

徳山試験地に植栽されているマツ林の マツ枯れ被害の経過と分布様式

中 井 勇・北川新太郎・秋 田 豊・中根勇雄・柴田昌三

ま え が き

京都大学農学部附属演習林徳山試験地では、1973年に山口県下で選抜したアカマツ、クロマツ (*Pinus densiflora* S. et Z., *P. thunbergii* PARL.) 数系統を収集し、マツ属の育種研究を進めるため約2 haの実験林が造成された¹⁾。植栽後すでに20年が経過したが、この間にマツ枯れ被害によって植栽木の約半数が枯損し、当初の目的が達成出来ない状況に至った。こうした状況下で実験林を林分として維持することが難しいと判断され、1991年頃から被害林分を皆伐してヒノキなどへ樹種転換する方向で検討がなされていた。1993年にこの林分の現状を再調査したところ、マツ枯れ被害は一部の系統において違いがみられたことから、マツ枯れ被害の推移を継続調査することにした。

マツ枯れ被害の分布様式については二井ら²⁾、富樫³⁾、岡本ら⁴⁾によって調べられているが、いずれの場合にもマツ枯れ被害は集中分布し、しかも被害は前年の被害木付近に集中することを明らかにしている。そこで、本報告では、上記林分を対象としたマツ枯れ被害木の分布様式の解析を試みた。

本論に先立ち、本調査において終始有益な助言を賜った本学演習林の古野東洲助教授、農林生物学教室の二井一禎助手、また、分布様式の解析に当りご指導いただいた農林生物学教室の久野英二教授、さらに、本調査に協力いただいた演習林本部の山崎理正助手、本林分の維持管理に努力された歴代の関係各位にお礼申し上げたい。

材料及び方法

本調査林分の概況等は前報¹⁾に詳しく記載しているので省略する。マツ枯れ被害の分布様式の検討では、各系統ごとの植栽面積や植栽本数が不揃いであることから、2林班のBブロック（前報¹⁾参照）を1林分として扱い、生存木と枯損木の年度ごとの分布を解析することにした。

調査にあたって、まず対象林分内に生存している個体の位置を正確にマッピングした。この林

Isamu NAKAI・Sintarou KITAGAWA・Yutaka AKITA・Isao NAKANE and Syozo SHIBATA

The distribution and its chronical change of a pine wilt in pine forest stand at Tokuyama Experiment Station of Kyoto University Forest at Yamaguchi Pref.

分では毎年被害木を伐倒搬出していることから、その伐根を調査するとともに、各年度ごとに調査されている被害木の位置を照合し、生死を判別した位置図を作成した。分布様式の解析に当たっては作成した位置図を5 m×5 mのメッシュに区画した上で、これを最小枡面積(25 m²)とし、順次そのサイズを50 m², 100 m², 200 m², 400 m², 800 m², 1,600 m², 3,200 m²と拡大した時の枡内に含まれる生存木と枯損木の個体数を図上から読み取った。解析は巖⁵⁾の平均こみあい度(蓄)と平均密度(m)の関係によった。また、年度間の分布の重なりについては巖⁵⁾の「種間平均こみあい度にもとづく種間関係の解析」によった。

結果及び考察

1. マツ枯れ被害の推移

マツ枯れ被害の経年推移は前報¹⁾で公表したが、その一部を修正し表-1に示した。

植栽は斜面下部から上部に向かって列状に行われ、1系統の植栽が終ると引続き次の系統が同様に植栽されている。表-1は植栽された各系統順に整理されている。各系統のうちマツ枯れ被害は徳試241号が他の系統に比べて抵抗性を示し、この徳試241号に隣合う下関4号はきわめて感受性であった(詳しくは前報¹⁾参照)。

図-1は2林班Bブロック内の生存木と枯損木の位置を1980年以前、1981~1988年、1989年、1990年、1991年(台風被害を含む)、1992年、1993年の初冬時点で集計したものであるが、1993年度のデータには1994年5月の調査値が含まれ、いわゆる持ち越し枯れを含めた値となっている。

