

技術報告

植物見本園の樹木開花・開芽時期の変化

佐藤美穂*

筑波大学農林技術センター筑波実験林
305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1

要 旨

1995年から2013年までの筑波大学植物見本園の標識木の開芽日と開花日が年毎の気温、降水量、日照時間の変動によってどのように変化するのか調査した。そして植物見本園における各樹種の平均的な開芽日・開花日を測定するために、1995年から開芽日と開花日を記録している。これらの記録を解析した結果、1月から低温傾向がみられた1996年は多くの観察木の開芽日・開花日が遅れ、1月から4月にかけて全国的にも暖かく高温傾向を示した2002年は多くの観察木で大幅に開芽日が早まり気温との関連が見られた。しかし多くの樹種の開芽日に変動がみられた他の年については年平均気温、および前年11月から観察年4月までの平均気温と最低気温との関連がみられなかった。開芽日・開花日と5℃を基準とした積算温度との関係を調べたところ、開芽に必要な積算気温に達する時期に違いがみられた。

キーワード：開芽、開花、積算気温、フェノロジー

緒 言

樹木の展葉、開花といった樹木フェノロジーは気象環境の影響を受けて変化するため、環境の変化を観測する上で有効である。また、樹木フェノロジーは樹木生理や育種等の基礎的なデータとして重要であり、地球温暖化の指標や、開芽日予測等、様々な研究がおこなわれている(戸田ら 1998、藤本 2007、樋口ら 2009)。筑波大学農林技術センター植物見本園では、全国大学演習林協議会の共同研究の一環として1995年から樹木の開芽・開花の観察を開始しており、植物見本園管理担当職員が継続して観測を続けている。このうち1995年から1998年の記録については58種の樹木について中野ら(2001)が報告している。今回、1999年以降のデータが蓄積したので開花・開芽時期の変化についてより長期的な傾向について報告する。中野ら(2001)は開芽と開花時期ともに5℃を基準とした日積

算気温DCT₅に大きく影響を受けていると報告しており、今回はこれに加え林床植物の開花に平均気温ではなく、最高気温や日照時間が影響しているという報告(大西ら 2001)があることや、植物見本園がある茨城県つくば市において8月の降雨量が5.0mmだった2010年や、14.5mmだった2012年のように(気象庁 2014)夏季に降雨量が極端に少ないことが樹木フェノロジーに影響することが考えられるため、気温の他、降水量、日照時間と開芽日・開花日との関連を調査した。

調査地および調査方法

樹木の開芽・開花フェノロジーの観察は茨城県つくば市にある筑波大学農林技術センター植物見本園で行った。農林技術センター植物見本園の位置図を図1に示す。調査地は北緯36度6分56秒、東経140度6分3秒に位置しており、標

*連絡者：佐藤美穂 筑波大学農林技術センター筑波実験林
305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1
E-mail：sato.miho.fm@un.tsukuba.ac.jp



図1 植物見本園位置図

高は25mで、面積2.2haである。調査期間は1995年から2013年の19年間である。なお、このうち1995年から1998年のデータは中野ら(2001)により公表済みである。開芽・開花フェノロジー観察樹種について表1に示す。学名はYListに従った(米倉・梶田 2003)。植物見本園に植栽された樹木のうち、開芽日については21種、開花日については20種を対象とした。開芽日と開花日の判断には、全国大学演習林協議会による全国統一のフェノロジー評価基準に準拠した戸田・東京農工大学演習林フェノロジー観察グループ(1998)の基準を用いた。すなわち、開芽とは「葉は群状をなしている。芽は完全に開いているが、芽鱗は存在する」状態の芽総数が20%に達した日、開花は「花芽および花序が開き、花粉を散布している状態」に一輪でもなった日とした。開芽・開花の観察は土日祝日を除きほぼ毎日行った。開芽時期・開花時期に影響を与える要因の検討を行うため、気温、降水量、日照時間との関連を調

表1 開芽・開花フェノロジー観察樹種一覧

科 名	和 名	学 名	開 芽	開 花
マ ツ 科 Pinaceae	カラマツ	<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carrière	○	—
ヤ ナ ギ 科 Salicaceae	ポプラ	<i>Populus nigra</i> L. var. <i>italica</i> (Duroi) Koehne	○	—
ブ ナ 科 Fagaceae	クヌギ	<i>Quercus acutissima</i> Carruth.	○	—
	クリ	<i>Castanea crenata</i> Siebold et Zucc.	○	○
	コナラ	<i>Quercus serrata</i> Murray	○	—
	ブナ	<i>Fagus crenata</i> Blume	○	—
	ミズナラ	<i>Quercus crispula</i> Blume	○	—
ロウバイ科 Calycanthaceae	ロウバイ	<i>Chimonanthus praecox</i> (L.) Link	—	○
マンサク科 Hamamelidaceae	マンサク	<i>Hamamelis japonica</i> Siebold et Zucc.	—	○
バ ラ 科 Rosaceae	ウラジロノキ	<i>Aria japonica</i> Decne.	○	○
	ナナカマド	<i>Sorbus commixta</i> Hedl.	○	○
	カマツカ	<i>Pourthiaea villosa</i> (Thunb.) Decne. var. <i>villosa</i>	○	○
	ヤマザクラ	<i>Cerasus jamasakura</i> (Siebold ex Koidz.) H. Ohba	○	○
カ エ デ 科 Aceraceae	イロハモミジ	<i>Acer palmatum</i> Thunb.	○	○
	ハウチワカエデ	<i>Acer japonicum</i> Thunb.	○	○
ツ ツ ジ 科 Ericaceae	ネジキ	<i>Lyonia ovalifolia</i> (Wall.) Drude var. <i>elliptica</i> (Siebold et Zucc.) Hand.-Mazz.	○	○
	ナツハゼ	<i>Vaccinium oldhamii</i> Miq.	○	○
	クルメツツジ	<i>Rhododendron x obtusum</i> (Lindl.) Planch. 'Sakamotoi'	—	○
	ヒラドツツジ	<i>Rhododendron x pulchrum</i> Sweet	—	○
ハイノキ科 Symplocaceae	サワフタギ	<i>Symplocos sawafutagi</i> Nagam.	○	○
エゴノキ科 Styracaceae	エゴノキ	<i>Styrax japonica</i> Siebold et Zucc.	○	○
	ハクウンボク	<i>Styrax obassia</i> Siebold et Zucc.	○	○
シ ソ 科 Verbenaceae	クサギ	<i>Clerodendrum trichotomum</i> Thunb.	○	○
			21	20

開芽・開花を調査した樹種については○、調査していない樹種については—を表示した。数字は樹種数。

査した。このうち気温については年平均気温、年平均最高気温、年平均最低気温および冬芽状態から開芽・開花までの推移を確認するため11月から4月の各月の平均気温、最高気温、最低気温について調査年毎にまとめ比較した。また、調査年ごとに1月1日を起算日とする5℃積算気温を算出し、開芽日・開花日との関連を調査した。これらの気象項目のうち、気温、降水量は実験林構内の気象観測データを用いた(井波1997、1998、1999、2000、砂坂2001、砂坂・遠藤2002、2003、砂坂ら2004、佐藤ら2005、佐藤・遠藤2006、2008、2009、2010、2011、2012、遠藤・佐藤2007、佐藤2013a、2013b、筑波実験林 未発表資料)。これらが欠測した期間と日照時間については調査地より約8kmの距離にある館野高層気象台のデータを用いた。

結果および考察

1. 開芽日

1月1日を起算日として開芽が確認されるまでの累計日数を表2に示す。1995年から2013年の調査期間において早い時期に開芽する樹種はナナカマド *Sorbus commixta* Hedl. (73日～101日、平均91日±8日SD)、エゴノキ *Styrax japonica* Siebold et Zucc. (80日～101日、平均92日±6日SD)、ヤマザクラ *Cerasus jamasakura* (Siebold ex Koidz.) H.Ohba (83日～101日、平均92日

±4日SD)、カラマツ *Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière (73日～105日、平均83日±8日SD)であった。一方、遅い時期に開芽する樹種はブナ *Fagus crenata* Blume (100日～122日、平均112日±7日SD)、ミズナラ *Quercus crispula* Blume (99日～121日、平均111日±5日SD)、クサギ *Clerodendrum trichotomum* Thunb. (97日～118日、平均108日±6日SD)であった。

