

ISSN 0386—5878

土木研究所資料第2686号

土木研究所資料

道路緑化等における保水剤の活用 技術に関する研究

昭和63年10月

建設省土木研究所
道路部緑化研究室

「Copyright © (1988) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

道路緑化等における 保水剤の活用技術に関する研究

緑化研究室 室 長 前田 博
同 (前) 井上 忠佳 *1
主任研究員 有村 恒夫
同 (前) 田代 順孝 *2
飯塚 康雄

要 旨

本報告書は、建設省土木研究所が建設省研究所等共同研究実施規定（昭和60年6月24日建設省訓第7号）に基づき、財団法人日本造園修景協会との間で共同研究として実施した「道路緑化等における保水剤の活用に関する研究」の成果をとりまとめたものである。

道路緑化等における保水剤（高吸水性ポリマー）の用途として考えられる主なものとしては、①土壌改良剤、②植栽直後の水分補給剤、③移植時の根系養生剤等が考えられ、そのうち土壌改良剤及び植栽直後の水分補給剤については、従来の資材に見られない優れた保水効果が認められた。

しかしその反面、現在流通している保水剤単体の使用では、土壌の通気透水性阻害、植物の発根障害等の弊害を伴うことも判明した。

このため、保水剤を道路緑化等で使用するには、今後、これらの障害を有しない製品の開発及び施工方法の開発等が不可欠であると考えられる。

キーワード：道路緑化，土壌改良，土壌改良剤（材），植栽工法，新素材，保水剤，高吸水性ポリマー

*1：現（財）国際レジャー博覧会協会

*2：現 千葉大学園芸学部助教授

はじめに

本研究は、道路緑化をはじめとする公共緑化における施工上の技術的課題に対し、保水剤（高吸水性ポリマー）を活用する手法の開発を目的として実施したものであり、最終的には保水剤を用いた新しい植栽工法の確立及びその普及を目的としている。本研究の実施にあたっては、組成や吸水原理等、保水剤に係る種々の技術的情報を把握することが不可欠であり、このため、保水剤メーカー及びその製品に関する資料を蓄積し、植物栽培における保水剤の活用に関して研究実績を有する財団法人日本造園修景協会（会長 佐藤 昌）の協力を求めることとし、共同研究として実施したものである。

現時点までの研究の結果、「保水剤を用いた新しい植栽工法の確立及びその普及」という最終目的を達成するまでには至っていないが、道路緑化等において保水剤を活用していくうえで必要となる保水剤及び保水剤混入土壌の物理的諸性質、植物生育に対する安全性等について一応の成果が得られたので報告するものである。

第1章では、研究を必要とする背景及び研究の目的について述べている。

第2章では、保水剤の開発の経緯、分類、吸水原理等について、既存文献をもとに紹介している。

第3章では、保水剤の吸水能のほか、水で膨潤させた保水剤の植物に対する安全性に関する確認試験について触れており、そのなかで、膨潤保水剤に植物の発根障害の恐れがあることを明らかにしている。

第4章では、保水剤を混入した土壌について行った保水能、透水性等、植栽地の土壌が具備すべき諸条件の確認試験について触れている。そのなかで、保水剤混入土壌では通気透水性が低下する等の問題があることを明らかにしている。

第5章では、緑化における保水剤の利用に関する種々の植栽試験について触れている。そのなかでは、無降水、無灌水条件下では極めて優れた延命効果が認められたが、通常の条件下では保水剤使用による顕著な効果が認められなかったことを明らかにしている。

第6章では、今回報告した研究結果を要約するとともに、本研究の最終目標である「保水剤を用いた新しい植栽工法の確立及びその普及」に必要な今後の課題について触れている。そこでは、植物に障害を与えない保水剤の開発が必要であり、現在の保水剤を道路緑化等に使用するには、保水剤を袋詰めとして使用するなどの施工上の工夫が不可欠であるとしている。

本研究の実施に際して、奥水 肇（明治大学農学部助教授）、遠山 征雄（鳥取大学農学部助教授）、竹内芳親（同）、矢橋 吾（千葉大学園芸学部助教授）、山寺喜成（東京農業大学農学部助教授）各氏の御助言を頂戴した。また、保水剤の製品提供等に関しては、荒川化学工業（株）、花王（株）、（株）協立有機工業研究所、（株）クラレ、三洋化成工業（株）、住友化学工業（株）、製鉄化学工業（株）、ダイセル化学工業（株）、日澁化学（株）、日本エクスラン工業（株）、日本合成化学工業（株）、日本触媒化学工業（株）、ライオン（株）各社の御協力を頂いた。更に、植栽試験の実施等においては、北海道開発局のほか、建設省の関東地方建設局、中国地方建設局、九州地方建設局の関係各位に御協力を頂いた。末尾ながら記して感謝の意を表する次第である。

目 次

1. 研究の目的	1
2. 保水剤の概要	2
2.1 保水剤の定義	2
2.2 保水剤開発の経緯	2
2.3 保水剤の分類	2
2.4 保水剤の吸水原理	3
3. 保水剤の特性	4
3.1 供試製品	4
3.2 吸水能	6
3.3 膨潤保水剤の耐候性	9
3.4 培地としての膨潤保水剤の適性	11
3.5 膨潤保水剤含有水の対植物安全性	18
3.6 膨潤保水剤含有水の対土壌移動性	25
4. 保水剤混入土壌の特性	27
4.1 保水能	27
4.2 水分移動性	28
4.3 透水性	33
4.4 通気性	36
4.5 吸水時の膨脹性	37
5. 緑化における保水剤の利用	40
5.1 用途	40
5.2 土壌改良剤	41
5.3 植栽直後の水分補給剤	53
5.4 移植時の根系養生剤	65
6. まとめ・今後の課題	70
参 考 文 献	73
(付録) データ集	75

1. 研究の目的

親しみと潤いのある環境の整備が強調されるなか、積極的に公共緑化が推進されているが、その施工にあたっては様々な技術的課題が生じている。

第一は土壌をはじめとする植物の生育環境の整備の問題である。自然界では生育環境に応じて様々な植物が住み分けを行っているが、このうち公共緑化の主役である樹木は、空中湿度の高い環境下で、腐植質に富んだ肥沃な土壌を生育基盤としているものが多い。これに対し、都市の植栽地は、大気条件、土壌条件等の面で非常に厳しい環境下に置かれている。特に道路の植栽地は、自動車交通による大気汚染のほか、用地の制約から植栽地が狭小であるうえに、舗装路面からの輻射熱及び自動車交通による絶え間のない風の発生等が加わり極端に乾燥しやすい環境にある。このため、これらの植栽地では土壌改良やマルチング等を行うことにより、なるべく良好な生育環境を整備する努力が払われており、そのための資材も多岐に渡っているが、より効果の高い資材の出現が待たれている。

第二は樹木の品質管理の問題である。樹木の良好な活着を図るうえで、苗畑での掘り取りから植栽するまでの間の樹木の衰弱を防ぐことが非常に重要であり、この間、樹木の根の乾燥を防ぎ、常に水分を供給できる状態にあることが必要である。これに対しては、従来、根の周囲に土壌を付ける（これを「鉢」という。）ことによって対応してきたが、近年、樹木の調達範囲が広くなるに伴って掘り取りから植付けまでの時間が長くなる傾向にあり、従来の対応のみでは品質管理が徹底できず、樹木が衰弱し活着率が低下する問題が生じてきている。ここでも樹木の根系を保護するための新しい資材の出現が待たれている。

第三は植栽時期の制約に伴う問題である。樹木の植栽には季節による適期があり、その時期を外して植栽すると活着し難くなる。公共緑化においては、発注時期の制約、施工能力の限界、関連工事との工程上の調整等から、適期に植栽することが困難な場合が少なくない。このため、植栽可能な時期を拡大する新しい資材、工法等の開発が待たれている。

一方、公共緑化の施工においてこのような技術的課題が提起されているなかで、極めて高い水分保持機能を有する新しい素材として、自重の数十倍から数百倍の吸水能力を有する高吸水性ポリマー（以下「保水剤」という。）が注目を浴び、紙おむつ等の衛生製品のほか、土木工事の分野も含めて様々な用途に利用されつつある。

本研究は、公共緑化が抱える種々の技術的問題の多くが土壌や植物に対する水分供給可否にあることから高い保水機能を有する新しい素材である保水剤の活用を図るための技術開発を試みたものである。

2. 保水剤の概要

本章では、本報告書で取扱う保水剤の定義、種類、吸水原理等について述べる。

2.1 保水剤の定義

一般に「保水剤（材）」とは、水を吸収する材料を意味し、脱脂綿、パルプ、布等が古くから知られていたが、これらの材料は、毛細管現象により基材の空隙に水を吸収するのみで吸収力も10～20倍と低く、圧力をかけると水が簡単に吐き出されてしまうという問題があった。

これらの材料に代るものとして、近年、高分子化合物(polymer)からなる材料が開発され注目を浴びている。これは「高吸水性ポリマー (Super Absorbent Polymer)」と呼ばれているもので、自重の100～1,000倍もの高い吸水力を有し、外から圧力をかけても容易に吐き出されないという特性を有している。¹⁾

本報告書において対象とする保水剤は、後者の高吸水性ポリマーである。

2.2 保水剤開発の経緯

高吸水性ポリマーの開発が始まったのは1965年頃であり、その歴史は比較的新しい。当初は吸水倍率20～30倍程度という低い吸水力にとどまっていたためあまり注目されることもなかったが、1974年に米国農務省北部研究所で吸水倍率1,000倍という高い吸水倍率を有する材料が開発されてから脚光を浴びることになった。その後、主にわが国において開発が進められ、1978（昭和53）年に生理用ナプキンの吸収素材として最初に企業化された。現在では紙おむつ等を中心に世界で年間10万トンを超える市場規模に成長し、そのうちの約半分は日本で生産されている。¹⁾

2.3 保水剤の分類

保水剤をその組成、合成方法等から分類すると表2-1のようになる。¹⁾

表 2-1 保水剤の分類

原料面から	a) デンプン系	グラフト重合 CM 化
	b) セルロース系	グラフト重合 CM 化
	c) 合成ポリマー系	ポリアクリル酸塩系 ポリビニルアルコール系 ポリアクリルアミド系 ポリオキシエチレン系
製品形態から	a) 粉末状	球状 無定形
	b) フィルム状	
	c) 繊維状	短繊維 長繊維 不織布

2.4 保水剤の吸水原理

保水剤は水溶性高分子を橋かけすることによって不溶性としたものであるが、詳細な構造はよくわかっていない。

吸水の原理は、例えばポリアクリル酸ソーダを原料とする保水剤を例にとると、高分子電解質と水との親和力及び架橋によってできた3次元の網目構造の中にあるNa等の遊離イオンと水中の遊離イオンとの濃度差によって生じる浸透圧によるものであり、吸収された水分は、網目構造の中に保持される仕組みになっている。

吸水倍率、吸水速度、吸水後のゲル強度等の性質は、基本となる高分子の種類、架橋の方法等の違いにより決定される。同一種の高分子では、架橋密度により保水剤としての諸性質が決定され、架橋密度を低くすれば吸水量は多くなり、ゲル強度や吸水速度は低下する。逆に高くすればゲル強度や吸水速度は高くなるが、吸水量が低下する。このため、用途に応じて架橋を決定することが行われている。¹⁾

$$\text{吸水力} = \frac{(\text{イオンの浸透圧}) + (\text{高分子電解質の水との親和力})}{(\text{橋かけの密度})}$$

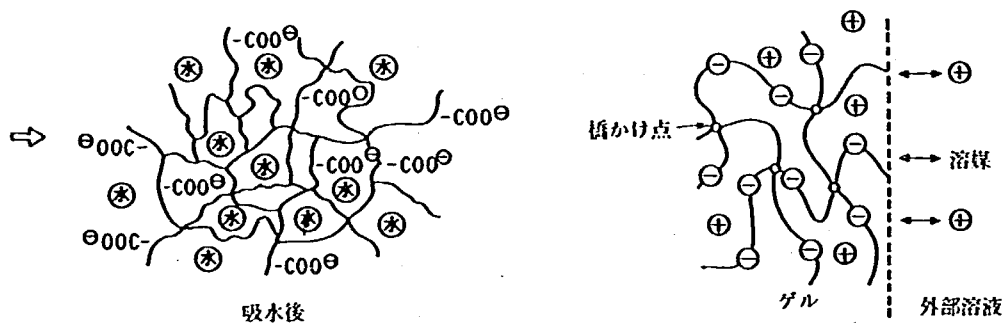


図 2-1 吸水の模式図

3. 保水剤の特性

本章では、本報告書で取扱った保水剤について、緑化へ利用するにあたって必要となる吸水倍率や吸水速度等、保水剤の基本的性質を製品毎に把握した結果を報告する。

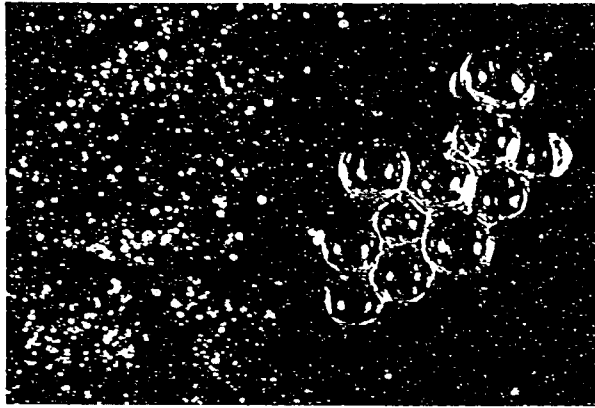
3.1 供試製品

今回の共同研究において実験に用いた保水剤は表3-1のとおりである。ここでは製品の特性の把握を容易にするため、保水剤を原材料及び組成に基づき区分することとし、以下、ポリアクリル酸系の製品を「PA-O」、アクリル酸メチルー酢酸ビニルグラフト共重合体を「AM-O」、ポリビニルアルコール重合体を「PV-O」、デンプン系を「ST-O」、イソブチレンーマレイン酸共重合体を「IB-O」、カルボキシメチルセルロース系を「CM-O」と製品記号で記述することにする。

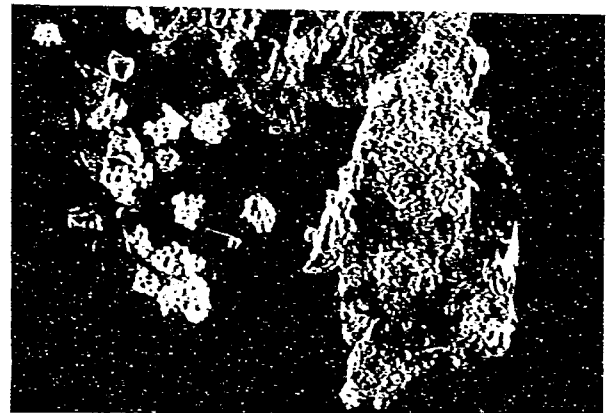
なお、写真3-1は保水剤の吸水前及び吸水膨潤時の形態について代表的な例を示したものである。

表 3-1 供試製品性状一覧

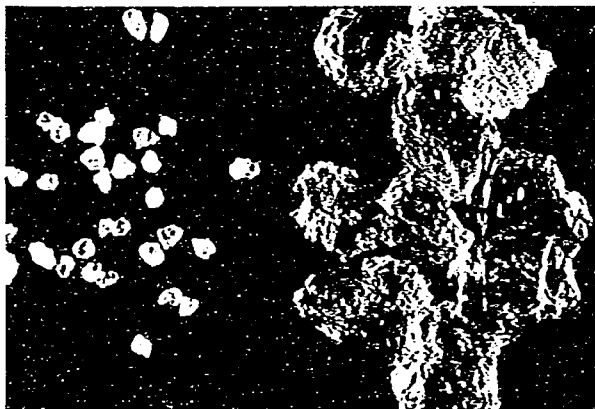
分類 (製品記号)	性 状	
	吸 水 前	膨 潤 後
ポリアクリル酸系		
PA-1	顆 粒 状	ゼ ラ チ ン 状
- 2	カタクリ粉状	ビ ー ズ 状
- 3	小 麦 粉 状	糊 状
- 4	ゴ ム 状	ゼ ラ チ ン 状
- 5	ザ ラ メ 糖 状	ゼ ラ チ ン 状
- 6	顆 粒 状	ゼ ラ チ ン 状
- 7	グラニュー糖状	ゼ ラ チ ン 状
- 8	グラニュー糖状	ビ ー ズ 状
- 9	カタクリ粉状	ゼ ラ チ ン 状
-10	カタクリ粉状	ビ ー ズ 状
-11	顆 粒 状	ゼ ラ チ ン 状
-12	パ ン 粉 状	ゼ ラ チ ン 状
-13	顆粒(大粒)状	ゼ ラ チ ン 状
アクリル酸メチルー酢酸ビニルグラフト重合体		
AM-1	球 状 粉 体	ビ ー ズ 状
ポリビニルアルコール重合体		
PV-1	ザ ラ メ 糖 状	ゼ ラ チ ン 状
- 2	グラニュー糖状	ビ ー ズ 状
- 3		
デンプン系		
ST-1	パ ン 粉 状	ゼ ラ チ ン 状
- 2	カタクリ粉状	微粒子(糊状)
イソブチレンーマレイン酸共重合体		
IB-1	パ ン 粉 状	ゼ ラ チ ン 状
カルボキシメチルセルロース系		
CM-1	顆 粒 状	糊 状



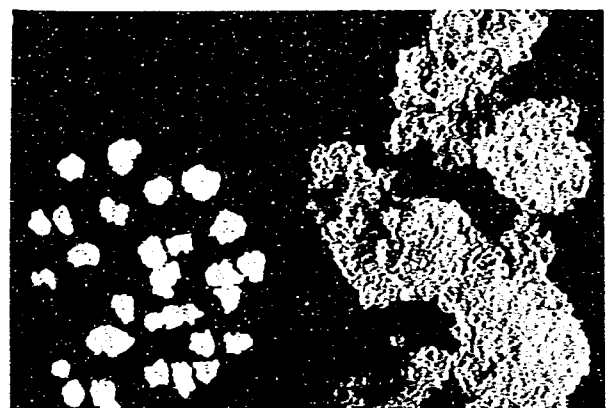
(グラニュー糖状) ———→ (ビーズ状)



(ザラメ糖状) ———→ (ゼラチン状)



(顆粒状) ———→ (ゼラチン状)



(パン粉状) ———→ (ゼラチン状)

写真 3-1 保水剤の形態 (左・吸水前, 右・吸水膨潤時)

3.2 吸水能

保水剤の最も基本的な特性として、蒸留水に対する吸水倍率及び吸水速度について試験した。また、緑化での利用を考慮して、土壌水に対する吸水能を把握しておくため、土壌水を想定した2種類の濃度の塩類溶液に対する吸水能についても試験した。

その結果、蒸留水に対する吸水倍率では20～1,000倍、吸水速度においても2分程度から2時間以上のもので製品により大きな差があり、濃度23.0me/ℓの塩類溶液に対する吸水倍率では、蒸留水の1/5～1/10程度まで低下することが認められた。

1) 試験方法

あらかじめ一定重量の乾燥保水剤を秤量した後、蒸留水のほか、濃度を異にする2種類の塩類溶液に入れ混合かく拌し吸収させた。この場合の蒸留水及び塩類溶液の量は、カタログデータ等に基づく最大吸収倍率を上回る1000倍相当以上とした。

吸水量の測定は、吸水開始後、一定時間毎（1分、2分、4分、10分、20分、30分、60分、120分、24時間）にふるいでゲルをすくい上げ、よく水切りした後、重量を測定し吸水量とした。

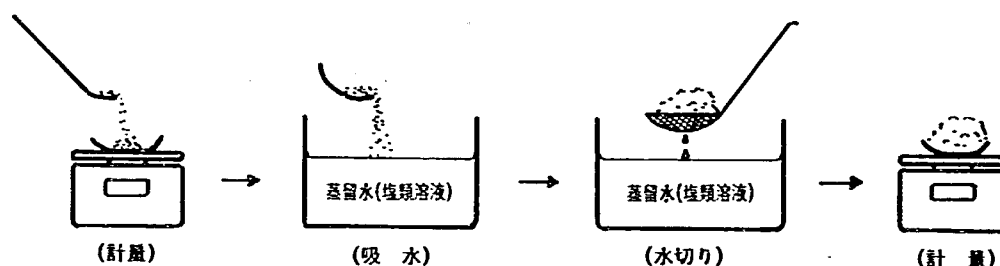


図3-1 吸水倍率の測定

試験に使用した塩類溶液は、土壌から遠心分離により抽出された土壌溶液をモデルに人工的に作られたものであり、各塩類の塩種別濃度は表3-2に示すとおりである。この塩類溶液の濃度は、土壌溶液としては最も高い水準のものであり、植栽地における実際の濃度は降雨等のためこれより低い場合が多いと考えられることから、この溶液を10倍に薄めたものとの2種類の溶液で試験を行なった。

表3-2 塩類溶液の塩種別濃度 (23.0me/ℓ)

(単位: me/ℓ)

	Total	NaCl	Ca(NO ₃) ₄ H ₂ O	KCl	KNO ₃	NH ₄ NO ₃	MgSO ₄ ·7H ₂ O
Na	1	1					
Mg	8						8
Ca	8		8				
K	5			2	3		
NH ₄	1					1	
NO ₃	12		8		3	1	
SO ₄	8						8
Cl	3	1		2			
Total	23	1	8	2	3	1	8

2) 試験結果

蒸留水に対する吸水過程を図3-2に、塩類溶液に対する濃度別の吸収倍率を図3-3に示した。

(1) 蒸留水に対する吸水倍率

図3-2によると、蒸留水に対する吸水倍率は、製品により20倍～1000倍と大きな差がみられる。この吸水倍率の差は、前章で行なった製品毎の分類では説明できず、基本となる高分子の種類、構造、粒子の大きさ等が複合的に影響した結果であると考えられる。前章「2.4 吸水の原理」の項に示した吸水力の理論式から推定すると、保水剤のイオン密度及びイオン強度が高い程、また橋かけ密度が低い程吸水倍率が高くなることになる。

(2) 蒸留水に対する吸水速度

図3-2によると、試験を行なった9製品のうち、飽和吸水状態近くまで吸水するのに2分程度しか要しないものが2製品、2時間以上を要するものが1製品あるほかは、10～30分で90%程度以上の吸水率に達している。本試験に関する限り、蒸留水に対する吸水倍率との関係については、吸水倍率の高い製品ほど吸水速度が高いというようなことは特に認められなかった。

なお、文献1)によると、保水剤の吸水速度は、粒子の表面積に影響され、粒子を小さくしたりポーラス化、フレーク化するほど高くなるという。また粒子がくっつき合うママコ現象を生じないことも吸水力を高める大きな要因であるという。

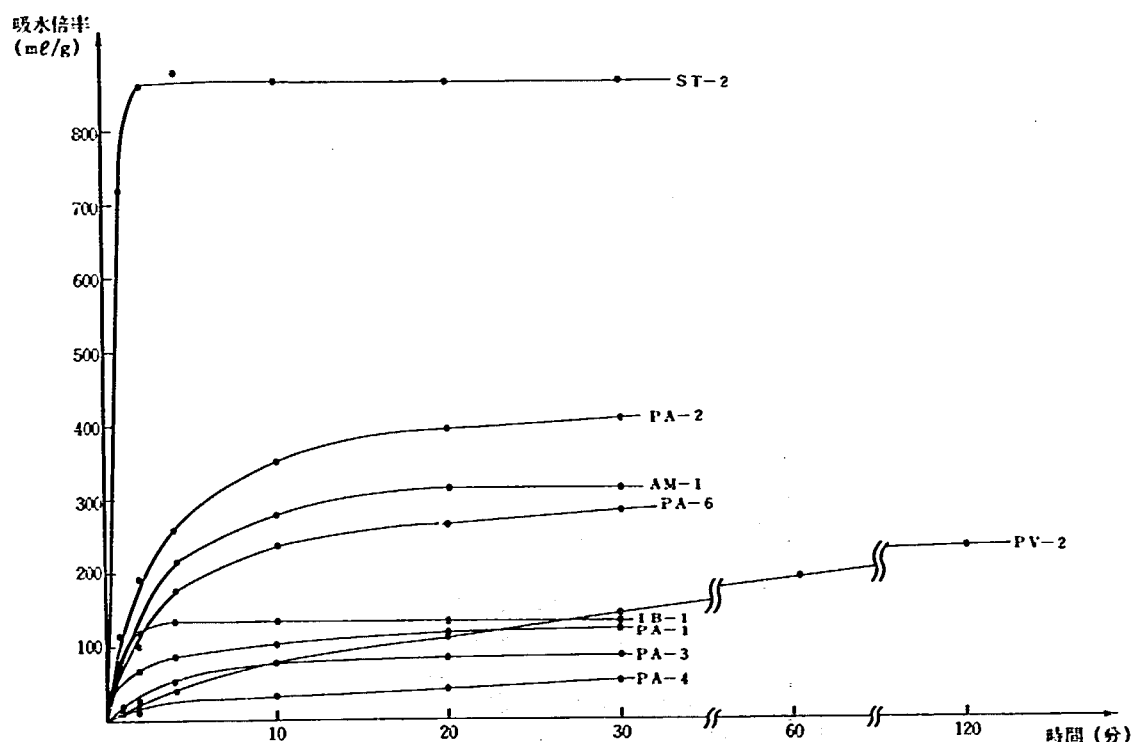


図3-2 蒸留水に対する吸水過程

(3) 塩類溶液に対する吸収能

図3-3によると、土壌溶液の原液に相当する 23.0me/l 濃度では、いずれの製品も蒸留水の場合に対して、1/5～1/10程度まで低下することが認められ、原液の 1/10 に相当する 2.3me/l 濃度においても 1/2～1/3 程度まで低下することが認められる。なお、本試験に関する限り、蒸留水に対する吸水倍率との関係については、吸水倍率の高い製品ほど塩類による吸収力低下率が大きいというようなことは特に認められず、いずれの製品も塩類濃度の上昇に対しほぼ直線的に吸収力が低下している。

この結果から、土壌に混入された保水剤は土壌水に含まれる肥料成分等の塩類の影響を受けるため、その吸水倍率は蒸留水に対する吸水倍率で示されたカタログデータよりもかなり低水準のものになることが推定される。

塩類溶液に対する吸収倍率の低下は、保水剤の吸収メカニズムが浸透圧現象に基づくものであることを考慮すると当然の結果であると考えられる。すなわち、浸透圧は相接する2液間のイオン濃度差により決定されることから、吸収対象の液体濃度が高くなれば保水剤との濃度差が縮小され、吸収倍率は低下することになる。保水剤に耐塩性が求められるのは、保水剤の主要需要である紙おむつにおいても同様であり、現在耐塩性の高い製品の開発が進められているが、耐塩性の改良は、主として保水剤の化学組成の改変を軸に進められている。¹⁾

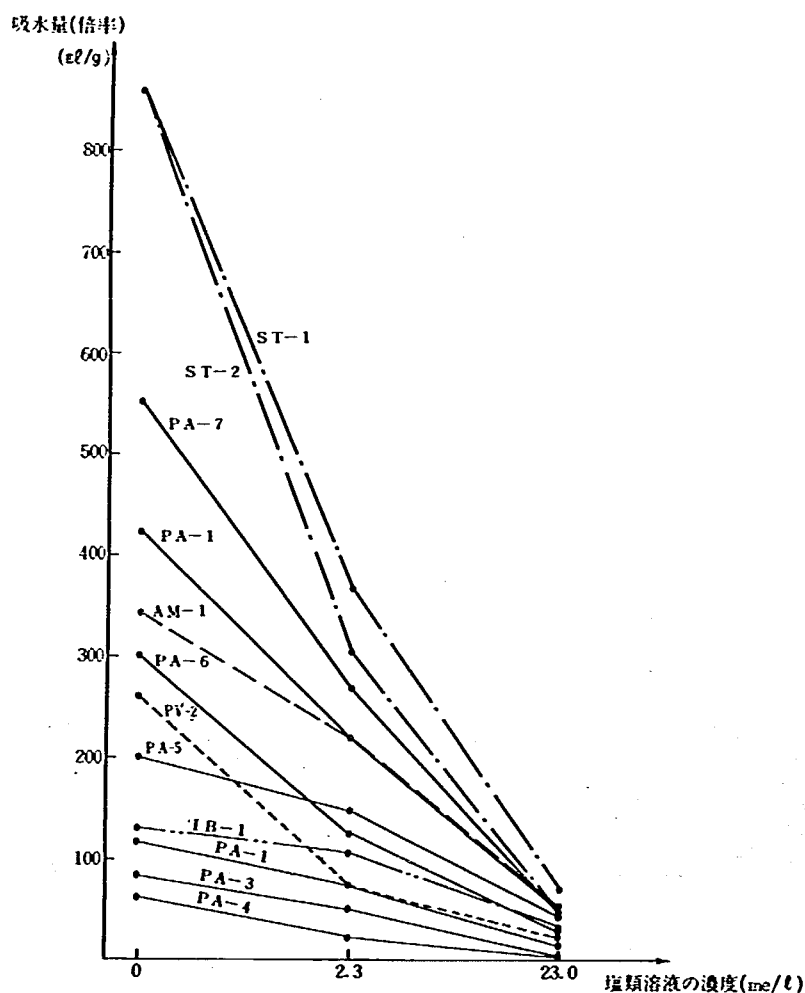


図 3-3 塩類溶液に対する吸収倍率

3.3 膨潤保水剤の耐候性

自然条件下での使用を考慮し、ゲルに対する凍結・融解の繰返し及び高温下での耐久性について試験を行った。

その結果、凍結・融解の繰返し10回に対しては、ほとんど変化のみられないものから50～60%程度まで低下するものまで、60℃ 5日間の高温に対しても変化のみられないものから40%前後まで低下するものまで製品により耐候性に大きな差が認められた。また凍結・融解に対する耐久性と高温に対する耐久性との間には特に関係は見出せなかった。

1) 試験方法

(1) 耐凍結・融解

蒸留水で飽和させた膨潤保水剤を水切りした後、重量(A)を計測した。次にこの膨潤保水剤をガラス容器に入れ蓋をした後、家庭用冷蔵庫の冷凍室に入れ凍結させた。凍結を確認の後、外気中に取り出し自然解凍させた。このような凍結・融解を10回繰返した後、再度蒸留水で飽和させ、余剰水分を除去した後の重量(B)を計測した。B/Aを凍結・融解に対する耐久性として記録した。

なお、凍結・融解処理の間は水等を加えることは一切していない。

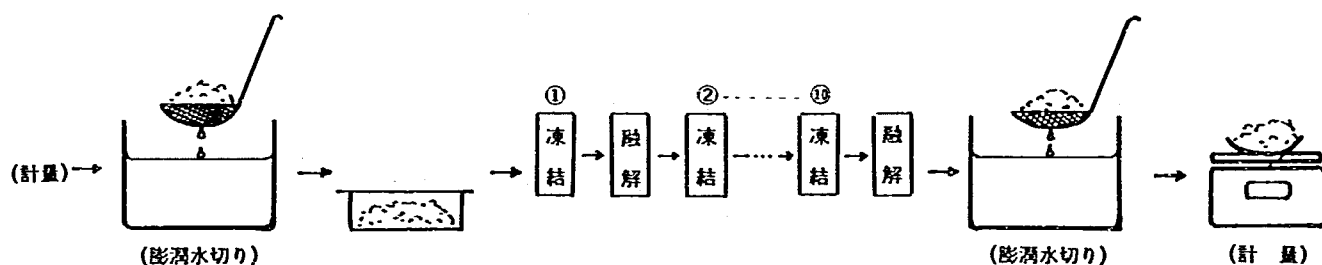


図 3-4 耐凍結・融解試験

(2) 耐高温 (60℃)

蒸留水で飽和した保水剤ゲルの余剰水分を除去した後、重量(A')を計測した。次にこのゲルをガラス容器に入れ蓋をし、60℃の恒温室内に5日間静置した後、再度蒸留水で飽和させ、余剰水分を除去した後の重量(B')を計測した。B'/A'を高温に対する耐久性として記録した。

なお、高温処理の間は水等を加えることは一切していない。

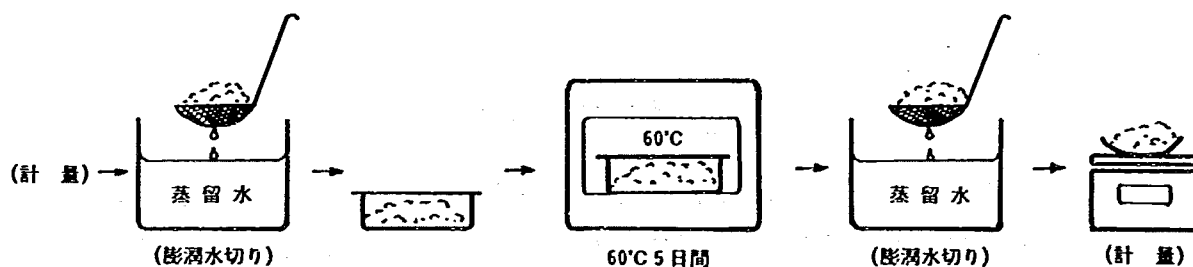


図 3-5 耐高温試験

2) 試験結果

試験の結果を図3-6に示す。

凍結・融解に対しては、試験を行った19の製品の内、約半数の9つの製品では89～112%と機能の低下がほとんど認められないが、4つの製品では50～60%まで低下している。

高温（60℃）に対しては、試験を行った9種の製品の内、約半数では90～110%と機能の低下がほとんど認められないが、37～43%と半分以上に低下した製品も2つみられる。

凍結・融解に対する耐久性と高温（60℃）に対する耐久性との間には相関は認められず、凍結・融解及び高温の双方に対する耐久性に優れた製品、又は劣る製品が認められる一方、どちらか一方の耐久性にしか優れない製品も認められる。

