

優良育種苗木の生産技術に関する研究

育 林 部 岡 田 充 弘
小 山 泰 弘
遊 橋 洪 基
唐 沢 清^{*1}
奥 村 俊 介^{*2}

要 旨

- ① 1912年から1994年までの長野県におけるカラマツ種子の豊凶状況を調査し、豊凶に影響があると考えられている花芽分化期（6月下旬～7月上旬）の気象因子および、球果の採取方法と種子の豊凶との関係について検討した。

カラマツ種子の豊凶周期は、1912年から1956年までは3～7年であり、これまでいわれてきた5～7年に1度豊作があるという豊凶周期にほぼ一致したが、1956年以降は一致しなかった。

花芽分化期である前年の6月下旬から7月上旬までの気象因子及び豊凶の関係について主成分分析の手法を用いて検討したところ、気温を代表する主成分と降水量と日照時間を代表とする主成分によって豊凶を説明することができ、6月下旬の気温が高く、6月下旬から7月上旬までの日照時間が多い場合豊作となる傾向が認められた。

1970年以降の豊凶には、カラマツの球果採取の際に数年後に球果が着生する枝までも切り落とすことが影響していると推定された。

- ② カメムシ類によるヒノキ種子吸汁害が確認されている県営ヒノキ採種園において、ヒノキ球果着果枝への袋掛け処理による種子吸汁被害回避効果について検討した。

袋掛け処理を行った場合、袋掛け方法およびその時期によってヒノキ種子の発芽率向上効果が現れないことがあった。試験を行った箕輪町の県営ヒノキ採種園では、カメムシ類による吸汁害が少なく、これはカメムシ類の生息数が少ないことに原因があったと考えられた。

1 はじめに

長野県における年当り造林面積は、1953年に17,514haでピークをむかえた後、徐々に減少し1990年には、ピーク時の約1/10まで減少してきている⁽⁶⁾。しかし、本県では成長がよい精英樹育種種苗の供給要望に対し、育種種子の採取量の不足などから生産、普及ともに低く、今後育種種苗の供給を増加させていく必要がある。特に本県における主要造林樹種であるカラマツは、種子の豊凶周期が5～7年と長く^(15, 18)、育種種苗を安定供給する上で妨げとなっている。

また、近年全国各地でヒノキ種子の発芽率を低下させるカメムシ類による種子吸汁害が発生し、育種種苗を供給する上で大きな問題となっている^(17, 23)。長野県においてもヒノキの造林面積の割合が高くなっていることや、長野県のヒノキ採種園においてもカメムシ類による種子吸汁害が発生していることが確認されていることから、今後育種種苗を供給する上での阻害要因となってくると考えられる。

* 1 元林業総合センター主幹

* 2 元林業総合センター技師

本課題では、これらの育種種苗の安定供給を阻害している要因について解明することを目的として、カラマツ種子の豊凶とこれに影響を与える要因の関係を検討し、カラマツ種子の結実を阻害している要因の解明と、ヒノキ種子の発芽率を低下させるカメムシ類による種子吸汁害の被害回避方法である球果着果枝への袋掛け処理^(3,4)による被害回避効果について研究を行った。

なお本研究は、県単研究課題「優良育種種苗本の生産技術に関する研究 (1991～1996年)」により実施したものである。

2 カラマツ種子の豊凶要因の検討

(1) 調査の方法

本県のカラマツの種子豊凶状況を把握するため、年次別カラマツ種子の採取量^(6,7)の解析、既往の文献^(15,22)の調査及び種苗生産者、並びに県種苗担当者からの聞き取り調査を行った。

調査で得られた結果を基に、豊凶に影響を与えられとされる要因としてカラマツの花芽分化に影響するとされている結実前年夏期の気象要因^(2,22)との関係を、松本測候所の1911年から1994年までの観測資料^(5,8~13)を用いて検討した。

また、気象条件以外の種子の豊凶に影響する要因としては、採種木の遺伝的要因や、側枝の切り落としによるカラマツ球果採取方法などが考えられるが、ここでは、球果採取方法と豊凶状況との関係について検討した。

(2) 結果と考察

ア 長野県におけるカラマツ種子の豊凶状況

1912年から1994年までの過去82年間の長野県におけるカラマツ種子採取量及び豊凶状況については、表-1に示した。なお、1923年以前の種子採取量については記録が見あたらず不明であった。また、年次別の種子豊凶については、記録が確認できた1912年から1994年までの期間について、年次別種子採取量と既往の文献^(15,22)の調査を基に推定した。

なお、1912年から1959年までは、柳原ら⁽²²⁾による調査資料を参考に豊凶状況を推定し、1960年から1981年までは、年次別カラマツ種子採取量により豊凶状況を推定した。また、種子採取量による豊凶の基準は、林業種苗法が制定された1970年以前は、採取源が指定されていないこと、カラマツの造林面積が多かったこと及び、他県などへの種子の移出が行われていたこと⁽⁷⁾などから種子採取量が多いため、10,000kg以上を大豊作とし、5,000kg以上を豊作、1,000kg以上を並作、1,000kg未満を凶作、0 kgを大凶作とした。また、1970年以降は造林面積の減少などから種子採取量も減少しているため、500kg以上を豊作、100kg以上を並作、100kg未満を凶作、0 kgを大凶作とした。

1981年以降は、種苗生産者及び県の種苗担当者からの指定採取源の豊凶状況、種子採取状況の聞き取り結果等から、カラマツ苗木の養成数の減少などにより、種子採取量と豊凶状況が一致していないとみられた。そのため、1981年以降の豊凶状況については、聞き取り結果により豊凶状況を推定した。

これまでカラマツ種子の豊凶周期は5～7年に1度豊作があるといわれている^(15,18)。しかし、種子の豊凶周期を表-1で見ると、1912年から1956年までの豊凶周期は3～7年で、ほぼ一致するが、1956年以降は豊作が1974年のみで豊凶周期が長くなっており一致していなかった。

