

制御環境下における樹木の生長と年周リズム*

I スギ, カラマツ, ケヤキ, クヌギの幼令期における伸長生長

伊東 隆夫**・島地 謙**

Tree Growth under Controlled Environment and its Annual Rhythm

I Shoot Growth in the Young Stage of Sugi, Karamatsu, Keyaki and Kunugi

Takao ITOH* and Ken SHIMAJI*

概 要

常緑針葉樹のスギ, 落葉針葉樹のカラマツ, 落葉広葉樹のケヤキおよびクヌギの一年生苗木を温度ならびに日長条件が一定に保たれた人工気象室で24ヶ月あるいはそれ以上生育させ, 自然条件下で生育させたそれぞれの苗木と伸長生長量を比較し自然条件下で生育するこれら樹木に普通にみられる年周リズムの消長を検討した。

スギ, カラマツ共に, 人工気象室では野外の秋から冬に相当する10月～翌年1月にかけて生長を休止することなく伸長し続けたという意味で年周リズムが乱された。両樹種共に2月始めになって休眠に入った。その後すなわち人工気象室内での2年目における伸長経過は両樹種共に個体によってかなりのバラツキがみられた。従って最初の休眠までは年周リズムが多少とも残存し, 引き伸ばされたと考えられるが最初の休眠以後のデータからは年周リズムは消滅の傾向をたどり, 伸長経過は人工気象室内の外部環境の総体としての生長条件によって大きく影響されるものと考えられた。カラマツで一個体だけ約2年間近く休眠することなく, 伸長し続けたが, これは外部生育条件が良ければ伸長量で判断した年周リズムは消失することを示すものであろう。

クヌギおよびケヤキ共に長日下での伸長生長は自然条件下でのそれよりも遅くまで続いたがシュート伸長開始と同一年内に伸長生長が止まった。翌年以降部分的に側枝が伸びあるいは新葉が開くが主軸の伸長生長はみられなかった。従って落葉広葉樹で年周リズムの消長を検討することはできなかった。

緒 言

制御環境下での樹木の伸長生長とそれに伴う肥大生長についてはこれまでにいくつかの報告があるがこれらは主にガラス温室を使用しているため, 温度はある程度コントロールできるものの日長は自然日長を使用せざるを得ないという欠点があった^{1,2,5)}。幸いに京都大学木材研究所に温度と日長を高い精度で制御できる樹木育生用の大型の環境制御装置, いわゆるファイトロンが設備された。これを契機に温度と日長を一定にして長期間樹木を生育させた場合の伸長量と生産された木部細胞の性質とを調べてより厳密に制御され

* 本報告の一部は第31回日本木材学会大会(1981年4月, 東京)において発表した。

** 木材生物部門 (Research Section of Wood Biology)

た環境下での樹木の生長を解析することを目的として一連の研究が計画された。今回、特に常緑針葉樹一種、落葉針葉樹一種、落葉広葉樹2種を用いて伸長生長を経時的に測定し、野外で生育させた対照樹木と比較することによって樹木の内在的な年周リズムの存在あるいは消長を検討した。

材 料 と 方 法

常緑針葉樹として奈良県吉野産のスギ (*Cryptomeria japonica*)、落葉針葉樹として長野県信州産のカラマツ (*Larix leptolepis*)、落葉広葉樹としてケヤキ (*Zelkova serrata*) (母樹は京都大学農学部附属演習林本部試験地に生育する樹齢約60年生の樹木) とクスギ (*Quercus acutissima*) (母樹は京都大学宇治キャンパスに生育する約10年生の樹木) を選び、それらの一年生苗木を用いた。すなわち、スギとカラマツは一年生苗木を1977年2月に入手後直ちにマッシュルーム堆肥20%を含む砂を用いて鉢植えにし同年4月に人工気象室に移すまで野外に生育させた。またケヤキとクスギは1976年にあらかじめ野外で発芽させた実生苗を上記と同様にマッシュルーム堆肥20%を含む砂に鉢植えし野外において1年間育てた後1977年6月(ケヤキ)、1977年4月(クスギ)に人工気象室に移した。

使用した人工気象室は長日条件設定可能区と短日条件設定可能区とに分けられているが内部の構造の詳細については、角谷(1978)の報告⁴⁾を参照されたい。なお、特に明記しない限りは長日条件の日長は16時間、短日条件の日長は8時間とした。照明は人工照明のみを用いたが、照度は経費との関連もあり、床上1mで20000ルクスの照度が得られるようにした。室内温度については昼間に相当する人工光点灯時は25°C、夜間に相当する人工光消灯時は20°Cとした。かん水は、室内タンクに貯蔵された一定量の水が週2回自動的

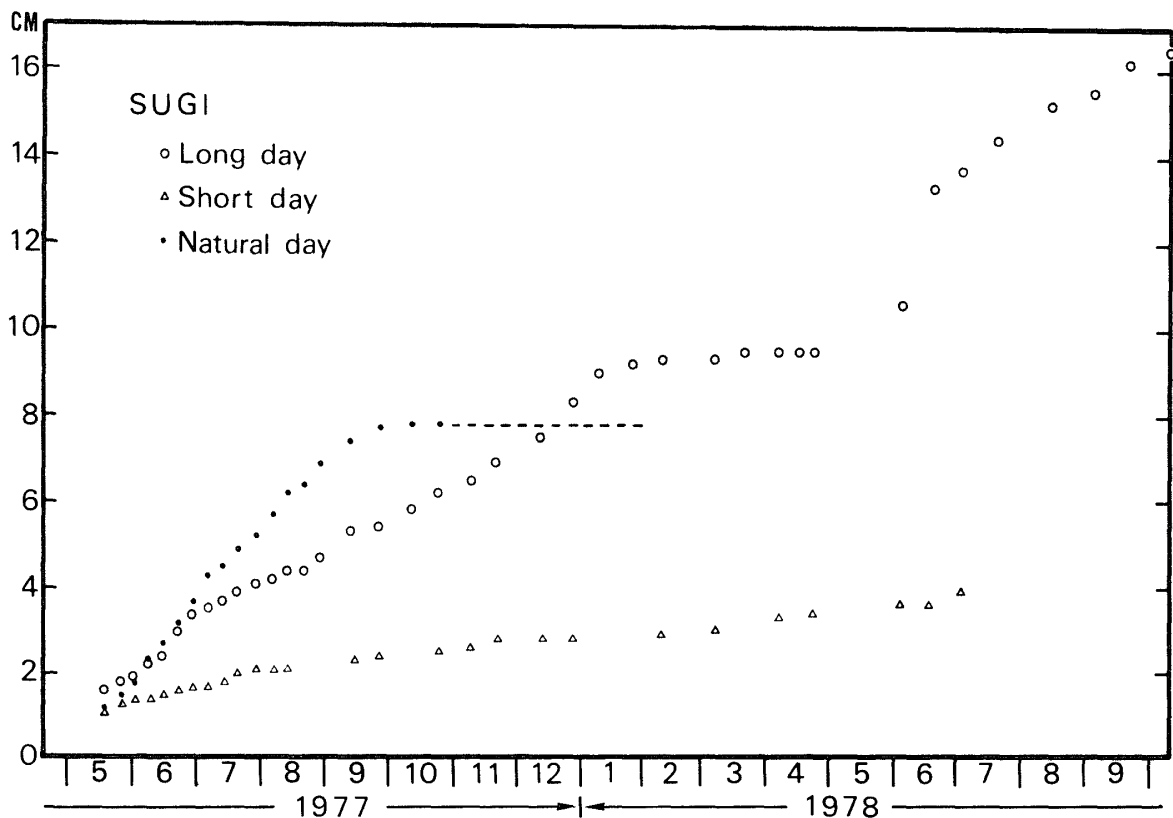


Fig. 1. Mean shoot growth of Sugi tree (*Cryptomeria japonica*) grown under long (○), short (△) and natural (●) day length. The abscissa in the following figures indicates month with year.

表1 自然日長におけるスギの伸長量

個 体 番 号	1977年 6月8日	6月15日	6月22日	6月29日	7月6日	7月13日	7月20日	7月29日	8月6日	8月13日	8月21日	8月29日	9月12日	9月26日	10月22日	10月24日
1	1.5	1.8	2.3	3.0	3.2	3.6	4.1	4.6	5.0	5.6	6.0	6.4	7.0	7.4	—	7.5
2	枯															
3	1.9	2.4	2.8	3.5	4.0	4.4	4.8	5.3	5.7	6.3	6.7	7.4	8.4	9.0	9.2	—
4	1.5	1.6	2.1	2.5	3.4	4.0	4.8	4.9	5.0	5.6	6.1	6.1	6.9	7.3	—	—
5	1.3	1.6	2.1	2.7	3.1	3.4	3.7	4.2	4.8	5.0	5.2	6.0	6.3	6.8	7.0	7.1
6	1.8	2.1	2.7	3.1	3.5	4.0	—	4.4	4.6	5.0	—	5.5	5.7	6.3	—	6.2
7	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.3	4.8	4.5	5.1	5.4	5.2	6.2	6.7	7.1	7.3	—
8	2.3	2.5	2.9	3.3	3.7	3.5	4.0	4.2	4.5	4.6	4.8	5.0	5.2	5.5	—	—
9	2.0	2.5	2.9	3.3	3.8	4.0	—	—	枯							
10	3.0	3.7	4.5	5.5	6.3	6.4	6.7	7.7	8.0	8.2	8.5	9.0	—	—	—	—
11	2.6	3.0	3.7	4.0	4.7	5.0	5.1	5.7	6.7	7.5	7.8	8.0	—	—	—	8.2
12	1.8	2.0	2.4	2.6	3.9	3.1	—	3.3	3.7	4.2	—	4.4	4.8	5.0	—	—
13	1.6	2.1	2.2	2.5	3.0	—	3.1	3.3	3.6	4.2	4.5	5.0	5.5	6.1	6.3	—
14	2.0	2.5	3.0	3.1	3.6	—	3.7	4.0	4.5	4.7	4.9	5.3	6.0	6.2	—	6.3
15	2.2	2.8	3.6	3.9	4.4	4.9	—	5.3	5.8	6.6	7.0	7.5	8.1	8.4	8.8	—
16	2.1	2.7	3.0	3.7	4.1	4.3	5.0	5.1	5.5	6.1	6.4	6.7	7.5	7.8	8.1	8.2
17	1.8	—	2.3	2.5	3.0	—	3.5	3.8	4.0	4.5	4.6	5.2	5.6	6.0	6.2	—
18	1.3	1.2	1.7	2.1	2.3	2.5	2.6	2.7	2.9	3.2	3.5	3.8	4.3	4.7	—	—
19	3.0	3.4	4.2	5.0	5.5	6.0	6.1	6.5	—	6.8	6.9	7.2	7.5	7.6	—	7.8
20	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	—	6.0	—	6.1	6.7	6.5	—	6.9	7.0	—	—
21	1.7	1.8	2.4	2.5	2.8	3.0	3.2	3.6	4.1	4.6	4.7	5.0	5.3	5.4	5.5	—
22	2.2	2.9	3.5	4.0	4.5	4.6	5.1	5.5	5.8	6.4	6.8	7.3	8.1	8.6	8.8	—
23	2.3	2.5	3.0	3.5	4.0	4.7	5.1	5.9	6.3	7.0	—	7.3	7.9	8.1	8.7	8.8
24	2.0	2.5	2.9	3.5	4.0	—	4.5	5.0	5.5	5.9	6.1	6.6	6.7	7.0	—	—
25	1.5	—	2.1	2.5	3.0	3.5	—	3.8	4.2	4.6	4.7	5.2	5.5	5.7	—	—
26	2.7	3.3	4.0	4.2	5.0	5.2	5.7	6.0	6.3	7.0	7.1	7.6	7.8	8.0	8.1	—
27	3.0	4.0	4.7	5.5	6.0	6.5	7.1	7.8	8.4	9.3	10.0	10.4	10.8	11.1	11.3	—
28	2.7	3.2	4.0	4.3	5.1	5.7	6.5	7.2	7.4	9.0	9.1	9.8	10.3	10.8	11.0	—
29	3.1	3.8	4.5	5.5	6.0	6.6	7.1	7.7	8.1	8.8	9.0	9.6	10.8	11.1	11.5	—
30	4.9	5.7	6.8	7.9	9.0	—	9.6	10.1	10.5	11.3	11.7	12.1	13.1	13.7	14.0	—
平 均 伸長量	2.3	2.7	3.2	3.7	4.3	4.5	4.9	5.2	5.7	6.2	6.4	6.9	7.4	7.7	7.8	7.8

