

シイノキ種子における出芽タイミングの変異

著者	山田 浩雄, 橋本 良二
著者別表示	Yamada Hiroo, Hashimoto Ryoji
雑誌名	植物地理・分類研究
巻	61
号	2
ページ	95-102
発行年	2014-03-01
URL	http://doi.org/10.24517/00053559



山田浩雄^{1*}・橋本良二²：シイノキ種子における出芽タイミングの変異

¹〒 069-0836 北海道江別市文京台緑町 561 (独)森林総合研究所林木育種センター北海道育種場；²〒 020-8550 岩手県盛岡市上田 3-18-8 岩手大学農学部

Hiroo Yamada^{1*} and Ryoji Hashimoto² : Variations in seedling emergence timing of *Castanopsis* species in Japan

¹Hokkaido Regional Breeding Office, Forest Tree Breeding Center, Forestry and Forest Products Research Institute, 561, Bunkyo-dai-midorimachi, Ebetsu City, Hokkaido 069-0836, Japan: hirooy@affrc.go.jp (*corresponding author); ²Faculty of Agriculture, Iwate University, 3-18-8, Ueda, Morioka City, Iwate 020-8550, Japan

はじめに

日本のシイノキ属 (*Castanopsis*) は、スダジイ *C. sieboldii* (Makino) Hatus. ex T. Yamaz. et Mashiba (変種のおキナワジイ *C. sieboldii* var. *lutchuensis* (Koidz.) T. Yamaz. et Mashiba を含む) とコジイ *C. cuspidata* (Thunb.) Schottky の2種が認められ、照葉樹林地帯の主要優占種として広く分布している (山崎・真柴 1987)。スダジイとコジイは主に種子の形態や葉の表皮組織の細胞層数によって識別され、スダジイは種子が大きく (種子長が12mm以上)、葉の表皮組織が2層の細胞から成り、コジイは種子が小さく (種子長が12mm未満)、葉の表皮組織が1層の細胞から成る (小林・須川 1959, 山崎・真柴 1987)。

日本のシイノキ属は最寒月の平均気温が2℃以上の地域に分布し (吉岡 1954)、その中で、スダジイとコジイは互いに異なる分布域をもつことが知られている (山中 1966, 1979)。スダジイは太平洋側と日本海側の両方の地域に出現し、太平洋側の北限は福島県、日本海側の北限は新潟県で、本州、九州を経て南限は南西諸島 (琉球地域) である。スダジイはシイノキ属分布域の北限から南限にかけて広く分布し、日本海側ではほとんど独占的であり、太平洋側では関東地域や琉球地域で優占している。コジイの分布は対照的に九州地域や伊豆半島以西の太平洋側にほぼ限られ、スダジイの分布域と重複し包含されている (山中 1979, Yamada and Miyaura 2003)。林分単位で見ると、スダジイまたはコジイが優占する林分だけではなく、両種が重複する地域

では、両種が共に出現する林分も認められる (山田・西村 2000)。

シイノキ属では、秋季に種子が落下した後、まず幼根が伸長し (発根)、それに続いて上胚軸伸長により実生が地上に出現する (出芽と呼ぶ、山下 1998)。スダジイとコジイでは種子の発根や出芽のタイミングが異なり、スダジイでは早く、コジイでは遅い (広木・松原 1982)。種子の発根や出芽のタイミングは、芽生えの生残が最大になるように、母樹生育地の環境要因と結びついていると考えられている (Tanouchi 1996, Shimono and Kudo 2003, Abe et al. 2008, 清和 2009, Nomiya 2010)。従って、スダジイとコジイの出芽タイミングの変異を明らかにすることは、両種の生理生態的な違いや生育環境の違いを理解する上で重要であると考えられる。

本研究の目的は、スダジイが優占する地域とスダジイとコジイが重複する地域からそれぞれ母樹別に採取した種子を用いて、シイノキ属の出芽タイミングの変異を明らかにすることである。スダジイとコジイが共に出現する林分では、両種の間タイプが多く観察され、種子長や葉の表皮細胞層数の連続的変異のために両種を明瞭に区別できない場合が多い (小林・須川 1959, 山中 1966, 1979, Kobayashi et al. 1998)。そのため、両種の形態的変異を種内変異とみなす考えもあることから (山中 1966)、本研究では、スダジイとコジイを同一種と定義し、スダジイとコジイをあわせてシイノキ *C. cuspidata* (Thunb.) Schottky として取り扱った

