

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25292084

研究課題名(和文) 葉食性昆虫の大発生に強い健全な森林生態系に関する研究

研究課題名(英文) Forest ecosystems resistant to population outbreaks of defoliating insects

研究代表者

鎌田 直人 (Kamata, Naoto)

東京大学・農学生命科学研究科・教授

研究者番号：90303255

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：昆虫病原性糸状菌(以下、病原菌)は森林葉食性昆虫の大発生を制御するうえで重要な役割を果たしている。大発生時の病原菌による死亡率は、ブナアオシヤチホコでは90%以上であったのに対し、カラマツハラアカハバチの大発生時には10%以下であった。後者の大発生時に有効に働く密度依存的な死亡要因は検出できなかった。サナギタケ、ポーベリア・バッシアナ、赤きょう病、メタリジウム・アニソプリエに特異的なプライマーの設計に成功したが、ポーベリア・ブロングニアルティ、コナサナギタケについては未完成である。また、土壌から検出する際のDNA抽出方法に改良の余地を残した。

研究成果の概要(英文)：Entomopathogenic fungi play important roles in terminating population outbreaks of forest defoliating insects. Mortality by the fungi was > 90% and < 10% for the beech caterpillar, *Syntypistis punctatella* and the larch sawfly, *Pristiphora erichsonii*, respectively. Density dependent mortality factors that were effective during population outbreaks of *P. erichsonii* were not detected. Specific primer sets for qPCR were successfully developed for *Cordyceps militaris*, *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea*, and *Metarhizium anisopliae* but failed for *B. brongniartii* and *I. farinose*. Methodology in DNA extraction from soils seemed necessary to be improved.

研究分野：森林保護学

キーワード：葉食性昆虫 大発生 天敵 制御 昆虫病原菌 DNA

1. 研究開始当初の背景

森林生態系ではしばしば葉食性昆虫が大発生して樹木の葉を食い尽くす。Berryman は、高密度平衡点と低密度平衡点の2つの平衡点が安定平衡点なのか不安定平衡点なのかによって、大発生を2 × 2 の4型に分類した (Berryman 1987)。葉食性昆虫でもっとも一般的なのは、2つの平衡点ともに不安定な「周期的大発生型」である。ブナの葉食性昆虫であるブナアオシャチホコ (鱗翅目: シャチホコガ科) では、約10年の周期で密度変動を繰り返し大発生が起こる (Kamata 2000)。生物的死亡要因が密度依存的に働くことによって大発生は通常1~2年で終息する。特に、サナギタケを主とする昆虫寄生性糸状菌類は、大発生しない場合でも、時間遅れをもった密度依存的死亡要因として、周期的な密度変動そのものを引き起こす駆動力になっている。しかし、なかには何世代にもわたり大発生が続く葉食性昆虫もある。カラマツの葉を食べるカラマツハラアカハバチはその1つで、大発生の間隔は数10年と長い。いったん大発生すると、林分レベルでも4~5年大発生が続くうえ、たとえば、北海道、東北地方といった地域レベルでは大発生は約10年も続く (Kamata 2002; Girardin et al. 2001)。「持続的大発生型」に相当する。融雪時の洪水など非生物的な要因によって大発生は終息する (Lejeune et al. 1955)。代表者は、2009年から北海道富良野地方で大発生しているカラマツハラアカハバチの個体群動態を調査しており、天敵類が時間的にも空間的にも密度依存的に働いていないことを発見した (未発表)。また、植物の誘導防御反応により、ハバチ成虫のサイズが小型化したが大発生を終息させる強い作用は認められなかった (投稿中)。また、餌の食い尽くしにより翌年に成虫がほとんど羽化しない林分もみられたが、周囲の林分から移動してきた成虫が産卵することによって、一時的には局所的に密度が低下しても再び密度が増加した (未発表)。これらが複合的に作用して、大発生が長続きするものと推測される。しかし、生物的要因が密度依存的に作用しないメカニズムは未だに不明である。

2. 研究の目的

ブナの葉食性昆虫ブナアオシャチホコとカラマツの葉食性昆虫カラマツハラアカハバチを対象として、葉食性昆虫の大発生を制御する上で重要と考えられている昆虫病原性糸状菌類の動態を調べるための基礎調査を行う。また、連年の食害がカラマツの葉の化学性に及ぼす影響を明らかにする。

