

# 砂防植栽地の雨水滲透力

荻 原 貞 夫

## 目 次

(1) 林地に於ける水分經濟の研究と植木鉢試験の應用 .....	95
(2) 實驗の目的・設備・測定法 .....	96
(3) 實驗値(月別滲透量表) .....	98
(4) 滲透量の降水量に對する百分率 .....	101
(5) 樹木の種類と雨水滲透力の關係 .....	103
(A) 滲透量の降水量に對する百分率の比較 .....	103
(B) 降水量に對する滲透量の函數的變化の比較 .....	107
(6) 結 論 .....	112

## 緒 言

砂防植栽地の土壤に關する研究は未だ充分に爲されて居ない現在、東京帝國大學農學部附屬愛知縣演習林に於ては種々の方法に依つてこの研究を行ひ來つてゐる。その一つとして昭和4年7月以來植木鉢試験に依り砂防植栽地の雨水滲透性を知る目的で日々その觀測を行つてゐる。著者は時折當演習林に出張する關係上この實驗に接するの機會多く偶々餘暇を得て現在迄の實驗結果に就いて考究した次第である。

本試験の設備は現東京帝國大學名譽教授諸戸北郎先生の考案に依る。その本來の目的は砂防植栽地の雨水分析作用即ち降水量が滲透水量及び蒸發水量の二者に分析される割合を求めるのであるが、著者は更に同じ實驗値を用ひて雨水滲透性と樹木の種類との關係に就いて論議を試みた。尙本問題を考究するに當り種々御指導を賜はつた恩師諸戸先生及び各方面に御援助下さつた前記演習林主任乾貞夫氏外職員各位殊に觀測の任に當られた大塚通男氏並びに計算の勞を執られた東京帝國大學森林理水及砂防工學教室の諸氏に深く感謝する次第である。

## (1) 林地に於ける水分經濟の 研究と植木鉢試験の應用

この種の試験は從來實際の森林に就いて屢々行はれてゐる。然しこの研究は頗る困難で就中林地の雨水滲透力に關する方面は殊更である。その理由は滲透水の原因となる降雨の強度が時間的にも面積的にも一樣な場合は少いから林地面積が廣さを増すに従つて流域内の降水量の測定が困難になつて來るし又地下に滲透した雨水も地表下の地質的構造の影響を受けて複雑な流路を採るから地表面上での集水區域内の降雨に依る滲透水全部が同區域の咽喉部に集るとは限らず時には他に流出し或は他より流入する事がある。且又滲透水の地表に現はれる迄に要する時間は地形、地質、氣象狀態等多數の因子の影響の複雑に組合はさつた結果に依つて定められるものであるから特定の降雨に對する滲透水が流出する期間を正確に知る事は不可能に近い。

最も困難な問題は異なる狀態の森林に於ける雨水滲透力の比較試験である。例へば森林の有無と滲透量或は樹種と滲透量又は森林の取扱ひ方の種類と滲透量の關係を求めるやうな場合である。眞に正確な比較研究をするには森林の有無、樹種の差、或は作業種の差以外の點即ち地形、地下の地質構造、氣象狀態等は全く等しい狀態にある二つ以上の試験地を必要とする。このやうな條件を完全に具備してゐる實驗地が實在し得ないから出来るだけ類似した土地の選擇その他目的とする條件の差以外の影響を消去する爲に多くの研究者が腐心してゐる。斯様に實際の林地に於ける水分經濟の研究には幾多の暗礁があつてある程度以上の正確さを望む事は出来ないとは云ふもののこの研究は頗る重要であつて、實驗結果の應用と云ふ點からすれば必然的にこの方法に依らなければならない。

要するに實際の林地に就いて研究する場合の障害は一つの結果が數多の因子の影響を受けてゐると云ふ事にあるから因子の數を出来るだけ少くするやうな方法を講ずる必要がある。この意味から實際の林地とは可成り隔りある種々の實驗が分析的に行はれて居り、これ等は實際林地に於ける研究の補助となると云ふ點で價值を認められるものであると考へられる。從來行はれ來つた鉢試驗もこの一つであつて小規模ではあるが分析的に結果を求める上から重要な方法であるから本試驗に於てもこの方法を採用した。

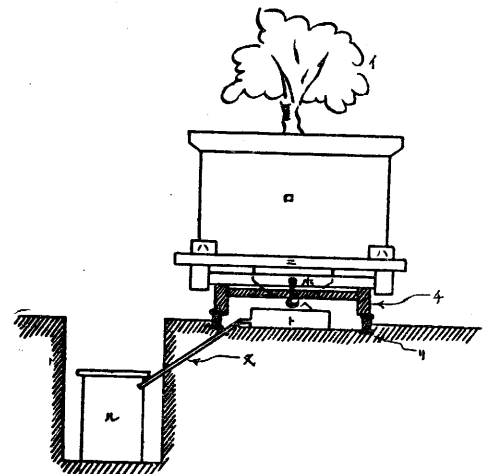
## (2) 實驗の目的・設備・測定方法

從來行はれた鉢試驗の多くは小規模であつたが本試驗に於ては直徑約 1 m の植木鉢を作成して大規模に行つてゐる。且從來は多くの場合人工的給水法に依つてゐるが本試驗では供試材料を自然の降雨は勿論その他出来るだけ自然の氣象狀態の内に放置してある。又自然氣象條件の下で種々の變化を受け來つてゐる土壤の性質(勿論その上に生育してゐる樹木の及ぼす影響も含めて)に就いて研究するのが目的であるから新に各鉢内に全く同一の性質を有する地層を作成する如き方法とは異り、實際に砂防植栽地の土壤とその上に生育してゐる樹木、換言すれば砂防植栽地の一小部分をその儘植木鉢の内に移入したのである。斯様にして流去量全然無き場合降水量が滲透量と蒸發量の二者に如何なる割合で分析されるかを知らうとするのが本試験の目的である。

本試験は昭和 4 年 7 月以降愛知縣東春日井郡東京帝國大學農學部附屬演習林穴の宮量水堰堤集水區域内で行はれてゐる。試験用植木鉢は直徑約 1 m の土管に厚さ約 0.12 m の鐵筋コンクリートの底を附したもので深さは約 0.6 m と爲した。第 1 圖は試験用植木鉢とこれに附屬する裝置を示す。植木鉢の底部の中央に直徑約 0.1 m の圓孔を設

