

第4章

採種園の苗木生産数の 試算

採種園から生産される球果数を予測するためには、採種木1本あたりから生産される球果数に採種木数を乗じることで推定できる。また、採種木1本から生産される球果数は、様々な要因によって変動すると考えられる。例えば、①採種木のサイズ、②採種園の林分着果指数、③ジベレリン処理の有無と処理枝数等である。ここでは採種木1本から生産される球果数を推定するために明らかにする必要がある要因について解説する。

■ 球果生産数に影響する要因

□ 採種木のサイズ

採種木1本当りの生球果生産量と採種木の樹高には高い相関があり、生球果生産量に影響する（真田 1991）。採種木のサイズが大きいほど、着果枝が増え、また着果枝に雌花が結実する範囲も広がる傾向がある。

□ 採種園の豊凶

ヒノキの種子生産には豊凶がみられる。採種年の作柄によって、結実する球果数も大きく変動する。

□ ジベレリン処理の有無と処理枝数

ジベレリン処理によって、結実する球果数は増加する。ジベレリン処理することによって雌花数で6倍（丹原 1987）、種子生産量で1.9～3.1倍の促進効果があったとされている（出崎・桂川 1985）。また、採種木1本当たりのジベレリン処理枝数は、事業的な制限（コスト、人員等）のため1本～5本（平均3本）であることが多い。処理枝数は多いほど、結実する球果数が増えると考えられるものの、養分条件や光環境を考慮すれば、採種木1本あたりの着果数には、上限があると考えられる。

□ 採種木のサイズと着果枝の関係

林木育種センター内の原種園に植栽されていたヒノキ接ぎ木クロンの胸高直径と葉展開基部径8mm以上の枝の本数の関係、胸高直径と葉展開部からの枝長の関係を調査した。ただし、球果を採取しやすい地上高0.5mから1.5mの主幹から出ている一次枝のみをカウントしている。

調査した結果、胸高直径が大きい個体は、ジベレリン処理が可能な枝径8mm以上の枝を多数着生する傾向が見られた（図1）。また、胸高直径が大きい個体ほど、着果する可能性のある緑葉が着生する部位（枝長）が長くなる傾向が見られた（図2）。

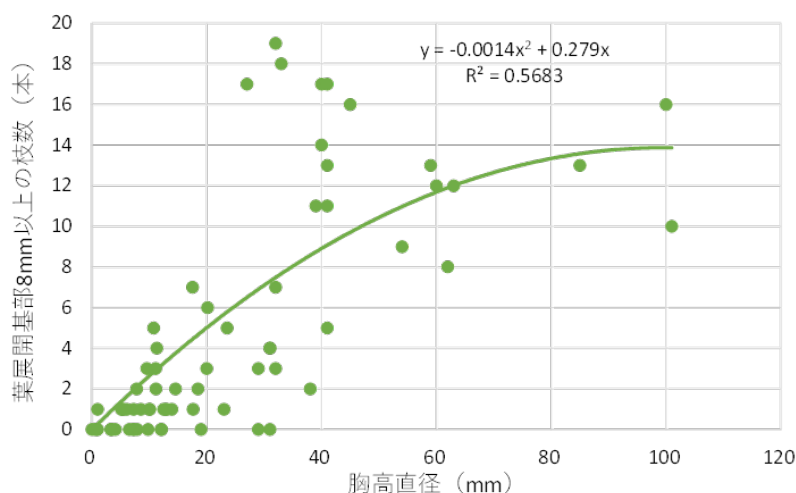


図1 採種木の胸高直径と、葉展開基部の枝径8mm以上をもつ着果枝数の関係

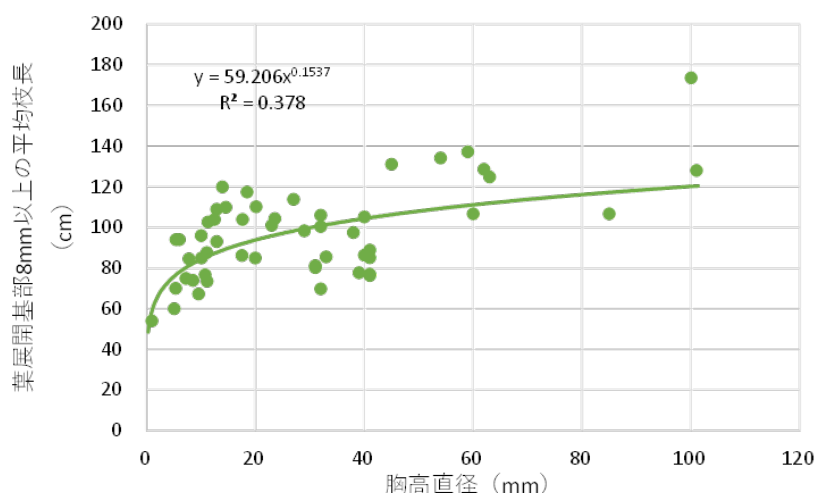


図2 採種木の胸高直径と着果枝の枝長の関係

採種木のサイズが大きいほど、着果枝が増えるとともに、着果枝の中で雌花が着生する範囲も広がると考えられる。

□ 採種園の豊凶

ヒノキは豊凶があるため、採種量は採種年の作柄によっても変動すると考えられる。胸高直径と着果枝数の関係、胸高直径と着花枝長の関係、球果（雌花）の着果指数と球果数の関係、豊凶別の着果指数の頻度を使い、胸高直径が大きくなった場合の採種木1本あたりに着生する自然球果数（ジベレリン処理していない場合）を推定した。なお、全国の採種園の豊凶調査では22回のうち、豊作2回、並上4回、並作2回、並下9回、凶作5回の出現頻度であったことから、これらの頻度を考慮して採種木1本あたりの平均的な球果生産量を推定した（図3黒線）。