製品の種類による違いでは、ポリアクリル酸系の製品が比較的安定している傾向が認められる。

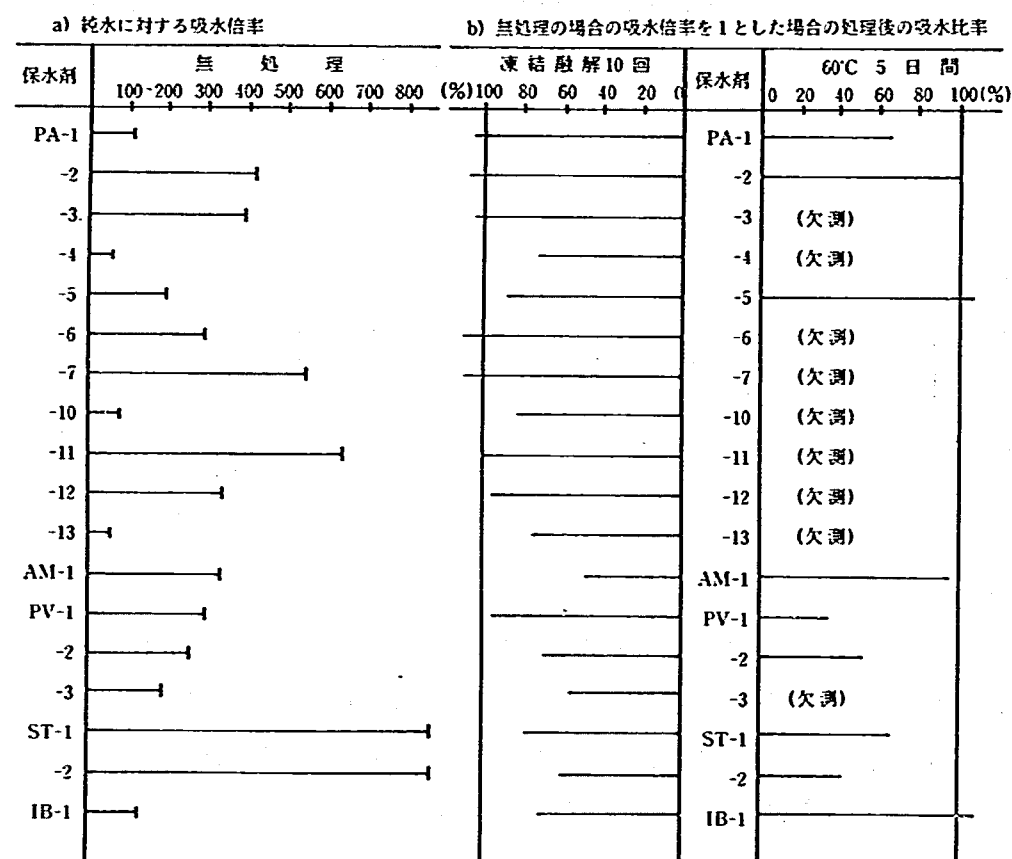


図 3-6 膨潤保水剤の耐候性

なお、文献1)によると、膨潤保水剤は紫外線に弱く、屋外に放置すると数日間で水を分離し、著しく粘度が低下するという。膨潤保水剤の紫外線に対する耐久性については、その組成により差があり、アクリル酸を主体とするものが極めて弱いのにに対し、イソブチレン・マレイン酸共重合体の中和物ではかなりの耐久性を有するという。

3.4 培地としての膨潤保水剤の適性

保水剤に含まれた水分を植物の根が直接吸収して利用することの可能性、及び保水剤に直接接触することによる植物の根の生育阻害の有無を確認するため、イネ、ダイズ、ササゲを用いて次の2つの方法により試験した。

その結果、イネについては、明確な生育障害は認められなかったものの、生育状況において製品による違いがみられた。ダイズ及びササゲについては、①根が保水剤中に順調に伸長していくもの、②根が保水剤に触れると伸長が停止するもの、③根が保水剤に触れると変色又は腐敗するものに分けられ、製品の種類別ではポリアクリル酸系の製品に生育阻害を生じるものが目立った。

1) 試験方法

(試験1)

イネの種子をあらかじめ25℃暗条件下で発芽させ、根が3mm程度に伸長した段階で胚乳重量を測定し水道水で膨潤させた保水剤上に植え付けた。植付け後は、再び25℃暗条件下で20日間培養し、その間生育状況を継続的に観察するとともに、植付け時、植付け後7日目及び16日目に胚乳の乾燥重量を測定し発芽前の胚乳量と比較した。

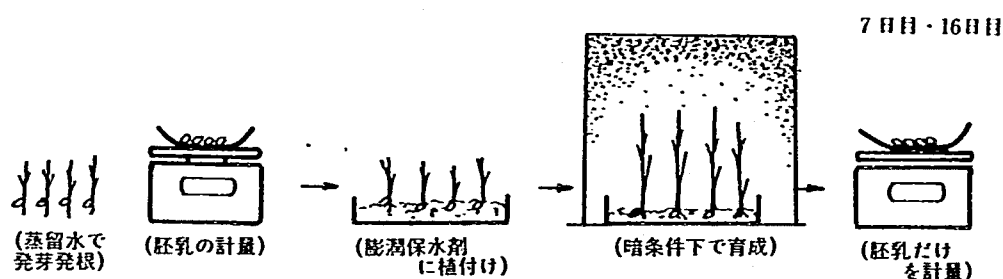


図3-7 イネに対する生育阻害確認試験

(試験2)

ガラスビーカーに直径1cmの球状多孔質セラミックスを厚さ5cm程度に入れ、その間隙に水道水で膨潤させた保水剤を充填した。その上に直径1mm程度の多孔質セラミックスを厚さ2cm程度乗せ、そこにダイズ及びササゲの種子を種子が隠れるように3粒ずつ蒔いた後、セラミックス全体に浸透するように表面から静かに注水した。注水量は、水位がガラスビーカーの底面から3cm程度の高さとなる

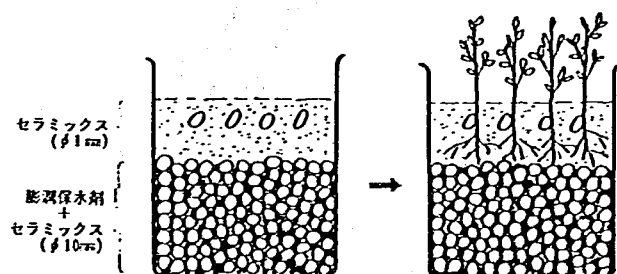


図3-8 ダイズ、ササゲに対する生育阻害確認試験

よう調整した。その後、ガラスビーカーの周囲をセラミックス部分が隠れるようにアルミニウム箔で覆って遮光し、半日陰で発芽発育させ、地上部及び根部の生育状況を観察した。

2) 試験結果

(試験 1)

試験 1 の結果を図3-9に胚乳の乾燥重量の変化としてまとめた。また、写真3-2, 3-3に試験 1 によるイネの生育状況を、写真3-4~3-8に試験 2 によるダイズ及びササゲの生育状況を示した。

図3-9によると、いずれの保水剤においても経時的に胚乳の重量が減少しているのが認められる。今回の試験のような25℃暗条件のもとでは、水分が供給され、他に植物の生育阻害要因がなければ、イネは種子の胚乳中の養分を利用して子葉が成長し、それに伴って胚乳の重量が減少していくことが知られている。すなわち、保水剤がイネに対して水分を供給できれば胚乳の重量は経時的に減少していくことになる。従って、この試験結果は、保水剤からイネに対して水分の供給が行われたことを示している。しかし、胚乳の重量の減少量を保水剤別に比較すると、7日目まではあまり差が認められないものの、16日目には最大1.5倍もの開きが生じている。また、写真3-2, 3-3のイネの生育状況をみると、保水剤の製品の違いにより茎葉の形状寸法に大きな差が認められるほか、1例を除き根の発達が極めて悪いことが注目される。これらはイネの生育段階でなんらかの障害が生じていることを示唆している。

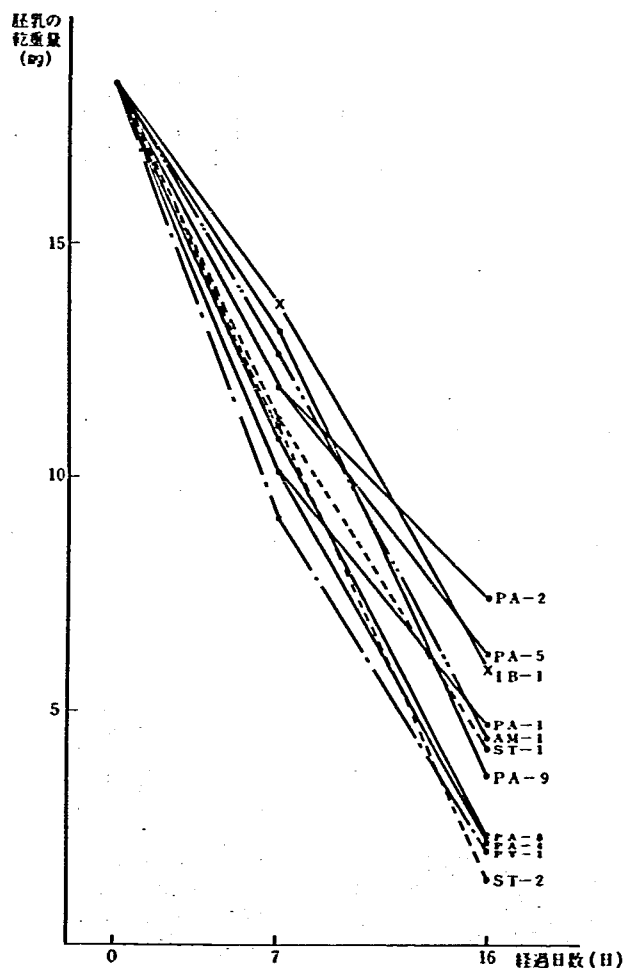


図3-9 イネの胚乳の重量変化

(試験2)

試験2では、写真3-4~3-8に見られるように、保水剤を含まない部分での発芽及び発根はダイズ及びササゲともに順調に進んだことを確認できた。しかし、発芽後、根が伸長し下層の膨潤保水剤を充填した部分に到達すると、保水剤の製品によって根の伸長が衰え、又は完全に停止したりし、腐敗したりする現象が認められ、ここでも膨潤保水剤になんらかの植物生育阻害要因が存在することが伺える結果となっている。

これらの結果は膨潤保水剤が植物の培地としては不適當であることを意味するのみでなく、その他の用途で保水剤を緑化に利用していく場合においても最大の障害となる恐れがある。生育阻害の具体的要因としては、植物に対して膨潤保水剤から水分の供給が円滑に行われないこと、又は膨潤保水剤に植物の生育を阻害するような化学物質が含まれること等が考えられるが、詳細は次の「3.5 膨潤保水剤含有水の対植物安全性」の項で検討している。

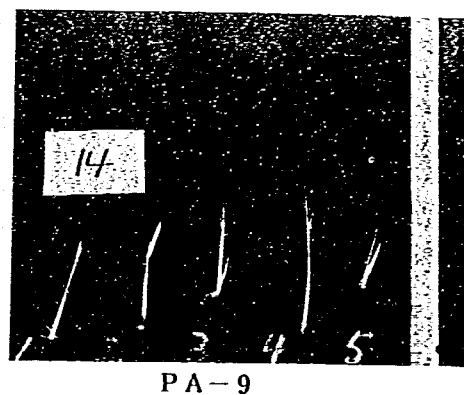
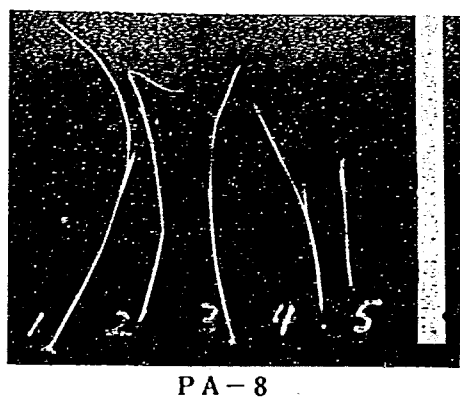
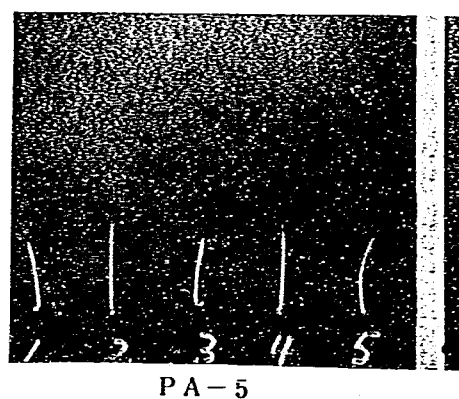
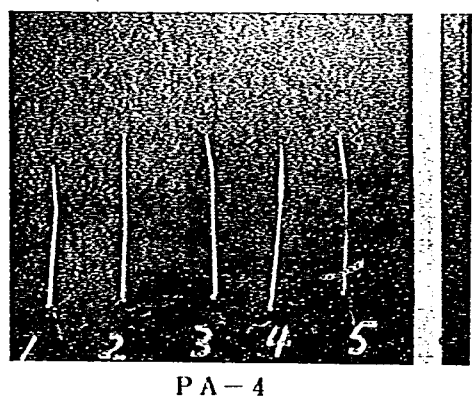
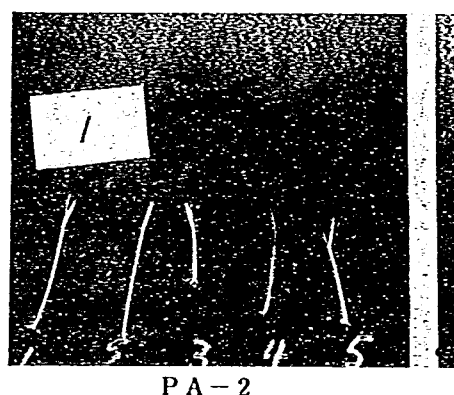
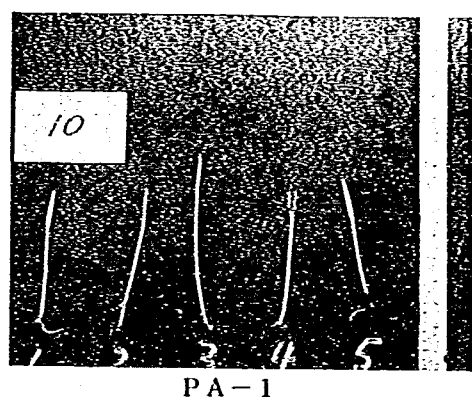


写真3-2 膨潤保水剤上でのイネの生育状況 (1)

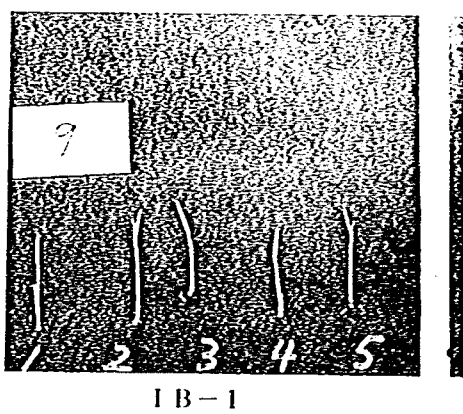
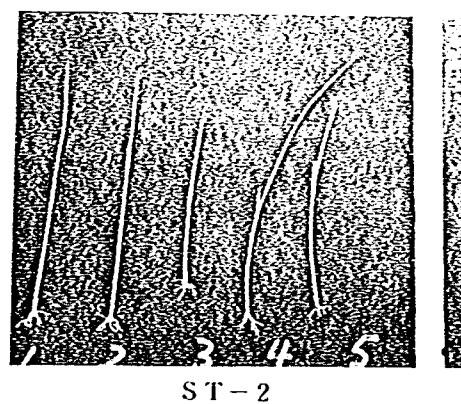
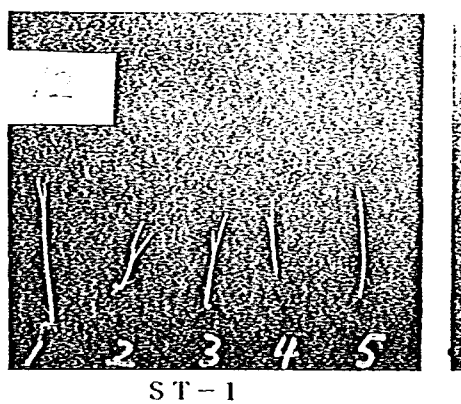
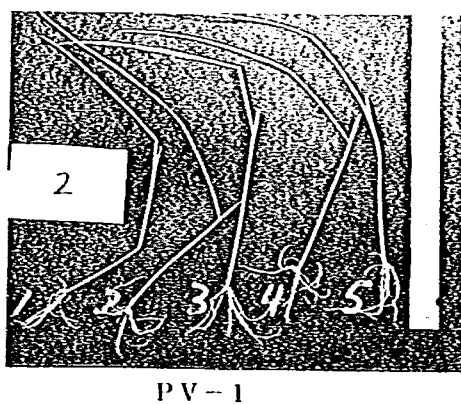
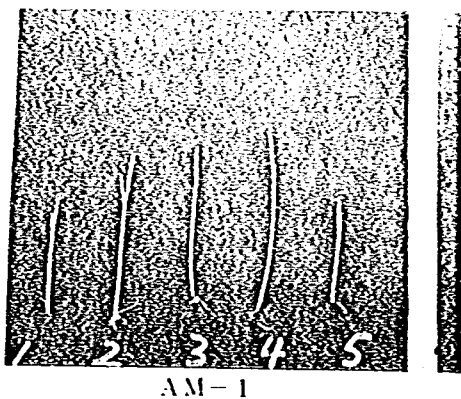


写真3-3 膨潤保水剤上でのイネの生育状況 (2)

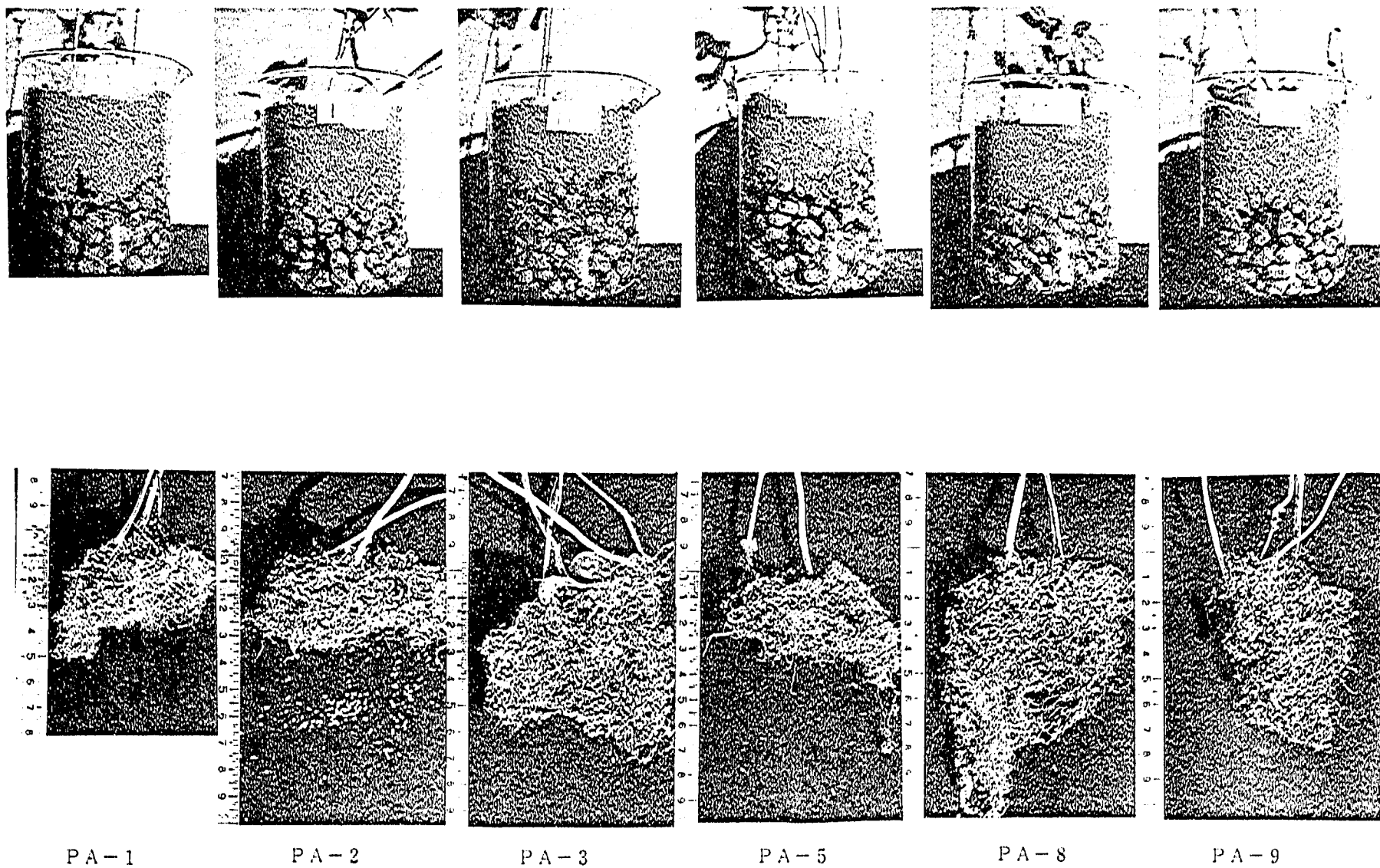


写真 3-4 膨潤保水剤上でのダイズ、ササゲの根系伸長 (1)

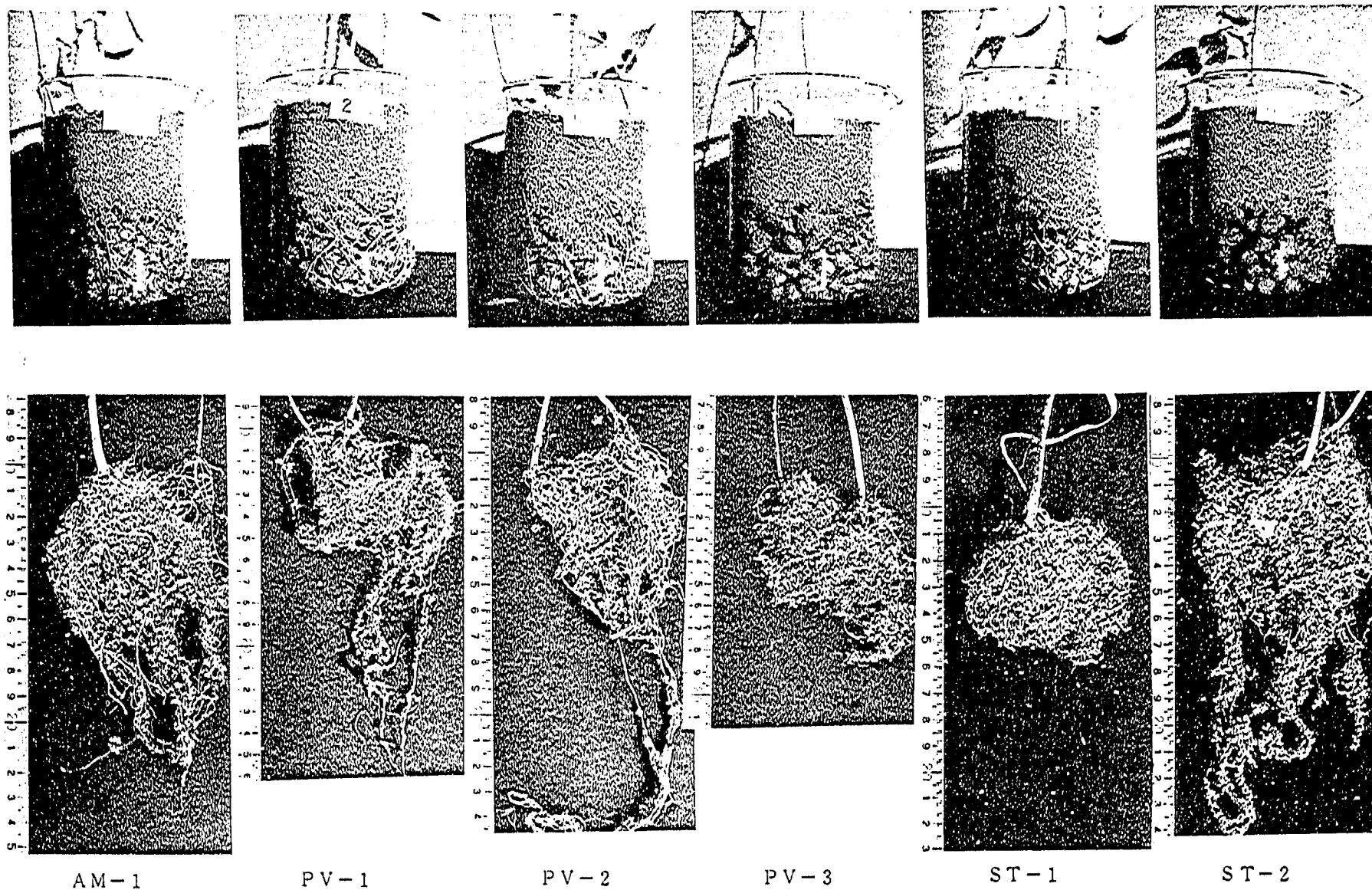


写真 3-5 膨潤保水剤上でのダイズ、ササゲの根系伸長 (2)

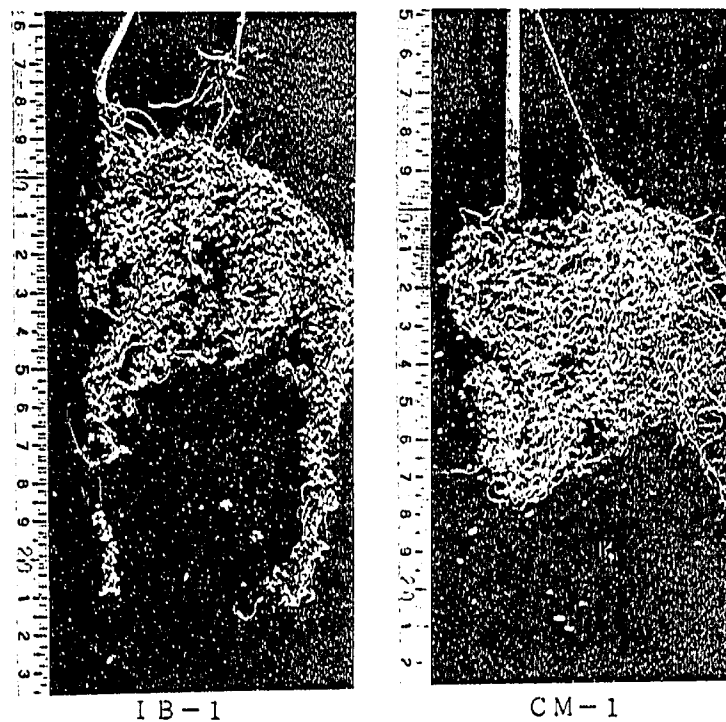
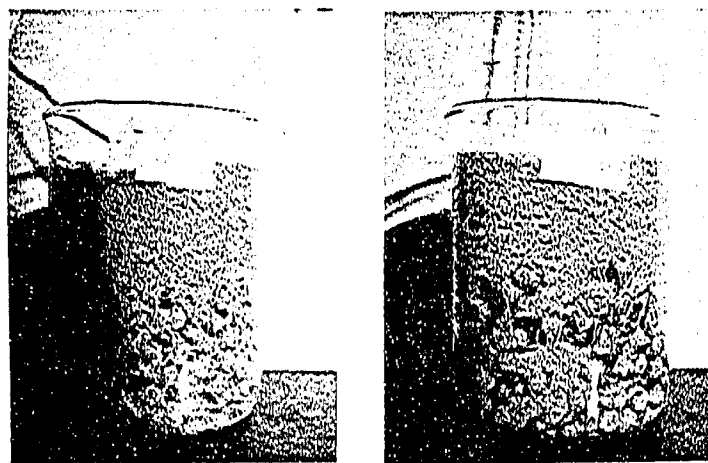


写真 3-6 膨潤保水剤上でのダイズ、ササゲの根系伸長(3)

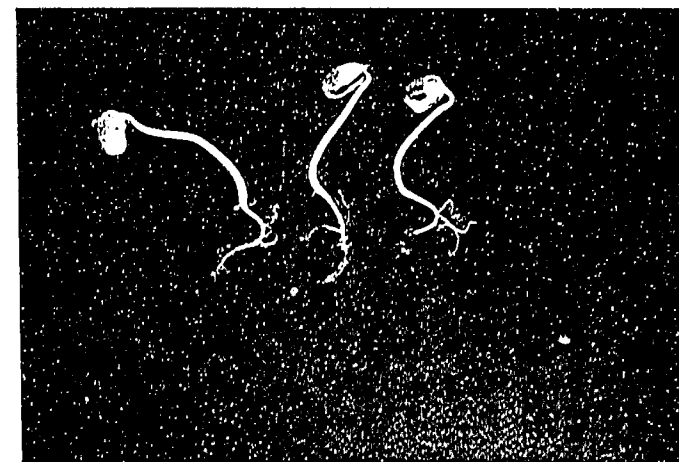


写真 3-7 膨潤保水剤に触れて腐敗した根 (PA-5)



写真 3-8 膨潤保水剤中でよく伸長した根 (PV-1)

3.5 膨潤保水剤含有水の対植物安全性

水分が保水剤に吸収され、また土壌等に放出される過程で、植物の生育に障害となるような化学物質の浸出、又は生成が行われていないことを確認するため、膨潤保水剤からの抽出液に対するイネ及びハツカダイコンの発芽試験を行った。

その結果、イネ及びハツカダイコンとも発芽率自体は製品を問わず90%以上と順調であったが、ハツカダイコンについては、全ての保水剤で発芽後の生育が劣り、根の先端部が腐敗する等の障害が認められた。原因としては、膨潤保水剤の糊状化に伴う根の呼吸阻害のほか、植物の生育に有害となるなんらかの化学物質が膨潤保水剤に含まれていることも考えられる。

1) 試験方法

(試験1)

保水剤を蒸留水で膨潤させ24時間室内に放置した後、保水剤の表面に付着した水分を乾燥させた。この膨潤保水剤を遠心分離器に掛け(約3000回転・1時間)、水分を抽出した。シャーレに膨潤保水剤からの抽出液を浸したろ紙を敷き、これにイネの種子100粒を蒔いて、経時的に発芽数を調査し、播種数量に対する発芽数の累計を発芽率として記録した。

(試験2)

発芽試験用シャーレに水道水で膨潤させた保水剤を敷ならしたものと及び水を含ませた脱脂綿を敷いたものを準備した。次に膨潤保水剤及び含水脱脂綿の上にペーパータオルを敷いたうえでハツカダイコンの種子を30粒ずつ播種し、ガラス蓋をした後、暗条件下で発芽状況を観察した。膨潤保水剤の上に直接播種せず間にペーパータオルを敷いたのは、種子が直接膨潤保水剤に接触することによる通気性阻害等の物理的障害を避ける目的である。ここで用いた膨潤保水剤は、保水剤粒子間の間隙水を完全に保水剤に吸収させるため各製品カタログに示された飽和吸水量の約半量の水で水道水で膨潤させるとともに、室内に24時間放置したものとした。また、ハツカダイコンの種子は、未熟な種子を除去するため及び発芽を容易ならしめるために、あらかじめ1時間程水浸したものをを用いた。

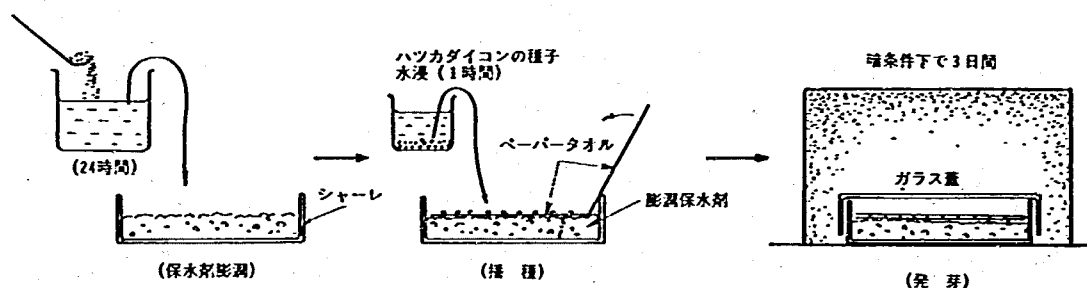


図3-10 膨潤保水剤上での発芽試験(試験2)

2) 試験結果

(試験1)

表3-3に試験1の結果を示した。

これによると、いずれの保水剤においても発芽率は90%以上を示し、少なくとも発芽段階での膨潤保水剤の影響は認められない。発芽後の生育については、本試験では追跡調査を行っていないので言及はできないが、前項の写真3-2及び3-3の状況を見る限り、生育段階において生育障害が生ずる可能性を否定はできない。

(試験2)

写真3-9、3-10に試験2の結果を示した。

これによると、試験1と同様、いずれの保水剤においても発芽率は90%以上を示し、少なくとも発芽段階での膨潤保水剤の影響は認められない。しかし、発芽後の根や茎の伸長は、いずれの保水剤においても対照区に比べて明らかに劣っており、また、根の先端部に腐敗現象が認められるほか、根毛の発生がほとんどみられない。これは、前項の写真3-4～3-8でみられたものと全く同じ現象である。

前項の試験段階では、これらの生育障害が通気性阻害等の物理的要因に起因するものなのか、膨潤保水剤に含まれるなんらかの化学物質によるものなのか特定できなかった。この試験においても、膨潤保水剤の上にペーパータオルを敷くことによって前者の物理的要因の排除に努めたものの、膨潤保水剤が部分的に糊状化する現象も認められたため、それが根に付着することによって呼吸阻害を生じた可能性もある。このため、今回の試験結果からも、前項及び本項における一連の試験で認められた植物の根に対する生育阻害が物理的、又は化学的のいずれの要因に起因するものなのか特定することはできない。いずれにしても、阻害の程度は発芽が可能な程度であり劇的なものではないが、少なくとも保水剤単体で植物栽培の培地として利用できる可能性は、現在流通している保水剤については、ほとんど無くなったと考えてよい。また、その他の用途においてもなんらかの影響が避けられないと考えられることから、今後その要因、又は物質の特定を急ぐとともに、その影響を排除する施用方法及び糊化を生じにくい保水剤や阻害物質を含まない保水剤の開発等について検討する必要がある。なお、膨潤保水剤の中に有害物質が含まれるとすれば、保水剤の構成物質であるNaイオン等の物質の影響が考えられる。