各調査年における樹種毎の開芽日の年変化を図2に示す。1995年から2013年までの平均開芽日と年毎の開芽日を比較すると、1997年は19樹種が1日から20日早く開芽し、特にカラマツは20日、ナナカマドは18日早く開芽した。1998年は19樹種が1日から10日早く開芽し、特にカラマツとサンシュユ *Cornus officinalis* Siebold et Zucc.は10日早く開芽した。2002年は20樹種が4日から14日早く、特にクヌギ *Quercus acutissima* Carruth.は14日早く開芽した。2013年は13樹種が1日から17日早く開芽し、特にナナカマドは17日早く開芽した。一方、1996年は14樹種が平均開芽日より1日から13日遅く、特にイイギリ *Idesia polycarpa* Maxim.は13日、ハクウンボク *Styrax obassia* Siebold et Zucc.は12日遅く開芽した。2000年は19樹種が平均開芽日より2日から10日遅く、特にナナカマドは10日、カラマツは9日遅く開芽した。2012年は19樹種が平均開芽日より3日から9日遅く、特にクヌギ、ナナカマドは9日遅く開芽した。

表2 植物見本園における樹種別の年毎の開芽日および平均開芽日(1月1日を起算日として開芽が確認されるまでの累計日数で示す)と標準偏差。一は枯損や欠測により未調査のものを示す。

種名	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	平均開芽日	標準偏差
イイギリ	109	114	99	102	105	108	103	96	106	104	108	109	110	107	103	104	108	109	101	106	4
イロハモミジ	100	103	93	97	97	96	95	91	100	99	101	107	106	105	100	104	101	107	101	100	4
ウラジロノキ	101	106	97	95	102	104	100	93	97	107	95	102	99	102	100	102	104	104	104	101	4
エゴノキ	95	92	85	88	91	95	100	83	97	93	101	96	96	93	86	92	94	97	80	92	6
カラマツ	101	109	97	97	102	104	99	91	97	99	95	100	99	102	100	104	101	104	93	100	4
カラマツ	87	93	73	83	97	102	99	93	97	104	105	100	93	93	86	92	94	97	84	93	8
クサギ	109	118	106	106	109	115	108	99	108	107	109	109	107	112	108	116	97	116	101	108	5
クヌギ	111	108	99	99	109	112	100	93	104	104	105	109	107	112	108	116	—	116	108	107	6
クリ	108	110	99	96	107	104	106	99	106	104	108	109	107	105	103	109	108	111	105	105	4
コナラ	103	—	94	96	105	108	101	93	106	104	108	108	107	107	103	106	105	107	105	104	5
サワフタギ	109	114	101	107	111	113	103	99	106	104	108	109	110	107	103	109	—	111	101	107	4
サンシュユ	—	—	—	86	94	101	99	85	97	93	94	96	96	102	100	102	101	104	93	96	5
ナツハゼ	101	108	97	97	98	101	99	96	97	93	98	96	96	—	—	—	—	—	—	98	3
ナナカマド	91	88	73	88	88	101	93	85	97	93	101	96	96	93	93	92	96	100	74	91	8
ネジキ	109	108	91	98	104	105	103	96	98	104	97	107	99	102	100	104	105	109	101	102	5
ハウチワカエデ	96	100	89	98	102	105	103	96	—	104	—	100	99	102	99	99	105	104	93	100	4
ハクウンボク	101	108	92	93	94	101	99	85	97	104	102	96	96	95	96	91	96	101	85	96	6
ブナ	108	114	100	103	111	115	109	106	113	104	108	121	121	116	112	120	122	118	109	112	6
ボブナ	—	113	100	105	104	105	100	91	104	104	101	100	99	—	—	—	—	—	—	102	5
ミズナラ	114	121	113	110	111	113	109	99	104	107	108	114	107	114	108	112	—	116	112	111	5
ヤマザクラ	95	90	88	88	87	94	92	83	97	89	101	96	93	92	93	92	97	96	88	92	4