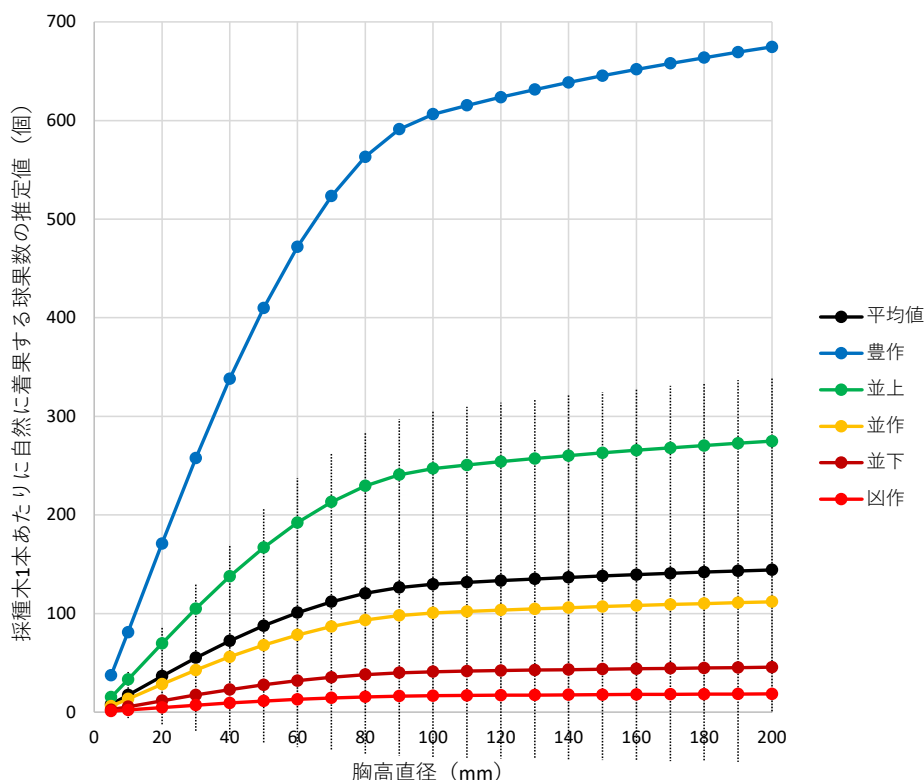


図3 作柄別の採種木のサイズに伴う採種木1本に着生する自然球果数の推移の予測

※採種木の0.5mから1.5mに着生している着果枝は着花しやすい光環境にあることを条件としている。また図中の黒線は22回の平均的な作柄時に自然に着生する球果数の推定値を表す。バーの上端は平均値+1 σ を表す。

豊凶によって、採種木1本に着生する球果数に大きな違いが見られた。また、採種木の直径が大きくなると、8mm以上の径をもつ着果枝が増え、緑葉が着生している部位が長くなり、結果的に球果数が増えるが、胸高直径10cm以上になると、着果枝の数は上限に達し、球果数も安定化する傾向が見られた。

□ ジベレリン処理

①異なる作柄におけるジベレリン（GA）処理の着花促進効果

茨城県、千葉県、東京都、愛媛県のミニチュア採種園において、2021年から2023年のうち、同年に同じ採種木に対してジベレリン処理した枝の着花指数と無処理の枝の自然着花指数を使って、自然着花指数とジベレリン着花指数の関係を求めた（図4）。

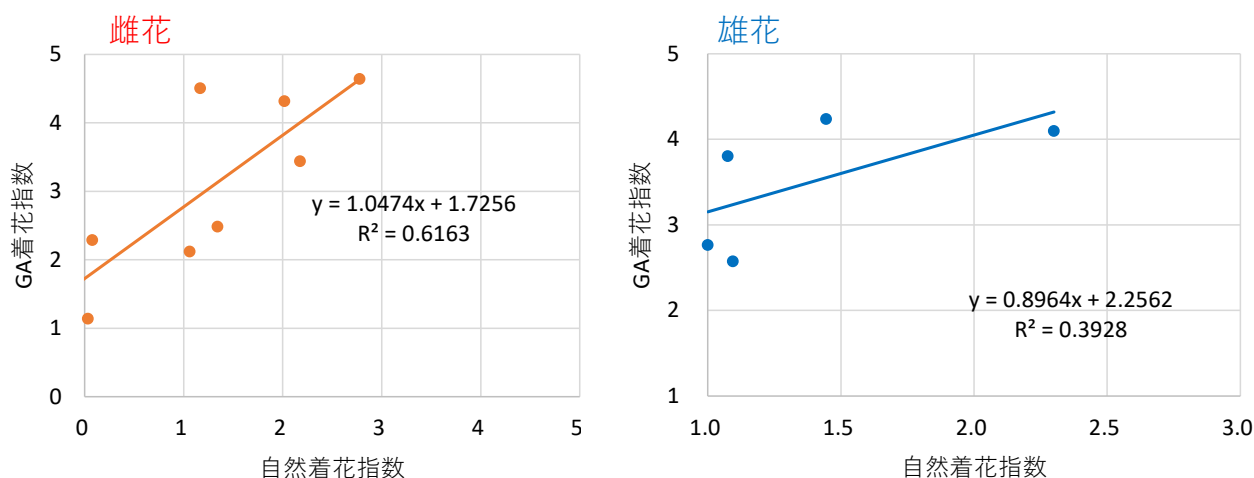


図4 自然着花指数とジベレリン着花指数の関係

※各点は、各採種園において、同年の複数の採種木から得られた指数の平均値である

雌花の場合

自然着花指数0→ジベレリン処理で概ね2まで引き上げられる。
 自然着花指数1→ジベレリン処理で概ね3まで引き上げられる。
 自然着花指数2→ジベレリン処理で概ね4まで引き上げられる。
 自然着花指数3～5→ジベレリン処理で概ね5。