(Yamada and Miyaura 2005)。従って、スダジイとコジイの主な識別形質でありながら、連続的変異の認められる種子長の変異と関連づけて、出芽タイミングの母樹内変異、同一林分での母樹間変異および地域間変異について解析した。

材料と方法

1. 種子

北陸、関東、東海・瀬戸内、東九州、西九州および琉球の6地域81林分176母樹から、1999年と2000年に落下した種子を採取した (Table 1)。北陸、関東、琉球地域はスダジイ型が優占するのに対し、東海・瀬戸内、東九州、西九州地域はスダジイ型とコジイ型が重複分布する (山中 1966, 1979)。母樹は各林分から無作為に選んだが、母樹毎に種子を採取したことによる制約から、1林分あたりの母樹数は1~7本で、同一林分で複数の母樹から種子を採取することのできたのは43林分、5本以上の母樹から種子を採取することのできたのは8林分であった。種子を採取した林分の多くは神社・仏閣の社叢林であった。なお、シノキ属では、植物形態

学上、堅果から殻斗と果皮を除いたものが種子であるが、本研究では堅果から殻斗だけを取り除き、種子を包む果皮を含めて種子と呼ぶ。採取した種子は茨城県日立市の林木育種センターに持ち帰り、母樹毎に種子を水に漬け、沈んだものを用い、それぞれの種子長 (堅果から殻斗を取り除いた長さ) を測定した。母樹ごとに種子長の平均値と、母樹内変異を把握するため、標準偏差と変動係数を求めた。種子はビニール袋に入れ密閉し、インキュベーターに入れて2℃で保存した。

2. 出芽試験

種子を採取した翌年、林木育種センター内の開放型温室において、育苗用ビニールポット (直径9cm, 高さ15cm) に市販の園芸用土を詰め、2000年は4月24日、2001年は4月23日に各ポットに1粒ずつ種子を埋め込んだ (播種と呼ぶ)。覆土の厚さは約1cmとした。1母樹あたり10~48粒を供試し、全体で7254粒であった (Table 1)。播種後は、土の表面が乾かないよう適宜灌水した。播種後、2日から7日おきに観察を行い、種子上胚軸が地上に

Table 1. Regional data of seed collections and seedling emergence rates for each seed set

Regions	Seed data			Seedling emergence test	
	Forest stands (habitats)	Mother trees	Date	Seeds tested	Mean emergence ratio (Max.-Min.)
Hokuriku district					
Toyama Pref.	2	4	23-25, Oct., 2000	192	0.63 (0.85-0.42)
Ishikawa Pref.	6	14	23-25, Oct., 2000	569	0.78 (0.92-0.58)
Niigata Pref.	2	3	23-25, Oct., 2000	118	0.84 (0.94-0.75)
Kanto district					
Ibaraki Pref.	4	5	25-28, Oct., 1999	226	0.65 (0.81-0.41)
Tochigi Pref.	1	2	25-28, Oct., 1999	96	0.50 (0.71-0.29)
Chiba Pref.	3	3	25-28, Oct., 1999	95	0.61 (0.72-0.46)
Kanagawa Pref.	2	2	25-28, Oct., 1999	96	0.82 (0.83-0.81)
Tokai and Setouchi districts					
Shizuoka Pref.	4	7	8-11, Nov., 1999	265	0.61 (0.83-0.40)
Okayama Pref.	2	2	4, Nov., 2000	90	0.74 (0.81-0.67)
East-Kyushu					
Ooita Pref.	6	18	6-9, Nov., 2000	664	0.71 (0.92-0.33)
Miyazaki Pref.	13	34	6-9, Nov., 2000	1403	0.61 (0.98-0.21)
Kagoshima Pref.	3	10	10, Dec., 1999	442	0.78 (1.00-0.54)
West-Kyushu					
Fukuoka Pref.	13	23	17-21, Nov., 1999	1032	0.73 (0.92-0.48)
Saga Pref.	5	10	15, Nov., 1999	386	0.64 (0.83-0.39)
Nagasaki Pref.	4	8	9-15, Nov., 1999	339	0.68 (0.90-0.42)
Kumamoto Pref.	2	9	20, Oct., 1999	356	0.70 (0.95-0.30)
			4, Oct., 2000		
Ryukyu Islands					
Okinawa Pref.	9	22	20, Nov., 1999	885	0.69 (1.00-0.31)
			25, Dec., 2000		
Total	81	176		7254	

Each seed set is from a mother tree.

