

北海道育種基本区における気象害抵抗性育種事業の実施経過

板鼻直栄⁽¹⁾・丹藤 修⁽²⁾・飯塚和也⁽³⁾

Naoei ITAHANA, Osamu TANDOH, and Kazuya IIZUKA

Progress of breeding project for the resistance to climatological damage of
Todo(*Abies sachalinensis*) in Hokkaido breeding region.

要旨：北海道では昭和20年代後半から大面積の気象害が発生し、造林上の大きな問題となっていた。このため、北海道育種基本区においては、対象樹種を造林面積が多く被害も多く発生していたトドマツとし、被害種を凍害と寒風害に限定して、昭和45年度から気象害抵抗性育種事業に着手した。抵抗性個体の選出は、昭和46年度から昭和60年度までの15年間にわたって、北海道育種場、道内の5営林(支)局(当時、北海道林木育種場、札幌営林局、旭川営林局、北見営林局、帯広営林局、函館営林局)及び北海道の各機関により行われた。その結果、国有林では東部育種区を中心として凍害抵抗性個体290個体と寒風害抵抗性個体143個体が選出された。また、民有林では道北の道有林から凍害抵抗性個体216個体が選出された。これらの抵抗性個体はつぎ木により増殖され、育種素材としてクローン保存されている。また、昭和46年～61年に、抵抗性個体のつぎ木苗による採種園が国有林で6箇所、道有林で2箇所、計8箇所造成された。このうち耐凍性採種園は6箇所であり、耐寒風性採種園は2箇所である。抵抗性個体の検定は、通常の抵抗性検定林による検定と凍結実験等による特殊検定を併用して行われた。検定林は、国有林で過去に被害経歴のある箇所や周囲に被害林分が存在する地域に26箇所設定された。しかし、適度の被害が発生した検定林は一部にすぎなかった。一方、民有林では、検定林は設定されていないが、抵抗性採種園が検定林の機能を兼ねている。特殊検定については、人工凍結実験による耐凍性の評価と自然寒風にさらす試験による耐寒風性の評価が可能であることが明らかになった。これらの成果を利用して、凍害抵抗性では75クローンの人工凍結実験を行い、抵抗性検定林の調査結果と合わせた解析により、29クローンを抵抗性クローンとして確定した。また、寒風害抵抗性では60クローンの自然寒風にさらす検定を行い、人工凍結による耐凍性検定とあわせて解析し、共通する47クローンのうち20クローンを寒風害抵抗性クローンに確定した。

目 次

1 はじめに.....	122
2 抵抗性個体の選出経過とクローン保存.....	122
2. 1 凍害抵抗性個体の選抜.....	123
2. 2 寒風害抵抗性個体の選出.....	124
2. 3 抵抗性個体の再審査.....	125
2. 4 抵抗性個体のクローン保存.....	125
3 抵抗性の検定.....	127

(1)(2)(3) 林木育種センター北海道育種場

3. 1 抵抗性検定林	127
3. 1. 1 国有林	127
3. 1. 2 民有林	127
3. 2 特殊検定	127
3. 2. 1 凍害抵抗性検定	127
3. 2. 2 寒風害抵抗性	127
4 抵抗性種苗の普及	129
5 研究業績	129

1 はじめに

北海道では昭和20年代後半から、過去にはみられなかった大面積の気象害が発生し、被害の実態と発生環境、防除法に関する調査、研究が行われた。道央、道東地方の寡雪地帯では、トドマツ、アカエゾマツの南斜面や平坦地の造林地では、風衝地で冬季の異常乾燥による大面積の被害が発生し、風あたりの少ない場所でも晴天が続いた場合には被害が発生した。道南の多雪地帯においても、土壌が凍結しないにもかかわらずスギの寒風害が多発した。また、高海拔の造林地では、積雪直前の低温によってトドマツの地際幹部の凍害が発生した。気象害の状況は、その年の気象や地域、樹種、被害発生時期等によって異なるが、被害範囲は全道一円に及び、造林上の大きな問題であった。

