

研究資料 (Research material)

東北地方におけるマツ材線虫病とマツノマダラカミキリの分布変遷

東北林業試験研究機関連絡協議会森林保全部会¹⁾

Changes in the distributions of pine wilt disease and the vector beetle *Monochamus alternatus* in the Tohoku region of northern Japan

Forest Conservation Departmental Meeting
of Tohoku Forestry Research Institute Liaison Council¹⁾

Abstract

To clarify the spread of pine wilt disease to undamaged parts of the Tohoku region of northern Japan, researchers surveyed the distributions of dead *Pinus thunbergii* and *P. densiflora* trees killed by the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* and the vector beetle *Monochamus alternatus*. The surveys were conducted every year between 1980 and 2006 in 6 prefectures of the Tohoku region—Fukushima, Miyagi, Yamagata, Iwate, Akita, and Aomori. These data were combined to yield the annual figures for the Tohoku region. The distributions of both pine wilt disease and *M. alternatus* had extended to the undamaged regions during the surveyed period. The disease extended to the northern parts of Akita prefecture bordering the Sea of Japan and to the middle of Iwate prefecture on the Pacific shore, while the distribution of *M. alternatus* extended to Aomori prefecture, also bordering the Sea of Japan, and to the middle of Iwate prefecture.

Key words : pine wilt disease, *Bursaphelenchus xylophilus*, *Monochamus alternatus*, northern limit, monitoring

要旨

日本におけるマツ材線虫病の分布北限地帯である東北地方で、マツ材線虫病の分布拡大過程を明らかにするために、マツ材線虫病によるアカマツおよびクロマツの枯死木と、マツノザイセンチュウの媒介昆虫であるマツノマダラカミキリの分布を、1980年から2006年の分布図としてとりまとめた。分布図は、福島県、宮城県、山形県、岩手県、秋田県、および青森県が市町村単位にマツ材線虫病の発生とマツノマダラカミキリの捕獲頭数を調査した結果をとりまとめた、東北林業試験研究機関連絡協議会森林保全部会の内部資料図である東北地方におけるマツノザイセンチュウおよびマツノマダラカミキリの年度毎の分布図を基に作成した。マツ材線虫病による枯死木とマツノマダラカミキリの分布は共に、とりまとめ期間中に未被害地域に拡大した。マツ材線虫病は、日本海側では秋田県北部まで、太平洋側では岩手県内陸中部と沿岸南部まで分布を拡大した。マツノマダラカミキリは、日本海側では青森県西部、太平洋側では岩手県内陸中部と沿岸南部まで分布北限を拡大した。

キーワード：マツ材線虫病、マツノザイセンチュウ、マツノマダラカミキリ、分布北限、モニタリング

はじめに

東北地方におけるマツ材線虫病は、1975年に宮城県石巻市で確認された(早坂ら, 1976; 庄司ら, 1976)。以来本病の分布が精査され、宮城県のみならず福島県でも被害が確認された(在原, 1976)。その後、1979年に山形県と岩手県でも被害が確認され(斉藤, 1980; 作山・佐藤, 1979)、さらに1982年に秋田県へと分布を拡大し(野村, 1984)、現在でも本病による被害は青森県を除く東北5県で継続して認められる(林野庁, 2007)。本病は日本に分布していなかったマツノザイセンチュウ(*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner and Buhner) Nickle)が、マツノマダラカミキリ(*Monochamus*

alternatus Hope)によって伝搬され(森本・岩崎, 1972)、アカマツ(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)とクロマツ(*P. thunbergii* Parl.)の萎凋枯死を引き起こす(清原・徳重, 1971)。本病はマツノザイセンチュウを付随したマツノマダラカミキリの分布拡大に伴って西日本から東日本へと被害分布が拡大した(小林, 1976)。現在では東北地方を分布北限としているが、分布北限地域ではさらに北上傾向にあるため分布拡大阻止のために防除努力がなされている。しかし、防除が行き届かないほどの広大な被害地であることに加え、寒冷地特有の年越し枯れや(市原ら 2006a, b; 陳野ら, 1987)、マツノザイセンチュウが何年も潜在感染した後に枯死するマツがあ

原稿受付：平成20年2月18日 Received 18 February 2008 原稿受理：平成20年5月7日 Accepted 7 May 2008

1) 本稿取りまとめ担当：市原 優*, 森林総合研究所東北支所 Corresponding author: Yu ICHIHARA*, Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* 森林総合研究所東北支所 〒020-0123 岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷 92-25 Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), Nabeyashiki 92-25, Shimo-Kuriyagawa, Morioka, Iwate 020-0123, Japan; E-mail: ichiyu@ffpri.affrc.go.jp

ること（長岐・金澤，2005）、枝枯れや被圧木が伝染源になること（作山ら，1988；佐藤ら，1988a）、また媒介昆虫については、マツノマダラカミキリが2年1化になることや（佐藤・作山，1984）、カラフトヒゲナガカミキリ（*M. saltuaris* Gebler）が媒介者となること（滝沢，1985）など、伝染環を複雑にする様々な要素があるため、これまで一定の防除効果があるものの防除は困難を極めマツ材線虫病の北上を許している状況にある。

東北林業試験研究機関連絡協議会森林保全部会（旧保護専門部会）では、1979年の会議の際にマツ材線虫病とマツノマダラカミキリの分布について、東北6県の詳細な情報を集めることに決定した（東北林業試験研究機関連絡協議会保護専門部会，1984）。以来、福島県、宮城県、山形県、岩手県、秋田県、および青森県の担当者により、マツ材線虫病とマツノマダラカミキリの毎年度の分布が森林保全部会に報告され、これら6県の資料を東北全体の分布図として森林総合研究所東北支所生物被害研究グループ（旧樹病研究室）で作成し、毎年の森林保全部会での情報交換資料に用いられてきている。この分布図は、2006年度まで継続して作成されているが、これまでその一部について公表されて以来（東北林業試験研究機関連絡協議会保護専門部会，1984，1986）、森林保全部会の内部資料として用いられ公表されてこなかった。各県毎の分布変遷は報告されているが（在原・田久保，1988；藤岡，1991；小林ら，1988；小岩・高橋，2005；大津ら，1992；尾山，1993）、東北地方全体での分布変遷を合わせることで、日本における本病の分布北限の拡大過程を把握するための参考になると考えられる。そこで、森林保全部会ではこれまでの分布図をまとめて分布変遷図として報告し、マツ材線虫病分布先端地域の今後の被害対策のための資料として、さらに本病のような外来生物を病原体とする侵入病害の拡大過程の記録として、各方面の参考に供することとした。本稿では1980年から2006年の東北地方におけるマツ材線虫病とマツノマダラカミキリの分布の変遷を、森林保全部会の資料を元に作成し報告するとともに、本会で話題になった近年の東北地方におけるマツ材線虫病に対する課題等を報告する。

集計方法

調査担当者

この分布図は、東北6県の森林・林業試験研究機関において、1980年から2006年の間に主に保護部門の研究担当者によって行われた調査結果を基に作成した。以下に南に位置する県から順に担当者を列記する。福島県：福島県林業研究センター（旧林業試験場）、在原登志男、橋本正伸、大槻晃太、齊藤勝男、齋藤直彦、須田俊雄、武井利之、柳田範久、宮城県：元宮城県林業試験場、尾花健喜智、尾山郁夫、遠藤輝男、志水勝彦、早坂義雄、柳原 昊、宮城県林業試験場、梅田久男、田代丈士、中

澤健一、水戸辺栄三郎、宮城県林業振興課、勝又敏彦、宮城県自然保護課、唐澤 悟、宮城県大崎地方振興事務所、小松利昭、松野 茂、宮城県栗原地方振興事務所、須藤昭弘、山形県：山形県森林研究研修センター、齊藤正一、大泉雅春、岩手県：岩手県林業技術センター、作山 健、佐藤平典、小林光憲、舟越日出夫、高橋健太郎、小岩俊行、小澤洋一、秋田県：秋田県農林水産技術センター森林技術センター、長岐昭彦、富樫 均、藤岡 浩、加茂谷常雄、青森県：青森県農林総合研究センター林業試験場（旧青森県林業試験場）兼平文憲、今 純一。

調査方法

マツ材線虫病とマツノマダラカミキリの分布調査は、東北林業試験研究機関連絡協議会保護専門部会（1984）において報告されている調査方法を継続して、同様の方法で行った。すなわち、マツ材線虫病の被害木分布は、アカマツとクロマツの区別をせずにマツ材線虫病による枯死木本数で、市町村毎に被害本数1～10本、11～100本、および101本以上の3段階に分けて記録した。このうち枯死本数の少ない場合は、線虫の分離が確認されているものを用いた。マツノマダラカミキリの分布は、トラップや被害木調査等により確認されたマツノマダラカミキリ頭数を元に、市町村毎におおむね低密度と高密度の2段階として作図した。年度の区切りは、東北林業試験研究機関連絡協議会保護専門部会（1984）にならい、8月から翌年7月としてきた。しかし、一部では4月から翌年3月の年度区切りとなっている。そのため各県や林野庁の被害統計とは発生年などのデータが異なる場合があるが、大幅な相違は認められない。

調査結果のとりまとめ

東北6県の分布調査結果は、毎年度毎に森林総合研究所東北支所生物被害研究グループ（旧樹病研究室）において東北地方全体図にまとめられ、東北林業試験研究機関連絡協議会森林保全部会の「東北地方におけるマツノザイセンチュウおよびマツノマダラカミキリの分布図」として用いられている。本報告では、旧樹病研究室に保管されていた森林保全部会の配付資料の分布図と森林保全部会で用いた模造紙の白地図を元データとして、1980年度から2006年度のマツ材線虫病被害とマツノマダラカミキリの分布変遷図としてとりまとめた。各点のカテゴリーは、東北林業試験研究機関連絡協議会保護専門部会（1984）における1979年以前の分布図を基準として、分布初確認、前年から継続して分布確認、および以前に分布が確認されたが当年度未確認、の3カテゴリーに色分けし、被害本数とマツノマダラカミキリ密度を点の大きさで分けて示した。元資料の分布図において年度によってカテゴリー分けが異なる場合があったが、本報告ではこれらを統一した。なお、市町村合併により既存の複数市町村毎の被害データが一つにまとめられてい

る年度がある。一方、合併後も元の市町村別に詳しくデータがある場合は、旧市町村界を破線とする等により、可能な限り詳細に記述した。なお、分布変遷図のとりまとめは、森林総合研究所東北支所生物被害研究グループ（旧樹病研究室）の市原 優が担当し、非常勤職員の田山孝子の補助を得て作成した。

