HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	砂防植生工におけるヤナギ類導入に関する研究
Author(s)	東, 三郎
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 23(2), 151-228
Issue Date	1965-03
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/20835
Type	bulletin (article)
File Information	23(2)_P151-228.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

砂防植生工におけるヤナギ類導入に関する研究

東　三　郎*

Use of Willows in Artificial Revegetation for Erosion Control

By

Saburo HIGASHI

目　次

緒　言 …… 152
I　ヤナギ類の先駆侵入 …… 153
II　ヤナギ類のさしき …… 158
1. さしき採取時期による発根力の差 …… 159
2. 樹種による発根力の差 …… 162
3. 発根と土壌酸度の関係 …… 172
III　ヤナギ類の生長 …… 175
1. 地上部の生長 …… 175
2. さしき苗の生長 …… 176
3. 根の発達 …… 182
IV　山腹植生工におけるヤナギ類の適用 …… 193
1. 山腹植生工の発展 …… 193
2. 編さく工とヤナギ類 …… 194
3. さしきのさしつけ法と枯死の関係 …… 196
4. ヤナギ類の適用工法 …… 202
V　防災林造成におけるヤナギ類の適用 …… 209
1. 護岸林，護岸工 …… 210
2. 海岸林 …… 212
摘　要 …… 218
引用ならびに参考文献 …… 220
Summary …… 227
図　版

* 北海道大学農学部砂防工学研究室　助教授　農学博士
Assistant Professor, Doctor of Agriculture, Institute of Erosion Control, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

緒　　言

砂防植生工とは，気象的な植生限界のなかで，植物の生活集団を人為的に作り，浸食防止の工作物として利用する生物的工法である。

浸食の働き手は水（雨・雪・霜）と空気（風）で，前者を一般に浸食（水食），後者を風食とよんでいるが，実際には両者のいりまじった現象が，乾燥しやすい場所や，少雪凍結地帯でみられる。しかし，おおむね水食は裸地斜面に，風食は平担な裸地においていちじるしい。このような土地では植生カバーの再現により浸食が緩和されることに類似点があるが，傾斜地では根系網の発達，平担地では地上部の立体的構造に重点がおかれる。著者は砂防植生工の範囲に，裸地斜面の緑化工はもちろん，渓間工，護岸工などにおける植生カバーと，海岸林，防風林，防雪林，なだれ防止林などの防災林をも含めた。これは木材生産を第一義としない林帯を防災工作物の一種とみなしたからである。

わが国では砂防工事における植生利用について，はげ山の山腹植栽，海岸砂丘の固定など，植生遷移の法則にもとづく草木類の導入法が研究されてきているが，開拓，道路開設，森林開発，地下資源採掘，宅地造成などに伴って増大する人工裸地，あるいは誘発される崩壊地に対する浸食防止工の必要性が高まり，土木的工法と植生工の組合せや，導入植生の早期育成が要求されるようになってきた。近年，本州各地では，山地浸食防止のために早期全面緑化法が唱えられ[66),86)]，施肥，肥料木，牧草種子，植生盤工法[70)]，斜面混播法[136)]，むしろ張工[100)]，種子吹付工[110)]などが行なわれるようになった。北海道における砂防工事の歴史は浅いために，これまで本州各地の技術を転用するだけで，植生工の積極的な研究はあまり多くないように考えられる。

砂防植生工は，植物を材料とするために，その地域の気象条件や土地条件に制約されるが，植物生態学の教えるところにしたがえば，先駆侵入植物の導入は有効な手段[64),89),90),105),148),157)]の一つとされている。

著者は，多くの先駆侵入植物のなかから，北海道の各地に広く自生し，旺盛な生活力を示すヤナギ類に着目した。ヤナギ類はすでに河川・道路などの土木工事に使用されてきているが，施工材料として植物学的に検討されたものは少なく，経験による取扱いになれすぎてきたために，寒冷地方の植物として有利な条件である耐寒性[127)]を備えているにもかかわらず，これまでの適用範囲はあまり広くない。

本論文は，著者がヤナギ類の性質と適用法に関する実験・観察の結果得た新知見と工法についてまとめたものである。

この研究に際して，終始懇切なる御指導を賜った北海道大学教授村井延雄博士，北海道大学名誉教授舘脇操博士，とりまとめにあたって貴重な助言を賜わった北海道大学教授

三島愁博士，同教授斎藤雄一博士，同教授谷口信一博士に深く謝意をのべる。治山工事見学に御援助を賜わった北海道林務部治山課，札幌営林局治山課，旭川営林局治山課，北海道大学演習林の各位，ならびに試験結果論議に有益な助言を賜わった林業試験場北海道支場遠藤泰造氏，北海道大学砂防工学研究室藤原滉一郎氏，さらに，資料整理に献身していただいた星野英二氏，赤平宣子氏に謝意をのべる。

I　ヤナギ類の先駆侵入

ヤナギ科はハコヤナギ属 (*Populus*)，ケショウヤナギ属 (*Chosenia*)，オオバヤナギ属 (*Toisusu*)，ヤナギ属 (*Salix*) にわけられ，約 350 種とされ，ハコヤナギ属は約 30 種，ケショウヤナギ属は 1 種，オオバヤナギ属は数種，ヤナギ属は 300 種以上あり，いずれも雌雄異株で早春開花し，ヤナギ属は交雑しやすく，花期が成葉に先立つために，とくに分類は困難である[117]。また，ヤナギ科の種子は休眠性がなく，短命であるといわれており[104),112),144)]，火山砂れき地[18),50),73),166),177),178)]，崩壊地[46),89),90),96)]，道路法面などの裸地に先駆侵入しているが，播種養苗はむずかしいために，砂防植生工にはさしきとして利用されてきている。これまでの利用段階ではヤナギ属に対する分類学的取扱いはみられないが，著者は，広く分布し多く自生していて，適用するうえにさしきとして採取しやすいと考えられた数種について，外形的な判別 (樹形，葉形) によって区別し，観察・実験した。

表 1 は北海道の砂防植生工対象地と考えられる崩壊地，火山泥流地，砂石堆積地，川岸，低湿地，鉄道法面，道路法面，海岸砂地，風衝地，泥炭地などにおいて先駆侵入しているヤナギ類や，砂防工事の一部として施工されたヤナギ類について，著者が 1956 年から 1961 年までに観察した記録である。葉形* によって区別できるナガバヤナギ**，エゾノキヌヤナギ，イヌコリヤナギ，タチヤナギ，バッコヤナギ***，ドロノキ，ギンドロ，ケショウヤナギ[160] などがおもなものである。これらのヤナギ類は，火山灰地，重粘土地，海岸砂地，泥炭地，乾燥斜面，低湿地の区別なく，いたるところに生育していた。またさしきによる場合には，自然侵入よりもさらに適応範囲が広く，海岸砂地におけるドロノキ，ギンドロ，ナガバヤナギ，イヌコリヤナギの生育状況がその好例といえる。一般に低湿地を好むとされているヤナギ類が，乾燥しやすい崩壊地，法面などに適用できるものとすれば，砂防植生工における導入樹種として有利な性質を備えているものと考えることができる。

---

* 本格的な分類には花の解剖が必要であるが，本論文では厳密な観察を行なわなかった。したがってナガバヤナギの類，エゾノキヌヤナギの類と呼ぶのが正確である。

** *Salix sachalinensis* FR. SCHM. はオノエヤナギ[117]，ナガバヤナギ[151] とされているが本論文ではナガバヤナギとした。

*** バッコヤナギ (*Salix bakko* KIMURA) とエゾノバッコヤナギ (*Salix hultenii* FLODERUS) とは，木質部表面の隆起線条の有無によってわけられているが[52),53),117)]，著者の観察では十分に区別することができなかった。したがってエゾノバッコヤナギもバッコヤナギのなかに含めて考察した。

表1.　北海道の植生工対象地におけるヤナギ類の観察 (1956～1961)

Table 1.　Observed willows at eroded sites in Hokkaido

No.	① 場所	② 事業あるいは試験	③ 標高 (m)	④ 環境	⑤ 土質	⑥ 樹種	⑦ 自生	⑧ 植栽・工事	⑨ 観察日
1	稚内市裏山	ナダレ防止工事	100	台地	第3紀層頁岩	ナガバヤナギ バッコヤナギ ギンドロ エゾノキヌヤナギ	○ ○ ○	○ ○ ○	1960.11. 7
2	宗谷村豊岩	ナダレ防止林造成事業	30	海岸段丘草原		バッコヤナギ ナガバヤナギ	○ ○		1960.11. 7
3	天塩町浜更岸	海岸防風林造成事業	10	海岸	砂地	ナガバヤナギ ギンドロ	○	 ○	1960.11.12
4	遠別町	崩壊地復旧事業	100	溪流		ナガバヤナギ	○		1960.11.12
5	北大天塩地方演習林	山腹植生工試験	100	山火跡ササ地	第3紀層頁岩	バッコヤナギ ナガバヤナギ	○	 ○	1959～1960
6	北大天塩地方演習林			川岸		ナガバヤナギ エゾノキヌヤナギ	○ ○		〃
7	北大天塩地方演習林			崩壊地	蛇紋岩	ナガバヤナギ バッコヤナギ	○ ○		〃
8	北大中川地方演習林	斜面浸食試験	150	山腹	礫にとむ壌土	バッコヤナギ ナガバヤナギ	○	 ○	1954～1959
9	北大中川地方演習林	水制工試験	40	川岸・河原	礫にとむ壌土	ナガバヤナギ エゾノキヌヤナギ タチヤナギ	○ ○ ○	○ ○ ○	〃
10	下川町一の橋,興部		200	鉄道法面		バッコヤナギ ナガバヤナギ	○ ○		1958
11	北大雨竜地方演習林・モシリ	斜面浸食試験	300	開墾地	粘土質	ナガバヤナギ	○		1956～1960
12	北大雨竜地方演習林・モシリ		300	川岸	湿地	ナガバヤナギ エゾノキヌヤナギ	○ ○		
13	北大雨竜地方演習林・モシリ		300	鉄道法面	粘土質	ナガバヤナギ エゾヤナギ バッコヤナギ エゾノキヌヤナギ	○ ○ ○ ○		
14	上川町古川	斜面滲透試験	600	溪岸斜面崩壊地	砂質土	バッコヤナギ ナガバヤナギ エゾヤナギ ドロノキ	○ ○ ○ ○		1957. 8.10
15	上川町層雲峡	崩壊地復旧事業	700	崩壊地	凝灰岩砂質土	バッコヤナギ ナガバヤナギ オオバヤナギ	○ ○ ○	 ○	1958.10. 7
16	上川町層雲峡	新植地	1000	風倒被害地		ナガバヤナギ エゾヤナギ エゾノキヌヤナギ バッコヤナギ	○ ○ ○ ○		1960. 9.20

(注)　① Site, ② Work or experiment, ③ Above sea level, ④ Environment, ⑤ Soil, ⑥ Species, ⑦ Spontaneous, ⑧ Work or planted, ⑨ Observed.

No.	① 場所	② 事業あるいは試験	③ 標高(m)	④ 環境	⑤ 土質	⑥ 樹種	⑦ 自生	⑧ 植栽・工事	⑨ 観察日
17	上川町層雲峡			川原		ナガバヤナギ オオバヤナギ	○ ○		1960.9.20
18	上川町天人峡	崩壊地復旧事業	900	道路法面		ヤガバヤナギ		○	1958.10. 8
19	美瑛町沼崎	斜面浸食試験	400	農耕地	火山灰地	ナガバヤナギ バッコヤナギ	○ ○		1958.10. 9
20	美瑛町聖台		400	貯水池湖岸		タチヤナギ	○		1957. 8.10
21	美瑛町ペンケローネナイ	崩壊地復旧事業	300	谷止工安定地編さく工	石英粗面岩	ナガバヤナギ エゾノキヌヤナギ タチヤナギ		○ ○ ○	1958.10. 9
22	富良野町扇山	崩壊地復旧事業	200	山腹工事	石英粗面岩	ナガバヤナギ エゾノキヌヤナギ	○ ○		1958.10.11
23	新十津川村西徳富	崩壊地復旧事業	300	溪岸崩壊地	第3紀層	ナガバヤナギ エゾノキヌヤナギ	○	○ ○	1959. 6. 5 1961. 9.29
24	新十津川村徳富川	護岸工事	70	川岸		ナガバヤナギ エゾノキヌヤナギ イヌコリヤナギ	○ ○	 ○	1959. 6. 6
25	岩見沢市峰延	火薬工場の防災土塁	50	土塁斜面	粘土	ナガバヤナギ バッコヤナギ エゾノカワヤナギ	○ ○ ○		1958. 9. 6
26	月形町札比内川上流	崩壊地復旧事業	250	溪岸ダム堆砂地		ナガバヤナギ バッコヤナギ	○ ○		1960. 9.
27	札幌市月寒	法面保護工	60	道路法面	火山灰	ナガバヤナギ		○	1960. 9.
28	千歳市美々	法面保護工	25	道路法面	火山灰	ナガバヤナギ イヌコリヤナギ	○ ○		1958. 7.
29	倶知安町羊蹄山ナダレの沢	崩壊地復旧事業	700	土石流堆積地	火山砂礫地	バッコヤナギ イヌコリヤナギ ナガバヤナギ エゾヤナギ ドロノキ	○ ○ ○ ○ ○		1960. 8.
30	真狩村羊蹄山ボチの沢	崩壊地復旧事業	500	ガリー浸食地	火山砂礫地	バッコヤナギ イヌコリヤナギ ナガバヤナギ	○ ○ ○		1959. 7.
31	上の国村厚志内沢		400	溪床堆積地	砂礫地	バッコヤナギ ナガバヤナギ	○ ○		1957～1959
32	上の国村天の川流域		50	川岸	砂地	ナガバヤナギ エゾノキヌヤナギ イヌコリヤナギ オオバヤナギ	○ ○ ○ ○		1958.
33	上の国村石崎川		200	溪岸	砂礫地	ナガバヤナギ バッコヤナギ オオバヤナギ	○ ○ ○		1958.
34	江差町砂坂	海岸林造成事業	10	海岸	砂地	ギンドロ イヌコリヤナギ ナガバヤナギ	 ○ ○	○	1958～1959

No.	① 場所	② 事業あるいは試験	③ 標高(m)	④ 環境	⑤ 土質	⑥ 樹種	⑦ 自生	⑧ 植栽・工事	⑨ 観察日
35	北大苫小牧地方演習林	斜面浸食試験	50	伐採跡地	火山砂礫地	ナガバヤナギ バッコヤナギ イヌコリヤナギ ドロノキ	○ ○ ○	 ○	1955～1960
36	鵡川町		10	海岸	低湿地牧野	ナガバヤナギ	○		1959. 7.8
37	苫小牧市弁天沼	防風林造成事業	5	泥炭地	低湿地	ナガバヤナギ イヌコリヤナギ ギンドロ シモニドロ	○ ○	 ○ ○	1958. 1.16
38	静内町シュンベツ川	崩壊防止事業	500	溪岸斜面		ナガバヤナギ バッコヤナギ	○ ○		1960.
39	幌泉町エリモ岬	海岸林造成事業	20	海岸	砂地	ナガバヤナギ エゾノキヌヤナギ	○ ○	○	1958. 6.28 1961. 8.25
40	幌泉町サルル川	護岸工事	20	川原	砂礫	オオバヤナギ ケショウヤナギ ナガバヤナギ イヌコリヤナギ	○ ○ ○	 ○	1958. 6.29
41	池田町千代田	崩壊地復旧事業	220	崩壊地	砂質土	ナガバヤナギ ギンドロ タチヤナギ	○ ○	○ ○	1960.10.17 1961. 8.20
42	浦幌町大津	海岸林造成事業	5	海岸	砂地	エゾノキヌヤナギ ナガバヤナギ イヌコリヤナギ タチヤナギ ギンドロ シモニドロ チリメンドロ ドロノキ		○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	1960.10.17 1961. 8.20
43	釧路市昭和	泥炭地造林排水客土試験	5	泥炭地	泥炭	ナガバヤナギ エゾノキヌヤナギ バッコヤナギ オオバヤナギ	○ ○ ○ ○	 ○	1960.10.14 1961. 8.21
44	浜中村キリタップ	津波災害復旧事業，防潮林造成事業	2	海岸砂地	砂地	エゾノキヌヤナギ		○	1960.10.14
45	根室市西和田	海岸防風林造成事業	40	海岸台地牧野	火山灰地	ナガバヤナギ		○	1960.10.15
46	根室市花咲	ナダレ防止事業	20	海岸台地斜面	火山灰地	ナガバヤナギ	○		1960.10.15
47	根室市		10	風衝地		タライカヤナギ イヌコリヤナギ	○	 ○	1960.10.15
48	中標津町養老牛	耕地防風林造成事業	250	丘陵地	火山灰地	ナガバヤナギ バッコヤナギ イヌコリヤナギ タライカヤナギ	○ ○ ○ ○		1960.10.16
49	礼文島船舶	海岸林造成事業	5	海岸砂丘	砂地	ギンドロ ポプラ		○ ○	1961. 8. 7
50	利尻島仙法志	造林地(トドマツ)	25	海岸風衝地		ナガバヤナギ ドロノキ		○ ○	1961. 7.29

No.	① 場所	② 事業あるいは試験	③ 標高(m)	④ 環境	⑤ 土質	⑥ 樹種	⑦ 自生	⑧ 植栽・工事	⑨ 観察日
51	利尻島ランドマリ	崩壊地復旧事業	10	溪流	砂礫地	ナガバヤナギ	○		1961. 7.29
52	猿仏村シネシンコ	ナダレ防止林造成事業	15	海岸台地		ナガバヤナギ エゾノキヌヤナギ バッコヤナギ	 ○	○ ○ 	1961. 7.28
53	猿仏村知来別		15	海岸台地		ナガバヤナギ バッコヤナギ	○ ○		1961. 7.28
54	宗谷村宗谷岬		20	海岸道路法面		ナガバヤナギ	○		1961. 7.28
55	苫前町北香川	海岸林造成事業	30	海岸台地		ナガバヤナギ エゾノキヌヤナギ ギンドロ		○ ○ ○	1961. 8. 2
56	増毛町暑寒別川		15	川岸		ナガバヤナギ	○		1961. 8. 2
57	札幌市豊平町		70	鉱滓堆積場周辺		バッコヤナギ ナガバヤナギ イヌコリヤナギ エゾヤナギ	○ ○ ○ ○		1961. 5. 6
58	石狩町親船	海岸林造成事業さしき試験	6	海岸砂丘	砂地	ナガバヤナギ エゾノキヌヤナギ コリヤナギ イヌコリヤナギ タチヤナギ シモニドロ ギンドロ ポプラ	 ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ 	1961.5～1961.10
59	伊達町昭和新山	荒廃防止事業	550	火山泥流	火山砂礫地	バッコヤナギ ナガバヤナギ ドロノキ イヌコリヤナギ	○ ○ ○ ○	 ○ 	1961. 8.26 10.21
60	伊達町大滝		80	道路法面		バッコヤナギ イヌコリヤナギ ナガバヤナギ シダレヤナギ	○ ○ ○ 	 ○	1961.10.21
61	亀田村赤川	水源林造成事業	120	廃鉱地	泥炭質	イヌコリヤナギ ナガバヤナギ バッコヤナギ	○ ○ ○		1961. 7.20
62	亀田村紅葉山	崩壊地復旧事業	400	溪岸	砂礫地	イヌコリヤナギ ナガバヤナギ	○ ○		1961. 7.21
63	鹿部村砂原	荒廃防止事業	150	火山山麓	火山砂礫地	イヌコリヤナギ ナガバヤナギ バッコヤナギ ドロノキ ギンドロ	○ ○ ○ ○ 	 ○	1961. 7.22
64	平取町オユンベ	崩壊地復旧事業	200	野溪	砂礫地	エゾノキヌヤナギ タチヤナギ イヌコリヤナギ ナガバヤナギ	○ ○ ○ ○		1961. 8.24
65	門別町庫富	崩壊地復旧事業	50	崩壊地	砂礫地	バッコヤナギ イヌコリヤナギ	○ ○	 ○	1961. 8.24

No	① 場所	② 事業あるいは試験	③ 標高 (m)	④ 環境	⑤ 土質	⑥ 樹種	⑦ 自生	⑧ 植栽・工事	⑨ 観察日
66	門別町富川		10	海岸段丘山腹		ナガバヤナギ カワヤナギ イヌコリヤナギ ウンリュウヤナギ ギンドロ	○ ○ ○	 ○ ○	1961. 8.24
67	門別町清畠		15	海岸段丘山腹		ギンドロ		○	1961. 8.24
68	門別町比宇	崩壊地復旧事業	200	山腹崩壊地		イヌコリヤナギ ナガバヤナギ	○ ○		1961. 8. 8
69	門別町厚賀	崩壊地復旧事業	80	山腹		タチヤナギ ギンドロ ウンリュウヤナギ	○	 ○ ○	1961. 8. 9
70	浦河町東栄	防潮林造成事業	5	河口	砂地	ナガバヤナギ イヌコリヤナギ	○ ○		1961. 8.24
71	浦河町東山	水路工	50	川岸		イヌコリヤナギ	○	○	1961. 8.20
72	白糠町和天別	海岸林造成事業	40	海岸段丘	泥炭	ナガバヤナギ		○	1961. 8.22
73	白糠町庶路	護岸工	25	川岸		ナガバヤナギ		○	1961. 8.22
74	阿寒町紀の丘	水路工	30	低湿地		ナガバヤナギ タチヤナギ エゾノキヌヤナギ		○ ○ ○	1961. 8.22

II　ヤナギ類のさしき

さしき試験は，スギ・ヒノキ・ヤチダモなどの有用樹種，ハゼ・ツバキ・コウゾなどの特用樹種，リンゴなどの園芸植物，あるいは観賞植物の増殖について古くから行なわれている。これらは，苗畑の養苗作業を対象とするものであるが，土壌条件の悪い荒廃山地を対象とした砂防樹種については，佐藤・植村・斎藤 (1942)[135] によるヤマナラシ・トゲナシニセセカシヤ，橘高・小寺 (1949)[54] による青島トゲナシニセアカシヤ，兵頭 (1952)[37] による英国トゲナシニセアカシヤ，前橋営林局 (1956)[71] によるウツギ類・ヤナギ類・アキグミ・ニセアカシヤなど，森下・大山 (1957)[86] による青島トゲナシニセアカシヤ・イタチハギ・ポプラ・イヌコリヤナギなど，堀江・高橋 (1963)[34] によるヤナギ類・ウツギ類・イボタなどの試験がある。

ヤナギ科では，ハコヤナギ属 (*Populus*) について，最近各国で林木育種学の研究が盛んで，高木 (1948)[155]，石崎 (1951)[43] がドロノキについて研究しているが，ヤナギ属 (*Salix*) については増殖を目的とした試験は少なく，ほかの広葉樹と併列かあるいは試験の対照として扱われ，斎藤 (1955)[129]，杉浦 (1955～1959)[153] の研究がある。

砂防樹種としてのヤナギ類については，RASCHENDORFER (1953)[126]，前橋営林局 (1956)[71]

と森下・大山 (1957)[86]，村井 (延)・東 (1957)[95]，東 (1958～1959)[21~23]，東・星野 (1960)[25]，東・村井 (1961)[26]，東・村井・星野 (1961)[27]，渡辺・村井 (宏)・佐藤 (1958～1960)[171~172]，村井 (宏)・渡辺 (1963)[91]，堀江・高橋 (1963)[34] の試験がある。

いずれの試験においても，ヤナギ類はほかの樹種より発根・ぼう芽しやすいことが認められているが，砂防植生工へ導入する場合には，園芸や造林用の育苗関係にみられない悪条件 (土壌・保護・管理について) を考慮しなければならないので，強い生活力をもつとされているヤナギ類のさしき試験は，さらに追究されたものが必要であると考えられた。

1. さしき採取時期による発根力の差

生長の盛んな若枝で，貯蔵物質や生長ホルモンの多い時期，すなわち生長開始期のまえがさしきの適期とされているが[147]，杉浦 (1955～1959)[153] の試験でわかるように，ヤナギ類は春・夏・秋を通じてよく発根する。しかし，RASCENDORFER (1953)[126] が *Salix purpurea* など 11 種のヤナギ類について野外と室内で行なった試験では，発根力が強いとされているヤナギ類にも季節的な差がみとめられている。

このようなヤナギ類さしきの発根力の差は，砂防植生工に適用する場合，当然導入方法に変化をもたらすものと考えられた。しかし一般的なさしき試験の方法では，ヤナギ類の発根力の差を確かめることができないので，著者は，恒温乾燥器 (45～47°C) で 30, 60, 90, 120 分乾燥し，室温に冷したさしきを蒸溜水 (深さ：5～6 cm) にさし，人為的ないためつけによって，発根・ぼう芽の状態をみて，さしきの生死を判断とし，発根力の強さを比べた。

試料は 1957 年 3 月 15 日，5 月 31 日，7 月 21 日，9 月 15 日に北海道大学天塩地方演習林 (音威子府村) で採取し，ビニール袋に入れ 2～6 日後の 3 月 20 日，6 月 6 日，7 月 23 日，9 月 20 日に北海道大学農学部砂防工学実験室 (札幌) で処理し，約 1 カ月間観察した。樹種はナガバヤナギ (*Salix sachalinensis* FR. SCHM.)，エゾノキヌヤナギ (*Salix pet-susu* KIMURA)，タチヤナギ (*Salix subfragilis* ANDERS.)，バッコヤナギ (*Salix bakko* KIMURA) で，母樹年齢は 5～10 年 (推定)，さしき年齢は 2～4 年とし，さしきの長さは約 20 cm，元口を斜切りにし切返しをつけ，各樹種 4 本 1 組とした。

試験は地下室で行なったために 1 試験期間中の室温に急激な日変化はなく，3 月は午前 10 時に 20°C 前後，夜間は 15°C 前後を示し，6 月，9 月は煖房がないために 3 月よりいくぶん低く，7 月は午後太陽光線の入射によってほかの月よりも高温となった。

表 2 に採取期別に，各樹種のさしきの太さ，発根率 (発根したさしきの百分率)，ぼう芽率 (ぼう芽したさしきの百分率) をあげた。

表2.　人工乾燥 (45～47°C) によるさし き試験 (1957)

Table 2.　Water-cultur of cuttings after oven-dried (45～47°C)

① 採取期	② 樹種	③ さしきの太さ (mm)	④発根率(%) ⑥乾燥時間(分) 0	30	60	90	120	⑤ぼう芽率(%) ⑦乾燥時間(分) 0	30	60	90	120
Mar. 15	⑧ナガバヤナギ	6～ 9	100	75	25	0	0	100	100	25	0	0
	⑨エゾノキヌヤナギ	6～10	100	100	100	100	100	75	75	50	0	50
	⑩タチヤナギ	8～12	100	100	100	100	100	75	100	50	50	50
	⑪バッコヤナギ	6～ 9	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	50	75	50	50	25
May 31	⑧ナガバヤナギ	7～11	100	100	0	0	0	75	75	0	0	0
	⑨エゾノキヌヤナギ	6～ 8	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0
	⑩タチヤナギ	6～ 8	75	50	0	0	0	100	100	100	0	0
	⑪バッコヤナギ	5～11	0	0	0	0	0	100	100	100	25	0
Jul. 21	⑧ナガバヤナギ	7～ 8	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0
	⑨エゾノキヌヤナギ	7～ 8	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0
	⑩タチヤナギ	7～ 9	100*	0	0	0	0	100*	0	0	0	0
	⑪バッコヤナギ	7～ 8	0	0	0	0	0	100	75	75	0	0
Sep. 20	⑧ナガバヤナギ	6～ 8	75	25	0	0	0	75	0	0	0	0
	⑨エゾノキヌヤナギ	7～ 8	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	⑩タチヤナギ	8～12	75	50	50	0	0	100	75	75	0	0
	⑪バッコヤナギ	6～12	25	0	0	0	0	25	0	0	0	0

(　): 白くふくらんだだけで根にみえなかった。

*: 試料3本

(注) ① Season, ② Species, ③ Diameter of cuttings, ④ Percentage of rooted cuttings ⑤ Percentage of sprouted cuttings, ⑥ ⑦ dried hour (min), ⑧ Nagabayanagi, ⑨ Ezonokinuyanagi, ⑩ Tachiyanagi, ⑪ Bakkoyanagi.