表 3-3 膨潤保水剤浸出液によるイネの発芽試験結果

保水剤	播 種 後 の 日 数		
	2 日	3 日	5 日
PA - 1	3	92	99
- 2	2	90	99
- 4	1	86	97
- 5	1	94	100
- 8	5	97	97
- 3	3	97	99
- 5	3	100	100
AM - 1	5	99	100
PV - 1	0	93	100
ST - 1	4	94	100
ST - 2	1	99	100
IB - 1	5	95	98
対 照 区	7	97	99

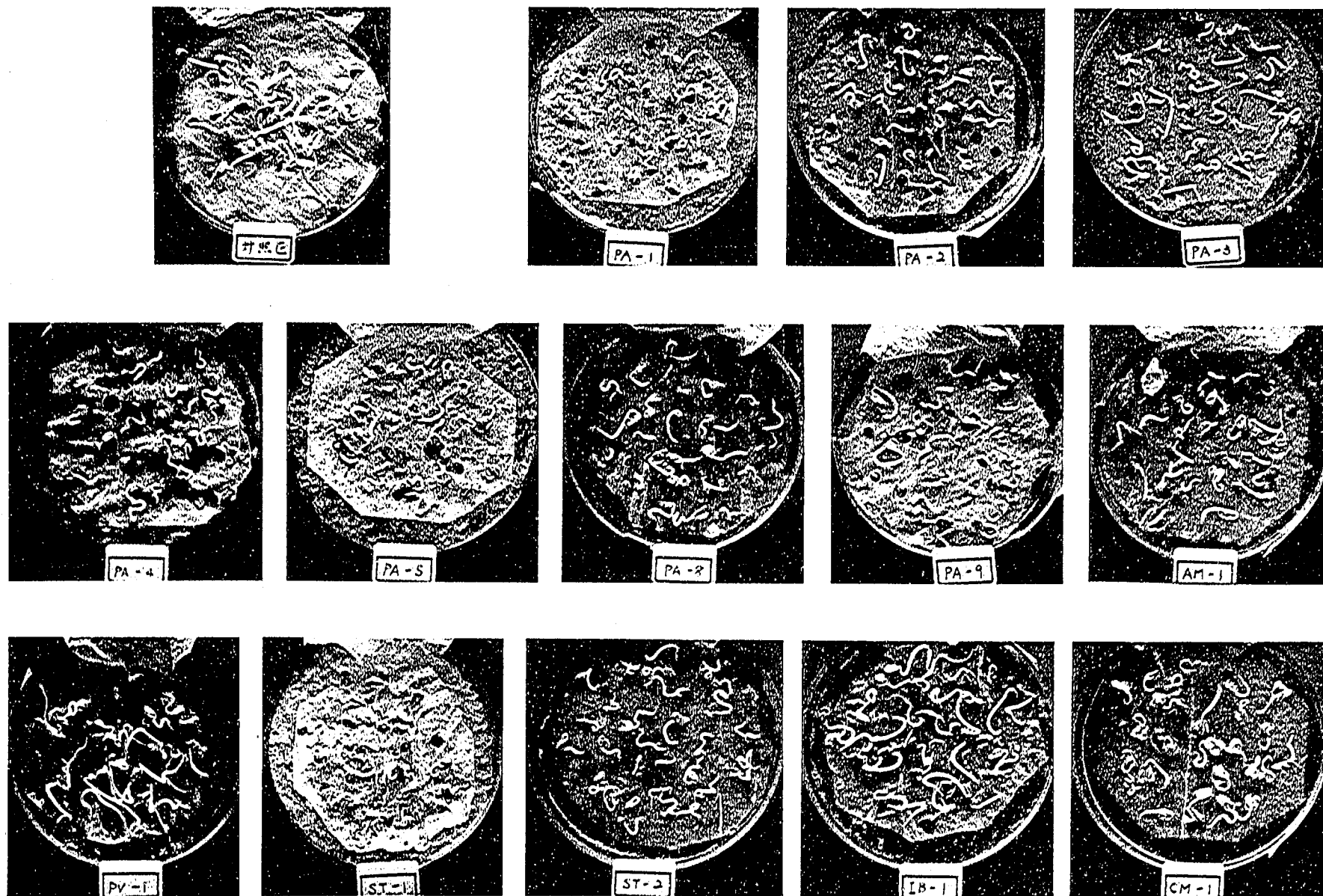


写真3-9 膨潤保水剤上でのハツカダイコンの発芽試験結果（試験2）



PA-1



PA-4



PV-1



IB-1

3.6 膨潤保水剤含有水の対土壤移動性

膨潤保水剤に含まれる水分が円滑に土壤に供給されるか否かを確認する目的で次の2つの試験を行った。

その結果、水分の移動速度には差があるものの、いずれの製品も膨潤保水剤中の水分は土壤に供給されうることを確認できた。

1) 試験方法

(試験1)

100ccのビーカーに風乾土壌(腐植質火山灰土壌)を半分程入れ、その上に膨潤保水剤を2.5cmの厚さに置き、24時間後の土壌への浸潤深さを測定した。この場合の膨潤保水剤は、保水粒子間に含まれる間隙水を排除するため、24時間吸水させた後、余分な水分をティッシュペーパーで取り除いたものを使用した。

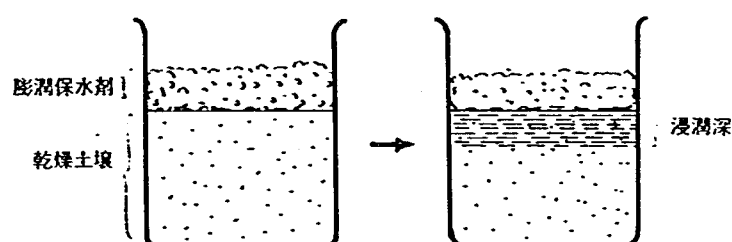


図3-11 膨潤保水剤から土壌への水分移動の確認(試験1)

(試験2)

透明アクリル管(内径 3.6cm, 長さ 15cm)を2本準備し、1本には蒸留水で膨潤させた保水剤を充填した後、表面に約4gの標準砂を置き、その上にガーゼを敷いた。他の1本には標準砂の重量(W_d)を計測の後充填し、膨潤保水剤を充填した管とビニルテープで接続し供試体とした。この供試体を水平に24時間静置した後、ガーゼを境として標準砂を取り出し、その重量(W_w)を計測した。 $W_w - W_d$ を保水剤から土壌へ移動した水分量として記録した。また、標準砂の湿潤状態を目視で観察し、ガーゼの位置から湿潤している範囲の長さを水分移動長として記録した。

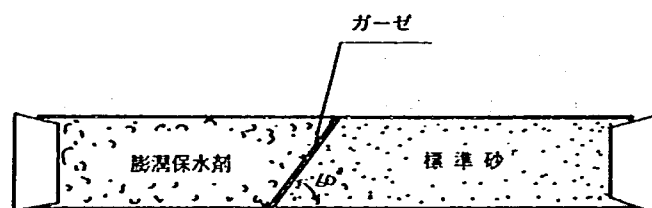


図3-12 膨潤保水剤から土壌への水分移動の確認(試験2)

2) 試験結果

試験1及び2の結果を表3-4に示す。

試験1では、膨潤保水剤から乾燥土壌への水分移動の難易にかなりの違いが認められ、製品によっては全く移動のみられないものもある。高分子の種類別では、サンプルの数が少ないので断定はできないが、デンプン系の製品が最も移動しやすく、次いでポリアクリル酸系の製品が移動しやすい傾向となっている。

試験2では、試験1とやや異なる結果となっている。移動した水の量で2g程度から20g以上まで、水の移動長でも5cm程度以上までと製品により大きな違いは認められたものの、保水剤から土壌への水分移動はいずれの製品でも認められる。また、保水剤の基本となる高分子の種類による違いは認められない。

2つの試験の結果が異なるのは、試験2では膨潤保水剤と乾燥した土壌との間にガーゼを介したのに対し、試験1では直接膨潤保水剤を置いたことの違いによるものと考えられる。すなわち、乾燥した土壌とガーゼでは膨潤保水剤との親和性に差があり、親和性に劣る乾燥土壌では水分の移動が生じにくい条件にあったものと考えられる。実際の植栽土壌ではここまで乾燥することは考えにくいことから、いずれの製品も拡散の速度の差はあっても保水剤に含まれた水分に供給されうることが確認できたと考えてよい。従って、保水剤を土壌中に均等に混入する場合は、どの製品でも問題は少ないと考えられるが、土壌中、又は土壌表面に塊として施用する場合は、保水剤から根系域までの距離が大きくなるため、保水剤から土壌への水分拡散が劣る製品は不適當であると考えられる。

表 3-4 膨潤保水剤から土壌への水分移動

保水剤	試験1	試験2	
	水分移動 範囲(cm)	水分移動 範囲(cm)	水分移動 量 (g)
PA-1	14.5	9.3	8.4
- 2	18.5	8.5	8.1
- 3	14.5	—	—
- 4	15.0	4.6	3.3
- 5	4.0	6.8	5.6
- 8	16.0	4.5	2.3
- 9	0.5	5.5	3.7
-10	—	4.9	2.7
AM-1	0.0	6.1	4.1
PV-1	10.0	6.4	5.4
- 2	8.5	—	—
ST-1	21.5	7.0	5.0
- 2	27.0	6.3	4.1
IB-1	2.5	>15.0	23.5
CM-1	1.0	—	—

4. 保水剤混入土壌の特性

本章では、保水剤を混入した土壌の保水能、水分移動性、透水性、通気性等の特性について調査した結果を報告する。

4.1 保水能

保水剤を土壌中に混入した保水剤混入土壌の保水能について、混入する保水剤の蒸留水に対する吸水能との関係を把握するために次の試験を行った。

その結果、混入する保水剤の吸水能が高い程、保水剤混入土壌の保水能が向上するというような関係は見出せなかった。

1) 試験方法

図4-1に示すように、採土筒を4個接続したものに保水剤混入土壌を充填し、上端から3段目の採土筒をカッターで切り取って試料とし、重量 (W_d) を計測した。この試料の下端に網皿 (不織布を張ったリング)、上端に網板 (小孔を有する金属製の円盤) をそれぞれ固定し、水中に12時間浸潤させた後取り出し、山砂を敷いた容器上に24時間放置したうえで重量 (W_w) を測定した。 $(W_w - W_d) / (\text{採土筒の体積} = 100\text{cc})$ を含水率として記録した。

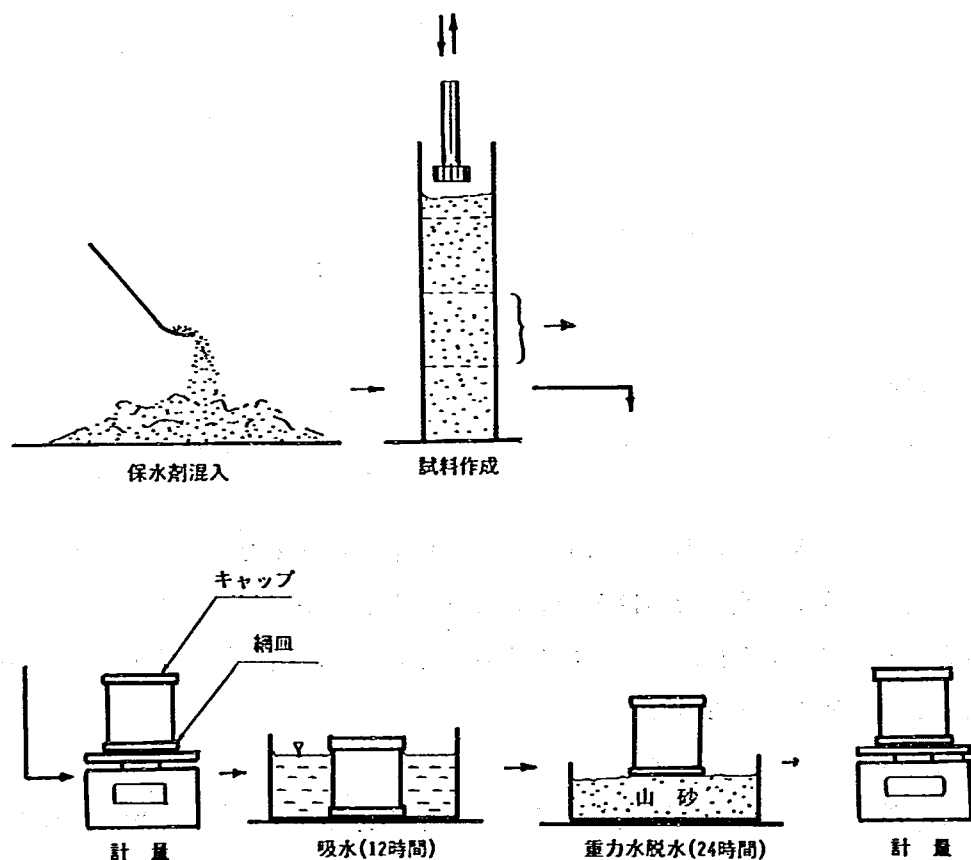


図 4-1 保水剤混入土壌の保水能測定

2) 試験結果

図4-2に保水剤混入土壌の含水率について、蒸留水に対する吸水倍率との関係を示した。

これによると、蒸留水に対する吸水倍率との相関は認められない。

このことは、保水剤を土壌に混入して使用するために、製品の選択や適正混入量を求める場合、蒸留水に対する吸水倍率は判断材料になり得ず、製品毎の土壌への混入試験が必要であることを意味している。

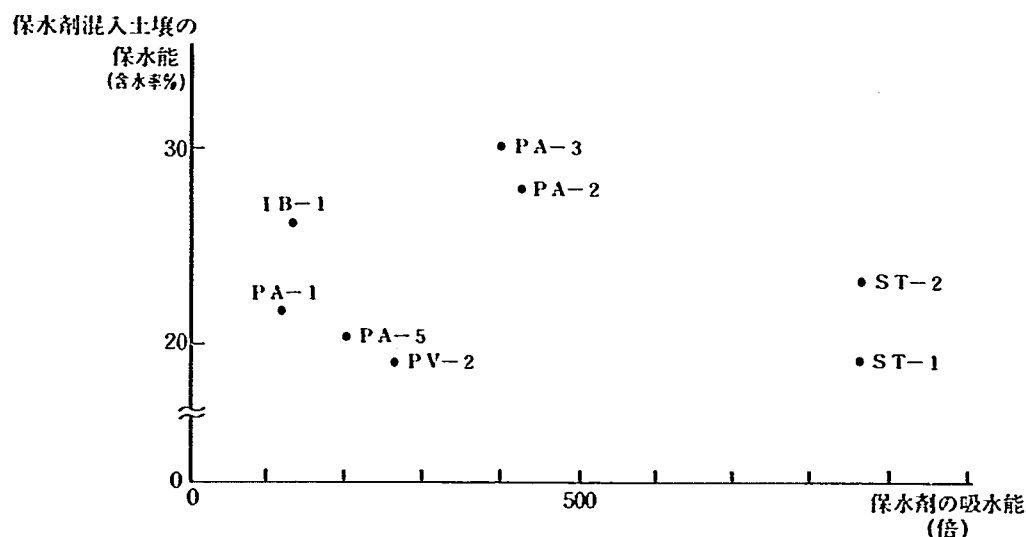


図 4-2 保水剤の吸水能と混入土壌の保水能

4.2 水分移動性

保水剤を混入した土壌において、土壌水分の移動が円滑に行なわれるか否かを確認する目的で次の試験を行った。

その結果、保水剤混入土壌における水分移動は、保水剤を含まない土壌に比較して緩慢であり、この傾向は保水剤の混入率が高くなるほど顕著になることが分かった。このことにより、保水剤混入土壌では土壌表面からの蒸発が抑制され乾燥が進みにくい反面、透水性が低下し土壌物理性が損なわれる恐れがあることが明らかとなった。

1) 試験方法

風乾状態まで乾燥させた山砂に所定量の乾燥保水剤を混入し、よくかく拌し混合土壌を作った。ここで使用した山砂の諸性質は巻末のデータ集にあるとおりである。

次に、直径 5 cm、高さ 5 cm のステンレススチール製の採土筒（土壌試料採取用の筒）をビニルテ-

プで9個連結して長さ45cmの筒を作成し、これに保水剤混入土壌及び対照用山砂を充填した。均一に充填された試料を得るために、下端の1個及び上端の2個の採土筒をカッターで切り離し、長さ30cmの試料を作成した。注水を容易にすること及び吸水後の試料の膨張に備えて空の採土筒をビニルテープで接続しておいた。

このようにして作成した試料を山砂の上に立てて、上から注水した。注水はピペットを用いて土壌面に均一に1時間間隔に2mm相当（1試料あたり3.9cc）づつ10回行い、1試料あたり合計20mm（1試料あたり39cc）注水した。

注水開始の11時間後及び20時間後（注水完了の1時間後及び10時間後）に各採土筒を切り離し、各々について秤量した。

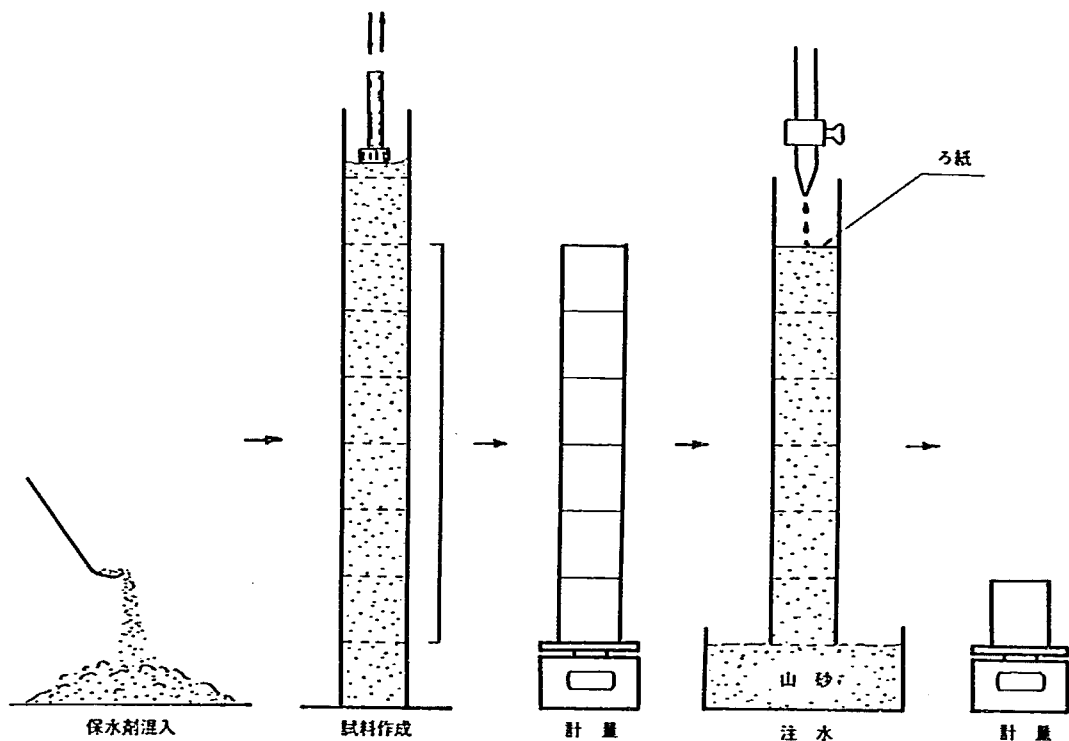


図4-3 保水剤混入土壌中の水分移動測定

2) 試験結果

図4-4～4-6に深さ別の含水率の変化を保水剤別に示した。また、写真4-1には保水剤混入土壌での水分移動の状況を示した。

図4-4～4-6によると、保水剤を含まない山砂のみの試料では、注水後の経過時間を問わず表層から下層まではほぼ様な含水率を示している。これに対し、保水剤混入の試料では、表層に近いほど高い含水率を示し、注水後の時間経過に従って平衡状態に移行している。これらの状況は写真4-1によっても伺い知ることができる。この傾向は、保水剤の混入率が高くなるほど顕著に現われていることがわかるが、蒸留水に対する吸水倍率及び吸水速度との相関は認められなかった。

このことは、保水剤を混入した土壌では土壌水分の円滑な移動が行われにくいことを示しており、保水剤を植栽土壌に混入して使用することを想定した場合、保水剤中に蓄えられた水分が植物根系の分布範囲外に不必要に拡散することなく、また土壌表面からの蒸発を抑制すること等により植物に有効に利用される可能性を示す反面、通気透水性が低下し、根腐れ等の生育阻害を引き起こす恐れも有している。

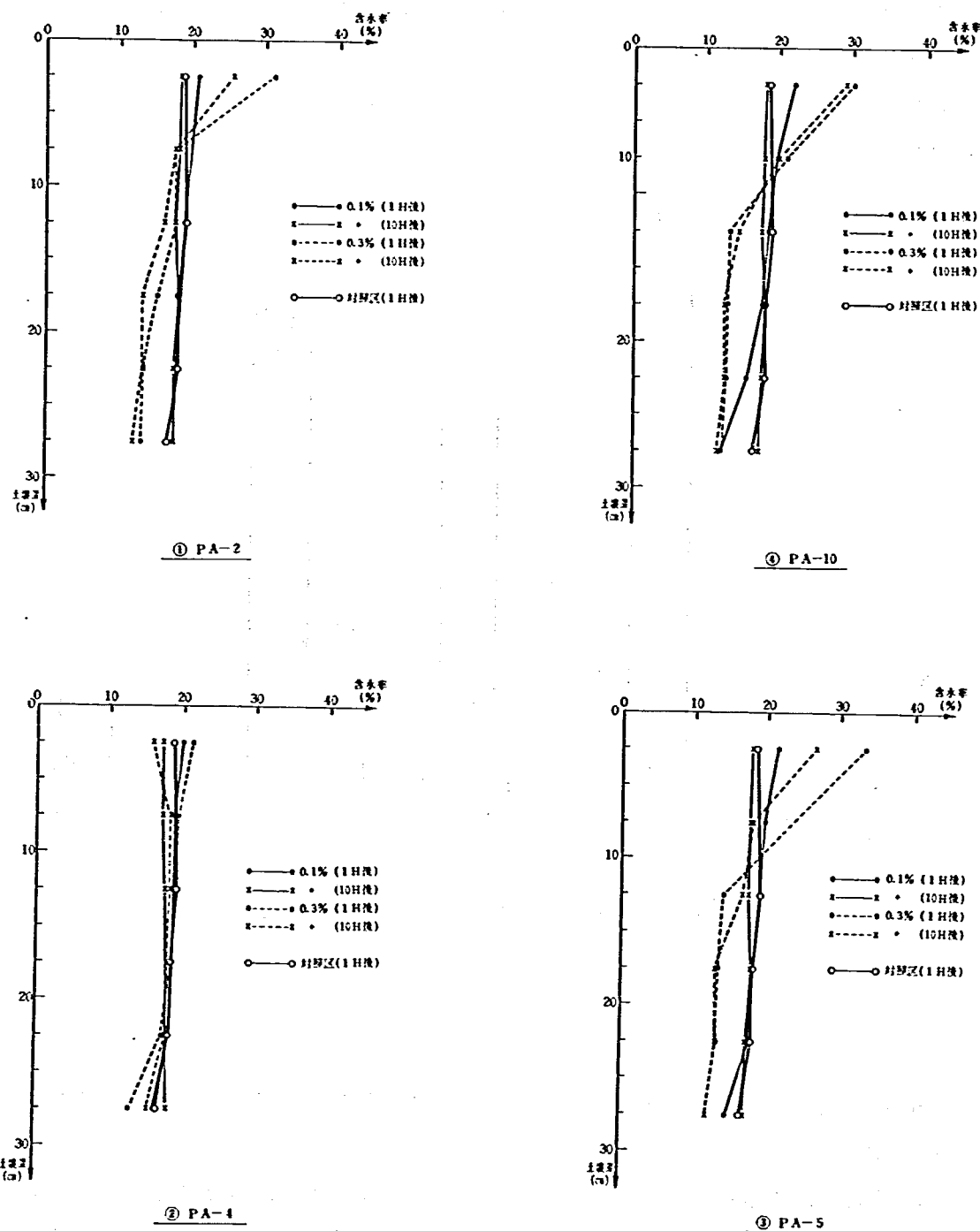
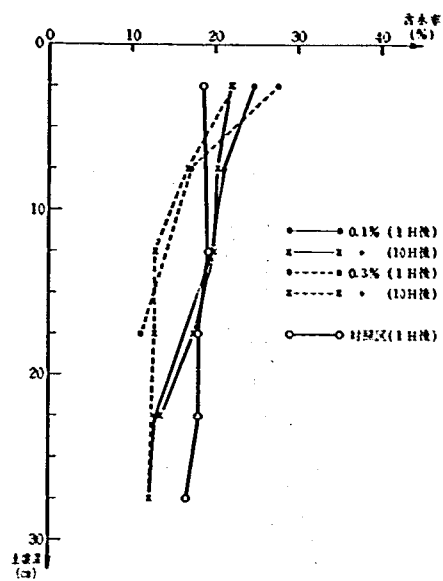
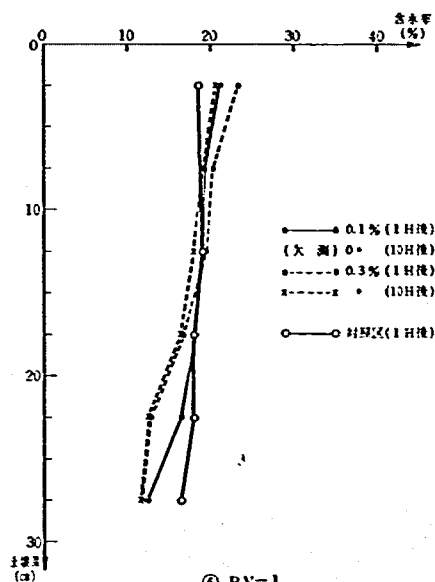


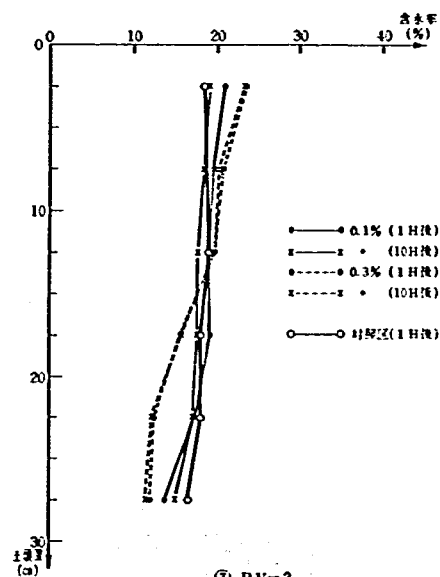
図 4-4 保水剤混入土壌中での水分移動 (1)



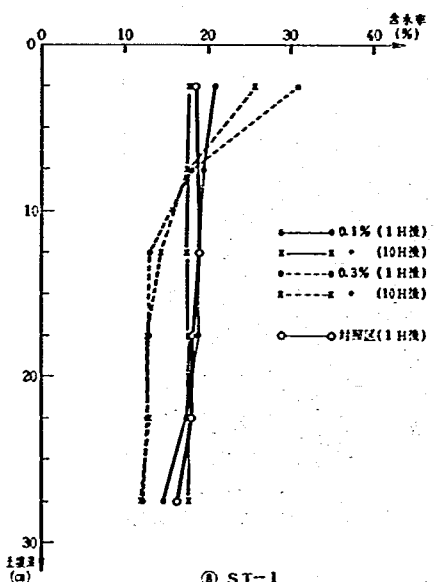
⑤ AM-1



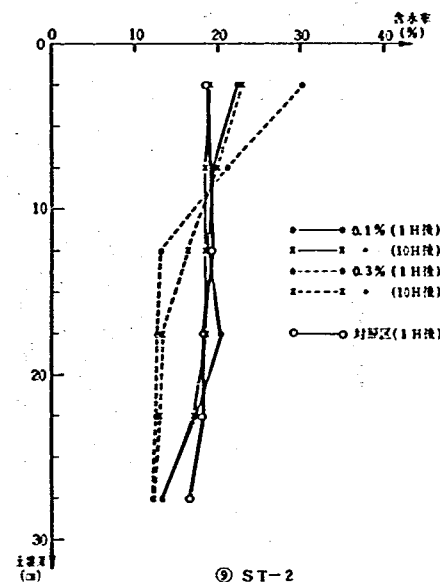
⑥ PV-1



⑦ PV-2



⑧ ST-1



⑨ ST-2

図4-5 保水剤混入土壤中での水分移動 (2)

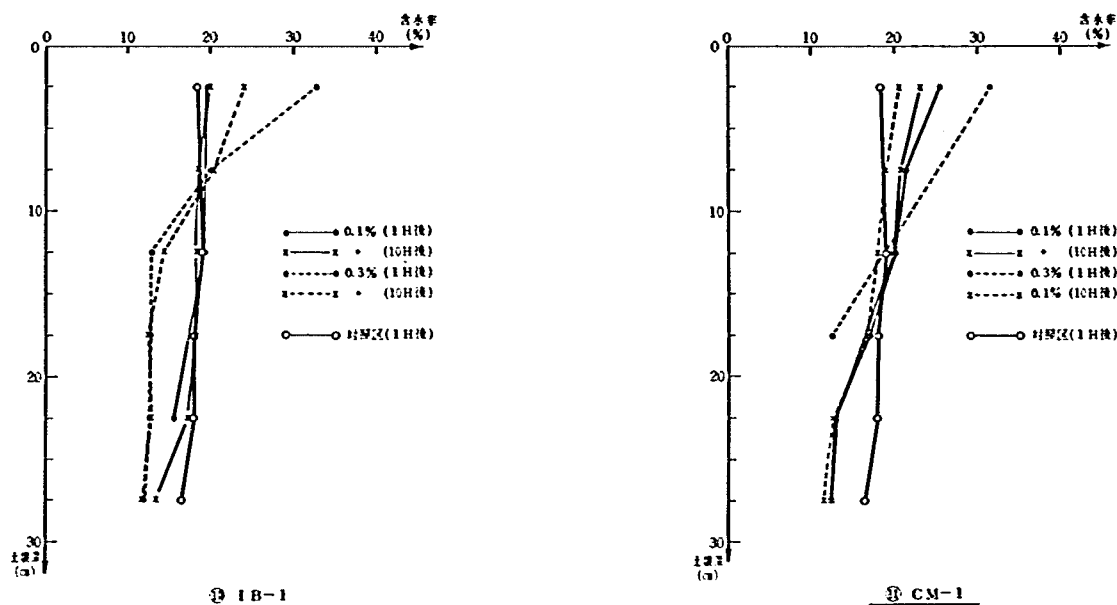


図 4-6 保水剤混入土壤中での水分移動 (3)



写真 4-1 保水剤混入土壤中での水分移動状況

4.3 透水性

植栽土壌の条件としては、保水性以上に通気透水性の確保が重要であるが、膨潤保水剤の形態を考慮すると、保水剤を土壌に混入することによって土壌の通気性が低下することが懸念される。このため、一般的に用いられている定水位及び変水位透水試験法による試験（試験1）の他、より実的なポットを用いた透水試験（試験2）により保水剤混入土壌の透水性を確認した。

その結果、製品による程度の差はあるものの、いずれの製品においても混入率が高くなるほど混入土壌の透水性が悪くなる傾向が認められた。

1) 試験方法

（試験1）

前項4.1と同様な方法で、山砂に乾燥保水剤を混入した土壌を採土筒に充填して試料（土壌硬度13～16相当）を作成し、定水位法及び変水位法で飽和透水係数を測定した。

（試験2）

マサ土（花崗岩の風化土）に所定量の乾燥保水剤を混入した後、ポット（高さ50cm、内径12.5cm）に底面から30cmの高さまで充填し、試料とした。この試料をポットごと12時間水浸させた後、ポット上面に水を満たし、水位が10cm低下するに要する時間を計測し、透水係数（cm/sec）に換算して記録した。

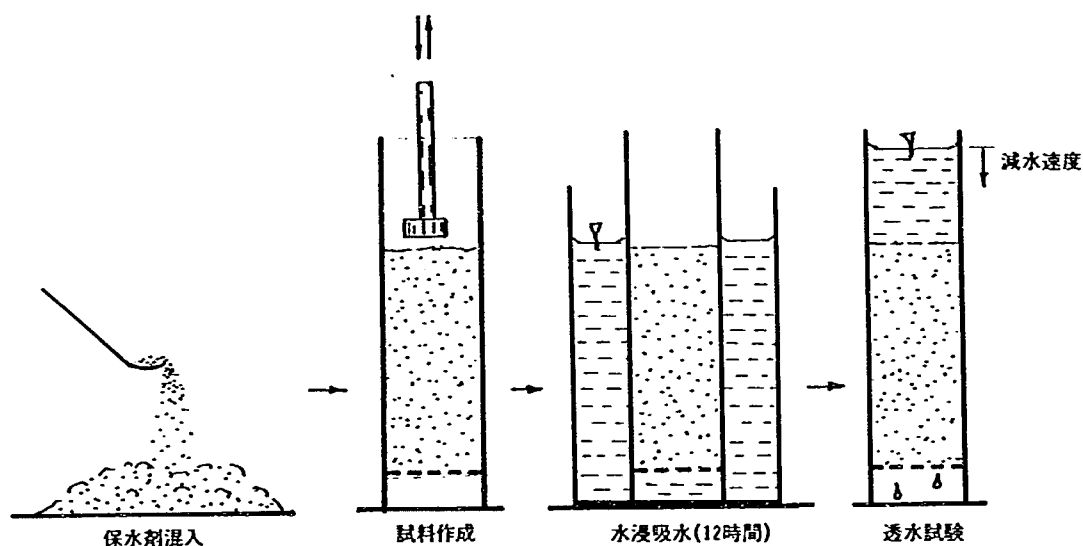


図 4-7 保水剤混入土壌の透水試験（試験2）

2) 試験結果

飽和透水係数 K (cm/sec) は、次式で示される土壌の定数であり、植栽地としては、 1×10^{-3} cm/sec 以上であることが望ましく、この値より低い場合は、根腐れ等の生育障害を生じる恐れがある。

$$K = Q \cdot 1 / A \cdot t \cdot h$$

K : 透水係数 (cm/sec)

Q : 流水量 (cc)

l : 土柱の高さ (cm)

t : 時間 (sec)

h : 水頭 (cm)