表-1 長野県におけるガラマツ種子採取量と豊凶状況

年	採取量(kg)	豊凶	年	採取量(kg)	豊凶	年	採取量(kg)	豊凶
1912	—		1940	39,184	大豊作	1968	120	
1913	—		1941	0		1969	0	
1914	—	豊作	1942	375		1970	75	
1915	—	豊作	1943	7,133	豊作	1971	100	並作
1916	—		1944	950	並作	1972	0	
1917	—		1945	506	並作	1973	0	
1918	—	豊作	1946	387	並作	1974	3,000	豊作
1919	—		1947	45	並作	1975	0	
1920	—		1948	529		1976	50	
1921	—	豊作	1949	0		1977	0	
1922	—		1950	33,750	大豊作	1978	225	並作
1923	975		1951	0	並作	1979	0	
1924	80		1952	0		1980	0	
1925	31,107	大豊作	1953	5,801		1981	0	
1926	1,666		1954	0		1982	200	並作
1927	3,671		1955	0		1983	0	
1928	1,378	並作	1956	17,377	大豊作	1984	255	
1929	601		1957	0		1985	250	並作
1930	4,354	豊作	1958	0		1986	300	
1931	743		1959	0	並作	1987	0	
1932	129		1960	35		1988	350	並作
1933	157		1961	34		1989	94	
1934	1,136	並作	1962	10		1990	115	
1935	894		1963	0		1991	72	
1936	1,349		1964	124		1992	70	並作
1937	1,418	豊作	1965	475		1993	60	
1938	3,148	並作	1966	160		1994	46	
1939	3,690		1967	243				

- * 1 1923～1975年までの種子採取量は信州からまつ造林百年の歩み（1978）の資料により、1976年以降は長野県林業統計書による。
なお、1922年以前の種子採取量については不明であった。
- * 2 1956年以前の種子採取量の統計値は、単位が升であったため、県営種子採取事業で用いられる比重375g/lで換算し重量を求めた。
- * 3 1923～1969年までは、10,000kg以上を大豊作、5,000kg以上を豊作、3,000kg以上を並作とした。
また、林業種苗法が制定された1970年以降は、500kg以上を豊作とし、100kg以上を並作とした。
なお、1959年までの豊凶は柳原らのカラマツ結実の豊凶と気象の関係（1960）の資料を参考とした。
- * 4 1981年以降の長野県の種子採取量は種子豊凶状況と一致していない可能性が高かったため、聞き取り調査により豊凶状況を与えた。
- * 5 豊凶状況空欄は、凶作を示す。

イ 種子の豊凶と気象条件との関係

上記の豊凶周期の長期化には気象条件等の要因が働いていると考え、カラマツの花芽分化に影響を与えるとされている前年夏期の気象条件を取り上げ検討した。

柳原ら^(20, 21)は、花芽の解剖学的研究により、カラマツの花芽分化期は結実前年の7月中旬から下旬であることを明らかにするとともに、6月下旬における「からつゆ」現象によって花芽の分化が促進されることを指摘している。また、環状剥皮による花芽分化期の調査などによって、花芽分化に重要な影響を与える時期が6月下旬から7月上旬であることを示す

とともに、花芽分化と気象条件の関係について、1912年から1959年まで5月から7月上旬までの気象要因(平均気温、最高気温、最低気温、平均湿度、平均雲量、降水量、日照時間*³)を用い、これらの気象要因を指数化した気象総合値と梅雨強度により種子豊凶と気象条件について検討し、6月下旬から7月上旬の気象総合値が2以上で「からつゆ」の場合、豊作となる傾向が強い⁽²²⁾としている。

このため、今回の調査においても、1911年以前から気象観測が行われている松本測候所の6月下旬及び7月上旬の観測資料^(5, 8~13)を用いて、種子の豊凶と花芽分化期の気象条件との関係を気象総合値及び、気象因子による主成分分析によって検討した。

(ア) 気象総合値による検討

1911年から1993年までの6月下旬と7月上旬の松本測候所の観測資料を用いて、各年の気象総合値を求め、翌年の種子豊凶状況との関係を見た。また、柳原らが豊作以上の結実がみられた年及び翌年は、結実木の栄養状態が悪くなることと、結実した短枝が枯れることが多いことから検討対象から除外していること⁽²²⁾などから、ここでの検討の対象とする年は同様の条件とした。

なお、検討に用いた気象総合値は下記の式により算出した。また、平年値は1898年から1994年までの平均値を用いた。

また、今回の調査では、1935年から1950年までの期間の平均雲量の値は得られなかったため、柳原ら⁽²²⁾の調査における該当年の気象総合値を使用した。

$$Y = \frac{x_1}{X_1} \times \frac{x_2}{X_2} \times \frac{x_3}{X_3} \div \frac{x_4}{X_4} \div \frac{x_5}{X_5} \div \frac{x_6}{X_6} \times \frac{x_7}{X_7} \quad \dots\dots\dots \text{式 1}$$

Y : 気象総合値

x_1 : 平均気温, x_2 : 平均最高気温, x_3 : 平均最低気温, x_4 : 平均湿度

x_5 : 平均雲量, x_6 : 降水量, x_7 : 日照時間

X_1 : 平均気温の平年値, X_2 : 平均最高気温の平年値, X_3 : 平均最低気温の平年値

X_4 : 平均湿度の平年値, X_5 : 平均雲量の平年値, X_6 : 降水量の平年値

X_7 : 日照時間の平年値

気象総合値と種子の豊凶との関係は、表-2に示したとおりで、豊作以上であった12ヶ年のうち、前年6月下旬または、7月上旬いずれかの気象総合値が2以上であった年は10ヶ年であった。気象総合値は、対象となる期間の気象条件が平年に比べ、高温少雨であるほど高い値を示し、対象としている期間が6月下旬から7月上旬であることから、豊作年の前年は「からつゆ」であることが多いことを示しており、柳原ら⁽²²⁾の結果と一致した。

並作以下の場合でも、表-2に示したとおり、気象総合値が2以上であっても並作以下である年が25ヶ年みられた。

このことについて、柳原らは、時期別の環状剥皮による花芽分化への影響調査の結果から、結実前年の6月下旬から7月上旬までの樹体内栄養状態が花芽分化に影響を与えることなど、結実の豊凶は大体前年の気象条件に左右されるが、当年の気象条件及び他の因子にも影響されるためではないか⁽²²⁾と推測している。

