

大雪山高山帯における
セイヨウオオマルハナバチ防除の考え方

平成 30 年 6 月

北海道地方環境事務所

目 次

第1章 背景及び目的.....	1
1-1. 北海道におけるセイヨウオオマルハナバチの現状.....	1
1-2. 大雪山国立公園におけるセイヨウオオマルハナバチの現状	1
1-3. セイヨウが高山帯に定着した場合に予想される影響.....	1
1-4. 本考え方作成のねらい	2
第2章 セイヨウオオマルハナバチの生態.....	3
2-1. 生物学的特徴.....	3
第3章 大雪山におけるセイヨウオオマルハナバチの現状と侵入、定着経路	6
3-1. 大雪山国立公園の高山帯の自然環境.....	6
3-2. 大雪山国立公園の高山帯および周辺域におけるセイヨウの確認状況	6
第4章 大雪山におけるセイヨウオオマルハナバチの防除計画と実施.....	16
4-1. 基本的な考え方	16
4-2. モニタリング及び防除の手法.....	18
4-3. 周辺地域の各主体との連携と協力.....	25
4-4. 野外における薬剤防除の技術確立と実施に向けた合意形成	25
第5章 おわりに	30

第1章 背景及び目的

1-1. 北海道におけるセイヨウオオマルハナバチの現状

セイヨウオオマルハナバチ（以下「セイヨウ」という。）は、1996年に初めて北海道日高地方の野外で営巣が確認され、2006年に特定外来生物に指定された（環境省「特定外来生物の解説」<http://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/list/L-kon-08.html>、「北海道ブルーリスト 2010」<http://bluelist.ies.hro.or.jp/db/detail.php?k=06&cd=19>）。セイヨウは、このわずか10年程度でほぼ全道的に定着し（Matsumura et al 2004; 横山・中島 2005; Yokoyama and Inoue 2010）、全道レベルでの根絶は非常に困難な状況となっている。上川総合振興局管内（以下「上川管内」という。）などでは、低地で高密度化し優占種となっている地域も多い。セイヨウが高密度化したエリアでは在来マルハナバチの減少も見られ（中島ほか 2004）、侵略的性質を持つセイヨウの生態系への影響が問題となっている。

1-2. 大雪山国立公園におけるセイヨウオオマルハナバチの現状

北海道の野外での営巣が確認された直後は、高山帯にまで侵入することは想定されていなかったが、2006年以降、断続的に大雪山国立公園の高山帯（おおよそ標高1,500~1,700m以上）でも確認されるようになった（工藤・井本 2012、さっぽろ自然調査館 2013、2016）。また、ほぼ同時期に、周辺の国立公園内山麓部（おおよそ標高400~1,100m）でもところどころで侵入が確認されるようになっている。ただし、これらの地域におけるセイヨウの優占度（在来マルハナバチの個体数に対するセイヨウの個体数の割合）は小さい。

高山帯での確認は断続的であることから、現在のところ定着しているとは言えないものの、年によっては高山帯でも営巣していた可能性も示唆されており（さっぽろ自然調査館 2013）、今後定着する可能性は否定できない。

1-3. セイヨウが高山帯に定着した場合に予想される影響

セイヨウが高山帯に定着した場合、低地と同様に、餌資源をめぐる競争（中島ほか 2004; Nagamitsu et al. 2009）、営巣場所をめぐる競争（Matsumura et al. 2004, Inoue et al. 2008）、異種間交尾による繁殖攪乱などを通じた在来マルハナバチへの影響（国武・五箇 2006）が懸念される。影響が深刻化した場合、既に低地で生じているように競争排除による置換が発生する可能性がある。

また、セイヨウは、盗蜜（花の基部に穴を開け、植物の受粉を助けることなく花蜜のみを吸う）を頻繁に行うために、野生植物の種子生産を阻害すると言われており、植物の繁殖への悪影響も懸念される（加藤 1993; 米田ほか 2008; Nagamitsu et al. 2009）。

在来マルハナバチのうち、特に、セイヨウと形態や生態がよく似ているエゾオオマルハナバチはこれらの影響を受けやすいと考えられる。高山帯にはマルハナバチが数種生息するが、中でもエゾオオマルハナバチは優占種であるため、高山帯においてセイヨウとの置換が進めば、植物によっては本来あるべき種子生産が行われなくなり、衰退する可能性がある。特に、高山生態系は環境変化に対して脆弱と言われており、影響が想像以上に

深刻化したり、想定外の事態が生じたりする可能性もある。

1-4. 本考え方作成のねらい

大雪山の高山帯には、風衝地植生、雪田帯植生、高茎草本群落、湿地植生等多様な植生が発達し、多くの希少種からなる高山植物のお花畑景観が見られる等、極めて貴重な自然環境を有しているため、外来種の影響を排除し、保全していく必要がある。

セイヨウの効果的な防除対策についてはいくつかの課題が残されているが、侵入と定着の防止に資するため、現在の知見をもとに、「大雪山高山帯におけるセイヨウオオマルハナバチ防除の考え方」（以下「考え方」という。）としてまとめ、大雪山国立公園の高山帯へのセイヨウの侵入と定着を防ぐために必要な考え方を提示し、関係者による対策を促すものである。

第2章 セイヨウオオマルハナバチの生態

2-1. 生物学的特徴

(1) 分類/原産地

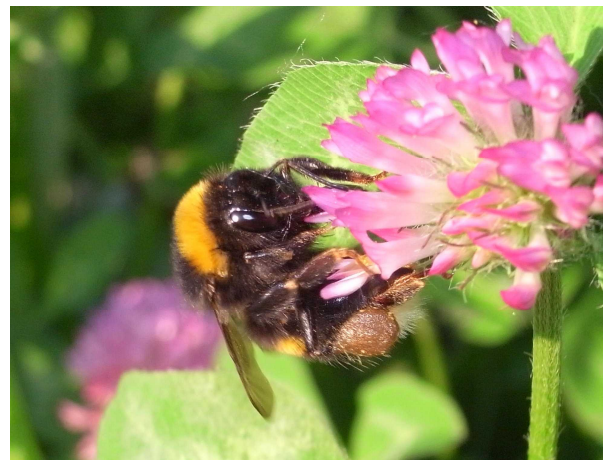
セイヨウオオマルハナバチ (*Bombus terrestris*) は、ハチ目 (膜翅目) ミツバチ科マルハナバチ属 (オオマルハナバチ亜属) の一種である (片山 2007)。種としての原産地は、ヨーロッパを中心に、北アフリカから中央アジアまで及び、多数の亜種に分かれる。このうち、日本に輸出されているのは *Bombus terrestris terrestris* を選抜改良したものとされる。

(2) 形態

マルハナバチは、種によって体毛の色パターンが異なる (一部の種ではメスとオスでも異なる)。セイヨウの毛色パターンは、黒を基調とし、胸部背面と腹部に幅の広い黄色の帯を持ち、尾端は白い毛で覆われるのが特徴である。体サイズは、女王では体長 16.8~23.1mm、頭幅 4.9~5.9mm、働きバチでは体長 11.6~16.2mm、頭幅 3.5~4.7mm、オスでは体長 13.2~16.8mm、頭幅 4.3~4.8mm とされる。また、吸蜜に使用中舌の長さは、女王で 11~13mm、働きバチで 7~10.5mm と、短舌種の特徴を有する (以上、木野田ほか 2013 を参照)。

(3) 生態

セイヨウを含むマルハナバチは、1 頭の女王バチと多数の働きバチからなる家族集団を作る社会性昆虫である。営巣場所は地表ないし土中で、野ネズミの古巣を使うことが多いが、しばしば人工環境 (家屋の断熱材のすき間、ゴミの堆積地等) も利用する。マルハナバチには、初夏までに営巣を終える短期営巣種と (晩) 秋まで営巣する長期営巣種があり、セイヨウは後者に含まれる。セイヨウの女王は、道内の低地では 3 月末~5 月上旬に越冬明けして出現し、単独で営巣、産卵、採餌、給餌などの内役・外役をすべてこなす。その後、働きバチが出現すると、女王は産卵に徹するようになる。営巣の規模は、低地で 500~1000 繭と大型である (以上、片山 2007 ; 木野田ほか 2013 を参照)。低地では 7 月から 9 月ごろにかけて繁殖虫 (新女王・オス) を生産する。繁殖虫はしばしば長距離飛翔を行い、これが分散 (生息地の拡大) につながる。新女王は交尾を済ませると、地中などで単独で越冬する。



また、生息環境としては他のマルハナバチよりも開放的な環境を好み、森林環境を避けるように分布するとされている (Ishii et al 2008; Kadoya et al 2009)。原産地では、川沿いや農地周辺の草地などで、採餌や営巣がよくみられるという (Kells and Goulson 2003)。

(4) 訪花習性

マルハナバチは他のハナバチ類と同様、餌は基本的にすべて花から調達する。エネルギー源としては主に花蜜を、育児に用いるタンパク源としては花粉をそれぞれ用いる。社会性のため、多くの資源を必要とし、働きバチの各個体は毎日膨大な数の花を訪れる。セイヨウは、開放的な環境で訪花活動することを好み、林内のような閉鎖環境ではあまり活動しないのが特徴である。また、花の形に合わせて伸長する中舌や大きく発達した蜜胃、花粉バスケットなど、体には蜜や花粉の収集や運搬に適した構造が見られる。他の短舌型マルハナバチと同様、訪花対象は幅広く、外来植物や園芸植物なども多く利用する。また、花筒が長く、自らの中舌が蜜まで届かない花に対しては、しばしば花筒の横に穴を開けて蜜を直接吸う「盗蜜」行動を行う。また、ナス科やバラ科植物などの花では、葯を振動させて花粉を集める振動集粉行動がしばしば観察される。

マルハナバチの採餌活動の行動範囲はよく分かっていないが、潜在的には数 km に及ぶと考えられている (ハインリッチ 1991)。本州中部のヒメマルハナバチでは半径 2km 程度を行動範囲にしていたという研究がある (Tomono & Sota 1997)。しかし、移動にかかるコストは距離に比例して大きくなることから、花資源が十分に多い環境では行動範囲は小さくなると予想される。

(5) 在来マルハナバチへの影響

セイヨウと在来マルハナバチとはさまざまな面で競争関係にある。その中でももっとも重要なのは、営巣場所をめぐる競争であると考えられる。マルハナバチは地中の野ネズミの古巣といった特異かつ希少な環境を営巣場所に利用しているためである。営巣場所をめぐる競争の激しさを示す例として、セイヨウによる在来種の巣の乗っ取りが知られている (Ono 1997)。また、餌資源をめぐる競争関係にある。セイヨウは営巣規模が大きく、他のマルハナバチと比べ働きバチ数が多いことから、餌資源をめぐる競争において有利といえる。こうした競争は、特にセイヨウと形態や生態が類似するエゾオオマルハナバチとの間で熾烈であると考えられている。

また、セイヨウのオスが、エゾオオマルハナバチの雌 (新女王) に対して頻繁に交尾を行っていることが分かっている。異種間交尾によって雑種が形成されることはないが、交尾された雌は、その後同種との交尾を行わないため繁殖を阻害されてしまう。さらに、交尾を通じて内部寄生性のマルハナバチポリプダニが在来のマルハナバチに持ち込まれ、疾患をもたらすことが危惧されている (五箇ほか 2000)。

