

# 学 位 論 文 要 旨

氏 名 葛蒲信一郎

題 目 気象情報を活用したイネ及びダイズ害虫の発生予察技術の改良に関する研究  
(Studies on improvements in forecasting techniques for paddy rice and soybeans pests using meteorological information.)

トビイロウンカおよびスクミリンゴガイは、イネにおける重要害虫であり、ハスモンヨトウは、イネの転作作物としてのダイズにおける重要害虫である。これらの害虫を的確に防除するためには、高精度な発生予察技術を確立することが非常に重要である。本研究では、気象情報を活用した発生予察技術の改良について検討した。

数値予報として、気象庁で作成される850 hPa風・相当温位図を用い、九州における、暖湿強風域の出現とウンカ類の飛来との関係を調べたところ、両者の間には高い相関が認められた。850 hPa風・相当温位図は、これまでの下層ジェット気流データと比較し、気温、湿度に関する情報も把握できるため、ウンカ類の飛来予測に有効であることを明らかにした。水田におけるトビイロウンカの発生時期の予測に関しては、日最高・最低気温を用いて三角法で有効積算温度を算出する方法は、日平均気温を用いた従来の方法より予測精度が高いことを明らかにした。さらに、本種の翅型の経時的推移を調査し、雌の短翅率の推移は、移植40～50日後と75～85日後にピークをもつ双峰型の変動を示すことを明らかにした。また、その変動要因として生息密度以外にイネの生育ステージの影響が重要と考えられた。

スクミリンゴガイに関しては、10℃と気温との温度差を時間毎に積算した積算低温量と、各年次の貝の越冬死亡率との関係を調べた結果、積算低温量が大きい年ほど死亡率が高い明確な傾向がみられ、一次回帰式によく適合した。同様に、冬期の気温と貝の越冬死亡率との関係も、一次回帰式によく適合した。このことから、冬期の温度データを用いた貝の越冬死亡率の推定法は、利用価値が高いと考えられた。

ハスモンヨトウに関しては、各年次の気象条件と本種によるダイズ被害との関係を調べたところ、夏期、特に8月の気温が高い年ほどダイズの被害が大きいという明確な傾向がみられ、一次回帰式によく適合した。このことから、夏期の気温は、ハスモンヨトウによるダイズの被害を予測するうえで、重要な指標となると考えられた。また、フェロモントラップでの誘殺数と、ダイズにおける若齢幼虫群による白変葉の出現数のピーク時期は、ほぼ一致する場合が多かった(±3日)。このことから、ダイズ白変葉だけでなく、トラップ誘殺数の顕著な増加時期も本種の防除時期を決定する指標になりえると考えられた。

なお、温暖化の進行によって、異常高温年には、害虫の一世代経過日数が短縮し、年間発生世代数が増加すると考えられている。しかし、トビイロウンカの場合、高温時の発育遅延によって、年間世代数は増加しないと考えられた。また、冬期の気温が高い年ほどスクミリンゴガイの越冬死亡率が低く、夏期の気温が高い年ほどダイズにおけるハスモンヨトウによる被害が大きいという明確な傾向がみられた。このことから、近年、出現頻度が高まっている異常高温によって、両種害虫の発生・被害のリスクが高まっていると考えられた。

# 学 位 論 文 要 旨

氏 名	Shin-ichirou SYOBU
題 目	Studies on improvements in forecasting techniques for paddy rice and soybeans pests using meteorological information. (気象情報を活用したイネ及びダイズ害虫の発生予察技術の改良に関する研究)

The brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål, and the apple snail, *Pomacea canaliculata*, are common and important pests of paddy rice, and the common cutworm, *Spodoptera litura* F., is a common and important pest of soybeans in southwestern Japan. To adequately control these three pest species, it is extremely important to establish forecasting techniques with a high degree of accuracy. In this study, forecasting techniques using meteorological information for these three pest species were examined.

Analysis of numerical weather prediction charts for wind and equivalent potential temperature at 850 hPa could efficiently forecast rice planthopper immigration events into Kyushu in the wet seasons. Therefore, it was concluded that this chart is more useful than low-level jet stream data for investigating and projecting migration of rice planthoppers, because it provides information on not only wind but also on temperature and humidity. The "triangle method" is a means of estimating total effective temperature from the maximum and minimum temperatures in a day. It was concluded that the triangle method is more useful than the current method, which relies on daily mean temperatures to forecast the timing of the occurrence of *N. lugens* in rice fields. Fluctuations in the wing-form ratio of *N. lugens* were examined. Two peaks of brachypterous females were observed 40–50 days after transplanting (DAT) and 75–85 DAT. The population density of *N. lugens* and the rice plant stage seemed to affect fluctuations in female wing-form ratio.