現れた日（出芽日）を調べた。両年とも、播種後180日で観察を終了し、播種日と出芽日の記録から、個々の種子の出芽にかかる所要日数を計算した。母樹ごとに発芽所要日数の平均値と、母樹内変異を把握するため、標準偏差と変動係数を求めた。また、母樹毎に播種数と出芽数から出芽率を求めた。出芽試験を行った4月～10月の月平均気温をそれぞれ2000年と2001年の間で比較した結果、2000年の8月と9月の月平均気温は2001年のそれらよりも2.1℃～2.4℃有意に高かったが（8月： $P < 0.001$, 9月： $P < 0.01$, t-test), その他の期間の月平均気温は2000年と2001年の間で有意差はなかった。

3. データ解析

同一林分内での種子長および発芽所要日数の母樹間変異は、複数の母樹から種子を採取することのできた43林分それぞれについて、一元配置の分散分析（ANOVA）により母樹間差を検定した。また、種子長および発芽所要日数の地域間変異は、それぞれ母樹平均値をデータとして用いて、一元配置の分散分析と最小有意差（Fisher's LSD）により地域間差を検定した。

結果

1. 林分における種子サイズと発芽所要日数の変異

同一林分で比較的多くの母樹から種子を採取できた林分の中から、5林分の25母樹を例に、各母樹の種子長別種子数の頻度分布をFig. 1に示す。供試した176母樹の平均種子長は8.8mm～25.5mmの範囲にあり、種子長の母樹内変異はほとんどの母樹で6mm（平均値±3mm）以下であった。同一母樹の平均種子長の標準偏差は0.4mm～2.1mm、変動係数は0.04～0.12の範囲にあり、96%以上の母樹で変動係数は0.1以下であった。

種子長の頻度分布について（Fig. 1）、同一林分内の母樹間変異に着目すると、一部の林分では林分内の母樹間変異が小さかったが、多くの林分で平均種子長は母樹間で異なっていた。例えば、宮之城林分における母樹No. 1, 2, 3, 5, 6の頻度分布は互いに重なっていたのに対し、田辺林分における母樹No.1の頻度分布は、母樹No.3～5の頻度分布とほとんど重なっていなかった。同一林分内における平均種子長の母樹間差が有意であった林分は、複数の母樹から種子を採取することのできた43林分中の37林分であった（Table 2）。