(6) 在来植物や生態系への影響

在来植物への直接的な影響としては、前述のとおり盗蜜による結実阻害が知られる。また、在来の虫媒花植物とマルハナバチをはじめとする訪花昆虫は、それぞれの地域において固有の送粉生態系を形成しているが、それらの構成種の中には、長い歴史を共有する中で共進化をとげたものもある。例えば、在来マルハナバチは中舌の短いエゾオオマルハナバチから中舌の長いエゾナガマルハナバチまで多様な種類があり、それぞれの舌の長さに対応して訪花を好む植物の種類も異なる (工藤 2015) など、独自の系を成立させている。

セイヨウは中舌の短い種が利用する植物（ツガザクラ類等）も中舌の長い種が利用する植物（エゾオヤマノエンドウ等）も利用する（工藤 2015）ことから、セイヨウの侵入定着が長期的には大きな攪乱につながるおそれもある。

（7）人間への直接的な影響

有剣類であるハナバチ類のメス（働きバチ、女王バチ）は毒針を持っている（オスにはない）。そのため、人間が素手でつかんだりすれば、刺される可能性がある。ただし、本質的にはおとなしい性質のため、訪花中のハチが突然襲ってくるようなことはあまりない（威嚇と思われる行動は見られることがある）。

2-2. 導入と定着の経緯

（1）導入

1992年からハウス内における授粉のための農業資材として本格的に輸入が開始された。1996年に日高振興局管内の平取町において、野外で初めての営巣が確認された。その後、道内各地で確認されるようになった。また、同種は2006年に特定外来生物として指定された。

（2）近年の利用実績

セイヨウの年間の出荷数量は国内全体で5～7万コロニー（巣箱）とされる。北海道内では2004年時点で約4,800コロニー（巣箱）が使用されており、熊本県、愛知県に続き、群馬県と並ぶ全国第3位となっている（米田ほか2008）。

（3）これまでの対策

これまでは、ボランティアや行政などが中心となり、捕獲による駆除活動を道内各地で行ってきた。それらの活動の一部はウェブサイト「セイヨウ情勢」（東大・DIAS。2015年5月からは北海道生物多様性保全活動連携支援センター（HoBiCC）が引継ぎ。現在は閉鎖中。）に記録されている。記録されているだけでも、駆除個体数はのべ32万頭にのぼる。しかし、これまではあまり明確な目標設定や効果的な防除手法の検討は行われておらず、残念ながら根絶にもいたっていない。また、これまでの活動に対する十分な検証も行われていない。現状を踏まえ、根絶に代わる新たな目標設定や総合的な対策の検討が必要とされる状況にある。

第3章 大雪山におけるセイヨウオオマルハナバチの現状と侵入、定着経路

3-1. 大雪山国立公園の高山帯の自然環境

(1) 植生

大雪山国立公園には国内最大規模といわれる高山帯が広がる。ここでいう高山帯とは森林限界以上の植生帯を指し(佐藤 2007)、大雪山系ではおおよそ標高 1,500~1,700m より高い場所に当たる。ハイマツ群落をはじめ、雪潤草原(高茎草本群落)、雪田群落、風衝砂礫荒原など多様な高山植生が見られる。火山活動の影響が強い旭岳姿見周辺などでは、標高 1,400m 付近から高山植生が見られる。国内では大雪山のみにしか分布しない高山植物も多く、貴重な自然環境である。

大雪山の周辺は針葉樹やダケカンバなどの樹林帯が広がるが、ところどころに二次的な開放地(ダム、農地など)が分布する。また、旭岳温泉や望岳台などの園地につながる道路もいくつかあるほか、旭岳や黒岳にはロープウェイ施設も整備されている。

(2) 在来マルハナバチ相

高山帯では、エゾオオマルハナバチ、エゾヒメマルハナバチ、エゾナガマルハナバチ、アカマルハナバチ、エゾトラマルハナバチの 5 種が生息する。このうち、エゾトラマルハナバチの個体数はわずかである。山域や植物群落の違いによって優占種や構成は大きく変わるが、雪田群落が卓越する山域ではエゾオオマルハナバチが優占しやすい。

3-2. 大雪山国立公園の高山帯および周辺域におけるセイヨウの確認状況

(1) 2006 年以降の経緯

大雪山の高山帯におけるセイヨウの確認状況は、表 1 及び図 1 のようになっている。高山帯で初めてセイヨウが確認されたのは 2006 年で、それ以降、旭岳姿見周辺を中心に散発的な確認が続いている。2012~2013 年は、まとまった数のセイヨウが確認され、高山帯での営巣および越冬の可能性が示唆された。しかし、その後 2017 年までは散発的な確認にとどまっている。

なお、旭岳姿見~裾合平周辺で繰り返し確認されていることについては、調査頻度が高いことも考慮すべきであるが、セイヨウが蔓延する上川盆地に面し、直線距離が近いこと、ロープウェイ施設があること、雪田群落が発達していること、高山植生が成立する環境としては低標高であることなど、いくつかの侵入しやすい条件が重なった結果と考えられる。

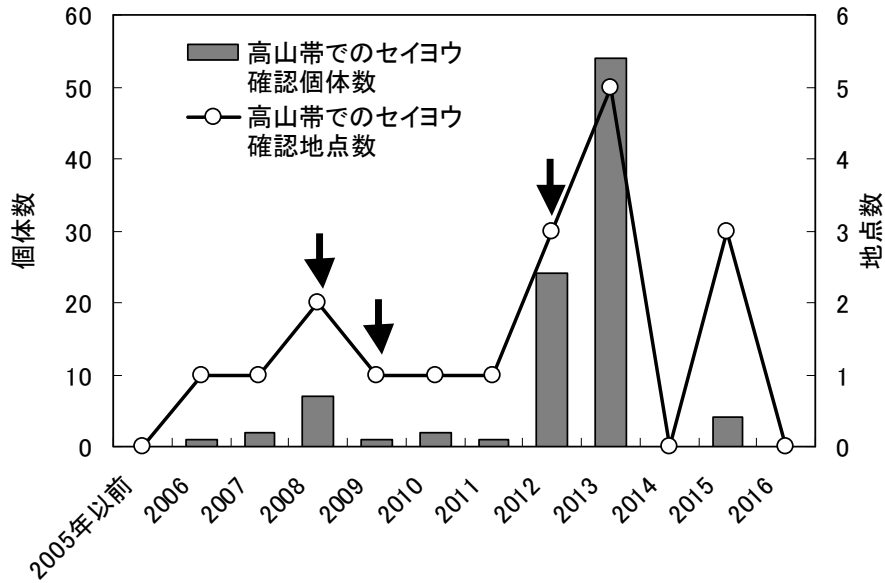


図 1. 大雪山高山帯におけるセイヨウの確認状況(2006～2016 年)

表 1. 大雪山高山帯とその山麓におけるセイヨウの確認状況(2006～2016 年)

植生帯	エリア	山域名	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
高山帯	表大雪	旭岳(姿見・裾合平)		不明2	Q4 ♂1 w1	w1	Q1 不明1		Q3 ♂2 w15	w24 不明2		不明1		
		黒岳	Q1		不明1							Q1 w1		
		赤岳							Q2	w7 不明2			Q1	
		緑岳									w2 不明7			
		化雲岳								w2	Q1 w5			
		ヒサゴ沼							w1					
		十勝連峰	美瑛岳								w3			
山麓	表大雪	旭岳温泉			Q4		w1					♂1	Q1 w1	
		忠別湖				w2				w2				
		層雲峡	♂1								♂2			
	十勝連峰	白金温泉						不明4	Q5 ♂1	Q5 w3 不明1	Q1 w1 ♂1	Q3 w6	w1	
東大雪	糠平					w1 不明1	w10			w22				
		十勝三股					Q1							
	士幌高原							Q7 ♂4 w8 不明1	Q1 ♂64 w12 不明2					
		然別湖							Q1 ♂2					

網がけは、セイヨウの働きバチが2個体以上確認され、現地での営巣成功を示す(定着の指標に該当)

Q:女王、w:働きバチ、♂:オス、不明:カースト不明

2013年以前のデータは「平成25年度大雪山セイヨウオオマルハナバチ対策業務報告書」を参照。

2014年以降のデータは井本哲雄氏、工藤岳氏、環境省(自然保護監視員のH27セイヨウ目撃情報記録シート、セイヨウ記録表2013)による調査

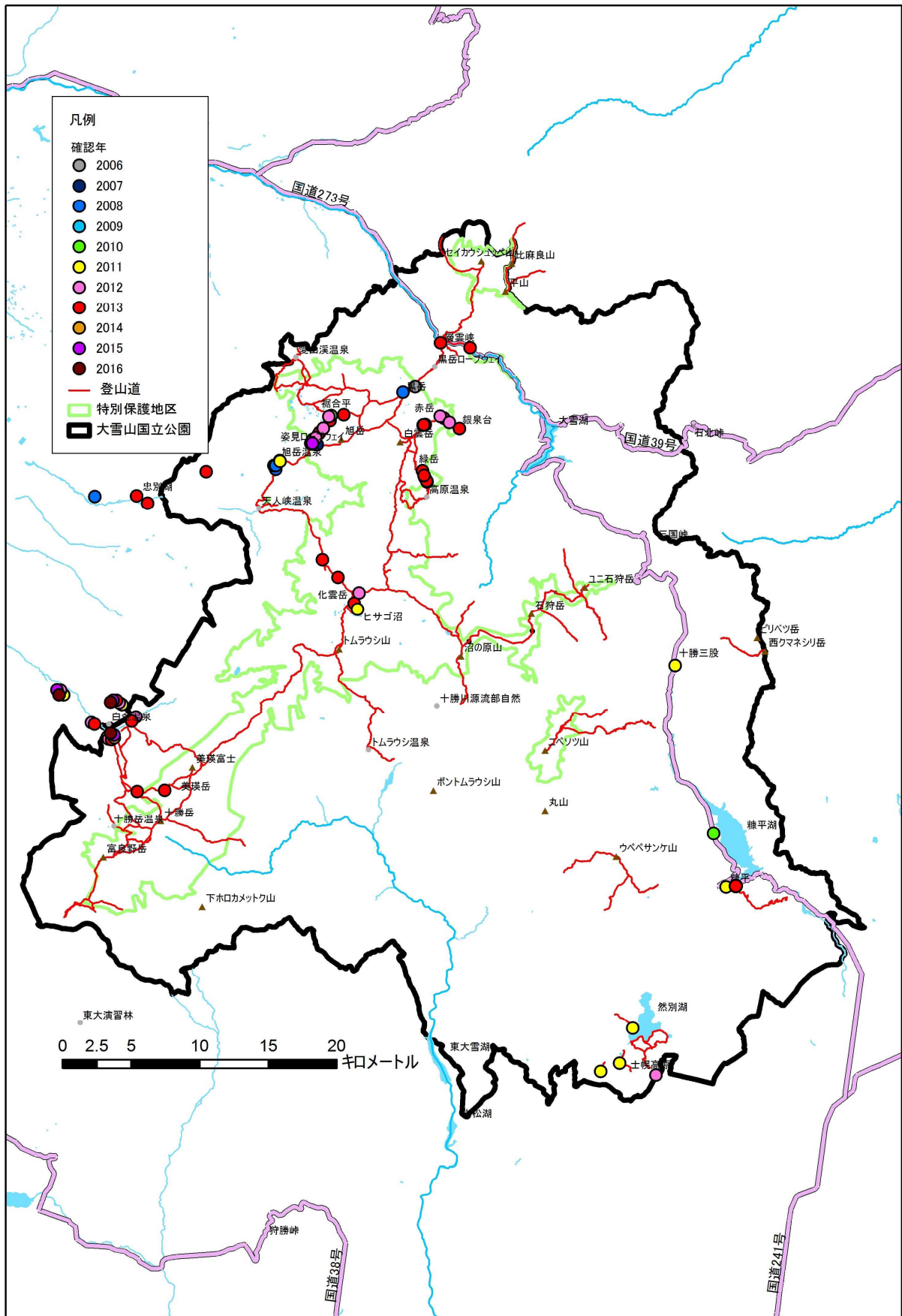


図 2. 大雪山高山帯とその山麓におけるセイヨウの確認状況(2006～2016 年)。2014 年の確認はなし。高山帯は緑の特別保護地区とほぼ対応。

(2) 大雪山の高山帯におけるセイヨウの主な利用環境

高山帯でセイヨウがもっともよく見つかっているのは雪田群落内である。旭岳姿見～裾合平周辺を例に見ても（図3）、ピンク色で示した雪田群落の上かその周辺で確認されている（植生図では示されない小規模な雪田群落での確認もある）。こうした傾向は、赤岳、緑岳、化雲岳でも同様である。雪田群落は、高山帯ではもっとも花資源が豊かであり、そうしたことがセイヨウだけでなく、多くのマルハナバチを誘引している。高山帯におけるセイヨウの訪花植物をみても、雪田群落の植物が大半を占めている（表2）。