1)　3月のさしき

ナガバヤナギは60分乾燥したものでは，発根率が25%となり，それ以上の乾燥時間では発根せず，またぼう芽も同じ傾向をみせた。エゾノキヌヤナギ・タチヤナギ・バッコヤナギは120分乾燥したものでも，対照 (0分) と同様に100%の発根率を示したが，ぼう芽率は発根率より低かった。しかし，バッコヤナギの根は白いふくらみをみせただけで水中に伸びたものはなかった。

2)　5月のさしき

発根率はナガバヤナギが30分の場合に100%，タチヤナギは30分の場合に50%となり，60分以上の乾燥時間では発根しなかった。バッコヤナギは対照にしたものでも発根率は0であった。しかしバッコヤナギのぼう芽率は90分の場合に25%を示しており，タチヤナギは60分の場合に100%のぼう芽率で，ともに発根率を上廻っていた。

3) 7月のさしき

発根率はナガバヤナギ・エゾノキヌヤナギ・タチヤナギで対照のみ100%で，30分乾燥の場合は0となり，ぼう芽率も同じ傾向をみせた。バッコヤナギは対照にしたものすら発根しなかったが，ぼう芽率は対照だけ100%を示し，乾燥したものはどのヤナギも褐色の粘液を出し，5〜7日で腐敗した。

4) 9月のさしき

発根率は，タチヤナギの60分乾燥の場合の50%が限界で，ナガバヤナギの30分乾燥の場合の25%がこれに次ぎ，対照はバッコヤナギが25%，他は75%を示し，ぼう芽率はタチヤナギの60分乾燥の場合が75%，他の乾燥したさしきはぼう芽しなかった。

根数・根長・ぼう芽数・ぼう芽長は，さしきの生活力を示すように，3月のさしきは他の月よりも，乾燥時間の短かいさしきは乾燥時間の長いさしきよりも，根やぼう芽の数が多く，またよく伸びていた。

VAN DER LEK (1929)[175]，四手井・小笠原 (1957)[150] は芽を除くと発根がわるいことをのべ，福原 (1956)[17]，四手井・小笠原 (1957)[150] は常緑広葉樹・メタセコイアについて，葉のあるさしきは無葉のものより発根しやすく，ポプラについては，冬芽形成前は葉量の多いほどよく，冬芽形成後はあまり影響のないことを報じている。著者の試験では，発根・ぼう芽状況によって生死を判別し，また実際の施工面では着葉のさしきを使用しても意味がないので，いずれも葉をとり除いて行ない，この点には深くふれなかった。

採取後さしつけまで2〜6日を経過しているので，この間に微妙な生理現象がおこったかもしれないが，強度の人工乾燥を加えたことから，この点もとくに調べなかった。

しかし，各月のさしきの発根力は，バッコヤナギを除く他の3種の場合，3月が最も強く，5月，9月がこれにつぎ，7月は最も弱かった。杉浦 (前出) は採取期に左右されないで高い活着率を示すイヌコリヤナギ，コリヤナギ，タチヤナギの試験結果をあげているが，著者の試験においても，対照 (乾燥しないさしき) は，バッコヤナギを除き，毎回75〜100%の発根率で，同じ傾向を示している。しかし，いためつけたさしきについて，なお一段と掘りさげた見方をすると，発根力の強いヤナギ類にも時期によって大差のあることがわかる。RASCHENDORFER (1953)[126] は，早春 (花期)，初夏 (結実期)，晩夏 (第2の発芽期)，晩秋 (落葉期) ごとに11種のヤナギ類について調べ，一般にヤナギ類の発根力は花期に強く，種子成熟の時期や，種子がとびはじめる頃に発根力が弱いことを報告している。このなかで，初夏のさしき失敗は，気候が乾燥しがちであるという影響よりも，生長周期 (Jahresrhythmus) に関係が深いとのべ，早春にもっとも発根しやすいとのべている。北海道のヤナギ類の開花期は 4, 5月，種子成熟期は5月，6月とされており[151]，前記の試験結果も，3月

のさしきは120分乾燥しても，ほとんど発根力が失なわれず早春のさしきの強さを示し，粗放な貯蔵や取扱いにも耐えることを物語っているが，5月31日にとったさしきは，種子成熟期に合致し，その発根力も弱いことをあらわしている。

晩秋のさしきは，越冬後に判定を下さなければ妥当でないことは，この試験でもうかがうことができるが，同時に採取し，演習林苗畑（音威子府村）にさしきした2～4年生のナガバヤナギ・エゾノキヌヤナギ・バッコヤナギ・ドロノキの1年経過後の活着率は42%，92%，0%，83%で，少し採取期をおくらすことによって，あるいは高い活着率を期待できたかもしれない。また，この試験の前に同地で行なった予備試験（表3）では，1956年4月15日採取し，雪中に貯えたナガバヤナギ2～4年生のさしき15本と，6月1日に採取した100本とを山土を盛ったさし床にさし，1夏経った9月23日に測定したところ，前者は60%，後者は21%の活着率で，これも採取期による発根力の差とみることができた。

表3.　ヤナギ類の活着率（予備試験，音威子府）

Table 3.　Percentage of living cuttings (Preexperiment, Otoineppu, 1956～1957)

① 樹種	② 採取日	③ さしつけ日	④ 調査日	⑤ 試料数 (本)	⑥ 活着率 (%)	⑦ 備考
⑧バッコヤナギ	Apr. 15	Jun. 1	Sep. 23	15	0	⑪さしき採取後
⑨ナガバヤナギ	1956	1956	1956	15	60	雪中に貯蔵
⑧バッコヤナギ	Jun. 1	Jun. 1	Sep. 23	65	0	
⑨ナガバヤナギ	1956	1956	1956	100	21	
⑧バッコヤナギ	Nov. 2	Nov. 2	Sep. 14	24	0	
⑨ナガバヤナギ	1956	1956	1957	24	33	
⑩エゾノキヌヤナギ				24	75	

(注)　① Species, ② Cutted, ③ Planted, ④ Observed, ⑤ Number of cuttings, ⑥ Percentage of living cuttings, ⑦ Note, ⑧ Bakkoyanagi, ⑨ Nagabayanagi, ⑩ Ezonokinuyanagi, ⑪ Cuttings were stored in snow.

実際に砂防植生工に導入する時期については，後述するように，工事実行上の事情，土壌条件，気象条件によって生理学とは別の問題が派生するが，いずれにしても，採取期による発根力の差を考慮しなければ，さしきによる好結果をのぞむことはできない。

2.　樹種による発根力の差

種類の多いヤナギ属のさしきについて，同一条件のもとで発根力を比べた試験は RASCHENDORFER (1953)[126] の論文にみられるが，著者が行なった採取期別の試験結果（表2）によっても，樹種間に個性のちがいがあるように考えられる。すなわち，バッコヤナギの発根状態がナガバヤナギ・エゾノキヌヤナギ・タチヤナギに比べて各採取期ともに，非常

に悪いということである。発根力が強いと結論された3月のさしきについてみても，対照から120分乾燥したさしきまで，根はカルス状（粟粒状）の白いふくらみをみせただけで，水中で伸長するような根の形をとらなかった。しかし，ぼう芽は9日目からはじまり2〜3 cmに伸長し，完全にさしきが枯死したということではなかった。9月のさしきで対照の1本が約3 cmの根を伸したほかは，5月，7月ともに対照すら発根せず，ぼう芽だけは他のヤナギより良い成績を示した。

また，北大中川地方演習林苗畑で行なった予備試験の結果をまとめた**表3**によってもわかるように，バッコヤナギが全く活着していないということは，バッコヤナギが有用砂防樹種の一つにあげられているだけに，さらに追究しなければならない問題と考えられた。

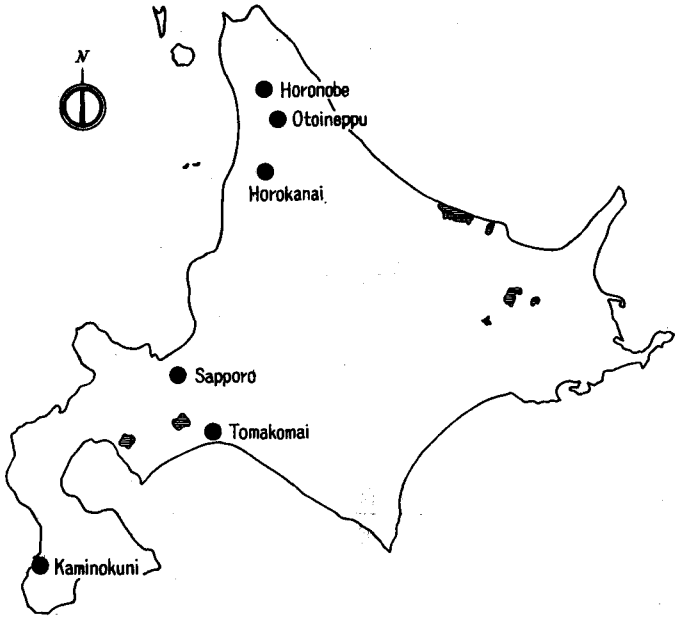


図1.　試料採取地
Fig. 1.　Locality of samples.

そこで**図1**に示すように，北海道大学中川地方演習林（音威子府村，標高80 m，第三紀層，じょう土），北海道大学雨竜地方演習林（幌加内町，標高300 m，軽粘土），北海道大学実験苗畑（札幌市標高13 m，砂質じょう土），北海道大学苫小牧地方演習林（苫小牧市，標高50m火山砂礫地），北海道大学桧山地方演習林（上の国村，標高50 m，じょう土）から，狭い地域に自生または植栽されている数種のヤナギを，バッコヤナギとともに採取し，野外と室内で試験した。試料の作製法は前回と同様に，長さ20 cm，元口を斜切りし，切り返しをつけた。試料をとった母樹の条件は**表4**のとおりである。

表4. 母樹の条件

Table 4. Conditions of mother trees

① 生育地	No.	② 樹種	③ 性	④ 年齢	⑤ 樹種 (m)	⑥ 胸高直径 (cm)	⑦ 備考
⑧ 北海道大学中川地方演習林 (音威子府村)	1	⑮バッコヤナギ	—	8	8	10	⑬自生
	2	⑯エゾノキヌヤナギ	—	10	8	12	〃
	3	⑰ナガバヤナギ	—	12	12	15	〃
	4	⑱タチヤナギ	—	5	5	6	〃
⑨ 北海道大学雨竜地方演習林 (幌加内町)	1	⑲バッコヤナギ	♀	10	7	8	⑬自生
	2	⑳ 〃	♀	10	7	10	〃
	3	㉑エゾノキヌヤナギ	♂	5	3	5	〃
	4	㉒ナガバヤナギ	♂	10	10	14	〃
	5	㉓ 〃	♀	10	10	12	〃
	6	㉔シダレヤナギ	—	5	2	6	⑭植栽
⑩ 北海道大学実験苗畑 (札幌市)	1	㉕バッコヤナギ	♂	10	7	12	⑬自生
	2	㉖ 〃	♀	10	7	10	〃
	3	㉗エゾヤナギ	♂	20	12	32	⑭植栽
	4	㉘ウンリュウヤナギ	♂	30	16	47	〃
	5	㉙シダレヤナギ	♂	30	15	48	〃
	6	㉚コリヤナギ	♂	10	3	6	〃
	7	㉛ケショウヤナギ	♀	20	4	20	〃
⑪ 北海道大学苫小牧地方演習林 (苫小牧市)	1	㉜バッコヤナギ	—	5	3	4	⑬自生
	2	㉝イヌコリヤナギ	—	3	1	(1)	〃
	3	㉞ナガバヤナギ	—	5	4	4	〃
⑫ 北海道大学檜山地方演習林 (上の国村)	1	㉟バッコヤナギ	—	12	8	10	⑬自生
	2	㊱エゾノキヌヤナギ	—	5	4	3	〃
	3	㊲イヌコリヤナギ	—	3	1	(1)	〃
	4	㊳ナガバヤナギ	—	5	3	4	〃
	5	㊴タチヤナギ	—	3	2	2	〃
	6	㊵オオバヤナギ	—	20	5	20	〃

(注) ① Locality, ② Species, ③ Sex, ④ Age, ⑤ Height, ⑥ Breast-height diameter, ⑦ Note, ⑧ Nakagawa Exp. forest, Hokkaido Univ. (Otoineppu), ⑨ Uryu Exp. forest, Hokkaido Univ. (Horokanai), ⑩ Exp. Nursery, Hokkaido Univ. (Sapporo), ⑪ Tomakomai Exp. forest, Hokkaido Univ. (Tomakomai), ⑫ Hiyama Exp. forest Hokkaido Univ. (Kaminokuni), ⑬ Spontaneous, ⑭ Planted, ⑮ Bakkoyanagi, ⑯ Ezonokinuyanagi, ⑰ Nagabayanagi, ⑱ Tachiyanagi, ⑲⑳ Bakkoyanagi, ㉑ Ezonokinuyanagi, ㉒㉓ Nagabayanagi, ㉔ Shidareyanagi, ㉕㉖ Bakkoyanagi, ㉗ Ezoyanagi, ㉘ Unryuyanagi, ㉙ Shidareyanagi, ㉚ Koriyanagi, ㉛ Keshoyanagi, ㉜ Bakkoyanagi, ㉝ Inukoriyanagi, ㉞ Nagabayanagi, ㉟ Bakkoyanagi, ㊱ Ezonokinuyanagi, ㊲ Inukoriyanagi, ㊳ Nagabayanagi, ㊴ Tachiyanagi, ㊵ Ōbayanagi.

1) 野外試験の活着率

音威子府村，札幌市，上の国村で行なった野外試験は，各樹種ごとに毎回試料数10本とし，さしつけは深さ10～15 cmにたてざしとした。さしつけ後は日除，灌水などをせず，除草だけ数回行なった。

札幌においては，1958年3月から9月まで毎月採取したさしきにより，音威子府では同年5月から8月のさしきにより，また上の国では，同年8月のさしきについて採取後直ちにさしつけて試験した。降雪前および越冬後の活着状態は**表5**にまとめたのとおりである。

札幌ではさしつけた年の秋の活着率は，総計してバッコヤナギは21%，10%，エゾヤナギ56%，ウンリュウヤナギ89%，シダレヤナギ60%，コリヤナギ94%，ケショウヤナギ0%で全く活着せず，バッコヤナギは平均16%の活着率にとどまり，ほかのヤナギよりも低率であった。しかしバッコヤナギは 4月，8月，9月のさしきが20～60%活着し，春・秋のさしきは活着能力があることがわかった。越冬後はどのヤナギも生存率が低下したが，とくにバッコヤナギとウンリュウヤナギは低率となった。コリヤナギは各月ともに高率を示し，エゾヤナギは春と秋，シダレヤナギは春のさしきが多く残存した。

音威子府の結果はバッコヤナギが5%で最も低く，タチヤナギ35%，ナガバヤナギ58%，エゾノキヌヤナギ70%であった。エゾノキヌヤナギは夏のさしきも活着率が高かった。

上の国では，8月27日に1回さしきし越冬後調べただけであるが，バッコヤナギとオオバヤナギは全く活着せず，エゾノキヌヤナギが20%，ナガバヤナギ，イヌコリヤナギはともに60%であった。

以上の結果から，バッコヤナギの活着率は他のヤナギに比べると低いが，ケショウヤナギ，オオバヤナギなどよりは高く，かつ活着を期待できるさしき採取期は春・秋の幅の狭い時期しかないことがうかがえる。この試験では採取後直ちにさしきしたので，さしつけまでの乾燥は少なかった。さしき試験としては母樹年齢，採取部位などさらに厳密な点を吟味しなければならないが，ここでは砂防植生工導入の立場から，他のヤナギ類との相対的な差をみるのを主眼としたために，深くふれなかった。

2) 室内試験の発根率とぼう芽率

音威子府村，幌加内町，札幌市，苫小牧市で採取したさしきについては札幌で，上の国村で採取したさしきについては桧山地方演習林研究室で水さし試験をし，発根・ぼう芽状態を調べた。各組の試料数は5本とし，野外試験と同じ要領で試料を作り，約5 cmの水深で浸し，約3週間観察した。

表6は発根率，ぼう芽率の総括表である。ケショウヤナギ，オオバヤナギは全く発根

表5. 野外試験の活着率 **Table 5.** Percentage of living cuttings at field (1958～1959)

① 試験地	⑤ 測定月日	⑥ 樹種 / ⑦ 採取期	⑧ バッコヤナギ (%)	⑧ バッコヤナギ (%)	⑨ エゾヤナギ (%)	⑩ ウンリュウヤナギ (%)	⑪ シダレヤナギ (%)	⑫ コーリヤナギ (%)	⑬ ケショウヤナギ (%)	⑭ エゾノキヌヤナギ (%)	⑮ ナガバヤナギ (%)	⑯ タチヤナギ (%)	⑰ イヌコリヤナギ (%)	⑱ オオバヤナギ (%)
② 札幌	Oct. 3, 1958	Mar. 1958	0	0	60	100	90	—	0	—	—	—	—	—
		Apr. 〃	50	20	100	100	90	—	0	—	—	—	—	—
		May 〃	0	0	10	90	90	90	0	—	—	—	—	—
		Jun 〃	0	0	10	90	40	100	0	—	—	—	—	—
		Jul. 〃	0	0	30	100	20	90	0	—	—	—	—	—
		Aug. 〃	60	30	90	90	40	100	0	—	—	—	—	—
		Sep. 〃	40	20	90	50	50	90	0	—	—	—	—	—
		⑲平均	21	10	56	89	60	94	0	—	—	—	—	—
	Jun. 17, 1959	Mar. 1958	0	0	50	100	70	—	0	—	—	—	—	—
		Apr. 〃	50	0	90	100	80	—	0	—	—	—	—	—
		May 〃	0	0	10	80	90	90	0	—	—	—	—	—
		Jun 〃	0	0	10	80	30	100	0	—	—	—	—	—
		Jul. 〃	0	0	0	30	10	70	0	—	—	—	—	—
		Aug. 〃	30	0	50	90	30	90	0	—	—	—	—	—
		Sep. 〃	10	0	50	0	0	100	0	—	—	—	—	—
		⑲平均	13	0	37	69	44	90	0	—	—	—	—	—
③ 音威子府	Nov. 1, 1958	May 1958	20	—	—	—	—	—	—	50	100	30	—	—
		Jun. 〃	0	—	—	—	—	—	—	90	80	70	—	—
		Jul. 〃	0	—	—	—	—	—	—	80	20	20	—	—
		Aug. 〃	0	—	—	—	—	—	—	60	30	20	—	—
		⑲平均	5	—	—	—	—	—	—	70	58	35	—	—
④ 上の国	Jul. 15, 1959	Aug. 1958	0	—	—	—	—	—	—	20	60	—	60	0

(注) ① Site of experiment, ② Sapporo, ③ Otoineppu, ④ Kaminokuni, ⑤ Observed, ⑥ Species, ⑦ Season, ⑧ Bakkoyanagi, ⑨ Ezoyanagi, ⑩ Unryuyanagi, ⑪ Shidareyanagi, ⑫ Koriyanagi, ⑬ Keshoyanagi, ⑭ Ezonokinuyanagi, ⑮ Nagabayanagi, ⑯ Tachiyanagi, ⑰ Inukoriyanagi, ⑱ Ōbayanagi, ⑲ Average,

表 6. 室内試験の発根率とぼう芽率

Table 6. Percentage of rooted and sprouted cuttings at water culture (1958)

① 試験地	② 採取期	⑨ バッコヤナギ		⑩ バッコヤナギ		⑪ エゾヤナギ		⑫ ウンリュウヤナギ		⑬ シダレヤナギ		⑭ コリヤナギ		⑮ ケショウヤナギ		⑯ ナガバヤナギ		⑰ タチヤナギ		⑱ イヌコリヤナギ		⑲ オオバヤナギ	
		⑳ 発根率 (%)	㉑ ぼう芽率 (%)	⑳ 発根率 (%)	㉑ ぼう芽率 (%)	⑳ 発根率 (%)	㉑ ぼう芽率 (%)	⑳ 発根率 (%)	㉑ ぼう芽率 (%)	⑳ 発根率 (%)	㉑ ぼう芽率 (%)	⑳ 発根率 (%)	㉑ ぼう芽率 (%)	⑳ 発根率 (%)	㉑ ぼう芽率 (%)	⑳ 発根率 (%)	㉑ ぼう芽率 (%)	⑳ 発根率 (%)	㉑ ぼう芽率 (%)	⑳ 発根率 (%)	㉑ ぼう芽率 (%)	⑳ 発根率 (%)	㉑ ぼう芽率 (%)
③札幌	Mar.	0	100	0	80	100	100	100	100	100	100	—	—	0	100	—	—	—	—	—	—	—	—
	Apr.	100	100	0	100	100	100	100	100	100	100	—	—	0	80	—	—	—	—	—	—	—	—
	May	0	40	0	60	100	100	100	100	100	100	100	100	0	40	—	—	—	—	—	—	—	—
	Jun	0	20	0	60	100	100	100	100	100	100	100	100	0	60	—	—	—	—	—	—	—	—
	Jul.	20	100	0	80	100	100	100	100	100	80	100	100	0	60	—	—	—	—	—	—	—	—
	Aug.	0	100	0	80	100	100	100	100	100	80	100	100	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	Sep.	0	60	0	40	100	100	100	20	100	100	100	100	0	40	—	—	—	—	—	—	—	—
	⑧ 平均	17	74	0	71	100	100	100	89	100	94	100	100	0	54	—	—	—	—	—	—	—	—
④音威子府	Jun	0	60	—	—	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	100	80	100	100	—	—	—	—
⑤幌加内	Jun	0	40	—	—	100	40	—	—	100	80	—	—	—	—	90	30	—	—	—	—	—	—
⑥苫小牧	Jun	0	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	100	—	—	100	100	—	—
⑦上の国	Jul.	20	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	80	100	100	100	100	—	—
〃	Aug.	20	100	—	—	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	100	100	—	—	100	100	0	100

(注) ① Site of experiments, ② Season, ③ Sapporo, ④ Otoineppu, ⑤ Horokanai, ⑥ Tomakomai, ⑦ Kaminokuni, ⑧ Average, ⑨⑩ Bakkoyanagi, ⑪ Ezoyanagi, ⑫ Unryuyanagi, ⑬ Shidareyanagi, ⑭ Koriyanagi, ⑮ Keshoyanagi, ⑯ Nagabayanagi, ⑰ Tachiyanagi, ⑱ Inukoriyanagi, ⑲ Ōbayanagi, ⑳ Percentage of rooted cuttings, ㉑ Percentage of sprouted cuttings.

せず，バッコヤナギは札幌で平均17%，上の国では20% 発根した。しかしぼう芽率はケショウヤナギ54%，バッコヤナギは札幌で平均71～74%，その他の場所では40～100%，オオバヤナギ100% で，それぞれ発根率よりはるかに高率であった。

一方対照にとった他のヤナギでは，発根率89～100%，ぼう芽率78～100% で，大部分のさしきが発根・ぼう芽して，ケショウヤナギ，オオバヤナギ，バッコヤナギとは格段の差があった。

3) バッコヤナギさしきの活着

広葉樹のさしきは，春ざしがほかの季節よりもよい成績を示すが[126),128),147),153)]，ヤナギ類についても同じような結果が得られた。野外および室内における試験の結果，ケショウヤナギ，オオバヤナギはほとんど活着しなかたっが，バッコヤナギは4月にやや強い発根力を示し，他の広葉樹と同じような傾向をもっていると考えられた。したがって前記と同じような方法で，北海道大学実験苗畑の周囲にあったバッコヤナギ (2株：推定樹齢8年) とシダレヤナギ (1株：推定樹齢30年) から1959年3月5日～4月2日までの間，毎週15本ずつの試料をとり，3月5日から3月26日までにとった試料は雪中に貯え，4月2日にとった試料とともに同日さしつけた。さしつけ方法，試料数は前回と同じようにしたが，4月2日のバッコヤナギ1種は試料不足のため，水さし試験をやめた。苗畑では5月15日，6月18日，6月24日に活着率をしらべ，10月6日に活着率と地上高を測定した。水さし試験では45日間ぼう芽や発根の状態を観察した。この試験でシダレヤナギだけを対照にえらんだのは，バッコヤナギ，オオバヤナギ，ケショウヤナギを除く他のヤナギ類の間には前の試験で大差なく，シダレヤナギの試料は必要数だけ容易に入手できたからである。

野外試験の結果は**表7**に示すとおりで，バッコヤナギは平均8～22% で最高は3月5日の60% あったのに対して，シダレヤナギは平均80% の高率を示し，この時期における

表7.　野外試験の活着率

Table 7.　Percentage of living cuttings at field (1959～1960)

① 測定月日	② 採取期	③ バッコヤナギ (%)	④ バッコヤナギ (%)	⑤ シダレヤナギ (%)	① 測定月日	② 採取期	③ バッコヤナギ (%)	④ バッコヤナギ (%)	⑤ シダレヤナギ (%)
Oct. 6 1959	Mar. 5	20	60	60	Jun. 10 1960	Mar. 5	10	0	60
	Mar. 12	20	0	60		Mar. 12	10	0	50
	Mar. 19	0	20	100		Mar. 19	0	10	80
	Mar. 26	0	10	80		Mar. 26	0	0	80
	Apr. 2	0	20	100		Apr. 2	0	0	90
	⑥平　均	8	22	80		⑥平　均	4	2	72

(注) ① Date, ② Season, ③④ Bakkoyanagi, ⑤ Shidareyanagi, ⑥ Average.

バッコヤナギの活着も，ヤナギ類としてはあまりよいほうでないことがわかった。越冬後の生存率は1年目の活着率よりもはるかに低率で平均2〜4% であった。これに対してシダレヤナギは平均72% であまり低下していない。バッコヤナギは1年目の活着後に不安定な生育状態を続けたことを示しているといえる。

室内における水さし試験の結果は**表8**に示したとおりで，バッコヤナギの発根率は平均4〜30% で，No. 1では3月5日の試料だけが20%，No. 2では3月26日に60% 発根し，No. 1とNo. 2との間にも差があった。しかしぼう芽率は85〜100% で，発根率とは極端に差が開いた。これに比べ，シダレヤナギは発根率，ぼう芽率ともに毎回100% で，野外試験と同様に，バッコヤナギはシダレヤナギに比べ，はるかに発根しにくいことが証明された。

表8.　室内試験の発根率とぼう芽率

Table 8.　Percentage of rooted and sprouted cuttings at water culture (1959)

① 採取期	②バッコヤギナ No. 1		③バッコヤナギ No. 2		④シダレヤナギ		⑧ 備考
	⑤ 発根率 (%)	⑥ ぼう芽率 (%)	⑤ 発根率 (%)	⑥ ぼう芽率 (%)	⑤ 発根率 (%)	⑥ ぼう芽率 (%)	
Mar. 5	20	100	0	80	100	100	⑨ Apr. 2は試料不足のためバッコヤナギNo. 2水さし中止。
Mar. 12	0	100	20	80	100	100	
Mar. 19	0	100	40	80	100	100	
Mar. 26	0	100	60	100	100	100	
Apr. 2	0	100	—*	—*	100	100	
⑦平均	4	100	(30)	(85)	100	100	

(注) ① Season, ②③ Bakkoyanagi, ④ Shidereyanagi, ⑤ Percentage of rooted cuttings, ⑥ Percentage of sprouted cuttings, ⑦ Average, ⑧ Note, ⑨ * Run out of samples

このようなバッコヤナギの活着・発根状態をさらに詳しく確かめるために，1960年4月6日，北海道大学天塩地方演習林（幌延町）で採取したバッコヤナギ・エゾノキヌヤナギ・ナガバヤナギ各60本の試料（さしき年齢：2〜4年，長さ20 cm）を4月9日，北海道大学実験苗畑で試験した。その結果は**表9**のとおりであるが，さしつけ後約1カ月たった頃(5月上旬)から開葉しはじめた。この表では開葉した数をいちおう活着率としてあらわした。バッコヤナギははじめの活着率も低いが，5月25日以降いちじるしく低下していることがわかる。

図2-1は1959年4月2日にさしつけた各50本ずつのバッコヤナギとシダレヤナギの活着率の変化を示す。バッコヤナギは5月15日に52〜58% の活着率であったが，6月18日には16〜32% に減少し，10月6日まで約半年間生きつづけたものは8〜22% にすぎな

表9.　活着率の変化

Table 9.　Variation of percentage of living Cuttings (1960).

①樹種 ⑤調査日	May 14 (%)	May 25 (%)	Jul. 7 (%)	Jul. 20 (%)	Aug. 1 (%)	Sep. 10 (%)	⑥備考
②バッコヤナギ	29	37	12	5	2	2	⑦試料数各60本
③エゾノキヌヤナギ	97	97	97	93	93	90	2～4年生
④ナガバヤナギ	90	97	97	97	97	93	

(注)　① Species, ② Bakkoyanagi, ③ Ezonokinuyanagi, ④ Nagabayanagi, ⑤ Date, ⑥ Note, ⑦ 60 cuttings, 2～4 years.

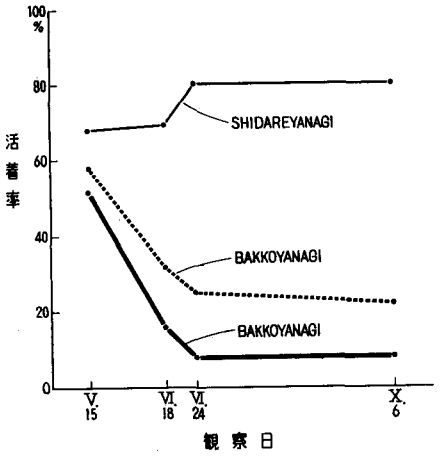


図 2-1.　さし床における活着率の変化 (1959)

Fig. 2-1.　Variation of percentage of living cuttings in field.

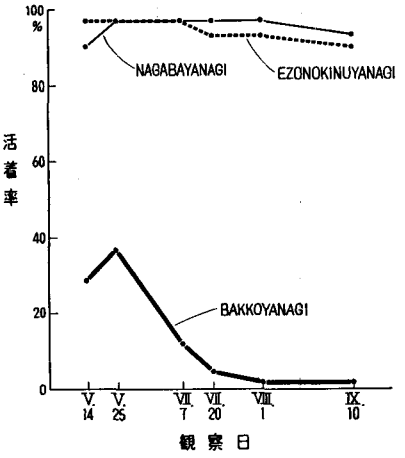


図 2-2.　さし床における活着率の変化 (1960)

Fig. 2-2.　Variation of percentage of living cuttings in field.

