

東京大学北海道演習林における 1930~2010 年の 長期樹木フェノロジーデータ

鎌田直人^{*1}・木村徳志^{*1}・井口和信^{*1}・福岡 哲^{*1}・小川 瞳^{*1}・
笠原久臣^{*1}・芝野伸策^{*1,*2}・高橋康夫^{*1,*2}・犬飼雅子^{*1,*2}・
佐々木忠兵衛^{*1,*2}・功力六郎^{*1,*2,*3}・佐々木与八^{*1,*2,*3}

Long-term phenology data on woody plants at The University of Tokyo
Hokkaido Forest from 1930 to 2010

Naoto KAMATA^{*1}, Noriyuki KIMURA^{*1}, Kazunobu IGUCHI^{*1}, Satoshi FUKUOKA^{*1},
Hitomi OGAWA^{*1}, Hisatomi KASAHARA^{*1}, Shinsaku SHIBANO^{*1,*2},
Yasuo TAKAHASHI^{*1,*2}, Masako INUKAI^{*1,*2}, Chubei SASAKI^{*1,*2},
Rokuro KUNUGI^{*1,*2,*3}, Yohachi SASAKI^{*1,*2,*3}

要 旨

地球温暖化自体注目され始めたのが 1980 年代に入ってからであるため、気候変動の研究に資する長期データは世界的にも限られている。東京大学北海道演習林では 1930 年から樹木のフェノロジーを調査してきた。しかし、元データが公表された最初の 8 年間を除くと、解析した結果が公表されたのみで、外部の研究者が貴重な長期データを利用できる状況になかった。一方で、元データが部分的に紛失した期間があり、調査対象個体の継続性についても未整理の状態、内部の研究者でも解析できる状況になかった。そこで、本報告では、しばしば変更された調査項目や調査個体と個体数、観測者を整理して、時系列データの接続性を検討した。そして、できる限り調査個体すべての元データを数値データとして公表した。

Abstract

The number of long-term datasets available for research into climate change is limited because global warming has only been a major research subject since the 1980s. The University of Tokyo Hokkaido Forest (UTHF) has accumulated phenology data of woody plants since 1930. However, researchers outside the UTHF have not been able to utilize these valuable long-term data because only analyzed data have been

* 1 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林

The University of Tokyo Hokkaido Forest, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

* 2 退職

Retired

* 3 故人

Passed

published, with the exception of the first 8 years when original data were published. Also, it is even difficult for researchers at the UTHF to use these data because the continuity of the time-series is not clear and because the original data for the 13 years from 1938 to 1950 was lost. In this paper, the continuity of the long-term time-series data was clarified by organizing observed events, observed species and individuals, the number of individual trees for each species, and observers, which have been frequently changed. We have tried to publish the original numerical data (=dates) for all the individual trees that have been observed.

緒言

地球の気候変動の生態系への影響が指摘されるようになって久しい。この影響を解析するために長期データの必要性は指摘されているものの、利用できる長期データはきわめて限定的である。これは、気候変動自体が指摘されるようになったのが1980年代以降であるため、それ以前から調べられてきた長期データが少ないことが主な原因と考えられる。

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林（以下、北演）では、1930年9月から樹木のフェノロジーデータの蓄積を行ってきた。これらのデータは、いくつかの出版物として公表されてきたが、貴重な長期データを第3者が活用して広く科学の発展に資するためには、以下のような問題点があった。

一次データが数値として公表されているものは、中山・功力（1940）のみであった。ほかの文献は、複数個体の期間平均値が数値で示されているか（佐々木，1983）、1個体の期間平均値がグラフで示されている（功力，1952；功力・佐々木，1961）、あるいは加工・解析された二次データが公表されていた（木村ら，1994，1995a，1995b）。

また、公表出版物のデータのつながりや、観察個体の同一性など、再解析するために必要な情報も不明であった。

そこで本報告では、これまで断片的に公表されてきた北演のフェノロジーデータのオリジナルの数値データを公表し、広く研究のために資することを目的とした。そのために以下の方針に基づいて整理した。

1. 1930年以来蓄積されてきた北演のフェノロジーデータをひとつに集約した形で公表する。
2. 事象の発生した日にちの数値データを通日値とともに示す。
3. 複数個体を調査した場合には、全ての個体のデータを示す。
4. 観察個体の継続性をできる限り明らかにする。

なお、学名・和名および分類体系については、堀江ら（2013）にしたがった。

データ

北演で調査されたフェノロジーのデータセットを示したのが表-1, 調査対象樹種を示したものが表-2である。

調査は6カテゴリーに大別された。さらに元データの保存状況や調査対象樹種・調査対象個体数・調査事象や台帳に残した発生日によって、カテゴリー I は3期間に、カテゴリー II については4期間に類別された。

調査した事象は、基本的には開葉（開芽）・開花・葉の変色・落葉である。開花については、雌雄異株・雌雄異花についての扱いが各調査期間によって異なる。これら4事象について、初期・盛期・終期の日を台帳に整理して保存したが、初期・盛期・終期の基準も各調査期間によって異なる。これらについては、それぞれ詳細を後述する。