ジベレリン処理によって、雌花の着花指数も向上した。特に自然着花指数が小さい並作年以下の年で、ジベレリン処理の効果が高まる傾向があり、既存の報告（齋藤・明石 2004）と同様の結果だった。調査結果からは、ジベレリン処理により豊作年に生産量がより高められるというよりは、不作年に種子生産が底上げされる傾向にあると考えられ、毎年一定量の種子を生産する上でジベレリン処理は有効であると考えられた。ただし、豊作年の翌年には花芽分化する部位が必然的に減少するため、豊作年の翌年の着花促進の効果は限定される場合があると考えられる（勝田 1982）。

雄花の場合

自然着花指数1→ジベレリン処理で3まで引き上げられる。
 自然着花指数2→ジベレリン処理で4まで引き上げられる。

ジベレリン処理によって、雄花の着花指数も向上し、園内での花粉濃度が高まることも期待できることが示唆された。

②ジベレリン処理による球果生産数

ジベレリン処理する枝数を変えた場合の球果数を推定した。

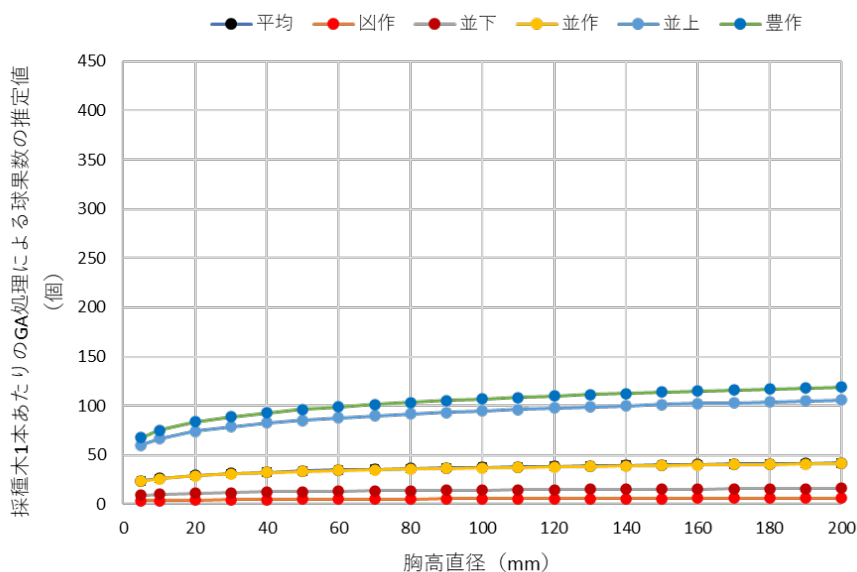


図5 採種木1本にジベレリン処理を**1枝**処理した時の作柄別の球果数の予測

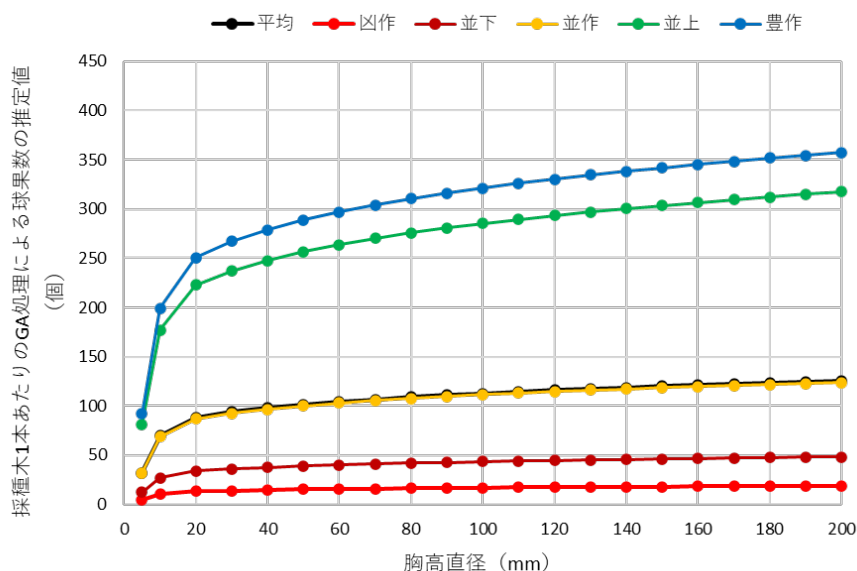


図6 採種木1本にジベレリン処理を**3枝**処理した時の作柄別の球果数の予測

※シミュレーションでは、ジベレリン処理した枝以外の枝に自然着花の球果が着生していても、カウントしていない。また、区画ローテーション管理しているミニチュア採種園で、球果採取する予定の区画でジベレリン処理した枝からのみ採種した球果数の予測である。シミュレーションに用いたデータは、各都県等で測定した豊凶、主にミニチュア採種園で得たジベレリン処理と自然着花の着花指数の関係、球果（雌花）の着果指数と球果数の関係、林木育種センターの原種園等で測定した胸高直径と着果枝数、枝長との関係を用いて推定している。

