

海岸砂防用広葉樹の選抜と更新技術に関する研究

- 海岸林造成に使用された苗木の産地と

造成に用いられたカシワのフェノロジー -

田村浩喜・陶山佳久*

*東北大学大学院農学研究科

A study on the selection and the reforestation of the broadleaf tree for coastal disaster prevention: production district of nursery stock for coastal reforestation and phenology of planted *Quercus dentata*.

Hiroki TAMURA・Yoshihisa SUYAMA

要 旨

植栽による遺伝子攪乱を防止するために、これまで海岸広葉樹造成に使用された苗木の生産地を調査するとともに、カシワ植栽地におけるフェノロジーを観察した。過去5年間に秋田県が行った海岸広葉樹造成は28件で、使用した苗木は95,745本であった。この中で使用頻度が高いケヤキ、エゾイタヤ、カシワ、シナノキの生産地を調査したところ、30,238本のうち96%が県外産または由来不明として区分された。中でもカシワは植栽された12,267本の全数が県外由来とみられ、今後遺伝子攪乱を起こす可能性が高いと考えられた。カシワ植栽地における開葉フェノロジーは、植栽木のほうが早かったものの、開花について差はみられなかった。開花および堅果を生産した植栽木は少なく、1本当たりの開花量や着果量も少なかった。今回の調査から植栽木が自生木と交配した可能性は非常に低いと考えられたが、今後植栽木の開花量が増加すれば遺伝子攪乱が起きる可能性が高いことが示唆された。このため適切な産地の苗木を使用していくべきであると結論づけられた。

はじめに

近年松くい虫被害が拡大して海岸林が著しく衰退している(小林,2004;星崎ら,2005)。これまで砂丘地の森林造成にはクロマツが利用されてきたが、単一樹種による大面積造林が松くい虫被害を拡大させたことから、海岸域に自然分布している広葉樹を利用した再生が行われている(伊藤,2000;金子,2005;金子・田村,2007)。

秋田県における海岸域の潜在植生は、エゾイタヤ-シナノキ-カシワ群集やエゾイタヤ-ケヤキ群集であり(宮脇,1987)、中でもカシワは海岸風衝地に生育し砂丘上にも発達し

ていることから(宮脇, 1987), 造成効果への期待が高い。

しかし植栽木の生育は順調ではなく, 植栽直後の乾燥時期に葉を展開しきれずに衰退する個体も多い。カシワには, 開葉や(Kadomatsu, 1997)耐塩性(清水ら, 1994), 樹高において(清水ら, 2000)産地間差があることが知られており, 内陸産のものは海岸域の生育に適さないと考えられる。一方で地域由来のものでない苗木の植栽は, 植栽地周辺の自然個体群に対する遺伝的攪乱を引き起こす可能性があるとも考えられる。

そこで本研究では, 適切な産地の苗木を今後の造成に使用するための基礎資料として, 過去に植栽された苗木の生産地の実態と, カシワ植栽地における自生個体群と植栽個体群のフェノロジーの違いを明らかにすることを目的とした。具体的には秋田県で行われてきた海岸広葉樹造成事業の記録から, 使用された苗木の樹種と生産地を明らかにした。また今後植栽個体の開花による遺伝子攪乱の可能性が想定される植栽地を探索し, 植栽個体群と周辺の自然個体群を対象として, 開葉・開花フェノロジーおよび開花量等の繁殖に関する調査を行った。

．方法

1．苗木生産地

1998年から2002年までの5年間に秋田県が行った保安林事業の中から海岸林造成を対象として記録を調査した。保管されている台帳と設計書をもとに, 使用した苗木の樹種, 本数を調べた。苗木の生産地については, この期間の秋田地域振興局の事業を対象にして, 事業の請負者, 苗木販売者, 生産者というようにさかのぼって聞き取り調査をした。

2．フェノロジー

1) 調査地

調査は秋田県潟上市下浜山(北緯39度51分, 東経140度0分)に位置する2林班101-3小班周辺(調査地南)および同93-1小班周辺の林分(調査地北)で行った(図-1)。調査地は海岸砂丘地内に位置し互いに1km離れているが, 両調査地ともに標高は5~20m, 汀線からの距離は400mである。調査地から10km離れた男鹿気象台(標高20m)では年平均気温が10.7℃, 年降水量が1484mmである(気象庁, 2008)。