Linear regression analysis of 7 years of field data demonstrated a close relationship between the overwintering mortality of *P. canaliculata* and the cumulative low temperature calculated by subtraction of the hourly temperature from 10°C. A good correlation was also observed between overwintering mortality of snails and the mean temperature between December and February. Thus, temperature data seem to be practical and effective for estimating mortality of field snails during the winter.

The relationship between the injury of soybeans by *S. litura* and meteorological conditions was analyzed. Injury tended to increase in the years with hot summers. There was a strong correlation between the level of injury and the mean temperature in August. Relationships between seasonal fluctuations in pheromone trap catches and the number of soybean leaves recently injured by young larvae of *S. litura* were examined in soybean fields. In most cases, the pheromone trap catches and occurrence of injured leaves exhibited similar trends, with peaks occurring almost simultaneously ( $\pm 3$  days) in mid to late September. These observations suggest that prominent increases in 1) soybean leaves injured by young larvae and 2) pheromone trap catches are useful in determining the precise timing of control.

In the case of *N. lugens*, an increase in the number of generations was not observed even with unusual hot weather, because high temperature conditions inhibit biological processes in this species in August. On the other hand, it was concluded that the risk of outbreak of *P. canaliculata* and *S. litura* is high under conditions of unusual hot weather.

学位論文審査結果の要旨	
学位申請者氏名	菖蒲 信一郎
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 津田 勝男
	副査 佐賀大学 教授 近藤 栄造
	副査 佐賀大学 教授 鈴木 信彦
	副査 鹿児島大学 教授 曾根 晃一
	副査 鹿児島大学 准教授 坂巻 祥孝
審査協力者	
題目	<p>気象情報を活用したイネ及びダイズ害虫の発生予察技術の改良に関する研究            (Studies on improvements in forecasting techniques for paddy rice and soybeans pests using meteorological information)</p>
<p>害虫を的確に防除するためには、高精度な発生予察技術を確立してその発生時期と発生量を予測することが非常に重要である。トビイロウンカおよびスクミリンゴガイは、イネを加害する重要害虫であり、また、ハスモンヨトウは、イネの転作作物としての作付けが年々増加しているダイズを加害する重要害虫である。これらの害虫については、発生の年次変動が大きいという共通の特徴を持つことから、的確な発生予察を行うことが特に重要視されている。そこで本研究では、これら水田生態系の重要害虫に対して、気象情報を活用した発生予察技術の改良について検討した。</p> <p>1. 海外から飛来するトビイロウンカの発生予察においては、気象図解析などによって飛来侵入の時期や量を把握したうえで、有効積算温度を用いてその後の発生時期を予測するとともに、次世代発生量を規定する主要因の一つである本種の短翅型の発生率（短翅率）を把握することが非常に重要である。そこでまず、数値予報として、気象庁で作成される850 hPa風・相当温位図を用いて暖湿強風域の出現とウンカ類の飛来との関係を検討した。その結果、両者の間には高い相関があることを確認し、従来の下層ジェット気流データによる予測よりも有効であることを明らかにした。また、飛来後の発生時期の</p>	

予測については、日最高気温と最低気温を用いて三角法で有効積算温度を算出する方法を用いることで、従来の日平均気温を利用する方法よりも予測精度が向上することを明らかにした。さらに、次世代の発生量を左右する雌成虫の短翅率を調査し、短翅率の推移は移植40～50日後と移植75～85日後にピークを持つ双峰型の変動を示すこと、さらにその変動要因としてウンカの生息密度以外にイネの生育ステージの影響を受けることを明らかにした。

2. スクミリンゴガイの発生予測においては、本種は生育初期のイネを加害し問題となるが、その主な発生源は水田内で越冬した貝である。このことから、水田内での貝の越冬死亡率を推定することが、貝の防除対策を考えるうえで極めて重要である。そこで、水田での発生量を左右するスクミリンゴガイの越冬死亡率と冬期の気温との関係を検討した結果、10℃と気温との温度差を時間毎に積算した積算低温量が大きい年ほど死亡率が高い傾向を確認した。同様に、12月から2月までの冬期の平均気温が低い年ほど貝の死亡率が高くなる傾向を確認した。これらの傾向はいずれも一次回帰式に適合したことから、貝の死亡率の推定に有効であることを明らかにした。