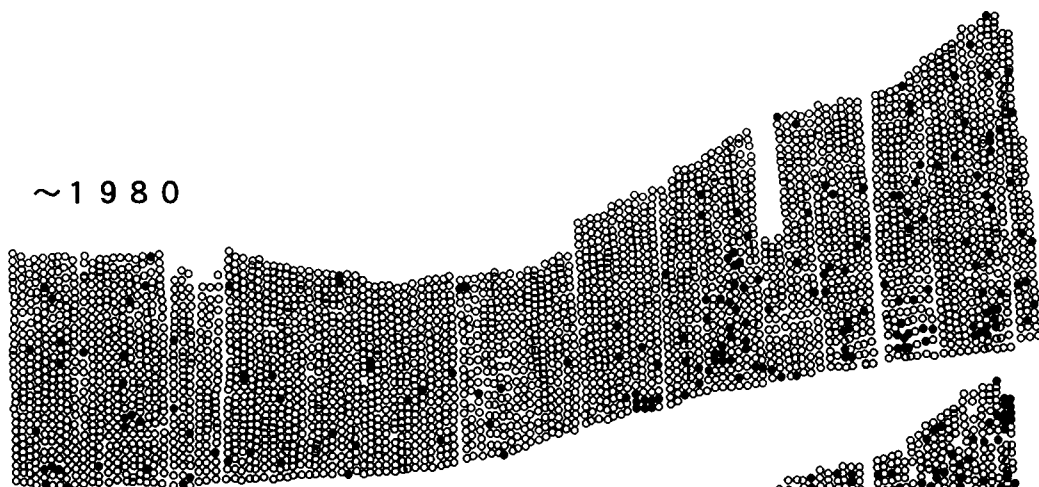
この図からマツ枯れの被害状況を見ると、1980年までの枯損木は、全植栽木の5.11%で、図上の右下にやや多い傾向にある。1981年から1988年までの8年間の枯損木は1980年の生き残り木に対して24.21%であるが、各年度の分布位置は明らかでない。しかし、この間の累積枯損木の分布をみると、調査林分の左右両端並びに中央部に多く集まる傾向にある。1989年度の枯損木は前年度の生存木に対して5.89%であり、図上の中央部にやや多く分布している。さらに、1990年度には同様に5.55%が枯損し、図上の左側と中央部にやや集中している。1991年度には台風によって、前年の生存木の17.18%が倒伏・折損(×印)などの被害を受けた。マツ枯れ被害は残る生存木の15.4%であったが、台風で倒伏した個体の中にはマツ枯れ被害木が含まれている可能性が高く、この年の被害は過小評価となっているかも知れない。枯損木は図上の左、右側で多発する傾向が見られ、中央部ではそれまでに多くの個体が枯損しているために被害が次第に生存木の多い尾根部分へと移っていく傾向が見られる。1992年では前年の生存木に対して15.83%の枯損が見られ、前年と同様に尾根部分に被害が拡大している。1993年には、この年のデータに越年枯れを含んでいるためかも知れないが、前年の生存木に対して25.46%と高い被害率を示した。その被害は前年までとは様子が変わり、生存木の少ない斜面の下部にまで拡大している。この時点になるとマツ枯れに対して感受性系統の個体がほとんど枯損し、抵抗性の系統・個体が、しかも尾根部分でろうじて残存していることがわかる。

調査結果を概括すると、ある年度の被害は前年度の被害発生位置の周辺に発生する傾向がある。この因果関係は明らかでないが、本林分では毎年被害木のすべてを林外へ搬出し焼却処理していることから被害の発生源は林内には残存しないはずである。したがって被害の発生は林分外からのマツノマダラカミキリ(*Monochamus alternatus* HOPE)の飛来加害によるものと考えられる。また、疎開による樹体の生理的変化が被害を誘発しているのかも知れない。