調査野帳は近年のものを除くと保存されていない。

初期・盛期・終期とその基準

初期・盛期・終期は、1965～1977年の期間（カテゴリー II-2 およびカテゴリー VI）は「10%日・50%日・100%日」、それ以外（カテゴリー I, II-1, II-3, II-4, III, IV, V）は「初・盛・終」と表記されている。両者の間で記録日の基準が異なる。現行の調査マニュアルと中山・功力（1940）に基づいて、4つの事象それぞれについて状態の変化と記録日の基準を表-3～6に示した。

・開葉（表-3）

カテゴリー I, II-1, II-3, II-4, III, IV, Vでは、「芽鱗から新葉の先端が出る」ステージ C が樹冠全体の50%を占めた日、「葉柄まで露出し展開が始まる」ステージ E, 「ほぼ完全に展葉した」ステージ H がそれぞれ樹冠全体の80%を占めた日を、初（20%日）・盛（50%日）・終（80%日）とした（表-3）。

カテゴリー II-2 およびカテゴリー VIでは、「冬芽の変形がみられる」ステージ B, 「葉柄まで露出し展開が始まる」ステージ E をそれぞれ、10%日・50%日とし、「ほぼ完全に展葉した」ステージ H が樹冠全体の100%を占めた日を100%日とした。

・開花（表-4）

カテゴリー I, II-1, II-3, II-4, III, IV, Vでは、「つぼみが開き受粉できる状態、花粉飛散が確認できる」ステージ D が樹冠全体の20%を占めた日、「ほとんどの花が開花、花粉が大量に飛ぶ、雌薬が鮮やかに見える」ステージ E, 「花びらが散る、雄薬は花粉が確認できない・雌薬の色があせる」ステージ G が、それぞれ樹冠全体の80%を占めた日を、初（20%日）・盛（50%日）・終（80%日）とした。

表-1 東京大学北海道演習林の樹木フエノロジエータ
Table 1 Phenology data stored by The University of Tokyo Hokkaido Forest

カテゴリ Category	調査 Project	調査者 Observer	観測年 Year(s) of recording observation	調査地 Location	基本的な観測 Criteria of Not observed as is	開葉 Bud burst dates	開花 Flowering	葉色 Foliage coloring	落葉 Defoliation	結果 結実 (有) Fruited dispersal
I-1	樹木園の主要樹木の季節調査資料1930-1937 (中山・功川1940) Kumeji 1940)	佐々木亨八, Yohachi SASAKI	1930-1937 excluding 1933		1		雌雄異花の場合、 雄花のみ Only male flowers in cases of unisexual flowers	Y	Y	
I-2	樹木園の主要樹木の季節調査資料1938-1950 (総矢) Lower phenology data of woody plants in arboretum, UTHF 1938-1950	佐々木亨八, Yohachi SASAKI	1938-45	樹木園とその周辺 Arboretum and its surroundings	1	20% 50% 80%		Y	Y	
I-3	樹木園の主要樹木の季節調査資料 (私公案) Unpublished phenology data of woody plants in arboretum, UTHF 1952-1961	功川六郎, Rokuro KUNUGI	1954-1950 1952-1961		1					
II-1	樹木園フエノロジエータ 1958-1964 (私公案) Unpublished phenology data of woody plants in arboretum, UTHF 1958-1964	功川六郎, Rokuro KUNUGI	1958-1964		3	20% 50% 80%	雌花・雄花別々に 調査 Both female flowers and male flowers observed separately			
II-2	樹木園フエノロジエータ 1965-1977 (私公案) Unpublished phenology data of woody plants in arboretum, UTHF 1965-1977	佐々木忠兵衛, Chubei SASAKI	1965-1977		3	10% 50% 100%		Y	Y	
II-3	樹木園フエノロジエータ 1980-1995 (私公案) Unpublished phenology data of woody plants in arboretum, UTHF 1980-1995	佐々木忠兵衛, Chubei SASAKI 佐々木忠兵衛・井口和信 Chubei SASAKI, Kazumichi IGUCHI 井口和信, Kazumichi IGUCHI 木村謙志, Noriyuki KIMURA 1980-1995 1995-2004 2005-2013 2014-2014	1980-1987 excluding 1986 1990-1991 1992 1995 1999-2004 2005-2008 2009-2013 2014-2014	樹木園・外田町樹木園本社とその 周辺 Arboretum, exhibition plantation of introduced species, and their surrounding natural forest	1		雌雄異花は観、その 他は区別せず Only female flowers in cases of unisexual flowers	Y	Y	
II-4	樹木園フエノロジエータ 1994-現在 (私公案) Unpublished phenology data of woody plants in arboretum, UTHF 1995-present	大村雅子, Masako NUKAI 高橋伸夫・笠原久臣 Yasuo TAKAHASHI, Hisatomi KASAHARA 2000-2001 高橋伸夫・笠原久臣・芝野伸康 Yasuo TAKAHASHI, Hisatomi KASAHARA, Shinobu SHIBANO 2002 Shinobu SHIBANO 2003-2004 小川順一, Hiromi OGAWA 2005-2008 木村謙志, Noriyuki KIMURA 2009-2013 木村謙志, Noriyuki KIMURA 2014-2014	1997-1999 2000-2001 2002 2003-2004 2005-2008 2009-2013 2014-2014	外田町樹木園本社 Exhibition plantation of introduced species	1-3		雌雄異花以外は 区別せず Both female flowers and male ones were observed separately	Y	Y	
III	チャクセン・ヤマナシの雌雄異花別、赤黒一葉非雌雄同花比較のための調査 Observation for sex (male vs. female)'s bud color (red vs. black) comparisons in <i>Populus tremula</i>	功川六郎, Rokuro KUNUGI	1960		20	20% 50% 80%	雌花・雄花別々に 調査 Each sex was observed separately	Y	Y	
IV	ヤナシ園の雌雄・落葉 Foliage collection and natural defoliation of willows	功川六郎, Rokuro KUNUGI	1960	樹木園詳細 (詳細不明) Arboretum (Detail location is not clear)	2	20% 50% 80%		Y	Y	
V	雑種ポプラフエノロジエータ Unpublished phenology data of hybrid poplar	功川六郎, Rokuro KUNUGI	1960-1964	ポプラクロン・雑種後 Poplar clone plantation	3-7	20% 50% 80%		Y	Y	
VI	1972-1976年 旭川における自生樹木園の季節的調査資料 管理試験係 Unpublished phenology data of native woody plants in the central Hokkaido 1972-1976 by Section of Tree Breeding, UTHF	管理試験係 Tree Breeding Team	1972-1976	旭川・樹木園以外の演習林内 Teritory of UTHF outside arboretum and exhibition plantation	1	10% 50% 100%	雌花・雄花別々に 調査 Both female flowers and male ones were observed separately	Y	Y	Y

