

東京都多摩地域の生態系の解析とそれに基づく中学校用教材の開発と実践：

東京学芸大学構内、情報通信研究機構構内と八王子市中山地域を対象として

松川 正樹*¹・藤本 悠花*²・加藤 来夏*³・小野美智子*⁴・土田 直美*⁵
岡崎 正幸*⁶・清水 美緒*⁷・佐藤 健太*⁸・犀川 政稔*⁹

環境科学分野

(2015年5月22日受理)

MATSUKAWA, M., FUJIMOTO, Y., KATO, R., ONO, M., TSUCHIDA, N., OKAZAKI, M., SHIMIZU, M., SATO, K. and SAIKAWA, M.: Ecosystem analyses of three areas, Tokyo Gakugei University, National Institute of Information and Communications Technology, and Hachioji Nakayama, in Tama area, Tokyo, Japan, and their applications to teaching developments for junior high school, and their practice. Bull. Tokyo Gakugei Univ. Div. Nat. Sci., 67: 89-149. (2015) ISSN 1880-4330

Abstract

The ecosystem and the environment are watched from the angle of the environmental protection, because an environmental pollution and a destruction of an ecosystem as a global environmental problem progresses in recent years. Because the ecosystem and the environment are continued to present and the future from the past, it's important to understand those changes. Reconstruction method of quantitative analysis for paleo-ecosystem based on food-web and energy-flow models have been developed. On this study analyses and compares three present ecosystems at Tama area in west Tokyo, Tokyo Gakugei University, National Institute of Information and Communications Technology (NICT), and Hachioji Nakayama with using the above method. In a campus of NICT, a copse in Musashino forested from the Edo Period which is lost by development in recent years is left for there at wide area. It is suitable for understanding an ecosystem of a copse in Musashino forested from the Edo Period. A campus of the Tokyo Gakugei University is represented by the ecosystem of a copse of Musashino altered artificially, and Nakayama area in Hachioji is represented by typical satoyama ecosystem. An ecosystem of Nakayama area in Hachioji consists of more abundant animal species than other two, and its food-web structure is more complicated than other two. We showed that an artificial alternation of the ecosystem admitted at Tokyo Gakugei University becomes the factor towards which the living number of individuals and a dominant species can be prejudiced. Then, teaching materials for middle schools to understand an ecosystem taking the Nakayama area in Hachioji, Tokyo as instance are developed, and the class of the ecosystem using typical satoyama ecosystem in an area was practiced in the Nakayama middle school, Hachioji, Tokyo. Beside, the teaching materials classified by a presence of experience of an ecosystem analysis were developed and the class was practiced so that every teacher could teach. And teaching material and methods were evaluated and considered.

-
- * 1 東京学芸大学 広域自然科学講座 環境科学分野 (184-8501 小金井市貫井北町4-1-1)
 - * 2 東京学芸大学教育学研究科 理科教育専攻 (現・慶應義塾横浜初等部 225-0012 横浜市青葉区あざみ野南3-1-3)
 - * 3 東京学芸大学自然環境科学専攻 (現・東京都立第一商業高等学校 150-0035 渋谷区鉢山町8-1)
 - * 4 東京学芸大学理科選修 (現・横浜市立師岡小学校 223-0057 横浜市港北区師岡町987)
 - * 5 東京学芸大学自然環境科学専攻
 - * 6 東京学芸大学理科選修 (現・成城学園初等学校 157-8522 世田谷区祖師谷3-52-38)
 - * 7 東京学芸大学理科選修 (現・東京都小平市立小平第二小学校 187-0042 小平市仲町310)
 - * 8 東京学芸大学教育学研究科 理科教育専攻 (現・東日本旅客鉄道株式会社)
 - * 9 東京学芸大学 広域自然科学講座 環境科学分野 名誉教授 (184-8501 小金井市貫井北町4-1-1)

Keywords: terrestrial ecosystem, Musashino copse ecosystem, satoyama ecosystem, teaching development, practical study, quantitative analysis

Department of Environmental Sciences, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

要旨： 近年、環境汚染などの地球環境問題や生態系の破壊が進行し、環境保護の観点から、生態系や環境が注目されている。生態系や環境は、過去から現在、そして未来へ継続するものであるから、それらの変遷を理解することは重要である。Matsukawa et al. (2006) は、食物網とエネルギー流に注目し、定量的に古生態系を復元する方法を考案した。本研究では、彼らの手法を用い、東京都多摩地域の3地域（独立行政法人情報通信研究機構（NICT）、国立学校法人東京学芸大学と八王子市中山地域）の生態系を解析し、比較する。情報通信研究機構内には、近年開発により失われつつある江戸時代から植林された武蔵野台地の雑木林が広い区画で残されている。この区画は、武蔵野台地の雑木林からなる生態系を理解するのに適する。東京学芸大学は人工的に改変された武蔵野台地の生態系で、また八王子市の中山地域は典型的な里山生態系である。これら3つの生態系を比較することにより、八王子市の中山地域の生態系は、2つの生態系よりも生息する動物種が豊富であり、食物網構造が複雑であることを示した。また、東京学芸大学で認められる生態系の人工的改変は、生息個体数や優占種を偏らせる要因になることを示した。

また、本研究では八王子市中山地域を例として生態系を理解するための中学校用の教材を開発し、東京都八王子市立中山中学校において地域の里山を用いた生態系の授業を実践した。さらに全ての理科教員が指導することができるよう、生態系解析の経験の有無によって区別した教材を開発し、これについても授業を実践した。そして、それぞれの実践後に教材と指導方法について検討した。

1. はじめに

近年、環境汚染や自然破壊が進行しており、自然保護などの観点から自然環境や生態系が注目されている。しかし、現在の生態系は過去から引き継がれたものであるため、それらを十分理解するためには、過去や現在の生態系を解析し、復元することが重要である。生態系内で、循環し続ける物質とは異なり、エネルギーは熱に変換され循環することができない。そのため、エネルギー流という観点をを用いることが生態系を正確に把握するために重要である。

この概念に基づいて、Matsukawa et al. (2006) は、過去の生態系を復元するために、先行研究の問題点を解決した新しい生態系モデルを考案した。また、松川ほか (2005) は、Matsukawa et al. (2006) の基礎となった生態系解析モデルを現世の東京学芸大学構内の生態系に適用し、その信頼度や方法論について議論した。しかし、東京学芸大学構内は人工的に作られた環境であり、自然のままの生態系とは異なる。そのため、本研究では、人工的に作られた東京学芸大学構内の生態系と八王子市中山地域の里山生態系を再解析し、さらに人工的に改変されていない武蔵野台地の雑木林の環境を有する東京都小金井市の情報通信研究機構（NICT）内の生態系を解析した。そして3つの生態系

の比較から、立地条件と人工的改変が生態系に与える影響について考察する。また、中山地域では、Matsukawa et al. (2006) で考慮されなかった腐食者系も含めて、生態系を解析した。

生態系に対する社会的な注目が高まっているにも関わらず、学校では自然観察に基づき生態系を扱う授業がほとんど実施されていない問題点が挙げられる。そこで、本研究では八王子市中山地域の生態系を用いて、生徒の観察活動を基に、生態系を理解する教材を開発し、実践する。さらに、食物網とエネルギー流モデルに基づく生態系解析の経験のない教員が授業できるような教員用教材を作成する。そして、それらの教員による授業実践を実施し、評価・検討する。

2. 生態系の解析方法

2. 1 生態系の解析について

生態系とは、生物群集と非生物的環境をエネルギーと物質の流れにより関連付けた一つのシステムである (Begon et al., 1999)。物質は、生物に消費・放出されても、他の生物に利用されることで生物群集と非生物的環境の中を循環し続ける。それに対して、エネルギーは一度しか生態系を流れず、呼吸などのように熱として放出されると二度と生物に利用されることはない。

従って、生態系を正確に把握するために、エネルギー流という観点をを用いることは重要である。

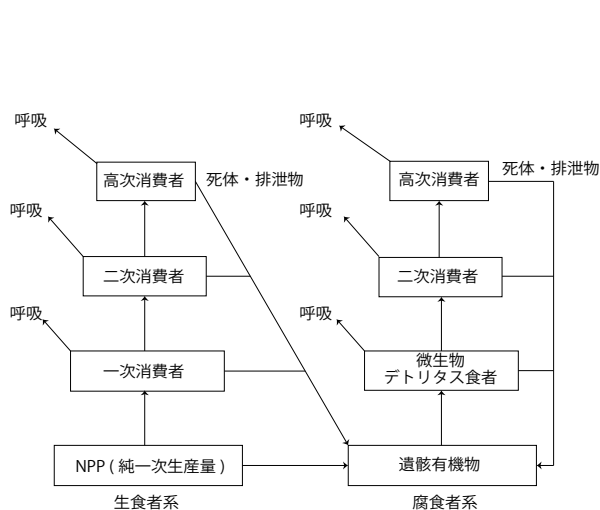
Matsukawa et al. (2006) は、地層や産出した化石から当時の環境や食物網構造をモデル化し、エネルギー流を解析して古生態系を定量的に捉える方法を開発した。柗原ほか (2004) と松川ほか (2005) は、古生態系と現世の生態系について食物網とエネルギー流モデルに基づき、過去と現在の生態系を解析し、比較・議論し、方法の妥当性を検討した。それにより、生態系内に存在する動物各種の生体量や個体数の見積りと、時代や地域の異なる生態系の比較が可能となった。

Matsukawa et al. (2006) に基づく生態系解析モデルでは、植物による純一次生産力 (NPP) を基とする生食者系と、生物の排泄物や死骸などの遺骸有機物 (DOM) を基とする腐食者系の二つの系が含まれる (第1図)。しかし、柗原ほか (2004)、松川ほか (2005) と Matsukawa et al. (2006) では、化石からは推定し難い腐食者系については考慮されていない。本研究では、Matsukawa et al. (2006) の手法に基づいて生食者系の解析のみを行い、三つの地域についての比較を行った。しかし、腐食者系が生食者系に与える影響を考慮するという観点から、八王子市中山地域の里山の生態系に関しては、生食者系と腐食者系の両方を解析し、腐食者系が生食者系に与える影響について議論する。

2. 2 食物網の推定

生態系を解析するためには、食物網構造を把握する必要がある。そのため、生態系内に生息する動植物各種を確認し、食性から階層構造をモデル化する。

2. 3 純一次生産量 (NPP=Net Primary Producer) と変換効率



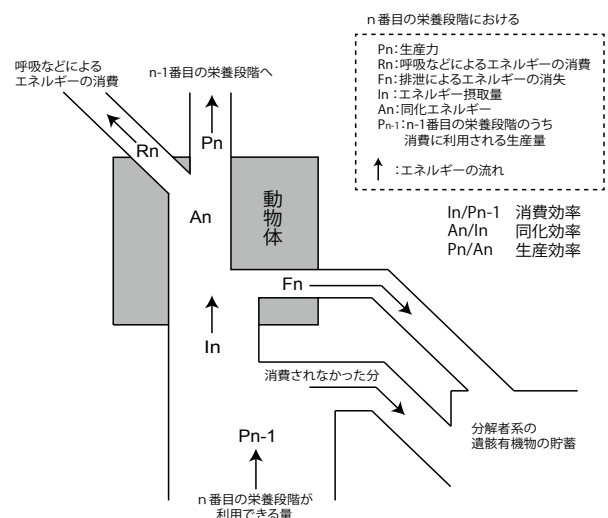
第1図 陸上生態系の栄養段階構造とエネルギー流の一般化モデル。Heal and MacLean (1975) を改変。

純一次生産量 (NPP) とは、植物が生産した有機物量から植物自身が呼吸などにより消費した有機物量を除いたエネルギー量のことである。Whittaker (1975) によると、NPPは植物の植生から見積もられ、単位面積・単位時間あたりに生産される植物の乾重量で表される。本研究では、生産量をエネルギーの単位として扱うため、Whittaker (1975) による、乾重量 1 g 当たり 4.25 kcal の熱量を乗じ、さらに 4.2 を乗じて kJ へ変換した。これにより、生態系内の NPP が推定される。

生産されたエネルギーはそのすべてが利用できるわけではなく、ある栄養段階を通過する際には、必ずエネルギーの損失が生じる。生体内に取り込まれてから放出するまでに損失するエネルギーは、3つの変換効率により見積もることができる。上位の栄養段階の生物により食べ残された部分を除いた割合の消費効率 (CE = Consumption efficiency)、消費者が摂取したエネルギーのうち排泄されたエネルギーを除いた割合の同化効率 (AE = Assimilation efficiency)、同化されたエネルギーのうち、呼吸や体温調節などによって消費される部分の割合の生産効率 (PE = production efficiency) である。ある栄養段階から次の栄養段階へと移行するエネルギーの損失は全体として、 $CE \times AE \times PE$ で算出することができる。これらの変換効率は、Begon et al. (1999) と Heal and MacLean. (1975) が示した変換効率に基づく (第2図)。

2. 4 動物の体重と所要エネルギー量

生態系内のエネルギーに着目して生態系を復元することが、生態系を定量的に捉える上で最も重要である。所要エネルギー量とは、生物が生きていくために必要なエネルギーのことである。本研究での所要エネルギー



第2図 ある栄養段階の一つの生体を通るエネルギー流のパターン。Begon et al. (1999) を改変。

ギー量の見積りは、Matsukawa et al. (2006) と柊原ほか (2004) の式を用いる (第1表)。なお、動物各種の体重や食性、代謝型については、日高 (1996監修) による。

第1表 動物の所要エネルギー量要求式. 柊原ほか (2004) を改変. Wは体重[kg]

動物の種類	単位	式
草食哺乳類	kJ/day	$Ed = 2 \times (70 \times W^{0.75}) \times (1/0.5) \times 4.2$
肉食哺乳類	kJ/day	$Ed = 2 \times (70 \times W^{0.75}) \times (1/0.8) \times 4.2$
鳥類	kJ/day	$Ed = 2 \times (78.3 \times W^{0.723}) \times (1/0.5) \times 4.2$
外温性肉食動物	kJ/day	$Ed = 2 \times (70 \times W^{0.75}) \times (1/0.8) \times 0.15 \times 4.2$

2. 5 エネルギーの分配と生息許容個体数の推定

ある栄養段階に移行してきたエネルギーは、同じ栄養段階に属する生物各種の存在比と所要エネルギー量に応じて配分される (柊原ほか, 2004; Matsukawa et al., 2006)。各分類群に分配されるエネルギー量は、分類群ごとの観測個体数と所要エネルギー量の積を求め、それらの比により見積もることができる。例えば、ある栄養段階にA種とB種が存在した場合、それらの個体数がaとb、それらの所要エネルギー量が α と β 、この栄養段階に利用できるエネルギー量を ε と仮定すると、A種の利用できるエネルギー量 E_A は、

$$E_A = \varepsilon \times \frac{a \alpha}{(a \alpha + b \beta)}$$

で算出できる。この式により、各分類群に分配される年間の総エネルギー量が見積もられ、この値を各分類群の一個体の所要エネルギー量で除すれば、設定した生態系の面積に存在可能な生物の個体数が算出される。この方法で、上位の栄養段階へ移行したエネルギー量についても同様の計算を繰り返すことで、各分類群の生息許容個体数が見積もられる。

3. 調査地の概要

本研究の対象となる調査地は東京学芸大学、八王子市中山地域と情報通信研究機構 (NICT) の3ヶ所である。東京学芸大学構内は人工的に作られ、常に整備されている都市公園 (人工林) と同様の環境であり、自然のままの生態系とは異なる。さらに、八王子市中山地域に位置する多摩丘陵の生態系は、近年住宅地などの開拓により人の手が加えられながらも、豊かな自然を残し野生生物も多く生息している場所である。一方、情報通信研究機構 (NICT) は人工的な改変がされていない武蔵野台地の雑木林の環境である。そして

これら3つの生態系の比較から、立地条件と人工的改変が生態系に与える影響について考察する。

4. 情報通信研究機構内の動植物種

情報通信研究機構 (NICT) は、東京都小金井市の西端に位置する独立行政法人である (第3図)。周囲は住宅街、東京学芸大学と接するが、敷地内部には、江戸時代から植林されてきた武蔵野台地の雑木林が維持された広い区画を持つ。この区画は、武蔵野台地の雑木林からなる生態系を理解するのに適する。敷地内の総面積は約60,800 m²である。東京学芸大学構内の総面積は314,576 m²であるので、生態系解析の対象地域は東京学芸大学構内の20%ほどの面積となる。建築物、雑木林、竹林、グラウンドが主な環境となっており、様々な動植物種が存在する。



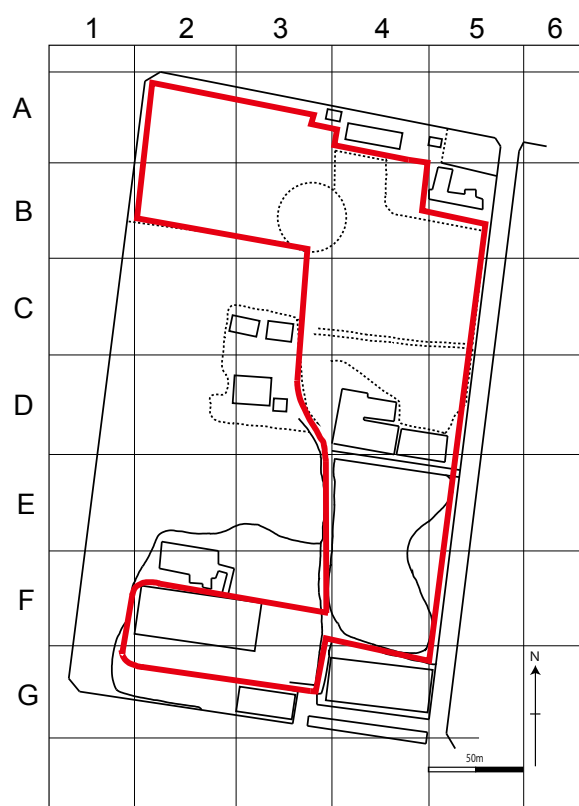
第3図 東京都における情報通信研究機構、東京学芸大学と八王子市中山地域の位置。

4. 1. 1 植生

調査地域を50m×50mのグリッドで分割し、34の区画を設定し、区画内部の植生を調査した (第4図)。調査にあたり、草本は標準和名、存在頻度、写真撮影に基づく諸形質を記録し、樹木は標準和名、本数、幅、高さ、写真撮影に基づく諸形質を記録した。その結果、草本は52科116属151種、樹木は53科90属117種を確認した (資料1-1~2-4)。市街地や公園に生育する種を主とするが、キンラン (*Cephalanthera falcata*)、ササバギンラン (*Cephalanthera longibracteata*) などの、山地や雑木林に植生する種も一部確認された。特にキンラン (*C. falcata*) は、近年の雑木林の減少、人による採取により急激に個体数を減らしつつある草本で、環境省のレッドリスト (2007) では絶滅危惧Ⅱ類 (VU) に指定されている。

また、調査結果と構内地図に基づき、調査地域を「被樹木面積」、「被草本面積」、「被竹林面積」と建物や舗装道路の「植物に覆われていない地域」の4つの地域

に区分し、それらの面積を算出した。被樹木面積は32,434 m²、被草本面積は9,119m²、被竹林面積は1,160 m²、植物に覆われていない地域の面積は18,087 m²である。



第4図 情報通信研究機構構内地図（50m×50mグリッドあり）と野鳥観測調査（蛇行法）ルート。

4. 1. 2 無脊椎動物

無脊椎動物調査として、見採り法とベイトトラップ法の2種類により昆虫を採集した。見採り法は、目についた昆虫を捕虫網で採集する手法である。大型の昆虫が対象となる。採集した昆虫は毒瓶や三角紙に移して殺虫し、日高（1996監修）に基づいて種を同定した。ベイトトラップ法は、プラスチックの容器にベイト（餌の餌）を入れ、その容器の縁が地表面と同じ高さになるように地面に埋め込む手法である。採集した昆虫は、ベイトが付着しているため、水で洗淨した後に毒瓶に移して殺虫し、日高（1996監修）に基づいて種を同定した。なお、本研究の調査では、バナナをつぶし焼酎に漬け腐らせたものと、腐りかけの生肉をベイトとして用いた。

以上の調査により、51種の草食・肉食昆虫を採集・同定した（資料3-1, 3-2）。

4. 1. 3 脊椎動物

(1) 鳥類

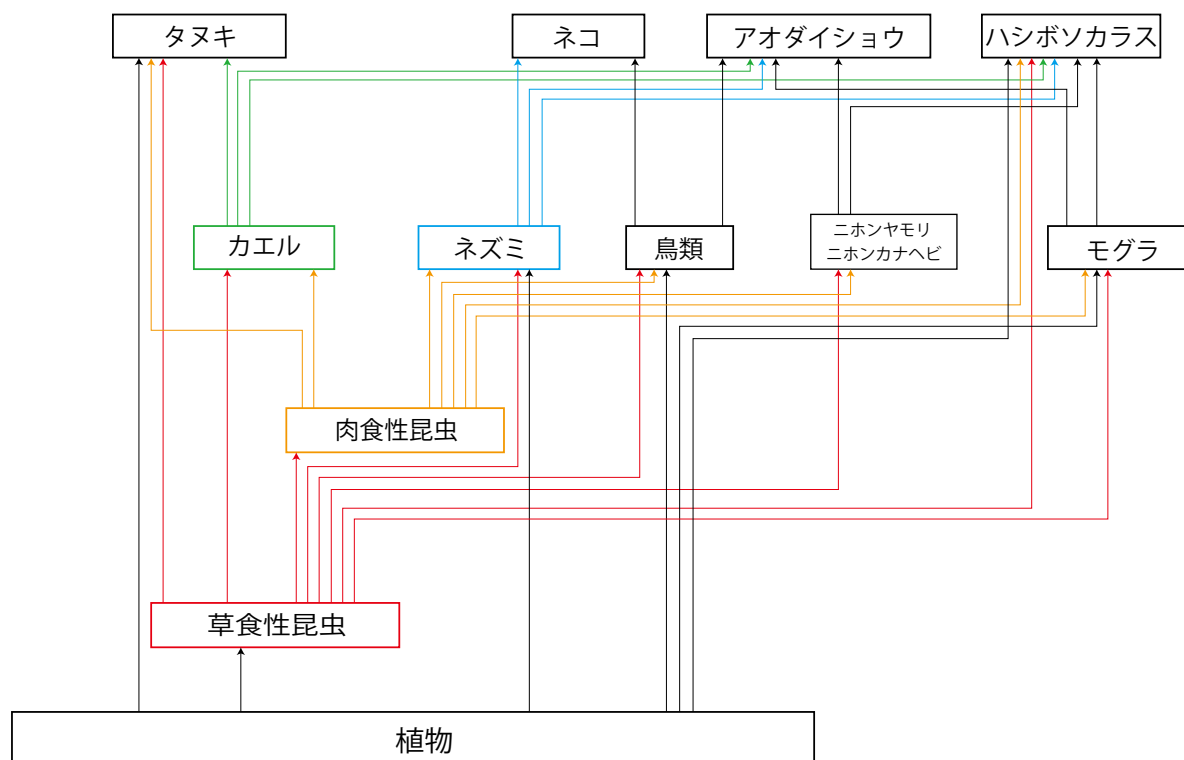
2014年6月から同年12月まで、延べ5回の野鳥の生息を調査した。全域に出現する野鳥種と個体数を把握できる蛇行（ラインセンサスまたはルートセンサス）法を用いた。蛇行法では、あらかじめ決められたルートを歩き、目視・鳴き声から、野鳥の標準和名、個体数、観察した場所を記録する。蛇行法で歩いたルートを第4図に示す。以上の調査により16科18属20種の鳥類を確認した（第2表）。市街地や公園で観察される種を主とするが、アオゲラ（*Picus awokera*）など、一部山林で観察される種を含む。また、調査地域には耕作地がない特徴から、確認された鳥類種の食性は、果実食と種子食が多い。

第2表 情報通信研究機構内における野鳥確認種.

分類群				食性
学名	標準和名	目	科	
<i>Passer montanus</i>	スズメ	スズメ	スズメ	雑食
<i>Motacilla alba (lugens)</i>	ハクセキレイ	スズメ	セキレイ	雑食
<i>Hirundo rustica</i>	ツバメ	スズメ	ツバメ	雑食
<i>Parus major</i>	シジュウカラ	スズメ	シジュウカラ	雑食
<i>Parus varius</i>	ヤマガラ	スズメ	シジュウカラ	雑食
<i>Corvus corone</i>	ハシボソカラス	スズメ	カラス	肉食
<i>Zosterops japonicus</i>	メジロ	スズメ	メジロ	雑食
<i>Hypsipete samaurotis</i>	ヒヨドリ	スズメ	ヒヨドリ	雑食
<i>Sturnus cineraceus</i>	ムクドリ	スズメ	ムクドリ	雑食
<i>Carduelis sinica</i>	カワラヒワ	スズメ	アトリ	雑食
<i>Emberiza schoeniclus</i>	オオジュリン	スズメ	ホオジロ	雑食
<i>Emberiza cioides</i>	ホオジロ	スズメ	ホオジロ	雑食
<i>Emberiza spodocephala</i>	アオジ	スズメ	ホオジロ	雑食
<i>Turdus naumanni</i>	ツグミ	スズメ	ツグミ	雑食
<i>Phoenicurus aureoreus</i>	ジョウビタキ	スズメ	ツグミ	雑食
<i>Aegithalos caudatus</i>	エナガ	スズメ	エナガ	雑食
<i>Streptopelia orientalis</i>	キジバト	ハト	ハト	雑食
<i>Dendrocopos kizuki</i>	コゲラ	キツツキ	キツツキ	雑食
<i>Picus awokera</i>	アオゲラ	キツツキ	キツツキ	雑食
<i>Bambusicola thoracica</i>	コジュケイ	キジ	キジ	雑食

(2) 兩生類, 爬虫類, 哺乳類

両生類はカエル (*Anura* sp.), 爬虫類はニホンヤモリ (*Gekko japonicus*), ニホンカナヘビ (*Takydromus tachydromoides*) とアオダイショウ (*Elaphe climacophora*), 哺乳類はネコ (*Felis* sp.) とタヌキ (*Nyctereutes procyonoides*) を確認した。また, モグラ (*Mogera* sp.) の穴を確認した。さらに, 本研究では, 夜行性動物の調査として, 赤外線センサーとデジタルカメラを接続した装置によ



第5図 情報通信研究機構内の食物網モデル（3種以上に捕食される動物種のエネルギー流は色別で示す）。

り、夜間のタヌキ (*Nyctereutes procyonoides*) の写真撮影に成功した。

4. 2 情報通信研究機構内の生態系解析

4. 2. 1 食物網構造

本研究の調査で生息を確認した動物は、昆虫 (Insecta gen. et sp. indet.), カエル (*Anura* sp.), ニホンヤモリ (*Gekko japonicus*), ニホンカナヘビ (*Takydromus tachydromoides*), アオダイショウ (*Elaphe climacophora*), 鳥類 (Aven gen. et sp. indet.), モグラ (*Mogera* sp.), ネズミ (*Mus* sp.) ネコ (*Felis* sp.), タヌキ (*Nyctereutes procyonoides*) である。これらの動物種の食性は日高 (1996監修) に基づく。推定した食物網を第5図に示す。なお、鳥類 (Aven gen. et sp. indet.) については、ハシボソガラス (*Corvus corone*) が植物、昆虫、二次消費者であるネズミ (*Mus* sp.) とカエル (*Anura* sp.) を食すことに対し、他の鳥類は植物と昆虫のみを食すので、食物網においては他の鳥類とは別の生物種として扱う。

4. 2. 2 生態系の解析

動物各種の所要エネルギー量を求め、食物網構造に基づいて、エネルギー流により生態系を解析する。雑食鳥類 (Omnivorous birds) に関しては、種が多様で体重も種により大きく異なるため、ハト大のもの、ム

第3表 情報通信研究機構に分布する雑食鳥類の体重別の分類

分類	体重[g]	標準と名	学名
ハトくらい	300	キジバト	<i>Streptopelia orientalis</i>
		コジュケイ	<i>Bambusicola thoracica</i>
ムクドリくらい	100	ヒヨドリ	<i>Hypsipetes amaurotis</i>
		ムクドリ	<i>Sturnus cineraceus</i>
		ツグミ	<i>Turdus naumanni</i>
		アオゲラ	<i>Picus awokera</i>
スズメくらい	25	スズメ	<i>Passer montanus</i>
		ハクセキレイ	<i>Motacilla alba (lugens)</i>
		ツバメ	<i>Hirundo rustica</i>
		シジュウカラ	<i>Parus major</i>
		ヤマガラ	<i>Parus varius</i>
		カワラヒワ	<i>Carduelis sinica</i>
		オオジュリン	<i>Emberiza schoeniclus</i>
		ホオジロ	<i>Emberiza cioides</i>
		アオジ	<i>Emberiza spodocephala</i>
		ジョウビタキ	<i>Phoenicurus auroreus</i>
		エナガ	<i>Aegithalos caudatus</i>
		コゲラ	<i>Dendrocopos kizuki</i>
スズメより小さい	10	メジロ	<i>Zosterops japonicus</i>

第4表 情報通信研究機構内の生態系の計算に用いた規定値と計算値.

	単位	値	データ
総面積	m ²	60,800.00	調査結果
建築面積	m ²	11,775.00	調査結果
総面積－建築面積	m ²	206,455.00	
被樹木面積	m ²	32,434.00	調査結果
被草本面積	m ²	9,119.00	調査結果
被竹林面積	m ²	1,160.00	調査結果
単位面積あたりでの被樹木のNPP	kJ/m ² /y	22,312.50	Whittaker,1975
本地域全域での被樹木のNPP	kJ/y	723,683,625.00	
単位面積あたりでの被草本のNPP	kJ/m ² /y	10,710.00	Whittaker,1975
本地域全域での被草本のNPP	kJ/y	97,662,490.00	
単位面積あたりでの被竹林のNPP	kJ/m ² /y	10,710.00	Whittaker,1975
本地域全域での被竹林のNPP	kJ/y	12,423,600.00	
本地域全域における一次生産量	kJ/y	833,771,715.00	Whittaker,1975
樹木の一次消費効率	ratio	0.05	Whittaker,1975
草本の一次消費効率	ratio	0.25	Whittaker,1975
耕作地の一次消費効率	ratio	0.25	Whittaker,1975
樹木の一次消費量 (A)	kJ/y	36,184,181.25	
草本の一次消費量 (B)	kJ/y	24,416,122.50	
耕作地の一次消費量 (C)	kJ/y	3,105,900.00	
草食動物の一次消費量 (A+B+C)	kJ/y	63,706,203.75	
草食動物の同化効率	ratio	0.50	Heal&MacLean,1975
草食動物の生産効率	ratio	0.02	Heal&MacLean,1975
草食動物の二次生産量	kJ/y	637,062.04	
肉食哺乳類の二次消費効率	ratio	0.75	Begon.et.al.,1999
肉食哺乳類の二次消費量	kJ/y	477,796.53	
植物に対する昆虫の消費効率	ratio	0.05	Heal&MacLean,1975
昆虫の消費量	kJ/y	41,688,585.75	
昆虫の同化効率	ratio	0.40	Heal&MacLean,1975
昆虫の生産効率	ratio	0.40	Heal&MacLean,1975
昆虫の生産量	kJ/y	6,670,173.72	
上位消費者の昆虫に対する消費効率	ratio	0.05	Heal&MacLean,1975
上位消費者の昆虫に対する消費量	kJ/y	333,508.69	

クドリ大のもの、スズメ大のもの、スズメより小さいものの4種類に分け(第3表), 計算する。また, 作成された食物網には雑食動物種が多く存在する。雑食動物の食性の割合は, 種により異なる。従って, それぞれの食性から得るエネルギー量を割合に応じて計算する必要がある。

例えば, 二次消費者の鳥類の食性の割合において, 動物(昆虫)と植物の比率が6:4の場合, 二次消費

者の鳥類が利用可能な動物と植物のエネルギーのうち, 植物から6割, 動物から4割のエネルギーを得ていることになる。そこで, 鳥類の所要エネルギー量を算出する際には, 6割を草食のエネルギー量要求式で算出し, 4割を肉食のエネルギー量要求式で算出する。各栄養段階の各動物種へ分配されるエネルギー量は, 配分方法の式に従い計算する。また, 動物各種が一段階前の栄養段階から得るエネルギー量と二段階以上前

第5表 Heal and MacLean (1975) の仮想的な草原群集におけるNPP100kcal/m²あたりの従属栄養生物による同化効率・生産効率.

			同化効率	生産効率
生食者系	脊椎植食動物	Hv	0.5	0.02
	無脊椎植食動物	Hi	0.4	0.4
	脊椎肉食動物	Cv	0.813	0.023
	無脊椎肉食動物	Ci	0.794	0.296
腐食者系	デトリタス食者	D	0.2	0.4
	微生物	M	1.0	0.4
	微生物食者	Mi	0.3	0.4
	脊椎肉食動物	Cv	0.732	0.033
	無脊椎肉食動物	Ci	0.802	0.298

第6表 情報通信研究機構内の生態系の食物網における脊椎動物各種の食性の配分.

分類群		食性	栄養段階	食性の配分					
				植物	昆虫	カエル	鳥類	ネズミ	モグラ
<i>Anura</i> sp.	カエル	肉食	二次消費者	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Elaphe climacophora</i>	アオダイショウ	肉食	二次消費者	0.0	0.0	0.5	0.2	0.3	0.0
Omnivorous Birds(very small)	鳥類 (スズメより小)	雑食	二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Omnivorous Birds(small)	鳥類 (スズメ)	雑食	二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Omnivorous Birds(middle)	鳥類 (ムクドリ)	雑食	二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Omnivorous Birds(large)	鳥類 (ハト)	雑食	二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Corvus corone</i>	ハシボソガラス	雑食	二次消費者	0.2	0.3	0.2	0.0	0.2	0.1
<i>Mogera</i> sp.	モグラ	雑食	高次消費者	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Mus</i> sp.	ネズミ	雑食	高次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Felis</i> sp.	ネコ	肉食	高次消費者	0.0	0.0	0.0	0.4	0.6	0.0
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	タヌキ	雑食	高次消費者	0.5	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0

第7表 情報通信研究機構内の生態系の脊椎動物種の観測個体数と計算結果および観測個体数と推定個体数の誤差率.