かった。これに反し，シダレヤナギは68%から80%に増加して，バッコヤナギとは逆の傾向を示した。同様に1960年4月9日(前記)に各60本ずつをさしつけたバッコヤナギ・エゾノキヌヤナギ・ナガバヤナギの活着率の変化を**図 2-2** に示した。この図でもバッコヤナギの活着率が急に減少することが注目される。

1), 2), 3) の結果から総合してみると，ケショウヤナギ・オオバヤナギはぼう芽するが，発根，活着せず，バッコヤナギはぼう芽するが，発根する時期は限られ，活着率は減少することがわかった。しかもこの活着率の減少は，一時的にぼう芽してあたかも活着しているかのようにみえるさし木が，発根を伴わないためにさしき内の養分を消費しつくして枯死するという現象にほかならない。

わが国では，バッコヤナギ (ヤマネコヤナギ・サルヤナギ) のことを，*Salix caprea* LINN. としていたこともあったが，木村 (1928)[53] はわが国のバッコヤナギは，木質部の表面に隆起線のあることから，ヨーロッパやアジア大陸の *caprea* と区別して，*Salix bakko*

KIMURA とした。したがって諸戸 (1914)[87] が,「ヨーロッパ諸国における野溪留工事調査復命書」にあげているバッコヤナギと，わが国のバッコヤナギとは分類学上同一ではない。

RASCHENDORFER (1953)[126] が 11 種のヤナギ属について試験した結果，オウシウバッコヤナギ (*caprea*) は花期にとったさしきがわずかに活着したが，ほかの時期にとったさしきは芽を開くだけで発根しないために間もなく枯死することをみとめ "Blender (偽瞞者)" と形容して，年間を通じて強い発根力を示す *purpurea* や *nigricans* と区別している。またモロゾフの森林学 (岩崎直人抄訳)[45] に，バッコヤナギさしき増殖の困難さがうかがわれる。このことは，諸戸やその他の学者によって，オウシウバッコヤナギ (原著ではバッコヤナギ) はさしきとして利用できるとのべられているのとは対立することになる。

CARLSON (1938),[9] (1950)[10] によれば，ヤナギ類の根は枝を切りとるまでにすでにできていて，ある程度まで発達し，この潜伏している「根のもと」は夏のはじめに，葉隙や枝隙のうえにある第 1 次射出線と形成層・シ部がまじわる付近から分裂をはじめ，ある程度まで大きくなっている。切りとってさしきすればすぐ根になり，そのままであれば発達がわるく，後に木がふとくなるにつれてこわされてしまうとされている。VAN DER LEK によれば *caprea* と *aurita* にはこのような根のものがないとされているが[138),175)]，*caprea* がほかのヤナギに比べて発根しにくいのは「根のもと」がないことに原因しているかもしれない。しかし戸田 (1952)[164] は「根のもと」の存在と発根の難易性を直接関係づけていない。著者の行なったバッコヤナギに関する試験結果と，RASCHENDORFER の報告した *caprea* の発根状態は全く一致している。バッコヤナギの「根のもと」の存在については確かめなかったが，ヤナギ属のなかでバッコヤナギ・オウシウバッコヤナギが特殊なものであるように，バッコヤナギに近縁のエゾノバッコヤナギ (*Salix hultenii* FLODERUS) も発根しにくい一群に属するのではないかと考えられる。しかしここでは両者を厳密に区別しなかった。

さしきの発根困難な樹種については，発根阻害物質によることが研究されている。橘高・小寺 (1949)[54] は青島トゲナシニセアカシヤについて，橘高・大山 (1951)[51] はニセアカシヤ・ハンノキ・ハゼ・ヤマモモ・フサアカシヤ・クリ・シダレヤナギについて，森下・大山 (1952)[83] はクリ・ヤマモモについて，中江・辰巳・吉田 (1960)[102] はヤチダモについて調べている。ヤナギ類はもともと発根しやすい樹種に属しているので，このような試験の場合には，一般に *indicator* として使用され，とくにヤナギ類について詳しく調べられたものはみあたらない。著者は，バッコヤナギとケショウヤナギの浸出液にエゾノキヌヤナギを *indicator* としてさしきしたが，浸出液と対照 (水) との間に差はみられなかった。したがってバッコヤナギとケショウヤナギに強い発根阻害物質が含まれているとは考えられなかった。またオオバヤナギについては，上の国村，天の川護岸工事のヤナギ粗だ沈床で，

ナガバヤナギ使用部分はぼう芽して，完全な護岸工を形成しているが，オオバヤナギ粗だを使用した部分は全くぼう芽していないことから，オオバヤナギさしきの活着が，これまでの試験でみたのと同傾向を示していると考えられた。バッコヤナギ・ケショウヤナギ・オオバヤナギと同じような傾向をもつヤナギがほかにもあるかもしれないが，北海道では，バッコヤナギが多く，以前から砂防樹種の代表としてあげられているので，これまでの試験ではおもにバッコヤナギをとりあげた。その結果はほかのヤナギ類に比べ，山地直ざしはもちろん，さしき養苗すら困難なことがわかり，ヤナギ類を同一視して使用する工法に問題点のあることをみとめた。

3. 発根と土壌酸度の関係

砂防樹種のように生長の早い植物には土壌内の通気が重要であるとする門田 (1955)[47] の研究がある。通気性のよい火山灰地，海岸砂地では水分・肥料分に乏しく，重粘土地・泥炭地では過湿で通気が悪い。崩壊斜面（地山）は固く，通気が悪く，水分・養分ともに少ないが，崩落土砂や法切土砂堆積部では土壌が攪乱されているために通気はよく，養分の多少は崩壊地によって異なる。このように砂防植生工を必要とする場所は必らずしもよい土壌条件にめぐまれているとはいえない。しかしヤナギ類の先駆侵入状態からみると，ヤナギ類は広く分布して，土壌条件にあまり影響されないのではないかと考えられる。

一般に植物は中性または中性に近い土壌で最もよく生育し，酸性やアルカリ性が強いと生育は劣る。しかし，最適反応は植物の種類によって多少の相違がある。守屋・永井 (1925)[82] は酸性土壌に対する樹種の抵抗について研究し，ARRHENIUS (1926) によれば各国土壌の反応について測定した結果，わが国の土壌は pH 7.0 以下が 95% を占めると述べられている[146]。

北海道の火山灰地は太平洋岸に応く分布し (166 万 ha)，泥炭地は石狩川流域および道東・道北の河川流域に多く (19 万 ha)，重粘土 (17 万 ha)，酸性土壌 (27 万 ha) は道北の低地にあって，いずれも酸性あるいは強酸性をもっている。佐々木 (1960)[145] が北海道内 1,667 点の土壌について測定した pH (H_2O) の平均は 5.6 附近にあって酸性に傾いていると報告し，4.0 以下 : 0.2%，4.1～5.0 : 8.8%，5.1～6.0 : 74.2%，6.1～7.0 : 16.7%，7.1 以上 : 0.1% となっている。この報告からみて，北海道で植生工を必要とする場所も酸性土が多いと考えられる。

さしきの発根におよぼす水素イオン濃度の影響については，高木 (1953)[156] や EIBERLE (1957)[12] がポプラについて行なっており，吉筋・川添 (1958)[179] はユーカリの生長との関係について研究している。しかしハコヤナギ属をのぞくとヤナギ類について調べたものはほとんどみあたらない。ここではヤナギ類のさしきの発根力と，pH 濃度の影響につい

て調べた。北海道大学実験苗畑に養成した試験用ヤナギ母樹 (**表 10**) より長さ 20 cm のさしきをとり，サックス 0.3% 培養液 (KNO_3: 1.0 g, NaCl: 0.5 g, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$: 0.5 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$: 0.5 g, $Ca_3(PO_4)_2$: 0.5 g, $FeCl_3$: trace, H_2O: 1000 cc) の pH 価 6 種 (2.4, 4.2, 6.0, 7.8, 9.6, 11.4) と水道水を 250 cc ずつ入れたコニカルビーカーに各 5 本ずつ 1960 年 6 月 10 日にさしつけ (さしつけ深さ約 5 cm), 1960 年 6 月 29 日にぼう芽長・根長を測定した。

表 10. 母樹の条件

Table 10. Conditions of mother trees (Sapporo)

① 樹種	② 性	③ 樹高 (m)	④ 年齢 (年)	⑤ 地際直径 (cm)	⑥ 原産地
⑦エゾノキヌヤナギ	♀	1.2～2.0	2	2.0	⑫音威子府
⑧コリヤナギ	♂	1.2～2.0	2	1.0	⑬札幌
⑨ナガバヤナギ	♂	0.5～1.2	2	1.5	⑫音威子府
⑩タチヤナギ	♂	0.4～0.7	2	1.0	⑫音威子府
⑪シモニドロ	♂	1.2～1.8	2	2.5	⑬札幌

(注) ① Species, ② Sex, ③ Height, ④ Age, ⑤ Diameter at foot, ⑥ Locality, ⑦ Ezonokinuyanagi, ⑧ Koriyanagi, ⑨ Nagabayanagi, ⑩ Tachiyanagi, ⑪ Shimonidoro, ⑫ Otoineppu, ⑬ Sapporo.

発根状態についてまとめると **表 11** のようになり，pH 2.4 の培養液でタチヤナギが全く発根しなかっただけで，他の組では発根した。しかしながらさしきの発根状態には 2 通りの型があった。すなわち液中に浸っているさしきの部分から発根する型と，液中にはないがビーカー内にある部分から発根した型である。

pH 2.4 では液中で発根せず，液外で発根し，pH 11.4 でもシモニドロに 1 本液外だけで発根していた。たいていのさしきは両者の混合で pH 4.2 から pH 9.6 までは液中の発根が多かった。各組 5 本のさしきの平均発根数 pH 2.4 ではどの組も 0, pH 4.2 から pH 9.6 まではいちじるしい変化はなく 2.6～5.2, シモニドロが 2.8～3.2 と平均して少なく，タチヤナギが 4.0～5.2 で多く，他はその間にあった。pH 11.4 ではナガバヤナギが 5.8, タチヤナギが 5.2 で開きは大きくなり，対照にとった水道水にさしたものでは，コリヤナギが 8.6, ナガバヤナギが 6.0, タチヤナギが 5.2, エゾノキヌヤナギは 4.2 で pH 4.2～11.4 のときとほとんどかわらなかった。

根長として各さしきの最長根を測定した。この最根長の平均値をとっても厳密な根の生長量を示すことにはならないが，前記の発根数と比較し，大体の傾向をみるためにまとめると，pH 2.4 では最高 1.8 cm (液外発根) できわめて低い値となり，pH 4.2 以上では 2.0～9.7 cm の範囲で全般的にシモニドロ・エゾノキヌヤナギ・タチヤナギがよく，コリヤナギとナガバヤナギがわるかった。対照ではタチヤナギが 10.8 cm で最もよく，エゾノキヌヤ

表 11. pH 濃度と発根の関係

Table 11. Relation between rooting and pH reaction

⑥ 樹種	pH	⑦ 発根率 (%)	⑧ 根数	⑨ 根長 (max.) (cm)	⑥ 樹種	pH	⑦ 発根率 (%)	⑧ 根数	⑨ 根長 (max.) (cm)
①エゾノキヌヤナギ	対照	100	4.2	8.8	①エゾノキヌヤナギ	7.8	100	3.6	7.2
②コリヤナギ	⑩〃	100	8.6	8.6	②コリヤナギ	7.8	100	3.8	4.7
③ナガバヤナギ	〃	100	6.0	6.4	③ナガバヤナギ	7.8	100	4.2	4.4
④タチヤナギ	〃	100	5.2	10.8	④タチヤナギ	7.8	80	4.6	9.7
⑤シモニドロ	〃	80	1.4	4.4	⑤シモニドロ	7.8	100	2.8	6.6
①エゾノキヌヤナギ	2.4	(80)	0	(0.6)	①エゾノキヌヤナギ	9.6	100	3.8	7.4
②コリヤナギ	2.4	(20)	0	(0.2)	②コリヤナギ	9.6	100	4.6	4.5
③ナガバヤナギ	2.4	(80)	0	(1.8)	③ナガバヤナギ	9.6	100	3.8	3.8
④タチヤナギ	2.4	0	0	0	④タチヤナギ	9.6	100	5.2	5.8
⑤シモニドロ	2.4	(100)	0	(1.8)	⑤シモニドロ	9.6	100	2.8	5.6
①エゾノキヌヤナギ	4.2	100	3.8	7.6	①エゾノキヌヤナギ	11.4	100	4.2	4.6
②コリヤナギ	4.2	100	2.6	2.4	②コリヤナギ	11.4	80	2.8	2.0
③ナガバヤナギ	4.2	100	4.0	4.6	③ヤガバヤナギ	11.4	100	5.8	6.2
④タチヤナギ	4.2	80	4.0	6.0	④タチヤナギ	11.4	100	5.2	5.7
⑤シモニドロ	4.2	100	2.8	7.0	⑤シモニドロ	11.4	80	3.0	9.7
①エゾノキヌヤナギ	6.0	100	3.6	5.2	( ): 液外の発根				
②コリヤナギ	6.0	100	3.8	3.0	: did not root in solution.				
③ナガバヤナギ	6.0	100	3.2	4.5					
④タチヤナギ	6.0	100	4.2	7.2					
⑤シモニドロ	6.0	100	3.2	7.2					

(注) ① Ezonokinuyanagi, ② Koriyanagi, ③ Nagabayanagi, ④ Tachiyanagi, ⑤ Shimonidoro, ⑥ Species, ⑦ Percentage of rooted cuttings, ⑧ Number of roots per rooted cuttings, ⑨ Maximum root length. ⑩ Control

ナギが 8.8 cm でこれにつぎ，ヤナギ属は成績がよかったが，シモニドロは pH 4.2～11.4 よりも低い値となり 4.4 cm であった。

もともと根の生長には中性またはアルカリ性反応の培養液がより有効であるといわれているが，高木 (1953)[156] はギンドロ・シモニドロなどのさしきをインドール醋酸で処理した場合と無処理の場合について，サックスの培養液 (pH 2.4～11.4) で試験し，発根率は pH 6.0～9.6 がよく，キンドロでは 7.8，シモニドロでは 6.0 のときが最もよく，pH 2.4～4.2 の根の発達は pH 6.0～7.8 に比べると貧弱であったと報告し，EIBERLE (1957)[12] もほぼ同じ傾向であったことを報告している。

本試験では pH 2.4 で液中の発根率は 0 で高木の結果とは全くかけはなれたが，他はほとんど発根した。

F. W. WENT は水耕と砂耕 (石英砂) によって培養液の反応が異なることをトマトについて試験している。すなわち pH 6.0 では水耕・砂耕ともに生育は良かった。しかし pH 3.0 では水耕の場合根はすぐ死んだが，砂耕の場合には pH 6.0 と同様に生育はよかった。このことから，植物のおかれている環境によって，土壌あるいは，土壌溶液の pH は，各養分の有効性を通して植物の生育に影響をおよぼすが，これ以外にどのような重要性があるかは疑わしいとのべられている[175]。

全国的にみても，また北海道においても pH 4.2 以下の土壌は少ないので，このような強酸性とヤナギ類さしきの発根との関係についてはこれ以上に追究しなかったが，ヤナギ類は，弱酸性溶液ではよく発根・ぼう芽しているので，植性工対象地の pH 濃度に対する影響は少なく，さらに本試験のさしき採取時は発根のためにはよくない時期にあたるので，早春のさしきでは pH 濃度にあまり影響されずによく発根し，生育するだろうと考えられた。

III　ヤナギ類の生長

ヤナギ類は先駆侵入植物で，生長がはやく天然生の成木については，猶原 (1936)[105]，吉井 (1942)[178]，舘脇・高橋等 (1953)[161] による生態学的な調査があり，砂防樹種としての生長についてしらべられたものには，RASCHENDORFER (1953)[126]，前橋営林局 (1956)[71]，森下・大山 (1957)[86]，SCHICHTLE (1958)[148] などの報告がある。

砂防植生工へ適用する場合には，短期間に植栽効果を期待するために，施工直後数年間の地上部，地下部の生長発達について調べられることが必要であると考えられる。ここでは自生のヤナギ類と著者が行なったこれまでのさしき試験から，おもに幼齢時の生長状態についてのべる。

1. 地上部の生長

林木の生長は一般に，地上部の樹高・胸高直径で代表されるので，その 2 点について自生のヤナギ類とさしきしたヤナギ類の生長についてのべる。

1) 自生木の生長

表 12 は北海道大学中川地方演習林，オトイネップ川岸に自生しているナガバヤナギの生長について調べた結果である。3～8 年生で樹高 3.0～7.0 m，胸高直径 1.3～7.0 cm で幼齢時の生長は他の樹木に比べてはやい。

この地方の川原は春季融雪洪水と，夏季豪雨の洪水によって運ばれる泥土が堆積するために，ヤナギ類・ハンノキ類の生育地として適している。松井等 (1955)[77] は弟子屈地方の河はん林で，川岸に近いところではドロノキ・ヤナギの混交率が 88～90% に達するこ

表12. ナガバヤナギの生長状況（オトイネップ川）

Table 12. Growth of Nagaba-yanagi (River Otoineppu)

No.	① 樹齢	② 樹高 (m)	③ 胸高直径 (cm)
1	3	3.0	1.3
2	4	4.0	3.3
3	4	4.0	4.0
4	6	6.0	6.0
5	6	6.0	4.0
6	6	4.0	3.3
7	6	4.5	5.0
8	6	4.5	5.0
9	7	7.0	7.0
10	8	5.0	5.0

(注) ① Age, ② Height, ③ Breast-height diameter.

と，およびドロノキ・オオバヤナギ・キヌヤナギの平均樹高は5年生で3.4 m，10年生で8.1 m，平均胸高直径は5年生で1.9 cm，10年生で7.6 cmあると報告している。また松井(1953)[75]は火山灰地方（日高国門別）のぼう芽林12年生の林分でバッコヤナギ30本について調べ，平均胸高直径3.2 cmと報告し，三島・伊藤(1958)[81]は駒ケ岳山麓のぼう芽林で，年輪数25，伐根直径8.0 cmのバッコヤナギは，年輪数26，直径6.5 cmのエゾヤマザクラより大きく，年輪数26～27，直径10.0～11.5 cmのイタヤエデより小さく，バッコヤナギの肥大生長が両者の中間にあたることを示している。

SCHIECHTL (1958)[148]はチロル地方でヤナギ類の生長高について，5年ごとの樹高と樹冠幅および根の発達を測定し，生長曲線を描き，幼齢時には *Salix pentandra* が最も生長がよく，25年たつと *Salix daphnoides* が平均13.2 mで最も生長がよいことを報告している。

オトイネップ川のナガバヤナギ（**表12**）の5～10年生の生長状態はチロル地方の *S. daphnoides* の生長によくにた傾向を示しているようだ。

2) さしき苗の生長

1954年9月，北海道大学中川地方演習林で山腹編さく工（**図3**）と編さく護岸工（**図4**）を行なったので，施工後1年および2年たってから編み粗だの萠芽状態について調べてみた。山腹編さく工のぼう芽本数については**表13**に，編さく護岸工のぼう芽本数については**表14**にまとめた。さらに，工種別，測定年度別にぼう芽状況の概略についてまとめたのが**表15**である。測定区は編さく工の水平長1 mとしたが，山腹編さく工では9～10カ所，編さく護岸工では3カ所ずつとした。測定区は任意にとったので両年の測定値をもって厳密な比較とすることはできない。

これらの表が示すように，施工後1年たった山腹編さく工では，最長ぼう芽長140 cm，平均58 cm，編さく護岸工では，最長ぼう芽長186 cm，平均64 cmで，植生工の効果を短期間に期待するのに十分な値であると考えられる。しかも編さく工1 m当りの平均ぼう芽本数は14～23本で，7.1～4.4 cm間隔に1本の割合でぼう芽していることは，後述するように全面緑化方式に適した材料と考えることができる。施工後2年たったときの測定結果は山腹編さく工では1年後よりもいちじるしく良くなったといえない。ぼう芽本数は減少し，平均萠芽長も増大していないが，生存しているぼう芽は肥大生長しているように観察

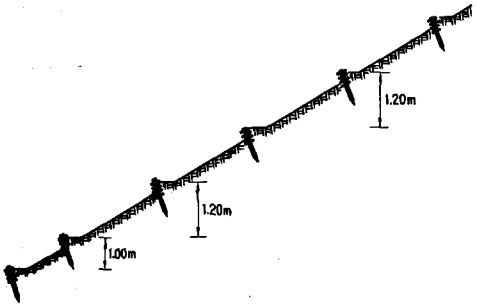


図3. 山腹編さく工 (オトイネップ) 1954
Fig. 3. Hillside wicker fence.

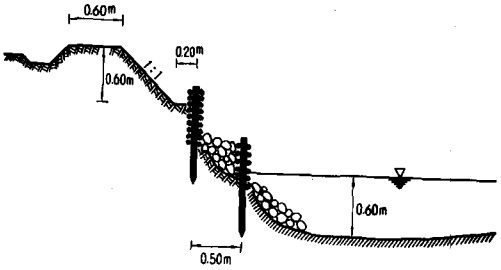


図4. 編さく護岸工 (オトイネップ川) 1954
Fig. 4. Revetment of wicher fence.

表13. 山腹編さく工のぼう芽本数
Table 13. Number of sproutings of hillside-wickerfence (Constructed at Sep. 1954)

④生長高 / ①測定日	20 cm 以下	21～40	41～60	61～80	81～100	101～120	121～140	141～160	161～180	⑤計	⑥備考
②施工後1年	2	39	35	23	15	5	4			123	1 m 長測定区9カ所
③施工後2年	9	21	23	16	11	4	3	2	1	90	1 m 長測定区10カ所

(注) ① Date, ② after 1 year, ③ after 2 years, ④ Top length, ⑤ Total, ⑥ Note.

表14. 編さく護岸工のぼう芽本数
Table 14. Number of sproutings of bank-wickerfence (Constructed at Sep. 1954)

④生長高 / ①測定日	20cm 以下	21～40	41～10	61～80	81～100	101～120	121～140	141～160	161～180	181～200	201～220	221～240	⑤計	⑥備考
②施工後1年		19	16	18	7	4	3			1			68	1 m 長測定区3カ所
③施工後2年	1	7	6	12	9	9	10	2	3			1	60	同上

(注) ① Date, ② after 1 year ③ after 2 years, ④ Top length, ⑤ Total, ⑥ Note.

表15. 編さく工のぼう芽状況
Table 15. Sprontings of wickerfences

① ぼう芽	② 測定日	③工種 ④山腹編さく工	③工種 ⑤編さく護岸工	① ぼう芽	② 測定日	③工種 ④山腹編さく工	③工種 ⑤編さく護岸工
⑥平均ぼう芽数 (本/m)	⑪1年後	14	23	⑨最長ぼう芽長 (cm)	⑪1年後	140	186
	⑫2年後	9	20		⑫2年後	162	225
⑦平均ぼう芽長 (cm)	⑪1年後	58	64	⑩最大地際直径 (mm)	⑪1年後	—	—
	⑫2年後	59	91		⑫2年後	13	23
⑧平均地際直径 (mm)	⑪1年後	—	—				
	⑫2年後	6	8				

註) 護岸工の最長ぼう芽はエゾノキヌヤナギで，ナガバヤナギでは170 cm, 16 mm であった。
(注) ① Sprouting, ② Date, ③ Kind, ④ Hillside-wickerfence, ⑤ Bank-wickerfence, ⑥ Average number, ⑦ Average length, ⑧ Average Diameter at foot, ⑨ Maximum ength, ⑩ Maximum Diameter at foot, ⑪ after 1 year, ⑫ after 2 years.

された。しかし編さく護岸工では，平均萠芽長が91 cmになり，最長ぼう芽長は225 cmに達し，最大地際直径は23 mmになり，いちじるしい生長ぶりをみせた。このようなぼう芽状況からわかるように，水分の多い，また泥土の堆積しやすい川岸における生長は，山腹の乾燥しやすい腐食質の少ない山腹における生長よりもはるかに大きい。

四手井・猪瀬 (1952)[140] は山形県における遊水林植栽試験において，1939年に植栽した29本のコリヤナギが1951年の調査で残存率59%でヤチダモ・ラクウショウについでよく，平均樹高2.0 m (最高2.4 m，最低1.6 m) で，1株より10本以上成立していると興味ある報告をしている。コリヤナギは低木性で，高木になるナガバヤギ，エゾノキヌヤナギと比較するのは当をえないが，前記ナガバヤナギのように2年後に川岸で平均91 cm，最長225 cmに達する生長はきわめていちじるしいといえる。これを四手井の報告にみられるような植栽後12年のハンノキ (平均樹高1.7 m，最低1.1 m) に比べるとはるかによいことがわかる。

前述の野外におけるさしき試験では，1本のさしきから1～4本のぼう芽がみられたがそのなかで最も長いぼう芽について地上高を測定した。1958年の札幌の野外試験でバッコヤナギの活着成績がよかった4月のさしきについてみると**表16**のとおりで，バッコヤナギが20 cmにすぎないのにくらべると，ほかのヤナギは98 cmに達するものもあって成績がよかった。同年の音威子府の生長結果は**表17**のとおりでナガバヤナギは1夏経過後に139 cmに達するものもあった。なお春先に行なったバッコヤナギさしきの生長量は**表18**のようにシダレヤナギに比べるとはるかに小さかった。表16には札幌で行なった野外試験の最長ぼう芽長をさしつけ後2カ年について測定した値をつけ加えた。測定期はさしつけ当年 (1958年) の10月3日と翌年10月6日である。したがって春先にさしつけたさしきは1959年秋までに2夏を経たことになるが，秋ざしでは1夏しか経ていないことになる。

バッコヤナギは，3, 5, 6, 7月に活着していないが，4月に活着したさしきは2夏後に82～120 cmに伸びている。

エゾヤナギは春ざしの当年の生長はよいが，夏ざしはわるく，むしろ秋ざしの満1年後の生長は大きいといえる。

ウンリュウヤナギは2夏後に約2倍に成長し，9月をのぞく真夏のさしきは成績がよかった。

シダレヤナギは，当年の生長量がほかのヤナギに比べて大きく，2夏後では約2倍の生長を示し，全般的にさしつけ時期による差が少なかった。

コリヤナギは3, 4月のさしきについて試験しなかったが，5, 6月の当年の生長量はシダレヤナギについで大きく，2夏後の生長量は2 mをこすものもあって，本試験中もつとも大きかつた。

以上の結果からみて，つぎのことが考えられる。

1. 春ざししたさしきの2夏後の生長量は，1夏経過後の生長量の2〜3倍に達する。

2. 秋ざしでは当年の生長量を期待できないが，さしきが被害をうけずに越冬すれば(被害については後述する)，翌年の秋までには，春ざしが1夏経過したときの生長量よりも大きくなる。ただし，前年の夏とは気象条件が異なるので厳密な比較はできないが，秋ざしのさしきは融雪後間もなく発根できる条件にめぐまれるために，春ざしよりも根糸発達がよいと考えられる。

音威子府産のヤナギからとったさしきを札幌の苗畑にさしきした結果，ナガバヤナギは2年後に樹高2.5 m，地際直径3 cm，3年後に4.0 m，4 cm，エゾノキヌヤナギは3年後に樹高4.7 m，地際直径7 cmになった。

さきにチロル地方のヤナギ類の生長と音威子府の自生木との比較したが，札幌の試験地におけるエゾノキヌヤナギ・ナガバヤナギ・タチヤナギも，植栽後数年の間相当に大き

表16. 野外試験におけるさしきの生長高 (札幌 1958〜1959)

Table 16. Top length of cuttings on field test (Sapporo)

① さしつけ期	② 樹種	⑩ さしきの太さ (mm)	⑪ 生長高 (Oct. 1958) ⑫ 最高 (cm)	⑬ 最低 (cm)	⑭ 平均 (cm)	⑪ 生長高 (Oct. 1959) ⑫ 最高 (cm)	⑬ 最低 (cm)	⑭ 平均 (cm)
(Mar. 12)* Apr. 11	③バッコヤナギ	4〜8	—	—	—	—	—	—
	④バッコヤナギ	4〜9	—	—	—	—	—	—
	⑤エゾヤナギ	4〜6	52	16	31	95	135	122
	⑥ウンリュウヤナギ	5〜8	45	13	27	98	15	59
	⑦シダレヤナギ	4〜7	82	4	49	150	95	121
	⑧コリヤナギ	—	—	—	—	—	—	—
	⑨ケショウヤナギ	4〜6	—	—	—	—	—	—
Apr. 11	③バッコヤナギ	4〜8	20	10	15	120	82	92
	④バッコヤナギ	4〜8	—	—	4	—	—	—
	⑤エゾヤナギ	5〜8	70	14	27	145	40	96
	⑨ウンリュウヤナギ	4〜8	51	15	33	110	55	76
	⑦シダレヤナギ	5〜7	92	17	59	190	85	134
	⑧コリヤナギ	—	—	—	—	—	—	—
	⑨ケショウヤナギ	—	—	—	—	—	—	—

*: 雪中に1カ月貯蔵後さしつけ。

*: Cuttings were stored in snow before planting.

(注) ① Season, ② Species, ③④ Bakkoyanagi, ⑤ Ezoyanagi, ⑥ Unryuyanagi, ⑦ Shidare-yanagi, ⑧ Koriyanagi, ⑨ Keshoyanagi, ⑩ Diameter of cuttings, ⑪ Top length, ⑫ Max., ⑬ Min., ⑭ Ave.

① さしつけ期	② 樹種	⑩ さしきの太さ (mm)	⑪ 生長高 (Oct. 1958) ⑫ 最高 (cm)	⑬ 最低 (cm)	⑭ 平均 (cm)	⑪ 生長高 (Oct. 1958) ⑫ 最高 (cm)	⑬ 最低 (cm)	⑭ 平均 (cm)
May 12	③バッコヤナギ	4~9	—	—	—	—	—	—
	④バッコヤナギ	6~9	—	—	—	—	—	—
	⑤エゾヤナギ	4~7	24	—	24	155	—	155
	⑥ウンリュウヤナギ	4~8	51	15	26	110	40	66
	⑦シダレヤナギ	4~9	81	23	47	150	90	122
	⑧コリヤナギ	5~8	76	12	42	230	50	140
	⑨ケショウヤナギ	4~8	—	—	—	—	—	—
Jun 16	③バッコヤナギ	6~8	—	—	—	—	—	—
	④バッコヤナギ	6~9	—	—	—	—	—	—
	⑤エゾヤナギ	4~9	13	—	13	70	—	70
	⑥ウンリュウヤナギ	6~10	30	6	20	130	30	80
	⑦シダレヤナギ	5~9	98	24	58	170	80	123
	⑧コリヤナギ	6~9	61	13	35	160	110	117
	⑨ケショウヤナギ	4~9	—	—	—	—	—	—
Jul. 10	③バッコヤナギ	5~8	—	—	—	—	—	—
	④バッコヤナギ	7~9	—	—	—	—	—	—
	⑤エゾヤナギ	5~8	6	3	4	—	—	—
	⑥ウンリュウヤナギ	7~10	16	1	8	110	40	80
	⑦シダレヤナギ	4~7	33	12	23	90	—	90
	⑧コリヤナギ	6~9	23	3	12	130	90	119
	⑨ケショウヤナギ	4~9	—	—	—	—	—	—
Aug. 8	③バッコヤナギ	5~8	4	1	3	50	15	32
	④バッコヤナギ	5~9	2	1	2	—	—	—
	⑤エゾヤナギ	5~7	5	1	4	115	70	93
	⑥ウンリュウヤナギ	5~9	27	7	13	70	20	54
	⑦シダレヤナギ	6~8	30	5	13	120	50	82
	⑧コリヤナギ	5~8	15	1	8	130	25	93
	⑨ケショウヤナギ	4~7	—	—	—	—	—	—
Sep. 9	③バッコヤナギ	5~8	—	—	—	—	—	—
	④バッコヤナギ	6~9	—	—	—	—	—	—
	⑤エゾヤナギ	4~8	3	1	2	45	30	40
	⑥ウンリュウヤナギ	5~8	2	1	3	—	—	—
	⑦シダレヤナギ	6~8	3	1	2	—	—	—
	⑧コリヤナギ	6~9	9	1	3	100	15	55
	⑨ケショウヤナギ	5~9	—	—	—	—	—	—

表 17. 野外試験におけるさしきの生長高 (音威子府 1958)

Table 17. Top length of cuttings on field test (Otoineppu)

① さしつけ期	② 樹種	⑦ さしきの太さ (mm)	⑧生長高 (1958) ⑨最高 (cm)	⑩最低 (cm)	⑪平均 (cm)
May 19	③バッコヤナギ	5~6	38	21	30
	④エゾノキヌヤナギ	7~9	79	31	60
	⑤ナガバヤナギ	6~9	139	63	101
	⑥タチヤナギ	6~9	77	14	49
Jun 6	③バッコヤナギ	5~7	—	—	—
	④エゾノキヌヤナギ	6~9	64	16	42
	⑤ナガバヤナギ	6~9	52	32	44
	⑥タチヤナギ	5~8	27	6	21
Jul. 5	③バッコヤナギ	5~8	—	—	—
	④エゾノキヌヤナギ	6~9	29	10	20
	⑤ナガバヤナギ	6~9	10	9	10
	⑥タチヤナギ	5~8	8	2	5
Aug. 6	③バッコヤナギ	6~7	—	—	—
	④エゾノキヌヤナギ	6~7	7	4	6
	⑤ナガバヤナギ	6~8	4	2	3
	⑥タチヤナギ	6~9	7	4	5

(注) ① Season, ② Species, ③ Bakkoyanagi, ④ Ezonokinuyanagi, ⑤ Nagabayanagi, ⑥ Tachiyanagi, ⑦ Diameter of cuttings, ⑧ Top length, ⑨ Max., ⑩ Min., ⑪ Ave..

表 18. 野外試験におけるさしきの生長高 (札幌 1959)

Table 18. Top length of cuttings on field test (Sapporo)

① さしつけ期	② 樹種	⑥ さしきの太さ (mm)	⑦生長高 (1959) ⑧最高 (cm)	⑨最低 (cm)	⑩平均 (cm)
Mar. 5	③バッコヤナギ	3~6	10	3	7
	④バッコヤナギ	3~5	16	6	13
	⑤シダレヤナギ	3~7	85	33	52
Mar. 12	③バッコヤナギ	3~5	15	8	12
	④バッコヤナギ	4~8	—	—	—
	⑤シダレヤナギ	3~4	90	10	49

(注) ① Season, ② Species, ③ ④ Bakkoyanagi, ⑤ Shidareyanagi, ⑥ Diameter of cuttings, ⑦ Top length, ⑧ Max., ⑨ Min., ⑩ Ave..

