

# フィールドサイエンス

*Journal of Field Science*

No.9 2011



東京農工大学農学部附属広域都市圏  
フィールドサイエンス教育研究センター

平成23年12月

# フィールドサイエンス 第9号

## 目次

### 総説

- 1 我が国における乳牛の周産期繁殖管理技術とその成り立ち／加茂前秀夫・田中知己

### 原著

- 19 東京農工大学 FM 多摩丘陵長期生態モニタリング固定調査区におけるカメラトラップ法による中型哺乳類相調査／大橋春香・梶 光一

### 研究資料

- 31 東京農工大学フィールドミュージアム草木の長期生態学研究固定調査区における植生調査資料／深町篤子・星野義延・吉川正人・渡辺直明
- 47 東京農工大学フィールドミュージアム多摩丘陵における中型哺乳類相／角田裕志・梶 光一・金子弥生
- 53 フィールドミュージアム多摩丘陵および周辺地域におけるオサムシ科甲虫類相とその特徴／曾我昌史・菅野 希・小池伸介
- 59 F フィールドミュージアム多摩丘陵における蝶類相とその特徴／曾我昌史・小池伸介
- 65 東京農工大学キャンパス, FM 府中, FM 唐沢山におけるテントウムシ相／秋山 華・吉田智弘

総説

我が国における乳牛の周産期繁殖管理技術とその成り立ち

加茂前秀夫・田中 知己

Development of Techniques Controlling Reproduction in Dairy Cattle in Japan

Hideo KAMOMAE, Tomomi TANAKA

Key words : dairy cattle, Japan, puerperal period, techniques controlling reproduction

キーワード：繁殖管理技術，日本，乳牛，周産期

1 背景

1-1 戦後における日本の酪農事情の変遷

牛乳・乳製品の消費量は、昭和20～30（1945～1955）年頃から増加し始め、昭和35（1960）年には22 kg/人/年となり、その後は直線的に増加して平成8（1996）年には93 kg/人/年に達した後、横這い状態で平成15（2003）年まで推移している（図1）。

乳牛の飼養頭数は昭和25（1950）年には20万頭、昭和35（1960）年には80万頭と増加し、昭和55～60（1980～1985）年には最多の210万頭に達したが、その後漸減して平成17（2005）年には170万頭となっ

た（図2）。同飼養戸数は戦後急激に増加して昭和25（1950）年は13万戸、昭和35（1960）年は最多の41万戸に達したが、その後急激に減少し、昭和50（1975）年には16万戸となり、その後も漸減を続け、平成17（2005）年には2.8万戸となった。因に、1戸当りの飼養頭数は昭和25（1950）年には1.5頭、昭和35（1960）年には2.0頭と増加し、その後急激に増加して平成17（2005）年には59.7頭となった。

日本農業における畜産の占める位置を農業総生産に占める畜産の生産額の割合からみると、昭和25（1950）年頃までは8%以下で低かったが、昭和30（1955）年代から急激に上昇し、昭和53（1978）年頃には28%に達した（図3）。その後、26～28%の割合で推移している。米の生産額は戦前（昭和16（1941）年以前）に50%以上を占めていたが昭和40（1965）年には43%、昭和55（1980）年には30%に低下した。すなわち、昭和55年には米と畜産がほぼ等しくなり、畜産は我が国農業の中核的部門となった。

1-2 近代的畜産・酪農の始まり

戦後の昭和20（1945）年以降は、有畜農業奨励事業や草地農業の提唱と草地造成事業の実施などにより家畜頭数は増え、昭和30年代前半（1955～1960年）には戦前の水準（昭和10（1935）年頃にはおよそ牛170万頭、馬150万頭、豚100万頭）にまで回復した。

昭和30年代前半（1955～1960年）までの畜産は飼育規模が小さく、各農家において牛馬を1～2頭飼育して田畑の耕耘と運搬に使用し、家畜は個体管理されていた。ごく少数の者が酪農家として数十頭の

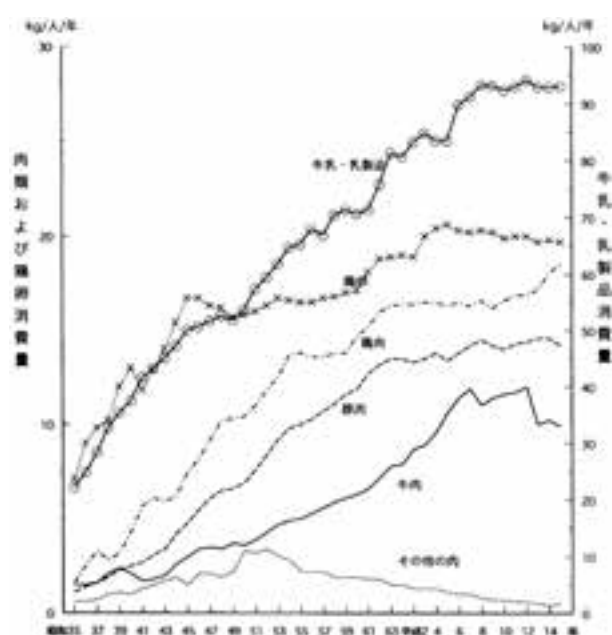


図1 日本人の畜産物消費量（1人当り/年）の推移  
（農林水産省，平成15年度版食料需給表，2004年）  
（吉本正：改訂畜産，全国農業改良普及支援協会，2006）

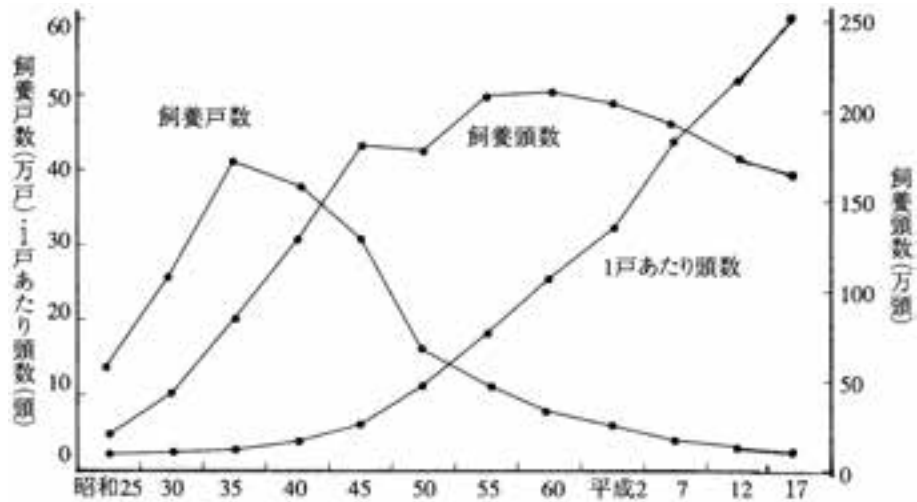


図2 日本の乳牛飼養戸数、頭数、1戸あたり頭数の推移  
 (農林水産省、各年2月1日現在)  
 (吉本正：改訂畜産，全国農業改良普及支援協会，2006，一部改変)

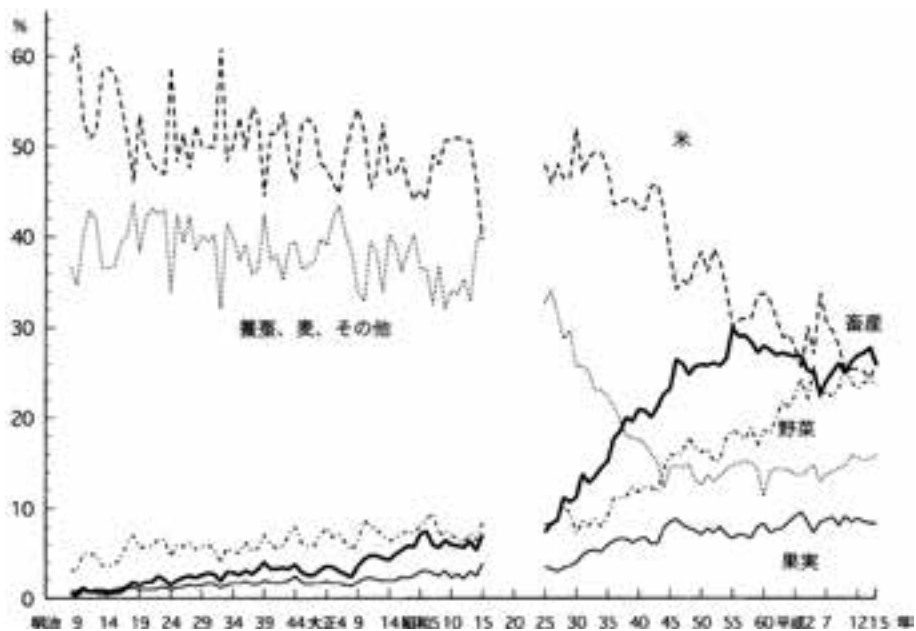


図3 農業総生産に占める部門別生産額割合の推移  
 (東洋経済新報社，長期経済統計，農林水産統計，生産農業所得統計等より，長野，小泉)  
 (吉本正：改訂畜産，全国農業改良普及支援協会，2006)

乳牛を飼い、また、豚については肉屋や製粉業者が繁殖豚を十数頭飼って、生まれた子豚を農家に預け、豚地主と豚小作の関係を形成していた。

昭和36(1961)年に農業基本法が制定され、構造改善事業が行われ、農家の経営規模が拡大した。畜産は米麦中心の農業から脱却し、群飼による多頭飼育が行なわれ、畜産専業経営や数戸の農家による畜産の共同経営が誕生した。日本の乳牛飼養は、昭和36(1961)年に農業基本法により選択的拡大部門として位置づけられて以降、急速に発展した。この頃

から、我が国は重工業を中心とした経済の成長期に入り、人々の食生活は次第に豊かになり、畜産物の消費も急速に増加した。反面、工業製品を多く輸出する代わりに、飼料原料などの農産物を輸入することになり、飼料原料などの自給率は年々低下していった。このように我が国の畜産は大きく変貌していった。

### 1-3 畜産の現状と将来

昭和30年代後半(1961~1966年)から畜産・酪農は飼養規模が大きくなり、飼養場も施設化、機械化



が進み、管理のオートメーション化が取り入れられ、管理者が省力的に多頭数を管理できるようになった。その結果、1戸当りの飼育頭数は飛躍的に増大し、個体管理から群管理へと変化した。当然のことながら、家畜飼育戸数は年々減少の一途を辿った。

日本農業の中における畜産の占める位置付けをみると、畜産生産額の割合は昭和25（1950）年には8%で、米が50%であったが、昭和55（1980）年になると畜産と米が30%とほぼ同割合となり、平成15（2003）年には畜産と米と野菜が共に25%前後の同割合となった。すなわち、平成15年度の農業粗生産額は8兆9,001億円であり、畜産は約2兆3,000億円と見積られるが、畜産物は処理、加工、流通などにおいて米や野菜に比べて複雑であるため、付加価値は数倍あると言われている。

## 2 繁殖技術開発の礎をなす家畜の子宮—卵巣系の調節機構と黄体退行因子の追究

子宮を摘出すると発情周期が延長することを1923年にLoeb Lはモルモットについて報告し、子宮が黄体の寿命支配に関与することを最初に示した。また彼は、1927年には黄体の寿命を特異的に短縮する物質（後に黄体退行因子と言われる）が子宮内膜で産生される可能性を報告した。その後、子宮に対する各種処置の卵巣機能に及ぼす影響が追究され、子宮—卵巣系の調節機構に関する研究が進展した。それらの研究は単に黄体の退行機構の解明に寄与しただけではなく、繁殖機能調節に重要な役割を果たしているプロスタグランジン（PG）の生理・薬理作用の再発見につながる意義深い研究となった。さらに、繁殖機能の人為的調整に発展する基礎的、かつ、先行的研究と位置づけられる。

### 2-1 子宮摘出と黄体機能

子宮が黄体の寿命支配に関与することを最初に示したLoeb L（1923）の報告に続いて、黄体期に子宮を摘出すると黄体が存続して長期間無発情を示すことが、牛（Wiltbank JNら、1956；Armstrong DT & Hansel W, 1959；Anderson LLら、1962）や羊、豚、馬について1956～1974年に報告された。さらに、牛において子宮摘出後に存続する黄体を手術で除去すると、新たな卵胞の発育、排卵、黄体形成が起こり、新たに形成された黄体は長期間存続することも報告されている（Anderson LL & Bowerman AM, 1963）。これらの研究から、子宮が黄体の寿

命支配に主役を演じていることが示唆された。

### 2-2 子宮内への固形物および液性粘性物質の注入と黄体機能

子宮内に固形異物を挿入することによる発情周期の変化について1953～1967年に追究され、我が国では農林省家畜衛生試験場の山内亮、中原達夫、金田義宏、百目鬼郁男、乾純夫らが精力的に研究を進めた。

羊についてNalbandov AVら（1953, 1955）はプラスチック小球を子宮内に挿入すると、発情後期～黄体初期に処置した場合には発情周期は短縮し、黄体後期に処置すると延長することを報告した。山内、中原（1958）は、牛の子宮蓄膿症の多くで黄体遺残が併発することから、牛の子宮内にゴム製チューブを挿入して調べたところ、予想に反して、黄体初期～黄体開花期に処置を行なうと発情周期が短縮することを認めた。次に、山内、中原、金田、乾ら（1965, 1966, 1967）は液性粘性物質を牛の子宮内に注入して検討し、注入後7～12（平均9.5）日に次の排卵が起こること、すなわち、発情周期は黄体初期の処置では短縮し、黄体開花期では変化せず、黄体後期では延長することを明らかにした。また、彼ら（1966, 1967）は同処置により子宮内膜の浅層に炎症が起こること、さらに、百目鬼、中原、乾、山内（1966）は炎症性変化を齎さないものは発情周期に変化を及ぼさないことを認めた。

これらのことから、中原、山内らは黄体の寿命の変化には子宮内膜の炎症性変化が関与することを示唆した。

### 2-3 子宮内膜の炎症と黄体機能

中原、百目鬼、山内ら（1967, 1971, 1975 a, 1975 b）は、子宮内膜に対する起炎物質としてヨード溶液を子宮内注入して追究し、同処置により子宮内膜の浅層に急性の炎症が起こるが、その修復は急速で、処置後3～4日には修復が完了すること、また、発情周期および黄体機能の変化は液性粘性物質の場合と同様であることを認めた。すなわち、子宮内膜の炎症性変化が黄体の早期退行あるいは寿命延長を誘起することを立証すると共に、子宮内膜の炎症性変化が黄体退行因子の産生に変化をもたらすこと、黄体退行因子は炎症の修復過程あるいは修復が完了した後（ヨード処置後4～5日）の子宮内膜で産生されることを示唆した。上述のように、彼らは牛において子宮内に液性粘性物質やヨード溶液を注入して子宮内膜に炎症を誘起すると、黄体機能が変

化することを初めて立証した。これらの成績は Grunert Eら (1973), Seguin BEら (1974 a, 1974 b) によって追試され、確認された。また、ベンジルアルコール、オキシテトラサイクリン、ニトロフラゾンを生の子宮内、アルコールを羊の子宮内に注入すると発情周期に変化が起ること、さらに、子宮が細菌やウイルスの侵襲を受けると黄体機能あるいは発情周期が変調することも報告されている。

以上のように子宮内膜に炎症を誘起する因子は、化学物質でも病原微生物でも、黄体の寿命すなわち発情周期に変化をもたらすことが明らかにされた。

#### 2-4 子宮由来の黄体退行因子の卵巣への運搬経路

子宮に対する各種の処置を左右何れか一方の子宮角に施すと、その影響は処置を受けた子宮角と同側の卵巣に存在する黄体に限ってみられ、反対側の卵巣に存在する黄体にはみられない。すなわち、子宮内膜で産生された黄体退行因子は子宮から直接に近接(同側)の卵巣に運搬されて黄体に作用する。この現象を子宮-卵巣系の調節機構における局所作用(unilateral effect, local utero-ovarian relationships)という。

子宮-卵巣系の調節機構におけるこの局所作用は、子宮由来の黄体退行因子が子宮静脈から卵巣動脈に流入する特殊な物質交換機構“対向流機構 counter current mechanism”によることを1971年に Barrett Sらは提唱した。この局所運搬経路は、羊において子宮内異物を挿入した子宮角の子宮静脈を外科的に反対側の子宮・卵巣静脈に吻合すると反対側の卵巣に存在する黄体が退行すること(Ginther OJ & Bisgard GE, 1972)や羊において<sup>3</sup>Hでラベルしたプロスタグランジン F<sub>2α</sub> (PGF<sub>2α</sub>)を子宮静脈内に注射すると卵巣動脈中の<sup>3</sup>H-PGF<sub>2α</sub>が急激に増加すること(McCracken JAら, 1972)などから支持されている。

なお、黄体退行因子が子宮から卵巣へ向う経路は牛、羊、豚では局所的であるが、馬と兎においては全身的な経路で卵巣に運搬されると考えられている。

#### 2-5 外因性ホルモンの黄体退行作用に対する子宮の関与

エストロジェン、プロジェステロンおよびオキシトシンの外因性ホルモン投与による黄体の寿命の短縮には子宮が関与することが牛、羊などで明らかにされた。

すなわち、発情周期の初期に外因性にプロジェス

テロンを連続注射すると黄体が早期に退行して発情周期が短縮することが1958~1973年に牛(Harms PG & Malven PV, 1967; Woody COら, 1967; Ginther OJ, 1970)、羊、などでみられるが、子宮あるいは黄体と同側の子宮角を摘出すると黄体は退行しないこと(Woody COら, 1967; Ginther OJ, 1968; Woody CO & Ginther OJ, 1968)が同時に明らかにされた。

また、エストロジェンの黄体機能に対する影響について検討され、牛では黄体初期~黄体開花期にエストロジェンを単回あるいは連続注射すると黄体が早期に退行すること(Greenstein JSら, 1958; Wiltbank JNら, 1961)、羊では黄体開花期に連続注射すると黄体の寿命が短縮すること(Stormshak Fら, 1969; Ginther OJ, 1970)が示された。しかし、この外因性エストロジェンの黄体退行作用も子宮を摘出すると起こらなくなるのが牛(Kaltenbach CCら, 1964; Brunnerら, 1969)や羊(Stormshak Fら, 1969; Akbar AMら, 1971)、モルモットについて明らかにされた。

さらに、牛においてオキシトシンを黄体初期に連続注射すると黄体の早期退行が起こるが、このオキシトシンの黄体への影響も子宮を摘出すると起こらなくなるが示された(Armstrong DT & Hansel W, 1959; Hansel W & Wagner WC, 1960)。

以上のように、プロジェステロン、エストロジェンおよびオキシトシンの投与は子宮を介して黄体の早期退行を招くことが明らかにされた。この外因性プロジェステロンやエストロジェンの早期黄体退行作用は、後述する発情周期の人為的調節、すなわち発情同期化や排卵同期化/定時人工授精へのこれらのホルモン製剤の応用に繋がって行く。

#### 2-6 子宮由来の黄体退行因子

アラキドン酸を前駆物質として生合成される不飽和脂肪酸のPGF<sub>2α</sub>が強力な黄体退行作用を示すことを1969年に Pharriss BB & Wyngarden LJがラット, Blatchley FR & Donovan BTがモルモットについて初めて報告した。その後、牛(Rowson LEAら, 1972; Lauderdale JW, 1972; 中原達夫ら, 1974)、ハムスター、マウス、兎、猿、羊、馬、犬においてPGF<sub>2α</sub>が黄体退行作用を示すことが1970~1977年に立証された。このようにPGF<sub>2α</sub>は強力な黄体退行作用を有することが明らかになったことから、PGF<sub>2α</sub>が子宮由来の黄体退行因子であるか否かが子宮-卵巣系の調節機構における焦点となっ



た。

そのような背景において、子宮組織および子宮静脈中の PGF<sub>2α</sub> 濃度あるいは PGF<sub>2α</sub> の代謝産物である 15-keto-13, 14-dihydro-PGF<sub>2α</sub> 濃度が牛 (Nancarrow CD ら, 1973; Peterson AJ ら, 1975; Kindahl H ら, 1976), 羊, 豚, 馬において 1972~1976 年に調べられ, 発情周期の末期に, 黄体の退行に先行あるいはほぼ一致して増加することが明らかにされた。さらに, 子宮内膜における PGF<sub>2α</sub> の産生は, 前述した子宮内異物挿入処置, プロジェステロンやエストロジェンあるいはオキシトシン処置によっても刺激され, 増加することも明らかにされた。

以上のような多くの事実から, PGF<sub>2α</sub> が子宮由来の黄体退行因子であることがほぼ疑いなくなった。今日では反芻獣とモルモットでは生理的な天然の黄体退行因子であることが示されており, 他の豚や馬でも黄体退行因子であるとみなされている。

### 3 ホルモン測定法の発展と新しいホルモンの分離・同定・合成

#### 3-1 ホルモン免疫測定法の進展

家畜繁殖学領域の学術, 技術の急激な発展に貢献した技術としてホルモン測定法のラジオイムノアッセイ (RIA) とエンザイムイムノアッセイ (EIA) が挙げられる。これらのホルモン測定法の開発・進展は繁殖機能発現におけるホルモンの動態や生理作用の実態を明らかにし, ホルモンの果たす役割の解明を前進させた。また, 異常な繁殖機能の背景にある複雑な内分泌現象の失調を解明するために大いに貢献した。さらに, 得られた成果の一部は家畜の繁殖機能の人為的調節や繁殖障害の防除および繁殖率向上技術に応用されている。

ホルモンの測定は, 古くは生物学的測定法, その後は化学的測定法が用いられたが, とともに測定操作が煩雑で測定感度も悪く  $\mu\text{g}$  オーダーであった。しかし, 1860~1970年代に競合結合測定法すなわち放射性同位体 (radioisotope) や酵素 (enzyme) で標識した抗原あるいはハプテン (hapten: 抗体との結合能力を持つが, 単独では免疫応答を誘導する能力を持たない低分子の物質) とそれらに特異的に結合する物質 (リアクター reactor) との結合が試料中に存在する抗原あるいはハプテンにより競合的に阻止されることを応用した競合的測定法が開発された。すなわち RIA と EIA である。これらの方法により微量の試料で感度よく  $\text{ng}$ ~ $\text{pg}$  オーダーまで測

定できるようになり, ホルモン測定が飛躍的に進歩し, 内分泌的研究が画期的に発展した。

#### 3-1-1 ラジオイムノアッセイ (RIA)

インスリンの測定にアメリカの Berson SA & Yalow RS が 1959 年に RIA を開発し, エストラジオール- $17\beta$  の測定に Abraham GF が 1969 年に本法を応用して以来, RIA はエストロジェンやプロジェステロンなどのステロイドホルモン, 性腺刺激ホルモンなどのペプチドホルモン, 甲状腺ホルモンなどのアミノ酸誘導体ホルモン, その他各種の酵素, ビタミンなどの測定に広く用いられるようになった。原理は放射性同位体で標識した抗原と非標識抗原が抗体に対して競合的に結合することを応用して測定する方法である。RIA を開発した 1 人である Yalow RS が 1977 年にノーベル医学・生理学賞を, 後述する性腺刺激ホルモン放出ホルモン (GnRH) の分離・同定・生合成による功績により受賞した Schally AV と Guillemin R と同時に, 受賞したことから分かるように, 本測定法は科学の発展に貢献する画期的なものであった。

#### 3-1-2 エンザイムイムノアッセイ (EIA)

免疫グロブリン IgG の定量法として 1971 年に Engvall E & Perlmann P によって EIA が最初に報告された。基本原理は RIA と同じであるが, 標識に放射性同位体で代わって酵素を用いる測定法である。すなわち, 抗原あるいは抗体を酵素で標識しておき, 結合した標識抗原あるいは抗体の量を測定する方法である。測定感度及び操作の簡便性の点で RIA に勝るとも劣らないホルモン測定法となってきた。

#### 3-1-3 我が国での進展

RIA を我が国で最初に家畜の性ホルモン濃度の測定に用いたのは農林省家畜衛生試験場の百目鬼郁男, 中原達夫ら (1974, 1977) である。彼らは RIA を用いて主に雌牛についてプロジェステロンやエストロジェン等の性ステロイドホルモンを測定し, 繁殖機能の状態を追究した。また, 大阪府立大学の鳥居隆三 (大学院博士課程学生), 蘭守龍夫 (1975) は性ステロイドホルモンおよび副腎皮質ステロイドホルモンの測定を行なった。ペプチドホルモンである卵胞刺激ホルモン (FSH) および黄体形成ホルモン (LH) の測定に我国で初めて RIA を用いたのは, 農林省畜産試験場の森純一ら (1974) であり, 牛について FSH を測定した。また, 百目鬼ら (1980) ならびに森ら (1982) は LH の測定も展開した。そ

の後、東京農工大学の田谷一善、渡辺元、笹本修司ら（1985）は、半減期の短い<sup>125</sup>Iで標識したホルモンを用いてステロイドおよびペプチドホルモン測定法を展開した。

EIAを我国で最初に家畜の性ホルモンの測定に応用したのは酪農学園大学の中尾敏彦（1980）であり、牛の血液中のプロゲステロン濃度を測定した。その後、彼らは牛の乳汁中のプロゲステロン濃度の測定（1982）、血液中のコルチゾール濃度の測定（1985）、同血液中エストロンサルフェート濃度の測定（1985）などに応用した。また、家畜改良事業団の谷中匡ら（1986、1987）は牛の血液中のプロゲステロンやテストステロン濃度の測定、大阪府立大学の下司雅也（大学院修士課程学生）、森純一（1986、1988）は性腺刺激ホルモン放出ホルモン（GnRH）の測定にEIAを応用した。

### 3-2 PGF<sub>2α</sub>の分離、精製、同定と合成

プロスタグラン（PG）は生殖現象の研究の中で発見された。コロンビア大学の産婦人科医 Kurzrok & Lieb CCは人工授精により精液を子宮内に注入すると注入した精液が子宮から逆流したり、腹痛を訴える患者がいることから、精液中に子宮を収縮させる物質があるに違いないとの考えにより追究し、1930年に初めてヒト精液中に子宮筋を収縮または弛緩させる低分子物質が存在することを報告した。また、1935年にはそれぞれ Von Euler USと Goldblatt MWが別々に精液中に血圧降下作用と平滑筋収縮作用を有する物質があることを報告し、その物質が前立腺から分泌されると考えてプロスタグランジン（prostaglandin = prostate + gland）と命名した。しかし、1959年にはスウェーデンの Eliasson Rが精液を分割採取し、それらの成分分析を行なって調べたところ、PGは精液中の濃度が精巣由来の精子および前立腺由来の酸性ホスファターゼとは違って精嚢腺由来の果糖の濃度と同様に変化することから、精液中のPGは精嚢腺由来であることを明らかにした。Bergström Sら（1960、1963）は羊の精嚢腺からPGを分離、精製、構造決定し、PGは単一の物質ではなくPGEおよびそれが還元されて生ずるPGFを基本型とする数種の物質の混合体であることおよび生合成経路などを明らかにした。

臨床応用を最初に試みたのはウガンダのマケレレ大学薬理学教授の Karim SMMである。彼は1967年に、分娩時にはPGが羊水中にだけでなく血中でも急増することをつきとめ、そのことをヒントとし

て1968年に陣痛誘発剤や妊娠中絶法として産科臨床に応用できることを報告した。

PGF<sub>2α</sub>が黄体退行因子として急に注目されるようになったのは、1969年に Pharriss BB & Wyngarden LEが偽妊娠ラットにPGF<sub>2α</sub>を注射すると偽妊娠が9日間短縮することを見つけ、PGF<sub>2α</sub>には強力な黄体退行作用があることを報告したことに始まる。それ以来、実験小動物および家畜においてPGF<sub>2α</sub>の黄体に及ぼす作用が詳細に検討された。PGが家畜の繁殖機能と密接に関係していることが明らかになったのは1960年代の終期からであり、当時注目されていた研究課題の1つであった子宮-卵巣系の調節機能と黄体退行因子の解明の研究がその背景となっている。

牛については、1972年に Rowson LEAらがPGF<sub>2α</sub>を子宮内に注入すると黄体が速やかに退行することを初めて報告し、PGF<sub>2α</sub>が発情同期化に応用可能なことを示唆した。これを契機として、PGF<sub>2α</sub>およびその合成類縁物質を用いた牛の発情同期化、発情・排卵の同期化の研究が各国で活発に行われるようになった。また、PGF<sub>2α</sub>の有する黄体退行作用を応用して発情同期化、過剰排卵誘起処置による胚生産、分娩誘起や黄体が異常に長く存続する黄体遺残、胎子ミイラ変性、子宮蓄膿症、長期在胎、さらには鈍性発情、悪露停滞の治療にも用いられるようになった。PGF<sub>2α</sub>が繁殖領域において広く応用されるようになった背景には、1970年代の初めにPGF<sub>2α</sub>が化学合成されるようになり、さらに、PGF<sub>2α</sub>類縁物質が次々と開発されたことがある。

### 3-3 GnRHの分離、精製、同定と合成

下垂体からのホルモン分泌に視床下部が重要な役割を果たしていることは1930年代から推察されていた。しかし、視床下部の関与が神経性であるか液性物質を介するものであるかは不明であった。Green JD & Hams GWは1947年に視床下部で産生分泌された物質が下垂体門脈を経て下垂体に到達し、下垂体のホルモン分泌活動を調節しているとする仮説を提唱した。その後1960年に至り、McCann SMらによって視床下部抽出液中に黄体形成ホルモン（LH）放出因子が存在することが確認され、さらに1964年には Igarashi M & McCann SMによって卵胞刺激ホルモン（FSH）放出因子の存在が報告された。

その後、多くの研究者によってこれらの放出因子を分離、精製、同定する努力が続けられ、1971年に



アメリカの Schally AV らによって豚の視床下部から LH 放出因子が抽出、精製され、10個のアミノ酸からなる構造、さらに、その合成法が明らかにされた。これらの一連の画期的な研究には有村章 (元北海道大学講師)、松尾壽之 (宮崎医科大学教授)、馬場義彦 (三共研究所員) らの日本の科学者が参加した。また、1972年にはアメリカの Guillemin R らによって羊の視床下部から LH 放出因子が抽出、精製、構造解析され、豚のそれとアミノ酸配列が等しく、同一構造であることが報告された。このようにして分離、精製、同定された LH 放出因子は LH を放出するばかりではなく、同時に FSH の放出作用を有していることが明らかにされた (Schally AV ら, 1971)。この LH 放出因子は、天然、合成のものいずれにおいても LH 放出能と FSH 放出能の2つの生物活性を持っており、精製によっても2つの活性が分離されないこと、LH 放出因子以外に性腺刺激ホルモン放出因子は見出されないこと、さらに、放出因子は広義のホルモンと考えられることから、LH 放出因子を LH 放出ホルモン (LH-RH) さらには性腺刺激ホルモン放出ホルモン (GnRH) と呼んでいる。

これらの研究を契機として1972～1974年には Fujino M らやその他の研究者により GnRH およびその誘導体 (類縁物質) が多数合成されるようになり、それらの中には天然のものよりも生物活性が著しく強く、また作用時間の長いものも見出された。GnRH は低分子のペプチドホルモンであり、動物に反復投与しても抗体が産生されにくいことから、家畜繁殖分野で広範囲に応用されている。

GnRH を分離、精製、同定した Schally AV と Guillemin R には1977年にノーベル医学・生理学賞が授与された。

### 3-4 インヒビンの分離、精製、同定

インヒビン (inhibin) は分子量32,000の糖タンパクホルモンで、卵巣の顆粒層細胞と精巣のセルトリ細胞から主に分泌され、下垂体前葉に作用して特異的に FSH の分泌を抑制する。

性腺がステロイドホルモン以外に蛋白系のホルモンを分泌していることが推定されたのは1920年代に遡る。すなわち、Mottran JC & Cramer W (1923) はラット精巣にラジウムを照射すると間質 (Leydig) 細胞はアンドロジェンを分泌しているとみなされるが、生殖細胞 (性上皮細胞) が破壊され、下垂体前葉には精巣摘出時にみられるのと同様の細胞

(去勢細胞) がみられることを報告した。また、Van Wagenen (1925) は精管結紮によって精細管が障害されると同様の去勢細胞が出現することを報告した。さらに、Martins T & Rocha A (1937) は精巣の水溶性抽出物を投与することによってこの去勢細胞の出現が抑制されることを示し、精細管は下垂体前葉を調節する水溶性のホルモンを分泌しているとする仮説 (インヒビン仮説) を提起した。また、McCullagh DR (1932) はこの精巣の水溶性ホルモンを下垂体抑制効果に因んでインヒビンと呼ぶことを提唱し、続いて、彼は Schneider I と連名で (1940) 牛精巣からアンドロジェンとは別にインヒビンを調整して雌ラットに投与すると、発情休止期が延長することを報告した。その後、インヒビン仮説を支持する報告もみられたが、精上皮細胞の欠損によって FSH が消費されなくなるため FSH の上昇がみられるとする考え方 (消費説) があったことなどにより、インヒビン仮説への関心は次第に薄れていった。

インヒビンの存在は、ラジオイムノアッセイが完成して血液中の FSH, LH 濃度が感度よく測定できるようになった1970年代になって多くの報告により支持されるようになり、実証された。すなわち、多くの動物において LH と FSH の分泌パターンは必ずしも同一ではなく、大きく乖離する場合があることが明らかにされた (Gay ら, 1970; Dane TA & Parlow AF, 1971; Narayana K & Dobson H, 1979)。また、LH と FSH を分泌する下垂体前葉細胞は同一の性腺刺激ホルモン産生細胞であることが免疫組織化学的方法を用いて明らかにされた (Nakane PK, 1970)。このような背景において、1970年代に入ってインヒビン仮説を支持する成績が報告され始めた。Setchell BP & Jacks F (1974) は羊精巣網液を採取し、精子を除去した上清をラットに投与すると FSH 濃度が特異的に低下することを初めて明らかにした。これがインヒビン活性物質 (FSH 分泌抑制因子) の存在を実証した最初の報告である。また、雌動物においては、de Jong FH & Sharpe RM (1976) は牛卵胞液中にラットにおいて FSH 濃度の低下をもたらす分子量10,000以上の蛋白系物質が存在することを明らかにした。さらに、細胞培養技術の応用により、インヒビン活性物質の主要な分泌源は、雄では精細管のセルトリ細胞 (Steinberger A & Steinberger E, 1976)、雌では卵胞顆粒細胞 (Erickson GF & Hsueh AJW, 1978) であること