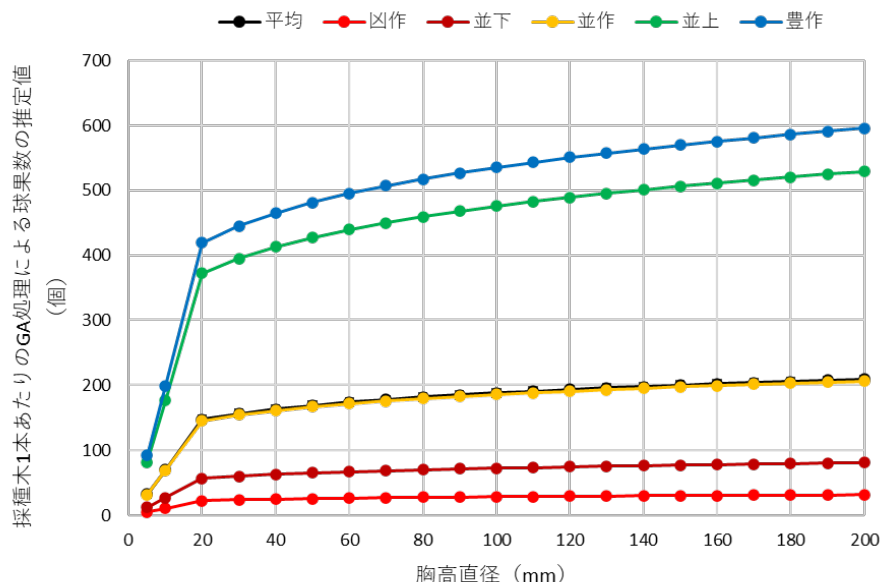


図7 採種木1本にジベレリン処理を5枝処理した時の作柄別の球果数の推移の予測

※シミュレーションでは、ジベレリン処理した枝以外の枝に自然着花の球果が着生していても、カウントしていない。また、区画ローテーション管理しているミニチュア採種園で、球果採取する予定の区画でジベレリン処理した枝からのみ採種した球果数の予測である。シミュレーションに用いたデータは、各都県等で測定した豊凶、主にミニチュア採種園で得たジベレリン処理と自然着花の着花指数の関係、球果（雌花）の着果指数と球果数の関係、林木育種センターの原種園等で測定した胸高直径と着果枝数、枝長との関係を用いて推定している。

③並作時におけるジベレリン処理枝数の違いによる球果生産数

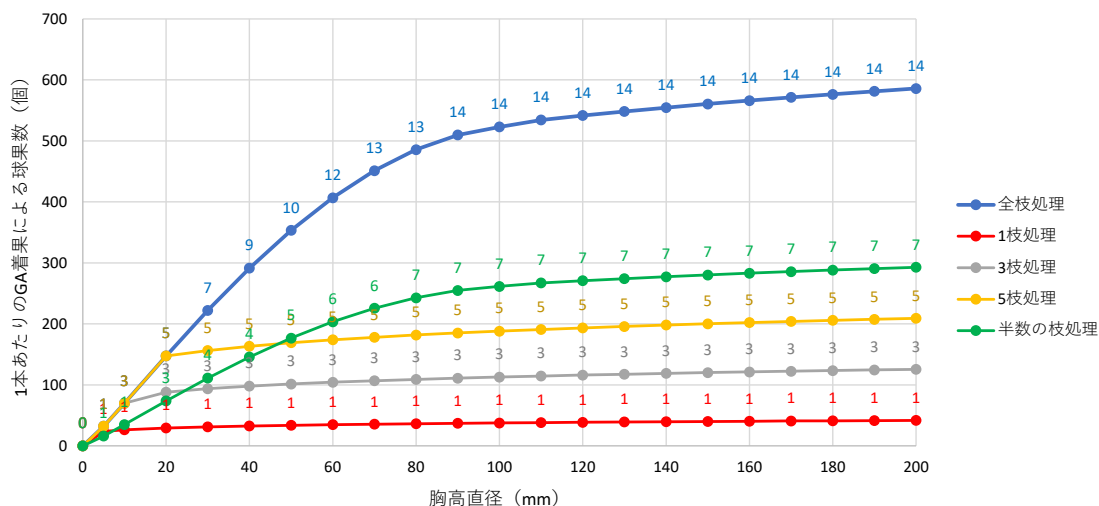


図8 採種木1本あたりのジベレリン処理枝数を変えた場合の球果数の推移

※シミュレーションでは、ジベレリン処理した枝以外の枝に自然着花の球果が着生していても、カウントしていない。また、区画ローテーション管理しているミニチュア採種園で、各都県等で測定した豊凶に基づく平均年（≡並作年）に球果を採取する予定の区画において、ジベレリン処理した枝からのみ採種した球果数の予測である。図中の凡例の数値は、処理枝数を表す。