また、これまでに行われた精英樹の次代検定林の調査により、精英樹クローンの着花性、

* 3 ジョルダン型日照計及び回転式日照計の観測値

種子生産性はクローンごとに大きく異なっている(20)。

これらのことから、カラマツの花芽分化には、前年の気象因子以外に採種木の遺伝的要因や、結実前年の6月下旬から7月上旬まで樹体内栄養状態などが影響していると思われる。

表-2 気象総合値と豊凶との関係

豊 凶	気 象 総 合 値	6 月 下 旬	7 月 上 旬	6 月 下 旬 と 7 月 上 旬 を 通 じ て
豊作以上	2以上が出現する年数	6	8	10
	2未満が出現する年数	6	4	2
並 作	2以上が出現する年数	8	8	10
	2未満が出現する年数	3	3	1
凶作以下	2以上が出現する年数	8	10	15
	2未満が出現する年数	30	28	23

(イ) 主成分分析による気象因子ごとの影響の検討

上記の検討で用いた気象総合値は、気象因子ごとの影響を指数化しており、気象総合値の算出に用いた気象因子がどのような組合せによって種子の豊凶に影響を及ぼしているかについては検討されていない。また、種子の豊凶についても、カラマツの造林面積がピーク時に比べ1/100まで減少してきている(6,7)ことなどから、種子採取量によって種子の豊凶を単純に数量化することは難しい。そのため、種子の豊凶を大豊作：3、豊作：2、並作1、凶作：0、大凶作：-1と数値化を行い、この数値と結実前年の気象因子について主成分分析を行った結果を用いて、種子の豊凶に影響を及ぼす気象因子の特性について検討した。また、主成分分析に用いたデータは、気象総合値の算出に用いたデータをそのまま利用した。

分析に用いた気象因子は、花芽分化に影響を及ぼすと考えられる6月下旬及び7月上旬の平均気温、平均最高気温、平均最低気温、降水量、日照時間の5因子を用いた。なお、降水量及び日照時間については、対象となる6月下旬から7月上旬までの期間全体で影響している可能性もあることから、対象期間の合計値についても検討した。

気象因子の中で平均雲量は、光条件に関する中に含まれる因子であるが、3時、9時、15時、21時の10分間の観測における平均値であり夜間の数値を含んでいることから、分析の対象から除外した。また、平均湿度は土壌水分量、日照時間、気温などによって左右されることから対象から除外した。

主成分分析は、分析の対象とする気象因子を4通りに組合せて行った(表-3)。

表-3 主成分分析を行った気象因子の組合せ

	平均気温	最高気温	最低気温	降 水 量	日 照 時 間
No.1	6月下旬	6月下旬	6月下旬	6月下旬	6月下旬
No.2	7月上旬	7月上旬	7月上旬	7月上旬	7月上旬
No.3	6月下旬	6月下旬	6月下旬	6月下旬と7月上旬の合計値	6月下旬と7月上旬の合計値
No.4	7月上旬	7月上旬	7月上旬	6月下旬と7月上旬の合計値	6月下旬と7月上旬の合計値

なお、本分析に用いたパーソナルコンピュータは、NEC PC-9821Aeを用いて行った。また、分析には、Microsoft Excel ver. 5.0 及び(株)社会情報サービス エクセル統計 ver. 1.1の両ソフトを使用した。

a 主成分の抽出と解釈

主成分分析を行った表-3に示した4通りの組合せについて、それぞれの固有値、寄与率及び因子負荷量を表-4-1、2、3、4に示した。主成分分析は、互いに相関のある多種類の特性値の持つ情報を互いに無相関な少数の「主成分」といわれる総合特性値に要約する統計手法であり、総合特性値による情報量の説明は寄与率によって表される⁽¹⁸⁾。また、主成分は、寄与率の高い順に第1主成分、第2主成分、第3主成分とした。

次に、組合せごとの第3主成分までの累積寄与率をみると、すべての組合せで全情報量の97%以上を説明しているが、主成分ごとの寄与率をみるとすべての組合せで第1、2主成分に比べ、第3主成分の寄与率は非常に小さいことがわかる。

また、主成分ごとの因子負荷量(各主成分ごとの変数に対する相関係数)によって各主成分ごとの意義をみると、第1主成分は平均気温、平均最高気温、平均最低気温の因子が他の因子に比べ正の相関が高く、気温の3因子に関する主成分であることがわかる。また、第2主成分をみると、降水量との正の相関が高く、日照時間は負の相関が高いことから降水量と日照時間に関する主成分であることがわかる。次に、第3主成分をみると、降水量、日照時間ともに正の相関が高い主成分であることがわかる。しかしこの第3主成分は、一般的な気象条件では、降水量が多ければ、日照時間は減少するのに対して、降水量が増加し、日照時間も増加することを示しており、短時間で多量の降水量がある気象条件を表す主成分と考えられる。

これらのことから、第3主成分は集中降雨型といえるような特殊な気象条件を示す主成分であるとともに、各組合せの第1、2主成分に比べ寄与率が低いことから、豊凶との解析には第1、2主成分を用いることとした。また、第1主成分は平均気温など気温に関する因子に対して高い相関を持つことから「気温因子」、第2主成分を日照時間と降水量に高い相関を持つことから「日照、降水因子」として呼ぶこととした。

表-4-1 気象因子組合せNo.1の主成分分析結果

変数	第1主成分	第2主成分	第3主成分
平均気温	0.9526	0.2872	0.0165
最高気温	0.9842	-0.0792	0.0482
最低気温	0.7761	0.6075	-0.0471
降水量	-0.4069	0.8347	0.3696
日照時間	0.3799	-0.8619	0.3258
固有値	2.7884	1.8974	0.2476
寄与率	0.5577	0.3795	0.0495
累積寄与率	0.5577	0.9372	0.9867

表-4-3 気象因子組合せNo.3の主成分分析結果

変数	第1主成分	第2主成分	第3主成分
平均気温	0.9815	0.1646	-0.0073
最高気温	0.9552	-0.1209	-0.0953
最低気温	0.8520	0.4544	0.1030
降水量	-0.2681	0.8572	0.4176
日照時間	0.2449	-0.8306	0.4997
固有値	2.7335	1.6728	0.4438
寄与率	0.5467	0.3346	0.0888
累積寄与率	0.5467	0.8813	0.9700