が報告された。

インヒビンの抽出、精製に関しては1985年にオーストラリア (Robertson DM ら), 日本 (Miyamoto K ら), アメリカ (Ling N ら) の各研究グループがそれぞれ独立して牛あるいは豚の卵胞液を用いて成功しており, 現在では化学構造のみならず遺伝子についても明らかにされている (Esch FS ら, 1978; Mason AJ ら, 1985; de Jong FH, 1988; Ackland JF ら, 1992)。インヒビンは $\alpha$ サブユニット (分子量18,000) と $\beta$ サブユニット (分子量13,000) がSS結合で架橋された2量体で,  $\beta$ サブユニットには $\beta A$  と $\beta B$  の2種類があり, インヒビンには $\alpha/\beta A$  (インヒビンA) と $\alpha/\beta B$  (インヒビンB) がある。インヒビンAは卵巣に, インヒビンBは精巣に多く含まれる。また, インヒビン精製の過程でFSHの放出を促進する因子があることが1986年に2つの研究グループ (Ling N ら, Vale W ら) によりそれぞれ独立して発見され, アクチビン (Actibin) と呼ばれた。アクチビンの化学構造はインヒビンの $\beta$ サブユニット同士が架橋された $\beta A-\beta A$  (アクチビンA) と $\beta A-\beta B$  (アクチビンAB) の2種類があることが示された。現在では,  $\beta B-\beta B$  (アクチビンB) の存在も報告されている。

我が国でインヒビンの研究を推進したのは群馬大学医学部産婦人科教室の宮本薫, 長谷川喜久ら, 東京農工大学農学部家畜生理学教室の笹本修司, 田谷一善らで, 1984年前後から精力的に研究を進め, 多くの研究成果を報告している。笹本, 田谷らは, 発情休止期の2日の17時にhCGを投与して排卵を誘起すると翌朝に排卵が誘起されるが, この誘起排卵時にはLHの大量放出 (サイージ) を伴わない特異的なFSHサーージがみられることを観察した (Sasamoto S ら, 1977)。hCGの代わりにGnRHを投与しても同様に誘起排卵前後から翌日にかけて同様のFSHの特異的なサーージがみられ (Sasamoto S ら, 1979), 泌乳中および幼若雌ラットにおいても排卵が誘起されたものでは必ず排卵時刻に一致したFSHの特異的なサーージが観察されることを認めた (Sasamoto S & Taya K, 1980)。これらのことから, 彼らはFSHの特異的なサーージはLHサーージとは別の調節機構により発現する可能性を推察し, FSHの特異的な放出機構におけるインヒビン仮説の証明に精力的に取り組み, 先導的な研究を進めた。

## 4 発情同期化と排卵同期化/定時人工授精

### 4-1 発情同期化

#### 4-1-1 発情同期化とその意義

発情の同期化とは人為的な処置により一群の家畜の発情, 排卵を短時日の間に集中して起こさせることをいう。家畜の多頭飼育が進むにつれて一群の家畜全体の繁殖率を高め, かつ繁殖管理の省力化を図ることが必要となった。そのため牛, 羊, 豚などを対象とした新しい繁殖技術として発情の同期化に関する研究が各国で活発に行われた。発情同期化により以下の利点もたらされる。①多頭飼育や放牧の場合には, 一群の動物の発情を長期間にわたって毎日観察する必要がなく, 短期間の間に授精することができ, 繁殖管理が省力化できる。②短期間に集中して発情を起こすことにより, 発情の見逃しを無くし, 受胎成績の向上が期待できる。③授精期間が揃っていることから分娩時期も揃い, 分娩管理や子畜の育成管理が省力化できる。また, 発育が揃い体重の揃った動物を多く育成でき, 市場価値を高めることができる。④乳牛の種雄の後代検定において, 乳量を検定する娘牛を揃った時期に受胎させることにより能力検定がより正確になる。⑤受精卵 (胚) 移植において, 受卵 (胚) 牛と供卵 (胚) 牛の発情時期を同調できる。

#### 4-1-2 発情同期化の研究の進展

大量の黄体ホルモン (プロゲステロン) を連日注射すると卵胞の発育が起らず発情, 排卵が抑制され, 注射を中止すると発情排卵が揃って起ることを牛について Christian RE ら (1948), Ulberg LC ら (1951), Trimberger GW ら (1955), 羊について Dutt RH ら (1948), O'Mary CC ら (1950) が認めた。これらの研究を契機にホルモンを投与して家畜の繁殖を調節しようとする研究が各国において行われるようになった。我が国においては, 牛については東北大学の竹内三郎, 清水寛一, 豊田裕, 河合豊雄, 足立定彦 (1966, 1967, 1969), 農林省家畜衛生試験場の中原達夫, 百目鬼郁男, 山内亮 (1966) により研究が始められた。

発情を同期化する方法は大別して2つの方法に分けられる。1つはプロゲステロン製剤投与により人為的に黄体期を作出することによる方法, もう1つは黄体の退行時期を人為的に調節することによる方法である。

#### 4-1-2-1) プロジェステロン製剤投与による人為的 黄体期作出に基づく方法

黄体の退行に伴って起る卵胞の発育，成熟をプロジェステロン製剤の人為的投与により抑制し，投与を中止することにより発情，排卵を揃って起こさせる方法である。

##### 4-1-2-1)-(1) プロジェステロン注射

初期の研究においては，もっぱらプロジェステロン注射が行なわれた。本法では14～18日間連日注射する煩わしさがああり，また，受胎成績が悪く，後述するプロジェステロン製剤の経口投与の研究に移った。なお，注射回数を少なくするためにホルモン剤の溶剤に工夫が加えられたが，良い結果は得られなかった。

##### 4-1-2-1)-(2) プロジェステロン誘導体の経口投与

人体用経口避妊薬として経口的に投与しても強力にプロジェステロン作用を発揮する誘導体が1950年代後半に開発され，これらを用いて家畜の発情同期化の研究が進められた。

牛においては，1961年に Hansel W らが  $6\alpha$ -methyl- $17\alpha$ -acetoxyprogesterone (MAP) を用いて初めて報告している。その後， $6\alpha$ -chlorodehydro- $17\alpha$ -acetoxyprogesterone (CAP)， $6\alpha$ -methyl- $6$ -dehydro- $16$ -methylene- $17$ -acetoxyprogesterone (melengestrol acetate: MGA)，acetophenide- $16\alpha$ - $17$ -dihydroxyprogesterone (DHPA) などを用いて検討された。これらの経口投与は飼料中にプロジェステロン誘導体を混合して14～18日間給与する方法で行なわれた。

我が国では竹内三郎，清水寛一，豊田裕，河合豊雄，足立定彦 (1966, 1969) が CAP および MAP を用いて検討している。これらのプロジェステロン誘導体の経口投与による発情同期化法は，発情同期化率は良好であるが，受胎率が悪いこと，および経費が高むことから，普及，実用化するには至らなかった。

##### 4-1-2-1)-(3) プロジェステロン製剤の皮下移植

プロジェステロンあるいはその誘導体をベレットまたはシリコンカプセルに封入あるいはシリコンラバーまたはポリウレタンに吸着して皮下に移植 (埋没) し，一定期間後にこれを取り出して，発情を同期化する方法である。1966～1974年に多くの検討がなされた。処置操作が単純で発情同期化効果と受胎率はかなり良好なことから普及が期待されたが，外科的な皮下移植処置が必要なために普及せず，プロ

ジェステロン製剤の腔内投与方法についての研究に移っていった。

##### 4-1-2-1)-(4) プロジェステロン製剤の腔内投与

プロジェステロンあるいはその誘導体をポリウレタン製のスポンジあるいはシリコンゴム製のコイルに吸着させ，12～19日間腔内に挿入・留置した後に抜去することにより，抜去後数日のうちに発情を同期化する方法である。この方法は，1965年に Robinson TJ が羊について報告したことに始まる。その後，1967～1972年には牛についても多く検討され，我国では清水ら (1967) が  $17\alpha$ -acetoxy- $9\alpha$ -fluro- $11\beta$ -hydroxy-pregn-4-en-3,20-dione (Cronolone) を用いて試みている。

スポンジに吸着させて腔内投与する独創的な本方法の考案によって，経費および労力が軽減されたが，同期化された発情・排卵時の受胎率は他の方法に比べて幾分劣ること，さらに，処置牛の20～30%においてスポンジの脱落が起るため，脱落の監視や再挿入処置の煩わしさが問題として残った。

スポンジの脱落を改善するため，プロジェステロンをしみ込ませたシリコンエラストマーで金属製の螺旋状芯を被覆した器具 (progesterone-releasing intravaginal device プロジェステロン放出腔内装置: PRID) が1975年にフランスの Mauer RE らによって開発された。

また，ニュージーランドの研究者 Dag AM & Taufa VK (1988)，Macmillan KL ら (1988, 1989, 1993) は，別タイプの器具 (controlled internal drug release device 内在薬剤制御装置: CIDR) を開発した。この CIDR は，プロジェステロンを含有するシリコンエラストマーで被覆された Y 字型をしたナイロン製の装置である。

これら PRID と CIDR は今日，我国で市販され，発情同期化や排卵同期化/定時人工授精を始めとして広く使われている。

##### 4-1-2-2) 黄体退行の人為的調節に基づく方法

人為的に黄体の退行時期を調節して発情を同期化する方法である。主に化学薬剤の子宮内注入と  $PGF_{2\alpha}$  製剤の投与があげられる。

##### 4-1-2-2)-(1) ヨード溶液の子宮内注入

先に述べたように中原，金田，百目鬼，山内ら (1965, 1967, 1975) はある種の液状粘性物質やヨード溶液を牛の子宮内に注入して子宮内膜に炎症を起させると黄体機能に変化し，注入後10日前後に次の発情・排卵が起ること，すなわち，黄体初期注



入では発情周期は短縮し、黄体開花期注入では変化せず、黄体後期注入では延長することを認め、発情同期化に応用できる可能性を見いだした。そこで中原、百目鬼、山内（1966, 1971）はヨード溶液である polyvinyl pyrrolidone 溶液20 ml を子宮内に注入して検討し、黄体期の牛の約75%が処置後6～11日に集中して排卵し、それらの約半数が受胎したことを明らかにした。

以上のように、ヨード溶液の子宮内注入による発情同期化法は、その適用が黄体期に限定され、発情同期化効果および受胎成績は共に必ずしも満足できるものではなく、子宮内注入に労力がかかる。しかし、ヨード溶液の子宮内膜炎に対する殺菌、消毒作用による治療効果を期待し、さらに、薬剤が安価であり、休薬期間を必要としないことを加味し、今日でも、子宮内膜炎の治療を含めた発情同期化（発情誘発）処置として活用されている。

#### 4-1-2-2)-(2) PGF<sub>2α</sub> 製剤の投与

牛において、1972年に Rowson LEAら、Liehr RAら、Luis JMらは黄体期に黄体が存在する卵巣と同側の子宮角内に PGF<sub>2α</sub> を注入すると黄体は速やかに退行し、処置後3日にほとんどの牛が発情を示すことから、PGF<sub>2α</sub> は発情同期化に有効であることを初めて報告した。これらの報告を契機に PGF<sub>2α</sub> およびその類縁物質用いた牛の発情同期化についての研究が各国で活発に行なわれるようになり、PGF<sub>2α</sub> 投与による発情同期化技術が確立され、普及した。

#### 4-1-2-2)-(2)-① 子宮内、筋肉内あるいは皮下への単回投与

##### 4-1-2-2)-(2)-①-i 投与時期

牛において、黄体が PGF<sub>2α</sub> に感受性を示して早期に退行する時期は、発情周期の5～16日の間であり、発情周期の1～4日に注入しても黄体の速やかな退行は起こらないことが Rowson LEAら（1972）、Lauderdale JW（1972）および Henricks DMら（1974）によって報告された。また、中原、百目鬼、金田、山内（1974）は黄体退行が起こる臨界期は排卵後4日と5日の間にあり、排卵後5日以降において顕著に退行することを厳密、かつ、明確に示した。

##### 4-1-2-2)-(2)-①-ii 投与方法と投与量

牛に対する PGF<sub>2α</sub> 製剤の投与は主として子宮内注入と筋肉内あるいは皮下注射が行なわれる。PGF<sub>2α</sub> 製剤の開発当初においては黄体退行因子の生産部位への局所投与方法として子宮内注入が用いられた。しかし、発情同期化処置は限られた日の短い時

間帯に多数の牛に実施しなければならないため、子宮内注入法では注入器の子宮頸管通過に時間と労力を要し、未経産牛などでは通過が困難な場合も多い。また、保定枡場、給水施設が整っていなければ衛生的に子宮内注入を実施するのは困難である。このような理由に加え、PGF<sub>2α</sub> 製剤が商業レベルで合成できるようになり、比較的安価で十分量供給されるようになったことから、PGF<sub>2α</sub> 製剤の投与は筋肉内注射などの全身投与が広く用いられるようになった。

#### 4-1-2-2)-(2)-①-ii-(i) 子宮内注入

子宮頸管を介して黄体のある卵巣と同側の子宮角内に PGF<sub>2α</sub> 製剤を注入する。多くの報告では用量として PGF<sub>2α</sub> の2.5～6 mg が用いられ、処置後2～5日に80～100%が発情を示すことが示されている。中原、金田、百目鬼、山内（1974）は放牧牛において、PGF<sub>2α</sub> の4～6 mg を滅菌蒸留水0.75 ml に溶解して子宮内薬液少量注入器を用いて子宮内に注入することにより処置後2～4日に86.6%が発情を示し、その発情時の受胎率は73.0%であったことを報告している。農林省畜産試験場の杉江信（1976）は PGF<sub>2α</sub> の子宮内注入の最小有効量として2 mg を提示している。

#### 4-1-2-2)-(2)-①-ii-(ii) 筋肉内あるいは皮下注射

筋肉内あるいは皮下注射による PGF<sub>2α</sub> 製剤の投与量については PGF<sub>2α</sub> の20～30 mg で良好な発情同期化効果が得られることが海外で1972～1975年に報告されている。我国では、中原、百目鬼、金田（1975）は舎内飼育牛を供試して PGF<sub>2α</sub> 筋肉内注射により黄体退行効果を発揮する最小有効量を検討し、6～8 mg であることを提示した。しかし、彼らは同用量を用いて放牧牛について発情同期化試験を行ったところ、発情同期化率は低いことを認め、放牧牛について満足な発情同期化効果を得る投与量を改めて検討した。その結果、PGF<sub>2α</sub> の10 mg ではやや不足であり、15 mg を必要とすることを報告している。杉江ら（1977）も同様の有効量15 mg を発表している。

これらの成績を踏まえ、今日では、筋肉内注射して黄体を退行させるための PGF<sub>2α</sub> の用量は15～20 mg が用いられている。なお、筋肉内注射により発情を同期化した場合の受胎率は52～75%であり、自然発情の場合の受胎率と大差がないことが認められている。

#### 4-1-2-2)-(2)-② 二段投与

排卵後4日以内の黄体はPGF<sub>2α</sub>製剤に感受性を示さないため、実際に野外でPGF<sub>2α</sub>を処置して発情同期化を行なうためには排卵後5日以降の黄体期にある牛を選出しなければならない。この牛選出の労力を省くと共に、発情同期化効果を一層高めるために、個々の牛の発情周期の時期（ステージ）を考慮すること無く、発情同期化実施対象の牛群全牛にPGF<sub>2α</sub>製剤を2回投与する方法が1974年にEllicott ARら、Cooper HA, Graves NWら、King GJ & Robertson HAにより報告され、その後多くの研究者により検討された。その概念は、第1回PGF<sub>2α</sub>製剤投与時に発情期～排卵後4日以内の黄体初期にあって反応しなかった牛および排卵後5日以降の黄体期にあって反応して発情が同期化した牛の双方を含む第1回投与を行った牛全頭の黄体がPGF<sub>2α</sub>製剤に感受性を有する排卵後5～16日の時期となる第1回PGF<sub>2α</sub>製剤投与後10～13日あるいは30日に第2回PGF<sub>2α</sub>製剤投与を行ない、全牛の発情を同期化しようとするものである。PGF<sub>2α</sub>製剤を30日間隔で2回筋肉内注射すると、第2回注射後平均67.8（40～164）時間に95%（38/40頭）が発情したこと（Ellicott ARら、1974）や、10～13日間隔で2回投与した場合にも良好な結果が得られたことが報告されている。

二段投与の変法として1993年にFerguson JD & Galligan DTによって開発されたターゲットブリーディングがある。この方法は分娩後の繁殖供用開始予定日の2週間前に第1回PGF<sub>2α</sub>製剤投与、その14日後に第2回PGF<sub>2α</sub>製剤投与を行って発情観察を行ない、発情が発現したものに人工授精する方法である。第1回投与時までに卵巢周期が回復していれば、第2回投与後3～5日にすべての牛が発情を示すことになり、高い人工授精実施率が期待される。しかし、発情を発見して適期に授精を行わなければならないこと、および、処置時に卵巢周期が正常に営まれていなければならないことなどから、普及するには至っていない。

#### 4-1-2-2)-(2)-③ PGF<sub>2α</sub>製剤投与後の定時人工授精

発情発現状況を観察することは適期授精を行なう上で不可欠な作業であるが、多くの時間と労力を要する。そこで、発情の観察を省略し、発情の有無および発現時間に関係なくPGF<sub>2α</sub>製剤投与後の一定時間に全頭に1～2回授精する方法が検討された。

すなわち、Lauderdale JWらは1974年にPGF<sub>2α</sub>

製剤注射によって黄体が退行した牛に対して処置後72時間と90時間に2回人工授精を行なって受胎成績を調べたところ、受胎率は56%であり、PGF<sub>2α</sub>製剤処置後に発情観察を行なって適期授精した牛の受胎率52%および無処置対象牛の同受胎率53%と比べて勝るとも劣らないことを報告した。同様の研究が1974～1976年に多く行なわれ、受胎率は発情観察を行なって適期授精した場合と遜色無いことが報告された。

この方法は省力的ではあるものの、1回授精による受胎率は人工授精を実施する時期により区々であること、また、2回人工授精では受胎率は概ね良好であるが、授精を2回行なう労力と経費が問題として指摘された。さらに、後述するように、1995年にGnRH製剤を追加投与することにより排卵を同期化し、かつ、その排卵前の授精適期に人工授精を行なう排卵同期化／定時人工授精法が報告され、普及したことから、本法は広く普及するには至らなかった。

#### 4-1-2-2)-(2)-④ プロジェステロン製剤とPGF<sub>2α</sub>製剤の併用投与

発情同期化率および受胎成績はPGF<sub>2α</sub>製剤を投与する発情周期の時期により異なり、投与時期が発情周期の10～15日の場合は5～9日の場合に比べて良好であることがAlan Mら（1993）により報告されている。このことを背景としてプロジェステロン誘導体であるMGAや17 $\alpha$ -acetoxy-11 $\beta$ -methyl-19-norpreg-4-ene-3,20-dione（norgestomet）を14日間に渡り経口投与あるいは皮下埋込し、投与終了後あるいは除去後16日にPGF<sub>2α</sub>を1回投与することが試みられた。その結果、この方法ではPGF<sub>2α</sub>製剤投与時期は、プロジェステロン誘導体処置による発情同期化効果により、発情周期の12～15日となることから、発情同期化効果および受胎成績は良好であることが報告されている。

#### 4-1-2-2)-(2)-⑤ エストロジェン製剤、GnRH製剤およびhCG剤併用による発情・排卵の同期化

PGF<sub>2α</sub>製剤を投与して発情同期化を実際に行なうに当たり、同期化された発情時における適期授精の実施をより容易にするため、発情・排卵時期をより限られた短期間（時日）に集中させることが望まれた。そこで、エストロジェン製剤や排卵促進剤として性腺刺激ホルモン放出ホルモン（GnRH）製剤および人絨毛性性腺刺激ホルモン（hCG）剤をPGF<sub>2α</sub>製剤に併用する方法が検討された。



#### 4-1-2-2)-(2)-⑤-i エストロジェン製剤の併用

PGF<sub>2α</sub>投与後40～48時間にエストロジェン製剤を投与すると発情がPGF<sub>2α</sub>投与後55～88(平均65.5)時間に集中して発現し、発情発現後平均31.3時間に排卵が起こることをHansel Wらが1973年に初めて、その後、Nancarrow CD & Radoford HMが1975年に報告した。我が国では、金田、百目鬼、加茂前、中原ら(1978, 1981)がPGF<sub>2α</sub>と安息香酸エストラジオール0.5 mgを同時併用投与すると発情が0.5日早く、短い時日に集中して起こることを報告している。しかしながら、エストロジェンを併用すると黄体形成が良くないものがみられ、受胎率も劣る場合があることから、普及するには至らなかった。

#### 4-1-2-2)-(2)-⑤-ii GnRH製剤あるいはhCG剤の併用

発情・排卵時期をより短時日に集中させ、適期授精をより省力的に行うことが望まれた。そこで、排卵促進剤としてGnRH製剤やhCG剤を追加投与し、発情発現の有無に関係なく、一定時間に授精するやり方がHansel Wら1973年およびGraves NWら1974年の報告を初めとして多く検討された。すなわち、PGF<sub>2α</sub>製剤投与後48～72時間にGnRH製剤を追加投与し、その12～24時間後に1回あるいは12時間後と36時間後に2回の人工授精を行なうことにより、対照に劣らない受胎成績が得られることが報告された。

我が国では、1976～1978年に金田、百目鬼、加茂前、中原らが排卵をより効果的に同期化するためのPGF<sub>2α</sub>と排卵促進剤の投与条件ならびに排卵同期化時の受胎性について、詳細な検討を行った。すなわち、PGF<sub>2α</sub>投与後42～47, 57～60, 72～74時間にGnRH製剤およびhCG剤を投与して発情発現状況と排卵について詳細に検討し、(1)無発情排卵する割合はPGF<sub>2α</sub>投与から排卵促進剤投与までの間隔が42～47, 57～60, 72～74時間と短いほどそれぞれ73～75, 57～63, 33～38%と高いこと、(2)排卵時間は、①排卵促進剤投与前に発情が発現していないものでは、排卵促進剤投与後の発情発現の有無に関係なく、排卵促進剤投与後31～32時間であるが、②排卵促進剤投与前に発情が発現したものでは、排卵促進剤の投与の有無に関係なく、発情発現後31時間前後であること、(3)排卵促進剤を用いることによりかなり効果的に排卵を同期化できること、(4)排卵促進剤を57～60, 72～74時間に投与した場合の受胎率は46, 51%であり、対照群の61%ならびに自然発情牛

の54%と比べて大差がないことを明らかにした。これらの結果から、PGF<sub>2α</sub>製剤と排卵促進剤投与の時間間隔は57～60時間辺りが良いことを提示した。加えて、本法において適期授精を行なうためには、排卵促進剤投与前に発情が発現したものについては発情発現時間を指標とし、排卵促進剤投与前に発情が発現していないものについては排卵促進剤投与時間を指標とすることが有効であることを示した。

これらのPGF<sub>2α</sub>製剤と排卵促進剤を併用して排卵を同期化する研究は、後述する1995年にPursley JRらが提唱した排卵同期化・定時人工授精(Ovsynch/TAI)に先行する序章的研究とみなされる。余談になるが、金田らは一連のPGF<sub>2α</sub>製剤を用いた発情同期化の研究において、発情開始後30時間前後に排卵が起こることを認め、授精適期は発情開始後12～24時間との認識を整えていたが、放牧牛を供試しての排卵促進剤を併用する発情・排卵同期化試験において、多くのものが発情を示すことなく無発情排卵したため、人工授精が実施できず、散々な発情・排卵同期化試験となったことを回顧談としている。

#### 4-2 排卵同期化/定時人工授精

繁殖管理をさらに省力化するため、卵胞の発育をコントロールして排卵促進剤を投与することにより効果的に排卵を同期化し、発情観察(発情発見)を行なうことなく、一定の時間(授精適期)に人工授精を行ない、受胎率の向上を図る方法が開発された。この方法は、先述のPGF<sub>2α</sub>製剤投与により黄体期を短縮する方法あるいはプロゲステロン製剤を投与して人為的に黄体期を作出する方法に加えて、卵胞の発育をコントロールしてPGF<sub>2α</sub>製剤投与時あるいはプロゲステロン製剤投与終了時に排卵可能な発育卵胞が育ってきている状態を作出することにより成される。卵胞の発育をコントロールする概要は以下のとおりである。

牛の発情周期において2つの卵胞が相前後して波状に発育することが1960年位フィンランドのRajakoski Eによって示唆され、1982年にはオランダのKruip ThAMによって少なくとも2つの異なった卵胞が出現することが報告された。超音波画像検査が牛においても1980年代後半には行なわれるようになり、1987年にはPierson RA & Ginther OJが牛の発情周期において通常2～3つの卵胞発育波がみられることを超音波画像検査により示した。その後、卵胞発育波に関して多くの研究が行われ、



GnRH 製剤を投与すると発情周期の時期に係らず、LH に感受性を有する卵胞は排卵あるいは黄体化するためインヒビンは産生されなくなり、FSH 濃度が上昇し、2～3 日後に新たな卵胞発育波が出現することが明らかになった (Thatcher WW ら, 1989; Gordon I, 1996)。他方、エストロジェン製剤を投与すると、処置時期が発情周期のいかなる時期であっても、存在する主席卵胞の閉鎖退行が促され、処置後 4 日には新たな卵胞発育波が出現するとする報告もみられる (Bo GA ら, 1995)。さらに、エストロジェン製剤投与によって黄体退行が促進されること (Rich TD ら, 1972) やプロゲステロン製剤投与による発情同期化において、黄体初期に処置を開始する場合には黄体の退行を促す目的でエストロジェン製剤の投与が有効であることを示す報告 (Peters AR, 1986) もみられる。

これらの研究結果を背景として、以下に述べる排卵同期化/定時人工授精が検討され、実用化された。

#### 4-2-1 GnRH 製剤-PGF<sub>2α</sub> 製剤-GnRH 製剤投与法 (Ovsynch, Ovsynch / TAI)

先ず第 1 回 GnRH 製剤の投与を行い、その 7 日後に PGF<sub>2α</sub> 製剤を投与し、その後 48 時間前後に第 2 回 GnRH 製剤投与を行って第 2 回 GnRH 製剤投与後 12～24 時間に人工授精を行う方法である。

本法は 1995 年にアメリカの Pursley JR, Mee MO, Wiltbank MC によって提示された。受胎率も 50% 前後と悪くないことが示されている。彼らはこの方法を排卵の同期化を表す Ovulation Synchronization に因んで Ovsynch と呼ぶことを提唱したが、定時人工授精 (Timed Artificial Insemination; TAI) を伴うことから、Ovsynch/TAI とも呼ばれる。この方法はフロリダ州立大学の Thatcher WW, Macmillan KL, Hansen PJ, Drost M が 1989 年に発表した以下の概念に基づいている。すなわち、GnRH 製剤を投与して卵胞発育波を調節し、その 7 日後に PGF<sub>2α</sub> 製剤を投与すると、黄体退行が誘起される時期には発育段階の揃った主席卵胞が存在することになり、発情誘起時期が PGF<sub>2α</sub> 製剤投与後 2～3 日に集中するとする概念である。Pursley JR らは、PGF<sub>2α</sub> 製剤投与後 48 時間前後の主席卵胞が発育した時期に GnRH 製剤を投与することにより排卵が効果的に同期化され、定時人工授精が可能であることを示した。我が国では、山田恭嗣、中尾敏彦ら (2002) がこの Ovsynch/TAI について初めて検討

し、その有用性を報告している。

本法は時期を選ばず実施でき、かつ、発情観察を行うことなく全処置牛に人工授精を実施する点 (人工授精時実施率 100%) がメリットである。しかし、PGF<sub>2α</sub> 製剤投与から第 2 回 GnRH 製剤投与までの間に発情や排卵が起こるものがあること、未経産牛では排卵同期化率が低いこと、農家により受胎率にバラツキがあること、ホルモン投与を 3 回行うのに手間と経費が掛かることが問題として挙げられている。現場ではかなり広く試みられている。

本法の変法として、第 2 回 GnRH 製剤投与を行わない方法 (Select Synch), GnRH 製剤の代わりにエストロジェン製剤を用いる方法 (Heatsynch) がある。さらに、Ovsynch/TAI を開始する前に予め PGF<sub>2α</sub> 製剤を 14 日間隔で 2 回投与し、第 2 回 PGF<sub>2α</sub> 製剤投与後 12 日に GnRH 製剤を投与して Ovsynch/TAI を開始すれば、Ovsynch/TAI 開始のタイミングが良好な受胎率を期待できる発情後 7～10 日となる Presynch-Ovsynch も提示されている。

#### 4-2-2 GnRH 製剤・プロゲステロン腔内徐放剤-PGF<sub>2α</sub> 製剤-GnRH 製剤投与法 (CIDR-Ovsynch)

Ovsynch (Ovsynch/TAI) にプロゲステロン腔内徐放剤を併用する方法である。第 1 回 GnRH 製剤投与時に同時にプロゲステロン腔内徐放剤を挿入・処置し、PGF<sub>2α</sub> 製剤投与時にプロゲステロン腔内徐放剤を抜去する。そして、PGF<sub>2α</sub> 製剤投与後 2 日に第 2 回 GnRH 製剤投与を行い、その 12～24 時間後に定時人工授精を行う方法である。

本法のメリットは、Ovsynch/TAI では排卵が同期化されない例がみられる未経産牛においても確実に排卵同期化ができること、ならびに、Ovsynch/TAI の場合に 5～10% 程度みられる定時人工授精前の発情発現・排卵を防止できることがあげられる。

本法の変法として、GnRH 製剤の代わりにエストロジェン製剤を用いる方法 (CIDR-Heatsynch) などがある。

## 5 分娩調節

分娩時期を人為的に調節することができれば、分娩時期を集中することや夜間の分娩を昼間にすることにより、立ち会い分娩 (看護分娩) に要する労力を省力化できるなど繁殖管理にもたらす効果は大きい。また、無看護分娩による難産や死産の他、長期

在胎や胎子過大による難産を予防することができる。

分娩は、胎子の視床下部-下垂体-副腎系が活性化され、胎子の副腎から副腎皮質ホルモンが分泌されることにより胎盤および子宮からPGF<sub>2α</sub>が産生され、その結果、黄体が退行し、さらに、オキシトシンが分泌されるようになって陣痛が開始され、始まると考えられている。また、胎子は妊娠満了期間（牛では285日前後）の90%辺りまで子宮内で発育すると、母体外で生活する能力を具える。

これらの分娩発来機序および胎子生理の学理に基づき、副腎皮質ホルモン製剤やPGF<sub>2α</sub>製剤を用いた分娩誘起ならびにオキシトシンやPGの子宮収縮作用を抑制する交感神経作用薬を用いた分娩遅延が検討され、実践されている。

## 5-1 分娩誘起

### 5-1-1 副腎皮質ホルモン製剤の投与

牛の分娩誘起についてはオハイオ州立大学の Adams WMが1969年に副腎皮質ホルモン製剤のデキサメサゾンを用いて最初に報告した。その後、Jöchle W (1971), Lauderdale JW (1972) や LaVoie VA & Moody EL (1973) などによりフルメサゾンやデキサメサゾンを用いた報告が多くなされている。我が国では、帯広畜産大学の上村俊一（修士課程学生）、佐藤邦忠、小野斉、三宅勝（1977）が妊娠250～275日の牛にデキサメサゾンあるいはベタメサゾンを筋肉内注射すると25～72（平均50）時間後に胎子娩出が起ることを報告している。

通常、デキサメサゾン20～30 mg、ベタメサゾン20 mg、フルメサゾン10 mg が用いられ、妊娠255日以降であれば1回の投与で効果が期待できる。妊娠280日または285日以降にデキサメサゾン25または20 mg を筋肉内注射した場合には $43.3 \pm 2.1$  (SEM) または36～37時間後に胎子が娩出されることが示されている。欠点として胎盤停滞が多発することが指摘されている。

### 5-1-2 PGF<sub>2α</sub> 製剤の投与

牛におけるPGF<sub>2α</sub>製剤投与による分娩誘起については1973年に Zerobin K らが初めて報告し、その後、Lauderdale JW (1974) や Henricks DM ら (1975) などの多くの報告がなされた。

我が国では、筑波大学、東京教育大学と東京農工大の共同研究として清水寛一、金井幸雄、三沢善道、神田修平 (1975) が妊娠270～277日の牛にPGF<sub>2α</sub>の30 mg を筋肉内注射すると多くのもので $38.2 \pm$

5.8時間後に分娩が起ったことを発表している。また、農林省家畜衛生試験場の中原、百目鬼、金田、加茂前 (1976) は妊娠252～276日にPGF<sub>2α</sub>の20～40 mg を生理食塩液に溶解して分割子宮内注入すると29～118時間後に早産することを報告している。その後、農林省畜産試験場の菅徹行 (1977) は妊娠末期に投与すると48時間以内に分娩が起ること、農林省家畜衛生試験場の円山八十一ら (1982) はPGF<sub>2α</sub>類縁物質（アゴニスト）を用いて検討し、28～111時間後に分娩が起ることを報告している。

通常、分娩予定日近くの妊娠280日にPGF<sub>2α</sub>類縁物質であるクロプロステノール500 μg または妊娠285日以降にPGF<sub>2α</sub>の25mg を筋肉内注射すると、 $44.8 \pm 2.1$  (SEM) または35時間後に胎子が娩出されることが示されている。なお、PGF<sub>2α</sub>製剤の場合も胎盤停滞が多発する。

### 5-1-3 PGF<sub>2α</sub> 製剤と副腎皮質ホルモン製剤の併用投与

分娩事故の中で死産の占める割合は高く、夜間の無看護分娩がその原因の1つとして指摘されている。昼間に胎子を娩出させ、看護分娩率を高め、分娩事故率を低減するために、昼間に分娩させる定時分娩誘起が検討され、実践されている。すなわち、分娩予定日近い牛にPGF<sub>2α</sub>製剤と副腎皮質ホルモン製剤を同時併用投与すると、より確実に、かつ、処置後の早い時間帯に胎子を娩出させることができることから(Barth AD, 1986)、翌日の昼間に胎子娩出が起るよう分娩誘起処置を行なう方法である。

