

## (研究資料)

## 緩傾斜造林地における浅層地下水位の季節変化

勝見精一<sup>(1)</sup>

Seiichi KATSUMI: Seasonal Variation of Groundwater Level  
within the Subsurface Soil Layer in a  
Gentle Hillside in Planted Forests  
(Research note)

**要旨:** 山地の浅い土層内における地下水を研究するため、林業試験場北海道支場羊ヶ丘実験林内の緩傾斜造林地内に、上下一直線上に6本の浅層地下水観測用の浅井戸を掘り、地下水位の観測を行った。その結果、次のことが明らかにされた。①融雪期の浅層地下水位は地表面まで上昇し、地表流を発生させる。②融雪期に上昇した浅層地下水位は5月、6月には降下していくが、20mm前後の降雨で上昇する。③夏季の7月、8月には地下水位は降下を続けて、観測井の底面以下になるが、8月下旬から9月の大雨で急上昇する。④10月には10mm前後の降雨でも、地下水位は上昇する。⑤初冬の11月、12月には地下水位はあまり変化がなく、厳冬期にはほぼ一定の水位となる。次に、No. 1, 4, 6井戸では降雨と地下水位上昇との関係について検討するため、浅井戸の地下水位上昇深 $H'$ が一降雨量 $R$ 、降雨直前の土壌水分不足量 $W$ 、林木等の樹冠遮断量 $I$ 、地下水の流出量 $G$ によって変化するものと仮定し、 $H' = h - (W + I + G)$ の数式により算出した。 $h$ は見かけの上昇深で、水位観測点における有効間隙率を $S$ (%)とすると、 $h = \frac{R}{S} \times 100$ で求められる。上式によって推定した地下水位上昇深の最大値は、No. 4井戸では実測値とかなりよく一致したが、No. 1とNo. 6井戸では、それぞれ、 $\pm 20$  cm,  $\pm 40$  cm程度の誤差がみられた。

## I ま え が き

山地の浅い土層内における地下水の動きに関する研究は、山地における降水流出機構を解明するうえで、きわめて重要な問題である。そこで、筆者は林業試験場北海道支場の羊ヶ丘実験林内の緩傾斜造林地の一部に6本の観測用井戸を掘り、浅層地下水位の観測を1981年より4年間にわたって行った。

羊ヶ丘実験林で測定した浅層地下水位については、北原らの報告<sup>1)</sup>で理論的な検証が行われており、また、融雪期の地下水位上昇と融雪流量の関係などについては、阿部らの報告<sup>2)3)</sup>がある。さらに、地下水の上昇が林木の枯死や生育に与える悪影響についても報告されている<sup>4)5)</sup>。この報告では、造林地内に設置した各浅井戸における地下水位の季節的変動と、降雨による地下水位上昇深の予測式について報告する。

## II 観測位置と測定方法

浅層地下水の観測用浅井戸は、Fig. 1に示されているように、実験林内の北向き緩斜面上のNo. 1からNo. 6までの6か所の地点に位置している。各浅井戸は水平距離で50m間隔に設置されている。それぞれの浅井戸の詳細な位置をFig. 2に示す。

浅井戸No. 1の設置場所は無立木地で、弱度の集水地形のなかにあり、傾斜度は $2^{\circ}17'$ である。No. 2

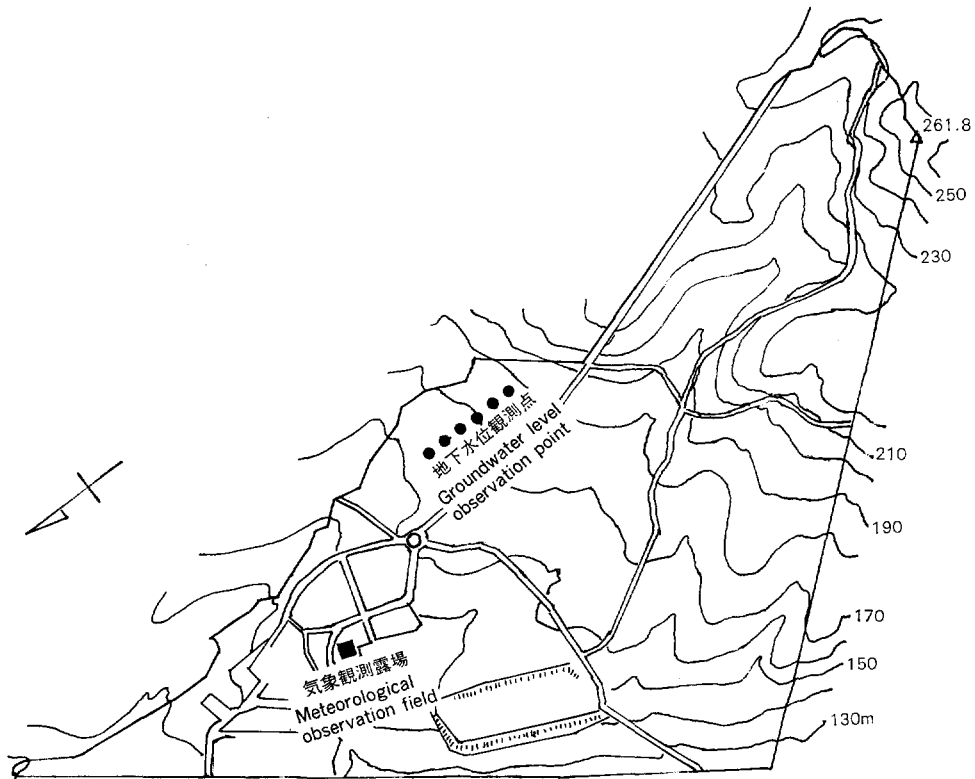


Fig. 1. 羊ヶ丘実験林内の地下水位観測位置と地形  
Location of shallow wells and topography of observation field  
in the Hitsujiyagaoka experimental forest.

は 1974 年春植栽のシラカンバ造林地内に設置され、傾斜度は  $2^{\circ}51'$  である。No. 3 はトドマツ（1973 年秋植栽）とシラカンバの混交林内に設置され、傾斜度は  $3^{\circ}26'$  である。No. 4 は 1973 年秋植栽のトドマツ造林地で、傾斜度は  $3^{\circ}26'$  である。浅井戸 No. 2, 3, 4 の設置されている各造林地は  $50\text{ m} \times 50\text{ m}$  の方形区で、それぞれ ha 当たり 3000 本植栽地である。また、No. 5, 6 は 1973 年秋に植栽されたカラマツ造林地内に設置されている。この造林地は  $50\text{ m} \times 100\text{ m}$  の長方形で、植栽本数は ha 当たり 3000 本である。傾斜度は No. 5 は  $3^{\circ}34'$ 、No. 6 は  $4^{\circ}34'$  である。各浅井戸周辺における植生と、1984 年に調査した植栽木の平均樹高と平均胸高直径とを、Table 1 に示す。

観測用浅井戸は次のように設置した。まず手掘りで  $2.0\text{ m} \sim 2.5\text{ m}$  の深さに掘り、次に直径  $11\text{ cm}$  の有孔塩化ビニール管を立て、周囲に火山灰を詰めながら地表面まで埋め戻した。埋め戻した管の頭部は地上に約  $25\text{ cm}$  出るように設置した。

地下水位の観測には、試作の水位検知器を使用した。この水位検知器はスケールの先端に電極をつけたコンバックスルールと、警報発信器から構成されている。そして、コンバックスルールの先端が地下水面に接触すると、ブザーが鳴るような装置になっているので、そのときの目盛りを読みとると、地表から地下水面までの垂直距離を測定することができる。また、降水量や気温は浅井戸 No. 1 の地点より約  $500\text{ m}$