表-2 東京大学北海道演習林の樹木フェノロジーデータの調査対象樹種 (数字は台帳-出版物内の樹種番号, 但し V は除く)
 Table 2 A list of woody plant species in the phenology data stored or published by The University of Tokyo Hokkaido Forest (A number indicates species ID in each publication or ledger. Category V is not included.)

種番号 Species ID	科名	和名	Family name	Latin name	樹記 Supplemental information	調査方針コーナ- Project category														
						1-1 1934-1937*	1-2 1937*	1-1~3 1937* 1961**	1-3 1961**	II-1 1934-1977 (UP)	II-2 1964-1977 (UP)	II-3 1980-1995 (UP)	II-4 1996- present (UP)	III (UP)	IV (UP)	VI (UP)				
1	イチョウ科	イチョウ	GINKGOACEAE	<i>Ginkgo halimifolia</i>																
2	マツ科	ヨーロッパマツ	PINACEAE	<i>Abies alba</i>																
3	マツ科	バルカンマツ	PINACEAE	<i>Abies balsamea</i>																
4	マツ科	カラマツ	PINACEAE	<i>Abies concolor</i>																
5	マツ科	カラマツ	PINACEAE	<i>Abies saccalinensis</i>																
6	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
7	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
8	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
9	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
10	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
11	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
12	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
13	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
14	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
15	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
16	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
17	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
18	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
19	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
20	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
21	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
22	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
23	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
24	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
25	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
26	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
27	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
28	ヒノキ科	ヒノキ	CUPRESSACEAE	<i>Juniperus communis</i> var. <i>montana</i>	見本林 Plantation															
29	ヒノキ科	ヒノキ	CUPRESSACEAE	<i>Juniperus communis</i> var. <i>montana</i>	見本林 Plantation															
30	イチョウ科	イチョウ	GINKGOACEAE	<i>Ginkgo biloba</i>	見本林 Plantation															
31	マツ科	トドマツ	PINACEAE	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	千島系 From Kuril															
32	モクレン科	モクレン	MAGNOLIACEAE	<i>Magnolia kobus</i> var. <i>borealis</i>	千島系 From Kuril															
33	モクレン科	モクレン	MAGNOLIACEAE	<i>Magnolia kobus</i> var. <i>borealis</i>	千島系 From Kuril															
34	モクレン科	モクレン	MAGNOLIACEAE	<i>Magnolia kobus</i> var. <i>borealis</i>	千島系 From Kuril															
35	モクレン科	モクレン	MAGNOLIACEAE	<i>Magnolia kobus</i> var. <i>borealis</i>	千島系 From Kuril															
36	スズク科	スズク	BERBERIDACEAE	<i>Berberis thunbergii</i>	千島系 From Kuril															
37	ツツジ科	ツツジ	BUXACEAE	<i>Pachysandra terminalis</i>	千島系 From Kuril															
38	ツツジ科	ツツジ	BUXACEAE	<i>Pachysandra terminalis</i>	千島系 From Kuril															
39	ツツジ科	ツツジ	BUXACEAE	<i>Pachysandra terminalis</i>	千島系 From Kuril															
40	マズル科	マズル	LEUCOMNACEAE	<i>Leopoldia bicolor</i>	千島系 From Kuril															
41	マズル科	マズル	FABACEAE	<i>Manchka amurensis</i>	千島系 From Kuril															
42	マズル科	マズル	FABACEAE	<i>Robinia pseudoacacia</i>	千島系 From Kuril															
43	マズル科	マズル	ROSACEAE	<i>Aria amplifolia</i>	千島系 From Kuril															
44	マズル科	マズル	ROSACEAE	<i>Aria amplifolia</i>	千島系 From Kuril															
45	マズル科	マズル	ROSACEAE	<i>Cerasus nipponica</i> var. <i>karilensis</i>	千島系 From Kuril															
46	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Cerasus nipponica</i> var. <i>alpionica</i>	千島系 From Kuril															
47	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Cerasus x yedoensis</i>	千島系 From Kuril															
48	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Cerasus x yedoensis</i>	千島系 From Kuril															
49	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Malus baccata</i> var. <i>nananburica</i>	千島系 From Kuril															
50	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Malus baccata</i> var. <i>nananburica</i>	千島系 From Kuril															
51	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Malus halliana</i>	千島系 From Kuril															
52	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Malus halliana</i>	千島系 From Kuril															
53	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Malus halliana</i>	千島系 From Kuril															
54	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Rosa amurensis</i>	千島系 From Kuril															
55	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Rosa amurensis</i>	千島系 From Kuril															
56	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stipitata</i>	千島系 From Kuril															
57	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stipitata</i>	千島系 From Kuril															
58	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stipitata</i>	千島系 From Kuril															
59	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Spiraea henryana</i>	千島系 From Kuril															
60	バラ科	バラ	ROSACEAE	<i>Spiraea media</i> var. <i>sericea</i>	千島系 From Kuril															

