくつかの場所に集めて，その場に放置していたためと考えられる。そのため，草地は平均的にはリターも薄く，リター重量も小さいが，積草場だけは，リターの厚み，リター重量の値も高く，ここでは局所的に多くの土壌動物がみられた。このことは図13のリター重量のデータのばらつきの大さをからも知ることができる。このように厚く積み上げられた枯草の中，およびその下の土の中には多くの動物が生息しており（武田，1994），草地の生物多様性のホットスポットとなっていた。また，本調査法は青木（1989）と違って，小さなコドラート（一般には50cm×50cm）内に限定せずに，同環境であれば，自由な採集を認めたこともこのような結果

が導かれた要因であろう。調査者は高い点数を得たいがため、認められた環境内のホットスポットで集中的に調査を行う。そのため、本調査法では調査地内の平均的な評点ではなく、調査地内のホットスポットの評点となってしまう。環境内のホットスポットの存在で評点が左右されることは、デメリットともいいきれない。例えば、青木（1989）のようにコドラートをつくると、どうしてもその環境の代表的な場所にそれを設置してしまうため、ホットスポットを外してしまう。また、ランダムにコドラートを設置しても、青木（1989）は通常3コドラート程度しか設置しないため、ホットスポットがコドラート内に含まれる確率は低い。そのため、青木（1989）の方法では、草刈り後の積草が環境内に残っていても、そうでなくても、評点は同じようになってしまう可能性が高い。しかし、本調査法（永野・澤島 2009）では、そのような差を検出することができる。また、森林内の環境、特に土壌動物の分布は著しく不均一であるため（青木, 1978）、コドラートを設置しない本調査法の方が、調査地の生物相をよりの確に表している可能性もある。

土壌 pH と自然の豊かさ指数の有意な関係は、本調査結果からは得ることができなかった（図 11）。古田ら（1997）の人工酸性雨による実験では、pH がミミズなどの土壌動物の生息を左右していると述べているが、野外調査においては pH と土壌動物群集との有意な相関は報告されていない（伊藤ら, 2009；松本・井上, 1987）。これらのことから、おそらく pH は土壌動物群集に何らかの影響を与えているのであろうが、それよりも土壌硬度やリターなど他の要因の影響の方をより大きく受けるため、野外調査においては pH の影響を検出することが難しいのであろう。

土壌水分含量（図 12）も自然の豊かさ指数との間に有意な相関はみられなかった。しかし、雑木林だけが他の調査地よりも低い値を示したことは興味深く思えた。本調査の実施が、雨の直後もしくは、雨の翌日に行ったため、おそらくは、土の保水力と通水力の両方の影響が表れたと推察する。そのため、裸地などの土の通水力が低い土壌は水分含量が高く、雑木林のような通水力が高い土壌は低い土壌水分含量を示したのだと考えられる。

リターの厚さ（図 13）とリターの重量（図 14）の値は、近似の傾きを示すものと予想していたが、植栽林のリター重量が厚さと比較して大きな値を示し、また、竹林のリター重量は厚さと比較して小さな値を示した。おそらくこれは、リターの質や構造に起因すると推察される。植栽林のリターは厚く重量のある常緑樹（ヤマモモ）の落ち葉が大半を占めており、竹林のリターは薄く軽いモウソウチクの落ち葉が大半を占めていた。