けてあり、この孔に向つて多少勾配を附し滲透水がこの部に集まり同孔から鉢外の受水器に流下するやうにしてある。この鉢をトロリーに乗せてあるからトロリーの中央に約  $0.15\text{ m}^2$  の孔を設けその裏面には集水用漏斗を附し鉢底からの滲透水が全部受水器に集中する如く装置した。(トロリーは全重量の増減を測定する目的で使用されたのであつて滲透量測定には直接の関係はない)

第 1 圖



イ 樹木    ニ トロリー    ト 受水器    ス パイプ  
ハ 鉢    ホ 集水器    チ 車輪    ル 貯水槽  
ハ 止木    ヘ 連結器    リ レール

上述の装置を施した鉢内に附近の砂防植栽地に生育してゐた樹木 10 種をその下の土壤(厚さ  $0.45\text{ m}$ )と共に移入した。この際出来る限りの注意を拂ひ自然状態の破壊される事を少からしめるやうに努めた。

第 1 表

番號	樹 種	種類	樹高 (m)
1	リヨウブ	落	1.5
2			1.7
3	ツバキ	常	1.8
4			1.0
5	ヒノキ	針	0.9
6			1.3
7	スギ	針	1.2
8			1.5
9	アカガシ	常	1.5
10			1.0
11	ソヨゴ	常	1.6
12			1.3
13	アベマキ	落	1.8
14			1.6
15	ク　　リ	落	1.2
16			0.9
17	アカマツ	針	1.5
18			1.3
19	クロマツ	針	1.5
20			1.3

(9.10 號は移植後直ちに枯死したので根元から伐去し萌芽せしめた)

た。供試材料としての樹木はその土地に生育してゐた各樹種毎に最も普通に數多く存在してゐるものの中から選んだ。斯様にして同種類の樹木を 2 鉢宛合計 20 箇の材料を作り測定の都合上各鉢に番號を附した。第 1 表は樹種と鉢番號及び移植當時の各樹木の樹高を示す。

観測は毎日午前 10 時に行ひ一測定時から次ぎの測定時迄の間即ち 24 時間内の滲透量を測定し、一方試験地の降水量を普通雨量計で測定してある。

## (3) 實 驗 値

前節に述べた實驗裝置に依つて得られた5ヶ年間(昭和4年9月—昭和9年8月)の各鉢の滲透量を1ヶ月毎に纏めて表記する。これ以後各表中の鉢の配列は後に樹木の種類と雨水滲透力との關係を論ずる場合に便ならしめる爲落葉濶葉樹、常綠濶葉樹、針葉樹の三種類別にし、同樹種は2つ宛並べてある。(12號の實驗値は極端に小であるから除外した)

第2表 月別滲透量(單位L)

## 第 1 年

鉢 番 號	月 降 水 量 (mm)	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
		461.9	144.8	114.4	107.7	29.2	49.4	138.0	118.5	189.3	145.6	243.5	166.7
1		72.4	19.0	23.5	23.8	1.6	13.7	51.4	28.8	60.4	14.4	3.5	26.5
2		96.9	48.6	30.3	14.0	0.8	5.1	37.1	12.0	45.7	20.7	47.8	31.6
13		109.6	16.0	49.4	48.5	2.5	17.3	54.6	37.1	89.0	22.1	30.8	2.8
14		117.7	24.7	44.6	25.4	3.8	7.8	48.1	25.3	88.9	36.7	47.5	56.7
15		137.4	23.3	33.6	31.0	0.7	13.1	29.7	23.3	46.6	19.9	50.0	48.2
16		165.1	24.6	25.1	31.3	3.3	14.9	44.6	11.7	37.4	28.8	54.1	56.4
3		160.4	40.4	23.2	41.3	2.8	13.2	59.5	42.1	58.3	52.2	84.5	57.1
4		105.0	28.9	32.9	38.2	1.6	8.6	52.7	25.6	65.0	38.2	86.4	54.5
9		79.8	35.3	38.3	24.2	0.8	13.3	53.5	35.6	69.5	43.2	85.1	48.7
10		132.9	74.6	55.7	35.6	3.8	17.7	68.6	59.5	98.1	33.7	102.5	54.7
11		123.4	50.5	32.3	20.9	2.3	16.4	35.8	21.9	102.5	20.5	37.7	47.1
5		127.2	36.9	24.0	36.1	2.7	7.8	56.0	27.2	35.0	12.0	45.8	39.2
6		157.6	34.0	29.5	40.0	4.6	16.4	53.3	32.4	76.3	18.7	63.3	53.5
7		79.5	22.1	24.1	18.2	0.3	6.4	29.3	14.0	27.9	4.4	9.5	5.9
8		177.9	49.0	31.4	34.7	1.0	12.6	44.3	24.6	53.3	11.8	35.8	48.1
17		130.1	16.0	22.9	25.2	1.9	6.3	33.9	19.5	44.1	4.7	47.4	16.3
18		129.7	17.7	32.6	39.1	2.2	13.1	25.7	28.0	51.7	16.9	45.5	20.1
19		160.3	12.3	23.5	23.7	2.2	12.2	27.4	10.4	3.1	1.4	3.9	35.0
20		93.7	9.6	16.5	21.9	0.8	8.2	31.9	11.1	63.3	12.7	31.6	52.1

