

気象要因からみた丹沢山地のブナハバチ幼虫による食葉害の発生予測

相原敬次*・谷脇 徹*・齋藤央嗣*・越地 正*・
谷 晋**・伴野英雄***・山上 明**

Forecasting beech sawfly (*Fagineura crenativora*) larval feeding damage based on weather factors in the Tanzawa Mountains

Keiji AIHARA *, Tooru TANIWAKI*, Hiroshi SAITO*, Masashi KOSHIJI*,
Susumu TANI**, Hideo BANNO**, Aikra YAMAGAMI**

要 旨

相原敬次・谷脇 徹・齋藤央嗣・越地 正・谷 晋・伴野英雄・山上 明：気象要因からみた丹沢山地のブナハバチ幼虫による食葉害の発生予測 神奈川県自環保セ報告 14 : 53-57, 2016

丹沢山地におけるブナハバチ幼虫による食葉害は発生時期までの気象要因が少なからず関わってくるものと考え、過去1997年から2011年まで15年間の食葉害発生記録をもとに発生予測を目的とした気象要因との関係について検討した。その結果、食葉害の程度は発生前年の12月および発生年の3月の降水量と単相関関係が認められた。また、食葉害の程度を従属変数、気象要因を説明変数とした変数選択による重回帰関係を検討した結果、発生前年9月の平均気温および12月の降水量と発生年3月の日照時間および5月の平均気温が選択され、これら4個の気象要因でブナハバチによる食葉害の程度をほぼ予測できることがわかった。

I まえがき

丹沢山地におけるブナ衰退枯死要因のひとつとしてブナハバチ幼虫による食葉害がある。この地域では1993年に食葉害を確認して以来、その後もしばしばブナハバチが大発生し被害を繰り返している。繰り返し食葉害を受けたブナは急速に衰退が進行する個体があることが確認されている(越地2002)。

食葉害の対策として、衝突板トラップによる羽化成虫の捕獲や粘着シートを用いた幼虫捕獲、薬剤の樹幹注入による殺虫などの手法開発が試みられている(谷脇ら2012、2013、2015)。食葉害の大発生には周期性は確認されず、幼虫が孵化する6月上旬頃

突発的に生じる傾向があり、対策を効果的に実行するためには発生の事前予測、いわゆる発生予察が欠かせないものとなる。このため、土中にある繭の密度モニタリングの結果では、大規模な食葉害の発生地では高密度で推移することが判明している(谷脇ら2012)。また繭密度は大発生のリスク評価指標とはなり得るものの、年変動の検出には適していないことがわかっている。さらに、産卵期にあたるブナ若葉展葉期の雌成虫捕獲数による食害発生前の2~3週間前の予察も試みられているが、より早期の事前予測手法の開発が求められている。

食葉害の大発生は降水量などの気象条件が大きく関わっていることが一般的に知られている(鎌

* 神奈川県自然環境保全センター (〒243-0121 神奈川県厚木市七沢 657)

** 東海大学現代教養センター (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1)

*** 桜美林大学自然科学系 (〒194-0294 東京都町田市常盤町 3758)

田 2006)。気象要因とブナハバチの大発生との関係は明らかではないが、過去1997年と1998年には神奈川県の丹沢山地と東京都の三頭山（桃澤ら1999）で食葉害の大発生が広域的に同調していることから、食葉害の発生は気象要因と関係している可能性があると考えられる。そこで、ブナハバチ幼虫による食葉害の記録と気象要因から食葉害発生の予測の手法について検討した。

II 材料と方法

1 材料

(1) 食葉害の記録

これまでに谷ら（2012）と越地（2012）によって経年的に食葉害の発生が記録されている。前者は1997年から2011年までの15年間の丹沢山域内、5カ所から10カ所における広域的な食葉害の発生記録であり、また後者はブナ衰退や食葉害の発生とも顕著な檜洞丸および丹沢山周辺における1993年から2011年まで19年間の記録である。今回の発生予測の検討には山域内を対象にしたため前者の記録を主に用いたが、後者についても併せて用いた。