※1995年から1998年は中野ら(2001)を引用

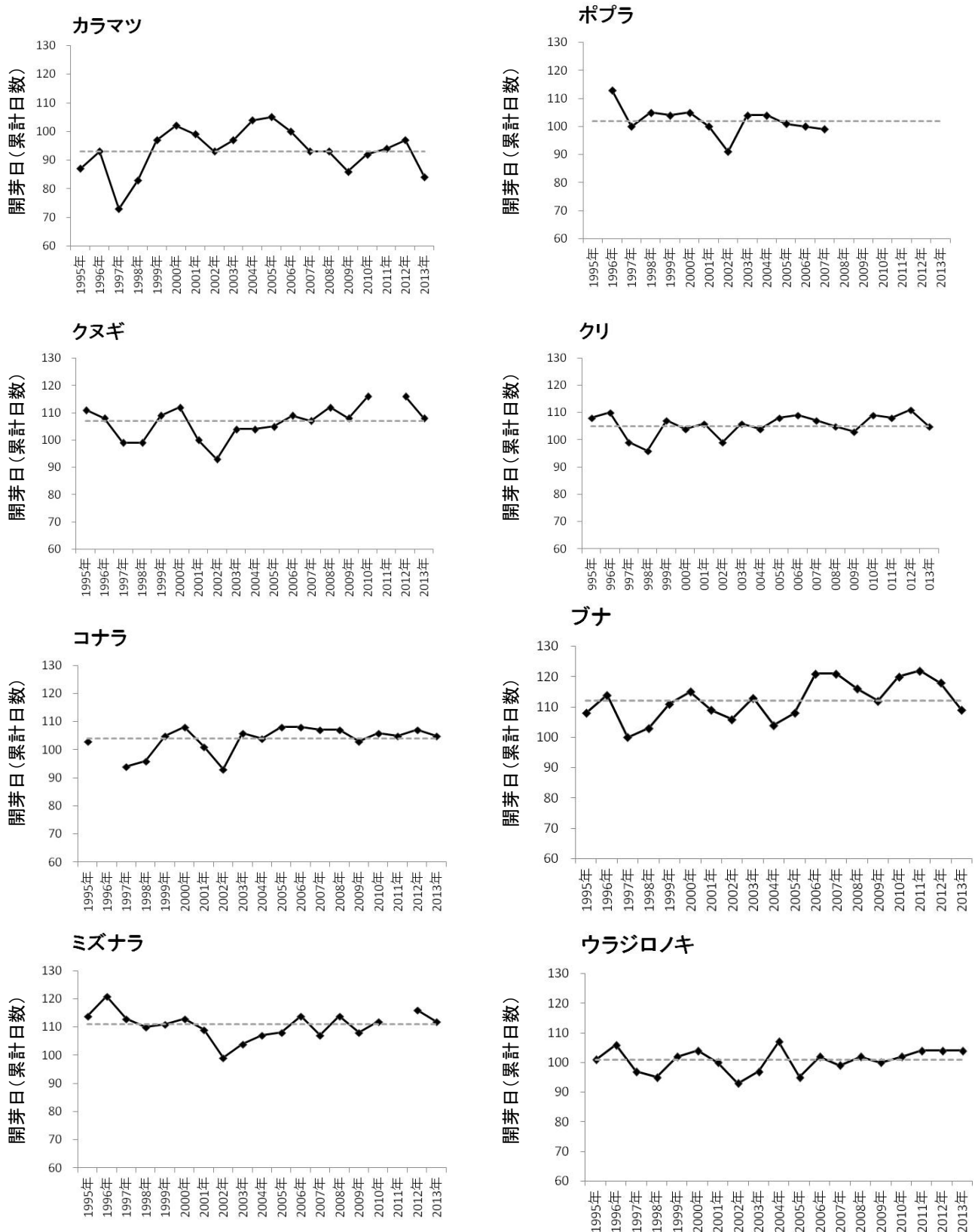


図2 樹種ごとの開芽日の年変化 その1

年毎の開芽日は、1月1日を起算日として開芽が確認されるまでの累計日数で示した。
点線は、1995年から2013年における平均開芽日を示している。

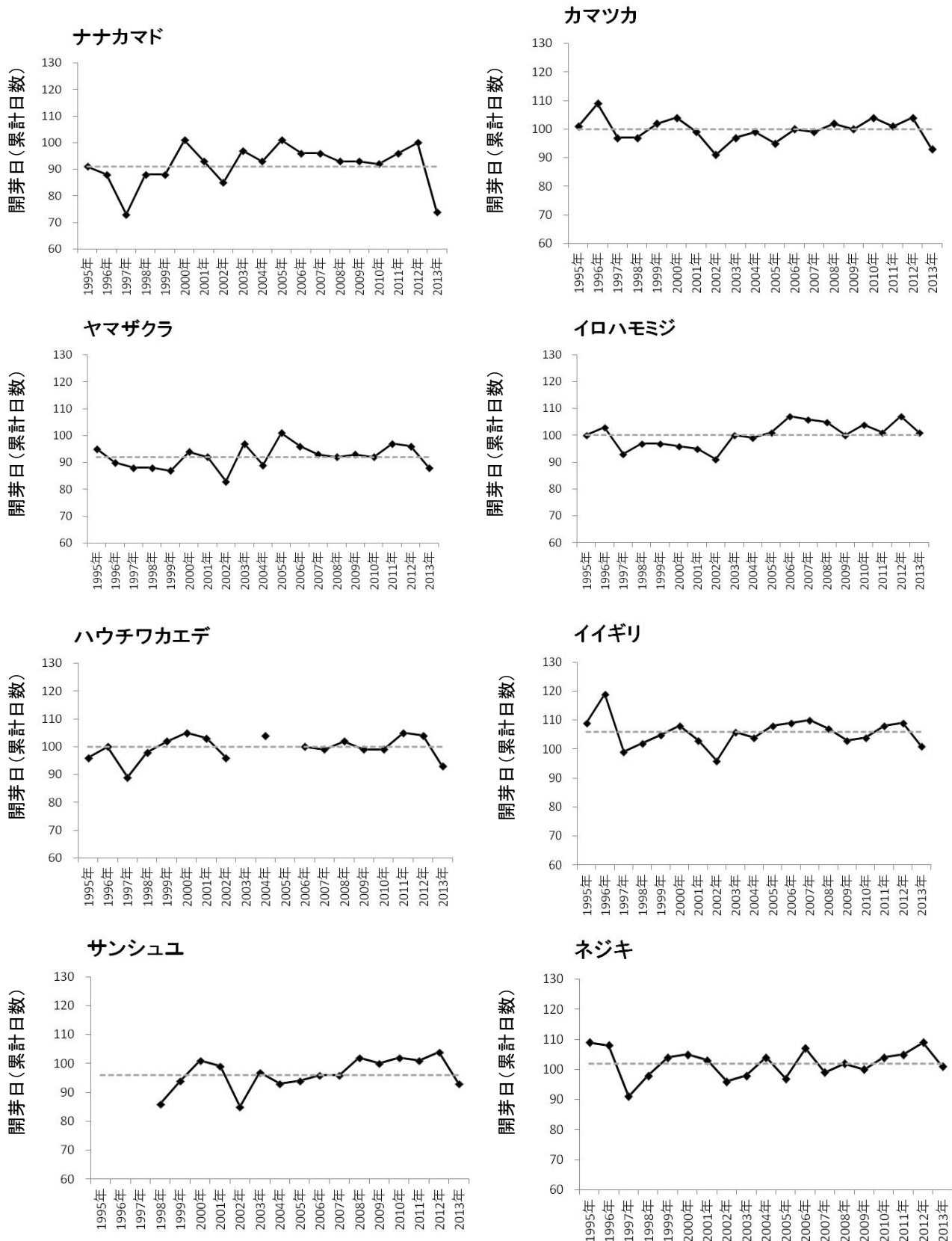


図2 樹種ごとの開芽日の年変化 その2

年毎の開芽日は、1月1日を起算日として開芽が確認されるまでの累計日数で示した。
点線は、1995年から2013年における平均開芽日を示している。

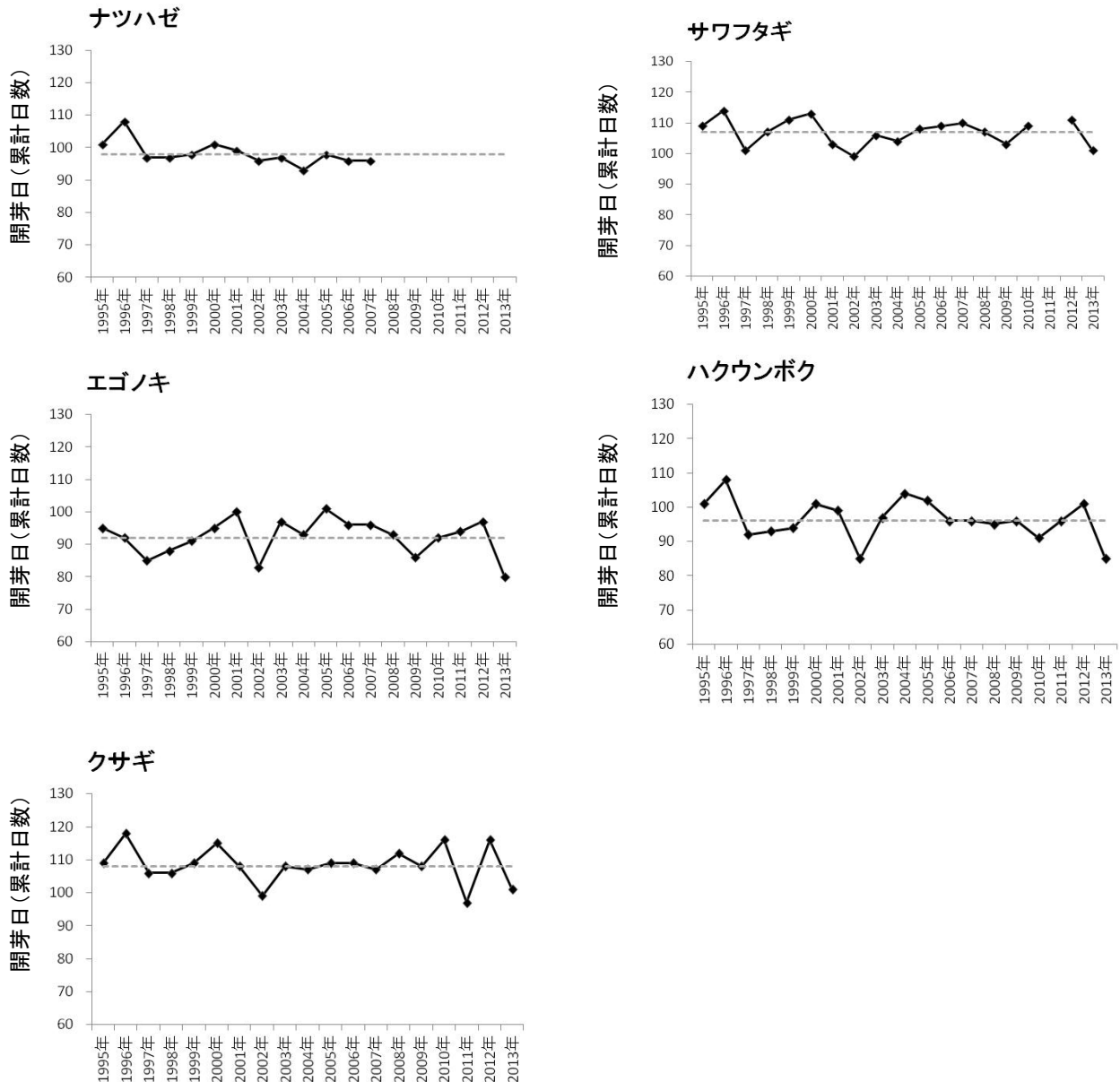


図2 樹種ごとの開芽日の年変化 その3

年毎の開芽日は、1月1日を起算日として開芽が確認されるまでの累計日数で示した。
点線は、1995年から2013年における平均開芽日を示している。

2. 開花日

1月1日を起算日として開花が確認されるまでの累計日数を表3に示す。1995年から2013年の調査期間において早春に開花する樹種はマンサク *Hamamelis japonica* Siebold et Zucc. (35日～59日、平均43日±8日SD)、サンシュユ (47日～81日、平均62日±9日SD)、ミツマタ *Edgeworthia chrysantha* Lindl. (53日～81日、平均71日±8日SD)であった。一方、開花時期の遅い樹種は初夏にクリ *Castanea crenata* Siebold et Zucc. (146日～171日、平均157日±7日SD)、夏にクサギ (199日～235日、平均209日±10日SD)、冬にロウバイ *Chimonanthus praecox* (L.) Link (336日～