結 果

マツ材線虫病による枯死木の分布拡大

1980年度から2006年度の東北地方におけるマツ材線虫病による被害木の年度毎の分布を示す (Fig. 1)。日本海側の地域では1980年までに山形県鶴岡市で被害木があったが、その後日本海沿岸で連続的に分布拡大し、1990年代には秋田県の内陸地域と沿岸の青森県境付近まで拡大した。山形県では、県東部の山形盆地と、月山から最上峡の山並みを挟んだ西部の庄内地域でそれぞれ別々に被害が発生し、1980年代に両地域間で被害地が不連続なまま県全体的に拡大した。福島県は、阿武隈山地と奥羽山脈が縦断しており、これによって分けられた地域を太平洋側から浜通り、中通りおよび会津地方に区分している。福島県では分布図作成当初から浜通りと中通りに被害が認められていたが、1980年代に会津地域まで拡大した。会津地域では東側と西側の両方から被害が拡大した。また、1980年代に宮城県の太平洋側地域から岩手県南部に認められていた被害は、2006年には宮城県全域に、岩手県では北上川沿いで盛岡市に隣接する内陸中部の紫波町まで、太平洋沿岸地域では沿岸南部の大船渡市の旧三陸町まで拡大した。岩手県ではやませの影響で夏季に低温になりやすい太平洋沿岸に比べ、内陸の低地の方がより北方まで被害が拡大した。

マツノマダラカミキリの分布拡大

1980年度から2006年度の東北地方におけるマツノマダラカミキリの年度毎の分布を示す (Fig. 2)。1980年代前半には日本海沿岸地域では山形県庄内地域から秋田平野まで分布していたが、その後秋田県内陸地域のほぼ全域に拡大した。また、当初トラップ調査で確認されていなかった青森県の西部地域でも1995年に捕獲され、2000年代は継続して捕獲された。山形県内陸では1980年頃一部に低密度で分布していたマツノマダラカミキリが1990年代には全域に分布拡大した。福島県では1980年以前には浜通りと中通りに分布が限られていたが、1980年代以降に県西部の会津地方へ拡大した。太平洋側では、1980年代前半に宮城県から岩手県南部にかけて分布が確認されていたが、その後マツ材線虫病と同様に北上した。

考 察

マツ材線虫病が東北地方のごく一部で確認されていた1970年代に、マツノマダラカミキリとニセマツノザ

イセンチュウ (*B. mucronatus* Mamiya and Enda、マツノザイセンチュウにもっとも近縁な種) の分布は、東北地方の未被害地に広く確認されていた (早坂ら, 1976, 1980; 庄司ら, 1976)。東北林業試験研究機関連絡協議会保護専門部会 (1984) は、1982年頃までに生息確認された地域以南に、マツノザイセンチュウの侵入以前の土着のマツノマダラカミキリが広く分布していたと考えている。マツ枯れ被害は媒介昆虫の生息可能域で発生し定着すると考えられることから、マツノマダラカミキリ生息域全体に被害が拡大することが危惧されていた (東北林業試験研究機関連絡協議会保護専門部会, 1984)。その後マツ材線虫病の被害は、その予想通りマツノマダラカミキリの分布域に拡大した。

さらにその後、1982年頃に把握されていた分布域を越えてマツノマダラカミキリが捕獲されるようになり、それに伴ってマツ材線虫病の被害も拡大していった。福島県の会津地方ではマツノマダラカミキリの分布は確認されていなかったが、マツノマダラカミキリの分布とマツ材線虫病被害がほぼ平行して拡大した (在原・橋内, 1995; 在原・田久保, 1988)。秋田県と岩手県では、1982年頃に把握されていた分布の北限よりもさらに北部の市町村でマツノマダラカミキリが捕獲されるようになったことから、北への分布が拡大した可能性が考えられる。このマツノマダラカミキリの分布の北上は、奥羽山脈をはさんで日本海側と太平洋側でそれぞれ独立して進行したことが分子生物学的手法を用いた研究により示されており (Shoda-Kagaya, 2007)、このことは、分布図において1980年代にマツノマダラカミキリの分布が秋田県と岩手県で拡大する過程で、分布地が奥羽山脈を挟んで不連続であったことからうかがえる。同様に、山形盆地と庄内地域はともに奥羽山脈西側の日本海側の地域ではあるが、1980年の分布図のようにマツ材線虫病とマツノマダラカミキリの拡大は連続していない。両地域の間には月山から最上峡に至る山並みがあることから、両地域でも別々の分布拡大があった可能性が推察される。なお、山形県の被害は他地域からの被害材が持ち込まれたことが発端である可能性が考えられている (斉藤, 1982)。

1989年以降の秋田県沿岸北部や1987年以降の岩手県内陸部を見ると、マツ材線虫病の被害発生に先行してマツノマダラカミキリの分布が拡大した傾向が認められる。このマツノマダラカミキリが被害地から飛来したのか、または低密度で検出されなかった土着のものかどうかは、今後の被害分布拡大過程を把握する上でも明らかにする必要がある。また青森県西部の秋田県との県境に近い日本海沿岸地域ではマツノマダラカミキリは捕獲されていなかったが、被害発生地が近づくにつれてマツノマダラカミキリがトラップにより頻繁に捕獲されるようになっており (今, 1996)、被害木発生の有無や捕獲されたマツノマダラカミキリがマツノザイセンチュウを

保持しているかどうかが危機感を持って調査されている（青森県農林部治山課森林保護班，1998）。

被害の最前線においては、一度発生した被害がいったん終息した市町村がある。岩手県では国道4号線沿いにマツ材線虫病の発生が飛び火的に認められたことから、最前線では持ち込みによる拡大があったと考えられているが、その後は初期防除の効果や温度不足などによりマツノマダラカミキリが定着せず、被害が拡大しなかったと考えられていた（東北林業試験研究機関連絡協議会保護専門部会，1984）。しかし、そのほとんどはその後面的に拡大した被害分布の中に入ってしまった。

侵入生物による昆虫媒介性樹木萎凋病害の分布拡大の例は、樹皮下穿孔性キクイムシが媒介する病原菌 *Ophiostoma ulmi* (Buism.) Nannf. と *O. novo-ulmi* Brasier によるニレ立ち枯れ病 (Pomerleau, 1961) や、ノクチリオキバチ (*Sirex noctilio* Fabricius) が媒介する病原菌 *Amylostereum areolatum* (Fries) Boidin によるラジアータマツ (*Pinus radiata* D. Don) 集団枯損 (Morgan, 1989) などがあり、分布拡大の一途をたどった実態が示されている。それらと同様に本報告のマツ材線虫病の分布変遷図では、防除により拡大速度が抑えられながらも分布拡大してきたことが認められる。東北地方における本病の被害分布は温度依存的に拡大限界域まで拡大していく可能性が示されているが（五十嵐，2007；鎌田，1997；小林，1988；庄司ら，1980）、現在はまだその限界域には達していないと考えられる。

防除を実施したにもかかわらず被害が継続して発生している場合が多い。微害林における枯損木の見落としもあると指摘されているが（在原・橋内，1995）、一方で、東北地方の寒冷地では様々な枯死形態があることが明らかにされてきており（市原ら，2006a, b；陳野ら，1987）、これに伴って伝染環が複雑になっていると思われる。このような枯死形態に対応した防除方法として、マツノマダラカミキリの産卵対象木が限定的になっていることを利用し、産卵された夏期の枯死木のみを駆除対象にして省力化を図る秋田方式や（星崎ら，2005；小林，2004，2005）、潜在感染木やマツノマダラカミキリ産卵対象木を除去する「山そうじ」等が考案され（藤岡，1987；小岩ら，2004；佐藤ら，1988b）、効果を上げている。各被害地にはそれぞれ、完全駆除、微害を維持する駆除、および守るべきマツだけ守る駆除等の防除目標があり、今後も各被害地の防除目標と被害状況、立地環境、及び植生分布等に合わせ、伐倒駆除や殺線虫剤の樹幹注入、殺虫剤空中散布、また生物農薬や捕食鳥類・昆虫による生物防除、抵抗性マツの導入など様々な防除方法を組み合わせた総合防除が必要とされる。しかし、抵抗性マツについては、本病に対するマツの抵抗性機構が十分に解明されていないため、抵抗性選抜を接種検定のみで頼らざるを得ない状況にあることから、より効率の良い選抜手法が求められている。また、マツノマダラ

カミキリが飛翔期において被害地から未被害地へと分散する長距離移動の実態が十分把握されていないことにより被害拡大予測が難しくなっている。一方、枯死木中のマツノザイセンチュウの密度が低く分離されにくいこと（作山・小林，1988）、他の昆虫に付随すると考えられている別の *Bursaphelenchus* 属線虫が比較的頻繁に分離されること（藤岡・宮野，1987；作山・佐藤，1979）などが感染木を特定するための障害となっている。このようなマツ材線虫病に関与する様々な生物的要因についても今後十分に明らかにする必要がある。

近年の市町村合併に伴い、2006年度の分布図に認められるようにモニタリング結果が粗く提示される地域が多くなることが予想される。しかし、防除対象の現状を正確に把握することが防除の第一歩であることから、今後もモニタリングを継続し本病の拡大を監視する必要がある。特に最先端地域など根絶を目標とする地域では十分な野外モニタリングを行い、単木レベルで被害木の分布とマツノマダラカミキリおよびマツノザイセンチュウの分布についてデータ管理することが必要である。

引用文献

- 青森県農林部治山課森林保護班（1998）青森県の松くい虫侵入防止対策，森林防疫，**47**，141-142。
- 在原登志男（1976）マツノザイセンチュウ被害調査，福島林試報，**8**，33-35。
- 在原登志男・橋内雅敏（1995）福島県会津地方における松くい虫被害の推移と防除対策，森林防疫，**44**，113-116。
- 在原登志男・田久保 昌（1988）福島県におけるマツノザイセンチュウの年次分布と地区別の被害発生量の特徴，日林東北支誌，**40**，188-189。
- 藤岡 浩（1987）マツ材線虫病防除に対する除・間伐の効果，森林防疫，**36**，181-186。
- 藤岡 浩・宮野順一（1987）被圧枯死木におけるマツノマダラカミキリの寄生と材内線虫の検出状況，日林東北支誌，**39**，177-179。
- 藤岡 浩（1991）秋田県におけるマツ材線虫病の現状とその防除対策，森林防疫，**40**，109-114。
- 早坂義雄・小原憲由・斎藤錦也・文屋勝衛・大友統一（1976）宮城県におけるマツの材線虫病等の実態調査，日林東北支誌，**28**，208-212。
- 早坂義雄・尾花健喜智・勝又敏彦（1980）宮城県におけるマツノマダラカミキリの分布（第3報），日林東北支誌，**32**，191-194。
- 星崎和彦・佐野さやか・桜庭秀喜・田淵範子・吉田麻美・及川夕子・蒔田明史・小林一三（2005）被害木の炭化によるマツ材線虫病の防除：媒介昆虫抑制のための戦略と秋田の海岸マツ林における取り組み，東北森林科学会誌，**10**，82-89。
- 市原 優・窪野高德・升屋勇人・小岩俊行（2006a）マ

