

平成29年5月

ウイルス媒介性節足動物の生態 に関する研究について

岩手県環境保健研究センター 地球科学部

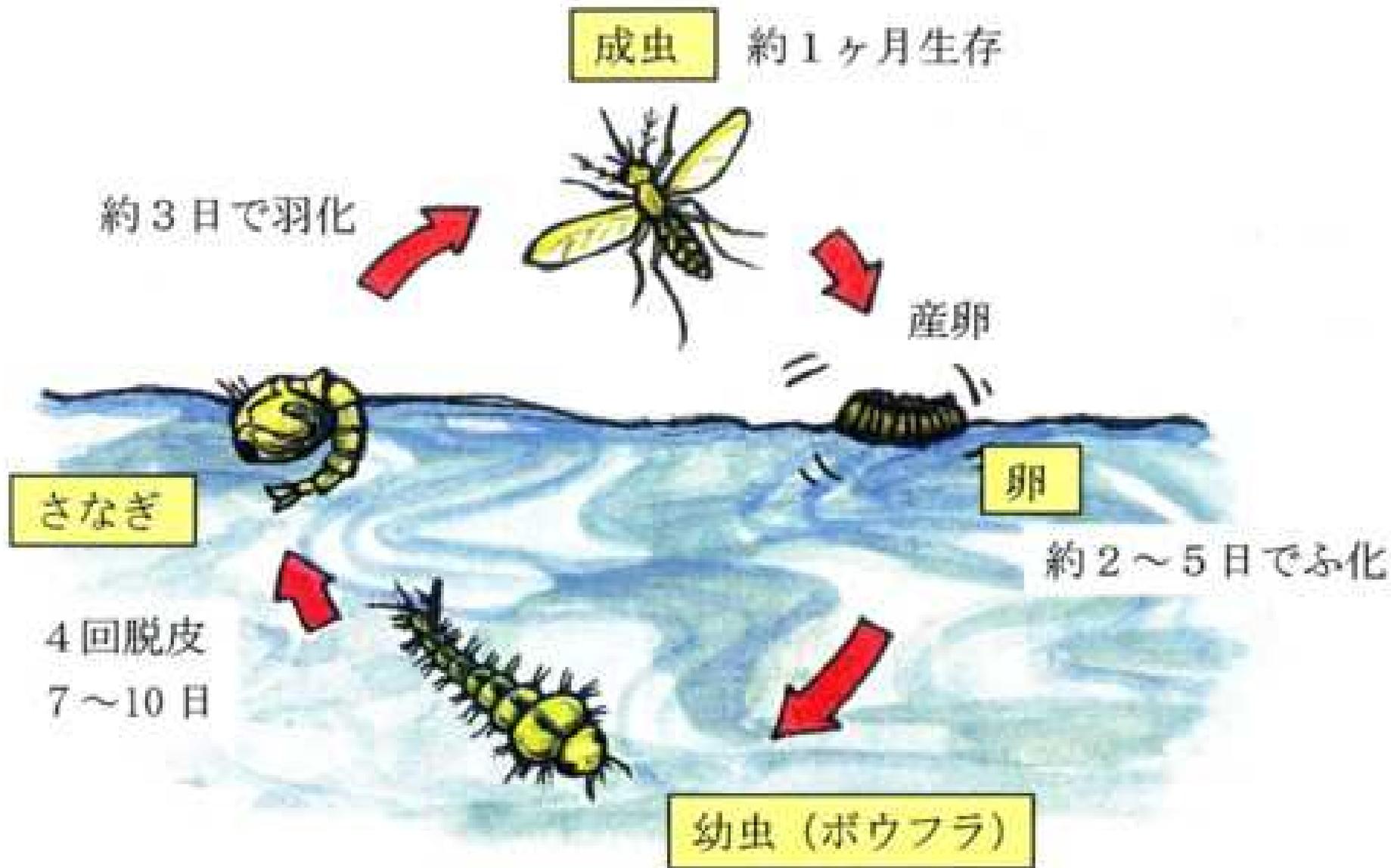
ヒトスジシマカとは？

- **デング熱**、チクングニア熱、**ジカ熱**などを媒介する東南アジア原産の蚊
- 日中でも活発に行動
- 古タイヤ、プラスチック容器などのたまり水で繁殖
- 気温上昇等の要因により生息地が拡大している



Aedes albopictus

「蚊」の一生(サイクル)



(名古屋市のホームページより³転載)

成虫の潜伏場所と移動・分散範囲

潜伏場所は植物の葉の裏面や樹木の根際などであり、庭のある住宅地や藪のある公園、林に隣接した墓地など、潜伏場所が散在する生息場所では、100～200mの範囲で産卵・吸血を行うと考えられている。

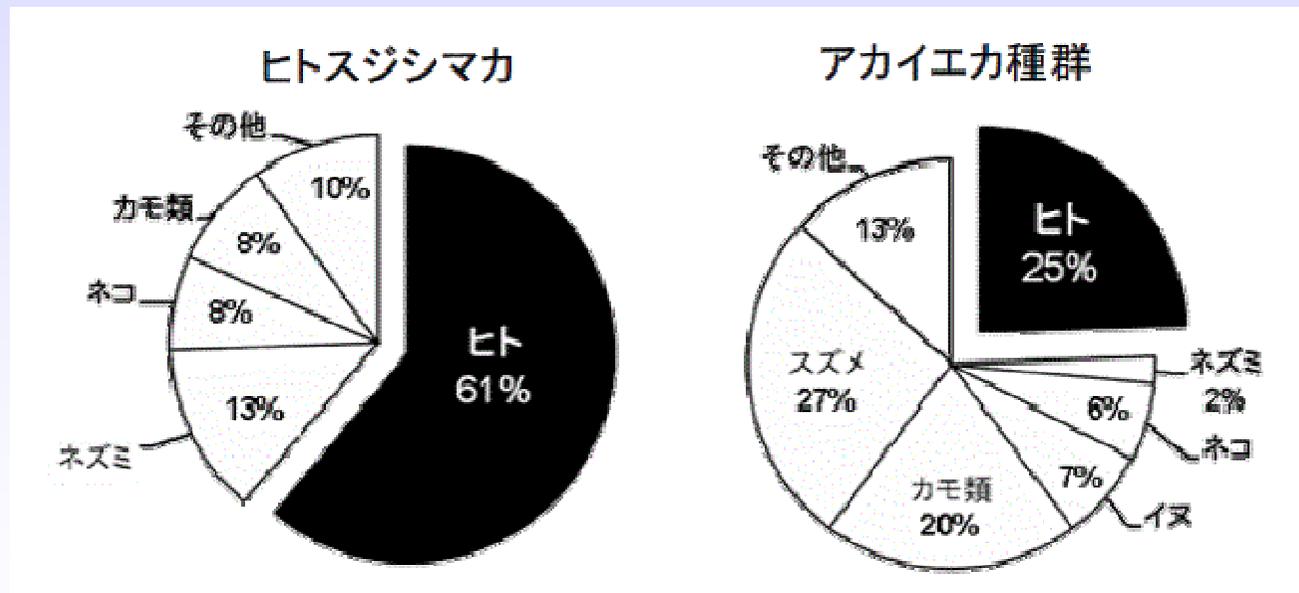


(「東京都内で実施したデング熱媒介蚊対策」国感研昆虫医科学部澤邊先生スライドから引用)

患者が発生した場合、患者の滞在場所の周囲100mの範囲、また、感染者の発生が集中している地域の場合は、その地域の周囲300m程度を成虫及び幼虫の防除の対象地域として設定することが必要である。

• 吸血嗜好性

ヒトスジシマカは待ち伏せ型の吸血行動であり、昼夜を問わず近づいてきた動物をえり好みせずに吸血源としている。ヒト、ネコ、ネズミ、カモ類、アカガエル、ヒキガエルなどから吸血していることがわかっている。



注)ヒトスジシマカ(114頭)及びアカイエカ種群(174頭)吸血個体を用いて吸血源動物種の同定を行った結果、重複吸血を含めると、121及び196の動物由来血液が検出された。

・ 幼虫発生源

ヒトスジシマカの幼虫は比較的小さい容器に発生する。雨水マス、植木鉢やプランターの水受け皿、庭先に置き忘れたバケツや壺、プラスチック容器、古タイヤなど。容器以外でもビニールシートの窪みや隙間にたまった水でも発生する。また、林に囲まれた墓地では、花入れや手水鉢なども重要な発生源となる。



(「東京都内で実施したデング熱媒介蚊対策」国感研昆虫医科学部澤邊先生スライドから引用)

(「チクングニヤ熱媒介蚊対策に関するガイドライン」:H21厚労省から引用)

ウイルス媒介性節足動物の生息に関する研究

背景

- ヒトスジシマカは、1948年までは栃木県が分布北限とされていたが、その後東北中央部低地における生息北限が徐々に北上しており、1968年には仙台市、1996年には古川市、2000年には一関市、2006年には花巻市で発生が確認されている。
- 蚊は身近な生物であることから、**地球温暖化の身近な指標生物**として注目し、「環境負荷調査分析等事業」（2008～2010年度）として調査を実施することとなった。

背景

- これまでの調査で、ヒトスジシマカは**盛岡市が生息北限**であり、同地域における分布拡大の要因や生息条件を明らかにすることは大きな意義がある。
- 2014年には、約60年ぶりにデング熱の国内感染が発生、また、2015年にはブラジルでジカ熱の大規模な感染事例があったことから、**蚊媒介感染症対策**の一環としても注目されている。

目 的

- 岩手県内におけるヒトスジシマカの生息分布を明らかにすること。
- ヒトスジシマカの生息条件を明らかにすること。

方 法

○生息分布の調査

「幼虫調査」を主体に、生息密度を把握するための「8分間人囀法」を併用した。

○生息条件の解析

ヒトスジシマカの生息分布調査結果と併せて、生息地の気温データ等を用いて、**GIS**（その1）、**統計モデリング手法**（その2及びその3）により解析を行った。

幼虫調査

○古タイヤやお墓の花入れなどに溜まったたまり水に生息する蚊の幼虫・蛹を採取し、実験室内で羽化させる。

○羽化した成虫を実体顕微鏡で観察し、形態学的に種を同定する。



成虫飛来密度調査

8分間人囀法

- 1箇所の人が8分間留まり、吸血のために飛来する成虫をすべて捕虫網（直径36～42cm）で捕獲する。
- 捕虫網は蚊が来たときだけ振り、蚊が来ないときは振らずに立ったまま立つ。
- 捕えた成虫は吸虫管で集め、鑑別する。1時間で4箇所程度の調査が可能である。

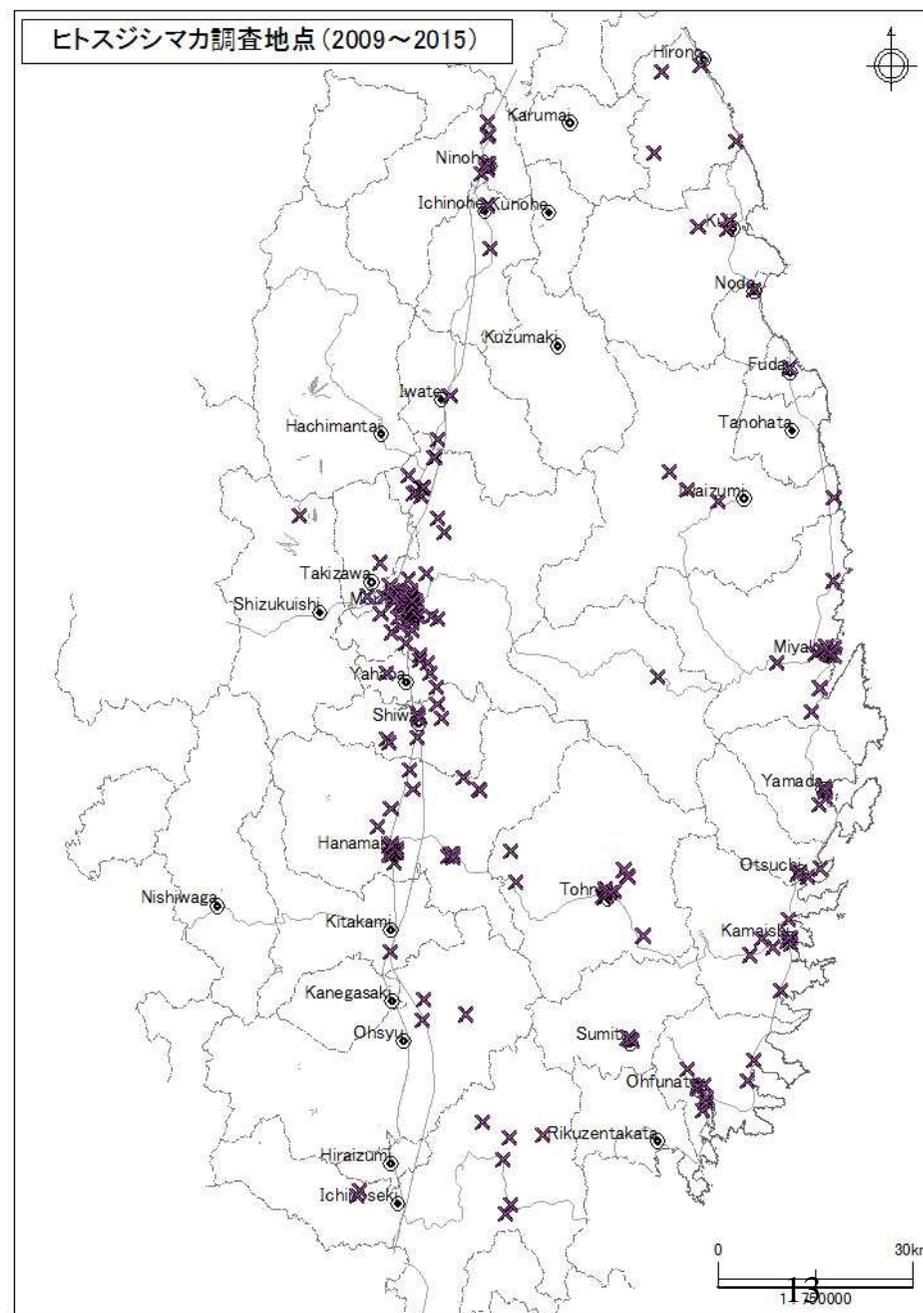


（「東京都内で実施したデング熱媒介蚊対策」国感研昆虫医科学部澤邊先生スライドから引用）

ヒトスジシマカの分布

蚊類の生息分布調査 (2009-2016)

