

チャバネアオカメムシの広域管理に向けた 針葉樹人工林の季節ごとの景観の影響評価

独立行政法人 森林総合研究所 ^{たき}滝 ^{ひさ}久 ^{とも}智

は じ め に

作物上で見られる害虫は、作物が植えられている農耕地のみを生息場所として利用しているわけではなく、周辺の非農耕地も利用していることがある。日本の農耕地の多くは、面積2 ha以下の小規模であり、森林、牧草地、居住地など様々な用途で利用される土地に囲まれている。これら農耕地周辺の場所が、害虫の一時滞在地のみならず越冬地や発生源とすらなっている場合もある。従来の害虫管理は、対象としている害虫種の生活史を解明して防除適期を判断したうえ、特定の面積範囲の中で、多くは圃場単位という範囲の中で行われてきた。しかし、周辺の非農耕地から農耕地へ往来する害虫を管理しようとする場合、農耕地に加えて周辺の土地利用状況までも管理対象の一部として考慮する「広域害虫管理」が重要な概念になりえる(田淵・滝, 2010)。広域害虫管理とは、対象害虫種の分散や定着能力のような生物学的情報から明示的に定められる地理的スケールに対して必要な害虫低減策を一斉に適用することによって対象害虫の個体数を所定水準へ計画的に減少させること、として定義される(FAUST, 2008)が、より端的に記せば、農耕地周辺までを考慮して害虫の行動範囲や生息場所を明らかにしてそれを害虫管理に役立てようということである。

周辺環境まで影響するある場所の土地利用形態の変化は、全国的な病害虫問題に関与することすらある。農耕地の周辺に広がる森林に目を向けてみる。例えば日本では、1950年代以降の土地利用の改変によって、いくつかの農業害虫種の発生が引き起こされたと推測されており、針葉樹人工林の増加もそうした土地利用改変の事例の一つである(KIRITANI, 2007)。高度経済成長の下で建築用材の需要が増大する中で進められた拡大造林によって、針葉樹人工林の面積が増加し、日本の森林面積における針葉樹人工林の割合は40%以上となっている。日本における主要な植樹種は、スギ *Cryptomeria japonica*,

ヒノキ *Chamaecyparis obtusa*, カラマツ *Larix kaempferi* で、日本在来種であるが自然分布域地以外にも広く植林されている。特にスギとヒノキの2種は本州以南の主要な植樹種である。

針葉樹人工林の増加に伴って被害が顕著になってきた害虫として果樹カメムシが指摘されている(KIRITANI, 2007)。果樹カメムシの一種、チャバネアオカメムシ *Plautia stali* は、人工林主要種であるスギやヒノキの球果を餌として利用することが知られ、林業と農業の両分野にまたがる害虫として日本国内に広く分布している。本種は、ナシ、カキ、モモ、リンゴ、ミカン等様々な果樹を加害することが知られるが、これら果実は必ずしも好適な餌ではなく、繁殖し生活史を完成させるためにはスギやヒノキのような種を餌として必要とする(小滝ら, 1983)。これは果実を加害するチャバネアオカメムシが周囲の針葉樹林から果樹園に侵入してきていることを示唆し、成虫はおそらく高い分散能力を持っていると考えられるため(守屋, 1995)、園外から突発的に果樹園へ飛来するチャバネアオカメムシに対する薬剤防除は難しい。したがって、果樹園を中心とした場合、周辺のどのくらいまでの範囲の針葉樹林に配慮をすればよいのかを知るためには、具体的な距離などで示される本種の移動分散能力に関連した影響を及ぼす範囲を検出することが一助となる。

本報告では、チャバネアオカメムシと針葉樹人工林の関係性について広域で行った調査を紹介する。調査では、チャバネアオカメムシに対して、針葉樹人工林が周囲に多ければ個体数が多くなるというような基本的な証明をした後、具体的にどのくらいの範囲までの針葉樹人工林が個体数の増減に影響するかを明示的に示すことを主たる目的とした。また、チャバネアオカメムシは1年で複数の世代が出現することが知られているため、季節ごとの針葉樹人工林の本種個体数に対する影響について検証することも目的とした。なお、本報告は環境省地球環境研究総合推進費(S-9)から助成を受けて、田淵 研、飯島勇人、岡部貴美子、外山晶敏の四氏とともに取り組んだ調査内容(TAKI et al., 2014)を含んでいる。本文に先立ち厚く御礼申し上げる。