実際に、分娩予定日前後の午前中にPGF<sub>2α</sub>15～20 mg とデキサメサゾン10～15 mg を投与すると、その後28時間前後の翌日の昼間に胎子が娩出され、看護分娩率が向上し、死産発生率が低減したこと、および、農家と獣医師の分娩管理に要する労力の負担が軽減されたことが報告されている（相原幸三ら, 2005；広井信人, 2008）。なお、分娩予定日近くに処置を行なうことにより、胎盤停滞は減少するものの、なお発生がかなりみられることも指摘されている。

### 5-2 分娩遅延

夜間に起る分娩を翌日の昼間に遅延させることにより夜間の分娩看護に要する労力を省き、かつ、看護分娩率を高め、分娩事故率の低減を図ろうとするものである。

牛に対する最初の試みは1977年にドイツの Arbeiter K & Thurnher M により子宮弛緩剤であるアド

レナリンβ受容体刺激剤のクレンプテロール Clenbuterol を用いて行なわれた。その後、Greene HJ (1981) により、分娩の開口期 (I期) にある牛にクレンプテロール300 μg を筋肉内注射すると、胎子の娩出時間が対照に比べて5.2~9.7時間遅くなることが報告され、実用化の可能性が示された。

我が国では1993年に酪農学園大学の中尾敏彦らが、夕刻に分娩徴候がみられる牛に内診を行ない、分娩のステージが開口期 (I期: 子宮頸管の開大が始まって進行している状態) であると診断した牛に、その日の18時と22時にクレンプテロールを投与することにより、93%のものが翌日の5~17時に胎子を娩出したことを発表している。

しかし、分娩遅延による分娩時期の調節は未だ実用化されるには至っていない。

## 6 定期繁殖検診とプロダクションメディスン (生産獣医療)

「生産病は代謝性疾患として知られている一連の状態を意味し、栄養素の『入』と『出』の不均衡によって生じ、広い意味では人工的に造られた疾患である。」とイギリスのPayne JMは1970年に定義し、近年の高揚した生産性と集約管理によるストレス下では生体の種々の代謝機能が破壊されるとした。育種改良された近年の高能力牛では栄養素の『出』の方が『入』の方より大きくなりがちであり、この不均衡状態が持続すると生産病を発症する。的確な検査を行ない、その検査成績を基に適切な対応処置を行なうことにより生産病の発生を予防し、家畜の能力を最大限に引き出して農家の経営をプラスに導くやり方がプロダクションメディスンである。

### 6-1 欧米での発達

アメリカでは1950年代に、人工授精の良い成績を得るためには毎月定期的に獣医師による妊娠診断を受けることが大事であることに酪農家が気づき、実践し始めた。これはリプロダクティブヘルスプログラム (牛群繁殖検診プログラム) と呼ばれ、プロダクションメディスンの始まりである。このような取り組みは幅広く浸透し、その後20年に渡りそのプログラムが発展した。さらに、獣医師は乳房炎、栄養管理、子牛の健康管理に関するコンサルタントサービスを行なう必要を認識し、いわゆる総合ハードヘルスプログラムの概念を広げていった。さらに、1990年代には小規模牛群の大規模牛群への規模拡大・統

合が進み、獣医師は酪農家が収益を上げる上で重要な酪農経営上のあらゆる項目に係わり、利益を上げるためのアドバイスが出来るように努めた。これが現代のプロダクションメディスンへの発展に繋がった。

他方、イギリスでは1970年にPayne JMらが、代謝性疾患の診断および予防を目的とした血液検査による健康状態の診断方法として代謝プロファイルテストを提唱した。この代謝プロファイルテストは現代ではプロダクションメディスンにおける1つの検査法として組込まれている。

### 6-2 日本での発達

我が国における牛の生産病の概念は、イギリスのPayne JMやアメリカのKronfeld DSらと親交を重ねていた東京大学の白井和哉によって1970年代前半にもたらされた。その後、我国の畜産・酪農が大規模化して1戸当りの飼養頭数が増加し、1頭当たりの生産能力が向上したのと相まって、農家は多頭飼育下における疾病発生の予防技術と生産性向上のための新しい知識を強く求めるようになった。

従来、産業動物臨床においては個体診療が主体であった。しかし、1970年代になると個体診療だけでは農家経営のプラスにならないことが認識されるようになり、予防医学 (preventive medicine) が提唱され、病気予防が重視されるようになった。さらに、1980年代になると牛群の健康管理 (ハードヘルス herd health) の概念が導入され、獣医師は定期的に農家を訪問し、繁殖検診、乳量・乳質の評価、栄養管理状態の評価などを行った。特に、栄養状態の評価については、ボディコンディションスコア (BCS) や代謝プロファイルテスト (MPT) が実施された。

その後、1990年代当初には、家畜を健康な状態で飼育することが必ずしも農家の経営に貢献するものではないことが認識されるようになり、家畜が健康であることを前提として、家畜の能力を最大限に引き出し、農家経営をプラスに導くために総合的なコンサルテーションを行う、いわゆるプロダクションメディスン (production medicine) の概念が提唱された。このプロダクションメディスンにおいては繁殖成績、乳房炎コントロール、周産期疾病の予防対策、畜舎施設、育成技術、ストレス管理などの項目について農家に助言を行う。

日本で最初に乳牛についての代謝プロファイルテストの成績を報告したのは北海道立滝川畜産試験場



の扇勉ら（1989）である。その基礎的検討成績を基に、北海道農業共済組合連合会家畜臨床研修所の木田克弥（2000）や岩手大学の岡田啓司（2001）を初めとして各都道府県の農業共済組合家畜診療所や大学等において検討、応用が進められ、急速に普及した。農業共済組合家畜診療所の獣医師や開業獣医師は、家畜共済制度の中で、あるいは共済制度を積極的に活用して、プロダクションメディシンの実践に取り組み、農家経営の改善に大きく貢献している。

以上のように、プロダクションメディシンは、定期繁殖検診、代謝プロファイルテストやボディコンディションスコアによる栄養状態の評価、護蹄管理、乳房炎・体細胞管理などの検査による改善指導内容の提示を拠り所として、農家への普及が図られている。

### 6-3 定期繁殖検診

日本においては、定期繁殖検診は1980年代の後半に当初ハードヘルスプログラムの1つとして農業共済組合家畜診療所の獣医師により始められた。その後、プロダクションメディシンのための検査の1つとして定期繁殖検診が2週間～1ヶ月間隔で行われている。検診に要する経費は農業共済保険制度とは別に、自己負担となる。

定期繁殖検診日を予め農家に連絡しておく、酪農家は事前に検診を受ける被検診頭数をリストアップし、被検診頭数を申し込む。検診訪問時には検診簿に被検診牛がリストアップされている。

検診の内容は、①分娩後の生殖器の回復状態の検査（いわゆる、フレッシュチェック）、②検診①で異常がなく、人工授精実施の指示を行ったが、分娩後40～60日以内に発情を示さず、授精できていない牛の検査、③人工授精後40～60日を経た牛における妊娠診断の実施、④定期繁殖検診以外の日に治療を行った重度な繁殖障害牛の治療経過および予後の判定、⑤検診①～④以外の牛（難産、胎盤停滞、産褥熱、起立不能、双子分娩などの牛やリピートブリーダーなど）の検査である。

定期繁殖検診により繁殖障害による損失を減少させることはできるが、決して予防することはできない。牛群を健康に維持・管理し、農家の生産性を高めるには、プロダクションメディシンを実施し、適切な対策を講じることが有効である。

### 謝辞

ご高閲いただいた東京農工大学獣医臨床繁殖学前

教授金田義宏先生に感謝いたします。

### 参考文献および資料

文献および資料は多数に上るため総説、著書や主要なものを以下に挙げる。

- 1 相原幸三, 的場亮平, 脇元弘史他; プロスタグランジン  $F_{2\alpha}$  とデキサメタゾン併用による定時分娩誘起の実用化. 家畜診療52: 673-681 (2005).
- 2 Barth AD; Induced parturition in Cattle. In: Morrow DA ed., Current therapy in threio-genology 2., 209-214, WB Saunders Company, West Wasgington Square, Philadelphia (1986).
- 3 大日本農会; 戦後における酪農技術の展開. 農業臨時増刊号会誌 No.1355, 大日本農会, 東京 (1996).
- 4 下司雅也, 森純一; GnRH 測定法の検討. 家畜繁殖誌34: 25 p-29 p (1988).
- 5 浜名克己; 生産病の概念と背景. 生産獣医療における牛の生産病の実際 (内藤善久, 浜名克己, 元井霞子編). 1-12, 文永堂, 東京 (2000).
- 6 広井信人; 牛の分娩誘起における母牛および産子の品種別にみた産子娩出時間と分娩事故防止効果. 家畜診療55: 673-679 (2008).
- 7 金川弘司; 家畜繁殖学領域における人為的支配. 獣医学1984. 206-228, 近代出版, 東京 (1984).
- 8 金田義宏; 牛の発情同期化. 家畜繁殖学—最近の歩み— (山内亮編). 417-433, 文永堂, 東京 (1978).
- 9 木田克弥; 代謝プロファイルテストの実際. 生産獣医療における牛の生産病の実際 (内藤善久, 浜名克己, 元井霞子編). 13-33, 文永堂, 東京 (2000).
- 10 三宅陽一; 雌牛の繁殖管理に有用な腔内留置型黄体ホルモン製剤 (PRID) の特性と応用. 家畜診療52: 409-428 (2005).
- 11 森純一; 家畜繁殖学領域におけるホルモンの支配とその応用. 獣医学1985. 206-228, 近代出版, 東京 (1984).
- 12 内藤善久, 浜名克己, 元井霞子; 生産獣医療における牛の生産病の実際. 文永堂, 東京 (2000).
- 13 中尾敏彦; Steroid hormone 測定法の確立と繁殖障害等臨床診断への応用. 家畜繁殖誌34: 30 p-37 p (1988).

- 14 中尾敏彦；牛の新しい発情・排卵同期化プログラムの理論と実際. 家畜診療50：473-480 (2003).
- 15 中原達夫；牛の性周期同調. 家畜衛試研究報告第62号：174-188 (1971).
- 16 中原達夫；繁殖領域における Prostaglandin の生理的意義. 日獣会誌29：3-10 (1976 a).
- 17 中原達夫；家畜の繁殖領域における Prostaglandin の応用. 日獣会誌29：51-58 (1976 b).
- 18 中原達夫；プロスタグランジンに関する最近の知見，とくに繁殖領域における2・3の問題について. 日畜会報48：591-609 (1977).
- 19 中原達夫；子宮・卵巣系の調節機構. 家畜繁殖学—最近の歩み— (山内亮編). 298-296, 文永堂, 東京 (1978).
- 20 中原達夫；プロスタグランジン  $F_{2\alpha}$  産生に関する最近の問題. 日畜会報59：107-116 (1988).
- 21 中原達夫；畜産における応用, 講座プロスタグランジン 1. 生殖生理 (佐藤和雄, 室田誠逸, 山本尚三編). 307-326, 東京科学同人, 東京 (1988).
- 22 成田修司；乳牛の産後における生殖器の定期的検診の実施方法とその効果(1). 家畜診療第283号：43-52 (1987).
- 23 岡田啓司；代謝プロファイルテストを基本とした栄養管理. 生産獣医療システム 乳牛編3 (全国家畜畜産物衛生指導協会企画). 5-65, (2001)
- 24 笹本修司；卵胞刺激ホルモン分泌制御に関する最新の知見. 日畜会報65：376-391 (1994).
- 25 佐藤繁；我が国におけるプロダクションメディスンの黎明と発展—イリノイ大学等別セミナーの役割—. 獣医畜産新報62：713-717 (2009).
- 26 佐藤知広, 上村俊一；黒毛和種における  $PGF_{2\alpha}$  および副腎皮質ホルモンによる分娩誘起. 家畜診療51：437-443 (2004).
- 27 武田薬品工業(株)畜産研究開発部；LH 放出ホルモン製剤コンセラル注射液の概要. 獣医界第102号：92-107 (1981).
- 28 竹内三郎；家畜繁殖における性周期同期化の最近の研究—とくに反芻家畜について—. 畜産の研究27：491-495, 611-616 (1973).
- 29 Whitmore HL；米国におけるプロダクションメディスンの過去, 現在, 未来. 獣医畜産新報62：887-890 (2009).
- 30 山内 亮；家畜繁殖領域における LH-RH の応用. 獣医界 第119号：22-33 (1981)
- 31 谷中 匡；Progesterone, Testosterone 測定による牛の早期妊娠診断と造成機能検査. 家畜繁殖誌34：45 p-51 p (1988).
- 32 吉本 正；改訂畜産. 社団法人全国農業改良普及支援協会, 東京 (2006).

## 原 著

東京農工大学 FM 多摩丘陵長期生態モニタリング固定調査区における  
カメラトラップ法による中型哺乳類相調査大橋 春香\*<sup>1</sup>・梶 光一\*<sup>2</sup>Monitoring medium-sized mammal fauna using camera traps in the Long Term  
Ecological Research plot in Field Museum Tamakyuryo,  
Tokyo University of Agriculture and TechnologyHaruka OHASHI\*<sup>1</sup>, Koichi KAJI\*<sup>2</sup>

We investigated medium-sized mammal fauna in the 1 ha plot for a long term ecological research (LTER) in Field Museum (FM) Tamakyuryo, with camera trapping method. Six camera traps were located in the LTER plot from March 30, 2010 to April 21, 2010. A total of 33 photographs were captured with four medium-sized mammals. Raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*, n=21), Japanese hares (*Lepus brachyurus*, n=10), a Japanese badger (*Meles anakuma*, n=1), and a red fox (*Vulpes vulpes*, n=1) were photographed. 32 photographs were captured at night.

Capture frequency of Japanese hares showed negative correlation between tree density, where as that of Raccoon dogs did not show significant relationship. Our results suggest the importance of habitat quality, such as light condition and accessibility to grassland and water, as well as forest patch connectivity, for the planning of ecological network in Tamakyuryo.

**Key words** : camera traps, daily activity, ecological network, suburban area, tree density

2010年3月31日から4月21日にかけてフィールドミュージアム (FM) 多摩丘陵の長期生態モニタリング (LTER) 固定調査区に6台の自動撮影カメラを設置し、中型哺乳類相調査を実施した。期間中、ホンダタヌキ (*Nyctereutes procyonoides*, n=21), ノウサギ (*Lepus brachyurus*, n=10), ニホンアナグマ (*Meles anakuma*, n=1), ホンドキツネ (*Vulpes vulpes*, n=1) の計4種, 33枚の中型哺乳類の写真が撮影された。このうち32枚が夜間に撮影されていた。

また, FM 多摩における森林と草地, 水辺が入り組んだ環境の存在がノウサギ, ニホンアナグマ, ホンドキツネ3種の分布に影響を及ぼしている可能性が考えられた。ノウサギの撮影回数が周辺の樹木密度が低い場所が多い傾向が認められた一方, ホンドタヌキについては撮影回数と樹木密度の間に関係は認められなかった。多摩丘陵の生態的ネットワークを維持するうえでは森林の連結性に加え, 林床の明るさや草地・水辺との連続性など生息地の質を考慮する必要があると考えられた。

**キーワード** : カメラトラップ法, 日周活動, 生態的ネットワーク, 都市近郊域, 樹木密度。

\*<sup>1</sup> 東京農工大学農学部附属フロンティア農学教育研究センター 〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 : Center for Education and Research of Frontier Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Saiwaicho, Fuchu-Shi, Tokyo 183-8509, Japan

\*<sup>2</sup> 東京農工大学大学院農学研究院 〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 : Institutes of Agricultural Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology, Saiwaicho, Fuchu-Shi, Tokyo 183-8509, Japan



## 1. はじめに

都市近郊の丘陵地における森林は、環境保全やレクリエーション、防災、景観保全等に加え、野生動物の生息空間を提供するなど、様々な公益的な機能を発揮してきた。しかし、日本各地の都市近郊丘陵地では高度経済成長期以降、宅地開発や道路建設などの開発圧力による森林面積の縮小や、孤立化・分断化が進行している（武内 1980；井出ら 1992）。また、伐採や下草刈り、落ち葉掻きといった人為的な管理が停止されたことにより、林床におけるネザサ・タケ類の繁茂や常緑樹の進出がみられるなど、森林の質的な変化も進行している（藤村 1994）。

このような都市近郊の丘陵地における環境の変化は、野生動物の生息状況にも大きな影響を及ぼしている。生息地の孤立化・分断化は種の移動を阻害し、大きな行動圏を持つ種の分散の阻害や生息地のパッチ内部を利用する種数の減少をもたらす（Forman 1995）。園田・倉本（2008）は、森林の孤立化と非飛翔性哺乳類の種組成の関係を調べ、孤立度が高い森林で、非飛翔性哺乳類の種の豊富さが減少することを指摘している。このように孤立化・分断化した生息地において生態系の質を維持し、生物多様性を保全するうえで、生態的ネットワークの形成が重要な役割を果たすことが知られている（Jongman *et al.* 2004）。丘陵地の森林は、連続的に森林が分布することから、種の供給源としての機能を持ち、都市および都市近郊域の生態的ネットワークを形成するうえで、中核地域として機能すると考えられる（園田・倉本 2008）。近年、二次的な自然環境における生物多様性の保全に対する関心は高まっており、都市近郊の丘陵地を中核とした生態系ネットワークの形成は、都市計画や緑地計画において重要な課題であるといえる。

多摩丘陵は、東京都西部から神奈川県北東部に位置するおよそ300 km<sup>2</sup>の丘陵地帯である。高度成長期以前は谷戸と呼ばれる小河川の流域で稲作や畑作を中心とした伝統的な農業が営まれ、森林の大部分は薪炭林や農用林として利用されていた。1970年頃から急激な宅地開発が行われるようになり、森林は細分化され、住宅地に囲まれた島状となっている（武内 1980）。東京農工大学フィールドミュージアム（以下FM）多摩丘陵は多摩丘陵の西北端にあたる東京都八王子市堀之内に位置している。平地と山地の中間にあたる農用林的性格をもつことから（中

島 1958）、現在はアズマネザサの繁茂（星野・八木 2001）など、農用林の管理放棄に起因する諸現象や生物多様性保全に配慮した里山の管理方法に関する研究の場として、自然や環境に関わるさまざまな研究が行われている（土器屋ら 2001）。

FM多摩丘陵を含む東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター（FSセンター）では、気象・生物・地球環境など、様々な項目について長期生態モニタリング（LTER: Long-Term Ecological Research）が実施されている（岸 2003）。長期間にわたる継続的なデータの蓄積は、環境変化による生態系への影響を予測し管理していく上で重要な意義をもつ。哺乳類に関する項目については、FM大谷山、FM草木、FM唐沢山、FM秩父の合計4箇所で常駐する技術系職員による直接観察およびフィールドサイン等による調査が実施されており、およそ35年にわたる長期的な変動傾向が報告されている（桑原ら 2006）。近年、調査機材の低価格化によって自動撮影装置付き赤外線センサーカメラ（以下センサーカメラ）が野生動物研究者に普及し、日本の哺乳類についてもその生息調査への適用事例が増加しつつある（金子ら 2009）。特にセンサーカメラを用いたカメラトラップ法による調査は、比較的少ない労力でデータをとることができる手法として、動物の生息地や行動に関する調査に有効であるとされている（塚田ら 2006；辻野ら 2007；福田ら 2008；松林ら 2009など）。FM多摩丘陵においても学生実習の中でカメラトラップ法による中型哺乳類相調査が実施されている（角田ら 投稿中）。カメラトラップ法によってモニタリングを実施する際には、必要な調査期間や撮影間隔（Yasuda 2004）、設置時のセンサーカメラの高さや角度（金子ら 2004）等、標準的な調査手法としてその利用法を確立する必要がある。

一方、階層構造や種組成といった森林の質的な環境は野生動物の生息地を構成する重要な要素であるが、植生と中型哺乳類相について同一箇所で調査が実施されている地域は少ない。FM多摩丘陵では、2005年11月から2006年にかけて、植物の長期モニタリングが開始されており（長谷川ら 2010）、今後定期的にモニタリング調査を実施することにより、都市圏における森林の長期的な動態を把握することが可能となっている。詳細な毎木調査や植生調査が実施されているFM多摩丘陵LTER固定調査区において中型哺乳類相調査を実施し、中型哺乳類

の生息状況と種組成や構造といった森林の質的な環境との関係を明らかにすることは、都市近郊の丘陵地における生態的ネットワークを計画するうえで、都市近郊丘陵地における望ましい植生管理のあり方を検討するための重要な情報となる。そこで、筆者らは中型哺乳類相の長期モニタリングにむけた調査手法を検討し、多摩丘陵における中型哺乳類の生息状況と森林の質的な環境の関係を明らかにするため、FM 多摩丘陵 LTER 固定調査区内にセンサーカメラを設置し、カメラトラップ法による中型哺乳類相調査を実施した。本報は、その調査結果を報告するものである。

## 2. 材料と方法

### 2.1 調査地域

FM 多摩丘陵は、東京都八王子市の多摩丘陵北西に位置する森林小流域 (120,000 m<sup>2</sup>) である。施設内には管理棟および実験棟と 4 つの圃場、スギ (*Cryptomeria japonica*) の植林地、クリ (*Castanea dentata*) 果樹園、実験用草地などが見られるが、大部分はコナラ (*Quercus serrata*) やクヌギ (*Quercus acutissima*) からなる落葉広葉樹二次林である。施設の南西部には 100 m × 100 m の長期生態学研究 (Long Term Ecological Research) のための固定調査区画 (以下、LTER 固定調査区と記す) が 2005 年に設けられ、植生調査、毎木調査が実施されている (長谷川ら 2010)。LTER 固定調査区はさらに 10 m 四方のサブコドラート 100 個に分けられ、サブコドラートの四隅に杭が打ち込まれており、杭には A0 から K10 の名前がつけられている。サブコドラートは四隅の杭のうち最も若いアルファベットと番号の名前で呼ばれている。LTER 固定調査区内には、コナラ雑木林、スギ植林と、冠雪被害により倒

木したヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) 林の跡地がある。地形は、小規模であるが急斜面に挟まれた谷と尾根が含まれている。ここでは、2004年に草高が 2 m に伸びていたアズマネザサ (*Pleioblastus chino*) を刈り取る管理が実施され、その後も刈り払いが継続されているものの、コナラの高齢化や好陽地性植物種の欠如など、管理放棄により里山林が抱える問題点を包含していることが指摘されている (長谷川ら 2010)。

### 2.2 調査方法

調査には、受動型赤外線センサーを搭載したデジタルカメラ型 (金子ら 2009) の米国製センサーカメラ (Capture, Cuddeback Inc.) を使用し、2 GB の SD カードを記録媒体として、単一型ニッケル水素充電電池 4 個を電源として用いた。

2010年 3月30日に LTER 固定調査区内の斜面上部に 3 台、斜面下部に 3 台の計 6 台のセンサーカメラを設置した (Fig.1)。サブコドラートの優占型ごとのセンサーカメラの設置台数は「コナラ型」が 3

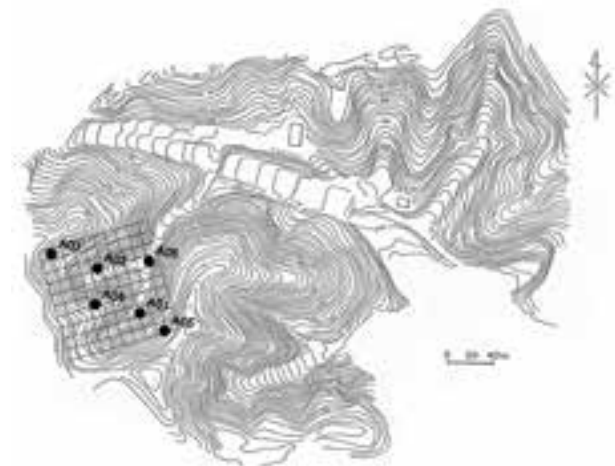


Fig.1. Map of the LTER plot in FM Tamakyuryo and the location of 6 camera traps.

Table 1. Environmental condition of each subquadrat set a camera-trap in the LTER plot in FM Tamakyuryo.

Camera-ID	A 01	A 02	A 03	A 04	A 05	A 06
LTER subquadrat ID*	H 7	E 2	B 0	D 5	I 9	J 3
Tree ID*	E 326	E 110	H 40	E 244	H 462	E 194
Direction of camera	N 40 W	S 20 E	S 60 E	S 22 E	N 40 W	S 40 W
Topography	LS	LS	US	US	US	LS
Dominant tree type*	CJ	QS	QS	QS	MIX	QA
Tree density within subquadrat (trees/100 m <sup>2</sup> )*	12	14	7	15	13	1

\*Derived from Hasegawa *et al.* (2010).

LS: Lower slope; US: Upper slope; CJ: *Cryptomeria japonica* dominant type; QS: *Quercus serrata* dominant type; QA: *Quercus acutissima* dominant type; MIX: mixed species type.

台, 「スギ型」, 「クヌギ型」, 「多種優占型」が各1台であった (Table 1). 撮影後の休止時間は1分とした. 2010年4月21日に再びLTERを訪れ, データを回収した. したがって, 調査努力量は計132カメラ日 (カメラ6台×22日間) であった. 長期間にわたるモニタリング調査では, 異なる調査者が調査を実施する可能性が高いことから, 再現性のある, 一定の設置条件で調査を実施する必要がある. そこで本研究では, 設置の際は, 直径1.5 cm程度の竹製の棒にあらかじめ高さ180 cm, 俯角30°で固定したうえで, 区画内の樹木に園芸用ビニール製ロープで固定した. また, 撤去後にも再び同じ地点, 同じ角度で設置が可能となるよう, 長谷川ら (2010) によって作成されたLTER固定調査区内の樹木位置図上にカメラの位置とカメラを向けた方位を記録した. なお, 本調査では誘引餌は用いなかった. 調査を開始した2010年3月31日の日出時刻は5時30分, 日没時刻は18時01分, 調査を終了した4月21日の日出時刻は5時01分, 日没時刻は18時19分であった. 撮影枚数とカメラを設置した環境条件の関係を明らかにするため, データを集計したのち, 撮影枚数の多かった中型哺乳類については長谷川ら (2010) の毎木調査資料に基づき, 各カメラにおける撮影枚数とカメラを設置した10 m×10 mサブコドラート内の樹木の本数 (樹木密度) との Pearson の積率相関係数  $r$  を計算し, 相関関係を調べた.

### 3. 結果

調査期間中のセンサーカメラによる総撮影枚数は38枚であり, このうち中型哺乳類が撮影されていた写真は合計33枚であった (Table 2). 調査期間中のカメラ1台あたりの平均有効撮影枚数は5.5枚/台, 平均総撮影枚数は6.3枚/台であった (Table 2).

撮影枚数は, それぞれホンドタヌキ (*Nyctereutes procyonoides*, 以下タヌキ) が計21枚, ノウサギ (*Lepus brachyurus*) が計10枚, ホンドキツネ (*Vulpes vulpes*, 以下キツネ) とニホンアナグマ (*Meles anakuma*, 以下アナグマ) が各1枚であった (Table 2, Fig. 2). 最も撮影された種数が多かったカメラはA03とA04のカメラで, それぞれ3種の中型哺乳類が撮影された (Table 3).

撮影枚数の多かったタヌキとノウサギについて, 各カメラで最初に撮影されるまでに必要とした日数を集計すると, タヌキが最初に確認されるまでに必要とした日数は平均8.4日, ノウサギが最初に確認されるまでに必要とした日数は5.8日であった (Table 3). 今回の調査で撮影された中型哺乳類4種全てが撮影されるまでに必要とした調査努力量は, 合計72カメラ日 (6台×12日) であった (Fig. 3). また, 各カメラで撮影された種数がそれぞれ調査期間中の最大値に到達するまでに必要とした設置期間は平均9.8日であった (Fig. 3).

中型哺乳類が撮影された写真33枚のうち, 32枚が18時台から5時台までの夜間に撮影されていた (Fig. 4). 特にタヌキについては, 日没後3時間にあたる18時台から20時台までに撮影された写真の割合が高く, 21枚中11枚 (52.4%) を占めていた. 一方, ノウサギについては, 10枚中9枚が22時から4時までの深夜から明け方にかけて撮影されていたが, 昼の13時台にも1枚が撮影されていた (Fig. 4).

カメラが設置されたLTER固定調査区内の10 m×10 mサブコドラートにおける樹木密度とノウサギおよびタヌキの撮影枚数との関係を検討した結果, ノウサギの撮影回数は, 10 m×10 mサブコドラート内に生育する樹木密度と負の相関を示していた (Fig. 5, Pearson's  $r = -0.854$ ,  $P < 0.05$ ). 一方,

Table 2. Number of photographs of each medium-sized mammal captured in the LTER plot in FM Tamakyuryo.

Camera-ID	A01	A02	A03	A04	A05	A06
Japanese hare	0	0	3	1	2	4
Raccoon dog	9	2	1	8	0	1
Red fox	0	0	1	0	0	0
Japanese badger	0	0	0	1	0	0
Human	2	0	0	0	1	0
Unknown	0	0	0	0	0	2
Number of photographs with medium-sized mammals	9	2	5	10	2	5
Total	11	2	5	10	3	7



Fig.2 (a)



Fig.2 (b)



Fig.2 (c)



Fig.2 (d)



Fig.2 Photographs of (a) a red fox, CameraID-A 03, 2010/03/31 5:30; (b) two raccoon dogs, CameraID-A 04, 2010/4/1 21:03; (c) a Japanese badger, CameraID-A 04, 2010/4/10 3:39; (d) a Japanese hare, Camera ID-A 06, 2010/04/15 0:56, in the LTER plot in FM Tamakyuryo.

タヌキの撮影回数は、ばらつきが大きく、サブコドラート内に生育する樹木密度との関係は認められなかった (Fig.5, Pearson's  $r=0.446$ ,  $P>0.05$ ). アナグマ、キツネについては撮影枚数が1枚と限られていたため、環境要因との関係について統計的に検討することはできなかったが、これら2種が撮影された A03, A04はともに斜面上部でコナラが優占する「コナラ型」のサブコドラートに設置したカメラであった (Table 1).

#### 4. 考 察

本研究の結果、タヌキ、ノウサギ、アナグマ、キツネの計4種の中型哺乳類がFM多摩丘陵 LTER 固定調査区を利用していることが確認された。今回生息が確認された中型哺乳類4種は、2010年5月に実施された学生実習において確認された種と一致しており (角田ら, 投稿中), これらの種がFM多摩

を生息地として継続的に利用している可能性が示唆された。撮影枚数に差はあるものの、設置した6台全てのカメラで中型哺乳類が撮影されたことから、高さ180 cm, 俯角30°という今回適用したカメラの設置条件で、丘陵地の中型哺乳類相のモニタリングの精度を確保できていると考えられた。一方、今回の設置条件ではネズミ類など小型哺乳類については確認することができなかった。本研究で用いた機材とは異なる機材を用いているものの、Yasuda (2004) は高さ100 cm に設置したセンサーカメラで、前迫 (2010) は高さ60 cm に設置したセンサーカメラで、ネズミ類の分布を確認している。今回用いた機材を利用して、設置する高さを変えることによって小型哺乳類のモニタリングが可能であるかどうかについては、今後の検討課題であると考えられた。撮影枚数の多かったノウサギおよびタヌキであっても、センサーカメラによって最初に撮影され

Table 3. Captured species, captured date, captured time of photographs taken by 6 camera traps in the 1ha LTER plot between March 30, 2010 and April 21, 2010.