表-2 つづき Table 2 Continued

種番号 Species ID	科名	和名	Family name	Latin name	附記 Supplemental information	調査方針年コリ— Project category														
						I—1 1976- 1977*	I—2 1978- 1979*	I—3 1980- 1981*	I—4 1982- 1983*	I—5 1984- 1985*	II—1 1986-1977 1985-1977 (UP)	II—2 1978-1977 1985-1977 (UP)	II—3 1980-1985 present (UP)	II—4 1996- present (UP)	IV (UP)	VI (UP)				
126	マダダシ科	サカサシ	ACTINIDIACEAE	<i>Actinidia argentea</i>																
127	マダダシ科	ミヤマダシ	ACTINIDIACEAE	<i>Actinidia kolomikta</i>																
128	ツツジ科	サカサシトウダン	ERICACEAE	<i>Erica japonica</i>																
130	ツツジ科	トウダンツツジ	ERICACEAE	<i>Erkianthus camuiliatus</i>																
131	ツツジ科	ハネヒリノキ	ERICACEAE	<i>Enkianthus perulatus</i>																
132	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
133	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
134	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
135	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
136	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
137	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
138	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
139	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
140	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
141	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
142	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
143	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
144	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
145	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
146	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
147	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
148	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
149	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
150	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
151	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
152	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
153	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
154	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
155	ツツジ科	ムラサキトウダン	ERICACEAE	<i>Enkianthus japonicus</i>																
合計種数: Total number of species						43	28	31	30	31	33	33	44	48	1	6	120			

UP: 未発表台帳。 Unpublished data stored in ledgers.

*: Nakayama & Kunugi (1940)

** : Kunugi (1952)

***: Kunugi & Sasaki (1961)

****: バルサムモミとして調査されてきたが、のちにウラジロモミであることが判明した。 Identified as *Abies homolepis* but had been observed as *Abies balsamea*.

*****: 1980 年以降アカイタヤとして調査されてきたが、エゾイタヤであることが 2012 年に判明した。 In 2012 identified as *Acer pictum* subsp. *mayrii* since 1980. mono but had been observed as *Acer pictum* subsp. *mayrii* since 1980.

表-3 東京大学北海道演習林における樹木開葉フェノロジーの観察と台帳への整理の要領
 Table 3 Criteria for observation on tree phenology (bud burst) and organizing the data at The University of Tokyo Hokkaido Forest.

ステージと状態(中山・功力1940) Stage and status (Nakayama & Kunugi 1940)	基準 Criteria	I, II-1 II-3~4 III, IV, V	II-2 VI
冬芽形成時から動いていない			
A No change in winter buds		0%	
B 冬芽変形 Bud swelling		10%	10%
C 芽鱗から新葉の先端が出る(桑の場合:燕口期) Green foliage appeared among scales	ステージCの樹冠占有率50% 50% of canopy foliage is the stage C	初 20%	
D 葉身の大部分が見えるが展開していない Foliage mostly exposed but not opening yet		40%	
E 葉柄まで露出し展開が始まる Foliage opening with exposed petiole	ステージEの樹冠占有率80% 80% of canopy foliage is the stage E	盛 50%	50%
F 葉が展開しているが広がりがきいていない Foliage opening incompletely		60%	
G 葉は完全に広がっているが大きさは小さいもしくは色が淡い Foliage opened completely but still smaller than full size and fresh with light green color		70%	
H ほぼ完全に展葉した Full size of fresh foliage with light green color	ステージHの樹冠占有率80%(II-2・VIでは100%) 80% (or 100% for II-2 and VI) of canopy foliage is the stage H	終 80%	100%
I 葉の大きさに変化が無くなり、葉の色も濃い、一斉開葉型は冬芽が出来る Scenecent foliage with dark green color		100%	

※観察対象は春葉のみとし、G以降に見られる新しい伸長部位については対象としない。

※ Only spring shoots should be observed. Elongation after stage G should be ignored.

※ カラマツは短枝を対象とする。

Regarding *Larix kaempferi*, only short shoots should be observed.

※ 裸芽(芽鱗がない)の樹種についてはBを初期としないよう注意する。裸芽の場合は最初の展葉が確認できた段階を初期とする。

Regarding the stages B and C, careful observation should be needed for species, the buds of which have no scales.

表-4 東京大学北海道演習林における樹木開花フェノロジーの観察と台帳への整理の要領
 Table 4 Criteria for observation on tree phenology (flowering) and organizing the data at The University of Tokyo Hokkaido Forest.