## 第 2 年

月 降水量 (mm)	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
鉢 番 號	108.6	102.6	159.9	45.5	72.5	83.5	63.5	135.6	144.4	121.0	286.6	23.4
1	9.0	23.0	32.1	1.5	3.3	12.9	7.3	33.3	36.7	2.1	77.2	0.0
2	4.1	5.8	8.8	9.2	18.9	22.7	11.8	11.7	17.1	0.5	26.1	0.0
13	1.1	12.0	7.2	7.3	9.4	23.4	8.8	39.6	37.5	0.0	93.2	0.0
14	13.6	30.0	77.9	14.9	23.8	27.6	12.7	35.4	47.0	14.7	105.8	0.0
15	2.2	9.6	7.7	3.7	5.1	10.9	4.2	12.9	29.3	5.7	57.8	0.0
16	9.2	20.7	52.2	7.0	4.5	18.6	11.4	40.4	33.3	7.5	93.4	0.0
3	12.4	18.3	41.4	6.2	12.8	13.3	3.2	10.6	16.4	5.7	39.0	0.0
4	8.7	27.4	65.6	8.7	20.8	17.3	3.8	26.2	16.3	6.8	39.9	0.0
9	7.3	25.0	56.9	9.1	22.3	24.8	8.0	16.5	33.3	10.2	82.9	0.0
10	26.2	40.5	71.6	16.8	33.4	43.6	15.1	52.1	67.7	28.3	147.0	0.0
11	13.8	15.8	24.5	3.4	17.5	8.1	3.3	7.4	30.5	5.2	53.7	0.0
5	0.9	7.8	4.7	2.9	5.6	5.8	3.6	9.2	7.9	0.3	34.1	0.0
6	6.9	15.7	24.4	4.0	3.9	17.4	7.3	33.8	33.9	4.3	61.8	0.0
7	0.0	3.4	6.8	0.3	2.8	4.3	2.1	12.4	22.1	2.6	43.4	0.0
8	3.7	21.3	32.8	4.1	4.8	12.9	2.2	32.3	37.2	12.7	33.3	0.0
17	2.6	14.4	21.7	1.1	5.1	10.9	2.7	13.1	23.3	10.8	95.4	0.0
18	9.2	20.8	21.3	8.4	17.0	21.8	7.7	17.3	41.7	10.1	84.1	0.0
19	2.0	13.9	27.4	5.1	7.2	14.8	6.6	14.1	12.9	0.2	47.3	0.0
20	2.7	15.2	24.2	4.2	12.5	22.3	7.9	26.5	23.5	0.0	66.7	0.0

## 第 3 年

月 降水量 (mm)	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
鉢 番 號	243.5	234.8	100.8	82.6	20.3	49.3	52.3	123.4	138.5	179.2	163.5	160.4
1	46.4	104.3	29.4	23.2	1.2	3.6	3.3	4.4	3.9	19.5	38.7	36.8
2	20.9	36.8	12.0	16.6	0.5	1.3	2.6	10.0	3.8	6.4	22.2	2.2
13	36.8	91.1	24.9	21.6	1.6	4.8	0.9	2.5	4.8	4.6	26.5	13.4
14	72.9	101.7	33.4	23.0	0.9	5.8	4.1	40.2	35.0	43.8	55.6	15.2
15	32.4	52.8	16.6	29.2	0.5	2.5	0.5	1.7	1.4	4.6	37.8	14.1
16	50.9	96.1	31.0	32.4	2.9	12.2	12.7	34.3	26.5	35.2	45.4	9.2



3	25.0	54.9	3.0	10.1	0.0	0.1	0.8	6.2	6.3	14.1	25.8	7.9
4	33.1	55.6	13.0	15.8	0.4	3.9	3.2	19.3	7.4	19.1	41.0	15.5
9	28.1	88.0	25.2	29.2	0.9	5.8	7.1	47.7	29.4	52.0	57.2	14.9
10	73.0	107.8	45.4	41.7	2.4	12.0	14.8	57.7	32.1	64.8	59.6	30.5
11	24.8	46.8	14.5	7.3	0.3	3.4	4.4	5.8	6.0	6.7	34.2	9.2
5	29.0	32.5	9.4	12.5	0.5	4.9	4.7	8.4	9.7	13.6	12.0	11.5
6	37.9	78.9	17.3	18.0	0.2	4.3	9.1	24.6	19.8	32.7	60.4	24.8
7	13.5	29.0	0.7	1.7	0.0	0.1	6.6	6.5	7.3	9.6	40.6	26.7
8	33.8	49.5	9.8	9.5	0.6	0.1	7.5	17.9	10.2	7.3	56.6	12.4
17	29.0	46.1	14.9	16.0	0.3	2.9	6.8	15.2	13.6	30.7	28.1	7.6
18	26.0	50.2	7.4	16.7	0.7	3.0	1.4	15.0	17.0	37.3	60.2	9.5
19	18.7	42.1	0.9	10.3	0.2	8.6	1.9	11.0	16.7	10.0	39.3	13.7
20	22.2	21.5	0.3	9.8	0.3	3.0	7.2	6.4	4.2	8.1	46.5	6.1

## 第 4 年

月 降水量 (mm) 鉢 番 號	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
	405.8	23.3	120.5	76.6	34.5	32.6	147.2	220.4	128.1	60.1	198.6	139.2
1	90.0	0.0	32.0	18.4	1.4	0.0	7.3	13.3	3.1	0.0	18.9	12.3
2	33.3	0.0	11.1	5.5	1.4	1.2	10.9	13.3	4.0	0.0	9.4	5.4
13	128.3	0.0	31.4	23.0	3.8	5.6	56.1	77.5	4.7	0.1	18.9	14.0
14	132.5	0.0	12.4	16.5	8.0	3.6	52.5	102.0	38.5	0.0	45.9	24.1
15	130.9	0.0	21.3	10.8	2.4	4.3	22.1	32.9	18.4	0.4	12.1	12.1
16	127.7	0.0	50.5	29.7	7.3	2.6	47.6	55.3	29.1	0.1	32.9	18.8
3	52.0	0.0	0.3	5.6	0.4	0.0	31.5	36.3	20.6	0.0	14.9	2.4
4	86.3	0.0	23.5	15.4	3.2	1.4	16.1	14.4	6.4	0.0	22.3	9.3
9	128.3	0.0	26.3	18.9	7.5	3.0	42.5	71.3	23.4	0.0	30.0	19.1
10	153.5	0.0	58.0	37.8	7.3	10.8	67.8	102.9	50.1	0.9	68.8	31.3
11	60.3	0.0	4.6	7.8	2.7	1.4	36.7	28.2	19.1	0.0	38.6	21.4
5	73.1	0.0	3.7	7.3	5.6	2.0	16.2	28.2	8.6	1.0	19.4	8.8
6	92.7	0.0	9.6	11.1	4.6	1.6	4.8	31.8	10.3	0.0	32.4	7.7
7	鉢破損に付植換をした爲實驗値不良											
8	56.4	0.0	12.3	12.9	7.2	1.4	3.8	18.8	1.9	0.0	14.1	1.6
17	40.6	0.0	9.0	5.5	3.6	1.0	9.9	25.2	8.2	0.1	8.5	3.3
18	77.8	0.0	20.1	17.5	4.5	5.0	47.6	70.7	26.4	0.1	29.9	7.8
19	78.9	0.0	0.6	3.1	0.9	0.6	9.6	29.3	10.9	0.1	16.3	6.4
20	61.9	0.0	7.7	11.6	5.8	0.1	21.7	50.1	13.3	0.0	26.7	7.8