分類群		観測 個体数 (A)	食性	体重 (kg)	1 個体の 年間所要 エネルギー量 (kJ/y)	観測種全体の 年間所要 エネルギー量 (kJ/y)	観測種ごとの エネルギー 配分量 (kJ/y)	推定 個体数 (A')	誤差率 (A'/A)
<i>Anura</i> sp.	カエル	20	肉食	0.01	1,273	25,451	3,105	2	0.10
<i>Takydromus tachydromoides</i> , <i>Gekko japonicus</i>	ニホンカナヘビ, ニホンヤモリ	10	肉食	0.005	0.49	5	1	1	0.10
<i>Elaphe climacophora</i>	アオダイショウ	2	肉食	0.2	39,856	79,712	3,741	1	0.50
Omnivorous Birds(very small)	鳥類 (スズメより小)	6	雑食	0.01	14,614	87,687	620,416	43	7.17
Omnivorous Birds(small)	鳥類 (スズメ)	36	雑食	0.025	28,346	1,020,460	7,220,128	255	7.08
Omnivorous Birds(middle)	鳥類 (ムクドリ)	33	雑食	0.1	77,229	2,548,571	18,032,075	234	7.09
Omnivorous Birds(large)	鳥類 (ハト)	6	雑食	0.3	170,900	1,025,399	7,255,071	7	1.17
<i>Corvus corone</i>	ハシボソガラス	7	雑食	0.6	232,309	1,626,160	4,694,207	20	2.86
<i>Mogera</i> sp.	モグラ	3	雑食	0.1	56,294	168,882	697,318	12	4.00
<i>Mus</i> sp.	ネズミ	10	雑食	0.01	11,538	115,377	816,334	71	7.10
<i>Felis</i> sp.	ネコ	3	肉食	1	268,275	804,825	249,341	1	0.33
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	タヌキ	3	雑食	6	1,337,017	4,011,052	24,728,813	19	6.33
合 計		139	-	-	-	-	-	666	3.65

の栄養段階から得るエネルギー量をそれぞれ求める。これらの計算に用いた数値を第4, 5, 6表に示す。計算の結果は第7表に示す。

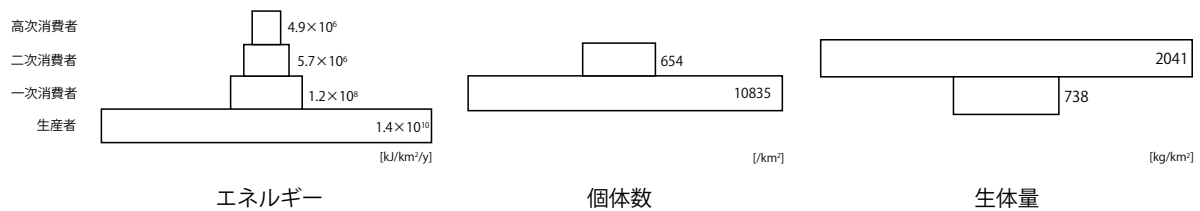
4. 2. 3 生態ピラミッド

第7表を基に, 情報通信研究機構内の生態系の生態ピラミッドを作成した(第6図)。生態ピラミッドは, エネルギー流に着目して作成した「エネルギーに基づくピラミッド」, 個体数に着目して作成した「個体数に基づくピラミッド」, 生体量に着目して作成した「生体量に基づくピラミッド」の3種類である。これらの3つのピラミッドのうち, エネルギーピラミッド, 個体数ピラミッドについては, 食物網の上位にいくに従ってエネルギーや個体数が減少し, 正常な形を示す。しかし, 生体量ピラミッドについては, 高位が下位を上回るいわゆる異常な形のピラミッド(松川ほか, 2005)である。これは, 生体量ピラミッドが体重の大きなネコ(*Felis sp.*), タヌキ(*Nyctereutes procyonoides*)

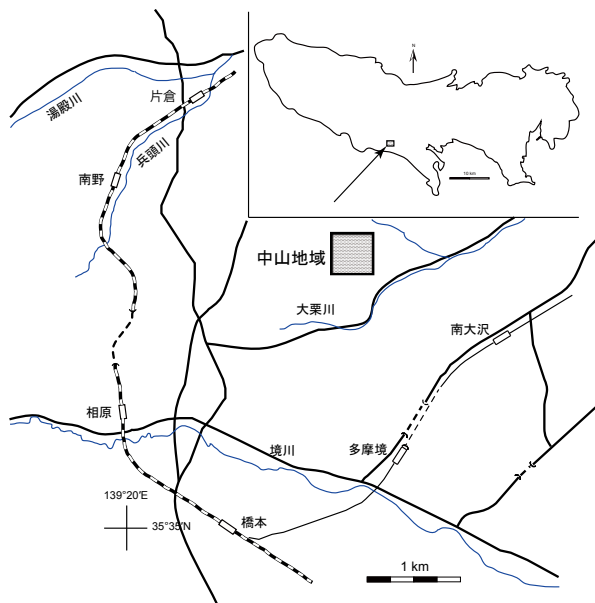
を高次消費者としてピラミッドの最上位に位置するためと解釈できる。

5. 八王子市の中山地域の里山生態系

中山地域は, 多摩丘陵の一角, 東京都八王子市の南東に位置する地域で, 八王子市立中山小学校と八王子市立中山中学校および八王子市立由木西小学校を地域内に含む(第7図)。生態系を解析する研究対象面積は約260,000 m²で, 東京学芸大学構内の約80%程度の面積である。地域内には, 竹林や雑木林, 耕作地, および小中学校の敷地があり, 開拓された住宅地が隣接する中で, 豊富な植生を維持し, 多くの野生動物が目撃されている典型的な里山生態系(第8図)である。本研究では土壌動物も含めた調査の結果から, 生食者系のみ生態系と腐食者系を含む生態系の両方を解析し, 腐食者系が生食者系に与える影響を考察した。



第6図 情報通信研究機構内の生態系の生態ピラミッド。



第7図 中山地区の位置図。



第8図 八王子市中山地域の生態系を解析した範囲。航空写真はGoogle mapから引用。

5. 1 動植物種調査

5. 1. 1 植生

調査方法は情報通信研究機構の場合と同様、第9図に示す50 m四方のグリッドを280区画設定し、植生を調査した。その結果を資料4-1~5-3に示す。中山地区も「被樹木地域」、「被草本地域」、「耕作地」、「植物に覆われない地域」の4つの地域に区分できる。樹木類は、クヌギ (*Quercus acutissima*)、コナラ (*Quercus serrata*)、アカシデ (*Carpinus laxiflora*) などの落葉樹、アラカシ (*Quercus glauca*)、シラカシ (*Quercus myrsinaefolia*)、シロダモ (*Neolitsea sericea*) などの常緑樹やモウソウチク (*Phyllostachys pubescens*) からなり、雑木林の特徴を呈する。また、耕作地では多様な野菜が生育されている。さらに、中山小学校の敷地を囲む崖斜面には草本類が植生する。また、植生の分布の特徴を第10図に示した。これらの植生の面積は、被樹木地域は135,013 m²、被草本地域は5,975 m²、耕作地は65,467 m²であり、NPPに基づくコンターマップを作成した。コンターとは等高線のことであり、コンターマップは中山地区内のNPPの偏りを表したものである。コンターマップは、樹木本数に基づくNPPコンターマップ (第11図)、被草表面積に基づくNPPコンターマップ (第12図)、耕作地面積に基づくNPPコンターマップ (第13図)、中山地区の総NPPに基づくコンターマップ (第14図) の各種を作成した。樹木本数に基づくコンターマップ (第11図) は、中山地区内の総樹木数に対する各エリア内の樹木数の割合を、中山地区全体の総NPPの乗ずることによりエリアごとのNPPを求め、作成した。また、被草表面積に基づくNPPコンターマップ (第12図) と耕作地面積に基づくNPPコンターマップ (第13図) も同様、エリアごとの被草表面積、耕作地面積から草本NPPと耕作地NPPを求めることで作成した。さらに、中山地区全体のNPPの分布を把握するため、全てのNPPを合計した値から総NPPコンターマップ (第14図) を作成した。

5. 1. 2 無脊椎動物

地上動物の無脊椎動物は、主として昆虫採集により調査した。採集方法は、捕虫網で草・葉などをすくいとるスウィーピング法、シートなどの大きな布を葉の下で構え、葉を叩くことによって落下した昆虫を採集するビーティング法、夜間、白いシートにライトを当てて虫を集めるライトトラップ法およびベイトトラップ法を用いた。この調査により肉食性昆虫、草食性昆虫、真正蜘蛛類などが分類・同定された。また、水田に注ぐ水路には水中軟体動物のカワニナ (*Semisulcospira*

libertina) の生息が確認された (第8表, 資料6-1, 6-2)。

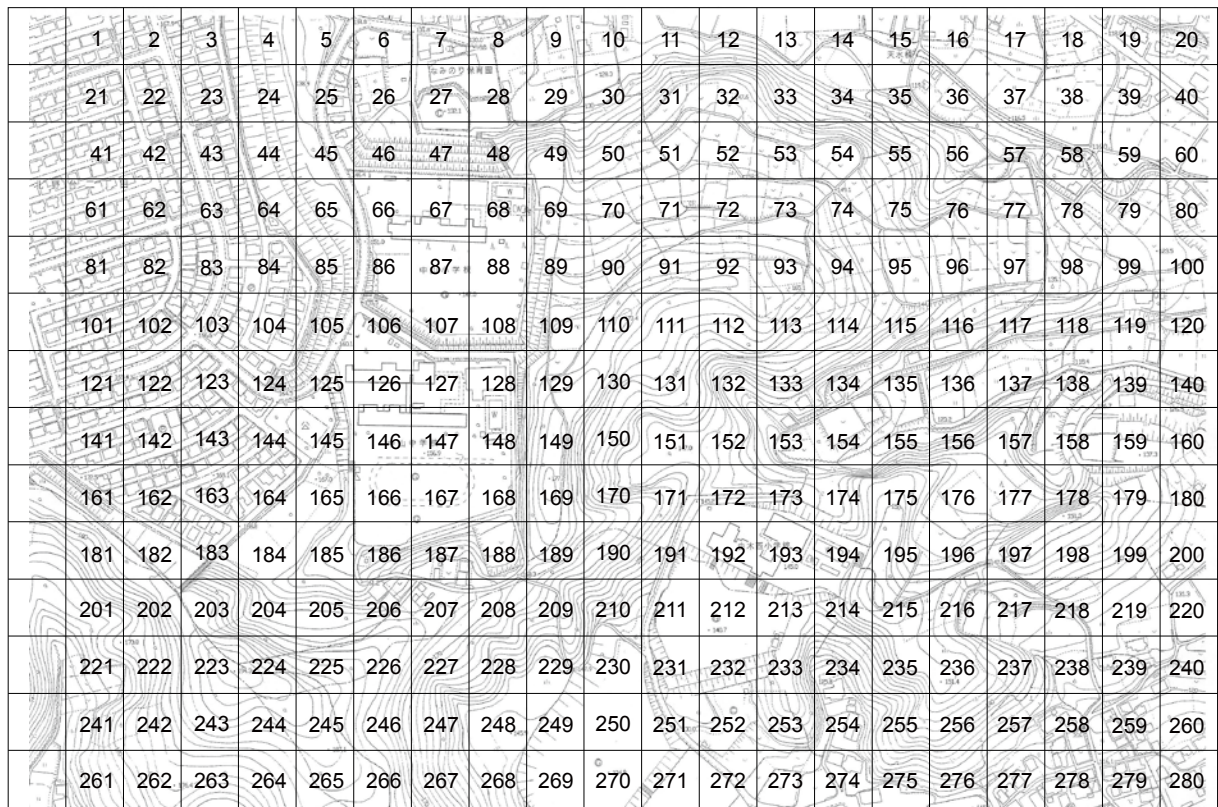
5. 1. 3 脊椎動物

(1) 鳥類

小荒井ほか (2011) では41種が確認されたが、今回は36種の同定結果が示された (第8表)。これらのうち、ムクドリ (*Sturnus cineraceus*)、ヒヨドリ (*Hypsipetes amaurotis*)、キジ (*Phasianus colchicus*) などは1年中生息が認められる留鳥であるが、ツバメ (*Hirundo rustica*) は夏に、ツグミ (*Turdus naumanni*)、モズ (*Lanius bucephalus*) などは冬に飛来する渡り鳥である。また、中山地区のNPPから作成したコンターマップ (第11, 12, 13, 14図を参照) と、鳥類数との相関関係を考察すると以下のとおりである。すなわち、小荒井・土田・松川 (2011) では、中山地区を校庭1、樹林、校庭2、畑1、畑2の5つのエリアに分け、各エリアの鳥類の分布を調査した。その結果、最も個体数密度が高かった場所 (畑2) と、総NPPに基づくコンターマップの値の高い所は一致しない。このことから、鳥類の観測個体数密度と植物のNPPの高い値との間に相関関係はないと解釈できる。しかし、耕作地面積に基づくNPPコンターマップ (第13図を参照) で値の高い地域は、小荒井ほか (2011) で設定された畑2付近と一致する。これは、畑は鳥類にとって餌のを見つけやすい場所であるためと考えられる。また、全ての鳥が、体の大きさや飛び方など、NPPの値の高い森林に適した生態を持っていないことによっても考えられる。

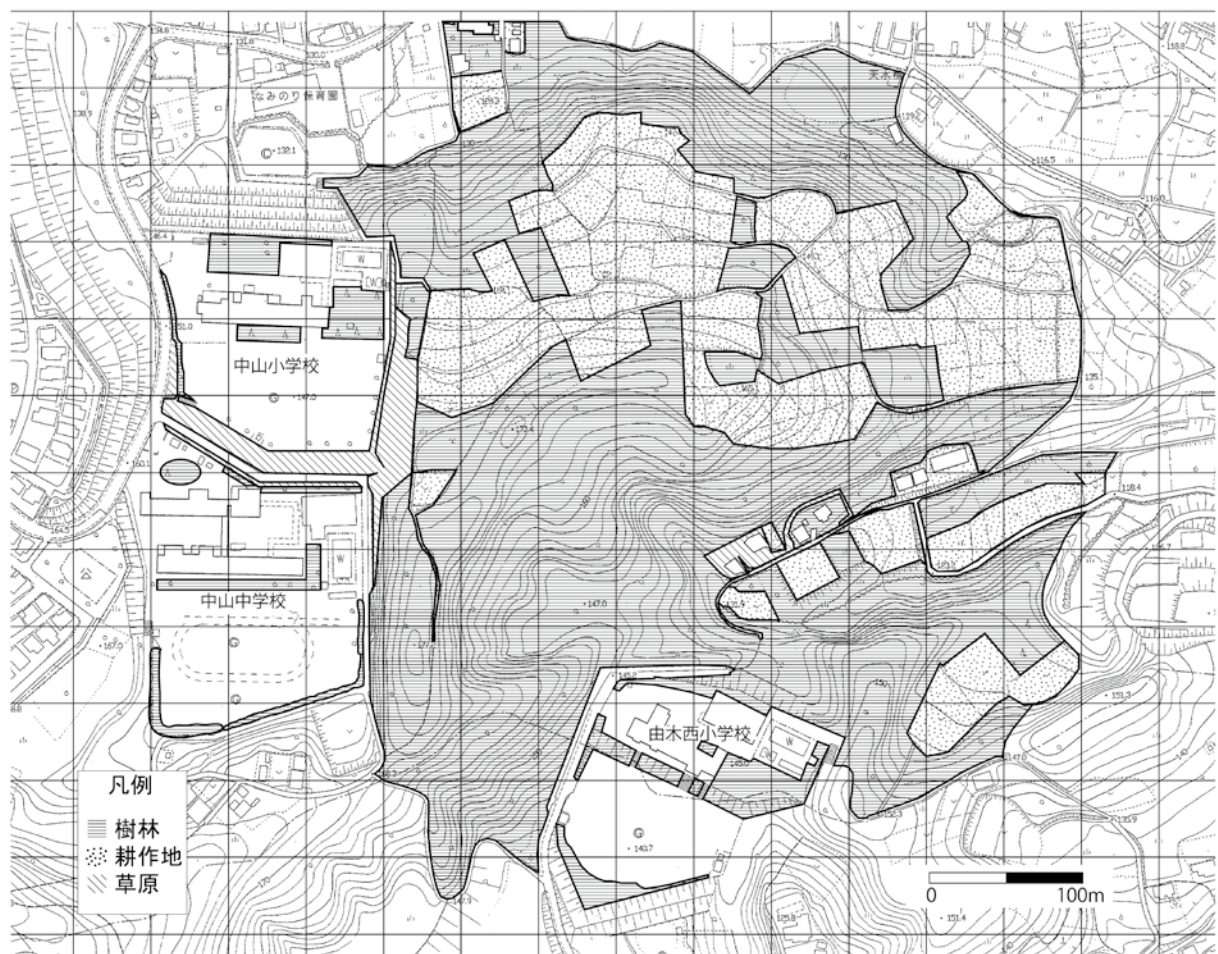
(2) 両生類, 爬虫類, 哺乳類

両生類は、アズマヒキガエル (*Bufo japonicus formosus*)、ニホンアマガエル (*Hyla japonica*)、トウキョウダルマガエル (*Rana porosa*) を確認した。ハ虫類は、ニホントカゲ (*Eumeces latiscutatus*)、ニホンカナヘビ (*Takydromus tachydromoides*)、アオダイショウ (*Elaphe climacophora*)、ジムグリ (*Elphe conspicillata*)、ヤマカガシ (*Rhabdophis tigrinus*)、ヒバカリ (*Amphiesma vibakari*)、ニホンマムシ (*Agkistrodon blomhoffii*) の7種を確認した。哺乳類は、イエネコ (*Felis catus*)、ホンドタヌキ (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*)、ニホンノウサギ (*Lepus brachyurus*)、ネズミ (*Mus* sp.)、アブラコウモリ (*Pipistrellus abramus*)、ハクビシン (*Paguma larvata*) を目視により、ホンドタヌキ (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*)、ホンドキツネ (*Vulpes vulpes japonica*)、ハクビシン (*Paguma larvata*) を赤外線センサー作動のデジタルカメラでの写真により確認した。さらに、ニホンノウサギ (*Lepus*

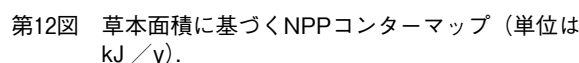
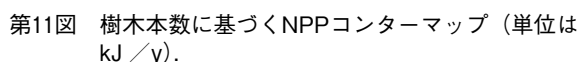


第9図 八王子市中山地域に設定した調査用の50m四方のグリッド。

0 100m



第10図 八王子市中山地域における植生マップ。



brachyurus) に同定される糞、モグラ (*Mogera* sp.) の穴、アライグマ (*Procyon lotor*) のものに同定される歩行跡に同定される巣穴を確認した。また、ニホンアナグマ (*Meles meles anakuma*)、ムササビ (*Petaurista leucogenys*)、ニホンイタチ (*Mustela itatsi*) が「故郷中山の文化」(民俗学研究, 2005) により記録された。

5. 2 中山地区の生態系の解析

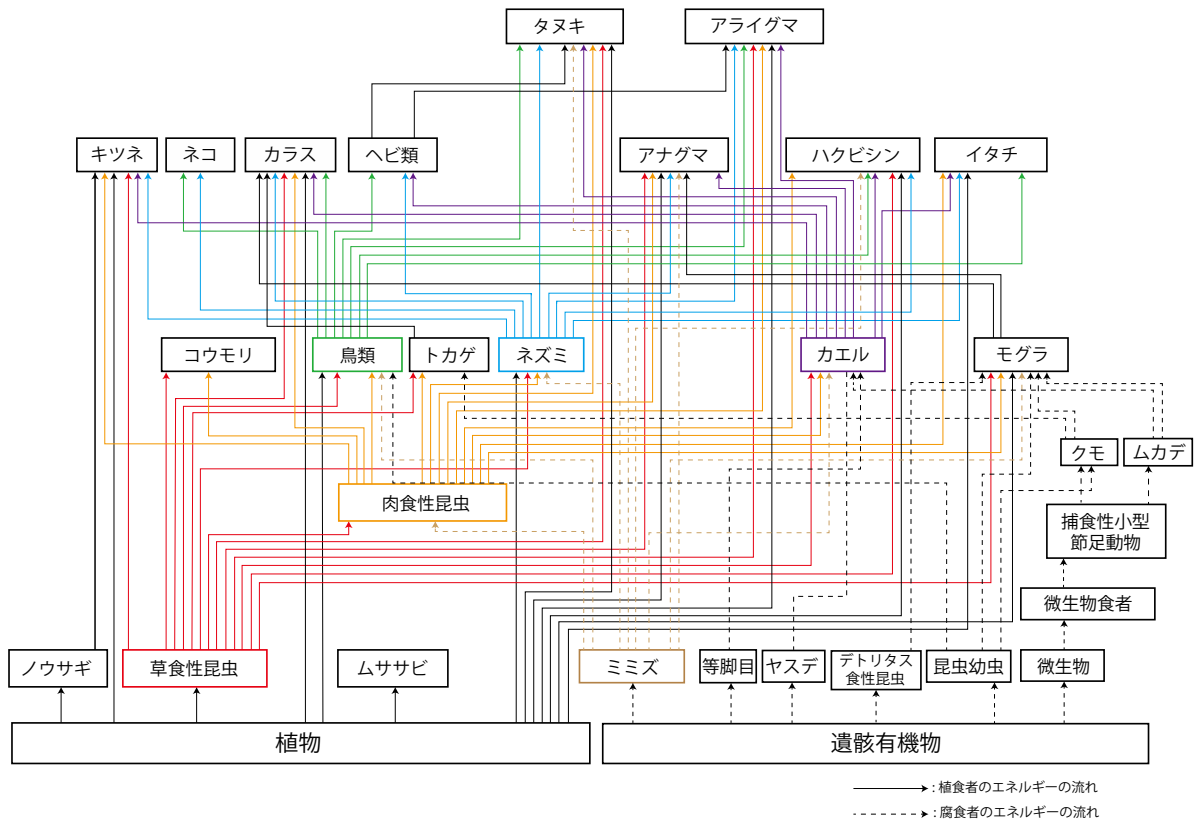
生態系内に生息する動物は、食性により、植物食、肉食、雑食に区分され、それに基づき食物網構造を示した。また、土壤動物を食性別（機能群別）に分類して食物網を作成した。すなわち①土壤食が中心となるミミズ、ヤスデ、等脚目、昆虫幼虫、デトリタス食性昆虫、微生物、捕食者であるがデトリタス食者との区別が難しい微生物食者と、②捕食者である肉食性昆虫、捕食性小型節足動物、クモ、ムカデ、草食の草食性昆虫に分け、食物網構造モデルを示した（第15図）。

5. 2. 1 腐食者系の与える影響

腐食者系は、生物の遺骸や排泄物に含まれるエネルギーである遺骸有機物に基づいて成り立っている。遺骸有機物量は、生食者系のある栄養段階の生産量から次の栄養段階の消費量を除いたエネルギー量と、生食者系のある栄養段階の消費量から同じ栄養段階の同化量を除いた量で算出される。計算に用いた数値を第9, 10, 11表に示す。計算の結果は第12, 13表に示す。第12, 13表に示した推定個体数に基づき、腐食者系が生食者系に与える影響を考察する。推定個体数は、NPPに基づいて算出された脊椎動物各種の生息許容個体数である。生食者系のみに基づいて生態系を解析した場合、本地域全体で算出された脊椎動物種の推定個体数は2,017個体である。それに対し、腐食者系を含めて生態系を解析した場合では、脊椎動物各種の推定個体数は90,428個体で、大幅に増加する。腐食者系を含めた場合、推定個体数の増加の要因として、カエル (*Anura*

第8表 中山地域で確認された動物種.

地上脊椎動物	両生類	学名	和名	鳥類	学名	和名
		<i>Bufo japonicus formosus</i>	アズマヒキガエル		<i>Phalacrocorax carbo</i>	カワウ
		<i>Hyla japonica</i>	ニホンアマガエル		Ardeidae gen.et sp.indet.	サギ科の一種
	ハ虫類	<i>Rana porosa</i>	トウキョウダルマガエル		<i>Anas poecilorhyncha</i>	カルガモ
		<i>Eumeces latiscutatus</i>	ニホントカゲ		<i>Bambusicola thoracicus</i>	コジュケイ
		<i>Takydromus tachydromoides</i>	ニホンカナヘビ		<i>Phasianus colchicus</i>	キジ
		<i>Elaphe climacophora</i>	アオダイショウ		<i>Streptopelia orientalis</i>	キジバト
		<i>Elaphe conspicillata</i>	ジムグリ		<i>Cuculus poliocephalus</i>	ホトトギス
		<i>Rhabdophis tigrinus</i>	ヤマカガシ		<i>Strix uralensis</i>	フクロウ
		<i>Amphiesma vibakari</i>	ヒバカリ		<i>Picus awokera</i>	アオゲラ
		<i>Agkistrodon blomhoffii</i>	ニホンマムシ		<i>Dendrocopos kizuki</i>	コゲラ
	哺乳類	<i>Lepus brachyurus</i>	ニホンノウサギ		<i>Hirundo rustica</i>	ツバメ
		<i>Nyctereutes procyonoides viverrinus</i>	ホンダヌキ		<i>Motacilla alba</i>	ハクセキレイ
		<i>Procyon lotor</i>	アライグマ		<i>Motacilla grandis</i>	セグロセキレイ
		<i>Meles meles anakuma</i>	ニホンアナグマ		<i>Hypsipetes amaurotis</i>	ヒヨドリ
		<i>Felis catus</i>	イエネコ		<i>Lanius bucephalus</i>	モズ
		<i>Mus sp.</i>	ネズミ		<i>Phoenicurus auroreus</i>	ジョウビタキ
		<i>Pipistrellus abramus</i>	アブラコウモリ		<i>Turdus naumanni</i>	ツグミ
		<i>Petaurista leucogenys</i>	ムササビ		<i>Cettia diphone</i>	ウグイス
		<i>Vulpes vulpes japonica</i>	ホンドキツネ		<i>Aegithalos caudatus</i>	エナガ
		<i>Mustela itatsi</i>	ニホンイタチ		<i>Parus montanus</i>	コガラ
		<i>Paguma larvata</i>	ハクビシン		<i>Parus varius</i>	ヤマガラ
					<i>Parus major</i>	シジュウカラ
地上昆虫	草食性昆虫				<i>Zosterops japonicus</i>	メジロ
水中軟体動物		<i>Semisulcospira libertina</i>	カワニナ		<i>Emberiza cioides</i>	ホオジロ
土壌動物	微生物				<i>Emberiza elegans</i>	ミヤマホオジロ
	ミミズ				<i>Emberiza rustica</i>	カシラダカ
	等脚目				<i>Emberiza spodocephala</i>	アオジ
	ヤスデ				<i>Carduelis sinica</i>	カワラヒワ
	昆虫幼虫				<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	ウソ
	微生物食者				<i>Eophona personata</i>	イカル
	デトリタス食性昆虫				<i>Passer montanus</i>	スズメ
	捕食性小型節足動物				<i>Sturnus cineraceus</i>	ムクドリ
	肉食性昆虫				<i>Garrulus glandarius</i>	カケス
	ムカデ				<i>Cyanopica cyana</i>	オナガ
	クモ				<i>Corvus macrorhynchos</i>	ハクブトガラス
	モグラ				<i>Corvus corone</i>	ハジボソガラス
					<i>Garrulax canorus</i>	ガビチョウ



第15図 八王子市の中山地域の生態系モデル（7種以上に捕食される動物種のエネルギー流は色別に示す）。

sp.) とモグラ (*Mogera* sp.) の推定個体数が、腐食者系を含めた場合では急激に増加している。そこで、2つの解析結果における推定個体数の変化を、カエル (*Anura* sp.) とモグラ (*Mogera* sp.) を除いた値と比較する。カエル (*Anura* sp.) とモグラ (*Mogera* sp.) の推定個体数を除くと、生食者系のみでは推定個体数の合計は1,996個体、腐食者系を含めた解析では2,270個体となる。両者を比較すると、腐食者系を含めて生態系を解析した場合には、推定個体数は14%増加する。従って、古生態系のような腐食者系の動物種を含めない生態系の解析では、腐食者系を含めた場合に算出される推定個体数の88%であることが示された。なお、カエル (*Anura* sp.) やモグラ (*Mogera* sp.) のように、腐食者系への食性の依存が高い動物種が含まれる場合は、それらの動物種の個体数はより高い割合で増加する。本研究の、主目的である3つの生態系の比較においては、生食者系のみに基づく解析を用いるが、腐食者系を含めると、推定個体数にはこのような変化があることを前提に考察する。

5. 2. 2 生態ピラミッド

第13表を基に、八王子市の中山地域の3つの生態ピラミッドを作成した(第16図)。これらのピラミッドは、

全ていわゆる異常な形のピラミッドである。生体量ピラミッドに関しては、体重の大きなタヌキ (*Nyctereutes procyonoides*) とアライグマ (*Procyon lotor*) が高次消費者としてピラミッドの最上部に位置するためと解釈できる。さらに、エネルギーピラミッドに関しては、高次消費者の値がすぐ下の三次消費者の値よりも大きい。これは、高次消費者が下位の三次消費者以外からエネルギーを得ていることを示す。雑食動物や一部の肉食動物は、異なる栄養段階に属する動植物も食するので、自身の一段階前の栄養段階から得たエネルギー量と二段階以上前の栄養段階から得たエネルギー量を分けて、エネルギーの流れを捉える必要がある。第17図は、この観点で再度作成した2つのエネルギーピラミッドである。その左側のピラミッドは、一段階前の栄養段階から得るエネルギー量のみに基づいてピラミッドを作成したもので、右側は二段階以上前の栄養段階から得るエネルギー量に基づいてピラミッドを作成したものである。左側のピラミッドは、上位が下位を下回る正常な形となる。これにより、本地域に生息する脊椎動物種は多様な食性を持ち、複雑なエネルギー流の食物網構造が成り立っていると解釈できる。また、エネルギーピラミッドで高次消費者の値が下位の栄養段階より大きく描かれていても、二段階以上前

第9表 中山地域の生態系の解析の計算に用いた規定値と計算値.

	単位	値	データ
総面積	m ²	258,535.00	調査結果
建築面積	m ²	11,775.00	調査結果
舗装道路・グラウンド等の面積	m ²	40,305.00	調査結果
総面積－（建築面積＋舗装道路・グラウンド等の面積）	m ²	206,455.00	
被樹木面積	m ²	135,013.00	調査結果
被草本面積	m ²	5,975.00	調査結果
耕作地面積	m ²	65,457.00	調査結果
樹木のN P P	kJ/m ² /y	22,312.50	Whittaker,1975
草本のN P P	kJ/m ² /y	10,710.00	Whittaker,1975
耕作地のN P P	kJ/m ² /y	11,602.50	Whittaker,1975
多摩丘陵里山全体における一次生産量	kJ/y	3,836,050,680.00	
多摩丘陵里山全体における遺骸有機物量	kJ/y	3,468,938,752.00	

第10表 中山地域の生態系の食物網における脊椎動物各種の食性のエネルギー配分比（腐食者系を含む）.

分類群	食性	栄養段階	食性の配分								
			植物	昆虫	カエル	ヘビ	鳥類	ネズミ	ウサギ	モグラ	腐食者
<i>Anura</i> sp. カエル	肉食	二次消費者	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
<i>Serpentes</i> sp. ヘビ類	肉食	三次消費者	0.0	0.0	0.5	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0
Omnivorous Birds(more large) 雑食鳥類（アヒルより大）	雑食	二次消費者	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Omnivorous Birds(very large) 雑食鳥類（アヒルくらい）	雑食	二次消費者	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Omnivorous Birds(large) 雑食鳥類（キジくらい）	雑食	二次消費者	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Omnivorous Birds(middle) 雑食鳥類（ハトくらい）	雑食	二次消費者	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Omnivorous Birds(small) 雑食鳥類（ムクドリくらい）	雑食	二次消費者	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Omnivorous Birds(very small) 雑食鳥類（スズメくらい）	雑食	二次消費者	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Omnivorous Birds(more small) 雑食鳥類（スズメより小）	雑食	二次消費者	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Corvidae</i> gen.et sp.indet. カラス	雑食	三次消費者	0.1	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0
<i>Lepus brachyurus</i> ノウサギ	草食	一次消費者	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Petaurista leucogenys</i> ムササビ	草食	一次消費者	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Crioptera</i> sp. コウモリ	肉食	二次消費者	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Mus</i> sp. ネズミ	雑食	二次消費者	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Mogera</i> sp. モグラ	雑食	二次消費者	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
<i>Vulpes</i> sp. キツネ	雑食	三次消費者	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0
<i>Felis</i> sp. ネコ	肉食	三次消費者	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.6	0.0	0.0	0.0
<i>Meles meles</i> アナグマ	雑食	三次消費者	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1
<i>Paguma larvata</i> ハクビシン	雑食	三次消費者	0.3	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1
<i>Mustela itatsi</i> イタチ	雑食	三次消費者	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Nycterutes procyonoides</i> タヌキ	雑食	高次消費者	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1
<i>Procyon lotor</i> アライグマ	雑食	高次消費者	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0

第11表 中山地域の生態系の食物網における脊椎動物各種の食性のエネルギー配分比 (生食者系のみ)。

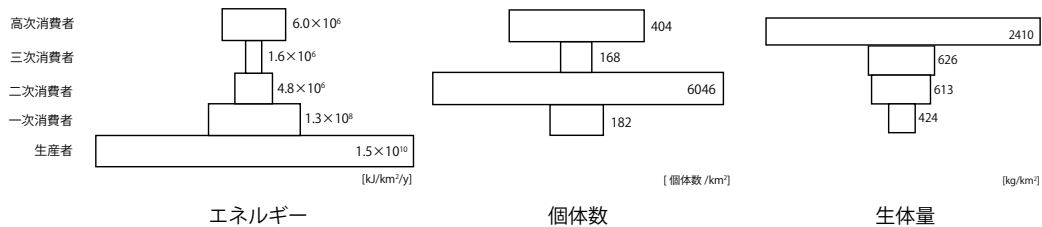
分類群	食性	栄養段階	食性の配分							
			植物	昆虫	カエル	ヘビ	鳥類	ネズミ	ウサギ	モグラ
<i>Anura</i> sp.	カエル	肉食 二次消費者	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Serpentes</i> sp.	ヘビ類	肉食 三次消費者	0.0	0.0	0.5	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0
Omnivorous Birds(more large)	雑食鳥類 (アヒルより大)	雑食 二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Omnivorous Birds(very large)	雑食鳥類 (アヒルくらい)	雑食 二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Omnivorous Birds(large)	雑食鳥類 (キジくらい)	雑食 二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Omnivorous Birds(middle)	雑食鳥類 (ハトくらい)	雑食 二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Omnivorous Birds(small)	雑食鳥類 (ムクドリくらい)	雑食 二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Omnivorous Birds(very small)	雑食鳥類 (スズメくらい)	雑食 二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Omnivorous Birds(more small)	雑食鳥類 (スズメより小)	雑食 二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Corvidae</i> gen.et sp.indet.	カラス	雑食 三次消費者	0.1	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1
<i>Lepus brachyurus</i>	ノウサギ	草食 一次消費者	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Petaurista leucogenys</i>	ムササビ	草食 一次消費者	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Crioptera</i> sp.	コウモリ	肉食 二次消費者	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Mus</i> sp.	ネズミ	雑食 二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Mogera</i> sp.	モグラ	雑食 二次消費者	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Vulpes</i> sp.	キツネ	雑食 三次消費者	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0
<i>Felis</i> sp.	ネコ	肉食 三次消費者	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.6	0.0	0.0
<i>Meles meles</i>	アナグマ	雑食 三次消費者	0.3	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
<i>Paguma larvata</i>	ハクビシン	雑食 三次消費者	0.4	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0
<i>Mustela itatsi</i>	イタチ	雑食 三次消費者	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0
<i>Nycterutes procyonoides</i>	タヌキ	雑食 高次消費者	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
<i>Procyon lotor</i>	アライグマ	雑食 高次消費者	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0

第12表 中山地域の生態系の脊椎動物種の観測個体数と計算結果および観測個体数と推定個体数の誤差率 (腐食者系を含む)。

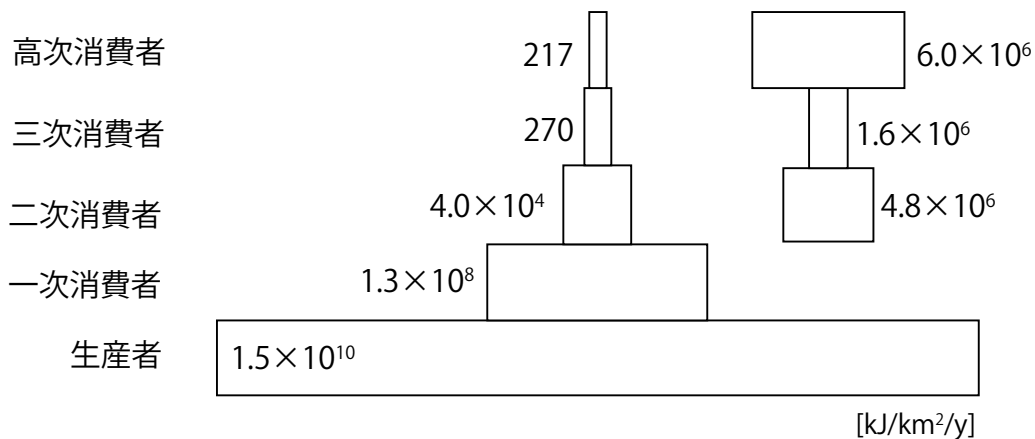
分類群	観測 個体数 (A)	食性	体重 (kg)	1 個体の 年間所要 エネルギー量 (kJ/y)	観測種全体 年間所要 エネルギー量 (kJ/y)	観測種ごとの エネルギー 配分量 (kJ/y)	推定 個体数 (A')	誤差率 (A'/A)
<i>Anura</i> sp.	カエル	肉食	0.01	1,273	2,545	111,911,886	87,944	43972.00
<i>Serpentes</i> sp.	ヘビ類	肉食	0.2	12,035	96,280	3,172	1	0.13
Omnivorous Birds(more large)	雑食鳥類 (アヒルより大)	雑食	1	390,110	390,110	10,738,912	14	14.00
Omnivorous Birds(very large)	雑食鳥類 (アヒルくらい)	雑食	0.8	331,987	331,987	9,138,909	14	14.00
Omnivorous Birds(large)	雑食鳥類 (キジくらい)	雑食	0.7	301,435	602,869	16,595,722	29	14.50
Omnivorous Birds(middle)	雑食鳥類 (ハトくらい)	雑食	0.3	163,360	2,123,681	58,460,470	187	14.38
Omnivorous Birds(small)	雑食鳥類 (ムクドリくらい)	雑食	0.1	73,822	3,986,402	109,737,242	776	14.37
Omnivorous Birds(very small)	雑食鳥類 (スズメくらい)	雑食	0.025	27,096	1,815,402	49,974,184	963	14.37
Omnivorous Birds(more small)	雑食鳥類 (スズメより小)	雑食	0.01	13,970	13,970	384,557	14	14.00
<i>Corvidae</i> gen.et sp.indet.	カラス	雑食	0.68	240,688	3,128,939	20,496,476	43	3.31
<i>Lepus brachyurus</i>	ノウサギ	草食	3	978,456	1,956,911	83,300,917	43	21.50
<i>Petaurista leucogenys</i>	ムササビ	草食	1	429,240	429,240	18,271,695	21	21.00
<i>Crioptera</i> sp.	コウモリ	肉食	0.01	8,484	8,484	4,177	1	1.00
<i>Mus</i> sp.	ネズミ	雑食	0.01	11,762	11,762	355,273	15	15.00
<i>Mogera</i> sp.	モグラ	雑食	0.1	50,569	151,708	11,308,956	214	71.33
<i>Vulpes</i> sp.	キツネ	雑食	4	804,324	804,324	5,904,955	4	4.00
<i>Felis</i> sp.	ネコ	肉食	3	3,406,835	10,220,505	1,492,734	1	0.33
<i>Meles meles</i>	アナグマ	雑食	15	2,412,852	2,412,852	42,910,744	9	9.00
<i>Paguma larvata</i>	ハクビシン	雑食	5	1,058,497	1,058,497	18,837,888	9	9.00
<i>Mustela itatsi</i>	イタチ	雑食	1	300,468	300,468	3,689,572	6	6.00
<i>Nycterutes procyonoides</i>	タヌキ	雑食	6	1,213,600	14,563,203	258,571,340	109	9.08
<i>Procyon lotor</i>	アライグマ	雑食	5.5	1,194,741	1,194,741	26,359,601	11	11.00
合計	180	-	-	-	-	-	90,428	2011.51

第13表 中山地域の生態系の脊椎動物種の観測個体数と計算結果および観測個体数と推定個体数の誤差率 (生食者系)。

分類群	観測 個体数 (A)	食性	体重 (kg)	1 個体の 年間所要 エネルギー量 (kJ/y)	観測種全体 年間所要 エネルギー量 (kJ/y)	観測種ごとの エネルギー 配分量 (kJ/y)	推定 個体数 (A')	誤差率 (A'/A)
<i>Anura</i> sp. カエル	2	肉食	0.01	1,273	2,545	548	1	0.50
<i>Serpentes</i> sp. ヘビ類	8	肉食	0.2	12,035	96,280	6,308	1	0.13
Omnivorous Birds(more large) 雑食鳥類 (アヒルより大)	1	雑食	1	408,115	408,115	5,158,059	13	13.00
Omnivorous Birds(very large) 雑食鳥類 (アヒルくらい)	1	雑食	0.8	347,310	347,310	4,389,554	13	13.00
Omnivorous Birds(large) 雑食鳥類 (キジくらい)	2	雑食	0.7	315,347	630,694	7,971,172	25	12.50
Omnivorous Birds(middle) 雑食鳥類 (ハトくらい)	13	雑食	0.3	170,900	2,221,697	28,079,432	164	12.62
Omnivorous Birds(small) 雑食鳥類 (ムクドリくらい)	54	雑食	0.1	77,229	4,170,389	52,708,427	683	12.65
Omnivorous Birds(very small) 雑食鳥類 (スズメくらい)	67	雑食	0.025	28,346	1,899,189	24,003,343	847	12.64
Omnivorous Birds(more small) 雑食鳥類 (スズメより小)	1	雑食	0.01	14,614	14,614	184,708	13	13.00
<i>Corvidae</i> gen.et.sp.indet. カラス	13	雑食	0.68	240,688	3,128,939	8,739,892	26	2.00
<i>Lepus brachyurus</i> ノウサギ	2	草食	3	978,456	1,956,911	34,862,770	36	18.00
<i>Petaurista teucogenys</i> ムササビ	1	草食	1	429,240	429,240	7,646,998	18	18.00
<i>Crioptera</i> sp. コウモリ	1	肉食	0.01	8,484	8,484	1,826	1	1.00
<i>Mus</i> sp. ネズミ	1	雑食	0.01	11,538	11,538	145,822	13	13.00
<i>Mogera</i> sp. モグラ	3	雑食	0.1	56,294	168,882	1,245,424	22	7.33
<i>Vulpes</i> sp. キツネ	1	雑食	4	804,324	804,324	2,473,405	3	3.00
<i>Felis</i> sp. ネコ	3	肉食	3	611,535	1,834,604	240,358	1	0.33
<i>Meies meies</i> アナグマ	1	雑食	15	2,412,852	2,412,852	17,665,547	7	7.00
<i>Paguma larvata</i> ハクビシン	1	雑食	5	1,112,319	1,112,319	10,314,991	9	9.00
<i>Mustela itatsi</i> イタチ	1	雑食	1	230,717	230,717	788,039	3	3.00
<i>Nycterutes procyonoides</i> タヌキ	12	雑食	6	1,275,309	15,303,705	141,652,288	111	9.25
<i>Procyon lotor</i> アライグマ	1	雑食	5.5	1,194,741	1,194,741	11,058,620	9	9.00
合計	180	-	-	-	-	-	2,017	9.47



第16図 ハ王子市の中山地域の生態ピラミッド。



第17図 ハ王子市中山地域の一段階前の栄養段階から得るエネルギー量のみに基づいたエネルギーピラミッド (右側に別に示した部分は、二段階以上前の栄養段階から得たエネルギー量)。

の栄養段階からエネルギーを得ているために生態系が成り立っていると解釈できる。

6. 東京学芸大学構内の生態系

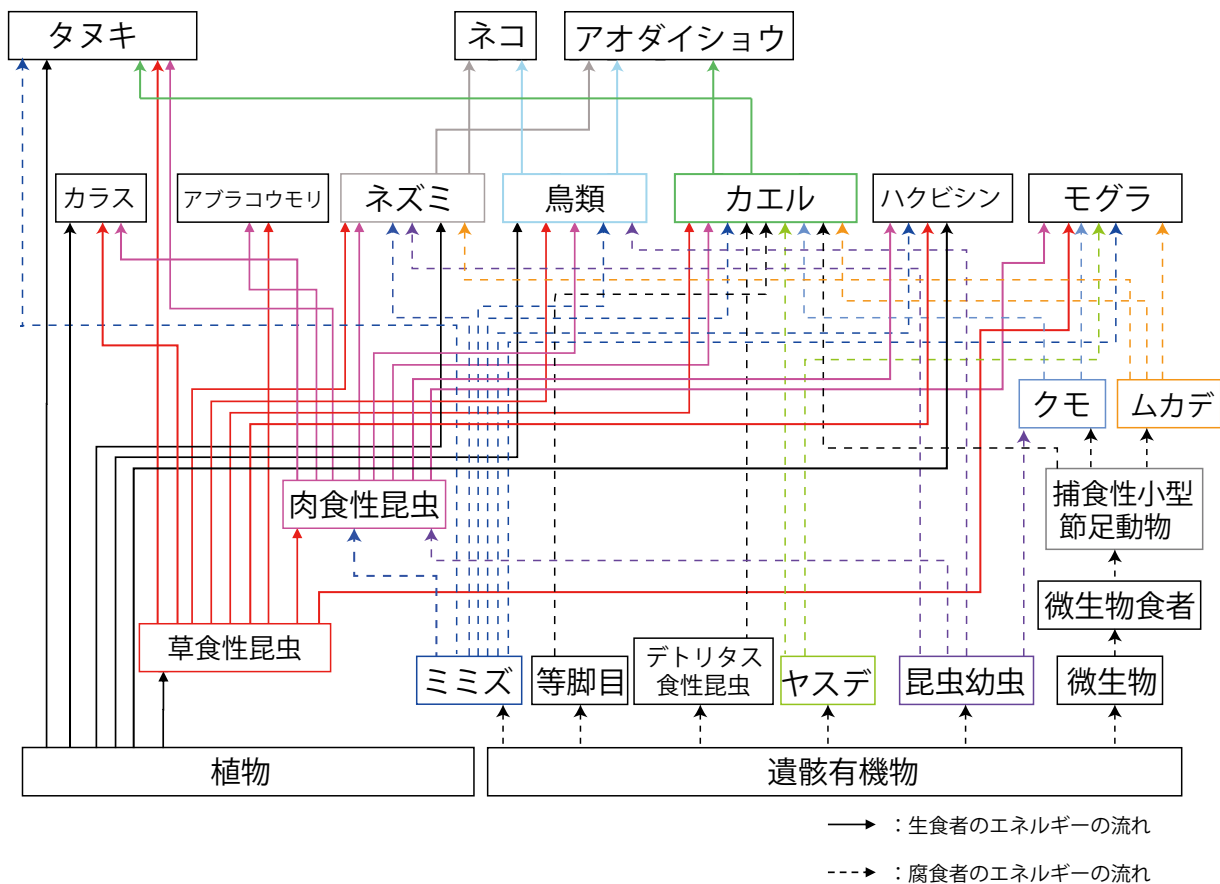
6. 1 生態系の解析

東京学芸大学は、東京都小金井市の西端に位置し、総面積は314,576 m²である。構内は、複数の建築物、整備された街路樹や雑木林、農園、グラウンドなどが含まれる。構内の植生は自然林ではなく、人工的に植林や整備などがなされた植生からなる都市公園（人工林）の特徴をもつ。松川ほか（2005）の調査により、多くの動植物種が確認されている。本研究では、松川

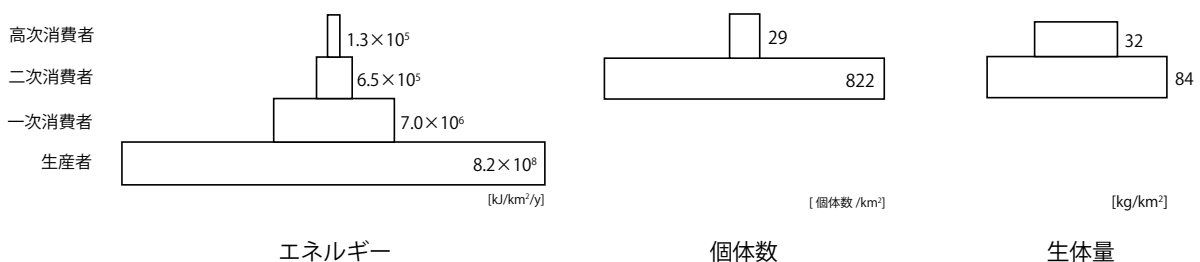
ほか（2005）と東京学芸大学構内の生態系研究グループ（2009）による基礎調査（資料7-1～8-3）に基づき、動物種の食性を再検討した上で、生態系を再解析した。計算に用いた食物網を第18図、数値を第14、15表に示す。計算の結果は第16表に示す。

6. 2 生態ピラミッド

第16表を基に、東京学芸大構内の生態系における生態ピラミッドを3つ作成した（第19図）。これらのピラミッドは、全てが正常な形のピラミッドである。他の2つの生態系と異なり、生体量ピラミッドも正常な形を示している要因としては、高次消費者のネコ（*Felis* sp.）、タヌキ（*Nyctereutes procyonoides*）だけではなく、



第18図 東京学芸大学構内の食物網モデル（東京学芸大学構内の生態系調査グループ，2009を改変．2種以上に捕食される動物種のエネルギー流は色別に示す）。



第19図 東京学芸大学構内の生態系の生態ピラミッド。

第14表 東京学芸大学構内の生態系の計算に用いた規定値と計算値.