調査地南は砂丘地内の耕作跡地に植栽されたとみられるカシワとエゾイタヤの林分があり, 周囲に自生のカシワが生育している。自生のカシワはクロマツ林において低木層から亜高木層を形成していたとみられるが, この5年程度の松くい虫被害によってクロマツ林が疎林化したため現在では優占している。植栽されたカシワの林齢は19年生, 周辺のクロマツ林は43~57年生である。自生するカシワはクロマツ林の保育終了後に成長してきたものとみられる。

調査地北は, 耕作跡地にカシワ, ミズナラ, アオダモ, ヤチダモ, ヤマハンノキが植栽された林分があり, 周辺のクロマツ林に自生のカシワが生育している。植栽されたカシワの林齢は8年生, 周辺のクロマツ林は41~58年生である。疎林化に伴うカシワの状況は調査地南と同様である。植栽されたカシワの産地は, 調査地北は北海道産であるが調査地南は不明である。

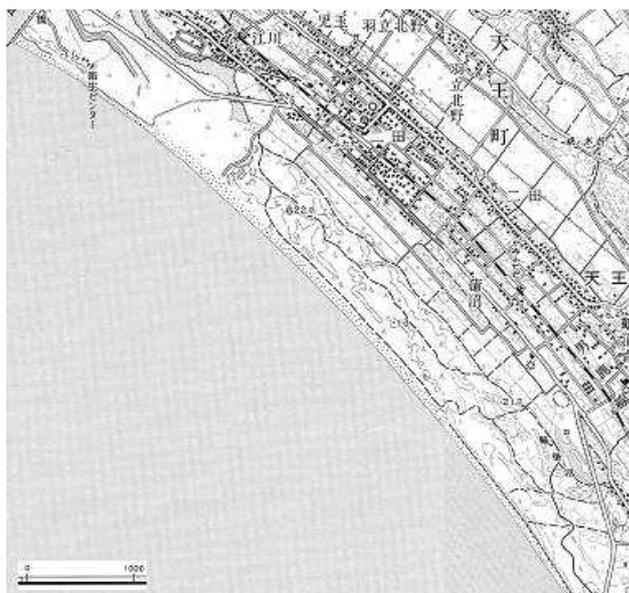


図 - 1. 調査地

国土地理院発行 1:50,000 地形図 五城目, 船川から作成

2) 調査方法

各調査地において、植栽地内のカシワと自生しているカシワを 10 本ずつ選定し、樹冠の様子を観察することで開葉と開花のフェノロジーを定性的に記載した。植栽地内の観察木は被圧木を除いて等間隔に選定した。自生木についても植栽地に近いものから同様に選定した。観察木の直径と樹高は表 - 1 のとおりである。

開葉の定義は葉身が確認された時点、開花の定義は花粉飛散が始まった時点とした。開葉については冬芽の状態から開葉完了までを 7 段階に、開花については冬芽の状態から花粉散布の完了までを 9 段階に区分した。フェノロジーについては記録の方法が様々であるため(木村ら, 1994; Kadomatsu, 1997; 戸田・東京農工大学演習林フェノロジー観察グループ, 1998; 川村ら, 2001; 中野ら, 2001; 相川ら, 2002), 表 - 2 および表 - 3 に対比した。調査は 2007 年 5 月 14 日から 31 日までに、2 ~ 5 日に一度の頻度で計 8 回行った。雄花の量も同時に調査し 6 段階として記録した(表 - 4)。着果量については 6 段階に区分して 10 月 10 日に観察した(表 - 5)。さらに調査地南において、植栽したカシワと周辺 100 m 程度にあるカシワの自生木について、樹高 2 m 以上を目安として全木の直径を測定するとともに位置を記録した。なお周辺のミズナラ 5 本についても開葉と開花の状況を記載した。

3) データ解析

4 月 1 日を基準日として、開葉日までの日数を個体ごとに算出した。また開花を確認した日についても同様に算出し、Mann-Whitney の U 検定を用いて比較した。