## 第 5 年

鉢 番 號	月 降 水 量 (mm)	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
		108.0	195.8	78.8	64.4	21.8	33.7	69.8	142.1	88.1	192.3	104.5	39.4
1		1.8	36.1	7.2	6.0	0.2	7.4	0.7	18.3	10.3	22.1	0.0	0.0
2		1.2	18.8	2.4	2.5	0.1	5.3	5.9	13.8	8.3	14.9	0.0	0.0
13		1.3	61.6	22.0	18.8	1.3	14.4	16.7	54.8	23.6	34.0	0.0	0.0
14		10.4	53.3	4.4	14.9	2.4	10.3	20.3	49.2	31.0	50.7	0.3	0.0
15		9.0	31.4	9.7	6.9	0.4	8.0	7.1	17.8	15.2	42.6	3.6	0.0
16		5.3	56.2	16.9	15.0	2.1	8.5	9.2	24.9	17.1	44.3	0.4	0.0
3		1.2	51.0	0.0	1.6	0.0	2.0	0.8	6.3	9.4	11.8	0.0	0.0
4		2.2	18.8	4.8	12.5	0.0	9.8	7.5	9.1	11.0	19.3	0.1	0.0
9		3.9	61.3	12.2	14.7	1.4	11.5	14.9	47.2	22.3	23.0	0.0	0.0
10		17.1	48.2	8.6	9.7	1.5	1.5	8.9	20.8	6.6	3.0	0.8	0.0
11		14.4	55.0	13.5	13.3	1.6	13.3	8.5	36.7	14.7	43.2	1.7	0.0
5		3.8	39.7	1.2	1.8	0.0	1.1	8.1	11.0	6.8	31.2	0.3	0.0
6		4.0	20.5	4.8	4.0	0.1	6.0	5.6	17.3	14.1	9.6	0.6	0.0
7		3.9	38.0	2.3	2.9	0.9	2.5	2.9	8.3	3.8	11.0	0.2	0.0
8		0.0	38.0	0.4	6.7	1.4	9.9	11.6	27.1	6.3	19.3	0.0	0.0
17		0.4	19.7	6.0	7.0	1.4	1.9	7.1	21.8	5.9	17.8	0.0	0.0
18		4.9	29.8	3.3	7.1	0.5	5.3	6.6	14.6	7.7	14.0	0.1	0.0
19		2.3	16.4	1.0	0.7	0.5	0.9	0.8	12.7	2.9	35.3	0.2	0.0
20		0.6	57.0	0.2	2.8	0.5	10.8	8.1	35.3	6.6	43.0	0.0	0.0

## (4) 滲透量の降水量に対する百分率

緒言に述べた如くこの試験本来の目的は砂防植栽地全體として平均的の雨水滲透性を知る事にある。それが爲には種々の樹木の生育する土地の一部即ち本試験の各植木鉢からの長期間内の滲透量を求めこれ等全部の平均値を採用するのが最も適當であらう。故に先づ前節の月別滲透量を1ヶ年間及び全實驗期間即ち5ヶ年間内のものに纏めた。この場合各鉢の受水面積の差異を消去する爲に滲透量の受水量に対する百分率を求めた。但し受水量は(降水量)×(受水面積)として計算上求めてある。次ぎに落葉濶葉樹常緑濶葉樹針葉樹(これ以後前三者をそれぞれ落常針の頭字で表はす)の三種類別に各鉢の受水

面積を示す。

第 3 表 各鉢の受水面積

番 號	落 ( $\text{m}^2$ )	番 號	常 ( $\text{m}^2$ )	番 號	針 ( $\text{m}^2$ )
15	0.754	10	0.724	18	0.762
16	0.748	9	0.709	19	0.754
13	0.724	11	0.694	8	0.748
1	0.694	4	0.679	6	0.724
14	0.679	3	0.665	7	0.724
2	0.636			17	0.724
				5	0.694
				20	0.697

(第 4 年度 9 月 22 日に 5. 7. 8 號が破損し以後それぞれ  
れ  $0.656\text{m}^2$ ,  $0.665\text{m}^2$ ,  $0.673\text{m}^2$  に變更されてゐる)

尙年次に就いては 9 月 1 日から翌年 8 月末日迄を 1 ケ年とする。

第 4 表 滲透量の降水量に對する百分率

年 鉢 降 水 量 (mm) 番 號	1	2	3	4	5	總
	1909.0	1347.1	1548.6	1586.8	1138.7	7530.2
1	25.6	25.5	29.3	17.8	13.9	22.9
2	32.2	16.0	13.7	9.5	10.1	17.4
13	34.7	24.6	20.8	31.6	30.1	28.7
14	40.7	44.1	41.0	40.5	32.0	40.0
15	31.7	14.7	16.6	22.4	17.7	21.5
16	34.8	29.6	33.6	33.8	23.5	31.7
3	50.0	20.0	15.0	15.5	11.1	24.3
4	41.5	26.4	21.6	18.4	12.3	25.4
9	39.7	31.0	35.1	32.9	26.3	33.7
10	53.4	55.6	48.3	51.3	15.4	46.5
11	38.6	19.6	15.2	20.1	27.3	24.8
5	34.0	8.9	13.8	16.4	14.1	18.7
6	41.9	21.9	29.3	18.0	10.5	25.9
7	17.5	10.3	12.7	—	10.1	13.2
8	36.7	19.6	18.6	11.9	15.7	21.8
17	26.6	20.6	18.8	10.0	10.8	18.1
18	29.0	25.3	20.7	25.4	10.8	23.1
19	21.9	14.9	14.9	13.1	8.6	15.3
20	27.3	22.5	12.9	19.2	21.3	20.9
平 均	35.8	24.8	23.5	23.3	17.5	24.9