表-4-2 気象因子組合せNo.2の主成分分析結果

変数	第1主成分	第2主成分	第3主成分
平均気温	0.9540	-0.2865	-0.0330
最高気温	0.9823	0.0035	0.1130
最低気温	0.7684	-0.6094	-0.1485
降水量	-0.5669	-0.6450	0.5119
日照時間	0.7255	0.5134	0.4477
固有値	3.3132	1.1332	0.4984
寄与率	0.6626	0.2266	0.0997
累積寄与率	0.6626	0.8893	0.9889

表-4-4 気象因子組合せNo.4の主成分分析結果

変数	第1主成分	第2主成分	第3主成分
平均気温	0.9598	0.2684	-0.0186
最高気温	0.9572	0.0576	0.1835
最低気温	0.8053	0.5129	-0.2180
降水量	-0.4095	0.7756	0.4783
日照時間	0.5739	-0.7112	0.3722
固有値	2.9831	1.4458	0.4489
寄与率	0.5966	0.2892	0.0898
累積寄与率	0.5966	0.8858	0.9755

b 各因子の主成分スコアによる解析

それぞれの組合せにおける「気温因子」の主成分スコア（以下、Z1という）, 「日照、降水因子」の主成分スコア（以下、Z2という）をそれぞれの変数の固有ベクトルを用いて算出し、豊作以上の年について散布図を求め、主成分間でグループ分けが可能か検討した。累積寄与率でみるとNo.1、2、4、3の順で低くなっているものの、No.1、2、4の組合せの散布図では、スコアのバラツキが大きくグループ分けが困難であった。しかし、No.3の組合せの散布図ではグループ分けが可能であると判断できたので図-1に示した。

図-1に示したとおり、Z1、Z2の散布図は、Z1に強く影響を受けているグループ（以下、グループIという）、Z1とZ2が相互に作用して影響を受けているグループ（以下、グループIIという）、Z2に影響を受けているグループ（以下、グループIIIという）の3グループに分けられた。Z1の持つ意義についてみると、気温の変数が正の相関を持つ「気温因子」のスコアであることから、Z1が高いことは気温が高いことを示しているといえる。また、Z2は、降水量に正の相関を持ち、日照時間に負の相関を持つ「日照、降水因子」のスコアであることから、Z2が低いことは降水量が少なく、日照時間が長いことを示しているといえる。

このことから、グループIは6月下旬に気温が高いことを示し、グループIIは6月下旬から7月上旬にかけての日照時間が多く気温も高めであることを示しているといえる。また、グループIIIは、6月下旬の気温が低めで6月下旬から7月上旬にかけての日照時間がやや多いことを示していると考えられる。

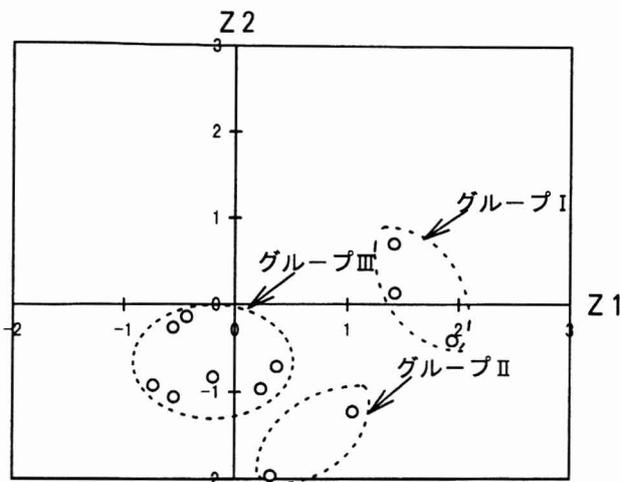


図-1 豊作以上におけるZ1とZ2の散布図

*Z1は「気温因子」のスコアを示し、Z2は「日照・降水因子」のスコアをしめす。

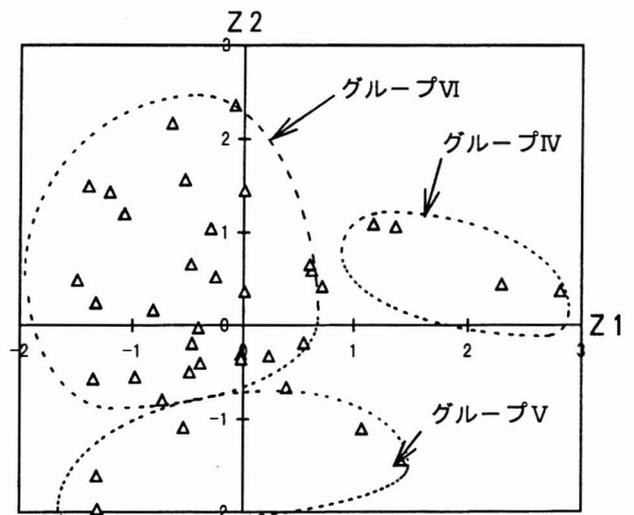


図-2 並作以下におけるZ1とZ2の散布図

*Z1は「気温因子」のスコアを示し、Z2は「日照・降水因子」のスコアをしめす。

次に、図-2に示したNo.3の組合せにおける並作以下のZ1とZ2の散布図をみると、Z1が高いグループ(以下、グループIVという)やZ2の低いグループ(以下、グループVという)も少数みられるが、最も資料数の多いグループは、Z1が低くZ2が高いグループ(以下、グループVIという)であった。すなわちこのグループVIは、6月下旬の気温が低く、6月下旬から7月上旬にかけての降水量が多く日照時間が少ないグループであることを示している。

また、図-1、2のそれぞれの最も大きいグループであるグループIIIとグループVIを比較すると、グループIIIはすべての点のZ2の値が負の値であるのに対して、グループVIでは、半数以上の点のZ2の値が正の値であることから、「気温因子」に比べて、「日照、降水因子」が豊凶に与える影響が強いのではないかと考えられる。