図4-8に試験1の結果、図4-9に試験2の結果を示した。試験1の結果では、1つの製品を除けば、いずれの保水剤でも $1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ を上回る値を示しており、保水剤を土壤に混入することにより生育障害を生じるほどの透水性阻害は生じていない。しかし、試験2の結果では、0.3%混入の段階で約1/3の製品が $1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ の値を下回っており、試験1よりも悪い結果となっている。また、双方の試験とも保水剤を混入しない山砂だけの試料と比較すると、いずれの保水剤も透水係数が低下しており、同一保水剤でも、保水剤の混入率が高くなるほど透水係数が低下する傾向が認められる。

このため、保水剤を土壤に混入して使用する場合、透水性の低い土壤を対象としたり、保水剤の混入率を高くしたりすると、透水性を悪化させ、植物の生育不良を招く恐れがある。また、製品によっては、著しく透水性を悪化させるものがあることも銘記しておく必要がある。更に、試験1と試験2の結果の違いは、試験方法の違いのほか、試料を水に浸析した時間の違いによることも考えられ、保水剤が土壤に混入され水で膨潤された後、時間の経過とともに保水剤の形態が粒形から糊状に変化するようなことも考えられる。その場合、透水性が経時的に低下していく恐れがある。

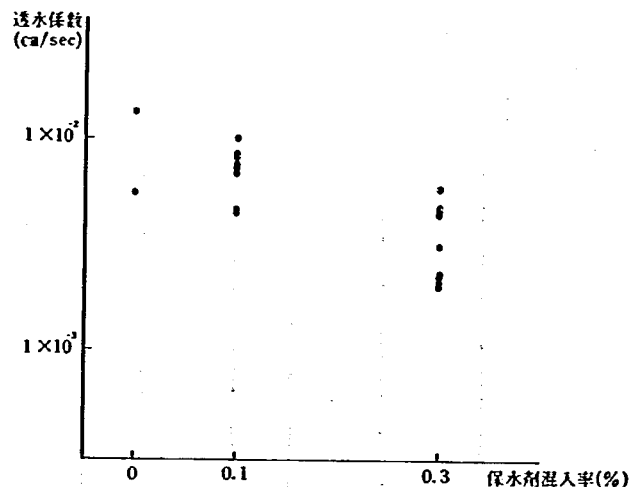


図4-8 保水剤混入土壤の透水性 (試験1)

図4-10は、試験2の結果をもとに保水剤混入土壤の含水量と透水係数の関係を示したものである。これによると、保水剤混入土壤の含水量の増加に伴い透水係数が低下していることが分かる。このことから保水剤を混入することによってもたらされる土壤水分の増加は、土壤の孔隙を埋める形で行われていることが推察でき、土壤への保水剤の混入は、土壤の保水能向上と同時に通気透水性の悪化をもたらすことが懸念される。

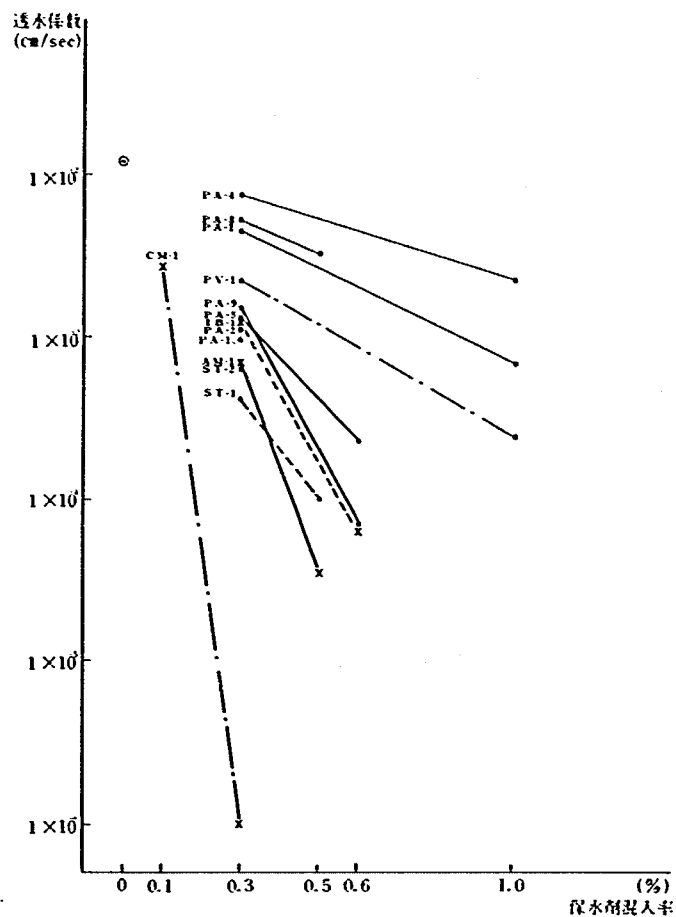


図 4-9 保水剤混入土壌の透水性 (試験 2)

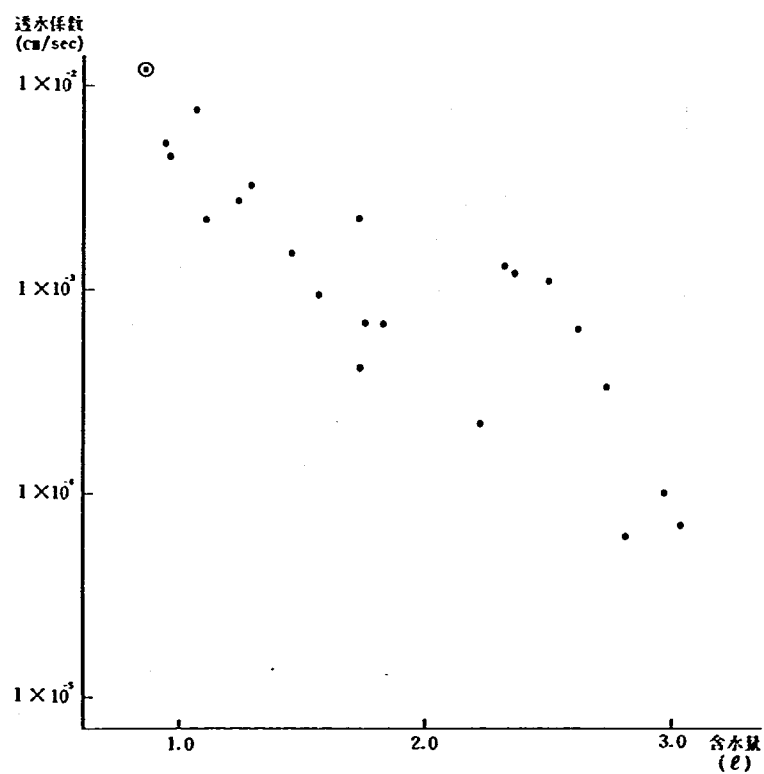


図 4-10 保水剤混入土壌の含水量と透水係数

4.4 通気性

保水剤混入土壌の通気性に係る特性を把握するため次の試験を行った。

その結果、保水剤混入土壌の通気性は、含水率の増大に伴って低下する傾向が認められ、保水剤混入による保水能向上の相当部分が土壌中の孔隙を埋める形で行われていることが推定された。このことから、土壌改良剤としての保水剤の使用は、砂質土壌等比較的気相率の高い土壌に限定されるのではないかと考えられる。

1) 試験方法

前項4.1と同様な方法で試料を作成し、通気係数を測定した。

2) 試験結果

通気係数 K (cm/sec) は、次式で示されるが、同一土壌でも含水率が高くなると低い値になる。

$$v = -K \cdot dp / dx \quad v : \text{空気の流速 (cm/sec)}$$

K : 通気係数 (cm/sec)

dp / dx : 空気の圧力勾配 (一定)

図4-11は、保水剤混入土壌の含水率と通気係数の関係を八幡らが山砂について求めた関係と照らし合わせてみたものである。

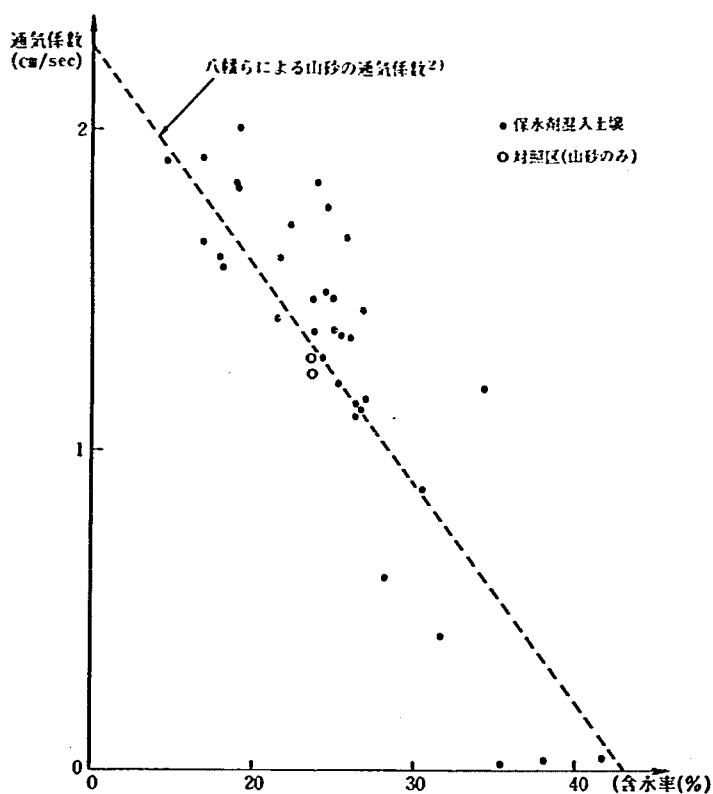


図 4-11 含水率と通気係数との関係

図4-11によると、保水剤混入土壌の含水率と通気係数の関係は、山砂のそれとよく似ており、保水剤混入土壌の水分増加が土壌の孔隙を埋める形で行われていることが分かる。

このことは、本章「4.3 透水性」における透水性の低下、「4.5 吸水時の膨張性」における膨張率の低さ等の結果からも伺い知ることができるが、保水剤混入土壌の性質を決定するうえで非常に重要な意味をもっている。土壌は、固相（土壌粒子）、液相（土壌水分）、気相（土壌空気）の土壌三相から構成されており、植物の良好な生育を期待するにはこれらの比率が適正な範囲にあることが必要である。適正な比率は土壌の種類によって多少異なるが、一般には固相：液相：気相＝40：30：30程度が望ましいとされている。このうち、固相及び液相部分の不足に対しては、それぞれ施肥管理や灌水等による対応が考えられるのに対し、気相部分の不足に対しては適切な対応手段が見当たらないことから、特に気相が重要となってくる。このため、保水剤の混入により保水力の向上を図る場合、土壌の固相部分が液相に置き代る形をとることが望ましいと言える。気相部分が液相に置き代るのでは、保水力向上は気相率の余裕の範囲内にとどまらざるを得ず、それ以上の保水力を期待すると、通気透水性の阻害という新たなより重大な障害を生み出す恐れがある。このことは、土壌改良剤としての保水剤の使用は、気相率が大きくその相当部分が液相に置き代っても通気透水性の低下による生育障害が発生しない砂質土壌等に限られることを意味している。

4.5 吸水時の膨張性

保水剤は、吸水倍率が極めて大きいため、土壌中に混入された保水剤が水分を吸収すると膨張し、土壌を押し上げることが予想される。その場合、植物の細い根が切断され、植物の生育に悪い影響を与える恐れがある。このため、次の試験により保水剤混入土壌の吸水に伴う膨張率を測定した。

その結果、吸水により全く膨張しないものから50%近くまで膨張するものまで製品によりかなりの差が認められた。保水剤混入土壌の吸収量との関係では、膨張率の高いものでは吸水量も高いということはいえるが、その逆は必ずしも成り立たず、膨張率の低いものでも吸水量の高いものが認められた。また、土壌の乾燥時の収縮現象についてはほとんど認められず、土壌の湿潤乾燥の繰返しに伴う植物根系への物理的影響は無視してよいと考えられる。

1) 試験方法

マサ土（花崗岩の風化土）に乾燥保水剤を混入した土壌を、ポット（高さ 50cm、内径 12.5cm）に底面から30cmの高さまで充填し、重量（Wd kg）を測定した。これを水槽に1夜水浸し十分吸水させた後、水槽から取り出し、24時間排水した後の土壌面の高さ（H cm）と重量（Ww kg）を計測した。

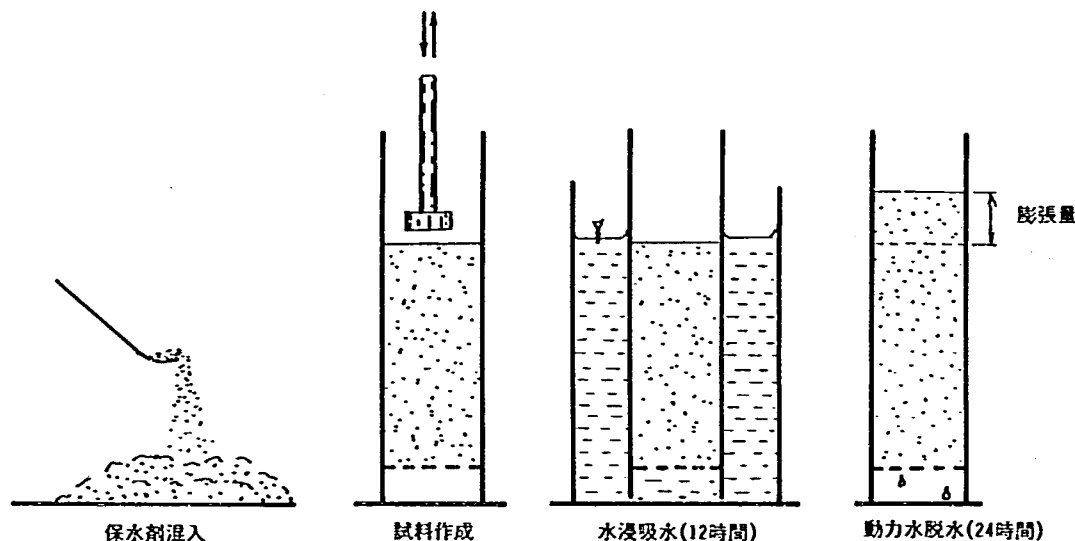


図 4-12 保水剤混入土壌の膨張率測定

2) 試験結果

図4-13に試験結果を示した。

保水剤混入土壌の膨張率は、最大では 48.3% (14.5cm) に達したが、全く膨張現象が認められない製品も認められた。保水剤混入土壌の吸水量 (重量増加量) との関係では、膨張率の高いものでは吸水量も多いということはいえるが、膨張率の低いものでも高い吸水量を示したものもあり、必ずしも相関関係にあるとは認められない。膨張率との関係では、保水剤の膨潤時の形状寸法の影響を受け、形状の大きな製品ほど膨張率が高くなる傾向にある。これは、膨潤時の形状寸法の小さい保水剤は、土壌粒子間の微細な空隙を埋めるような形態をとるのに対し、大きい保水剤は、その空隙内に納まりきらず、土壌粒子を押し上げるためであろうと考えられる。この場合、膨潤保水剤の粒子の大きさのみでなく、堅固さも影響するものと考えられ、堅固なものは土壌粒子を押し上げやすいが、柔軟な粒子は土壌孔隙の形に応じて変化することにより土壌孔隙の中に納まりやすいということがいえよう。

なお、吸水時に膨張した土壌が乾燥時に収縮するか否かについては、この試験では確認していないが、次章「5. 緑化における保水剤の利用」に係る一連の植栽試験において観察した限りでは、製品によっては圧力をかけると凹むものも見られたものの、自然状態では乾燥時の収縮現象はほとんど認められなかった。

以上のことから、保水剤混入土壌は、吸水することによって膨張はするが、それが乾燥しても収縮することはないため、湿潤乾燥に伴って膨張収縮を繰り返し植物の根系を切断する恐れはほとんどないと考えてよい。ただ、注意すべきことは、土壌の孔隙、特に粗大孔隙は、植栽土壌として最も重要な要件の一つである通気透水性を保証するものであるということである。すなわち、保水剤が土壌の粗大孔隙を埋めるような形で存在することは、通気透水性を阻害する恐れがあり、特に膨張率が小さい保水剤では要注意ということがいえる。

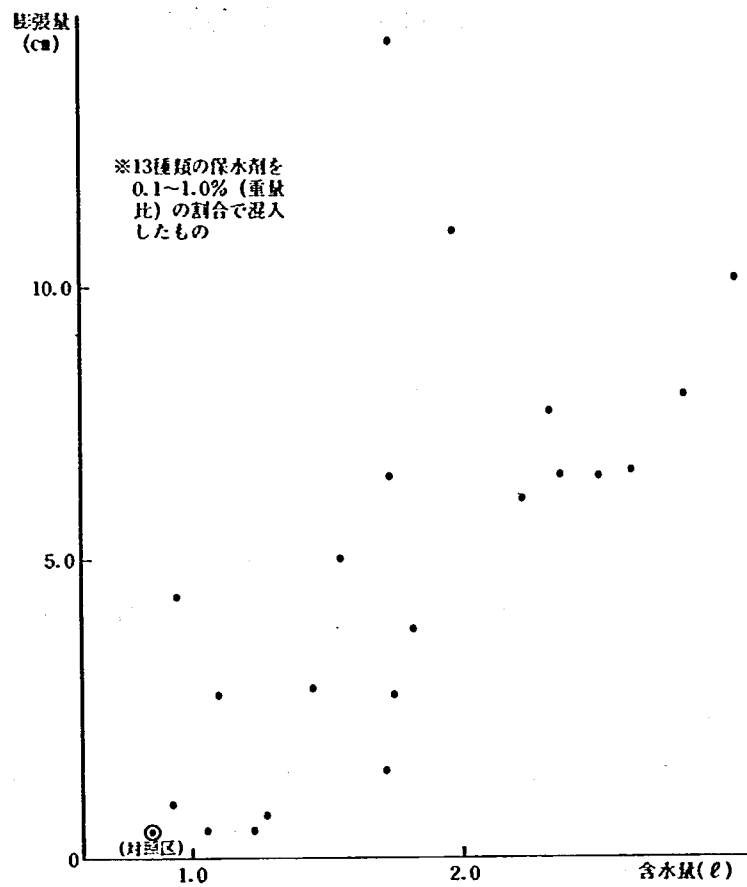


図 4-13 保水剤混入土壌の含水量と膨張量

5. 緑化における保水剤の利用

本章では、前章までの保水剤及び保水剤混入土壌の特性に関する結果を踏まえて、緑化における保水剤の利用について検討した結果を報告する。

5.1 用途

保水剤の特性を緑化の施工現場に利用する方法としては、次のようなものが考えられるが、このうち本報告書では、①土壌改良剤、②植栽直後の水分補給剤、③移植時の根系養生剤としての適性について検討した結果を報告する。

1) 土壌改良剤

植栽土壌として満足すべき条件の一つに保水性の高さが挙げられるが、植栽現場に出現する土壌のなかには保水性に乏しい土壌も少なくない。このような土壌に対しては、保水剤を混入することにより保水性を高められる可能性がある。

2) 植栽直後の水分補給剤

植栽直後の樹木は、活着後の樹木に比較して多くの土壌水分を必要とするため、灌水等により土壌水分の補給を行う必要がある。これに対しては、植栽時に樹木の根の周囲に保水剤を挿入することにより安定した水分の供給が可能になる可能性があり、その結果、灌水の省力化を図りつつ植栽樹木の活着率を高めることが期待できる。

3) 移植時の根系養生剤

樹木の植栽、又は移植にあたっては、樹木の根を乾燥させないため、鉢（土壌）を付けて掘取ったり、掘取り後は鉢を藁等で覆うこと等が行なわれる。しかし、樹木の運搬距離が長くなるのに伴って、掘取りから植付けに長時間を要するようになり、こうした従来の手法のみでは十分な品質管理が行えない状況にある。また、鉢を付けて掘り取るという従来の方法は、運搬に際して重量が嵩むこと等から鉢の大きさが小さくなる傾向にあり、根回しの不徹底と相俟って活着率を低下させる大きな要因となっている。保水剤を鉢の代わりに根系養生剤として利用することにより、掘り取り運搬作業を軽減させ、併せて活着率の向上を図れる可能性がある。

4) 干ばつ時の灌水剤

数年に1回程度訪れる夏季の乾燥時においては、活着後の樹木でも灌水を必要とする場合がある。このように灌水頻度が小さい場合には、スプリンクラー等の定置式灌水装置を使用することは一般に困難であり、道路の植栽地のような場所では撒水車等を用いた移動灌水に頼らざるを得ない。しかし、このような方法では植栽地の表面で流出する水が多く、土壌深く浸透させることは困難であり、灌水効果が長続きしないという問題がある。このような場合、膨潤保水剤を植栽地の表面に流し込むことによって、水の流失を防ぎ効率的な灌水が行なえる可能性がある。

5) その他の利用

その他、土壌からの水分蒸発を抑制するマルチングとしての利用も考えられるが、膨潤保水剤からの水分蒸発量が自由水面からのそれと同程度に多いことから実用性に乏しい。

5.2 土壌改良剤

土壌改良剤として保水剤に期待できる機能はいろいろ考えられるが、保水剤の特性を考慮すると、まず、保水力の向上を図る機能である。その機能を確認するため植栽試験を行った。

その結果、保水剤を混入した土壌では無降水、無灌水条件下で1年以上も生存可能なこと等、保水力向上機能としては極めて高い能力を有することを確認できた。しかし、同時に通気透水性の劣化等により植物の生育を阻害する等の弊害も認められ、今回の試験に用いた保水剤を土壌改良剤として使用するにあたっては、これらの弊害を排除する工夫が不可欠であることが明らかとなった。

1) 土壌改良剤に求められる機能

植栽用の土壌が具備すべき基本的条件は次の4項目であり、土壌改良剤として求められる機能もこれらの条件を整えることにある。保水剤には、このうち(2)の保水性の向上に関する効果を期待できる。

(1) 通気透水性に優れること。

植物の根は土壌中で呼吸活動を行っているため、土壌中には常に酸素が供給される必要がある。酸素の供給は、土壌粒子間の孔隙のうち比較的大きな孔隙によって行なわれ、そのガス交換は通常、降雨等の際に土壌水分が土壌中の粗大孔隙の中を移動することによって行われている。粗大孔隙が少なく土壌水分の移動が円滑に行なわれにくい土壌では植物の健全な生育が期待できない。

(2) 保水性に優れること。

植物は葉や茎を通じて蒸散活動（気孔から水分を放出する活動）を行っており、それに伴う水分の損失は根から吸収することによって補われている。このため、土壌中には常に適当な水分が確保されている必要があるが、土壌の水分は主として降雨に依存していることから、一定期間の無降雨状況に備えるためには、土壌がより多くの水分を貯蔵できることが求められる。土壌中の水分は、土壌粒子間の孔隙のうち比較的小きな孔隙によって保持されている。

(3) 保肥力（土壌養分保持能力）に優れること。

植物が光合成を行って生育していくには土壌からの養分供給が必要である。植栽土壌としては土壌中に植物の生育に必要な養分を豊富に含むことが望ましいが、土壌養分は消耗品であること、土壌中に養分が不足した場合でもその供給は施肥という形で比較的容易に行えること等から、あまり重要な要件とはならない。むしろ、施肥を前提とした場合、施肥効果の持続性を高めておくことが、施肥の頻度を低減できること等からより重要である。

(4) 生育阻害要因となる物質を含まないこと。

前3項目の条件を満足したとしても、強い酸性やアルカリ性物質、多量の塩類等、植物の生育に有害な物質を含んでいては良好な生育は期待できない。このため、植物の生育阻害要因となるこれらの物質を含まないことが重要である。

2) 植栽試験

(1) 試験方法

本試験では、保水剤を混入した土壤に樹木を植栽したものを長期間無降水、無灌水条件のもとに置き、土壤水分量の変化及び樹木生育状況を調査することにより土壤改良剤としての保水剤の保水力向上機能を確認した。試験区はマサ土（花崗岩の風化土）に異なる保水剤を混入した8個のほか、対照区として保水剤を混入しないマサ土だけの区及びマサ土にパーライトを20%混入した区を設定した。土壤改良剤としての総合的評価を得るには現場と同様な条件下で植栽試験を行う必要があるが、ここでは保水力向上単一の評価を目的としているため、各試験区における保水力の違いが明確に把握できるよう無降水、無灌水を条件としたものである。試験土壤にマサ土を使用したのは、植栽現場で保水力の不足が問題となるのは主に砂質系の土壤であり、そのなかで植栽土壤として最も一般的に使用されているのがマサ土であることによる。対照区としてパーライト区を加えたのは、現在市販されている土壤改良資材の中では最も優れた保水力向上機能を有していることによるものである。

試験は、所定量を計量し、取り分けた保水剤8製品を水道水で膨潤させ、それぞれ0.4m³のマサ土に混入かく拌の後ライシメーター（1m×1m×0.5m）8個に充填し試験区とした。各試験区における保水剤の混入率は、試験区毎に保水剤の製品が異なること、また製品毎の混入率はマサ土に混入した場合の透水性が植物の生育に影響を及ぼさない範囲（ $<1.0 \times 10^{-3}$ ）における最大混入率をあらかじめ製品毎に求めておき、それに基づいて決定したことから、0.25%~0.90%までと一様ではない。また対照区として、マサ土のみ0.4m³を充填した区及びマサ土0.4m³に20%（体積率）のパーライトを混入した区を設けた。パーライトの混入率は現場における平均的な混入率が20%前後であることに基づくものである。これら8個の試験区及び2個の対照区にそれぞれネズミモチ3本及びサツキ8株を植栽の後、1試験(対照)区当たり150ℓの水を灌水した。灌水後液肥（ハイポネックス；N：P：K=5：10：5；100倍液）を1区あたり10ℓづつ散布し、さらに10ℓづつの灌水を行った。灌水後1昼夜放置した後、以後ガラス室の中で無降水、無灌水の状態に置き、定期的に各ライシメーターの重量を測定することによって水分量の変化を調べた。また試験植栽木の活力度（樹勢）について、図5-3、5-4の中に示すような判定基準を設け、目視により定期的に判定した。

なお、植栽日及び最終灌水日は昭和62年9月17日である。

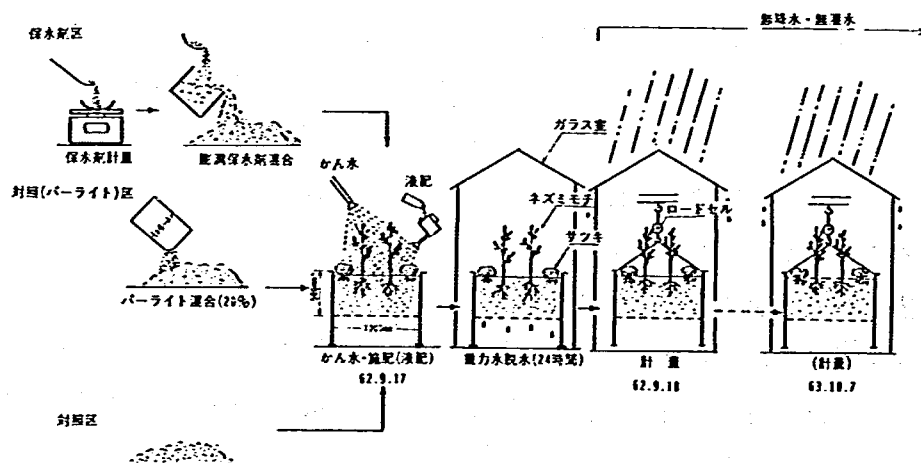


図5-1 土壤改良の試験

3) 試験結果

各試験(対照)区の水分量の変化を図4-2に、樹木の活力度の変化を図4-3(サツキ)及び図4-4(ネズミモチ)に示した。また図4-5は、植栽後約2ヵ月経過した11月26日時点で、ライシメーター中の土壌を内径75mmの塩化ビニル製の筒を用いて垂直方向に抜き取り、土壌の深さ別の含水比を測定したものである。写真5-1は植栽から無降水、無灌水状態で40日経過後の生育状況、写真5-2は同じく約6ヵ月経過した後の生育状況、写真5-3は同じく約1年経過した後の生育状況を示したものである。

図5-2によると、保水剤を混入した各試験区の保水量は、いずれも2つの対照区を常に上回っているのが分かる。特に対照区のひとつとして設定したパーライト混入区をも上回っているということは、パーライトが保水力向上に関しては従来の土壌改良資材の中では最も高い機能を有していることを考慮すると、少なくとも保水力向上に関しては、非常に優れた改良効果を有しているということがいえる。

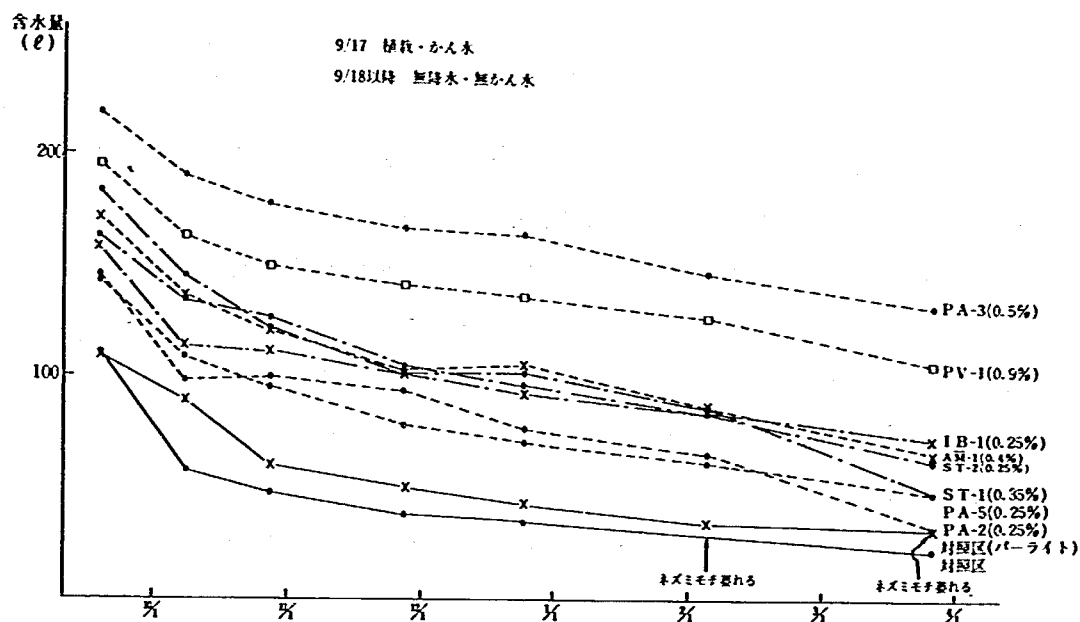


図5-2 保水剤混入土壌の保水量の推移

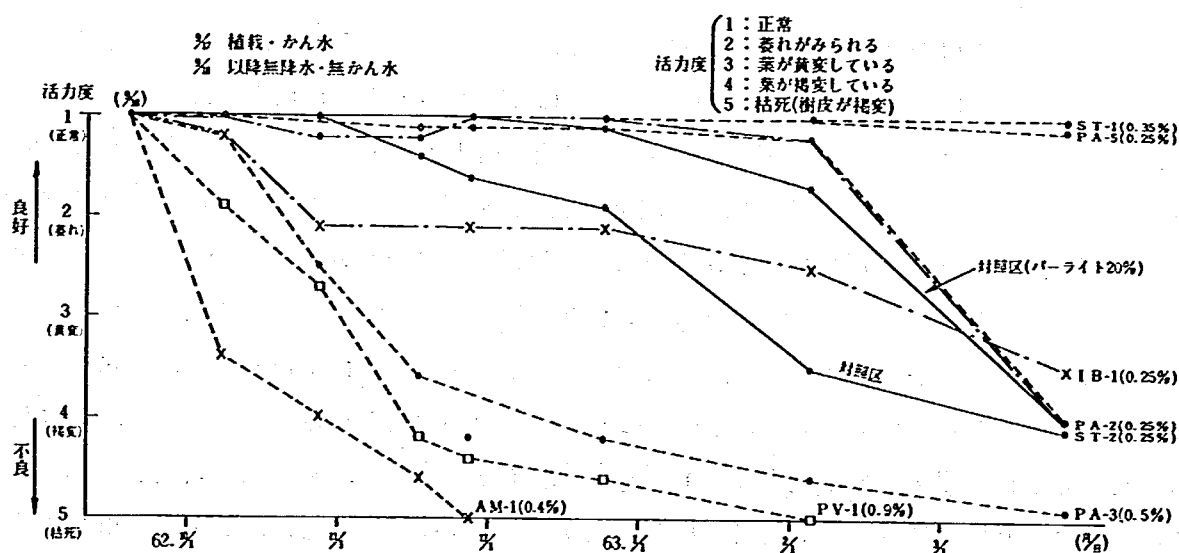


図5-3 保水剤混入土壌での樹木活力度の推移 (サツキ)

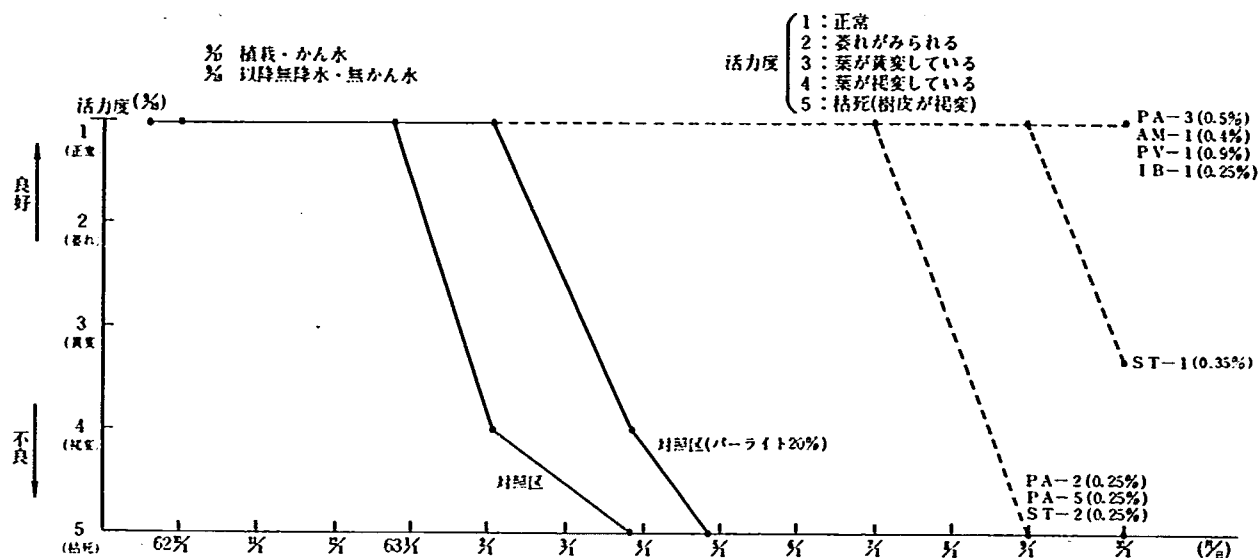


図 5-4 保水剤混入土壌での樹木活力度の推移 (ネズミモチ)