① さしつけ期	② 樹　　種	⑥ さしきの太さ (mm)	⑦生長高 (1959) ⑧最高 (cm)	⑨最低 (cm)	⑩平均 (cm)
Mar. 19	③バッコヤナギ	3～5	—	—	—
	④バッコヤナギ	3～6	7	5	7
	⑤シダレヤナギ	3～7	93	17	61
Mar. 26	③バッコヤナギ	3～6	—	—	—
	④バッコヤナギ	3～6	12	12	12
	⑤シダレヤナギ	3～5	105	30	72
Apr. 2	③バッコヤナギ	3～5	—	—	—
	④バッコヤナギ	3～6	24	6	15
	⑤シダレヤナギ	3～6	120	30	77

な生長量を示している。いま倉田 (1992)[63] の砂防樹種生長比較試験に比べると，ヤナギ類はニセアカシヤやハギ類とほぼ同じように大きい生長量をもっていることがわかる。植栽地の条件が東京と北海道では異なるから厳密な比較はできないが，著者の行なっているヤナギ類のさしき試験では施肥・灌水等を行なわなかったので，さしつけ2年後3m近くの上長生長は，同氏の調べている2年生の肥料木と同等かそれ以上の生長量にあたる。

3. 根の発達

ヤナギ類はこれまで一般造林の対象樹種でないばかりか，本州各地の砂防樹種としてもあまり重要視されていなかったので，地上器官同様に根の発達，分布についても調べられたものは少ない。しかし植物生態学の見地から研究されたものには，猶原 (1945)[107] が荒川の熊谷市対岸川原砂礫地で，ネコヤナギ・イヌコリヤナギ・アカメヤナギ・ナガバヤナギ・タチヤナギについて，また平方町川岸で1940年にさしきしたイヌコリヤナギ・タチヤナギ・アカメヤナギ・コリヤナギの根系を1943年10月に調べ，また1943年11月に熊谷市対岸砂礫地汀線付近に生育しているイヌコリヤナギ・タチヤナギ・アカメヤナギ・ナガバヤナギの1年生幼樹の根系について調べている。杉浦 (1955～1959)[153] は広葉樹さしきの発根型をI型（一定した発根位置がなく，さしつけた地中部の全体にわたって発根するが，さしき切口附近では比較的多く発根するもの），II型（発根位置が比較的さしき切口附近に限られて発根するもの），III型（発根位置がさしき切口附近と枝の切口附近に限られて発根するもの）にわけ，ヤナギ類についてみるとI型はイヌコリヤナギ・タチヤナギの夏ざしと秋ざし，コリヤナギの夏ざしと秋ざしで，II型に該当するものはなく，III型はタチヤナギの春ざしと夏ざし，コリヤナギの春ざしであったと報告している。渡辺等 (1956)[71] は赤城山における治山用木本さしき試験で，イヌコリヤナギ・ナガバヤナギ・バ

ッコヤナギの根系の発達について調べている。ORTMANN (1958)[118] はヤナギ類の実生苗や，さしき苗の根系について調べ，種や雑種間の遺伝的ちがいや，根の広がりや太さと土壌内の通気や地下水面との関係等について報告している。森下・大山 (1957)[86] はポプラ・イヌコリヤナギについて花崗岩地帯のはげ山で試験している。

著者は北海道上川郡古川にある林業試験場量水試験地の渓岸崩壊地（傾斜約40度，砂質土）に自生していたヤナギ類稚樹について観察したが，根は斜面に沿って地表下5～10 cmの深さで広がっていた。また，北海道大学雨竜演習林の斜面浸食試験地設定のときに，川岸で刈り払われたナガバヤナギの落枝がぼう芽発根した1年経過後の状態を観察した。

ヤナギ類のさしきは一部（バッコヤナギ・オオバヤナギ・ケショウヤナギ）をのぞいて，水中でよく発根し，さし床にさしきしてもよく活着する。著者が音威子府川の編さく護岸工（1954年工事）の地下部の構造について調べた結果，根は玉石の間につまった泥土の間を縫うように約2 mの長さにのびていることを確かめた。また1956年から1957年にかけて行なったさしきの根は深さ20 cmのさし床の底面を貫いて畑土に達し，斜方向に0.5～1.0 mに達し，さしつけ1年後の根の生育はきわめてよいことを認めた。

1) さしきの初期の根系分布

1夏経過後の根系分布を原形に近い状態で観察するために北海道大学農学部実験苗畑（札幌市）において，1960年5月7日から1960年9月3日までエゾノキヌヤナギ・ナガバヤナギ・タチヤナギの2年生ぼう芽枝を，4段（5 cm間かく）の金網（1 cm目，30×30 cm）をもつ深さ30 cmの鉢（木型）にさしきした。各樹種ともたてざしの組とよこざしの組をつくり，各組4箱ずつとした。さしつけ深さはたてざしは13 cm，よこざしでは3 cmの深さとした。さしつけ後は施肥・灌水・日除けをしないで，除草だけを行なった。使用土は軽しょく土（粗砂9%，細砂29%，微砂21%，粘土41%），pH：5.1～5.5である。

a) 活着率と地上部の生長

さしつけてから1週間後にたてざしの各箱のなかにそれぞれ1本ずつのさしきを加えた。これは，たてざしのさしきが乾燥枯死した場合の予備とするために行なった。よこざしではさしき全体が土でおおわれて乾燥しにくいだろうと考えたので，予備のさしきを加えなかったが，結果は予想に反して，たてざしでははじめにさしたさしきが全部活着し，よこざしでは総数の1/3（エゾノキヌヤナギ1本，ナガバヤナギ1本，タチヤナギ2本）が活着しなかった。ぼう芽しはじめたのはさしつけてから18日経過後で，たてざしがよこざしよりも約1週間早かった。

表19, 20に活着したさしきのぼう芽数と地上部の生長状態を示した。ぼう芽数はナガバヤナギたてざし（No. 3）が6本で最も多く，エゾノキヌヤナギの5本がこれにつぎ，たてざしではよこざしよりもぼう芽数は多かった。最長ぼう芽長はたてざしでもよこざしで

もエゾノキヌヤナギ・タチヤナギが最長 40.5, 47.5 cm で，ナガバヤナギの最長 32.0 cm よりもよく生長していた。**表 21** にさしつけてから 4 カ月後のぼう芽枝の風乾重量をあげた。エゾノキヌヤナギのたてざし (No. 1) が 9.3 g でもっとも大きく，ナガバヤナギのよこざし (No. 4) が 0.4 g でもっとも小さかった。各樹種の平均値をみるとたてざしでは 3.0～7.1 g でよこざしの 1.8～4.9 g よりも大きかった。全般的にみて，エゾノキヌヤナギとナガバヤナギがよく生長していた。

b) 根の生長と分布

よくのびた根は木わくの下端をとおって，畑地に達しているものもあったが，おおくの根の先端は 4 段目の金網附近にあった。したがって 30～40 cm にのびていたことになる。たてざしでは地表の近くからでている根が多く，そして長くのびた根があり，よこざしでは元口部に多く発根し，また長い根があった。全般的に地表近い部分 (地表より約 3 cm) に多く発根し，深い部分 (地表より約 13 cm) にはあまりみられなかった。**表 22, 23** に根の総量と，層別の分布量を風乾重量であらわした。3 樹種の中ではエゾノキヌヤナギが最もよい生長をみせ，たてざしはよこざしよりも良かった。深くなるにつれて根量は少なくなっている。これは先端部には毛根が多いためである。

表 24 に第一段目 (深さ 10 cm) の金網のうえの根のひろがりを示した。たてざしでは

表 19.　ぼう芽長と地際径 (たてざし)

Table 19.　Diameter and length of sproutings (Vertical planting)

①樹種	⑤ぼう芽	1		2		3		4		5		6		⑧最長ぼう芽の長さ (cm)
		⑥長さ (cm)	⑦太さ (mm)	⑥長さ (cm)	⑦太さ (mm)	⑥長さ (cm)	⑦太さ (mm)	⑥長さ (cm)	⑦太さ (mm)	⑥長さ (cm)	⑦太さ (mm)	⑥長さ (cm)	⑦太さ (mm)	
②エゾノキヌヤナギ	1	16.0	2	40.5	5	26.0	3	35.0	4	35.0	1			40.5
	2	23.0	3	15.5	2	21.0	3							23.0
	3	14.5	1.5	35.0	4	37.0	4	35.0	1	6.5				37.0
	4	22.0	2	12.0	1	24.0	2	26.0	3	26.0	2			26.0
③ナガバヤナギ	1	21.5	3	13.5	1.5	20.0	2	20.0	2					21.5
	2	11.0	2	27.0	4	22.0	4	32.0	4					32.0
	3	8.0	1	20.5	3	28.5	4	30.5	4	27.0	3	16.0	2	30.5
	4	12.5	2	14.5	3	14.5	1.5	18.0	2	15.0	1			18.0
④タチヤナギ	1	18.0	2	27.5	3	34.0	3	16.0	1					34.0
	2	24.5	2	47.5	5									47.5
	3	46.5	4	15.0	1									46.5
	4	41.0	4											41.0

(注) ① Species, ② Ezonokinuyanagi, ③ Nagabayanagi, ④ Tachiyanagi, ⑤ Sprouting, ⑥ Length, ⑦ Diameter, ⑧ Maximum length of sproutings.

表 20. ぼう芽長と地際径 (よこざし)

Table 20. Diameter and length of sproutings (Horizontal planting)

①樹種 ⑤ぼう芽		1 ⑥長さ (cm)	1 ⑦太さ (mm)	2 ⑥長さ (cm)	2 ⑦太さ (mm)	3 ⑥長さ (cm)	3 ⑦太さ (mm)	⑧最長ぼう芽の長さ (cm)
②エゾノキヌヤナギ	1	43.0	6					43.0
	2	45.0	6					45.0
	3	37.0	4					37.0
	4							
③ナガバヤナギ	1	21.0	3					21.0
	2	19.5	2					19.5
	3							
	4	14.0	1.5					14.0
④タチヤナギ	1	34.5	2	42.5	5			42.5
	2							
	3	38.5	5	37.5	5	43.5	5	43.5
	4							

(注) ① Species
② Ezonokinuyanagi
③ Nagabayanagi
④ Tachiyanagi
⑤ Sprouting
⑥ Length
⑦ Diameter
⑧ Maximum length of sprouting

表 21. 枝葉の風乾重量 (さしつけ後 4 カ月)

Table 21. Air-dry weights of top (after 4 months)

①樹種		⑥たてざし ⑧さしきの直径 (mm)	⑥たてざし ⑨風乾重量 (g)	⑦よこざし ⑧さしきの直径 (mm)	⑦よこざし ⑨風乾重量 (g)
②エゾノキヌヤナギ	1	10	9.3	10	5.7
	2	10	3.4	6	5.0
	3	8	9.1	8	3.3
	4	9	5.7	8	
	⑤平均		6.9		4.7
③ナガバヤナギ	1	6	4.9	7	3.2
	2	9	8.6	6	1.7
	3	8	9.1	6	
	4	7	5.9	5	0.4
	⑤平均		7.1		1.8
④タチヤナギ	1	5	3.2	4	3.9
	2	4	4.3	5	
	3	4	2.8	5	5.8
	4	4	1.8	5	
	⑤平均		3.0		4.9

(注) ① Species, ② Ezonokinuyanagi, ③ Nagabayanagi, ④ Tachiyanagi, ⑤ Average, ⑥ Vertical planting, ⑦ Horizontal planting, ⑧ Diameter of cutting, ⑨ Air-dry weight of top.

さしきを中心にして円をえがくと，半径は最高 9～14 cm，平均 7～8 cmであった。深くなるにつれて根は円錐形状にひろがり，木わくによって水平方向ののびが制約されたと考えられるものは少なかった。層別の根の分布をたてざしのさしきについて示した。エゾノキヌヤナギの根のひろがりは全般的に大きく，ナガバヤナギがこれについでいた。

よこざしでは第一段目の金網上でのひろがりを，さしきに平行な幅で表わした。表 24 では最高 2～8 cm，平均 2～4 cm でたてざしに比べると根の数も少なく，ひろがりもせまかった。**図 (5-1, 2)** でみるようにまとまって発根している部分を中心にして円をえがくと，その半径は最高 10 cm，平均 5～6 cm となり，たてざしと大差はない。

この試験はさしつけ期が葉の伸長時期のために，当初さしきの活着が危ぶまれたが[21),22)]，たてざしではよくぼう芽生長し，根の発達もきわめてよかった。春先か前年の秋に

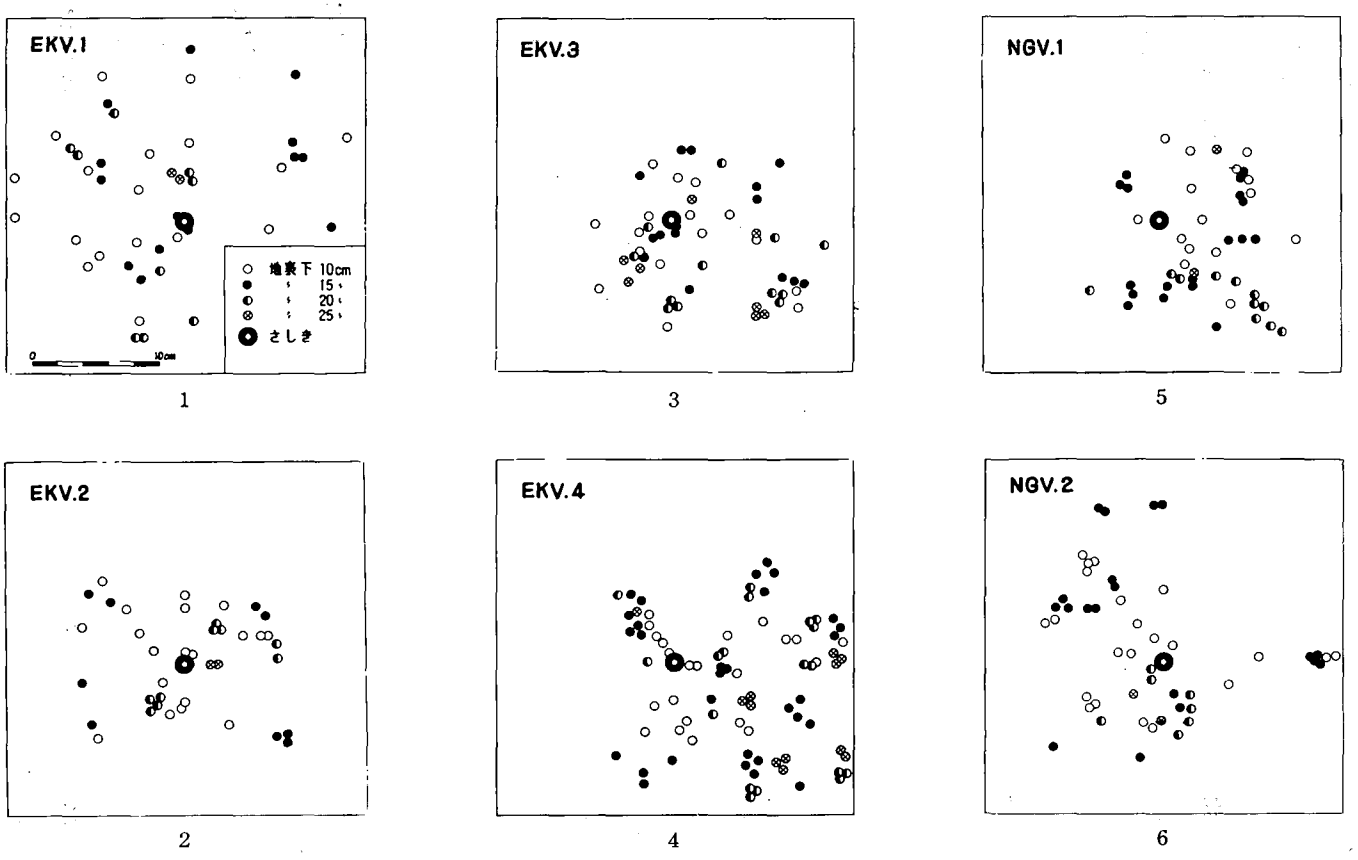


図 5-1. (1～6) 根系の水平分布 (たてざし)

Fig. 5-1. (1～6) Horizontal distribution of root system (Vertical planting)

EK: Ezonokinuyanagi, NG: Nagabayanagi, TT: Tachiyanagi, 木枠 28 cm×28 cm

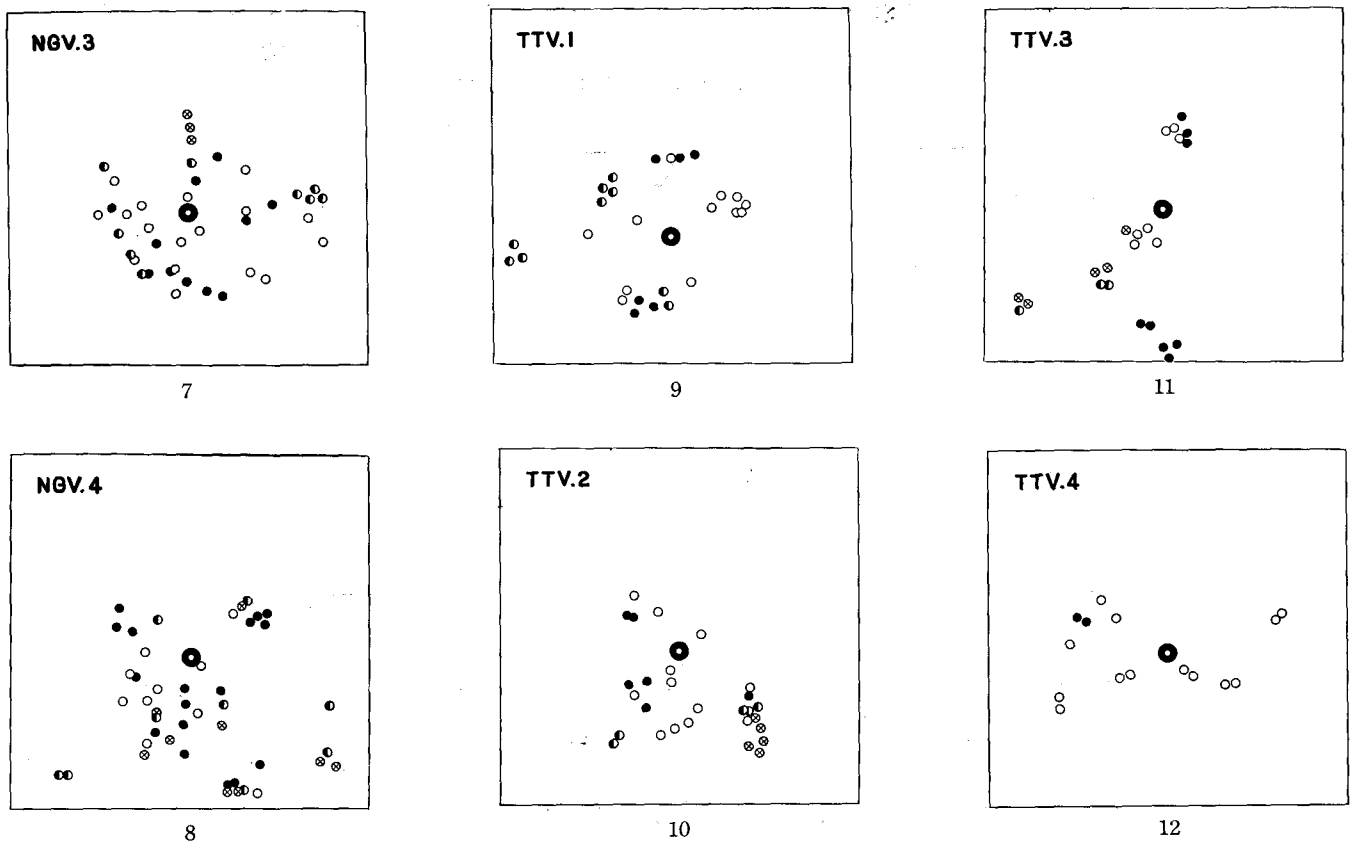


図 5-1. (7～12)　根系の水平分布（たてざし）

Fig. 5-1. (7～12)　Horizontal distribution of root system (Vertrical planting)

EK : Ezonokinuyanagi, NG : Nagabayanagi, TT : Tachiyanagi, 木枠 : 28 cm×28 cm.

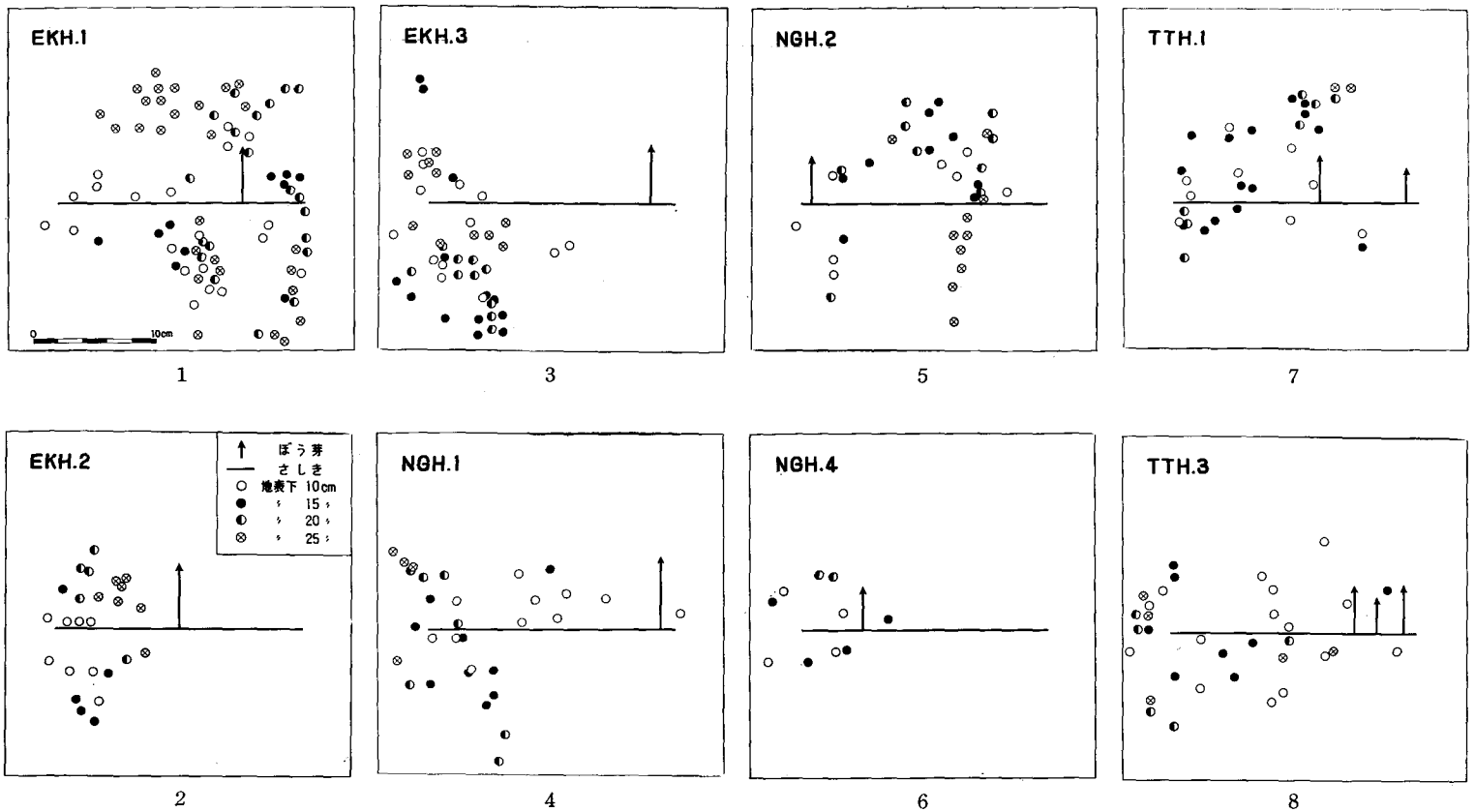


図 5-2. (1～8) 根系の水平分布（よとざし）

Fig. 5-2. (1～8) Horizontal distribution of root system (Horizontal planting)

EK : Ezonokinuyanagi, NG : Nagabayanagi, TT : Tachiyanagi, 木枠 28 cm×28 cm.

表 22. 深さ別の根の風乾重量 (たてざし)

Table 22. Air-dry weights of roots in depth (Vertical planting)

①樹種	⑥深さ	10 cm (g)	15 cm (g)	20 cm (g)	25 cm (g)	30 cm (g)	⑦計 (g)	⑧最大直径 (mm)
② エゾノキヌヤナギ	1	1.55	1.05	0.75	0.20	0.05	3.60	2.0
	2	0.75	0.50	0.25	0.05	—	1.55	1.0
	3	1.65	1.08	0.65	0.30	0.15	3.83	2.5
	4	0.60	0.70	0.45	0.40	0.10	2.25	1.0
	⑤平均	1.14	0.83	0.53	0.24	0.10	2.81	
③ ナガバヤナギ	1	0.80	0.55	0.25	0.10	—	1.70	1.0
	2	0.70	0.60	0.30	0.10	—	1.70	1.5
	3	1.20	0.70	0.30	0.20	—	2.40	1.5
	4	1.26	0.75	0.20	0.20	—	2.41	1.0
	⑤平均	0.99	0.65	0.26	0.15		2.05	
④ タチヤナギ	1	0.70	0.35	0.32	—	—	1.37	1.0
	2	0.50	0.50	0.25	0.30	0.02	1.57	1.0
	3	0.32	0.35	0.16	0.04	—	0.87	2.0
	4	0.60	0.10	—	—	—	0.70	1.0
	⑤平均	0.53	0.33	0.24	0.17	0.02	1.13	

(注) ① Species, ② Ezonokinuyanagi, ③ Nagabayanagi, ④ Tachiyanagi, ⑤ Average, ⑥ Depth ⑦ Total, ⑧ Maximum diameter of roots.

表 23. 深さ別の根の風乾重量 (よこざし)

Table 23. Air-dry weights of roots in depth (Horizontal planting)

①樹種	⑥深さ	10 cm (g)	15 cm (g)	20 cm (g)	25 cm (g)	30 cm (g)	⑦計 (g)	⑧最大直径 (mm)
② エゾノキヌヤナギ	1	0.97	0.35	0.40	0.50	0.15	2.37	2.0
	2	0.80	0.37	0.35	0.15	0.07	1.74	3.0
	3	0.37	0.20	0.20	0.35	0.07	1.19	2.0
	4	—	—	—	—	—	—	—
	⑤平均	0.71	0.31	0.32	0.33	0.10	1.77	
③ ナガバヤナギ	1	0.21	0.20	0.20	0.20	—	0.81	1.0
	2	0.10	0.10	0.10	0.10	—	0.40	1.0
	3	—	—	—	—	—	—	—
	4	0.06	0.03	0.02	—	—	0.11	0.5
	⑤平均	0.12	0.11	0.11	0.15		0.44	
④ タチヤナギ	1	0.40	0.45	0.30	0.15	—	1.30	1.5
	2	—	—	—	—	—	—	—
	3	0.65	0.50	0.47	0.22	0.15	1.99	2.0
	4	—	—	—	—	—	—	—
	⑤平均	0.53	0.48	0.39	0.19	0.15	1.65	

(注) ① Species, ② Ezonokinuyanagi, ③ Nagabayanagi, ④ Tachiyanagi, ⑤ Average, ⑥ Depth, ⑦ Total, ⑧ Maximum diameter of roots.

さしつけておけば，根ののびはさらによかっただろうと考えられた。よこざしでは乾燥防止上好都合だと考えていたが，結果は活着率も根の発達もたてざしより悪くて，SCHIECHTL (1958)[148] が行なった *S. purpurea* の試験結果とは一致しなかった。これはさしつけ時期によって違いがあるのではないかと考えられた。試験期間中は雨が少なく，夏期高温は 26.0～28.0°C (8月13日～8月19日，苗畑露場観測値) に達したので，試料が枯死するのではないかと考えられてたが，結果的にはその様な傾向はなかった。葉裏面がビロード状の毛で覆われたエゾノキヌヤナギの生長はよく，乾燥しやすい土地において植生工に適用する場合に有効ではないかと考えられた。ORTMANN (1958)[118] はヤナギ類の根の発達と空気，酸素の要求度との間に密接な関係のあることを認めている。著者の試験では使用土が粘土分に富んでいたにもかかわらず，さし床を作る時に，金網の影響があって十分にしめ固めることが出来なかった。したがって，通気はきわめてよかったのではないかと考えられた。このことは適用しようとする対象地が浮土砂(盛土)の場合にも，根が十分に発達できる事を示している。根ののびは 30～40 cm どまりであったが，猶原 (1945)[107] が調べたさしき後1年のヤナギ類も大体 30～40 cm で，1生長期間を経たものとすると，ほぼ同じような傾向であったといえる。さし床には1回も灌水しなかったので，試験期間中の降雨量からみて，土湿は相当低かったと考えられるが，とくにエゾノキヌヤナギの根ののびのよいことから，山腹日向斜面での植生工に適用できるだろうと考えられた。

表 24. 地表下 10 cm の根のひろがり (さしつけ後4カ月)

Table 24. Rooting spread in depth 10 cm (4 months after planting)

① 樹種		⑤ たてざし (半径)		⑥ よこざし (幅)	
		⑦ 最高 (cm)	⑧ 平均 (cm)	⑦ 最高 (cm)	⑧ 平均 (cm)
② エゾノキヌヤナギ	1	13	9	8	4
	2	9	7	8	4
	3	11	8	6	3
	4	14	9	—	—
③ ナガバヤナギ	1	11	7	5	3
	2	13	10	6	3
	3	11	7	—	—
	4	14	8	2	2
④ タチヤナギ	1	13	7	5	3
	2	10	7	—	—
	3	13	7	8	4
	4	9	8	—	—

(注) ① Species
② Ezonokinuyanagi
③ Nagabayanagi
④ Tachiyanagi
⑤ Vertical planting
⑥ Horizontal planting
⑦ Max.
⑧ Min.