3. ハスモンヨトウの発生予測においては、ダイズでの被害の年次変動が極めて大きいことから、その変動要因の一つと考えられている気象条件の詳細を明らかにする必要がある。また、本種の防除適期は、若齢幼虫時に限定されることから、的確に発生時期を予測することが防除対策上極めて重要である。このような中、各年次の気象条件とダイズ被害の関係を調べたところ、夏期、特に8月の気温が高い年ほどダイズの被害が大きい傾向を確認し、夏期の高温は本種によるダイズ被害を予測するうえでの指標となることを明らかにした。また、本種の発生時期の予測に関連して、若齢幼虫による集中加害(白変葉)の出現時期を起点として有効積算温度を用いて前世代のピーク時期を逆算して検証したが、該当する時期に明確なピークは確認できなかった。このことから、有効積算温度による長期予測は困難であることを確認した。一方、フェロモントラップによる誘殺数の増加時期と白変葉の出現が一致したことから、本種の短期予測については、フェロモントラップによる誘殺数の顕著な増加時期も本種の防除適期を決定する指標になることを明らかにした。

以上のように、本研究は水田生態系における重要害虫に対して、気象情報を活用することによってより精度が高い発生予測技術を確立した。また、本研究の成果は温暖化の進行あるいは異常高温、異常低温が頻発する傾向が高まっている状況において、特に有効活用できるものであり、審査員一同は、本論文が博士(農学)の学位論文として十分な価値があるものと認定した。

学力確認結果の要旨	
学位申請者 氏 名	菖 蒲 信 一 郎
審査委員	主査 鹿児島 大学 教授 津 田 勝 男
	副査 佐賀 大学 教授 近 藤 栄 造
	副査 佐賀 大学 教授 鈴 木 信 彦
	副査 鹿児島 大学 教授 曾 根 晃 一
	副査 鹿児島 大学 准教授 坂 巻 祥 孝
審査協力者	
実施年月日	平成 1 9 年 1 2 月 2 1 日
試験方法 (該当のものを○で囲むこと。) <span style="float: right;">(口答) (筆答)</span>	
<p>主査及び副査は、平成 19 年 12 月 21 日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め、関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。</p> <p>また、筆答により外国語 (英語) の学力を確認した。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は申請者が大学院博士課程修了者と同等以上の学力ならびに識見を有するものと認め、博士 (農学) の学位を与えるに十分な資格を有するものと認めた。</p>	

学位申請者 氏名	菖蒲 信一郎
-------------	--------

[質問 1] 本研究では、イネのトビイロウンカ、スクミリンゴガイ、ダイズのはすモンヨトウの発生予察技術の改良に関して新たな知見が得られている。この新たな発生予察技術は、これら3種の害虫以外にも適用できるものがあるのか。

[回答 1] 三角法を用いた手法は、既にイネのコブノメイガで適用できることが明らかとなっている。この例のように、本研究で検討した発生予察技術のうち、いくらかは、他の害虫にも適用できるものがある。

[質問 2] スクミリンゴガイは越冬のため土中に潜土する深さは、貝の大きさによって異なるのではないか。このように、アメダスデータと実際に貝が生息している場所の地温は異なるのではないか。

[回答 2] スクミリンゴガイの潜土する深さは貝の大きさによって異なっており、越冬場所の地温はアメダスの気温データより高い可能性が高い。また、地表面のワラの有無など個々の圃場条件は異なっている。本研究の成果は死亡率の絶対値の推定ではなく、各地域での越冬死亡率の平年比を推定する手段として活用するのが望ましいと考えている。

[質問 3] 850 hPa 風・相当温位図を用いることで、トビイロウンカの発生予察精度がどの程度向上したのか、もう少し具体的に数値的評価をすべきではないのか。

[回答 3] 3年間にわたって強風域あるいは暖湿強風域の出現日と実際のウンカ飛来日とを比較した結果、ウンカ類の飛来時期は強風域の出現日より暖湿強風域の出現日とよく一致した。最近の研究では、3次元シミュレーション手法を用いたリアルタイム予測システムが開発されている。今後は、両手法を相互補完的に利用することで、飛来予測の精度が向上すると考えている。