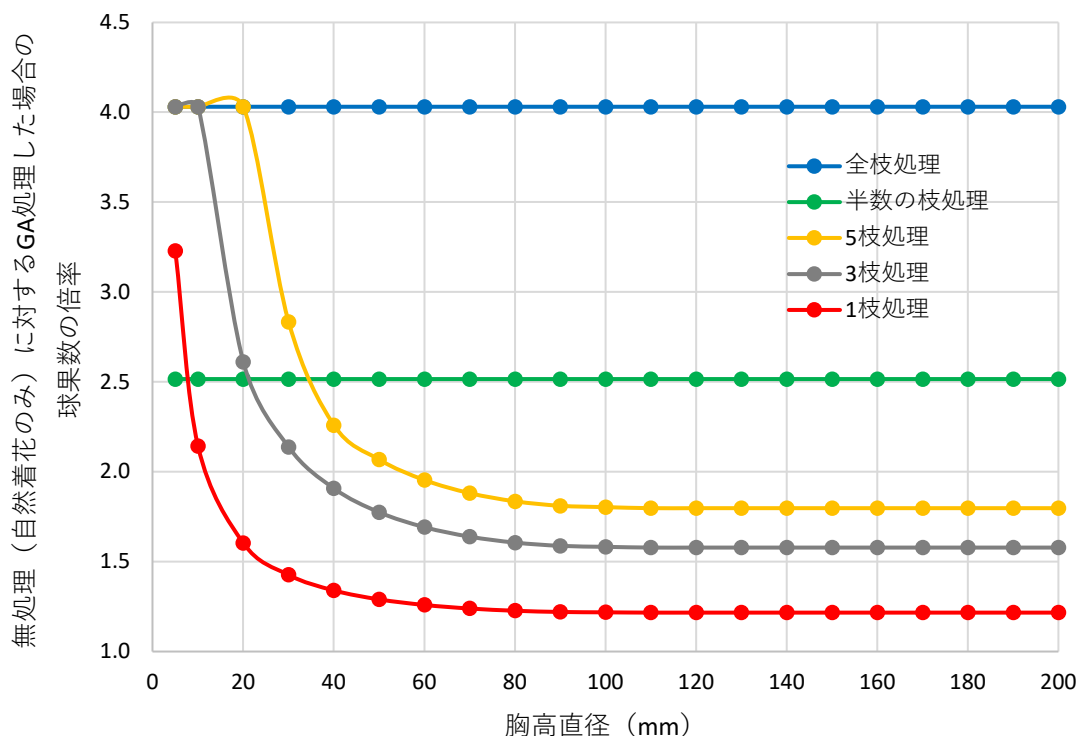


図9 無処理（自然着花）に対するジベレリン処理した場合の球果数の倍率

採種木が小さい時は特にジベレリン処理することによって、無処理の場合（自然着花）に比べて多くの球果を採取できることが分かった。胸高直径10cm以上になると収量の倍率は安定し、葉展開基部の枝径8mm以上の枝に対してジベレリン処理を1枝実施すると1.2倍、3枝処理すると1.6倍、5枝処理すると1.8倍、半数の枝に対してジベレリン処理すると2.5倍、全枝処理すると4.0倍の収量の増加が見込まれた。

※シミュレーションでは、ジベレリン処理した枝に着生している球果数と、残りのジベレリン処理していない枝に着生している自然着花の球果数の合算値を求め、その合算値が、無処理（自然着花）の場合の球果数に対して何倍になるかを試算した。

■ 収量率

収量率は生球果に対する種子重の割合である。球果あたりの種子数は30粒から40粒が多い。ヒノキ精英樹の場合、669.9kgの球果から62kgの種子が生産されたとする報告がある（9.3%）。また、花粉の少ないヒノキからは26.6kgの球果が生産され、2.6kgの種子が生産されたとする報告がある（9.8%）（石井ら 2009）。また収量率は7～12%とする報告もある（浅川 1981）。また人工交配で得られた収量率は約9%だったとしている（山手 1989）。球果10個あたりの平均重量は、およそ5.5kgとしている（坂口 1952）。生球果1個あたりの重量は0.6g～0.7gが多く、平均0.65gとすれば、生球果1kgあたり約1,500個の球果数になる。また球果あたりの種子数を35粒とすれば、生球果1kgから得られる種子数は約54,000粒と推定される。

■ 千粒重

種子の品質を表す指標で種子の播き付け量を決める際に用いる。種子の千粒重については、最大3.33g、最小1.43g、平均2.22gと報告している（小沢 1965）。また一枝当たりの雌花の着生量が多いと、千粒重は小さくなる傾向があるとしている（吉野 1986）。特に枝当たりに700個以上の球果がつくと、無処理に対して千粒重は低い値を示す。2,000個以上着生すると、結果率（雌花数に対する球果数）が20～40%に低下する（金川・北川 1987）。

■ 純量率

種子の品質を表す指標で種子の播き付け量を決める際に用いる。一般に種子には、球果片、葉片、その他の夾雑物が混じっているが、純量率は、葉や球果鱗片等の夾雑物を除いた種子割合を表す。その夾雑物が入っている割合は4%以下である（小沢 1962）。

純量率は以下の式で計算する。

$$\text{純量率} = (\text{供試重量} - \text{夾雑物重量}) / \text{供試重量} \times 100$$

種子発芽率に影響する要因

採種園における苗木生産数を予測するためには、生産された種子の発芽率を予測する必要がある。ここでは、種子の発芽率に影響する要因と、カメムシ防除袋の効果について紹介する。

■ 種子発芽率に影響する要因

□ 隣接する採種木の枝の交差状況

立木密度の低い採種園では、高い採種園より種子の有胚率が高い傾向がある（井出 1984）。これには隣接する採種木の枝の交差状況が影響していると考えられ、採種木の樹冠が混んでいるほど、花粉の流動が悪くなり、シイナが多くなるためと考えられる（山手 1979）。

□ 採種園の豊凶

豊作年では有胚率が高く（井出 1984）、種子の発芽率が高い傾向がある（小林・尾古 1985；岸・照山 1992）

□ カメムシ防除袋処理

カメムシが発生する年は、カメムシ防除袋をかけると種子の発芽率や充実率は高くなり、防除袋を掛けないと低下する（綱田・半田 1992；半田ら 1991；涌嶋ら 1993；小山ら 2004；加藤ら 2013a；川尻ら 1992b）。

□ 健全な種子のうちの発芽可能な種子

内部が充実している健全種子のなかに発芽能力のない種子が含まれている。発芽力の弱い種子は、好条件が整えられた発芽試験では発芽するが、条件が必ずしも良好ではない実際の苗畑等では発芽しないことがしばしばある。このため、試験発芽率よりも苗畑発芽率は低いのが一般的である。苗畑発芽率が低い理由として、①苗畑では水分や温度の条件がインキュベーターなどの試験器の場合より劣り、②土壌中の微生物により障害を受け、③発芽遅延の弱勢苗木が病原菌に侵されるなどが考えられる。長谷川（1943）は、苗畑での発芽率と試験発芽率との関係を示した。苗畑での実測が望ましいが、試験発芽率から苗畑発芽率を推定する場合は、以下の表1を参考にされたい。

表1 試験発芽率と苗畑発芽率との関係（長谷川 1943）

苗畑発芽率（％以上）	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
試験発芽率（％）	20	28	34	40	45	52	60	64	71	79	83
試験発芽率に対する苗畑発芽率の百分率（％）	50	53	58	62	67	67	67	70	70	70	72

■ カメムシ防除袋による発芽率への影響

カメムシ防除袋による種子の発芽率への影響を調べるため、茨城県、愛媛県、岡山県、三重県の採種園において複数の採種木を使用し、同一年・同一箇所でカメムシ防除袋を掛けた場合と掛けなかった場合の種子の発芽率を調査した。