364日、平均348日±7日SD)であった。

樹種毎の開花日との年変化を図3に示す。平均開花日と年毎の開花日を比較すると、1997年は調査木20樹種のうち17樹種が1日から9日早く開花し、特にエゴノキ *Styrax japonica* Siebold et Zucc.は9日早く開花した。1998年は17樹種が1日から11日早く開花し、特にクリは11日早く開花した。2002年は18樹種が1日から14日早く開花し、特にカマツカ *Pourthiaea villosa* (Thunb.) Decne. var. *villosa*とハクウンボクは14日早く開花した。2004年は13樹種が1日から11日早く開花し、特にサンシュユは11日早く開花した。一方、1996年は17樹種が5日から16日遅く開花

表3 植物見本園における樹種別の年毎の開花日および平均開花日(1月1日を起算日として開花が確認されるまでの累計日数で示す)と標準偏差。－は枯損や欠測により未調査のものを示す。

種 名	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	平 均 開花日	標準 偏差
イ イ ギ リ	149	155	139	134	138	144	141	140	140	142	138	142	141	147	139	—	150	145	141	143	5
イ ロ ハ モ ミ ジ	114	118	104	106	103	103	100	93	99	104	97	96	106	102	100	106	101	109	105	103	6
ウ ラ ジ ロ ノ キ	122	128	120	116	未開花	123	121	108	未開花	未開花	未開花	未開花	未開花	128	117	126	129	123	115	121	6
エ ゴ ノ キ	137	148	127	130	134	138	138	127	未開花	未開花	未開花	未開花	134	140	135	—	—	139	—	136	6
カ マ ツ カ	122	131	119	117	120	122	118	108	120	117	129	130	121	121	117	126	126	128	120	122	5
ク サ ギ	235	218	206	208	211	201	205	199	—	202	206	209	未開花	未開花	202	211	—	223	206	209	9
ク リ	166	165	152	146	146	161	155	154	154	159	157	159	—	171	159	—	157	—	—	157	7
ク ル メ ツ ツ ジ (今狸々)	108	94	104	103	101	103	100	93	98	99	101	114	110	102	103	109	105	109	105	103	5
サ ウ フ タ ギ	131	134	126	120	127	129	127	121	127	未開花	129	未開花	未開花	133	未開花	未開花	133	131	129	128	4
サ ン シ ュ ユ	81	70	58	53	65	47	64	52	59	51	61	59	57	53	54	71	68	72	74	62	9
ナ ツ ハ ゼ	127	145	133	132	134	139	141	140	—	128	130	135	141	—	—	—	—	—	—	135	5
ナ ナ カ マ ド	120	131	118	118	120	123	118	108	108	未開花	未開花	未開花	113	116	114	126	129	123	112	119	7
ネ ジ キ	144	155	139	136	141	146	141	140	136	134	132	142	—	144	140			145	141	141	5
ハ ウ チ ワ カ エ デ	100	110	97	99	103	110	未開花	未開花	未開花	未開花	未開花	未開花	107	107	100	104	108	109	108	105	4
ハ ク ウ ン ボ ク	128	143	124	120	125	127	127	113	129	121	129		127	123	121	130	130	131	133	127	6
ヒ ラ ド ツ ツ ジ (御代の栄)	125	134	119	116	120	124	121	110	120	117	116	128	114	121	117	126	126	—	—	121	6
マ ン サ ク	—	57	41	35	36	35	41	36	36	40	45	59	44	53	48	53	55	—	43	45	8
ミ ツ マ タ	81	78	63	61	64	80	80	67	80	61	72	66	53	77	75	67	69	76	74	71	8
ヤ マ ザ ク ラ	95	90	90	89	94	98	95	85	97	91	101	96	93	94	93	95	101	103	93	94	4
ロ ウ バ イ	—	—	364	350	354	353	345	343	—	341	—	347	352	345	336	344	347	353	—	348	7

※1995年から1998年は中野ら(2001)を引用

し、ハクウンボクは16日、ネジキは14日と2週間近く遅く開花した。2012年は16樹種が2日から14日遅く開花し、特にクサギは14日遅く開花した。

3. 開芽・開花と気象条件との関係

1995年から2013年までの長期的な傾向としては年々開芽・開花が早まってくることは無いこと、開芽・開花が遅れる樹種が多い年の翌年から翌々年に開芽・開花が早まる樹種が多い年が

あることが確認された。調査期間のうち、始めに1996年に開芽・開花が遅れる樹種が多くなり、その翌年(1997年)、翌々年(1998年)は開芽・開花が早まる樹種が多くなった。次は4年後の2000年に開芽が遅れる樹種が多くなったが、その翌々年の2002年は開芽が早まる樹種が多くなっている。しかし、2004年から2007年についてはこの現象が確認されなかった。

1995年から2012年までの気温、降水量、日照時間を表4に示す。1997年と1998年は19樹種が

表4 つくば市における1995年から2012年の気温、降水量、日照時間

年	気 温 ℃					mm	h
	平 均	最高気温	最低気温	高極値	低極値	降水量	日照時間
1995	14.4	21.3	9.0	35.9	－7.8	877.6	2070.7
1996	12.8	18.7	7.4	37.3	－8.9	916.0	2092.8
1997	13.7	19.6	8.5	36.6	－7.8	916.0	2184.7
1998	13.6	19.3	8.8	35.5	－6.9	1294.5	1568.5
1999	14.2	20.0	9.0	34.7	－8.6	1037.0	2077.0
2000	14.2	18.9	9.9	36.5	－8.5	1513.0	2079.0
2001	13.9	19.5	8.9	34.9	－8.5	1127.5	2100.6
2002	14.1	21.8	13.0	35.7	－6.2	1014.5	2062.3
2003	13.5	18.4	9.2	33.8	－7.6	1423.5	1762.5
2004	14.6	19.9	9.9	37.3	－6.2	1541.0	2232.5
2005	13.6	18.9	9.0	34.8	－6.2	1023.0	2067.9
2006	14.1	18.8	10.0	34.9	－7.6	1436.5	1672.1
2007	14.5	19.6	9.9	37.2	－4.4	1079.0	2082.5
2008	14.0	18.9	9.7	35.5	－7.2	1226.0	1892.8
2009	14.4	19.5	9.9	33.6	－5.3	1295.5	1854.7
2010	14.9	20.4	10.2	36.8	－6.6	1448.5	2017.6
2011	14.5	20.1	9.5	36.3	－7.6	1275.5	2140.3
2012	14.1	20.3	9.3	39.7	－8.1	1191.5	2194.3
平均値	14.1	19.7	9.5	35.9	－7.2	1202.0	2008.5

(気温、降水量は構内データを用い、日照時間については館野高層気象台のデータを用いた)