	単位	値	データ
総面積	m ²	314,576.00	松川ほか (2005)
建築面積	m ²	44,353.00	松川ほか (2005)
舗装道路・グラウンド等の面積	m ²	121,720.00	松川ほか (2005)
総面積ー(建築面積+舗装道路・グラウンド等の面積)	m ²	148,503.00	
被樹木面積	m ²	10,125.00	松川ほか (2005)
被草本面積	m ²	3,000.00	松川ほか (2005)
樹木のN P P	kJ/m ² /y	22,312.50	Whittaker,1975
草本のN P P	kJ/m ² /y	10,710.00	Whittaker,1975
全体における一次生産量	kJ/y	258,044,062.50	

第15表 東京学芸大学構内の生態系の食物網における脊椎動物各種の食性のエネルギー配分比.

分類群		食性	栄養段階	食性の配分				
				植物	昆虫	カエル	鳥類	ネズミ
<i>Rana catesbeiana</i>	ウシガエル	昆虫食	二次消費者	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
<i>Bofo japonicus formosus</i>	アズマヒキガエル	昆虫食	二次消費者	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
<i>Elaphe climacophora</i>	アオダイショウ	肉食	高次消費者	0.0	0.0	0.5	0.2	0.3
Omnivorous Birds(large)	鳥類 (ハトくらい)	雑食	二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0
Omnivorous Birds(middle)	鳥類 (ムクドリくらい)	雑食	二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0
Omnivorous Birds(small)	鳥類 (スズメくらい)	雑食	二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0
<i>Corvidae</i> gen.et sp.indet.	カラス	雑食	二次消費者	0.1	0.9	0.0	0.0	0.0
<i>Pipistrellus abramus</i>	アブラコウモリ	昆虫食	二次消費者	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
<i>Mus</i> sp.	ネズミ	雑食	二次消費者	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0
<i>Paguma larvata</i>	ハクビシン	雑食	二次消費者	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0
<i>Mogera</i> sp.	モグラ	雑食	二次消費者	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0
<i>Nycterutes procyonoides</i>	タヌキ	雑食	高次消費者	0.5	0.3	0.2	0.0	0.0
<i>Felis</i> sp.	ネコ	肉食	高次消費者	0.0	0.0	0.0	0.4	0.6

第16表 東京学芸大学構内の生態系の脊椎動物種の観測個体数と計算結果および観測個体数と推定個体数の誤差率.

分類群		観測 個体数 (A)	食性	体重 (kg)	1 個体の 年間所要 エネルギー量 (kJ/y)	観測種全体 年間所要 エネルギー量 (kJ/y)	観測種ごとの エネルギー 配分量 (kJ/y)	推定 個体数 (A')	誤差率 (A'/A)
<i>Rana catesbeiana</i>	ウシガエル	5	昆虫食	0.5	290,884	1,454,418	32,500	1	0.20
<i>Bofo japonicus formosus</i>	アズマヒキガエル	99	昆虫食	0.35	224,763	22,251,552	497,230	2	0.02
<i>Elaphe climacophora</i>	アオダイショウ	1	肉食	0.2	12,035	12,035	936	1	1.00
Omnivorous Birds(large)	鳥類 (ハトくらい)	32	雑食	0.3	201,059	6,433,874	4,846,063	25	0.78
Omnivorous Birds(middle)	鳥類 (ムクドリくらい)	69	雑食	0.1	90,858	6,269,213	4,722,038	53	0.77
Omnivorous Birds(small)	鳥類 (スズメくらい)	115	雑食	0.025	33,348	3,835,062	2,888,610	89	0.77
<i>Corvidae</i> gen.et sp.indet.	カラス	57	雑食	0.6	331,869	18,916,558	2,726,948	9	0.16
<i>Criroptera</i> sp.	アブラコウモリ	3	昆虫食	0.01	8,484	254,508	5,687	1	0.03
<i>Mus</i> sp.	ネズミ	100	雑食	0.01	11,538	1,153,770	1,017,840	95	0.95
<i>Paguma larvata</i>	ハクビシン	2	雑食	5	1,273,785	2,547,570	2,504,534	2	1.00
<i>Mogera</i> sp.	モグラ	5	雑食	0.107	59,224	296,122	153,346	3	0.60
<i>Nycterutes procyonoides</i>	タヌキ	1	雑食	6	1,337,017	1,337,017	1,058,395	1	1.00
<i>Felis</i> sp.	ネコ	21	肉食	3	733,842	15,410,676	101,725	1	0.05
合計		432	-	-	-	-	-	283	0.56

二次消費者にも体重の大きなハクビシン (*Paguma larvata*) がいることが考えられる。

7. 中山地域と東京学芸大学構内の生態系の比較

7. 1 立地条件が生態系に与える影響

八王子市の中山地域の生態系における、単位面積当たりのNPPは 1.5×10^{10} kJ/m²/yである。また、情報通信研究機構内の生態系における単位面積当たりのNPPは 1.4×10^{10} kJ/m²/yである。両生態系の単位面積当たりのNPPは同程度である。しかし、八王子市の中山地域は里山であるが、情報通信研究機構は小金井市の住宅地域に位置し、立地条件が異なる。そこで、八王子市の中山地域と情報通信研究機構内の生態系の解析結果を比較し、立地条件が生態系に与える影響について考察する。

各生態系に生息する脊椎動物の総種数は、八王子市の中山地域が49種、情報通信研究機構が28種である。八王子市の中山地域では、情報通信研究機構に比べてより豊富な脊椎動物種が生息する。またエネルギーに基づいた生態ピラミッドを比較すると、八王子市の中山地域は、異常な形のピラミッドを呈す。高次者が下位の消費者を上回る形のピラミッドは、生息する動物種の多様な食性と、複雑なエネルギー流の食物網構造を示すと考えられる。これらのことから、八王子市の中山地域では、住宅地に位置する情報通信研究機構よりも豊富な動物種が生息することにより、複雑なエネルギー流の食物構造が成り立っていると考えられる。

7. 2 生態系の人工的改変が与える影響

情報通信研究機構と東京学芸大学は、小金井市の住宅地域内に位置し、互いに近接する。しかし、情報通信研究機構内は江戸時代に植林された武蔵野台地の雑木林からなるのに対し、東京学芸大学構内の植生は人工的改変を受け、現在では都市公園（人工林）の植生からなる。そこで、情報通信研究機構と東京学芸大学構内の生態系の解析結果を比較し、生態系に対する人工的改変が与える影響について考察する。

第7表と第16表で示した解析結果の、誤差率に着目して、生態系の特徴を考察する。誤差率は、「推定個体数 (A')」を「観測個体数 (A)」で除することにより算出される。東京学芸大学構内における誤差率の平均値は0.56である。1.00以下の誤差率は、推定個体数よりも観測個体数が大きな値であることを示す。NPPのみに基づく生態系では、NPPから算出される推定個体数を観測個体数が上回ることはない。しかし、東京

学芸大学構内の生態系では、NPP以外に生態系外からのエネルギーの流入により、生息する動物種の個体数が増加したので、誤差率が1.00以下になっていると考えられる。また、情報通信研究機構の誤差率は3.98であり、1.00以上である。このことから、東京学芸大学における生態系外からのエネルギーの流入は、例えば、餌付けやゴミなどによる、生態系の人工的改変の影響であると考えられる。

また、東京学芸大学の高次消費者において、誤差率が特に高い値を示す脊椎動物種として、ネコ (*Felis sp.*) とカラス (*Corvus sp.*) が挙げられる。ネコ (*Felis sp.*) の誤差率は0.05、カラス (*Corvus sp.*) の誤差率は0.16である。情報通信研究機構では、ネコ (*Felis sp.*) の誤差率は0.33、カラス (*Corvus sp.*) の誤差率は2.86である。これは、ネコ (*Felis sp.*) とカラス (*Corvus sp.*) が、餌付けやゴミを餌として食すなど、生態系外からのエネルギーに依存して観測個体数を増やしたためだと考えられる。従って、人工的改変が生態系に与える影響として、生態系外からのエネルギーの流入により、生息する動物種の個体数や優占種を偏らせることが挙げられる。

7. 3 情報通信研究機構内の生態系の多様性

情報通信研究機構内の生態系は、生息する動物種が少ないことから、八王子市の中山地域の生態系よりも、多様性の低い生態系である。そして、情報通信研究機構の敷地面積は、八王子市の中山地域の約25%で、非常に狭い。この狭い敷地面積も、立地条件に加えて、生態系の多様性を低下させている原因と考えられる。そこで、樋口ほか (1982) により示された鳥類の種数と面積の相関関係を示す式を用いて、情報通信研究機構内の生態系の多様性について考察する。

樋口ほか (1982) は、断片化した森林に生息する鳥類の種数と生息地の面積との相関関係を以下の式で示した。

$$S = 3 + 55 / (1 + \exp(2.68 - 0.83 \log A))$$

S=種数, A=面積 (ha)

この式に基づくと、情報通信研究機構の敷地面積 (60,800m²) から、生息する鳥類種を9.4種と見積もることができる。しかし、実際の観測種は20種で、面積に対する種数は多い。この特徴は、八王子市の中山地域でも算出種数16.3種に対して観測種数は41種で、同様である (小荒井ほか, 2011)。従って、情報通信研究機構内の生態系は、敷地面積の狭さから低い多様性の生態系と評価されるが、面積当りの鳥類の生息種数に基づくと、豊かな生態系であると判定される。

8. 八王子市中山地域の里山生態系の中学校用教材の開発と八王子市立中山中学校での授業実践

生態系を理解するためには、過去から現在そして未来への変遷を考察する観点が必要である。そのためには、生態系を定量的に捉え、比較することが不可欠である。しかし、松川ほか(2005)によれば、学校教育での生態系の学習は定性的に扱われ、理屈として理解し、確かめる作業を伴わないいわゆる「お話」の単位とされている。そのため、生態系をエネルギー流の観点捉え、定量的に扱う教材が必要である。しかし、そのような教材や授業実践例は報告されていない。そのため本論文では、八王子市中山地域の典型的な里山生態系を対象に中学校用の生態系を理解するためのエネルギー流に基づく教材を開発し、その地域にある八王子市中山地区において中学生を対象とした授業を実践した。さらに、全ての理科教員が指導することができるよう、生態系解析の経験の有無によって区別した教材を開発し、授業を実践した。そして、それぞれの実践後に教材と指導方法について検討した。

8. 1 教員が生態系解析を経験したことのある理科教員の場合

8. 1. 1 授業実践概要

授業実践では、生態系解析の経験がある著者が授業を行った。3校時の限られた時間で行うため、効率よく理解する方法としてモジュール方式を採用した。モジュールとは「学習の小さなまとまり」を意味し、モジュール方式とは「多種多様なモジュールを使用して、生徒にその中から必要なものを選択させ、適切な順序に配列した学習形式」である(伊神ほか, 1978)。そこで本実践では、第1次でクラス全体の活動、第2次、第3次の前半でモジュール方式を採用したグループ活動、第3次の後半でクラス全体のまとめを行った。第2、3次ではクラスの生徒を4つのグループに分け、1校時の授業内で異なる教材を同時に進めて学習するようにした。その際に使用する4つのモジュール教材を作成した。それらは①植物のエネルギーを調べる、②食物連鎖を解明する、③植物のエネルギーを分ける、④1匹が必要なエネルギーを求めるの4つである。各教材はワークシート1とワークシート2の合計2枚からなる。ワークシート1は野外実習用、ワークシート2は各教材のまとめで使用する。各グループの概要は以下に記す。

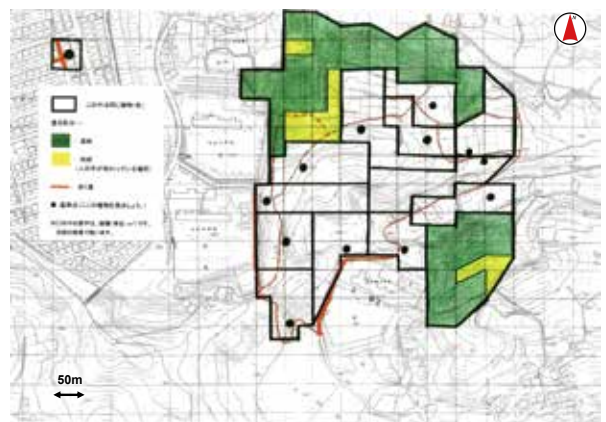
8. 1. 2 教材

教材①(グループ①)

「対象地域の植生マップを完成させ、各植生の面積と純一次生産力(NPP)を算出する。」を目的に設定した。

植生マップとは、植生ごとに色を塗り分けた地図である。中山地域の植生を直線で区切った(第20図)。中学生が算出しやすくするため、1辺が50m四方の正方形、縦50m・横25mの長方形、底辺・高さが50mの直角二等辺三角形と底辺25m・高さ50mの直角三角形の4つの図形の組み合わせで求まるようにした。

第1次では、生徒は対象地域の道沿いに歩く。地図



第20図 教材①における生徒用ワークシート1.

—学校の裏山には、ゾウが何頭住めるかな—

①植物のもっているエネルギーを調べよう。

☆その1: まず、森林、草地、それぞれの面積を計算してみましょう。
1マスが50m×50mだから・・・

森林→()m²

田畑→()m²

草地→8550m²(中山中学校、中山小学校:5000m²、由木西小学校:3550m²)

☆その2: 上で求めた数字に次の数をかけてみましょう。
その計算結果が植物のエネルギーを表しています。

森林→()×22312.5(定数)=()kJ/年

田畑→()×11602.5(定数)=()kJ/年

草地→8550m²×10710(定数)=()kJ/年

・・・ということで、裏山の植物の全エネルギーは、()kJ/年

この裏山に、次の動物は何頭(何匹)生活できるだろうか？

1年に必要なエネルギー	〇頭(匹)生活できる
ゾウ(アジアゾウ) 46505244kJ/年	約()頭
野ウサギ 155500kJ/年	約()匹

第21図 教材①における生徒用ワークシート2.

に記された各区画の基準点を観察し、木か田畑かを判断して塗色させた。その結果をもとに、第3次ではワークシート2を使用した(第21図)。対象地区の全ての植物が持っているエネルギーを算出するためのものであり、面積が求まれば機械的に空欄を当てはめ、純一次生産力が算出できるように構成した。桁数の大きな計算になるため、生徒は電卓を使用した。

教材②(グループ②)

「中山中学校裏山のご食物網構造の一部を観察し、それをもとに食物網構造を完成させる」を目的に設定した。

第2次では野外に生息する生物を観察させた。その補助として、昆虫と鳥類に絞った観察しやすい生物を記載した図鑑を事前に作成した。図鑑には生物の写真、大きさや特徴、鳴き声、食性、雌雄の見分け方などを記載した(第22図)。これらを用い、生徒は見つけた動物をワークシート1(第23図)に記入させる。問い②では、観察した昆虫や鳥類を分類させた。期待する答えは脊椎動物と無脊椎動物、肉食動物と草食動物である。

第3次で使用したワークシート2(第24図)では、ワークシート1で調べた食べるもの(食性)に基づき、



第22図 野外観察で使用した鳥類図鑑と昆虫図鑑の表紙とその一例。

野外観察記録 _____ 年 _____ 組 _____ 番 名前 _____

☆中山のご食物網を調べよう。

①山を歩いていて、見つけた動物を書きましょう。
また、それらは何を食べているのかな? 図鑑で調べてみましょう。
食べているもの

○ _____ ()

○ _____ ()

○ _____ ()

○ _____ ()

○ _____ ()

○ _____ ()

○ _____ ()

○ _____ ()

○ _____ ()

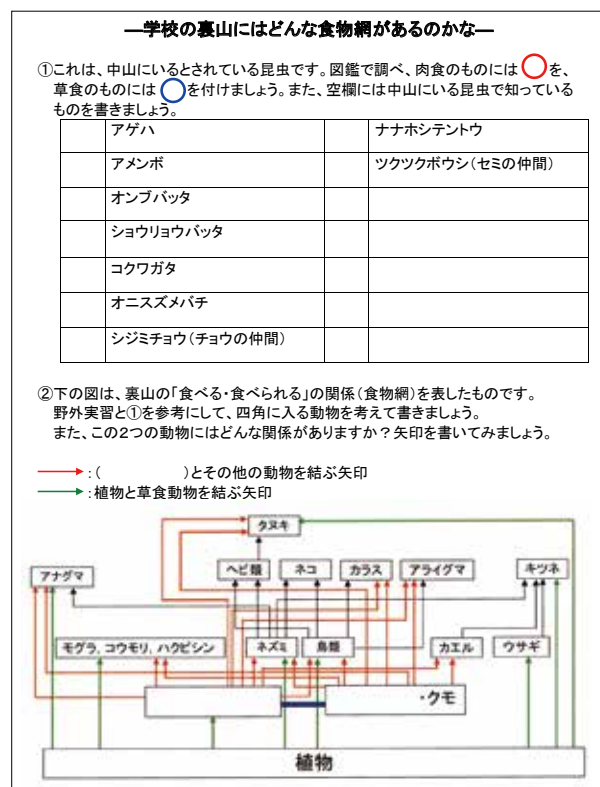
○ _____ ()

②見つけたものを分類してみましょう。

I. _____ と _____ で分ける

II. _____ と _____ で分ける

第23図 教材②における生徒用ワークシート1。



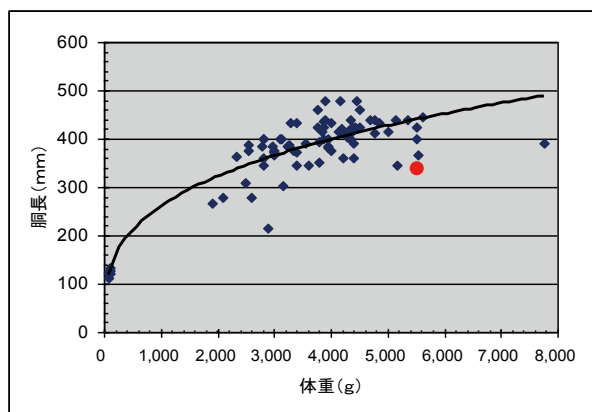
第24図 教材②における生徒用ワークシート2。

肉食動物と草食動物がいることを確認し、食物網を完成させた。短時間の中で完成させるため、穴埋め式とした。この教材により、「食べる - 食べられる関係」が成り立つことを学習させた。

教材③（グループ③）

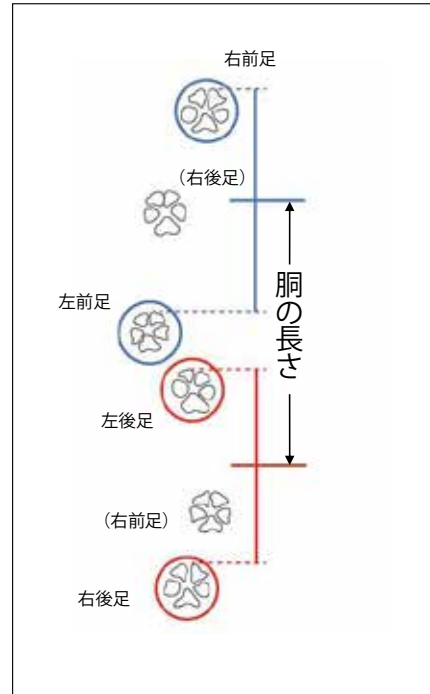
「タヌキの連続歩行跡から、胴の長さを見積もり、そこから体重と個体の所要エネルギー量を算出する。」を目的に設定した。

まず、第2次では、タヌキの所要エネルギー量を求めるため、体重を推定する必要がある。体重と胴の長さには相関関係があり（第25図）、胴の長さは2本の



第25図 タヌキの胴の長さと体重の相関を示したグラフ。

前足の中間点と後ろ足の中間点を結んだ距離で表される（第26図）。そのため、ワークシート1（第27図）を使用し、タヌキの連続歩行跡を計測させた。5箇所計測して胴の長さを見積もり、その平均値をタヌキの胴の長さとした。



第26図 タヌキの歩行跡例と胴の長さを見積もる方法（カッコで示したものは、前後の足跡）。

野外観察記録 年 組 番 名前

☆タヌキの足跡を見てみよう。

①おおよそどんな形をしていますか。 (丸い ・ 四角い)
絵をかいてみましょう。また、形、大きさなどで、他に気付いたことがあれば、書きましょう。

②2本の前足の中間点と後ろ足の中間点の間の長さを測りましょう。
これは、タヌキの胴の長さにあたります。
何ヶ所かで測り、平均を出してみましょう。

この部分を測りましょう。

① _____ cm
② _____ cm
③ _____ cm
④ _____ cm
⑤ _____ cm
平均 _____ cm

第27図 教材③におけるワークシート1。

—タヌキは1日にどのくらい食べる？！—

①グラフを使って、前回測定した胴の長さから体重を求めてみましょう。

前回測定した胴の長さの平均
→ () cm
= () mm

グラフより…

体重 () g

②パソコンを使って、体重からタヌキに必要なエネルギーを出してみましょう。～動物園データより～

I. 寝ている時に必要なエネルギー: () kJ
キャベツ が、() 個分

II. 起きている時に必要なエネルギー: () kJ
キャベツ が、() 個分

③IとIIの差は、何だろうか？考えて書いてみましょう。

第28図 教材③におけるワークシート2。

タヌキの体重	5 kg	
タヌキが1日に...		キャベツでいうと...
I 寝ている時に必要なエネルギー	963048.2 kJ	7.5 個分
II 起きている時に必要なエネルギー	1966096.5 kJ	15.0 個分

第29図 タヌキの所要エネルギー量算出に用いた表計算ソフト。

第3次のワークシート2（第28図）では、体重と胴の長さの相関グラフを見せ、体重を見積もらせた。さらに、表計算ソフト（第29図）を利用し、体重からタヌキの所要エネルギー量を算出させた。また、起きている時と寝ている時のそれぞれの所要エネルギー量を算出するようにし、その差を考察させた。最も大きな要因は、採餌のためのエネルギーである。

教材④（グループ④）

「ウサギの糞の観察から、動物体内にはエネルギーのロスがあることを確認し、その大きさやエネルギーの分配の仕方について理解する。」を目的に設定した。

第2次は中山中学校裏山で発見したウサギの糞を観察させた。野外実習当日、事前に発見し回収したウサギの糞を再度発見場所に戻し、ウサギの糞を肉眼と野外顕微鏡（N社製のファール君）の両方で観察さ

せた。野外用顕微鏡を用いると、草の未消化分など糞の構成物まで観察することができる。ここからウサギが草食動物であること、食べた植物の繊維がエネルギーのロスとして体外に排出されることを確認させた。ワークシート1（第30図）には、観察した結果をスケッチさせた。

第3次ではワークシート2（第31図）を使用し、エネルギー分配を計算する。植物が持つエネルギー（NPP）から、ウサギとネズミを経てキツネに分配されるエネルギー量を算出させた。NPPを200,000 kJとし、変換効率を乗じウサギとネズミにエネルギーを分配する。その結果、200,000 kJのエネルギーのうち、キツネの成長に利用されるエネルギーは1.2 kJであることが示された。この点に着目させ、動物体をエネルギーが通過する際のロスがいかに大きいかを理解させた。

8. 1. 3 授業実践概要

東京都八王子市立中山中学校において、第3学年の3クラス、計85名の生徒を対象に、授業を実践した（資料9）。授業内容と使用したワークシートは全て共通である。

授業実践の目的：生態系を動植物の相互関係から総合的にとらえ、教科書に掲載されているピラミッド型の模式図ができる仕組みを理解する。

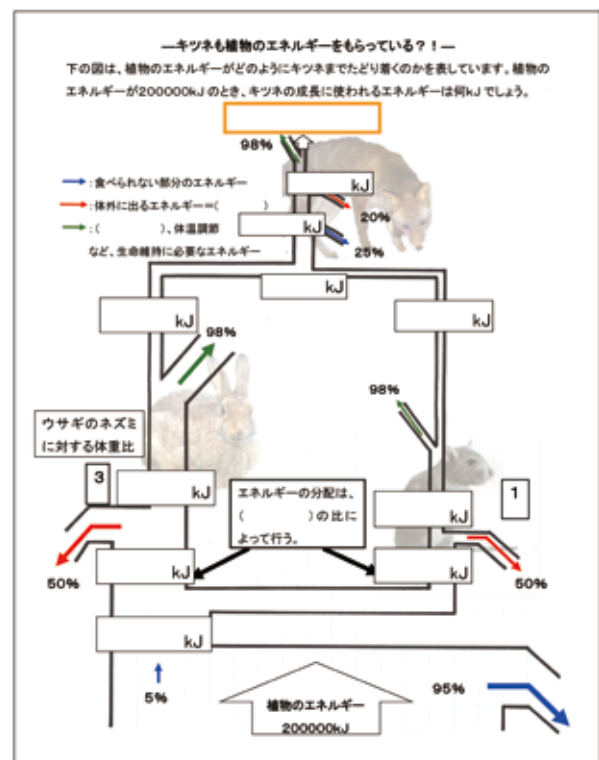
野外観察記録 _____ 年 _____ 組 _____ 番 名前 _____

☆動物の糞を見てみよう。

1. ウサギの糞
絵を描いてみましょう。また、色やにおい、様子など気付いたことを書きましょう。

2. ウサギの糞を顕微鏡で観察してみましょう。何が見えるかな？
見えたものをスケッチしましょう。また、気付いたことを書きましょう。

第30図 教材④におけるワークシート1。



第31図 教材④におけるワークシート2。

●授業の目標

- 第1次 ・生産者, 消費者などの内容を理解し, 食物網について学習する。
- ・生態系では生産者, 消費者の数量的関係について理解する。
- 第2次 ・野外実習を通して, 中山の自然に興味をもつ。
- ・生態系を定量的に解析する手法を知り, 実践を通しその理解を深める。
- 第3次 ・前次をもとに自己の考察を深める同時に, 他班の活動に興味をもつ。
- ・生態系を多角的に見ることができ, 環境保全に目を向けることができる。

(2) 第1次における授業実践

第1次では, 生態系に関する定性的な内容の学習と, 野外実習のグループ分けおよび調査・観察内容を確認した。資料10-1の第1次の指導案に基づき, 教室内で第32図のワークシートを使用し学習した。

まず, 生態系の基本的な事柄について学習した。ここでは教科書を用いて「食物網」, 「生産者」, 「消費者」の語句と内容を学習した。食物網は「生物どうしの「食べる・食べられる」の関係のつながり」, 生産者は「有機物をつくるもの」, 消費者は「つくられた有機物を食べるもの」という内容で学習した。

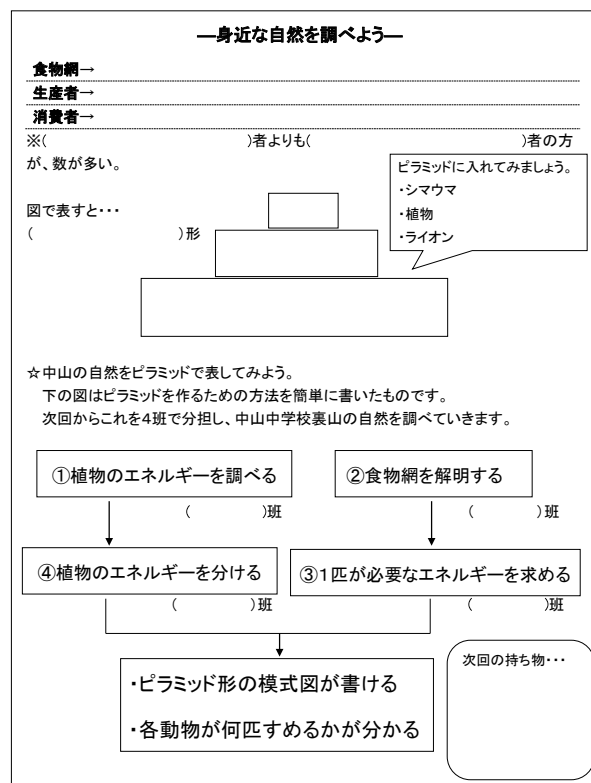
また, 生態系の個体数と生態系ピラミッドの概要について学習した。消費者の方が生産者に比べ数が少ないということを理解し, それぞれの個体数を図に表すとピラミッド型になることを学習した。

さらに, その関係は中山地区でも成り立つのかどうか, 次時で野外観察を行うことで結果を導くことができることを確認した。野外実習に向けて班分けし, 各グループが行う内容について確認した。また, 服装や持ち物などの確認とともに, 草花をむやみにとらない, できるだけ大声を出さない, むやみに殺生をしないなどの注意点も確認した。

(3) 第2次, 第3次のグループ活動及びまとめ授業の実践

第2次, 第3次では前述の教材①~④を, 1グループに1教材ずつ配布し, グループごとに自然観察や活動を行った。指導案を資料10-2の第2次に示す。

第3次では資料10-3の第3次の指導案に基づき, まずグループごとに第2次の野外観察のまとめを行い, 各々の理解や考察を深めた。グループ①はNPPの算出, グループ②は食物網モデルの完成, グループ③



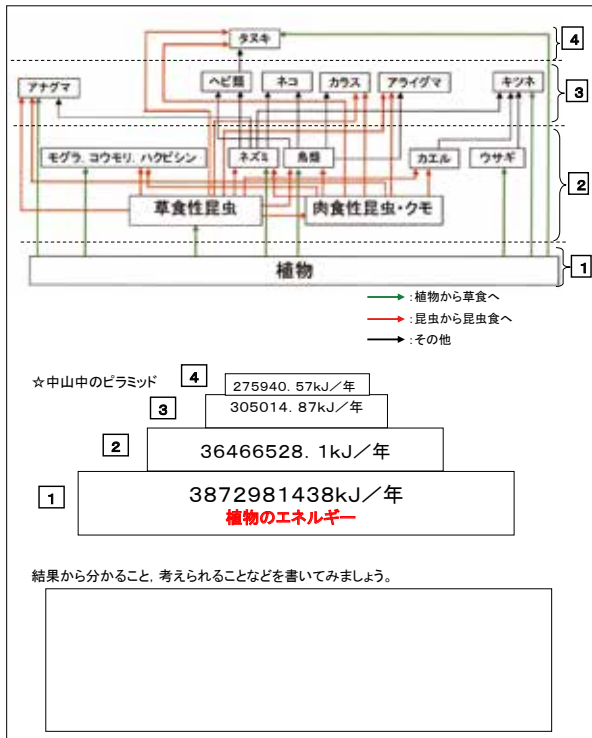
第32図 第1次で使用したワークシート。

はタヌキの体重の見積もりと個体の所要エネルギー量の算出, そしてグループ④はエネルギー分配を完成させた。その後, 自分の担当以外の班がどのようなことを行っていたかを理解するため, 各グループの代表者に自分たちが調べたことや分かったことを発表させた。

さらに, 全3回の授業のまとめを行った。これはクラス全体で講義形式をとり, 第33図のワークシートを使用した。

続いて, 野外実習の結果から作成した生態系のエネルギーピラミッドを提示した。ここで, 各栄養段階のエネルギーの量の桁数に着目させ, 高次消費者にいくにつれて桁数が減少していくことを確認した。

最後に, エネルギー量を解析し求められた動物の推定個体数について言及した。事前調査による中山地区のNPPを利用すると, 計算上タヌキは約14.2匹, ウサギは約15.7匹生息できると提示した。そして, 中山地区に隣接する団地面積と比較し, もし団地が森だった場合のタヌキの推定個体数が異なる(約35匹)ことを示した。これにより, 生態系が破壊されたことを確認し, 環境について考えるように導いた。



第33図 第3次で使用したワークシート。

8. 1. 4 結果

授業補助者と授業記録者によるチェックおよび生徒を対象とした記述式アンケートを授業後に行い、評価した。

3年2組26名に対する、授業補助者と授業記録者によるチェックリストを分析した。授業内の評価の観点とその結果を第17表に示した。各項目の評価は3段階である。まず○は「自分の力でできた(質問に対して)該当する」を意味し、△は「教員や友達の助言によってできた、該当するとは言えない」、×は「できなかった、該当しない」を意味する。各項目を達成した生徒の人数は、○を1人、△を0.5人、×を0人として集計した。また、表中のA～Gは班の各生徒を指す。

教材ごとの理解度を集計した結果、教材①では4.3人/5人(86%)、教材②では6.6人/7人(約93.8%)、教材③では6.8人/7人(約96.9%)、教材④では6.1人/7人(約86.7%)の生徒が理解したと示された。

しかし、教材①の自然観察への興味・関心、野外観察での班の目的の理解や教材③のタヌキの胴の長さの測定方法の理解については、理解度が50%に留まった。

また、授業実践終了後に第3学年81人を対象に、記述式アンケート(第34図-1, 2)を行った。アンケートには分かったこと、学んだことや今後の学習に生かしたいことなどを野外実習中と授業全体のそれぞれに分けて質問した。その結果、以下のような記述が得られた。

- ・ヒトの誕生が食物網に与えた影響を調べたい。
- ・この森を守らなくてはならないと思った。
- ・意識して歩いたら、今まで気づかなかった田んぼ

アンケート

★中山中学校の裏山を歩いたことはありましたか？ 番号に○をつけてください。

① 歩いたことはなかった
② 歩いたことがあった

★歩いたことがある人に聞きます。それは、いつですか。当てはまるものすべてに○して下さい。

① 小学校以前
② 小学校1、2年
③ 小学校3年以上
④ 中学校1年
⑤ 中学校2年
⑥ 中学校3年
⑦ その他()

★歩いたことがある人に聞きます。中山中学校の裏山でそのとき、何をしましたか？
授業の内容や観察したものなど具体的な活動を思い出せる範囲で書いてください。

① 自分から進んで
② 学校の授業で 教科()
③ クラブ活動(部活)でークラブ名()
④ その他()

★歩いたことがある人に聞きます。中山中学校の裏山でそのとき何をしましたか？
授業の内容や観察したものなど具体的な活動を思い出せる範囲で書いてください。

★2時間目に実際に山を歩いてみて感じたこと、発見したこと、今まで知らなかったことなどを書きましょう。

第34図-1. 授業後に行った生徒用記述式アンケート1.

★エネルギーの無駄について学びましたが、どのように感じましたか。実感がわかない、もったいないなど自由に書いてください。

★3時間の授業を終えて、学んだこと、感じたことを書きましょう。
また、今後こうしていこう、こういう勉強がしたい、こういうことを知りたいなどもあれば、書きましょう。

★3時間の授業の中で、難しかったところ、分からなかったところはどこですか。

★エネルギーという言葉が何度もでてきましたが、理解できましたか？どのように感じましたか？イメージが分からなかった、どういふものか想像ができないなど、自由に書いてください。

最後に・・・今まで、中山中の生態系を解析してきたのですが、生態系を解析するために、具体的にどんなことを調べなくてはいいのでしょうか。今回の授業を参考に書いてください。

ご協力ありがとうございました。

年 組 番 名前

第34図-2. 授業後に行った生徒用記述式アンケート2.