以下の表で伸長量が前回測定日と同一の場合は一で表現した。「枯」は枯死を意味し「芽」は休眠芽が形成されたことを意味する。

表2 長日条件における

個 体 番 号	1977年 5月18日	5月26日	6月1日	6月8日	6月15日	6月22日	6月29日	7月6日	7月13日	7月20日	7月29日
1	3.0	3.2	3.5	3.8	4.3	5.0	6.0	6.5	6.6	6.9	—
2	1.0	1.4	1.5	1.6	1.8	1.8	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5
3	1.0	1.5	1.6	1.8	1.7	1.9	2.0	2.4	—	2.5	—
4	1.2	1.4	1.5	1.8	2.3	2.9	3.3	3.8	4.2	—	4.3
5	1.0	1.4	1.5	—	—	1.7	1.8	2.0	—	—	—
6	1.0	1.5	—	1.6	2.1	2.5	3.0	3.3	3.7	—	枯
7	1.5	—	—	—	—	1.7	—	—	—	—	1.8
8	1.0	1.7	1.8	2.0	2.1	2.6	3.0	3.2	3.6	4.3	4.5
9	2.0	2.2	2.5	—	2.7	3.3	4.0	4.2	4.3	4.5	4.6
10	1.5	—	—	2.0	2.1	2.5	3.0	3.1	3.4	3.5	4.0
11	1.5	—	1.7	2.0	2.3	3.2	4.2	4.7	5.5	—	5.7
12	1.0	1.5	—	1.7	2.3	3.5	4.5	5.3	6.1	6.7	7.2
13	0.5	1.0	—	2.3	—	4.3	枯	—	—	—	—
14	1.0	1.1	1.3	1.9	2.0	3.1	3.6	3.7	3.9	4.3	5.0
15	1.0	1.5	1.7	—	2.3	3.5	4.5	5.3	6.1	7.4	8.1
16	2.1	—	2.3	3.0	3.1	3.5	4.2	5.1	5.7	6.0	6.6
17	1.5	2.0	2.2	2.3	2.6	3.2	—	—	—	—	—
18	2.0	2.2	2.5	—	2.7	3.5	4.5	—	5.0	5.5	—
19	2.0	—	—	2.3	—	2.6	—	—	—	—	—
20	2.0	2.2	2.5	—	2.7	2.9	3.0	3.3	3.6	3.7	4.0
21	2.5	3.0	—	3.2	3.3	3.5	—	—	—	—	3.7
22	2.0	—	—	2.4	—	—	2.5	—	2.7	—	—
23	2.0	—	—	2.2	—	2.3	—	2.5	—	—	—
24	1.5	—	—	1.9	2.0	—	—	2.2	—	—	—
25	1.5	2.0	—	2.3	2.5	2.6	3.0	—	—	—	—
平 均 伸長量	1.5	1.8	1.9	2.2	2.4	2.9	3.2	3.3	3.7	3.9	4.0

個 体 番 号	12月28日	1978年 1月11日	1月27日	2月10日	3月7日	3月22日	4月7日	4月17日	4月24日	6月5日	6月19日
1	枯	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	枯	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	枯	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	4.8	—	5.0	—	5.8	6.0	—	—	—	枯
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	6.3	6.4	6.8	—	—	—	—	—	9.5	11.0
8	8.6	9.0	9.1	9.2	—	9.5	—	—	—	11.0	13.0
9	—	9.7	10.6	—	—	11.0	—	—	—	13.0	14.5
10	9.5	10.5	—	10.7	—	10.8	—	—	—	14.5	16.0
11	7.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.0
12	14.2	14.5	14.6	—	—	15.0	—	—	—	17.3	19.0
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	8.3	—	8.5	—	—	—	—	8.7	—	9.7	10.3
15	14.0	14.3	—	—	—	14.5	—	15.0	—	15.2	—
16	10.0	10.8	11.1	11.3	—	—	—	—	—	—	—
17	10.5	11.0	11.2	—	—	—	—	—	—	13.2	16.5
18	12.5	—	13.6	—	—	13.7	—	—	—	14.7	17.0
19	8.5	9.3	—	9.6	—	10.1	—	—	—	10.5	—
20	8.6	9.0	9.3	9.4	—	—	—	—	—	10.0	10.5
21	—	枯	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	枯
25	—	3.4	—	—	—	—	—	—	—	—	夕
平 均 伸長量	8.3	9.0	9.2	9.3	—	9.5	—	—	—	10.6	13.3

伊東・島地：制御環境下における樹木の生長と年周リズム I

スギの伸長量

8月6日	8月13日	8月21日	8月29日	9月12日	9月26日	10月12日	10月24日	11月9日	11月21日	12月12日
—	7.0	—	—	—	7.3	—	7.5	7.7	—	8.0
2.6	2.7	—	—	2.8	—	3.0	—	—	3.1	3.5
—	2.7	—	—	2.9	—	—	3.0	—	—	—
4.4	4.5	—	—	—	—	—	—	4.6	—	4.7
—	2.1	—	2.2	—	—	—	2.4	—	—	枯
2.1	2.2	—	2.8	3.7	4.0	4.7	5.0	5.2	5.5	6.0
4.7	4.9	—	5.5	5.9	6.5	7.1	7.7	8.1	8.3	8.5
4.7	—	—	—	—	4.9	5.2	6.0	7.0	7.5	8.1
4.3	4.5	—	5.1	6.0	6.8	7.7	8.0	8.5	8.8	9.0
—	5.8	6.0	6.4	6.5	6.6	6.8	—	7.0	—	—
7.5	7.9	8.0	8.3	9.2	10.0	10.6	11.5	12.3	13.1	13.8
—	—	5.1	5.3	5.7	6.2	6.5	6.8	7.3	7.6	7.8
8.4	8.5	8.8	9.1	9.8	10.6	11.2	11.5	12.5	13.0	13.5
7.0	—	—	—	—	7.4	7.5	8.1	—	8.6	9.7
—	—	—	3.9	5.5	7.3	7.8	8.5	8.9	9.1	9.5
5.6	5.8	—	6.0	6.9	7.5	8.5	9.6	—	11.0	12.1
—	—	—	—	2.8	3.2	4.8	6.0	6.3	7.2	7.6
—	—	—	4.6	5.2	5.8	6.5	7.0	7.7	7.9	8.3
—	—	—	3.9	4.0	4.2	4.3	4.3	4.5	4.6	—
2.8	枯	—	—	—	—	—	2.6	—	枯	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	2.5	—	—	—	—	2.6	—	—	—	2.7
—	—	—	—	—	—	—	—	3.1	3.3	—
4.2	4.4	4.4	4.7	5.3	5.4	5.8	6.2	6.5	6.9	7.5
7月3日	7月20日	8月15日	9月4日	9月22日	10月9日	11月8日	12月8日	1979年 1月5日	2月3日	3月2日
—	—	—	—	—	—	—	—	12.0	13.5	14.0
—	14.0	14.3	—	14.5	—	—	—	—	15.0	—
15.5	16.0	—	—	—	—	—	—	17.0	18.0	—
16.5	17.5	—	—	—	—	—	—	18.5	19.5	20.0
8.5	9.5	11.5	—	13.5	—	—	—	—	—	—
20.0	20.7	22.0	—	23.0	—	25.0	—	枯	—	—
11.0	11.3	12.0	13.0	14.5	—	16.0	—	—	—	—
—	—	16.0	18.0	19.0	—	20.5	—	—	—	—
—	12.5	13.5	—	14.0	—	—	—	—	—	—
17.0	17.3	18.0	—	19.0	—	—	—	—	—	—
18.0	19.5	20.5	21.0	22.0	—	—	—	—	—	—
—	11.0	13.0	14.0	—	—	—	—	15.0	—	—
—	12.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13.7	14.4	15.2	15.5	16.2	16.5	16.5	16.5	16.2	16.5	16.6

に噴水方式により散水され、土壤に常時適度の湿り気与えられるようにした。

シュートの伸長量については、人工気象室移植後初年度目の特に生長旺盛な時期には1週間間隔で、その他の期間では2～3週間間隔で、次年度以降は3～4週間間隔で測定した。

結 果

1. スギの生長経過

野外における自然日長下で生育させたスギ30本の伸長量測定結果を表1にまたそれらの平均伸長量を図1(・印)に示した。一年間の伸長量を測定したのであるが6, 7, 8月を通じて伸長生長し9月26日に至って生長を停止した。人工気象室内において長日条件下で生育させたスギ25本の伸長生長量の測定結果を表2にまたそれらの平均伸長量を図1(○印)に示した。表2において、特に長期間生存し続けた個体(個体番号7～10, 12, 14, 15, 18)については個体ごとの伸長量を図示した(図2)。表2ならびに図2を参考にすれば、長日条件下のスギは1977年の5, 6月を通じて伸長を続け7月には伸長量曲線がゆるくなった。しかし8月後半には一部の個体は伸長を再開し、以後10, 11, 12, 1月と野外では生長を休止するはずの10月以降も全個体で伸長生長が見られ、この間休眠することはなかった。しかし1978年2月10日から4月24日にかけてほとんどの個体が長期の休眠状態を示した。4月24日を過ぎると伸長を再開し、以後平均値による伸長図(図1)では伸長量が漸増したが個々の個体の伸長経過は図2で見られるように1979年2月に至るまでかなり不規則となった。