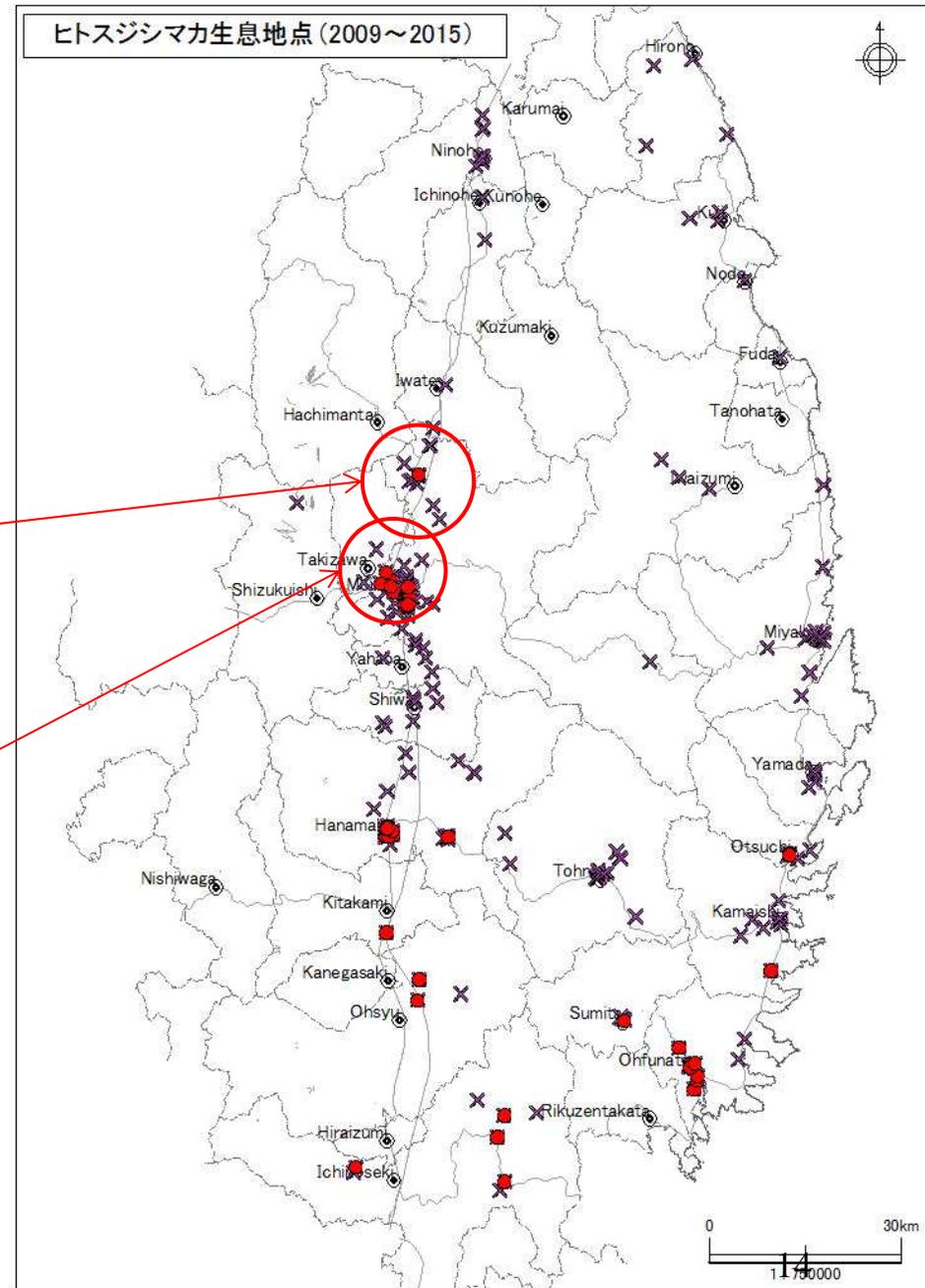
県内延べ555地点を調査
(主に放置タイヤや墓地の花
生けなどの幼虫調査)



ヒトスジシマカの分布

ヒトスジシマカは延べ108
地点で生息が確認された。

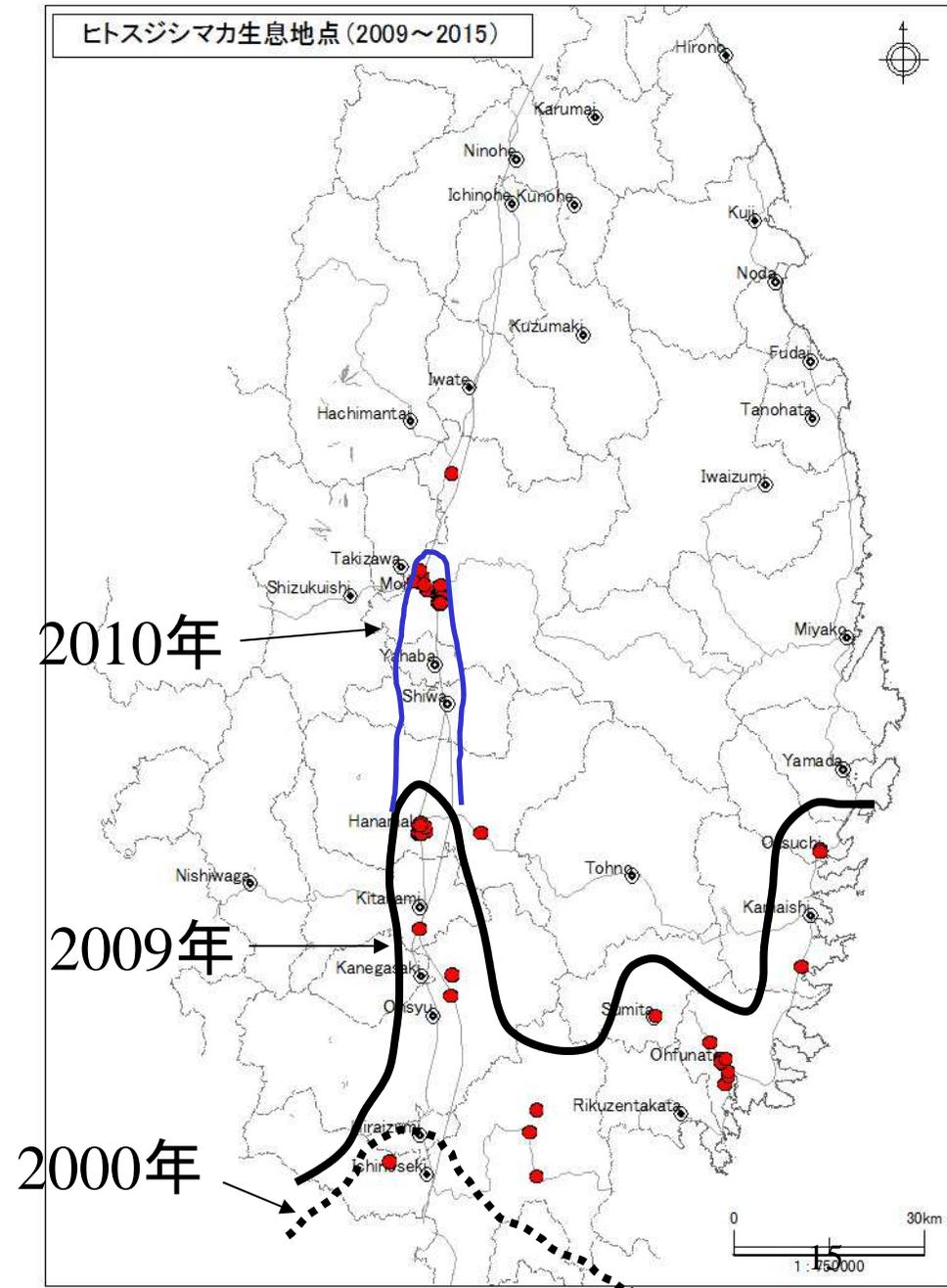
- **生息**が確認された北限
は、盛岡市玉山区
(2010)
- **定着***が確認された北限は
盛岡市天昌寺町 (2014)
*定着：2年以上連続して同じ地点で
生息が確認された場合



ヒトスジシマカの分布

- 県内のヒトスジシマカの生息域は、沿岸南部及び北上川沿いの内陸部である。
- 岩手県におけるヒトスジシマカの生息北限は盛岡市である。
- 生息域は、年々拡大し、生息北限は10年間で約100km北上した。

地球温暖化を一因とする気温等の上昇が主な原因と考えられる。



生息条件の解析（その1）

ヒトスジシマカの**生息地点**と**気温等**との関連を**GIS**を用いて解析した

GIS：地理情報システム（Geographic Information System）は、地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）を総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術（国土地理院）

GISソフトは「GISWAY-light Ver.2.2.3」
（（株）ラピュール社製）を用いた

生息条件の解析（その1）

- ヒトスジシマカの気温等の生息条件
1kmメッシュ気温データ*（2006～
2009の平均値）を利用し、以下の項目
のメッシュデータを作成

年平均気温

10.8℃を閾値とする有効積算温度

日平均気温10.8℃以上の日数

年平均気温10.8℃以上の面積

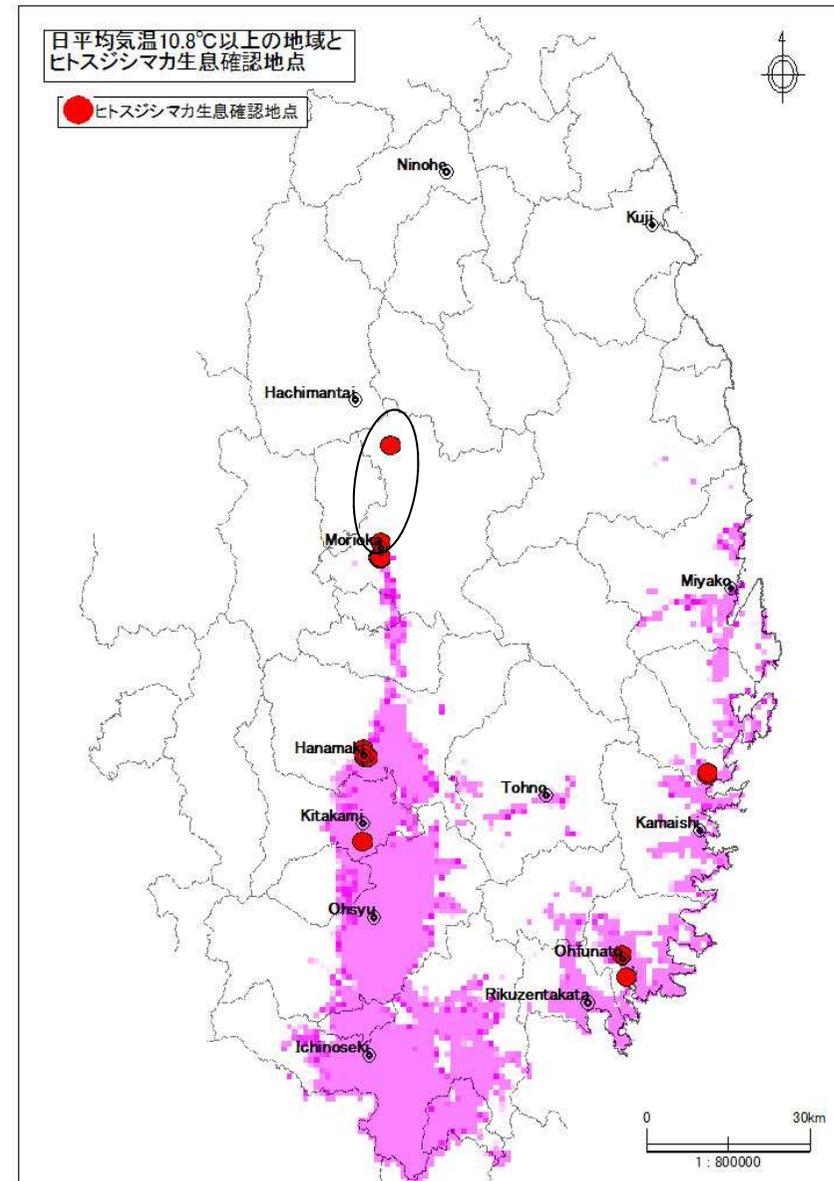
*)菅野洋光.1997.ヤマセ吹走時におけるメッシュ日平均気温の推定.
農業気象.53:11-19.