これらのことから、豊凶と気象条件との関係は、「気温因子」と「日照、降水因子」によってほぼ説明でき、豊凶に与える影響としては、「気温因子」と比べ「日照、降水因子」が強いのではないかと考えられた。つまり、6月下旬の気温が高く、6月下旬から7月上旬にかけての日照時間が長い場合豊作となる傾向があり、6月下旬の気温が低く、6月下旬から7月上旬にかけての降水量が多く日照時間が少ない場合並作以下になる傾向があると推測できる。また、このことは柳原ら⁽²²⁾の気象総合値を用いた検討による結果とほぼ一致しているといえる。

また、これらの気象因子が採種木に及ぼす影響については次のようなことが考えられる。

一般に、孤立木や、林縁木は結実しやすく、林分を疎開すると結実が促進される^(2,16)。また、35~45年生のカラマツの孤立木と林分の結実量の比較では、孤立木が1本当たり約20kgの球果がついたのに対して、林分では1本当たり約5kgであったという結果がある⁽²⁾。これらは、光の強さが花芽分化に影響を及ぼしている例であり、受光量が多いと光合成が盛んとなり、デンプンが蓄積して着花を促進させるものと考えられている⁽¹⁶⁾。また、温帯落葉樹の成長率が高い最適温度は10~25℃といわれており^(1,16)、6月下旬から7月上旬の平均気温はこれに一致する。

これらのことから、花芽分化期の気温が高く日照時間が多くなることで、最適温度付近で受光量が増加し、光合成が促進されることによるものではないかと考えられる。

しかし、図-2に示したとおり並作以下の場合、グループVのように日照時間が長いグループやグループIVのように気温が高いグループといった例外的なものもみられることから、気象因子による影響は、花芽分化のすべてを説明するものではなく遺伝的要因などの花芽分化を抑える因子なども働いていることが考えられる。

ウ 豊凶と球果採取方法の関係

日照時間の経年変化と豊凶及び、平均気温の経年変化と豊凶を比較すると、図-3、4に示したとおりであり、1911年から1970年にかけての60年間は結実による影響を除いた年では、日照時間が多く、平均気温が高いことで一定の説明が可能であるが、1970年以降については、豊作が1974年にみられたのみで、日照時間が長く気温が高くても並作であった。

また、1970年以前と以後では、1970年以降は林業種苗法により採取源が指定され、指定採取源以外から球果の採取が行われなくなったことが異なっている。また、現在実施している球果の採取方法について、種苗生産者などに聞き取りを行ったところ、ヒノキ、スギについ

ては、球果のもぎ取りによる採取が行われていたが、カラマツについては球果着生枝の切り落としによる採取が行われていた。特に普通採取源の採取木の林齢が高くなってきていることから、球果着生枝が樹冠上部にあり球果採取作業が枝の切り落としでないと難しいため、かなり太い枝まで切り落としているとの聞き取り結果がある。

これらのことから、豊凶とカラマツ球果の着生枝及び、カラマツ球果採取方法との関係について検討した。

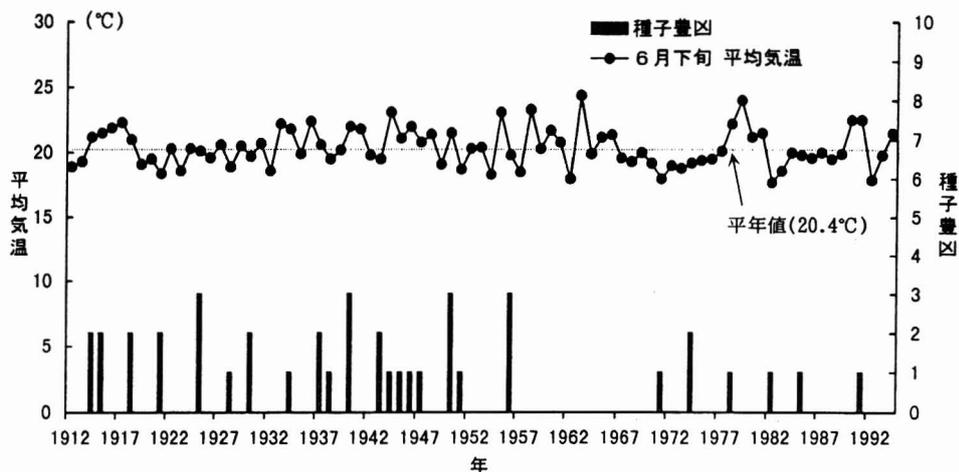


図-3 6月下旬の平均気温の経年変化と種子豊凶状況

* 1 豊凶は大凶、凶=0、並=1、豊=2、大豊=3と数値化して用いた。

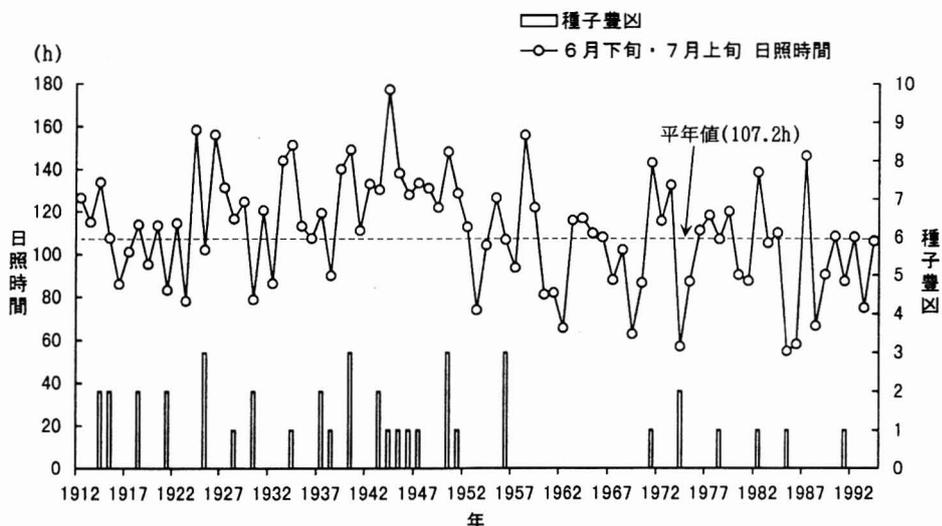


図-4 6月下旬・7月上旬の日照時間の経年変化と種子豊凶状況

* 1 日照時間は6月下旬・7月上旬の日照時間の合計値を用いた。

* 2 豊凶は大凶、凶=0、並=1、豊=2、大豊=3と数値化して表した。

(ア) カラマツの球果着生枝の枝齢

長野県における主要造林樹種であるヒノキ、スギの雌花の着生枝は、1年生枝であり、アカマツは当年枝である(18)。これに対してカラマツは、主枝から分岐した2次枝以下の3~7年生部分に雌花が着生する(1, 15, 18)のでこうした枝齢の枝がないと着果しない。