ステージと状態 (中山・功力 1940) Stage and status (Nakayama & Kunugi 1940)		基準 Criteria	I, II-1 II-3~4 III, IV, V II-2 VI
つぼみ・花序が現れる			
A	Formation of flower buds	0%	
B	Flower bud swelling, spike elongation	5%	
C	Pedals exposed, spike elongated with no pollens	10%	10%
D	Ready for pollination, pollen dispersal	20%	20%
E	Flower bud completely open with exposed pistil, plenty of pollen dispersal	50%	50%
F	All buds flowered, early flowers falling	70%	
G	Falling blossams, no pollen on stamen, deteriorated pistil	80%	80%
H	Swelled ovary with no pedals, falling male inflorescence	100%	100%

カテゴリーⅡ-2 およびカテゴリーⅥでは、「つぼみがほころぶ、花穂は伸びているが花粉は確認できない」ステージC、「ほとんどの花が開花、花粉が大量に飛ぶ、雌薬が鮮やかに見える」ステージE、「全ての花びらが散り子房が膨らみ始める、雄花穂は落下し始める」ステージHをそれぞれ10%日・50%日・100%日とした。

・変色期（表-5）

カテゴリーⅠ、Ⅱ-1、Ⅱ-3、Ⅱ-4、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴでは、「葉の一部が変色、もしくは葉の全体の色が明らかに変わる」ステージCは樹冠全体の20%が黄・紅葉した状態、「色の変化の途中段階、もしくは一部に緑が残っている」ステージDは樹冠全体の50%が黄・紅葉した状態、「葉の全体が鮮やかに色づいている」ステージEは樹冠全体の80%が黄・紅葉した状態に相当し、それぞれ初（20%日）・盛（50%日）・終（80%日）とした。

カテゴリーⅡ-2 およびカテゴリーⅥでは、樹冠全体の10%・50%・100%黄・紅葉した状態をそれぞれ10%日・50%日・100%日とした。

・落葉（表-6）

カテゴリーⅠ、Ⅱ-1、Ⅱ-3、Ⅱ-4、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴでは、「黄・紅葉の初期が過ぎてから紅・黄葉した葉が落ち始める」ステージBは樹冠の葉の10%の葉の落葉、「黄・紅葉の初期が過ぎてから紅・黄葉した葉が盛んに落ちる」ステージCは樹冠の葉の50%の葉の落葉、「黄・紅葉の初期が過ぎてから紅・黄葉した葉がほとんど落ちる」ステージDは樹冠の葉の90%の落葉に相当する。これらを初（20%日）・盛（50%日）・終（80%日）とした。ただし、カシワは翌春まで葉が残るため、秋に落葉が終わった時点を終（80%日）とした。

カテゴリーⅡ-2 およびカテゴリーⅥでは、樹冠全体の10%・50%・100%落葉した状態をそれぞれ10%日・50%日・100%日とした。ただし、カシワは翌春まで葉が残るため、秋に落葉が終わった時点を100%とした。

本報告では、日本語表記は元データの表記に従い、併記する英語表記として%日を記した。

個体番号

枯れなどが原因で調査対象個体が入れ替わった場合、台帳では、新しく入れ替えた個体についても継続して同じ番号で記録されてきた。したがって、異なる台帳の間で異なる個体に対して同じ番号が使われているばかりでなく、ひとつの台帳の中でも同一の個体番号が異なる複数の個体に対して使われている場合もみられ、台帳の個体番号からはデータの継続性は不明であった。本報告では、データを一般に公開するにあたり、調査個体を識別できるように、以下の方法で個体番号を決めた。

1. 種ごとに3桁の番号を付けた。したがって、異なる種間では同じ番号が存在する。
2. 種内では、異なる個体には異なる番号を付けた。この作業は保守的に行った。すなわち、同

表-5 東京大学北海道演習林における樹木紅葉フェノロジーの観察と台帳への整理の要領
 Table 5 Criteria for observation on tree phenology (foliage coloring) and organizing the data at The University of Tokyo Hokkaido Forest.

ステージと状態(中山・功力1940) Stage and status (Nakayama & Kunugi 1940)	基準 Criteria	I, II-1 II-3~4 III, IV, V	II-2 VI
8月上旬, 葉の色は濃い A Scenecense foliage with dark green in summer	0%		
8月下旬, 葉の色がくすみ始める B Faded foliage at the end of August	5%		
葉の一部が変色, もしくは葉の全体の色が明らかになる C Fall color at a part of individual foliage, beginning of fall color in canopy	20%	黄・紅葉の樹冠占有率10% 10% of fall color in canopy	10%
色の変化の途中段階, もしくは一部に緑が残っている D Proceeding fall color but still some green parts	50%	黄・紅葉の樹冠占有率20% 20% of fall color in canopy	初 20%
葉の全体が鮮やかに色づいている E Most beautiful fall color in canopy	80%	黄・紅葉の樹冠占有率50% 50% of fall color in canopy	盛 50%
F 葉が縮れる, 一部褐変する Partial foliage wilting with brown color	90%	黄・紅葉の樹冠占有率80% 80% of fall color in canopy	終 80%
G 葉の全面が縮れる, 褐変する Wilt foliae with whole brown color	100%	黄・紅葉の樹冠占有率100% 100% of fall color in canopy	100%

※本来の黄葉(秋に起こる)前に見られる春葉の黄葉や病気によって起こる黄葉は別に記載する。

Discoloration other than natural fall color, such as disease, insect, mechanical damage should be noted.