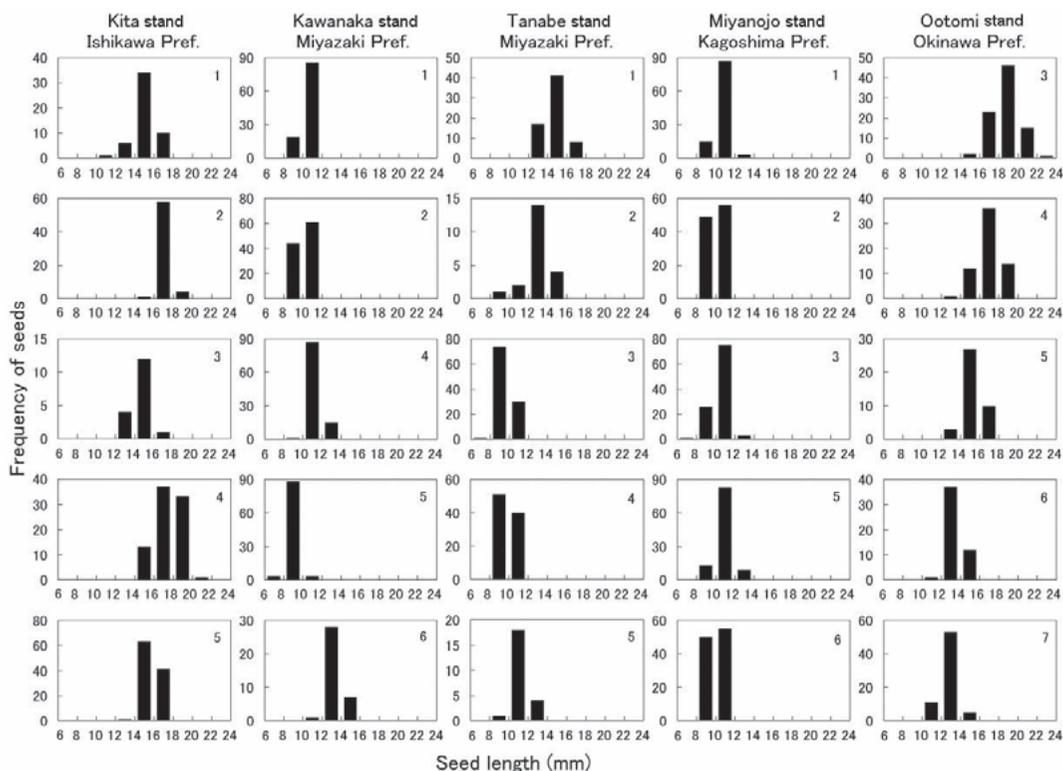


Fig. 1 Length variations observed within each seed set

Results are selectively shown for five seed sets from five local forest stands, respectively. The number specifically assigned to a seed set is indicated on the upper-right corner of each panel.

Table 2. Seed lengths and days to seedling emergence for each seed set

Regions Forest stands	Mother trees	Seed length (mm)	Seedling emergence (days)
Hokuriku district			
Imakura	3	14.2-15.8 ***	63.5- 92.9 ***
Kita	5	14.6-17.6 ***	62.0- 81.4 **
Jindai	2	15.5-17.8 ***	52.0- 58.3 n.s.
Suzu	4	14.7-16.8 ***	60.0- 70.5 n.s.
Senjoin	2	14.1-20.2 ***	60.8- 64.0 n.s.
Kanto district			
Takahama	2	17.0-20.3 ***	73.1- 82.9 n.s.
Karasawa	2	13.9-14.9 ***	62.1- 63.5 n.s.
Tokai and Setouchi districts			
Hokoji	3	10.8-12.4 ***	80.7-135.8 ***
Shuzenji	2	12.4-13.1 ***	94.8-108.0 n.s.
East-Kyushu			
Hiyoshi	4	9.6-11.5 ***	96.8-123.5 **
Honoohonome	6	11.9-16.1 ***	64.7-103.3 ***
Ogihomei	2	15.9-16.0 n.s.	65.7- 77.5 n.s.
Sakurahachiman	4	12.4-15.6 ***	95.1- 97.7 n.s.
Kamishirakimata	2	10.2-14.9 ***	57.7-120.0 ***
Tsumakirishima	6	13.9-15.5 ***	57.5-106.7 ***
Tanabe	5	9.7-14.6 ***	64.5-111.0 ***
Kawanaka	7	8.9-13.4 ***	97.5-136.8 ***
Gongenzaki	3	14.4-14.9 n.s.	70.7- 82.9 n.s.
Nakanoyae	2	8.8- 9.2 **	105.0-112.9 n.s.
Tashiro	2	10.5-11.2 ***	117.3-122.7 n.s.
Eshiro	2	10.8-12.6 ***	98.3-100.0 n.s.
Gamo	3	9.6-14.7 ***	92.6-108.2 n.s.
Miyanojo	6	10.0-11.0 ***	83.4-112.7 ***
West-Kyushu			
Ibokannon	3	11.9-16.5 ***	55.2- 86.9 ***
Iwatoyama	3	10.4-11.7 ***	89.0- 98.0 n.s.
Korasan	3	8.8-11.1 ***	78.6- 92.9 n.s.
Notte	2	10.4-10.5 n.s.	92.7- 96.4 n.s.
Sakurai	2	13.6-16.6 ***	65.3- 77.5 n.s.
Chinkokuji	3	14.6-17.3 ***	52.5- 73.5 **
Takeo	2	13.2-16.8 ***	66.0- 67.1 n.s.
Koshoji	4	10.6-13.2 ***	68.3- 86.5 n.s.
Yamato	2	10.9-15.2 ***	61.5-107.1 ***
Masuragahara	2	13.5-14.5 ***	44.0- 58.1 **
Tomigawa	3	12.3-13.9 ***	48.0- 73.1 ***
Todoroki	2	12.9-14.8 ***	58.0- 85.5 ***
Nishiura	6	14.3-19.3 ***	54.9- 75.7 **
Sumiyoshi	3	13.5-15.1 ***	65.5- 97.5 *
Ryukyu Islands			
Ootomi	7	12.9-18.8 ***	61.9- 90.0 **
Komi	4	11.8-16.5 ***	58.5- 94.3 ***
Urabu	2	18.1-18.2 n.s.	60.6- 66.9 n.s.
Yarabu	2	14.3-15.2 **	60.7- 62.8 n.s.
Nosoko	2	17.3-17.6 n.s.	53.1- 60.8 n.s.
Takazato	2	14.3-14.4 n.s.	84.0- 90.0 n.s.