Camera ID	Captured Species	Abundance	Captured date	Captured time
A01	【Start】		2010/3/30	14 : 51
	Human*	–	2010/3/31	12 : 51
	Raccoon dog	1	2010/3/31	18 : 30
	Raccoon dog	1	2010/3/31	22 : 28
	Raccoon dog	1	2010/4/2	20 : 41
	Raccoon dog	1	2010/4/5	22 : 00
	Raccoon dog	1	2010/4/9	1 : 46
	Raccoon dog	1	2010/4/10	4 : 59
	Raccoon dog	1	2010/4/13	4 : 08
	Raccoon dog	1	2010/4/15	19 : 31
	Raccoon dog	1	2010/4/17	20 : 24
	Human*	–	2010/4/18	11 : 25
	【End】		2010/4/21	11 : 32
	A02	【Start】		2010/3/30
Raccoon dog		1	2010/4/19	19 : 54
Raccoon dog		1	2010/4/20	19 : 49
【End】			2010/4/21	11 : 27
A03	【Start】		2010/3/30	15 : 23
	Raccoon dog	1	2010/3/31	1 : 55
	Red fox	1	2010/3/31	5 : 30
	Japanese hare	1	2010/4/6	4 : 47
	Japanese hare	1	2010/4/13	1 : 06
	Japanese hare	1	2010/4/13	2 : 39
【End】		2010/4/21	11 : 20	
A04	【Start】		2010/3/30	15 : 39
	Raccoon dog	1	2010/3/31	20 : 21
	Raccoon dogs	2	2010/4/1	21 : 03
	Japanese hare	1	2010/4/6	23 : 18
	Raccoon dog	1	2010/4/7	0 : 05
	Raccoon dog	1	2010/4/7	20 : 08
	Japanese Badger	1	2010/4/10	3 : 39
	Raccoon dog	1	2010/4/13	20 : 15
	Raccoon dog	1	2010/4/17	18 : 29
	Raccoon dog	1	2010/4/18	1 : 47
	Raccoon dog	1	2010/4/20	0 : 49
	【End】		2010/4/21	11 : 13
A05	【Start】		2010/3/30	16 : 04
	Japanese hare	1	2010/3/30	22 : 43
	Japanese hare	1	2010/4/1	0 : 57
	Human*	–	2010/4/18	11 : 30
	【End】		2010/4/21	11 : 03
A06	【Start】		2010/3/30	15 : 54
	Unknown	–	2010/4/4	20 : 32
	Japanese hare	1	2010/4/4	22 : 25
	Japanese hare	1	2010/4/6	3 : 52
	Raccoon dog	1	2010/4/13	20 : 00
	Japanese hare	1	2010/4/15	0 : 56
	Japanese hare	1	2010/4/17	13 : 37
	Unknown	–	2010/4/17	19 : 08
	【End】		2010/4/21	11 : 40

\* : Other researcher who used the LTER plot

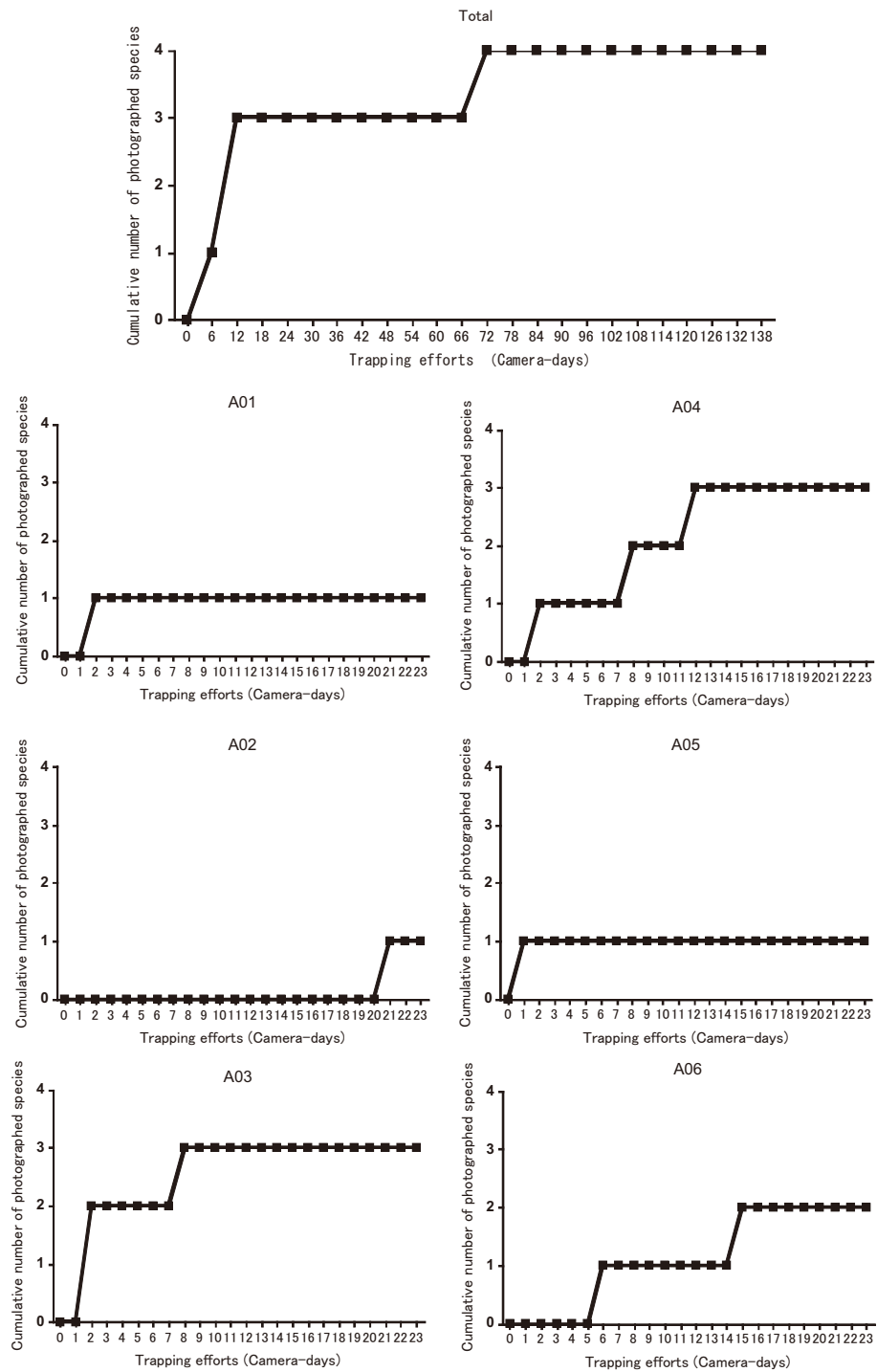


Fig.3. Relationship between trapping effort and cumulative number of photographed species in the LTER plot in FM Tamakyuryo.

るまで平均で5～8日間を要したことや、中型哺乳類4種全てを確認するまで、センサーカメラ6台で12日間を要したことから、モニタリング調査を実施する場合は、1回のセッションで最低でも2週間以上センサーカメラを稼働させておくことが必要であると考えられた。

今回の調査では、大部分の中型哺乳類の写真が夜間に撮影されていた。一部のカメラでLTER固定

調査区を利用する他の調査者が撮影されていたものの、撮影された時間帯は日中に限られており、今回の調査の実施期間中では中型哺乳類が活動する時間と調査者の立ち入る時間はほとんど重複していなかったと考えられた。また、カメラを設置した日や、他の調査者が撮影された当日中であっても中型哺乳類の写真が撮影されていることから、調査者の立ち入りによる中型哺乳類への影響は少ないと考え



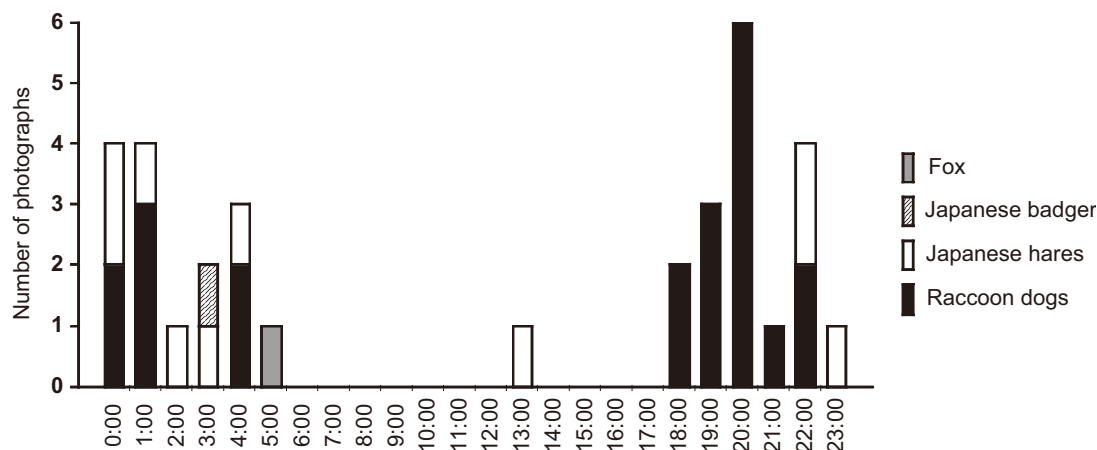


Fig.4. Time periods of each medium-sized mammal photographed in the LTER plot in FM Tamakyuryo.

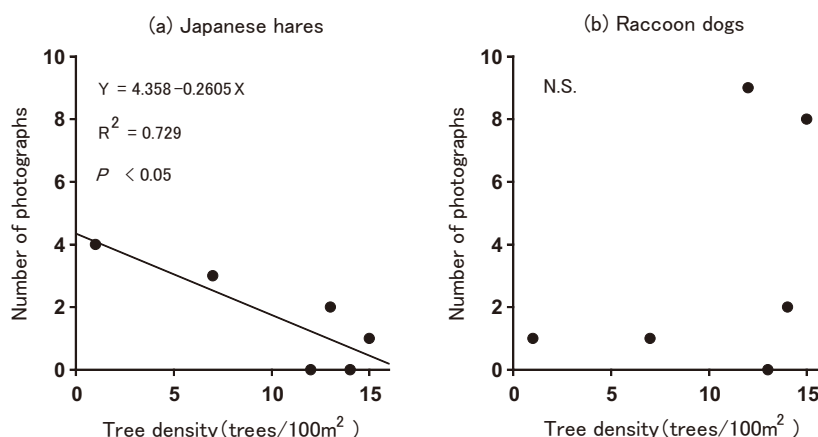


Fig.5. Relationships between the tree density and the number of captured photographs of (a) Japanese hares and (b) Raccoon dogs, in the LTER plot in FM Tamakyuryo.

られた。しかし、今回の研究では毎木調査など、大人数で長時間にわたる調査を実施した場合の影響については検討できていない。大人数の調査者がLTER固定調査区内に立ち入る場合は、調査地を強く攪乱する恐れもあるため、同時期に植生調査と中型哺乳類相調査を実施する際は、注意する必要があると考えられる。

園田・倉本(2008)は、関東山地および多摩丘陵におけるカメラトラップ法による哺乳類相調査の結果から、森林の孤立化による影響を受けやすいアナグマや、局所的な分布傾向を示すキツネ、ノウサギを都市・都市近郊域の生態的ネットワークを計画する際の保全目標種として挙げている。今回の調査は限られた調査努力量によるものであったにも関わらず、都市・都市近郊域における保全目標種である3種の中型哺乳類がFM多摩丘陵に生息していることを確認することができた。撮影枚数の少なかったアナグマとキツネが撮影されたカメラは、ともに尾根沿いのコナラ優占林に設置したカメラであった。

この2台のカメラではノウサギやタヌキも頻繁に撮影されており、尾根沿いの二次林が多くの動物種の移動経路として重要な役割を果たしている可能性が考えられた。一方、アナグマ、ノウサギ、キツネは、FM多摩丘陵からわずか500mしか離れていない都立長沼公園では確認されていない種であった(園田・倉本2008)。中型哺乳類の最小行動圏は10ha程度であり(日高1996)、FM多摩丘陵と都立長沼公園は、中型哺乳類にとって移動可能な距離にある。しかし、FM多摩丘陵と都立長沼公園の間は大規模な地形の改変により尾根を分断する形で道路が横切っており、この道路が中型哺乳類の移動の障壁となっている可能性が考えられた。多摩丘陵において生態的ネットワークを計画する際は、移動経路となりやすい尾根沿いの森林が分断されないよう優先的に保全することが重要であると考えられた。

園田・倉本(2008)は、多摩丘陵においてキツネおよびノウサギが生息する場所が局所的であることと、2種の分布に影響を与える要因として草地的な

環境の重要性を指摘している。現在、キツネ・ノウサギの分布が確認されていない都立長沼公園の周辺部は住宅地に改変され、伝統的な農村景観はほとんど失われている。一方、FM 多摩丘陵では、かつての放棄水田が現在も実験用草地として管理されており、湧水環境や水路も存在するなど、多摩丘陵の伝統的な農村景観に近い環境が比較的良好な状態で維持されている。キツネは採餌場所や休息場所として草地や水辺環境を利用することが知られており (Takeuchi and Koganezawa 1992)、森林と草地や水辺環境が入り組んだ環境が存在することが、FM 多摩丘陵におけるキツネの生息につながっている可能性が考えられた。また、園田・倉本 (2008) が丘陵地性種としているアナグマ (Kaneko *et al.* 2006) や広域性種としているタヌキ (Saeki *et al.* 2007) も採餌環境として林縁や農地を利用することが指摘されており、FM 多摩丘陵における森林と草地、果樹園が入り組んだ環境が多くの中型哺乳類の生息に貢献している可能性が考えられた。

本研究ではノウサギの撮影頻度と LTER サブコードラート内の樹木密度との間に負の相関が認められ、ノウサギが樹木密度の低い明るい環境を好む傾向を確認することができた。阿倍ら (2005) は秋田駒ヶ岳における糞粒法による生息密度の調査から、非積雪期におけるノウサギの生息密度は餌資源となる草本量の多い場所で高くなる傾向を報告している。今回の調査の結果から、ノウサギは多摩丘陵においても樹木密度が低く林床に光が当たりやすい、下層の草本が豊富な環境を好んで利用していると考えられた。一方、タヌキの撮影枚数と樹木密度の間では、統計的に有意な相関関係は認められなかった。今回の調査では作業道沿いに設置した A 01 のカメラと、LTER 固定調査区中央の尾根に設置した A 04 のカメラでタヌキの撮影枚数が特に多い傾向がみられたことから、タヌキが何らかの目的で LTER 固定調査区内の特定の場所を集中的に利用している可能性が考えられた。

アナグマおよびキツネについては、撮影枚数が各 1 枚と非常に少なく、カメラが設置された環境との関係を解析することができなかった。カメラトラップによる撮影頻度は野生動物の生息密度と高い相関を示すことが知られており (Rovero and Marshall 2009)、本調査の結果は FM 多摩丘陵におけるアナグマおよびキツネの生息密度が低いことを反映している可能性がある。今後、多摩丘陵における生態系

ネットワークを計画するうえで、保全目標種である 2 種の分布や生息地利用の実態把握は重要な課題であると考えられた。

FM 多摩丘陵に隣接している都立長沼公園では、2006年の段階で外来種であるアライグマ (*Procyon lotor*) とハクビシン (*Paguma larvata*) の分布が確認されている (園田・倉本 2008)。今回 FM 多摩丘陵で実施した調査は季節・調査努力量ともに限られたものであることと、2 種の分布が既に関東山地および多摩丘陵全体に広がっていることから、アライグマおよびハクビシンが FM 多摩丘陵に生息していないとは言いきれない。FM 多摩丘陵における外来哺乳類の侵入状況を確認するには、今後さらなる調査を実施する必要があると考えられた。

孤立化・分断化が進行する多摩丘陵の森林において中型哺乳類の多様性を維持していくには、生態的ネットワークの保全・再生が特に重要な役割をもつ。本研究では、多摩丘陵の生態系ネットワークにおける保全目標種であるノウサギ、キツネ、アナグマが FM 多摩丘陵に生息し、種の供給源となる中核地域として重要な役割を果たす可能性を示すことができた。また 3 種が生息するには、森林の連結性に加え、林床の明るい森林や、隣接する草地的な環境および水辺環境を維持していく必要があると考えられた。今後は、FM 多摩丘陵に加え、周辺の森林も含めて中型哺乳類の分布や生息地利用の実態と森林の連結性や生息地の質的な環境との関係を明らかにし、都市計画や緑地計画における生態的ネットワークの保全・再生に向けた具体的指針のあり方を検討する必要がある。今後も FM 多摩丘陵が、都市近郊丘陵地における生態的ネットワークの中核地域として機能し、長期生態研究の拠点として活用され続けることを期待したい。

## 5. 謝 辞

本研究の実施にあたり、本学地域生態システム学科の星野義延准教授、金子弥生准教授、および本学大学院生の深町篤子氏には有用な助言をいただいた。また、農学府・農学部特別研究員の角田裕志博士、フロンティア農学教育センター産官学連携研究員の桑原考史博士、弘重 穰博士には、センサーカメラの設置の際、現地に足を運んでいただき、お手伝いいただいた。また、本学 OG の長谷川奈美氏には、FM 多摩丘陵 LTER 固定調査区における植生調査および毎木調査資料を快く提供してい

ただいた。ここに記して感謝したい。また、本研究の実施にご協力いただいた本学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センターの原 宏教授にはこの場を借りて深謝申し上げたい。本研究は文部科学省平成22年度特別教育研究経費「DPSIRスキームを用いた野生動物管理システムの開発」による助成を受けて実施されたものである。

### 引用文献

- 阿倍聖哉・梨本 真・矢竹一穂・松本吏弓・石井 孝 (2005) 秋田駒ヶ岳のイヌワシ行動圏におけるノウサギの生息密度と森林植生との関係。日本林学会誌, 87: 117-123.
- 土器屋由紀子・安富六郎・小倉紀雄・内川 武 (2001) 多摩丘陵の自然と研究—フィールドサイエンスへの招待—。134 pp, けやき出版, 立川。
- Forman, R.T.T. (1998) Land Mosaics: the ecology of landscape and regions. Cambridge University Press, New York.
- 藤村忠志 (1994) 多摩丘陵における農用林的利用衰退による二次林の植生変化。造園雑誌, 57: 211-216.
- 福田秀志・高山 元・井口雅史・柴田叡弐 (2008) カメラトラップ法で明らかにされた大台ヶ原の哺乳類相とその特徴。保全生態学研究, 13: 265-274.
- 長谷川奈美・星野義延・渡辺直明・原 宏 (2010) FM 多摩丘陵の 1 ha 固定調査区における毎木調査および植生調査資料。フィールドサイエンス, 8: 85-105.
- 日高敏隆 (1996) 日本動物大百科 1 哺乳類 I, 平凡社, 東京。
- 星野義延・八木正徳 (2001) アズマネザサの分布と生態。多摩丘陵の自然と研究—フィールドサイエンスへの招待—。土器屋由紀子・安富六郎・小倉紀雄・内川 武 編, 134 pp, けやき出版, 立川: 95-102.
- 井出 任・守山 弘・原田直國 (1992) 農村地域における植生配置の特性と種子供給に関する生態学的研究。造園雑誌, 56: 28-38.
- Jongman, R. H. G., Kùkvik, M. and Kristiansen, I. (2004) European ecological networks and greenways. Landscape and Urban Planning, 68: 305-319.
- 金子賢太郎・小金澤正明・丸山哲也 (2004) 自動撮影 2 法とスポットライトセンサスにおける観察動物の種類と数の違い。野生鳥獣研究紀要, 30: 34-42.
- Kaneko, Y., Maruyama, N. and Macdonald, D.W. (2006) Food habits and habitat selection of suburban badgers (*Meles meles*) in Japan. Journal of Zoology, 270: 78-89.
- 金子弥生・塚田英晴・奥村忠誠・藤井 猛・佐々木 浩・村上隆広 (2009) 食肉目のフィールドサイン, 自動撮影技術と解析—分布調査を例にして。哺乳類科学, 49: 65-88.
- 岸 洋一 (2003) 東京農工大学フィールドサイエンス・センターにおける長期モニタリング。フィールドサイエンス, 3: 49-53.
- 桑原 誠・金子 稔・木下浩幸・熊倉 充 (2006) 東京農工大学 FM (フィールドミュージアム) 大谷山, 草木, 唐沢山, 秩父における動物生息状況の記録 (第 3 報)。フィールドサイエンス, 6: 43-50.
- 前迫ゆり (2010) カメラトラップ法による春日山照葉樹林の哺乳類と鳥類。大阪産業大学人間環境論集, 9: 79-96.
- 松林尚志・石坂真悟・中川 徹・中村幸人 (2009) 多摩川源流域の中大型哺乳類相: —食害予防のためのセンサーカメラによる事前調査—。東京農業大学農学集報, 54: 110-115.
- 中島道朗 (1958) 波丘地における森林の取り扱いについて。波丘地農業研究所報, 1: 1-9.
- Rovero, F. and Marshall, A.R. (2009) Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. Journal of Applied Ecology, 46: 1011-1017.
- Saeki, M., Johnson P. J., and Macdonald, D.W. (2007) Movement and habitat selection of Raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) in a mosaic landscape. Journal of Mammalogy, 88: 1098-1111.
- 園田陽一・倉本 宣 (2001) 神奈川県都市近郊域におけるホンダタヌキ *Nyctereutes procyonoides viverinus* の分布と土地利用の関係について。明治大学農学部研究報告, 128: 1-11.
- 園田陽一・倉本 宣 (2008) 多摩丘陵および関東山地における非飛翔性哺乳類の種組成に対する森林の孤立化の影響。応用生態工学, 11: 41-49.
- 武内和彦 (1980) 多摩丘陵の緑地現況に関する植生



- 学的考察. 総合都市研究, 10 : 59-68.
- Takeuchi, M. and Koganezawa, M. (1992) Home range and habitat utilization of the red fox in the Ashio mountains, Central Japan. *Journal of Mammalogical Society of Japan*, 17 : 95-110.
- 辻野 亮・松井 淳・丑丸敦史・瀬尾明弘・川瀬大樹・内橋尚妙・鈴木健司・高橋淳子・湯元貴和・竹門康弘 (2007) 深泥池湿原へのニホンジカの侵入と植生に対する採食圧. 保全生態学研究, 12 : 20-27.
- 塚田英晴・深澤 充・小迫孝実・須藤まどか・井村 毅・平川浩文 (2006) 放牧地の哺乳類相調査への自動撮影装置の応用. *哺乳類科学*, 46 : 5-19.
- Yasuda, M. (2004) Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps : a case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study*, 29 : 37-46.

## 研究資料

東京農工大学フィールドミュージアム草木の  
長期生態学研究固定調査区における植生調査資料深町 篤子<sup>\*1</sup>・星野 義延<sup>\*2</sup>・吉川 正人<sup>\*2</sup>・渡辺 直明<sup>\*3</sup>Vegetation Survey at the Long Term Ecological Research Plot  
in the Field Museum Kusaki, Tokyo University of Agriculture and TechnologyAtsuko FUKAMACHI<sup>\*1</sup>, Yoshinobu HOSHINO<sup>\*2</sup>, Masato YOSHIKAWA<sup>\*2</sup> and Naoaki WATANABE<sup>\*2</sup>

We report the results of vegetation survey at the long term ecological research (LTER) plot in the Field Museum Kusaki, located in Gunma prefecture, eastern Japan. This area is the northern limit of distribution range of *Fraxinus platypoda* which is a representative dominant species of riparian forests in southwestern Japan. We aimed to accumulate the basic vegetation data for monitoring survey and comparative study to other LTER plots. The species composition was surveyed for 100 quadrats by phytosociological method in 2008 and 2009. Londo's scale that was suggested for monitoring researches in permanent plots was used to estimate dominance and abundance of species. The hundred quadrats were divided into 8 vegetation types by their species composition using Two-ways indicator species analysis (TWINSPAN).

*Key words* : Londo's scale, TWINSPAN, Indicator species, *Fraxinus platypoda*

本稿は、シオジ分布北限域に位置する FM 草木に設置された 1 ha の長期生態学研究固定調査区における第一回目の植生調査資料を蓄積、公開し、今後の植物群落の種組成の変動の観測と他の地域との比較を可能にする基礎資料を提供するものである。植生調査を、永久方形区での植生調査用に提案された Londo の十進階級法を用いて春期と夏期に行い、各コドラートにおける維管束植物種の被度を測定した。得られた調査資料から、TWINSPAN 法によって各コドラートの植生タイプ分類を行い、8つの植生タイプを認めた。

キーワード : Londo の十進階級法, TWINSPAN, 指標種, シオジ

## 1. はじめに

東京農工大学農学部は東京都から100 km 圏内に自然環境教育・研究の場としての8ヶ所のフィールドミュージアム (FM) を有し、環境に関するモニタリングが長期間行われている (岸, 2003)。そのうち森林面積が最大である群馬県みどり市東町 (旧勢多郡東村) にある FM 草木は、2005年に100 m×

100 m の長期生態学研究固定調査区 (以下, 調査区) が設置され (渡辺ら, 2007), 2006年に日本長期生態学研究ネットワーク (Japan Long Term Ecological Research Network, JaLTER) の森林系準サイトとして登録された。

FM 草木は、シオジ (*Fraxinus platypoda*) の分布北限域である渡良瀬川の上流域に位置する。その中でも調査区は最上流部に設置され、谷底面でシオジ

\*1 東京農工大学大学院連合農学研究科環境資源共生科学専攻 〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 : Division of Symbiotic Science of Environment and Natural Resources, United Graduate School of Agricultural Science Tokyo University of Agriculture and Technology, 3-5-8 Saiwai-cho Fuchu-shi, Tokyo, 183-8509, Japan

\*2 東京農工大学大学院農学研究科 〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 : Institute of Agricultural Science, Tokyo University of Agriculture and Technology, 3-5-8 Saiwai-cho, Fuchu-shi, Tokyo, 183-8509, Japan

\*3 東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター 〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 : Field Science Center, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, 3-5-8 Saiwai-cho, Fuchu-shi, Tokyo, 183-8509, Japan

が優占し、斜面域でミズナラ (*Quercus crispula*), クリ (*Castanea crenata*) が優占している。ここでは既に、胸高周囲長15 cm 以上の樹木についての毎木調査が行われている (渡辺ら, 2007) が、林床を含めた群落としての現状は未記載であった。本稿は、調査区の第一回目の植生調査資料を蓄積、公開し、今後の植物群落の種組成の変動の観測と他の地域との比較を可能にする基礎資料を提供するものである。

## 2. 方法

### 2.1 調査区概要

調査区 (Fig. 1. a, b,  $36^{\circ}32'N$ ,  $139^{\circ}25'E$ , ca. 950 m a.s.l.) は渡良瀬川支流横川の源流域における0次谷 (塚本ら, 1973) と1次谷の合流部に位置し、谷底面と斜面域を含む。FM 草木見晴し気候観測地点

(950 m a.s.l.) の1997~2008年のデータによると、年平均気温は約 $9.0^{\circ}C$ 、年降水量は約1807 mmである。吉良 (1948) の暖かさの指数は69.6、寒さの指数は $-21.7$ で、冷温帯下部に相当する。

調査区では水平距離10 m 間隔で杭が打たれ、10 m 四方のコドラートが100個設けられている (Fig. 1. c, 渡辺ら, 2007)。調査区内における胸高周囲長15 cm 以上の樹木の胸高断面積合計の割合は、シオジが最も高く、これにクリ, ミズナラが続く (渡辺ら, 2007)。

### 2.2 植生調査

調査区内の種組成を詳細に把握するため、2008年8, 9月, 2009年4, 5月にLondoの十進階級法 (Londo, 1976) を用いて、高木層から草本層までの各階層の出現種とその被度・数度をコドラートご

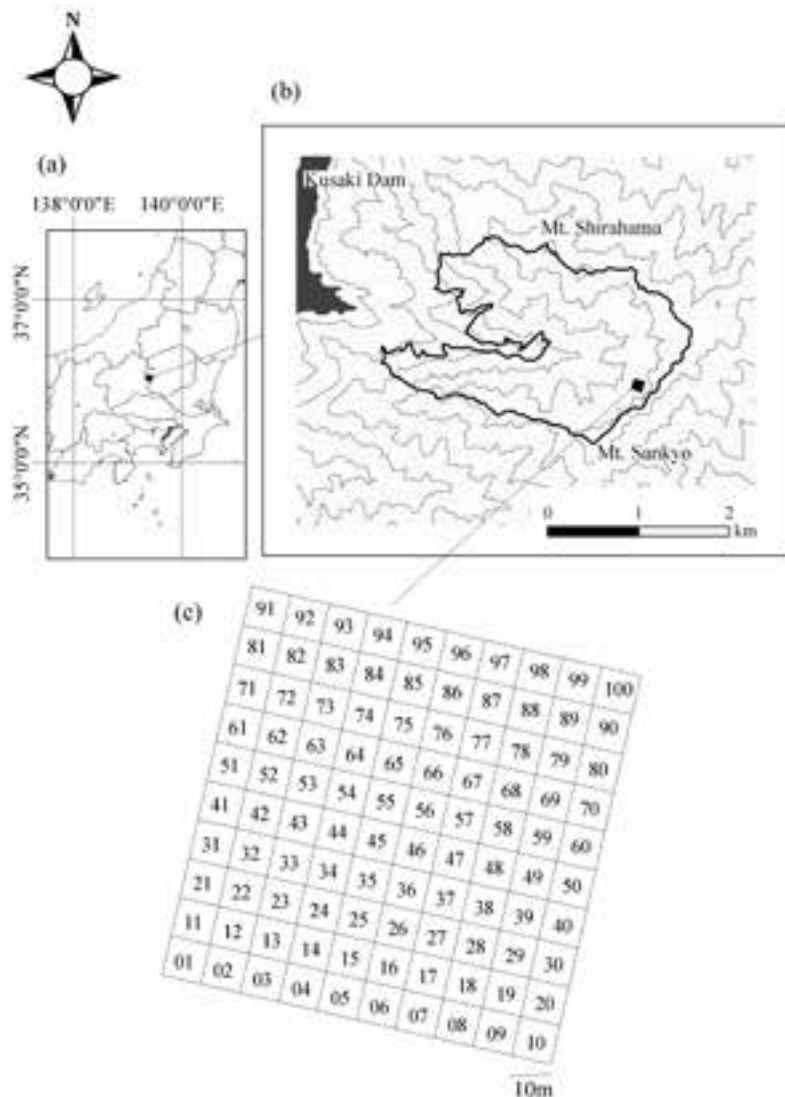


Fig. 1 The location of the long term ecological research plot (a) in Japan, (b) at FM Kusaki presented a thick line, and (c) each quadrat number in the plot.



Table 1 Decimal scale for recording coverage in the vegetation survey. Modified from Londo (1976).

symbol	coverage
10	95~100%
9	85~95%
8	75~85%
7	65~75%
6	55~65%
5	45~55%
4	35~45%
3	25~35%
2	15~25%
1	5~15%
.4	3~5%
.2	1~3%
.1	0.5~1%
+	0.5%以下

supplementary symbols*	(Number of standard individuals in this study)
r = rare, sporadic	(1, 2 individuals)
p = rather sparse	(3~10 individuals)
a = plentiful	(11~100 individuals)
m = very numerous	(more than 101 individuals)

\*Supplementary symbols show abundance in the case that the coverage is less than 5%.

とに記録した。Londoの十進階級法は、低被度域では数度の評価をアルファベットで数値とともに表現することで被度階級は13階級となるなど、一般的な植生調査で使用されるBraun-Blanquetの被度階級に比べてスケールは十分に細かく、被度と数度は厳密に分けられているため、永久方形区での植生調査に適している(星野, 1995)。なお、本研究では被度が5%以下の場合にアルファベットを用いて数度を表し、被度が0.5%以下の場合に優占度階級に「+」を用いて14階級とした(Table 1)。和名、学名は米倉・梶田(2003)に従った。

### 2.3 解析方法

春期と夏期の2度の調査から、各コドラートにおける種の在・不在のデータに基づき、TWINSPAN法(Two-ways indicator species analysis: Hill, 1979)により各コドラートを第3水準まで分割し、最終的に8つの植生タイプを得た。なお、解析にはPC-ORD ver. 4.33 (McCune and Mefford, 1999)を用いた。

### 3. 結果と考察

出現した植物種は67科238種であった(Table 2)。このうち、木本の実生も草本も生育する草本層(高さ1 m以下)では、全種数の91%にあたる217種が記録された。なお、草本層で記録されなかった21種の本木には、ウラジロノキ(*Aria japonica*)やイヌザクラ(*Padus buergeriana*)、ダンコウバイ(*Lindera obtusiloba*)、アズキナシ(*Aria alnifolia*)、カツラ(*Cercidiphyllum japonicum*)などが含まれた。

TWINSPAN法による第3水準までの植生タイプ分類によって8つのタイプに分けられた(Fig. 2)。タイプごとのコドラートはほとんどが隣接した(Fig. 3)。胸高断面積合計が大きいシオジ(渡辺ら, 2007)は出現回数も多く、随伴種として判定された(Table 3)。Table 3では、出現したコドラート数が10未満で指標種ではない種は省略した。

第1水準における植生タイプAには100コドラートのうち60コドラートが分類され、本タイプの指標種は、ムカゴイラクサ(*Laportea bulbifera*)、ヤマアジサイ(*Hydrangea serrata* var. *serrata*)、イワネコノメソウ(*Chrysosplenium echinus*)、ミヤマハコベ(*Stellaria sessiliflora*)の4種であった。これらのうち、イワネコノメソウ以外は関東における山地溪畔林構成種として記載されている(大野, 1986)。また、植生タイプBには40コドラートが分類され、本タイプにおける指標種はミズナラ、アシボソ(*Microstegium vimineum*)、ハクウンボク(*Styrax obassia*)、コゴメウツギ(*Neillia incisa*)、ヤマジノホトトギス(*Tricyrtis affinis*)であった。これらのうち、アシボソ以外はミズナラ林への適合性が高い種である(星野, 1994, 1999)。これらのことから、本調査区内の植生は、シオジが優占する山地溪畔林と、ミズナラが優占する斜面の樹林に大きく分けられるといえる。このうち、ミズナラが優占するタイプBは、星野(1994)によりFM草木を原記載地として報告されたミズナラクロヒナスゲ群集(*Carici gifuensis* - *Quercetum mongolicae* *grosse-serratae* Hoshino 1994)に相当する。以下に第2水準以下の植生タイプについて述べる。

第2水準における分割で、60コドラートのうち植生タイプAaと分類されたのは36コドラートで、第2水準の分割では最も多くのコドラートが含まれた。その指標種はイワネコノメソウ、ハナネコノメ(*Chrysosplenium album* var. *stamineum*)、ワチガイ

Table 2 The list of flora in the long term ecological research plot at FM Kusaki. Nomenclature is in accordance with Ylist (Yonekura and Kajita, 2003). The species of Pteridophyte were arranged in order of Reveal (1999) that was introduced in Ylist (Yonekura and Kajita, 2003), and Angiosperm were arranged in order of the Engler system which is one of the prime systems of plant taxonomy.