※ケヤマハシノキは黄葉しないので色のくすみ, 褐変の状態によって区分する

Alnus hirtus var. *hirtus* does not show typical fall color so that faded color or discoloration to brown color should be recorded.

※針葉樹でも黄葉している葉が目立って見えたときは別に記載する(イチヨウ・カラマツなど黄葉する針葉樹は通常どおり記載する)

Regarding evergreen conifers, conspicuous discoloration should be noted.

表-6 東京大学北海道演習林における樹木落葉フェノロジーの観察と台帳への整理の要領
 Table 6 Criteria for observation on tree phenology (natural defoliation) and organizing the data at The University of Tokyo Hokkaido Forest.

ステージと状態(中山・功力1940) Stage and status (Nakayama & Kunugi 1940)	基準 Criteria	I, II-1 II-3~4 III, IV, V	II-2 VI
夏季の落葉(春葉が先行して落ちる・病虫害・強風) Defoliation at abnormal seasons (defoliation of fresh foliage, pests, strong winds)			
A	0%		
B	20%	初 20%	10%
C	50%	盛 50%	50%
D	80%	終 80%	100%
E	100%		

※正常な自然落葉前にみられる春葉の落葉。病虫害・強風による落葉は別途記録する

Abnormal defoliation caused by pests and abnormal weather such as strong winds, which occurs before natural defoliation should be recorded.

※カシワは翌年まで枯葉が残るため、秋に葉が落ちなくなった時点を終期とする

Regarding *Quercus dentata*, foliage is retained in the canopy until the next spring so that 80% defoliation should be determined by stopping defoliation.

※常緑針葉樹でも落葉が目立つ場合には記録する

Regarding evergreen comifers, conspicuous defoliation should be recorded.

一の個体であるという明確な証拠がない場合には、異なる番号を付けるようにした。

3. 百の位の数字は、調査カテゴリーの番号とした。残り 2 桁（十の位と一の位）は、01 から始まる連続した番号とした。
4. 雌雄異株である種については、雌に若い番号をつけた。

カテゴリー I

・ I - 1

最初の期間は、1930 年 9 月～1937 年である。1930 年秋から始めたため、開葉・開花については 1931 年から開始された。樹種によって調査年数は異なるが、43 種の樹種が調査対象とされた。個体数は各樹種 1 個体である。各年の事象発生日の初・盛・終日の数値データが中山・功力（1940）に公表されている。野帳は残っていない。後年に、中山・功力（1940）から写した台帳は保存されている。本報では、中山・功力（1940）のデータに通日値を加えたものを再掲した（附表-1）。ハリギリの 1936 年の開花データは、月が 8 月の誤りである可能性が高い（鎌田，2019）。

・ I - 2

1938～1950 年は、基本的には中山・功力（1940）の調査が継続された。元となる各年の数値データは残されていない。事象発生日の初・盛・終日の平均値が、I - 1～2 の期間（1930～1950 年）については功力（1952）に、I - 1～3 の期間（1930～1961 年）については功力・佐々木（1961）に、手描きグラフで公表されている。これらの資料から、28 種で各樹種 1 個体を対象として、中山・功力（1940）と同様に、各樹種 1 個体の事象発生日の初・盛・終日を記録していたものと推測された。

・ I - 3

1952～1961 年の期間である。なお、1951 年は実施されなかった。対象樹種は 30 種で各樹種 1 個体である。I - 3 の元データは、各年の事象発生日の初・盛・終日が、野帳を再整理された台帳が残されていた。これらの未発表データに通日値を加えて附表-2 に示した。

I - 1～3 に共通する手法として、開花については、雌雄異花の場合は雄花のみを対象とした（功力・佐々木，1961）。I～Ⅲまで継続されたものが 26 種、I・Ⅱの期間のみ行われたものが 2 種、I・Ⅲの期間のみが 2 種、I のみが 12 種、Ⅲのみが 2 種であった。

カテゴリー II

・ II - 1・2

II - 1 と 2 は I とは別途、1958～1964 年に主に樹木園と外国産樹種見本林およびこれら周辺の自生木で観察したフェノロジーデータである（附表-3，4）。すでに「初期・盛期・終期とその

基準」の項で記述したとおり、Ⅱ-1と2では記録された初・盛・終日の基準が異なる。Ⅱ-1・2では、雌花と雄花を区別して開花調査を行った。Ⅱ-1では32種、Ⅱ-2では36種の樹木について、基本的に1樹種3個体を対象としたが、次のような例外がある。

グイマツについては、満州産と千島産の2系統(=2区)について、それぞれ3個体を対象とした。

チョウセンカラマツについては朝鮮半島産の系統を樹木園と見本林に植えたものの2区に満州産の1系統(野帳ではマンシュウカラマツ)を加えた合計3区について、それぞれ3個体を対象とした。