本調査結果を総括すると、土壌動物を用いた自然の豊かさ指数や生物多様性は、植生管理の影響を強く受けているといえるが、植生や植生管理も間接的な影響であり、より直接的な要因は土壌硬度やリターの量であると結論づけられる。このことから、生物多様性に配慮した植生管理および生態系管理の手法として、1) 刈り取った草はそのまま放置するか、まとめて積み上げた状態で放置しておく、2) なるべく人や車等の立ち入りを控え、土を踏み固めないようにすることが導かれる。しかし、刈り取った草の放置は土を肥やすため雑草の生育を助長させることに繋がり、人の立ち入り制限は人と自然との触れ合いを奪うことに繋がる。1) の刈り草の放置により草刈頻度は多少増えるが、草刈よりも労を要する刈り草集めの手間が省けるため、刈り草の放置は、作業労力を少なくでき、かつ、土壌の生物多様性を増す一石二鳥の手法といえよう。2) の立ち入り制限と自然との触れ合いの減少は、難しい問題といえよう。澤島ら（2008）も土壌の踏圧（生物多様性の減少）と観光地化の間において同様の問題を提議して

いる。著者らは、本調査地に関しては、大学構内であるため、厳しい規制は設けず、自然との触れ合いに重きを置くことが包括的には生物多様性の保全に繋がるのではと考える。しかし、自然保護区などの生態系を保全することが優先された場所においては、状況に応じた的確な対応が求められると思われる。

また、大分大学旦野原キャンパス構内の雑木林と竹林は、構内においては生物多様性が高いホットスポット的な環境といえるが、上述の通り、青木（2005）の基準に照らすと、これらも良好な自然状態とはいいきれない。これらの森林の生物多様性をより豊かにしていくためには、3）より人為的な干渉を控えて原生的な自然への遷移を促す方法と、4）より積極的に人が森林管理を行うことで里山的な自然遷移の段階に戻す方法がある。著者らの意見としては、旦野原キャンパスは近年までは里山的な自然景観の場所であったことから、それに近づけるのが当地の生物多様性の向上に繋がり、また、それは人と自然の触れ合いの場をつくることになるなどの教育的効果ももたらしてくれると思われる。よって、4）の方法を望む。しかし、その管理を行うには継続的な大きな労力と多少の資金、何よりも学内におけるコンセンサスが必要となるであろう。いつかそれらの課題を乗り越えて、生態系サービスや生物多様性の重要性、またそれを保全し続けていくことの大変さと大切さを実感できる環境ならびに授業カリキュラムの整備を目指していきたい。

謝辞

本調査の大部分は、2011年度の環境生物学Ⅱ（大分大学教育福祉科学部前期集中講義）の一環で実施したものであり、本講義を受講した釘嶋一成、白澤佳那子、藏渕友花、今村友美、立石実来、橋本美香、森文香の諸氏には多大なる協力を頂いた。大分大学教育福祉科学部の大上和敏講師には調査用具をお貸し頂いた。同学部の高濱秀樹教授には貴重な助言を頂いた。以上の方々に心より深く感謝の意を表す。

本研究は、平成23年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金（研究活動スタート支援）の支援による「ICTを活用した生物多様性を学ぶ環境教育カリキュラムの開発（研究課題番号：23830048）」の一環として実施したものである。

参考文献

- 青木淳一（1973）：土壤動物学 - 分類・生態・環境との関係を中心に - , 1 - 797, 北隆館, 東京.
- 青木淳一（1978）：打ち込み法と拾取り法による富士山麓青木ヶ原のササラダニ群集調査. 横浜国立大学環境科学研究センター紀要, 4巻, 1号, 149 - 154.
- 青木淳一（1983）：靴の下に1000匹のダニ. 自然の診断役 土ダニ（NHKブックス438）, 37 - 40, 日本放送出版協会, 東京.
- 青木淳一（1989）：土壤動物を指標とした自然の豊かさの評価. 都市化・工業化の動植物影響調査法マニュアル, 127 - 134.
- 青木淳一（1995）：土壤動物を用いた環境診断. 開発地域等における自然環境への影響予測と評価に係る基礎調査 - 調査の結果と調査法マニュアル -, 197 - 222.
- 青木淳一（2000）：都市化とダニーコンクリート建造物のコケに生息するササラダニ類一, 1 - 183, 東海大学出版会, 東京.
- 青木淳一（2005）：土の虫で自然の豊かさをはかる。だれにでもできるやさしい土壤動物のしら