表-1 系統別マツ枯れ本数の推移

系 統	1980年	1980年	～1988年	1989年	1990年	1991年	1991年	1992年	1993年	1993年	枯 損 率	台風倒木	1993年
	生存本数	枯損本数	枯損本数	枯損本数	枯損本数	本 数	枯損本数	枯損本数	枯損本数	生存本数	(%)	被害率	生存率
						台風被害						被害率	生存率
徳試231号	261	11	79	7	10	13	20	22	35	64	70.50	4.98	24.52
徳試232号	313	12	79	17	23	17	36	36	29	64	88.89	5.43	20.45
徳試234号	82	5	17	5	5	15	8	8	8	11	68.29	18.29	13.41
徳試235号	75	1	10	6	3	22	10	10	2	11	56.00	26.67	14.67
徳試236号	498	13	117	18	10	67	22	27	49	175	51.41	13.45	35.14
徳試241号	323	6	33	13	16	39	15	17	21	163	37.46	12.07	50.46
下関 4 号	341	7	127	33	27	19	28	22	15	63	75.95	5.57	18.48
大 島 6 号	305	13	62	12	17	34	27	13	21	106	54.10	11.15	34.75
吉 敷 3 号	146	6	19	6	12	13	15	8	6	61	49.32	8.90	41.78
玖 珂 6 号	237	31	40	6	2	18	16	20	25	79	59.07	7.59	33.33
美 祢 4 号	52	3	16	4	0	8	5	3	4	9	67.31	15.38	17.31
阿 武 2 号	131	6	25	1	2	18	17	5	20	37	58.02	13.74	28.24
久 米 1 号	233	16	60	6	1	33	18	21	22	56	61.80	14.16	24.03
大 道	230	24	57	8	3	30	30	13	15	50	65.22	13.04	21.74
大 山 1 号	401	29	91	14	9	56	31	29	82	60	71.07	13.97	14.96
徳試240号	124	9	30	3	1	10	8	12	6	45	55.65	8.06	36.29
計	3,752	192	862	159	141	412	306	266	360	1,054	60.98	10.98	28.09

