

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K14600

研究課題名(和文) 種多様性の連鎖反応が強化する生態系サービス：ハエ目 天敵 害虫系による検証

研究課題名(英文) Species richness enhances serially ecosystem services: a test with dipterans, natural enemies, and insect pests

研究代表者

宮下 直 (Miyashita, Tadashi)

東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・教授

研究者番号：50182019

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、複数の栄養段階を縦断した種の多様性と生態系サービスの連鎖効果を検証することを目的とした。水田に生息する造網性クモ類(天敵)、害虫(ヨコバイ、ウンカ、カメムシ)、ハエ目昆虫(クモの主要な餌で、「ただの虫」)の3つの栄養段階に着目し、「ハエ目の種多様性が天敵の多様性を支え、それが害虫防除の効果を強化する」、という仮説を検証した。調査と解析の結果、ハエ目の種の季節的入れ替わりがハエ目全体の密度を高め、密度の変動を安定化させることがわかった。また、ハエ目の量は、クモ類の個体数に影響を与えること、クモ類の個体数は害虫のカメムシ類に負の影響があることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study examined that the relationship between species richness and ecosystem services, which is achieved from interactions among multiple trophic levels. The target system consists of three trophic levels including web spiders (natural enemies), pest insects (leafhoppers, bugs), and dipterans (alternative prey for predators), and the hypothesis addressed is that dipteran diversity sustains natural enemies, and thereby strengthens pest control service. The results showed that seasonal turnover of dipteran species enhances dipteran abundance and its stability through time. It was also suggested that dipteran abundance increased spider abundance, which then decreased abundance of bugs.

研究分野：生態学

キーワード：生態系機能 種多様性 害虫駆除 環境保全型農業

1. 研究開始当初の背景

生物多様性にはどのような意味があるのか。この問いは、学術的な挑戦性だけでなく、「生物多様性がもたらす恩恵」を社会に説得力ある形で伝えるうえでも不可欠な研究課題である。

この分野は、1990年代以降、室内や野外の実験系による実証研究が行われてきた。2000年代にはその成果が爆発的に増え、主要な国際誌を飾っている。最近では、生産性や分解速度などの基盤サービスだけでなく、食料供給に大きく貢献している送粉サービスに関する研究も盛んで、グローバルな評価も散見される。しかし、多様性機能の研究は、同一栄養段階における多様性の効果を検証するものが圧倒的に多い。とくに、野外スケールで、しかも食料生産など、私たちの生活に密接に関連する生態系サービスについて、複数栄養段階の多様性の効果を明らかにした研究は、皆無である。

天敵による害虫防除サービスは、一般人にも分かりやすく説得力のある調節サービスである。これまでもおもに野外実験などで検証が試みられているが、天敵の多様性と害虫防除の関係は、あまり一貫した傾向が認められていない。捕食効率の高い天敵がいればそれで事が足りる場合や、天敵同士が食い合うというギルド内捕食が、多様性の効果を減じる主な原因である。一方、ミクロコズム実験によれば、餌種の多様性が消費者の多様性の効果を引き出すという栄養段階間での多様性の創発効果とも言うべき現象が報告され始めている。しかし、これが野外スケールでの害虫防除にどの程度効果がありうるのか、全く不明である。

2. 研究の目的

本研究では、水田に生息する造網性クモ類(天敵)、害虫(ヨコバイ、ウンカ、カメムシ)、ハエ目昆虫(クモの主要な餌で、「ただの虫」であるユスリカが多い)の3つの栄養段階に着目し、「ハエ目の種多様性が天敵の多様性を支え、それが害虫防除の効果を強化する」という仮説を検証する。種ごとに季節消長が異なるハエ目の多様性が高まることで、同じく種によってクモ類の個体数が維持され、害虫への捕食率を恒常的に高めるという仕組みを想定している。

3. 研究の方法

(1) 季節的なハエ目昆虫のターンオーバーがアシナガグモ類個体数に及ぼす影響

本研究では、季節的なハエ目昆虫のターンオーバーが、ハエ目自身の個体数の大きさとその変動性に正の影響を与え、さらに、それらがアシナガグモ類の個体数に及ぼす影響を明らかにした。