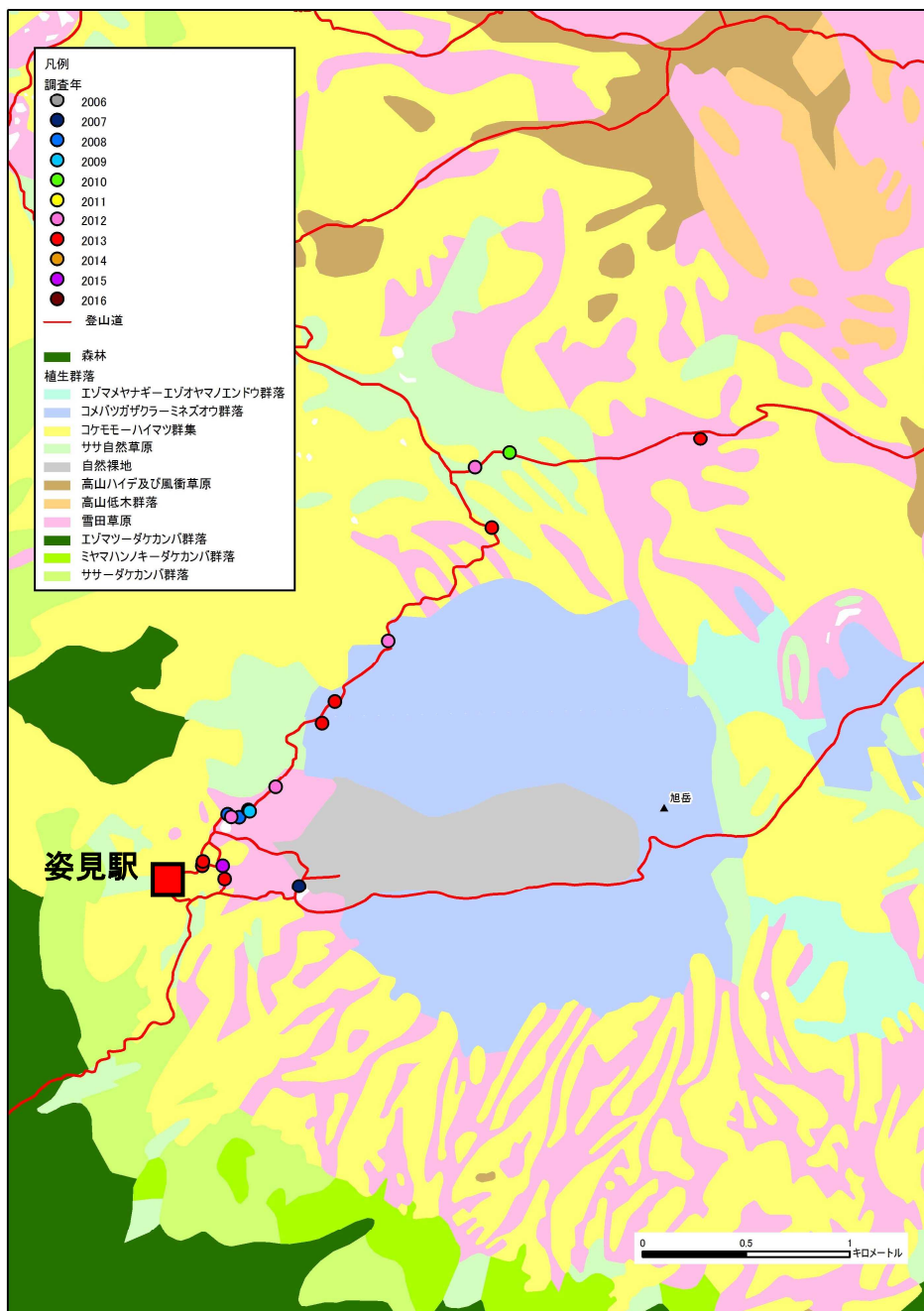


図3. 旭岳姿見-裾合平におけるセイヨウの確認状況(2006～2016年)

表 2. 高山帯におけるセイヨウの訪花植物

訪花植物	盗蜜	個体数
エゾオヤマリンドウ	○	41
ツガザクラ類	◎	19
コガネギク		5
チングルマ		3
ウメバチソウ		2
ミヤマサワアザミ		2
イソツツジ		1
ミネズオウ		1
ナガバキタアザミ		1
チシマツガザクラ		1
エゾニュウ		1
チシマアザミ		1
計		78

盗蜜欄の◎は盗蜜が非常によくみられる、○はときどきみられることをそれぞれ意味する

3-3. 想定される発生源と侵入経路

(1) セイヨウを利用する農業ハウスの分布

大雪山国立公園周辺でセイヨウを利用する農業ハウスの分布は図4のようになっている。大雪山国立公園の西側では、愛別町から南富良野町にかけて連続的かつ高密度にセイヨウを利用する農業ハウスが分布している。特に、美瑛町（2016年時点で外来生物法に基づく飼養等許可を受けた巣箱の数は873箱）、富良野市（同320箱）、旭川市（同266箱）、中富良野町（同208箱）などで多数利用されている。その一方で、上川町の以北および以東ではセイヨウを利用する農業ハウスは分布しない。国立公園の南東側の十勝総合振興局管内では、鹿追町、士幌町、音更町でわずかな利用が行われている。

表 3. 大雪山国立公園周辺において飼養等する許可を受けた巣箱の数

振興局	市町村(申請者)	2007	2016
上川	旭川市	251	266
	当麻町	36	25
	愛別町	20	0
	上川町	0	0
	東川町	51	42
	東神楽町	69	76
	美瑛町	766	873
	上富良野町	67	71
	中富良野町	110	208
	富良野市	305	320
南富良野町	30	29	
十勝	鹿追町	9	1
	士幌町	23	3
	音更町	11	12
計		1728	1926

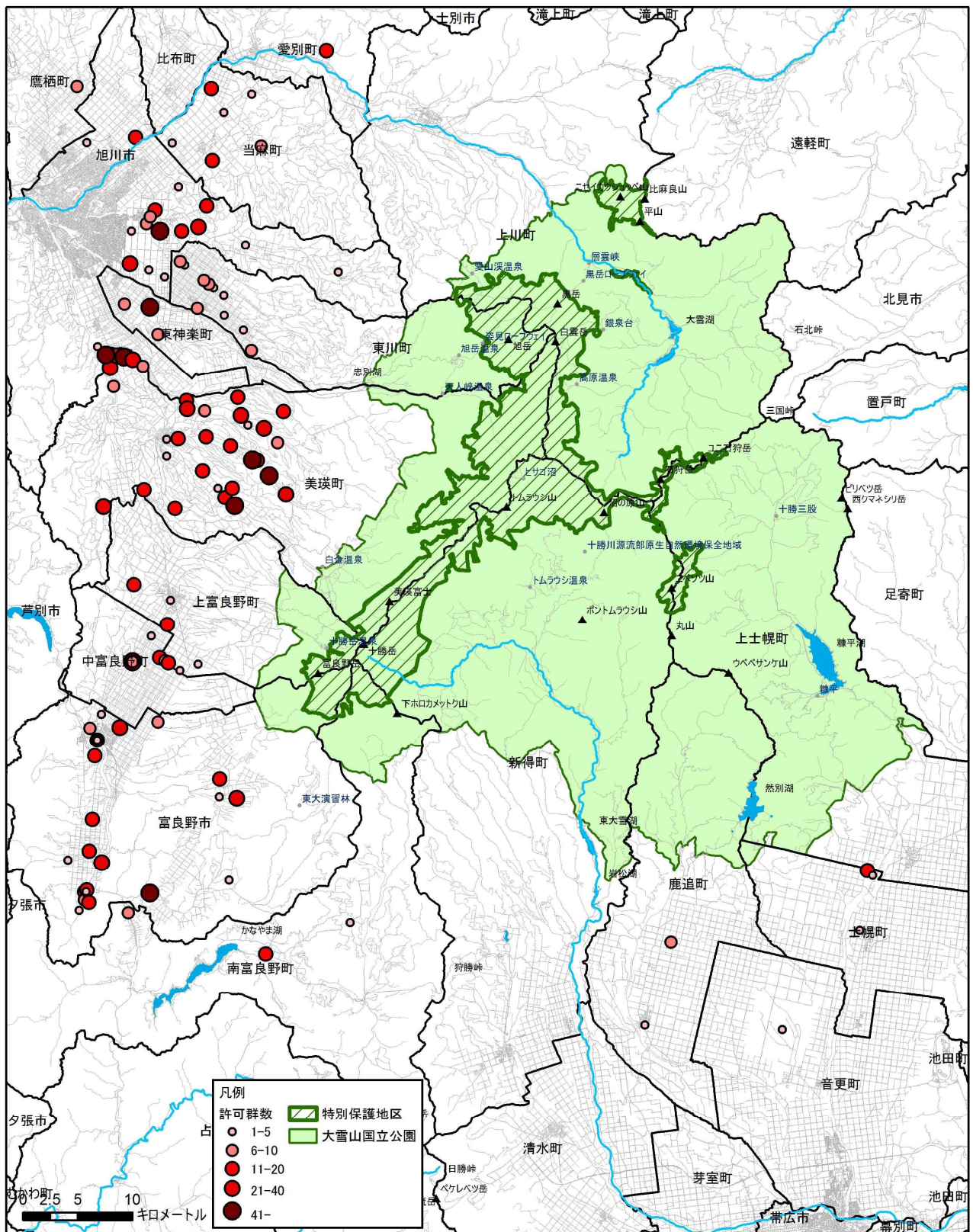


図 4. 大雪山国立公園周辺におけるセイヨウの利用状況(2007年時点の飼養許可を受けた巣箱の群数の分布)

(2) 大雪山高山帯の周辺環境

大雪山の高山帯（紫の部分）は周囲を厚い森林帯（緑、黄緑）に囲まれている。セイヨウは森林を避けるように分布する傾向が強いことから、この森林帯はセイヨウが高山帯に侵入することを阻むバリアの役割を果たしていると考えられる。