- ツ材線虫病の年越し枯れ過程における水ポテンシャルと蒸散速度の変化, 東北森林学会誌, **11**, 7-13.
- 市原 優・窪野高徳・升屋勇人・小岩俊行 (2006b) 寒冷地のマツ材線虫病枯死過程における水分生理状態, 森林総研東北支所研究情報, **6** (2), 1-6.
- 五十嵐正俊 (2007) 「松くい虫」の被害は青森県にも達するのだろうか?, 森林防疫, **56**, 116-121.
- 鎌田直人 (1997) 最先端地域におけるマツ材線虫病の動向と将来, 森林総研東北支所たより, **422**, 1-6.
- 清原友也・徳重陽山 (1971) マツ生立木に対する線虫 *Bursaphelenchus* sp. の接種試験, 日林誌, **53**, 210-218.
- 小林一三 (2004) 東北寒冷地におけるマツ材線虫病対策, グリーンエージ, **364**, 18-21.
- 小林一三 (2005) 松くい虫被害の研究および対策の今昔物語 (2) — 冷涼な地に適した防除システムの構築に向けて —, 林業と薬剤, **171**, 7-10.
- 小林光憲 (1988) マツ材線虫病に関する研究成果 (II) メッシュ気候情報システムを利用したマツノマダラカミキリ生育適地の推定, 岩手県林試報, **20**, 13-20.
- 小林光憲・作山 健・佐藤平典 (1988) マツ材線虫病に関する研究成果 (I) 被害発生経過とマツノマダラカミキリの分布, 岩手県林試報, **20**, 1-12.
- 小林享夫 (1976) マツノザイセンチュウの地理的分布, 森林防疫, **25**, 167-168.
- 小岩俊行・高橋健太郎 (2005) 岩手県におけるマツ材線虫病の推移と防除対策 — 平成2 (1990) 年から15 (2003) 年までの状況, 林業と薬剤, **171**, 14-24.
- 小岩俊行・高橋健太郎・小林静夫・外館聖八朗 (2004) 岩手県における松くい虫被害北端地域の被害と防除の取り組み, 東北森林学会講要, **9**, 4.
- 今 純一 (1996) マツ材線虫病の媒介昆虫に関する研究, 青森県林試報, 平成7年度, 81.
- Morgan, F. D. (1989) Forty years of *Sirex noctilio* and *Ips grandicollis* in Australia. New Zealand J. For. Sci., **19**, 198-209.
- 森本 桂・岩崎 厚 (1972) マツノザイセンチュウ伝播者としてのマツノマダラカミキリの役割, 日林誌, **54**, 177-183.
- 長岐昭彦・金澤正和 (2005) 寒冷地におけるマツ材線虫病が潜在感染から発病するまでの過程, 東北森林学会誌, **10**, 95-99.
- 野村繁英 (1984) 秋田県に発生したマツ材線虫病について, 森林防疫, **33**, 117-123.
- 大津正英・大泉雅春・荒井正美 (1992) 山形県におけるマツ材線虫病の被害推移とその防除対策, 森林防疫, **41**, 103-106.
- 尾山郁夫 (1993) 宮城県におけるマツ材線虫病の被害推移と防除対策, 森林防疫, **42**, 10-19.
- Pomerleau, R. (1961) History of the Dutch elm disease in the province of Quebec, Canada, Forestry Chronicle, **37**, 356-367.
- 林野庁 (2007) 平成18年度松くい虫被害について, 森林防疫, **56**, 198-200.
- 斉藤 諦 (1980) 山形県におけるマツ類の枯損状態について, 日林東北支誌, **32**, 254-255.
- 斉藤 諦 (1982) 山形県におけるマツの材線虫病について, 森林防疫, **32**, 32-34.
- 作山 健・小林光憲 (1988) マツ材線虫病に関する研究成果 (III) 線虫分離用の材片の採取方法, 岩手県林試報, **20**, 21-26.
- 作山 健・佐藤平典 (1979) 岩手県におけるマツ材線虫病の発生, 森林防疫, **28**, 226-227.
- 作山 健・佐藤平典・小林光憲 (1988) マツ材線虫病に関する研究成果 (V) 枝枯れ木・健全木の枯れ上がり枝にマツノマダラカミキリとマツノザイセンチュウが生息していた事例, 岩手県林試報, **20**, 37-43.
- 佐藤平典・作山 健 (1984) 岩手県におけるマツノマダラカミキリの2年1世代の出現及び線虫保持数, 日林論, **95**, 461-462.
- 佐藤平典・作山 健・小林光憲 (1988a) マツ材線虫病に関する研究成果 (IV) 枯損被害木以外の感染源・増殖源, 岩手県林試報, **20**, 27-36.
- 佐藤平典・作山 健・小林光憲 (1988b) マツ材線虫病に関する研究成果 (VII) 事例調査による防除方法の検討, 岩手県林試報, **20**, 51-60.
- Shoda-Kagaya, E. (2007) Genetic differentiation of the pine wilt disease vector *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) over a mountain range — revealed from microsatellite DNA markers, Bull. Entomol. Res., **97**, 167-174.
- 庄司次男・滝沢幸雄・五十嵐正俊・早坂義雄・小原憲由・高橋 勉 (1976) 宮城県石巻市とその周辺におけるマツ類材線虫病の分布実態調査, 森林防疫, **25**, 53-56.
- 庄司次男・早坂義雄・在原登志男 (1980) 宮城・福島両県のマツ類材線虫病の分布と東北地方におけるそのまん延の可能性, 森林防疫, **29**, 122-126.
- 滝沢幸雄 (1985) 東北地方におけるカラフトヒゲナガカミキリー生態とマツ材線虫病の媒介者としての役割 —, 林業試験場東北支場たより, **279**, 1-4.
- 東北林業試験研究機関連絡協議会保護専門部会 (1984) 東北地方におけるマツ材線虫病とマツノマダラカミキリの分布, 森林防疫, **33**, 26-30.

東北林業試験研究機関連絡協議会保護専門部会（1986）

東北地方におけるマツ材線虫病とマツノマダラカ
ミキリの分布（Ⅱ）—1982年から1984年の経過
—，森林防疫，**35**，199-204.

陳野好之・滝沢幸雄・佐藤平典（1987）寒冷・高地地
方におけるマツ材線虫病の特徴と防除法，わかり
やすい林業研究解説シリーズ，**86**，林業科学技
術振興所，75p.

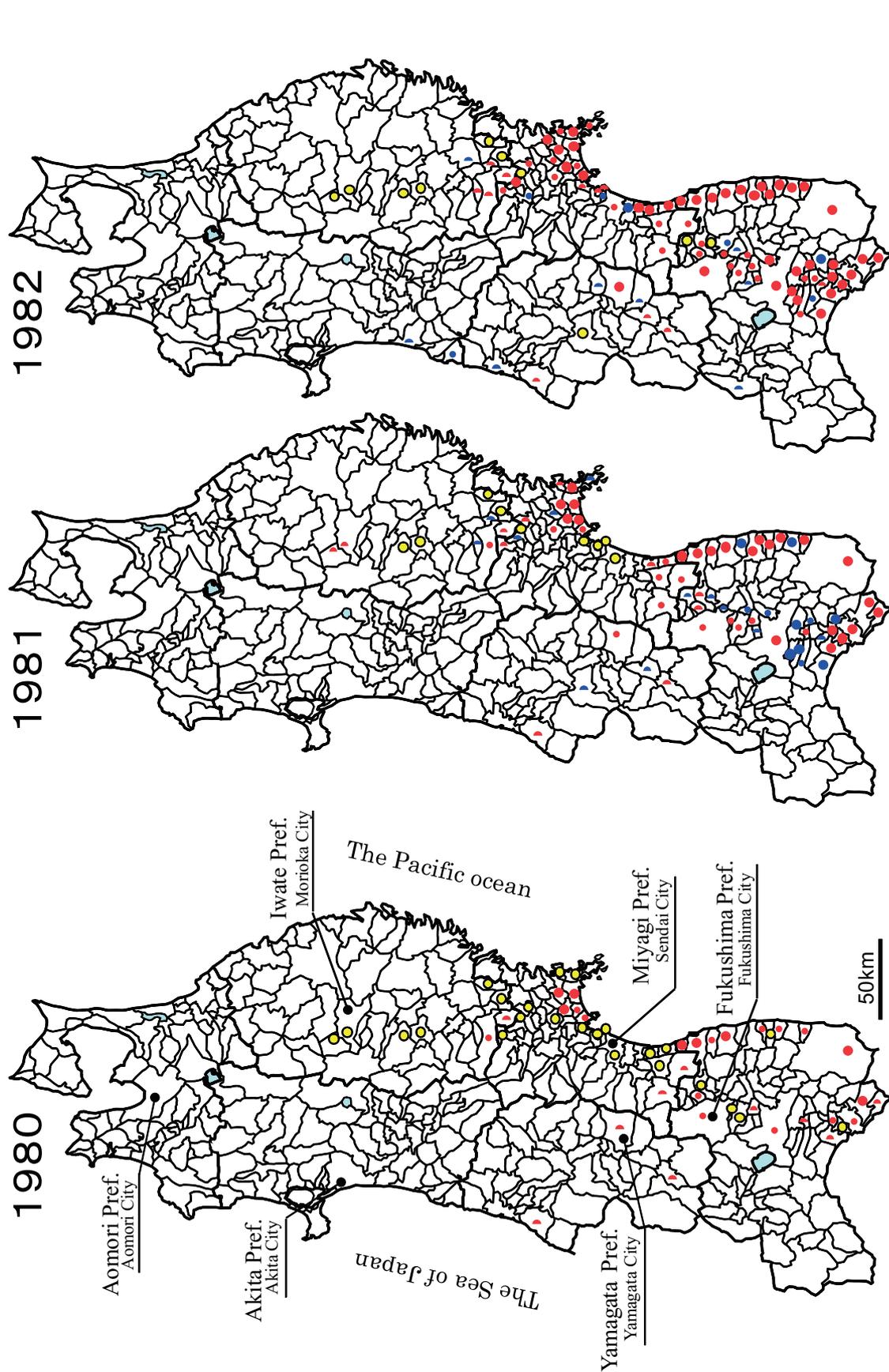


Fig. 1. 東北地方における市町村別のマツ材線虫病の年度毎の被害分布
被害本数を1~10本(半円)、11~100本(小円)、および101本以上(大円)に分けて示す。青色は分布初確認地点、赤色は前年から継続して分布が確認された地点、および黄色は以前に
分布が確認されたが当年度未確認であった地点を示す。
Distribution of dead trees of pine wilt disease according to the number of
dead trees; 1-10 (Half circle), 11-100 (small circle), 11-100 (Half circle), 11-100 (small circle) and 101 or more (large circle). Blue shows the distribution first confirmation, red shows the distribution confirmation continuously in the
previous year, and yellow shows unconfirmed times this year though was confirmed the distribution before.