第17表 グループ活動における生徒の理解度.

	チェック項目	A	B	C	D	E	F	G	できた生徒の合計
教材① n = 5	自然観察への興味・関心	△	△	△	△	△	—	—	2.5人 (50%)
	野外観察での班の目的の理解	△	△	△	△	△	—	—	2.5人 (50%)
	植生の調べ方に対する興味・関心	○	○	○	△	×	—	—	3.5人 (70%)
	植生の見分け方の習得	○	○	○	○	○	—	—	5人 (100%)
	植生マップの完成	○	○	○	○	△	—	—	4.5人 (90%)
	植生ごとの面積, エネルギー算出	○	○	△	○	○	—	—	4.5人 (90%)
	植物の全エネルギーの算出	○	○	○	○	○	—	—	5人 (100%)
	ノウサギ, ゾウの許容個体数の算出	○	△	○	○	△	—	—	4人 (80%)
教材② n = 7	自然観察への興味・関心	○	○	○	○	○	○	○	7人 (100%)
	野外観察での班の目的の理解	○	○	○	○	○	○	○	7人 (100%)
	昆虫, 動物に対する興味・関心	○	○	○	○	○	○	○	7人 (100%)
	生物に関わる積極性	△	△	○	○	○	○	△	5.5人 (79%)
	調べた生物の分類	○	○	○	○	△	○	○	6.5人 (93%)
	生物10種の観察・同定	○	○	○	○	△	○	○	6.5人 (93%)
	食性についての理解	○	○	○	○	○	○	○	7人 (100%)
	昆虫に対する知識・理解	○	△	△	○	○	○	○	6人 (86%)
	食物網の矢印についての理解	○	○	○	○	△	○	○	6.5人 (93%)
	草食, 肉食の相互関係の理解	○	△	○	○	○	○	○	6.5人 (93%)
	食物網の完成	○	○	△	○	○	○	○	6.5人 (93%)
教材③ n = 7	自然観察への興味・関心	○	○	○	△	×	○	△	5人 (71%)
	野外観察での班の目的の理解	○	○	△	△	○	○	△	5.5人 (79%)
	足跡に対する興味・関心	○	○	○	△	○	○	○	6.5人 (93%)
	胴の長さの測定方法の理解	△	△	○	△	×	△	△	3.5人 (50%)
	観察記録の完成	○	○	○	○	○	○	○	7人 (100%)
	グラフの活用, 単位の変換	○	○	○	△	△	○	○	6人 (86%)
	体重の見積もり	○	○	○	○	△	○	○	6.5人 (93%)
	所要エネルギー量の算出	○	○	○	○	○	○	○	7人 (100%)
	I と II の差の考察ができた	○	○	○	○	○	○	○	7人 (100%)
教材④ n = 7	自然観察に対する興味・関心	○	○	○	○	○	○	○	7人 (100%)
	野外観察での班の目的の理解	○	○	○	○	○	○	○	7人 (100%)
	糞の観察, 観察記録の完成	○	△	○	△	○	○	○	6人 (86%)
	糞の観察からの気づきがあった	○	○	○	△	○	○	○	6.5人 (93%)
	顕微鏡の正しい使い方	○	○	○	○	○	○	○	7人 (100%)
	3つの矢印の意味の理解	○	○	○	○	○	○	○	7人 (100%)
	変換効率への理解	○	○	○	○	○	○	○	7人 (100%)
	エネルギーの分配・結合の計算	○	○	○	○	○	○	○	7人 (100%)

や畑に気がついた。

- ・ニュースで聞いた動物の異常発生は、食物網と関係しているのか。
- ・私の住んでいる団地には“土の道”は全然ないので、貴重な体験をしたのだと思った。

以上の記述から、自然環境を保全する心が芽生えたことが示され、学習指導要領で目標とされていた点を達成したと解釈できる。

8. 1. 5 本教材に対する評価と考察

各教材においての評価が高かったことから、本教材は中学3年生を対象とした生態系の理解に適切な教材であったと解釈することができる。しかし、その理解は、各生徒が担当したグループの理解に留まり、ほかのグループの活動・学習項目を理解していない傾向がある。その原因として、第3次でのまとめで、グループごとの情報交換が足りなかったことが考えられる。各教材の代表者が自分たちの教材について発表する場面は設けたが、グループ全員が理解するための話し合いの時間などは設けなかった。そのため、今回の教材で1つのグループのメンバーが同じ教材を学習するのではなく、グループのメンバーで教材①～④を分担することがより望ましいと考えられる。第3次で、自分が使用している教材についてまとめた後、グループ内で各教材の情報交換をするように改善することで、す

べての教材について理解し、生態系全体を理解することができると考えられる（第35図）。

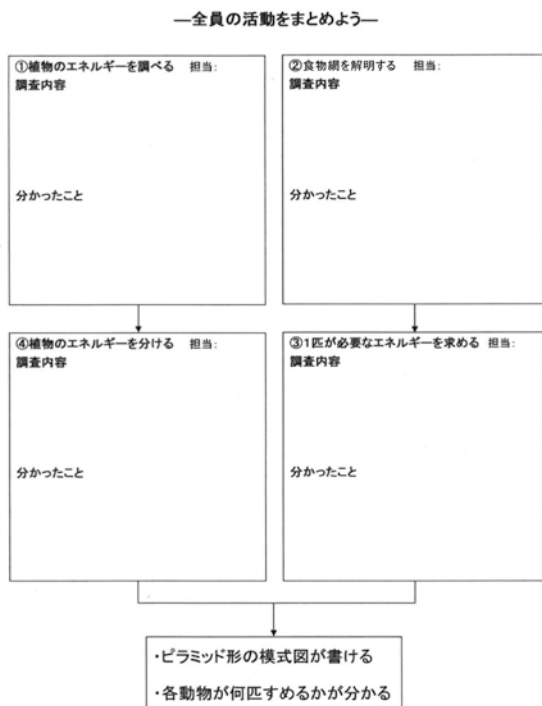
また、授業後アンケートで興味関心の観点で低いという結果が出た教材①と教材③について改善すべき点は、まず教材①では植生を調査する意義を明確に伝えることである。第17表にて教材①以外の教材の理解度を見ると、野外実習における目的の理解が高いグループは興味関心も高いということが示された。そのため、野外観察の結果が今後どのように活かせるかを伝えておく必要があると考えられる。

また、教材③のタヌキの胴の長さの測定方法を理解させるため、足跡をみて前足・後ろ足を判断させるのみならず、模型などを使い視覚的に歩き方を示す工夫をすると理解が深まると考えられる。

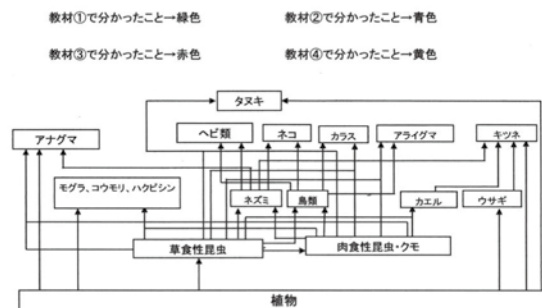
しかし、教材①と③の学習課題については90%以上と高い理解度が示されている。そのため、この2つの教材は難易度を挙げることでさらなる好奇心を確保することができると考えられる。また、教材①は各植生の面積の算出をより複雑にすること、また教材③はエネルギーの配分と結合の場所を増やすことが望ましいと考える。

8. 2 教員が生態系解析の経験のない理科教員の場合

8. 1 では生態系解析の経験者が指導したが、実際には、生態系解析の経験のない一般的な理科教員がほ



●下の図は、中山中学校裏山全部の食物網の様子を表しています。
今回の学習で分かった部分はどこか、矢印や動物に色を付けましょう。



●3 時間を通して、学んだこと、分かったことなどを書きましょう。

第35図 授業実践を改善するためのワークシート。

とんどである。そこで、食物網とエネルギー流モデルに基づく生態系解析の経験のない教員を含め、すべての理科教員が生徒に生態系を理解させられる教員用教材を作成する。そして、それらの教員による授業実践を実施し、評価・検討する。

8. 2. 1 一般的な理科教員による授業実践に向けた改善点

一般的な理科教員が、8. 1で実践した指導法で授業実践を行った。授業補助者、授業記録者によるチェックリスト評価、授業後に生徒対象に実施した記述式のアンケート（第34-1, 34-2図を参照）により、生徒の理解度を評価した。また、TA用アンケートにより、教材を評価した。まず、生徒対象の記述式アンケートによると、自分の活動以外のことについて言及している生徒は93人中21人であり、自分が行った作業内容の理解のみに留まっていることが確認された。また、TAによるアンケートからも全体像を理解している生徒は少ないとの意見があった。これは、各班に分かれて観察をしたため、共通理解が狭まったことを示していると考えられる。従って、指導について教員1人でできる授業形態を目標としていることもふまえると、8. 1で使用した教材をよりシンプルにし、すべての生徒が4つの内容を共通して経験するのが良いと考えられる。

また、TAによるアンケートから、教員1人では指導しづらかったことや気付いた点に関して、次のようなことがあげられた。

- ・森林、田畑の面積を求める際の計算ができない。
- ・縮尺の意図を理解していない。
- ・図鑑に載っている種類が少ないため、図鑑での同定が難しい。
- ・タヌキの胴長から体重、所要エネルギー量がわかることの理論の説明があるとよい。
- ・桁数が大きすぎて計算ができない。
- ・エネルギーのロスが生じることにに関しては教員の言葉かけが必要。

以上の問題点を改善するために、NPP算出のワークシートは、Google earthを用いて野外に出ることなく森林、田畑を区別すること、そして、桁数の大きい計算は表計算ソフトを用いることとする。

今回の授業実践を通して、すべての理科教員が教えられようにするためには、

- (1) 専門知識をつけること
- (2) 授業の流れが決まっていること
- (3) 生徒への説明の仕方、イラストを使い、視覚

化して分かりやすくすること

- (4) 桁数が多く、複雑な計算を単純化することが必要であると考えられる。

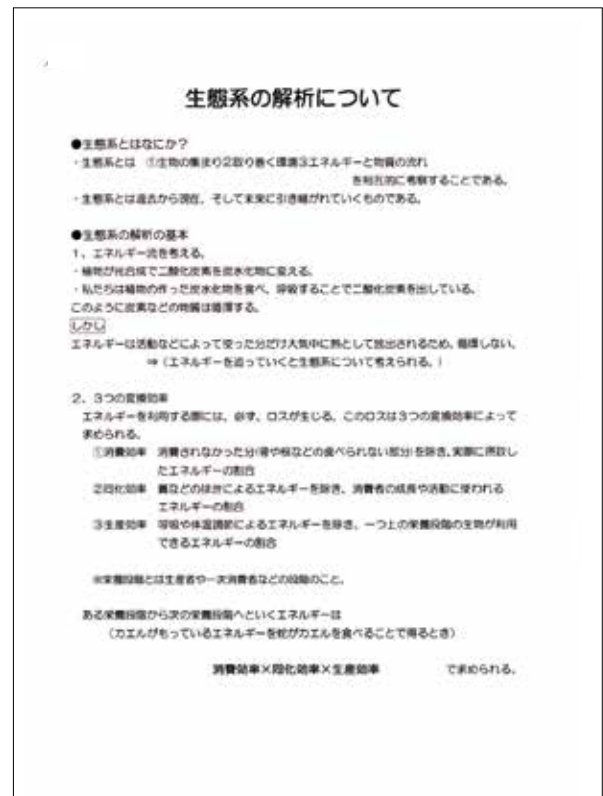
8. 2. 2 すべての理科教員が教えられるための教員用教材の作成

(1) 専門知識

専門知識をつけるために、生態系解析マニュアル(第36図)を作成した。生態系解析マニュアルは、生徒指導にあたり、生態系を解析するための手順、計算方法を教員自身が勉強するためのものである。Matsukawa et al. (2006)を基に易しく、専門用語を中学生が理解できる内容で説明した。これにより、生態系解析の経験のない教員でも理解できるよう、また、教員自身の学習意欲がわくように工夫した。解析手順の中には、授業計画に示された内容を教える時期や用いるワークシートについて示した。

(2) 授業の流れ

授業の流れを模式的に表すために、学習指導案(第37図)を「生徒の学習内容と活動」、「教員の支援」、「資料等」の項目別に示して作成した。「生徒の学習内容と活動」の項目は、授業で教える内容を順序立てて書き、「教員の支援」の項目は、学習内容に対する注意



第36図 教員用教材1(生態系解析マニュアル)
※詳細は資料11-1.

や生徒に伝えるべきポイントを示し、生徒の活動の目的を明瞭にした。また、「資料等」の項目は、対応するワークシートや資料を示した。教員が準備するもの、生徒が準備するものを細かく示すことで、初めて行う授業でも進められるように工夫した。

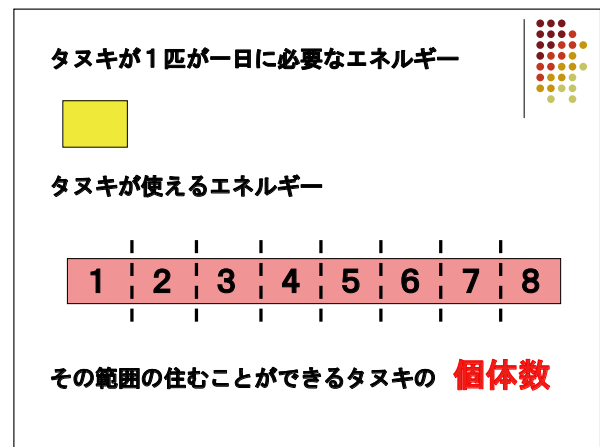
(3) 授業展開

(i) プレゼンテーションソフト

授業内で使用するプレゼンテーションソフト (第38図) を作成した。プレゼンテーションを使用する目的は、①専門的な言葉の意味を図で表し、視覚的に理解させられること。②アニメーションをつけ、図に動きを持たせ、より効果的に理解させることができる。③板書の時間を省き、説明時間を短縮する。の3点である。

(ii) 授業のセリフ

授業のセリフ (第39図) は、授業の流れが理解できるようにT (先生) とS (生徒) に分けてセリフを示した。授業のセリフは、プレゼンテーションソフトと併用するため、プレゼンテーションソフトをクリックするタイミングや、セリフと対応するスライド番号を示した。この授業のセリフとプレゼンテーションソフトの使用により、どの教員でも同じ授業展開ができ、授業の質を保つことができると考えられる。この授業



第38図 教員用教材3 (プレゼンテーション) (上: 第3次のスライド2枚目 下: 第3次のスライド13枚目)。

資料 11-2. 理科学習指導案(略案)			
●第1次			
(1) 本時の目標			
・生態系では生産者と消費者がどのような関係にあるのかを理解し、食物網の仕組みを知る。			
・森林・田畑では持っているエネルギーが異なることを知り、植物のエネルギーを計算する。			
(2) 使用するもの			
生徒:教科書、ノート 教師:ワークシート			
(3) 本時の学習計画			
	生徒の学習内容と活動	教員の支援(☆評価)	資料等
導入 5分	1. 生物同士のつながりを考える	○プレゼンテーションソフトで説明する。 ○ワークシートを配る。	プレゼンテーションソフト
展開 40分	2. 生産者・消費者・食物網の定義を確認する。	○「食物網:生物同士の食べる・食べられる関係のつながり 生産者:有機物を作るもの(植物など) 消費者:作られた有機物を食べるもの」 ○一般形と例を使ってワークシートに矢印を書かせる。	プレゼンテーションソフト、ワークシートA、教科書
	3. 食う・食われる関係を図で表す方法を知る。	○例題では各動物の食性について触れる。 ○あらかじめどちらが多いかを予想させる。 ○食われるものより食うものの方が数が少ないことを確認しておく。 ○数の関係から、ピラミッド型になることをおさえる。 ○ピラミッドの中にシマウマ、植物、ライオンを入れる。	
	4. 生産者・消費者の数の関係を知る。	☆生産者、消費者について知り、食物網について理解することができたか。(ワークシート、発言)	
	5. 中山中の裏山の植物の持っているエネルギーを求める。 ①航空写真から各区分が森林なのか、田畑なのかを判断する。また、その区分が何マス分なのかを数え、ワークシートに記入する。 ②電卓で森林・田畑のマスの合計を出す。 ③表計算ソフトに数を入れて、植物の持っているエネルギーを求める。	○ワークシートを配る。 ○森林と田畑では持っているエネルギーは違うことを確認させる。 ○航空写真の緑が濃い区分は森林、薄い区分は田畑として判断することを伝える。 ○区分のマスを数えるときはワークシートの右下の例を参考にさせる。 ○中山中のエネルギーの大きさを実感させる。 ☆森林・田畑のエネルギーの違いから中山中裏山全体のエネルギーを求めることができたか。(ワークシート、発言)	ワークシートB,C

第37図 教員用教材2 (学習指導案)。

授業マニュアル作り (第一次) 「はクリックのマーク	
T:「日直さんお願いします。」	
T:「ここに、カエルとヘビがいます。カエルはヘビに食べられてしまいます。このとき、ヘビは食う、カエルは食われるという「食う・食われるの関係が生まれます。ここに「ワシが入ると、この食う・食われるの関係が移動し、今度はワシが食う」、カエルが食われるという関係になります。このように食う・食われるの関係は「つながっているのです。」(スライド2)	
T:「これらの食う・食われるの関係は食われる側から「食う側に向けて矢印を「書くことで表せます。そしてこちらも「食われるものから食うものへ向けて「矢印がかけます。さらに「カエルとワシの間でもこのように「書くことができます。ではワークシートを配ります。」(スライド3)	
T:「このように生物同士の食う・食われる関係を食物網といいます。」(スライド4)	
T:「これらの食う・食われる関係を図で表すとき、矢印を使って、食われるものから「食うものに向けて書くことができます。」	
T:「では、「例をやってみましょう。ワークシートを見てください。シマウマ、植物、キリン、ライオンで考えてみましょう。」	
S:「(食う・食われる関係を矢印で書く。)	
T:「答えはこうになります。植物とシマウマ、植物とキリン、シマウマとライオン、キリンとライオンの間に食う・食われるの関係があるのです。キリンとシマウマの間には「食う・食われるの関係はない」のです。」(スライド5)	
T:「では、「この食物網の始まりは、このような植物」です。植物は太陽の光を浴びて何をしますか。」	
S:「光合成」	
T:「そうですね。じゃあ、光合成では酸素と何かが作られますね。何かとはなんでしょう。うか。」「？」	
S:「でんぷん」	
T:「そうですね。光合成ででんぷんを作ります。でんぷんは有機物ですね。ですから光合成で「有機物をつくるんですね。植物などの有機物をつくるものを「生産者といいます。(スライド6)そしてこの「動物たちは、植物を食べています。そしてこの「動物たちは「動物を食べています。このように「作られた有機物を食うことでエネルギーを得ているのが消費者」です。」(スライド7)	
T:「作られた有機物を食べる消費者の中で、「植物を食べる」草食動物たちを「一次消費者」といいます。そして、「動物を食う」肉食動物たちを「二次消費者」といいます。」(スライド8)	
T:「それでは、生産者と消費者どちらが多いでしょうか。同じでしょうか。」「生産者の方が多いでしょうか。消費者のほうが多いでしょうか。では聞いてみたいと思います。」	

第39図 教員用教材4 (授業のセリフ) ※詳細は資料11-5, 6, 7。

は、時間配分が鍵となるので、授業内容の中で生徒からの意見を引き出して授業を展開するのか、教員が説明するのか、メリハリを意識して作成した。

(iii) セリフを参考にした模擬授業ビデオ

セリフを参考にした模擬授業ビデオは、授業のセリフを基にして、著者（MS）の模擬授業をビデオに収録したものである。指導者がビデオを見て、授業の流れや雰囲気を理解し、授業のシュミレーションを行いやすくするためにビデオを作成した。

(4) 複雑な計算の単純化

生態系解析のなかで桁数の大きい計算や複雑な計算式を単純化させるために、コンピューターの表計算ソフト（第40図）を活用する。

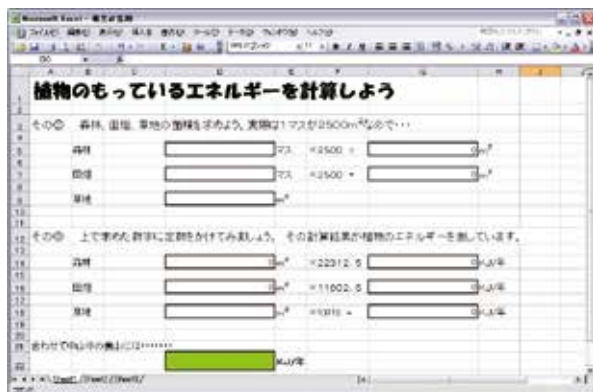
コンピューターの所定の場所に数値を入力すると、自動的に算出されるようにプログラムを設定した。生徒には計算方法を理解させるのではなく解析方法の流れを意識させるため、表計算ソフトの使用により、計算時間を短縮するようにした。数値を入力するための四角の枠に番号をふり、ワークシートと対応させ、生徒が抵抗なく進めるように工夫した。

桁数が大きく、計算式が複雑でない場合は、計算式を示す。これにより、実際に生徒たちが計算をすることなく、計算方法を生徒に示すことができる。

8. 2. 3 一般的な理科教員による授業実践

(1) 授業実践概要

食物網とエネルギー流に基づく生態系の解析をした経験のない教員が授業を行うために必要とする教員用の教材を考察することを目的として、八王子市立山中中学校の中学3年生2クラス80人を対象に、授業実践を行った。ワークシートは、前回の授業実践での反省点を活かして作り直したものを使用した。



第40図 教員用教材6（表計算ソフト）（第1次の植物のエネルギーを算出する際の使うもの）。

●授業の目標

第1次

- ・生態系では生産者と消費者の関係を理解し、食物網の仕組みを知る。
- ・森林・田畑では生産されるエネルギーが異なることを知り、植物のエネルギーを計算する。

第2次

- ・野外実習を通して中山の自然に興味・関心をもつ。
- ・生態系を定量的に解析する手法を知り、実践を通してその理解を深める。

第3次

- ・野外実習をもとに班で協力して解析する。
- ・全体図として生態系を理解することができ、環境保全に目を向ける。

(i) 第1次

まず、生態系の基本的な事柄について、ワークシート（第41, 42図）を用いて確認した。プレゼンテーションソフトを使い、「食物網」、「生産者」、「消費者」の語句とその内容について学習した。その中で、「食う・食われるの関係」を図で表すと矢印の向きは食われるものから食うものに向けられることを説明した。その後、ワークシート（第42図）にある例題で理解の定着を図った。

次に、生態系内の数量の関係と生態系ピラミッドの概要について説明した。ある生態系内で、消費者と生産者の数量の関係を図で表すとピラミッド型になることを、プレゼンテーションソフトを使用し確認した。その際、ワークシート（第42図）にある問いから、生産者、消費者と数量の関係についての理解の定着を図った。

さらに、生態系ピラミッドの基盤となる植物の生産エネルギーを算出させた。ワークシート（第43図）を用い、色別に分けられる森林、田畑の区画ごとのマス目数から、森林と田畑の面積を求め（第44図）、それぞれに単位面積あたりの植生別の生産エネルギー値を乗じて植物の生産エネルギーを求めさせた。表計算ソフト（第40図）を用いて計算するよう指示した。ここでは、生産エネルギー値である定数が、森林と田畑とで異なることから、植生によりエネルギーが異なることを確認した。

(ii) 第2次

まず、中山中裏山の食物網構造を資料（第45図）で確認した。主に、ウサギ、タヌキの位置を確認した。

次に、タヌキの足跡を観察させた。タヌキの連続歩

ワークシート1

みんなの身近な自然を調べてみよう

食物網…
生産者…
消費者…

「食う・食われる」関係を図で表すと
矢印の向きは食われるものから食うものに向けられています。
矢印を書いてみよう。

食われるもの

食うもの

※シマウマ、植物、キリン、ライオンで考えてみよう!!

植
物

シ
マ
ウ
マ

キ
リ
ン

ラ
イ
オ
ン

第41図 第1次における生徒用ワークシート1（食う・食われる関係）。

※ 生産者 ☐ 消費者
() 者よりも () 者の方が、数が多い。

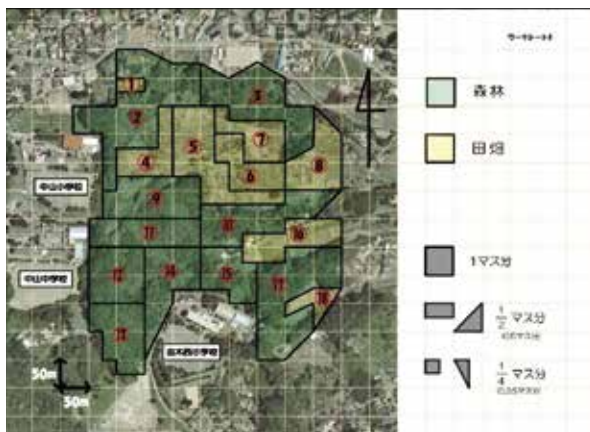
※ 消費者(草食動物) ☐ 消費者(肉食動物)
() 者よりも () 者の方が数が多い。

() 形

植物
シマウマ
ライオン
を入れてみよう

年 組 番 名前

第42図 第1次における生徒用ワークシート2（食う・食われる関係）。



第43図 第1次における生徒用ワークシート3（植物のエネルギーを求める）。

ワークシート2

植物の持っているエネルギーを求めよう

(1) ①から⑩に区切られた区画は田畑か森林かを考えよう。
また、何マス分か答えよう。

		何マス分か?			何マス分か?
＜A＞	①	田畑 0.5マス	⑥		
	②	森林 0.5マス	⑦		
	③	森林 0.5マス	⑧		
	④		⑨		
	⑤		⑩		
＜B＞	⑦		⑩	森林 8マス	
	⑧		⑪	田畑 1.25マス	
	⑨				

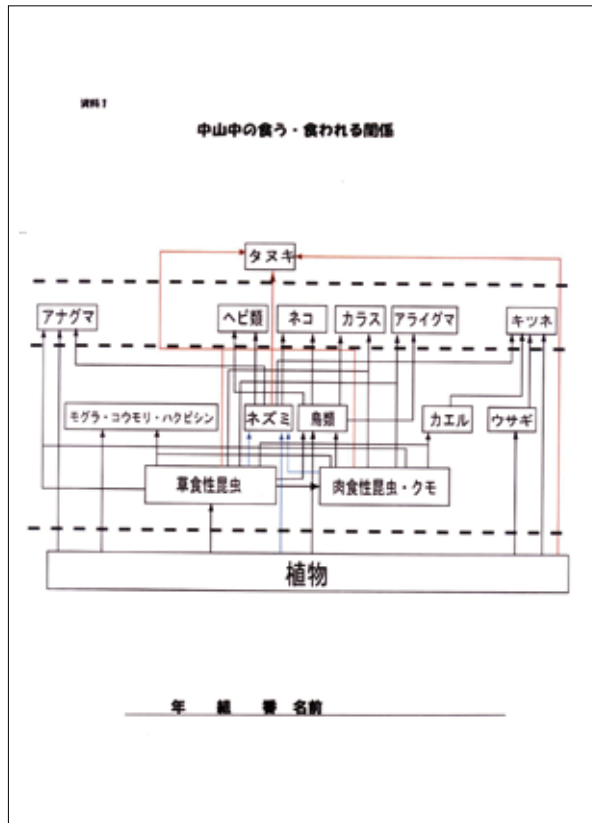
(2) 森林、田畑、草地の面積を求めよう。
1マスは50m×50m=2500m²だから・・・
森林 () マス × 2500m² = () m²
田畑 () マス × 2500m² = () m²
草地 8550m² (中山中学校: 中山小学校: 5000m² 山本西小学校: 3550m²)

(3) 上で求めた数字に定数をかけてみましょう。
その計算結果が植物のエネルギーを表しています。
森林 () m² × 22312.5 (定数) = () KJ/年
田畑 () m² × 11602.5 (定数) = () KJ/年
草地 (8550 m²) × 10710 (定数) = () KJ/年

合わせて中山中の南山には・・・
() KJ/年のエネルギーがある!!!

年 組 番 名前

第44図 第1次における生徒用ワークシート4（植物のエネルギーを求める）。



第45図 第2次における生徒用資料（中山中裏山の食う・食われる関係）.

ワークシートD
野外観察記録 年 組 番 名前

タヌキの足跡を観察してみよう。

① どんな形をしているでしょうか。また、形や大きさ、気付いたことがあれば書きましょう。

② 2本の前足の間隔と後ろ足の間隔の長さを測りましょう。これはタヌキの足の長さにあたります。一人一回測り、班で平均を出しましょう。

① _____ cm ③ _____ cm
② _____ cm ④ _____ cm
⑤ _____ cm 平均 _____ cm

第46図 第2次における生徒用ワークシート1（タヌキの足跡の観察）.



第47図 タヌキの足跡から胴長を測る様子（上）とウサギの糞を観察する様子（下）.

ワークシートE
野外観察記録 年 組 番 名前

ウサギの糞を見てみよう。

○ウサギの糞を顕微鏡で観察してみよう。何が見えるかな？ スケッチしてみよう。また、色やにおい、様子など気付いたことを書きましょう。

第48図 第2次における生徒用ワークシート2（ウサギの糞の観察）.

行跡は、事前調査で確認したものである。ワークシート（第46図）の図を基に、タヌキの左右の前足跡の中間点と後ろ足跡の中間点を結んだ距離を胴の長さとして計測させた（第47図）。生徒の理解を促すために、教員が実際にタヌキの歩行を実演し、2本の前足の中間点と後ろ足の中間点を結んだ距離が胴の長さにあたることを説明した。

さらに、ウサギの糞を観察させた。糞は中山中学校の校庭で発見されたものを回収し、タヌキの足跡を観察した場所で配布した。観察は、野外用顕微鏡を用い、ワークシート（第48図）に記録させた。野外用顕微鏡の観察では、糞の構成物が植物繊維からなっていることを確認した（第47図下）。これにより、食べた植物の繊維がエネルギーのロスとして体外に排出されていることが観察できる。

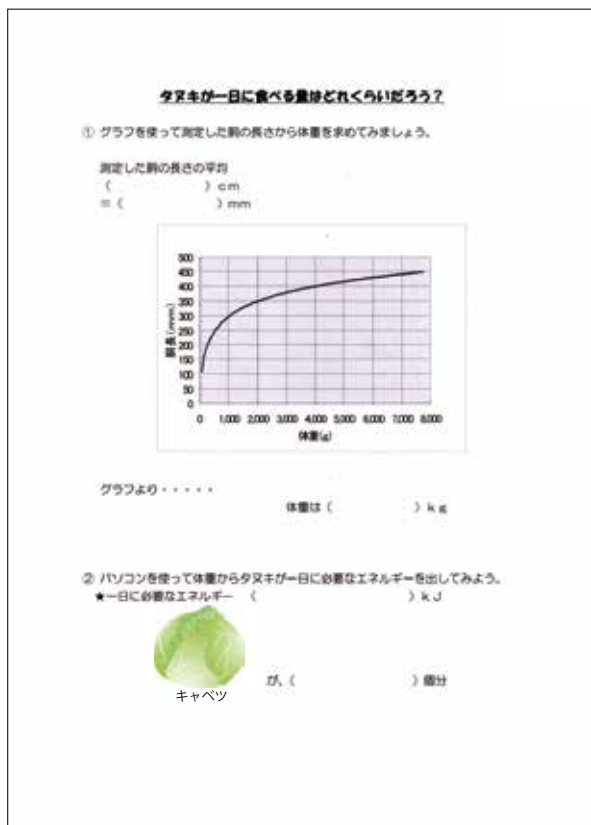
（Ⅲ）第3次

まず、タヌキの所要エネルギー量を求めるために、体重を求める必要があることをプレゼンテーションソフトのスライドを使って説明した。その後、第2次で計測した胴の長さからワークシート（第49図）のグラフを用い、タヌキの体重を見積もった。

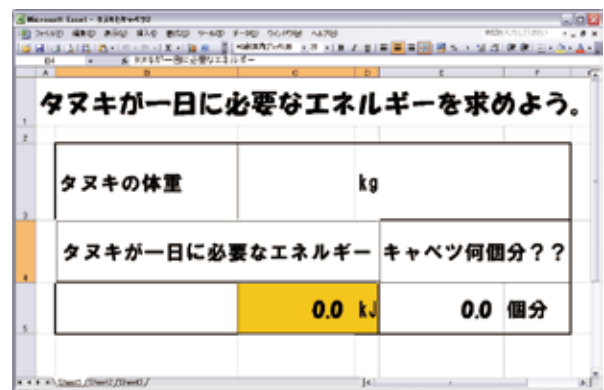
そして、タヌキの所要エネルギー量を、表計算ソフト

（第50図）を用いて算出させ、同時に算出されたエネルギーに相当するキャベツの個数を求めさせた。これにより、エネルギーの大きさを実感させることができる。キャベツのエネルギーは、横浜市立中学校教育研究会／技術・家庭科研究部会（1998）に従い、24 kcal/100 g、1個1.3 kgとした。

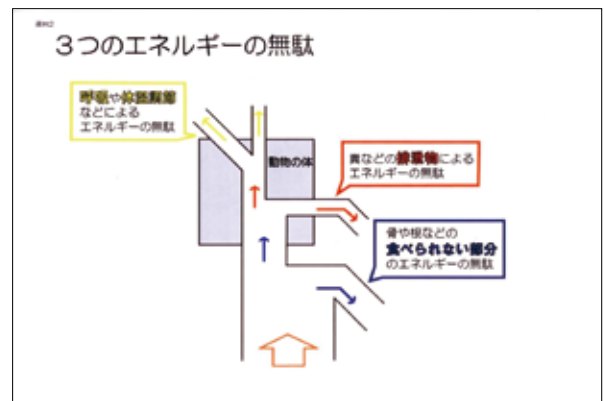
次に、第2次で観察したウサギの糞に植物の繊維が含まれることから、エネルギーにはロスが生じることを説明した。そして、エネルギーのロスには3種類あり、骨や根などの食べられない部分（消費効率）、今回観察した“糞”などの排出物（同化効率）、呼吸や体温調節などによるエネルギーロス（生産効率）であることを資料1（第51図）を使って説明した。そして、ワークシート（第52図）を用いて植物の生産エネルギー量がタヌキに届くまでの過程を計算した。その際、エネルギー分配の説明は資料2（第53図）を用い、動物が1日に必要とするエネルギー量と動物の個体数から分配されることを説明した。ここでの計算は、表計算ソフト（第54図）を用い、教員が生徒の前で計算を示し、生徒と一緒に確認した。このワークシートは、図の中で3つの変換効率によるロスが視覚的に示されていること、幅によってエネルギーが減る様子が示されていることが特徴である。また、エネルギーの分配、



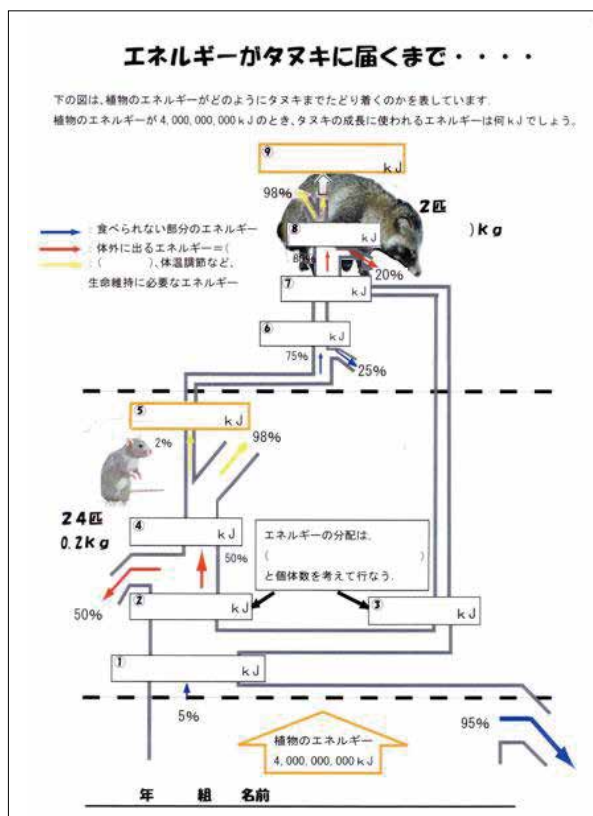
第49図 第3次における生徒用ワークシート1（タヌキの足跡の観察）。



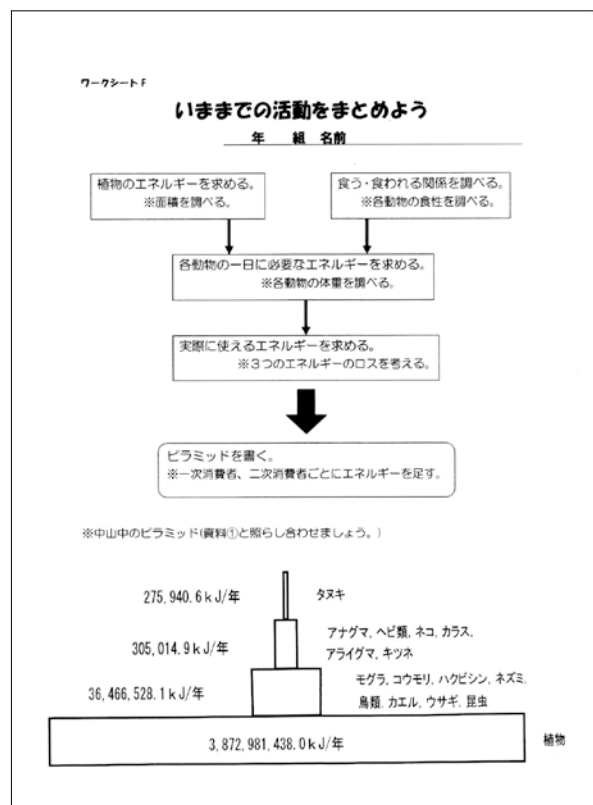
第50図 第3次においてタヌキの所要エネルギー量を求める際の表計算ソフト。



第51図 第3次における生徒用資料1（エネルギーの損失）。



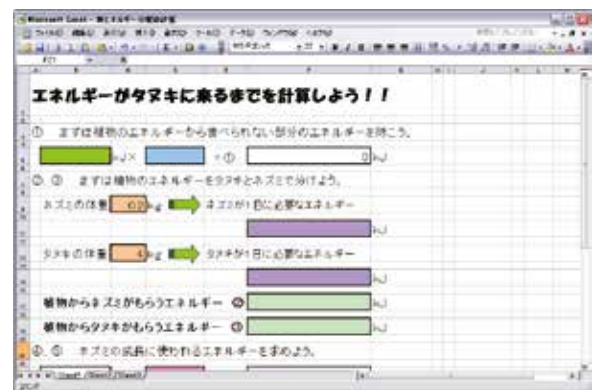
第52図 第3次における生徒用ワークシート2 (エネルギー分配)。



第55図 第3次における生徒用ワークシート3 (まとめ)。



第53図 第3次における生徒用資料2 (エネルギー分配)。



第54図 第3次において植物のエネルギーがタヌキに来るまでの計算を行うための表計算ソフト。



第56図 第3次における生徒用ワークシート4 (まとめ)。

結合までを視覚的に表現している。

最後に、今まで学習してきたことをプレゼンテーションソフトのスライドを用いて確認し、中山の生態系ピラミッドを提示した。さらに、推定個体数の計算をプレゼンテーションソフトのアニメーションを用いて説明した。現在とかつて団地がなくすべて森だったときのタヌキの推定個体数を比較し、環境問題について考えさせた。その後、両者を比較して考えられることをワークシート（第55、56図）に記述させた。

8. 2. 4 チェックリスト、記述式アンケートの結果

授業記録者によるチェックリスト評価、授業後に生徒対象に実施した記述式のアンケート（第34-1、34-2図）により、生徒の理解度を評価した。また、教員対象に実施した記述式のアンケートにより、各教員用教材を評価した。

まず、授業記録者によるチェックリスト評価の結果を集計した。このチェックリスト評価は3年1組（40人）と3年2組（40人）を対象に実施した。第18-1、18-2、18-3表で示したチェックリスト項目は、授業中の評価の観点を示す。チェックリストは、○（自分の力でできる）△（教員や友達の助言によってできる）×（できない、興味がない）の3つで評価した。○、△、×のそれぞれが占める全体の割合を集計した。

学習課題に対する全体の理解度を集計した。その結果、○と△の占める割合は、第1次で98.5%、第2次で87.2%、そして第3次で87.1%となった。授業全体で見ると、○と△の生徒は90.9%を占める。このことから、生態系解析の経験のない教員が授業を行うことは概ねできたことが示された。しかし、項目一つ一つに注目してみると、①第1次の「NPPの大きさを実感しているか」に関して、○の生徒が37.1%、②第3次の「所要エネルギー量を求めるためには体重が必要と理解できたか」という項目に関して、○の生徒が0%、③「エネルギーの分配に関するエネルギーロスの計算方法を理解しているか」という項目に関して、○の生徒が1.8%で、低い理解度が示された。

また、授業実践後の記述式のアンケートでは、第1～3次の授業で分かったこと、学んだこと、難しかったことなどを調査した。その結果、難しかったことでは78.2%（55人中43人）の生徒がエネルギーについてであると答えた。また、「生態系を解析するために具体的に調べることは何か」という質問に関しては、タヌキの足跡やウサギの糞についてであると答えた生徒は多いが、エネルギーについてであると答えた生徒は10.9%（73人中8人）である。従って、全体的にエネ

ルギー流に対する理解が乏しいと考えられる。

しかし、第1～3次の授業で分かったこと、学んだことについては、「植物がなくなってしまうと動物も生存するのが困難になるので今後自然を大切にしようと思った」や「人間を含めてすべての動物が自然や他の動物に支えられて生きているということを感じた」などの記述が見られ、授業を実施したことで、自然を大切にしようという気持ちが育ったこと、自然環境への興味・関心をもつことができたことと解釈できる。

教員対象に実施した記述式アンケートでは、各教員用教材の授業を行う上で必要性（第19表）、この授業を実施したことで感じたことを調査した。

その結果、生態系解析マニュアルについては、「セリフをたどると授業ができてしまうことから、この解析内容がしっかりと分かっているなくても授業が成立してしまう気がする」と記述されていた。セリフについては、実際の授業で、セリフ通りに話すことはなかなかできないため、必要性を感じないことが示された。そのため、授業のポイントを示すだけで十分とする意見が認められた。しかし、授業の流れをつかむものとして、絶対に必要という意見もあった。

また、プレゼンテーションソフトについては、第1～3次の授業数でこの内容量をこなす場合、ソフトを使用することで板書に要する時間を節約できることや、生徒たちに注目されやすいのでよいとする意見があった。

さらにビデオについては、セリフを見て授業をイメージできれば必要ない。しかし、イメージできなかった場合には見ることができると、あると役立つという意見があった。

第19表は、5つの教員用教材の必要性を、○は必要な教材、△はどちらでもよいとする評価を示したものである。また、Aの教員は、昨年、生態系の授業を経験しており、生態系の解析方法について知識がある。一方、Bの教員は、今年初めて授業を実施した。生態系解析の経験のない教員である。両教員とも教員用教材の必要性を示している。

8. 2. 5 評価

授業記録者によるチェックリスト評価について、低い値が示された項目について検討する。第1次の「NPPの大きさを実感できたか」という項目については、自分の力でできた生徒（○の生徒）が少ない結果が示された。これは、植物生産量を見積もるため、各区画のマス数を合計する作業で時間がかかってしまい、表計算ソフトを使った計算が最後まで終わらなかった班

第18表－1. 第1次におけるチェックリストの結果.