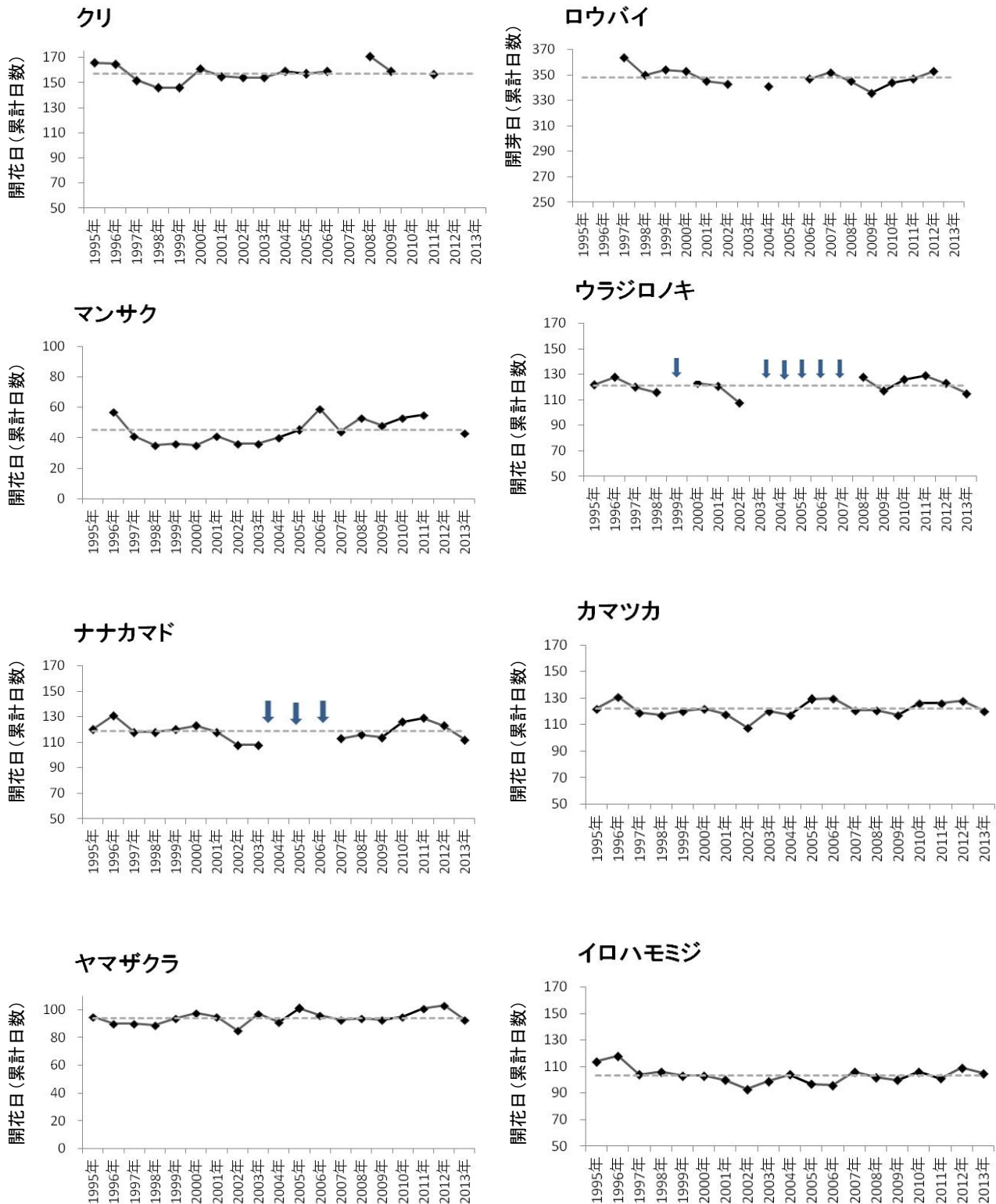


図3 樹種ごとの開花日の年変化 その1

年毎の開花日は、1月1日を起算日として開花が確認されるまでの累計日数で示した。
点線は、1995年から2013年における平均開花日を示している。矢印は未開花だった年をさす。

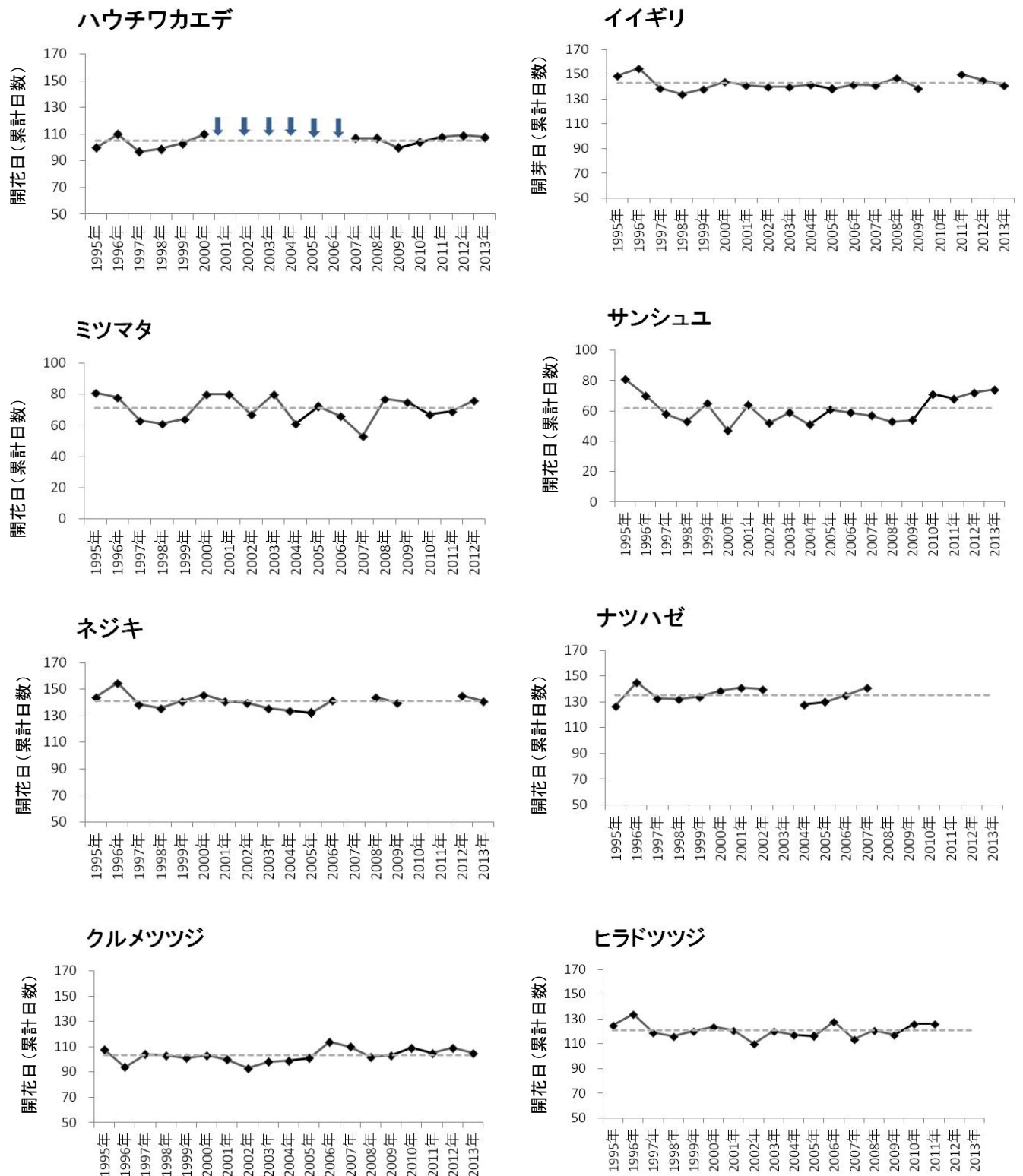


図3 樹種ごとの開花日の年変化 その2

年毎の開花日は、1月1日を起算日として開花が確認されるまでの累計日数で示した。
点線は、1995年から2013年における平均開花日を示している。矢印は未開花だった年をさす。