3. 研究の方法

ブナアオシャチホコの終齢幼虫の密度推定を Kamata and Yanbe (1994)にもとづき、ブナ林冠下に設置したリタートラップに落下した糞量から推定した。調査地は、八甲田

山・岩木山 (青森県) 八幡平 (秋田県) 安比高原 (岩手県) である。

カラマツハラアカハバチの密度の推定は以下の方法で行った。林冠下にリタートラップを設置して、落下した頭蓋脱皮殻から各齢の幼虫密度を、糞量から食害量を推定した。また、カラマツハラアカハバチ幼虫の出現前と発生終了後に撮影した全天空写真を、画像変換によりパノラマに変換し、カラマツ個体ごとの食害率を推定した。1プロットから、20cm四方、深さ20cmの土壌を採集して、篩を使って繭を取り出した後、小動物による捕食、寄生バチ、寄生バエ、正常なハバチの羽化殻、病気に寄生された繭、健全繭に分類した。繭殻は個体によっては数年間も土中に残るため、そのまま計算すると繭殻が過剰評価される問題がある。そこで、繭殻の消失率を一定と仮定した階層モデルにより、それぞれのカテゴリーについて各年の密度をベイズモデルによって求める方法を開発した。健全繭については、プランターに滅菌したパーミキュライトを入れて、その中で繭を越冬させた後に、越冬後に個体ごとに生死と死亡要因を特定した。病気によって死亡したと推定された繭については、繭表面から分離した菌を培養してDNA抽出をおこなった。

個体群動態のさまざまなフェーズにおける森林土壌を採集し、市販の土壌からのDNA抽出キットを用いてDNAを抽出して、その後の解析に供した。

ブナアオシャチホコとカラマツハラアカハバチから検出された昆虫病原菌について、GENBankから固有のゲノム領域を探し出し、プライマーを設計した。Tharmofisher社製のリアルタイムPCR器を使って、多種での増幅が認められないかなどの検定を行った。開発に成功したプライマーを使って、土壌DNAやカラマツハラアカハバチの繭から抽出したDNAをつかい、個々の菌の検出と定量を試みた。

カラマツの葉をカラマツハラアカハバチが出現する前に採集して、凍結乾燥後に、CN含有率、総ポリフェノール量、縮合タンニン量、糖分量を測定した。

4. 研究成果

サナギタケ (Syaiful et al. 2014)、ポーベリア・バツシアナ、赤きょう病、メタリジウム・アニソプリエ (論文準備中) に特異的なプライマーの設計に成功したが、ポーベリア・ブロングニアルティ、コナサナギタケについては未完成である。

調査期間中のブナアオシャチホコの密度は、八幡平で高密度になり、2012年 (科研費期間前) と13年に、林分によっては完全に失葉するブナコ帯も見られた。とくに13年には数百ha規模で完全に失葉した。13年と14年の7-8月には林床にサナギタケの子実体が多数発生した。

サナギタケ子実体が発生している付近の土壌を採集して、DNA 抽出を行い、qPCR による定量を試みたが、検出限界付近の濃度であり、本方法を使って昆虫病原性糸状菌の動態研究を行うためには、サンプリング手法と DNA 抽出手法の改良が不可欠と考えられた。

カラマツハラアカハバチの繭殻から、繭数を推定する階層ベイズモデルの開発に成功した (Pinkantayong et al. 2015)。また、小哺乳類の捕食効果をモデルに組み入れてモデルの改良を行った (論文準備中)。カラマツハラアカハバチの死亡要因は、密度依存的に働くものが認められなかった。昆虫病原性糸状菌による死亡率も 5%程度と、ブナアオシヤチホコの大発生の際に 90%以上が昆虫病原性糸状菌によって死亡するのに比べると、極めて死亡率が低かった。ポーベリア・ブロングニアルティがカラマツハラアカハバチの死亡繭から検出されたが、これは膜翅目からの寄生の記録としては世界初のものである。

北海道富良野市南部におけるカラマツハラアカハバチの大発生は 2009 年から 2016 年までつづいている。そのうち、2012 年と 2016 年は小規模の大発生にとどまった。失葉の影響は、葉内窒素の減少、総フェノール量、縮合タンニン量、CN 比の増加となって現れたが、過年度の失葉の影響として少なくとも 2 年のスタンプ効果が認められた (Pinkantayong et al. 2015)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 6 件)

Kern-asa N, Uraichuen S, Kamata N (2016) Phylogenetic variation of the green muscadine fungus, *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin, and its virulence to larvae of the sugarcane longhorn stem borer, *Dorystenes buqueti* Guerin (Coleoptera: Cerambycidae). *Agriculture and Natural Resources* 50: 427-431.