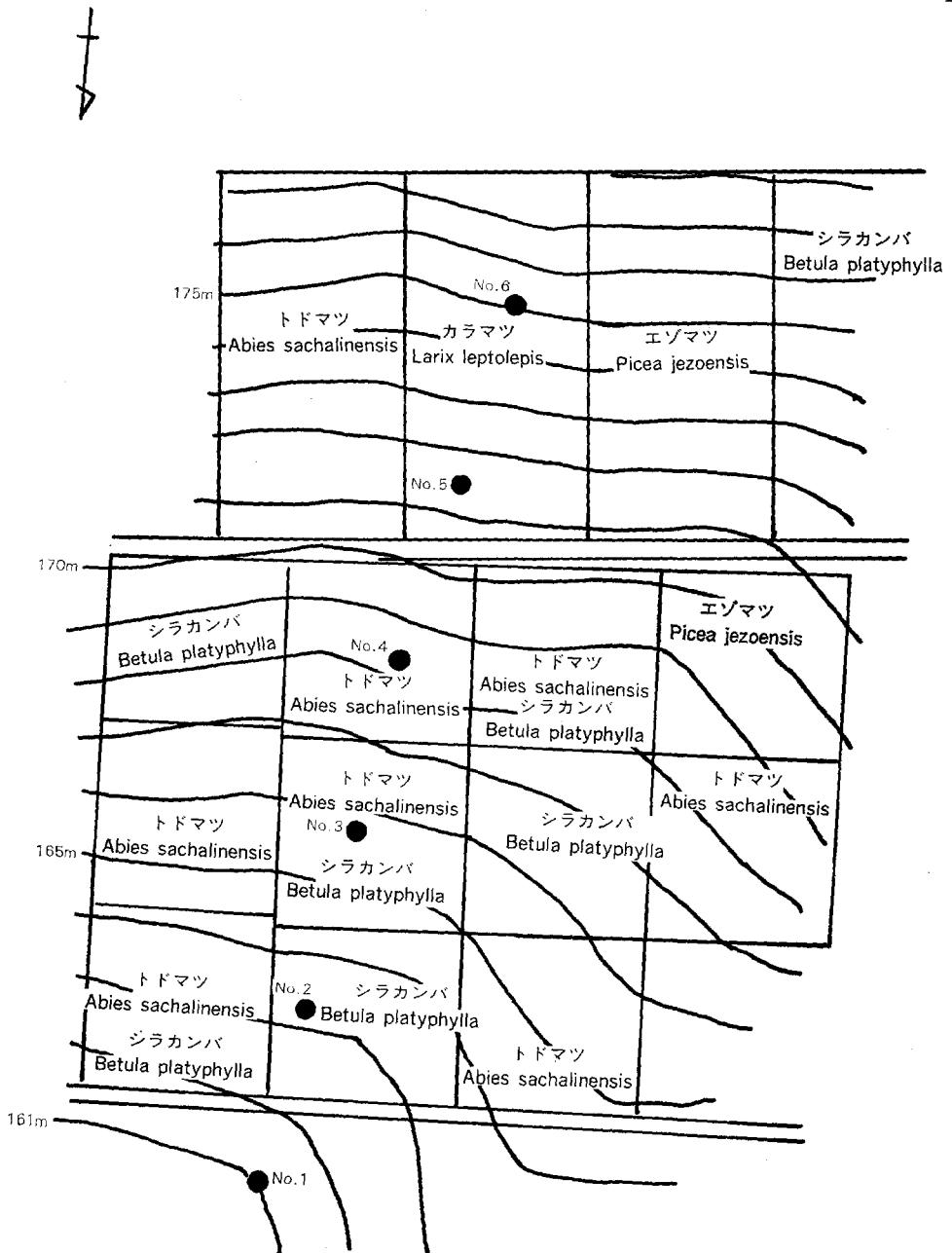


Fig. 2. 植栽木と浅井戸の位置  
Location of planted trees and shallow wells.

Table 1. 浅井戸周辺の植生  
Vegetation of around wells

浅井戸 Well No.	植 生 Undergrowth	被 度 Cover (%)	草 高 Height of herb layer (cm)	樹 種 Species	平均樹高 Mean height (m)	平均直径 Mean diameter (cm)
1	ススキ, エゾヨモギ, クマイザサ, キンミズヒキ, ヘラオオバコ, レッドクローバー, スゲ類, オーチャード	100	50~100			
2	ススキ, ナワシロイチゴ, エゾヨモギ, コオニユリ, キンミズヒキ, オーチャード, クガイソウ	100	50~100	シラカンバ	7.5	7.6
3	クマイザサ, ナワシロイチゴ, アキノキリンソウ, エゾヨモギ, エゾゴマナ, ツルウメモドキ	100	50~100	シラカンバ トドマツ	9.2 3.3	11.0 3.3
4	ススキ, ナワシロイチゴ, エゾヨモギ, ミツバツチゲリ, レッドトップ, キンミズヒキ, オーチャード, オトコヨモギ, カラマツソウ, クサフジ	100	100~150	トドマツ	1.9	2.2
5	オオブキ, ナワシロイチゴ, エゾヤマハギ, キンミズヒキ, ダイコンソウ, ウド, スゲ類, エゾヨモギ	30	20~50	カラマツ	9.0	11.4
6	オオブキ, ナワシロイチゴ, タチツボスミレ, スゲ類, ススビトハギ	5	15~20	カラマツ	9.0	11.4

北西方向にある気象観測露場で測定した資料を使用した。

### III 地下水観測浅井戸の土壤

浅井戸 No. 1~6 の土壤断面を Fig. 3 に示す。全体的にとみ、I層は新期火山灰樽前系であり、II層は埋没した火山灰層でかなり風化が進んでいる恵庭系と推定される。III層は大小の円礫と、小さな角礫に富む輪厚砂礫層となっている。

各浅井戸を結んだ土壤の層厚の縦断面をみると Fig. 4 ようになり、No. 1 では融雪水による滞水期間が長い(5月中旬まで)ためか、II A B層はやや灰褐色を帯び、II B, III Cには斑鉄や M<sub>1</sub> 核が含まれ、還元の特徴が認められる。No. 4 の浅井戸は IA<sub>2</sub> 層の層界が判然としており、I層がほかの浅井戸より厚い。No. 6 は L層のカラマツ落葉層が 5 cm 前後に厚く堆積している。

### IV 地下水位の月変化

地下水位の実測は、降雨のない場合は 1~2 日ごとに測定し、降雨時には毎日測定を行った。この測定時刻はいずれも 9 時前後で、測定期間は 4 月中旬から 11 月末までである。1982 年には冬期間にも月 1 回の測定を行った。

地表面を基準とする各浅井戸の 1981 年から 1984 年までの実測水位を Fig. 5 に示した。

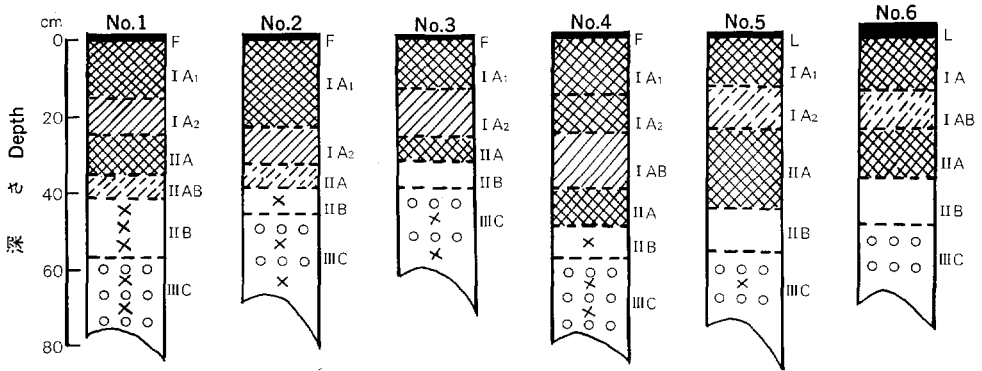


Fig. 3. 各浅井戸における土壤断面  
Soil profiles of shallow wells.

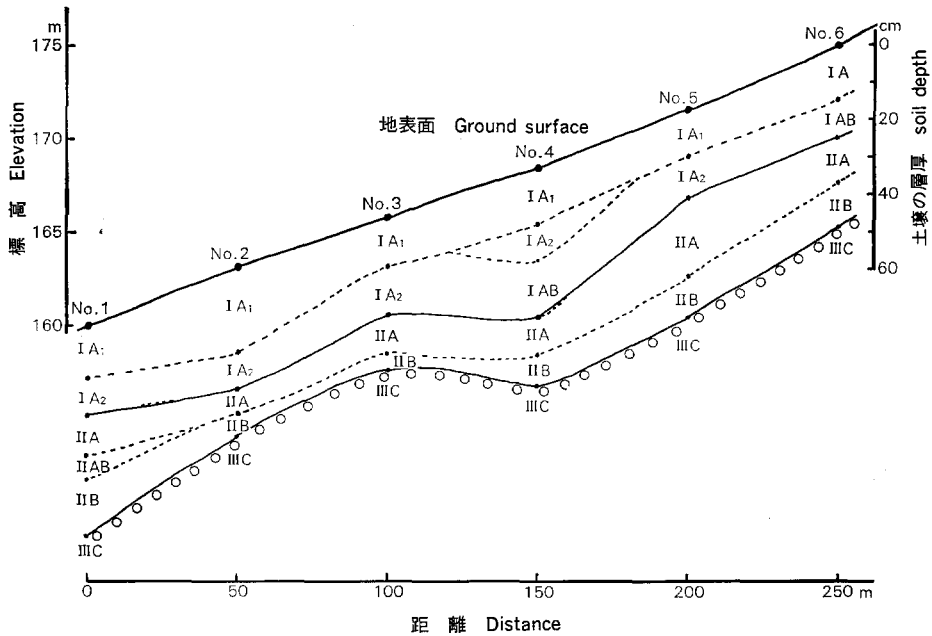


Fig. 4. 調査地の土壤縦断面  
Longitudinal section of the observed area.