第4表に依れば一年毎の滲透量の降水量に對する百分率は降水量の増加と共に増大する如き傾向が窺はれる。然し鉢内に土壤を移入する際土壤間の空隙の増加する爲實際の土地に比し滲透量は過大となり而して時の経過に従つて漸次土壤は沈定して或る時期以後には却つて過少の結果を現はす如く想像される。又鉢内の樹木が生長する爲の影響も加はつてゐるであらう。これ等の事柄を併せ考へると單に滲透量の降水量に對する百分率が降水量の大いさに比例的の關係があると速斷するのは早計であると思へられる。

上述の推定に加へて樹木の生長状態は實地に於けるものと異なる事、雨水の一部は鉢の内壁と土壤の接觸面に沿つて流下する事等鉢試験にて除き得られない不利な影響は止むを得ないとして概略の數字を求める爲に最長の期間5ヶ年間の各鉢の滲透量對降水量の百分率を平均すれば $24.9\% \div 25\%$ となる。従つて蒸發水量は75%である。

#### (5) 樹木の種類と雨水滲透力との關係

本節に於ては先に求められてゐる實驗値から樹木の種類と雨水滲透力の關係即ち異なる樹木の生育する土地の雨水滲透力の比較を試みたのである。勿論この方面の研究の立場から見れば供試材料も不足であり又不完全な點が多い。然し本問題は將來必ず研究の對照と爲される可き性質のものであるから敢へてこの考究を爲し將來の參考に供しやうとしたのである。

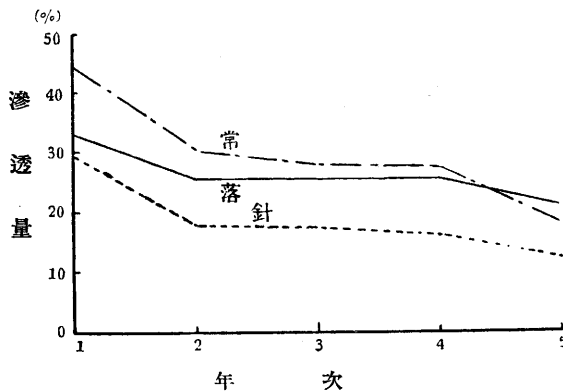
樹木の種類と云つても各樹種別に比較をする爲には同種類の材料は2ヶ宛しか無いので比較す可き各種類に屬する材料の數を多くすると云ふ意味から此處では落、常、針の三種類に大別しこの三種類の生育する土地の雨水滲透力に就いて考究する事とした。

##### (A) 滲透量の降水量に對する百分率の比較

第4表に依れば落、常、針の種類別に見て同種類の實驗値の間に相當の

差異があり、中には各年の滲透量増減の傾向が同種類間で異つてゐるものさへあるが各種類毎に平均値(第5表参照)を求めて圖表を作れば第2圖に示すやうになつて年別滲透量の増減の傾向が略一致して來る。

第 2 圖



示せば

以上の如く落、常、針の種類別の點のみに着眼して他の影響を考慮しない場合の平均値を比較すれば滲透力の順位は常、落、針となる。各年及び5ヶ年間の滲透量の受水量に對する百分率の各種類毎の平均値及び標準偏差を

第 5 表

	第 1 年		第 2 年		第 3 年		第 4 年		第 5 年		總	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
落	33.3	4.4	25.8	9.8	25.8	9.7	25.9	10.5	21.2	8.1	27.0	7.5
常	44.6	5.9	30.5	13.2	27.0	12.9	27.6	13.2	18.5	6.9	30.9	8.5
針	29.4	7.4	18.0	5.6	17.7	5.2	16.3	4.8	12.7	3.9	19.6	3.9

となる。

次に本試験に於ては滲透量に影響を及ぼす因子は單に落、常、針の差だけではなく他にも存在すると推定されるから、それ等の因子に就いて考究し著しい影響を與へてゐるものはこれを消去した上で更に比較をしなければならない。目的の差以外の影響の主なるものは(i)豪雨の場合の實驗上不利なる影響、(ii)樹木の地上部分の形態主として樹冠の状態の差に依る影響である。

(i)本試験に於ては供試材料が自然氣象狀態の中に放置されてゐる

事及び設備の點から考へ豪雨の際に不自然な滲透をするやうな事無きかを懸念しこの點に就いて特に考究したのである。先づ豪雨の際には時に鉢内に落下した雨水の一部が鉢外に溢出する場合がある。勿論明らかに溢出したと認められる場合の實驗値は除外してあるけれども、夜間豪雨の襲來したやうな時には推定に依つて溢出したか否かを決定するに困難な事が屢々ある。又實驗中鉢を移動させる爲に生じた土壤中の龜裂及び鉢の内側を傳はつて流下する雨水も多少ある事は想像され、この現象は豪雨の際には殊に著しいと考へられる。故に1時間最多雨量20 m.m.以上で一日總雨量30 m.m.以上の場合を除外した實驗値に就いて各種類毎に標準偏差を求めこれを第5表の數字と比較すれば第6表に示す如く實驗値の散布度は餘り變化してゐない。然しこれに依つて土壤中の龜裂その他豪雨の際の不自然な影響が全然無いとの證明は出來ないけれども少くともこれ等の影響が有つたとしても總ての鉢に一樣に及ぶ故に滲透量の比較をする上に豪雨の場合を除外する必要の無い事は肯定し得ると思ふ。

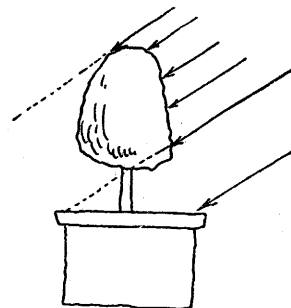
第 6 表

	標準偏差	
	總	豪雨を除外した場合
落常針	7.5	7.6
	8.5	8.7
	3.9	4.2

(ii) 樹冠の状態即ち樹冠の大きさ粗密度等の影響であるがこれ等の作用を分解して考へると(a)樹冠の雨水反撥並びに捕擷作用、(b)樹冠の雨水保留作用(樹冠保持量)、(c)樹葉の通發作用である。

(a) 樹木の枝葉は降雨に際し雨水の一部を反撥して鉢外に落下せしめるから實際の受水量は計算によるものより過少となる。一方雨の横降りの場合には樹木が無ければ當然鉢外に落ちる可き雨水の一部も樹木の枝葉に依つて捕擷され樹幹を流下して鉢内に入る爲に實際の受水量が過大となる。斯様に樹冠の状態の