砂防樹種を導入しようとする対象地は，山腹の裸地はもちろん海岸砂地・泥炭地・重粘土地など，土地条件の悪い場所が多い。したがってこのような場所におけるヤナギ類の根の発達はそれぞれ異なった状態を示すものと考えられる。ここではいちおう根系の基本型をしるために苗畑の土壌によってややめぐまれた環境のもとに試験した。ヤナギ類の生育上土地条件としてもっとも悪い考えられる海岸砂地の根の発達については，この試験と比較しながら後述する。

2) 土壌緊縛力

一般に樹木は根系の発達により，土壌を緊縛する力をもつとされ，とくに砂防樹種の備えるべき要件の一つに根系発達のはやいことがあげられている。しかし，これまで根系の土壌緊縛力について調べられたものは少なく，開拓地[176]，造林地[16]における測定があるが，いずれも大径自生木を対象としているために，植生工の導入樹幼齢時代の土壌緊縛力の推定には適用できない。この緊縛力は樹木に加えられた外力に対する抵抗力としてあらわすことができるという考えにより，苗畑に養成したさしき苗 (ナガバヤナギ) 50 本について張力計 (直続式遠隔計測型，マルトーテレモメーター 1 t 用) を用いて測定してみた。この張力計は外力に比例するリングの撓み量を差動電圧の原理により検出するもので，最小目盛は 0.02 t，目測により 0.01 t まで読みとれる。引張り方向を垂直として，抜根後地際直径，根張りの水平長・垂直深 (ともに切断部まで)，深さ別の根の太さを測定したものが**表 25** である。試料 50 本のうち，この器械の測定限界 (1 t) を越したのは 3 本で，他の測定可能であった結果についてみると，抵抗力 (P t) は最高 0.91 t，最低 0.03 t，平均 0.36±0.24 t となり，同年生といえども抵抗力にいちじるしい差のあることがわかった。切断部までの根系水平広がり半径は最高 68 cm，平均 40±14 cm，垂直深は最高 80 cm，平均 43±17 cm で，深さ別にみた根の太さは 10 cm 深さで 0.7～4.7 cm，20 cm 深さで 0.5～4.1

表 25.　根系と抵抗力の関係

Table 25.　Relations of binding power and root system

① 階級	② 本数	③地際直径 (cm)			⑦抵抗力 (t)			⑪根系の水平広がり半径 (cm)		
		④最高	⑤最低	⑤平均 (d)	⑧最高	⑨最低	⑩平均 (P)	⑫最高	⑬最低	⑭平均 (H)
I	17	3.0	1.4	2.4±0.7	0.28	0.03	0.13±0.12	40	10	28± 6
II	15	5.0	3.1	4.2±0.7	0.72	0.15	0.37±0.16	60	20	45±12
III	15	8.0	5.2	6.1±0.9	0.91	0.40	0.59±0.12	68	31	52± 9
全	47	8.0	1.4	4.1±1.8	0.91	0.03	0.36±0.24	68	10	40±14

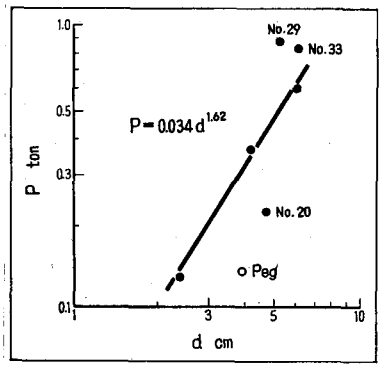
① 階級	② 本数	⑮根系の垂直深 (cm)			⑲根の太さ (cm) ⑳地表よりの深さ (cm)				
		⑯最高	⑰最低	⑱平均 (V)	10	20	30	40	50
I	17	72	20	35±13	1.3～2.5	0.5～1.7	0.3～1.2		
II	15	80	15	43±21	0.7～2.0	0.6～1.5	0.3～1.7	0.3～1.4	1.0
III	15	80	30	54±16	1.7～4.7	1.0～4.1	0.4～2.6	0.8～1.9	0.9～1.0
全	47	80	15	43±17	0.7～4.7	0.5～4.1	0.3～2.6	0.3～1.9	0.9～1.0

註) 測定限界 (1 t) を越えた 3 本については記載していない。

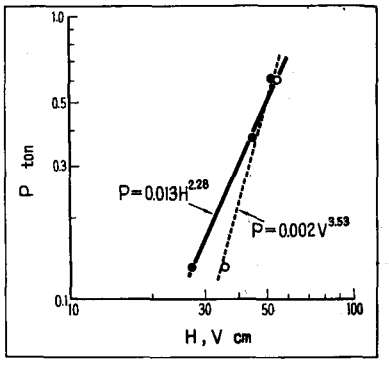
(注) ① Group, ② Number of trees, ③ Diameter at foot, ④⑧⑫⑯ Max., ⑤⑨⑬⑰ Min., ⑤⑩⑭⑱ Average, ⑦ binding power ⑪ Horizontal developing of root system, ⑮ Vertical developing of root system, ⑲ Diameter of roots, ⑳ in depth.

cm，30 cm 深さで 0.3～2.6 cm，40 cm 深さで 0.3～1.9 cm，50 cm 深さで 0.9～1.0 cm であった。

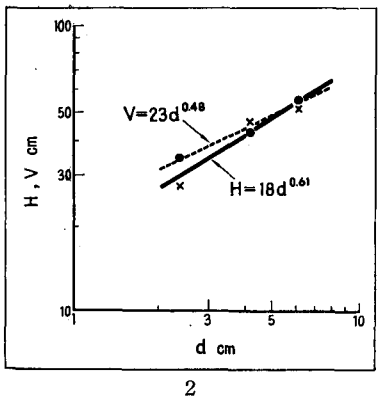
ここで，最も測定の容易であった地際直径 (d cm) と抵抗力 (P t) との関係をみると，d が大きいほど P は大きくなる傾向がみられたが，バラッキも大きいので，便宜上 d の大きさによって，1.4～3.0 cm，3.1～5.0 cm，5.1～8.0 cm の 3 階級にわけ，分散分析によって P，根系の平均水平拡がり (H cm)，根系の平均垂直深 (V cm) について比較した結果，P, H は 1% の危険率，V は 5% の危険率をおかして有意差が認められた。したがって 3 階級の代表値を平均値であらわし，両対数紙にとると **図 6** のようになり，$P=0.034d^{1.62}$，$H=18d^{0.61}$，$V=23d^{0.48}$ となり，d が大きいほど P, H, V は大きくなることが認められた。しかし，地際直径 2 cm 以下については，より精度の高い測定法が必要であると考えられた。さらに $P=0.013H^{2.28}$，$P=0.002V^{3.53}$ となり，根系発達のよいもの程，抵抗力は大きくなった。



1



3



2

図 6. (1～3)　4 年生ヤナギ林の垂直引張りに対する抵抗力と根系の発達 (1963)

Fig. 6. (1～3)　Relation between binding power and root system.

P (ton)：抜根抵抗力
d (cm)：地際直径
H (cm)：根系拡り平均半径
V (cm)：根系の深さ

同一の土地条件と樹齢において，すでに測定値が大きなバラッキを示した。隣接木の根系のからみ合いや，張力を加える速度，引張り方向など他の手段によって調べなければ

ならない要因は少なくないが，いちおうそれらを含めたうえで，苗畑における4年生ヤナギの単木では平均 0.13～0.59 t の抵抗力をもつことが示された。

IV　山腹植生工におけるヤナギ類の適用

1.　山腹植生工の発展

植生被覆のない斜面の表土は雨水の流下によって浸食され，凍結・融解のくりかえしによって崩落する[162),169)]。したがって表土の浸食を防止するには露出した面を速かに草で被覆するか，または地表流下をまったくなくするか，あるいはなるべく少なくし，かつ流下の速度を減ずることである。わが国の山腹工事は 1680 年頃河村瑞軒が土砂留工，修山工を，熊沢蕃山が山巻工事，山普請を行なったのがはじまりで，明治初年にオランダのデレーケによって，ソーデ・ウエルキの名称のもとに積苗工が行なわれ，筋工，編さく工，被覆工，石積工，排水工などとともに今日まで採用されてきた[88)]。

山腹工事ははげ山，崩壊地，火山性荒廃地などの裸地にほどこされる特殊な造林方法であるが，わが国では本州各地のはげ山の山腹工事がもっとも発達していた。降水量の少ないこのような土地では，まず環境を改善するために，法切りのあと，一般に階段切付けを行ない，筋工や積苗工によって，土壌水分をひきとめ[103),141)]，階段上にマツ類・ヤシャブシ類が混植されていた。このように山腹工事が階段工を基礎として切芝，かや株を使用し，植栽を伴っていたのに対して，佐藤 (1940～1944)[132),133),134),136)] は岡山県のはげ山で斜面混播法をはじめた。この工法のねらいははげ山を短期間のうちに緑化するために，まず草本による植生被覆を作りあげ，植栽困難なやせ地の土壌条件を改善し，植生連続の法則にあわせて，森林植生を育てるということにあった。また凍上・霜柱，積雪の多い地方では階段自体が崩壊の原因となる[65),111),162)] といわれ，赤城山・足尾鉱山煙害地では山腹緑化を阻害するおもな原因として表土の凍結凍上があげられている[169),170)]。しかし，このような地域では植生盤[70)] の発明，ムシロ張工[100)] の考案と，牧草種子の適用により[66)]，山腹植生工のいちじるしい発展をもたらした。

近年山地の崩壊地続出とともに，道路開発，地下資源開発のためにいちじるしい人工裸地の出現をみており，法面保護・緑化が山腹植生工の新しい問題としてとりあげられてきた。これに対しては佐藤・村井 (1959)[139)] の簡易保護工や，新田 (1959)[110)] による種子散布の方法なども研究され，米国では過牧放地帯の浸食防止にファイバー網による草本被覆工法がすすめられ[123)]，いったん破壊された植物社会の再現には，まず人為的に表土の移動を防ぐ各種の手段がとられている。SCHIECHTL (1958)[148)]，倉田 (1959)[66)] が述べるように，古い山腹工が点的であり，あるいは線的植生導入の工法にすぎなかっのに比べると，短期間の面的植生導入は，きわめて重要な意味をもっているといわねばならない。さらに田中

(1951)[159]，川口・滝口 (1957)[51]，村井 (1962)[97] が実験的にたしかめた植生被覆の表土浸食防止効果を，どのような形で作り出すかは，気象・土壌などと関連させたうえで，地域的に研究しなければならない問題である。北海道は本州各地にみるようなはげ山こそ少ないが，太平洋面に火山灰地帯がひろがり，道北，道東，道南に第三紀層地帯が多く，日高から道北にかけて蛇紋岩地帯が貫ぬき，さらに寒冷多雪型・寒冷凍結型の悪条件が加わり，豪雨・融雪水による浸食形態はきわめて複雑である。このような地域の山腹植生工においては，積苗工，筋工などの階段工をそのまま適用することは好ましくない。斜面の土石移動に適合した特殊な土木工法と，合理的な植生工との組合せが必要とされる。

2. 編さく工とヤナギ類

諸戸 (1914)[87]，池田 (1921)[42] がヨーロッパ諸国の砂防工事を見学して，わが国に紹介した諸種の砂防工法のなかに編さく谷止工と山腹編さく工がある。これらはヤナギ類を使用した代表的な工法である。諸戸によると編さく谷止工を編み材のぼう芽力の有無によって，活編さく工と死編さく工にわけ，構造によって粗だ束水たたき工付複壁編さく谷止工を1級編さく谷止工とし，単壁で1級よりも小型のものを2級編さく谷止工としている。これとよくにた形では粗だ谷止工(包柴工)があり柳枝やさしきによるぼう芽を期待している。スイス人 JENNY 氏は狭い谷に順次編さく谷止工をつみ重ねる方法 (エンニー式) を考案し，その改良法として水のすくない谷筋にヤナギ・白楊の粗だを敷きならべた谷筋粗だ敷工をあげている。A. HOFMANN, (1905) は愛知県瀬戸市で，いわゆるホフマン工事をおこなった際に，この編さく谷止工を採用したが，施工法が悪く成功せず，1909年に鉄線蛇籠に改築している[88]。わが国では編さく谷止工の施工例はあまり報告されていないが，かって行なわれたとしても，十分ぼう芽生長して，編さく工の機能をあらわしているものは少ないようである。

北海道では空知支庁管内と日高支庁管内に成功した2・3の例はあるが，上川支庁管内の地隙復旧に応用された例は失敗に終っている。近年，谷止工，床固工が玉石コンクリート工法によって独占されてしまったが，伊藤 (1958)[44] は簡易工法すなわち，ぼう芽力のあるヤナギ等を利用した編さく床固工によって渓床勾配の緩和や，ヤナギ類の編さく護岸工による渓岸の固定を提唱して，植生工への適用をすすめている。

山腹工事としては，諸戸が東京都水源林造成の際に筋工に使用するカヤ株のかわりに長さ30 cm，径0.3～1.5 cmの柳枝を階段に並置して，土と互層に積み重ねる柳筋工を紹介している。山腹編さく工は明治の初めに内務省土木工師オランダ人ヨハン・デレーケ氏が滋賀県下砂防工事にトイン工と称して使用したが成績が良くなかったので，その後使用しなかった。しかし諸戸はオーストリーの砂防工事を見学し，トイン工の効果をみとめ，1912

年帰国後編さく工と名付けてふたたびとりあげている。

WANG (1901)[168] は，山腹編さく工の設置法に水平・斜方形 (網状)・正方形編さく工等をあげている。最近まで山腹工事においては大なり小なりこのような工法がとりいれられ，とくに法切後の浮土砂の処理にはよく用いられ，WANG，諸戸が提唱するようにぼう芽力のある編み材の使用によって山腹の緑化をはかる基礎的工法とされていた。

最近の造林作業では，LEIBUNDGUT, (1960)[69] が頁岩地帯で，ヤナギの山腹編さく工を併用し，北海道日高地方の皆伐跡地の新植地でも，同様な地ごしらえ法が行なわれつつある。

このように編さく工が編み材のぼう芽力によって生命のある工作物となることは，もっとも好ましい結果であるが，もし予期したようにぼう芽しなければこの工作物は一時的な土留めをするだけで，編み材は 1～2 年後に乾燥し折損する。これは植生工が施工直後を起点としてしだいに浸食防止機能を増大しなければならない姿に反している。

一般に編さく護岸工はよい成果をおさめているが，山腹では本格的に機能をあらわしている編さく工をあまりみうけない。ヤナギ類が水湿地を好むということから，山腹斜面の日当りのよい場所では，材料として不適であるかのように考えられがちであるが，少なくとも北海道においては，川岸に自生しているヤナギの山腹斜面への利用は可能であると考えられる。したがってこれまでの山腹編さく工が不成績におわった原因を追求してみるに，まず，編み材として使用されるヤナギ粗だの採取時期について検討する必要がある。前述したとおり，発根・ぼう芽力の強いヤナギ類といえども，採取時期によって能力に大きな差のあることが注目されるわけである。杉浦 (1955～1959)[153] のいうように，たしかにほかの広葉樹に比べると発根力は強いが，植生工におけるこれまでのような粗放な取り扱いを前提とするならば，粗だの発根・ぼう芽力には限界があるといわねばならない。

前述のように，春先きの開葉前にはたいていのヤナギ類の発根能力はいちじるしく大きいが，展葉期のそれはきわめて低い。このことについては斎藤 (孝) (1934)[128] や RASCHENDORFER (1953)[126] が同じような報告をしている。RASCHENDORFER は，積雪地帯において融雪後に植生工を行なおうとすると，この時期はヤナギ類の展葉期にあたるので，発根・ぼう芽にもっとも不適な時期にあたると述べているが，北海道においても，融雪のおそい北部では，ヤナギ類の展葉期と施工時期とが一致し，施工成績は悪い。春先にさしきの発根力が強いことは多くの研究者によってみとめられており，諸戸も 12 月から 3 月までの樹液停止期に採材して施行するようにのべているが，積雪との関係は地域によって異なるので，春先きの工事には一般に難点があるといわねばならない。季節的な問題を解決するにあたっては，同じく樹液流動停止期にはいった落葉後の粗だを使うことが好ましい

と考えられる。凍上による被害 (Plate 4) さえ考慮すれば，融雪後は発根もはやく，植生工としては好ましい結果を得やすい。

つぎに，使用樹種についてみると，ヤナギ類のなかには一時的なぼう芽は認められるが，発根を伴なわない不健全なぼう芽形態を示す種類がある。とくに，北海道において山火跡地・崩壊地・道路法面などにもっとも先駆侵入しやすいバッコヤナギに，その傾向がはっきりとあらわれている。これまで砂防樹種の一つとして推奨されてきただけに，編さく工を不成績にみちびいた影響は大きいものがあると考えられる。わが国ではとくにこの問題について報告されたものはないが，オーストリーにおける，RASCHENDORFER による試験はこれを裏がきしている。さらに北海道の川岸に多く自生しているヤナギ類が，前記バッコヤナギとは逆に乾燥地に不適のように考えられ，一般に植生工への利用がうとんぜられているが，実際に崩壊地の先駆植物のなかには，ナガバヤナギ・エゾノキヌヤナギ・エゾヤナギ・イヌコリヤナギ等の多いことから，ある範囲内では使用にたえると考えられた。つまり編さく工不成積の第2の原因は，ヤナギ類に対する以上のような樹種的偏見があげられる。

第3の原因としては，ヤナギ類の粗だが強い発根・ぼう芽をもっているために，粗放に扱われやすいということである。これについてはつぎの試験によって確かめた。

3. さしきのさしつけ法と枯死の関係

編さく工では編み粗だの大部分が地表上にあり，ヤナギの直ざしでも地上部を長く出す傾向があるので，ここではさしつけ法 (使用法の一般呼称) のちがいによるさしきの乾燥度合をしらべた。試料採取の都合上さしきについてだけおこなったが，長い粗だについてはこの試験結果から推論した。さしきや葉の乾燥経過については，スギ・ヒノキなど針葉樹を対象に，佐藤・福原 (1953)[140] の研究や，岡田・小林 (1959)[113] の報告があるが，ヤナギ類については森下・岩水 (1957)[85] がスギ・ヒノキ・青島トゲナシニセアカシヤ・ユーカリなど19種のなかにシダレヤナギ・ギンドロを加えて，さしきの乾燥と枯死・活着の関係を調らべ，KRICKL (1947)[62] が秋季採取した行李製造原料のヤナギ粗だについて，翌年夏までの乾燥経過を調べたものがある。

著者は野外試験を北海道大学雨竜地方演習林（幌加内）で1960年6月13日から6月18日まで行ない，室内における試験を北海道大学農学部砂防工学実験室（札幌）で6月25日から約1カ月間行なった。

試料としてナガバヤナギ3〜5年生の天然実生苗から，長さ20 cm のさしき350本をとった。採取後測定したさしきの生重量と平均直径の関係は **表26** にあげたとおりで5〜19 g，6〜11 mm で，7〜11 g の試料が61%，7〜9 mm の試料が25% を占めている。

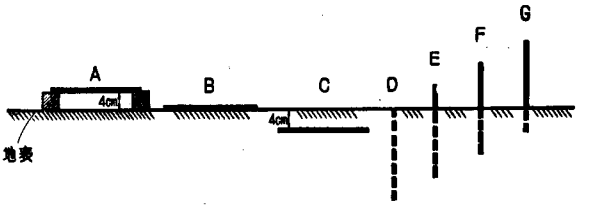


図7. さしつけ法 (A～G)
Fi.g 7. Kind of planting.

さしつけ法は**図7**に示すようにA～Gの7とおりとした。A, B, Cは編さく工の編み粗だを対象としたものであり，D, E, F, Gはたて粗だや，さしきによる場合を想定したものである。

野外測定は5日間としたために，試料を予め35組にわけ，太いさしきと細いさしきを適当にまぜて各組10本ずつとした。毎日A～Gの各組10本のさしきを秤量し，乾燥減量と生重量との比を百分率であらわして乾燥率とした。野外試験で使ったさしきはビニール製袋に入れ，その約半数は，札幌で室内において1～4日乾燥させたのち，秤量して水道水にさして発根状態をみた。残り半数は絶乾にして採取時の含水率を求めた。

表26. 試料採取時の太さと重さ別のさしき本数
Table 26. Number of cuttings

① 生重量 (g)	②さしきの太さ (mm) 6 (mm)	7 (mm)	8 (mm)	9 (mm)	10 (mm)	11 (mm)	③計
	(本)	(本)	(本)	(本)	(本)	(本)	(本)
5	4	2					6
6	15	9					24
7	4	38	1				43
8		24	18				42
9		10	31	1			42
10		2	27	14			43
11			9	36			45
12			1	22	6		29
13				13	8		21
14				3	11		14
15					14	4	18
16					6	4	10
17					1	4	5
18						5	5
19						3	3
③計	23	85	87	89	46	20	350

(注) ① Fresh weight, ② Diameter of cuttings, ③ Total.

さし床の土壌粒経区分は粗砂22.3%，細砂13.6%，微砂28.8%，粘土35.3%で，試験期間中のさし床の土壌水分については，試料採取時に表土 (地表下4cmまで) をとって調べた。

野外試験期間は晴天がつづいた。早朝霧がかかったが，日中はよく晴れたので，さし床は直射日光をうけ，さしきは乾燥をはやめたものと考えられる。**表27**はさし床から約40mはなれた露場の気象観測値である。6月16日は終日晴天で最高気温は24.5℃にあがり，蒸発量は5.8mmで (6月中最高)，この試験にもっともふさわしい日であった。とくに

表 27. 試験期間中の気象観測値 (Jun. 1960)

Table 27. Climatic condition during the experiment

① 日	②気温 (°C) 平均	最高	最低	③湿度 (%) 平均	最小	時刻	④地中温度 (°C) 深さ (m) 0.0	0.1	0.2	0.2	⑤雲量 (0～10)	⑥風速 (m/s) 平均	最大	方向	時刻	⑦蒸発量 (mm)	⑧降水量 (mm)	⑨日照時数 ジョルダン	⑩土壌含水率 (%)
13	12.4	21.1	1.7	64.3	*31	15.00	12.5	11.5	11.7	11.3	3	1.41	5.4	SE	15.30	5.5	—	***12.8	57
14	12.7	18.9	3.7	77.3	50	13.00	13.9	12.3	12.1	16.7	10	0.79	3.0	SE	13.50	(2.0)	0.3	2.3	31
15	10.8	16.9	5.8	81.0	60	15.30	13.3	12.9	12.5	11.9	10	1.43	3.4	SW	13.30	3.5	—	6.0	38
16	13.3	24.5	5.0	70.0	34	17.00	13.5	12.5	12.5	11.9	0	1.26	3.4	ESE	16.40	**5.8	—	12.0	34
17	14.3	21.5	3.8	79.5	48	12.30	15.2	13.7	13.4	12.1	3	2.34	5.0	SE	15.00	(4.7)	1.0	8.8	35
18	15.9	20.5	12.6	85.1	67	12.30	15.7	14.8	14.2	12.9	10	2.79	5.7	ESE	23.00	(2.9)	1.9	6.0	33

*: 6月最小 Min. in Jun.
**: 6月最高 Max. in Jun.
***: 6月最高 Max. in Jun.

(注) ① Date, ② Air temperature—Ave., Max., Min., ③ Humidity—Ave., Min., Time, ④ Earth temperature—Depth, ⑤ Amount of cloud, ⑥ Wind verocity—Ave., Max., Direction, Time, ⑦ Amount of evaporation, ⑧ Precipitation, ⑨ Duration of sunshine, ⑩ Soil moisture.

A, B のように空気に接している部分の多いさしきは乾燥率が大きかった。気温の日較差は 20°C ちかくになる日もあって，北海道の内陸部における晩霜型の傾向をみせた。したがって地表面の温度日較差も大きかったものと推察される。深さ 4 cm まで (A の深さ) の土の含水率は 13 日夜さしつけた時は 57% で相当高い含水率であったが，14 日から 18 日までは 31～38% で大きいひらきはなく，連日強い日射にもかかわらず，この深さの土壌水分にはあまり変化がみられなかった。さし床は土をかきおこしてつくったために，蒸発が地表面に限られたか，あるいは土粒子の細かいことから，毛管作用による地下からの水分補給があったのではないかと考えられる。**表 28** に測定結果をまとめた。**表 29** にさしつけてからの経過日数別にみたさしつけ法と乾燥率との関係について，各組のさしきの乾燥率の最大，最小，平均値をあらわし，分散分析によって，平均値の差の有意性を検定した。これによるとさしつけ法別による平均値には 1% の危険率で有意差のあることがたしかめられた。同一さしつけ法によるさしつけ後の経過日数と乾燥率との関係はどのさしつけ法の間にも，さしつけてから経過した日数によって，乾燥率は大きくなって有意差のあることが確かめられた。各組の乾燥率を平均値で示すと **図 8** のようになる。14 日から 17 日まではC, D をのぞいて各組とも乾燥率はしだいに高くなり，とくに A, B では 4 日間で約 20% 乾燥した。18 日は早朝霧雨のためか，C～G はかえって重くなり，A, B の乾燥率も前日にくらべてはるかに少なかった。最終日の各組の乾燥率についてみると，C, D のように土中に埋めたさしきは，全く乾燥しなかったが，E. F のよのに多少でも地表上にでた部分は乾燥していた。C, D の乾燥率の下限が逆に重量の増加を示しているのは，さしき

表 28. さしきの乾燥率

Table 28. Air-dry ratio of cuttings

① さしつけ法	② 組	③ さしきの平均径 (mm)	④ さしつけ前の重量 (g)	⑤ ぬき取り時の重量 (g)	⑥乾燥率 (%)		
					⑦最高	⑧最低	⑨平均
A	1	7~10	5.5~16.0	5.2~15.2	7.2	5.0	5.8
	8	6~11	6.1~16.8	5.7~15.6	12.6	6.3	9.1
	15	7~ 9	6.9~12.4	5.7~10.9	21.7	12.1	17.5
	22	7~10	7.8~16.0	6.4~12.6	24.6	18.0	21.1
	29	7~10	7.2~15.3	5.3~12.2	27.9	20.3	23.8
B	2	6~10	6.3~15.2	6.1~14.6	8.1	2.1	4.0
	9	6~11	5.4~17.4	5.0~16.5	10.4	5.2	7.6
	16	7~10	7.4~17.3	6.4~15.1	17.9	10.4	12.9
	23	7~10	6.4~15.3	5.3~12.9	21.5	11.3	18.5
	30	6~10	5.3~14.4	4.1~12.1	24.3	10.3	18.7
C	3	6~10	5.0~14.6	5.0~14.6	+1.5	0	+0.2
	10	7~11	6.3~19.2	6.3~19.2	0.6	0	0.1
	17	7~10	7.5~15.1	7.5~15.1	0	0	0
	24	7~10	6.9~12.2	6.9~12.3	+1.2	+0.8	+0.4
	31	7~11	6.7~14.9	6.7~15.0	1.8	0	0.9
D	4	6~10	5.2~15.6	5.3~15.5	+1.9	0	+0.1
	11	6~10	5.5~15.3	5.4~15.1	1.8	0	1.4
	18	7~10	5.6~15.3	5.6~14.6	4.6	+3.8	+0.2
	25	6~11	6.3~19.1	6.1~18.2	7.6	+1.3	4.1
	32	7~10	6.3~14.5	6.3~14.8	+3.3	0	+0.5
E	5	6~10	5.6~12.3	5.5~12.1	3.3	0.9	1.9
	12	6~11	6.7~15.8	6.5~15.4	5.3	1.2	3.0
	19	6~11	5.3~18.4	5.0~17.3	7.8	1.1	4.6
	26	7~11	5.5~18.2	5.2~17.7	7.6	+1.3	4.1
	33	7~11	6.7~18.0	6.5~16.7	7.2	1.4	4.5
F	6	7~10	7.0~13.8	6.9~13.5	3.5	1.0	2.0
	13	7~10	7.1~14.0	6.8~13.1	6.4	2.1	4.1
	20	7~10	6.6~13.1	6.3~12.4	9.2	1.0	5.2
	27	6~11	5.7~17.3	5.3~15.9	9.8	3.4	6.4
	34	6~11	6.1~16.9	5.9~15.8	7.8	2.8	5.3
G	7	6~ 9	5.8~13.3	5.6~13.0	3.6	1.6	2.7
	14	7~11	8.2~15.7	7.7~15.2	6.1	1.1	3.5
	21	7~11	6.6~19.1	6.0~17.9	11.5	3.5	6.7
	28	7~11	7.1~17.3	6.7~16.3	11.0	5.6	7.8
	35	7~10	7.3~15.7	7.3~13.4	14.6	2.7	6.6

(注) ① Planting, ② Group, ③ Average diameter of cuttings, ④ Fresh weight of cut- tings, ⑤ Air-dried weight of cuttings, ⑥ Air-dry ratio, ⑦ Max:, ⑧ Min., ⑨ Average.

表29.　さしつけ法別，経過日数別の平均乾燥率比較

Table 29.　Comparison of average dry ratio

②経過日数	①さしつけ法							③分散比
	A	B	C	D	E	F	G	
1	5.8	4.0	+0.2	+0.1	1.9	2.0	2.7	55.3**
2	9.1	7.6	0.1	1.4	3.0	4.1	3.5	49.7**
3	17.5	12.9	0	+0.2	4.6	5.2	6.7	8.8**
4	21.1	18.5	+0.4	4.1	4.1	6.4	7.8	101.5**
5	23.8	18.7	0.9	+0.5	4.5	5.3	6.6	127.5**
③分散比	12.0**	16.5**	8.4**	15.1**	9.1**	4.6**	8.2**	

＋：さしつけ前より生産量が増加している場合。

**：1% で有意差がみとめられる。

(注) ① planting, ② After days, ③ Dispersion ratio.

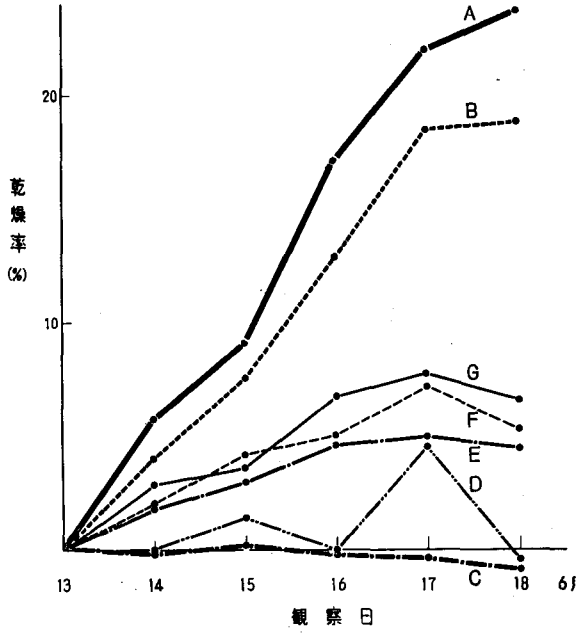


図8.　さしつけ法と乾燥経過

Fig. 8.　Relation between dried ratio and kind of planting.