図5-3によると、サツキの活力度では保水剤を混入した試験区 8 試験区のうち過半数の 5 試験区において対照区を下回る結果となっており、その原因は樹木の衰弱状況等から湿害にあると考えられる(写真5-1参照)。各試験区における保水剤の混入率は、通気透水性が植物の生育に影響を及ぼさない範囲であることを確認のうえで決定したものであるが、活力度の劣る 5 試験区のうち 4 試験区は、保水剤の混入率が標準量の 0.25% を上回る 0.4~0.9% という高い混入率の試験区であり、結果として保水剤の大量施用により土壌の通気透水性の劣化を招いたものと考えられる。その原因については、保水剤が経時的に劣化(糊状化)を生じて通気透水性の阻害が進行したことが考えられ、これに対し予備試験における通気透水性の測定は保水剤混入直後に行ったためにそれを確認できなかったものと考えられる。

図5-4によると、ネズミモチの活力度では保水剤を混入した試験区はいずれも 2 つの対照区を上回る結果となっており、サツキに現われた湿害等の明確な現象は認められなかった。この結果の違いは、サツキとネズミモチの根の分布範囲は植栽時においてはほぼ同様であることから、ネズミモチがサツキに比較して湿害等の環境圧に対する耐性が高いことによるものと考えられる。また写真4-1にみられるように、ネズミモチは、半数の試験区において試験開始後 1 年以上に渡って無降水、無灌水条件下で生存し続けており、保水剤混入による保水力向上機能が極めて高いことを示している(写真5-3参照)。

図5-5によると、2 つの対照区では上層から下層までほぼ均一に乾燥が進んでいるのに対し、保水剤を混入した試験区においては表層の乾燥が進んでも下層部は湿潤を保っている状況が認められる。これは、前章4.2のなかで「保水剤混入土壌の水分移動性」として確認されているように、保水剤混入土壌中における水分移動が緩慢であるという性質に基づくものと考えられる。このことは、保水剤中に蓄えられた水分が植物根系の分布範囲外に不必要に拡散することなく、また土壌表面からの蒸発を抑制すること等により植物に効率的に利用される可能性を示す反面、通気透性が低下し、根腐れ等の生育阻害を引き起こす原因となる恐れがあることも示している。なお、一部の試験区において下層部よ

り中層部のほうが含水比が高い状況が認められるが、これはライシメーター底部が網状になっていることによりそこからの乾燥が進行した結果であると考えられる。

以上の試験結果により、土壌改良機能のうち保水力向上機能に関しては、保水剤が極めて高い機能を有することが確認された。これは、保水剤を混入することによって灌水時に大量の水分を確保できることも要因のひとつではあるが、それ以上に、保水剤混入土壌中での水分移動が緩慢であることにより、一旦土壌中に確保された水分が失われにくいという特性に起因していると考えられる。

このように土壌に保水剤を混入することによりその保水機能は格段に向上することが分かったが、その一方で保水剤の混入は土壌のその他の性質、特に通気性を阻害することが懸念される。この試験においても土壌水分が豊富な植栽初期の段階では、活力度評価に反映される程の差は認められないものの、サツキ、ネズミモチともに2つの対照区のほうが明らかに良好な生育状態を示しているのが観察されている。このことは、水分供給の乏しい特殊な条件下では、延命効果という点で保水剤が優れた機能を発揮するが、適当に水分供給が期待できる通常の条件下では保水剤の施用が生育を阻害する恐れがあることを意味している。このため、今回の試験に用いた保水剤を土壌改良剤として土壌に混入する場合は、土壌の通気透水性の劣化を防止するための工夫が必要不可欠であると言える。具体的方法としては、①通気透水性に優れた土壌、例えば砂質系の土壌に限って使用する。②保水剤の混入率は、混入する土壌毎にその限度について通気透水性による生育障害が生じないことを条件に確認し、その範囲内で決定する。ことが考えられる。

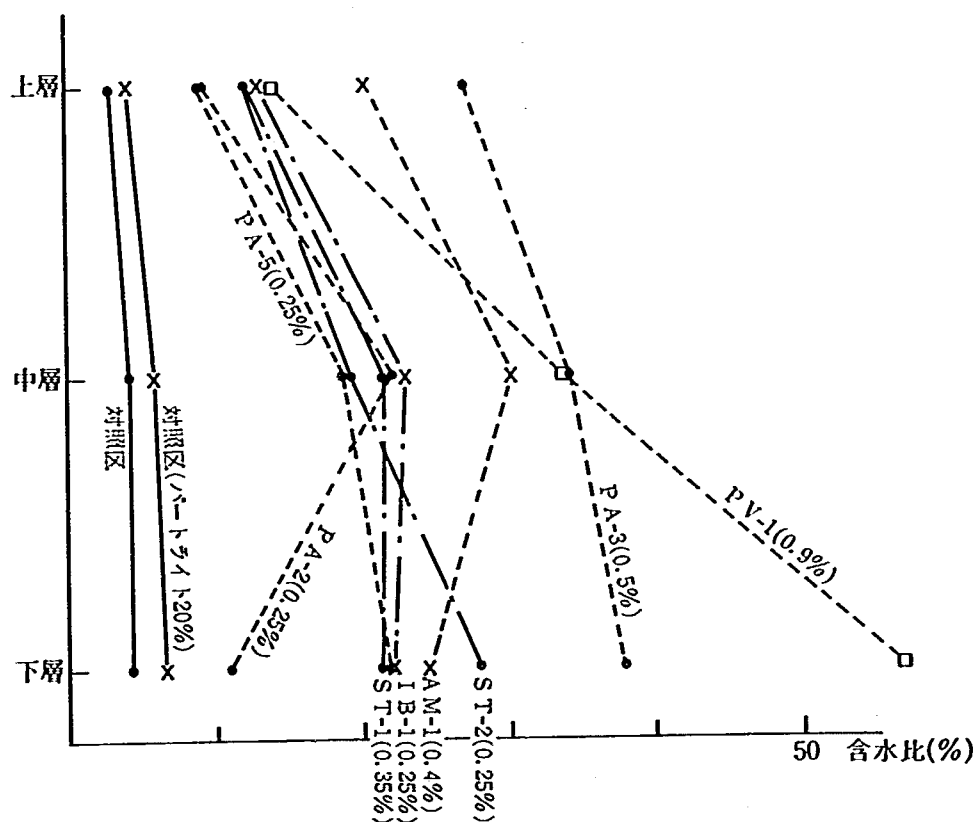
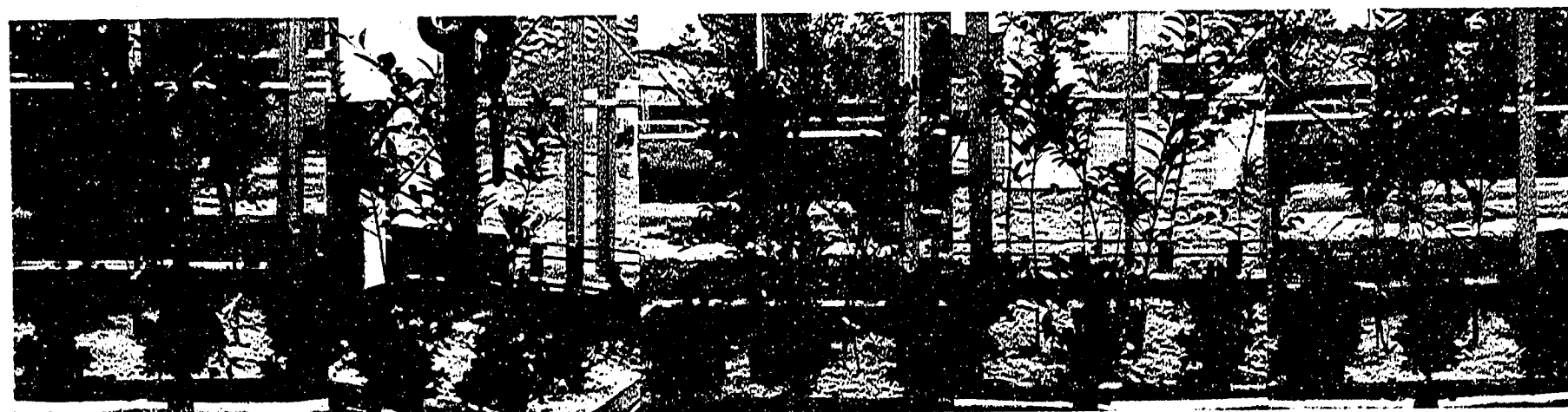


図5-5 保水剤混入土壌における含水比の垂直分布



対照区

対照区(パーライト20%)

P A-2(0.25%)

P A-3(0.5%)

P A-5(0.25%)



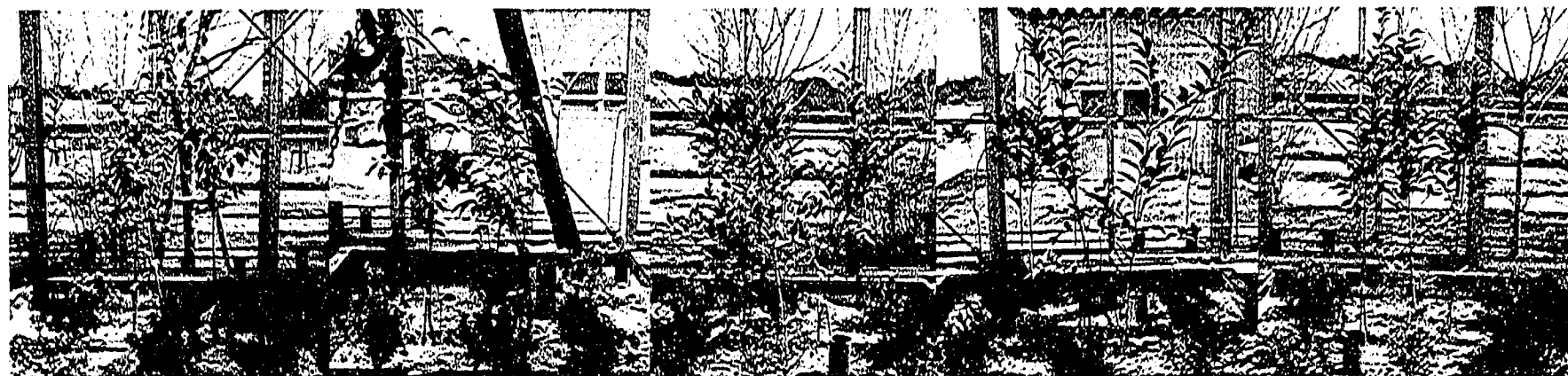
A M-1(0.4%)

P V-1(0.9%)

S T-1(0.35%)

S T-2(0.25%)

I B-1(0.25%)



対照区

対照区(パーライト20%)

P A-2(0.25%)

P A-3(0.5%)

P A-5(0.25%)



A M-1(0.4%)

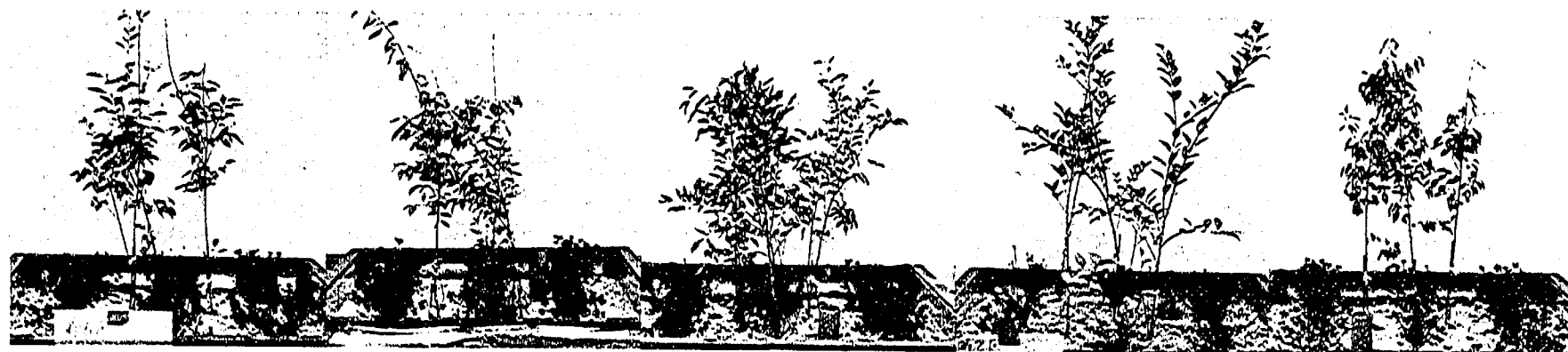
P V-1(0.9%)

S T-1(0.35%)

S T-2(0.25%)

I B-1(0.25%)

写真5-2 無降水・無かん水条件下約6ヶ月目のネズミモチ・サツキツツジの生育状況 (S. 63. 3. 14)



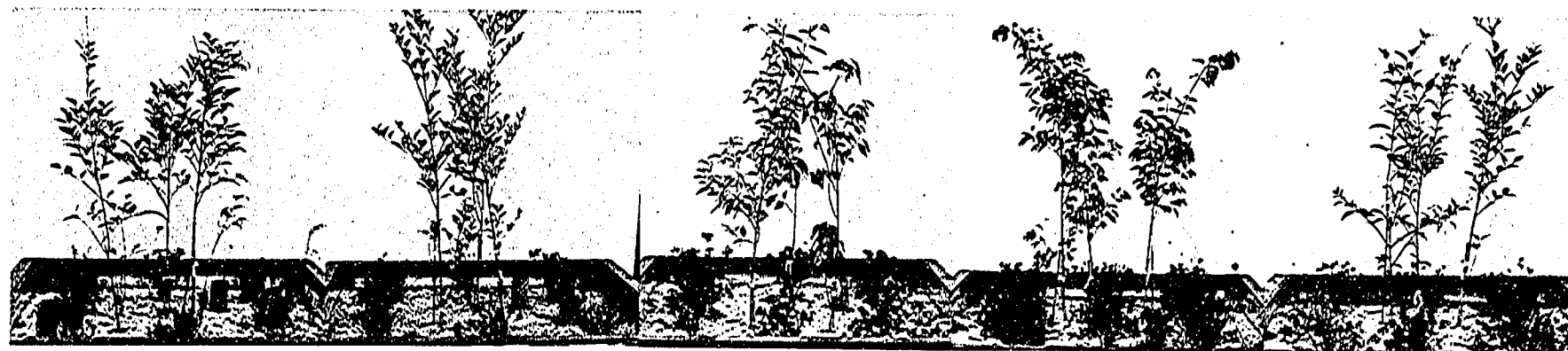
対照区

対照区(パーライト20%)

P A-2(0.25%)

P A-3(0.5%)

P A-5(0.25%)



A M-1(0.4%)

P V-1(0.9%)

S T-1(0.35%)

S T-2(0.25%)

I B-1(0.25%)

写真5-3 無降水・無かん水条件下約1年目のネズミモチ・サツキツツジの生育状況 (S. 63. 10. 7)

5.3 植栽直後の水分補給剤

保水剤の樹木植栽直後の水分補給剤としての効果を確認するため、土木研究所と地方建設局技術事務所が共同で同一のテーマについて調査研究する「技術管理業務Aテーマ」の一環として、各種の植栽試験を行った。

その結果、いずれの試験においても保水剤を用いたことによる効果は確認できなかった。その原因としては、保水剤の施用によってもたらされた根に対する水分供給の効果が保水剤が有すると考えられる植物に対する生育阻害要因によって相殺されたこと等が考えられる。

1) 試験方法

試験は、次の試験1～試験3の方法により、いずれも樹木植付けにあたって樹木の根の周囲に保水剤を施用することによる活着率の向上の有意差を確認することによって行った。試験植栽の時期はいずれも夏季としたが、これは春や秋のいわゆる植栽適期に植栽したのでは通常の植栽方法（対照区）でも90%以上の活着率を示すのが普通であり、試験区との有意差を見出すことが困難であると判断したことによる。

(1) 試験1（「ポット育成・振るい根苗」による試験）

試験地は、所定の土壌を厚さ40cmに盛土造成し、表面にバーク堆肥10ℓ/㎡を散布した後、深さ20cmまで耕耘混合した。

供試樹木は、ポット育成苗木（樹高1m程度）を水洗いしたものとし、樹種は各地建で2～3樹種ずつとし、4地建で6樹種を用いた。ポット育成苗木を使用したのは、植栽に際しての根の損傷が少ないため材料による誤差を最小限に抑えることができることによる。根を水洗いしたのは、保水剤使用による効果（影響）を短期間のうちにより明確に把握したいという意図からである。

植栽に先立って、植栽するための植穴を掘削した後、掘削土を2ℓ計量し取り分けた。次に、植穴の底に緩効性固形肥料（N：P：K=23：2：0）を1ヵ所あたり3個（N量で約10g相当）施用の後、取り分けた残りの掘削土を用いて覆土した。植栽にあたっては、保水剤施用区について、土壤混入区とドブ漬け区の2つの試験区を設けるとともに、保水剤を施用しない対照区を設けた。各試験区における植栽方法は、図5-6のとおり、各地建における試験内容は、表5-1のとおりである。

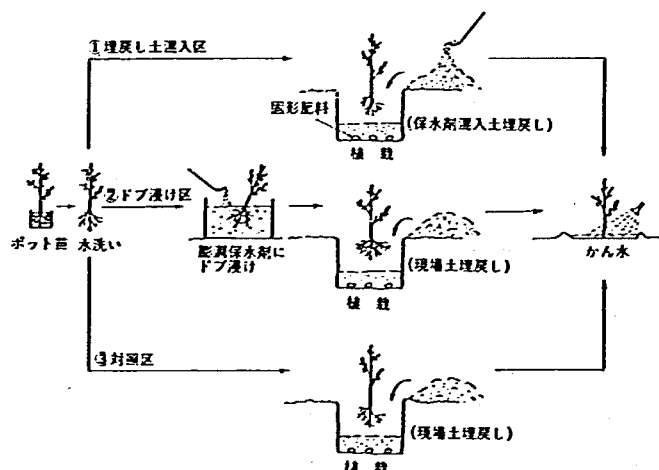


図5-6 「ポット育成・振るい根苗」による試験

表5-1 「ポット育成・振るい根苗」による試験概要

① 北海道開発局（試験地・札幌市）

樹 種	試 験 区	保 水 剤		供試本数
		製 品	混入率(%)	
イタヤカエデ	①埋戻し土混入区	PA-1	0.3	各16本
		-2		
		-3		
		-4		
		-5		
		-8		
		-9		
		AM-1		
		PV-1		
		-2		
		ST-1		
		-2		
		IB-1		
		CM-1		
	②フツ掛け区	PA-3	—	
	③対 照 区	—	—	
ト ド マ ッ	①埋戻し土混入区	PA-2	0.3	各16本
		-3		
		-4		
		PV-1		
		ST-2		
		CM-1		
	③対 照 区	—	—	

③ 中国地方建設局（試験地・広島市）

樹 種	試 験 区	保 水 剤		供試本数
		製 品	混入率(%)	
ケ ヤ キ	①埋戻し土混入区	PA-3	0.3	各10本
		-4		
		PV-2		
		IB-1		
	②フツ掛け区	PA-3	—	
	③対 照 区	—	—	
マ テ バ シ イ	①埋戻し土混入区	PV-2	0.3	各10本
		IB-1		
カイヅカイブキ	①埋戻し土混入区	PV-2	0.3	各10本
		IB-1		

② 関東地方建設局（試験地・千葉市松戸市）

樹 種	試 験 区	保 水 剤		供試本数
		製 品	混入率(%)	
ケ ヤ キ	①埋戻し土混入区	PA-1	0.3	各16本
		-2		
		-3		
		-4		
		-5		
		-8		
		-9		
		AM-1		
		PV-1		
		-2		
		ST-1		
		-2		
		IB-1		
		CM-1		
	②フツ掛け区	PA-3	—	
	③対 照 区	—	—	
マ テ バ シ イ	①埋戻し土混入区	PA-2	0.3	各16本
		-3		
		-4		
		PV-1		
		ST-2		
ヒマラヤスギ	①埋戻し土混入区	PA-2	0.3	各16本
		-3		
		-4		
		PV-1		
		ST-2		
		CM-1		

④ 九州地方局（試験地・福岡市）

樹 種	試 験 区	保 水 剤		供試本数
		製 品	混入率(%)	
ケ ヤ キ	①埋戻し土混入区	PA-1	0.3	各16本
		-2		
		-3		
		-4		
		-5		
		-8		
		-9		
		AM-1		
		PV-1		
		-2		
		ST-1		
		-2		
		IB-1		
		CM-1		
	②フツ掛け区	PA-3	—	
	③対 照 区	IB-1	—	
マ テ バ シ イ	①埋戻し土混入区	PA-2	0.3	各16本
		-3		
		-4		
		PV-1		
		ST-2		
カイヅカイブキ	①埋戻し土混入区	CM-1	0.3	各16本
		PA-2		
		-3		
		-4		
		PV-1		
		ST-2		
		CM-1		

① 土壌混入区

樹木の根を水洗いした後、取り分けた掘削土 2 ℓ に対して 6 cc (体積率 0.3%) の乾燥保水剤を混入かく拌し、埋め戻しながら植栽し灌水した。

② ドブ漬け区

樹木の根を水洗いし、水道水でゲル化させた膨潤保水剤にドブ漬けした後、取り分けた掘削土 2 ℓ を埋め戻しながら植栽し灌水した。

③ 対照区

樹木の根を水洗いした後、取り分けた掘削土 2 ℓ を埋め戻しながら植栽し灌水した。

(2) 試験 2 (「露地育成・鉢付き根樹木」による試験)

試験地造成は、試験 1 と同様としたが、盛土厚を 2 倍の 80 cm とした。

供試樹木は、露地育成苗木 (平均樹高 3 m) を鉢付き (根に土を付けた状態で掘り取ること) で掘り取り、水洗いせず鉢付きのままとした。樹種及び実施地建等は、試験 1 と同様としたが、中国地建は除外し、3 地建で実施した。

試験区の設定及び植栽方法も試験 1 と同様としたが、試験 1 に比べて供試樹木の形状寸法が大きいことから、植栽のために取り分ける掘削土壌の量は 100 ℓ、肥料の量は 1 か所あたり 15 個 (N 量で約 50 g 相当)、土壌混入区に施用する保水剤の量は 300 cc (体積率 0.3% は同じ) とした。各試験区における植栽方法は、図 5-7 のとおり、各地建における試験内容は、表 5-2 のとおりである。

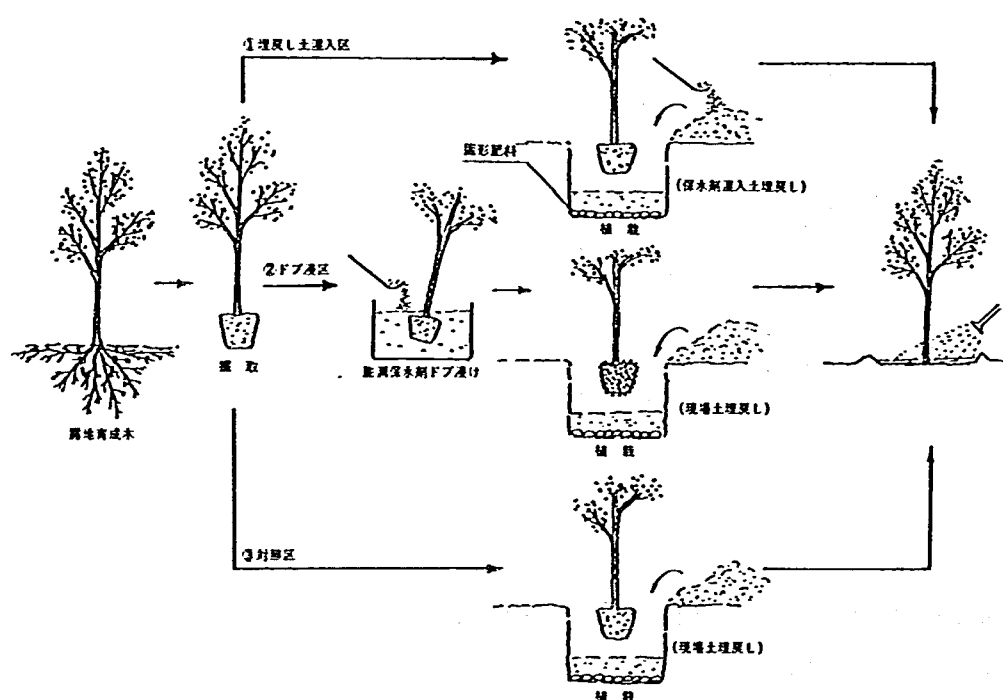


図 5-7 「露地育成・鉢付き根樹木」による試験

表 5-2 「露地育成・鉢付き根樹木」による試験概要

① 北海道開発局（試験地・札幌市）

樹 種	試 験 区	保 水 剤		供試本数
		製 品	混入率(%)	
イタヤカエデ	①埋戻し土混入区	PA-2	0.3	各7本
		-3		
		-4		
		PV-1		
		ST-2		
		CM-1		
	②ドブ掛け区	PA-3	—	
	③対 照 区	—		
ト ド マ ツ	①埋戻し土混入区	PA-2	0.3	各7本
		-4		
		PV-1		
	③対 照 区	—		

③ 九州地方建設局（試験地・福岡市）

樹 種	試 験 区	保 水 剤		供試本数
		製 品	混入率(%)	
ケ ヤ キ	①埋戻し土混入区	PA-2	0.3	各 7 本
		-3		
		-4		
		PV-1		
		ST-2		
		CM-1		
	②ドブ掛け区	PA-3	—	
	③対 照 区	—		
マデバシイ	①埋戻し土混入区	PA-2	0.3	各 7 本
		PV-1		
ヒマラヤスギ	①埋戻し土混入区	PA-2	0.3	各 7 本
		PV-1		

② 関東地方建設局（試験地・千葉県松戸市）

樹 種	試 験 区	保 水 剤		供試本数
		製 品	混入率(%)	
ケ ヤ キ	①埋戻し土混入区	PA-2	0.3	各 7 本
		-3		
		-4		
		PV-1		
		ST-2		
		CM-1		
	②ドブ掛け区	PA-3	—	
	③対 照 区	—		
マデバシイ	①埋戻し土混入区	PA-2	0.3	各 7 本
		PV-1		
ヒマラヤスギ	①埋戻し土混入区	PA-2	0.3	各 7 本
		PV-1		

(3) 試験 3（「露地育成・振るい根樹木」による試験）

試験地造成は、試験 2 と同様とした。

供試樹木は、露地育成苗木（樹高 3 m 程度）を鉢付き（根に土を付けた状態で掘り取ること。）で掘り取るまでは試験 2 と同様であるが、植栽前に水洗いして鉢土を落した。各試験区における植栽方法は、図 5-8 のとおり、各地建における試験内容は、表 5-3 のとおりとした。

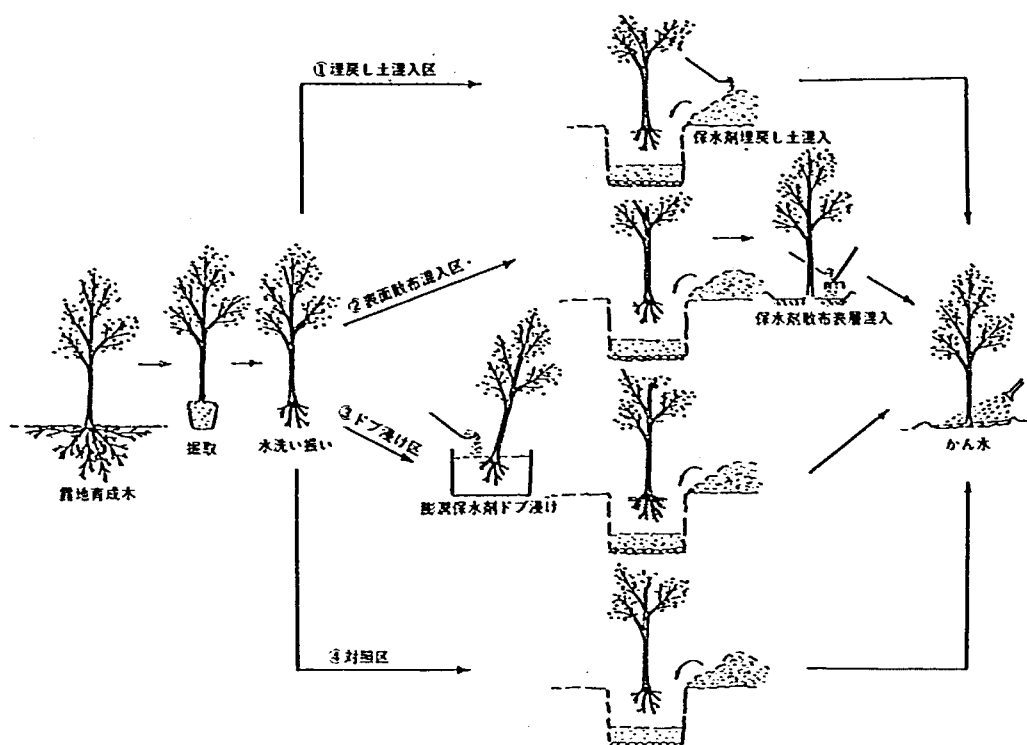


図5-8 「露地育成・振るい根樹木」による試験

表5-3 「露地育成・振るい根樹木」による試験概要

土木研究所（試験地・茨城県つくば市）

樹 種	試 験 区	保 水 剤		供試本数
		製 品	混入率・量	
ケ ヤ キ	①埋戻し土混入区	PA-4	0.1 %	各 7 本
			0.3	
			0.5	
			1.0	
		ST-1	0.05%	
			0.1	
			0.3	
			0.5	
		IB-1	0.05%	
			0.1	
			0.3	
			0.5	
	②表面散布混入区	PA-3	300 g	
		IB-1		
	③ドブ浸け区	PA-3	—	
		IB-1	—	
	④対 照 区	—		

2) 試験結果

試験1の結果を図5-9～5-12に、試験2の結果を図5-13～5-15に、試験3の結果を図5-16～5-18に示す。また、試験1～3について最終活着率を表5-4に示す。

これらの結果をみる限り、「埋め戻し土混入区」、「ドブ浸け区」とともに保水剤を使用したことによる効果は認められない。逆に図4-12の九州地建における「ポット育成・振るい根苗」のように、保水剤施用区の生存率が対照区に比べて明らかに劣っているものさえみられる。その原因としては次のようなことが考えられるが、一つの原因に特定することは困難である。

- ① 前章でも指摘しているように、土壌の通気透水性が劣化する等、保水剤施用に伴い植物の生育阻害要因が発生したことにより、保水力向上の利点が相殺された。
- ② 植栽時、又は植栽後の土壤水分条件があまりにも苛酷であったため、保水剤施用による土壤分保持効果も及ばなかった。
- ③ ②とは逆に、植栽時、又は植栽後の土壤水分条件が比較的良好であったため、保水剤施用による効果が顕著に現われなかった。この場合、生存率が低い点についての説明が必要であるが、樹木の活着の良否には土壤水分以外に、掘り取りに伴って樹木が受ける損傷の程度、苗圃での掘り取りから植栽までの間の樹木の品質管理の良否等、多くの要因が関与しており、今回の試験実施時期が樹木の生理上植栽に最も不適当な夏季であったことを考慮すると、土壤水分以外の要因により生存率や活力度が低下することが避けられないと考えられる。

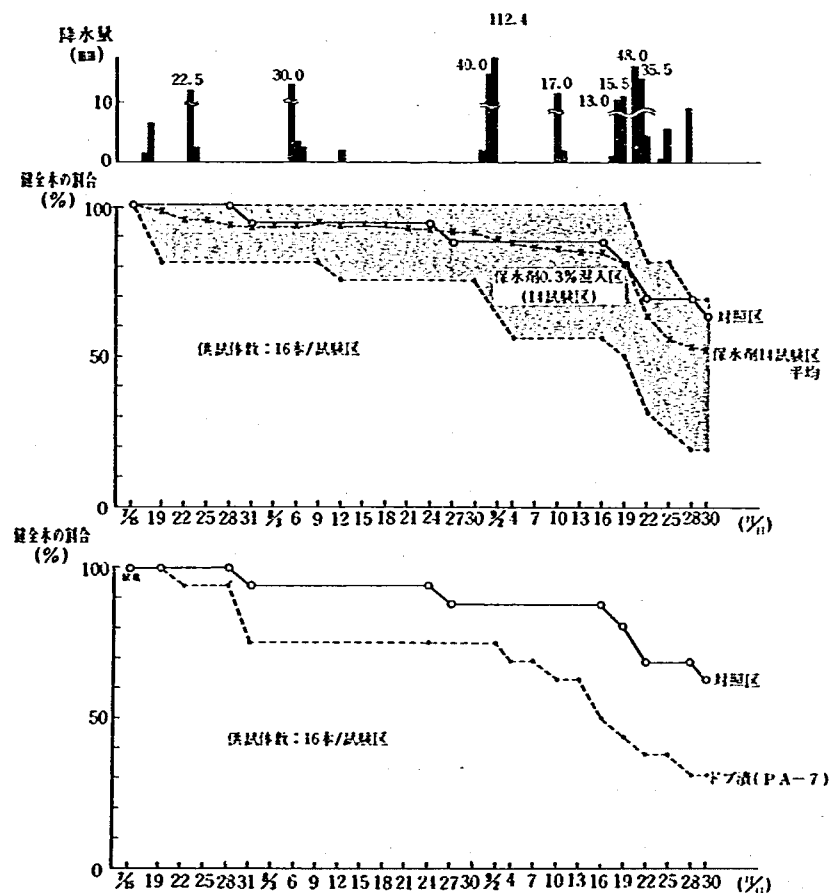


図5-9 植栽後の健全木の割合 (試験1・北海道・ポット育成・振るい根)