Seasonal and Landscape Influences of Conifer Planted Forests on *Plautia crossota stali* for the Area-Wide Management. By Hisatomo TAKI

(キーワード: チャバネアオカメムシ, ランドスケープ, GIS, スギ, ヒノキ)

I 調査地の概要とチャバネアオカメムシの採集方法

調査は茨城県北部に位置する北茨城市と高萩市（北緯 36° 42′–55′，東経 140° 32′–45′；標高 0–800 m）において 3 年にわたり実施した。二つの市にまたがる調査地域は、広葉樹天然林や針葉樹人工林をはじめ森林が優占し、農耕地、草地、居住地や道路などに加え川などの水域も存在しているような典型的な本州以南の日本の景観を有する。この地域における 1950 年代以降の最も面積の広い人為的土地利用改変は、国内の多くの地域同様、広葉樹の自然林あるいは半自然林からスギとヒノキ等の針葉樹の単一植林地への転換といえる。

2008 年に調査地域内に 19 箇所の調査地点を設置し、2009 年と 2010 年に新たに 10 箇所を加え、合計 29 箇所のモニタリング地点を確保した（図-1）。調査地点間の距離は少なくとも 1,400 m 以上は離れた。各調査地点は全地球測位システム（GPS）装置、および ArcGIS 9.2 software（ESRI）を用いて電子地図上に記録した。各調査地点を取り囲む周辺にどのくらいの針葉樹人工林があるのかを確認するために、地図上に記録した調査地点を中心として 50～4,000 m までの様々な半径の範囲内に存在する針葉樹人工林の面積を計測した。計測には、主

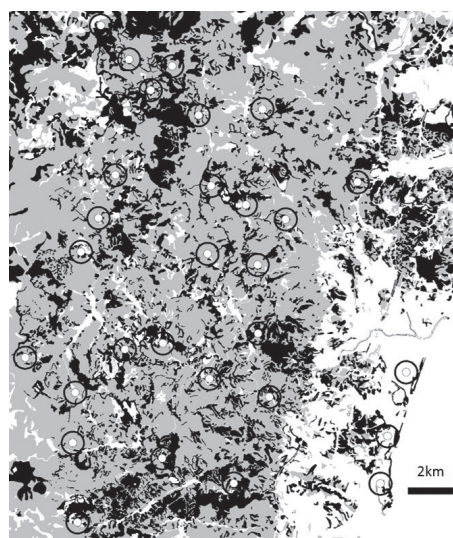


図-1 茨城県北茨城市および高萩市の調査地域（北緯 36° 42′–55′，東経 140° 32′–45′）

白色の点は 29 箇所の調査地点を示し、その周辺の黒い円は半径 500 m 圏を示している。図中の黒色の部分は天然林を、灰色の部分は針葉樹人工林を、白色の部分は農地、草地、池、川、海、居住地、道等の他の土地被覆を示している。

として森林総合研究所にて作成された既存の電子植生図を利用し、環境省の自然環境保全基礎調査植生調査をもとにした植生図で補完した。

各調査地点に、屋根と 2 枚の交差状の衝突板、さらには防腐剤として 200 ml のプロピレングリコールを入れたバケツからなる黄色の吊り下げ式トラップ（サンケイ化学）を仕掛けた（図-2）。黄色の吊り下げ式トラップの屋根の下には、チャバネアオカメムシの集合フェロモンから作られた合成フェロモン剤ディスペンサー（サンケイ化学）を誘引物質として設置した。集合フェロモンはチャバネアオカメムシの雄により放出され、両性の成体を誘引することが知られている。29 調査地点それぞれに一つのトラップを地上約 1.5 m の位置に設置した。2008 年、2009 年、2010 年の 6 月、8 月、10 月にこれらトラップを設置および回収し、2010 年には 4 月を追加した。各月 1 回、20 日間にわたってトラップを設置し、その 20 日間に渡る累積のチャバネアオカメムシ捕獲個体数を記録した。