1981年の図を見ると、4月22日まではNo. 1, 3, 4, 5の地下水位は融雪により地表まで上昇して、地表流が発生している。No. 2とNo. 6の地下水位は地表近くまで上昇しているが、地表面までは到達していない。その後、地下水位は下降していくが、5月25日から同30日までに49.5mmの降雨があり、各浅井戸とも地下水位が上昇している。5月31日をピークにして、その後、6月27日まで下降し、6月28日の44.5mmの降雨で再び水位は上昇している。その後、7月7日まで断続的な降雨で水位は上昇を続けている。7月8日にピークが現れ、8月3日まで下降した。この年の夏期間では、7月16日23時～17日3時までには12.0mmの降雨があったが、水位は上昇することがなかった。8月3日24時～6日5

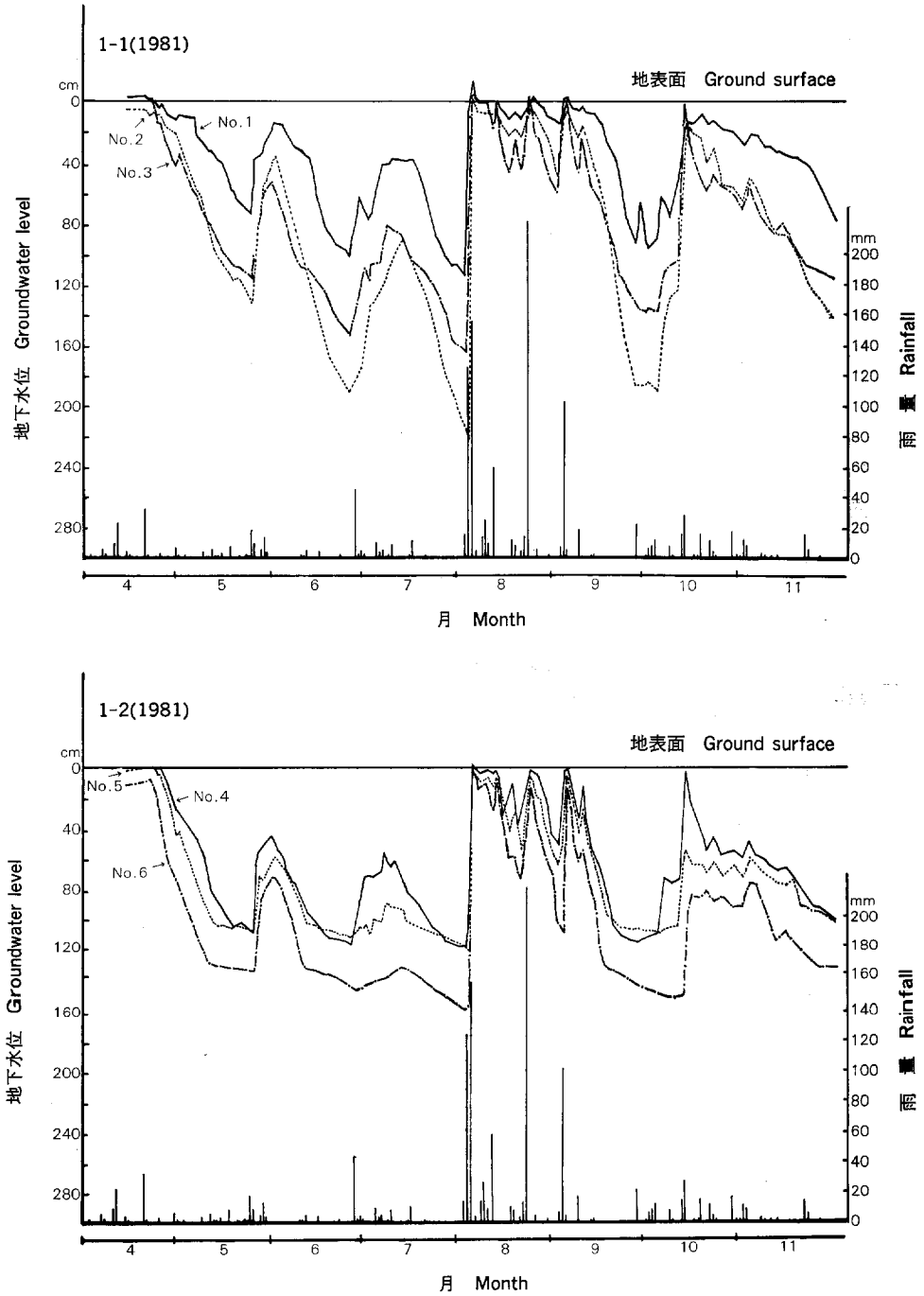


Fig. 5. 各浅井戸における地下水位の月変化  
Monthly variation of groundwater level in each shallow well.

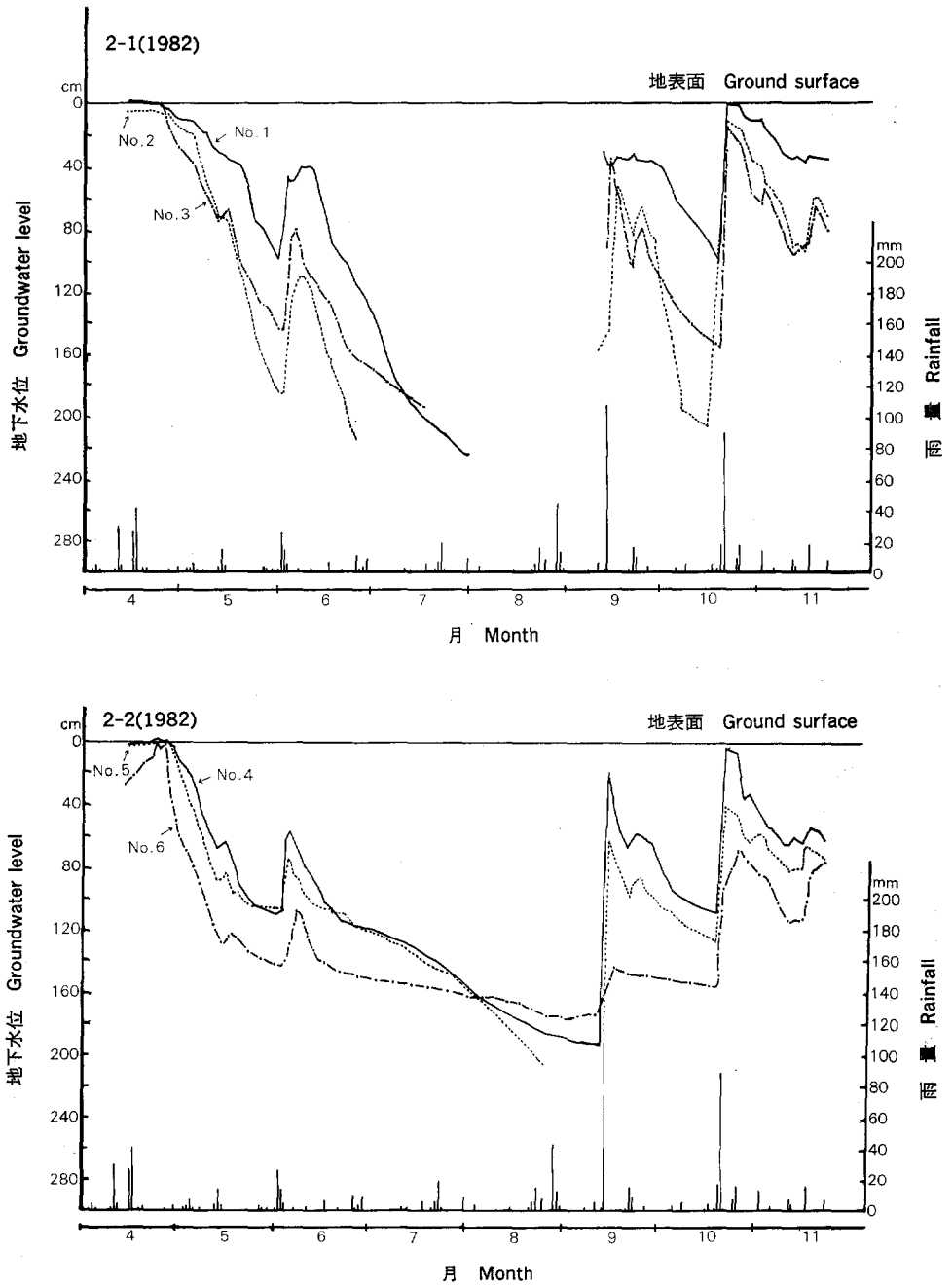


Fig. 5. (つづき) (Continued)