Each seed set is from a mother tree. Data are means for each seed set, and show the stand that was able to collect from plural mother trees. ***, **, and * show significant difference within a stand by ANOVA at $P < 0.001$, 0.01, and 0.05, respectively. n.s. shows non-significant.

176母樹の出芽率は21～100%の範囲にあり、平均で69%であった (Table 1)。Fig. 1と同様に5林分の25母樹について、各母樹の出芽にかかる所要日数別種子数の頻度分布をFig. 2に示す。176母樹の平均出芽所要日数は、播種後44.0日～136.8日の範囲にあり、出芽所要日数の母樹内変異 (出芽期間) はほとんどの母樹で90日 (平均値±45日) 以上であり、150日に及ぶ母樹もあった。同一母樹の平均出芽所要日数の標準偏差は13.1日～47.2日、変動係数は0.16～0.62の範囲にあり、98%以上の母樹で変動係数は0.2以上であった。

出芽所要日数の頻度分布について (Fig. 2)、同一林分内の母樹間変異に着目すると、種子長の頻度分布と同様に、一部の林分では林分内の母樹間変異が小さかったが、多くの林分で平均出芽所用日数は母樹間で異なっていた。例えば、宮之城林分における母樹No.1, 2, 3, 5, 6の最頻値は互いに重なっていたのに対し、川中林分の母樹No.2の最頻値は、母樹No.1およびNo.4～6の最頻値と異なっていた。同一林分内における平均出芽所要日数の母樹間差が有意であった林分は、複数の母樹から種子

を採取することのできた43林分中の20林分であった (Table 2)。

2. 種子サイズと出芽所要日数の地域間変異

北陸、関東、東海・瀬戸内、東九州、西九州および琉球の6地域について、地域毎の平均種子長は12.4mm～17.5mmの範囲にあり (Table 3)、地域間で有意に異なっていた ($P<0.05$, ANOVA)。平均種子長は東九州、東海・瀬戸内、西九州、琉球、北陸、関東地域の順に大きくなり、東九州地域と東海・瀬戸内地域の平均種子長の差異は有意ではなかったが、東九州、東海・瀬戸内地域と琉球、北陸、関東地域の差異は有意であった (Table 3)。また、地域毎の平均出芽所要日数は、播種後62.9日～98.9日の範囲にあり (Table 3)、地域間で有意に異なっていた ($P<0.05$, ANOVA)。平均出芽所要日数は東海・瀬戸内、東九州、西九州、琉球、北陸、関東地域の順に短くなり、東海・瀬戸内地域と東九州地域の平均出芽所要日数の差異は有意ではなかったが、東海・瀬戸内、東九州地域と琉球、北陸、関東地域の差異は有意であった (Table 3)。東海・瀬