生息条件の解析 結果（その1）

気温等の生息条件

ヒトスジシマカ生息地
点の年平均気温は
10.8°C以上であった
（2010年北限地点等
を除く）

 年平均気温が10.8°C以上の
地域

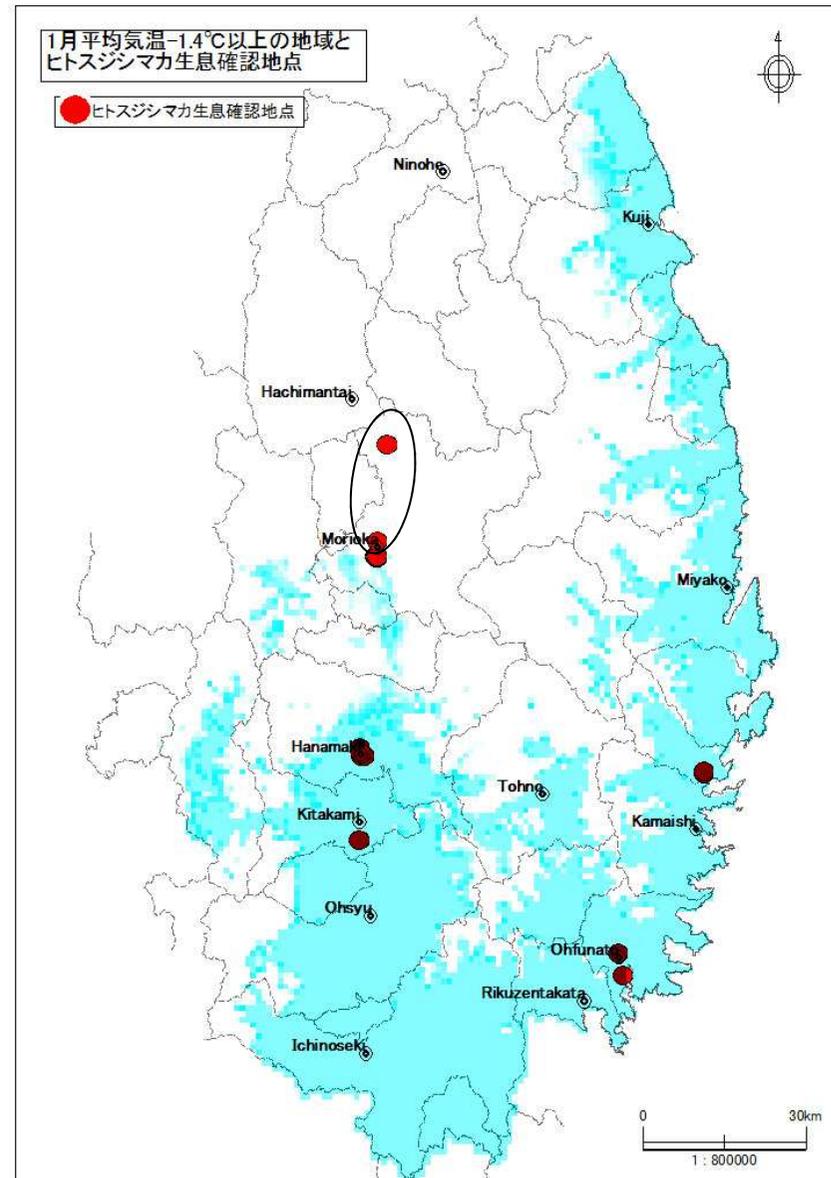


生息条件の解析 結果（その1）

気温等の生息条件

ヒトスジシマカ生息
地点の1月の日平均
気温は -1.4°C 以上で
あった（2010年北
限地点等を除く）

 1月の平均気温が -1.4°C
以上の地域



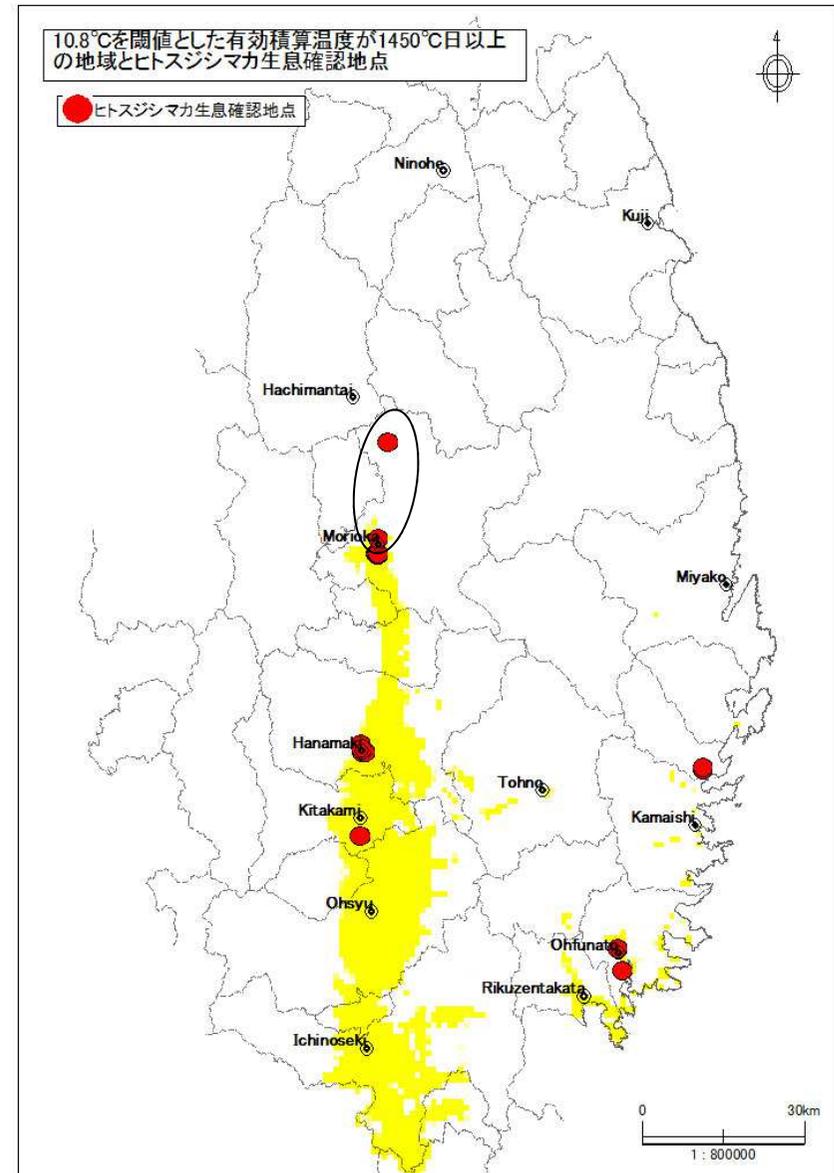
生息条件の解析 結果（その1）

気温等の生息条件

ヒトスジシマカ生息地
点の**有効積算温度**（閾
値 10.8°C ）は 1350°C
日以上であった
（2010年北限地点等
を除く）



10.8°Cを閾値とした有効
積算温度 1350°C 日以上
の地域

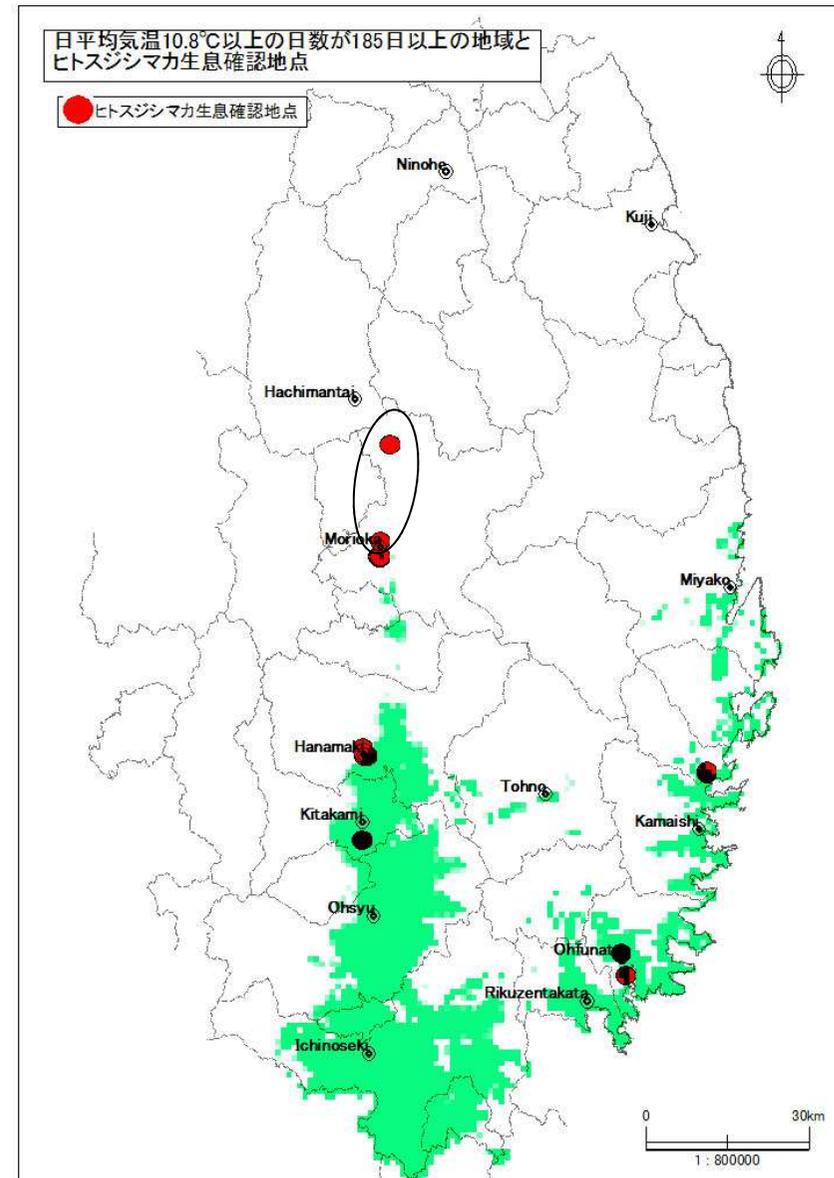


生息条件の解析 結果（その1）

気温等の生息条件

ヒトスジシマカ生息地点の日平均気温 10.8°C 以上の日数は年185日以上であった（2010年北限地点等を除く）

 日平均気温 10.8°C 以上の日数が年185日以上の地域



佐藤卓, 松本文雄, 二瓶直子, 小林睦生. 2012. 岩手県におけるヒトスジシマカの分布とGISを用いた生息条件の解析. 衛生動物, 63:195-204.

生息条件の解析（その2）

○一般化線形混合モデル（R ver.3.1.2 パッケージglmmML）

リンク関数：logit

ランダム効果:調査対象1kmメッシュ（n=235）

○応答変数（1kmメッシュデータ）

蚊類調査結果（2009～2015）から算出したヒトスジシマカの生息確率（ヒトスジシマカ検出地点数／調査地点数）

○選択対象パラメータ（1kmメッシュデータ）

- 年平均気温
- 1月平均気温
- 日平均気温10.8℃を上回った年間日数
- 10.8℃を閾値とする有効積算温日度（以上過去5年間の移動平均値※）
- 人口密度（H17国勢調査）
- 全産業事業所数（H18事業所・企業統計調査）

○パラメータ選択は、AICを評価基準とした

※東北地方1kmメッシュ気温データ(1978～2014)を利用して算出した
農研機構東北農業研究センター, 2009. 東北地方1 kmメッシュ気温データ表示・検索システム. 独立行政法人農研機構東北農業研究センター.
菅野洋光. 1997. ヤマセ吹走時におけるメッシュ日平均気温の推定. 農業気象, 53: 11-19.

ヒトスジシマカの生息条件の統計モデリング (一般化線形混合モデル)

パラメータ	偏回帰係数	標準誤差	標準化 偏回帰係数	p
(切片)	(-19.71)	5.035		<0.001
1月平均気温	0.779	0.242	1.185	0.001
10.8°Cを閾値とする有効積算温度	0.0117	0.00344	1.446	<0.001
人口密度	0.000329	0.000165	0.696	0.046