内容	自分の力で行える, おおいにそうである・・・○ 教員や友達の助言によって行える, あまりそうではない・・・△ 行えない, 興味がない・・・×				
教科書内容 の学習	○言葉の定義がきちんと書けるか	○ (52.2%)	△ (41.8%)	× (6.0%)	n=67
	○生産者と消費者の数の関係について理解できたか	○ (88.2%)	△ (11.8%)	× (0 %)	n=76
	○ピラミッドに動物を書き込めたか	○ (93.4%)	△ (6.6%)	× (0 %)	n=76
	○ピラミッドの構造を理解できたか	○ (73.3%)	△ (26.7%)	× (0 %)	n=60
	○食べる・食べられるの矢印の書き方を理解できたか	○ (80.3%)	△ (19.7%)	× (0 %)	n=66
NPPの算出	○植生ごとにマスを数えられるか。	○ (65.3%)	△ (34.7%)	× (0 %)	n=72
	○班で協力してやっているか	○ (70.0%)	△ (30.0%)	× (0 %)	n=70
	○パソコンのエクセルソフトで計算できるか	○ (74.2%)	△ (17.2%)	× (8.6%)	n=58
	○森林と田畑のエネルギーのちがいについて理解しているか	○ (65.2%)	△ (34.8%)	× (0 %)	n=23
	○NPPの大きさを実感しているか	○ (37.1%)	△ (62.9%)	× (0 %)	n=35

第18表－2. 第2次におけるチェックリストの結果.

内容	自分の力で行える, おおいにそうである・・・○ 教員や友達の助言によって行える, あまりそうではない・・・△ 行えない, 興味がない・・・×				
歩く	○1列で歩いているか。	○ (87.7%)	△ (4.6%)	× (7.7%)	n=65
	○興味をもってあるいているか。	○ (20.3%)	△ (34.4%)	× (45.3%)	n=64
	○昆虫・動物に興味を示しているか。	○ (18.5%)	△ (21.5%)	× (60.0%)	n=65
	○ふざけていないか。	○ (62.9%)	△ (29.0%)	× (8.1%)	n=62
タヌキの体重	○積極的に取り組んでいるか。	○ (57.4%)	△ (11.5%)	× (31.1%)	n=61
	○足跡に関心を示していたか。	○ (61.5%)	△ (20.0%)	× (18.5%)	n=65
	○胴の長さの測定方法を理解したか。	○ (45.0%)	△ (28.3%)	× (26.7%)	n=60
	○胴長と足跡の関係を理解したか。	○ (16.7%)	△ (58.3%)	× (25.0%)	n=48
うさぎの糞	○積極的に取り組んでいるか。	○ (88.0%)	△ (10.7%)	× (1.3%)	n=75
	○糞をきちんと観察しているか。	○ (88.0%)	△ (6.7%)	× (5.3%)	n=75
	○糞を見て植物繊維などに気付けたか。	○ (65.2%)	△ (30.4%)	× (4.4%)	n=69
	○顕微鏡の使い方を誤っていなかったか。	○ (92.8%)	△ (1.4%)	× (5.8%)	n=69

第18表－3. 第3次におけるチェックリストの結果.

内容	自分の力で行える, おおいにそうである・・・○ 教員や友達の助言によって行える, あまりそうではない・・・△ できない, 興味がない・・・×				
タヌキの所要エネルギー量	○グラフを読み取って体重を見積もれたか。	○ (60.9%)	△ (34.4%)	× (4.7%)	n=64
	○エクセルソフトで計算できたか。	○ (78.1%)	△ (21.9%)	× (0 %)	n=64
	○所要エネルギーの大きさを実感できたか。	○ (34.4%)	△ (57.8%)	× (7.8%)	n=64
	○所要エネルギー量を求めるには体重が必要であると理解できたか。	○ (0 %)	△ (89.6%)	× (10.4%)	n=48
エネルギー分配	○3つの矢印の意味が分かったか。	○ (12.5%)	△ (60.9%)	× (26.6%)	n=64
	○計算方法を理解しているか。	○ (1.8%)	△ (53.6%)	× (44.6%)	n=56
	○エネルギーの減りを実感しているか。	○ (37.5%)	△ (62.5%)	× (0 %)	n=64
まとめ	○今までの内容のポイントを理解しているか。	○ (7.8%)	△ (85.9%)	× (6.3%)	n=64
	○生態系の解析の流れを理解しているか。	○ (1.6%)	△ (82.8%)	× (15.6%)	n=64
	○推定個体数から環境問題について考えているか。	無回答			

第19表 各教員用教材の必要性（授業者対象の記述式アンケートより）。

教員用教材 \ 教員	A	B
生態系解析マニュアル	解答なし	△
プレゼンテーションソフト	○	○
授業のセリフ	△	○
模擬授業ビデオ	△	△
表計算ソフト	○	○

があったためと考えられる。また、第3次の「所要エネルギーを求めるために体重が必要であると理解できたか」という項目については、授業者が直接的に説明しなかったことが原因であると考えられる。さらに、「エネルギー分配に関するエネルギーロスの計算方法を理解しているか」という項目については、自分の力でできた生徒（○の生徒）が少ないだけでなく、全体的に理解度が低い。これは、教員が表計算ソフトを用いて演示的に計算をしてみせるという授業内容で、生徒自身が自分で計算することがなかったためと考えられる。

教員対象の記述式アンケートの結果（第19表）で、生態系解析の経験のない教員が授業を行う場合、プレゼンテーションソフトと授業のセリフ、表計算ソフトが絶対に必要となることが示された。また、今回の授業実践では、作成したセリフによる生徒の理解の程度を評価するため、できる限り、教員用教材のセリフ通りに授業を進めた。この教員用教材の使用では、生態系解析の経験のない教員が授業を実施できることが示された。しかし、何度もこの授業実践のような授業を経験している教員は、毎回同じやり方、同じ授業しかできないという問題点が生じた。また、この授業を実施するにあたり、食物網とエネルギー流に基づく生態系に対する基礎的な知識の必要性が問われた。しかし、提示した教員用教材は、教員自身による自己評価の評価表を準備していない。そのため、自身の授業に対しての客観的な評価が必要であることがわかった。そのため、改良版の新しい教員用教材を作成する必要があると考えられる。

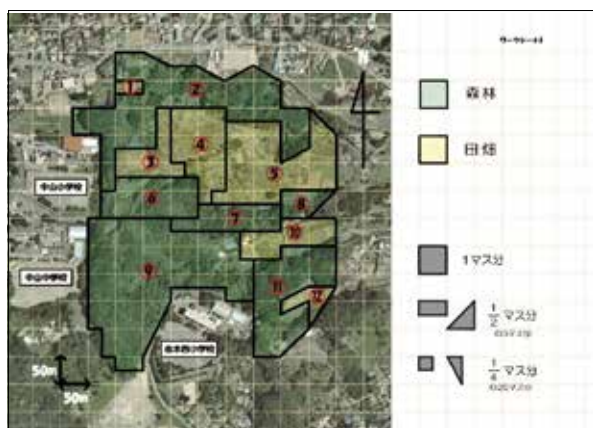
8. 2. 6 教員用教材の改良と提案

ここでは、授業実践の結果と評価を踏まえて改善案を提案する。また、エネルギー流に基づく生態系解析の経験のない教員が授業を実施するにあたり、内容量に対して時間数が少ないという意見から、4校時分の授業を実施する場合の教員用教材を作成した。

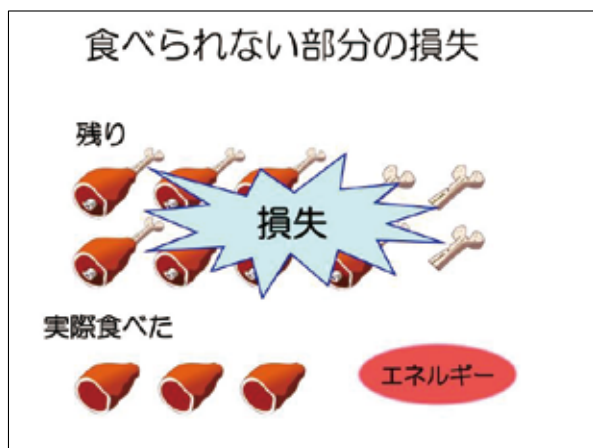
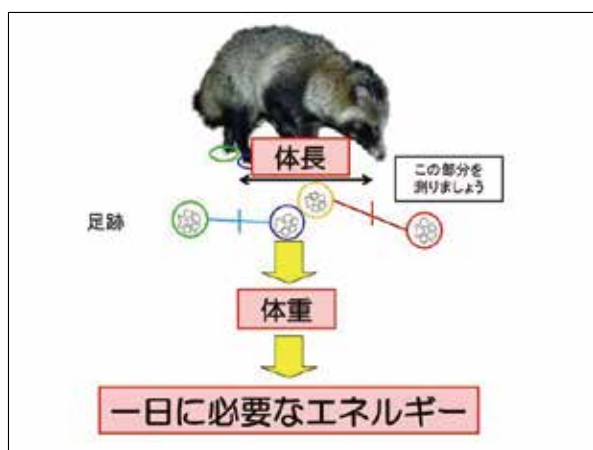
まず、3校時分のワークシートでは、第1次の植物の生産エネルギー量を計算する際に、各区画のマス数を数える作業に時間がかかってしまったため、ワークシートの植物の区画をさらに単純化し、計算しやすくする（第57図を参照）。また、森林、田畑ごとのマスの合計を計算するときは電卓を使わせる。タヌキの足跡に関するワークシートでは、観察欄をなくし、胴長を測ることに時間を使えるようにする。これは、第2次で、タヌキの胴長を測る作業、ウサギの糞の観察を両方行うため、効率的に作業できるようにするためである。教員用教材の授業のセリフでは、“エネルギー”という言葉の赤い字にし、強調する。これにより、教員が説明の際、“エネルギー”を意識し、エネルギー流に注目して生態系の解析を行っていることを生徒たちに意識づけさせることができると考えられる。

4校時分の授業展開は次のように提案する。まず、第1次は、「食う・食われるの関係」についてと植物の生産エネルギー量を求める作業を行う。第2次は、野外に出て、タヌキの歩行跡から胴長を求める作業を行う。野外を歩いている際は、中山にいる動物（主に昆虫や鳥）を探す。第3次は、教室にて、第2次で得たデータを用いてタヌキの体重を求めた後、ウサギの糞の観察とエネルギーロスについての説明を行う。そして、第4次ではエネルギーロスを計算し、タヌキの推定個体数の比較から環境問題について考える。4校時分の授業にすることで、第4次のエネルギーロスの計算を教員が行うのではなく、生徒が実際に行うことができるため、エネルギーの計算方法も理解しやすくなると考えられる。また、改良前のタヌキの足跡とウサギの糞のデータ解析は、最後の第3次でまとめて行った。しかし、改良した教材は、観察ごとにデータ解析を行うことができ、目的に対する観察事項を明確にしたため、全体の流れが理解しやすくなると考えられる。教員が用いるプレゼンテーションソフトは、第4次の分まで作成した（第58図）。これにより、体重から1日に必要なエネルギーが示せること、エネルギーの損失について図で説明することができるため、生徒が理解しやすくなると考えられる。

評価の内容を踏まえ、新しい教員用教材として教員用チェックリストを提案する（第20表）。これにより、授業者が自分の授業を評価することができる。この評価はルーブリック法（高浦ほか、2006）を用い、A、B、Cの3つ評価基準に基づき、到達したレベルを測ることにより、正確で客観的な評価が可能となる。また、評価基準が授業のポイントにつながるため、このポイントを用いて授業を組み立てることができる。これに



第57図 改良した生徒用ワークシート（植物のエネルギーを求める）写真はGoogle mapを使用。



第58図 1～4次分の授業でのプレゼンテーションソフト（上：第3次のスライド4枚目 下：第3次のスライド9枚目）。

より、生態系解析の経験のある教員は、セリフなどを使わずに自分のやり方で生態系の授業を行うことができる。一方、生態系解析の経験のない教員は、セリフを使って授業を実施することができる。これにより、生態系解析の経験のない教員から、生態系解析の経験のある教員まですべての理科教員がこの授業を行うことができると考えられる。

8. 3 教材としての有用性とその評価

8. 1, 8. 2の授業実践で挙げられた問題点を踏まえ、授業指導案を改変し、八王子市立中山中学校の第3学年、3クラス140人を対象に授業を実践した（資料12-1～資料13-10）。全3校時限の授業で、第1次は班ごとの野外調査を行い、第2次は野外調査のまとめを行った。そして第3次には各班の代表者が1, 2時目のまとめを発表し、クラス全体で中山地域の生態系についてまとめた。1, 2校時目の授業では①植生班 ②ウサギ・タヌキ班 ③昆虫班の3班に分かれた。①植生班は学校の裏山の植生を調査し、地図を「樹木」と「草本」に区分した。また、それぞれの単位面積当たりのNPPを用いて、裏山の植物が一年間に生産するエネルギー量を見積もった。②ウサギ・タヌキ班は、タヌキの足跡の幅の測定からタヌキの大きさと体重を算出し、タヌキが1日に必要とするエネルギー量を見積もった。また、ウサギの糞の中に草が混入していることの観察から、食べ物からエネルギーを得る過程ではエネルギーの損失が起きることを確認した。③昆虫班は、捕虫網と毒ビンを用いて裏山に生息する昆虫を捕獲し、図鑑により種を同定した。また、昆虫各種の食性に基づき、裏山に生息する昆虫種の間には「食べる・食べられるの関係」が存在することを確認した。さらに、3時目の授業終了時に、生徒にアンケート（第34-1, 34-2図）を実施し、その結果を集計した。集計結果は第21表に示す。集計結果から、里山を用いた生態系授業の有用性と、その改善点について議論する。

アンケートによると、今回の生態系授業以前に「里山を歩いたことがある」と回答した生徒は、全体の68%で、過半数である。しかし、「自然観察を行った」と回答した生徒は全体の6%の低い値で、ほとんどの生徒が通行や部活動でのランニングなどで利用したものであることが分かった。このことから、里山は生徒に身近な存在ではあるが、自然として触れ合う機会は少ない場所であると考えられる。

8. 2. 6でも改善点として示されていた、「エネルギーを意識させる授業」という点に留意し、授業全体を通してエネルギーの流れに重点を置いた授業を行った。その結果、「エネルギーの無駄についてどう感じたか？」（第21表②）の質問に対しては、69%の生徒が「もったいない」、「実際に使えるエネルギーはとてま少なくなっている」と回答した。また、「エネルギーについて理解できたか？」という問に対しては、「できなかった」と回答した生徒は18%で低い割合を示した。このことから、今回の授業実践では、過半数の生徒がエネルギーの流れを理解しながら生態系につ

第20表 新教員用教材 (教員用チェックリスト).

教員用チェックリスト					
	具体的な評価基準	評価資料	評価基準		
			A	B	C
第1次	○食べる・食べられるの矢印の書き方を説明することができる。	説明ワークシート A	食べられるほうから食べるほうへ矢印を書くことを説明し、食う・食われる関係を作るためには食性を調べるのが大切であると説明した。	食べられるほうから食べるほうへ矢印を書くことを説明した。	説明はせず、問題を解かせた。
	○生産者と消費者の数の関係について説明することができる。	説明ワークシート A	生産者と消費者、一次消費者と二次消費者の数の関係を説明した後、一般式として、食うものより食われるものの方が数が多いことまで説明した。	生産者と消費者、一次消費者と二次消費者の数の関係を説明した。	全く説明しなかった。
	○植物エネルギーは光合成で作られることを説明できる。	説明	植物は光合成を行うことによってエネルギーを作っていることを説明した。エネルギーを作っているのは植物だけと説明した。	植物は光合成によってエネルギーを作っていることを説明した。	説明中に光合成という言葉を使っていない。
	○森林と田畑と草本でエネルギーが異なることを説明できる。	説明	森林と田畑、草本が葉の量などの光合成量によってエネルギーの値が違ふことを説明した。	森林と田畑、草本のそれぞれの単位あたりのエネルギー量の数字を出して説明した。	全く説明しなかった。
	○次の野外実習での持ち物、注意事項などを説明できる。	説明	持ち物や注意事項を説明できた。	左記のどちらかを説明した。	全く説明しなかった。
第2次	○食う・食われる関係からどんなことが分かるのかを説明できる。	説明	食う・食われる関係からはどんな動物がいるのか、どんなものを食べているのが分かることを説明した。	左記のどちらかを説明した。	全く説明しなかった。

いて学ぶことができたと考えられる。

また、「授業を終えての感想」の欄では、「自然を大切にしたい」と回答した生徒が約25%、「自然や生態系についてもっと学びたい」と回答した生徒が約32%、「自然や生態系について詳しく知ることができた・理解できた」と回答した生徒が約18%であった。このことから、多くの生徒は、授業を通して生態系や自然への理解を深め、自然を大切にすることを育むことができたと考えられる。

以上のアンケートの結果から、里山を用いた生態系授業を行うことは、多くの生徒にとって、身近な自然を見つめなおす貴重な機会となり、生態系を理解し、自然を大切にすることを育むために有用性のあるものであると考えられる。

しかし、アンケートの中には、「エネルギーの無駄についてどう感じたか？」や「エネルギーという言葉を理解できたか？」の問いに対する回答に共通してみられる課題が挙げられる。すなわち、「実感がわからない」という意見が、各問の回答でみられた。この要因として、生態系の授業で扱われた「エネルギー」という語句が、中学校理科第一分野の「科学技術と人間」での学習事項である「いろいろなエネルギー」と連携しないために、生徒の理解を妨げていると考えられる。そこで、改善点として、「いろいろなエネルギー」の学習事項と関連させ、「エネルギーは熱、光、化学反応など、様々な種類に移り変わっていき、動物が使うエネルギーもその種類の一つである」という理解へ導くことがよいと考えられる。具体的には、自然観察の授

第21表 授業後に実施した生徒記述式のアンケートの結果.

	質問	生徒の回答	人数	割合
①	中山中学校の裏山を今までに歩いたことはあるか？ (また, その状況を教えて下さい)		n=108	
		ない	40	37%
		ある (通過しただけ)	62	57%
		ある (自然観察を行った)	6	6%
②	エネルギーの無駄についてどのように感じたか？		n=85	
		もったいない	36	42%
		実際に使えるエネルギーはとても少ない	23	27%
		実感がわからない	8	9%
		その他 (より効率的に使えないのか？ /無駄は必要なものである, 等)	6	22%
③	授業を終えて学んだこと・感じたこと		n=71	
		自然や生態系について もっと学びたい	22	32%
		自然を大切にしたい	18	25%
		自然や生態系について 詳しく知ることができた	13	18%
		その他 (バランスが大切/エネルギーの 損失を再利用したい, 等)	18	25%
④	授業で難しかったところ・分からなかったところ		n=58	
		なし	26	45%
		自然観察	10	17%
		計算について	8	14%
		その他 (単位/食べる食べられるの関係, 等)	14	24%
⑤	エネルギーという言葉が理解できましたか？		n=61	
		できた	34	56%
		できなかった	11	18%
		実感がわからない	6	9%
		その他 (考え方は分かった, 等)	10	17%
⑥	生態系を解析するためには 今後どのようなことを調べる必要がありますか？		n=43	
		分布を調べる	16	37%
		エネルギー量を調べる	8	19%
		実際に観察を行う	6	14%
		その他 (人間が与える影響/面積, 等)	13	30%

業を行う前準備として, エネルギーの種類や, 食物網におけるエネルギーの種類の変化についての学習をする改善案が挙げられる。

9. 結論

(1) 小平市の情報通信研究機構内の生態系を, 食物網とエネルギー流をモデル化して定量的に

示した。

(2) 八王子市の中山地域の生態系, 東京学芸大学構内の生態系について再解析し, 食物網とエネルギー流モデルを用いて定量的に示した。

(3) 3つの生態系の比較から, 八王子市の中山地区生態系では, 都市部の生態系よりも生息する動物種が豊富なので食物網構造が複雑であることを示した。

- (4) 情報通信研究機構内の生態系と東京学芸大学構内の生態系の比較から、生態系の人工的変化は、生息個体数や優占種を偏らせるということを示した。
- (5) 八王子市中山中学校において、エネルギー流の観点をういた中学生でも理解することができる生態系を解析する教材を作成し、中学3年生を対象に授業実践を行った。
- (6) 1回目の授業実践の結果と評価から、生態系解析の経験のない教員を含め、すべての理科教員が、エネルギー流に基づく生態系の授業を行えるよう、教員用教材を作成し、授業実践を行った。
- (7) 授業実践の結果と評価から、本研究の授業実践の問題点を指摘し、検討し、授業時数を3時間ないし4時間にする場合のそれぞれのワークシート、教員用教材を作成した。また、自分の授業を評価することができる教員用チェックリストを作成した。
- (8) 授業実践後の生徒アンケートにより、里山を用いたエネルギー流解析による生態系授業案の有用性とその改善点について述べた。

謝辞

本研究を進めるにあたり、独立行政法人情報通信研究機構の滝澤修博士には、情報通信研究機構敷地内の調査を通して御協力頂いた。慶應義塾湘南藤沢中・高等部の小荒井千人先生には、鳥類調査に関して御指導頂いた。さらには、松川萬里子先生をはじめとする東京都八王子市立中山中学校の先生方、生徒には、調査のご協力ならびに貴重なご意見を頂いた。最後に、東京学芸大学松川研究室の学生・院生の皆さんには、調査にご協力頂き、さらには数々の助言や励ましの言葉を頂いた。以上の方々に深く感謝を申し上げる。

引用文献

- Begon, M., Harper, J. L., Townsend, C.R., 1999. Ecology: Individuals, populations and communities [3rd edition]. Blackwell Science, 1068 pp. 堀道雄 (監訳), 2003. 『生態学 個体・個体群・群集の科学 [原著第三版]』. 京都大学 学術出版会, 1304 pp.
- Heal, O. W. and MacLean, S. F., 1975. Comparative productivity in ecosystems-secondary productivity.; in W. H. van Dobben, R. H.

Lowe-McConnell, ed., Unifying Concepts in Ecology. Junk, The Hague, 89-108.

樋口広芳・塚本洋三・花輪伸一・武田宗也, 1982. 森林面積と鳥の種数との関係. Strix 1, 70-80.

日高敏隆 (監修), 川道武男 (編集), 1996. 『日本動物大百科 第1巻 哺乳類 I』. 平凡社, 156 pp.

日高敏隆 (監修), 川道武男 (編集), 1996. 『日本動物大百科 第2巻 哺乳類 II』. 平凡社, 156 pp.

日高敏隆 (監修), 川道武男 (編集), 1996. 『日本動物大百科 第3巻 鳥類 I』. 平凡社, 182 pp.

日高敏隆 (監修), 川道武男 (編集), 1996. 『日本動物大百科 第4巻 鳥類 II』. 平凡社, 180 pp.

日高敏隆 (監修), 川道武男 (編集), 1996. 『日本動物大百科 第5巻 両生類・爬虫類・軟骨魚類』. 平凡社, 189 pp.

伊神大四郎, 小林学, 森川久雄, 1977. 改訂新しい理科指導法の創造—基本類型と実践例—. 株式会社学習研究社, 東京, 317 pp

小荒井千人・土田直美・松川正樹, 2011. 多摩丘陵の里山の鳥類の季節的变化: 東京都八王子市中山地区を例として. 東京学芸大学紀要自然科学系63, 67-89.

「故郷中山の文化」民俗学研究会, 2005. 写真集平成14年 (2002年) 基本年 故郷中山の文化. 「故郷中山の文化」写真集刊行会, 東京, 133 pp

柊原礼士・柴田健一郎・松川正樹, 2003. 化石に基づく古生態系復元モデル—セレンゲティ生態系でのテスト. 東京学芸大学紀要自然科学系56, 153-164.

松川正樹・中西亮平・真山茂樹・狩野賢司・高森久樹・犀川政稔・相場博明, 2005. 東京学芸大学構内の生態系—食物網とエネルギー流に基づいて—. 東京学芸大学紀要自然科学系57, 159-184.

Matsukawa, M., Saiki, K., Ito, M., Obata, I., Nichols, D. J., Lockley, M. G., Kukihara, R., Shibata, K., 2006. Early Cretaceous terrestrial ecosystems in East Asia based on food-web and energy-flow models., Cretaceous Research 27, 285-307.

高浦勝義, 松尾知明, 山森光陽, 2006. ルーブリックを活用した授業づくりと評価 ②中学. 株式会社教育開発研究所, 8-37.

東京学芸大学構内の生態系研究グループ, 2009. キャンパスは自然のかたまり—東京学芸大学構内の動植物—. 110 pp.

横浜市立中学校教育研究会／技術・家庭科研究部会, 1998. 食生活資料集—よりよい生活のために—. 神奈川県教科書販売株式会社, 神奈川県, 68 pp.

Whittaker, R. H. 1975. Communities and ecosystems [2nd edition]. Macmillan, New York, 385 pp. (宝月欣二訳, 1979. 『生態学概説 生物群集と生態系 [第二版]』. 倍風館, 363 pp.)

資料 1-1 情報通信研究機構内に植生する樹木.

目	種名	科	標準名
ブナ目	<i>Lithocarpus edulis</i>	ブナ	マテバシイ
	<i>Quercus serrata</i>	ブナ	コナラ
	<i>Quercus acutissima</i>	ブナ	クヌギ
	<i>Quercus myrsinifolia</i>	ブナ	シラカシ
バラ目	<i>Castanea crenata</i>	ブナ	クリ
	<i>Carpinus tschonoskii</i>	カバノキ	イヌシデ
	<i>Juglans mandshurica</i> var. <i>sachalinensis</i>	クルミ	オニグルミ
	<i>Cerasus jamasakura</i>	バラ	ヤマザクラ
	<i>Chaenomeles japonica</i>	バラ	クサボケ
	<i>Eriobotrya japonica</i>	バラ	ビワ
	<i>Kerria japonica</i>	バラ	ヤマブキ
	<i>Padus grayana</i>	バラ	ウワミスズクラ
	<i>Photinia glabra</i>	バラ	カナメモチ
	<i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>leavis</i>	バラ	カマツカ
	<i>Prunus buergeriana</i>	バラ	イヌザクラ
	<i>Pyracantha angustifolia</i>	バラ	タチバナモドキ
	<i>Rhodotypos scandens</i>	バラ	シロヤマブキ
	<i>Rosa multiflora</i>	バラ	ノイバラ
	<i>Rubus microphyllus</i> L.f.	バラ	ニガイチゴ
	<i>Rubus parvifolius</i>	バラ	ナワシロイチゴ
	<i>Rubus trifidus</i>	バラ	カシイチゴ
	<i>Stephanandra incisa</i>	バラ	コゴメウツギ
	<i>Aphananthe aspera</i>	アサ	ムクノキ
ツツジ目	<i>Celtis sinensis</i>	アサ	エノキ
	<i>Broussonetia kazinoki</i>	クワ	コウゾ
	<i>Morus bombycis</i>	クワ	ヤマグワ
	<i>Zelkova serrata</i>	ニレ	ケヤキ
	<i>Elaeagnus multiflora</i>	グミ	ナツグミ
	<i>Elaeagnus umbellata</i>	グミ	アキグミ
	<i>Actinidia deliciosa</i>	マタタビ	キウイフルーツ
	<i>Ardisia crenata</i>	サクラソウ	マンリョウ
	<i>Camellia sasanqua</i>	ツバキ	サザンカ
	<i>Camellia japonica</i>	ツバキ	ツバキ
	<i>Camellia sinensis</i>	ツバキ	チャノキ
	<i>Diospyros kaki</i>	カキノキ	カキノキ
	<i>Diospyros lotus</i>	カキノキ	マメガキ
	<i>Cleyera japonica</i>	モッコク	サカキ
	<i>Eurya japonica</i>	モッコク	ヒサカキ
	<i>Temstroemia gymnanthera</i>	モッコク	モッコク
	<i>Enkianthus perulatus</i>	ツツジ	ドウダンツツジ
	<i>Rhododendron pulchrum</i>	ツツジ	オオムラサキ
	<i>Rhododendron indicum</i>	ツツジ	サツキ
ミズキ目	<i>Rhododendron obtusum</i>	ツツジ	クルマツツジ
	<i>Styrax japonica</i>	エゴノキ	エゴノキ
	<i>Styrax obassia</i>	エゴノキ	ハクウンボク
	<i>Symplocos sawefutaq</i>	ハイノキ	サワフタギ

資料 1-2 情報通信研究機構内に植生する樹木.

目	種名	科	標準名
ムクロジ目	<i>Acer palmatum</i>	ムクロジ	イロハモミジ
	<i>Acer buergerianum</i>	ムクロジ	トウカエデ
	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	ミカン	サンシヨウ
	<i>Orixa japonica</i>	ミカン	コクサギ
クロソソ目	<i>Toxicodendron trichocarpum</i>	ウルシ	ヤマウルシ
	<i>Toxicodendron succedaneum</i>	ウルシ	ハゼノキ
	<i>Rhus javanica</i>	ウルシ	ヌルデ
	<i>Euscaphis japonica</i>	ミツバウツギ	ゴンズイ
セリ目	<i>Eleutherococcus spinosus</i>	ウコギ	ヤマウコギ
	<i>Aralia elata</i>	ウコギ	タラノキ
	<i>Dendropanax trifidus</i>	ウコギ	カクレミノ
	<i>Fatsia japonica</i>	ウコギ	ヤツデ
シソ目	<i>Hedera rhombea</i>	ウコギ	キツタ
	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	モクセイ	イボタノキ
	<i>Ligustrum japonicum</i>	モクセイ	ネズミモチ
	<i>Ligustrum lucidum</i>	モクセイ	トウネズミモチ
	<i>Osmanthus fragrans</i> var. <i>aurantiacus</i>	モクセイ	キンモズセイ
	<i>Osmanthus heterophyllus</i>	モクセイ	ヒイラギ
	<i>Callicarpa japonica</i>	シソ	ムラサキシキブ
	<i>Clerodendrum trichotomum</i>	シソ	クサギ
ニシキギ目	<i>Euonymus hamiltonianus</i>	ニシキギ	マユミ
	<i>Euonymus alatus</i> f. <i>ciliatodentatus</i>	ニシキギ	コマユミ
	<i>Euonymus japonicus</i>	ニシキギ	マサキ
	<i>Euonymus fortunei</i>	ニシキギ	ツルマサキ
	<i>Celastrus orbiculatus</i>	ニシキギ	ツルウメモドキ
	<i>Ilex integra</i>	モチノキ	モチノキ
モチノキ目	<i>Ilex crenata</i>	モチノキ	イヌツゲ
	<i>Ilex rotunda</i>	モチノキ	クロガネモチ
	<i>Wisteria floribunda</i>	マメ	フジ
マメ目	<i>Styphnolobium japonicum</i>	マメ	エンジュ
	<i>Lespedeza bicolor</i>	マメ	ヤマハギ
ユキノシタ目	<i>Distylium racemosum</i>	マンサク	イスノキ
	<i>Daphniphyllum teijsmannii</i>	ユズリハ	ヒメユズリハ
	<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	カヅラ	カヅラ
キントラノオ目	<i>Idesia polycarpa</i>	イイギリ	イイギリ
	<i>Mallotus japonicus</i>	トウダイグサ	アカメガシワ
	<i>Triadica sebifera</i>	トウダイグサ	ナンキンハゼ
マツムシロ目	<i>Lonicera japonica</i>	スイカズラ	スイカズラ
	<i>Lonicera gracilipes</i> var. <i>gracilipes</i>	スイカズラ	ウグイスカグラ
	<i>Sambucus racemosa</i> subsp. <i>sieboldiana</i>	スイカズラ	ニワトコ
	<i>Viburnum dilatatum</i>	スイカズラ	ガマズミ
ミズキ目	<i>Swida controversa</i>	ミズキ	ミズキ
	<i>Swida macrophylla</i>	ミズキ	クマノミズキ
	<i>Cornus florida</i>	ミズキ	ハナミズキ
	<i>Hydrangea macrophylla</i>	アジサイ	アジサイ
	<i>Deutzia crenata</i>	アジサイ	ウツギ

資料 1-3 情報通信研究機構内に植生する樹木.

目	種名	科	標準名
クスノキ目	<i>Lindera glauca</i>	クスノキ	ヤマコウバシ
	<i>Neolitsea sericea</i>	クスノキ	シロダモ
ガリア目	<i>Aucuba japonica</i>	ガリア	アオキ
モクレン目	<i>Magnolia kobus</i>	モクレン	コブシ
	<i>Magnolia quinquepeta</i>	モクレン	モクレン
ブドウ目	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	ブドウ	ツタ
	<i>Vitis ficifolia</i> var. <i>lobata</i>	ブドウ	エビツル
キンボウゲ目	<i>Clematis japonica</i> Thunb	キンボウゲ	ハンショウツル
	<i>Akebia quinata</i>	アケビ	アケビ
	<i>Akebia trifoliata</i>	アケビ	ミツバアケビ
	<i>Stauntonia hexaphylla</i>	アケビ	ムベ
	<i>Berberis japonica</i>	メギ	ヒイラギナンテン
	<i>Nandina domestica</i>	メギ	ナンテン
	<i>Illicium anisatum</i>	マツバサ	シキミ
	<i>Trachelospermum asiaticum</i>	キョウチクトウ	テイカカズラ
ナス目	<i>Lycium chinense</i>	ナス	クコ
ユリ目	<i>Smilax china</i>	サルトリイバラ	サルトリイバラ
ヤシ目	<i>Trachycarpus fortunei</i>	ヤシ	シュロ
イネ目	<i>Phyllostachys bambusoides</i>	イネ	マダケ
	<i>Pleioblastus chino</i>	イネ	アズマネササ
マツ目	<i>Pinus densiflora</i>	マツ	アカマツ
	<i>Cephalotaxus harringtonia</i>	イチイ	イヌガヤ
	<i>Juniperus chinensis</i> cv. <i>Kaizuka</i>	ヒノキ	カイヅカイブキ
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	ヒノキ	ヒノキ
	<i>Chamaecyparis pisifera</i>	ヒノキ	サウラ

資料 2-1 情報通信研究機構内に植生する草本.

目	種名	科	標準名
キク目	<i>Helianthus tuberosus</i>	キク	キクイモ
	<i>Artemisia indica</i>	キク	ヨモギ
	<i>Erigeron philadelphicus</i>	キク	ハルジオン
	<i>Erigeron annuus</i>	キク	ヒメジョオン
	<i>Sonchus oleraceus</i>	キク	ノゲシ
	<i>Lactuca indica</i> var. <i>indica</i>	キク	アキノノゲシ
	<i>Solidago virgaurea</i> var. <i>asiatica</i>	キク	アキノキリンソウ
	<i>Solidago canadensis</i> var. <i>scabra</i>	キク	セイトカアワダチソウ
	<i>Petasites japonicus</i>	キク	フキ
	<i>Cirsium japonicum</i>	キク	ノアザミ
	<i>Carduus crispus</i>	キク	ヒレアザミ
	<i>Youngia japonica</i>	キク	オニタビラコ
	<i>Crepidaster denticulatus</i>	キク	ヤクシソウ
	<i>Taraxacum officinale</i>	キク	セイヨウタンポポ
	<i>Picris hieracioides</i> subsp. <i>japonica</i>	キク	コウゾリナ
	<i>Gnaphalium affine</i>	キク	ハハコグサ
	<i>Gnaphalium japonicum</i>	キク	チチコグサ
	<i>Gnaphalium pensylvanicum</i>	キク	チチコグサモドキ
	<i>Ixeris dentata</i>	キク	ニガナ
	<i>Ixeris stolonifera</i>	キク	イワニガナ
セリ目	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	キク	ブタクサ
	<i>Siegesbeckia pubescens</i>	キク	メナモミ
	<i>Senecio nemorensis</i>	キク	キオン
	<i>Senecio vulgaris</i>	キク	ノボロギク
	<i>Aster scaber</i>	キク	シラヤマギク
	<i>Aster microcephalus</i> var. <i>ovatus</i>	キク	ノコンギク
	<i>Conyza sumatrensis</i>	キク	オオアレチノギク
	<i>Conyza canadensis</i>	キク	ヒメカシヨモギ
	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	キク	ハキダメギク
	<i>Oenanthia javanica</i>	セリ	セリ
リンドウ目	<i>Cryptotaenia canadensis</i> subsp. <i>japonica</i>	セリ	ミツバ
	<i>Aralia cordata</i>	ウコギ	ウド
	<i>Hydrocotyle sibthorpioides</i>	ウコギ	チドメグサ
	<i>Rubia argyi</i>	アカネ	アカネ
	<i>Galium spurium</i>	アカネ	ヤエムグラ
	<i>Galium tokyoense</i>	アカネ	ハナムグラ
コショウ目	<i>Galium trachyspermum</i>	アカネ	ヨツバムグラ
	<i>Paederia scandens</i>	アカネ	ヘクソカズラ
	<i>Houttuynia cordata</i>	ドクダミ	ドクダミ
	<i>Chloranthus serratus</i>	センリョウ	フタリシズカ
	<i>Aristolochia debilis</i>	ウマノスズクサ	ウマノスズクサ
ブドウ目	<i>Cayratia japonica</i>	ブドウ	ヤブガラシ
	<i>Ampelopsis glandulosa</i> var. <i>heterophylla</i>	ブドウ	ノブドウ

資料2-2 情報通信研究機構内に植生する草本.