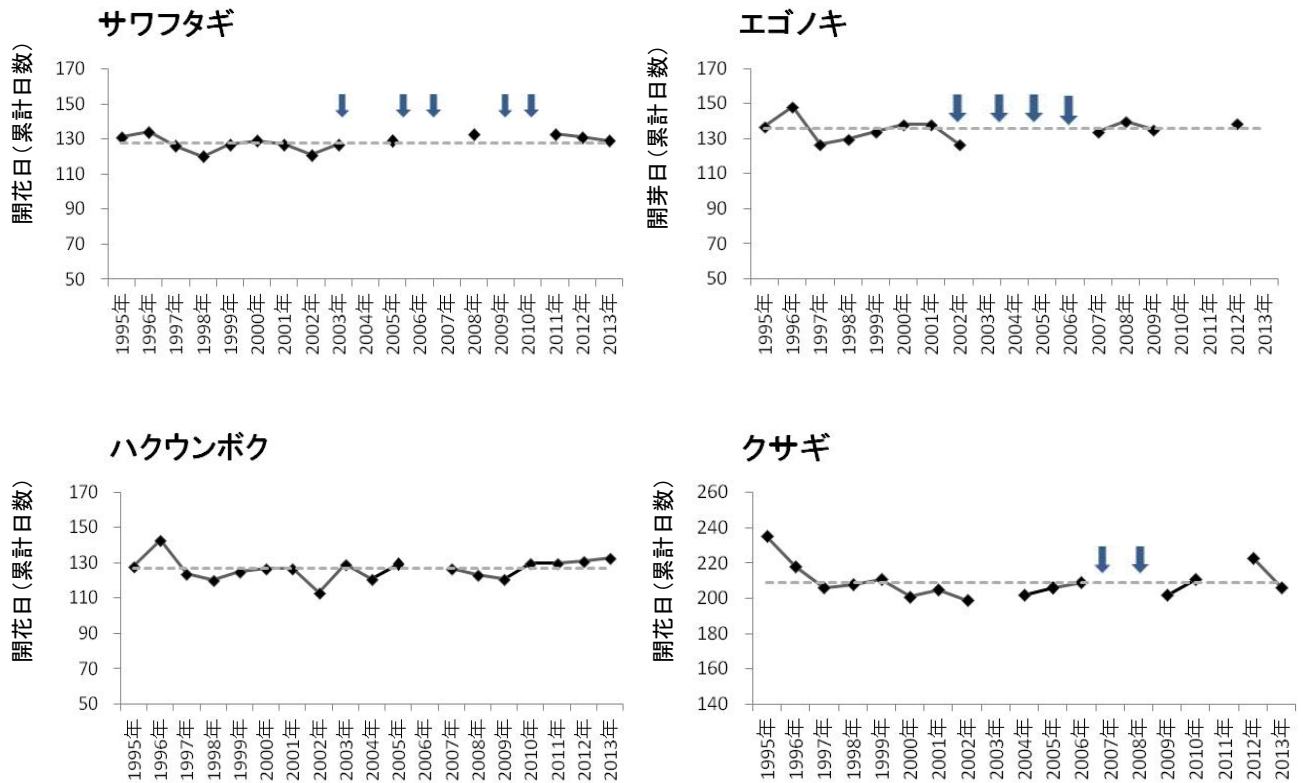


図3 樹種ごとの開花日の年変化 その3

年毎の開花日は、1月1日を起算日として開花が確認されるまでの累計日数で示した。
点線は、1995年から2013年における平均開花日を示している。矢印は未開花だった年をさす。

平均開芽日より早く開芽し、17樹種が平均開花日より早く開花したことから、これらの年における観測値と1995年から2012年までの平均値を比較した。1997年については平均気温・平均最低気温・低極値はやや低い値を示し、平均最高気温の差はみられなかったが、降水量は大幅に少なく、日照時間が平均値より比較的多くみられた。1998年は平均気温・平均最高気温・平均最低気温・高極値は、いずれもやや低い値を示していたが、降水量はやや多く、日照時間は平均値よりも大幅に少なかった。開芽が20樹種・開花が18樹種他の年よりも早く観測された2002年では、平均気温・高極値は平均値並みであったが、平均最高気温と平均最低気温は高めの値を示し、降水量は低い値で、日照時間は平均値より多かった。平均開花日より13樹種早く開花した2004年は、平均気温・平均最高気温・平均最低気温はやや高く、高極値・低極値は高めの値を示し、降水量は大幅に多く、日照時間についても多かった。

一方、開芽が14樹種、開花が17樹種平均開芽・開花日より遅れて観測された1996年は、平均気温・平均最高気温・平均最低気温・低極値はい

ずれも比較的低く、高極値は高い値を示し、降水量は大幅に少なく、日照時間は平均値よりも多かった。開芽が19樹種、開花が13樹種平均開芽日・開花日より遅く観測された2000年は平均気温については差が無く、平均最低気温・高極値はやや高く、低極値は低い値を示し、降水量は大幅に多く、日照時間はやや多かった。同じく開芽が19樹種、開花が16樹種平均開芽日・開花日より遅く観測された2012年は平均気温・平均最低気温に関しては平均値と差はみられなかったが、平均最高気温はやや高め、高極値は大幅に高かった。降水量はやや少なく、日照時間は平均値よりも多かった。以上の結果より年単位の気温については低極値が平均値より高い年に開芽・開花が早くなっているため、最低気温の高低に関連があるように思われるが、降水量、日照時間による影響はみられなかった。

年毎の11月から4月の最高気温、平均気温、最低気温の変動を表5に示す。また、開芽・開花が平均日より遅い年の平均気温を図4に、早い年の平均気温を図5に示す。

平均開芽日・開花日より早い時期に開芽・開花した樹種が多かった2002年1月から4月は、

表5 年毎の11月～4月の平均気温、最高気温、最低気温の変動

	最高気温					
	11月	12月	1月	2月	3月	4月
1994-1995	15.9	11.4	11.4	13.9	16.8	22.4
1995-1996	15.3	10.5	8.7	8.3	12.0	16.7
1996-1997	15.0	11.7	9.3	10.1	14.1	18.8
1997-1998	16.6	10.8	7.5	10.0	13.7	19.3
1998-1999	15.9	11.1	9.4	10.0	13.0	18.6
1999-2000	16.4	11.1	9.8	8.7	13.3	18.5
2000-2001	14.8	10.8	6.8	9.3	13.0	19.9
2001-2002	15.1	9.8	9.8	10.4	15.3	19.7
2002-2003	13.3	8.2	7.6	8.6	11.6	18.5
2003-2004	15.9	10.9	8.3	11.4	13.4	20.3
2004-2005	17.2	11.7	8.2	8.6	11.8	19.0
2005-2006	15.5	8.2	6.8	9.1	13.1	16.9
2006-2007	16.0	10.9	9.5	11.1	14.2	17.2
2007-2008	14.9	10.9	7.7	8.1	13.8	17.1
2008-2009	14.9	11.8	8.7	10.0	13.5	19.9
2009-2010	16.1	11.5	9.8	9.4	12.6	16.9
2010-2011	16.1	12.6	8.3	10.9	12.9	19.8
2011-2012	17.1	9.8	7.7	8.3	12.9	19.1
2012-2013	15.5	9.9	9.2	10.1	16.5	19.2
平均値	15.7	10.7	8.7	9.8	13.6	18.8

	平均気温					
	11月	12月	1月	2月	3月	4月
1994-1995	9.6	4.9	3.9	5.4	8.9	15.0
1995-1996	8.2	3.1	2.4	2.2	6.2	9.8
1996-1997	9.7	4.9	2.4	3.6	7.8	12.8
1997-1998	10.7	5.2	1.7	4.0	7.3	13.8
1998-1999	9.7	4.6	2.7	3.0	7.3	12.3
1999-2000	10.5	4.3	4.4	2.6	6.8	12.6
2000-2001	10.4	4.6	1.5	3.6	7.2	13.3
2001-2002	9.3	4.3	3.9	5.0	9.7	14.1
2002-2003	8.2	3.7	2.1	3.5	6.2	13.1
2003-2004	12.0	4.9	2.5	5.2	7.3	13.7
2004-2005	12.1	6.1	2.7	3.2	6.2	12.7
2005-2006	9.1	1.9	1.7	4.1	7.6	11.7
2006-2007	11.2	6.1	4.0	5.7	8.4	11.9
2007-2008	9.9	5.0	2.4	2.6	8.1	12.3
2008-2009	10.1	6.3	3.4	4.8	7.9	13.6
2009-2010	10.9	5.9	3.4	4.3	7.5	10.9
2010-2011	10.5	6.7	2.0	5.0	6.2	12.6
2011-2012	11.4	4.0	1.6	3.0	7.2	12.7
2012-2013	9.4	4.0	2.3	3.6	10.1	13.0
平均値	10.2	4.8	2.7	3.9	7.6	12.7

	最低気温					
	11月	12月	1月	2月	3月	4月
1994-1995	4.1	-1.0	-2.1	-1.3	2.8	8.8
1995-1996	1.5	-3.2	-3.7	-3.4	0.6	3.0
1996-1997	4.7	-0.8	-3.8	-2.3	1.2	7.0
1997-1998	5.2	0.2	-3.6	-1.6	0.8	9.3
1998-1999	4.2	-0.7	-3.4	-3.2	1.7	6.8
1999-2000	5.3	-1.5	-0.7	-3.1	-0.3	6.7
2000-2001	6.7	-0.8	-3.7	-2.1	1.2	6.7
2001-2002	3.6	-1.3	-2.0	-0.4	4.0	8.4
2002-2003	3.0	-0.8	-2.7	-1.4	0.6	8.0
2003-2004	8.3	0.1	-2.5	-0.9	1.3	7.4
2004-2005	7.8	1.5	-2.4	-2.0	0.7	6.6
2005-2006	3.4	-3.2	-3.2	-0.6	2.0	6.4
2006-2007	6.8	1.8	-0.9	-0.2	2.2	7.0
2007-2008	5.5	-0.1	-2.2	-2.5	2.5	7.7
2008-2009	5.7	1.3	-0.9	-0.3	2.3	7.5
2009-2010	6.3	0.6	-2.3	-0.6	2.5	5.9
2010-2011	5.4	1.4	-3.7	-0.6	0.0	5.7
2011-2012	6.7	-1.0	-3.6	-2.2	1.9	6.8
2012-2013	4.2	-1.4	-3.3	-1.9	4.0	6.6
平均値	5.2	-0.5	-2.7	-1.6	1.7	7.0