メッシュ i のヒトスジシマカ生息確率を q_i としたとき

$$\text{logit}(q_i) = -19.71$$

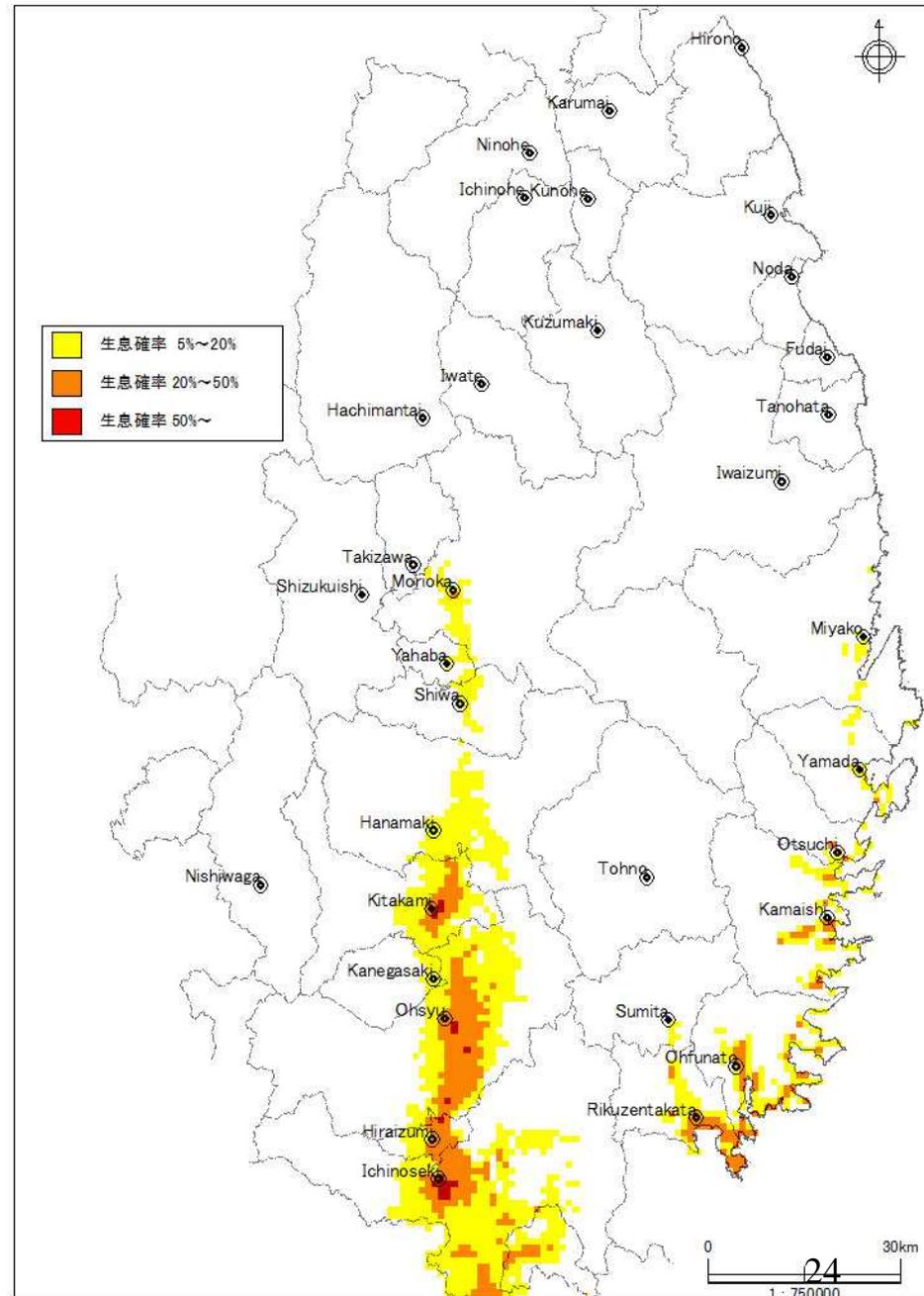
$$+ [1\text{月平均気温}]_i \times 0.779$$

$$+ [10.8^\circ\text{Cを閾値とした有効積算温度}]_i \times 0.0117$$

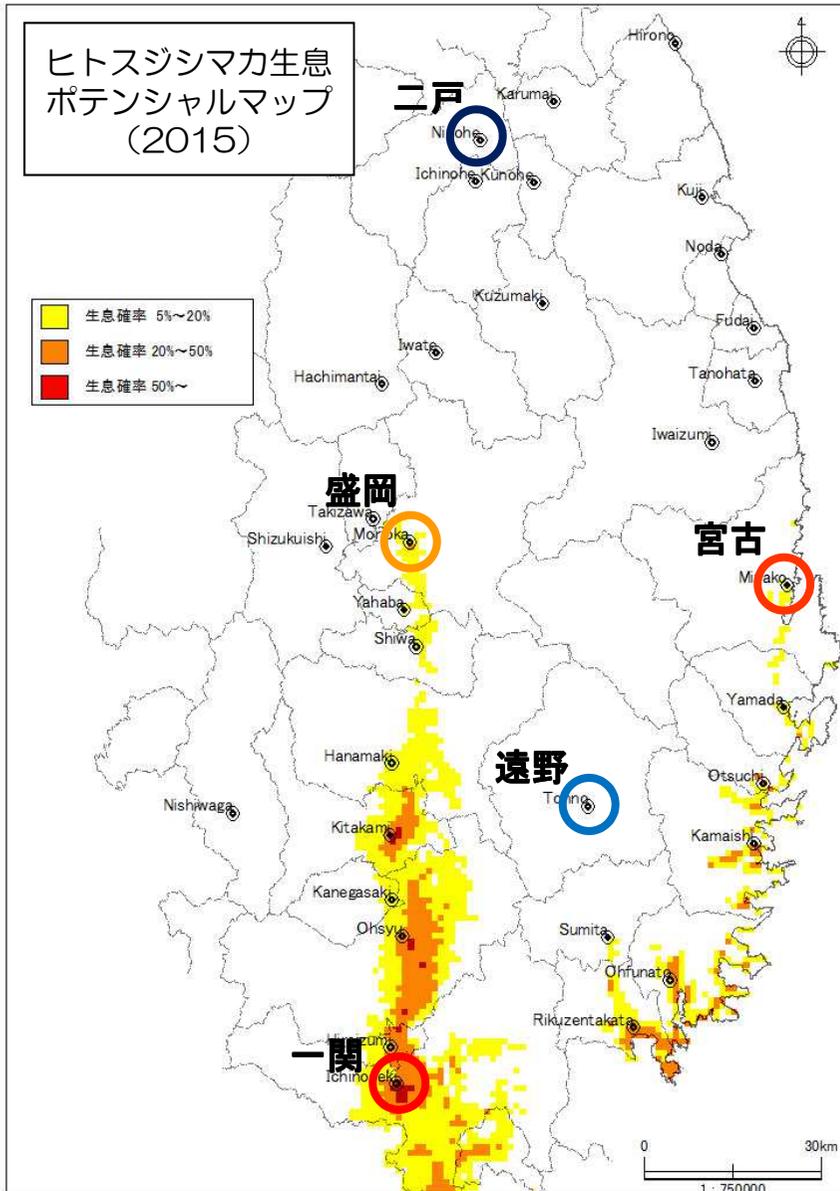
$$+ [\text{人口密度}]_i \times 0.000329$$

ヒトスジシマカ生息 ポテンシャルマップ (2015)

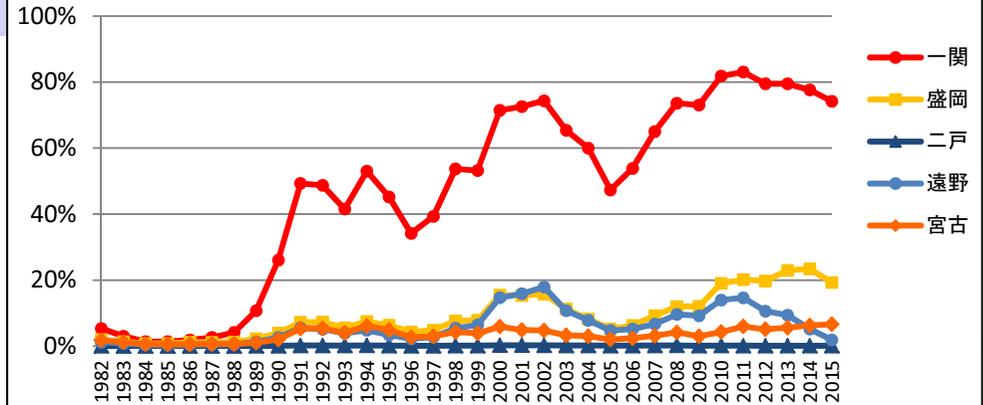
統計モデルから岩手県の
1kmメッシュ毎のヒ
トスジシマカの生息確
率を算出し、ヒトスジ
シマカ生息ポテンシャル
マップを作成した。



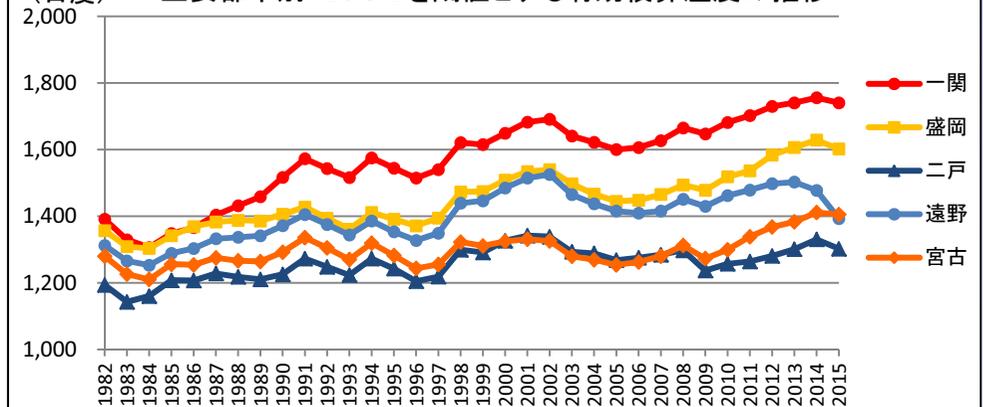
ヒトスジシマカの生息確率の地域特性



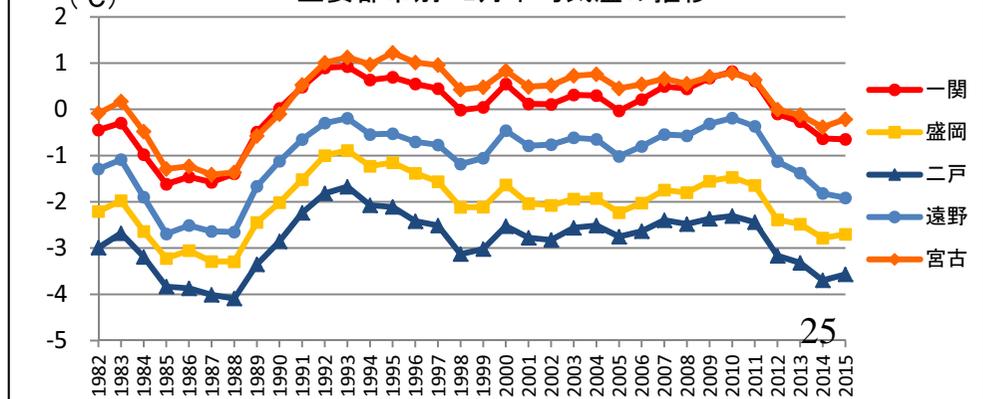
主要都市別 ヒトスジシマカ生息確率の推移



(日度) 主要都市別 10.8℃を閾値とする有効積算温度の推移



主要都市別 1月平均気温の推移



ROC解析を用いた統計モデルの妥当性の評価

ROC曲線

(Receiver Operating Characteristic curve) : 受信者動作特性曲線

もともとレーダーシステムの通信工学理論として開発されたものであり、レーダー信号のノイズの中から敵機の存在を検出するための方法として開発された方法

AUC (Area under the curve)

AUC 0.9-1.0 High accuracy

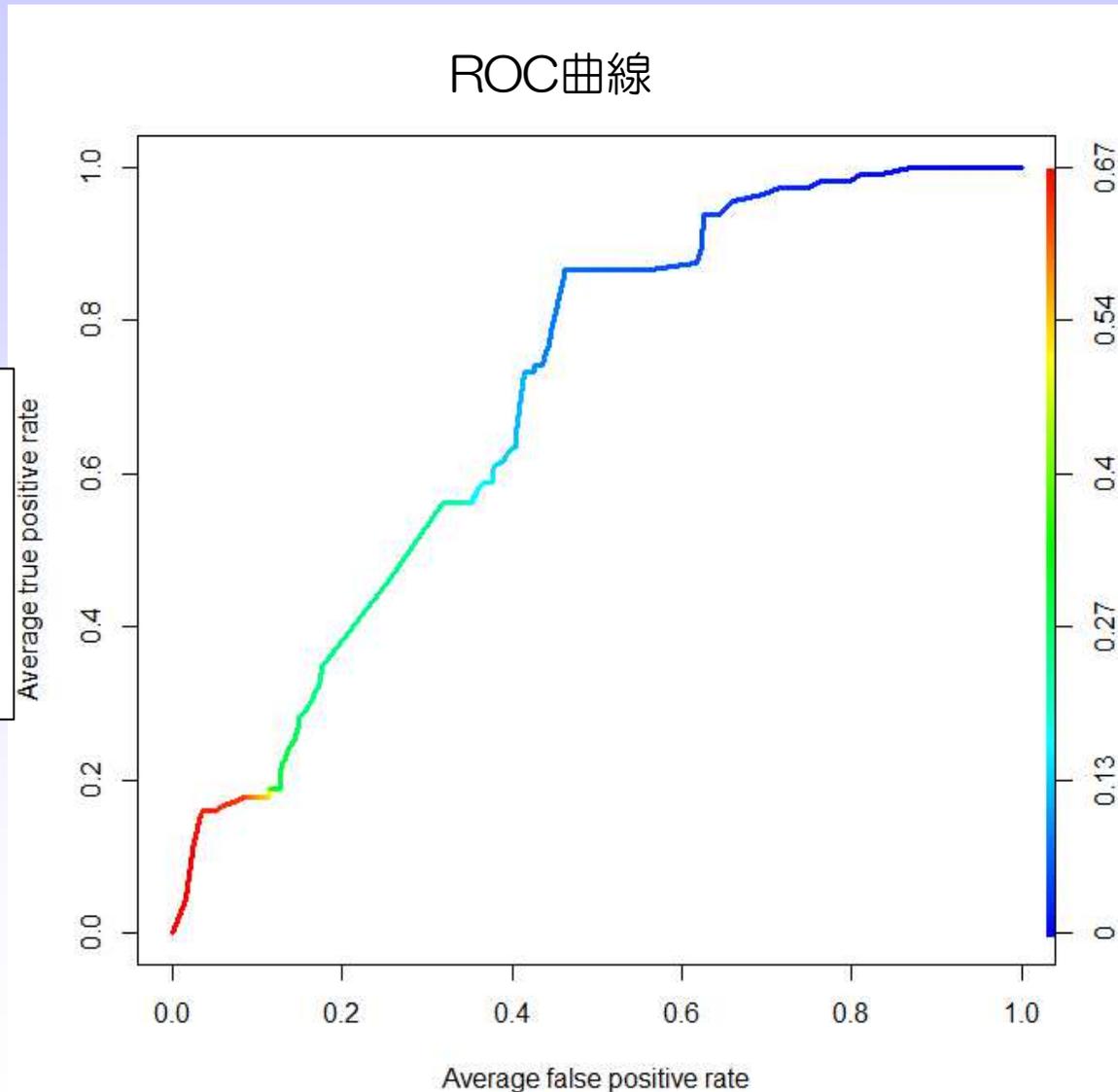
AUC 0.7-0.9 Moderate accuracy

AUC 0.5-0.7 Low accuracy

ROC解析を用いた統計モデルの妥当性の評価

AUC=0.6997

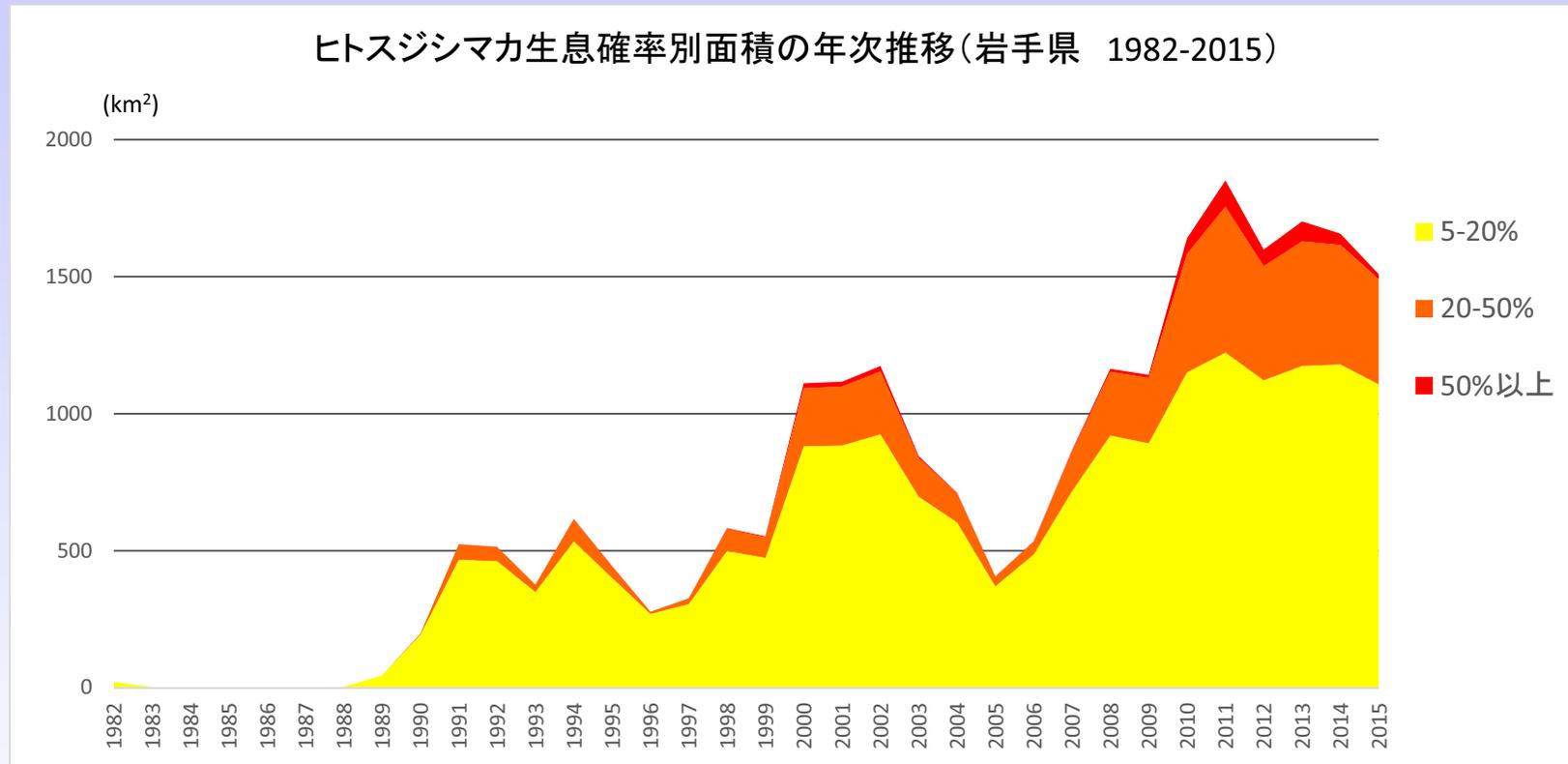
陽性率 (感度)