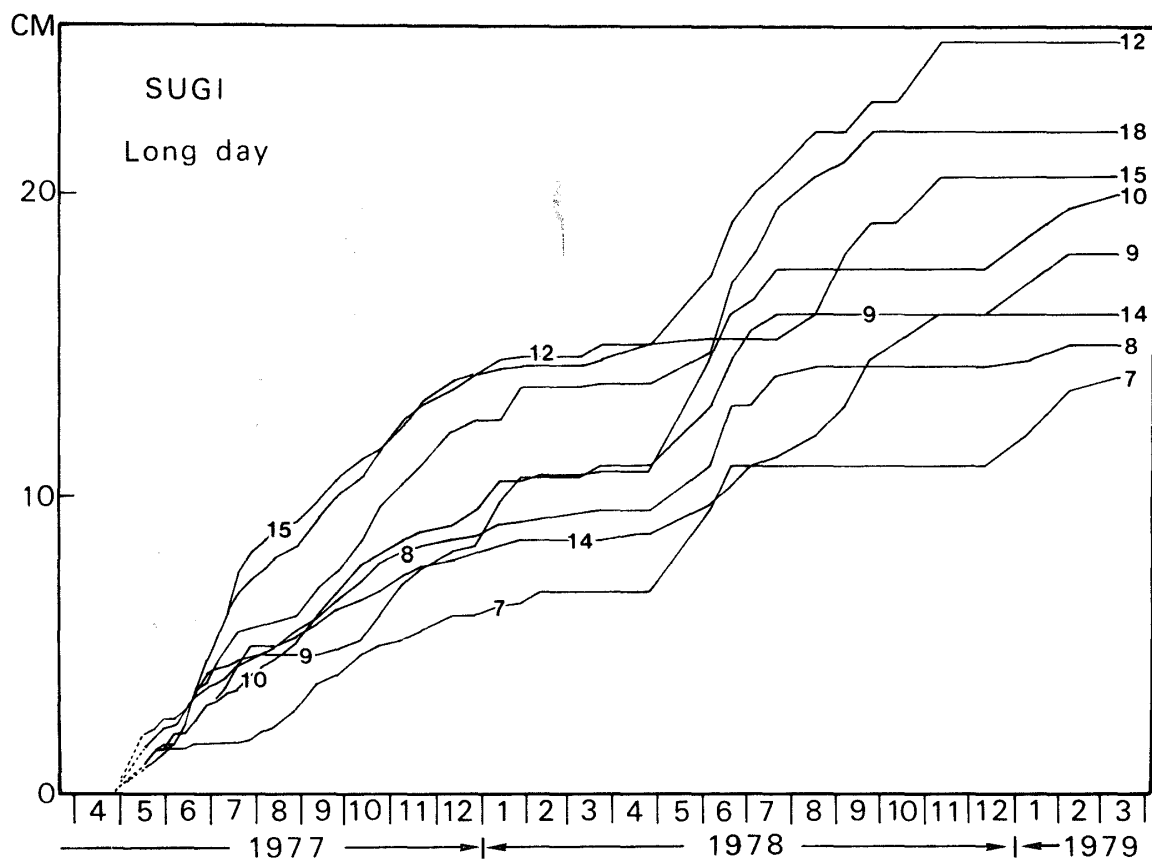


Fig. 2. Shoot growth of individual Sugi trees grown for prolonged period under long day length. Numbers of 7-10, 12, 14, 15 and 18 correspond to those shown in the left side column in Table 1.

他方、人工気象室内で短日条件下でスギを生育させた場合の伸長量測定結果を表3にまたそれらの平均伸長量を図1（△印）に示した。図からわかるように6、7月を通じてほんの少しずつ伸長を続けるが、8月13日には伸長が停止し、以後休眠に入った。しかし、表3の個体番号 No. 2, 5, 6, 8, にみられるように野外で休眠期のはずの10月から3月にかけてわずかではあるが伸長し続ける個体があった。さらに人工気象室移植一年後の4月7日すなわち自然条件下では開芽を始める頃には、生存した個体のすべてで一斉に開芽するのが認められたことは興味深い現象であった。2年目には特に活発に伸長することはなく、かなりの個体が枯死するものが確認され、生存するものはわずかであった。

なお、人工気象室内では長日条件のスギで頂芽よりも側芽の伸長がよく、下部の枝ほどよく伸びる傾向がみられ樹形は傘形になった。また短日条件のスギは長日のものより葉は濃い緑色を示した。

2. カラマツの生長経過

自然条件下で生育させたカラマツ25本の伸長量測定結果を表4にまたそれらの平均伸長量を図3（・印）に示した。6、7、8月を通じて伸長し続けるが9月12日には伸長を休止し、以後休眠に入り、翌春まで伸長しなかった。人工気象室の長日条件下で生育させたカラマツの伸長量測定結果を表5にまたそれらの平均伸長量を図3（○印）に示した。表5において、途中で枯死したものを除いて比較的長期間生存した個体すなわち No. 6, 7, 8, 10, 18, 21, 23 の計7本の個体ごとの伸長経過を図4に示した。5月4日からシュートの伸長が始まり、翌年2月ごろまで間断なく伸長を続けた後休眠に入り7月ごろから再び生長を始めた。しかし伸長量は多くはなかった。なお、人工気象室移植後の初期伸長が No. 18 にみられるように翌年の7

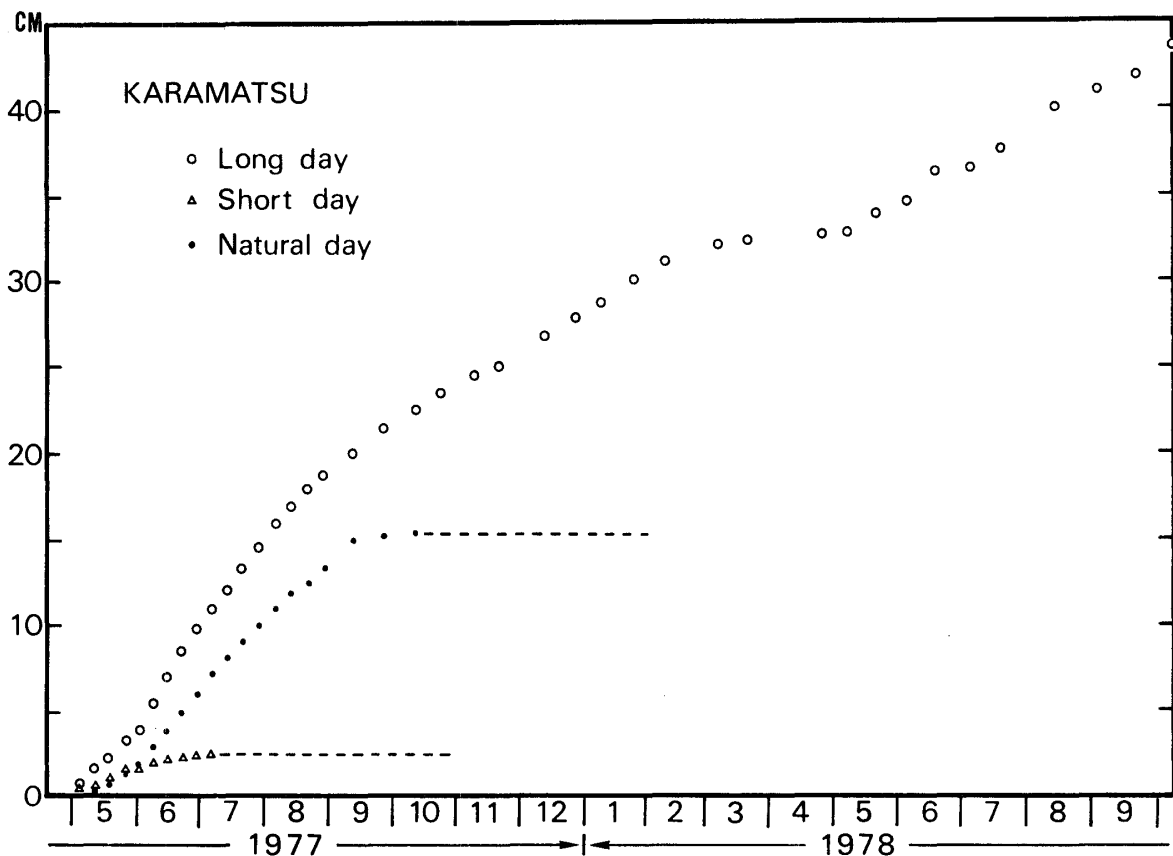


Fig. 3. Mean shoot growth of Karamatsu tree (*Larix leptolpis*) grown under long (○), short (△) and natural (●) day length.