(2) 気象要因

丹沢地域および周辺の気象観測は、檜洞丸、丹沢山、鍋割山および菰釣山とアメダスの丹沢湖（雨量のみ）、海老名、山中湖がある。今回の気象要因からの発生予測の検討に際しては丹沢山域内の檜洞丸等の地点の気象要因を用いるのが妥当であるものの、山域内のいずれの地点とも観測経過年が短く1997年以降のデータが存在せず、山頂等の厳しい観測環境のためデータの空白期間が極めて多い。山根ら（2007）によれば、丹沢山域の気象はアメダスの山中湖の観測結果との相関が高いとされている。このことから今回の発生予測の検討には経年的にも観測記録の充実しているアメダス山中湖の観測結果を使用することとし、気象要因としては1992年以降の月平均気温、月間降水量および月間日照時間を用いた。

2 方法

1997年から2011年まで継続して記録されている堂平、丹沢山、檜洞丸、熊笹ノ峰および大室山の5

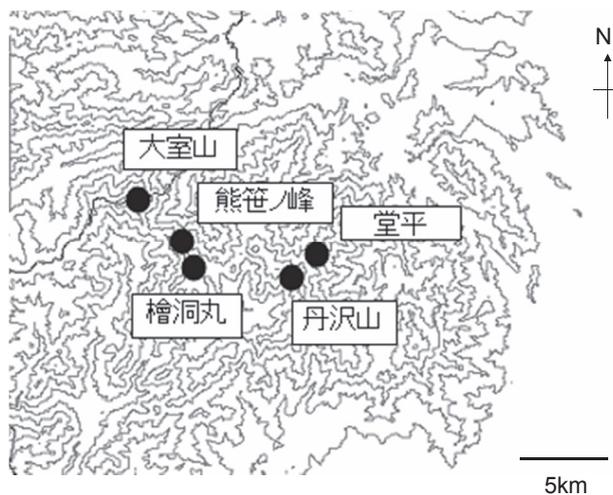


図1 食葉害の調査地

表1 食害指数（谷ら2012a）および食害度

年度	食害指数					食害度（食害指数の平均）
	堂平	丹沢山	熊笹ノ峰	檜洞丸	大室山	
1997年	1.54	2.45	1.56	1.79	1.32	1.73
1998年	1.54	1.94	1.81	2.11	1.08	1.70
1999年	1.45	1.21	1.01	1.08	1.00	1.15
2000年	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2001年	1.00	1.29	1.00	1.00	1.00	1.06
2002年	1.00	1.29	1.15	1.47	1.00	1.18
2003年	1.00	1.19	1.09	1.16	1.00	1.09
2004年	1.05	1.20	1.38	1.60	1.28	1.30
2005年	1.00	1.41	1.15	1.38	1.66	1.32
2006年	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2007年	1.19	1.74	2.19	2.36	2.64	2.02
2008年	1.19	1.02	1.00	1.00	1.00	1.04
2009年	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2010年	1.00	1.01	1.05	1.10	1.22	1.08
2011年	1.00	1.55	2.24	2.29	2.38	1.89

カ所の調査地の食葉害の程度（食害指数）について年度の平均値を食害度とした。なお、食害指数は、食葉害を受けていない地点が1.0、全て食葉害を受けている地点が3.0とし、この間を食葉害の程度より、1.5、2.0、2.5の全体で5段階の評価をした数値である。5カ所の位置を図1に、各地点の食害指数と年度の食害度を表1にまとめた。