調査を行う水田は、栃木県塩谷郡塩谷町における慣行栽培11カ所、殺虫剤無使用の保全型13カ所とした。これらの農法の差は、種の発生パターンの違いをもたらす要因となることを期待する。

水田から発生するハエ目昆虫の季節的な多様性を評価するために、6月中旬、下旬、7月中旬、8月上旬に1水田あたり、4つの羽化トラップを設置した。アシナガグモ類の個体数調査は、羽化トラップ設置場所を中心に1×10mのトランセクトを設置し、目視でのカウントを行った。

解析では、まず2時期の隣接した時期において、種のターンオーバーの直接的な効果を評価した。解析に用いる指標は以下の

ように定義した。ターンオーバーの指標としては、隣接した時期で新しく加入する種数（以下、期間加入種数）、個体数の大きさの指標としては、隣接した時期の個体数の変化量（ $\log(\text{個体数} / \text{前の時期の個体数})$ ）、以下、期間増加率）安定性の指標としては、その絶対値（以下、期間安定性）を用いた。そして、調査サイトをランダム効果にした一般線形混合モデルで解析を行った。次に4時期を通した解析では、種のターンオーバーの指標としては、4時期の期間加入種数の平均値とした。季節的な個体数とその安定性は、以下のように算出した。各季節のトレンドを取り除くため、各時期の平均個体数の偏差を算出した。その偏差の4時期平均値を個体数の大きさ、そしてその標準偏差を安定性の指標とした。アシナガグモ類も同様の方法で、個体数の大きさとその安定性の指標を算出し、ハエ目との関係性を評価した。

(2) アシナガグモ類が害虫の個体数に及ぼす影響

研究(1)と同様の調査水田で、害虫の個体数が最も多くなる出穂期の8月中旬に調査を行った。アシナガグモ類と害虫の個体数調査は、各水田でスイーピングを40回行った。害虫は稲の収量に影響をもたらすヨコバイ類、ウンカ類、カメムシ類を対象とした。アシナガグモ類の個体数が害虫の個体数に及ぼす影響を評価するため、誤差分布を負の二項分布とした一般化線形モデルで解析した、

(3) アシナガグモ類の餌組成の評価および餌量が水路と水田間の個体数の動態に及ぼす影響

アシナガグモ類の餌組成の評価

本研究ではまず、クモ類の餌をより定量的に評価する方法を考案した。まず網からクモを取り除き、クモの再侵入を防止するため、粘着スプレーを網に吹きかけた。そして4時間放置し、かかった生物を採取した。この調査は研究(1)と同じ調査地、調査時期で16水田を選出した。各水田での餌の評価は5つ以上の網を対象に行った。

餌量がアシナガグモ類の個体数動態に及ぼす影響

水路と水田におけるアシナガグモ類の個体数動態が水田の水深と餌量によって変化していることを明らかにした。アシナガグモ類の個体数調査は、の方法で対象とした水田とその水田に隣接した水路において、 $1 \times 20 \sim 40\text{m}$ のトランセクトを設置し、アシナガグモ類の造網個体数の目視でのカウントを行った。餌量の値はで評価した餌の体長からアロメトリー式を使用し、乾重量として算出した。

解析は、ポアソン分布もしくは負の二項分布を誤差分布とした一般化線形モデルで行った。アシナガグモ類が水路から水田へ移動することを想定するため、水路から水田へ移入する6月下旬の水田を対象とした場合には、説明変数に前時期の水路の個体数、水田か水路へ移入を開始する8月上旬の水路を対象とした場合には、前時期の水田個体数を加えた。