(イ) 球果着果枝と球果採取方法

樹種ごとの球果着生枝と球果採取方法との関係をみると次のことが考えられる。

スギ、ヒノキの球果採取は、球果を着生枝からもぎ取って採取するので枝が除去される

ことが少なく、枝が一部除去されても1年生枝に雌花が着生するため着果可能な枝が再生することが早い。

これに対してカラマツは、球果が着生するのが側枝でありもぎ取りにくく、2次枝以下の側枝単位で切り落として採取するため、次に着果すべき枝齡の枝が著しく減少する。そのため、再度着果可能な枝が再生するには最低3年は必要となる。また、林業種苗法により、林木の種子は指定された採取源から種子を採取することが決められているため、球果採取による側枝の切り落としは球果が着果する度に繰り返され、採取木の着果可能な枝齡の枝は増加しにくいといえる。

これらのことから枝を切り落として球果を採取することが、カラマツ種子の結実を阻害し種子の豊凶に大きな影響を与えていると考えられた。

(3) まとめ

調査の結果から、カラマツ種子の豊凶には、前年の花芽分化期である6月下旬から7月上旬の気象条件が影響していることが確認できた。

カラマツ種子の豊凶と6月下旬から7月上旬の気象因子との関係について主成分分析を用いて検討したところ、豊凶と気象条件との関係は、「気温因子」と「日照、降水因子」によってほぼ説明でき、豊凶に与える影響としては、「気温因子」と比べ「日照、降水因子」が強いのではないかと考えられた。また、結実前年の6月下旬の気温が高く、6月下旬から7月上旬にかけての日照時間が長い場合豊作となる傾向があり、6月下旬の気温が低く、6月下旬から7月上旬にかけての降水量が多く日照時間が少ない場合並作以下になる傾向があると推測できた。これらのことから、カラマツの豊凶を予測する指標として、6月下旬の気温と6月下旬から7月上旬の日照時間を用いることができるのではないかと考えられた。

また、カラマツ種子の豊作までの期間が長い原因の一つとして、球果着生枝を切り落として球果を採取することによって、着果可能な枝齡の枝は増加しにくいことがあげられた。この球果着生枝の切り落としによる弊害は、1940年代から指摘されていることである^(12,15)が、採取源が指定されている現在では、この採取方法によって人為的に結実を遅らせることは育種種子の安定供給を妨げているといえる。

3 カメムシによるヒノキ種子吸汁害の球果着果枝への袋掛け処理による防除試験

(1) 試験の方法

ア 試験地

上伊那郡箕輪町中箕輪県営ヒノキ採種園

なお、この採種園ではカメムシ類によるヒノキ種子の吸汁害がこれまでに確認されている

イ 試験方法

1993年と1995年にヒノキ球果が樹冠全面に多量の球果が着果しているヒノキ精英樹に対して、次のような方法で試験を行った。

なお、1993年に袋掛け処理を行った精英樹は、下伊那4号の1クローン1立木であり、1995年に袋掛け処理を行った精英樹は、松筑3号、上伊那4号、南安曇1号の3クローン各1立木である。

(ア) 袋掛け処理

1993年は、7月20日に球果のよく着生している枝9本を選んで白色寒冷紗(100メッシュ)

の袋 (60×90cm) で覆い、袋の開口部を枝に巻き付け白色ビニールテープで固定した。

また1995年は、6月8日にヒノキ球果がよく着果している枝を選んで、白色寒冷紗の袋 (300メッシュ、45×60cm) で覆い、袋の開口部を枝に巻き付け白色のビニールテープで固定した。

なお、袋掛けを行った枝は立木1本当たり25本とした。

(イ) 球果の採取と精選

1993年の球果の採取は、袋掛け約3ヶ月経過した10月13日に袋を取り外し袋内の球果を採取し、比較のために袋掛けを行っていない枝の球果も採取した。

1995年の球果の採取は、袋掛け後約4ヶ月経過した10月3日に行い、袋を取り外して袋内の球果を採取し、1993年同様に比較のために袋掛けを行っていない枝の球果も採取した。

また、袋掛けを行った枝は、球果採取時に袋内のカメムシ類の有無を確認し、カメムシ類が存在していた場合は球果の採取を行わなかった。

なお、袋掛け処理の球果は、1袋単位では球果量が少なく発芽試験を行うだけの種子が得られないため、立木ごとに混合した。

持ち帰った球果は、日陰で後熟・乾燥した後、種子を脱粒精選した。また精選後、球果の体積および精選種子量を測定した。

(ウ) 発芽試験

1993、1995年ともに、精選種子は、林木種子の検査方法細則 (農林水産省林業試験場、1980年) に準じて、純量率 (純正種子重量/供子種子重量×100)、1000粒重、1g当粒数を求めた。発芽試験は、ペトリ皿に濾紙を敷いたものを発芽床として、人工気象器内で行った。発芽試験の条件は、30℃で8時間 (明期)、20℃で16時間 (暗期) の変温とし、その期間は21日間とした。

(2) 結果と考察

ア 袋掛け処理の効果 (1993年)

採取した球果から得た精選種子の発芽試験の結果は、表-5に示したとおりで、袋掛けを行なった種子の発芽率と袋掛けを行なわなかった種子の発芽率に差はみられず、袋掛け処理による発芽率向上効果は認められなかった。

表-5 採取したヒノキ球果量と精選種子 (1993年)