雌雄異株であるドロノキ・チョウセンヤマナラシ・ヤチダモの3種については、雄雌それぞれ3個体をフェノロジー調査の対象とした。

ウラジロモミの調査対象個体数は、1962~1966年と1969年が6個体であった。当初から「27ウラジロモミ」として調査された3個体のほかに、当初は「29バルサムモミ」として調査された3個体がある。「29バルサムモミ」はその後ウラジロモミと同定された。また、1968・70・71年の3ヵ年については、「27ウラジロモミ」として、フェノロジーの極端に早い個体、遅い個体、中間的な個体の3個体が追加されたため、合計9個体が調査された。1972~1977年については、当初には「29バルサムモミ」とされていた3個体が、1972・73年には「27(29)ウラジロモミ」、74年には「27ウラジロモミ(樹木園)」、75年以降には「27ウラジロモミ」として扱われた。その一方で、当初の「27ウラジロモミ」は1972年以降は調査対象から外れた。すなわち、「29バルサムモミ」(1962~71年：台帳の和名の記載は年により異なる(後述))、「27(29)ウラジロモミ」(1972・73年)、「27ウラジロモミ(樹木園)」(1974年)、「27ウラジロモミ」(1975~77年)が同じものであり、ウラジロモミとして調査期間中を通してデータの残る対象木であった。ちなみに29番については、1962~64年までは「29バルサムモミ」とされていたが、1965~1971年までは「29バルサムモミ(ウラジロモミ)」あるいは、「29ウラジロモミ(バルサムモミ)」と記載されており、誤同定と断定する以前にも、1965年以降は同定に疑義がもたれていたものが、1972年からはウラジロモミとして同定に確証をえたものと考えられた。また、「29ウラジロモミ(樹木園)」あるいは、「29ウラジロモミ(樹)」と記載されている年もあったことが示すとおり、樹木園植栽のものであった。それに対して、1962~1971年の「27ウラジロモミ」は見本林植栽のものであった。

一方で、真のバルサムモミのデータは、1975年の「29バルサムモミ(新樹木園)」、1976年の「29バルサムモミ」(備考に「(32)」とメモあり)、1977年の「32バルサムモミ」の3年分のみであった。

この期間の調査に関しては、一次データは公表されていないものの様々な形で二次データが印刷物として公表済みである(功力, 1959; 高橋・功力, 1961; 倉橋ら, 1966; 佐々木, 1983)。

また、25 樹種については、1980～1994 年のデータ（Ⅱ-1）と 1930～1961 年のデータ（Ⅰ）の期間平均値の比較も行われた（木村ら，1995b）。

・Ⅱ-3

1977～1979 年の 3 年間は調査が行われなかったが、1980～1995 年までは、対象樹種は 44 種、各樹種 1 個体で調査が続けられた（附表-5）。1986 年と 1988～89 年の 3 年は調査が行われなかった。

Ⅱ-3 から 2018 年現在までアカイタヤとして調査されている個体があるが、エゾイタヤと同定されたため、附表-4 ではエゾイタヤに含めた（表-2）。

Ⅱ-2 の期間から継続された樹種については、3 個体のうちの個体番号 201 のものを調査対象とした。

開花については、雌雄異花、雌雄異株の種については雌花のみ、雌雄同花の樹種では区別せずに調査された。したがって、雌雄異株の種については雌個体を調査対象とした。Ⅱ-2 の期間から継続された樹種については、この雌個体が個体番号 201 に相当する。

ミズナラとウダイカンバに関してはそれぞれ、1958～1994 年の期間のデータ（Ⅱ-1～3）が解析された二次データが公表済みである（木村ら，1994，1995a）。

・Ⅱ-4

48 種について、1996 年から 2018 年現在まで調査が継続している（附表-6）。調査個体数は基本的には 3 個体である。途中で対象個体を変更したものの以外は、Ⅱ-1 あるいはⅡ-2 の期間の 201 番の個体は継続して調査対象とされた。しかし、それ以外の 2 個体については、Ⅱ-1 で対象とした 202 番、203 番の個体と同一個体かは不明である。ケヤマハンノキに関しては、Ⅱ-2 の期間が調査されていないため、201 番の個体も含めⅡ-1 とⅡ-3 の調査対象個体が同一であるかは不明である。データの継続性については保守的な立場をとり、同一個体という証拠がない場合には、異なる番号を付けた。

開花については、雌雄異花の種については雌花のみ、雌雄同花の樹種では区別せずに調査された。雌雄異株の種については 201 番の雌個体のほかに、別の調査個体を加えた種もみられたが、個体の性別が判別済のものとそうでないものがある。

なお、調査自体は現在も継続中であることから、将来的には 10 年ごとにオリジナルの数値データを公表することとする。そのため、現時点で 2018 年までのデータが存在するが、本報告では 2010 年までのデータを公表し、次回の報告では 2011～2020 年のデータを公表する。

カテゴリーⅢ（チョウセンヤマナラシ）（附表-7）

1960 年には、チョウセンヤマナラシの 4 事象について、雌雄個体間、赤芽-青芽個体間で事象発生日を比較する目的で、20 個体の調査が行われた。Ⅱ-1 のデータの続きとして同じ台帳に

まとめられていた。

カテゴリーⅣ（ヤナギ属）（附表-8）

1960年には、ヤナギ類6種について、各樹種2個体を対象に葉の変色と落葉の2事象の調査をおこなった。Ⅱ-1のデータの続きとして同じ台帳にまとめられていた。

カテゴリーⅤ（ポプラ）（附表-9）

1960～1964年には、雑種ポプラの調査を2箇所のクローン集積所（1と2）でおこなった。繰り返し数は各区3本である。Ⅱ-1のデータの続きとして同じ台帳にまとめられていた。