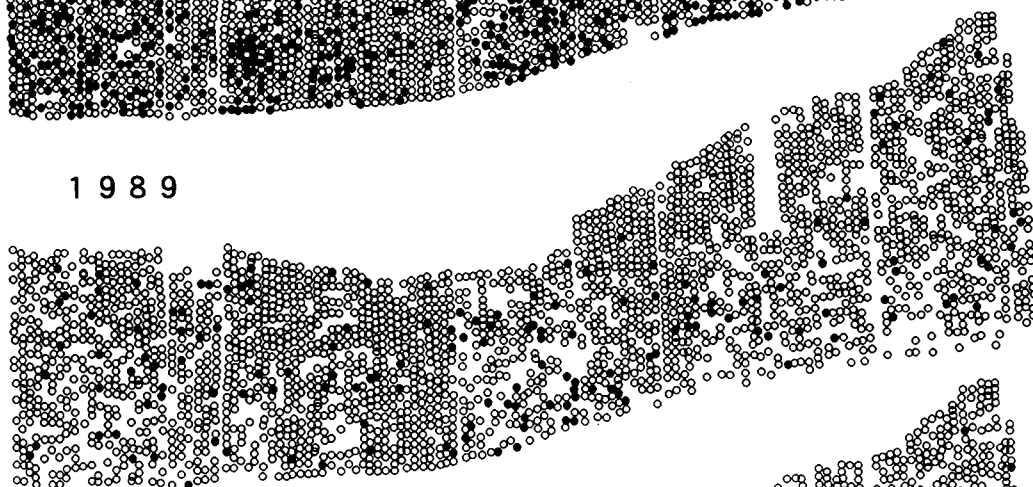
~1980



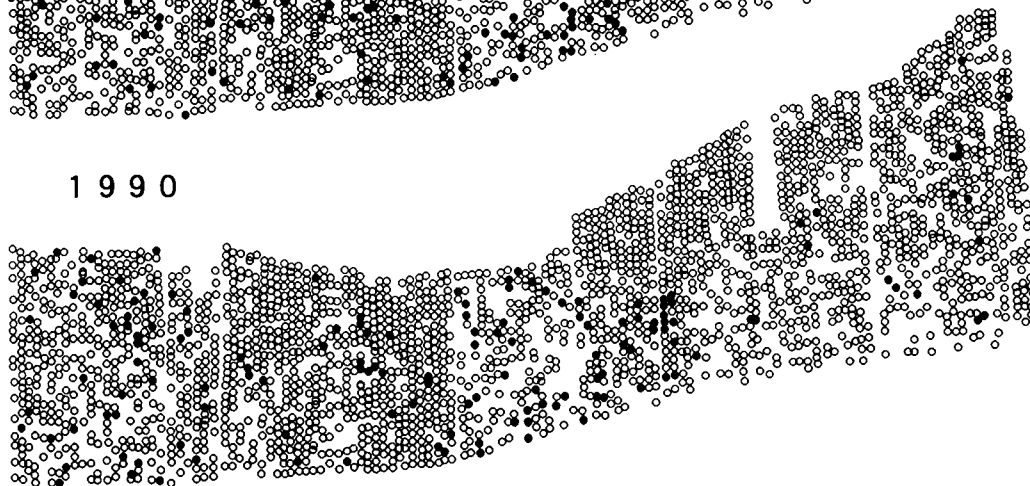
~1988

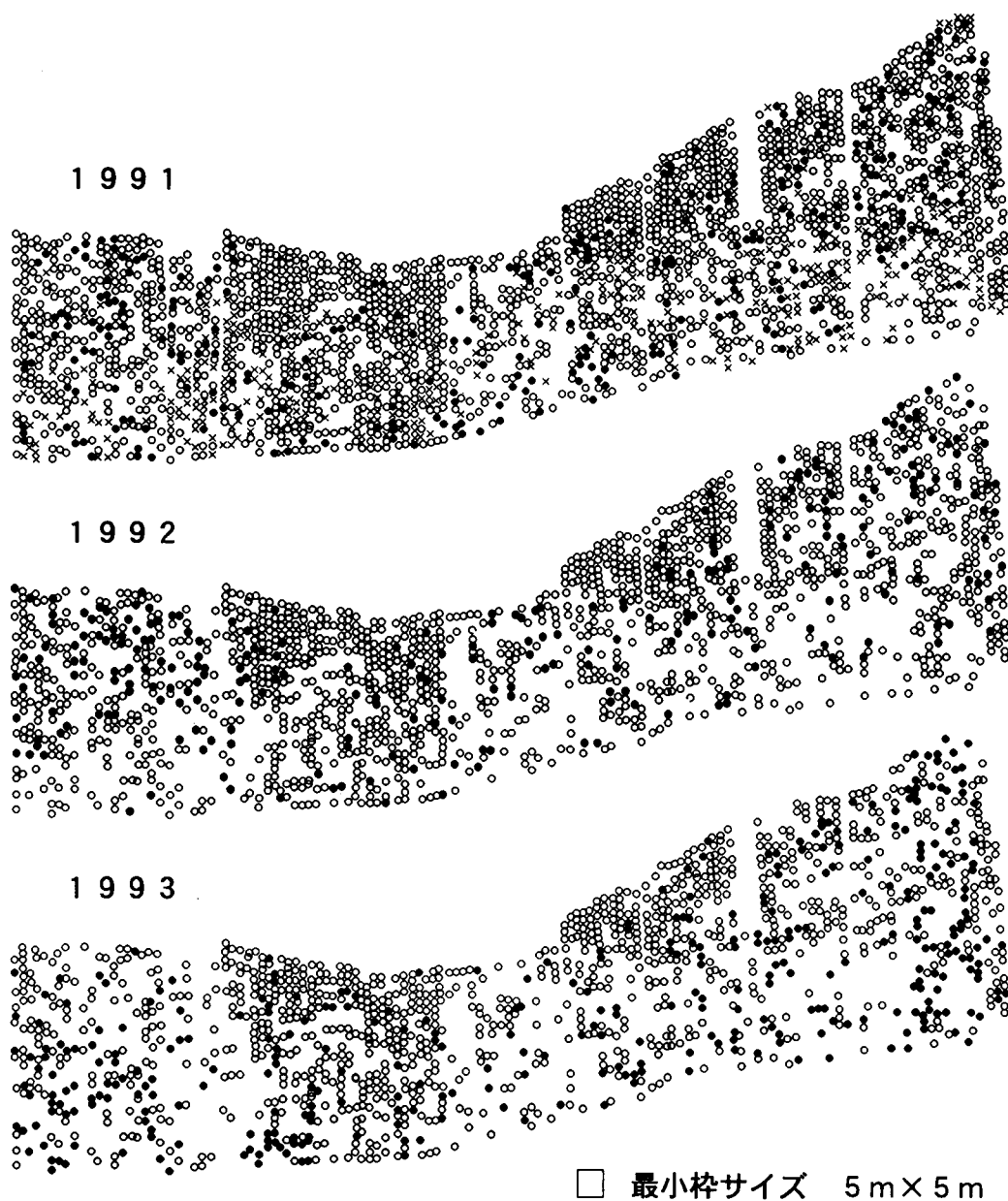


1989



1990





図一 1 生存木と枯損木の経年的な移り変わり。○印は生存木, ●印は枯損木, ×印は台風被害木を示す。1980年はそれまでの枯損木を含み, 1988年は1981年からの累積値を示している。

2. 被害の分布様式

1) 分布様式の経年的推移

生物個体群の分布様式を研究するために、巖⁵⁾は平均密度 (m) と平均こみあい度 ($\bar{m}$) の関係に基づく解析方法を確立した。この関係は $\bar{m} = \alpha + \beta m$ の直線に適合し、 α は分布の基本単位を、 β は空間での基本単位の分布パターンを示し、 β の値が1より大きい時集中、1の時ランダム、1より小さい時一様分布することを示している。また、枠サイズを変化させた時の $\bar{m}$ と m の増加比を示す ρ 指数は基本単位の大きさを知るために用いた。

図-2 は生存木 (A) と枯損木 (B) の分布を年度別に $\bar{m}-m$ 関係に適合させたものであり、それぞれの係数は表-2 に整理した。

まず、生存木の分布を大まかに見ると、調査した7年間の β の値は極めて1に近い値を示しており、すべてランダム分布と見てよからう。年度ごとに見ると、1980年には枯損木 (全体の5%) は僅かで、分布の基本単位となる単一個体がランダムに空間内に分布している。1988年にはそれまでに発生した枯損木により生存木の分布が不連続となりコロニー化の兆しが現れる。1989、1990年には、 α 値は1.4と2.0であり、大きな違いはみられなかった。1991年から1993年にかけての α 値は次第に大きくなり、基本単位は4~7へと変化している。また、生存木は枠サイズの小さい部分で集中 ($\rho > 1$) しており、特に1993年には16m²の枠サイズになっても集中化がみられる。すなわち、生存木の年度ごとの分布の基本単位は1988年を除き、年度を経過するごとに大きくなり、それが集中斑を形成し、この集中斑がランダムに分布する傾向にあった。このことは図-1でも明らかのように年次が経過する中で枯損木が増加し生存木が次第に尾根筋に偏って分布するため、生存木が次第に集中斑を形成していることを示している。

