

丹沢山地におけるブナハバチ対策

谷脇 徹*・相原敬次*・齋藤央嗣*・山根正伸**・
伴野英雄***・山上 明****・谷 晋****

Control of the beech sawfly, *Fagineura crenativora* (Hymenoptera: Tenthredinidae), in the Tanzawa Mountains

Tooru TANIWAKI*, Keiji AIHARA*, Hiroshi SAITO*, Masanobu YAMANE**,
Hideo BANNO***, Akira YAMAGAMI**** and Susumu TANI****

要 旨

谷脇 徹・相原敬次・齋藤央嗣・山根正伸・伴野英雄・山上 明・谷 晋：丹沢山地におけるブナハバチ対策 神奈川県自環境セ報告 14：59–65, 2016 丹沢山地の高標高域のブナを枯死・衰弱させているブナハバチの防除法の知見を整理した。食害の規模に応じた効果的な対策には、気象データによる重回帰予測式と、産卵期にあたる展葉期のメス成虫捕獲数の2手法を組み合わせた事前予測が有効と考えられる。成虫は誘引効果がある黄色の衝突板トラップを、尾根筋を中心に設置することで効果的に捕獲できる。樹幹に群がる行動をとる幼虫は、大発生年に粘着シートを設置することで大量に捕獲できる。薬剤の効果を樹体内に限定する樹幹注入法は、環境負荷や樹体影響を抑えつつ、幼虫だけでなく卵の段階でも効果的に防除することができ、ブナハバチへの適用可能性が高いことが示された。ただし当面は使用範囲を限定し、生態系への影響モニタリングを行いながら段階的に展開する必要がある。以上の防除法を組み合わせた防除体系を考案した。長期的には、林床植生回復などの自然再生事業の強化・継続によりブナハバチの大発生を抑制する環境の再生手法について検証する必要がある。

キーワード：事前予測、幼虫粘着シート、薬剤注入、環境低負荷、ブナ林再生

I はじめに

丹沢山地の高標高域では、ブナハバチが関与するブナの枯死・衰弱による森林の草地・裸地化が進行している。ブナ林の保全・再生に向けて、ブナハバチによる葉の食害を回避・軽減するための対策が求められている。

ブナハバチはブナとイヌブナのための葉を食べる日

本在来の昆虫である (Shinohara et al. 2000)。丹沢山地の高標高域において、成虫 (写真 1 a) は5月中～下旬に展開途中のブナ若葉の葉裏葉脈沿いに1卵ずつ産卵 (写真 1b) し、5月下旬～6月上旬に孵化した幼虫が葉を食べて成長し (写真 1c)、6月中～下旬に摂食を完了すると地表に落下して土中に潜り繭を形成し、前蛹となる (写真 1e、図 1) (谷脇 2015)。大発生時には幹などによじ登る大量の幼

* 神奈川県自然環境保全センター研究企画部研究連携課 (〒243-0121 神奈川県厚木市七沢 657)