2009~2015の
データで解析
(n=505)

偽陽性率 (1 - 特異度)

ヒトスジシマカの生息可能な面積の推移



ヒトスジシマカの生息確率別の面積の年次推移をみると、生息確率の高いエリアは1989年頃から存在し、その面積は約10年周期で増減しながらも増加傾向にある。

生息条件の解析（その3）

○一般化線形混合モデル（R ver.3.1.2 パッケージglmmML）

リンク関数：logit

ランダム効果：調査対象1kmメッシュ

○応答変数

調査地点におけるヒトスジシマカの生息の有無
(2009~2016 n=555)

○説明変数（1kmメッシュデータ）

- 1月平均気温（3年移動平均値※）
- 10.8℃を閾値とする有効積算温度（3年移動平均値※）
- 人口密度（H22国勢調査）
- 調査年における4/1から調査日までの日数

○パラメータ選択は、AIC及びAUCを評価基準とした

※東北地方1kmメッシュ気温データ(1978~2016)を利用して算出した

農研機構東北農業研究センター, 2009. 東北地方1 kmメッシュ気温データ表示・検索システム. 独立行政法人農研機構東北農業研究センター.

菅野洋光. 1997. ヤマセ吹走時におけるメッシュ日平均気温の推定. 農業気象, 53: 11-19.

ヒトスジシマカの生息条件の統計モデリング (一般化線形混合モデル)

パラメータ	偏回帰係数	標準誤差	標準化 偏回帰係数	p
(切片)	(-17.12)	4.24		<0.001
1月平均気温	0.525	0.180	1.84	0.003
10.8°Cを閾値とする有効積算温度	0.00693	0.00275	1.91	0.012
人口密度	0.000596	0.000166	3.98	<0.001
4/1からの経過日数	0.0212	0.00500	1.69	<0.001

メッシュ i のヒトスジシマカ生息確率を q_i としたとき

$$\text{logit}(q_i) = -17.12$$

$$+ [1\text{月平均気温}]_i \times 0.525$$

$$+ [10.8^\circ\text{Cを閾値とした有効積算温度}]_i \times 0.00693$$

$$+ [\text{人口密度}]_i \times 0.000596$$

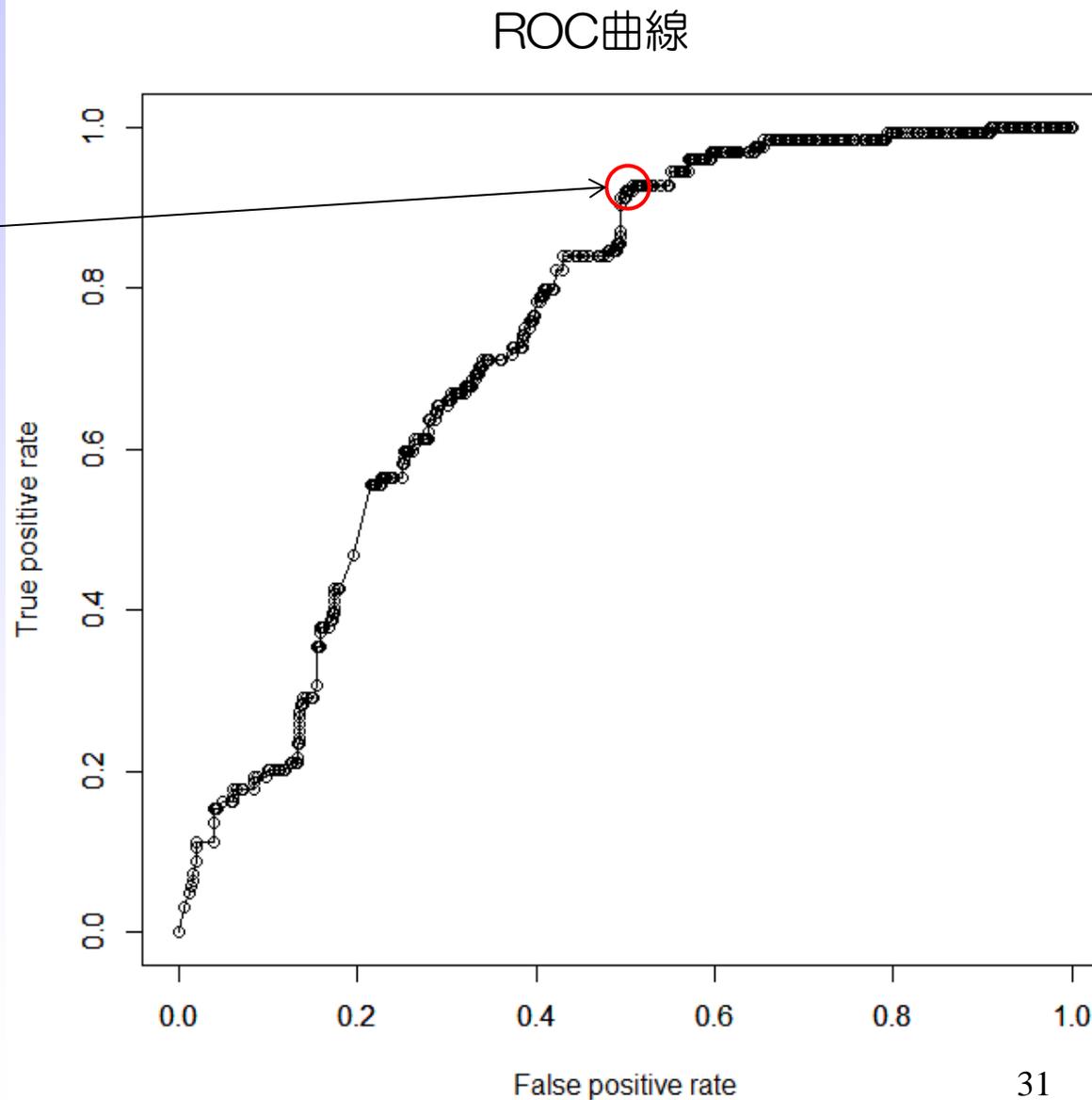
$$+ [4/1からの経過日数]_i \times 0.0212$$

ROC解析を用いた統計モデルの妥当性の評価

AUC=0.75

カットオフ値(生息確率)
=0.042
(TPR=0.92, FPR=0.50)

2009~2016
(n=555)

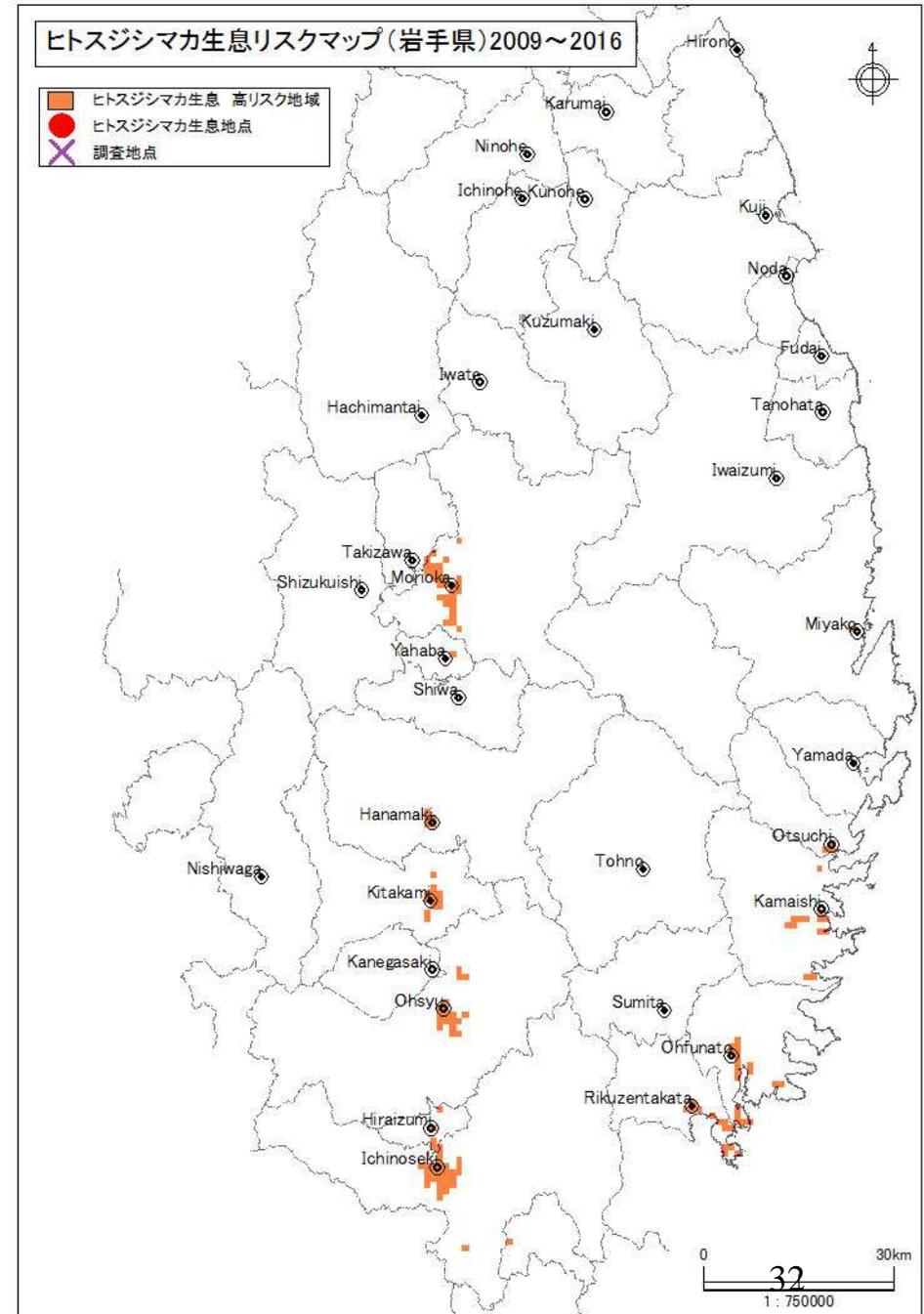


ヒトスジシマカ 生息リスクマップ

(2016/06/30現在)

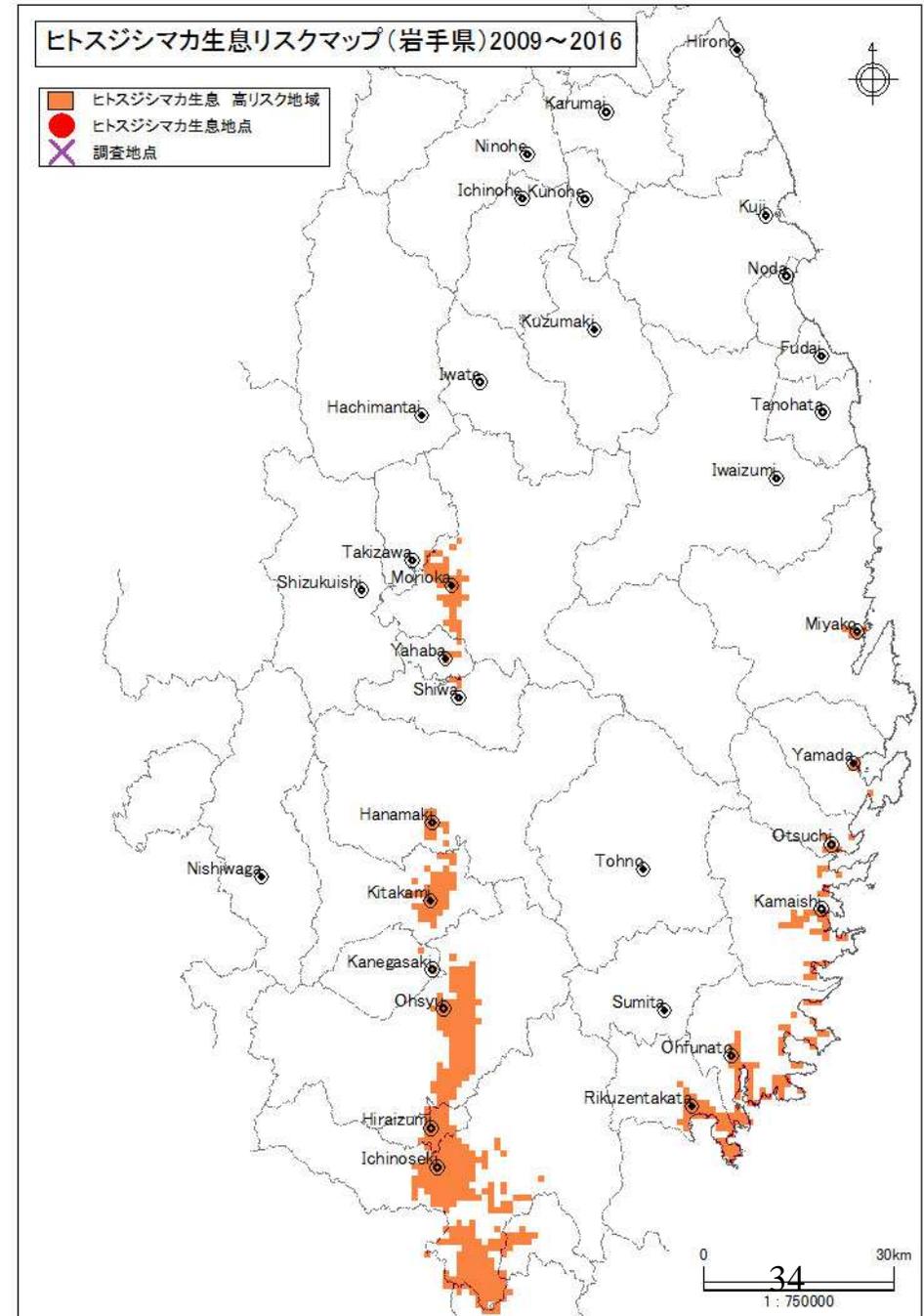
算出した1kmメッシュ毎ヒトスジシマカの生息確率から、ヒトスジシマカ生息リスクマップを作成した。