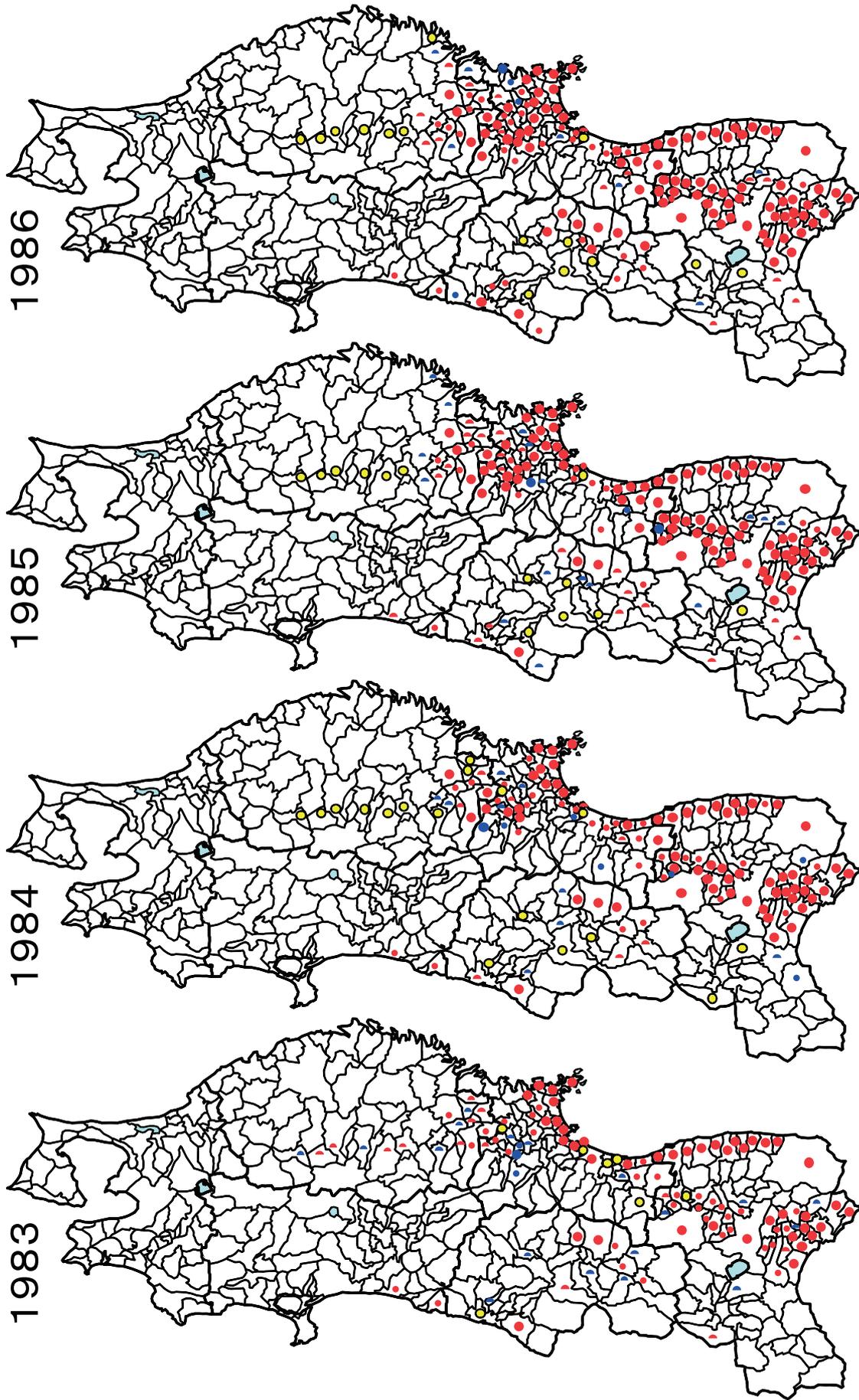


Fig. 1. 東北地方における市町村別のマツ材線虫病の年度毎の被害分布 (つづき)
Distribution of dead trees of pine wilt disease according to cities, towns, and villages in the Tohoku region in Japan every year from 1980 to 2006 (Continue)

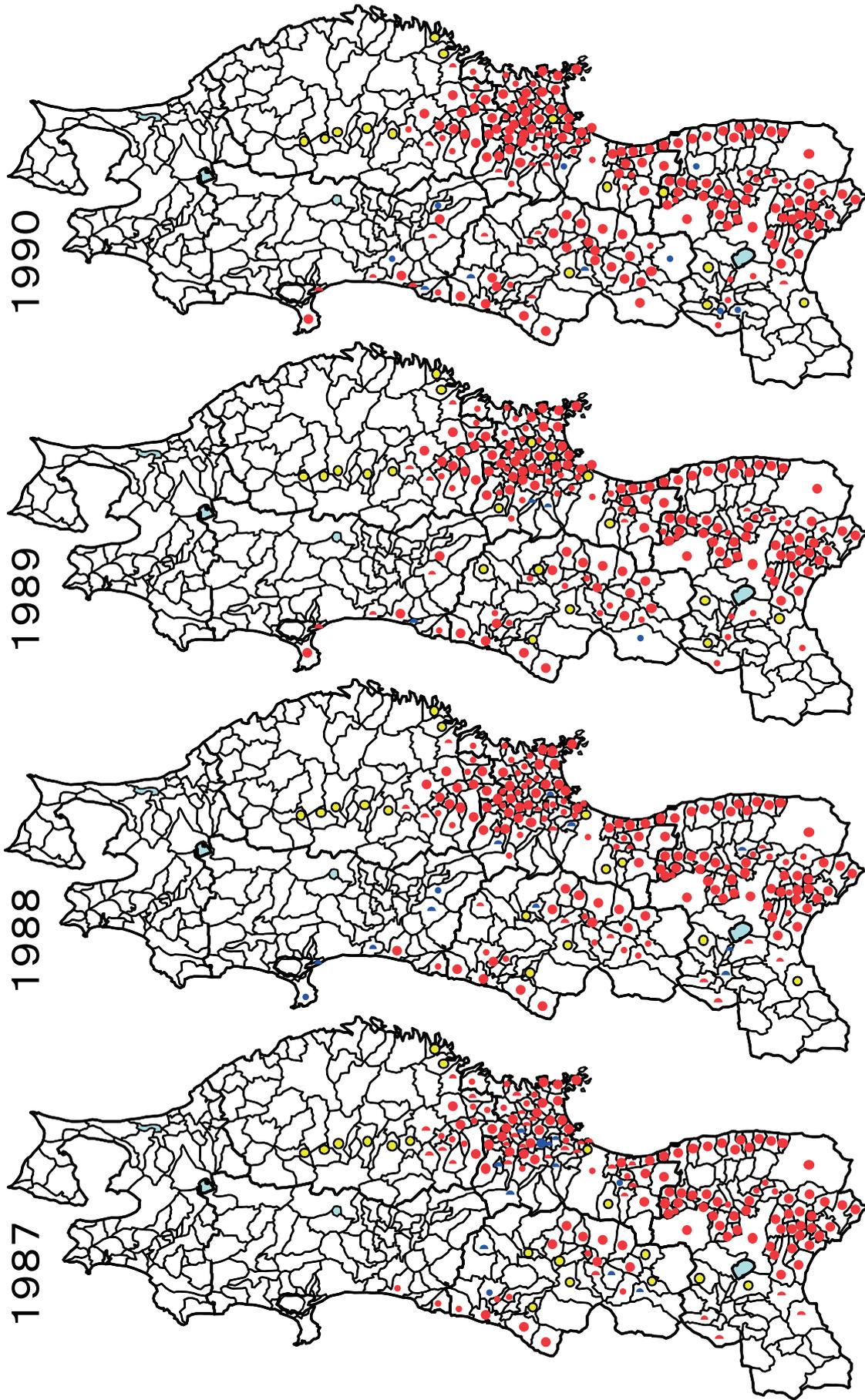


Fig. 1. 東北地方における市町村別のマツ材線虫病の年度毎の被害分布 (つづき)
Distribution of dead trees of pine wilt disease according to cities, towns, and villages in the Tohoku region in Japan every year from 1980 to 2006 (Continue)