このため、北海道育種基本区においても気象害に対する抵抗性育種が必要とされ、昭和45年度から気象害抵抗性育種事業が着手された。この事業は、北海道育種場、道内の5営林(支)局及び北海道の7機関により、トドマツを対象に進められた。抵抗性個体の選出等は各機関で実施され、検定については、道有林と北海道育種場で実施されている。また、北海道育種場では、事業を効率良く進めるために、自然寒風による耐寒風性の評価手法の開発と北海道大学との共同で凍結実験による耐凍性の評価手法の開発を進めた。

この事業により約650本の抵抗性個体の選出とクローン保存が行われ、8箇所の採種園が造成された。また、耐凍性及び耐寒風性の特殊検定による評価手法が確立され、少数ではあるがクローン検定により抵抗性クローンが確定した。これらの事業及び技術開発に携わった関係各位に対し、厚くお礼を申し上げる。

2 抵抗性個体の選出経過とクローン保存

北海道育種基本区では、造林面積が多く、また被害も多く発生していたトドマツを対象として、トドマツの重大な造林上の問題である凍害と寒風害に限定して事業を進めることとした。また、気象害の発生状況から、日高地方、道北、道東を主な選抜対象地域とすることとした。抵抗性個体の選出は、昭和46年度から昭和60年度までの15年間にわたって行われた。その結果、寒風害抵抗性個体が143個体、凍害抵抗性個体が516個体選出さ

れた。また、選出された抵抗性個体はつぎ木により増殖され、クローンが育種素材として保存されている。

2. 1 凍害抵抗性個体の選抜

凍害は、耐凍性の限界を越えた低温による被害であり、生育期間中におこる芽及び葉の被害を霜害とし、成熟した幹の凍害と区分される。トドマツの芽の霜害は全道一円に発生し、当年生長枝の霜害は道東に多発する。また、幹の地際の凍害の多発地帯は道東、道北であり、胴枯れ型凍害は道北、道央及び道南に多発する。

このような凍害の発生地域をふまえて、国有林では、道内5営林(支)局の管内から290個体の凍害抵抗性個体が選出された。選出数は東部育種区で118個体と多く、西南部、中部育種区でそれぞれ84個体、88個体であった。西南部育種区の函館営林支局管内では選出された抵抗性個体は7個体のみであり、倶知安営林署より南の地域では選出されていない。抵抗性個体の選出地の傾斜は0～30度であり、平地地または10度未満の緩い傾斜地が約70%であった。また、標高は、83～1000mと広範囲でわたっているが、日高営林署管内では800～1000mと高く、日高営林署管内以外では720m以下であった。選出地の大多数は晩霜害または複合型の被害を受けた林分であった。

一方、民有林では、北海道が激害林分の多い道北の塩狩峠以北に限定した凍害抵抗性個体の選出を進め、216個体の抵抗性個体が美深林務所管内から選出された。選出地の標高は170～300mであり、傾斜は0～18度、被害型は胴枯れ型、上半枯れ型であった。