表3 短日条件下におけるスギの伸長量

個 体 番 号	1977 年 5月 18日	5月 26日	6月 1日	6月 8日	6月 15日	6月 22日	6月 29日	7月 6日	7月 13日	7月 20日	7月 29日	8月 6日	9月 12日	9月 26日	10月 28日	11月 9日	11月 21日	12月 12日	12月 28日	1978 年 2月 10日	3月 7日	4月7日	4月 24日	6月 5日	6月 19日	7月 3日	7月 20日	
1	1.0	1.2	1.5	1.8	—芽	—	—	—	2.0	—	2.2	2.3	枯								4.2	4.3	4.5開芽	—	—	—	—	枯
2	0.8	1.0	1.4	1.5	—	1.7	—	—芽	2.1	—	2.3	—	2.4	—	2.6	3.1	3.5	3.7	—	4.2	4.3	4.5開芽	—	—	—	—	枯	
3	0.8	1.0	1.2	—	—	—	—	—	—	1.4	1.6	1.8	1.9	—	—	2.0	—	—	—	—	—	—	枯	—	—	—	—	枯
4	0.7	0.9	—	1.0	1.1	1.3	1.5	—	—	1.7	1.8	—	1.9	2.0	—	—	—	—	—	—	2.3	—開芽	—	—	—	2.5	—	
5	0.5	0.7	—	1.0	1.1	1.5	1.6	—	2.0	—	2.2	2.4	2.8	—	3.0	3.2	3.5	3.8	—	4.7	4.9	5.3	5.5	—	—	—	枯	
6	1.0	1.3	1.5	1.6	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	1.8	2.2	2.6	3.3	3.7	—	—	枯							
7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4	—	—	—	—	枯																		
8	1.0	1.3	—	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.7	2.6	2.7	—	—	—	3.0開芽	—	枯				
9	0.8	1.0	1.2	—	—	—	1.3	—	—	1.4	1.5	—	—	枯														
10	0.8	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	1.2	—	—	—	—	—	2.0	—	—	—	枯							
11	0.8	1.0	1.2	—	—	—	1.3	—	1.4	—	1.5	—	1.6	—	—	—	—	—	—	—	—	枯						
12	1.2	1.5	—	1.6	1.8	—	—	—	2.0	—	2.1	2.2	2.7	2.8	—	—	—	—	—	—	3.3	3.5開芽	—	—	—	—	枯	
13	1.3	1.5	—	—	—	1.6	1.8	—	—	—	—	—	—	2.0	—	—	—	—	—	—	枯							
14	2.2	2.5	—	—	2.8	—	2.9	—	3.6	3.7	4.0	4.1	4.3	4.5	—	—	—	—	—	—	枯							
15	1.1	1.5	1.7	—	1.8	1.9	—	—	2.0	2.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—開芽	—	—	—	2.5	—	
16	1.3	1.5	—	1.7	2.0	2.2	—	—	2.5	—	—	2.6	3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5	3.7	4.2	—	4.3	—	
17	1.2	1.5	—	1.6	1.7	2.0	—	—	2.3	2.4	2.5	—	3.4	3.5	—	—	—	—	—	—	—	—	4.5	5.9	6.2	6.5	7.0	
18	枯																											
19	1.2	1.5	—	—	1.8芽	—	—	—芽	2.0	—	—	2.1	2.9	—	—	—	—	—	—	—	—	3.4開芽	3.5	—	—	3.6	—	
20	0.8	1.0	1.2	—	1.3	—	1.5	—	1.9	2.0	2.2	—	2.7	—	—	—	—	—	—	—	3.5	—	—	3.7	—	3.8	—	
21	1.0	1.3	1.5	—	—	—	—	—	1.7	—	—	1.8	2.0	2.1	3.5	4.0	—	—	—	—	—	—	—	4.5	—	—	枯	
22	0.8	1.0	—	—	—	—	—	—	1.3	—	1.5	2.2	2.3	2.6	2.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	枯	枯	
23	1.8	2.0	—	—	—	2.3	—	—	2.5	2.6	2.7	—	2.8	2.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	枯	枯	
24	0.8	1.0	—	1.2	—	—	1.4	—	—	1.5	1.6	1.8	2.3	—	—	2.4	—	—	—	—	2.5	3.0	—	—	—	枯	枯	
25	1.0	1.1	—	—	—	1.3	1.5	—	1.8	—	—	1.9	2.1	—	2.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	枯	
平 均 伸長量	1.0	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	2.0	2.1	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8	2.8	2.8	2.9	3.0	3.3	3.4	3.6	3.6	3.9	3.7	

表4 自然日長におけるカラマツの伸長量

野 外	1977年 5月 11日	5月 18日	5月 26日	6月 1日	6月 8日	6月 15日	6月 22日	6月 29日	7月 6日	7月 13日	7月 20日	7月 29日	8月 6日	8月 13日	8月 20日	8月 29日	9月 12日	9月 26日	10月 12日	10月 24日
1	0.8	1.5	2.7	3.5	5.0	6.0	7.4	9.0	10.7	12.3	13.1	枯								
2	0.5	0.6	1.0	1.1	2.0	2.7	3.7	4.5	5.6	6.3	7.0	8.3	9.2	9.8	10.5	11.4	13.3	13.9芽	—	
3	0.1	1.0	2.0	2.2	3.4	4.2	5.6	6.8	8.5	9.3	9.1	12.0	13.6	15.0	15.8	17.0	20.0	22.0	23.5芽	23.5
4	0.5	0.9	1.5	2.2	3.4	4.4	5.3	6.3	7.7	8.8	9.6	11.6	13.5	14.2	15.2	15.9	17.1芽	17.1	17.3	
5	0	0	0	0.7	1.0	1.9	2.3	3.3	4.5	4.9	5.4	6.6	7.5	8.2	8.6	9.3	11.4	12.1	12.3	
6	1.0	1.3	1.7	2.3	3.5	4.6	5.7	6.9	8.1	8.8	10.2	11.8	13.5	14.5	15.1	16.2	17.5	17.8芽	—	—
7	0.2	0.3	0.6	1.1	1.9	2.7	3.6	3.0	3.5	4.0	5.0	5.7	6.6	7.2	7.5	8.5	9.9	9.7〃	9.8	
8	0.3	0.7	1.2	2.0	3.0	3.7	4.5	5.5	6.8	7.3	8.6	10.0	11.2	12.4	13.0	14.0	15.9	16.4〃	—	
9	0	0.3	1.0	1.5	2.7	3.7	3.8	6.0	7.7	8.6	10.0	12.0	13.5	14.9	16.0	17.5	19.4	19.5〃	—	
10	0.5	0.8	1.5	2.5	3.8	4.6	5.7	7.0	8.4	9.0	10.2	10.8	12.4	13.0	13.7	14.4	14.8芽	14.9	—	
11	0.2	0.5	0.8	1.6	2.6	3.7	4.3	5.4	7.0	7.3	8.4	9.8	10.9	11.5	12.2	13.3	15.0	14.9芽	—	
12	0.5	0.9	1.5	2.1	3.5	4.6	5.6	6.6	8.7	9.1	10.5	12.3	13.0	14.0	14.8	15.5	16.9	16.9〃	—	
13	0	0.5	1.5	2.0	3.5	4.6	5.6	6.9	8.6	9.6	10.6	11.6	12.6	13.2	14.2	15.0	16.6	17.3	17.3芽	
14	0	0	0.5	0.8	1.6	2.0	2.7	3.6	4.8	4.9	6.0	6.8	8.0	8.3	9.4	10.1	12.0	12.5	12.5〃	
15	0	0.3	0.7	1.6	2.8	3.6	4.8	6.1	7.7	8.4	9.0	11.0	12.2	13.0	13.8	14.2	15.2	15.5芽	—	
16	0	1.1	2.0	2.6	4.2	5.5	7.0	8.3	10.0	11.0	12.5	14.5	16.0	17.6	18.7	20.1	22.7	24.4〃	—	
17	0.2	0.3	1.0	1.4	2.3	3.4	4.5	5.3	7.0	7.8	8.9	11.0	12.0	13.1	14.0	15.0	17.0	17.3〃	—	
18	0	0	0.5	0.6	1.0	1.5	2.3	3.1	4.0	4.3	5.3	6.2	6.9	7.6	8.2	8.8	10.0芽	10.2	10.2	
19	0.3	0.5	1.2	1.4	2.0	枯													—	
20	0.3	0.9	2.0	2.2	4.2	5.8	7.0	8.4	10.0	10.2	12.1	13.5	14.8	15.5	16.3	16.9	17.8芽	17.7	—	
21	0.2	0.6	1.2	2.1	3.2	4.0	5.1	6.3	7.6	8.1	9.0	10.6	11.1	12.1	12.8	13.9	15.6	16.1	16.1	
22	0.2	0.7	1.5	2.2	3.0	3.6	4.6	5.6	6.3	7.0	8.0	9.5	10.5	11.2	12.5	13.4	14.8	14.9芽	—	
23	0.3	0.7	1.7	2.5	3.8	5.0	6.0	7.3	8.5	9.4	10.0	15.0	12.4	13.3	14.1	15.0	16.5	16.6	17.0芽	17.0
24	0.6	0.8	1.4	2.4	3.5	4.5	5.4	6.1	7.5	8.2	8.6	10.1	11.2	12.2	12.8	13.5	14.6	14.8	14.8〃	14.8
25	0.9	1.3	2.0	3.3	4.0	4.5	5.5	6.3	8.0	8.6	9.3	11.0	11.2	12.6	13.4	14.2	15.5	15.5芽	15.5	15.7
平 均 伸 長 量	0.3	0.7	1.3	1.9	3.0	3.8	4.9	6.0	7.4	8.1	9.0	10.1	11.0	11.9	12.6	13.5	15.0	15.3	15.4	

伊東・島地：制御環境下における樹木の生長と年周リズム I

表5 長日条件下における

個体番号	1977年 5月4日	5月 11日	5月 18日	5月 26日	6月 1日	6月 8日	6月 15日	6月 22日	6月 29日	7月 6日	7月 13日	7月 20日
1	1.0	1.7	2.5	4.0	4.6	6.1	8.3	10.6	13.5	16.2	18.5	20.5
2	1.0	2.3	3.5	4.6	5.4	7.0	8.5	10.4	12.6	14.8	16.1	18.0
3	0.5	1.7	2.5	3.8	4.3	5.5	6.8	8.6	10.0	11.7	12.8	14.2
4	1.5	2.5	3.4	4.7	6.2	7.6	9.5	12.0	14.2	17.0	18.4	19.0
5	2.0	3.0	4.8	6.5	7.5	8.7	10.3	12.7	14.7	17.0	19.3	20.1
6	2.0	2.5	4.0	5.6	6.5	8.0	9.4	10.8	12.0	12.5	13.0	13.5
7	0.5	0.8	1.5	2.3	2.6	3.5	4.3	5.0	5.5	6.0	6.6	7.3
8	0	0.6	1.0	1.5	2.0	2.7	4.0	4.8	5.8	6.5	7.2	8.0
9	1.0	1.5	2.0	3.1	3.5	4.4	6.0	7.0	8.0	8.5	9.5	10.5
10	1.0	1.8	2.6	4.2	5.5	6.1	7.3	8.6	9.6	10.7	12.0	14.5
11	0.5	0.8	1.0	1.7	2.0	枯	側枝開芽	3.3	4.0	4.8	5.5	6.5
12	0.5	1.0	1.2	1.6	2.0	〃						
13	0	0.6	1.2	1.5	2.1	〃						
14	0.5	1.1	2.1	3.0	3.2	〃						
15	0.5	1.1	1.2	2.3	3.0	〃	10.0	12.1	12.8	13.6	14.1	15.0
16	1.0	2.5	3.6	5.1	6.1	7.7						
17	0.5	1.1	2.1	3.5	4.3	5.5						
18	0.5	0.7	1.8	2.6	3.2	4.5						
19	0.5	0.8	1.7	3.0	3.6	5.3	7.1	9.1	9.8	11.7	12.8	14.2
20	1.0	2.0	3.0	4.7	5.6	7.3	9.5	11.7	12.8	13.3	14.2	15.4
21	0	0.5	1.0	1.4	1.7	2.5	3.3	4.1	5.1	6.1	7.2	9.1
22	0	0	0.5	1.0	1.4	2.4	3.0	3.5	4.7	5.7	7.1	9.1
23	1.0	1.9	3.0	4.5	5.0	6.6	7.7	9.0	10.5	12.3	14.1	16.0
24	0.5	1.5	2.8	3.8	4.6	5.9	7.4	9.0	11.1	12.7	14.1	14.7
25	0	0.3	1.2	2.4	3.0	4.0	6.2	5.9	7.0	8.3	9.7	10.7
平均 伸長量	0.7	1.4	2.2	3.3	4.0	5.6	7.1	8.3	9.6	10.9	12.0	13.3