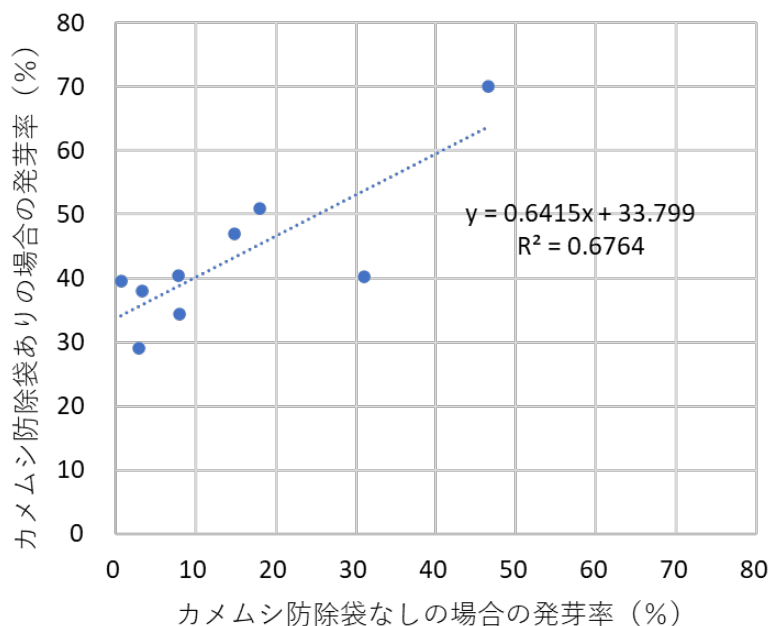


図1 カメムシ防除袋の有無による発芽率の関係

※各点は、各年の各採種園において、複数の採種木で得られた発芽率の平均値を用いて算出。

カメムシが発生する年は、カメムシ防除袋をかけると種子の発芽率や充実率は高くなるが、防除袋を掛けないと大きく低下することが知られている（小山ら 2004；加藤ら 2013a）。

今回の調査結果においても、種子の発芽率は、カメムシ防除袋を掛けることによって向上する傾向が見られた。特に防除袋を掛けないときの発芽率が低い場合（カメムシ被害が多い時と考えられる）は、袋を掛けることによって、発芽率が大きく向上する傾向が見られた。

採種園における苗木生産数を予測するためには、発芽した種子の内、どれだけ苗木として出荷されるかを明らかにする必要がある。ここでは、発芽してから苗木として出荷されるまでの割合と、減少する要因について紹介する。

■ 苗木の規格

□ コンテナ苗

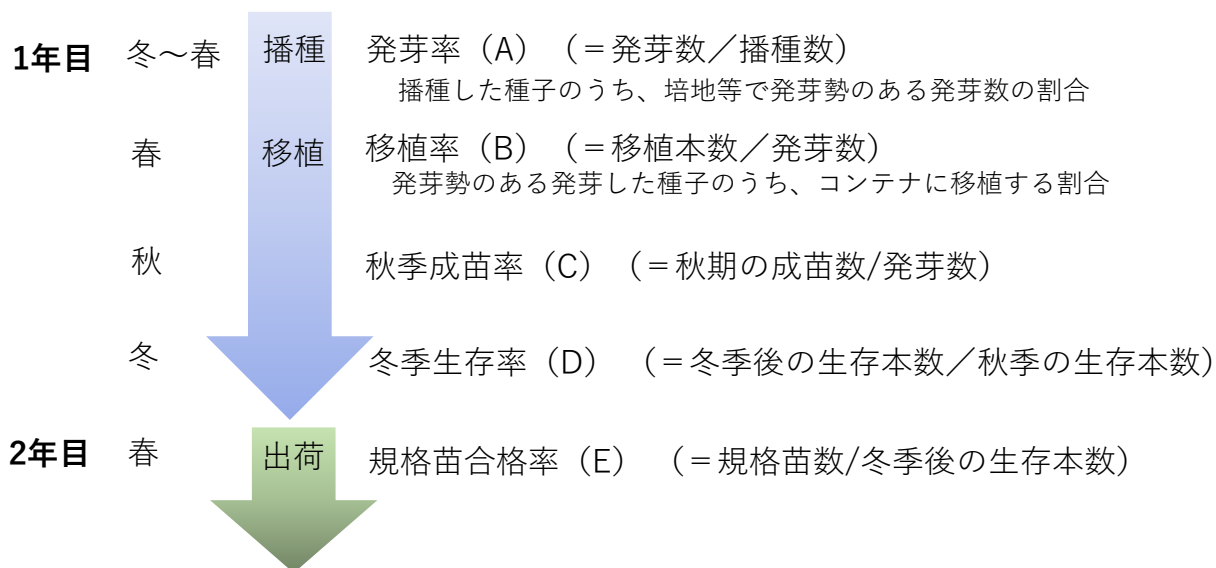
ヒノキのコンテナ苗の場合、自治体やコンテナ容量によって異なるが、苗齢で1～3年で出荷する（平均で約2年）。自治体によっては苗長や根元直径が規格を満たせば、苗齢は関係ないとする場合もある。苗長は最低25cm上となっている（平均で約35cm上）。根元直径については、規格を設定しない自治体もあるが、概ね2.5mm上の範囲となっている（平均で約3.5mm上）。

□ 裸苗

ヒノキの裸苗の規格も自治体によって異なる。苗齢1～3年で出荷するケースが多いが（平均で約2.5年）、苗長や根元直径が規格を満たせば、苗齢は関係ないとする自治体もある。苗長は最低8cm上となっている（平均で約40cm上）。根元直径については、規格を設定しない自治体もあるが、概ね5mm上の範囲となっている（平均で6.5mm上）。

■ コンテナの生産数の計算例（2年生苗（1回移植））

播種数からコンテナ山行き苗数を予測する方法を紹介する。
ただし、地域によっては2年生以外のコンテナ苗を生産したり、直接コンテナ播種する場合がある。実際には下記の内容を参考にしつつ、生産現場の状況に合わせて苗木生産数を予測することが必要である。