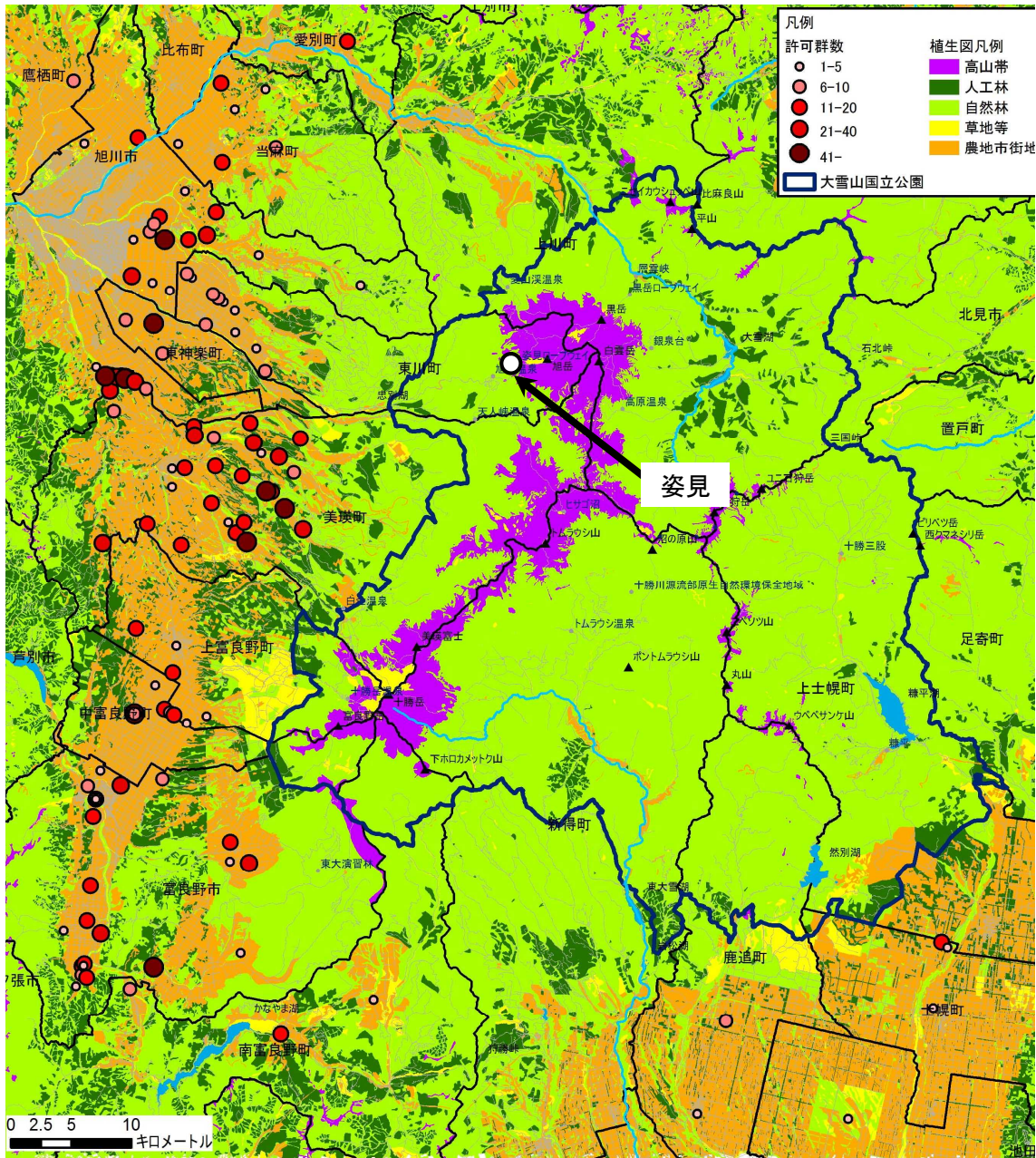


図 5. 大雪山国立公園周辺における森林の分布とセイヨウの利用状況(2007年)

(3) 大雪山周辺のセイヨウの生息密度分布（データ）

「セイヨウ情勢」をはじめとする過去の記録をもとに、大雪山国立公園周辺におけるセイヨウの生息密度指標（2012～2016年に記録された個体数を1kmメッシュごとに単純集計した値）を図化すると、大雪山の西側に当たる旭川市、東川町、美瑛町、上富良野町にかけて、密度が高いと予想されるエリアが広がっている（図6）。ただし、全域で調査が行われているわけではないことに注意が必要である。

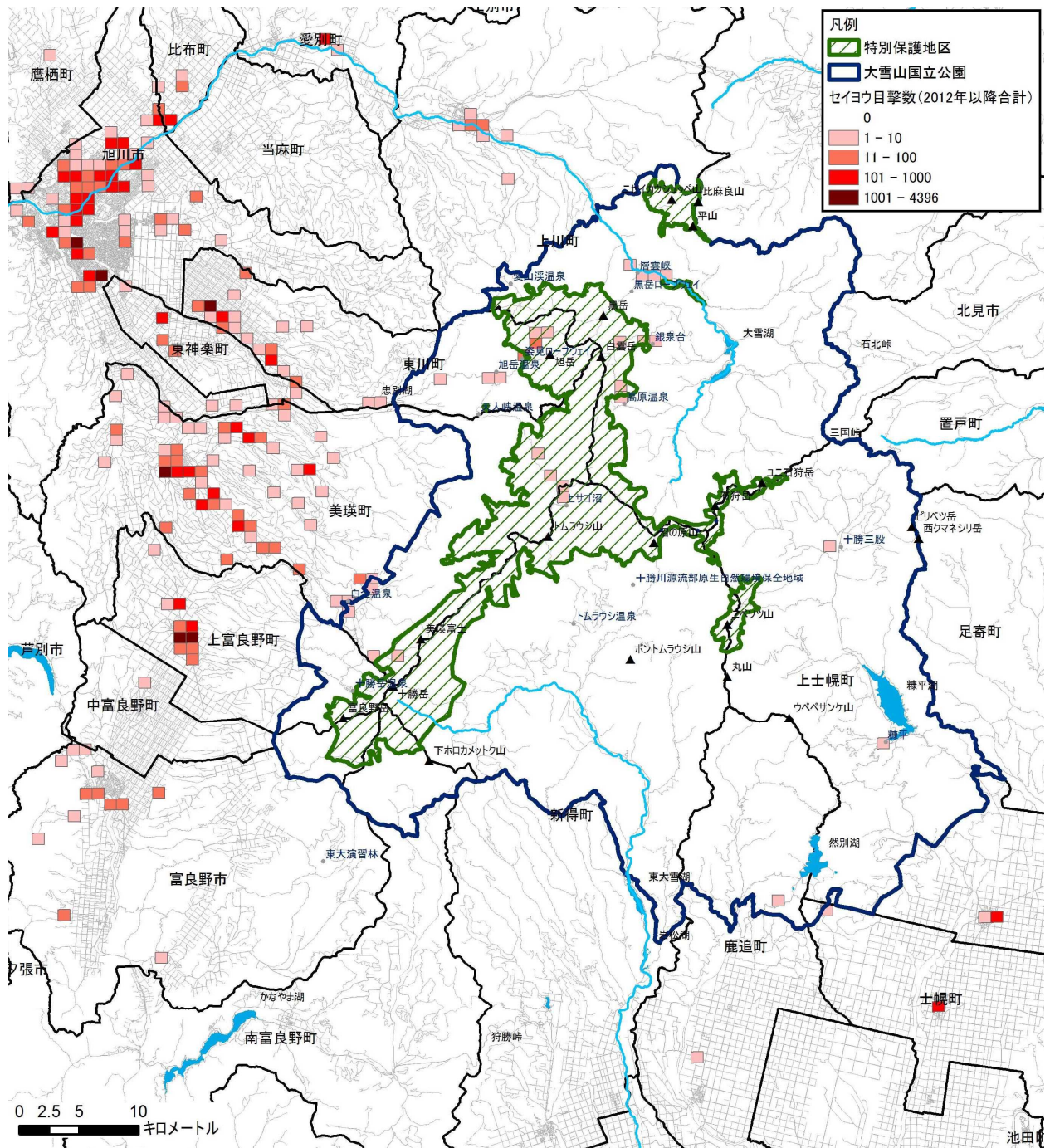


図6. 大雪山国立公園周辺におけるセイヨウの生息密度指標(2012～2016年に記録された個体数を1kmメッシュごとに単純集計した値)の分布

(4) 大雪山周辺のセイヨウの生息密度分布 (推定)

大雪山高山帯に侵入するセイヨウの発生源を把握するため、セイヨウの生息密度指標値 (図 6 を参照) を、セイヨウの農業ハウス利用の状況 (飼養許可を受けた巣箱の数) と森林率をもとに推定すると、図 7 のようになる。指標値は森林率が低い場所で高くなりやすく、現在は生息の記録がない場所でも高く推定される (潜在的な生息地の推定に近い) ことに注意が必要である。

高山帯からの直線距離が 5km 以下の場所としては白金温泉、上富良野町の自衛隊演習場が抽出される。また、5~10km の範囲には上川町、美瑛町、上

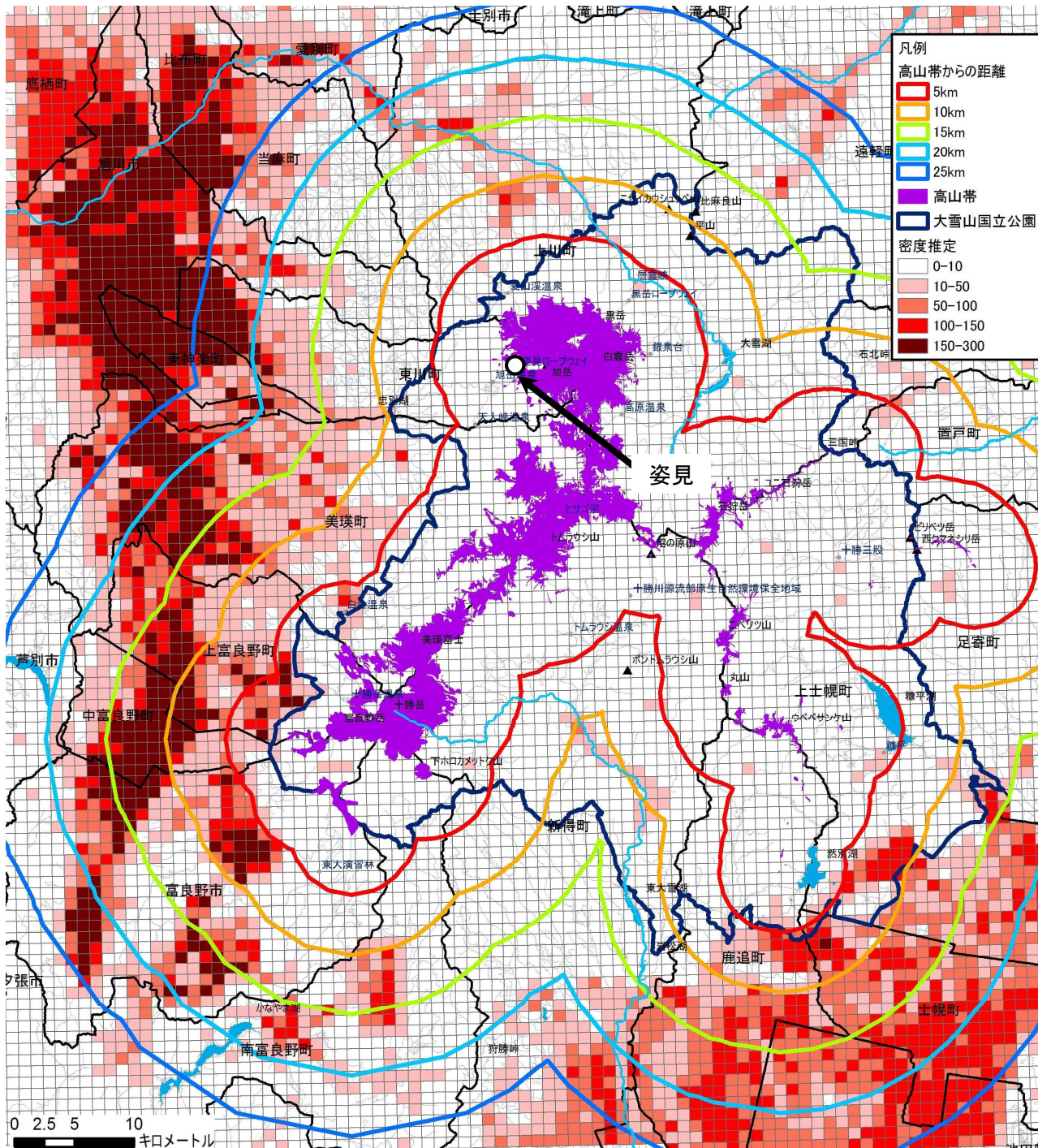


図 7. 大雪山国立公園周辺におけるセイヨウの生息密度指標値の推定分布図 (高山帯からの等距離線を入れている)