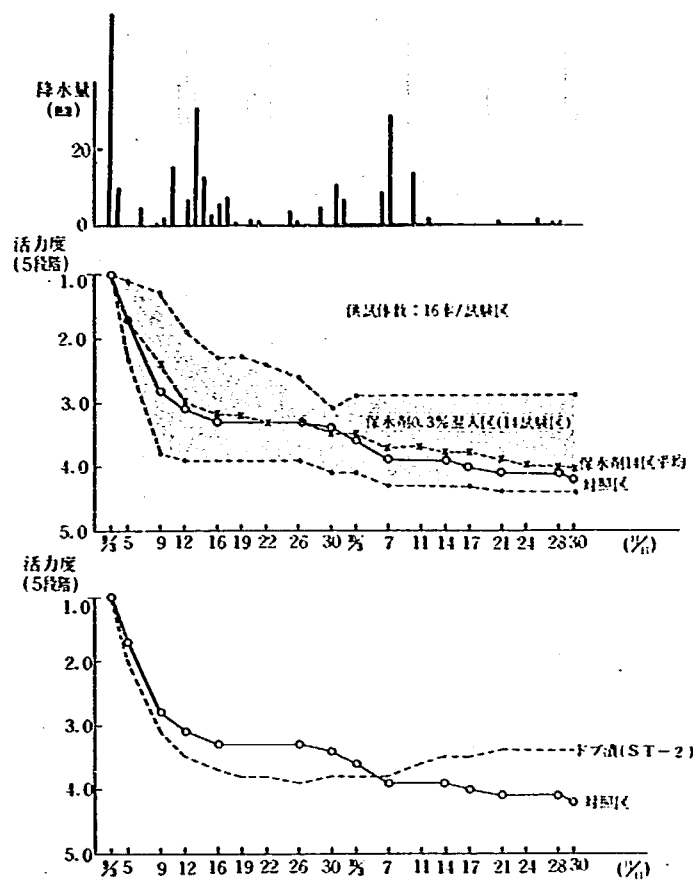


図 5-10 植栽後の活力度の推移 (試験1・関東・ポット育成・振るい根)

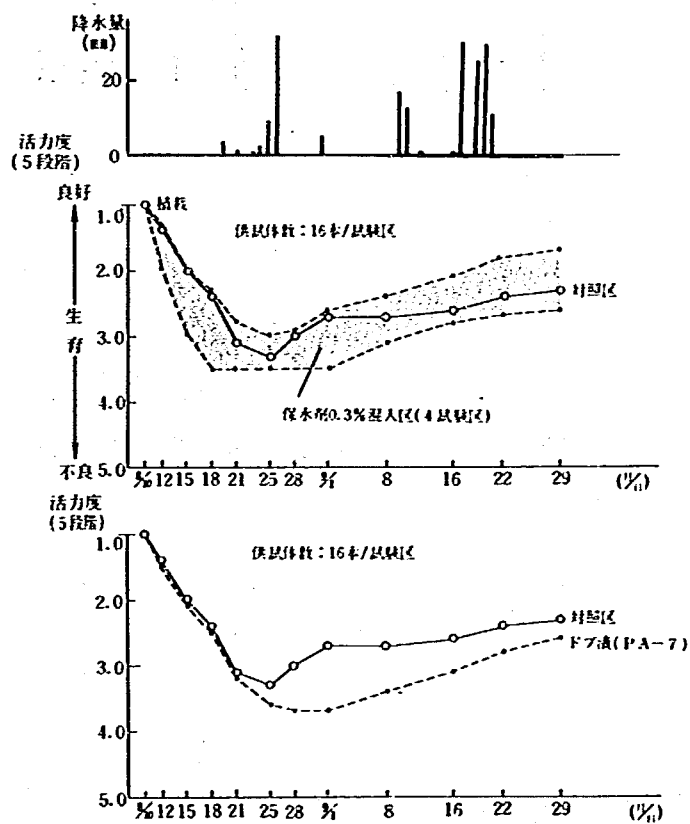


図 5-11 植栽後の活力度の推移 (試験1・中国・ポット育成・振るい根)

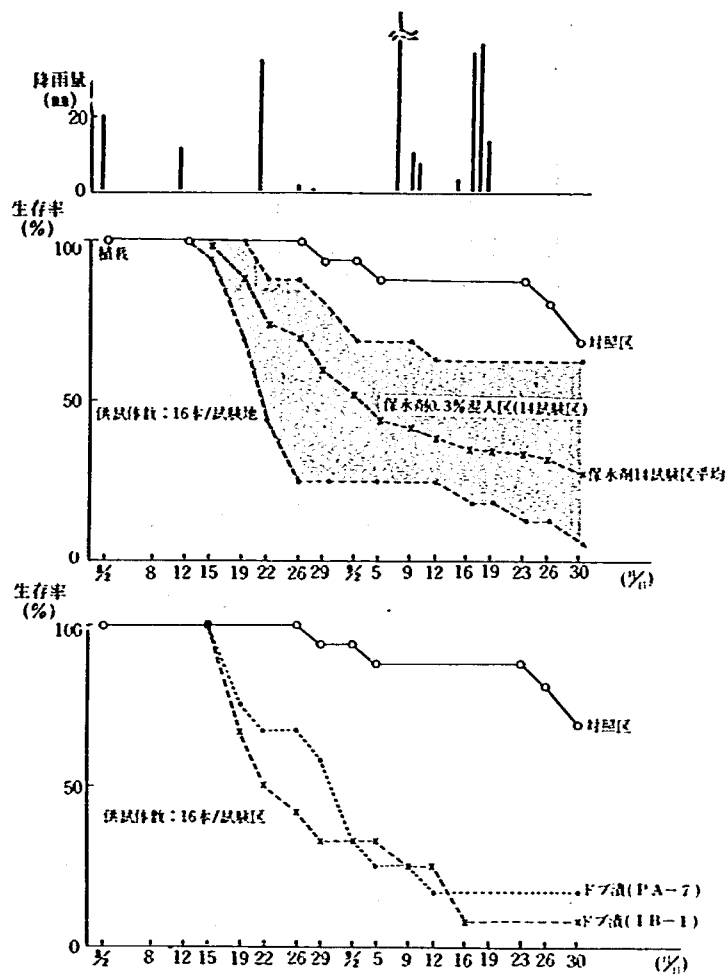


図 5-12 植栽後の活力度の推移 (試験1・九州・ポット育成・振るい根)

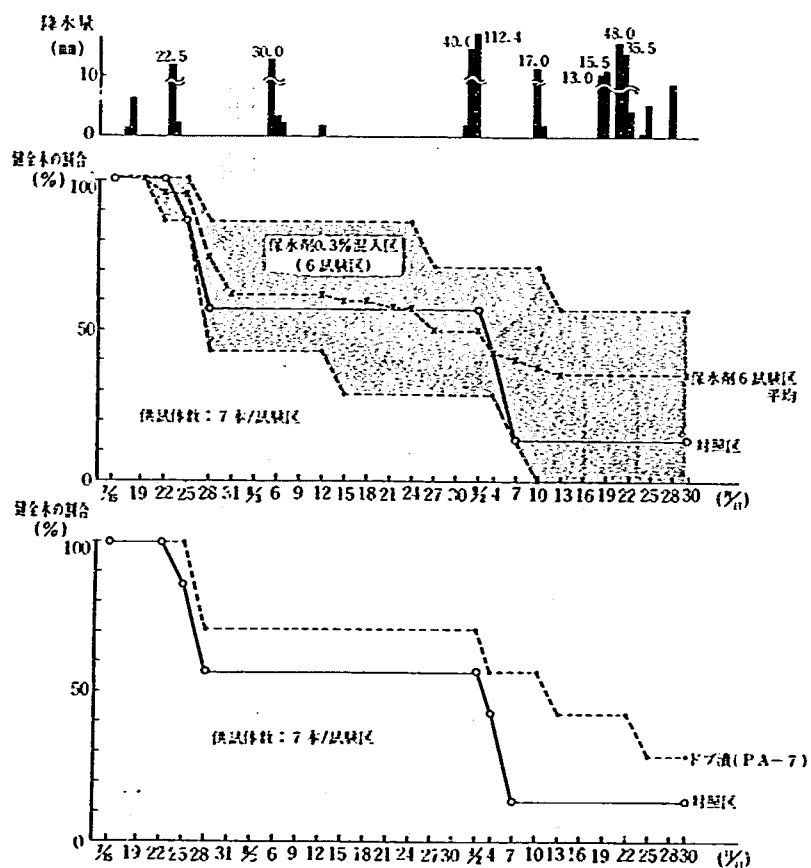


図 5-13 植栽後の健全木の割合 (試験2・北海道・露地育成・鉢付き根)

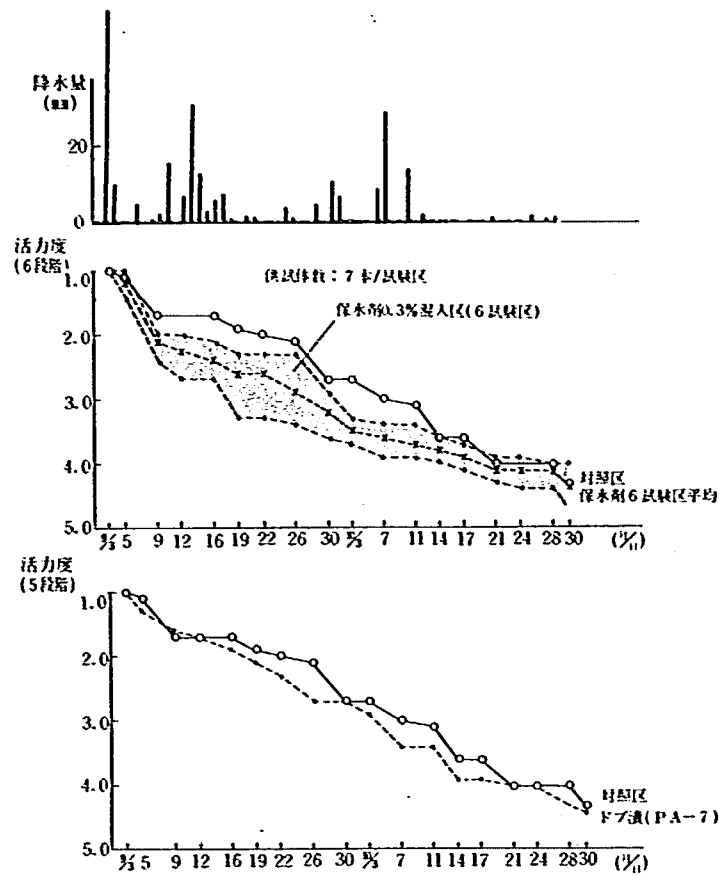


図5-14 植栽後の活力度の推移 (試験2・関東・露地育成・鉢付き根)

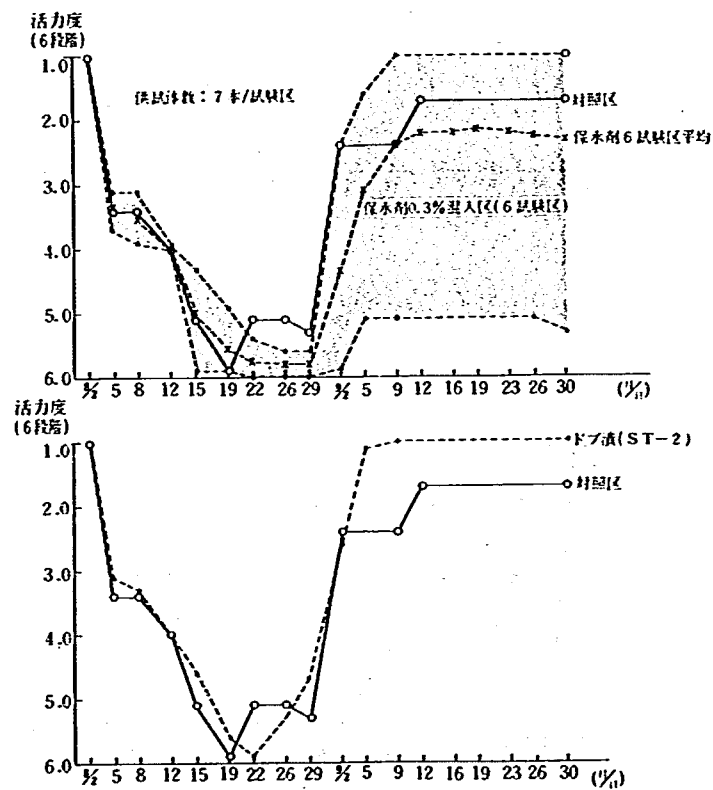


図5-15 植栽後の活力度の推移 (試験2・九州・露地育成・鉢付き根)

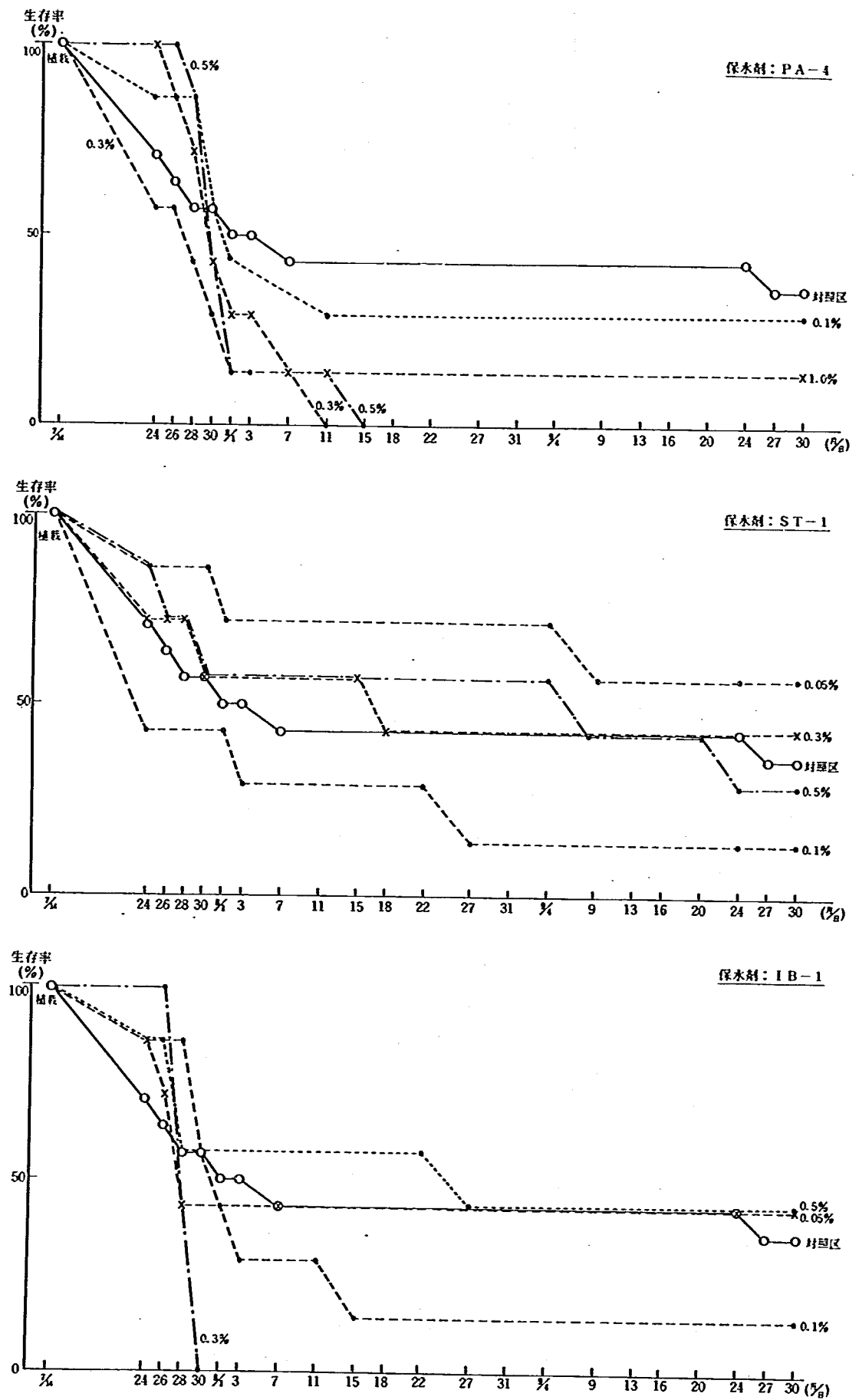


図 5-16 植栽後の生存率の推移 (試験 3・土研・露地育成・埋め戻し土混入区)

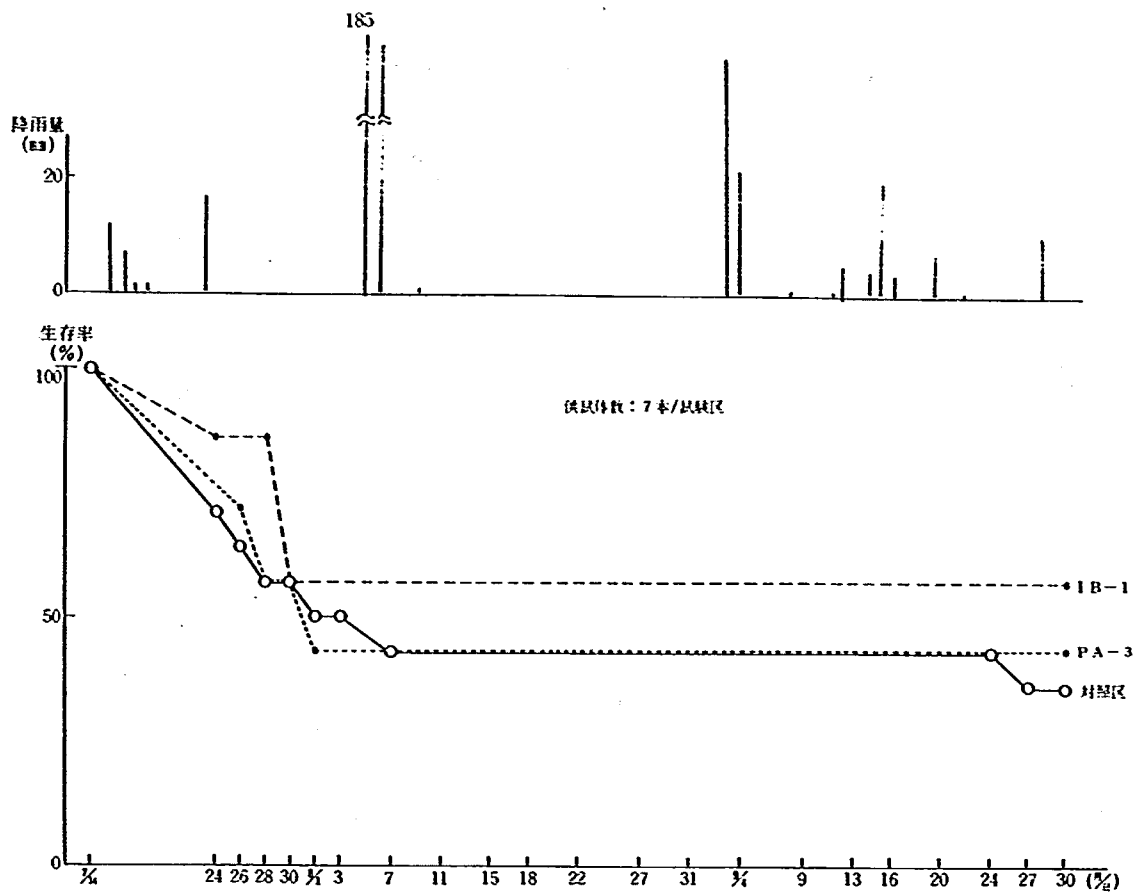


図 5-17 植栽後の生存率の推移 (試験 3・土研・露地育成・振るい根・表面散布混入区)

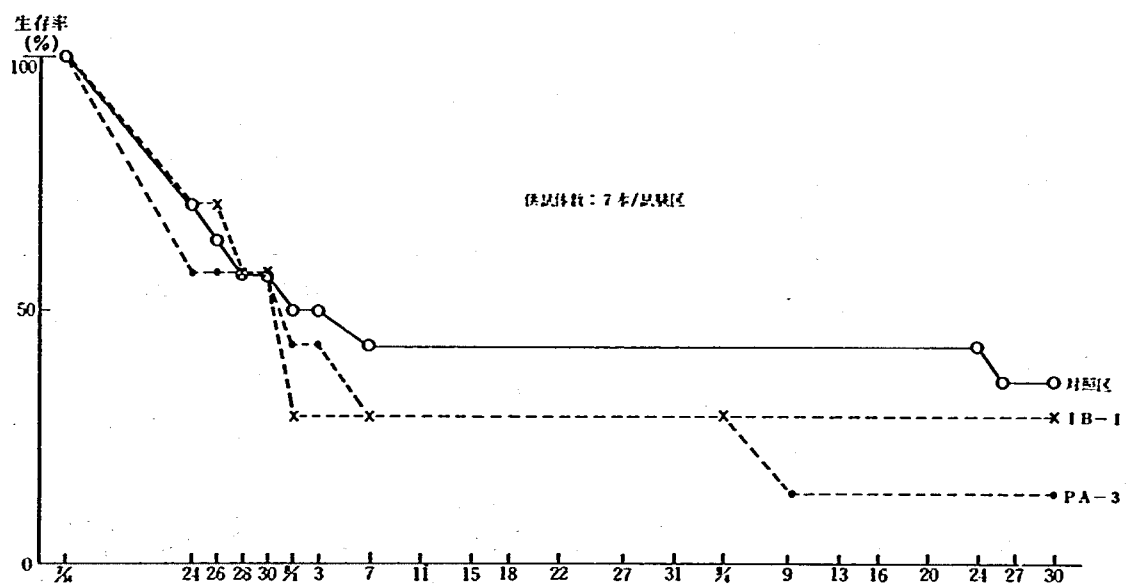


図 5-18 植栽後の生存率の推移 (試験 3・土研・露地育成・振るい根・ドブ浸け区)

表5-4 植栽時の灌水補助剤としての植栽試験活着率

① 枯損率 (試験1・ポット育成・振るい根)

試験方法 製品記号	北 海 道		関 東			中 国			九 州		
	イタカエテ	トドマツ	ケヤキ	マテバシイ	ヒマラヤスギ	ケヤキ	マテバシイ	カイヅカイブキ	ケヤキ	マテバシイ	カイヅカイブキ
(埋戻し土 0.3% 混入区)											
PA-1	0/16	—	0/16	—	—	—	—	—	15/16	—	—
-2	3/16	0/16	0/16	1/16	1/16	—	—	—	12/16	16/16	16/16
-3	0/16	0/16	0/16	0/16	1/16	—	—	—	12/16	16/16	16/16
-4	1/16	0/16	0/16	0/16	2/16	0/10	—	—	11/16	16/16	16/16
-5	0/16	—	0/16	—	—	—	—	—	10/16	—	—
-8	1/16	—	0/16	—	—	—	—	—	12/16	—	—
-9	0/16	—	0/16	—	—	—	—	—	10/16	—	—
AM-1	1/16	—	0/16	—	—	—	—	—	14/16	—	—
PV-1	1/16	2/16	0/16	0/16	2/16	—	—	—	12/16	16/16	16/16
-2	0/16	—	1/16	—	—	0/16	1/16	0/10	6/16	—	—
ST-1	0/16	—	0/16	—	—	—	—	—	14/16	—	—
-2	0/16	0/16	0/16	0/16	1/16	—	—	—	13/16	16/16	15/16
IB-1	2/16	—	0/16	—	—	0/10	2/10	4/10	10/16	—	—
CM-1	2/16	2/16	0/16	0/16	1/16	—	—	—	11/16	16/16	16/16
小 計	11/224	4/96	0/224	1/96	8/96	0/30	3/30	4/20	162/224	96/96	94/96
枯 損 率	4.9%	4.1%	0.0%	0.0%	8.3%	0.0%	15.0%	20.0%	72.3%	100%	97.9%
(ドブ浸け区)											
PA-3	3/16	—	0/24	—	—	0/10	—	—	10/12	—	—
IB-1	—	—	—	—	—	—	—	—	11/12	—	—
枯 損 率	18.8%	—	0.0%	—	—	0.0%	—	—	87.5%	—	—
(対照区)											
枯 損 率	1/16	0/16	0/16	—	—	0/10	—	—	6/16	—	—
	6.3%	0.0%	0.0%	—	—	0.0%	—	—	37.5%	—	—

② 枯損率

(試験2・露地育成・鉢付き根)

試験方法 製品記号	北 海 道		関 東			九 州		
	イタカエテ	トドマツ	ケヤキ	マテバシイ	ヒマラヤスギ	ケヤキ	マテバシイ	カイヅカイブキ
(埋戻し土 0.3% 混入区)								
PA-2	0/7	0/7	1/7	0/7	0/7	2/7	2/7	0/7
-3	0/7	—	0/7	—	—	6/7	—	—
-4	0/7	0/7	0/7	—	—	0/7	—	—
PV-1	0/7	0/7	1/7	0/7	0/7	0/7	3/7	2/7
ST-2	0/7	—	0/7	—	—	1/7	—	—
CM-1	0/7	—	0/7	—	—	1/7	—	—
小 計	0/42	0/42	2/42	0/14	0/14	10/42	5/14	2/14
枯 損 率	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%	0.0%	23.8%	35.7%	14.3%
(ドブ浸け区)								
PA-3	0/7	—	1/7	—	—	—	—	—
ST-2	—	—	—	—	—	0/7	—	—
枯 損 率	0.0%	—	14.3%	—	—	0.0%	—	—
(対照区)								
枯 損 率	0/7	0/7	0/7	—	—	1/7	—	—
	0.0%	0.0%	0.0%	—	—	14.3%	—	—

③ 枯損率

(試験3・露地育成・振るい根)

試験方法 製品記号(混入率)	土 研 ケヤキ
(埋戻し土混入区)	
PA-4 (0.10%)	5/7
(0.30%)	7/7
(0.50%)	7/7
(1.00%)	7/7
IB-1 (0.05%)	
(0.10%)	4/7
(0.30%)	6/7
(0.50%)	7/7
ST-1 (0.05%)	
(0.10%)	3/7
(0.30%)	6/7
(0.50%)	5/7
(表面散布混入区)	
PA-3	4/7
IB-1	3/7
(ドブ浸け区)	
PA-3	6/7
IB-1	5/7
(対照区)	
	10/14

5.4 移植時の根系養生剤

保水剤の樹木移植時の根系養生剤としての適性を確認するため、振るい根を保水剤にドブ浸けした後植栽する試験を行った。

その結果、樹木掘り取りから植栽後の相当期間樹木の根系に水分を供給し、萎れを防止する機能は認められたが、活着に必要な新葉や新根の出が阻害される傾向が認められた。

1) 試験方法

試験は、掘取り直後の樹木の根に膨潤保水剤を付着させることによる、掘取りから植栽までの間の樹木の衰弱防止効果について、活着率の有意差を確認することにより行ったものである。ここでは単に保水剤の効果のみでなく、保水剤を使用することによる工法上の利点も含めて検討することとした。すなわち、従来工法（根の周囲に土を着けて掘り取る方法）においては、軽量化を図る必要から根の掘取り範囲を小さくせざるを得ないため根の損傷が大きく、それが活着率を低下させる大きな要因となっている。これに対し、保水剤を根の乾燥防止に用いることができれば、振るい掘り（根の周囲に土を着けずに掘り取ること）が可能となり、その場合機械施工により大きく掘取り根の損傷を最小限に抑えることも可能となる。

試験にあたっては、まず樹木の掘取りに先立って、保水剤（製品記号：ST-2）を膨潤させたものを準備した。試験には樹高3m～4mのケヤキ150本を用いた。このうち100本については、ホイローダーを用いて、なるべく根系を切断しないよう掘り取り土壌を振るった後、樹木の根を直ちに膨潤保水剤にドブ浸けし、割布補強紙（商品名：ハイツフ）でくるみ日陰に静置した。これと同時に、対照区で用いる残り50本の樹木を従来の人力による方法で掘り取り、割布補強紙で鉢巻の後、同様に日陰に静置した。試験区の掘取りを対照区と異なる方法としたのは、単に保水剤の効果のみでなく、保水剤を使用することによる工法上の利点も含めて検討することを目的としたためである。

これらの作業を1日で終了し、その日のうちに試験地まで運搬静置し、ビニルシートで屋根掛けすると同時に、樹木全体をこもで覆い十分に散布した。

掘り取りの2日後（中1日）に、根を膨潤保水剤にドブ浸けしたもののうち50本及び人力により掘り取ったもの50本を植栽し、掘り取りの4日後（中3日）に、膨潤保水剤にドブ浸けしたものの残り50本を植栽した。対照区を中1日の1区のみとしたのは、試験時期が盛夏であることを考慮すると従来工法（対照区の方法）では中3日の静置に耐えられず、植付け前にほとんど枯死すると判断したことによる。

植栽にあたっては、鉢底に緩効性固形肥料（N:P:K=23:2:0）10個ずつ施用した後、厚さ10cm程度の覆土を行ったうえで水極めにより植栽した。

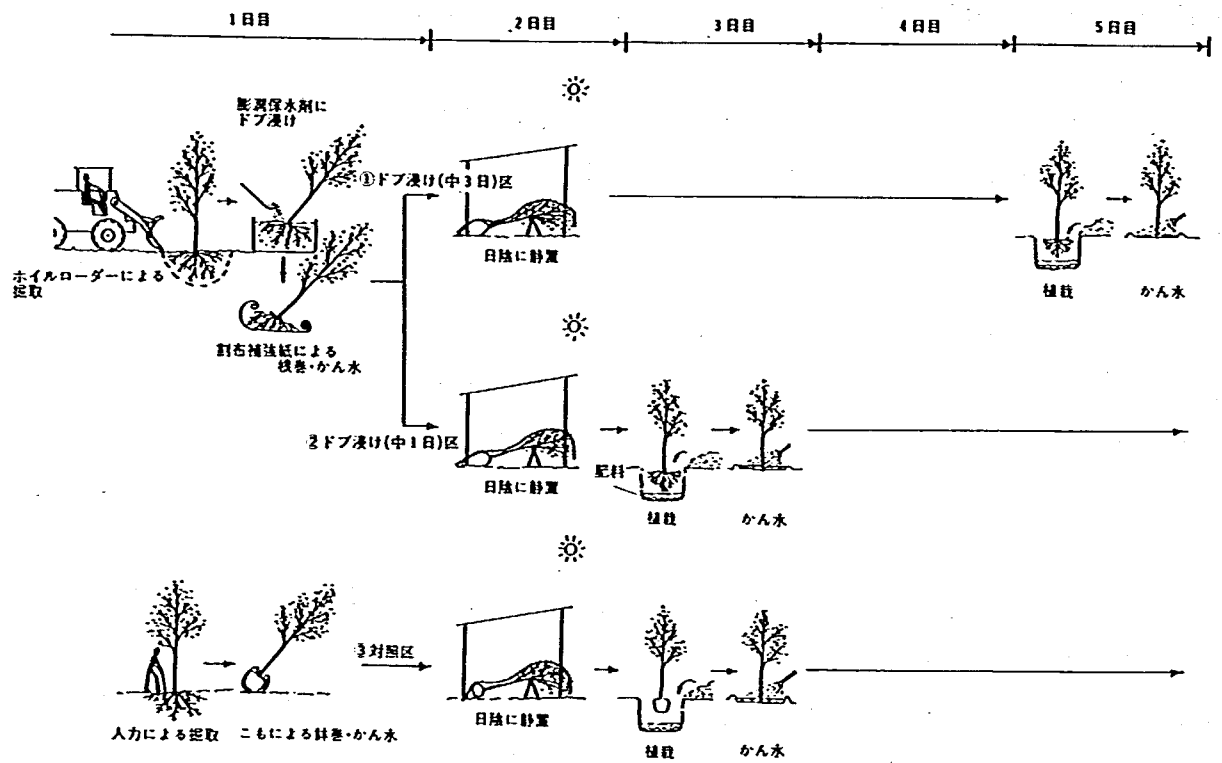
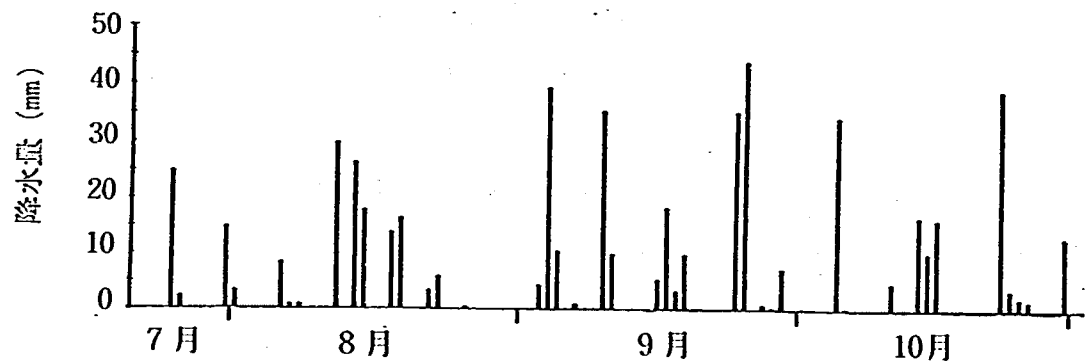