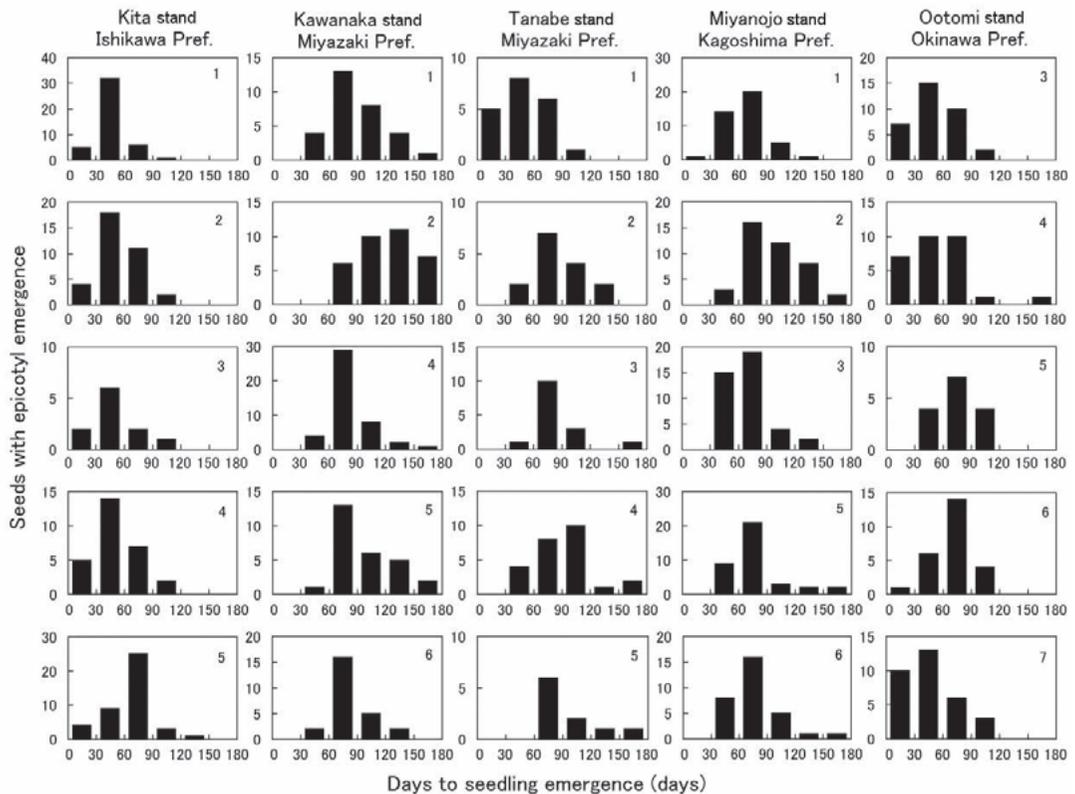


Fig. 2 Days to seedling emergence counted for each seed set
Results are selectively shown for the same sets as Fig. 1.

Table 3. Seed lengths and days to seedling emergence summarized for each region

Regions	Mother trees	Seed length (mm)	Seedling emergence (days)
Hokuriku district	21	16.1 ^{ad}	66.0 ^a
		1.5	10.9
Kanto district	12	17.5 ^a	62.9 ^a
		3.4	11.0
Tokai and Setouchi districts	9	12.6 ^{bc}	98.9 ^b
		1.1	18.4
East-Kyushu	62	12.4 ^b	94.7 ^b
		2.3	17.9
West-Kyushu	50	13.4 ^c	74.6 ^c
		2.3	15.5
Ryukyu Islands	22	15.8 ^d	72.1 ^{ac}
		2.0	13.3

Data are means (upper column) and standard deviations (lower column).

Different alphabetical letters show significant difference (Fisher's LSD, $P < 0.05$).

戸内、東九州地域の平均出芽所要日数は、北陸、関東地域の平均出芽所要日数に比べて約 50 % 長かった。

6 地域 176 母樹の種子長と出芽所要日数との関係を Fig. 3 に示す。種子長と出芽所要日数との間の相関係数は、6 地域全体で見ると -0.661 ($P < 0.001$)、北陸、関東、琉球の 3 地域では -0.282 ($P < 0.05$)、東海・瀬戸内、東九州、西九州の 3 地域では -0.641 ($P < 0.001$) であり、それぞれ有意な負の相関関係が認められた。シイノキ種子の形質は、相対的に種子長が小さく出芽所要日数が長い種子をもつ母樹（小サイズ・長期出芽種子）から、相対的に種子長が大きく出芽所要日数が短い種子をもつ母樹（大サイズ・短期出芽種子）まで連続的に変異していた。また、北陸、関東、琉球地域では、主として大サイズ・短期出芽種子をもつ母樹が、東海・瀬戸内、東九州、西九州地域では、主として小サイズ・長期出芽種子をもつ母樹が、それぞれ中間的な形質の種子をもつ母樹を含みながら出現する傾向にあった。