国有林、民有林の凍害抵抗性個体の年度別選出本数は表1のとおりである。

表1. トドマツ耐凍性個体の選出経過

育種区	選出機関	選出地*	選出年度(昭和)												計			
			46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57		58	59	60
西南部	北海道営林局	日高管内営林署管内					3		15									18
		振庭管内営林署管内					1	8										9
		苫小牧管内営林署管内							16									16
		白老管内営林署管内								25								25
		余市管内営林署管内					1		2									3
	計					5	8	58						4	2		6	
	函館営林支局	倶知安管内営林署管内		7									4	2		7		
	育種区計			7				5	8	58				4	2	84		
中部	旭川営林支局	一ノ橋管内営林署管内												1		6	7	
		下川管内営林署管内							23								23	
		士別管内営林署管内												1			1	
		朝日管内営林署管内							27								27	
		上川管内営林署管内												10			10	
	富良野管内営林署管内								13							13		
	幌加内管内営林署管内				7											7		
	計			7					63				10	2		6		
	北海道	美深林務所管内	115	101													216	
	育種区計		115	101	7				63				10	2		6		
東部	北見営林支局	網走管内営林署管内												3			3	
		紋別管内営林署管内				14											14	
		滝ノ上管内営林署管内									5						5	
		丸瀬布管内営林署管内									3						3	
		置戸管内営林署管内	5						4								9	
	津別管内営林署管内													3	1		4	
	計		5		14			4	8				6	1		38		
	帯広営林支局	新得管内営林署管内	2	1												3		
	本別管内営林署管内	9	15										9			33		
	足寄管内営林署管内	7	7	3												17		
	陸別管内営林署管内	7	6									11		3		27		
	計		25	29	3				4	8			11	9	3	80		
	育種区計		30	29	3	14			4	8			11	15	4	118		
	国有林計		30	36	10	14	5	75	66				21	21	6	6		
	北海道計		115	101												216		
合計			145	137	10	14	5	75	66				21	21	6	6		

*1: 選出時の管轄署所による区分

2. 2 寒風害抵抗性個体の選出

トドマツ寒風害は、道東すなわち十勝、根室地方や日高の太平洋沿岸地方、支笏湖を中心とする胆振地方に多く発生している。また、寒風害は風あたりの強い尾根筋や積雪の少ない南斜面、大面積皆伐跡地に造林された平坦地に集中して発生している。

抵抗性個体は、寡雪地帯である道東の国有林から多く選抜され、東部育種区の北見営林支局及び帯広営林支局管内から、それぞれ28個体、103個体が選出された。また、西南部育種区では北海道営林局日高から12本選出され、合計で143個体である。

抵抗性個体の選出地の傾斜は0～25度であり、10度未満の平坦地または緩傾斜地が約70%であった。また、標高は、60～1000mと広範囲にわたっているが、日高営林署管内では全体に高く940m以上であった。被害型は全枯れ型、上半枯れ型が多かった。

なお、民有林では寒風害抵抗性個体は選抜されていない。

国有林における寒風害抵抗性個体の年度選出本数は、表2のとおりである。

表2. トドマツ耐寒風性個体の選出経過

育種区	選出機関	選出地*	選出年度 (昭和)														計	
			46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59		60
西南部 東部	北海道営林局	日高 営林署管内							12									12
		網走 営林署管内				8			3						3			14
		留辺蘂 営林署管内														4		4
		滝ノ上 営林署管内														10		10
			計				8			3					3	14	28	
	帯広営林支局	清水 営林署管内	10	6											6			22
		白糠 営林署管内	2															2
		弟子屈 営林署管内	5															5
		阿寒 営林署管内	2															2
		釧路 営林署管内	13	7											4			24
		根室 営林署管内	17	18														35
		標津 営林署管内	3	1												5		9
		中標津 営林署管内														4		4
			計	52	32					3					10	9	103	
	育種区計				8				3					13	23	131		
合計					8				15					13	23	143		

*1: 選出時の管轄署所による区分

2. 3 抵抗性個体の再審査

抵抗性個体が選出後も抵抗性を持続しているかを知るために、道東の5営林署管内の選出後7～8年を経過した15～18年生林分で抵抗性個体52個体を試験的に再審査した。再審査の結果は表3のとおりであった。調査した52個体のうち抵抗性個体として適格な個体は22個体（42%）であった。また、激害や枯死のため不適格な個体は16個体（31%）、幹曲がりや病虫害等により不適格な個体は16個体（27%）であり、抵抗性検定の必要性が確認された。選出地のうち、陸別営林署管内及び根室営林署管内は、凍害及び寒風害の常習激害地であり、これらの地域から選出された抵抗性個体は他の地域に比べて、再審査による合格率がともに高かった。