富良野町、富良野市の郊外の農村部が抽出される。これらのうち、実際に生息密度が高いことが確認されているのは、美瑛町内の上宇莫別地区や美生地区などがある。また、今のところ高密度ではないが、白金温泉周辺も近年セイヨウの確認が相次いでいる場所であり、注目される。過去に高山帯への侵入が頻発した旭岳姿見～裾合平周辺から距離が近く生息密度が高いのは、東川町や美瑛町の東部の農村部である。これらの地区が、高山帯への侵入を考える上で重要な発生源である可能性が示唆される。

(5) 高山帯に侵入するセイヨウの分散様式

高山帯に近い山麓部（およそ標高 400～1,100m）にはセイヨウの生息適地となりうる広大な人工草地（温泉街やダム周辺など）が各地に点在するにもかかわらず、セイヨウの高密度地区は見つかっていない。これは、高山帯の周囲を厚い森林帯が覆っていることが影響していると考えられる。山麓部と高山帯で初めて確認された時期がほぼ同時期もしくは高山帯のほうが早かったことから考えて、高山帯へは高密度化している低地（上川盆地）から山麓部を飛び越えて一気に侵入している可能性が高いと予想されている（さっぽろ自然調査館 2016）。

一方、マルハナバチの飛翔能力は高く、本州では低標高帯に営巣しているオオマルハナバチが高山帯に採餌のために来訪することを示唆する事例（中村他 2016）もあり、セイヨウオオマルハナバチについても他のマルハナバチと比較して採餌探索距離が長く、潜在的な飛翔可能距離は数 km にも及ぶとされる（地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境科学センター2017において引用された Goulson,2010、Cresswell et al.,2000）。こうしたことから、大雪山についても低標高地域から、ロープウェイや道路等のオープンスペースを伝って、働きバチが高山帯に侵入する可能性があるという可能性も考えられる。

また、2013 年に関しては、これまで未確認だった大雪山の東部や奥地での初確認が相次いだことから、前年（2012 年）に高山帯で形成されたコロニーから二次的に分散した可能性も疑われている（さっぽろ自然調査館 2016）。

第4章 大雪山におけるセイヨウオオマルハナバチの防除計画と実施

4-1. 基本的な考え方

(1) 目標

大雪山の高山帯はセイヨウの影響を排除すべき重要エリアとし、セイヨウを侵入定着させないことを第一の目標とする。しかし、もし侵入定着してしまった場合は、できるだけ初期のうちに対応し、防除によって拡散を防ぎ、最終的に高山帯から根絶することを第二の目標とする。

(2) 総合的外来生物管理の考え方の導入

これまで上川管内ではセイヨウ対策として主に使用する農家等への指導と野生化個体の捕獲を行ってきたが、十分な成果があったとは言いがたい。ボランティアや行政による捕獲頭数は上川管内では記録されているだけでも年に 1,500~37,000 頭にのぼり、2007~2015 年までの累計では 11 万頭を超えている（「セイヨウ情勢」に基づく）。しかし、このような努力をもってしても根絶や低密度化が達成できなかったのは、本格的な捕獲が開始された時点ですでに野外におけるセイヨウの個体群サイズが極めて大きくなっていたことと、セイヨウの増殖率の高さが理由であると考えられる。また、2009 年以降は女王を対象とした捕獲に力点が置かれてきたが、営巣初期では営巣できていない女王ほど野外活動が目立つことから、捕獲数に比例した効果が得られない可能性もある。徹底的に捕獲を行うとセイヨウの個体密度を抑制し、在来マルハナバチに好影響を与えたことを示す研究もある（Nagamitsu et al. 2009）が、ボランティアな活動では広範囲にわたり徹底的な捕獲を行うことは困難と思われる。

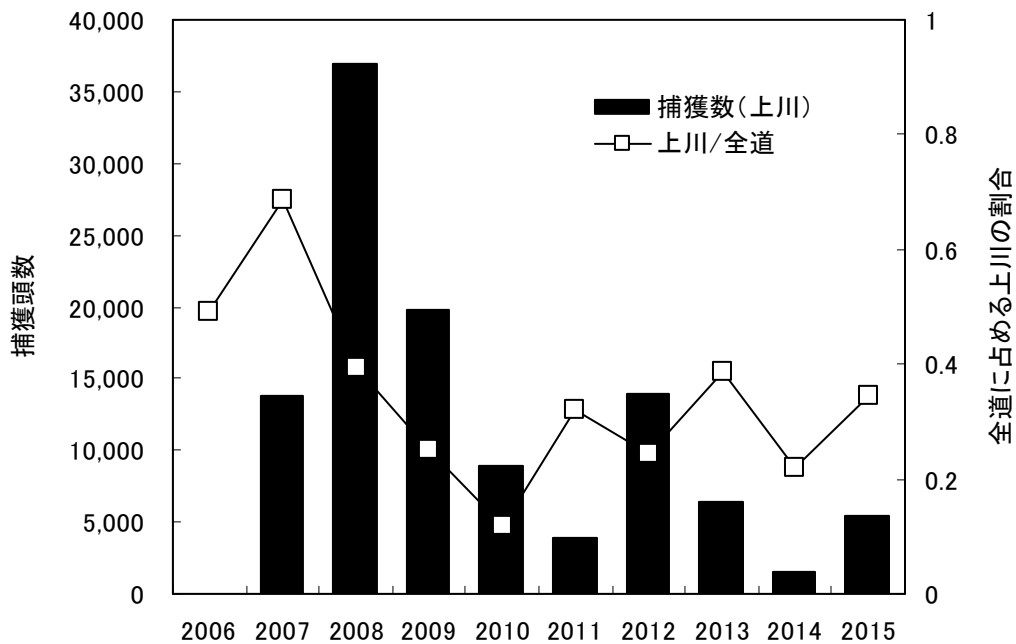


図8. 上川管内におけるセイヨウの捕獲状況(2006～2015年;「セイヨウ情勢」にもとづく)

このような経緯からも、指導と捕獲による防除（普及啓発と物理的対策）だけではセイヨウの問題を解決できないことは明らかで、総合的外来生物管理（環境的対策、物理的対策、化学的対策、普及啓発等、効果的と考えられるあらゆる対策を組み合わせる）の考え方を導入する必要がある。

一方で、この考え方を導入するためには、潜在的な発生源の特定や分散経路の推定、捕獲以外の防除技術の確立など、いくつかの課題がある。また、事前に対応手順を作成するとともに、状況に合わせて計画的な対応をとれる体制の整備も必要である。

第一の目標を達成するためには、予防的な対策（農業ハウスにおける逸出防止対策の徹底や潜在的な発生源における防除）によって高山帯への侵入確率を低下させることが重要で、そのためには防除効果を高める対策（より効果の高い防除手法の技術確立と採用）が必要となる。第二の目標を達成するためには、監視モニタリングやより効果の高い防除手法の採用など、スピード感のある対応が求められる。

（3）モニタリングの重要性

これまでの経緯から、高山帯への定着がいつあってもおかしくない。外来生物対策においては初期対応が最も重要であり、高山帯でセイヨウの分布状況を常に監視することは非常に重要である。また万が一、侵入定着が確認された場合も、分布拡大等の動向を確認するため、モニタリングが必要である。さらに、モニタリング結果を防除活動とリンクさせ、防除活動の効果の把握、実施後の評価、また必要に応じた防除活動の改善も重要である。

4-2. モニタリング及び防除の手法

(1) モニタリングの手法

低密度下での有効なモニタリング手法は目視による確認のみである。一定の経験を積んだ者を含む2人以上の調査班を作り、登山道を用いて定期的に踏査を行う（登山道の左右両側を監視する）。

モニタリングの対象地はできるだけ広範囲をカバーすること、また頻度もできるだけ高い方が望ましい。モニタリングにかけられる人員が限られる場合は、過去にセイヨウが確認された事例がある山域やマルハナバチ類のモニタリングデータに関する一定の蓄積がある山域等、重要な山域（姿見・裾合平、黒岳、赤岳、美瑛岳、十勝岳）を中心に、7月下旬～8月中旬のコロニーが大型化する時期にかけて実施する。大雪山をフィールドにする研究者やボランティアなどとも連携し、データが集まる仕組みを作ることも重要である。

記録は、以下の調査票を参考に行う。調査日、調査開始時刻、調査終了時刻、調査地、環境、調査参加者、天候を記載した調査票に、各観察ごとに調査者名、時刻、踏査ルート、確認されたマルハナバチの種名、カースト、頭数、行動、訪花している花の種名などの項目について記録する。解析のため、各項目には1種類のデータのみを記録する。

在来マルハナバチの同定は容易ではないが、セイヨウの蔓延度合いの指標である優占度を求めたり、在来マルハナバチ相への影響を推定したりするために、確実に把握する（同定を支援する簡易図鑑を作成・配布したり、講習会を開催する）。また、カーストについても、正確な見分けが難しい場合もあるが、図鑑や資料を参照して分かる範囲で記録することとし、不明な場合はその旨を記載する。

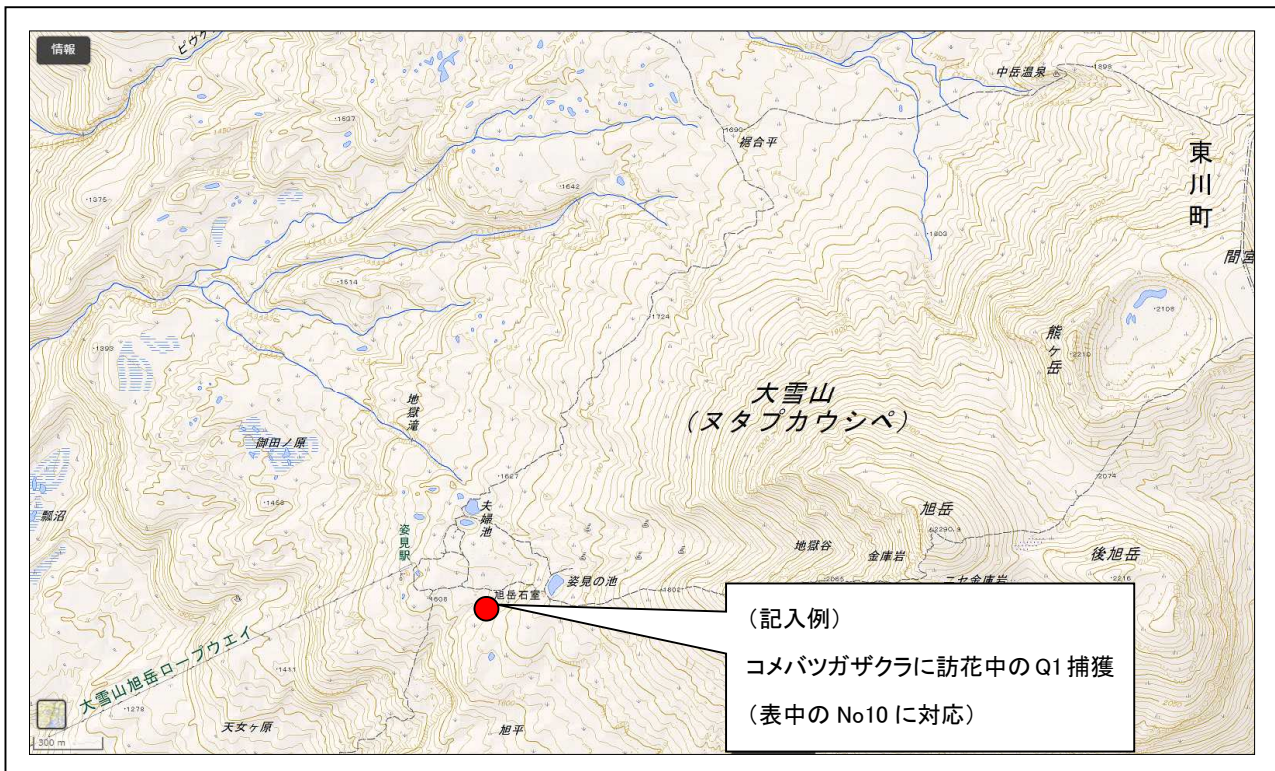
セイヨウの確認があった場合は、正確な場所を地図上に記録する（GPSも併用することが望ましい）。