高リスク地域  の生息確率は2016のデータから算出



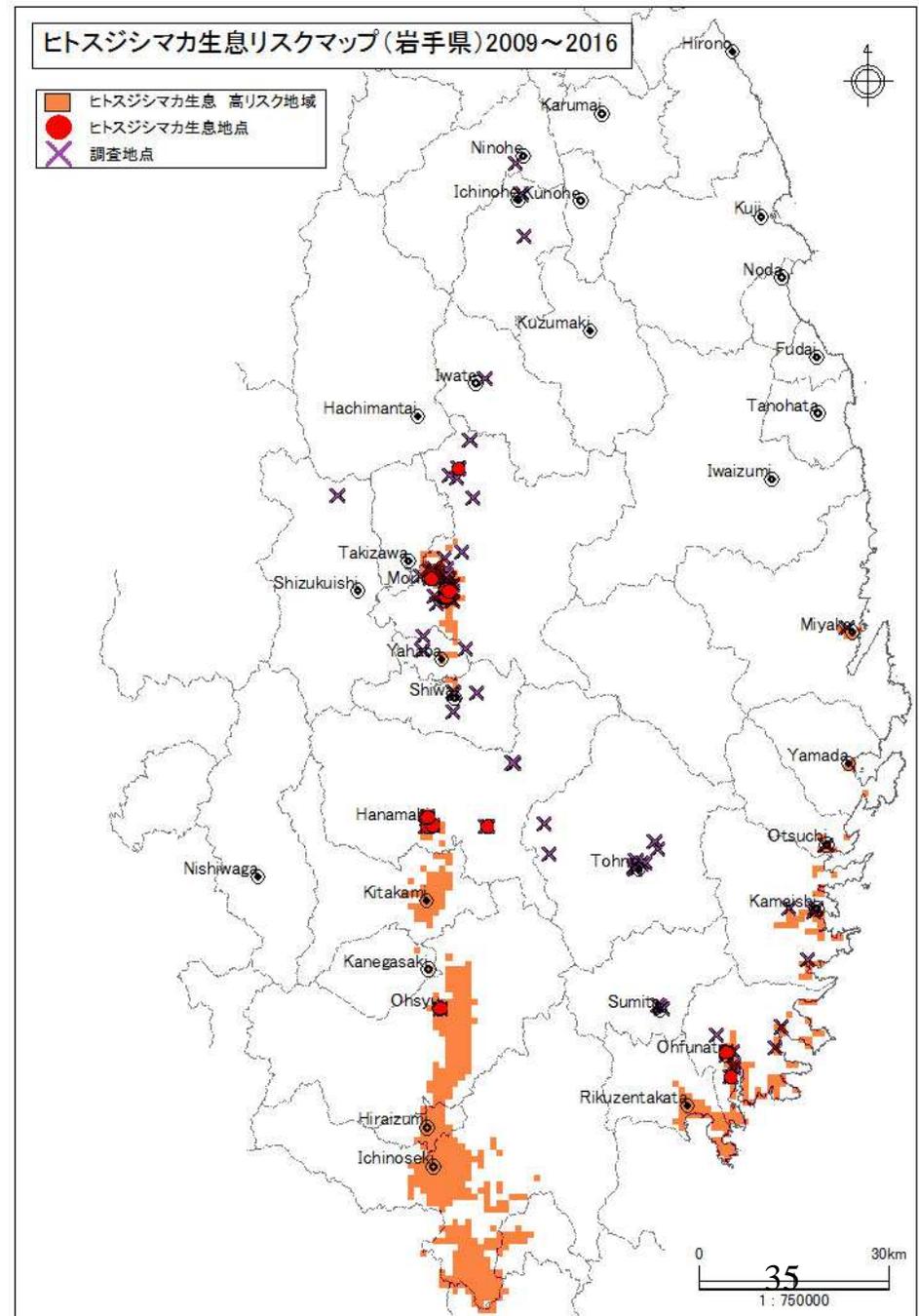
ヒトスジシマカ 生息リスクマップ

(2016/07/31現在)



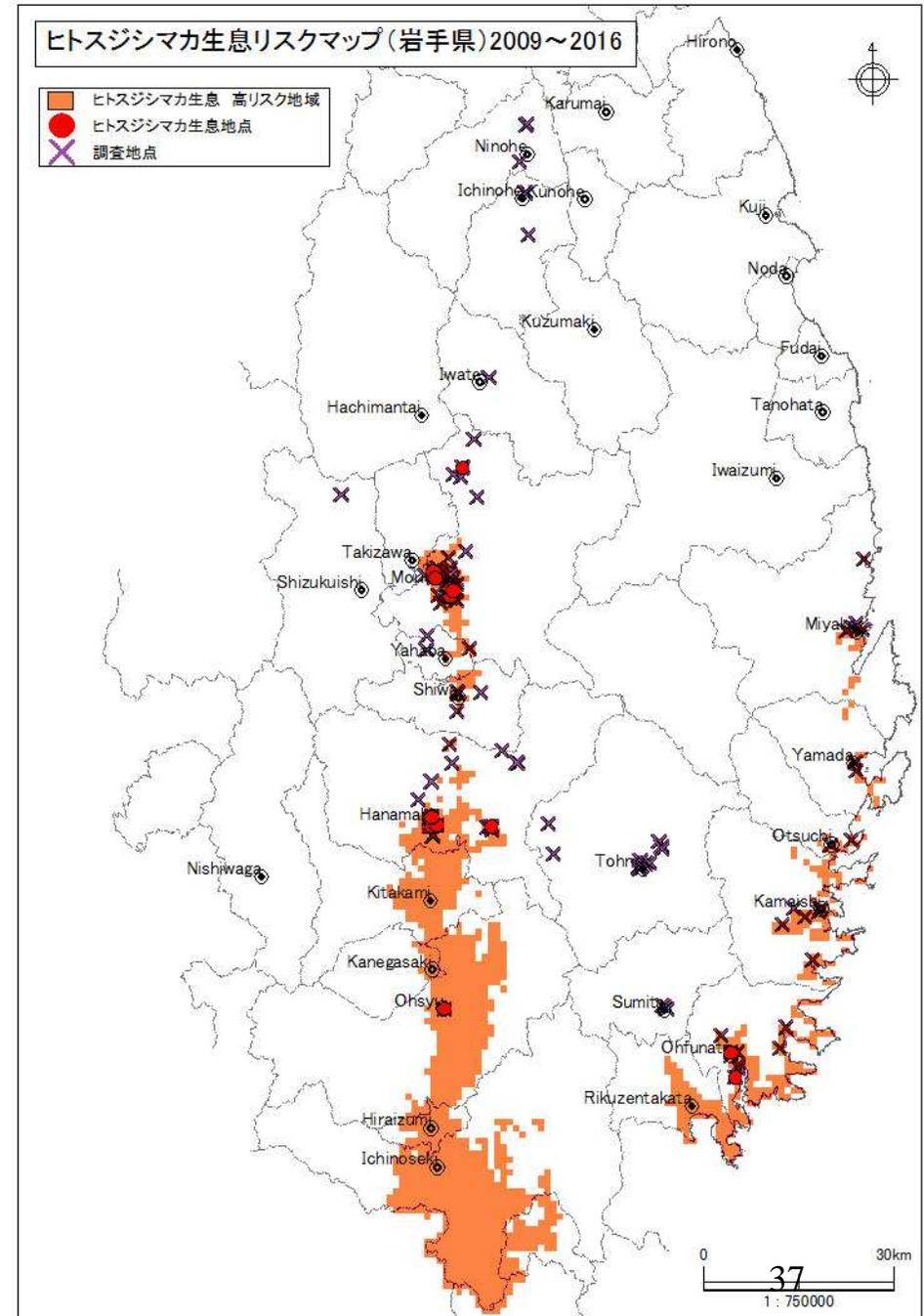
ヒトスジシマカ 生息リスクマップ

(2016/07/31現在)



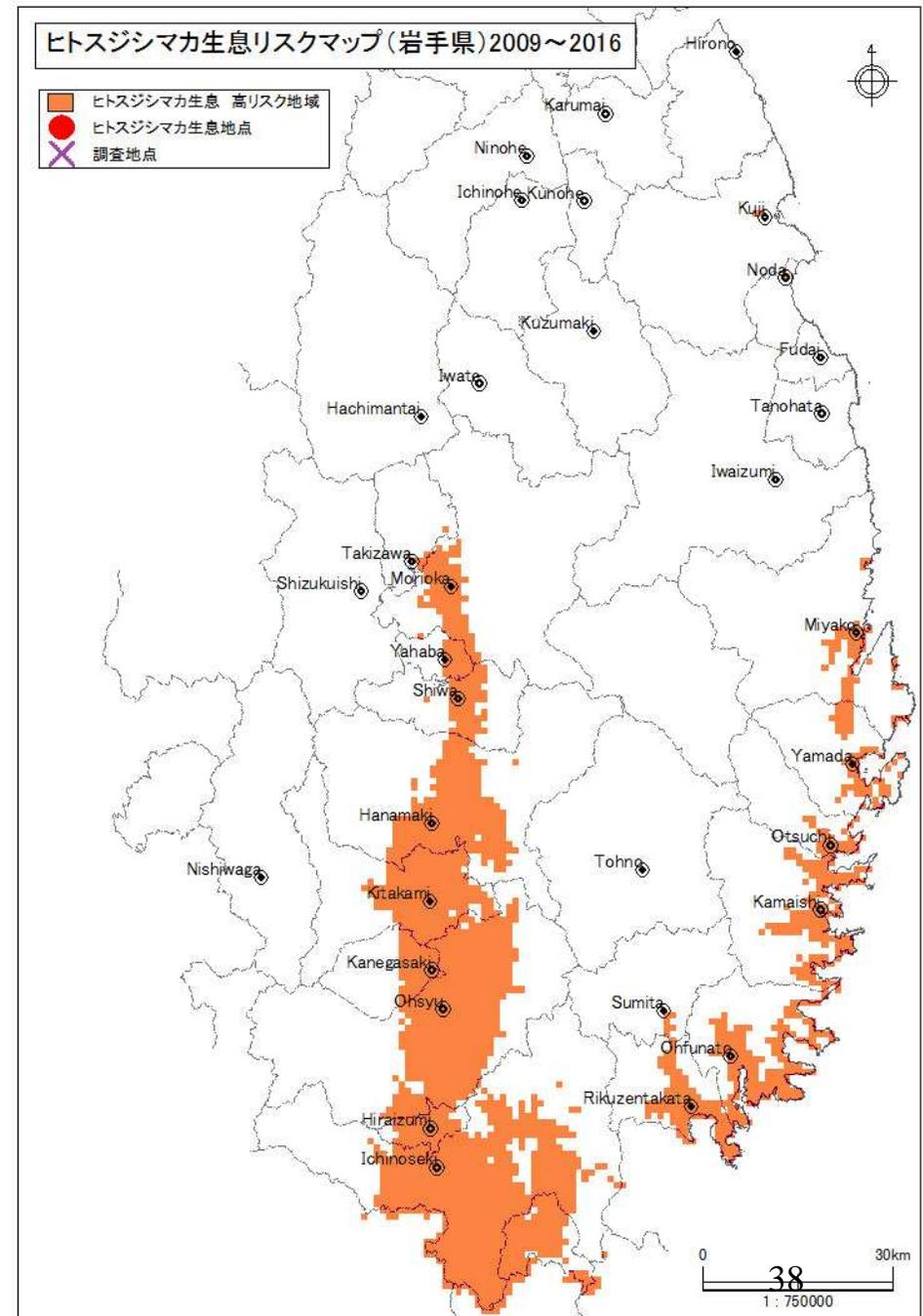
ヒトスジシマカ 生息リスクマップ

(2016/08/31現在)