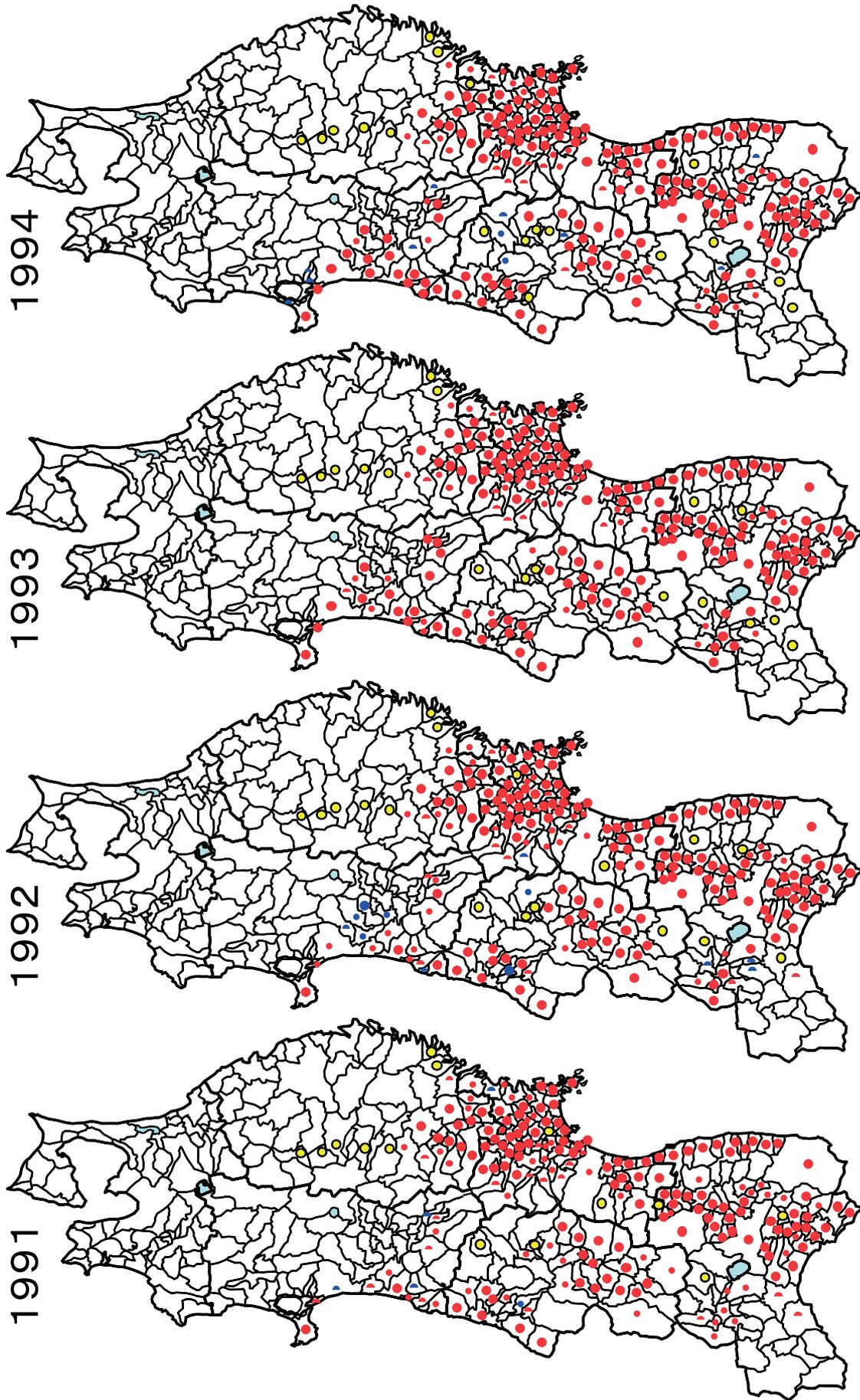


Fig. 1. 東北地方における市町村別のマツ材線虫病の年度毎の被害分布 (つづき)
Distribution of dead trees of pine wilt disease according to cities, towns, and villages in the Tohoku region in Japan every year from 1980 to 2006 (Continue)

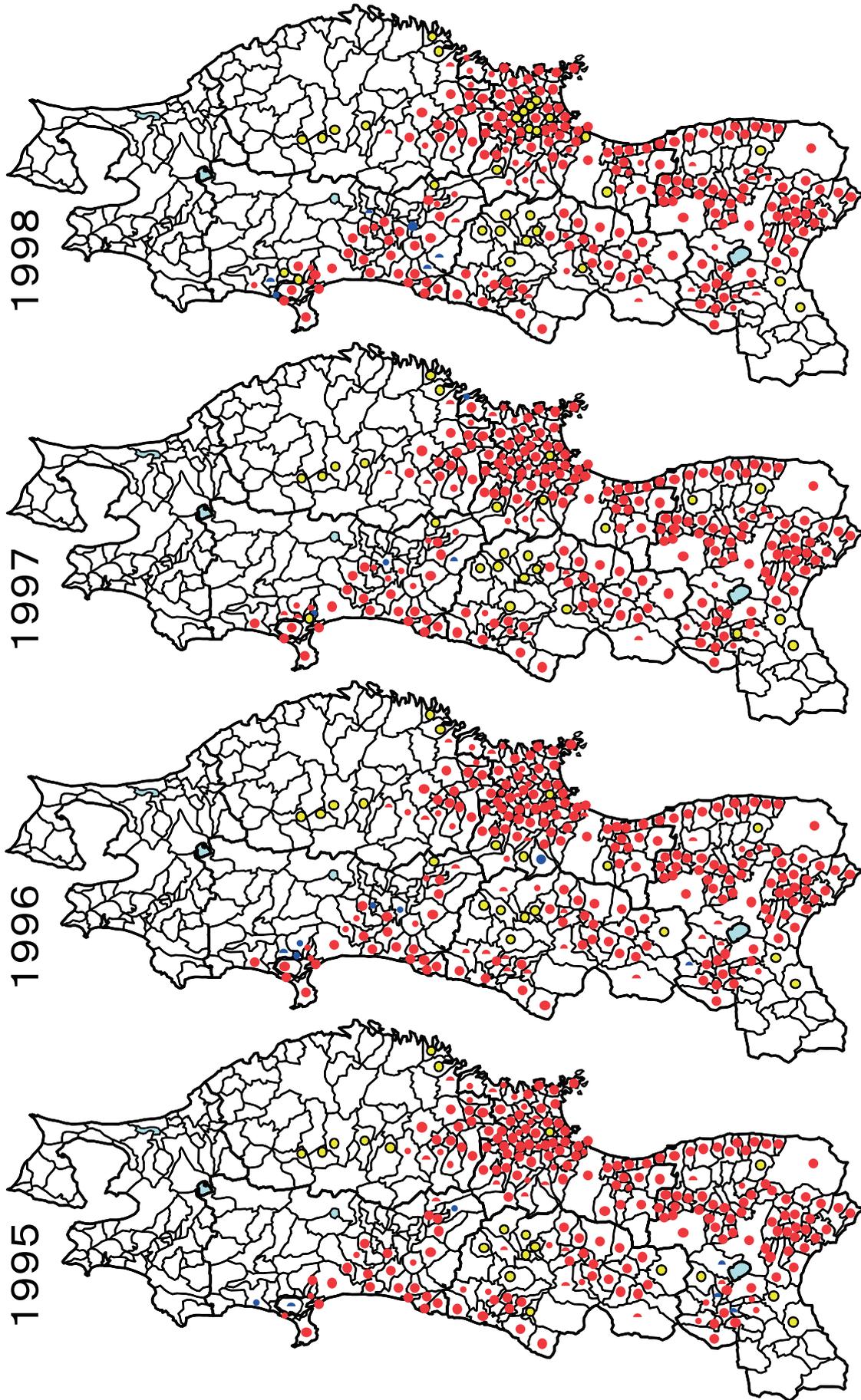


Fig. 1. 東北地方における市町村別のマツ材線虫病の年度毎の被害分布 (つづき)
Distribution of dead trees of pine wilt disease according to cities, towns, and villages in the Tohoku region in Japan every year from 1980 to 2006 (Continue)

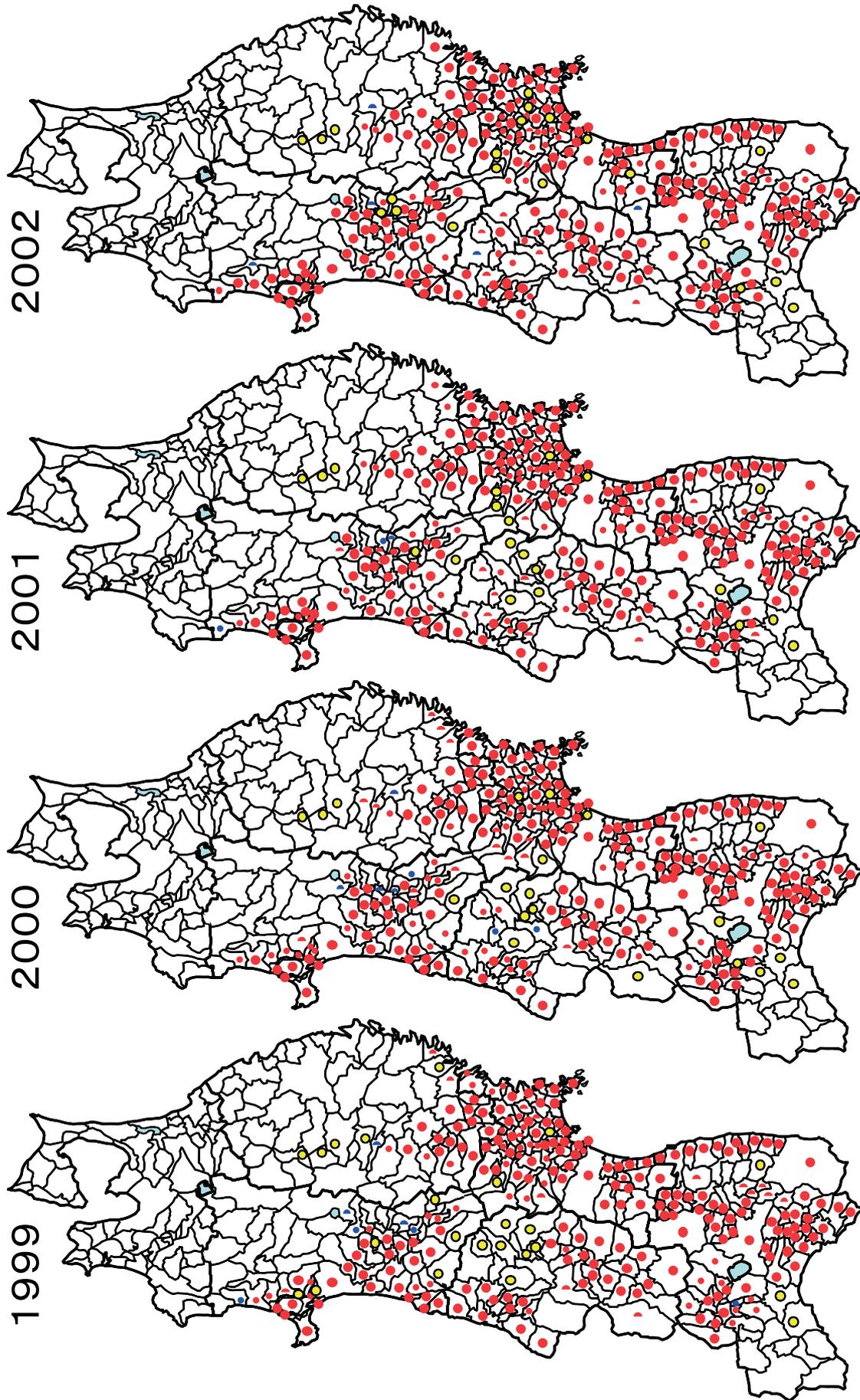


Fig. 1. 東北地方における市町村別のマツ材蠹虫病の年度毎の被害分布 (つづき)
Distribution of dead trees of pine wilt disease according to cities, towns, and villages in the Tohoku region in Japan every year from 1980 to 2006 (Continue)