第 3 圖



差異は受水量に對し複雑な關係を有してゐる。

(b)受水量が等しい場合に於ても尙保留作用の影響は存するもので樹木の枝葉多く密なるもの程雨水保留量は大きく従つて滲透量を少からしめる傾向を有する。

(c)樹葉の通發作用は土壤中の含有水分に影響するからこれが大なる程滲透量を少なからしめる傾向がある。

以上の如く樹冠の大きい粗密の程度は滲透量に複雑な影響を與へてゐるからこの差異を消去しなければならない。然し樹冠の大きさ及び粗密度の分類は同種類の樹種に就いても正確に爲す事は困難である(特に立木の儘では)。故に異なる樹木殊に濶葉樹針葉樹の如き葉形の全然異なる樹木の間でその比較をするのは至難の業である。従つて或る程度の誤差は免れ得ないとして此處では目測に依り樹冠の大きさ及び粗密度を綜合的に見て比較的に大小を定め生長不良で生葉の少ないものと著しく矮少なるものを除く事とした。斯様にして除外されたものは落の14,15,16號及び常の9,10號であり針には除外するものは無く落常の材料が甚だ少くなつたのは遺憾であるが止むを得ない。殘餘の供試材料の滲透量の降水量に對する百分率に就いて第5表の如く各種類別に平均値及び標準偏差を求めると

第 7 表

	第 1 年		第 2 年		第 3 年		第 4 年		第 5 年		總	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
落	30.8	3.8	22.0	4.3	21.3	6.9	19.6	9.4	18.0	8.7	23.0	4.6
常	43.4	4.8	22.0	3.1	17.3	3.1	18.0	1.9	16.9	7.4	24.8	0.5
針	29.4	7.4	18.0	5.6	17.7	5.2	16.3	4.8	12.7	3.9	19.6	3.9

となる。上表を第5表と比較すれば標準偏差及び各種類の平均値間の差異が縮少された事が認められる。但し針には除外した實驗値が無いから第5表のものと同じである。標準偏差の縮少は樹冠の差異

に依る影響の著しい事を意味し、これを消去した結果異種類の平均値間の差異は益々小となつた。その縮小された度合を5ヶ年間の平均値に就いて示せば、

第 8 表

	樹冠の影響を考へぬ場合	同上を考へに入れる場合
落 と 常 の 差	3.9	1.8
常 と 針 の 差	11.3	5.2
針 と 落 の 差	7.4	3.4

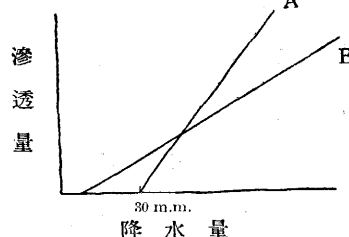
となる故に1ヶ年或は5ヶ年の如き長期間内の滲透量に依つて比較すれば落、常、針の種類の滲透力に及ぼす影響の差異は極めて僅かで各々の特徴とする程の確定的なものではないと考へられる。更に精しく云ふならばそれ等の特徴は鉢内に土壤を移入する際の自然状態の破壊或はその後鉢内に於ける不自然なる變化、その他滲透作用に影響を與へる諸種の原因中本試験に於ては除き得られないものの組合はさつた作用に依つて不明瞭に爲されて仕舞ふ程度の大いさである

#### (B) 降水量に對する滲透量の函数的變化の比較

1ヶ年間或は5ヶ年間の滲透量に就いて比較した結果は前述の如くであるが更に降水量の大いさと滲透量の關係を考へて見る必要がある。若し1年間の滲透量が等しいA、B二つの實驗資料が有つたとしてもその等しい量に達する迄の經過に於て異なる性質を現してゐるかも知れない。例へば第4圖に示すやうに

第 4 圖

Aは30 m.m.以下の降雨では滲透をしないがそれ以上の降雨に對しては急激に増加する如き滲透性を有してゐるとし、一方Bは30 m.m.以下の降雨の場合にも或る程度の滲透を



するがそれ以上の降雨に對してはA程増加の割合が急激でないとしたならばこの兩者は種々の降雨の組合はさつた或る期間内の滲透量



の合計に於て等しい場合が有り得る。故に降水量に對する滲透量の値の變化する狀態即ち滲透量を降水量の函數と見做してこの點から落常針の三種を比較した。

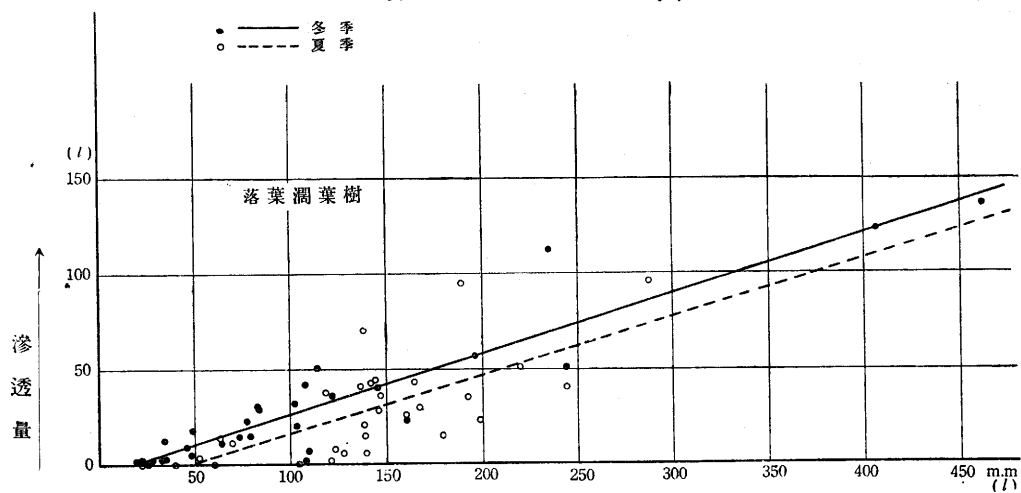
各々の降雨に對する滲透量は降雨の性質以外に氣象變化の影響を受けてゐるからこの點も考慮しなければならぬ。本試験の如き自然の降雨に對する結果を目的とする場合には各降雨毎にその時の他の氣象條件が異なり、又降雨の性質も量と強度の組合はさつた結果であるから單に降雨と滲透量の關係と云つてもその正確な結果を求める事は容易でない。故に或る程度の誤差は免れ得ないとして降雨の性質としてはその量のみを考へ、一方1年を2季に分けて冬季(9月—2月)及び夏季(3月—8月)としこの各期間内に於ては降雨以外の氣象條件の變化は目的とする滲透性に餘り大きな影響を及ぼさないものと見做して1ヶ月間の降水量と滲透量に就いて考究した。理想としては一雨毎に降水量と滲透量の關係を求めたいのであるが自然の降雨は降り方が一定してゐない爲に一降雨に對する滲透が未だ終らぬ内に次の降雨があつて前降雨に對する滲透量と次ぎのそれぞれの區別が不明瞭にされて仕舞つてゐるから止むを得ず1ヶ月間の降水量と滲透量を用ひた。月の變り目に連續して降雨のあつた場合時としてその月の降雨に依る滲透が翌月迄續いてゐるやうな場合には適宜降水量とそれに對する滲透量を兩者共何れか一方の月に屬せしめた。