クローン名	処理方法	採取球果 容量 (l)	精選種子 容積 (l)	1000粒 重 (g)	1g当 粒数	発芽率 (%)	純量率 (%)
下伊那4号	無処理	6.0	1.1	2.10	473	10.7	98.5
	袋掛け	1.4	0.3	2.28	433	9.5	98.9

袋掛け処理では、袋内にカメムシ類が一旦侵入すると袋内の球果を集中的に加害するため、袋内の種子の発芽率は無処理の種子より低下する^(3,4)といわれる。今回の球果採取時には、袋内にカメムシ類は存在せず、袋掛け処理の種子と無処理の種子の発芽率に差がみられなかったことから、袋内にカメムシ類が侵入したことが袋掛け処理の種子の発芽率を低下させたとは考えられない。また、岐阜県でのカメムシ類の球果への加害は6月下旬以降から始まること^(3,4)を併せて考えると、袋掛け処理の種子の発芽率が向上しなかった原因は、袋掛け処理の時期にはすでにカメムシ類に種子が加害されていたことが考えられる。

また、今回の球果採取時に併せて採取した上伊那2号の種子の発芽率と比較すると、下伊那4号の発芽率は袋掛け処理および無処理ともに低かったことから、カメムシ類の加害以外にも発芽率低下の原因があると考えられる。そこで過去4年間のヒノキ種子の発芽率の年変動をみると、図-5に示したとおり下伊那4号の発芽率は、年ごとに大きく変動していることから、このようなクローンの特性も今回の結果に影響した可能性もあった。

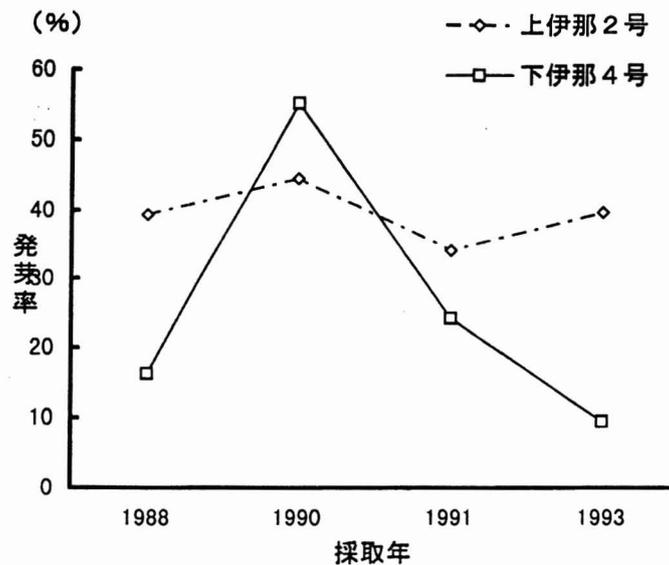


図-5 ヒノキ種子の発芽率の年変動

イ 袋掛け処理の効果 (1995年)

1995年は、1993年の結果を基に袋掛けの時期を約1ヶ月半早め効果を検討した。

採取した球果から得た精選種子は、表-6に示したとおりであり、精選種子の1,000粒重をみると、立木ごとに差はみられるが、同一立木の袋掛け処理と無処理との間に大きな差はみられなかった。

表-6 採取したヒノキ球果量と精選種子 (1995年)

クローン名	処理方法	採取球果 容量 (l)	精選種子 容積 (l)	1000粒 重 (g)	1g当 粒数	発芽率 (%)	純量率 (%)
松 筑 3号	無処理	38.0	8.3	2.43	412	57.0	98.5
	袋掛け	4.4	1.4	2.18	460	69.8	98.9
上伊那4号	無処理	46.0	11.7	2.48	403	60.5	98.5
	袋掛け	2.9	0.8	2.47	404	43.3	98.4
南安曇1号	無処理	38.0	6.9	1.84	543	46.3	96.2
	袋掛け	4.7	0.9	1.90	526	47.8	98.1

発芽試験の結果は図-6に示したとおりであった。袋掛けを行った種子と袋掛けを行わなかった種子の発芽率を比較すると、松筑3号は袋掛け処理によって発芽率が約13%高くなったが、他の2クローンでは袋掛け処理による発芽率の向上がみられなかった。

袋掛けが一定の効果を示さなかった原因としては、次のようなことが考えられる。

無処理の種子の発芽率が約45%以上あり、一般にヒノキの種子の発芽率が30%前後といわれているのに比べて高く、また他県のカメムシ類の被害が激しい採種園での種子の発芽率が5~10%程度である(17, 23)のに対して著しく高い。

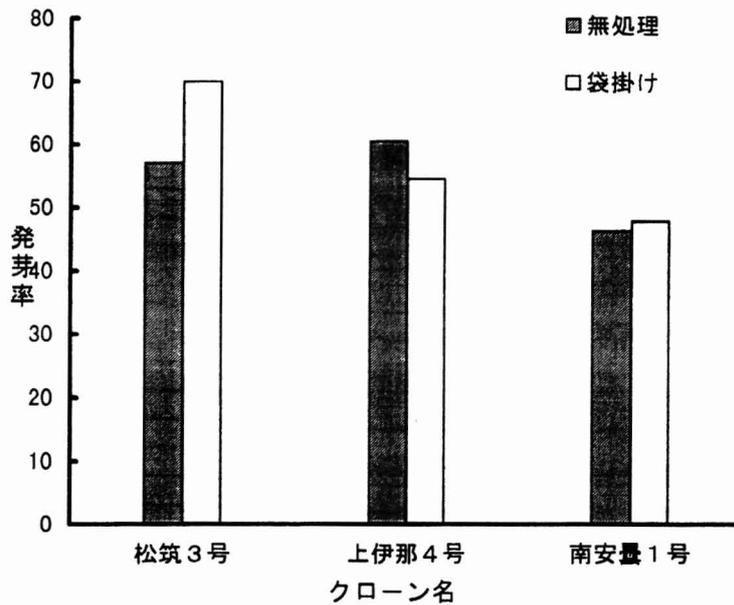


図-6 ヒノキ種子の処理別発芽率 (1995年)