表 - 1. 観察木

	南調査地			北調査地		
	no.	dbh(cm)	h(cm)	no.	dbh(cm)	h(cm)
自生木	1	9.1	530	21	5.3	392
	2	17.8	600	22	6.6	520
	3	16	900	23	1.2	220
	4	19.2	780	24	9.1	547
	5	23.2	710	25	10.5	391
	6	19.6	830	26	5.5	400
	7	24	910	27	13.1	683
	8		90	28	18.9	900
	9	1.1	193	29	22.5	800
	10		114	30	15.1	980
植栽木	11	10.8	650	31	4.1	366
	12	18.2	620	32	5	360
	13	10.5	610	33	4.4	367
	14	10.5	500	34	3.6	254
	15	17	690	35	5.8	480
	16	14.6	660	36	2.6	230
	17	14.4	650	37	6.9	470
	18	11.1	790	38	4.7	390
	19	15.3	830	39	5	430
	20	12.9	650	40	5.5	600

表 - 2. 開葉フェノロジーの観察基準

本調査	Kadomatsu, 1997	木村ら, 1994	川村ら, 2001	相川ら, 2002
1: 冬芽	0: not yet budded		展葉前(0%)	0: 冬期の状態
2: 膨らんだ蕾(茶色)				1: 芽が開いた状態
開葉開始	3: 葉が現れる(黄緑色)	1: protrusion of leaf tips from tip of bud scale ~ separation of leaf tips	初期: 冬芽から針葉の現れた状態が樹冠あたり20%に達した期日	2: 小さいが葉身が確認可能
	4: 葉の長さ5cmまで	2: leaf blade recurved, but little extension		3: 葉の色, 厚みなどが未熟
	5: 葉の長さ10cmまで	3: extension	盛期: 葉が現れ半開きになった状態が樹冠あたり50%に達した期日	
	6: 葉の長さ20cmまで			
開葉終了	7: 全開	4: leaf extension complete and leaf blade almost horizontal	終期: 葉が完全に展開しきつた状態が樹冠あたり80%に達した期日	4: 葉が完成した状態
		カシワ, ミズナラ, コナラ, モンゴリナラ	ミズナラ	ミズナラなど13種ほか
			100%展葉完了(100%)	
			24%(20%)	
			25~49%(40%)	
			50~74%(60%)	
			75~99%(80%)	
			ミズナラなど9種	

表 - 3. 開花フェノロジーの観察基準

本調査	木村ら, 1994	戸田・東京農工大学演習林フェノロジー観察グループ, 1998
0: なし		
a: 蕾の中に直立		
b: 下垂5cmまで		
c: 下垂10cmまで		
d: 下垂10cm以上		
開花	e1: 花粉飛散始まり	初期: 葯が裂開して花粉の認められた状態が樹冠あたり20%に達した期日
	e2: 花粉飛散中	盛期: 花粉が雄花に多量に付着した状態が樹冠あたり50%に達した期日
	e3: 花粉飛散終盤	雄ずいが黒ずんで花粉がほとんどみられなくなった状態が樹冠あたり80%に達した期日
	f: 終了	
	ミズナラなど13種ほか	コナラ, ミズナラなど21種

表 - 4. 雄花の量の観察基準

0: なし
1: 非常に少ない
2: 1/4の芽
3: 半数の芽
4: 3/4の芽
5: ほとんどの芽

表 - 5. 堅果の量の観察基準

0: なし
1: 1本の立木に1つ
2: 1本の立木に数個
3: 主軸に1個
4: 主軸に2個
5: 主軸に3~5個

表 - 6. 開葉・開花フェノロジー属性の値

	開葉までの日数*			開花までの日数**		
	mean	sd	n	mean	sd	n
南自生	48.3 ± 3.8	10	54.0 ± 1.7	8		
南植栽	43.3 ± 3.8	10	55.3 ± 4.4	4		
北自生	50.4 ± 3.3	10	56.0 ± 2.8	8		
北植栽	52.6 ± 3.2	10	56.5 ± 1.5	2		
ミズナラ	45.6 ± 2.3	5	48.0 ± 3.7	5		