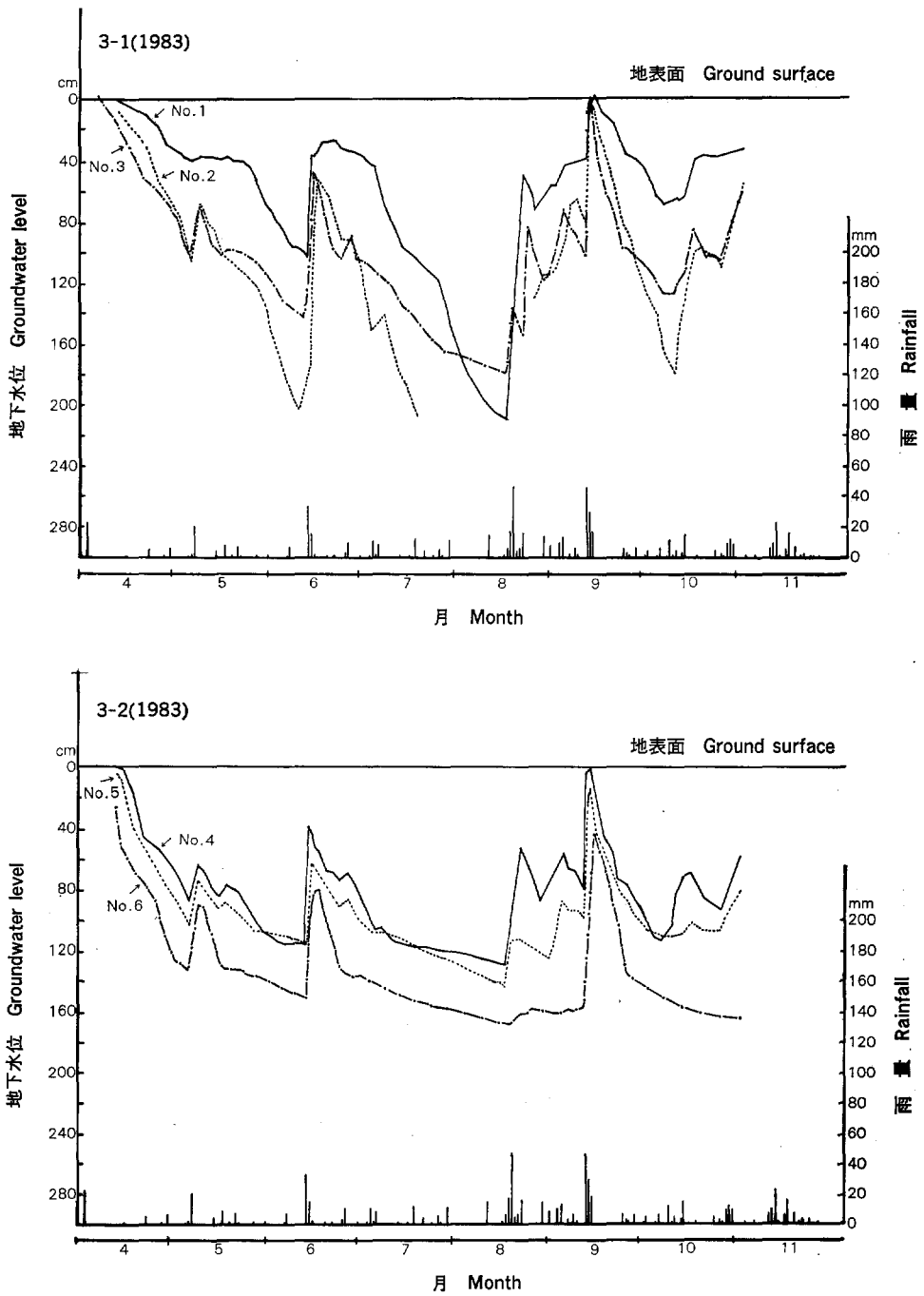


Fig. 5. (つづき) (Continued)



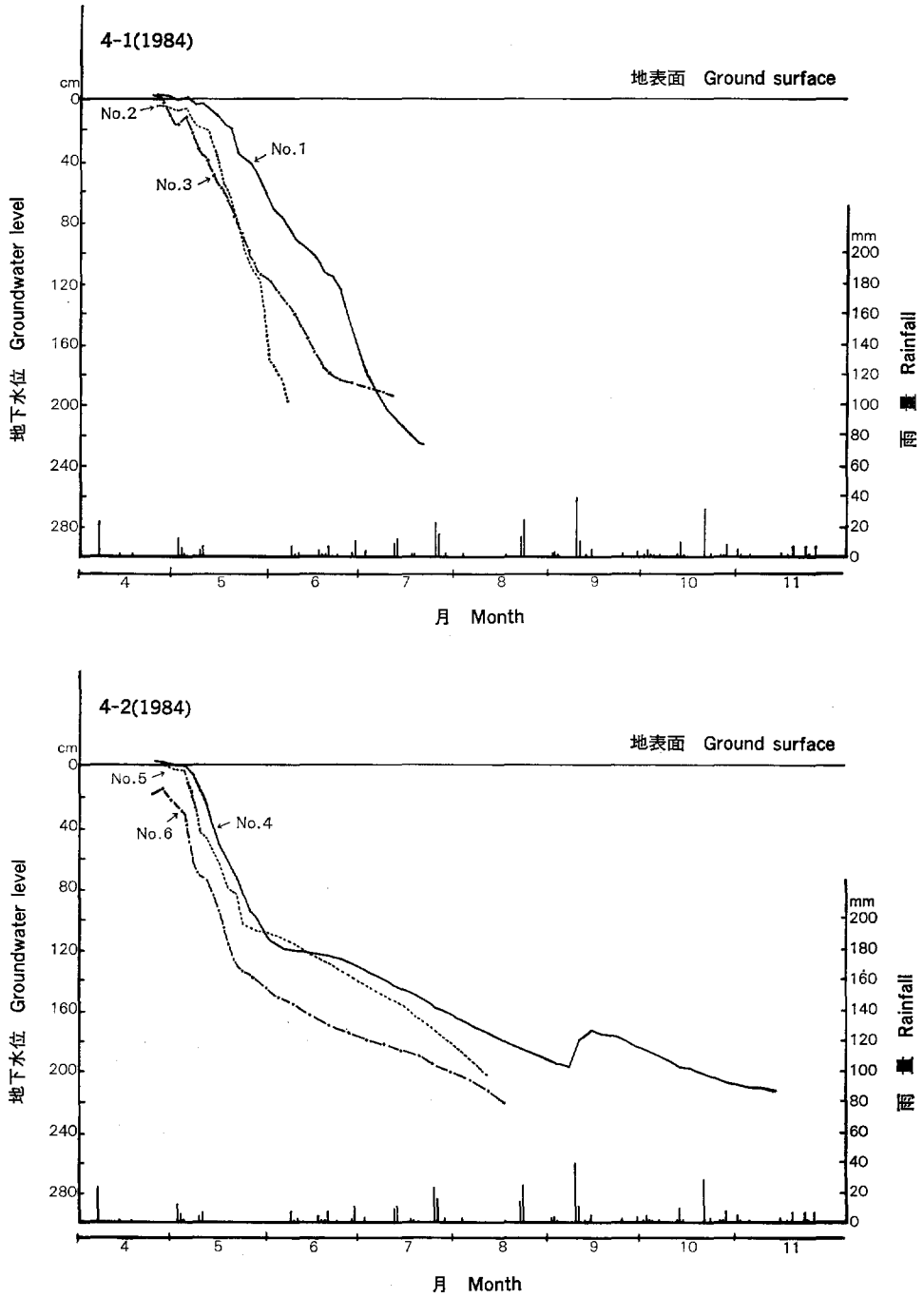


Fig. 5. (つづき) (Continued)

時まで 301.5 mm の大雨が降り、この大雨により一挙に水位が上昇し、各浅井戸とも地表流が発生している。なお、この大雨は記録的なもので、道内各地で洪水や崩壊が起きた。その後、9月3日まで断続的に大雨があり、高水位の日が続き、No. 1, 3, 4 には地表流が発生している。9月8日から下降しているが、10月になると 10 mm 前後の降雨でも水位の上昇がみられるようになる。

1982年には、4月27日頃までに融雪水により地下水位が上昇し、No. 1, 3, 4, 5 に地表流が発生している。No. 2, 6 とも地表面近くまで水位が上昇しているが、地表流は発生していない。その後、水位は降下をするが、6月1日～3日の 42.5 mm の降雨で各浅井戸の水位は上昇し、6月5日にピークが現れている。しかし、集水地形である No. 1 とカラマツ林内の No. 6 では、ほかの浅井戸よりピークの出現が 2 日程度遅れている。以後、水位の降下が続き、No. 1 は 7月31日、No. 2 は 6月25日、No. 3 は 7月16日、No. 5 は 8月11日、それぞれ地下水位は浅井戸の底以下に下降して消失した。しかし、No. 4, 6 の浅井戸はゆるやかな降下が 9月12日まで続いている。その後、8月28日～29日の 54.5 mm の降雨があったが、各浅井戸とも顕著な地下水の増加はみられない。9月12日 23時～13日 19時までの 108.5 mm の降雨で急激に地下水位が上昇しているが、カラマツ林内に位置する No. 6 では、ほかの浅井戸より上昇深が少ない。そして、10月19日 13時～20日 20時までの 103.5 mm の降雨で再び地下水位が上昇し、No. 1, 4 の水位は地表近くまで上昇している。

1983年は融雪水による増水で No. 1, 3, 4 の水位は地表まで上昇し、4月12日前後から下降している。No. 2, 5, 6 は地表近くまで上昇しているが、地表流の発生までに至っていない。5月6日 22時～7日 9時までの 22.0 mm の降雨で、各浅井戸の水位は上昇しているが、No. 1 は高水位のためか、顕著な上昇はみられず、水位が横ばいになっている。その後、6月13日まで降下を続け、13日 9時～14日 8時までの 47.0 mm の降雨で各浅井戸の水位は上昇しており、なかでも No. 2 は上昇の幅が大きい。No. 1 と No. 6 を除く各浅井戸では、6月14日に上昇のピークが出現している。これに対し No. 1 は集水地形であるためか、ほかの浅井戸より遅れて 18日にピークになっている。また、カラマツ林内の No. 6 では、16～17日にピークが現れ、この出現時刻はほかの浅井戸より 2～3日遅れている。以後、すべての浅井戸の水位は降下を続け、No. 2 は 7月19日に浅井戸の底以下となり、測定不能となった。8月17日～22日までの 61.0 mm の降雨で各浅井戸の水位は急上昇している。その後、10.0 mm 前後の降雨でも水位上昇が現れ、9月12日 12時～14日 18時までの 88.0 mm の降雨で、No. 1～No. 5 の井戸では地表近くまで水位が上昇した。カラマツ林内の No. 6 では、ほかの浅井戸より上昇反応が鈍いが、地表面下 40 cm まで上昇している。その後、下降していくが、土壌水分が多いためか、10 mm 以下の降雨でも水位の上昇が現れた。