Family name		Nomenclature	Japanese name		
Woodsiaceae	イワデンド科	<i>Athyrium niponicum</i>	イヌワラビ		
		<i>Athyrium vidalii</i>	ヤマイヌワラビ		
		<i>Athyrium yokoscense</i>	ヘビノネゴザ		
		<i>Cornopteris crenulatoserrulata</i>	イッポンワラビ		
		<i>Deparia conilii</i>	ホソバシケシダ		
		<i>Deparia orientalis</i>	ハクモウイノデ		
		<i>Deparia pycnosora</i> var. <i>pycnosora</i>	ミヤマシケシダ		
		<i>Diplazium squamigerum</i>	キョウタキシダ		
		<i>Matteuccia struthiopteris</i>	クサソテツ		
		<i>Woodsia manchuriensis</i>	フクロシダ		
Thelypteridaceae	ヒメシダ科	<i>Stegnogramma pozoi</i> subsp. <i>mollissima</i>	ミゾシダ		
Dryopteridaceae	オシダ科	<i>Dryopteris goldiana</i> subsp. <i>monticola</i>	ミヤマベニシダ		
		<i>Dryopteris polylepis</i>	ミヤマクマワラビ		
		<i>Polystichum ovatopaleaceum</i>	ツヤナシイノデ (広義)		
		<i>Polystichum tripterum</i>	ジュウモンジシダ		
Polypodiaceae	ウラボシ科	<i>Lepisorus ussuriensis</i> var. <i>distans</i>	ミヤマノキシノブ		
Juglandaceae	クルミ科	<i>Juglans mandshurica</i> var. <i>sieboldiana</i>	オニグルミ		
Betulaceae	カバノキ科	<i>Betula grossa</i>	ミズメ		
		<i>Betula maximowicziana</i>	ウダイカンバ		
		<i>Carpinus cordata</i>	サワシバ		
		<i>Carpinus japonica</i>	クマシデ		
		<i>Carpinus tschonoskii</i>	イヌシデ		
		<i>Corylus sieboldiana</i>	ツノハシバミ		
		Fagaceae	ブナ科	<i>Castanea crenata</i>	クリ
				<i>Fagus japonica</i>	イヌブナ
<i>Quercus crispula</i>	ミズナラ				
<i>Quercus serrata</i>	コナラ				
<i>Ulmus laciniata</i>	オヒョウ				
Ulmaceae	ニレ科	<i>Zelkova serrata</i>	ケヤキ		
		Urticaceae	イラクサ科	<i>Boehmeria gracilis</i>	クサコアカソ
<i>Elatostema japonicum</i> var. <i>majus</i>	ウワバミソウ				
<i>Laportea bulbifera</i>	ムカゴイラクサ				
<i>Pilea japonica</i>	ヤマミズ				
Polygonaceae	タデ科	<i>Pilea pumila</i> var. <i>hamaoi</i>	ミズ		
		<i>Persicaria debilis</i>	ミヤマタニソバ		
		<i>Persicaria nepalensis</i>	タニソバ		
		<i>Persicaria oreophila</i>	ヤマミゾソバ		
		<i>Persicaria posumbu</i>	ハナタデ		
		<i>Persicaria filiformis</i>	ミズヒキ		
		<i>Bistorta tenuicaulis</i> var. <i>tenuicaulis</i>	ハルトラノオ		
Caryophyllaceae	ナデシコ科	<i>Fallopia japonica</i>	イタドリ		
		<i>Pseudostellaria heterantha</i>	ワチガイソウ		
		<i>Pseudostellaria heterophylla</i>	ワダソウ		
		<i>Silene miqueliana</i>	フシグロセンノウ		
		<i>Stellaria sessiliflora</i>	ミヤマハコベ		
Amaranthaceae	ヒユ科	<i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>japonica</i>	イノコヅチ		
Magnoliaceae	モクレン科	<i>Magnolia hypoleuca</i>	ホオノキ		
Schisandraceae	マツブサ科	<i>Schisandra repanda</i>	マツブサ		
Lauraceae	クスノキ科	<i>Lindera obtusiloba</i>	ダンコウバイ		
		<i>Lindera praecox</i>	アブラチャン		
		<i>Lindera umbellata</i>	クロモジ		
		Cercidiphyllaceae	カツラ科	<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	カツラ
Ranunculaceae	キンポウゲ科			<i>Anemone flaccida</i>	ニリンソウ
				<i>Anemone raddeana</i>	アズマイチゲ
		<i>Cimicifuga japonica</i>	オオバショウマ		

Family name		Nomenclature	Japanese name
		<i>Clematis apiifolia</i> var. <i>bitermata</i>	コボタンヅル
		<i>Clematis japonica</i>	ハンシヨウヅル
Berberidaceae	メギ科	<i>Berberis thunbergii</i>	メギ
Lardizabalaceae	アケビ科	<i>Akebia trifoliata</i>	ミツバアケビ
Chloranthaceae	センリョウ科	<i>Chloranthus serratus</i>	フタリシズカ
Aristolochiaceae	ウマノスズクサ科	<i>Asarum caulescens</i>	フタバアオイ
		<i>Asarum sieboldii</i>	ウスバサイシン
Actinidiaceae	マタタビ科	<i>Actinidia arguta</i>	サルナシ
		<i>Actinidia polygama</i>	マタタビ
Theaceae	ツバキ科	<i>Stewartia pseudocamellia</i>	ナツツバキ
Fumariaceae	ケマンソウ科	<i>Corydalis lineariloba</i>	ヤマエンゴサク
		<i>Corydalis pallida</i> var. <i>tenuis</i>	ミヤマキケマン
Brassicaceae	アブラナ科	<i>Cardamine appendiculata</i>	ヒロハコンロンソウ
		<i>Cardamine leucantha</i>	コンロンソウ
Hamamelidaceae	マンサク科	<i>Hamamelis japonica</i>	マンサク
Saxifragaceae	ユキノシタ科	<i>Astilbe thunbergii</i> var. <i>thunbergii</i>	アカシヨウマ
		<i>Chrysosplenium album</i> var. <i>stamineum</i>	ハナネコノメ
		<i>Chrysosplenium echinus</i>	イワネコノメソウ
		<i>Chrysosplenium flagelliferum</i>	ツルネコノメソウ
		<i>Chrysosplenium macrostemon</i> var. <i>shiobarensense</i>	ニッコウネコノメ
		<i>Chrysosplenium pilosum</i> var. <i>fulvum</i>	オオコガネネコノメソウ
		<i>Peltoboykinia tellimoides</i>	ヤワタソウ
Hydrangeaceae	アジサイ科	<i>Cardiandra alternifolia</i>	クサアジサイ
		<i>Deutzia gracilis</i>	ヒメウツギ
		<i>Hydrangea hirta</i>	コアジサイ
		<i>Hydrangea involucrata</i>	タマアジサイ
		<i>Hydrangea paniculata</i>	ノリウツギ
		<i>Hydrangea petiolaris</i>	ツルアジサイ
		<i>Hydrangea serrata</i> var. <i>serrata</i>	ヤマアジサイ
		<i>Philadelphus satsumi</i>	バイカウツギ
		<i>Schizophragma hydrangeoides</i>	イワガラミ
Rosaceae	バラ科	<i>Malus toringo</i>	ズミ
		<i>Padus buergeriana</i>	イヌザクラ
		<i>Padus grayana</i>	ウワミズザクラ
		<i>Potentilla rosulifera</i>	ツルキンバイ
		<i>Rosa multiflora</i>	ノイバラ
		<i>Rubus crataegifolius</i>	クマイチゴ
		<i>Rubus microphyllus</i>	ニガイチゴ
		<i>Rubus palmatus</i> var. <i>coptophyllus</i>	モミジイチゴ
		<i>Rubus subcrataegifolius</i>	ミヤマニガイチゴ
		<i>Aria alnifolia</i>	アズキナシ
		<i>Aria japonica</i>	ウラジロノキ
		<i>Stephanandra incisa</i>	コゴメウツギ
		<i>Cerasus apetala</i>	チョウジザクラ
		<i>Cerasus jamasakura</i>	ヤマザクラ
		<i>Cerasus leveilleana</i>	カスミザクラ
Fabaceae	マメ科	<i>Amphicarpaea bracteata</i> subsp. <i>edgeworthii</i> var. <i>japonica</i>	ヤブマメ
		<i>Dumasia truncata</i>	ノササゲ
		<i>Wisteria floribunda</i>	フジ
Rutaceae	ミカン科	<i>Phellodendron amurense</i>	キハダ
		<i>Zanthoxylum piperitum</i>	サンシヨウ
Anacardiaceae	ウルシ科	<i>Rhus javanica</i> var. <i>chinensis</i>	ヌルデ
Aceraceae	カエデ科	<i>Acer amoenum</i> var. <i>amoenum</i>	オオモミジ
		<i>Acer argutum</i>	アサノハカエデ
		<i>Acer carpinifolium</i>	チドリノキ
		<i>Acer cissifolium</i>	ミツデカエデ
		<i>Acer crataegifolium</i>	ウリカエデ
		<i>Acer distylum</i>	ヒトツバカエデ



Family name		Nomenclature	Japanese name
		<i>Acer japonicum</i>	ハウチワカエデ
		<i>Acer maximowiczianum</i>	メグスリノキ
		<i>Acer micranthum</i>	コミネカエデ
		<i>Acer pictum</i> subsp. <i>dissectum</i> f. <i>connivens</i>	ウラゲエンコウカエデ
		<i>Acer pictum</i> subsp. <i>dissectum</i> f. <i>dissectum</i>	エンコウカエデ
		<i>Acer pictum</i> subsp. <i>pictum</i> f. <i>ambiguum</i>	オニイタヤ
		<i>Acer pictum</i> subsp. <i>savatieri</i>	イトマキイタヤ
		<i>Acer rufinerve</i>	ウリハダカエデ
		<i>Acer shirasawanum</i>	オオイタヤメイゲツ
		<i>Acer sieboldianum</i>	コハウチワカエデ
		<i>Acer tenuifolium</i>	ヒナウチワカエデ
Hippocastanaceae	トチノキ科	<i>Aesculus turbinata</i>	トチノキ
Balsaminaceae	ツリフネソウ科	<i>Impatiens textorii</i>	ツリフネソウ
Aquifoliaceae	モチノキ科	<i>Ilex crenata</i>	イヌツゲ
		<i>Ilex macropoda</i>	アオハダ
Celastraceae	ニシキギ科	<i>Celastrus orbiculatus</i> var. <i>strigillosus</i>	オニツルウメモドキ
		<i>Euonymus oxyphyllus</i>	ツリバナ
		<i>Euonymus planipes</i>	オオツリバナ
		<i>Euonymus sieboldianus</i>	マユミ
		<i>Euonymus sieboldianus</i> var. <i>sanguineus</i>	カントウマユミ
Rhamnaceae	クロウメモドキ科	<i>Berberis racemosa</i>	クマヤナギ
Vitaceae	ブドウ科	<i>Ampelopsis glandulosa</i> var. <i>heterophylla</i>	ノブドウ
		<i>Cayratia japonica</i>	ヤブガラシ
		<i>Vitis coignetiae</i>	ヤマブドウ
		<i>Vitis flexuosa</i>	サンカクヅル
Violaceae	スミレ科	<i>Viola acuminata</i>	エゾノタチツボスミレ
		<i>Viola eizanensis</i>	エイザンスミレ
		<i>Viola eizanensis</i> var. <i>simplicifolia</i>	ヒトツバエゾスミレ
		<i>Viola grypceras</i>	タチツボスミレ
		<i>Viola rossii</i>	アケボノスミレ
		<i>Viola sieboldii</i>	フモトスミレ
Onagraceae	アカバナ科	<i>Circaea alpina</i>	ミヤマタニタデ
		<i>Circaea erubescens</i>	タニタデ
Alangiaceae	ウリノキ科	<i>Alangium platanifolium</i> var. <i>trilobatum</i>	ウリノキ
Cornaceae	ミズキ科	<i>Swida controversa</i>	ミズキ
		<i>Helwingia japonica</i>	ハナイカダ
Araliaceae	ウコギ科	<i>Aralia elata</i>	タラノキ
		<i>Chengiopanax sciadophylloides</i>	コシアブラ
		<i>Kalopanax septemlobus</i>	ハリギリ
		<i>Panax japonicus</i>	トチバニンジン
Apiaceae	セリ科	<i>Spuriopimpinella calycina</i>	カノツメソウ
		<i>Angelica polymorpha</i>	シラネセンキュウ
		<i>Angelica pubescens</i>	シシウド
Clethraceae	リョウブ科	<i>Clethra barbinervis</i>	リョウブ
Monotropaceae	シャクジョウソウ科	<i>Monotropa uniflora</i>	ギンリョウソウモドキ
Ericaceae	ツツジ科	<i>Lyonia ovalifolia</i> subsp. <i>neziki</i>	ネジキ
		<i>Rhododendron kaempferi</i> var. <i>kaempferi</i>	ヤマツツジ
		<i>Rhododendron wadanum</i>	トウゴクミツバツツジ
Primulaceae	サクラソウ科	<i>Lysimachia clethroides</i>	オカトラノオ
Styracaceae	エゴノキ科	<i>Pterostyrax hispida</i>	オオバアサガラ
		<i>Styrax obassia</i>	ハクウンボク
		<i>Styrax shiraiana</i>	コハクウンボク
Symplocaceae	ハイノキ科	<i>Symplocos sawafutagi</i>	サワフタギ
Oleaceae	モクセイ科	<i>Fraxinus lanuginosa</i>	ケアオダモ
		<i>Fraxinus longicuspis</i>	ヤマトアオダモ
		<i>Fraxinus platypoda</i>	シオジ
		<i>Fraxinus sieboldiana</i>	マルバアオダモ
		<i>Ligustrum tschonoskii</i>	ミヤマイボタ

Family name		Nomenclature	Japanese name
Asclepiadaceae	ガガイモ科	<i>Cynanchum caudatum</i>	イケマ
Verbenaceae	クマツヅラ科	<i>Callicarpa japonica</i>	ムラサキシキブ
		<i>Clerodendrum trichotomum</i>	クサギ
		<i>Phryma leptostachya</i> subsp. <i>asiatica</i>	ハエドクソウ
Lamiaceae	シソ科	<i>Clinopodium multicaule</i> var. <i>latifolium</i>	ヒロハヤマトウバナ
		<i>Isodon umbrosus</i> var. <i>leucanthus</i> f. <i>kameba</i>	カメバヒキオコシ
		<i>Ajuga yesoensis</i> var. <i>tsukubana</i>	ツクバキンモンソウ
		<i>Leucoscepttrum japonicum</i>	テンニンソウ
		<i>Salvia nipponica</i>	キバナアキギリ
		<i>Chelonopsis moschata</i>	ジャコウソウ
Scrophulariaceae	ゴマノハグサ科	<i>Scrophularia duplicatoserrata</i>	ヒナノウスツボ
		<i>Scrophularia kakudensis</i>	オオヒナノウスツボ
		<i>Veronica miqueliana</i>	クワガタソウ
Caprifoliaceae	スイカズラ科	<i>Sambucus racemosa</i> subsp. <i>sieboldiana</i>	ニワトコ
		<i>Viburnum dilatatum</i>	ガマズミ
		<i>Viburnum phlebotrichum</i>	オトコヨウゾメ
		<i>Viburnum plicatum</i> var. <i>tomentosum</i>	ヤブデマリ
		<i>Viburnum wrightii</i>	ミヤマガマズミ
		<i>Abelia spathulata</i>	ツクバネウツギ
		<i>Abelia tetrasepala</i>	オオツクバネウツギ
Campanulaceae	キキョウ科	<i>Adenophora remotiflora</i>	ソバナ
Asteraceae	キク科	<i>Adenocaulon himalaicum</i>	ノブキ
		<i>Ainsliaea acerifolia</i> var. <i>subapoda</i>	オクモミジハグマ
		<i>Artemisia keiskeana</i>	イヌヨモギ
		<i>Aster ageratoides</i> var. <i>ageratoides</i>	シロヨメナ
		<i>Carpesium divaricatum</i>	ガンクビソウ
		<i>Carpesium triste</i>	ミヤマヤブタバコ
		<i>Cirsium microspicatum</i> var. <i>microspicatum</i>	アズマヤマアザミ
		<i>Cirsium nipponicum</i> var. <i>incomptum</i>	トネアザミ
		<i>Eupatorium makinoi</i>	ヒヨドリバナ (広義)
		<i>Ligularia stenocephala</i>	メタカラコウ
		<i>Parasenecio delphiniifolius</i>	モミジガサ
		<i>Parasenecio farfarifolius</i> var. <i>farfarifolius</i>	ウスゲタマブキ
		<i>Parasenecio yatabei</i>	ヤマタイミンガサ
		<i>Pertya glabrescens</i>	ナガバノコウヤボウキ
		<i>Prenanthes acerifolia</i>	フクオウソウ
		<i>Saussurea nikoensis</i>	シラネアザミ
		<i>Saussurea nipponica</i> subsp. <i>savatieri</i>	アサマヒゴタイ
		<i>Senecio nemorensis</i>	キオン
		<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i>	アキノキリンソウ
		<i>Synurus pungens</i>	オヤマボクチ
Smilacaceae	サルトリイバラ科	<i>Smilax riparia</i>	シオデ
Liliaceae	ユリ科	<i>Disporum smilacinum</i>	チゴユリ
		<i>Paris tetraphylla</i>	ツクバネソウ
		<i>Trillium tschonoskii</i>	ミヤマエンレイソウ
		<i>Cardiocrinum cordatum</i>	ウバユリ
		<i>Tricyrtis affinis</i>	ヤマジノホトトギス
		<i>Tricyrtis latifolia</i>	タマガワホトトギス
		<i>Allium monanthum</i>	ヒメニラ
		<i>Hosta sieboldii</i> var. <i>sieboldii</i> f. <i>spathulata</i>	コバギボウシ
		<i>Smilacina japonica</i>	ユキザサ
		<i>Polygonatum lasianthum</i>	ミヤマナルコユリ
Dioscoreaceae	ヤマノイモ科	<i>Dioscorea gracillima</i>	タチドコロ
		<i>Dioscorea tokoro</i>	オニドコロ
Commelinaceae	ツユクサ科	<i>Commelina communis</i>	ツユクサ
Poaceae	イネ科	<i>Sasa nipponica</i>	ミヤコザサ
		<i>Calamagrostis brachytricha</i>	ノガリヤス
		<i>Calamagrostis hakonensis</i>	ヒメノガリヤス

Family name		Nomenclature	Japanese name
Araceae	サトイモ科	<i>Microstegium vimineum</i>	アシボソ (広義)
		<i>Oplismenus undulatifolius</i> var. <i>japonicus</i>	コチヂミザサ
		<i>Oplismenus undulatifolius</i> var. <i>undulatifolius</i>	ケチヂミザサ (狭義)
		<i>Arisaema nikoense</i>	ユモトマムシグサ
		<i>Arisaema serratum</i>	マムシグサ
Cyperaceae	カヤツリグサ科	<i>Carex fernaldiana</i>	イトスゲ
		<i>Carex gifuensis</i>	クロヒナスゲ
		<i>Carex siderosticta</i>	タガネソウ
Orchidaceae	ラン科	<i>Cephalanthera longibracteata</i>	ササバギンラン

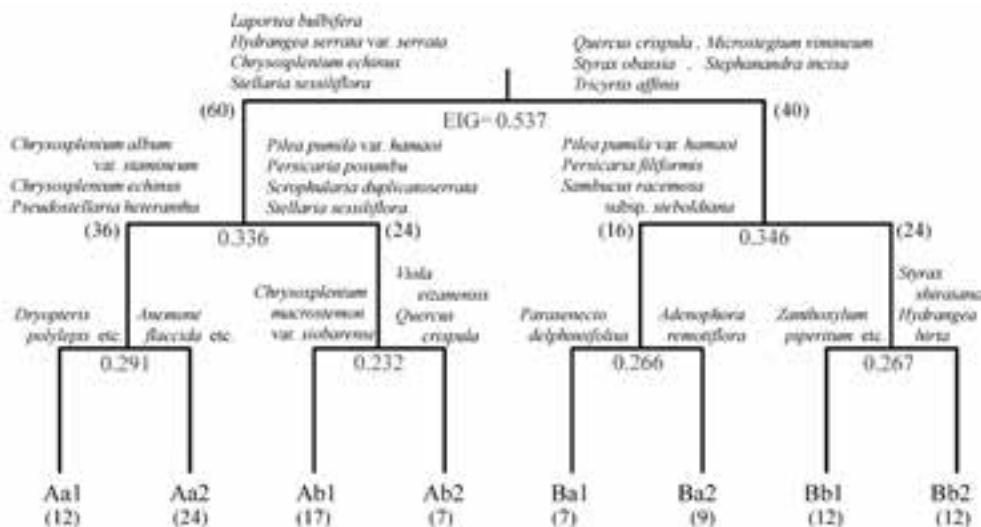


Fig. 2 Two-way indicator species analysis (TWINSPAN) dendrogram of eight vegetation types. Indicator species and eigenvalues are shown on each division. The parenthetic numbers indicate the number of quadrats classified into each vegetation type.

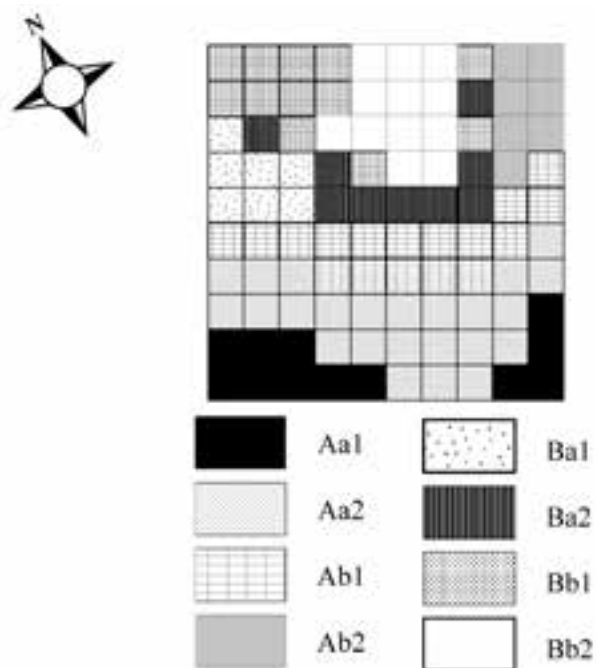


Fig. 3 Spatial distribution of vegetation types in each quadrat (100 m<sup>2</sup>, n=100) divided by TWINSPAN in the long term ecological research plot.

ソウ (*Pseudostellaria heterantha*) の3種であり、いずれも春咲きの小型草本であった。Aaは第3水準でさらにAa1とAa2に分割された。植生タイプAa1に分類されたのは12コドラートであった。指標種はミヤマクマワラビ (*Dryopteris polylepis*), クサアジサイ (*Cardiandra alternifolia*), クマシデ (*Carpinus japonica*), アカショウマ (*Astilbe thunbergii* var. *thunbergii*), ヘビノネゴザ (*Athyrium yokoscense*) の5種とされた。シダ植物が指標種に含まれたのはこの植生タイプのみであった。また、植生タイプAa2には第3水準の分割で最も多い24コドラートが分類された。指標種にはニリンソウ (*Anemone flaccida*), ハルトラノオ (*Bistorta tenuicaulis* var. *tenuicaulis*), ニッコウネコノメ (*Chrysosplenium macrostemon* var. *shiobarense*) の3種が認められた。これらはいずれも春咲きの小型草本であり、植生タイプAaの中でもAa2に特にこのような生活型の種が含まれていることがわかった。

また、60コドラートのうち残りの24コドラートが



Table 3 Species composition in each quadrat at the long term ecological research plot at FM Kusaki. Each quadrat area is 100 m<sup>2</sup>. The vegetation survey was conducted in August and September in 2008, and in April and May in 2009. The quadrats are arranged in order of the result of TWINSPAN, and the species are ordered by the number of occurrence except for the indicator species. The symbols in species columns show their coverage and the abundance in each quadrat they occurred.

Table with columns for Vegetation type (A, Aa, Aa1, Aa2), Running number, Quadrats number, Tree layer, Shrub layer, Herb layer, and Japanese name. Rows list various species like Laportea bullifera, Hydnangium serotinum, and others, with their presence/absence and coverage/abundance symbols across 44 quadrats.



Vegetation type		IB1										IB2										Number of occurrence					
		IB1					IB2					IB1					IB2										
Running number																											
Quadrats number																											
Tree layer																											
Subtree layer																											
Shrub layer																											
Shrub 2nd layer																											
Herb layer																											
Number of species																											
Indicator species of vegetation type A	<i>Larix kaibaraensis</i>																										4
Indicator species of vegetation type A & Aa	<i>Chrysopsisium echinatum</i>																										55
Indicator species of vegetation type Aa	<i>Chrysopsisium album</i> var. <i>atanhiarum</i>																										48
Indicator species of vegetation type Aa1	<i>Pseudotsuga heterophylla</i>																										28
Indicator species of vegetation type Aa2	<i>Dryopteris polypodioides</i>																										31
Indicator species of vegetation type Aa2 & Ab1	<i>Carpinus japonica</i>																										16
Indicator species of vegetation type Ab	<i>Adiantum species of vegetation type Ab</i>																										8
Indicator species of vegetation type A & Ab	<i>Biscutella tenaculata</i> var. <i>tenaculata</i>																										13
Indicator species of vegetation type Ab & Iba	<i>Atanomeae flexilis</i>																										21
Indicator species of vegetation type Aa2 & Ab1	<i>Chrysopsisium macrostemon</i> var. <i>oblongum</i>																										25
Indicator species of vegetation type Ab	<i>Pericaria posumbu</i>																										36
Indicator species of vegetation type A & Ab	<i>Scrophularia duplicatocornuta</i>																										33
Indicator species of vegetation type A & Ab	<i>Stachys scutellifera</i>																										28
Indicator species of vegetation type Ab & Iba	<i>Pinus pumila</i> var. <i>tanusii</i>																										41
Indicator species of vegetation type Aa2 & Bb1	<i>Ptilotus emarginatus</i>																										30
Indicator species of vegetation type Aa2	<i>Chamaecrista japonica</i>																										11
Indicator species of vegetation type B	<i>Microstegium vimineum</i>																										43
Indicator species of vegetation type Bb	<i>Styracis obtusata</i>																										42
Indicator species of vegetation type Bb1	<i>Paranemata delphinifolia</i>																										40
Indicator species of vegetation type Bb2	<i>Adiantum remotiflorum</i>																										29
Indicator species of vegetation type Bb1	<i>Bolus palmatus</i> var. <i>coptophyllus</i>																										31
Indicator species of vegetation type Bb2	<i>Oplismenus undulatifolius</i> var. <i>undulatifolius</i>																										51
Indicator species of vegetation type Bb2	<i>Zinnichium piperitum</i>																										51
Indicator species of vegetation type Bb2	<i>Styracis obtusata</i>																										53
Indicator species of vegetation type Bb2	<i>Hydrangea furcata</i>																										24
Indicator species of vegetation type Bb2	<i>Hydrangea furcata</i>																										22
Indicator species of vegetation type Bb2	<i>Hydrangea furcata</i>																										11
Indicator species of vegetation type Bb2	<i>Hydrangea furcata</i>																										17
Indicator species of vegetation type Bb2	<i>Hydrangea furcata</i>																										17
Indicator species of vegetation type Bb2	<i>Hydrangea furcata</i>																										11
Indicator species of vegetation type Bb2	<i>Hydrangea furcata</i>																										16







Vegetation type	B		B02		B01		Ranking number	Quadrant number	Japanese name	Composites	Noncompositae	
	Ba	Bb	Ba1	Ba2	Ba1	Ba2						
100							76					76
100							77					77
99							96					96
99							97					97
98							95					95
97							87					87
96							86					86
95							85					85
94							77					77
93							76					76
92							75					75
91							74					74
90							66					66
89							67					67
88							94					94
87							93					93
86							92					92
85							91					91
84							84					84
83							83					83
82							82					82
81							81					81
80							98					98
79							78					78
78							73					73
77							65					65

植生タイプ Ab と分類され、その指標種はハナタデ (*Persicaria posumbu*), ヒナノウスツボ (*Scrophularia duplicatoserrata*), ミヤマハコベ, ミズ (*Pilea hamaoi*) の4種であった。ハナタデとミズは一年生草本であり、他の植生タイプでは2種以上の一年生草本が指標種となるものはなかった。さらに第3水準では、植生タイプ Ab1には17コドラートが分類され、ニッコウネコノメが指標種と判定された。植生タイプ Ab2には7コドラートが分類され、エイザンスミレ (*Viola eizanensis*), ミズナラが指標種と判定された。これらの指標種から、Ab1が Ab2より湿性の環境であると考えられた。

植生タイプ Ba には、植生タイプ B の40コドラ

トのうち16コドラートが分類され、その指標種はミズ, ミズヒキ (*Persicaria filiformis*), ニワトコ (*Sambucus racemosa* subsp. *sieboldiana*) の3種であった。植生タイプ B の中でも湿生の種が指標種となったタイプである。第3水準では、植生タイプ Ba1には7コドラートが分類され、モミジガサ (*Parasenecio delphinifolius*) が指標種に、植生タイプ Ba2には9コドラートが分類され、ソバナ (*Adenophora remotiflora*) が指標種に判定された。いずれも花茎を高く伸ばし、葉を水平に広げるタイプの高茎草本であった。

植生タイプ Bb に分類された残りの24コドラートでは指標種となる種が認められなかった。植生タイ



プ Bb1には12コドラートが分類され、エイザンスミレ、モミジイチゴ (*Rubus palmatus* var. *coptophyllus*), ケチヂミザサ (*Oplismenus undulatifolius* var. *undulatifolius*), タチツボスミレ (*Viola grypoceras* var. *grypoceras*), サンショウ (*Zanthoxylum piperitum*) の5種が指標種として判定された。植生タイプ Bb2には12コドラートが分類され、コハクウンボク (*Styrax shiraiana*), コアジサイ (*Hydrangea hirta*) の木本2種が指標種と判定された。

調査区におけるこれらの植生タイプの分布は、斜面の傾斜や地表の安定性、流路からの影響の程度、表層の礫やリターの量などに対応しているように観察された。今後は、本稿の調査結果に基づいて、植生タイプの分布を規定している環境要因について解析していく必要がある。

### 謝辞

本研究の一部は、公益財団法人・とうきゅう環境財団による研究助成によった。現地 FM 草木において、東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター (FSセンター) 木下浩幸技術補佐員、金子稔技術補佐員、桑原誠技術補佐員、桑原繁元技術補佐員、高草木洋子事務補佐員には多方面にわたって補佐していただいた。調査にあたっては植生管理学研究室の卒業生、学生に多大なご協力をいただき、執筆の際には FSセンター吉田智弘助教に多くのご助言をいただいた。記して感謝の意を表したい。

### 引用文献

Hill, M. O. (1979) TWINSPLAN, A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. 90 pp, Cornell Uni-

versity, Ithaca, New York.

星野義延 (1994) 草木演習林のミズナラ林の植物社会学的研究. 東京農工大学農学部演習林報告, 32: 23-30.

星野義延 (1995) 植生調査に用いられる被度と優占度の階級. 群落研究, 11: 15-22.

星野義延 (1999) 日本のミズナラ林の植物社会学的研究. 東京農工大学農学部学術報告, 32: 1-99.

吉良龍夫 (1948) 温量指数による垂直的な気候帯のわかちかたについて—日本の高冷地の合理的利用のために—. 寒地農学, 2: 47-77.

岸 洋一 (2003) 東京農工大学フィールドサイエンス・センターにおける長期モニタリング. フィールドサイエンス, 3: 49-53.

Londo, G. (1976) The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio*, 33: 61-64.

McCune, B. and Mefford, M. J. (1999) PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data for Windows, ver. 4. MjM Software Design, Gleneden Beach, OR.

大野啓一 (1986) 山地溪畔林. 日本植生誌関東, 宮脇 昭編, 641 pp, 至文堂, 東京: 300-303.

塚本良則・平松伸二・篠原斉四郎 (1973) 侵食谷の発達様式に関する研究 (Ⅲ) — 0次谷と山崩れとの関係—. 新砂防, 89: 14-22.

渡辺直明・桑原 誠・金子 稔・星野茂雄・桑原繁・金子喜一郎 (2007) フィールドミュージアム草木の長期生態学研究固定調査地における毎木調査資料. フィールドサイエンス, 6: 75-89.

米倉浩司・梶田 忠 (2003) BG Plants 和名—学名インデックス (Ylist). URL: <http://bean.bio.chiba-u.jp/bgplants/index.html> (2011年1月20日確認).

## 研究資料

## 東京農工大学フィールドミュージアム多摩丘陵における中型哺乳類相

角田 裕志<sup>\*1</sup>・梶 光一<sup>\*2</sup>・金子 弥生<sup>\*2</sup>Medium-sized mammal fauna in the Field Museum Tamakyuryo,  
Tokyo University of Agriculture and TechnologyHiroschi TSUNODA<sup>\*1</sup>, Koichi KAJI<sup>\*2</sup> and Yayoi KANEKO<sup>\*2</sup>

Medium-sized mammal fauna was investigated using camera traps on May 2010 in the Field Museum Tamakyuryo. This investigation was conducted as the field practice for students of Department of Ecoregion Science, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology. Fifteen camera traps were used for two consecutive days (total 30 camera sessions). A total of 83 photographs was obtained, and of these nineteen included some animals. Raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) was the most frequent species (fifteen photographs were taken) and fox (*Vulpes vulpes*), Japanese hare (*Lepus brachyurus*), Japanese badger (*Meles anakuma*) and crow (*Corvus* sp.) were photographed only one picture, respectively. Furthermore, ten scabbed raccoon dogs were photographed during the survey. Four raccoon dogs, fox and badger were photographed by one camera on a path and ten raccoon dogs were photographed by two cameras in the marsh.