得られたチャバネアオカメムシの捕獲個体数のデータは、4 月、6 月、8 月、10 月の季節ごとに解析を行った。すべての解析は R software version 2.15.0（R Development Core Team 2012）を用いて行い、4 月分は一般化線形モデルを、6 月、8 月、10 月では前月の捕獲個体数を加味した一般化混合モデルを用いた。それぞれの採集月において、各採集地点の周囲に存在する針葉樹人工林面積と捕獲個体数の関連性を見るために、トラップ設置地点を中心に半径 50 m の距離内に存在する針葉樹人工林の面積を解析に用いた。同様に異なる半径（100 m から 1,000 m に対しては 100 m 間隔で、半径 1,000 m から 4,000 m に対しては 500 m 間隔）で計測された針葉樹人工林の面積とチャバネアオカメムシの捕獲個体数との関



図-2 黄色の吊り下げ式トラップ（サンケイ化学）

連性についても解析した。異なる半径から得られたそれぞれの針葉樹人工林面積で構築したモデルを比較するために、赤池情報量基準 (Akaike's Information Criterion, AIC) を使用した。これらの異なる半径間のモデル比較は、4 月、6 月、8 月、10 月それぞれのチャバネアオカメムシ捕獲数に対して実行した。AIC は、統計モデルのよさを評価するための指標である。AIC 最小値を示した半径から得られたモデルを最良のモデルとして選択した。

II 明かになったこと

4 月、6 月、8 月、10 月に捕獲したチャバネアオカメムシのトラップ当たりの平均個体数はそれぞれ 7.14, 11.44, 21.09, 0.84 であった。各半径における針葉樹人工林の面積から導かれたモデルの AIC を比較したところ、最も低い AIC 値をとった半径は、4 月、6 月、8 月、10 月それぞれで、2,000 m (AIC = 391.4), 400 m (AIC = 1003.9), 1,500 m (AIC = 1886.1), 200 m (AIC = 211.1) となった (図-3)。しかし、4 月と 10 月については、比較的小さな半径と大きな半径で AIC 値が低くなっているように、反応にばらつきが認められその信頼性は低いと思われた。さらに、上記で選択された半径を用いて結果を確認したところ、4 月、6 月、8 月では針葉樹人工林面積とのチャバネアオカメムシ捕獲数との間で正の関係が見られたが、10 月では針葉樹人工林面積とチャバネアオカメムシ捕獲数との間には負の関係が見られた (図-4)。以上の結果で明らかになったことは、まず、スギやヒノキの球果ができるであろう 6 月と 8 月に、周囲の針葉樹人工林が多ければ多いほどチャバネアオカメムシ個体数は増え、その傾向は、半径 400 m や 1,500 m という景観レベルにおいて比較的明瞭であった。次に、4 月、6 月、8 月では正の関係、10 月では負の関係が見られたように、チャバネアオカメムシの針葉樹林面積に対する反応は季節ごとに異なっていた。

結果が示すように 4 月、6 月、8 月におけるチャバネアオカメムシ捕獲数は針葉樹林面積と正の関係性を示した。先行研究では、スギやヒノキの花芽時期の気象条件、球果の状態、または飛散花粉を計測することで、チャバネアオカメムシの密度を推測し本種による果樹への被害を予測しており実用的なチャバネアオカメムシの指標となることが指摘されている (松本ら, 2001; MORISHITA, 2003; 森下ら, 2001; 2007)。これら先行研究および本調査より、チャバネアオカメムシ管理手法の一つとして、スギやヒノキの人工林が大半を占める果樹生産地における人工林から天然林への転換が示唆できる。日本において、針葉樹人工林の伐採を含めた林業活動が