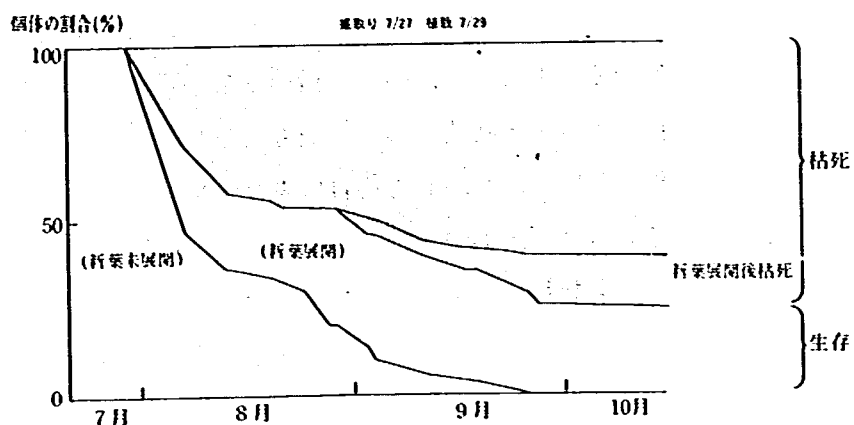
図 5-19 移植時の根系養生剤試験

2) 試験結果

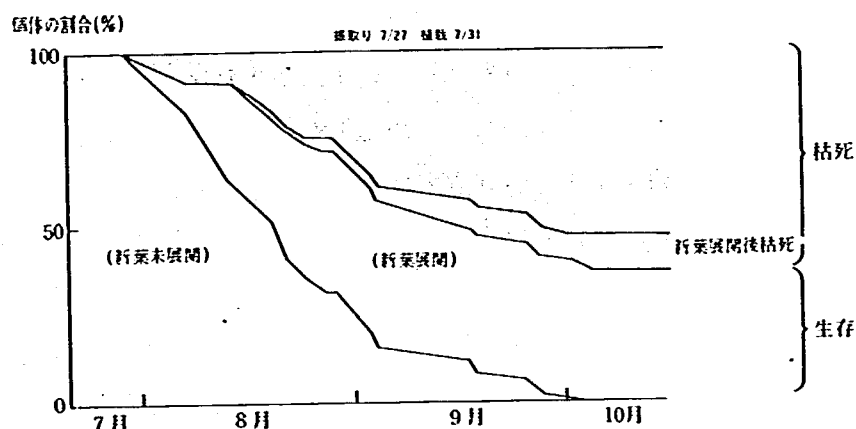
試験結果を図5-20に生存率の推移として示す。また、写真5-4に植栽1年後における対照区の樹木根系状況を、写真5-5に同じくドブ漬け区の樹木根系状況を示す。



① 保水剤ドブ浸け区 (中1日)



② 保水剤ドブ浸け区 (中3日)



③ 対 照 区 (中1日)

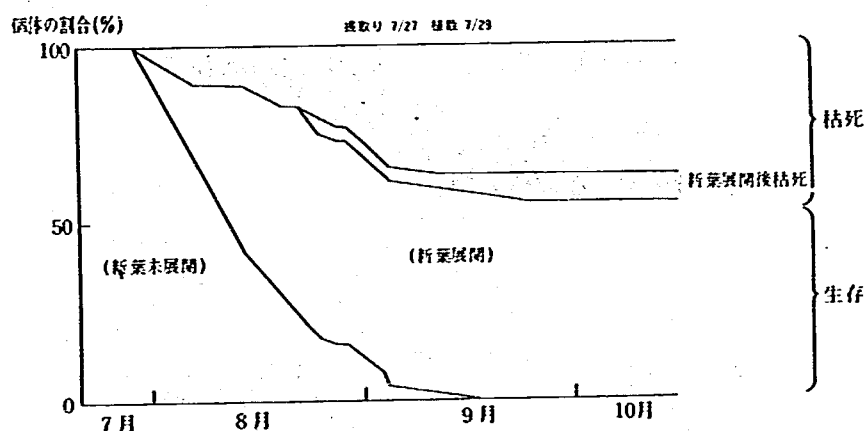


図5-20 保水剤を移植時の根系養生剤とした時の生存率

図5-20によると、最終的な活着率は、対照区の成績が最も良好であり、次いで保水剤ドブ浸け (中3日) 区、最も悪いのが保水剤ドブ浸け (中1日) 区となっている。活着までの過程をみると、対照区が植栽約1ヵ月後には新たな枯死がほとんどみられなくなっているのに対し、保水剤ドブ浸け区では2ヵ月近く経過しても新たな枯死が発生している。また新葉の展開状況をみると、対照区において最も多くの樹木が新葉を展開しており、保水剤ドブ浸け (中1日) 区での展開が最も少なく、新葉展開後の活着率も最も低くなっている。また、写真5-4及び5-5によると、ドブ浸け区では対照区に比較して根の密度が低いほか、対照区で見られるような新根の発生、発達がほとんど認められない。

これらの結果は、根を膨潤保水剤にドブ浸けすることによって活着が阻害されていることを伺わせる。活着阻害の具体的要因としては、前章で指摘しているように、通気性阻害のほか、保水剤に含まれていると考えられる生育阻害物質の影響等が考えられる。すなわち、膨潤保水剤が根系の周囲を取り巻き、その呼吸を困難にしたり、有害物質により発根が阻害されている恐れがある。ただし、写真5-4及び5-5においてドブ浸け区での発根状況が悪いのは、植栽時に根を切断しなかったことが原因している可能性もある。すなわち、根の切断は新しい根の発生を促すことが知られていることから、掘取りの時点で根が切断された対照区では新根の発生が促進されたのに対し、根の切断が少なかったドブ浸け区ではそれがなかったということが考えられる。

一方、保水剤ドブ浸け（中3日）区においては、8月上旬の晴天下という最も気温の高い条件下で3日間静置してもほとんど萎れが認められず、「中1日区」との間の活着率においても差がみられなかった（「中3日区」の方がややよい。）。このことから、根を膨潤保水剤にドブ浸けすることは、樹木に水分を供給し萎れを防止するという点では効果があると考えてよい。

以上を総合すると、植物の生育に障害となるような要因を排除できれば、膨潤保水剤を樹木移植時の根系養生剤として使用することは、樹木の衰弱を防止し活着率を向上させるうえで有効な手段となるものと考えられる。生育障害を排除する方法としては、植物の生育の障とならない新しい保水剤を開発することが最も重要である。現在流通している保水剤でも発根障害が比較的軽微な製品を選べば、膨潤保水剤が直接根に触れないように工夫することによって対応可能ではないかと考えられる。この場合、保水剤を紙か不織布でサンドイッチ状に挟んだもので包む方法等が考えられる。



写真5-4 対照区（従来工法）における発根状況



写真5-5 保水剤トブ浸け区における発根状況

6. まとめ・今後の課題

6.1 まとめ

道路緑化等の施工に保水剤を施用した場合の効果及び問題点をこれまでの試験研究の結果に基づいて列挙する。

(保水剤施用による一般的効果)

- ① 保水剤を混入した土壤では、保水力が高くなる。
- ② 保水剤を混入した土壤では、土壤中での水分移動が緩慢になり、水分拡散、蒸発等に伴う土壤水分の損失が抑制される。
- ③ 上記①及び②が相俟って、保水剤を混入した土壤では、無降水、無灌水の条件下でも1年以上という極めて長期間にわたって植物が生存可能な水分条件の維持が可能である。
- ④ 樹木の根を膨潤保水剤にドブ浸けすることにより、長期間にわたって根の乾燥及び樹木の萎れを防止することが可能である。

(保水剤施用による一般的问题点)

- ① 保水剤の種類を問わず、保水剤を混入した土壤では通気透水性が低下する。その程度は保水剤の混入率が高くなるほど、また保水剤混入土壤での含水率が高くなるほど大きくなる。このため、保水剤を混入した土壤は、わが国のように降水量の多い場所では過湿状態に陥りやすく、頻度の小さい干魃時における保水効果よりも通常時の過湿による弊害の方が大きくなる恐れがある。

通気透水性阻害の要因としては、膨潤保水剤が柔軟であることにより、土壤の孔隙が膨潤保水剤により隙間なく埋められてしまうことが考えられる。

土壤は、固相（土壤粒子）、液相（土壤水分）、気相（土壤空気）のいわゆる土壤三相により構成され、植物の良好な生育を期待するには、この土壤三相が適切な比率（固相：液相：気相＝40：30：30前後）にあることが必要である。このうち、固相及び液相部分の不足に対しては、それぞれ施肥管理や灌水等による対応が考えられるのに対し、気相部分の不足に対しては適切な対応手段が見当たらないことから、特に適切な気相率の確保が重要となってくる。保水剤の混入により保水力の向上を図る場合、固相部分が液相に置き代わる形で行なわれることが多いため、土壤の保水力を向上させようとすると通気透水性を損なうという、より重大な問題を生ずる恐れがある。

- ② 膨潤保水剤単独の培地では、根に対する明らかな生育阻害が認められる。生育阻害の要因としては、膨潤保水剤の糊状化現象による呼吸阻害が最も有力と考えられる。

以上の点を総合すると、現在流通している製品の使用を前提とする以上、道路緑化等の施工に保水剤を施用する場合、今回検討した次のいずれの用途においてもなんらかの障害が認められ、降水量が極めて少ない等の特殊な条件下ではともかく、一般的な植栽条件を前提とする以上、現時点での実用化にはまだ解決すべきいくつかの問題点が残されている。

(土壤改良剤としての問題点)

- ① 物理的な生育阻害要因は混入率を調整することにより回避することが可能であり、その場合化学的な要因が含まれるとしても実用上問題とならない程度まで緩和されるものと考えられるが、程度の如何を問わず、その施用に伴って土壤の他の性質が低下したり、植物の生育に障害を生ずる恐れのある資材は、土壤改良剤としては好ましくない。
- ② 通気透水性を損なわない程度の混入率では、従来の土壤改良剤を凌駕する程の劇的な保水効果は期待できない。その場合、より安全で施工実績のある既存の資材が有利である。
- ③ 土壤改良の目的は多くの場合通気透水性の向上にあり、保水力の向上は副次的な目的となる場合が多い。このため、保水力向上の単一機能のみでは土壤改良剤としては不十分である。

(土壤改良剤として使用する条件)

以上の諸問題を踏まえると、現在流通している保水剤を土壤改良剤として使用する場合は多くの点に留意する必要がある、少なくとも次の諸条件を満足する必要があると考えられる。

- ① 保水剤を土壤改良剤として使用できるのは、使用する土壤が極めて通気透水性に優れ、保水剤混入による通気透水性の低下が生じても植物の生育を阻害しない範囲にとどまる場合、または極めて保水力の乏しい土壤しか入手できず、通気透水性その他の土壤の諸性質をある程度犠牲にしても保水力の向上を図りたい場合等。
- ② 保水剤の混入率は、使用する土壤毎に通気透水性による生育阻害が生じない限界の混入率を求め、その範囲内とする。
- ③ 植栽する樹種は、過湿害等の環境圧に対する耐性の高いものが望ましいこと。

(移植時の根系養生剤としての問題点)

- ① 発根阻害現象が認められる。この場合、阻害要因が根の呼吸阻害等の物理的なものだけであれば、現在の製品でも施工方法等により阻害要因の排除がある程度は可能であると考えられるが、それが困難な化学的要因の存在も否定できない。
- ② 施工上の問題として、膨潤保水剤の粘着性が低いため、ドブ浸けによる方法が困難な製品が多い。ただし、粘着性を高めることは根の呼吸阻害を大きくすることにつながるため、製品の改良にあたっては、例えば、繊維状にして根にからませる方法等を考える必要がある。

(植栽直後の水分補給剤としての問題点)

前項①に同じ。

6.2 今後の課題

保水剤を緑化の施工において使用するには、現在流通している製品では種々の問題があり、即実用化というのは困難なことが分かったが、保水剤は、施用単位あたりの重量、荷姿が非常に小さく、梱包、運搬に要する経費をほとんど無視できるという利点を有している。これは、現在一般に使用されている土壤改良資材等でそのコストの多くを梱包、運搬に費やしていることを考慮すると、製品としての価格競争上非常に有利な点である。

今後の課題のうち、製品の改良については、土壌の代わりに植物の培地として用いても生育障害を生じない植物の生育に安全な製品の開発が待たれる。具体的には、なによりもまず、膨潤時の形態が堅固で糊状化現象を起こしにくいものが求められる。また膨潤保水剤からの浸出液に植物に有害な物質が含まれるとすれば、それのない製品が求められる。膨潤保水剤の糊状化については当初、耐久性すなわち、土壌中での効果の持続性という視点のみで検討していたが、今回の一連の試験研究の結果、土壌の通気透水性不良や根の呼吸阻害等をもたらす有力な要因であることが推定され、緑化における保水剤利用の最大の問題点として浮上してきた。このため、今後、緑化において保水剤利用を実用化するには、製品開発におけるこの点の改良が最大の課題となるものと考えられる。

現在流通している製品を使用する場合は、植物の生育を阻害する要因の少ない製品を選択したうえで、物理的要因を施工段階で排除する工夫を行うことが必要である。具体的には、既に触れたように、保水剤を不織布等からなる袋に封入して用いることが考えられる。今後、引き続きこれらの課題について研究していく予定であり、その成果が得られ次第再度報告することにした。

参 考 文 献

- 1) 増田房義「高吸水性ポリマー」高分子新素材 OnePoint-4, 高分子学会編
- 2) 八幡敏雄, 長川学「通気係数の測定とその利用」昭和60年度農業土木学会発表要旨集

(付録) データ集

第3章

(1) 保水剤の吸水量 (本文 図3-2、3-3、3-6)

(単位: ml/g)

製品番号	蒸 留 水									塩類溶液(120分)		凍結融解10回	60℃ 5日間
	1分	2分	3分	4分	10分	20分	30分	60分	120分	(2.3me/ℓ)	(23.0me/ℓ)	(120分)	(120分)
PA- 1	49	65	—	84	102	120	122	—	117	73.3	15.2	125	78.4
- 2	116	194	—	265	367	412	426	—	422	219	47.0	460	422
- 3	—	—	—	—	—	—	—	—	398	—	—	330	—
- 4	7	11	—	—	29	44	62	—	61.6	22.9	4.43	45.2	—
- 5	—	—	—	—	—	—	—	—	203	147	44.7	181	221
- 6	71	104	—	177	242	243	296	—	301	124	29.3	337	—
- 7	—	—	—	—	—	—	—	—	552	268	44.6	268	44.6
- 8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
- 9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-10	15	25	—	57	84	88	88	—	84.1	50.7	2.84	69.8	—
-11	—	—	—	—	—	—	—	—	647	—	—	647	—
-12	—	—	—	—	—	—	—	—	350	—	—	340	—
-13	—	—	—	—	—	—	—	—	62.6	—	—	47.0	—
AM- 1	63	98	—	218	288	325	319	—	344	220	50.8	169	332
PV- 1	—	—	—	—	—	—	—	—	303	—	—	291	111
- 2	16	23	—	36	85	119	149	200	261	74.2	24.4	183	141
- 3	—	—	—	—	—	—	—	—	195	—	—	111	—
ST- 1	—	—	—	—	—	—	—	—	858	366	71.5	686	583
- 2	724	872	—	890	873	873	873	—	859	302	48.8	524	369
IB- 1	95	121	134	134	133	—	130	—	129	105	33.4	94.2	141
CM- 1	—	—	—	—	—	—	—	—	18.3	—	—	9.15	—

胚乳の乾重量の変化 (本文 図3-9)

(単位: g)

製品記号	植付時	7日後	16日後
PA- 1	0.0184	0.0101	0.0047
- 2	0.0184	0.0119	0.0074
- 3	0.0184	—	—
- 4	0.0184	0.0101	0.0022
- 5	0.0184	0.0119	0.0062
- 8	0.0184	0.0108	0.0023
- 9	0.0184	0.0131	0.0036
AM- 1	0.0184	0.0126	0.0044
PV- 1	0.0184	0.0091	0.0020
ST- 1	0.0184	0.0112	0.0042
- 2	0.0184	0.0111	0.0014
IB- 1	0.0184	0.0137	0.0059
CM- 1	0.0184	—	—

保水剤混入土壌中での水分移動 (本文 図4-4~4-6)

① 保水剤 0.1%混入土壌(18時間後)

製品記号	土壌深 (cm)	生重量 (g)	乾重量 (g)	含水率 (%)	含水比 m ² /100m ²
PA- 2	0~ 5	148.8	123.5	25.3	20.5
	5~10	—	—	—	—
	10~15	151.2	127.3	23.8	18.7
	15~20	150.2	127.1	23.1	18.2
	20~25	152.4	129.5	22.8	17.6
	25~30	—	—	—	—
PA- 3	0~ 5	155.3	127.4	27.9	21.9
	5~10	156.5	130.9	25.5	19.5
	10~15	155.0	130.5	24.5	18.8
	15~20	154.7	131.3	23.4	17.8
	20~25	152.3	132.0	20.3	15.4
	25~30	148.1	132.1	16.0	12.1
PA- 4	0~ 5	151.3	126.3	25.0	19.8
	5~10	151.7	128.0	23.7	18.5
	10~15	154.9	130.8	24.1	18.4
	15~20	153.5	129.7	23.9	18.4
	20~25	156.1	132.6	23.5	17.7
	25~30	153.4	132.3	21.1	16.0
PA- 5	0~ 5	150.6	124.2	26.4	21.3
	5~10	150.2	125.7	24.5	19.5
	10~15	151.7	127.5	24.3	19.0
	15~20	—	—	—	—
	20~25	147.9	125.9	22.0	17.5
	25~30	147.5	128.8	18.7	14.5
AM- 1	0~ 5	150.0	123.1	26.9	21.9
	5~10	154.8	128.6	26.2	20.4
	10~15	154.6	129.0	25.6	19.8
	15~20	152.8	130.0	22.8	17.5
	20~25	146.2	128.9	17.3	13.4
	25~30	—	—	—	—
PV- 1	0~ 5	152.7	126.3	26.4	20.9
	5~10	155.7	130.5	25.1	19.3
	10~15	156.4	131.4	25.0	19.0
	15~20	152.7	129.0	23.7	18.4
	20~25	150.3	129.0	21.3	16.5
	25~30	144.5	128.6	15.9	12.4
PV- 2	0~ 5	150.0	124.1	25.9	20.9
	5~10	153.0	128.0	25.0	19.5
	10~15	153.6	129.1	24.5	19.0
	15~20	154.9	130.1	24.8	19.1
	20~25	152.5	129.7	22.8	17.6
	25~30	148.7	130.8	17.9	13.7

② 保水剤 0.1%混入土壌(108時間後)

製品記号	土壌深 (cm)	生重量 (g)	乾重量 (g)	含水率 (%)	含水比 m ² /100m ²
PA- 2	0~ 5	154.8	130.9	23.9	18.2
	5~10	153.5	130.1	23.4	18.0
	10~15	154.9	131.7	23.2	17.6
	15~20	155.4	131.6	23.8	18.1
	20~25	157.9	134.5	23.4	17.4
	25~30	158.8	135.2	23.6	17.5
PA- 3	0~ 5	152.7	129.4	23.3	18.0
	5~10	150.5	127.8	22.7	17.7
	10~15	151.6	129.0	22.6	17.5
	15~20	153.9	130.5	23.5	18.0
	20~25	152.9	130.1	22.8	17.5
	25~30	154.7	132.0	22.7	17.2
PA- 4	0~ 5	148.8	127.0	21.8	17.2
	5~10	151.3	129.3	22.0	17.0
	10~15	157.0	133.8	23.2	17.3
	15~20	—	—	—	—
	20~25	159.8	135.6	24.1	17.8
	25~30	162.4	137.6	24.7	18.0
PA- 5	0~ 5	152.9	129.9	23.0	17.7
	5~10	154.9	131.8	23.1	17.5
	10~15	156.1	132.7	23.4	17.6
	15~20	156.1	132.5	23.7	17.9
	20~25	158.7	135.5	23.2	17.1
	25~30	160.0	136.6	23.4	17.2
AM- 1	0~ 5	150.8	121.0	29.9	24.7
	5~10	155.4	128.4	27.0	21.1
	10~15	157.1	131.2	25.9	19.7
	15~20	—	—	—	—
	20~25	151.0	133.7	17.3	12.9
	25~30	150.5	134.1	16.4	12.2
PV- 1	0~ 5	—	—	—	—
	5~10	—	—	—	—
	10~15	—	—	—	—
	15~20	—	—	—	—
	20~25	—	—	—	—
	25~30	—	—	—	—
PV- 2	0~ 5	151.7	127.3	24.4	19.2
	5~10	153.3	129.6	23.6	18.2
	10~15	153.2	130.0	23.2	17.9
	15~20	152.9	129.8	23.1	17.8
	20~25	153.8	131.2	22.7	17.3
	25~30	155.1	134.6	20.5	15.2

製品記号	土壌深 (cm)	生重量 (g)	乾重量 (g)	含水率 (%)	含水比 m ² /100m ²
ST- 1	0~ 5	150.9	124.8	26.1	20.9
	5~10	151.1	126.5	24.7	19.5
	10~15	152.4	128.1	24.3	18.9
	15~20	151.6	127.5	24.2	19.0
	20~25	150.4	127.9	22.5	17.6
	25~30	147.3	128.4	18.9	14.7
ST- 2	0~ 5	149.5	122.6	26.8	21.9
	5~10	147.9	124.0	24.0	19.3
	10~15	150.6	126.8	23.7	18.7
	15~20	150.5	125.0	25.6	20.5
	20~25	149.4	127.2	22.2	17.4
	25~30	148.9	131.3	17.6	13.4
IB- 1	0~ 5	144.2	120.1	23.6	19.6
	5~10	—	—	—	—
	10~15	147.5	123.6	23.9	19.3
	15~20	—	—	—	—
	20~25	145.4	125.7	19.7	15.6
	25~30	—	—	—	—
CK- 1	0~ 5	149.3	119.0	30.3	25.5
	5~10	150.4	123.9	26.5	21.4
	10~15	152.8	127.2	25.6	20.1
	15~20	147.7	126.2	21.5	17.0
	20~25	144.7	127.8	16.9	13.2
	25~30	148.6	131.9	16.7	12.7

製品記号	土壌深 (cm)	生重量 (g)	乾重量 (g)	含水率 (%)	含水比 m ² /100m ²
ST- 1	0~ 5	153.4	130.3	23.2	17.8
	5~10	152.4	129.5	22.9	17.7
	10~15	153.4	130.3	23.1	17.8
	15~20	153.7	130.4	23.3	17.9
	20~25	153.0	129.9	23.1	17.8
	25~30	156.1	132.6	23.5	17.8
ST- 2	0~ 5	153.8	129.3	24.6	19.0
	5~10	152.0	128.3	23.6	18.4
	10~15	152.7	129.0	23.7	18.4
	15~20	153.2	129.3	23.9	18.5
	20~25	152.5	130.0	22.5	17.3
	25~30	152.0	133.6	18.4	13.8
IB- 1	0~ 5	146.9	122.7	24.2	19.7
	5~10	151.8	128.0	23.8	18.6
	10~15	153.5	130.0	23.6	18.1
	15~20	154.2	130.6	23.7	18.1
	20~25	153.2	130.8	22.4	17.1
	25~30	153.9	135.3	18.5	13.7
CK- 1	0~ 5	158.9	129.2	29.7	23.0
	5~10	158.5	131.3	27.2	20.7
	10~15	157.0	131.0	26.0	19.9
	15~20	—	—	—	—
	20~25	150.2	132.6	17.6	13.2
	25~30	151.1	134.3	16.8	12.5

③ 保水剤 0.3%混入土壌(18時間後)

製品記号	土壌深 (cm)	生重量 (g)	乾重量 (g)	含水率 (%)	含水比 mℓ/100mℓ
PA- 2	0~ 5	146.0	111.5	34.5	30.9
	5~10	149.1	126.7	22.5	17.7
	10~15	148.6	126.5	22.1	17.5
	15~20	144.5	125.6	18.9	15.0
	20~25	146.8	129.6	17.3	13.3
	25~30	144.7	128.3	16.5	12.8
PA- 3	0~ 5	149.8	115.2	34.5	30.0
	5~10	153.5	127.0	26.5	20.9
	10~15	145.4	128.5	17.0	13.2
	15~20	146.4	129.8	16.6	12.8
	20~25	145.5	129.1	16.4	12.7
	25~30	144.9	129.1	15.8	12.2
PA- 4	0~ 5	158.5	130.8	27.7	21.2
	5~10	155.2	130.0	25.2	19.4
	10~15	154.6	130.1	24.6	18.9
	15~20	153.5	129.8	23.7	18.3
	20~25	151.7	129.8	21.8	16.8
	25~30	145.8	129.2	16.6	12.8
PA- 5	0~ 5	143.5	107.9	35.6	33.0
	5~10	—	—	—	—
	10~15	147.0	128.9	18.1	14.1
	15~20	145.4	128.3	17.1	13.3
	20~25	149.4	131.9	17.5	13.2
	25~30	—	—	—	—
AM- 1	0~ 5	154.7	121.4	33.3	27.4
	5~10	148.5	126.8	21.7	17.1
	10~15	—	—	—	—
	15~20	143.4	129.0	14.4	11.1
	20~25	—	—	—	—
	25~30	—	—	—	—
PV- 1	0~ 5	149.2	121.0	28.2	23.3
	5~10	156.7	130.2	26.5	20.4
	10~15	155.3	129.8	25.5	19.6
	15~20	152.7	130.8	22.0	16.8
	20~25	146.6	130.0	16.6	12.8
	25~30	148.2	132.3	15.9	12.0
PV- 2	0~ 5	150.1	121.4	28.7	23.6
	5~10	157.4	130.8	27.0	20.6
	10~15	156.3	130.6	25.7	19.7
	15~20	153.2	132.5	20.7	15.6
	20~25	149.5	132.9	16.7	12.5
	25~30	150.5	134.4	16.2	12.0

④ 保水剤 0.3%混入土壌(108時間後)

製品記号	土壌深 (cm)	生重量 (g)	乾重量 (g)	含水率 (%)	含水比 mℓ/100mℓ
PA- 2	0~ 5	143.9	114.7	29.2	25.5
	5~10	153.1	130.4	22.7	17.4
	10~15	151.6	130.6	20.9	16.0
	15~20	149.8	132.4	17.3	13.1
	20~25	150.0	132.1	17.9	13.6
	25~30	146.3	130.7	15.7	12.0
PA- 3	0~ 5	150.8	116.6	34.1	29.3
	5~10	156.7	130.4	26.3	20.2
	10~15	151.5	132.3	19.2	14.6
	15~20	148.3	131.9	16.4	12.4
	20~25	148.3	131.9	16.4	12.5
	25~30	146.6	131.3	15.3	11.7
PA- 4	0~ 5	148.5	128.3	20.2	15.7
	5~10	148.7	125.9	22.9	18.2
	10~15	150.0	127.2	22.8	18.0
	15~20	152.6	129.6	23.0	17.7
	20~25	154.6	131.9	22.7	17.2
	25~30	154.3	133.7	20.7	15.5
PA- 5	0~ 5	143.4	113.3	30.2	26.6
	5~10	153.7	130.2	23.5	18.0
	10~15	148.7	127.6	21.1	16.6
	15~20	147.9	131.3	16.7	12.7
	20~25	148.1	130.8	17.3	13.2
	25~30	149.0	133.1	15.9	12.0
AM- 1	0~ 5	148.2	121.3	26.9	22.2
	5~10	152.1	130.3	21.8	16.8
	10~15	146.0	129.5	16.5	12.7
	15~20	145.1	128.6	16.5	12.9
	20~25	147.2	130.6	16.6	12.7
	25~30	149.1	133.1	16.0	12.0
PV- 1	0~ 5	144.2	119.5	24.7	20.7
	5~10	153.2	128.6	24.6	19.1
	10~15	154.6	131.0	23.5	17.9
	15~20	154.4	132.4	22.0	16.6
	20~25	151.1	134.1	17.0	12.7
	25~30	150.4	134.6	15.8	11.7
PV- 2	0~ 5	146.8	119.0	27.8	23.4
	5~10	153.8	127.7	26.0	20.4
	10~15	153.7	128.6	25.1	19.5
	15~20	147.1	127.0	20.2	15.9
	20~25	146.0	129.9	16.1	12.4
	25~30	146.6	131.4	15.2	11.6

製品記号	土壌深 (cm)	生重量 (g)	乾重量 (g)	含水率 (%)	含水比 m ² /100m ²
ST- 1	0~ 5	145.6	111.2	34.4	31.0
	5~10	145.7	123.5	22.2	17.9
	10~15	147.6	130.8	16.8	12.8
	15~20	145.8	129.2	16.7	12.9
	20~25	149.6	132.7	16.8	12.7
	25~30	142.9	127.1	15.7	12.4
ST- 2	0~ 5	149.1	114.7	34.5	30.1
	5~10	155.3	128.3	27.0	21.0
	10~15	145.5	128.7	16.8	13.0
	15~20	147.0	130.5	16.4	12.6
	20~25	144.4	128.3	16.0	12.5
	25~30	146.1	130.3	15.8	12.1
IB- 1	0~ 5	151.5	114.1	37.5	32.8
	5~10	152.5	127.0	25.5	20.1
	10~15	147.3	130.6	16.7	12.8
	15~20	146.3	129.6	16.7	12.9
	20~25	145.2	128.9	16.4	12.7
	25~30	145.9	130.1	15.8	12.2
CM- 1	0~ 5	159.7	121.5	38.3	31.5
	5~10	—	—	—	—
	10~15	—	—	—	—
	15~20	147.3	130.9	16.4	12.5
	20~25	—	—	—	—
	25~30	—	—	—	—

製品記号	土壌深 (cm)	生重量 (g)	乾重量 (g)	含水率 (%)	含水比 m ² /100m ²
ST- 1	0~ 5	144.4	114.2	30.1	26.4
	5~10	152.7	129.8	22.8	17.6
	10~15	150.0	130.9	19.1	14.6
	15~20	147.5	130.9	16.7	12.7
	20~25	146.8	129.9	16.9	13.0
	25~30	150.4	134.1	16.3	12.2
ST- 2	0~ 5	142.9	116.6	26.3	22.6
	5~10	152.7	127.4	25.3	19.9
	10~15	147.5	126.8	20.8	16.4
	15~20	145.2	128.4	16.8	13.1
	20~25	148.2	131.3	17.0	12.9
	25~30	144.2	128.6	15.6	12.1
IB- 1	0~ 5	146.5	118.0	28.4	24.1
	5~10	155.3	128.8	26.5	20.6
	10~15	146.2	127.8	18.4	14.4
	15~20	145.9	129.5	16.5	12.7
	20~25	145.3	128.8	16.5	12.8
	25~30	145.8	130.3	15.5	11.9
CM- 1	0~ 5	144.2	119.5	24.7	20.7
	5~10	153.2	128.6	24.6	19.1
	10~15	154.6	131.0	23.5	17.9
	15~20	154.4	132.4	22.0	16.6
	20~25	151.1	134.1	17.0	12.7
	25~30	150.4	134.6	15.8	11.7

混入土壌の飽和透水係数 (本文 図4- 8)

製品記号	保水剤混入率					
	0%		0.1%		0.3%	
	透水係数	仮比重	透水係数	仮比重	透水係数	仮比重
PA- 2			1.00×10^{-2}	127.05	4.63×10^{-3}	125.64
- 4			7.47×10^{-3}	129.69	2.04×10^{-3}	135.18
- 5					5.89×10^{-3}	128.28
AM- 1			4.76×10^{-3}	130.01	4.42×10^{-3}	128.99
PV- 1					3.09×10^{-3}	135.73
- 2			4.61×10^{-3}	130.11		
ST- 1			8.56×10^{-3}	127.47	4.69×10^{-3}	—
- 2			8.30×10^{-3}	124.97	2.29×10^{-3}	135.5
IB- 1			7.33×10^{-3}	—	2.24×10^{-3}	126.67
CM- 1			6.89×10^{-3}	126.17	2.00×10^{-3}	130.86
					1.21×10^{-6}	134.19
山砂	5.53×10^{-3}	131.68				
	2.53×10^{-3}	142.17				
	1.36×10^{-3}	117.35				

保水剤混入土壌の透水係数 (本文 図4- 9) 単位 ; cm/sec

製品記号	保水剤混入率%					
	0	0.1	0.3	0.5	0.6	1.0
PA- 1	—	—	4.5×10^{-3}	—	—	6.9×10^{-4}
- 2	—	—	1.1×10^{-3}	—	—	—
- 3	—	—	9.5×10^{-4}	—	—	—
- 4	—	—	7.5×10^{-3}	—	—	2.2×10^{-3}
- 5	—	—	1.3×10^{-3}	—	2.3×10^{-4}	—
- 8	—	—	5.2×10^{-3}	3.2×10^{-3}	—	—
- 9	—	—	1.5×10^{-3}	—	7.0×10^{-5}	—
AM- 1	—	—	6.9×10^{-4}	3.5×10^{-3}	—	—
PV- 1	—	—	2.2×10^{-3}	—	—	2.4×10^{-4}
ST- 1	—	—	4.1×10^{-4}	1.0×10^{-4}	—	—
- 2	—	—	6.4×10^{-4}	—	—	—
IB- 1	—	—	1.2×10^{-3}	—	6.1×10^{-5}	—
CM- 1	—	2.7×10^{-3}	$< 1.0 \times 10^{-6}$	—	—	—
対照区	1.2×10^{-2}	—	—	—	—	—

保水剤混入土壌の含水率と通気係数 (本文 図4-11)

製品記号	保 水 剤 混 入 率					
	0%		0.1%		0.3%	
	通気係数	含水率	通気係数	含水率	通気係数	含水率
PA- 2			1.36	25.34	1.46×10^{-2}	35.33
					1.19	34.10
					1.70	22.20
					2.05	18.90
					1.91	16.46
- 4			6.00×10^{-1}	28.20		
			1.21	25.02		
			1.29	24.07		
			1.37	23.85		
			1.47	23.70		
			1.41	21.13		
- 5			1.12	26.42		
			1.76	24.52		
			1.82	18.70		
AM- 1			1.14	26.21	1.90	14.36
PV- 2			2.53×10^{-2}	37.97		
			1.36	25.90		
			1.37	25.00		
			1.21	17.86		
			1.57	—		
ST- 1			1.11	26.08		
			1.47	24.65		
			1.49	24.25		
			1.82	18.90		
- 2			3.05×10^{-2}	41.96		
			1.16	26.83		
			1.66	25.56		
			1.83	23.95		
			1.60	17.57		
CK- 1			4.21×10^{-1}	31.68		
			8.80×10^{-1}	30.30		
			1.43	26.53		
			1.60	21.50		
			1.65	16.72		
山砂			1.24	23.62		
			1.28	23.45		
			1.23	21.60		

保水剤混入土壌の含水量と膨張量（本文 図4-13） 単位；膨張量cm, 含水量(ℓ)