ついで枯損木についてみると、1980年には枯損木は、枠サイズの小さい時に集中化し、その基

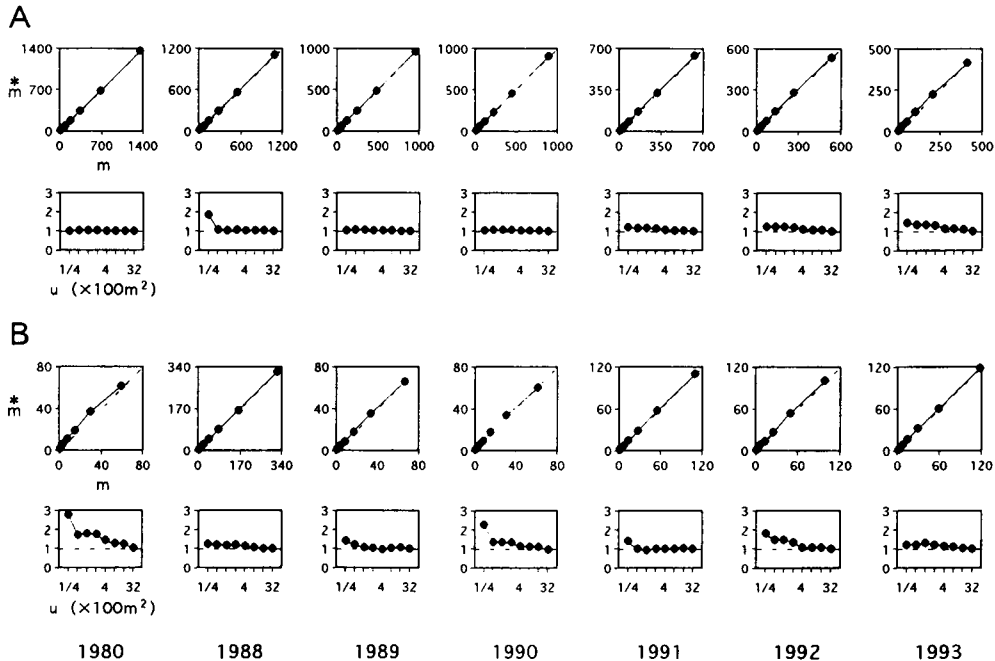


図-2 各調査年度における生存木 (A) と枯損木 (B) の分布様式並びに枠サイズの変化に対応した ρ 指数の変化

表-2 苗-m関係における $\alpha \cdot \beta$ 値と相関係数

	年度	α	F.E	β	S.E	γ
生存木	～1980	0.488	0.505	1.002	0.0004	0.9999
	～1988	9.119	2.668	1.009	0.0027	0.9999
	1989	1.444	1.122	1.004	0.0013	0.9999
	1990	2.025	1.817	1.005	0.0022	0.9999
	1991	3.720	2.493	1.009	0.0043	0.9999
	1992	5.328	4.824	1.007	0.0099	0.9994
	1993	6.815	6.275	1.003	0.0167	0.9983
枯損木	～1980	2.626	2.293	1.041	0.0428	0.9899
	～1988	3.093	2.110	0.992	0.0072	0.9997
	1989	0.488	0.784	0.995	0.0129	0.9989
	1990	1.571	1.285	0.981	0.0230	0.9967
	1991	0.471	0.783	1.003	0.0078	0.9996
	1992	1.554	1.057	1.012	0.0117	0.9992
	1993	1.249	0.913	1.003	0.0085	0.9996

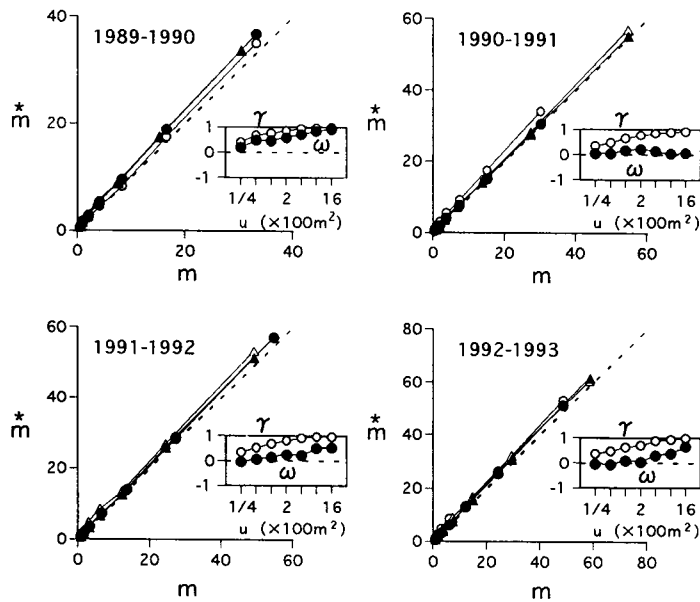
本単位は2.6本であった。1981年から1988年の8年間の累積値では、個体が緩やかに集中してコロニーを形成し、そのコロニーがランダムに分布する様式を示している。1989年から1993年には枯損木が個体を単位として集中分布し、小さい集中斑を形成するようになる。それぞれの関係で回帰された β 値はランダムラインに近似し、基本単位 α は1よりやや大きい値を示すが、集中分布の基本単位はあくまで個体単位であり、一定のコロニーを見いだすことはできなかった。さらに、 ρ 指数の変化は枠サイズを小さくすると集中分布を示し、設定枠サイズを大きくするにつれて次第に分布がランダムになる傾向を示している。