目	種名	科	標準和名
マメ目	<i>Pueraria lobata</i>	マメ	クズ
	<i>Vicia unijuga</i>	マメ	ナンテンハギ
	<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>nigra</i>	マメ	ヤハズエンドウ
	<i>Vicia hirsuta</i>	マメ	スズメノエンドウ
	<i>Lespedeza pilosa</i>	マメ	ネコハギ
	<i>Lespedeza striata</i>	マメ	ヤハズソウ
	<i>Desmodium podocarpum</i> subsp. <i>oxyphyllum</i>	マメ	ヌスビトハギ
	<i>Glycine soja</i>	マメ	ツルマメ
	<i>Trifolium repens</i>	マメ	シロツメクサ
	<i>Potentilla freyniana</i>	バラ	ミツバツチグリ
バラ目	<i>Potentilla hebiichigo</i>	バラ	ヘビイチゴ
	<i>Agrimonia pilosa</i> var. <i>japonica</i>	バラ	キンミズヒキ
	<i>Boehmeria platanifolia</i>	イラクサ	メヤブマオ
	<i>Boehmeria nivea</i> var. <i>nipponnivea</i>	イラクサ	カラムシ
	<i>Humulus japonicus</i>	アサ	カナムグラ
	<i>Clematis temiflora</i>	キンボウゲ	センニンソウ
	<i>Clematis apifolia</i>	キンボウゲ	ボタンツル
	<i>Delphinium anthriscifolium</i>	キンボウゲ	セリバヒエンソウ
	<i>Cocculus orbiculatus</i>	ツツラフジ	アオツツラフジ
	<i>Macleaya cordata</i>	ケシ	タケニグサ
ケシ目	<i>Corydalis incisa</i>	ケマンソウ	ムラサキケマン
	<i>Viola mandshurica</i>	スミレ	スミレ
	<i>Viola grypoceras</i>	スミレ	タチツボスミレ
	<i>Gynostemma pentaphyllum</i>	ウリ	アマチャヅル
	<i>Trichosanthes cucumeroides</i>	ウリ	カラスウリ
	<i>Lysimachia japonica</i>	サクラソウ	コナスビ
	<i>Verbascum thapsus</i>	ゴマノハグサ	ヒロードモズイカ
	<i>Ajuga decumbens</i>	シン	キラソウ
	<i>Salvia japonica</i>	シン	アキノタムラソウ
	<i>Clinopodium gracile</i>	シン	トウバサ
ツツジ目	<i>Glechoma hederacea</i> subsp. <i>grandis</i>	シン	カキドオシ
	<i>Lamium amplexicaule</i>	シン	ホトケナゼ
	<i>Mazus pumilus</i>	ハエドクソウ	トキワハゼ
	<i>Trigonotis peduncularis</i>	ムラサキ	キュウリグサ
	<i>Symphytum officinale</i>	ムラサキ	ヒレハリソウ
	<i>Plantago asiatica</i>	オオバコ	オオバコ
	<i>Plantago virginica</i>	オオバコ	ツボミオオバコ
	<i>Veronica arvensis</i>	オオバコ	タチイヌノフグリ
	<i>Nuttallanthus canadensis</i>	オオバコ	マツバウンラン
	<i>Justicia procumbens</i>	キツネノマゴ	キツネノマゴ
ナデシコ目	<i>Persicaria orientalis</i>	タデ	オオケタデ
	<i>Persicaria filiformis</i>	タデ	ミズヒキ
	<i>Rumex conglomeratus</i>	タデ	アレチギシギシ
	<i>Fallopia japonica</i>	タデ	イタドリ

資料2-3 情報通信研究機構内に植生する草本.

目	種名	科	標準和名
ナデシコ目	<i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>japonica</i>	ヒユ	イノコヅチ
	<i>Chenopodium album</i> var. <i>centronubrum</i>	ヒユ	アカザ
	<i>Phytolacca americana</i>	ヤマゴボウ	ヨウシュヤマゴボウ
	<i>Cerastium glomeratum</i>	ナデシコ	オランダミミナグサ
	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	ナデシコ	ノミノツツリ
	<i>Stellaria aquatica</i>	ナデシコ	ウシハコベ
	<i>Solanum lyratum</i>	ナス	ヒヨドリジョウゴ
	<i>Solanum carolinense</i>	ナス	ウルナスビ
	<i>Solanum nigrum</i>	ナス	イヌホオズキ
	<i>Physalis alkekengi</i> var. <i>franchetii</i>	ナス	ホオズキ
ナス目	<i>Calystegia japonica</i>	ヒルガオ	ヒルガオ
	<i>Geranium carolinianum</i>	フクロソウ	アメリカフクロ
	<i>Oenothera rosea</i>	アカバナ	ユウゲショウ
	<i>Oenothera parviflora</i>	アカバナ	アレチマツヨイグサ
	<i>Oenothera lacinata</i>	アカバナ	コマツヨイグサ
	<i>Oxalis corniculata</i>	カタバミ	カタバミ
	<i>Oxalis corniculata</i>	カタバミ	タチカタバミ
	<i>Campanula punctata</i> Lam.	キキョウ	ホタルブクロ
	<i>Disporum sessile</i>	イヌサフラン	ホウチャクソウ
	<i>Dioscorea japonica</i>	ヤマノイモ	ヤマノイモ
フクロソウ目	<i>Dioscorea bulbifera</i>	ヤマノイモ	マルバドコロ
	<i>Lilium auratum</i>	ユリ	ヤマユリ
	<i>Hemerocallis longituba</i>	ユリ	ノカンゾウ
	<i>Tricyrtis hirta</i>	ユリ	ホトトギス
	<i>Arisaema limbatum</i> Nakai var. <i>ionostemma</i>	サトイモ	ミミガタテンナンショウ
	<i>Arisaema serratum</i>	サトイモ	マムシグサ
	<i>Hosta montana</i>	キジカクシ	オオバギボウシ
	<i>Liriope muscari</i>	キジカクシ	ヤブラン
	<i>Ophiopogon japonicus</i>	キジカクシ	ジクノヒゲ
	<i>Aspidistra elatior</i>	キジカクシ	ハラン
カタバミ目	<i>Polygonatum falcatum</i>	キジカクシ	ナルコユリ
	<i>Rohdea japonica</i>	キジカクシ	オモト
	<i>Allium fistulosum</i>	ヒガンバナ	ネギ
	<i>Narcissus tazetta</i> var. <i>chinensis</i>	ヒガンバナ	ニホンスイセン
	<i>Allium macrostemon</i>	ヒガンバナ	ノビル
	<i>Crinum asiaticum</i> var. <i>japonicum</i>	ヒガンバナ	ハマオモト
	<i>Sisyrinchium rosulatum</i>	アヤメ	ニウゼキソウ
	<i>Watsonia spp.</i>	アヤメ	ヒオウギスイセン
	<i>Cephalanthera falcata</i>	ラン	キンラン
	<i>Cephalanthera erecta</i>	ラン	ギンラン
キク目	<i>Cephalanthera longibracteata</i>	ラン	ササハギラン
	<i>Cymbidium goeringii</i>	ラン	シュンラン
ユリ目			
オモダカ目			
キジカクシ目			

資料2-4 情報通信研究機構内に植生する草本.

目	種名	科	標準和名
イネ目	<i>Miscanthus sinensis</i>	イネ	ススキ
	<i>Imperata cylindrica</i>	イネ	チガヤ
	<i>Oplismenus undulatifolius</i>	イネ	チヂミザサ
	<i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i>	イネ	カモシグサ
	<i>Elymus racemifer</i>	イネ	アオカモシグサ
	<i>Bromus catharticus</i>	イネ	イヌムギ
	<i>Setaria viridis</i>	イネ	エノコログサ
	<i>Poa sphondyliodes</i>	イネ	イチゴツナギ
	<i>Agrostis gigantea</i>	イネ	コヌカグサ
	<i>Zoysia japonica</i>	イネ	シバ
ツユクサ目	<i>Eragrostis multicaulis</i>	イネ	ニワホコリ
	<i>Leptochloa chinensis</i>	イネ	アゼガヤ
	<i>Andropogon virginicus</i>	イネ	メリケンカルカヤ
	<i>Panicum bisulcatum</i>	イネ	メカキビ
	<i>Carex leucochlora</i>	カヤツリグサ	アオスゲ
	<i>Commelina communis</i>	ツユクサ	ツユクサ
	<i>Zingiber mioga</i>	ショウガ	ミョウガ
	<i>Equisetum arvense</i>	トクサ	スギナ
	<i>Athyrium niponicum</i>	イワデンダ	イヌワラビ
	<i>Stegogramma pozoi</i> ssp. <i>mollissima</i>	ヒメシダ	ミゾシダ
ゼンマイ目	<i>Osmunda japonica</i>	ゼンマイ	ゼンマイ

資料3-1 情報通信研究機構内に生息する昆虫.

目	種名	科	標準和名
鱗翅目	<i>Celastrina argiolus ladonides</i>	シジミチョウ	ルリシジミ
	<i>Everes argiades</i>	シジミチョウ	ツバメシジミ
	<i>Parnara guttata</i>	セセリチョウ	イチモンジセセリ
	<i>Lethe sciclis</i>	タテハチョウ	ヒカゲチョウ
	<i>Neptis sappho intermedia</i>	タテハチョウ	コムシジ
	<i>Eurema hecabe</i>	シロチョウ	キチョウ
	<i>Colias erate poligraphus</i>	シロチョウ	モンキチョウ
	<i>Papilio xuthus</i>	アゲハチョウ	ナミアゲハ
	<i>Papilio protenor demetrius</i>	アゲハチョウ	クロアゲハ
	<i>Lagoptera juno</i>	ヤガ	ムクゲコノハ
膜翅目	<i>Catocala actaea</i>	ヤガ	コシロシタバ
	<i>Arcte coerula</i>	ヤガ	フラススメ
	<i>Polistes jokahamae</i>	スズメバチ	セグロアシナガバチ
	<i>Xylocopa appendiculata circumvolans</i>	ミツバチ	クマバチ
	<i>Amblyopoda proteus satanas</i>	ヒメバチ	イヨヒメバチ
	<i>Ammophila sabulosa nipponica</i>	アナバチ	サトジガバチ
	<i>Camponotus japonicus</i>	アリ	クロオアリ
	<i>Formica japonica</i>	アリ	クロヤマアリ
	<i>Plesiophthalmus nigrocyaneus</i>	ゴミムシダマシ	キマワリ
	<i>Epilachna admirabilis</i>	デントウムシ	トホシデントウ
鞘翅目	<i>Trypoxylus dichotomus septentrionalis</i>	コガネムシ	カブトムシ
	<i>Rhomborrhina japonica</i>	コガネムシ	カナブン
	<i>Maladera castanea</i>	コガネムシ	アカビロウドコガネ
	<i>Cetonia roelofi</i>	コガネムシ	アオハナムグリ
	<i>Aulacophora femoralis</i>	ハムシ	ウリハムシ
	<i>Lineidea aenea</i>	ハムシ	ルリハムシ
	<i>Dorcus rectus</i>	クワガタムシ	コクワガタ
	<i>Dorcus striatipennis</i>	クワガタムシ	スジクワガタ
	<i>Prosopocoilus inclinator inclinator</i>	クワガタムシ	ノコギリクワガタ
	<i>Eusilpha japonica</i>	シテムシ	オオヒラタシテムシ
直翅目	<i>Carabus procerulus procerulus</i>	オサムシ	クロナガオサムシ
	<i>Carabus insulicola insulicola</i>	オサムシ	アオオサムシ
	<i>Acrida cinerea</i>	バッタ	ショウリョウバッタ
	<i>Tetrix japonica</i>	ヒシバッタ	ヒシバッタ
	<i>Calyptotrypus hibinonis</i>	コオロギ	アオマツムシ
	<i>Homoeoceryllus japonicus</i>	コオロギ	スズムシ
	<i>Hexacentrus japonicus</i>	ウマオイ	ウマオイ
	<i>Periplaneta fuliginosa</i>	オオゴキブリ	クロゴキブリ
	<i>Orthetrum albistylum speciosum</i>	トンボ	シオカラトンボ
	<i>Sympetrum darwinianum</i>	トンボ	ナツアカネ
半翅目	<i>Graptostyria nigrofusca</i>	セミ	アブラゼミ
	<i>Oncotympana maculaticollis</i>	セミ	ミンミンゼミ
	<i>Meimuna opalifera</i>	セミ	ツクツクボウシ
	<i>Platypleura kaempferi</i>	セミ	ニイニイゼミ
	<i>Geisha distinctissima</i>	ハゴロモ	アオハハゴロモ
蜻蛉目	<i>Halyomorpha halys</i>	カメムシ	クサガメムシ

資料 3-2 情報通信研究機構内に生息する昆虫.

目	種名	科	標準和名
半翅目	<i>Cletus schmidtii</i>	ヘリカメムシ	ハリカメムシ
	<i>Bothrogonia ferruginea</i>	ヨコバイ	ツマグロオオヨコバイ
	<i>Cicadella viridis</i>	ヨコバイ	オオヨコバイ
双翅目	<i>Aedes albopictus</i>	カ	ヒトスジシマカ
	<i>Boettcherisca peregrina</i>	ニクバエ	センチニクバエ
	<i>Cophinopoda chinensis</i>	ムシビキアブ	アオメアブ

資料 4-1 八王子市中山地域に植生する樹木.

目	種名	科	標準和名
アウストロバイレヤ目	<i>Illicium anisatum</i>	マツノサ	シキミ
	<i>Kadsura japonica</i>	マツノサ	サネカズラ
アオイ目	<i>Firmiana simplex</i>	アオイ	アオギリ
	<i>Hibiscus syriacus</i>	アオイ	ムクゲ
	<i>Daphne odora</i>	ジンチョウゲ	ジンチョウゲ
	<i>Edgeworthia chrysantha</i>	ジンチョウゲ	ミツマタ
	<i>Meliosma myriantha</i>	アワフキ	アワフキ
	<i>Ginkgo biloba</i>	イチヨウ	イチヨウ
アワフキ目		イチネ	アズマネザサ
		イチネ	オロシマタク
イチヨウ目		イチネ	カリヤス
		イチネ	クロタケ
イチネ目		イチネ	ナリヒラダケ
		イチネ	ハチク
ウリ目		イチネ	モウソウチク
		イチネ	ヤダケ
ガリア目		イチネ	オカメザサ
		ウリ	ヒヨウタン
キントラノオ目	<i>Aucuba japonica</i>	ガリア	アオキ
	<i>Idesia polycarpa</i>	ヤナギ	イイギリ
	<i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i>	ヤナギ	イタリアボブラ
	<i>Salix sachalinensis</i>	ヤナギ	オノエヤナギ
	<i>Salix babylonica</i>	ヤナギ	シダレヤナギ
	<i>Salix subfragilis</i>	ヤナギ	タチヤナギ
	<i>Hypericum monogynum</i>	オトギリソウ	ビヨウヤナギ
	<i>Sapium japonicum</i>	トウダイグサ	シラキ
キンボウゲ目	<i>Akebia quinata</i>	アケビ	アケビ
	<i>Stauntonia hexaphylla</i>	アケビ	ムベ
	<i>Nandina domestica</i>	メギ	ナンテン
	<i>Berberis japonica</i>	メギ	ヒイラギナンテン
	<i>Berberis fortunei</i>	メギ	ホリハヒイラギナンテン
クスノキ目	<i>Cinnamomum camphora</i>	クスノキ	クスノキ
	<i>Cinnamomum sieboldii</i>	クスノキ	ニッケイ
	<i>Cinnamomum tenuifolium</i>	クスノキ	ヤブニッケイ
	<i>Laurus nobilis</i>	クスノキ	ゲッケイジュ
	<i>Lindera obtusiloba</i>	クスノキ	ダンコウバイ
	<i>Lindera praecox</i>	クスノキ	アブラチャン
	<i>Lindera umbellata</i>	クスノキ	クロモジ
	<i>Neolitsea sericea</i>	クスノキ	シロダモ
シソ目	<i>Fraxinus lanuginosa</i>	モクセイ	アオダモ
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	モクセイ	マルハアオダモ
	<i>Forsythia</i> sp.	モクセイ	レンギョウ
	<i>Ligustrum lucidum</i>	モクセイ	トウネズミモチ
	<i>Ligustrum obtusifolium</i>	モクセイ	イボタノキ
	<i>Osmanthus fortunei</i>	モクセイ	ヒイラギモクセイ
	<i>Osmanthus fragrans</i> var. <i>aurantiacus</i>	モクセイ	キンモクセイ
	<i>Osmanthus heterophyllus</i>	モクセイ	ヒイラギ
	<i>Syringa reticulata</i>	モクセイ	ハシドイ
	<i>Clerodendrum trichotomum</i>	シソ	クサギ
	<i>Paulownia tomentosa</i>	シソ	キリ
	<i>Callicarpa japonica</i>	シソ	ムラサキシキブ

資料 4-2 八王子市中山地域に植生する樹木.

目	種名	科	標準和名
クロツソノ目	<i>Stachyurus praecox</i>	キブシ	キブシ
	<i>Staphylea bumalda</i>	ミツバウツギ	ミツバウツギ
ショウガ目	<i>Euscaphis japonica</i>	ミツバウツギ	ゴンズイ
	<i>Musa</i> spp.	バショウ	バナナ
セリ目	<i>Dendropanax trifidus</i>	ウコギ	カクレミノ
	<i>Hedera rhombea</i>	ウコギ	クツタ
	<i>Aralia elata</i>	ウコギ	タラノキ
	<i>Kalopanax septemlobus</i>	ウコギ	センノキ
	<i>Fatsia japonica</i>	ウコギ	ヤツデ
	<i>Eleutherococcus spinosus</i>	ウコギ	ヤマウコギ
ツツジ目	<i>Cleyera japonica</i>	モッコク	サカキ
	<i>Eurya japonica</i>	モッコク	ヒサカキ
	<i>Temstroemia gymnanthera</i>	モッコク	モッコク
	<i>Actinidia deliciosa</i>	マタタビ	キウイフルーツ
	<i>Diospyros kaki</i>	カキノキ	カキノキ
	<i>Diospyros lotus</i>	カキノキ	マメガキ
	<i>Ardisia japonica</i>	サクラソウ	ヤブコウジ
	<i>Ardisia crenata</i>	サクラソウ	マンリョウ
	<i>Pieris japonica</i>	ツツジ	アセビ
	<i>Rhododendron oomurasaki</i>	ツツジ	オオムラサキ
	<i>Kalmia latifolia</i>	ツツジ	カルミア
	<i>Rhododendron obtusum</i>	ツツジ	クリシマツツジ
	<i>Rhododendron kurume</i>	ツツジ	クルマツツジ
	<i>Rhododendron indicum</i>	ツツジ	サツキ
	<i>Rhododendron</i> sp.	ツツジ	シャクナゲ
	<i>Enkianthus perulatus</i>	ツツジ	ドウダンツツジ
	<i>Lyonia ovalifolia</i> ssp. <i>neziki</i>	ツツジ	ネジキ
	<i>Vaccinium corymbosum</i>	ツツジ	ブルーベリー
	<i>Rhododendron macrosepalum</i>	ツツジ	モチツツジ
	<i>Clethra barbinervis</i>	リョウブ	リョウブ
	<i>Styrax japonica</i>	エゴノキ	エゴノキ
	<i>Symplocos sawafutagi</i>	ハイノキ	サワフタギ
	<i>Camellia japonica</i>	ツバキ	ツバキ
	<i>Camellia sasanqua</i>	ツバキ	サザンカ
	<i>Camellia japonica</i> var. <i>decumbens</i>	ツバキ	オトメツバキ
	<i>Camellia sinensis</i>	ツバキ	チャノキ
	<i>Stewartia pseudocamellia</i>	ツバキ	ナツツバキ
	<i>Stewartia monadelphae</i>	ツバキ	ヒメシャラ
ナス目	<i>Lycium chinense</i>	ナス	クコ
	<i>Euonymus oxyphyllus</i>	ニシキギ	ツリバナ
ニシキギ目	<i>Celastrus orbiculatus</i>	ニシキギ	ツルウメモドキ
	<i>Euonymus fortunei</i>	ニシキギ	ツルマサキ
	<i>Euonymus japonicus</i>	ニシキギ	マサキ
	<i>Euonymus hamiltonianus</i>	ニシキギ	マユミ
バラ目	<i>Amygdalus persica</i>	バラ	モモ
	<i>Amygdalus persica</i> cv. <i>Stellata</i>	バラ	キクモモ
	<i>Malus halliana</i>	バラ	ハナカイドウ
	<i>Pedus grayana</i>	バラ	ウワミズザクラ
	<i>Photinia glabra</i>	バラ	カナメモチ
	<i>Prunus armeniaca</i>	バラ	アンズ
	<i>Pourthiaea villosa</i>	バラ	カマツカ

資料 4-3 八王子市中山地域に植生する樹木.

目	種名	科	標準和名
バラ目	<i>Prunus mume</i>	バラ	ウメ
	<i>Pseudocystodonia sinensis</i>	バラ	カリン
	<i>Cerasus yedoensis</i>	バラ	ソメイヨシノ
	<i>Cerasus jamasakura</i>	バラ	ヤマザクラ
	<i>Chaenomeles speciosa</i>	バラ	クサボケ
	<i>Crataegus cuneata</i>	バラ	サンザシ
	<i>Eriobotrya japonica</i>	バラ	ビワ
	<i>Kerria japonica</i>	バラ	ヤマブキ
	<i>Malus prunifolia</i>	バラ	イヌリンゴ
	<i>Malus pumila</i>	バラ	リンゴ
	<i>Prunus japonica</i>	バラ	ニワウメ
	<i>Prunus persica</i>	バラ	ハナモモ
	<i>Prunus salicina</i>	バラ	スモモ
	<i>Prunus tomentosa</i>	バラ	ユスラウメ
	<i>Pyrus pyrifolia</i>	バラ	ナシ
	<i>Rhaphiolepis indica</i> var. <i>umbellata</i>	バラ	シャリンバイ
	<i>Rhodotypos scandens</i>	バラ	シロヤマブキ
	<i>Rosa banksiae</i>	バラ	モッコウバラ
	<i>Rosa multiflora</i>	バラ	ノイバラ
	<i>Rosa rugosa</i>	バラ	ハマナス
	<i>Rubus</i> sp.	バラ	キイチゴ
	<i>Rubus hirsutus</i>	バラ	クワイチゴ
	<i>Rubus microphyllus</i> L.f.	バラ	ニガイチゴ
	<i>Rubus palmatus</i> var. <i>coptophyllus</i>	バラ	モミジイチゴ
	<i>Spiraea cantoniensis</i>	バラ	コデマリ
	<i>Spiraea japonica</i>	バラ	シモツケ
	<i>Spiraea thunbergi</i>	バラ	ユキヤナギ
	<i>Stephanandra incisa</i>	バラ	コゴメウツギ
	<i>Ulmus parvifolia</i>	ニレ	アキニレ
	<i>Zelkova serrata</i>	ニレ	ケヤキ
	<i>Celtis sinensis</i>	アサ	エノキ
	<i>Ficus carica</i>	クワ	イチジク
	<i>Mulberry</i> sp.	クワ	クワ
	<i>Elaeagnus umbellata</i>	グミ	アキグミ
	<i>Elaeagnus multiflora</i>	グミ	ナツグミ
	<i>Boehmeria spicata</i>	イラクサ	コアカソ
ブドウ目	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	ブドウ	ツタ
	<i>Vitis</i> spp.	ブドウ	ブドウ
フトモモ目	<i>Punica granatum</i>	ミソハギ	ザクロ
	<i>Lagerstroemia indica</i>	ミソハギ	サルスベリ
ブナ目	<i>Juglans mandshurica</i> var. <i>sachalinensis</i>	クルミ	オニグルミ
	<i>Castanea crenata</i>	ブナ	クリ
	<i>Castanopsis sieboldii</i>	ブナ	イタジイ
	<i>Lithocarpus edulis</i>	ブナ	マテバシイ
	<i>Quercus acuta</i>	ブナ	アカガシ
	<i>Quercus acutissima</i>	ブナ	クヌギ
	<i>Quercus glauca</i>	ブナ	アラカシ
	<i>Quercus myrsinifolia</i>	ブナ	シラカシ
	<i>Quercus phillyreoides</i>	ブナ	ウバメガシ
	<i>Quercus serrata</i>	ブナ	コナラ

資料4-4 八王子市中山地域に植生する樹木.

目	種名	科	標準和名
ブナ目	<i>Alnus firma</i>	カバノキ	ヤシャブシ
	<i>Alnus hirsuta</i>	カバノキ	ヤマハノノキ
	<i>Carpinus japonica</i>	カバノキ	クマシデ
	<i>Carpinus laxiflora</i>	カバノキ	アカシデ
マツ目	<i>Carpinus tschonoskii</i>	カバノキ	イヌシデ
	<i>Cephalotaxus harringtonia</i> var. <i>harringtonia</i>	イチイ	イヌガヤ
	<i>Cephalotaxus harringtonia</i>	イチイ	チョウセンマキ
	<i>Taxus cuspidata</i>	イチイ	イチイ
	<i>Torreya nucifera</i>	イチイ	カヤ
	<i>Pinus densiflora</i>	マツ	アカマツ
	<i>Pinus thunbergii</i>	マツ	クロマツ
	<i>Tsuga sieboldii</i>	マツ	ツガ
	<i>Picea jezoensis</i> var. <i>hondoensis</i>	マツ	トウヒ
	<i>Cedrus deodara</i>	マツ	ヒマラヤスギ
	<i>Pinus parviflora</i>	マツ	ゴヨウマツ
	<i>Abies firma</i>	マツ	モミ
	<i>Podocarpus macrophyllus</i>	マキ	イヌマキ
	<i>Thuopsis dolabrata</i>	ヒノキ	アスナロ
	<i>Chamaecyparis pisifera</i> cv. <i>Plumosa</i>	ヒノキ	シノブヒバ
	<i>Juniperus chinensis</i> cv. <i>Kaizuka</i>	ヒノキ	カイヅカイブキ
	<i>Platycladus orientalis</i>	ヒノキ	コノチガシワ
	<i>Cupressus</i> sp.	ヒノキ	イトスギ
マツムシソウ目	<i>Chamaecyparis pisifera</i>	ヒノキ	サウラ
	<i>Cryptomeria japonica</i>	ヒノキ	スギ
	<i>Juniperus chinensis</i> cv. <i>Globosa</i>	ヒノキ	タマイブキ
	<i>Chamaecyparis obtusa</i> cv. <i>Breviramea</i>	ヒノキ	チャボヒバ
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	ヒノキ	ヒノキ
	<i>Chamaecyparis pisifera</i> var. <i>filifera</i>	ヒノキ	ヒヨクヒバ
	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	ヒノキ	メタセコイア
	<i>ambucaria sieboldiana</i> var. <i>pinnatisecta</i>	レンブクソウ	ニワトコ
	<i>Lonicera gracilipes</i> var. <i>gracilipes</i>	スイカズラ	ウグイスカグラ
	<i>Viburnum dilatatum</i>	スイカズラ	ガマズミ
	<i>Viburnum awabuki</i>	スイカズラ	サンゴジュ
	<i>Lonicera japonica</i>	スイカズラ	スイカズラ
	<i>Abelia spathulata</i>	スイカズラ	ツクハネウツギ
	<i>Weigela coraensis</i>	スイカズラ	ハコネウツギ
マメ目	<i>Cytisus</i> sp.	マメ	エニシダ
	<i>Lespedeza</i> sp.	マメ	ハギ
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	マメ	ニセアカシア
	<i>Wisteria floribunda</i>	マメ	フジ
	<i>Widra macrophylla</i>	ミズキ	クマノミズキ
ミズキ目	<i>Cornus florida</i>	ミズキ	ハナミズキ
	<i>Benthamidia japonica</i>	ミズキ	ヤマボウ
	<i>Benthamidia japonica</i>	ミズキ	ヤマボウシ
	<i>Deutzia crenata</i>	アジサイ	ウツギ
	<i>Hydrangea macrophylla</i>	アジサイ	アジサイ
	<i>Hydrangea serrata</i>	アジサイ	ヤマアジサイ
	<i>Philadelphus satsumi</i>	アジサイ	ハイカウツギ
ムクロジ目	<i>Acer pictum</i> Thunb	ムクロジ	イタヤカエデ
	<i>Acer palmatum</i>	ムクロジ	イロハモミジ

資料4-5 八王子市中山地域に植生する樹木.

目	種名	科	標準和名
ムクロジ目	<i>Acer crataegifolium</i>	ムクロジ	ウリカエデ
	<i>Acer buergerianum</i>	ムクロジ	トウカエデ
	<i>Acer rufrinerve</i>	ムクロジ	ウリハダカエデ
	<i>Aesculus turbinata</i>	ムクロジ	トチノキ
モクレン目	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	ミカン	サンショウ
	<i>Oriza japonica</i>	ミカン	コクサギ
	<i>Citrus natsudaidai</i>	ミカン	ナツミカン
	<i>Citrus junos</i>	ミカン	ユズ
	<i>Melia azedarach</i>	センダン	センダン
	<i>Rhus ambigua</i> Laval	ウルシ	ツタウルシ
	<i>Ailanthus altissima</i>	ニガキ	ニワウルシ
	<i>Magnolia grandiflora</i>	モクレン	タイサンボク
	<i>Magnolia kobus</i>	モクレン	コブシ
	<i>Magnolia stellata</i>	モクレン	シデコブシ
	<i>Magnolia obovata</i>	モクレン	ホオノキ
	<i>Magnolia quinquepeta</i>	モクレン	モクレン
	<i>Liriodendron tulipifera</i>	モクレン	ユリノキ
	<i>Ilex serrata</i>	モチノキ	ウメモドキ
モチノキ目	<i>Ilex rotunda</i>	モチノキ	クロガネモチ
	<i>Ilex macrospoda</i>	モチノキ	アオハダ
	<i>Ilex crenata</i>	モチノキ	イヌツゲ
	<i>Ilex latifolia</i>	モチノキ	たらヨウ
ヤシ目	<i>Ilex integra</i>	モチノキ	モチノキ
	<i>Helwingia japonica</i>	ハナイカダ	ハナイカダ
	<i>Trachycarpus</i> sp.	ヤシ	シュロ
ユキノシタ目	<i>Corylopsis spicata</i>	マンサク	トサミズキ
	<i>Corylopsis pauciflora</i>	マンサク	ヒュウガミズキ
	<i>Liquidambar styraciflua</i>	フウ	モミジバフウ
	<i>Daphniphyllum macropodum</i>	ユズリハ	ユズリハ
ユリ目	<i>Smilax china</i>	サルトリイバラ	サルトリイバラ
	<i>Gelsemium sempervirens</i>	ゲルセミウム	カロライナジャスミン
リンドウ目	<i>Gardenia jasminoides</i>	アカネ	クチナシ
	<i>Seiassa foetida</i>	アカネ	ハクチョウゲ
	<i>Nerium oleander</i> var. <i>indicum</i>	キョウチクトウ	キョウチクトウ
	<i>Trachelospermum asiaticum</i>	キョウチクトウ	ティカカズラ

資料5-1 八王子市中山地域に植生する草本.

目	種名	科	標準和名
アオイ目	<i>Corchoropsis tomentosa</i>	アオイ	カラスノゴマ
	<i>Rubia argy</i>	アカネ	アカネ
	<i>Rorippa indica</i>	アブラナ	イヌガラシ
	<i>Meliosma Myriantha</i>	アワブキ	アワブキ
イネ目	<i>Agrostis gigantea</i>	イネ	コメカグサ
	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	イネ	ヤマカモジグサ
	<i>Eccolopos cotulifer</i>	イネ	アブラスギ
	<i>Eleusine indica</i>	イネ	オヒシバ
	<i>Eragrostis ferruginea</i>	イネ	カゼクサ
	<i>Microstegium vimineum</i>	イネ	アシボソ
	<i>Miscanthus sinensis</i>	イネ	ススキ
	<i>Opismenus undulatifolius</i>	イネ	チヂミザサ
	<i>Pleiolabium chin</i>	イネ	アズマネザサ
	<i>Setaria viridis</i> f. <i>purpurascens</i>	イネ	ムラサキエノコロ
	<i>Setaria viridis</i>	イネ	エノコログサ
	<i>Cyperus microiria</i>	カヤツリグサ	カヤツリグサ
	<i>Pteris multifida</i>	イノモトソウ	イノモトソウ
	<i>Woodsia polystichoides</i>	イワテンダ	イワテンダ
	<i>Athyrium niponicum</i>	イワテンダ	イヌワラビ
	<i>Osmoclea sensibilis</i>	イワテンダ	コウヤワラビ
	<i>Deparia japonica</i>	イワテンダ	シケシダ
	<i>Lygodium japonicum</i>	フサシダ	カニクサ
ウラボシ目	<i>Parathelypteris japonica</i>	ヒメシダ	ハリガネワラビ
	<i>Stegogramma pozoi</i> ssp. <i>mollissima</i>	ヒメシダ	ミソシダ
	<i>Dryopteris erythrosora</i>	オシダ	ベニシダ
	<i>Cyrtomium fortunei</i>	オシダ	ヤブソデツ
	<i>Pteridium aquilinum</i>	コバノイシカグマ	ワラビ
ウリ目	<i>Trichosanthes cucumeroides</i>	ウリ	カラスウリ
	<i>Pinellia ternata</i>	サトイモ	カラスビシャク
	<i>Oxalis comiculata</i>	カタバミ	カタバミ
	<i>Oxalis corniculata</i>	カタバミ	ムラサキカタバミ
キク目	<i>Campanula punctata</i> Lam.	キキョウ	ホタルブクロ
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	キク	ブタクサ
	<i>Ambrosia trifida</i>	キク	オオブタクサ
	<i>Artemisia indica</i>	キク	ヨモギ
	<i>Aster glehnii</i> var. <i>hondoensis</i>	キク	ゴマナ
	<i>Aster microcephalus</i> var. <i>ovatus</i>	キク	ノコンギク
	<i>Bidens frondosa</i>	キク	アメリカセンダング
	<i>Carpesium abrotanoides</i>	キク	ヤブタバコ
	<i>Carpesium divaricatum</i> var. <i>abrotanoides</i>	キク	ホソバハクビツ
	<i>Conyza sumatrensis</i>	キク	オオアレチノギク
	<i>Cosmos bipinnatus</i>	キク	オオハルジャギク
	<i>Erigeron annuus</i>	キク	ヒメジョオン
	<i>Erigeron philadelphicus</i>	キク	ハレジョオン
	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	キク	ハキダメギク
	<i>Gnaphalium pensylvanicum</i>	キク	チチコグサモドキ
	<i>Lapsanastrum humile</i>	キク	ヤブタバコ
	<i>Pertya scandens</i>	キク	コウヤボウキ

資料5-2 八王子市中山地域に植生する草本.

目	種名	科	標準和名
キク目	<i>Petasites japonicus</i>	キク	フキ
	<i>Picris hieracioides</i> subsp. <i>japonica</i>	キク	コウゾリナ
	<i>Solidago canadensis</i> var. <i>scabra</i>	キク	セイタカアワダチソウ
	<i>Sonchus oleraceus</i>	キク	ハルノノゲン
キントノメ目	<i>Syneilesis palmata</i>	キク	ヤブレガサ
	<i>Taraxacum officinale</i>	キク	セイヨウタンポポ
	<i>Xanthium strumarium</i>	キク	オナモミ
	<i>Acalypha australis</i>	キク	エノキグサ
キンボウゲ目	<i>Euphorbia nutans</i>	キク	オオニシキソウ
	<i>Euphorbia supina</i>	キク	オニシキソウ
	<i>Phyllanthus urinaria</i>	キク	コミカンソウ
	<i>Cocculus orbiculatus</i>	キク	アツツラフジ
キンカクシ目	<i>Clematis japonica</i>	キンボウゲ	ハンシヨウツル
	<i>Clematis apiifolia</i>	キンボウゲ	ボタンツル
	<i>Thalictrum minus</i> var. <i>hypoleucum</i>	キンボウゲ	アカカラマツ
	<i>Hosta montana</i>	キンカクシ	オハギボウシ
クロツソマ目	<i>Ophiopogon japonicus</i>	キンカクシ	ジャノヒゲ
	<i>Liriope muscari</i>	キンカクシ	ヤブラン
	<i>Stachyurus praecox</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Viola grypoceras</i>	キンカクシ	キンカクシ
コショウ目	<i>Viola odorata</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Aristolochia debilis</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Houttuynia cordata</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Salvia japonica</i>	キンカクシ	キンカクシ
シソ目	<i>Glechoma hederacea</i> subsp. <i>grandis</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Plantago asiatica</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Justicia procumbens</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Zingiber mioga</i>	キンカクシ	キンカクシ
ショウガ目	<i>Aralia cordata</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Hydrocotyle sibthorpioides</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Cryptotaenia canadensis</i> subsp. <i>japonica</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Osmunda japonica</i>	キンカクシ	キンカクシ
ゼンマイ目	<i>Clethra barbinervis</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Commelina communis</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Tradescantia ohienis</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Equisetum arvense</i>	キンカクシ	キンカクシ
ナス目	<i>Solanum lyratum</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Persicaria filiformis</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Persicaria laphatifolia</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Persicaria longiseta</i>	キンカクシ	キンカクシ
ナデシコ目	<i>Rumex acetosa</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Chenopodium album</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>japonica</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Portulaca oleracea</i>	キンカクシ	キンカクシ
ミズヒメ目	<i>Talinum crassifolium</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Sagina japonica</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Stellaria uliginosa</i> var. <i>undulata</i>	キンカクシ	キンカクシ
	<i>Stellaria sp.</i>	キンカクシ	キンカクシ
オシロイバナ目	<i>Mirabilis jalapa</i>	オシロイバナ	オシロイバナ

資料5-3 八王子市中山地域に植生する草本.