製品記号	保水剤混入率%					
	0	0.1	0.3	0.5	0.6	1.0
PA- 1	—	—	4.3(0.95)	—	—	3.7(1.82)
- 2	—	—	6.5(2.50)	—	—	※
- 3	—	—	5.0(1.56)	—	※	※
- 4	—	—	0.0(1.06)	—	—	1.2(1.72)
- 5	—	—	7.7(2.32)	—	14.5(2.74)	※
- 8	—	—	0.5(0.93)	0.3(1.28)	—	※
- 9	0.0(0.85)	—	—	—	10.1(3.04)	※
AM- 1	—	—	2.5(1.75)	※	—	※
PV- 1	—	—	2.5(1.10)	—	—	6.1(2.22)
ST- 1	—	—	6.5(1.73)	11.0(2.97)	—	※
- 2	—	—	6.6(2.62)	—	※	※
IB- 1	—	—	6.5(2.36)	—	8.0(2.81)	※
CM- 1	—	0.0(1.23)	※	—	—	—
対照区	0.0(0.85)	—	—	—	—	—

注) ※印は、透水性不良等のために、完全に吸水させられず測定が不能となったもの。

単位；ℓ/(土壌 0.4m²あたり)

保水剤混入土壌の保水量の推移（本文 図5- 2）

製品記号 (混入率%)	月/日						
	9/18	10/ 7	10/26	11/26	12/23	2/ 4	3/25
保水剤混入区							
PA- 2 (0.25)	145	98	100	93	76	75	32
- 3 (0.50)	218	180	177	166	163	146	131
- 5 (0.25)	143	108	95	78	70	61	48
AM- 1 (0.40)	171	136	120	102	—	86	65
PV- 1 (0.90)	195	163	150	141	135	126	105
ST- 1 (0.35)	183	145	121	101	101	86	48
- 2 (0.25)	163	135	126	104	96	83	62
IB- 1 (0.25)	158	113	111	—	92	84	71
対照区							
ル-ラト (20.0)	109	89	60	50	42	35	31
マサ単体	110	58	48	38	35	—	22

保水剤混入土壌での樹勢の推移（サツキ）（本文 図5- 3）

製品記号 (混入率%)	樹木番号	月/日						
		10/ 7	10/26	11/16	11/26	12/23	2/ 4	3/25
保水剤混入区 PA- 2 (0.25)	1	1	1	1	1	1	1	4
	2	1	1	1	1	1	1	4
	3	1	1	1	1	1	1	4
	4	1	1	2	1	1	2	4
	5	1	1	1	1	1	1	4
	6	1	1	1	1	2	2	4
	7	1	1	1	1	1	1	4
	8	1	1	1	1	1	1	4
	平均	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	4.0
- 3 (0.50)	1	1	1	1	2	1	2	4
	2	1	1	4	5	5	5	5
	3	1	2	4	5	5	5	5
	4	2	2	4	4	4	5	5
	5	1	4	2	4	5	5	5
	6	2	4	5	5	5	5	5
	7	1	4	5	5	5	5	5
	8	1	2	4	4	4	5	5
	平均	1.2	2.5	3.6	4.2	4.2	4.6	4.9
- 5 (0.25)	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	1	1
	5	1	1	1	1	1	1	1
	6	1	2	1	1	1	1	2
	7	1	2	1	1	1	1	1
	8	1	1	1	1	1	1	1
	平均	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
AM- 1 (0.40)	1	3	4	4	5	5	5	5
	2	4	4	4	5	5	5	5
	3	4	4	5	5	5	5	5
	4	4	4	5	5	5	5	5
	5	3	4	5	5	5	5	5
	6	3	4	5	5	5	5	5
	7	3	4	5	5	5	5	5
	8	3	4	4	5	5	5	5
	平均	3.4	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0
保水剤混入区 PV- 1 (0.90)	1	2	4	4	4	4	5	5
	2	2	2	4	4	5	5	5
	3	2	3	4	5	5	5	5
	4	1	3	5	5	5	5	5
	5	1	2	4	4	4	5	5
	6	1	2	4	4	4	5	5
	7	4	4	5	5	5	5	5
	8	2	2	4	4	5	5	5
	平均	1.9	2.7	4.2	4.4	4.6	5.0	5.0

製品記号 (混入率%)	樹木番号	月/日						
		10/ 7	10/26	11/16	11/26	12/23	2/ 4	3/25
ST- 1 (0.35)	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1
	4	1	1	1	1	1	1	1
	5	1	1	1	1	1	1	1
	6	1	1	1	1	1	1	1
	7	1	1	1	1	1	1	1
	8	1	1	1	1	1	1	1
	平均	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
- 2 (0.25)	1	1	1	1	1	1	2	4
	2	1	1	1	1	1	1	4
	3	1	1	1	1	1	1	4
	4	1	1	1	1	1	1	4
	5	1	1	1	1	1	1	4
	6	1	2	2	1	1	1	4
	7	1	2	2	1	1	2	4
	8	1	1	1	1	1	1	4
	平均	1.0	1.2	1.2	1.0	1.0	1.2	4.0
IB- 1 (0.25)	1	1	1	2	2	2	2	2
	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	1	3	2	2	2	4	4
	4	2	4	4	4	4	4	4
	5	1	2	1	2	2	2	4
	6	1	1	1	1	1	2	4
	7	1	2	2	2	2	2	4
	8	1	2	2	2	2	2	4
	平均	1.2	2.1	2.0	2.1	2.1	2.5	3.5
対照区								
ムラサキ (20.0)	1	1	1	1	1	1	2	4
	2	1	1	1	1	1	2	4
	3	1	1	1	1	1	2	4
	4	1	1	1	1	1	1	4
	5	1	1	1	1	1	1	4
	6	1	1	1	1	1	2	4
	7	1	1	1	1	1	2	4
	8	1	1	1	1	2	2	4
	平均	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.7	4.0
マサ単体	1	1	1	1	2	2	2	4
	2	1	1	4	4	4	4	4
	3	1	1	1	1	1	2	4
	4	1	1	1	1	2	4	4
	5	1	1	1	1	1	4	5
	6	1	1	1	1	1	4	4
	7	1	1	1	2	2	4	4
	8	1	1	1	1	2	4	4
	平均	1.0	1.0	1.4	1.6	1.9	3.5	4.1

保水剤混入土壌での樹勢の推移（ネズミモチ）（本文 図5- 4）

製品記号 (混入率%)	樹木番号	月/日						
		10/ 7	10/26	11/16	11/26	12/23	2/ 4	3/25
保水剤混入区 PA- 2 (0.25)	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1
	平均	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
- 3 (0.50)	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1
	平均	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
- 5 (0.25)	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1
	平均	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
AM- 1 (0.40)	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1
	平均	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
PV- 1 (0.90)	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1
	平均	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SI- 1 (0.35)	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1
	平均	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
- 2 (0.25)	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1
	平均	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
IB- 1 (0.25)	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1
	平均	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
対照区								
ル-ラト (20.0)	1	1	1	1	1	1	1	4
	2	1	1	1	1	1	1	4
	3	1	1	1	1	1	1	4
	平均	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.0
マサ単体	1	1	1	1	1	1	4	4
	2	1	1	1	1	1	4	4
	3	1	1	1	1	1	4	4
	平均	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.0	4.0

保水剤混入土壌含水比(ℓ/100ℓ)の垂直分布

試験区	上層	中層	下層
保水剤混入区			
PA- 2 (0.25%)	9.3	22.1	11.0
- 3 (0.50%)	26.9	34.8	37.7
- 5 (0.25%)	8.8	18.7	21.7
AM- 1 (0.40%)	20.4	30.2	24.5
PV- 1 (0.90%)	13.9	33.8	56.7
ST- 1 (0.35%)	11.8	21.5	21.2
- 2 (0.25%)	12.3	19.2	28.0
IB- 1 (0.25%)	13.0	23.2	22.1
対照区			
ル-ヲト (20.0%)	4.2	5.7	6.5
マサ単体	2.9	4.2	4.3

活力度1の比率(試験1・ポット育成・振るい根) 北海道 (本文 図5-9)

製品記号	月日																											
	7/19	22	25	28	31	8/3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	9/2	4	7	10	13	16	19	22	25	28	30		
(埋戻し土 0.3%混入区)																												
PA- 1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94	94	100	100	100	100	94	94	94	94	94	81	75	75	75		
- 2	94	81	81	81	81	81	81	81	75	75	75	75	75	75	75	63	56	56	56	56	56	50	31	25	19	19		
- 3	100	94	94	94	94	94	100	100	94	94	94	94	88	88	88	94	88	88	88	88	88	75	69	69	69	69		
- 4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	88	88	88	75	63	56	56		
- 5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	75	38	38	38		
- 8	100	88	88	81	81	81	81	81	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	81	63	63	63	63		
- 9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	50	50	50		
AM- 1	81	81	81	81	81	81	81	81	81	75	75	75	75	75	75	75	69	69	69	69	69	63	38	38	38	38		
PV- 1	100	100	100	94	94	94	94	94	94	100	94	94	94	94	94	88	88	88	88	88	88	88	81	81	69	69		
ST- 1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94	94	94	94	94	94	94	56	44	38	31		
- 2	100	94	94	94	94	94	94	100	100	100	100	100	100	94	88	81	81	81	81	81	81	81	81	69	63	63		
IB- 1	100	94	94	94	94	94	94	94	94	88	88	88	88	81	81	81	81	81	81	81	81	81	63	44	44	44		
CM- 1	100	94	94	81	81	81	81	81	81	81	88	88	88	88	88	81	81	81	75	75	75	63	63	63	63	63		
(ドブ浸け区)																												
PA- 3	100	94	94	94	75	75	75	75	75	75	75	75	75	81	75	75	69	96	63	63	50	44	38	38	31	31		
(対照区)																												
	100	100	100	100	94	94	94	94	94	94	94	94	94	88	88	88	88	88	88	88	88	81	69	69	69	63		

活力度の平均(試験 1・ポット育成・掘るい根) 関東 (本文 図5-10)

製品記号	月日																		
	9/3	5	9	12	16	19	22	26	30	10/3	7	11	14	17	21	24	28	30	
(埋戻し土 0.3%混入区)																			
PA- 1	1.0	1.4	1.8	2.3	2.7	2.8	2.9	2.9	3.3	3.4	3.6	3.6	3.6	3.6	3.8	4.0	4.1	4.1	
- 2	1.0	1.7	2.3	3.4	3.7	3.7	3.7	3.7	3.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	
- 3	1.0	1.8	2.4	3.2	3.4	3.4	3.4	3.4	3.6	3.8	4.1	4.1	4.2	4.2	4.2	4.3	4.3	4.3	
- 4	1.0	1.8	2.4	3.1	3.6	3.6	3.7	3.8	3.8	3.5	3.4	3.4	3.6	3.6	3.6	3.8	3.8	3.8	
- 5	1.0	1.8	2.6	3.1	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4	3.5	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
- 8	1.0	1.6	2.3	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.4	3.4	3.6	3.6	3.8	3.8	4.0	4.0	4.1	4.2	
- 9	1.0	1.1	1.3	1.9	2.3	2.3	2.4	2.6	3.1	3.1	3.3	3.3	3.4	3.4	3.8	4.1	4.1	4.1	
AM- 1	1.0	1.8	3.1	3.6	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.9	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	
PV- 1	1.0	1.8	2.3	2.8	3.0	3.1	3.4	3.4	3.6	3.1	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.6	3.6	3.6	
ST- 1	1.0	1.3	1.9	2.3	2.5	2.7	2.7	2.7	3.1	3.2	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.9	4.0	4.0	
- 2	1.0	1.6	2.0	2.8	2.8	2.8	2.8	3.0	3.3	3.6	3.9	3.9	4.1	4.2	4.2	4.3	4.3	4.4	
IB- 1	1.0	1.9	3.1	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	4.1	4.1	4.3	4.3	4.3	4.8	4.4	4.4	4.4	4.4	
CM- 1	1.0	2.3	3.8	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	4.1	4.2	4.2	4.2	4.2	4.3	4.3	4.3	
(ドブ浸け区)																			
PA- 3	1.0	2.0	3.1	3.5	3.7	3.8	3.8	3.9	3.8	3.8	3.8	3.6	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	
(対照区)																			
	1.0	1.7	2.8	3.1	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.6	3.9	3.9	3.9	4.0	4.1	4.1	4.1	4.2	

活力度の平均(試験 1・ポット育成・掘るい根) 中国 (本文 図5-11)

製品記号	月日										
	8/12	15	18	21	25	28	9/1	8	16	22	29
(埋戻し土 0.3%混入区)											
PA- 3	1.3	2.0	2.3	3.1	3.3	3.5	3.5	3.0	2.8	2.7	2.6
4	1.6	2.0	2.6	3.1	3.1	2.9	2.6	2.4	2.1	1.8	1.7
PV- 2	1.4	2.1	2.6	2.8	3.0	3.1	3.2	3.1	2.8	2.4	2.4
IB- 1	2.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.3	3.1	2.8	2.7	2.0	1.9
(ドブ浸け区)											
PA- 3	1.5	2.1	2.5	3.2	3.6	3.7	3.7	3.4	3.1	2.8	2.6
(対照区)											
	1.4	2.0	2.4	3.1	3.3	3.0	2.7	2.7	2.6	2.4	2.3

生存率(試験 1・ポット育成・掘るい根) 九州 (本文 図5-12)

製品記号	月日																
	8/5	8	12	15	19	22	26	29	9/2	5	9	12	16	19	23	26	30
(埋戻し土 0.3%混入区)																	
PA- 1	100	100	100	100	100	88	81	63	56	50	50	44	31	31	13	13	6
- 2	100	100	100	94	88	75	69	50	44	38	25	25	25	25	25	25	25
- 3	100	100	100	100	69	44	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	13
- 4	100	100	100	100	100	75	69	63	63	56	56	56	50	50	50	50	38
- 5	100	100	100	100	88	81	81	81	69	69	69	63	56	56	50	50	38
- 8	100	100	100	100	94	88	88	63	63	38	38	38	31	31	31	31	25
- 9	100	100	100	100	94	88	88	69	63	63	56	50	44	44	44	44	38
AM- 1	100	100	100	100	94	81	81	69	44	31	25	25	25	25	25	25	25
PV- 1	100	100	100	100	94	56	38	38	38	38	31	25	25	25	25	25	25
ST- 1	100	100	100	100	69	63	63	50	50	25	25	25	19	19	13	13	13
- 2	100	100	100	100	100	88	88	81	63	44	44	31	25	25	25	25	25
IB- 1	100	100	100	100	88	69	69	44	44	44	44	44	38	38	38	38	31
CM- 1	100	100	100	100	81	69	69	63	56	38	38	38	38	38	31	31	31
(ドブ浸け区)																	
PA- 3	100	100	100	100	75	67	67	58	33	25	25	17	17	17	17	17	17
IB- 1	100	100	100	100	67	50	42	33	33	33	25	25	8	8	8	8	8
(対照区)																	
	100	100	100	100	100	100	100	94	94	88	88	88	88	88	88	81	69

活力度1の比率(試験2・露地育成・鉢付き根) 北海道 (本文 図5-13)

製品記号	月日																											
	7/19	22	25	28	31	8/3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	9/2	4	7	10	13	16	19	22	25	28	30		
(埋戻し土 0.3%混入区)																												
PA- 2	100	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	
- 3	100	100	100	86	57	57	57	57	57	57	57	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	
- 4	100	100	100	86	57	57	57	57	57	57	57	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	
PV- 1	100	100	100	29	43	43	43	43	43	29	29	29	29	29	43	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	
ST- 2	100	100	100	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	43	43	43	29	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CM- 1	100	86	86	86	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	57	57	57	57	57	57	57	57	
(ドブ浸け区)																												
PA- 3	100	100	100	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	57	57	57	43	43	43	43	29	29	29	29	
(対照区)																												
	100	100	86	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	43	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	

活力度の平均(試験 2・露地育成・鉢付き根) 関東 (本文 図5-14)

製品記号	月日																	
	9/3	5	9	12	16	19	22	26	30	10/3	7	11	14	17	21	24	28	30
(埋戻し土 0.3%混入区)																		
PA- 2	1.0	1.1	2.0	2.0	2.1	2.4	2.4	3.1	3.1	3.4	3.9	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1	4.1	4.4
- 3	1.0	1.1	2.0	2.1	2.1	2.6	2.6	2.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.9	4.1	4.3	4.4	4.4	4.6
- 4	1.0	1.4	2.4	2.7	3.3	3.3	3.3	3.4	3.6	3.6	3.6	3.9	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1	4.7
PV- 1	1.0	1.3	2.0	2.0	2.1	2.3	2.3	2.3	2.9	3.4	3.4	3.4	3.6	3.7	4.1	4.1	4.1	4.3
ST- 2	1.0	1.0	2.0	2.4	2.4	2.4	2.4	2.9	2.9	3.3	3.6	3.7	3.7	3.7	3.9	3.9	4.0	4.0
CM- 1	1.0	1.3	2.1	2.3	2.4	2.6	2.7	3.0	3.3	3.4	3.6	3.6	3.7	3.9	3.9	4.0	4.1	4.1
(ドブ浸け区)																		
PA- 3	1.0	1.3	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.7	2.7	2.9	3.4	3.4	3.9	3.9	4.0	4.0	4.3	4.4
(対照区)																		
	1.0	1.1	1.7	1.7	1.7	1.9	2.0	2.1	2.7	2.7	3.0	3.1	3.6	3.6	4.0	4.0	4.0	4.3

活力度の平均(試験 2・露地育成・鉢付き根) 九州 (本文 図5-15)

製品記号	月日																	
	8/5	8	12	15	19	22	26	29	9/2	5	9	12	16	19	23	26	30	
(埋戻し土 0.3%混入区)																		
PA- 2	3.3	3.3	4.0	4.3	5.6	5.6	5.6	5.6	4.9	5.1	2.1	2.1	2.6	2.4	2.7	3.0	3.1	
- 3	3.1	3.1	4.0	4.3	4.9	5.4	5.6	5.6	4.9	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.3	
- 4	3.7	3.9	4.0	5.1	5.7	6.0	6.0	6.0	2.4	1.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
PV- 1	3.3	3.7	3.9	5.0	5.3	5.7	5.7	5.7	5.0	2.9	2.4	1.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
ST- 2	3.4	3.7	4.0	5.3	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	1.6	1.9	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	
CM- 1	3.3	3.3	4.0	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	3.0	2.0	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	
(ドブ浸け区)																		
PA- 3	3.1	3.3	4.0	4.6	5.6	5.9	5.3	4.7	2.6	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
(対照区)																		
	3.4	3.4	4.0	2.1	5.9	5.1	5.1	5.3	2.4	2.4	2.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	

製品記号	月日																							
	7/14	24	26	28	30	8/1	3	7	11	15	18	22	27	31	9/4	9	13	16	20	24	27	30		
(埋戻し土混入区)																								
PA- 4																								
(0.10%)	100	86	86	86	57	43	43	43	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	
(0.30%)	100	57	57	43	29	14	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(0.50%)	100	100	100	86	43	14	14	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(1.00%)	100	86	86	72	43	29	29	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
ST- 1																								
(0.05%)	100	86	86	86	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	57	57	57	57	57	57	57	57	
(0.10%)	100	43	43	43	43	43	29	29	29	29	29	29	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
(0.30%)	100	72	72	72	57	57	57	57	57	57	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	
(0.50%)	100	86	72	72	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	43	43	43	43	29	29	29	29	
IB- 1																								
(0.05%)	100	86	72	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	
(0.10%)	100	86	86	86	57	43	29	29	29	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
(0.30%)	100	100	100	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(0.50%)	100	86	86	57	57	57	57	57	57	57	57	57	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	
(表面散布混入区)																								
PA- 3	100	72	72	57	57	43	43	43	43	43	43	43	43	43	31	43	43	43	43	43	43	43	43	
IB- 1	100	86	86	57	57	57	57	57	57	57	57	57	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	
(ドブ浸け区)																								
PA- 3	100	57	57	57	57	43	43	29	29	29	29	29	29	29	29	17	17	17	17	17	17	17	17	
IB- 1	100	72	72	57	57	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	
(対照区)																								
	100	71	64	57	57	50	50	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	36	36	36	

粒径試験結果

試料採取年月日 年 月 日

調査地点

試験年月日 62年 8月 日

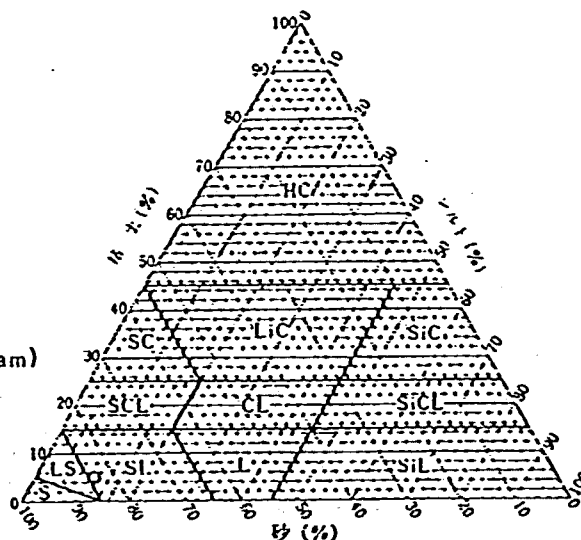
粒径組成

(試験法 JIS A1204) 試験人: 環境計量士

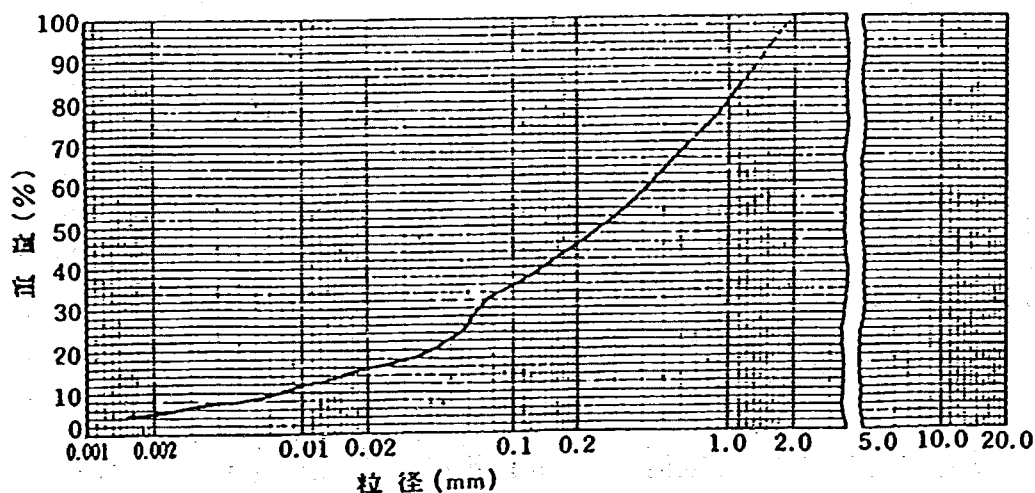
凡 例	土壌No.	深さcm	土性名	炭を除く細土の組成 %				備 考
				粗 砂	細 砂	シルト	粘 土	
○	——	1	SL	54.5	27.5	11.0	5.0	
△	----							
□	-----							

三角座標

- S 砂 土 (Sand)
- LS 塩質砂土 (Loamy Sand)
- SL 砂質塩土 (Sandy Loam)
- L 塩 土 (Loam)
- SiL シルト質塩土 (Silty Loam)
- SCL 砂質塩塩土 (Sandy Clay Loam)
- CL 塩 塩 土 (Clay Loam)
- SiCL シルト質塩塩土 (Silty Clay Loam)
- SC 砂質塩土 (Sandy Clay)
- LiC 軽 塩 土 (Light Clay)
- SiC シルト質塩土 (Silty Clay)
- HC 重 塩 土 (Heavy Clay)



粒径加積曲線



粒径試験結果

試験終了日 62 年 10 月 日

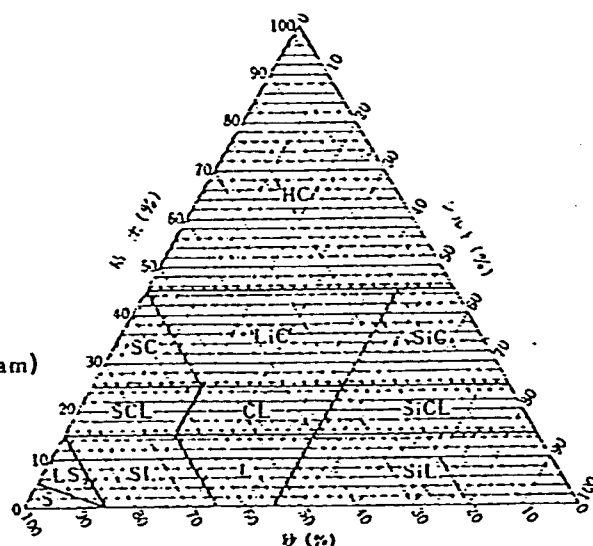
粒径組成

（試験法 JIS A1204）

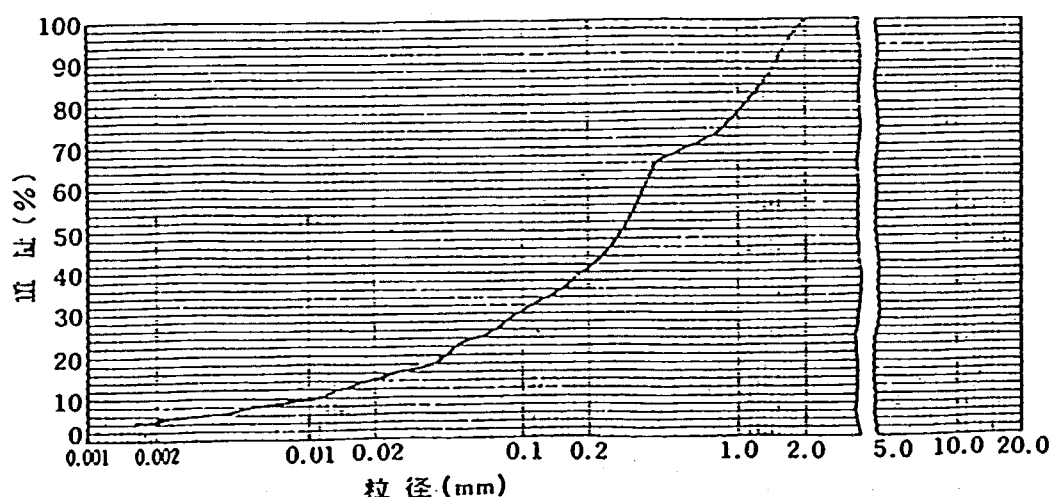
凡 例	土 壌 No.	土性名	礫を除く細土の組成 %				総 %
			粗 砂	細 砂	シルト	粘 土	
○	——	LS	59.0	26.5	9.5	5.0	
△	-----						
□	-----						

三角座標

- S 砂 土 (Sand)
- LS 壌質砂土 (Loamy Sand)
- SL 砂質壌土 (Sandy Loam)
- L 壌 土 (Loam)
- SiL シルト質壌土 (Silty Loam)
- SCL 砂質埴壌土 (Sandy Clay Loam)
- CL 埴 壌 土 (Clay Loam)
- SiCL シルト質埴壌土 (Silty Clay Loam)
- SC 砂質埴土 (Sandy Clay)
- LiC 軽 埴 土 (Light Clay)
- SiC シルト質埴土 (Silty Clay)
- HC 重 埴 土 (Heavy Clay)



粒径加積曲線



粘 土 シ ル ト 細 砂 粗 砂 礫

粒径試験結果

試料採取年月日 年 月 日

調査地点

試験年月日 61年 3月 日

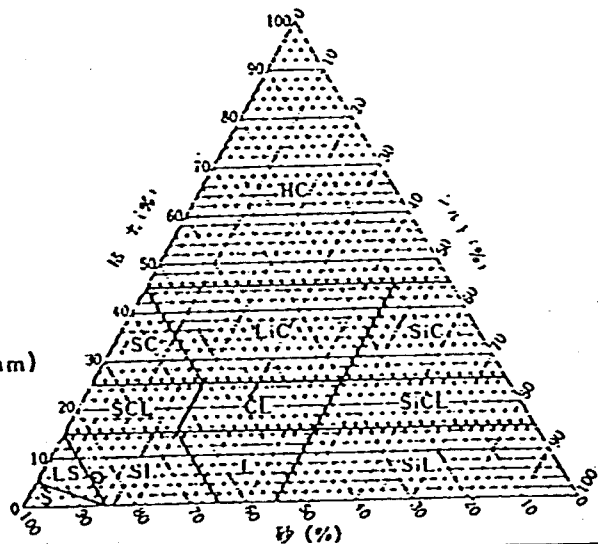
粒径組成

(試験法 JIS A1204) 試験人: 環境計量士

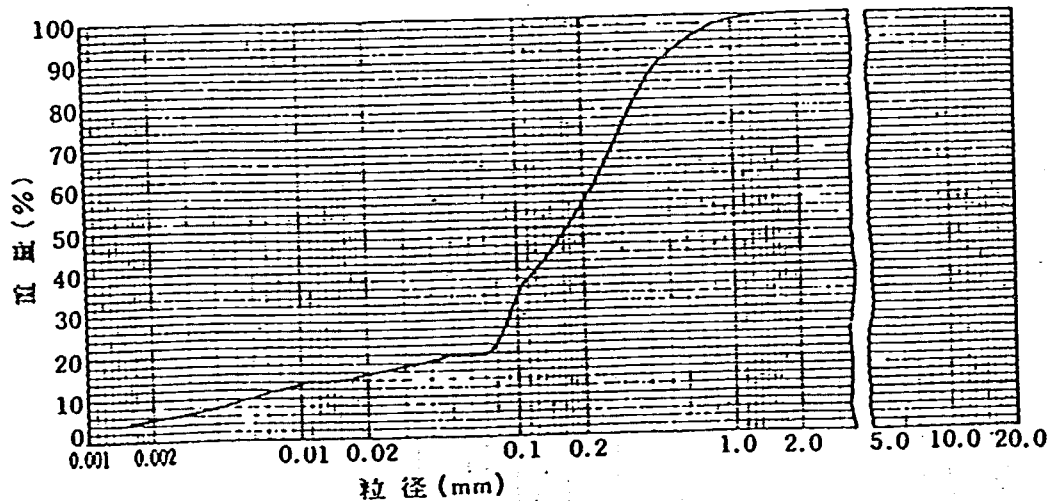
凡 例	土壌No.	深さ cm	土性名	礫を除く細土の組成 %				礫
				粗 砂	細 砂	シルト	粘 土	
○	1		SL	44.0	40.5	10.0	5.5	
△								
□								

三角座標

- S 砂 土 (Sand)
- LS 塩質砂土 (Loamy Sand)
- SL 砂質塩土 (Sandy Loam)
- L 塩 土 (Loam)
- SiL シルト質塩土 (Silty Loam)
- SCL 砂質塩塩土 (Sandy Clay Loam)
- CL 塩 塩 土 (Clay Loam)
- SiCL シルト質塩塩土 (Silty Clay Loam)
- SC 砂質塩土 (Sandy Clay)
- LiC 軽 塩 土 (Light Clay)
- SiC シルト質塩土 (Silty Clay)
- HC 重 塩 土 (Heavy Clay)



粒径加積曲線



粘 土 シ ル ト 細 砂 粗 砂 礫

移植時の根系発生剤・生存率(%)の推移(本文 図5-20)

掘取り 7/27 植栽 7/27(中1日), 7/31(中3日)

試験区	8/7	8/13	8/19	8/21	8/24	8/27	8/28	9/3	9/4	9/11	9/17	9/18	9/25	9/27	10/1	10/4	10/9	10/15
保水剤使用(中1日)	76	58	56	54	54	54	54	46	46	40	36	36	30	26	26	26	26	26
保水剤使用(中3日)	92	92	82	78	74	72	72	62	58	54	50	48	46	42	40	38	38	38
コントロール(中1日)	90	90	84	84	76	74	74	64	62	60	58	58	56	56	56	56	56	56

同上、新葉を展開した生存個体の割合(%)

掘取り 7/27 植栽 7/29(中1日), 7/31(中3日)

試験区	8/7	8/13	8/19	8/21	8/24	8/27	8/28	9/3	9/4	9/11	9/17	9/18	9/25	9/27	10/1	10/4	10/9	10/15
保水剤使用(中1日)	14	22	22	22	24	34	34	32	36	34	32	32	30	26	26	26	26	26
保水剤使用(中3日)	8	28	30	36	38	40	40	42	42	40	38	40	40	40	40	38	38	38
コントロール(中1日)	22	48	56	60	58	58	56	56	58	58	58	58	56	56	56	50	56	56

掘取り 7/27 植栽 7/29

[illegible]

7/27 掘取り、 7/31 植栽

— 100 —

樹木調査結果表（保水剤使用中1日）（本文 図5-20）

7/27 掘取り, 7/29 植栽

[illegible]

道路緑化等における保水剤の
活用技術に関する研究

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第2686号
昭和62年10月(1988)
道路部緑化研究室
前田 博・井上忠佳・有村恒夫
田代順孝・飯塚康雄

要 旨

本報告書は、建設省土木研究所が建設省研究所等共同研究実施規定(昭和60年6月24日建設省訓第7号)に基づき、財団法人日本造園修景協会との間で共同研究として実施した「道路緑化等における保水剤の活用に関する研究」の成果をとりまとめたものである。

道路緑化等における保水剤(高吸水性ポリマー)の用途として考えられる主なものとしては、①土壤改良剤、②植栽直後の水分補給剤、③移植時の根系養生剤等が考えられ、そのうち土壤改良剤及び植栽直後の水分補給剤については、従来の資材に見られない優れた保水効果が認められた。しかしその反面、現在流通している保水剤単体の使用では、土壤の通気透水性阻害、植物の発根障害等の弊害を伴うことも判明した。このため、保水剤を道路緑化等で使用するには、今後、これらの弊害を有しない製品の開発及び施工方法の開発等が不可欠であると考えられる。

キーワード：道路緑化、土壤改良、土壤改良剤(材)、植栽工法、新素材、保水剤、高吸水性ポリマー

郵便はがき

3 0 5 - □ □

切手をは
て下さい。

建設省土木研究所
緑化研究室 御中

茨城県つくば市大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第 2686 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

土木研究所資料第 2686 号

○

道路緑化等における保水剤の活用
技術に関する研究