落常針の種類別に滲透量の1ヶ月毎の平均値を求める爲、同種類の滲透量を合計しこれを合計受水面積で除し單位面積( $1\text{ m}^2$ )に對する滲透水量を求め受水面積の差異に依る影響を消去した。この計算に用ひた材料は第5節(A)(ii)中に述べた樹冠の差異消去の場合の殘餘のもののみである。次ぎに落常針別に各月の單位面積( $1\text{ m}^2$ )當りの滲透量表並びに降水量と滲透量の函數的關係を表す圖表を掲げる。

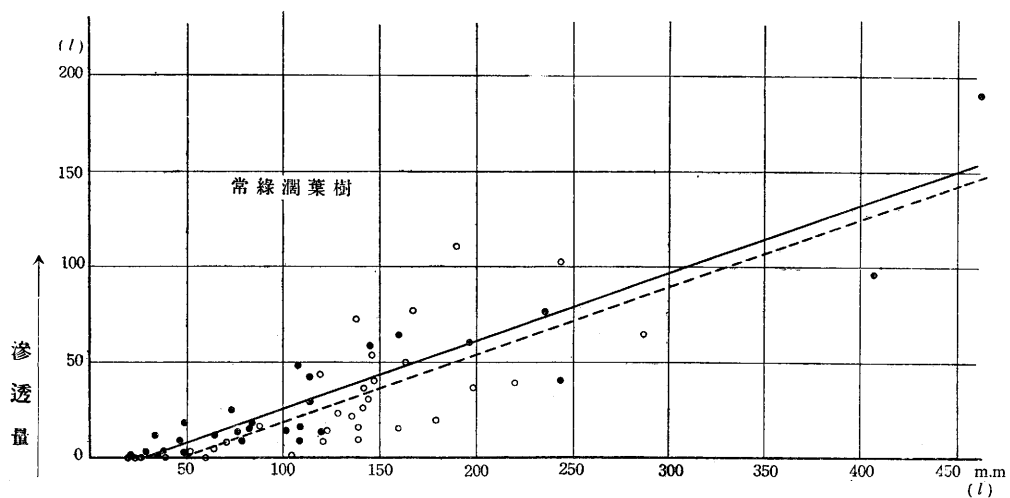
第 9 表

年 次	季	月	降 水 量 (m.m.)	滲 透 量 (1m <sup>2</sup> 當り)		
				落 (l)	常 (l)	針 (l)
1	冬	9	461.9	135.8	190.8	181.8
		10	144.8	40.7	58.8	34.0
		11	114.4	50.2	43.4	35.2
		12	107.7	42.0	49.3	41.1
		1	29.2	2.4	3.3	2.7
		2	49.4	17.6	18.7	14.3
	夏	3	138.0	69.7	72.6	52.0
		4	118.5	37.9	44.0	28.8
		5	189.3	95.0	110.8	61.1
		6	145.6	27.8	54.4	14.2
		7	243.5	40.0	102.4	48.7
		8	166.7	29.6	77.9	46.5
2	冬	9	108.6	6.9	17.1	4.8
		10	102.6	19.9	30.2	19.4
		11	159.9	23.4	64.5	26.4
		12	45.5	8.8	9.0	5.2
		1	72.5	15.4	25.1	10.1
		2	83.5	28.7	19.0	19.0
	夏	3	63.5	13.6	5.1	6.9
		4	135.6	41.2	21.7	29.1
		5	144.4	44.4	31.0	34.9
		6	121.0	1.3	8.7	7.1
		7	286.6	95.7	65.1	80.2
		8	23.4	0.0	0.0	0.0
3	冬	9	243.5	50.7	40.7	36.2
		10	234.8	113.0	77.1	60.2
		11	100.8	32.3	15.0	10.4
		12	82.6	29.9	16.3	16.3
		1	20.3	1.6	0.3	0.5
		2	49.3	4.7	3.6	4.6
	夏	3	52.3	3.3	4.1	7.8
		4	123.4	8.2	15.4	18.1
		5	138.5	6.1	10.0	17.0
		6	179.2	14.8	19.6	25.7
		7	163.5	42.6	50.0	59.2
		8	160.4	25.5	16.0	19.3
4	冬	9	405.8	122.5	97.4	95.0
		10	23.3	0.0	0.0	0.0
		11	120.5	36.3	13.9	12.7
		12	76.6	22.8	14.1	13.9
		1	34.5	3.2	3.1	6.5
		2	32.6	3.3	1.4	2.3
	夏	3	147.2	36.2	41.4	22.8
		4	220.4	50.7	38.7	51.1
		5	128.1	5.7	22.6	16.0
		6	60.1	0.0	0.0	0.1
		7	198.6	23.0	37.2	29.6
		8	139.2	15.4	16.2	8.7
5	冬	9	108.2	2.1	8.7	3.5
		10	195.8	56.7	61.2	46.0
		11	78.8	15.4	9.0	3.4
		12	64.4	13.3	13.4	5.9
		1	21.8	0.8	0.8	0.9
		2	23.7	13.2	12.3	6.8
	夏	3	69.8	11.3	8.2	9.0
		4	142.1	42.3	25.6	26.3
		5	88.1	20.5	17.2	9.6
		6	192.3	34.6	36.5	32.1
		7	104.5	0.0	0.9	0.2
		8	39.4	0.0	0.0	0.0