*Key words* : Field Museum Tamakyuryo, medium-sized mammal, camera trap

2010年5月にFM多摩丘陵において、本学農学部地域生態システム学科の野生動物保護学実習の一環としてセンサーカメラによる中型哺乳類相調査を行った。調査はデジタルカメラ型のセンサーカメラを用いて、30カメラセッションの調査努力量で実施した。調査の結果、計83枚が撮影され、そのうち19枚に動物が撮影されていた。内訳は、タヌキ15枚、ノウサギ、キツネ、アナグマ、カラスが各1枚であった。また、疥癬に感染したために体毛が抜け落ちたと考えられるタヌキが15枚中10枚撮影された。作業道沿いと湿地に設置したセンサーカメラで特に多くの動物が撮影されており、作業道が様々な動物にとって移動ルートとなっていること、また、水辺が特にタヌキによって頻繁に利用されていることが明らかとなった。

キーワード：FM多摩丘陵、中型哺乳類、センサーカメラ

## はじめに

近年、里山に代表される二次的自然の保全と維持管理の重要性が認識されている。「21世紀環境立国戦略」(2007年6月)では里山における自然と人間のかかわり方の再興と発展を謳った「SATOYAMAイニシアティブ」が提案され、「第三次生物多様性国家戦略」(2007年11月)では里山における生物多様性低下の懸念が指摘されている。その一方で、都

市近郊では依然として宅地造成や大型商業施設建設のための開発が進み、現存する里山環境の縮小・消失が懸念される。このような現状において、大学演習林等の付属施設は開発の対象となることが少ないため、一定の面積の森林や草地を長期にわたって維持することが可能であり、都市近郊の里山環境ならびにそこに生息する生物群集の維持にとって重要な役割を持つと考えられる。また、大学の付属施設内に希少種や絶滅危惧種の生息が確認される場合もあ

<sup>\*1</sup> 東京農工大学農学府・農学部 Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

<sup>\*2</sup> 東京農工大学大学院農学研究院 Institutes of Agricultural Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

り、野生生物保全の観点からも重要な役割を担っている。従って、都市近郊に存在する演習林等の施設は、開発に直面する里山環境を題材とした自然保護・野生生物保全に関わる研究・教育の場としての活用が期待できる。

本学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センターの施設の一つであるフィールドミュージアム多摩丘陵（以下、FM多摩丘陵と記す）は、多摩丘陵の北西端に位置し、コナラ（*Quercus serrata*）を中心とした二次林が広がる里山環境を有する。本学農学部地域生態システム学科の3年生を対象とした野生動物保護学実習では、2008年度よりFM多摩丘陵において、ノネズミ類（主にアカネズミ、*Apodemus speciosus*）を題材とした個体群生態学に関する野外実習を開始した。さらに、2010年度には、上記に加えてセンサーカメラ（自動撮影装置）を用いてFM多摩丘陵内に生息する中型哺乳類相の調査を実習課題とすることになった。センサーカメラとは、赤外線センサー等の検知器によって動物の動きに反応し、カメラの前に現われた動物を自動的に撮影する装置である。金子ら（2009）によると、野生動物の研究現場では1990年代から普及しはじめ、日本では2000年以降センサーカメラを用いた研究報告が増加しつつあるとされている。また、センサーカメラは、特に直接観察が困難である夜行性の中小型食肉目の研究において有用である（金子ら、2009）。

FM多摩丘陵内で実施された生態学的調査として、これまで樹木と植生（長谷川ら、2010）や水生昆虫相（石井ら、2002）に関する報告はあるものの、野生動物の生息分布情報は報告されていない。そこで、本報では、2010年度の実習におけるセンサーカメラ調査の結果からFM多摩丘陵に生息する中型哺乳類相を報告した。また、本実習において得られたデータの活用方法について、野生動物に関する長期生態学研究の視点から展望を述べた。

## 試料と方法

### 1. 調査地域

FM多摩丘陵は、東京都八王子市の多摩丘陵北西に位置する森林小流域（126,000 m<sup>2</sup>）である。施設内には研究棟など3棟の建屋と4つの圃場、スギの植林地、クリ果樹園、実験用草地などが見られるが、大部分はコナラからなる落葉広葉樹二次林である。施設の南西部には100 m×100 mの長期生態学

研究（Long Term Ecological Research）のための固定調査区画（以下、LTERと記す）が設けられ、下層植生の刈払いと植生調査が実施されている（長谷川ら、2010）。

### 2. 実習の概要及び調査方法

実習期間は2010年の5月12日から16日の5日間であり、このうち5月13日から15日にかけて野外調査を実施した。計27名の受講生を5班（A～E班、1班5～6名）に分け、指定された区画（図1）において、ノネズミ類の捕獲調査とセンサーカメラの設置を行った。以下に、センサーカメラ調査の方法を解説する。

調査には、受動型赤外線センサーを搭載したデジタルカメラ型（金子ら、2009）の米国製センサーカメラ（Capture, Cuddeback Inc.）を使用し、2 GBのSDカードを記録媒体として、単一型ニッケル水素充電電池4個を電源として、それぞれ用いた。各班3台のセンサーカメラを配布し、うち2台はノネズミ捕獲調査区画内またはその周辺に設置し、残り1台をLTER内またはその周辺に設置した。設置に際しては、受講生が教員のアドバイスを参考にして野生動物の生態（環境利用）や行動を考慮し、設置箇所を決定した（図1）。設置は、区画内の樹木等に直接巻きつけるか、市販の塩化ビニル製パイプ（直径：約1.5 cm、長さ：約1 m）の支柱に市販の結束バンドで固定した。センサーカメラは13日午後1時半頃に設置し、15日正午に回収した。したがって、調査努力量は計30カメラセッション（カメラ15台×2日間）であった。本調査では誘引餌は用いなかった。調査終了後は、カメラごとに総撮影数、有効撮影数（動物種が判別可能であった撮影数）、撮影された動物種と種ごとの撮影数を集計した。

## 結果

調査結果を表1に示した。カメラ1台あたりの撮影数と有効撮影数の平均値はそれぞれ5.5枚及び1.3枚であった。撮影された動物種はタヌキ（*Nyctereutes procyonoides*）が計15枚と最も多く（図2-A, B）、ノウサギ（*Lepus brachyurus*：図2-C）、キツネ（*Vulpes vulpes*：図2-D）、アナグマ（*Meles anakuma*：図2-E）、カラス（*Corvus* sp.：図2-F）が各1枚であった。撮影されたタヌキのうち、疥癬に感染したために体毛が抜け落ちたと考えられる個体が10枚撮影された（図3）。また、タヌキのみで

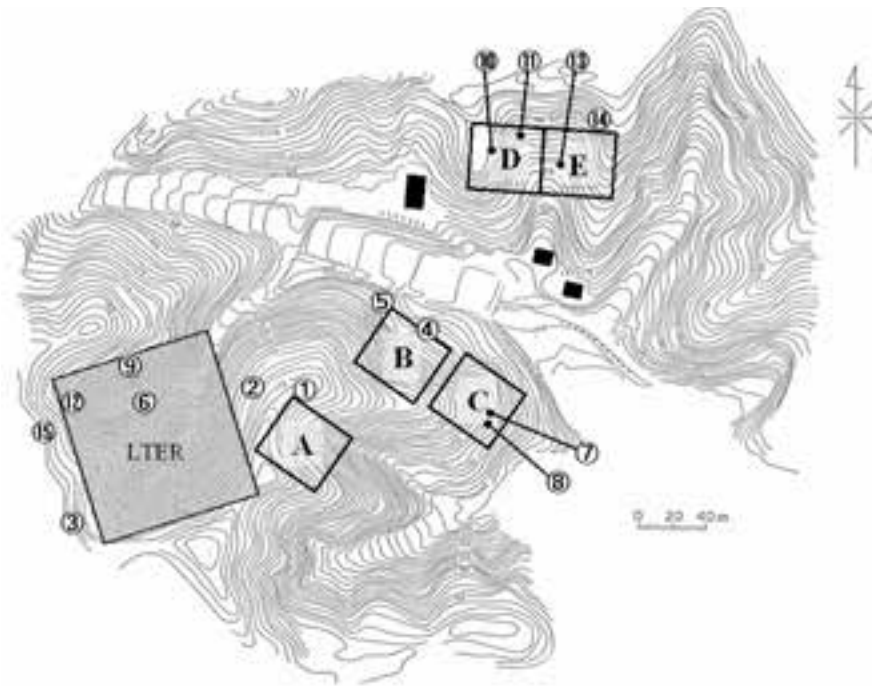


図1 調査地のFM多摩丘陵の概要 (アルファベット付四角枠：ノネズミ類の捕獲調査区画, 番号付丸印：センサーカメラ設置場所とカメラ番号, LTER：長期生態学研究固定調査区, 黒四角：研究棟などの建屋)

表1 2010年のFM多摩丘陵におけるセンサーカメラ調査の結果 (設置場所は図1を参照)

設置場所	ノネズミ捕獲調査区画										長期生態学研究区画(LTER)					計			
	A		B		C		D		E		A	B	C	D	E				
カメラ No.	1	2	4	5	7	8	10	11	13	14	3	6	9	12	15				
撮影枚数	1	1	1	14	1	2	2	10	15	9	1	10	2	5	9	83			
有効撮影枚数	0	1	0	6	0	0	0	0	1	0	0	9	0	2	0	19			
動物種																			
ノウサギ	1														1				
タヌキ	4														1	8	2	15	
(疥癬)	(2)														(1)	(6)	(1)	(10)	
キツネ	1																		1
アナグマ	1																		1
カラス															1				1

一度に2個体が撮影されたものが2枚あった(図2-B)。

有効撮影数が特に多かったのは、ノネズミ捕獲調査区画の近くを通る作業道沿いに設置したNo.5とLTER内の湿地(湧水のしみ出しと考えられる)に設置したNo.6であった(表1)。この結果から、作業道が様々な動物にとって移動ルートとなっていること、また、水辺が特にタヌキによって頻繁に利用

されていることが明らかとなった。

図2に示したように、動物は比較的鮮明に撮影されており、動物の通過時であっても種の判別が可能であった。また、疥癬に感染したタヌキでは、体毛の抜け落ち方の違いから個体識別が可能であり、最低5個体が確認できた(図3にその一部を示した)。従来のデジタルカメラ型のセンサーカメラでは、センサー検知から撮影までのタイムラグの問題





A. タヌキ (No. 5)



B. ペアのタヌキ (No.12)



C. ノウサギ (No. 2)



D. キツネ (No. 5)



E. アナグマ (No. 5)



F. カラス (No. 6)

図2 センサーカメラ調査で撮影された動物 (カメラ No.)

によって、移動速度の速い種の撮影や模様等による個体識別が困難である点が指摘されている(金子ら, 2009)。本実習で用いたカメラでは、この点について若干の改善がなされた製品であったと考えられる。

今回の調査では、野生動物が人間の作った作業道を利用する姿やタヌキが頻繁に湿地を訪れることなどが確認され、野生動物の生態の一端を受講生に示すことができた。また、普段の生活において目にすることが少ない野生動物の姿を、自らが設置したカ



図3 タヌキの疥癬罹患個体の一例 (いずれも No.5で撮影)

メラで捉えられたという点に関しては受講生からの評判も良かった。学生であっても機器の設置や操作が比較的簡単に行えることに加えて、カメラ回収後に撮影内容をすぐに確認して、実際にその場所に生息する野生動物を視覚的に理解できるため、短期間で行う野生動物学の実習においてはデジタルカメラ型のセンサーカメラは有用であると考えられる。

#### おわりに

センサーカメラを用いた調査では、対象動物の生息環境の利用度や個体数密度の推定を行うことも可能である(金子ら, 2009)。しかし、今回の実習では設置数・設置方法・設置場所の方法論的な問題に加えて、実習期間が2日間と極めて短かった。したがって、撮影された動物がその場所や周辺環境を選択的に利用しているのか、それとも、ただ単にその場所を通り過ぎただけなのかを今回の実習で得られたデータから判断することはできなかった。限られた実習時間の枠内では、特に中大型の野生動物を対象とした本格的な調査を行うことは困難であるため、取得できるデータが生息の有無を確認するための定性的な情報になってしまうことは避けられない。しかし、このようなデータが長期的に蓄積されれば、当地域における野生動物の生息分布に関する基礎情報となる。また、疥癬に感染したタヌキに関してはある程度の個体識別が可能であったことから、長期的なデータの蓄積によって感染個体のトレンドを把握する際の一つの指標となることが期待される。

大学の野外実習では、毎年同じ内容が繰り返されるため、モニタリング調査と同様に長期的なデータ

の蓄積が可能となる。実際に、他大学における野外実習で得られたデータからノネズミの個体群動態(北海道大学北方圏フィールド科学センター)や農業用ため池の魚類群集の変化と外来魚の影響(滋賀医科大学:遊磨ら, 1997)について学術的に有用な知見を提供した例もある。長期生態学研究の必要性は広く認識されており(Callahan, 1984),世界的に長期生態学研究を実施する国は増加傾向にあるが(岸, 2003),継続的な調査を実施することは現実的には決して容易ではない(岸, 2003;渡辺ら, 2007)。また、都市近郊では、有用地は常に開発にさらされており、土地利用の改変によって研究が中断されてしまうことも考えられる。岸(2003)が指摘するように、演習林等の施設は大学の所有地として長期的に維持・管理され、土地利用の大幅な改変も起こりにくいことから、長期的なモニタリングを行う上で適している。本実習を通して得られるデータを長期的に蓄積することが、当地域における野生動物を対象としたより詳細な生態研究を行う上での基礎資料として将来的に貢献することを期待したい。

#### 謝辞

本実習の担当教員である本学農学部鈴木馨准教授、ティーチングアシスタントとして実習をお手伝いいただいた大学院生の平山加奈子氏、池田敬氏、瀬戸隆之氏、実習を受講した学生に対して、ここに記して感謝したい。また、実習にご協力いただいた本学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センターの原宏教授と吉田智弘助教にはこの場を借りて深謝申しあげたい。

## 引用文献

- Callahan, J. T. (1984) Long-term ecological research. *Bioscience*, 34 (6): 363-367.
- 長谷川奈美・星野義延・渡辺直明・原 宏 (2010) FM 多摩丘陵の 1 ha 固定調査区における毎木調査および植生調査資料. *フィールドサイエンス*, 8 : 85-105.
- 石井隆寛・桑原 繁・桑原 誠・内田武次・熊倉 充 (2002) 東京農工大学フィールドミュージアム (FM) における底生水生昆虫の生息状況 (2002). *フィールドサイエンス*, 2 : 31-36.
- 金子弥生・塚田英晴・奥村忠誠・藤井 猛・佐々木 浩・村上隆広 (2009) 食肉目のフィールドサイン, 自動撮影技術と解析—分布調査を例にして. *哺乳類科学*, 49(1): 65-88.
- 岸 洋一 (2003) 東京農工大学フィールドサイエンス・センターにおける長期モニタリング. *フィールドサイエンス*, 3 : 49-53.
- 渡辺直明・桑原 誠・金子 稔・星野茂雄・桑原 繁・金子喜一郎 (2007) フィールドミュージアム草木の長期生態学研究固定調査地における毎木調査資料. *フィールドサイエンス*, 6 : 75-89.
- 遊磨正秀・田中哲夫・竹門康弘・中井克樹・瀧側祐一・小原明人・今泉真知子・佐藤 浩・土井田 幸郎 (1997) 瀬田月輪大池における魚類群集の変遷: 12年間の生物学実習の結果より. *滋賀医科大学基礎学研究*, 8 : 19-36.



## 研究資料

フィールドミュージアム多摩丘陵および  
周辺地域におけるオサムシ科甲虫類相とその特徴曾我 昌史<sup>\*1</sup>・菅野 希<sup>\*2</sup>・小池 伸介<sup>\*3</sup>

Carabid beetle fauna and characteristics at Field Museum Tamakyuryo and Tama area

Masashi SOGA<sup>\*1</sup>, Nozomi KANNO<sup>\*2</sup> and Shinsuke KOIKE<sup>\*3</sup>

For many years, many have researchers pointed out the usefulness of carabid beetles as bioindicators. In Tama area, we investigated carabid beetle assemblages at 40 isolated forests, including Field Museum (FM) Tamakyuryo, using pitfall traps in 2010. Then we clarified the characteristics of carabid beetle assemblages at FM Tamakyuryo.

In total, we found 3768 carabid beetle individuals of 29 species in 40 forests. The mean number of carabid beetle species and individuals per forest was  $6.5 \pm 2.1$  (4 to 11) and  $94.2 \pm 67.1$  (8 to 266) respectively. The value of Shannon-Wienwer  $H'$  averaged  $1.21 \pm 0.28$  (0.48 to 1.82). At FM Tamakyuryo, we found 15 carabid beetle individuals of 5 species, including *Carabus insulicola*, *Pterostichus prolongatus*, *Synuchus cycloderus*, *Chlaenius naeviger*, and *Eusilpha japonica*. Although FM Tamakyuryo has various environments and relatively large forests, species richness of carabid beetle was not high. This is because effects of micro environmental factors on carabid beetle assemblages are greater than those of macro environmental ones (e.g. forest area).

**Key words** : Carabid beetles, Pitfall trap, Tama area, Bioindicator, Urban forests

オサムシ科甲虫類は、自然環境の変化を表す指標として、これまで多くの研究でその有用性の高さが指摘されてきた。そこで本研究では、ピットフォールトラップを用いてFM多摩丘陵を含む40ヶ所の森林における2010年のオサムシ科甲虫類の生息状況を記録し、フィールドミュージアム (FM) 多摩丘陵のオサムシ科甲虫類相の特徴と現状を明らかにした。

多摩地域における全40ヶ所の調査林分で観察されたオサムシ科甲虫類は、29種3769個体、林分当たりのオサムシ科甲虫類の種数は $6.5 \pm 2.1$ 種 (4~11種)、個体数は $94.2 \pm 67.1$ 個体 (8~266個体)、Shannon-Wienwerの多様度指数 $H'$ は $1.21 \pm 0.28$  (0.48~1.82)であった。一方、FM多摩丘陵で確認されたオサムシ科甲虫類は、アオオサムシ、オオクロナガゴミムシ、クロツヤヒラタゴミムシ、アトボシアオゴミムシ、オオヒラタシテムシの5種15個体であった。本研究ではFM多摩丘陵が比較的大規模な森林で、起伏の激しい波丘地形を形成するにも関わらず、種多様性は著しく高くなかった。この要因として、オサムシ科甲虫類の種多様性を決定する上でミクロな環境要因の影響がマクロな環境要因 (森林面積など) よりも強いと考えられる。

キーワード：オサムシ科甲虫類、ピットフォールトラップ、多摩地域、指標生物、都市近郊林

<sup>\*1</sup> 東京農工大学大学院農学府 〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 : Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Saiwaicho, Fuchu-Shi, Tokyo 183-8509, Japan

<sup>\*2</sup> 東京農工大学農学部 〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 : Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Saiwaicho, Fuchu-Shi, Tokyo 183-8509, Japan

<sup>\*3</sup> 東京農工大学大学院農学研究院 〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 : Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Saiwaicho, Fuchu-Shi, Tokyo 183-8509, Japan



## 1. はじめに

これまで、指標生物を用いた環境調査は数多くの事例が報告されている（例えば、日本自然保護協会 1994）。なかでも、オサムシ科甲虫類は、地域の自然環境を評価する指標生物としての有用性の高さが古くから指摘されてきた（Niemelä 2000; Rainio and Niemelä 2003）。その理由として、（1）オサムシ科甲虫類は後翅が退化しているため移動能力が高くなく、環境の変化に敏感である（曾田 1983）、（2）越冬・産卵などに関わる生活史の重要なステージを森林環境に依存する（久保田 1991）、（3）簡易かつ定量的な調査方法が確立されている（磯野 2005）、（4）オサムシ科甲虫類を調査することで、地表性無脊椎動物の生物多様性を把握することができる（上田ら 2009）、などの点が挙げられる。指標生物を用いて自然環境の変化を把握する上で、地域における生物相の長期的なモニタリングデータは重要な情報である。

東京都の西部に位置する多摩地域では、1960年代以降の多摩ニュータウン開発、ベッドタウン化の影響で森林の分断化が急速に進行した。その結果、多摩地域の森林は1970年には6割が100 ha以上の大規模林であったが、2000年には20 ha未満の小規模林が6割を占めるようになった（Kataoka and Tamura 2005）。こうした環境の変化が激しい都市近郊では、指標生物の長期的なモニタリングの必要性は高い（Paoletti 1999）。これまで、東京農工大学フィールドミュージアム（FM）多摩丘陵が位置する東京都西部では、オサムシ科甲虫を含む地表性甲虫類相の記録は断片的には存在する（谷脇ら 2005）が、定量的なモニタリングを行った研究は極めて少ない。そこで本研究は、FM多摩丘陵を含む多摩地域の40か所の森林におけるオサムシ科甲虫類の特徴を明らかにすることを目的とした。

## 2. 調査地ならびに調査方法

### 2.1 調査地

調査は東京都南西部の多摩市・八王子市・町田市・稲城市にまたがる南北10 km×東西15 kmの地域を対象として行った（図1）。この地域は多摩地域の南部にあたり、1950年代は大規模な二次林の広がる地域であったが、長期にわたる宅地開発に伴い森林面積は大幅に減少した。多摩地域の森林の大部分は代償植生である二次林のクヌギーコナラ群集を

中心に構成されている（パルテノン多摩 1998）。森林内で優占している植物種はブナ科の落葉広葉樹であるコナラ（*Quercus serrata*）、クヌギ（*Q. acutissima*）、ブナ科の常緑広葉樹であるアラカシ（*Q. glauca*）、アカガシ（*Q. acuta*）であり、その他にクリ（*Castanea crenata*）、アカマツ（*Pinus densiflora*）も多く見られる（Kataoka and Tamura 2005）。また、調査地の西部には高尾山（海拔599 m）を含む人工林を中心とした山地が広がり、スギ（*Cryptomeria japonica*）、ヒノキ（*Chamaecyparis obtusa*）が多く見られる。本研究では、Kurosawa and Askin（2003）に従い、樹冠が互いに10 m以上離れている森林を一つの森林として定義した。調査は、この内FM多摩丘陵を含む40ヶ所の森林で行った（図1）。各森林に3ヶ所の調査区（15×15 m）をランダムに設置し、調査を行った（図2）。調査区は各

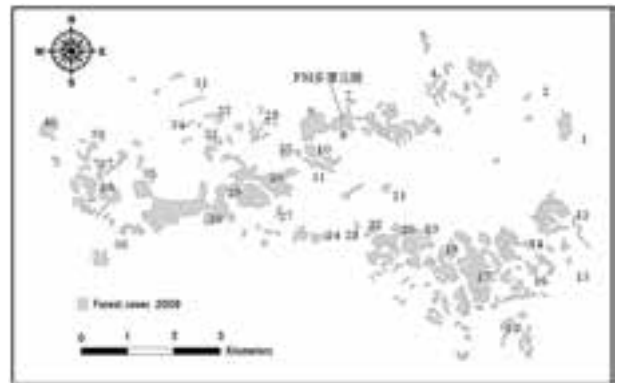


図1 本研究の調査地全景

灰色のエリアは森林を表しており、図中の番号は調査を行った40林分を表す。No.8の森林がFM多摩丘陵である。

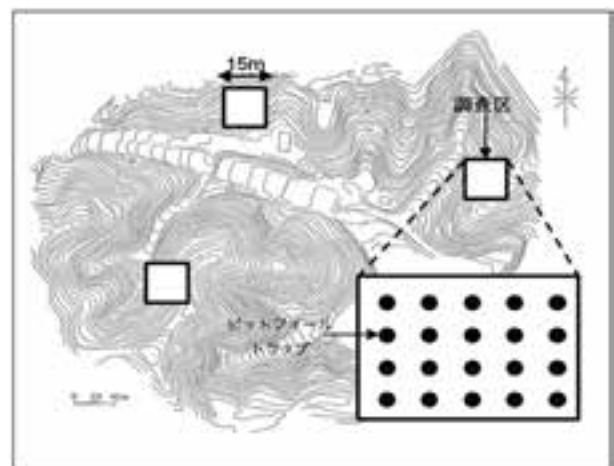


図2 FM多摩丘陵における調査区の位置とピットフォールトラップの配置図。ピットフォールトラップは1 m間隔で設置した。本研究では、各林分に60トラップを設置し、調査地全体では総計4800トラップを設置した。

森林で3ヶ所、計120ヶ所設置した。本研究で、調査を行った森林の面積の最小値は1.1 ha、最大値は121.6 haである。このうち、多摩丘陵を含むNo.7の調査対象林分の面積は30.9 haであり、比較的面積の大きい森林といえる。また、多摩丘陵の特徴として、「波丘地」と呼ばれる丘が波打った地形を形成することが挙げられる。波丘地の敷地には、小規模な山や谷があり、畑地、草地、ササ藪、雑木林、スギ・ヒノキ林など多様な環境が存在する(土器屋ら 2001)。

## 2.2. 調査方法

オサムシ科甲虫類の野外調査は、オサムシ科甲虫類の主要な活動期・繁殖期にあたる春(2010年5~6月)と夏(2010年7月~8月)の2回にピットフォールトラップを用いて行った(上野ら 1985)。ピットフォールトラップは、約1 m間隔で、各調査区に20個ずつ、各林分には計60個設置した(図2)。ただし、設置場所に立木や木株がある場合には設置場所をずらした。ピットフォールトラップは、大径73 mm、小径49 mm、高さ78 mmのプラスチック製容器を使用し、コップの開口面が地面と同じ高さになるように地中に埋め込んだものである。誘引剤として市販の乳酸菌飲料を用い、中型哺乳類によるトラップの破壊を防止するために、各トラップには少量の唐辛子を混入した。トラップは設置してから2日後に回収した。捕獲したオサムシ科甲虫類は、トラップ設置から1~2日以内に回収し、水洗いの後に冷凍保存し、後日同定を行った。

本研究では、オサムシ科甲虫類の同定ならびに学名は、上野ら(1985)に従った。また、本研究では、マルガタゴミムシ(*Amara chalcites*)とコマルガタゴミムシ(*A. simplicidens*)、ナガマルガタゴミムシ(*A. macronota ovalipennis*)の3種を除くマルガタゴミムシ属は「マルガタゴミムシ属(*Amera*. spp.)」、クロツヤヒラタゴミムシ(*Synuchus cycloderus*)とオオクロツヤヒラタゴミムシ(*S. nitidus*)の2種を除くツヤヒラタゴミムシ属は「ツヤヒラタゴミムシ属(*Synuchus*. spp.)」とまとめて表記する(表1)。なお、本研究では、オサムシ科甲虫類の種多様性の指標としてShannon-Wienwerの多様度指数H'を用いた。

## 3. 結果と考察

### 3.1. 調査地全域で確認されたオサムシ科甲虫相

調査の結果、全40ヶ所の調査林分で確認されたオ

サムシ科甲虫類の種数は計29種、総個体数は3769個体であった(表1)。調査林分あたりで確認された種数は平均 $6.5 \pm 2.1$ 種で、最も多くの種が確認された林分はNo.20の森林で11種、最も少ない林分はNo.3, 7, 9, 14, 15, 16, 21, 29, 31の森林で4種と林分ごとで幅がみられた。また、調査林分あたりで確認されたオサムシ科甲虫類の総個体数は平均 $94.2 \pm 64.07$ 個体で、最も多い林分はNo.27の森林で266個体、最も少ない林分はNo.3の森林で8個体と、種数に比べてかなりの幅が見られた。さらに、Shannon-Wienwerの多様度指数H'を用いて、各林分におけるオサムシ科甲虫類の種多様度を算出した結果、種多様度H'は平均 $1.21 \pm 0.28$ であった。最も多様度の高かった林分はNo.20の林分でH' = 1.82、最も低かった林分はNo.16の林分でH' = 0.48であった(表1)。

本研究で調査を行った40ヶ所の森林は、いずれもクヌギ・コナラを中心とした落葉広葉樹の二次林、もしくは社寺林のような落葉照葉樹林で構成されている(Kataoka and Tamura 2005)。そのような植生構造の点では類似した環境条件にも関わらず、オサムシ科甲虫類の種数、個体数、種多様度は、いずれも林分ごとで大きな幅が見られた。これは、オサムシ科甲虫類が植生構造(優占樹種)や森林面積といったマクロな生息環境条件よりも、より生活史に直結したミクロな環境条件(例えば、越冬・採餌に関わる環境要因)に敏感に反応することがひとつの理由として挙げられる。Magura *et al.* (2008)は、都市近郊林におけるオサムシ科甲虫類の生息状況と環境要因の影響を調べた結果、土壌温度、土壌水分量、草本被度といった、ミクロな環境要因がオサムシ科甲虫類の生息に強い影響を及ぼすことを明らかにした。また、谷脇ら(2005)は、地表性甲虫類の群集構造は人為的な管理に影響を受けることが指摘している。オサムシ科甲虫類は、産卵、越冬、採餌、休息など生活史の大半を森林環境に依存することが知られる(久保田 1991)。本研究においても、各調査林分で優占する樹種こそ類似していたが、上記の生活史に直結する環境条件が大きく異なっていた可能性がある。今後、先述したミクロな環境条件や人為管理の有無がオサムシ科甲虫類の群集構造に、どのような生態学的なプロセスを経て影響を及ぼすのか明らかにすることで、オサムシ科甲虫類の保全を目的とした都市近郊域の森林や里地・里山の実践的な管理につながるという。また、群集・種レベル

表1 各林分における各オサムシ科甲虫類種の採集状況の一覧。森林No. は図1とリンクしている。

和名	学名	森林No																																								総個体数	多摩市の記録*							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40									
エサキオサムシ	<i>Carabus albrecti esakianus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	520				
アオオサムシ	<i>Carabus insulicola</i>	16	27	4	8	11	-	2	8	10	43	10	5	8	5	3	33	31	2	24	32	-	49	32	38	6	8	44	2	7	14	43	18	3	45	1	2	43	32	4	4	-	-	-	-	677	○			
クロナガオサムシ	<i>Leptocarabus procerulus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	○	
アカガネオサムシ	<i>Trigonognatha cuprescens</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2			
オオゴミムシ	<i>Lesicus magnus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	○	
ルイスオサムシ	<i>Trigonotoma lewisii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4		
ヨリトモナガゴミムシ	<i>Pterostichus yoritomus</i>	1	4	-	1	-	-	-	-	6	17	5	-	1	-	11	4	-	29	2	1	2	-	2	-	2	-	1	-	4	8	-	1	4	1	1	-	1	-	2	109	○								
オオクロナガゴミムシ	<i>Pterostichus prolongatus</i>	-	2	2	1	8	14	10	2	6	45	44	75	42	63	29	3	4	30	15	22	5	6	3	84	52	-	52	57	-	2	-	3	5	-	-	12	5	8	10	2	723								
タカオヒメナガゴミムシ	<i>Pterostichus takaosanus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2			
ホソヒラタゴミムシ	<i>Pristosia aeneola</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1		
オオクロツヤヒラタゴミムシ	<i>Synuchus nitidus</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	○	
クロツヤヒラタゴミムシ	<i>Synuchus cycloderus</i>	-	3	1	2	-	-	-	9	1	-	5	88	2	4	-	2	-	5	3	43	9	9	-	-	-	-	-	22	2	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	220	○	
ツヤヒラタゴミムシ	<i>Synuchus</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69		
マルガタゴミムシ	<i>Anara chalcites</i>	-	1	-	-	1	7	-	1	4	11	8	11	-	-	8	-	5	3	2	-	7	-	2	7	-	2	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	93			
コマルガタゴミムシ	<i>Anara simplicidens</i>	1	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6		
ナガマルガタゴミムシ	<i>Anara macronota ovalipennis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6		
マルガタゴミムシ	<i>Anara</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1		
ココモクムシ	<i>Harpalus tridens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2		
オオスナハラゴミムシ	<i>Diplochela zealandica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1		
スジアオゴミムシ	<i>Haplochaenius costiger</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8		
アカガネアオゴミムシ	<i>Chlaenius abstersus</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4		
アトワアオゴミムシ	<i>Chlaenius virgulifer</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
オオアトボシアオゴミムシ	<i>Chlaenius micans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	○
アトボシアオゴミムシ	<i>Chlaenius naeviger</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88	○
キボシアオゴミムシ	<i>Chlaenius posticalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	○
クビナゴミムシ	<i>Ophionea indica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
フタホシスジハネゴミムシ	<i>Planetes puncticeps</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
オオホソクビゴミムシ	<i>Brachinus scotomedeus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	○
オオヒラタシアムシ	<i>Eusilpha japonica</i>	8	25	-	5	-	13	-	3	-	2	6	51	31	9	-	213	69	25	97	12	0	71	10	4	6	8	158	1	38	115	2	1	10	34	-	38	3	68	3	53	1192	○							
総個体数		29	62	8	19	24	36	28	15	25	105	178	153	95	88	35	250	141	79	146	150	19	144	49	142	76	108	266	71	58	230	56	88	76	186	18	119	77	159	46	114	3768								
種数		7	6	4	7	5	4	5	4	9	8	8	7	4	4	4	9	9	7	11	4	7	5	6	6	7	9	5	4	9	4	5	8	10	5	10	5	10	7	8	8	9	29							
種多様度		1.26	1.23	1.21	1.57	1.25	1.25	1.27	1.29	1.31	1.29	1.45	1.30	1.37	0.90	0.63	0.48	1.48	1.07	1.82	1.23	1.25	1.04	1.11	1.09	1.26	1.13	0.67	0.93	1.16	0.76	0.77	1.25	1.58	1.27	1.37	1.20	1.39	1.50	1.28										

\*多摩市 (2010) より



表2 FM多摩丘陵で採集されたオサムシ科甲虫類の個体数

学名	和名	春(5, 6月)	夏(7, 8月)	計
<i>Carabus insulicola</i>	アオオサムシ	2	6	8
<i>Carabus kumagaii</i>	オオクロナガオサムシ	2	0	2
<i>Synuchus cycloderus</i>	クロツヤヒラタゴミムシ	1	0	1
<i>Platynus magnus</i>	アトボシアオゴミムシ	0	1	1
<i>Eusilpha japonica</i>	オオヒラタシテムシ	3	0	3

表3 各林分で確認されたオサムシ科甲虫類の種数、個体数、種多様度Hの平均とFM多摩丘陵の比較

	種数	個体数	種多様度H'
FM多摩丘陵	5	15	1.29
全調査林分	6.58 (4-11)	94.2 (8-266)	1.21 (0.48-1.82)

\* ( ) 内は最大値と最小値を示す。

でオサムシ科甲虫類の環境選択性を明らかにすることで、わずかな環境の変化に対して敏感に反応する環境指標種の選択を行うことが可能であろう。

その一方で、今回の調査ではNo.20の森林において、東京都絶滅危惧Ⅱ類(東京都レッドデータ2010)、神奈川県準絶滅危惧種(神奈川県レッドデータ2006)に指定されているアカガネアオゴミムシ(*Chlaenius abstersus*)の生息が確認された。一般に、面積の大きな森林にはより多くの生物種が生息することが知られ(Laurance 2008)、No.20の森林も本研究の調査林分の中では39.27haと比較的規模が大きいため、偶発的に本種のような希少種が生息していた可能性がある。また、オサムシ科甲虫類の中には、生息密度が低く、生息範囲が狭い種が存在する可能性が考えられる。本研究の調査では、既存文献や資料調査を基にした多摩市のオサムシ科甲虫リストの31種(多摩市2010)について、リストに掲載されている種については9種、リストに掲載されていない種については20種確認された(表1)。このことは、オサムシ科甲虫類を調査する上で、調査の時期や方法、さらに努力量によって採集できる種が大きく変わってくることを示している。磯野ら(2005)も指摘するように、オサムシ科甲虫群集を調査する上では、種数・個体数ではなく種多様度という尺度を用いることで、調査地間での誤差ばらつきを抑えることが可能である。本研究では、40ヶ所の森林におけるオサムシ科甲虫類相を調査する上で、種数・個体数・種多様度の3つの指標を用いて研究を行ったが、種多様度、種数、個体数