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

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

**** 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)

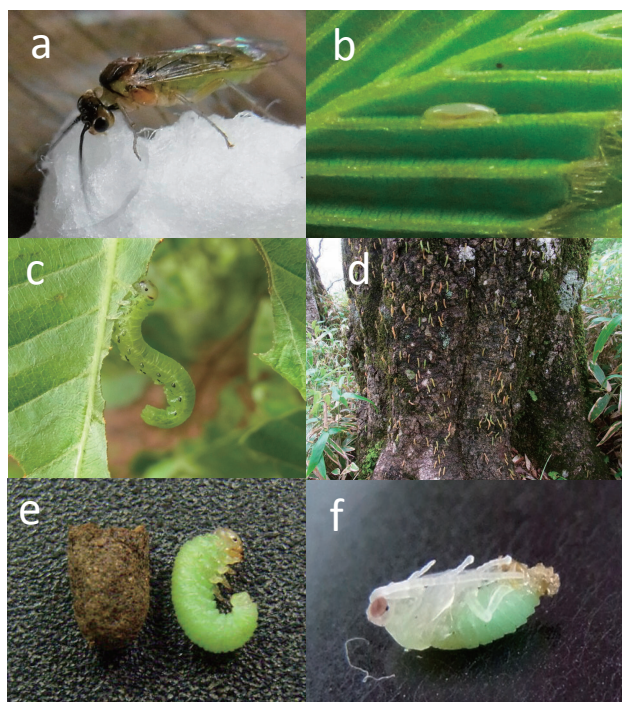


写真1 各発育段階のブナハバチ

a; 飼育中のメス成虫、b; 展開途中の若葉に産み付けられた卵、c; 葉を摂食中の幼虫、d; 幹をよじ登る大量の幼虫、e; 繭を空けて取り出した前蛹、f; 繭から取り出した蛹

虫が観察される(写真1d、図1)(山上ら 2001)。翌春まで繭内で過ごした前蛹は、4月中旬～5月中旬(推定)に蛹(写真1f)となった後、羽化して成虫となる(図1)。ただし、一部の個体は蛹化・羽化せず、前蛹のまま翌春まで、あるいはそれ以上の年数を繭内で過ごす(谷ら 2012b)(図1)。

丹沢山地では1993年に大規模な食害が初めて確認(山上ら 2001; 越地 2002)されて以降、小～大規模な食害が繰り返し生じている(谷ら 2012a、2014; 本特集の谷・伴野 2016)。とくに1997年、1998年、2007年、2011年、2013年の食害は大規

模なものであった(谷ら 2012a、2014; 本特集の谷・伴野 2016)。当初は食害で枯死すると思われていなかったが、継続したモニタリングにより複数回の食害を受けると枯死する場合があることが分かった(山上ら 2007; 越地ら 2012)。檜洞丸の0.7ha固定試験地での調査事例では、1997～2010年の間に26%のブナがブナハバチの食害影響などで枯死し、ギャップ面積は0.1haから0.3haに拡大したことが明らかとなった(越地ら 2012)。オゾンや水ストレス影響が大きいギャップ周辺ではブナハバチの食害を受けると枯死しやすい可能性が指摘されており(本特集の谷脇ら 2016)、ブナハバチがギャップ拡大を助長していることが懸念される。このため現存するブナへの加害を防ぎ、ギャップ拡大に歯止めをかけるため、ブナハバチ対策技術の開発が求められている。

ブナハバチ対策の対象地域は、丹沢大山国定公園の特別保護地区などの自然度が高いブナ自然林であることから、農薬散布のように環境負荷が大きい防除法は原則として避けるべきである(谷脇ら 2012)。また、アクセスの悪い山岳地での防除となるため、資器材の使用が制限されやすい。丹沢山地におけるブナハバチ防除では、環境負荷が小さく、省力的でありながら効果が高い技術開発が求められている。この前提のもと、ブナハバチの生態に応じた防除法開発が進められている(谷脇ら 2012; 谷脇 2015)。

本研究では、これまで開発を進めてきた発生予察、成虫誘引器、幼虫粘着シートおよび薬剤注入の各防除手法について特徴を整理し、併せてブナハバチの大発生を抑制する環境の再生等、効果的な対策の実施方法について検討した。

発育段階	1-3月	4月			5月			6月			7-12月
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	
成虫 (展葉期＝産卵期)				■	■	■	■	■			
卵						■	■	■			
幼虫 樹上 幹登り							■	■	■	■	
前蛹(繭) 繭形成当年 繭形成翌年※									■	■	■
蛹(繭)(推定)			■	■	■	■					

※一部の個体(□)は蛹化せず休眠を継続

図1 丹沢山地高標高域のブナハバチ生活環



写真2 黄色の衝突板トラップ設置状況（2015年5月大室山）

表1 檜洞丸におけるブナハバチ発生予察（谷脇2015を一部改変）

項目	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
展葉期の雌成虫捕獲数（個体）	92 ± 38	226 ± 87	93 ± 29	451 ± 234	95 ± 32
産卵密度（個／100葉）	24 ± 30	35 ± 31	23 ± 16	80 ± 71	20 ± 19
予測された食害規模	-	-	-	大	小～中
実際に観測された食害規模	中	大	小	大	小