目	種名	科	標準和名
バラ目	<i>Agrimonia pilosa</i> var. <i>japonica</i>	バラ	キンミズヒキ
	<i>Rubus parvifolius</i>	バラ	ナワシロイチゴ
	<i>Potentilla hebllichigo</i>	バラ	ヘビイチゴ
	<i>Sanguisorba officinalis</i>	バラ	ワレモコウ
	<i>Fatoua villosa</i>	クワ	クワクサ
	<i>Humulus japonicus</i>	アサ	カナムグラ
	<i>Boehmeria nivea</i> var. <i>nippononivea</i>	イラクサ	カラムシ
	<i>Geranium thunbergii</i>	フウロソウ	ゲンノシヨウコ
	<i>Ampelopsis glandulosa</i> var. <i>heterophylla</i>	ブドウ	ノブドウ
	<i>Cayratia japonica</i>	ブドウ	ヤブガラシ
フトモモ目	<i>Oenothera rosea</i>	アカバナ	ユウゲシヨウ
ブナ目	<i>Carpinus tschonoskii</i>	カバノキ	イヌシデ
マツムシソウ目	<i>Abelia spathulata</i>	スイカズラ	ツクバネウツギ
マメ目	<i>Pueraria lobata</i>	マメ	クズ
	<i>Trifolium repens</i>	マメ	シロツメクサ
	<i>Desmodium podocarpum</i> subsp. <i>oxyphyllum</i>	マメ	ヌスビトハギ
	<i>Lespedeza pilosa</i>	マメ	ネコハギ
	<i>Lespedeza striata</i>	マメ	ヤハズソウ
ムクロジ目	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	ミカン	イヌザンショウ
ヤマノイモ目	<i>Dioscorea bulbifera</i>	ヤマノイモ	ニガカシュウ
	<i>Dioscorea japonica</i>	ヤマノイモ	ヤマノイモ
ユキノシタ目	<i>Astilbe thunbergii</i> var. <i>thunbergii</i>	ユキノシタ	アカシヨウマ
ユリ目	<i>Smilax riparia</i>	サルトリイバラ	シオデ
	<i>Disporum smilacinum</i>	イヌサフラン	チゴユリ
	<i>Disporum sessile</i>	イヌサフラン	ホウチャクソウ
	<i>Tricyrtis</i>	ユリ	ホトトギス
	<i>Lilium auratum</i>	ユリ	ヤマユリ
リンドウ目	<i>Trachelospermum asiaticum</i>	キョウチクトウ	テイカカズラ
	<i>Paederia scandens</i>	アカネ	ヘクソカズラ

資料6-1 八王子市中山地域に生息する土壤動物.

	層	目	亜目	科	亜科	種名	個体数
広葉樹	L層	オビヤスデ目				オビヤスデA	2
		イシムカデ目				イッスシムカデ	9
		コムカデ目				コムカデ	3
		ヒメヤスデ目				ヒメヤスデ	3
		半翅目				カメムシA	1
		イトミミズ目				ヒメミミズ	15
		ハチ目			ハリアリ亜科	アメイロアリ	3
					フタフシアリ亜科	フタフシアリA	2
		ジムカデ目				ジムカデ	3
		双翅目				幼虫A	2
						幼虫B	1
						幼虫C	1
	F層	等脚目		ウラジムシ科		ウラジムシ	12
		ダニ目				ケダニ	4
		真正クモ目				クモA	1
						クモB	3
						クモC	2
						クモD	1
					計	18	68
	A層	ジムカデ目				ジムカデ	2
		イトミミズ目				ヒメミミズ	7
		コムカデ目				コムカデ	2
		甲虫目				幼虫A	1
						幼虫B	1
		イシムカデ目				イッスシムカデ	1
		オビヤスデ目				オビヤスデA	1
						オビヤスデB	1
		真正クモ目				クモB	1
		双翅目				幼虫A	2
		等脚目		ウラジムシ科		ウラジムシ	2
					計	11	21
照葉樹	A層	オビヤスデ目				オビヤスデA	1
		ハチ目			フタフシアリ亜科	フタフシアリA	3
		甲虫目		ゴミムシ科		ゴモクムシA	1
					計	3	5
	L層	納眼目				キセルガイ	1
		ハチ目			ハリアリ亜科	アメイロアリ	2
		トビムシ目	フシトビムシ亜目			フシトビムシ	1
					計	3	4
	F層	ジムカデ目				ジムカデ	3
		等脚目		ダンゴムシ科		ダンゴムシ	1
				ウラジムシ科		ウラジムシ	3
		ハチ目			ハリアリ亜科	アメイロアリ	3
		甲虫目				コガシムシ	1
						幼虫A	1
						幼虫C	1
		トビムシ目	フシトビムシ亜目			フシトビムシ	1
		イトミミズ目				ヒメミミズ	1
		真正クモ目				クモG	1
					計	10	14
	A層	甲虫目		ゾウムシ科		ゾウムシ	1
					計	1	1

資料6-2 八王子市中山地域に生息する土壤動物.

	層	目	亜目	科	亜科	種名	個体数
針葉樹 (竹・杉・他)	L層	ヒメヤスデ目				ヒメヤスデ	3
		イシムカデ目				イッスシムカデ	8
		甲虫目		キノコムシ科		キノコムシ	1
						卵	1
						幼虫A	1
		オビヤスデ目				オビヤスデ	1
		フトミミズ目				フトミミズ	1
		納眼目				カタツムリ	1
		コムカデ目				コムカデ	1
				計		9	21
	F層	ダニ目	前気門亜目			ケダニ	3
		イシムカデ目				イッスシムカデ	3
		ジムカデ目				ジムカデ	1
		コムカデ目				コムカデ	3
		ハチ目		フタフシアリ亜科		フタフシアリB	7
草原	L層					計	5
		ジムカデ目				ジムカデ	2
						計	1
		甲虫目		ゴミムシ科		ゴモクムシB	1
				コメツキ		コメツキ	1
		真正クモ目				クモE	1
	F層					クモF	2
		ハチ目		ハリアリ亜科		アメイロアリ	1
		半翅目				カメムシB	1
		トビムシ目	フシトビムシ亜目			フシトビムシ	1
		オビヤスデ目				オビヤスデ	1
					計	8	9
		ジムカデ目				ジムカデ	1
		双翅目				幼虫D	1
		甲虫目		ハネカクシ科		ハネカクシ	1
						幼虫C	1
草原	F層	納眼目				キセルガイ	1
		ハチ目		ハリアリ亜科		アメイロアリ	14
				フタフシアリ亜科		フタフシアリB	3
		真正クモ目				クモF	1
					計	8	23
	A層	甲虫目				幼虫D	1
		ハチ目		ハリアリ亜科		アメイロアリ	1
					計	2	2

資料7-1 東京学芸大学構内に植生する樹木.

目	種名	科	標準和名
アオイ目	<i>Firmiana simplex</i>	アオイ	アオギリ
	<i>Ginkgo biloba</i>	イチョウ	イチョウ
	<i>Ilex pedunculata</i>	ヤナギ	ヤナギ
	<i>Idesia polycarpa</i>	クスノキ	クスノキ
	<i>Cinnamomum camphora</i>	クスノキ	クスノキ
	<i>Osmanthus fortunei</i>	モクセイ	ヒイラギモクセイ
	<i>Osmanthus fragrans</i> var. <i>aurantiacus</i>	モクセイ	キンモクセイ
	<i>Ligustrum lucidum</i>	モクセイ	トウネズミモチ
	<i>Ligustrum japonicum</i>	モクセイ	ネズミモチ
	<i>Styrax japonica</i>	エゴノキ	エゴノキ
	<i>Styrax obassia</i>	エゴノキ	ハクウンボク
	<i>Rhododendron dilatatum</i>	ツツジ	ミツバツツジ
	<i>Camellia sasanqua</i>	ツバキ	サザンカ
	<i>Camellia japonica</i>	ツバキ	ツバキ
ツツジ目	<i>Actinidia deliciosa</i>	マタタビ	キウイフルーツ
	<i>Ternstroemia gymnanthera</i>	モッコク	モッコク
	<i>Prunus mume</i>	バラ	ウメ
	<i>Cerasus speciosa</i>	バラ	オシマザクラ
	<i>Photinia glabra</i>	バラ	カナメモチ
	<i>Pseudocystodonia sinensis</i>	バラ	カリン
	<i>erasus spachiana</i> f. <i>spachiana</i>	バラ	シダレザクラ
	<i>Cerasus yedoensis</i>	バラ	ソメイヨシノ
	<i>Prunus persica</i>	バラ	ナメモモ
	<i>Eriobotrya japonica</i>	バラ	ビワ
	<i>Amygdalus persica</i>	バラ	モモ
	<i>Morus bombycis</i>	バラ	ヤマグワ
	<i>Cerasus jamasakura</i>	バラ	ヤマザクラ
	<i>Celtis sinensis</i>	ニレ	エノキ
バラ目	<i>Zelkova serrata</i>	ニレ	ケヤキ
	<i>Aphananthe aspera</i>	ニレ	ムクノキ
	<i>Lagerstroemia indica</i>	ミソハギ	サルスベリ
	<i>Betula platyphylla</i>	カバノキ	シラカバ
	<i>Castanea crenata</i>	クナ	クリ
	<i>Quercus acutissima</i>	ブナ	クヌギ
	<i>Quercus serrata</i>	ブナ	コナラ
	<i>Quercus myrsinifolia</i>	ブナ	シラカシ
	<i>Castanopsis sieboldii</i>	ブナ	スダジイ
	<i>Lithocarpus edulis</i>	ブナ	マテバシイ
	<i>Weigela coraeensis</i>	スイカズラ	ハコネウツギ
	<i>Torreya nucifera</i>	イチイ	カヤ
	<i>Juniperus chinensis</i> cv. <i>Kaizuka</i>	ヒノキ	カイズカイブキ
	<i>Cunninghamia lanceolata</i>	ヒノキ	コウウザン
マツムシソウ目	<i>Platykladus orientalis</i>	ヒノキ	コノテガシワ
	<i>Chamaecyparis pisifera</i> cv. <i>Plumosa</i>	ヒノキ	シノブヒバ
	<i>Chamaecyparis pisifera</i>	ヒノキ	サワラ

資料7-2 東京学芸大学構内に植生する樹木.

目	種名	科	標準和名
マツ目	<i>Cryptomeria japonica</i>	ヒノキ	スギ
	<i>Thuja occidentalis</i>	ヒノキ	ニオイヒバ
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	ヒノキ	ヒノキ
	<i>Chamaecyparis pisifera</i> var. <i>filifera</i>	ヒノキ	ヒヨクヒバ
	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	ヒノキ	メタセコイア
	<i>Pinus densiflora</i>	マツ	アカマツ
	<i>Pinus thunbergii</i>	マツ	クロマツ
	<i>Pinus densiflora</i>	マツ	タギョウショウ
	<i>Cedrus deodara</i>	マツ	ヒマラヤスギ
	<i>Styphnolobium japonicum</i>	マメ	エンジュ
マメ目	<i>Cercis chinensis</i>	マメ	ハナズオウ
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	マメ	ニセアカシア
	<i>Wisteria floribunda</i>	マメ	フジ
	<i>Cornus officinalis</i>	ミズキ	サンシュユ
ミズキ目	<i>Cornus florida</i>	ミズキ	ハナミズキ
	<i>Swida controversa</i>	ミズキ	ミズキ
	<i>Benthamidia japonica</i>	ミズキ	ヤマボウシ
	<i>Acer palmatum</i>	ムクロジ	イロハモミジ
ムクロジ目	<i>Acer buergerianum</i>	ムクロジ	トウカエデ
	<i>Aesculus turbinata</i>	トチノキ	トチノキ
	<i>Magnolia virginiana</i>	モクレン	ヒメタイサンボク
モクレン目	<i>Magnolia kobus</i>	モクレン	コブシ
	<i>Magnolia grandiflora</i>	モクレン	タイサンボク
	<i>Magnolia heptapeta</i>	モクレン	ハクモクレン
	<i>Liriodendron tulipifera</i>	モクレン	ユリノキ
	<i>Ilex crenata</i>	モチノキ	イヌツゲ
モチノキ目	<i>Ilex integra</i>	モチノキ	モチノキ

資料8-1 東京学芸大学構内に植生する草本.

目	種名	科	標準和名
アオイ目	<i>Althaea rosea</i>	アオイ	タチアオイ
	<i>Brassica rapa</i>	アブラナ	アブラナ
アブラナ目	<i>Capsella bursa</i>	アブラナ	ナズナ
	<i>Cardamine scutata</i>	アブラナ	タネツケバナ
	<i>Lepidium virginicum</i>	アブラナ	マメグンバイナズナ
	<i>Orychophragmus violaceus</i>	アブラナ	ムラサキハナナ
	<i>Rorippa indica</i>	アブラナ	イヌガラシ
	<i>Sisymbrium officinale</i>	アブラナ	カキネガラシ
	<i>Alopecurus aequalis</i>	イネ	スズメノテッポウ
	<i>Arthraxon hispidus</i>	イネ	コブナグサ
	<i>Beckmannia syzigache</i>	イネ	カスノコグサ
	<i>Briza maxima</i>	イネ	コバンソウ
イネ目	<i>Bromus catharticus</i>	イネ	イヌムギ
	<i>Eleusine indica</i>	イネ	オヒシバ
	<i>Elymus racemifer</i>	イネ	アオカモジグサ
	<i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i>	イネ	カモジグサ
	<i>Eragrostis multicaulis</i>	イネ	ニフホコリ
	<i>Imperata cylindrica</i>	イネ	チガヤ
	<i>Lolium multiflorum</i>	イネ	ネズミムギ
	<i>Pleoblastus chino</i>	イネ	アズマネザサ
	<i>Poa annua</i>	イネ	スズメノカタビラ
	<i>Sasa veitchii</i>	イネ	クマザサ
ウラボシ目	<i>Setaria viridis</i>	イネ	エノコログサ
	<i>Shibataea kumasaca</i>	イネ	オカメザサ
	<i>Pteris cretica</i>	イノモトソウ	オオバノイノモトソウ
	<i>Matteuccia struthiopteris</i>	イワデンダ	クサソテツ
	<i>Anisaema urashima</i>	サトイモ	ウラボシソウ
	<i>Oxalis corniculata</i>	カタバミ	カタバミ
	<i>Oxalis corniculata</i> f. <i>erecta</i>	カタバミ	カタバミ
	<i>Oxalis corymbosa</i>	カタバミ	ムラサキカタバミ
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	キク	ブタクサ
	<i>Artemisia indica</i>	キク	ヨモギ
キク目	<i>Aster microcephalus</i> var. <i>ovatus</i>	キク	ノコンギク
	<i>Bidens frondosa</i>	キク	アメリカセンダングサ
	<i>Conyza canadensis</i>	キク	ヒメムカシヨモギ
	<i>Eclipta thermalis</i>	キク	タカサブロウ
	<i>Erigeron annuus</i>	キク	ヒメジョオン
	<i>Erigeron philadelphicus</i>	キク	ハルジョオン
	<i>Farfugium japonicum</i>	キク	ツワブキ
	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	キク	ハキダメギク
	<i>Gnaphalium pennsylvanicum</i>	キク	チヂコクサモドキ
	<i>Leucanthemum superbum</i>	キク	シャスターデイジー
カタバミ目	<i>Petasites japonicus</i>	キク	フキ
	<i>Picris hieracioides</i> subsp. <i>japonica</i>	キク	コウゾリナ
	<i>Solidago canadensis</i> var. <i>scabra</i>	キク	セイタカアワダチソウ
	<i>Sonchus oleraceus</i>	キク	ハルノノゲン
	<i>Taraxacum officinale</i>	キク	セイヨウタンポポ
	<i>Taraxacum platycarpum</i>	キク	カントウタンポポ
	<i>Youngia japonica</i>	キク	オニタビラコ

資料8-2 東京学芸大学構内に植生する草本.

目	種名	科	標準和名
キジカクシ目	<i>Iris japonica</i>	アヤメ	シャガ
	<i>Sisyrinchium rosulatum</i>	アヤメ	ニワゼキショウ
	<i>Hemerocallis fulva</i> var. <i>kwanso</i>	スズキノキ	ヤブカンソウ
	<i>Bleilla striata</i>	ラン	シラン
	<i>Calanthe discolor</i>	ラン	エビネ
	<i>Cephalanthera falcata</i>	ラン	キンラン
	<i>Aspidistra elatior</i>	ハラン	キジカクシ
	<i>Liriope muscari</i>	キジカクシ	ヤブラン
	<i>Trichosanthes cucumeroides</i>	ウリ	カラスウリ
	<i>Viola grypoceras</i>	スミレ	タチツボスミレ
キントラノオ目	<i>Viola odorata</i>	スミレ	ニオイスミレ
	<i>Acalypha australis</i>	トウダイグサ	エノキグサ
	<i>Ranunculus stillofolius</i>	キンボウゲ	キツネノボタン
	<i>Helleborus niger</i>	キンボウゲ	クリスマスローズ
	<i>Anemone flaccida</i>	キンボウゲ	ニンソウ
	<i>Epimedium grandiflorum</i>	メギ	イカリソウ
	<i>Narcissus</i> sp.	ヒガンバナ	スイセン
	<i>Allium macrostemon</i>	ヒガンバナ	ノビル
	<i>Iphelion uniflorum</i>	ヒガンバナ	ハナニラ
	<i>Lycoris radiata</i>	ヒガンバナ	ヒガンバナ
ケシ目	<i>Macleania cordata</i>	ケシ	タケニグサ
	<i>Papaver dubium</i>	ケシ	ナガミノヒナゲシ
	<i>Corydalis incisa</i>	ケシ	ムラサキケマン
コショウ目	<i>Aristolochia debilis</i>	ケマンソウ	ウマノスズクサ
	<i>Houttuynia cordata</i>	ウマノスズクサ	ウマノスズクサ
	<i>Veronica persica</i>	ドクダミ	ドクダミ
	<i>Veronica arvensis</i>	オオハコ	オオイヌノフグリ
	<i>Plantago asiatica</i>	オオハコ	オオハコ
	<i>Plantago lanceolata</i>	オオハコ	オオハコ
	<i>Justicia procumbens</i>	オオハコ	ヘラオオハコ
	<i>Glechoma hederacea</i> subsp. <i>grandis</i>	キツネノマゴ	キツネノマゴ
	<i>Ajuga decumbens</i>	シソ	カキドオシ
	<i>Lamium purpureum</i>	シソ	キランソウ
スイレ目	<i>Lamium amplexicaule</i>	シソ	ホトケノザ
	<i>Mazus pumilus</i>	シソ	ヒメオドリコソウ
	<i>Trigonotis peduncularis</i>	ハエドクソウ	トキワハゼ
	<i>Nymphaea tetragona</i>	ムラサキ	キュウリグサ
	<i>Hydrocotyle sibthorpioides</i>	スイレ	ヒツジグサ
	<i>Oenanthe javanica</i>	ウコギ	チドメグサ
	<i>Osmunda japonica</i>	セリ	セリ
	<i>Commelina communis</i>	ゼンマイ	ゼンマイ
	<i>Equisetum arvense</i>	ツユクサ	ツユクサ
	<i>Calyptegia japonica</i>	トクサ	スギナ
ナデシコ目	<i>Rumex conglomeratus</i>	ヒルガオ	ヒルガオ
	<i>Fallopia japonica</i>	タデ	アレチギシギシ
	<i>Persicaria filiformis</i>	タデ	イタドリ
	<i>Persicaria longiseta</i>	タデ	ミスヒキ
	<i>Amaranthus blitum</i>	タデ	イヌタデ
	<i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>japonica</i>	ヒユ	イヌビユ
	<i>Chenopodium album</i>	ヒユ	イノコヅチ
		ヒユ	シロザ

資料8-3 東京学芸大学構内に植生する草本.

目	種名	科	標準和名
ナデシコ目	<i>Mirabilis jalapa</i>	オシロイバナ	オシロイバナ
	<i>Stellaria aquatica</i>	ナデシコ	ウシハコベ
	<i>Cerastium glomeratum</i>	ナデシコ	オランダミミナグサ
	<i>Stellaria media</i>	ナデシコ	コハコベ
	<i>Sagina japonica</i>	ナデシコ	ツメクサ
	<i>Dianthus superbus</i> var. <i>longicalycinus</i>	ナデシコ	ナデシコ
	<i>Silene amara</i>	ナデシコ	ムシトリナデシコ
	<i>Phytolacca americana</i>	ヤマゴボウ	ヨウシュヤマゴボウ
	<i>Humulus japonicus</i>	アサ	カナムグラ
	<i>Boehmeria nivea</i> var. <i>nipoanonivea</i>	イラクサ	カラムシ
バラ目	<i>Fatoua villosa</i>	クワ	クワクサ
	<i>Geranium carolinianum</i>	フウロソウ	アメリカフウロ
	<i>Cayratia japonica</i>	ブドウ	ヤブガラシ
	<i>Oenothera parviflora</i>	アカバナ	アレチマツヨイグサ
	<i>Oenothera rosea</i>	アカバナ	ユウゲショウ
	<i>Trifolium pratense</i>	マメ	アカツメクサ
	<i>Vicia sativa</i> subsp. <i>nigra</i>	マメ	カラスノエンドウ
	<i>Medicago lupulina</i>	マメ	コマツブマゴヤシ
	<i>Trifolium repens</i>	マメ	シロツメクサ
	<i>Vicia hirsuta</i>	マメ	スズメノエンドウ
ヤマノイモ目	<i>Lespedeza striata</i>	マメ	ヤハズソウ
	<i>Dioscorea japonica</i>	ヤマノイモ	ヤマノイモ
	<i>Saxifraga stolonifera</i>	ユキノシタ	ユキノシタ
	<i>Sedum bulbiferum</i>	ベンケイソウ	コモチマンネングサ
	<i>Tulipa</i> sp.	ユリ	チューリップ
	<i>Rubia argyi</i>	アカネ	アカネ
	<i>Paederia scandens</i>	アカネ	ヘクソカズラ
	<i>Galium trachyspermum</i>	アカネ	ヨツバムグラ

資料9 理科学習指導案

●第1次
指導日：平成19年9月18日（火）第1、5、6校時

(1) 本時の目標

・生産者、消費者等の言葉について理解し、食物網の仕組みを知る。

・生態系では、生産者、消費者がどのような関係を持っているのかを考える。

(2) 使用するもの

教科書、ノート、プリント（生態系復元方法全体図）

(3) 本時の学習計画

	生徒の学習活動	教員の支援（○支援・留意点）
導入 5分	○学習内容を確認し、見通しをもつ。	・今後、3時間でやることを話す。
展開 40分	<div>自然はどのような仕組みをしているのだろうか。</div> <div>1. 教科書を中心に、「食べる・食べられる」の関係を学習する。</div> <div>2. 全体の流れを説明後、各グループが行う内容についての説明をする。</div> <div>①植物の植生を調べる。 →面積から NPP を算出する。</div> <div>②動物の観察を行う。 →食物網モデルを完成させる。</div> <div>③タヌキの足跡を観察する。 →体長、体重、所要エネルギーを算出する。</div> <div>④動物の糞を観察する。 →エネルギーの損失を知る。</div>	・定義とともに確認する語句→生産者 消費者 食物網 ○生態系復元方法の流れを示した図を用意する。（演示用）
まとめ 5分	3. 野外実習に向け、班分けを行い、担当内容を決める。	・班分けは事前に番号で行っておき、授業ではそれを発表する形にする。
	○本時のまとめを行う。新出事項の確認。 ○服装、持ち物など、次時の確認を行う。 草花をむやみにとらない。 できるだけ大声を出さない。 無益な殺生をしない。	・服装：体操服、集合場所：山入り口、持ち物を確認する。 ・班に1人補助学生（TA）がつくことを伝える。 ・野外実習での注意点を確認する。

●第2次
指導日：平成19年9月20日（木）第1、2、5校時

(1) 本時の目標

・野外実習を通して、中山の自然に興味をもつ。

・生態系を定量的に解析する手法を知った上で、実践を通してその理解を深める。

(2) 使用するもの

全員：画板、筆記用具、リュック、（虫除けスプレー、救急セット）

グループ①（NPPの算出）：色鉛筆

グループ②（食物網モデル）：図鑑（昆虫、鳥類）、軍手

グループ③（個体エネルギー要求量）：折り尺、（電卓、色鉛筆）

グループ④（エネルギー分配）：色鉛筆、ビニール袋

(3) 本時の学習計画

	生徒の学習活動	教員の支援（○支援・留意点）
導入 5分	○全体で本時の流れを簡単に確認する。	○補助学生には、事前に歩く道、指導内容等を打ち合わせしておく。
展開 40分	<div>中山の自然はどのようにになっているのだろうか。</div> <div>○班ごとに野外観察を行う。</div> <div>①植生を調べ、ワークシートに記入する。</div> <div>②昆虫を中心とした動物を観察する。</div> <div>③タヌキの足跡を観察し、胴の長さを測る。</div> <div>④動物の糞を観察する。</div>	○生徒には、書き込み式のワークシートを用意し、そこに全て記録させる。 ・班ごとに補助学生を付け、引率させる。 ・観察は班ごとに行われ、全体集合の時間、および場所を決めておく。（TAには、時計を持たせる。）
まとめ 5分	○次回やることの確認を行う。	・何人かに野外実習の感想を聞く。 ・次回は、野外実習を基に考察を行っていくことを伝える。 ・初日のプリント（計算方法全体図）、野外実習ワークシートを持参するように言う。・1班、4班は電卓を持参するように、伝える。

※NPPとは、光合成によるエネルギー固定の総量から、呼吸熱として失われたものを差し引いたもの。

●第3次
指導日：平成19年9月21日（金）第1、2、5校時

(1) 本時の目標

・野外実習を基に、自己の考察を深めると共に、他班の取り組みに関心をもつ。

・全体図として生態系を見ることができ、環境保全に目を向けることができる。

(2) 使用するもの

全員：筆記用具

グループ①（NPPの算出）：電卓

グループ②（食物網モデル）：特になし

グループ③（個体エネルギー要求量）：パソコン

グループ④（エネルギー分配）：電卓

(2) 本時の学習計画

	生徒の学習活動	教員の支援（○支援・留意点）
導入 ・ 展開 30分	<div>中山の自然はどのようにになっているのだろうか。</div> <div>1. 班ごとに野外実習のまとめを行う。</div> <div>①NPPの算出</div> <div>②食物網モデルの完成</div> <div>③体重見積り、及び個体の所要エネルギー量算出</div> <div>④エネルギー分配</div> <div>2. 野外実習の結果を班ごとに発表する。</div>	・1時間目のワークシートの有無を確認し、忘れた生徒には再配布する。 ○まとめ用書き込み式のワークシート（4種）を用意する。 ・班ごとに補助学生を付ける。 ・発表は、班ごとに共通理解をもつことを目的とするため、分かったことを端的に伝えさせる。
まとめ 20分	○授業のまとめを行う。	○中山中学校裏山の自然のエネルギーピラミッド、食物網モデルを用意する。 ・実際にピラミッド型になっていることを確認する。 ・推定個体数を示し、面積と関係していることから、環境問題と結びつけた話をする。

※個体の所要エネルギー量とは、動物1個体が生活するために必要なエネルギーのことをいう。

資料10-1 第1次における授業記録 (3年2組).


	教員の指導・発問	生徒の学習活動・発言・様子	
導入	<p>本授業3時間中での学習内容を話す。</p> <p>・中山の自然について</p> <p>・ジブリ映画「自然色紙映画平成狸合戦ぽんぽこ」について</p>		<p>「教科書やプリントに記入したことを、中山周辺の自然で調べてみましょう。」</p> <p>・ライオン、シマウマ、シカ、植物を用いて、生態系復元方法の説明を行う。</p> <p>「(消費者より)生産者の方が多い。」</p> <p>・配布プリントを見ながら説明を聞く。(参照:第32図)</p> 
展開	<p>●教科書を用いて、食物網における矢印の意味、個体数量ピラミッドの説明をする。</p> <p>・「食われるもの一食うもの」であること</p> <p>・植物の個体数が一番多く、上位ほど数が少なくなっていること</p> <p>●教科書に従い、食物網、生産者、消費者の定義を確認する。</p> <p>「光合成でできるものは？」</p> <p>・全体で、生産者、消費者の量的関係に関する問いの確認を行う。</p>	<p>・教科書の図で確認をしている。</p>  <p>「酸素」「でんぷん」「有機物」</p> <p>・ワークシート(参照:第32図)に定義を書き込み、問いに答える。</p>	<p>・次時の野外観察のための班分けを行う。</p> <p>・説明された復元方法のうち、どこを担当するかを話し合い、決定する。</p> <p>まとめ</p> <p>●野外観察での注意点を伝える。</p> <p>・むやみに動植物を殺さない。</p> <p>・大声を出さない。</p> <p>・次回の持ち物、集合時間を確認する。</p>  <p>・板書した持ち物をプリントに書き込む。</p>

資料10-2 グループ活動記録 (※カギ括弧内は、生徒または授業補助者の発言)。

	グループ①	グループ②	グループ③	グループ④
野外観察 (第二次)	<p>白地図を持ち、TAとともにルートを歩く。</p> 	<p>図鑑を手に昆虫、鳥類などの生物を観察する。</p> <p>「虫の音がする。」</p> <p>「トンボって虫を食べているんだ?!」</p>	<p>タヌキの足跡を観察し、スケッチをする。</p> <p>「意外と小さい。」</p> <p>「丸い。」</p> 	<p>ウサギの糞を観察し、スケッチを行う。</p> <p>「赤ちゃんが食べるお菓子みたい。」</p> <p>「触って平気かなあ。」</p>
	<p>植生を判断し、白地図に色を付けていく。</p> 	<p>見つけた生物を図鑑で調べ、名前を特定して記録する。</p> 	<p>タヌキの足跡から胴の長さを見積もる。</p> <p>「どこが前足で、どこが後ろ足ですか？」</p> 	<p>ウサギの糞を顕微鏡で観察し、スケッチと記録をとる。</p> <p>「草みたいのが見える。」</p> 
まとめの授業 (第三次前半)	<p>森林、畑それぞれの総面積を算出する。</p> 	<p>観察した生物を分類する。</p> <p>①草食動物と肉食動物</p> <p>②鳥類と昆虫 など</p> 	<p>グラフを用いて、計測した胴の長さから体重を見積もる。</p> <p>「意外と軽い。」</p> 	<p>エネルギーのロス、変換効率についてより詳しく学ぶ。</p> <p>「前に見た糞は、赤い色の矢印だね。」</p> <p>「他には、どんなロスがあるかな?」(授業補助者より)</p> <p>→「汗。」「呼吸。」</p> <p>植物のエネルギーを仮に設定し、ウサギ、ネズミ、キツネの系で分配を行う。</p> 

資料10－3 第3次における授業記録（3年2組）。

教員の指導・発問	生徒の学習活動・発言・様子
<p>導入・展開</p> <p>●グループごとにまとめを行う。 （参照：第16表、グループ活動記録）</p> <p>「グループで調べたこと、そこから分かったことを発表してください。」</p>	<p>・代表者を決め、前時、本時の活動内容とそこから分かったことを発表する。</p> 
<p>まとめ</p> <p>●各グループで行った内容を食物網構造を使ってまとめる。</p> <p>「植物は何者ですか。」 「（プリントの）2～4は何者ですか。」</p> <p>「1班から4班でやったのは、それぞれこの部分です。」</p>	<p>・プリントを見ながら、説明を聞く。 （参考：第33図）</p> <p>「えーっと・・・生産者。」 「消費者。」</p>




●中山中裏山の生態系を復元したエネルギーピラミッドを提示し、ケタ数を数えさせる。

●再度、第1次で示した地図を示す。

「分配されたエネルギーをタヌキの所要エネルギーで割ると、タヌキが14匹ほどいることが分かります。同じように、この団地がなかったときはタヌキが35匹ほどすんでいたことも分かります。」（ウサギも同様）
→「今あるこの貴重な自然を大切にしましょう。」

・ピラミッドのケタ数を数える。
①10ケタ ②8ケタ
③6ケタ ④4ケタ
・ここから、分かることをプリントに記入



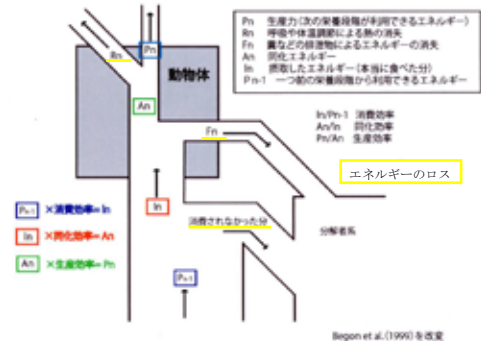
・授業後に、全時を通して学んだこと、分かったことなどを記述式で書く。

資料11－1 生態系解析マニュアル。

生態系の解析について

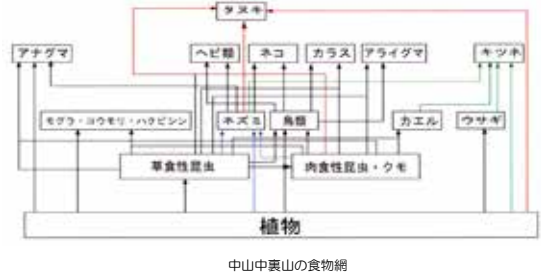
- 生態系とはなにか？
 - ・生態系とは ①生物の集まり②取り巻く環境③エネルギーと物質の流れを相互的に考察することである。
 - ・生態系とは過去から現在、そして未来に引き継がれていくものである。
- 生態系の解析の基本
 - 1、エネルギー流を考える。
 - ・植物が光合成で二酸化炭素を炭水化物に変える。
 - ・私たちは植物の作った炭水化物を食べ、呼吸することで二酸化炭素を出している。
 - このように炭素などの物質は循環する。
しかし
エネルギーは活動などによって使った分だけ大気中に熱として放出されるため、循環しない。
⇒（エネルギーを追っていくと生態系について考えられる。）

詳しく見てみると・・・



- 2、3つの変換効率
エネルギーを利用する際には、必ず、ロスが生じる。このロスは3つの変換効率によって求められる。
 - ①消費効率 消費されなかった分(骨や根などの食べられない部分)を除き、実際に摂取したエネルギーの割合
 - ②同化効率 糞などの排泄によるエネルギーを除き、消費者の成長や活動に使われるエネルギーの割合
 - ③生産効率 呼吸や体温調節によるエネルギーを除き、一つ上の栄養段階の生物が利用できるエネルギーの割合
- ※栄養段階とは生産者や一次消費者などの段階のこと。
- ある栄養段階から次の栄養段階へいくエネルギーは
(カエルがもっているエネルギーを蛇がカエルを食べることで得るとき)
$$\text{消費効率} \times \text{同化効率} \times \text{生産効率}$$
で求められる。

- 解析手順
 - ①食物網(食う・食われるの関係を表した図)を作る。
例、タヌキは肉食性昆虫と植物、ネズミを食べる。



この授業では食う・食われる関係を考えさせる。

《第二時 資料1》

1. 中山中の食う・食われる関係の図からどんな動物がいるのか、何を食べているのかを読み取る。

② NPP (純一次生産量) を計算する。

- NPP (純一次生産量) とは植物が光合成によって作ったエネルギーから、植物がエネルギーによって使ったエネルギーを引いた分のことである。
- NPP は森林、田畑、草本など種類によってエネルギー値が異なる。

NPP = 森林の単位面積当たりの NPP × 面積 + 田畑の単位面積当たりの NPP × 面積 + 草本の単位面積当たりの NPP × 面積

この授業では google earth の写真から森林か田畑を見分けさせ、表計算ソフトを用いて計算をさせる。

《第一時 ワークシート BC》

- 1、google earth の写真から各区画が森林か、田畑かを判断し、ワークシート C に書く。
- 2、森林、田畑が合計何マスあるのかを数え、表計算ソフトに入力し、植物のエネルギー (NPP) を求める。

③ NPP (純一次生産量) それぞれに一次消費者の消費効率を乗じて一次消費者の得られるエネルギー量 (骨や根などの食べられない部分を除いたもの) を求める。

脊椎動物が植物を食する場合 森林 0.05 草原 0.25 が消費効率なので、
(例、ネズミやタヌキが植物を食べる)

脊椎動物が得られるエネルギー量

= 森林の NPP × 0.05 + 田畑の NPP × 0.25 + 草本の NPP × 0.25

この授業では表計算ソフトを用いて計算させる。

《第二時、三時 ワークシート E》

- 1、植物のエネルギーを表計算ソフトに入力し、計算する。(このワークシートでは植物はすべて森林として考えてある。)

④ 各個体の所要エネルギー量を計算する。

所要エネルギー量とは、動物が生活するうえで一日に必要なエネルギー量のことである。
(W は体重を示す) 松川ほか (2004) より

(1) 草食哺乳動物の所要エネルギー量

$$Ed \text{ [kJ/day]} = 2 \times \frac{(70 \times W^{0.75})}{\text{基礎代謝}} \times \frac{(1/0.5)}{\text{同化効率}} \times 4.2$$

- ※ 基礎代謝を 2 倍することで活動代謝になる。

(2) 肉食哺乳動物の所要エネルギー量

$$Ed \text{ [kJ/day]} = 2 \times \frac{(70 \times W^{0.75})}{\text{基礎代謝}} \times \frac{(1/0.8)}{\text{同化効率}} \times 4.2$$

(3) 雑食哺乳類の所要エネルギー量

$$Ed \text{ [kJ/day]} = 2 \times \frac{(70 \times W^{0.75})}{\text{基礎代謝}} \times \frac{(1/0.65)}{\text{同化効率}} \times 4.2$$

- ※ 雑食動物は半分を肉食で半分を草食でエネルギーを得ているものとする。
(よって同化効率は草食動物 (0.5) と肉食動物 (0.8) の半分とする)

(4) 鳥類の所要エネルギー量

$$Ed \text{ [kJ/day]} = 2 \times \frac{(78.3 \times W^{0.723})}{\text{基礎代謝}} \times \frac{(1/0.5)}{\text{同化効率}} \times 4.2$$

- 例、
- タヌキ・・・雑食哺乳類 = (3)
 - カラス・・・鳥類 = (4)
 - ウサギ・・・草食哺乳類 = (1)
 - アライグマ・・・肉食哺乳類 = (2)

この授業では表計算ソフトを用いて計算させる。

《第二時、三時 ワークシート D》

- 1、タヌキの体重を求め、タヌキの体重をエクセルに入力し、計算する。

⑤ 同じ栄養段階にいる動物種でエネルギーを分ける。

実際に存在する個体数と所要エネルギー量の比で各動物種にエネルギーを分配する。

ある栄養段階に A 種の動物が a 個体、B 種の動物が b 個体、C 種の動物が c 個体・・・存在するとし、1 個体の所要エネルギー量を X、Y、Z とする。
その栄養段階で利用できる全エネルギー量を E とすると

$$A \text{ 種の利用できるエネルギー量} = E \times \frac{aX}{aX + bY + cZ + \dots} \quad \text{で求める。}$$

この授業では表計算ソフトを用いて計算させる。

《第二時、三時 ワークシート E》

- 1、ワークシート D で求めたタヌキの体重と所要エネルギー量、ワークシート E に書いてあるネズミの体重と所要エネルギー量を表計算ソフトに入力し、エネルギー分配の計算をする。

⑥ 一次消費者である動物種の推定個体数を計算する。

推定個体数とは、実際に存在するかは分からないが、計算上、求められる個体数のこと。

A 種の推定個体数

= A の得られるエネルギー量 (⑤) ÷ A 種 1 個体の所要エネルギー量 (④)

⑦ 一つ上の栄養段階の消費者に移行するエネルギー量 (一次消費者の生産量) を求める。

植物を内温性動物が食べる場合、同化効率は 0.5、生産効率は 0.02 となる。
(例、ネズミが植物を食べるときのネズミ)

Heal and MacLean (1975)

一次消費者の生産量

= (⑤で計算されたエネルギー量) × (同化効率 0.5) × (生産効率 0.02)

この授業では表計算ソフトを用いて計算させる。

《第二時、三時 ワークシート E》

- 1、表計算ソフトにしたがって数字を入力し、計算する。
- 2、だんだんエネルギーが少なくなっていくのが分かる。

⑧ 高次消費者の実際に得られるエネルギー量を求める。

脊椎動物が脊椎動物を食する場合の消費効率 0.75 Begon et al (1999)
(例、タヌキがネズミを食べる)

計算方法は③と同じであるが、消費効率が動物によって異なる。

⑨ 高次消費者 1 個体の所要エネルギー量を求める。

④と同じ

⑩ 高次消費者である動物種の推定個体数を計算する。

高次消費者の推定個体数

= 高次消費者の得られるエネルギー量 (⑧) ÷ 高次消費者 1 個体の所要エネルギー量 (⑨)

⑪ 高次消費者の生産量を求める。

内温性動物が他の生物を食べる場合、同化効率は 0.8、生産効率は 0.02 となる。
(例、タヌキが他の生物を食べる場合のタヌキ)

Heal and MacLean (1975)

高次消費者の生産量

= 高次消費者の得られるエネルギー量 (⑧) × (同化効率 0.8) × (生産効率 0.02)

計算方法は⑦と同じであるが、同化効率、生産効率が異なる。

⑫ 生態系ピラミッドを作成する。

各栄養段階のエネルギーの総量を求め、ピラミッドを作成する。各栄養段階のエネルギー量の合計で示す。

例

高次消費者 (タヌキ)

二次消費者 (アナグマ、キツネ、ネコ、カラスなど)

一次消費者 (ネズミ、昆虫、ウサギなど)

植物



まとめ 5分	<p>6. 本時のまとめとして語句の確認をする。</p> <p>服装・持ち物の確認を行う。</p>	<p>○服装：長袖、長ズボン 持ち物を確認する。</p> <p>○野外実習での注意点を確認する。</p> <p>草花をむやみにとらない、できるだけ大声は出さない、むやみに殺さない、ハチに対する注意、など</p>
-----------	---	---

まとめ 5分	<p>6. 次回やることの確認をする。</p> <p>○次回の授業では今まで使ったワークシートを持つるように指示する。</p> <p>☆中山の自然に興味・関心をもてたか。(発言)</p> <p>☆生態系の解析方法を理解できたか。(ワークシート)</p>	
-----------	--	--

資料11-3 第1次で使用したプレゼンテーションソフト.