1984年は例年より雪融けが遅く、各浅井戸とも融雪水により、地下水位は 5月10日頃まで地表近くまで上昇していた。その後、降雨は非常に少なく、各浅井戸は降下を続けた。各浅井戸の底面以下になった日時は、No. 2 が一番早く 6月7日、次に No. 3 で 7月12日、No. 1 は 7月21日、No. 5 で 8月12日、No. 6 で 8月18日となっている。No. 4 だけが水位測定が可能で 9月18日まで降下を続け、9月9日 4時～10日 2時までの 49.0 mm の降雨でようやく水位の上昇をみた。しかし、ほかの浅井戸の水位は浅井戸の底面以下にとどまっていた。

各年をとおしてみると、4月中、下旬に融雪水で地下水位が地表まで上昇し、地表流が発生しているのは No. 1, 3, 4, 5 の浅井戸で、No. 2, 6 は地表近くまで上昇するが地表まで到達していない。春季の

5, 6月は地下水位は下降していくが、土壌が湿っているためか、10~15 mmの降雨でも地下水位は上昇反応を示し、40 mm以上の降雨になると水位は高く上昇する。

7月、8月は下降期になり、土壌の乾燥が激しいためか、20 mm程度の降雨では地下水位は上昇しない。しかし、8月中旬から80 mm以上の大雨があると、地下水位は急上昇し、続いて9月に大雨があると、水位は地表面まで上昇し地表流の発生をみる。

地下水位の昇降変動の特徴を各浅井戸でみると、No. 1は集水地形のためか、高水位を長時間保ち、下降勾配は急である。シラカンバ林内に位置するNo. 2では、下降も急速であるが、降雨による上昇も大きく、水位の変動が激しい。トドマツ-シラカンバ混交林内のNo. 3は、地下水位が上昇するときは、しばしば地表面まで到達するが、下降勾配は前二者よりゆるやかである。トドマツ林内に位置するNo. 4は、Fig. 4の土壤図にみられるように土層が深く、ほかの浅井戸と層位に多少違いがある(IIA層)ためか、地下水位の下降が遅く降雨に対する上昇反応が早い。カラマツ林内のNo. 5とNo. 6を比較すると、No. 5は林縁に近いので、地下水位の変動にNo. 6と若干の違いがみられる。特にカラマツ落葉堆積層が厚いNo. 6は、地下水位の下降勾配がゆるやかであり降雨に対する上昇反応が遅く、地表流が発生しにくい。

## V 地下水位縦断面の季節変化

1982年1月~12月において、降雨の影響が少ないと思われる各月の15日前後の日を選び、浅井戸No. 1~6の地下水位縦断面をFig. 6に示す。ただし、3月は測定値がないので4月2日の水位を示した。また、4月は融雪水による地表流が4月16日まで観測されたので、地表流がなくなり地下水の降下が顕著になってきた4月28日の水位を示した。

1月、2月の冬季期間は地下水位に著しい変化がなく、各浅井戸とも地表面下80 cm~150 cmに水位が観測されている。3月末から4月の初めに融雪が盛んになると、水位は地表面近くまで上昇し、4月13日にはNo. 1, 3, 4, 5では地表流が発生している。そのときの積雪はNo. 1: 45 cm, No. 2: 49 cm, No. 3: 40 cm, No. 4: 42 cm, No. 5: 65 cm, No. 6: 65 cmである。

4月下旬から5, 6月の春季には地下水は下降して、盛夏期の7月にはNo. 2の水位は観測井戸の底面以下になり、8月にはNo. 1, No. 3も同様に地下水位は最低となる。9月、10月の秋季には降雨量が多くなり、地下水位は上昇してくる。そして11月、12月の初冬期には水位は地表面下60~100 cmとなり、あまり変化がみられない。

## VI 降水量と地下水位上昇深

地下水位の時間的変化を測定するため、浅井戸No. 1, 4, 6にリシャール型の自記水位計を設置した。以下は、水位計自記紙の資料に基づき、一降雨に対する地下水位の上昇深について検討する。

1983年の顕著な降雨3例について、降雨量と地下水位の上昇との関係をFig. 7に示す。

Fig. 7-1は1983年6月13日の地下水位上昇曲線で、降雨量は13日3時から14日の8時までの47 mmである。この場合の地下水位はNo. 1では13日18時から上昇が始まり、14日の12時に最高になり、その間に66.3 cm水位が上昇している。No. 4は13日20時に上昇が始まり、14日の12時に最高となり、上昇深は79.3 cmである。No. 6では水位の上昇開始は前二者より遅く、14日の14時に上昇が始まり、No. 1, 4よりゆるやかに上昇して、17日8時に最高68.2 cmの上昇となった。

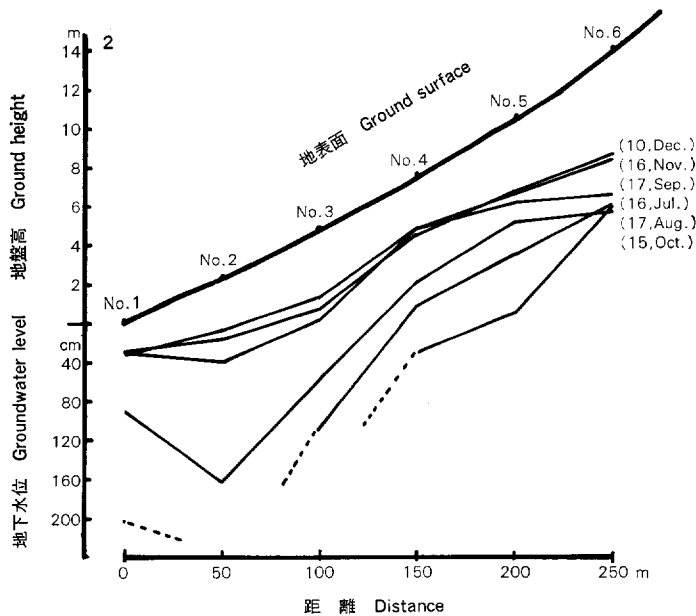
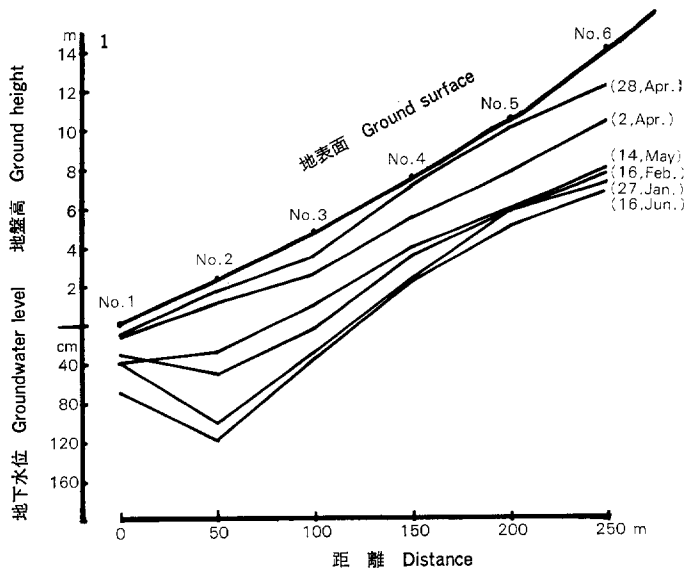


Fig. 6. 地下水位の縦断面 (1982)  
Profile of groundwater levels in 1982.