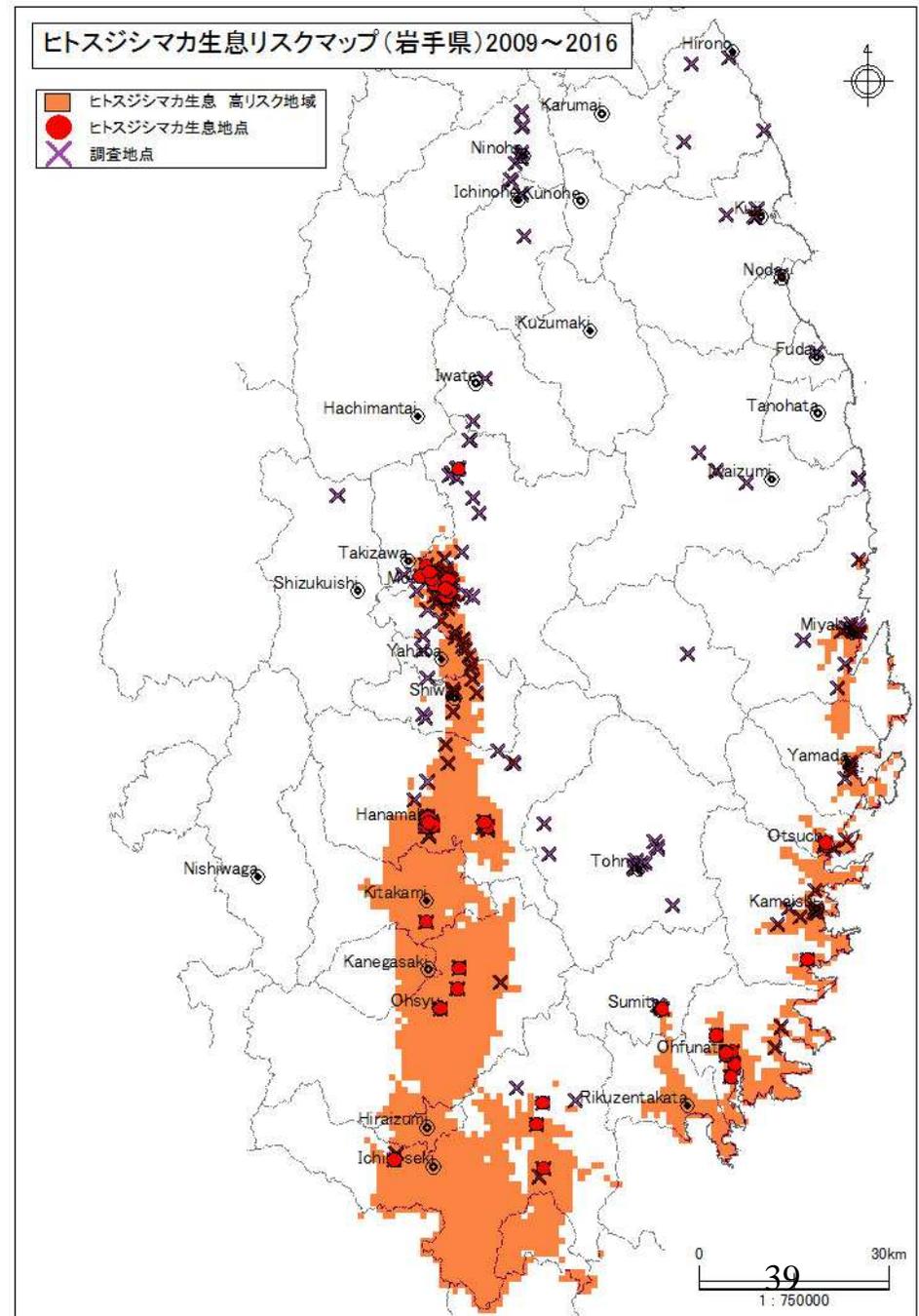
ヒトスジシマカ 生息リスクマップ

(2016/09/30現在)

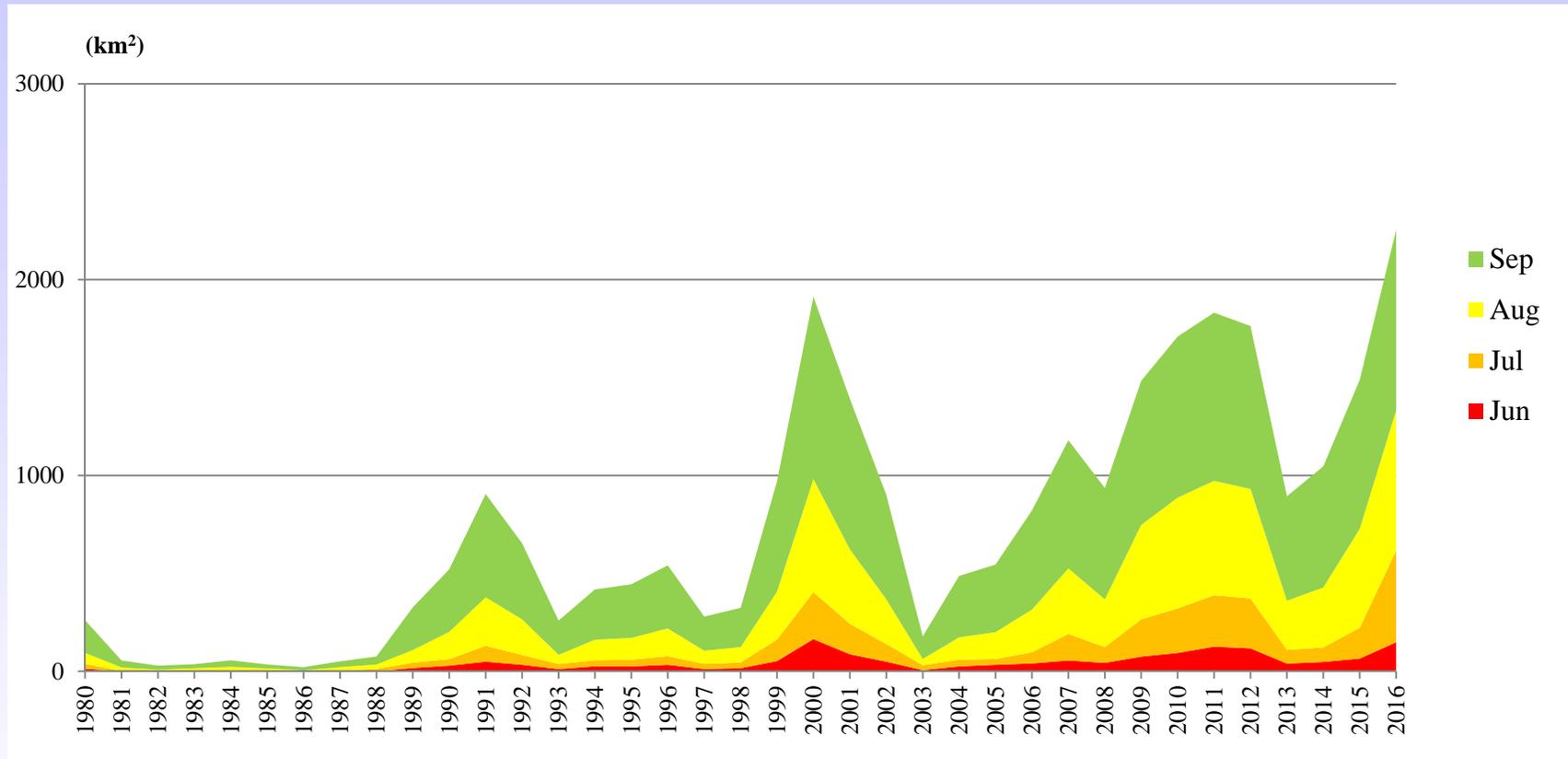


ヒトスジシマカ 生息リスクマップ

(2016/09/30現在)



ヒトスジシマカ生息 高リスク地域の面積の推移

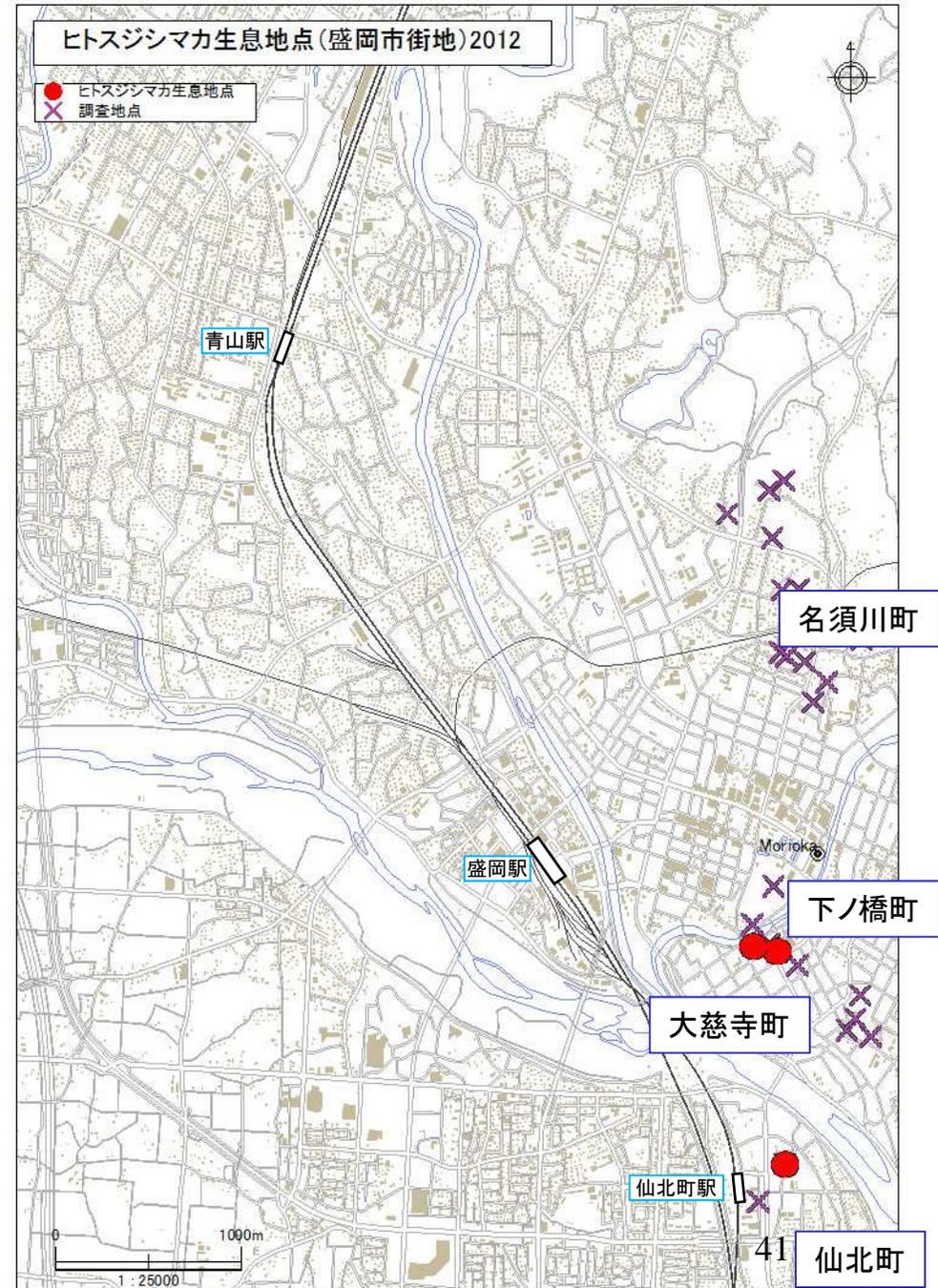


当該モデルによると、岩手県におけるヒトスジシマカ生息高リスク地域は1988年頃から存在していることになり、実際に岩手県でヒトスジシマカの生息が確認されたのは2000年以降である。