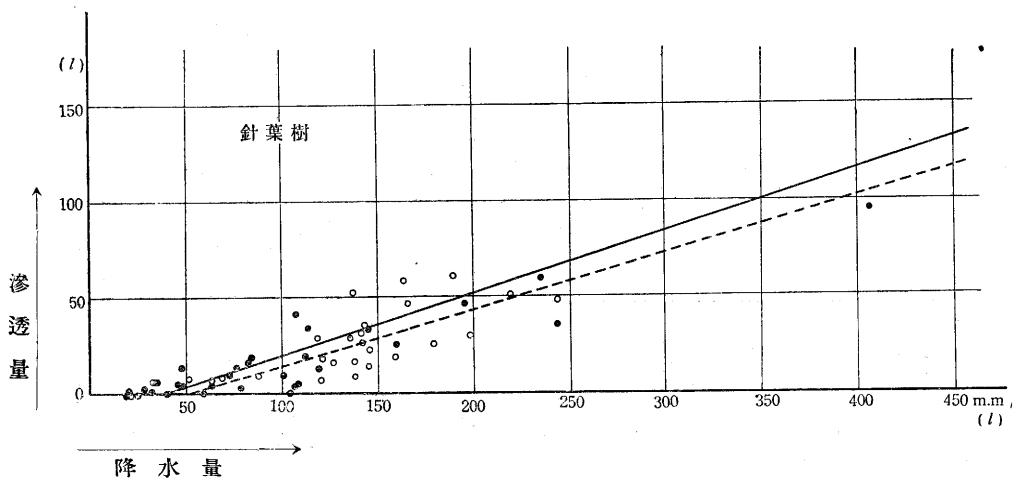
## 第 5 圖



## 第 6 圖



## 第 7 圖



前 3 圖に依れば降水量の大いさに對する滲透量の大いさの變化は略直線と見做し得るから

$$P = C + \alpha R$$

(Pは滲透量, Rは降水量, C及び $\alpha$ は定數)

なる直線式で表し最小二乗法に依つてC及び $\alpha$ の値を決定すればと

第 1 0 表

	冬		夏	
	C	$\alpha$	C	$\alpha$
落	— 5.3	0.31	— 13.5	0.30
常	— 8.7	0.35	— 16.2	0.35
針	— 12.4	0.32	— 14.9	0.29

なる。

上式  $P = C + \alpha R$  に於いて  $P = 0$  とした時の R を  $R_0$  とすれば、

$R_0 = -\frac{C}{\alpha}$  となり、これ以下の降雨では滲透を爲さないと云ふ限界の雨量の値を表はしてゐる。即ち  $R_0$  以下の降雨の場合はその全部が鉢内土壤に吸収されるか樹冠に保持されて仕舞ふのであつて土壤の乾燥の程度が大きい程亦樹冠保持量の大きい程  $R_0$  の値は大となるわけである。落、常、針の  $R_0$  の値は

第 1 1 表

	冬	夏	差
落	17.1	45.0	27.9
常	24.9	46.0	21.4
針	38.8	51.4	12.6

である。

上表に依れば  $R_0$  の値は季節の如何に拘らず針、常、落の順になつてゐる。又冬季の  $R_0$  と夏季の  $R_0$  との開きを比較すれば大いさの順位は逆に落、常、針の順になつてゐる。これは冬季に落葉してゐる落葉樹の樹冠保持量及び通發量は他の二者より少い爲一層滲透し易い状態にあると云ふ關係を示してゐるものと思はれる。

$\alpha$  の値は  $R_0$  より大きい降雨に對する滲透の割合を示す係數で常綠樹は他の二者に比し大きい値を示してゐる。

## (6) 結 論

(1) 愛知縣演習林穴の宮地内砂防植栽地の雨水滲透力を植木鉢試験に依つて實驗した結果に依れば、同地の直徑 1 m, 厚さ 0.45 m, の圓鑄形の土地の一部(土壤とその上に生育する樹木)の流去量無き場合の滲透量は降水量の約 25 % である。

(2) 長期間内の滲透量の降水量に對する百分率の點で比較すればその大いさの順位は常、落、針であるが、この差異は僅少で種類別の影響の他に種々の影響があり就中樹冠の大いさの影響を消去して比較すれば前三者の滲透力の差異は益々縮少されるから樹冠の状態の差の影響が相當大きい事が認められる。

(3) 滲透を始める迄に要する雨量の大いさに於ける順位は針、常、落で、冬季と夏季に於ける滲透開始に必要な最小雨量の差異は落到最大で(2)の關係の裏書をするものと思はれる。

(4) 滲透を始めてから後は各樹種共に前節の  $R - R_0$  の値に對し正比例的の滲透をする。その大いさの上から見れば常は他の二者より大きい。

本試験はこの種の試験の最初のものであるから種々不備な點が多く目的とする樹木の種類の雨水滲透性に與へる影響の差以外に種々の影響があり就中主なるものとして樹冠の状態の差異に依る樹冠保持作用及び通發作用等の影響が殊に著しい。然しこれ等の作用の原因となる樹冠の大いさが正確に數字的に分析出來得ない關係上目的とする樹木の種類の差の影響を正確に知る事が出來ない。又土壤を鉢内に移入する際出來るだけの注意を施しても尙除き得られない詰め方の相違及び鉢内土壤の分量の差異等は相當大きい影響を與へて

ゐると考へられるにも拘らず本實驗裝置に於ては知り得難い等種々遺憾とする點が多い。然し本試験に依つて少くとも前述諸因子の作用の一層完全なる分析の必要を認めこれが實行方法の發見に努力し將來この方面の研究に關しより正確なる結果を求め得るならば幸である。

## 參 考 文 獻

- 諸戸北郎 理水及砂防工學 量水編 第四版 昭和五年
- 平田徳太郎 樹木の通發水量測定試験成績 (第一回) 森林治水氣象彙報 第十號 昭和三年
- 同 上 同 上 (第二回) 同 上  
第十一號 昭和六年
- 同 上 森林の治水並水源涵養機能 昭和八年
- Van Ornum: The Regulation of Rivers—The Character and Amounts of the Forest Influence. 1914.
- R. Zon: Forest and Water in the Light of Scientific Investigation. 1927.