Fig. 7-2 は8月17日の上昇曲線で、降雨が16日23時～19日16時までの67.5 mm と、20日16時～22日17時までの22.0 mm、合計89.5 mm の場合である。No. 1 と No. 4 は19日の9時から水位の上昇が始まり、上昇開始の時刻は両者とも同じであるが、最高水位の出現時刻は、No. 1 は19日14時で、上昇深は151.0 cm、No. 4 は19日24時で、79.3 cmの上昇深となっている。No. 6 は非常にゆるやかに上昇しそのピークは29日9時で、その間の上昇深は25.6 cmである。

Fig. 7-3 は9月12日の上昇曲線で、12日12時～14日9時まで88.0 mmの降雨の場合である。このときはNo. 1とNo. 4は初期水位が高いため、地下水位は地表面まで上昇し、地表流が発生している。No. 6では12日24時から上昇が始まり、14日9時に最高115.3 cmの上昇深となった。

この資料から、浅井戸No. 1の水位上昇の開始は、No. 4より2時間程早く、ピーク時は約10時間早く出現していることがわかる。また、No. 1は集水地形のためかピーク後も高水位を保つ傾向がみられた。No. 6の浅井戸の上昇曲線の立上りは前二者より非常に遅く、10～24時間、ときにはそれ以上遅れることもあり、水位の上昇経過もゆるやかである。したがって、ピーク時はNo. 1, No. 4より非常に遅れて出現する。

### Ⅶ 地下水位上昇深の試算

前記の地下水位上昇曲線にみられるように、流域内の状況により昇降曲線に違いがみられる。地下水位は、一降雨量R(mm)が地下水面に到達するまで①降雨直前の土壌水分不足への供給W(cm)、②林木等の樹冠遮断I(cm)以外に、③地下水の流出量G(cm)も考慮しなければならない。

まず、降雨量R(mm)を土壌の有効間隙率S(%)で除すと、地下水位の見かけの上昇深h(cm)が得られる。この見かけの上昇深h(cm)から前記のW, I, Gを差し引くと上昇深H'(cm)を算出することができる。すなわち

$$H' = h - (W + I + G) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$h = \frac{R}{S} \times 100 \quad \dots\dots\dots\text{見かけの上昇深}$$

ただし、W, Iは地下水位に換算したものである。見かけの上昇深h(cm)を求めるための有効間隙率S(%)は、土壌の単位体積当たりの重力水量比で、この比値は土壌採取円筒(400cc)に土壌を採取し、48時間浸水して重量を測定し、その後48時間自然排水を行い、その重量差を円筒容積で除して求めた<sup>6)</sup>。測点No. 1, 4, 6の各浅井戸について深さ20 cm, 40 cm, 60 cmの3箇所の有効間隙率を求め、計算にはその平均値を使用した。各浅井戸のSの平均値は、No. 1は4.74%, No. 4は6.01%, No. 6は6.08%である。

①土壌水分の不足量W(cm)：降雨後土壌水分は蒸発散で消失し、次の降雨で補給される。そのような土壌水分の変化をみるため、No. 1, 4, 6に自記テンションメータを埋設して、毎日のpF値の変化を測定した。

降雨が終了した日から次の降雨までの毎日のpF値pと、積算日平均気温 $\sum T(^{\circ}\text{C})$ (ただし、初日の気温 $t_1$ を差し引く)との関係は、Fig. 8のようになる。Fig. 8から次の実験式が得られる。

$$\text{No. 1 土壌深 10 cm } p = 1.663 + 0.00436(\sum T - t_1) \quad r = 0.94 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{土壌深 50 cm } p = 1.520 + 0.00163(\sum T - t_1) \quad r = 0.92 \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{No. 4 土壌深 10 cm } p = 1.692 + 0.00255(\sum T - t_1) \quad r = 0.96 \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{土壌深 50 cm } p = 1.565 + 0.00199(\sum T - t_1) \quad r = 0.94 \quad \dots\dots\dots(5)$$

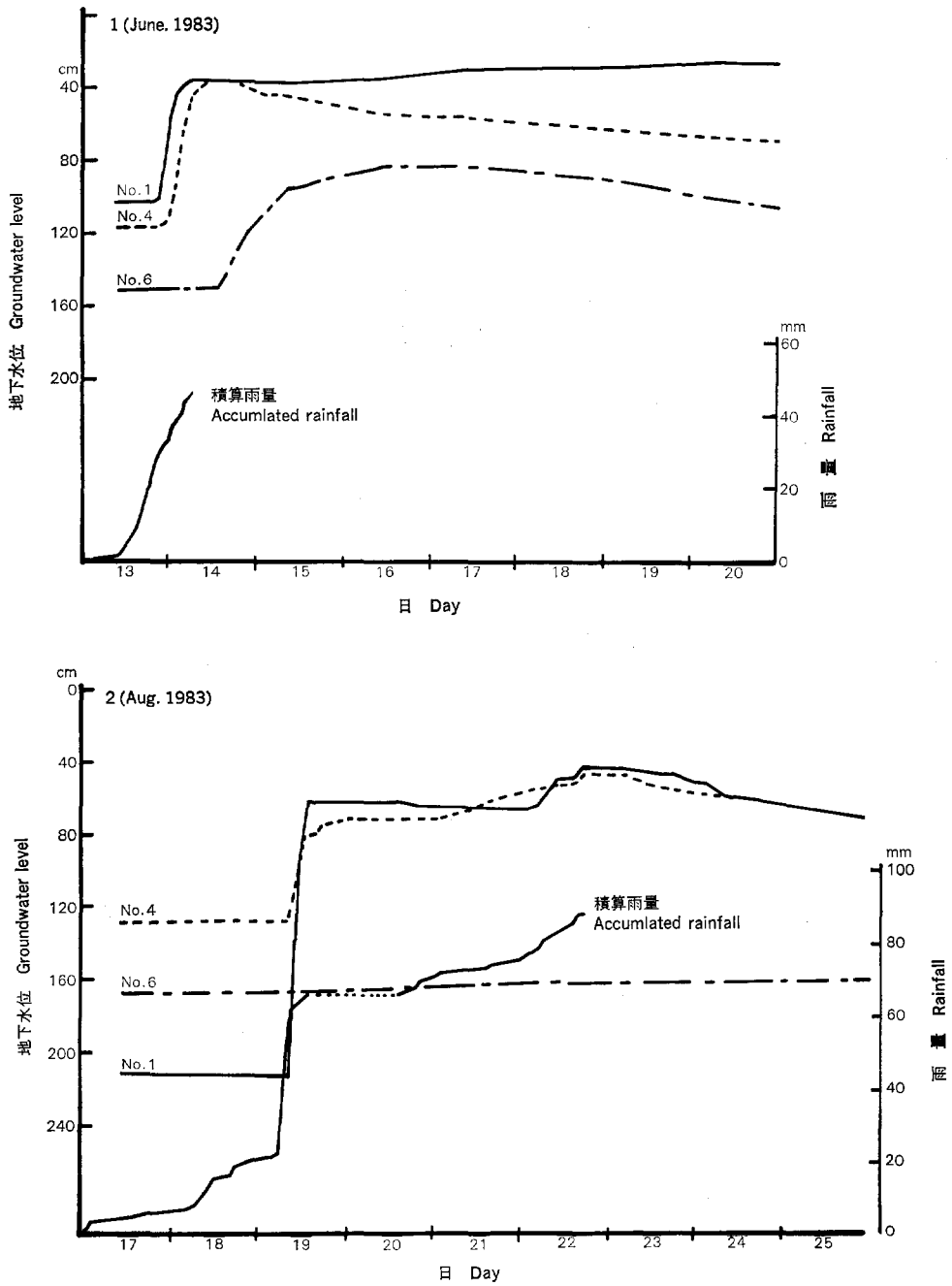


Fig. 7. 雨量と地下水位の変化  
Variation of rainfall and groundwater levels.

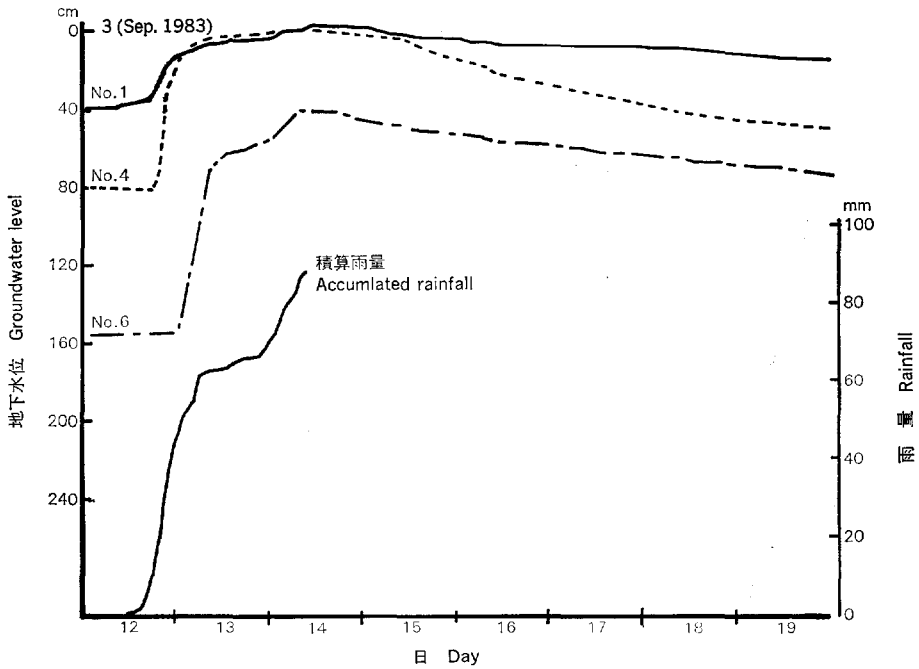


Fig. 7. (つづき) (Continued)

No. 6 土壤深 10 cm  $p=1.866+0.00380(\sum T-t_1)$   $r=0.91$   
 .....(6)

土壤深 50 cm  $p=1.707+0.00370(\sum T-t_1)$   $r=0.88$   
 .....(7)

以上の各式から、各浅井戸の地下水位上昇初めの日の pF 値を求めた。

pF 値と土壤水分との関係曲線は、地表より 10 cm と 50 cm の深さの土壤を採取し、室内で多容量土壤 pF 測定器を用いて作成した。深さ 10 cm と 50 cm の pF-水分曲線を Fig. 9 に示す。