ブナハバチは4月下旬から6月上旬にかけて羽化し、展開途中のブナ若葉に産卵する。卵から孵化した幼虫は葉を食して成長し、6月中旬から下旬にかけて摂食を完了するとともに終齢幼虫は地面に落下して土の中で繭を形成して前蛹となる（Shinohara *et al.* 2000）。このため、前年の6月から成虫の羽化する5月までの年間の気象要因が食葉害の発生に関係することを前提として検討した。方法は、食害度について各月の気象要因との関係について検討すると

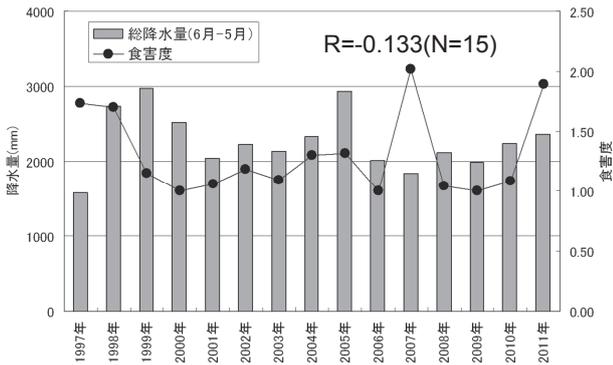


図2 食害度と総降水量の年度推移および相関係数(R)

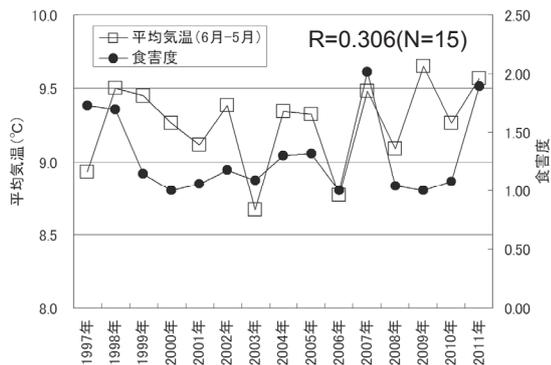


図3 食害度と平均気温の年度推移および相関係数(R)

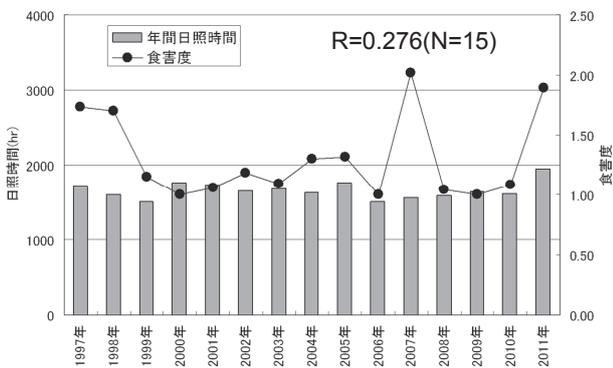


図4 食害度と日照時間との年度推移および相関係数(R)

ともに、食害度を従属変数、各月の降水量、日照時間および平均気温を説明変数として得られる重回帰モデル式(モデル式)について検討した。なお、モデル式についてはSPSSの統計ソフトを用い、線形重回帰式により変数選択(F値が0.05で選択、0.10で棄却)で実施した。

III 検討結果および考察

1 食害度と気象要因の年度推移

図2から図4に年間の総降水量、平均気温および日照時間と食害度の年度推移を示した。1997年、1998年、2007年および2011年はブナハバチの幼虫

表2 食害度と月間降水量、月平均気温および月間日照時間との単相関係数

月	月間降水量	平均気温	月間日照時間
6月	0.020	0.333	0.044
7月	-0.045	0.092	0.054
8月	-0.454	0.087	0.065
9月	-0.075	-0.244	0.154
10月	-0.008	-0.199	0.181
11月	0.240	0.239	-0.162
12月	0.628 *	0.455	0.032
1月	-0.230	-0.184	0.259
2月	0.197	0.374	0.179
3月	-0.576 *	-0.120	0.386
4月	-0.138	0.040	-0.117
5月	0.234	0.201	0.102