1995年から2013年の平均値と比較して最高気温は0.6～1.7℃、平均気温は1.1～2.1℃、最低気温は0.7～2.3℃高めの気温であった。また、2013年においても1月から4月にかけての最高気温は平均値より0.3～2.9℃高かったが、平均気温、最低気温は2012年11月～2013年2月まで平均より低く、3月に入ると平均より高めの気温を示した。同じく平均開芽日・開花日より早い時期に開芽・開花した1997年、1998年においては最高気温、平均気温は平均値とほぼ変わらず、最低気温は平均値よりやや低い値であった。一方、平均開芽日・開花日より遅い時期に開芽・開花した樹種の多かった1996年の最低気温・平均気温は、1995年11月から1996年4月の全期間において平均値より低く推移し、最高気温も1995年2月から1996年4月にかけて平均値より1.5～2.1℃低い値となった。2012年においても最高気温、平均気温は2011年12月から2012年3月にかけて、最低気温は2011年12月から2012年2月にかけて平均値より低い値を示した。開芽した樹種が1996年、2012年同様に平均開芽日より遅い時期が多かった2000年は、2月から3月の最高気温、平均気温、最低気温はやや低い気温を示したが、他の月は最高気温、平均気温、最低気温が平均値より高い期間があった。気温が平均値より高かった2002年に早く開芽・開花する樹種が多く、気温の低かった1996年に遅れて開芽・開花する樹種が多くみられた。気温の高低が開芽時期に影響していると考えられるが、その他の年は気温以外の要因が影響している可能性が考えられる。

植物見本園のフェノロジーについて先に発表した中野(2001)は開芽・開花の時期の違いは5℃を基準とするDCT₅に大きく影響を受けていると報告している。早く開芽・開花する樹種の多かった年と、遅れて開芽・開花する樹種の多かった年の5℃を基準とする積算温度の推移を図6に示す。開芽・開花の早い樹種の多かった1997年、1998年、2002年、2004年、2013年は3月上旬にあたる65日頃から上昇し、1997年には最も開芽の早い樹種で73日にDCT₅ 58.3℃で開始しており、開花においては41日にDCT₅ 5.9℃で開始している。一方、開芽・開花の遅れた樹種の多かった1996年、2012年では73日の時点で積算気温は41℃以下であり、1996年は87日にDCT₅ 53.6℃で開芽を開始し、開花においても57日にDCT₅ 16.8℃で開始しているが、2012年においては開芽を開始するのはDCT₅ 104.1℃となっ

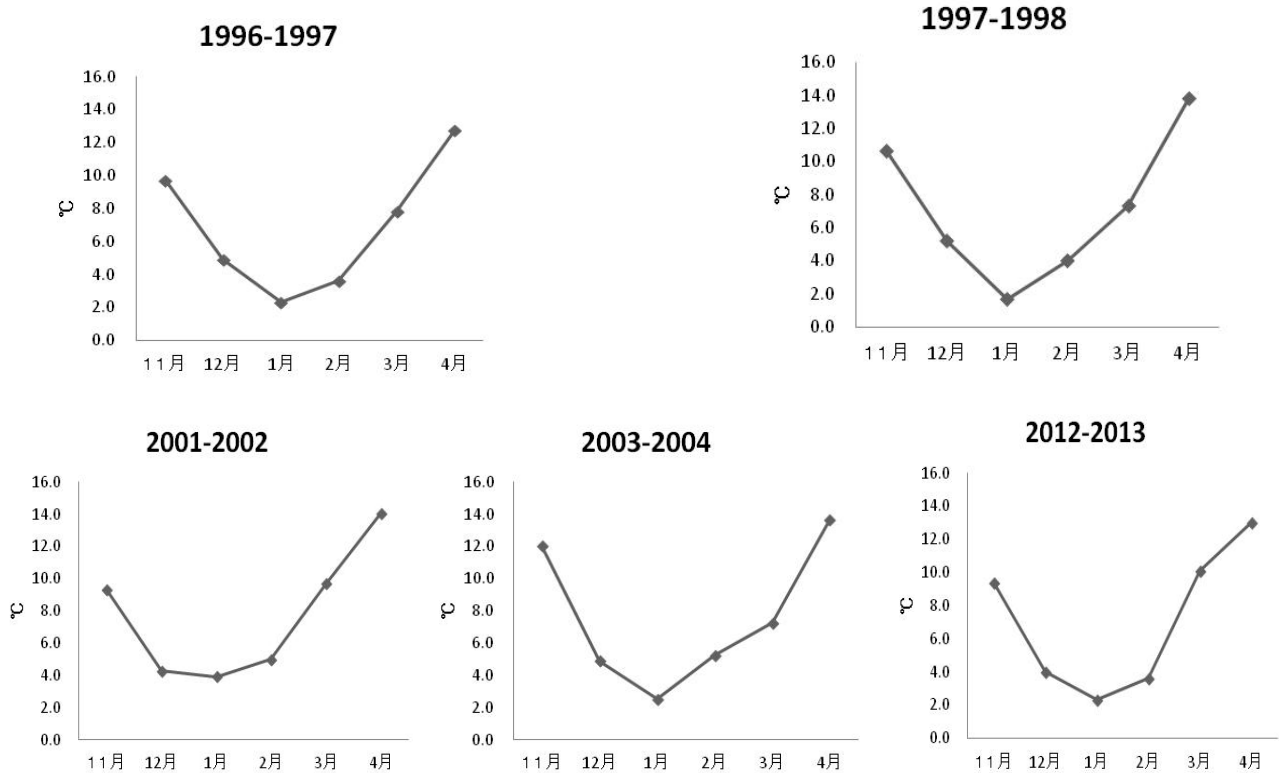


図4 開芽・開花が早い年の11月から4月の平均気温

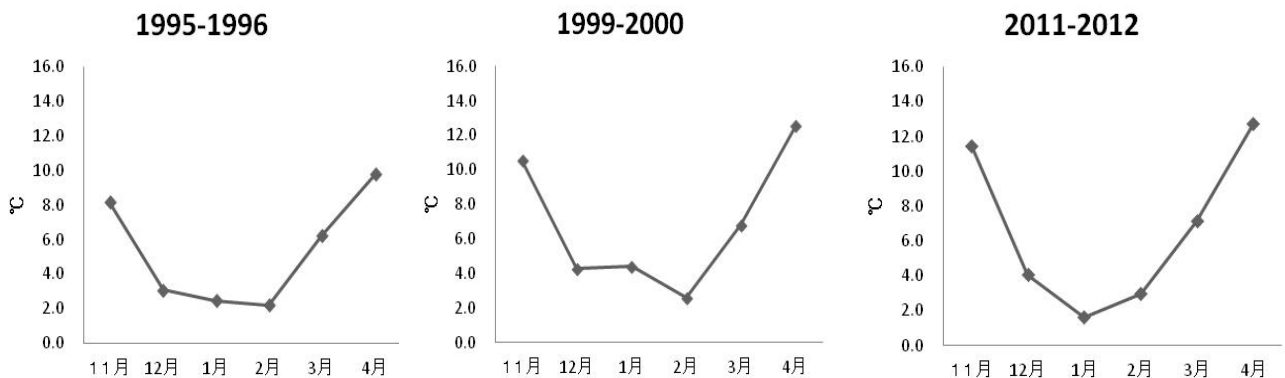


図5 開芽・開花が遅い年の11月から4月の平均気温

た96日以降であった。以上のことより、植物見本園での開芽・開花の樹木フェノロジーにおいては、5°Cを基準とした積算温度に影響を受けていると裏付ける結果となった。

謝 辞

本報告を執筆するにあたり、生命環境系の清野達之准教授に懇切丁寧なご指導いただいた。また、農林技術センター非常勤職員の上條さち子氏には気象データの入力並びに研究方針の相談等、多大なサポートをいただきました。ここに深く感謝いたします。