個体番号	1978年 1月11日	1月 27日	2月 10日	3月 7日	3月 22日	4月 7日	5月 8日	5月 22日	6月 5日	6月 19日	7月 3日	7月 20日
1												
2	31.5	枯										
3	27.5	28.6	30.0	—	—	—	30.5	31.5	32.5	枯		
4												
5	枯											
6	29.5	30.5	31.0芽	—	—	—	—	—	—	—	—開芽	32.0
7	19.5	22.7	23.5芽	—	—	—	—	—	—	—	—〃	23.5
8	29.5	30.7	31.5	32.0芽	—	—	—	—	—	—	—	—開芽
9	28.0	29.4	29.4芽	—	—	—	—	—	枯			
10	40.0	42.3	43.5	44.5芽	—	—	—	—	—	—	—	—
11												
12	—	16.5	17.7	19.0	20.0	21.0	22.0	23.5	24.5	26.5	27.3	28.7
13												
14												
15												
16	36.0	37.2	39.0	—	40.0	—開芽	42.0	枯				
17	23.0	24.8	25.0	27.0	28.5	29.0	31.0	枯				
18	28.0	29.7	32.2	35.0	37.5	40.0	45.0	46.0	47.3	48.0	48.5	—
19												
20												
21	25.0	25.5	26.0芽	—	—	—	30.0	—	—	—	30.5	33.2
22	28.0	29.0	29.5	30.5	—	—	—	31.0	—開芽	—	—	—
23	45.5	48.6	51.7	55.5	57.5	58.5	61.5	62.0	62.7	65.0	66.0	68.5
24	29.0	30.2	30.5芽	—	—	—	—	—	—開芽	—	—	—
25	23.5	24.4	24.5芽	—	—	—	—	—	—	枯		枯
平均 伸長量	28.7	30.0	31.0	31.8	32.3	32.7	33.8	33.7	34.5	36.2	36.4	37.5

伊東・島地：制御環境下における樹木の生長と年周リズム I

カラマツの伸長量

7月 29日	8月 6日	8月 13日	8月 21日	8月 29日	9月 12日	9月 26日	10月 12日	10月 24日	11月 9日	11月 21日	12月 12日	12月 28日
22.7	23.5	24.0	25.0	26.0	折れ							
20.0	21.5	22.2	25.6	25.8	26.1	27.3	28.2	29.0	29.6	30.4	31.4	31.5
15.5	16.7	17.4	18.8	19.5	21.7	22.7	24.0	25.0	25.1	25.7	26.8	27.0
21.8	22.5	23.5	24.5	25.0	27.4	28.2	28.6	枯				
22.0	22.5	24.0	25.6	26.5	27.7	29.0	30.2	31.0	31.2	31.8	32.8	33.0
14.0	14.8	15.0	15.7	15.8	17.5	18.3	20.0	21.0	22.8	23.5	26.0	27.6
8.6	9.0	9.8	10.1	12.1	12.5	12.6	13.3	14.5	15.0	15.6	17.4	18.5
10.0	10.3	12.5	13.1	13.4	16.7	18.1	19.7	21.0	22.8	24.2	26.9	27.7
12.0	13.3	14.6	14.8	15.7	19.0	21.2	22.5	23.5	24.3	24.5	26.2	27.4
17.0	18.9	20.3	21.1	22.1	26.4	28.7	29.5	30.0	31.4	32.2	35.7	37.5
7.3	8.2	9.0	10.3	11.5	12.5	13.2	14.5	15.0	15.2	—	15.5	—
—	16.7	17.3	18.5	21.2	21.3	24.5	25.5	27.0	28.3	29.3	31.1	33.6
13.0	14.0	14.5	15.2	16.0	16.5	17.5	18.5	19.0	20.0	—	21.0	22.2
—	11.0	11.6	12.8	13.5	15.7	18.2	19.5	20.5	21.8	22.8	25.1	26.7
15.5	16.5	17.5	19.3	21.5	23.0	24.5	25.6	26.5	27.0	枯		
16.2	17.4	18.0	18.5	18.9	19.0	19.2	18.8	枯				
11.2	12.8	13.4	14.0	14.5	15.9	18.0	18.5	20.0	21.1	22.0	23.3	24.3
11.2	13.0	13.6	14.7	15.0	16.9	19.1	20.6	22.5	23.5	24.6	26.0	27.0
18.5	20.3	21.3	22.8	23.5	26.0	28.8	31.0	33.0	34.9	37.0	40.3	43.2
19.2	20.5	21.5	22.5	23.0	24.4	25.4	25.8	26.0	25.9	26.2	27.6	28.5
12.5	13.6	14.0	14.4	15.0	16.3	17.6	18.0	19.0	20.0	20.5	21.7	22.5
14.5	16.0	16.9	18.0	18.8	20.1	21.6	22.6	23.5	24.4	25.0	26.8	27.9
8月 15日	9月 4日	9月 22日	10月 9日	11月 8日	12月 8日	1979年 1月5日	2月 3日	3月 2日	4月 3日	4月 18日	5月 1日	5月 30日
32.5	33.5	35.0	35.5	—芽	36.0開芽	37.5	38.0芽	—	枯			
27.0	28.5	31.0	32.0	—芽	33.0	33.5	34.0	—芽	枯			
33.0	34.5	35.5	37.7	39.5	41.5	43.5	45.5芽	—	枯			
—	—	—	—	—	—開芽	47.5	48.0	48.5	49.5	—	—	—
30.5	31.0	—芽	—	枯								
—	—	枯										
34.5	—開芽	—	35芽	—	—	枯						
72.5	75.0	76.5	77.0	78.5	81.0	84.5	86.5	88.0	—芽	—	—	枯
39.9	40.8	41.6	43.6	44.2	45.2	49.3	50.4	50.8				

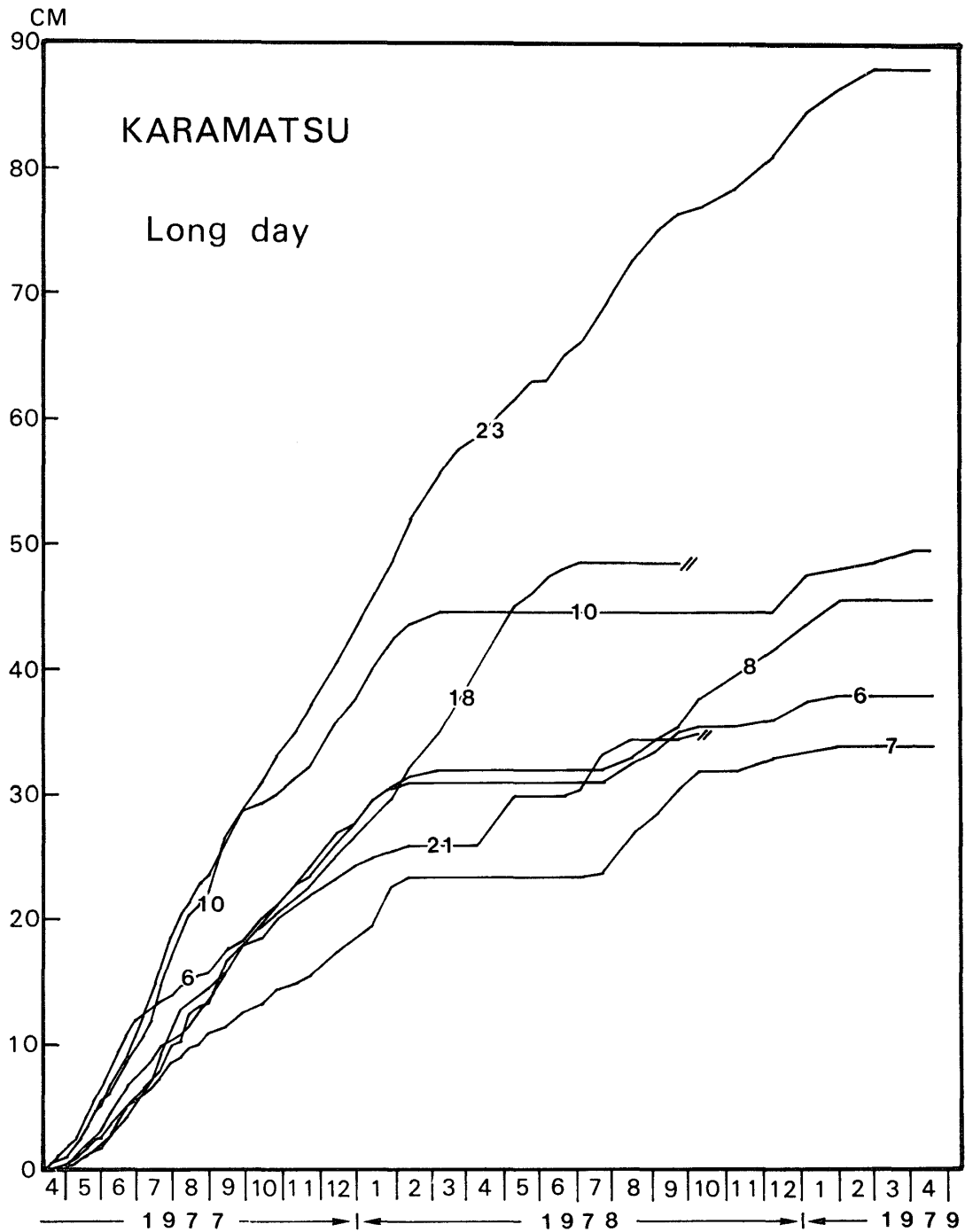


Fig. 4. Shoot growth of individual Karamatsu tree grown for prolonged period under long day length. Numbers of 6-8, 10, 18, 21 and 23 correspond to those shown in the left side column on Table 4.