考察

シイノキ種子の出芽所要日数は、母樹内、母樹間および地域間で大きな変異が認められた (Fig. 2, Table 2, 3)。母樹内変異では、各母樹の平均種子長の変動係数がほとんどの母樹で 0.1 以下であったのに対して (Fig. 1)、各母樹の平均出芽所要日数の変動係数はほとんどの母樹で 0.2 以上であり (Fig. 2)、出芽所要日数の母樹内変異は、種子長の母樹内変異に比べて大きかった。しかしながら、同一林分における各母樹の平均出芽所要日数は、平均種子長と同様に、多くの林分で有意に異なっていた (Table 2)。この結果は、日本のシイノキ林が林分によっては遺伝的に異なった母樹で構成されている

ことを示唆している。(Yamada et al. 2006)。また、出芽所要日数は、種子長と同様に、地域間でも有意に異なり、東海・瀬戸内、東九州地域の平均出芽所要日数は、北陸、関東、琉球地域の平均出芽所要日数に比べて長かった (Table 3)。各母樹の平均出芽所要日数と平均種子長との間には負の相関関係が認められた (Fig. 3)。この相関関係は、種子長の小さい母樹では出芽所要日数が長く、種子長の大きい母樹では出芽所要日数が短くなることを意味し、各地域の母樹の種子長に見合っただけで出芽所要日数が決まっていることに依っている。

大サイズ・短期出芽種子をもつ母樹は北陸、関東、琉球地域に多く出現する傾向にあったのに対して、小サイズ・長期出芽種子をもつ母樹は東海・瀬戸内、東九州、西九州地域に多く出現する傾向にあった (Fig. 3)。しかしながら、種子長と出芽所用日数は連続的に変異し、両種子タイプは明確に区別されなかった。この結果は、大サイズ・短期出芽種子がスタジイに、小サイズ・長期出芽種子がコジイにそれぞれ分類され得ることを考慮すると (山崎・真柴 1987)、これまで指摘されてきたスタジイからコジイへの連続的な変異の存在を支持している (Yamada and Miyaura 2005)。日本の照葉樹林は、最終氷河期以降、琉球地域や九州から四国・本州にかけての太平洋側の半島南端部にあったとされる逃避地から分布を拡大してきたと考えられている (服部 2002)。東九州、東海・瀬戸内地域の平均種子長と平均出芽所要日数は、北陸、関東、琉球地域の平均種子長および平均出芽所要日数と比べて有意に異なっていた (Table 3)。これらのことから、日本のシイノキの分布は、逃避地に近い太平洋側の東九州、東海・瀬戸内地域から、シイノキ分布の周辺域にある北陸、関東、琉球地域にかけて、大サイ

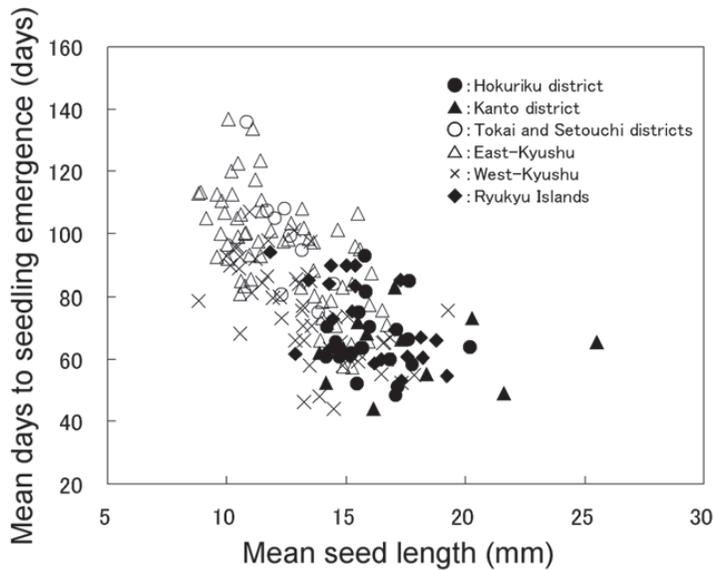


Fig. 3 Scatter diagram for 176 mother trees of the six sampling areas showing the relationship between days to seedling emergence and seed length