引用文献

- 遠藤好和、佐藤美穂(2007)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波実験林の気象観測データ(2005年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 23: 131-144.
- 藤本征司(2007)広葉樹29種の10年間の開芽フェノロジー観測に基づく開芽日予測法の検討。日本森林学会誌, 89(4) 253-261.
- 樋口広芳・小池重人・繁田真由美(2009)温暖化が生物季節、分布、個体数に与える影響。地球環境 14(2), 189-198, 2009
- 井波明宏(1997)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波苗畑の気象観測データ(1995年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 13:135-142.
- 井波明宏(1998)筑波大学農林技術センター演習林気象

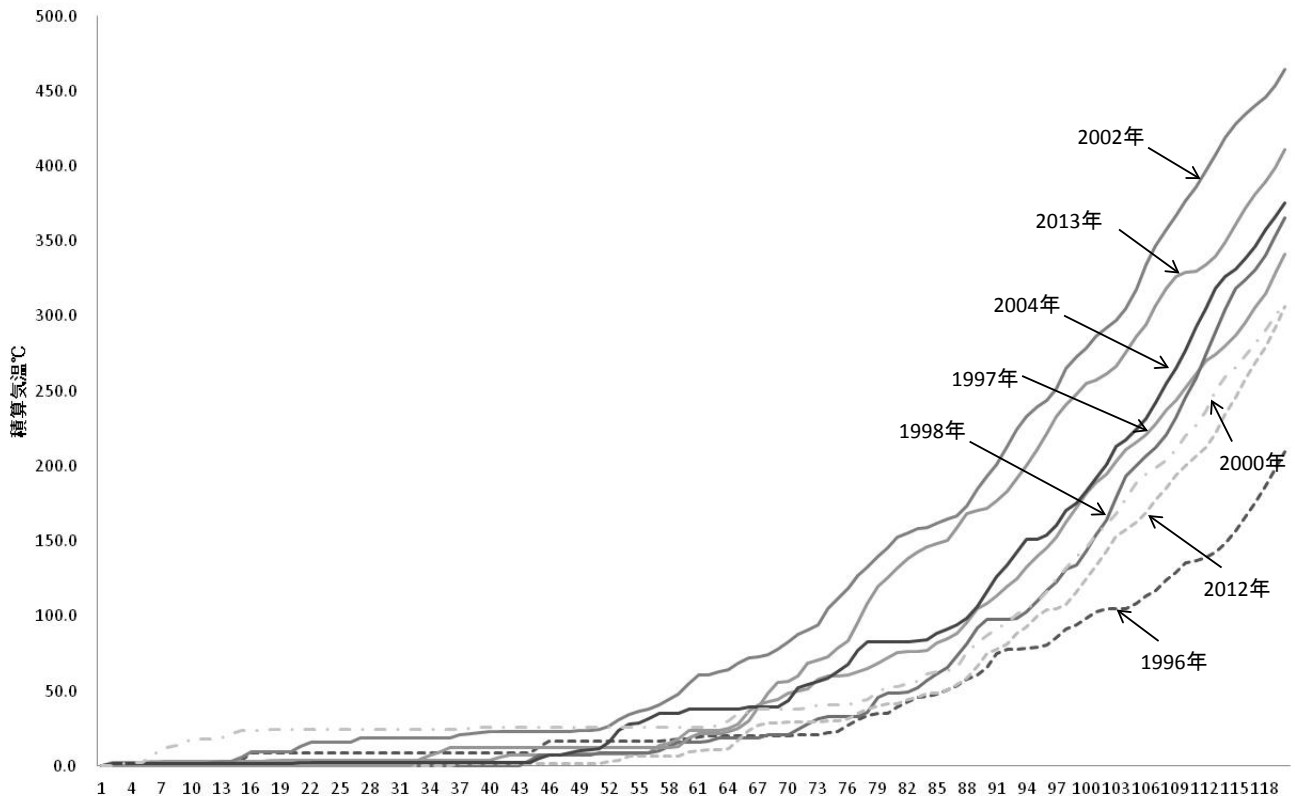


図6 開芽・開花が早い年(1997年、1998年、2002年、2004年、2013年)と遅い年(1996年、2000年、2012年)の積算気温の推移
横軸の数値は1月1日を起算日とする累計日数を示す。

報告—筑波苗畑の気象観測データ(1996年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 14:131-138.

井波明宏(1999)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波苗畑の気象観測データ(1997年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 15:401-408.

井波明宏(2000)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波苗畑の気象観測データ(1998年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 16:67-74.

気象庁(2014)気象統計情報。http://www.data.jma.go.jp/jma/menu/report.html (2014年2月6日)。

中野好基、砂坂元幸、中村徹(2001)植物見本園のフェノロジー—I—開芽・開花時期と月平均気温および積算気温との関係—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 17:41-51.

大西 端木・神田 房行(2001)北海道東部における林床植物の開花フェノロジー・環境教育研究 4(2), 169-174.

砂坂元幸(2001)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波苗畑の気象観測データ(1999年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 17:121-134.

砂坂元幸、遠藤徹(2002)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波苗畑の気象観測データ(2000年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 18:161-174.

砂坂元幸、遠藤徹(2003)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波苗畑の気象観測データ(2001年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 19:105-118.

砂坂元幸、遠藤徹、佐藤美穂(2004)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波苗畑の気象観測データ(2002年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 20:145-158.

佐藤美穂、砂坂元幸、遠藤徹(2005)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波苗畑の気象観測データ(2003年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 21:95-108.

佐藤美穂、遠藤好和(2006)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波苗畑の気象観測データ(2004年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 22:137-150.

佐藤美穂、遠藤好和(2008)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波実験林の気象観測データ(2006年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 24:143-156.

佐藤美穂、遠藤好和(2009)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波実験林の気象観測データ(2007年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 25:91-104.

佐藤美穂、遠藤好和(2010)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波実験林の気象観測データ(2008年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 26:83-96.

佐藤美穂、遠藤好和(2011)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波実験林の気象観測データ(2009年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 27:185-198.

佐藤美穂、遠藤好和(2012)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波実験林の気象観測データ(2010年)—。筑波大学農林技術センター演習林報告, 28:141-154.

佐藤美穂(2013a)筑波大学農林技術センター演習林気象報告—筑波実験林気象観測データ(2011年)—。筑波大学農林技術研究, 1:87-94.

佐藤美穂(2013b)筑波大学農林技術センター演習林気象

報告—筑波実験林気象観測データ(2012年)—. 筑波
大学農林技術研究. 2: 投稿中.
戸田浩人、東京農工大学演習林フェノロジー観察グルー
プ(1998) 東京農工大学演習林の樹木フェノロジー.
森林環境資源科学. 36:67-78.

米倉浩司・梶田忠(2003-)「BG Plants 和名—学名イ
ンデックス」(YList), [http://bean.bio.chiba-u.jp/
bgplants/ylist_main.html](http://bean.bio.chiba-u.jp/bgplants/ylist_main.html) (2013年11月11日).

Long-term Variations of Budding and Flowering in Trees of the Botanical Garden of University of Tsukuba, Japan

Miho SATO*

Tsukuba Experimental Forest, Agriculture and Forestry Research Center, University of Tsukuba,
Ten-nodai 1-1-1, Tsukuba 305-8577, Japan

Abstract

Effects of yearly variations of air temperature, precipitation, and hours of sunshine on the date of budding and flowering in trees of the Botanical Garden of University of Tsukuba were examined from 1995 to 2013. Budding and flowering date of the trees were recorded for standardization of the budding and flowering date. From the long-term phonological observation, the budding and flowering date in 1996 were delayed due to low temperature throughout the year, while the dates in 2002 were forwarded due to high temperature throughout the year. Demand temperature for the budding were found from analysis of the relationship between the budding and flowering date and cumulative temperature that standardized at 5 °C.

Key words: Budding, Cumulative temperature, Flowering, Phenology

*Corresponding Author: Miho SATO Tsukuba Experimental Forest, Agriculture and Forestry Research Center, University of Tsukuba
Ten-nodai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-8577, Japan
E-mail: sato.miho.fm@un.tsukuba.ac.jp