月始めまで続くものが存在した。さらに興味深いことは No. 23 の伸長経過であり、この個体では観察終了時に至るまで間断なく伸長を続けた。

なお、人工気象室内の長日下のカラマツは野外で休眠期に当る10月から翌年1月においても落葉せず常に緑葉を有していた。また、下枝の伸びが目立ち葉の長さも野外のものの2～3倍になった。短日条件のカラ

伊東・島地：制御環境下における樹木の生長と年周リズム I

表6 短日条件におけるカラマツの伸長量

短日	1977年 5月4日	5月 11日	5月 18日	5月 26日	6月 1日	6月 8日	6月 15日	6月 22日	6月 29日	7月 6日	7月 13日	7月 20日	7月 29日	8月 6日	8月 13日	8月 21日
1	0.5	—	1.2	2.0	2.3	2.5	2.8	—	3.1	3.8	5.2	6.5	7.9	7.9芽	—	—
2	0.5	—	1.1	1.7	2.0	2.1芽	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	0.5	0.7	1.1	1.6	2.0	2.5	3.0	3.3	3.6	—芽	4.0	4.5	6.0	7.1	—芽	—
4	0	枯	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	0	0	0.5	1.0	1.2	—芽	—	—	—	—	枯	—	—	—	—	—
6	1.0	1.1	2.0	2.8	3.2	4.0	4.2	4.4	4.7	—芽	—	—	—	—	—	—
7	0.5	0.6	1.1	1.4	枯	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0.5	—	0.9	1.3	1.8	2.3	2.8	3.1	3.7	3.8	3.9	芽	—	—	—	—
9	0.5	1.0	1.5	1.9	2.0	—芽	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0.5	—	0.8	1.0	1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	0.5	1.0	1.6	2.2	2.8	3.8	4.1	4.7	5.1	5.4	—芽	—	—	—	—	—
12	0	0	0.5	1.0	1.2	1.7	2.0	2.1	2.4	—芽	—	—	—	—	—	—
13	0	1.0	1.4	1.9	2.1	2.2芽	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	0	枯	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	0	0.8	1.1	1.5	1.7	枯	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	0	0.5	1.1	1.5	—	1.7芽	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	0	0.3	0.7	1.0	1.1	1.2	—芽	開芽	1.5	—	—	—	—	—	—	—
18	0	枯	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	0	0	0	0	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6芽	—	—	—	—	—	—
20	1.0	1.5	2.1	3.1	3.5	4.5	5.3	5.9	6.8	7.0芽	—	—	開芽	7.5	8.0	8.5芽
21	0.5	0.8	1.1	1.5	1.3	2.0	2.1芽	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	1.0	枯	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	0	0.3	0.5	0.8	1.0	1.1	1.2芽	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	0	0.6	0.9	1.0	1.1	1.2芽	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	0	0.2	0.3	0.4	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
平均伸長量	0.3	0.6	1.0	1.5	1.7	2.0	2.2	2.3	2.5	2.5						

表7 自然日長で生育させたケヤキの伸長量

個体番号	1975年 7月1日	7月15日	8月2日	8月16日	8月30日	9月13日	9月30日
1	12.0	17.0	26.0	30.5	34.0	37.0芽	—
2	10.0	12.0	15.5	18.0	19.5	20.0	—
3	7.0	8.5	11.5	13.0	13.5	14.0	—
4	7.5	9.0	12.0	15.0	16.0	16.5	—
5	9.0	10.5	15.0	18.0	19.5	21.0	—
6	6.5	7.5	10.0	13.5	15.0	16.5	—
7	6.0	7.0	10.5	13.0	14.0	15.0	15.5芽
8	10.0	12.0	16.0	20.0	21.5	22.5芽	—
9	6.0	7.0	9.0	11.0	11.5	12.0	—
10	10.0	12.0	16.5	20.0	21.0	22.0	—
11	4.0	5.0	7.5	9.0	10.0	10.0	—
12	6.5	8.0	10.5	13.0	14.0	15.0	—
13	5.5	7.0	10.0	13.0	14.0	15.0	—
14	9.0	11.0	15.0	19.5	21.0	23.0	25.5
15	4.0	4.5	6.5	8.5	9.5芽	—	—
16	5.0	7.0	9.5	12.0	13.0	—	—
17	4.5	6.0	9.0	12.0	12.5	13.0芽	—
18	5.0	6.0	9.5	12.5	13.0芽	—	—
19	11.0	13.0	10.0	15.0	17.0	18.5	19.0芽
20	5.0	7.0	16.0	18.0	19.0	21.0	24.0
21	1.5	2.0	3.0	5.5	6.5	7.5	8.0芽
22	3.0	4.5	6.5	8.0	9.0	11.0	13.5
23	4.5	5.5	8.0	10.0	11.0	12.0	13.0芽
平均伸長量	6.6	8.2	11.4	14.3	15.6	16.5	17.0

マツの伸長量測定結果を表6にまたそれらの平均伸長量を図3 (△印) に示した。5月4日には一部の個体を除いてシュートの伸長が始まり、図から明らかなように伸長量はきわめて少なく6月8日には半数の個体で休眠芽を形成し、7月6日には残り半数の個体で休眠芽を形成した。なお、翌年の4月にも発芽したことが一部の個体で確認されたがシュートが伸長するのは確認されなかった。

3. ケヤキの生長経過

自然日長下で23本のケヤキを生育させた場合の伸長量を表7にまたそれらの平均伸長量を図5 (・印) に示した。図から明らかなように6, 7, 8月とわずかに伸長を行なうが8月末から9月にかけて伸長を停止し、平均伸長量は17 cmであった。これに反し、16時間の日長を得られるようにコントロールされた人工気象室で38本のケヤキを育生させてやると6, 7, 8, 9月と伸長生長を行ない10月始めには生長を停止し、平均伸長量は65 cmであった。なお長日条件下のケヤキは3年目まで側枝から新葉が出るのが確認されたが頂芽はいうまでもなく側芽が伸長することはまれにしか認められずやがて枯死するに至った。

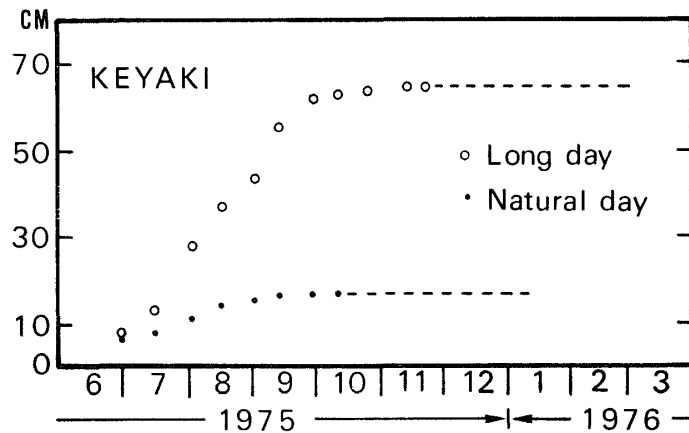


Fig. 5. Mean shoot growth of Keyaki tree (*Zelkova serrata*) grown under long (○) and short (△) day length.

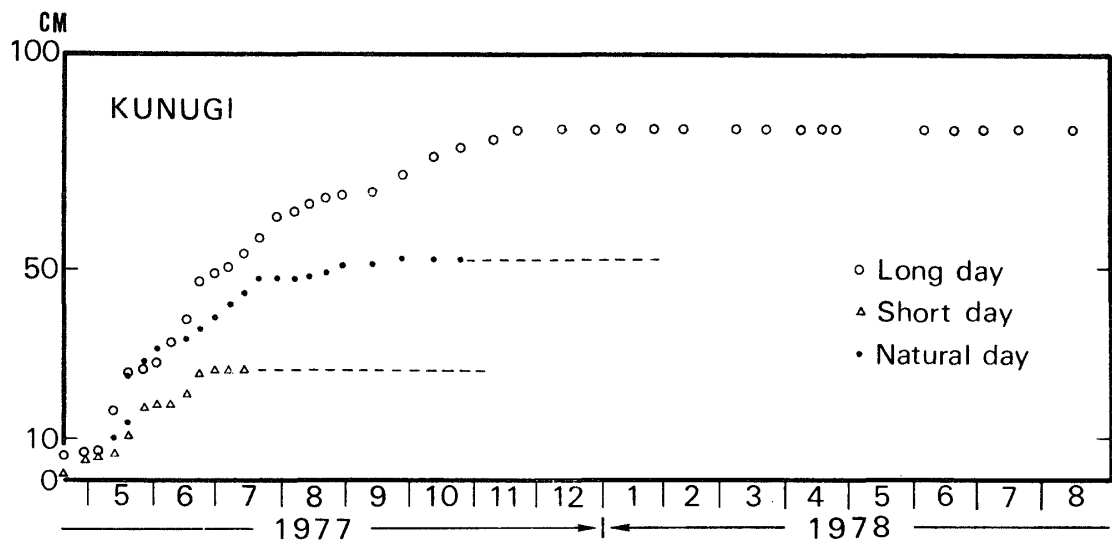


Fig. 6. Mean shoot growth of Kunugi tree (*Quercus acutissima*) grown under long (○), short (△) and natural (●) day length.

伊東・島地：制御環境下における樹木の生長と年周リズム I

表8 長日条件で生育させたケヤキの伸長量

個 体 番 号	1975年 7月1日	7月15日	8月2日	8月16日	8月30日	9月13日	9月30日	10月11日	10月25日	11月13日
1	6.4	10.5	20.5	25.0	34.0	53.0	54.5芽	—	—	—
2	6.0	9.0	19.5	24.0	32.5	39.0芽	—	—	—	—
3	7.4	8.4	16.0	17.0	18.0	19.0	19.5芽	—	—	—
4	6.3	6.5	13.5	13.5	14.0	15.0芽	—	—	—	—
5	7.0	7.9	15.0	16.0芽	16.0	16.0	—	—	—	—
6	6.4	8.8	18.0	23.5	31.5	45.5	49.0芽	—	—	—
7	5.5	6.1	11.5	12.5芽	12.5	12.5	—	—	—	—
8	7.8	10.2	15.0	16.0	16.0	16.0	—	—	—	—
9	8.2	11.0	15.7	21.0	30.5	44.0	44.5	45.0芽	—	—
10	9.2	19.6	45.0	66.0	84.0	116.0	131.0芽	—	—	—
11	11.7	21.7	42.0	62.0	79.5	110.0	128.0	129.0芽	—	—
12	6.2	8.8	20.5	24.5芽	—	—	—	—	—	—
13	7.5	10.1	26.0	29.5℃	—	—	—	—	—	—
14	6.6	7.8	17.5	18.0℃	—	—	—	—	—	—
15	7.5	8.4	14.5	18.5	19.5	22.0	28.0芽	—	—	—
16	6.5	7.1	14.5	—	—	—	—	—	—	—
17	7.0	7.4	12.0	13.5	14.0	16.0芽	—	—	—	—
18	8.3	14.8	37.0	53.5	71.0	101.0	133.5	136.0芽	—	—
19	11.3	20.6	45.0	61.5	80.0	111.0	147	152.0	154.0芽	—
20	7.0	7.7	15.0	16.5	19.0	22.5芽	—	—	—	—
21	5.7	6.7	14.5	16.0	17.0芽	—	—	—	—	—
22	8.2	8.3	16.0芽	—	—	—	—	—	—	—
23	10.3	15.8	36.5	44.5芽	—	—	—	—	—	—
24	11.4	26.0	60.5	84.0	94.0	129.5	153.5	154.0芽	—	—
25	8.3	11.2	25.0	27.0	28.0	30.0芽	—	—	—	—
26	13.8	24.8	56.0	88.0	107.0	141.0	150.0芽	—	—	—
27	8.2	14.0	34.5	51.0	67.0	86.0	88.0℃	—	—	—
28	8.1	10.3	20.5	26.0芽	26.0	26.0	—	—	—	—
29	7.4	15.0	43.0	59.0	67.0	82.0芽	—	—	—	—
30	9.0	17.0	45.5	63.5	76.0	91.5	96.0芽	—	—	—
31	11.7	20.6	38.5	49.0	65.0	90.0	108.5℃	—	—	—
32	10.0	14.2	31.5	34.0	34.5	41.0芽	—	—	—	—
33	13.6	29.8	60.5	66.5	77.0	101.0	111.5	114.0	116.0	117.0芽
34	6.7	12.5	33.0	53.5	68.5	101.5	144.5	172.5	202.0	220.0℃
35	6.5	8.0	14.5芽	—	—	—	—	—	—	—
36	7.4	12.7	34.0	56.0	69.0	87.0	94.0芽	—	—	—
37	9.0	18.1	41.2	57.0	66.0	88.0	90.5	91.0芽	—	—
38	8.6	14.2	32.0	46.5	56.5	82.0	85.0芽	—	—	—
平均伸長量	8.3	12.9	28.2	36.8	43.5	55.6	61.9	62.9	63.8	64.3