*: 単相関係数は5%の危険率で有意(N=15)

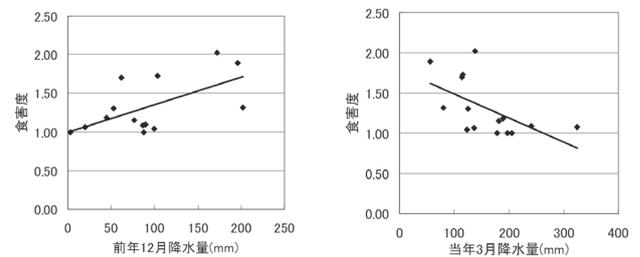


図5 月間の降水量と食害度との関係

表3 食害度を従属変数、気象要因を説明変数にした重回帰モデル式

	12月降水量	5月平均気温	3月日照時間	9月平均気温	定数	補正R ²
モデル式1	0.004 (0.628)				0.998	0.348
モデル式2	0.005 (0.835)	0.218 (0.528)			-1.870	0.569
モデル式3	0.005 (0.832)	0.202 (0.490)	0.005 (0.362)		-2.520	0.696
モデル式4	0.005 (0.834)	0.190 (0.461)	0.006 (0.399)	-0.089 (-0.286)	-1.029	0.777

重回帰係数の()内は標準化係数

が大発生し、いずれも食害度が1.50以上と高かった。しかし、これらの年には年間の総降水量、平均気温および日照時間に顕著な傾向は認められなかった。

2 食害度と各月の気象要因との単相関係

食害度と各月の気象要因の単相関係数を求めた結果、表2に示したように、12月の降水量が正の関係、また3月の降水量が負の関係で、それぞれ有意となった。このことから、図5に示すように前年12月の降水量が多いほど食害度が大きく、当年3月の降水量が少ないほど食害度が大きくなる傾向があった。

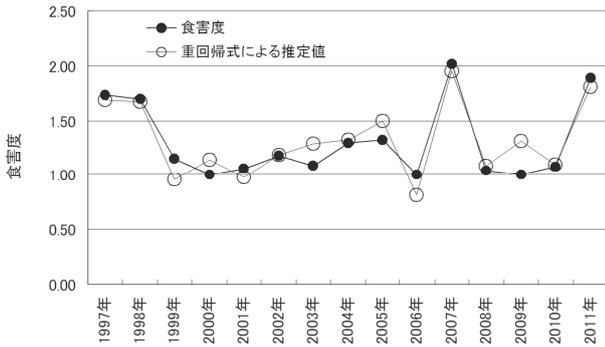


図6 食害度の経年推移と重回帰式による推定値

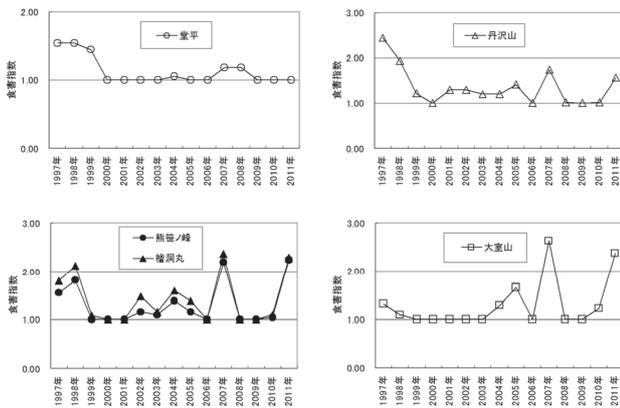


図7 調査地毎の食害指数の年度推移

3 食害度と気象要因との重回帰関係

食害度を従属変数とし各気象要因を説明変数として与え、変数選択による重回帰関係によるモデル式を求めた。その結果、表3に示すようにモデル式1からモデル式4の4モデル式が得られた。このうち、12月の降水量、5月の平均気温、3月の日照時間および9月の平均気温を選択したモデル式4は補正R²値が最も高く、食害度を最も良く反映した(図6)。なお、モデル式4の12月降水量の標準化係数値は0.834と推定値への寄与が高く、単相関係数も高かったことから食葉害の発生になんらかの関係をもつものと考えられた。