播種数をX粒とした場合、規格に達する苗木の本数（Y）は、以下の式で算出することができる。

$$Y = A \times B \times C \times D \times E \times X$$

計算例1) 1万粒を播種した場合の規格に達する山行苗の本数の計算
A=0.2、B=0.8、C=0.8、D=0.8、E=0.8、X=10,000とした場合、
苗木本数（Y）＝0.2×0.8×0.8×0.8×0.8×10,000＝819（本）

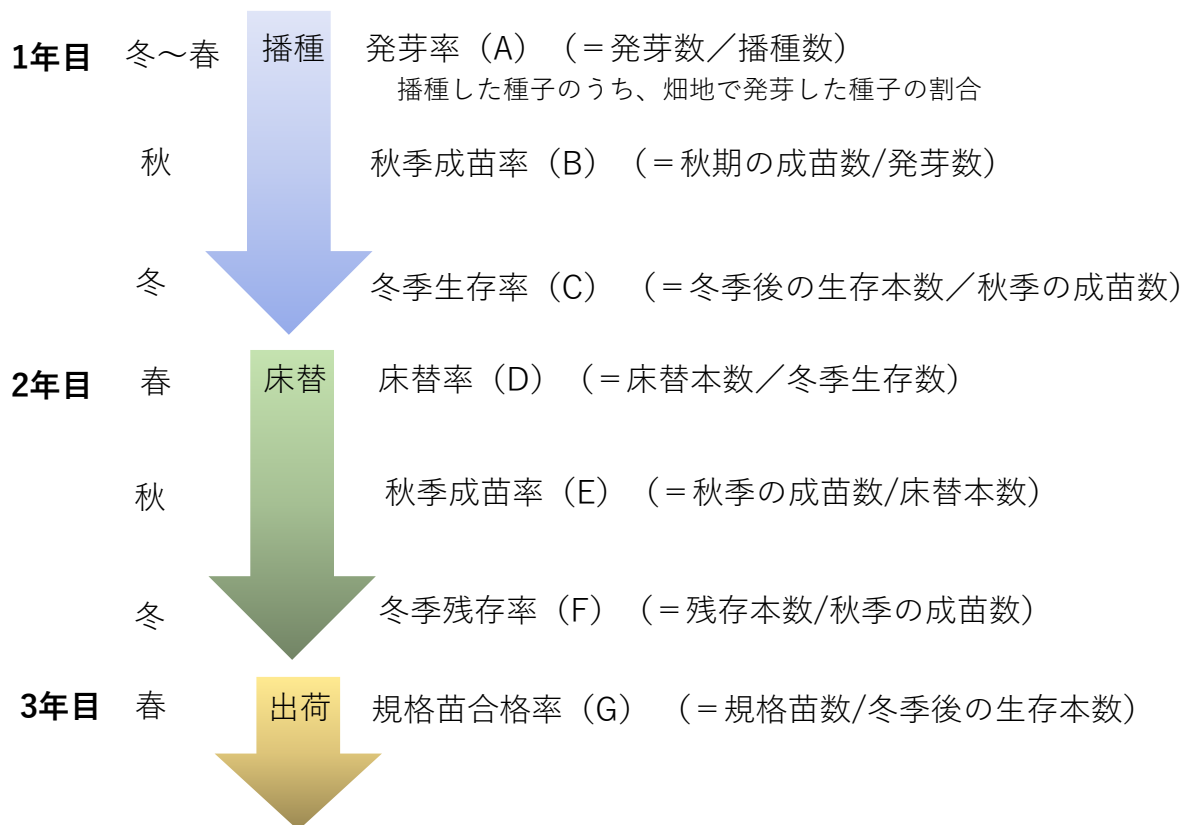
規格苗X本を生産するために必要な播種数（Z）の計算は、以下の式で算出することができる。

$$Z = X \div (A \times B \times C \times D \times E)$$

計算例2) 1万本の規格苗を生産するために必要な播種数の計算
A=0.2、B=0.8、C=0.8、D=0.8、E=0.8、X=10,000とした場合、
播種数（Z）＝10,000／（0.2×0.8×0.8×0.8×0.8）＝122,070（粒）

■ 裸苗の生産数の計算例（3年生苗（1回床替））

播種数か山行き用の裸苗数を予測する方法を紹介する。
ただし、地域によっては3年生以外の裸苗を生産したり、床替え数も異なる場合がある。実際には下記の内容を参考にしつつ、生産現場の状況に合わせて苗木生産数を予測することが必要である。



播種数をX粒とした場合、規格に達する苗木の本数 (Y) は、以下の式で算出することができる。

$$Y = A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \times X$$

計算例1) 1万粒を播種した場合の規格に達する山行苗の本数の計算
A=0.2、B=0.3、C=0.8、D=0.8、E=0.8、F=0.8、G=0.7、X=10,000
とした場合、苗木本数 (Y)
=0.2×0.3×0.8×0.8×0.8×0.8×0.7×10,000=172 (本)

規格苗X本を生産するために必要な播種数 (Z) の計算は、以下の式で算出することができる。

$$Z = X \div (A \times B \times C \times D \times E \times F \times G)$$

計算例2) 1万本の規格苗を生産するために必要な播種数の計算
A=0.2、B=0.3、C=0.8、D=0.8、E=0.8、F=0.8、G=0.7、X=10,000
とした場合、播種数 (Z) =10,000/
(0.2×0.3×0.8×0.8×0.8×0.8×0.7) =465,030 (粒)

■ 山行苗木生産数の試算

これまで得られたシミュレーション結果を用いて、採種木1本から生産される山行き苗木数について試算した（図1）。ただし、作柄、採種木の管理、苗木育成等によって苗木生産数は変動する。下記の内容を参考にしつつ、実際の生産現場の状況に合わせて苗木生産数を予測することが必要である。