4. 研究成果

(1) 季節的なハエ目昆虫のターンオーバーがアシナガグモ類個体数に及ぼす影響

羽化トラップでとらえられたハエ目昆虫は、採取されたうちの90%以上を占めており、それらの形態的特徴から9グループに識別された。冗長性分析の結果、これら9グループは殺虫剤の有無、水田の水深、森林からの距離に対して、異なる応答を示しており、水田の環境条件によって種構成が変化することが示唆された。さらにハエ目の期間加入種数が多くなるほど、水田におけるハエ目の期間増加率が高くなり、保全型では変動性が低く、慣行栽培では逆に変動性が高くなった(図1)。その理由として、ハエ目の個体数の季節消長が有機栽培は徐々に減少していくという結果に対し、慣行栽培では増加していく傾向にあったため、有機栽培では種の加入が個体数の減少を緩和し、慣行栽培水田では個体数の増加の寄与したことが理由だと推測される。一方、4時期を通した解析では個体数の大きさ・その変動性ともに、4時期の期間加入種数平均による有意な影響は検出されなかった。その理由としては、期間加入種数は、個体数の変化を反映できていないことが考えられる。そのため、今後、より適した種指標を開発することが求められる。

アシナガグモ類に対するハエ目の個体数およびその安定性の有意な影響は検出されなかった。その理由として、今回、考慮できなかったアシナガグモ類の個体数が餌以外の要因によっても影響を受けていた可能性が考えられる。

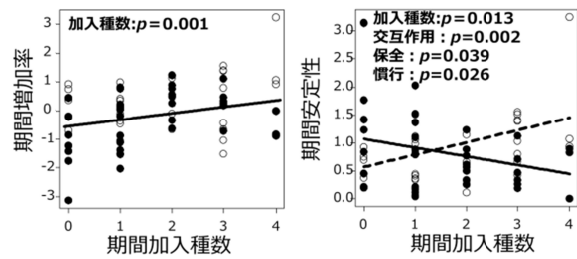


図1. 隣接した2時期を対象としたハエ目の加入種数が、自身の個体数増加と安定性にもたらす影響。黒塗りのプロット、実線の推定曲線が保全型、白抜きのプロット、点線の推定曲線が慣行栽培のものを示す。

(2) アシナガグモ類が害虫の個体数に及ぼす影響

アシナガグモ類の個体数が多いほど、カメムシ類の個体数が低く保たれることが明らかになった(図2)。一方、ヨコバイ類、ウンカ類は個体数との有意な関係は見られなかった。その理由は定かではないが、ヨコバイ類、ウンカ類は稲の株元で吸汁しているのに対し、カメムシ類は穂を吸汁するため、カメムシ類のほうがアシナガグモ類の網にかかりやすかったのかもしれない。

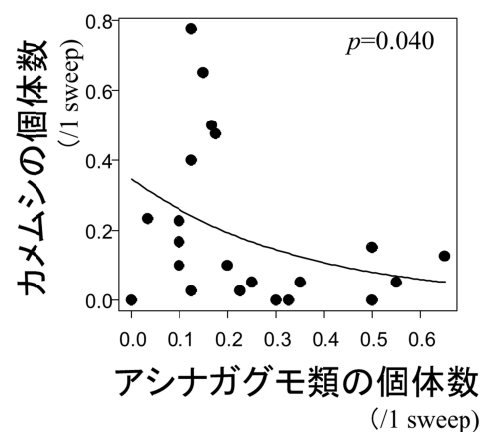


図2. アシナガグモ類がカメムシの個体数に及ぼす影響

(3) アシナガグモ類の餌組成の評価および餌量が水路と水田間の個体数の動態に及ぼす影響

アシナガグモ類の餌組成の評価

アシナガグモ類の餌組成のうち、研究(2)で対象としたハエ目 9 グループは、全体の約 70%を占めていた。残りの 30%は、アブラムシ類やカゲロウ類、羽化トラップでは採取されなかったユスリカ科のグループがほとんどを占めていた。このことから、少なくとも 70%は水田などの水場からの餌を利用していると考えられる。