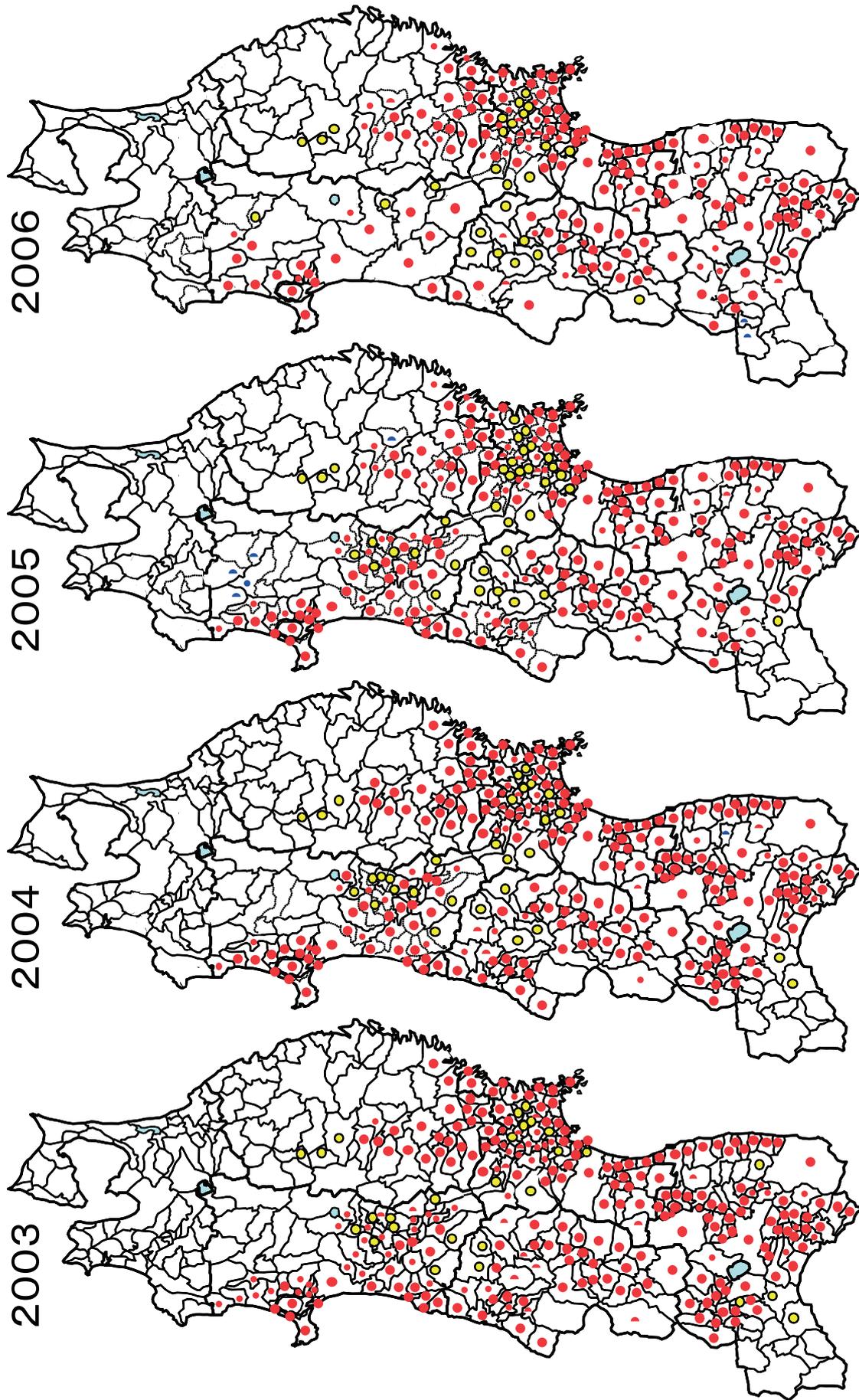


Fig. 1. 東北地方における市町村別のマツ材線虫病の年度毎の被害分布 (つづき)
Distribution of dead trees of pine wilt disease according to cities, towns, and villages in the Tohoku region in Japan every year from 1980 to 2006 (Continue)

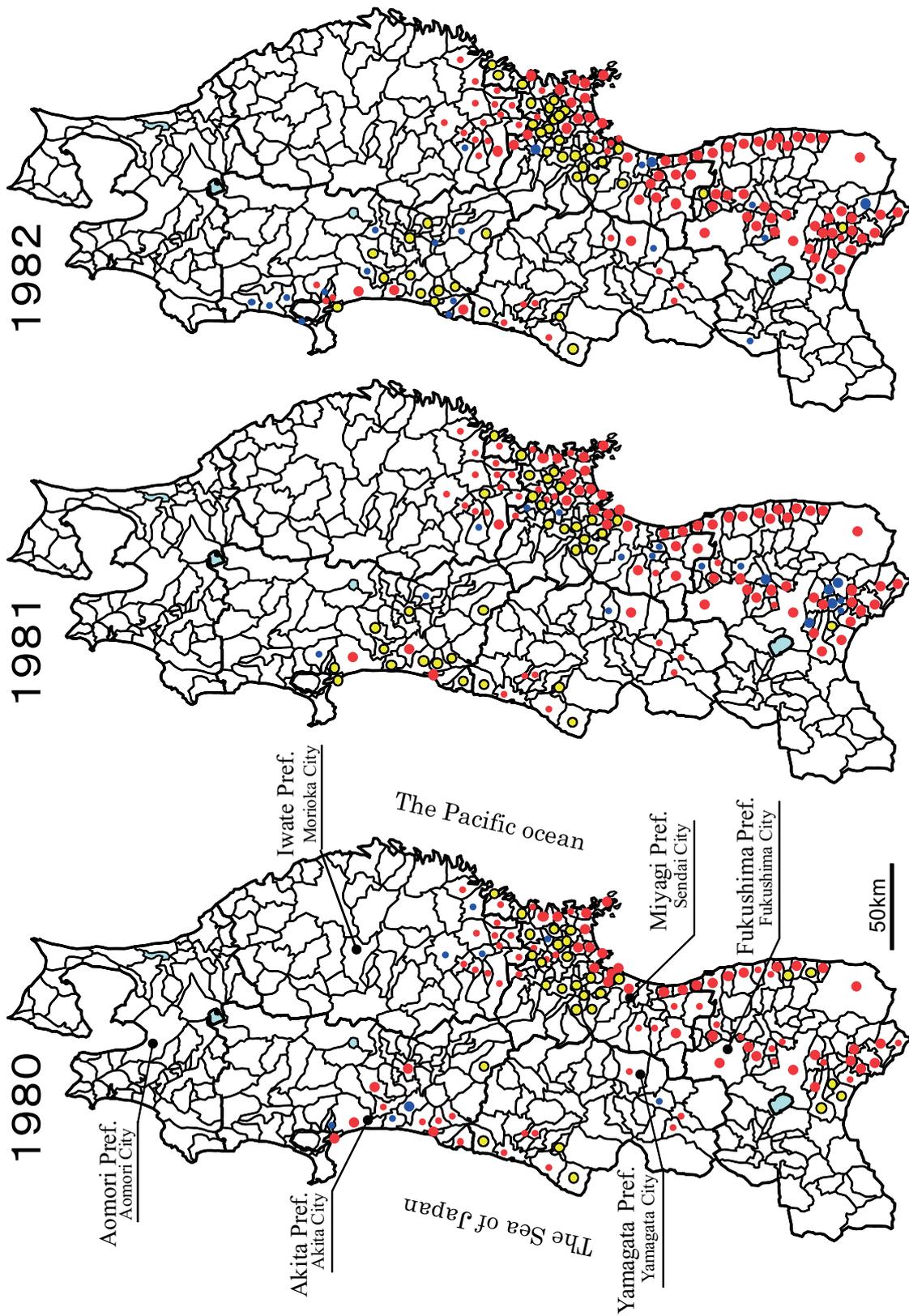


Fig. 2. 東北地方における市町村別のマツノマダラカミキリの年度毎の分布
 マツノマダラカミキリの密度を小円（低密度）と大円（高密度）で示す。青色は分布初確認地点、赤色は前年から継続して分布が確認された地点、および黄色は以前に分布が確認され
 なかったが当年度未確認であった地点を示す。
 Distribution of pine sawyer, *Monochamus alternatus*, according to cities, towns, and villages in the Tohoku region in Japan every year from 1980 to 2006. Each symbol indicates low
 density (small circle) and high density (large circle) of *M. alternatus*. Blue shows the distribution first confirmation and red shows the distribution confirmation continuously in the
 previous year, and yellow shows unconfirmed times this year though was confirmed the distribution before.

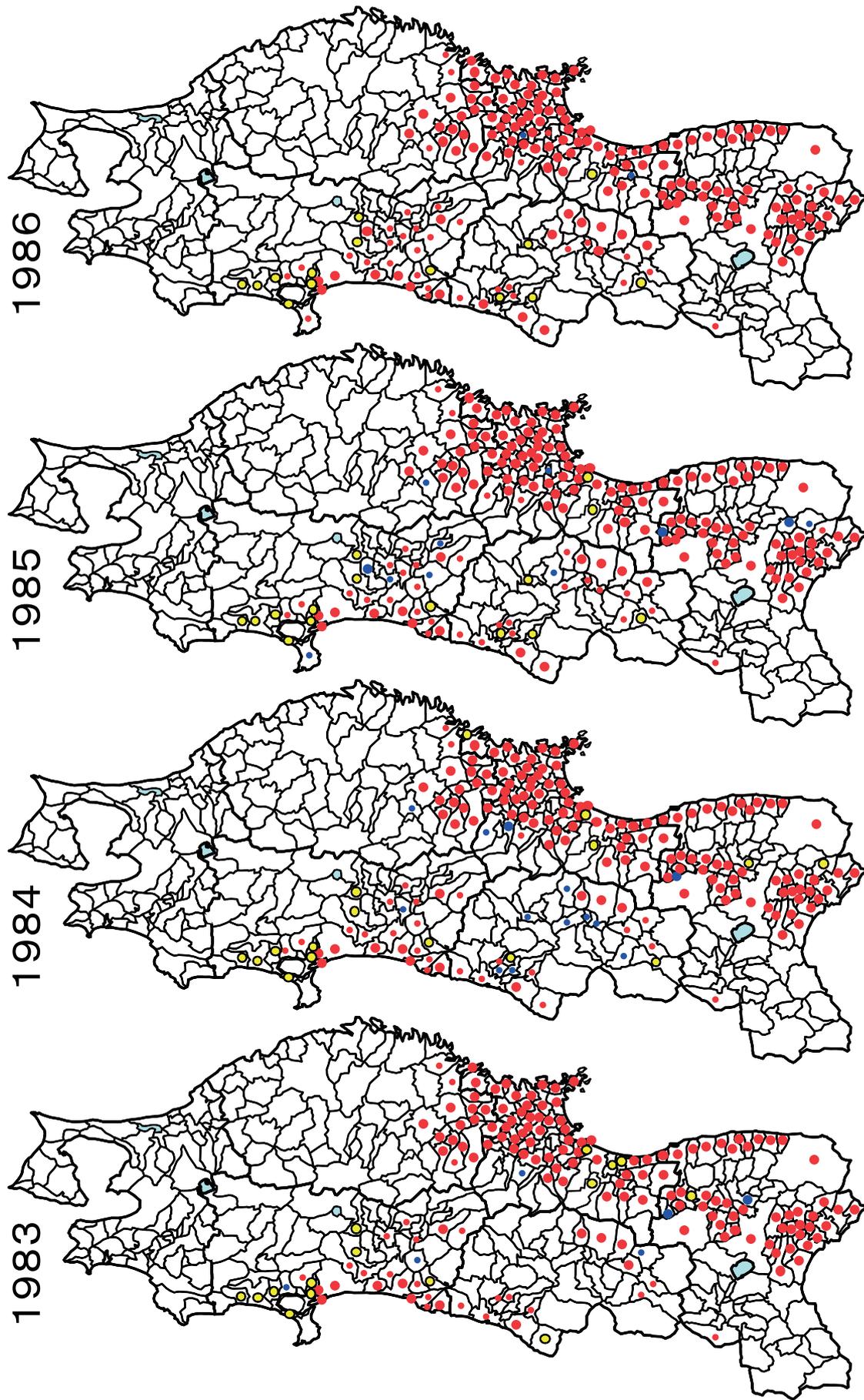


Fig. 2. 東北地方における市町村別のマツノマダラカミキリの年度毎の分布 (つづき)
Distribution of pine sawyer, *Monochamus alternatus*, according to cities, towns, and villages in the Tohoku region in Japan every year from 1980 to 2006 (Continue)