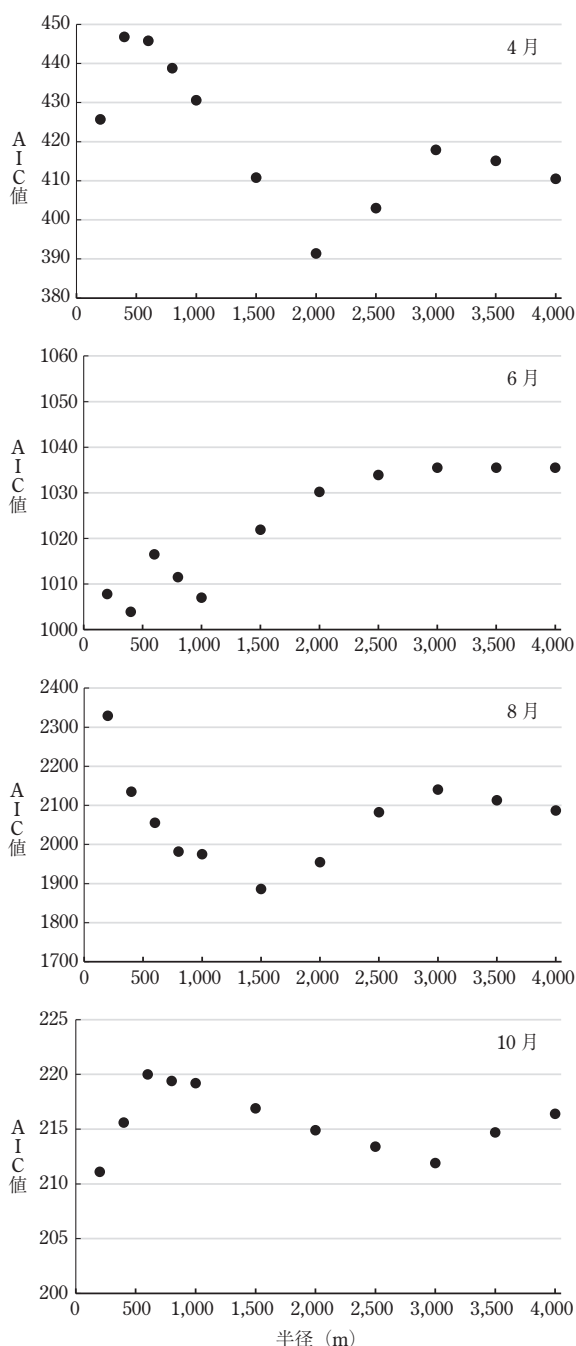


図-3 異なる半径によって得られた針葉樹人工林面積を用いて構築した一般化線形モデルと一般化線形混合モデルにおける赤池情報量基準 (AIC) 値

4 月、6 月、8 月、10 月それぞれの結果の一部を示す。

1960年代および1970年代以降に低下すると同時に、国際的自由貿易協定および変動為替相場制の導入に伴って外材の輸入が増加した。国内の針葉樹人工林の多くは林齢から考慮すれば今や伐期に達しているが、十分に利用されているとはいえない。それゆえ、果樹園が多く存在する地域におけるスギやヒノキの伐採や利用計画において、単一種の針葉樹人工林から広葉樹林への転換は一つの選択肢であろう。

さらに本調査では、針葉樹林面積とチャバネアオカメムシ捕獲数に正の関係性が認められた4月、6月、8月ですら、それぞれの月で影響する空間スケール（半径）が異なることが明らかとなった。4月の結果の信頼性は低いものの、その値は4月、6月、8月でそれぞれ半径2,000, 400, 1,500 mとして示された。4月と6月に本調査地域で捕獲したチャバネアオカメムシの多くは越冬した世代であり、8月以降に捕獲したものは第一世代であると考えられる（守屋, 1995）。ナシ、カキ、モモ、