II 防除手法

1 発生予察

対策を効果的に実施するには、発生量の事前予測、すなわち発生予察が重要になる。とくにブナハバチの場合、食害には明らかな周期性はみられず、ほとんど被害のない年から重篤な被害の年まで、その度合いは突発的に大きく変動する傾向がある（谷ら2012a）ため、食害の規模に応じた対策を実施するうえで事前予測が欠かせない。

このことについて、本特集の相原ら（2016）が谷ら（2012a、2014）の食害データを用いて気象条件との関係を網羅的に解析した。その結果、ブナハバチへの具体的な作用は不明なものの、特定月の気象データを組み合わせた重回帰式により、早ければ3月までに食害の規模を事前予測できる可能性があることが分かった。また、産卵は展開途中の若葉が対象となるため、展葉期のメス成虫発生量が当年の食害量に反映されると考えられる（谷脇ら2013；谷脇2015）。成虫は黄色の衝突板トラップ（写真2）に誘引される（谷脇2013）ことが明らかとされたことで、このトラップによる5月中～下旬の展葉期



写真3 黄色の衝突板トラップ（矢印）によるブナハバチ成虫の大量捕獲試験（2013年4月檜洞丸）



写真4 ブナ樹幹への粘着シート設置状況（2013年6月大室山）
ブナの樹幹に粘着面を外側にして粘着シートを設置する（矢印）。

のメス成虫捕獲数を調べることで食害量の事前予測が可能となった（表1）（谷脇2015）。

食害の規模に応じた効果的な対策のためには、3月までの気象データによる重回帰式と、5月中～下旬の展葉期のメス成虫捕獲数の2手法を段階的に組み合わせることで、対策の準備期間を確保しながら効果的に予測することができると考えられる。

2 成虫の誘引捕獲

黄色の衝突板トラップは、色が誘引源のため安価で環境負荷が小さいことから、大量捕獲への応用も期待される。2013年に檜洞丸山頂付近の異なる環境にトラップを設置（写真3）したところ、捕獲数は尾根筋＞南斜面＞北斜面＞樹冠の順に多く、尾根筋に設置することで効果的に捕獲できることが分



写真5 ブナ樹幹への薬剤注入状況（2015年4月厚木市七沢）

ドリルで下向き45°方向に直径5mmの穴を開け、パイプチップ（矢印）を差し込んで薬剤を注入する。

かった（谷脇 2015）。また、33個のトラップの捕獲数合計はオスが23,026個体、メスが18,603個体、合計41,629個体であり、単純計算で47～65万個の産卵を回避したとされたが、周辺で多数の激害木が発生し、食害の回避には不十分な捕獲数であった（谷脇 2015）。今後、尾根筋を中心に設置数を増やした際の捕獲数と食害の規模との関係をモニタリングしていく必要がある。

3 幼虫の樹幹粘着シート捕獲

幼虫は樹上で葉を摂食し終えると、いったん落下してから樹幹などをよじ上る行動をとる（山上ら 2001）。そこで樹幹に粘着シートを設置することで幼虫の大量捕獲を行うことができる（写真4）（谷脇 2015）。2013年の大規模食害の事前予測を受けて、緊急防除として大室山、檜洞丸、丹沢山の3地点で548本のブナ樹幹に粘着シートを設置したところ、推定捕獲数は合計75万個体であり、樹冠の幼虫数に対する防除効果は檜洞丸が8.5%、丹沢山が11.8%と評価された（谷脇 2015）。本手法は摂食完了後の幼虫を捕獲するため、当年の食害回避・軽減への効果は小さいが、次世代の密度低減には一定の寄与が期待される（谷脇 2015）。ただし、平常発生であった2014年の捕獲数は2013年のわずか1.8%に留まった一方、他の様々な昆虫等が多数捕獲されたことから、粘着シートの使用は大発生時に限定し、粘着面の全面で捕獲され次第早期に撤去するなど、設置期間を極力短縮する必要がある（谷脇 2015）。