2) 年度間の枯損木の分布の重なり

一般に、マツ枯れ被害の拡大様式は被害発生当初、被害個体が集中化し、次第に密な集中斑を形成し、被害の一層の拡大にともない、それが疎な集中斑となる傾向がある^{2,3,4)}。被害が集中化する要因として、被害木の放置林では、疾病の伝染が容易なためその集中化、集中斑が比較的早く形成されるが、被害木を徹底駆除処理した林分では集中化が遅れる。

本調査林分では、徹底した駆除処理を実施しており、被害の集中化、被害木の集中斑の形成はないはずである。しかしながら、前項でみたように緩やかな集中斑がランダムに形成され、枯損木は前年の枯損木の近くで発生する傾向が見られた。そこで、被害当年と前年の枯損木の発生位置関係を、 ω ⁵⁾の種間の重なり度によって解析した。

図-3には1989年から1993年までの資料を対象として、年度間の被害木の重なり程度の分布相関が示されている。すなわち、年度間の平均こみあい度は先に述べたようにランダム線に近似して、両者の重なり度を示す γ 指数は枠サイズが大きくなるに従って1に近づき、両年の分布がほとんど重なることを示す。さらに、相対的な分布の重なり度の尺度を示す指数(ω)も1989年と1990年の被害分布が比較的よく重なり、前年度の被害木付近で新たな被害木が発生していることを示している。1990年と1991年の被害分布の関係は枠サイズの変化に関係なく互いに独立的な傾向にあり、前年度の被害発生位置に必ずしも当年枯れが発生していないことを示している。こ



図－3 年度間の枯損木の分布相関
(白抜きは年度ごとの値、塗りつぶしが年度間の値を示し、右下には指数の変化を示す)

のことは台風によるデータの過小評価が影響しているのかも知れない。1991年と1992年及び1992年と1993年では幹サイズが小さい場合には互いに独立であるが、幹サイズが大きくなるに従ってその分布が重なる傾向が見られる。

以上の結果が示すように、一般に年度間のマツ枯れ被害は重なって発生する傾向にある。すなわち、被害がある場所で発生するとそれ以後毎年その付近で発生することになり、被害木を林外に搬出焼却することにより翌年の感染源を徹底的に駆除していたにもかかわらずこのような傾向が見られたことは、今後のマツ枯れ被害の拡大のメカニズムを考える上で重要な課題であろう。

あ と が き

1973年に山口県下で選抜された数系統のアカマツ、クロマツを集植した林分を対象として被害の分布様式について検討してきた。すでに、系統ごとの生存個体はマツ枯れによって大きな被害を受けており、系統間の分布様式の違いを解析することができない状況にある。そのため、ここでは数系統を含めた1林分として、被害木の分布について検討してきた。その結果、被害は毎年集中的に発生しており、完全な駆除が行われているにも拘らず、前年の被害木発生場所近くに再び新たな被害木が発生する傾向が明らかであったが、マツ枯れに対する抵抗性系統では被害の侵襲が遅れる傾向にあることは事実のようである。

今後、本林分が崩壊するまでの期間引続きマツ枯れ被害の推移を追跡調査する予定である。現在、樹体の生理、土壌水分、菌根の発達、マツノマダラカミキリの個体数の推定、羽化脱出時期、保持線虫数など総合的な調査が行われており、これらの調査結果に基づいた解析が今後のマツ枯れ被害の解明に寄与することを期待している。

引用文献

- 1) 中井 勇・秋田 豊・北川新太郎・山本俊明 (1994) 徳山試験地に植栽されているアカ・クロ数系統のマツ枯れ被害について. 京大演集報 26. 20~29.
- 2) 二井一禎・岡本憲和 (1989) マツ材線虫病の感染源に関する生態的研究 (Ⅲ) マツの材線虫病被害分布の拡大の様式. 100回日林論 549~550.
- 3) 富樫一巳 (1983) マツノマダラカミキリの個体群動態とマツ材線虫の伝播に関する研究. 石川県林試研報 20. 1~100.
- 4) 岡本憲和・渡辺政俊・中井 勇・古野東洲 (1990) 上賀茂試験地におけるマツ枯れについてー発生から1998年までの被害の経緯ー. 京大演集報 20. 26~43.
- 5) 巖 俊一 (1988) 巖 俊一生態学論集 全一卷 -空間分布解析法- 467~649pp, 思索社 東京