アシナガグモ類の動態と餌量

水田のアシナガグモ類の個体数は、6 月下旬から徐々に増加し、水田の水深と餌量の減少とともに 8 月上旬に個体数が減少していくことがわかった。一方で水路の個体数はほぼ一定に保たれていた。さらに解析の結果から、水路では、水田へ移入する前の 6 月中旬・下旬、そして、水田においては 7 月中旬で餌生物量が多いほどアシナガグモ類の個体数が増加するという有意な傾向がみられた(図 3. a, b)。6 月下旬においては、餌量ではなく、その前の時期の水路の餌量が有意に影響していた(図 3. c)。これらの結果から、水路でより豊富な餌を利用できるほど、個体数が増加し、それがスピルオーバーする形で水田へ移入することが示唆された。一方で、8 月上旬の水田のアシナガグモ類の個体数は、最終的に餌量の減少というよりも水深の低下が直接(餌量と水深との間に相関がないため)影響していることが明らかになった(図 3. d)。以上の結果から、水路の暗渠・パイプライン化は、水田のアシナガグモ類の個体数を減少させる可能性がある。

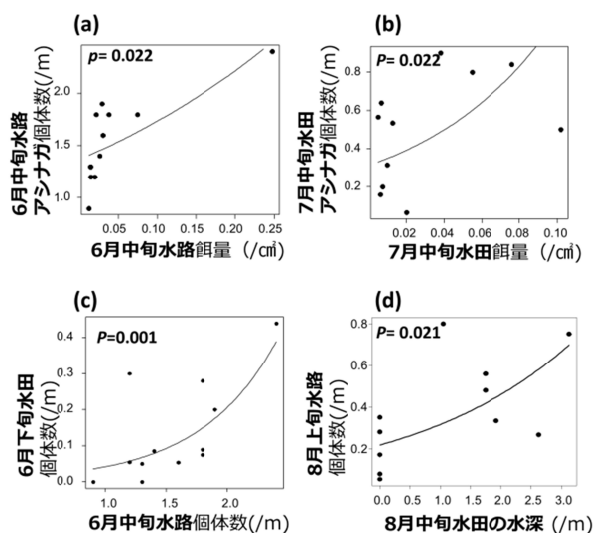


図 3. アシナガグモ類の個体数に及ぼす餌量、水田の水深、前期水路個体数の影響。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

Tsutsui H. M, Tanaka K, Baba G. Y, Miyashita T (2016) Spatio-temporal dynamics of generalist predators (Tetragnatha spider) in environmentally friendly paddy fields, Applied Entomology and Zoology, 51. 4: 631-640, 査読有
DOI: 10.1007/s13355-016-0440-5

[学会発表] (計 5 件)

筒井優、馬場友希、田中幸一、宮下直、水田におけるアシナガグモ類の個体数を支える「代替餌」と「代替生息地」、第 61 回 日本応用動物昆虫学会大会 2017.3.28, 東京
筒井優、馬場友希、田中幸一、宮下直、アシナガグモ類の個体数の増加をもたらす水田と水路の餌生物～代替生息地の代替餌に注目して～、日本生態学会 第 64 回大会, 2017.3.16, 東京

筒井優、馬場友希、田中幸一、宮下直、
環境保全型水田におけるアシナガゲモ
類の時空間動態、日本蜘蛛学会第 48 回
全国大会 2016.8.20,東京

Tsutsui H. M, Baba G Y, Tanaka K,
Miyashita T. Spatio-temporal dynamics
of TETRAGNATHA spiders and dipterans
in environmentally friendly paddy fields,
2016.7.3, 20th International Congress of
Arachnology Colorado

筒井優、馬場友希、田中幸一、宮下直 ,
水田における「ただの虫」の多様性と天
敵アシナガゲモ類の動態、日本生態学会
第 63 回全国大会 2016.3.22, 仙台
(優秀ポスター賞受賞)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

[その他]

なし

6 . 研究組織

(1)研究代表者

宮下 直 (MIYASHITA, Tadashi)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・
教授
研究者番号 : 50182019

(2)研究協力者 (TSUTSUI, Masaru)

筒井 優
東京大学・大学院農学生命科学研究科・
特任研究員