4 薬剤の樹幹注入

薬剤は防除に一定の効果を期待することができる。最近では、サクラのアメリカシロヒトリやツバキのチャドクガなどを対象に、樹幹に薬剤（ジノフラン8%液剤、製品名ウッドスター）を注入し、葉に吸い上げられた薬剤で幼虫を防除する手法が開発されている。この手法であれば薬剤は樹体内に留まるため、自然度の高いブナ林でも適用できる可能性がある。実際、葉の薬剤は代謝・分解され、落葉期までに検出限界以下の濃度となることが犬越路のブナ成木で確認され（谷脇未発表）、落葉を介した環境や水土への流出はほとんど問題にならないことが分かった。

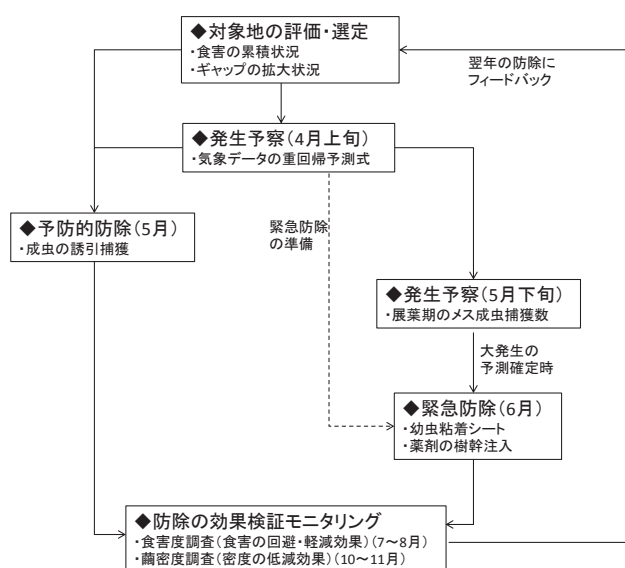
本手法の防除効果は高いことも明らかとなる。これまでの室内苗木試験や苗畑試験（写真5）では、注入木で100%近くの高い防除効果が得られている（谷脇 2015；谷脇ら 2015）。特に、葉を食べた幼虫だけでなく、葉脈沿いに産み付けられた卵の段階でも防除できることが分かった（谷脇ら 2015）。樹体影響は軽微であり、葉の変色や萎凋症状、樹皮の巻き込み異常などの薬害症状は観察されなかった（谷脇 2015；谷脇ら 2015）。このように薬剤の樹幹注入は、環境負荷や樹体影響を抑えつつ、効果的に食害を回避・軽減できる可能性があり、ブナハバチへの適用可能性が高い。

一方、ブナハバチを利用する天敵やブナの葉を利用する生物への影響は不明である。そこで当面は範囲を限定するなど必要最小限だけの実施とし、個体数が顕著に減少する種がないかなど生態系への影響をモニタリングしながら、注意深く、段階的に対策を展開していく必要があると考えられる。

III 防除対策の進め方

防除の目的は、ブナハバチの食害によりブナの枯死・衰弱が進行している地点において、大量捕獲により密度を低下させながら、食害を受けて枯死しやすいと考えられるギャップ周辺（本特集の谷脇ら 2016）を中心に食害を回避・軽減し、枯死に伴うギャップ拡大を防止することにある。そこで防除の対象地は、食害の累積による枯死発生リスクとギャップの拡大状況（本特集の鈴木ら 2016）を踏まえて評価・選定する。

選定された地点で食害の規模に応じて実施するブ



ナハバチ対策として、各種の防除法を組み合わせた防除体系を考案した（図2）。食害の規模に応じた防除の考え方としては、平常発生時でも密度を低下させるために実施する予防的防除と、大発生にあわせて実施する緊急防除の2種類がある。選択する手法については、予防的防除には平常時でも比較的捕獲数が多い黄色の衝突板トラップを、緊急防除には大発生時の大量捕獲が可能な幼虫粘着シートと、食害を回避・軽減できる薬剤の樹幹注入を用いるのが適していると考えられる。