．結果

1．苗木生産地

1) 広葉樹造成に使用した樹種

調査対象とした5年間に秋田県が行った海岸広葉樹造成は28件で、造成面積は20haであった。使用した苗木は95,745本で、おおよその植栽密度は5,000本/haであった。植栽された樹種のうち、主要な4種(ケヤキ, エゾイタヤ, シナノキ, カシワ)の合計本数は47,257本であり、全体の50%を占めた。その他には、カシワの数量が確保できず、代わりに使用したミズナラとコナラ、県南部で使用したタブノキ、肥料木のアキグミなどがあげられる。また、クロマツは、広葉樹の保護列や苗木単価の高い広葉樹の植栽密度を補完する目的で使用されていた(表-7)。

表-7. 海岸広葉樹造成を目的に使用された苗木

樹種	本数	備考
ケヤキ	18,062	
エゾイタヤ	8,140	
シナノキ	6,304	
カシワ	14,751	
ミズナラ他	5,192	コナラ含む
タブ	4,184	
アキグミ	15,342	肥料木
クロマツ	20,471	広葉樹の保育用
その他	3,299	
合計	95,745	

注: 1998-2002秋田県の保安林事業関係

2) 苗木の生産地

ケヤキ, エゾイタヤ, カシワ, シナノキの主要4樹種について苗木の生産地を調査した。合計本数は30,238本で、そのうち県外種子および由来不明として区分されたものが96%であった(表-8)。なお、県内の生産者によって苗木生産されたものであっても、苗木の種子を県外から購入しているケースが多くあり(県外種子の県内育苗)、それらは全体の3分の1に及んでいた。中でもカシワについては県内種子による苗木が植栽されたものは確認されず、およそ1万本もの県外由来の苗木がこの期間に植栽されたことが明らかになった。なお県外由来の内訳は、その8割が北海道産の種子を購入して県内で育苗したものであった。苗木生産者が県外産の種子を購入する理由として、種子を採取しやすい母樹が生育している場所を知らないこと、カシワとエゾイタヤについては北海道の生産者が取り扱う数量が大きいこと、北方の苗木であれば寒冷地の秋田でも生育に支障がないとされていることが理由として聞かれた。生産者はミズナラやベニイタヤの苗木を生産する技術があり、種子さえ入手できれば県内産のカシワとエゾイタヤの生産に技術的な問題はないということであった。ケヤキについても県内産の苗木生産に技術的問題はないが、規格の樹高に達する期間が温暖な地方より長く、価格が割高になることが聞かれた。シナノキについては発芽率が非常に低く、大量に生産する技術がないことが聞かれた。

表 - 8 . 種子生産地別にみた主要4樹種の苗木本数

	単位:本				計
	県内 県内	県外 県外種子	県外 県外育苗	不明 不明	
ケヤキ	1,156		3,289	7,250	11,695
エゾイタヤ		631	2,375	1,060	4,066
カシワ		9,892	2,375		12,267
シナノキ		304	852	1,054	2,210
	1,156	10,827	8,891	9,364	30,238

注: 1998-2002秋田地域振興局の保安林事業

2 . フェノロジー

1) 開葉フェノロジー

図 - 2 に開葉パターンを示す。平均開葉日は調査地南が最も早く、5月10日以前にむかえていた。開葉に要した日数は、調査地南では植栽木のほうが自生木よりも早かった (U検定, 以下同じ, $P < 0.01$)。植栽地南の自生木と調査地北の自生木には有意差はなかった ($P > 0.05$)。調査地北でも自生木と植栽木に有意差はなかった ($P > 0.05$)。調査地南の植栽木は葉身が大きく、長さが20cmを越えたものが10本中9本あったのに対し、自生木には1本しかなかった。調査地南の植栽木は、自生木より開葉が早く、葉の形態が異なることが明らかになった。

