

緑の文化財等の保全に関する研究

(県単課題 平成 10 ~ 14 年度)

在原登志男

目 次

要 旨	
はじめに	2
サクラ傷口の巻き込みおよび不定根の発生促進	
1 薬剤塗布によるサクラ枝打ち木口面のカルス形成促進と 成長期の枝切除による木口面の壊死防止	2
2 傷を受けた樹幹下部における不定根の発生促進	6
その他の樹種を含む土壌改良の効果	
1 固結した重粘質土壌の改良とスギの成長	9
2 既往の土壌改良か所における樹種ごとの発根促進効果調査	12
引用文献	16

要 旨

- 1 サクラの枝打ちは通常成長休止期に行われるが、てんぐ巢病の見落とし枝や折れ枝などの切除は成長期に行うこともある。そこで、腐朽菌の侵入防止のため、切断木口面を速やかにカルスで被うことを目的とし、成長休止期および成長期の枝打ち木口面に数種の薬剤等を塗布して、カルスの形成促進効果を調査した。その結果、成長休止期では木口面形成層の壊死が少なく、かつ用いた数種の薬剤等間ではチオファネートメチル剤塗布で速やかにカルスの形成が図られた。一方、成長期における枝打ちは、切断による木口面の乾燥および塗布した薬剤による形成層の壊死がかなりの割合で発生した。しかし、木口面に同剤を塗布することにより、成長休止期と同程度に形成層の壊死が抑制され、かつカルスの順調な伸びも認められた。
- 2 サクラ樹幹下部の腐朽部で不定根の発生を促すため、樹幹下部に大きな傷（500cm²程度）と小さな傷（40cm²）を与え、数種薬剤等を塗布後バーク堆肥で被覆して不定根の発生促進効果を調査した。その結果、大きな傷付与では、供試したカスミザクラ、ヤマザクラおよびソメイヨシノ全てから不定根の発生が認められ、用いた薬剤等間には一部を除き統計的な差が認められなかったが、チオファネートメチル剤塗布で不定根の発生割合および繁茂状況がよかった。一方、40cm²の小さな傷付与にあっては、これらの樹種では全て傷の癒合のみが図られて不定根は発生しなかった。不定根が発生した樹種はイヌザクラのみであったが、同剤の塗布で圧倒的に発根量が多く、大きな傷を与えた結果と符合した。

受理日：平成 15 年 6 月 30 日

- 3 固結した重粘質土壌を耕耘して数種の土壌改良資材を施用後、スギを植栽して用いた資材のスギに対する改良効果、すなわち地上部の成長量等を調査した。その結果、土壌改良の効果は固結した土壌の硬度緩和と速効性のある化成肥料の施用のみでもたらされた。バーク堆肥の 10kg / m² 施用は細根の発生が促されたものの、粉炭および木炭の 10kg / m² 施用と同様で、土壌中の孔隙量が増加して土壌乾燥が起こったためか、対照（未耕耘区）に準じる成長量しか示さなかった。
- 4 既往の土壌改良か所における樹種ごとの発根促進の効果を調査した。その結果、土壌の硬さが原因であるケヤキやサクラなどの樹勢衰退樹木に対する土壌改良は、土壌を深さ 20 ~ 40cm ほど耕耘して柔らかくし、かつ有機質肥料を混入することにより新しい根系の発達がかなり促された。しかし、盛土が原因である衰弱木の土壌改良は、本法では効果が認められなかった。また、アカマツの場合は菌根菌の発達を促す資材（炭）の施用で、菌根菌の発生が促された。

はじめに

一般に、サクラは腐朽しやすい樹種といわれ、成育環境に特に悪化の認められない個体であっても腐朽菌が侵入して樹幹部で腐朽が起こりやすい。樹幹部への腐朽菌の侵入経路は、主に枯れ枝や枝打ち跡^{2, 4, 5)}であり、枝打ちの時期は切断面形成層の壊死が生じにくい樹木の成長休止期が適しているといわれる^{4, 7)}。そして、腐朽菌によって生じたサクラ樹幹下部の腐朽または空洞部の処置については、強度のなくなった部分を削り取り内部を殺菌してモルタルなどを充填する方法があるものの、現在ほとんど実施されていない⁴⁾。一般に、腐朽菌は物理的に強度をもつ変色材部に存在しており、その近辺の健全部には腐朽の侵入を防ぐ防御壁が形成される^{4, 10)}。そのため、サクラ樹幹下部の腐朽または空洞部の処理は、不定根の発生を促す工法が良いとの見解^{4, 7)}もある。さらに、樹木の着生葉量、すなわち活力は根系の伸長程度と相関が高く、また根系の伸長は土壌が堅くなるほど少ない傾向にあって固結した状態ではほとんど伸長が認められない^{2, 4)}といわれている。

本研究では、まず腐朽菌の侵入防止のためサクラの生枝打ち木口面を速やかにカルスで被うことを目的とし、木口面に数種の薬剤等を塗布してカルスの形成促進効果を調査した。次に、サクラ樹幹下部の腐朽または空洞部近辺の形成層にカルスを形成させて不定根の発生を促すことを目的とし、塗布する薬剤の種類を検討した。さらに、既往の土壌改良地等において樹種別ごとの根系の発生状況を調査して、実施した工法の課題を検討した。

サクラ傷口の巻き込みおよび不定根の発生促進

- 1 薬剤塗布によるサクラ枝打ち木口面のカルス形成促進と成長期の枝切除による木口面の壊死防止

(1) 目的

一般に、サクラは腐朽しやすい樹種で、成育環境に特に悪化の認められない個体であっても腐朽菌が侵入して樹幹部で腐朽が起こりやすい。樹幹部への腐朽菌の侵入経路は、主に枯れ枝や枝打ち跡^{2, 4, 5)}であり、枝打ちの時期は切断面形成層の壊死が生じにくい樹木

の成長休止期が適しているといわれる^{4,7)}。ところで、小枝が多数箒状に繁茂し樹勢を衰退させるてんぐ巢病の防除、すなわち病枝の切除も開葉前に行うことを原則としているが、開葉前では病徴が目立たないため一部に見落としが生じやすく⁸⁾、やむなく見落とし枝を成長期に切除することになりがちである。さらに、風等によって成長期に枝が折れることもあり、枝を切除することもある。この場合、枝切除（以下、枝打ちという）面が壊死すると腐朽菌の侵入門戸となる危険性がある。