その他、調査時の様子、開花状況、マルハナバチ類などについて随時、写真を撮影する。

データは、散逸防止や必要なときに直ちに解析に用いられるよう、表計算ソフトまたはGISソフトにて入力し、写真などととも管理する。

調査票の改良案(表面にデータの書き込み票、裏面に書き込み用の地図)

調査日		調査開始時刻		終了時刻		調査地		環境(雪田・風衝地など)					
年 月 日		(:) ~		(:)									
調査参加者(記入者に○をつける)				天候		メモ							
No	時刻	マルハナ 種名	女王【Q】 働き蜂【w】 オス【♂】 不明【u】	頭数	行動 (訪花・飛翔・静止・巣探し・その他)	花	花粉 だんご	詳しい場 所	標高m	緯度	経度	備考 (セイヨウの場合は捕獲の有無、GPS記録など)	写真
(例)	8:12	エゾオオ	w	1	訪花	アオノツガザクラ	○	鏡池北	1620	43.679755	142.84406	花に盗蜜痕あり	○
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													



(2) 高山帯における定着段階の評価

段階別に目標を設定し、それぞれに合わせた対策を実施するため、モニタリングの結果にもとづいてセイヨウの定着段階を判断する。定着段階は下記のとおり5区分し、それぞれに評価基準を定める。評価の指標として山域ごとの定着箇所数を使用しているが、大雪山は溶岩円頂丘の連なりでできているため、その一つ一つの箇所を山域と捉えることとした。具体的には、図9・10の案のとおり山域を設定した。

(a) 未侵入段階

セイヨウがまったく見られない場合。

(b) 偶発的侵入段階

1～2の山域で、一時的に少数個体（1～2頭、カーストによらない。）が確認される場合。

(c) 定常的侵入（定着移行期）段階

複数の山域で、働きバチが複数回確認され、採餌場所として高山帯が利用されている場合。

(d) 分布拡大期（定着期）段階

多数の山域（3～5の山域）で働きバチが季節を通じて（7月中旬～8月下旬）恒常的に見られ、営巣の可能性が高い場合。また、1箇所以上で営巣が確認された場合。ただし、出現頻度（個体密度）は在来種に比べて（かなり）低い。

(e) まん延期段階

広範囲にわたり、多数の働きバチが季節を通じて（7月中旬～8月下旬）恒常的に見られ、出現頻度は在来種に匹敵するレベルである場合。または、多数の山域で営巣が確認された場合。

十分なモニタリングを実施し、状況をより詳細に評価できるなら、各段階の間に移行期を設けて細分することも考えられる。

十分なモニタリングとは、例として、大雪山系でモニタリングルートを定め、その7～8割程度の範囲に対して、コロニーが大型化する7月下旬～8月下旬に複数回のモニタリング頻度をクリアするといったことが考えられる。

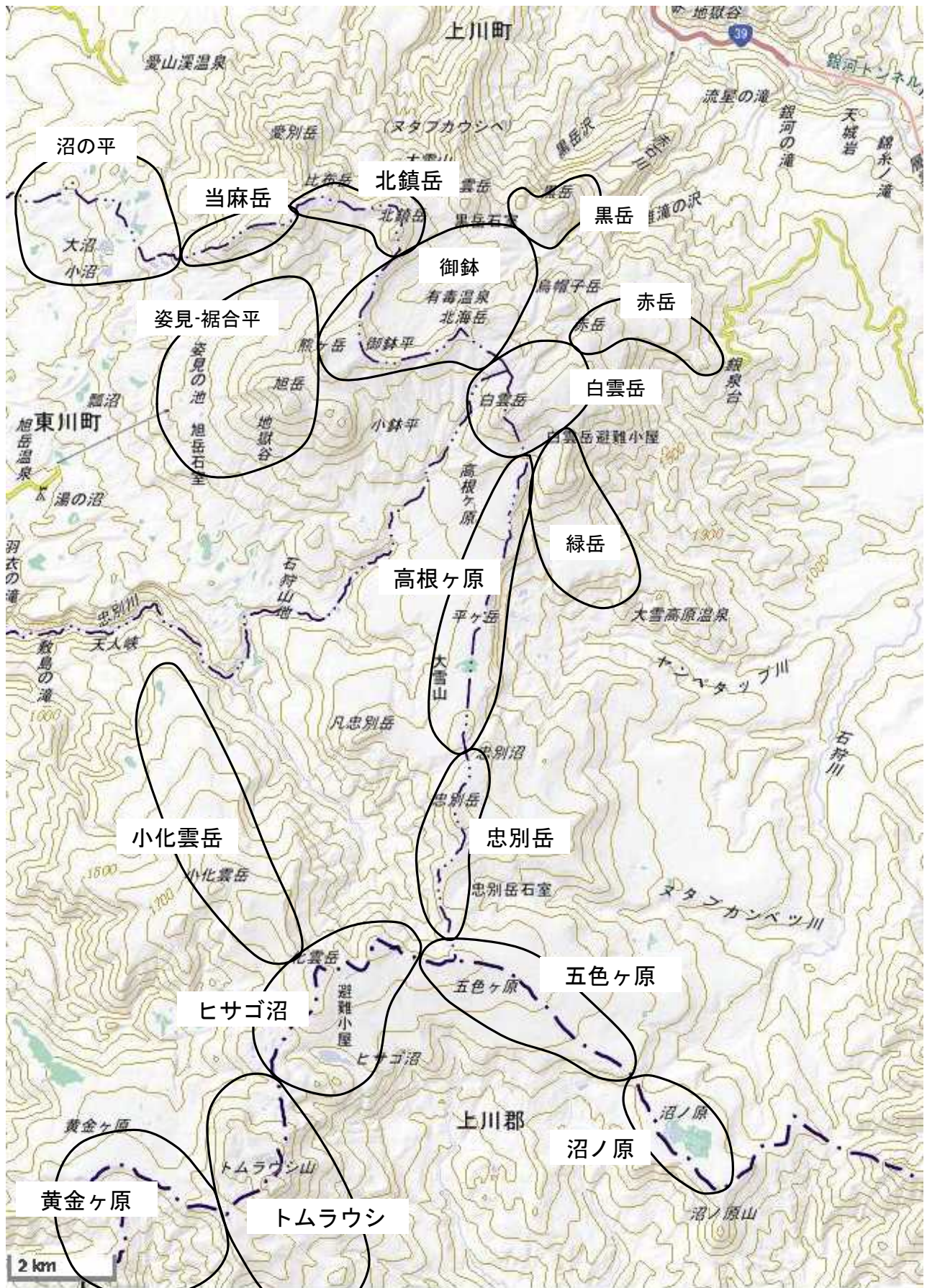


図9. モニタリングにおける大雪山(北部)の山域区分(案)

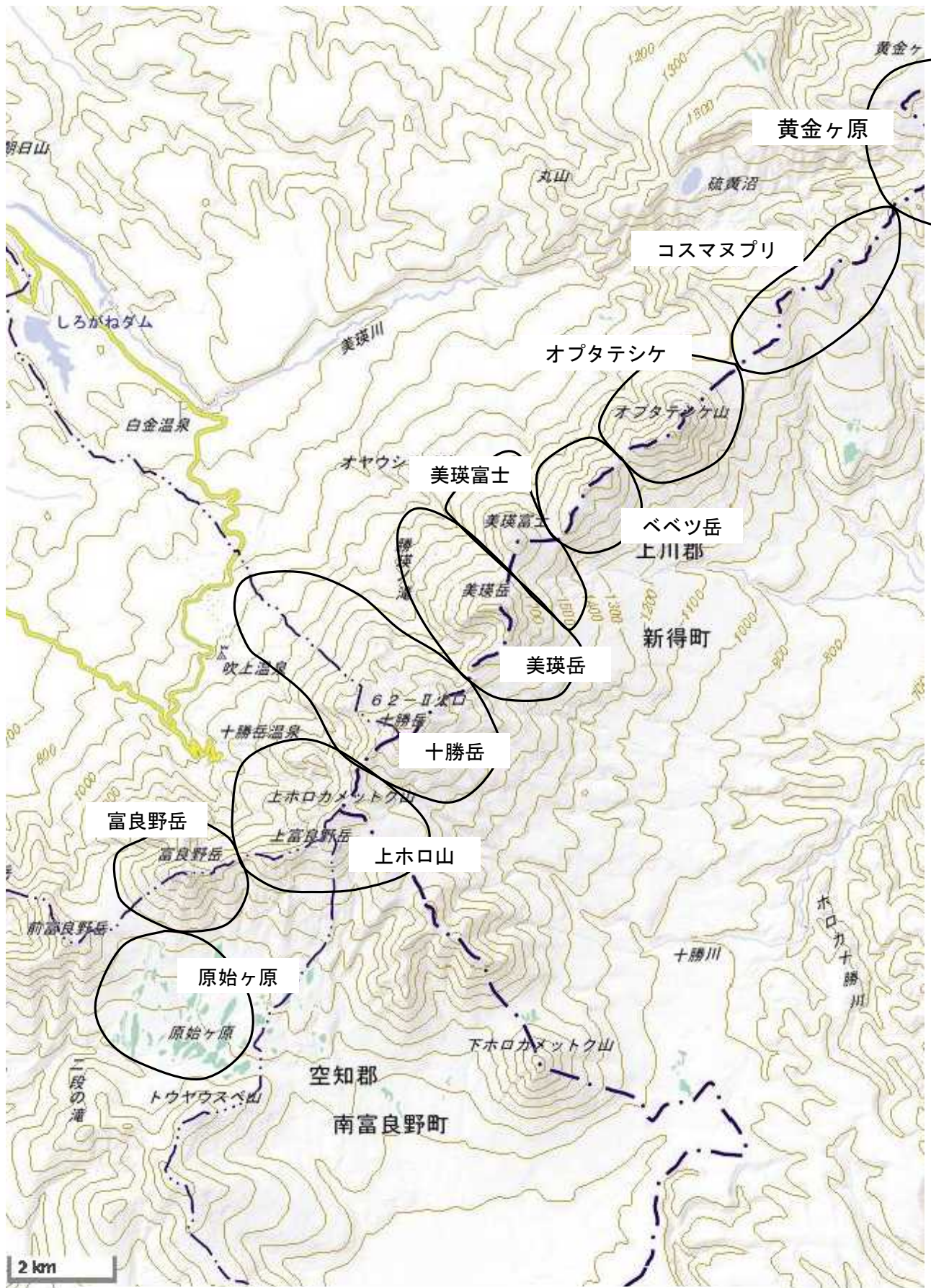


図 10. モニタリングにおける大雪山(南部)の山域区分(案)



