

平成 30 年 3 月 22 日

博士論文審査結果の概要

申請者氏名	河上 康子			
審査委員長	職名	教授	氏名	西田 隆義
論文題目	温暖化がダンダラテントウの分布北上と鞘翅斑紋多型 頻度の地理的・経時的変動に与える影響			
論文の内容の要旨				
<p>本論文は、外来種ダンダラテントウの分布北上に伴う斑紋多型頻度の変化に対して、温暖化と生物自身の気候適応が果たした影響を総合的に評価したものである。</p> <p>第1章では、生物の分布北上に関する研究および多型の地理クラインについて、これまでの研究の成果と現状について概説され、多型が温暖化の影響評価にとって好適な研究対象であることが述べられている。</p> <p>第2章では、東南アジア熱帯から日本にかけて 1932 年～2005 年の期間に採集された標本に基づいて斑紋型、採集場所および採集日時のデータを得て、多型頻度の地理的変異と緯度クラインについて解析している。その結果、斑紋多型は大きく以下の4つのクラスターに分かれること（①東南アジア、②トカラ諸島以南の南西諸島、③九州・四国の南部と八丈島、④中国・台湾および九州・四国の北部から本州）、そして日本列島には広義の黒色型だけが分布するが、緯度が高くなるにつれて赤色紋の面積が減少する明瞭な地理的クラインがあることが分かった。</p> <p>第3章では、分布北上と気温の関係について標本と文献データに基づいて解析している。日本列島では 1910 年代に本種が侵入し、1990 年代にかけて北緯 33～36 度まで分布が北上していた。各時代の分布北限はその時代の年平均気温 15℃の等温線とよく一致しており、温暖化が分布北上の原因であることが強く示唆された。</p> <p>第4章では、分布北上に伴う斑紋の黒化と体サイズの減少について検証している。分布</p>				

の北上が顕著な時期には赤色紋が小さな型が増えるとともに体サイズの減少が認められた。赤色紋が小さな型は体サイズが小さく、一方頻度が低下した赤色紋の大きな型 (D 型) は体サイズが大きかった。発育時の温度と体サイズの間にはほとんど関係がないことが分かっているため、体サイズの減少は主に赤色紋が小さな型が増えた結果と考えられた。

第 5 章では、関西地域において侵入後の生活史の変化、とくに夏季の活動性の変化について調べている。侵入後から 1990 年代までは夏季にも活動個体があったが、2000 年以降は夏季に活動する個体は見られなくなった。その一因として、夏季の気温上昇に伴って餌であるアブラムシの発生が減少したことが示唆された。

第 6 章では、大阪個体群において季節消長と気象要因との関連について調べている。大阪では、年 3 世代を経過するケースが多かったが、年によってはかなりの世代数の変動がみられた。この変動は、積算温量よりも餌条件に依存していることが示唆された。

第 7 章では大阪個体群において多型頻度の季節消長とその原因について検討している。野外調査の結果、秋世代から越冬世代にかけての低温時に赤色紋の小さい型の割合が増加し、逆に越冬世代から春世代の高温時に赤色紋の大きな型の割合が増加していた。このように多型の頻度は季節によって変わるが一年を通してみると安定していることが分かった。斑紋型の季節的変動と地理的なクライムのパターンは整合的であった。

第 8 章では、得られた結果に基づいて、総合的に分布北上と斑紋多型頻度の関係について考察し、本種の分布北上には温暖化と気候適応の両方が関与していると結論づけている。

論文の審査結果の要旨

本論文は、分布を北上させた外来種ダンダラテントウを研究対象とし、温暖化による分布北上および分布北上に伴う斑紋型多型頻度の変化について検証し、その結果に基づいて温暖化と生物の気候適応の影響について考察したものである。

生物の分布北上は近年しばしば観察され、温暖化に起因すると推定した研究例は多数ある。しかし、そのほとんどは気温上昇と分布北上との相関を示したものであり、特に陸生の昆虫において分布北上が温暖化に起因することを実証した研究はほとんどない。その主な理由は、陸生昆虫の温度適性を実験的に調べるのが著しく困難なことにある。すなわち、陸生昆虫では太陽の輻射熱により体温を高め、日陰に入ることにより体温を下げるという方法で行動的に体温調節をしていることが知られているが、実験室で太陽の輻射熱に相当する条件を保った上で適正な飼育温度を実現することが非常に困難なのである。この困難を克服するために、本論文では、研究対象種が斑紋多型を持ち、斑紋型により温度適性が異なることに着目している。その上で、分布北上に伴う斑紋多型頻度の変化と同じ地域における斑紋多型頻度の季節的変動を調べることで、温暖化と生物自身による気候適応の影響を実証している。すなわち、東南アジア熱帯から本州の分布北限にかけての広域標本調査による斑紋頻度の地理的な変異の解析、侵入した日本列島における分布北上にともなう赤色紋面積の変化の解析、および大阪個体群における赤色紋面積の季節的な変動パターンの追

跡を通じて、本種の分布北上に伴う斑紋頻度の変化が、温暖化と気候適応の両方によってもたらされたことを実証している。温暖化による生物の分布北上は、社会的に高い関心もたれる現象であり、本論文は今後この分野の研究に大きな影響を持つものと考えられる。

これらの知見ならびに成果は、以下の学術雑誌に6報の査読付き論文として発表されている。

Kawakami, Y., Yamazaki, K., & Ohashi, K. (2013) Geographical variations of elytral color polymorphism in *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae). *Entomological Science* 16:235-242.

Kawakami, Y., Yamazaki, K., & Ohashi, K. (2014) Northward expansion and climatic factors affecting the distribution limits of *Cheilomenes sexmaculata* (Coleoptera: Coccinellidae) in Japan. *Applied Entomology and Zoology* 49:59-66.

Kawakami, Y., Yamazaki, K., & Ohashi, K. (2015) Increase in dark morphs and decrease in size during a range extension of *Cheilomenes sexmaculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology* 112:289-294.

Kawakami, Y., Yamazaki, K., & Ohashi, K. (2016) Population dynamics, seasonality and aphid prey of *Cheilomenes sexmaculata* (Coleoptera: Coccinellidae) in an urban park in central Japan. *European Journal of Entomology* 113:192-199.

Kawakami, Y., Yamazaki, K., & Ohashi, K. (2017) Protogyny after hibernation and aestivation in *Cheilomenes sexmaculata* (Coleoptera: Coccinellidae) in central Japan. *European Journal of Entomology* 114:275-278.

Kawakami, Y., Yamazaki, K., & Ohashi, K. (2017) Disappearance of summer collection records for *Menochilus sexmaculatus* (Coleoptera: Coccinellidae) during climate warming. *Journal of Natural History* 51:1015-1020.

以上のように申請者は、生物の分布北上と温暖化の関係について、斑紋多型頻度の地理的および経時的変化を詳細に調べることで解明している。温暖化による生物の分布北上には社会的な関心もたれているにもかかわらず、これまでは本格的な研究はほとんどなく、本論文の環境科学としての価値は高いものと考えられる。審査委員会は、本稿が博士（環境科学）の学位に値する研究内容であること、申請者が審査員の質問について適切に対応できる能力を有していたこと、また学力試験として課した英文論文の十分な読解力から、論文審査、最終試験および学力確認の結果を合格と認めた。