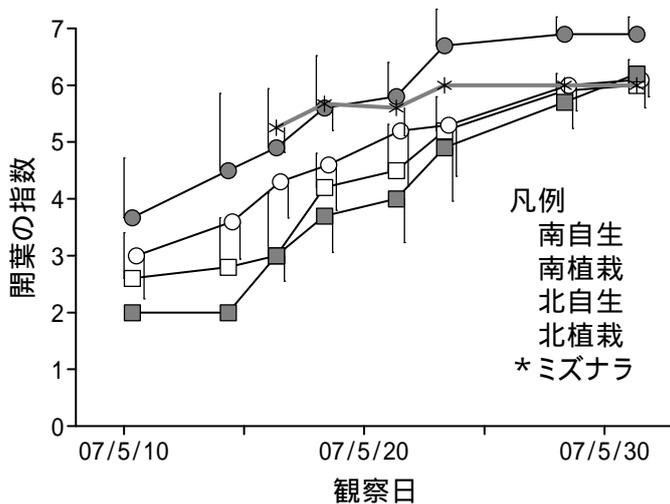


図 - 2 . カシワの開葉フェノロジー

2) 開花フェノロジー

図 - 3 に開花フェノロジーを示す。自生木はほとんどが開花したのに対し、植栽木は2~4個体しか開花していなかった。開花期間は5月21日から31日であり、自生木と植栽木の開花時期は重なっていた。開花に要した日数は、調査地南では植栽木と自生木に有意差はなかった (U検定, 以下同じ, $P > 0.05$)。調査地南の自生木と調査地北の自生木にも有意差はなかった ($P > 0.05$)。また調査地北においても自生木と植栽木に有意差はなかった ($P > 0.05$)。

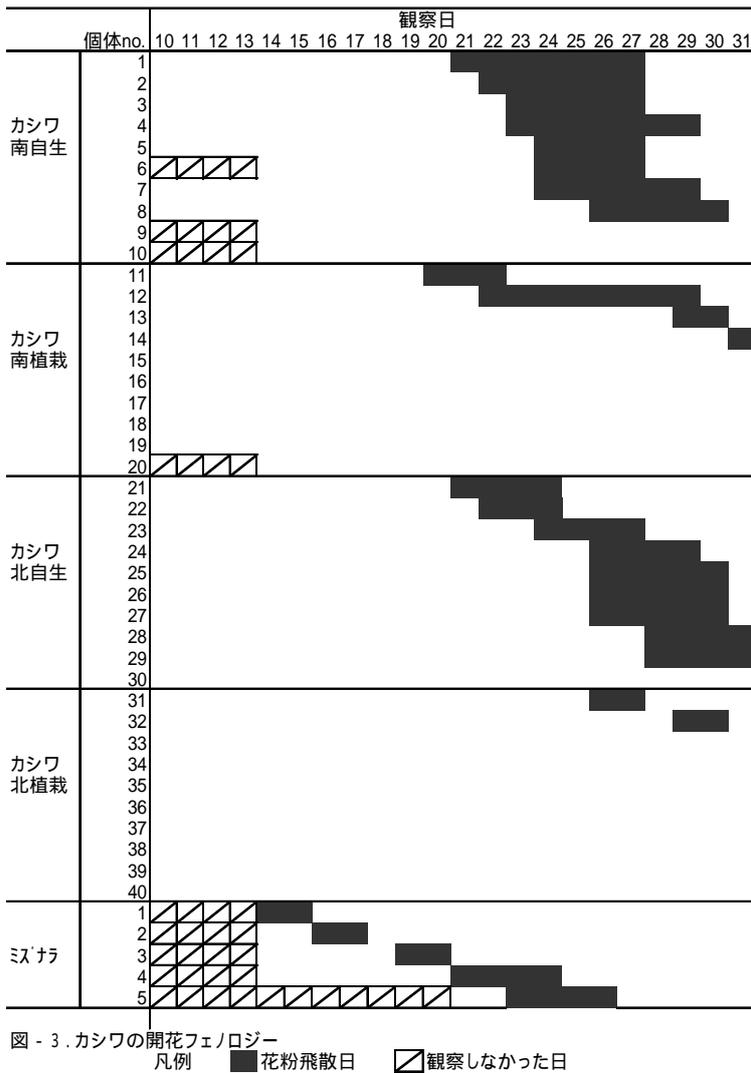
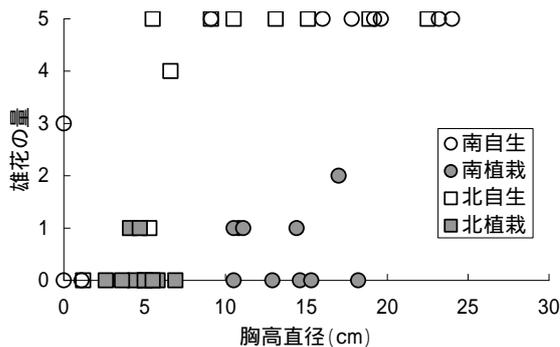