に密着した土の重量が加わったためだと考えられる。さしき170本を絶乾した結果は表30に示すとおりで採取時のさしき平均含水率は54.6～58.6%となった。したがってAでは5日間に半分近くの水分 (20.3～27.9%) を失ったことになる。残り180本のさしきは，6月25日水さしにしたが，2日後には発根するさしきもあって，7日後には結局21本 (総数の11.7%) 発根し，そのほかのさしきは全部腐敗した。発根したものの内訳けは表

表 30. 試料採取時の含水率 (乾燥減量× 100/生重量)

Table 30. Water content of fresh cuttings

① 組	② さしきの平均径 (mm)	③ さしつけ前の重量 (g)	④ 絶乾重量 (g)	⑤含水率 (%)		
				⑥最高	⑦最低	⑧平均
10	7～11	6.3～19.2	2.7～ 7.6	63.9	53.2	58.6
17	7～10	7.5～15.1	3.3～ 6.2	62.1	54.0	57.2
24	7～10	6.9～12.2	2.9～ 5.4	70.3	41.3	57.1
4	6～10	5.2～15.6	2.9～ 6.6	75.3	44.3	56.9
11	6～10	5.5～15.3	2.4～ 6.0	61.5	56.4	58.2
18	7～10	5.6～15.3	2.5～ 6.5	57.5	51.6	54.6
25	6～11	6.3～19.1	2.6～ 7.2	62.3	53.8	57.8
6	7～10	7.0～13.8	2.9～ 6.1	62.9	53.8	57.4
13	7～10	7.1～14.0	3.1～ 5.7	61.2	53.2	57.3
20	7～10	6.6～13.1	2.7～ 5.6	65.3	52.2	57.1
27	6～11	5.7～17.3	2.6～ 7.3	59.6	50.0	55.6
34	6～11	6.1～16.9	2.7～ 7.3	61.2	54.1	57.0
7	6～ 9	5.8～13.3	2.6～ 5.8	59.2	54.3	56.2
14	7～11	8.2～15.7	3.4～ 6.8	62.0	54.4	56.7
21	7～11	6.6～19.1	3.7～10.8	67.6	54.1	58.1
28	7～11	7.1～17.3	3.1～ 8.0	58.8	53.6	56.0
35	7～10	7.3～15.7	3.4～ 6.5	59.6	52.1	55.8

(注) ① Group, ② Average diameter of cuttings, ③ Fresh weight, ④ Oven-dry weight, ⑤ Water content, ⑥ Max., ⑦ Min., ⑧ Average.

表 31. 乾燥率と発根の関係

Table 31. Relation of rooting and air-dry ratio

①乾燥率 (%)	10	11～20	21～30	31～40	41	⑤計
②さしつけ本数	6	21	94	56	3	180
③発根本数	6	15	0	0	0	21
④発根率 (%)	100	71	0	0	0	12

* 発根したさしきのうちで最高の乾燥率はさしき No. 801 の 19% であった。

(注) ① Air-dry ratio, ② Number of cuttings, ③ Number of rooted cuttings, ④ Percentage of rooted cuttings, ⑤ Total.

31 のとおりで，さしつけ前の乾燥率 10% 以下のさしきが 6 本 (発根率 100%), 11～20% のさしきが 15 本 (発根率 71%) で，このうち No. 801 のさしき (径 11 mm, 生重量 16.8 g) は 19% の乾燥率のものであった。そして 20% 以上の乾燥率では全く発根しなかった。これによるとさしつけてから 5 日後の A, B のさしきは大部分枯死したことになる。

森下・岩水 (1956)[84] はヤナギさしきの含有水分が 70% 以下になると乾燥枯死率が高

くなったことを報告している。佐藤・福原 (1953)[140] がさしつけてからのしばらくの間の水分生理の微妙な作用について述べているように，さしき発根までの水分保持は生理的に重要な意味をもっていることがわかる。ヤナギ類は，水さしでは約1週間たつと発根・ぼう芽が始まるが，野外では約1カ月してからぼう芽しはじめ，同じ頃に発根するのであると，さしつけ法による乾燥のちがいは，さしきの活着に大きな影響を与えるといわねばならない。つまり，地上部を長く出してさしつけることはさしき増殖のために好ましくないといえる。また山腹編さく工の編み粗だはA，Bに相当する部分が多く，山側を細土で埋めもどさないで，施工中にはいった石礫で満たしたままにしたり，生葉のついている粗だで編みつけた場合には，粗だと土が密着しないために通気がよくて，粗だは乾燥しやすく，1～2年で折損し，仮りに発根したとしても，根をのばすために適当な場所は与えられないことになる。編さく護岸工では，裏込めに玉石だけを使ったとしても，施工時期をえらべば，融雪・豪雨時の洪水によって運ばれる泥土が，玉石の隙間を埋めるから，粗だの発根に好都合な環境が与えられるが，山腹では川岸のように泥土が自然に充満することは期待できないから，人為的に細かい土砂で十分埋める必要がある。この点については諸戸 (1943)[88]，高橋 (1955)[157] が指摘している。 また編さく工は，たて粗だや埋幹を併用し確実にぼう芽させる必要がある。

4. ヤナギ類の適用工法

ヤナギ類は編さく工の編み粗だや，切芝や，植生盤の目串に使用され，またさしきにより容易に養苗できるから砂防樹種としてのすぐれた性質をもっているということができる。森下・大山 (1957)[86] は，はげ山の山腹緑化にイヌコリヤナギの直ざしを推奨している。著者はこれまで北海道における山腹植生工にヤナギ類を適用するためにヤナギ類の性質と山腹編さく工について考察してきた。その結果ヤナギ類を適用した積雪寒冷地帯における工法について研究する必要を感じた。ここではおもに北海道北部で行なった試験について述べる。

A. 第3紀層崩壊地の山腹植生工

ここでは山火跡ササ地の剝落斜面における植生侵入状態の観察，編さく工，丸太工，さしきの組合せ工法による植生工の適合度，河はんに自生しているナガバヤナギの山腹における適応性についてしらべるのを目的として，1959年9月21日に試験地を北海道大学天塩地方演習林・河西事業区第1林班（トイカンベツ）に設けた。地質は新第3紀稚内層で硬質頁岩でおおわれ，上部には軟質頁岩をまじえ，山火後笹生地にある崩壊地で，植生の自然侵入が困難であると考えられる場所である。試験工作物はつぎのように設けた。

1) 編さく工： 崩壊地で比較的崩積土の多い斜面下部に設け，編み材にはおもにナ

ガバヤナギの粗だ (平均径 1～3 cm, 長さ 2.5～3.0 m) を用いた。工作法は普通の編さく工とおなじで，とくにヤナギのたて粗だ (平均径 1～3 cm, 長さ 30 cm) を加えた。

2) 丸 太 工： 剝落斜面の勾配は 33～40° で法切りの必要はなく，融雪時に破壊されることを考慮して階段工によらず，丸太 (平均径 5～12 cm, 長さ 2.0～4.0 m) を等高線上に並らべ，縦杭 (平均径 5～8 cm, 長さ 60～90 cm) でとめ，一部丸太の下にヤナギさしきを浅く埋めた。

3) さ し き： 2年生，ナガバヤナギ (長さ 20 cm, 径 1～3 cm), 早春の発根・ぼう芽によってつぎのことを期待した。長枝のまま埋めた粗だの発根・ぼう芽状態についてもあわせて検討した。

① 丸太 (カバ材) は腐朽しやすいので，工作物の能力低下を防ぐために，早期にグリーンベルトを作る。

② 編さく工のぼう芽を豊かにする。

③ 斜面の局部的な浸食を防止する。

1960 年 4 月 (融雪期) 試験地には残雪があり，しかも積雪が滑落する傾向はみられなかった。1960 年 7 月 17 日に調査した結果つぎのとおりである。

1) 編さく工： 編さく工のぼう芽成績はあまりよくなかった。工作物自体は積雪によって破壊された部分はなかったが，編み粗だのぼう芽は少なかった。不成績の原因については，①現地の土に角れき (0.5～5 cm) が多くまじり，また生葉のついた粗だで工作したために粗だと土とが密着せず発根条件が悪かったことと，②粗だが野兎鼠の害を受け，ぼう芽性を失なった点があげられる。しかし，たて粗だを使用した部分のぼう芽状態は良かった。

2) 丸太工・さしき： 丸太工についてみると，積雪による折損の被害はなく，施工時とほとんどかわらない状態であった。1カ所だけ，丸太の折損した部分があったが，これは丸太が細く，かつ古かったために耐久力に乏しかったためだと考えられる。

試験地斜面の凹部に密にさした部分のぼう芽は 40～50 cm に伸びて成績が良かった。さしきは全般的に活着率が高く，密植したために本数についははっきりわからなかったが，90～100% と推定された。融雪後 7 月までのぼう芽長は 30～60 cm, 平均 45 cm で 1954 年～1956 年のオトイネップにおける山腹編さく工のぼう芽長とほぼ同じであった。各試験地ともに斜面下部のぼう芽がよく伸びていた。上部では新梢の下葉が黄変しているものもあったが，その後の調査においても枯死した傾向はみられなかった。さしきの発根は全般的に元口に多く，その部分で伸びていた。長枝のまま浅く埋めた 3 本の粗だ (長さ 2 m) のぼう芽長は 20～50 cm で，ぼう芽数は粗だの末口部に多かった。落葉後掘りとって調べた結果では，根は 90～150 cm の長さに地表近くをはい，未分解の落葉・落枝をぬ

って，広範囲に発達していることがわかった。試験期間の積雪(約60 cm)は例年にくらべると少なかったが，丸太工は地表面の突出部が低いために折損するほどの圧力を受けなかったばかりか，かえって積雪の滑落を防いだものと考えられた。

丸太だけを等高線状に並べて，植生侵入状態をみようとした斜面では，1年目にいちじるしい植生の自然侵入はみられなかった。

さしきは丸太の下に斜めに浅くさしておいただけであったが，よくぼう芽し，1夏経過後も乾燥枯死する傾向はなく，根の発達による表土の緊縛力は大きいと考えられた。このことからナガバヤナギは，北海道北部第3紀層の山腹植生工に使用できることがわかった。凹部の密なさしきはきわめてよい成績をあげていた。これはヤナギ類が丸太工とさしきによる浸食防止線を全面被覆へ発展させる可能性をもっていることを示したものといえる。著者は1958年春北海道大学苗畑において前年秋にさしつけたナガバヤナギのさしきが融雪後倒れているのを観察した。降雪前，あるいは融雪後の表土凍結・凍上によるものと考えられる。またぼう芽枝が積雪の沈降によって引きさかれているのも観察した(Plate 4)。本試験地も南東斜面で消雪がはやく，凍土や凍上による土砂崩落もはげしいから，なるべく地表面に雪を保存できるような工作物が必要であると共に，さしきの脱けや裂けを防止する方法をとるようにしなければならないと考えられた。これらの点をみると作業中足場の役割りを果す丸太は雪の滑落を防ぎ，またさしきを保持する点で大きな効果をもっているといえる。

地表に浅く埋めた長粗だは本試験中もっともよい結果をもたらし，つぎにのべる面状被覆の可能性をみちびいた。

B.　ヤナギの粗だを使用した金網張植生工[26)]

さきに丸太とヤナギ類さしきの配列により，裸地斜面に線状の植生工を行なったが，表土の移動防止は部分的に限られるので，この程度では従来の筋工と大差なく，裸地部方への早期の植生侵入を期待することは困難であると考えられた。したがって，早期全面被覆の工法として1960年11月7日に試験地を北海道大学天塩地方演習林・河西事業区第5林班(トイカンベツ)に設けた。試験地斜面は傾斜38°で，南東に面している。試験区Aは幅6 m，長さ20 mにとり，つぎの順序で作業した。なお隣接した斜面に横木とさしきだけ使った試験区Bを設けた(**図9**)。

(1)　斜面上の金網張作業

斜面上に金網を敷き，等高線上(間隔2 m)に足場丸太でおさえ，縦杭でとめた。金網は22番亜鉛引鉄線，60 mm亀甲型網目，幅90 cm市販品を使用した。

(2)　金網へのヤナギ粗だ編みつけ作業

直径3 cm以内，長さ2.0～3.0 mのヤナギ粗だ(ナガバヤナギ・エゾノキヌヤナギ)

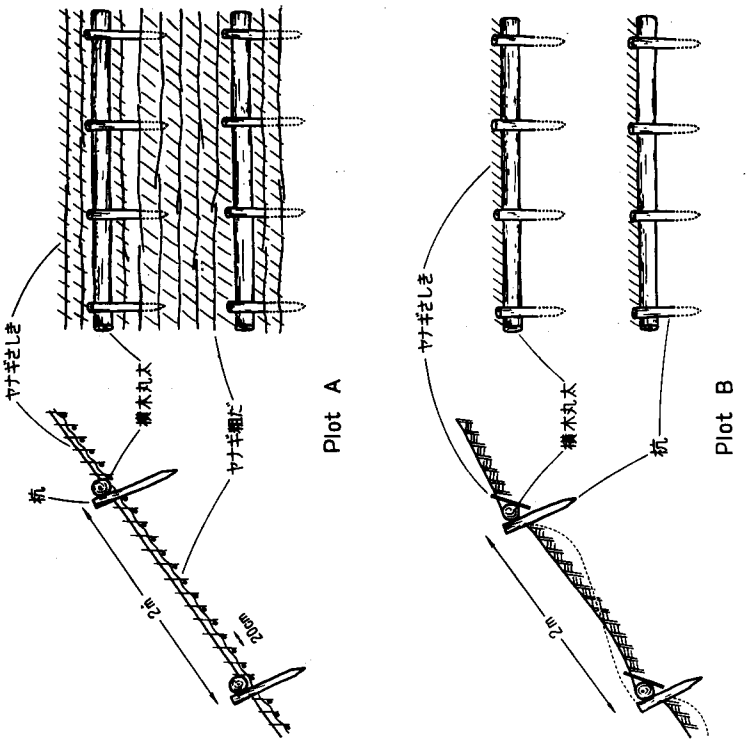


図9. 試験区の構造

Fig. 9. Construction of the plots.

を 20 cm 間隔，等高線状に編みつけ，長さ 30～40 cm のさしきを網目にかけて斜めにさしつけた。

(3) 覆土作業

編み粗だがかくれる程度の厚さ (3～5 cm) に覆土した。

試験区設定後約 1 月後に根雪となり，最深積雪深は翌年 (1961 年) 2 月中旬 120 cm に達し，4 月中旬に消雪した。この斜面は例年ナダレのおこる場所であるが，試験区では雪のすべりおちる現象はみられず，下端からしだいに融けた。消雪後の試験区は設定直後に比べいちじるしい変化はみられず，覆土が沈圧されて小石が凸出しわずかに粗面化していた。5 月中旬粗だやさしきのぼう芽は 3～10 cm に生長し，6 月下旬には遠望しただけで緑化状態がわかるようになった。測定区 10 カ所について調べた結果は **表 32** のとおりで，ぼう芽本数は最高 133 本/m^2, 平均 70 本/m^2, ぼう芽長は最高 42 cm, 平均 11.4 cm であった。8 月上旬にはぼう芽本数はいくらか減少したようにみえたが，全般的にみてぼう芽成績はよく，**表 33** のようにぼう芽長の最高は 110 cm，平均 42 cm であった。

表 32. 試験区 A のぼう芽本数 (Jun. 26, 1961. 消雪後約 75 日)

Table 32. Number of sprouting about 75 days after thaw on plat A

② ぼう芽生長高 (cm)	①測定区 (斜面 1 m²) a (本)	b (本)	c (本)	d (本)	e (本)	f (本)	g (本)	h (本)	i (本)	j (本)	③計 (本)	備考
2			2		1						3	A, B, D区は試験地上部からの流出土砂に埋没している個所をえらんだ。A, B ではたえず流砂。
3			11	5	1	2	1			2	22	
4			16	7	3	3	5	1	5	7	47	
5	4	2	24	7	6	11	11	2	3	9	79	
6	4		20	10	10	8	7	6	5	4	74	
7	1	2	14	10	1	5	7	3	2	7	52	
8	3	1	7	12	3	4	3	3	4	1	41	
9	1		9	2	1	3	1	2	3	2	24	
10	3	1	2	6	6	6	10	13	5	12	64	
11	1			3	2	1	1	1		1	10	
12		1	9	4	7	1	6	13	5	6	52	
13		2	3		3	1	2	5	1	2	19	
14		1	3	3	2		2	5	1	9	26	
15		2	4	4	2	1	7	6	5	3	34	
16			1		3	1	5	2	1	1	14	
17		1		3	1	4	7	2	3		21	
18			2	2	3		3	2	2		14	
19						2			1		3	
20		1	2	1	5		1	10	4	4	28	
21			1								1	
22		1	2	1	1	2	1	4		1	13	
23				1	2		3				6	
24					1				1	2	4	
25	1	1			4		1			1	8	
26				2	2		1	1			6	
27						2	2	1	1	1	7	
28						1					1	
29											—	
30			1	1	2	1		3	5		13	
31							1				—	
32										1	2	
33					2						2	
34											—	
35				1	1	3	1	2	1		9	
36											—	
37											—	
38											—	
39											—	
40					1						1	
41											—	
42									1		1	
③計	18	16	133	85	76	62	89	87	59	76	701	

(注) ① Measured section, ② Heights of sproutings, ③ Total.

表 33.　試験区 A のぼう芽生長状況 (1961)

Table 33.　Heights of sproutings on plot A

①測定日	③生長高 (cm)	②測定区 a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	④最高	⑤平均
Jun. 26	④最高	25	25	30	35	40	35	35	35	42	32	42	33
	⑤平均	8	13	8	10	14	11	12	14	14	11	14	12
Aug. 4	④最高	65	110	100	95	85	85	95	65	95	80	110	88
	⑤平均	30	50	50	50	50	35	45	30	40	40	50	42

(注) ① Date, ② Measured section, ③ Heights, ④ Max., ⑤ Average.

等高線状に配置した横木 (丸太) は,

(1) 作業中の足場

(2) 金網の固定

(3) 雪の滑落防止

の3つの働らきをなし，金網は表土の小移動をおさえて粗だやさしきの発根・ぼう芽のために安定した環境を与えることができた。

消雪後約100日 (1961年8月4日) の観察によると，試験区Bでは横木の下部の表土がえぐりとられ，これまでの階段工の場合と同じような現象をみせた。試験区Aでは施工面が整い金網の効果がはっきりとあらわれた。

使用したヤナギは河はん・水湿地に多いナガバヤナギ・エゾノキヌヤナギで，このような斜面で十分生長できることは，この種類が北海道に多いだけに利用上有利であると考えられた。生長期間のうち乾燥がつづいたと考えられたときの気象条件について，試験区の気温と地中温度をあげると **表 34** のようである。試験区は南斜面の中腹にあり直射日光の影響も強かったから，気温の日較差も大きかったと考えられる。この試験期間中もっとも乾燥している時の土壌含水率 (含水分量/乾土重量) は表にあげたとおりで，表層は天気

表 34.　試験区の温度と土壌水分 (Jun. 1961)

Table 34.　Temperature and soil moisture of the experimental plot

①観測 ②日	③時	④気温 (°C)	⑤地中温度 (°C) ⑥深さ (cm) 0	10	20	30	⑦土壌含水率 (%) ⑧深さ (cm) 0	10	20	30	⑨天気
20	p.m. 3	27.0	31.8	28.0	21.4	19.2	8.8	29.1	32.4	28.8	⑩くもり
21	〃 3	17.5	17.2	17.2	17.2	16.8	33.3	36.1	32.3	32.3	⑪雨のちくもり
22	〃 3	26.0	33.6	25.1	18.8	17.0	23.7	32.3	32.3	35.0	⑫は　れ
23	〃 3	26.3	34.2	29.1	23.8	19.0	19.1	32.6	32.6	31.3	⑬は　れ

(注) ① Observation, ② Date, ③ Time, ④ Air temperature, ⑤ Earth temperature, ⑥⑧ Depth, ⑦ Soil moisture, ⑨ Weather, ⑩ Cloudy, ⑪ Rainy later cloudy, ⑫⑬ Fine.

に左右され8.8～33.3%と差があったが，地中では30%前後で差は少なかった。

粗だとさしきのぼう芽成績の比較は行なわなかったが，粗だは覆土を流下させない点で有効な働きを示し，さしきは多くさしつけるほど面状被覆の効果が大きいことがわかった。この金網では200個/m^{2}の網目があるから，相当数のさしきをさしつけることが可能であり，このような過密植栽によっても，生育上不都合でないばかりでなく，かえって落葉堆積・表土の乾燥防止などの点で効果的であると考えられた。積雪地帯で消雪後にこの工法を実施しようとすると，ヤナギはすでに開葉し，粗だやさしきの発根に不利な時期にはいることになる。したがって，ヤナギを使う場合には降雪前に施工し，雪圧によって粗だやさしきと土を密着させ，融雪後地中温度の上昇とともに発根を促進させる方がよいだろう。

金網は1年経過後もあまり弱くなっていなかった。少なくとも2～3年はある程度の強さを保てると考えられた。なお施工後1年内に植生でカバーできればよいのだから，極端に強いものはいらないだろう。(4年後，手で引張ったが切れなかった。)

この工法はこれまで行なわれていた山腹被覆工・粗だ伏工ににているが，はげ山のように土壌乾燥を防止することが第一義ではなく，粗だ自体のぼう芽発根による表土被覆と緊縛が目的である。PRÜCKNER (1947)[125] は河岸堤防にヤナギ粗だをつかってこのような防護工法を行ない，PORTER (1959)[123] はファイバー製の網で敷草をおさえ，初期の表土移動を防止している。AYRES (1936)[6] や BENNET (1939)[7] はガリー浸食防止のために金網使用をのべているが，最近になって山腹では落石防止工として，また植生盤の滑落防止に使用されてきている。本試験区のような急斜地においても金網上の覆土は簡単で，斜面は平滑に整理しやすく，またさしきは網目ごとにさすことができ，作業はきわめて容易である。本試験はとくに積雪地帯について行なったが，ヤナギの多い地方はもちろん北海道東部の凍上地帯においても適用できるだろう。肥料についてはふれなかったが，この試験の主目的はヤナギ粗だの適応範囲を調べる必要があったためにとくに使用しなった。肥料を加えることによって生育条件はさらによくなるだろう。

場所によっては客土の際に，種子を混播することも有効であると考えられる。この場合金網の物理的強さを利用し，荒縄・ササ等を金網に編みつけ，肥料・土・種子を混合したものを撒布すると，短期間に植生で被覆できる。

この地方はナダレ発生の多い地域である[5]。現在その防止策の一つに山火跡ササ地の高林化が提唱されている。また裸地の早期緑化はナダレ防止に必要な対策であり，樹木も完全なナダレ防止工の役目を果すといわれ，林木の早期育成に重要な問題が提起されている。したがって積雪地帯の林地回復のために植生連続の遷移を低木部の人工的導入によって促進することは有意義であると考えられる。

LEIBUNDGUT (1960)[69] は頁岩地帯の造林に，ヤナギ類を利用した山腹編さく工を斜方向に細かく配置して，数年後に緑化・再造林を行なっているが，地形・地質的にみても，北海道北部の山腹斜面と類似し，ヤナギ類利用の方法が確かめられているようにみえる。本州のはげ山と異なり，極度に土壌水分が欠乏することはないから，植物生長期間の短かい北方地域で郷土種の生活力の強いヤナギ類を活用することは山腹裸地に植生導入をはかるうえで有効であると考えられる。

V　防災林造成におけるヤナギ類の適用

森林は林産物の供給源であるとともに，人類にいろいろの福利をもたらすといわれ，特定の災害を防ぐために防災林や保安林が指定されている。わが国で保安林と名づけられるものには，過去において土砂扞止林，水害防備林（堤塘林・護岸林・水除林），飛砂防止林（海岸砂防林・内地砂防林），潮害防備林，墜石防止林，頽雪防止林，風害防備林（聚落防風・作物防風・木竹防風・貯木場防風）があった[14]。また防災林の造成事業がはじめて山林行政の一部として全国的にとりあげられたのは1932年で，まず海岸砂防林造成事業が行なわれ，翌1933年の三陸沖地震の津波によって海岸防潮林の効果が認められ，岩手・青森・宮城県下で防潮林造成事業が行なわれ，1937年には防風林・頽雪防止林を加えた総合的な災害防止林造成事業が行なわれている。1948年以来の防災林造成事業には，防風林・海岸砂地造林・防潮林・水害防備林・防霧林・雪崩防止林の造成事業があって，合理的な林帯の造成についてはおおくの研究がなされつつある。これらの事業のうちで雪崩防止林を除けば他の事業が平地あるいは海岸地帯でおこなわれるものであり，山地における森林とともに，関連産業に及ぼす影響は直接的である。森林地帯が開発され農耕・牧畜・鉱工業などの諸産業が発達するようになると，森林におおわれていた時代にみられなかった災害を受けるようになり，防災上必要な森林の回復がいそがれるのは各国の歴史によって示されるとおりである。

植物生態学では一般に植生遷移の進行は，裸地から地衣・蘚苔・草類・低木を経て高林に達するものとされているが，いったん破壊された土地に防災効果を期待できるような林帯を作りあげるためには，植栽上いろいろの悪条件がある。林木の生育にとって不利な環境因子である土壌条件は客土・排水・施肥等の手段によって改良されつつあるが，植生導入の方法はまだ十分に究められていない。地表上の空間になるべく大型の植生群をしかも短期間に成立させるためには，当然人為的な植生の交替を強制しなければならないし，また各植生段階による環境の変化についても十分究められなければならない。

ここでは各種防災林の造成に共通した課題である初期の植生導入に関して，ヤナギ類の適用範囲を明らかにするために考察した。

環境別にみると，

1. ヤナギ類の生育しやすい川岸，湿地帯

2. ヤナギ類の生育上不利である海岸砂地あるいは風衝地

にわけられるが，防災的にみると，1. は水に対して，2. は風の問題が大きく，また造成上 1. においては導入直後の流失が問題となるが，2. については生理学上問題になる点が多いと考えられた。

1. 護岸林・護岸工

河川の上流部で起った崩壊と浸食は洪水のたびごとに下流部にいちじるしく多量の土砂を流送している。この土砂は河川が平地に出たところでひとまず堆積するが，わが国の河川は沖積地帯で河川勾配が急に緩るくなっている。河道に土砂が堆積すると，河道を流れる水は，このために左右の両岸に押しやられるので，河岸は掘られて深い溝ができ，その結果，河岸の欠壊をひきおこす。このように一度欠壊をおこすと，河水はそれから反転して，次から次へと新しい欠壊をひきおこし，両岸の土砂を削って河の中に押し出す。このように2次的に生産される土砂の移動は，上流部から流送される土砂に比べるとはるかに大きな被害をもたらすといわれている[1]。

洪水防禦を目的とする河川工事は，古くから堤防第一主義をとり，わが国では4世紀のはじめに淀川で茨田堤がつくられたと伝えられ，16世紀頃から武田信玄等によって広く全国的に行なわれ，堤防自体の配置と，堤防の欠壊を防止するための土・石・木の組合せによる工法（護岸・水制）の時代は19世紀にいたるまでつづけられた。今日大河川ではコンクリートを材料とする護岸工にほとんど変ってきたが，大河川，中小河川の上流部，荒廃溪川ではこれまでの工法が行なわれまた必要とされている。真田 (1932)[131] はわが国の護岸・水制の歴史と工法の変遷について日本水制工論に詳しく述べている。その中で柳籠（万年籠）や柳枝工は植生工の代表的なものとされている。小出 (1954)[58]，江島 (1955)[11]，上田 (1955)[167] の堤唱する水害防備林もまた大型植生群による河岸安定工法と考えられる。ドリュチェンコ (1943)[72] はドネーブル川および支流の沿岸地帯の森林が，恒常的あるいは定期的（氾らん時）な破壊から河岸を護り，河川搬出物を沖積することの意義を認め，ハリトノワ (1943)[72] はノヴオシビリスク峡谷地帯の水路網の両岸に植林することの必要性を報告し，ALTPETER (1944)[4] は北部ニューイングランドにおいて，PRÜCKNER (1947)[125] はオーストリーで，PHILLIPS と EASTHAM (1959)[122] はバージニヤで，PORTER と SILBERBERGER (1960)[124] は米国東部（ニューヨーク州）で植生による護岸工について研究している。

このように護岸工における植生の積極的な利用については，まず現地における植物生態学的研究が必要である。猶原 (1936～1951)[105),106),107),108]，栗田 (1943)[67]，WEN-

DERBERGER (1960)[174] は河岸・河原の植物群落学的研究を行ない，徳光 (1937)[165]，香川 (1941)[48]，松井・他 (1955)[77] は河岸林の生態調査と水害防備林としての機能について報告している。

著者も河岸植生のなかから，とくにヤナギ類をえらび工法的に検討してきた。これまでヤナギ類の植栽試験例は少なく，猶原 (1936)[105] が利根川でさしきによる発根成績を調べ，四手井・猪瀬 (1952)[149] が山形県で遊水林植栽試験を行なっているにすぎないが，ドリュチェンコの観察によるとドネーブル川の護岸最適樹種は *Salix amygdalina* であるとされ，なおヤナギ類の護岸作用についてつぎのように述べている°「ヤナギは直接平水時の河辺やあるいは水中に生えていて，この状態できわめて長期の氾らんにたえ，根部は緻密で土層を緊縛する。ヤナギの繁茂した林が河岸にある時は，波は多数の茎に衝突して細流となり，そのために波の破壊力はほとんどなくなり，河岸の破壊は防止される。いろいろな護岸用の樹木と異なって，ヤナギが水の洗い流す作用に対して強いのは，土層に対するその重力と風に対する抵抗がほとんどないからである。さらに，直接河床に接して生えているヤナギは河川の搬出物を多量に堆積せしめる。密生したヤナギの幹によるろ過作用がこれを促すのである。」なお，同氏がキエフ州のベレヤス下流で行なった河岸の草・低木・高木類の堆積調査の結果をみるとヤナギの密生地では堆積砂層の厚さが 3～5 m に達してもっとも大きく，大形の樹林のかわりに河岸にヤナギを植え付け，河床縁辺地帯にヤナギと大形樹種を交互に並べるように推奨している[72]。

猶原 (1936)[105] は河川の植物群落について生態学的研究から，ネコヤナギ・オノエヤナギ・カワヤナギ・イヌコリヤナギ・アカメヤナギなどのヤナギ類は急流・緩流にも，養分の多少にもかかわらず水辺によく生育し，しかも根の発達がいちじるしいために，激流にたえるので護岸に欠くべからざる植物であるとし，種子の生存期間は短かいが，生育地が水辺であり多数の種子を生ずるので繁殖力が盛んであり，人為的にさしきによって容易にふやすことができる有利な点をあげている。ALTPETER (1944)[4] もまた護岸植生のなかに *Salix babylonica, viminalis, purpurea* などを PORTER と SILBERBERGER は *S. purpurea* をあげている。ヤナギ類の使用例についてみると，長屋 (1923)[101] が柳枝工事として利根川における柳蛇籠・柳枝工・石詰柳枝工・杭さく柳の 4 種の工法について報告し，AYRES (1936)[6] は *S. alba* の杭による護岸工と谷頭の浸食防止工をあげ，伊吹 (1955)[38] は護岸工作物の強度低下を補ない，かつ永久性のある工作物とするために植生工法の有効な事を述べ，とくにヤナギ類の利用をすすめている。

著者は 1955 年秋オトイネップ川に設けた牛枠（透過水制）2 基によって流心を切り替え，右岸の決壊防止をはかった。1956 年の融雪洪水と夏の豪雨増水によって流心は左岸よりにかわり，牛枠の後方に砂州が発達し，植生が侵入しはじめ 1957 年夏には牛枠の直後で

ナガバヤナギ・エゾノキヌヤナギが繁茂した。ヤナギは土砂の堆積を促がし，生育している場所をしだいに高め，それに伴なったヤナギの生長高を増している。

1954年に行なったオトイネップ川の編さく護岸工については前述したが，玉石の間に密につまった流送泥土（粗砂13%，細砂69%，微砂18%，粘土0%）は，下段の堆積深さが0.5～12.0 cm，平均5.1 cm（測点数14）で，編さくから発根して泥土のなかに伸びている根は1年後に190 cmに達しているものもあった。生長のよいぼう芽（長さ：1.7～2.0 m，地際径：1.5 cm）の発生部位では沈泥深も深く（7～12 cm），ぼう芽数も多かった。また，着根は沈泥表面から深さ0.5～1.0 cmに多かった。

ヤナギ類のさしきは容易に発根する特性があるから，ハリトノフの述べるように，密なさしき法をとることはのぞましい方法である。北海道においてはナガバヤナギ・エゾノキヌヤナギ・タチヤナギ・イヌコリヤナギなどを秋期落葉後にさしきして，融雪洪水によって流出しないように斜めに埋めておくか，杭や牛枠などの透過水制と組み合せることによって，翌年夏までに十分発根・ぼう芽させるとよい結果が得られる。ぼう芽枝は2～3年ごとに切りなるべく叢状にしたて，切りとった枝はさらに密にしつけるか，あるいは他に使用することができる。

なお増水時に流送されたヤナギの樹幹・枝は漂着して着生し，砂州を作って流路を乱だしやすいから，護岸のためにぜひ除去するようにつとめなければならない。強いぼう芽力をもっていることが逆に悪い影響をおよぼす例であって，このようなことは生物的工法を採用するうえに，欠くことのできない維持管理の必要な点であるといえる。

2. 海　岸　林

海岸林とは海岸地帯に分布している森林，つまり，海浜地にある森林ということになり，飛砂防止・潮害防止・防霧・魚付・航行目標などの効果をもつもので，公益上の効果の大きいものは森林法上海岸保安林とされている。1960年の統計によると，北海道の海岸防災保安林面積は**表35**に示すように，飛砂防備林は全体の0.2%にも達せず，その大半

表35.　北海道の海岸林面積（1960年統計）

Table 35.　Area of seaside forest in Hokkaido

①所有別 ＼ ④林種	⑤飛砂防備林 (ha)	⑥防風林 (ha)	⑦潮害防備林 (ha)	⑧防霧林 (ha)	⑨計 (ha)
②国有林	79	6,285	1,713	3,945	12,022
③民有林	39	3,125	155	45,817	49,136
⑨　計	118	9,410	1,868	49,762	61,158

(注) ① Possession, ② National forest, ③ Private forest, ④ Kind of forest, ⑤ Sand protection f. ⑥ Wind break f. ⑦ Tidal wave control f. ⑧ Fog control f.