Abell KJ, Gwiazdowski R, Normark BB, Kamata N, Van Driesche RG (2016) The scale and parasitoid community on native hemlocks in Japan. *Biological Control* 100: 7-17.

Saragih SA, Takemoto S, Hisamoto Y, Fujii M, Sato H, Kamata N (2015) Quantitative real-time PCR (qPCR) – Based tool for detection and quantification of *Cordyceps militaris* in soil. *Journal of Invertebrate Pathology* 124: 70-72.

Pinkantayong P, Suzuki S, Kubo M, Muramoto K, Kamata N (2015) A hierarchical Bayesian model to estimate the unobservable predation rate on sawfly cocoons by small mammals. *Ecology and Evolution* 5: 733-742.

Pinkantayong P, Kubo M, Terada T, Fujii M, Kamoda S, Muramoto K, Kamata N (2015) The effect of successive years of defoliation by the larch sawfly (*Pristiphora erichsonii* (Hartig)) on the foliage properties of the Japanese larch (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carr.), with particular reference to the CN balance hypothesis. *Journal of Forest Research* 20: 104-113.

鎌田直人, 井口和信, サングァンサップ スニサ, テウィー マニラート (2014) クスサンに連年食害されたウダイカンバに寄生する穿孔虫類 : とくにハンノスジキクイムシの被害について. *森林防疫* 63: 198-202

〔学会発表〕(計 2 件)

堀田遼・鈴木智之・Panisara Pinkantayong・鎌田直人, 階層ベイズモデルを用いたカラマツハラアカハバチ死亡要因としての小哺乳類の捕食効果の推定, 第 125 回日本森林学会大会, さいたま市, 2014/3/28

久保守・清水翔平・鎌田直人, 全天魚眼カメラの回転校正による多時期林冠画像の重ね合わせ, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2013), 東京, 2013/7/29

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

鎌田直人 (KAMATA NAOTO)
東京大学・農学生命科学研究科・教授

研究者番号：90303255

(2)研究分担者

村上 正志 (MURAKAMI MASASHI)
千葉大学・理学(系)研究科(研究院)・
准教授)

研究者番号：50312400

平尾 聡秀 (HIRAO TOSHIHIDE)
東京大学・農学生命科学研究科・講師
研究者番号：90598210

(3)連携研究者

金子 信博 (KANEKO NOBUHIRO)
横浜国立大学・環境情報研究科(研究院)・
教授

研究者番号：30183271

佐藤 大樹 (SATO HIROKI)
独立行政法人森林総合研究所・森林昆虫研
究領域・チーム長

研究者番号：30353709

(4)研究協力者

鴨田 重裕 (KAMODA SHIGEHIRO)
東京大学・農学生命科学研究科・准教授

鈴木 智之 (SUZUKI SATOSHI)
東京大学・農学生命科学研究科・助教

竹本 周平 (TAKEMOTO SHUHEI)
東京大学・農学生命科学研究科・助教

久本 洋子 (HISAMOTO YOKO)
東京大学・農学生命科学研究科・助教

井口 和信 (IGUCHI KAZUNOBU)
東京大学・農学生命科学研究科・技術職員

久保 守 (KUBO MAMORU)
金沢大学・自然科学研究科・助教

村本 健一郎 (MURAMOTO
KEN-ICHIRO)

国立石川高等専門学校・校長・教授

Sopon Uraichuen
カセサート大学・農学部昆虫学科・助教授

Oraphan Kern-asa
カセサート大学・農学部昆虫学科・講師

Sunisa Sanguansub
カセサート大学・農学部昆虫学科・講師

Tewee Maneerat
プリンス・ソンカラン大学・農学部昆虫学
科・講師

Pynkantayong Panisara
ナレスワン大学・農学部昆虫学科・講師

Roy G Van Driesche
マサチューセッツ大学・農学部・教授)