ヒトスジシマカ生息 北限地域における生 息分布域の拡大状況

2012年

仙北町、下ノ橋町で定
着を確認した。

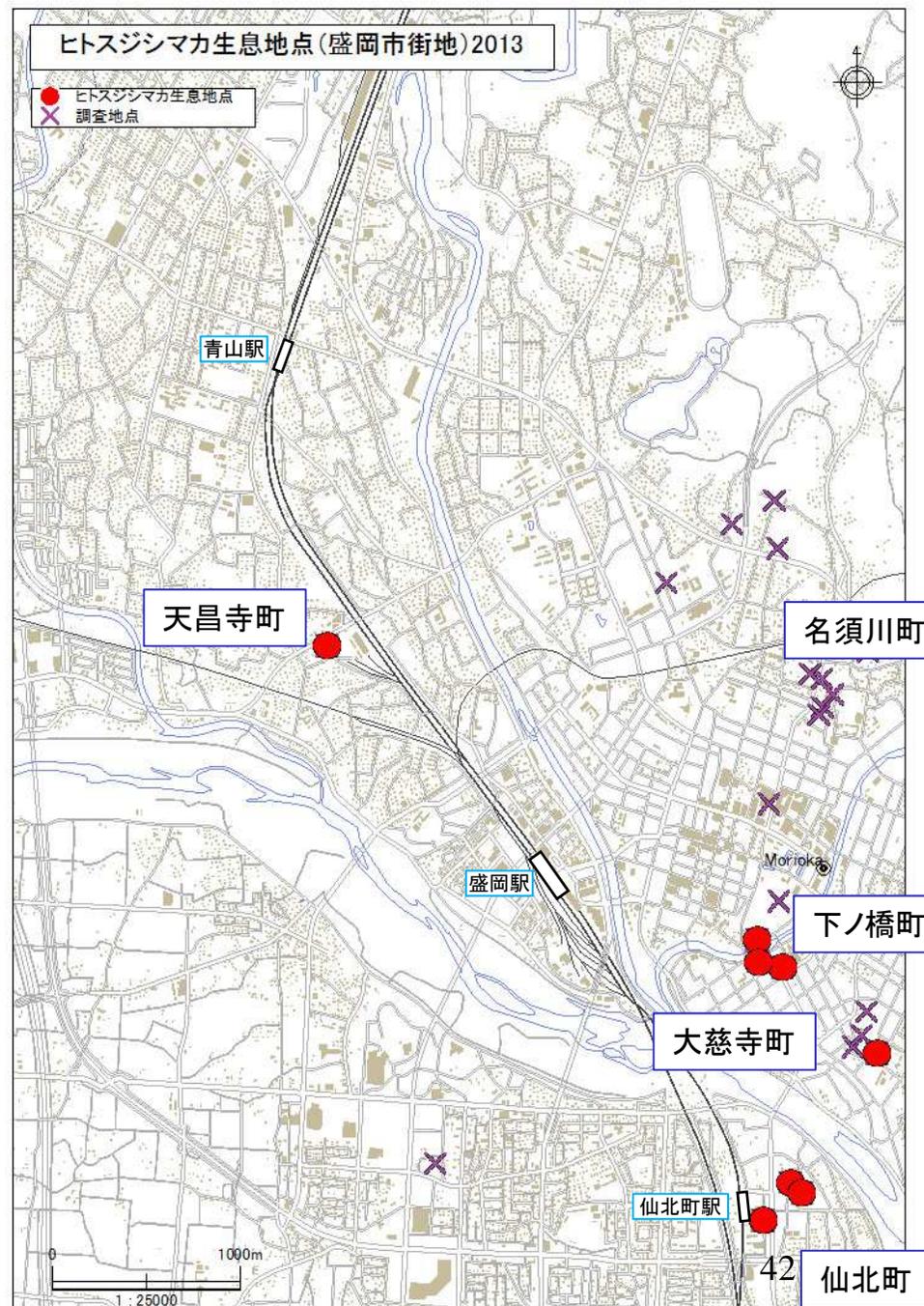


ヒトスジシマカ生息 北限地域における生 息分布域の拡大状況

2013年

仙北町、下ノ橋町で定着を確認した。

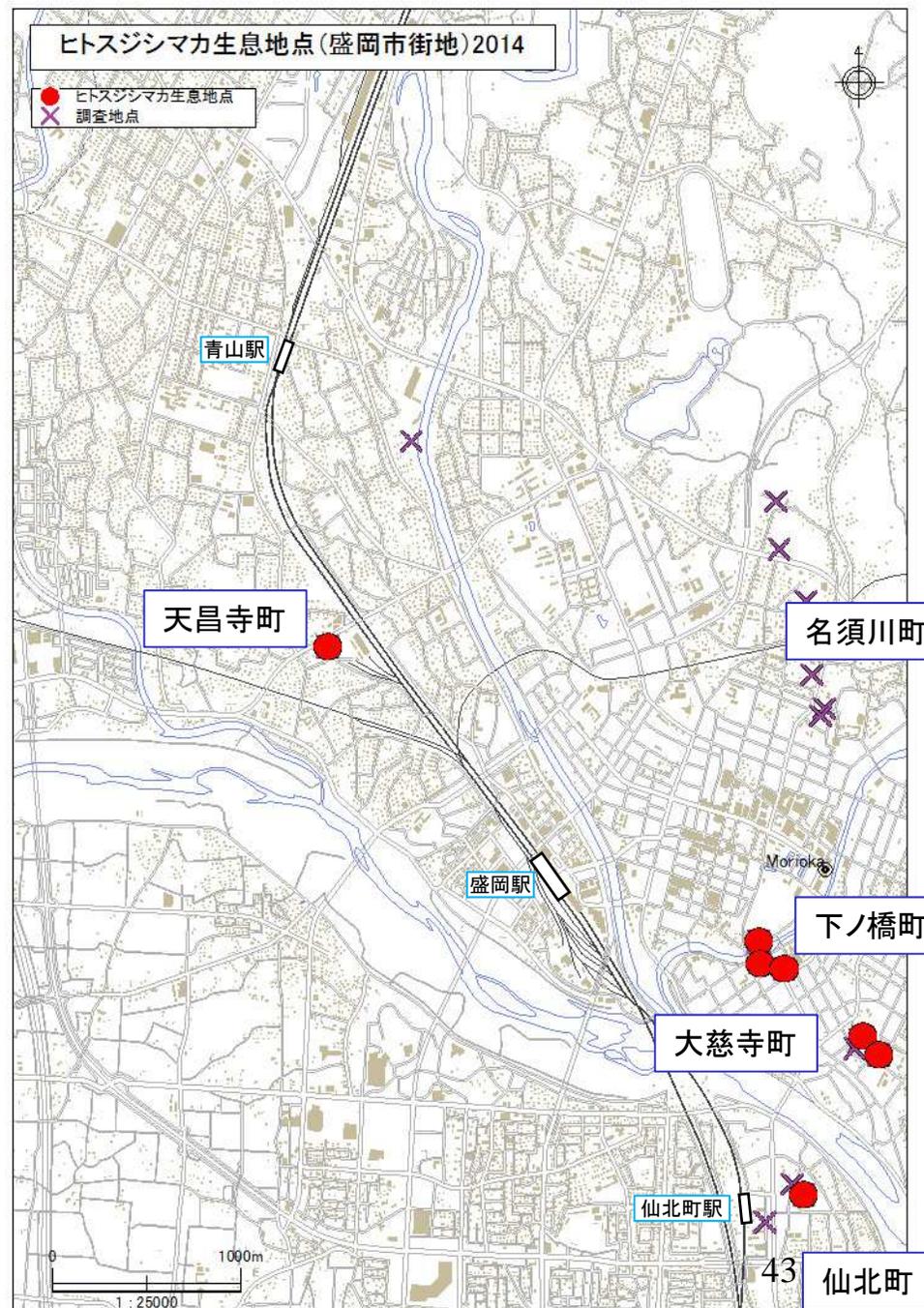
天昌寺町で生息を確認。前年に生息を確認できなかった大慈寺町で再び生息を確認した。



ヒトスジシマカ生息 北限地域における生 息分布域の拡大状況

2014年

仙北町、天昌寺町、下ノ橋町、大慈寺町で定着を確認した。

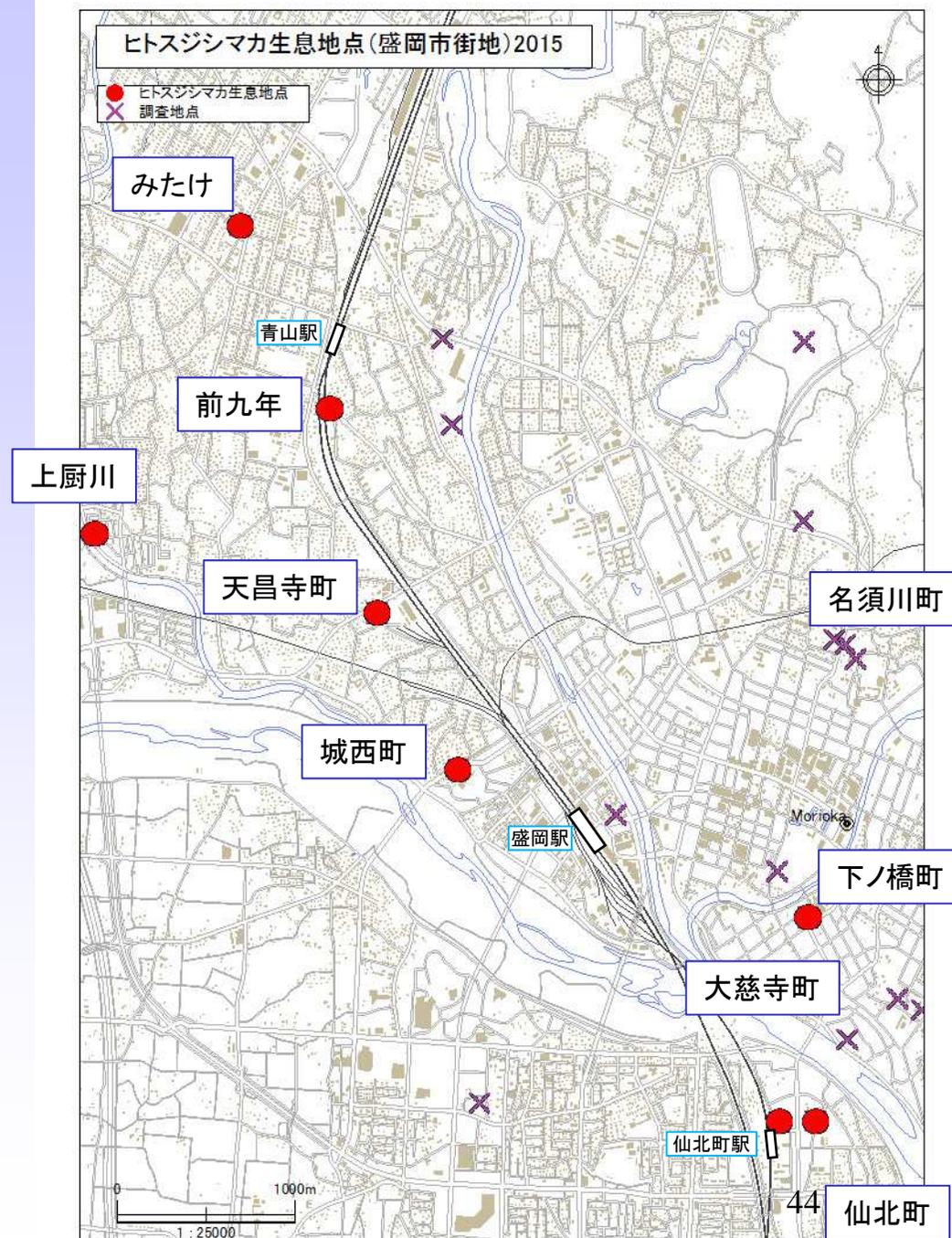


ヒトスジシマカ生息 北限地域における生 息分布域の拡大状況

2015年

仙北町では引き続き定着を確認したが、下ノ橋町、大慈寺町では生息を確認できなかった。

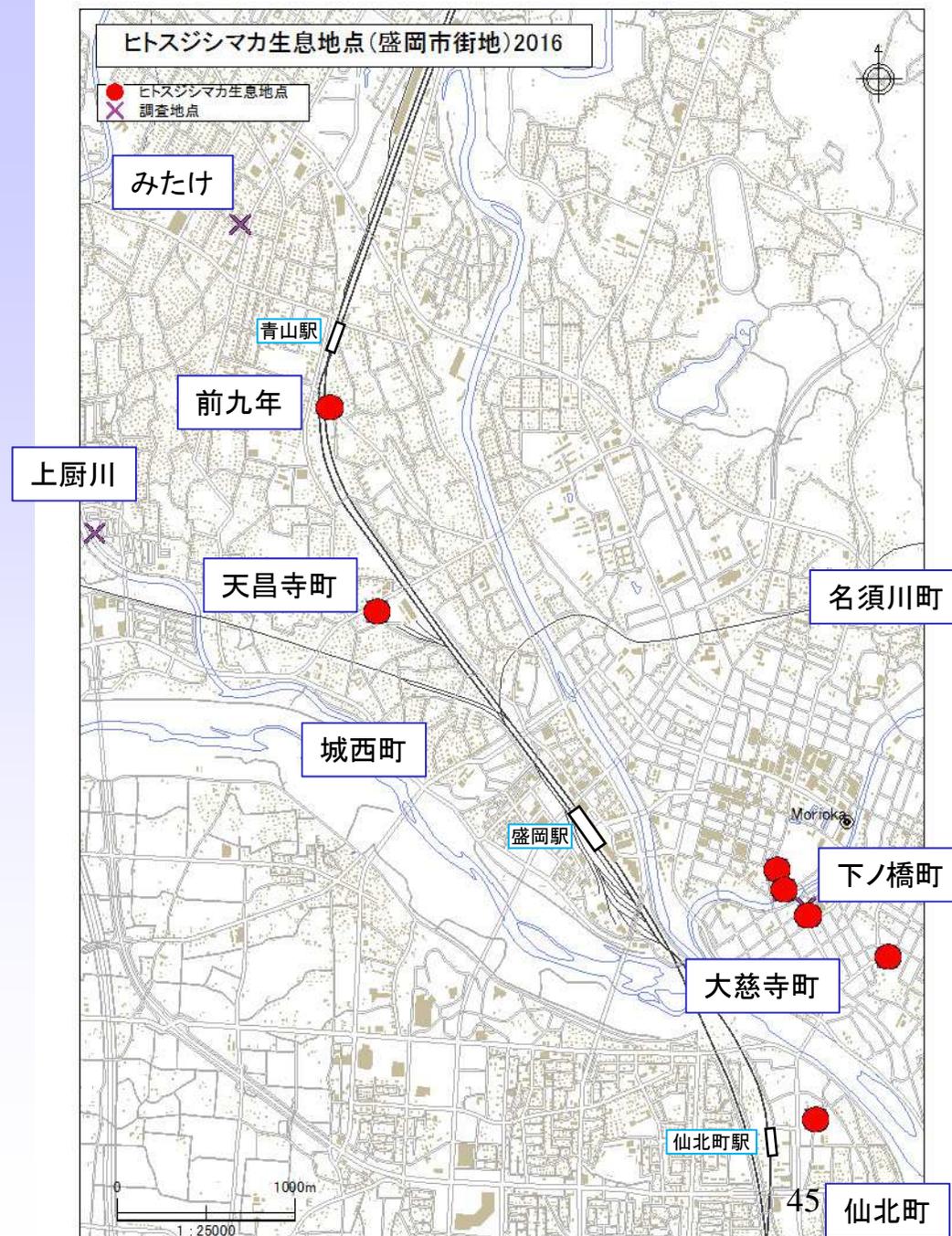
城西町、前九年町、みたけで新たに生息を確認した。



ヒトスジシマカ生息 北限地域における生 息分布域の拡大状況

2016年

天昌寺町、大慈寺町、
仙北町では、引き続き
定着を確認した。前九
年、下ノ橋町では、9
月以降に生息を確認し
た。



まとめ

- ヒトスジシマカは、岩手県では宮古市以南の沿岸南部から県南部、また、北上盆地沿いに分布しており、生息北限は盛岡市であった。
- ヒトスジシマカの生息北限地域である盛岡市市街地では、2009年以降、徐々にその生息分布域を拡大している。
- ヒトスジシマカの生息分布をみると、シーズン初期よりもシーズンが遅くなるほど生息が確認される地点が多かった。特に、盛岡市市街地においては、ヒトスジシマカは越冬卵による繁殖が成立している地域と、越冬はしないが成虫の移入によってシーズン限定で繁殖している地域があると考えられる。

まとめ

- ヒトスジシマカの生息分布調査結果及びメッシュ気温データ、人口密度データ等から、統計モデリング手法を用いて、岩手県の1kmメッシュ毎のヒトスジシマカ生息確率を推計した。
- メッシュ毎のヒトスジシマカ生息確率を用いて、「ヒトスジシマカ生息リスクマップ（岩手県）」を作成した。
- 本マップにより、ヒトスジシマカが活動シーズン中に生息域を拡大することを示すことができた。