リンゴ、ミカンのような果樹の大多数は、潜在的に第一世代によって加害されるため、8月の1,500 mという距離は、本害虫種の広域管理を考える際の重要指標の一つとなりえる。4月のような越冬世代は、食餌資源に制限があるため針葉樹人工林で活発に食餌を探すため広範囲にわたって移動しているのかもしれない（2,000 m）。しかし、針葉樹林のみならず広葉樹自然林のような他の土地被覆面積が4月の当該個体群の密度に関連する場合もある（下記おわりに参照）。6月には、スギやヒノキの球果がチャバネアオカメムシの餌になり、本種はこれら針葉樹で繁殖を開始する可能性もあるため、比較的小さなスケール（400 m）で、針葉樹人工林面積とチャバネアオカメムシ捕獲数との間に正の関係が示される理由となった可能性がある。フライトミルによる調査によると6月の個体は8月の個体群に比べて飛翔能力が劣っているという報告もある（守屋, 1995）。

4月、6月、8月、10月の月間で比較し、8月に最も

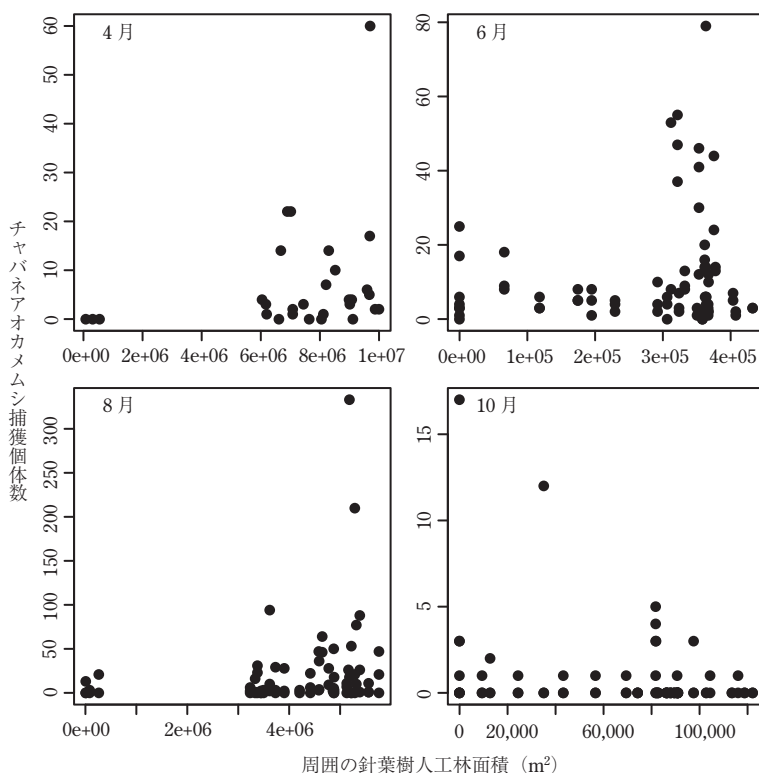


図-4 針葉樹人工林面積とチャバネアオカメムシ捕獲数との関係

縦軸はトラップによって捕殺されたチャバネアオカメムシの個体数、横軸は4月、6月、8月、10月のそれぞれにおいて、半径2,000 m, 400 m, 1,500 m, 200 m スケールで求めた針葉樹人工林の面積 (km²) を示す。

多くのチャバネアオカメムシが捕獲された(平均 21.09 個体/トラップ)。チャバネアオカメムシは 7 月に実りのピークを迎える針葉樹の球果を食することで性成熟し繁殖する傾向があるため(堤, 2003), 8 月にとりわけ周囲の針葉樹人工林の存在が影響したのではないかと考えられる。また, 10 月の針葉樹人工林面積とチャバネアオカメムシ捕獲数の結果は負の係数性を示し, 信頼性は低いものの, 半径 200 m が最も影響するスケールとして示された。10 月に捕獲されたチャバネアオカメムシの数は比較的少ないことから(平均 0.84 個体/トラップ), 詳細な検証を行うにはさらなる調査が必要である。しかし, 10 月に捕獲された個体の多くは越冬を迎える世代であり, その世代は針葉樹人工林を生息地環境としていない可能性もある(堤, 2003)。