カテゴリーⅥ（道央における自生樹林類の季節学的調査資料）（附表-10）

1972～1976年に育種試験係が行った調査で、「道央における自生樹林類の季節学的調査資料」として整理された台帳が残っている。対象樹種は120種で、基本的に1樹種1個体である。開花については、雌雄異株あるいは雌雄異花の場合は、雌花を調査した。他の調査とは異なり、結果と落果についても調査された。北海道演習林全域を調査地とした。

カテゴリーⅠとⅡの調査対象木とデータの継続性に関する検討

6つのカテゴリーのうち、長期データとして利用可能なものはカテゴリーⅠとⅡのデータである。

カテゴリーⅠの3期間については、功力・佐々木（1961）に「1930年から同一個体を継続して調査をおこなった」と記載されている。カテゴリーⅡの4期間についても、木村ら（1994, 1995a）に記載があるとおおり、1978～1980年と1986年、1988-89年の6年分の欠測があること、途中Ⅱ-3（1980～1995年）に調査個体数が1個体であったことを除けば、基本的には各樹種1個体については継続して観測された。すなわちⅡ-3（1980～1995年）に使われた個体は、基本的にはⅡ-1～4を通して調査されている。

問題となるのは、Ⅰ-3とⅡ-1の継続性である。両者は1958～1961年の4年間の観測が重複している。そこで、台帳にデータが揃って残っている8樹種（ドロノキ・ウダイカンバ・シラカンバ・ケヤマハンノキ・ミズナラ・キタコブシ・オオヤマザクラ・ヤチダモ）について、1958～1961年のデータ（附表-2・3）を比較すると、すべての種において、Ⅱ-1の3個体のいずれのデータも、またこれらの平均値も、Ⅰ-3のデータとは一致しなかった。これらの結果から、Ⅰの調査対象木とⅡの調査対象木は同一ではないと結論された。カテゴリーⅠ-3とⅡ-1で1958～1961年の4年間の観測が重複している8樹種については、4年分のデータをキャリブレーションすることにより、カテゴリーⅠ-3とⅡ-1とを接続することが可能である。

フェノロジーデータに限ったことではないが、長期観測データはデータの継続性が重要である。フェノロジー観測で対象個体が変わることは、気象観測で観測機器や方法を変更することと同様に、データの継続性に関わる重要な問題である。枯死や倒木・幹折れ等の不測の原因により、これまでも対象個体の入れ替わりを余儀なくされてきた。複数個体を観測していれば、別の個体を使いキャリブレーションを行うことによってデータの継続性を維持できるが、1 個体しか観測していない場合、対象個体が変わるとそこでデータの継続性が途切れてしまう。できる限り複数個体を観測することが望ましい。

謝 辞

本研究の一部は、日本学術振興会研究拠点形成事業 (B. アジア・アフリカ学術基盤形成型) 「アジア森林圏の環境変動と生態系応答を把握する長期観測フィールドのネットワーク構築」(コーディネーター：鎌田直人教授) の補助を受けて行われた。

引用文献

- 堀江健二・宮本義憲・木村徳志・及川希 (2013) 北海道演習林維管束目録. 演習林 (東大) 54 : 59-106.
- 鎌田直人 (2019) 東京大学北海道演習林における樹木のフェノロジーデータで元データが紛失した 1938～1950 年の期間平均値の推定. 東京大学演習林報告 140 : 1-13.
- 木村徳志・木佐貫博光・倉橋昭夫・佐々木忠兵衛 (1994) ミズナラのフェノロジー—東京大学北海道演習林における 35 年間の経年変動—. 日林論 105 : 455-458.
- 木村徳志・木佐貫博光・倉橋昭夫・佐々木忠兵衛 (1995a) ウダイカンバのフェノロジー—東京大学北海道演習林における 35 年間の経年変動—. 日林北支論 43 : 175-177.
- 木村徳志・木佐貫博光・倉橋昭夫 (1995b) 北海道に自生する落葉広葉樹 25 種のフェノロジー—年変動および気温との関係—. 日林論 106 : 367-370.
- 功力六郎 (1952) 季節調査に依る林木の変異現象と其の応用性. 日林北支論 1 : 31-37.
- 功力六郎 (1959) 開花調査について. 北海道の林木育種 2 (1) : 31-37.
- 功力六郎・佐々木忠兵衛 (1961) 主要樹木の季節調査資料. 日林北支論 10 : 59-63.
- 功力六郎 (1961) 北海道での巨大ポプラ栽培の 1 例. 北海道の林木育種 4 (2) : 5-8.
- 倉橋昭夫・佐々木忠兵衛・浜谷稔夫 (1966) 開花期と積算温度. 北海道の林木育種 9 (2) : 20-27.
- 中山正章・功力六郎 (1940) 樹木の開芽期・開花期・紅葉および落葉現象と気象因子との関係に就て. 演習林 (東大) 1 : 29-82.
- 佐々木忠兵衛 (1983) 北海道中央部における樹木の植物季節と気温. 森林文化研究 4 : 77-86.

高橋延清（1961）カラマツ類の品種改良に関する研究（第2報）—カラマツ類の季節調査資料（予報）—. 日林北支講 10：9-12.

「附表－1～10」については、東京大学学術機関リポジトリ (UTokyo Repository) に掲載しています。

URI: <http://doi.org/10.15083/00076484>