表3. トドマツ抵抗性候補木の再審査

区分	選出地	選出数	調査数 (a)	合格数 (b)	不合格数		再合格率(%) (b/a×100)
					被害*1	環境*2	
耐凍性	本別営林署管内	24	7	2	5		29
	陸別営林署管内	13	9	6	2	1	67
	小計	37	16	8	2	6	50
耐寒風性	清水営林署管内	16	3	1	1	1	33
	釧路営林署管内	20	20	6	2	2	30
	根室営林署管内	35	13	7	1	5	54
	小計	71	36	14	4	8	39
合計		108	52	22	6	14	42

*1: 枯死した個体や激害を受けている個体

*2: 周囲の環境により保護されたり、曲がりや病虫害が確認された個体

2. 4 抵抗性個体のクローン保存

国有林から選出された抵抗性個体は、つぎ木増殖され、育種種場内の6箇所の育種素材保存園に保存されている。育種素材保存園ごとの抵抗性区分別の保存クローン数は表4のとおりである。保存クローン数は、表1及び表2の選出数より1～2クローン少なく、耐凍性個体で288クローン、耐寒風性個体で142クローンである。これはつぎ木増殖が困難であったことによる。なお、北海道で選出された凍害抵抗性個体については、クローン保存を兼ねた採種園が造成されている。

表4. 気象害抵抗性個体のクローン保存

所在地	名称	設定年 (昭和)	面積 (ha)	保存クローン数		
				耐寒風性	耐凍性	計
北海道育種場	トドマツ第6育種素材保存園	55,56	0.60	52		52
北海道育種場	トドマツ第7育種素材保存園	55,56	0.20	21		21
北海道育種場	トドマツ第8育種素材保存園	55,56	0.25	33		33
北海道育種場	トドマツ第9育種素材保存園	55,56,58,58,60,61	0.95		120	120
北海道育種場	トドマツ第10育種素材保存園	55,56,58,59,60	1.00		130	130
北海道育種場	トドマツ第11育種素材保存園	62,63,平成元	0.95	36	38	74
	計		3.95	142	288	430

表5. トドマツ気象害抵抗性検定林の設定状況

検 定 林 名	設定年月 (昭和)	所 在 地	管 轄 営林署	面 積 (ha)	供試系統 (クローン・家系)	
					抵抗性 (G)*1	精英樹 (S)*2
北耐凍 北海道営 1号	59.5	苫小牧市樽前	白 老	0.14	34	
北耐凍 北海道営 2号	59.5	千歳市蘭越	恵 庭	0.15	35	
北耐凍 北海道営 3号	61.5	苫小牧市丸山	苫小牧	0.32	35	
北耐凍 北海道営 4号	61.5	千歳市蘭越	恵 庭	0.15	35	
北耐凍 旭川 営 1号	58.4	朝日町三栄	朝 日	0.06	12	
北耐凍 旭川 営 2号	58.9	枝幸町字乙忠部	枝 幸	0.06	13	
北耐凍 旭川 営 3号	60.5	朝日町三栄	朝 日	0.22	52	4
北耐凍 旭川 営 4号	60.9	枝幸町字乙忠部	枝 幸	0.22	53	4
北耐凍 北見 営 1号	59.5	津別町上里	清 里	0.09	23	
北耐凍 北見 営 2号	59.5	置戸町安住	置 戸	0.09	23	
北耐凍 帯広 営 3号	52.5	陸別町上陸別	陸 別	0.36	60	
小計	11	箇所		1.86	375	8
北耐寒風 北海道営 1号	58.5	沙流郡日高町	日 高	0.04	8	
北耐寒風 北海道営 2号	58.5	苫小牧市	苫小牧	0.04	8	
北耐寒風 北見 営 1号	58.5	白滝村奥白滝	白 滝	0.19	10	
北耐寒風 北見 営 2号	58.5	清里町	清 里	0.05	10	
北耐寒風 帯広 営 1号	52.5	清水町	清 水	0.39	75	
北耐寒風 帯広 営 2号	54.5	厚岸町上尾幌	釧 路	0.67	90	
小計	6	箇所		1.38	201	
北抵抗 北海道営 3号	59.6	赤井川村轟	余 市	0.25	17	53
北抵抗 北海道営 4号	60.9	赤井川村轟	余 市	0.28		80
北抵抗 北海道営 5号	62.9	赤井川村轟	余 市	0.30		71
北抵抗 旭川 営 1号	59.5	下川町一ノ橋	下 川	0.27	45	57
北抵抗 旭川 営 2号	60.9	下川町一ノ橋	下 川	0.29		93
北抵抗 旭川 営 3号	61.9	下川町一ノ橋	下 川	0.28		67
北抵抗 函館 営 1号	59.6	喜茂別町川上	俱知安	0.25	14	32
北抵抗 函館 営 2号	60.9	喜茂別町川上	俱知安	0.28		83
北抵抗 函館 営 3号	61.9	喜茂別町川上	俱知安	0.25		66
小計	9	箇所		2.45	76	602
計	26	箇所		5.69	652	610