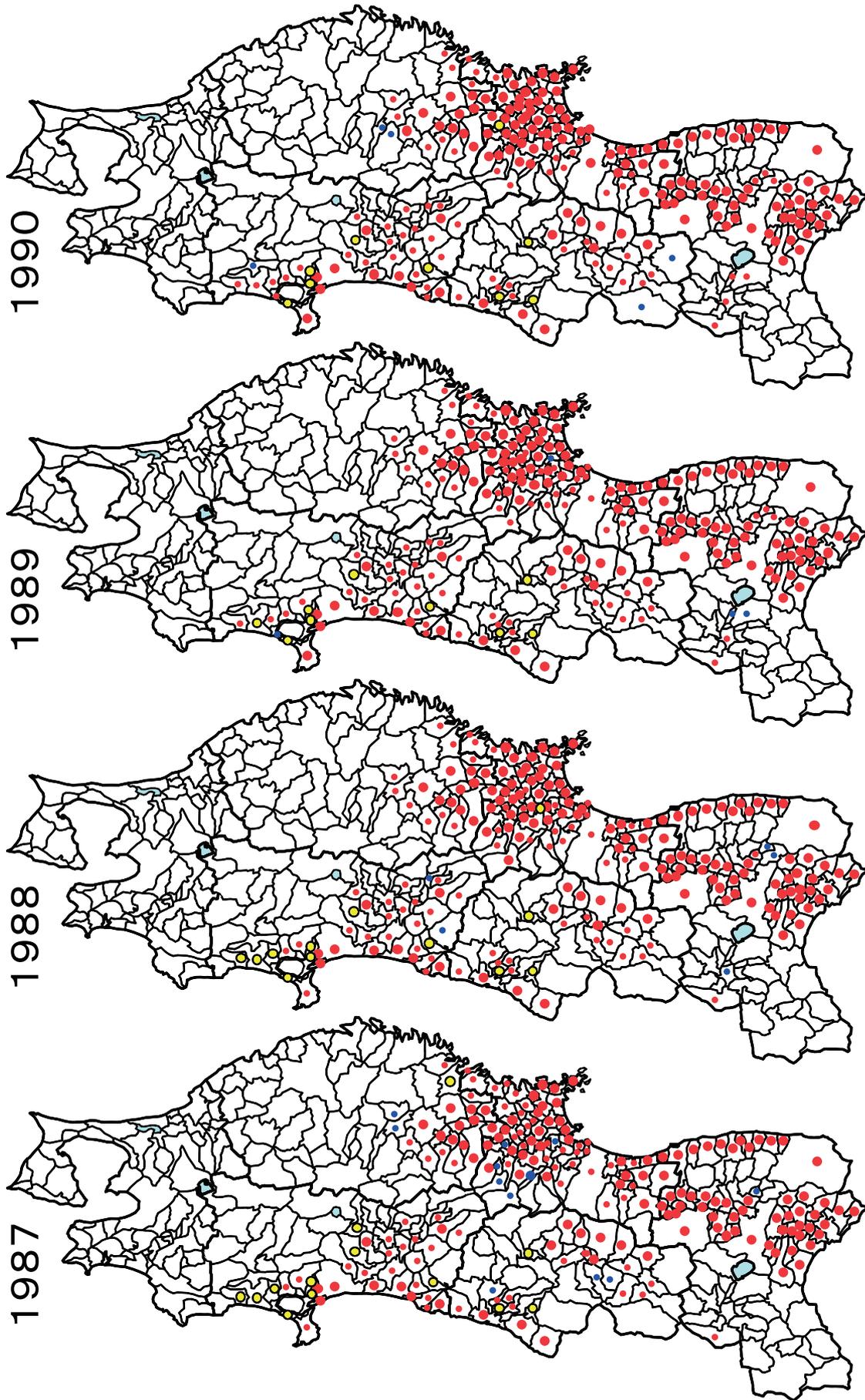


Fig. 2. 東北地方における市町村別のマツノマダラカミキリの年度毎の分布 (つづき)
Distribution of pine sawyer, *Monochamus alternatus*, according to cities, towns, and villages in the Tohoku region in Japan every year from 1980 to 2006 (Continue)

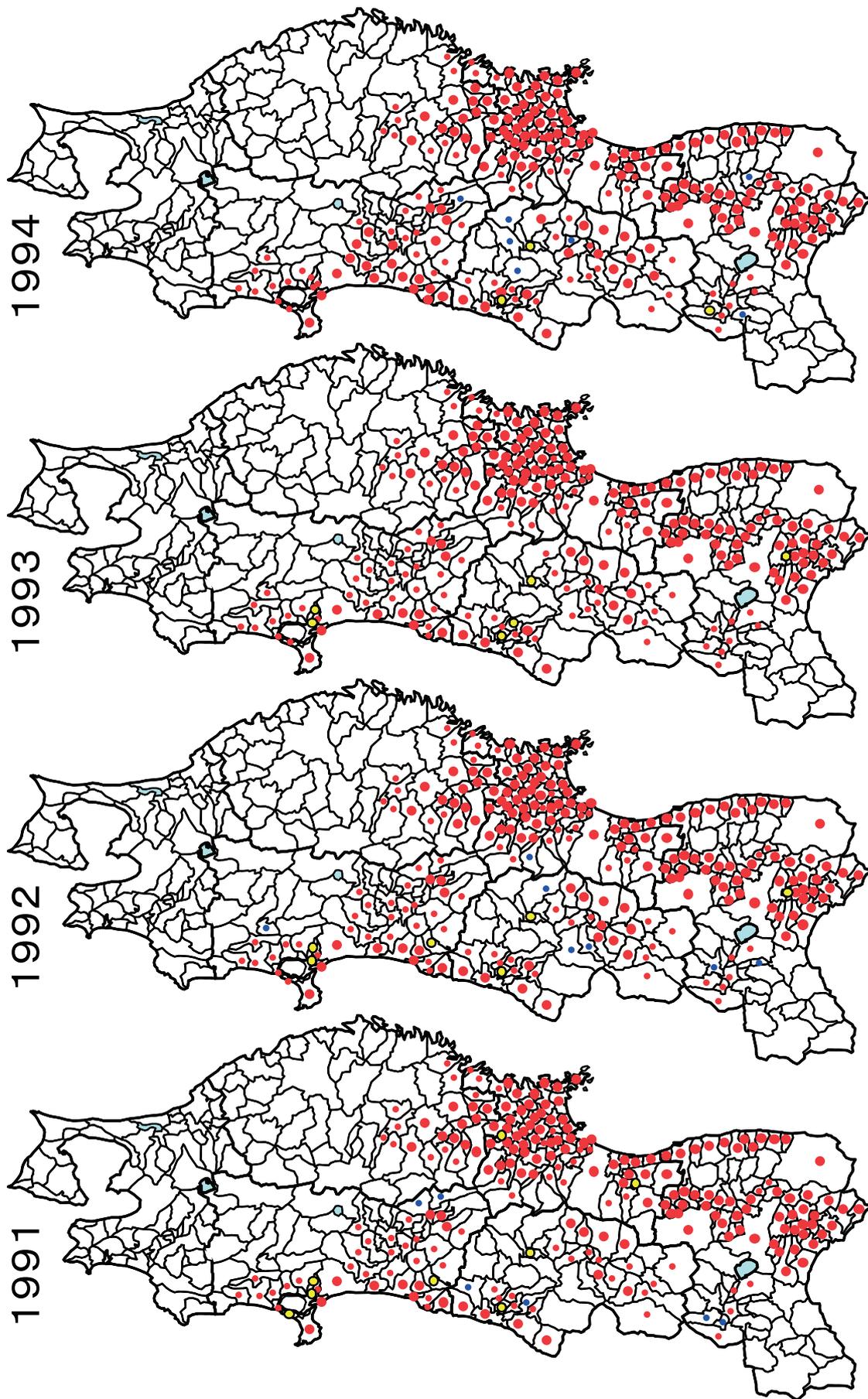


Fig. 2. 東北地方における市町村別のマツノダカラミキリノマダラカミキリの年度毎の分布 (つづき)
Distribution of pine sawyer, *Monochamus alternatus*, according to cities, towns, and villages in the Tohoku region in Japan every year from 1980 to 2006 (Continue)