このことから、今回試験を行った採種園では、カメムシ類の生息密度が低く、袋掛けと無処理の発芽率に差が生じなかったことが考えられる。

今回の球果採取時に南安曇1号では、カメムシ類が侵入していた袋がみられたことから、袋掛けした球果の中にも、カメムシ類に加害されていた球果があった可能性が考えられる。また、袋掛け処理では、袋内にカメムシ類が侵入すると袋内の球果を集中的に加害するため、袋内の種子の発芽率は著しく低下する^(3,4)といわれていることから、今回の試験でも袋内でカメムシ類に加害された球果の種子の発芽率は低いと考えられる。

先に述べたように、今回の試験では、袋掛け処理した袋毎の種子量が少なく、発芽試験には25個の袋で得られた種子を混合試料としたため、袋内でカメムシ類に加害された種子が混入し発芽率が引き下げられたのではないかと考えられる。

なお、袋内にカメムシ類が侵入した原因としては、袋を固定した部分に隙間が生じ侵入されたことと、カメムシ類の卵塊が6月からスギ、ヒノキでみられることから、袋掛けをする際に卵塊を見落として袋掛けを行ったことが考えられる。

(3) まとめ

今回の試験では、試験を行ったヒノキ採種園のカメムシ類による吸汁害が少ないことなどから球果着果枝への袋掛け処理の効果は明らかにならなかった。

しかし近隣県では、本被害がヒノキ種子生産に大きな障害となっているので今後十分に注意を払っていく必要がある。

4 おわりに

カラマツ種子の豊凶と結実前年の花芽分化期の気象条件との関係については、これまでも気象因子を指数化した気象総合値と梅雨強度により、結実前年が「からつゆ」の際には豊作となる傾向があると指摘されており、今回もほぼ同様の結果が得られた。

また主成分分析を用いた検討で、この花芽分化期の気象因子を「気温因子」と「日照・降水因子」にまとめることで、種子の豊凶との関係が説明され、「日照・降水因子」が「気温因子」よ

り強く働いていると考えられた。このことから、種子の豊凶に強く影響を与える気象因子として、6月下旬から7月上旬の日照時間と6月下旬の気温をあげることができ、今後これらの気象因子を豊凶予想の指標として利用することができると思われる。しかし、気象条件や、採種木が持つ遺伝的要因についてはコントロールすることは難しいため、育種種子の安定供給には、環状剥皮などの着花促進処理を併せて行うことが必要であると考えられた。

また、球果着生枝の切り落としによる球果採取が、球果が着生する枝齢の枝を減少させていることが、豊作が訪れにくい原因の一つとしてあげられ、採取方法の改善により豊凶への影響を軽減することで可能と考えられる。今後球果着生枝の切り落としによる影響について、実験的にその影響を調査するとともに、採種木の樹形改良や球果採取方法を枝を損傷させない方法に変更していくことが望まれる。

カメムシ類による種子吸汁害の被害回避方法である球果着果枝への袋掛け処理の効果は、試験を行ったヒノキ採取園のカメムシ類による被害が少ないことなどから、その被害回避効果を確認することができなかった。しかし、県内においてカメムシ類による果樹の被害が問題となっていることなどから、採取園などにおけるヒノキ種子の吸汁害について、カメムシ類の発生状況の調査や種子発芽率の変動などから被害の激害化の監視を行うとともに、被害が激害化した場合の対応ができるようにしておく必要があると考えられる。

なお、本稿をまとめるに当たり適切な御指導いただいた林業総合センター所長 武井富喜雄氏、主任研究員 片倉正行氏、気象観測資料の閲覧に便宜を賜った松本測候所の皆様に厚く感謝いたします。

引用文献

- (1) A. H. Fitter 他：植物の環魂と生理，187～195，1992，学会出版センター
- (2) 浅川澄彦：カラマツの結実促進，最近の林業技術 No. 6，79pp，1965
- (3) 川尻秀樹他：ヒノキ採種園におけるカメムシ類被害（Ⅰ），第39回日林中支論，83～84，1991
- (4) 川尻秀樹他：ヒノキ採種園におけるカメムシ類被害（Ⅱ），第40回日林中支論，227～228，1992
- (5) 松本測候所：松本気象三十七年報，221pp，1935，松本測候所
- (6) 長野県：長野県林業統計書，1977～1995年，長野県
- (7) 長野県：信州からまつ造林百年の歩み，606～607，1978，長野県
- (8) 長野測候所：長野県気象月報－6，7月－，1951～1957年，長野測候所
- (9) 長野測候所：長野県気象累年報，261pp，1953年，長野測候所
- (10) 長野地方気象台他：信州の気候百年誌，236，1988，長野地方気象台
- (11) 長野地方気象台：長野県気象月報－6，7月－，1958～1964年，長野県地方気象台
- (12) 長野地方気象台：長野県気象月報－6，7月－，1965～1967年，長野県生活気象協会
- (13) 長野地方気象台：長野県気象月報－6，7月－，1968～1994年，日本気象協会長野センター
- (14) 奥野忠一他：多変量解析法，159～257，1975，日科技連出版社
- (15) 小沢準一郎：針葉樹のタネ－生産と管理－，321～342，1962，地球出版
- (16) 佐藤大七郎・堤利夫編：樹木－形態と機能－，309pp，1980，文永堂
- (17) 佐野信幸他：ヒノキ採種園におけるカメムシ類の球果に対する加害について，第37回日林中支論，253～254，1989
- (18) 林野庁：林業技術ハンドブック，368～369，1990，全国林業改良普及協会

- (19) 林野庁関東林木育種場：精英樹特性表, 122～139, 1991, 林野庁関東林木育種場
- (20) 柳原利夫：カラマツの花芽分化期について（Ⅰ）, 日林論Vol. 40, 343～344, 1958
- (21) 柳原利夫：カラマツの花芽分化期について（Ⅱ）, 日林論Vol. 42, 164～166, 1959
- (22) 柳原利夫他：カラマツ結実の豊凶と気象の関係について、日林誌Vol. 42, 347～351, 1960
- (23) 吉野 豊他：ヒノキ採種園におけるチャバネアオカメムシの種子の加害（Ⅰ）, 日林誌Vol.71 No. 4, 160～163, 1989