●第3次

(1) 本時の目標

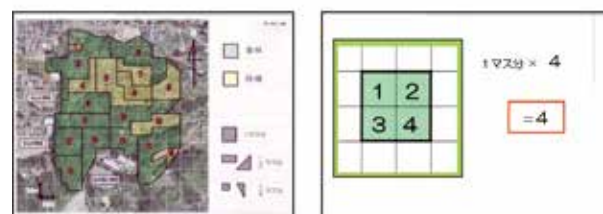
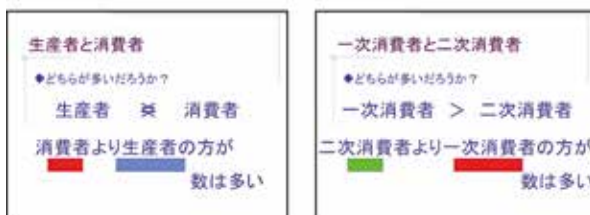
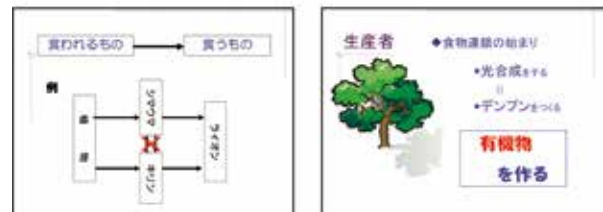
- ・野外実習をもとに班で協力して解析する。
- ・全体図として生態系を見ることができ、環境保全に目を向ける。

(2) 用意するもの

全員：筆記用具、ワークシート、電卓
教師：電卓、パソコン(班に1台)、ワークシート

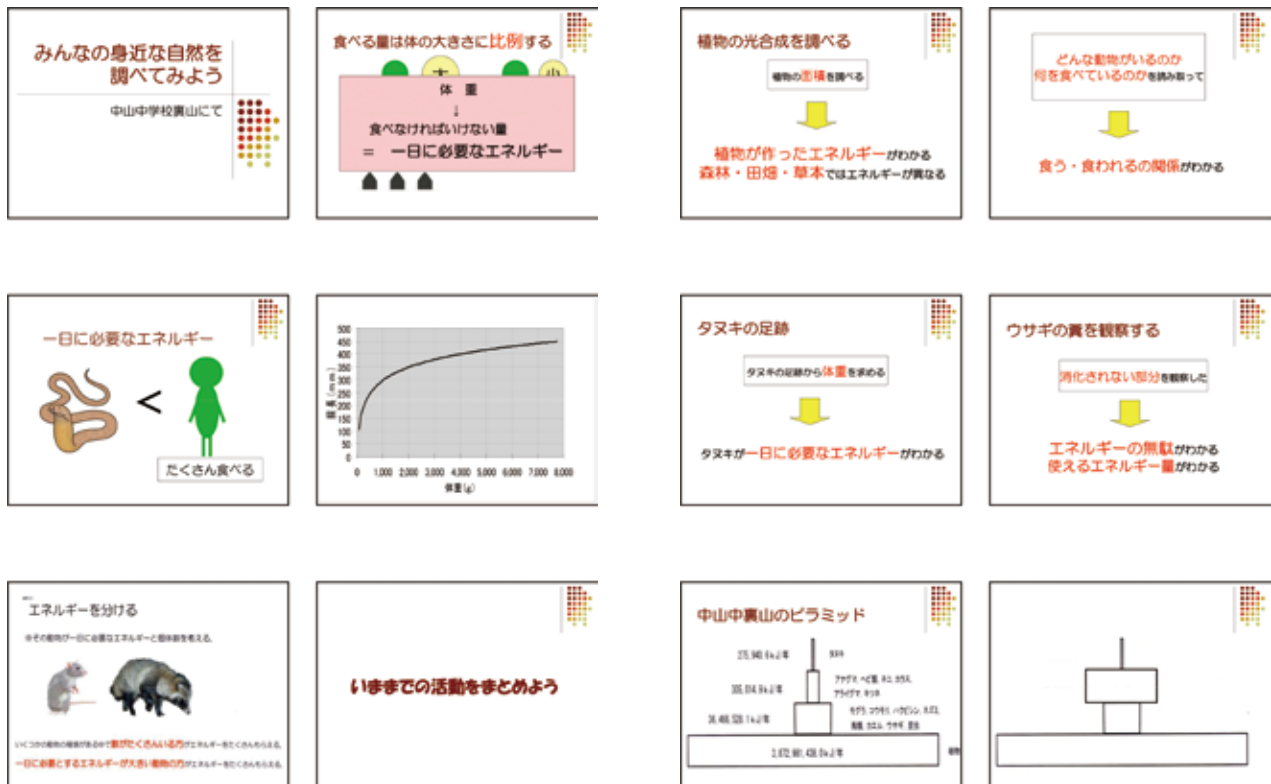
(3) 本時の学習計画

	生徒たちの学習内容と活動	教員の支援（☆評価）	資料等
導入 5分	1. 前回の授業の確認をする。	○足跡から体重を求めることができたこと、ウサギの糞の観察から、エネルギーにはロスが生じ、3つのロスがあることを確認する。	
展開 40分	2. タスクが一日に必要なエネルギーを求める。	○各班に1台ずつパソコンを用意する。 ○早く終わった班は自分の体重を入れてみるなどして一日に必要なエネルギーを実感させる。 ○班で共同して計算を進めていくように指示する。 ○ワークシートを配る。	ワークシートD
	3. 植物のエネルギーがタヌキに届くまでをエクセルソフトに従って計算する。	○教師が説明しながら表計算ソフトで計算していく。	ワークシートE
	4. 今までのまとめをする。	○プレゼンテーションソフトにしたがって進める。 ○中山中学校裏山のエネルギーピラミッドの作り方を説明する。 ○ピラミッドの図を見て、エネルギーの減りを実感する。	ワークシートF 資料1
	5. 環境問題について考える。	○推定個体数を示し、面積と関係していることから、環境問題と結びつけた話をする。	
まとめ 5分	5. 三時間を通して分かったことを書く。	○個々のワークシートをやってわかったことだけでなく、生態系解析全体を通して分かったことを書かせる。	





資料11-4 第3次で使用したプレゼンテーションソフト.



資料11-5 授業セリフ (第1次).



はクリックのマーク (2009年9月16日の授業用)

- T:「日直さんお願いします。」
- T:「ここに、カエルとヘビがいます。カエルはヘビに食べられてしまいます。このとき、ヘビは食う、カエルは食われるという食う・食われるの関係が生まれます。ここにワシが入ると、この食う・食われるの関係が移動し、今度はワシが食う、カエルが食われるという関係になります。このように食う・食われるの関係はつながっているのです。」(スライド2)
- T:「これらの食う・食われるの関係は食われる側から食う側に向けて矢印を書くことで表せます。そしてこちらから食われるものから食うものへ向けて矢印がかけます。さらにカエルとワシの間でもこのように書くことができます。ではワークシートを配ります。」(スライド3)
- T:「このように生物同士の食う・食われる関係を食物網といいます。」(スライド4)
- T:「これらの食う・食われる関係を図で表すとき、矢印を使って、食われるものから食うものに向けて書くことができます。」
- T:「では、例をやってみましょう。ワークシートを見てください。シマウマ、植物、キリン、ライオンで考えてみましょう。」
- S:「食う・食われる関係を矢印で書く。」
- T:「答えはこうになります。植物とシマウマ、植物とキリン、シマウマとライオン、キリンとライオンの間に食う・食われるの関係があるのです。キリンとシマウマの間には食う・食われるの関係はないのです。」(スライド5)
- T:「では、この食物網の始まりは、このような植物です。植物は太陽の光を浴びて何をしますか。」
- S:「光合成」
- T:「そうですね。じゃあ、光合成では酸素と何かが作られますね。何かとはなんでしょうか。」
- S:「でんぶん」
- T:「そうですね。光合成ででんぶんを作ります。でんぶんは有機物ですね。ですから光合成で有機物をつくるんですね。植物などの有機物をつくるものを生産者といいます。(スライド6)そしてこの動物たちは、植物を食べています。そしてこの動物たちは動物を食べています。このように作られた有機物を食うことでエネルギーを得ているのが消費者です。」(スライド7)
- T:「作られた有機物を食べる消費者の中で、植物を食べる草食動物たちを一次消費者といいます。そして、動物を食う肉食動物たちを二次消費者といいます。」(スライド8)
- T:「それでは、生産者と消費者どちらが多いでしょうか。同じでしょうか。生産者の方が多いでしょうか。消費者の方が多いでしょうか。では聞いてみたいと思います。」

- T:「同じくらいだと思う人。」
- S:「手をあげる。」
- T:「消費者のほうが多いと思う人。」
- S:「手をあげる。」
- T:「生産者の方が多いと思う人。」
- S:「手をあげる。」
- T:「消費者よりも生産者のほうが数が多いです。」(スライド9)
- では、消費者の中でも一次消費者と二次消費者ではどちらが多いと思いますか。ではまた三択で聞いてみたいと思います。同じくらいだと思う人。」
- S:「手をあげる。」
- T:「二次消費者だと思う人。」
- S:「手をあげる。」
- T:「一次消費者のほうが多いと思う人。」
- S:「手をあげる。」
- T:「二次消費者より一次消費者のほうが数が多いです。」(スライド10)
- T:「この2つの関係をまとめると、食う・食われる関係では食うものより食われるものの方が数が多いです。」(スライド11)
- これを図で表すと、このようにピラミッド形になります。(スライド12)
- それではこのピラミッドに植物・シマウマ・ライオン・キリンを入れてみましょう。」
- S:「ワークシートに書き込む。」
- T:「答えはこうになります。シマウマとキリンの数を足しても植物のほうが多いです。」(スライド13)
- T:「今回の授業の目的はみんなの身近な自然で生態系を解析しようということで、この学校のすぐそばにある、裏山を調べてみましょう。そのためには、生きていくために必要なエネルギーの流れを調べます。(スライド14)まず、一番土台となる植物の持っているエネルギーを求めましょう。(スライド15)ではワークシートを2枚配ります。」
- T:「まず、これを見てください。中山中裏山の航空写真です。裏山って行ったことある？何があったか分かる人。(スライド16)」
- S:「森林」「畑」「家」
- T:「そうですね。主に森林と畑です。これから植物の持っているエネルギーを計算します。中山中の植生を調べなくてはいいけません。ではワークシートBを見てください。これはさっきの中山中裏山の航空写真を区切って森林と畑で色分けされている。番号が書いてある区画は森林か畑なのかということ、何マス分なのかを、ワークシートCに書き込んでもらいます。なぜ森林と畑で分けなければいけないのかというと、森林と畑では作り出せるエネルギーの量が違います。森林のほうが多いのです。だから分けて計算しなくてはいいけません。班で手分けして数えましょう。4つに分けてあるので、自分の担当を決めて名前を書きましょう。休みがいている班は早く終わった人があった区画をやります。(スライド17)

- では、班ごとの活動にうつる前に、マスの数え方を確認していきます。これは1マス分は、4つあるので4マスですね。(スライド18)それでは、このワークシートの⑩番。ここをみんなで考えていきましょう。ここは森林ですか。畑ですか。(スライド19)
- S:「森林」
- T:「そうですね。緑色なので森林です。⑩番だけを見るとこうなります。まず、1マス分は5個あるので5。1/2マス分は3個あるので3。3/4マス分は2個あるので2。これらを全部足すと8マスになります。1×5で5、1/2×3で3/2、3/4×2で3/2、です。(スライド20)それでは今度は⑪番を考えていきます。ここは森林ですか。畑ですか。(スライド21)」
- S:「森林」
- T:「そうですね。緑色なので⑪番も森林です。⑪番だけみるとこうなります。まず、1マス分は4個あるので4。1/2マス分は3個あるので3。3/4マス分は1個あるので1。1/4マス分は3個あるので、かける3。これらを全部足すと6.5マスになります。1×4で4、1/2×2で1、3/4×1で3/4、1/4×3で3/4です。(スライド22)」
- T:「ではこのような手順で自分の担当の区画を数えてみましょう。そして班ごとに森林、畑が合計何マスなのかを計算します。この値を参考に計算しましょう。(スライド23)終わった班から今度はパソコンのソフトを使います。(表計算ソフトを開く。)今数えた数字を入力してみてください。すると中山全体の植物のエネルギーが計算されます。」
- S:「表計算ソフトを使う。」
- T:「では作業をやめて前を向いてください。答えはいくつになりましたか。」
- S:「3, 792, 656, 437.5 kJ/年」
- T:「約38億kJ/年です。(スライド24)この単位はエネルギーの単位で、一年間にどれくらいのエネルギーかということを表しています。この植物全体のエネルギーは茶碗1杯のご飯の1550万杯分もあるんだよ。東京都の人口が約1298万人だから一人1杯ずつ食べてもまだあまるくらいです。すごいね。(スライド25)ワークシートCの(3)を見てください。畑と森林で定数の値が違いますね。こんなにも森林と畑では作られるエネルギーが異なるのです。」
- S:「ワークシートの(3)の値を見る。」
- T:「今日はここまでです。明日は実際に裏山に行ってみようと思います。持ち物は色鉛筆、電卓、筆記用具、ビニール袋、虫除けスプレー、帽子です。蚊やハチがたくさんいるので長袖・長ズボンが望ましいです。ビニール袋は手袋の代わりとして使うので、あまり大きすぎないようにしてください。また、集合場所は体育館のほうにある門です。遅刻しないようにしましょう。」(スライド26)
- T:「注意は草花を取らない、声を立てない、団体行動をする(単独行動をしない)、ハチに注意するです。」(スライド27)

資料11－6 授業セリフ（第2次）.

T：「では日直さんお願いします。」

（2009 年 9 月 17 日の授業用）

ワークシート D, E, 資料 1, 2, 顕微鏡を配る。

T：「では日直さんお願いします。」

T：「昨日は植物のエネルギーを求めましたね。今日は中山中の裏山を歩きますが、その前に、中山中の裏山にはどんな動物がいるのかをみんなで確認したいと思います。みなさん、食う・食われるの関係を矢印で表すということは前回やりましたね。それをすべての動物について書くようになります。資料 1 をみてください。この図から中山中裏山にはどんな動物がいるのか、何を食べているのかわかりますね。」

T：「みんな中山にはこんなに動物がいたこと知っていましたか。こんなに複雑に食う・食われる関係が絡み合っているのですね。」

T：「今日はこの食物連鎖の頂上にいるタヌキと植物を食べるウサギについて調べてみましょう。タヌキは夜行性ですから昼間はみることができません。しかし、タヌキが残した足跡を見ることができます。また、うさぎも観察が難しいのですが、糞を観察することができます。それでは、少し歩くので 1 列に並んでついてきてください。」

歩く。

T：「ではここでまずタヌキの足跡の観察を行います。」

T：「この足跡から何が分かるかという体の大きさがわかります。体の大きさが分かると、体重が分かり、その体重から食べる量も分かるのです。そこで、まずタヌキの足跡から胴の長さ（体長）を推定します。ワークシート D の左下にも書いてありますが前足の中間点と後ろ足の中間点の長さがちょうど胴の長さになります。（実演する）このようにすると前足の中間点と後ろ足の中間点の胴の長さになることが分かりますね。」

ではまず、胴の長さを一人 1 箇所ずつ測り、そのあと班で平均しましょう。同じタヌキの足跡でやってくださいね。ワークシートのタヌキの足跡の図と見比べながら、どれが右前足なのか、右左足なのか考えましょう。」

S：（観察し、計測、体重を見積もる。）

T：「では作業をやめて集合してください。次の時間はこの体重からタヌキが一日に食べる量、つまり一日に必要なエネルギーを計算します。」

T：「では次にウサギの糞の観察をします。このウサギの糞はどこにあったものか知っている人はいますか。」

S：「校庭」

T：「そうです。校庭の真ん中にありました。去年は畑の近くにもありました。まず 1 人 1 つずつウサギの糞を顕微鏡で観察し、ワークシート E にスケッチしてください。何か見えるでしょうか。一人一つずつ糞をもっていってください。直接触るのがいやな人

資料11－7 授業セリフ（第3次）.

はもってきたビニール袋を使ってもいいですよ。観察が終わったひとはここに戻してくださいね。」

S：（観察・スケッチする。）

T：「では作業をやめてください。これから最初に話をしたところまで帰ります。それからまた、少しお話をします。では 1 列に並んでついてきてください。」

T：「さっきのウサギの糞の観察では何が見えましたか？」

S：「木くずや草が混ざっていた。」「消化されていない草が混じっていた。」

T：「そうです。ウサギの糞には消化されず草が混じっているのです。このように私たち動物は食べることでエネルギーを得ていますが、すべてを利用できるわけではなく、必ず無駄が生じてしまうのです。その無駄は 3 つあります。これを見てください。（資料 2）私たちは、オレンジの矢印分だけのエネルギーを食べようとします。しかしまず、青い矢印で書かれた無駄が生じてしまいます。この無駄は食べられない部分です。私たちがお肉を食べる際、骨を残しますね。その部分です。植物でいうと根この部分などです。

次は赤い矢印で書かれた無駄です。この無駄は体外に出るエネルギーです。今回私たちが観察した糞のような排泄物です。消化できなかった部分が出て行きます。私たちは今日この部分(赤い矢印)の無駄を見たのです。

3 つ目は黄色の矢印で書かれた無駄です。この無駄は呼吸や体温調節などの生命維持に必要なエネルギーです。ここを見て下さい。（オレンジの矢印）こんなにあったエネルギーが 3 つの無駄によってこんなに(黄色の矢印)小さくなってしまいます。次回は実際に計算をしていきます。」

ここまで分かりましたか。では明日も今日のワークシートを忘れずに持ってきてください。

では日直さんお願いします。」

はクリックのマーク

（2009 年 9 月 18 日の授業用）

T：「日直さんお願いします。」

T：「ではみなさん、昨日やったことを覚えてますか。」

S：「中山中裏山の食う・食われる関係を見ました。」

S：「タヌキの足跡から体重を求めました。」

S：「ウサギの糞を観察し、3 つのエネルギーの無駄を確認しました。」

T：「今日はまず、ワークシート D の続きからやりましょう。動物はエネルギーを得るために食料を必要としています。食料の量、つまりどれだけ食べるかということは体の大きさに比例しています。体重によって違ってくるわけです。例えば、お相撲さんとわたしたち一般の人とでは食べる量も体重もお相撲さんのほうが大きいですね。それと同じように考えると、昨日求めた体重からはタヌキの食べなければいけない量、つまり、一日に必要なエネルギーを求めることができるのです。（スライド 2）」

では、ヘビと人間ではどちらの方がたくさん食べますか。体重を考えてみてください。人間ですね。わたしたちは毎日なにかを食べて生活していますね。ヘビよりも一日に必要なエネルギーが大きいからたくさん食べなければいけないのです。（スライド 3）」

タヌキの胴長の平均を求める。

T：「では昨日測った胴の長さから、タヌキの体重を見積もってみましょう。ワークシートの右側グラフをみてください。このグラフは横に体重、縦に胴の長さをとっています。（スライド 4）自分の班の胴の長さにあたる体重を求めましょう。」

S：（グラフから体重を求める。）

T：「体重は求められましたか。それでは、パソコンのソフトを使ってタヌキが一日に必要なエネルギーを計算しましょう。パソコンの画面はこのようになっています。（表計算ソフトを開く。）この空欄のところに体重を打ち込むと、一日に必要なエネルギーとそのエネルギーがキャベツ何個分かがでてきます。

では各班ごとに分かれてください。」

S：（表計算ソフトで計算する。）

T：（机回巡視をする。早く終わった班には自分の体重を入れるなどしてエネルギーを実感させる。）

T：「はい、では作業をやめて前を見てください。では例として 4 kg と打ち込んでみます。これだけ分は生きていくために必要なエネルギーで、キャベツ 10 個分食べなければいけないのですね。」

T：「班で図ったタヌキの足跡は違いますから値が違っていても大丈夫です。」

T:「では次にワークシートⅡを完成させましょう。」

↓

T:「では次にワークシートⅡの計算に入っていきます。青・赤・黄色の3つの無駄を取り除いて、植物のエネルギーがタヌキに届いて、実際にタヌキが成長に使えるエネルギーを求めます。青の矢印は根や葉などの食べられない部分の無駄、赤の矢印は排泄物による無駄、黄色の矢印は呼吸や体温調節による無駄でしたね。思い出しましたか。」

↓

計算をする前に、この図(ワークシートⅡの右側)を見てください。植物はネズミとタヌキに食べられますね。
なので植物のエネルギーをネズミとタヌキに分配してはいけません。では資料3をみてください。`エネルギーを各動物にわけるとき、どちらにどれだけあげるのかという比率はさっき、タヌキのほうでも話した、その動物が一日に必要なとするエネルギーとその動物がどれくらいの数いるのかという個体数を考えていきます。(資料3)いろんな種類の動物がいる中で、数がたくさんいるほうがエネルギーがたくさんもらえます。また、一日に必要なとするエネルギーが大きい動物のほうがエネルギーをたくさんもらえます。(スライド5)」

T:(表計算ソフトを開く。)`パソコンにあてはまる数字を入力していき、計算していきます。先生が前で説明しながらやりますのでみなさんよく見ていてください。」

T:「まず、植物のエネルギーはみなさん水曜日に計算しましたね。38億だったので、きりがよく、ここでは40億とします。ここから青の矢印、食べられない部分のエネルギーを取り除きます。何パーセントが無駄ですか。95%ですね。残りは5%なので、0.05をかけて、①番・・・kJです。その次にネズミとタヌキにエネルギーを分けなければいけません。エネルギーを分けるときは、さっき言いましたが、一日に必要なエネルギーと個体数を考えなければいけません。ですからまず、体重を入力して一日に必要なエネルギー計算します。タヌキは4kgとし、ネズミは0.2kgと入力します。すると①のエネルギーを個体数と一日に必要なエネルギーとの比で分配した値が出てきます。はい、②番・・・kJ、③番・・・kJです。次に、赤い矢印、排泄物によるエネルギーを取り除きます。何パーセントが無駄ですか。50%ですね。残りは50%なので0.5をかけて、④番・・・kJ、次は、黄色い矢印、呼吸や体温調節によるエネルギーを取り除きます。何パーセントが無駄ですか。98%ですね。残りは2%なので0.02をかけて、⑤番・・・kJです。そこから今度はタヌキがネズミを食べるときに食べられない部分である青い矢印のエネルギーを取り除きます。何をかけたらいいですか。25%が無駄なので、75%、つまり0.75をかけます。⑥番・・・kJ。では次はタヌキがもらう全エネルギーです。タヌキは

ネズミからも植物からもエネルギーをもらうでしたね。では何番と何番を足したらいいでしょうか。④+⑥ですね。すると⑦番・・・kJ。今度は赤い矢印、排泄物によるエネルギーを取り除きます。何をかけたらいいですか。0.8ですね。0.8をかけて、⑧番・・・kJ、最後に黄色の矢印、呼吸や体温調節によるエネルギーを取り除きます。何をかけたらいいですか。0.02ですね。0.02をかけて⑨番・・・kJとなります。」

T:「それではみなさんオレンジの枠の3つを見てください。どうでしょうか。

S:「とても小さくなりました。」「差がとても大きいです。」

T:「そうですね。エネルギーの無駄は多いですね。」

ここからパワーポイント

T:「ではこれを見てください。`今までみんながしてきたことをまとめようと思います。(スライド6)ワークシートを配ります。まず、`植物の光合成を調べるということで、植物が何マスかを数え、`面積を出しましたね。そこから、`植物が作ったエネルギーがわかりました。また、`森林・田畑・草本では作り出せるエネルギーが異なることがわかりましたね。(スライド7)次に、`中山にどんな動物がいるのか、`何を食べているのかを読み取って、`食う・食われる関係がわかりました。(スライド8)そして、`タヌキの足跡から体重を求め、`一日に必要なエネルギーを求めました。(スライド9)`ウサギの糞の観察では`エネルギーのロスが分かり、`実際につかえるエネルギーを求めました。(スライド10)これらの解析を中山中全体で考えると`このようになります。一次消費者、二次消費者ごとにさっきの計算でやったように3つの無駄を取り除いたエネルギーを足した値でピラミッドが作れるのです。一番下は植物、二番目はモグラ、コウモリ、ハクビシン、ネズミなど。三番目はアナグマ、ヘビ類、ネコ、カラス、アライグマ。一番上はタヌキです。桁の数を教えてください。(スライド11)」

S:(桁数を数える。)

T:「図をみても急激に減っていることがわかりますね。ピラミッド形になっていますね。このように、ピラミッド形でなければ自然界はなりたないのです。もし、二次消費者の方が一次消費者よりも大きかったら`二次消費者で必要なエネルギーを一次消費者でまかなえないことになります。おかしいですね。ですから、ピラミッド形でなければいけないのです。(スライド12)」

T:「ここでもう一つお話があります。`ワークシートⅡでネズミが使えるエネルギー、タヌキが使えるエネルギーと分けましたね。そのタヌキが使えるエネルギーが`これくらいだとします。タヌキが一日に必要なエネルギーが`これくらいだとします。タヌキが使えるエネルギーをタヌキが一日に必要なエネルギーで割る`ことで、`その範囲に住むことができるタヌキの`個体数を求めることができるのです。(スライド13)

`この計算をすると、中山にはタヌキは`14匹いるとされています。`中山には国

資料12-1 理科学習指導(略案)

●第1次

(1) 1 時 の 目 標

- ・野外実習を通して中山の自然に興味・関心をもつ。
- ・生態系を定量的に解析する手法を知った上で、実践を通してその理解を深める。

(2) 用意するもの

生徒：画板、筆記用具、虫除けスプレー、色鉛筆
教師：巻尺、ワークシート

(3) 1 時 の 学 習 計 画

	生徒の学習内容と活動	教員の支援
導入 5分	1. 野外学習の際の注意事項を確認する。	○里山の中は足場が悪いので、資料に書き込む際にも足元に注意することを確認する。 ○教師の指示以外にも、野外学習の最中に気がついたことなどは、適宜メモすることを確認する。
展開 40分	植生班 2. 里山を歩き、地図を「樹木」、「草本」に塗り分けていく。	○「樹木」と「草本」では、光合成で作り出すエネルギー量が異なることを伝える。
	昆虫班 2. 里山を歩き、捕虫網と毒ピンを用いて昆虫採集を行う。	○ハチなどの、有毒昆虫の捕獲には十分注意するように伝える。 ○捕獲だけではなく、昆虫がどのような行動をとっているのかを確認するように伝える。
	タヌキ・ウサギ班 2-1. タヌキの足跡を観察し、足跡の測定から、タヌキの胴体の長さを推定する。 2-2. ウサギの糞を観察し、スケッチを行う。	○足跡から、タヌキの個体数が推定できること、足跡の幅は体の大きさによって異なることを伝える。 ○ウサギの糞の形状だけではなく、中には何が含まれているのかについても観察するように伝える。
まとめ 5分	3. 次回やることの確認をする。	○次回の授業では今まで使ったワークシートを持ってくるように指示する。

資料12-2 理科学習指導 (略案).

●第2次

(1) 本時の目標

- ・生態系を定量的に解析する手法を知った上で、実践を通してその理解を深める。

(2) 用意するもの

生徒：筆記用具、
教師：ワークシート、図鑑、パソコン

(3) 本時の学習計画

	生徒の学習内容と活動	教員の支援
導入 5分	1. 前回の確認、今回の授業でやることの確認を行う。	○まずは班ごとに作業を行い、授業後半にまとめとして、各班の代表者に発表してもらうことを伝える。
展開 25分	植生班 2-1. 前回の授業で使った地図から、「樹木」と「草本」の区画の面積を算出する。 2-2. 算出された面積から、一年間に植物が作り出すエネルギーの大きさを算出する。	○面積の数え方、樹木と草本では一年間に作り出すエネルギーの大きさが異なることを確認する。
	昆虫班 2-1. 図鑑を用いて、前回捕獲した昆虫の同定を行う。 2-2. 各昆虫種の食性を調べ、「食べる・食べられるの関係」を図として示す。	○食べる昆虫種と、食べられる昆虫種の数に注目するように伝える。 ○図を縦向きにピラミッドの形となることに注目するように伝える。
	タヌキ・ウサギ班 2-1. タヌキの胴体の長さから、タヌキが一日にどれだけのエネルギーを必要としているのか算出する。 2-2. ウサギの糞の中に草が混じっていることから、食べたエネルギーはどうなっていくのかについて考える。	○体の大きさにより、一日に必要なエネルギー量は異なることを伝える。 ○食べたエネルギーは、100%利用できるわけではなく、一部は損失してしまうことを伝える。
	まとめ 20分 3-1. 各班の代表者が、前回・今回の授業からわかったことを発表する。 3-2. 次回やることを確認する。	○前回・今回で使ったプリントを次回も忘れないように伝える。

資料12-3 理科学習指導 (略案).

●第3次

(1) 本時の目標

- ・生態系を定量的に解析する手法を知った上で、実践を通してその理解を深める。
- ・中山の生態系の将来を考えることを通して、自然の大切さを学ぶ。

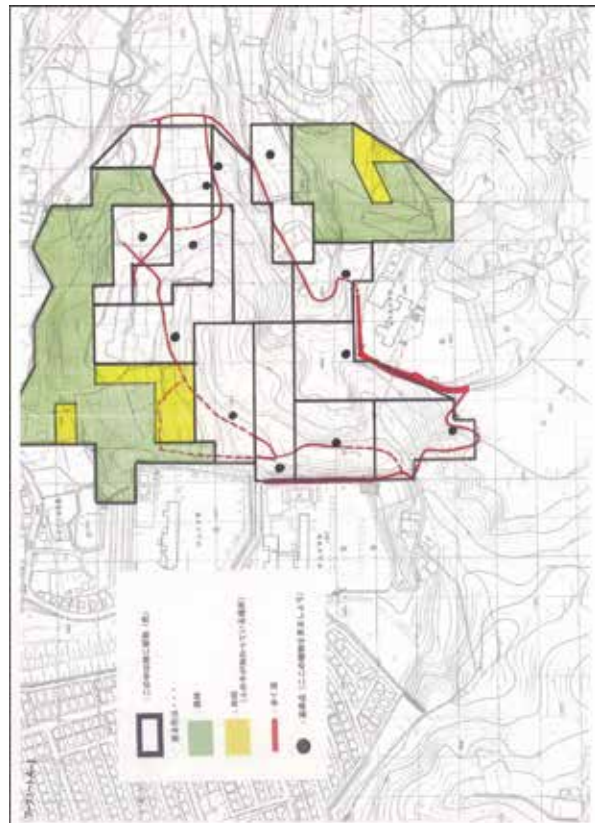
(2) 用意するもの

生徒：筆記用具、
教師：ワークシート、パソコン

(3) 本時の学習計画

	生徒の学習内容と活動	教員の支援
導入 15分	1. 前回の授業の確認を行う。	○前回の授業で分かったことから、エネルギーの流れを計算していく方法について伝える。 ○エネルギーの損失の種類や、栄養段階の中でエネルギーを分配する方法については、図を用いて解説する。
展開 ① 10分	2. エネルギーの損失を考慮し、植物が作り出すエネルギーのうち、実際に動物が使うことが出来るエネルギーはどれくらいになるのかを計算する。	○机間巡視を行い、損失の種類によって、失われる割合が異なる理由など、生徒が気がついた疑問には適宜対応する。
展開 ② 10分	3. 計算の確認を行い、エネルギーに基づいて考えると、生態系はピラミッド型になることを確認する。	○エネルギーの流れを考えると、その生態系は成り立つことが出来る生態系なのかを分けることを伝える。
まとめ 15分	4. 里山全体で暮らせるタヌキの数を算出する。 5. 開発が進むとどのような事が考えられるかを記述する。 6. アンケートを記入する。	○里山では、耕作や住宅地として、森林環境が少なくなっていることを伝える。 ○緑が少なくなると、その地域で暮らすこと出来る動物の数も少なくなることを伝える。

資料13-1 授業で使ったワークシート (1次目: 植生班).



資料13-2 授業で使ったワークシート (1, 2次目: ウサギ・タヌキ班).

ワークシート

タヌキが一日に食べる量はどれくらいだろう?

タヌキの足跡を観察してみよう。

(1) タヌキの2本の前足の間幅と後ろ足の間幅の長さを測りましょう。
これはタヌキの胴の長さにあたります。一人一回測り、班で平均を出しましょう。

① _____ cm
② _____ cm
平均 _____ cm

(2) グラフを使って測定した胴の長さから体重を求めてみましょう。

測定した胴の長さの平均
() cm
= () mm

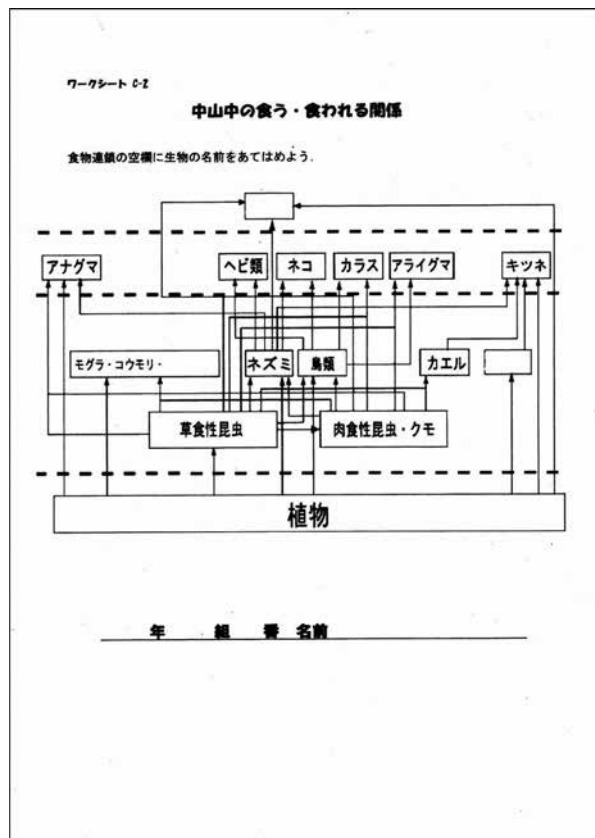
グラフより.....
体重は () kg

(3) パソコンを使って体重からタヌキが一日に必要なエネルギーを出してみよう。
★一日に必要なエネルギー () kJ

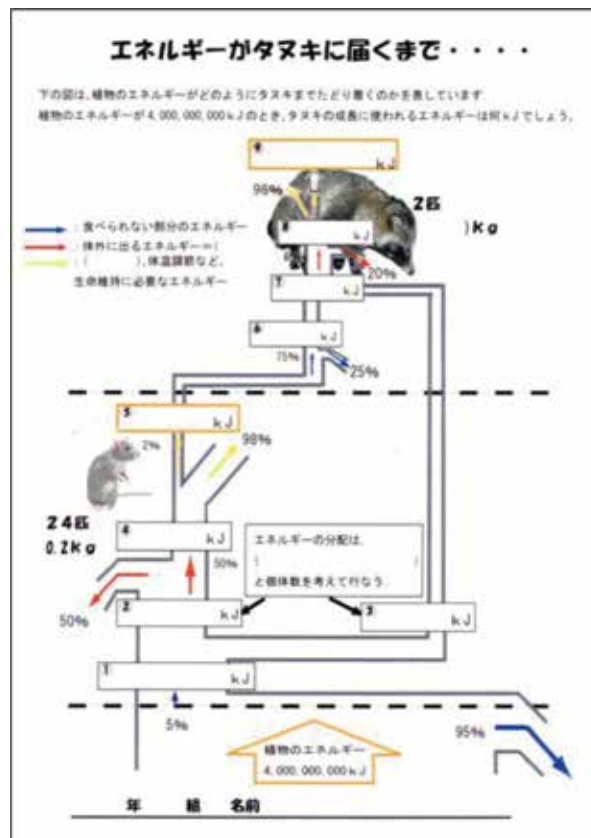
キャベツ が、() 個分

年 組 番 名前 _____

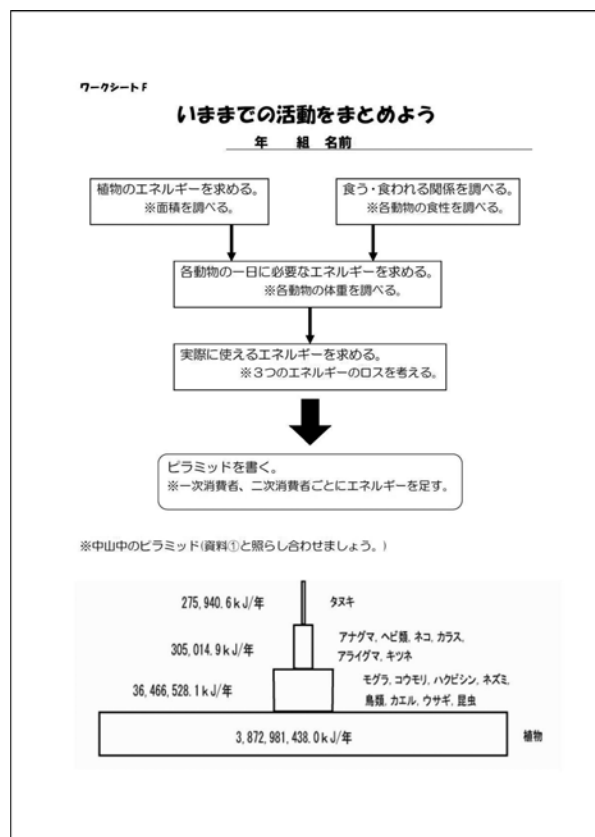
資料13-7 授業で使ったワークシート(2次目:昆虫班).



資料13-8 授業で使ったワークシート(3次目).



資料13-9 授業で使ったワークシート(3次目).



資料13-10 授業で使ったワークシート(3次目).