土壤水分の不足量 W(cm) を次のようにして求めた。まず、(2)~(7)式を用いて pF 値を算出し、その pF 値に相当する土壤水分を Fig. 9 の pF-水分曲線から読みとる。pF 1.5~1.7 の水量は重力水といわれているので、pF 1.5 の場合の水分と前式による水分との差を求め、地下水位上昇の立上がり時における地表からの深さを乗じて W(cm) を決定した。ただし、計算の場合は深さ 10 cm と 50 cm の値の平均値を使用した。

②降雨遮断量 I (cm) : 浅井戸 No. 1 は無立木地、No. 4 はトドマツ幼齢造林地のため、林冠は未閉鎖の状態にあるので、No. 1, 4 の I の値は 0 とした。浅井戸 No. 6 はカラマツ造林地で、うっ閉度 1.0 の閉鎖林分である。この場合の I の値の決定には、隣接の同年齢のカラマツ造林地に設定された遮断雨量の観測成績を使用した。

この試験地で得られたカラマツ造林地内における雨量 R (mm) と遮断率 K (%) との関係は、次式のようなである<sup>8)</sup>。

$$K = \frac{13R + 107}{R} \quad \text{.....(8)}$$

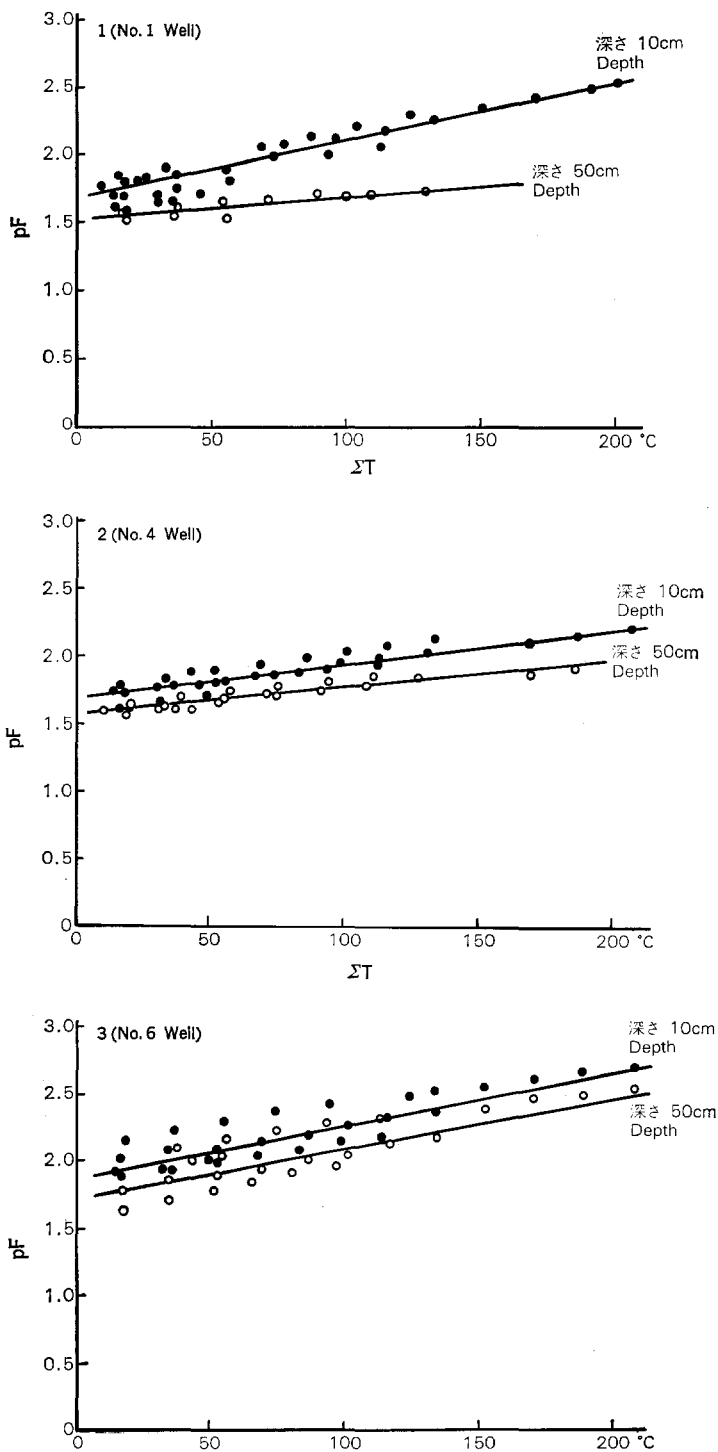


Fig. 8. pF 値と積算日平均気温 ( $\Sigma T$ ) との関係  
 Relation between pF value and accumulated mean temperature per day ( $\Sigma T$ ).



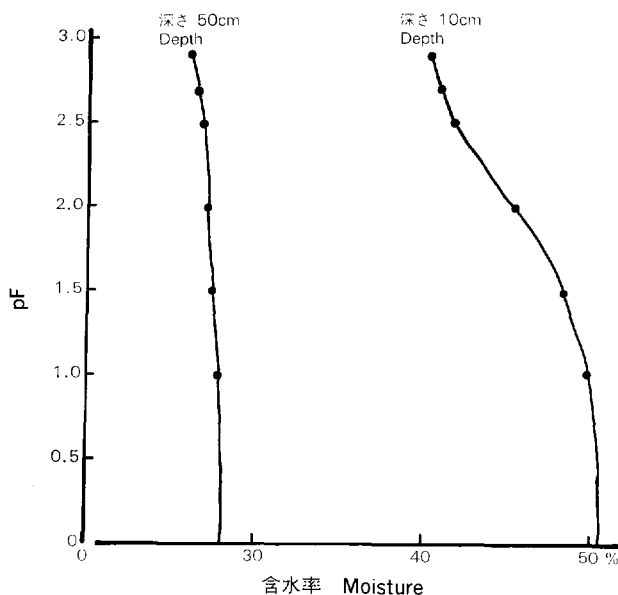


Fig. 9. pF-水分曲線  
pF-Moisture curve

この(8)式により遮断率を求め、遮断量 I を決定した。

③地下水の流去量 G (cm) : 無降雨期間における毎日の実測値から、地下水位の減水曲線を求め、その減水曲線式より 1 時間当たりの減水量を流去量として求め、これに水位上昇の立上がりからピークまでの時間を乗じて G を計算した。

無降雨期間における地下水位の減水経過を、1983 年の資料について示すと、Fig. 10 のようになる。ただし、この場合の地下水位は地表面からの地下水位を 300 cm から差し引いた値である。Fig. 10 に示した直線部分は次式で表すことができる。

$$\log H''_t = \log H''_0 - bt \quad \dots\dots\dots(9)$$

$H''_t$  : t 日後の地下水位 (cm).  $H''_0$  : 初期水位 (cm)

t : 経過日数. b : 係数

Fig. 10 に見られるように、各浅井戸の水位は水位の深さにより二つの直線で示すことができる。各浅井戸における係数 b の値と、1 時間当たりの G の値とを示すと、Table 2 のとおりになる。

自記水位計から得られた実測の地下水位上昇深の最大値 H と、前記の W, I, G の損失分を加味して計算した上昇水位の最大値 H' とを、顕著な上昇について比較したものを Table 3 に示す。ただし、W, I は地下水換算値である。

この表をみると、浅井戸 No. 4 は計算値と実測値の差が少なく、比較的良好一致している。しかし、No. 1 では ±20 cm, No. 6 では ±40 cm 程度の誤差がみられた。誤差の原因として、No. 1 では集水地形

Table 2. 各浅井戸における b と G の値  
Value of b and G in each well.

浅井戸 Well No.	b	G (cm/h)	備考 Remark
1	0.00306 0.00976	0.08 0.23	地下水位 40cm> 地下水位 40cm<
4	0.00628 0.00374	0.15 0.07	地下水位 90cm> 地下水位 90cm<
6	0.01191 0.00280	0.25 0.05	地下水位 120cm> 地下水位 120cm<

Table 3. 実測上昇水位と計算上昇水位の比較  
Comparison between the rise of the observed groundwater level and the estimated one.