各年に実施する防除の規模は、発生予察の結果を踏まえて検討する。まず、4月上旬に、3月までの気象データを組み合わせた重回帰式により発生規模を推定する。この結果を予防的防除の規模に反映する。このとき大発生が予測された場合には緊急防除の準備に入る。そして産卵期にあたる5月中～下旬の展葉期のメス成虫捕獲数による発生予察を行い、ここでも大発生が予測された場合に緊急防除の実施を確定する。食害による失葉が健在化するのは幼虫の体サイズが大きくなる6月中～下旬であり、5月下旬に大発生の予測が確定してから短期間での防除の実施となる。この点、2種類の発生予察を組み合わせることで事前準備を可能とし、また予測の精度を高めることができると期待される。

防除の実施にあたっては、自然度が高いブナ林であることから他の昆虫等への影響を極力抑える必要がある。黄色の衝突板トラップについては、成虫による産卵は展葉が完了すれば行われなくなると考え

られるため、展葉が完了し次第トラップを速やかに撤去し、天敵等の捕獲を極力回避する。幼虫粘着シートは、ブナハバチ幼虫がほとんど捕獲されない平常発生年は避け、設置後は粘着面の全面で幼虫が捕獲され次第早期に撤去するなど、設置期間を極力短縮する（谷脇 2015）。薬剤の樹幹注入については、当面はギャップ周辺で食害を受けて枯死・衰弱する危険性がある個体に限定して施用し、あわせて天敵等への影響モニタリングも実施していく。

防除を実施した際、その効果を検証することは、翌年以降の、より効果的な防除実施方法を検討するうえで不可欠となる。効果検証モニタリングとしては、食害の回避・軽減効果を検証するための食害度調査と、密度の低減効果を検証するための繭密度調査が挙げられる。食害度調査では、食害状況を把握しやすい7～8月に、各地に設定した固定調査地や地域のブナの毎木調査を毎年行うことで、同一個体・地域での食害の年変化や食害による枯死・衰弱状況を把握する。また、大規模食害時に広域の航空写真を撮影・解析してブナハバチのリスクマップ（本特集の鈴木ら 2016）を更新し、食害の累積状況を評価することで、直近の重点対策地域を抽出することができる。繭密度調査では、植生が枯れてから積雪や土壌が凍結する前の10～11月に、食害度調査と同様の地点で、毎年一定量の土壌を採取して繭の数と状態を調査することで、当年に形成された繭密度や生存前蛹密度の年変化を把握する。繭密度の年次推移を継続的に監視することで、潜在的な食害発生リスクや防除対策による大量発生ポテンシャルの低下の程度を評価することができる（谷脇ら 2012）。

以上のように、各種の防除法を組み合わせた防除体系を考案し、これに基づいた効果的な防除対策の進め方を整理することができた。

IV 長期的なブナハバチ大発生を抑止対策

これまで検討してきた防除対策は、対象地でのブナハバチの食害を回避・軽減することで枯死・衰弱の発生を抑え、ギャップ拡大を防止することに一定の効果があると期待される。しかし、限られた地区での実施となるため、丹沢山地広域でブナハバチ密度を抑制するまでには至らない可能性が高い。この点、時間はかかるが森林環境とくに土壤環境を改善することにより、ブナハバチの密度を抑制すること