ズ・短期出芽種子をもつ母樹が分布を拡大し分化しつつあるというシナリオを考えることができるであろう (Fig. 3)。

今回の試験で得られた出芽所要日数は、秋に落下種子を採取して低温で保存し、翌春に播種して得た結果であり、出芽所要日数の長短は、シノキ種子の上胚軸休眠の深さと関係していると考えられる。種子が出芽した時の環境条件は、芽生えがその場所に定着できるか否かを決定的に左右し、出芽タイミングは局地的な環境条件への適応という観点から議論されている (例えば、清和 2009)。今後は、出芽タイミングと母樹生育地の環境条件との関係について検討していく必要がある。

引用文献

- Abe, M., Honda, A., Hoshizaki, K., and Miguchi, H. 2008. Advantage of early seedling emergence in *Fugus crenata*: importance of cotyledon stage for predator escape and pathogen avoidance. *Ecol. Res.* **23**: 681-688.
- 服部保. 2002. 照葉樹林の植物地理から森林保全を考える. 矢原徹一・川窪伸光 (編). 保全と復元の生物学, pp. 203-222. 文一総合出版, 東京.
- 広木詔三・松原輝男. 1982. ブナ科植物の生態学的研究 (Ⅲ) 種子-実生期の比較生態学的研究. *日本生態学会誌* **32**: 227-240.
- 小林彌一・須川豊伸. 1959. 本邦産クリガシ属樹材の識別に関する研究. *林業試験場研究報告*

118: 139-178.

- Kobayashi, S., Hiroki, S., and Tezuka, T. 1998. Discrimination of hybrids between *Castanopsis cuspidata* and *C. sieboldii* based on the structure of their leaf epidermis. *J. Phytogeogr. Taxon.* **46**: 187-189.
- Nomiya, H. 2010. Differentiation of seed germination traits in relation to the natural habitats of three *Ulmus* species in Japan. *J. For. Res.* **15**: 123-130.
- 清和研二. 2009. 落葉広葉樹の発芽タイミング. 吉岡俊人・清和研二 (編). 発芽生物学-種子発芽の生理・生態・分子機構, pp.153-172. 文一総合出版, 東京.
- Shimono, Y. and Kudo, G. 2003. Intraspecific variations in seedling emergence and survival of *Potentilla matsumurae* (Rosaceae) between alpine fellfield and snowbed habitats. *Ann. Bot.* **91**: 21-29.
- Tanouchi, H. 1996. Survival and growth of two coexisting evergreen oak species after germination under different light conditions. *Int. J. Plant Sci.* **157**: 516-522.
- Yamada, H. and Miyaura, T. 2003. Geographic occurrence of intermediate type between *Castanopsis sieboldii* and *C. cuspidata* (Fagaceae) based on the structure of leaf epidermis. *J. Plant Res.* **116**: 477-482.

- Yamada, H. and Miyaura, T. 2005. Geographic variation in nut size of *Castanopsis* species in Japan. *Ecol. Res.* **20**: 3-9.
- 山田浩雄・西村慶二. 2000. 岡山県周辺におけるスタジイとコジイの地理的分布. *日本林学会誌* **82**: 101-104.
- Yamada, H., Ubukata, M., and Hashimoto, R. 2006. Microsatellite variation and differentiation among local populations of *Castanopsis* species in Japan. *J. Plant Res.* **119**: 69-78.
- 山中二男. 1966. シイノキについての問題と考察. *高知大学教育学部研究報告* **18**: 65-73.
- 山中二男. 1979. 日本の森林植生. 219pp. 築地書館, 東京.
- 山下寿之. 1998. スタジイの種子発芽と初期成長. *富山県中央植物園研究報告* **3**: 35-40.
- 山崎 敬・真柴茂彦. 1987. 日本, 朝鮮, 台湾におけるシイノキ類の分類の再検討 (1). *植物研究雑誌* **62**: 289-298.
- 吉岡邦二. 1954. 東北地方森林の群落学的研究 (第4報) スタジイ北限地帯の森林. *植物生態学会報* **3**: 219-229.

(Received May 19, 2012; accepted February 16, 2014)