なお、人工気象室内のケヤキの葉は野外で生長が休止する11～2月においても落葉せず緑色を呈していた。また葉は異常に大きくなり、面積で比較すれば野外のものの5～6倍にも達した。

4. クスギの生長経過

自然日長下で生育させた9本の1年生クスギの伸長量測定結果を表9に示した。また9本の平均伸長量を図6（・印）に示した。図から明らかなように2～3度の伸長低下時期を経由して9月中旬に伸長を停止した。この間の伸長量は52cmであった。人工気象室内で長日条件下で生育させた14本の1年生クスギの伸長量測定結果を表10に示した。また14本の平均伸長量を図6（○印）に示した。表10から明らかなように、4月4日に全個体で開芽し4月、5月を通じて伸長を行ない6月1日に最初の休眠を行なった。これの一週間後の6月8日には再び開芽し、6月29日～7月9日に二度目の休眠を行なう個体が多かった。この時期より後は、翌年の3月頃までにさらに1～2度の休眠を行なう個体が多かったがその時期は個体によって様々で一定しなかった。翌年の3月以降は頂芽の伸長はみられず、側芽が伸長するものがみられたが一時的な伸長である場合がほとんどであったので側枝の伸長量の記録を行なわなかった。しかし側芽の開芽によって新葉が頻繁に形成されたので、人工気象室へ移植後2年目の3月22日以降は各個体ごとの伸長量ではなく新葉形成数（開芽数）を記録し、4年目の6月27日（この時点までにはほとんどの個体が枯死してしまった。）まで記録を続けたが、この間特にある時期に開芽が集中してみられることはなく常時開芽する傾向にあり年周リズムが残存しているような傾向はなかった。なおこの間の平均伸長量は83cmに達した。

人工気象室内で短日下で生育させた5本の1年生クスギの伸長量測定結果を表11に示した。また平均伸長

表9 自然日長におけるクスギの伸長量

個体番号	1977年 4月4日	5月11日	5月18日	5月27日	9月1日	6月8日	6月15日	6月22日
1	発芽	37.5	42.0	47.0	51.0芽	54.5	57.5	62.5
2	ク	8.0	13.0	15.0	16.0ク	—	—	—
3	ク	9.0	13.0	16.0	16.5ク	19.0	22.5	25.5
4	ク	5.0	5.5	11.0	12.0ク	—	—	20.0
5	ク	2.0	4.0	9.0	18.0ク	22.5	—	—
6	ク	8.0	14.5	17.0	17.5ク	—	18.5	22.0
7	ク	1.5	4.0	11.0	13.5ク	—	—	—
8	ク	1.5	2.5	5.5	6.0ク	—	—	13.0
9	ク	8.0	28.5	35.5	40.0ク	44.0	45.0	45.0芽
平均伸長量		8.9	14.1	18.6	21.2	22.8	23.7	26.7

6月29日	7月6日	7月13日	7月20日	7月29日	8月6日	8月13日	8月21日	8月29日
67.0	73.0	77.5	79.0	79.5芽	—	—	80.5	90.0芽
21.0	25.5芽	—	—	—ク	—	29.5	38.5	39.0芽
26.0芽	—	28.5	36.5	—ク	—	—	—	—
18.5	24.0	26.5芽	—	—ク	—	—	—	—
23.0芽	—	26.5	36.5芽	—ク	—	—	—	—
26.0	27.5	28.5芽	—	—ク	—	—	—	—
—	—	14.5芽	—	—	—	15.0	—	15.5芽
18.5	21.5芽	—	23.5	24.5芽	—	—	—	—
52.0	52.5芽	59.5	65.5	66.5芽	—	—	—	—
29.5	31.8	34.3	37.3	37.6	37.6	38.1	39.2	40.4

量を図6(△印)に示した。短日下でも長日と同じく4月4日に開芽した。4月、5月と伸長し6月1日に芽を形成して休眠に入るのも長日とまったく同一時期であった。その後再び開芽して6月29日には再度休眠に入るものが多かった。その後は翌年の春まで開芽することはなかった。翌春の5月ごろからそれぞれの個体でいくつか芽の開くものがみられその数を3年目の6月になって個体が枯れるまで続けた。この間特にある時期に開芽が集中してみられることはなく長日条件の場合と同様に短日条件でも年周リズムが残存しているような傾向はみられなかった。

考 察

樹木を自然環境から制御環境へ移すことによって、樹形や葉形に変化が現われた。なお長日条件下で生育させたスギは下枝が良く伸長し、樹形はいわゆる傘形になる傾向があった。スギでは特に目立たなかったが長日の条件下のカラマツは野外のものに比べて針葉が著しく長く約2～3倍となった。クスギやケヤキについても人工気象室内のものは野外のものよりも葉面積が3～6倍大きくなった。これは人工気象室内の照度が野外の照度の1/7～1/8であるために効率良く光合成を行おうとして下枝が張り出し傘形の樹形をなしかつ個々の葉面積を拡大させるのであろうと考えられる。葉の色について言えば、長日条件下のスギが淡緑色ないし黄緑色を呈したのに反し短日条件下のスギは濃緑色であったがこれは Downs³⁾によって指摘されているように短日処理の効果による現象として知られている。その他の樹種では余り葉の色について日長条件による差が認められなかった。

スギは野外においては冬期に葉が褐色に変化したが、さらに落葉性のカラマツでは冬期であっても人工気象室内の長日下では緑色を呈し生長を続けた。一方落葉性の広葉樹では人工気象室内においても冬期には生長は休止したが葉は緑色を保っていた。

伸長量測定中に枯死する個体が見込まれたので当初多めに鉢植えして人工気象室に移植した。長日条件の場合スギでは25本のうち約半数が途中で枯死した。またカラマツでは25本のうち約2/3が途中で枯死した。これらの事実から考えて人工気象室での生育条件は必ずしもこれら樹木にとって最適とは言えなかった。年周リズムの消長を議論するには少なくとも生育期間を通じて樹木が枯れずに生長してくれることが要求されるがそういう意味では残存した個体の生長経過から年周リズムの消長を検討することができると考えられた。

針葉樹、広葉樹を問わず共通して言えることは、スギ、カラマツ、クスギ、ケヤキすべてにおいて人工気象室内の長日条件下では野外での生育期間を越えて伸長生長が継続した。特に針葉樹のスギとカラマツでは、野外での生長休止期に当たる11月～翌年1月末にかけて絶えず伸長生長を続けた。その後スギでは2月始めから4月末にかけて、カラマツでは2月始めから7月末にかけて生長休止期を迎える。生長休止期以後、スギ、カラマツ共に伸び続けるもの、あるいは少し伸びては長い休眠に入るもの、長い休眠に入ってからそのまま変化しないもの、長い休眠後に再び伸長を続けるものなど個体による伸長経過の差異が著しくなる。要するに制御された環境下での約2年間の生長は二重のSカーブを描き特にスギで顕著であったが、最初のSカーブは内在的年周リズムが日長の長日処理により乱されて生長休止期が遅延することによると考えられる。一方後のSカーブは平均値としてはSカーブになるが、個々の個体の伸長曲線は図2および図4にみられるようになりかなり不規則となり、内在的年周リズムが大幅に乱されていることを示すものであろう。特に注目するのは長日条件下の2個体のカラマツの伸長曲線である。すなわち表5のNo. 18は翌年の7月始めまで15ヶ月間絶えず伸び続けたことで内在的年周リズムにおける生長休止期には一度も休止することがみられなかった。さらに、同じく表5のNo. 23においては、約2年間生長が止まることなく伸長し続けこの間、自然条件下での生長周期では休眠期を2度迎えるはずであるが一度も休眠することはなかった。これは、人工気象室の環境条件が生育に適しているならば、内在的年周リズムの出現をおおってしまう可能性のあることを示す。この点をより明確にするには形成された木部組織を同時にみてやる必要があるが、これは今後

表10 長日条件における

個体番号	1977年 4月4日	4月18日	4月27日	5月4日	5月11日	5月18日	5月26日	6月1日	6月8日	6月15日
1	開芽	12.0	13.0	—	20.0	33.0	35.0	—芽	—開芽	37.0
2	〃	3.5	4.0	—	—	—	11.0	12.5	13.5	20.0
3	〃	10.0	11.5	—	28.5	42.0	43.5	—芽	—開芽	—
4	〃	6.0	—	9.0	29.0	30.5	31.5	33.0	48.5	55.5
5	〃	7.0	7.5	8.0	24.0	38.5	39.0	—芽	43.0	52.0
6	〃	1.5	2.0	2.5	13.0	22.0	22.5	24.0	26.5	36.0
7	〃	10.5	10.5	11.0	17.0	21.5	—	22.0芽	23.0開芽	38.0
8	〃	0.5	1.5	2.0	6.0	20.0	22.0	22.5〃	25.0 〃	34.0
9	〃	5.0	—	—	5.0	13.0	20.5	—〃	— 〃	23.5
10	〃	6.0	7.0	—	21.5	34.0	35.0	35.5〃	41.5 〃	50.5
11	〃	6.0	6.5	8.0	23.0	26.0	37.0	—〃	53.0 〃	53.5
12	〃	2.5	3.5	—	11.0	21.5	22.0	—〃	—開芽	24.5
13	〃	4.5	5.0	5.5	18.0	25.5	—	26.0〃	32.5 〃	39.0
14	〃	8.0	10.0	9.5	14.0	29.0	32.5	33.0〃	35.5 〃	48.0
平均 伸長量	0	5.9	6.6	7.1	16.7	25.8	28.5	29.0	33.1	39.6