4 調査地毎の食害指数と気象要因の重回帰関係

表1の調査地毎の食害指数の年度推移をみると図7に示したように、年度によって若干の違いや特徴が認められる。すなわち、過去に大きく近年は小さくなってきている堂平や丹沢山に比較して大室山では逆の傾向がある。また、檜洞丸や熊笹ノ峰では過去から近年まで同程度の発生で推移している。このため、調査地毎に食害指数と気象要因の重回帰関係の検討を試みた。その結果、表4に示すように、堂

表4 調査地毎の食害指数による重回帰式

調査地	12月降水量	5月平均気温	3月日照時間	9月平均気温	2月平均気温	3月降水量	1月降水量	定数	補正R ²
堂平	重回帰式が得られず								
丹沢山	-0.276 (-0.753)			-0.005 (-0.731)		6.485	0.741		
檜洞丸	0.006 (0.796)	0.325 (0.557)	0.008 (0.379)					-4.649	0.700
熊笹ノ峰	0.006 (0.810)	0.279 (0.543)	0.007 (0.393)					-4.012	0.725
大室山	0.005 (0.600)	0.011 (0.465)		0.143 (0.360)			-0.002 (-0.321)	-0.558	0.856

回帰係数()内は標準化係数

表5 檜洞丸および丹沢山の食葉害観察結果(越地2002)と食害度の推定値

	食葉害観察結果		食害度の推定値	
	檜洞丸周辺	丹沢山周辺	檜洞丸	丹沢山
1993年	○	○	1.41	1.81
1994年	○	△	1.22	1.33
1995年	△	△	0.67	0.59
1996年	△	△	0.41	0.93
1997年	○	○	1.64	1.77
1998年	○	○	1.96	1.33
1999年	○	○	1.02	0.61
2000年	△	△	1.46	0.26
2001年	△	△	0.97	1.03
2002年	○	△	1.10	1.07
2003年	○	△	1.18	0.86
2004年	○	△	1.56	1.03
2005年	○	○	1.63	1.06
2006年	△	△	0.82	0.57
2007年	◎	○	2.16	1.21
2008年	△	△	1.21	0.74
2009年	△	△	1.46	0.85
2010年	△	△	0.98	0.34
2011年	◎	○	2.18	1.04

◎:大規模(激害発生率70%以上)
○:中規模(激害発生率30%前後)
△:小規模(激害発生率10%以下)

◻:中規模発生以上、食害度の推定値1.20以上

平ではモデル式が選択されなかったが、他の4地点ではそれぞれのモデル式を求められた。選択された変数は、丹沢山は9月の平均気温と3月の降水量、檜洞丸と熊笹ノ峰は12月の降水量、5月の平均気温および3月の日照時間、また大室山は12月の降水量、3月の日照時間、2月の平均気温および1月の降水量であった。このように調査地毎のモデル式が選択された要因のひとつとして、調査地ごとの食葉害発生のポテンシャル、例えば土中のブナハバチ繭密度など年度による変化が考えられる。このため、モデル式が選択されなかったり、山域全体を対象としたモデル式4とは異なった気象要因を変数として選択している可能性がある。しかし、調査地や地域ごとの食葉害発生の推定や予測は、より効果的な対策からも不可欠である。食葉害の大発生は雌成虫の一斉羽化とブナ展葉のタイミングが食葉害の程度を

左右しており（山上ら 2007、谷ら 2008）、山地の気象や環境が昆虫（ブナハバチ）の発生や植物（ブナ）の成育に具体的にどのような関係を持って影響を及ぼしているかについては、予測精度の向上とともに残された今後の課題である。