年月日 Date	浅井戸 Well No.	雨量 R (mm)	実測上昇水位 (最大値) H (cm)	見かけの上昇水位	土壌水分不足量 W (cm)	遮断量 I (cm)	流出量 G (cm)	計算上昇水位 (最大値) $h - (W + I + G)$	差 $H - H'$ (cm)
				$\frac{R}{S}$ h (cm)				H' (cm)	
'81. 6. 28	1	45.0	44.7	94.9	73.1	0	1.8	20.0	24.7
	4	45.0	42.5	74.9	44.0	0	4.4	26.5	16.0
'82. 6. 1	1	42.5	52.4	89.7	17.6	0	9.0	63.1	-10.7
	4	42.5	52.0	70.7	11.9	0	4.6	54.2	- 2.2
	6	42.5	29.8	69.9	34.3	10.8	10.1	14.7	15.1
'82. 10. 20	6	103.5	84.3	170.2	35.0	23.8	18.6	92.8	- 8.5
'83. 6. 13	1	47.0	66.3	99.2	10.8	0	2.3	86.1	-19.8
	4	47.0	79.3	78.2	9.7	0	1.5	67.0	12.3
	6	47.0	68.2	77.3	29.5	11.8	9.9	26.1	42.1
'83. 8. 22	1	22.0	22.0	46.4	0	0	3.2	43.2	-21.2
	4	22.0	25.6	36.6	0	0	4.5	32.1	- 6.5
'83. 8. 19~22	6	89.5	9.5	147.2	70.3	20.9	10.8	45.2	-35.7
'83. 9. 12	6	88.0	115.3	144.7	31.9	20.6	5.0	87.2	28.1

\* S : 有効間隙率 effective porosity

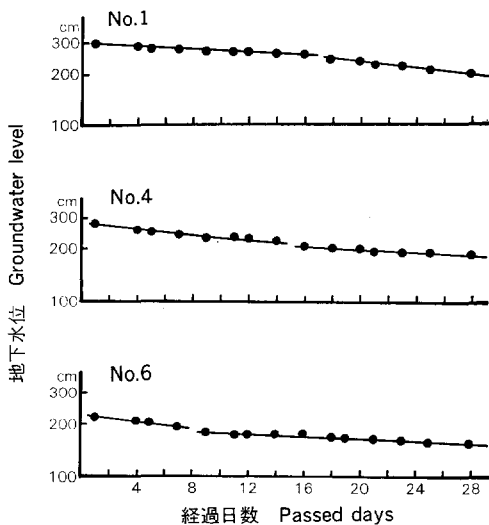


Fig. 10. 各浅井戸における地下水位の減水  
Recession of groundwater level in each well.

のため側方流の影響が考えられる。No. 6 のカラマツ林内では、夏季の乾燥期になると特に大きい差がみられるが、この原因については、乾燥期に無降雨日が続いた場合のカラマツ林内における土壌水分不足量について、土層内の測点を多くとって検討することが必要である。また、カラマツ落葉堆積層について、人工降雨装置を使用して、降雨と落葉堆積層からの透下量を検討した結果<sup>9)</sup>、落葉堆積層(厚さ5 cm)に保水される量は、1.0 mm~1.6 mmでわずかな量であったが、次のような現象がみられた。それは、降雨開始約3分後に落葉堆積層の表面に水たまりが生じ、6分後に消えてなくなる現象である。この現象は落

葉堆積層内に菌糸層があり、この部分はまったく濡れていず、雨水が透下しないことによるものである。これは「モリノカリバタケ属」の種類の菌糸である。このように落葉堆積層内の菌糸層も、降雨の浸透に影響することが考えられる。

## Ⅷ 摘 要

(1) 北海道支場羊ヶ丘実験林内の緩傾斜造林地において、斜面上下方向の一直線上に50 m間隔に六つの浅井戸を設け、地下水位の変動を調査した。地下水位の観測は降雨日には毎日、無降雨日には、2, 3日ごとに9時前後に行った。また、時間的变化をみるため、No. 1, 4, 6の浅井戸に自記水位計を設置した。観測は1981~84年の4~11月の期間継続し、1982年には冬期間も月に1日行った。

(2) 地下水位は4月中、下旬の融雪水で地表まで到達し、地表流を発生する箇所もある。カラマツ林内のFig. 6では、地表近くまで上昇するが、地表流の発生はみられなかった。

(3) 春季の5, 6月には地下水位は下降していくが、10~15 mmの降雨で上昇し、40 mm以上の降雨になると著しい上昇をみた。7, 8月の夏季は水位下降期になり、地下水位は降下を続け、20 mm程度の降雨では上昇しない。しかし、8月中旬以降に80 mm以上の大雨があると、地下水位は急上昇し、9月の大雨時には地表面まで上昇して、地表流が発生した。10月以降の秋季には10 mm前後の降雨でも、地下水位は上昇した。

(4) 11, 12月の初冬には地下水位は地表下1 m前後にとどまり、1, 2月の厳冬期にも水位の変化はあまりみられない。

(5) 一降雨から地下水位上昇深を推定するため、次の3因子を考慮した式を作成し、自記水位計の記録から得た地下水位上昇深の最大値と、雨量から推定した上昇深の最大値とを比較した。

- ① 土壌水分不足量  $W$
- ② 樹冠遮断量  $I$
- ③ 地下水の流去量  $G$

推定値と実測値は、浅井戸 No. 4 では比較的よく一致したが、集水地形の No. 1 では約±20 cm、カラマツ林内の No. 6 では約±40 cmの誤差が生じた。この誤差については、No. 1 の場合、側方流による地下水集水の影響、また No. 6 の場合、カラマツ林内の乾燥期における土壌水分不足量の検討が必要と考えられる。

## Ⅸ む す び

緩傾斜地における造林地内の浅層地下水位の測定を行ってきたが、今後は急傾斜地における浅層地下水の動向を検討することが必要である。

この報告をまとめるに当たり、治山研究室の真島室長ならびに北原技官、清水技官に種々ご意見をいただき、地下水位観測には実験林室舟津技官、橋本技官、横山技官に多大なご協力をいただいた。また、土壌調査や pF 値測定には土壌研究室塩崎技官の多大なご協力を得、カラマツの菌糸については林保護部長に調べていただいた。ここに各位に対し深く謝意を表する。

## 引 用 文 献

- 1) 北原 曜・遠藤泰造・真島征夫・阿部和時：林内緩傾斜地における浅層地下水位の変化。林試研報，321，117~131 (1983)
- 2) 阿部和時・真島征夫・北原 曜・舟木敏夫：融雪期における表土層からの流出について。日林北海道支講，31，221~223 (1982)

- 3) 北原 曜・真島征夫・阿部和時：融雪期における浅層地下水位の日周変化. 北方林業, **34**(10), 5~9 (1982)
- 4) 真田悦子・塩崎正雄：土壌水分とエゾマツの枯損. 北方林業, **35**(10), 10~12 (1983)
- 5) 勝見精一・塩崎正雄：表層地下水位の変化. 北方林業, **32**(9), 7~10 (1980)
- 6) 北原 曜・真島征夫・阿部和時：地下水変化に影響する有効間隙率と透水係数について. 日林北海道支講, **32**, 136~138 (1983)
- 7) 河田 弘・小島俊郎：環境測定法IV—森林土壌. 共立出版, (1976)
- 8) 真島征夫・北原 曜・清水 晃：カラマツ 林の遮断雨量について. 日林北海道支講, **33**, 194~196 (1984)
- 9) 勝見精一・真島征夫・北原 曜・清水 晃：カラマツ落葉層の透水実験. 日林北海道支講, **33**, 191~193 (1984)

**Seasonal Variation of Groundwater Level within the  
Subsurface Soil Layer in a Gentle Hillside in Planted Forests**

Seiichi KATSUMI<sup>(1)</sup>

Summary

We set up six shallow wells (No. 1, 2, 3, 4, 5, 6,) in a straight line, at 50-meter intervals, and measured the groundwater levels in the subsurface soil layers at gently sloping afforested areas in the Hitsujigaoka experimental forest of the Hokkaido branch, Forestry and Forest Products Research Institute. We measured the groundwater level using a measuring tape at the No. 2, 3, 5 wells, and at the No. 1, 4, 6 wells, we used recording water gauges and tensiometers.

Toward the end of April, groundwater levels reached the ground surface, and overland flows occurred due to melting snow. However, at the No. 6 well, located within a Japanese larch stand, the groundwater level rose close to the ground surface, but overland flow did not occur.

In May (spring), though the groundwater levels had been gradually decreasing, when there was a rainfall of more than 40 mm, those levels increased again.

In July and August (summer) the groundwater levels continued to decrease. In the meantime, although there were several rainfalls of about 20 mm, the groundwater level did not increase. In the end of August, there was a rainfall of more than 80 mm, so the groundwater levels rapidly increased. And a rainfall of more than 80 mm in September caused overland flows by a rise in the underground water level.

In October (autumn), even a rainfall of about 10 mm brought a rise in groundwater levels.

In November and December (early winter), the groundwater levels were about one meter under the ground surface. And in January and February (midwinter), there was a slight change in the groundwater levels.

The rise of the groundwater level was calculated as follows :

$$H' = h - (W + I + G)$$

where

$H'$  : estimated rise of the groundwater level (cm)

$h$  :  $R/S \times 100$  (cm)

$S$  : effective porosity (%)

$R$  : rainfall (mm)

$W$  : soil moisture deficit (cm)

$I$  : interception of forest canopy (cm)

$G$  : decreasing depth of groundwater level (cm)

For a start, the pF value is estimated according to the relation between the pF value

and the accumulated mean temperature per day, during the drought, and we estimate  $W$  according to that pF value by using the pF-moisture curve (Fig. 8, 9).

$I$  is calculated according to the rate of interception.

$G$  is determined by calculating the amount of decrease per hour according to the decline curve of groundwater levels (Fig. 10, Table 2).

When comparing the observed groundwater level increases with calculated ones, there was a close agreement between the observed and calculated values in the No. 4 well. However there was a relatively large difference in the No. 1 and No. 6 wells.