の順にばらつきが小さかった。一般的に、昆虫のサンプルは少数の高密度種と多数の低密度種で構成されていることが多いと考えられている(Epstein and Kulman 1990)。すなわち、昆虫群集を種数で測る場合、すべての種が同等の重要性を持つと仮定されるため、低密度種の捕獲の成功・失敗は種数という指標に大きく影響する。一方、多様度指数は少数の高密度種による影響が大きく、低密度種の影響は小さくなる。こういった、指標間での種の重要性の違いが、調査地間でのサンプル誤差のばらつきに起因しているのであろう。

### 3.2. FM多摩丘陵で確認されたオサムシ科甲虫相

今回、FM多摩丘陵で確認されたオサムシ科甲虫類は、先にあげた優占種3種を含む、アオオサムシ、オオクロナガゴミムシ、クロツヤヒラタゴミムシ、アトボシアオゴミムシ(*Chlaenius naeviger*)、オオヒラタシテムシの5種15個体であった(表2)。また、FM多摩丘陵におけるオサムシ科甲虫の種多様度H'は1.287であった。今回の調査から、FM多摩丘陵におけるオサムシ科甲虫類の種多様性は、周囲の森林と同程度であることが明らかとなった(表3)。これまで、森林面積や森林内の環境の多様性が森林に生息する生物の種多様性に正の影響を及ぼすことは多くの先行研究で報告されてきた(Laurance 2008)。しかし、本研究では、FM多摩丘陵が周囲の森林と比較して、大規模で、起伏の激しい波丘地形を形成するにも関わらず、種多様性は著しく高くなかった。これらの背景としては、オサムシ科甲虫類の種多様性を決定する要因として、



上記のような大きなスケールだけでは不十分であることが挙げられる。先述したとおり、オサムシ科甲虫類の生息には、土壌水分量や土壌温度、草本被度などのミクロな環境要因が影響することが知られる。

多摩地域における森林面積の減少、人為開発による景観の変化は著しい (Kataoka and Tamura 2005)。そのような中で、FM 多摩丘陵を含む都市域に存在する森林は、小規模ながらも多くのオサムシ科甲虫類にとって貴重な生息環境としての役割を果たしていると考えられる。今後、FM 多摩丘陵のオサムシ科甲虫相を定期的にモニタリングすることは、FM 多摩丘陵を含めた多摩地域の自然環境の移り変わりを把握することにつながるであろう。

### 引用文献

- 土器屋由紀子, 小倉紀雄, 安富六郎, 内川 武 (2001) 多摩丘陵の自然と研究—フィールドサイエンスへの招待—. 73 pp, けやき出版, 東京.
- Epstein, M. C. and Kulman, H. M. (1990) Habitat distribution and seasonal occurrence of carabid beetles in east central Minnesota. *American Midland Naturalist* 123 : 209–225.
- 磯野昌弘 (2005) オサムシ科甲虫を効率的に調査するための3つのアプローチ. *Japanese Journal of Entomology* 8 : 1–13.
- 神奈川県レッドデータ (2006) [http://nh.kanagawa-museum.jp/kenkyu/reddata/2006/2006\\_07.html](http://nh.kanagawa-museum.jp/kenkyu/reddata/2006/2006_07.html). (最終アクセス2011年1月29日)
- Kataoka, T., Tamura, N. (2005) Effects of habitat fragmentation on the presence of Japanese squirrels, *Sciurus lis*, in suburban forests. *Mammal Study* 30 : 131–137.
- 久保田耕平 (1991) オサムシの生活史. *昆虫と自然* 26 : 23–26.
- Kurosawa, R. and Askin, R. A. (2003) Effects of habitat fragmentation on birds in deciduous forests in Japan. *Conservation Biology* 17 : 695–707.
- Laurance, W. F. (2008) Theory meets reality : How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological Conservation* 141 : 1731–1744.
- Magura, T., Tothmeresz, B., Molnar, T. (2008) A species-level comparison of patterns in carabids along an urbanization gradient. *Landscape and Urban Planning* 86 : 134–140.
- Niemelä, J. (2000) Carabid beetles (Coleoptera : Carabidae) and habitat fragmentation : a review. *European Journal of Entomology* 98 : 127–132.
- 日本自然保護協会 (1994) 指標生物 : 自然をみるものさし. 53 pp, 平凡社, 東京.
- Paoletti, M. G. (1999) Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74 : 1–18.
- バルテノン多摩 (1998) 多摩ニュータウン開発の軌跡. 21 pp, 電算印刷, 東京.
- Rainio, J., Niemelä, J. (2003) Ground beetles (Coleoptera : Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* 12 : 487–506.
- 曾田貞滋 (1983) : オサムシの生存戦略. *自然* 10 : 64–72.
- 谷脇 徹・久野春子・岸 洋一 (2005) 都市近郊林の林床管理区および短期・長期放置区における地表性甲虫相の比較. *日本緑化工学会誌* 31 : 260–268.
- 多摩市 (2010) <http://www.city.tama.lg.jp/seikatsu/14/doushokubutsuchosa/1056/konchurui/001330.html>. (最終アクセス2011年1月29日)
- 東京都レッドデータ (2010) <http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/nature/attachement/RL2010TokyoM.pdf>. (最終アクセス2011年1月29日)
- 上田明良・日野輝明・伊藤宏樹 (2009) ニホンジカによるミヤコザサの採食とオサムシ科甲虫の群集構造との関係. *日本森林学会誌* 91 : 111–119.
- 上野俊一・黒澤良彦・佐藤正孝 (1985) 原色日本甲虫図鑑 (II). 185 pp, 保育社, 大阪.

## 研究資料

## フィールドミュージアム多摩丘陵における蝶類相とその特徴

曾我 昌史<sup>\*1</sup>・小池 伸介<sup>\*2</sup>

## Butterfly fauna and characteristics at Field Museum Tamakyuryo

Masashi SOGA<sup>\*1</sup>, Shinsuke KOIKE<sup>\*2</sup>

For many years, many researchers pointed out the usefulness of butterflies as environmental indicators. In Tama area, we investigated butterfly fauna at 20 isolated forests, including Field Museum (FM) Tamakyuryo, using line transect method in 2009. Then we clarified the characteristics of butterfly assemblages at FM Tamakyuryo.

In total, we found 1625 butterfly individuals of 8 families and 53 species in 20 forests. The mean number of butterfly species and individuals per forest was  $24.0 \pm 7.3$  (15 to 38) species and  $81.3 \pm 40.7$  (38 to 182), respectively. At FM Tamakyuryo, we found 124 butterfly individuals of 7 families and 32 species. These data indicate that the butterfly species richness and abundances of FM Tamakyuryo were relatively rich in Tama area. Various environments and a relatively large forest at FM Tamakyuryo may be enhance butterfly species richness.

*Key words* : Butterfly assemblages, Line transect method, Tama area, Bioindicator

これまで多くの研究で、蝶類は自然環境の変化を表す指標として、その有用性の高さが指摘されてきた。本研究では、トランセクト調査を用いて多摩地域内のフィールドミュージアム (FM) 多摩丘陵を含む20ヶ所の森林における2009年の蝶類の生息状況を記録し、FM 多摩丘陵の蝶類相の特徴と現状を明らかにした。

全20ヶ所の調査林分で観察された蝶類は、8科53種1625個体、林分当たりの蝶類種数は $24.0 \pm 7.3$ 種 (15~38種)、個体数は $81.3 \pm 40.7$ 個体 (38~182個体)であった。一方、FM 多摩丘陵で確認された蝶類は、7科32種124個体であり、FM 多摩丘陵の蝶類相は多摩地域の中では比較的、種数・個体数ともに豊富であることが明らかとなった。この背景には、FM 多摩丘陵が多様な環境から形成されていること、比較的面積の大きな森林であることが考えられる。

キーワード：蝶類、トランセクト調査、多摩地域、指標生物

## 1. はじめに

これまで、地域の自然環境を評価する指標生物として、草本植物から大型鳥類まで幅広い動植物を対象に利用されてきた (日本自然保護協会 1994)。なかでも、チョウ類は生活史や形態に関する情報が種レベルで充実しており、同定・採集が容易であることから、指標生物としての有用性の高さが古くから

指摘されてきた (例えば, Samways 1995)。指標生物を用いて自然環境の変化を把握する上で、地域における生物相の長期的なモニタリングデータは重要な情報である。これまで、東京農工大学フィールドミュージアム (FM) 多摩丘陵が位置する東京都多摩地域における蝶類相の記録は断片的には存在するが (多摩市史編集委員会 1993:松本 2008)、定量的なモニタリングを行った研究例は極めて少ない

\*1 東京農工大学大学院農学府 〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 : Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Saiwaicho, Fuchu-Shi, Tokyo 183-8509, Japan

\*2 東京農工大学大学院農学研究院 〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8 : Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Saiwaicho, Fuchu-Shi, Tokyo 183-8509, Japan

(橋本 1991)。そこで本研究は、FM 多摩丘陵における蝶類相を明らかにするとともに、FM 多摩丘陵の周辺の森林と比較することで、FM 多摩丘陵の蝶類相の特徴を明らかにすることを目的とした。

## 2. 調査地ならびに調査方法

### 2.1 調査地

調査は東京都南西部の多摩市・八王子市・町田市・稲城市にまたがる南北10 km×東西15 kmの地域を対象として行った(図1)。この地域は多摩地域の南部にあたり、1950年代は大規模な二次林の広がる地域であったが、長期にわたる宅地開発に伴い森林面積は大幅に減少した。多摩地域の森林の大部分は代償植生である二次林のクヌギ(*Quercus acutissima*)—コナラ(*Q. serrata*)群集を中心に構成されている(パルテノン多摩 1998)。森林内で優占している植物種はブナ科の落葉広葉樹であるコナラ、ブナ科の常緑広葉樹であるアラカシ(*Q. glauca*)、アカガシ(*Q. acuta*)であり、その他にクリ(*Castanea crenata*)、アカマツ(*Pinus densiflora*)も多く見られる(Kataoka and Tamura 2005)。また、調査地の西部には高尾山(海拔599 m)を含む人工林を中心とした山地が広がり、スギ(*Cryptomeria japonica*)、ヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)が多く見られる。本研究は、この内FM多摩丘陵を含む20ヶ所の森林で調査を行った(図1)。このうち、多摩丘陵を含むNo.7の調査対象林分の面積は30.9 haであり、比較的面積の大きい森林といえる。また、多摩丘陵の特徴として、「波丘地」と呼ばれる丘が波打った地形を形成することが挙げられ

る。波丘地の敷地には、小規模な山や谷があり、畑地、草地、ササ藪、雑木林、スギ・ヒノキ林など多様な環境が存在する(土器屋ら 2001)。

### 2.2 調査方法

蝶類の野外調査は、蝶類の主要な出現期にあたる2009年4月~10月にトランセクト法(Pollard 1977)を用いて用いた。各調査林分とも原則として約30日おきに調査を行ったが、一部の蝶類種の夏眠期にあたる8月(福田ら 1983)は調査対象外とした。調査は晴天無風のもと行ったが、梅雨の時期などには、なるべく条件に近い日を調査日とした。調査時間帯は、蝶類が最も活発に活動する午前9時30分~午後14時30分頃の間を原則として選んだが、特異的な活動時間をもつウラゴマダラシジミ(*Artopetes pryeri*)、アカシジミ(*Japonica lutea*)、ウラナミアカシジミ(*Japonica saepestriata*)、ミズイロオナガシジミ(*Antigius attilia*)、オオミドリシジミ(*Favonius orientalis*) (福田ら 1984 a)が発生する時期の調査は、それぞれの活動時間に合わせて行った。調査林分内にランダムに設定した固定の調査ルートを毎分10 mの速さで歩き、調査者の前方、左、右、高さそれぞれ約10 mの範囲内で目撃した蝶の成虫の種名およびその個体数、さらに吸蜜していた場合には、その植物の種名を記録した。調査は目視確認を原則とし、飛翔状態で同定が困難なモンシロチョウ(*Pieris melete*)とスジグロシロチョウ(*P. rapae*)に関しては、両者の生態が類似しているためモンシロチョウ類(*Pieris*, spp.)として同一のものとして記録した。

本研究では、各調査林分におけるトランセクト調査のルート長は調査林分の面積に対応して設定した。また、本研究では、蝶類のカウントの重複を防ぐために、調査林分間は互いに最低800 m離れた。本研究では、蝶類の学名および同定は、福田ら(1982, 1983, 1984 a, 1984 b)に従った。

## 3. 結果と考察

調査の結果、全20ヶ所の調査林分で確認された蝶類の種数は計53種、総個体数は1625個体であった(表1)。調査林分あたりで確認された種数は平均 $24.0 \pm 7.3$ 種で、最も多くの蝶類種が確認された林分では38種が、最も少ない林分では15種と差がみられた(表1)。本調査で確認された蝶類53種を、田中(1988)の報告に基づいて生息環境を分類した結果、36種(66%)の森林性蝶類と17種(34%)の草

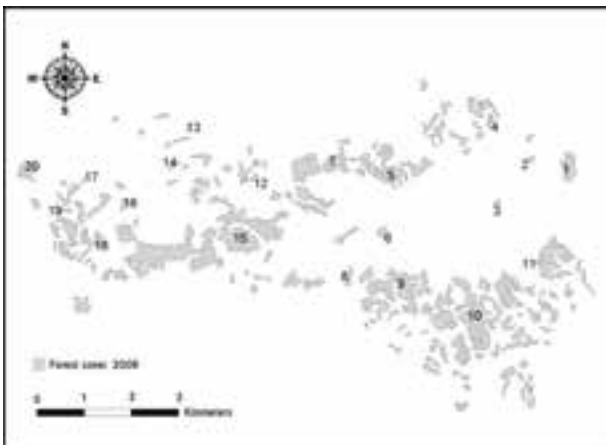


図1 本研究の調査地。灰色のエリアは2009年の空中写真をもとに抽出した森林を表す。1~20までのエリアは実際に調査を行った林分であり、No.7の森林がFM多摩丘陵を表す。

表1 各林分で確認された53種の蝶類の個体数一覧

学名	和名	森林 No.																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Papilionoidea</i> アゲハチョウ科																					
<i>Parnassius glacialis glacialis</i>	ウスバシロチョウ	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	7	-	1	2	-	1
<i>Atrophaneura alcinous</i>	ジャコウアゲハ	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Graphium sarpedon nipponum</i>	アオスジアゲハ	1	-	1	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2
<i>Papilio machaon hippocrates</i>	キアゲハ	2	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	1	-
<i>Papilio xuthus</i>	アゲハ	-	2	3	2	2	1	1	2	-	2	-	-	1	1	1	1	-	2	1	4
<i>Papilio helenus nicnicocolens</i>	モンキアゲハ	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	4
<i>Papilio protenor</i>	クロアゲハ	1	1	-	1	-	1	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Papilio memunon thunbergii</i>	ナガサキアゲハ	1	-	1	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	1	1	-	1	1	-	-
<i>Papilio bianor</i>	カラスアゲハ	2	1	-	4	4	-	3	-	2	4	-	-	-	1	-	-	-	2	-	5
<i>Pieridae</i> シロチョウ科																					
<i>Colias erate poliographys</i>	モンキチョウ	1	-	-	-	-	-	1	-	4	5	-	1	1	2	7	-	1	3	-	2
<i>Eurema hecabe</i>	キチョウ	12	3	10	9	16	7	7	1	5	3	3	9	5	3	16	6	4	11	8	7
<i>Pieris spp.</i>	モンシロチョウ類	23	6	5	13	10	3	13	8	14	14	1	4	17	32	28	5	18	30	6	1
<i>Arthocharis scolymus</i>	ツマキチョウ	2	-	-	1	-	-	8	-	6	4	-	-	-	-	4	-	-	-	1	-
<i>Nymphalidae</i> タテハチョウ科																					
<i>Argyreus hyperbius hyperbius</i>	ツマグロヒヨウモン	1	2	-	2	2	-	7	-	4	1	-	-	-	1	3	-	-	2	-	2
<i>Limenitis camilla japonica</i>	イチモンジチョウ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-
<i>Neptis sappho intermedia</i>	コムシジ	3	6	2	5	6	7	3	1	1	9	1	4	2	4	8	6	1	1	3	4
<i>Neptis philyra excellens</i>	ミスジチョウ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Polygonia c-aureum</i>	キタテハ	1	1	1	-	3	3	-	1	3	3	2	1	2	2	3	2	2	6	-	5
<i>Nymphalis xanthomelas japonica</i>	ヒオドシチョウ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
<i>Cynthia cardui</i>	ヒメアカタテハ	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Vanessa indica indica</i>	アカタテハ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Kaniska canace</i>	ルリタテハ	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	-	1
<i>Dichorragia nesimachus</i>	スミナガシ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Hestina persimilis japonica</i>	ゴマダラチョウ	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>Hestina assimilis</i>	アカボシゴマダラ	1	-	1	-	-	1	1	-	1	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1
<i>Parantica sita nipponica</i>	アサギマダラ	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Libythea celtis</i>	テングチョウ	-	-	-	-	1	-	1	2	3	4	-	1	-	2	-	-	-	1	-	2
<i>Ypthima argus argus</i>	ヒメウラナミジャノメ	10	5	2	10	2	1	8	-	2	2	-	-	-	5	10	-	1	1	3	1
<i>Minois dryas bipunctata</i>	ジャノメチョウ	1	-	-	-	2	-	1	-	-	7	1	-	-	1	1	-	-	-	-	1
<i>Lethe diana</i>	クロヒカゲ	4	6	7	12	17	3	4	2	11	13	8	3	1	2	9	7	3	8	3	10
<i>Lethe sicelis</i>	ヒカゲチョウ	2	0	2	1	2	-	1	3	5	5	2	-	-	6	2	2	4	3	-	1
<i>Neope goschkevitsuchii</i>	サトキマダラヒカゲ	1	-	2	1	3	2	-	-	4	1	3	2	-	2	1	2	-	1	1	2
<i>Lycaenidae</i> シジミチョウ科																					
<i>Narathura japonica japonica</i>	ムラサキシジミ	1	1	2	-	1	3	-	7	2	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	2
<i>Narathura bazalus</i>	ムラサキツバメ	-	-	1	-	1	-	-	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Artopoetes pryeri</i>	ウラゴマダラシジミ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-
<i>Japonica lutea lutea</i>	アカシジミ	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Japonica saepestriata</i>	ウラナミアカシジミ	4	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1
<i>Anrignus attilia attilia</i>	ミズイロオナガシジミ	6	-	-	1	1	-	8	-	2	1	-	2	1	1	5	2	1	1	1	1
<i>Favonius orientalis</i>	オオミドリシジミ	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	13
<i>Rapala arata</i>	トラフシジミ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Callophrys ferrea</i>	コツバメ	1	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Lycaena phlaeas daimio</i>	ベニシジミ	2	-	-	1	-	2	5	1	10	6	1	1	1	1	9	1	1	3	3	1
<i>Lampides boetius</i>	ウラナミシジミ	3	1	-	1	2	-	1	-	2	2	1	-	2	1	-	1	3	-	1	-
<i>Pseudozeeria maha</i>	ヤマトシジミ	10	4	2	4	4	3	8	8	9	8	5	1	2	8	18	4	2	7	3	4
<i>Celastrina argiolus ladonides</i>	ルリシジミ	2	2	1	3	2	4	4	1	9	5	1	1	5	6	13	1	4	1	1	2
<i>Everes argiades argiades</i>	ツバメシジミ	1	-	-	2	1	-	-	-	1	1	-	-	-	2	2	-	-	2	-	1
<i>Curetis acuta paracuta</i>	ウラギンシジミ	3	4	3	-	-	5	1	2	1	3	-	-	1	-	-	-	2	1	-	1
<i>Hesperiidae</i> セセリチョウ科																					
<i>Erynnis montanus montanus</i>	ミヤマセセリ	-	-	-	-	1	-	8	-	2	9	11	-	2	2	5	1	1	6	-	2
<i>daimio tethys tethys</i>	ダイミョウセセリ	1	-	2	-	-	-	4	1	-	-	-	-	1	4	2	2	1	-	1	2
<i>Choaspes benjaminii japonica</i>	アオバセセリ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Thoressa varia</i>	コチャバナセセリ	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Potanthus flavus flavus</i>	キマダラセセリ	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-
<i>Parnara guttata guttata</i>	イチモンジセセリ	16	3	1	3	3	3	6	4	9	11	2	3	3	7	9	2	2	6	2	6

\* - は確認されなかったことを示す。

\*\*No.7の森林が FM 多摩丘陵に当たる。



表2 FM多摩丘陵で確認された蝶類の一覧と季節消長

学名	和名	生息環境の分類*	4月	5月	6月	7月	9月	10月	計
<i>Papilionidae</i> アゲハチョウ科									
<i>Parnassius glacialis</i>	ウスバシロチョウ	草地性	-	1	-	-	-	-	1
<i>Graphium sarpedon</i>	アオスジアゲハ	森林性	-	2	-	1	-	-	3
<i>Papilio machaon</i>	キアゲハ	草地性	-	1	-	-	-	-	1
<i>Papilio xuthus</i>	アゲハ	森林性	-	-	-	-	1	-	1
<i>Papilio memnon</i>	ナガサキアゲハ	森林性	-	-	-	-	1	-	1
<i>Papilio bianor</i>	カラスアゲハ	森林性	-	2	1	-	-	-	3
<i>Pieridae</i> シロチョウ科									
<i>Colias erate</i>	モンキチョウ	草地性	-	-	-	-	-	1	1
<i>Eurema hecabe</i>	キチョウ	森林性	1	2	-	1	2	1	7
<i>Peris</i> spp.	シロチョウ属	草地性	1	-	5	3	2	2	13
<i>Anthocharis scolymus</i>	ツマキチョウ	草地性	8	-	-	-	-	-	8
<i>Nymphalidae</i> タテハチョウ科									
<i>Argyreus hyperbius</i>	ツマグロヒヨウモン	草地性	-	4	1	1	-	1	7
<i>Neptis sappho</i>	コムシジ	森林性	-	2	1	-	-	-	3
<i>Kaniska canace</i>	ルリタテハ	森林性	2	-	-	-	-	-	2
<i>Hestina assimilis</i>	アカボシゴマダラ	森林性	-	-	-	-	1	-	1
<i>Libytheidae</i> テングチョウ科									
<i>Libythea celtis</i>	テングチョウ	森林性	1	-	-	-	-	-	1
<i>Satyridae</i> ジャノメチョウ科									
<i>Ypthima argus</i>	ヒメウラナミジャノメ	森林性	-	8	-	-	-	-	8
<i>Minois dryas</i>	ジャノメチョウ	草地性	-	-	-	1	-	-	1
<i>Lethe diana</i>	クロヒカゲ	森林性	-	1	1	2	-	-	4
<i>Lethe sicelis</i>	ヒカゲチョウ	森林性	-	1	-	-	-	-	1
<i>Lycaenidae</i> シジミチョウ科									
<i>Antigius attilia</i>	ミズイロオナガシジミ	森林性	-	-	8	-	-	-	8
<i>Japonica saepestriata</i>	ウラナミアカシジミ	森林性	-	-	7	-	-	-	7
<i>Callophrys ferrea</i>	コツバメ	森林性	2	-	-	-	-	-	2
<i>Lampides boeticus</i>	ウラナミシジミ	草地性	-	-	-	-	-	1	1
<i>Lycaena phlaeas</i>	ベニシジミ	草地性	-	1	1	1	2	-	5
<i>Pseudozizeeria maha</i>	ヤマトシジミ	草地性	-	3	-	-	3	2	8
<i>Celastrinaargiolus</i>	ルリシジミ	森林性	-	1	-	-	2	1	4
<i>Curetis acuta</i>	ウラギンシジミ	森林性	-	-	-	-	-	1	1
<i>Hesperiidae</i> セセリチョウ科									
<i>Erynnis montanus</i>	ミヤマセセリ	森林性	8	-	-	-	-	-	8
<i>Daimio tethys</i>	ダイミョウセセリ	森林性	-	4	-	-	-	-	4
<i>Thoressa varia</i>	コチャバネセセリ	森林性	-	2	-	-	-	-	2
<i>Potanthus flavum</i>	キマダラセセリ	草地性	-	-	1	-	-	-	1
<i>Parnara guttata</i>	イチモンジセセリ	草地性	-	-	-	-	3	3	6

\* 生息環境の分類は田中(1988)に基づく。

\*\* - は確認されなかったことを示す。

地性蝶類に分類された。

今回、FM多摩丘陵で確認された蝶類種は計32種であった(表2)。FM多摩丘陵には、周囲の森林と比べて比較的多くの蝶類種が生息しており、FM多摩丘陵の蝶類は9月を除く各月で種数・個体数ともに全20調査林分の平均値を超えていた(表3)。このことよりFM多摩丘陵が周囲の森林に比べてより多くの種数蝶類の生息に適した環境であると考えられた。その理由の一つとして、FM多摩丘陵の

起伏の激しい波丘地形が多様な環境を形成していることが挙げられる。今回FM多摩丘陵では、20種の森林性の蝶類と12種の草地性の蝶類が確認できたが、この結果からもFM多摩丘陵が多様な環境を維持していることがわかる。

今回、FM多摩丘陵で確認された32種の蝶類のなかで特筆すべき種として、ウスバシロチョウ(*Parnassius glacialis*)、クロヒカゲ(*Lethe diana*)、ウラナミアカシジミ、コツバメ(*Callophrys ferrea*)、ミ

表3 各月で確認された林分当たりの蝶類の種数と個体数と FM 多摩丘陵の比較

調査時期	種 数		総個体数	
	全調査林分	FM 多摩丘陵	全調査林分	FM 多摩丘陵
4月	4.7±2.3 (1-8)	7	12.2±8.6 (1-8)	23
5月	7.3±4 (1-16)	15	15.3±12.1 (2-50)	35
6月	6.4±3 (1-12)	9	14.3±8.4 (2-31)	26
7月	5.8±2.3 (1-10)	7	12.1±7.3 (1-31)	10
9月	9.9±2.8 (5-15)	9	15.9±6.3 (5-26)	17
10月	7.4±2.3 (4-11)	9	11.6±5.1 (5-22)	13
全調査期間	24.0±7.3 (15-38)	32	81.3±40.7 (38-182)	124

\* ( ) 内の数値は最小値と最大値を表す。

ヤマセセリ (*Erynnis montanus*) の5種が挙げられる。このなかで、ウラナミアカシジミは東京都に生息する蝶類の中で「丘陵の雑木林を代表する蝶」、またウスバシロチョウ、クロヒカゲ、コツバメ、ミヤマセセリは「丘陵～山地を代表する蝶」として位置づけられている (西多摩昆虫同好会 1991)。特にウラナミアカシジミ、ミヤマセセリの食樹はクヌギ、コナラといった多摩地域の二次林を代表する樹種である (福田ら 1984 a; 1984 b)。そのため、これら2種の蝶類は本来、多摩地域に普遍的に分布していたと考えられるが、本調査では限られた森林 (ウラナミアカシジミ: 4林分, ミヤマセセリ: 12林分) でしか確認できなかった。その理由として、多摩地域ではそれら2種の生息に適した、人為的に管理され比較的まとまりのあるクヌギ林 (福田ら 1984 a; 福田ら 1984 b) が減少したことが挙げられる。そのため、FM 多摩丘陵のように管理が行われ、まとまった面積の森林は、これらの蝶類が発生できる貴重な場所であるといえる。これらの5種の蝶類は、今後蝶類を用いて平地の森林の環境変化を測るうえで重要な存在といえる。

一方、FM 多摩丘陵では温暖化の影響で分布が北上している (北原ら 2001) ナガサキアゲハ (*Papilio memnon*)、アカボシゴマダラ (*Hestina assimilis*)、ツマグロヒョウモン (*Argyreus hyperbius*) の3種も確認することができた。これら3種の蝶類は、10年程

前にはFM 多摩丘陵を含む多くの多摩地域では確認することができなかった蝶類であり (西多摩昆虫同好会 1991)、東京都多摩地域には2000年頃に定着したと考えられている (北原ら 2001)。よって、温暖化というひとつの環境変化を測るうえでも、新規参入種の発生状況や個体数変動などの動向にも注目することで蝶類が指標として有効に機能する可能性がある。

今回の結果から、今後も環境の変化が著しいと考えられる多摩地域において、FM 多摩丘陵は多くの蝶類にとって貴重な生息環境となりうる事が考えられる。多摩地域のような都市近郊の環境の変化が著しい環境では、指標生物の長期的なモニタリングの必要性が高いことが指摘されてきた (Paoletti 1999)。今後、FM 多摩丘陵を含めた多摩地域の自然環境の移り変わりを把握するためには、FM 多摩丘陵における蝶類相の定期的なモニタリングが必要となってくるだろう。

#### 引用文献

- 福田晴夫・浜 栄一・葛谷 健・高橋 昭・高橋真弓・田中 蕃・田中 洋・若林守男・渡辺康之 (1982) 原色日本蝶類生態図鑑 (I), 5 pp, 保育社, 東京.
- 福田晴夫・浜 栄一・葛谷 健・高橋 昭・高橋真弓・田中 蕃・田中 洋・若林守男・渡辺康之

- (1983) 原色日本蝶類生態図鑑 (II). 3 pp, 保育社, 東京.
- 福田晴夫・浜 栄一・葛谷 健・高橋 昭・高橋真弓・田中 蕃・田中 洋・若林守男・渡辺康之 (1984 a) 原色日本蝶類生態図鑑 (III). 3 pp, 保育社, 東京.
- 福田晴夫・浜 栄一・葛谷 健・高橋 昭・高橋真弓・田中 蕃・田中 洋・若林守男・渡辺康之 (1984 b) 原色日本蝶類生態図鑑 (IV). 3 pp, 保育社, 東京.
- 橋本健一 (1991): 東京都多摩丘陵の蝶類目録 (自然科学編). 千葉県立衛生短期大学紀要 10 (2): 135-145.
- Kataok, T., Tamura, N. (2005) Effects of habitat fragmentation on the presence of Japanese squirrels, *Sciurus lis*, in suburban forests. *Mammal Study* 30: 131-137.
- 北原正彦・入来正躬・清水 剛 (2001) 日本におけるナガサキアゲハ (*Papilio memnon Linnaeus*) の分布の拡大と気候温暖化の関係. 蝶と蛾 52 (4): 253-264.
- 松本和馬 (2008) 東京都多摩市の森林総合研究所多摩試験地および都立桜ヶ丘公園のチョウ類群集と森林環境の評価. 環動昆 19 (1): 1-16.
- Paoletti, M. G. (1999) Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agriculture Ecosystems & Environment* 74: 1-18.
- パルテノン多摩 (1998) 多摩ニュータウン開発の軌跡. 21 pp, 電算印刷, 東京.
- Pollard, E. (1977) A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biological Conservation* 12: 116-134.
- Samways, M. J. (1995) *Insect Conservation Biology*. 235 pp, Chapman & Hall, London.
- 日本自然保護協会 (1994) 指標生物: 自然をみるものさし. 53 pp, 平凡社, 東京.
- 西多摩昆虫同好会 (1991) 東京都の蝶. 128 pp, けやき出版, 東京.
- 多摩市史編集委員会 (1993) 多摩市の自然 (地学・植物目録・動物). 271 pp, 第一法規出版, 東京.
- 田中 蕃 (1988) 蝶による環境評価の一方法. 日本鱗翅学会特別報告 6: 191-210.
- 土器屋由紀子・小倉紀雄・安富六郎・内川 武 (2001) 多摩丘陵の自然と研究—フィールドサイエンスへの招待—. 73 pp, けやき出版, 東京.

## 研究資料

## 東京農工大学キャンパス, FM 府中, FM 唐沢山におけるテントウムシ相

秋山 華<sup>\*1</sup>・吉田 智弘<sup>\*2</sup>

## Ladybird beetle fauna on Fuchu campus, Field Museum Fuchu, and Field Museum Karasawayama of Tokyo University of Agriculture and Technology

Hana AKIYAMA<sup>\*1</sup>, Tomohiro YOSHIDA<sup>\*2</sup>

The ladybird beetle fauna was investigated for urban habitats with different anthropogenic disturbances. We selected three habitats for our survey; an urban park in Fuchu campus of Tokyo University of Agriculture and Technology, a crop area in Field Museum (FM) Fuchu, and a forest area in FM Karasawayama. We found 857 individual and 14 species of ladybird beetles in the three habitats during April to November 2009. We found 116 individuals of 13 species in Fuchu campus, 665 individuals of 12 species in FM Fuchu, and 76 individuals of 7 species in FM Karasawayama. Although species richness of ladybird beetles was similar in both Fuchu campus and FM Fuchu, the diversity index was higher in Fuchu campus than in FM Fuchu. The predaceous group was predominant in Fuchu campus, whereas the fungivorous group was relatively higher in FM Fuchu and FM Karasawayama. *Harmonia axyridis* had different number of generations, and *Coccinella septempunctata*, *Illeis koebelei*, and *Propylea japonica* also had different seasonal changes in the abundance among the three habitats. The ladybird beetle assemblages were different in the species composition, the composition of feeding habit, and the seasonal changes in abundance of each species of ladybird beetles among the habitats. These results suggest that a ladybird-beetle community is a useful bioindicator for environmental changes in urban area.