*1: 抵抗性個体のつぎ木クローン *2: 精英樹採種園産の実生家系

3 抵抗性の検定

抵抗性の検定は、抵抗性個体のつぎ木苗、採種園産種苗による抵抗性検定林による通常検定と凍結実験等による特殊検定を併用して行われた。

3. 1 抵抗性検定林

3. 1. 1 国有林

国有林の検定林は、表5に示すように、気象害抵抗性個体のつぎ木クローン、既存の精英樹クローンの採種園産実生家系により、26箇所設定された。その内訳は、寒風害抵抗性検定林6箇所、耐凍性検定林11箇所、抵抗性検定林9箇所である。なお、抵抗性検定林は、精英樹系統の気象害等の抵抗性検定を主目的としたものである。これらの検定林は、いずれも過去に被害経歴のある箇所や周囲に被害林分が存在する地域を選出して設定された。しかし、被害のみられない検定林が多い一方で、抵抗性の比較が不可能なほどの壊滅的な被害が発生した検定林もあり、適度の被害が発生した検定林は一部にすぎない。

3. 1. 2 民有林

民有林では、検定林は設定されていないが、抵抗性個体のつぎ木苗による採種園が検定林を兼ねて造成されている。

3. 2 特殊検定

3. 2. 1 凍害抵抗性検定

①手法開発

凍害抵抗性の検定手法を確立するため、北海道大学と共同で、切り枝を使用して処理時期、ハードニング法、凍結温度等の異なる条件で凍結実験を繰り返し行った。その結果、人工凍結実験による耐凍性の評価が可能であることを示し、人工凍結による検定手法を開発した。

②検定結果

国有林から選抜された凍害抵抗性個体のうち75クローンについて人工凍結実験を行った。この凍結実験による被害指数と2箇所の抵抗性検定林（北耐凍帯1, 2号）における生存率及び被害状況から、総合的な評価を行い、29クローン（39%）を抵抗性個体として選抜した。検定結果は表6のとおりである。

3. 2. 2 寒風害抵抗性

①手法開発

寒風害抵抗性の野外検定手法を確立するため、冬期間鉢植えした苗木を野外の棚の上に置いて自然寒風にさらす実験を繰り返し行った。その結果、この試験方法により、耐寒風性の評価が可能であることが明らかになった。また、耐凍性と耐寒風性との間の高い平行関係が示唆された。

表6. トドマツ凍害抵抗性個体の検定結果

選出地 (営林署)	検 定 クローン数	抵抗性の評価別 クローン数 *1			
		抵抗性クローンに確定			
		極めて強い	強い	弱い	極めて弱い
紋別	1		1		
置戸	5	2	2		1
陸別	13	3	2	5	3
本別	24	5	5	5	9
足寄	17	5	3	5	4
新得	3	2			1
清水	3				3
根室	7			1	6
釧路	2				2
標津	1			1	
計	76 (100)	17 (22)	13 (17)	17 (22)	29 (38)
(%)		30 (39)		46 (61)	

