

氏 名	し 清 水 けん
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	農 博 第 1605 号
学位授与の日付	平 成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	農 学 研 究 科 応 用 生 物 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	亜熱帯性害虫オオタバコガの温帯における気候適応と休眠に関する生態学的研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 藤 崎 憲 治 教 授 佐 久 間 正 幸 教 授 高 藤 晃 雄

論 文 内 容 の 要 旨

多くの昆虫は休眠を誘導することによって発育を自発的に抑制し越冬する。このように、生物が季節的事象を予測するように進化する過程を季節適応という。また季節は気候区に特異的であることから気候適応と同義である。本研究では昆虫の気候適応に関わる3つの未開拓の問題に着目した。

第1は、亜熱帯性の種による休眠が温帯において機能する可能性である。昆虫にとって、寒冷な高緯度地域では休眠の重要性が高まるが、低緯度では相対的に休眠の重要性は低いと予想される。休眠性を持たない熱帯性の種が高緯度へと分布を拡大するのは難しいが、温帯と熱帯の中間に生息する亜熱帯性の種では休眠性を持つものがある。この種が温帯へと分布域を拡大する際、元来有していた休眠性が新たな生息場所でも有効に機能し気候適応に貢献するのだろうか。

第2は、移動性の種における気候適応の可能性である。ある場所に特化した気候適応形質が集団内で遺伝的に固定するためには生物はその場所に定着的でなくてはならない。長距離移動を行うような種では気候適応は達成されるのだろうか。

第3は気候適応に対する地球温暖化の影響である。温暖化現象は冬の外気温を上昇させるため、昆虫の越冬に対して正の効果を与えるかもしれない。しかし、気候適応とは季節の予測機構の進化である。温暖化の影響によって昆虫は必ずしも季節変動をより巧みに予測できるようになるとは限らない。温暖化は昆虫に具体的にどのような影響を及ぼすのだろうか。

本研究では、亜熱帯起源の長距離飛翔種でありながら、蛹休眠を誘導することができる広食性害虫オオタバコガ *Helicoverpa armigera* を用いて上記の問題を解明することを目的とした。

オオタバコガの休眠は低温条件下で短日を受感することにより誘導される。温帯性近縁種のタバコガ *H. assulta* は夏から秋の野外において気温が十分高い条件であっても日長が短縮するにつれて徐々に休眠誘導率を上昇させたが、オオタバコガは秋に最低気温が20℃を下回ってから休眠誘導率を急激に上昇させた。オオタバコガでは休眠蛹の越冬生存率は高かったが、休眠が誘導されなかった個体は羽化して繁殖を続け、次世代の多くの個体は蛹化までの発育を完了できずに幼虫のまま死亡した。温帯における本種の越冬に関しては、休眠蛹の低温耐性よりも、秋に休眠蛹になれるかどうかというタイミングが重要であることが明らかとなった。

タバコガの温帯個体群では高温条件下であっても日長が短縮した場合には休眠が誘導された。冬の低温が厳しい温帯では、温度条件に関わらず日長条件によって休眠を誘導するメカニズムが進化する。しかし、一般的に冬が温暖で年によっては休眠を誘導する必要がない亜熱帯では、オオタバコガのように、発育に不適な低温条件が訪れない限りは休眠を誘導せずに発育を続けるというメカニズムが進化することが示唆された。このように、低温を受感しないと誘導されない日和見的な休眠を有するオオタバコガでは結果として多くの個体が越冬できずに死亡したため、温帯気候に対して不適応であることが示唆された。しかし、本種の温帯個体群においては亜熱帯個体群と比較して発育期間のより遅い段階で低温を受感した場合であっても休眠が誘導されることが室内実験で明らかとなった。温帯個体群では秋に休眠誘導の判断決定を遅らせて、休眠蛹にならずに羽化してしまうというリスクを軽減している可能性がある。つまり、環境変化を発育段階のいつ受感するかという

変異に関して気候適応が達成されている可能性がある。

亜熱帯、温帯それぞれの気候区内ではオオタバコガの個体群間に地理的な傾向は観察されなかった。したがって、本種のような移動能力の高い種では、大きな空間スケールで捉えた場合に限り、気候適応が確認される場合があると考えられる。