参考. 段階別の防除の目標、必要な行動、困難度(「外来種被害防止行動計画」(環境省・農林水産省・国土交通省 2015)から)

(3) 高山帯における定着段階ごとの防除対策

(a) 未侵入段階

・発生源である低地(上川盆地)の生息密度を抑制する

高山帯への侵入防止という予防的な対策として、低地におけるハウスからの逸出防止の徹底と野外における防除を行う。なお、これらの防除は、下記(b)偶発的侵入段階以降、仮に高山帯への侵入定着が起きてしまったとしても、引き続き実施していく必要がある。

・早期発見のためのモニタリングを行う

高山帯においてセイヨウの侵入がないか、常に監視する。

・今後想定される事態に備える

大雪山の高山帯にセイヨウが広く定着していく事態に備えておく必要がある(有効な防除技術の確立や安全性の確認、周知等を含む)。

(b) 偶発的侵入段階

・定着防止のためのモニタリングを行う

分散個体が確認された山域では、セイヨウが下記(c)の定常的侵入段階に移行しないか、重点的に監視する。

・定着初期段階へ移行する可能性を低減するための防除を行う

モニタリング中にセイヨウを確認した場合は捕獲を行い、セイヨウが下記(c)の定常的進入段階（定着移行期）に移行する可能性を低減させる。

・今後想定される事態に備える

(a)未侵入段階に同じ。

(c) 定常的侵入段階(定着移行期)

・早期対応により拡散(高山帯での二次的な分散)を阻止する

高山帯においてセイヨウが定着する可能性が高いため、高山帯での防除対策を追加する。対策としては、捕獲による駆除と薬剤を使用した駆除（巣をターゲットとする。）が考えられる。薬剤による実施の判断に至るまでの間は、捕獲による駆除を進める。薬剤による駆除の適用は、野外における効果、安全性を考慮して判断する。

・定着状況のモニタリングを行う

モニタリングを行い、定着域の広がりや密度に関して評価する。

(d) 分布拡大期(定着期)段階

・拡散を抑制する

それ以上の拡散を抑制するため、定着が見られる山域で、それぞれ捕獲による駆除と薬剤を使用した駆除を行う。生息密度が高い場所があれば優先的に防除を行う。モニタリングで防除の効果を把握しながら、防除の努力量を配分して進める。防除の実績なども正確に記録しておく。拡散に至ったプロセスや防除方法の課題を明らかにし、今後の対策に役立てる。

・定着状況のモニタリングを行う

モニタリングを行い、定着の広がりや密度に関して評価する。

(e) まん延期段階

・優先順位を決めて拡散を抑制する

生息密度が高い場所や保全の必要性が高い場所で優先的に防除を行う。

・定着状況のモニタリングを行う

モニタリングを行い、定着の広がりや密度に関して評価する。在来種や生態系への影響についても可能な限り評価を行う。

(4) 高山帯における防除の手法と効果の検証

総合的外来生物管理の考えを導入し、条件に合わせて、さまざまな手法を組み合わせながら防除効果の最適化を目指す。主要な防除手法としては、外役個体の捕獲と薬剤を用い

た巣の駆除がある。未定着段階などにおいて、分散個体などを偶発的に発見した場合は、その場で捕虫網を使って捕獲することが有効である。一方、定着が確実な場合（c以降）は、薬剤による巣の駆除も検討する。手法の詳細については後で説明するが、野外における効果の検証と安全性の確認が必要であり、実用化が待たれるところである。なお、目視による巣の発見と駆除もありえるが、野外におけるマルハナバチの巣の発見は非常に難しく、特に低密度下ではほぼ不可能である。

防除活動が有効であること及び生態系への負の影響がないことを検証するため、活動内容は、活動主体が適切に記録しておく必要がある。また、モニタリングによって効果を評価しながら進めることが重要である。効果が期待したほど現れていない場合は、手法や努力量が適切かどうか検討し、順応的に対応する。

4-3. 周辺地域の各主体との連携と協力

上川管内では、これまでもセイヨウのモニタリングや防除の取組においては、各地域の主体が連携協力し、情報共有が図られてきた。こうした連携協力や情報共有は、今後も欠かせないものであるばかりか、戦略的に取組を進めていくには一層重要となる。

特に、実際に高山帯で本格的な対策を実施する場合は、連絡協議会のような情報共有体制だけでなく、状況判断や対策の決定などを行う「司令塔」を配置し、合意形成ができる体制に改めることも検討する必要がある。

4-4. 野外における薬剤防除の技術確立と実施に向けた合意形成

（1）薬剤によるセイヨウの防除の概要

薬剤によるセイヨウの防除は、国立環境研究所の五箇公一氏らによって研究開発中である。外役中の働きバチに薬剤を塗布し、その個体が帰巣することによって巣内に薬剤が運び込まれる仕組み（巣をターゲットとする。）で、既に室内実験において有効性が確かめられている。また、使用する薬剤については環境への負荷が比較的小さいものを使用する。

五箇公一氏の講演資料、「セイヨウオオマルハナバチの化学的防除手法開発試験」から、開発コンセプト、使用する薬剤の種類について以下に抄録した。

【開発コンセプト】

社会性ハチ類の防除では、帰巣習性を利用した、巣への持ち帰り型薬剤処方が効果的である。実際に特定外来生物アルゼンチンアリの防除ではフィプロニルという薬剤を含むベイト剤を餌として与え、巣に持ち帰らせることで、次世代の幼虫の成長や新女王の生産を抑制して巣を崩壊させるという防除手法を適用しており、根絶に成功した事例もある。同じコンセプトで、採餌中の働き蜂を捕獲、薬剤を塗布した後、再放逐して、薬剤を巣に持ち帰らせ、巣ごと防除する（「ハチの巣コロリ」方式）。

【使用する薬剤】

薬剤を塗布された働き蜂が帰巣中に死亡してしまうと効果がないので、幼虫のみに作用する薬剤を選定する。この点から昆虫成長制御剤 IGR(Insect Growth Regulator)が候補と

なる。この薬剤は、昆虫の外骨格を構成するキチンを合成する酵素を阻害することで幼虫の脱皮を妨げ、死に至らしめる。脱皮をする節足動物にのみ効果があり、哺乳類や鳥類には影響が少ない。文献調査や予備試験の結果から、エトキサゾールを試験薬剤としている。

（２）薬剤防除を大雪山の高山帯で実施する際の課題

薬剤防除を大雪山の高山帯で実施するには、次のようなクリアすべき課題があると考えられる。

一つ目は、自然環境に対する安全性の確保である。外来種対策とはいえ、使用する場所が国立公園の特別保護地区であることについては十分考慮する必要がある。薬剤の使用が在来のマルハナバチや他の訪花昆虫やお花畑を含む在来生態系全てに影響しないことを実証することは難しいと思われるが、科学的な手法（データに基づく確率論でリスクを評価）で、安全性に対する不安を払拭することが前提になる。

二つ目は、野外（高山帯を含む）における有効性の検証である。高山環境という条件下で、しかも自然環境に対する影響に配慮しながら、同様の効果が得られるかどうかを確認する必要がある。うまく効果が出ない場合は、効果を向上させるための改良を通じて、技術確立することが必要である。

三つ目は、実施判定の仕組みである。薬剤使用量を抑制しつつ効果を得るためにはできるだけ早めに開始する必要があるが、その段階では一時的な侵入か定着かの判断は難しい。薬剤防除を実施すべきかをだれがどう判定をどうするかあらかじめ決めておく必要がある。例えば、「定常的侵入（定着移行期）段階以降において、2年連続で同一地区で営巣が強く疑われたとき（営巣は働きバチが季節を通じて恒常的に確認されたことをもって判断）」などといった分かりやすい基準があるとよい。

四つ目は、薬剤防除を実際に担当する作業員の養成やマニュアルの整備である。薬剤防除の実施が必要になる場面では、速やかな行動が求められることが予想される。高山環境という作業が難しい条件下で、自然環境に対する影響に配慮しながらも高い効果を上げるには、作業の要点を理解し精通した作業員の育成とマニュアルの整備が求められる。

五つ目は、高山帯での実施に向けた社会的な合意形成を進めることである。薬剤利用については多くの考え方があり、合意が得られなかった事例もあることから、合意形成は丁寧に進める必要がある。そのためには、上に挙げた課題の一つ一つについて、関係者の合意が得られる成果を出しておく必要がある。また、専門家に協力を仰ぎ、積極的に勉強会等を開催していくことも必要である。

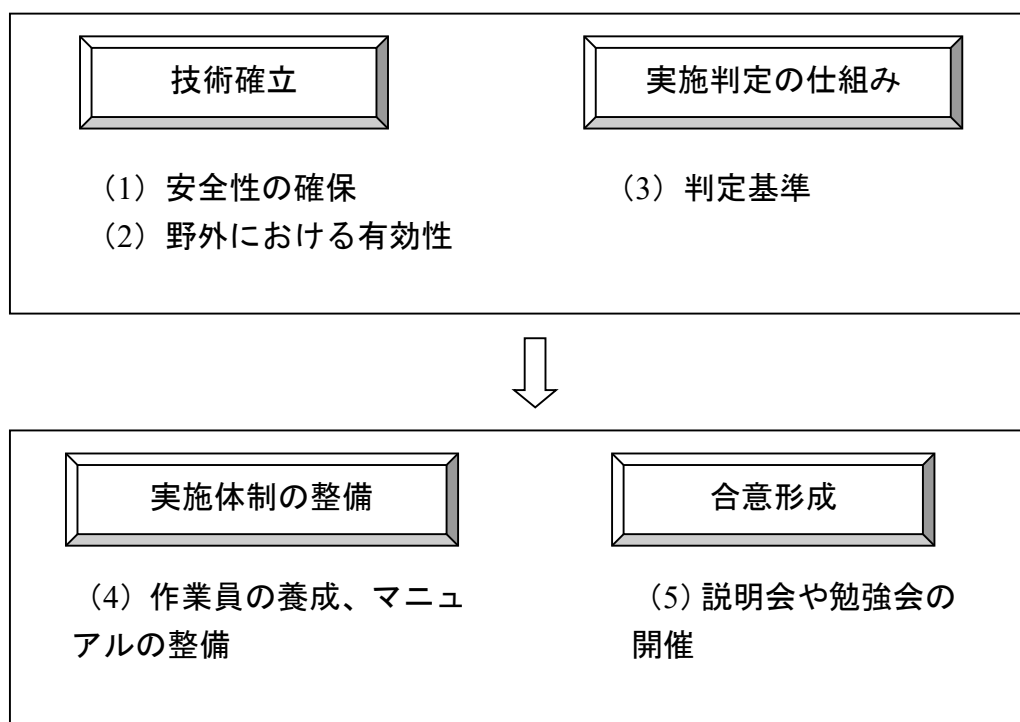


図 11. 今後必要な項目との進め方

上記（１）の薬剤防除の技術確立については、五箇公一氏らの研究によって室内実験の段階まで終了しており、今後は野外での実験を複数年（五箇氏へのヒアリングでは最低でも２年）かけて行われる予定である。この野外実験による安全性と防除効果の確認をもって、実用性が確認されるといえ、野外における薬剤防除の適用はそれ以後となる。