抵抗性クローンの一覧 *2

抵抗性：極めて強い	抵抗性：強い
置戸 5,9	紋別 14
陸別 1,9,14	置戸 2,3
本別 9,15,27,30,34	陸別 3,13
足寄 3,6,8,11,16	本別 18,22,25,29,31,32
新得 2,11	足寄 9,15,19

*1: 凍結実験による凍害指数と抵抗性検定林における生存率、耐凍性等の計15因子により総合的に判定

*2: クローン名は、選出地の営林署名と番号で記載

表7. トドマツ寒風害抵抗性個体の検定結果

選出地 (営林署)	検 定 クローン数	抵抗性の評価別 クローン数 *1			
		抵抗性クローンに確定			
		極めて強い	強い	弱い	極めて弱い
根室	24	5	7	3	9
釧路	11	1	3	5	2
清水	9	2	1	1	5
弟子屈	1		1		
白糠	2				2
計	47 (100)	8 (17)	12 (26)	9 (19)	18 (38)
(%)		20 (43)		27 (53)	

抵抗性クローンの一覧 *2

抵抗性：極めて強い	抵抗性：強い
根室 1,2,15,16,20	根室 3,9,12,13,21,22,33
釧路 6	釧路 7,8,10
清水 1,7	清水 4
	弟子屈 1

*1: 5回の自然寒風による寒風害指数と3回の凍結実験による凍害指数の計8因子により総合的に判定

*2: クローン名は、選出地の営林署名と番号で記載

②検定結果

国有林から選抜された寒風害抵抗性個体のうち60クローンについて、つぎ木苗を冬期間自然寒風にさらす検定を行った。また、このうちの47クローンについては、切り枝を用いた人工凍結による耐凍性検定を並行して行った。これらの結果から共通する47クローンの寒風害抵抗性を総合的に評価し、20クローン(42.5%)を寒風害抵抗性個体として決定した。検定結果は表7のとおりである。

4 抵抗性種苗の普及

抵抗性種苗を生産するため昭和46年～61年に、国有林で6箇所、5.96ha、道有林で2箇所、5.92ha、計8箇所、11.88haの気象害抵抗性採種園が造成された。道有林の2箇所の採種園は、いずれも凍害抵抗性採種園であり、クローン保存園と検定林を兼ねている。気象害抵抗性採種園の機関別の造成状況は、表8のとおりである。これらの中には、設定後20年以上が経過し、着果が認められるようになった採種園がある。また、気象害抵抗性については、検定林と苗畑での被害調査から高い遺伝率が認められ、遺伝変異が大きいことが明らかになっている。これらのことから、今後、採種園から抵抗性の優れた種苗が生産されると期待される。

表8. 気象害抵抗性採種園の機関別造成状況

機 関 区 分	所 在 地	採種園名	造成年度 (昭和)	面積 (ha)	クローン数
北海道営林局	耐凍性	恵庭営林署管内 恵庭トドマツ	61	0.80	58
旭川営林支局	耐凍性	旭川営林署管内 雨紛トドマツ	60	1.39	47
北見営林支局	耐凍性	白滝営林署管内 白滝トドマツ	60	0.62	23
	耐寒風性	遠軽営林署管内 遠軽トドマツ	62	0.75	29
帯広営林支局	耐寒風性	新得営林署管内 新得トドマツ	56	1.40	59
	耐凍性	足寄営林署管内 稲牛トドマツ	46	1.00	69
国有林 計		6 箇所		5.96	
北 海 道	耐凍性	美深林務署管内 美深トドマツ * 51～52		0.96	150
	耐凍性	浦河林務署管内 新冠トドマツ * 51～52		4.96	133
民有林 計		2 箇所		5.92	
合 計		8 箇所		11.88	