ができる可能性があることが分かってきた。

ブナ林の衰退が進み、土壌の乾燥化や地温上昇が進むとブナハバチの繭期の生存率が上昇し、羽化の早期化に伴って産卵・食害リスクが高まることが示唆されている（本特集の谷脇ら 2016）。このことは、ギャップ閉鎖や林床植生回復の対策により、土壌の乾燥化や地温上昇が生じにくい環境を再生することで、ブナハバチの死亡率が上昇し、羽化が遅れることで、産卵・食害リスクが低下する可能性があることを意味している。したがって、長期的には植生保護柵の設置やニホンジカ捕獲を強化・継続することにより、林床植生の回復を通じて土壌環境が改善され、ブナハバチの大発生が抑制される環境が再生することが期待できる。このことに基づくと、上述の防除対策はいつまでも継続して実施する必要はなく、大発生を抑制する環境が再生するまでの一時的・緊急的な対策として位置付けられる。今後のブナ林再生の効果検証モニタリングの一環として、林床植生回復に伴う土壌環境改善によるブナハバチ密度の抑制効果を検証していく必要がある。

V おわりに

以上、他地域では大発生の事例がほとんどなく防除対策がなかったブナハバチに関して、発生予察から防除対策までが明らかになり、これらを組み合わせた防除体系を考案した。さらには大発生を抑制する可能性がある環境の再生手法も示した。これまでの自然再生事業には現存するブナを保全する手法が無かったことから、ここで示した体系的なブナハバチ対策を取り入れていくことで、これまで以上の効果的なブナ林再生への事業展開が期待される。ただし、各手法の長期的な効果や影響については不明な点が多いことから、今後実証的に事業を展開するなかで検証していく必要がある。

VI 謝 辞

本研究にあたり、樹幹粘着シート試験では正和商事㈱の鈴木玲氏に、薬剤の樹幹注入試験ではサンケイ化学㈱の猪野正明氏と鶴田英人氏、および長野県林業総合センターの岡田充弘氏（現長野県木曽地方事務所）に多大なるご協力を頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

VII 引 用 文 献

- 相原敬次・谷脇徹・齋藤央嗣・越地正・谷晋・伴野英雄・山上明（2016）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．神奈川県自然環境保全センター報告 14：53-57．（本特集）
- 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 9：95-104．
- Shinohara A, Vikberg V, Zinovjev A and Yamagami A (2000) *Fagineura crenativora*, a new genus and species of sawfly (Hymenoptera, Tenthredinidae, Nematinae) injurious to beech trees in Japan. *Bulletin of the National Science Museum*, Tokyo, Ser. A 26: 113-124.
- 鈴木 透・谷脇 徹・山根正伸（2016）衰退リスクから見たブナ林の再生優先地マップの作成．神奈川県自然環境保全センター報告 14：75-80．（本特集）
- 谷 晋・伴野英雄・山上 明（2012a）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 9：91-94．
- 谷 晋・伴野英雄・山上 明（2014）神奈川県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（2013 年）．東海大学総合教育センター紀要 34：159-162．
- 谷 晋・伴野英雄（2016）丹沢山地におけるブナハバチ幼虫のブナ葉への食害発生状況（2014-2015）．神奈川県自然環境保全センター報告 14：37-40．（本特集）
- 谷 晋・山上 明・伴野英雄（2012b）ブナハバチ雌の前蛹期における休眠期間．神奈川県自然環境保全センター報告 9：105-109．
- 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（2015）丹沢山地におけるブナハバチの大

- 発生と防除法の開発. 森林防疫 710 : 165-173.
- 谷脇 徹・相原敬次・齋藤央嗣・山根正伸 (2016) 丹沢山地ブナ林の衰退要因とその複合作用. 神奈川県自然環境保全センター報告 14:1-12. (本特集)
- 谷脇 徹・猪野正明・鶴田英人・齋藤央嗣・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.
- 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・山根正伸・田村 淳・相原敬次・越地正・谷 晋・伴野英雄・山上 明 (2013) ブナハバチ雌成虫の発生とブナ展葉の同時性が被食量に及ぼす影響. 昆虫 (ニューシリーズ) 16 : 218-224.
- 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) 平岡環境科学研究所). 256-268.
- 山上 明・谷 晋・伴野英雄・篠原明彦 (2001) ハチが森を食い荒らす?—ハバチ類の大発生、最近の話題. 国立科学博物館ニュース 382 : 4-7.