図 - 4 に胸高直径と雄花の量を示す。自生しているカシワは胸高直径 5 cm を超えると、ほとんどの芽に雄花が確認されるほど大量に開花した。これに対して植栽されたカシワは、雄花の量が非常に少なく、一本の木につき数本の花序しか確認できないものが多かった。これらのことから、自生しているカシワと植栽されたカシワは、花粉の飛散時期が重なっているものの、花粉の飛散量は圧倒的に異なっていることが明らかになった。



3) 堅果の量

図-5に胸高直径と堅果の量を示す。自生しているカシワはほとんどが堅果をつけていた。堅果の量は1本の立木に数個しか確認できないものから、主軸のほとんどに3~5個ずつつけているものまで様々であった。一方植栽されたカシワには堅果をつけているものがみられなかった。

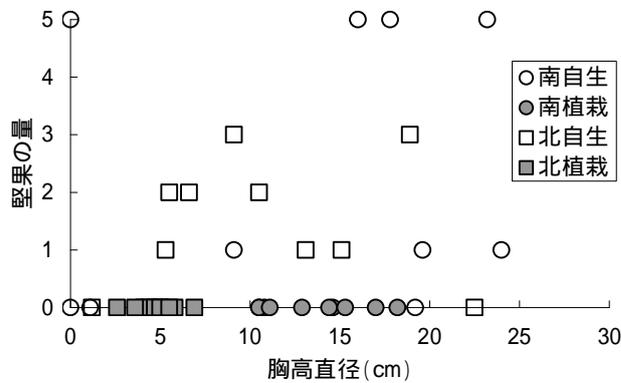


図-5. 堅果の量

考察

過去5年間に海岸広葉樹林造成に使用した3万本あまりの苗木のうち、県内産であることが確認できたものは4%にすぎなかった。この中でカシワは最も数量が多く、苗木が県外種子によって生産されていた。このことから今後遺伝子攪乱を起こす可能性の高い樹種の一つであると考えられ、注目すべき研究対象種として位置づけられた。

カシワ植栽地におけるフェノロジー調査結果から、開葉フェノロジー、開花量、結実量において、自生木と植栽木に明らかな違いが見られた。調査地南の植栽木は、開葉が早く葉も大きかった。ミズナラについては、5月の気温が低い産地のものほど開葉が遅いことが観察され(生方ら, 1994), 調査地北の植栽木が北海道産であることと矛盾しない。またKadomatsu (1997)は、カシワなどコナラ属の開葉を調査し、開葉順位が産地によって決まっていることから、フェノロジーが遺伝的支配を受けていると考察している。このことから調査地南の植栽木についても、17年生になっても開葉フェノロジーの特徴が現れているものと考えられた。

開花については、植栽木は個体あたりの雄花の数が著しく少なく、堅果は全く確認されなかった。カシワの雄花序は新枝の下部に多数つき(佐竹ら, 1989), この部分は前年の頂芽に相当する。また雌花は頂芽起源のものが種子生産量に影響する(山田ら, 1994)。天然性カシワ海岸林では冬期の厳しい季節風と低温によるシュートの枯損が著しいことから(浅井ほか, 1986), 頂芽起源の当年枝が少なく(新村ら, 1985), 成長が抑えられている(浅井・真坂, 1998)。冬芽枯死の原因は、塩分が葉痕部から侵入することによって生じ(浅井ほか, 1986), 産地によって塩風に対する強さに差があることが明らかにされている(清水ら, 1994)。したがって、本調査地において植栽木と自生木にみられた雄花や堅果の量の