*: 凍害抵抗性個体のクローン保存及び抵抗性検定林の機能を兼ねている採種園である。

5 研究業績

- 1) 岡田 滋・森 俊人・酒井 昭：開葉時のトドマツ、アカエゾマツ、エゾマツ苗木の耐凍性の比較，日林北支講，18，138～140（1969）
- 2) 栄花 茂・岡田 滋・森 俊人・向出弘正・酒井 昭：トドマツの産地特性について—トドマツの産地による耐寒性の差異—，日林講，83，243～245（1972）
- 3) 栄花 茂・酒井 昭：トドマツ苗木の耐凍性変動に及ぼす温度の影響，日林誌，54（12），412～417（1972）
- 4) 栄花 茂：トドマツの凍害，北方林業，24（9），17～20（1972）
- 5) 江口 完・渡辺 富夫・森田健次郎・山根玄一・岡田 滋・合田昌義：北海道における林木の寒害，北方林業叢書，50，131pp.（1972）
- 6) 栄花 茂：林木の抵抗性育種（耐寒性）の効果と早期検定，林野庁長期委託研修報告書（8）昭和46年度，1～22（1972）
- 7) 栄花 茂：寒害の抵抗性育種，北海道の林木育種，16（1），30～34（1973）

- 8) 岡田 滋・森 俊人・西岡利忠：激害造林地からのトドマツ耐凍性個体の選抜効果の推定，北海道林育年報 昭和 50 年度， 42 ～ 44 (1977)
- 9) 栄花 茂・酒井 昭：トドマツ冬芽の耐凍性と休眠について，日林論， **89**， 211 ～ 212 (1978)
- 10) 向出弘正：トドマツの寒さの害の抵抗性，林木の育種， **106**， 29 ～ 31 (1978)
- 11) 栄花 茂・森 俊人：トドマツ気象害抵抗性検定林の結果，日林北支講， **28**， 140 ～ 141 (1979)
- 12) 栄花 茂：トドマツの耐凍性変異，林木の育種， **110**， 33 (1979)
- 13) 栄花 茂・森 俊人：トドマツ気象害抵抗性個体の検定と選抜率，北海道林育年報 昭和 53 年度， 19 ～ 22 (1980)
- 14) 森 俊人：トドマツにおける低温抵抗性の検定方法の開発，北海道林育年報 昭和 53 年度， 22 ～ 24 (1980)
- 15) Eiga, S. and T. Katayose : Forest Tree Breeding for Climatological Damages, X VII IUFRO World Congress DIVISION2, **17**, 606 (1981)
- 16) 栄花 茂：トドマツ冬芽の耐凍性と開芽率の地域性，日林北支講， **30**， 172 ～ 174 (1981)
- 17) 酒井 昭・栄花 茂：トドマツの冬芽の耐凍性，日林誌， **65** (12)， 443 ～ 447 (1983)
- 18) Sakai, A. and Eiga.S. : Physiological and Ecological Aspects of Cold Adaptation of Boreal Conifers, Plant production in the north (NORWEGIAN UNIVERSITY PRESS), 157-170 (1983)
- 19) 森 俊人・栄花 茂：トドマツ耐凍性個体のクローン検定—耐凍性の合否の判定について—，北海道林育年報 昭和 57 年度， 12 ～ 15 (1984)
- 20) 森 俊人・栄花 茂：トドマツ耐寒風性個体のクローン検定—検定結果による合否の判定について—，北海道林育年報 昭和 57 年度， 16 ～ 17 (1984)
- 21) 栄花 茂：北海道におけるトドマツ耐凍性に関する生態遺伝学的研究，林育研報， **2**， 61 ～ 107 (1984)
- 22) 栄花 茂：トドマツの耐凍性の標高によるちがい，北海道の林木育種， **27** (2)， 12 ～ 17 (1985)
- 23) Shigeru Eiga and Akira Sakai : REGIONAL VARIATION IN COLD HARDINESS OF SAKHALIN FIR (*ABIES SACHALINENSIS* MAST.) IN HOKKAIDO, JAPAN, Plant Cold Hardiness, Alan R. Liss, Inc., 169-182 (1987)