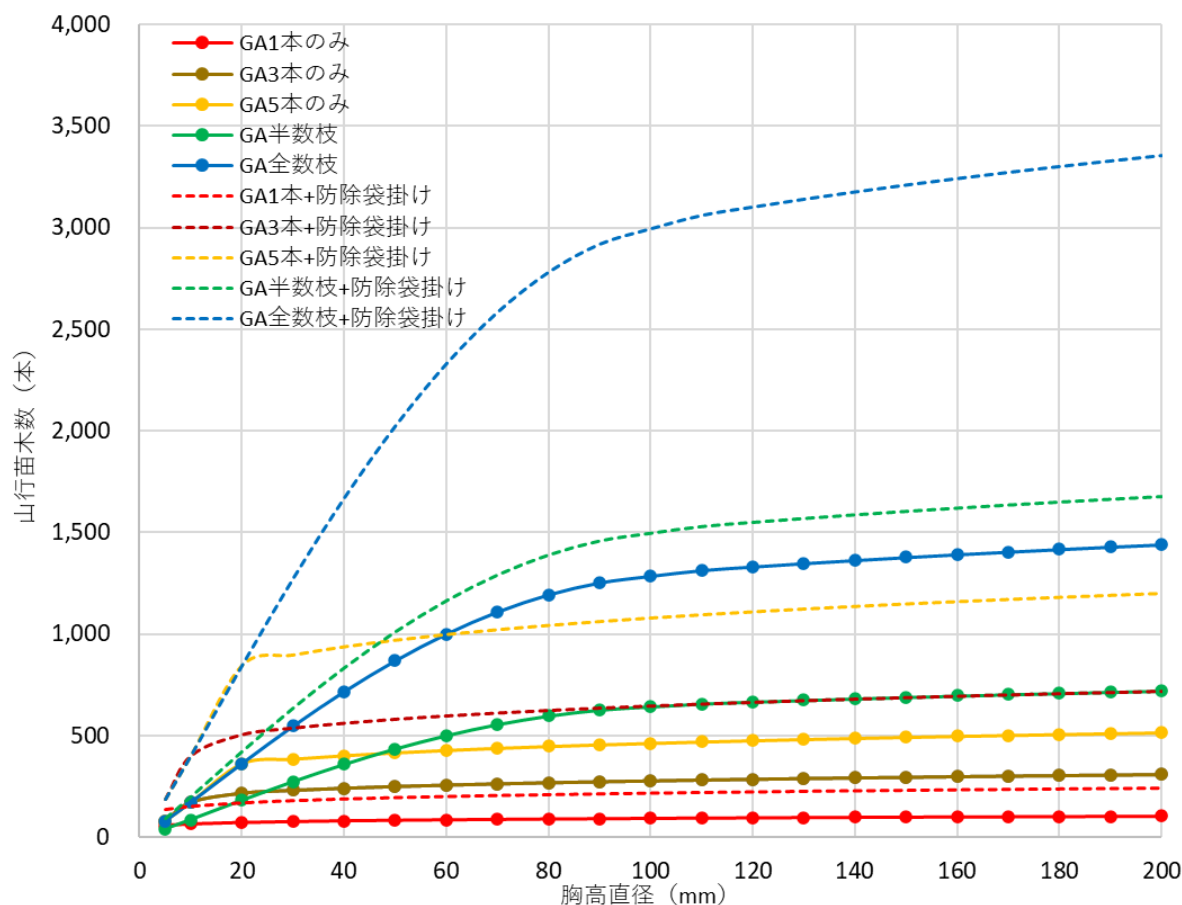


図1 ジベレリン処理し、カメムシ防除袋をかけた場合と掛けなかった場合の採種木1本から生産されるコンテナ山行苗木数の試算

※シミュレーションの条件：区画ローテーション管理しているミニチュア採種園で、球果を採取する予定の区画で、採種木にジベレリン処理し、処理した枝のみから球果を採取し種子採種することとした。球果当たりの種子数は35個とし、それから山行苗木を生産することとした。また、シミュレーションでは、各都県等で測定した豊凶データに基づいて平均年（≒並作）に採取することとした。またこれまで得られたジベレリン処理と自然着花の着果指数の関係、球果（雌花）の着果指数と球果数の関係、林木育種センターの原種園等で測定した胸高直径と着果枝数、枝長の関係式を用いて試算している。また種子の発芽率は20%（防除袋なし）、46%（防除袋あり）とし、2年生コンテナ苗（1回移植）を生産することを想定して試算した。このとき、芽生えの移植率=0.8、秋季苗成率=0.8、冬季生存率=0.8、合格苗率=0.8とした。

■ 採種木の必要本数の試算

前ページの採種木1本あたりのコンテナ山行き苗数の試算結果を用い、10万本の山行き苗木を生産するために必要な採種木の本数を試算した。

表1 10万本のコンテナ山行き苗を生産するために必要な採種木の本数の試算結果

胸高直径 (mm)	GA1本+防除 袋掛け	GA3本+防除 袋掛け	GA5本+防除 袋掛け	GA半数枝+ 防除袋掛け	GA全数枝+ 防除袋掛け
30	1,915	638	383	539	269
40	1,832	611	366	411	205
50	1,771	590	354	339	169
60	1,722	574	344	294	147
70	1,681	560	336	265	133
80	1,647	549	329	247	123
90	1,618	539	324	235	117
100	1,592	531	318	229	115
110	1,568	523	314	224	112
120	1,548	516	310	221	111
130	1,529	510	306	218	109
140	1,511	504	302	216	108
150	1,495	498	299	214	107
160	1,481	494	296	212	106
170	1,467	489	293	210	105
180	1,454	485	291	208	104
190	1,442	481	288	206	103
200	1,431	477	286	204	102

※シミュレーションの条件：前ページで示した条件と同一である。
表中のGAとはジベレリン処理のことを示す。

採種木のサイズが小さいときは、採種量が少ないため、10万本の苗木を生産するために必要な採種木数が多い。採種園の生産数が少ない時は、既設の採種園からの採種も入れた上で、新規採種園の造成年や採種園の規模を計算する必要がある。