違いについても、海風環境への抵抗性の違いである可能性が示唆された。

今回の調査から植栽木が自生木と交配した可能性は非常に低いと考えられた。しかし植栽木の開花量が少なかったことが年次変動によるものか、産地の性質によるものかはわからない。開花時期は重なっており、今後植栽木の花粉飛散量が増加すれば自生木と交配する可能性は非常に高い。海岸林造成用の苗木を県内産に切り替えて行くには、購入時に産地を指定することはもちろん、種子採取に適した母樹の情報を苗木生産者に提供する必要があるだろう。ただシナノキについては生産を向上させる技術的な対策が必要である。適切な系統の苗木を植栽することは、海風環境に強い防災林を形成するだけでなく、系統地理的な遺伝子攪乱を防止する意味からも重要である。

引用文献

- (1) 相川高信・館野隆之輔・武田博清(2002)冷温帯落葉広葉樹林における高木・亜高木の開葉・落葉フェノロジーの斜面位置による違い。森林研究 74:21-33.
- (2) 浅井達弘・新村義昭・薄井五郎(1986)北海道北部の天然性カシワ・ミズナラ海岸林の冬芽枯死の原因。日本林学会誌 68:368-374.
- (3) 浅井達弘・真坂一彦(1998)北海道北部の天然生カシワ海岸林の現存量および純生産量。北海道林業試験場研究報告 35:11-19.
- (4) 星崎和彦・佐野さやか・桜庭秀喜・田淵範子・吉田麻美・及川夕子・蒔田明史・小林一三(2005)被害木の炭化によるマツ材線虫病の防除：媒介昆虫抑制のための戦略と秋田の海岸マツ林における取り組み。東北森林科学会誌 10:82-89.
- (5) 伊藤聡(2000)山形県の海岸地帯に植栽した広葉樹の初期成長特性。東北森林科学会誌 5:105-109.
- (6) Kadomatsu, M. (1997) Differences in phenology of *Quercus* collected from northeastern China, eastern Hokkaido and western Honshu. Research Bulletin of the Hokkaido University Forests 54:188-201.
- (7) 金子智紀(2005)秋田県中央部の海岸砂丘後背地に植栽した広葉樹混交林の成長。東北森林科学会誌 10:90-94.
- (8) 金子智紀・田村浩喜(2007)広葉樹を活用した海岸防災林造成技術の開発。秋田県農林水産技術センター森林技術センター研究報告 17:37-60.
- (9) 川村健介・橋本靖・酒井徹・秋山侃(2001)冷温帯落葉広葉樹林の林冠構成種のリーフフェノロジーが林床の光環境に及ぼす影響。日本林学会誌 83:231-237.
- (10) 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 - 。日本林学会大会論文集 105:455-458.
- (11) 小林一三(2004)人社会の持続可能性と森林。林業技術 747:2-6.
- (12) 宮脇昭(1987)日本植生誌 東北。605pp, 至文堂, 東京.
- (13) 新村義昭・浅井達弘・薄井五郎(1990)北海道北部天然性海岸林でのカシワ・ミズナラの芽吹き様式と生育環境との関係。日本林学会誌。72:481-487.
- (14) 佐竹義輔・原寛・巨理俊次・富成忠夫(1989)日本の野生植物 木本 .321pp, 平

凡社，東京．

- (15) 清水一・菊池健・山田健四 (1994) ミズナラ芽鱗腋芽数と耐塩風性の関係．日本林学会北海道支部論文集 42：171-173．
- (16) 清水一・山田健四・棚橋生子 (2000) 海岸産カシワ，ミズナラ植栽後18年目の産地別樹高．日本林学会北海道支部論文集 48：95-97．
- (17) 戸田・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 1992～1996年の観察記録．森林環境資源科学 36：67-78．
- (18) 生方正俊・林英司・丹藤修・河野耕蔵 (1994) 北海道におけるミズナラの開葉の産地間差．日本林学会大会論文集 105：451-452．
- (19) 山田健四・菊池健・清水一・八坂通泰 (1994) 海岸最前線におけるカシワ天然林の開花・結実．日本林学会北海道支部論文集 42：168-170．