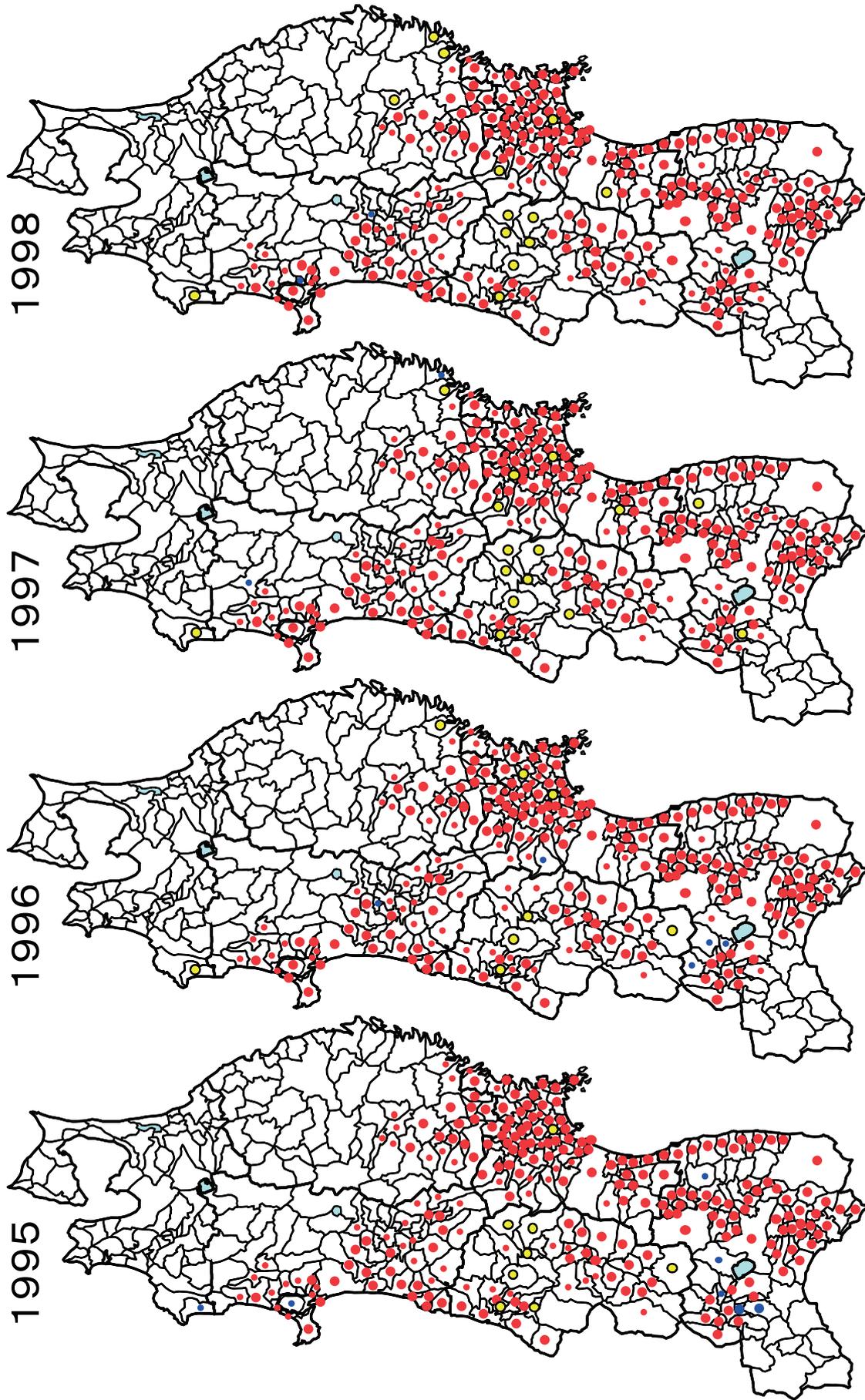


Fig. 2. 東北地方における市町村別のマツノマダラカミキリの年度毎の分布 (つづき)
Distribution of pine sawyer, *Monochamus alternatus*, according to cities, towns, and villages in the Tohoku region in Japan every year from 1980 to 2006 (Continue)

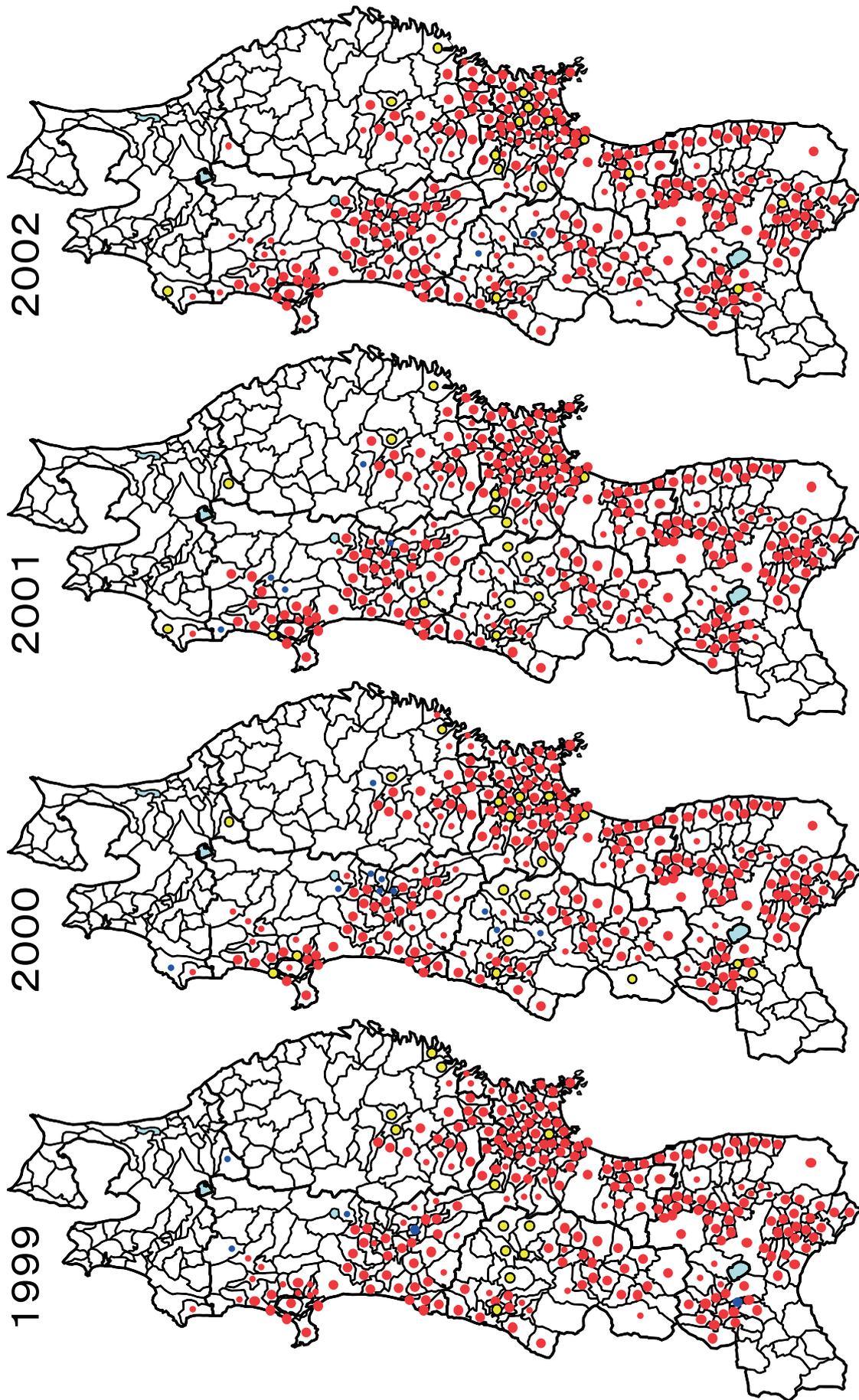


Fig. 2. 東北地方における市町村別のマツノダカラミキリの年度毎の分布 (つづき)
Distribution of pine sawyer, *Monochamus alternatus*, according to cities, towns, and villages in the Tohoku region in Japan every year from 1980 to 2006 (Continue)

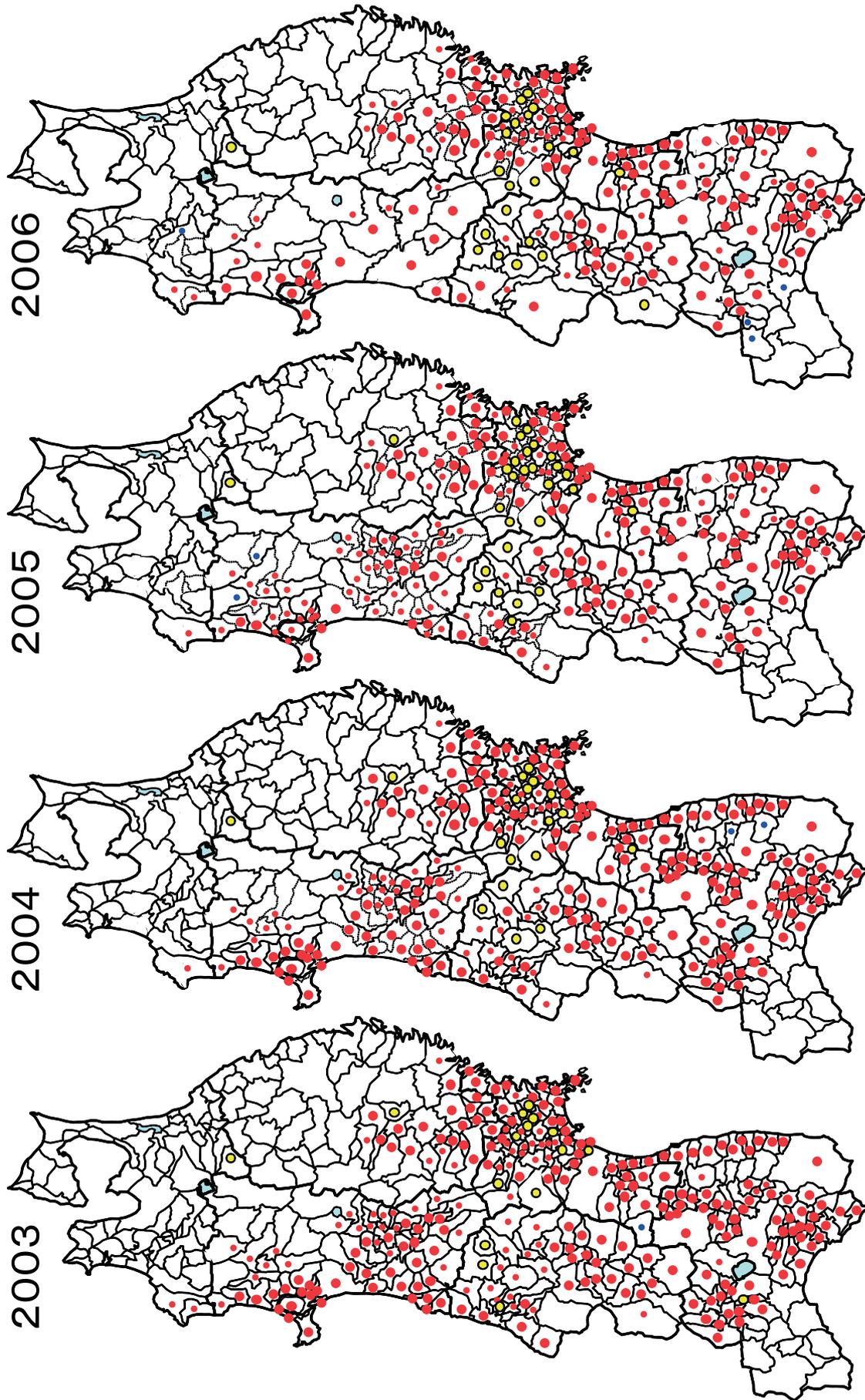


Fig. 2. 東北地方における市町村別のマツノマダラカミキリの年度毎の分布 (つづき)
Distribution of pine sawyer, *Monochamus alternatus*, according to cities, towns, and villages in the Tohoku region in Japan every year from 1980 to 2006 (Continue)