オオタバコガでは野外での発育中に外気温の最低が 20°C を下回ることによって、休眠が誘導され始める。しかしその後、個体が無事に休眠ステージまでの発育を完了するためには外気温の平均が 13.6°C を下回るまでに蛹化しなくてはならない。この休眠誘導に適当な温度条件期間の長さを OPDI (Optimal Period for Diapause Induction) と定義すると、OPDI と翌年の発生量との間には正の相関関係が期待される。日本各地でのフェロモントラップ調査の結果を解析したところ、多くの地点において OPDI による発生量の回帰は有意ではなかった。発生量の予察モデルには他の生物的要因が影響を及ぼすためであると考えられる。

過去40年間、OPDI の長さは変化していなかったが、温暖化によってその訪れが年々遅くなっている傾向が明らかになった。温暖化により休眠誘導が遅れることで本種の発生期間は延長する。今後、本種の害虫としての危険性が上昇する可能性が示唆された。

論文審査の結果の要旨

亜熱帯性の世界的重要害虫であるオオタバコガがわが国の温帯地域においてどのような気候適応を図っているのかは、地球温暖化の問題とも相まって、重要な研究課題である。本論文は、本種の基本的な生活史形質である蛹休眠性に注目し、その基本的特性と地理的変異に関する研究を基に、越冬後の発生量の新たな予察法を開発することを目的としたものである。評価すべき点は以下のとおりである。

1. 温帯性近縁種のタバコガ *H. assulta* は夏から秋の野外において気温が十分高い条件であっても日長が短縮するにつれて徐々に休眠誘導率を上昇させたが、オオタバコガは秋に最低気温が 20°C を下回ってから休眠誘導率を急激に上昇させた。オオタバコガでは休眠蛹の越冬生存率は高かったが、休眠が誘導されなかった個体は羽化して繁殖を続け、次世代の多くの個体は蛹化までの発育を完了できずに幼虫のまま死亡した。温帯における本種の越冬に関しては、休眠蛹の低温耐性よりも、秋に休眠蛹になれるかどうかというタイミングが重要であることを明らかにした。

2. 冬が温暖で年によっては休眠を誘導する必要がない亜熱帯では、オオタバコガのように、発育に不適な低温条件が訪れない限りは休眠を誘導せずに発育を続けるというメカニズムが進化することを示唆した。低温を感受しないと誘導されない日和見的な休眠を有するオオタバコガでは多くの個体が越冬できずに死亡したため、温帯気候に対してまだ不適応であることを示唆した。

3. 本種の温帯個体群においては亜熱帯個体群と比較して発育期間のより遅い段階で低温を感受した場合であっても休眠が誘導されることを室内実験で明らかにした。温帯個体群では秋に休眠誘導の判断決定を遅らせて、休眠蛹にならずに羽化してしまうというリスクを軽減している可能性があること、すなわち環境変化を発育段階のいつに感受するかということに関して気候適応が達成されている可能性があることを示唆した。

4. 亜熱帯、温帯それぞれの気候区内ではオオタバコガの個体群間に地理的な傾向は観察されなかったことから、本種のような移動能力の高い種では、大きな空間スケールで捉えた場合に限り、気候適応が確認される場合があることを示した。

5. オオタバコガでは野外での発育中に外気温の最低が 20°C を下回ることによって、休眠が誘導され始める。しかしその後、個体が無事に休眠ステージまでの発育を完了するためには外気温の平均が 13.6°C を下回るまでに蛹化しなくてはならない。この休眠誘導に適当な温度条件期間の長さを OPDI (Optimal Period for Diapause Induction) と定義すると、OPDI と翌年の発生量との間には正の相関関係が期待される。日本各地でのフェロモントラップ調査の結果を解析したところ、多くの地点において OPDI による発生量の回帰は有意ではなかったことから、発生量の予察モデルには他の生物的要因もパラメータとして導入する必要があることを示唆した。

6. 過去40年間、OPDI の長さは変化していなかったが、温暖化によってその訪れが年々遅くなっている傾向があることを明らかにした。また、温暖化により休眠誘導が遅れることで本種の発生期間は延長することを示すことにより、今後、本種の害虫としての危険性が上昇する可能性があることを示唆した。

以上のように、本論文は、亜熱帯性の世界的重要害虫であるオオタバコガの蛹休眠性のわが国における特性と地理的変異を温帯性のタバコガとの比較を通して解明し、本種が温暖化に伴い害虫としてますます重要になることを示唆したものであり、昆虫生態学および応用昆虫学の分野に寄与するところが多い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成19年2月16日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。