お わ り に

今回の調査方法には限界も存在し今後の調査ではいくつか考慮の必要がある。第一に, 本調査の主目的はチャバネアオカメムシに対する針葉樹人工林の影響を明らかにすることであったため, 上記で少し触れたようにチャバネアオカメムシの生息地環境として機能している可能性のある他のタイプの土地被覆の面積は考慮しなかった。例えば, 広葉樹自然林の面積はチャバネアオカメムシの個体群の成長に影響を及ぼす可能性がある。実際に, チャバネアオカメムシは様々な果樹や針葉樹と同様, 様々な広葉樹種上などでも観察されているため(守屋, 1995), 単に周囲の針葉樹林面積の効果のみならず広葉樹林面積との相乗効果もあるかもしれない。しかし, 今回の調査デザインでは, 対象とした各半径において, 針葉樹人工林の面積と広葉樹天然林の面積との間に

高い相関が示され, それぞれの森林タイプの効果を分離して解析できなかった。第二に, 各調査地にトラップを一つのみ設置した。しかし, 一つのみトラップによる捕獲では, しばしばトラップの位置や周囲の局所的な環境に依存してかなり変化してしまう。したがって, 研究サイトに複数のトラップを設置することでこれらの局所環境の影響を加味することができるだろう。第三に, 今回の調査では, チャバネアオカメムシの集合フェロモンから作られた合成フェロモンを用いた。しかし, チャバネアオカメムシの集合フェロモンの役割についてはまだ完全に解明されておらず, フェロモンへの反応は性, 世代, 生理的条件ごとに異なる可能性があるため, その利用には注意が必要であると思われる。第四に, 調査対象とする空間スケールについても考慮の余地がある。室内実験において, チャバネアオカメムシは 1 日 50 km 以上も飛行可能な能力を持つことが報告されており(MORIYA, 1987; 守屋, 1995), 着目すべきスケールを 4 km 以上の範囲に拡大する必要性も示唆される。

引 用 文 献

- 1) FAUST, R. M. (2008): Area-wide Pest Management: Theory and Implementation, CABI, Wallingford, p. 1 ~ 14.
- 2) KIRITANI, K. (2007): Global Change Biol. 13: 1586 ~ 1595.
- 3) 小滝豊美ら (1983): 応動昆 27: 63 ~ 68.
- 4) 松本幸子ら (2001): 九病虫研究会報 47: 128 ~ 131.
- 5) 守屋成一 (1995): 沖縄農試特報 5, 135 pp.
- 6) MORIYA, S. (1987): Appl. Entomol. Zool. 22: 19 ~ 24.
- 7) MORISHITA M. (2003): Proceedings of international symposium of IUFRO Kanazawa 2003, Forest Insect Population Dynamics and Host Influences, Kanazawa, p. 110 ~ 111.
- 8) 森下正彦ら (2001): 応動昆 45: 143 ~ 148.
- 9) ————ら (2007): 同上 51: 21 ~ 27.
- 10) 田淵 研・滝 久智 (2010): 植物防疫 64: 251 ~ 255.
- 11) TAKI, H. et al. (2014): App. Entomol. and Zool. 49: 241 ~ 247.
- 12) 堤 隆文 (2003): 果樹カメムシ: おもしろ生態とかしい防ぎ方, 農文協, 東京, 126 pp.

発生予察情報・特殊報 (27.3.1 ~ 3.31)

各都道府県から発表された病害虫発生予察情報のうち, 特殊報のみ紹介。発生作物: 発生病害虫(発表都道府県) 発表月日。都道府県名の後の「初」は当該都道府県で初発生の病害虫。

※詳しくは各県病害虫防除所のホームページまたは JPP-NET (<http://www.jpnp.ne.jp/>) でご確認下さい。

- トルコギキョウ: 茎えそ病 [CSNV] (大分県: 初) 3/1
- キュウリ: 退緑黄化病 [CCYV] (愛知県: 初) 3/2
- シソ: モザイク病 (仮称) [PMoV] (愛知県: 初) 3/2
- ウコン: 青枯病 (沖縄県: 初) 3/13

- トマト: 茎えそ病 (仮称) [CSNV] (熊本県: 初) 3/23
- キウイフルーツ: かいよう病 [Psa3 系統] (東京都: 初) 3/26
- かき: カキサビダニ (新潟県: 初) 3/26