[質問 4] ウンカ類の多飛来時は、暖湿強風域が舌状に流れ込む形で出現していたとのことである。その舌状に流れ込む形の先端部分がウンカの降下場所のように思えるがいかか。

[回答 4] これまでウンカ類の長距離移動と梅雨期の集中豪雨との間には多くの類似性が指摘されている。このことから850 hPa 風・相当温位図において、暖湿強風域が舌状に流れ込む形で出現している部分がウンカ類の降下場所となっている可能性が高いと考えている。

[質問 5] 他の研究者によって中国大陸でウンカが飛び立つ時の気象条件など新たな知見が得られているが、これらを基にウンカ類の飛来量の予測は今後可能となるのか。

[回答 5] ウンカの飛び立ちに関する気象条件について研究の進展がみられている。ただし、飛び立ちの絶対量に関しては、飛来源となる中国での発生状況の情報が不足しているのが実状である。ウンカの日本への飛来量の予測に関しては、飛来源の情報が不可欠であり、日中間の情報交換が進むことに期待したい。

[質問 6] 5 齢幼虫採集によるトビイロウンカの翅型調査に当たって、本種幼虫の発育期間を考慮したと思うが、どのような点に留意したか。

[回答 6] 5 齢幼虫採集後、3 日以内に羽化したトビイロウンカ成虫についてのみ、翅型を調査した。採集4日後以降に羽化した成虫は、幼虫採集時点で翅型が決定していない4 齢幼虫であった可能性もあることから、調査対象から除外した。

[質問 7] ハスモンヨトウの発生予察では、8月の発生世代の増殖程度と9月の突発的増殖の把握の両者が重要と考察されている。両者には若干の矛盾もあり、表現の工夫が必要ではないか。

[回答 7] ハスモンヨトウの多発生時の増殖パターンは、基本的には8～9月の気象条件が重要と考えているが、台風等に伴う他地域からの飛来個体群と考えられる9月頃の突発的な増殖の監視も重要である。すなわち、①8月世代の増殖と②9月の突発的な増殖の両方の監視が重要と考えている。しかし、論文中ではそれぞれの項目で、①と②の片方ずつを強調しすぎた感がある。表現方法を工夫したい。

[質問 8] ハスモンヨトウの発生予察ではダイズ白変葉の調査とフェロモントラップの調査が行われている。ただし、フェロモントラップは設置場所によって結果が異なってくる。現場では、どちらの調査が普及しているのか。

[回答 8] ハスモンヨトウの発生時期を確実にモニタリングするには、白変葉の調査の方が適しているが、多大な調査労力を伴うことから、現場では、フェロモントラップが普及している。本研究では、フェロモントラップのデータを有効活用するためにトラップでの成虫誘殺消長と、ダイズでの卵塊や白変葉の消長との関係を明らかにした。

[質問 9] ハスモンヨトウのフェロモントラップでは、雄成虫しか誘殺されないが、フェロモントラップを発生予察に活用する場合の留意点は他にはないか。

[回答 9] フェロモントラップによる雄成虫の増加が必ずしも雌の産卵（白変葉）の増加に結びつかない場合もあり得る。このことから、佐賀県での防除指導においては、トラップ誘殺数が増加したら、必ず、ダイズ圃場で白変葉の発生状況を確認したうえで、防除要否の判断を行うこととしている。

[質問 10] ハスモンヨトウの多発生年次における気温と降水量の推移を示したグラフにおいて、平年値のデータは、1971～2000年の平均値としている。もし、この平均値に、多発生年次のデータが含まれているとしたら、そのデータは除外して平年値とすべきと考えるがいかがか。

[回答 10] 平均値に多発生年次のデータが含まれているので、御指摘どおり、除外して、平年値を算出することとしたい。

[質問 11] 「ハスモンヨトウの被害度と気温」、「スクミリンゴガイの越冬死亡率と気温」との関係を示したグラフがあるが、研究成果の内容からみて、回帰直線の回帰式は敢えて表示する必要がないと思うがいかがか。

[回答 11] 御指摘どおり、研究成果の内容は、両者の間に高い相関が認められたことであり、回帰式そのものを活用することではないので、表示しないこととしたい。