現在、開発中である薬剤防除技術の実用性が確認された後、高山帯等で速やかに使用できるようにするために、並行して検討を進められる項目については、随時進めていくことが望ましい。ただし、いずれの項目も、最終的に確立された技術の内容（効果・安全性の高さ、制約条件など）によっては、検討や合意形成の過程が影響を受けることに留意する必要がある。

したがって、まずは、実用化までの間に、各主体による高山帯の継続的なモニタリング実施、調査結果の集約と共有、各主体による情報交換の場の継続、つまり、上記「4-3. 周辺地域の各主体との連携と協力」の項目で述べたような安定的なモニタリング体制の整備が重要である。

セイヨウオオマルハナバチの防除を実施するための手続き（概要）

1. 法的位置づけ

- セイヨウオオマルハナバチは、特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律に基づき「特定外来生物」に指定されている（第2条）。特定外来生物は、飼養等（運搬も含まれる）、輸入、譲渡等、放出等が規制されている（第4、7、8、9条）。
- セイヨウオオマルハナバチの捕獲については、国立・国定公園の特別保護地区では自然公園法に基づき規制されている（第21条）が、それ以外の地域では規制されていない。
- 環境省が「セイヨウオオマルハナバチ等の防除に関する件」（平成18年環境省告示第43号）に基づきセイヨウオオマルハナバチの防除を行う場合もしくは、環境省以外の者で外来生物法に基づき告示に適合するものとして確認・認定を受けて防除を行う場合は、国立・国定公園の特別保護地区における捕獲が可能。

2. 大雪山国立公園及びその周辺でのセイヨウオオマルハナバチでの防除手続き

（1）大雪山国立公園特別保護地区

- 北海道知事が外来生物法に基づき防除実施計画の確認を受けており、北海道ではこの計画に基づき、道民がボランティアとしてセイヨウオオマルハナバチの防除を行う「セイヨウオオマルハナバチバスターズ」の取組を実施。
- 道民が、大雪山国立公園特別保護地区で防除活動を実施するためには、セイヨウオオマルハナバチバスターズに登録した上で活動を行う必要がある。
バスターズホームページ：<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/skn/alien/seiyo/basutazu.htm>

（2）大雪山国立公園特別保護地区以外（平野部含む）

- 法的には、捕獲後生きたまま運搬しない（その場で殺す）のであれば許可等を得ることなく駆除を行うことが可能。
- ただし、道民は北海道内のセイヨウオオマルハナバチの動向の把握や情報共有の観点から、セイヨウオオマルハナバチバスターズに登録して活動を実施することが望ましい。

3. その他

- 学術研究等を目的として、セイヨウオオマルハナバチを捕獲して生きたまま運搬して利用する場合等は、別途許可が必要。（申請窓口：環境省北海道地方環境事務所野生生物課）
- 制度の詳細は、環境省の外来生物ホームページ（<https://www.env.go.jp/nature/intro/index.html>）を参照のこと。
- なお、大雪山は文化財保護法に基づく特別天然記念物に指定されており、セイヨウオ

オマルハナバチの捕獲についても現状変更許可が必要である。そのため、「セイヨウオオマルハナバチバスターズ」の取組として実施する防除活動については北海道が、環境省が自ら実施する防除活動については北海道地方環境事務所が、それぞれ手続きを行っている。

第5章 おわりに

大雪山国立公園では、高山帯へのセイヨウの侵入に備え、目標や取組を適正化していくことが必要である。

しかし、すでに述べたようにいくつかの課題が残っている。特に、セイヨウの高山帯への侵入経路に関する知見の充実が求められるし、第4章3で述べたモニタリングや防除の取組に関する連携協力、情報共有、合意形成の体制を充実させ、その中で定着段階の適切な評価を行うことも重要である。さらに、セイヨウ個体の遺伝情報からコロニーの由来や高山帯におけるコロニー形成を検討できる可能性がある（例えば、「高山帯で前年度と家族関係がある個体を確認されれば高山帯で営巣した可能性が高い」、「高山帯で遺伝子が同じ働きバチが多く捕獲された場合には高山帯で営巣した可能性が高いと判断する」など。）ため、高山帯で捕獲された個体の遺伝情報の蓄積も重要になると考えられる。

また、薬剤防除に関する技術開発や合意形成の行方をはじめとする今後の状況の変化があった場合には、ここで示した「考え方」についてより具体的な記述を追加していくなど柔軟に見直していく必要がある。

謝辞

本「考え方」をまとめるに当たり、データや資料の提供などで多くの方々のご協力をいただいた。特に、五箇公一氏（国立環境研究所）には薬剤防除に関する知見や資料を、井本哲雄氏（旭川市在住）、戸島氏にはそれぞれ大雪山周辺におけるセイヨウの確認情報を、中央大学、理工学部鷺谷いづみ教授には「セイヨウ情勢」に格納されているデータをそれぞれご提供いただいた。また、北海道大学地球環境科学研究院工藤准教授及び地方独立行政法人北海道総合研究機構環境・地質研究本部環境科学研究センターの西川研究主幹には、本「考え方」の策定にあたり、御助言をいただいた。

末筆ながらこれらの方々には感謝申し上げます。

参考文献

- 片山栄助 (2007) マルハナバチ：愛嬌者の知られざる生態. 189 pp. 北海道大学出版会, 北海道
- 加藤真(1993)セイヨウオオマルハナバチの導入による日本の送粉生態系への影響. ミツバチ科学, 14: 110-114.
- 環境省・農林水産省・国土交通省 (2015) 外来種被害防止行動計画～生物多様性条約・愛知目標の達成に向けて～ <http://www.env.go.jp/nature/intro/1outline/actionplan/actionplan.pdf>
- 木野田君公・高見澤今朝雄・伊藤誠夫 (2013) 日本産マルハナバチ図鑑. 北海道大学出版会
- 工藤 岳・井本哲雄 (2012) 大雪山国立公園高山帯におけるマルハナバチ相のモニタリング調査. 保全生態学研究 17: 263-269
- 工藤 岳 (2015) 大雪山高山帯におけるマルハナバチ類の生息状況とセイヨウオオマルハナバチの現状について. 2015年3月5日セイヨウオオマルハナバチモニタリング報告会 (旭川) 資料
- 五箇公一・岡部貴美子・丹羽里美・米田昌浩 (2000) 輸入されたセイヨウオオマルハナバチのコロニーより検出された内部寄生性ダニとその感染状況. 日本応用動物昆虫学会誌, 44: 47-50.
- 国武陽子・五箇公一 (2006) 農業用導入昆虫の生態リスク管理と将来展望—セイヨウオオマルハナバチの特定外来生物指定—. 植物防疫 60(4): 196-198
- さっぽろ自然調査館 (2013) 平成 25 年度大雪山セイヨウオオマルハナバチ対策業務報告書. 環境省 https://hokkaido.env.go.jp/to_2013/data/0307ba.pdf
- さっぽろ自然調査館 (2016) 平成 27 年度大雪山セイヨウオオマルハナバチ対策検討業務報告書. 環境省
- 佐藤謙 (2007) 北海道高山植生誌. 北海道大学出版会
- 自然環境研究センター (編著) (2008) 決定版 日本の外来生物. 平凡社, 東京. 479pp.
- 地方独立行政法人北海道立総合研究機構 環境科学研究センター (2017) 経常研究 生態系タイプを考慮したセイヨウオオマルハナバチの影響把握と防除手法の検討 北海道の “セイヨウオオマルハナバチガイドブック”.
- 中島真紀・村松千鶴ほか(2004) 北海道勇払郡鷓川町におけるセイヨウオオマルハナバチ *Bombus terrestris* (Linnaeus) の営巣状況とエゾオオマルハナバチ *B. hypocrita sappoensis* Cockerell の巣に出入りするセイヨウオオマルハナバチの働き蜂に関する報告. 保全生態学研究, 9(1): 57-63.
- 中村友香・増田光・久保田将裕・居村尚・石井博 (2016) 高山帯で採餌するマルハナバチは高山帯で営巣しているのか? : フィーダーを用いた営巣場所の推定と高標高帯における花資源利用フェノロジーからの考察. 日本生態学会第 63 回全国大会 (2016 年 3 月、仙台) 講演要旨.
- 西廣淳・松村千鶴・鷲谷いづみ (1996) セイヨウオオマルハナバチの帰化問題について. 保

- 全生態学研究 1: 171-174
- 日本生態学会編 (2002) 外来種ハンドブック. 地人書館
- ハインリッチ (1991) マルハナバチの経済学. 文一総合出版
- 横山潤・中島真紀 (2005) セイヨウオオマルハナバチの分布拡大の動向. 昆虫と自然, 40(4):24-26.
- 米田昌浩・土田浩治・五箇公一 (2008) 商品マルハナバチの生態リスクと特定外来生物法. 応動昆 52(2): 47-62 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjaez/52/2/52_2_47/_pdf
- 鷺谷いづみ (1998) 保全生態学からみたセイヨウオオマルハナバチの侵入問題. 日本生態学会誌 48: 73-78.
- 鷺谷いづみほか (1997) マルハナバチ・ハンドブック. 文一総合出版.
- Cresswell, J. E., Osborne J., Goulson, D., 2000. An economic model of the limits to foraging range in central place foragers with numerical solutions for bumblebees. *Ecological Entomology*, 25: 249-255.
- Goulson, D., 2010. *Bumblebees (behavior, ecology, and conservation)*. Oxford University Press.
- Ishii, H.S., Kadoya, T., Kikuchi R, Suda S. and Washitani I. (2008) Habitat and flower resource partitioning by an exotic and three native bumble bees in central Hokkaido, Japan. *Biological Conservation* 141: 2597-2607.
- Inoue, M. N., Yokoyama, J., Washitani, I., 2008. Displacement of Japanese native bumblebees by the recently introduced *Bombus terrestris* (L.)(Hymenoptera: Apidae). *Journal of Insect Conservation*, 12: 135-146.
- Kadoya T., Ishii H.S., Kikuchi R., Suda S., Washitani I. (2009) Using monitoring data gathered by volunteers to predict the potential distribution of the invasive alien bumblebee *Bombus terrestris*. *Biological Conservation* 142: 1011–1017
- Kells, A.R., Goulson, D., 2003. Preferred nesting sites of bumblebee queens (Hymenoptera: Apidae) in agroecosystems in the UK. *Biological Conservation* 109, 165–174.
- Matsumura C, Yokoyama J, Washitani I (2004) Invasion status and potential ecological impacts of an invasive alien bumblebee, *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) naturalized in southern Hokkaido, Japan. *Global Environmental Research* 8:51-66.
- Nagamitsu, T., Yamagishi H., Kenta, T., Inari N. and E. Kato (2009) Competitive effects of the exotic *Bombus terrestris* on native bumble bees revealed by a field removal experiment. *Population Ecology* 52(1), 123-136 www.geocities.jp/violaacuminata/yamagishi20092.pdf
- Ono, M. (1997) Ecological implications of introduced *Bombus terrestris*, and significance of domestication of Japanese native bumblebees (*Bombus* spp.). pp. 242-252 in *Proceedings of International Workshop on Biological Invasions of Ecosystem by*

Pests and Beneficial Organisms held in National Institute of Agro-Environmental Sciences, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tsukuba, Japan.

Tomono T. and Sota T. (1997) The Life History and pollination ecology of bumblebees in the alpine zone of central Japan. *Jpn. J. Ent.*, 65(2): 237-255.

Yokoyama, J. and M. N. Inoue (2010) Status of the invasion and range expansion of an introduced bumblebee, *Bombus terrestris* (L.), in Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 45 (1): 21–27