は北海道だけにある防霧林によって占められている。

本州各地に比べると北海道は飛砂地の少ないことはこれによってもわかるが，北海道の海岸線には開発の結果残された海岸段丘の草原や，未開発の泥炭地帯が広がり，またしばしば津波災害におびやかされる太平洋岸では防潮林帯の回復がいそがれている。

内陸防風林の効果[32),76)]や北海道における海岸防風林の効果[80)]，防霧林の機能[33)]についてはすでに詳しく調べられ，林帯の効果は高く評価されてきたが，一方これらの林帯造成についてはまだ十分な研究がなされていない。

成林後に期待される効果と，造成上の諸問題とは，同じく気象因子を分析するに当っても立場を異にするものであり，前者は物理的な風や砂の移動変化について調べられるのに反して，後者は風や砂による導入樹草の植物生理学的な考察を根本問題とすることになる。

わが国では北海道以外の各地で海岸林の適樹種としてクロマツが使用されてきたが，北海道ではクロマツに匹敵するような適樹種がないために，海岸林造成はおくれている。これまでに関係方面ではクロマツ・アカマツ・オウシウアカマツ・バンクスマツ・リキダマツ・モンタナマツ・朝鮮五葉松・ハイマツなどの針葉樹，カシワ・ニセアカシヤ・ポプラ・ドロノキ・イタチハギ・アキグミなどの広葉樹を植栽し，立地条件を改善するために土壌条件について調べ，耕うん・客土・施肥の試験を行なってきた。また海岸線は風が強いので，植栽木保護のために防風垣を必要とし，北海道産根曲竹が簀張りの防風垣に代ってから耐久力も強く，防風効果も大きくなってきた。著者もかねがねこの防風垣の機能を認めているが，防風垣の耐久年内にまず低木防風帯を造成し，ついて高林帯への樹種転換をはかるべきだと考えてきた。移動のはげしい砂地では砂草による砂丘の固定や，アキグミ・イタチハギによる飛砂防止が行なわれ，マツ類が混植されている。著者は，裸地に林木を導入する場合に，郷土種の広葉樹を先駆植栽し，立地条件を改善したのちに，針葉樹の導入をはかることによって無理のない林型を造成できるという考えから，郷土種広葉樹のうちで，先駆植物として生活力の強いヤナギ類について調べてきた。

川岸，低湿地に多く自生しているヤナギ類を，海岸砂地へ導入することは不自然のように考えられるが，東北地方日本海沿岸では18世紀にアキグミ・ネムノキなどとともにヤナギを前生樹とし，クロマツを主林木にしたと伝えられている[14)]。

秋田営林局の報告には[2)]，イヌコリヤナギを堆砂垣のかわりに植栽し失敗に終ったが，生き残ったものは舌状丘をつくるもとになったと記されている。KRAUSE (1850)[61)] はバルト海岸 (現在のポーランド) で砂丘造林用としてマツ (*Pinus silvestris*)，シラカンバ (*Betula alba*)，ハンノキ (*Alnus incana, A. glutinosa*)，ポプラ (*Populus tremula, P. nigra, P. canadensis, P. alba*) や，ヤナギ (*Salix*) をあげている。しかも同氏はポプラやヤナギ

については高林帯になることを期待せず，まず低木林帯をつくりあげるために有益な樹種であるとして推奨している。

北海道の海岸砂地造林は函館営林局管内砂坂の飛砂防止林が著名であるが，1939年以来10年間の植栽成績をみると，クロマツについでポプラ・ギンドロが良く，とくにギンドロは分けつによる繁殖が盛んであると報告されている[19]。著者が各地で観察した結果も，ヤナギ類・ポプラ・ギンドロの生育は良好である。たとえば豊頃村大津の海岸林造成地では，防風垣に沿って植えられたナガバヤナギ・イヌコリヤナギが植栽2年後に防風垣（高さ1.2 m）を越して伸び，同地ではさらにドロノキの生長がいちじるしく良い。同じく太平洋岸の白糠でさしつけてから1夏経過後に約60 cmに伸びたナガバヤナギのベルトを見ることが来る。また，日本海側では江差町砂坂のギンドロの生垣がよく生育し，松林の間にナガバヤナギやイヌコリヤナギが自生し，岩内では1夏経過後に約80 cmにのびたイヌコリヤナギのベルトがある。さらに同地ではポプラの低木林があるが，石狩町親舟で10数年生のポプラが高さ1.5～2.0 mに生長している。さらに礼文島でポプラ・ギンドロの密生地が砂丘の内陸斜面にできあがっている。エリモ岬でかって行なわれたさく工からのぼう芽を，汀線に近い場所で観察した。またキリタップ津波災害地では植栽されたエゾノキヌヤナギの成木を海浜にみる。このような観察から前生樹帯を作るために，砂地におけるヤナギ類のさしき適応度を知る必要があると考えた。ヤナギ類の性質を知るのを主眼としたので，まず客土・施肥を行なわず，1961年4月28日から9月18日までさしきによってつぎのように試験した。試験地は北海道石狩町親舟の海岸林造成事業地内の一部で，汀線より内陸へ150 mはいった場所である。北西に長くのびた標高5 m前後の砂丘後方には石狩川との間に石狩町市街がある。砂の粒度は**表36**に示すように江差町砂坂に比べると粒径組成はあらいが，能代・鳥取の砂丘砂に比べると細粒のものが多くなっている。pHは6.0前後で他の砂丘と大きな開きはないようである。

砂草にはハマニンニクが多く，コウボウムギ・ハマボウフウ・ハマニガナ・ハマヒルガオ・ハマエンドウなどで，低木ではハマナシがある。

年平均気温は7.8°C，最高は8月の22.3°C，植物生育期間には4～6 mのSE～SSEの風が多い。試料および生長状況は**表37**のとおりである。*Salix* 5種，*Populus* 2種を各樹種10本ずつ採取し，束植にして深さ0～20 cm斜に埋めこみ，ぼう芽状況と根の発達について観察した。さしきの長さは30 cmである。試験開始後約20日で（5月19日）一部ぼう芽しはじめた。50日後にはどの樹種も全部かあるいは一部のさしきからぼう芽し，ナガバヤナギ・エゾノキヌヤナギ・シモニドロ・ギンドロが全部活着して最高10～13 cmに伸びて優勢であった。イヌコリヤナギがこれについで半数活着していたが，タチヤナギ・コリヤナギは活着率が低くぼう芽も貧弱であった。約110日後（8月17日）の観察では前

表 36.　砂の粒径組成と pH
Table 36.　Sand texture and pH

① 地名	② 深度 (cm)	③粒径 (mm) 4.0～2.0 (%)	2.0～1.0 (%)	1.0～0.5 (%)	0.5～0.25 (%)	0.25 以下 (%)	pH
石狩町親舟汀線より 160 m	0			0.3	63.4	36.3	6.3
	20			0.4	56.5	43.1	5.9
	40			0.2	52.9	46.9	6.0
江差町砂坂[19] 汀線より 175 m	20			19.1	—	80.9	6.0～7.0
	20			16.2	—	83.8	
能代市後谷地[2] ヤナギ舌状丘	0～20	1.9	31.7	54.1	11.8	0.5	5.94
	20～40	0.9	30.0	53.0	15.3	0.8	5.89
	40～60	1.4	35.1	50.1	12.8	0.6	6.29
鳥取県浜坂砂丘[20]	0			35.0	61.6	3.4	6.38
鳥取県浜村砂丘	0		0.1	26.6	61.9	11.4	6.00

(注)　① District,　② Depth,　③ Grain size.

表 37.　試料と測定結果 (1961)
Table 37.　Results and sample

No.	① 樹種	⑨ 母樹年齢	Jun. 16 ⑪ 地上高	Aug. 17 ⑪ 地上高	Sep. 18 ⑪ 地上高 (max.)	⑫ 地上部風乾重量	⑬ 根長 (max.)	⑭ 根の風乾重量
1	②ナガバヤナギ	3 年	4～10	10～48	55	28.6	100	15.8
2	③エゾノキヌヤナギ	3 年	6～13	15～35	40	32.3	40	16.3
3	④タチヤナギ	3 年	1～ 3	10	—	—	—	—
4	⑤イヌコリヤナギ	3 年	4～12	10～35	38	6.8	45	4.9
5	⑥コリヤナギ	4 年	1～15		—	—	—	—
6	⑦シモニドロ	4 年	3～11	18～38	45	48.6	50	9.2
7	⑧ギンドロ	⑩約 10 年	2～10	10～45	65	46.1	50	11.1

備考　1～6 の母樹は北大の苗畑 (札幌) で養成した。
　　7 の母樹は石狩中学校海岸側に植栽されている。

(注)　① Species,　② Nagabayanagi,　③ Ezonokinuyanagi,　④ Tachiyanagi,　⑤ Inukoriyanagi,　⑥ Koriyanagi,　⑦ Simonidoro,　⑧ Gindoro,　⑨ Age of mother trees,　⑩ about 10 years,　⑪ Top length,　⑫ Top weight,　⑬ Root length,　⑭ Root weight,

記 4 種の優勢な樹種は順調にのびたもののようで，最高 35～48 cm になり，約 140 日後 (9 月 18 日) に掘りとったときには 40～65 cm に達していた。表 37 には最長根の長さと，地上部・地下部の風乾重量 (掘りとり後 40 日) を附記した。根はナガバヤナギで 1 m に達するものもあり，30～50 cm 深さに斜めにのびていた。エゾノキヌヤナギ・シモニドロ・ギンドロも 40～50 cm の長さにのびていた。

試験期間中に調べた砂地の温度と含水率は **表 38** に示す通りで，砂地の表面では1% 未満の含水率であったが，深さ 10 cm では 4.2～6.0%，20 cm では 5.2% で，5, 6 月の乾燥期における代表的な値とおもわれた。この期間を経過して生存できたのであるから，石狩では 5% 前後の含水率でもヤナギ類の生育に支障がないことがわかった。能代海岸のヤナギ舌状丘で 6, 7, 8 月に深さ 1 m まで調べた含水率は 3～5% で深くなるにつれて少しずつ増加しているが，5% 以内の時を経ても生育している事は，水湿地に生活しやすいヤナギ類の水分生理面に興味をよぶ問題といえる。

表 38. 気象条件・土壌含水率観測例 (1961, 石狩砂丘)

Table 38. Climatic condition and water content of sand (1961, Ishikari dune)

①観測日時			May 19 11.30 h	Jun. 16 10.50 h	Aug. 17 11.00 h
②気温 (°C)			24.5	26.0	30.5
③湿度 (%)			—	49.0	—
④地温 (°C)	⑥深度	0 cm	35.0	49.0	33.0
	〃	0～10	19,0	24.2	27.0
	〃	10～20	—	21.5	26.0
	〃	20～30	—	21.0	25.3
⑤砂の含水率 (%)	⑥深度	0 cm	0.6	0.8	—
	〃	10	4.2	6.0	—
	〃	20	5.2	5.2	—
	〃	30	—	5.2	—

(注) ① Date, ② Temperature, ③ Humidity, ④ Earth temperature, ⑤ Water content, ⑥ Depth.

1960 年 5 月 7 日から 9 月 3 日までに北大苗畑で行なったヤナギ類のさしき試験の生長結果[25] と本試験の生長結果をナガバヤナギ・エゾノキヌヤナギについて比べると **表 39** のようになって，砂丘におけるヤナギのさしきは地上部や根系ともに苗畑の場合に比べて劣ってはいない。風乾重量でくらべると地上部では 0.57, 0.54 で小さいが，根は 1.14, 0.67 でナガバヤナギでは根も太く長くて砂地での大きな適応性がみとめられた。北海道ではナ

表 39. 苗畑と砂丘における生長比較

Table 39. Comparison of growth at dune and nursery

① 樹種	② 年度	③枝葉部 ④生長高 (max.) (cm)	⑬比	⑤風乾重量 (g)	⑬比	⑥根部 ⑦根長 (max.) (cm)	⑬比	⑧風乾重量 (g)	⑬比
⑨ナガバヤナギ	⑪苗畑 (1960)	32	1	5.1	1	50	1	1.4	1
	⑫砂丘 (1961)	55	1.72	2.9	0.57	100	2	1.6	1.14
⑩エゾノキヌヤナギ	⑪苗畑 (1960)	45	1	5.9	1	40	1	2.4	1
	⑫砂丘 (1961)	40	0.89	3.2	0.54	40	1	1.6	0.67

苗畑 (1960) を 1.00 とする。

(注) ① Species, ② Year, ③ Top, ④ Length, ⑤ Air-dry weight, ⑥ Root, ⑦ Length, ⑧ Air-dry weight, ⑨ Nagabayanagi, ⑩ Ezonokinuyanagi, ⑪ Nursery, ⑫ Dune, ⑬ Ratio.

ガバヤナギがとくに多く，広く分布しており，利用上好都合である。またエゾノキヌヤナギはギンドロと共に葉の裏面に密毛のあることから，耐乾性にとんでいる樹種ではないかと考えられる。本試験では1カ所に10本のさしきを埋め群状にぼう芽させることをねらったが，この方法は極度に土壌条件の悪い場所で効果があるように考えられる。砂草の侵入しやすい北海道の海岸砂地で，砂草よりも早く地面を占拠できるような方法が必要だと考えられるので，砂防植栽法として今後研究をすすめたい。

防風垣・排水溝・客土・施肥のような保護工事の行なわれたような場所では，自然に放置された場所に比べると，雑草はよく繁茂して植栽木の生育を妨げる。したがって，草原から林帯を造成しようとすれば，雑草に抑圧されない木本類とその導入方法が必要とされる。

海岸線の林帯は木材生産が主目的でなく，内陸を保護する工作物であるという意義のもとに，つぎのような造成方法がとられなければならないだろう。

1. 防風垣・排水溝により立地条件を改良する。
2. 地はぎにより雑草侵入を抑制し，芝は防風土塁の材料とする。
3. ヤナギ類，その他低木類のさしき密植により前生低木帯を造成する。
4. 郷土種お樹下植栽する。（たとえばトドマツ）

利尻島西海岸で，1919年にまずナガバヤナギとドロノキをさしきし，1935年にトドマツを樹下植栽し，現在ヤナギ類は樹高12 m，トドマツは樹高4 mに生長している約4 haの造林地がある。汀線より300 mたらずの風衝地に存在するだけに，今後の海岸林造成のモデルとして良好な実例である。今田(1949)[59]は北海道において植栽後数年間のトドマツ苗木が，霜害によって生育を阻害されていることを報告しているが，晩初霜のころにはすでに開葉しているヤナギ類によって，夜間の地上輻射がさえぎられることは，トドマツの樹下植栽にきわめて効果があると考えられる。

防災林樹種として共通に要求される点をあげると，

1) 生長が早い。
2) 深根性である。
3) その土地の気候・風土に適合している。
4) 樹幹が強靱である。
5) 樹高が高い。

ことなどであるが，これらの条件を完備している樹種はないといっても差支えない。これらのなかで気候・風土に適合しているということは樹栽上最も重要な事項である。つまり郷土樹種を選ぶことは安全な方法であるが，この場合でも先駆樹種としての陽性広葉樹の植栽結果をまって，針葉樹の導入をはかる事が望ましい。北海道の防風林・防霧林・海岸

林・防潮林などの造成地に多くみられる泥炭地，火山灰地，重粘土地，砂地などはすでに一般造林対象地外であるから，木材生産を目的としたいわゆる有用樹種の植栽にのみこだわることなく，生きた防災施設の第一段階として，まず一般造林の地拵え前の環境を短期間に造成する必要がある。

著者の試料採取林（北海道大学実験苗畑）は，さしつけ後満6年経った林が最も古いのであるが，林齢4〜7年（1964年現在）の林における落葉落枝量について調べた結果は，表40のとおりで，1 m² 当りの平均落葉落枝量は7年生で739 g，6年生538 g，5年生357 g，4年生256 g であった。林齢ごとの差は1 m² 当り200 g，181 g，101 g で，林齢が高くなるにつれて増加している。林木の生長とともに着生葉量が多くなるために落葉量も増加することになるが，この林の場合は極端な密植（40 cm×40 cm 間隔のさしつけ）で，上長生長によるうつ閉とともに落枝量が増大しているからでもある。大政・森（1937）[116] の研究によると広葉樹の年間の1 m² 当り平均落葉量はブナ281 g，コナラ233 g，クリ193 g，シラカンバ163 g，ケヤキ142 g で，林齢を考慮した場合にヤナギの幼齢低木林として101〜201 g/m² の落葉・落枝量のあることは決して少ない値ではないといえるだろう。これらの落葉・落枝はまだ分解しきっておらないが，密に堆積して林床を厚くおおっており，防災林造成地のように，自然状態では有機物質の供給が乏しい場所や，雑草侵入のはげしい土地，乾燥しやすい裸地，積雪の少ない凍結地帯において，有機質供給，地表被覆の有効な作用を示すものと考えることができる。

表40.　ヤナギ低木林の落葉枝量（風乾重量）

Table 40.　Amount of litter in willow plantation (air-dry weight)

①林齢（年）	②平均樹高（m）	③平均地際直径（cm）	④落葉・落枝量 (g/m²) No. 1	No. 2	⑤平均	⑥年差
7	2.5	3.0	738	739	739	
						201
6	3.5	4.0	509	567	538	
						181
5	5.5	6.0	409	305	357	
						101
4	6.0	6.0	234	277	256	

(注)　① Age, ② Average height, ③ Average diamter, ④ Air-dry weight of litter, ⑤ Average, ⑥ Difference.

摘　　要

北海道の郷土樹種であるヤナギ類を，積雪寒冷地帯の砂防植生工へ導入するために，その性質と適用法について考察し，これまでみられたように一様かつ粗雑なヤナギ類の取り扱いがかえって砂防植生工を誤らせる原因となることを指摘し，合理的な導入について研究した。

1. 先駆侵入植物であるヤナギ類について，砂防植生工の対象地である崩壊地，道路法面，火山砂れき地，山火跡地，泥炭地，重粘土地，海岸砂地，風衝地などにおける生育状況について観察し，導入樹種として利用できることを確かめた。

2. ヤナギ類のさしきは，ほかの広葉樹に比べると，はるかに発根しやすいが，発根能力はさしきの採取時期によっていちじるしく差があり，開花期にもっとも強く，落葉後はこれにつぎ，展葉期には弱くなることを確かめた。

3. ヤナギ類のさしきで発根しにくい樹種に，バッコヤナギ・オオバヤナギ・ケショウヤナギがあげられる。バッコヤナギはこれまで土砂かん止用に用いられ，乾燥地に適するといわれてきたが，同一環境に自生している他のヤナギ類を対照にして，さしきについて試験した結果，バッコヤナギは春・秋の限られた短かい時期にのみ発根し，多くの場合一時的にぼう芽するが発根しないことがわかった。ヤナギ類の種子は一般に短命であるから，砂防植生工としてはさしきが用いられる。したがってバッコヤナギは，他のヤナギ類に反して砂防植生工への導入樹として適当でないといえる。

4. ヤナギ類はほかの広葉樹に比べると，土壌酸度に強く影響されない樹種であり，砂防植生工への導入樹として，立地条件に対する要求度は低いことを確かめた。

5. 渓床堆積地，川岸におけるヤナギ類自生木の生長ははやく，さしき苗も幼齢時の生長がいちじるしいために，早期緑化方式のために適当な樹種である。

6. ヤナギ類の根系発達はいちじるしく，さしき施工後短期間で表土を固定することができる。さしきによる4年生ヤナギ林では，垂直引張りに対する単木の抵抗力は平均0.13～0.59 t であった。

7. これまで山腹編さく工が不成績に終ったのは，さしき採取時期，樹種，施工時期に対する考慮が払われなかったことと，材料の取り扱いが粗雑であったことに原因している。粗だ採取後の貯蔵法と，さしつけ法の良否は，植物材料の乾燥枯死に大きく影響している。

8. 川岸，低湿地に自生しているナガバヤナギ・エゾノキヌヤナギは，乾燥しやすいと考えられる崩壊地，道路法面などの裸地に適用することができる。

9. 著者が考案した金網張植生工は，北海道の積雪地帯あるいは凍上地帯における裸地斜面の早期全面緑化を可能にすることを明らかにし，山腹編さく工の短所を補ないうるものと考えられた。

10. ヤナギ類による護岸林帯の防災機能について，生物工法の特色を確かめ，短期間に造成できることから，他の工作物と組合せることが可能である点を明らかにした。

11. 海岸砂地におけるヤナギ類の埋枝により，短期間に低林帯を造成し，裸地の環境改善をはかる方法について明らかにした。砂地におけるさしきの根系発達は，畑土のそれ

に劣らないことを確かめた。

12. さしきの発根は春季を最良とするが，施工時期としては，秋季落葉後を最良とすると考えられた。すなわち，一般造林の植栽時期は概してヤナギ類にとって発根力の弱い時期に当り，貯蔵法，施工法が困難であるのに対して，秋季にはいちじるしい変動がなく，越冬後の発根を期待するために，施工法は簡単であり，なお融雪時の土壌水分などの土地条件は発根作用に有利であると考えらた。

List of species used

1.	Bakkoyanagi	*Salix bakko* KIMURA
2.	Ezoyanagi	*S. rorida* LACKSCHEWITZ
3.	Unryuyanagi	*S. matsudana* KOIDZ. var. *tortuosa* VILMORIN.
4.	Shidareyanagi	*S. babylonica* LINN.
5.	Koriyanagi	*S. koriyanagi* KIMURA
6.	Inukoriyanagi	*S. integra* THUNB.
7.	Nagabayanagi	*S. sachlinensis* FR. SCHM.
8.	Ezonokinuyanagi	*S. pet-susu* KIMURA
9.	Tachiyanagi	*S. subfragilis* ANDERS.
10.	Keshoyanagi	*Chosenia bracteosa* NAKAI
11.	Ōbayanagi	*Toisusu urbaniana* KIMURA
12.	Doronoki	*Populus maximowiczii* HENRY
13.	Shimonidoro	*P. simonii*. CARR.
14.	Popura	*P. nigra* LINN. var. *italica* MUENCHH.
15.	Gindoro	*P. alba* LINN.

引用ならびに参考文献

[A]

1) 安芸皎一： 水害の日本. 1-183. 岩波. 1952.
2) 秋田営林局： 日本海北部沿岸地方に於ける砂防造林. 126-132. 1937.
3) ALLEN, R. A. und MCCOMB, A. L.: Über Faktoren, die die Bewurzelung der Stecklinge von der Populus deltoides BARTR. beeinflussen. Zentralblatt für das gesamtte Forstwesen. **74**, 4, 197-220, 1955.
4) ALTPETER, L. S.: Use of vegetation in control of streambank erosion in Northern New England. Jour. Forestry. **42**. 2. 99-107, 1944.
5) 旭川鉄道管理局施設部保線課・施設部調査室. 業務資料昭和26年冬期調査報告総括. (雪. 凍害其他に関する調査). 1952.
6) AYRES, C. E.: Soil erosion and its control. 217-234, 273-302, MCGRAW-HILL 1936.

[B]

7) BENNETT, H. H.: Elements of soil conservation. 506-557, MCGRAW-HILL 1939.
8) BROACH, R. U. D., SLATER, C. S., AUGUSTINE, M. T. and EVAUL, E. E.: Jute for waterways. Jour. Soil and water conservation. **14**, 3, 117-119, 1959.

[C]

9) CARLSON, M. C.: The formation of nodal adventitious root in Salix cordata. Amer. Jour. Bot. **25**, 721-725, 1938.

10) CARLSON, M. C.: Nodal adventitious roots in willow stems of different ages. Amer. Jour. Bot. **37**, 555-561, 1950.

[E]

11) 江島正吉: 久慈川水害防備林について. 林業技術, 157. 6-15. 1955.

12) EIBERLE, K.: Untersuchungen über den Einfluss der pH Reaktion auf das Austreiben und die Bewurzelung von Pappelstecklingen verschiedenner Klone. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 108, 215-257. 1957.

13) 遠藤泰造: 種種の植生被覆のもとにおける流路の発達について. 北大演報. **21**, 2, 425-464. 1962.

14) 遠藤安太郎編: 日本山林史. 保護林編. (上) 495-664. (下) 65-120. 1934.

[F]

15) FORSLING, C. L.: A study of the influence of herbaceous plant cover on surface run-off and soil erosion in relation to grazing on the Wasatch plateau in Utah. U.S. Depart. agri. Technical bulletin. 220, 1-71. 1931.

16) 藤林 誠・本田三雄・辻 隆道: ヒノキの抜根に関する試験, 林業技術シリーズ. No. 8, 1950.

17) 福原楢勝: 葉をとりのぞいたサシホの発根性. 日林誌, **38**, 9, 362-369. 1956.

[G]

18) 後藤春利: 十勝岳爆発後10年間の植生遷移 (火山爆発と植生). 林会誌, **19**, 12, 537-550, 1937.

[H]

19) 函館営林局: 砂坂海岸林に於ける砂防事業概要. 1954.

20) 原 勝: 砂防造林, 朝倉書店 1953.

21) 東 三郎: ヤナギのサシホ採取時期と発根との関係について. 日林北支講, 7, 45-47, 1958.

22) 東 三郎: 砂防樹種バッコヤナギに関する研究 (I). サシホの発根について. 69回日林大会講, 433-435, 1959.

23) 東 三郎: 砂防樹種バッコヤナギに関する研究 (II). 春のさしきについて. 日林北支講, 8, 26-27, 1959.

24) 東 三郎: 編さく工とヤナギ. 北方林業, 125, 23-26, 1959.

25) 東 三郎・星野英二: ヤナギ類さしきの根の発達. 日林北支講, 9, 35-38, 1960.

26) 東 三郎・村井延雄: 積雪寒冷地帯の山腹植生工. —ヤナギ粗だによる金網張植生工—. 日林北支講, 10, 168-171, 1961.

27) 東 三郎・村井延雄・星野英二: 石狩海岸砂地におけるヤナギ類さしき試験. 日林北支講, 10, 164-168, 1961.

28) HIGASHI, S.: Hilllside-repairs using wire nettings and living branches of willows in snow-bound district. Res. Bull. Coll. Exp. For. Hokkaido Univ. **21**, 2, 479-486, 1962.

29) 東 三郎・村井延雄: 低木類の浸食抵抗について, 日林北支講, **12**, 4~7, 1963.

30) 平尾経信: 洪水後の河原の植生. 日林誌, **23**, 1, 8-13, 1941.

31) 北海道開発庁: 北海道における土壌侵蝕の実態とその対策. 上川支庁管内十勝岳山麓地区実態調査. 21-22, 56-74, 118-128, 1952.

32) 北海道開発庁: 十勝, 釧路, 根室支庁管内における防風林, 防霧林の実態調査報告書. 1-81, 1959.

33) 北海道開発庁: 防霧林に関する研究. 第4輯, 1953.

34) 堀江保夫・高橋啓二: 治山用木本植物のさし木試験. 林試報, 158, 13-43, 1963.

35) HORMBERG, G.: Vegetating critical arers. Jour. soil and water conservation. **14**, 4, 165–168. 1959.

36) HUNZIKER, T.: Zur Wiederbepflanzung der Ufer regulierter Bäche. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. **108**, 1, 47–50, 1957.

37) 兵頭正寛: 悪条件下に於ける英国トゲナシニセアカシヤの挿木, 埋根試験. 日林誌, **34**, 1, 18–21, 1952.

[I]

38) 伊吹正紀: 砂防特論. 162–208, 森北出版, 1955.

39) 飯塚 肇: 防風林について. 日林誌, **36**, 12, 384–389, 1954.

40) 飯塚 肇: 海岸林の基準の厚みについて. 日林誌, **39**, 5, 169–174, 1957.

41) 飯塚徳義: ドロノキ短小サシホの発根におよぼす水溶性溶剤の影響. 日林北支講, 7, 43–44, 1958.

42) 池田圓夫: 独仏ニ於ケル砂防併ニ山地河川ノ改修. 213–225, 1921.

43) 石崎厚美: 挿床の種類とドロノキ挿木の活着並に発育状態とについて. 日林誌, **33**, 10, 325, 1951.

44) 伊藤武夫: 北海道における治山事業の実施について. 北海道の治山, 3–7, 1958.

45) 岩崎直人抄訳: モロゾフ著, 森林学, 106–107, 青森営林局, 1943.

46) 岩田悦行: 傾斜地の植物群落学的研究. 生態学研究, **5**, 2, 131–143. 3, 218–234. 1939.

[K]

47) 門田正也: 荒廃地造林の諸問題. 育林学新説, 朝倉書店, 195–211, 1955.

48) 香川 匠: 河畔樹林の研究. 生態学研究, **7**, 89–107, 1941.

49) 柏村一郎・奈良部理: 郷土の地理 I. 北海道編. 122–123, 宝文館, 1960.