そこで、成長休止期および成長期に生枝打ちを行い、腐朽菌の侵入防止のため傷口を速やかにカルスで被うことを目的とし、木口面に数種の薬剤等を塗布してカルスの形成促進および形成層の壊死防止効果を調査した。

(2) 試験方法

サクラの成長期における枝打ちは1998年5月中旬および1999年4月中旬、また成長休止期は2000年3月上旬に行った。供試したサクラは林業研究センター構内のソメイヨシノ、カスミザクラ、ヤマザクラおよびサトザクラ類で、各時期ごとに11本を対象として1本あたり2～5本の生枝を幹の付け根から切断し、木口面に各種の薬剤等を塗布した(表1)。

表1 塗布した薬剤等の種類と供試枝数など

枝打ち時期	サクラの形状		塗布した薬剤等の種類と供試枝数(本)					切り落とした枝の根元径(mm)
	胸高直径(cm)	高さ(cm)	T	A	B	C	対照	
1998年5月 中旬*	31 / 20 50	11 / 8 14.5	9	9	9	9	10	51 / 21 107
1999年4月 中旬*	22 / 14 34	11.5 / 6.5 19	9	9	10	10	9	44 / 22 88
2000年3月 上旬**	8 / 5 13	4.5 / 3.5 6	11		11	11	11	43 / 27 82

T: チオファネートメチル剤, A: A 剤, B: 墨汁, C: シリコン系樹脂剤。*: 樹木の成長期, **: 樹木の成長休止期。(平均) / (範囲)

使用した薬剤等は、樹木等の傷口癒合（カルス形成）促進剤として利用されているチオファネートメチル剤、胴枯れ病等の殺菌と傷口癒合促進に用いられているA剤、傷口の癒合促進効果は不明だが、殺菌効果があるといわれる墨汁（市販の書道用）および木口面の乾燥防止効果を期待して癒合促進を図るためのシリコン系樹脂剤の4種とし、対照を無塗布とした。なお、各処理の供試枝数は9～11本で、木口面の直径は平均で46mmであった。

薬剤等の塗布後1成長期（春から秋）に形成されたカルスの伸長幅等は、晩秋に調査した。調査は切断した木口側面から中心（髄）部に向かって形成された4方向の癒合組織幅を測定することとし、その平均値をカルスの伸長幅とした。なお、カルス伸長幅の測定は毎年行い、最終調査は2002年に行った。

(3) 結果と考察

図 1、2 に薬剤等の塗布後 1 成長期（枝打ち直後の秋。以下 1 年目）に形成されたカルスの伸長状況を示した。図 1 はカルスの形成が比較的良い状況、一方図 2 は切断したことによる乾燥または塗布した薬剤によって木口面の形成層が壊死した状況である。



図 1 カルス形成の比較的良い木口面



図 2 カルス形成のない木口面（乾燥または塗布した薬剤によって木口面の形成層が壊死）

各薬剤等の塗布および枝打ち時期ごとの木口面における形成層の壊死状況と、カルス伸長幅の経年変化は図 3 に示した。樹木の成長休止期（3月上旬）の枝打ち木口面における形成層壊死率（木口面がカルスで被われない状態）の経年変化（左上図）を見ると、枝打ち経過 1 年目でチオファネートメチル剤塗布が 0%、そして対照を含めたその他が 9~18%で、両者間には大差が生ぜず有意な差は認められなかった（ $P > 0.05$ 、² 検定。以下同様）。また、2 年目ではチオファネートメチル剤塗布およびその対照が 0%、そして墨汁およびシリコン系樹脂剤塗布が 9%となった。3 年目はいずれもカルスの伸びが観察されて、壊死は認められなかった。

次に、樹木の成長期（4月中旬と5月中旬）の枝打ち木口面における形成層の壊死率（左中，下図）を見ると、チオファネートメチル剤塗布は、枝打ち経過 1 年目でそれぞれ 22%と 0%であったが、2 年目以降はカルスの伸びが全てで観察された。しかし、4月中旬の枝打ち（左中図）における A 剤塗布および対照の壊死率は、1 年目でそれぞれ 89%と 78%となってチオファネートメチル剤塗布との間に統計的に有意な差が認められた（ $P < 0.05$ 、² 検定。以下同様）。特に、A 剤塗布は 2 年目でも 44%の壊死率で、チオファネートメチル剤塗布とに有意な差がみられた。なお、墨汁およびシリコン樹脂剤塗布の 1 年目の壊死率はそれぞれ 60%と 50%であったが、チオファネートメチル剤塗布との間に有意な差が認められなかった。また、5月中旬の枝打ち（左下図）における A 剤および墨汁塗布の壊死率は、1 年目で 100%および 78%、2 年目でもそれぞれ 67%となって、チオファネートメチル剤塗布との間に有意な差が認められた。特に、A 剤塗布は 3 年目でも 44%の壊死率で、チオファネートメチル剤塗布とに有意な差が認められた。なお、シリコン系樹脂剤塗布および対照の 1 年目の壊死率はそれぞれ 33%および 30%であったが、チオファネートメチル剤塗布との間に有意な差が認められなかった。

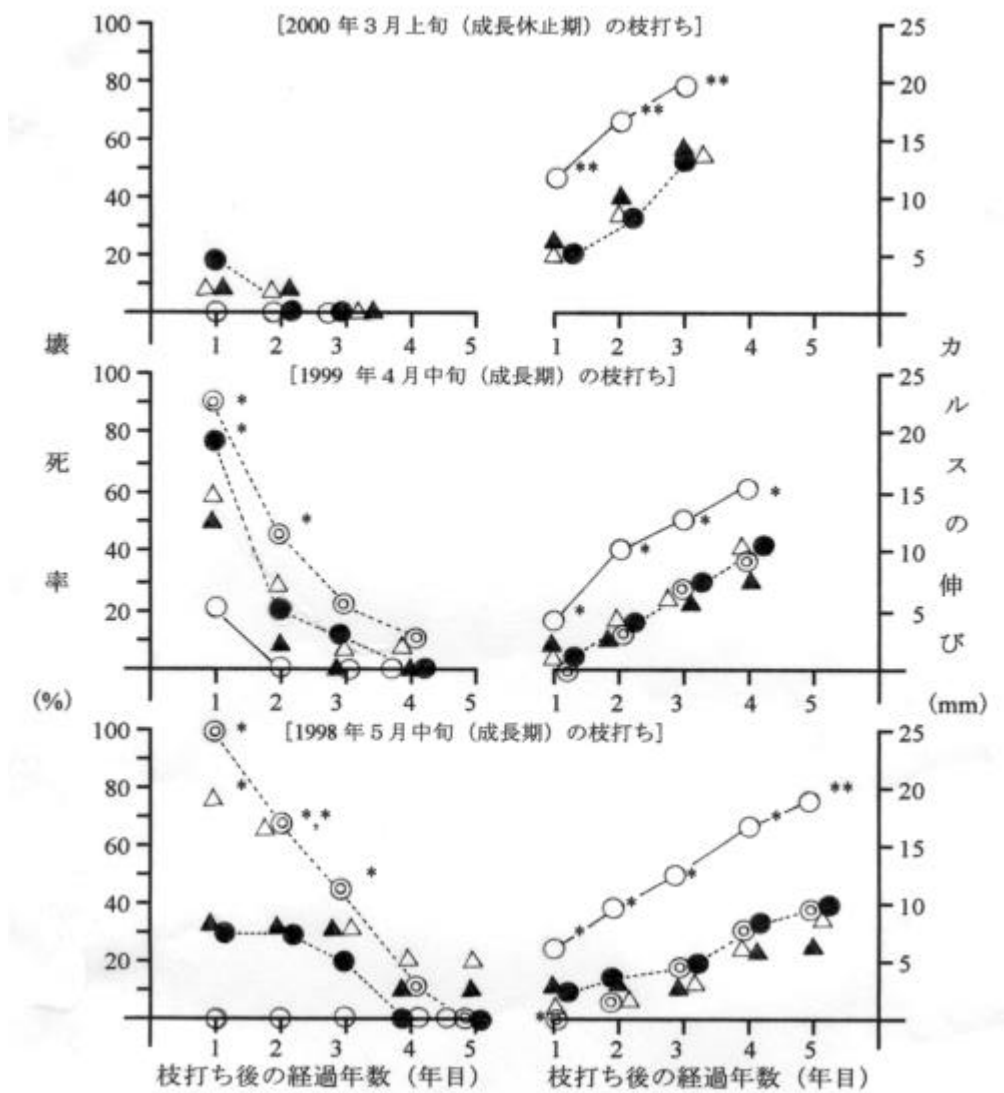


図 3 各薬剤等の塗布および枝打ち時期ごとの木口面における形成層の壊死状況とカルス平均伸長幅の経年変化

：チオファネートメチル剤、△：A 剤、●：墨汁、▽：シリコン系樹脂剤、○：対照。

*、**：チオファネートメチル剤塗布（壊死率）または対照（カルスの伸び）と比較し、有意差あり [* : $P < 0.05$ 、** : $P < 0.01$ 。 ² 検定または t 検定]

これらのことから、樹木の成長休止期と成長期の枝打ちを比較すると、成長期では木口面形成層の壊死がかなりの割合で発生するものと思われた。しかし、成長期の枝打ちであっても、木口面にチオファネートメチル剤を塗布することにより壊死率が 20 % 以下と低く抑えられたことから、成長休止期並に形成層壊死の発生を防止することができたと推定される。なお、成長期の 4 月中旬と 5 月中旬の枝打ちにおけるチオファネートメチル剤塗布を除く 5 処理の平均壊死率を算出すると、枝打ち経過 1 年目は 60 % と 48 %、2 年目が 21 % と 39 %、3 年目が 9 % と 26 %、4 年目が 4 % と 9 % になり、両者とも壊死状況は年数の経過とともに解消された。しかし、枝打ち時期のより遅かった 5 月中旬で 2 年目以降の壊

死率が高い傾向にあった。

各枝打ち時期におけるカサの平均伸長幅（形成層が壊死したものは、伸びを0 cmとして算出）の経年変化（右図）をみると、いずれの時期もチオファネートメチル剤塗布で明らかに伸びがよく、対照と比較して統計的に有意な差がみられた（ $P < 0.05$ または 0.01 、 t 検定）。一方、チオファネートメチル剤塗布を除く残り4処理におけるカサ伸長幅は、同一の枝打ち時期ではほとんど差が認められなかった。しかし、4月中旬と5月中旬の枝打ち時期におけるチオファネートメチル剤塗布以外4処理のカサ伸長平均幅を算出すると、1年目は1.4および1.5mm、2年目は3.7および2.8mmとなつて差がみられなかった（ $P > 0.05$ 、 t 検定）ものの、3年目では6.8および3.7mm（ $P < 0.001$ 、 t 検定）、4年目で9.7および6.9mm（ $P < 0.05$ 、 t 検定）となつて有意な差が生じ、成長期であっても枝打ち時期のより遅かつた5月中旬で3年目以降のカサ伸長幅が小さくなった。これは、5月中旬の枝打ちでは4月中旬と比べて、木口面形成層の壊死率が高かつたために生じた（3年目の前者の壊死率は33（平均）/20～40（範囲）%、以下後者は11/0～20%。4年目の前者は11/0～22%、後者は5/0～11%）ものと推定される。

以上述べたことから、用いた数種の薬剤等間では、成長休止期にサクラの枝打ちを行いチオファネートメチル剤を塗布すれば、速やかにカサの形成が図られるものと推定された。また、成長期における枝切除は、成長休止期と比較して切断による木口面の乾燥および塗布した薬剤による形成層の壊死がかなりの割合で発生した。しかし、木口面にチオファネートメチル剤を塗布することにより、成長休止期と同程度に形成層の壊死が抑制され、かつカサも順調に伸びるものと予想された。このことから、てんぐ巣病の見落とし枝および折れ枝等を樹木の成長期に切除する場合は、切断面にチオファネートメチル剤を塗布する必要があるといえる。

2 傷を受けた樹幹下部における不定根の発生促進

(1) 目的

近年、緑の文化財等の巨木の樹勢衰退が問題となっている^{2, 5, 7)}。樹勢回復の上で大切なことは、樹体の活力を増強するように根系の伸長面積を拡大することであり、また樹体の健全性確保には腐朽菌の侵入を未然に防ぐことが大切とされている^{2, 4, 5, 7)}。ところで、腐朽菌によって生じたサクラ樹幹下部の腐朽または空洞部の処置については、強度のなくなった部分を削り取り内部を殺菌してモルタルなどを充填する方法があるものの、現在ほとんど実施されていない⁴⁾。一般に、腐朽菌は物理的に強度をもつ変色材部に存在しており、その近辺の健全部には腐朽の侵入を防ぐ防御壁が形成される^{4, 10)}。そのため、サクラ樹幹下部の腐朽または空洞部の処理は、不定根の発生を促す工法が良いとの見解^{4, 7)}もある。

そこで、サクラ樹幹下部の腐朽または空洞部近辺の形成層にカサを形成させて不定根の発生を促すため、患部に塗布する薬剤の種類を検討した。

(2) 試験方法

1999年3月下旬、福島県林業研究センター構内に植栽されている胸高直径32（平均）/20

～ 48cm (範囲)、樹高 13 (平均) / 10 ~ 16 (範囲) m の樹齢 30 ~ 60 年生のサクラ類 (ソメイヨシノ、カスミザクラおよびヤマザクラ) 8 本を対象として、樹幹下部に 1 本あたり 2 か所の大きな傷 (横幅 15 ~ 30cm、最大深さ 3 ~ 6 cm、縦の長さ 20 ~ 30 cm、平均傷害面積 510cm²) を与え、3 種類の薬剤等 (表 2) を全面に塗布した。

幹部の形成層にカルスを形成させて不定根の発生を促すために供試した薬剤等は、樹木等の傷口癒合 (カルス形成) 促進剤として利用されているチオファネートメチル剤、傷口の癒合促進効果は不明だが、殺菌効果があるといわれる墨汁および切断面の乾燥防止効果を期待して癒合促進を図るためのシリコン系樹脂剤の 3 種とし、対照を無塗布とした。傷付与部は、さらに不定根の発生を促すバーク堆肥⁴⁾を傷口全体に押しあててビニールで固定し、こもで樹幹下部全体を覆った。そして、2 年を経過した 2001 年 3 月上旬に、各々の被覆物を取り除き、切断面を被う不定根の繁茂状況を以下の基準で目視により調査した。ほとんど発根がない (0 点)、わずかに発根が認められる (0.1 点)、発根が切断面の 1 / 3 を覆う (0.3 点)、切断面の 2 / 3 を覆う (0.6 点)、ほぼ全体を覆う (1 点)。

また、2001 年 3 月上旬には、構内に植栽されている胸高直径 35 (平均) / 23 ~ 50 (範囲) cm、樹高 20 (平均) / 12 ~ 24 (範囲) m のサクラ類 (カスミザクラ、ヤマザクラ、ソメイヨシノおよびイヌザクラ) 20 本を対象として、根際地下部の太根に 1 本あたり 4 か所の小さな傷害 (横幅 10cm、縦幅 4 cm、傷害面積 40cm²) を与えた。4 か所のうち 3 か所は傷害部にチオファネートメチル剤、シリコン系樹脂剤および墨汁を塗布し、1 か所は無塗布 (対照) とした。その後、傷付与部全体をバーク堆肥 (10 本の供試木) または埴壤土 (残り 10 本の供試木) で覆った後、埴土をかぶせた。そして、約 2 年を経過した 2002 年 10 月下旬に、各々の被覆物を取り除き、患部を被う不定根の総生重量を調査した。

(3) 結果と考察

図 4 は 1999 年 3 月下旬に 500cm²前後の大きな傷を付与したか所において、2 年経過後傷口の癒合組織から発生した不定根が切断面のほぼ全体を覆った状況、図 5 は切断面の 2 / 3 を覆った状況および図 6 は切断面の 1 / 3 を覆った状況を示した。また、表 3 には、各薬剤等を塗布したか所の不定根の繁茂状況を示した。チオファネートメチル剤塗布は、不定根の発生割合が 100 % で、繁茂状況が平均で 0.55 であった。また、墨汁塗布はそれぞれ 75 %、0.25、以下対照が 75 %、0.18、シリコン系樹脂剤塗布が 0 %、0 となった。シリコン系樹脂塗布区を除き、三者間には統計的な差は認められなかったが、チオファネートメチル剤塗布で不定根の発生割合および繁茂状況がよかった。

表 2 塗布した薬剤等の種類

供試木 No.	薬剤等の種			対照
	T	C	B	
ソメイヨシノ				
カスミザクラ				
カスミザクラ				
ソメイヨシノ				
ソメイヨシノ				
ヤマザクラ				
ソメイヨシノ				
カスミザクラ				

T: チオファネートメチル剤

C: シリコン系樹脂剤

B: 墨汁



図 4 不定根の発生が切断面のほぼ全体を覆う（繁茂状況 1 点）



図 5 不定根の発生が切断面の 2 / 3 を覆う（繁茂状況 0.6 点）



図 6 不定根の発生が切断面の 1 / 3 を覆う（繁茂状況 0.3 点）

表 3 不定根の繁茂状況

塗布剤等の種類	不定根の繁茂状況					発根割合(%)
	1	2	3	4	平均	
チオファネートメチル剤	0.3	0.3	1.0	0.6	0.55	100
シリコン系樹脂剤	0	0	0	0	0	0
墨汁	0.6	0.1	0.3	0	0.25	75
対照	0.1	0.3	0.3	0	0.18	75

2001年3月上旬に40cm²の小さな傷を付与したか所では、カスミザクラ、ヤマザクラおよびソメイヨシノにあっては、2年経過後に傷の癒合のみが観察されて不定根の発生が全く認められなかった。傷の癒合とともに不定根の発生が認められた樹種はイヌザクラのみで、傷を埴壤土で覆った後壤土をかぶせたものであった。不定根の総生重量はチオファネートメチル剤塗布で3.47g（図7）と最も多く、次いで墨汁塗布の0.21g（図8）、そして対照の0.20g、シリコン系樹脂剤塗布の0gとなった。

以上から、500cm²前後の大きな傷付与では、供試したソメイヨシノ、カスミザクラおよびヤマザクラ全てから不定根の発生が認められ、統計的な差はないものの、チオファネートメチル剤塗布で不定根の発生割合および繁茂状況がよかった。一方、40cm²の小さな傷付与にあっては、これらの樹種では全て傷の癒合のみが図られて不定根は発生しなかった。しかし、イヌザクラ1本のみ結果ではあるが、チオファネートメチル剤塗布で圧倒的に発根量が多く、500cm²前後の大きな傷を与えた結果と符合した。



図 7 イヌザクラにおける不定根の発生状況
(チオファンートメチル剤塗布, 総生重量 3.47 g)



図 8 イヌザクラにおける不定根の発生状況
(墨汁塗布, 総生重量 0.21 g)

その他の樹種を含む土壌改良の効果

1 固結した重粘質土壌の改良とスギの成長*

(1) 目的

樹木の着生葉量、すなわち活力は根系の伸長程度と相関が高く、また根系の伸長は土壌が堅くなるほど少ない傾向にあって固結した状態ではほとんど伸長が認められない^{2、4)}。

そこで、ほとんど固結した土壌を耕耘後、化成肥料とともに粉炭、木炭およびパーク堆肥を混入してスギを植栽し、これら資材のスギに対する土壌の改良効果、すなわち地上部の成長量や根系の発達等を調査した。

(2) 試験方法

試験地は福島県林業研究センター構内のススキ、ヨモギ、ノガリヤス等の繁茂する第四期洪積粘土地で、1996年6月上旬に表土を剥ぎ固結状態にある重粘質の基層を露出させ、深さ 25cm までの土層を繰り返し機械で耕耘した。そして、化成肥料、粉炭、木炭(一辺を 3 ~ 4 cm のブロックに崩したもの)およびパーク堆肥を表 4 の通り各試験区に万遍なく散布後、再び耕耘して資材と土壌を混合した。化成肥料の施用量はおおむね標準としたが、土壌改良の他発根促進作用をもつ有機質資材のパーク堆肥^{4、9)}は、重粘質で固結状態の土壌なので広葉樹で効果の認められた施用量 10kg / m^{2 4)}とした。また、多孔質で通

* : 本課題は、県単試験(平成5~9年度)緑の文化財等の保全に関する研究の一部についての継続調査である。

気性に富む粉炭および木炭³⁾もパーク堆肥に準じて施用した。なお、1区あたりの面積は 2 × 5 の 10m² とした。

表 4 土 壌 改 良 試 験 区

No.	試 験 区	耕耘	化成肥料 ^{*1}	粉炭 ^{*2}	木炭 ^{*2}	パーク堆肥 ^{*2}
	対照(未耕耘)					

スギの植栽は 1996 年 7 月上旬で、直径 20cm、深さ 15 cm ほどの植え穴に各区ごと高さ 30 ~ 40cm の 3 年生苗 15 ~ 20 本を 70 ~ 90cm 間隔で植え付けた (表 5 参照)。

耕 耘						
化成肥料						
粉炭 + 化成肥料						
木炭 + 化成肥料						
バーク堆肥 + 化成肥料						

なお、試験区の下刈りは、2000 年の夏まで必要に応じて実施した。

* 1 : 速効性化成肥料として窒素分を $10\text{g} / \text{m}^2$ 、緩効性として $20\text{g} / \text{m}^2$ を深さ 25cm の土壤に混入。

成長量の調査は 1997 年から 2002 年の秋 (2 から 7 成

* 2 : $10\text{kg} / \text{m}^2$ を深さ 25cm の土壤に混入。

長期経過後) に行った。各個体の地上高 10cm 部位における根元径 mm と樹高 cm を測定し、各区から数本の標準木を選定、伐倒して地上部生重を計測し、相対成長式により各個体の成長量 (地上部生重) を算出した。また、1997 年 (2 成長期経過後) の成長量調査に際しては、スギ伐倒木の根系を出来るだけ掘り取り、太さ 1 mm 以上および未満の根に区分して生重量を計測した。

(3) 結果と考察

各試験区における秋の成立本数は表 5 に示した。なお、1998 年以降の成立本数の減少は、前年度標本木として伐採したことによる。

表 5 各試験区の残存本数 (本)

No.	試験区	(植栽時)	1997 年秋	1998 年秋	1999 年秋	2000 年秋	2001 年秋	2002 年秋
	対照 (未耕耘)	15	13	10	7	7	5	4
	耕 耘	20	19	16	14	13	10	7
	化成肥料	20	20	18	13	13	10	9
	粉炭 + 化成肥料	20	20	17	15	14	11	8
	木炭 + 化成肥料	20	19	14	14	12	9	9
	バーク堆肥 + 化成肥料	20	20	16	11	11	9	9

植栽後 2 成長期を経過した 1997 年秋に、標本木として伐採したスギ 20 本の $\text{Log} [(D : \text{根元径 cm})^2 \times (H : \text{樹高 m})]$ と $\text{Log} (\text{全根生重})$ の間には $R^2=0.73$ ($P < 0.001$) の相対成長関係が認められた。また、 $\text{Log} (1 \text{ mm 以上の根生重})$ の間にも統計的に有意な相関が認められた (図 9、左)。しかし、1 mm 未満の根生重では有意な相関が認められなかった (図 9、右の実線)。そこで、バーク堆肥 + 化成肥料 (以下、バーク堆肥) 区 4 個体とその他の区の 16 個体に二分し、それぞれにおける $\text{Log} D^2 H$ と $\text{Log} (1 \text{ mm 未満の根生重})$ 相関を求めた (図 9、右の点線)。その結果、バーク堆肥以外の区 (印) は有意な相関が認められた。なお、バーク堆肥区では有意な相関が得られなかったものの、バーク堆肥以外の区の同一 $\text{Log} D^2 H$ と比べて根重の増加傾向が伺えた。そこで、各個体の全根

重に対する 1mm 未満の根の割合を算出すると、バーク堆肥区の平均値が 0.44、その他が 0.27 となり、両者間に統計的に有意な差が生じた ($P < 0.001$, t 検定)。これらのことから、バーク堆肥区はその他の区と比べて 1mm 未満の根量が増加したものと推定される。

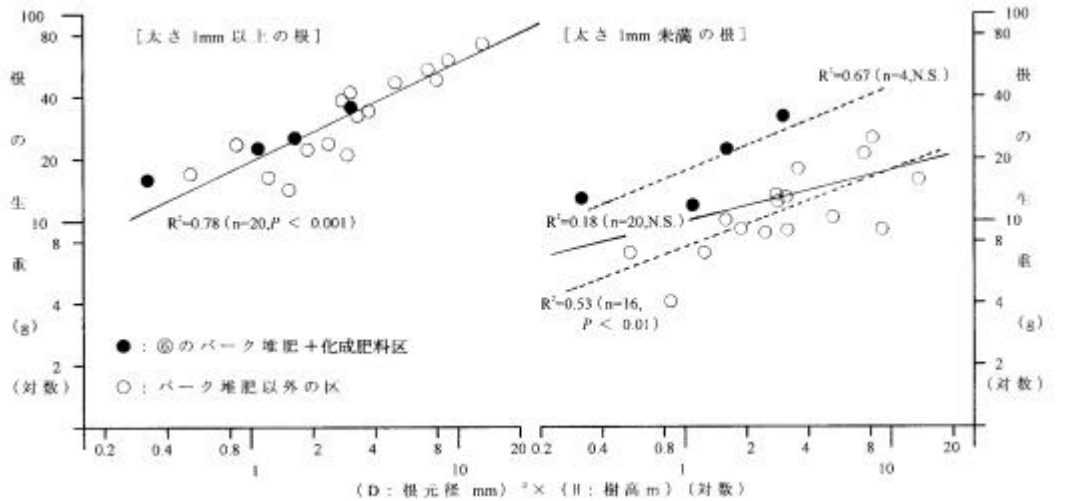


図 9 バーク堆肥 + 化成肥料区とその他の区におけるスギの $D^2 H$ と 1 mm 以上および未満の根の生重量

図 10 には、各試験区におけるスギの平均成長量の経年変化を示した。植栽後 3 成長期を経過した 1998 年秋 (印) の平均地上部重を見ると、の対照区と有意差が生じた区は、の化成肥料区のみであった。また、植栽後 5 成長期を経過した 2000 年 (印) においても、のみで有意差が見られ、そして植栽後 7 成長期を経過した 2002 年 (印) でも同様に、のみで有意差が見られた。また、各成長期ともはその他の区と有意な差が認められた。これらのことから、粉炭、木炭およびバーク堆肥の $10\text{kg} / \text{m}^2$ 施用は、スギの成長に良い影響を及ぼさなかったものと推定される。今回、地上部重の増加に効果の見られた土壌改良は、耕耘処理すなわち土壌硬度の緩和と速効性のある化成肥料の施用のみであった。

以上の結果から、今回使用した資材のスギに対する土壌改良の効果は、固結した土壌の硬度緩和と速効性のある化成肥料の施用のみでもたらされたと考えられる。バーク堆肥の $10\text{kg} / \text{m}^2$ 施用は細根の発生が促されたものの、粉炭および木炭と同様に土壌中の孔隙量が増加して土壌乾燥が起こったためか、成長により結果を及ぼさなかった⁹⁾と推定される。バーク堆肥の $10\text{kg} / \text{m}^2$ 施用はキハダ、ミズナラなどの広葉樹でよい結果が得られた⁴⁾と報告されているが、土壌の乾燥を嫌うスギにはあてはまらなると考えられた。すなわち、土壌改良は単一的な工法でなく、植栽されている樹種の特性にあった工法で行われるべきであると推定される。

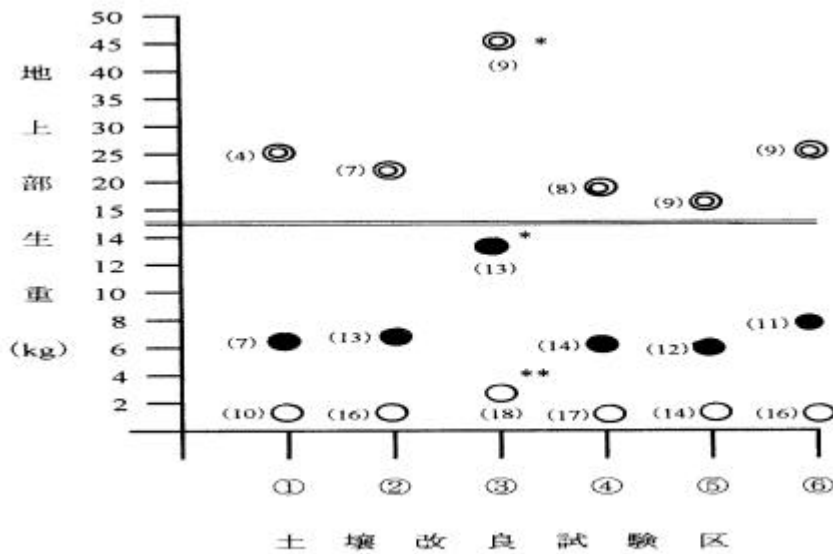


図 10 各土壌改良試験区におけるスギの平均成長量の経年経過

○：対照（未耕耘）区、●：耕耘区、○：化成肥料区、○：粉炭＋化成肥料区、○：木炭＋化成肥料区、○：パーク堆肥＋化成肥料区。*、**：と比較し、有意差あり（*： $P < 0.05$ 、**： $P < 0.01$ 。t 検定）。○：1998 年秋の平均地上部生重、●：2000 年秋の平均地上部生重、○：2002 年秋の平均地上部生重。（ ）は調査本数。

2 既往の土壌改良か所における樹種ごとの発根促進効果調査

(1) 目的

樹木の樹勢回復を図る上で最も重要なことは、樹体の活力が維持できるように根系の発達を促すことである^{2, 4)}。植栽地の土壌に硬さが認められる場合は、土壌を耕耘して柔らかくする、また養分が不足している場合は施肥等の土壌改良が必要になる^{4, 7)}。

ここでは、既往の土壌改良実施か所において樹種ごとの根系の発生状況等を調査し、実施した工法の課題を検討した。

(2) 調査方法

地方公共団体等が行った土壌改良地 9 か所において、2001 年 9 月から 2002 年 10 月にかけて調査を行った。2001 年度の調査は、施工前の土壌状態が把握できる状態にある改良地 5 か所を選定した（表 6 の No.1 から 5）。また、植栽されている樹木の樹勢衰退の原因は、聞き取り調査と現地の改良前の土壌調査によって行った。改良前の土壌調査は、改良地点に隣接する未改良地点、また表中の No. 2 のケヤキでは改良が途中であったため、植栽木から 1.5 ~ 2.5 m ほど離れた未改良地点で位置を変えて 5 か所で行った。調査は、幅 40cm、深さ 30cm の土壌断面を作成し、断面に現れた細根の束数（図 7 の 参照）を数えた。さらに、土壌の堅密度を深さ 20cm の断面で 1 調査か所あたり 3 地点で測定した。一方、改良後の土壌調査も、改良前の調査に準じて、植栽木から 1.5 ~ 2.5 m ほど離れた改

良地点で位置を変えて 10 か所で行った。なお、改良後の土壌断面に現れた細根は、改良時に切断された根から資材中に新しく伸張した束数を数えた。しかし、2002 年度の調査地 4 か所（表 6 の No.6 から 9）は、施工前の土壌状態が把握できない状況にあった。そのため、植栽木から 1.5 ~ 2.5 m ほど離れた改良地点のみで位置を変えて 6 か所で、新しく伸張した細根の発生束数等を調査した。なお、2002 年度は、土壌断面に現れた細根を断面から 10cm の長さで切断、採取して生重量を測定した。

(3) 結果と考察

表 6 には、植栽されている樹木の樹勢衰退の原因と実施された土壌改良の工法および資材等を示した。樹勢衰退の原因は、9 件中 2 件で 50 ~ 100cm ほどの盛土にあった（No .

表 6 樹勢衰退の原因と土壌改良の工法および資材

No.	樹種	樹勢衰退の原因	(土壌改良実施年月), 土壌改良の工法および資材
1	サクラ 1	盛土 (60 ~ 100cm)	(1998 年 9 月) 植栽床面の土壌に各種資材を 4 層に敷き詰める。最上層: 厚さ 2cm の砂、2 層目: 18kg / m ² 、3 層目: 20kg / m ² 、最下層: 18kg / m ² 。
2	サクラ 2	盛土 (50 ~ 100cm)	(1999 年 3 月) 植栽床面の土壌を深さ 50cm ほど耕耘し、40kg / m ² と 10kg / m ² を混入する。
3	ケヤキ	土壌の固結	(2000 年 11 月) 植栽床面の土壌を深さ 30cm ほど耕耘し、50kg / m ² を混入する。そして、その上に 10kg / m ² を敷き詰めた後、再度を厚さ 6cm ほどに敷き詰める。
4	アカマ ツ 1	土壌の固結	(1999 年 12 月) 植栽床面の土壌を深さ 20cm ほど耕耘し、45kg / m ² と 7kg / m ² を混入する。
5	サクラ 3	土壌の固結	(1999 年 12 月) 植栽床面の土壌を深さ 20cm ほど耕耘し、40kg / m ² を混入する。そして、その上に 7kg / m ² を敷き詰める。
6*	モミジ	土壌の固結?	(1999 年 10 月) 植栽床面の土壌を深さ 20cm ほど耕耘し、45kg / m ² と 10kg / m ² を混入する。
7*	サクラ 4	土壌の固結?	(2000 年 10 月) 植栽床面の土壌を深さ 40cm ほど耕耘し、40 kg / m ² と 10kg / m ² を混入する。
8*	ゴヨウ マツ	土壌の固結?	(1998 年 10 月) 植栽床面の土壌を深さ 20cm ほど耕耘し、その上に各種資材を 2 層に敷き詰める。最上層: 10kg / m ² 、最下層: 15kg / m ² 。
9*	アカマ ツ 2	土壌の固結?	(2001 年 10 月) 植栽床面の土壌を深さ 30cm ほど耕耘し、20 kg / m ² と 20kg / m ² を混入する。

*は参考資料。土壌改良資材: 炭化処理植物、有機質肥料(バーク堆肥、または鶏糞・米糠堆肥)、木材チップ、Ca 剤(主成分貝粉)、パーミキュライト。

1、2)。当該地では、植栽木近辺に車の乗り入れがなく、かつ人による踏圧が少なく盛土そのものの平均硬度が 16 および 17mm のやや堅で、比較的柔らかい状態にあった(表 7 参照)。また、残り 7 件では土壌の硬さが原因(2001 年度調査の No.3、4、5 の平均硬度は 22、23mm のきわめて堅。2002 年度調査の No.6 から 9 は未調査)と推定された。当

該地では、最近まで植栽木近辺に車の乗り入れや人による踏圧などがあって土壌が堅い状態にあり、根系が伸長しにくい状況²⁾にあったものと考えられた。

実施された土壌改良の工法は、盛土が原因の樹勢衰退木にあつては施工費用等の関係から盛土の除去を断念し、単にm²あたり 20kg の有機質資材等を敷き詰める工法 (No. 1) および深さ 50cm の土壌を耕耘してm²あたり 40kg の有機質資材等を混入する工法(No. 2) が採用された。また、土壌の硬さが原因と予想された衰退木では、深さ 20 ~ 40cm の土壌を耕耘してm²あたり 20 ~ 50kg の有機質資材等を混入する工法 (No. 3、4、5、6、7、9) と有機質資材等を敷き詰める工法 (No. 8) が採用されていた。

表 7 は、土壌改良前後の土壌硬度と根系の発生量を示した。改良後の土壌硬度は平均で 15mm 以下であり、いずれも根系の伸長に適した状況²⁾にあった。まず、サクラ類の土壌改良前後における根系の発生状況を比較すると No. 1、2 および 5 の改良前の調査地点 1 か所あたりの根系発生量は、いずれも 0 束であった。改良後の新しい根系の発生量は、

表 7 土壌改良前後の土壌硬度と根系の発生量

No.	樹種	改 良 前		改 良 後				備考
		* 1	* 2	* 1	* 2	* 3	* 4	
1	サクラ 1	16 / 11 ~ 22 (やや堅)	0	10 / 8 ~ 14 (軟)	0	(未調査)	3年	
2	サクラ 2	17 / 12 ~ 22 (やや堅)	0	6 / 4 ~ 11 (しょう)	0.4 / 0 ~ 2	(未調査)	2年	
3	ケヤキ	22 / 18 ~ 25 (きわめて堅)	3 / 2 ~ 4	15 / 7 ~ 18 (やや堅)	6.8 / 4 ~ 10	(未調査)	1年	
4	アカマ ツ 1	23 / 22 ~ 24 (きわめて堅)	0.4 / 0 ~ 2	11 / 9 ~ 14 (軟)	2.0 / 1 ~ 3	(未調査)	2年	
5	サクラ 3	22 / 19 ~ 25 (きわめて堅)	0	14 / 12 ~ 17 (やや堅)	3.8 / 2 ~ 5	(未調査)	2年	
6	モミジ	(未調査)		10 / 7 ~ 12 (軟)	7.9 / 4 ~ 10	3.11	3年	
7	サクラ 4	(未調査)		9 / 7 ~ 12 (軟)	9.0 / 6 ~ 13	2.95	2年	参考
8	ゴヨウ マツ	(未調査)		7 / 5 ~ 10 (しょう)	6.8 / 3 ~ 10	2.10	4年	
9	アカマ ツ 2	(未調査)		12 / 7 ~ 15 (軟)	3.7 / 3 ~ 5	0.84	1年	

* 1 : 土壌硬度 mm (堅密度) (平均) / (範囲) 以下同様。 * 2 : 根系の発生量 (束数) / 調査か所 1 地点。 * 3 : 根系の生重量 (g) / 調査か所 1 地点。 * 4 : 土壌改良後の経過年数。

盛土の上に改良資材を敷き詰めた No. 1、および盛土を深さ 50cm まで耕耘し有機質資材を混入した No. 2 にあつては平均 0 ~ 0.4 束の発生となり、改良前後の根系発生の有無で比較すると差が認められなかった ($P > 0.05$ 、²⁾ 検定)。これに対して、土壌の硬さが樹勢

衰退の原因と予想された No.5 および 7 (改良前の根系発生量は未調査) における深さ 20 ~ 40cm の土壤耕耘、有機質資材等混入処理は、平均 3.8 ~ 9.0 束の新しい根系の発生が見られた。なお、No.5 において改良前後の根系発生の有無を比較すると、改良後で発生割合の増加が認められた ($P < 0.01$ 、 χ^2 検定)。

次に、No.4 のアカマツにおける土壤改良前後の根系の発生状況を比較すると改良前の調査か所 1 地点あたりの根系発生量は、0.4 束と少なかった。これに対して、深さ 20cm の土壤耕耘、有機質資材等混入後は、平均 2.0 束の新しい根系が発生して改良前より増加が認められた ($P < 0.01$ 、 t 検定)。また、深さ 20cm の土壤を耕耘後、炭と有機質堆肥を薄く敷き詰めた No.8 (改良前の根系発生量は未調査) そして深さ 30cm の土壤耕耘、有機質資材等混入処理を行った No.9 (改良前の根系発生量は未調査) は、それぞれ平均で 6.8 と 3.7 束の新しい根系の発生が認められた。特に、No.8 は炭を施用したため、細根に多数の菌根菌の着生が認められて菌根菌を含んだ根の生重量が 2.10 g に達した。炭の施用がマツの根に菌根菌の発生を促すことは良く知られている^{1, 6)}。

最後に、ケヤキ (No.3、改良前の根系発生量は平均で 3.0 束) とモミジ (No.6、改良前の根系発生量は未調査) の改良後における新しい根系の発生量を見る。両者とも、深さ 20 ~ 30cm の土壤耕耘、有機質資材等混入処理であり、平均 6.8 ~ 7.9 束の根系の発生が認められた。なお、No.3 では改良後、根系発生量に増加が認められた ($P < 0.001$ 、 t 検定)。図 13 は、No.3 における改良後の根系の発生状況を示した。新しい根系が 7 束伸長していることが分かる。



図 11 No.3 のケヤキ植栽地における土壤改良後の根系発生状況 (新しい細根が 7 束伸長している)
: 土壤横断面に現れた 1 束の根系

以上から、土壤の硬さが原因であるケヤキやサクラなどの樹勢衰退樹木に対する既往の土壤改良、すなわち土壤を深さ 20 ~ 40cm ほど耕耘して柔らかくし、かつ有機質肥料等を混入する工法は、新しい根系の発達がかかなり促された。しかし、盛土が原因である衰弱木の土壤改良は、本法では効果が認められなかった。また、アカマツの場合は菌根菌の発達を促す資材 (炭) の施用で、菌根菌の発生が促されたといえる。

引用文献

- 1) 在原登志男(2001)松くい虫の総合的防除.福島県林業研究センター研究報告 34:73-99.
- 2) 在原登志男・斎藤勝男(1998)緑の文化財等の保全に関する研究 さくら老樹の樹勢回復(第1報) .福島県林業試験場研究報告 31:25-43.
- 3) 藤田桂治(1992)土壌障害の診断と対策(樹木医の手引き、井上敬雄ほか編、日本緑化センター、東京) 237-267.
- 4) ゴルファーの緑化促進協力会編(1995)緑化樹木の樹勢回復.230pp、博友社、東京.
- 5) 細川久蔵・神山安生(1998)岩手県における名木・巨木の衰弱原因.森林防疫 47:150-154.
- 6) 伊藤武(1996)木炭によるマツの樹勢回復.第21回近畿アグリハイテク・シンポジウム講演要旨集 35:35-38.
- 7) 小林範士(1995)さくらの管理.52pp、青森県樹木医会、弘前.
- 8) 小林享夫(1977)緑化樹木の病虫害(上)病害とその防除.229pp、社団法人日本林業技術協会、東京.
- 9) 植村誠次編(1968)廃材堆肥 その製法と使い方 .林業改良普及双書 40.268pp、全国林業改良普及協会、東京.
- 10) 山田利博(1998)菌の侵入に対するスギ生立木辺材の防御反応.森林防疫 47:41-48.