なお、この地域でブナハバチによる食葉害が初めて観察された 1993 年以降の丹沢山および檜洞丸周辺の観察記録（越地 2002）と両調査地のモデル式による食害度の推定値とを比較した。その結果、表 5 のように食害度の推定値は 1997 年以前の食葉害の観察結果や以降の丹沢山および檜洞丸の違いもよく反映していることが確認された。

IV まとめ

丹沢山城におけるブナハバチの大発生と展葉のタイミングによる食葉害発生は、発生時期までの気象要因が少なからず関わってくるものと考え、食害発生と気象要因との関係について検討を試みた結果、以下のことがわかった。

- ① 年度でみた食害度と年間の降水量や気温、日照時間の気象要因との関係は認められなかったが、月間との関係では 12 月および 3 月の降水量が食害度と関係が高いことがわかった。
- ② 食害度を従属変数に、気象要因を説明変数とした変数選択による重回帰関係を検討した結果、9 月の平均気温および 12 月の降水量と発生年 3 月の日照時間および 5 月の平均気温が選択され、これら 4 個の気象要因から求めた食害度の推定値と食葉害の発生記録との関係が高かった。
- ③ 食葉害は調査地毎に気象要因の関わり方に違いのあることが認められ、食葉害発生のポテンシャルの経年的な変化によるものと推察された。

V 引用文献

鎌田直人（2006）ブナの葉食性昆虫ブナアオシャチホコの密度変動、日本生態学会誌 56：106-119
越地 正（2002）丹沢山地におけるブナハバチ大発生の経過とブナの被害実態、神奈川県自然環境

保全センター研究報告 29:27-34

越地 正・谷脇 徹・相原敬次・山根正伸（2012）檜洞丸におけるブナハバチの大発生によるブナの衰弱枯死、神奈川県自然環境保全センター報告 9:954

谷 晋・伴野英雄・山上 明（2008）丹沢山地におけるブナハバチ大量発生の再発とその食害状況について、東海大学総合教育センター紀要 28：55-61

谷 晋・伴野英雄・山上 明（2012）丹沢山地におけるブナハバチ幼虫のブナ葉への食害状況の経年変化（2008-2011）、神奈川県自然環境保全センター報告 9:91-104

谷脇 徹・山根正伸・田村 淳・相原敬次・越地 正（2012）丹沢山地において大量発生したブナハバチ対策への取り組み、神奈川県自然環境保全センター報告 9:81-89

谷脇 徹（2013）衝突板トラップの色によるブナハバチ成虫の誘引効果の差異、昆虫(ニューシリーズ) 16：159-165

谷脇 徹・猪野正明・鶴田英人・斎藤央嗣・相原敬次・岡田充弘（2015）ブナ若木へのジノテフラン樹幹注入によるブナハバチの防除効果、樹木医学研究 19：139-148

桃澤邦夫（1999）三頭山ブナ林における昆虫被害とその影響について、日林関東支論 50:221-222

Shinohara A, Vikberg V, Zinovjev A, Yamagami A. (2000) *Fagineura crenativora*, a new genus and species of sawfly (Hymenoptera, Tenthredinidae, Nematinae) injurious to beech trees in Japan. *Bulletin of National Science Museum, Tokyo, Series A*, 26:113-124

山上 明・谷 晋・伴野英雄（2007）ブナハバチ食害によるブナ枯死とブナ林の衰退、丹沢大山総合調査学術報告書（丹沢大山総合調査団編）。財団法人平岡環境科学研究所，神奈川県，pp. 256-268

山根正伸・藤沢示弘・田村 淳・内山佳美・笹川裕史・越地 正・中島伸行・斎藤央嗣（2007）丹沢山地における最近の気象の特徴、丹沢大山総合調査学術報告書（丹沢大山総合調査団編）。財団法人平岡環境科学研究所，神奈川県，pp. 375-382