- べかた, 合同出版, 73 - 83. 東京.
- 福田直 (2006) : わが国における小学校・中学校・高等学校の土壌教育の現状と展望. 日本土壌肥科学雑誌, 77 巻, 5 号, 597 - 605.
- 古田公人・久保田耕平・ムシャファ・岩本則長 (1997) : 人工酸性雨が大型土壌動物に与える影響とリターの有無. 東京大学農学部演習林報告, 98 巻, 9 - 23.
- Fukuyama K, Ito M (1992) : Succession of oribatid mites (Acari: Cryptostigmata) community in soil and in needle litter after reforestation of *Cryptomeria japonica* in Japan. Journal of the acarological society of Japan, 1(2), 113 - 126.
- 池上佑里・西廣淳・鷺谷いづみ (2011) : 茨城県北浦流域における谷津奥部の水田耕作放棄地の植生. 保全生態学研究, 16 巻, 1 - 15.
- 伊藤大輔・福永健司・吉田寛 (2009) : 緑化法面における土壌動物と環境要因との関係. 日本緑化工学会誌, 35 巻, 1 号, 206 - 209.
- 金子信博 (2007) : 土壌生態学入門 - 土壌動物の多様性と機能 -, 1 - 198, 東海大学出版会, 神奈川.
- 松本貞義・井上泰蔵 (1987) : 鶴見緑地公園における異なる植生下の土壌と土壌動物群集. 近畿大学農学部紀要, 20 号, 43 - 49.
- 永野昌博・澤島拓夫 (2009) : 土の中の生き物を調べてみよう! . 雪・森・農のめぐみとつながりを考えるシリーズ①森を支える小さな戦士～落ち葉の下の生き物たち～, サンタクリエイトシステム, 1 - 51. 新潟.
- 永野昌博・藏淵友花 (2011) : 大分大学構内におけるオオイタサンショウウオの生息状況. 大分大学教育福祉科学部研究紀要, 33 巻, 2 号, 139 - 146.
- 新島溪子・伊藤雅道 (1996) 森を支える土壌動物, 1 - 101, 林業科学技術振興所, 茨城県.
- 大分大学 (2011) : 大分大学の姿, 国立大学法人大分大学パフォーマンスレポート 2011, 3.
- 澤島拓夫・清水裕子・伊藤精悟 (2008) プナの観光地化に伴う踏圧とウッドチップマルチングが土壌動物相に与える影響. ランドスケープ研究, 71 巻, 5 号, 929 - 934.
- 鈴木重雄 (2010) : 里山における竹林の拡大. 地理, 55 巻, 9 号, 37 - 43.
- 武田博清 (1994) : 生態系生態学における群集研究 - 森林生態系を提供する「食物-住み場所」テンプレート. 森林科学, 10 号, 35 - 39.
- Watanabe H (1973) : Effect of stand change on soil macro animals, The journal of the society of forestry, 55(10), 291 - 295.
- 米倉浩司・梶田忠 (2003) 「BG Plants 和名-学名インデックス」(YList), http://bean.bio.chiba-u.jp/bgplants/ylist_main.html.

Relationship between Soil Macrofaunal Diversity and Vegetation Management on the Campus of Oita University

NAGANO, Masahiro and GOTO, Saki

Abstract

To understand the relationship between bio-diversity and human impacts, we researched vegetation, soil, litter, and soil macro fauna on

five plots in the Dannoharu campus of Oita University. The index of soil macrofaunal diversity increased in proportion to the thickness of the litter. On the other hand, a negative correlation between the index of soil macrofaunal diversity and soil hardness was indicated. These results suggest that to keep biological diversity of soil macro fauna, management to prevent the soil from becoming hard and to prevent litter from becoming thin is effective.

【Key words】 Soil macro fauna, Vegetation management, Biological diversity, Environmental education, Biological indicator.