個体番号	9月26日	10月12日	10月24日	11月9日	11月21日	12月12日	12月28日	1978年 1月11日	1月27日	2月10日
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	81.0	90.0	92.0	103.0	—芽	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—開芽	87.0	95.0	96.5	107.0	—芽	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—芽	116.5開芽	119.0	119.5	129.5	134.0	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—芽	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	70.0	72.5	73.0	86.0	89.0	—芽	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	79.0	98.0	104.5	106.0	—芽	—	—	—	—	—
12	77.0開芽	87.5	94.5	98.5	99.0	—芽	—	—	—	—
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	75.0芽	—	—	—	—	—	—	—	—	—
平均 伸長量	72.2	76.2	78.1	79.4	82.0	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4

個体番号	9月4日	9月22日	10月9日	11月8日	12月8日	1979年 1月5日	2月3日	3月2日	4月3日	4月18日
1	4	1	0	4	3	4	5	5	1	0
2	2	2	0	1	1	2	3	4	2	0
3	0	1	0	1	0	0	2	3	1	4
4	0	0	0	1	1	1	3	2	2	0
5	1	0	0	0	1	0	5	4	4	6
6	8	3	1	1	0	1	0	0	4	8
7	2	1	0	0	0	0	0	3	5	3
8	0	0	0	2	0	0	0	1	7	2
9	2	2	0	0	2	0	0	3	3	2
10	6	1	3	0	0	1	0	0	0	0
11	1	0	0	0	2	3	0	4	3	4
12	0	0	0	0	8	0	0	0	1	0
13	1	3	0	2	0	0	5	2	枯	—
14	0	0	1	1	0	0	3	2	1	0

* 3月22日以降の数字は新葉の開芽数を表わす。

伊東・島地：制御環境下における樹木の生長と年周リズム I

クヌギの伸長量

6月22日	6月29日	7月6日	7月13日	7月20日	7月29日	8月6日	8月13日	8月21日	8月29日	9月12日
51.5	64.5	67.5	68.5	69.0	70.0	—芽	—	—	—	—
25.0	28.5	33.0	41.0	47.0	54.0	56.0	72.0	75.5	77.0	—
—芽	—	—	—	44.5	47.0	47.5	48.5	49.0芽	—	—
—開芽	62.5	70.5	71.5	—	73.0	74.5	—	75.5	76.0	—芽
59.5	64.0	—芽	—	70.0	94.5	96.0芽	—	—	—	—
42.5	—芽	43.0開芽	48.5	57.5	65.5	76.5	81.0	88.0	104.0	112.5
45.0	—	—	—	58.0	68.5	—芽	—	—	—	—
35.5	36.0	—芽	—	—	—	—	—	—	—	—
31.0	33.0	—	—	—	—	—	—	—	34.0	42.0
52.0	52.5	53.0	61.5開芽	73.0	73.5	—芽	—	—	—	—
55.0	61.0	64.0	68.0芽	—	—	—	—	—	69.0開芽	70.0
36.0	38.5芽	41.0	58.0	74.0	76.0	—芽	—	—	—	—
46.0	47.0	—芽	—	—	—	—	—	—	—	—
61.5	62.5芽	—	—	—	—	—	—	—	64.5開芽	73.5
45.7	48.6	50.2	53.4	57.9	62.0	63.2	64.8	65.6	67.2	69.1

3月7日	3月22日	4月7日	4月24日	5月8日	5月27日	6月5日	6月19日	7月3日	7月20日	8月15日
—	0 *	0	0	0	7	1	2	3	0	0
—	1	9	0	2	0	1	0	0	0	4
—	0	5	6	1	0	0	0	0	1	4
—	0	1	8	0	0	4	1	1	0	0
—	0	5	8	0	0	2	2	1	0	2
—	0	0	2	0	0	2	7	7	2	0
—	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0
—	0	9	11	11	0	2	2	0	0	0
—	7	8	8	12	0	2	1	0	2	3
—	1	7	0	1	0	3	0	0	1	1
—	0	0	3	1	0	0	3	2	2	0
—	0	3	5	8	0	0	0	0	1	0
—	1	3	5	6	9	1	0	2	1	0
—	0	2	0	6	6	0	2	1	0	0
82.4										

5月1日	5月30日	6月21日	7月13日	8月8日	9月13日	10月24日	12月5日	1980年 2月8日	3月4日	6月27日
0	0	0	4	10	6	3	枯			
0	0	0	2	枯	2	0	枯			
0	2	0	0	3	4	10	5	4	3	枯
5	7	1	5	3	10	10	枯			
1	1	0	6	5	1	8	枯			
6	1	0	6	8	0	0	枯			
2	1	1	0	0	0	0	0	枯		
4	1	1	0	2	0	0	0	枯		
2	1	0	1	3	0	0	0	枯		
3	0	2	6	7	3	0	枯			
2	2	0	0	0	0	15	14	4	1	枯
0	0	0	0	6	7	枯				
2	4	4	0	6	10	枯				

木材研究・資料 第20号(1985)

表11 短日条件におけるクスギの伸長量

個体番号	1977年 4月4日	4月 18日	4月 27日	5月 4日	5月 11日	5月 18日	5月 26日	6月 1日	6月 8日	6月 15日	6月 22日	6月 29日
1	開芽	2.0	5.0	5.0	6.0	7.5	21.5	21.5芽	—	—開芽	24.0	24.5
2	〃	2.5	4.0	5.0	5.0	12.0	13.0	14.5〃	—開芽	24.0	29.5	30.0芽
3	〃	0.5	1.5	1.5	2.5	7.0	15.0	15.5〃	—	—開芽	23.0	24.5〃
4	〃	1.0	2.5	2.5	4.5	13.5	14.5	14.5〃	—開芽	18.5	25.5	27.0〃
5	〃	5.0	12.0	13.0	13.0	13.5	23.0	24.0〃	—	—	—	—
平均 伸長量	0	2.2	5.0	5.4	6.2	10.7	17.4	18.0	18.0	20.7	25.2	26.0

7月 6日	7月 13日	7月 20日	7月 29日	8月 6日	8月 13日	8月 21日	8月 29日	9月 12日	9月 26日	10月 12日	10月 24日	11月 9日
25.0芽	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1

11月 21日	12月 12日	12月 28日	1978年 1月11日	1月 27日	2月 10日	3月 7日	3月 22日	4月 7日	4月 24日	5月 8日	5月 27日	6月 5日
—	側芽	—	—	—	—	—						0*
—	—	—	—	—	—	—						0
—	—	—	—	—	—	—						0
—	—	—	—	—	—	—						0
—	—	—	—	—	—	—						4
26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1						

6月 9日	7月 3日	7月 20日	8月 15日	9月 4日	9月 22日	10月 9日	11月 8日	12月 8日	1979年 1月5日	2月 3日	3月 2日	4月 3日
0	1	0	0	6	0	0	0	0	0	13	0	2
0	0	0	0	1	0	0	3	2	2	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	2	5	8	6	2	1
0	0	0	1	3	0	1	0	0	1	0	4	1
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2	2

4月 18日	5月 1日	5月 30日	6月 21日	7月 13日	8月 8日	9月 13日	10月 24日	12月 5日	2月 8日	3月 4日
0	1	0	0	12	6	枯	0	0		
0	0	0	0	2	4	6	1	0	枯	
0	0	1	0	6	5	6	0	5	4	枯
0	2	0	0	0	10	0	0	0	枯	
2	0	1	0	1	2	0	0	0	〃	

* 6月5日以降の数字は新葉の開芽数を表わす。

残された課題である。

短日条件下で生育させたスギは野外のスギよりも早く伸長を休止しそのまま翌年に至るまで休眠状態に入るが翌年の4月に一斉に開芽する現象は、一部残存している内在的年周リズムが発現することを示すものであろう。落葉性針葉樹のカラマツでは3月末から4月始めに数個体で開芽現象がみられたがこれも内在的な年周リズムが残存していることによるものと考えられる。

前述のように長日下のクスギやケヤキでは野外のものより生長期間が長くなるがいずれ生長開始と同一年に生長が止まる。翌春になっても開芽が一斉に起こることはなく翌春からさらに2年後に至るまで各個体のいずれかの枝で絶えず新葉が展開（開芽）するのがみられた。これら落葉性の広葉樹の場合、針葉樹と違って一年以後に主軸のシュートの伸長がみられることはなかったので内在的年周リズムの消長について検討を加えることは困難であった。しかし長日条件ならびに短日条件のクスギの開芽数の測定結果からは年周リズムが残存する傾向は何らみられなかった。

シュート伸長は芽が伸びる年の環境よりも芽が形成される前年の環境とより密接な関係があるとされ⁵⁾、制御環境下で生育させた樹木の伸長量にもこの考えが反映されているようにも考えられるが2年間における人工気象室内での生長の間に伸長曲線が2重のSカーブを描くことや2年目の春に相当する時期に短日条件のスギが一斉に開芽する実験事実は内在性の年周リズムを考えずには説明がつかない。もっとも数個体のカラマツにみられたように年周リズムが残存するかどうかについて疑問を抱かせるような伸長経過を示すものがあるが果してこれが樹種による違いなのかあるいは単に生育条件の違いなのか明白でない。いずれにしろこのリズムは樹木を人工気象室へ移動した後、時間の経過と共に薄らいでいくものと考えられる。

年周リズムの有無は今回みてきたように伸長量の変化からある程度推測はできるが、もっと厳密には木部組織の解剖学的研究を併用して、年輪が形成されているか否かを調べる必要がある。この点については次の報告にゆずることにしたい。

謝 辞

本研究を遂行するに当りファイトトロン、すなわち人工気象室の使用に際して多大な便宜を計っていただいた京都大学木材研究所、角谷和男教授に感謝致します。またスギの苗木をお世話いただいた奈良県林業試験場、山中勝次氏にお礼申し上げます。

文 献

- 1) 薬師寺清雄, 赤井龍男: 各種林木の生育におよぼす日長の影響 (1), 88回日本林学会大会発表論文集, 225, (1977)
- 2) 新里孝和, 諸見里秀幸, 赤井龍男: 沖縄の日長条件下におけるマツ属の生長制御に関する研究 (1) アカマツ, クロマツの栄養生長におよぼす日長の影響, 日本林学会誌, 59(12), 468~471 (1977)
- 3) DOWNS, R.J.: Photocontrol of growth and dormancy in woody plants, pp. 133~148, in "Tree growth" T.T. Kozlowski, ed., Ronald Press, NY. 1962
- 4) 角谷和男: 木材研究とファイトトロン, 木材研究資料 No. 12, 20~27 (1978)
- 5) KOZLOWSKI, T.T.: Tree Growth, Ronald Press, N.Y., (1962)
- 6) KOZLOWSKI, T.T.: Growth and Development of Trees II, Academic Press, New York and London, (1971)