50) 加藤知重: 十勝岳泥流地における樹生推移. 日林大会講, 60–69, 1941.

51) 川口武雄・滝口喜代志: 山地土壌侵蝕防止の研究 (III). 地被物の侵蝕防止機能に関する実験. 林試報, **95**, 91–118, 1957.

52) KIMURA, A.: Contributiones ad Salicologiam Japonicam I. II. Bot. Mag. Tokyo **40**, 7–14, 633–643, 1926.

53) KIMURA, A.: Contributiones ad Salicologiam Japonicam III. Bot. Mag. Tokyo **42**, 566–576, 1928.

54) 橘高義郎・小寺乾吾: 挿木実行上重要視すべき二, 三の問題, 特に青島トゲナシニセアカシヤの挿木について. 日林誌, **31**, 77–81, 1949.

55) 橘高義郎・大山浪雄: 発根に有害なサシホ内の物質 (第1報). 59回日林大会講, 78–80, 1951.

56) 橘高義郎・大山浪雄: 挿穂の採取時期と腐敗率との関係. 59回日林大会講, 76–78, 1951.

57) 小出 博: 応用地質. 岩石の風化と森林の立地. 古今書院, 1952.

58) 小出 博: 日本の水害. —天災か人災か—. 東洋経済新報社, 1954.

59) 今田敬一: 林地の地表附近に現われる低気温の観測例. 北大演報, **14**, 2, 105–123, 1949.

60) 今田敬一・東 三郎: 山腹にあらわれる晩初霜季の低気温. 64回日林大会講, 182–185, 1955.

61) KRAUSE, G. C. A.: Der Dünenbau auf den Ostseeküsten West-Preussens. 48, 137–139, 181–201. Berlin, 1850.

62) KRICKL, M.: Beiträge zur. Korbweidenkultur und ihre staatliche Förderung in Östereich. Zentralblatt für die gesamte Forst- und Holzwirtschaft. **70**, 293–331, 1947.

63) 倉田益二郎: 砂防造林講座. どんな樹や草を使ったらよいか (1), (4). 林業技術, 128, 25–34. 131, 33–36. 1952–1953.

64) 倉田益二郎: 煙害地の早期復旧に関する研究 (第1報). 煙害地に耐える草と木. 64回日林大会講, 264–267, 1955.

65) 倉田益二郎: 霜柱による土砂崩落防止の研究. 67回日林大会講, 280–282, 1957.

66) 倉田益二郎: 治山砂防草木増植, 緑化工概論. 1–295, 養賢堂, 1959.

67) 栗田精一: 河原植物群落の生態学的研究 (I), (II). 特に洪水が植群に及ぼす影響について. 生態学

研究, **9**, 125–138, 199–223, 1943.

68) 桑原義晴： 倶知安面登山口より観た蝦夷富士木本分布. 植物生態学会報, I, 2, 106–108, 1951.

[L]

69) LEIBUNDGUT, H.: Zur Technik der Flyschaufforstung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 111, 11, 639–647, 1960.

[M]

70) 前橋営林局： 治山造林の概念. 1955.

71) 前橋営林局： 赤城山における治山用木本挿木試験. 1–33, 1956.

72) 満鉄調査局訳： 土壌侵蝕防止の研究. 博文館, 1943.

73) 松井善喜： 駒ケ岳爆発後11年間に於ける植生遷移. 日林春季大会講, 45–57, 1940.

74) 松井善喜・山上鶴松： 樽前火山灰地方に於ける濶葉二次林の構成並に生長に就て (二次林施業試験第1報). 昭和17, 日林研論, 103–112, 1942.

75) 松井善喜： 温帯北部火山灰地方の萌芽林の構成と成長. 日林北支講, 2, 75–79, 1953.

76) 松井善喜・横山長蔵： 幌向地方の稲作にたいする耕地防風林の効果の一例. 日林北支講, 4, 17, 1955.

77) 松井善喜・毛利勝四郎・佐々木松五郎： 弟子屈地方の河畔林の構成と成長. 日林北支講, 4, 18–19. 1955.

78) 松井善喜： ドロノキの育林について. 北大演報, **17**, 2, 665–714, 1955.

79) MICHEL, A.: Effect of Indole butyric acid on rooting of green wood cuttings of some deciduous forest trees. Jour. Forest. **37**, 1, 37–41, 1939.

80) 三島 愁・増田久夫・勝見精一・高島富雄： 天塩海岸防風林の防風効果について. 日林北支講, 1, 56–62, 1952.

81) 三島 愁・伊藤源作： 薪炭林施業に関する二, 三の考察, ことに駒ケ岳山麓の萌芽林について. 日林北支講, 7, 35–38, 1958.

82) 守屋重政・永井芳雄： 酸性土壌に対する樹種の抵抗について. 林試報, 26, 1–23, 1925.

83) 森下義郎・大山浪雄： 発根に有害な挿穂内の物質 (第II報). 鋸屑中の発根阻害物質と除去法. 日林誌, **34**, 12, 382–386, 1952.

84) 森下義郎・岩水 豊： さしほの乾燥による重量減と枯死並びに活着力の減退について. 日林関西支講, 6, 16–17, 1956.

85) 森下義郎・岩水 豊： サシホの乾燥と枯死及び活着との関係 (第2報). 日林関西支講, 7, 3–4, 1957.

86) 森下義郎・大山浪雄： 緑化促進によるはげ山の早期復旧. 林試報, 99, 59–144, 1957.

87) 諸戸北郎： 欧羅巴諸国に於ける野溪留工事調査復命書. 177–185, 1914.

88) 諸戸北郎： 諸戸砂防工学, 305–359, 375–393, 成美堂, 1943,

89) 村井 宏： 荒廃地先駆植生に関する調査 (第1報). 十和田シラス地帯の崩壊地について. 日林誌, **40**, 10, 458–466, 1958.

90) 村井 宏： 荒廃地先駆植生についての研究 (第2報). 荒雄川流域における第3紀層地帯の崩壊地について. 日林誌, **42**, 11, 395–405, 1960.

91) 村井 宏・渡辺隆司： 東北地方の荒廃地における早期緑化工法についての試験. 林試報, 154, 97–154, 97–154, 1963.

92) 村井延雄： 寒冷地方における山地斜面の土壌侵蝕について. 64回日林大会講, 267–269, 1955.

93) 村井延雄・東 三郎： 急斜地における表土の侵蝕について, 65回日林大会講, 264–265, 1956.

94) 村井延雄・東 三郎・藤原滉一郎： 流下量区における斜面侵蝕に関する実験的研究. 新砂防, **26**, 2–8, 1957.

95) 村井延雄・東 三郎： 砂防用ヤナギ類のサシキ試験. 日林北支講, 6, 3–5, 1957.

96) 村井延雄・東 三郎・藤原滉一郎： 羊蹄山ガリー調査. ポチの沢崩壊斜面の植生侵入. 日林北支講, 8. 24–25, 1959.

97) 村井延雄: 斜面浸食防止に対する被覆工の効果. 一雨竜演習林・モシリウンナイ, 1954～1960 実験一. 北大演報, **21**, 2, 487-507, 1962.

98) 村井三郎: 岩手県中部櫃取放牧地に於ける植物学的の研究 (第3報). 崩壊地の移動並に之が復旧対策としての混播適種の選定. 日林誌, **26**, 8, 12, 1962.

[N]

99) 永森通雄・森脇幹夫: さし穂の水分生理に関する実験. 66回日林大会講, 86-88, 1956.

100) 長野県: 新工種莚張工について. 治山, **1**, 1, 2-5, 1956.

101) 長屋源太郎: 柳枝工事. 土木誌, **9**, 383-399, 1923.

102) 中江篤記・辰巳修三・吉田義和: 広葉樹の挿木に関する研究. 日林北支講, 9, 10-11, 1960,

103) 中島 武: 積苗工について. (I, III) 積苗工懐部の大きさが含水量に及ぼす影響. (II) 積苗工懐部の大きさが地温に及ぼす影響. 日林誌, **37**, 6, 225-229. **38**, 4, 138-141. **38**, 5, 185-187. 1955-1956.

104) 中島庸三: ヤナギ属種子の生存期間について, 植物学雑誌, **35**, 17-42, 1921.

105) 猶原恭爾: 植物生態学より見たる本邦河川の植物群落. 土木誌, **22**, 647-685, 1936.

106) 猶原恭爾: 阿武隅川河原植物群落の生態学的研究. 生態学研究, **2**, 180-191. **2**, 306-318. **3**, 35-46. 1936-1937.

107) 猶原恭爾: 荒川河原植物群落の生態学的研究並に其の治水植栽と高水敷牧場化. 資源科学研究所集報 8, 1945.

108) 猶原恭爾: 急流河川に於ける河原植群の群落学的研究. 植物生態学会報, **1**, **2**, 63-70. **3**, 138-144. 1951.

109) 猶原恭爾: 道路建設と砂防植栽. 資源科学研究所彙報, 58-59, 12-20, 1962.

110) 新田伸三: セメントガンによる急斜面へのタネまき. 69回日林大会講, 430-432, 1959.

111) 日本治山治水協会: 関東地方荒廃地の霜柱凍結防止工に関する研究. 1957.

112) 野原茂六: ヤナギの種子の発芽に就いて. 植物学雑誌, **27**, 23-34, 1913.

[O]

113) 岡田幸郎・小林 隆: スギの葉の乾燥経過. 日林誌, **41**, 2, 81, 1959.

114) 小笠原健二: 林木のさしきに関する研究 (第1報). さし穂の採取部位と発根との関係. 日林誌, **38**, 8, 297-301, 1956.

115) 小笠原健二: 林木のさしきに関する研究. 京大演報, **27**, 32-61, 1958.

116) 大政正隆・森 経一: 落葉に関する二, 三の研究. 帝林試報, **3**, 3, 41-101, 1937.

117) 大井次三郎: 日本植物誌, 395-408, 至文堂, 1953.

118) ORTMANN, C.: Kurzer Beitrag zur Frage arteigener Wurzeltypen bei Salix. Archiv für Forst. **7**, 888-910, 1958.

119) ORTMANN, C.: Beobachtungen über das Vorkommen autochthoner, baumförmiger Salix-Spezies und ihre Bedeutung für die Forstpflanzenzüchtung. Silvae Genetica. **8**, 133-137. 1959.

120) ORTMANN, C.: Die Kultur von Kurzstecklingen. Ein Beitrag zur vegetativen Schnellvermehrung von Salix-sp. Archiv für Forst. **9**, 542-560, 1960.

121) ORTMANN, C.: Vorläufige Untersuchungsergebnisse zur Frage der Selektionstypen für die Frühdiagnose von Salix-Populationen. Silvae Genetica **10**, 33-64, 1961.

[P]

122) PHILLIPS, W. A. and EASTHAM, F. D.: Riverbank stabilization in Virginia. Jour. soil and water conservation. **14**, 6, 257-259, 1959.

123) PORTER, H. L.: Establishing grass waterways. Jour. soil and water conservation. **14**, **5**, 211-213, 1959.

124) PORTER, H .L. and SILBERBERGER, : Strembank stabilization. Jour. soil and water conservation. **15**, 5, 214-216, 1960.

125) PRÜCKNER, R. : Das kolksichere Uferdeckwerk. Zentralblatt für die gesamte Forst- und Holzwirtschaft. **70**, 332-337, 1947.

[R]

126) RASCHENDORFER, I. : Stecklingsbewurzelung und Vegetationsrhythmus. Einige Versuche zur Grünverbauung von Rutschflächen. Forstwissenschaftliches Centralblatt. **72**, 319-321, 1953.

[S]

127) 酒井　昭： 超低温における植物の生存 (III). 一耐凍性の大きさと効果的予備凍結温度との関係—. 低温科学, 生物篇, **21**, 1-16, 1963.

128) 斎藤孝蔵： 樹木生理. 82-99, 朝倉書店, 1954.

129) 斎藤雄一： ヤナギの挿木の発根に及ぼす生長調整物質撒布の効果. 北大演報, **17**, 1, 919-927, 1955.

130) 斎藤雄一・小笠原隆三： ヤナギのさし木の発根と生長物質の消長について. 日林誌, **42**, 9, 331-334, 1960.

131) 真田秀吉： 日本水制工論, 1-351, 岩波書店, 1932.

132) 佐藤敬二・小野陽太郎： 砂防造林に於ける斜面混播試験 (第1報). 昭和15日林春季大会講, 606-614, 1940.

133) 佐藤敬二・小野陽太郎： 砂防造林に於ける斜面混播試験 (第2報). 混播による立地条件の改善に就て. 昭和17, 日林会員研論, 704-723, 1942.

134) 佐藤敬二・小沢準二郎： 砂防造林に於ける斜面混播試験 (第3報). 混播用種子に関する研究. 昭和17, 日林会員研論, 713-723, 1942.

135) 佐藤敬二・植村誠次・斎藤　正： 林木の挿木に関する研究 (第1報). ヤマナラシ, トゲナシニセアカシヤの挿木について. 昭和17, 日林会員研論, 169-175, 1942.

136) 佐藤敬二・小野陽太郎： 砂防造林に於ける斜面混播試験 (第4報). 日林誌, **26**, 3, 94-100, 1944.

137) 佐藤清左衛門： 2, 3樹木浸出液の発根阻害作用. 日林誌, **34**, 6, 187-188, 1952.

138) 佐藤清左衛門： サシキ, 伏条の不定根と根分けの不定芽のできかた. 木を中心とした総説. 育林学新説, 73-97, 朝倉書店 ,1955.

139) 佐藤　正・村井　宏： 緑化による林道取切り面の簡易保護工法. 林業技術, 206. 25-30, 1959.

140) 佐藤大七郎・福原楢勝： さしつけてからしばらくの間のサシホの水分関係. 東大演報, 45, 89-101, 1953.

141) 佐藤大七郎・名村二郎： 夏にハゲ山の土が水をひきとめるチカラをはかった一例. 日林誌, **37**, 6, 253-254, 1955.

142) 佐藤大七郎・若林義男： ハゲ山にはえたクロマツの根のタテの分布. 日林誌, **37**, 9. 407-409, 1955.

143) SATO, Y. und MUTO, K. : Über die Lebensdauer von *Salix Bakko* KIMURA. Res. Bull. Coll. Exp. For., Hokkaido Univ. **17**, 1, 15-22. 1954.

144) 佐藤義夫： ヤナギ科種子の生存期間. 北大演報, **17**, 2, 225-266, 1955.

145) 佐々木清一： 北海道土壌地理論. 122-123, 1960.

146) 芝本武夫： 森林土壌学, 289-312, 朝倉書店, 1951.

147) 柴田信男： 挿木の技術. 林業解説シリーズ, 50, 1-36, 1952.

148) SCHIECHTL, H. M. : Grundlagen der Grünverbauung. Mitteilungen der forstlichen Bundes Versuchsanstalt Mariabrunn. **55**. 1-274, 1958.

149) 四手井綱英・猪瀬寅三： 游水林植栽種試験経過報告, 林試集報, 63, 75-82, 1952.

150) 四手井綱英・小笠原健二： 林木のさし木に関する研究. (第2報) ポプラのさし木の発根に対するホルモン処理の効果について. 日林誌. **39**, 4. 124-127. (第4報, 第5報) さし穂の葉量の多少とホルモン処理. **39**, 6, 221-224. **39**, 8. 298-302. (第6報) 採穂部位と発根との関係. **39**, 9. 339-342. (第7報) 芽の有無とホルモン処理が発根に及ぼす影響, **39**, 10, 389-392. 1957.

151) 森林植物同好会： 北海道森林植物写真図譜 II. 木本編. 9–19, 99–103, 1955.
152) SUGAYA, S.: An account on the propagation of Chosenia Macrolepis Komarov. Ecological review, Biological Institute, Tohoku Univ. Sendai. **15**, 3, 149–154, 1961.
153) 杉浦孝蔵： 広葉樹のさし木について, 発根とさしつけ季節との関係 (第1, 2, 3報). 日林誌, **37**, 7, 305–309. **39**, 4, 139–141. **41**, 9, 356–359. 1955–1959.
154) SWINGLE, C. F.: A physiological study of rooting and callusing in apple and willow. Jour. Agri. Res. **39**, 2, 81–128, 1929.

[T]

155) 高木 毅：「ドロノキ類」の無性繁殖について. 山林, 773, 14–17, 1948.
156) 高木 毅： ポプラさしきの発根に及ぼす水素イオン濃度の影響. 日林誌, **35**, 10, 309–312, 1953.
157) 高橋啓二： 稚内・幌加内営林署管内崩壊地植物調査報告. 1–20, 1955.
158) 田中 茂： 急斜面の土壌浸食機構について. 土木誌, **33**, 4, 6–9, 1946.
159) 田中 茂： 地被物の急斜面土壌浸食に及ぼす効果. 土木誌, **36**, 7, 12–16, 1951.
160) 舘脇 操： 隔離分布. 北海道顕花植物について. 植物生態学会報, **3**, 4, 250–270, 1954.
161) 舘脇 操・高橋啓二： 石狩川源流原生林総合調査報告, 1–3, 植物群落. 16–21, 旭川営林局, 1955.
162) 辰野良秋・堀内照夫： 霜柱・凍土対策について, 新砂防, **32**, 21–25, 1959.
163) 寺田一彦： 推測統計法. 1–99, 朝倉書店, 1951.
164) 戸田良吉： サシキの根はどこにできるか. 根の出てくる有様についての総説. 日林誌, **34**, 8, 243–247, 1952.
165) 徳光宣之： 朝鮮に於ける河岸林の治水及び利水事例. 日林誌, **19**, 12, 720–743, 1937.
166) 塚田隆広： 十勝岳泥流跡の植生の推移について, 試験地上富良野 A 区. 日林北支講, **9**, 31–35, 1960.

[U]

167) 上田弘一郎： 水害防備林, 1–174, 産業図書, 1955.

[W]

168) WANG. F.: Grundriss der Wildbachverbauung. Erster und zweiter Theil. Leipzig. 1901.
169) 渡辺隆司・四手井綱英： 赤城山の治山. 赤城の凍土を見て. (II). 1–9, 1954.
170) 渡辺隆司・丸山岩三： 赤城山の治山. 赤城の凍土を見て. (III). 1–6, 1955.
171) 渡辺隆司・村井 宏・佐藤 正： 荒廃地に早期復旧をねらいとする経済的な緑化試験工について. 青森林友, 114, 8–30, 1958.
172) 渡辺隆司・村井 宏・佐藤 正： 東北地方の荒廃地緑化試験調査報告. 二次的植生導入とその成果 (1, 2). 青森林友, 139, 53–61. 140, 50–75. 1960.
173) WELTON, K.: Introduction of new plant materials in the Cornbelt states. Jour. soil and water conservation. **15**, 4, 162–166. **15**, 5, 205–209. 1960.
174) WENDELBERGER, E.: Auwaldtypen in Österreich. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 111, 207–217, 1960.
175) WENT, F. W. and THIMANN, K. V. (川田信一郎・八巻敏雄共訳): Photohormones. 129–137, 169–191, 1951.

[Y]

176) 山崎・八幡・他； 抜根に関する研究 (I), (II). 農業土木研究, **20**, 6, 1–26, 1953.
177) 吉井義次： 火山植物群落の研究. 生態学研究, **5**, 203–217, 277–290. **6**, 59–72, 146–160. 1939–1940.
178) 吉井義次： 駒岳爆発後の植物群落. 生態学研究, **8**, 170–220, 1942.
179) 吉舘正二・川添 強： ユーカリに関する研究 (2). 水耕培養液の pH とユーカリの生長. 日林誌, **40**, 5, 191–194, 1958.

Summary

According to many ecological survey, the pioneer plants are useful for erosion control, at denuded land. The author also observed natural regenerated willows at clayey slope, volcanic ash land, and dune in Hokkaido.

The brush and cuttings of the willows are already adopted for the purpose of bank-revetment or slope protection. The author recognized that the willows are very useful for artificial revegetation in a cold northern district.

With some exceptions, the willow group comes into the category of moisture loving trees and shrubs, which distributed along streams and bottoms. A remarkable character of this group is their ability to grow readily from roots or branch cuttings and to sprout vigorously from various age of stumps. However, the seeds have a short life, the period to live is only several days. Hitherto, the willows have been adopted thoughtlessly in erosion control works.

The author studied about the nature of willows and the application to the artificial revegetation.

Rooting ability of the cuttings is the highest in the flowering season, the secondary in fall and the lowest in the early summer. The sprouting situation on the cuttings of Bakkoyanagi cultured in water showed almot the same tendency as many other willows, however, the rooting phenomenon is not found. The author recognized almost the same tendency also in the field test.

In the field test, though the sprouted percentage of Bakkoyanagi cuttings was considerably high after a month, its percentage decreased gradually.

The rooting ability of Bakkoyanagi, Obayanagi and Keshoyanagi cuttings is weak. It is said that Bakkoyanagi is useful tree species for erosion control because it grows at dried slope. However, the results of the water culture and field test showed that Bakkoyanagi was not suitrble for the artificial revegetation by cuttings.

The rooting season of Bakkoyanagi cuttings was shorter than the other willows in spring. Except Bakkoyanagi, the cuttings of willows were not influenced with pH reaction in Sachs solution (pH: 4.2～9.6).

In early stage, natural regenerated and planted willows grew so fast and Nagabayanagi reached 2.2 m in height after 2 years and 3.5 m in height after 3 years, on the other hand, Ezonokinuyanagi reached 4.5 m in height after 4 years.

The root system of willows developed very fast and its system binded soil at the denuded land. This soil binding power of 4 year old willows (diameter: 1.4～8.0 cm) ranged from 0.03 ton to 0.91 ton in the vertical tension. In the similar diameter (about 4.0 cm), the power of willow trees was 0.36 ton, and the pegs was 0.14 ton.

Wicker fences are used to support terrace fronts in the hillside repair work, they have the advantage of sprouting when the fence is woven with living brush. The exposed part of the living branches and cuttings was drier than the other part under the ground. When the aridity percentage is high, the branches and cuttings apt to die. In the field test, the aridity percentage of A after 5 days was 25%, however, F

did not dry as shown in Fig. 7 and Fig. 8. In the water culture, the cuttings did not root when the aridity percentage was higher than 20%.

With a sense of security, wire-net the author planned suported the living branches and cuttings of willows on the slope. If the wire-net is covered with soil in fall, the willows will sprout over the whole surface in the following year. The author recognized that this work relieved a deficiency of the wicker fence and prevented a surface erosion on the denuded slope.

Belts of willow trees which planted on the floodplain parallel to the banks may be effective in controlling a current velocity by reducing the erosive forces of the water and floating ice.

On dune, the dense planted willows are good first-step for shelterbelt, they controlled the wind near the ground and tempered hot winds.

From the view-point of proceeding many good cuttings, the willows should be used at intervals of 10～40 cm in gully bottoms.

火山灰堆積斜面に浸入している
Nagabayanagi (左) と
Inukoriyanagi (右)

札幌・千歳間国道法面
(1960. 8)

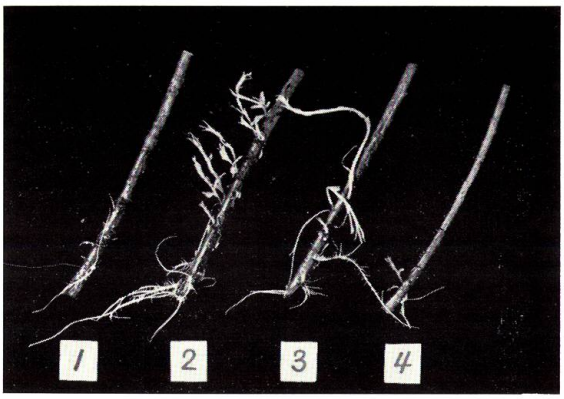
海岸砂地黒松林内に
自生している Inukoriyanagi

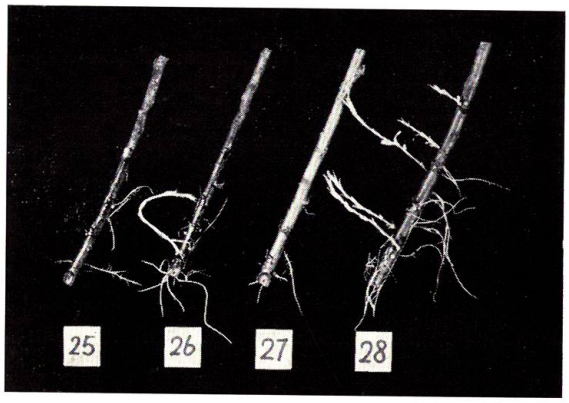
江差町砂坂海岸砂防林
(1959. 7)

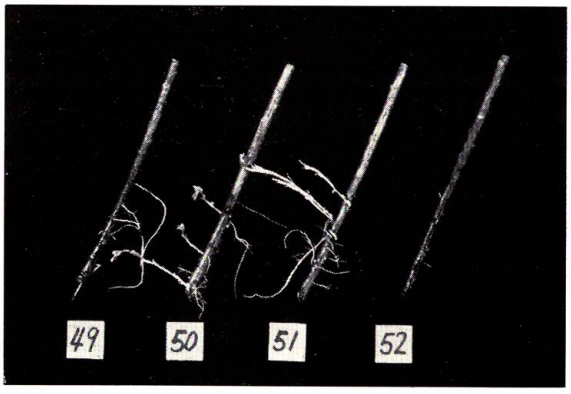
透過水制設置2年後の砂州に
おける植生浸入状況
おもに Nagabayanagi と
Ezonokinuyanagi

北海道大学中川地方演習林
オトイネップ川支流 (1957. 8)

Plate 2.

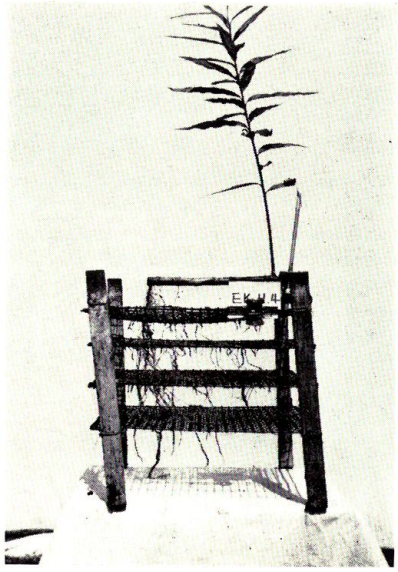






45～47°C の恒温乾燥器で乾燥させてから，水さしてぼう芽，発根した Ezonokinuyanagi のさしき

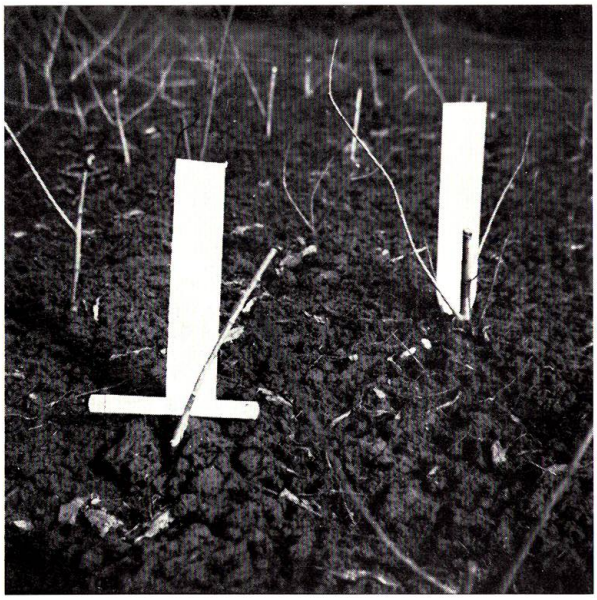
乾燥時間 (1～4：対照，25～28：1 時間，49～52：2 時間) (1957. 3)



さしつけてから約4カ月後の Ezonokinuyanagi さしきのぼう芽，発根状態，よこざし(左)，たてざし(右)　(1960. 9)

さしつけてから約4年後の Nagabayanagi さしきの根系　(1963. 10)

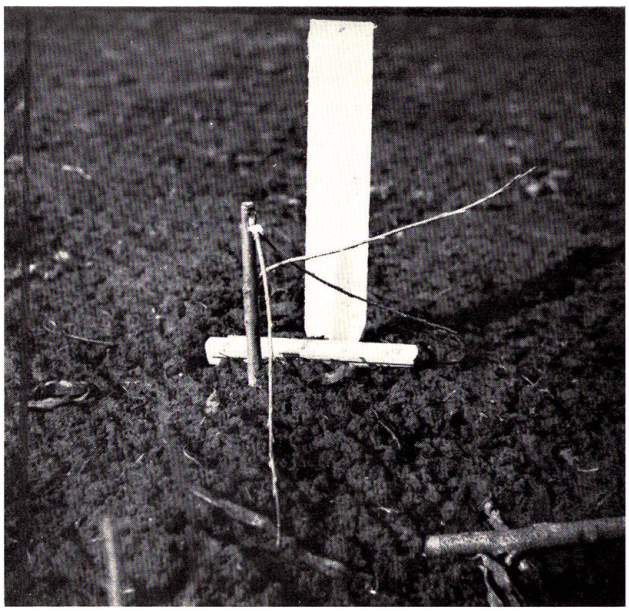
Plate 4.



表土の凍上によりぬけようとしているさしき(左)と根系が発達しているために凍上の被害をうけなかったさしき(右)

北海道大学実験苗畑
(1959. 4)

融雪時に積雪沈降のため引き裂かれた2年生さしき苗(中央)と，凍上のため倒伏した根系発達不十分なさしき(右下)

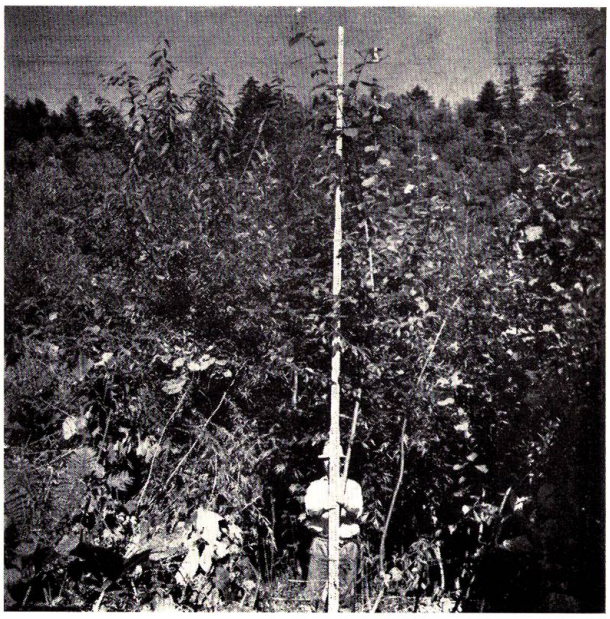


北海道大学実験苗畑
(1959. 4)

Nagabayanagi さしき苗の生育状況，さしつけ後2年，平均樹高 2.5 m さしつけ間隔 40 cm×40 cm

北海道大学実験苗畑
(1961. 1)

護岸林造成のために植栽した Doronoki と，さしきした Nagabayanagi の3年後の生育状況（標尺5 m）



北海道大学中川地方演習林
オトイネップ川支流
(1960. 8)