**Key words :** Anthropogenic disturbance, Crop area, Feeding habit, Species composition, Urban park

都市近郊の人為的攪乱の異なる生息地におけるテントウムシ相を明らかにするために、東京都府中市の都市公園（農工大キャンパス）と都市農地（フィールドミュージアム（FM）府中）、栃木県佐野市の林地（FM唐沢山）の3ヶ所を調査した。2009年4月から11月の間で3つの生息地で確認されたテントウムシは14種（捕食性9種、植食性2種、菌食性3種）857個体であった。その内、農工大キャンパスでは13種116個体、FM府中では12種665個体、FM唐沢山では7種76個体が確認された。農工大キャンパスとFM府中の種数は同程度であったが、多様性指数は農工大キャンパスの方が高かった。食性グループの個体数割合は農工大キャンパスでは捕食性のみ高いのに対して、FM府中やFM唐沢山では菌食性も比較的高い値を示した。優占種のナミテントウは生息地で世代数が異なっており、ナナホシテントウやキイロテントウ、ヒメカメノコテントウも生息地で異なる季節変化がみられた。このように3つの生息地でテントウムシ群集の種構成、食性グループ構成、各種個体数の季節変化は異なっていた。以上の結果は、群集構造の解析によってテントウムシ群集は生物指標として利用できることを示唆している。

キーワード：人為的攪乱、農地、食性、種構成、都市公園

\*1 東京農工大学大学院農学府自然環境保全学専攻 〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8: Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Saiwaicho, Fuchu-Shi, Tokyo 183-8509, Japan

\*2 東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター 〒183-8509 東京都府中市幸町3-5-8: Field Science Center, Tokyo University of Agriculture and Technology, Saiwaicho, Fuchu-Shi, Tokyo 183-8509, Japan



## 1. はじめに

都市化のような人為的攪乱は、生息地の破壊や断片化をもたらし、そこに生息する生物群集に対して様々な影響を及ぼしている (Niemelä 1999; プリマック・小堀 2008)。節足動物はそのような環境変化の影響をモニタリングしていくために、生物指標として広く用いられている (Kremen *et al.* 1993)。節足動物は、森林や都市まで様々な場所に普遍的に存在する分類群が多い。そのため、採集や観察が容易である。また、節足動物は脊椎動物と比較して世代交代が早いため、環境変化に対する反応を検出しやすい (感受性が高い) (Kremen *et al.* 1993)。このような利点を持つ節足動物の中でテントウムシは、生物指標としての上記の条件を満たしている分類群のひとつである。

テントウムシ科 (Coleoptera: Coccinellidae) は様々な生息地に普遍的に存在し、完全変態をおこなう甲虫目の昆虫である。現在、世界では約4500種が知られており (黒澤ら 1985)、日本では1996年までに180種のテントウムシが確認されている (佐々治 1998)。テントウムシは採集・同定が比較的容易であり、強度の人為的攪乱を受けている場所から自然度の高い環境まで幅広く生息している (Iperti 1999; Hodek and Honěk 1996)。またテントウムシは、アブラムシ上科 (Aphididae) やハダニ科 (Tetranychidae) などを捕食する捕食性、ナス科 (Solanaceae) やウリ科 (Cucurbitaceae) 植物などの葉を餌とする植食性、ウドンコカビ科 (Erysiphaceae) に代表されるうどんこ病菌などの菌類を餌とする菌食性、の3つのいずれかに大別される (Hodek and Honěk 1996)。このような食性グループによる区分は、餌資源を通じた生息環境の情報を含むことにより、人為的攪乱が生物群集へと及ぼす影響を検証するうえでの判断要素の一つになりうると考えられる。

生物指標の調査の精度を高め、得られる結果をより正確に理解するためには、個々の分類群の活動の季節性や繁殖特性を把握する必要がある (久保田 1998)。そこで本研究では、人為的攪乱を評価する生物指標としてのテントウムシ群集の有効性を検証するために、その前段階として、異なる環境条件を持つ複数の場所におけるテントウムシの群集構成や食性グループ構成、それらの季節変化を明らかにすることを目的とした。

## 2. 調査地ならびに調査方法

### 2.1 調査地

本研究の調査は、東京都府中市にある東京農工大学農学部府中キャンパス (以下、農工大キャンパス)・フィールドミュージアム (FM) 府中 (北緯35°41′, 東経139°28′) および栃木県佐野市にあるFM唐沢山 (北緯36°21′, 東経139°36′) で行った。農工大キャンパスとFM府中は市街地に隣接して位置しており、周囲は住宅街に囲まれている。標高は約60 mで、2009年の年平均気温が15.5°C、年降水量は1638.8 mmである (気象庁 2011)。FM唐沢山は関東平野の北端に位置した、大部分を砂岩とチャートによって構成される森林からなる山地帯である (新井 1991)。標高は80~290 mであり、年平均気温は13.7°C、年平均降水量は1376.5 mmである (小柳ら 2003)。3つの生息地とも冬でも降雪量は少ない。人為的攪乱の程度や下層植生の割合が異なるこれら3つのテントウムシ生息地において調査区を3ヶ所ずつ設けた。

農工大キャンパスは「都市公園」のような要素を持つ環境である。ここは地面がコンクリート舗装されており、生垣や花壇を含む下層植生の被度が25%以下の区域であり、サツキ (*Rhododendron indicum*)、ハーブ類、ナツミカン (*Citrus natsudaidai*)、ツツジ属 (*Rhododendron*) などが植栽されている。ここでは、病虫害防除や景観管理のため、下層植生に対する刈り込みや農薬散布といった、不定期な攪乱がある。農工大キャンパスにおいて調査区を、周囲に建物が存在しているが日当たりは良い広場、複数の花壇、周囲を校舎に囲まれ日当たりがにくい歩道脇にある植生、の3ヶ所に設定した。各調査区の面積は平均で0.03~0.09 haである。

一方、FM府中は約9.9 haの面積を有する都市近郊の「農地」である。この下層植生の被度は50%前後である。4月初旬からナス (*Solanum melongena*)、キュウリ (*Cucumis sativus*)、ニガウリ (*Momordica charantia*)、トマト (*Solanum lycopersicum*)、ピーマン (*Capsicum annuum*) などが栽培され、これら作物の周囲に防風とアブラムシによる作物の食害対策のため、4月下旬からソルガム (*Sorghum bicolor*) も植栽されている。植生のほとんどは人間により管理された作物で、それらの収穫による攪乱が定期的に起こっている。また農薬散布による定期的な攪乱も生じている。果菜類を中心に栽培して

いる畑と、そこから約150 m離れた場所に位置する苗圃、その2地点から約150 m離れた農道付近、の3ヶ所を調査区として選定した。3ヶ所の調査区の合計面積は0.18 haである。

FM唐沢山は、都市公園や農地と異なり定期的な人為的攪乱はほとんどなく、人間の手が比較的加わらない「林地」である。FM唐沢山の調査区は、下層植生の被度が70%以上の林道付近の区域とした。下層植生の高さは約30~200 cmであり、クズ (*Pueraria lobata*) やアザミ属 (*Cirsium*)、セイタカアワダチソウ (*Solidago altissima*)、ススキ (*Miscanthus sinensis*) などが優占している。空間の明瞭な区切りが存在しないので、調査区はそれぞれ林班の異なる地点の直線距離で500 m以上の距離が離れた場所を選定した。調査区は、林道脇の日当たりの良い斜面に存在する植生、林道沿いの日陰にある植生、日当たりの良い林道脇の植生、の3ヶ所である。

## 2.2 調査方法

2009年4月から11月にかけて、農工大キャンパスとFM府中において月3~4回、FM唐沢山では月1回、各調査区のテントウムシの調査を行った。調

査期間における調査回数は、農工大キャンパス、FM府中、FM唐沢山で、それぞれ22回、22回、7回である。1回の調査は1調査区につき30分で、テントウムシは昼行性であるため、日中11時~16時の間に行った。調査は目視により行い、重複を避けるため、調査は一方向に進めることを原則とした。目視の対象は地上から約2 mの高さまでの植生とし、奥行きは約2 mを範囲内とした。農工大キャンパスでは木製のベンチ、花壇のコンクリート部分や煉瓦部分などの人工物も植生と同様に対象に加えた。テントウムシ成虫の種の同定、食性の区別は主に黒澤ら (1985) を使用して行った。各生息地におけるテントウムシ個体数は、3ヶ所の調査区における出現個体数の合計で示した。

## 3. 結果

調査期間を通じて全生息地で確認されたテントウムシ成虫の個体数は、14種857個体であった (表1)。全14種のなかで、捕食性種は9種 (クロツヤテントウ、コクロヒメテントウ、フタホシテントウ、ヒメアカホシテントウ、ナナホシテントウ、ヒメカメノコテントウ、ナミテントウ、クリサキテン

表1 各生息地 (農工大キャンパス、FM府中、FM唐沢山) において確認されたテントウムシ種の個体数、均等性指数、多様性指数

種名	学名	食性	農工大 キャンパス	(%)	FM府中	(%)	FM唐沢山	(%)
クロツヤテントウ	<i>Serangium japonicum</i>	捕食	13	(11.2)				
コクロヒメテントウ	<i>Scymnus posticalis</i>	捕食	4	(3.4)	3	(0.5)	1	(1.3)
フタホシテントウ	<i>Hyperaspis japonica</i>	捕食			8	(1.2)		
ヒメアカホシテントウ	<i>Chilocorus kuwanae</i>	捕食	16	(13.8)	1	(0.2)	1	(1.3)
ナナホシテントウ	<i>Coccinella septempunctata</i>	捕食	3	(2.6)	19	(2.9)	43	(56.6)
ヒメカメノコテントウ	<i>Propylaea japonica</i>	捕食	3	(2.6)	37	(5.6)	8	(10.5)
ナミテントウ	<i>Harmonia axyridis</i>	捕食	56	(48.3)	393	(59.1)	11	(14.5)
クリサキテントウ	<i>Harmonia yedoensis</i>	捕食	1	(0.9)				
ダンダラテントウ	<i>Menochilus sexmaculatus</i>	捕食	9	(7.8)	3	(0.5)		
シロジュウシホシテントウ	<i>Calvia quatuordecimguttata</i>	菌食	1	(0.9)	2	(0.3)		
キイロテントウ	<i>Illeis koebelei</i>	菌食	1	(0.9)	144	(21.7)	10	(13.2)
シロホシテントウ	<i>Vibidia duodecimguttata</i>	菌食	5	(4.3)	11	(1.7)		
ニジュウヤホシテントウ	<i>Epilachna vigintioctopunctata</i>	植食	1	(0.9)	41	(6.2)		
トホシテントウ	<i>Epilachma admirabilis</i>	植食	3	(2.6)	3	(0.5)	2	(2.6)
個体数	<i>N</i>		116	(100.0)	665	(100.0)	76	(100.0)
種数	<i>S</i>		13		12		7	
Pielouの均等性指数	<i>J'</i>		0.69		0.52		0.68	
Shannonの多様性指数	<i>H'</i>		1.77		1.30		1.32	
Simpsonの多様性指数	<i>1-D</i>		0.72		0.60		0.63	
逆Simpsonの指数	<i>1/D</i>		3.62		2.47		2.70	

食性の区分は黒澤ら (1985) に基づく。

かっこの数字は全個体数に対する各種の個体数割合 (%) を示す。  
調査回数: 農工大キャンパス22回, FM府中22回, FM唐沢山7回。

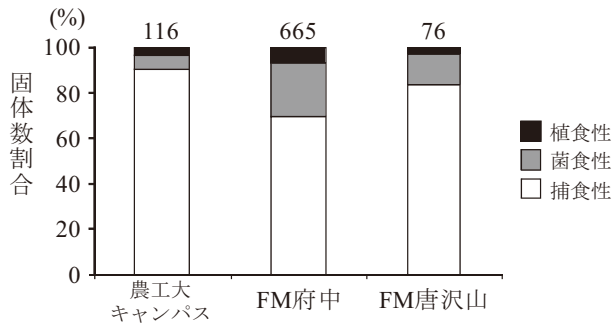


図1 各生息地（農工大キャンパス，FM府中，FM唐沢山）において確認されたテントウムシの食性グループの個体数割合  
個体数は3調査区の合計値である。  
バー上部の数値は各生息地における全テントウムシ個体数を示す。

トウ，ダンダラテントウ），菌食性種は3種（キイロテントウ，シロホシテントウ，シロジュウシホシテントウ），植食性種は2種（トホシテントウ，ニジュウヤホシテントウ）であった。農工大キャンパスでは13種116個体，FM府中では12種665個体，FM唐沢山では7種76個体のテントウムシが確認された。全ての生息地で全ての食性グループのテントウムシが出現し，どの生息地も種数・個体数共に捕食性のテントウムシ種が優占していた（図1）。農工大キャンパスでは捕食性グループが個体数の90.5%を占め，菌食性（6.0%）と植食性（3.4%）の割合が低かったのに対して，FM府中やFM唐沢山では捕食性グループが高い値を示すものの（69.8%，84.2%），菌食性グループの割合がそれぞれ23.6%，13.2%と比較的高い値を示した。

テントウムシ各種の個体数割合は，農工大キャンパスではナミテントウ（48.3%）が最も優占しており，ヒメアカホシテントウ（13.8%），クロツヤテントウ（11.2%）が続いて高かった（表1）。これら3種とも捕食性種であった。一方，FM府中では出現個体の59.1%が捕食性のナミテントウであったが，菌食性のキイロテントウも21.7%と高い割合を占めていた。FM唐沢山ではナナホシテントウが56.6%と最も高く，続いてナミテントウ（14.5%），キイロテントウ（13.2%），ヒメカメノコテントウ（10.5%）が出現した。これら4種のうち，キイロテントウが菌食性で，残り3種は捕食性であった。以上のように，テントウムシ群集の種構成と食性グループ構成は，環境条件の異なる3種類の生息地間で有意に異なっていた（ $\chi^2$ 検定， $p < 0.01$ ）。

各生息地のテントウムシ群集の多様性指数は，農

工大キャンパスの群集が最も高く，FM府中とFM唐沢山の群集が同程度であった（表1）。一方，均等性指数は，FM府中で低く，農工大キャンパスとFM唐沢山の群集で同程度であった。これは，FM府中ではナミテントウとキイロテントウの2種で個体数の約80%を占めているためである。

農工大キャンパスでは4月から11月までの各調査日に0種から5種のテントウムシ種が出現しており，10月に最も多くの種が確認された（表2）。なかでも，ナミテントウは出現する調査日が最も多く，特に4月から6月にかけて多くの個体が確認された。FM府中では5月上旬までテントウムシ種は確認されなかったが，徐々に種数は増加し，6月中旬には7種確認された（表3）。そしてその後，7月から10月にかけて複数種が出現していた。個々の種ではナミテントウとヒメカメノコテントウが6月と9月下旬～10月上旬に個体数が多く，キイロテントウとニジュウヤホシテントウは7月から8月にかけて個体数が増加した。FM唐沢山では1種から4種のテントウムシが確認され，ナナホシテントウが5月～6月と9月～10月の2回出現していた（表4）。また，ナミテントウが10月と11月においてのみ確認された。

#### 4. 考察

本研究では人為的攪乱の異なる3つの生息地のテントウムシ群集は異なっていた。都市公園の環境要素を持つ農工大キャンパスと都市農地であるFM府中では種数は同程度であったが，多様性指数は農工大キャンパスの方が高かった。都市郊外に位置し，コナラ・クヌギなどの二次林や，スギ・ヒノキの植林地，竹林，草地，庭園など多様な植生が成り立つ近畿大学奈良キャンパスでは，33種の植物体上に21種のテントウムシが確認され，捕食性が17種，植食性が2種，菌食性が2種であったと報告されている（桜谷・松本 2002）。大学キャンパスのように人為的影響が多様な環境では，他では生じない生息場所が形成・維持されることによって，生物種の多様性が高い場合がある（Niemelä 1999）。本研究や桜谷・松本（2002）の結果は，そのような効果によってテントウムシの多様性が維持されていることを示唆している。

テントウムシ群集の食性グループ構成も生息地間で異なっており，ナナホシテントウ（捕食性），ナミテントウ（捕食性），キイロテントウ（菌食性）

表2 農工大キャンパスにおいて確認された各調査日のテントウムシ種の個体数

種名	学名	食性	4月		5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月				
			7	13	22	30	7	13	21	27	3	10	18	25	7	16	28	5	15	23	1	14	22	16	計		
クワツヤテントウ	<i>Serangium japonicum</i>	捕食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	1	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	13			
コクロヒメテントウ	<i>Scymnus posticalis</i>	捕食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	1	—	4			
ヒメアカホシテントウ	<i>Chilocorus kuwanae</i>	捕食	—	—	—	—	—	—	1	—	2	3	—	1	—	—	—	—	—	1	1	3	—	16			
ナナホシテントウ	<i>Coccinella septempunctata</i>	捕食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3			
ヒメカメノコテントウ	<i>Propylea japonica</i>	捕食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3			
ナミテントウ	<i>Harmonia axyridis</i>	捕食	8	—	1	2	1	13	5	4	1	5	8	1	1	1	—	—	—	—	—	2	3	—	56		
クリサキテントウ	<i>Harmonia yedoensis</i>	捕食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1		
ダンダラテントウ	<i>Menochilus sexmaculatus</i>	捕食	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9		
シロジユウシホシテントウ	<i>Calvia quatuordecimguttata</i>	菌食	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1		
キイロテントウ	<i>Illeis koebelei</i>	菌食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
シロホシテントウ	<i>Vibidia duodecimguttata</i>	菌食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	
ニジユウヤホシテントウ	<i>Epilachna vigintioctopunctata</i>	植食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
トホシテントウ	<i>Epilachma vigintioctopunctata</i>	植食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
種数			3	0	2	1	2	2	2	1	3	3	4	3	4	3	3	1	1	2	4	4	5	0			

各調査日における個体数は3調査区の合計である。

表3 FM府中において確認された各調査日のテントウムシ種の個体数

和名	学名	食性	4月		5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月				
			9*	13*	22*	30*	7*	13	22	27	3	10	18	25	9	16	28	5	15	23	4	14	22	16	計		
ククロヒメテントウ	<i>Scymnus posticalis</i>	捕食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	
フタホシテントウ	<i>Hyperaspis japonica</i>	捕食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	
ヒメアカホシテントウ	<i>Chilocorus kuwanae</i>	捕食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
ナナホシテントウ	<i>Coccinella septempunctata</i>	捕食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	
ヒメカメノコテントウ	<i>Propylea japonica</i>	捕食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37	
ナミテントウ	<i>Harmonia axyridis</i>	捕食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39	
ダンダラテントウ	<i>Menochilus sexmaculatus</i>	捕食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	
シロジユウシホシテントウ	<i>Calvia quatuordecimguttata</i>	菌食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	
キイロテントウ	<i>Illeis koebelei</i>	菌食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	
シロホシテントウ	<i>Vibidia duodecimguttata</i>	菌食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	
ニジユウヤホシテントウ	<i>Epilachma vigintioctopunctata</i>	植食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41	
トホシテントウ	<i>Epilachma vigintioctopunctata</i>	植食	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
種数			0	0	0	0	0	0	1	3	3	3	4	7	0	6	4	6	4	5	4	5	3	1			

各調査日における個体数は3調査区の合計である。

\*のついた調査日は調査区が2ヶ所であることを示す。



表4 FM唐沢山において確認された各調査日のテントウムシ種の個体数

和名	学名	食性	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	
			22	15	13	6	4	19	24	計
コクロヒメテントウ	<i>Scymnus posticalis</i>	捕食	—	—	—	—	1	—	—	1
ヒメアカホシテントウ	<i>Chilocorus kuwanae</i>	捕食	—	—	1	—	—	—	—	1
ナナホシテントウ	<i>Coccinella septempunctata</i>	捕食	14	18	1	—	6	4	—	43
ヒメカメノコテントウ	<i>Propylea japonica</i>	捕食	3	3	1	1	—	—	—	8
ナミテントウ	<i>Harmonia axyridis</i>	捕食	—	—	—	—	—	7	4	11
キイロテントウ	<i>Illeis koebelei</i>	菌食	—	1	—	—	9	—	—	10
トホシテントウ	<i>Epilachma vigintioctopunctata</i>	植食	1	1	—	—	—	—	—	2
種数			3	4	3	1	3	2	1	

各調査日における個体数は3調査区の合計である。

の3種が生息地間の群集の違いを特徴付けていた。今回の調査ではテントウムシの餌資源について調べていないので、食性グループ構成が異なる要因は不明であるが、テントウムシ群集における菌食性グループの種数・個体数割合に着目することで、生息地の状態や特徴が検出できるかもしれない。

テントウムシ群集の季節変化は生息地間で異なっていた。いずれの生息地においても一時期に全てのテントウムシ種が出現するという事はなく、6~7月と9月~10月に多数の種が出現していた。また、各テントウムシ種の季節変化も生息地間で異なっていた。優占種であるナミテントウは農工大キャンパスでは4月から6月にかけて多くの個体が出現しており、秋に少数の個体が確認された。この結果から本種は農工大キャンパスでは基本的に春と秋に出現する年2世代であると考えられるが、岐阜大学キャンパスにおける結果(桜井ら1993)のように、春季に2世代生じている可能性もある。一方、FM府中ではナミテントウは2世代、FM唐沢山では秋季の1世代のみの出現であった。また、ナナホシテントウやキイロテントウ、ヒメカメノコテントウでも生息地間で異なる季節変化がみられた。

以上の結果から、テントウムシ群集は種構成や食性グループ構成の解析によって、人為的攪乱に対する生物指標のひとつとして利用できることが示唆された。そして、テントウムシ群集の季節変化は調査地で異なる可能性があることから、テントウムシを生物指標として用いる場合は、関東圏では6~7月と9月~10月に複数回調査する必要があるだろう。都市化などの人為的攪乱に対する影響は、オサムシ(Niemelä *et al.* 2002; Ishitani *et al.* 2003)、チョウ(Blair and Launer 1997; Stefanescu *et al.* 2004;

Clark *et al.* 2007)などで多数行われており、環境因子との関連について詳細に調べられている。今後はこれら分類群と同様にテントウムシにおいても、群集と環境因子との関連を明らかにしていくことが重要である。

#### 引用文献

- 新井雅夫(1991) 演習林の樹木. 東京農工大学農学部演習林報告 29: 1-18.
- Blair, R. B. and Launer, A. E. (1997) Butterfly diversity and human land use: species assemblages along an urban gradient. *Biological Conservation* 80: 113-125.
- Clark, P. J., Reed, J. M., Chew, F. S. (2007) Effects of urbanization on butterfly species richness, guild structure, and rarity. *Urban Ecosystems* 10: 321-337.
- Hodek, I. and Honěk, A. (1996) *Ecology of Coccinellidae*. 480 pp, Kluwer, Boston.
- Iperti, G. (1999) Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 74: 323-342.
- Ishitani, M., Kotze, D. J., Niemelä, J. (2003) Changes in carabid beetle assemblages across an urban-rural gradient in Japan. *Ecography* 26: 481-489.
- 気象庁(2011) <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>. 最終アクセス2011年1月21日.
- 小柳信宏・桑原 繁・桑原 誠・内田武次・熊倉 充・戸田浩人(2003) 東京農工大学フィールドミュージアムにおける森林地域の気象観測記録

- (1997~2002). フィールドサイエンス 3: 37-47.
- Kremen, C., Colwell, R. K., Erwin, T. L., Murphy, D. D., Noss, R. F., Sanjayan, M. A. (1993) Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation Biology* 7: 796-808.
- 久保田耕平 (1998) 東京大学演習林田無試験地におけるオサムシ科昆虫 (Carabidae) の活動性の季節変動 —特に繁殖季節について—. 東京大学演習林報告 100: 1-11.
- 黒澤良彦・久松定成・佐々治寛之 (1985) 原色日本甲虫図鑑Ⅲ. 500 pp, 保育社, 大阪.
- Niemelä, J. (1999) Is there a need for a theory of urban ecology? *Urban Ecosystems* 3: 57-65.
- Niemelä, J., Kotze, D. J., Venn, S., Penev, L., Stoyanov, I., Spence, J., Hartley, D., de Oca, E. M. (2002) Carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) across urban-rural gradients: and international comparison. *Landscape Ecology* 17: 387-401.
- ブリマック リチャード B.・小堀洋美 (2008) 保全生物学のすすめ 改訂版 ~生物多様性保全のための学際的アプローチ~. 396 pp, 文一総合出版, 東京.
- 桜井宏紀・熊田裕治・武田 享 (1993) ナミテントウの発生活長と越冬休眠行動. 岐阜大学農学部研究報告 58: 51-55.
- 桜谷保之・松本宣仁 (2002) 近畿大学奈良キャンパスにおけるテントウムシ相. 近畿大学農学部紀要 35: 1-11.
- 佐々治寛之 (1998) テントウムシの自然史. 251 pp, 東京大学出版会. 東京.
- Stefanescu, C., Herrando, S., Páramo, F. (2004) Butterfly species richness in the north-west Mediterranean Basin: the role of natural and human-induced factors. *Journal of Biogeography* 31: 905-915.

## 投稿規程

「フィールドサイエンス」(英文名: Journal of Field Science) は、東京農工大学農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センターの研究報告誌で年1回以上発行される。

本誌には、広くフィールドサイエンスに関する研究成果などを掲載する。

### 1. 目的

フィールドサイエンスに関する研究成果を公表し、その発展に寄与する。

### 2. 投稿者

東京農工大学に所属する者およびフィールドサイエンスに関心をもつ者

### 3. 報文の種類と内容

- (1) 原著論文: 独創的な研究で、価値ある結論あるいは実験・調査結果を含むもので未発表のものに限る。
- (2) 研究資料: 測定・観察記録、既成の知見の確認など研究上報告する価値のあるもので未発表のものに限る。
- (3) 総説・解説: フィールドサイエンスに関するレビュー、実験・調査方法に関する解説など。

### 4. 報文の原稿

- (1) 原稿は、和文または英文とする。
- (2) 原稿は、別に定める執筆要領に従って作成し、刷り上がり20ページ以内とする。

### 5. 投稿手続き

原稿は、原著論文では原文1部とコピー2部、その他原稿では各1部を次の様式による原稿送付状を添えて、編集委員長に提出する。

- (1) 著書名
- (2) 表題
- (3) 原稿枚数(表紙、本文、要旨、図、表および写真のそれぞれの枚数)
- (4) 報文の種類
- (5) 別刷り希望部数

### 6. 原稿の受理・採否

- (1) 原著論文の審査は編集委員会で委嘱した学内および学外の審査員各1名以上が行い、論文等の採否は、審査結果に基づいて編集委員会が行う。
- (2) 研究資料および総説・解説の原稿の審査

は、審査員1名以上で行う。

- (3) 原稿が受理されたのち、原稿が入力されたフロッピーディスク(DOS/V 1.44 MB)にテキストあるいは書式付きテキスト)を提出する。

## 7. その他

- (1) 別刷希望者は実費負担とする。

## 執筆要領

### 1. 原著論文

- (1) 和文原稿
  - 1) 和文表題
  - 2) 著者名
  - 3) 英文表題
  - 4) 著者名のローマ字書きフルネーム
  - 5) ランニングタイトル(和文)
  - 6) 英文要旨・キーワードおよび和文要旨・キーワード
  - 7) 本文(はじめに、試料と方法、結果、考察)
  - 8) 引用文献
- (2) 英文原稿
  - 1) 英文表題
  - 2) 著者名のローマ字書きフルネーム
  - 3) 和文表題
  - 4) 著者名
  - 5) ランニングタイトル(英文)
  - 6) 和文要旨・キーワードおよび英文要旨・キーワード
  - 7) 本文(Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion)
  - 8) 引用文献
- (3) 原稿の表紙(第1枚目)には、上記1)~5)を記載し、脚注として著者の所属(学科名等)を和文および英文で記載する。

### 2. 用語等

- (1) 和文原稿は、A4判用紙(縦)を用い横書きとし、ワードプロセッサにより1000字(40字、25行)に印字する。
- (2) 英文原稿および英文要旨は、A4判用紙(縦)にワードプロセッサ1行約60字詰め、25行で印字する。
- (3) 動物・植物等の和名、外来語および原語によらない場合の外国の地名・人名はカタカナとする。学名はイタリックとする。

- (4) 用語は、原則として文部省編「学術用語集」に使われているものを用いる。
- (5) 量記号は、イタリックのローマ字もしくはギリシャ文字のアルファベットの1字、またはこれに添字を付けたものを用いる。
- (6) 単位は国際単位系 (SI) を用いることが望ましい。

### 3. 要旨・キーワード

- (1) 和文要旨は約500字以内に、英文要旨は約300語以内にまとめる。なお、和文原稿の英文要旨は約600語以内にまとめる。
- (2) キーワードは日本語および英語でそれぞれ5個以内とし、和文および英文要旨の後に書く。なお、英文の1つのキーワードは3単語以内とする。
- (3) 要旨は和文、英文ともそれぞれ別紙に記載する。

### 4. 本文

- (1) 和文、英文ともに本文の見出しはポイントシステムによる記号を用い、大見出し、中見出し、小見出しをそれぞれ1., 1.1, 1.1.1とする。さらに細分を要する場合は (a), (b), ……、を用いる。

### 5. 図・表

和文原著論文の場合、図・表の題名・注等は英文とする。

- (1) 図 (写真は図として取り扱う)
  - 1) 図の題名および注はその順序に図の下に書く。
  - 2) 図は白紙に鮮明に書く。また、図のサイズは印刷される大きさの約2倍に描く。
  - 3) 図は1枚ごとに別紙とし、図番号の表示は、Fig. 1. のようにする。  
本文中で図番号を示すときも同様とする。
  - 4) 写真は鮮明なものを用いる。題名および注はその順序に写真の下に記載する。
  - 5) 図の挿入箇所は、原稿の該当位置の右欄外に図番号を朱書きして指定する。
- (2) 表
  - 1) 表の題名は表の上に、注は表の下にそれぞれ記載する。

2) 表は1枚ごとに別紙とし、表番号の表示は、Table 1. のようにする。

本文中で表番号を示すときも同様とする。

3) 表の挿入箇所は、原稿の該当位置の右欄外に表番号を朱書きして指定する。

### 6. 研究資料および総説・解説

原著論文の執筆要領に必ずしも準じなくても良い。

### 7. 引用文献

- (1) 引用文献は著者名のアルファベット順に記載し、本文の該当箇所に (著者名, 年号) または著者名 (年号) のように明示する。
- (2) 雑誌の場合は、著者名 (年) 表題. 雑誌名, 巻または号 (通巻ページでないものは巻号) : 最初のページ-最後のページとする。
- (3) 単行本の場合は、著者名 (発行年) 書名. ページ, 発行所, 所在地とする。

#### 引用文献の書き方 (例)

文献は本文中に引用されたものすべてを記載する。雑誌名は原則として、省略しないで表記する。

##### (a) 雑誌論文

田中阿歌磨・星野隆一 (1933) 択捉島湖沼踏査概況及其の湖沼形態, 水の理化学的所見. 陸水学雑誌 3 : 1-19.

Birge, E. A. and Juday, C. (1934) Particulate and dissolved organic matter in inland lakes. *Ecological Monograph* 4 : 440-474.

##### (b) 単行本の全部

吉村信吉 (1937) : 湖沼学. 266 pp, 三省堂, 東京.  
Ruttner, G. E. (1957) *Fundamentals of Limnology* (Translated by Frey, D. G. and Fry, F. E. J.). 380 pp, Toronto University Press, Toronto.

##### (c) 単行本の章または分冊

小林繁男 (1993) 熱帯林土壌のせき悪化. 熱帯林土壌, 真下育久編, 385 pp, 勝美堂, 東京 : 280-333.

Syrett, P. J. (1962) Nitrogen Assimilation. *In* *Physiology and Biochemistry of Algae*, Lewin, R.A. (ed.), 670 pp, Academic Press, New York : 171-188.



## フィールドサイエンス編集委員会

編集委員長 島田 順 東京農工大学農学部 FS センター長, 教授

編集委員 原 宏 FS センター教授  
渡辺 直明 FS センター助教  
鈴木 馨 FS センター准教授  
松村 昭治 FS センター准教授  
伴 琢也 FS センター准教授  
鈴木 創三 生物生産学科教授  
三浦 豊 応用生物科学科准教授  
伊豆田 猛 環境資源科学科教授  
澁澤 栄 地域生態システム学科教授  
田中 綾 共同獣医学科教授

事務局 土屋 雅義 府中地区総務副 TL (FS 担当)

## Editorial Committee of Journal of Field Science

### Editor-in-Chief

Jun SHIMADA Director of Field Science Center, Professor of Tokyo University of Agriculture and Technology

### Editorial Board

Hiroshi HARA Professor of Field Science Center  
Naoaki WATANABE Assistant Professor of Field Science Center  
Kaoru SUZUKI Associate Professor of Field Science Center  
Shoji MATSUMURA Associate Professor of Field Science Center  
Takuya BAN Associate Professor of Field Science Center  
Sohzoh SUZUKI Professor, Dept. of Applied Biological Science  
Yutaka MIURA Associate Professor, Dept. of Applied Biological Science  
Takeshi IZUTA Professor, Dept. of Environmental and Natural Resources Science  
Sakae SHIBUSAWA Professor, Dept. of Ecological Science  
Aya TANAKA Associate Professor, Dept. of Veterinary Medicine

### Management Office

Masayoshi TSUCHIYA Chief of Field Science Center Office

---

平成23年12月13日 印刷

平成23年12月20日 発行

発行所 東京農工大学農学部附属 FS センター  
〒183-8509 府中市幸町 3-5-8 ☎042-367-5799  
印刷所 電算印刷株式会社  
〒390-0821 松本市筑摩 1-11-30 ☎0263-25-4329

---



# Journal of Field Science

---

No. 9

December, 2011

---

## Review

- 1 Development of Techniques Controlling Reproduction in Dairy Cattle in Japan / H. KAMOMAE, T. TANAKA

## Originals

- 19 Monitoring medium-sized mammal fauna using camera traps in the Long Term Ecological Research plot in Field Museum Tamakyuryo, Tokyo University of Agriculture and Technology / H. OHASHI, K. KAJI

## Research materials

- 31 Vegetation Survey at the Long Term Ecological Research Plot in the Field Museum Kusaki, Tokyo University of Agriculture and Technology / A. FUKAMACHI, Y. HOSHINO, M. YOSHIKAWA, and N. WATANABE
- 47 Medium-sized mammal fauna in the Field Museum Tamakyuryo, Tokyo University of Agriculture and Technology / H. TSUNODA, K. KAJI and Y. KANEKO
- 53 Carabid beetle fauna and characteristics at Field Museum Tamakyuryo and Tama area / M. SOGA, N. KANNO and Shinsuke KOIKE
- 59 Butterfly fauna and characteristics at Field Museum Tamakyuryo / M. SOGA, S. KOIKE
- 65 Ladybird beetle fauna on Fuchu campus, Field Museum Fuchu, and Field Museum Karasawayama of Tokyo University of Agriculture and Technology / H. AKIYAMA, T. YOSHIDA
- 

FIELD SCIENCE CENTER, TOKYO UNIVERSITY OF  
AGRICULTURE AND TECHNOLOGY  
Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan