

マツ材線中病防除薬剤施用の実際

樹幹注入

1 グリンガード[®]・ファミリーの施工手順 自然圧の施工方法

マツ材線虫病はいまだそのメカニズムがすべて解明されているわけではないが、マツノザイセンチュウ *Bursaphelenchus xylophilus* (以下、センチュウ) がマツノマダラカミキリ *Monochamus alternatus* (以下、カミキリ) の後食痕からマツ樹体内に侵入し、樹体内で急激に増殖することにより、マツに生理的障害が発生し枯死すると考えられている。樹幹注入剤は、カミキリによって伝播されるセンチュウの侵入、増殖防止を目的とするもので、カミキリには効果がない。また、予防薬剤であるため、すでにマツ材線虫病に感染している樹木や、その他の原因で樹勢が低下しているマツには効果がない。

樹幹注入剤の主な長所は三つあり、①薬剤が他に飛散しないため環境に優しいこと、②単木処理のため、確実な防除が期待できること、③長期間にわたって効果が持続することである。短所も三つあり、①樹幹に薬剤を注入するために数か所の穴をあけること、②樹種や樹形によって樹幹注入処理が適さないマツがあること、③適切に注入作業が実施されないと十分な効果が得られず、場合によっては必要以上に樹木を傷つけてしまうことがあることである。

これらの長所を最大限に発揮し短所を補うために、適切な作業技術による注入が重要である。

今回はグリンガード[®]・ファミリー^{注)}の適切な施工方法を紹介する。

注) グリンガード[®]・ファミリーとは、グリンガード[®]・NEO、グリンガード[®]、グリンガード[®]・エイトの3製品をさす。

1) 事前調査・準備

(1) 樹種・マツの健康状態の確認

・樹幹注入に適している樹種

アカマツ *Pinus densiflora*、クロマツ *Pinus thunbergii*、リュウキュウマツ *Pinus luchuensis*

・マツの樹脂の出方による健康診断

樹脂の出方による健康診断方法を実施（小田式）し、健全であると判断されたマツのみを注入対象とする。

・外見からの健康診断

針葉の変色、針葉の量、腐食部の有無を確認し、他の病気で樹勢が低下しているかどうか判

断する。また、剪定後まもないマツや、過度に剪定されたマツは、樹幹注入には適さないと判断する。

(2) 胸高直径の計測、記録

地上高1～1.2mの高さで樹木の直径を計測し薬剤量を決定する(図1)。

胸高直径40cm以上のマツは5cm増す毎に薬剤本数0.5～1.5Ampを順次増量する。

マツ個体の識別のため、番号・胸高直径・必要薬剤本数をラベルに記入し、マツに取り付ける。記録台帳と樹木に必要事項を記載する。

胸高直径 (cm)	薬剤本数 (Amp)
15～20	1.5
20～25	3
25～30	4
30～35	5
35～40	6

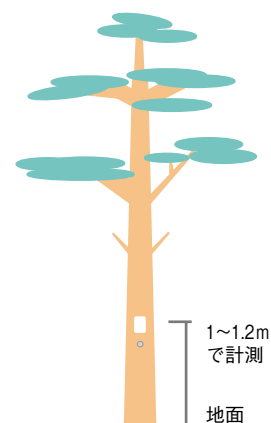


図1 胸高直径と薬剤本数

(3) 施工日程の決定

施工期間は、地域によって差はあるが12月～翌年3月である。日の出から11:00くらいまでに施工することが望ましい。

(4) 施工機材の準備

ドリル刃としては木工用φ6.5mm、刃の長さは10cmのものを使用する。充電式電動ドリルを使用する。振動ドリル等は使用しない。

2) 施工

① 施工位置・部位の確認(図2)

- ・ 自然木で下枝まで十分に距離がある場合：根元から地上高50cmの部位
- ・ 樹皮表面が滑らかで、死節や傷のない、粗皮の薄い部分
- ・ 枝にさえぎられず頂上まで抜けているような部位

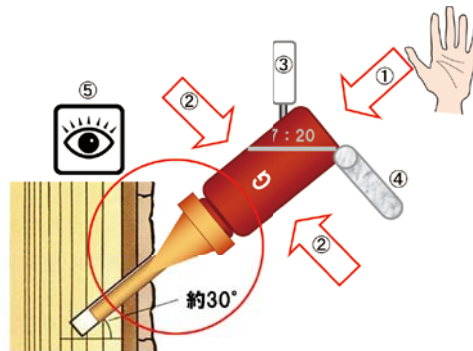


図2 施工位置

- ・ 1本の樹木に複数の孔をあける場合は、千鳥打ちになるように部位を選ぶこと。まわし打ち、たて打ちは避ける
- ・ 巨木/老木の場合は、中が空洞や腐食している場合があるので、肉厚の部位を選んで施工すること

②穿孔・注入(図3)

- ・ 樹木中心に向かって下方30°
- ・ 深さ5~9cm
- ・ 正回転で穿孔し、正回転のままドリル刃を引き抜く(木屑を外に押し出す)



- ①ノズルを穿孔穴に押し当て、強く叩き入れる
- ②ボトルを強く揉んで、穿孔穴の空気を押し出す
- ③目打ちで、ボトルの後ろに空気穴を開ける
- ④チョークで液面に印をつける(時間も記載する)
- ⑤薬剤の漏れがないか確認する

図3 穿孔

③マツヤニ逆流の確認と打ち替え(図4)

- ・ 施工後に注入が止まった場合は、マツヤニ逆流を疑う
- ・ ノズルの先にマツヤニ逆流があった場合は、注入を中止し場所を変更して打ち替え
- ・ 打ち替えや次回施工する場合は、施工した孔より10~15cm離れた部位を選定

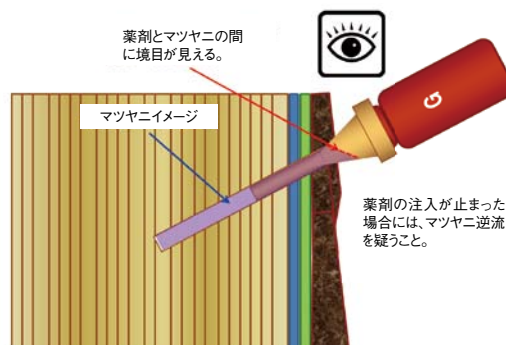


図4 注入

④注入容器回収・注入孔の処理 (図5)

- ・ 分別処理
- ・ 注入孔の適切な処理 (図6)

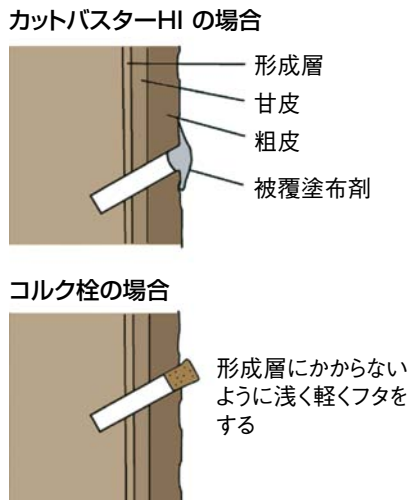


図5 被覆塗布剤

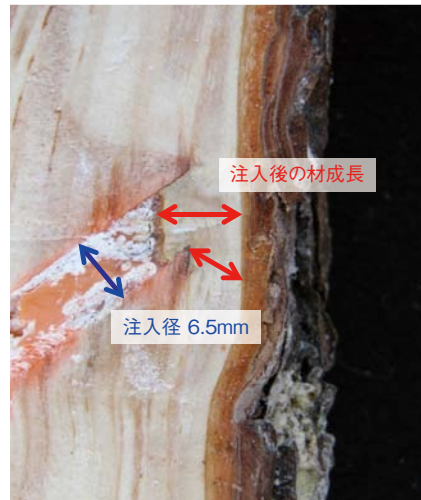


図6 注入後1年後の修復状況

3) 資料照会先

ホームページ (<https://ns-greenguard.jp/>)内、「お問い合わせ」ページよりご照会いただけます。

[株式会社ニッソーグリーン]

2 新規樹幹注入剤マッケンジー[®]と施工技術

当社は松枯れ（マツ材線虫病）に高い効果を示す「塩酸レバミゾール」を有効成分とする樹幹注入剤「センチュリー」、「センチュリーエース」を20年以上にわたって販売してきたが、その後同じ有効成分を高濃度で含有し、極めて少ない量を多点注入することで松枯れ防止に卓効を示す樹幹注入剤「マッケンジー」を開発し2009年に登録、上市した。

1) 名称、成分、性状

商品名：マッケンジー
農薬登録番号：第22571号
有効成分：塩酸レバミゾール 50%
その他成分：50%
性状：赤色澄明水溶性液体
包装：250ml × 4本
毒性：劇物



写真1 マッケンジーの注入作業

2) 特長

①注入量が少ない

樹幹の周囲に8～10cm間隔で1ml(残効期間1年)、または10～15cm間隔で2ml(残効期間2年)を注入する。直径30cmのマツを1Lのマッケンジーで処理すると、1ml/孔、10cm間隔の場合83本を、また2ml/孔、15cm間隔の場合71本のマツを処理できる。

②注入作業が容易

樹幹にあけた孔に専用注入器で注入し、その直後に孔を塞ぐという一連の作業で注入が終了するため、手直しや回収などで何度も巡回する手間がない。

③注入適期が長い

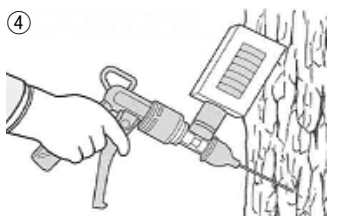
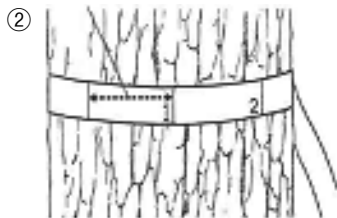
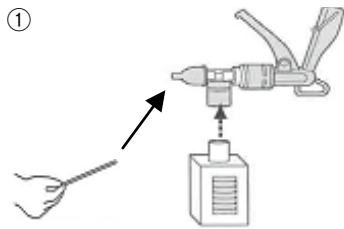
「塩酸レバミゾール」は水溶解度が高い(62.5%)ため、樹体内で速やかに分散する。また、注入量が少いためマツ樹脂の分泌が盛んな時期でも注入が可能で、そのため既存剤と比べて注入適期が長い。ただし、マツノマダラカミキリ羽化脱出期の1か月前までに注入する。

④マツへの影響が少ない

1孔あたりの注入量が少ない上、溶剤を含まない水系の液剤であるため、マツに対する影響が少ない。また、剪定マツへ施工しても薬害の心配は極めて少ない。

⑤運搬が容易で廃棄物も少ない

マツ1本あたりの注入量が少なく、専用注入器も軽量(約100g/器)なため、作業現場への薬剤や施用器具の持ち運びが容易であり、さらに蛇腹ボトルを採用しているため、使用後のボトルは圧縮して廃棄できるため、廃棄物の発生量を抑えることが可能。



3) マッケンジーの施工方法

① 薬液ボトルを注入器に取り付ける

注入器を逆さまにしてボトルを取り付ける。ノズルは施工時に取り付ける。

② 注入孔の位置を決める

樹幹注入剤を初めて施工するマツの場合、地際からおおよそ1m未満の位置に施工することが望ましい。注入孔の間隔の目安として、施工位置に注入間隔に合わせて印をつけたヒモ、テープなどを巻く。

③ドリルで注入孔をあける

注入間隔に合わせて、やや斜め下に向けて直径4.5～6mm、深さ3～8cmの注入孔をあける。腐朽部、大きな節や瘤がある場合は、上部の健全な部位に孔をあける。孔をあける際には、木屑が健全材であることを確認し、変色している場合はより上部に注入孔を変える。

④マッケンジーを注入する

注入孔にノズルを差し込み、ゆっくりとレバーを引いて注入する（1回で1mlを注入できる。2ml/孔を注入する場合はレバーを2回引く）。レバーを引きながらノズルをゆっくり引き抜く要領で、液がこぼれないように作業を行う。

⑤ 穴埋め剤で注入孔を塞ぐ

薬液の注入を終えた注入孔は、すぐに穴埋め剤で塞ぎ、水や雑菌が入らないように処理する。

⑥ 薬液ボトルを注入器から取り外す

薬液がこぼれないように注入器を逆さにしてボトルを外す。薬液の残ったボトルは鍵のかかる冷暗所に保管する。注入器は使用后すぐに水で洗浄し、ノズルを外した上で保管する。

⑦データを記録・保管する

施工日、施工マツ番号、注入量、注入位置などを記録・保管し、1～2年後の次回施工時に参照する。

表1 適用病害虫名と使用方法

作物名	適用病害虫名	希釈倍数	使用薬量	使用時期	使用方法
マツ (生立木)	マツノザイセン チュウ	原液	1孔当り 1ml	マツノマダラ カミキリ成 虫発生前ま で	樹幹部に8~10cm間隔で注入孔をあけ、注 入器の先端を押し込み樹幹注入する。
			1孔当り 2ml		樹幹部に10~15cm間隔で注入孔をあけ、注 入器の先端を押し込み樹幹注入する。

※使用薬量1孔当り1mlの場合の効果は約1年間、1孔当り2mlの場合の効果は約2年間持続する。

4) マツ樹体への影響

「マッケンジー」の施工では、従来剤に比べて注入孔数が多い。そのため、直径5mm、深さ6cmの孔に1ml注入した場合の、マツへの影響を調査した。

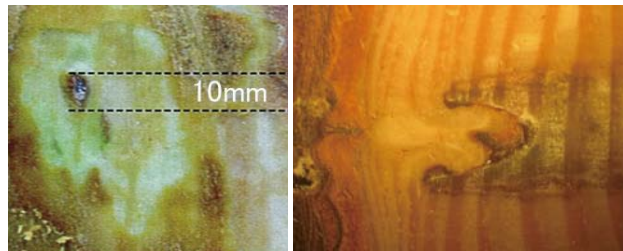


写真2 マッケンジーの注入痕(左)と注入孔の癒合(右)

(1) 形成層障害

薬剤が形成層に浸透すると壊死を生じ、溝陥没や樹皮割れを発生することがあるが、「マッケンジー」注入孔付近の樹皮を剥皮した結果、形成層壊死は孔のごく近傍に限られ、拡大しないことがわかった(写真2左)。

(2) 注入孔の癒合

注入孔切断面を観察した結果、癒合は1~2年で完了していた(写真2右)。

(3) 通水障害

「センチュリーエース注入剤」(250ml/孔)と比較した結果、「センチュリーエース注入剤」では注入孔から200cm以上離れたところにも通水障害が見られたが、「マッケンジー」では上下ともに10cm程度にしか発生していなかった。

5) 資料照会先

<http://www.hodogaya-agrotech.co.jp/>

<参考文献>

涌井明(2011): 樹幹注入剤マッケンジー施工によるマツ樹体への影響. 樹木医学研究 15(4) 165-166

涌井明(2011): 塩酸レバミゾールの新規施用法によるマツ材線虫病予防効果. 第122回日本森林学会大会学術講演集

〔保土谷アグロテック株式会社〕

3 環境・人・マツにやさしいメガトップ[®]液剤

「樹幹注入法」とは、主に幹に穴をあけ樹体内に薬剤を注入することで対象病虫害を駆除する防除方法である。メリットとして、処理時に薬剤がドリフトする可能性がほとんど無いこと等があげられる。理研グリーンのマツ枯れ防止樹幹注入剤メガトップ液剤は、上市後20年間、マツノザイセンチュウ防除に広く使用されている。

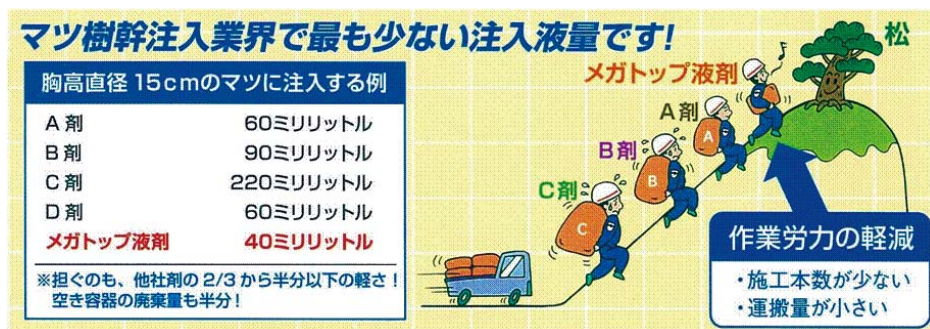


図1 薬液量の比較

1) メガトップ液剤の特徴

メガトップ液剤には他の樹幹注入剤に比べ、いくつかの優れた特徴がある。一つ目は、ほとんどのケースで自然圧注入が可能なことだ。そのため、製品容器から加圧容器への移し換え作業が不要で、作業終了後の空き容器の廃棄処分重量も少なく、片付け作業の手間暇も少ない。

一般に樹幹注入の際の薬液量は材積に比例し、農薬登録上はマツの胸高直径に応じて量が規定されている。メガトップ液剤の注入薬量は従来型マツ枯れ樹幹注入剤の中で最少で、防除現場まで運ぶ製品重量が最も軽くて済む(図1)。多くの現場は道路から離れた車の進入が困難な場所にあり、大きなメリットである。特に山林などで斜面を担ぎ上げる場合、作業員への負担が劇的に減る。これが二つ目の優れた特徴である。

メガトップ液剤は有効成分ネマデクチンを3.6%含有する製剤である。このネマデクチンは脂溶性が高く、逆に水溶性が低いという特性がある。しかし後述するように、優れた製剤設計により、薬剤はマツ中の水の流れに乗って上方に移行する。吸収が速く注入量も少ないため、早朝から施工した場合、百数十本の松林でも、1チーム3名で夕刻までに空容器回収まで全ての施工作业が終了する。これが三つ目の優れた特徴である。

また、吸収が良いために降雨後や小雨の条件での注入が可能で、悪天候による工事日程の順延が減り、スケジュール管理や経済面でも有利である。

さらに製品には40、80、120ml入の三つの規格があり、マツの大きさによって表1のように規格を選択することでマツにあける注入孔数を減らし、作業工程数を減らせるのも本剤の特徴である。そして、孔数が減ることでマツへの負担が軽減できる。

表1 3つの規格

胸高直径 (cm)	注入量 (ml)	標準的使用アンプル数			注入 孔数
		40ml	80ml	120ml	
10~15	40	1			1
15~20	40~80		1		1
20~25	80~120			1	1
25~30	120~160		2		2
30~35	160~200		1	1	2
35~40	200~240			2	2
40~45	240~280		2	1	3
45~50	280~320		1	2	3
50~55	320~360			3	3

2) 薬剤の移行分布と効果

メガトップ液剤を注入している時の、樹体内での移動を図2に示す。

少量の赤い色素を加えた本剤を注入して3時間後にマツの幹を縦割りにしたところ、メガトップ液剤は上方へ、縦長に移動した。横への拡散が少ないため樹皮下の形成層には接触していない。

図3は注入後3週間頃の本剤の移行状況である。1本の注入孔から樹体全体にまんべんなく分布していく過程がはっきり分かる。注入3~4か月後のマツ枝中の有効成分ネマデクチンの分析結果を見ると、この時点で高い枝先にも十分に移行している(図4)。その後樹脂の中に移行して長年樹体内に保存しており、注入数年後の枝先中にもネマデクチンが検出されている(表2)。

注意すべき点は、マツ枯れ防止

樹幹注入剤の残効期間が、気候やマツの生育状況など種々の条件によって左右されることである。

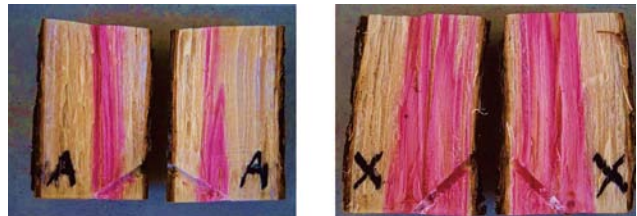
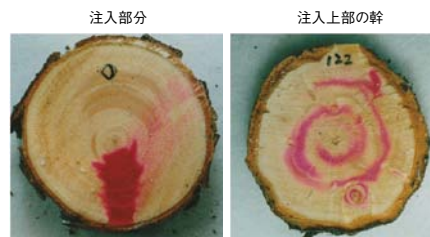


図2 ①液剤注入途中

濃い色の範囲が薬剤の色素で染まった部位
(左：メガトップ液剤 右：比較剤)



枝分かれ部直下

枝分かれ部

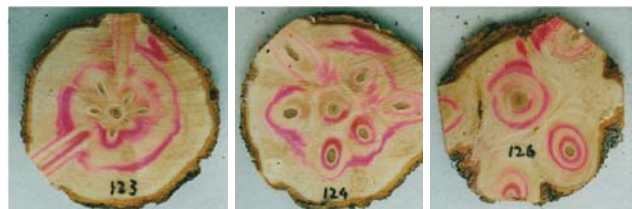


図3 ②液剤注入後3週間頃

濃い色の範囲が薬剤の色素で染まった部位

理想的に管理された林地のマツでは残効が長く、ストレスを受けているマツでは短くなるという説もある。

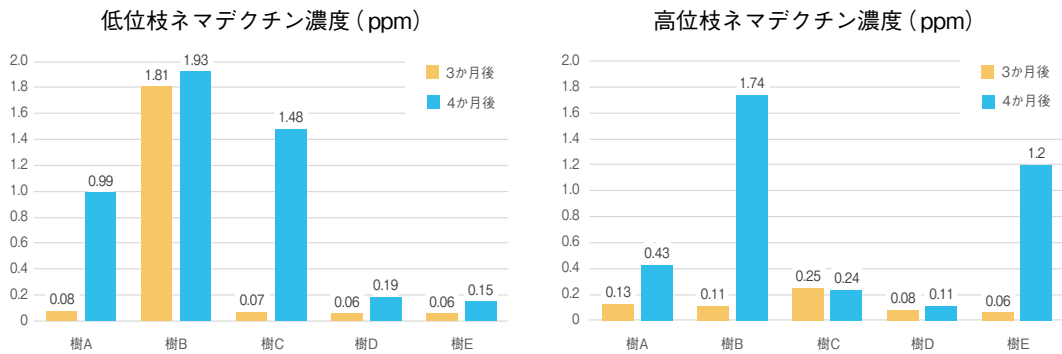


図4 ネマデクチンの樹体内分布に要する期間

表2 数年後の樹体内濃度

試験場所 (胸高直径)	注入年月	枝サンプル採取年月	分析値 (ppm) (分析定量限界: 0.03)			平均値 (ppm)
			1	2	3	
栃木 和歌山 (20 ~ 27cm)	1996/2	1999/7 (4年目)	2.78	1.82	2.73	2.24
	1995/3	1999/7 (5年目)	4.56	0.56	0.22	1.34
			0.68	1.44	0.59	
	1994/2	1999/7 (6年目)	0.31	0.30	2.51	1.04
静岡 (50 ~ 80cm)	2007/2	2011/5 (5年目)	0.24	0.57	0.49	0.35
			0.05	0.38	—	
	2006/3	2011/5 (6年目)	0.05	0.45	0.08	0.19
	2005/2	2011/5 (7年目)	0.03	0.03 未満	0.06	0.04

静岡の例での大径木は減少が早い傾向があるが、効果は5年日以降も持続している(2011年6月観測)。

3) メガトップ液剤の施工法

予防効果を期待することから、マツノマダラカミキリがマツノザイセンチュウをマツに感染させる初夏に備え、その数か月前の冬季に注入する。地域によって異なるが、おおむね10月から4月くらいまでが注入適期である。

まず防除するマツの選定をする。メガトップ液剤はマツの水道である仮導管を通して上昇し樹体全体に分布するので、他社製品と同様、きびしく仕立てた剪定マツや、気候条件などによって幹が湾曲したマツでは、マツ全体への均一な分布が困難である。また、剪定マツでは胸高直径に比べ材積量が少ないため注入薬量を減らすなどの工夫が必要である。

次に一本一本のマツの胸高直径をメジャーで測り、注入量を決定する。注入量が決まったら、表1を参考に三つの規格から選択し、アンプルの規格と本数を決定する。マツの樹皮に注入量などを記載した施工札を貼り付けて目印とし、リストを作って防除するマツ No. と注入量や、

規格と本数を管理すれば、見積りにも応用できる。施工札とリストに注入年月を記入しておけば、数年後の次回注入計画の目安となる。専用の耐候性施工札は、メーカーから無償で提供されている。

注入孔をあける位置は、腰から胸の高さを目安とするが、周囲の地形や環境によって上下させて良い。複数の本数を注入する場合は、孔あけ位置を幹の周囲に分散させる。節の直下を避け、樹幹に径 6.0mm のドリルで斜め下方向に数 cm の深さまであける。次にアンプルのノズル先端を指で折り取って、孔に挿入し軽く手でたたいて押し込む。容器の底にあるくぼみに、付属の目打ちで空気穴をあけると容器内に空気が入り、自然圧で薬剤が樹体内に吸収され始める。

容器は半透明なので、中の薬液が減っていくのが分かる。空になった容器はまっすぐ引き抜き、付属のビニール袋に入れて回収し、各自治体の産廃区分等に従って廃棄する。注入後の孔は癒合剤などで塞ぐ。数年後に注入孔の表面は目立たなくなるが、次回注入時に前回の孔がみとめられる場合は、数 cm 以上離して注入する。

最後にマツの樹幹注入は、樹木の生育状況や管理状況を見極めた適切な施工が必要で、施工担当者には技術と経験が要求される。理研グリーンは豊富な経験を積んだ社員が毎年施工を担当しており、必要に応じ林業・造園団体や業者など社外対象の現地指導を実施している。

3) 資料照会先

株式会社理研グリーン TEL：03-6802-8571 HP：<http://www.rikengreen.co.jp/>

[株式会社理研グリーン]